



WUTP

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

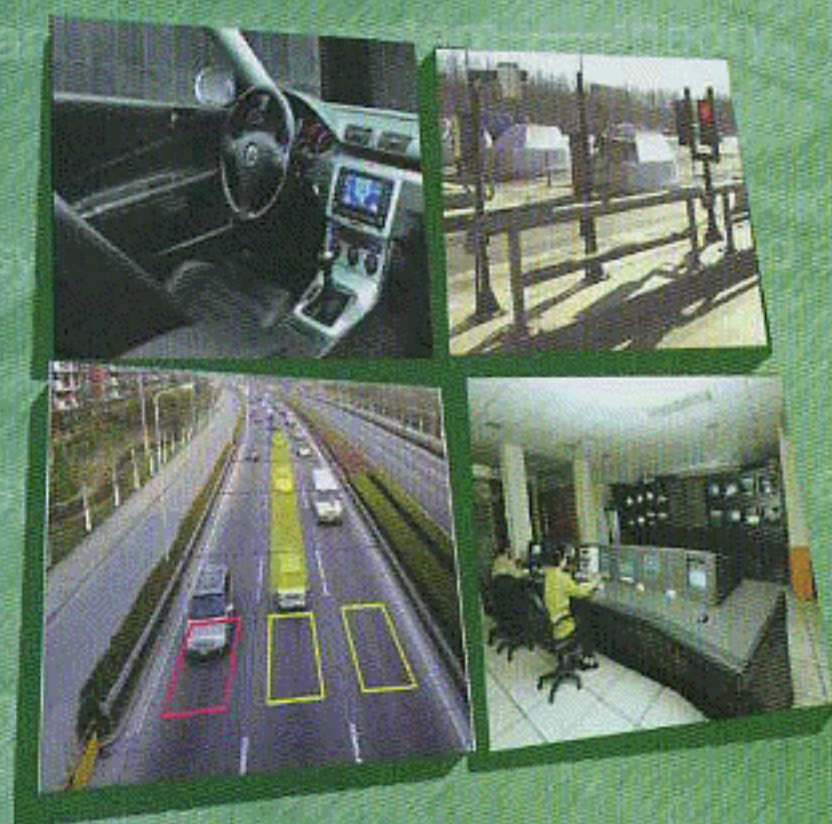
智能运输系统

——原理、方法及应用

Intelligent transportation system

——theory, method and application

严新平 吴超仲 编著 杨兆升 主审



武汉理工大学出版社

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

智能运输系统

——原理、方法及应用

严新平 吴超仲 编 著
杨兆升 主 审

武汉理工大学出版社

· 武 汉 ·

内 容 简 介

本书共分为9章,从智能运输系统的概念、体系框架,智能运输系统的关键技术,智能运输系统规划与设计,城市交通信号控制系统,先进的交通管理系统,交通信息服务系统,先进的车辆系统,先进的货运管理系统等方面进行了深入分析和讨论。本书涵盖了智能运输系统的主要内容,是在收集国内外智能运输系统近年来最新成果的基础上,结合该领域的科研和教学实践编写而成的。

本书可作为交通运输类、物流工程、物流管理、自动化等相关专业开设“智能运输系统”课程的教材,也可从事智能运输系统的设计、开发与运营等相关人员提供理论、方法和应用案例。

图书在版编目(CIP)数据

智能运输系统——原理、方法及应用/严新平,吴超仲编著. —武汉:武汉理工大学出版社,2006.12

ISBN 7-5629-2459-7

I. 智…

II. ① 严… ② 吴…

III. 公路运输-交通运输管理-自动化系统

IV. U491-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 105752 号

出版发行:武汉理工大学出版社

武汉市武昌珞狮路 122 号 邮编:430070

<http://www.techbook.com.cn>

E-mail:wutpbook@sohu.com

huangchun@mail.whut.edu.cn

wutpbailh@163.com

经 销 者:各地新华书店

印 刷 者:武汉理工大印刷厂

开 本:787×1092 1/16

印 张:19.25

字 数:481 千字

版 次:2006 年 12 月第 1 版

印 次:2006 年 12 月第 1 次印刷

印 数:1~3000 册

定 价:28.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请向出版社发行部调换。

本社购书热线电话:(027)87397097 87394412

序

交通一直在国民经济中占有重要地位。随着社会经济发展和科学技术进步,交通运输对保证社会经济体系及日常生活的正常运转发挥着越来越大的作用,社会对交通运输的需求持续增长促使交通运输业迅速发展。然而,交通发展的同时,也带来了大量的问题,造成了巨大的物质与经济损失,集中表现在交通拥堵、环境污染、交通事故等方面。实践表明,单纯依靠修建道路基础设施和采用传统的管理方式来解决交通问题,不仅成本昂贵、环境污染严重,而且其缓解交通拥堵、减少交通事故、提高交通运输效率的能力也十分有限。为此,需要一些新的技术和手段来从根本上解决交通问题,智能运输系统的出现为解决这一问题提供了可能。

美国、日本和欧盟等发达国家从 20 世纪 90 年代初开始进行智能运输系统的研究,将驾驶员、交通工具、道路、环境作为一体来考虑,将先进的信息技术、传感技术、数据通信技术、自动控制技术、运筹学、图像分析技术、计算机网络技术以及人工智能等有效地综合运用于整个交通管理系统。在系统工程综合集成的总体思想指导下,建立起一种在大范围内全方位发挥作用的实时、准确、高效的运输综合体系。这一技术的应用大大缓解了交通拥挤、安全和环保等问题。在总结近年来交通科技成就的基础上,美国联邦运输咨询小组提出了《美国综合运输系统 2050 年发展构想》的报告,明确新的交通系统发展思路将不同于“(20 世纪)50 年代规划修建州际公路系统以增加供给和物理设施能力”的做法,“需要创新的解决方案”,“着眼于新技术和新概念,如信息技术、纳米技术、再生燃料以及高效清洁能源技术等”。美国联邦运输咨询小组的报告特别指出,智能运输技术是交通运输发展中最典型、最活跃和最具潜力的全面应用信息技术的一个技术领域。由此可见,智能运输系统的发展将推动交通运输进入信息时代,是 21 世纪现代化交通运输系统的发展方向。

近十年来,我国加速了智能运输系统的研究,取得了一系列可喜的成绩。但由于我国是当今世界交通基础设施建设发展最快的国家,正处于基础设施建设和智能化建设同时进行的特殊时期,与发达国家开发和应用智能运输系统的条件不同,在某些方面没有经验可以借鉴,还存在很多需要解决的问题。因此,智能运输系统在我国尚处于初级阶段,它在我国交通运输中所起的作用还远远没有被完全挖掘出来,还需要我们长期的努力。

本书由武汉理工大学严新平教授组织编写,他所领导的团队积极开展智能运输系统领域的科学研究和教学实践。2001 年,严新平教授与海峡两岸的学者

共同发起了“海峡两岸智能运输系统学术研讨会”，先后由武汉理工大学、国家智能运输系统工程技术中心、淡江大学（台湾地区）、哈尔滨工业大学、同济大学和中华大学（台湾地区）成功地举办了这一会议，收到了良好的效果。2005年10月，严新平教授又与我国人工智能和交通工程领域的学者发起成立了中国人工智能学会智能交通专业委员会。积极的学术交流活动和努力地探索智能交通系统的关键技术的科研工作，使得本书有着丰富的资料和信息来源。因此，本书反应了当前国内外该领域的最新研究成果，被列为国家“十一五”规划教材就是对他们最好的肯定。

我相信，本书的出版对推动我国智能运输系统的研究与应用、促进交通运输业的健康快速发展具有重要作用。

中国科学院院士
中国工程院院士
西南交通大学教授
2006年7月8日



前 言

交通是人类社会实现人和物空间位移的最重要的方式之一,是社会体系中的重要组成部分。交通的发达程度始终是衡量一个国家现代化进展、社会文明程度和经济发展水平的重要标志。近年来,我国的交通运输业得到了长足的发展,取得了巨大的成就。不仅在交通基础设施建设方面,而且在交通系统的运输效率和水平方面,都向世人展示了令人振奋的业绩。

智能运输系统既是解决交通供需矛盾、减少事故和改善环境污染的重要途径,也是实现创新型交通系统的具体形式,国内外共同追求的未来交通的发展方向。我国无论在智能运输系统的基础研究和技术实现,还是人才培养和知识更新等诸方面,都始终得到了学者、企业家和政府管理人员的极大关注,他们从不同角度共同推动我国智能运输系统的探索与发展。

本书从智能运输系统的概念、体系框架与标准、智能运输系统的关键技术、智能运输系统规划及设计、城市交通信号控制系统、先进的交通管理系统、交通信息服务系统、先进的车辆系统以及先进的货运管理系统等方面进行了深入分析和论述。全书共分为 9 章。第 1 章主要介绍智能运输系统的概念、内涵和起源及国内外发展现状。第 2 章主要介绍智能运输系统的体系框架与标准,包括体系框架的概念、意义及组成,重点介绍美国、欧盟和日本以及我国的智能运输系统体系框架的主要内容。还包括智能运输系统标准化的国内外现状及趋势,以及我国 ITS 标准化的重要内容。第 3 章主要介绍智能运输系统的关键技术,包括交通信息采集技术、信息预处理与融合技术、信息传输技术、交通信息的显示技术、智能运输中的智能控制技术、交通地理信息系统技术等。第 4 章主要介绍智能运输系统规划及设计。包括 ITS 规划的目标、意义及其特点,ITS 的系统分析方法,以及规划的基本步骤,ITS 需求分析基本方法,ITS 方案设计的基本思路和方法,ITS 近、中、远期发展项目设计方法等。第 5 章主要介绍城市交通信号控制系统。重点介绍交通信号控制系统的基本概念与系统分类、定时式脱机控制系统的功能原理、感应式联机控制系统的原理及组成、基于多智能体的区域交通控制系统。第 6 章主要介绍先进的交通管理系统。重点介绍交通监控系统的组成及工作原理、电子警察的基本概念及基本工作原理、国内外典型的公共交通管理系统的应用实例、国内外典型的电子收费系统的应用实例、交通事件管理系统的功能(事件检测、信息处理、应急管理方案决策支持、应急救援管理等)及系统组成。第 7 章主要介绍交通信息服务系统。重点介绍交通信息服务系统的含义、分类、服务内容、工作原理、关键技术以及国内外典型案例。

第8章主要介绍先进的车辆系统。包括先进的车辆系统的概念、组成和功能,安全辅助驾驶系统、车辆自动驾驶系统及自动公路系统等。第9章主要介绍先进的货运管理系统,包括车辆管理系统和特殊货运系统等。

本书涵盖了智能运输系统的主要内容,是在收集国内外智能运输系统近年来最新成果的基础上,结合我们在这一领域的科研和教学实践而编写的。

本书可作为开设“智能运输系统”课程的教材,也可从事智能运输系统设计、开发和运营等的相关工作的人员提供理论、方法和应用案例。根据有关专业教学的实际需要,讲解内容可以取舍。由讲解、实验、参观等环节构成的教学过程,更有助于对本书内容的理解。本书所附课件,也是讲授本课程的重要资料。

本书成功地申报为“十一五”国家级规划教材。全书由严新平制订写作提纲、定稿和统稿,吴超仲博士协助做了组织工作。本书共分9章,参加撰写人员为:严新平(第1章),吴超仲(第2章、第8章),初秀民(第3章),徐良杰(第4章),张存保(第5章),刘清(第6章),徐□(第7章),熊伟、杨家其(第9章)。

在本书的编写过程中,参考了国内外从事智能运输系统研究工作者的有关资料,同时,本书的一些观点也来源于武汉理工大学ITS研究中心、交通、物流、汽车和计算机等学院师生们的学术研讨。特别是本书得到中国科学院院士、中国工程院院士、西南交通大学教授沈志云先生的热情鼓励和肯定,他为本书作了序。吉林大学交通学院杨兆升教授担任了本书的主审。在本书申报“十一五”国家级规划教材和编辑出版的过程中,得到“十一五”国家级规划教材评审专家组和武汉理工大学出版社的积极帮助和大力支持。在此对有关资料的作者们和上述各位人员表示衷心感谢!

智能运输系统正处在不断发展之中,由于学识水平有限,本书肯定有不完善之处,敬请各位读者指正。

编 者

2006年7月28日于武汉理工大学

目 录

1	绪论	(1)
1.1	智能运输系统概述	(1)
1.1.1	智能运输系统的起源	(1)
1.1.2	智能运输系统的内涵	(3)
1.2	国外智能运输系统发展历程与趋势	(4)
1.2.1	美国智能运输系统发展历程	(4)
1.3.2	日本智能运输系统发展历程	(5)
1.2.3	欧盟智能运输系统发展历程	(7)
1.2.4	国际智能运输系统技术趋势分析	(8)
1.3	我国智能运输系统发展历程与现状	(9)
	参考文献	(12)
2	智能运输系统的体系框架与标准	(13)
2.1	概述	(13)
2.1.1	智能运输系统体系框架的产生	(13)
2.1.2	智能运输系统体系框架的定义与组成	(14)
2.1.3	智能运输系统体系框架的开发方法与过程	(15)
2.2	国外智能运输系统体系框架	(18)
2.2.1	美国智能运输系统体系框架	(18)
2.2.2	日本智能运输系统体系框架	(20)
2.2.3	欧盟智能运输系统体系框架	(21)
2.3	我国智能运输系统体系框架	(22)
2.3.1	我国智能运输系统体系框架制定的目标与步骤	(22)
2.3.2	我国智能运输系统体系框架的服务定义	(23)
2.3.3	我国智能运输系统体系框架的逻辑框架	(23)
2.3.4	我国智能运输系统体系框架的物理框架	(24)
2.4	智能运输系统的标准化	(27)
2.4.1	国际智能运输系统标准化现状	(27)
2.4.2	我国智能运输系统标准化	(30)
	参考文献	(33)
3	智能运输系统技术基础	(35)
3.1	智能运输系统技术特点	(35)
3.2	交通信息采集技术基础	(36)
3.2.1	交通信息采集技术概述	(36)

3.2.2	动态交通信息检测技术	(36)
3.2.3	浮动车技术	(45)
3.2.4	自动车辆识别技术	(49)
3.2.5	车辆定位技术	(51)
3.2.6	气象与道路环境信息采集技术	(53)
3.3	交通信息预处理与融合技术	(56)
3.3.1	交通信息预处理	(56)
3.3.2	交通信息处理方法	(58)
3.4	交通信息传输技术	(61)
3.4.1	通信网络技术简介	(61)
3.4.2	ITS 信息传输设施	(62)
3.5	交通信息的显示技术	(65)
3.5.1	显示技术概述	(65)
3.5.2	显示产品的主要种类	(65)
3.5.3	智能运输系统中信息显示设施	(66)
3.6	交通的智能控制技术	(68)
3.6.1	智能控制概述	(68)
3.6.2	智能控制主要方法	(69)
3.7	交通地理信息系统技术	(77)
3.7.1	交通地理信息系统概述	(77)
3.7.2	交通地理信息系统的技术方法	(81)
3.7.3	交通地理信息系统设计与开发	(84)
	参考文献	(88)
4	智能运输系统规划及设计	(89)
4.1	ITS 规划的原则、方法和步骤	(89)
4.1.1	ITS 规划的原则	(89)
4.1.2	ITS 规划的基本方法和步骤	(89)
4.2	ITS 需求分析与预测	(93)
4.2.1	ITS 需求分析	(93)
4.2.2	ITS 需求分析与预测方法	(94)
4.2.3	ITS 需求分析实例	(95)
4.3	ITS 系统功能分析与设计	(101)
4.3.1	目的和原则	(101)
4.3.2	方法及程序	(101)
4.3.3	ITS 重点项目功能设计简介	(101)
4.4	ITS 方案设计实施及评价	(103)
4.4.1	方案设计	(103)
4.4.2	方案实施	(103)
4.4.3	方案评价	(107)

4.5	规划软件介绍	(110)
4.5.1	Turbo Architecture 软件	(110)
4.5.2	IDAS 软件	(112)
	参考文献.....	(115)
5	城市交通信号控制系统	(117)
5.1	概述	(117)
5.1.1	发展历程	(117)
5.1.2	系统分类	(117)
5.2	定时式脱机控制系统	(121)
5.2.1	仿真模型	(121)
5.2.2	信号配时优化过程	(124)
5.2.3	系统运行评价	(125)
5.3	感应式联机控制系统	(126)
5.3.1	SCATS 系统.....	(126)
5.3.2	SCOOT 系统	(130)
5.3.3	RHODES 系统.....	(137)
5.3.4	SPOT/UTOPIA 系统	(141)
5.3.5	OPAC 系统	(142)
5.4	基于多智能体的区域交通控制系统	(142)
5.4.1	传统交通控制系统的局限	(142)
5.4.2	智能体(Agent)的基本概念	(143)
5.4.3	基于多智能体的区域交通控制系统	(144)
	参考文献.....	(147)
6	先进的交通管理系统	(149)
6.1	概述	(149)
6.2	交通监控系统	(151)
6.2.1	交通监控系统的构成及工作原理	(151)
6.2.2	电子警察系统	(153)
6.3	公共交通管理系统	(157)
6.3.1	简介	(157)
6.3.2	APTS 的关键技术	(160)
6.3.3	应用实例	(162)
6.4	电子收费系统	(164)
6.4.1	简介	(164)
6.4.2	工作原理	(166)
6.4.3	应用实例	(170)
6.5	交通事件管理系统	(177)
6.5.1	交通事件管理概述	(177)
6.5.2	交通事件管理系统的组成	(180)

6.5.3	交通事件管理系统的功能	(184)
	参考文献.....	(186)
7	交通信息服务系统	(188)
7.1	概述	(188)
7.1.1	交通信息服务系统的含义与发展	(188)
7.1.2	交通信息服务系统的作用、特点与目标.....	(190)
7.1.3	交通信息服务系统的分类	(191)
7.2	交通信息服务系统的服务内容、组成与工作原理.....	(193)
7.2.1	交通出行者对交通信息的需求特征	(193)
7.2.2	交通信息服务系统的服务内容	(195)
7.2.3	交通信息服务系统的组成与工作原理	(198)
7.3	交通信息服务系统的关键技术及发展	(201)
7.3.1	交通信息服务系统的关键技术	(201)
7.3.2	交通信息服务系统的技术发展	(205)
7.4	国内外典型交通信息服务系统介绍	(205)
7.4.1	国外典型交通信息服务系统介绍	(206)
7.4.2	国外典型路径导航系统介绍	(220)
7.4.3	我国交通信息服务系统应用实例简介	(222)
	参考文献.....	(231)
8	先进的车辆系统	(233)
8.1	先进的车辆系统概述	(233)
8.2	先进车辆系统的功能	(234)
8.3	安全辅助驾驶系统	(235)
8.3.1	驾驶员监测警告系统	(236)
8.3.2	防撞系统	(237)
8.3.3	巡航控制系统	(238)
8.3.4	驾驶员视觉增强系统	(239)
8.4	车辆自动驾驶系统	(240)
8.4.1	磁道钉导航系统结构	(240)
8.4.2	磁道钉导航系统感知原理	(242)
8.4.3	视觉导航系统的结构	(249)
8.4.4	视觉导航系统感知原理	(249)
8.4.5	车辆自动驾驶系统控制原理	(254)
8.5	自动公路系统	(257)
8.5.1	自动公路系统的概念	(257)
8.5.2	自动公路系统关键技术	(258)
8.4.4	自动公路系统国内外研究现状	(262)
	参考文献.....	(264)
9	先进的货运管理系统	(265)

9.1	先进的货运管理系统概述	(265)
9.2	基本功能	(265)
9.3	车辆管理系统	(266)
9.3.1	商用车辆的监测	(269)
9.3.2	商用车辆的定位	(271)
9.3.3	商用车辆的重量测定	(273)
9.3.4	自动路边安全检查	(273)
9.4	特殊货运系统	(274)
9.4.1	危险品运输	(274)
9.4.2	专用货运系统	(276)
	参考文献.....	(277)
附录 A	我国 ITS 体系框架	(278)
附录 B	智能运输系统通用术语中英文对照表	(286)

1 绪 论

1.1 智能运输系统概述

1.1.1 智能运输系统的起源

随着全球经济的发展,社会对交通运输的需求持续增长,交通运输业得到迅速发展。世界发达国家和地区从 20 世纪 50 年代起大力发展道路基础设施和汽车工业,促进了道路交通的飞速发展。在道路交通发展的同时,也带来了交通事故频发、交通污染严重、交通拥堵等严重的问题。在各种交通方式中,汽车消耗的不可再生能源最多,由此带来的环境污染是其他交通方式的几十倍;交通事故中由道路交通造成的事故也是其他方式的几十倍;交通拥堵更是道路交通特别是城市道路交通特有的现象;交通基础设施的增加依然不能满足交通运输量的增加,道路交通问题成为困扰世界各国的交通难题。

分析一下实际生活中的道路交通状况,例如,在一个十字路口,绿灯亮的路口没有车辆通行,而红灯亮的路口有车辆停在路口不能通行,导致十字路口有车辆等待而无车辆通行的怪现象。人们说,这些红绿灯没有智能,不能根据道路的实际情况动态调整控制策略。人们经常听到关于交通事故的报道,很多原因是人为因素引起的,由于驾驶员生理上的局限或者处于疲劳、分神状态而车辆又没有智能,从而导致了交通事故。

从事交通工程研究的人员很早就想到提高车辆、道路的智能来改善交通系统。如果能够及时地检测到交叉路口的车流信息,并动态显示控制策略,则路口的通行能力将大大提高。研究发现,在交通高峰期,城市道路系统和高速公路系统并不是全都发生交通拥堵,有相当一部分道路仍然很畅通。如果能够及时地将道路网的交通信息告诉驾驶员,并提示他们合理使用那些路段,则道路网的资源就可以得到充分利用。如果汽车能够实时检测周围信息,并能正确地做出决策甚至全自动驾驶,则交通事故将大大减少,而效率会大大提高。这种想法在 20 世纪的 60~70 年代就已经提出。但如何采集交叉路口的车流信息?用什么算法来处理这些信息以得到合理的控制策略?如何采集主要道路上的实时交通状况数据?如何传输和处理这些数据?如何将信息传给交通的参与者?汽车如何实时检测周围信息?汽车如何处理这些数据后做出正确的决策?汽车如何来执行所做出的决策?这些问题都成为当时交通工程研究者的难题。

按照这些想法,人们试图让交通系统具有智能并开展了大量的工作。从国际上智能运输系统的发展历史来看,各国普遍认为起步于 20 世纪 60~70 年代的交通管理计算机化就是智能运输系统(Intelligent Transportation System, ITS)的萌芽。

什么是智能运输系统?要理解智能运输系统,先要理解智能。智能是指事物能认识、辨析、判断、处理和发明创造的能力。工程中的很多系统或产品都具有某种智能,可以称为人工智能系统。人工智能系统就是用传感器、CPU 和执行机构来分别模拟人的五官、大脑和

四肢。智能运输系统广义上说也是一种人工智能系统,是用交通类的传感器、带有交通知识的 CPU 和能执行交通功能的执行机构模拟人的五官、大脑和四肢,达到交通智能化的目的。以智能红绿灯为例来看人的智能、人工智能和智能红绿灯之间的对应关系,如图 1.1 所示。

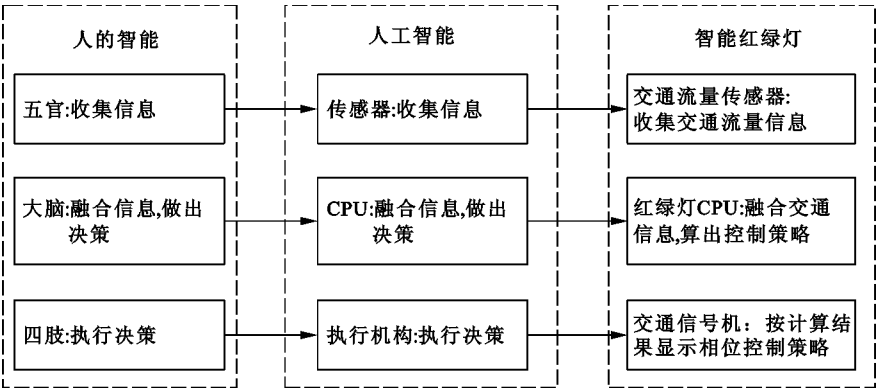


图 1.1 人的智能、人工智能和智能红绿灯之间的对应关系图

关于智能运输系统的准确定义,这是一个引起广泛争论的话题。美国、欧盟、日本及我国的理解都不相同,每个国家内部各方专家的理解也不相同,目前出现的定义和观点五花八门。

对于 ITS 概念和内涵上的争议,天津大学贺国光教授提出的观点:“不必定义,探讨内涵,放弃争论,反对搭车”,具有一定代表性。

“不必定义”是指不必急于下定义。因为 ITS 还处于发展过程当中,人们对它还需要有一个认识的过程。从科学发展史来看,很多名词术语是经过若干年甚至几十年才有明确定义的,有些名词甚至经过几十年也一直没有明确的定义,有的名词随着科学技术的发展,需要重新定义和更新。例如“系统”、“系统工程”、“智能”、“智能技术”、“知识”、“知识工程”、“信息”、“信息技术”等,这些专业人员常用的词,专业人员大概知道其含义,但是,即便是相关领域的权威也很难对其下正确的定义。对于 ITS 这个发展才十多年的概念,还处于发展初期,也许有些现在争论不清的问题,若干年后会不辩自明,因此可以不必急于对 ITS 下定义。“不必定义”并不是不要弄清楚 ITS 是什么,而是应该去积极探索 ITS 的内涵,界定 ITS 包括哪些技术、哪些产品、哪些系统。

“探讨内涵”必然会有不同的观点。学术上“百花齐放,百家争鸣”有利于科学的进步,也应该允许对 ITS 内涵的理解有差异。探讨内涵应该把主要精力放在研究与开发 ITS 本身的技术产品上。

“放弃争论”,不要把精力放在概念和定义的本身,讨论哪个定义合理哪个定义不合理等问题上。

“反对搭车”,这里的“搭车”是指人们常见的一种社会现象。由于现在时兴“包装”,有些商品什么时髦就叫什么,改头换面往上“靠”或“搭”,特别在时髦词刚刚兴起的时候。这种“搭车”现象在国内外都有,现在往 ITS 上“搭车”的产品就有不少。

1.1.2 智能运输系统的内涵

交通系统的基本要素是人、车、路和环境。人本身是智能的,但人在感知和执行方面存在缺陷,如光线不好的情况下视距不够,在疲劳和分神时的反应能力不够等。如果能增强人在这些方面的能力,同时使车、路和环境也都智能化,那么交通系统的所有要素就都是智能的了。ITS的所有要素都应该是智能的,ITS与传统概念的交通系统之间的差别就在于增强人的感知能力和执行能力及交通工具、环境的智能化。

ITS的内涵是逐步扩大的,这里可以从ITS的一些特点和属性探讨ITS的内涵。

(1) 先进性

无论是美国、欧盟还是日本,他们在ITS的概念还没有形成之前,就在寻求用诸如远程通讯、计算机、电子技术等现代先进技术来改造和装备交通系统,用先进的理论方法来改善交通系统的管理和运营。美国提出的ITS子系统更是明确地在名称上加上“先进的(Advanced)”的定语。“先进性”是一个模糊的概念,从总体上来讲,先进性应该是指用近几年新出现的一些技术来开发产品和系统。

(2) 综合性

ITS涉及的关键技术包括:信息技术、通讯技术、计算机技术、电子技术、交通工程、系统理论、控制理论、人工智能、知识工程等。可以说,ITS是这些技术的交叉和综合,是这些技术在交通系统中的集成应用。

(3) 信息化

人们通过各种手段来获取交通系统的状态信息,为交通系统的用户和管理者提供及时有用的信息,只有具有了信息,才能实现智能化。而且,当交通信息达到一定的程度,就会改变交通出行行为、交通管理方式等,进而引起传统交通理论的改变。因此,信息化是ITS的基础。

(4) 智能化

智能这个词的使用越来越广泛,研究智能的人越来越多,智能技术的应用也越来越多。智能机器人、智能仪器仪表、智能楼宇等名词频繁出现。产品的智能化给众多传统技术带来了生机和活力,其中也包括智能运输系统。智能运输系统中的很多子系统正是因为实现了智能化,才体现出与传统交通系统的差别。电子收费系统(Electronic Toll Collection, ETC)就是一个典型的例子。传统的道路收费系统设立收费站,车辆经过收费站停车、手工交现金,车辆要排队,而且不利于统计。而电子收费系统使用电子结算、车辆自动识别技术、微波通信技术等,可以做到不停车的自动收费,既节约了时间,又提高了准确性,还能提供交通流量统计数据等信息,体现出了智能性。再比如自动公路系统(Automated Highway System, AHS),可以实现车辆全自动驾驶,驾驶员一旦进入到系统,只要输入目的地,就可以安全快捷地到达,体现出了较高的智能性。

ITS的实质就是利用高新技术对传统的交通运输系统进行改造从而形成一种信息化、智能化、社会化的新型交通运输系统。它使交通基础设施发挥出最大的效能,提高服务质量,使社会能够最有效地使用有限的道路交通设施和资源,同时推动与之相关的通讯、计算机、网络等产业的发展,从而获得巨大的经济效益和社会效益。

目前国内外对智能运输系统的理解不尽相同,但不论从何角度出发,有一点是共同的:

ITS 是用各种高新技术,特别是电子信息技术来提高交通效率,增加交通安全性和改善环境保护的技术经济系统。因此,智能运输系统是在较完善的交通基础设施之上,将先进的信息技术、通信技术、控制技术、传感器技术和系统综合技术有效地集成,并应用于地面交通系统,从而建立起来的大范围内发挥作用的,实时、准确、高效的交通运输系统。

1.2 国外智能运输系统发展历程与趋势

1.2.1 美国智能运输系统发展历程

纵观美国智能运输技术研究的发展历程,根据其研究目标、特点和关注的重点大体可以分为两阶段。第一阶段从上世纪 90 年代到上世纪末,主要特点为研究的范围全而广,研究领域涉及交通监控、交通信号智能控制、不停车收费、车路协同及自动驾驶等领域,表现为研究内容宽泛,项目相对分散;第二阶段从本世纪初开始,在战略上进行了调整,由第一阶段的“全面开展研究”转向“重大专项研究,重点关注车辆安全及车路协调技术”战略,并从综合交通运输体系的角度开展智能运输与安全技术研究,研究内容包括综合运输协调技术、车辆安全技术等,特点是更加注重实效,促进相关技术产业化。

第一阶段:1990 年,美国正式成立智能车辆道路协会(Intelligent Vehicle Highway Society of America, IVHS America),作为美国运输部的咨询机构,协助推动全国道路交通智能化工作。1991 年,美国国会通过了“综合地面运输效率法案”(Intermodal Surface Transportation Efficiency Act, ISTEA),正式开始智能车路系统(Intelligent Vehicle Highway System, IVHS)研究。由美国运输部负责全国 IVHS 的开发工作,并在 1991 年以后的 6 年中由联邦政府拨款 6.6 亿美元经费用于研究和开发 IVHS 技术。1994 年,根据国际上的共识,美国将 IVHS 改名为 ITS(Intelligent Transportation System),相应的美国 IVHS 协会改名为美国 ITS 协会,这标志着智能运输系统研究不再仅仅限于车辆和道路,而是以推进整个交通系统智能化为目标。1995 年 3 月,美国运输部首次正式发布“国家智能运输系统项目规划”,明确规定了智能运输系统的 7 大领域和 29 个用户服务功能,并确定了到 2005 年的年度开发计划。1996 年,美国运输部长 Federico Pena 宣布实施时间节省行动计划(Operation Time Saver, OTS),10 年内在 75 个都会地区建立智能运输基础结构(Intelligent Transportation Infrastructure, ITD)。美国的 ITS 研究开发在这一时期取得显著的成绩,主要包括:

(1) 在 75 个最大的都会区中,有 50 个已经建立了交通管理中心,这些中心的主要任务是自动监视高速公路的运行状况,并及时进行事故报警;

(2) 交通信号和高速公路匝道信号控制已经大量用于改善交通运行;

(3) 出行信息已经大量地存在于各种媒体之上,出行者可以方便地查询到各种出行信息,以便更好安排自己的出行计划;

(4) 电子收费系统服务已经覆盖了 70% 以上的现有收费道路;

(5) 公共交通系统已经安装了计算机卫星通讯调度系统,能够提供更有效、更安全的公共交通服务,同时能够为出行者提供更准确的公交车辆出行信息;

(6) 车载电子装置已经大大增强了人们处理紧急事态、紧急求救的能力;同时也增强了

车辆的导向性能;

(7) 与驾驶失误相关的交通事故死亡人数已经开始随着车辆行驶里程的增加而减少。

(8) 自动公路系统实验。1997 年美国在 San Diego 到 Los Angeles 之间的 12 公里 I-15 州际公路上进行了验证实验。此次公开演示实验用 10 辆小轿车进行车辆车道自动保持、自动换道、车队编排以及车车、车路通讯等技术的验证。

第二阶段:1997 年美国加州的自动公路系统演示(DEMO'97)结束后,美国运输部认为日益严重的交通事故是最迫切需要解决的问题,于是调整了研发重点。1998 年,美国国会通过《21 世纪交通平等法案》(Transportation Equity Act for the 21st Century, TEA-21),在 1998 年以后的 6 年中由联邦政府拨款 13 亿美元经费用于研究和开发 ITS 技术。1998 年开始组织实施智能车辆(Intelligent Vehicle Initiative, IVI)计划,其基本宗旨和目标为:

- (1) 预防交通事故(特别是碰撞事故)及其引起的人员伤亡,提高安全性;
- (2) 以人的因素(Human Factors)为基础,防止驾驶员分神;
- (3) 促进碰撞防止系统的研发应用。

同时,对轿车(包括追尾警告、偏离车道警告等)、重型卡车(包括驾驶员睡意提醒、电子控制制动系统、车辆侧翻警告及控制、追尾警告、偏离车道警告等)、特殊车辆(包括偏离车道预防系统、交叉路口碰撞预防、信号(停车信号)警告、左转防撞警告等)等进行了研究。

在美国 2002 年颁布的智能运输系统 10 年规划中指出:实现无缝连接的战略目标,包括提供多种运输方式,对不同人群、货物的无缝多式联运;公共政策和私人企业将抓住机遇使 ITS 成为 21 世纪交通的领航者。未来的交通将通过使用综合集成计算机、通信和传感技术的系统提供完整信息,使交通更加可靠、有消费导向和制度创新。该报告指出未来新技术开发与应用的重点领域主要有:

- (1) 建立一个全国性的、整体化的交通运输信息网络,使公众出行更加方便、更加省时、更加经济,提高货运效率,更有效地完成货物运输任务;
- (2) 开发先进的车辆防撞技术,大量地减少撞车交通事故,将交通安全和运输效率提高到史无前例的水平;
- (3) 开发交通事故自动检测、通报和应变技术,使救护人员尽快到达事故现场,争取救护伤员、拯救生命的宝贵时间;
- (4) 进一步研发先进的交通管理技术,智能地、自适应地管理各种地面交通。区域性交通网络应当在超越地区界限和运输方式的前提下,无间隙地整合起来,实现一体化的运行目标。先进的交通管理系统还应在保障交通安全、防止交通事故、提供事故救援和快速恢复事故现场的交通秩序等方面发挥功能。

1.3.2 日本智能运输系统发展历程

日本智能运输技术研究的发展历程也经历了两个阶段。第一阶段从上世纪 90 年代到本世纪初,研究领域虽然涉及交通安全辅助驾驶、导航系统、电子收费、交通管理优化、道路管理效率化、公共交通支援、卡车效率化、行人辅助、紧急车辆的运行辅助等方面,但重点集中在导航系统、自动收费系统和先进的车辆系统,并在这些技术上都取得了突破,尤其是导航系统和自动收费系统已经得到广泛应用;第二阶段从本世纪初开始,研究重点转移到道路交通安全性的提高、交通顺畅化及环境负荷的减轻、个人便利性与舒适性的提高、地方活力

的发挥和公共平台建设以及国际标准化促进,更加注重系统集成与人性化的交通服务以及技术的推广应用。

第一阶段:1994年1月日本成立由民间企业、团体参加的汽车道路交通智能化协会(Vehicle、Road and Traffic Intelligence Society, VERTIS)。作为该协会的支撑,还设立了由警察厅、通产省、运输省、邮政省和建设省等5个政府部门负责人参加的五省厅联络会议,完善日本ITS研究开发的统一机制。1995年6月,日本政府在内阁会议上确定了“面向先进信息化社会的基本方针”。根据这一方针,同年8月,以警察厅为主的有关5省厅发表了“道路、交通、车辆领域信息化实施方针”,制订了发展ITS的基本国策。该文件明确了9个开发领域,确定了11项推进措施,预计了21世纪初完成ITS的建设目标。据此,以前由有关省厅分别开展的ITS工作都统一纳入国家项目加以推进。1996年7月,5个政府部门联合制定、发表了“关于推进智能运输系统的整体构想”,具体制订日本ITS发展战略,明确列出ITS的国家功能、长远发展方向和ITS的系统架构,定义了20个服务内容。整体构想推出了一个投资预算7.8兆亿日元、为期20年的发展计划,分别明确了各ITS功能的开发、推进的大致时间,并按ITS开发领域,分别规定了企业、政府部门和研究机构在研究开发、推广上的努力目标,成为日本ITS工作的主要计划。

本阶段研究成果集中在导航系统、自动收费系统和先进的车辆系统等技术上的突破。其中自动导航系统累计出厂1450万台、车辆信息与通信系统(Vehicle Information and Communication System, VICS)累计超过1500万台;2004年9月ETC使用车辆累计370万台,普及率20%,拥堵减半;自适应巡航控制系统(Adaptive Cruise Control, ACC)累计出厂17万台,事故回避系统投放市场;各种交通信息采集设施、交通控制中心遍布全国;道路状况的检测装置及信息发布以及利用公交车的Proble系统服务开始;77家公司导入公交定位系统,34都道府县导入公交车优先系统;大型运输企业利用GPS、电子标签进行卡车运营管理及货物跟踪管理;利用移动电话提供交通信息及车辆换乘诱导服务等。

第二阶段:日本经过第一阶段的发展,进行了总结,结合日本面临的交通事故频发、交通拥挤严重、手机和网络的迅速增长、更加关注环境、老年化社会的来临、个人隐私保护的增强、经济低迷期的社会环境和部分ITS系统(车载导航系统、信息服务系统和电子收费系统)得到广泛应用的交通环境,制定了新的发展战略。提出了10年内交通事故死亡人数减半;20年后交通拥堵量降低80%;30年后汽车燃油消费量及CO₂消减15%、城市NO_x消减30%;2015年ITS市场规模累计60兆日元的目标。为完成上述目标,提出了①构建安全可靠的“ITS区”;②促进物流和运输车辆自动驾驶的发展;③导航系统商业化,使交通更舒适;④构建ITS综合平台等具体措施,并制定了21世纪ITS发展的四个阶段。

(1) 2000年前后:交通信息主要提供给已经运行ITS的相关系统,交通堵塞信息和最佳路线信息将提供给车载导航系统,使驾驶员能够减少出行时间并提高旅行的舒适性。在本阶段的后半段,通过使用电子收费系统,达到减少收费站拥堵的目的。

(2) 2005年前后:通过逐步引入用户服务的思想开始交通系统的革命,ITS将有关目的地的服务信息和公共交通信息直接提供给用户。在这一阶段,通过驾驶员安全驾驶系统和行人安全保护系统来减少交通事故的发生。另外,公共交通的舒适性和便利性也将得到极大的提高。

(3) 2010年前后:ITS将被推进到一个更高的水平,基础设施、车载装置、法律和社会系

统将促使 ITS 成为一个稳固的社会系统。ITS 的作用将是全国性的,通过对 ITS 更多更高级功能的认识,自动驾驶将全方位地发挥作用,汽车将成为一个安全和舒适的处所。

(4) 2010 年之后:ITS 的所有系统都已经投入使用,ITS 已经进入到了一个成熟的时期。由于 ITS 布设的大量光纤网和建立的各个服务系统,整个社会将进入到高度信息化的时代;自动驾驶的需求在这一阶段将会大大增加。ITS 作为一个基本的系统将会被整个社会所接受,尽管交通量在不断增加,但交通事故将极大地减少。道路已经不再拥堵,道路环境与整个地球环境更加和谐。

1.2.3 欧盟智能运输系统发展历程

欧盟的智能运输与安全的研究基本与美国和日本同期起步,发展历程也经历了两个阶段。第一阶段从上世纪 80 年代到本世纪初,研究领域涉及先进的出行者信息系统(Advanced Traveller Information System, ATIS)、车辆控制系统(Advanced Vehicle Control System, AVCS)、商用车辆运营系统(Commercial Vehicle Operations System, CVOS)、电子收费系统等方面。重点关注道路和车载通信设备、车辆智能化和公共运输。其特点与美国第一阶段比较相似,即研究的范围比较广,项目相对分散;第二阶段从本世纪初开始,转移到重点研究安全问题,更加重视体系框架和标准、交通通信标准化、综合运输协同等方面的研究,并推动智能运输与安全技术的实用化。

第一阶段:欧盟 19 个成员国为共同推进 ITS 发展,于 1985 年成立欧洲道路运输信息技术实施组织,实施智能道路和车载设备的研究发展计划;1986 年欧洲民间联合制定了欧洲高效安全交通系统计划,在政府介入下,1995 年启动了该计划,1996 年 2 月底,欧共体事务总局 13 局第一次公布了 T-TAP 征集的具体的 74 个子项目。欧盟标准化组织于 1990 年开始 CEN/TC278 的工作,与 ISO 订立了维也纳协议。1991 年成立欧洲道路运输远程通讯实施组织(European Road Transport Telematics Implementation Organization, ERTICO)。本阶段进行 Telematic 的全面应用开发工作,在全欧洲范围内建立专门的交通(以道路交通为主)无线数据通信网,ITS 的主要功能如交通管理、导航和电子收费等都围绕 Telematic 和全欧无线数据通信网来实现。研究支持开发智能的约束系统、制定采用信息与通信系统的道路安全长期计划、开展为优化人机界面和道路安全的远程信息处理“智能道路”的研究和示范、通过标准和使用信息提高隧道中的安全、建立卫星定位事故警示系统等。

第二阶段:欧洲 ITS 组织 ERTICO 于 2003 年 9 月提出 eSafety 的概念标志着第二阶段的开始。其主要内容是充分利用先进的信息与通信技术(Information and Communication Technology, ICT),加快安全系统的研发与集成应用,为道路交通提供全面的安全解决方案。除自主式的车载安全装置外,还考虑车路协调合作方式,即通过车车以及车路通信技术获取道路环境信息,从而更有效地评估潜在危险并优化车载安全系统的功能。具体研究项目如表 1.1 所示。

另外,除了关注安全问题外,在 ERTICO 组织 2005 年 5 月颁布的智能运输系统战略框架中指出关注的重点领域还有:

(1) 智能运输系统体系框架与标准;

(2) 智能运输信息基础技术,包括构建网络信息交换平台、智能化区域交通控制、伽利略计划车载定位技术和 RDS/TMC 通信技术以及 3G、GSM 技术等;

表 1.1 eSafety 计划研究内容

类 别	子 类	描 述
启动项目	事故原因分析	
	道路基础设施	研究车路通信的可行性;调研车辆新技术对道路设计的影响;制定路侧信息的 HMI 标准;道路管理及运营的技术支持
	电信基础设施	Galileo 系统、UMTS 以及其他电子设备对预防安全技术的影响评价
	驾驶员行为	驾驶员对新技术的行为适应性分析;驾驶员对新技术的接受性研究
安全功能	车辆预防安全与保护系统	面向 eSafety 的车辆安全体系结构;车车、车路通信协议;车载系统与道路设施的相互作用;车辆零部件的可靠性
	事故后紧急呼救	eCall 的技术结构体系;紧急时的及时处理
成本效益分析	影响的量化分析	安全方案及系统的效果评价方法研究,综合成本效益分析

(3) 综合运输协同技术,包括物流优化、一体化电子收费、全欧盟的运输协同等。

该战略框架同时制定欧盟智能运输与安全领域的发展目标。其中短期发展目标是获取高质量的数据、大部分车辆装备通讯装置;中期发展目标是构建开放、可靠的交通信息平台,提供更丰富的服务;远期目标是实现车车、车路的实时通信。

1.2.4 国际智能运输系统技术趋势分析

美国、日本和欧盟等发达国家和地区从 20 世纪 90 年代初开始进行智能运输和安全领域的研究,通过应用交通信息采集与发布技术、先进的车辆技术、电子收费技术、交通事故自动检测与报警技术等,大大缓解了交通拥挤、安全和环保等问题。在总结近年来交通科技成就的基础上,美国联邦运输咨询小组提出了《美国综合运输系统 2050 年发展构想》的报告,明确新的交通系统发展思路将不同于“(20 世纪)50 年代规划修建州际公路系统以增加供给和物理设施能力”的做法,“需要创新的解决方案”,“着眼于新技术和新概念,如信息技术、纳米技术、再生燃料以及高效清洁能源技术等”。美国联邦运输咨询小组的报告特别指出,智能运输与安全技术是交通运输发展中最典型、最活跃和最具潜力的全面应用信息技术的一个技术领域。

通过分析日本、欧盟和美国的研究现状和发展战略,国际上在智能运输与安全领域方面的研究具有如下趋势:

(1) 交通信息采集、处理和发布技术将快速发展

交通信息服务带动了采集、处理、发布等技术手段的发展,主要体现在以下两方面:首先,各种信息采集技术的发展,为交通信息技术和设备的进步提供了基础。因此今后一段时间在视频、电磁波(包括红外和激光)和电磁感应等技术方向,将出现更多的实用性强的信息采集设备。同时定位技术、车辆自动识别(Autowatic Vehicle Identification, AVI)技术和特殊用途通信技术的发展,将使浮动车技术得到更快发展。其次,信息技术的进步和成本的降低,使得交通信息处理能力成倍增加,为 ITS 数据的综合应用提供了基础,但是经处理的交

通信息必须以适当方式提供给交通参与者,因此开发成本低、使用经济的交通信息发布技术和设备将是各国 ITS 建设的重要内容。

(2) 综合交通信息平台是多种运输方式协同的基本手段

日本提出要在 2007 年之前在开放平台的基础上,开发共用软件,面向多运输方式、多应用的单元,共用硬件设施,从而建成 ITS 共用基础平台。利用综合交通信息平台进行多种运输方式间的有效协同已经成为综合信息数据处理与集成技术的一个发展趋势。

(3) 交通安全成为关注的焦点

安全是现今社会的一大焦点问题,一些发达国家对安全的重视甚至超过了对交通效率的关注,这也是近几年来国际 ITS 界的新热点。除了在基础设施、法律和教育等方面采取措施外,智能运输与安全技术的开发和应用是重要手段,其中包括:利用先进的信息与通信技术,加快安全系统研发与集成应用,为道路交通提供全面的安全解决方案。除自主式的车载安全装置外,还须考虑车路协调合作方式,即通过车车以及车路通信技术获取道路环境信息,从而更有效地评估潜在危险并优化车载安全系统的功能。以人的因素为基础,防止驾驶员分神;促进碰撞防止系统的研发应用。

(4) 车载系统与道路设施的协调配合受到重视

首先,由美国联邦公路局、各州运输部、汽车工业联盟、ITS America 等组成的特殊联合机构,致力于通过信息与通信技术实现汽车与道路设施的集成,并以道路设施为基础,计划 2005 年推出可以实施的产品。各州将采用统一的实施模式,采用 Probe Vehicle 获取实时交通数据信息,支持动态的路径规划与诱导,提高安全和效率。其次,美国车路自动系统合作组织(Cooperative Vehicle-Highway Automation Systems, CVHAS)正致力于提供驾驶的辅助控制或全自动控制,信息获取方式包括车载传感器、车路或车车间通信等,近期研究的重点是公共汽车自动化以及交叉路口安全支持。另外,根据日本的“Intelligent Road Schema/Smartway 2001”计划,日本政府、企业以及研究机构正在积极推动日本 ITS 进入新的发展阶段。这一阶段中,将遵循 ITS 的理念,利用 ITS 相关技术,如 VICS、ETC 先进的公路巡航/辅助系统(Advanced Cruise-Assist Highway System, AHS)以及信息与通信技术等,进行道路基础设施整合,实现 ITS-Integrated Infrastructure,即“Smartway”。

1.3 我国智能运输系统发展历程与现状

我国在 20 世纪 70 年代末就已经开始在交通运输和管理中应用电子信息技术。此后的 20 多年里,在政府的支持与坚持自主开发的基础上通过广泛的国际交流与合作,在 ITS 领域进行了初步的理论研究、产品开发和示范应用,并取得了一定的成果。一批从事 ITS 研究开发的研究中心和生产企业通过理论与实践相结合正在成长。国家科技部 1999 年批准建立了国家 ITS 工程技术研究中心(ITSC),2000 年又批准建立了国家铁路智能运输系统工程技术研究中心。许多大学和研究机构也纷纷组建 ITS 研究中心,从事 ITS 的理论研究和产品研发,例如东南大学 ITS 研究中心、武汉理工大学 ITS 研究中心、吉林大学 ITS 研究中心、北京交通大学 ITS 研究中心、同济大学 ITS 研究中心、华南理工大学 ITS 研究中心等。中国交通领域和 IT 行业的很多企业被 ITS 巨大的高新技术市场所吸引,纷纷涉足 ITS 领域进行其产品的开发研究和推广应用。为协调和引导中国 ITS 的发展,2001 年初国家科

技部会同当时的国家计委、经贸委、公安部、铁道部和交通部等部门,联合成立了全国 ITS 协调指导小组及办公室,并成立了 ITS 专家咨询委员会,负责组织研究制定中国 ITS 发展的总体战略、技术政策和技术标准,积极支持有关部委、地方、企业及科研单位,根据行业和地区特点开展 ITS 的关键技术研究与应用示范工程,促进 ITS 研究成果的产业化。下面从国家层面、相关部委层面和地方政府层面分别进行介绍。

(1) 国家的科技研究计划

① 国家科技攻关项目:科技部从 1995 年开始关注国际上智能运输系统的发展,在国家“九五”科技攻关项目中增加了有关 ITS 的内容,重点研究了“国家智能运输系统体系框架”和“国家智能运输系统标准体系”等内容,为发展打下了良好的基础。在“十五”期间,科技部将 ITS 关键技术开发和示范工程列入“国家‘十五’科技攻关计划”,并于 2001 年 12 月在全国范围内组织了“ITS 关键技术开发和示范工程”项目的公开招标。在全国各高校、科研单位和从事 ITS 技术开发的企业部门中召集优秀人才从事 ITS 关键技术的研究,同时促进其产业化。这次专项的研究在浮动车信息采集技术、数据管理技术、汽车安全辅助装置技术、快速路系统通行能力研究等方面,均获得了国内领先或国际先进的科研成果。在该项目中,科技部还选择 10 个城市进行了 ITS 应用示范,包括广州、中山、深圳、上海、天津、重庆、济南、青岛、杭州和北京。

在上述课题研究的基础上,从 2004 年下半年开始,国家科技部又组织开展“现代中心城市交通运输与管理关键技术研究”,该项目以缓解中心城市交通拥堵、提高交通运输安全、解决重大事件交通组织的部分内容为目标,设置了 13 个研究课题,预计 2006 年底完成研究开发工作。

② 国家有关部门科技项目:为支持智能运输系统的研究和开发,国家有关部门也在“九五”和“十五”期间安排了部分研究和开发工作。

例如,国家自然科学基金委员会在“九五”期间安排了有关交通诱导的基础研究重点项目,就群体诱导和个体诱导的基础问题进行了研究,并在部分内容上安排了小规模的工程验证试验。在“九五”和“十五”期间还安排了有关智能运输基本理论、智能运输控制基本理论、诱导算法等方面的研究,如 2002 年开始实施的重点项目“城市交通集成控制系统”,2004 年开始实施的重点项目“新一代智能运输综合信息系统及关键技术研究”,这些研究全部由高等院校承担。

国家发改委对定位导航系统给予了较多的关注,从“九五”末期开始,组织有关单位、特别是企业对定位导航系统开展研发工作,安排了定位导航产业化专项,以国债资金重点支持一批企业在产品研发和标准化方面进行了许多工作。

(2) 与运输相关部委的科技研究计划

从“九五”开始,与运输有关的部委也在智能运输领域安排了研究和开发项目,交通部在 1997 年开展了智能运输系统发展战略研究,在国内首先就发展 ITS 的方针、重点、步骤进行了研究;1998 年又根据国内高速公路联网收费的需求,安排了网络环境下电子收费的研究,对引导和规范我国联网电子收费起到了重要作用。交通部从 1997 年开始,在两个五年计划中均安排专项资金,在交通部公路交通试验场建设了国家 ITS 中心实验室,为 ITS 的研究开发打下了良好的物质基础。铁道部在“十五”期间对国家铁路智能运输系统工程技术研究中心进行了支持,并在铁路信息化项目中重点开展了有关电子化售票、智能化调度的研究和

工程应用,为铁路运输的智能化管理打下了基础。

(3) 地方政府对 ITS 研发的支持

从“九五”末期开始,部分地方政府也开始关注智能运输的发展,以北京、上海和广州为代表的城市主要关注的是用智能运输技术缓解大城市遇到的交通拥堵,北京在“十五”期间就北京市智能运输规划、交通流研究、智能化交通管理、综合交通信息平台等开展研究,并在北京市的交通管理系统和交通信息服务系统中得到了应用,其交通管理系统的设备水平已经达到国际先进水平,而交通信息服务则处于起步和试验阶段;上海市在“九五”末期和“十五”前期也安排了有关智能运输的项目,研究的重点是上海市智能运输管理和高架路的智能化控制,其中高架路智能控制的研究与国家科技攻关项目结合在一起,在城市快速路的智能控制方面取得了突破,成果达到国际先进水平,应用效果突出。

“十五”期间中国的高速公路建设取得了突破性进展,随着经济的发展,高速公路已经成为交通运输的大动脉。东部地区的交通部门针对高速公路的智能化管理和特殊气象条件下的通行保障技术开展了一系列研发和工程应用工作,例如江苏省全面启动了省级智能运输规划工作,安排了区域交通诱导、省域联网收费、省域交通广播服务等项目;在京珠高速广东境内的北段,广东省高速公路公司联合交通部公路科学研究院和华南气象研究所开展了山区高速公路雾区监控系统的研究,该成果在工程中应用以后,该路段没有因为大雾关闭过,也没有因为大雾发生过死亡交通事故。

经过近十年的发展,智能运输技术已经成为解决交通问题的重要手段之一。我国已在智能运输系统体系框架、交通数据管理、信息采集与融合、智能车路控制等技术领域以及系统集成方面取得了一批具有自主知识产权的创新成果,已经实现车载导航和定位装置等产品的国产化。其中主要成果有:

① 在体系框架方面,已经制定并发布在《中国智能运输系统体系框架》第 1 版,并在此基础上完成了第 2 版,实现标准体系框架联网同步工作。同时制定了包括智能运输系统标准体系在内的多个标准。

② 在交通控制与管理技术方面,针对交通信息数据巨大、内容和形式复杂的特点,提出了 ITS 数据管理系统的概念性设计和 ITS 数据规范的框架,在 ITS 数据质量控制、数据抽样、数据集成、数据压缩与存储、分布式动态 ITS 系统以及数据再获得方面进行了研究,成果在北京公安交通管理局使用,提高数据存储和管理效率 70% 以上。通过“十五”科技攻关计划项目“基础交通信息采集与融合技术”的研究,获得一批信息融合技术的理论成果。开发了具有自主知识产权的专用短程通信设备和车载信息设备。

③ 在智能汽车技术领域进行了汽车安全辅助装置开发,已经研制出为车辆安全辅助驾驶服务的车载扫描式雷达探测装置,探测距离大于 100m(能见度大于 50m 的条件下),水平扫描角度大于 10° ,扫描频率大于 4Hz,距离误差小于 2m;研制了具有自主知识产权的电子油门和辅助制动装置,建立了整车控制模型。

④ 在智能车路协同技术取得突破性进展,成功研究开发了一套拥有完全自主知识产权的磁性标记诱导、车路协作、纵向和横向智能车辆控制的理论和关键技术设备,实现了车辆车道自动保持以及车路信息交互等功能,在新疆已开始工程应用试验。

⑤ 在电子收费与联网收费方面,开发了主动通信方式下的双片组合式电子收费技术,在该领域标准化工作已突破欧美被动式系统的壁垒,以该技术为基础开发的设备已形成年

产 20 万片的生产能力,并在广东省 2400 公里的高速公路上全面应用。

⑥ 在运营管理方面,开展了城市公共交通系统优化技术研究,解决了城市公交线网优化技术并开发了公共交通优化决策支持系统,在南京和苏州等城市公交线网规划中应用。

本章小结

本章介绍了智能运输系统的起源、内涵和定义;综述了美国、日本和欧盟智能运输系统的发展历程,基本上可分为两个阶段,即上世纪 90 年代到上世纪末的全面开展研究阶段和本世纪新开始的重点关注车辆安全及车路协调技术的研究阶段。在此基础上,论述了我国智能运输系统的发展历程与现状。

参 考 文 献

- 1 贺国光. ITS 系统工程导论. 北京:中国铁道出版社,2004
- 2 陆化普. 智能运输系统. 北京:人民交通出版社,2002
- 3 严新平,吴超仲. 中国智能运输系统发展现状与趋势. 交通企业管理,2001(11)
- 4 初秀民,付军,严新平. 交通资产管理系统的研究现状与展望. 公路,2003(12)

2 智能运输系统的体系框架与标准

2.1 概 述

2.1.1 智能运输系统体系框架的产生

智能运输系统是对传统交通运输系统的一种革命,它是充分发挥现有交通基础设施的潜力,提高运输效率,保障交通安全,缓解交通拥挤的有力措施。智能运输系统不是高新技术在交通运输各个方面的独立应用,也不是各子系统简单的叠加,而是信息量大大增加导致系统发生的质的变化,这些质的变化体现在出行理论、交通分配理论、管理和控制等多方面。

智能运输系统是一个庞大的系统,系统建设涉及众多领域与部门,管理体制、信息沟通能力、考虑问题角度等均会对系统建设与运行产生巨大的影响。智能运输系统包括多个子系统,子系统之间相互联系紧密。正是因为系统庞大,其建设是逐步完成的,有时会不断建设几十年,应该让先行建设的系统能独立工作,尽早发挥效益,同时还要做到部分系统的先行建设与整体协调。智能运输系统需要对处于不同管辖领域内的多个信息系统进行整合,以保障信息的有效流通并发挥效能。

任何一个复杂系统的建设和管理都是十分困难的,智能运输系统也不例外,在建设面临交通需求不断变化、可供选择的技术方案和产品不断变化的困难。交通管理系统建设中经常发生已经建设好的系统不满足需要的情况,如扩展性能不好、功能不能满足要求等,而此时技术和产品又进步了,特别是信息技术及其产品变化很快,引起智能运输系统变化的加剧。决策者面临着是扩充系统还是重新建设的矛盾。于是人们需要寻求一种能克服这一矛盾的概念和方法,指导智能运输系统的规划、设计和建设。

软件业在发展过程中也遇到过类似的问题,产生过软件危机:经费预算总是不够,完成时间一拖再拖;开发的软件不能满足用户的要求;开发的软件可维护性差、可靠性差。导致软件危机的主要原因有:① 软件的规模越来越大,结构越来越复杂;② 软件开发管理困难;③ 软件开发技术落后;④ 软件生产方式落后。为了克服软件危机,人们从其他产业的工程化生产中得到启示。1968 年北大西洋公约组织工业会议上首先提出“软件工程”的概念:用科学知识和技术原理来定义、开发、维护软件。其主要思想是在软件生产中用工程化的方法代替传统手工方法,这种工程化的思想贯穿到软件的需求分析、设计、实现以及维护的全过程。软件工程的出现缓解了软件危机,促进了软件业的健康发展。

软件工程给我们的启示是面对复杂的系统,必须在规划和建设过程中规定一种大家共同遵守的规范和标准,同时对大系统必须十分清晰地划分层次和子系统,在保证目标的唯一性和稳定性的前提下,对其功能作出明确的要求,但不一定对各子系统内部的具体开发作出严格的规定。面对庞大而又复杂的智能运输系统,人们很容易想到用软件工程的思想来解决它的规划、设计、实现与维护。20 世纪 90 年代初,美国运输部就决定从哲学层面和方法

层面对智能运输系统进行研究,1993 年美国运输部正式启动了智能运输体系框架的开发计划,这就是智能运输系统体系框架的由来。

2.1.2 智能运输系统体系框架的定义与组成

智能运输系统体系框架是运输系统体系和规格的说明,它决定系统如何构成,确定功能模块以及允许模块间进行通信和协同的协议和接口。从开发流程的角度来说,智能运输系统体系框架开发主要包括三部分:用户服务、逻辑框架、物理框架。从本质上来讲,这三部分内容是从不同角度对智能运输系统进行的解释,用户服务是从用户的角度对 ITS 能提供的服务内容描述;逻辑框架则是从系统如何实现 ITS 服务的角度进行分析,给出 ITS 应具有的功能及功能间数据流的关系;物理框架则是把 ITS 逻辑功能落实到现实实体,如车载设备、道路设施、管理中心等设备或组织。

ITS 体系框架主要由用户服务、逻辑框架、物理框架等组成,同时相关内容有用户主体、服务主体、ITS 标准、ITS 评价等。由于体系框架各组成都是围绕着用户服务展开的,所以从用户服务和其他各组成关系的角度来解释各组成的含义,其关系描述如表 2.1 所示。

表 2.1 ITS 体系框架主要组成与用户服务的关系描述^[4]

组成部分名称	描 述
用户主体	被服务的对象,明确了服务中的一方
服务主体	提供服务方,明确服务中的另一方
用户服务	明确用户需要系统提供什么样的服务
逻辑框架	对服务进行功能分解并对逻辑功能进行组织
物理框架	提出物理实体落实逻辑功能,以具体提供服务

(1) 用户服务

用户服务是从用户角度对 ITS 系统提出要求,是问题定义的过程。用户服务是 ITS 体系框架的基础,它决定了 ITS 体系框架是否完整,是否满足用户需求。获得完整用户服务首先需要明确系统用户,即用户主体。而用户主体的确定需要以 ITS 系统与外界清晰界定为基础,即需要明确 ITS 系统和系统终端。

(2) 逻辑框架

逻辑框架是组织复杂实体和关系的辅助工具,它定义了为提供各项用户服务而必须拥有的功能和必须遵从的规范,以及各功能之间交换的信息和数据流,其重点是功能性处理和信息流情况。它包括功能域、功能、子功能、过程等多个层次及其之间的数据流。逻辑框架是 ITS 体系框架开发的重要环节,其作用是明确完成用户服务需要的功能支持及功能之间数据流交互,给出详尽的数据流属性。从用户服务到逻辑框架的转化,是一个用户服务不断细化分解成功能、相近功能并重新组合的过程,它不仅从宏观上把握了 ITS 所需功能,而且从微观上对功能进行了重组。由此使得 ITS 体系框架的构建具有严密的逻辑关系,为物理框架的构建提供了基础。

(3) 物理框架

物理框架是 ITS 的物理视图,它是关于系统应该如何提供用户所要求的功能的物理表

述。它是以逻辑框架中的过程和数据流为基础形成的高层框架,定义了组成 ITS 的实体(子系统和终端),以及各实体间的框架流。物理框架把逻辑框架中给出的过程分配到各子系统中,并且把数据流组合成为框架流,这些框架流和它们之间的通讯需求定义了各子系统间的界面,成为目前标准化工作的基础。物理框架是由逻辑框架中功能进行组合得到的,其组合原则大致完整地包含逻辑功能,与现实世界存在的系统相一致或相似,具有一定的可操作性。

2.1.3 智能运输系统体系框架的开发方法与过程

(1) 开发方法

由于 ITS 体系框架的开发借鉴了软件工程的开发方法,因此,软件工程中的面向过程和面向对象的开发方法很自然地引入到 ITS 体系框架的开发中来。

① 面向过程的开发方法

面向过程的方法是利用抽象模型的概念,按照系统内部信息传递、变换的关系,以数据为中心,自上向下实现的物理模型。面向过程的设计开发是一个线性过程,要求实现系统的业务管理规范、处理数据齐全,它把系统分解为过程,产生自上向下、结构清晰的系统结构。

面向过程的指导思想在 ITS 体系框架中的应用主要体现在 ITS 逻辑框架、物理框架的构建中。在 ITS 逻辑框架中的应用主要体现在对用户服务进行功能分析时,按照从上到下的顺序进行功能分解,符合人们对事物逻辑思考的过程。由于 ITS 体系框架不是单个软件系统,而是涉及交通相关的多个系统,因此,ITS 逻辑框架的开发具有不同于软件开发的特点。表现为在得到每项用户服务对应的逻辑功能及数据流表之后,需要各相似功能组合的过程,从而整理得出逻辑功能层次表,绘出各层次的数据流图,并给出相应的数据字典以描述逻辑功能和数据流。在功能分析的过程中,按照完成服务的流程给出各功能,包括系统与外界的信息交换、响应请求等边界功能。ITS 物理框架构建主要是在上述 ITS 逻辑框架内容基础上,参考软件结构设计中的基本原理和启发式规则,结合交通系统实际状况,对逻辑功能进行模块化。由于 ITS 物理框架是对逻辑层次表和数据流图的元素进行转化而来的,因此它自然而然地继承了 ITS 逻辑框架中面向过程的思想,通过对逻辑数据流图的分解,得到具有层次关系的物理框架中的系统、子系统、系统模块及框架流等元素。

② 面向对象的开发方法

面向对象的方法不是按功能过程建模,而是从系统组成上建模,其出发点和基本原则是尽可能模拟人类习惯的思维方式,使开发的方法与过程尽可能接近人类认识世界、解决问题的方法和过程,也就是使描述问题的问题空间与现实解法的解空间在结构上尽可能一致。因此,以面向对象方法为指导下的系统分析,不是把系统组成看作是工作在数据上的一系列过程或函数的集合,而是看成相互协作而又彼此独立的对象的集合。

面向对象的 ITS 体系框架的设计是以对象化的交通信息为中心,并将信息封装起来,把整个 ITS 看作是对象的集合,各功能模块映射到数据库结构中,实现功能与数据结构的封装。主要使用对象模型图、数据词典、动态模型图、功能模型图等对 ITS 体系框架加以描述。利用面向对象方法为指导对 ITS 进行分析,主要体现在逻辑框架的构建中,与面向对象方法在软件开发中需求分析阶段相对应。

③ 两种体系框架开发方法的比较

两种体系框架开发方法没有优劣之分,只有特点上的差异,其核心都是对系统功能进行详尽地描述。由于两种方法主要是在思维方式上存在差异,使得不同方法所得到的 ITS 体系框架是从不同的角度对系统的描述,具有不同的特点。

具体来说,面向过程方法和面向对象方法在 ITS 体系框架构建中的特点如表 2.2 所示。

表 2.2 面向过程方法和面向对象方法的比较^[4]

比较因素	面向过程方法	面向对象方法
思维方式	从功能任务的角度对 ITS 各项服务进行分析,认为 ITS 由各功能共同作用完成;分析起来较为简单	从 ITS 涉及的对象的角度分析,认为 ITS 系统可由对象及其间关系组成;比较符合人类认识世界的习惯
更新维护	当修改、新增服务时,需要按照框架开发步骤重新进行一遍操作,并要与已有内容相融合 更新需要涉及整个框架内容的更新,容易遗漏	当修改、新增服务时,找出相关的对象类,对其中的内容进行修改 更新时针对相关的对象类更改相关内容
逻辑框架部分建模简易程度	主要通过数据流图表现其逻辑功能元素及其关系;比较简单	需要建立对象模型、动态模型、功能模型才可对逻辑功能元素描述清楚;逻辑建模相对复杂
模块化 便利性	针对层次清晰的逻辑功能元素进行评价时,需要考虑所对应的用户服务	针对每项用户服务对应的逻辑功能元素进行分析,分析量很大

(2) 开发过程

自 1993 年美国首次借鉴软件工程中开发软件的思路和方法进行 ITS 体系框架开发以来,欧盟、日本、澳大利亚等先后进行了各自体系框架的开发,尽管各国 ITS 体系框架内容因其国家自身特点而有所差异,但是在开发过程中都遵循了美国开发 ITS 体系框架的路线:用户服务→逻辑框架→物理框架。

软件工程的开发通常包括需求分析、功能设计、系统设计(包括概要设计和详细设计)、系统实现和软件维护等过程。与之相对应,ITS 体系框架的开发包括用户服务、逻辑框架、物理框架、指导 ITS 建设、体系框架修订和完善。其对应关系如图 2.1 所示。

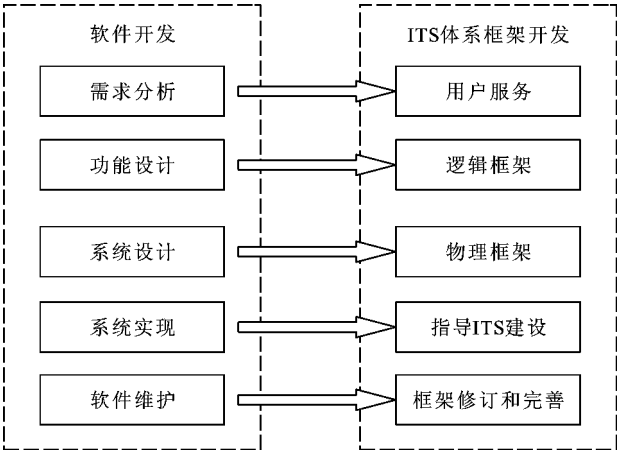


图 2.1 软件开发与 ITS 体系框架开发对应示意图

下面重点介绍用户服务、逻辑框架、物理框架的内容。

① 用户服务。用户服务明确系统提供什么样的服务,是 ITS 体系框架的基础。要明确系统提供什么样的服务,首先要确定用户主体、服务主体,针对用户得出 ITS 需求;通过分析 ITS 需求,对其进行分类组合,得到分层的用户服务列表。按照国际惯例,服务领域可划分为服务、子服务。一般要求内容全面,客观反映用户需求。

② 逻辑框架。逻辑框架主要从分析用户服务入手,确定系统应该具备的主要功能,并将功能划分成系统功能、过程、子过程等几个层次。逻辑框架包含逻辑功能元素和逻辑数据流,其中逻辑功能元素分层次但不限定其层数,可为功能域、功能、子功能(可多层)、过程等,根据需要进行分解。在利用面向过程开发指导方法进行框架构建时,逻辑功能元素是对数据流进行处理操作的概念,当上层逻辑功能元素不可再分,即数据流的处理可单独由一个处理即可完成时,得到最底层的逻辑功能元素——过程。逻辑框架的过程如图 2.2 所示。

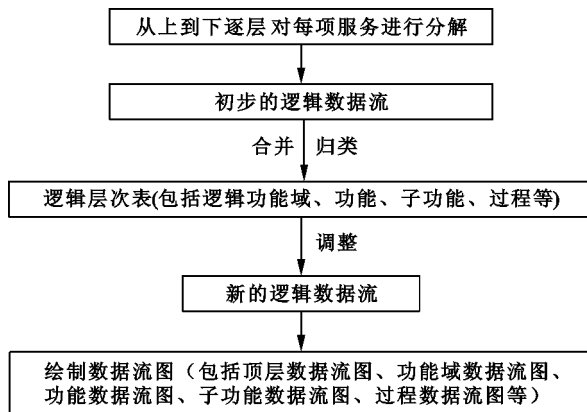


图 2.2 逻辑框架开发过程

③ 物理框架。物理框架是从物理系统的角度分析实际 ITS 应该具有的结构,并按系统、子系统、模块等层次进行结构分析;分析 ITS 物理系统之间交互的信息,并以框架流的形式对此信息进行定义。物理框架中还明确了系统对系统功能的实现关系和框架流对数据流的包含关系。

物理框架的制定过程首先从实现地点、通信等角度确定物理框架总体结构:中心、外场、车辆、出行者相关设施四大部分,作为物理子系统层。从一定程度上可以说,这是 ITS 对传统交通工程“人、车、路、环境”的发展,添加了具有信息处理等功能的实体——中心,使得人、车、路、环境之间有了更为便利的信息沟通。

其次是实现从逻辑框架到物理框架的转化。针对逻辑框架中最底层元素——过程,确定其所属物理子系统,然后对过程进行组合。在此基础上对系统模块分析组合,得到物理框架层次表,包括系统、子系统、系统模块及描述。然后对逻辑数据流进行组合得到物理框架流,系统模块框架流的起终点与逻辑数据流的起终点具有包含关系,因此,框架流是由数据流组合而来。绘制框架流图,包括顶层系统图、系统图、子系统图、系统模块图。物理框架和逻辑框架有相同的终端,故顶层系统图与逻辑框架中顶层数据流图相似,不同之处在于前者名为框架流,后者名为数据流与终端交互。

有的物理框架中还包括应用系统。应用系统由系统模块进行不同组合构成,是面向需

求的系统。根据用户服务,考虑各种不同技术,对实现用户服务所需的系统模块进行组合,得到切合实际发展需要、与通信等技术发展相匹配、可用于指导 ITS 建设的系统。

通过以上步骤,则完成了 ITS 体系框架的构建工作,包括从技术、通信、体制等各方面的总体分析。

2.2 国外智能运输系统体系框架

美国、日本、欧盟等在 20 世纪 90 年代先后完成了国家(或地区)ITS 体系框架构建,随后澳大利亚、韩国等先后对本国 ITS 体系框架进行了研究。从 ITS 体系框架开发指导方法来说,有面向过程方法和面向对象方法两种。

2.2.1 美国智能运输系统体系框架

1992 年,IVHS American(ITS American 的前称)向美国运输部正式推荐了一套调动多家国有、私立机构联合攻关的 ITS 体系框架开发方法。1993 年美国运输部正式启动了 ITS 体系框架开发计划,其目的是开发一个经过详细规划的国家 ITS 体系框架。这一体系框架将指导而不是指挥 ITS 产品和服务的配置,它将在保持地区特色和灵活性的同时为全国范围内的兼容和协调提供保证。其开发分为两个阶段:第一阶段主要由四家公司分别给出体系框架初步开发方案,第二阶段则在上述四公司基础上选择两家合作进行美国国家 ITS 体系框架的开发。

其构建主要原则和目标为:以经济性为基本原则,最大限度利用已有设施提供 ITS 服务;低收费,使多数人可享受信息服务,同时提供多种供选择的服务方式;增加私人企业的利益,加速 ITS 的实施应用;鼓励国家、个人合作;加强出行者安全;给地方提供管理空间。

其开发以面向过程方法为指导,利用系统分析、软件工程的方法,给出了包括用户服务、逻辑框架、物理框架及其标准等内容。至今已更新推出了第 5 版。

(1) 用户服务

ITS 涉及的投资者、建设者、使用者、管理者等多种用户主体,通过开展讨论会等方式对这些参与者需求进行总结,得出 8 类服务领域、32 项用户服务。如表 2.3 所示。

表 2.3 美国国家 ITS 体系框架用户服务层次表^{[9],[10]}

服务领域	服 务
1. 出行和交通管理	1.1 出行前信息;1.2 途中驾驶员信息;1.3 路径诱导;1.4 合乘与预约;1.5 出行者服务信息;1.6 交通控制;1.7 事件管理;1.8 出行需求管理;1.9 尾气排放检测与减轻;1.10 公铁交叉口
2. 公共交通管理	2.1 公共交通管理;2.2 途中公交信息;2.3 个性化公共交通;2.4 公共出行安全
3. 电子付费	3.1 电子付费
4. 商用车辆运营	4.1 商用车辆电子通关;4.2 自动路侧安全检查;4.3 车辆行驶安全监视;4.4 商用车辆管理;4.5 危险物品事件响应;4.6 商用车队管理
5. 紧急事件管理	5.1 紧急事件通告与个人安全;5.2 紧急车辆管理

续表 2.3

服务领域	服 务
6. 先进的车辆安全系统	6.1 纵向防撞;6.2 横向防撞;6.3 交叉口防撞;6.4 视野扩展;6.5 安全准备;6.6 碰撞前措施实施;6.7 自动车辆控制
7. 信息管理	7.1 存档数据管理
8. 维护和建设管理	8.1 维护和建设运营管理

(2) 逻辑框架

美国的 ITS 逻辑框架以面向过程开发方法为指导,对如何实现各项用户服务进行细化,给出分层的逻辑功能元素表以及各元素间的数据流联系,包括 9 个逻辑功能、57 项子功能等,如图 2.3 所示。

(3) 物理框架

美国物理框架将智能运输系统分为 4 大类和 19 个子系统。美国物理框架子系统有:中心系统(应急管理子系统,尾气管理子系统,货运管理子系统,计划管理子系统,收费管理子系统,交通管理子系统,快速运输管理子系统,服务信息提供子系统,商用车辆管理子系统),外场设备系统(商用车辆检查子系统、停车管理子系统、收费管理子系统、外场设备子系统),远程访问系统(个人信息访问子系统、远程出行者访问子系统)和车载系统(商用车辆子系统、紧急车辆子系统、建设维护车辆子系统、运输车辆子系统)。美国国家 ITS 物理框架如图 2.4 所示。

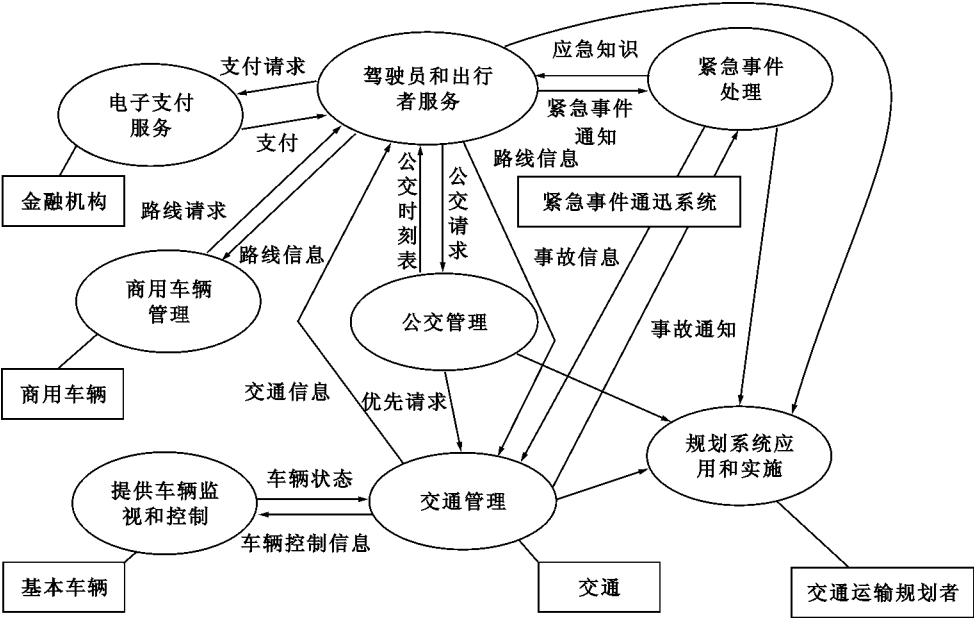


图 2.3 美国国家 ITS 物理框架示意图^[7]

美国在物理框架设计中用到了设备包和市场包。设备包是子系统的组成模块,它遵循一定的规则,通过对一给定子系统中相近的逻辑过程进行分组组合得到,可作为预测实施费用的基础。市场包是美国 ITS 体系框架在第 3 版修订过程中添加进来的内容,由一个或几

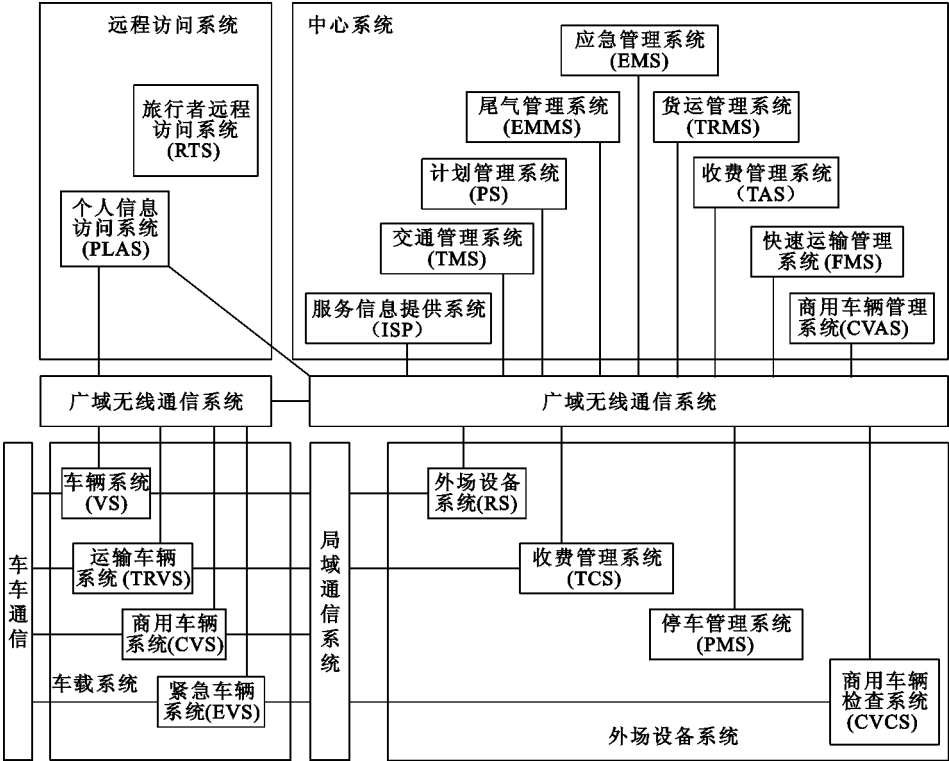


图 2.4 美国 ITS 逻辑结构图

个设备包组成,可单独用于指导 ITS 项目建设,通过框架流与其他 ITS 市场包进行信息联系。

美国在不断进行完善 ITS 体系框架的修订工作,同时加强对体系框架的应用推广。在国家 ITS 体系框架基础上,美国开发了地方 ITS 体系框架的支持系统 Turbo Architecture, 和美国国家 ITS 体系框架同步更新,利于地方 ITS 体系框架的开发。而且,联邦公路局、联邦运输管理局于 2001 年 4 月规定各联邦资助 ITS 项目必须在国家 ITS 体系框架和标准的基础上开展,并且各地方需要在国家体系框架指导下制定区域 ITS 体系框架,对于已经有 ITS 项目建设的地区,其区域 ITS 体系框架需在规定的四年内完成,对于未实施 ITS 项目建设的地区,其区域 ITS 体系框架要在其首个 ITS 项目设计结束后四年内完成,以使各系统相互协调,减少系统重复建设。

2.2.2 日本智能运输系统体系框架

日本于 1998 年 1 月着手开发国家 ITS 体系框架,并于 1999 年 11 月完成。日本 ITS 体系框架的最大特点是强调 ITS 信息的交互和共享,整个 ITS 建设是社会信息化(e-Japan)的一部分。体系框架总体内容上与美、欧相同,分为用户服务、逻辑框架、物理框架三大部分,它吸纳了美国、欧盟体系框架的特点。日本 ITS 体系框架采用了面向对象的方法来建立系统的逻辑框架和物理框架。日本 ITS 体系框架开发中的面向对象方法主要体现在逻辑框架的构建中,通过对 ITS 抽象,建立信息模型描述 ITS 涉及的各对象间的信息关系(如继承等关系),通过建立控制模型实现各项用户服务。日本 ITS 体系框架的开发流程如图

2.5所示。

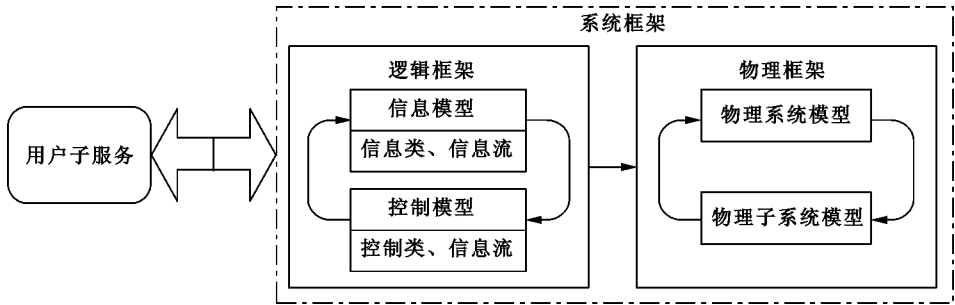


图 2.5 日本 ITS 体系框架开发流程图^[5]

日本 ITS 体系框架也在不断完善,近年来他们致力于此体系框架的应用推广。在 2003 年,推出了地方 ITS 体系框架开发辅助支持系统,并以东京作为示范进行了应用。

日本 ITS 逻辑框架中建立了详细的对象模型,包括整体模型(针对整体 ITS 或者几个服务领域共有的内容而言)、详细模型(针对单个服务而言),其中分别从总体和动态两个视角进行分析,给出对应于整体模型、详细模型的核心模型、细节模型。其中,核心模型(总体)给出服务中涉及的对象类间的关系,细节模型(总体)针对核心模型中对象类分别进行详细分析,给出每种对象类的对象间属性的继承等关系,细节模型是对核心模型中对象类的深化;核心模型(动态)是从建立有动态信息需求的对象类间信息交互模型,细节模型(动态)是针对核心模型(动态)中对象类的深化。

日本 ITS 物理框架包括:高层子系统、子系统、底层子系统、单个独立的物理模型、整体物理模型以及信息流。其中,高层子系统以地点为划分标准;底层子系统以逻辑框架中控制模型为基础提出,基本原则是针对控制模型中每一个控制模块给出一个独立的底层子系统,也存在一个底层子系统对应包含多个控制模块的情况。其中,通过方法选择表完成 ITS 体系框架中 172 项子服务所对应的逻辑功能和实现地点的匹配,即完成底层子系统在高层子系统定位;子系统是对高层子系统下近似底层子系统组合得到的,是一个分类方式,不具有实际意义;物理模型是针对用户服务提出的,由底层子系统为基本单位组成。实际上,高层子系统和系统框架流一起组成整体物理模型,底层子系统和框架流一起进行不同组合而组成单个独立的物理模型。与美国的物理框架类似之处在于:以人、车、路、中心、环境为基本的物理系统划分原则,针对用户服务提出了相应的物理模型。

2.2.3 欧盟智能运输系统体系框架

欧盟于 1998 年 4 月开始代号为 KAREN(Keystone Architecture Required for European Networks)的项目,奠定了开发欧盟 ITS 体系框架的基础。1999 年 8 月和 10 月,先后完成了逻辑框架和物理框架,此后陆续补充完善了其他部分的内容,形成了欧盟整体的 ITS 框架。与包罗万象、内容覆盖全面的美国 ITS 体系框架相比,欧盟 ITS 体系框架在内容上选取典型系统进行详细分析,并非以“全”为目的。

欧盟 ITS 体系框架开发也采用了结构分析方法,其框架总体结构与美国 ITS 框架相似,主要包括功能框架、物理框架和通信框架、费用效益分析等内容,从不同的角度描述了 ITS 系统。图 2.6 为欧盟物理结构范例系统结构图。

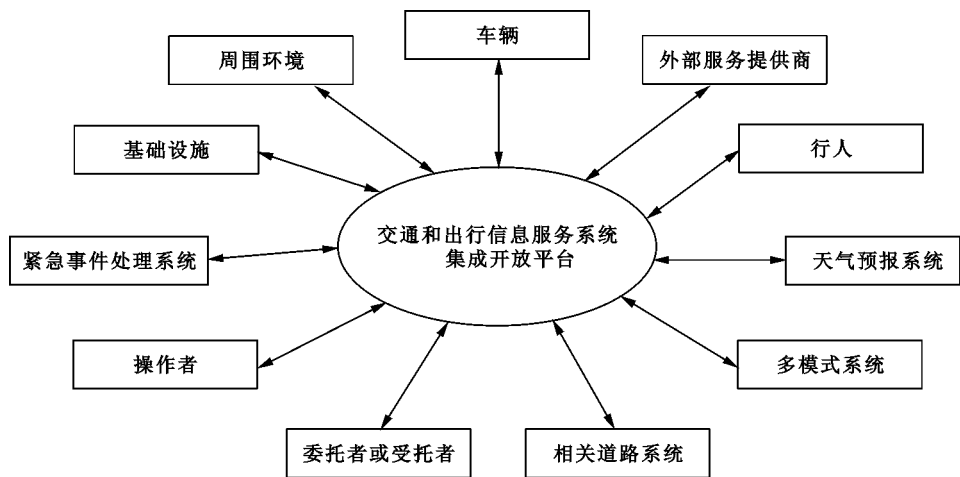


图 2.6 欧盟物理结构范例系统结构图

在推出了欧盟 ITS 体系框架后, 欧盟各国如意大利、法国等在此基础上构建了适合本国国情的体系框架, 进一步为欧盟、本国 ITS 建设提供指导。

2.3 我国智能运输系统体系框架

我国智能运输系统起步虽然较晚, 但发展很快, 在发展过程中也出现了很多问题, 如重复建设, 系统不兼容等。政府部门和科技工作者深刻认识到了开展智能运输系统体系框架研究的重要性。1999 年由全国智能运输系统协调领导小组和办公室负责组织实施我国智能运输系统体系框架的制定。由于我国还没有统一管理五大运输方式的运输部, 目前涉及到交通的政府部门比较多(职能如表 2.5 所示), 在制作体系框架的过程中遇到了政府部门之间体制分割的障碍, 经过国内 100 多家单位的共同努力, 我国于 2003 年 1 月正式出版了《中国智能运输系统体系框架》(第 1 版)。2005 年进行修订, 完成了《中国智能运输系统体系框架》(第 2 版)。

表 2.5 我国与交通相关的政府部门职能

政府部门	主 要 职 能
铁道部	铁路运输的规划、建设与管理
交通部	公路、水路运输的规划、建设与管理
建设部	城市交通的规划、建设
民航总局	航空运输的规划、建设与管理
公安部	城市交通的管理

2.3.1 我国智能运输系统体系框架制定的目标与步骤

国家 ITS 体系框架是最高层次的系统总体架构, 对于全国范围内的 ITS 规划与建设具有重要的指导意义, 主要阐述系统的功能, 确定构成系统的子系统和元素、以及它们之间的信息流, 突出各部分之间的关系。我国 ITS 体系框架的设计目标如下:

(1) 明确我国 ITS 的总体需求,描述我国 ITS 所涵盖的主要内容。全面了解、分析和归纳不同领域和不同层面的用户对 ITS 的需求,制定符合国情和实际需求的用户服务;

(2) 明确我国 ITS 体系框架,以用户需求和用户服务为基础,分析我国 ITS 的总体框架结构,提出系统的基本构成和各个组成部分的互联关系;

(3) 分析影响 ITS 发展的技术和经济因素,减少技术对框架结构的影响。

我国智能运输系统体系框架采用面向过程的方法,具体开发步骤如下:

(1) 确定用户服务:通过对与交通相关的政府部门和交通的参与者、研究者进行调查,明确需求,定义用户主体和服务主体,结合国际上 ITS 体系框架的经验和我国的实际情况,确定 ITS 的服务领域并赋予中国化的含义;

(2) 建立逻辑框架:从分析用户入手,确定系统应该具有的主要功能,并将功能划分为系统功能、过程、子过程等几个层次。在此基础上,分析 ITS 的逻辑结构和各个功能之间的交互关系,明确功能和过程之间交互的主要信息,并以数据流的形式对交互信息进行定义;

(3) 建立物理框架:从物理系统的角度分析实际的智能运输系统应该具有的结构,按照系统、子系统、模块等层次对系统进行结构分析,分析 ITS 物理系统之间的交互信息,并以框架流的形式对信息定义,并明确系统对系统功能的实现关系和框架流对数据流的包含关系;

(4) 明确标准化的内容:确定与 ITS 相关技术的标准、ITS 相关设备的接口标准、ITS 各子系统之间的接口标准等。

2.3.2 我国智能运输系统体系框架的服务定义

ITS 用户服务定义了 ITS 系统的主要内容,从系统用户的角度描述了 ITS“应该做什么”。用户服务分为用户服务领域、用户服务和用户子服务定义三个层次。ITS 用户服务应既符合实际,又具有一定的前瞻性和超前性。

我国 ITS 用户服务的确定是在对我国的交通基础设施,交通运输现状,交通出行和管理需求,交通管理相关法律法规,交通发展规划以及社会经济、政治、文化、科技发展背景等进行详细调研分析的基础上制定的符合中国特色的用户服务。国家 ITS 体系框架(第 1 版)包括 8 个服务领域,³⁴项服务和 138 项子服务。如附录 A 中的附表 A.1 所示。

本书以出行者信息服务为例,说明了子服务的定义,如附录 A 中的附表 A.2~A.7 所示。

2.3.3 我国智能运输系统体系框架的逻辑框架

我国智能运输系统体系框架的逻辑框架包括十个功能域,各功能域在数据流名称中的代码为:

(1) 交通管理与规划:TMP(Traffic Management and Planning)

(2) 电子收费:EPS(Electronic Payment Service)

(3) 出行者信息:TIS(Traveler Information System)

(4) 车辆安全与辅助驾驶:VSDA(Vehicle Safety and Driving Assistance)

(5) 紧急事件和安全:EM(Emergency and Security)

(6) 运营管理:TOM(Transportation Operation Management)

(7) 综合运输:IMT(Inter Modal Transportation)

- (8) 自动公路: AHS(Automated Highway System)
- (9) 交通地理信息及定位技术平台: TGIPS(Transpotation Geographic Information and Positining System)
- (10) 评价: EVAL(Evaluate)

对于同一功能域内的数据流,其命名格式为:功能域代码_数据流名称。对于起点和终点术语不同功能域的数据流,其命名格式为起点所属功能域代码_终点所属功能域代码_数据流名称。对于出入终端的数据流,其命名格式为:

- (1) 从终端流出的数据流:f 终端名 功能域代码 数据流名称;
 - (2) 流入终端的数据流:t 终端名 功能域代码 数据流名称,其中终端名采用中文定义。
- 流出(或流入)同一终端的一组数据流,可以合并为数据流组,其命名格式为:
- (1) 从终端流出的数据流组:fr 终端名;
 - (2) 流入终端的数据流组:to 终端名;
 - (3) 终端的双向数据流组:to/fr 终端名。

我国智能运输系统逻辑框架的顶层结构如图 2.7 所示,逻辑框架最主要的内容就是描述系统功能和系统功能之间的数据流,系统功能和数据流可以参阅将要发表的研究报告中有关功能描述表和数据流描述表(数据字典)。

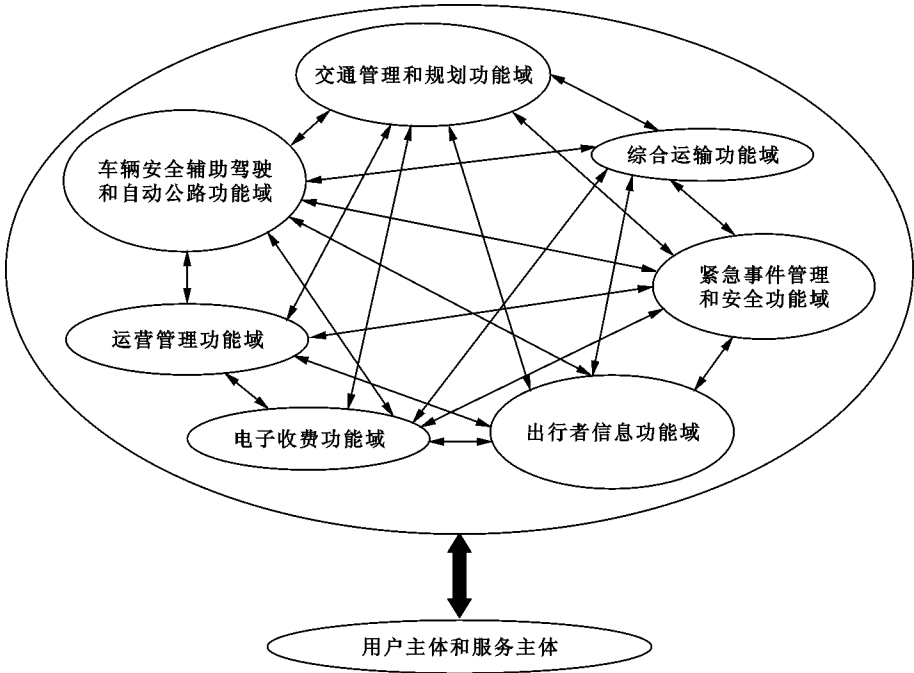


图 2.7 我国智能运输系统逻辑框架的顶层结构图[2]

每个服务领域都有逻辑数据流图,图 2.8 是自动系统的逻辑数据流图。

2.3.4 我国智能运输系统体系框架的物理框架

物理框架是逻辑框架的具体实现。物理框架是一些系统和子系统连接构成的。系统和子系统基本上是按目前交通系统的现状和职能进行划分的,同时考虑了将来可能的发展。

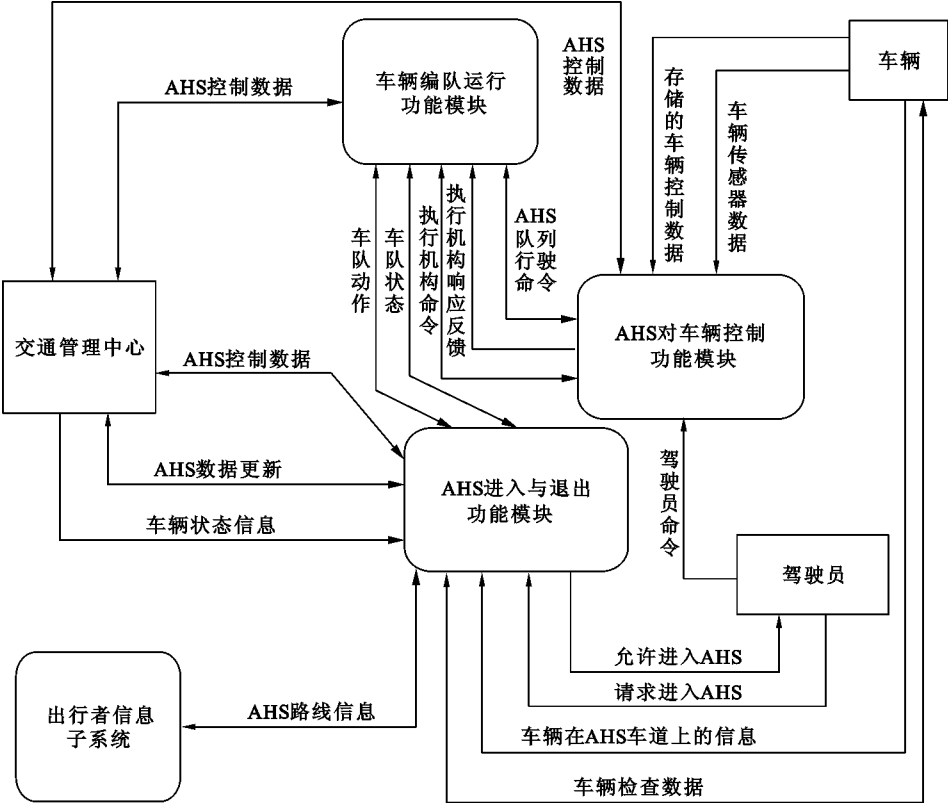


图 2.8 自动公路系统数据流程图^[1]

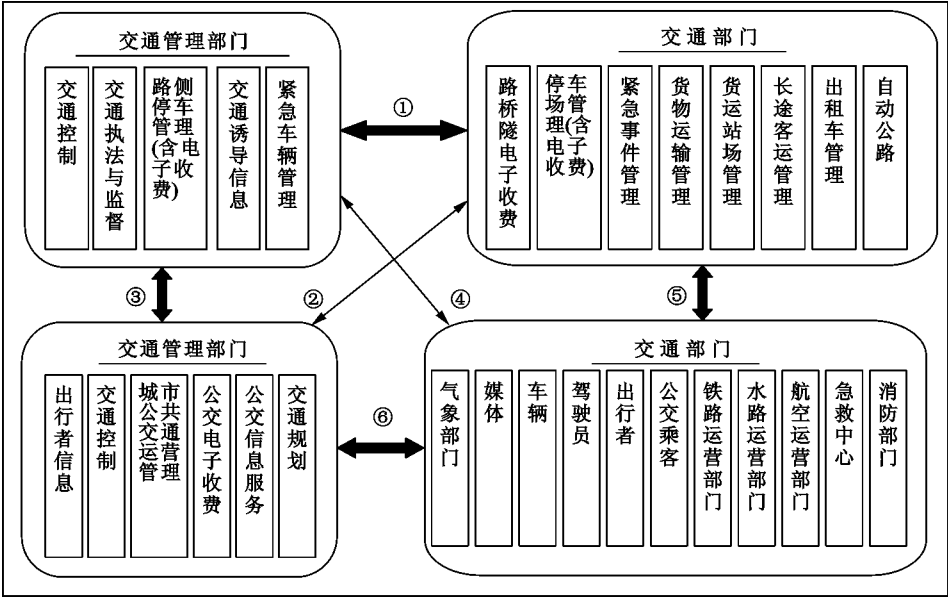


图 2.9 物理框架总体图^[2]

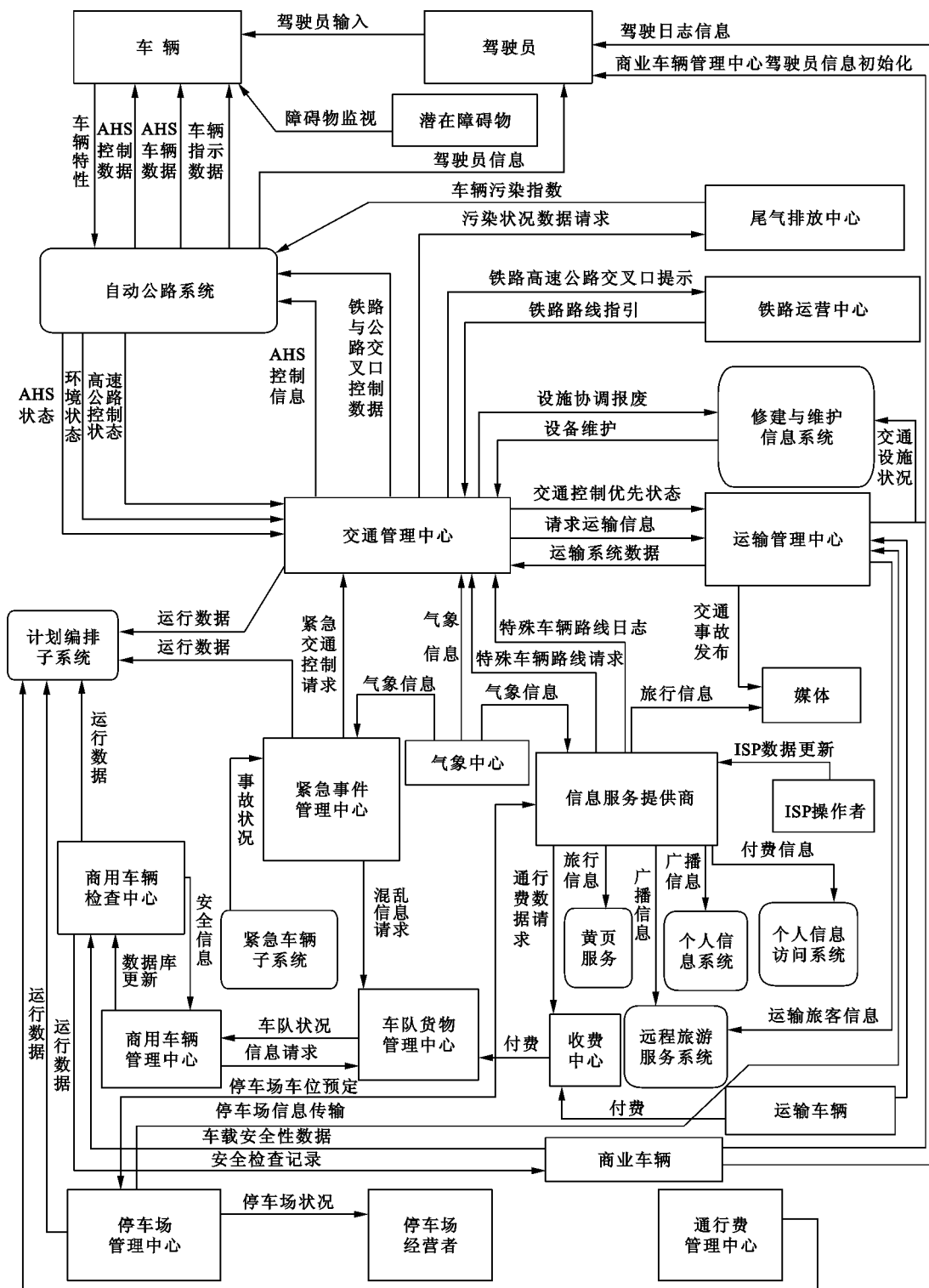


图 2.10 自动公路组物理框架流描述^[1]

图 2.9 是两种不同的物理顶层结构之一,基本可以顺应目前我国部门间不同的管理体制。每个服务领域都有物理框架图,图 2.10 是自动公路系统的物理框架图。

2.4 智能运输系统的标准化

智能运输系统标准化是围绕智能运输系统技术开发、产品研制和系统建设与管理而进行的一系列标准化工作的总称。包括各种 ITS 技术标准的制定、修订、管理、宣传、贯彻实施和复审等环节。

2.4.1 国际智能运输系统标准化现状

(1) 国际智能运输系统标准化

国际智能运输系统标准化工作由 TC204 负责组织实施。TC204 是为推动把城市和乡村全面交通作为整体的标准化的一个技术委员会,它是在国际标准化组织(International Standard Organization,ISO)下的一个技术委员会,1992 年 9 月由 ISO 委员会正式批准成立。自从 1993 年在华盛顿召开第一次会议以来,TC204 一直致力于交通信息和控制系统(Traffic Information and Contral System,TICS)的标准化。在 ISO/TC204 中,有 16 个工作组(WG)。如表 2.6 所示。

表 2.6 ISO/TC204 中的 16 个工作组^[3]

WG	主席国	对象目标	备注
1	英国	体系框架	
2	美国	质量和可靠性要求	
3	日本	TICS 数据库技术	
4	挪威	车辆和货物自动识别	合并到 WG1
5	荷兰	电子收费和管理控制	
6	*	一般车队管理	合并到 WG7
7	加拿大	车辆通行管理	
8	美国	公共交通	
9	澳大利亚	交通管理	
10	英国	出行者信息	
11	德国	路径指导和诱导	
12	*	停车场管理	已经停止工作
13	*	人的因素和人机接口	已经停止工作
14	日本	车/路报警和控制系统	
15	德国	狭域通讯	
16	美国	广域通讯/协议和界面	

* :暂缺

目前 ISO/TC204 秘书处由美国汽车工程师协会(SAE)承担,对 TC204 提供技术和行政服务。秘书处主要负责起草委员会草案,安排草案分发并解决所得到的意见,准备会议,记录会议决定,并将决定整理成书面文件,向技术管理局提交报告,准备国际标准的征求意见稿草案和最终草案等工作。

ISO/TC204 参加成员国分为 P 成员国(参加国)和 O 成员国(观察国)。参加国应积极参加标准化工作,承担技术委员会所有要求对国际标准征求意见稿或最终的正式草案正式投票义务,并参加会议。观察国不具有投票资格,可收到委员会文件并有权提出意见和参加会议。目前 ISO/TC204 的 P 成员国包括:澳大利亚、奥地利、中国、捷克、丹麦、德国、爱尔兰、以色列、意大利、日本、韩国、马来西亚、荷兰、挪威、俄罗斯、瑞典、英国和美国。

ISO/TC204 与 ISO 的其他组织,如 TC22(道路车辆技术委员会)、TC211(地理信息技术委员会)、IEC(国际电工委员会)、APEC(亚太经济合作组织)、ITU(国际电信联盟)等组织密切合作,共同促进智能运输系统的标准化工作。

(2) 美国智能运输系统标准化

美国于 1995 年成立了标准化促进工作组,致力于推进智能运输系统领域标准的制定和实施。美国在制定智能运输系统标准时,非常重视 ITS 体系框架的作用。体系框架中的逻辑框架和物理框架定义了用户需求、接口及数据流,作为智能运输系统标准的依据。为了从体系框架重叠的数据流中简化接口,美国组织制定了 11 个标准需求包:

- ① 专用短程通信;
- ② 数字地图数据及位置说明;
- ③ 信息服务提供者的无线接口;
- ④ 商业车辆运营的中心间数据交换;
- ⑤ 个人、运输和紧急求救信号;
- ⑥ 交通管理中心到其他中心(除了紧急事件管理);
- ⑦ 交通管理中心与路侧设备和排放监控/管理;
- ⑧ 运输紧急车辆的信号优先;
- ⑨ 紧急事件管理中心与其他中心;
- ⑩ 信息服务提供者与其他中心(除了紧急事件管理和交通管理系统);
- ⑪ 运输管理中心与运输车辆。

根据这些需求包来制定标准,每个标准需求包的内容包括:本包的范围和目的、信息交换、接口分解、有关限制、数据词典要素定义和类型。

1999 年 6 月,美国交通法案 TEA-21 通过了 17 条关键标准:

- ① 先进的出行者信息系统数据字典;
- ② 先进的出行者信息系统信息集;
- ③ 先进的交通管理系统数据字典;
- ④ 商业车辆的证件;
- ⑤ 商业车辆间安全与证件的信息交换;
- ⑥ 商业车辆安全报告;
- ⑦ 高速调频副载波波形;
- ⑧ 信息服务提供商与车辆间的参考位图;

- ⑨ 专用短程数据通信、电子收费和交通管理、商业车辆操作的信息集；
- ⑩ 车载无线呼救信号报告的接口设定；
- ⑪ 事故管理中心所用的普通事故处理信息集；
- ⑫ 智能运输系统的数据词典；
- ⑬ 智能运输系统的信息集模板；
- ⑭ 专用短程数据通信数据链路层；
- ⑮ 专用短程数据通信物理层；
- ⑯ 5890MHz 专用短程数据通信；
- ⑰ 先进的出行者信息系统在宽带受限媒体上传递的信息集。

(3) 日本智能运输系统标准化

日本从 1991 年开始参与 TC204 相关的行动,成立了 ISO/TC204 国内委员会,事务局设在自动车技术委员会。在此委员会的组织下,设立了一个技术委员会和子委员会,它对应于 TC204 的工作组,并积极为标准化工作。日本以参加国身份参与了第一届 ISO/TC204 全体会议。日本非常重视标准化的建设,在国内有相应的团体与 ISO/TC204 的各工作组相对应,承担相应的标准化工作,如表 2.7 所示。

表 2.7 日本 ITS 标准化顾问团体^[3]

WG	分委员会名称	日本国内顾问团体
WG1	ITS 体系框架分会	自动交通和驾驶电子技术协会
WG2	质量和可靠性要求分会	日本自动车技术协会
WG3	TICS 数据库技术分会	电子道路地图协会
WG4	车辆和货物自动识别分会	日本 UTMS
WG5	自动收费分会	道路新产业开发机构
WG7	车辆通行管理分会	道路保护技术中心
WG8	公共交通分会	日本建筑工程学会
WG9	整体交通管理和控制分会	UTMS 协会
WG10	出行者信息分会	UTMS 协会
WG11	路线指导和诱导分会	日本自动车技术协会
WG14	车/路报警和控制系统分会	日本自动车技术协会
WG15	狭域通讯分会	日本电子工业协会
WG16	广域通讯/协议和界面分会	日本电子工业协会

基于对国际标准化的重视,日本作为参加国积极参加 ISO/TC204 全体会议,并作为东道主于 2000 年 6 月在贺兹县大津市举办了全体会议。

1999 年 11 月日本建设省邀请了海内外专家参与了先进的公路诱导辅助系统(AHS)试验,以推动国际合作和全国政府、大学、私营公司(包括:韩国现代、德国戴姆勒-克莱斯勒、加利福尼亚大学伯克利分校)参与道路车辆交互系统,在此试验实施期间建设省致力于建立国际 ITS 合作并推动国际标准化工作。

(4) 欧盟智能运输系统标准化

欧盟标准化委员会(CEN)负责并积极推进欧盟智能运输系统的标准化工作。CEN 于 1990 年设计了 CEN/TC278 技术委员会,负责道路交通和运输信息化(Road Traffic and Transportation Telematics),分 14 个工作组进行以下 4 个大项的研究:

- ① 技术规范及术语;
- ② 具体应用领域;
- ③ 数据交换及参照定位;
- ④ 通信技术及接口。

欧盟标准化委员会(CEN/TC278)与国际标准化组织(ISO)签订了协议,进行与 TC204 内容大致相同的标准制定工作。

2.4.2 我国智能运输系统标准化

为做好智能运输系统的标准化工作,1999 年 10 月,在科技部和国家质量监督检验检疫局的统一安排下,国家智能运输系统工程技术研究中心和 ISO/TC204 中国秘书处承担了我国智能运输系统标准体系的研究工作。由于智能运输涉及国内诸多行业和企业,因此参加这一工作的专家来自政府部门、研究所、大学和企业。目前已经制定包括标准体系表在内的标准 200 多项,内容覆盖了信息定义和编码、专用短程通信、数字地图及定位、电子收费、交通管理与紧急事件管理、综合运输与运输管理、信息服务、自动公路与车辆辅助驾驶系统等领域。

(1) 我国智能运输系统标准覆盖的范围

智能运输系统作为一个新兴的产业,在国内的发展表现出明显的不均衡性。针对智能运输系统不平衡发展的特点,应在满足智能运输系统标准需求的前提下,尽量减少标准化工作带来的风险,只对智能运输系统的有需求的领域制定标准,根据体系框架的研究成果和以上原则,确定智能运输系统标准包括以下几个部分:

- ① 基础标准:包括 ITS 术语(基本术语和概念模型)、数据单元词典;
- ② 有全国兼容要求及部分有区域兼容要求的接口标准:所谓“有全国兼容要求的接口”是指子系统及其接口分属不同的所有者和使用者的可移动子系统的接口。例如,由于同一辆车或个人信息接收装置可能在全国漫游,需要不同地区的有关基础结构提供智能运输系统服务,因此应对车辆子系统和个人信息接收系统的接口制定标准;
- ③ 产品标准:对较成熟的专用产品制定标准,如停车设备、交通控制设备、电子收费设备;
- ④ 方法标准:例如 ETC 系统车载单元和路侧设备的测试过程、人机界面的评价等;
- ⑤ 服务标准:出行者信息服务、车辆安全与辅助驾驶、综合运输服务、紧急事件和安全服务、自动公路用户服务等。

(2) 我国智能运输系统标准体系

国外在确定智能运输系统标准时,一般采用以 ITS 体系框架为基础,分析标准需求,形成标准需求包。但是我国的现实情况有所不同,我们既要以我国智能运输系统体系框架为基础,保证智能运输系统的完整性,又必须考虑目前管理体制的情况,保证其可操作性和可实现性。因此针对我国智能运输系统体系框架,将智能运输系统标准体系划分为两层,如表

2.8 所示上层为智能运输系统通用标准,下层为分系统标准。通用标准层包括术语及定义、基础信息编码、数字地图及定位三部分。分系统标准包括六部分:专用通信、信息服务、交通管理与紧急事件管理、电子收费、综合运输及运输管理、自动公路与车辆辅助驾驶。我国智能运输系统标准体系结构如图 2.11 所示。

表 2.8 我国智能运输系统标准体系结构层次^[3]

层 次	分类代码	分 体 系 名 称
一	100	智能运输系统通用标准
	101	术语及定义
	102	基础信息编码
	103	数字地图及定位
二	200	分系统标准
	201	专用通信
	202	信息服务
	203	交通管理与紧急事件管理
	204	电子收费
	205	综合运输及运输管理
	206	自动公路与车辆辅助驾驶

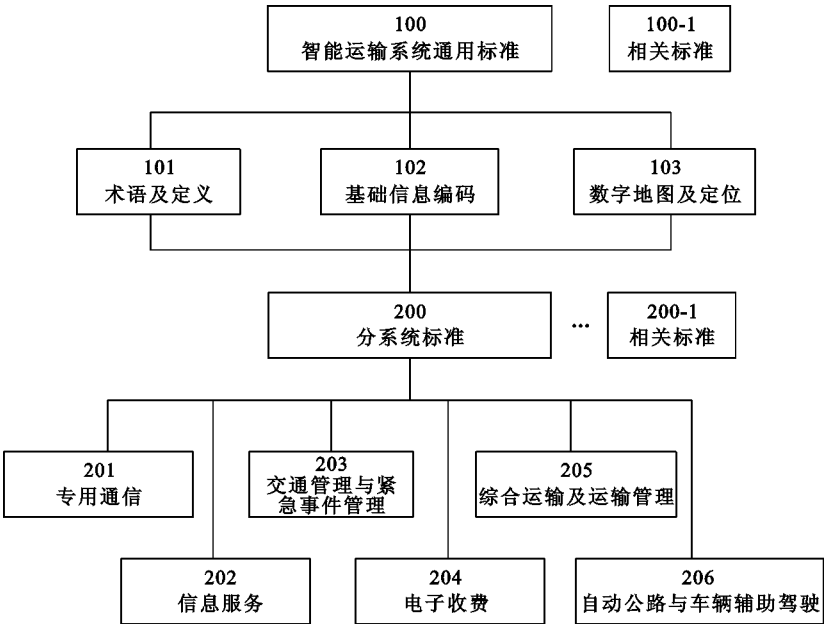


图 2.11 我国智能运输系统标准体系总结构^[3]

智能运输系统标准体系明细表包括序号、标准名称、标准代号和编号、宜定级别、采用国际国外标准的程度、采用的或相应的国际标准号等内容。

① 标准级别划分

智能运输系统标准体系中标准分两级:国家标准和行业标准。本标准体系中,对需要在全国范围内统一的下列技术要求制定国家标准。

a. 保证全国互操作性的接口:除了由同一个用户建设和管理运营的移动子系统和接口基础设施,国家智能运输系统体系框架中与移动子系统的接口需要全国的互操作性,因为同一个移动子系统(车辆子系统、个人信息接受子系统)要在全中国漫游并使用地方的基础设施来支持智能运输系统的服务,如信息服务提供商到个人信息接入系统、电子收费系统到车辆子系统等;

b. 通用技术语言要求;

c. 保障人体健康和人身、财产安全的技术要求;

d. 通用的试验、检验方法;

e. 通用的各类技术要求;

f. 工程建设的重要技术要求。

对没有国家标准而又需要在全国交通运输行业范围内统一的技术,可制定行业标准。

② 与国内外标准的协调

智能运输系统是涉及多个行业综合性标准体系。根据国家对综合标准体系表的有关要求,智能运输系统标准体系表重点突出行业、专业间的配套标准,凡已纳入本产品、过程、服务、管理所属的行业、专业标准体系表内的通用标准,在智能运输系统标准体系表中不再或从简标出。智能运输系统标准体系表与有关行业、专业标准纵横配合,组成一个整体。

智能运输系统中某一对象的安全、卫生、环境,以及试验方法、检验方法、计算方法等,已有国家或行业标准的,采用国家或行业标准。对已有的相关术语及定义、符号、代号等国家通用性基础标准的,为保持基本概念的统一,采用国家标准。

国际和国外先进标准一般都反映了世界上较先进的技术水平,采用国际标准和国外先进标准,从某种意义上来说是一种既经济又实用的技术引进方法。为保障智能运输系统的健康发展,提高我国有关产品质量和技术水平,适应发展社会主义市场经济和国际贸易的需要,本标准体系对国际标准或国外先进标准的内容,经过分析研究,不同程度地转化为我国的国家和行业标准。

③ 标准明细表主要内容

a. 100 智能运输系统通用标准:有关报告编制方法、审查规程、通用试验条件和试验方法;

b. 101 术语及定义:ITS 术语、缩略语、符号、标志;

c. 102 基础信息编码:ITS 信息、出行者、交通运输基础设施、交通运输运营管理部门、车辆、运输线路、交通运输管理与控制等的分类、代码、编码规则及数据词典;

d. 103 数字地图及定位:数字地图信息分类、编码、数据格式、数据交换、数据更新,车辆定位技术要求、定位信息交换、定位设备技术条件;

e. 201 专用通信:专用短程通信(应用层、数据链路层)、电子收费、停车、信号优先控制、车辆间专用短程通信技术条件和信息交换、交通运输专用集群通信系统技术条件、车内显示设备、交通监控等设备通信接口;

f. 202 信息服务及线路诱导:信息服务(包括路径诱导、公交、停车、交通状况、多式联

运、紧急事件等服务)的定义、编码、数据词典、数据格式设备技术要求;

g. 203 交通管理与紧急事件管理:交通紧急事件、交通违章、事故、交通管理设备等的分类、代码、编码;外场设备、交通管理中心、交通事故、紧急事件、停车管理、排放、交通需求等信息交换;交通管理外场设备的技术条件;交通规划规范;

h. 204 电子收费:电子收费信息交换、安全管理、设备技术条件、测试及管理规程、电子收费清算;

i. 205 综合运输及运输管理:货运电子数据交换,危险品运输、货运、客运、多式联运信息交换,车辆与管理中心间信息交换、管理中心与外系统间信息交换车辆调度、多式联运服务规范;车辆和货物自动识别设备、电子站牌等设备的技术条件;

j. 206 自动公路与车辆辅助驾驶:自动公路技术条件、管理维护规范;车辆辅助驾驶及自动驾驶的安全、技术条件、信息交换、操作规范;车辆被盗后系统的信息交换。

(3) 国内智能运输系统标准化和参加国际标准化活动情况

智能运输系统标准化工作很早就受到政府主管部门和专家的重视,智能运输系统中有相当一部分是交通工程中的监控、收费和通信,而这部分也是我国城市交通管理和高速公路建设的重要内容,因此在上世纪 90 年代国内就开始了这方面的工作,1995 年 ISO/TC204 秘书斯奇尼来华访问并考察了智能运输系统方面的工作,根据考察结果国家技术监督局批准国际标准化组织智能运输系统技术委员会(ISO/TC204)在中国的技术依托部门为交通部公路科学研究所。同年开始筹备成立交通工程标准化委员会,国家技术监督局确定交通部为全国交通工程标准化委员会依托部门,委员会秘书处依托于交通部公路科学研究所,同时确定 ISO/TC204 在国内对应交通工程标准委员会。从 1995 年开始,交通部公路科学研究所所在国家技术监督局和交通部的指导下,开始参与 TC204 的活动。1998 年在国家质量技术监督局的指导下,交通部正式批准成立 ISO/TC204 中国委员会(ISO/TC204 China Domestic Committee),该委员会把推进中国 ITS 标准化作为主要任务,由政府有关部门的官员、企业界和学术界的专家组成。在国家标准化工作主管部门的领导下,代表中国参加国际 ITS 标准化活动,并与 ISO/TC204 开展了一系列 ITS 相关标准的制定工作,涉及交通监控、专用短程通信、电子收费、电子单证格式、数据交换协议等。

本章小结

本章介绍了智能运输系统体系框架的定义、开发方法与过程及美国、日本和欧盟体系框架的基本情况。重点介绍了我国智能运输系统体系框架的目标、服务定义、逻辑框架和物理框架。介绍了利用国家智能运输系统体系框架指导地方智能运输系统体系框架和智能运输系统子系统的设计。最后对智能运输系统的标准化进行了全面介绍,包括国际智能运输系统标准化现状,美国、日本、欧盟智能运输系统标准化工作以及我国开展智能运输系统标准化的情况。

参考文献

- 1 中国智能运输系统体系框架编写组. 中国智能运输系统体系框架. 北京:人民交通出版社,2003
- 2 王笑京,齐彤岩,蔡华. 智能运输系统体系框架原理与应用. 北京:中国铁道出版社,2004
- 3 杨琪,王笑京,齐彤岩,蔡华. 智能运输系统标准体系原理与方法. 北京:中国铁道出版社,2003

- 4 刘冬梅. 智能运输系统(ITS)体系框架开发方法研究. 北京工业大学硕士学位论文, 2004
- 5 孙胜阳. 地方智能运输系统体系框架研究. 北京工业大学硕士学位论文, 2004
- 6 陆化普. 智能交通系统概论. 中国铁道出版社, 2004
- 7 黄卫, 陈里得. 智能运输系统(ITS)概论. 人民交通出版社, 1999
- 8 杨佩昆. 智能交通运输系统体系结构. 同济大学出版社, 2001
- 9 U. S. DOT, National ITS Architecture (Version 5.0), 2003
- 10 Trl international workshop. Intelligent Transport Systems (ITS) Architecture Proceedings, May 1996

3 智能运输系统技术基础

3.1 智能运输系统技术特点

智能运输系统是一个汇集了众多高新技术的大系统,内部又包含了许多子系统,在这些子系统当中,又要用到各种各样的技术,包括传感器技术、机器视觉技术、信息处理技术、数据库技术、智能控制技术、计算机通讯技术、网络技术以及交通工程学等。只有将这些技术综合应用,才能保证智能运输系统各个子系统的实现,直至整个系统的实现,从而彻底改变现在交通运输的模式。从系统整体的角度看,智能运输系统可以说是众多技术的体现,但智能运输系统涉及的这些技术并不只是简单的合成和堆砌,而是彼此间有着紧密的联系,这种联系体现在以下几个方面。

(1) 技术的集成性

ITS 将先进的信息、控制、通信与计算机技术和交通工程集成,进而形成智能运输系统中各项特有的技术,如城市道路和高速公路智能运输控制技术、交通信息采集和融合技术、路径导航及交通信息服务技术、高速公路联网收费及不停车收费技术、智能车路技术等。

(2) 技术的系统性

将智能运输系统的各项技术集成,形成一个有机和完整的系统,首先这些技术手段本身符合系统的特定要求,并有助于实现系统功能;另外系统的技术与技术之间有良好的接口和兼容性,整合到一起能真正实现系统的总体功能和目标。这是智能运输系统技术系统性特征的要求。

(3) 技术的先进性

智能运输系统的技术基础是新兴发展和迅速革新的计算机、网络、通信、控制、人工智能等技术,都是现代信息社会当中的先进技术。如何将这些先进技术应用到传统的交通运输系统领域当中,形成先进的运输管理技术,是智能运输系统应用和开发研究所要集中解决的问题。

(4) 技术的综合性

智能运输系统的定义明确指出要将信息技术、通信技术、自动控制技术、计算机技术以及网络技术等有效综合地运用于整个交通运输管理体系,这一方面说明智能运输系统包含了大量的技术,另一方面说明这些技术还必须综合利用,而不是简单的叠加,技术与技术之间有很好的分工协作,才能实现一个大范围内、全方位发挥作用的、实时、准确、高效的交通运输综合管理和控制系统。

3.2 交通信息采集技术基础

交通信息采集系统是智能运输系统的重要组成部分之一。通过信息采集系统,可得到反映交通状况的各种实时信息。对这些信息进行合理组织与处理,用户可获取各类所需的对决策有用的信息。本节主要介绍交通信息采集的相关技术,包括交通信息检测技术、浮动车技术、自动车辆识别技术、车辆定位技术、气象与道路环境信息采集技术等。

3.2.1 交通信息采集技术概述

交通信息按照其变化的频率不同可以分成静态交通信息和动态交通信息两大类。

(1) 静态交通信息采集技术

静态交通信息主要包括:城市基础地理信息、城市道路网基础信息及交通管理信息。静态交通信息主要采集方法有:

① 调查法

采用人工或测量仪器进行调查,可获取城市基础地理信息、城市道路网基础信息。

② 其他系统接入

静态交通信息可从其他部门,如规划部门、城建部门、交通管理部门获得。通过调查获得这些基础信息后,一般采用一次性人工录入的方式存入静态交通信息数据库。只有当实际系统发生变化时,才需要对静态交通信息数据库中的数据进行更新。

(2) 动态交通信息采集技术

动态交通信息主要包括:交通流状态特征信息(如流量、车速、密度等)、交通紧急事件信息(各种途径得到的事件信息,如路面检测器信息、人工报告信息等)、在途车辆及驾驶员的实时信息(如各种车辆定位信息等)、环境状况信息(如大气状况、污染状况信息等)及交通动态控制管理信息等。动态交通信息与静态交通信息显著的不同,主要表现在它的实时性,也就是说,动态交通信息反映的是随时变动的交通状况,因此,动态交通信息的采集必须是及时的、准确的。动态交通信息采集技术包括:交通检测技术、浮动车技术、车辆识别技术和车辆定位技术、气象与道路环境信息采集技术等。

3.2.2 动态交通信息检测技术

交通检测器按照安装特性的不同可以分成地埋式交通检测器和非地埋式交通检测器。

3.2.2.1 地埋式交通检测器

(1) 环形线圈检测器

感应环形线圈检测器是目前应用最广泛的一种检测器,根据传感器原理的不同可以分为以下两种:

a. 谐振电路感应线圈检测器

大多数感应线圈属于这一类,由一个感应线圈和振荡电路里的可变电容组成。电路的频率调节使电路与固定频率的振荡器产生共振,当有汽车通过时,感应线圈的电感发生变化,从而引起振荡电路频率的变化。定值振荡器和电路之间的频率差驱动另外一个电路,使其闭合成为一个继电器,最后产生信号或脉冲来计数。

b. 相移式感应线圈检测器

当车辆通过时,引起感应线圈的电感变化,可以由测定一个电阻(感应线圈也就是这个电阻的组成部分之一)的电压和电流之间的相位移动办法确定,从而达到检测的目的。

① 环形线圈车辆检测器基本原理

基本原理如图 3.1 所示:在同一车道的道路路段埋设一组(2 个)感应线圈,每组感应线圈与多通道车辆检测器相连。当车辆分别经过两个线圈时,由于线圈电感量的变化,车辆的通过状态将被检测到,同时状态信号传输给车辆检测器,由其进行采集和计算。

② 环形线圈检测器的组成

环形线圈检测器由机架、底板、中央处理器、检测卡以及接线端子组成。检测卡沿导轨插入机架内,并与底板和中央处理器实现电气连通。

a. 中央处理器

中央处理器是对采集信号进行计算的模块,一般是一个带嵌入式操作系统的单板机,具备较强的数字计算、存储能力和通讯接口。通过对端口的扫描,捕捉电平的变化时间,以此计算出相应的交通数据。

一般检测器的通讯接口包括 RS232/485,比较先进的还具有以太网接口和 GPRS 模块。目前,在国内大多数应用中,由于监控路面和监控中心距离的关系,系统集成商普遍采用调制解调器点对点连接的方式传送数据,或者通过 PLC 中转数据。

任何意外情况发生导致的处理器死机、故障等非正常工作状态,都应该能在短时间内重新启动,且不应超过 30s。

b. 检测卡

检测车辆通过或静止在感应线圈的检测域时,通过感应线圈的电感量会降低,检测卡的功能就是检测这一变化并精确地输出相应的电平。

线圈式车辆检测器采用的检测卡,一般为欧标卡式接口。就线圈感应的角度而言,检测卡应该具有响应时间稳定,并与车辆经过实际情况相吻合的高精度电平跳变性能。因为在车辆高速通过时,检测时间是非常短的,通过两个线圈的时间一般为一二百毫秒,单个线圈的响应时间更短,且各种车的底盘轻重,距离地面位置的高低都会影响到检测卡的电平响应时间。而响应时间和响应的开始时间是车长、车速计算的主要参数,这就解释了为什么当车高速通过时有些检测卡测得的车长、车速不准确的情况,可以必须用一定的补偿值,只有正确调节灵敏度才能保证检测器的精度。

③ 检测器协议的架构

每个车辆检测器都应该有自己的地址,以相互区分。数据上传的方式一般是应答式的,也就是户外系统(车辆检测器)不主动发送数据,直到户内系统(监控中心)发出采集数据的指令才发送数据。车辆检测器和监控中心通讯的命令通常分为查询和设置两类。查询类命令一般是查询车辆检测器当前的工作状态、故障等,并能根据预先设置的车长类型进行不同

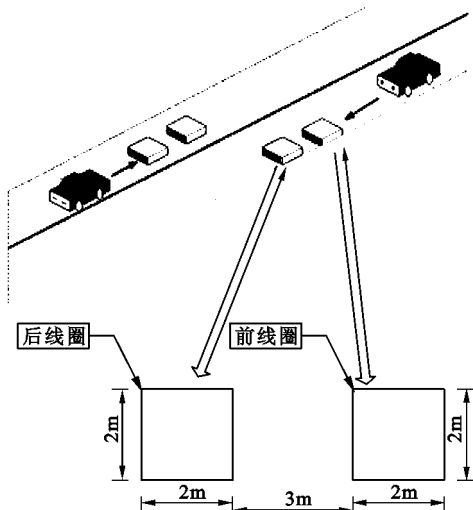


图 3.1 线圈埋设示意图

车长类型的归类处理;设置类命令是对检测器参与计算的参数进行调整,如时间、车长分类等。

④ 检测器的算法

在国家交通部行业规范里的环形线圈车辆检测器功能要求中,对流量、平均速度、车道占有率、平均车长、平均车间距有严格的要求,其中对平均速度的定义为:

$$\bar{v} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n v_i \tag{3.1}$$

式中 v_i ——第 i 辆车通过的速度;
 n ——单位时间内通过的车辆数。

环形线圈检测器的缺点是线圈随路面变形(沉降、裂缝、搓移等)而变化,使用性能及寿命受路面质量的影响很大,路面质量较差时,寿命仅 2 年。另外,感应线圈对车辆压力和温度敏感,环境的变化和感应线圈的正常老化对检测器的工作性能的影响较大,可使检测器谐振回路失谐而不能判断车辆存在产生的频率变化。

(2) 磁力检测器

磁力检测器是被动接收设备。当铁质物体通过地球磁场时,会引起地磁场的扰动(即磁场强度异常)。磁力检测器通过检测磁场强度的异常来确定车辆出现,即当车辆进入并通过磁力检测器的探测区域时,检测器探测到车辆铁质材料的磁场所造成的地磁场磁力异常。具体变化情况为:当车辆接近磁力检测器的探测区域时,探测区域的磁力线受挤压;当车辆将要通过探测区域时,磁力线沿中心幅合;当车辆正在通过探测区域时,磁力线沿中心幅散。

用于交通参数采集的磁力检测器分两种类型:一种是两轴式磁通门磁力计,探测车辆通过地磁场所造成的竖直方向和水平方向上的磁场强度变化。两轴式磁通门磁力计中含有一个初级线圈和两个次级线圈。它们都安装在以高导磁性软磁材料为磁芯的线圈架上。磁力检测器的电子线路测量次级线圈两端的电压可检测地磁场的磁场强度异常(即获得车辆经过的信号)。车辆检测的依据是:看测得的电压值是否高于预设的阈值。在车辆出现检测模式下,车辆出现造成的电压值被一直保持,直到车辆离开探测区域为止。另一种是磁力探测器。当车辆(须含有铁质材料)通过其探测区域时,磁力探测器通过检测地磁场的磁力线扭曲情况而感知车辆的通过。磁力探测器中,由导磁性材料做成的磁芯上只缠有一个线圈。与磁通门磁力计类似,磁力探测器也将地磁场强度变化转化为电压信号,通过测量电压信号来检测车辆。图 3.2 为磁力检测器示意图。

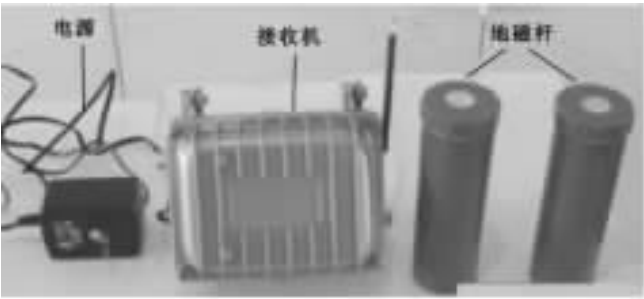


图 3.2 磁力检测器

大多数磁力探测器不能探测静止的车辆,因为它们需要车辆移动,即被测物体所产生的信号随时间变化。但是,将某些型号的磁力探测器联合使用,并辅以专门的信号处理软件,可测得静止车辆的信息。

(3) 道路管检测器

道路管检测器的工作原理是将橡皮管放置在路面上,当车辆驶过橡皮管时,橡皮管发出气压脉冲信号,这个气压脉冲信号使压力起动开关闭合,向计数器或分析软件发出一个电信号。道路管检测器是便携式的检测器,使用铅酸电池等可充电电池作为能源。道路管检测器与交通流方向垂直安装,通常作为短期的交通量计数、通过车轴数和车轴距离进行的车辆分类、交通规划及交通研究的数据采集装置。某些型号还能对车辆间隙、交叉口停车延误、停车标志延误、饱和流率、点速度及行程时间(当计数器和车辆信号发射传感器联用时)的计算提供数据。优点:在永久性和临时性的交通数据采集中能快速安装,需要较少的能源。道路管检测器通常比较便宜而且易于维修,其生产厂家还可以提供软件包来进行数据分析。

(4) 压电检测器

压电材料是一种经特殊加工后能将动能转化为电能的材料。压电检测器由金属编织芯线、压电材料和金属外壳制成同轴结构。压电检测器主要应用于动态称重、计轴数、测轴距、车辆分类统计、车速检测、闯红灯拍照、泊车区域监控、收费站地磅、交通信息采集和统计。优点:它是感应车辆轮胎通过检测器以检测车辆信息,而不是感应整个车辆通过检测器以检测车辆信息。压电检测器在车辆轮胎通过检测器时检测车辆,产生的模拟信号与作用在检测器上的压力成比例。压电检测器的这个独特的能力能够以非常高的精度区分车辆。

3.2.2.2 非地埋式交通检测器

(1) 微波雷达检测器

微波雷达检测器工作原理:当车辆从雷达波覆盖区域穿过时,雷达波束由车辆反射回雷达天线,然后进入接收器,通过接收器完成车辆监测并计算出流量、速度及车身长度等交通数据。微波雷达检测器可安装在单车道道路的正对路中央的半空中以测量驶来或离去车流的交通参数;还可在多车道道路的路边安装以测量多条车道上车辆的交通参数。正向安装、宽波束宽度的雷达可采集多条车道上的一个交通流方向的交通参数。正向安装、窄波束宽度的雷达可采集单车道上一个交通流方向的交通参数。路旁安装、多探测区域的雷达的探测区域垂直于交通流方向。这种雷达检测器可提供多条车道交通流的交通参数,但其准确性要低于同种情况下正向安装的雷达检测器。路旁安装、单探测区域的雷达检测器一般被用来检测信号交叉口的单车道或多车道的车辆出现。路旁安装的雷达有两种类型:连续波多普勒雷达和调频连续波雷达。雷达检测器通过波形可获取交通参数。连续波多普勒雷达可用于城市主干道及高速公路上的车辆测速。

① 常用微波雷达检测器

远程交通微波检测器(Remote traffic microwave system, RTMS)是一种用雷达监测微波传输形式检测交通数据的探测器,具有技术先进、成本低、使用方便的特点。它可在线实时提供道路上的交通信息,这些信息有多达8个车道的车流量、道路使用率、车辆速度及方向和车型等信息。更重要的是它借助于公网传输检测数据,避免了传输线路铺设的作业,减少了工程量。

如图3.3所示,检测的数据利用GPRS模块、GSM基站、互联网传输至控制中心的计算

机进行实时处理。

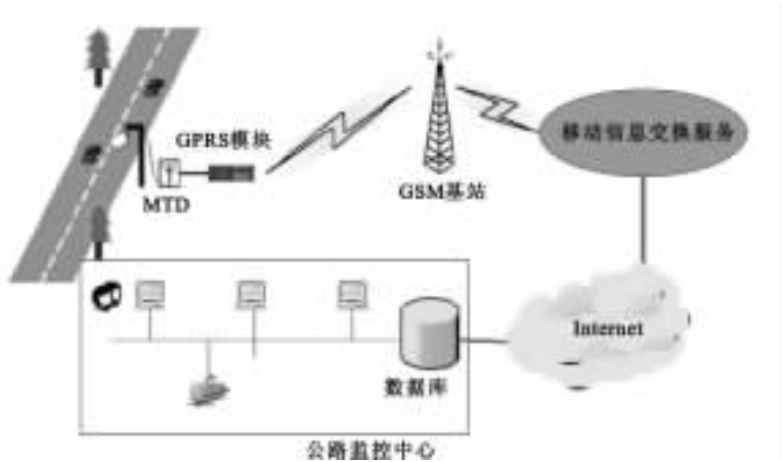


图 3.3 RTMS 工作原理^[11]

② 微波雷达检测器的安装

微波雷达检测器的安装方式可以分为正向安装和侧向安装两种。根据微波工作的原理,侧向安装检测的速度是每一辆车一段距离内的平均速度,正向安装是利用多普勒效应对每辆车的实时速度进行检测,其他测量参数相同。正向安装的每台设备只能检测一条车道的信息,要想检测多车道车辆信息需要多台检测设备,而且正向安装需要安装悬挂门架,在道路中间施工需要中断交通。从安装成本和便利性上综合考虑,建议采用侧向安装方式。侧向安装需要考虑的因素有:需要检测的车道数和立柱的位置以及中间隔离带和路肩宽度的影响。

图 3.4 和图 3.5 为 RTMS 的安装和部件组成图。



图 3.4 RTMS 的安装^[11]



图 3.5 RTMS 的部件组成^[11]

(2) 超声波检测器

超声波检测器发射超出人听觉范围的频率为 25~50kHz 的声波。大多数超声波检测器发射脉冲波,可提供车辆计数、出现及道路占有率等交通信息。超声波检测器的探测区域由超声波发射器的波幅决定,通过测量由路面或车辆表面反射的脉冲超声波的波形,可确定由检测器到路面或车辆表面的距离,即路上有车 and 路上无车时的检测器所测信号有差别,可借此确定车辆的出现。检测接收的声信号转换为电信号,由信号处理单元进行分析处理。

由于超声波检测器反射的脉冲能量波已知,且以较小的角度被分为两束,即两束脉冲能量波间的距离已知,测量车辆通过这两束波的时间即可确定车速。脉冲超声波检测器的最佳安装位置是高架安装俯视车流或路旁安装侧视车流。如图 3.6 所示。

恒定频率超声波检测器利用多普勒效应测量车速,但其造价要高于脉冲超声波检测器。恒定频率超声波检测器采用高架安装,以 45° 角正对驶来的车流。它有两个转换器:一个用于发射超声波,另一个用于接收超声波,检测接收超声波的频率变化以确定车辆是否通过。恒定频率超声波检测器内的电子系统可产生脉冲宽度(脉冲持续时间)与被测车辆速度成正比的内部脉冲信号,经一系列计算可确定车速。



图 3.6 超声波式检测器的安装^[3]

(3) 红外线检测器

红外线检测器分为主动式红外线检测器和被动式红外线检测器。主动式红外线检测器中,激光二极管在红外线波长范围(即光谱长度为 $0.85\mu\text{m}$)附近工作,发射低能红外线照射探测区域,并经车辆的反射或散射返回检测器。使用可调发光二极管的主动式红外线检测器可测量车速和进入高速公路曲线形交叉的高大货车的高度,发光二极管在 880nm 的红外线波长范围附近工作,信号调节装置可防止其他红外线(如阳光)的干扰,有两个发射接收系统用于测量车速,有一个发射接收系统用于测量车辆高度。被动式红外线检测器本身不发射红外线,而是接收来自两个来源的红外线:检测器监测范围内的车辆、路面及其他物体自身散发的红外线和它们反射的来自太阳的红外线。

主动式红外线检测器和被动式红外线检测器中装备有特制的光学系统,在光学系统焦面上安装了红外线光敏材料。红外线检测器(主动式或被动式)接收红外线后,经光学系统聚焦于红外线光敏材料上。对红外线检测器来说,探测器指红外线光敏材料,它将来自各个来源的红外线转换为电信号。实时信号分析系统对信号进行分析可获得车辆出现参数。红外线传感器可安装在车流上方以观测驶来或驶离的交通流,也可安装于路旁,可用于信号控制;流量、车速和车辆类型的测量;监视人行横道上的行人及向驾驶员发布交通信息。主动式红外线检测器可用于信号交叉口的车辆出现参数、流量、道路占有率、车速、车辆长度的测量,车辆排队长度及车辆分类的测量。可在一个交叉口上安装多个红外线检测器,不存在发射红外线和接收红外线间的相互干扰。为适应车辆分类的需要,许多先进的红外线器能生成二维或三维的监视图像。如果对红外线波进行调频处理或编码,红外线波可代表一定的信息,则主动式红外线检测器可向驾驶员发布交通信息,被动式红外线检测器可采集由其探测区域内温度高于绝对零度(-273.15°C)的物体以任意频率发射的红外线。虽然被动式红外线检测器可设计为能接收各种频率的能量,但考虑到造价因素,被动式红外线检测器的波长可限定在足以检测车辆的一定数目的像素范围内,如某些型号在 $8\sim 14\mu\text{m}$ 的远红外线波长范围内工作,可减少太阳光及云层移动引起的照度变化的影响。

(4) 噪声检测器

噪声检测器探测来自车辆内部和车辆轮胎与地面接触的声音,可测量车辆通过、车辆出现及车速等交通参数。当车辆通过探测区域时,信号处理器感知到声音能量的提高,并产生

车辆出现信号。当车辆驶离探测区域时,声音能量减少,低于检测器的检测阈值时,车辆出现信号消失。

(5) 视频图像车辆检测器

基于视频图像处理的交通检测技术是近年来在传统的电视监视系统基础上逐步发展起来的一种新型的车辆检测方法,使用灵活,比其他检测技术能收集更多和更全面的交通数据。视频检测是一种结合视频图像和模式识别的技术,通过闭路电视和数字化技术分析交通数据。

视频图像车辆检测器多采用 CCD 摄像机,CCD 是半导体电荷耦合器件的简称,CCD 摄像机是以电荷为信号,不同于大多数检测器是以电流或电压为信号。CCD 的基本功能是电荷的存储和电荷的转移。因此,CCD 的工作过程主要是信号电荷的产生、存储、传输和检测。CCD 有两种基本类型:一是电荷包存储在半导体和绝缘体之间的界面,并沿着界面传输,这种类型器件称为表面沟道 CCD(简称 SCCD);二是电荷包存储在离半导体表面一定深度的体内,并在半导体内沿着一定的方向传输,这类器件称为体沟道或埋沟道 CCD(简称 BCCD)。CCD 摄像机通过电子束或 CCD 的自扫描系统,将按照空间位置分布的图像分解成与像素对应的时间信号。电视监视器以完全相同的方式利用电子束从左到右,同时从上到下的扫描,将电视图像在屏幕上显示出来。视频图像车辆检测器的基本原理是在很短的时间间隔内,由半导体电荷耦合器件摄像机连续摄取两幅图像,而这种图像本身就是数字图像,很容易对两幅图像的全部或部分区域进行比较,若差异超过一定的阈值则说明有运动车辆。视频检测技术能够采集的数据很广,一个摄像机能够采集几个车道的交通数据,使得检测交通动态行为和各種空间交通数据成为可能,包括交通流量、车型分类、占有率、车速、排队长度等,还可获得车辆的外形三维数据及车辆的轴数、轴距和车辆组成等交通参数,这是以前传统的车辆检测器所不能做到的。除此之外,视频检测能提供辅助信息,如路肩交通、停车交通、车辆换道、速度差异和其他方向的交通拥堵。视频图像车辆检测器的组成和安装如图 3.7 所示。

(6) 复合型交通检测器

采用多种检测技术的复合型交通检测器有良好的应用前景,如被动式红外线技术和超声波技术的联用,可提供精确度更高的车辆出现及车辆排队监测,进行车辆计数及高度、距离的识别;被动式红外线技术和连续波多普勒雷达的联用,可进行车辆出现和车辆排队监测、车辆计数、速度测量及车辆分类(基于车辆长度)。再如,被动式红外线技术和连续波多普勒雷达技术联用时,由雷达测量车速(中速到高速),由被动式红外线进行车辆计数和车辆出现监测。在测量中等车速时,被动式红外线以微波雷达测得的车速值为基础自动校准其测得的车速值,这就使被动式红外线可测较低的车速或检测静止的车辆。

3.2.2.3 各种检测器的优缺点比较

每种检测器都各有优缺点,在进行检测器选择时,可以根据实际情况进行选择。下面把各种检测器技术的优缺点进行汇总比较,见表 3.1。

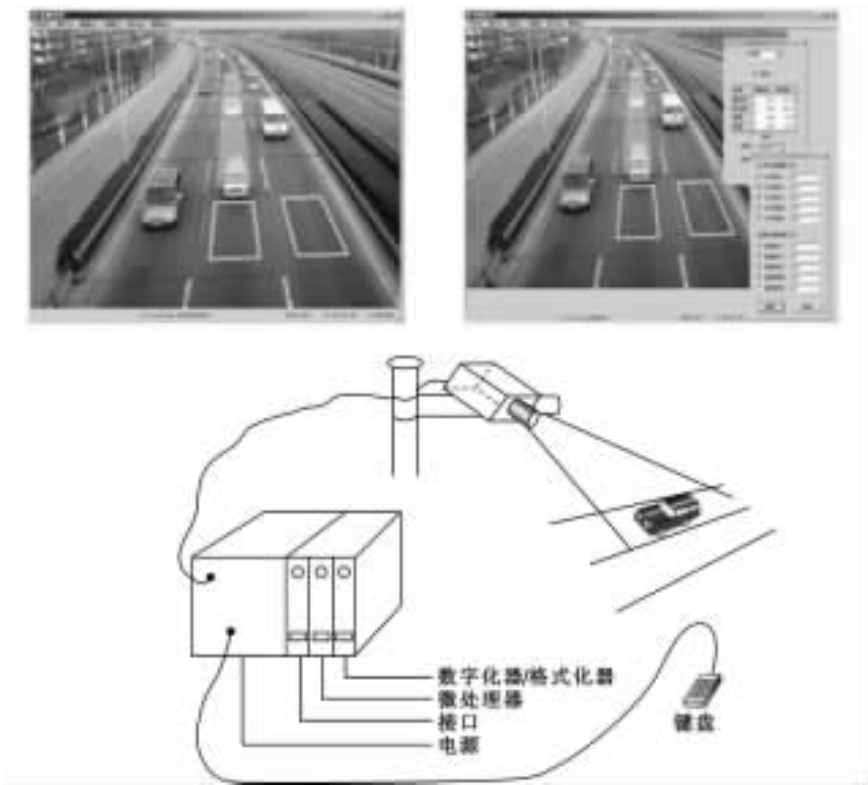


图 3.7 视频图像车辆检测器的组成与软件界面^[3]

表 3.1 各种交通检测器技术优缺点比较表^[3]

检测器技术	优 点	缺 点
感应线圈检测器	- 成熟、易于理解的技术 - 灵活多变的设计,可满足多种实施状况的需求 - 广泛的实践基础 - 与非地理型检测器相比,设备价格便宜 - 提供基本的交通参数(如流量、出现、占有率、速度、车头时距和车辆间隙) - 采用高频励磁的型号可提供车辆分类数据	- 安装和维修需要关闭车道,对交通流造成干扰 - 在路面质量不好的道路上安装时易于损坏 - 路面翻修和道路设施维修时可能需要重装检测器 - 检测特定区域的交通流状况时往往需要多个检测器 - 降低道路寿命 - 对路面车辆压力和温度敏感 - 当车辆类型变化比较大时,精确性会降低 - 需要对检测器作定期的维护

续表 3.1

检测器技术	优 点	缺 点
磁力检测器	- 某些型号不需刨开路面即可安装于路面下 - 安装所需的时间比感应线圈短 - 可用于感应线圈不适用的地方(如桥面等地) - 对路面车辆压力的敏感度低于感应线圈 - 某些型号可通过无线电传输数据	- 安装需要刨开路面或在路面下挖掘管道 - 安装和维修需要关闭车道,对交通流造成干扰 - 降低道路寿命 - 要想对静止车辆进行检测,需借助特殊的传感器设计或使用专门的信号处理软件 - 对检测区域较小的型号来说,检测全部车道需要多个检测器
道路管检测器	- 快速安装,适用于临时性的交通数据采集 - 低能耗、低价格 - 易于维修	- 交通量较高时,车轴计数的准确度下降 - 压力启动开关对温度敏感 - 车辆轮胎会对道路管造成损害
红外线检测器	- 主动式红外线检测器发射多光束的红外线,保证对车辆位置、速度及车辆类型的准确测量 - 可实现多车道检测 - 多检测区域的被动式红外线传感器可测量车速	- 当雾天能见度低于 6m,或吹雪天气时,检测性能会下降 - 在大雨、大雪或浓雾天气下,被动式红外线检测器的灵敏度会下降
微波雷达检测器	- 在用于交通管理的较短的波长范围内,微波雷达对恶劣天气不敏感 - 可实现对车速的直接检测 - 可实现多车道检测	- 天线的波束宽度和发射的波形必须适合具体应用的要求 - 多普勒微波雷达不能检测静止车辆 - 多普勒微波雷达在交叉口的车辆计数效果不好
超声波检测器	- 可实现多车道检测 - 易于安装	- 温度变化、强烈的气流紊乱等环境因素都会影响传感器检测性能。为此,某些型号设计了温度补偿装置 - 当高速公路上车辆以中等车速或高速行驶时,检测器采用大的脉冲重复周期会影响占有率的检测

续表 3.1

检测器技术	优 点	缺 点
声学检测器	• 是被动式检测器 • 对降水天气不敏感 • 可实现多车道测量	• 较低的温度可能会影响检测的准确度 • 某些型号不适用于检测慢速移动的车辆
视频检测器	• 多检测区域,可检测多条车道 • 易于增加和改变检测区域 • 可获得大量数据 • 当多个摄像机连接到一个视频处理单元时,可提供更广范围的检测	• 恶劣的天气,如雾、雨、雪;阴影;车辆投射到相邻车道的阴影;交通堵塞;光照水平的变化;车辆与道路的对比度变化;摄像机镜头上的水迹、盐渍、冰霜和蜘蛛网等都可能影响检测器性能 • 为取得车辆出现和速度检测的最佳效果,(在路边安装摄像机的情况下)需将摄像机装在 9.2~15m 高度 • 某些型号对因大风引起的摄像机振动比较敏感 • 当需要检测多个检测区域或特殊类型的数据时,视频检测器才会有较高的性价比

3.2.3 浮动车技术

目前世界各国采用的动态交通信息采集方式主要分为固定式和移动式两种,其中普遍采用的是固定式交通信息采集方式,主要包括:环形线圈、微波雷达、红外、视频等,因为固定式交通信息采集技术相对成熟,信息处理手段和方法基本完备。但是随着智能运输系统中先进的出行者信息系统(Advanced Traveler Information System, ATIS)对交通系统中实时动态交通信息需求的不断提高,传统的固定式交通信息采集方式就出现了不足,主要表现在:

- (1) 固定式交通信息采集方式在路网上的覆盖率比较低,采集的交通信息不能全面反映路网交通状态。目前国内外在布设固定式交通采集设备时,需要考虑道路等级、交通监控目标、设备投资等,因此只会在重要路段、关键断面布设,这样就会造成很多信息盲区;
- (2) 固定式交通信息采集方式由于受本身技术特点限制,不同的采集方式具有不同的采集特点和环境适应性,信息源的可靠性不高;
- (3) 固定式交通信息采集方式在安装和维护过程中需要破坏路面或影响正常交通流,每年固定交通信息采集方式的维护和保养需要花费大量人力和物力。

综上所述,固定交通信息采集方式已经不能完全满足智能运输信息系统海量、全面、实时的信息需求,因此世界各国交通管理部门和科研人员都在进行交通移动采集技术的选择和实验,希望借助移动采集技术的特点弥补固定采集技术的缺点,完善整个交通信息采集系统,从而更好地为智能运输系统各子系统服务。

20 世纪 90 年代初,国外就使用模型模拟或者实地试验验证使用移动车辆采集数据的

可行性,其中以德国的 VERDI 系统、美国的 ADVANCE 实验项目 T31 和 AMI-C 系统最具典型性。德国的 VERDI 移动检测系统通过车载移动通信单元和监控中心实现道路交通信息的实时移动传输,移动传输网络采用的是 GSM 网络,监控中心实时采集的数据不仅包括车辆位置信息和车速信息,还包括车辆本身运行状况信息、天气信息以及路面信息等。

美国的 AMI-C 移动车检测系统更加强调将各种多媒体信息通过先进的通信技术在行驶的车辆和监控中心之间传输,汽车将安装各种多媒体显示和采集设备,因此通过浮动车采集到的交通信息更加丰富和全面。随着这些多媒体设备成为未来美国汽车的标准配置,AMI-C 系统逐渐将向 IPCar 浮动车检测系统转化,IPCar 系统认为道路上每辆汽车均可作为检测车,并且每辆车拥有一个唯一的 IP 编号,所采集的大量信息与该车辆的 IP 编号相对应,这样监控中心根据这些信息和编号就可以更加全面地实时掌握道路交通信息。

3.2.3.1 交通移动采集技术

通过研究和分析国内外交通移动采集技术的研究现状,可以将交通移动采集技术分为主动测试车技术和被动探测车技术。主动测试车技术通常称为浮动车技术(Floating Car),这种方法是由英国运输与道路研究所的华德鲁勃(Wardrop)和查尔斯沃思(Charlesworth)于 1954 年提出,可同时获得某一道路的交通量、行驶时间和行驶车速,目前主要用于交通综合调查。

(1) 主动测试车技术

主动测试车技术的测试方法是:交通数据采集人员在某一特定的测试车内,通过手工、距离测试仪(DMI)或 GPS 等设备随时记录车辆速度、行程时间或者行驶距离信息,通过 DMI 设备可以每半秒甚至在更小的时间间隔内采集和记录车辆速度和行驶距离等信息,GPS 设备也能够做到每秒钟记录测试车辆的位置和速度信息。

主动测试车技术通常需要选择某一特定车辆作为测试用车,该车在正常交通流中行驶的主要目的是交通数据采集,所以通常称之为主动测试车技术,这种移动采集技术的主要优点有:① 能够提供特定驾驶行为条件下的实时交通信息;② 通过 DMI 或 GPS 设备可以详细记录车辆整个行驶过程中的详细数据;③ 设备的初期投资相对较小。但也有以下一些不足之处:① 信息来源的可靠性受到数据采集人员和记录仪器的双重影响;② DMI 或 GPS 设备采集的大量数据会带来存储问题;③ 整个路网行程时间的估计仅仅依靠某一特定测试车的数据,会带来较大误差。

(2) 被动探测车技术

被动探测车技术是指在行驶于正常交通流中的车辆上安装辅助仪器或其他远程传感设备来完成交通信息的采集,使用的车辆可以是个人车辆、出租车、公共汽车或其他一些商业运营车辆,这些车辆的行驶目的主要不是为了交通信息采集,而只是通过这些车辆上的仪器和设备,在不妨碍车辆本身运行目的的情况下实时采集道路交通流信息的移动采集技术。这些车辆和交通管理或监控中心通过各种无线传输技术实时通信。

根据车辆上安装设备的不同,可将被动探测车技术分为以下几种:基于信标技术(Sign-post)的探测车技术、基于自动车辆识别技术(AVI)的探测车技术、基于广播电台定位(Radio)的探测车技术、基于手机定位(GSM)的探测车技术和基于 GPS 定位的探测车技术等。采用上述被动探测车技术的移动采集技术具有以下优点:

① 数据采集成本低。一旦相关硬件安装完成后,系统数据获取相当容易而且代价小,

不需要经常安装或维护相关设备；

② 能够获得持续不断的数据。通过车载设备可每天 24 小时持续不断地获取实时道路的交通状况,尽管一些商业车辆或公共汽车运行具有时间表,但是只要车辆一运行就会有实时数据采集；

③ 能够直接反映实际交通流特点。因为探测车直接行驶在交通流中,采集的数据不受外界或主观影响,而且这些车辆的驾驶员都是随机选择,因此采集的数据更能全面反映实际交通流特点。

当然,被动探测车技术也存在以下几个地方需要进一步改进：

① 初期投资大。无论采用上述何种技术建立交通信息移动采集系统,均需要购置必需的车载设备和路边设施,并且还需要培训相关技术人员进行监控和操作；

② 系统一旦建立就很难更改。因为系统在建立时需要建设相关基站和天线,一旦这些设施建设好后就不能随意更改,因此在系统建设时需要很好地考虑系统覆盖范围,确保探测车采集的数据能够实时上传；

③ 系统建设带来个人隐私问题。因为交通信息采集设备会被安装在社会车辆或私人车辆上,这样驾驶员的驾驶习惯、出行地点都会被监控中心监控,所以这也是系统在建设过程中需要考虑的问题；

④ 系统仅适宜于大范围的交通数据采集。因为探测车技术初期投资大,而且探测车的行驶区域比较自由,因此探测车技术不适宜于小范围交通数据采集。

被动探测车数量即选择的样本量大小主要受城市路网、城市交通构成以及城市其他一些可变因素如天气、城市基础设施建设和大型活动等影响,目前国内外的相关研究还没有得出固定的标准和公式来计算这个数量,因此每个城市需要根据自身特点进行研究,选择合适的探测车数量。

(3) 交通移动采集技术基本原理

不管是主动测试车技术还是被动探测车技术,其数据采集的基本原理都基本相同。下面以检测某条道路的交通状态为例,分析交通移动采集技术的数据采集和分析过程。

如图 3.8 所示,车辆实时速度数据通过特定算法处理和压缩,并和车辆位置信息、行驶道路信息打包,利用车载无线发射装置发送到监控中心,监控中心通过处理这些数据获得道路交通信息。从图 3.9 可以看出,车辆在 A 点属于正常行驶状态,而到了 B 点,车速下降达到一定阈值,并且持续一段时间低速行驶,从而判断车辆进入拥堵状态,到了 C 点,车辆速度逐步上升,逐渐恢复至正常行驶速度,从而判断车辆离开拥堵,道路交通开始畅通。行驶车辆和监控中心通过 GPRS 和 GPS 网络实现信息的实时通信,监控中心通过信息处理获得实时交通信息和车辆运行状况信息,并通过有线和无线的方式向行驶的车辆和公众进行信息发布。

3.2.3.2 名古屋基于浮动车信息的 P-DRGS 简介

PRONAVI 车载导航系统是 P-DRGS 开发的一套基于浮动车信息的动态导航演示系统。该系统通过从名古屋运行的 1500 台出租车得到的实时 Probe 信息和从日本道路交通情报中心(JARTIC)得到的实时信息,预测现在的交通状况,并同时向用户提供交通信息参考。P-DRGS 系统的基本运行方式为:将各种车辆信息收集到 DRGS 中心,然后再将交通预测信息通过无线信号传输的方式发送给车载导航器;车载导航器也同时用来进行交通信



图 3.8 浮动车检测系统构成^[4]

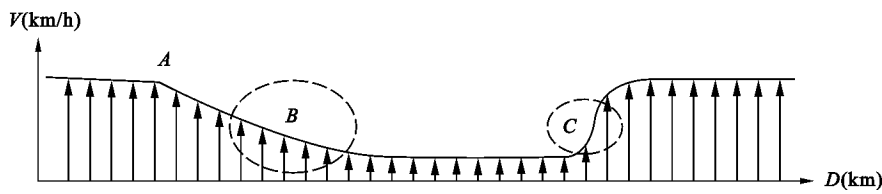


图 3.9 交通移动采集技术基本原理^[4]

息的收集并实现交通预测。PRONAVI 的系统构成如图 3.10 所示。该系统目前所能提供的功能主要包括：

(1) 地图显示功能

名古屋周边地区地图的显示,具备放大和缩小的功能;

(2) 实时交通信息显示功能

P-DRGS 中心每隔 5min 更新收集的施工、事故、管制等交通信息,用户可以自由设定这些信息在地图中显示或者不显示;

(3) 详细的交通信息参考

点击地图上的施工、事故、管制等标志,立刻提供详细的交通信息参考。还提供系统信息、局部地区信息和交通通行许可相关信息;

(4) 用户目前位置的自动显示功能

根据 GPS 信息,自动显示用户目前的位置;

(5) 路径搜索功能

在服务范围内,基于用户的出发时间,提供任何出发地和目的地之间,最多 5 条多模式交通最短路径,并为需要换乘的用户提供换乘相关的详细信息;另外,以世博会场为目的,提供优先考虑周边的交通管制、停车换乘的交通信息;

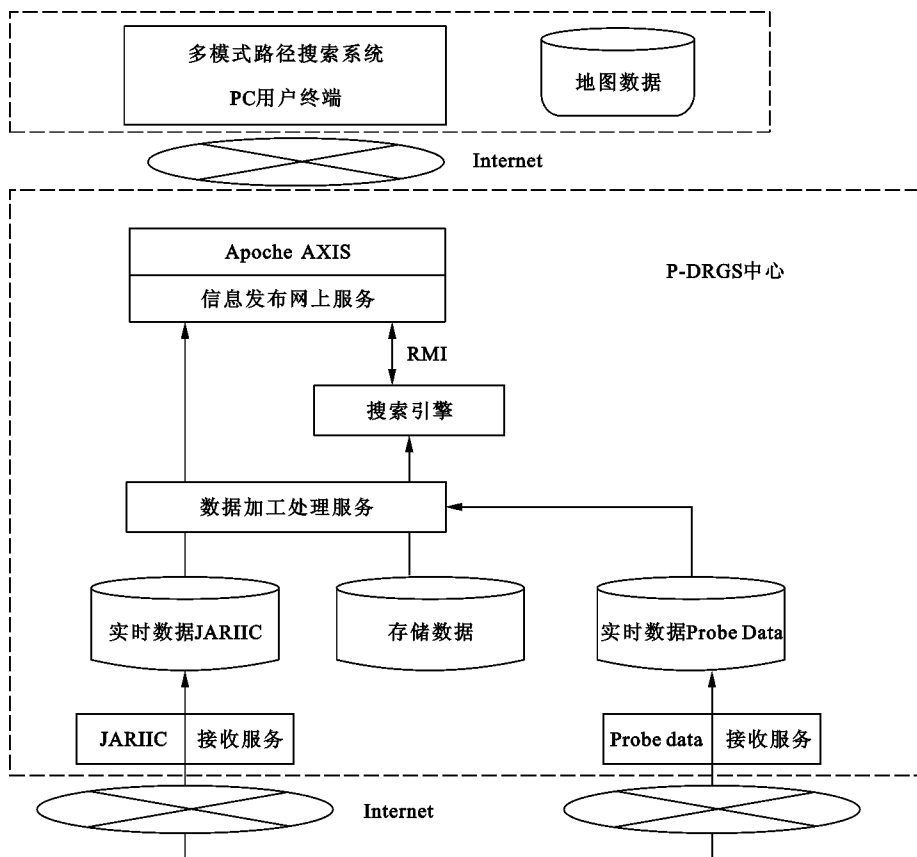
(6) 使用历史记录和登录点等的管理

可以在独立的画面上,显示使用的历史记录以及登录点的管理等,提高服务的方便性;

(7) 打印预览功能

搜索的路径等结果可以在地图上预览并可以直接打印;

(8) 用户的认证

图 3.10 PRONAVI 的系统构成^[10]

为了防止未被认证的用户使用,每次使用该系统时,通过因特网进入服务需进行用户的认证。该系统在 2004 年世界 ITS 大会上向世界展示,引起各国与会人员的关注,日本的主要报纸也争先报道。之后在 2005 年名古屋世博会期间进行了 1000 人规模的实验,以检验中心系统的稳定性和 PRONAVI 信息的有效性。按照 P-DRGS 协作团体的计划,该系统还将继续得到完善,包括系统服务功能的提高以及服务范围的扩大等。

3.2.4 自动车辆识别技术

自动车辆识别(Automatic Vehicle Identification, AVI)是当车辆通过某一特定地点时,自动将该车的身份识别出来的技术统称。车辆的身份,指车辆本身的代表符号以及固有的属性。在自动车辆识别系统中,有些采用传统的车牌识别,但更多地采用条形码、电子车牌、电子识别卡等技术。本节的 AVI 主要指后者。AVI 系统的主要构件由车载单元、解读单元、处理单元组成。根据这些构件的不同,其实现的方法也不同,较为常用的技术为:感应线圈式、无线电/微波式、光学式、平面音感微波式等。

(1) 感应线圈式 AVI 系统

感应线圈式 AVI 系统是最早被使用的一种 AVI 技术,设计构想源于收集交通数据使用的感应线圈。感应线圈式 AVI 系统主要构成分三部分:

- ① 镶嵌在车底盘的发报机,或称为电子车牌;

- ② 装置于道路的设备,含有埋设在路面下的感应线圈和路侧仪器;
- ③ 数据处理用的计算机设备。

当车辆经过线圈上方时,镶嵌在车底盘下的发报机会发送出信号,将线圈上的载波信号模数转换及编码,显示出二位元的数字信号。车上的发报机本身有编码,感应线圈接收到此序列二位元信号后,传递到与之连接的路侧仪器,加以解码。

(2) 无线电/微波式 AVI 系统

无线电/微波式 AVI 系统是近年来使用广泛、可靠性和方便性俱佳的技术,基本构成元件有三个:

- ① 贴在车上的电子识别卡(自动收发报器);
- ② 路侧的信号解读器,包含发送电波和接受回波的天线;
- ③ 处理数据用的计算机设备。

以下分别就各组成元件进行说明:电子识别卡是一片压有集成电路晶片和小型天线的塑胶卡片。信号解读器主要功用是将天线接收到的电子识别卡所发送出来的无线电波信号转换成数字信号,并且校核识别码的有效性。进而再附加上车辆经过的日期、时间、地点等信号,最后将所有数据传送到计算机系统中。计算机设备主要用来校核电子识别卡的 ID 识别码及记录用户的交易状况,并控制其他配合运作的设施。应定时检查系统内每一项设备是否正常运转。

(3) 光学式 AVI 系统

光学式 AVI 系统采用光学原理,利用光波成像及反射的方式直接读取标签,加以分析解读,这种技术最早应用于条形码识别系统,近年在车牌识别系统中得到进一步发展。

条形码识别式的 AVI 系统使用一种上面印刷有连续宽细、黑线条纹的标签,可作为车辆身份的代码,当车辆经过识别区时,路侧的扫描器就会发射 0.002W 功率的氦氖光束读取贴在车上的条形码信息,光束照在条形码上所反射回来的能量被接受并传送到条形码解读设备转换成数字信号。车牌识别是近年高科技使用在交通管理上的重要领域之一。汽车牌照识别的主要组成元件为车牌、摄影机、影像处理机以及数据处理用的计算机设备。车牌行经识别区时,摄影机将车牌影像摄取下来,经 A/D 转换器把模拟信号变成数字信号,输入影像处理机,将一些有意义的图形数据抽取出来,滤波后进行文字辨认,最后识别出来的文字送入计算机进行数据处理。车牌识别主要有两个组成部分,一个是目标定位的过程,另一个是符号文字辨认的过程。

(4) 平面音感微波式 AVI 系统

平面音感微波式 AVI 技术是目前最先进的 AVI 技术。将体积小和重量轻的识别卡贴在车辆的挡风玻璃内或侧窗内,当车辆经由微波收发器,车内识别卡受路侧微波收发器发射的无线电激发后,识别卡 ID 号码以电波信号反射回到微波收发器,微波收发器将收到的反射电波传输到监控解码器,监控解码器将反射的音感微波转换成数字信号,并同时信号传输到计算机作数据处理。

识别卡在车辆的挡风玻璃内上方、侧下方或侧窗内,不需要电池,卡内锂晶片和天线接受极小电力即可激发一种平面音感微波。当识别卡接收微波收发器所发出的 915MHz 信号时,电磁波经由锂晶片表面转换成为独特的二位元类比信号,该类比信号代表数字型 16 位元识别卡 ID 号码。由于晶片的设计生产是在复杂精密控制的半导体环境中制造,晶体本

身结构不同,每一晶片片的识别密码都不一样,所以识别卡是现有无线电频率收发器中较安全且不易被仿冒的一种装置。

微波收发器以微处理机为基础并具备天线的功能,处理发射和接收 915MHz 微波信号,使用电功率最高为 0.03W。微波收发器发射安全的低功率微波以激发识别卡锂晶片,产生平面音感波,该音感波发射回微波收发器,收发器将音感波传输到监控解码器,经监控解码器处理后传出的号码为数字信号。

微波收发器包含印刷电路板、天线和金属平面,标准型微波收发器的感应收发范围为 0.30~1.829m,适应于停车场管理。另一种感应收发范围为 0.305~4.572m,适应于高速公路收费站与货柜场管理。

监控解码器将接自微波收发器所传送的音感微波转换成为数字信号,并经由 RS232 口传输到计算机。监控解码器除微波收发信号收发处理外,同时具有因环境变动自行校正的监控功能,数据传输到计算机的速率可达 9.6Kbps。

(5) 智能卡式 AVI 系统

智能卡(IC 卡),又称为 Smart Card。内含集成电路晶片,具有独立演算、处理及存储数据的能力。智能卡本身不具备通信能力,必须在车辆上接装一个具有收发功能的卡匣,用于插放智能卡,作为智能卡与路侧设备通信的媒介。卡匣本身主要功能除了和路侧设备进行数据通信外,也作为和使用者(驾驶人)沟通的界面,卡匣上有液晶面板,依使用者要求,可以查看智能卡内记录的存储余额或者最近通行费交易的时间、地点等数据。路侧设备的功能与无线电/微波系统相同。

3.2.5 车辆定位技术

(1) 车辆定位子系统

车辆定位子系统运用全球定位系统(Global Positioning System,GPS)和/或推算定位(Dead Reckoning,DR)等定位技术,自动确定车辆的实时位置,并运用地图匹配技术,对车辆实际行驶路线与电子地图上道路位置之间的误差进行修正,从而提高定位的精度。该系统还可用来识别车辆所在的道路和每一个临近的交叉口。常用的定位技术一般有三类:自主定位、星基定位和陆基定位。对于车辆导航系统来说,通常采用前两类定位技术,其中自主定位技术的代表是推算定位技术,而 GPS 技术则属于星基定位技术。陆基定位技术尚未成熟,但正在高速发展之中,备受关注的是利用现有数字移动通信网(如 GSM 网、CDMA 网)实现的定位技术。

下面分别介绍目前车辆导航系统常用的几种定位技术:GPS 技术,DR 技术,GPS/DR 组合定位技术以及地图匹配技术。GPS 是一个基于卫星的导航系统,是美国国防部为军事目的建立的,它允许用户在不被建筑物或其他障碍阻挡的地球表面的任何地点进行定位。GPS 不仅可以提供位置数据,还具有输出时间和速度数据的能力。它可为各类用户连续地提供动态目标的三维位置、三维速度和时间信息。GPS 具有全球地面连续覆盖、定位精度高、实时定位速度快、抗干扰性能好、保密性强、提供三维坐标、操作简便、全天候作业等特点。

根据 GPS 的设计要求,它能提供两种服务:一种为精密定位服务(PPS),使用 P 码,定位精度约 10m 左右,只供美国及盟国的军事部门和特许的民用部门使用;另一种为标准定

位服务(SPS),使用 C/A 码,定位精度约为 100m 左右,向全世界开放。在 GPS 实验卫星应用阶段,多次实验表明,实际定位精度远高于此值。利用最简单的 C/A 码定位精度可达到 14m,利用 P 码定位精度可达到 3m。为了防止未经许可的用户把 GPS 用于军事目的,美国政府采取了有选择可用性(Selective Availability,SA)政策,人为地降低 GPS 的定位精度。采用 SA 政策,规定水平定位精度为 100m,垂直测量精度为 157m。美国国防部常年对 SA 政策进行检测,并根据形势和要求对部分或全部卫星取消 SA 政策。在 SA 政策下,标准定位服务的导航型接收机误差太大。测地型接收机精度虽高,但难以应用于实时动态测量。为了解决这些问题,差分 GPS 技术(DGPS)便应运而生了。差分 GPS 技术使用一台 GPS 基准接收机和一台用户接收机,利用实时或事后处理技术,使用户测量时将公共误差抵消掉,从而大大提高了定位精度。如今美国政府已经取消了 SA 政策,这在客观上大大有利于 GPS 技术的进一步推广和应用。

当前许多公司都推出了自己的商用 GPS 接收机设备。比较著名的有 ASHTECH 公司、GARMIN 公司、TRIMBLE 公司、ICOM 公司、JAVAD 公司等。特别是 JAVAD 公司于 1998 年推出 GPS/GLONASS 单双频接收机系统,综合利用 GPS 与 GLONASS (GLONASS 是前苏联建立的卫星定位系统),大大提高了卫星的可用性和完善性,从而提高了定位导航的精度和性能。

(2) DR 技术

DR 技术利用距离传感器(即速度传感器、里程表)和航向传感器(压电陀螺)测量位移矢量,从而推算车辆的位置。推算定位技术的基本思想是当车辆在二维平面空间行驶时,如果初始位置和先前的每步位移均已知的的话,在任何时刻的车辆位置都是可以计算的(如图 3.11)。

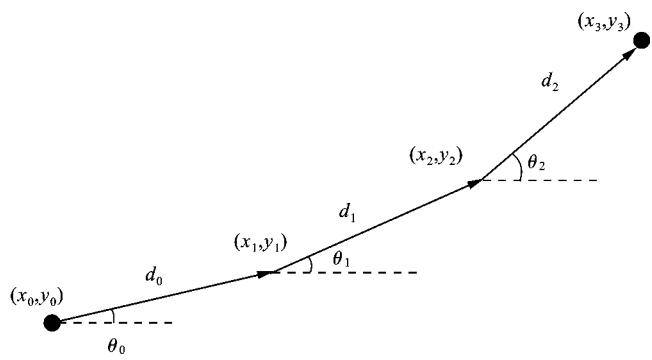


图 3.11 DR 技术原理图

在时刻 t_n 的车辆位置 (x_n, y_n) 以及方位角 θ_n 可以由下式计算

$$\left. \begin{aligned} x_n &= x_0 + \sum_{i=0}^{n-1} d_i \cos \theta_i \\ y_n &= y_0 + \sum_{i=0}^{n-1} d_i \sin \theta_i \\ \theta_n &= \sum_{i=0}^{n-1} \omega_i \end{aligned} \right\} \quad (3.2)$$

其中 (x_0, y_0) 是在时刻 t_0 车辆的初始位置, d_i 是在时刻 t_{n-1} 和时刻 t_n 之间车辆的行驶距离

或位移量, θ_n 是位移矢量的方向, ω_i 是同一时间段的角速度。

当时间间隔是定长的, 且充分小, 使得在该时间间隔内速度不变, 则上式可写为

$$\left. \begin{aligned} x_n &= x_0 + \sum_{i=0}^{n-1} v_i T \cos(\theta_i + \omega_i T) \\ y_n &= y_0 + \sum_{i=0}^{n-1} v_i T \sin(\theta_i + \omega_i T) \end{aligned} \right\} \quad (3.3)$$

其中 v 是在第 i 个时间段 T 内测得的车速。

当车辆行驶在高层建筑群间、地下隧道中、高架桥下等路段时, GPS 系统可能由于可见星少于四颗而无法正常工作, 此时可以利用 DR 系统的自动定位结果以维持正常导航。DR 技术的缺点是其定位误差会随时间积累。另外需要指出的是, DR 技术得到的是车辆相对于某一起始点的位置。

(3) 车载 GPS/DR 组合导航系统

车载 GPS/DR 组合导航系统是目前车辆导航系统常用的定位技术。其工作原理如图 3.12 所示。

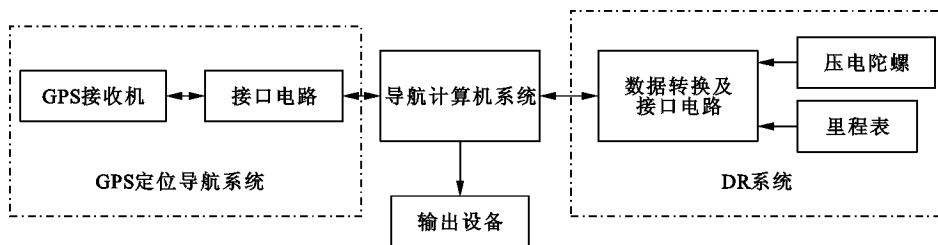


图 3.12 GPS/DR 组合导航系统工作原理图

(4) 地图匹配

地图匹配是车辆导航系统的一个重要模块, 其作用是利用数字地图使定位系统更加可靠和精确。为了给驾驶员提供适当的操作指令, 或在地图上正确地显示车辆, 必须精确地知道车辆的位置。而由 GPS 和 DR 技术所测到的车辆坐标位置数据, 前进的方向与实际行驶的路线轨迹在电子地图上都存在一定误差。为了修正误差, 须采用地图匹配技术, 对车辆行驶的路线与电子地图上道路之间的误差进行实时数字相关匹配, 并作出自动修正, 从而在电子地图上得到汽车正确位置的指示。需要指出的是, 地图匹配结果的好坏在很大程度上取决于数字地图精度的高低。常见的地图匹配算法包括半确定性算法、概率性算法、基于模糊逻辑的算法等。

3.2.6 气象与道路环境信息采集技术

目前发达国家将道路、气象结合在一起检测, 既为交通运行服务, 也为道路维修服务。气象检测项目有风速、风向、气温、相对湿度、能见度等。道路环境检测项目有路面温度、路面相对湿度、路面积雪深度、路面冰冻等。

(1) 常规气象检测器

气象变化超过一定范围就会影响交通流的正常运行, 如平均或瞬时横向风速过高, 易破坏行驶稳定性而出现安全事故, 中小范围的气象可从公路所在地方的气象预报中获得, 安装

常规气象检测器是为了检测公路上空贴近地表的气象。下面介绍常用的气象检测器。

① 温度检测器

大气温度测量常采用薄膜工艺制作的铂电阻,路面温度测量常用绕线工艺制作的铂电阻。铂电阻温度传感器的电阻值与温度有如下关系:

$$R_t = R_0 \alpha t + \beta t^2 \quad (3.4)$$

式中 R_0 —— 0°C 时铂电阻的阻值;

α, β ——铂电阻温度系数。

在使用铂电阻时,要注意铂电阻的原始阻值 R_0 为 100Ω 左右,检测时引线电阻和接线端子电阻对检测精度具有一定的影响。可采用恒流源供电,用四线测量方式将引线 and 接线电阻的影响降到最小。

② 湿度检测器

湿度传感器常采用聚合物湿敏电容,由两块下电极、湿敏材料和上电极组成两个电容的串联电路,置于玻璃底衬上。湿敏材料为高分子聚合物,其介电常数随环境的相对湿度而变化,因此电路电容是相对湿度的函数。

③ 风速、风向检测器

风速检测器的传感元件为安装在轴承上的三个风杯。风杯由碳纤维增强塑料制成,质量轻、强度高,具有优良的动态和抗腐性能。风杯转速由固定在转轴上的磁盘及霍尔电路测出并转换成频率,输出信号频率与风速成正比。

④ 雨量检测器

常采用双翻斗式雨量传感器,每次降雨达到 0.1mm ,计数翻斗翻转一次;翻斗上固定有一块永久磁铁,磁铁翻转使附近的继电器闭合,闭合次数由计数电路测量并转换成降雨量信号输出。

(2) 能见度检测器

能见度定义为:正常人视力能将目标物从背景中区别出来的最大水平距离(m 或 km)。

光线通过空气,特别是当空气中含有一定浓度的悬浮颗粒物和气溶胶时(如水蒸气和烟雾),部分光线被这些颗粒物所吸收和散射(折射和漫反射),使穿透空气到达目的物的光通量大为减少。人们为此提出透射率(τ)概念,它定义为:光线穿透某透明体时,入射前的光通 $\phi(0)$ 和通过透明体后的光通 $\phi(x)$ 之比。

$$\tau = \frac{\phi(x)}{\phi(0)} = e^{-ax/d} \quad (3.5)$$

式中 τ ——透射率;

$\phi(x), \phi(0)$ ——与光源相距 $x\text{m}$ 处和 0m 处的光通量;

d ——基准距离,一般取为 1m ;

a ——衰减系数,因为 $a_s \geq a_a$,故 $a = a_a + a_s \approx a_s$;

a_s, a_a ——光线散射、吸收所产生的衰减系数,对一定的透明媒质, a 为定值;测出 $\phi(x)$ 和 $\phi(0)$,通过式(3.6)可求出 a 。

气象光学距离 MOR 是常用的能见度参数,它可表示为下述关系:

$$\text{MOR} = 3/a_s \quad (3.6)$$

为了检测能见度,研制出透射和散射型能见度检测仪。前者将光发射器和接收器分别

安装在两地,按上面所讲的原理检测出透射前后的光通量,从而得出能见度。后者考虑空气消光主要由于散射,以测量空气的散射衰减系数来确定能见度。使用中常见的有前向和后向散射仪。前向散射仪由光发射器、接收器和控制器等部件组成,如图 3.13 所示。由大功率发光二极管发出的一束经过调制的红外光,投射到被测空间,造成视程障碍的颗粒物(雾、雨等)对入射光产生散射。在与入射光束成 35° 角的前方,装有光接收器,接收前向散射光的强度。由散射光的强度可以得出散射衰减系数,从而算出表示能见度的光学距离 MOR。发光器投射调制光束是为了在能见度散射仪中采用同步检波技术,有利于减小背景光和散杂光对散射衰减系数的测量精度。

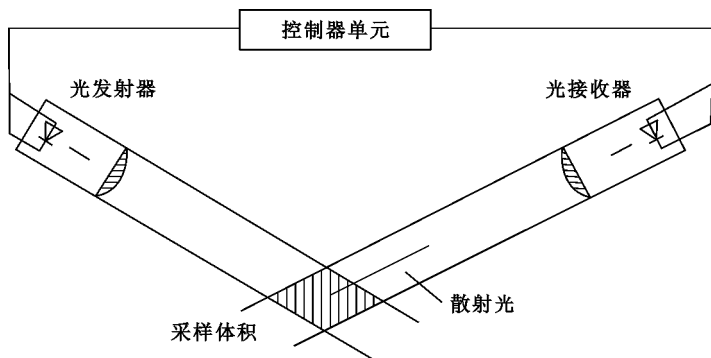


图 3.13 前向散射仪工作原理图^[7]

由于能见度与空气透射率(反映烟雾浓度)存在式(3.6)的关系,故能见度检测器也可用来检测透射率和烟雾浓度。

常规气象检测设备(气压、气温等)种类很多,应选择能连续检测、自动采集数据、显示存贮,并有接口可以输出数据的仪器。

(3) 路面干/湿状态检测器

路面状态检测器的结构见图 3.14,将四个路面状态检测探头均匀埋设在所检测路面的四周。探头由两组碳纤维导电板制成的电极和电极间的绝缘板组成。为了减小电极的极化,电极加交流电压。通过电极的交变电流经整流电路转换成直流电压。此电压与电极间的漏电电流有关,路面潮湿有水时,漏电电流较大,直流电压也大。将此电压与设定的门限值电压相比较,就可判别探头表面是否有水和沾水的程度。用光电隔离电路将有无积水的开关信号经过 D/A 变换器转换成模拟电压传送给采集系统。此模拟电压与表面有积水的探头数目成正比,也与探头表面沾水的程度有关。采集系统将此电压的测量值划分成 0 至 4 共五个等级,表示路面干湿状态。

(4) 非接触式冰冻检测器

非接触式冰冻检测器是利用冰冻表面和干燥路面对光的不同反射性质制成的。凡物体表面平整光滑,光的入射角等于反射角。在反射角以外,人眼看不到反射光,这种反射称为定向反射,有水的潮湿路面和冰冻路面具有此性质。光线从某方向入射到粗糙表面,反射光线向各个不同方向,与入射方向无关,称为漫反射,干燥的路表面具有漫反射性质。还有一种反射介于两者之间,称为定向漫反射。

在装有表面温度计的道路上方,安装一带有收光器的投光装置,从上往下对路面投射光线。当路表面有水,则带水的镜面对入射光定向正反射,反射的光通量绝大部分被收光器接

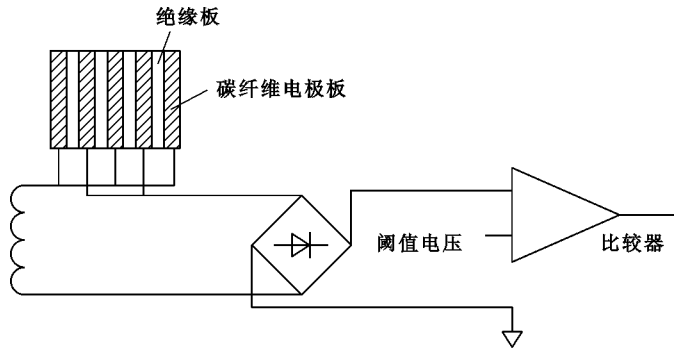


图 3.14 路面干湿状态检测原理图^[7]

收。如此时路面温度大于摄氏零度，则说明路面有积水镜面；如此时路面温度低于摄氏零度，则路面冰冻成镜面。如果路面干燥，则入射光呈漫反射状态，与投光器装在一块的收光器就不可能接收到较多的光通量。

(5) 路面积雪厚度测量器

积雪不仅改变路面摩擦系数，加大行驶阻力，减低车速，而且积雪在车轮反复碾压下，极易冰冻。因此，需要及时检测积雪厚度。积雪厚度由安装在路面上方的超声探头检测。无雪时，探头至路面垂直距离一定，垂直往下发射时距和反射时距已知且一定。有积雪时，超声波从雪层表面反射，空间距离减小，发射至反射的时距也减少。根据超声波的速度即可算出积雪的厚度。因为声速是随温度的降低而减小，故此项检测需作温度修正。

3.3 交通信息预处理与融合技术

3.3.1 交通信息预处理

实时交通数据往往来自分布在各线路上的各种交通参数检测器，各种检测器各有其优缺点，所能够检测到的交通参数种类和形式可能不相同，而且由于各种误差的存在，首先必须对各个数据源的数据进行检验，排除数据采集系统中的错误数据。此外，在实际的数据采集中，由于检测器故障、天气状况或通信系统故障等原因所造成的数据丢失，也应采用一定的技术方法对其进行修复或提供替代数据。以上两个步骤构成了交通数据预处理的两个阶段：异常数据处理和缺失数据处理。

(1) 异常交通数据预处理方法

异常交通数据（坏值）是指用测量的客观条件不能解释为合理的明显偏离测量总体的个别测量值。异常值是虚假的、偶然出现的、带有随机性，并会直接影响数据总体的正确性。在多传感器测量中，出现异常值的主要原因是传感器故障，以及出现概率极小但作用较强的偶发性干扰等。剔除异常数据有很多种方法，下面分析常用的几种。

① 阈值法

有些交通参数的合理值只能在一个特定的范围内。例如：某一车道的占有率最大为100%，最小为0，如果检测器输出的结果不在这个范围内，那肯定是异常值。阈值算法就是对检测器所采集的某种单一信息（如流量和占有率等）按照统计规律确定其上下阈限，如果

检测值不在上下阈限所规定的区间内,则认为是错误数据。例如,流量有一最大限值,最小则为 0。此外,对速度、行程时间等参数也都可以确定一个合理的阈值界限。

阈值法计算简单,适合在线计算,但它只是一个初步的筛选,错误数据的剔除率比较低,也就是说,落在阈值规定区域内的数据并不一定是正确数据。但是,阈值法可以把明显不正确的数据剔除掉,这样对后续的剔除处理比较有利,可以减少计算量,加快处理速度。因此,为了更可靠地剔除不良数据,应该把阈值法和其他方法结合起来,在经过阈值筛选之后,再进行更严格的筛选。因此,阈值法一般联合其他算法共同完成剔除异常值的功能。

② 交通流机理法

基于交通流机理的算法是通过交通流参数之间的关系对两个甚至多个参数的一致性进行同时考察。根据交通流参数之间相关关系来进行异常值剔除,主要包括:基于交通流规则的算法和基于交通流区域的算法。

交通流规则算法是根据交通流机理确定几个规则,如果检测数据满足这些规则中的一个或几个,那么这些数据就是错误的。比如规则可以是:平均占有率为 0,而流量不为 0;流量为 0,而平均占有率不为 0,符合这两个规则任何一个的数据显然是错误的。但这只是最基本的规则,根据交通流理论可以建立某两参数之间的关系模型,如流量和占有率、流量和速度、行程时间和拥挤长度等。若采用平均车长判断法,根据交通机理公式由流量、速度、占有率得出的平均车长为 5~12 米,则计算结果超出此范围的数据为错误。

交通流机理算法适合于检测器能够同时检测到各种有相关关系的交通参数的情况。规则条件是根据历史数据得到的,因此,在进行条件设定时,需要做大量的事前工作,并且这种条件还会随着交通状况的变化而定期进行修订。因此,这种方法比较适合于交通状况变化不大,并且检测器能检测到流量、速度、密度等参数值的情况。

③ 置信距离检验法

置信距离检验法也叫决策距离检验法。比较该算法对于来自同一断面的多传感器检测的同一参数,按照一致性融合的思路,先求决策距离,寻找最大传感器连接组,再求最优融合解,得出最终结果。这种方法的基本思路是:把互相支持的数据进行融合,而不支持的数据说明这个值特异,则不把它融合到最后的输出结果。

置信距离检验法是以判断多传感器输出的决策值之间的距离为依据的,也就是说,这种方法适合于处理多个智能传感器的数据一致性问题,而交通检测器输出的主要是交通参数的实际值,因此,这种方法不适合用于交通信息的数据预处理。

(2) 缺失交通数据预处理方法

由于检测器故障或其他原因造成数据缺失时有发生,对丢失数据进行补充是交通信息预处理不可缺少的一部分。对于缺失的数据,由于需要实时补充,所以一些简单常用的方法是比较可行的。下面介绍几种常用的补充缺失数据的方法。

① 历史均值法

历史均值法直接采用或者按比例采用历史上相应时刻的数据值代替丢失的数据。这种方法简单、易实现,但是如果交通状况发生了变化,将大大降低其估计精度。因此,这种方法比较适合于交通状况变化不大的情况。

② 车道比值法

车道比值法根据历史统计的车道之间的流量比值,对丢失的车道数据进行估计。这种

方法结合了历史统计规律和当前流量数据,精度比较高,适合于流量比较大,交通状况比较稳定的情况。

③ 时间序列法

时间序列法把采集到的交通变量看作时间序列,运用各种时间序列预测方法,比如简单平均、加权平均、指数平滑等方法,根据历史数据对丢失的数据进行预测估计。这种方法简单易行,适应性比较强,是一种常用的缺失数据补充算法。

④ 基于遗传算法的组合模型

前面几种方法都是利用一种算法进行数据补充,而基于遗传算法的组合模型的思想是:对于同一组数据进行预处理,可以用多种方法,每种方法都有各自的优点和缺陷,为了有效地利用各种模型的优点回避其缺点,将不同的方法进行组合,只要选好权重便可得到较好的处理结果。实践证明,任何一个独立模型,哪怕是效果不佳的模型,只要它含有独立的系统信息,当与一个较好的方法进行组合后同样可以改善结果精度,增强模型的可靠性。这种组合模型的关键是怎样把各种单一算法的结果进行综合处理。一种比较可行的办法是,综合利用各种单一算法的估计结果,然后加权平均,其中最优权的确定利用遗传算法。实验表明,组合方法在大多数情况下比使用单一算法要更精确。由于这种组合算法需要利用各种单一算法的估计结果,计算复杂而且麻烦,所以在精度要求不很高的情况下一般不采取该方法。在对以上几个补充数据的方法进行研究的基础上,本文认为把时间序列预测方法作为基础交通信息的缺失数据在线补充算法比较合适。这种算法只需要一定数量的历史数据,即可外推缺失数据的值,算法简单、可靠,运行速度快,符合交通信息采集与处理的实时性要求。

3.3.2 交通信息处理方法

信息处理技术是交通诱导系统的核心部分,它是把检测器采集的实时交通信息进行相应处理,得出能为诱导系统所用的信息,然后通过各种途径(电台、无线传呼等)传送给道路使用者,指导其选择正确的路径,并最终实现交通流在路网中各个路段上的合理分配。

根据不同需求对数据进行规范化处理分析并提供不同的信息是数据组织处理的一个重要内容。对不同数据类型或应用采用不同的处理分析方法,主要包括数据抽取、数据挖掘、信息融合、信息预测等。

(1) 数据抽取

由于数据源的多样性和异构性,因此必须进行数据转换和集成,从应用数据库中提取数据,消除不一致的现象,对原有数据进行综合和计算,淘汰一些无用数据,对有效数据作适当调整以后存放在数据库中,确保数据的一致性和可用性。

将数据源中数据通过网络进行抽取,并经加工、转换、综合后形成数据库数据,这就是数据库的数据抽取工作。在数据库层次结构中,数据抽取工作具有非常重要的地位,它必须屏蔽底层数据结构的复杂性和物理结构的复杂性,同时还要实现对数据库中数据的自动刷新,要对数据库的元数据和数据进行维护。

(2) 数据挖掘

数据挖掘就是从大量的、不完全的、有噪声的、模糊的、随机的数据中,提取隐含在其中的、人们事先不知道的、但又是潜在有用的信息和知识的过程。原始数据可以是结构化的,

如关系数据库中的数据;也可以是半结构化的,如文本、图形、图像数据;甚至是分布在网络上的异构型数据。发现知识的方法可以是数学的,也可以是非数学的,可以是演绎的,也可以是归纳的。发现了的知识可以被用于信息管理、查询优化、决策支持、过程控制等,还可以用于数据自身的维护。

数据挖掘是实现了多学科技术集成的学科,包括了数据库技术、统计学机器学习、高性能计算机、模式识别、神经网络、数据可视化、信息检索、图像与信号处理和空间数据分析等。一个数据挖掘系统不是多项技术的简单组合,而是一个完整的整体,同时它还需要其他辅助技术的支持才能圆满完成。

(3) 信息融合

信息融合又称数据融合,是指多传感器的数据在一定准则下加以自动分析、综合以完成所需的决策和评估而进行的信息处理过程。信息融合技术的最大优势在于它能合理协调多源数据,并充分综合有用信息,从而提高在多变环境中正确决策的能力。它为交通信息加工和处理提供了一种很好的方法。

根据数据抽象的三个层次,融合可分三级:

第一级:又称像素级、检测级,是指直接在采集到的原始数据层上进行融合,在各种传感器的原始测报未经处理之前就进行数据的综合和分析;

第二级:又称特征级,是指先对来自传感器的原始信息进行特征提取,然后对特征信息进行综合分析和处理;

第三级:又称决策级,是直接针对具体决策目标的最终结果,直接影响决策水平。

信息融合本身作为一种数据处理技术,涉及到许多学科和技术的应用。下面简要介绍几种信息融合技术的相关理论和方法。

① 贝叶斯估计

贝叶斯估计是统计学方法的一种。经典统计学基于总体信息和样本信息进行统计推断。与其稍有不同的是,贝叶斯估计基于总体信息、样本信息和先验信息进行统计和推理。它在重视使用总体信息和样本信息的同时,还注意先验信息的收集、挖掘和加工,使其数量化,形成先验分布参加到统计推断中来,从而提高统计推断的质量。

贝叶斯估计是融合静态环境中多传感器低层信息的一种常用方法,其信息描述为概率分布,适用于对具有可加高斯噪声的不确定性进行定性融合。当检测器组的观测坐标一致时,可以直接对检测器的测量数据进行融合。在大多数情况下,多个检测器是从不同的坐标结构框架对同一环境内的目标进行描述,这时检测器测量数据要以间接的方式,即先经坐标转换,再采用贝叶斯估计进行数据融合。

② 卡尔曼滤波

卡尔曼滤波是卡尔曼于 1960 年提出的,是采用由状态方程和观测方程组成的线性随机系统的状态空间模型来描述滤波器,并利用状态方程的递推性,按线性无偏最小均方误差估计准则,采用一套递推算法对该滤波器的状态变量作最佳估计,从而求得滤掉噪声后有用信号的最佳估计。卡尔曼滤波用于实时融合动态的低层次冗余多源数据,该方法用测量模型的统计特性递推决定统计意义下的最优融合数据估计。如果该系统具有线性的动力学模型,且系统噪声和传感器噪声是高斯分布白噪声模型,那么卡尔曼滤波为融合数据提供唯一的统计意义下的最优估计,卡尔曼滤波的递推特性使得系统数据处理不需要大量的数据存

贮和计算模糊。

③ 模糊逻辑

模糊集的概念是 1965 年由 L. A. Zadeh 首先提出的。它的基本思想是把普通集合中的绝对隶属关系灵活化,使元素对集合的隶属度从原来只能取 $\{0, 1\}$ 中的值扩充到可以取 $[0, 1]$ 区间中的任一数值,因此很适合于用来对传感器信息的不确定性进行描述和处理。在应用于多传感器信息融合时,模糊集理论用隶属函数表示各传感器信息的不确定性,然后利用模糊变换进行综合处理。模糊数学在近 20 多年得到迅速的发展,已形成模糊综合评判、模式识别、模糊聚类分析、模糊优化、模糊控制等许多方法或应用。

对于许多需要采集、处理和集成多源信息的系统来说,要想达到自主和有效就需要通过某种方法,将不完备、不一致或不准确的多源数据进行融合,以得到更有用的信息。基于模糊逻辑理论的融合为这类问题的解决提供了途径。通过它可以将通常以概率密度函数或模糊关系函数形式给出的不同知识源或检测器的评价指标变换为单值评价指标,该指标不仅能反映每一种检测器所提供的信息,而且能反映仅从单个传感器无法得到的知识。

④ Dempster-Shafer 证据推理

Dempster-Shafer 证据推理是贝叶斯方法的扩展。在贝叶斯方法中,所有缺乏信息的前提环境中的特征指定为一个等价的先验概率。当一个传感器的有用附加信息或未知前提的数目大于已知前提的数目时,已知前提的概率变得不稳定,这是贝叶斯方法明显的不足。在 Dempster-Shafer 方法中,这个缺陷可以通过不指定未知前提的先验概率而得到避免。

Dempster-Shafer 方法不同于贝叶斯方法,前者使用了一个不确定性的区间,而贝叶斯方法仅仅使用了一个代替前提概率为真的值。当前提关联时,贝叶斯方法难以保证估计的一致性,因为贝叶斯方法要求关于环境独立的测量,在计算单点值时,贝叶斯方法需要完全的信息,而 Dempster-Shafer 证据推理采用一个不确定性区间进行计算。

⑤ 神经网络

神经网络具有分布并行处理、非线性映射、自适应学习、较强的鲁棒性和容错等特性,这使得它在很多方面都有广泛的应用。由于神经网络的诸多特点,其在信息融合中的应用也日益受到极大的关注。在多检测器系统中,各信息源所提供的环境信息及其采集过程都具有一定程度的不确定性,对这些不确定性信息的融合过程实质上是一个不确定性推理过程。神经网络可根据当前系统所接受到的样本的相似性确定分类标准,这种确定方法主要表现在网络的权值分布上,同时可以采用神经网络特定的学习算法来获取知识,得到不确定性推理机制,实现对不确定性的定量分析。神经网络的研究对于多传感器集成和融合的建模提供了一种很好的方法。

基于神经网络的多源信息集成与融合有如下特点:具有统一的内部知识表示形式,通过学习算法可将网络获得的多源信息进行融合,获得相关网络的参数(如连接矩阵、节点偏移向量等),并且可将知识规则转换成数字形式,便于建立知识库。利用外部环境的信息,便于实现知识自动获取及进行联想推理,能够将不确定环境的复杂关系经过学习推理,融合为系统能理解的准确信号。由于神经网络具有大规模并行处理信息能力,使得系统信息处理速度很快。

⑥ 粗糙集理论

在很多实际系统中均不同程度地存在着不确定性因素,采集到的数据常常包含着噪声、

不精确甚至不完整等种种的数据质量问题。粗糙集理论是继概率论、模糊集、证据理论之后的又一个处理不确定性的数学工具。作为一种较新的计算方法,粗糙集理论近年来越来越受到重视,其有效性已在许多科学与工程领域的成功应用中得到证实,是当前国际上人工智能理论及其应用领域中的研究热点之一。

粗糙集理论在多源数据分析中善于解决的基本问题包括:发现属性间的依赖关系、约简冗余属性与对象、寻求最小属性子集以及生成决策规则等等。粗糙集与其他不确定性问题理论的最显著区别是它无需提供任何先验知识,如概率论中的概率分布、模糊集中的隶属函数等,而是从给定问题的描述集合直接出发,找出问题的内在规律。粗糙集理论常用来对目标进行定性分析。

(4) 信息预测

动态信息预测技术是实现诱导信息实时、准确的重要因素。实时、准确的动态预测信息是实现交通流诱导、系统诱导功能的重要基础。通过对未来的交通状态进行预测,就可以提前响应以进行有效管理,从而提高交通系统运行效率。因此,动态交通信息预测技术是诱导信息处理技术中的关键技术之一。

3.4 交通信息传输技术

3.4.1 通信网络技术简介

通信网可由表示用户设备的端点和端点之间的传输线路或者由表示用户设备的端点和起交换作用的转接交换点及他们之间的连接线路组成。这些用户端点和转接交换点就称为结点。通信网中的结点分为终端结点和交换结点,终端结点指各种终端设备,交换结点指各种交换设备。这样通信网可以定义为由一定数量的结点和连接结点的传输链路相互有机地组合在一起,以实现两个或多个规定点间信息传输的通信体系。通信网可以分为不同的种类,例如:按所传输的信号形式可分为数字网和模拟网;按业务种类可以分为电话网、电报网、数据网、传真网、广播电视网等;按其服务范围可分为本地网、长途网和国际网等;按运营方式可分为通信网和专用通信网,网络的基本结构和构成要素都是类似的。

(1) 通信网的基本结构

通信网的基本结构主要有网状、星状、复合型、总线状和环状五种。

① 网状网

网状网的网内任何两个结点之间均有线路连接。当结点数增加时,传输线路将迅速增大。

② 星状网

星状网也称辐射网,将一个结点作为辐射点,该点与其他结点均有线路连接,这种网的辐射点就是转接交换中心。

③ 复合网

复合网由网状网和星状网复合而成,以星状网为基础,在业务量较大的转接交换中心区间采用网状结构。

④ 总线状网

总线状网所有结点都连接在一个公共传输信道——总线上。

⑤ 环状网

环状网是将总线型网的两个端点连接在一起构成的。

通信网的五种基本结构各有优缺点,因此有不同的适应范围。

(2) 通信网的构成要素

通信网是由相互依存、相互制约的许多要素组成的有机整体,用于实现规定的功能。通信网在设备方面的构成要素是终端设备、传输链路和交换设备。为使全网协调合理地工作,还要有各种规定,如信令方案、各种协议、网络结构、路由方案、资费制度和质量标准等。终端设备是用户与通信网之间的接口设备,其主要作用是将待传送的信息和在传输链路上传送的信号进行相互转换。终端设备是信源、信宿和变换器与反变换器中的一部分。交换设备的基本功能是完成接入交换结点链路的汇集、转接接续和分配,实现一个呼叫终端(用户)和它所要求的另一个或多个用户终端之间的路由选择的连接。

(3) 通信网的传输链路方式

传输链路是信息的传输电路或传输通道,它对应于通信系统构成模型中的信道及变换设备部分。它不仅包含了具体的传输媒质,而且包含了发送设备和接收设备。传输链路方式是指传输链路中的信号变换及传递方式。传输媒质可以分为有线线路和无线线路,有线线路又有架空明线、电缆(包括对称电缆和同轴电缆)和光缆,无线线路可分为短路、微波和卫星。

目前,通信网中传输链路的实现方式主要有:

- ① 实现传输链路方式,即用于短距离、以模拟基带信号方式传输的链路;
- ② 频分载波传输链路方式;
- ③ 电缆时分数字传输链路方式,主要是指脉冲、编码调制时分多路复用方式,即 PCM 传输方式;
- ④ 光缆时分数字传输链路方式;数字微波传输链路。

3.4.2 ITS 信息传输设施

ITS 技术的提高和发展很大程度上受信息传输技术的提高和发展的影响,譬如移动通信的发展,特别是在掌上计算机上加上移动通信的功能,大大改变了车载通信与显示的面貌;车车远距离通信还有待于研制更为适用的通信方式。下面就以 ITS 技术为背景,介绍信息传输设施的主要特点。

(1) ITS 对信息传输方式的要求

ITS 对信息传输方式的要求十分特殊。为实现 ITS 各分系统的功能,ITS 所需信息传输方式的类别十分广泛。

从 ITS 体系结构中可见:

- ① 各类中心子系统与道路等路边子系统及其他中心之间的信息通信可用有线通信;
- ② 车辆子系统与路边子系统之间的信息通信简称为车路通信。是运行中的车辆与固定的道路上通信设施(动体与定体)间的通信,使用无线通信;但车辆与路边通信设施间的距离较近,因此可用专用的短程无线通信;
- ③ 车辆与车辆之间的通信,简称车车通信,是运行中车辆动体与动体之间的通信,必须

用无线通信;车辆与中心子系统之间的通信,则可由路边子系统送到中心系统。

出行者子系统与其他子系统之间的通信,视其所在地点而定,在家里或办公室可用任何通信方式,在出行过程中使用随身携带的个人无线通信工具,也可用路边信息服务设施。

因此,ITS 需用的信息通信系统包括长距与短距有线通信和专用短距与长距无线通信。

(2) ITS 传输信息的类别

随着 ITS 的发展,道路交通信息越来越多样化。

① 车辆传感器从点型检测向连续型检测和空间型检测发展,能检测到的信息不仅有数字信息,还有图像信息。这就要求信息传输系统不仅能传输数字信息,还要能传输图像信息;

② 传统控制系统或管理系统中,信息传输要求单方向的接收与发布,ITS 发展要求双向对话式信息交流,还需要传输双向语言信息,因此 ITS 要求能传输数字、图像和语音的多媒体双向信息传输系统。

因此,ITS 的信息传输系统必须根据 ITS 各子系统及各子系统的各不同环节的需要,信息传输对象的动、静状态,信息传输的距离,和需传输信息媒体的不同,选用使用的信息传输方式。

(3) 中心子系统间与路边子系统间的信息传输

中心子系统间与路边子系统间的通信可用固定地点间的有线通信,ITS 可选用的固定地点间的有线通信一般有四种:

① 电话通信

近距离、小容量的语音、数字信息传输,如城市交通信号控制系统的信息传输,可租用民用电话线路来传输检测器的检测信息与系统的指令信息。

② 专用电缆通信

近距离、小容量的语音、数字信息传输,也可为系统埋设专用通信电缆传输控制系统的指令信息。

③ 光纤通信

光纤就是光导纤维的简称,光纤通信是以光导纤维为传输介质,以光波为载频的一种通信方式。光纤通信的特点是传输频带宽、通信容量大、损耗低、不受电磁波干扰等。因此适用于长距离、大容量的信息传输。一般需要长距离传输大容量信息的系统都选用光纤通信。

④ 有线信息传输基础设施

随着信息社会的到来,社会信息服务产业、包括交通信息服务产业的发展,信息传输需求越来越广泛。因此有必要把信息传输系统,像道路交通、供电、供水等系统一样,看成一项基础设施,集中建设信息传输基础设施。

(4) 车路通信

车路通信是动体与定体之间的通信,只能用无线通信。为沿路行驶的车辆能够同中心子系统通信,在 ITS 中研究开发了道路交通专用短程无线通信。

专用短程通信,是在道路两侧或上方分段设立名为“信标”的一种短程双向收发信息的设施;同时,专派装有车载发信设施的专供检测用的所谓“检测车”,在设有信标路线上来回行驶。信标把收到路过检测车或装有车载信息设施车辆的信息上传给中心子系统,再把中心子系统的信息下传给路过车辆。信标实际上是相当于一种通信中继站。因这种信标是沿

路分段设置的,所以不会发生区域间的干扰,用同一传输媒体就可覆盖大片范围。

这种短程通信的传输载体多采用红外线,也可用微波、毫米波。

用红外线做通信媒体,有如下特点:

- ① 红外线不易扩散,所以以特定车辆为通信对象,易实现通信;
- ② 通信传输速度较快,容易做到对话式通信;
- ③ 价格便宜,容易推广。

这种短程双向通信取得 ITS 中心所需交通运行信息的简单原理是:用路线上行驶车辆车载发信设施或专门分布在各路线上行驶的检测车发信设施传来的相关信息,计算出各路线上车辆的行程时间,从而了解各条路线上的交通状况,同时配合前后信标取得的车辆的行车轨迹与通过的车辆数信息,可预测未来交通状况的变化趋势;ITS 中心再把这些预测的交通状况信息通过信标传输给路过的车辆。

专用短程通信除用于道路上车辆行驶控制与管理系统外,还可用于收费站、停车场、坐车购物商店、加油站等收费结算自动化系统及物资流通中心与车辆渡轮管理系统。

(5) 车车通信

车车通信是动体与动体之间的通信,也只能用无线通信。车车通信主要用于两种情况:

① 车辆编队行驶时的车车通信

商业车辆运行管理系统中为提高商业车辆在道路上的运行效率,常要把商业车辆以最短行驶安全间距编队在路上协调行驶,要用车车间信息传输来控制这最短行驶安全间距。这种信息传输,一般用雷达作信息载体,把检测到的行驶间距、车速度变化的信息,在前后车间相互传输,以控制前后车间最短行驶安全距离。

在日本进行的自动道路系统中的轿车编队协调行驶试验中,采用小功率的红外线作为信息传输载体。

② 非编队个别车辆间的车车通信

对行驶在同一车道上或不同车道上非编队车辆间的车车通信,正在研究用米或毫米波等具有方向性传输特性的信息传输来传输车间的信息。

(6) 远程无线通信

在途出行者、车辆、远距中心系统间的信息传输都会需用远程无线通信。简要介绍两种广泛使用的无线通信。

① 卫星通信

卫星通信利用人造地球卫星作为中继站转发无线电信号,在两个或多个地球站之间进行通信,就是把无线电通信的转发站设在卫星上,通信两端设在地球,称地球站,地球站是卫星系统与地面公众网的接口,地面用户通过地球站出入卫星系统。

② 公用移动通信

公用移动通信广泛采用全球移动通信系统(Global System for Mobile Communication, GSM)。

GSM 网络结构由基站系统、交换系统和操作支持系统三部分组成。基站系统由收发信设施和控制设施组成,控制设施完成发射功率控制等功能。交换系统是移动业务交换中心为移动用户和各种网络如综合业务数字通信网等用户的呼叫提供的路由选择。

③ 无线信息传输基础设施

为提高信息收集手段和提供手段,要求建立可用最佳信息传输方式传输各种需要信息的无线信息传输系统作为无线信息传输的基础设施。

家庭或办公室、在途旅行者或车辆等的交通咨询需求信息,可通过移动电话、掌上(随身)计算机等由移动电话通信网进入信息中心,信息中心通过互联网直接或转发信息提供者所提供的道路交通状况、车辆导行、停车场、加油站、旅馆餐厅、预定中心、游乐节目等各种信息。

3.5 交通信息的显示技术

3.5.1 显示技术概述

显示技术可用于公共场所的信息显示,如车站站牌、车内信息显示板;也可以通过大屏幕为管理、决策人员提供信息显示,如在调度中心,有相当一部分信息需要及时、快捷、直观地提供给生产调度人员和经营人员。大屏幕为及时、快捷、直观地反映这些信息提供了有效的手段。屏幕显示系统的功能如下:

- ① 监控现场情况;
- ② 规划辅助设计系统动态模拟显示;
- ③ 企业经营管理有关信息的显示;
- ④ 显示特定的信息(如欢迎贵宾访问公司信息、重要新闻发布、业务演示和宣传等)。

对大屏幕显示系统的要求如下:

- ① 能够清晰地显示电子地图信息(城市街道图);
- ② 能够清晰地显示行驶在街道上的运营车辆;
- ③ 能够按要求任意缩放、组合、切换显示内容;
- ④ 能够显示管理信息系统所支持的数据、表格及图形;
- ⑤ 可扩展与监控系统连接,能够实时显示监控的图像信息。

3.5.2 显示产品的主要种类

(1) LED 显示屏

LED(Light Emitting Diode)显示屏是利用二极管构成点阵模块组成的显示产品。根据发光二极管半导体材料构造的成分不同,有单色(红或绿或黄)、双基色(红色及绿色)、三基色(红、绿、黄)之分。实际产品中,控制技术已达到 16~256 级单点灰度视频控制技术。LED 显示屏产品技术成熟,使用寿命长(一般为 8 万~10 万小时),可按实际需求生产不同点阵密度(从 $\phi 3.0 \sim \phi 15$)的产品。由于材料成本的影响,全彩色高密度点阵 LED 显示屏(如 $\phi 3.0$ 、 $\phi 3.75$ 、 $\phi 5$)的价格较昂贵。双基色 LED 显示屏以优越的性能价格比受到青睐,是目前具有代表性的显示产品。LED 显示屏基本上国产化,可以根据需求任意尺寸组合,比较灵活简便。

(2) LCD 显示屏

LCD(Liquid Crystal Display)显示屏是利用液晶显示器件制作的显示屏。LCD 屏幕有投影式和直接式两种。

投影式使用相当于幻灯的小型液晶盒,在电场作用下,把显示图像写入,将该图像投影到大屏幕上显示。

直接显示方式是将具有一定尺寸的液晶盒拼接成大画面,使用背照光源直接显示合成的图像显示方式。

LCD 显示屏的主要器件完全依靠进口,大屏幕组合技术国内尚难达到要求,另外必须根据要求的显示尺寸进行设计制作,成本比较高,目前还未成为主流产品。日本的三菱、松下、富士通等公司正在推广商品化的产品。

(3) PDP 显示屏

PDP(Plasma Display Panel)显示屏是利用等离子体显示器件制作的显示产品。PDP 显示的原理是利用稀有气体放电,紫外线激励荧光层的光子发光,从而获得三基色 R、G、B。PDP 显示的色纯度可与 CRT 媲美,且视觉效果良好,长时间观看眼睛不会疲劳。

PDP 显示是目前超薄型平板显示的主要发展方向,42 英寸 PDP 彩色显示器已经大量进入市场,70 英寸 PDP 不久也将投入市场。PDP 显示屏体积轻巧,显示效果理想,是小范围内大容量信息显示的首选产品。目前价格偏高,适用于公共场合。

(4) CRT 大屏幕显示屏

CRT(Cathode Ray Tube)即阴极射线管,是比较古老的显示器件,主要用来制作电视机和作为计算机终端显示的器件。

直接用 CRT 显示器组成大屏幕显示屏,显示屏之间的缝隙难以克服,影响显示效果。利用小型 CRT 管制作投影机,通过投影机阵列、屏幕墙及控制系统形成投影大屏幕显示系统,显示效果良好,基本上实现无缝拼接,色彩真实,根据要求可组合成不同尺寸,在全彩色大屏幕显示系统中得到广泛应用。投影大屏幕显示系统体积较厚,价格也比较昂贵,CRT 的寿命相对较低。

除上述四种主要的显示产品外,还有真空荧光显示管(Vacuum Fluorescent Display, VFD)、电子发光显示器件(Electro Luminescent Display, ELD)等平板显示大屏幕产品,因未得到广泛的推广应用,在此不多加说明。

3.5.3 智能运输系统中信息显示设施

(1) 路上信息显示设施

在道路上显示的信息主要是道路交通状况信息,一般用可变信息标志显示。可变信息标志随其所需显示信息的条目多少,可选用滚动式、翻版式或点阵式等显示器。现在多用点阵式。

点阵式显示就是把发光器(光源)排成矩形图阵,按要求点亮矩形图阵内的发光器来表达需要显示的内容。

光源可用灯泡、发光二极管和液晶显示等,一般多用发光二极管。

可变信息标志主要用于:

① 给驾驶员提供交通异常事件信息。在高速公路上显示道路前方发生异常事件而关闭的车道、须降速的车道等,这种可变标志一般都装在横跨道路的龙门架上;

② 除上述在龙门架上显示交通异常事件信息配合车道关闭使用外,有时在雾天能见度低、雨雪天路滑、路线上交通拥挤等情况下,尚需在路边或跨越整幅车行道上设立可变限速

标志。这种可变限速标志所警示的意义同龙门架上配合车道关闭所用限速标志不一样,龙门架上的限速标志,仅警示此标志所指下方车道上车辆须按所示限速行驶;而路边或跨越整幅车行道上设置的这种可变限速标志,是警示整幅车行道所有车道上的车辆都必须以所示限制车速通行。为便于区别,把前者,凡仅对标志所指车道具有警示意义的控制显示,叫做车道控制,这种控制所用显示标志必须设在跨越道路所有车道的龙门架上所指车道的上方;把后者,凡指向整幅车行道的控制显示叫车行道控制,这种控制所用显示标志,必须在路边或跨越整幅车行车道上设置;

③ 行程时间信息显示板。装在高速道路的入口匝道或直行车道上,给驾驶员显示各路线在现时交通条件下从标志牌位置到某地所需的行程时间;

④ 收费站信息显示单元。装在高速公路入口处的收费站里,给收费员显示附近路线上突时的交通变化情况;

⑤ 停车换乘标志;

⑥ 停车场引导标志。可显示停车场所在地点及方向(固定标志)和剩余停车车位数(可变标志)的可变信息标志。

(2) 车载显示设施

有各种各样具有不同功能的车载交通信息路线导行显示设施。如一种被叫做电子多功能图像显示器的车载显示设施,除有主要的图像交通状况及路线导航显示功能外,也有音响导航功能,还有触摸式面板查询功能。还有一种被叫做声像一体型导行显示器的车载显示设施,附有光盘、磁带、收音机、FM、AM、无线宽银幕型的显示器等。

(3) 交通信息(控制或管理)中心及交通枢纽站、大型公共场所等室内显示设施

交通信息或控制管理中心的显示设施主要有三类:反映整体交通状况的大屏幕显示、电视监视器显示和计算机监视器显示。

交通枢纽一般是指机场、码头、火车站、长途汽车站、市内轨道交通、常规公共交通起终点站,轨道交通和其他换乘站,多路线公共交通换乘站等。在这些地方客流集中,有到站旅行者需要知道转去目的地沿路的交通状况与可换乘的公共交通运行状况;有离站旅行者需要知道离站交通工具的运行状况等;大型公共场所也是客流集中的地方,有必要设置交通信息服务的显示设施。

在这种地方可用的显示设施主要有三类:

① 交通服务信息咨询台

② 计算机显示屏

同用家庭计算机进行交通信息咨询一样,根据计算机屏幕显示的指引操作,从菜单上选择需要咨询的交通状况。

③ 大屏幕显示

在大城市,交通枢纽可用大屏幕显示大范围的交通状况。

(4) 广场、重要交叉口、公交站显示终端设施

在客流集中的广场、重要交叉口等路边设置类似交通枢纽站的交通信息咨询台,以便在途出行者查询交通状况。公交站内除设有交通信息服务咨询台外,还设有公交车辆到站信息显示等显示终端。

(5) 便携式显示设施

便携式显示设施是掌上计算机加上移动电话功能的产品,是集信息发送、接收、显示与传输于一体的产品。是任何人、在任何地方、任何时候都可使用的交通信息服务咨询显示设施。

3.6 交通的智能控制技术

3.6.1 智能控制概述

(1) 智能控制的发展

人类对智能机器及其控制的幻想和追求,已经有三百多年的历史。然而,真正的智能机器只有在计算机技术和人工智能技术发展的基础上才能成为可能。人工智能已经促进自动控制向着它的当今最高层次——智能控制发展。智能控制代表了自动控制的最新发展阶段,也是应用计算机模拟人类智能,实现人类脑力劳动和体力劳动自动化的一个重要领域。越来越多的自动控制工作者认识到:智能控制象征着自动化的未来,是自动控制科学发展道路上的又一次飞跃。

人工智能是一门年轻的学科,它的近期目标在于研究与建造智能计算机及其系统,以模拟和执行人类的某些智能功能,如判断、理解、推理、识别、规划、学习和问题求解等。人工智能的远期目标在于用自动机模仿人类的思维过程和智能行为,创建智能科学体系。

智能控制思潮第一次出现在 20 世纪 60 年代,几种智能控制的思想和方法被提出和发展。学习机器的要领是控制论出现的时候提出的。自学习和自适应方法被开发出来用于解决控制系统的随机特性问题。最初,学习系统被用于飞行控制、模式分类与通信等,例如核电站的控制。

20 世纪 60 年代中期,自动控制与人工智能开始交接。1965 年,著名的美籍华裔科学家傅京孙教授首先把人工智能的后发式推理规则用于学习控制系统,并于 1971 年论述了人工智能与自动控制的交接关系。

模糊控制是智能控制的又一活跃研究领域。扎德(Zadeh)于 1965 年发表了他的著名论文“模糊集合”,开辟了模糊控制的新领域。此后,在模糊控制理论探索 and 实际应用两个方面,人们都进行了大量的研究,并取得一批令人感兴趣的成果。值得一提的是,自从 70 年代以来,模糊控制的应用研究获得广泛的开展,并取得一批令人感兴趣的成果。

1967 年,利昂兹等人首次正式使用智能控制一词,这一术语的出现要比人工智能晚 47 年。初期的智能控制系统采用一些比较初级的智能方法,如模式识别和学习方法等,而且发展速度十分缓慢。

近年来,随着人工智能和机器人技术的快速发展,对智能控制的研究出现一股新的热潮。各种智能决策系统、专家控制系统、学习控制系统、模糊控制系统、神经控制系统、主动视觉控制系统、智能规划和故障诊断系统等已被应用于各类工业过程控制系统、智能机器人系统和智能化生产(制造)系统。

(2) 智能控制的特点

① 同时具有以知识表示的非数学广义模型和以数学模型表示的混合控制过程,也往往是那些含有复杂性、不完全性、模糊性或不确定性以及不存在抑制算法的非数字过程,并以

知识进行推理,以后发来引导求解过程。因此,在研究和设计智能控制系统时,不是把注意力放在对数学公式的表达、计算和处理上,而是放在对任务和实际模型的描述、符号和环境的识别以及知识库和推理机的设计开发上。也就是说,智能控制系统的设计重点不在常规控制器上,而在智能机模型上。

② 智能控制的核心在高层控制,即组织级。高层控制的目的在于对实际环境或过程进行组织,即决策和规划,实现广义问题求解。为实现这些任务,需要采用符号信息处理、启发式程序设计、知识表示以及自动推理和决策等相关技术。这些问题的求解过程与人脑的思维过程具有一定的相似性,即具有不同程度的智能。

③ 智能控制是一门边缘交叉学科。智能控制的发展需要各相关学科的配合与支援,同时也要求智能控制工程师是个知识工程师。美国国家工程科学院院士傅京孙教授曾经指出:“模式识别必须与人工智能相结合才能有更大的发展。”他的这一看法可推广到自动控制领域。我们已经发现了它们的结合点,努力把智能控制的研究与应用发展到一个新的水平。

④ 智能控制是一个新兴的研究领域。无论在理论上或实践上它都还很不成熟、很不完善,需要进一步探索与开发。诺贝尔奖金获得者、国际著名的经济学家和人工智能科学家西蒙说过:“进行好的理论研究,重要问题之一是找到一个相关的信息理论,我所关心的经济学决策的主要部分是对经济决策理论进行修正。”我们需要在智能控制方面寻找更好的相关理论,对现有的理论进行修正,以期使智能控制得到更快更好的发展。

(3) 智能控制器的一般结构

控制工程师正在设计未来的控制系统,从任务形式化开始,至驱动器操作止。很久一段时间内,控制过程设计被理解为系统各参数的综合。后来,人们越来越清楚地认识到,控制过程设计是系统模型和实际结构的综合。现在,更进一步明确了这个综合包括任务形式化过程,此外,对任务集合的协调也是设计的一个组成部分。

智能控制器的设计具有下列特点:

- ① 具有以微积分(DIC)表示和以技术应用语言(LTD)表示的混合系统方法;
- ② 采用不精确的和不完全的装置分层(级)模型;
- ③ 含有多传感器递送的分级和不完全的外系统知识,并在学习过程中不断加以辨识、整理和更新;
- ④ 把任务协商作为控制系统以及控制过程的一部分来考虑。

在上述讨论的基础上,我们能够给出智能控制器的一般结构,如图 3.15 所示。

现在已经开发出许多智能控制理论与技术用于具体控制系统,如分级控制理论、递阶控制器设计的熵方法以及智能逐级增高而精确度逐级降低原理等。在这些应用范例中,取得不少具有潜在应用前景的成果,如群控理论、模糊理论和系统理论等。许多控制理论的研究是针对控制系统应用的,如自学习与自组织系统、神经网络、基于知识的系统、语言学和认知控制器等。

3.6.2 智能控制主要方法

(1) 专家控制系统

专家控制系统就是一个应用专家系统技术的控制系统,也是一个典型的和广泛应用的基于知识的控制系统。

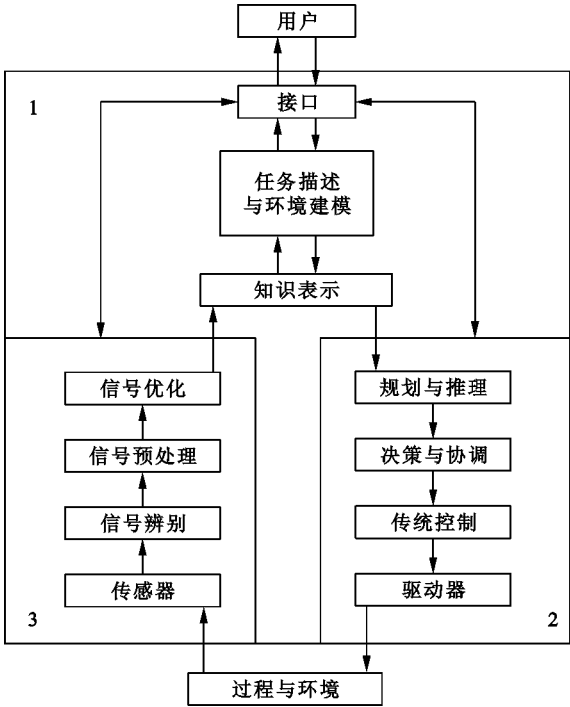


图 3.15 智能控制器的一般结构^[1]

1—智能控制系统;2—多层控制器;3—多传感系统

在过去二十年中,专家系统是人工智能领域备受重视的一个研究方面。因此,许多高度专业化的专家系统被不同的研究小组所建造,这些系统含有求解有关问题所需要的经验,涉及医疗诊断和治疗化学结构分析、地质数据解析、计算机结构选择以及工业系统的咨询、监控、规划和故障诊断等。

专家系统主要指的是一个智能计算机程序系统,其内部含有大量的某个领域专家水平的知识与经验,能够利用人类专家的知识和解决问题的经验方法来处理该领域的高水平难题。也就是说,专家系统是一个具有大量的专门知识与经验的程序系统,它应用人工智能技术和计算机技术,根据某领域一个或多个专家提供的知识和经验,进行推理和判断,模拟人类专家的决策过程,以便解决那些需要人类专家才能处理好的复杂问题。简而言之,专家系统是一种模拟人类专家解决领域问题的计算机程序系统。专家系统的基本功能取决于它所含有的知识,因此,有时也把专家系统称为基于知识的系统。

与常规的计算机程序系统比较,专家系统具有以下特点:

① 启发性

专家系统要解决的问题,其结构往往是不合理的,其问题求解知识不仅包括理论知识和常识,而且包括专家本人的启发知识。这些启发知识可能是不完全的和不准确的,但是能够执行高级分析和推理,解决复杂的或困难的问题。在问题求解过程中,专家系统应用组合启发知识(甚至是多种经验),模仿专家的思维和认知过程。因此,专家系统具有启发性,并能够高效和准确地做出推理、判断、决策和结论。

② 透明性

专家系统能够解释本身的推理过程和回答用户提出的问题,以便让用户了解推理过程,增大对专家系统的信任感。例如,一个医疗诊断专家系统诊断出某病人患有肺炎,而且建议使用某种抗生素治疗,那么,这一专家系统将能够向病人解释为什么患有此病以及为什么必须使用这种抗生素治疗,就像一位医疗专家详细向病人解释病情和治疗方案一样。当专家系统解释用户的提问时,它应用知识库内的知识和问题求解过程中产生的中间结果。这种解释机制为专家系统提供了一个透明的界面。因此,问题求解过程中知识应用的合理性可由检验专家系统的解释推理路径来验证。当问题的求解结果不能令人满意时,知识工程师和用户能够从中发现推理失败之处,为改进系统获得经验。

③ 灵活性

专家系统的灵活性是指它扩展和丰富知识库的能力,以及改善非编程状态下的系统性能,即自学习能力。由于专家系统中的知识库和推理机是相对独立的,知识库内的知识表示是明显的,因此,专家系统知识库的扩展和修正是比较灵活方便的。这样,专家系统能够不断增加新的知识,并修改与更新原有知识。在专家系统建立之后,推理机能够从知识库内选择各种相关知识,并根据具体求解问题的特点构造出问题求解序列。推理机的这种能力可被看作是专家系统灵活性的一个方面。这一特点使得专家系统具有非常广泛的应用领域。

④ 符号操作

与常规程序进行数据处理和数字计算不同,专家系统强调符号处理和符号操作(运算),使用符号表示知识,用符号集合表示问题概念。一个符号是一串程序设计,并可用于表示现实世界中的概念。

⑤ 不确定性推理

各领域专家求解问题的方法大多数是经验性的,经验知识一般用于表示不精确性并存在一定概率的问题。此外,所提供的有关问题的信息往往是不确定的。专家系统能够综合应用模糊和不确定的信息与知识,进行推理。

由于专家系统具有上述诸多特点,因而它也具有许多优点:

- ① 专家系统能够高效率、准确、周到、迅速和不知疲倦的进行工作;
- ② 专家系统解决实际问题时不受周围环境的影响,也不可能遗漏和忘记;
- ③ 可以使专家的专长不受时间和空间的限制,以便推广珍贵的专家知识与经验;
- ④ 专家系统能促进各领域的发展,它使各领域专家的专业知识和经验得到总结和精练,能够广泛而有力的传播专家的知识、经验和能力;
- ⑤ 专家系统能汇集多领域专家的知识和经验以及它们协作解决重大问题的能力,它拥有更渊博的知识、更丰富的经验和更强的工作能力;
- ⑥ 专家系统的研制和应用,具有巨大的经济效益和社会效益;
- ⑦ 研究专家系统能够促进整个科学技术的发展,专家系统对人工智能各个领域的发展起了很大的促进作用,并将对科技、经济、国防、教育、社会和人民生活产生极其深远的影响。

专家系统的结构是指专家系统各组成部分的构造方法和组织形式。系统结构选择适当与否,与专家系统的实用性和有效性密切相关。选择什么结构最为恰当,要根据系统的应用环境和所执行任务的特点确定。例如,MYCIN系统的任务是疾病诊断与解释,其问题的特点是需要较小的可能空间、可靠的数据及比较可靠的知识,这就决定了它采用穷尽检索解空间和单链推理等较简单的控制方法和系统结构。与此不同的是,HEARSAY-II系统的任务

是进行口语理解。这一任务需要检索巨大的可能解空间,数据和知识都不可靠,缺少问题的比较固定的路线,经常需要猜测才能继续推理等。这些特点决定了 HEARSAY-II 必须采用比 MYCIN 更为复杂的系统结构。

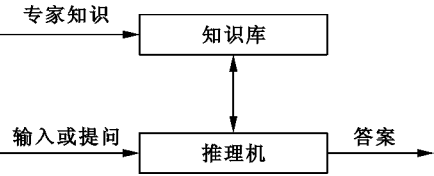


图 3.16 专家系统的简化结构
具有图中部分模块。

图 3.16 专家系统的简化结构。图 3.17 则为理想专家系统的结构图。由于每个专家系统所需完成的任务和特点不同,其系统结构也不尽相同,一般只

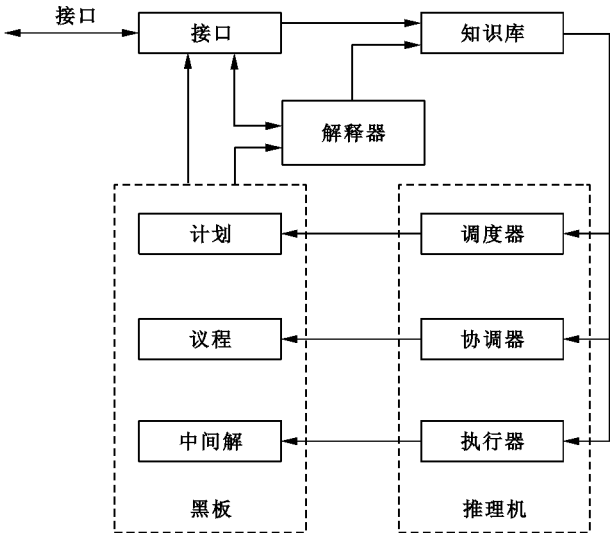


图 3.17 理想专家系统结构图^[1]

接口(界面)是人与系统进行信息交流的媒介,它为用户提供了直观方便的交互作用手段。接口的功能是识别与解释用户向系统提供的命令、问题和数据等信息,并把这些信息转化为系统的内部表示形式。另一方面,接口也将系统向用户提出的问题、得出的结果和作出的解释以用户易于理解的形式提供给用户。

黑板是用来记录系统推理过程中用到的控制信息、中间假设和中间结果的数据库。它包括计划、议程和中间解三部分。计划记录了当前问题总的处理计划、目标,问题的当前状态和问题背景。议程记录了一些待执行的动作,这些动作大多是由黑板中已有结果与知识库中的规则作用而得到的。中间解区域中存放当前系统已产生的结果和候选假设。

知识库包括两部分内容。一部分是已知的同当前问题有关的数据信息,另一部分是进行推理时要用到的一般知识和领域知识。这些知识大多以规则、网络和过程等形式表示。

调度器按照系统建造者所给出的控制知识(通常使用优先权办法),从议程中选择一项作为系统下一步要执行的动作。执行器应用知识库及黑板中记录的信息,执行调度器所选定的动作。协调器的主要作用就是当得到新数据或新假设时,对已得到的结果进行修正,以保持结果前后的一致性。

解释器的功能是向用户解释系统的行为,包括解释结论的正确性及系统输出其他候选解的原因。为完成这一功能,通常需要利用黑板中记录的中间结果、中间假设和知识库中的

知识。

一般应用程序与专家系统的区别在于:前者把问题求解的知识隐含编入程序,而后者则把其应用领域的问题求解知识单独组成一个实体,即为知识库。知识库的处理是通过与知识库分开的控制策略进行的。更确切地说,一般应用程序把知识组织为两组:数据级和程序级。大多数专家系统则将知识组织成三级:数据、知识库和控制。

在数据级上,是已经解决了的特定问题的说明性知识以及需要求解的有关时间的当前状态。在知识库级是专家系统的专门知识与经验。是否拥有大量知识是专家系统成功与否的关键,因而知识表示就成为设计专家系统的关键。在控制程序级,根据既定的控制策略和所求解问题的性质来决定应用知识库中的哪些知识。这里的控制策略是指推理方式。按照是否需要信息来决定采用非精确推理或精确推理。推理方式还取决于所需搜索的程度。

专家系统的主要组成部分如下:

① 知识库

知识库用于存储某领域专家的专门知识,包括事实、可行操作与规则等。为了建立知识库,要解决知识获取和知识表示问题。知识获取涉及知识工程师如何从专家那里获得专门知识的问题;知识表示则要解决如何用计算机能够理解的形式表达和存储知识的问题。

② 综合数据库

综合数据库又称全局数据库或总数据库,它用于存储领域或问题的初始数据和推理过程中得到的中间数据(信息),即被处理对象的一些当前事实。

③ 推理机

推理机用于记忆所采用的规则和控制策略的程序,使整个专家系统能够以逻辑方式协调的工作。推理机能够根据知识进行推理和导出结论,而不是简单的搜索现成的答案。

④ 解释器

解释器能够向用户解释专家系统的行为,包括解释推理结论的正确性以及系统输出其他候选解的原因。

⑤ 接口

接口又称界面,它能够使系统与用户进行对话,使用户能够输入必要的数据、提出问题 and 了解推理过程及推理结果等。系统则通过接口,要求用户回答提问,并回答用户提出的问题,进行必要的解释。

(2) 模糊控制系统

模糊控制也是智能控制的一个十分活跃的研究与应用领域。扎德于 1965 年提出的模糊集合成为处理现实世界各类物体的方法。此后,对模糊集合和模糊控制的理论研究和实际应用广泛开展起来。

模糊控制是一类应用模糊集合理论的控制方法。模糊控制的价值可从两个方面来考虑。一方面,模糊控制提出了一种新的机制用于实现基于知识(规则)甚至语义描述的控制规律。另一方面,模糊控制为非线性控制器提出了一个比较容易的设计方法,尤其是当受控装置(对象或过程)含有不确定性而且很难用常规非线性控制理论处理时,更为有效。

开发模糊逻辑控制器与开发基于知识的应用系统一样,在确定设计要求和进行系统辨识之后,建立知识库,以包括规则库、结构、条件集合和比例系数等。有效的知识库能够使存储要求和运行搜索时间最小,并且在目标微处理器上进行开发。知识库可由下列途径来建

立:① 与过程操作人员进行知识工程对话,包括分析观察到的操作人员响应;② 已发表的用于标准控制策略(如 PI 和 PD 等)的规则库;③ 开环和闭环系统的语言模型。

专家控制系统和模糊逻辑控制系统至少有一点是共同的,即两者都要建立人类经验和人类决策行为的模型。此外,两者都含有知识库和推理机,而且其中大部分至今仍为基于规则的系统。因此,模糊逻辑控制器通常又称为模糊专家控制器或模糊专家控制系统。有时也把模糊专家系统叫做第二代专家系统,因为它能够为专家系统的设计、开发和实现提供两个基本的和统一的优点,即模糊知识表示和模糊推理方法。

图 3.18 给出模糊逻辑控制器的一般结构,它由输入定标、输出定标、模糊化、模糊决策和模糊判决(解模糊)等部分组成。比例系数(标度因子)实现控制器输入和输出与模糊推理所用标准时间间隔之间的映射。模糊化(量化)使所测控制器输入在量纲上与左侧信号(LHS)一致。这一步不损失任何信息。模糊决策过程由一推理机来实现;该推理机使所有 LHS 与输入匹配,检查每条规则的匹配程度,并聚集各规则的加权输出。产生一个输出空间的概率分布值。模糊判决(解模糊)把这一概率分布归纳于一点,供驱动器定标后使用。

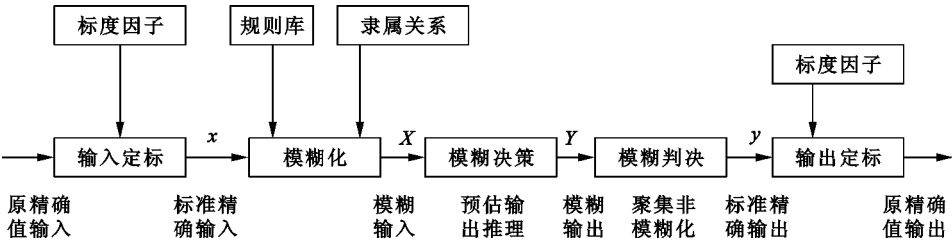


图 3.18 模糊逻辑控制器的一般结构^[1]

模糊控制系统的基本结构如图 3.19 所示。其中,模糊控制器由模糊化接口、知识库、推理机和模糊判决接口 4 个基本单元组成。

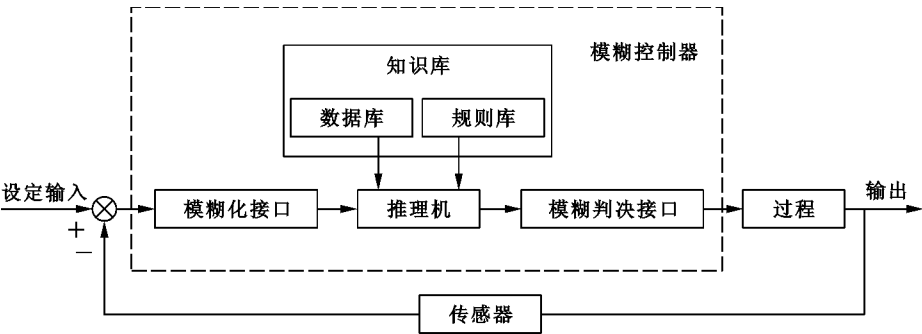


图 3.19 模糊控制系统的基本结构^[1]

它们的作用如下:

① 模糊化接口:测量输入变量(设定输入)和受控系统的输出变量,并把它们映射到一个合适的响应论域的量程,然后精确的输入数据被变换为适当的语言或模糊集合的标识符,本单元可视为模糊集合的标记;

② 知识库:涉及应用领域和控制目标的相关知识,它由数据库和语言(模糊)控制规则库组成,数据库为语言控制规则的论域离散化和隶属函数提供必要的定义,语言控制规则标记控制目标和领域专家的控制策略;

③ 推理机:模糊控制系统的核心,以模糊概念为基础,模糊控制信息可通过模糊蕴涵和模糊逻辑的推理规则来获取,并可实现拟人决策过程。根据模糊输入和模糊控制规则,模糊推理求解模糊关系方程,获得模糊输出;

④ 模糊判决接口:起到模糊控制的推断作用,并产生一个精确的或非模糊的控制作用,此精确控制作用必须进行逆定标(输出定标),对受控过程进行控制之前通过量程变换来实现。

(3) 神经控制系统

人工神经网络研究的先锋——麦卡洛克和皮茨曾于 1943 年提出一种叫做“似脑机器”的思想,这种机器可由基于生物神经元特性的互联模型来制造,这就是神经学网络的概念。他们构造了一个表示大脑基本组分的神经元模型,对逻辑操作系统表现出通用性。随着对人脑认识的加深和计算机研究的进展,研究目标已从“似脑机器”变为“学习机器”,为此一直关心神经系统适应律的赫布提出了学习模型。罗森布拉特命名了感知器,并设计一个引人注目的结构。到 20 世纪 60 年代初期,关于学习系统的专用设计指南有温德等提出的自适应线性单元以及斯坦布克等提出的学习矩阵,由于感知器的概念简单,因而在开始介绍时对它寄托很大的希望。然而,不久之后明斯基和帕珀特从数学上证明了感知器不能实现复杂逻辑功能。

到了 20 世纪 70 年代,格罗斯博格和霍恩对神经网络研究做出重要贡献。以生物学和心理学证据为基础,格罗斯博格提出几种具有新颖特性的非线性动态系统结构。该系统的网络动力学由一个微分方程建模,而网络结构为模式聚集算法的自组织映射方面的研究工作。沃博斯在 20 世纪 70 年代开发一种反向传播算法。霍普菲尔在神经元交互作用的基础上引入一种递归性神经网络,这种网络就是著名的 Hopfield 网络。在 20 世纪 80 年代中叶,作为一种前馈神经网络的学习算法,帕克和鲁姆尔哈特等重新发现了返回传播算法。近年来,神经网络已在从家用电器到工业对象的广泛领域找到了它的用武之地。

人工神经网络的下列特性对控制是至关重要的:

① 并行分布处理:神经网络具有高度的并行结构和并行实现能力,因而能够有较好的耐故障能力和较快的总体处理能力,这特别适于实时控制和动态控制;

② 非线性映射:神经网络具有固有的非线性特性,这源于其近似任意非线性映射(变换)能力,这一特性给非线性控制问题带来新的希望;

③ 通过训练进行学习:神经网络是通过所研究系统过去的的数据记录进行训练的,一个经过适当训练的神经网络具有归纳全部数据的能力,因此,神经网络能够解决那些数学模型或描述规则难以处理的控制过程问题;

④ 适应于集成:神经网络能够适应在线运行,并能同时进行定量和定性操作。神经网络的强大适应能力和信息融合能力使得网络过程可以同时输入大量不同的控制信号,解决了输入信息间的互补和冗余问题,并实现了信息集成和融合处理。这些特性特别适于复杂大规模和多变量系统的控制;

⑤ 硬件实现:神经网络不仅能够通过软件而且可借助硬件实现并行处理。近年来,由一些超大规模集成电路实现的硬件已经问世,这使得神经网络成为具有快速和大规模处理能力的网络。

很显然,神经网络由于其学习和适应、自组织、函数逼近和大规模并行处理等能力,因而

具有用于智能控制系统的潜力。

在控制领域,人们已经做出许多努力,把神经网络用于控制系统、处理控制系统的非线性和不确定性以及逼近系统的辨识函数等。

人工神经网络由神经元模型构成,这种由许多神经元组成的信息处理网络具有并行分布结构。每个神经元具有单一输出,并且能够与其他神经元连接,有许多(多重)输出连接方法,每种连接方法对应一个连接权系数。严格地说,人工神经网络是一种具有下列特性的有向图:

- ① 对于每个节点 i , 存在一个状态变量 x_i ;
- ② 从节点 j 至节点 i , 存在一个连接权系数 w_{ij} ;
- ③ 对于每个节点 i , 存在一个值 θ_i 。
- ④ 对于每个节点 i , 定义一个变换函数 $f_i(x_i, w_{ji}, \theta_i), i \neq j$ 。对于最一般的情况, 此函数

取 $f_i(\sum_j w_{ji}x_j - \theta_i)$ 形式。

人工神经网络的结构基本上分为两类,即递归(反馈)网络和前馈网络,简介如下:

① 递归网络

在递归网络中,多个神经元互联组织一个互联神经网络,如图 3.20 所示。有些神经元的输出被反馈至同层或前层神经元。因此,信号能够从正向和反向流通。Hopfield 网络, Elman 网络和 Jordan 网络是递归网络有代表性的例子。递归网络又叫做反馈网络。

图 3.20 中, v_i 表示节点的状态, x_i 为节点的输入(初始)值, x_i' 为收敛后的输出值, $i = 1, 2, \dots, n$ 。

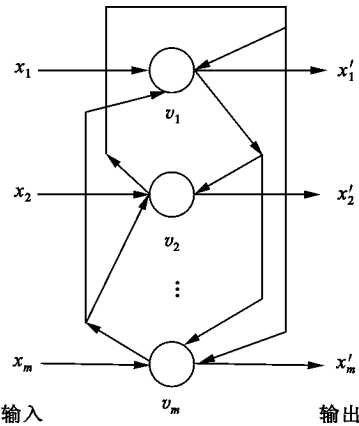


图 3.20 递归反馈网络

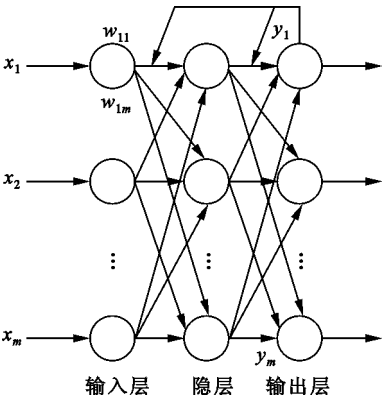


图 3.21 前馈(多层)网络

② 前馈网络

前馈网络具有递阶分层结构,有一些同层神经元间不存在互联的层级组成。从输入层至输出层的信号通过单向连接流通,神经元从一层连接至下一层,不存在同层神经元间的连接,如图 3.21 所示。前馈网络的例子有多层感知器(MLP)、学习矢量量化(LVQ)网络、小脑模型等。

3.7 交通地理信息系统技术

近年来, GIS 技术应用得到空前的发展, 其应用领域由自动制图、资源管理、土地利用等, 发展到与地理相关的交通、邮电、军事等各个领域。交通 GIS 是 GIS 重要的一个分支。交通 GIS 建立在各种交通运输网络基础上, 通过数据库与空间分析相结合的方法, 描述交通运输网络和网上运输流, 并反映运输网络所存在的问题。交通规划、预测等模型与 GIS 结合, 使之成为交通辅助决策支持系统。目前交通 GIS 可应用在交通运输规划管理与设计部门, 且在智能运输系统的集成中起着重要作用。

3.7.1 交通地理信息系统概述

(1) 交通地理信息系统的定义

交通地理信息系统(Geographical Information System For Transportation, GIS-T)是收集、存储、管理、综合分析和处理交通地理的空间信息和交通信息的信息系统。或者说, 它是与交通关联的各类空间数据和属性数据为基础, 在计算机软硬件技术支持下, 实现对道路地理信息和变通信息的收集、存储、检索、处理和综合分析, 以满足用户需要的计算机系统。也可以说, 它是 GIS 技术在交通领域的延伸, 在传统的 GIS 基础之上, 加入了交通的几何空间网络概念及线的叠置(Line Overlay)和动态分段(Dynamic Segmentation)等技术, 并配以专门的交通建模(Transportation Modeling)手段而组成的专门系统。

(2) 交通地理信息系统的功能与特点

交通 GIS 结合了 GIS 和其他通信技术的优点, 具有一定的感知能力与自适应能力(即智能性); 记忆与逻辑思维能力(即分析性); 表达和判断能力(即可视决策性), 等等。除了 GIS 的一些基本功能, 在交通规划、建设和管理方面还具有以下一些独特的功能。

① 基本功能

基本功能包括编辑、制图和图形量测等功能。编辑功能允许用户添加和删除点、线、面或改变它们的属性; 制图功能可以灵活多样地制作和显示地图、分层和分类输出多种地图, 并可放大和缩小地图; 量测功能用于在图上量算某一线段长度和指定面积、体积等。另外, 除基本常用地图操作功能外, 还应具有一些办公自动化的功能。

② 叠加功能

叠加功能主要是线性数据的叠加能力, 分为合成叠加和统计叠加。合成叠加得到的新图层可显示原图层的全部特征, 彼此交叉的特征区域仅显示共同特征; 统计叠加的目的是统计一种要素在另一种要素中的分布特征。此外, 以叠加功能为基础, 还可进行缓冲区分析, 能用于交通设施选址和线路规划设计等。

③ 动态分段功能

为了分析以线为基础的运输系统属性, 交通 GIS 中引入了线性特征的动态分段功能。与静态分段不同的是, 动态分段功能是将交通网络中的连线按属性特征分段, 分段是动态进行的, 且与当前连线属性相对应, 如果属性改变, 则创建一组新的分段。如在路面管理中, 将以路面类型来“自动分段”, 使每个类型的路面含在同一个组中。如果需要按路面类型和车道数这两种属性进行分段, 那么每类路面中车道数相同的又自动形成一组。

④ 地形分析功能

地形分析功能可建立地表模型和进行等高线计算。它主要是通过数字地形模型(DTM),以离散分布的点来模拟连续分布的地面高程,为道路设计创建三维地表模型,称为地面数字高程模型(DEM)。这在道路选线和施工设计中是十分需要的。

⑤ 栅格显示功能

栅格显示功能使得交通 GIS 可以包含图片和其他影像,并可将对应的属性数据进行叠加分析,以便对图层更新。例如,通过添加桥梁、交叉路口以及修正线形等新特征,对原有道路图层进行更新;对带状(沿线一定宽度)或多边形(周围一定范围)图层进行叠加,可以标出沿线或周边土地用途和其他交通属性。

⑥ 网络分析功能

主要指路径优化分析,即最短路径分析(或者是最佳路径选择分析),此外,还有相邻和最近邻分析、网络负载分析、车辆路由选择分析、资源分配分析等能力,这在运输需求分析中很有用处。与网络分析集成化的交通 GIS 具有该模型的功能,而无需与其他软件链接。当然,随着交通 GIS 功能的完善,将来与其他软件(如运输需求规划软件、道路设计软件等)链接也是必要的。

综上所述,空间分析是交通 GIS 的核心。网络分析、叠加分析、地形分析和缓冲区分析等功能,为交通 GIS 进行空间分析提供了强有力的工具和广阔的应用空间。随着系统多种功能的完善和发展,交通 GIS 将成为交通运输系统及相关部门日常工作不可或缺的工具、手段和工作平台,在交通现代化建设中发挥出越来越大的作用。

由于交通系统本身所具有的动态性、复杂性,使得 GIS 技术在交通领域的应用与其他领域相比具有很大的差异性。概括起来说,其特点如下:

① 几何空间网络拓扑概念

此概念包括的要素有:a. 节点:点的几何或拓扑目标,两个或多个弧段或链之间的拓扑交点或弧段与链的起、终点;b. 连通性:弧段在节点处的相互连接关系。弧段与节点的拓扑关系表现了连通性,同时也很好的表达了交通地理的网络线性特点;c. 路径:路网中由一条或多条弧段连接形成的线特征;d. 路径段或称区段:与动态分段中的 Section 不同,路径段与联线之间是 1:1 的关系。这里路径段主要是作为路径、联线及线事件之间的中介实体;e. 联线:两节点之间的拓扑连接;f. 里程:指联线的里程长度,路径也可按里程表达,即在公路里程碑处划分;g. 非连续性:分支的和重叠的路径;h. 路径系统:指在一个个地图文件中所存储的多个路径的系统。只有在以上概念下建立的几何空间网络拓扑关系,才能胜任交通网络分析的多种建模的需要。

② 动态分段技术概念

动态分段(Dynamic Segmentation)是按网络重叠的概念发展而来的。即在基于交通特征的数据建模中,把有关特征的属性合并成一个独立的网络,映射到原来的交通几何网络上,通过弧段的分解与合并,建立起交通特征的目标、事件与弧段、节点数据结构之间的映射关系。动态分段与拓扑数据结构密不可分,它的基本要素是路径和路径段,这里的路径段是弧段的整体或一部分,其长度以所占弧段百分比表示。路径和路径段并不是真正的数据库图形实体,它本身并没有坐标,只是通过它们之间的映射关系继承了几何网络上弧段的坐标。动态分段技术将属性从弧段、节点数据结构中分离出来,解决了具有多重属性地理要素

的表达问题,舍弃了属性与弧段、节点的一一对应关系。动态分段实质上是建立在弧段、节点数据结构上的一种抽象方法,通过一定的映射关系把动态分段对应回原有 GIS 数据中,从而实现在不改变原有 GIS 空间数据结构条件下处理与表达多重数据的属性关系。由于动态分段不改变原来数据结构,所以建立的特征映射目标是虚体而不是实体,造成交通 GIS 网络分析的许多功能无法发挥作用。这就需要对弧段、节点数据结构进行改造,寻求合适的拓扑关系表达方法。面向对象扩展关系型交通数据模型和基于交通特征的空间拓扑数据模型的建模方法是一种尝试。

③ 复杂的空间分析能力

由于交通本身的动态性和网络特征,造成了交通 GIS 的复杂性。这种复杂性一方面表现在上述几何空间网络拓扑概念和动态分段技术的复杂性上,同时也表现在空间分析的复杂性上。这种复杂的空间分析方法有:a. 线性特征的叠加分析;b. 不同参照系下的线性数据相互转换;c. 最短和最佳路径选择分析;e. 资源分配分析;f. 相邻和最近邻分析;g. 车辆路由选择能力分析;h. 网络负载模型分析;i. 地表数字模型和等高线计算分析等。还有许多分析方法尚未列出。

(3) 交通地理信息系统的应用范围

利用 GIS 软件的强大功能,交通 GIS 能够对来自交通领域的不同部门的表格和地图数据进行收集和分析,以满足他们的各种要求。规划人员利用 GIS 对交通流量、土地利用和人口数据进行分析,预测将来的道路等级,对道路工程建设和改造提供辅助决策,规划公交线路及公交站点的布设。工程技术人员利用 GIS 技术把地质、水文和人文数据结合起来,进行路线构造和设计。

交通 GIS 的应用范围主要在 3 个方面,一是交通规划、设计方面;二是国家、省、市等不同层次的交通管理部门多种交通运输行政与业务管理和车辆运营方面;三是交通安全和控制方面。具体应用方面如下:

① 交通规划和设计中的应用

a. 交通运输系统规划

交通运输系统规划是对区域和城市运输系统的预测和优化研究,是交通 GIS 应用的重点领域。交通规划可分近期和远期规划。近期规划是一个实时处理系统,根据各段道路车辆通行情况、物流、人流,实时调度车辆;远期规划是通过长期对各路段交通状况数据进行统计分析,结合经济、人口发展状况进行道路网的规划。另外利用 GIS 的缓冲区分析功能,在公路网规划中,以道路中心线为主体,产生该中心线的等距线,可确定公路的用地范围或据此判断拓宽道路要动迁多少居民等。

目前,基于交通 GIS 的交通规划模型已经开发成功并进入应用阶段,软件包括了全部的 GIS 软件功能。应用模型与 GIS 集成为一体,使交通规划手段更强大。

b. 道路设计与养护

交通 GIS 为道路工程的计算机辅助设计(CAD)提供了强大的数字化地理平台,使得 CAD 由过去的平面二维设计改为三维立体设计,进入实体可视化设计时代,是 CAD 的突破性发展。

交通 GIS 与路面管理系统、桥梁管理系统等养护管理系统相连接,借助先进的路面、桥梁检测设备和数据收集手段,使公路养护管理更加科学合理,经济高效。如加拿大的

Alberta省,建立了公路维护 GIS,使用专用检测车,定期检测路面平整度和损坏程度等指标。由车载全球定位系统准确定位测点,测得数据后,立即传输到公路养护部门,自动生成路段养护报告。

c. 环境监控与评估

汽车排放废气、制造噪声,对环境造成污染,为了有效控制污染程度,对环境进行监控十分必要。利用传感器和传输线路与主控计算机相连,对传感器获得的数据分析处理,及时汇报交通管理部门以便做出决策。

应用交通 GIS 能够更好的评估公路对环境的影响,在公路选线和初步设计中将得到广泛应用。加拿大已经成功的应用 GIS 完成了一条 127km 长、4 车道宽的公路选线和初步设计工作,在该项目中,很好地解决了环境分析、选线等问题,还包括对野生动物、森林、水文、土壤、植被的保护和土地利用等环境影响的评价。

② 在交通管理和车辆运营中的应用

a. 道路设施管理

将路网实体数据和属性数据以分路段的方式与地理坐标联系起来,可以进行路面质量的管理和路面维修管理,对信号装置以及桥梁的维护等也可进行管理。

美国印第安纳州交通部门采用交通 GIS 管理全州的 92000 英里长的公路、上千座桥梁、铁路、航道和民航机场;加拿大 Alberta 省交通厅建立了全省公路设施维护系统;广东省于 1997 年 3 月完成了“广东省综合交通管理信息系统”;交通部以四川和陕西两省作为试点,首先开发了省级(二级)和地区级(三级)公路设施管理数据库。

b. 车辆运营管理

交通 GIS 的运行路径优选功能,可以对运输路线进行优化;交通专题地图的统计分析功能,可以分析客、货流量变化情况,以便随时调整行车计划。此外,还可以帮助运输管理部门对特种货物(如长大件货物、危险货物或贵重货物)运输进行路线选择和监控。集团用户可通过 GIS 监控系统平台监控和调度手下车辆运营,可以充分利用车辆资源,提高车辆的营运效率,降低营运成本。

对驾驶员来说,交通 GIS 可以在车辆运行中直观的呈现有关道路线路、停车设施、道路属性、购物及旅游等信息,并提示车辆的当前位置,帮助驾驶员搜索到达目的地的最短和最佳路径,方便驾驶员的操作和人们的出行。

③ 在交通安全和控制中的应用

a. 事故的定位、预测和分析

将交通事故数据文件和 GIS 集成为一个整体,开发出事故定位系统,可以形象直观地报告事故发生地点、性质和原因,并比较各事故点的发生频率,找出事故多发地段,结合现有道路条件进行事故预测。交通 GIS 系统定义了路标层,它的作用在于便于分析学校、影院等所诱发的交通量。国外已运用 Arc/Info 开发出预测、分析交通事故多发地带的交通 GIS 系统。美国内达华州研制出基于 GIS 的交通线上紧急反应定位系统,可帮助有关部门处理紧急事件。

b. 车辆控制与监控

车辆控制是指对车辆本身而言,属司机控制车辆的问题。这方面有行车安全报警系统、实时导航系统、自控和自动驾驶系统、防车辆碰撞系统等;监控是指对交通管理者而言的,必

须要能监视和控制运行中的车辆。这方面有一系列的自动监控设施与设备,适时监督记录车辆违章、事故和犯罪行为的信息,需要 GIS 采集、分析和管理,以便及时自动报警和处理。

3.7.2 交通地理信息系统的技术方法

(1) 地理数据采集技术

交通地理事物或现象是现实世界的客观存在,而目前计算机所处理的对象最终只能是基于二进制的数字。也就是说,交通 GIS 系统所描述和处理的数据集是现实世界信息的模型。由于现实世界中地理要素或现象的空间分布是连续的任意形态,只有在空间离散化的基础上,化无限为有限才能对其描述;而其地理属性(定量或定性)需要进行编码描述。因此,地理信息所表达现实世界的信息传输过程实质是一个数字化的过程。

建立一个 GIS 的基本步骤之一是数据的采集,数据采集也是一个完整的 GIS 系统应具备的基本功能。数据采集可分为空间数据采集和属性数据采集。空间数据采集的方法很多,根据所采集数据的来源可分为野外实地测量、地图数字化、遥感数据采集和以全球定位系统为数据源的数据采集等;属性数据采集主要包括遥感数据获取、现场调查、社会调查和已有的各类统计资料的收集等。

① 野外测量技术

野外实地测量是传统的地图测量方法,这种方法获得的资料具体、准确,但花费人工多,工作周期长。一般是测得资料后制成通用地图,再输入到 GIS 的数据库中。对数据库的局部数据做修改时,则可将实测资料直接输入,而不必经过制图这一环节。近年来得到普遍推广的利用全站仪测量和 GPS 测量技术,给野外实地测量带来了极大的方便,这些技术已用于测量控制网的坐标定位和直接用于地物坐标的实测,可快速获得地理数据。

② 地图数字化技术

地图数字化所采用的具体方法受设备条件、人力条件和数字化内容的影响。用数字化仪和扫描仪获取地图数据的方式已经非常普遍,大大提高了数字化的精度和速度。数字化仪直接以矢量形式获取地图坐标数据,绝大部分 GIS 和图形处理软件都带有利用数字化仪进行数字化的模块,而 GIS 的设计者也可以自己编写数字化接口程序;扫描矢量化是目前较为流行的数字化方法,这种方法是先用扫描仪将地图扫描为栅格图像,然后对栅格图像进行屏幕跟踪矢量化。屏幕跟踪矢量化不受数字化设备的限制,可以同时大批量进行数字化工作。

③ 遥感数据采集技术

航空摄影测量已普遍用于通用地图的制作。通过使用立体解析测图仪的光学电子仪器,直接在航空照片上读取坐标并传入计算机中,经过适当的转换就可以变成 GIS 的数据;遥感技术是在航空摄影测量基础上发展起来的,从广义上讲前者应包括在后者之中。除可见光外,遥感技术还可利用其他自然电磁波(如红外线)或由人工发射电磁波对地球表面进行远距离探测,探测的结果如果是记录在胶片上,可以用扫描仪或解析测图仪输入到计算机中;如果以数字方式记录下来(一般是把模拟信号转换成数字信号),则可直接用计算机来处理,然后转入 GIS 数据库。另外,还有一种类似电视摄像的扫描技术(CCD),也可以用于数据采集,这在本质上和遥感相似。用遥感技术获取交通信息有范围大、速度快、信息广的特点,遥感信息中既有空间位置信息,也有属性信息。大范围的资源、环境调查,遥感往往是主

要信息来源。交通规划和管理部门也越来越多地利用航空遥感影像来获取信息。

④ 专题数据调查技术

某些专门的地理信息,如道路的属性和交通量、房屋质量性质、地下管网分布等,都要靠实地专题调查才能获得,有时也可将局部的样本资料和遥感信息进行对照,以检验对遥感信息解译的准确性,并从中归纳解译的规律性。

与人口有关的年龄、性别、教育程度、收入与消费、工业生产、商业经营、医疗保健等属性数据,必须经过社会调查与统计才能获得。

值得注意的是任何一个 GIS 都应尽量利用已有的资料,以减少工作成本、缩短工作周期。例如标准通用的数字化地图、与交通规划有关的各种电子图件、政府统计部门的各种数据,以及将社会调查和地图结合的地理数据等等,都将简化各种地理空间和属性数据的采集工作,也为不同的 GIS 之间的数据沟通、共享带来了方便。

(2) 地理空间数据库技术

地理空间数据库是指用来表示地理空间实体的位置、形状及其分布特征等地理信息的数据库。它可以用来描述来自现实世界的目标,具有定位、定性、时间和空间关系等特征。定位是指在一个已知的坐标系里地理空间目标都具有唯一的空间位置;定性是指有关地理空间目标的自然属性,它伴随着目标的地理位置;时间是指地理空间目标随时间变化而变化的特征。地理空间数据库适用于描述所有呈二维、三维甚至多维分布的关于区域的实体和现象,它不仅能表示实体本身的空间位置及形态信息,而且还可以表示实体属性和空间关系(如拓扑关系)的信息。在地理空间数据中不可再分最小单元对象称为地理空间实体,地理空间实体是对存在于这个自然世界中地理实体的抽象,主要包括点、线、面及体等基本类型。在空间对象建立后,还可以进一步定义其相互之间的关系(主要指拓扑关系)。地理空间数据是城市和区域中的基础信息,数字城市和数字区域中的绝大部分信息将以地理空间数据库为基础。在 GIS 中,现在的地理空间数据库技术已被广泛用于如交通规划、管理和运输各方面。

从数据处理的角度来看,GIS 又是一个以地理空间数据库为中心的信息转换系统,这个空间数据库的本身是地理现象的多面模型,接受地理多样性的数据输入和提供多样性的信息产品。由于 GIS 既管理着具有“海量”的地理空间数据,又管理着与地理空间数据相关联的地理属性数据、数据模型,以及在此基础上构建的数据库,因此它比其他数据库类型和数据库系统复杂得多。

数据库系统最简单的形式为表格形式,亦称为表格模型。它是一个大表格,包含储存在数据库中的所有信息。所有记录都有相同的字段,含有大量的数据冗余,对一些数据库项目添加新的字段名称将引起更多的冗余。这是数据库技术发展最初的情况。

由于使用文件表格记录方法效率较低而且较为繁琐,一些其他的数据表格管理方法应运而生,主要包括:a. 层次模型;b. 网状模型;c. 关系模型;d. 面向对象模型。在这 4 种模型中,层次和网状模型过去应用的较为广泛,关系模型应用的最多。现在,面向对象方法正在涌现,但相对于关系模型,面向对象模型的使用水平仍然非常低。

(3) 专题制图技术

① GIS 的制图功能

专题制图的特色之一是大部分图形的制作采用统计数据制作,通过对统计数据的分析、

加工、处理,进行符号化后表示在专题地图上。GIS 对于统计数据进行分析、加工和处理是非常快捷和方便的。它能以简明、突出而完备的形式再现繁杂的统计数据,使统计区域内的某个或某些现象的分布或状态一目了然。GIS 提供了多种专题制图表示方法、符号设计功能、图面配置和整饰功能。用户可根据专题地图所属数据库的内容进行多种专题分析制图,诸如彩色渲染、多种柱状图等,实现对分析数据可视化的目的。

② 数字地图应用

数字地图在交通 GIS 中的应用是非常广泛的。数字线划图件(DLG)是基本图件的最主要形式,此外还有数字影像(DOM)、数字高程(DEM)数据和其他图件。

城市使用特大比例尺地形图,比例尺主要有 1 : 500、1 : 1000、1 : 2000、1 : 5000 和 1 : 10000 等 5 种,少数城市也使用大比例尺地形图,如 1 : 25000、1 : 50000 等。相比于线划图,城市数字正射影像图和 DEM 无论是数量还是比例尺种类均少得多。在我国城市中,制作数字正射影像图的城市不到一半,而制作的影像图往往也只有一种比例尺,覆盖的范围也很有限,制图比例尺基本上为 1 : 1000/1 : 2000 或 1 : 5000/1 : 10 000,基本上 1996 年以后才开始制作。仅有约 1/8 的城市建立了一定范围的 DEM,使用的格网尺寸为 5~25m,格网点高程精度为 0.25~1.2m。一些城市认为,他们虽然未专门建立 DEM,但从现有线划图中可以分离出相应的高程信息。在城市其他图件中,地下管线图件占多数,其他图种则参差不齐。大比例尺的城市交通图应用还比较少。

全国、省区和地市较大区域的线划图是中、小比例尺的数字地形图,1 : 250000、1 : 500000、1 : 1000000 和 1 : 4000000 国家基础数据库已经建成,其他更大和更小比例尺数字地图正在建设之中,使用时可以向测绘主管部门索取。

(4) 地理信息的处理技术

地理信息处理技术是指基于计算机技术的对地理信息的识别、提取、分析和再现技术,主要有遥感信息的识别与提取技术、地理可视化技术以及虚拟现实技术等。

① 遥感信息的识别与提取技术

遥感信息的提取包括分类、变化检测、物理量的提取、指标提取、特殊地物的识别与状态分析。分类是指利用图像的光谱信息、空间信息以及多时相信息对目标进行识别并归类;变化检测是指从不同时期观测的图像光谱信息中检测出目标地物的变化;物理量的提取是指通过光谱信息测量目标地物的温度,或者求解出大气的成分,通过立体像对测出地面或海面的高程等;指标提取是指提取出像植被指数那样的新计算出来的指标过程;特殊地物的识别与状态的分析是指识别各种特殊地物。

遥感信息的提取是由人工或计算机进行的。人工对地理信息提取就是图像判读,它是根据人的经验和知识,按照应用目的来解释图像所具有的信息。例如识别目标,定性定量地提取出目标的形态、构造、功能等有关信息。在图像判读与测量时有八大要素要解决,即目标的大小、形状、阴影、色调、颜色、纹理、图案、位置等,还有与周围环境的关系以及摄影时刻、季节、图像的种类、比例尺等。

计算机对遥感信息的处理属于计算机图像处理,即传感器所采集的遥感信息大部分为图像信息。计算机对遥感信息的处理包括观测数据的输入、再生与校正处理、变换处理、分类处理、处理结果的输出等内容。

② 地理可视化技术

地理可视化技术是指通过计算机技术系统,把实验或数值计算获得的大量抽象地理空间数据转换为人的感官可以直接感受的计算机图形、图像,从而可进行数据分析和研究。地理可视化技术成为地理空间数据的图形显示与分析不可缺少的技术。

地理信息的可视化技术早期受限于计算机二维图形软硬件显示技术,二维可视化技术实现后,通过三维到二维的坐标转换、隐藏线或面消除、阴影处理、光照模型等技术,进一步发展为对地学等值面(如数字高程模型)的三维图形显示技术,把三维地理空间数据投影显示在二维屏幕上,所以不是真三维实体空间关系的描述,因此属于 2.5 维可视化。从 20 世纪 80 年代末以来,真三维 GIS 及其可视化技术已成为地理信息可视化研究的热点。

随着计算机科学的发展,如处理速度加快、处理与存储数据的容量加大、数据库理论的发展等使得动态地处理具有复杂空间关系的大数据量成为可能。虚拟地图、动态地图、交互交融地图、超地图的设计、制作和应用。地学体三维、时空多维数据内插加密,可视化数据模型设计,三维、多维数据显示与分析、不确定数据显示与分析、人文与经济数据可视化、实时动态交互处理、并行技术、基于网络和万维网的地学可视化、多用户合作可视化等方兴未艾。

其实从实际内容来看,地理可视化技术就是虚拟现实技术的一种具体应用。当然当今各种地理信息技术都是以计算机为中心,开发出各种各样具有独特功能的技术系统,因此只要从基本原理出发,也就容易对地理信息技术进行分类与组合。地学信息的多维动态可视化在地球科学中具有重要意义,它对于动态地、形象地、多视角地、全方位地、多层面地描述地理客观现实,对于虚拟化研究、再现和预测地学现象,都具有十分重要的科学价值和明显的实用意义。

③ 虚拟现实技术

虚拟现实技术与可视化技术有着密切的联系,如果把可视化、多维图解、信息图谱、网络连接技术融入沉浸方式以及多感觉交互方式的高效人机交互中,就成为虚拟现实技术,是地学可视化研究的高一级发展阶段。

一般认为虚拟现实技术是一种可以创建和体验虚拟世界的计算机系统或者说由计算机生成的通过视、听、触觉等作用于用户,使之产生身临其境的感觉的交互式视景仿真系统。

虚拟现实是主观地理信息的形象化再现或反演,那么人们就可以根据理论上最优化的地理系统来设计相应的方案,并通过虚拟现实技术来进行调试、检验、修正,从而使这种理论方案完全符合人们设计的目标。即先“虚拟现实”,然后再把这个“虚拟现实”付诸实施,这样就可以建设一个能满足人们需要的人工的地理系统,可以最大限度地减少盲目性,使人们的各项建设的副作用降到最低限度,达到效益最优化。由于虚拟现实技术具有特别强大的功能,因此在各方面都可以得到应用,其能收到更好的效果。此外对城市规划,工农业、教育科研等国民经济中的规划制定都可以通过“虚拟现实”中不断修正,以达到满意为止。再者,虚拟旅游、虚拟研究等都有广阔的应用前景。总之借助于虚拟现实技术可以设计、建设能满足人们需要的人工地理系统。也可以通过虚拟研究加速对那些严重危害人类安全的自然灾害进行预测预报,从而使人类对自然灾害的认识提高到一个新的高度,加强人们对自然的协调和调控能力。

3.7.3 交通地理信息系统设计与开发

(1) GIS-T 体系构成

GIS-T 从功能角度上,属于应用型 GIS,即在通用 GIS 平台上,根据交通需求而设计的一种解决交通专门问题的地理信息系统,它具有地理空间信息实体和解决空间信息分布规律、空间分布特征以及空间信息相互依赖的应用模型和方法。从构成上,GIS-T 体系由 3 个主体部分组成:即 GIS-T 数据库、GIS 平台和 GIS-T 应用系统,如图 3.22 所示。

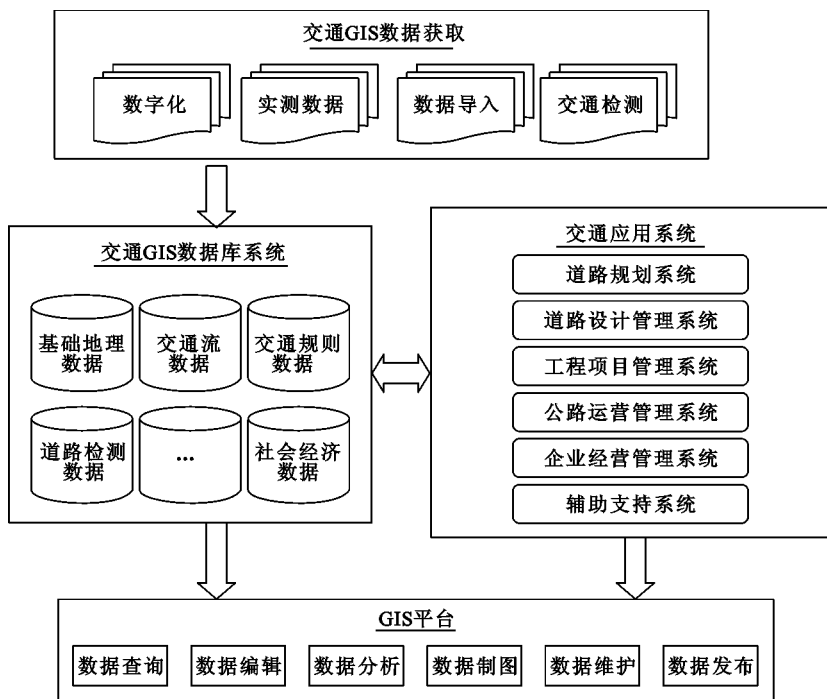


图 3.22 GIS-T 体系结构^[1]

GIS-T 数据库是 GIS-T 运行的数据支持,一般由交通数据获取、交通数据存储、交通数据管理等内容组成,其数据有基础地理空间数据和交通专题数据两类。交通地理空间数据可通过全国统一的交通电子地图导入或扫描数字化输入;交通专题数据有静态数据和动态数据之分,大范围的静态数据可通过交通部公路数据库导入,而动态数据则包括 GPS、PDA 数据采集、各种传感器数据、路面检测车数据等,一般要通过外部专用接口设备实现数据互传。

GIS 平台为 GIS-T 提供 GIS 基本功能和开发环境,主要包括数据查询、空间数据编辑、交通数据发布、空间数据分析、空间数据维护、专题地图制图等内容。

交通应用系统是结合交通专业模型、业务流程等所设计和开发的专门服务于交通规划、设计、管理等软件系统,这些系统依托于 GIS-T 数据库和 GIS 平台,它贯穿于交通的全过程。从公路交通方面看,主要包括道路规划管理系统、道路设计管理系统、工程项目管理系统、公路运营管理系统、公路交通指挥调度管理系统,以及辅助支持系统等。

(2) GIS-T 设计与开发原则

GIS-T 的设计应该遵循如下的基本原则:

① 先进性。系统的总体设计应具有先进性和超前性,符合国家最新标准,采用先进的编程技术,确保开发软件和使用软件能适应计算机应用的发展,具备跨平台性和可移植性;

布线、主机和网络系统有优良性能,处理和传输能力应留有充分余量,保证各种设备间的良好互联,确保系统具有较长的生命期。

② 通用性。系统所采用的硬件平台、软件平台、网络协议等均应是国内厂商都支持的国际标准协议,系统选用的协议和设备应符合国际标准或工业标准,能将不同应用环境和不同的网络优势有机地结合起来,使系统的硬件环境、通信环境和操作平台之间协调统一,为信息的互通和应用创造有利条件。

③ 系统的开放性。系统设计遵守开放性原则,支持多种通信系统,以适应不同用户需求以及未来通信系统技术的发展;支持多个数据交换中心(如移动和联通同时接入);支持多个职能分中心。开放性为扩展性提供了前提,系统的开放主要体现在:统一而丰富的模块接口,软件的控件架构,保留系统冗余接口,系统外部输出接口,各个部分软件的热升级/在线升级能力。

④ 可扩展性。系统所采用的硬件平台、软件平台、网络协议等应符合开放系统的标准,能够与其他系统实现互联,在总体设计中,应采用开放式的体系结构,使系统易于扩充,使相对独立的子系统易于进行组合调整。同时建立开放式的数据接口,以支持其他厂商的应用软件在管理系统中运行。

⑤ 可维护性。整个系统应运行稳定,易于维护,将系统的执行文件和数据文件分离,使系统能检测文件系统的完备性,并提供数据库文件备份和恢复的功能模块。

⑥ 经济性。GIS-T 建设应综合考虑系统建设的性价比,在避免投入不足的同时,也应充分考虑利用现有各种软硬件资源,力争用较少的投资完成体系目标,达到较佳的经济效益。

⑦ 安全性。系统应具有十分安全可靠的安全保密体系,能确保数据和文件安全,不被非法读取或更改,能对关键数据提供多重保护。

⑧ 用户友好性。系统的用户界面应做到美观大方,易学易操作,符合用户日常工作交流的需要,使用户操作轻松愉快,系统提示和帮助信息应准确及时。

(3) GIS-T 开发内容

作为一个应用型 GIS 系统,GIS-T 设计与开发的主体内容一般包括以下几个方面:

- ① 需求分析;
- ② 系统总体结构描述;
- ③ 软硬件配置,包括 GIS 平台选型;
- ④ 数据源、信息分类、规范、标准和内容的确定;
- ⑤ 数据库结构设计;
- ⑥ 应用方式选择和应用模型设计;
- ⑦ 用户界面设计;
- ⑧ 数据标准化和数据质量保证等。

(4) GIS-T 开发过程

GIS-T 类型繁多,应用领域广泛,不同系统技术相差较大。系统开发并没有一成不变的模式可遵循,然而作为信息系统的一类,其设计与开发也遵循信息系统的一般过程:即系统调研、系统分析、系统设计、系统实施、系统维护与评价。相应的每一阶段,都会形成一定的文档资料,以保证 GIS 系统的开发成功,并最经济的花费人力物力投资,便于维护和运

行。表 3.2 是 GIS-T 设计与开发过程中的具体内容。

表 3.2 交通 GIS 设计与开发过程^[11]

阶 段	内 容	用 户	管 理 人 员	开 发 人 员
系统调查	问卷调查 流程调查 数据调查	配合需求调查 提供必要的数据库 业务流程介绍	提供相应的协助	拟定调查内容 设计问卷 现场访问
系统分析	需求分析	提出所要解决的问题 指出所需要的信息 详细介绍现行系统 提供各种资料和数据	审核分析报告 组织开发队伍 必要人员培训	吸取用户需求 回答用户问题 详细调查现行系统 数据资料和数据 总结与分析
	可 行 性 研 究	评价现行系统 协助提出各种方案 选择适宜方案	审查可行性分析 决定是否研发	提出多种方案 与用户商讨方案优劣 开发的费用和时间估计
系统设计	总体设计	模块划分合理性 设备选型合理性		系统目标和功能 功能模块划分 软硬件选择
	详细设计	系统合理性 用户界面合理性 输入输出合理性	详细设计审定 批准转入实施	软件设计 代码设计 功能设计 数据库设计 界面设计 输入输出设计
系统开发	编程	回答业务问题	监督编程进度	编程和调试
	调试	评价系统的总调式 检查用户界面的良好性 输入输出的良好性	监督调试进度 协调用户和开发关系	模块调试 子系统调试 总体调试
	培训	接受培训	组织培训 批准系统转换	编写用户手册 进行培训
评价维护	运 行 与 维 护	按系统要求输入数据 按系统要求输出数据 提出修改意见	监督用户严格执行 操作规程 批准系统适应性和 完善性维护 准备系统的全面 评价	按要求进行数据处理系 统维护
	系统评价	参加系统评价	组织系统全面评价	参加系统评价 总结经验教训

本章小结

本章主要介绍智能运输系统中上述各种关键技术的原理、特点及应用。交通信息采集与处理是智能交通运输系统的重要组成部分之一。通过信息采集系统,可得到反映交通状况的各种实时信息,对这些信息进行合理组织与处理,获取各类用户所需的各种对决策有用

的信息。交通信息采集相关技术包括:交通信息检测传感技术、交通信息采集技术优化选择、浮动车技术、车辆定位技术、气象与道路环境信息采集技术等。信息处理技术是交通诱导系统的核心部分,是把检测器采集的实时交通信息进行相应处理,得出能为诱导系统所用的信息,通过各种途径传送给道路使用者,指导其选择正确的路径,并最终实现交通流在路网中各个路段上的合理分配。交通数据处理包括交通异常数据和缺失数据的处理、交通数据抽取、数据挖掘、信息融合、信息预测等。

智能运输系统技术的提高和发展很大程度上受信息传输和显示技术的提高和发展的影响。本章以智能运输系统技术为背景,介绍信息传输与显示设施的主要特点。

由于交通控制系统有其自身的特性:规模庞大,因素多;关系复杂,难描述;信息随机,不确定。因此智能控制、专家控制、模糊控制、神经控制等新技术的应用,使交通控制系统更加完善,实现智能化的交通控制。

交通 GIS 是建立在各种交通运输网络基础上,通过数据库与空间分析相结合的方法,描述交通运输网络和网上运输流,并反映运输网络所存在的问题。交通规划、预测等模型与 GIS 结合,使之成为交通辅助决策支持系统。

参 考 文 献

- 1 陆化普编著. 智能交通运输系统. 北京:人民交通出版社,2002
- 2 张国伍编著. 智能交通系统引论. 北京:人民交通出版社,2003
- 3 杨兆生著. 基础交通信息融合技术及其应用. 北京:中国铁道出版社,2005
- 4 储浩,杨晓光,吴志周等. 交通移动采集技术及其适用性分析. 2005 全国博士生学术论坛(交通运输工程学科)论文集,2005
- 5 姜桂艳等. 动态交通数据故障识别与修复方法,交通运输工程学报,2004(1)
- 6 李存军,杨儒贵等. 基于神经网络的交通信息融合预测方法,系统工程,2004(3)
- 7 翁小雄编著. 高速公路机电系统. 北京:人民交通出版社,2000
- 8 姜桂艳著. 道路交通状态判别技术与应用. 北京:人民交通出版社,2004
- 9 唐克双,姚恩建. 日本 ITS 开发和运用的实例——名古屋基于浮动车信息的 P-DRGS 简介,城市交通,2006(3)
- 10 [Http://www.itsc.com/](http://www.itsc.com/)
- 11 刘学军,徐鹏编著. 交通地理信息系统. 北京:科学出版社,2006
- 12 王英杰,袁勘省,李天文编著. 交通 GIS 及其在 ITS 中的应用. 北京:中国铁道出版社,2005
- 13 章先陈,初秀民,毛喆等. 道路标线图像采集中的几何畸变校正研究. 交通与计算机,2005(06)
- 14 初秀民,严新平,章先陈等. 道路交通标志标线视认性虚拟测试系统设计. 武汉理工大学学报,2005(04)
- 15 初秀民,王荣本. 基于神经网络的沥青路面破损图像识别研究. 武汉理工大学学报(交通科学与工程版),2004(3)
- 16 吕植勇. 基于轮廓法线上亮度的极小、极大值边缘检测. 中国图像图形学报,2001(04)
- 17 肖旺新,张雪,黄卫,严新平. 路面破损自动识别的一种新算法. 公路交通科技,2005(11)
- 18 张黎光,严新平,初秀民等. 道路标志尺寸图像测量方法的研究. 武汉理工大学学报,2006(5)

4 智能运输系统规划及设计

4.1 ITS 规划的原则、方法和步骤

4.1.1 ITS 规划的原则

ITS 规划的指导思想是:以服从于国家科技部、交通部、建设部、公安部等部委关于智能运输系统长远的宏观战略性规划为前提,以区域社会经济发展战略、信息化发展战略、交通运输规划、国土规划为依据,以系统工程方法及综合运输规划方法为理论指导,以充分发挥区域的综合运输优势为目标,立足于区域的社会经济特色及交通运输特点,将区域综合运输系统作为一个与社会、经济密切相关的有机整体,对其进行全面、综合、系统的研究并制订科学的规划。通过规划,可以建立系统齐全、功能完善的高效运行的智能化的交通运输体系,提出合理的实施方案,具体而言,规划要实现以下目标:

- (1) 构建高效的交通信息基础设施建设方案;
- (2) 提高交通设施和交通运输网络的效率;
- (3) 为交通运输规划部门和管理部门提供信息化的决策支持手段;
- (4) 提高对交通事件的快速反应能力,增强出行的安全性和可靠性;提高交通运输企业的经济效益。

4.1.2 ITS 规划的基本方法和步骤

ITS 规划是一项定性定量相结合的过程,规划方案的生成和选择,需要大量相关数据的分析结果来予以支持。ITS 将利用其强大的数据管理和分析结果表达能力,为各类现有分析与预测模型的更好实施提供有力帮助,并且为规划理论的新发展提供有利的基础数据和分析工具支持。具体而言,要达到此类支持功能,需要数据库、GIS-T、交通仿真分析系统和交通分析与预测模型等一系列工具的集成。在获取必要的相关信息后,ITS 规划过程按其流程设计可以分为数据的存储管理、交通分析、交通需求分析与预测、指标评价与结果输出 4 个部分。

ITS 规划采用系统分析的方法,其过程为:

- (1) 弄清系统存在的问题,明确规划的目的和目标;
- (2) 制定解决问题并实现预期目标的规划方案;
- (3) 评价各个规划方案,选择实施方案;
- (4) 实施和修订规划。

遵循系统分析的基本思路,结合 ITS 规划的特点,可把规划过程具体划分为 7 个基本步骤,其流程参见图 4.1。

- (1) 现状数据的调查和采集及交通信息数据库的建立

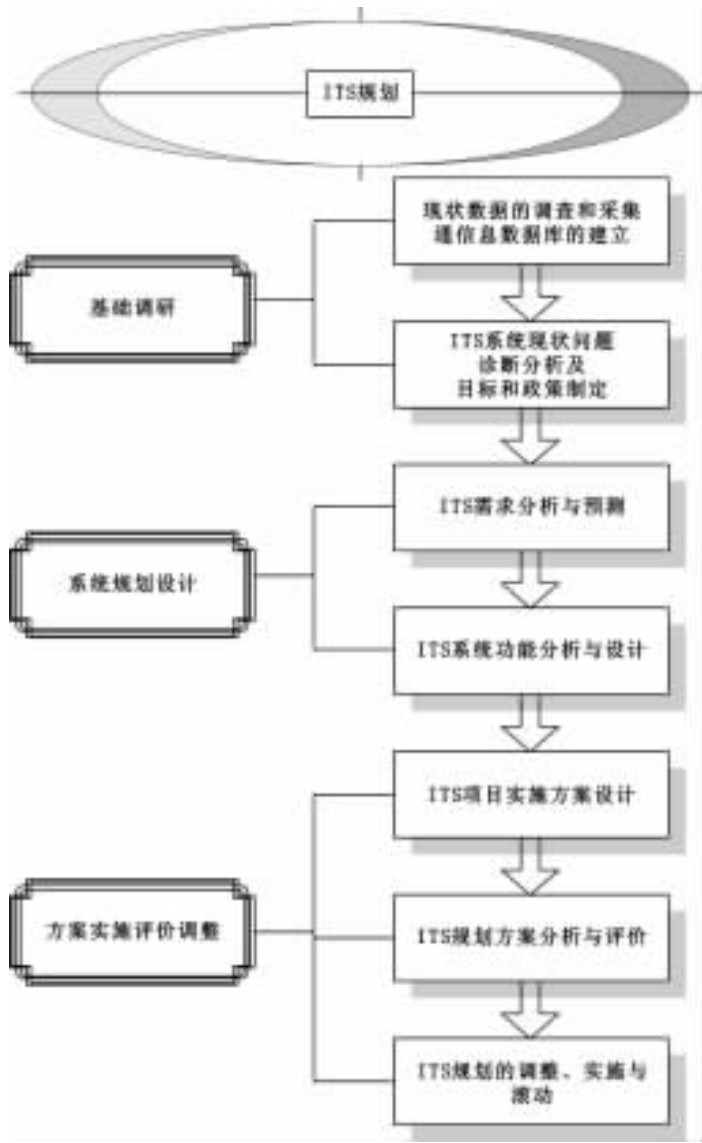


图 4.1 ITS 规划基本步骤流程图

进行规划的最先一步工作是收集所有与规划有关的数据、研究报告、各种相关规划和计划,它们是整个规划工作的基础和依据。其目的是对交通运输设施及智能运输系统的现状能够充分的了解和掌握,具体要达到以下三个目的:① 了解所调查区域当前 ITS 发展中存在的主要问题,为 ITS 规划方案的制订提供依据;② 掌握区域 ITS 运作和发展规律,为规划未来 ITS 发展提供依据;③ 为建立 ITS 信息数据库提供基础资料。

随着社会、交通等条件的变化,如短期交通变化、交通环境影响、交通政策变化等,需要从交通行为的角度来进行规划与评价,由此导致了非集计模型的产生、发展与应用。用以支持该类研究的数据更多的是对出行者的选择行为或选择意向的调查结果。对于出行者选择行为的调查,较为传统的调查方法为当面问答或邮寄问卷方法。随着 ITS 的建设,与交通相关的信息发布终端多样化、网络化,因此可以利用各种各样的互动式信息终端来进行相应

调查。

数据采集在规划过程中事实上是连续进行的。进行分析和评价时,往往需要补充收集数据;而后在实施和更新交通运输规划时,还需继续收集新增添的反映情况变化的数据,因而,需要为规划工作建立交通信息数据库及信息数据管理系统。

(2) ITS 系统现状问题诊断及目标和政策制定

在对交通运输系统现状进行全面调查的基础上,由交通运输部门会同有关部门组成“会诊”小组,依据调查和采集到的现状数据,对智能运输系统中各个组成部分进行分析,发现其中存在的问题和不足,从而提出解决问题的对策和思路。

在进行智能运输系统的现状分析及问题诊断时,应根据规划区域的性质、规模、类型,着重从区域交通布局、交通结构组成、交通环境、基础设施等全局性方面进行分析,制定 ITS 及其设施发展或改善的目的、目标和政策。目的是定性的方向,目标是达到目的的具体衡量指标,而政策是实现目标所采用的路线。目的和政策被主管部门采纳后,将用于指导规划方案的制定;而目标则用于对规划方案进行评价,也可用作对项目 and 计划进行评价时的依据。

(3) ITS 需求分析与预测

服务于 ITS 规划的 ITS 需求分析与预测包括 ITS 发展需求分析、ITS 关键技术需求分析、ITS 重点项目分析与集成、ITS 产业化发展方向分析。

ITS 发展需求分析的目的就是要确定 ITS 发展现状的工作基础及 ITS 发展需求,包括现行使用的交通控制系统、交通管理模式、交通科技现代化管理进程、交通管理的软硬件基础、未来的区域交通建设规划和发展战略、ITS 的发展目标等,建立 ITS 发展需求同产生这一需求的社会、经济、文化活动和交通运输服务之间的关系模型,以便利用所建立的关系模型来预测对未来 ITS 发展的需求。

ITS 的用户服务最终依赖于一系列先进的技术,根据技术服务的环节不同主要分为两大类,即:① 平台性关键技术。包括数据交换与融合技术、数据提取与处理技术、图像识别与处理技术、数据标准与数据库技术、数据发布技术等;② 功能性关键技术。包括信息观测与传感技术、交通及环境监测技术、交通通讯与控制技术、交通导航与仿真技术、系统集成技术等。这些技术主要通过计算机、通信、人工智能等技术来实现。ITS 关键技术需求分析的目的就是要在 ITS 发展需求分析的基础上,分析并选择 ITS 的关键技术,包括 ITS 中的通信技术、路径诱导技术、交通检测技术、交通控制技术、计算机网络技术、智能技术等。

ITS 重点项目分析的目的就是根据实际调研区域 ITS 发展的现状及存在的主要问题,总结分析规划区域智能运输系统近、中、远期发展目标及所需规划建设的项目。考虑到资金投入、实施效果、可行性等问题,按照项目的重要性和可实施性——列出近期需要建设的重点子项目,并对各重点子项目的功能要求、结构要求、目标、经济效益、条件与成功因素、用户收益及社会收益、总体评价进行详细分析,作为管理部门决策时的参考。ITS 重点项目集成的目的是为了便于项目实施,将根据交通管理部门的需求,对以上涉及到的多个重点子项目按照交通管理部门的组织机构和职责范围,按照功能分类重新整合成为几项大项目,其中有些大项目可能分别包含同一个子项目的内容。

和其他技术产业一样,ITS 的发展也需要经历基础理论研究阶段、技术研究与开发阶段和产业化阶段。ITS 已成为当今改善交通问题的关键技术之一,必然对中国的国民经济产生显著的影响。因此,发展 ITS 的产业化已经势在必行。ITS 的产业化有三个关键的问题

需要解决。第一个问题是 ITS 各子系统或项目之间的衔接与匹配,第二个问题是 ITS 与交通运输系统基础设施之间的结合,第三个问题是 ITS 如何在法律、法规、政策保护的前提下被使用者接受。为解决这些关键问题,在宏观上应该对三个主体对象实行攻关;第一攻关目标是解决具体的技术问题,以开发 ITS 产品和实现 ITS 的系统为主;第二攻关目标是对 ITS 实施标准化以便于子系统之间的衔接及 ITS 与基础设施之间的结合;第三攻关目标是制定或修改与 ITS 配套的法律、法规、政策、人才培养、机构设置、企业认证、投资等一系列非技术性的措施。ITS 产业化发展方向分析即可通过上述三个方面攻关,结合 ITS 发展的现状和目前交通发展的现状,在 ITS 产业化发展的思路和模式方面进行分析考虑。

(4) ITS 系统功能分析与设计

开发 ITS 是为区域交通运输服务的,并作为交通运输系统基础设施的一部分。通过分析交通运输系统的特点、问题、投资资金等现实条件,对比 ITS 系统框架各功能模块的组成、建设成本、建设周期、关联性等,考虑道路使用者的需求和承受力,进行合理选择、优化组合。从交通管理、车辆运行状态、调度跟踪、危险监测、自动报警和防撞设施等,多角度、全方位地增强交通管理者进行交通疏导和事故的应急处理能力;提高驾驶员对行车环境的感应和控制能力,支持安全驾驶;保证 ITS 能对道路状况、车辆状况进行实时数据采集,具有数据及时传输、数据高效处理和迅速反馈能力。

(5) ITS 项目实施方案设计

ITS 项目的实施方案包括 ITS 项目实施计划和 ITS 项目实施的推进机制。ITS 项目实施计划是以 ITS 的项目规划为基础,以提高整个交通网络的通行能力和交通安全为目标,结合目前 ITS 项目实施的特点,以近期、中期和远期来划分规划阶段,按照项目逐步推进、分层次、有侧重的发展原则,以近中期为主,达到项目实施和规划目标顺利实现的目的。ITS 项目实施的推进机制的目的是针对区域 ITS 发展的需要,改变现有机制中不合理部分,合理地引导 ITS 项目的实施。

(6) ITS 规划方案分析与评价

ITS 规划方案分析与评价就是要通过对 ITS 项目的经济合理性、技术可行性、经济效益、社会 and 环境影响做出评价,为 ITS 项目的可行性研究、方案比较选择、实施效果分析以及对已有的系统进行优化提供科学依据。

(7) ITS 规划的调整、实施与滚动

通过方案分析与评价,当发现所提出的 ITS 规划方案不能满足交通要求或不能达到预期目标时,就必须对 ITS 规划方案进行调整。根据评价结果,调整可分为三个层次,即小范围调整、结构性调整和全局性调整。随着时间推移、交通状况改变,规划调整必须滚动进行。

进行 ITS 规划的调整或滚动时,基本上是按原规划编制办法重新进行一次规划编制工作。为了将来规划调整与滚动的方便,在进行 ITS 规划时,必须建立详细的数据库,数据库包括调查数据库、预测数据库及方案数据库,同时最好建立一套 ITS 规划系统软件,以便于经常化的调整与方案滚动。

4.2 ITS 需求分析与预测

4.2.1 ITS 需求分析

ITS 需求分析是 ITS 系统开发的基础,是 ITS 系统开发的第一步。其目的是确定用户对目标系统的需求。一般来说,目标系统都是由先行系统脱胎而来,它源于当前系统,但又往往高于当前系统。根据需求性质不同,ITS 需求分析可以分为 ITS 用户服务需求分析和 ITS 关键技术需求分析。一般来说,进行 ITS 需求分析的方法为:

- (1) 调查研究当前系统的工作状况,即进行详细的“用户调查”;
- (2) 通过对调查内容的分析与总结,归纳出经过用户许可的目标系统需求;
- (3) 针对目标系统的需求进行“数据分析”和“功能分析”,分别得出系统用户对系统功能和系统规模两个方面的需求。

表 4.1 和 4.2 分别归纳了 ITS 需求分析的两个阶段与 ITS 手段的结合方式。

表 4.1 数据的存储管理阶段与 ITS 手段的结合

数据形式	存储管理形式	ITS 支持手段
交通规划中涉及大量图形数据(交通小区划分、道路网、交叉口、用地状况等)和属性数据(与图形数据密切相关的属性信息,其他相对较独立的信息)的存储与管理	交通规划中的属性数据存放在数据库中;空间数据以电子地图的形式存放;彼此间建立有效联系方式,并实现数据处理、维护、查询、分析与评价功能	• GIS-T 对于图形数据和属性数据的良好结合形式 • 数据库针对规划主题的有效数据存储与管理方式

表 4.2 交通分析阶段与 ITS 手段的结合

目标	分析成果	ITS 支持手段
对获取信息的查询与统计分析,得到对交通现状直观全面的了解,用于为现状问题诊断,确定区域间和区域内部交通网络大体布局的初步想法,分析交通网络布局对促进产业结构调整的作用,进行类比分析,以及为预测模型的选择提供基础	• 反映宏观经济布局的地图:不同时间点社会经济规模的宏观格局、产业结构的空间布局、社会经济增长状况的空间布局示意图 • 反映区域情况的地图:区域规模、区域产业结构、区域间交通联系条件和表现区域辐射能力的示意地图 • 反映区域内部社会经济情况的示意图:区域内用地布局、各交通小区居住人口及岗位分布及其历年变化示意图 • 区域地图:主要交通网络的分布、以及行政区划分情况 • 交通系统现状:交通设施布局、现行交通运行状态描述图 • 模型标定:分析数据的统计分析及回归分析图表,及利用模型对现状的仿真结果	• GIS-T 强大的查询分析(属性数据查询、空间数据查询、联合数据查询)和统计分析(叠加分析和缓冲区分析)功能,以及为查询结果提供良好的图形或表格表达方式 • 交通仿真分析系统对交通运行状况的再现及对运行质量的评价功能

在进行 ITS 需求分析时,可以参照下面三个步骤进行:

- (1) ITS 发展战略分析

根据智能运输系统体系框架的用户服务内容,逐项分析 ITS 发展需求的近、中、远期应用展望,得出反映 ITS 发展战略需求全景的分析结果,其结论可以采用表格的形式进行归纳,具体参照表 4.3 设计。

(2) ITS 用户服务分类

根据系统中 ITS 用户服务应用类型进行汇总,分别按照其实施的时间先后顺序进行近、中、远期应用的分类。分类表格参照表 4.4 设计。

表 4.3 ITS 发展战略需求分析结果表

需求内容		需求分析				
ITS 服务内容	需要建设的项目与系统	近期:(年限)	已有应用	近期展望	中、远期展望	相关应用部门
		中期:(年限)				
		远期:(年限)				

表 4.4 ITS 用户服务应用类型表

ITS	用户服务	近期应用 (年限)	中期应用 (年限)	远期应用 (年限)
-----	------	---------------	---------------	---------------

(3) ITS 重点发展需求分析

根据上述分析,以 ITS 用户服务的近、中期需求为依据,进行智能运输系统近、中期重点发展需求分析并做归纳汇总。汇总表格参照表 4.5 设计。

表 4.5 ITS 重点发展需求分析表

ITS 服务内容	近期重点建设的项目与系统
----------	--------------

有关 ITS 用户服务和 ITS 的关键技术请分别参见第 2 章和第 3 章的有关内容,而其需求分析过程请参见 4.2.3 节的有关内容。

4.2.2 ITS 需求分析与预测方法

ITS 需求预测是与 ITS 需求分析、ITS 建设发展紧密相连的。有关交通需求分析与预测的基本原理和方法已经有了一套完整的理论体系,ITS 需求预测方法仍然遵循这样一个基本流程:

- (1) 确定 ITS 发展近、中、远期所规划预测的年限范围,通常建议近期为 1~2 年、中期为 3~5 年、远期为 6~10 年,分三个阶段进行。
- (2) 设计出 ITS 近、中、远期的战略发展目标,从而为 ITS 发展提出一个近期的发展重点和远景的发展方向。
- (3) 根据设定的 ITS 近、中、远期发展目标,按照前面需求分析各个方面,在每个目标下设计出近、中、远期各阶段的子系统和子项目,并分别列出各目标下各个具体项目名称、目的、内容、要求等。

考虑 ITS 自身发展规律和特点,分别进行 ITS 发展近、中、远期预测,应当注意 ITS 的多样化交通信息服务和路径诱导技术直接影响出行者的出行决策,包括出发时间、出行方式和路径选择决策,这些影响会引起路网上交通需求时空分布特征的某些变化。在进行交通

需求预测尤其是短期预测时,交通量的时空分布建模需要更多地考虑 ITS 手段对出行特征的影响。相对于 ITS 对于个体出行决策的直接影响,ITS 对于交通需求总量似乎难以产生直接影响。但实际上由于 ITS 改进了交通设施的使用效率,实质上等同于增加了设施的供给,因此先前受到抑制的交通需求会有一定的释放,打破原有的供求平衡状态,进而诱发更高强度的土地开发,进入新一轮交通供需状态的演进。因此,就目前土地利用决定交通需求总量的理论而言,ITS 同样会间接地影响交通需求总量的变化。因此,从某种意义上讲,ITS 可理解为是从技术上缓解交通需求、增加交通供应、充分挖掘现有交通供应设施潜力的一种手段和方法。ITS 对交通需求总量的间接影响和对交通流时空分布的直接影响,都对交通预测理论的发展提供了更多可供研究的空间。在交通预测过程中,需要更多地考虑 ITS 的发展与出行行为、土地利用模式的相互作用,做出相应的修正与调整。

4.2.3 ITS 需求分析实例

以下是根据公路 ITS 用户服务内容,以江苏省公路 ITS 系统为例,从 ITS 用户服务的 6 个方面逐项分析江苏省公路 ITS 发展需求和近、中、远期应用展望,以说明 ITS 需求分析的具体内容。

(1) 公路交通信息化

① 公路交通信息中心与交通信息数据库

- a. 近期建立公路交通信息数据库,并实现其智能化管理;
- b. 近、中期建设公路交通信息中心与信息发布系统;
- c. 近期建设高速信息网络与管理系统;
- d. 近期建设综合交通信息的分类、整合、处理系统,并实现系统的智能化管理;
- e. 近、中期实现省际和区域间公路交通信息的交换、衔接和智能化管理;
- f. 近、中期实现公路交通信息子中心与交互中心之间的信息交换和传输;
- g. 近期实现子中心与地面设施之间的信息交换与传输;
- h. 近、中期实现地面设施与地面设施之间的信息交换与传输;
- i. 近、中期实现动态交通信息控制采集与发布;
- j. 中、远期建立动态交通数据库,并实现其智能化管理。

② 公路网电子地图

- a. 近、中期建立公路交接地点与交接形式(立交桥、平面交叉口)信息数据库,建设信息实时更新系统;
- b. 近、中期建设电子地图中公路里程数据统计系统;
- c. 近、中期建设电子地图中沿途地名实时更新系统。

③ 公路网沿线交通控制设施 GIS 系统

- a. 中期建立等级公路静态交通控制设施(标志、标线、信号灯、里程碑等)数据库,建设静态交通控制设施的 GIS 系统;
- b. 中期建立静态方向诱导标志信息库;
- c. 近、中期建立公路沿线市政设施管线信息库;
- d. 近期建立公路沿线的主要城市、城镇、企业、学校、商业、景点等信息库,建设公路沿线各单位信息收集与智能化管理系统。

④ 交通出行信息服务

a. 近、中期建立公路部门交通出行信息指导与规划数据库,建设智能化的出行信息指导和规划系统,智能化的信息发布系统;近、中期公路长途客运实现全省联网售票;远期建设智能化个性化信息服务系统,行驶中驾驶员信息服务系统;

b. 近、中期建立公路途中路线转换衔接信息数据库,建设智能化公路转换衔接信息指导和规划系统;

c. 近期建设高速公路路线实时交通状况监测系统,建立实时交通状况信息数据库,建设智能化沿途和车载信息发布系统;

d. 近、中期建设高速公路路线实时交通状况监测系统,实时交通紧急事件警告系统,路侧交通紧急事件信息发布系统,车载交通紧急事件信息发布系统;

e. 江苏省测绘局正在建设 1:10000 地形数据库,近期需建立全省各个主要区域交通相关的 GIS 信息数据库,建设全省各个主要区域交通相关的 GIS 系统;

f. 近、中期建设各个交通子中心的交通出行信息发布系统,交通出行综合信息发布中心,全省交通出行多模式的信息发布系统(包括对路边和车载的信息发布);

g. 近、中期建设车载交通信息接收系统和装置,个人等移动式交通信息接收系统和装置;

h. 近期建设公路交通信息发布系统的路边/道路基础设施,如电子标志牌,交互式信息接收装置等,宁连、宁通、沪宁等高速公路已有可变情报板;

i. 近、中期建设适合长途客车、私家车、货车等车载交通信息接收系统和装置;

j. 近、中期实现目的地相关信息的采集、整理,建设目的地相关信息数据库系统;

k. 中期建设交通出行点的交通信息发布系统,交通出行点的交通信息接收系统;

l. 近期筹建全省区域交通信息服务机构和管理部门,全省交通信息服务公司和相应的管理机构。

⑤ 路径诱导与导航

a. 近、中期研究建立交通诱导静态模型,交通诱导预测和评估模型,交通诱导动态模型;

b. 近、中期建设路径诱导系统,路径导航信息发布系统;

c. 近、中期建设公路静态路径诱导与导航发布系统,公路动态路径诱导与导航发布系统,公路路径诱导与导航发布系统的基础设施,建设基于 GPS/GIS 的动态路径诱导与导航系统;

d. 中期建设公路的车载路径诱导与导航发布系统设施,ITS 专用车-路通信系统。

⑥ 公路交通静态信息诱导和发布

a. 中期建设出行方向诱导信息的数据库,出行方向信息的整理与智能化管理系统,出行方向信息的发布系统;

b. 近、中期实现到达地名与出入口信息的采集与整理;建立到达地名与出入口信息的数据库,并实现其智能化管理;建设到达地名与出入口诱导信息的发布系统;

c. 近、中期实现景点-商业信息的采集与整理;建立景点-商业信息的数据库,并实现其智能化管理;建设景点-商业信息的发布系统;

d. 近、中期实现重要单位出入诱导信息的采集与整理;建立重要单位出入诱导信息的

数据库,并实现其智能化管理;建设重要单位出入诱导信息的发布系统。

⑦ 公路交通动态信息采集、诱导与发布

a. 近、中期建设实时交通流状况信息采集系统;建立实时交通流信息数据库,并实现其智能化管理;建设实时交通流和交通拥堵信息发布系统;

b. 近、中期研究动态交通流建模;建立交通流动态数据库,并实现其智能化管理;

c. 近、中期建立动态交通分配模型,建设控制信息与信息发布系统;

d. 近期建设实时事故信息发布系统,交通疏导措施发布系统。

⑧ 公路信息服务的基础设施

a. 近期建设公路交通信息传输通讯网络;

b. 近、中期研制公路交通信息接收装置的车载设施,铺设路边设施,建设公路交通信息的发送装置;

c. 近期设置公路沿线用于交通动态信息发布的电子信息板;

d. 近期建设公路沿线交通静态信息的发布设施。

⑨ 综合交通运输信息化服务

a. 近、中期实现水路—陆路综合交通信息的采集、整理,建立相关数据库,实现信息的智能化管理,建设水路—陆路综合交通信息的发布系统;

b. 近、中期实现公路—铁路综合交通信息的采集、整理,建立相关数据库,实现相关信息的智能化管理,建设公路—铁路综合交通信息的发布系统;

c. 近、中期实现公路—空港综合交通信息的采集、整理,建立相关数据库,实现相关信息的智能化管理,建设公路—空港综合交通信息的发布系统。

⑩ 交通行政信息化管理

a. 近期建设全省公路系统专用快速网与管理系统,实现交通行业行政管理,建立电子政务标准规范,建设智能化网络管理与电子邮件管理系统;

b. 近期建立公路部门专用政务数据库,建设公路部门专用政务智能化管理系统,建立公路部门专用交通信息数据库;

c. 近期建设公路路政部门政务数据库与智能化管理系统,建立公路路政部门道路设施与维护信息数据库,建设基于 GIS 的路政管理调度系统;

d. 近期建设公路运输部门政务数据库与智能化管理系统,专用客运信息数据库与智能化管理系统,专用货运信息数据库与智能化管理系统;

e. 近期建立公路养护信息数据库,建设公路养护智能化管理系统;

f. 近期建立交通部门专用行政人事管理数据库与智能化管理系统,建立交通部门交通运营在线人员信息数据库;

g. 近、中期建设收费联网系统;

h. 近、中期建设称重联网系统;

(2) 交通控制与管理

① 交通法规监督与执行

a. 近期建设交通法规管理信息系统;

b. 省公路局和各省辖市公路处已经建成了公众网站,近期需建设交通法规与执法公众网站,交通法规与执法信息发布系统;

- c. 近期建设公路限速控制系统,可变限速标志牌等基础设施;
- d. 近期建设公路车辆超重检测系统,公路车辆超重管理系统(包括执法、处罚措施);
- e. 近、中期建设公路车辆超限尺寸检测系统,公路车辆超限尺寸管理系统;
- f. 近、中期建设违章限制检测系统,违章限制处理系统;
- g. 近期建设违规事件与车辆专用数据库,违规事件管理系统,车牌自动识别系统;
- h. 近、中期建设违规识别、检测系统,联网执法管理系统。

② 公路交通控制

- a. 近、中期建立交通控制中心数据库,建设信息采集、分析、处理系统,信息发布系统;
- b. 近期研究建立交通流动态检测与分析模型,建设基于环形线圈的交通流动态检测系统,基于视频检测的交通流动态检测系统;
- c. 近期建立公路交通流动态数据库,建设公路交通流智能管理系统;
- d. 近期建设匝道信号控制系统,匝道智能化联动控制系统;
- e. 中、远期建设车道信号控制系统,交通流的动态优化控制系统;
- f. 中、远期建设高速公路动态车速优化控制系统;
- g. 中、远期建设可逆车道信号控制系统,交通流的实时检测系统,可逆车道自适应最优化控制系统;
- h. 中期建设高等级路出入口信号控制系统,高等级路出入口路线诱导系统;
- i. 中、远期建设区域性公路交通策略预案系统,区域性公路交通协调控制中心;
- j. 近期建设边境、边界公路交通控制系统,边境、边界路段路线诱导系统;
- k. 近、中期建设交叉口自适应控制系统,交叉口“绿波”控制系统;
- l. 中期建设特种车辆道路优先控制系统;
- m. 近期进行专用道路的设置。

③ 公路路网调度管理

- a. 近期成立省内公路路网调度管理专门机构;
- b. 近期建设路况信息采集系统,气象信息采集系统与设备;
- c. 近期建设公路路网调度管理系统;
- d. 近、中期建设路侧、路网调度实时信息发布系统,车载路网调度实时信息发布系统。

④ 交通事故预防与管理

- a. 近、中期建设交通事故检测系统;
- b. 近期建设交通事故处理相关设施,交通事故管理系统;
- c. 远期实现碰撞前危险的监测,包括:横向防撞、纵向防撞、运行车队安全状态信息收集、交叉口防撞、驾驶员的身心状况监测、车辆安全状况监测;
- d. 近、中期建设交通事故预防、预案系统;
- e. 近期建设交通事故信息发布系统,交通事故情况下的交通控制与管理系统。

⑤ 交通需求控制与管理

- a. 中、远期建设交通总体需求管理系统;
- b. 近、中期建设拥堵区域交通出入诱导系统,拥堵区域交通出入控制系统,基于弹性价格的出入口收费系统;
- c. 近、中期建设拥堵路段出入口控制系统,拥堵路段出入口诱导系统,电子收费系统;

- d. 近、中期完成专用车道的设置,实现专用车道的管理;
- e. 近、中期建设交通需求智能化预测系统,交通需求控制系统,实现环境污染情况下交通需求预测与控制;

f. 近、中期建设交通环境检测系统,环境污染条件下的信息发布系统。

⑥ 交通环境状况检测与控制

- a. 近期建设道路环境检测系统,气象检测系统;
- b. 近期建设车辆排放检测系统,车辆排放控制系统;
- c. 近、中期建设交通环境污染控制与管理系统。

⑦ 交通设施运营与维护管理

- a. 沪宁等高速公路已经建立了路面养护管理系统;
- b. 沪宁等高速公路已经建立了桥梁养护管理系统;
- c. 沪宁等高速公路已经建立了交通通信设施养护管理系统;
- d. 近期实现其他交通设施损坏检测与维修管理;
- e. 近期建设车辆检测与维修管理系统;
- f. 实现高速公路交通设施维护管理。

⑧ 交通安全、违章警告与执法

- a. 近期建立交通安全与交通设施保障体系;
- b. 近、中期建设交通安全与优化控制设施;
- c. 近期建立交通安全与违章管理数据库,建设交通安全、违章警告与执法系统;
- d. 近期建设公路平交路口违章抓拍设施;
- e. 近期建设综合交通安全管理系统,综合交通安全执法信息发布系统(通过互联网、交通电台等)。

⑨ 公路自行车/行人安全与控制

- a. 近、中期建设自行车/行人交通安全设施,拟定自行车/行人交通智能化控制措施;
- b. 中期实现交叉口处行人/自行车的智能化控制;
- c. 近、中期实现机非混合交通较多处的智能化控制。

⑩ 不同模式(铁路—水路—公路)交通交叉点控制

- a. 近期建设铁路—公路交通交叉点控制管理系统;
- b. 近期建设水路—公路交通交叉点控制管理系统;
- c. 中期建设不同模式交通交叉点安全设施与管理系统。

(3) 收费系统

① 公路电子收费服务

- a. 近期建设电子收费组织与行政管理系统;
- b. 近期建设电子收费安全与执法管理系统;
- c. 近期建设不停车收费系统,车牌自动识别系统,车辆自动称重系统;
- d. 中期建设大区域联网收费系统,大区域联网收费中心。

② 公路交通

- a. 全省高速公路建立了收费系统,部分一级公路也已基本建立了收费系统;
- b. 已实现苏北高速公路联网收费、苏南高速公路联网收费,近期要实现全省联网收费;

c. 中期建设跨省公路联网收费系统, 跨省公路联网收费管理系统。

(4) 公路货运和车辆管理

① 货物管理与运输

a. 近期研究开发货物电子标签技术, 建设货物电子标签与登记系统;

b. 近、中期建设基于 GPS、GIS 的货运与信息跟踪系统, 货物运输与信息联网管理系统;

c. 近期建设特种货物运输车辆 GPS 定位与导航系统, 特种货物运输车辆路径管理系统。

② 货物运输车辆管理

a. 中期开发货车统一管理程序, 筹建货车统一管理与组织机构;

b. 中期建设自动车型分类系统, 自动车牌识别系统;

c. 中、远期建设货车不停车通行与安全检测系统, 货车自动路边安全检测系统, 车载货车安全自动检测与警报系统;

d. 近期建立货车车队信息数据库, 建设货车车队管理系统;

e. 中、远期建设基于 GPS、GIS 的货车实时定位系统, 货物跟踪系统。

③ 货车驾驶员管理

a. 近期建立货车驾驶员信息数据库, 建设货车驾驶员安全与信息发布系统;

b. 近期建立货车驾驶员驾驶与运输记录数据库, 建设货车驾驶员驾驶与运输记录管理系统。

(5) 紧急事故与安全管理

① 紧急事件与人身安全救援

a. 近期建设紧急事件救援人员组织管理系统, 紧急事件人员急救管理系统, 紧急事件救援设施与调度管理系统, 紧急事件快速响应系统。京沪等少数高速公路已初步建成紧急救援系统, 但功能上有待加强和完善;

b. 近期建设紧急事件救援联动系统, 紧急事件探测与警报发布系统, 基于 GPS、GIS 的紧急救援车辆调度系统。

② 危险物品运输规划与意外事故响应

a. 近期建设危险物品运输管理系统(包括运输申请, 批准, 登记与规划), 实现危险物品运输路径管理与通报;

b. 近期建设危险物品运输检查与安全保障系统, 危险物品运输意外事故识别与报警系统;

c. 中期建设危险物品运输意外事故救援管理系统。

③ 特大灾难响应管理与控制

a. 近期建设灾难识别与警报发布系统;

b. 近期建设灾难人员疏散与急救系统, 灾难救援与疏散路径控制管理系统, 灾难救援与疏散指挥中心;

c. 近期建设灾难救援设施, 灾难救援调度指挥中心。

(6) 智能公路系统

① 远期建设智能化公路路上自动检测设施与装置。

② 远期建设车载自动驾驶系统。

4.3 ITS 系统功能分析与设计

4.3.1 目的和原则

系统功能设计的目的是通过发展区域 ITS 系统,达到道路使用者进行交通方式和路线的合理选择;交通管理者进行交通疏导和事故的应急处理;运输经营者随时掌握车辆的运行状态,开展调度和跟踪指挥的目的。通过 ITS 危险监测、自动报警和避撞设施等,达到提高驾驶员对行车环境的感应和控制,支持安全驾驶的目的。通过 ITS 对道路状况、车辆状况进行实时数据采集的功能,达到数据及时传输、高效处理和迅速反馈的目的。

ITS 系统功能设计原则是通过考查急需解决的区域交通问题(包括交通规划中的问题、交通管理中的问题、运行组织中的问题、交通安全中存在的问题、环境的恶化的问题等),结合区域交通特征、交通建设规划、交通发展战略、ITS 系统的发展目标以及区域未来的交通发展态势,理顺区域 ITS 的主体关系(包括政府的责任、企业的职责、研究机构职责、政府各行政管理部门之间及政府与企业之间的协调、行业间的协调等),在区域 ITS 建设策略、需求导向策略、适用技术集成策略、系统融合策略、公用信息平台引导相关系统接入策略等技术策略的指导下,得出区域 ITS 的建设特点,从而进行区域 ITS 的功能设计。

4.3.2 方法及程序

ITS 系统功能分析与设计的基本方法及程序是根据急需解决的区域交通问题、区域交通特征、交通建设规划、交通发展战略、ITS 系统的发展目标以及区域未来的交通发展态势,理顺区域 ITS 的主体关系;在区域 ITS 建设策略指导下,结合区域 ITS 的建设特点,在区域 ITS 发展需求分析的基础上,进行区域 ITS 功能的分析、选择与划分;设计区域 ITS 的功能模块和框架结构;形成区域 ITS 共享的空间数据库,包括:道路信息数据库、交通信息数据库和道路交通地图库等;确定 ITS 的数据传输通讯设施,例如:局域网、专用通讯网和互联网等,其中包括无线数据通讯的方式;拟定 ITS 的功能要求和实施路线,包括 ITS 总的功能要求以及各子系统、子项目的功能要求;最后对 ITS 的各项功能进行检验并加以完善。其设计流程可参考下面的设计流程,如图 4.2 所示。

4.3.3 ITS 重点项目功能设计简介

(1) ITS 道路规范化设计和实施项目功能设计

区域道路基本标志、标线存在的错误和问题不仅影响道路交通通行效率,同时带来交通安全事故和隐患。ITS 道路规范化设计是 ITS 规划中需重点考虑的一个方面,是 ITS 的静态信息发布系统的重要组成部分之一。目前我国 ITS 道路规范化设计着重应当考虑给出正确的交通“路权分配”措施,设置足够的指路标志,满足 ITS 道路的信息连续性和可读性要求;另外应完善相关设置规范,并确立责任主体。

ITS 道路规范化设计及其功能项目实施的目的是实现系统标志、标线,路径和距离指路标志、行进管制和预警标志等,对交通主体(车辆、行人等道路使用者)正确的导引和控制。

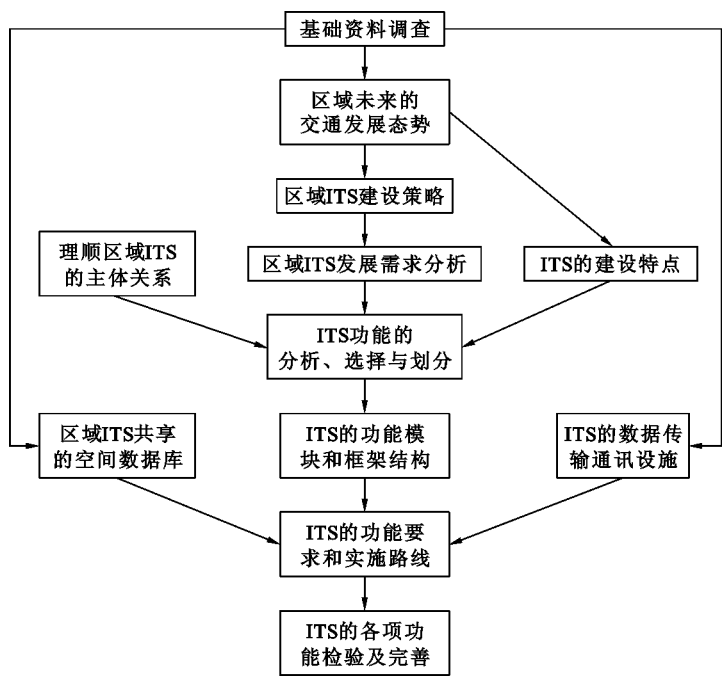


图 4.2 ITS 功能设计流程图

(2) 重点交叉口功能设计

目前我国交叉口拥堵的主要原因有三个方面，一是交叉口本身的设计存在问题，交叉口尺寸过大且有很多畸形交叉口，车辆通过交叉口时损失时间过长，交叉口的通行率很低；二是信号控制交叉口信号配时不合理，造成很大的延误和相应的交通拥堵；三是无信号控制的交叉口路权分配不明确，车辆进入交叉口时互不相让，容易引起拥堵和交通事故，降低通行率。

针对以上问题，考虑 ITS 重点交叉口功能设计要求时，应根据调研的实际情况，抓住交叉口拥堵的主要原因，采取有针对性的、有效的交通措施，对交叉口进行合理地设计或改造。其功能设计包括：交叉口几何线形设计或改造，标志、标线和渠化设计或改造，信号控制优化设计。设计原则应当本着各重点交叉口的实际情况，对设计不合理的交叉口重新进行改造；对信号配时不合理的交叉口根据其交通量进行重新配时；对常发性交通拥堵路段的交叉口进行信号控制协调优化设计；对无路权分配的交叉口设置合理的标志、标线进行交通引导。并且根据交叉口的特点，结合现代化的控制设施及科学的管理手段，使得重点交叉口的功能设计充分体现出其科学性、统一性及有效性。

重点交叉口功能设计及其功能项目实施的目的是，尽可能地充分利用交叉口现有基础设施，提高交叉口的运行效率，以提高交叉口的通行能力，减少车辆的延误。

(3) ITS 重点项目集成功能设计

ITS 重点项目集成功能设计就是应对前面需求分析和预测所列出的各个子项目，为了方便其有效实施，按照交通组织机构及其职责范围，将各子项目按照功能分类重新整合成几个大项目。例如：道路基础设施改造工程集成项目，交通信息和控制管理中心、交通信息服务基础系统集成项目，道路路网分配和调度控制管理项目，道路收费集成项目，货运和车辆

管理集成项目,紧急事故管理集成项目,道路系统行政管理统一制度项目等。

ITS 重点项目集成功能设计及其功能项目实施的目的是针对目前我国干线公路和高速公路以及城市交通系统内部存在管理体系上的分隔现象,通过 ITS 重点项目集成功能设计,为交通管理组织机构提供一份可操作、可推广的实施方案,从而做到对整个干线公路或者城市交通系统的统一行政管理,实现对交通运输的统一协调管理和控制。

4.4 ITS 方案设计实施及评价

4.4.1 方案设计

一般来说,在规划过程中要设计出比较优秀的规划方案要求规划者具有较丰富的经验、宽广的知识面及信息量。与传统运输系统相比,ITS 具有显著的系统创新特征。传统的运输观念、传统的运输行业组织形式、传统的运输管理方法以及传统的运输技术都将由于 ITS 的发展而发生变革。ITS 的建设不仅是一种技术开发研究过程,而且是一种组织创新、观念创新、技术创新和管理创新的过程。目前 ITS 规划尚处于探索研究阶段,成果还不多,经验也不甚丰富,ITS 具有交叉性的特点,从其实现的技术来看,它是各种高新技术与传统技术结合的整合体。系统的研究和开发也是多学科的综合。从其建设的角度来看,它又牵涉到众多的城市建设和管理部门。因此,对系统建设中各方力量的有力协调是系统建设的关键因素之一。这里仅介绍一些方案设计的基本要点:

(1) 通过信息技术对分散进行的个体交通行为进行引导整合,帮助个体在掌握宏观信息的基础上将其交通行为合理化,促进系统整体的协调。

(2) 通过信息技术增强管理水平,形成交通系统的完整信息采集、信息管理与加工、信息发布系统,以支持各种科学决策行为。

(3) 通过信息系统实现交通系统与整个社会经济系统的有效衔接;交通运输信息融入供应链;交通运输信息融入人们生活信息链。

(4) 在 ITS 建设中,处理好与已有系统的关系,在现有基础上,进行有效的整体协调、系统整合,充分发挥它们的功效,制定系统的发展战略规划,避免重复建设的问题。

(5) ITS 建设必须充分考虑其有别于传统交通基础设施建设的特殊性,采用系统科学的方法进行组织管理。

方案设计与方案分析评价是紧密相连并且相互交替进行的。优秀的设计方案并不是一蹴而就的,而是通过方案设计——分析评价比较筛选——合成新方案,这一过程的反复作用之后才能获得。在方案评价与比选过程中,规划者不只是为了筛选出现有的较优方案,更重要的是要从分析和比较过程中获得信息并领悟,更深刻地认识交通现状及其发展变化规律,挖掘出那些被遗漏的比较有价值的设计方案。对所形成的新方案,连同本轮选出或获得的更有价值的方案一起,进入下一轮分析评价与比选过程。如此循环往复,不断筛选出或获得更有价值的方案。这是一个动态的过程,也是一个逐步趋优的过程。

4.4.2 方案实施

ITS 项目的实施计划是以 ITS 项目的规划为基础,以提高整个路网的通行能力和交通

安全为目标,结合区域交通运输及 ITS 项目实施的特点,以近期(1~2 年)、中期(3~5 年)、远期(6~10 年)为规划阶段,按照项目逐步推进、分层次、有侧重的发展原则,以近中期为主,重点分析近中远期各年要实现的目标,以中期和远期发展为辅,坚持“按部就班、逐步实施”的方针,切实做到“分项进行、标准统一、分期建设、立足现状、稳步发展”。具体根据 ITS 需求分析和预测的项目规划,在逐步完善基础工程建设和改造的前提下,分步骤地进行各个 ITS 项目的实施。其实施方法和步骤参见下面的流程,如图 4.3 所示。

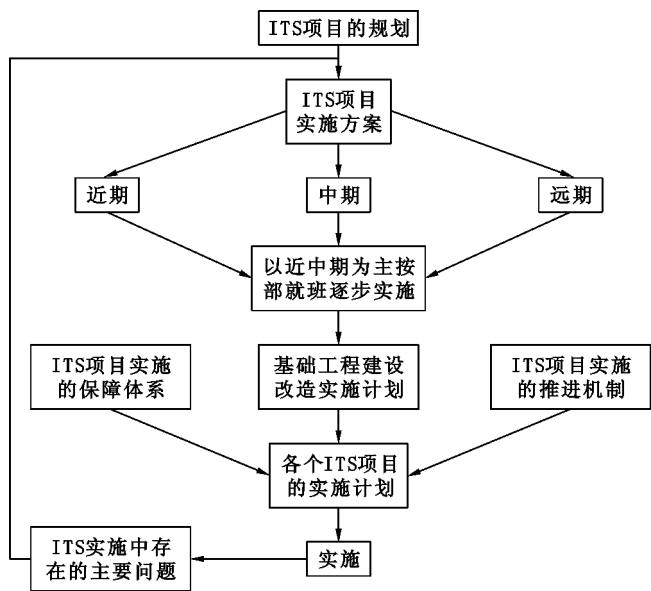


图 4.3 ITS 项目实施流程图

下面将着重介绍 ITS 项目实施的保障体系以及 ITS 项目实施的推进机制。

(1) ITS 项目实施的保障体系包括

① 完善的 ITS 领导和协调机构

ITS 的综合性、宏观系统性及开发、建设造价高等特性决定了其发展必须得到政府机构的专职领导、协调和扶持。所以,在 ITS 实施过程中,应当成立 ITS 指导委员会,由政府主管领导挂帅,携同相关政府部门,企业的负责人参加领导机构,负责 ITS 开发建设的组织、协调、集资等具体事宜,并积极组织资金、人力、物力、财力,有力推进 ITS 的协调、有序发展。

② 加大 ITS 的宣传工作

在交通运输领域,从来没有一项技术象 ITS 技术这样涉及面之广、技术含量之高、市场前景之广阔。因此在 ITS 规划和建设过程中,政府必须加强对 ITS 的宣传工作,提高社会各界对 ITS 的正确认识,使企业积极参与到 ITS 建设中来。

③ 建立有效的系统建设融资手段

ITS 的建设费用非常高昂,建设资金宜采取政府投资、民间集资、吸引外资相结合的方式来积极筹集资金。这些投资行为涵盖的范围包括系统的研究阶段、开发阶段以及系统的工程建设阶段等方面。政府在政策制定、资金调配和项目审批上尽量采取相对灵活的方式予以扶持。将加大政府投资与实施股份制运作等多种模式有机结合,努力建立相应的机制,

使这些资金有效地进行分配和使用,以保证系统建设的健康发展。对一些 ITS 的基础工程,如公用信息平台的建设,政府将从财政上给予大力的支持。

④ 打好 ITS 发展基础

在建设 ITS 过程中,交通基础设施处于基础地位,这就要求在进行 ITS 建设中,必须充分考虑交通基础设施建设。例如:交通信号控制、交通电视监控、可变信息显示板、交通广播电台等。由于我国尚处于 ITS 建设初期,信息化的水平比较低,因此,目前所进行的大量工作仍为 ITS 的基础建设。这一阶段工作的好坏将直接影响今后 ITS 的全面实施和应用效果。

⑤ 加强 ITS 的信息化建设

ITS 建设的重要特点是交通系统的信息化,ITS 的核心是围绕信息处理的信息基础设施进行的相关系统的建设。一般而言,ITS 基础设施包括:公用信息采集子系统;公用信息管理及发布子系统;公用信息传输子系统。因此,在建设系统的过程中,要特别重视信息在各个子系统间的共享与协调,增加信息的利用率和保证信息的有效性。只有一个相对完善的物质基础设施,才能够保证 ITS 系统的顺利建设和系统目标的顺利实现。

⑥ 规划的连续性

ITS 是一个巨大的系统工程,它的建设要持续相当长的一段时间,因此不可能在 ITS 立项之初便制定一个完整的规划,而是在建设的各个时期根据实际需要和客观情况制定分阶段的规划。同时,这种分阶段的规划要有良好的连续性。又因为实际情况千差万别,预测和规划都有一定的局限性,所以在立项时制定的规划要能够根据新发生的情况进行适当的调整。所以动态调整规划项目是实现 ITS 建设目标的重要前提。

⑦ 人才的培养

大力培养 ITS 技术专业人才,在大学中要设立本科和研究生的 ITS 课程。在 ITS 有关的行业中,咨询业和企业要开展 ITS 技术培训。对 ITS 产业化过程中的管理人员和技术人员要进行 ITS 基础和应用技术培训,增加其专业知识。培养和造就大批 ITS 高级人才是我国 ITS 产业化可持续发展的一个重要前提。

(2) ITS 推进机制

根据我国 ITS 项目实施管理体制的现状,以及日前 ITS 项目实施的建设策略、主体关系和保障体系,一般 ITS 推进机制可以从以下几个方面考虑:

① 成立“ITS 领导协调小组”,负责 ITS 项目的规划协调工作。

② 成立“ITS 发展委员会”,隶属于区域发展计划委员会。该委员会主要负责推进公路 ITS 项目的实施,并与政府主管部门、信息产业部门、科研机构、企业、高校等相关研究机构保持广泛的社会联系。ITS 发展委员会的基本工作流程为:

a. 由有关交通部委向委员会提供运作资金,委员会负责组织 ITS 发展的总体性研究课题,邀请有关专家进行研究后,提出相应建议。

b. 根据制定的总体发展规划,相关具体部门负责领域范围内的实施工作,提出具体研究方向、项目并提供相应条件(资金等);委员会为科研、生产单位、系统集成商等牵线搭桥,促成项目的实施及产业化;并就有关的政策制定、技术标准化等问题向有关部门提出建议与申请。

c. 高校、科研院所及企业等具体负责项目开发与产品生产,并将产生的成果上报委

员会。

③ 根据 ITS 管理的需要重新设置部分管理机构的功能,成立服务于 ITS 发展的专门技术信息部门及履行行业管理的责任主体和管理部门,并明确 ITS 建设的责任主体、管理主体和建设主体。

④ ITS 管理机构应当实行分级管理,并明确其管理权限。一般可分为两级管理,一级管理高等级道路,对于公路而言即为国省道和高速公路,对于城市道路而言即为城市快速通道、主干道和次干道;另一级则管理较低等级的道路,对于公路而言即为公路局管辖的省内其他公路,对于城市道路而言即为城市中的支路、巷子、里弄等。

⑤ 随着目前各个公司企业的重组,建议按区域管理运营生产,使企业管理与政府管理模式相适应,提高交通运输系统整体的管理效率。

ITS 推进机制组织结构及对外联系如图 4.4 所示。

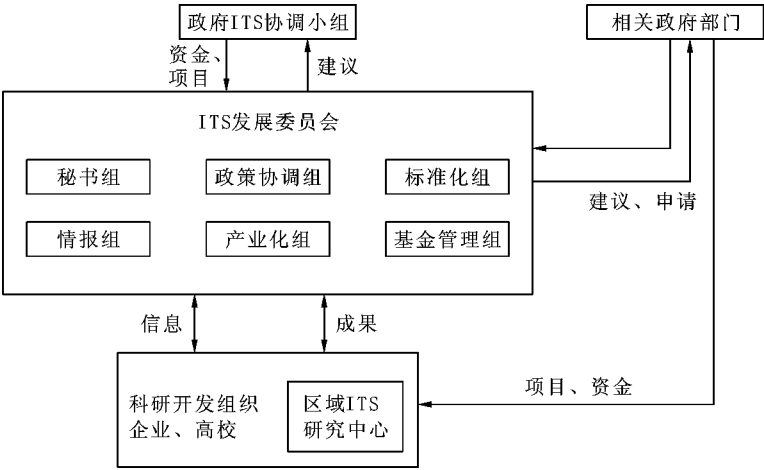


图 4.4 ITS 推进机制组织结构

根据我国 ITS 项目实施管理体制特点,建议 ITS 发展委员会的组织机构结构形式按照工作内容划分为六个工作组:秘书组、政策协调组、标准化组、情报组、科技产业化组和基金管理组,他们的主要工作分别为:

秘书组——负责管理整个委员会的日常运作;秘书组中的成员还可以根据各自的专长参与其他组的具体事务;

政策协调组——就与 ITS 有关的政策、法规、规范等问题在各有关部门间进行协调,并提出相应建议;

标准化组——对 ITS 技术中的标准化问题进行研究,提交有关建议、提案;

情报组——收集国内外 ITS 方面的各种信息、资料、及时追踪国际动态,编辑、出版 ITS 专业刊物;

产业化组——加强有关各部委、科研院所、高校及企业之间的联系,为 ITS 从需求到实际项目、从开发成果到商业化产品的转化牵线搭桥,促进 ITS 的产业化;

基金管理组——负责 ITS 发展专项基金的管理,具体工作包括:日常管理、审核项目申请、检查执行情况、评估最终成果等。

4.4.3 方案评价

ITS 方案评价就是要通过对 ITS 项目的经济合理性、技术可行性、社会 and 环境影响、投资风险做出评价,为 ITS 项目的可行性研究、方案比选、实施效果分析以及对已有的系统运作优化提供科学依据。

基于美国《国家 ITS 项目计划(National ITS Program Plan)》和《国家 ITS 框架(National ITS Architecture)》提出常用的评价指标:撞车率、死亡率、出行时间、通行能力、用户满意度或接受度和成本,Underwood 和 Gehring(1993)将 ITS 项目评价按社会效益、个人效益、企业效益对效益进行了分类。其中,社会效益主要是指从社会整体来看,ITS 给社会带来的效益,如减少交通堵塞、提高安全性、改善环境、减少能源消耗等。个人效益是指从个人角度来看 ITS 给个人带来的好处。企业效益是指由于物流的合理化,开拓出新市场而使销售量增加。Turner 等(1999)提出 ITS 评价目标有机动性和可达性、效果和效率、可选性和通达性、安全、环境和社会、经济增长和贸易,相应于每个目标提出了评价指标。Zhang 等(1998)将评价范畴按目标分为技术评价、影响评价、用户接收度评价、社会经济评价、市场评价和财务评价。Caubet 等(1997)提出了包括出行安全、出行时间、用户舒适度和污染的 ITS 项目评价框架。Lo 等(1994)将 IVHS 评价分为三维,即 IVHS 系统框架、IVHS 运营环境、对交通系统的影响。史其信等(2004)给出了集成交通规划和交通影响分析进行 ITS 项目评价的评价层次,并分析了这类项目评价的模块构成和评价流程。

目前 ITS 方案评价一般分为以下三类:项目实施前评价(Pre-implementation Evaluation)、项目实施前后的对比评价(Before-after Evaluation)和用户调查评价(User Survey Study)。项目实施前评价就是针对现状交通基础设施、交通流状况、交通环境以及交通安全等方面的交通评价指标进行定性分析及定量计算。其主要目的是论证现时条件下,ITS 项目实施的必要性和可行性,并为项目实施前后的对比评价做铺垫。项目实施前后的对比评价就是要比较 ITS 项目实施前后所引起的评价指标变化情况,是 ITS 方案评价最为常见的形式。其主要目的是通过比较 ITS 项目实施前后所引起的评价指标变化,分析研究 ITS 规划的各个影响因素对 ITS 项目实施的影响,一方面便于对后续实施方案做出调整;另一方面,通过不断的分析研究和总结归纳,逐步建立和完善 ITS 规划理论。用户调查评价就是在 ITS 项目实施后,通过多种形式的用户调查,综合用户的意见进行方案分析评价。其主要目的是通过用户调查,了解用户需求,得到 ITS 项目实施的反馈信息,从而便于从用户角度对后续实施方案做出相应调整,并从中获取 ITS 规划的经验教训。

ITS 评价涉及 ITS 评价对象的选取和评价的层次的确定。从评价分析的角度看,存在以下几个评价的层次:ITS 项目;ITS 技术方案;ITS 技术选择;ITS 技术内容等。

(1) ITS 项目

ITS 项目(ITS Project)是 ITS 评价的最高层次和评价的对象,是对未来年交通需求改善的总体描述,它通常由一个或几个 ITS 的技术方案来构成和体现。

(2) ITS 技术方案

ITS 技术方案(ITS Alternative)是相对受控方案(Control Alternative)而言的。受控方案是指未实施任何 ITS 技术内容以前的路网和交通设施,它是用来比较 ITS 技术实施效果的基础。将 ITS 技术选择实施到受控方案中,就形成了各种 ITS 技术方案,再对受控方案

和 ITS 方案分别进行分析,得出各自结果,就可以进行比较和评价。

(3) ITS 技术选择

一项 ITS 技术选择(ITS Option)就是在所选定的受控方案内,确定要实施的一项或多项 ITS 技术内容,每一项 ITS 内容还可以在方案内的一个或多个地方实施。例如在现有路网的一处或多处实施事故管理或匝道控制加事故管理等 ITS 技术。

(4) ITS 技术内容

ITS 技术内容(ITS Component)是评价的最低层次。它实际指的就是各项 ITS 的具体技术措施,如匝道控制、事故管理等,这些措施在路网内的组合实施就形成了上一层次的 ITS 技术选择。每一项 ITS 都要依靠各种 ITS 的设备和设施为基础来实现,这也是进行 ITS 技术方案成本分析的基础和依据。

ITS 评价是一个很复杂的过程。评价时需要考虑很多各具特点并采用不同指标表征的因素,有的可以量化,而有的只能定性分析;有的可以用货币量表示,而有的无法用货币计量。最简单的一种评价办法是采用经验判断法。这种方法一般由专业人员依据项目的费用和效果情况或者项目的技术可行性,对各个方案的选择做出判断;而行政主管主要权衡各个方案在政治上的利弊,较少依据技术或经济的数据做出判断。因而,经验判断法的缺点是由于经济和技术数据应用少而增加人们犯错误的机会,而且也难以总结经验教训。为此,较多地采用经济评价的方法,并综合考虑其他非经济因素的影响,以获取较为正确的评价。根据经济评价的要求,一项完整的 ITS 经济评价应包含以下功能模块:方案生成、成本分析、效益分析、方案比较。

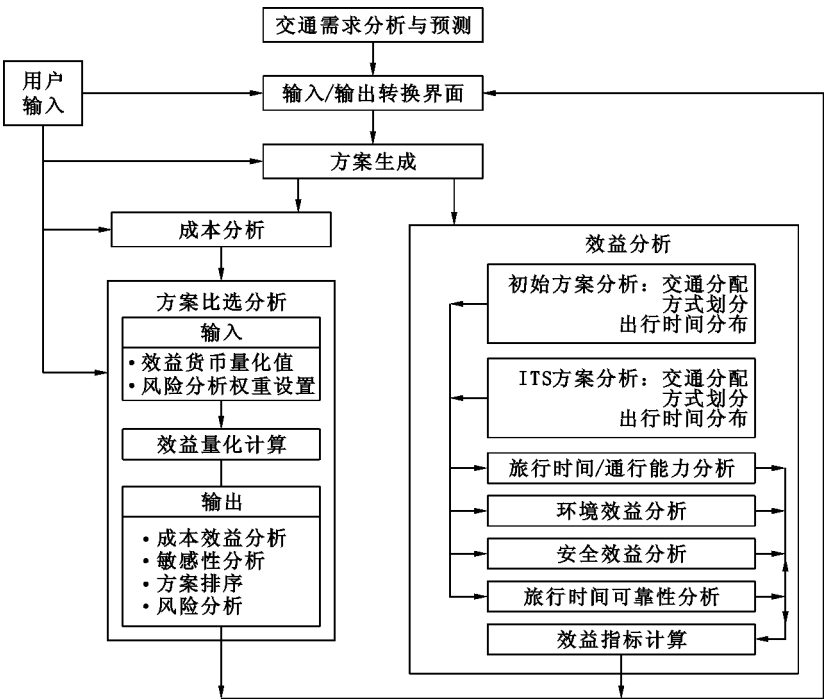


图 4.5 ITS 经济评价的功能模块构成

方案生成模块的主要任务是提供一个图形界面,用户通过该界面能从图形和表格上查

看交通规划的路网结构,输入用户所需的各种数据,并且指定各种 ITS 技术方案的实施内容和实施位置。从区域交通规划中提取得到受控方案路网,在此路网的基础上使用方案生成模块,增加 ITS 的技术内容,从而生成和保存带有 ITS 技术方案的路网,用于后续的评价。由于传统的交通规划软件在路网的生成和编辑上具有很强的功能,因此 ITS 项目方案生成常常借助交通规划软件的功能来实现,这样可以节省大量的建模时间。

成本分析模块的功能是要估算项目整个生命周期成本和得到 ITS 技术方案中每一项 ITS 技术选择的年平均成本。由于成本按投资所属分为公共投资和私人投资,按成本用途又可分为建设投资和运营维护成本,组合在一起,ITS 的项目成本一般包含以下四种类型:公共投资建设成本、公共运营和维护成本、私人投资建设成本、私人运营和维护成本。

成本的计算基于两个方面:一是用户在方案生成时指定的 ITS 技术选择及其所包含设备种类和数量;成本计算的另一基础要素就是各种设备的价格,由于价格因素跟地域差别有直接关系,且随市场变化而动态波动,因此必须根据各地的实际情况和经济发展水平调查得到。对每一项技术选择都计算得到以上成本的现金流,并汇总到一起,可以得出方案中所有 ITS 技术选择各年的成本现金流量,它将用于方案比选分析模块中的成本/效益分析。

效益分析模块的目标是要估计 ITS 技术方案在出行时间、通行能力、安全、排放、能源消耗以及噪声等方面带来的效益。模块分别输入代表 ITS 技术方案的数据和代表受控方案的数据,然后分别对其进行同系列的分析,得出两种情况下各效益指标值,再传递到方案比较模块中进行对比。根据影响指标的不同类别,效益分析模块一般又包含三个子模块:出行时间/通行能力分析子模块、环境分析子模块、安全分析子模块。在出行时间/通行能力分析子模块中,通过考察期望出行者在路径选择、出行方式改变和出行时间分布上的改变,就可以得出 ITS 技术方案影响下交通流的时间和空间分布。这些数据一方面直接提供给方案比选分析模块,另一方面也提供给后续的环境效益和安全效益分析模块进行环境和安全效益分析,因为这二者与交通量和其他交通参数都有着直接关系。在环境分析子模块中,环境效益的计算需要根据已有的一些环境评价模型来进行,如橡树岭国家实验室(Oak Ridge National Laboratory, ORNL)开发的 Mobile 模型,还有 California EMFAC 模型和国家燃料消耗率模型。在这些模型中,给出了一系列的针对特定网络交通流量和运营参数的排放和能耗参数,可供查找。根据旅行时间/通行能力子模块中得出的交通流量及其他各项参数,查找出相应的排放和能耗系数,计算得到各项环境效益的指标值,并进行 ITS 技术方案实施前后的对比,即可计算出方案带来的环境方面的效益。目前已经开发出一些基于微观仿真的排放和能耗模型,用它们计算可以得到更为精确的结果。安全分析子模块中安全效益的计算与环境分析的步骤类似,根据旅行时间/通行能力子模块中得出的交通量及其他各项交通流参数,结合调查和研究得到的事故率参数,即可求出受控方案和实施 ITS 技术方案前后的交通事故数量和伤亡情况,两者的差值即为实施 ITS 技术方案所带来的安全效益。

方案比较模块汇集以上各个模块的指标输出,将它们转换成可比较的统一格式——货币值,从而进行成本/效益对比分析、敏感性分析和风险分析等,并给出评价结果。具体地,方案比较分析包括以下处理过程:

- ① 评价用户指定或调整一些默认参数的值(如旅行时间的价值、各效益的权重);
- ② 将评价指标和效益值按一定系数转化成年度值;

- ③ 将效益分析中得出的各种效益指标值转化成货币值；
- ④ 进行成本/效益对比分析,求出相关评价指标,如费用效益比、投资回收期等；
- ⑤ 按用户指定的效益权重进行敏感性分析；
- ⑥ 完成并显示风险分析结果；
- ⑦ 汇总评价结果,以图表方式输出。

4.5 规划软件介绍

4.5.1 Turbo Architecture 软件

Turbo Architecture 是由美国“国家 ITS 体系框架开发组”(National ITS Architecture Team)开发的,是根据美国“国家 ITS 体系框架”(National ITS Architecture)进行区域或工程 ITS 体系框架开发的辅助工具。Turbo Architecture2.0 版于 2002 年 5 月发布,它与美国“国家 ITS 体系框架”的 4.0 版(2002 年 4 月发布)相匹配。

(1) 操作界面简介

Turbo Architecture 的操作界面简洁大方,菜单及功能键方便实用。界面最上端是下拉式菜单,下拉式菜单中的一级按钮与其分别对应的二级按钮的设置情况如表 4.7 所列。6 个一级按钮中“框架(architecture)”按钮主要用于对文件中的区域框架或工程框架进行编辑(同一个 Turbo Architecture 文件可包括多个工程框架,但只能包括一个区域框架)。“输出(output)”按钮主要用于生成各种与框架相关的图表或报告,其中的“过滤”和“要素的选择”2 个二级按钮可以对图表和报告进行相应的设置。其余按钮较为简单。

表 4.7 Turbo Architecture 的下拉式菜单^[9]

一级按钮	文件	编辑	框架	添加	输出	帮助
二级按钮	新建 打开 保存 另存为 退出	剪切 复制 粘贴	选择 创建 删除 修改 引入 合并 区域框 架到工 程框架 管理者	实体 数据流 图表 报告	过滤要素 的选择	内容 关于 Turbo Architecture

操作界面的第 2 行是 Turbo Architecture 的界面选择按钮,分别是“开始”、“清单”、“市场包”、“构建”和“个性化”。这种界面选择按钮在常见的 Microsoft Office、Adobe Photo-shop、AutoCAD 和 Corel Draw 等常用工具软件中并不多见,初学者或许会感到不适应。但是 Turbo Architecture 开发人员对软件进行这样的设计可谓匠心独具。5 个界面选择按钮依次与相应的操作界面对应,而 5 个操作界面也基本上与利用 Turbo Architecture 进行

ITS 框架开发的步骤相对应。在使用软件的过程中可以充分感受到这种设计带来的便利。在 5 个界面中,“开始(start)”界面给出了利用 Turbo Architecture 进行 ITS 体系框架的步骤,并且可以自动提示软件使用者,框架的开发已经进行到了什么程度。在“清单(inventory)”界面中可以对框架中 ITS 要素的各种属性进行设置。在“市场包(market packages)”界面中可以为所要开发的 ITS 框架选择适用的市场包,并且可以设置市场包的属性和选择相关的 ITS 要素。在“构建(build)”界面中可以进行框架的构建,并且可以进行具体的设置。在“个性化(customize)”界面中可以根据具体情况对框架进行个性化的修改,例如可以增加、删除数据流或者对其属性进行修改。



图 4.6 Turbo Architecture 的操作流程

(2) 利用 Turbo Architecture 开发 ITS 体系框架的流程

与 Turbo Architecture 的 5 个操作界面相对应,可以将 ITS 体系框架开发的流程划分为 5 个步骤:

- ① 在“回答基本问题”界面中,通过回答软件中附带的与框架开发相关的基本问题,为框架的开发奠定基础。例如,可以定义框架中的基本要素,定义要素之间的基本关系。软件使用者应当对 ITS 的发展基础和需求进行深入调研和分析,然后才能正确地回答这些基本问题。
- ② 在“清单”界面中对各个 ITS 要素进行定义。对 ITS 要素的定义包括确定其名称、描述、管理者、状态以及隶属的工程项目等属性。
- ③ 在“市场包”界面中选择适用的市场包。通过选择市场包,可以将要素按照 ITS 的功能进行组织和整合。在市场包界面中,需要完成的具体工作包括选择市场包,定义各个市场包的属性,如状态、关联要素和隶属的工程等。
- ④ 进行框架的构建。在“构建”界面中可以进行一定的设置。例如在构建结果中尽量多地增加要素之间的联系和数据流。
- ⑤ 进行框架的“个性化”设计。完成框架的初步构建后,还需要根据实际情况和实际需要增加、删除数据流或者对数据流的属性进行修改。

利用 Turbo Architecture 进行 ITS 体系框架开发的基本流程,如图 4.6 所示。

经过以上流程的操作即可基本完成 ITS 体系框架的开发。使用者可以使用“输出”功能生成与框架有关的“报告”和“图表”,如 ITS 要素报告、市场包报告、框架总结报告、不连续数据流报告、ITS 要素连接关系图表和数据流图表等。

(3) 需要注意的问题

Turbo Architecture 与美国“国家 ITS 体系框架”是密切对应的,因此软件使用者需对美国“国家 ITS 体系框架”有非常充分的了解。同时,为了将该软件应用于中国 ITS 体系框架的开发,软件使用者还应当充分了解中国 ITS 发展的战略、重点和现状,充分意识到中国 ITS 体系框架与美国 ITS 体系框架的不同之处。

Turbo Architecture 英文版用户手册,包括软件功能、设置方法,每个按钮作用的详细介绍。

(4) Turbo Architecture 在奥运 ITS 规划课题中的应用

奥运 ITS 体系框架开发的前期准备工作包括:奥运 ITS 发展基础研究、需求分析、发展战略研究、用户服务的识别和系统功能的定位等。采用 Turbo Architecture 辅助开发奥运 ITS 体系框架的工作步骤与本节(2)中介绍的 5 个步骤基本一样,其中,关键的工作内容为:根据用户服务内容确定各个子系统应当具备的功能,确定各个子系统中的 ITS 要素,选择相应的市场包,利用 ITS 框架辅助开发软件 Turbo Architecture 得到 ITS 要素连接关系数据库和 ITS 数据流数据库,根据奥运会和北京市对交通的特殊需求,再对两个数据库进行修改和完善,最后进行 ITS 物理框架的构建。

开发过程中较困难的工作是对两个数据库进行修改和完善。针对每个 ITS 要素连接关系的取舍和每条 ITS 数据流的选择,研究人员需集思广益、反复权衡。其中尤其困难的是开发奥运 ITS 体系框架需根据实际情况增加许多 Turbo Architecture 没有预先定义的 ITS 要素和 ITS 数据流。

采用以上开发方法,针对北京奥运交通的特点和需求,在奥运 ITS 规划课题中分别构建了奥运智能交通管理系统、奥运先进公交系统、奥运紧急事件管理系统、奥运电子收费系统和奥运物流系统等五个系统的物理框架。各个系统的物理框架均采用要素连接关系图和框架数据流图进行描述。其中,要素连接关系图可以说明系统内部各个要素之间是否存在联系、联系的状态如何,框架数据流图可以说明系统内部各个要素之间是否存在数据流、存在什么样的数据流、数据流的状态如何。

奥运物流系统 ITS 要素连接关系图和框架数据流图还可在其他工具软件中进行进一步编辑。

4.5.2 IDAS 软件

(1) IDAS 软件介绍

IDAS(ITS Deployment Analysis Software)是美国联邦公路局(Federal Highway Administration, FHWA)委托 Cambridge Systematic 公司联合橡树岭国家实验室开发的用于评估 ITS 项目实施效果并进行项目成本和效益分析的规划工具。IDAS 不是一个完全独立的规划分析软件,它的运行通常需结合传统交通规划的交通需求分析软件,如常用的 EMM EP2, TRANSCAD 和 TRIPS 等,IDAS 只是作为这些规划软件的后处理软件,考察 ITS 技术导致出行在已规划路网中带来的路径选择、方式分担以及出行时间分布上的变化,并计算由此带来的经济、环境 and 安全等方面的效益,加上成本分析,以此来进行 ITS 项目前期的方案评价与比选。

IDAS 可以考察 ITS 项目在以下方面带来的效益和影响:用户机动性、出行时间、速度、出行时间的可靠性、燃料成本、事故成本、污染物排放和噪声等,并将这些影响转化成统一的货币值进行衡量比较,加上项目成本,来进行项目的经济评价。评价结果体现在最后的成本效益报告和性能指标总报告中,包括成本效益分析,敏感性分析,方案排序和风险分析几方面。

在结构上,IDAS 软件主要包含以下 5 个功能模块:输入/输出界面模块,方案生成模

块,效益分析模块,成本分析模块和方案比选模块。其中效益分析模块又包含四个子模块:旅行时间通行能力分析,环境影响,安全评价和旅行时间可靠性分析。

IDAS 规划分析软件可以用于 ITS 方案的比选,同时还可用于估计 ITS 带来的影响和用户反应,估算 ITS 项目周期成本、资金来源构成,进行敏感性分析和风险分析以及对 ITS 项目提出优化改进等。

从 ITS 项目经济评价的要求来看,结合 IDAS 的整体结构,其评价主要包含以下功能模块:方案生成、成本分析、效益分析、方案比较。

IDAS 方案生成模块的最终成果包含各种 ITS 技术选择的一系列技术方案,它将为方案比选分析模块和成本分析模块所调用;同时,将通过已实施 ITS 技术方案现场实测或实施前交通流仿真得到的交通流影响结果添加到具有相同 ITS 技术选择的路网中,将路网进行升级,用于后续的效益分析和计算。IDAS 中方案生成功能模块的构成和数据流程如图 4.7 所示。

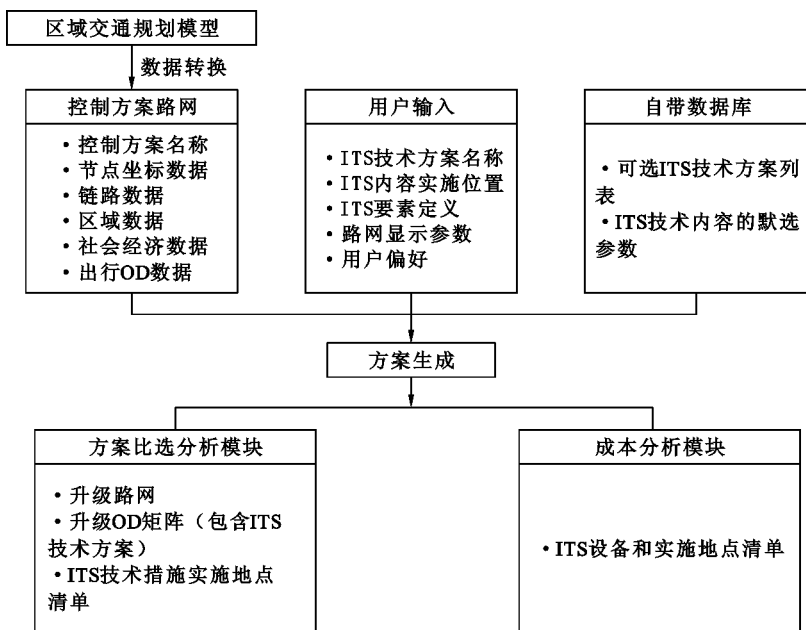


图 4.7 IDAS 中方案生成功能模块的构成和数据流程示意图

在成本分析中,IDAS 中的做法是取 ITS 国家框架体系中确定的各种设备价格成本数据,作为价格的默认值存储于数据库中,供用户调用;如果用户在掌握更详细价格信息的情况下,也可对数据库中的价格值进行修正。

在效益分析中,IDAS 将分别考虑方案在旅行时间、通行能力、交通安全和环境等方面带来的效益。IDAS 中效益分析模块的流程如图 4.8 所示。

在方案比较分析中,将所有模块的指标输出值转化为统一的可比的货币值,其关键的问题是转化因子的确定,即确定各种评价指标的货币价值,例如旅行时间价值、事故成本以及污染物排放成本等,这一般要在结合本区域经济和发展情况进行大量调查后再确定。在 IDAS 中给出了这方面指标的一些默认值,当然用户也可以在分析之前自行输入。表 4.8 给出了 IDAS 中分交通方式关于旅行时间(In-Vehicle)价值、一氧化碳排放和交通死亡的成

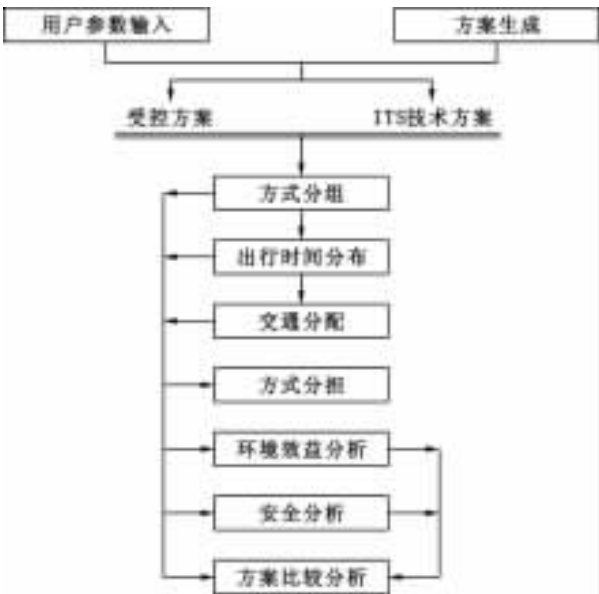


图 4.8 效益分析流程示意图

本等几个指标货币价值的示例。

表 4.8 IDAS 评价指标价值货币转化因子示例

交通方式	In-Vehicle 旅行时间 (\$ /h)	一氧化氮排放 (\$ /t)	交通事故死亡 (\$)
私人小汽车	8.90	3889	2317398
多人共乘汽车	8.90	3889	2317398
商用货车	17.00	3889	2317398

(2) 应用展望

最近有很多的研究提出将传统交通规划模型和交通影响分析相结合用于进行 ITS 项目的评价,即所谓的混合模型方法,IDAS 正是这种做法的一个示例。从 IDAS 的系统结构和评价流程可以初步认识到对 ITS 项目进行经济评价的一般过程,即利用传统交通规划的路网显示和生成功能添加 ITS 技术内容形成 ITS 技术方案,根据对以往 ITS 实施效果的实地观测或者对 ITS 技术实施效果的仿真,得到其对交通流直接的或间接的影响,即交通影响分析的结果,然后将这些影响叠加到现有路网上并重新分配,得到实施 ITS 技术方案后的路网交通流参数;所得参数首先可以直接地反映 ITS 技术带来的经济效益,其次可以直接地反映 ITS 技术带来的经济效益,另外也是用来计算衡量方案在环境 and 安全等方面经济效益的依据;将这些效益统一转化成货币量,并与方案的实施成本做对比分析,即可进行项目的各种经济评价。这种将评价指标全部价值化的评价方法的最大优点是能得到直接的项目成本效益值(BPC 值)以及进行敏感度和风险分析等指标,而前者正是判断项目可行性和进行项目方案比选的关键指标。

但总体上看,IDAS 沿用的基本还是静态交通分析的步骤和思路,只不过在方案生成之后和效益分析之前加进了由 ITS 技术项目实测或仿真得到的交通影响结果,并没有直接在

交通规划模型的基础上进行交通流仿真建模等交通影响分析。真正的混合模型评价应该在评价中同时运用交通规划和交通仿真来分析项目全过程,并在评价中穿插应用。但这种做法目前尚不成熟,有很多地方值得研究,例如在交通规划模型和交通分析模型(特别是仿真模型)间如何有效地进行数据转换,如何借助交通流仿真对一些 ITS 技术实施的交通影响进行分析并融合到规划模型中去,以及在对 ITS 效益指标进行统一量化时如何准确衡量当中一些效益的价值等,都有待进一步研究,这也是今后研发同类软件的过程中要解决的关键技术问题。

本章小结

本章从方法论的角度说明规划的方法和一般过程或步骤。着重介绍智能运输系统发展需求分析的内容、过程和方法;功能分析与设计方法;规划方案的实施与评价方法;并以江苏省公路 ITS 系统为例,从 ITS 用户服务的 6 个方面逐项分析江苏省公路 ITS 发展需求和近、中、远期应用展望,说明了 ITS 需求发行的具体内容;最后分别介绍了两套国外的 ITS 规划软件。

由于 ITS 打破了原有的供求平衡状态,诱发了新一轮交通供需状态的演进,使得交通规划需求预测理论需相应地进行新一轮的研究和发展;ITS 对交通规划的支持具体渗透于交通规划的各个阶段,因此理清 ITS 各要素之间的连接关系以及 ITS 数据流的选择是 ITS 规划面临的新的研究领域;在进行 ITS 项目的评价时,交通规划模型和交通分析模型间如何有效地进行数据转换,如何借助交通流仿真对 ITS 技术实施的交通影响进行分析并融合到规划模型中去,以及在对 ITS 效益指标进行统一量化时如何准确衡量当中一些效益的价值等,都有待进一步研究。

参考文献

- 1 史其信等. 智能交通系统评价技术与方法. 北京: 中国铁道出版社, 2004
- 2 徐良杰, 王炜. 信号交叉口左转非机动车影响分析. 中国公路学报, 2006, 19(1)
- 3 徐良杰, 王炜, 俞斌. 信号交叉口混合交通流协调优化方法研究. 公路交通科技, 2006, 23(6)
- 4 徐良杰, 王炜. 基于一种新的混合算法的交通流控制优化模型. 信息与控制, 2005, 33(3)
- 5 徐良杰, 王炜. 信号交叉口行人过街时间模型研究. 交通运输工程学报, 2005, 5(1)
- 6 朱顺应, 王红, 严新平. 道路交通安全宏观评价 F2AHP 法. 武汉理工大学学报(交通科学与工程版), 2005, 29(5)
- 7 王炜. 城市交通管理规划理论体系框架设计. 东南大学学报(自然科学版), 2003, 33(3)
- 8 徐珺. ITS 与城市交通规划关系初探. 交通科技, 2004(6)
- 9 孙国萍, 许焱, 刘小明, 杨孝宽. Turbo Architecture 软件及其在奥运 ITS 规划中的应用. 交通与计算机, 2004, 22(3)
- 10 史其信, 郑为中. 集成交通规划和交通影响分析进行 ITS 的项目评价——以 IDAS 为例. 土木工程学报, 2004, 37(5)
- 11 Ho, Eric Pengkuan, et al. A Hybrid Modelling Method for the Planning and Evaluation of Intelligent transportation Systems. Transportation Planning and Technology, 2000, Vol(24)
- 12 L. Montero, et al. A Combined Methodology for Transportation Planning assessment: Application to a Case Study. Transportation Research Part C, 2001, Vol(9)

- 13 江苏省交通厅科技处、公路局,东南大学,北京华通世达智能交通技术有限公司. 江苏省公路智能交通发展规划. 江苏省交通厅项目,2005
- 14 National ITS Architecture Team. National ITS Architecture — Turbo Architecture 3. 1-User's Manual. USA,2002
- 15 IDAS Design Report. Cambridge Systematics Incorporation. August,1999
- 16 张存保,杨晓光. 高等级公路交通信息化与智能化发展规划研究. 交通运输工程与信息学报,2006 (1)

5 城市交通信号控制系统

5.1 概 述

5.1.1 发展历程

早在 19 世纪,人们就开始使用信号灯指挥道路上的车辆,控制车辆通过交叉口的次序。1868 年,英国伦敦出现了最早的交通信号灯,是一种煤气灯,在灯前用红、绿玻璃变换信号。1914 年以及稍晚一些时候,美国的克利夫兰、纽约和芝加哥出现了手动操作的三色信号灯,采用电力发光。1926 年,英国人在 Wolverhampton 安装了第一座自动交通信号机。1963 年,加拿大多伦多市建立了一套由 IBM 650 型计算机控制的交通信号控制系统,第一次把计算机技术应用于交通控制,大大提高了控制系统的性能和水平,标志着城市交通信号控制的发展进入了一个新阶段。

20 世纪 60 年代,世界各国开始研究控制范围较大的信号联动协调控制系统,建立模拟交通流状况的数学模型,以解决信号配时的优化问题,并先后研制出了很多信号控制系统。其中比较典型的是英国运输与道路研究所于 1966 年开始开发的 TRANSYT(Traffic Network Study Tool)系统,澳大利亚从 20 世纪 70 年代开始开发的 SCATS(Sydney Coordinated Adaptive Traffic System)系统,英国运输与道路研究所联合 3 家公司于 20 世纪 70 年代初开发的 SCOOT(Split Cycle Offset Optimization Technique)系统。

近年来,随着智能运输系统的发展以及人工智能技术在交通控制方面的应用,出现了多种新的交通控制系统,如美国 RT TRACS(Real Time Adaptive Control System)系统,它是一种多层结构的交通控制系统,根据道路网和交通特征来选取具有最大化效益以及最大化系统性能的控制策略,并提供各种程度的响应级别。日本都市警署在其开发的 STREAM(Strategic Real Time Control for Megalopolis Traffic)系统中也体现了与 RT TRACS 类似的思想,根据不同的路况条件选择不同的控制目标并采取不同的控制策略。德国 MOTION(Method for the Optimization of Traffic Signal in Online Controlled Network)系统则是基于分层递阶控制和模块化结构的城市交通控制系统,其战略层通过赋予公共交通相对高于私人交通的权值来体现公交优先的思想,并可根据具体情况,实施绝对优先、相对优先和拒绝优先等三种不同的优先管理方式,另外还引入了路口和路网两级事件识别机制。虽然上述系统尚未获得大范围的应用,但在一定程度上代表了智能交通信号控制系统的发展方向。

5.1.2 系统分类

交通信号控制系统可以从不同的角度进行分类,具体如表 5.1 所示,下面分别进行解释。

表 5.1 交通信号控制系统分类

分类依据	分 类
按控制方法	定时控制、感应控制和自适应控制
按控制范围	点控、线控和面控
按控制方式	方案选择式和方案生成式

5.1.2.1 按控制方法分类

(1) 定时控制

交通信号控制机按事先设定的配时方案运行,也称定周期控制。一天只用一个配时方案的称为单段式定时控制;一天按不同时段的交通量采用几个配时方案的称为多段式定时控制。

最基本的控制方式是单个交叉口的定时控制。线控制、面控制也都可用定时控制的方式,叫静态线控系统、静态面控系统。

(2) 感应控制

感应控制是在交叉口进口道上设置车辆检测器,信号灯配时方案由计算机或智能化信号控制机计算,并可随检测器检测到的车流信息而随时改变配时方案的一种控制方式。感应控制的基本方式是单个交叉口的感应控制,简称单点感应控制。单点感应控制随检测器设置方式的不同,可分为:

- ① 半感应控制:只在交叉口部分进口道上设置检测器的感应控制;
- ② 全感应控制:在交叉口全部进口道上都设置检测器的感应控制。

(3) 自适应控制

自适应控制是把交通系统作为一个不确定系统,能够连续测量其状态,如车流量、停车次数、延误时间、排队长度等,逐渐了解和掌握系统状态,将其与希望的动态特性进行比较,并根据差值来改变系统的可调参数或产生一个控制方案,从而保证不论系统如何变化,均可使控制效果达到最优或次最优的一种控制方式。

5.1.2.2 按控制范围分类

(1) 点控方式

点控方式是指每个交叉口的交通控制信号只按照该交叉口的交通情况独立运行,不与其相邻的交叉口有任何信息交换,即单点信号控制。这是交通信号控制的最基本形式。

点控方式适用于相邻交叉口间距较远,或者因各相位交通需求变动显著,其交叉口的周期长和绿信比的独立控制比线控更有效的情况。

(2) 线控方式

把干道上若干连续交叉口的交通信号通过一定的方式联结起来,同时对各交叉口设计一种相互协调的配时方案,各交叉口的信号灯按此协调方案联合运行,使车辆通过这些交叉口时,不致经常遇上红灯,称为线控方式,也叫“绿波”信号控制。

线控方式的基本思路是:希望车辆通过第一个交叉口后,按一定的车速行驶,到达以后各交叉口时就不再遇上红灯。但实际上,由于各车辆在路上行驶时车速不一,且随时有变化,交叉口又有左、右转弯和车辆进出等因素的干扰,所以很难达到一路都是绿灯的要求,但

使沿路车辆少遇几次红灯,减少大部分车辆的停车次数和延误则是可以做到的。线控方式的关键就是实行线控的各交叉口信号周期长相同。

(3) 面控方式

以某个区域中所有信号控制交叉口作为协调控制的对象,称为面控制系统。

控制区内各受控交通信号都受交通控制中心的集中控制。对范围较小的区域,可以整区集中控制;对范围较大的区域,可以分区分级控制。

采用面控方式的交通信号控制系统称为区域交通信号控制系统。对于区域交通信号控制系统,可按照控制策略或控制结构进行分类,具体如下:

① 按控制策略分类

a. 定时式脱机控制系统

这种系统利用交通流历史及现状统计数据,进行脱机优化处理,得出多时段的最优信号配时方案,存入控制器或控制计算机内,对整个区域交通实施多时段定时控制。系统只有在网络交通条件发生重大变化,原信号配时方案不能满足要求时,才重新对整个网络进行一次交通量数据采集、处理,进而更新信号配时方案。

定时式脱机控制系统简单、可靠且效益投资比高,但不能及时响应交通流的随机变化,因此当交通量数据过时后,控制效果明显下降。目前比较成熟的定时式脱机控制系统有:TRANSYT、CORSIM(Corridor Simulation)、PASSER(Progression Analysis and Signal System Evaluation Routine)等。

b. 感应式联机控制系统

这种系统通过路网上的车辆检测器,实时采集交通数据,进行交通模型辨识,进而得到与配时参数有关的优化问题,在线求解该问题即可获得配时方案,然后对区域内的交通信号实施控制。

感应式联机控制系统能够及时响应交通流的随机变化,控制效果好,但控制结构复杂、投资大、对设备可靠性要求高。目前比较成熟的在线控制系统有:英国的 SCOOT 系统,澳大利亚的 SCATS 系统等。

② 按控制结构分类

a. 集中式控制结构

将控制区域内所有信号机通过网络联结起来,通过控制中心的一台或多台计算机确定各信号机的控制方案,实现整个系统的集中控制,如图 5.1 所示。

集中式控制结构的优点是:系统控制设备位于控制中心,系统结构简单;系统的研制和维护比较容易;所需设备较少,系统成本较低。

集中式控制结构的缺点是:大量数据的集中处理及整个系统的集中控制,需要庞大的通信传输系统和巨大的存储容量,无疑会影响控制系统的实时性和控制区域范围。目前集中式控制结构已很少采用。

b. 分层式控制结构

将整个控制系统分成若干级,每一级都承担不同的控制任务。一般来说,最下级完成战术控制任务,最上级完成战略控制任务。除最上级外,每一级都有若干控制单元。在系统中,上层控制主要接受来自下层控制的决策信息,并对这些决策信息进行整体协调分析,从全系统战略目标考虑,修改下层控制的决策;下层控制则根据上层控制确定的控制策略,确

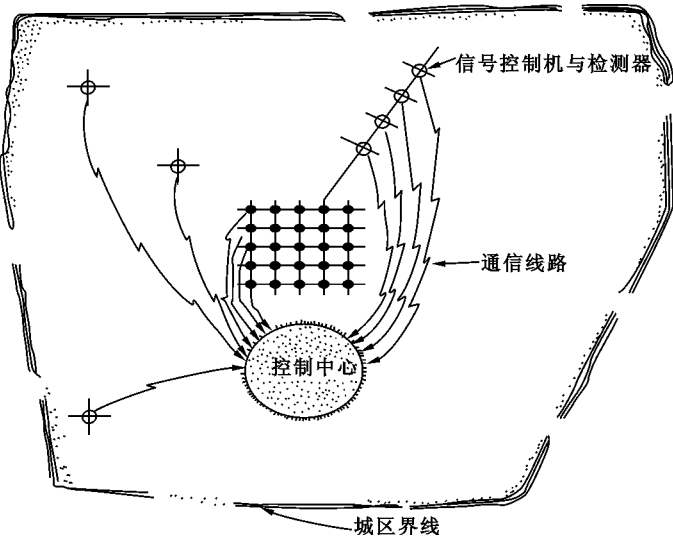


图 5.1 集中式控制结构图^[1]

定或调整自身的控制方案。这种结构可以避免集中控制结构的缺点,且有降级控制的功能,提高了系统的可靠性,但需增加设备,投资较高。分层式控制结构一般分为三级,如图 5.2 所示。

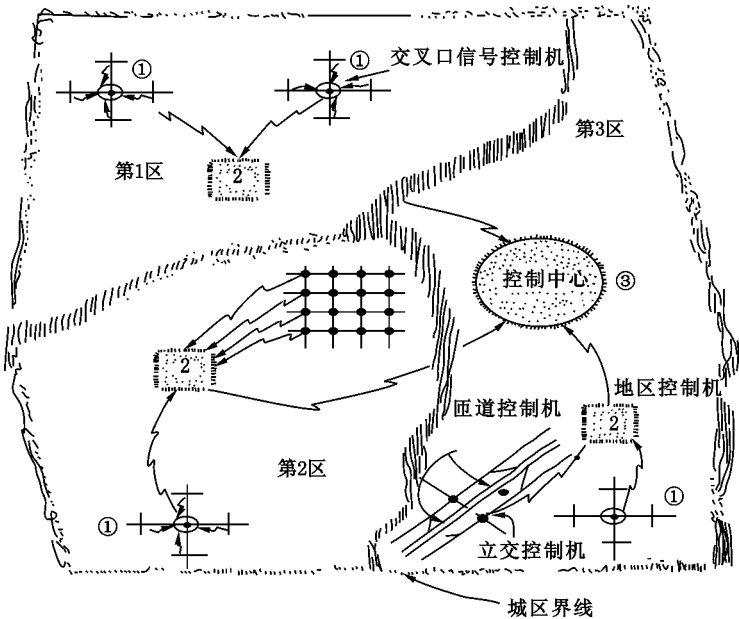


图 5.2 分层控制结构图^[1]

第一级位于交叉口,由交叉口信号控制机组成,这一级控制应包括下述功能:监视设备故障(检测器、信号灯和其他局部控制设施);收集检测数据;把交通流和设备性能等数据传送到第二级控制;接受上级下达的指令并按指令操作。

第二级位于所控制区域内的比较中心的位置,其功能应包括:监视从第一级控制送来的交通流和设备性能的数据并传到第三级控制中心;操纵第一级控制,决定要执行的控制类型

(单点控制或区域控制),选择控制方法并协调第一级控制。

第三级位于交通控制中心,负责整个系统的协调控制。控制中心能监视控制区域内任一信号交叉口的数据,接收、处理相关数据,确定第二级控制的控制策略,并提供监视和显示设备。此外,控制中心还能接收有关设备故障的信息,以便采取相应的措施。

多级控制的优点包括:通过数据的预处理和集中传输,能减少传输费用;系统不依赖于一个控制中心或集中的传输网络,部分设备的故障不影响其他部分的工作,具有很高的可靠性;能处理的实时单元(检测器、交叉口信号机等)的容量较大;控制方法和执行能力比较灵活。

多级控制的缺点是:需要的设备多,系统成本高;设备维护比较复杂;控制程序较复杂。

5.2 定时式脱机控制系统

定时式脱机控制系统利用交通流历史及现状统计数据,进行脱机优化处理,得出多时段的最优信号配时方案,存入控制器或控制计算机内,对整个区域交通实施多时段定时控制。典型的定时式脱机控制系统是 TRANSYT 系统。

TRANSYT 系统是英国运输与道路研究所于 1966 年提出的一套脱机优化网络信号配时程序。TRANSYT 问世以来,随着交通工程的实践,得到了不断地改进和完善。

TRANSYT 是一种脱机操作的定时控制系统,系统主要包括如下两个组成部分:

(1) 仿真模型

用来模拟在信号灯控制下交通网上的车辆行驶状况,以便计算在一组给定的信号配时方案下交通网络的运行指标。

(2) 信号配时优化过程

改变信号配时方案并确定系统性能指标,经过反复试算和搜索得到最佳配时方案。

TRANSYT 系统的基本原理如图 5.3 所示。

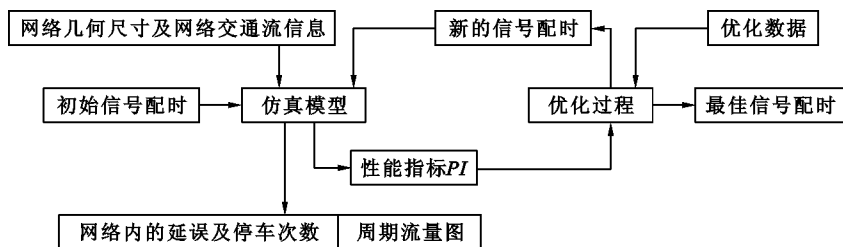


图 5.3 TRANSYT 基本原理图^[4]

5.2.1 仿真模型

建立交通仿真模型的目的是用数学方法模拟车流在交通网络上的运行状况,研究交通信号控制系统控制参数的改变对车流运行的影响,以便客观地评价任意一组控制参数的优劣。因此,交通仿真模型应当能够对不同的控制方案下车流运行参数(延误时间、停车率、燃油消耗量等)作出可靠的估算。考虑到模型的计算量问题,TRANSYT 交通仿真模型采用了所谓定数(Deterministic)模式,即只考虑路网上各个车流的总体情况和平均特性参数,建模时再采用一些修正系数,把单个车辆行驶的随机变化因素考虑进去。

TRANSYT 仿真模型在以下 4 项假定条件下运行:① 路网中全部路口的交通信号均按共同的周期长度运行,或某些路口的交通信号按半周期(即共同周期长度的一半)运行,并且已经知道各信号交叉口的信号阶段划分情况及最小绿灯时间等详细数据;② 路网中所有主要交叉口都由交通信号灯或让路规则控制;③ 路网中各车流在某一确定时间段内的平均车流量为已知,且维持恒定;④ 每一交叉口的转弯车辆所占的百分比为已知,并且在某一确定时间段内维持恒定。

交通仿真模型所需要的数据和资料主要有:① 路网几何数据:包括交叉口数目、连线数目、连线长度、车道划分情况及车道宽度(据此可确定饱和流量的数值)等;② 交通量数据:包括每条连线上的交通量、各连线上交通量来自上游哪些连线以及将分流到下游哪些连线上、车辆在连线上的自由行驶速度和车队离散程度(用离散系数表示)等;③ 经济指标:包括单位延迟时间的损失费用指标,“百次完全停车”的损失费用指标及车辆在不同行使状态下的油耗指标。

对于 TRANSYT 系统,首先要将网络的几何尺寸、交通流信息及初始配时送入系统的仿真部分,通过仿真得出系统的性能指标,即 PI (Performance Index)值作为配时的优化目标函数。下面对 TRANSYT 仿真模型的几个主要环节作些简要说明。

(1) 交通网络的抽象与简化

TRANSYT 把一个复杂的交通网络简化成适于数学计算的图式,这个图式由“节点”和“节点”之间的“连线”组成。在交通网络结构图上,每一个“节点”代表一个由信号灯控制的交叉口;每一条“连线”表示一股驶向下游一个“节点”的单向车流。“连线”不可与“车道”混为一谈,一条“连线”可以代表一条或几条车道上的车流,而一个进口道上的几条车道则可用一条或数条“连线”来表示。划分“连线”时,一般凡是可能在交叉口停车线后面单独形成不可忽视的等候车队的车流,均应以一条单独的“连线”表示。相反,对于某些排队长度微不足道的次要车流,则不一定要用单独的“连线”表示。但是,有专用绿灯的左转车流,为了把它与直行车流区分开,则要为这种左转车流单独设一条“连线”。如果几条不同车道上的车流到了停车线后面,以差不多同等比例加入同一行等候车队中,而且这几条车道上的车流均属同一信号相位,则可只用一条“连线”来代表这几条车道上的所有车流。网络结构图上应标出所有节点和连线的编号,并以折算小客车为单位标出平均小时交通量以及转弯交通量的大小。

(2) 周期流量变化图式

周期流量变化图式是纵坐标表示交通量,横坐标表示时间(以一个周期时长为限)的交通量在一个周期内随时间变化的一种柱状图。

为了计算方便,通常将一个信号周期等分成若干时段,每个时段约为 $1 \sim 3s$ 。在 TRANSYT 交通模型中,所有计算过程的基本数据均为每个时段内的平均交通量、转弯交通量及该时段的排队长度。此图可由 TRANSYT 程序计算得到,并作为一项输出内容打印出来。在 TRANSYT 的所有计算分析中,均以上述这种柱状流量图式为依据。

需要指出,在 TRANSYT 中,周期流量变化图式虽然仍以周期的等分时段为单位,但配时优选则以“ $1s$ ”为单位。其优点在于可以提高配时优化的精度。有时在配时优选中,得到的有效绿灯时间长度不是周期等分时段数的整倍数,在这种情况下,TRANSYT 便按时间比例取用交通量图中相应部分的交通量值。

(3) 车流在连线上运行状况的模拟

为描述车流在一条连线上运行的全过程,TRANSYT 使用如下三种周期流量图式:

① 到达流量图式(简称“到达”图式)。这一图式表示车流在不受阻滞的情况下,到达下游停车线的到达率变化情况。

② 驶出流量图式(简称“驶出”图式)。这一图式描述车流离开上游交叉口时的实际流量的变化情况。

③ 饱和和驶出图式(简称“满流”图式)。“满流”图式实际上是一种以饱和流率驶离停车线的流量图式。只有当绿灯期间通过的车流处于饱和状态时才会有这种图式出现。

某一连线的“到达”图式直接取决于上游连线的“驶出”图式。由于各车辆的速度不一样,当车队离开上游交叉口驶向下游时,会发生“离散”现象。为了准确地预测车队行使过程中的离散程度,英国运输与道路研究所根据大量的车队行驶数据,提出了如下计算公式

$$q_d(T_i) = Fq_0(T_i - t)P + (1 - F)q_d(T_{i-1}) \quad (5.1)$$

式中 $q_d(T_i)$ ——第 i 个时段内,下游某断面上预计到达的车流量;

$q_0(T_i)$ ——第 i 个时段内上游停车线断面通过的车流量;

t ——上述两个断面之间平均旅行时间 T 的 0.8 倍;

P ——驶入下游某断面的车流量占驶过上游停车线断面车流量的百分比;

F ——表征车流在运动过程中离散程度大小的系数,称为离散平滑系数,其计算公式如下

$$F = \frac{c_1}{1 + c_2 t} \left\{ \begin{array}{l} \\ t = 0.8T \end{array} \right. \quad (5.2)$$

式中 F ——离散系数;

T ——车队在连线上行驶时的平均行程时间(s);

c_1, c_2 ——曲线拟合参数。

根据上游连线“驶出”图式、连线上行驶时的平均行程时间等,利用公式(5.1)即可得到下游停车线的“到达”图式。

综上所述,可推算出第 i 个时段内被阻于停车线的车辆数 m_i 为

$$m_i = \max[(m_{i-1} + q_i - s_i), (0)] \quad (5.3)$$

式中 m_i ——在第 i 个时段内被阻于停车线的车辆数(辆);

q_i ——在第 i 个时段内到达的车辆数(辆),由“到达”图式求得;

s_i ——在第 i 个时段内放行的车辆数(辆),由“饱和”图式求得;

m_{i-1} ——在第 $i-1$ 个时段内被阻于停车线的车辆数(辆)。

由式(5.3)便可求得第 i 个时段内驶离连线的车辆数,即

$$n_i = m_{i-1} + q_i - m_i \quad (5.4)$$

式中 n_i ——在第 i 个时段内驶离连线的车辆数(辆)。

由 n_i 值便可建立起连线的“驶出”图式,并由此推算下游连线的“到达”、“满流”和“驶出”图式,以此类推。

(4) 车辆延误时间及停车次数

在 TRANSYT 中,车辆延误时间为“均匀到达延迟”(phasing delay 或 uniform delay)、

“随机延误”(random delay)及“过饱和延误”(over-saturation delay)之和。均匀到达延迟是指车辆均匀驶向停车线时,受红绿灯周期性交替变化的影响而产生的延误。随机延误时间是由于到达停车线的车流不均衡造成的附加延迟时间,尽管车流的平均到达数低于绿灯时间可以放行的车辆数,但由于车辆到达不均衡,仍可能会有部分车辆不能在绿灯时间通过。因此,当红灯亮时,在停车线后面便已经形成一个“初始等候车队”,初始等候车队的长度就对应于随机延误时间。过饱和延误时间是在某些连线上,由于车辆到达数超过交叉口的放行能力,在停车线后面的等候车队随时间不断增长而导致的延误,该延误时间可与随机延误时间合并计算。

停车次数的计算与延误时间相似,也包括 3 个部分,即均匀到达停车次数、随机停车次数和过饱和停车次数。均匀到达停车是指车辆均匀驶向停车线时,由于红绿灯周期性交替变化,车辆被迫停车等候的情况。随机停车是指各个信号周期之间交通流量的随机波动造成的额外停车。过饱和停车是指交通量超过饱和流量而造成的停车。正如随机延误和过饱和延误与每个红灯开始时的车辆初始排队长度的关系一样,将每次红灯开始时停车线后面排队等候的车辆数除以该连线每次绿灯时间可放行的车辆数,则得到每辆车平均的“随机和过饱和”停车次数。当某条连线上饱和度接近 1 时,红灯开始时的排队长度将很长,因而按照上述方法计算出的“随机和过饱和”停车次数也会较大。根据实际观察发现,当前面有车辆在排队时,后面的车辆往往并不是很快减速至零,而是缓慢向前滑行,不愿意真正的完全停车。为了避免按上述方法估算的停车次数高于实际可能发生的情况,TRANSYT 系统中人为地确定一个最高限额,即每辆车“随机和过饱和”停车次数最多不超过 2 次。

5.2.2 信号配时优化过程

TRANSYT 将仿真模型所得的性能指标(PI)送入配时优化程序,作为优化的目标函数;以网络内的总行车油耗或总延误时间及停车次数的加权和作性能指标;用“爬山法”作为优化算法,产生较之初始配时更为优越的新配时方案;把新配时方案再送入仿真模型部分,反复迭代,最后得到 PI 值达到最小的系统最佳配时方案。

路网性能指标 PI 的计算公式如下

$$PI = \sum_{i=1}^N (\omega_i t_i + k_i n_i) \quad (5.5)$$

式中 ω_i ——第 i 条连线延迟时间的加权系数;

k_i ——第 i 条连线停车次数的加权系数;

t_i ——第 i 条连线的总延迟时间;

n_i ——第 i 条连线停车次数的总和。

下面对 TRANSYT 优化过程的主要环节作简要说明。

(1) 相位差优化

在初始配时方案相位差的基础上,以适当的步距(如信号周期长度的 $1/50$)调整交通网上某一个交叉口的相位差,计算性能指标 PI 。若此次求出的 PI 值小于初始方案的 PI 值,说明这种调整方向是正确的,继续以同样的步距沿同一方向(指正与负而言)对该交叉口的相位差作连续调整,直至获得最小的 PI 值为止。反之,假若第一次调整后的 PI 值比初始方案所对应的 PI 值大,则应朝相反方向调整相位差,直至取得最小的 PI 值为止。

按上述步骤,完成了一个交叉口的相位差调整之后,依次对所有其他交叉口作同样的调整。对所有交叉口的相位差依次调整一遍之后,还要回头来再从第一个交叉口开始依次对所有交叉口作第二遍调整。如此反复多遍,直至求得最后的理想方案(PI 值最小)。

(2) 绿灯时间优化

TRANSYT 可以对各信号相位的绿灯时间进行优化调整。其优化方法是:不等量地更改一个或几个乃至全体信号相位的绿灯长度,以期降低整个网络的性能指标 PI 值。在对绿灯时间作调整时,不允许任何一个信号相位调整后的绿灯时间小于规定的最短绿灯时间。

(3) 控制子区的划分

一个范围较大的交通网络,在实行信号联网协调控制时,往往要分成若干个相对独立的部分,每一个部分可以有自己独特的控制对策,各自执行适合本区交通特点的控制方案。这样的独立控制部分称为控制子区。

在实际交通网络中,各个部分交通状况存在较明显的差别,不宜整齐划一地执行同一种信号配时方案。另外,确实存在一些不必实行协调控制的连线。因此,在实际工作中,往往以这些不宜协调的连线作为划分控制子区边界的参考依据,即子区边界点基本上均在这些连线上。

(4) 信号周期时间优化

TRANSYT 可以自动地为交通网各子区选择一个 PI 最低的共用信号周期时长,同时还可以确定哪几个交叉口应当采用双周期。

TRANSYT 是定时脱机控制系统,其缺点是不能适应随机的交通变化,其配时方案是根据当时的交通量配定的,而交通量变化后,原配时方案就不能适应了;重配方案则需做大量的调查。但这种系统不需大量设备、投资低、容易实施,所以在交通增长已趋稳定的地区,选用这种系统是合适的。

早期开发的 TRANSYT 系统,在优化配时时,对于饱和及超饱和交通的控制具有一定的局限性,主要是:

- ① 在一个周期内模拟交通流从上游向下游的运动时,从上游信号释放的交通流,最终变成下游信号的输入,模型假定所有车辆均在停车线上,不考虑未被下游释放的车辆。
- ② 在随机延误的计算中,与未被下游释放车辆相关的附加延误,没有完全考虑在模型中。
- ③ 在下游节点不考虑随机延误,因为假定预期的车辆是全部到达的。
- ④ 模型不考虑车队的物理延伸,即多余的车辆增加所形成的延伸。因此,没有考虑倒流现象。

针对上述问题,研究人员对 TRANSYT 作了改进,使其能处理饱和及超饱和情况。类似的改进已加到 TRANSYT-8 及其以后的新版本中了。对于饱和及超饱和情况的处理,采用的方法是在 TRANSYT 中加入一个新的功能,使用户能够为指定的连线确定一个车队长度极限,然后,信号优化器去寻找方案,此方案很少有可能使最大车队长度超过预先设定的极限。实现的方法就是在性能指标(PI)中加入一个惩罚系数,一旦信号配时使车队长度超过预定的极限,将使 PI 值快速增大,优化器寻求新的配时方案。

5.2.3 系统运行评价

自 TRANSYT 第 1 版问世以来,经过数十年的不断发展,已经成为区域交通控制方案

优化的有效工具,因而被应用于世界许多城市。实践证明,使用该系统带来的社会效益和经济效益是很显著的。例如,在泰国曼谷的中心区域建立的 TRANSYT 交通控制系统,使总的行程时间降低了 13%~27%,每年节省的燃料费估计为 100~200 万英镑,而建立整个系统的费用为 52 万英镑。

TRANSYT 系统的不足在于:

- ① 计算量大,当网络较大时这一问题尤为突出;
- ② 系统的配时优化问题本质上是一个非凸的数学规划问题,如何找到全局最优解在理论上还没有彻底解决,仍在探索中;
- ③ 作为一种离线优化方法,系统需要大量的网络几何尺寸和交通流信息,这些信息的采集要耗费大量的人力和时间,并且随着城市的发展,上述数据往往会过时,从而降低系统的使用效果。

5.3 感应式联机控制系统

感应式联机控制系统通过道路网上的车辆检测器实时采集交通数据,并通过配时参数优化得到最佳配时方案,然后对区域内的交通信号实施控制。其特点是能够及时响应交通流的随机变化,控制效果好,但控制结构复杂、投资高、对设备可靠性要求高。目前比较成熟的联机控制系统有澳大利亚的 SCATS 系统、英国的 SCOOT 系统等。

5.3.1 SCATS 系统

SCATS 系统是一种实时自适应控制系统,由澳大利亚从 20 世纪 70 年代开始研究,1980 年后陆续在多个城市投入使用。我国部分城市也引进了 SCATS 系统。

5.3.1.1 SCATS 系统的结构

SCATS 的控制结构为分层式三级控制,即中央监控中心→地区控制中心→信号控制机。在地区控制中心对信号控制机实行控制时,通常每 1~10 个信号控制机组为一个“子系统”,若干子系统组合为一个相对独立的系统。系统之间基本上互不相干,而系统内部各子系统之间存在一定的协调关系。随交通状况的实时变化,子系统既可以合并,也可以重新分开。三项基本配时参数的选择都以子系统为核算单位。SCATS 系统结构如图 5.4 所示。

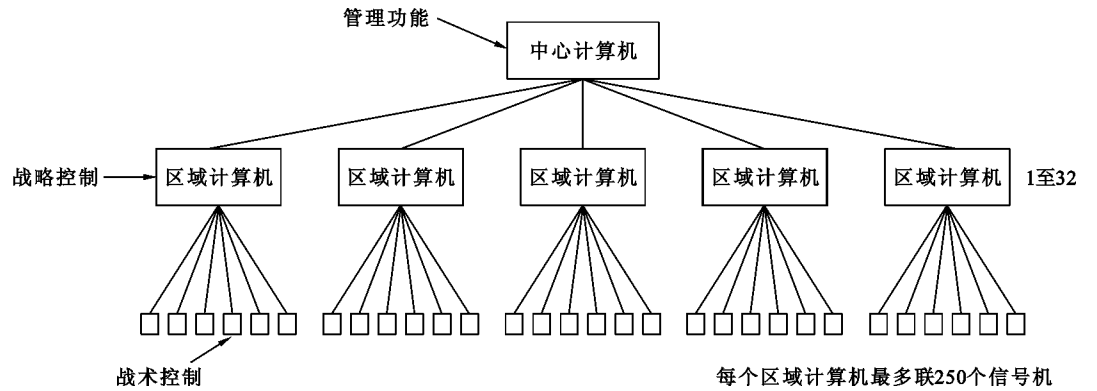


图 5.4 SCATS 系统结构图

中央监控中心负责对整个系统进行监控和管理,其基本功能包括:

- (1) 为交叉口及协调控制系统的控制方案设计提供集中式计算机辅助设计工具。
- (2) 利用计算机辅助设计程序,自动生成各信号控制器所需控制参数及整个协调控制系统所需数据。
- (3) 提供集中监控功能,即监视 SCATS 系统的运行情况,有计划、系统地配时方案的选择提供最新的交通数据,以适应不断变化的实时交通状况。
- (4) 对控制方案基本数据进行安全保护,确保各项数据的安全,只有授权人员才能修改数据。
- (5) 自动监视和记录系统故障,便于及时抢修,从而缩短故障时间,且故障信息综合数据库可提供故障信息的统计数据。
- (6) 可直接监视路网上发生的交通事故或车辆故障造成的堵塞,从而可迅速进行现场处理。

SCATS 在对若干子系统的整体协调控制的同时,也允许每个交叉口“各自为政”地实行感应控制,前者称为“战略控制”,后者称为“战术控制”。战略控制与战术控制的有机结合,大大提高了系统的控制效率。SCATS 正是利用了设置在停车线附近的车辆检测装置,才能这样有效、灵活地进行交通控制。SCATS 实际上是一种用感应控制对配时方案作局部调整的方案选择式控制系统。

5.3.1.2 SCATS 系统的配时参数优化

下面简要介绍 SCATS 系统的配时参数优化的各主要环节。

(1) 子系统的划分与合并

SCATS 对子系统的划分,由交通工程师根据交通流量的历史和现状数据,以及交通网的环境、几何条件予以判定,所定的子系统就作为控制系统的基本单位。在优选配时参数的过程中,SCATS 用“合并指数”来判断相邻子系统是否需要合并。在每一信号周期内,都要进行一次“合并指数”的计算,相邻两子系统各自要求的信号周期时长相差不超过 $9s$ 时,则“合并指数”累积值为 $(+1)$,反之为 (-1) 。若“合并指数”的累积值达到“4”,则认为这两个子系统已经达到合并的标准。合并后的子系统,在必要时还可以自动重新分开为原先的两个子系统,只要“合并指数”累积值下降至零。

子系统合并之后,新子系统的信号周期时长,将采用原先两个子系统所执行的信号周期时长中较长的一个,而且原先两个子系统中的一个随即放慢或加快其信号周期的增长速度,直到这两个子系统的“外部”相位差方案得到实现为止。

(2) SCATS 配时参数优化方法

SCATS 以 $1\sim 10$ 个交叉口组成的子系统作为基本控制单位,这些交叉口具有一个共用周期长度。在所有交叉口的每一进口道上,都设置车辆检测装置,检测装置(例如电感线圈)分设于每条车道停车线后面。根据车辆检测装置所提供的实时交通数据和停车线断面在绿灯期间的实际通过量,利用控制参数优化算法确定子系统内各交叉口的公用周期时长、各交叉口的绿信比及相位差。考虑到相邻子系统有合并的可能,也需为它们选择一个合适的相位差(即所谓子系统外部的相位差)。

作为实时方案选择式控制系统,SCATS 要求事先利用脱机计算的方式,为每个交叉口拟订四个可供选用的绿信比方案、五个内部相位差方案(指子系统内部各交叉口之间相对的

相位差)以及五个外部相位差方案(指相邻子系统之间的相位差)。信号周期和绿信比的实时选择,是以子系统的整体需要为出发点,即根据子系统内的关键交叉口的需要确定共用周期时长。交叉口的相应绿灯时间,按照各相位饱和度相等或接近的原则,确定每一相位绿灯占信号周期的百分比。显然,随着信号周期的调整,各相位绿灯时间也随之变化。

SCATS 把信号周期、绿信比及相位差作为各自独立的参数分别进行优选,优选过程所使用的“算法”以所谓“综合流量”及“类饱和度”为主要依据。

① 类饱和度

SCATS 所使用的“类饱和度”(DS),是指被车流有效利用的绿灯时间 g' 与绿灯显示时间 g 之比。 DS 和 g' 分别如式(5.6)和式(5.7)

$$DS = \frac{g'}{g} \quad (5.6)$$

$$g' = g - (T - th) \quad (5.7)$$

式中 DS —— 类饱和度;

g —— 可供车辆通行的显示绿灯时间总和(s);

g' —— 被车辆有效利用的绿灯时间(s);

T —— 绿灯期间停车线上无车通过(即出现空档)的时间(s);

t —— 车流正常驶过停车线断面时,前后两辆车之间必不可少的一个空档时间(s);

h —— 必不可少的空档个数。参数 g 、 T 及 h 可以直接由系统提供。

② 综合流量

由于 SCATS 系统所使用的车辆检测线圈长达 4.5m,使得其对车辆通过量的检测精度受到一定的影响,尤其当交叉口出现交通拥挤时误差更明显。为避免采用与车辆种类(车身长度)直接相关的参量来表示车流流量,SCATS 引入了一个虚拟的参量即“综合流量”,来反映通过停车线的混合车流的数量。综合流量 q' 是指一次绿灯期间通过停车线的车辆折算当量,它由直接测定的类饱和度 DS 及绿灯期间实际出现过的最大流率 S 来确定,见式(5.8)。

$$q' = \frac{DS \times g \times S}{3600} \quad (5.8)$$

式中 q' —— 综合流量(辆);

S —— 最大流率(辆/h)。

(3) 信号周期时长的优化

信号周期时长的选择以子系统为基础,即在一个子系统内,根据其中类饱和度最高的交叉口来确定整个子系统应当采用的周期时长。SCATS 在每一交叉口的每条进口车道上都设有车辆检测器,由前一周期内各检测器直接测定出的 DS 值中取出最大的一个,并据此定出下一周期内应当采用的周期长度。

为了维持交叉口信号控制的连续性,信号周期的调整采取连续小步距方式,即一个新的信号周期与前一周期相比,其长度变化限制在 $\pm 6s$ 之内。

对每一子系统范围,SCATS 要求事先规定信号周期变化的四个限值,即信号周期最小值($C_{\min}$),信号周期最大值($C_{\max}$),能取得子系统范围内双向车流行驶连续性较好的中等信号周期时长(C_s)以及略长于 C_s 的信号周期(C_x)。在一般情况下,信号周期的选择范围只限于 $C_{\max}$ 与 C_s 之间,只有当关键位置上的车辆检测器所检测到的车流到达量低于预定限值

时,才采用小于 C_s 乃至 $C_{\min}$ 的信号周期值。高于 C_s 的信号周期值要由所谓“关键”进口车道上的检测数据(DS 值)来决定。

(4) 绿信比方案的选择

在 SCATS 中,绿信比方案的选择也以子系统为基本单位。事先为每一交叉口都准备了四个绿信比方案供实时选择使用。这四个方案分别针对交叉口在可能出现的四种负荷情况下,各相位绿灯时间占信号周期长度的比例值(通常表示为百分数)。每一绿信比方案中,不仅规定各相位绿灯时间,同时还要规定各相位绿灯出现的先后次序,不同的绿信比方案中,信号相位的次序也可能是不相同的,即在 SCATS 中,交叉口信号相位的次序是可变的。

绿信比方案的选择,在每一信号周期内都要进行一次,其大致过程如下:在每一信号周期内,都要对四种绿信比方案进行对比,对它们的“入选”进行“投票”。若在连续 3 个周期内某一方案两次“当选”,则该方案即被选择作为下一周期的执行方案。在一个进口道上,仅仅把类饱和度 DS 值最高的车道作为绿信比选择的考虑对象。

绿信比方案的选择与信号周期的调整交错进行。二者结合起来,对各相位绿灯时间不断调整的结果,使各相位类饱和度 DS 维持大致相等的水平,就是“等饱和度”原则。

在 SCATS 系统的绿信比方案中,还为局部战术控制(即单个交叉口车辆感应控制方式)提供多种选择的灵活性。受车流到达率波动影响,某些相位按既定绿信比方案享有的绿灯时间可能有富余,而另外一些相位分配的绿灯时间又可能不足。因此,在不加长和缩减信号周期时长的情况下,有可能也有必要对各相位绿灯时间随实时交通负荷变化作合理的余缺调剂。这就要求在绿信比方案中对可能采用的调剂方式作出具体规定。在某些交叉口,可能有些相位的绿灯时间不宜接受车辆感应控制的要求而缩短,那么也要在方案中特别注意这些相位的绿灯时间只能加长不能缩短。

(5) 相位差的选择

在 SCATS 中,内部、外部两类相位差方案都要事先确定,并储存于中央控制计算机中。每一类包含五种不同的方案。在系统运行过程中,每个信号周期都要对相位差进行实时选择。在子区内部,五种相位差方案中的第一方案,仅仅用于信号周期时长恰好等于 $C_{\min}$ 的情况;第二方案,则仅用于信号周期满足 $C_s < C < C_s + 10$ 的情况;余下的三个方案,则根据实时检测到的“综合流量”值进行选择。对于每一条有关的进口道,都要分别计算出执行三种相位差方案(第三、四、五方案)时该进口道能够放行的车流量及饱和度。实质上,这与最宽通过带方法相似,SCATS 是对比上述三种方案所能提供给每一条进口道的通过带宽度,所能提供的通过带宽度愈大,说明这一方案的优越性愈明显。经过综合比较后,优越性最大的相位差方案“当选”。连续 5 个周期内有 4 次当选的方案,即被选为付诸执行的新方案。

对于协调子区之间关系的“外部”相位差方案,也采用与“内部”方案相同的方法进行选择。

5.3.1.3 SCATS 系统的特点

SCATS 系统具有以下特点:

(1) 检测器安装在停车线处,不需要建立交通模型,因此其控制方案不是基于交通模型的。

(2) 周期、绿信比和相位差的优化是在预先确定的多个方案中,根据实测的类饱和度值进行选择。

(3) 系统可根据交通需求改变相序或跳过下一个相位(如果该相位没有交通请求的话),因而能及时响应每一个周期的交通需求。

(4) 可以自动划分控制子区,且具有局部车辆感应控制功能。

SCATS 系统的缺点包括:

(1) 未使用交通模型,本质上是一种实时方案选择系统,因而限制了配时方案的优化程度,灵活性不够。

(2) 检测器安装在停车线附近,难以监测车队的行进,因而绿时差的优选可靠性较差。

5.3.2 SCOOT 系统

SCOOT 是由英国运输与道路研究所与 3 家公司于 1973 年开始联合开发的实时自适应控制系统,1979 年正式投入使用。经过 20 多年的发展,SCOOT 系统进行了多次升级,目前全世界共有数百个城市正在使用该系统。

SCOOT 是在 TRANSYT 的基础上发展起来的,其模型及优化原理均与 TRANSYT 相似。不同的是 SCOOT 是方案形成式的控制系统,通过安装于上游交叉口出口道车速运行稳定的断面上的车辆检测器,采集车辆到达信息,进行联机处理,采用小步距连续微调方式形成控制方案,并实时调整绿信比、周期时长及相位差等参数,使之同变化的交通流相适应。SCOOT 优化采用小步长渐近寻优方法,无需过大的计算量。此外,对道路网上可能出现的交通拥挤和阻塞情况,SCOOT 有专门的监视和应对措施。它不仅可以随时监视系统各组成部分的工作状态,对故障自动发出报警,而且可以随时向操作人员提供每一个交叉口正在执行的信号配时方案的细节情况,每一周期的车辆排队情况(包括排队队尾的实际位置)以及车流到达图式等信息,也可以在终端设备上自动显示这些信息。

5.3.2.1 SCOOT 系统的原理及组成

与 TRANSYT 系统类似,SCOOT 系统的核心也是由交通模型和配时参数优化两部分组成。不同之处在于:TRANSYT 是离线的而 SCOOT 是在线的,SCOOT 系统以实时测量的交通数据为基础,用交通模型进行配时优化。

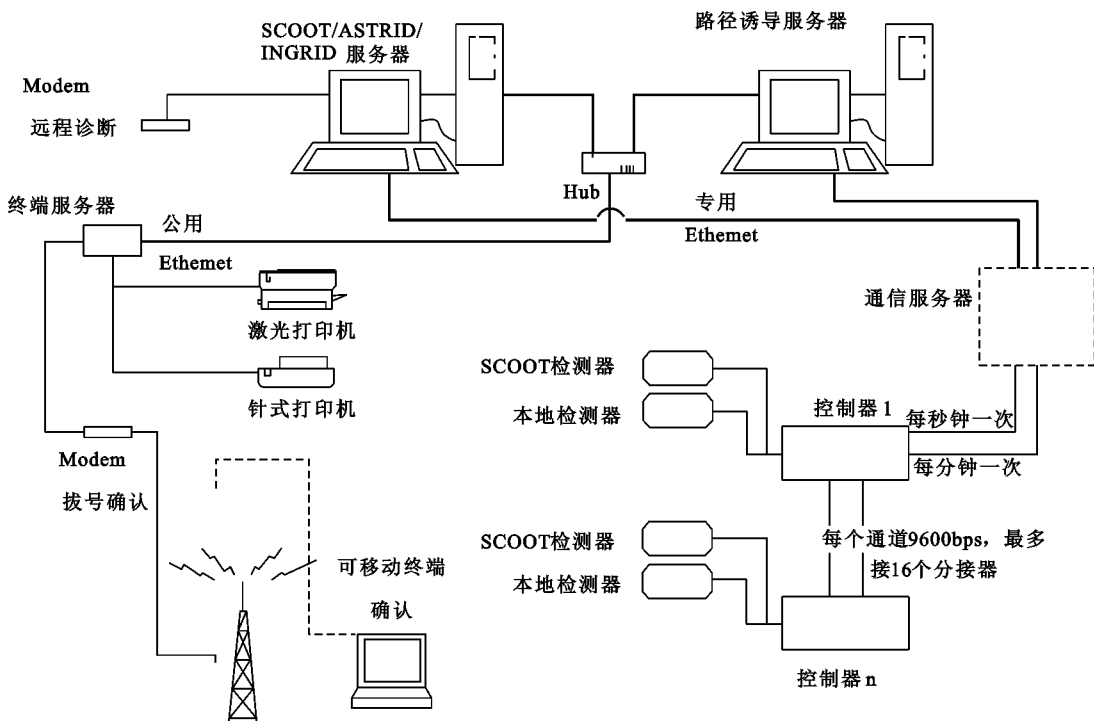
SCOOT 系统主要由 4 部分组成:① 交通数据的采集和分析;② 交通模型;③ 交通信号配时参数的优化及调整;④ 信号系统的控制。

系统将车辆检测器采集的交通信息经过处理后形成周期流量图式(Cyclic Flow Profiles,CFP),然后与预先存储在计算机中的静态参数,如连线上车队运行时间、信号相位顺序及相位时间等一起在交通模型中进行计算。SCOOT 优化程序由此计算出信号配时的最佳组合,得到的最佳配时方案被立即送到信号机予以执行。SCOOT 优化程序采用频繁的小增量寻优方法以跟随 CFP 的瞬间变化,即信号配时可随 CFP 的变化而相应地做微小调整,这样可以保证配时方案的调整不会对交通流的运行带来大的干扰,但在时间上又可以累加起来产生一个新的协调控制模式。

SCOOT 系统是一种两级结构,上一级为中央计算机,下一级为路口信号机。交通量的预测和配时方案的优化在中央计算机上完成;信号控制,数据采集、处理及通信在信号机上完成。系统的结构如图 5.5 所示。

下面简要介绍 SCOOT 系统的各主要组成部分。

(1) 交通数据检测

图 5.5 SCOOT 系统的结构^[2]

① 检测器

SCOOT 使用环形线圈检测器实时地检测交通数据。为避免漏测和复测,线圈采用 $2\text{m} \times 2\text{m}$ 方环形。路边不允许停车的情况下,可埋在车道中间。所有车道都要埋设传感器,一个传感器检测一条或两条车道,两条车道合用一个传感器时,传感器可跨在分道线中间。

② 检测器位置

SCOOT 通过实时检测,达到能实时预测停车线上“到达”流量图式和系统效能指标(PI 值)的目的,所以检测器的合适位置是设在离停车线相当距离的地点,通常设在上游交叉口的出口,离下游停车线尽量远。选择设置检测器地点时,要考虑下列因素:

- 当两交叉口间有支线或中间出入口、且其交通量大于干线流量的 10% 时,尽可能把检测器设在该支线或中间出入口的下游,否则需在支线或出入口上设置补充检测器。
- 检测器应设在公交车停靠站下游,避免其他车辆因绕道而漏测。
- 检测器应设在人行横道下游。考虑到车辆通过传感器的车速要求基本上等于该路段上的平均车速,传感器离人行横道至少应为 30m。
- 检测器设在离下游停车线距离至少相当于行车时间 8~12s 的路程或一个周期内车辆最大排队长度以上。

这样设置检测器的优点包括:

- 可实时检测当前周期流量,实时预测到达停车线的周期流量图;
- 可实时检测当前周期排队长度,避免因车辆队尾越过上游交叉口而加剧交通堵塞;
- 可实时检测车辆拥挤程度。

这样设置检测器的缺点是,不如设在靠近停车线处能实时检测饱和流量并执行感应控

制的功能。

③ 车流数据的采集

SCOOT 检测器可采集的交通数据包括:

a. 交通量。

b. 占用时间及占用率。占用时间即传感器感应有车辆通过的时间;占用率是占用时间与整个周期时长之比。

c. 拥挤程度。用受阻车队的占用率来衡量,SCOOT 把拥挤程度按占用率大小分为八级(0~7),称为拥挤系数。拥挤系数有时也作为 SCOOT 配时优化的目标之一。

为了能准确采集到检测器有车通过与无车通过的时间,采样周期要足够短。SCOOT 检测器每 0.25s 自动采集一次各检测器的感应信号,并作分析处理。

(2) 系统子区划分

SCOOT 系统子区划分由交通工程师预先判定,系统运行就以划定的子区为依据,运行中不能合并,也不能分拆,但 SCOOT 可以在子区中有双周期交叉口。

(3) 交通模型

① 周期流量图

SCOOT 的流量图式同 TRANSYT 一样,不同的是 SCOOT 根据检测器检测到的交通信息(交通量及占用时间)经处理后,实时绘制成传感器断面上的车辆到达周期流量图。然后在传感器断面的周期流量图上,通过车流离散模型,预测到达停车线的周期流量图,即“到达”图式。SCOOT 周期流量图纵坐标的单位为 lpu(连线车流图单位),是一个交通量和占用时间的混合计量单位,其作用相当于 pcu 的折算作用。北京 SCOOT 系统设定一辆小客车相当于 17 lpu,一辆大汽车相当于 32 lpu。与交通量的计量单位 lpu 相对应,停车线上饱和流量的单位也改用 lpu。

② 排队预测

利用每个检测点测量的周期流量分布图,SCOOT 交通模型可以对下游交叉口停车线上的车辆排队情况作出预测,图 5.6 为车辆排队长度预测的原理图,右上侧是检测器实测的传感器断面上的到达图式,每个周期都在更新;右下侧是停车线断面上预测的排队图。图中的当前时刻表示时间基准,它随时间的流逝逐渐向图中右方移动,在一个信号周期结束时,该基准重新回到最左边的起始位置,开始建立下一个周期的交通流分布图。如此循环往复,便可得到该断面上不断更新的交通流分布图,并由此来预测下游交叉口停车线上的车辆排队情况。根据预先存储在计算机里的该路段上车辆自由行驶速度和路段长度,可以预测交通流分布图中的车辆何时到达下游交叉口停车线。到达下游交叉口的车辆是顺利通过还是在停车线后排队,取决于该交叉口当时的信号状态和排队情况:当信号为红灯时,车辆受阻,并加到排队的尾部;当信号为绿灯时,若停车线处有排队存在,新到达的车辆仍需要排队,排队头部的车辆以饱和流量驶出,直到没有排队存在,此后到达的车辆则可以没有延误地顺利通过,直到变成红灯为止。显然,这种预测车队的方法会因某些偶然因素而不准确,例如某些车辆在通过上游检测器后或中途停车,或中途转弯驶入其他支路,并未驶向下游停车线。此外,饱和流量的变动、车队离散系数和自由行驶速度的估算准确度等也都直接影响排队长度的预测准确性。因此,要对交通模型的有效性和可靠性进行实地检验和修正。检验通常用实际观测的车辆排队长度同显示的预测排队长度作对比,例如预测排队长度未到达检测

器断面,但实际上检测器已被车辆所占,说明 SCOOT 模型低估排队长度。

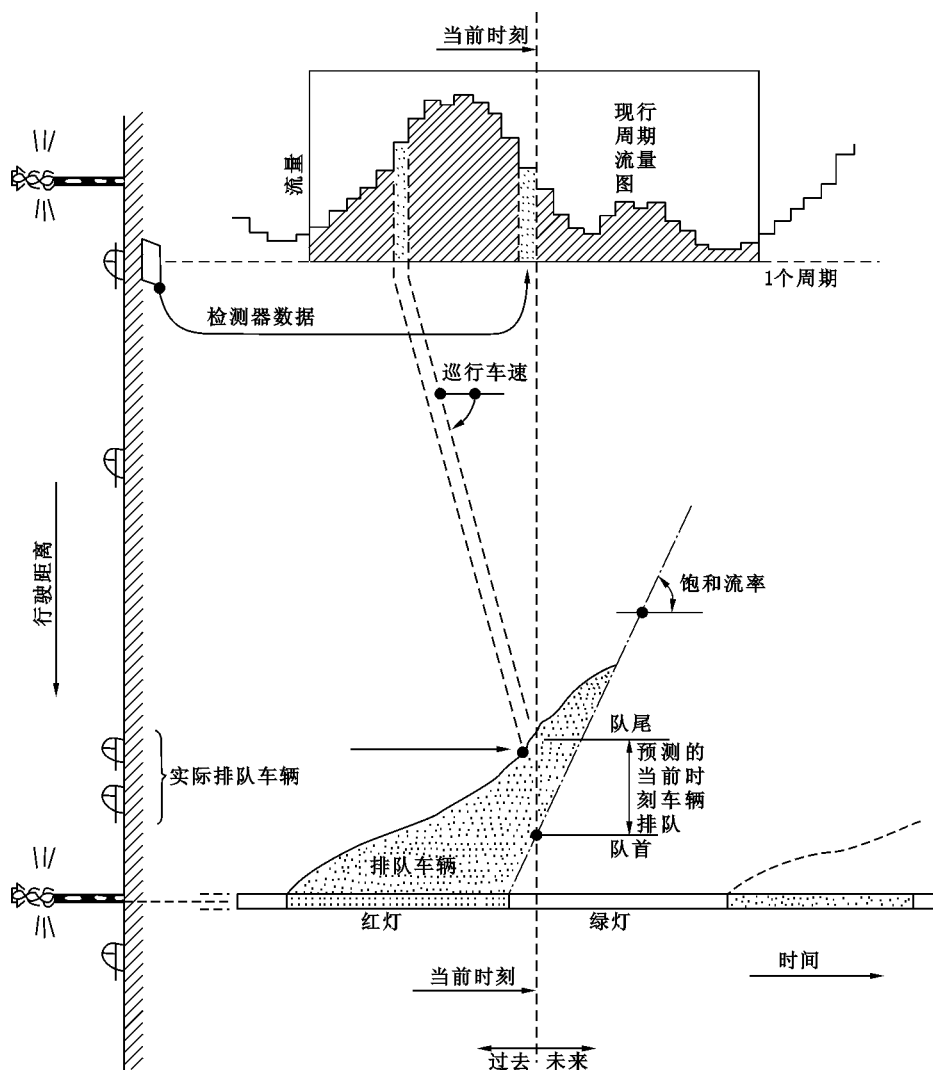


图 5.6 车辆排队预测示意图^[1]

③ 拥挤预测

为控制排队延伸到上游交叉口,必须控制受阻排队长度。交通模型根据检测的占用率计算“拥挤系数”,可以反映车辆受阻程度,同时因 SCOOT 检测器设在靠近上游交叉口的出口道上,因此当检测器测得有车停在检测器上时,表明排队即将延伸到上游交叉口。

④ 效能预测

SCOOT 用延误和停车次数的加权值之和,或者是油耗作为综合效能指标 PI ,但 SCOOT 有时也用“拥挤系数”作为效能指标之一。

从上述的排队预测中,SCOOT 可预测各配时方案下的延误与停车次数。

拥挤程度对信号配时优化的影响,随拥挤程度的加剧而增大。在配时优化中考虑降低拥挤程度,把拥挤系数也可列为综合效能指标之一。综合效能指标中取用的指标应视控制策略而定。例如,在高峰时以降低车辆延误为主要控制目标;在短距离交叉口间,考虑到要

避免车辆排队堵塞上游交叉口,可把拥挤系数作为控制目标之一。

另外,SCOOT 把饱和度作为优选周期时长的依据,因为饱和度随周期时长的加长(减短)而降低(增加)。饱和度达到 100% 时,势必发生严重的交通阻塞,所以 SCOOT 控制饱和度不超过 90%。

5.3.2.2 SCOOT 系统的信号参数优化

SCOOT 系统的信号参数优化策略为:对优化配时参数随交通到达量的改变而作频繁、适量的定量调整。适量的调整量虽小,但由于调整次数频繁,则可由这些频繁调整的连续累计来适应一个时段内的交通变化趋势。这样的优化策略是 SCOOT 成功的主要原因之一,有以下四大好处:

① 各配时参数的适量调整,不会出现过大的起落,可避免因配时突变而引起车流的不稳定。

② 由于对配时参数只需作适量的定量调整,大大简化了优化算法,实时运算的自适应控制才可能得到实现。

③ 频繁的调整,可避免对车流作长时间预测的难题。

④ 配时参数每次调整量不大,但因调整频繁而总能跟踪适应交通变化的趋势。

下面介绍信号参数(绿信比、相位差、信号周期等)的优化方法。

(1) 绿信比的优化

对 SCOOT 系统控制的每一个交叉口,各信号相位开始前的几秒钟,都要对现行绿信比方案进行评估,以确定是否要提前或延迟下一信号相位的开始时间。具体步骤见下文。

在某相位绿灯开始后的某一时刻(即“现时”),计算机根据上游检测到的车流到达图式,先计算“现时”车辆排队长度,并根据推算的未来时段车流到达和排队状况,判断是否要改变(缩短或延长)原定的绿灯时间。判断采用试算方法进行,既分别计算出 3 种情况下(维持原绿灯时间不变;绿灯时间缩短 4s;绿灯时间延长 4s)的车辆延误时间和停车率,取其中车辆延误时间和停车率最小的方案作为优化结果。由于调整绿信比时,周期时长保持不变,因此,某相位绿灯时间延长或缩短 4s 时,其他相位绿灯时间则相应缩短或延长 4s。另外,无论是缩短还是延长 4s,都只限于下一个周期之内,即这种 $\pm 4s$ 的调整是一种“临时性调整”。在下一次再要调整时,随正负方向保留 1s 的所谓“趋势性调整”。下一次的调整量,即在保留这 1s 基础上再调整 4s,以利于跟踪在一个时段内的交通变化趋势。

对绿信比的优化是逐个交叉口分别进行的,不考虑交叉口之间的关联性。与其他两项配时参数(相位差和信号周期长度)的优化调整相比,绿信比的优化调整是最频繁的。若一个交叉口有 3 个信号相位,那么每一个信号周期内要对该交叉口的绿信比作 3 次优化计算和调整。在根据优化计算结果对绿信比进行调整时,包括 3 种情况,即维持原绿信比不变、绿信比增加和绿信比减小。实践表明,维持原绿信比不变占总调整次数的 $2/3$,后两种各占 $1/6$ 。

在优化绿信比时,还需考虑交叉口总饱和度最小、车辆排队长度、拥挤程度及最短绿灯时长的限制等因素。

(2) 相位差优化

相位差优化的目的是使交通流平滑,使延误和停车次数最少并尽可能地减少堵塞。相位差优化以优化单元为单位进行,一个交叉口和与它相临的所有交叉口之间的连线(路段)

所构成的区域即为一个单元。

相位差的调整是通过改变交叉口的绿灯开始时间来实现的。一个交叉口的各相绿灯开始时间的改变,意味着它与相临交叉口之间的相位差全部改变。每一信号周期内,对控制区域内的每一个交叉口都要作一次相位差的优化,即确定是否要把该交叉口各相绿灯的开始时间同时提前或向后顺延一段时间。因此,就一对相临交叉口而言,它们之间的相位差在一个周期内可能要改变两次,每次调整量只有几秒钟。

每一个交叉口都有一个预先指定的时间点(如某一信号相位绿灯开始前的几秒钟)作为优化和调整相位差的时间。每到这一时间,SCOOT 优化程序便根据实时周期交通流分布图所提供的数据来估量相位差调整的必要性。估量的依据是与该交叉口直接关联的路段(连线)上车辆延误时间及停车次数。分别计算出几种调整方案及现行方案下该交叉口各连线上车辆延误时间及停车次数总和(确切来说是 PI 值), PI 值最小的方案即被认为是最佳方案。

和绿信比的优化一样,SCOOT 系统在进行各交叉口相位差优化时,除了要考虑优化单元内的各条连线上车辆排队长度之外,还要考虑每条连线的拥挤程度,其目的是为了防止产生过长的车辆排队,以致阻塞上游交叉口。特别是在相距很近的短连线交叉口上,容易发生下游交叉口的排队队尾堵塞上游交叉口的情况。一旦这些连线上出现明显的交通拥挤情况,在相位差优化时,将首先以改善连线上车辆行驶连续性为主要目标,不惜牺牲其他较长连线的利益(降低其行驶连续性),因为长连线上能够容纳较多的排队车辆。总之,随着连线上拥挤系数增大,其在相位差优化中所起的作用也越大。

(3) 信号周期长度的优化

考虑到路网上各部分交通负荷的差异,通常将 SCOOT 系统的整个控制区划分为若干个相对独立的子控制区。每一个子控制区内的各交叉口采用相同的信号周期长度,其中一些路口可以采用双周期。

SCOOT 对各个子控制区信号周期长度进行频繁、小步距的优化调整。考虑到系统运行要有足够的稳定性,周期长度的调整间隔不短于 2.5min (通常为 $2.5\sim 5\text{min}$),每次调整量只有几秒钟($\pm 4\sim \pm 8\text{s}$)。各子控制区的信号周期优化是独立进行的,不考虑子区之间的信号协调需要。为了防止出现过长或过短的信号周期优化值,通常要事先规定每一个子区共用信号周期的上、下限值。规定下限值主要是出于行车安全上的考虑,照顾到行人安全过街所必需的最少时间及车辆一次放行的最短绿灯时间,一般以 $30\sim 40\text{s}$ 作为信号周期的下限。规定上限值则是考虑在满足最大通过量要求的前提下,尽量减少车辆延误,上限值根据当地实际交通状况(车种构成、交叉口平面尺寸以及交通负荷大小等)而定,国外常用 $90\sim 120\text{s}$ 作为上限值,国内因自行车和低速大型车较多,可适当放宽一些($120\sim 200\text{s}$)。

信号周期长度的优化原则是保证子控制区内负荷最高的关键交叉口的饱和度不超过最高上限值(0.9)。若所有交叉口的饱和度低于 0.9 ,则逐渐缩短该子区的信号周期长度,使交叉口饱和度增加,直到关键交叉口饱和度增加至 0.9 左右,或虽然饱和度未达到 0.9 ,但信号周期长度已缩减至下限值。反之,若子区内某一交叉口饱和度超过 0.9 ,则逐渐增加该子区共用周期长度,直到交叉口饱和度降至 0.9 左右,或信号周期长度达到上限值。

如上所述,SCOOT 系统在对子控制区的共用信号周期进行优化时,只着眼于负荷最高的关键交叉口,使其饱和度维持在 0.9 左右。该子区范围内负荷较低的交叉口的饱和度必

然低于 0.9,有些甚至相当低,以致只需要采用共用周期的一半作为其周期长度,就足以满足其通过能力的要求。针对这一实际问题,SCOOT 系统特别提供了双周期的可能性,即根据各交叉口实际饱和度水平,自动安排部分交叉口为双周期制(而且这种双周期是可以逆转的,必要时可以由双周期转变为单周期)。需要指出的是,交叉口信号周期由单周期转换为双周期,或由双周期转换为单周期,都会引起信号配时的不连续变化,从而干扰车流的正常连续行驶。因此,SCOOT 系统在安排交叉口的单、双周期转换时,有较为严格的限制,不允许超过一定限度的频繁转换。此外,如果交通工程技术人员认为有必要,可以硬性规定:某些交叉口在任何时候都只能按单周期运行,而另外一些交叉口,只能按双周期运行。

在对信号周期长度的优化过程中,交通拥挤程度不作为直接的决定因素,其原因是某一路段由于车辆排队过长而出现明显的交通拥挤现象,系统本身很难正确判断出现过长排队的真正原因是交叉口通过能力不足,还是红灯时间过长。若为前者,显然应当加长信号周期,而对于后者,却要求缩短信号周期。所以,在 SCOOT 系统中,对拥挤程度的控制,唯有通过绿信比和相位差的优化调整来实现。

为处理饱和或超饱和状态,SCOOT 系统有专门设计的程序。系统测量每个连线上车队长度,当饱和或超饱和情况出现时,优化程序将变得对饱和或超饱和情况下的连线更有利。SCOOT 的 2.4 版及其以上版本增加了预防和处理饱和或超饱和情况的功能,主要包括:

(1) 闸门控制

闸门控制的主要目的是限制交通向敏感地区流动,而把车队重新分配到能容纳更长车队的道路上,以便防止该地区形成过长的车队或发生阻塞。为了实现闸门控制,SCOOT 必须能够修改交叉口的信号配时,这些路口可能离相关区很远甚至可能在另外的子区,闸门逻辑允许把一条或多条连线定义为临界连线或瓶颈连线。闸门连线是被指定为储存车队的连线,如果没有这些连线,瓶颈连线将被阻塞。当瓶颈连线达到一个预定的饱和度时,闸门连线的绿灯要减少。

全部控制逻辑都包含在绿信比优化器中。对一个瓶颈连线,交通工程师要确定它的临界饱和度,超过这个值预计会发生问题。临界饱和度用来触发闸门算法。如果饱和度小于或等于临界饱和度,而且两次判断皆如此,则闸门不起作用。如果闸门的饱和度大于临界饱和度,而且两次判断都如此,则闸门将起作用,通常是减少闸门连线的绿灯时间。然而,闸门逻辑也可能引起瓶颈下游的闸门连线的绿灯时间的增加,以便尽快释放闸门连线的车队。所有的改变都要受正常的绿信比优化器的支配。

(2) 饱和相位差

在饱和条件下,对一条连线相位差的要求,与正常情况下的要求(使连线的延误最小)有所不同。此时相位差的设定要求是使通行能力最大。而当上游交叉口向临界入口显示绿灯时,此连线不会发生饱和。当一条连线被测出饱和时,将强制采取饱和相位差,相位差优化器将把它的优化结果弃而不用。

(3) 利用相邻连线的信息处理饱和问题

为解决饱和问题,一条连线可把本身的信息和来自另一条连线的饱和信息共同使用,或者仅使用后者。如果一条连线的车队过长,达到上游连线的检测器上,则其上游连线的饱和,可看作该连线的饱和造成的。这时,要把上游连线当作该连线的饱和信息源,而把该连线下游交叉口的配时方案予以调整。

5.3.2.3 SCOOT 系统的特点

由前文可知,SCOOT 系统具有如下特点:

(1) 具有灵活的、比较准确的实时交通模型,不仅可以用来确定信号配时方案,还可以提供各种信息如延误、停车次数和阻塞数据,为交通管理和交通规划提供数据支持。

(2) 采用短时间预测形式,只对下一个周期的交通条件做出预测,并根据预测结果进行控制,大大提高了预测的准确性和控制的有效性。

(3) 在信号参数优化调整方面,采用频繁的小增量形式,一方面避免了信号参数的突变给受控路网内车辆运行带来的扰动,另一方面,由频繁调整产生的配时参数的累加变化,又可以适应交通条件的较大变化。

(4) 系统的车辆检测器埋设在上游交叉口的出口处,为下游交叉口信号配时的优化调整提供了较充足的时间,同时,又可以预防车队阻塞到上游交叉口(在此情况出现之前就采取措施加以避免)。

(5) 具有鉴别检测器状态的能力,一旦检测器出现故障,能及时采取相应措施,减少检测器故障对系统的影响。

SCOOT 系统的不足包括:交通模型的建立需要大量的路网几何尺寸和交通流数据,因而费时费力;绿信比的优化依赖于对饱和度的估算,并且以小步长变化对其进行调整,因此有可能不足以及及时响应每个周期的交通需求;信号相位不能自动增减,相序也不能自动改变;控制子区的自动划分问题尚未解决。

5.3.3 RHODES 系统

RHODES(Real-time Hierarchical Optimized Distributed and Effective System)系统是由美国 Arizona 大学于 1996 年开发成功,并陆续在美国亚利桑那州的 Tucson 和 Tempe 两个城市进行了现场测试,结果表明该系统对半拥挤的交通网络有很好的控制效果。

5.3.3.1 RHODES 系统的主要原理、结构及原型

(1) RHODES 系统原理

由于通信、控制、计算机等领域的技术进步,使得快速传输和处理信息以及灵活实施多种控制策略成为可能。交通流是随机变化的,同一时间间隔内的车辆到达数也是随机的,这种变化为在路口控制层改善交通控制系统的性能提供了机会;类似地,车队包含的车辆数也是变化的,这种微小的变化也为改善交通控制系统的性能提供了机会。这些机会单独改善控制系统性能的效果也许微不足道,但是如果每一个机会都被充分利用,则总体改善效果将是相当可观的。RHODES 系统充分利用了这一点,通过预测模型预先获得交通流的必要信息,并对其提前做出及时有效的响应。

(2) RHODES 系统的结构

RHODES 系统在物理结构上是一个两级结构,即中心计算机级和信号控制器级,从这一点来看与 SCOOT 系统类似。但它把系统控制问题分解为三层递阶结构,即路口控制层、网络控制层和网络负荷分配层,如图 5.7 所示。

在路口控制层,主要根据检测的交通流及各种约束条件进行交通流预测、相序和绿灯时长的控制,这种控制每秒钟都要进行。在网络控制层,主要对车队的行驶情况进行预测,从而为网络中的各个路口建立协调约束。这种预测每 200~300s 进行一次。在网络负荷分配

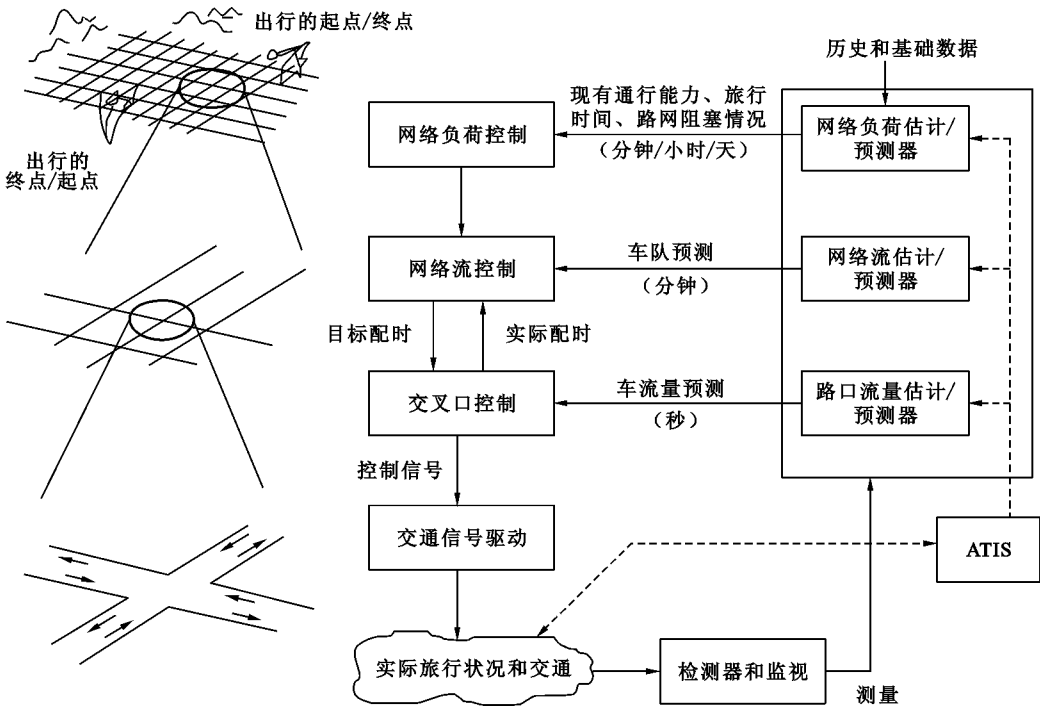


图 5.7 RHODES 系统的递阶结构^[2]

层,主要对长时期(通常是 1h)内总的交通需求进行预测,从而提前确定将来排队长度的上界。先进的出行者信息系统和动态交通流分配中的许多技术可以在这一层实施。这种分布式结构虽然增加了路口控制器间的通信任务,但减轻了中心控制器的计算任务及其与路口控制器的通信任务,而且实现路口控制器之间的通信比较容易,这就使 RHODES 对交通流的实时自适应最优控制成为可能。

(3) RHODES 系统的原型

RHODES 系统的原型如图 5.8 所示。系统由 5 部分组成:交叉口优化模块、路段交通流预测模块、网络流优化模块、车队预测模块和参数及状态估计模块。各模块之间均有信息交换。交叉口优化模块和路段交通流预测模块一起构成交叉口控制器,网络流优化模块和车队预测模块一起构成网络流控制器。

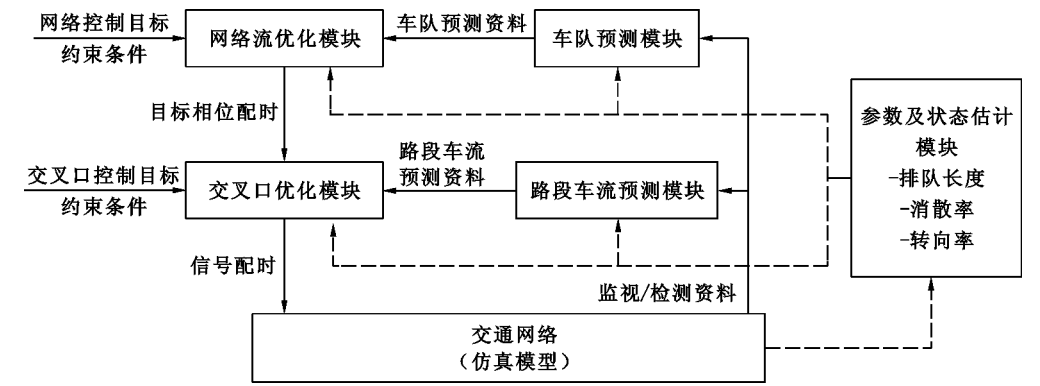


图 5.8 RHODES 原型的组成^[2]

5.3.3.2 RHODES 系统的控制方法

RHODES 系统通过预测单个车辆的到达和车队的运动,分别跟踪交通流在较短时间内的波动和较长时间内的变化趋势,根据最优化给定的性能指标(最小平均延误、最小路口平均排队长度或最小停车次数等)的原则划分相位,提出了非参数化控制模型,即不是利用周期、相位差和绿信比等参数制定信号配时方案,而采用相序和相位长度来制定信号配时方案。

(1) 路口控制

在路口控制层,提出了一种相位可控优化概念(Controlled Optimization of Phases, COP),根据到达车辆的预测值,用动态规划(Dynamic Programming, DP)方法找出最优相序和相位长度,使给定的性能指标达到最优。相序也可以由交通工程师预先给定。为了实时应用动态规划,RHODES 系统采用了滑动时间窗以减少计算量,并采用一种动态规划算法,来优化相序和相位长度。优化前要给定相序(可以由上一层的网络流控制给出),以便每个阶段对应一个相位,且阶段数一般大于相位数,即可能有相同的相位对应不同的阶段。若交通工程师没有作限制的话,允许通过把某一相位长度置为 0 而跳相,从而实现优化相序的目的。COP 在一个 45~60s 的滑动时间窗中进行,先前向递推评价每一阶段每一项可能的决策,再后向递推决定在优化滑动时间窗内使系统性能指标最小的相序和相位长度,并把第一阶段的决策付诸实施。然后在当前相位即将结束前,从当前相位开始,根据最近的观测资料和预测资料,进行下一次优化。COP 可采用不同的性能指标(包括延误、排队长度和停车次数),从而使控制算法更灵活。

(2) 网络流控制

在网络流控制层,提出了一种称为“实时绿波带”(Realband)的算法,其原理是:根据当前的车队预测值,综合考虑网络各个方向车队可能发生的冲突,用决策树法对网络交通信号进行协调优化,并生成行进绿波带,其宽度和速度值能使网络目标函数达到最优,即延误和停车次数最少。当 RHODES 系统预测到两个或两个以上的车队对绿信号的需求发生冲突时,先生成一个决策树,决策树的每一个分枝代表一种解决冲突的策略。利用相应的模型对每一种策略进行评估,并选择性能最优的策略作为网络流控制层的控制策略。网络层的控制决策用来为路口控制层建立协调约束。

“实时绿波带”算法综合了基于延误模型的协调控制系统(如 SCOOT)和基于带宽模型的协调控制系统(如 SCATS)的优点,充分考虑各方向车队行进的连续性,根据车队的到达时间、大小和速度的预测值以及离散或压缩程度和转向车流的干扰,在线生成行进绿波带,从而尽可能保证车队行驶的连续性,使系统性能指标达到最优。

Realband 通过对最近几分钟从不同信息源获得的交通流数据进行滤波和融合处理,识别出车队并预测其在网络中的运动(包括到达交叉口的时间、车队大小和速度),然后用 APPES-NET 模型来演化所预测的车队在给定时间窗内通过网络的运动。交通信号为所预测的车队提供一个合适的绿灯时间,从而使给定的性能指标达到最优。如果同时到达交叉口的两支车队对绿信号的需求有冲突,则给予其中一支车队以优先通行权或把其中一支车队分割为两部分,从而使给定的性能指标达到最优。解决车队对绿信号的需求冲突是 Realband 的主要目标。

5.3.3.3 RHODES 系统中公交优先控制

公交优先是缓解城市交通拥堵的重要途径,其具体措施包括:建立公交专用道、交叉口公交车优先通行等。RHODES 的最新版本在对普通车流影响不大的前提下,增加了公交优先功能,提出了“公交绿波带”(Busband)的概念。

公交优先可以通过以下几种方法实现:

- ① 预案控制优先策略:预先制定减少公交延误的配时方案;
- ② 感应控制优先策略:当检测器检测到驶向路口的公交车辆时,延长、提前、增添或忽略某些相位以适应公交车辆的交通需求;
- ③ 基于优化算法的实时自适应控制优先策略:赋予每个交通需求一个权值,根据加权后的性能指标实时优化信号配时方案。

RHODES 采用了第 3 种方法。预案控制优先策略通过考虑诸如公交旅行时间等因素,采用减短周期长度以减少延误、设计使公交需求大的相位出现频率较高的相序等措施来适应公交需求。感应控制优先策略要求系统有检测或辨识公交车的能力,最基本的策略是通过延长当前相位或提前激发某个相位实现公交优先;还有提供短公交相位、缩短交通需求小或无交通需求的非主干道相位等策略。实时自适应控制优先策略通过系统性能指标(主要是延误,包括旅客延误、车辆延误、加权车辆延误和它们的组合)优化来实现公交优先。

RHODES 系统引入公交优先时,假定可以预先知道公交车在路网中的确切位置(如利用 GPS 进行公交车定位),并通过先进的通信系统获得公交车上的乘客数量,或通过算法估计乘客数量。RHODES 系统赋予每个交通需求一个可变权值:对于公交车辆,若乘客多或公交晚点则增大权值,若乘客很少或公交早点则减小权值;对于普通车辆,若目标函数考虑车辆延误,且车辆在车队中的等待时间较长,则增大权值。由于考虑了乘客数量和晚点,RHODES 往往会给公交车一个较大的权值,从而为公交车提供一个有效的绿波带,实现公交优先通行。公交车的这种优先通行权即为“公交绿波带”。

5.3.3.4 RHODES 系统特点

RHODES 系统是一个比较成功的实时自适应区域交通控制系统,具有以下特点:

(1) RHODES 在硬件上是一个两级结构,即中心计算机级和信号控制器级。但控制结构上采用一种 3 层递阶结构,即路口控制层、网络控制层和网络负荷分配层。路口控制层跟踪交通流在短时间内(45~60s)的波动,进行路口交通控制;网络控制层跟踪交通流在较长时间内(200~300s)的变化趋势,建立路口间的协调约束;网络负荷分配层跟踪长时间的交通流变化规律,并提供与智能运输系统其他模块的接口。

(2) 提出了一种称为“实时绿波带”的概念,根据当前的车队预测值,综合考虑网络上各方向车队可能发生的冲突,用决策树法进行网络优化并实时生成行进绿波带,其宽度和速度值能使区域目标函数达到最优,即延误和停车次数最少。

(3) 系统在预测方法上进行了深入研究,为了保证预测的准确性,将车辆检测器安装在路口的车辆进口处,本路口某方向到达车辆可由上游路口三个方向(左转、右转和直行)上检测到的车流量进行预测,通过本路口检测器可对预测值进行检验和校正,从而使预测尽可能准确。

(4) 提出了一种相位的可控优化概念,根据到达车辆的预测值,用动态规划方法找出最优相序和相位长度。为了实时应用动态规划,系统采用滑动时间窗以提高控制的精确程度。

(5) 系统优化目标可为最小化平均车辆延误、最小化路口平均排队长度或最小化停车次数。实施公交优先时,延误可为乘客延误、车辆延误、加权车辆延误或它们中某几个的组合。系统目标的灵活多样使控制算法更为灵活。

(6) 提供了与交通分析软件的接口,可离线评价配时方案的优劣或作为研究工具。

5.3.4 SPOT/UTOPIA 系统

意大利 Mizar Automazione 公司开发的分布式实时交通控制系统 SPOT(Signal Progression Opimization Technology)/UTOPIA(Urban Traffic Optimization by Integrated Automation),其最早版本于 1985 年安装在意大利的 Turin,取得了比较满意的效果。该系统在意大利、挪威、荷兰、瑞典、芬兰和丹麦等国应用较多,在英国和美国也有个别城市使用了该系统。SPOT/UTOPIA 系统的特点如下:

(1) SPOT/UTOPIA 系统由两个部分组成,其结构如图 5.9 所示。SPOT 独立工作时是一个小型的分布式交通控制系统,一个 SPOT 系统管理的路口一般不超过 6 个。每一个路口机必须安装一个 SPOT 单元,可以与交通灯控制机及其他路口机通信,因此各路口的通信方式是对等的。UTOPIA 是一个面控软件,在联网的中心计算机上运行。路口数较多时,可划分若干子区,每个子区是一个 SPOT 系统,然后由 UTOPIA 协调组成区域控制系统。

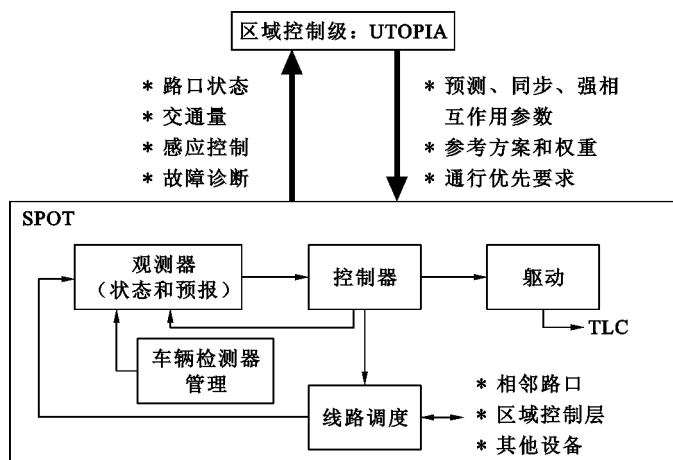


图 5.9 SPOT/UTOPIA 系统结构^[3]

(2) 每 3s 路口机之间的数据交换一次,同时各路口机在滑动时间窗(Rolling horizon)上进行一次优化,该时间窗的长度为 2 分钟。路口机优化时主要考虑路口状态(指各个方向的排队长、转向率和饱和度等)、延误、停车次数、公交和特种车辆优先、路段的剩余通行能力、行人过街请求及中心机的区域控制方案。这意味着每次优化的结果只能运行 3s,这种方式被称为“开环反馈控制”。

(3) 系统在当初设计和开发时就考虑了公交优先的功能,因而其控制目标是:在保证公交车不遇红灯的情况下,使私家车总的旅行时间最短。为了实现这一目标,该系统在最小化目标函数中,引入权重的概念。最大权重赋给公交车在路口的损失时间项。

(4) 系统为了保证子区控制的最优性和鲁棒性,采用了“强相互作用”概念,即本路口的

目标函数要考虑相邻路口的状态及区域控制级给出的约束条件。

(5) UTOPIA 要为整个网络进行最优控制决策,它接收各 SPOT 单元发来的路口状态信息,确定子区的划分、子区的最佳周期(每个子区在同一周期下运行)、最佳权重等。该系统除了与 SPOT 通信外,还可通过 TCP/IP 接口与更上一层的系统(如交通指挥中心)交换信息。UTOPIA 在运行过程中还建立了一个实际状态信息数据库,以便在系统出现故障时,可进行后备方案选择。

5.3.5 OPAC 系统

自适应控制的最优策略(Optimization Policies for Adaptive Control,OPAC)系统是一个分布式实时交通信号控制系统,其最早的版本为 OPAC-1,于 1979 年完成。以后陆续进行了版本升级,2000 年完成的版本为 OPAC-5。1986 年以前的版本只能离线进行控制方案配时,1986 年后推出实时控制版。1996 年,在美国新泽西州的 18 号公路对 OPAC 系统进行了现场测试,取得了满意结果,特别是对很拥挤的交通干线比较有效。OPAC 系统主要有以下几个特点:

(1) 引入有效定周期(Virtual Fixed Cycle,VFC)的概念,即允许每一个路口的周期长度在一个规定的时间和空间范围内变化。其好处是:信号控制机有比较大的回旋余地以应付本路口的交通请求,另外,也为两路口间的行进中的车队改善其通过带保留了一定的协调能力。

(2) 在硬件上为分布式结构,每个路口机由信号控制机和一台 586 以上的 PC 机组成,路口机之间可以对等通信,或通过中心计算机通信。中心计算机由 2 到 3 台 PC 机组成。在控制上分为三个层次:最低层在 VFC 的约束下,对信号配时进行优化;中间层对相位差进行优化;最上层进行信号同步,找出最优的 VFC。

(3) 是一个真正的分布式系统,中心计算机只完成 VFC 的优化,当相邻路口之间通信失败时可通过中心计算机进行对等通信。路口机完成车队预测、相位优化以及排队长、停车次数和延误等参数或状态的估计和检测。路口机在进行优化时,主要考虑 VFC 约束和可操作性约束。

(4) 检测器安装在各个车道上游离停车线 8~12s 车程的地方,便于准确预测车流量、车队行进等数据。

(5) 采用先进的优化方法和控制技术,如动态规划、自校正、自调整算法等。为了保证优化计算的实时性,采用了滑动时间窗方法。

5.4 基于多智能体的区域交通控制系统

5.4.1 传统交通控制系统的局限

交通控制系统直接关系到道路交叉口及道路网的交通状态,特别是在目前道路交通量日益增加的情况下,对交通控制系统的要求也变得越来越高的。在交通控制领域,以整个城市或者区域为对象的区域控制方法一直是国内外学者的研究热点。但是,传统的交通控制系统存在以下局限:

(1) 传统的交通控制方法是通过对整个区域的路网及交通流进行数学抽象,在此基础上通过建立数学模型,应用运筹学方法以及最优控制理论求取最优控制变量,以期对交通系统的整体控制达到最优。但由于城市交通系统是一个典型的非线性、动态时变的、不确定性的复杂大系统,要对它建立精确的数学模型是非常困难的,所采用的最优算法在实际应用中未必能达到最优。另外,出于简化问题和方便处理的目的,在建立交通模型和优化算法时,往往采用了一些简单的确定性方法或人为设定一些理想化的假设条件,从而使系统本身具有难以克服的内在缺陷。

(2) 传统的交通控制系统中信号配时方案主要是针对平缓交通流状态,且大多数实时自适应控制系统一般仅可对较小的交通流变化进行限制性的适应调整,而对由事故、施工等引起的交通流突然的、大幅度变化缺乏良好的应对能力。

近年来,随着人工智能、系统工程等学科的发展,分布式人工智能已成为人工智能领域的发展方向之一,而智能体(Agent)技术又是分布式人工智能的研究热点。智能体技术可应用于交通控制、高级机器人控制、信息检索等领域,具有广泛的应用前景。

5.4.2 智能体(Agent)的基本概念

智能体(Agent)概念出现于20世纪70年代的人工智能领域,80年代后期逐步发展起来。智能体是指在一定的环境下能独立自主地运行、作用于自身生成的环境也受到外部环境的影响、且将推理和知识表示相结合的智能实体,具有自治性、反应性、可通信性、自学习性等基本特征。智能体可以是嵌入在一定环境中的软件实体,也可以是硬件实体。

一般来说,智能体应具有如下功能:

(1) 自主性:智能体能自行控制其状态和行为,能在没有人或其他程序介入时独立操作和运行。

(2) 感知能力:智能体能感知周围环境的变化,在变化的环境中保持决策的正确性并具有适应性。

(3) 通信能力:智能体能与其他实体交换信息,实现相互协作的目的。

(4) 能动性:智能体主动表现出目标驱动的行为,能自行选择合适时机采取适当的动作。

(5) 推理和规划能力:智能体能对自身的活动以及其他智能体的活动作出判断和推理,并规划下一步的行动。

(6) 协作能力:智能体能与其他智能体进行协作并消除冲突,以执行和完成一些相互受益且自身无法独立完成的复杂任务。

(7) 适应性或进化性:智能体能学习经验和知识,并调整自己的行为以适应新的形势。

在智能体概念的基础上,人们又提出了多智能体系统(Multi-Agent System, MAS)。多智能体系统是一个有组织、有序的智能体群体,共同工作在特定的环境中。每个智能体根据环境信息完成各自承担的工作,也可以分工协作,合作完成特定的任务。基于MAS的控制系统不同于传统意义上的分散控制,它是把控制器当作具有自治性和协作性的主动行为能力的智能体,通过相关智能体的通信和任务分享进行协调工作,以实现预定的目标。多智能体系统的这些特征,为交通系统这一典型分布式系统的协调控制提供了有效的解决方案。

5.4.3 基于多智能体的区域交通控制系统

5.4.3.1 基于多智能体的区域控制交通系统结构框架

区域交通控制系统通常采用多级递阶的层次结构,每一级都由功能、结构类似的智能体 (Agent) 组成,主要包括 3 类 Agent: 中心控制级 Agent(CTA), 区域控制级 Agent(ARA) 和 路口执行级 Agent(ISA)。系统的结构框架如图 5.10 所示。

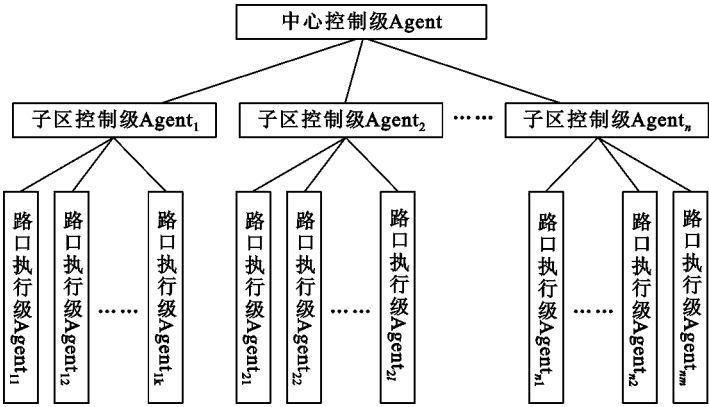


图 5.10 基于多智能体的区域交通控制系统结构框架

在基于多智能体的区域交通控制系统中,利用单个路口执行级 Agent 对单个交通信号对象进行控制,并通过 Agent 之间协商、协作,实现城市交通区域智能协调控制。上级智能体可以作为其所属下级智能体的协调单元,对它们之间的协调控制确定协调对策和协调参量;而下级智能体则需向对应的上级智能体传输其局部系统环境和系统控制性能的反馈信息,以作为上级智能体的决策依据。相邻智能体之间可以相互协调,在无法达成一致时再进行区域协调。这样,每个智能体都有一定的自主性,但又不完全独立,在接到其他智能体的协调请求时,则进入协同工作状态,并通过上一级智能体的决策达到子区最优或全局最优。

下面分别介绍各级 Agent 的功能。

(1) 中心控制级 Agent

中心控制级 Agent 是整个系统的最高层,负责系统的整体管理、各区域控制级 Agent 之间的协调等,具有最高的决策权力。中心控制级 Agent 可对整个系统的交通运行状况进行评估,根据各方面的汇总信息,进行推理、规划和决策,实现所有子区域控制系统间的协作。

(2) 区域控制级 Agent

区域控制级 Agent 是控制系统的中间层,负责本区域内各路口执行级 Agent 的协调工作,也可对本控制区域的部分路口强行设置控制模式,并实现与其他区域控制级 Agent 之间的信息交流及合作。

(3) 路口执行级 Agent

路口执行级 Agent 位于系统的最低层,具有关于本交叉口以及其所连接街道几何形状、街道特点的知识和数据,负责本交叉口的信号控制,可与其相邻的交叉口进行实时的通讯联系,并根据本路口交通流状况以及周围的交通情况,实时自动地对交通信号进行调整,

车辆检测器将检测到的路口交通参数信息发送给 ISA, ISA 对数据进行预处理, 剔除不符合要求的数据, 然后把数据传送给融合算法模型, 经过融合计算得到符合实际的基础交通参数, 将参数送到数据预测模型和参数调整模型。由于预测数据与实际数据有一定误差, 参数调整模型根据误差的大小来调整数据预测模型中的相关参数。学习器根据接收的相关信息和相关的经验知识或学习得到的定量信息, 不停地与规则库和知识库进行交互, 并根据每个路口的实际情况进行学习调整。相邻的 ISA 和 ARA 通过协调模块作用于知识库和控制策略, 形成最终的控制策略。

5.4.3.3 基于博弈论的全局优化控制

从智能体的控制目标来说, 路口执行级 Agent 的优化目标是使本路口交通畅通, 区域控制级 Agent 的优化目标是使本控制子区交通畅通, 中心控制级 Agent 的优化目标是使整个道路网交通畅通。路口执行级 Agent 之间、路口执行级 Agent 与区域控制级 Agent 之间、区域控制级 Agent 之间是相互影响、相互作用的。因此, 每个 Agent 的决策必然受到另外一些 Agent 的策略选择的影响, Agent 之间必然会发生一定程度的冲突。

下面采用基于博弈论的区域协调模型来协调智能体之间的相互关系, 实现智能体之间的协调控制, 从而达到全局优化控制。

(1) 协调模型

一次博弈协调定义为

$$G = \{A, I, S, U\} \quad (5.9)$$

式中 A ——表示博弈协调中的行为和决策主体, 它是通过选择行动策略以最大化自己的效用水平, 是所有 Agent 的集合, $A = \{Agent_1, Agent_2, \dots, Agent_n\}$;

I ——表示每个主体拥有的信息, 包括其他主体的特征和行动策略的信息;

S ——表示主体所有可能的策略或行动的集合, 一个主体的全部可行策略称为它的策略空间。每个 Agent 有一个纯策略的有限集, $S = \{\text{东西直行, 南北直行, 东西左转, 南北左转}\}$, 但对某些特殊形状的交叉口, 其策略空间可相应调整;

U ——效用函数, 是指在既定策略组合条件下主体的得失情况, 即在一个特定的策略组合下主体得到的效用水平。

$Q_i(t)$ 表示 t 时刻等候在第 i 个路口的车辆数量的向量。

$$Q_i(t) = \{Q_{i,E}(t), Q_{i,S}(t), Q_{i,W}(t), Q_{i,N}(t)\}$$

式中 $Q_{i,E}(t), Q_{i,S}(t), Q_{i,W}(t), Q_{i,N}(t)$ ——分别为 t 时刻等候在第 i 路口的东南西北 4 个方向的车辆数;

Q_i ——表示第 i 路口等候车辆数阈值的向量。

$$Q_i = \{Q_{i,E}, Q_{i,S}, Q_{i,W}, Q_{i,N}\}$$

式中 $Q_{i,E}, Q_{i,S}, Q_{i,W}, Q_{i,N}$ ——分别为第 i 路口的东南西北 4 个方向等候车辆数的阈值, 阈值可根据具体情况进行修改。

纳升均衡。设有 n 个 Agent 的博弈描述为 $G = \{A, S, U\}$ 。

若此问题中的战略组合 $S^* = \{s_1^*, \dots, s_i^*, \dots, s_n^*\}$ 是一个纳什均衡, 则必须满足

$$U_i(s_i^*, s_{-i}^*) \geq U_i(s_i, s_{-i}^*), \forall s_i \in S_i \quad (5.10)$$

式中 s_i^* ——第 i 个 Agent 选择的策略;

s_{-i}^* ——除 i 之外的所有 Agent 的策略组成的向量;

U_i ——第 i 个 Agent 的效用水平;

S_i ——第 i 个 Agent 的策略空间。

一个 Agent 的决策会影响其他 Agent 的决策,同时,也受其他 Agent 决策的影响。因此,一个 Agent 在作决策时,应考虑其他 Agent 可能采取的策略。通过 Agent 之间的通信,每一个 Agent 对其他 Agent 的特征(策略空间、效用函数等)有完全的了解,这决定了 Agent 间的协调过程是基于完全信息的博弈过程。每个 Agent 依据它所拥有的信息 I ,在 S 中选择合适的策略,通过不断的协调,使它们的利益达到纳什均衡。

(2) 协调算法:

步骤 1:路口 Agent 的车辆排队数超过阈值,则向相邻的 Agent 发出协调请求。

步骤 2:相邻路口 Agent 响应请求,寻找纳什均衡。

步骤 3:如果纳什均衡存在,则每个 Agent 按照使纳什均衡存在的策略控制本路口,协调结束;如果没有纳什均衡,则向该路口所在的区域 Agent 发出协调请求。

步骤 4:区域 Agent 响应请求,对其所管辖路口 Agent 进行博弈协调,寻求纳什均衡;如果纳什均衡不存在,则向相邻的区域 Agent 发出协调请求。

步骤 5:相邻的区域 Agent 响应请求,进行博弈协调,寻求纳什均衡;如果纳什均衡不存在,则系统的自动协调失败,各 Agent 保持原先的控制策略不变。

本章小结

本章首先介绍了交通信号控制系统发展历程、系统分类等基础知识,然后对定时式脱机控制系统进行了阐述,重点论述了区域控制系统 TRANSYT 的仿真模型、信号配时优化过程等。其次介绍了感应式联机控制系统,重点论述了典型区域控制系统如 SCATS 系统、SCOOT 系统、RHODES 系统等的结构、信号控制参数优化模型、系统特点等。最后介绍了基于多智能体的区域交通控制系统的概念、体系结构和优化控制模型。基于多智能体的区域交通控制系统与传统交通控制系统相比,具有独特的优势,是交通控制领域未来的发展方向之一。

本章的重点是定时式脱机控制系统和感应式联机控制系统的概念、典型区域控制系统的组成、信号控制参数优化方法和优化模型等。

参考文献

- 1 吴兵,李晔. 交通管理与控制. 北京:人民交通出版社,2005
- 2 刘智勇. 智能交通控制理论及其应用. 北京:科学出版社,2003
- 3 陆化普,李瑞敏,朱茵. 智能交通系统概论. 北京:中国铁道出版社,2004
- 4 张飞舟,范耀祖. 交通控制工程. 北京:中国铁道出版社,2005
- 5 李英. 多 Agent 系统及其在预测与智能交通系统中的应用. 上海:华东理工大学出版社,2004
- 6 杨兆升,陈昕,胡娟娟等. 城市交通区域智能协调控制研究. 交通与计算机,2005(4)
- 7 刘智勇,梁渭清. 城市交通信号控制的进展. 公路交通科技,2003(6)
- 8 于德新,杨兆升,王媛等. 基于多智能体的城市道路交通控制系统及其协调优化. 吉林大学学报(工学版),2006(1)
- 9 承向军,杨肇夏. 基于多智能体技术的城市交通控制系统的探讨. 北方交通大学学报,2002(5)
- 10 高海军,俞国军,李振龙. 基于 Agent 的城市交通信号控制. 控制与决策,2004(7)

- 11 徐良杰,王炜. 基于遗传算法的交通流控制优化模型. 公路交通科技,2006,23(5)
- 12 周申培,严新平. 信息融合技术在交通流量预测中的应用. ITS 通讯,2005(3)
- 13 陈先桥,严新平,初秀民. 分布交通仿真网络控制模型研究. 武汉理工大学学报(交通科学与工程版),2006(3)

6 先进的交通管理系统

6.1 概 述

先进的交通管理系统(Advanced Traffic Management System, ATMS)是指以智能技术为支撑,以系统化、标准化、规范化、人性化等为特征,安全、可靠、高效、经济、实用的各类交通管理系统的集成。先进的交通管理系统是 ITS 的重要组成部分,它基于信息技术和道路交通的发展需求,反映了现代化城市及城市间交通系统建设的必然要求和发展趋势。

我国先进的交通管理系统的发展目标是:以信息技术为主导,以计算机通信网络和智能化指挥控制管理平台为基础,建成集高新技术应用为一体的智能化道路交通管理体系,实现交通指挥现代化、管理数字化、信息网络化、办公自动化,最终达到改善现有路网的运行状况,充分、高效地利用现有交通基础设施,缓解交通拥堵、减少环境污染、节约能源、提高驾驶员行驶的安全性和舒适性等目的。

目前,国际上最常见的 ATMS 形式是以交通指挥中心为依托的交通管理系统。与传统交通指挥中心管理系统的封闭性不同,ATMS 使得交通信号控制、电视监控、信息发布、违章管理、事故管理、车辆驾驶员管理业务、122/110 接处警管理、通信指挥调度等各个孤立的子系统在计算机网络平台上有机地连接在一起。交通管理者依据各信息资源在网络上权限共享的原则,可以对城市交通运行状况进行实时监视、指挥控制,并根据具体情况实现对交通系统的自动控制、紧急控制或预案控制。同时,交通出行者也可以根据 ATMS 发布的信息合理地制定出行方案,避免交通拥挤和时间延误,从而提高整个交通系统的运行效率。因此,先进的交通管理系统就是通过硬件与软件的集成,达到对道路交通进行计划、组织、协调、控制和管理的目的。交通监控系统、交通信息综合管理系统、电子收费系统、公共交通管理系统以及交通事件管理系统等均是 ATMS 的重要内容。

(1) 交通监控系统

交通监控系统能够根据所获得的各种路况交通信息对交通系统中交通流的变化做出及时、准确地反应,帮助交通管理部门对车辆进行有效地疏导、控制,减少交通阻塞和延误,从而最大限度地利用路网的通行能力,减轻环境污染,节约旅行时间和交通运输费用,提高交通系统的效率和效益。该系统又包括以下子系统:

- ① 交通信息采集系统;
- ② 交通信号控制系统;
- ③ 闭路电视监视系统;
- ④ 电子警察系统。

(2) 交通信息综合管理系统

交通信息综合管理系统可以提高交通信息管理效率,改善交通信息管理的质量,减轻交通信息管理人员的劳动强度。该系统包括以下子系统:

- ① 车辆信息管理系统;
- ② 交通事故信息管理系统;
- ③ 交通违章信息管理系统;
- ④ 办公自动化系统(包括驾驶员管理系统、财务管理系统等)。

(3) 电子收费系统

电子收费系统是为了提高收费道路运营效率和通过能力、杜绝收费漏洞等目的而开发的系统。该系统包括以下部分:

- ① 收费站控制单元;
- ② 车载单元;
- ③ 通信单元;
- ④ 车牌和车型识别单元;
- ⑤ 收费站计算机和中央处理单元。

(4) 公共交通管理系统

公共交通管理系统主要用以提高公共交通的可靠性、安全性及其生产效率,使公共交通对需要出行的用户更具有吸引力。系统包括公共交通优先、公交车辆定位和跟踪、公交换乘信息服务、电子售票等功能。该系统将公共交通管理部门同驾驶员直接联结起来,进行实时调度和行驶路线的调整,帮助公交运输部门降低运营成本,提高公交运营效率和效益。该系统有以下子系统:

- ① 公共车辆调度管理系统;
- ② 公交信息服务系统;
- ③ 公交自动售票系统;
- ④ 公交换乘信息系统。

其中公交信息服务系统也可参见第7章交通信息服务系统的内容。

(5) 交通事件管理系统

交通事件管理系统用以提高对突发交通事件的识别、判断、报告和反应能力,改善紧急情况下警力资源的配置。该系统包括以下子系统:

- ① 交通事件信息采集与处理系统
- ② 交通事件预警管理系统
- ③ 交通事件应急救援系统(含应急车辆管理系统)

综上所述,ATMS通过交通监控、公交运营、电子收费、综合信息管理、交通事件应急管理等的具体的系统完成对城市道路交通实时监控、道路交通突发事件管理、道路基础设施维护管理和车辆收费管理等功能,同时借助交通综合信息管理系统将收集处理后的信息实时传输到交通信息中心,实现信息的发布利用与增值服务。其基本功能包括以下几个方面:

- ① 交通法规监督与执行;
- ② 交通运输规划支持;
- ③ 基础设施维护与管理;
- ④ 交通控制;
- ⑤ 交通需求管理;
- ⑥ 紧急事件管理;

- ⑦ 车辆行车诱导及停车诱导;
- ⑧ 公交优先管理;
- ⑨ 交通信息综合服务管理。

6.2 交通监控系统

交通监控系统是目前先进的交通管理系统中实际运用较多的一项内容。交通监控系统涵盖了交通控制、路径诱导和车辆导航等多项服务。交通监控在 ITS 体系结构中属于交通规划与管理领域中的下一级服务。交通控制服务主要通过使用 ITS 技术来管理、控制和诱导交通流,以达到使道路网络交通流运行稳定的要求。它包括以下子服务:交通信号控制、城市与城市之间的集成控制、行驶方向变换管理、交通控制和路线诱导的集成、匝道和速度控制、交通管理策略的执行。而路径诱导和导航服务,由于其功能是向出行者提供路线导航信息,通常被包括在出行者信息领域。但从其信息采集的手段和最终实现的目标,以及与交通控制的集成来看,路径诱导和导航同交通规划与管理领域有着密不可分的关系。可以说路径诱导和导航兼为出行者信息领域和交通规划与管理领域的重要组成部分。美国 Mobility2000 给交通监控系统下的定义是:在街道与公路上,为了监视、控制和管理交通而设计的一系列法规、工作人员、硬件与软件等部分的组合。

交通监控系统由通用设备及各类传感器组成。利用传感器和相应的预处理设备检测交通流及环境数据,经过中心计算机处理后驱动各种终端设备,从而实现交通监视和控制、提高安全性、降低环境污染等目的。中心计算机系统可保证系统运行的高度可靠性。配套子系统包括气象监测、车辆计数及称重、事故判断及报告、可变情报及可变速标志、闭路电视监控、控制中心及分控制中心等。交通监控系统适用于高速公路、大型重要桥梁、隧道、城市交叉口管理等场合。

6.2.1 交通监控系统的构成及工作原理

交通监控系统目前在城市道路和高速公路两个方面均有实际运用。城市交通监控系统实时探测各主要交通要道和交叉路口的车流量、车辆通行状况,根据各监控点反馈的信息,预测某些交通要道和交叉路口可能会出现堵塞,以便及时调整和诱导交通流向,减少交通堵塞,最大限度地提高道路系统的利用率,创造安全、舒适的道路交通环境。高速公路监控系统通过对高速公路全线的交通流量检测、交通状况的监测、环境气象检测、运行状况的监视,产生控制方案,从而达到控制交通流量、改善交通环境、减少事故的目的,使高速公路运营达到较高的服务水平。

(1) 城市交通监控系统

现代城市交通监控的发展方向主要体现在网络化与智能化。在城市交通监控系统中,综合地利用现代计算机技术、电子技术与信息技术,以实现智能化管理。一个完整的城市道路交通监控系统,实际上是多个子系统的集成。

基于城市道路交通特点,现代城市交通监控指挥系统的组成如图 6.1 所示:

① 交通监视子系统

交通监视子系统由前端图像采集单元、信号传输单元、中心控制单元等组成。其功能是

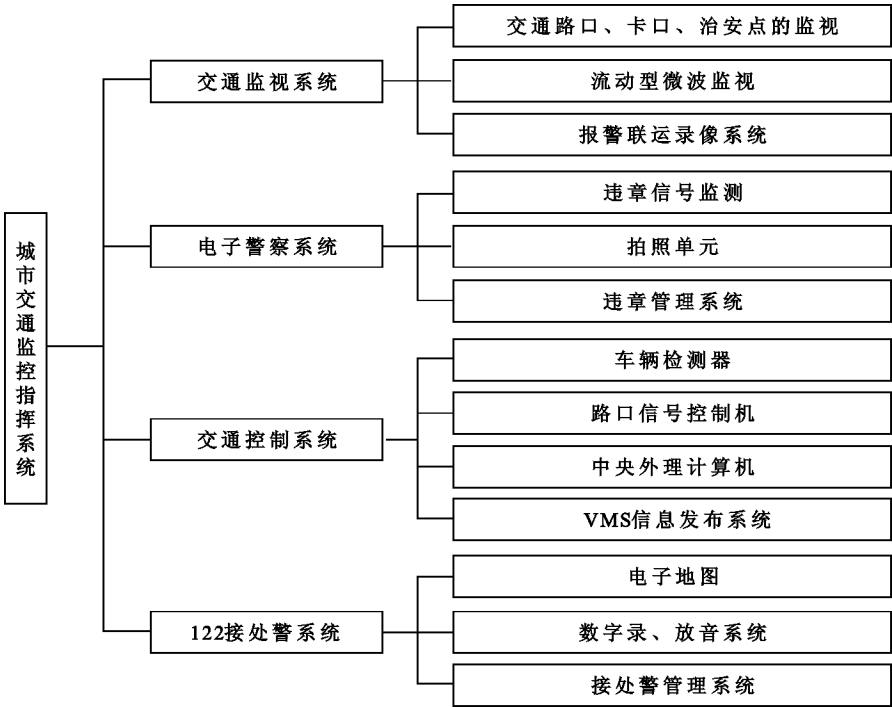


图 6.1 系统功能组成图^[7]

将各路口现场的情况实时、快速地传输到中心控制单元,从而使交通控制管理人员随时观察城市各路口所发生的情况实景,以便管理者作出正确的判断,为道路交通诱导提供信息支撑。

② 122 接处警系统

122 接处警系统由电话通讯调度子系统、电话数字录音子系统、数据管理子系统、管理者终端子系统和电子地图子系统(可选)等组成。其中通讯调度子系统和数字录音子系统可运行在同一台计算机上,接处警子系统和电子地图子系统也可运行在同一台计算机上。

③ 电子警察

电子警察(即“闯红灯自动抓拍系统”)的基本工作原理是利用设置在停车线外的环型线圈车辆传感器,在红灯亮的期间,只有当环型线圈检测到车辆违章信号时,才确认其实施了闯红灯违章行为,此时抓拍相机自动拍下违章车辆的车型以及车牌号。

④ 交通控制系统(信号灯控制系统)

由交通信号控制器和车辆检测器组成。车辆检测器的检测线圈分布在每条停车线的上游(在有条件的地方尽量设在上游路口的出口处),所检测到的交通数据由通信系统送至中心控制计算机,中心计算机根据交通数据优化交通控制参数,对路口交通信号控制器进行自适应控制。

⑤ 指挥中心计算机管理系统

指挥中心计算机管理系统的主要任务是将上述各自独立的应用系统连接在一起,实现面向上级机关、面向社会的有序管理、信息发布和信息交流。交通指挥中心是交通监控系统的中枢,需要通过交通综合信息管理系统进行集成。

(2) 高速公路交通监控系统

高速公路交通监控系统的主要目的是为高速公路提供有效的交通管理控制、监视、诱导交通运行的手段。它通过采用先进的电子技术,采集各种交通数据,帮助高速公路管理部门及时掌握交通流的各种数据和信息,通过计算机软件对信息进行处理分析,形成控制策略,及时发布各种控制命令、交通信息,处理各种交通事故和堵车现象,疏导交通流,制定减少交通事故和交通堵塞的有效措施,及时向有关部门提供各种服务(包括抢救受伤人员、拖走故障车辆、维修损坏路面及设备),保证高速公路的安全畅通并为决策者进行中长期宏观管理、规划、调度提供依据。

高速公路交通监控系统的工作原理为:通过道路沿线设置的车辆检测器、紧急电话、闭路电视以及巡逻车收集高速公路的道路、交通、事故等情报,并传送到监控中心,进行计算、处理、记录。同时利用监控中心的地图板、图形显示器、汉字显示器、电视等设施,把道路利用情况、车辆运行情况、设备工作状态等显示出来。值班人员综合上述信息,提出控制方案,发出必要的命令或指令,通过沿线设置的可变情报板、可变限速标志,向道路使用者提出警示或建议。

交通监控系统的运作特别强调监控中心的作用。在交通正常情况下,监控中心信息处理计算机根据交通流量和气象条件进行分析,形成决策控制方案,利用可变信息板和可变限速标志对交通进行引导和控制;在交通异常情况下,监控中心信息处理计算机根据数据处理结果,向操作员显示相应的控制方案,由操作员根据外场图像、紧急电话、巡逻车等对事件进行确认后,发出控制指令和诱导控制方案。

高速公路监控系统由交通信息采集系统、中央控制系统和信息发布系统组成。

① 交通信息采集系统

高速公路监控系统的信息采集方式有人工的,也有自动的。主要的信息采集方式有气象检测装置、车辆检测装置、闭路电视、紧急电话、无线电设备等。这些采集方式的工作原理见第3章。

② 中央控制系统

中央控制系统是介于信息采集系统和信息发布系统之间的中间环节,是监控系统的核心部分,其主要功能为:对信息采集系统传来的数据进行实时的运算、处理和分析;根据分析结果,决定控制方案,发出相应的控制命令,指挥事件处理;通过闭路电视系统监视各主要路段的交通情况;负责管辖区域内的通信联络;实时监控整个系统设备的工作状态。

③ 信息发布系统

信息发布系统是高速公路上设置的用来向道路使用者提供道路交通信息和诱导控制指令的设备,以及向管理、救助部门和社会提供求助指令或道路交通信息的设施,其主要设备包括可变情报板和可变限速标志、车道控制标志、指令电话和交通广播系统等。

6.2.2 电子警察系统

随着城市交通的迅速发展,道路机动车流量急剧增加,由此带来诸多交通问题。以往许多城市在某些交通场合(如无人值守的路口,禁行、限时道路,单行线,主、辅路进出口,紧急停车带,限车型车道,公交专用道,违章超速等场合),由于缺乏有效的执法手段造成执法困难。特别是在夜间,违章行车现象经常发生,严重破坏了交通秩序。电子警察是“智能电子

警察监测系统”的简称,它能对违章车辆进行自动判断与图像记录。执法部门可以根据该系统所提供的车辆违章过程的图像记录,对违章司机进行追究和处罚。

电子警察系统主要用于路口、路段或者特定场所如收费站、交通或治安检查点、停车场等的全天候交通监控与管理;路面动、静态交通违章的监测与管理;嫌疑车辆的布控、侦破和追逃;路面交通信息(如车速、流量、密度等)的实时采集与处理;路面交通监控信息服务等方面。

一般地,电子警察有三类:第一类是胶片相机;第二类是数码相机;第三类是视频监控系统。当电子警察开启时,如果红灯方向行驶的车辆超过了停车线,停车线上的感应线圈将给自动拍摄系统传递信号,相机会自动将车辆违章的情景和车号拍下来。

(1) 系统组成

典型的“电子警察”通常是由图像检测(车辆感应)、拍摄、采集、处理、传输与管理以及辅助光源、辅助支架和相关配套设备等部分组成。在实际运用中,该系统主要按照固定和流动两种形式,通过自动和人工操作两种工作方式进行。

① 图像检测

在系统中起车辆感应的作用,主要种类有:环形线圈检测器、视频检测器、超声波或微波(雷达波)检测器、红外线检测器等几种。其中环形线圈检测器具有成本低廉、检测精度和可靠性高、适应性好等优点,使用最为广泛。但安装时需要破路施工,易因路面破损而毁坏,故障率较高且不能实现多车道无缝覆盖和跨越车道线或双实线的车辆检测;视频检测器除了初期投入的成本相对较高、环境适应性稍差外,其安装、使用及维护简便,检测范围大,性价比高,故障率低,功能全,可实施全过程智能化检测,又没有环形线圈检测器的固有不足等特点,应用渐广;而超声波或微波和红外线检测器因有易受现场因素干扰,检测精度不高,可靠性较差等缺点,目前使用较少,其中超声波或微波检测器有时用于人工检测。在实际应用中,理想的图像检测部分应当是环形线圈和视频两种检测器有机融合的复合检测方式,以达到尽可能高的图像检测与捕捉率,实现高效、周全的监控与管理。

② 图像拍摄

在系统中起图像抓拍的作用,主要有照相机和摄像机。其中照相机目前多采用数码照相机,极少使用传统的胶片照相机。而数码照相机多选用三百万以上像素、可变焦、自动光圈及白平衡调整等的准专业相机。由于照相机的结构、图像存取等原因,其实时性、连拍续传能力和环境适应性较差,一般多用于交叉路口的闯红灯车辆抓拍和人工流动拍摄等场合;而摄像机基本上都选用具有高清晰度($\geq 480\text{TVL}$)、低照度($\leq 0.1\text{lux}$)、高信噪比、动态抗逆光与强光抑制、背景光自动补偿、白平衡自动调整等功能的快速(快门速度不能慢于 $1/1000\text{s}$)工业级摄像机,其配套的镜头则应采用大孔径、可变焦、大光圈、快速自动光圈调整的专业光学镜头。此外,还应配置合适的室外防护罩。而微型或掌上型模拟或数字摄像机则几乎仅限于短时间人工拍摄时用。

③ 图像采集

图像采集是将模拟视频图像数字化。通常采用多路视频图像采集卡,将多路模拟视频图像经过多路切换器、A/D 变换器以及裁剪、压缩编码后变成数字视频信息。国际上通常采用的视频压缩编码方式有: MJPEG、Wavelet(小波变换)、MPEG-1(如 VCD)、MPEG-2(如 DVD)和 MPEG-4 等几种。国内数字化视频监控工程中常用的是具有压缩率高、系统

资源总帧数大、传输速率要求低、单卡可支持多路视频压缩的 MJPEG 和 MPEG-4 两种视频压缩编码方式。其中, MPEG-4 方式通过帧重建技术压缩和传输数据,以求用最少的数据获得最佳的图像质量,其压缩率更高,系统资源总帧数更大(高达 600 帧/秒),信息传输速率要求更低,且可支持交互式 AV 服务以及远程监控,因此 MPEG-4 方式具有更加明显的优越性、更广泛的适应性和良好的可扩展性,是当前及今后一个时期主流的视频压缩编码方式,而 MJPEG 方式则是采用帧内静态压缩、帧间动态压缩技术,其压缩率甚高,但信号质量的数据损失较大,系统资源总帧数比 MPEG-4 方式的小(通常为 200 或 300 帧/秒),不过其成本相对低廉,且可满足一般应用需求,现实中使用的也不在少数。

④ 图像处理

图像处理包括控制主机和系统应用软件两个部分,在系统中起控制、图像识别、存贮与管理的作用。为了保证系统在恶劣工作环境中连续不间断地自动运行,控制主机必须采用高速、大内存、大容量镜像硬盘等高性能工业级控制机或 DSP 处理机,以满足多路图像(包括全景和近景特写图像)的捕捉、识别、压缩、存贮、比对、报警、传输和故障自诊断与管理等实时多任务、多进程的操作要求,同时尚需预留有适当的扩展与升级余地;而系统应用软件通常包括 Windows 或 Linux 或 Unix 操作系统、图像模糊识别与信息管理软件。图像模糊识别主要是车牌识别软件,一般包括图像二值转换、图像差分、滤波与平滑、车牌定位与旋转、字符切割、字符识别、车牌颜色提取与识别和车牌分类等功能模块。

⑤ 信息传输

信息传输包括本地和远程传输两个部分,在系统中起信息传递与交换的作用。本地信息传输部分主要包括检测信号线、视频信号线、网络信号线、网卡以及交换机或集线器等,是确保系统正常工作的“中枢神经”;而远程信息传输部分则主要分有线和无线两种介质,是实现系统远程监控、远程维护、远程报警以及信息共享与综合利用的基本保障。其中有有线通讯设备通常有:DDN、FR、ISDN、ADSL、LAN 和 PSTN 等通讯线路及其接入设备;光纤及其光端机;路由器或交换机或集线器等。无线通讯设备则主要有:微波发射或中继传输、接收与接入设备;无线通信网卡、网桥及其天线等设备;卫星传输与接入设备,等等。

⑥ 信息管理

信息管理包括中心主机和管理软件两部分,具有信息的汇集、存贮、查询、统计、交换、备份、打印、嫌疑信息(如交通违章或事故逾期未处理、逾期未参加法定检验或审验,被盗抢和肇事逃逸等车辆信息)的自动比对与实时报警、系统故障自诊断和远程监控、远程维护与报警等功能。中心主机部分通常选用高性能(最好是双 CPU)工业级控制机或 PC 服务器,而管理软件部分则多是建立在 Oracle 或 MS SQL Server 或 Sybase 等大型数据库基础之上的系统综合管理与应用软件。

⑦ 辅助光源

在系统中起辅助照明(尤其是夜间或光线不足时补光,提高抓拍图像清晰度)的作用。常用设备有:频闪照明灯(如闪光灯)、连续照明灯(如路灯)和其他冷、热光源(常见的有白炽灯、荧光灯、卤钨灯、陶瓷金卤灯、高压钠灯等)。闪光灯因光能量集中、照明时间短促,对夜间车辆前照灯的强光抑制和突显清晰车牌效果显著,但若处置不当,则有可能对行驶车辆中的驾驶员产生眩目,存在安全隐患。通常多用于夜间或光照不良的情况下路口闯红灯车辆的尾部抓拍或者停驶车辆的头部抓拍等场合,使用范围有限。而连续照明灯的选用,必须充

分结合工作现场环境条件和摄像机或照相机的工作特性,综合考虑灯具的光效、聚光特性、光源显色指数和色温等,选择高效、节能、一致性和稳定性好的照明灯具,满足图像拍摄要求。现实中,通常多选用不大于 150W 的陶瓷金卤灯,安装时其光束与地面或水平面夹角不得小于 75° 或者与车牌平面或垂面的入射角不能大于 15° ,否则,有可能造成眩目等安全隐患。辅助光源的电源应当与图像检测及拍摄等装置的电源相对独立,并要通过自动测光的方式由控制主机自动控制在夜间或白天光线不足时打开照明,白天光线充足时自动关闭照明。辅助光源主要起确保系统在光线不足条件下正常工作的“夜明灯”作用。

⑧ 辅助支架

在系统中用于安装、固定摄像机或照相机及辅助光源等。常见的有:龙门架;悬臂架,如 L 或 F 型;立柱;移动式安装支架,如三角架和固定在汽车上专用支架等。其中前三类是固定式辅助支架,通常多采用无缝钢管或者八角形钢管焊制,并经酸洗除锈,表面热镀锌处理(镀锌层厚度一般不少于 $60\mu\text{m}$)。龙门架和悬臂架的净高度一般不少于 6m,而立柱的高度通常不应低于 2.5m。固定式辅助支架的底座应牢靠地固定在路边并用地脚螺栓预埋的钢筋混凝土基座上,可抵御台风袭击和行驶车辆的碰撞。因在室外路面上工作,故这三类固定式辅助支架上必须合理设置避雷和防盗报警装置(也可以用来安装相关标牌)。

⑨ 其他相关配套设备

为保证系统相关设备正常、稳定、可靠地运行,电子警察系统还需配备一些相关的配套设施。常用的有:长延时不间断电源(UPS),净化稳压电源,强、弱电防雷、避雷与接地装置,系统故障、违章、嫌疑信息或防盗的报警装置等等。

(2) 工作原理

以城市道路交叉口为例,电子警察首先需要在路口监录区域设置特征信号线,如图 6.2 所示。当南北方向出现红灯时,在正常交通情况下,只有东西方向车辆通过,南北方向上摄像机 1 和摄像机 2 摄取的视频图像中各有一条清晰的特征信号线 1 和 2。如果由南向北出现违章的红灯闯行车辆,则摄像机 2 所摄得的画面中特征信号线 2 被切断。利用预先设计好的软件不断检测特征信号线是否被切断,如果发现被切断,立即发出捕捉信号,将该机动车的视频图像存储下来并传输至中心,在中心对车型、车号进行自动识别,然后将违章车辆打印出来或以其他方法输出。

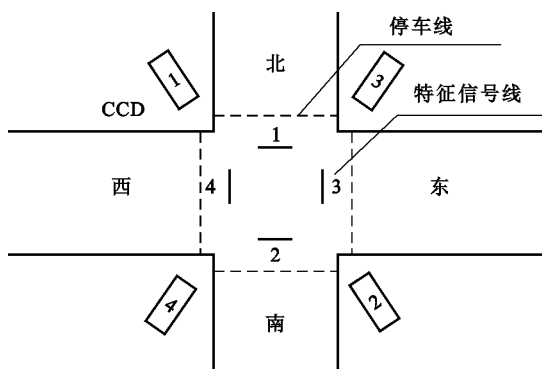


图 6.2 特征信号线设置^[1]

由于特征信号线在视频图像中的位置是固定的,不管是采用相加法还是相减法,其检测

的计算量都很小,也就是说其检测速度是很快的,一般只有毫秒数量级,因此完全可以将闯红灯的车辆记录下来。

(3) 功能

电子警察系统实现的主要功能有:

① 检测与自动拍摄功能

通过环形线圈和视频检测器进行复合检测、图像融合(拼接)与后期处理(滤波、平滑等优化处理和亮度、对比度、色彩、锐化调整等)和边界触发报警功能,可全天候、不间断地对所有通过拍摄点的车辆(含违章、嫌疑车辆等)进行自动拍摄,且只有当车辆通过时才拍摄。

② 识别与实时报警功能

通过全景和近景即车头或车尾部位特写准确地记录并存储车辆信息(如车牌、速度、流量、日期、时间、地点和行驶方向等),自动识别车辆类型(分大、小、客、货四类)、车身颜色、车牌(含汉字、字母、数字和车牌颜色等),实现车辆超速、超车、逆行、不按道行驶、跨越双实线、闯红灯、禁停、禁行、禁弯等动、静态交通违章车辆抓拍,嫌疑车辆及车牌信息自动比对与实时报警功能。

③ 信息输出功能

各功能模块(包括运行参数等)可根据实际需要进行灵活配置与管理,按照车型、车身颜色、车牌、速度、流量、日期、时间、地点、行驶方向和违章类别等相关条件进行单一或组合方式的信息查询、统计、传递与打印等。

④ 数据存储功能

可存储不少于 80 万辆汽车图像信息,实现全自动刷新、循环存储。能够进行多任务操作,监控、查询、统计、传递与打印等互不影响。

⑤ 系统管理功能

系统包括用户权限管理、黑客与病毒防治、各功能模块及其电源的故障自诊断与自动报警——含防盗报警等,各种报警的提示方式有明显区别,同时还具有远程监控、远程维护与远程报警等功能。

6.3 公共交通管理系统

6.3.1 简介

先进的公共交通管理系统(Advanced Public Transportation Systems, APTS)主要以出行者和公交车辆为服务对象。对于出行者而言, APTS 通过采集与处理动态(如客流量、交通流量、车辆位置、紧急事件的地点等)和静态交通信息(如发车时刻表、换乘路线、出行最佳路径等),从而达到规划出行、最优路线选择、避免交通拥挤、节约出行时间的目的。对于公交车辆而言, APTS 主要实现对其动态监控、实时调度、科学管理等功能,从而达到提高公交服务水平目的。公共交通管理系统的功能主要包括:

(1) 运用车载数据采集技术实现对运营车辆的监视

该功能提供了运营车辆的当前状态信息,以及车辆运营状况与时刻表的对照。该模块使车辆按照时刻表运行并及时对发现的偏差予以校正。可以单个车辆或多个车辆为对象,

对车辆驾驶者发布指令,同时采集运营车辆的状态信息提供给其他的模块。

(2) 线路网规划与时刻表管理

根据区域客流特点,结合司售人员排班、运营车辆状况等信息,自动生成公交时刻表,并将估计的车辆到达时间、用于配班的时刻表、乘客管理信息等信息传输给其他模块。

(3) 车辆维修计划与计划编制

提供的运营数据及各种车辆的详细维修指标,编制运营车辆的维修计划并为修理人员进行任务分配。通过日志记录所有的维修活动,帮助车队管理者追踪或监控当前的维修活动及修理人员的工作。

(4) 车辆维护运营安全

用于处理运营车辆或设备的紧急故障。紧急救援信息由司机通过紧急呼叫按钮、车站的监控设备或由数据传输网络上的其他部分发送。根据预案对每一种紧急情况进行处理,并与紧急救援服务联系以协调救援活动。同时,与调度和管理人员联系以得到他们对采取对策的认可,并可在没有预案的情况下进行直接指挥工作。

(5) 司售人员配班安排

用于管理司售人员的活动,司售人员的分配根据一定的标准,包括调度员的经验、在过去任务分配下的表现、个人的优先权等。所有的活动由管理者监控并及时更新。

(6) 车载收费管理

实现在车内对乘客收费,主要用于当前的公交服务、将来的公交服务或其他服务等。这种收费可以在公交车辆运行过程中穿插进行,也可以在车辆到达方便的地点时进行批处理。收费支持后付或信用卡方式,包括由公交部门或金融机构发行的有价卡证。如果发现了非法使用支付方式,违法的乘客信息将由车辆传输至有关的法律执行机构。

(7) 乘客信息服务

通过设在路边的某个位置(如车站),为乘客提供公交信息或付费服务,提供的信息包括车辆的正常运行时间及下一辆车辆的到达时间,将要到达的车辆所发出的有关信息也将自动显示给乘客。在路边对乘客收费,用于当前和将来的公交服务等收费支持欠付或信用卡方式,包括由公交部门或金融机构发行的有价卡证。如果发现了非法使用支付方式,违法的乘客信息将由车辆传输至有关的法律执行机构。

APTS 的 7 个逻辑模块如图 6.3 所示。

国外的城市公交系统均进入了城市公交综合管理时代,十分强调公交信息的采集、信息的处理和信息的输出服务。其中公交信息采集的手段日益完善,各类传感器、摄像设备、GPS 接收设备等均得到广泛应用,信息处理的功能变得日益强大,高性能的计算机、大型数据库技术、知识工程等得到了普遍使用,同时尽可能地利用各种媒体传播公交信息,车站 LED 站牌、车内的 LCD 显示板、KIOSK 终端、Internet 等都是传播公交信息的载体。日本横滨的公交综合管理系统结构组成,如图 6.4 所示。

国内外公共交通管理系统的共性与特性为:

(1) 车辆定位技术和车载设备

APTS 系统主要采用差分 GPS 实现公共汽车定位,以里程表为辅助;

(2) 通信网络和通信体制

针对公交需要数据通信和语音调度的要求,各城市主要采用集群通信网。通信体制一

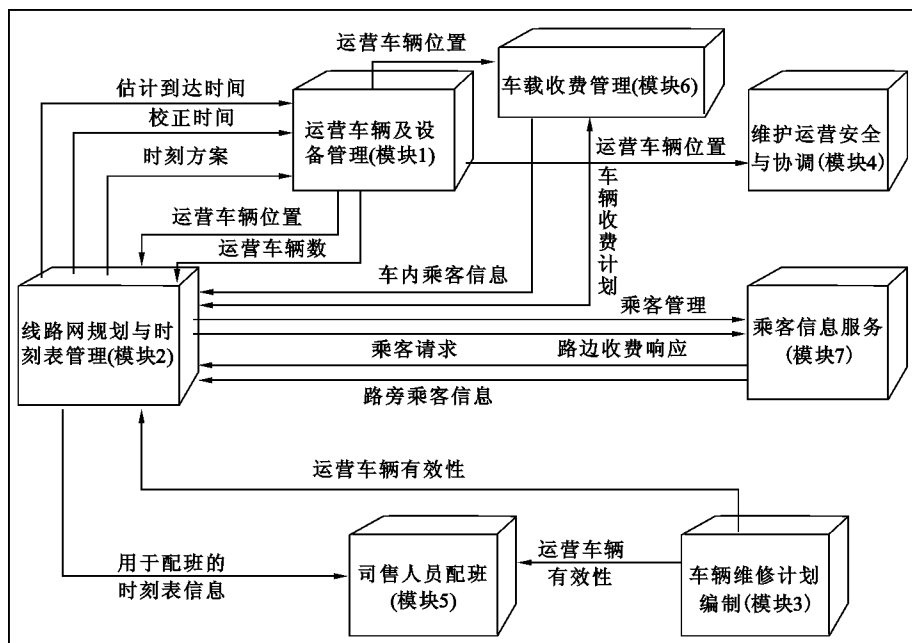


图 6.3 APTS 的逻辑模块示意图^[5]

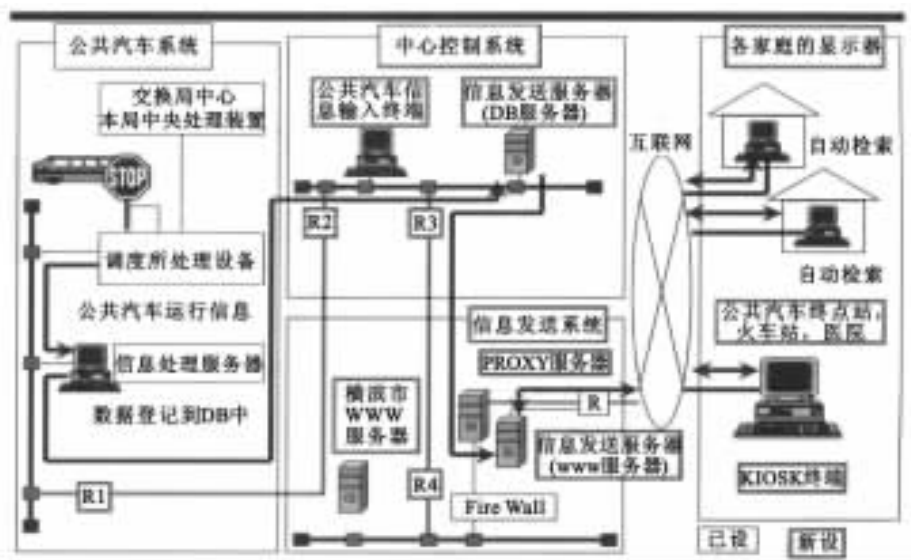


图 6.4 横滨公交综合管理系统结构组成^[5]

般采用事件驱动和轮询方式两种无线数传相结合的方案。以新加坡公交为例,轮询方式产生 70% 的信息量,事件驱动产生 30%。但也有完全依靠事件驱动的。

(3) 计算机网络和数据库

亚特兰大公交控制中心计算机网采用 100M 高速以太网,数据库为 SQL SEVER。新加坡公交调度中心由于有分控制中心的计算机网为 10M 共享以太网,数据库为 DBASE。杭州公交计算机网为 100M 高速以太网。

(4) 运营调度管理

国内外基本实现的调度功能包括车辆实时监控和车辆主动报警等,还实现了公交时刻表和车辆维修计划的自动编制等含有“智能”因素的公交运营调度功能。

(5) 乘客信息服务

在公交车站均有乘客站牌服务显示设施,乘客可以随时掌握有关候车时间、下一个车次的位置以及各个车次所停靠的车站等情况。在国外城市,智能公交系统中乘客可以通过电话、KIOSK 终端和 Internet 等媒体在办公室或家中了解公交运营计划,并可为乘客提供旅行路线规划。

总之,APTS 就是在公交网络分配、公交调度等关键理论基础上,利用系统工程的理论和方法,将现代通信、信息、电子、控制、计算机、网络、GPS、GIS 等高科技集成应用于公共交通系统,并通过建立公共交通智能调度系统、公共交通信息服务系统、公交电子收费系统等,实现公共交通调度、运营、管理的智能化,为出行者提供更加安全、舒适、便捷的公共交通服务,从而吸引公交出行,缓解城市交通拥挤,有效解决城市交通问题,创造更大的社会效益和经济效益。

目前,美国、欧盟、日本和新加坡等发达国家均大量应用 ITS 技术来改进传统的公交运营管理方式。其中主要有法国巴黎、日本横滨、美国亚特兰大和新加坡等,国内早期开展该方面研究的有杭州、上海和北京等。

6.3.2 APTS 的关键技术

自动车辆定位技术(Automatic Vehicle Location, AVL)、公共汽车的车载设备及电子站牌是 APTS 实施的关键。

(1) 自动车辆定位技术

自动车辆定位技术通过采用现代电子技术自动探测公共汽车的位置,是实现公共交通管理智能化的基础。20 世纪 80 年代末期以来,公交车辆的自动定位主要有“信息信号杆”和“差分 GPS”两种方式。

早期在加拿大和美国的公共交通运输系统中主要靠设立一种双向无线信息信号杆来实现公交车辆自动定位。电子信号杆是一种无线数据收发器,沿线每间隔约 5 英里设置一个。电子信号杆以分钟为间隔获取单车的识别码,识别出车辆的位置数据和信息,管理中心的中央计算机对所有行车路线、调度计划和电子信号杆传输的车间距数据进行存贮和处理,将实时报告的车辆实际位置数据与存贮的数据相比较,从而评估公共汽车在线路上的运营状态。这种双向无线信息信号杆有两种目的:其一是把车辆位置传给控制中心,其二是在中心和公共汽车之间及车车之间进行信息交换。

近年来有一种通过 GPS 定位的 AVL 技术已得到应用,这种称之为“差分 GPS”的仪器可以获得更高的定位精度。在公交车沿线某一已知精确位置处放置一个 GPS 接收器,接收到的 GPS 信号通过无线通信联接传递给需要定位的车辆。采用这种技术对公交车辆的定位将提高 10% 以上的位置精度。

APTS 中应用 GPS 进行车辆定位的优点是不需要设立电子路标或信号杆,线路越长、覆盖区域越大,这个优势越明显;但它的一个潜在不利因素是信号可能会被卡车、建筑物、隧道这样的障碍物遮挡,在信息中断期间,车辆主要通过车载航位测定系统获得连续的位置信

息。对使用电子路标和信号杆的 APTS 系统而言,如果公共汽车远离了装有信号杆和路标的路段后就不能定位。

在 APTS 中,AVL 技术被用来帮助运输管理中心控制管理车队。AVL 系统把在系统中运行的公共汽车精确位置报告给控制中心,并可以将控制指令传送给沿线运营车辆,同时还能将公交信息发布给需要的乘客。

(2) 车载设备

APTS 的公交车上装有的车载设备,可实现定位、车载外围设备的控制以及交通灯控制等。车辆可实现自主操作,包括计划与实际数据比较、根据计划数据保证车辆的连续性、显示落后与超前的时间、出发时间的可视化和语音信息、车站的乘客信息系统控制等。中心站对车队进行管理,可在电子地图上显示车辆、调整车距、保证车辆连续性,可选择语音通信、监视报警、控制动态乘客信息系统以及统计数据等。新加坡公交车上的车载设备如图 6.5 所示。

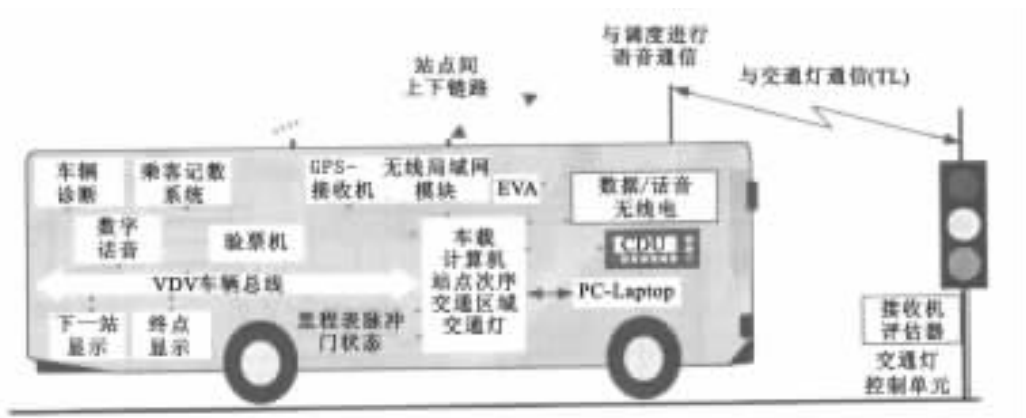


图 6.5 新加坡公交车车载系统示意图^[5]

新加坡公交所开发的先进的车辆时刻计划和控制(VSCS),包括 5 个主要的模块:控制模块、通信模块、计划模块、数据管理系统和车载模块等。

控制模块是系统的核心,其基本目的就是与处于监控下的每辆车保持联系,不仅记录车辆的实际地理位置,而且还要与有关计划的位置做比较,检查车辆是否准时。同时,不同车辆间的关系被处理后,在特定的公交车站提供给转乘的乘客。此外,控制模块还可由控制器提供手段来中断车辆运行。实际工作数据在控制模块被收集和记录,用来作为时刻表优化系统的输入,也可当作管理信息。用来控制工作的数据由在线数据库管理,这个库的数据基本由计划模块来提供。该模块的功能可分为:信息路由、车辆定位轨迹、位置分析、工作监视、用户中断以及与其他模块通信。

通信模块有两个基本功能:控制 VSCS 系统独立模块间的数据交换、控制控制模块与所有公共汽车间的通信。其主要任务是控制模块与所有公共汽车间通过无线方式进行数据交换。对简短的、不断重复的信息最有效的传输方案是由基站轮询每辆公共汽车,这样按时序来传输,防止了从不同公共汽车上获取信息的重叠。剩余的约 30%的信息由事件驱动方式产生,即由于一个内部事件或当经过一个计划路线上的激活点时由汽车产生。此外,通信模块还控制司机与中心的语音通信。

计划模块的核心由一个被独立的计划模块计算机管理的 ORACLE 数据库构成。PMC

用以连接存在的时刻表和花名册程序来确定网络图的时刻数据。数字化的绘图数据在需要的时候也会通过接口由 GIS 输入。当数据输入时,PMC 就会进行一致性校验来保证这些数据的准确无误,然后每天在特定的时刻传给控制模块。PMC 会对从控制模块传来的数据进行统计性评估。

车载模块包括所有确定车辆定位和运营中心发出无线操作的必要组成部分。车载系统中主要的车载元件装在两个可升降的安装盒中。

(3) 电子站牌(Electronic Message Sign at Bus Stop)

电子站牌是基于 GPS 技术,融合数字通讯、计算机等技术开发而成的高科技产品。电子站牌实时接收各公交车辆目标位置信息,并经过内部的计算机进行处理转换,判断出离本站最近车辆的行驶进程(位置),并用 LED 显示出来;另外定时接收 GPS 时间信息,对内部时钟进行校正,通过 LED 显示时间信息。电子站牌实质上是一种公交信息的发布手段。

电子站牌由无线信号接收器、显示控制器、光带式车辆位置显示器和 LED 时间显示单元、电源及防护外壳、支架等部分组成,在需要区间节点定位的电子站牌则需配置有源或无源的 ID 码发射器。

在乘客集散量较大的中途站,设置电子站牌,向候车乘客显示正在向本站行驶的运营车的状态位置。电子站牌显示的信息来源是公交运营控制中心;为降低电子站牌成本和提高可用性和可靠性,电子站牌设备要尽量简化;同时注重站牌造型简洁、美观、实用,便于安装维护。多线路复用的站牌采用总体拼装式结构,在固定支架上可组合拼装 1~4 块电子站牌,也可插装其他说明牌等。电子站牌的壳体和支架由不锈钢制作;小型不间断电源和无线接收、显示控制单元均内置于壳体和支架内;多路复用站牌可共用一套电源和无线接收、显示控制单元。组合电子站牌采用弧形连接,以增加可视性。

电子站牌能动态显示时间、离本站最近的车辆行驶的进程(位置)、到站所需的时间,还有电子语音提示,预报车辆位置信息。

6.3.3 应用实例

欧盟国家十分重视 ITS 技术在公共运输中的应用,资助了一系列 APTS 项目。如:法国巴黎公交的 PATP 项目,意大利 GORIZIA 的 ExBus 项目,爱尔兰都柏林的“旅客多式联运与公共运输”项目,比利时布鲁塞尔的 CAPIALS 项目等等,下面重点介绍法国巴黎公交的情况。

法国巴黎公交的发展经历了电气化、电子技术、电讯与信息三个时代,其服务重点也相应由以运输载客为主,转而做时间的主人,进而为公众提供更多的服务。

巴黎公交总公司按照第三代城市交通服务体系的要求,对它的公共汽车的指挥调度、信息服务进行了全面的改进提高。

(1) 巴黎公交概况

巴黎公交公司有 4000 部公共汽车(有普通公共汽车线路、夜间服务线路和特种服务线路),进行着 24 小时不间断服务。指挥中心有无线电调度台、电话指挥台、计算机信息终端、发送信息的各种系统和电话自动记录信息装置。一方面可随时接收来自有轨电车和公共汽车线路网上任一点的运营信息(如受到袭击、车内有事故、交通事故、车辆故障、运行困难等等),另一方面可确保与外部地面公交网络所有有关的组织及巴黎公交内部的通讯联系,以

便获得运营环境中的各种信息(如路面施工、运动会和其他重要事件等)。一旦需要,指挥中心可马上采取措施,尽快恢复正常运行。

(2) 公共汽车定位系统

① 营运车辆的跟踪定位

采用 GPS 方式解决了公共汽车定位问题。它可解决在市区对公共汽车进行 100m 的定位,但在城镇地区,由于狭窄街道与隧道等对卫星信号的遮挡作用,其运行受到限制。巴黎公交公司在此基础上发展了该系统,通过技术改进已能将公共汽车的定位控制在 10m 之内,通过用无线电通讯网络将信息传送到指挥中心。该系统可以了解所有车辆的方位,显示处于示警状态的车辆,为公众提供等候下一车次可能需要的时间,提供关于公共汽车调度管理的信息。同时,无线定位系统的网络导航设备(与地铁集中调度指挥系统的功能相当)也可车辆运行提供导航服务。

② 建立车辆与中心安全控制台之间的同步声像联系

在发生事故的情况下,驾驶员可将车辆置于“示警”状态并通过开启一台隐蔽的摄像机使中心安全控制台直接观察到车内的情况。如果有必要,中心安全控制台可以调动装备有同样定位系统的救援力量,使其迅速地赶到现场。

③ 在站台或通过电话为乘客提供信息服务

所有的车站都装备着独特的终端系统。它们被安装在信息显示牌上,各自独立运行。中心控制台将信息以类似无线寻呼的方式通过无线电进行传送,并将信息显示在液晶屏幕上。乘客可以随时掌握有关候车时间、下两个车次的终点站以及各车次所停靠的车站等情况。此外,乘客还可以通过电话,借助语音服务系统,得到同样的信息。在该系统中,各个车站都用数字加以编号,以便查询。

④ 为乘客提供旅途中的信息服务

在公共汽车上,通过信息显示屏以醒目的方式标明到达沿线各站所需的时间。

(3) 地面无线通讯调度网络

巴黎公交总公司建立的无线电调度中心可实现指挥中心与各有关部门的联络功能,与 70 个地区分中心联络功能,与 4000 部公共汽车联络功能,与 500 部技术服务、事故处理、车辆调度和抢修车辆联系的功能,与 500 部手持移动无线电话联络的功能,便于工作人员在线路上调度车辆和检查安全等。

该无线电调度指挥中心可以完成每 15 分钟通话 700 次,覆盖巴黎中心周围半径 35 公里的范围(无线电通信网络与其他单位分开的)。调度中心共有 55 条无线电通信频道,频率为 450MHz,根据实际情况设有 9 个无线电发射塔。频道辐射功率达 10W。发射塔天线最高处为 200m,使用 20 个无线电通信频道。其他 8 个发射塔使用于 3~8 个频道。它们的塔高离地面为 100m 左右。主发射塔装有集中控制设备和网络接转设备。

主发射塔、70 个地区分中心联络站和 8 个二级发射塔之间也采用必要的有线电话联络。线路架设走地铁通道或租用法国电信局通信网,无线电通讯网络可确保单个通话、组通话和与各地区分站联系及与运行中的公交车辆联系。调度分中心或指挥中心的工作人员依靠该系统可以随时准确了解公共汽车所在的位置和采取各种必要的措施,从而在发生破坏运营事故后及时处理,向乘客提供尽可能最好的服务。

(4) 智能公交卡的应用

巴黎公交总公司 1991 年开发了新型检票系统。现行的一次性磁性票卡被一张标准化的智能公交卡所取代。乘客可以在自己选择的任意时刻重新购买、更换票卡,新型的“非接触”通行票卡可以同时满足各种日、周、月票以及零售散票的买主的不同需要。该检票系统使得监控的范围由乘客的整体转为集中针对逃票者。当乘客从检票机前通过时,其所应支付的票款金额就会由检票机从票卡上自动扣除。“非接触检票系统”可与现行检票系统并行安装,目前所使用的一次性磁性票卡也可以与“非接触”票卡暂时共存。该系统可使设备投资降低 50%,其运行成本也只有现行磁性检票系统的 $1/3$ 。

6.4 电子收费系统

6.4.1 简介

公路收费系统的产生与发展的历史虽然不长,但随着电子技术、计算机技术、通信技术、自动控制技术等的高速发展与应用,收费系统已经经历了人工收费、半自动收费和全自动收费的历程。

按照在收费系统中人工的参与程度,收费系统可分为人工收费系统,半自动收费系统和全自动收费系统。

(1) 人工收费

人工收费方式是目前仍然广泛使用的一种收费方式。这种方式基本上不用计算机,在每个收费亭设置收费员,由收费员手工完成对通过收费站车辆的车型识别、通行费收取、收据发放以及车辆放行等收费操作。人工收费的特点是节省建设投资,但是存在漏收、违纪等现象。

(2) 半自动收费

半自动收费由人工和计算机共同完成收费工作。人工(或仪器)识别车型,人工收费,计算机进行计费、数据打印与汇总等。

(3) 全自动收费

所谓全自动收费就是收费全部过程不需要人工参与,完全自动地完成,经过收费站的车辆也不需要停车。

全自动收费系统也称不停车收费系统,或叫电子收费系统。电子收费系统于 20 世纪 70 年代开始应用研究,到 20 世纪 80 年代末 90 年代初步入成熟商用阶段。诸如美国的 Autopass 不停车收费系统、瑞典的 Premid 电子收费系统等已在欧美、亚洲等多个产业领域中得到应用。

电子收费系统广泛地采用了现代高新技术,涉及无线电通信、计算机、自动控制等多个领域。在收费过程中流通的不是传统的纸币现金,而是电子货币。由此可见,采用高新技术实现收费电子化,是电子收费系统的一个重要特征。

电子收费系统的另一个重要特征,是实现了公路的不停车收费。这一点是实现收费电子化的必然结果。电子技术的使用实现了收费操作的完全自动化,再加上电子货币式的交费方式,使得使用系统的车辆只需要按照限速要求直接驶过收费道口,收费过程就可以通过无线通信和计算机操作自动完成,不必再像以往一样在收费道口前停靠、付款。

总的来看,电子收费系统是以采用现代通信、计算机、自动控制等高新技术为主要特点,实现高速公路不停车收费的新型收费系统。

电子收费系统与传统的收费系统相比,具有很多优点,表现在:

① 极大地提高了收费工作的效率,同时杜绝了工作中的贪污、作弊、乱收费等现象。

采用电子收费系统,实现了收费方式的完全自动化,再加上以电子货币为主的电子化付费方式,使得收费操作可以在机器与机器之间通过电子信号以极快的速度进行,避免了人工操作的繁琐。由此,收费操作所花费的时间一下缩短到几秒甚至一秒以内,收费效率显著提高。根据日本的统计资料,传统的人工费用征收,由于必须停车而且是人与人交互,平均每辆车需耗时 14s,而采用了电子收费后,当每辆车以 40km/h 的速度行驶通过收费口时,只需要 3s 的时间。同时,由于采用电子货币来支付道路通行费,收费人员不再直接接触现金,从根本上切断了收费中贪污作弊现象,彻底杜绝了这种不正之风。由机器来进行收费,还减少了收费过程中人为因素的影响,收费标准能够得到更严格的执行,乱收费等现象可以得到有效的遏制。

② 大大方便了驾乘人员,减少了无谓的消耗和污染。

采用电子收费系统可实现路桥通行费征收的不停车操作,这极大地方便了驾乘人员。从用户的角度出发,收费站高峰时期的车辆排队现象将得到极大的缓解,甚至消失。对于车辆来说,由于可以实现不停车收费,车辆不必再频繁地启动和刹车,可降低无谓的油耗和机件、轮胎的损耗。另一方面,车辆排放的废气也会因为不必在怠速等待而大为减少,符合环境保护的要求。

③ 减少公路的交通堵塞和拥挤。

现代公路越来越向高速化发展,运行车辆的时速普遍达到了 100km/h 以上。如果仍然以传统手工方式进行征费的话,车辆不得不停下来,这与路上的高时速形成了鲜明的反差,人为地制造了一个瓶颈,制约了公路最大效益的发挥。采用了电子收费系统以后,车辆经过收费站时只需稍做减速,收费口的车辆通行能力大大增强,瓶颈制约作用将明显减弱。美国在这方面进行过比较研究,研究成果见表 6.1、表 6.2。

同时,使用电子收费系统以后,收费管理工作更加灵活,道路管理部门能够根据不同的时段动态地调整收费标准,以达到控制流量、分散高峰的目的。所有这些都对公路网络整体通行能力的提高起到了显著作用。

表 6.1 不同收费方式的通行能力比较(开放式收费系统)^[5]

收费车道类型	通行能力(辆/小时)
找零、开收据的人工车道	350
只发放通行票的人工车道	500
投币式自动收费机(不用代币)	500
投币式自动收费机(主要用代币)	650
混合式,上面任何一个加 ETC	700
专用于传统收费站的 ETC 系统	1200
高速 ETC 系统,使用无障碍专用车道	1800

表 6.2 不同收费方式的通行能力比较 (封闭式收费系统)^[5]

收费方式	入口车道		出口车道	
	服务时间 (秒)	通行能力 (辆/小时)	服务时间 (秒)	通行能力 (辆/小时)
ETC	3.3	1090	4.9	730
非 ETC	6.1	590	17.6	200
混合式	4.7	760	11.5	310

6.4.2 工作原理

电子收费系统是通过安装在车辆上的专门装置(车上单元)通过无线信号与安装在收费口的天线进行信息交换,根据该专门装置中保存的与收费相关的数据,即时算出并征收通行费用。费用征收不用现金,而使用电子货币式的系统(如 IC 卡)。一套完整的电子收费系统是由识别、通信等多个子系统和设备构成。以一个收费车道为例,电子收费系统的体系结构如图 6.6 所示。

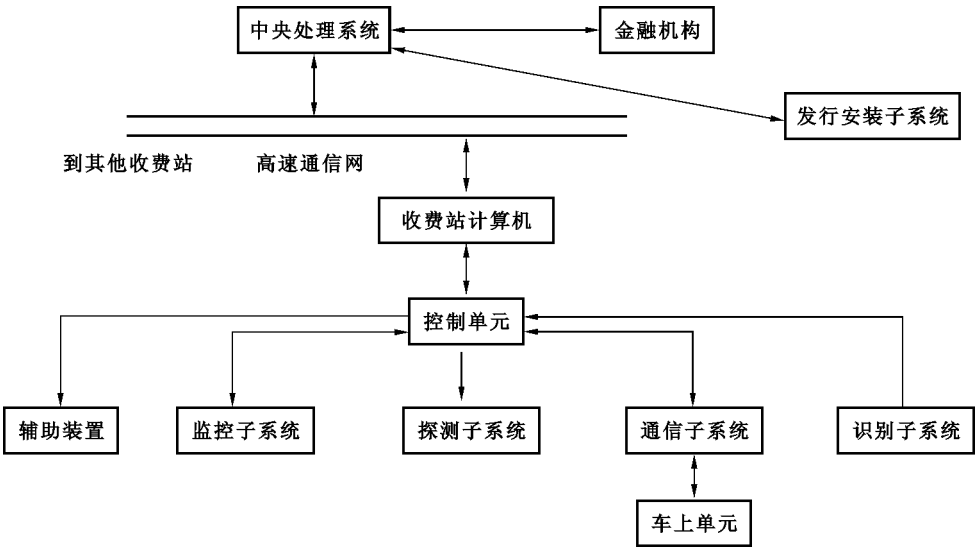


图 6.6 电子收费系统的体系结构^[5]

在电子收费系统中,有两大类付费方式可供用户选择。一类是预付方式。用户预先缴纳一定金额的通行费,这个金额以某种方式保存起来,每当收费操作时,从中扣除相应的预付款。另一类是事后支付方式。用户申请一个账户,每当收费操作时,凭这个账号进行记帐,然后定期或不定期地结账付款。在具体实现上,两大类付费方式都有集中式和非集中式的实现方法。在集中式的实现方式中,预付款的余额或账号的记账结算情况都保存在系统的中心计算机中,用户方只保存一个起索引作用的编号(对事后支付方式,这个编号一般就是账号)。在非集中式中,预付款的余额或账号的记账结算情况都直接保存在用户单元中,账号的记账结算情况等内容一般还在专门管理机构留有备份,以防万一。

电子收费系统是应用现代高新技术的新型收费系统,在这一系统中,通信、计算机、自动

控制等先进技术的应用是非常重要的。下面将介绍组成系统的各个模块的基本原理、功能及其实现。

(1) 控制单元

在电子收费系统中控制单元的功能和作用,是接收其他子系统传递过来的信息,按照事先预设的规则进行加工处理,产生相应的操作指令和数据,再传递给相应的装置、设备,控制它们做出必要的反应,完成电子收费系统的现场控制功能。所以,控制单元在系统中起一种反应中枢的作用,从电子收费系统的系统结构框图中也可以看出这一点。

具体而言,控制单元的各种数据处理和设备控制功能可以划分为几个部分。第一个部分包括电子收费的各种内容,比如费用计算、车道/车辆通信控制等。另一部分功能主要是车道的控制与管理,包括车型识别、强制系统(栏杆、摄像机等)控制、信号灯控制等,这些功能在电子收费系统和传统收费系统里均有体现。

在一套实际的电子收费系统中,控制单元的具体实现形式可以根据收费站的具体情况而有所不同。如果在已经实现了车道控制管理自动化的收费站上加装电子收费系统,那么可以考虑在已有控制装置的基础上进行功能扩展,实现电子收费的控制单元;或者在新的电子收费控制单元中设法包含已有的控制装置,实现兼容。如果收费站结构形式是每一车道一个收费亭岛式结构,那么要为每个车道安装一套控制单元,才能控制该车道的其他设备。

如果收费站是为使用电子收费系统而新设置的,那么就可以用更先进的系统组成和收费站构成。新的收费站可以不用传统的收费岛来分隔各个车道,从而使收费站的路面宽度与道路的其他部分相同。这样的收费站可采用横跨道路的门架式结构,电子收费系统的外场设备多数都可安装在门架上。控制单元则安装在路旁的工作间内,而且可以和收费站的计算机结合,合并成一套设备,由该设备通过分时并发等技术控制全部车道的所有装置。这样的结构形式与每一车道设置一套控制单元的形式相比,在费用和数据传递等方面效果更好。

在岛式收费站上,每个车道的控制单元还可以安装一些附加的设备,如显示器、手动开关按钮等,这样值守人员便可以直接了解收费过程的信息,必要时也可以采取一些人工干预措施实现现场的实时稽核。在门架式收费站中,类似的功能则集成到收费站的中心计算机上。

(2) 车上单元

电子收费系统使用了电子货币式的付费方式,用户必须有个电子钱包。同时由于收费过程在车辆行驶状态下进行,因此,这个电子钱包与收费装置之间的信息联系只能通过无线的方式进行,所以该电子钱包必须具有通信功能。此外,这个钱包还应该具有一定的人机交互功能,以使用户能够了解支付情况、存款余额等信息。这个电子钱包就是电子收费系统中的车上单元。典型的车上单元的结构框图如图 6.7 所示。

对应于控制单元结构,车上单元的大致工作过程可以用流程图来说明,车上单元的工作方式主要有三种:信息发送、信息接收和用户操作。其中前两种由车上单元自动执行,而第三种(主要是信息查询)则在用户的参与下进行,它们分别对应于三个不同流程,如图 6.8 所示。

微处理器是车上单元的核心,它对其他部分的工作起着指挥、控制的作用。微处理器在运行时需要一定的存储器以存放程序指令、操作数据等内容,这由内部存储器来提供。同

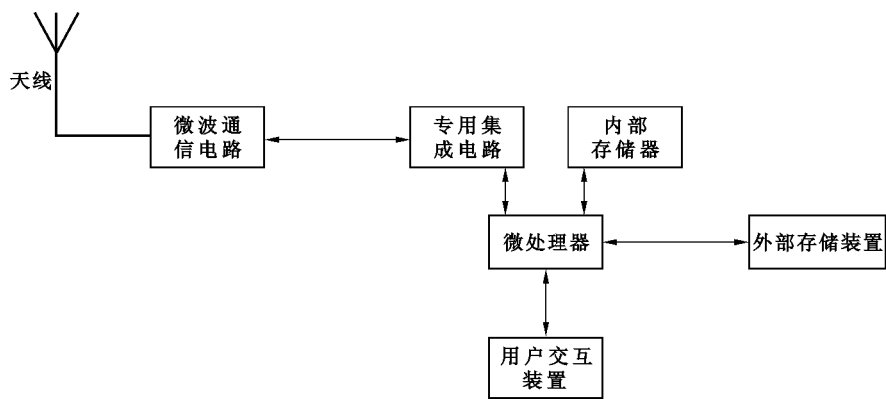


图 6.7 车上单元结构图^[4]

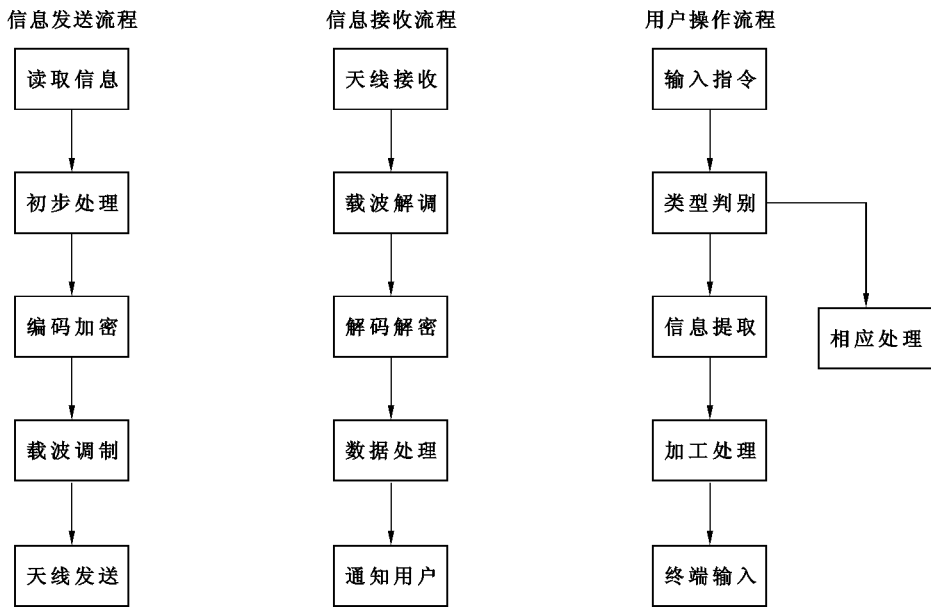


图 6.8 车上单元信息流程图^[5]

时,内部存储器还用于存放其他特定的信息和数据,如单元装置的编号、交费历史记录、存款余额等。专用集成电路具有相对独立功能的模块,它在微处理器控制下,使用其内部集成的专用算法,对输入的数据(来自微处理器或微波通信电路)进行特定的加工,通常是加密、编码等。微波通信电路直接与天线相连,它们共同实现车上单元的通信功能。在微波通信电路中,包含负责无线传输的模拟信号与单元内部的数字信号之间相互转换的调制解调器,以及处理模拟信号的各种元件。以上这几部分,是构造车上单元必不可少的。而结构框图中的外部存储装置及用户交互装置,则可以根据具体情况而作不同的设置。

电子钱包中包含的信息,可以存放在车上单元的内部存储器中,也可以放在外部存储装置里。这里的外部存储装置,指的主要是集成电路卡(IC卡)及其读写器。

车上单元存储的信息有多种内容,其中车上单元的识别号码(ID)和用户的预存金额或账号是最为重要的,必须长期、安全地保存。此外,车型信息编码以及用户的个人密码等内容如果存储在车上单元内,也必须长期、安全地保存,这些内容称为全程信息。另外存储在

车上单元的一些信息,只在一段时间内存放并有效,在使用完毕后即被擦除,这些信息包括用户进入封闭式收费公路的入口收费站号、道号,用户付费的历史记录等。车上单元能够保存的历史记录的条数是有限的,它们将不断地循环更新,保存在车上单元的信息,必须有一定的措施加以保护,以防被窃取或篡改。常用的保护方法包括对数据进行加密、操作双方相互验证身份等。

(3) 通信子系统

在电子收费系统的工作过程中,安装在车辆上的车上单元与收费站的对应收费设备之间必须交换一定的数据和信息,才能完成自动收费操作。实现这两者之间的信息交换,是通信子系统的主要功能。

由于电子收费系统的一大特征是不停车收费,因此站上设备与车上单元的通信只能通过无线通信的形式加以实现。无线通信系统最基本的组成部分就是发射单元和接收单元。在电子收费系统中,通信的双方是站上设备和车上单元,它们各有一套通信装置。由于电子收费过程中的通信是双向的,既有站上设备发送给车上单元的信息,也有车上单元发送给站上设备的信息。因此,无论是站上设备一方,还是车上单元一方,都同时具有发送信息和接受信息的功能。在具体设施上,负责发射和接收的部分可以集成在一起,某些元器件还可以共用(如天线等),构成了一个同时具有接收和发射功能的通信模块,如图 6.7 所示。

(4) 车型识别子系统

无论传统收费系统和电子收费系统,在收费过程中,首先必须识别车辆的类别。所不同的是,在传统收费方式中,车辆的类型通常由收费员通过目视人工划分,这样的分类主观性较大,标准难以真正统一,而且效率不高。在电子收费系统中,由于收费过程实现自动化,车辆直接驶过收费站而不停车,因而对车型判定提出了更高的要求,要求真正统一标准,准确迅速识别、归类。为了满足这些需求,有必要在电子收费系统汇总引入自动车辆分类(Automatic Vehicle Classification, AVC)及自动车辆识别(Automatic Vehicle Identification, AVI)技术。

要实现自动车辆识别、分类,首先是探测提取车辆的某些特征信息。在车辆的所有特征中,可以用来识别和区分车型的通常有车辆的外形(长、宽、高)、车辆的轴数或轴距、车辆轴重及总重、车辆号牌、发动机排气量、车辆可以乘载的人员数或载重量等等。在这些特征中,只有部分可以用于自动车辆识别和分类,因为有的特征可以用仪器不停车探测、提取,有的则不然,如排气量。

(5) 监控子系统

在电子收费系统的应用过程中,也会出现车辆不正常付费的情况,这可能是因为预付款余额不足等客观原因,也可能是因为驾驶员非法使用电子收费系统等主观因素。由于电子收费系统是不停车的收费系统,所以在处理违规车辆方面比传统收费系统更困难一些,所采用的具体方法、手段不尽相同。

在监控子系统中,常用的手段是对违规车辆拍照或摄像。将照片或图像递交有关处理机关,识别出违规车辆及其所有者后进行处理。在实际使用中,拍摄到的一般是模拟或数字图象,可以通过通信网络立即传送给有关机构。拍摄的内容大多是车辆的前、后号牌,更完善的系统还包括驾驶员的图象。

(6) 探测子系统及其他辅助设备

探测子系统主要用来检测是否有车辆经过,为系统的某些操作提供触发或启动信号,如天线开始通信、监控子系统摄像机拍照等。

在电子收费系统中,还有一些设备,它们不是构成每个系统所必需的,可以在实际应用中根据具体情况灵活设置,这些装置统称为辅助设备。例如,在一套电子收费系统中为了弥补车上单元信息显示功能的不足,可以在收费站道口的收费岛上设置一块可变信息显示屏,向驾驶员显示收费的具体情况。

(7) 收费站计算机和中央处理系统

收费站计算机在电子收费系统中的作用是对收费站进行管理。这种管理主要有两个方面,一方面是对收费站上硬件设施的管理,如收费道口的开通、关闭,各套设备的状态监视与高层控制等;另一方面是对收费的管理,包括收费操作的实时记录,收入情况的定期结算,相关报表的生成等。此外,它还负责向上级机关报告有关情况和数据。

中央处理系统是设置在公路收费管理机构一级的管理系统,它负责处理收费系统中全局性的事务和事件。具体包括对下属收费站的管理,对非法使用者的登记、查实、追踪和处理,系统的财务管理,系统用户管理等。中央处理系统还负责与外界其他系统的联系,如金融部门。

6.4.3 应用实例

电子收费系统目前在国内外都有广泛的应用,《欧洲自由流电子收费系统考察报告》中介绍了奥地利卡车收费项目,我国在京珠南高速公路也进行了试点。

(1) 奥地利卡车收费项目

奥地利卡车收费项目从2004年1月1日起正式投入商业运营,该项目是目前欧洲实施的真正的“多车道自由流电子收费”项目,该项目覆盖奥地利境内的2000多千米高速公路和国家干线公路,针对载重量3.5t以上的客货车进行收费。

① 项目背景

奥地利地处欧洲中部,是欧洲交通运输的重要枢纽地区,过境车辆和本地运输车辆的交通流量较大,为保护本国道路,奥地利在原有欧洲运输配额的基础上,确定对3.5t以上载重量的商用客货车根据其行驶距离进行收费。通过近两年的论证和组织工作,该系统于2004年1月1日正式投入使用。

项目覆盖奥地利境内的2081千米高速公路、在建的140千米道路和250千米的特殊道路(对所有车辆进行设站收费)。该“多车道自由流”电子收费项目,在2081千米的路段上布设近400处(800个)收费龙门架,龙门架布设在每两个互通立交出入口之间的封闭道路上,对这一路段进行收费。本系统为开放式收费,但由于系统覆盖了所有路段,所以可以对车辆行驶的全部里程进行收费,与封闭式收费的效果相同。

② 系统结构

该项目系统结构由车载电子标签(OBU)、系统设备和运营服务系统组成,见图6.9。

奥地利卡车收费系统以数据中心为核心,外场设备包括收费系统、执法系统、发行充值系统和移动设备,见图6.10。

③ 车载电子标签

该项目选用的车载电子标签OBU符合CEN/TC278标准,可存储车辆信息(车牌号、轴

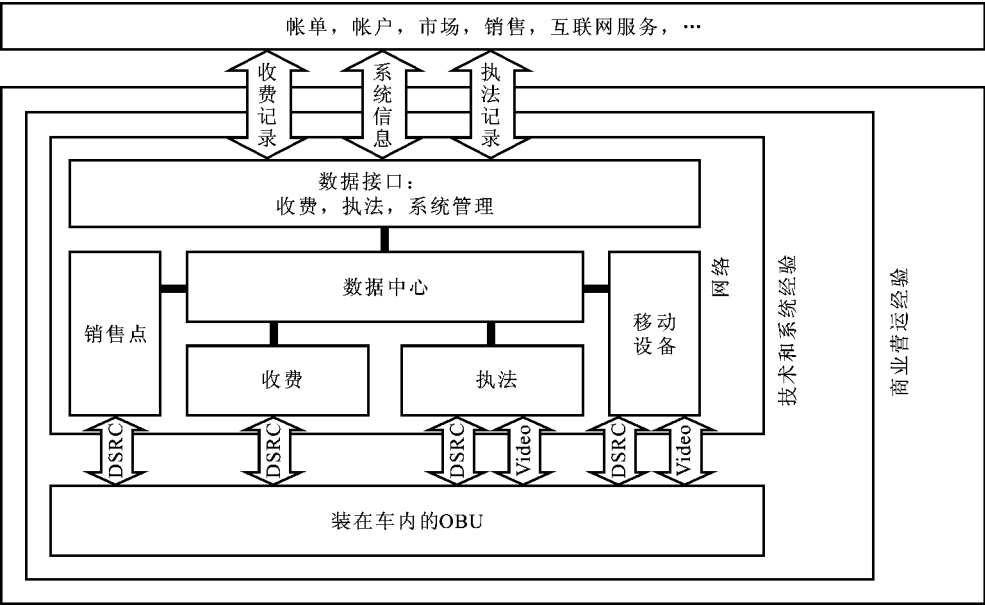


图 6.9 奥地利卡车收费项目系统结构图



图 6.10 外场收费系统和支付系统设备实景图

数、预付费金额)等, 见图 6.11。

由于卡车的载重量可能根据轴数的不同发生变化, 电子标签在发行时记入车辆的原始轴数, 在使用过程中可以自己设置实际轴数——声明轴数, 收费系统按照“声明轴数”进行收费, 执法系统对实际轴数和“声明轴数”进行比对, 并对“声明轴数”低于实际轴数的车辆进行处理。

④ 收费系统

奥地利卡车收费系统的收费站点包括多车道自由流系统、特殊路段的收费站和移动式收费系统, 见图 6.12。

多车道自由流车道系统由 DSRC 读写设备构成, 用于与车载电子标签进行通信, 实现



图 6.11 电子标签



图 6.12 多车道自由流系统示意图

电子收费。

⑤ 执法系统

执法系统由多车道激光分类装置、车道摄像机、全景摄像机和辅助光源系统等组成。

多车道激光分类装置用于对通过的车辆的车型进行判定,对于应该收费的 3.5 吨以上的客货车,判定其“声明车型”与“检测车型”是否相符,如果相符,则正常处理;如果不符,则将抓拍到的车辆前图片和全景图片上传至数据中心进行比对处理。

⑥ 发行充值销售系统

销售系统有两种方式:自动售货机和有人值守销售点。

自动售货机一般安装在公共服务区域,为一台带触摸屏的一体化工控机,用户可以在该机器上完成开户、充值等相关自助服务。用户的操作过程十分简单,只需按照系统提示填写相关表格,即可现场得到车载电子标签。充值的过程也十分相似,将电子标签插入相关接口,按照系统提示进行充值操作。

有人值守销售点一般选择服务区或路边杂货店等场所,安装一套以 PC 和 PSS 组件(DSRC 模块)为中心的销售终端。人工完成开户、充值等客户服务工作。

⑦ 移动设备

移动设备包括移动式收费站和移动式支付系统,移动式执法系统见图 6.13。



图 6.13 移动式执法系统示意图

移动式执法系统为一套车载设备,包括 DSRC 读写设备、信息处理设备和 GPRS 通信设备,移动式执法系统通过 DSRC 读写设备对从旁边经过的车辆进行探测,采集其电子标签内的标志信息,通过信息处理设备和 GPRS 通信设备与数据中心进行通信,以确定该车辆是否有违法记录,一旦发现违法车辆,可以立即追踪、现场执法。

⑧ 数据中心和运营服务系统

数据中心建设在 EUROPASS 办公楼内,主要功能是对收费业务数据进行确认和统计处理,对系统判定的违法行为和车辆进行判定。ASFINAG 委托第三方机构统计的系统准确率为 99.7%。

运营服务系统包含服务网站和呼叫中心(CALL CENTER)。此项业务,ASFINAG 进行了外包。

(2) 京珠南高速公路组合式 ETC 收费示范工程

改革开放以来,我国通过“收费还贷”政策,修建了大量公路,但收费公路上的 ETC 技术推广和实施缓慢,主要原因是:传统的 ETC 技术与已有人工收费系统相互独立,互不兼容,而我国高速公路又大都采用封闭式收费,这样就造成 ETC 系统实施的成本过高,使得资金的投入与获得的效益之间不成正比。为解决该类问题,2000 年 7 月交通部公路科学研究所提出了“两片式电子标签+双界面 CPU 卡”的组合式收费技术方案,并选择京珠高速公路粤境南段(曲江—翁城段)进行组合式收费试点,该项目也成为组合式收费技术向全国推广的示范工程。

① 项目概况

京珠南高速公路是京珠高速公路主干线上的一段(甘塘—翁城段),全长 54 公里,该路段共有 4 个收费站分别为:曲江临时主线站、曲江互通匝道站、沙溪互通匝道站、翁城互通匝道站。该路段于 2001 年 1 月开通,开通时使用临时性的纸通行券收费系统,临时收费中心设在曲江。示范工程在该路段上实施,主要包括:

- a. 建设以非接触式 IC 卡为通行券的收费管理系统;
- b. 所有的人工收费车道实现对 CPU 卡的操作,实现停车的支付卡收费;
- c. 在曲江收费站建设两条(一进一出)电子不停车收费车道,实现电子不停车方式的支

付卡收费;

d. 建设省一卡通中心,实现与收费中心的数据交换和支付卡的资金划转;

e. 在曲江建设一个服务网点,实现支付卡的发卡、充值和相关客户服务。

工程完成后,该地区用户可以在曲江的服务网点申请支付卡和电子标签,根据需要选择停车收费或不停车收费服务。如用户从曲江收费站出入,则可享受方便快捷的电子不停车收费服务,而从其他收费站出入则使用停车的支付卡收费服务。费用分配则每天一次通过广东省一卡通中心划账进行。工程完成后,曲江收费站全景见图 6.14。



图 6.14 曲江收费站基于组合式收费技术的 ETC 车道示意图

(2) 项目的实施

2000 年 10 月交通部公路科学研究所与新粤有限公司合作,开始了基于组合式收费技术的电子不停车收费(ETC)车道系统和后台结算中心系统软件的开发,同时联合组建广州埃特斯有限公司开始了 DSRC 关键设备的研发和设计。2001 年 2 月第一套基于组合式收费技术的 DSRC 设备(天线及车载机)研制成功,相应的车道系统软件也于同年 5 月开发调试完成。2001 年 3 月,作为组合式收费技术推广应用的示范工程,京珠高速公路粤境南段(曲江—翁城段)组合式收费系统项目正式启动(以下简称京珠南项目)。

2001 年 7 月,在京珠南高速公路曲江收费站建设完成了两条基于组合式收费技术的电子不停车收费 ETC 车道。如图 6.15 所示:

ETC 车道系统设计遵循了专用、低速、中置的原则,ETC 车道分别设在靠近中央分隔岛的 3 号车道(入口)和 4 号车道(出口),ETC 车道为专用车道,无电子标签的车辆不允许通过,栏杆设在收费岛岛头的位置,车辆到达栏杆前面的通讯区,如果正常交易则栏杆抬起,车辆不停车通过;如果交易异常,则栏杆不抬起,报警器和费额显示器作出相应的报警和提示,车辆可从右侧的人工收费车道通过。

ETC 系统和人工收费系统一同开通才能实现组合式收费。2001 年 9 月,根据项目工期计划,京珠南项目的人工收费系统开始正式实施。一个月后,京珠南项目的 IC 卡人工收费系统安装调试完毕,此时人工收费系统的各条人工收费(MTC)车道已经实现了支付卡的非现金收费功能,而且 ETC 车道收费系统与人工收费系统的收费站系统数据交换也已处于正

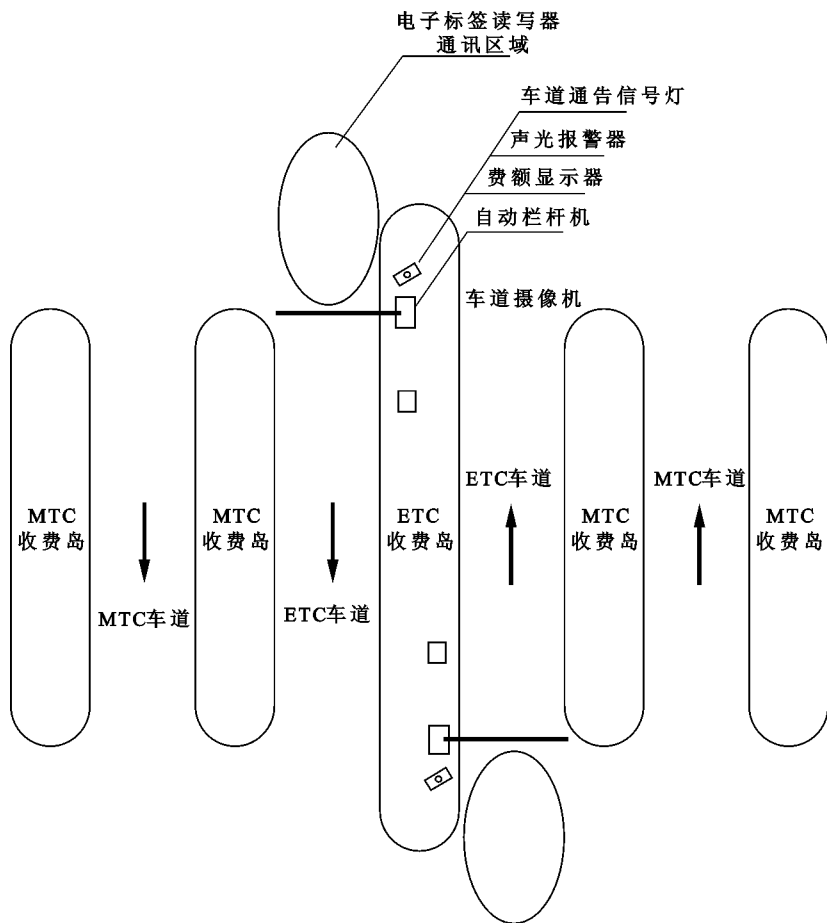


图 6.15 曲江收费站基于组合式收费技术的 ETC 车道示意图

常运行状态,收费中心系统与一卡通中心的调试也成功完成,京珠南高速公路的收费系统成为了兼容人工现金收费、人工支付卡收费和电子不停车收费的组合式收费系统。2001 年 10 月,人工 IC 卡现金收费部分正式投入使用。

2001 年 11 月,京珠南高速公路各人工收费车道开通了支付卡收费功能,电子不停车收费车道系统也开始投入试运行,同时,广东省一卡通中心和曲江服务网点也开通试运行。经过 5 个月的试运行,系统逐渐稳定,运营管理也趋于成熟。2002 年 4 月底正式向社会用户发卡,组合式收费系统投入全面正式运营。

(3) 系统关键性能指标

经过综合测评,示范工程中关键系统达到了以下技术指标:

一卡通系统性能指标:

- 连续无故障时间(MTBF): $>10000\text{h}$;
- 收费记录日处理能力: 大于 10 万条过车记录;
- IC 卡交易: 符合《中国金融集成电路(IC)卡规范》;
- 电子标签读写设备: 符合交通部《电子不停车收费设备应用技术条件暂行规定》。

MTC 车道性能指标:

- a. 连续无故障时间(MTBF): $>10000\text{h}$;
- b. 收费车道通行能力: >150 辆/(车道·h);
- c. 系统可靠性: 每 100000 次交易不多于 3 次的错误;
- d. 车道信息保存: 至少 60000 车次过车记录;
- e. 允许工作环境温度: $-20^{\circ}\text{C} \sim +60^{\circ}\text{C}$;

ETC 车道性能指标:

- a. 连续无故障时间(MTBF): $>10000\text{h}$;
- b. 不停车收费车道通行能力: >1200 辆/(车道·h);
- c. 系统可靠性: 每 100000 次交易不多于 3 次的错误;
- d. 车道信息保存: 至少 60000 车次过车记录;
- e. 车辆分辨最小距离: $\leq 110\text{cm}$;
- f. 允许工作环境温度: $-20^{\circ}\text{C} \sim +60^{\circ}\text{C}$;

曲江收费站示范工程的 ETC 车道、MTC 车道见图 6.16~图 6.18。省一卡通结算中心见图 6.19。



图 6.16 曲江收费站专用 ETC 车道



图 6.17 曲江收费站专用 ETC 车道



图 6.18 曲江收费站 MTC 车道



图 6.19 广东省一卡通中心的后台结算处理机房

6.5 交通事件管理系统

6.5.1 交通事件管理概述

(1) 交通事件及其对交通的影响

交通事件是指导致道路通行能力下降或交通需求异常增多的非周期性发生的情况。根据交通事件的特点,可分为突发性交通事件和计划性交通事件。突发性交通事件包括交通事故、自然灾害(如地震、灾害天气等)、生产事件(如有害气体泄漏、火灾、爆炸等)、恐怖袭击事件等,此类事件的发生具有不可预测性。计划性交通事件包括大型集会、大型文体活动、道路养护维修作业等,此类事件能事先获得事件信息并制定应对计划。

交通事件往往由某种特殊需求或特殊环境所引发,具有以下特点:

① 非常发性

对于突发性事件,事件发生的时间、地点以及频率往往是不确定的,而计划性事件的发生虽然事前是知道的,但由于其会引发超常的交通需求而常常需要进行大量的准备工作,而且还要限制这类事件发生的频率,因此特殊事件具有非常发性。

② 需求超常性

交通事件主要通过影响道路的通行能力和影响交通需求来对现时交通产生影响,导致交通需求大于道路通行能力,从而产生交通拥堵。

③ 波及广泛性

交通事件往往涉及对象众多,影响范围很广。例如一项养护维修工程,往往涉及到施工单位、交通管理部门、道路使用者等多个对象,如果引发了交通事故,还得涉及医疗、急救等众多部门,而其影响范围也不仅仅包括养护维修的路段,一般还会影响到相关的平行道路和相交道路。

交通事件的发生通常会改变原有的交通条件,譬如引起道路通行能力降低,或者在特定时间内产生大量的额外交通需求,这都将影响道路网中原有交通流的正常运行,容易引起交通拥挤和阻塞,并有可能进一步引发二次交通事故。

交通事件对交通系统的影响体现在以下方面:

① 对道路通行能力的影响

交通事件通常会对道路设施产生局部性或区域性的破坏,导致其不能发挥正常的交通功能。如交通事故会堵塞部分车道,甚至堵塞整条道路;地震会造成道路设施的大面积损坏等。

交通事件对交通设施的影响可分为物理性影响和功能性影响。物理性影响是指交通设施的物理结构遭到破坏,如因爆炸造成道路和桥梁毁坏,或因地震、海啸、洪水、泥石流等自然灾害造成的道路设施破坏。物理性影响在短期内很难完全恢复。功能性影响是指在交通设施物理结构完好的情况下,由于交通事件而导致其交通功能的失效。如大型庆祝活动和外事活动基本采取的交通管制、灾害天气条件下的道路封闭或因交通事故导致的车道堵塞等。在这些情况下,交通设施受到是功能性影响,虽然其物理结构仍然完好,但同样对交通系统产生重大影响。功能性影响容易在较短的时间内恢复到正常状态。

交通事件会明显降低道路的通行能力。1996 年美国联邦公路局的《交通控制系统手册》中给出了事件对高速公路通行能力影响的研究结果,如表 6.3 所示。

表 6.3 事件条件下可获得的道路通行能力占正常通行能力的比率^[3]

高速公路单方向 的车道数	路肩上 车辆抛锚	路肩上事故	阻塞车道数(个)		
			1	2	3
2	0.95	0.81	0.35	0.00	—
3	0.99	0.83	0.49	0.17	0.00
4	0.99	0.85	0.58	0.25	0.13
5	0.99	0.87	0.65	0.40	0.20
6	0.99	0.89	0.71	0.50	0.25
7	0.99	0.91	0.75	0.57	0.36
8	0.99	0.93	0.78	0.63	0.41

② 对交通需求的影响

交通事件不仅影响道路通行能力,还会对交通需求产生显著影响。例如,在举办重大体育赛事时,在比赛开始前,大量观众汇集到比赛场馆,比赛结束后,又出现大批人员向四周疏散,这无疑会导致比赛场馆附近及周边道路网络交通需求的明显增加。又如,对影响公众生命安全的事件如海啸、毒气泄漏等,必须把人员从危险区域疏散到安全的地带,将引起局部区域的交通需求短期内急剧增加。

另外,交通事件还会导致交通需求在道路网络上的重新分布,有些道路的交通需求降低,而有些道路的交通需求则会增加。例如,某条道路发生重大交通事故而封闭时,车辆将转移到相关的其他道路,虽然总的交通需求没变,但部分道路的交通需求将大量增加,容易引起交通拥堵和交通事故。

(2) 交通事件管理

道路交通事件管理的基本思想,是将道路的日常运营活动,视为运营正常状态和异常状态两者交互发生、互相转化的过程,认为这种交互转化的活动过程,是在道路所处环境的安全状态和不安全状态这两者交互作用下进行的。对交通事件进行管理,一是要充分利用现有的道路交通资源来进行;二是要尽量降低特殊事件带来的对交通和环境的负面影响,提高交通安全和交通效率,同时兼顾环境。当发生突发性事件时,通常要求交通事件管理系统能迅速反应,根据现场情况机动灵活地进行交通组织和交通管理并及时发布相关信息对交通流进行有效引导;对于计划性事件,从事件策划时就应制定相应的交通管理方案,事件进行中执行好交通管理方案,并根据实际情况对原方案进行修正,事件结束后及时对本次交通管理方案进行总结和归档。

美国《交通事件管理手册》中将交通事件管理定义为“系统地、有计划地、协调地使用人力、法规、救援设备和技术手段来减小事件的持续时间及其影响,改善驾驶员、事件当事人和事件处理人员的人身安全”。美国的国家 ITS 框架中将“事件管理”用户服务描述为:“事件管理用户服务使用先进的传感设备、数据处理和通信技术,提高运输和公共安全部门的事件管理能力。该服务将帮助这些部门快速准确地识别各种事件,并实施一系列的措施把事件对人和货物运输的影响降低到最小。另外,该服务还帮助管理部门识别或预测有危险的天气、交通和设施条件,以便提前采取措施,防止事件的发生或降低事件的影响”。

可见,事件管理就是通过有效地减少事件检测和确认时间,及时采取恰当的应对措施,快速降低或消除事件带来的影响,从而提高交通系统运行效率和安全性。它包括交通事件事前、事中及事后整个过程的管理,因此,预警应急管理系统、紧急救援系统都是交通事件管理系统的重要组成部分。

(3) 交通事件管理的内容

交通事件管理的内容主要包括:事件检测与确认,事件快速反应,事件现场管理,交通管理,事件清理,事件信息发布等。上述内容通常是同时进行或交替进行的,下面对事件管理的各个环节分别加以叙述。

① 事件检测

事件检测是及时对可能发生的事件进行发现、判断和对已经发生的事件进行检测的过程,是事件管理的第一步。能否及时对事件进行响应很大程度上依赖于高效、可靠的事件检测技术。尽早检测到事件,对于制定恰当的响应策略、及时控制和引导其他车辆避开事发地

点、降低事件影响和损失是非常重要的。

事件检测方法主要包括以下几种:驾驶员或其他人员电话报警,交通视频监控,基于检测器数据的交通事件自动检测算法和软件,交通警察巡逻,相关部门报告的事件信息等。

② 事件快速反应

一旦确认交通事件发生后,事件快速反应就是协调各相关机构、管理相应的人员及设备、进行通信联络和信息发布等一系列活动的总和。合适的快速反应过程取决于对所发生事件的了解以及现有条件下所能提供的装备与资源。

③ 现场管理

现场管理的主要任务是准确评价事件严重程度、确定合适的优先权、协调相关资源的使用、安全高效地清理事件现场等。保证事件处理人员、事件当事人以及其他车辆和人员的安全是现场管理的首要目的。

④ 交通管理

交通管理涉及到多个方面,包括快速道路控制、城市道路控制、交叉口控制、紧急事件处理、交通信息采集和发布、交通监控以及静态交通管理等诸方面。

⑤ 事件清理

事件清理是指清除事件遗留的残骸及其他影响道路交通流正常运行的障碍物,使道路通行能力恢复到正常水平的过程。

⑥ 事件信息发布

事件信息发布是指通过各种渠道和方式将事件信息传播给驾驶员的过程。通过发布事件信息,出行者可以避免或远离事件现场、改变出行时间或者出行方式等,从而降低事故带来的影响。常用的交通信息发布方式包括:交通广播电台、可变信息板、车载导航设备、电视、互联网、移动电话等。

6.5.2 交通事件管理系统的组成

交通事件管理系统主要由数据采集子系统、数据处理子系统、预警应急管理子系统、应急救援子系统组成。

数据采集子系统通过各种信息采集方式如车辆检测器、视频检测器、气象检测器等采集相关数据,并用通信网络传送到应急管理中心的数据处理子系统。数据处理子系统对数据进行处理,及时获得交通事件信息,并向管理人员进行提示。管理人员对异常事件进行辨别和确认后,将事件信息输入到预警管理子系统,该子系统在进行事件影响分析、交通状态仿真等基础上,提出预警管理方案的建议,并通过人机交互的方式确定最佳的应急管理方案。应急管理方案确定后,启动应急救援子系统,及时采取相应的应急措施,如进行交通管制、发布事件信息、与医疗及消防等部门联合开展救援等。

以高速公路交通事件管理系统为例,其系统结构如图 6.20 所示。

(1) 数据采集子系统

交通事件管理系统的信息采集主要有以下方式:

① 基于检测器的交通事故信息采集

由于异常交通造成的交通阻塞消散时间与紧急救援的响应时间成指数关系,所以及时地发现异常交通现象具有重要的意义。为采集异常交通信息,有必要加大沿线检测器的密

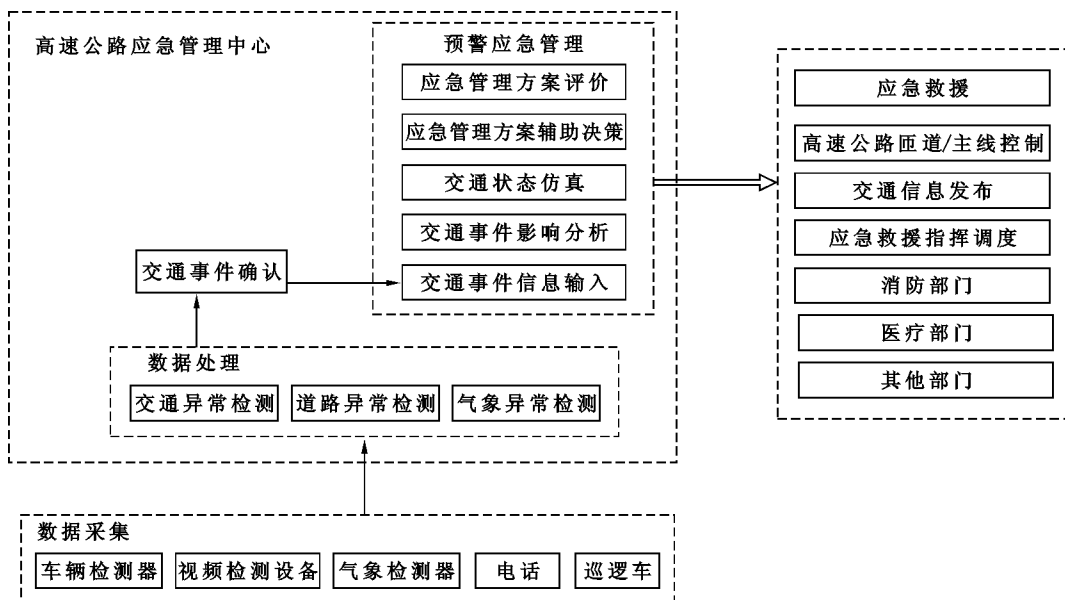


图 6.20 高速公路交通事件管理系统结构示意图

度,一般以 500m 间距为宜,事故多发地段还可以加大此密度。

② 基于紧急电话和巡逻手段的异常交通信息采集

这是常规的异常交通信息采集手段。突发事故发生后至被发现的时间,取决于紧急电话的设置密度和巡逻频率,一般情况下缺乏及时性。

③ 基于 AIDS 的异常交通信息采集

交通状态自动识别系统(Automatic Incident Detection System,AIDS)是运用图像处理技术,自动地检测行驶中的车辆为避开道路上异常情况的行驶轨迹,并将此信息传送给交通控制中心和路上的后续车辆。AIDS 几乎可以在突发事故发生的同时获取异常交通信息,但由于该系统的成本较高,所以尚难在高速公路上大范围地使用。因此,事故多发段以外地点的异常交通信息采集,还需借助上述①、②手段来实现。

④ 基于路车间信息系统的异常交通信息采集

路车间信息系统(Road/Automobile Communication System,RACS)是通过车辆上的装置和设于路上的通信接收与发射装置,实现行驶中的车辆与管理中心的通信。当车辆遇有险情时,可以通知管理中心,并通过该中心将此信息提供给周边的车辆。

(2) 预警应急管理子系统

预警主要是对道路交通的监测和评价,重点在于预警指标的建立和评价。而预警管理的重点在于在获得各种交通现象信息的基础上,研究如何采用预警预控的管理手段防范异常交通事件的发生以及发生后的紧急救援措施等问题,包括预警应急管理的组织、预警应急管理的运行方式以及预控对策等方面。

① 道路交通事件预警应急管理子系统的运营模式

根据道路运营活动的客观过程,道路预警应急管理子系统活动的运营模式见图 6.21 所示。

道路预警应急管理子系统工作的开展是建立在运营公司对所辖路段交通运营指标的监

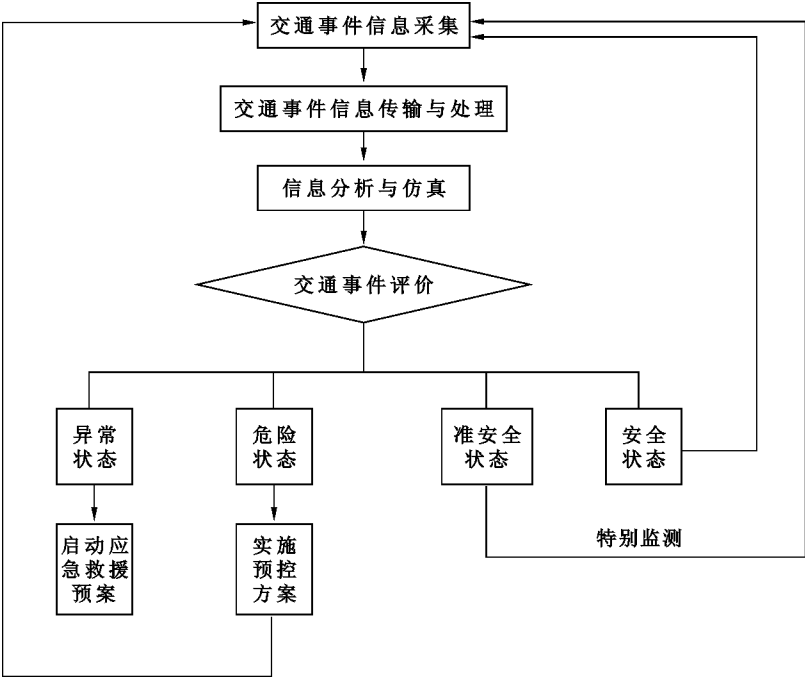


图 6.21 道路预警应急管理子系统的运营模式图

测基础之上的。管理部门根据获取的信息,通过识别、诊断、评价各交通现象,确认监测指标处于异常、危险、准安全或安全状态,实施相应的控制对策。当指标处于安全状态时,继续进行日常监测;当监测指标处于准安全或危险状态时,预警部门根据具体情况或指示进入特别监测阶段,或提出预控对策并由决策层或调度部门下达执行,直至恢复到安全状态,同时调度部门将对策方案输入对策库供将来参考;当监测指标进入异常状态时,整个道路管理组织进入应急救援程序,启动应急预案,直至道路运营重新进入安全状态。

② 道路交通预警应急管理子系统的方法设计

整个预警应急管理子系统所采用的方法应保证预警应急管理组织的正常运作:与道路有关的内外信息通过信息网进入预警应急子系统,经存储、处理、甄别和推断后,再分别进入预测环节和预警指标体系或各种模拟模型中。预测系统运用预测方法对未来内外交通环境状况进行预测,预警指标体系经过运算而估计出未来道路交通状况,模拟可能发生的交通事件,所输出的结果根据预警应急准则进行比较判别,以便决定是否启动应急预案以及采用几级预案。然后根据结果调用对策库中的对策,最后予以实施。其方法流程见图 6.22 所示:

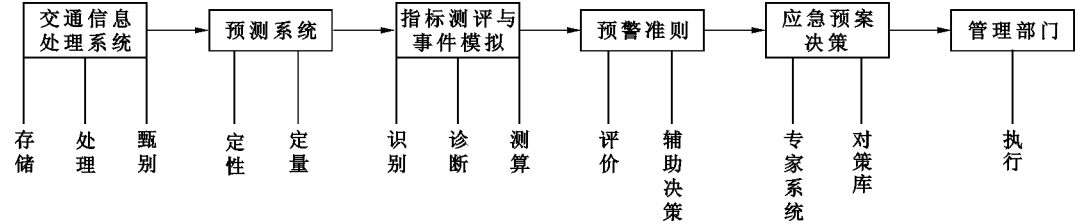


图 6.22 道路预警应急管理子系统的方法流程

当预警应急子系统判断较严重的异常交通事件已经发生时,则直接启动紧急救援子系统。

(3) 紧急救援子系统

公路交通事件紧急救援子系统的根本任务就是及时获取发生交通事故的信息,协调各有关方面迅速采取紧急救援行动,最大限度地降低交通事故所造成的人员伤亡和财产损失;尽快恢复公路的通行能力,减少异常交通状态下道路的交通需求。

① 交通事故紧急救援组织体系

道路交通事故紧急救援管理作业,涉及到诸多的业务部门,主要有:道路交通管理中心、交通警察部门、医务部门、事故排除部门、消防部门、特种物品(化学物品等)处置部门、巡逻管理部门。上述各部门紧密配合,协调工作是圆满处理各种事故的基本条件。交通控制中心在获取事故信息后,迅速将信息传达给各救援部门,紧急救援队伍快速抵达现场展开救援,对现场实行必要的交通管制,并将有关信息反馈给控制中心。控制中心根据反馈信息立即改变管理方案,并向附近的驾驶员提供有关交通事故的情报。医疗、消防、保险等部门应做好救援准备和善后工作。

② 道路交通事故紧急救援方案的决策

在获悉异常交通现象发生后,视其异常交通的类型和程度,迅速地就以下救援方案作出决策,即:突发事件现场的调查与管理方案,紧急救援技术方案与装备,救援线路,上游流入交通的迂回诱导与控制管理方案,关联平面道路的紧急管理方案等。紧急救援方案决策是依据实际情况,执行预案的过程。道路异常交通紧急救援措施所涉及的管理业务和部门繁多,当道路出现异常状态时,要确保紧急救援活动的效率化,除了要求诸多部门间通讯系统的畅通,关键在于强化道路交通管理体制,制定严密的紧急救援规程和必要的章法。另外,要缩短交通事故处理时间,一旦发生交通事故,各有关部门应最快地到达现场,迅速而有效地采取紧急救援措施。

③ 道路交通事故的伤后处理

正确、快速和有效的处理,能使伤员得以生存和防止伤情恶化。建立紧急医疗服务队伍非常必要,它包括救护车随从人员、医疗辅助人员、急救室护士和合格的医疗专业人员。这些人应当得到对伤员处理方面的基本训练和教育,并有较先进的处理受伤者的技术。国家应指定一些医疗机构对伤者提供有效的救护。随着我国道路的发展和智能化进程的加快,这些能够提供充分的紧急救护技术的医务人员和医院应得到相应的发展和提高。在县级及以上医院内附设组织良好的交通事故抢救中心,利用专业的抢救知识和技术减少死亡率和伤残率。

④ 道路交通事故紧急救援系统工作流程

道路交通事件应急救援系统的工作流程如图 6.23 所示。

应急救援指挥系统构建在道路监控和预警系统的基础之上,在突发事件发生时,应急救援指挥中心与道路监控中心联动工作。道路发生突发事件后,会引起交通流的异常变化,监控系统根据此变化可自动判断可能发生的交通事故。应急救援指挥中心接到突发事件报警后,立即记录事故信息,包括时间、地点、事故类型、事故描述等,并同时启动监视系统、GPS 系统、GIS 系统等进行事故定位,对事故信息做出初步的综合分析和判断确认。根据事件的类型、事发地点和严重程度,应急救援指挥系统自动生成救援需求和事故处理预案,对重大

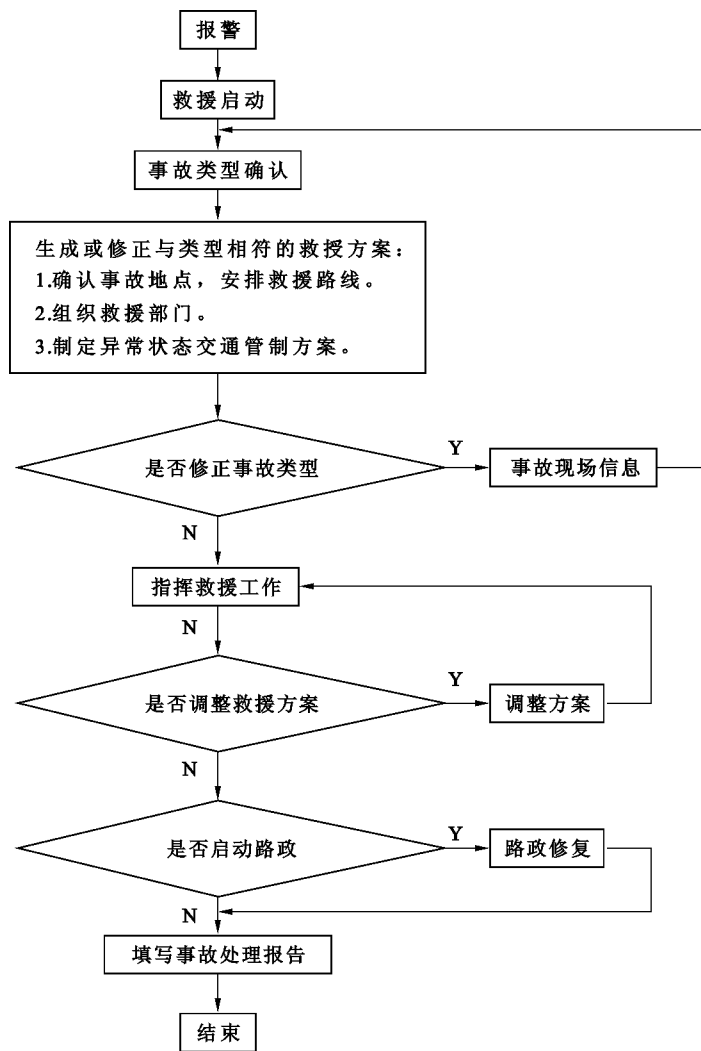


图 6.23 交通事故应急救援处理流程^[13]

事故应及时上报上级主管部门,并接受上级主管部门的指挥控制命令。为有关部门提供至事发地点的最佳路线,并通过通信系统下达救援指令,通过信息发布系统发送事故信息和相应的交通管制或引导信息。根据不同的救援需求和各职能部门的分工,向各有关部门通报事故及救援需求信息,协调组织救援工作。各有关部门接获事故通报后根据分工立即在应急指挥中心的统一协调下,各司其职,组织救援和事故处理,并将事故现场情况及时反馈给应急指挥中心,以便应急救援指挥系统能够及时修正救援方案;在事故处理完毕后,应急救援指挥中心下达处理结束命令,路网交通恢复正常。同时,应急指挥中心记录详细的事故救援处理报告,分析评价处理结果。

6.5.3 交通事件管理系统的功能

交通事件管理的目标是改善交通安全,减少人员伤亡和损失,降低交通延误,提高救援

效率和减少交通事件对环境的影响。概括而言,交通事件管理的根本目的是使受到事件干扰的交通流恢复正常。根据上述系统组成,交通事件管理系统可以完成以下的功能:交通事件检测、应急管理方案决策支持、应急管理方案执行等。

(1) 交通事件检测

交通事件检测是交通事件管理系统的基础。利用交通事件检测技术,及时发现异常交通事件并迅速采取相应的措施,对减少事件带来的损失具有重要作用。有研究表明,即使在非高峰的自由流条件下,若提前 1 分钟发现并清理交通事件,至少可减少 4~5 分钟的延误,同时还可显著减少人员伤亡。

交通事件检测主要是通过车辆检测器、视频检测器、气象检测器、电话以及收费系统等,采集相关的基础数据和图像,并由管理人员或计算机对数据进行处理,得到异常事件信息。异常事件检测可分为“非自动”检测和“自动”检测。“非自动”检测包括闭路电视、警察和公路巡逻车等。事件自动检测(Automatic Incident Detection, AID)是指根据事件检测算法对采集的数据进行处理,自动得到异常事件信息。

事件自动检测方法分为间接检测方法和直接检测方法。绝大多数的 AID 方法都属于间接检测方法,它们通过识别由车辆检测器得到的交通流参数的非正常变化来间接判断交通事件的存在。直接检测方法是指采用图像处理技术来发现停驶车辆的一类方法,这类方法实际上是“看到”发生了交通事件,而不是通过交通事件对交通流的影响来检测到它的存在。目前基于交通流参数的变化来检测交通事件的方法,因其经济、方便而成为发展中国家和大多数发达国家 AID 研究的主要方向。常用的间接检测方法包括模式识别方法和统计方法。在模式识别方法中,又以加利福尼亚算法系列和麦克马斯特算法应用最广。近年来以人工神经网络为手段的检测方法也很多。统计方法中主要有指数平滑法、标准正态分布法、贝叶斯算法和自回归移动平均方法等。

(2) 应急管理方案决策支持

在异常事件确认后,需要制订应急管理方案。传统的做法是根据经验提前确定各种交通事件的应急管理预案,当发生异常事件时,管理人员根据相应的应急管理预案来开展工作。但是,应急管理预案是根据以往的情况制订的,灵活性和针对性不强,并且很多具体的管理措施由管理人员临时确定,其科学性和效率不高。利用交通事件管理系统,实现应急管理方案决策支持功能,可以显著提高应急管理方案的科学性和合理性。

应急管理方案决策支持功能具体包括以下内容:异常事件影响分析、交通状态仿真、应急管理方案决策支持、应急管理方案评价等。

① 异常事件影响分析

异常事件确认后,管理人员将异常事件的信息如事件时间、事件地点、事件类型等输入决策支持子系统,分析事件对道路通行能力、驾驶员出行选择、路网容量等的影响,从而确定异常事件对整个路网的影响。

② 交通状态仿真

交通状态仿真是指利用交通仿真软件,对事件状态下道路交通状态进行仿真分析。在异常事件影响分析和应急管理方案评价的过程中,都需要利用交通仿真方法定量地进行分析和评价。另外,可以将交通仿真软件与地理信息系统结合起来,增强系统的功能并提高系统的直观性。

③ 应急管理方案决策支持

应急管理方案决策支持是指针对当前异常事件下的实际情况,确定应急管理方案,如道路交通管制范围、事件信息发布位置和内容、救援车辆最优路线等,并由管理人员对应急管理方案进行确认和调整。

④ 应急管理方案评价

在确定应急管理方案后,需要利用交通仿真方法对方案执行后的效果进行评价,及时发现存在的问题和不足,并对方案进行修正。同时,在方案执行的过程中,由于现实的情况是复杂多变的,还需要根据当时的情况对应急管理方案做及时调整,最大限度地发挥应急管理方案的作用。

(3) 应急管理方案执行

应急管理方案一旦确定,就应尽快执行。应急管理方案执行主要包括:道路交通管制、救援车辆如救护车、消防车等的监控调度、交通信息发布等。

在应急管理方案执行过程中,往往涉及到公安、消防、医疗等多个部门,必须使上述部门保持畅通的通信联络,并协调好各部门的工作,便于及时、高效地开展应急救援工作。

本章小结

本章首先介绍了先进的交通管理系统的概念及基本内容,详细阐述了交通监控系统的构成和基本工作原理;然后论述了公共交通管理系统的内涵及关键技术;在阐述电子收费基本概念、构成、基本技术等的基础上,详细介绍了奥地利卡车收费项目和我国京珠南 ETC 技术示范工程;最后介绍了交通事件管理系统的基本原理及在我国的应用研究。

从国际 ATMS 发展历程看,最初的 ATMS 是各个城市开发出的独有系统,其核心软件很大部分是针对单独一个用户而开发的。毫无疑问,这些第一代的系统很有效地解决了用户面对的问题。如 1996 年亚特兰大奥运会期间采用的 Georgia Navigator。ATMS 将事故从发生到清理结束的平均时间从 6 小时 15 分钟降低到 1 小时 28 分钟,相当于对事故的处理速度提高了 77%。然而,正由于第一代 ATMS 是独有系统,很难具备为满足用户不断变化的需求而对系统进行修改的灵活性,造成维护费用上升。同时,由于不同用户开发了各自的具有 ATMS 功能的独立系统,而这些系统不能兼容,造成了系统集成的困难。随着技术的不断成熟,ATMS 将不是只能满足单一用户的当前要求,它将是一个为各个交通子系统所共享的、功能强大的、统一的大系统。ATMS 将是一个能有效操作、易于维护、可满足用户日益变化的需求的系统。因此,面向整个交通系统、数据共享、标准统一的 ATMS 将是未来发展的主流趋势。

参考文献

- 1 刘镇阳. 城市智能公共交通系统. 北京:中国铁道出版社,2005
- 2 刘智勇. 智能交通控制理论及其运用. 科学出版社,2003
- 3 杨兆升. 智能运输系统概论. 人民交通出版社,2003
- 4 陆化普. 智能运输系统. 人民交通出版社,2002
- 5 吴洪森、李志能,“电子警察”视频检测系统的分析与设计,浙江大学学报(工学版),2005(10)
- 6 严新平,张存保,肖旺新. 非常态事件对城市交通系统的影响及其对策研究. 第五届交通运输领域

国际学术会议,2005

- 7 胡嗣云,付坚,任大任. 现代城市交通监控系统的研究. 交通与计算机,1999(6)
- 8 李文涛. 高速公路道路交通监控及综合处理系统的探讨. 交通运输系统工程与信息,2005(4)
- 9 欧洲自由流电子收费系统考察报告. 交通部公路科学研究所,2006
- 10 刘清. 高速公路交通灾害预警管理系统研究. 武汉理工大学博士论文,2004

7 交通信息服务系统

7.1 概 述

7.1.1 交通信息服务系统的含义与发展

(1) 含义

随着信息技术的不断进步和交通运输在社会经济中地位的不断提升,以实现出行和交通管理的信息化、智能化为目标的交通信息服务系统已成为现代化交通系统和 ITS 研究领域中不可缺少的重要组成部分。

目前,交通信息服务系统已经成为世界规模的 ITS 热点研究课题,也是 ITS 得到广泛应用的领域,其开发与应用正以欧美、日本为中心迅速展开。世界上进行 ITS 研究开发的国家和地区所展示的 ITS 示范项目和研究内容中几乎都涉及到各种有针对性的交通信息服务系统。

先进的交通信息服务系统应该覆盖多种运输方式,综合运用多种高新技术,满足驾乘人员、出行者、公众和交管部门对交通信息的各种需求,使交通参与者的交通行为更具有科学性、计划性、合理性,保障出行的机动性、方便性和安全性,最终提高整个交通运输系统的社会效益和经济效益。

美国、日本、欧洲等发达国家的 ITS 体系框架中,定义了先进的出行者信息系统(Advanced Traveler Information System,ATIS)。很多国家,包括我国第一版的 ITS 体系框架中也引用该名称,有一些资料和地方将该部分内容意译为先进的交通信息系统。

国内外很多专家学者认为,出行者信息系统不能有效地涵盖交通信息服务的内容,而交通信息系统外延又太广,与体系框架中的其他部分重复过多。目前,大多数人将该部分内容意译为先进的交通信息服务系统(Advanced Traffic Information Service System,ATISS)。

先进的交通信息服务系统,可以简单地定义为“由信息终端、交通信息中心、广域通信网络等组成的以个体出行者为主要服务对象,按照其需求提供出行信息,通过提供优化进行线路的方式,以缩短出行时间或减少费用为目的的信息服务系统”。

先进的交通信息服务系统,较为详细的定义为:是智能运输系统的重要组成部分,系统综合运用多种高新技术,通过无线、有线通信手段以文字、语音、图形、视频等多媒体形式实时动态地提供与出行相关的各类交通信息,使出行者(包括司机和乘客)从出发前、出行中直至到达目的地的整个过程中随时能够获得有关道路交通情况、所需时间、最佳换乘方式、所需费用以及目的地各种相关信息,从而指导出行者选择合适的交通方式(私家车、火车、公交车等)、出行路线和出发时间,以最高的效率和最佳方式完成出行过程。

先进的交通信息服务一般需要从交通管理系统、运营车辆管理系统、天气预报等部门获得相关信息,进行分析、处理和发布。在出行过程中,出行者可以利用车站、交通枢纽、港口

等公共场所的信息终端,Internet 或便携式终端获取出行信息,选择和调整出行行为。交通信息网站和车载导航系统等都是典型的交通信息服务系统。

交通信息服务系统涉及的各类交通信息,根据属性不同,其信息采集、传输、处理、发布的方式和途径也各不相同,例如:

- ① 公交时刻表和运行状态信息可从公交管理系统和部门获得;
- ② 大部分与道路和交通有关的信息由监测系统(车辆检测器、摄像机、车辆自动定位系统等)采集,经过交通信息处理中心处理后,出行者通过路侧的信息显示装置(如可变情报板)获得,或从各类车载装置中直接获得;
- ③ 其他一些具有静态性质的信息,如地图数据库、紧急服务信息、驾驶员服务信息、旅游景点与服务信息等,出行者或公众可以在家中、办公室、车辆上、车站、停车场上或利用随身携带的个人通信设施完成这些信息的查询、接收和交换。

在这些方法中,由于选用的信息传播媒介、信息提供方式不同,其所能为出行者、公众和交通部门提供的信息量大小、信息表达形式亦有很大的不同,故对出行者的诱导影响作用也各不相同。从信息流的观点来看,其所遵循的信息处理过程基本是一致的,即将采集到的原始数据,如道路状况、交通流现状等,进行综合分析和处理,最后向出行者和公众提供合适的交通信息,来影响交通参与者对出行路线、出行方式的选择,以疏导交通流,保持最佳通行能力及提高交通安全度,从而最终提高社会与经济效益。交通信息服务系统的结构框架如图 7.1 所示。

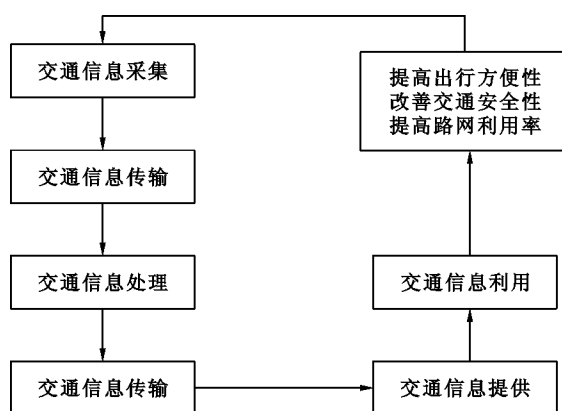


图 7.1 交通信息服务系统的结构框架^[3]

(2) 发展历程

随着信息技术的迅猛发展,以及科技进步与交通管理高效化的要求,使得交通信息服务系统也在不断地发展变化,逐步完善。例如视觉上由提供静态信息的道路标志、标线发展到目前大量应用的可变情报板、可变标志等;听觉上由一般电台的交通信息广播节目发展到路侧实时通信系统。

传统的交通信息系统是为整个交通流总体服务的,可作为交通管理系统的基础,其所能传递、提供的信息量是有限的。20 世纪 70 年代以来,欧美、日本等发达国家在寻求缓解交通拥堵的研究中,出现了以个体出行者为服务对象的综合交通信息服务系统。出行者可以通过其便携式终端在与交通信息中心的双向通信中使自己始终行驶在最短路径上(距离或

时间),避开阻塞路段、事故发生路段或环境不良地段,从而减少延误,使交通拥堵状况得到缓解。

从总体上讲,针对个体出行者的综合交通信息服务系统(即出行者信息系统)的发展又可划分为两个阶段。第一代称为出行者信息系统(Traveler Information System, TIS),是在20世纪70年代出现的计算机技术和交通监控系统的基础上发展起来的,反映了人们利用通信技术进行信息发布的最初愿望。这些系统主要用于提高路网局部的通行能力,例如严重拥挤的交叉口,或者由特别事件和交通事故引起阻塞的部分路口与路段等。公路顾问广播(Highway Advisory Radio, HAR)和可变信息标志是这一代的代表。第二代称为先进的出行者信息系统(ATIS),它采用信息采集、传输、处理和发布方面的最新科技成果,可以为更广泛的交通参与者提供多种方式的实时交通信息和动态路径诱导功能。第一代到第二代的发展,反映了出行者信息的涵义及其传播方式的巨大变化。第一代的HAR和VMS是单向的通信系统,用来向车辆传递通用的出行信息,由出行者个人对信息进行分析、筛选,选择出对其有用的信息。通信、电子地图、计算机和多媒体技术的高度发展,使得先进的出行者信息系统为出行者提供个性化的服务和帮助成为可能。由于ATIS着眼于提供出行者需求的信息,因而可以大大减少出行者对信息进行筛选的工作量。车载路径诱导系统、移动电话、有线电视、大型显示屏和互联网等是第二代出行者信息系统的主要表现方式。

随着信息技术和计算机网络的发展,已经开始研究基于互联网构建ATIS,并采用多媒体、通信等各种高新技术成果,汽车将逐步发展成为移动的信息中心和办公室。这将大大加强ATIS的服务功能和服务领域,服务对象也由出行者扩展到所有交通参与者、公众和交通管理部门等。

最初交通信息服务系统的发展大都是小区域范围内、信息服务内容简单、服务方式单一的较小规模的系统。随着ITS的不断发展,智能交通系统的概念已经从传统的道路交通范围扩展到了铁路、航空、水运等领域,交通信息服务的概念和内容也随之扩大到了多种交通运输方式的各种信息服务内容。并且随着ITS领域中其他子系统的发展以及ITS集成化、系统化、智能化发展的要求,交通信息服务系统也不再是一个独立的ITS子系统,而是在综合交通信息平台的基础上参与到整个ITS系统中,通过与其他ITS子系统的集成,共同提高系统的智能化、系统化水平,从而在更大程度上提高ITS的功能和效率,提高综合运输系统的安全性和效率,促进交通运输系统的智能化水平。

7.1.2 交通信息服务系统的作用、特点与目标

先进的交通信息服务系统可以提供多种交通方式的出行计划和路径诱导,能为驾驶员和交通参与者的各类交通行为提供咨询服务,更进一步,可以为交通管理部门进行交通控制和交通管理提供决策支持。交通信息服务可以在出行前提供,也可以在出行中提供。出行前的服务可以为出行者提供用于选择出行方式、出行路线和出行时间的交通信息,包括道路条件、交通状态、公交信息等。出行者可以在家中、工作场所、停车场与换乘站以及其他地点提出这种服务请求,获得帮助。途中交通信息服务为出行者提供旅途中的交通信息,诸如交通状态、道路条件、公交信息、路线引导信息以及不利的出行条件、特殊事件、停车场位置等信息。先进的交通信息服务系统的作用主要体现在以下几个方面:

(1) 多种交通方式的出行计划。提供区域范围的相关信息,帮助出行者选择、制定包括

步行、私家车、公交车等不同出行方式的出行计划,甚至包括铁路交通、水运交通和航空交通等。

(2) 咨询服务。可以提供广泛的咨询服务,包括事故警告、延误预告、当前交通状态下到达终点或换乘站预计时间、不利的出行条件、交通方式之间的衔接及其时刻表、运营车辆的限制(限高、限重等)、停车场信息、公交车站位置信息以及即将到达的收费站信息等等。

(3) 路径诱导服务。基于实时动态交通信息的诱导服务能够提供动态路径导航以及道路的行程时间等信息,可以帮助驾驶员选择最佳路线以躲避严重拥挤或其他不利的交通状况。

(4) 与相关系统接口。与交通管理系统的接口可以获得高速公路和城市干道交通信息、事故信息和道路信息,与公交管理系统接口可以获得公交信息,包括公交时刻表和公交车辆运营状态信息。这些信息可以与监视信息以及其他来源的交通信息相融合,共同发挥作用。

通过对出行者、公众、交管部门,以及交通信息服务系统设计和应用人员的调查得知,交通信息服务系统应该具备的特性主要体现在如下几个方面:

- (1) 提供的信息要及时、准确、可靠,出行决策的相关性要好;
- (2) 能为整个区域提供相关的交通信息,这要求跨行政区的公共机构共同参与;
- (3) 容易与 ITS 其他系统相结合,如紧急事件管理系统、高速公路管理系统、交通信号控制系统、公交管理系统等,以便获得大量的交通信息;
- (4) 操作人员须经过专门培训,训练有素;
- (5) 易于被交通参与者和公众接通和使用;
- (6) 易于维护,不需要过高的运行成本和较长的操作时间;
- (7) 最终用户能够承受所提供服务的费用。

交通信息服务系统应该满足特定国家 and 地区的发展目标,一般情况下,交通信息服务系统的主要目标体现在六个方面:

- (1) 促进以实时准确的交通状态为基础的出行方式选择;
- (2) 减少出行者在陌生地区出行的压力;
- (3) 减少出行者个体在多方式出行中的出行时间和延误;
- (4) 降低整个交通系统的出行时间和延误;
- (5) 提高交通系统的总体效率,降低交通系统的总体成本;
- (6) 减少碰撞危险和降低伤亡事故(如减轻出行者在陌生地区的精力分散程度)。

实践表明,交通信息服务系统在出行时间、出行者满意度、路网通行能力以及环境影响等方面具有显著效益,也能够减轻道路拥挤和减少交通事故的数量。美国运输部报告的美国出行者信息系统的实施效果如表 7.1 所示。

7.1.3 交通信息服务系统的分类

交通信息服务系统的服务内容多种多样,服务方式也各有不同,按照不同的分类标准,交通信息服务系统可以分为不同的类型并各具特点。

- (1) 按照向交通参与者提供信息服务的时机进行分类,其分类和特点见表 7.2。
- (2) 按照所提供信息内容的不同进行分类,其分类和特点见表 7.3。

表 7.1 出行者信息系统的实施效果(美国运输部)^[3]

指 标	效 果
碰撞危险	预计减轻驾驶员压力 4%~10%
伤亡程度	与具有 GPS 定位和路线引导功能的紧急事件管理系统相结合,可降低伤亡程度
出行时间	减少 4%~20%,严重拥挤时会更明显
通行能力	模拟显示当有 30%的车辆接收实时交通信息时,可增加 10%的通行能力
延 误	高峰小时可以节省 1900 辆·时,每年可以节省 300 000 辆·时
排放估计量	HC 排放物减少 16%~25% CO 排放物减少 7%~35%
出行者满意度	可以减轻有意识的压力;与救援中心的无线通信可将安全性提高 70%~95%

表 7.2 交通信息服务系统分类一

名 称	特 点
出行前信息系统	出行前信息服务可以使出行者在出行前获取关于出行的路径、方式、时间、道路交通及公共交通等,为出行者规划最佳出行模式提供辅助决策服务
在途驾驶员信息系统	通过各种手段向驾驶员提供关于出行选择及车辆运行状态信息、道路状况信息和警告信息等,为有需要的驾乘人员提供路径诱导功能
在途出行者换乘信息系统	在车站、公交换乘点等利用多种形式为出行者提供换乘信息服务,如始发时间、出行费用和时间等,从而优化出行者的出行路径

表 7.3 交通信息服务系统分类二

名 称	特 点
路径诱导系统	路径诱导系统是利用先进的信息、通信等技术,为驾驶员提供丰富的行驶信息,引导其行驶在优化的路径上,以此减少车辆在路网中的滞留时间,从而缓解交通压力、减少交通阻塞和延误。这种服务主要针对城市路网的个体车辆
交通流诱导系统	交通流诱导系统是通过实时地采集和发布交通信息,适时地引导交通流量合理分布,从而达到高效率利用道路网络的主动交通控制方式。交通流诱导系统的核心和基础是交通信息的准确性和及时性,这些信息包括道路条件信息、实时动态交通信息(包括交通流量、车道占有率、车速、行程时间等交通特性、交通事件和拥挤程度信息)、气象等环境信息。交通流诱导以交通流预测和实时动态交通分配为基础,应用现代通信技术、电子技术、计算机技术等为路网上的出行者提供必要的交通信息,为其出行决策和路线选择提供信息参考,从而避免盲目出行造成的交通阻塞,达到路网畅通、高效运行的目的。它面向的是路网上行驶的所有车辆
停车场信息诱导系统	停车场信息诱导系统给停车者提供一定区域内所有停车场的位置信息,以及其车位利用信息,从而有利于驾驶员做出合理的停车选择,减少迂回驾驶和由此产生的无谓交通量及环境污染
个性化信息服务系统	可以获取与出行有关的社会综合服务及设施的信息,如餐饮服务、停车场、汽车维修厂、医院、警察局等的地址、营业或办公时间等。出行者获知这些信息后,就能够制定合适的出行计划,选择合适的路径

(3) 根据信息流三要素:信息采集、处理与传输的集成程度以及系统功能分配的不同进行分类,其分类和特点见表 7.4。

表 7.4 交通信息服务系统分类三

名 称	特 点
自主导航系统	自主导航系统融信息流三要素于一体,能对行驶中的车辆进行实时导航。它是一个静态系统,车辆上装备有定位设备和历史地图数据库,车辆不与信息中心进行通信,既不能提供基于实时动态交通状况的自动导航,也不能向交通控制中心报告路段通行时间等
中心式导航系统 (单向通信系统)	这种系统是由交通信息中心单方面向交通参与者提供实时动态交通信息,交通信息中心将通过各种渠道收集的道路交通安全信息,经处理后定时发送给路网上行驶的车辆。驾乘人员借助车载信息接收装置,获得当前关于交通阻塞地区和一般公路状况等信息来实时决定行驶路线。 单向通信系统的致命弱点是:交通信息中心仅仅单方面提供信息,却不能收到出行者反馈回来的信息利用结果,以及交通参与者所获得的现场交通信息。但该系统比自主导航系统显然有了很大的改善和提高
中心式导航系统 (双向通信系统)	双向通信系统是在信息中心和出行者之间实现双向信息交换,基于此可以开展动态交通流分配、动态交通监控以及实时交通预测等工作。该类系统的一个重要特性是:车辆和交通参与者不再是被动的信息接收者,还成为主动的交通信息采集器。不仅可以给出车辆通过某一路段的行程时间、车速,还可以通过一定规模的探测车辆,获取车道占有率、交通流量等交通信息 该类系统是目前各国致力研究的方向,由于该系统的研究与实施涉及的行业部门众多以及学科专业综合性强,专业联合跨度大,因此具有较高的难度。但该系统一旦得以实施,交通状况以及由此产生的环境、能源状况将得到极大的改善

7.2 交通信息服务系统的服务内容、组成与工作原理

7.2.1 交通出行者对交通信息的需求特征

不同的用户和交通参与者对基础交通信息的需求是不同的。这些信息大致包括:天气、污染状况信息,路面性能的评价及预测信息,出行者信息,交通流的现状及预测信息,交通设施与车辆的使用情况信息,交通事故信息和事故预报警信息等。其中交通出行者对基础交通信息的需求特征包括:

(1) 目的地需求特征

当交通出行者为购物或旅游出行时,存在着出行目的地的选择。因此,自出发地到目的地间交通的便捷程度(如停车条件、换乘条件等)以及目的地的服务条件等信息,都将影响到出行者对目的地的选择。近年来,我国旅游业和大型购物中心,以及大型集散中心(体育、文化和剧场等)发展很快,但其利用率以及交通集散问题亟待解决。因此,需要提供与此相关联的交通信息服务。

(2) 交通方式及路径信息需求特征

交通出行者采用何种交通方式,选择怎样的交通路径,一般取决于交通系统中各种交通方式的方便性和及时性,以及可获得的交通信息的范围和详细程度,如停车及交通换乘点的信息、可选择路径的交通状态信息以及突发事件信息等。因此,向用户提供可利用的交通方

式和行驶路线(如地铁、轻轨、公共汽车、高架道路、平面道路)的交通状况(阻塞状况、行程时间、突发事件状态等),以及目的地(或交通换乘点)周边的交通设施(停车场)和可利用公共交通站点情况(步行距离、发车频率)等,对于交通出行者是至关重要的,甚至可以促进自行车出行向公共交通方式的转移。

(3) 出发时刻信息需求特征

对交通出行者而言,若有交通网的交通状态信息(行程时间、公共交通到站与发车信息以及突发事件信息),将可以避免出行时间的盲目性,对于提高出行效率、改善交通网的交通阻塞都具有极其重要的意义。

乘客需要天气、污染状况信息、时刻表、换乘地点、票据或凭证、费用信息。部分乘客(如旅游者)可能还需要一些个性化信息服务,如餐饮、住宿、旅游景点和线路等信息。

驾驶员需要天气、污染状况信息、路面路况信息,加油、维修等服务信息,停车管理信息、交通控制信息等。特种车辆还需要系统提供特别的交通管理信息。公交车驾驶员需要提供公交专用道信息。

骑自行车者和行人需要天气、污染状况信息、路面路况信息,城市道路交通信息。系统应该能够为骑自行车者和行人的出行提供路径方案以及交通管理和控制信息。

表 7.5 是各类用户对基础交通信息的需求。

表 7.5 用户对基础交通信息的需求

用户主体	对基础交通信息的需求
驾驶员	要求对车辆的诱导信息。出行前需要了解路网与当前交通状况信息,选择最佳出行路线。行驶过程中需要了解动态交通信息,包括事故、施工、阻塞等信息,以便调整行驶路线。遇到事故时能够得到及时救援,提供停车信息等
特种车辆驾驶员	提供优先通行策略和行驶过程中的诱导信息;提供安全警告信息;提供调度信息
行人、非机动车骑行者、摩托车驾驶员	通过先进的信号系统,在转弯、路口、狭窄街道等视野受限制区域,能方便感知行驶车辆的存在;在上述区域能感知行驶车辆的速度、转向和变更路线等行驶状态或意向;在途中遭遇疾病、盗匪等意外危险事件时,能发送紧急求救信号并通告所在位置
乘客	了解到达目的地的各种交通手段、路线、时间以及途中的各种服务
换乘者	提供最佳换乘路线,遇有紧急情况应当能够发出紧急救援信号;并提供路线引导服务,通过紧急通道迅速撤离
车辆所有者	车辆收费、信息管理,应通过车辆信息与自动定位、收费装置完成;车辆被盗后应当能够尽快通过先进的通信手段报警;当车辆在非运行状态下发生意外损坏时,应通过车辆自动报警装置发出报警
汽车运输公司	通过监控系统了解车辆的运营和客流状况,及时根据客流变化调整调度;遇到车辆故障以及其他紧急事件应发出报警信号并迅速采取相应措施;当进行危险品运输时,提供通告、监控、线路指引等特殊的安全服务
交通管理部门	通过监控系统实时地对路网进行监控;对施工、阻塞以及发生交通事故,应自动确定地点及路段和车辆,并自动调度警力前往事故地点进行事故处理。为了能够保证紧急车辆快速、顺利到达事故地点,提供相关信息,如路网、路况信息、紧急事件相关信息,并将道路状况及时通过通信系统发布

续表 7.5

用户主体	对基础交通信息的需求
交通控制指挥中心、紧急事件管理中心	通过监控系统对路网进行实时监控;自动检测紧急事件;通过先进的通讯手段接收紧急救援信号,自动确定救援地点,并发送救援指令迅速组织救援
基础设施(包括道路、换乘枢纽)建设与管理部门	提供基础设施的位置信息,运用先进的通信和监控手段,对可能造成基础设施破坏的危险品运输,提供自动检测、报告、线路指引等服务,以保障基础设施的安全;通过监控系统实时监控换乘枢纽的运行状况;对安全隐患发出警告信号;一旦出现紧急情况,自动报警并自动引导换乘者通过紧急通道进行疏散
公安机关	通过先进的通信手段或监控系统在第一时间获得车辆被盗、驾驶员人身安全受到威胁等信息,运用定位技术自动确定出事地点,自动地调度警力进行处理。对公共运输设施、停车场、警车内安全(包括警车、公安人员和犯罪嫌疑人)进行监视、监测,利用通信与检测技术,通过显示和预警装置向公安人员提供足够的交通信息,帮助其做出最合适的决策
消防部门	通过先进的通信手段接受消防救援信号,自动定位,诱导消防车辆在第一时间到达火灾地点
急救中心	通过先进的通信手段接收医疗紧急信号,通过紧急救援系统中的自动定位,迅速派出救护车进行紧急医疗救护
车辆维修中心	通过先进的通信手段接收车辆故障信息,自动定位,并迅速提供维修服务

7.2.2 交通信息服务系统的服务内容

在研究、分析出行者对基础交通信息的需求特征的基础上,我们构建先进的交通信息服务系统时,就需要建立广泛的、便于使用的公共信息数据库,包括地理信息数据库(电子地图)、交通运行数据库、公共交通信息数据库、道路信息数据库等。通过有线和无线通信系统,以及相关的设备,先进的交通信息服务系统可以为出行者提供出行前信息服务、行驶中驾驶员信息服务、在途公共交通信息服务、个性化信息服务、路径诱导与导航服务、合乘匹配与预订服务等6项主要功能。

(1) 出行前信息服务

利用先进的通信、电子、多媒体、计算机网络等技术,使出行者在出行前可通过多种媒体,在任意出行生成地访问出行前信息服务系统,以获取出行路径、方式、时间、当前道路交通系统及公共交通系统等相关信息,为规划出行提供决策支持。具体包括以下子服务领域:

① 出行前公共交通信息:在出行者出行前,及时地为出行者提供有关公交线路、发车时刻表、公交换乘选择、公交票费的最新的信息,以及共乘信息和实时调度附加信息等。

② 出租车预约服务信息:根据出行者的路线请求为出行者安排最近的出租车,或为出行目的地相近的出行者安排共乘服务。

③ 出行规划服务信息:出行规划服务应提供给用户规划即刻出行所需要的信息。基于用户指定参数的出行规划服务应把计算好的路线、运输方式选择、在查询时间内的实时行程状况和在估计行程时间内的预测状况提供给用户。出行规划服务还提供一条或多条备选路线方案信息。

④ 交通系统当前状态信息:实时地提供运输服务的当前状况信息,包含所有事故和事件、道路建设的当前状况、当前所有被推荐的备选路径、指定路径的当前速度、重点区域的当

前泊车状况、当前和即将开始事件的时刻表以及当前的天气情况等信息。

(2) 行驶中驾驶员信息服务

通过视频或音频等多种媒体方式向驾驶员提供关于出行选择及车辆运行状态的精确信息以及道路情况信息和警告信息,向不熟悉地形的驾驶员提供向导的功能。具体包括以下子服务领域:

① 车辆运行状态信息:根据车辆上的智能探测器传来的数据,为驾驶员提供车辆安全预警信息。

② 交通事件信息:利用各种 ITS 技术和手段,由城市交通管理中心和交通信息服务提供商动态地为驾驶员提供当前交通网络中出现的交通事故及重大事件的发生时间和地点等信息,使驾驶员作出相应决策,从而使交通得到及时疏导。

③ 停车/乘车选择:利用各种 ITS 技术和手段,动态地为公交车驾驶员提供前方乘客数目,预计到达下一个公交站点的时间等信息,使驾驶员作出在下站停车还是越过下站的决策。

④ 停车场信息:利用各种 ITS 技术和手段,动态地为驾驶员提供行驶区域附近的停车场泊位、类型和停车费用等信息,为驾驶员选择合适的停车场提供决策依据。

⑤ 交通状况信息:利用各种 ITS 技术和手段,动态地为驾驶员提供交通流量、路段占有率、拥挤度、交通事故等信息。

⑥ 公共交通调度信息:利用各种 ITS 技术和手段,动态地为公交车驾驶员提供静态的发车时刻表和当前的实际调度信息,引导驾驶员及时调节车速,实现正点运行。

⑦ 交通法规信息:利用各种 ITS 技术和手段,为驾驶员提供一般交通法规和路网中各路段的交通管制信息,如单行线、禁止停车、禁止左转弯、禁止鸣笛、单双号管制等。

⑧ 道路工程施工信息:利用各种 ITS 技术和手段,为驾驶员提供有关规划的和突发的道路施工、道路关闭、道路维护等信息,辅助驾驶员选择其他备选路径。

⑨ 收费站信息:利用各种 ITS 技术和手段,动态地为驾驶员提供路网中收费站的位置、收费标准、支付方式、支付金额等信息。

⑩ 气象信息:利用各种 ITS 技术和手段,使驾驶员动态地接收气象部门发布的当前和未来一段时间内的天气情况信息,辅助驾驶员及时调整驾驶行为

⑪ 路边服务信息:利用各种 ITS 技术和手段,动态地为驾驶员提供路边餐饮、娱乐、食宿、加油站、紧急电话等服务的信息

(3) 途中公共交通信息服务

利用先进的通讯、电子和多媒体网络技术,使已经开始出行的公交用户在路边、公交车站或站台上及公交车辆上,通过多种媒体获取实时公交出行服务信息,以便乘客在出行中能够对其出行路线、方式和时间作出恰当的选择。具体包括以下子服务领域:

① 换乘信息:为乘客提供多种运输方式之间的和同种运输方式之间的换乘信息。该信息包括换乘的时间、地点以及可能的各种换乘的时间、地点以及可能的各种换乘方式等。

② 车辆运行信息:为出行者提供当前公交车辆的运行信息,该信息可以表现为显示在电子站牌上或公交车辆可变信息板上的车辆到达下一站的预测时间,车辆在公交线路上的分布情况,车辆的行驶速度及所处的位置等。

③ 调度信息:该信息为公交乘客提供固定的行车时刻表(主要指发车间隔)信息。同时

也提供实时的调度信息,如因特殊需要所发出的大站车、区间车和快车等。

④ 票价信息:该信息包括所有公交方式不同服务水平的票价信息,通过该信息出行者可以选择适合自己出行的恰当出行方式和舒适程度。

(4) 个性化信息服务

利用先进的通信、电子和多媒体网络技术,通过多种媒体以及个人便携装置接收和访问个性化信息服务系统,以获取与出行有关的社会综合服务及设施的信息,此类信息包括餐饮服务、停车场、汽车修理厂、医院、警察局等的地址、营业或办公时间等。具体包括以下子服务领域:

① 公共服务设施信息:为出行者制定出行计划而提供相关的公共服务信息,诸如汽车修理厂、加油站、医院、宾馆、饭店等的位置和服务时间,到达服务处所应乘坐的公交线路等信息。

② 公共服务预订:为方便出行者出行,事先进行的相关服务预订(包括预订电话号码、所能提供的预订服务的种类,如汽车、火车和飞机票预订、宾馆预订、餐饮预订等)。

③ 旅游景点信息:为方便出行者制定出行计划,而提供的当地旅游景点、相关公交车辆的信息、公园及商店和饭店的营业时间等信息。

(5) 路径诱导及导航服务

利用先进的信息采集、处理和发布技术,以及通信、控制和电子技术等,为驾驶员提供丰富的行驶信息,引导其行驶在最佳路径上,以减少车辆在路网中的滞留时间,从而达到缓解交通压力、减少交通阻塞和延误的目的。具体包括以下子服务领域:

① 自主导航:利用已有的基于路网和公共交通信息的历史数据形成的关系数据库,为驾驶员提供丰富的行驶信息,如当前车辆位置、目的地方向及位置、路网中的路段数据(限速、车道数、宽度等),引导其行驶在最佳的通往目的地的路径上。同时支持用户手工或音频输入的请求查询加油站、旅馆等信息,通过音频、视频输出的界面通知用户。并支持电子收费及通用格式的电子地图,以减少车辆在路网中的滞留时间,从而达到缓解交通压力、减少交通阻塞和延误的目的。

② 动态路径诱导:除具有静态诱导中的所有功能,还可利用先进的信息采集、处理和发布技术,以及通信、控制和电子技术为用户显示实时的路网状况和公共交通信息,如车辆运行状态的精确信息以及道路情况信息和警告信息,引导其行驶在最佳的通往目的地的路径上,以减少车辆在路网中的滞留时间,达到缓解交通压力、减少交通阻塞和延误的目的。并通过实时的与交通管理和控制部门、其他部门的信息交互,可以更改已有关系型数据库,如可以在行驶中根据实时信息进行更改通用格式的电子地图、查询变化的加油站、旅馆等信息,并与其他部门的信息交互,实现防窃、防暴、事故处理等特殊服务。

③ 混合模式路径诱导:车载设备既支持静态路径诱导又支持实时路径诱导。当驾驶员请求实时诱导方式失败,则自动转入提供静态诱导。

(6) 合乘匹配与预定服务

合乘匹配和预订服务是一种特殊类型的信息服务,有些国家和地区的交通信息服务系统中不包括这项服务,或将其合并到其他服务内容中。该服务由出行者、驾驶员提出合乘请求,管理中心选择最合理的匹配对象并通知用户双方或多方。这项服务可以提高车辆的实载率、降低出行总费用和道路拥挤程度。

在交通信息服务系统的 6 大类服务内容中,有一些基础交通信息是为多个服务内容所交叉涵盖的,这些信息主要包括:

(1) 道路几何线形信息

在道路几何构造较为特殊的地段预先向驾驶员提供诸如道路线形、交叉口、隧道、路面宽度突变以及前方收费站和服务区等各类有关道路几何构造的信息,可以大大提高行车的安全性。这类信息一般借助于路旁的各类静态标志提供,也可以是视觉的(如车载液晶显示屏)或听觉的(如路侧广播系统)。

(2) 路面状况信息

交通信息中心通过道路沿线设置的各类检测器,如气象检测器、能见度检测器、冰冻监测器以及电视摄像系统等,采集并检测各类路况信息,如道路灾害、路面破损、潮湿、积雪、冰冻等等,然后通过各类信息提供方式,如可变信息板、限速标志、调频广播、车载装置等及时传递给驾驶员,同时对驾驶行为作出某种建议,提醒驾驶员注意行车安全。

(3) 道路灾害信息

交通信息中心收集服务区域内以及其他信息控制中心传送来的自然条件状况,迅速向驾驶员提供有关风、雾、雨、雪甚至沿海道路海浪或突发洪水淹没冲毁道路的信息。信息中心根据灾害状况选择相应的控制方案通过车载装置和可变情报板提供交通管理控制信息。

(4) 道路交通信息

交通信息中心收集所辖路网内的实时交通信息,如某路段因交通量过大而发生交通拥挤、因路段交通事故引发的交通中断、因道路施工和维护而发生的车道关闭及其他交通管制信息等,通过可变信息板、车道控制标志和调频广播提供给出行者,使他们据此来选择最佳行车路线,以使驾驶顺畅,并注意行车安全。

(5) 停车信息

交通信息中心收集各停车场的地理分布以及实时的停车位利用信息,通过专用的停车信息诱导标志提供给驾驶员,从而帮助需要停车的驾驶员制定停车策略和前往停车场的行车路线,减少因寻找停车场所带来的时耗以及迂回行驶,降低由此产生的无谓交通量和环境污染。

7.2.3 交通信息服务系统的组成与工作原理

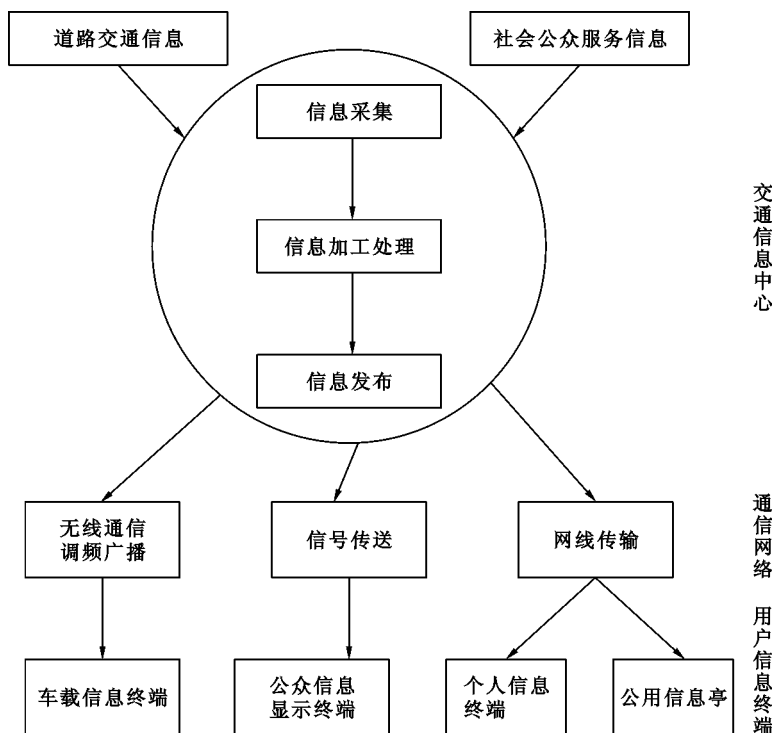
先进的交通信息服务系统主要由交通信息中心、通信网络 and 用户信息终端三大功能单元组成,系统构成如图 7.2 所示。

其中交通信息中心是指为整个系统控制的实现提供数据处理、显示和接口功能,包括对道路交通运输数据和社会公众信息的采集、分类、加工、分析和发布,以及当中涉及的最优路径搜索等算法的实现等。

通信网络是指在用户信息终端和交通信息中心之间提供的有线或无线双向数据传输,以及在信息源与信息中心之间的光纤数据传输。

用户信息终端指的是车载信息和导航终端、各种道路交通信息的公众显示终端、包括个人电脑终端和手持机等在内的个人信息终端以及公用信息亭等。

(1) 交通信息中心(Traffic Information Center, TIC)

图 7.2 交通信息服务系统的构成示意图^[1]

TIC 是先进的交通信息服务系统的核心,为车辆及相关交通信息资源提供中心通信接口,并在此基础上建立一个综合的交通运输信息数据库,实现各类交通信息服务功能。

TIC 一般采用分布式的 B/S 或 C/S 构架,建立一个开放的系统,提供良好的操作平台、软件、网络以及标准接口,以有效增强交通信息服务系统适应未来需求进行扩展的灵活性。

TIC 具有对交通运输数据进行分析处理的功能,能生成相关区域范围内的综合交通运输信息数据库,完成最优路径搜索等工作。TIC 的基本数据处理功能包括以下几项:

- ① 根据实时动态的道路交通状况,更新交通运输信息数据库。
- ② 产生并定期更新预估的历史上各路段通行时间的数据库。对出行者来说,在缺少当前实时交通信息的情况下,这是对路段通行时间做出的最好估计。在此基础上,结合车辆向 TIC 发送的当前路段通行时间,以及其他方式获取的实时交通信息,还可以判断不正常的交通状况。
- ③ 比较、组合当前的道路交通信息和历史的路段通行时间数据,将各方面的信息综合以建立最佳的当前交通状况预测模型,给车辆提供路段通行时间估计。当前道路交通信息包括车辆报告的实际路段通行时间,来自交通信号系统的数据以及其他动态信息如路政巡逻车、车辆检测器、浮动车等采集的数据。
- ④ 利用上述实时交通状况预测模型,TIC 可计算出预估的通行时间并选择从出发点到目的地的最优路线,将估计结果通过通信网络发送给路网中的车辆,驾乘人员利用这些信息选择通往目的地的最优路线。
- ⑤ 进行事故调查工作,确定不正常的路段通行时间的起因。不正常指某天某时,某路段上的通行时间大大超过了历史通行时间,事故调查查明路段通行时间产生突变的缘由,并

将相关信息通知出行者。

(2) 通信网络(Communication Network,COM)

通信网络是指在用户信息终端和交通信息中心之间提供的有线和无线双向数据传输以及在信息源与信息中心之间的光纤数据传输。

在信息中心与固定信息源之间,通过光纤数字网络进行数据传送,原始交通信息采集后传送到信息中心作分析、处理,并通过相应的光纤网络传送到信息发送装置。

双向无线数据传输系统负责完成信息中心与车辆之间的数据交换。一方面,车辆利用接收设备获得从 TIC 发来的实时交通信息,如当前路段通行时间估计,堵塞或事故发生地点等;另一方面,车辆又是流动的交通信息探测器,车辆在每完成一路段行驶后,就自动向交通信息中心发送通行时间报告及其他相关信息,使信息中心获得来自车辆的实时动态信息。目前,广泛使用的无线通信方式有:射频通信(无线电广播通信)、微波通信、红外通信、移动电话通信等。

(3) 用户信息终端

用户信息终端种类很多,车载信息和导航终端是应用最广泛的用户终端之一,其结构和功能如图 7.3 所示。车载信息和导航终端包括导航辅助系统和双向无线数据通信模块,而导航辅助系统包括车辆导航定位模块、车载计算机及显示屏。

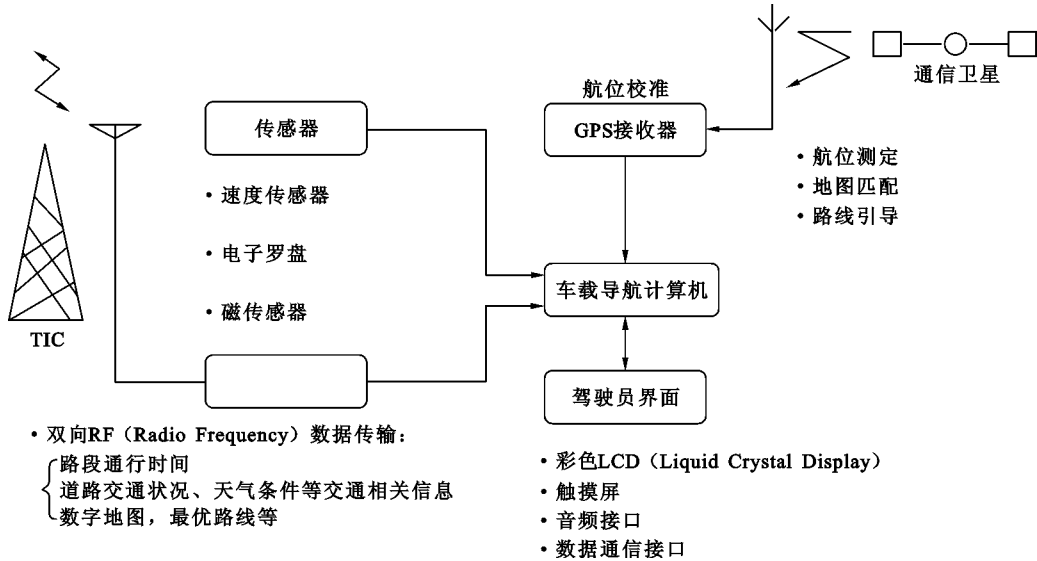


图 7.3 典型车载信息和导航终端构成示意图^[2]

车辆导航定位模块包括测速仪、方向传感器等各类车载传感器,以及 GPS 接收机,这些均用来为导航提供精确的地理位置和时间数据。通过进行航位测定(Dead-reckoning)、地图匹配(Map-matching)和绝对位置校准,计算跟踪车辆在路网中的位置。

航位测定通常使用的传感器包括装在非驱动车轮上的速度传感器,测定方向的电子罗盘等,它们可提供距离、速度及方向等数据来计算车辆位置。由于车轮倾斜、轮胎压力变化等原因,航位测定很容易产生误差,并具有累加效应。要对产生的误差进行修正需要使用地图匹配技术和全球定位系统。

地图匹配是指利用各种数据(传感器数据、GPS 定位数据、数字地图数据库、已知最优

路线等),确定车辆在地图上的相对位置。该过程把航位测定所得到的路线与地图数据库中道路线形及最优路线相比较,来确定车辆的位置,并将结果反馈给航位测定,用来修正航位测定过程的误差。

测量、计算和报告路段通行时间、速度、流量等交通信息的功能,使装备车载信息和导航终端的车辆成为一个主动式的交通探测器,在给 TIC 提供实时交通信息方面具有十分重要的作用。此功能对驾乘人员来说是自动且没有任何额外负担的。

在交通阻塞分析的整个分析图上单个的车辆通行时间报告几乎没有什么意义,但是成百上千装备车载信息和导航终端的车辆发送的报告,就会产生遍布某一区域路网的关于交通阻塞和路段通行时间的一个准确和实时的图表。这些信息传送给在系统范围内所有运行的车辆,就可产生对应于每辆车的当前位置和既定目的地的最优路径诱导指令。

7.3 交通信息服务系统的关键技术及发展

7.3.1 交通信息服务系统的关键技术

交通信息服务系统主要是根据实时采集的交通流信息及其他相关信息,经加工和处理后,形成有利于出行者出行的交通信息,并将这些信息及时传递给出行者。交通信息服务系统的研究主要包括两个方面:实施技术研究和基础理论研究。实施技术主要指电子技术、通信技术、信息处理技术、GPS 定位导航系统等在交通系统中的集成应用,它们是实现信息服务和城市交通流诱导必不可少的硬件手段和技术条件;城市交通预测和诱导的关键理论和模型,是交通信息服务系统的核心,也是 ITS 的基础理论,因此涉及路径诱导的动态交通量分配和行驶路线优化设计是系统的关键技术。

目前,实施技术方面进展较快,但基础理论和模型研究相对滞后,为此某些研究项目没有得到实际应用,这也是世界各国都重视理论模型研究的主要原因。

(1) 交通预测

根据已经掌握的交通状况,预测未来路网中的有关交通状况,包括交通流量和行程时间的预测,其中交通流量的预测主要根据交通流量的一般规律和现阶段交通流量的观测,路段行程时间则根据未来路网的流量分配和路网通行能力,预计路段的通行时间,为行驶路线的优化设计提供基础。

① 城市交通流量预测理论模型

交通流量是城市交通状态非常重要的一种信息,因此交通流量的预测一直是研究的重点。已有的交通流量预测可以分为三类:基于历史数据的迭代方法、时间序列方法和模型模拟。目前已有的关于城市交通流量预测的模型有基于 BP 神经网络、基于高阶神经网络和基于卡尔曼滤波的城市交通流量预测模型。

目前比较流行的预测模型是 BP 神经网络预测模型,神经网络是一种较好的数学建模方法,它具有识别复杂非线性系统的特性,比较适合于交通流的预测,图 7.4 是神经网络交通流量预测模型的结构图。

② 城市道路行程时间预测理论模型

很多情况下出行者追求的是行程时间最短,而不是行程路程最短,下行程时间的预测显

得更为重要。但是交通网络十分复杂,不确定因素相当多,因此行程时间的预测很困难。

近年来研究者们试图建立超短期(15 分钟以内)或短期(15~30 分钟)行程时间的预测模型,并使之更合理更可靠。目前路段行程时间的预测方法有:历史趋势、多元线性回归、时间序列分析、卡尔曼滤波、神经网络法,以及交通模拟、动态交通分配模型。

由于现有的行程时间预测模型都有自己的优缺点,没有一种方法在单独使用时能够获得令人满意的预测效果,因此预测模型正向研究综合模型的方向发展。综合模型的一个方面就是基于知识的综合预测模型,图7.5是基于知识的动态路径诱导系统的功能结构框图。

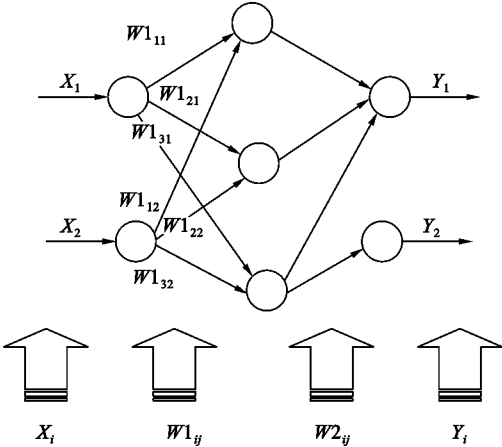


图 7.4 预测交通流的神经网络图^[4]

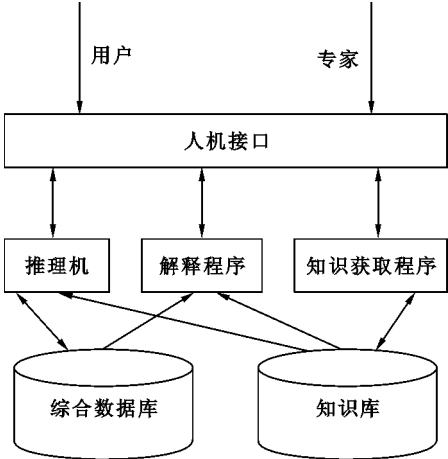


图 7.5 基于知识的动态路径诱导系统功能框图^[4]

(2) 动态交通分配

交通需求具有随时间变化的性质,这使得交通网络上的交通流具有动态性。因此要确切地描述交通网络上的各种交通现象,需要采用动态的交通模型,其中很重要的技术之一就是采用动态交通分配。通常交通规划中采用的静态交通分配假定模型时间段内的交通需求是常量,即交通流分布的形态是固定的,求出某一时间段内的最大交通需求,从而做出满足该需求的规划以达到规划的目的。但当我们描述城市交通网络的拥挤特性、制定城市交通管理的措施或向出行者发布城市交通状况信息时,就要研究城市交通流的动态分布形态,因为它决定了城市交通拥挤发生的地点和拥挤程度。动态交通分配考虑交通需求随时间变化的特性,给出瞬时的交通流分布状态,因此可以用来分析交通的拥挤特性,对交通流实行最优控制,以及进行交通信息预测和路径诱导,从这个意义上说,动态交通分配也是 ITS 的重要技术基础。

早期的动态随机分配模型只能处理单个 OD 对出行时间和出行路径选择的二维选择问题,经过发展之后,可以处理道路网络的二维选择问题,但其假设交通条件是车辆在路段内均匀分布,且速度保持不变,这实际中的情况显然不符。

近年来,实时动态交通分配理论的研究已有较大的进展,其研究的方法已有计算机模拟、优化理论、最优控制理论、不等式变分原理等,能处理的问题已从处理单一的出行时间或出行路径选择发展到能综合处理出行时间和出行路径的选择。模型的形式有连续时间模型和离散时间模型两大类。下面重点介绍基于遗传算法的最优控制动态交通分配理论与模型。

尽管交通领域的专家学者开发了多种动态交通分配模型,但一般都假设需求固定而不是随时间变化、网络只有单个终点以及所选路径固定不变等。Papageorgiou M 建立的动态交通网络模型,其关键变量是针对特定终点节点的交通子流量的分配比例和构成比例,适用于需求随时间变化的多终点交通网的动态配流。该模型体系在求解可能性与与实际路网相似性等方面都有很大进步,但使用直接优化算法所需时间较长,因而只适用于小规模的交通网络。

20 世纪 70 年代中期,美、德等国科学家研究了模仿生物进化过程求解复杂优化问题的全局寻优方法,统称为模拟进化优化算法,也称为遗传算法(Genetic Algorithm,GA),已在许多领域得到了实际应用。由于遗传算法只需要各可行解的目标值而无需假设目标函数连续或可微,采用多线索的并行搜索方式进行优化,而且对搜索空间没有特殊要求,节省优化时间,使用方便,具有很强的适应性。

将 Papageorgiou M 建立的模型体系与快速全局优化算法——遗传算法相结合,能大大提高模型的实用价值。然而,由于 Papageorgiou M 建立的模型体系仍然需要动态的 OD 信息,这在实际路网中和进行交通流诱导的情况下是难于做到的。此外,该模型体系采用递推方式计算各个交通参数,在所采集的动态交通信息受到多种干扰的情况下,将引起严重的误差积累效应而导致分配结果的可靠度降低。因此,从交通信息服务系统以及城市交通流诱导系统的实际应用角度出发,开发新的、更为实用的动态交通分配模型算法是以后研究的重点。

另外,由于实时自适应交通控制系统和路径诱导系统本身会影响出行者的路径选择行为,甚至影响交通流的分布形态,因此动态交通分配在为交通控制系统和路径诱导系统提供技术基础的同时,如何将交通控制和路径诱导等系统的影响集成到动态交通分配中去也成为动态交通分配需要研究解决的新问题。

(3) 路径选择和优化

动态路径诱导就是要为行驶在道路网中的车辆提供从当前位置到达目的地之间的最方便和快捷的路径,即所谓的“最短路”。这里“最短路”有两种理解上的含义,一种是基于已有道路基础上的行驶路程距离最短,这种“最短路”根据已有路网结构和图论的知识便可以找到,而且是静态不变的;另一种是考虑了实时道路交通流状况的行驶时间最短或路阻最小路径,计算这种“最短路”有以下两个前提:一是由前面提到的动态交通分配得到交通流的实时分布情况,另外则是要建立一定的行驶时间函数或路阻函数,将交通流的分布状况或其他因素加入到行驶时间或路阻的计算当中,从而根据计算结果来选择“最短路”,并作为诱导路径提供给驾驶员。理论上讲,这种最短路随交通流而动态连续变化,但实际操作只能作离散处理,划分为若干个时间段,并在一个时间段里计算找出多条动态最短路提供给驾驶员选择。

在路径选择和优化过程中,以下几个问题是必须关注的:

① 交通路口延误的处理

对于交通路口的延误可以将交叉路口拆分为多个“虚拟点”,建立相应的虚拟路段,控制中心根据不同的配时方案设定虚拟路段的广义路阻。另外,通过加虚拟点拆分交叉路口,可以实现禁止左转和环岛交叉口的车辆转向问题的抽象。

② 评价指标的确定

评价指标主要体现在路阻函数上,为了适应路径优化多目标的需要,应在动态路径诱导

系统中采用广义路阻。所谓广义路阻(出行费用),是指出行者为了完成出行而付出的代价以及给社会带来的负面影响的量化值。根据实际情况一般有出行时间、行驶距离、拥挤程度、道路质量和综合费用 5 种路阻。5 种路阻并不矛盾,但是根据目标不同,以这种路阻得出的最佳路径一般不同。

③ 用户出行特点对动态路径诱导系统的影响是多方面的,用户根据道路级别、路面质量、舒适程度来进行路径选择将影响最优路径。

目前,最短路径算法最流行的有 Dijkstra 算法、Bellman-Ford-Moore 算法、Floyd 算法、启发式搜索(Heuristic Search)算法——A* 算法、蚁群算法等等。

① Dijkstra 算法

Dijkstra 算法是由 E. W. Dijkstra 提出的一个适用于所有弧的权为非负的最短算法,也是目前公认的求解最短路径问题的经典算法之一。它可给出从某指定结点到图中其他所有结点的最短路。其时间复杂度为 $O(n^2)$, n 为结点数。

② Bellman-Ford-Moore 算法

该算法分别由 Bellman、Ford 和 Moore 在 20 世纪 50~60 年代提出。其时间复杂度是 $O(nm)$, m 的边/弧数。目前这样的时间复杂度在所有带有负权弧的最短路径算法中是最好的,但其实际运算效果却往往不及 Dijkstra 算法。

③ Floyd 算法

Floyd 算法是一个求图中所有结点对间最短路的算法,由 Floyd 于 1962 年提出。其时间复杂度为 $O(n^3)$,虽然与对每一结点作一次 Dijkstra 算法的时间复杂度相同,但其实际运算效果要好于后者。

④ 启发式搜索(Heuristic Search)算法——A* 算法

较为流行的启发式搜索算法是由 Hart、Nilsson、Raphael 等人首先提出的 A* 算法。该算法的创新之处在于选择下一个被检查的结点时引入了已知的全局信息,对当前结点的距离作出估计,作为评价该结点处于最优路线上的可能性的量度,这样就可以首先搜索可能性较大的结点,从而提高了搜索效率。

另外,对于实际应用中的自动导航系统,车载计算机的储存量和运算都有限,面对庞大的路网和信息,寻求小储存量的算法是非常有必要的;而对于实时导航系统,时效性要求很高,因此很多时候是以精度换时间。针对车辆自动导航的特点,近年来在最短路径方面取得了一些进展,主要有数据结构方面的改进,双向搜索、分层搜索、K-最短路径算法、基于神经网络的算法和遗传算法等,另外还有基于出行特性的 TC-B Method 的算法。

(4) 交通信息发布

有利于出行的交通信息形成后,如何通过有效、直观的方式提供给出行者,使出行者能够很容易地接收这些信息,又不带来更多的驾驶负荷,是交通信息显示要解决的问题。这就要求一方面根据人机工程学实现好的人机界面设计,人机交互功能易于实施,另一方面就是信息本身要以一种清晰和直观的形式显示,例如以不同颜色表示道路的拥挤状况,使得出行者不必花太多精力来接收这些信息,以致影响驾驶。在动态路径诱导方面,诱导信息如何与已有的电子地图相结合,从而给出一目了然、直观明白的路径诱导,也是信息发布要解决的问题。

7.3.2 交通信息服务系统的技术发展

传统的交通信息服务系统通过道路交通标志与标线、交通广播电台、电视、报刊等形式为出行者提供信息。这些信息通常是静态的,虽然也有部分动态信息(如电台提供的道路交通信息、电视台发布的交通事故信息等),但系统性和实时性较差。ATIS 运用先进的信息技术和通信技术,可以在多种场合,以多种方式向出行者提供质量高、实时性好的交通信息服务。相比之下,ATIS 的技术进步体现在以下几个方面:

(1) 信息发布手段的视觉化

ATIS 除了利用无线电广播、电话咨询等技术发布语音交通信息外,还普遍运用 Internet 网页、交互电视、车载单元显示屏和 VMS 来发布信息。例如,美国 1996 年亚特兰大夏季奥运会期间使用的“亚特兰大出行者信息 Shoucase”项目,将 100 个车载设备及 250 个人通信设备提供给外来用户,在 CrownPlaza 饭店的 300 个房间设有交互电视,并采用互联网网页提供相关的出行信息。

(2) 无线电广播技术的更新

将交通信息传送给出行者的最一般方法是使用无线电广播。但是,随着信息量的大幅度增加和对信息实时性要求的提高,以往的无线电广播技术已无法满足要求,因此,在 ATIS 中采用了更先进的无线电广播技术。如目前欧洲广泛使用的是交通数据专用电台 RDS-TMC(无线电数据系统-交通信息频道),日本使用的是先进的路侧广播系统。

(3) 双向通信技术的广泛应用

在传统的出行者信息系统中,主要由交通信息中心采用单向通信的方式(广播、电视、VMS 等)为出行者提供信息。由于没有信息反馈,因而所提供的信息没有个性化特点。在 ATIS 中,由于越来越多地采用了双向通信技术,交通信息中心不仅向出行者发布交通信息,也从出行者那里获得交通运行状况信息。出行者不仅能获得面向大众的交通信息,而且能获得所需要的特殊信息并提出特殊的服务请求。

(4) 信息的实时性不断提高

随着信息采集、处理、传输、发布技术的不断进步,ATIS 提供的信息的实时程度越来越高。如美国休斯敦的道路交通网页信息每 1min 更新一次;日本东京的 MEPC 项目提供的高速公路交通信息也是每 1min 更新一次。1993 年东京都新宿区建立的日本第一个停车引导和信息系统 PGIS,每 2min 更新一次 29 个停车场的使用状况信息,1991 年和 1994 年的对比分析表明,该系统的应用使停留在街上的汽车减少了 44.3%。

(5) 信息的复杂程度日益增强

由于 GPS、GIS 和移动通信等技术的广泛应用,ATIS 所提供的信息越来越复杂,对交通系统产生的影响也越来越大。如电子地图的使用使 ATIS 所提供的信息更加丰富、清晰和准确;路线诱导系统的路线选择不再仅仅以路网结构数据和历史交通数据为依据,而是更多地依据路网最新的和预测的交通信息,使网络交通流的整体优化成为可能。

7.4 国内外典型交通信息服务系统介绍

先进的交通信息服务系统是 ITS 研究中一个非常重要的领域,向来是 ITS 研究中的重

点和热点,备受交通工程工作者的关注,欧、美、日等国家和地区投入了大量的人力、物力和财力进行研究、开发、实验,并积极投入运营,积累了丰富的经验并且取得了相当的成绩。

目前,已经建设的、比较典型的交通信息服务系统有:欧洲的 SOCRATES 系统和 Traffic-master 系统;美国的 TravLink 和 TravTek 系统;日本的 VICS 系统等。还有一些系统集中于路径导航功能的现实,交通信息提供功能还不完善,如欧洲的 EURO-SCOUT 系统;美国的 ADVANCE 系统;日本的 DRGS 等。

7.4.1 国外典型交通信息服务系统介绍

7.4.1.1 日本

在日本的 ITS 研究中,最受人注目的是交通信息服务系统。VICS 是目前实际运营最好,规模最大,影响最深的系统。与欧美相比,日本对交通信息服务系统的研发工作具有以下特点:第一,从 20 世纪 70 年代开始就在该领域内进行了交通管制系统的全面建设;第二,车载导航装置的普及率比较高,即在实用的基础设施建设和普及率方面都领先于欧美各国。

(1) 早期研究

日本的交通信息服务系统的研发分两大部分,一般道路信息系统的开发始于 70 年代初期,以各级政府的公安委员会为主导建立交通管制中心;高速道路信息系统的开发则始于名神(名古屋—神户)、东名(东京—名古屋)、首都高速公路竣工以后。当时的信息系统,一种是采用可变信息板提供道路引导信息,另一种是利用埋设在道路下的环形线圈和超声波车辆检测器提供实时交通流信息。开始阶段的研发工作主要是提高这些系统的精度,逐步增加驾驶员所需的关于道路拥堵的信息量。提供交通信息的媒体,除广播、电话外,可变信息板由 3 种画面和 10 种画面的有限可变式发展到半自由式或自由式,即随时能够自动更新,显示来自于中心的信息画面。20 世纪 80 年代中期开始,利用路侧通信系统向车载终端提供信息的媒体方式,在高速公路和普通道路上明显增多。与此同时,交通信息发布方式也日趋丰富和多样化,如利用图形显示板和可变情报板提供交通堵塞、通过该区间所需的时间等信息。

(2) VICS 系统

日本交通信息服务系统最具代表性的就是车辆信息与通信系统(Vehicle Information Communication System, VICS)。该系统首先在东京圈的主要普通道路、首都高速道路、东名—名神高速道路开始导入,随后大阪等 8 个地区的主要道路、高速道路也全线导入了该系统,预计到 2010 年在日本全国范围内提供该系统的服务。表 7.6 是历年 VICS 装车数统计。

VICS 作为日本新交通管理系统中交通信息提供系统的一个重要组成部分,是目前世界上规模最大,实际使用价值较高的交通信息服务系统之一。

VICS 的基本原理是通过城市交通信息控制中心发射的无线电波和通过设置在道路两旁的光波、无线电波信号标杆,以实际图形和文字等方式,向来往车辆提供该地区范围内的道路交通状况信息。使驾乘人员通过安设在车内的信号接受器及时了解到前方和周围的交通情况(如是否有道路阻塞、是否有交通事故和道路施工等),以及等待和通过所需要的时间等各种交通信息,并向交通信息控制中心及时了解到目的地最快最近的线路。VICS 的构成与功能示意图如图 7.6 所示。

表 7.6 VICS 装车数统计(单位:台)^[5]

	4~6 月	7~9 月	10~12 月	1~3 月 (转年)	年度合计	累 计
1996 年	20699	34124	40342	33317	128482	——
1997 年	49299	82155	104087	78469	314010	442492
1998 年	148819	132913	172514	122921	577167	1019659
1999 年	192376	207091	208818	187487	795772	1815431
2000 年	233992	231134	290629	233004	988759	2804190
2001 年	368456	414055	490063	411846	1684420	4488610
2002 年	493588	488192	580246	530276	2092302	6580912
2003 年	586522	616094	675013	658567	2536196	9117108
2004 年	658543	663722	739674	706530	2768469	11885577
2005 年	741903	747819	805436	836821	3131979	15017556

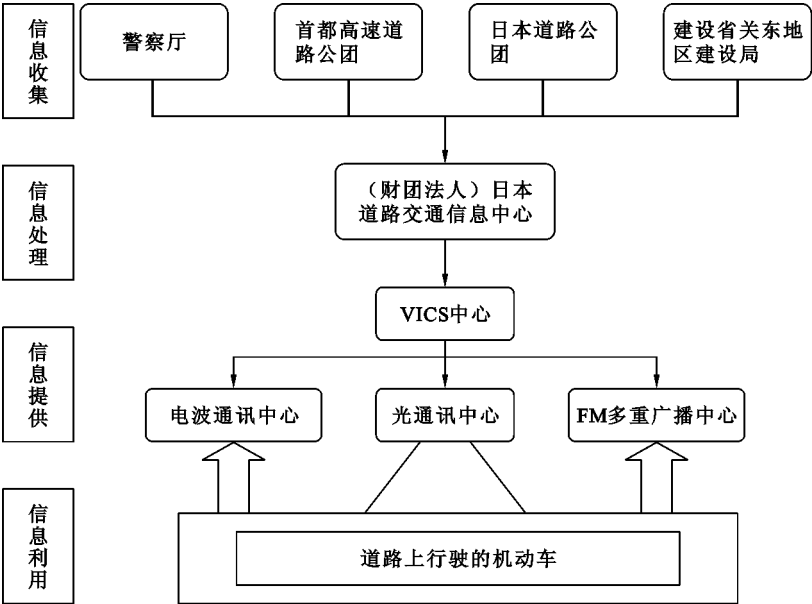


图 7.6 VICS 的构成与功能示意图^[1]

VICS 具有四个主要功能:信息的收集、信息的处理和编辑、信息的提供和信息的利用。

(1) 信息收集

VICS 中信息的来源是日本各级政府警察部门和高速公路管理部门。来自警察部门的交通信息主要是交通管制信息、一般城市道路的交通信息等,来自高速公路管理部门的信息主要是城市高速公路的交通信息。

(2) 信息的处理、编辑

信息中心将收集到的交通信息编辑、处理成为调频广播、电波信标、光信标等能够发布、

并便于车载设备接收和驾乘人员使用的信息。

(3) 信息提供

将信息中心编辑、处理过的信息通过调频多重广播、电波信标、光信标提供给车载设备供驾乘人员使用。其示意图见图 7.7。



图 7.7 VICS 信息提供方式示意图^[5]

① 电波信标

电波信标主要设置在高速公路上。以电波作为媒介,在设有信标的地点向行驶到此处的装有车载机的车辆提供必要的道路交通信息。其示意图见图 7.8。

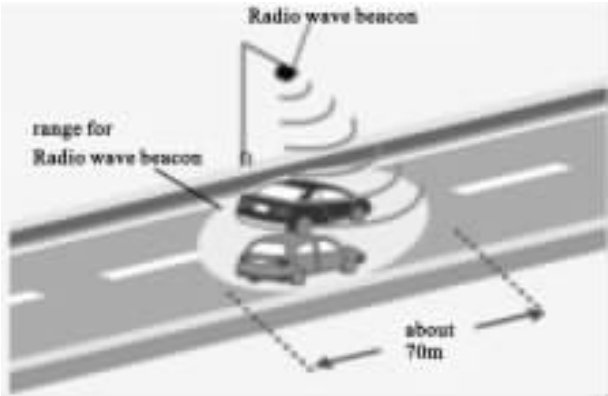


图 7.8 电波信标工作原理示意图^[5]

通过电波信标,主要提供行驶方向的有关信息:

- a. 通过高速公路各出入口之间的行驶时间以及包括附近一般道路在内的交通阻塞信息和道路分流指南;
- b. 交通事故信息和车速、车道限制以及轮胎防滑链加装规定等信息;
- c. 高速公路休息服务区域和停车区域的车位空置状况信息。

② 光信标

光信标主要设置在主要干线道路上。以光作为媒介,在设有信标的地点向行驶到此处的装有车载机的车辆提供必要的道路交通信息。其示意图见图 7.9。

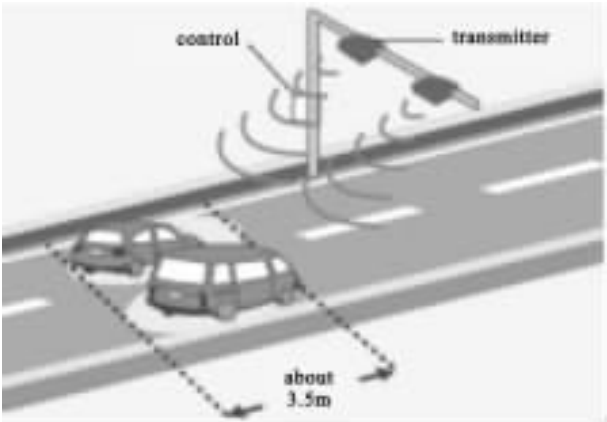


图 7.9 光信标工作原理示意图^[5]

通过光信标,主要提供行驶方向的有关信息:

- a. 交通阻塞信息以及驾驶所需时间;
- b. 交通事故以及有关事故车辆的信息和因施工而实行的道路限制等信息;
- c. 停车场的车位空置状况信息。

③ 调频多重广播

利用调频广播向广泛区域提供道路交通信息,并由各地调频广播电台进行播送。通过调频多重广播,主要提供以下有关信息:

- a. 广泛区域的交通阻塞信息和驾驶所需要的时间;
- b. 广泛区域内的交通事故,道路施工以及车速、车道限制的信息;
- c. 停车场的位置和车位空置状况信息。

三种信息提供方式的性能分析见表 7.7。

表 7.7 三种信息提供方式的性能分析^[5]

	电波信标	光信标	调频多重广播
可接收的位置	主要是高速道路	主要是普通道路	传输的范围内
频率/波长	2.5GHz	—	76~90MHz
数据容量	8kB	10kB	50kB
传输频率	64Kbps	1Mbps	16Kbps

续表 7.7

	电波信标	光信标	调频多重广播
传输范围	70m	3.5m	10~50km
提供的频率	2~3 次/1 次接收		2 次/5 分钟
数据数量	大约 8000 字符/位置	大约 10000 字符/位置	大约 50000 字符/位置
内容	距信标 200 公里内的高速道路信息附近交叉口的条件	前方 30 公里内的普通道路信息, 以及距信标后方 1 公里的信息	每个站的辖区的信息(100 公里范围内的信息)
3 级地图	阻塞, 间隔交通时间, 限制 SA/PA 信息	阻塞, 通行时间, 间隔, 通行时间, 约束, 停车位	阻塞, 通行时间(高速道路信息), 间隔, 约束, 停车位置
2 级图像显示	阻塞, 间隔交通时间, 限制 SA/PA 信息	阻塞, 通行时间, 间隔, 通行时间, 约束, 停车位	阻塞, 通行时间(高速道路信息), 间隔, 约束
1 级文本	间隔, 交通时间, 限制 SA/PA 信息	间隔, 交通时间, 限制 SA/PA 消息	阻塞, 通行时间, 限制

(4) 信息利用(车载机信息的显示方式)

VICS 以三种不同的方式为不同的车载机实时提供道路交通信息。这三种形式为: 文字显示型; 简易图形显示型; 地图显示型。另外, 车载机的功能以及行驶区域的不同会使可接收的信息也有所不同。

① 文字显示型

在车载机的显示器上以文字形式显示 VICS 信息, 通过用文字提供时刻变化的道路交通信息以帮助驾驶员选择行驶路线。如图 7.10 所示。



图 7.10 VICS 信息显示方式——文字显示型示意图^[5]

② 简易图形显示型

在车载机的显示器上以简单的图形显示 VICS 信息。其特点是, 以道路交通信息模型

化的简易图形和文字来显示交通堵塞地点和地段行驶时间等。

VICS 信息在屏幕上以示例图、路径图和文本的形式显示出来。如图 7.11 所示。

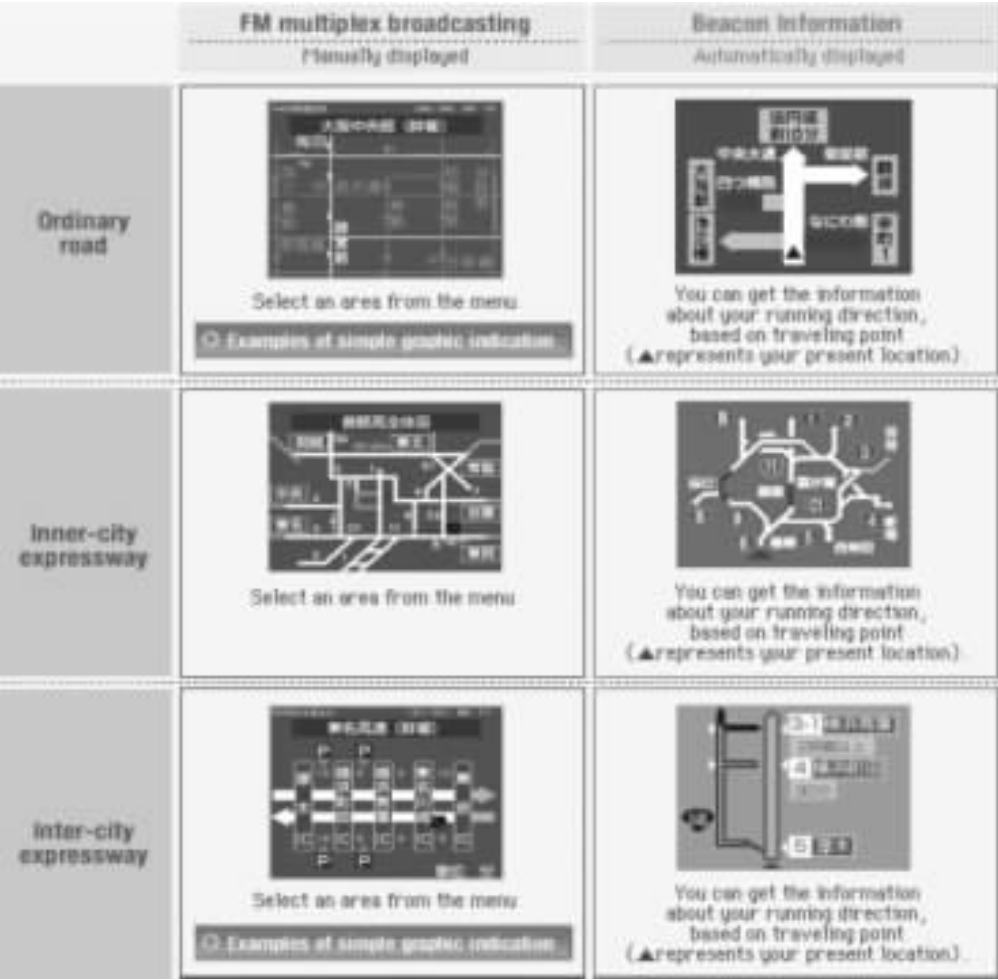


图 7.11 VICS 信息显示方式——简易图形显示型示意图^[5]

③ 地图显示型

在车载机显示器的地图画面上集中显示交通堵塞等各种信息。由于行驶地点和堵塞地段一目了然,驾驶员可根据实时的道路交通状况和信息来选择行驶时间最短的线路或避开堵塞地段的线路。如图 7.12 所示。

在文字和简易图形信息显示方式中,拥堵信息为前方道路、周边道路上的堵车长度(单位为千米),所需行车时间(单位为分钟)。在地图信息显示中,高速公路运行车速低于每小时 40 千米时路段显示为黄色;运行车速低于每小时 20 千米时路段显示为红色。一般城市道路运行速度在每小时 10 至 20 千米时为黄色,运行速度小于每小时 10 千米时为红色。

下面列出的是 VICS 的信息图例。

① 阻塞信息的表示

阻塞是用红色的箭头线来表示,拥挤用橘红色表示,正常用绿色表示。箭头的长度代表了阻塞的程度。其示意图见图 7.13。



图 7.12 VICS 信息显示方式——地图显示型示意图^[5]

Degree of congestion	Ordinary road	Inner-city expressway	Inter-city expressway
Congestion Red →	less than 10 km/h	less than 20 km/h	less than 40 km/h
Jam Orange →	10km/h - 20km/h	20km/h - 40km/h	40km/h - 60km/h
Fine Green → *Distinct collars from the two above	more than 20km/h	more than 40km/h	more than 60km/h

图 7.13 VICS 信息图例——阻塞信息的表示^[5]

② 交通限制的表示

图 7.14 表明事故、故障车辆、交通障碍物等。

	accident		traffic obstruction		construction site
	disabled vehicle		work operation		icy road

图 7.14 VICS 信息图例——交通限制的表示^[5]

③ 交通约束的表示

图 7.15 表明封闭的道路、速度限制、车道限制等信息。

④ 停车位的信息表示

图 7.16 表示停车的位置情况,用颜色来告诉人们是否可用并且它有什么类型的特性。

利用 VICS 提供的信息使得人们和车辆的出行更加合理、快捷、方便,能够根据道路上的实时情况来选择行驶的道路,减少路途中的阻塞、停滞等情况。作为智能交通的代表,日本的 VICS 已经处于世界领先的位置,它很好地将人、车、路结合起来,努力使乘车出行成为

	Road Blocked		Speed Limit		Lane Regulation		Entry Ramp Restricted
	Slow		No Entry		One-Way Alternate		Two-Way Traffic
	Entry Ramp Closed		Road Closed to Large-Size Cars		Chain Regulation		

图 7.15 VICS 信息图例——交通约束的表示^[5]

					
Full	Congestion	Empty	Closed	Unknown	
more than 90%	70~90%	less than 70%	—	no information	

图 7.16 VICS 信息图例——停车位信息表示^[5]

一种轻松和方便的过程。

VICS 系统的使用缓和了交通矛盾,缩短了汽车行驶时间,可节省汽油费等各项开支,可使物流高效化,由于车载终端的普及,可促进信息通讯产业的发展,由于缓和拥堵,可减少二氧化碳的排放量,减少了环境的污染。此外,VICS 系统能够在日本很快普及还在于:

- ① 可以为驾车出行者实时提供信息
 - a. 使驾驶员可以根据随时变化的道路交通状况,选择行驶时间最短的线路或是避开拥堵地段的线路;
 - b. 通过地图显示,使停车场位置和车位空置状况一目了然。
- ② 建立了服务信息使用者的体系
 - a. 已经建立起道路信息的收集体系;
 - b. 已经普及导航系统,而 VICS 系统与导航系统互相补充实现了快速发展;
 - c. 充分利用覆盖全国的三种媒体(电波信标、光信标、FM 多路广播),使得 VICS 系统在日本快速得到普及。
- ③ 用户可以免费使用,VICS 中心只从车载机生产厂家征收技术费。

7.4.1.2 美国

(1) TRAVTEK 系统

美国开展的 ITS 现场实验中,佛罗里达州奥兰多市进行的 TRAVTEK 研究是比较有代表性的。该实验以实时的道路引导和信息服务系统的实用化为目的,并且使用了汽车电话的双向通信功能。

如图 7.18 所示,TRAVTEK 是由交通管理中心、信息服务中心、通信网络和装载了导航装置的车辆构成。交通管理中心负责收集、管理并提供道路交通信息,同时还要提供该系



图 7.17 VICS 实际应用示意图^[6]

统运行所必需的信息管理与服务。信息服务中心以观光设施、宾馆、饭店等为对象,收集各种服务信息(黄页信息)。车载导航装置提供车辆定位、路径选择、界面等三个功能,该装置能够显示堵塞地点、事故和施工等信息的地图,实现最优路径引导等。

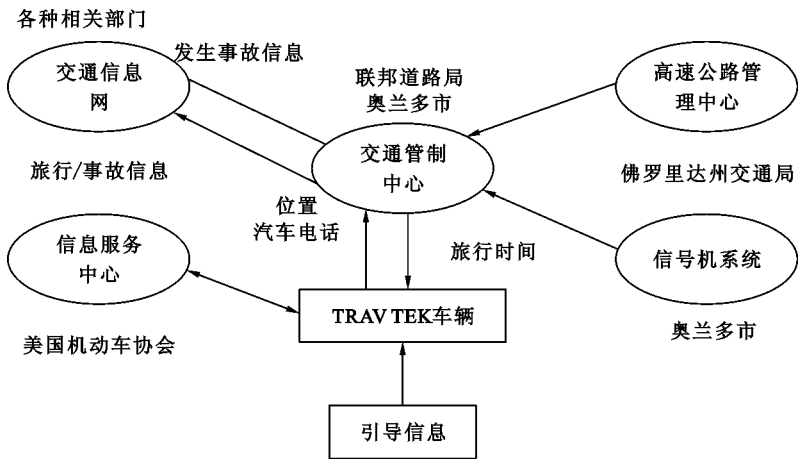


图 7.18 TRAVTEK 概念图^[1]

TRAVTEK 系统能够提供导航、黄页信息、道路交通事故信息和交通状况信息。导航系统主要实现了以下几个目标:

- ① 为用户提供更有效的导航来节省出行时间和花费;
- ② 更简单地获取有价值的区域交通信息,减轻驾驶员的压力增加行车乐趣;
- ③ 通过对紧急事件的预报和信息发布来维持驾驶员的安全行车;
- ④ 提高路网的通行能力改善交通拥堵状况。

车载设备的功能有导航信息、路径诱导、实时交通流信息以及区域服务信息和兴趣点信息。在系统主菜单中,用户能够选择不同的功能项,输入目的地进行路径导航、浏览当地服务设施信息和兴趣点信息、浏览区域电子地图、请求紧急服务、进入使用指南和修改在地图显示中车辆所在区域信息。

在 TRAVTEK 系统所有的有关出行前路径诱导信息和大多数的功能信息都是通过可视化信息的方式提供给用户。

- ① 出行前信息功能。在出行前用户可以通过可视化界面和触摸屏或其他按键输入目

的地查询相关信息,然后进入新的界面后用户可以进一步进行详细设置。

② 兴趣点查询功能。TRAVTEK 系统可以向出行者提供当地服务设施和兴趣点的信息。在菜单中可以让用户选择不同的兴趣点,包括停留地、酒店和野营地、参观地点、进餐点以及其他的服 务点。在选择了上述选项后进入下一级菜单还可以提供更完整的服务信息。

③ 信息电子地图功能。如果出行者并没有输入目的地进行诱导,那么地图屏幕可以用来浏览电子地图,可以通过按键来选择区域,在电子地图中同时也显示出了车辆的位置以及车辆的航向。

④ 交通流信息服务。在 TRAVTEK 系统中,实时的交通信息从交管中心通过无线方式传输给用户。在信息屏幕上地图中加入了彩色的标志来显示中等道路堵塞、严重道路堵塞,车道封闭以及交通事故或其他事故的信息。

⑤ 路线诱导功能。当出行者输入了目的地等相关信息后,系统可为用户提供可视化信息,进行路径诱导。

TRAVTEK 系统提供的功能基本涵盖了美国 ATIS 预先计划的四个子系统中的相关内容。表 7.8 显示了 TRAVTEK 系统的功能和 ATIS/CVO 提出的功能的比较。从表中可以看到 TRAVTEK 系统满足了其中的 18 个功能,这在当时的情况下是相当好的。

表 7.8 TRAVTEK 系统功能和 ATIS/CVO 预计的功能比较图

ATIS/CVO	功 能	TRAVTEK 实现情况
车载路线导航系统	出行规划	*
	多模式旅行协调	*
	出行前路线、目的地选择	*
	动态路径选择	*
	路线导航	*
	路线指引	*
	自动收费	*
	路线行程安排(CVO 特有)	
	计算机辅助路径分配(CVO 特有)	
	广播服务/兴趣点	*
车内人员服务信息系统	服务信息/兴趣点目录	*
	目的地协调	*
	消息传递	*
	沿途信号引导	*
车载信号信息系统	沿途信号通告	*
	沿途信号调整	*
	危险警告	*
	沿途状况信息	*

续表 7.8

ATIS/CVO	功 能	TRAVTEK 实现情况
车载安全咨询与警告系统	救援自动化	*
	手动救援呼叫	*
	车辆状态监视	
	车船监视(CVO 特有)	
CVO 特有功能	车辆分配	
	调整管理	
	调整执行	

(2) TRAVLINK

TRAVLINK 是明尼苏达向导之星(Minnesota Guidestar)项目的一部分,在 12 英里长的 I-394 高速公路所有交叉口都安装了匝道仪,有高级的摄像机监视,还有一条供公交车辆和多人共乘车辆用的高承载率(HOV)专用车道和一个包含 Park-and-Ride 场所和公交车辆服务的扩充网络。

TRAVLINK 项目主要包括两大部分:一个是在 I-394 上运行的公交车辆的计算机辅助调度和自动车辆定位(CAD/AVL)系统;另一个是先进的出行者信息系统(ATIS)网络,此网络由一个通过个人计算机及图文终端提供的在线电子服务系统、许多智能信息亭、电子息板和视频显示监视器组成。该 ATIS 提供来自 AVL 的实时交通信息、其他静态公共交通信息(包括汽车时刻表和出行计划信息),以及交通状况实时信息(如事故和道路建设施工)。

该项目的主要调查结果显示,一些旅行者愿意为获得某种信息服务付款。自己驱车上班的人愿意为获取交通延迟信息付费的比例相对最高,愿意为获得天气信息付费的比例其次。公共汽车乘用者也比较乐意为获取公共汽车状态信息而付费。总之,旅行者对此类系统获得信息的多样性、信息的可靠性和获取信息的方便性抱着很高的期望。

7.4.1.3 欧洲

(1) 提高交通效率与安全性的单元无线通信系统(System of Cellular Radio for Traffic Efficiency and Safety,SOCRATES)

该系统有效地利用移动电话和汽车电话的基础设施(基站),在交管中心与行驶中的车辆之间进行双向通信,其系统结构见图 7.19。该系统前期研究对象城市有德国的埃森、英国的伦敦和瑞典的哥德堡三个城市。

SOCRATES 的下载通道,是向行驶在基站影响范围内(直径 2km 到 3km 的圆形领域)、装载了 SOCRATES 设施的车辆以“广播方式”提供详细的有关道路交通状况的数字信息,这些信息与记录在导航计算机内的数据联结,用于计算旅行者的最优路线。上载通道利用多重通信协议,由基站向交管中心发送信号,通常情况下将旅行时间、紧急事态出现时将该事件发生的有关信息通知给交通控制中心。

(2) Traffic-master 系统

Traffic-master 系统是以英国伦敦为中心、在大范围的高速公路上已经实用化的系统,

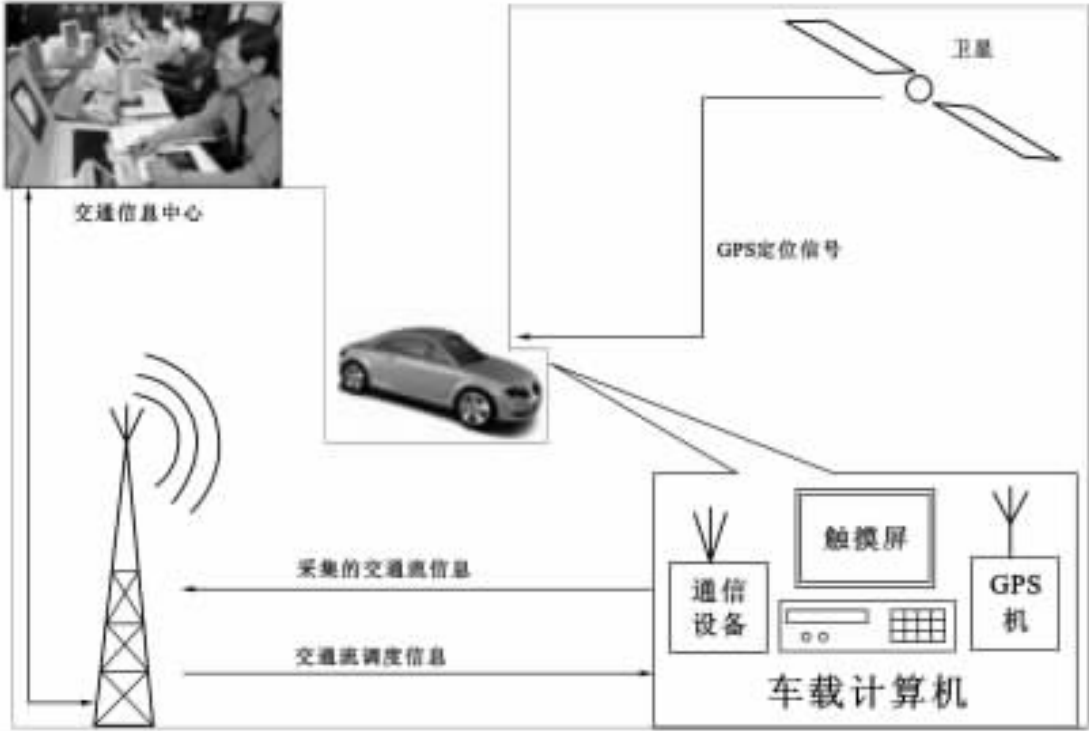


图 7.19 SOCRATES 系统结构图

该系统有效利用现有的寻呼网络来提供交通信息。系统由收集高速公路交通状况数据的传感器、处理及发送信息的控制中心、接收信息并表示在显示屏上的车载终端装置组成，系统结构图见 7.20 所示。

传感器向车体前端和后端分别发射两束红外线，根据这两束射线经车辆反射后反向波的时间差来测出车辆的速度。传感器控制机的电脑计算每 3min 的平均速度，如果速度低于 30mile/h，则将此信息发送到控制中心。控制中心由多台计算机组成，有的用于收集数据，有的用于信息的分析处理，有的将处理过的信息发布出去。车载终端包括接收装置和显示设备，可以显示全部区域内或局部放大的区域内低速区间。如果切换为文本方式，则可以知道关于事故、施工等有关的详细信息。车载装置如果事先进行登录取得识别号码，就可以接收面向特定个人的信息，并能够在屏幕上显示。如图 7.21 所示。

7.4.1.4 新加坡

交通信息服务系统是新加坡智能运输系统建设的其主要内容之一，高速公路监察与提示系统是其重点实施的项目。

新加坡第一个高速公路交通监察系统是用于中央高速公路(CTE)的隧道交通监察系统(Expressway Monitoring and Advisory System, EMAS)，该系统使用 64 个闭路摄像机监察全部隧道的车辆交通情况，287 个各个车道的信号以及可变信息板(VMS)来提供信息给驾驶者。

目前，EMAS 已经覆盖新加坡所有 300km 以内的高速公路网。整个 EMAS 系统包括

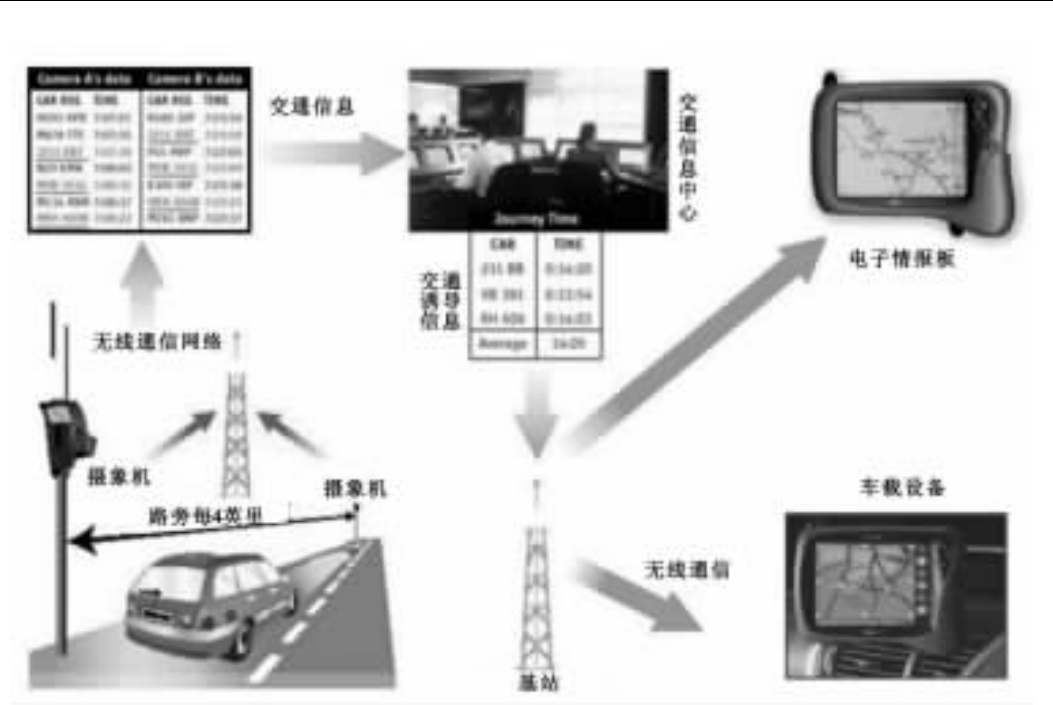


图 7.20 Traffic-master 系统结构图

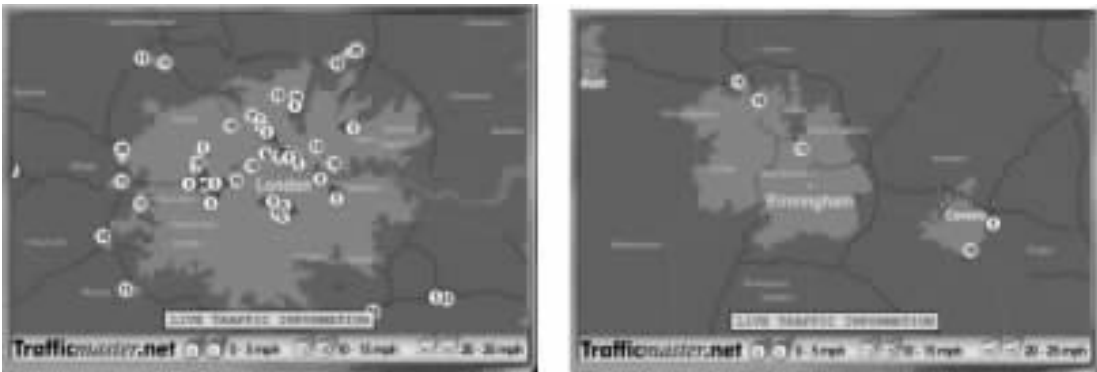


图 7.21 Traffic-master 车载装置显示示意图

240 个具有可转动、可变焦功能的监视摄像机,572 个用于测量交通参数和侦测事故的监测摄像机,以及至少 140 个可变信息板(如图 7.22 所示)。EMAS 独有的特征是在高速公路进口处有 171 个行程时间显示板。每一个行程时间显示板显示了从该高速公路进口到主要的出口或中转站的实际行程时间。行程时间是基于高速公路沿途的监测摄像机测量到的平均车辆速度计算而得的,每 5min 更新一次。该系统除了侦测事故,并将行程时间和事故信息及时通知给驾驶者之外,EMAS 还有 15 辆拖车用于移除发生事故的车辆或障碍物。

除高速公路监察与提示系统外,新加坡还实行了很多的 ITS 项目,例如公路交界电子眼系统、交通扫描系统等。这些系统收集来的大量数据经过处理、融合、挖掘和提取,可广泛用于交通管理、交通规划、信息发布等方面,使 ITS 的利益最大化。目前这些数据已经被整合到两个信息中枢“Traffic. Smart”和“Trasit. Smart”中。

Traffic. Smart 所收集的数据来自电子公路收费系统、高速公路监察与提示系统、交通



图 7.22 新加坡 EMAS 系统中的可变信息板

扫描系统、绿波系统以及一个用来支持道路设备档案和养护的道路信息管理系统(Road Information Management System, RIMS)。交通信息,例如地图、道路设备、动态交通数据(如速度、交通量、出行时间以及事故),将会被处理及融合并通过 <http://traffic.smart.lta.gov.sg> 的互联网网址对公众开放。网站上由彩色编码显示的路段交通速度每 5min 更新一次,并且网站还提供给用户放大或查询某一特定路段的功能。

7.4.1.5 停车诱导信息系统

从系统构成上看,停车诱导信息系统(Parking Guidance Information System, PGIS)主要由如下几个子系统构成:停车场子系统,停车诱导中心子系统,停车信息发布子系统等。

停车场子系统的主要内容包括停车场位置、总泊位数、剩余泊位数、停车费用水平、开放时间等等。停车诱导中心子系统则通过通信系统从各停车场子系统中获取停车场相关数据,通过中心处理后,再利用通信系统向相应的停车诱导信息板或可变情报板上发布停车信息。停车诱导中心子系统还与城市智能交通管理系统相联接,在用户出行前或出行途中就可以通过交通信息服务系统向特定用户发布其所需要的停车信息。

第一个停车诱导信息系统于 1971 年出现在德国的亚琛市,其后逐渐在其他发达国家得到应用。1995 年,日本已有 40 个城市引进了 PGIS。大阪卫星城 Ibaraki 的 PGIS 管理着 6 个公共停车场和 3 个私人停车场,使用的可变信息板有两类:一类称为“图形类信息板”,是在一张可变地图上显示各停车场的可变性信息。它们被安装在通往 CBD 的主要路线上,提供的信息有“满”、“空闲”或“关闭”;另一类称为“文字类信息板”,是通过停车场的名称来引导驾驶员,若某个停车场已饱和,它就在该停车场的名称后文本标志中显示“满”,若某个停车场空闲,它就显示一指向该停车场名称的绿色箭头。该 PGIS 可变信息板上的信息每 5min 更新一次。

美国圣保罗市商业区建立了一个先进的停车信息系统(Advanced Parking Information System, APIS)。该系统管理 7 个停车库和 3 个停车场,使用了 56 个标志牌来显示停车设施的位置和泊位占有的情况。其中有 46 个静止诱导标志,10 个是电子标志牌。一台中央计算机用来控制数据采集、处理和把信息传送到可变电子标志牌,由电子标志牌发布有关 10 个停车场(库)的实时更新的停车信息。驾乘人员可根据这些信息选择要去的目标源的停车场(库)后,就可跟着静止诱导标志走,诱导驾驶员更方便、快捷地寻找停车泊位,直到驾驶员到达所选择的停车场(库)。

7.4.2 国外典型路径导航系统介绍

7.4.2.1 日本

日本的路径诱导系统处于世界领先地位。日本第一个商用车载路径诱导系统由本田公司开发并装在其雅阁车上,该系统使用一个气体速度陀螺仪作为方向传感器。丰田公司在其皇冠车上装有“Electro Multivision”,这是第一个有商业利用价值的路径诱导系统,它使用彩色 CRT 来显示存于 CD-ROM 的道路地图。

动态路径诱导系统是日本新交通管理系统体系结构内的 5 个子系统之一,它也是世界上第一个投入实际运行的中心型动态车载路径诱导系统。在该系统中,利用红外线双向信标实现道路与车辆间的双向通信。通过这种信号标杆,车载系统把驾驶员的目的地信息传送给系统并从系统收到反馈的、包括最优路径在内的信息。

根据优化路径提供方式的不同,路径诱导系统可以分为自主导航式和中心诱导式两类。路径诱导系统的发展方向是建立由控制中心分配交通流的交互式系统。图 7.23 是交通事故动态交通诱导示意图。

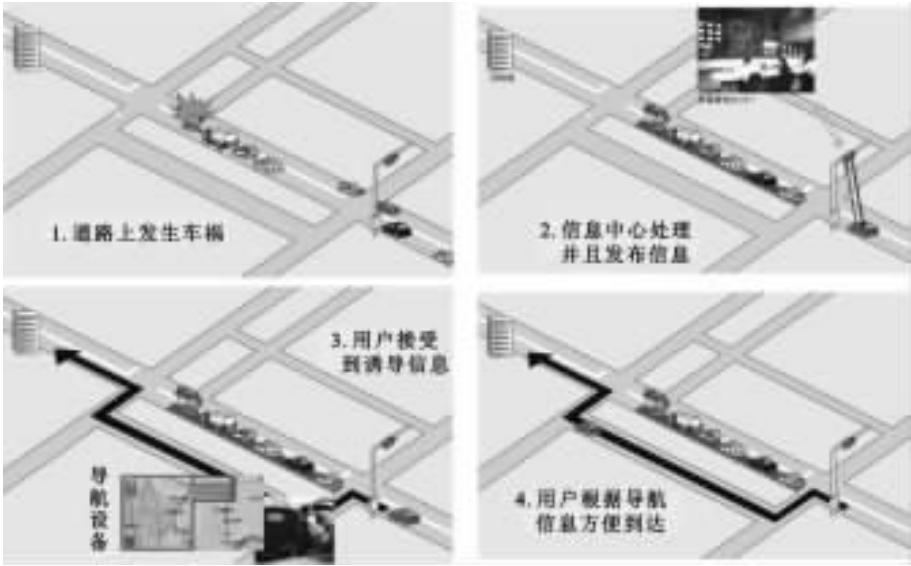


图 7.23 交通事故动态交通诱导示意图

诱导信息中心向车载单元提供的路径信息主要包括:系统根据不同的评估标准向驾驶员提供 3 条优化路径;到达目的地平均行驶时间的预测值;每条行车路径的长度;与路径有关的交通信息;提供沿途的一些重要地名等。

车载单元传送到中心的信息主要包括:目的地;是否使用收费道路;车辆模式,即是否为大吨位车辆等。

在交互式路径诱导系统中,红外线信标的存储器中保留有从其位置到达所有目的地的最优路径;当车辆进入信标通信区域时,信标根据车辆的特定要求(如目的地)选择路径,并将此信息传给车辆。通常,从信号标杆到所有目的地的优化路径可视为以标杆位置为根节点的“树”,这棵“树”在每一信号更新周期(5min)由中心传给车辆。基于目前的条件,系统在 5min 内尚无法连续产生优化路径。解决问题的方法是将可能出现的各种交通条件按统

计分类,系统根据划分的不同交通模式建立优化路径“树”,每 5min 中心在可能的优化路径中选择到达目的地的优化路径,并将“树”相关的路径号码传给标杆。这样,即使在路径收集的行驶时间数据不连续、不完整,也能提供可靠的路径。

路径诱导系统的最终目的是通过动态交通分配减少对象区域内整个路网的交通拥挤。但是当系统处于其早期运行阶段时,车载系统未广泛分布至足够程度,路径诱导系统仍只用于指导个别运行车辆的最优路径选择。

当红外线信标与车载系统更加普及、并且可以区别每一辆车时,我们不仅有可能使交通控制系统更先进,甚至可以实行一些新的交通管理措施。此时,我们可以较为精确地确定两个重要的交通特征:路段上的行程时间与车辆出行的 OD。一旦一条路上的行程时间可以确定,交通控制的进一步改进就成为可能,也可以向每个驾驶员提供更为精确的旅行时间信息。而车辆出行 OD 的确定能实现对交通状况的十分精确的预测。

7.4.2.2 美国

(1) ADVANCE 系统

先进的驾驶员车辆咨询导航系统(Advanced Driver and Vehicle Advisory Navigation Concept, ADVANCE)是一个比较典型的自主型路径诱导系统。

ADVANCE 系统根据需求实行双向通信导航,这一点比 TRAVTEK 更深入了一步。在 ADVANCE 中,因为车载导航装置和交通管制中心之间可以进行双向通信,所以除车辆感知器等现有的信息源之外,在区域范围之内行驶的试验车辆的行驶时间数据也能利用。导航装置由触摸屏、显示屏和导航计机构成,输入最终目的地,该系统根据实时的交通信息能够计算出最佳路径,该最佳路径的计算是利用 GPS 和交通管制中心实时传送来的交通信息在导航装置上进行的。路径导航不在地图上进行,而是采用声音合成以及用显示屏上的记号进行指示的形式。

(2) FASTTRAC 系统

通过路径诱导与先进控制实现快速、安全的旅行(Faster And Safer Travel Through Traffic Routing and Advanced Control, FASTTRAC)系统是将先进的交通管理系统(ATMS)和先进的交通信息服务系统(ATIS)组合起来的 ITS 开发项目。该系统以视频图像处理法进行交通流检测而闻名,并应用了欧洲的 EURO-SCOUT 系统,通过安装在交叉口信号机上红外线检测装置和车载装置间的双向通信进行动态路径诱导。

项目进行了两种方式的对比实验,即对装备了 EURO-SCOUT 装置的实验车辆,按照从中央计算机接收的数据进行动态路径诱导,同时对没有装备 EURO-SCOUT 装置的实验车辆利用车载装置的数据库由车载装置计算推荐路径。FASTTRAC 系统的另一个特征是将实验车辆与信号控制方式相互匹配进行了实验,即根据车辆预测的等待时间,将信号控制与绿信波段进行了最优化设计。

7.4.2.3 欧洲

(1) EURO-SCOUT 系统

EURO-SCOUT 系统的车载装置是由导航装置、红外线收发器、车辆定位装置以及显示器、键盘等构成。没有数据库,数据是从红外线路侧通信装置与搭载了车载装置的车辆之间的通信通道传输的,计划在 25% 的城市交通信号机上和所有的高速道路出入口匝道处都安装这种红外路侧通信装置。中央诱导计算机装载了道路地图和交通信息数据库,所算出的

路径基本上是所需时间最短的路径。该系统以红外线路侧通信装置为媒体对行驶中的车辆进行动态路径诱导。车辆和路侧通信装置间的红外线通信是双向的,因此车辆本身成了探测器,可以把旅行时间、排队等待时间、OD 信息等交通数据信息发送到中央诱导计算机,从而不断更新中央计算机的数据。

(2) STORM 项目

德国的 STORM 项目将在斯图加特地区已有的用于交通控制、交通运营及交通通信系统的几个专用 Telematics 系统结合起来,形成一个集成的交通信息系统。STORM 以实时交通信号来发送双制式路径诱导信息。局域通信利用位于 130 个交叉口的 1100 个红外线信标向信息中心提供车流数据,从而提供中心控制的路径诱导。

7.4.3 我国交通信息服务系统应用实例简介

7.4.3.1 我国交通信息服务系统应用

随着我国经济的持续发展,人民生活水平不断提高,人们对高质量的交通出行服务的需求越来越迫切,期望的服务标准越来越高。而现实情况是:一方面,虽然道路基础设施建设日新月异,高速发展,但交通供给增长的速度仍难以应对呈加速增长态势发展的机动车保有量带来的交通需求的高速增长,交通供需矛盾日益突出;另一方面,与道路基础设施的发展相比,我国交通信息服务的发展更是处于弱势地位,动态交通运输信息既无法全面掌握,又缺乏有效的发布手段,使得原本可以提高道路基础设施运行效率的交通信息化手段,由于未能充分发展和有效应用,反而成了影响交通运输服务水平提高的“瓶颈”所在。

因此,开展公众出行交通信息服务,有着非常迫切的需求,具备良好的发展前景,是有效提高公众出行质量的重要手段,是交通信息化亟待发展的重要领域。

2005 年,由交通部组织实施的“公众出行交通信息服务系统”已成为三大信息化建设示范工程之一。

公众出行交通信息服务系统是依托公路信息资源整合系统和客运站场管理信息系统的信息资源,通过互联网,呼叫中心,手机、PDA 等移动终端,交通广播,路侧广播,图文电视,车载终端,可变情报板,警示标志,车载滚动显示屏,分布在公共场所内的大屏幕、触摸屏等显示装置,为出行者提供较为完善的出行信息服务。

为驾车出行者提供路况、突发事件、施工、气象、环境等信息;为采用公共交通方式的出行者提供票务、营运、站务、转乘等信息;据此出行者可提前安排出行计划,变更出行路线,使出行更安全、更便捷、更可靠。

同时与铁路、民航、旅游、气象等相关的各类信息进行整合,与广播、电视结合,提供更全面、更多方式的服务,让公众切身感受交通信息服务的便利。

7.4.3.2 北京市公众出行交通信息服务系统

随着 GPS 卫星定位技术、计算机网络技术和数据库管理技术等多种信息技术的应用,北京市在公共汽车、地铁、高速公路运营管理、长途客运、出租车等交通领域的信息化和智能化步伐已经迈出,并呈现出加速发展的良好态势。在这些领域中先后建成并应用的系统主要有:公交运营指挥调度系统、公交网站、公交服务热线、电子站牌和车内滚动显示屏、地铁运营指挥调度系统、高速公路监控中心、省际客运联网售票系统、出租车 GPS 卫星定位系统等。另外北京市的交通调频广播、数字北京信息亭和位于环线和高速公路的可变情报板都

具有较广的覆盖性和利用性。这些系统将根据需要为北京市公众出行交通信息服务系统的建设提供信息接入和发布的基础。

(1) 建设内容

北京市公众出行交通信息服务系统的建设内容包含了交通数据采集、整合、加工处理和发布的全过程,是一项复杂的交通领域集成信息化系统,其总体结构如图 7.24。

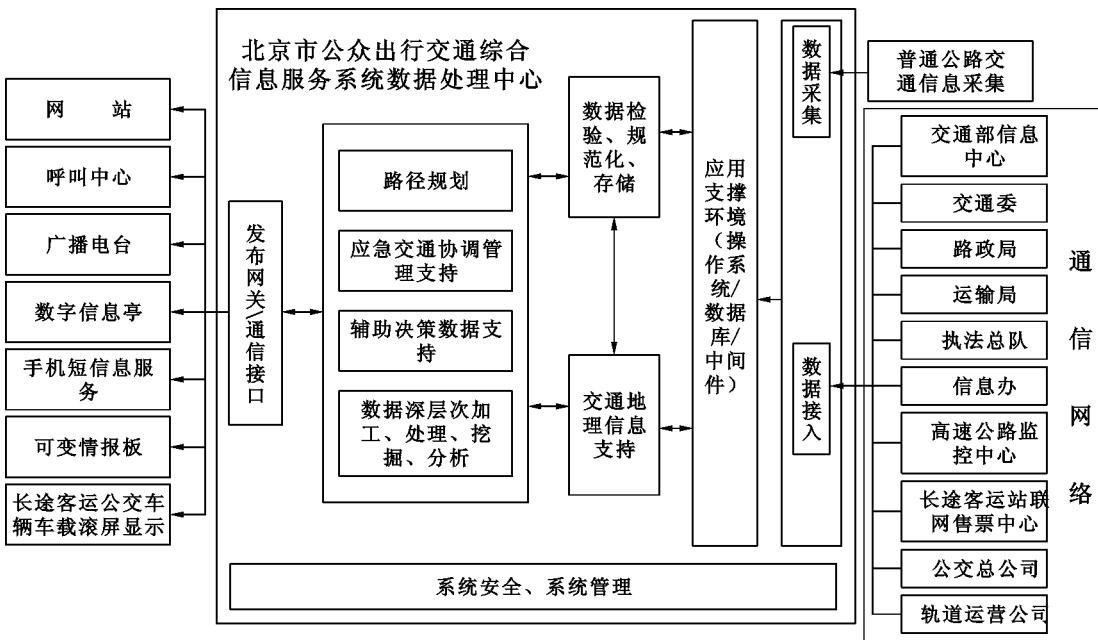


图 7.24 北京市公众出行交通信息服务系统总体结构图^[11]

概括而言,北京市公众出行交通综合信息服务系统的建设内容为(主要在示范工程阶段):在选定的示范工程实施区域——北京市市域范围内的干线道路网(含高速公路、主要公路、快速路、城市主干道),在现有交通动态信息采集设施的基础上,通过在具有示范性的主要公路上布设交通信息采集设施进行交通数据采集;在充分利用现有通信网络资源的基础上,建设北京市公众出行交通综合信息服务系统数据通信网络,实现北京市各相关政府部门及交通运输运营企业与示范工程数据处理中心的连通,以及示范工程数据处理中心与交通部信息中心的连通;建设公众出行交通综合信息服务数据处理平台,接入不同来源的交通运输数据,实现多源交通数据的融合、加工、处理,生成满足公众需要的信息;充分利用现有的交通信息发布方式,并进一步整合、建设、完善,通过网站、呼叫中心、手机、调频广播、可变情报板、数字信息亭、公交车车辆车载显示屏等多种方式,为公众提供含交通动态路况信息、交通事件信息、道路施工信息、客运(含长途客运、城市公交、轨道交通)信息(含票务、站务、换乘、线路等信息)、气象信息,及铁路、民航等其他运输方式信息等在内的出行交通综合信息服务。

(2) 逻辑结构

北京市公众出行交通信息服务系统的逻辑构成如图 7.25 所示。

北京市公众出行信息服务系统从逻辑上可以分成三个部分:数据的接入和采集、数据的融合与加工处理、交通信息的多方式发布。其中数据接入和采集的功能是通过不同的方式

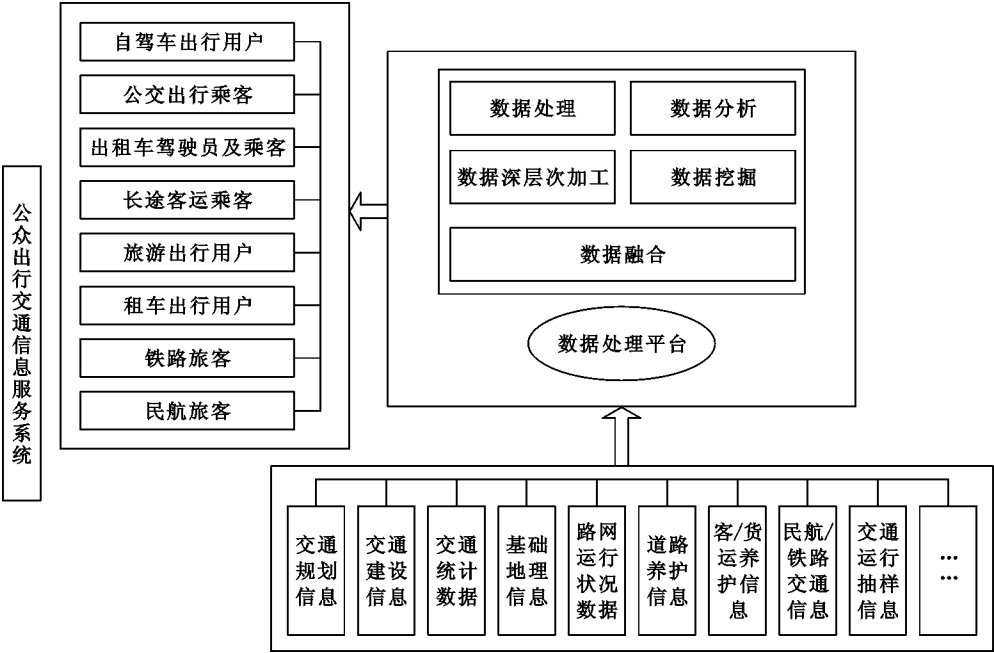


图 7.25 北京市公众出行交通信息服务系统逻辑结构^[1]

将多样化的交通数据传输到信息服务系统的数据处理平台。平台主要实现数据的融合和加工处理功能,即对多源异构的交通数据按照一定的标准规范进行多层次的处理,最终生成综合性和个性化的交通信息。交通信息的多方式发布体现在两个方面:一方面体现在其能够服务于多种出行方式的社会公众,另外一方面体现在其能够通过各种不同种类的发布终端显示信息。

(3) 物理结构

北京市公众出行交通信息服务系统的物理构成如图 7.26 所示。

由图可知,要实现示范工程的逻辑功能,需要在充分利用现有交通信息系统、通信网络资源和信息发布设备的基础上,根据需求进行完善,并适当建设必要的软硬件系统,形成为公众提供较全面和方便的服务能力。

(4) 软件设计要求

由于软件工程方面的技术发展非常迅速,因此系统架构设计应当对系统发展有一定的适应性和预见性,各种技术的选择不仅要考虑成熟适用,也要考虑在中远期平滑升级的能力。

软件设计采用构架/构件技术进行标准化开放性体系设计,充分考虑软件复用、中间件等技术,在远期业务功能扩展时可以通过增加标准应用构件的方式实现升级。

北京市公众出行交通信息服务系统的软件实现交通综合信息的采集、处理和服务。

系统首先实现直接数据采集和部门数据的接入;对采集和接入的数据处理可以划分为以下三个层次的逻辑过程:数据检验和规范化;数据深层次加工、处理、挖掘和分析;在数据深加工的基础上,构建上层的应用,并对社会公众(如手机、车载终端、PDA、固定终端用户、Internet 网络用户及交通广播听众)提供信息服务。

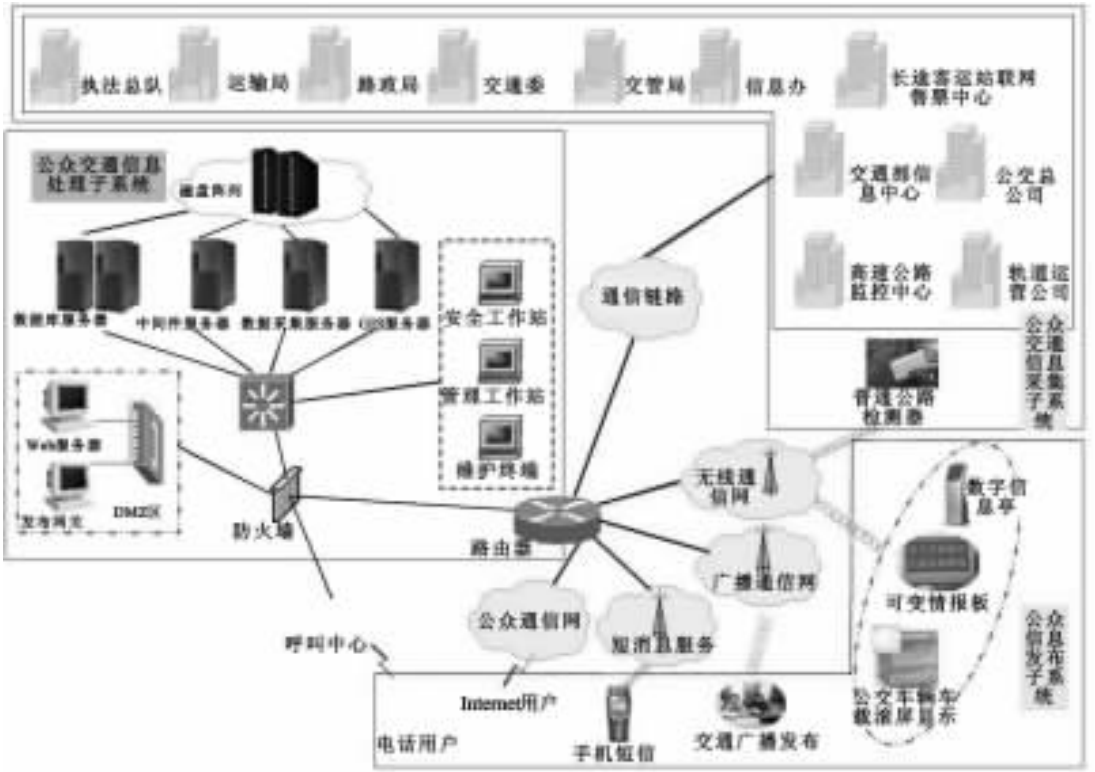


图 7.26 北京市公众出行交通信息服务系统物理结构^[1]

软件系统将基于地理信息 (GIS) 技术、中间件技术、数据库技术、构架/构件技术及 UML 建模语言、XML 和 Web Services 技术、工作流技术等构建。通过共享数据库, 将全市路网交通信息置于同一平台和操作环境下集中管理和调度, 并提供交通信息的可视化表达和综合交通信息服务。

软件系统采用三层结构, 即数据层/支撑层/业务层的三层结构。按功能分解的三层软件构架为: 第一层是数据层, 即信息平台中各类数据库; 第二层支撑层是应用支撑环境, 即中间件、基础构件、高层构件等, 包括 GIS 平台、交通地理信息支持和数据加工处理工具的支持; 第三层业务层, 分为两个部分, 一部分是信息平台的数据采集、接入和数据处理, 另一部分为信息平台的各类业务, 能够提供各类用户服务。

(5) 硬件设计要求

北京市公众出行交通综合信息服务系统的硬件系统力求既能适应新技术的发展潮流, 又能兼顾技术上的成熟性, 同时也能保证采用目前先进成熟的技术。硬件系统设计不仅考虑示范工程的业务需要, 还要兼顾中远期业务的扩展和升级, 因此在网络选型、设备配置选择上充分考虑采用开放性和可扩展性等原则。硬件系统的性能应达到如下要求:

① 数据存储能力

系统存储着多种类型、大量的数据, 包括采集设备传输的动态数据、交通政策和设施建设等方面的静态数据、GIS 数据以及经过加工处理后生成的交通服务信息。因此, 系统应能够扩展到 TB 级存储能力。

② 网络传输能力

系统网络传输能力直接关系到数据加工处理的效率,同时也是交通信息实时发布的保障。因此系统主干网的传输能力应达到千兆级。

③ 数据处理能力

通过采用高效、容错性强的处理算法,保证平台对多源异构交通数据进行快速准确的融合和加工处理。在此基础上,平台具有区域交通状况的分析能力和初步的行程时间预测能力,具有为公众提供多种类和多方式交通信息的发布能力。

④ 安全防护能力

系统在运行过程中面临着内部和外部两方面的安全威胁。因此要求系统的安全防护设备在逻辑陷阱、通信链路、技术故障、人员操作、物理环境等方面提供初步防护能力。

⑤ 系统管理能力

系统网络结构复杂,由多种硬件设备构成,运行各种复杂的软件,需要系统管理设备初步实现网络状况自动监控、网络诊断、故障管理、网络性能管理等能力。

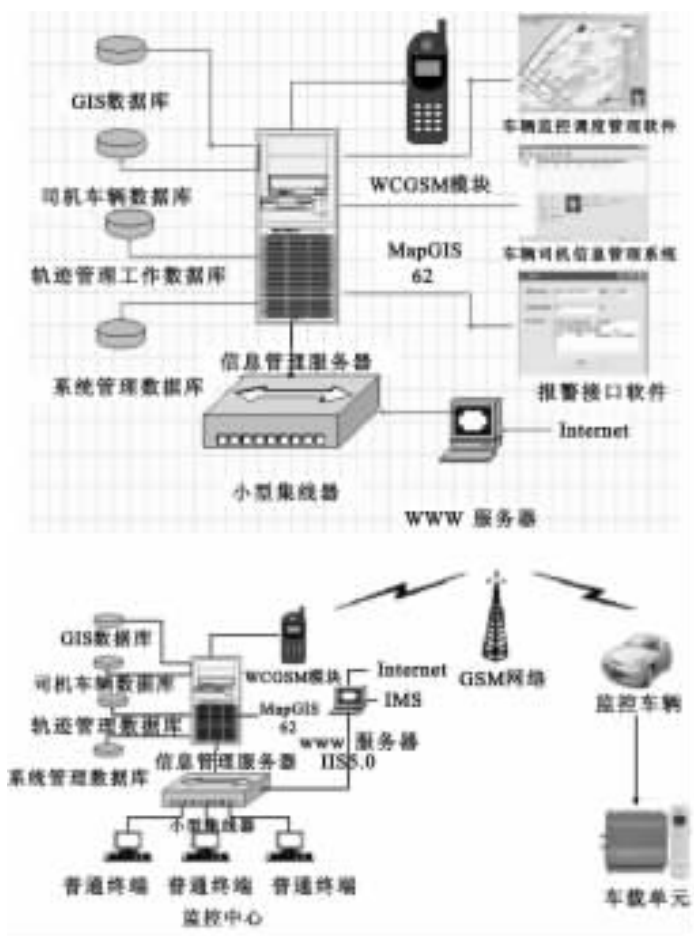
7.4.3.3 车辆监控调度及交通信息综合服务管理系统

车辆监控调度及交通信息综合服务管理系统是由武汉理工大学智能交通系统(ITS)研究中心研发的拥有自主知识产权的综合交通管理及服务系统。

该系统是基于“3G”(GPS/GIS/GSM、GPRS)技术,按照信息采集、信息交换、信息分析、信息服务四层逻辑结构建立起来的。突破了常规车辆监控调度系统的局限性,密切与交通系统的关联,可面向交通管理部门和个人用户两个层面提供多种增值服务和附加功能,如交通诱导、交通信息采集与发布、紧急救援、突发事件交通疏导等,系统的界面示意图和功能结构示意图见图 7.27 和图 7.28。



图 7.27 车辆监控调度系统界面示意图^[10]

图 7.28 车辆监控调度系统功能结构示意图^[10]

该系统是智能交通和物流系统理想的集成子系统。可广泛应用于交通、公安、银行、医疗机构、物流管理、危险品(易燃、易爆、有毒等)储运等特殊行业的车辆监控、调度、管理,以及交通辅助管理、远程交通信息综合服务系统。

(1) 系统特点

① Internet 网上车辆监控调度

运用三层 B/S 构架的 Web GIS 技术,以简单的浏览器操作方式,实现网上实时动态交通信息发布和交通信息查询,以及通过 Internet 进行车辆监控、车辆调度、车辆救援等功能。

② 系统支持多模式无线通信

跟踪无线通信技术的前沿,系统借助现有的 GSM、GPRS、CDMA 等无线通信公用网来实现信息的传输,无需申请频点和另建网站,经济方便。

③ 系统支持两级静、动态优化调度及最优路径选择功能

该系统实现与交通管理部门的有效关联,实时获取各种交通静、动态数据,如道路状况、环境、交通量、车速、拥堵情况等。根据用户需求,可进行路径最短、时间最少、费用最省等多种形式的最优路径选择。

④ 系统支持多种 GPS 车载单元的混合使用

根据移动车载单元的不同通信方式以及用户的不同要求,系统中的移动车载单元为用户提供了 10 多种诸如简单监控、调度、求救(抢劫、防盗)报警、监听、遥控车辆等实用功能的混合使用或单独使用,可挂接手柄、显示屏、外接红外遥控等。

⑤ 系统提供多种增值服务

对于个人用户,系统可提供基于 GIS 的地址查询、位置查询、距离及面积测量、交通信息查询等增值服务。信息查询示意图见图 7.29。



图 7.29 基于 GIS 的交通信息查询系统示意图^[10]

对于交通管理部门,该系统可辅助交通管理,实现交通诱导和突发事件的交通疏导,并且具备交通信息和基本数据自动采集功能。

(2) 交通信息综合服务管理系统总体框架

交通信息综合服务管理系统总体框架如图 7.30 所示,该系统主要由三大部分组成:交通信息采集及获取、信息中心平台、交通信息发布。

交通信息采集是通过安装在路边或路口的交通参数检测设备采集相关交通数据,并经过初步处理后形成数字式数据。

交通信息中心平台是接收、分析处理采集到的交通数据,然后建立交通综合数据库,并实现相关服务子系统。

交通信息发布是通过各种方式向用户提供相关交通服务信息。

(3) 信息中心平台

信息中心平台架构如图 7.31 所示,可分为三部分:交通数据接收处理部分,交通综合数据库,各功能子系统。

其中前者由数据接收模块、数据分析处理模块、信息发送模块组成;后者是给用户提供各种交通信息服务的子系统。

交通信息发布系统、交通信息查询系统、交通诱导系统,这些子系统主要是给社会公众提供的服务,其他一些子系统主要是给政府和交管部门提供服务,日后如有需要,可以扩展。

① 交通数据分析处理模块

将接收到的采集系统基础数据进行分析、提取、融合、存储,并为信息形成准备数据。其中包括数据预处理功能,即通过对接收交通数据可信度的划分,过滤去除不可靠信息,并组

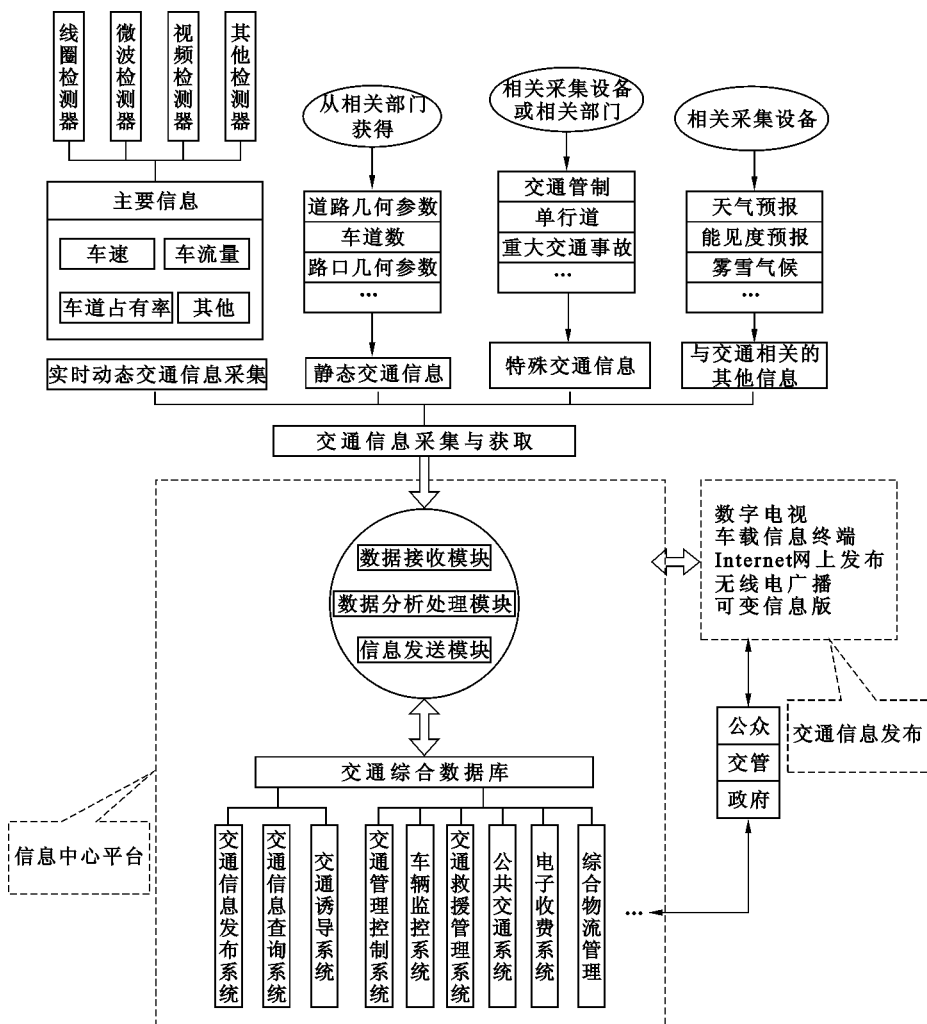


图 7.30 交通信息综合服务管理系统总体框架图

成标准可处理的数据;通过相应的算法对预处理后的不同类型标准数据进行融合、优化、预测、转换,形成面向管理、面向公众的有用信息;对原始的或处理后得到的数据与信息,进行规范存储,以便用于统计分析或进一步数据挖掘、开发利用。

② 交通信息发送模块

传送交通数据信息至发布部分的接口模块,把处理后的一部分数据信息传送给发布数据库,然后由发布子系统,如基于交通 GIS 的桌面显示系统(包括电台、数字电视等用户)以及室外可变情报板等,从发布数据库取出自己所需要发布的交通信息。

③ 交通信息查询系统

利用 WebGIS 技术,用户可以通过互联网进行实时交通信息以及相关路线信息查询等,包括如下功能:

路线查询:可以根据行驶的起点和终点查询出行线路信息,查询结果以高亮形式在电子地图上显示;

空间数据信息查询:包括根据名称精确或模糊查询相应地物的位置和其他属性信息,以

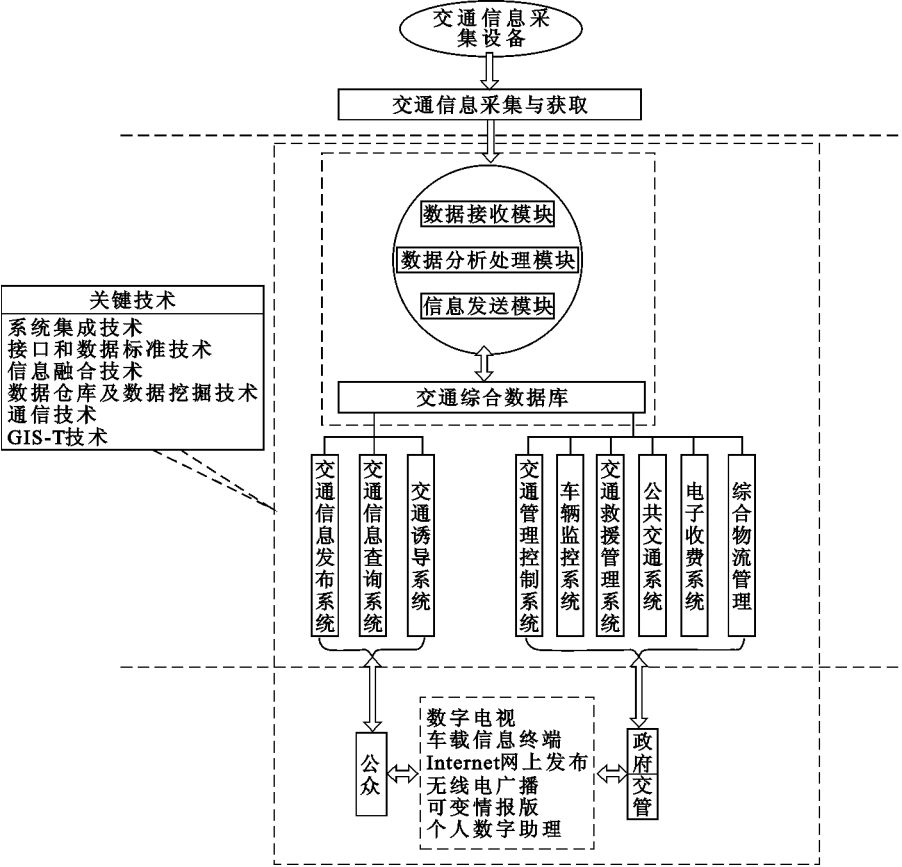


图 7.31 信息中心平台整体框架图

及按点、按圆和按矩形查询位于这几种几何图形内的地物及其属性信息；

地图操作功能：包括针对地图的一系列操作，如地图放大、缩小、漫游、打印输出等功能，用户可以像浏览本地机上的信息一样，实现轻松的操作。

(4) 路径导航及相关信息服务

通过和无线通信系统相配合，根据车辆目前的位置及状态，可为车辆用户提供各类信息服务（如路况信息、天气信息等），用户也可通过电子地图自行查询所需信息。自主导航定位的车辆还可以通过网络下载所需的地图。提供的信息可以是用户主动请求的，也可以是信息中心主动地将相关的信息发送给司机，为驾车人提供及时周到的服务。

(5) 交通诱导系统

利用 GIS 平台，用户可根据出行的起点和终点，查询出行路线，并且可以设置、规划、保存、修改出行的最佳路径，引导驾驶员按最佳路径行驶，提高行驶效率。一般的系统提供按距离最短、时间最短，沿重要道路行驶，是否要避开高速公路等多种路径规划的算法。当车辆行驶到路口或拐弯处时，系统会根据事先设置好的最佳路径对司机给出提示。当车辆偏离规划路径一定距离时，系统也会给出提示。用户可根据需要重新规划路径或根据地图的引导回到事先规划的路径上。

(6) 车辆监控系统

车辆监控:提供车辆的实时监控功能,用户通过设置一系列参数如查询时间间隔等,实现对指定车辆的实时监控;用户可通过车辆编号、牌照、类型、分组等多种选项实现对车辆的模糊或条件查询;对查询到的车辆可以显示其相关信息,如车牌、位置、司机、速度、方向、状态等信息;

地图匹配:将GPS信号和车速传感器、陀螺传感器综合应用产生车辆实时位置信息,并和车辆所在地区的局部地图一起显示在显示屏上,地图可以按用户要求的比例缩放,并随着车辆位置的移动进行地图漫游,使驾乘人员可以知道自己当前位置,也可为交通管理中心提供轨迹信息;

车辆呼叫和历史回放:根据呼叫车辆的编号显示车辆的有关信息,包括车辆当前所在的地理位置、车辆状态、车辆类型以及车辆行驶路线的历史回放等。

(7) 其他面向政府、交管部门的服务功能

如要服务于政府和交通管理部门,系统可以进行相应的扩展,能够基于现有信息中心提供如下系统服务:交通管理控制系统、紧急救援管理系统、公共交通系统、电子收费系统、综合物流管理等。

(8) 交通信息发布

交通信息发布系统承担信息中心与外界的物理连接,数据传输,信息发布等通信和业务功能。交通信息发布主要有以下方式:数字电视、车载信息终端、交通信息服务网站、无线电广播、可变情报板、个人数字助理(PDA)和移动电话。

信息中心提供的用户服务,除主体的出行者外,还可为政府、交管部门,以及社会公众三个层次的用户提供各类交通信息服务。用户可得到交通信息包括:实时交通运行状况信息、单行线设置情况、交通事故信息、新建道路与道路施工信息、出行路线查询、天气与环境信息、黄页信息等。

本章小结

本章首先介绍了交通信息服务系统的概念、含义,简述了发展背景和历程,及其作用、特点、效果和分类;并进一步详细阐述了交通信息服务系统的服务内容、系统组成和工作原理;论述了交通信息服务系统的关键技术及发展;在阐述基本概念、构成、关键技术等的基础上,以欧、美、日为例介绍了世界范围内交通信息服务系统的建设、运行和发展状况,详细介绍了几种典型的交通信息服务系统;最后简要介绍了我国交通信息服务系统的应用,并给出了2个实例:北京市公众出行交通信息服务系统和武汉车辆监控调度及交通信息综合服务管理系统。

参考文献

- 1 陆化普,李瑞敏,朱茵编著.智能交通系统概论.中国铁道出版社,2004
- 2 黄卫,陈里得编著.智能运输系统(ITS)概论.人民交通出版社,2003
- 3 杨兆升编著.智能运输系统概论.人民交通出版社,2003
- 4 杨兆升编著.城市交通流诱导系统.中国铁道出版社,2004
- 5 日本 VICS 网站:<http://www.vics.or.jp/>
- 6 美国 ITS 网站:<http://www.itsa.org/>

- 7 <http://www.itsc.com.cn/>
- 8 <http://www.fhwa.dot.gov/tfhrc/safety/atis.htm>
- 9 新加坡 EMAS 网站:<http://www.aas.com.sg>
- 10 严新平,徐堃,张存保. 基于 ITS 的城市公共交通车辆管理系统关键技术研究报告,2005.5
- 11 王刚,杜勇. 北京市公众出行交通信息服务系统建设初步探讨. 2005 交通信息化论坛,2005
- 12 关积珍. 智能化交通信息服务系统建设的探索与实践. 交通运输系统工程与信息,2002(2)
- 13 孙光明,吴青,徐堃,吴超仲. 城市公共交通车辆管理系统关键技术研究. 武汉理工大学学报(交通科学与工程版),2004(4)
- 14 夏贤义,严新平,徐堃. XML 在 ITS 中的应用研究. 武汉理工大学学报(信息与管理工程版),2006(01)
- 15 张存保,李华,严新平. 基于 WebGIS 的城市问路系统. 武汉理工大学学报(交通科学与工程版),2004(01)
- 16 刘独华,严新平,吴超仲. 短消息通信技术在车辆监控管理系统中的应用. 武汉理工大学学报(交通科学与工程版),2004(06)
- 17 张存保,杨晓光,严新平. 交通信息对驾驶员选择行为的影响研究. 交通与计算机,2004(5)
- 18 张存保,刘独华,林世究等. 车辆监控调度系统的设计与开发. 交通与计算机,2002(3)

8 先进的车辆系统

8.1 先进的车辆系统概述

先进的车辆系统(Advanced Vehicle Control Systems, AVCS)是利用先进的传感器技术检测车辆周围信息,通过信息融合和处理,自动识别出危险状态,协助驾驶员进行安全辅助驾驶或者进行自动驾驶,以提高行车安全和增加道路通行能力的系统。

一个完善的先进车辆系统主要由智能车和通信系统构成,其中通信包括智能车与智能车之间的通信、智能车与道路之间的通信。智能车辆是先进车辆系统的重要组成部分,由装备了若干传感器和控制单元的车辆组成。一个典型的智能车辆系统的结构如图 8.1 所示。

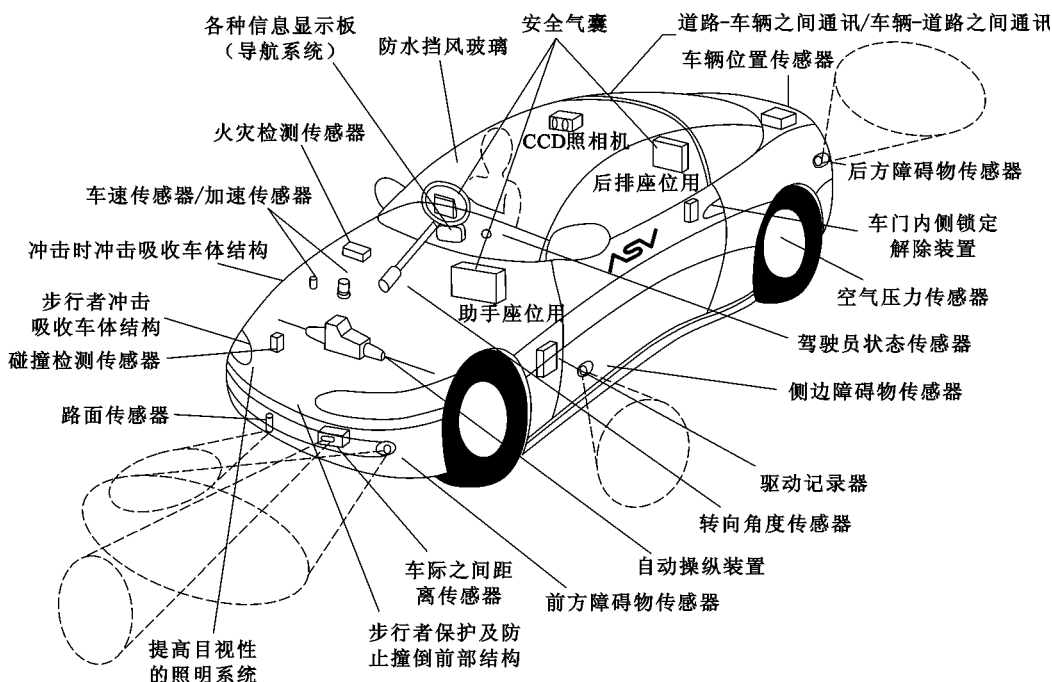


图 8.1 智能车辆结构图

先进车辆系统的关键技术包括传感器技术、通信技术、控制技术、信息显示技术、驾驶状态监控技术和气象检测技术等。

(1) 传感器技术

常用的传感器有探测障碍物的传感器(如激光雷达、无线电探测与测距、视觉传感器、超声波传感器等)、判断车辆位置的传感器(如信号电缆传感器、视觉传感器、霍尔传感器、磁传感器等)、判断车辆状态的传感器(如轮胎压力、气温、轴速、轴温等)和检测气象的传感器(如温度、湿度、风力、雾检测器等)等。其中应用最为广泛是激光传感器,它利用多普勒效应,通

过计算信号在空间返回的时间,来检测物体距离,这种传感器属于主动传感器,主要缺点是空间覆盖面有限且扫描速度不高。毫米波雷达与激光雷达的工作原理接近,并且毫米波雷达在雨雾方面较激光雷达具有更强的稳定性,但价格更贵。毫米波雷达与激光雷达具有一样的缺陷,就是空间覆盖面有限且扫描速度不高,属于主动传感器。

(2) 通信技术

先进的车辆系统中涉及的通信技术运用在传感器与执行元件、车辆与道路、车辆与车辆之间,主要是有线和无线通信(包括无线电频道的分配及调频技术),其目的是实现准确地传输图像、数据、语音等各种信息。

(3) 控制技术

利用车载计算机作为决策和控制中心,对由各种传感器收集来的信息(包括道路、车辆、驾驶员、环境等)加以综合利用,通过计算机的综合处理做出最佳控制执行方案,并通过车辆上的各种控制系统自动控制车辆。

(4) 信息显示提供技术

主要利用 LED、LCD 和 CRT 等显示设备及发声装置,作为文字图像显示、状态指示及声音提示的工具,为驾驶员提供完善的信息,协助驾驶员的驾驶行为。

8.2 先进车辆系统的功能

先进的车辆系统一般具有自动识别判断车辆外部行驶状况的能力,可以根据获取的信息,通过警告驾驶员进行操作或直接控制。先进的车辆系统在我国 ITS 体系框架中对应的是“车辆安全与辅助驾驶领域”。按照服务领域进行分类,主要有视野扩展、纵向防撞、横向防撞、交叉路口防撞、安全状况(检测)和自动车辆驾驶等。

(1) 视野扩展

利用车载设备、路边探测、通信和控制技术,扩展车辆驾驶员的视野,使驾驶员在能见度低、视野盲区或恶劣环境下,对路上行人、车辆、障碍物和危险状况等,仍具有较高的观察与判断力,以便及时采取措施,避免交通事故。

(2) 纵向防撞

利用车载设备和路边探测、通信和控制技术,对车辆前后方车辆、障碍物和行人等情况进行实时监控,并通过向驾驶员和周围驾驶员的预警和采取辅助驾驶措施,使人、车安全避险。此外,在碰撞发生时,采取相应的被动安全措施,以减轻碰撞对驾驶员和乘客的伤害。

(3) 横向防撞

利用车载设备和道路设备,自动识别行驶环境(如道路状况、路旁设施、其他车辆等),当车辆变换车道或发生横向偏离时,判别发生横向碰撞的危险程度并向驾驶员发出警告,通过车载辅助驾驶和自动控制装置,避免横向碰撞事故的发生。

(4) 交叉路口防撞

在车辆即将进入或通过有信号控制的交叉路口时,利用车载设备及通信系统所获得的信息,及时地将交叉路口的交通状况通知驾驶员,并根据需要辅助驾驶员对车辆进行控制或车辆自动执行防撞措施(其中包括纵向防撞、横向防撞以及纵横向综合防撞),或发生碰撞后对司乘人员及时给予保护。

(5) 安全状况(检测):利用车载设备,对驾驶员、车辆关键零部件以及路况三者进行监控,及时地将本车各非正常状况的有关信息向本车和邻近车辆驾驶员、交通管理中心预警,主动采取措施,以保证交通安全。

(6) 自动车辆驾驶

汽车类机动车辆,通过自动高速公路系统、智能通信与信息系统、车辆智能控制系统的支持,在无人工干预或部分人工干预的情况下,实现在高速公路上的车道跟踪、车距保持、换道、巡航、定位停车等操作。

按智能化的程度,先进的车辆系统可分为安全辅助驾驶系统、自动驾驶系统和自动公路系统。

(1) 安全辅助驾驶系统

安全辅助驾驶系统是集成运用传感器技术、信号处理技术、通讯技术、控制技术、计算机技术、信息显示技术、驾驶状态监控技术等技术的车载系统,根据各传感器(如激光雷达、红外线、超声波传感器、盲点探测器等)所采集的信息,辨识车辆所处的环境和状态,作出分析和判断,给驾驶员发出劝告和报警信息,提醒驾驶员注意规避危险,在紧急情况下,甚至辅助驾驶员操作车辆,防止事故的发生。

(2) 自动驾驶系统

自动驾驶系统根据各种传感器获取的信息进行自主导航和控制的车辆系统,包括车辆纵向控制和横向控制。纵向控制是在行车速度方向上的控制,即车速以及本车与前后车或障碍物距离的自动控制,达到提高速度、减小车间距的同时保证安全,即达到安全、高效的目的。横向控制指垂直于运动方向上的控制,分为车道保持和车道变换。车道保持的目标是控制汽车自动保持期望的行车路线,车道变换是自动控制车辆从现有车道安全转移到目标车道上去。

当实现了纵向和横向自动控制,就可以按给定目标约束自动控制车辆运行。所以,从车辆本身来说,自动驾驶就是综合纵向和横向控制。但要真正实现点到点的自动驾驶运行,车辆控制系统必须获取道路和周边交通情况的详细动态信息和具有高度智能的控制性能。完善的交通信息系统和高性能、高可靠性的车载传感器及智能控制系统是实现自动驾驶的重要前提。由于点到点自动驾驶的难度,人们提出自动驾驶路段的概念,即在路况简明的高速公路段开辟可自动驾驶路段。进入这种路段可以启动自动驾驶,驶出这个路段时再转入手动驾驶。这是由局部区域的自动驾驶转入到全路段自动驾驶的过渡阶段。

(3) 自动公路系统

自动公路系统是建有通信系统、监控系统、光纤网络等基础设施,并对车辆实施自动安全检测、发布相关的信息以及实施实时自动操作的运行平台,它为实现智能公路的运输提供更为安全、经济、舒适、快捷的基础服务。它是管理多个自动驾驶车辆的系统,即实现车队的自动有序运行。系统中的所有车辆可以进行自动驾驶,车辆与车辆之间、车辆与道路之间通过通信实现相互的协作,达到高效、安全的运行的目的。

8.3 安全辅助驾驶系统

随着人们对交通安全重视程度的提高和车辆本身技术的发展,很多安全辅助驾驶系统

在车辆上投入使用。典型的安全辅助驾驶系统有驾驶员监测警告系统、防撞警告系统、巡航控制系统、驾驶员视觉增强系统等。

8.3.1 驾驶员监测警告系统

由于驾驶员疲劳引起的交通事故占很大的比例,根据美国公路交通安全委员会的交通事故死亡报告,估计每年近 8000 例公路交通死亡事故是直接或间接地由于驾驶员注意力不集中,疲劳或困倦引起的。据英国汽车协会的统计,英国因车祸死亡的人中,有十分之一是因为司机疲劳驾驶引起事故。尤其在长途汽车驾驶交通事故中,驾驶疲劳引起的交通事故占 40% 以上。由此可见,“疲劳驾驶”的问题是影响交通安全的重要因素。

围绕着驾驶疲劳问题,国内外学者从不同的角度进行了研究。包括驾驶员适应性研究、疲劳产生机理研究、驾驶行为及可靠性研究、疲劳预防、疲劳监测、疲劳警告等。由于疲劳监测与警告便于推广应用,近年来成为研究的热点。现有的疲劳监测方法一般分为三类:基于驾驶员外在特性的监测系统(例如眼睑的活动、眼睛闭合、点头动作、嘴部张合等)、基于驾驶员生理指标测量的监测系统(例如脑电、心电、皮肤电势和肌肉活动等)和基于驾驶行为和车辆参数的监测系统(例如方向盘转动频率、油门力度、换挡频率、车速、加速度、车辆位置)。

(1) 基于驾驶员外在特性的监测系统

日本丰田汽车公司研制的“丰田先进安全汽车”上采用了 17 项最新技术,其中包括打瞌睡驾驶警报系统。它的原理是监测驾驶员眼睑的运动,一旦发现驾驶员疲劳,系统先向驾驶员提出声音信号,再发出薄荷味道和冷空气来唤醒驾驶员。

日本三菱公司开发的驾驶员视野探测器应用两个车载摄像机监测和分析驾驶员眼睛位置和眨眼情况。一旦发现驾驶员疲劳,系统将产生警告信号。

(2) 基于驾驶员生理指标测量的监测系统

生理指标最能准确反映人的疲倦程度。其中脑电波 EEG 被称为测量睡眠的“金标准”。以色列开发了一系列的相关驾驶员监测器,它应用肌电图学原理来监测驾驶员手腕活动(通过一种无线手腕监测器)并通过振动刺激向驾驶员报警。

日本丰田公司研制的疲劳报警装置,只要驾驶员在操纵方向盘时稍有迟钝,或脉搏有异常变化,该装置就能测出这些反映,并发出警告,令坐垫震动或自动刹车。

日本东京大学研制出的疲劳测试器,可戴在司机的手腕上。该测试器内部装有一个小型氧气电池电极,能测量司机汗液中的乳酸、氨和酒精含量,然后通过电脑分析,判断司机的疲劳程度,及时向司机发出警告,避免交通事故的发生。

由于在线检测驾驶员生理指标比较困难,在实车上的应用效果并不是很好。

(3) 基于驾驶行为和车辆参数的监测系统

实验表明,驾驶员在疲劳的状态下对车辆的控制能力会下降,如对方向盘的操控变缓、踩油门、刹车的力和速度变小,从而导致车辆本身的速度、侧加速、侧位移等与正常情况下的运行特征不一致。根据这种原理,人们设计了很多安全辅助驾驶系统。

西班牙防疲劳系统通过监测方向盘的转向压力来监测驾驶员瞌睡。一旦监测到驾驶员疲劳,系统通过闪汽车前照灯和声音报警来警告周围的汽车,而且自动切断汽车燃料供给使汽车停车。

美国戴姆勒-克莱斯勒公司开发了一种监测算法,它利用车辆的侧向位置,车轮转向角

和纵向车速等信息来监测驾驶员疲劳。这种算法在模拟场地实验中是有效的。系统被证明是可行的,但是仍未完全开发成功。美国的一种驾驶员监测系统能有效地监测驾驶员疲劳状态。在每天8小时的97%公路驾驶条件下,其误警率是1%。但是该系统是基于车道跟踪系统,需要白车道标志线,不能在夜间和雨天工作。

还有学者提出通过检测方向盘参数检测驾驶疲劳,出发点是疲劳的驾驶员倾向于选择比较简单的操作策略,而不是根据需要慢慢地调整方向盘,而是一下子调整过来,即方向盘小的、慢的调整减少了,大的、快的调整增加了。也有学者建议用方向盘转角的功率谱密度函数计算驾驶疲劳,然而要做到实时检测仍很困难。

(4) 用于驾驶疲劳检测方法的对比

用于驾驶疲劳的几种检测方法的优缺点见表8.1所示。

表8.1 用于驾驶疲劳的几种检测方法的优缺点

测量方法	优 点	缺 点
基于驾驶员生理指标的检测方法	可靠,尤其脑电是测量睡眠的金标准,可以提供驾驶疲劳检测的标准	需要一些电线或电极接触驾驶员身体,不受驾驶员欢迎
基于驾驶员外在特性的检测方法	结构简单;识别算法成熟	对驾驶员有干扰;识别疲劳状态的阈值难以统一,如不同人眨眼频率不一致,导致识别率不高
基于驾驶行为和车辆参数的检测方法	信号容易提取;不影响驾驶员的正常驾驶	由于受车型、路况以及个人的驾驶习惯等的影响,识别准确率不高

8.3.2 防撞系统

防撞系统是一种主动辅助驾驶系统,通过综合感知驾驶室内外环境、车辆周围的障碍物、危险态势的及时检测并报警,为驾驶员或车辆系统获得足够的安全时间,从而阻止或减少碰撞情况的发生,达到安全行车的目的。车辆防撞系统包括三个子系统,即传感器感知子系统,收集车辆环境信息;中心处理子系统,评估交通事态;输出子系统,通过人机生态界面为驾驶员提供驾驶信息,同时在驾驶员意识反映之外,通过车辆系统及时控制车辆,对车辆的纵向横向控制做出调整。系统简图如图8.2所示。

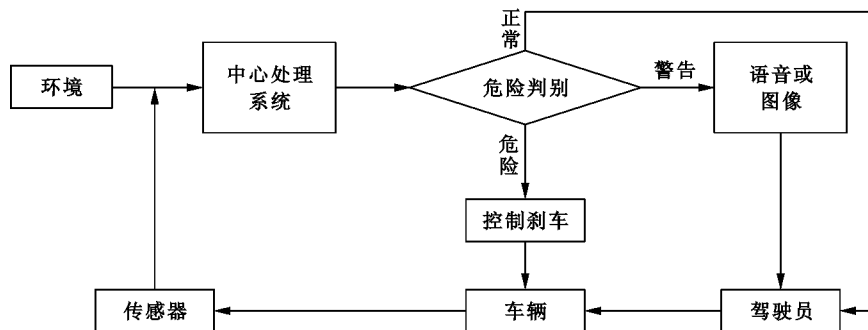


图8.2 防撞系统结构图

在车辆防撞系统中,涉及到多种传感器技术,应用最为广泛的是微波雷达、激光雷达和摄像机。安装在车辆上的雷达天线可以探测到车辆前方的障碍物。为了充分利用车辆防撞系统,需要研发出具有一定智能的综合系统来感知道路环境,将感知信号传给中心处理系统

(车载计算机系统)。在发现障碍物的情况下,处理器能够根据从障碍物返回雷达信号的时间来确定障碍物的距离,从返回信号频率的变化可以推测障碍物大小,再通过输出控制系统及时提醒驾驶员,或通过对车辆相关系统进行调节,如调整节气门、制动、转向、语音等。

日产公司研制出一种新型的防撞雷达系统,由安装在汽车前面的激光发射器、激光传感器、与变速器相连的速度传感器以及装在驾驶室里的显示单元组成。当汽车与前面的车辆接近且速度太快时,系统会提醒驾驶员注意。

德国大众汽车公司研制的“特定车道障碍物预警系统”,由多束激光测距传感器扫描汽车前部至障碍物的距离,运用图像处理系统监视前方道路。系统可以识别本车道及相邻车道上的车辆及障碍物。在通过相应的多光束测距器测量绝对距离及相对距离变化的基础上,车载计算机计算出相对接近车辆的行驶速度,从而可以预报逆行车对自己是否构成威胁。

8.3.3 巡航控制系统

驾驶普通汽车时,为保持车辆的匀速运行,驾驶员的脚必须一直踩在油门上,对于长途驾驶,驾驶员很容易感到疲劳。为了缓解驾驶员疲劳,预防事故发生,提高驾驶安全,车辆巡航控制系统应运而生。车辆巡航控制系统就是在车载控制单元的精确控制下自动调节发动机节气门,从而达到在不同路况下始终保持设定车速的辅助驾驶系统。车辆巡航控制系统主要功能框架如图 8.3,该控制系统就是控制发动机转速,从而能够将车速保持在一定设定范围内不变,驾驶员不需要操纵加速踏板。

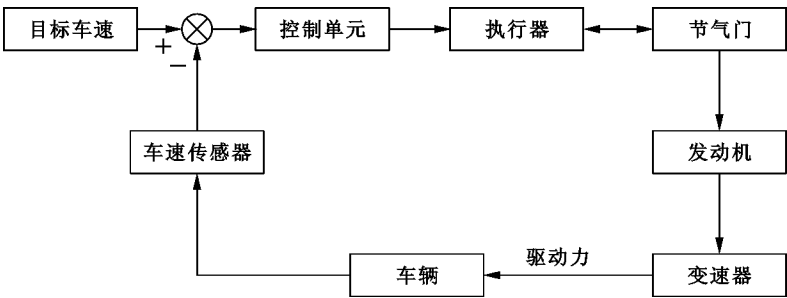


图 8.3 巡航控制系统结构图

巡航控制系统的工作原理:驾驶员根据需要设定车速,传感器检测车辆实时速度,系统根据设定速度与检测速度的差值,按照一定的算法自动控制节气门,使汽车按照设定的速度行驶。汽车在巡航过程中可以改变车速,也可以暂时取消,随后恢复巡航功能。

巡航控制系统的高级阶段是智能巡航控制系统。该系统除了能拥有标准的巡航控制功能外,还能够根据单车道上对相邻两车之间的相对车速和距离实现智能控制,起到辅助驾驶的作用,还能够根据交通流的要求,自动地调整车速,保持安全车距,从而达到增加道路通行能力、提高驾驶平滑性、减少燃油消耗量、减少排放等作用。

智能巡航控制系统是巡航控制系统与防撞系统的结合,因此智能巡航系统也要安装探测障碍物的传感器。目前微波雷达、多束红外线传感器、激光雷达、CCD 摄像机、异频雷达收发机等在欧洲汽车厂家得到应用。

智能巡航控制系统的工作原理:通过智能巡航传感器检测前方车辆坐标位置,将信息传

给中央处理器进行信息融合。根据信息融合的结果,子系统控制策略将确定是否调整巡航状态,或告知驾驶员与前车之间的安全距离,假如前后车辆之间车速差过大,将给驾驶员一个警告。在环境允许的情况下,智能巡航控制系统可以由驾驶员来选择相应的控制策略,并且在驾驶员踩下加速踏板或制动踏板时,该系统对车辆的控制作用会暂时取消。

8.3.4 驾驶员视觉增强系统

驾驶员视觉增强系统已经成为安全辅助驾驶领域研究的热点,很多交通事故是因为驾驶员的视觉太差,或是由于车辆前方的视觉环境质量太低所致。影响驾驶员观察周边物体和交通状况的主要因素有驾驶员的年龄、天气状况、所处时间、驾驶员的健康状况等,因此任何能增强驾驶员视觉能力的系统都是智能车辆系统中的组成部分。

驾驶员的视觉增强是利用各种传感器和先进技术增强驾驶员在雨雾天、光线不足条件下的视觉效果。视觉增强系统最早应用在飞机着陆中,20 世纪 80 年代末期至 90 年代初期,人们提出了视景系统(Vision System)概念,其基本思路就是采用前视探测传感器实时获取机场跑道及其周边区域的高分辨率图像,并通过适当的信息、图像处理与融合形成易于飞行员理解的真实场景图像,从而使飞行员能透过云雾和恶劣天气看清跑道并正确地操纵飞机完成进场着陆。采用不同手段和不同综合方法构成的视景系统分为:

(1) 传感器视景系统(Sensor VS)

前视传感器实时检测到的驾驶舱外视见景象,可以由单传感器生成或多传感器综合,其视景接近真实世界的自然景象,将飞机前下方的 3D 世界通常转换成透视的 2D 景象。由于各种传感器获取信息和成像处理上的独特性,其原始图像数据一般不能转变成便于驾驶员理解的图像格式,并且和真实视见图像存在差异,有必要作某些额外处理,或者利用多传感器的数据融合而生成综合视景。多传感器综合系统可以从各传感器性能优缺点上的互补而得利。

(2) 合成视景系统(SVS)

由地形数据库存储的地形模型构建的虚拟视景毫米波雷达称为合成视景(SV)。当飞机明确自己精确的即时位置后,从地形数据库中调用资料,编辑成和当时前视所见完全吻合的视景图像,精确的飞机当前位置是生成合成视景的必要条件,只有在当今可以利用的诸如 GPS 这样的精确定位系统的情况下合成视景才有可能得以应用。

(3) 增强视景系统(EVS)

传感器视景和合成视景的叠合称为增强视景(Enhanced Vision)。这是既有实时探测到的自然视景,也有数据库生成的虚拟视景,两者匹配叠合,即利用虚拟视景的深刻轮廓线去增强模糊视景,包括了 Sensor VS 和 SVS 两个系统,它们在恶劣的气象条件下可以增强窗外视景的可见性。

由于成像雷达传感器相对于前视红外成像传感器具有更好的云雾及恶劣天气穿透能力,人们普遍认为采用成像雷达系统提供机场跑道图像是解决恶劣天气情况下飞机着陆问题的最有前途的方法之一。因此,近年来国外开始全力发展用于恶劣天气条件下飞机着陆的视景增强雷达系统,并且已取得了重大进展。美国联邦航空局(FAA)与空军、海军于 1991 年提出了视景合成系统技术演示验证计划,并于 1992 年对 Lockheed Martin 公司、Honeywell 公司的 35GHz 毫米波雷达与 Lear-Astronics 公司的 94GHz 毫米波雷达进行了

飞行试验,验证了采用毫米波成像雷达进行辅助进场着陆的可行性。德国宇航院与 Daimler-Chrysler 宇航公司自 90 年代中期起开始研制用于飞机视景增强的毫米波成像雷达,并分别于 1994、1995 与 1999 年完成了地面与空中飞行演示验证实验,实验非常成功。

正是由于视觉增强技术在飞机上的成功应用,随着智能运输系统的发展,视觉增强技术被引入到车辆安全辅助驾驶系统中。如美国的 Galaxy 科技公司开发了由红外传感器、显示系统、无线通信系统、GPS 等组成的驾驶员视觉增强装置,用于烟雾条件下抢险车辆。国内有学者提出了一种景物影像清晰化的方法,用移动模板对不同深度的场景进行分割,并对模板中的区域进行块重叠直方图均衡化处理。根据图像的灰度分布特性,求出天空区域灰度的最佳近似正态分布,再由这个近似正态分布估计来得到分割天空区域的灰度值分布范围,以增强景物细节信息。

驾驶员视觉增强系统能够提供在不同气候、一天中不同的时间的视觉增强,主要由传感器(如 CCD 图像传感器、远红外线热图像传感器等)、照明系统、识别处理单元、信息显示屏等组成。当今使用的照明系统包括紫外线照明器、红外线照明器。照明系统一般安装在车辆前大灯或旁边。图 8.4 是系统组成框图。

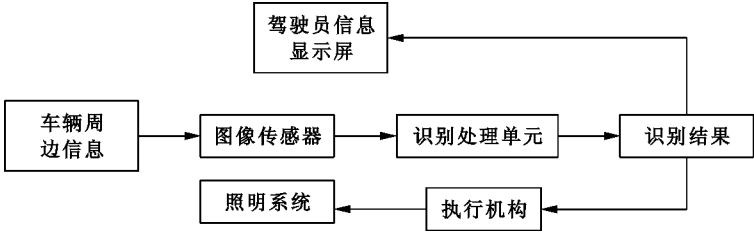


图 8.4 视觉增强系统组成框图

驾驶员视觉增强系统通过传感器感知系统来监控道路交通环境,运用各种图像增强算法来达到增强视觉的效果,处理视觉信息而得到实时道路交通状况,处理后的结果就可以显示在驾驶员信息显示屏上,驾驶员通过观看显示屏以达到视觉增强的目的。

8.4 车辆自动驾驶系统

车辆自动驾驶系统是安全辅助驾驶的高级阶段,又是自动公路系统的初级阶段,是先进的车辆系统的重要内容。它是利用传感器获取前方道路信息,经过信息融合,自动识别出车辆与目标线的偏差,用一定的控制模型使车辆按既定的目标线行驶的系统。车辆自动驾驶分为横向控制和纵向控制。横向控制又包括车道保持和车道变换。车道保持系统由导航传感器、方向盘控制机构、车载 CPU 及相应的控制软件组成。车道保持系统按照识别道路偏差的方式可以分为视觉导航、磁道钉导航和 GPS 导航。下面分别以视觉导航和磁道钉导航的方式介绍车辆自动驾驶系统的原理。

8.4.1 磁道钉导航系统结构

基于磁道钉导航的车辆自动驾驶系统的硬件组成包括道路系统和车载系统两部分。道路系统主要由磁道钉组成,用来产生导航磁场信号。我国在交通部公路交通试验场建立了

一条磁道钉导航的试验道路,道路上每隔 1.5m 埋设一个磁道钉。磁道钉的形状及埋设在道路上如图 8.5 所示。

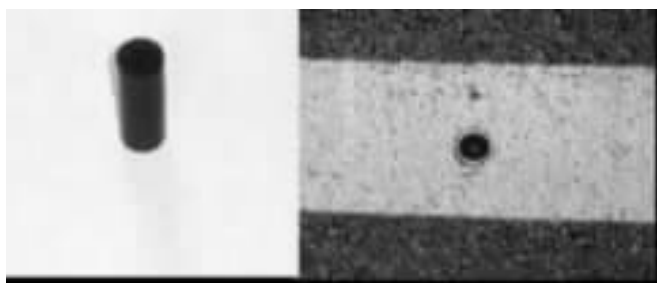


图 8.5 磁道钉外形及埋设图

车载系统一般包括磁信号接收传感器、车载计算机、方向盘伺服机构等。如图 8.6 所示。

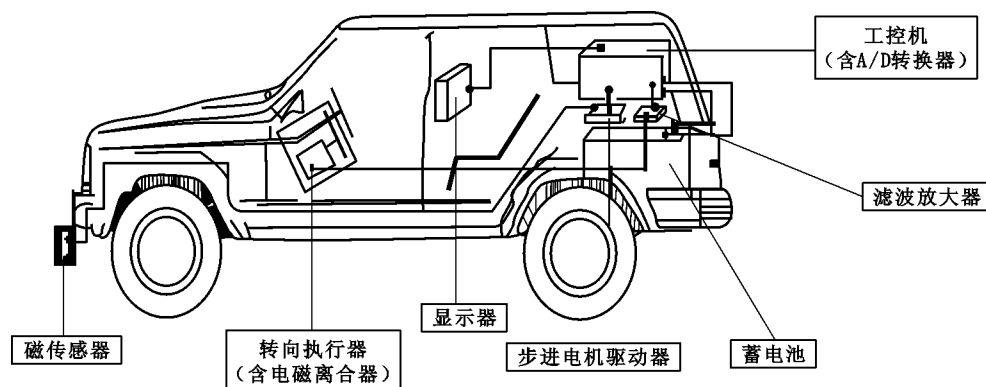


图 8.6 车载系统构成图

车载传感器的开发是紧紧围绕埋设在道路上的磁道钉进行的。设计的基本原则为：

- (1) 能够检测磁场信号；
- (2) 能够排除其他磁场的干扰；
- (3) 所使用的传感器具有可重复性；
- (4) 便于安装。

图 8.7 为我国国家智能交通系统工程技术有限公司设计的基于线圈原理的磁传感器外观图。

一般在车辆的前保险杠上安装 5 个传感器。具体的安装情况见图 8.8。

车辆上的工作环境恶劣,如车辆震荡大、温度差别大、车辆电磁干扰大等,因此车载计算机一般选用工控机。

方向盘伺服机构把司机操纵方向盘的功能变成由车载工控机(相当于人的大脑)及转向执



图 8.7 传感器外观图

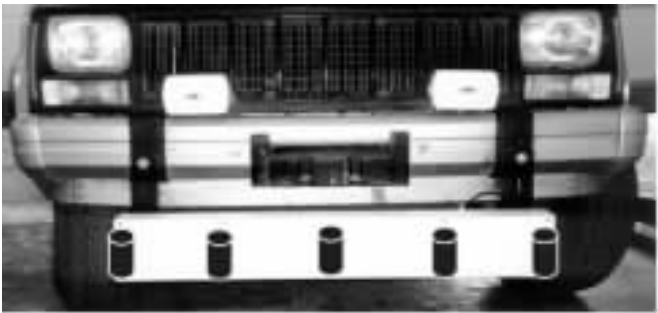


图 8.8 传感器安装图

行机构(相当于手操纵方向盘)完成。一般由步进电机、步进电机驱动器、谐波减速器、电磁离合器、皮带轮等机械设备来实现。步进电机以及谐波减速器通过机械安装置于汽车方向盘下方,由皮带轮和方向盘连接,如图 8.9 所示。

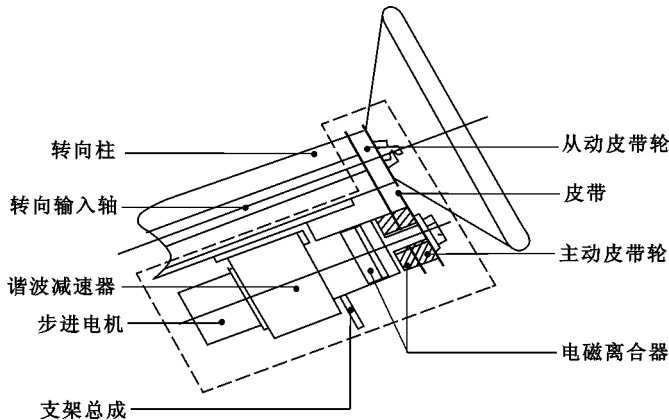


图 8.9 方向盘伺服机构图

8.4.2 磁道钉导航系统感知原理

基于磁道钉导航的车道保持系统感知是由磁传感器感应磁场信号来获取车辆与道路位置信息的。

在磁道钉的设计中,主要考虑磁道钉的材料、磁能级、外形尺寸、镀层等因素。在磁能级一定的情况下,埋设在路面的磁道钉的体积直接影响到磁信号的强弱,在横截面一定的情况下,高度和信号的强弱成正比。磁道钉的截面选择和磁道钉的埋设间距有直接的关系。目前国际上使用的磁道钉形状有圆柱型和圆饼型两种,图 8.10(a)和 8.10(b)分别为美国和日本的磁道钉的外形,我国使用的是圆柱型。系统的感知分为道路位置横向偏差感知和道路几何信息感知,下面分别进行介绍。

8.4.2.1 道路位置横向偏差感知

车载传感器工作原理是利用电磁感应原理来实现信号采集:当穿过导体回路的磁通发生变化时,回路就产生感应电动势和感应电流。感应电动势的大小正比于磁通对时间的变化率,其方向符合楞次定律,即感应电动势企图阻止磁通的变化。数学表达式为:



图 8.10 美国和日本的磁道钉

(a) 美国; (b) 日本

$$\epsilon = - \frac{d\Psi}{dt} \quad (8.1)$$

式中 ϵ ——电磁感应电压;

Ψ ——磁通量。

回路中产生感应电动势,是因为与导体回路的交链的磁通发生了变化。实际上,可能引起磁通变化的情况有:

- (1) 回路是静止的,但与之交链的磁场是随时间变化的;
- (2) 恒定磁场与闭合回路之间存在着相对运动;
- (3) 既存在时变磁场,又存在相对运动,即上述(1)和(2)的组合。

对于第一种情况,导体回路静止,磁场强度 B 随时间变化,可以表示成偏导数形式:

$$\oint_l \mathbf{E} \cdot d\mathbf{l} = - \iint_S \frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} \cdot d\mathbf{S} \quad (8.2)$$

式中 B ——磁场强度。式(8.2)称为变压器感应方程。

对于第二种情况可以用于求一段导线切割磁场而感应的电动势,也可以用于求一个闭合回路在恒定磁场里移动、转动或变形而感应的电动势。表达式为

$$\epsilon = \oint_l \mathbf{E} \cdot d\mathbf{l} = \oint_l (\mathbf{v} \times \mathbf{B}) \cdot d\mathbf{l} \quad (8.3)$$

式中 v ——闭合回路在磁场的运动速度。

第三种情况是导体在时变磁场中的运动,此时总感应电动势为

$$\epsilon = \oint_l (\mathbf{v} \times \mathbf{B}) \cdot d\mathbf{l} - \oint_S \frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} \cdot d\mathbf{S} \quad (8.4)$$

车载传感器是恒定磁场与闭合回路之间的相对运动,通过切割磁力线而产生感应电动势。由式(8.4)可知,产生感应电动势的大小和切割磁力线的长度或者通过磁通量的面积有关,同时也和相对运动的速度有关。

传感器的安装和路面示意如图 8.11 所示。

当安装有车载传感器的车辆运行在埋设有磁道钉的路面上时,5 个相同的传感器由于距磁道钉的距离不同,所产生的电磁感应电动势的大小也不同。如图 8.11 中的情况一,车载传感器 d 距离磁道钉最近,在车辆行驶过磁道钉时,车载传感器 d 所产生的感应电动势最

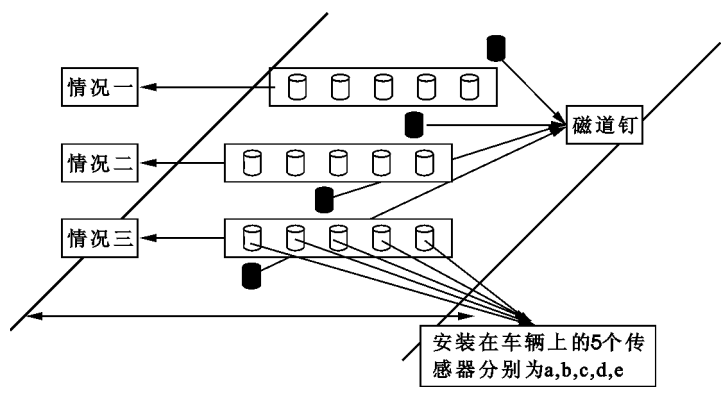


图 8.11 传感器工作原理示意图

大。当车辆运行到情况二时,最大感应电动势由原来的传感器 d 变为传感器 c。5 个传感器的感应电动势的大小顺序为,传感器 c、传感器 b 或 d、传感器 a 或 e。情况三的感应电动势的大小如上类推,从大到小分别为传感器 a、b、c、d、e 对应的感应电压。传感器采集的信号如图 8.12 所示。

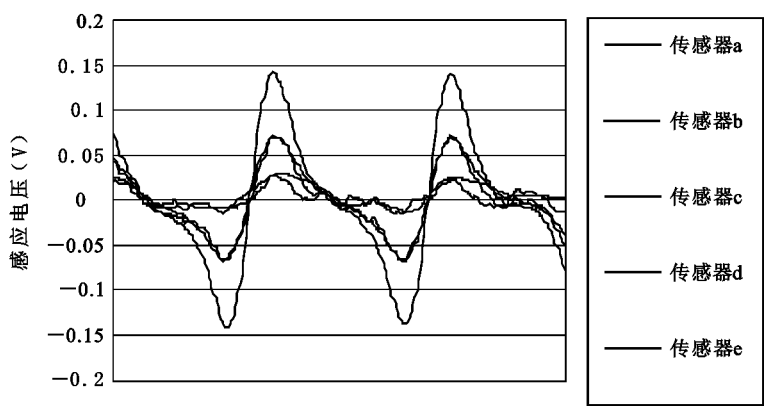


图 8.12 传感器采集的信号大小

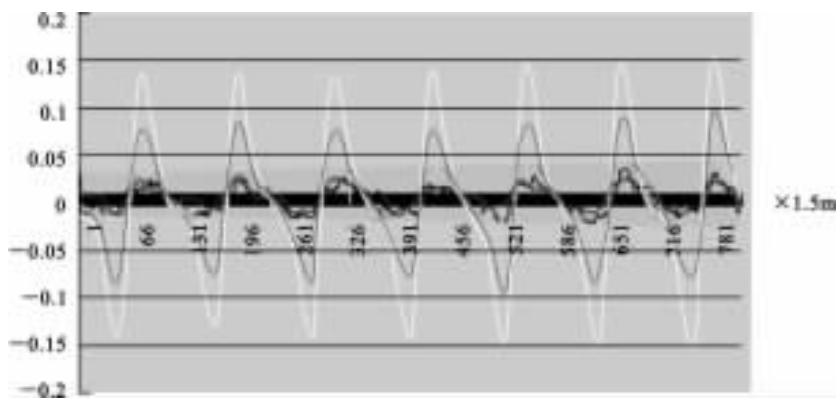


图 8.13 感应电压波形图

通过电磁感应所产生的信号是感应电压,经过滤波放大之后的波形如图 8.13 所示。不

同颜色波形代表不同的传感器产生的信号,从图中可以明显看出 5 个传感器的感应电压大小不同。

磁传感器输出的信号经过处理后的波形如图 8.14 所示。

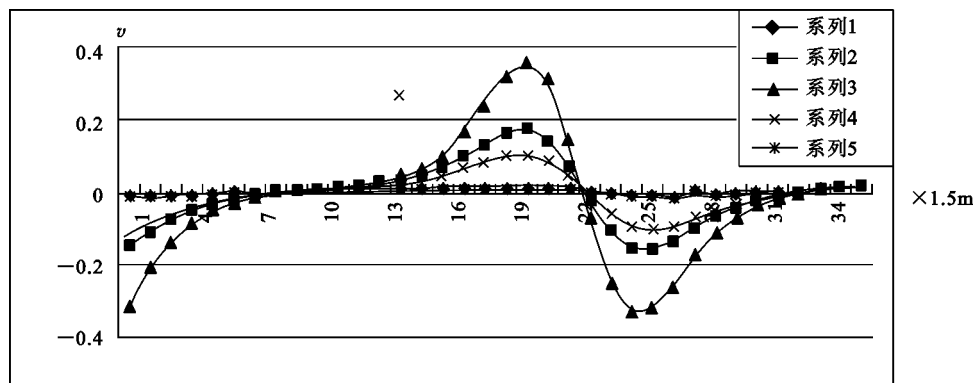


图 8.14 磁传感器的输出信号

图 8.14 中,系列 1 至系列 5 分别表示 5 个传感器。

由此可见,车载磁传感器获取的信号具有如下特点:

- (1) 信号是周期信号,信号波形接近正弦,一个周期对应道路一个磁道钉;
- (2) 在两波峰附近,5 个传感器信号大小顺序分明;
- (3) 在波谷附近,5 个传感器信号大小接近,甚至混乱。

针对上述特点,有多种信息融合算法,如排序式、神经网络式等,下面具体介绍排序式方法。

由于磁道钉产生的磁场是不均匀的非线性磁场,各传感器信号大小与横向偏移量之间的定量关系不易精确建立。如果粗略计算,可以通过 5 个传感器信号大小之间的相对关系来确定横向偏移量,我们把这类方法称为排序式融合方法,按照所应用排序量的多少,这类方法可以分为序列算法和阵列算法。

(1) 序列算法

序列算法是对 5 个传感器信号大小进行排序,根据排序模式来确定横向偏移量的一种算法。汽车前保险杠的 5 个传感器分别用 a、b、c、d、e 表示,如图 8.15 所示。

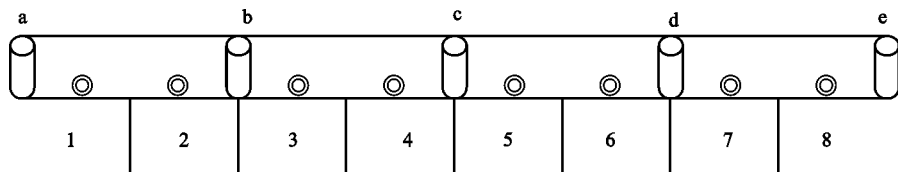


图 8.15 序列算法区域示意图

从理论上讲,磁道钉处于不同的传感器之间,传感器电压大小的顺序应该是一定的,对于 5 个传感器组合有如下 8 种理论模式:

- | | | |
|----------------------|---------------------|---------------------|
| 1 区域: <u>a</u> bcd e | 2 区域: <u>b</u> acde | 3 区域: <u>b</u> cade |
| 4 区域: <u>c</u> bdae | 5 区域: <u>c</u> dbea | 6 区域: <u>d</u> ceba |
| 7 区域: <u>d</u> ecba | 8 区域: <u>e</u> dcba | |

实际上只要确定前两位的顺序就可以确定区域。因此,通过实时计算感应信号大小顺序,可以判断磁道钉在哪个区域。两个传感器之间的距离为 0.21m,汽车偏离量可以控制在以 0.1m 为单位的区段内。

(2) 阵列算法

当获取的信号要受到不确定因素的干扰,会出现不正常的排序,如 be、ec、da 等,这种情况下就不适合用排序算法来确定汽车的位置,即排序算法失效。这时我们就启用阵列算法,它是以信号最大的传感器作为判断汽车横向偏移的标志,认为磁道钉线对应着信号最大的传感器,由于传感器在汽车前保险杠上的位置是固定不变的,以此可以推算出汽车相对于磁道钉线的距离。按照这种算法只能分为 5 个区域,每个区域长 0.21m,与排序法相比汽车位置判断精度降低。具体区域分布如图 8.16。

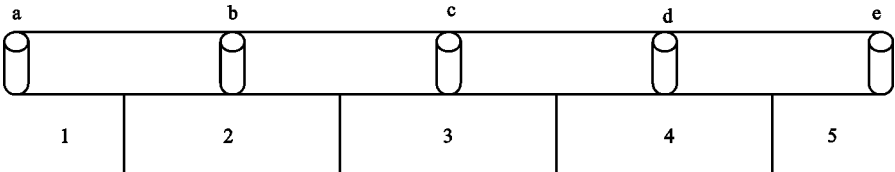


图 8.16 阵列算法区域示意图

以上两种算法的精度都不高,但可信度高。理论上还可以在如下几方面提高精度:

- ① 直接建立传感器信号大小与车速和偏移量的函数关系。运用此方法需要做大量的现场实验,要把人工测试横向偏移量信号大小一一对应有一定的难度,信号除受车速影响外,还受汽车垂直振动、其他磁场干扰等,很难建立精确可靠的数学模型。
- ② 在排序算法的基础上,根据二者大小比值,通过设定阈值来细分区域。但阈值的确定具有一定的随意性,实际操作中容易发生误判。

基于以上讨论,选用排序算法作为计算横向偏移的主要算法,阵列算法作为排序算法失效时的补充算法。

(3) 序列算法与阵列算法的数学描述

假设 5 个传感器 a、b、c、d、e 获取的信号分别为 U_a, U_b, U_c, U_d, U_e , 排序算法的标志 $sign=1$, 汽车位置标志为 ps , 对 5 个传感器信号大小进行排序(只取前两名), 排序结果与汽车位置标志的关系如表 8.2。

表 8.2 序列算法位置标志对应表

信号排序	U_a, U_b	U_b, U_a	U_b, U_c	U_c, U_b	U_c, U_d	U_d, U_c	U_d, U_e	U_e, U_d
ps	1	2	3	4	5	6	7	8

阵列算法的标志 $sign=0$, 汽车位置标志为 ups , 只取信号最大的传感器作为判断, 其与汽车位置的关系如表 8.3。

表 8.3 阵列算法位置标志对应表

最大信号	U_a	U_b	U_c	U_d	U_e
ups	1	2	3	4	5

传感器的间距为 0.21m,假设汽车的位置为每区域的中心位置,则汽车偏离磁道钉线的距离 y 为:

$$y = \begin{cases} 0.3675 - 0.105 \times (ps - 1) & \text{sign} = 1 \\ 0.42 - 0.21 \times (ups - 1) & \text{sign} = 0 \end{cases} \quad (8.5)$$

式(8.5)中 0.3675——8 区中点到汽车中心线的距离;

y ——汽车的横向偏移,单位 m;

ps ——序列算法下汽车位置标志,与传感器信号的对应关系见表 8.3;

ups ——阵列算法下汽车位置标志,与传感器信号的对应关系见表 8.4。

按式(8.5)可以分别计算出序列法和阵列法中汽车的横向偏移量。

8.4.2.2 道路几何信息感知

在人工驾驶的情况下,当车辆在转弯处或遇特殊情况时,人的驾驶模式是通过事前的视觉观察,得到前方的路况信息,然后提前做出决定。当车辆处在自动驾驶模式的情况下,车辆的控制是实时控制的,即通过车辆上安装的传感器及时检测车辆在道路上的行驶情况,通过检测的结果及时通过控制系统来进行控制。从总体上来看,其控制是实时的,不是像人在驾驶时可以预测。如果从实际的控制来看,由于系统存在着机械上的滞后,所以实际的控制并不是实时控制。

在控制中使用磁道钉编码的目的就是模仿人在驾驶时,能通过事前的视觉来得到路况信息。从检测系统和数据采集系统探测到前方道路出现重大变化(如弯道、坡度等)时,使汽车能够来得及自动调整,尤其当曲率半径变化比较大时,汽车很容易偏出跑道而检测不到信号,如果能够事前将道路的曲率半径告诉计算机,就可以事前进行处理。因此有必要在曲线段出入口前方为车载计算机提供必要的信息,以保证车道的稳定跟踪。这就是开展磁道钉编码研究的重要意义。

(1) 磁道钉编码原理

在直线段和曲线段的交接处利用磁道钉的编码来向车辆控制系统提供道路信息是很有成效的一种方法。一般说来,磁道钉的编码里应该包含前方道路曲率半径、转向、坡度等道路物理信息,本文所研究的编码信息包含曲率半径和转向以及曲线段结束标志。整个编码由 20 个磁道钉组成,前 2 个作为编码起始标志,第 3、4 个用来识别转向,中间 12 个用来表示曲率半径,最后 4 个用来确认转向。这样车辆在行驶到编码区时,即可以通过识别磁道钉的编码情况得知下续路段的具体路面信息。

磁道钉编码的原理是通过颠倒磁道钉的极性来实现的。磁道钉向上的极性不同,信号波形相位不同,编码区的信号波形如图 8.17 所示。

在磁道钉编码系统中以其极性来识别编码,为此专门设定一个计数器 n 来记录信号最强的传感器信号,当连续出现绝对值超过某一阈值的正或负的个数,取一个 +1 或 -1,然后通过(1,1,1,-1,-1,……)来判断编码。

(2) 磁道钉编码信息结构设计

在试验场直线段埋设的磁道钉全部是以 N 极朝上。在拐弯处前 200m 处进行了磁道钉编码,磁道钉编码方案如下:

编码区由 20 个磁道钉组成,前 2 个用 S 极表示开始;第 3、4 个用 N、N 表示左转,S、S 表示右转;第 17、18 个用 2 个 S 极表示编码结束,第 19、20(最后两个)用来表示转向,与第

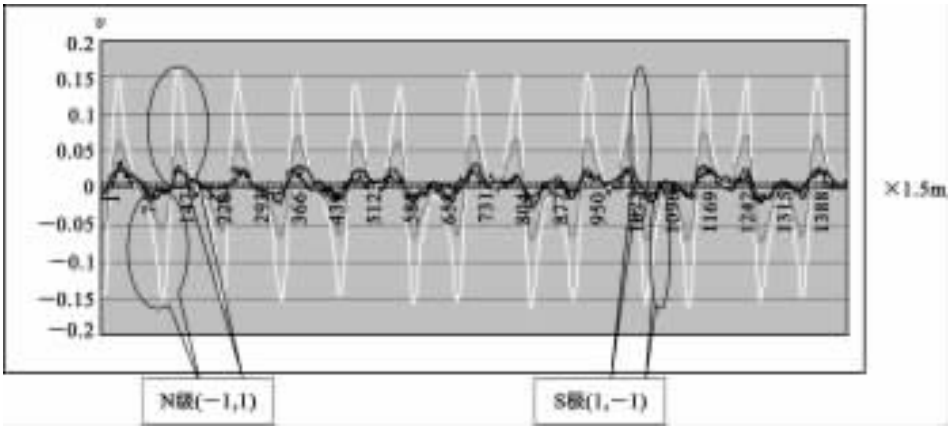


图 8.17 编码区波形图

3、4 个相对应;中间 12 个用来表示曲率半径,S 为 1,N 为 0,以二进制方式表示,可以表示 $1 \sim (2^{12}-1)m$,精度为 1m,如图 8.18 所示。

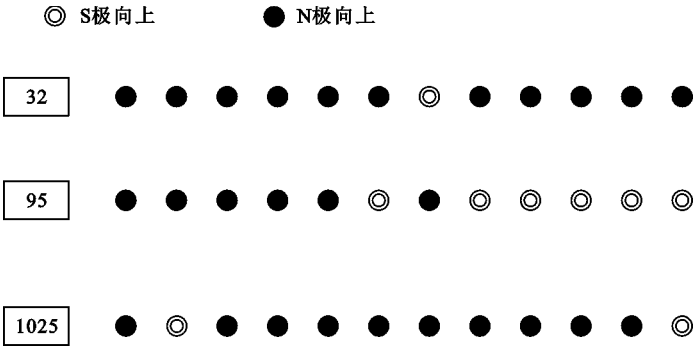


图 8.18 二进制磁道钉的埋设

磁道钉埋设 95m 的转弯半径表示如图 8.19 所示。

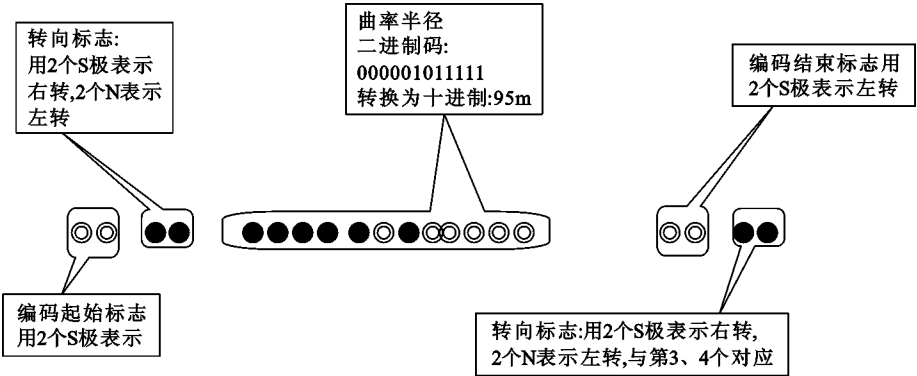


图 8.19 磁道钉埋设转弯半径 95m 的表示

(3) 磁道钉解码

磁道钉解码的原理也是通过识别其极性来实现。为此专门设定一个计数器 n 来记录信号最强的传感器信号,当连续出现绝对值超过某一阈值的正或负的个数,取一个 $+1$ 或 -1 ,

然后通过 $(1,1,1,-1,-1,\cdots)$ 来识别编码信息,再根据上述编码原理,即可以获取到前方道路的弯向和弯道半径信息。

8.4.3 视觉导航系统的结构

基于视觉导航的车辆自动驾驶是将摄像机固定在车辆上,检测识别车辆前方的道路和障碍物,系统经过信息融合和处理,自动控制车辆在期望的道路上安全行驶的系统。

视觉导航系统由路径图像识别系统、行驶驱动系统、转向驱动系统、制动系统、避障系统及其他辅助系统组成。下面以吉林大学智能车(JUTIV-II)为例介绍。整个系统分为感知模块、规划模块和执行模块。图 8.20 的系统结构示意图,图 8.21 为JUTIV-II 计算机测控系统框图。

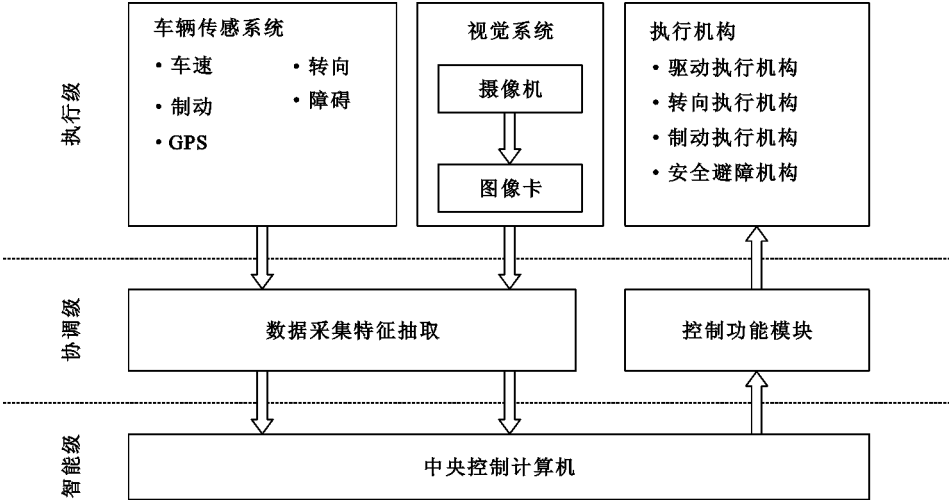


图 8.20 吉林大学JUTIV-II 系统结构示意图^[11]

车辆信息传感器主要包括:前轮角位移传感器,安装在前轮转向梯形的转向节处;云台位置传感器,可以感知云台的左右及上下位置。角位移信息通过 A/D 转换得到 12 位精度的前轮角度数字信息。车辆两个后驱动轮上都安装了光电脉冲传感器,其精度为 1024 脉冲/周,通过计数器可以测得脉冲信号从而得到车辆行驶距离。后轮制动拉/压传感器可以测得车辆制动力信号,经过放大器放大后通过 A/D 卡得到相应的数字信息。

环境感知模块包括:短距离激光识障系统,可以实时测知车辆前方 30°扇形区域、5m 距离内的障碍物。GPS 接收机用来接收卫星定位信息,接收机通过串行口与计算机相连,可以得到车辆的经度、纬度等信息。

执行模块包括:驱动执行部分由 D/A、I/O 接口卡、直流电机控制器和直流驱动电机构成,它控制车辆的前进与后退。转向、制动和云台控制模块由 D/A、I/O 接口卡,步进电机控制器(包括转向、云台和制动步进电机控制器),转向步进电机,云台步进电机,制动步进电机构成。它们分别控制前轮转向、云台位置调整和制动器的结合与分离。

8.4.4 视觉导航系统感知原理

视觉是自动驾驶车辆获取外界信息的主要方式。理想视觉应该能够获取前方道路

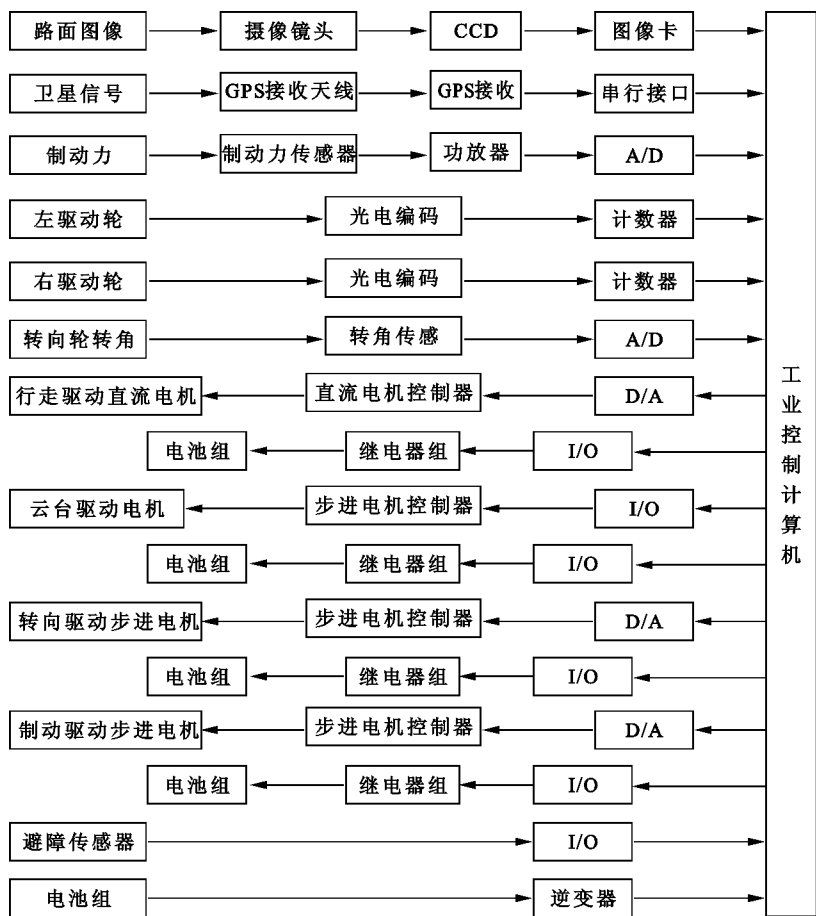


图 8.21 吉林大学 JUTIV-II 计算机测控系统框图^[11]

维信息,包括道路参数和障碍信息。理论上,要获得准确的三维信息,必须采用双目或多目视觉系统。但是,双目或多目视觉系统需要计算量很大,就目前的计算机能力还难以满足实时性的要求。因此,除了极少数系统(如 DEMO-III 等),世界上先进车辆视觉系统大多采用单目结构来完成道路的识别与跟踪。即使采用双目视觉,也仅仅将双目视觉用在障碍识别上,而对车道的识别仍采用单目视觉,如 NabLab 系统,ARGO 系统都采用这种方式。

为了从单目立体视觉中获得道路的三维信息,人们提出了一些假设,如道路平面假设、道路模型假设以及道路物理结构不能突变等假设。道路平面假设认为车辆前方一定范围内的路面处于同一平面。道路模型假设指道路外形在宏观上符合直线或一定曲线形状。下面介绍单目视觉导航系统感知的基本原理。

视觉感知识别一般包括摄像机的定标和图像获取、图像预处理、道路边界识别等几个步骤。

(1) 摄像机的定标和图像获取

视觉导航的基本任务之一是从从摄像机获取图像信息,计算三维空间中物体的几何信息,并由此重建和识别物体。空间物体表面某点的三维几何位置与其在图像中对应点之间的相互关系是由摄像机的几何模型决定的,这些几何模型参数就是摄像机参数,在大多数条

件下,这些参数是通过实验与计算得到的,这个过程就被称为摄像机的定标。

道路经过 CCD 图像采集卡采样后转换为数字图像,图像卡以八位的灰度级来表示数字图像中每个像素点的亮度值。对数字图像进行处理,首先要将图像数据从图像采集卡读取出来,以矩阵的形式存储在计算机缓存 RAM 内,图像处理和识别过程均在此矩阵基础上进行。矩阵的每一元素对应于数字图像的一个像素点,矩阵的大小决定实际所得的图像分辨率的高低。

(2) 图像预处理

道路图像获取以后,首先要进行图像预处理,具体过程包括:滤波处理、边缘增强和二值化。目的是消除一定的干扰,增强边缘信息,为后续道路识别过程提供较好的条件。

① 滤波处理

道路图像滤波常采用中值滤波。中值滤波是一种能在去除噪声的同时保护目标边界不使其模糊的滤波方法。中值滤波为非线性处理技术。以一维为例,中值滤波器选取一个含有奇数个像素的移动窗口,在图像上从左到右、从上到下逐行移动,用窗口内像素的中值取代窗口的中心像素的灰度值,作为中值滤波器的输出。

中值滤波会减弱三角形信号的顶部峰值信号,但不影响阶跃函数和斜坡函数,对图像边缘有保护作用。中值滤波抑制随机点状噪声的效果较好,但对于持续期小于窗口的 $1/2$ 的脉冲信号也有抑制作用,因而可能破坏图像中的某些细节,且随着窗口的扩大,有效信号的损失也将明显增大,窗口大小的选择应能兼顾两者为佳。二维中值滤波的窗口可以是正方形、近似圆形或十字形等。

中值滤波的数学表达式为

$$f(x, y) = \text{median}(S_{f(x, y)}) \quad (8.6)$$

其中, $S_{f(x, y)}$ 为当前点 $f(x, y)$ 的邻域。

② 边缘增强

边缘增强的目的在于突出道路的边缘信息,以利于道路边界识别。另外,边缘增强算法还有助于克服道路光照不均的影响作用。实例中边缘检测主要采用了 Sobel 算子。Sobel 算子其实是一种一阶差分算子,它可以有效地消除道路图像中大部分无用信息。

离散 Sobel 算法定义为下式

$$\left. \begin{aligned} \nabla_x f(x, y) &= [f(x-1, y+1) + 2f(x, y+1) + f(x+1, y+1)] - \\ &\quad [f(x-1, y-1) + 2f(x, y-1) + f(x+1, y-1)] \\ \nabla_y f(x, y) &= [f(x-1, y-1) + 2f(x-1, y) + f(x-1, y+1)] - \\ &\quad [f(x+1, y-1) + 2f(x+1, y) + f(x+1, y+1)] \end{aligned} \right\} \quad (8.7)$$

梯度值大小可通过下式得到

$$G(x, y) = \sqrt{\nabla_x f^2 + \nabla_y f^2} \quad (8.8)$$

梯度方向是在灰度值变化最大的方向上,计算公式为

$$\tan \alpha = \frac{\nabla_y f(x, y)}{\nabla_x f(x, y)} \quad (8.9)$$

Sobel 算子具有一定抑制噪声的能力。实际上, Sobel 算子的本质是反映相邻或相距一定距离的像素点的灰度差异特征。对于道路而言,正常路面上由于物理性质接近,且光照一般均匀,这种情况下,邻近的像素点的灰度值往往比较接近。经过 Sobel 算子,就把这种接

近程度转化成一定值,该值通常接近 0 值。道路边界处一般与道路其他部分具有一定的灰度差异,Sobel 算子能突出边界处像素值的差异,相对于其他路面部分,得到的值较大。同时可得到边缘的梯度方向信息,而且该算法计算简单,易于实现。

③ 二值化

道路图像经过 Sobel 算子处理后,仍然包括了大量无用信息。为了进一步减小无用信息的影响,必须进行二值化处理。其目的在于去掉一些无用信息,进一步突出边缘,且二值化后的图像更适于计算机处理,利于提高计算速度。但需要指出的是,二值化在突出边缘的同时,也强化了噪声。

在图像二值化处理中,阈值的选择是一个关键问题。阈值选取的合理与否,直接影响着道路识别的结果。理想的阈值应该最大程度地突出边界而抑制噪声。下面介绍一种阈值选取方法。

设图像的灰度级为 $G = \{0, 1, 2, \dots\}$, $t \in G$, $B = (b_0, b_1)$ 是一个二值灰度层,对数字图像 f 二值化的过程可表示为:

$$f_t(x, y) = \begin{cases} b_0 & \text{若 } f(x, y) > t \\ b_1 & \text{若 } f(x, y) \leq t \end{cases} \quad (8.10)$$

选择不同的阈值 t 将会产生不同的二值图像 f_t ,为了获得较好分割效果,常需要基于某种准则选择最佳的阈值 t 。选取阈值的准则分为基于像素属性的阈值法和基于像素邻域局部特性的阈值法;而考虑用同一个阈值来分割整幅图像的阈值法为全局法,若是将图像先分为若干子图像,再确定每个子图像的阈值的方法为局部法。为了较好地适应外界环境的变化,本书采用全局阈值自动选取算法。全局自动阈值法主要有:直方图法(峰谷法和凹形分析法);类别方差自动阈值法;极小误差自动阈值法;最佳熵自动阈值法(KSW 熵、JM 熵、全局熵、最小交叉熵方法);松弛迭代法;矩不变自动阈值法;基于边缘特性的方法;基于二阶灰度统计特性(灰度共生矩阵、二维熵等)的方法以及用最大相关原则选择阈值的方法。

实例中根据道路边界的特点分析及试验,采用了基于矩阵的阈值选取方法。该方法应用判别法来寻找最佳阈值。具体思想是:通过图像的灰度直方图 $h(i)$ 得到灰度的一阶矩阵,确定类分离函数,求使该函数最大的灰度值 k ,则 k 即为得到的最佳阈值。一阶矩阵和类分离函数的定义如下:

一阶矩阵

$$\mu_T = \sum_{i=0}^{255} i \cdot h(i) \quad (8.11)$$

类分离函数

$$\delta(k) = \frac{[\mu_T \omega(k) - \mu(k)]^2}{\omega(k)[1 - \omega(k)]} \quad (8.12)$$

其中

$$\mu(k) = \sum_{i=0}^k i \cdot h(i) \quad (8.13)$$

$$\omega(k) = \sum_{i=0}^k h(i) \quad (8.14)$$

实际计算时,计算每个灰度值作为阈值时的类分离函数(式 8.12)的值,比较该值大小,

最大值所对应的灰度值即为阈值。

(3) 道路边界识别

图像预处理的作用在于将图像中的边缘增强,它不能对道路边界进行识别。在图像预处理过程中,不仅道路边缘信息,其他信息如树木、行人、建筑等轮廓线也都被增强了。这些轮廓在图像中也形成了许多边界,称之为假边界。可以说,道路边界信息是淹没在大量的假边界信息当中。必须从这些假边界信息中识别出真正的道路边界。

① 直线道路模型

经过像素级处理(道路图像预处理)得到图像的边界信息,图像边界信息中既包含了道路边界信息,也包括大量的干扰边界信息。这些干扰信息仅靠像素级处理是无法消除的。而我们从实际经验可知,当视野局限在很小范围内时,即使人眼也难以识别道路。另外,有些道路边缘从近处难以区分,但从远处进行观察,就会发现清晰的道路边界。因此,模拟人眼这种从全局上进行道路识别的方法可以实现对道路更有效识别。

道路边界约束,即宏观道路模型,实际是道路特征的数学表达。道路的宏观形状可以分为直线型和曲线型。根据实际情况,实例采用直线道路边界模型。

在公路的设计中,道路边界通常为同心圆弧,除了在曲率半径很小的情况下左右边界的曲率半径和切线方向会稍有不同之外,实际中可以假设它们是相等的。通常情况下,可认为道路的宽度是不变的。在道路图像中,由于视觉系统摄像机光学几何成像特点,图像中道路边界不是平行线,左右边界的斜率不同,通过摄像机成像模型,将识别出的道路边界映射到世界坐标系中,再检验世界坐标系下道路边界是否平行来验证道路识别的有效性。

对于直线型道路,道路边界在图像上仍为直线。而实际公路的曲率较小,当车辆的预瞄距离较短时,可以将道路作为直线型来进行简化处理。因此,实例所研究的道路采用直线道路模型,且道路边界约束假设如下:

- a. 视野内的道路区域位于同一平面内;
- b. 道路的左右边界相互平行,即道路的宽度不变;
- c. 道路边界具有一般连续性。

在图像坐标系中,

左边界 L_1'

$$y' = k_1' \cdot x' + b_1' \quad (8.15)$$

右边界 L_2'

$$y' = k_2' \cdot x' + b_2' \quad (8.16)$$

② 道路边界的识别

在建立起道路边界的直线模型后,对于道路图像的识别即变成道路图像直线边界模式的特征匹配问题。边界是由两个主要的参数决定的:

- a. 边界邻域的灰度平均值(反映图像的平均特征);
- b. 边界区域的方差(反映图像块的局部细节)。

一般可以采用图像的灰度均值与方差为主要特征量。在直线道路边界的约束下,道路边界的识别就是从预处理(不包括二值化处理)后的道路图像中找到最可能的边界直线。

定义平均值和方差如下

$$M_n(k, b) = \frac{1}{m^2} \sum_{i=1}^m f(i - N, j - N) \quad (8.17)$$

$$\sigma_n^2 = \frac{1}{m^2} \sum_{i=1}^m (f(i - N, j - N) - M(k, b))^2 \quad (8.18)$$

上二式中:

M ——平均值;

σ_n^2 ——方差;

m ——分块的大小,即方块行或列的像素点个数,本文中取 $m=5$;

N ——偏移量, $N=m/2+1$, 整数;

n ——方块的序号;

i, j ——表示第 i 行, 第 j 列小块中心像素点的行标与列标; 它们满足:

$$j = k \cdot i + b$$

$f(i - N, j - N)$ ——表示第 $i - N$ 行, 第 $j - N$ 列的像素点的灰度值。

识别时, 从道路图像下方中央开始按下述定义进行计算。对于位于直线 L 上每个小方阵 ($m \times m$), 计算它们的平均值 m 和道路方差 σ^2 。进一步假定属于道路区域的方块应该满足下式

$$P = (m, \sigma^2)^t \sim N(\bar{P}, C_P) \quad (8.19)$$

C_P 是 N 个方阵的协方差

其中:

$$C_P = E[P_j P_j^t] - E[P_j] E[P_j^t] \approx \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N (P_j P_j^t) - \bar{P}_j \bar{P}_j^t \quad (8.20)$$

$$\bar{P} \approx \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N P_j$$

对于每个小块 i 图像, 计算其 $P_i(m, \sigma^2)$

为了进行分类, 计算各块 $P_i(m, \sigma^2)$ 之间的距离, 距离计算公式如下

$$D_i = (P_i - \bar{P}) C_P^{-1} (P_i - \bar{P}) \quad (8.21)$$

如果两块之间的距离小于阈值 K , 则标记为边界。

最后, 统计该直线 $L(k, b)$ 上的道路边界点的个数与该直线所穿过的小方块数之比, 比值最大的直线即道路边界所在直线。

8.4.5 车辆自动驾驶系统控制原理

车辆的自动驾驶分为横向控制和纵向控制。

8.4.5.1 车辆横向控制

从整个系统的角度来看车辆横向控制, 属于一个典型的闭环控制系统, 这是一个特点。如图 8.22 所示, 引入输入端的反馈量 $u_f(t)$ 与输入量 $r(t)$ 进行求和得到偏差量 $e(t)$, 将偏差量输入给控制器后, 控制器产生的控制作用将使被控对象力图减小或者消除这种偏差量。

在车辆横向控制系统中, 把车辆作为系统的被控对象, 通过安装在车辆前保险杠上的 5 个传感器来检测信号, 然后根据车辆的实际运行情况和预定的行驶情况的比较, 由车辆的方向盘伺服机构来控制车辆的正常运行。其中车辆在运行的过程中受到来自路面和车辆以及

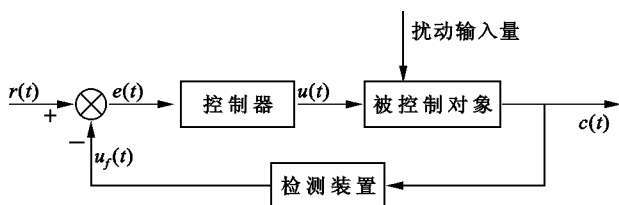


图 8.22 典型闭环控制框图

其他因素的影响,使车辆改变了原来预定的行驶路线,也就是说这些干扰在车辆运行的过程中不断地改变系统的稳定性,而通过反馈来消除这种干扰的影响,使车辆能实现最后的横向自动控制。具体的车辆横向闭环控制框图见图 8.23。

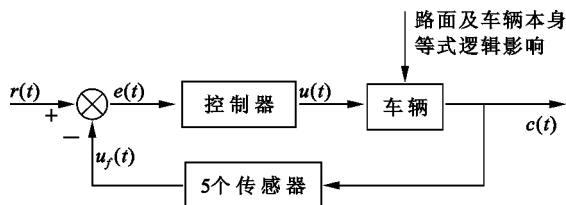


图 8.23 车辆横向闭环控制框图

车辆横向控制系统分为三部分:信号采集、信号处理系统和执行系统。信号采集系统包括车载传感器、电子滤波放大模块和 A/D 转换卡;信号处理系统包括车载计算机和相应的软件;执行系统包括步进电机、谐波减速器以及汽车转向机构。具体控制过程为:传感器采集信号经过滤波、放大等处理,通过 A/D 转换传输给车载计算机,计算机经过运算、处理,输出控制信号,经过步进电机控制卡传输给步进电机,步进电机驱动汽车方向盘,使汽车按期望的轨迹行驶。系统控制逻辑如图 8.24 所示。

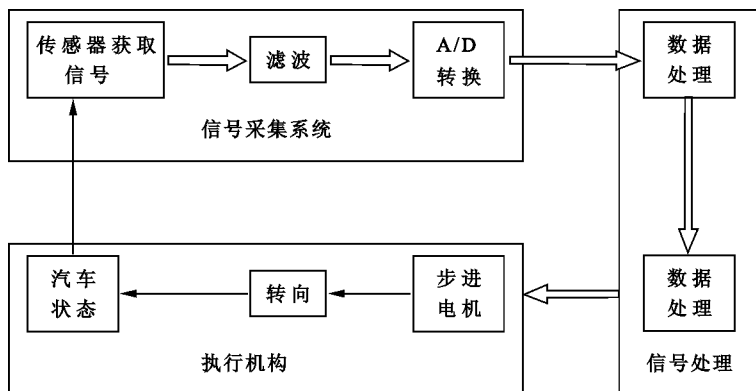


图 8.24 系统控制逻辑图

汽车是由若干部件组成的一个物理系统。它具有惯性、弹性、阻尼等许多的动力学特点,所以它是一个多自由度动力学系统。应指出的是构成汽车动力学系统的元件,如轮胎、悬架、转向系等,具有非线性特性。如果从控制论的角度来看的话,汽车是一个复杂的被控制的对象。它的特性和机械执行机构的误差、车身自重、轮胎充气程度、地面材质、地面倾斜情况、轮胎与地面打滑情况等诸多因素有关,另外车体的速度、方向之间还存在耦合,因此,

车体也是强耦合的系统。总体来看控制的车辆系统是非线性、强耦合的系统。但是在大多数的行驶情况下,汽车的侧向加速度不超过 $0.4g$,若忽略一些次要的因素,则可以把汽车近似地看作一线性动力系统。

从车辆本身的行驶特性来看,影响其行驶特性的因素主要有以下几个:

(1) 载荷影响汽车的质心位置、质量,横摆惯性矩随负荷的变化而变化,这些参数直接影响行驶特性。

(2) 行驶系和转向系的影响,是对固有转向特性最重要的影响,首先是在弹簧压缩和伸张时以及在轮胎和路面之间接触面的力和力矩作用下确定侧倾刚度和车轮定位的变化。

(3) 驱动型式的影响,在正常行驶的情况下,其驱动方式对行驶特性没有明显的影响,只是在物理极限范围内有所不同。

从以上的车辆本身的行驶特性分析,可以知道作为一个四轮驱动的车辆在控制方面的复杂性。

为了简化控制模型,可以忽略车辆的部分特性和外界的一些影响因素,比如侧风、道路表面等对车辆的影响。

车辆横向控制的模型很多。PID 控制是一种经典的控制模型,在汽车自动驾驶中得到广泛应用。在路径跟踪的过程中,控制模块应根据车体当前位姿与期望路径的偏差,不断地调节方向盘转角和车速,这是一个反馈控制的过程。当前车体位姿与期望路径的偏差可用两个参数表示:车体与路径的侧向位置偏差 D 和车体与路径切线方向的偏差角 A 。车体控制的 PID 方法如下

$$C_{\varphi} = f_{\text{PID}}(D) + f_{\text{PID}}(A) \quad (8.22)$$

$f_{\text{PID}}(D)$ 和 $f_{\text{PID}}(A)$, 分别为位置和偏角的 PID 函数,它具有一般 PID 算法的形式。车速 v 的控制采用一种自适应算法,随着前轮偏角的增大而自动减小速度。这种方法相当于用两个误差因子进行控制。位置偏差因子 D 使车体靠向期望路径,而方向偏差因子 A 使车体朝向角与期望路径一致。两个误差因子结合起来能完成对车体的控制。这种方法具有快速、实时性强、易于计算机实现的特点。但是 PID 参数需要大量的实验才能确定。而且本质上讲,车体是一个大延时、非线性的系统,车体在不同道路上的行驶模式又不完全相同,所以一个简单的 PID 算法很难保证车体在各种条件下都能取得良好的效果。

模糊控制技术由于在非线性系统及不确定系统中具有良好的控制效果而在室外机器人的控制中得到了广泛应用。例如,将模糊控制用于局部的避障算法,从路边、障碍物的环境中找到可通过路径,然后控制车体系统。也有学者将汽车的驾驶动作模糊化为左大转弯、左中转弯、左小转弯、直行、右小转弯、右中转弯、右大转弯,模糊规则的前件为车速及车体相对于路径的位置,后件为相应的驾驶动作,并运用模糊控制的方法做了道路跟踪的实验。目前模糊控制本身也在不断发展。其重点在隶属度函数的选取,规则集的提取方法,自组织、自适应模糊控制器,以及与神经网络和遗传算法等的结合上。

神经网络很早就引起了控制界的关注。近年来,随着神经网络本身的发展,其在汽车控制方面的应用也日益广泛。神经网络本质上是一种非线性映射,利用这种映射关系,可以模仿驾驶员的动作行为。德国的 Neusser 等设计了针对汽车侧向控制的神经网络控制器。它采用提前的汽车与道路的相对运动信息作为网络的输入(车体绕质心旋转角速度、侧向偏差、过去一段时间道路曲率平均值及偏差的平均值),输出为汽车方向盘转角。

8.4.5.2 车辆纵向控制

纵向控制是在行车速度方向上的控制,即车速以及本车与前后车或障碍物距离的自动控制,达到提高速度、减小车间距的同时保证安全,即达到安全、高效的目的。这类控制问题可归结为对发动机输出和刹车的控制,典型结构如图 8.25 所示。

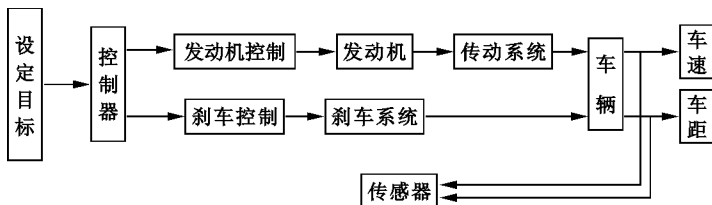


图 8.25 汽车纵向控制典型结构图

对于汽车的纵向控制,基于传统控制的方法一般是建立发动机和汽车运动过程的近似线形模型,在此基础上设计控制器。这种方法实现的控制,由于对模型依赖性大且模型误差较大,所以精度差、适应性差。基于智能控制的方法,如模糊控制、神经网络控制,在纵向控制中也得到了广泛研究和应用,并取得了较好的效果,被认为是最有效的方法。

8.5 自动公路系统

8.5.1 自动公路系统的概念

自动公路系统是先进的车辆系统的高级阶段。日本在自动公路系统领域的研究开展较早,在概念上采用了 AHS 的缩写,AHS 包括两种意思:其一为 Advanced Cruise-Assist Highway System(简称 AHS)的缩写,即先进的行走支援道路系统。在 1993 年日本公布的 5 年规划中又具体地把 AHS 分为 AHS-i(information)危险警告、AHS-c(control)辅助驾驶、AHS-a(automated)自动驾驶三部分。其二为 Automated Highway System(简称 AHS)的缩写,即自动驾驶道路系统。

欧美对自动公路系统的缩写,有自动驾驶之意;而日本的 AHS,其最终目的也是自动驾驶。所以无论美国还是日本,虽然在定义上有一定的差异,但最终目标是一致的,AHS 最终要达到自动驾驶的功能。

美国的自动公路系统没有单独作为 ITS 的一个子系统,而是归入先进的车辆控制系统(Advanced Vehicle Control System,AVCS)中进行研究。

美国的先进车辆控制系统(AVCS)包括以下内容:

一是车辆辅助安全驾驶系统,该系统有车载传感器(微波雷达、激光雷达、摄像机、其他形式的传感器等)、车载计算机和控制执行机构等部分,行驶中的车辆通过车载的传感器测出与前后方、周围车辆以及与道路设施的距离和其他情况,车载计算机进行处理,对驾驶员给出提示和警告,在紧急情况下,强制车辆制动。

二是自动驾驶系统,装备了这种系统的汽车也称为智能汽车,它在行使中可以自动导向,自动检测和回避障碍物,在智能公路上能够以较高的速度自动保持与前车的距离。智能汽车在智能公路上使用才能发挥出全部的功能,如果在普通的公路上使用,它仅仅是一辆装

备了辅助安全驾驶系统的汽车。

日本 AHS 的研究,主要是根据用户服务的信息来进行的。考虑到 AHS 需要各类路边设施来监测公路状况,如其他车辆、障碍物、路面状况,汽车位置等情况,以及路—车通信和车辆为主体的行驶。AHS 规定了 9 个基本的用户服务系统,表 8.4 给出了基本用户服务及服务定义。

表 8.4 日本 AHS 基本服务体系

行动	基本用户服务	服务定义(概略)
纵向	安全车间距保持	防止和前行车辆追尾而保持车距
	防止障碍物碰撞	防止和行进路上的行人、停止车辆、障碍物等静止物发生撞击
横向	车线保持(直线)	保持直线行驶
	车线保持(拐弯)	拐弯时保持车道行驶
	安全变换车道	变换车道时回避和其他的车辆碰撞
交叉	防止车头碰撞	防止两车在拐弯时车头碰撞
	防止右转弯碰撞	防止右转弯时发生碰撞
	防止左转弯碰撞	防止左转弯时发生碰撞
	防止碰撞横行的步行者	防止在十字路口碰撞到横行中的步行者
	防止刹车事故	防止因刹车失灵而和电车碰撞

我国在进行自动公路方面的研究时,前期使用了和国外相同的术语即自动公路系统(AHS),在我国国家 ITS 体系框架中使用了智能公路系统(Intelligent Highway System, IHS)。但在很多文献中仍然使用“自动公路系统”,在本书中出现的自动公路系统(AHS)与智能公路系统(IHS)含义相同。

在我国最新制定的 ITS 标准体系框架中对我国的智能公路系统(IHS)作了如下的定义:智能公路系统是建有通信系统、监控系统、光纤网络等基础设施,并对车辆实施自动安全检测、发布相关的信息以及实施实时自动操作的运行平台,它为实现智能公路的运输提供更为安全、经济、舒适、快捷的基础服务。该系统包括车辆自动导航和控制、交通管理自动化以及事故处理自动化。这是智能运输系统的最终目标,即实现车、路、人高度一体化。IHS 是智能运输系统技术难度最大的子系统之一。

8.5.2 自动公路系统关键技术

自动公路系统是集自动控制理论、人工智能理论、视觉计算理论、程序设计技术、自动控制技术、组合导航技术、传感器技术、信息融合技术、车辆工程技术和车辆动力学等多种理论及技术于一体的多学科、多行业综合技术的体现。具体来说,包括如下几项关键技术。

8.5.2.1 视觉信息的实时处理技术

对于自动公路系统中的车辆来说,对局部环境的感知主要是靠视觉信息传感器、磁传感器来获取,信息能否正确、实时地处理直接关系到车体行驶速度以及对障碍物的避碰,对车

体的实时性和鲁棒性具有决定性的作用,因此是自动公路系统研究中最关键的技术之一,不少研究机构都投入了大量的人力物力开展这方面的研究。目前视觉信息处理的内容主要包括:视觉信息的压缩和滤波、道路边缘抽取和障碍物检测、道路阴影的消除与道路分割、有特定交通标志的道路的图像处理、三维信息感知。视觉信息的获取是局部路径规划和导航的基础,目前其难点是视觉处理如何适应室外非结构化的道路环境以及三维视觉建模。

8.5.2.2 基于多传感器的信息融合技术

由于自动公路系统中车辆工作环境的复杂性和单一传感器的局限性,只靠一种传感器难以完成对外部环境的感知。为完成在复杂、动态及不确定性环境下的自主性,智能车往往装有多种传感器。如在卡内基梅隆大学(Carnegie Mellon University, CMU)的 NavLab 车辆上集成了彩色摄像机、超声、激光雷达、定位等多种传感器,在清华大学 THMR-III 车上集成了彩色摄像机、超声、定位传感器。美国、日本进行自动公路系统的公开演示中,车辆上集成了彩色摄像机、磁传感器、激光雷达等多种传感器。信息融合是指将经过集成处理的多传感器信息进行合成,形成对外部环境某一特征的一种表达方式。经过集成与融合的多传感器信息能比较完整地、精确地反映环境特征。它具有以下特征:信息的冗余性、互补性、实时性和低成本性。多传感器信息融合的方法一般有:加权平均、贝叶斯估计、卡尔曼滤波、Dempster-Shafer 证据推理、模糊推理和神经网络等等。

8.5.2.3 定位、导航与控制技术

定位、导航与控制技术是自动公路系统研究中的一项关键性技术。智能车在探测到局部环境信息后,需进行行为决策、局部路径规划,找到一条无碰撞并且安全的路径,然后控制车体沿着该路径行驶。目前这个领域的研究主要集中在导航控制体系结构、局部路径规划、车体动力学建模、车体路径跟踪等方面。

按照导航原理,自动公路系统的导航方式有以下 3 种:视觉导航、全球卫星定位系统(Global Position System, GPS)导航和磁信号诱导。

(1) 典型的导航系统

① 视觉导航

视觉导航方式是以摄像机或视觉为基础的系统,摄像机与车载计算机及相应的软件同时工作,车辆控制系统指导车辆保持在车道标线里。1997 年 8 月,在美国 AHS 技术成果展示会上,在 Pittsburg Pa. 到 CMU 之间的道路上演示了这种样车,该试验样车在正常交通下来回运行。1998 年在荷兰的一次公开演示上也用到了视觉导航,如图 8.26 所示。1999 年 8 月,吉林大学研制的 JUTIV-II 型模型车如图 8.27 所示。国防科学技术大学 2000 年 6 月 15 日,在湖南省长沙市望城县至北山镇的一段高速公路上,实现了视觉导航的自动驾驶,速度达到 75.6km/h。

视觉导航方式的优点:车载计算机可以在试验样车偏离目标车道前,事先知道并预防其发生,同时当在高速公路使用时,不需要对现有的道路结构做改变,并且在混合交通中也可使用;其缺点:当风沙、大雾等自然因素致使能见度过低或路面上的白色标线不清晰时,导航系统会失效。

(2) GPS 导航

GPS 导航是根据全球定位系统信息进行导航。1997 年美国 ITS 智能交通技术可行性演示会上,有装有 GPS 导航试验样车展示。



图 8.26 在荷兰演示的视觉导航车



图 8.27 JUTTV-II 型模型车

(3) 磁信号导航

磁信号导航方式根据诱导信号的产生方式分为磁带、信号电缆、磁道钉及磁道钉与磁带混合导航四种。

磁信号导航控制方式的工作原理是这样的：安装在路面上的信号发生器（磁带、电缆或磁道钉），产生磁诱导信号，通过车载信号传感器探测到的感应电压来确定车辆在目标车道上的相对位置，车载计算机根据相对位置，对车辆进行实时控制。

以磁信号为基础的诱导控制系统最大的优点是不受天气等自然条件的影响，即使风沙或大雪埋没路面也一样有效，而且便于维护。另外，通过变换磁极朝向进行编码，可以向车辆传输道路特性信息，诸如位置、方向、曲率半径、下一个道路出口位置等信息。

① 信号电缆导航

1996 年 5 月 30 日，美国在内华达州汽车测试中心 WesTrack 试验场上进行的无人卡车驾驶试验中，采用的是在跑道两边埋设电缆并对电缆通 100 毫安电流产生磁场，在卡车上设置天线的方式来完成车道保持功能，四辆三拖挂车队在以 65km/h 进行了自动控制运行试验。如图 8.28 所示。

② 磁带导航



图 8.28 美国内华达州 WesTrack 试验场

磁带导航在美国和日本都进行了实验,图 8.29 为美国在北部多雪地区公路上埋设磁带及自动驾驶车辆扫雪。



图 8.29 磁带导航汽车及磁带埋设

③ 磁道钉导航

1997 年,在美国圣地亚哥市,10 辆别克车在磁道钉传感器和高灵敏度的雷达装置的导航下进行了智能公路系统的试验展示(Demo'97)。实验专用磁道钉的埋设间隔 1.2m,车辆的前后保险杠上配置的磁道钉传感器,接收地面专用磁铁的信息反馈,由此来检测车辆在公路上的位置;车辆行驶由电脑和传感器监控,交通信息通过车辆和路面电脑系统交流;沿路布设传感器、电脑导航系统及摄像机;用专用电脑控制汽车刹车、油门和转向。安装了高灵敏度的雷达传感器用来探测障碍物并避开障碍物,还可以用雷达控制车距,最小距离可达 3.95m;在汽车驶进特定路口时,电脑导航系统会显示清晰的道路图,指示驾车者现时的位置,以及前往各方向的最佳路线。最终车辆实现了车速为 105km/h 的车辆的自动控制。如图 8.30、图 8.31 和图 8.32 所示。

日本于 1995 年、1996 年和 2000 年在土木研究所试验区内进行的 AHS 验证试验,采用磁道钉式导航方式,如图 8.33 所示。

④ 磁道钉与磁带混合车道控制

日本在进行 AHS 的试验中除了应用磁螺钉单独导航以外,还运用了磁螺钉和磁带联合导航,具体方法是在跑道中央埋设磁道钉,在车辆前保险杠上安装磁传感器来接收信号;



图 8.30 美国 1997 年进行磁道钉导航实验



图 8.31 埋设磁道钉

图 8.32 车队自动驾驶



图 8.33 日本进行磁道钉导航实验

在跑道两旁埋设磁带,在车辆两侧安装相应的磁传感器接收信号,车载计算机根据三个传感器信息进行航向控制。

8.4.4 自动公路系统国内外研究现状

早期的自动公路系统的研究和开发,主要是在美国和日本进行的,其次德国、荷兰、韩国也进行了一定的研究和实验。在自动公路系统的试验研究中,相关的报道主要是下面的几

个公开演示实验:1995 年在日本土木研究所的测试跑道上进行的 AHS 公开实验;1996 年在日本小诸市上信越车道上进行的 AHS 实道实验;1997 年在美国圣地亚哥市第 15 号州际高速公路上进行的 Demo'97 演示;1998 年在荷兰进行的 Demo'98;1998 年在韩国的安市进行的 AHS 演示实验;1999 在美国的哥伦布市交通研究中心进行的 Demo'99;2000 年 11 月 28 日至 12 月 1 日在日本土木研究所进行的 Demo'2000。各次演示实验的统计资料如表 8.5 所示。

其中最具有影响的是 1997 年在美国进行的演示。此次公开演示实验展示出将来应用 ITS 可以大大减少道路堵塞、环境污染、事故率和减轻驾驶者的负担。主要试验是在 San Diego 到 Los Angeles 之间的 12 公里 I-15 州际公路上进行的。总共有 92,000 个磁块被嵌入公路表面,为 10 辆别克 LeSabre 导引方向。每辆车上都装备有磁传感器和高敏感度的雷达装置。磁传感器用来检测车辆在公路上的位置,高敏感度的雷达装置用来检测障碍物以保持安全距离或自动避让。这样,车辆在公路上的行驶就不需要驾驶者输入控制信息,驾驶者可悠闲自在地坐在车上休息或做其他的事情。他们还以车辆编队的形式进行了试验,车辆之间仅以一辆车长的间隙在道路上高速行进。另外,2000 年 12 月 1 日在日本结束的 Demo2000 的演示实验中,除了达到上述功能外,还在实用化方面获得了很大的进步,不但增强了系统的稳定性和可靠性,还在某些传感器上大大降低了成本,为进一步推广自动公路系统打下了很好的基础。

表 8.5 自动公路系统公开演示实验

时间	国家	规模	技术指标	主要导航设备
1995	日本		自动起停	同轴电缆、摄像机
1996	日本	1300 人	车道保持,自动加减速	同轴电缆、雷达
1997	美国	3500 人	100km/h, 车道保持, 自动加减速, 车队编排	磁道钉、雷达、摄像机
1998	荷兰	2700 人	25km/h	5.8GHz 短程微波、摄像机
1998	韩国		80km/h, 车道保持, 自动加减速	路-车短程通信
1999	德国	130 人	80km/h, 车道保持, 自动加减速	人工车辆引航
1999	美国	300 人	100km/h, 车道保持, 自动加减速, 车队编排	3M 磁带导航、磁道钉
2000	日本		100km/h, 车道保持, 自动加减速, 障碍物绕行	磁道钉、雷达、摄像机、路-车短程通信

我国开展了以磁道钉方式导航的自动驾驶的研究。从 1999 年开始,国家智能交通系统工程技术研究中心(ITSC)、武汉理工大学 ITS 研究中心与北京吉普汽车有限公司联合开展研究,以车辆诱导控制技术为切入点,在国内率先对智能公路系统进行深入研究开发。在研究中借鉴美国和日本等开始试验的经验,以国家 ITS 体系框架为指导,逐步形成了我国智能公路系统的发展思路:以道路基础设施智能化为核心,以公路智能与车载智能的协调合作为基础,重视人的因素(Human Factors)应用研究,促进人、车、路三位一体协调发展。与上述发展思路相适应,在车辆诱导控制技术研究方面,采用了路面磁性标记方式。路面磁诱导与智能车辆的车载机器视觉诱导相比,最大优点是完全不受光照变化以及恶劣气候条件

的影响,真正实现稳定可靠的全天候运行。在交通部公路交通试验场现场实验中,最高时速达到 105 公里。下一阶段将进入车队自动驾驶实验。

本章小结

本章叙述了先进的车辆系统的结构、主要功能和关键技术。按智能化的程度把先进的车辆系统分为安全辅助驾驶系统、自动驾驶系统和自动公路系统。在安全辅助驾驶系统中分别介绍了驾驶员监测警告系统的监测方法及各方法的比较、防撞系统的结构和关键技术、巡航控制系统的结构和功能、视觉增强系统主要组成与结构。在自动驾驶中分别介绍了基于视觉的车道保持和基于磁道钉的两种车道保持系统的结构和原理,详细介绍了磁道钉导航的结构、磁道钉的设计、磁传感器的设计、磁传感器的定位原理以及弯道识别算法。最后对先进车辆系统的高级阶段——自动公路系统进行了介绍和展望,包括自动公路系统的概念、关键技术以及视觉导航、GPS 导航、磁信号导航等三种导航系统,并对国内外自动公路系统的公开演示实验进行了介绍。

参考文献

- 1 曹辉,严新平,吴超仲等.基于动力学分析的驾驶模拟器运动仿真算法.武汉理工大学学报(交通科学与工程版),2005(03)
- 2 杨利兵,严新平,吴超仲等.磁道钉导航控制系统研究.武汉理工大学学报(交通科学与工程版),2002(04)
- 3 曹辉,吴超仲.自动公路系统的磁道钉编码及定位方法研究.武汉理工大学学报(交通科学与工程版),2006(03)
- 4 童厚键,吴超仲,吴青等.基于磁道钉导航的车辆自动驾驶模型的优化设计.武汉理工大学学报(交通科学与工程版),2005(05)
- 5 王伟,吴超仲,严新平等.汽车驾驶模拟器动力学仿真建模.武汉理工大学学报(信息鱼管理工程版),2005(01)
- 6 曹辉,吴超仲,严新平.多传感器信息融合技术及其在驾驶模拟器中的应用.交通与计算机,2004(04)
- 7 王春燕,吴超仲,蔡凤田等.智能公路磁道钉诱导磁场特性电磁感应法研究.中国公路学报,2003(03)
- 8 吴超仲,王春燕,严新平等.基于车辆自动驾驶的磁道钉编码系统分析与实现.武汉理工大学学报(交通科学与工程版),2003(04)
- 9 王春燕,吴超仲,丁振松等.基于磁道钉导航的智能公路车道保持硬件控制系统研究.公路交通科技,2003(01)
- 10 吴超仲,王春燕,杨利兵等.智能公路系统车道保持模糊控制研究.公路交通科技,2002(02)
- 11 吴超仲,严新平.自动公路系统纵横向控制研究.交通与计算机,2001(03)
- 12 毛喆,初秀民,严新平等.汽车驾驶员驾驶疲劳检测技术研究进展.中国安全科学学报,2005(03)
- 13 初秀民,严新平,吴超仲等.汽车驾驶操作信息数据库与采集系统设计.中国安全科学学报,2005(01)

9 先进的货运管理系统

9.1 先进的货运管理系统概述

货运管理系统能对运输业务过程中的人、车、货、线路及费用核算、代收代付等资金管理进行有效的协调和管理,实现各种资源的实时控制、协调管理,满足为客户服务的要求,从而实现高效、可靠、安全、分布式的现代物流运输管理的功能。

货运管理系统包括综合业务(合同录入、发货登记、货运结算、事故登记、违章登记)、货运管理(货主登记、货物登记、收货人登记)、基本资料(基础设置、车辆管理、司机管理、职工管理)、系统维护(操作权限、数据备份、数据恢复、数据压缩、数据清理)等功能。

9.2 基本功能

根据美国智能运输系统的功能划分,20 世纪 90 年代初期对商用车辆运营(Commercial Vehicle Operation,COV)的范围主要是从对使用者服务的观点出发,在洲际运输管理中自动询问和接受各种交通信息,进行合理调度,包括为驾驶员提供一些特殊的公路信息,如桥梁净高、急弯坡路段的限速等,对运送危险品等特种车辆的跟踪以及车辆和驾驶员的状况进行安全监视与自动报警。在特种车辆自动报警中,还装有探测靠近障碍物的电子装置,能保证在道路能见度很低的情况下的行车安全。通过这一系统,可使营运车辆的运行管理更加合理化,车辆的安全性和生产效率得到提高,使公路系统的所有用户都能获益于一个更加安全可靠的公路环境。因此,把商用车辆运作的基本要求分为下面六大类:

- (1) 商用车辆电子通关及验证;
- (2) 路侧自动安全检测;
- (3) 车内安全监测;
- (4) 商用车辆行驶手续办理;
- (5) 危险品事故处理;
- (6) 货物运输的畅通。

经过从 20 世纪 90 年代到今天智能运输系统的发展,目前商用车辆在美国智能运输系统中与以前基本相似的内涵,可按以下内容进行分类:

- (1) 货物流通;
- (2) 货运业者的经营;
- (3) 车辆操作;
- (4) 安全保证;
- (5) 证照管理;
- (6) 电子过滤(在通关、验证和安全方面,先在路侧用电子设备过滤,以筛选出需要进一

步检查和采取行动的车辆)。

货运管理系统的功能如图 9.1 所示,其中智能车辆系统包括各种装置,如车辆控制装置、定位导航装置、车辆监测装置、驾驶员监测装置、货载监测装置、通讯及计算机装置等。智能车辆系统通过收集到的各种货运信息、托运信息、费用信息,并经过对货主的验收登记,综合车辆管理系统里面的信息,包括车辆维修、车辆调度、车辆追踪信息等以及驾驶员管理系统里的信息对货运车辆进行管理,实现送货功能。

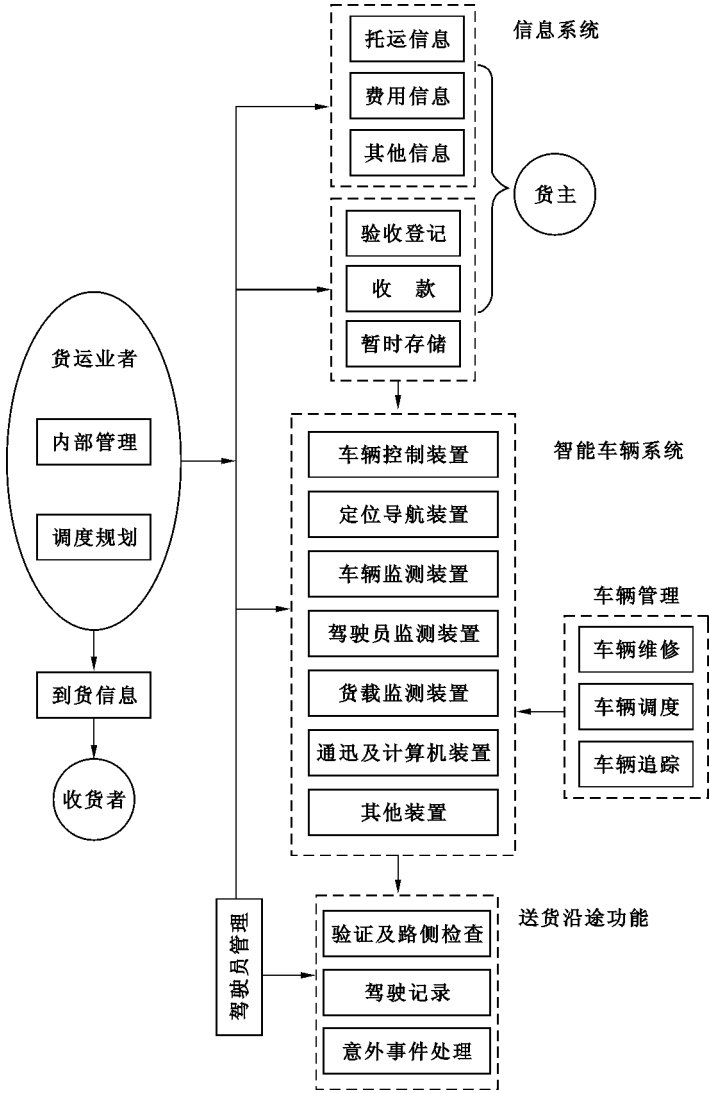


图 9.1 货运管理系统功能图

9.3 车辆管理系统

商用车辆运营管理系统是为运输企业提高利润而开发的智能型运营管理技术,目的在于提高商用车辆的运营效率和安全性,通过卫星、路边信号标杆等装置,以及车辆自动定位、

自动识别、自动分类和动态称重等设备,实现电子通关,辅助企业的车辆调度中心对运营车辆进行调度管理。图 9.2 是商用车辆运营管理系统概念图。



图 9.2 商用车辆运营管理系统

日本国道 43 号线是连接大阪和神户,幅宽 50 米,上下 8 车道,长约 30 公里的一般国道,其上部是阪神高速路大阪神户线,结构是采用高架单柱桥脚建成,国道 43 号线和阪神高速路以每天 20 万辆的车流量成为阪神间的大动脉。1997 年 11 月,在日本 43 号国道尼崎至神户段,安装了对特殊许可商用车辆的自动测量系统,目的是为了监测这类商用车辆的载重、宽度和高度等指标是否超过规定。图 9.3 是安装在 43 号国道上的设备。



图 9.3 安装在 43 号国道上的设备

图 9.4 是自动测量系统的结构图,从图中可见,该测量系统包括对于车高、车长、载重等信息的采集及信息处理功能。

在国内由北京中智交通电子有限公司开发的“ZZ-6800 行车记录仪”,能够较好地符合商用车辆运营的需求。该记录仪能实时记录存储车辆行驶中的各种数据、信号,如图 9.5 所

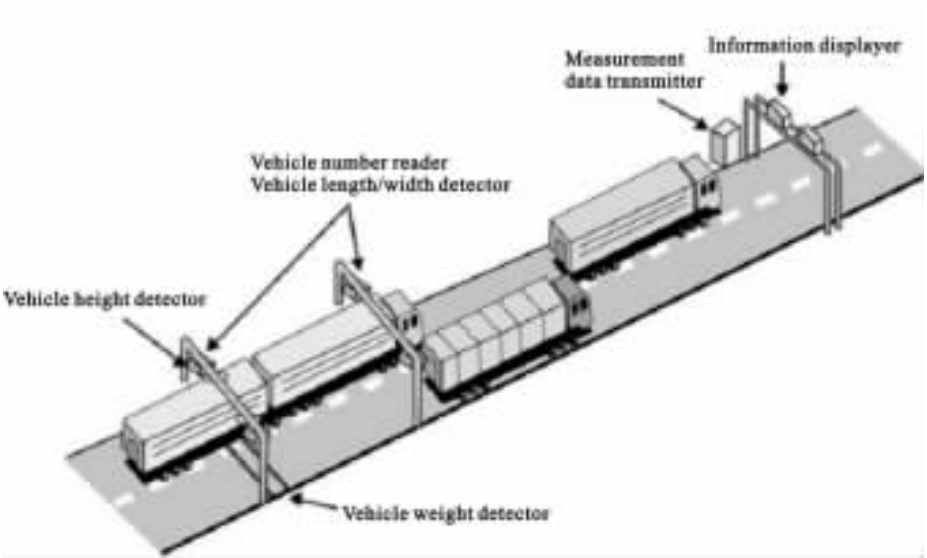


图 9.4 自动测量系统结构图

示。该记录仪由 ZZ-6800 主机、主机电源、信号输入接头、信号输出接头、存储卡、GPS 接收天线、GPS 接收器等组成。它可实现车辆的实时定位、跟踪、调度等功能,其管理软件具有强大的分析、预报、管理功能,既可以进行如调度规划、运营效率分析、行车线路调查等运输管理,也可针对油料计算、车辆运行/停止时间等进行成本管理,同时还能根据行车时的路线、时间、距离、速度等进行相应的管制,并根据事故时间、地点、速度、刹车、方向等进行事故分析。该记录仪为汽车客运和货运管理以及事故分析提供了强有力的工具,能有效地精简人力、降低营运成本、预防行车灾难、提高车队管理效能及服务品质,主要应用于货运车、危险车辆、运钞车、安全车辆、清洁车辆等各种专业车辆。



图 9.5 ZZ-6800 行车记录仪

其主要特点及功能如下:

- ① 装卸方便,安装时不用对车辆进行任何改造;
- ② 数据存储、资料下载方便快捷;

- ③ 车辆启动时,行车记录仪自动开始记录信息;
- ④ 能精确记录行车中的相关数据,如时间、车速、超速、怠速、信号灯状态、引擎转速、车门状态、异常报警等;
- ⑤ 可任意设定超速报警值,超速即发出报警提示音,超速越多报警频率越高;
- ⑥ 搭配 GPS 或无线通讯 GSM 装置后,可精确传送行车位置、行驶方向、行驶速度、行车状态及时间,进而对行车路线、行经地点及速度全程监控;
- ⑦ 配合称重传感器可以记录车辆的载重情况,预防由于超重造成的事故及其他不良情况;
- ⑧ 配合油压传感器可以记录油耗情况,从而为成本管理提供有效的数据;
- ⑨ 配合上下客传感器可记录载客人数变化,既可预防成员超载,也可进行客运流量的统计分析。

该记录仪通过基于 Web 的后台管理软件,完全实现行车管理自动化、网络化,使用时可设定行车记录仪的记录模式,将数据信息化,通过图形分析显示出来,具有局部记录放大功能,从而有效地分清事故责任,并可根据需要打印各种报表(如:超速报表、异常报表、汇总报表、传感器状态报表等),提高车队的管理水平。

9.3.1 商用车辆的监测

商用车辆的安全监控系统是在车辆高速行驶中无干扰地监控司机、车辆与货物的任何不安全的状况,并将结果报告给司机、运输公司管理人员及有关的执法人员。

商用车辆的 GPS 监控调度系统主要由三部分组成:车载终端、无线数据链路和监控中心(如图 9.6 所示)。GPS 车辆调度系统的建设,首先要考虑监控覆盖范围、实时性、调度业务、车辆容量、刷新速率等的要求,来选择合适的无线数据链路和电子地图,以及开发相应业务软件满足用户的要求。就目前的 GPS 车辆调度系统而言,无线数据链路应用较多的为 GSM 通信方式,这主要是由于其覆盖范围广、无需架设基站、可实现语音/短信等功能优点所决定的。

(1) 车载终端

车载终端设备包括:控制单元(CPU)、显示单元(可选)、GPS、GPS 天线、GSM 手机(或其他通信模块)、防盗报警器(可选)。主要功能为:

① 防盗报警功能

当有紧急情况发生时,用户可以触发隐蔽的报警按钮,车载单元会自动将 GPS 接收机中的位置数据通过 GSM 手机的短信息功能传送给监控中心。

② 导航功能

GPS 提供移动目标的准确位置、速度和方向等数据,无差分的定位精度在 10m 左右,差分精度为 3~5m。系统可以通过调度中心进行导航,也可以在终端上存储电子地图,显示单元上可以实时显示移动目标在电子地图上的位置。根据目的地选择行驶的最佳路线,并可以做到偏航报警。

③ 通话功能

车载 GSM 手机可进行语音通话,当用户离车时还可将手机取下正常使用。几种通信方式一般都要求数话兼容,可以根据指挥中心的指令来控制,以达到数话转换的功能。比

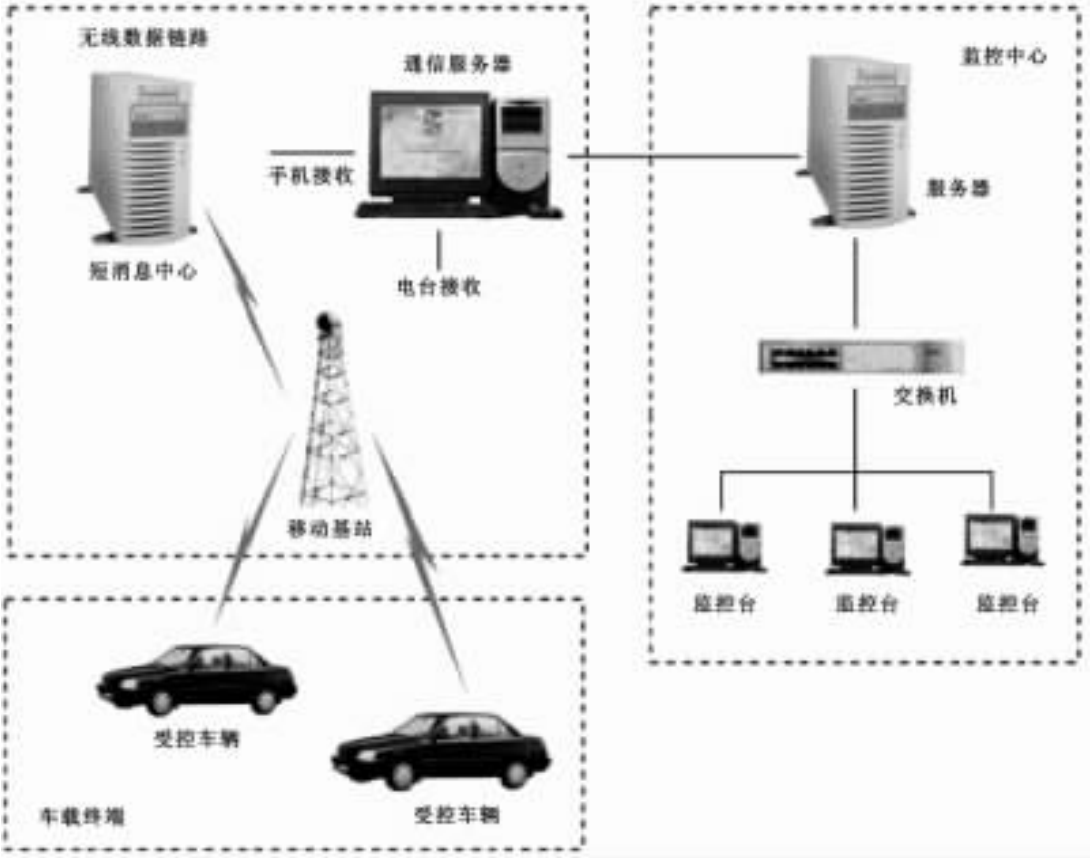


图 9.6 车辆监控调度系统的基本组成

如,如果采用集群通信,在车辆报警后,监控中心将开通语言信道来监听车内的情况。

(2) 无线数据链路

无线数据传输设备作为基站与各移动目标进行信息交换的枢纽,是整个车调中的重要组成部分,其选择方案包括以下几种:公网设备(如 GSM、CDMA、CDPD);集群通信(如公安上用的 350M、800M 集群系统);常规电台(采用专用信道和无线 MODEM)。

选择适合的无线数据传输设备关键要从以下几点来统一权衡:

① 收发转换时间

收发转换时间和系统容量有直接关系,是选择数据链时首先考虑的方面。一些高档数传电台的收发转换时间仅 10~20ms;而常规话音电台的收发转换时间一般较长,需要 100~200ms。

② 接入方式

接入方式包括两种方式,分别为网络方式和单机方式。

网络方式:调度中心通过专线接入无线通信网,系统容量大,但是运营和建设成本高,在建立大型的监控网络时是唯一选择。

单机方式:调度中心通过无线收发信机接入通信网,系统容量小,但扩容方便,增加无线收发信机就可以增加系统容量,在系统容量不大时应用较多,建设和运营成本都比较低。

③ 碰撞处理

常规电台,终端的信息发送要做到时分复用,充分利用频率资源。

集群和公网,通信系统针对终端的信息发送请求调配频率资源。

对于要求广播式通信的调度系统采用常规或集群电台是比较理想的,可以实时达到一点对多点。对于要求覆盖范围广的,比如防盗和邮政运输、长途客/货运车辆,一般选择公网,可以有效的降低建设费用。

集群通信频道多,刷新率高,能够实现群呼、组呼和个呼,但建设成本高,在机场、港口码头等已有集群专网的场合应用比较好。

(3) 监控中心

监控中心是货物跟踪系统的中枢,通过公路电子地图数据库、货物信息数据库等对车辆和货物进行及时监控跟踪。在一个公用的通信平台上,可以接受若干车辆的信息报告并进行动态跟踪,处理各种报警信息。

监控中心的设备组成包括:数据库、监控终端、GIS 终端、业务处理终端、前端接入设备。工作人员可通过监控系统监控所有入网移动目标的运动。关键是相应业务内容的数据库建设、电子地图以及和业务能力密切相关的应用软件 MIS,以实现主要功能:

① 车辆调度功能

监控中心可在电子地图上选定区域,发出广播指令,凡行驶在该区域内的车辆将自动回传信息给监控中心,工作人员即可通过 GSM 电话,根据需要调度车辆。

② 监控报警功能

在车辆遇到抢劫情况下,司机可以悄悄按下隐蔽处的报警按钮,监控中心可以查询出事车辆的位置,并实时监听车内的情况。

③ 信息查询功能

可通过数据库查询任何入网用户的资料,比如:地理信息数据库;地名、街道、门牌号等;移动目标数据库,车辆型号、档案照片、司机姓名等。

9.3.2 商用车辆的定位

车辆控制中心通过 GPS 和电子地图实时查询车辆的地理位置,并在电子地图上显示出车辆的实际位置,动态掌握车辆所在位置,帮助物流企业优化车辆配载和调度。另外,车辆定位控制也是搜寻被盗车辆的一个辅助手段,这对运输贵重货物具有特别重要的意义。

商用智能车辆定位与导航系统是应用自动车辆定位技术、地理信息系统与数据库技术、计算机技术、多媒体技术和现代通信技术的高科技综合系统,包括卫星定位或手机定位装备、导航装备等。目前智能车辆定位与导航系统在 ITS 中的应用可划分为三个层次:自主导航系统、单向通信系统和双向通信系统。

自主导航系统集信息流三要素于一体,在车内装有定位装置与电子地图,具有对行驶中的车辆定位和静态路径诱导功能。相关信息的收集、传送、处理和分析均在车上独立完成,不需要与外部进行通信联系,但缺点是不能提供基于实时交通状况的动态路径诱导功能,也不能向交通中心报告车辆当前的状况。

单向通信系统由交通信息中心和车载导航设备组成,前者负责采集、分析和处理实时交通信息并向路网中行驶的车辆广播,用户可随时通过车载信息接收装置获取最新的道路状

况并进行最佳路线选择。与自主导航相比,单向通信系统可以提供动态的实时路径引导功能,其缺点是信息中心不能接收到车辆的反馈信息,无法获取交通流量的即时分布情况。

双向通信系统真正在信息中心和出行者之间实现了双向信息交换,交通中心在为移动车辆提供信息服务的同时也能够获取车辆的当前位置、目的地和预定行驶路线等信息,因而能够进行准确的拥堵预报和即时流量疏导,从而实现对交通流的动态监控、动态预测和动态管理,是真正意义上的先进交通系统。双向通信系统的一个重要特征是将车辆作为交通信息的采集手段之一,把即时车流分布、道路状况和不同用户的出行信息综合起来作为交通系统控制决策的依据。将车辆与道路融合在一起,这正是 ITS 核心概念的体现。

智能车辆定位导航系统的主要功能为:

(1) 自动车辆定位。可在出行前准确、实时地确定出车辆当前的位置,并以图形化方式显示在电子地图背景中;

(2) 行车路线设计。可依据驾驶员提供的起点、终点和途经点,自动规划出出行者最小的最佳行驶路线;

(3) 路径引导服务。可在出行过程中产生语音或图形的实时引导指令,帮助驾驶员沿预定行车路线顺利抵达目的地;

(4) 信息查询。为用户提供主要物标,如旅游景点、宾馆、医院等数据库,用户能够在电子地图上根据需要进行查询;

(5) 无线通信功能。可接受实时交通信息广播,使用户及时掌握最新的道路状况,同时还可将车辆状况报告给交通控制中心,实现报警、求助和通信功能。

在车辆定位导航系统应用方面,美、欧、日等国家走在前列,其导航技术的现状代表了本领域研究和应用的发展方向,尤其是日本导航技术的发展更是处于领先地位。从日本 ITS 发展年鉴来看,日本从 1992 年开始大规模应用车辆导航系统,从 1996 年开始车辆导航系统进入快速发展期。目前年销售量维持在几百万套,超过 60% 的新车出厂时就安装了车辆导航系统。

在国内,随着汽车保有量的不断增大,各种技术的不断成熟,以及车辆用户服务要求不断提高,车辆定位导航系统有了较大发展,应用前景广阔。调查显示,我国车载导航市场在市场启动初期需求约为 55 万台,市场价值约为 27.6 亿元。伴随着我国汽车市场的迅速增长,在 3~5 年后可能会成为百亿规模的市场,从长远来看,市场规模将达到千亿。

但是,就我国目前情况来看,车辆定位导航系统应用还处于起步阶段,在其发展道路上,存在着不少困难和障碍:

(1) 在车载定位导航高端技术上(如 GPS 接收机)依赖于进口,从而使产品价格居高不下,势必影响其发展;

(2) 国家对地图政策的限制,使从事导航电子地图的商家难以形成规模;

(3) 通信方面,由于还没有一个 GPS 专用平台,使得车辆导航系统服务仅局限于某一城市或某一地区;

(4) 服务方面,目前的车辆定位导航系统主要体现在车辆监控、防盗、报警等方面,没有充分发挥其强大的导航、调度等功能。

虽然存在如此多的障碍和困难,但面对庞大的汽车市场,车辆定位导航系统的前景不可估量,业内人士都表现出相当的信心。国内导航技术在不断突破,某些技术已经达到国际水

平。车辆导航得到重视,关于专业导航的论坛不断召开,业内的交流对导航产业是一个促进,而国家也在关注导航产业的发展。所以我们有理由相信,车辆导航在未来几年中的需求量将会大增。

9.3.3 商用车辆的重量测定

在我国,把对动态车辆进行自动称量的衡器(动态车辆衡)分为两大类:动态汽车衡和动态轴重衡。动态汽车衡是以整车称量方式确定动态车辆总重量的衡器。动态轴重衡是以轴重称量方式对动态车辆的每一轴(轴组)载荷分别称量,还可将各轴载荷累加获得车辆累计总重量的衡器。

国家计量检定规程 JJG 907-2003《动态汽车衡》和 OIML R 134 国际建议《动态公路车辆自动衡器》对动态轴重衡的安装和使用有明确的规定。此类衡器应固定安装在高速公路的一个可控制的区域,即专门用于对超载车辆进行称重的区域,有时也需要移动式(便携式)的动态轴重衡对某些支线公路的超载车辆进行突击性监督检查。动态轴重衡的安装应确保使现场的环境对称量结果的影响减至最小,衡器两端行车道应保持一定的直线距离、承载器应处于水平状态,应提示过秤车辆的驾驶员按照要求的车速匀速过秤,如果称重机构是安装在地坑中应具有排水系统。我国当前动态轴重衡的使用存在较多问题,尤其是便携式动态轴重衡。由于我国多数高速公路在修建时没有预留一个专门对超载车辆进行称重的区域,现在只好在高速公路的入口设置一个临时的称重区,这些称重区达不到上述要求,过秤时也无法保证车辆的匀速。在这种情况下称量结果的准确度无法保证,有时称量误差可达 30%。

9.3.4 自动路边安全检查

(1) 超载检查

当今世界上货物运输的主要手段仍然是公路运输,公路运输可实现门到门的运输。在我国也是一样,公路运输占五大货物运输(公路、水路、铁路、航空和管道)总量的 3/4。随着经济的高速发展,货物运输量急剧增加,再加上人们对经济效益的追求,我国公路运输车辆超载现象极为普遍,严重的地区几乎所有的货运车辆都存在不同程度的超限超载行为。车辆的超载还导致了公路运输市场的恶性竞争,形成压价—超限超载—运力过剩—再超限超载的恶性竞争。

车辆超限超载极易造成安全事故,又严重损坏公路设施。我国百分之七十的道路安全事故是由于车辆超限超载引发的,造成的直接经济损失近 30 亿元。超载车辆载重量远远超过了公路和桥梁的设计承受荷载,导致路面损坏、桥梁断裂,使用年限大大缩短,不得不提前大修,公路方面因车辆超载每年造成的损失要超过三百亿元人民币。

新的国家标准 GB 1588-2004《道路车辆外廓尺寸轴荷及质量限值》规定,车辆不能随意加长、加宽、加高,对不同车辆的轴载荷和车辆总载重量提出了最大限度要求。二轴车辆车货总重超过 20 吨的,三轴车辆车货总重超过 30 吨的,四轴车辆车货总重超过 40 吨的,五轴车辆车货总重超过 50 吨的,六轴车辆车货总重超过 55 吨的,就属于超载。

对超载车辆的检查包括两个方面:车辆的总载重量和车辆每一轴(轴组)载荷的重量。所以用于检查超载车辆的动态轴重衡必须有两种示值,车辆总重量示值和轴载(轴组载荷)示值。动态轴重衡的这两种示值属于强制管理范畴,都应进行检定、有效地量值溯源。

检查超载车辆的方法是用动态轴重衡对过往车辆进行称量检查,判断车辆是否超载。OIMLR 134 国际建议将这类衡器分为动态汽车衡(对车辆整车进行称量)和动态轴重衡(对车辆轴载或轴组载进行称量),此类衡器应固定安装在高速公路的一个可控制的区域,即专门用于对超载车辆进行称重的区域,有时也需要移动式(便携式)的动态轴重衡对某些支线公路的超载车辆进行突击性监督检查。动态轴重衡的安装应确保现场环境对称量结果的影响最小,衡器两端行车道应保持一定的直线距离、承载器应处于水平状态,应提示过秤车辆的驾驶员按照要求的车速匀速过秤。如果称重机构安装在地坑中,应具有排水系统。便携式动态轴重衡(轮重秤)、利用冲击或振动原理测量动态车辆重量的装置和利用一种线性感应器测量动态车辆重量的装置是对公路超载车辆的一个预选装置。动态汽车衡适用于车流量较大的海关、港口等单位,用它对公路超载车辆进行检查,准确度等级通常为 0.2 级和 0.5 级。动态轴重衡主要用于对公路超载车辆的检查,也可以在较狭小的场所对低值物品称量,准确度等级通常为 0.5 级、1 级和 2 级。

(2) 超限检查

公路车辆超限是指公路上行驶的各种运输车辆装载货物超过国家管理规定的行为,是运输车辆装载超过公路对其的限值,主要研究的是车辆装载与公路的关系。车辆超限重量的增加对公路路面造成的损害程度以几何级数增长。

超载超限车辆总质量过大,对路面、桥梁的压力、摩擦力随之加大,从而增加了对路面、桥梁的摩擦、碾压的损坏程度。近年来,我国各省的等级公路尤其是高速公路的损坏程度充分证明了这一点。据统计,北京 2003 年因货车超载超限造成路面损坏达 204 万平方米,桥梁损坏 282 座、17 万平方米,直接经济损失 7.6 亿元。

除了造成路面、桥梁严重破坏,使用年限急剧下降外,超载超限车辆还导致了频繁的交通拥挤和严重的交通事故。

影响现代社会自然环境的主要因素之一是保有量不断增长的汽车的废气排放,我国的车辆保有量近年来正在迅速增长,同时这些车辆的排放对环境的污染更为严重。随着科技水平的提高,车辆工业已经和正在做出巨大的努力降低车辆的排放。然而车辆的超载超限对汽车的排放有着变本加厉的恶化作用。

治理超限从技术上可以通过合理规划治超监测站点,做好检测站点、设备、卸货场地等准备工作,通过快速称重、静态称重相结合的方式对车辆进行载重核查,对超限超载车辆一律实施卸载。

9.4 特殊货运系统

9.4.1 危险品运输

危险品就是对健康、安全、财产与环境会造成危害的物质或物品,或是根据空运规则的危险品表中列举的物质或物品,或是根据空运规则属于危险品分类标准的物质或物品均属危险品范围。

危险品具有爆炸、易燃、毒害、腐蚀、放射性等特性,在生产、经营、储存、运输、使用过程中,存在着发生火灾、爆炸、中毒、污染环境等重大事故的危险性。为加强对危险货物运输的

安全管理,保障人民生命、财产安全,保护环境,我国制定了一系列法律、法规,以遏制重特大事故发生,确保安全生产。

利用 3G 技术(GPS、GIS、GSM)全面监控危险品车辆,实现在电子地图上清晰、实时地了解车辆在市区的位置,显示车辆的瞬时速度,同时将每个驾驶员的超速纪录、违规路线等信息存储在中心数据库。

危险品车辆监控调度系统是集全球卫星定位系统(GPS)、地理信息系统(GIS)以及无线通信技术于一体的软、硬件综合系统。其主要由三部分组成:车载终端、无线数据链路和监控中心系统。可对车辆进行统一集中管理和实时监控调度。

全球卫星定位系统 GPS 主要有导航、定位、授时等功能,在危险品运输中利用 GPS 车辆监控调度系统,全面监控危险品车辆,就能在电子地图上清晰、实时地了解车辆在市区的位置,显示车辆的瞬时速度,同时能将每个驾驶员的超速纪录、违规路线等信息存储在中心数据库。

危险品运输车辆对 GPS 监控调度系统的需求特点是:

- ① 安全运输保障要求高;
- ② 对报警信息要求快速反应;
- ③ 对车辆运行路线和区域限制严格;
- ④ 对车辆运行速度控制严格。

危险品运输车辆 GPS 监控调度系统具有全天候、全路线车辆实时动态监控的功能,主要应用于车辆的跟踪、调度、监督、历史记录查询、安全报警、车辆档案管理等多种用途。其特点是:

- ① 强大的车辆准确定位、实时监控、高效调度功能;
- ② 快速的报警处理机制,将意外情况带来的损失降低到最小限度;
- ③ 提供多种监控方式,可对特定区域和线路进行重点监控;
- ④ 兼容多种车载终端,赋予用户在硬件选择上的高度灵活性;
- ⑤ 可同时支持多种通信方式,包括 GSM/CDMA 短消息、GPRS、集群通信;
- ⑥ 系统具有完整安全以及自动灾难恢复机制,保证系统安全稳定;
- ⑦ 精确的数字地图及专业的地图服务支持;
- ⑧ 业界领先的高速 2D GIS 及 3D GIS 引擎,特别适合实时监控系统。

系统主要功能应有:

(1) 车辆跟踪监控

系统建立起了车辆与监控中心之间迅速、准确、有效的信息传递通道。监控中心可以随时掌握车辆状态,迅速下达调度命令。还可以为车辆提供服务信息,有多种监控方式可供选择。

(2) 超速/停车报警

危险品运输车辆一般都有限速行驶的规定,并且运输途中不能随意停车。监控中心可以预先设定限制速度,当车辆的行驶速度超过或者小于规定的阈值时,将自动发出报警信息,以便监控中心采取措施,提醒驾驶员注意速度或者要求驾驶员汇报情况。

(3) 历史轨迹纪录查询

危险品运输车辆在行驶过程中的轨迹信息将被纪录保存,方便事后查询。用户可选定

过去一时间段,查询该时间段内指定车辆的历史数据,进行历史回显,是事故分析的得力助手。

(4) 紧急报警

当车辆遭遇紧急情况时,只需要按下报警按钮,车载终端会自动向监控中心发送报警数据,在监控终端显示出车辆位置,并声光提示。另外,行驶过程中遇到险情或发生交通事故、车辆故障等情况下,可通过车载终端的报警按钮向监控中心求救。监控中心还可对车内情况进行监听并录音。

(5) 区域/偏航报警

为了加强调度管理,一般要求车辆行使固定路线或者只能在特定区域活动。在系统中为任务车辆预先设置行车路线,任务开始时,车辆行走路线及状态开始被监控及记录,如车辆未按预定行车路线行车或者驶出设定区域,系统将会自动报警,中心可以根据实际情况采取措施。

(6) 车辆统一信息管理

系统能够对车辆进行集中统一的信息化管理。管理内容涵盖车辆车牌号码、车台号码、车型、颜色、发动机号、底盘号码、用途等。系统将对车辆的所有这些信息进行采集、录入,而后向用户提供修改、删除以及查询功能。

9.4.2 专用货运系统

(1) 长途运输车监控系统

只需在每辆长途运输车辆上安装 GPS 和数据存储器,实时记录位置数据。然后,定期(比如每次长途接送货物之后)将数据下载到控制中心,可以查看车辆是否按预定轨迹接送货物,中间有无停车,在哪里停的车,停了多少次等,防止中间拉私货或怠工。选择数据存储器时,要考虑到记录数据的时间长短和频率,以及数据类型来决定存储空间。

(2) 运钞车监控系统

运钞车是按固定线路行进的,无须调度。所以 GSM 短消息是最适合它的通信链路,定时将本车的位置发送给监控中心。

当运钞车在路上遭遇抢劫时,押运员触发报警装置,监控中心的电子地图上会自动显示报警车辆的位置、车速、行驶路线等信息,同时系统自动将信息传到公安局指挥中心的电子地图上,警方迅速调动警力进行围堵。

(3) 公交车监控和调度系统

可以针对公交线路安排,并结合各车辆发回的信息(如交通阻塞、机车故障等),将调度命令发送给司机,及时调整车辆运行情况,具有车辆、路线、道路等有关数据的查询功能,利于实现有效管理。与其他车调系统相比,其特色是实时电子播报站名或介绍沿途景点,以及电子站牌。电子站牌通过无线数据链路接收即将到站车辆发出的位置和速度信息,显示车辆运行信息,并预测到站时间,为乘客提供方便。

(4) 出租车监控和调度系统

GPS 车调系统在出租车中的应用因“叫车服务”而最被看好市场前景。所谓叫车服务就是当需要出租车时,您可以足不出户就有出租车来接您,所需要做的只是拨打调度中心的叫车电话。调度中心将自动寻找最近的空车,在您的电话还没挂断之前,调度中心就可以告

诉您车牌号为×××的车将在 X 分钟之内到达。

这种“叫车服务”给乘客带来了很大的便利,可以减少车辆的空驶率,提高工作效率,从一定程度上降低交通拥堵;从环保的角度来看,它还节约能源,减少汽车废气的排放;从司机这方面来说,可以防止疲劳驾车,提高经济收入。车调系统还可给出租车提供路况信息,进行电子安全保护,防止车辆的丢失,并具有报警防劫功能。

本章小节

本章主要介绍了先进的货运管理系统的组成及其基本功能。介绍了商用车辆的管理系统,包括商用车辆的监测、定位、重量测定和自动路边安全检查,以及超载超限检查等,在特殊货运管理系统中,介绍了危险品运输和专用货运系统,主要介绍了采用 ITS 技术保证运输安全的内容。

参考文献

- 1 严新平.我国现代物流产业信息化发展的途径.港口经济,2004(1)
- 2 杨家其,郑勋.湖北交通运输业发展现代物流的对策研究.武汉理工大学学报,2002(4)
- 3 张其善,吴今培著.智能车辆定位导航系统及应用.北京:科学出版社,2002
- 4 杨冰编著.智能运输系统.北京:中国铁道出版社,2000
- 5 “九五”国家重点科技攻关课题组编著.中国智能运输系统体系框架.北京:人民交通出版社,2003
- 6 于绪利,关伟.公铁联运条件下物流实时跟踪系统设计.交通运输工程与信息,2005(5)
- 7 刘志硕,申金升,张智文.基于 GIS 和 GPS 的智能物流实时跟踪服务系统设计与实现.铁道物资科学管理,2004(5)
- 8 赵建有,胡大伟,杨新征,王振花.公路货物运输动态跟踪系统体系框架.长安大学学报,2003(9)
- 9 周立新,刘琨.智能物流运输系统.同济大学学报,2002(7)
- 10 甘浩,胡雨禾.基于 ITS 的智能车辆定位导航系统.运营与管理,2005(1)
- 11 王建春.铁路危险货物运输的安全隐患及对策.铁道货运,2004(9)
- 12 祝进.检查车辆超载用秤及检定思路.现代计量通讯,2005(3)
- 13 孙光明,吴青,严新平等.车辆监控调度系统中多通信模式的研究与实现.武汉理工大学学报(信息与管理工程版),2005(3)

附录 A 我国 ITS 体系框架

附表 A.1 服务领域、服务名称和子服务名称

服务领域	服务名称	子服务名称
交通管理 与 规划	1. 交通法规监督与执行	1. 出入控制法规执行 2. 停车法规执行 3. 限速法规执行 4. 交通信号法规执行 5. 车辆限载执行 6. 环境保护法规执行 7. 驾驶员和车辆牌照的管理
	2. 交通运输规划支持	8. 提供交通规划所需的交通信息 9. 相关规划部门协调 10. 规划策略产生支持
	3. 基础设施的维护管理	11. 道路路面维护管理 12. 道路路侧环境维护管理 13. 道路标志维护管理 14. 桥梁隧道基础结构维护管理 15. 通信及其他外场设备维护管理 16. 道路维护中的交通管理 17. 灾难恢复管理
	4. 交通控制	18. 自适应交通信号控制 19. 行驶方向变换管理 20. 城市和城市之间的集成控制 21. 交通控制和路线诱导的集成 22. 匝道和速度控制 23. 交通管理策略的实现
	5. 需求管理	24. 可达性控制管理 25. 拥挤价格管理 26. 停车管理 27. 公交需求管理 28. 环境质量管理
	6. 紧急事件管理	29. 事件的预防 30. 事件的检测 31. 事件的鉴别 32. 事件的响应 33. 事后管理 34. 事件的记录

续附表 A.1

服务领域	服务名称	子服务名称
电子收费	7. 电子收费	35. 路桥隧不停车电子收费 36. 路桥隧停车自动收费 37. 停车场自动收费 38. 路侧停车自动收费 39. 公交电子自动收费 40. 有偿交通信息和服务使用电子交易
出行者信息	8. 出行前信息服务	41. 出行前公共交通信息 42. 出租车预约服务信息 43. 出行规划服务信息 44. 交通系统当前状态信息
	9. 行驶中驾驶员信息服务	45. 车辆运行状态信息 46. 交通事件信息 47. 停车换乘选择 48. 停车场信息 49. 交通状况信息 50. 公共交通调度信息 51. 交通法规信息 52. 道路工程施工信息 53. 收费站信息 54. 气象信息 55. 路边服务信息
	10. 途中公共交通信息服务	56. 换乘信息 57. 车辆运行信息 58. 调度信息 59. 票价信息
	11. 个性化信息服务	60. 公共服务设施信息 61. 公共服务预订 62. 旅游景点信息
	12. 路径诱导及导航服务	63. 自主导航 64. 动态路径诱导 65. 混合模式路径诱导

续附表 A.1

服务领域	服 务 名 称	子 服 务 名 称
车辆安全与辅助驾驶	13. 视野的扩展	66. 视野范围的扩展 67. 视野能见度的提高
	14. 纵向防撞	68. 追尾防撞 69. 倒车防撞 70. 正面/会车防撞
	15. 横向防撞	71. 变换车道时防止横向碰撞 72. 车辆产生横向偏离时避免横向碰撞
	16. 交叉路口防撞	无子服务
	17. 安全状况(检测)	73. 基础设施安全状态检测 74. 驾驶员身心状况监控 75. 车辆安全状况监控 76. 对邻近车辆的预警
	18. 碰撞前乘员保护	无子服务
	19. 自动车辆驾驶	77. 车道自动跟踪 78. 车距保持 79. 自动换道 80. 自动定位停车
紧急事件和安全	20. 紧急情况的确证及个人安全	81. 紧急救援信号的发送 82. 对紧急事件的自动识别 83. 对救援请求的响应 84. 被盗车辆的识别 85. 紧急事件的通告
	21. 紧急车辆管理	86. 紧急车辆优先通行线路诱导 87. 通告紧急车辆的到来 88. 紧急车辆的调度 89. 紧急车辆的维护
	22. 危险品及事故的通告	90. 危险品运输信息公告 91. 危险品运输安全防护 92. 危险品运输紧急事件公告 93. 紧急事件救援 94. 紧急事件发生后的道路变更计划
	23. 公共出行安全	95. 对公共运输设施及车辆的安全监控 96. 公共出行中紧急事件的报警
	24. 易受伤害道路使用者的安全措施	97. 确保易受伤害道路使用者安全的交通信号控制 98. 无障碍通行和自动引导 99. 车辆逼近报警 100. 个人救援请求 101. 确保易受伤害道路使用者安全的车辆控制
	25. 交汇处的安全服务	102. 道路平面交叉口的安全服务 103. 公铁交叉口的安全服务 104. 换乘处的安全服务

续附表 A.1

服务领域	服务名称	子服务名称
运营管理	26. 公交规划	105. 线路优化 106. 调度规划 107. 联营服务 108. 经营计划 109. 运营效能分析
	27. 车辆监视	110. 监视车辆状况 111. 信息协商 112. 实施公交优先
	28. 公交运营管理	113. 公交需求服务 114. 公交基础设施的监视维护 115. 公交车辆的调度管理 116. 公交司售人员的管理 117. 费用管理 118. 出租汽车的管理
	29. 一般货物运输管理	119. 货物的组织和管理 120. 货运车辆的调度和诱导 121. 货运司机的管理 122. 货运车辆的自动路线选优
	30. 特种运输的管理	123. 路线的事先选定和登记 124. 紧急事件的处理预案准备 125. 运输时的监测和发生紧急事件的自动通告
综合运输	31. 交换客货运信息资源	126. 客运数据交换 127. 货运数据交换 128. 不同运输方式互补
	32. 提供旅客联运服务	129. 联运旅行规划 130. 联运旅行途中服务
	33. 提供货物联运服务	131. 货物联运前信息服务 132. 货物联运途中动态跟踪查询
自动公路	34. 自动公路	133. 自动核查进入服务 134. 车辆车道控制服务 135. 车辆自动控制服务 136. 车辆编组运行服务 137. 车辆驾驶警示服务 138. 自动校验退出服务

附表 A.2 出行者信息服务领域—服务定义

服务名称	定 义	用 户 主 体
出行前信息服务	利用先进的通信、电子、多媒体、计算机网络等技术，使出行者在出行前可通过多种媒体，在任意出行生成地访问出行前信息服务系统，以获取出行路径、方式、时间、当前道路交通系统及公共交通系统等相关信息，为规划出行提供决策支持	出行者（驾驶员、乘客、行人、非机动车驾驶员、游客等
行驶中驾驶员信息服务	通过视频或音频向驾驶员提供关于出行选择及车辆运行状态的精确信息以及道路情况信息和警告信息，向不熟悉地形的驾驶员提供向导的功能	驾驶员
途中公共交通信息服务	利用先进的通讯、电子和多媒体网络技术，使已经开始出行的公交用户在路边、公交车站或站台上及公交车辆上，通过多种媒体获取实时公交出行服务信息，以便乘客在出行中能够对其出行路线、方式和时间作出恰当的选择	乘客
个性化信息服务	利用先进的通信、电子和多媒体网络技术，通过多种媒体以及个人便携装置接收和访问个性化信息服务系统，以获取与出行有关的社会综合服务及设施的信息，此类信息包括餐饮服务、停车场、汽车修理厂、医院、警察局等的地址、营业或办公时间等	出行者（乘客、行人、非机动车驾驶员、游客等）
路径诱导及导航服务	利用先进的信息采集、处理和发布技术，以及通道、控制和电子技术等，为驾驶员提供丰富的行驶信息，引导其行驶在最佳路径上，以减少车辆在路网中的滞留时间，从而达到缓解交通压力，减少交通阻塞和延误的目的	驾驶员

附表 A.3 出行者信息领域-出行前信息服务-子服务定义

子服务名称	定 义	用户主体	服 务 主 体
出行前公共交通信息	在出行者出行前，及时地为出行者提供有关公交线路、发车时刻表、公交换乘选择、公交票费的最新信息，以及共乘信息和实时调度附加信息等	出行者	城市公共交通（包括轨道交通）运营商、交通信息服务提供商
出租车预约服务信息	根据出行者的路线请求为出行者安排最近的出租车，或为出行目的地相近的出行者安排共乘服务	出行者	出租车运营商、城市公共交通（包括轨道交通）运营商、交通信息服务提供商
出行规划服务信息	出行规划服务应提供给用户规划即刻出行所需要的信息。基于用户指定参数的出行规划服务应把计算好的路线、运输方式选择、在查询时间内的实时行程状况和在估计行程时间内的预测状况提供给用户。出行规划服务还提供一条或多条备选路线方案信息	出行者	城市交通管理中心、城市公共交通（包括轨道交通）运营商、交通信息服务提供商、紧急事件管理部门

续附表 A.3

子服务名称	定 义	用户主体	服 务 主 体
交 通 系 统 当前 状态 信息	实时地提供运输服务的当前状况信息,包含所有事故和事件、道路建设的当前状况、当前所有被推荐的备选路径、指定路径的当前速度、重点区域的当前泊车状况、当前和即将开始事件的时刻表、当前的天气情况等信息	出行者	城市公共交通(包括轨道交通)运营商、交通信息服务提供商

附表 A.4 出行者信息领域-行驶中驾驶员信息服务-子服务定义

子服务名称	定 义	用户主体	服 务 主 体
车 辆 运 行 状态 信息	根据车辆上的智能探测器传来的数据,为驾驶员提供车辆安全预警信息	驾驶员	车辆
交 通 事 件 信息	利用各种 ITS 技术和手段,由城市交通管理中心和交通信息服务提供商动态地为驾驶员提供当前交通网络中出现的交通事故及重大事件的发生时间和地点等信息,使驾驶员作出相应决策,从而使交通得到及时疏导	驾驶员	出租车运营商、城市交通管理中心、城市公共交通(包括轨道交通)运营商、交通信息服务提供商
停 车 / 乘 车 选择	利用各种 ITS 技术和手段,动态地为公交车驾驶员提供前方乘客数目,预计到达下一个公交站点的时间等信息,使驾驶员作出在下一站停车还是越过下一站的决策	公交车驾驶员	城市公共交通运营商
停 车 场 信 息	利用各种 ITS 技术和手段,动态地为驾驶员提供行驶区域附近的停车场泊位、类型和停车费用等信息,为驾驶员选择何时的停车场提供决策依据	驾驶员	交通信息服务提供商
交 通 状 况 信息	利用各种 ITS 技术和手段,动态地为驾驶员提供交通流量、路段占有率、拥挤度、交通事故等信息	驾驶员	出租车运营商、城市交通管理中心、城市公共交通(包括轨道交通)运营商、交通信息服务提供商
公 共 交 通 调度 信息	利用各种 ITS 技术和手段,动态地为公交车驾驶员提供静态的发车时刻表和当前的实际调度信息,引导驾驶员及时调节车速,实现正点运行	公交车驾驶员	城市公共交通运营商

续附表 A.4

子服务名称	定 义	用户主体	服 务 主 体
交 通 法 规 信息	利用各种 ITS 技术和手段,动态地为驾驶员提供一般交通法规和路网中各路段的交通管制信息,如单行线、禁止停车、禁止左转弯、禁止鸣笛、单双号管制等	驾驶员	政府执法部门、出租车运营商、城市公共交通运营商、城市交通管理中心、交通信息服务提供商
道 路 工 程 施工信息	利用各种 ITS 技术和手段,动态地为驾驶员提供有关规划的和突发的道路施工、道路关闭、道路维护等信息,辅助驾驶员选择其他备选路径	驾驶员	基础设施管理部门、出租车运营商、城市公共交通运营商、城市交通管理中心、交通信息服务提供商
收 费 站 信 息	利用各种 ITS 技术和手段,动态地为驾驶员提供路网中收费站的位置、收费标准、支付方式、支付金额等信息	驾驶员	收费设施提供商、金融中心、出租车运营商、城市公共交通运营商、交通信息服务提供商
气 象 信 息	利用各种 ITS 技术和手段,使驾驶员动态地接收气象部门发布的当前和未来一段时间内的天气情况信息,辅助驾驶员及时调整驾驶行为	驾驶员	气象部门、出租车运营商、城市公共交通运营商、交通信息服务提供商
路 边 服 务 信息	利用各种 ITS 技术和手段,动态地为驾驶员提供路边餐饮、娱乐、食宿、加油站、紧急电话等服务的信息	驾驶员	出租车运营商、城市公共交通运营商、交通信息服务提供商

附表 A.5 出行者信息领域-途中公共交通信息服务-子服务定义

子服务名称	定 义	用户主体	服 务 主 体
换乘信息	为乘客提供多种运输方式之间的和同种运输方式间的换乘信息。该信息包括换乘的时间、地点;可能的各种换乘的时间、地点以及可能的各种换乘方式等	乘客、非机动车驾驶员	城市公共交通运营商、交通信息服务提供商
车辆运行信息	为出行者提供当前公交车辆的运行信息,该信息可以表现为显示在电子站牌上或公交车辆可变信息板上的车辆到达下一站的预测时间,车辆在公交线路上的分布情况、车辆的行驶速度及所处的位置等	乘客、非机动车驾驶员	城市公共交通运营商、交通信息服务提供商
调度信息	该信息为公交乘客提供固定的行车时刻表(主要指发车间隔)信息。同时也提供实时的调度信息,如因特殊需要所发出的大站车、区间车和快车等	乘客	城市公共交通运营商、交通信息服务提供商
票价信息	该信息包括所有公交方式不同服务水平的票价信息,通过该信息出行者可以选择适合自己出行的恰当出行方式和舒适程度	乘客、非机动车驾驶员	城市公共交通运营商、交通信息服务提供商

附表 A.6 出行者信息领域-个性化信息服务-子服务定义

子服务名称	定 义	用 户 主 体	服 务 主 体
公共服务设施信息	为出行者制定出行计划提供相关的公共服务信息,诸如汽车修理厂、加油站、医院、宾馆、饭店等的位置和服务时间,到达服务处所应乘坐的公交线路等信息	出行者(乘客、行人、非机动车驾驶员、游客及驾驶员等)	交通信息服务提供商
公共服务预订	为方便出行者出行,事先进行的相关服务预订(包括预订电话号码、所能提供的预订服务的种类,如汽车、火车和飞机票预订、宾馆预订、餐饮预订等)	出行者(乘客、行人、非机动车驾驶员、游客及驾驶员等)	交通信息服务提供商
旅游景点信息	为方便出行者制定出行计划,提供的当地旅游景点、相关公交车辆的信息、公园及商店和饭店的营业时间等信息	出行者(乘客、行人、非机动车驾驶员、游客及驾驶员等)	交通信息服务提供商

附表 A.7 出行者信息领域-路径诱导及导航服务-子服务定义

子服务名称	定 义	用户主体	服 务 主 体
自主导航	利用已有的基于路网和公共交通信息的历史数据形成的具有关系数据库,为驾驶员提供丰富的行驶信息,如当前车辆位置、目的地方向及位置、路网中的路段数据(限速、车道数、宽度等),引导其行驶在最佳的通往目的地的路径上。同时支持用户手工或音频输入的请求查询加油站、旅馆等信息,通过音频、视频输出的界面通知用户。并支持电子收费及通用格式的电子地图,以减少车辆在路网中的滞留时间,从而达到缓解交通压力,减少交通阻塞和延误的目的	驾驶员	城市交通管理中心、城市公共交通运营商、交通信息服务提供商
动态路径诱导	除具有静态诱导中的所有功能,还可利用先进的信息采集、处理和发布技术,以及通信、控制和电子技术为用户显示实时的路网状况和公共交通信息,如车辆运行状态的精确信息以及道路情况信息和警告信息,引导其行驶在最佳的通往目的地的路径上,以减少车辆在路网中的滞留时间,达到缓解交通压力,减少交通阻塞和延误的目的。并通过实时的与交通管理和控制部门、其他部门的信息交互,更改已有关系型数据库,如可以在行驶中根据实时信息进行更改通用格式的电子地图、查询变化的加油站、旅馆等信息,并与其他部门的信息交互,实现防窃、防暴、事故处理等特殊服务	驾驶员	城市交通管理中心、城市公共交通运营商、交通信息服务提供商
混合模式路径诱导	车载设备既支持静态路径诱导又支持实时路径诱导。当驾驶员请求实时诱导方式失败,则自动转入提供静态诱导	驾驶员	城市交通管理中心、城市公共交通运营商、交通信息服务提供商

附录 B 智能运输系统通用术语中英文对照表

英 文	中 文	缩略语
Abstract Service Primitive	抽象服务原语	ASP
Abstract Syntax Notation One	抽象语法记法一	ASN. 1
Adaptable Signal Control	自适应信号控制	ASC
Advanced Transport Management System	先进的交通管理系统	ATMS
Advanced Highway Safety System	先进的公路安全系统	AHSS
Advanced Mobile Information Systems	先进的移动信息系统	AMIS
Advanced Public Transport Management System	先进的公共交通管理系统	APTMS
Advanced Traffic Information Service System	先进的交通信息服务系统	ATISS
Advanced Vehicle Control System	先进的车辆控制系统	AVCS
Amplitude Shift Keying	幅度键控	ASK
Application Data Unit	应用数据单元	ADU
Application Process	应用程序	AP
Application Protocol	应用协议	AP
Application Protocol Data Unit	应用协议数据单元	APDU
Area Traffic Control	地区交通控制	ATC
Area Traffic Control Centers	地区交通控制中心	ATCC
Arrange Running	编组运行	
Attribute Identifier	属性标识符	
Automated Driving	自动驾驶	
Automated Avoid Collision	自动避碰	
Automated Cruise	自动巡航	
Automated Highway System	自动公路系统	AHS
Automated Passenger Counter	自动旅客计数器	APC
Automated Roadside Safety Inspection	自动路边安全监测	ARSI
Automated Vehicle Identification	自动车辆识别	AVI

续附表

英 文	中 文	缩略语
Automated Vehicle Location	自动车辆定位	AVL
Automated Vehicle Platoon	自动车队	
Automatic Toll Collection	全自动收费	ATC
Automatic Electronic Payment for Transport	运输自动电子付费	AEPT
Automatic Equipment Identification	自动设备识别	AEI
Automatic Fault Detection	故障自动检测	
Automatic Fee Collection and Access Control	自动收费与访问控制	AFCAC
Automatic Message Processing System	自动信息处理系统	AMPS
Automatic Navigation System	自动导航系统	ANS
Automatic Route Control System	自动路由控制系统	ARCS
Automatic Toll Collection	自动收费	ATC
Automatic Vehicle Classification	自动车辆分类	AVC
Automatic Vehicle Navigation	自动车辆导航	AVN
Automatic Vehicle Signal Identification	车牌照自动识别系统	AVSI
Auxiliary Driving	辅助驾驶	
Beacon	信标	
Beacon Service Table	信标服务表	BST
Binary Phase Shift Keying	复相移键控	BPSK
Blind Man Guidance System	盲人诱导系统	
Broadcast Link Address	广播链路地址	
Broadcast Pool	广播群组	
Broadcast	广播	BC
Carrier Frequencies	载波频率	
Chaining	链接	
Code Division Multiple Access	码分多路访问	CDMA
Collision Warning System	碰撞报警系统	CWS

续附表

英 文	中 文	缩略语
Commercial Vehicle Electronic Clearance	商用车辆电子通关	
Commercial Vehicle Management	商用车辆管理	
Commercial Vehicle Operation System	商用车辆运营管理系统	CVOS
Commercial Vehicle Operations	商用车辆操控	CVO
Communication Service Provider	通信服务提供者	CSP
Computer Aided Systems Engineering	计算机辅助系统工程	CASE
Container Transport Management System	集装箱运输管理系统	CTMS
Data Flow Diagram	数据流图	DFD
Data Link	数据链路	
Data Radio System	无线数据系统	
Dedicated Short Range Communications	专用短程通信	DSRC
Differential Global Positioning System	差分全球定位系统	DGPS
Downlink Window	下行链路窗口	
Driver Information System	驾驶员信息系统	DIS
Driverless Operation	无人驾驶	
Dynamic Balance System	动态称重系统	
Dynamic Navigation System	动态导航系统	
Dynamic Passenger Information	动态旅客信息	
Electromagnetic Compatibility	电磁兼容	EMC
Electronic Control Unit	电子控制单元	ECU (1)
Electronic Data Interchange	电子数据交换	EDI
Electronic Fee Collection	电子收费	EFC
Electronic Map	电子地图	
Electronic Message Sign at Bus Stop	电子站牌	
Electronic Number Plates	电子数字版	ENP
Electronic Toll and Traffic Management	电子收费与交通管理	ETTM

续附表

英 文	中 文	缩略语
Emergency Aid	紧急救援	
Emergency Centers	紧急救援中心	
Emergency Identification	紧急事件识别	
Emergency Incident Management	紧急事件管理	
Emergency Incident	紧急事件	
Emergency Request	救援请求	
Emergency Incident Bulletin	紧急事件公告	
Emergency Management System	紧急事件管理系统	
Emergency Public Transport System	应急公共运输系统	
Emergency Vehicle Management	紧急车辆管理	
Emergency Warning System	报警系统	EWS
Facility Surveillance and Maintenance	基础设施监视和维护	
Fixed Equipment	固定设备	
Free Flow Etc	自由流电子收费	
Free Flowing Traffic	自由流交通	
Freight Transport Vehicle Automated Inspection	货运车辆自动检测	
Global Positioning System	全球定位系统	GPS
Guidance	导航	
Guide Wires	导航电缆	
Hazardous Materials Vehicle Operation	危险品车辆管理	
Hazardous Materials Emergency Response System	危险品应急响应系统	
Hazardous Goods Transport	危险货物运输	HGT
Hazardous Material Automatic Inspection	危险货物自动检测	
Hazardous Materials	危险物品	HM
Headway Servo Control	车头时距伺服控制	
High Occupancy Vehicle	高占有率车辆	HOV

续附表

英 文	中 文	缩略语
Highway System Monitor	高速公路系统监控	
Hybrid Mode Route Guidance	混合模式路径诱导	
Imminent Vehicle Warning	车辆危险接近报警	
In Vehicle Unit	车装单元	IVU
Incident Management System	事件管理系统	
Independent Navigation System	自主导航系统	
Individual Vehicle Data	单一车辆数据	
Individual Vehicle Speed	单一车辆速度	
Inertial Navigation System	惯性导航系统	INS
Information Fusion	信息融合	
Information Exchange About Travelers And Freight	交换客货运信息资源	
Information Technology Security Evaluation Criteria	信息技术安全评价标准	ITSEC
Information Technology	信息技术	IT
Infra Red	红外	IR
Integrated Broad Communication Network	综合广播通信网	IBCN
Integrated Payment Systems	综合付费系统	IPS
Integrated Traffic Control Systems	综合交通控制系统	ITCS
Intellectual Junction	智能枢纽	
Intelligent Detect	智能探测	
Intelligent Transit Manage System	公交智能化调度系统	ITMS
Intelligent Transport Signal Control	智能运输信号控制	
Intelligent Transportation System	智能运输系统	ITS
Intelligent Highway System	智能公路系统	IHS
Intelligent Transportation Infrastructure	智能运输基础设施	ITI
Intelligent Vehicle Highway Systems	智能车路系统	IVHS
Intelligent Vehicle System	智能车辆系统	IVS

续附表

英 文	中 文	缩略语
Interactive Information Service System	交互式信息服务系统	
Inter Modal Freight Transport Service	货物联运服务	
Inter Modal Travelers Transport Service	旅客联运服务	
Inter Vehicle Distance	车辆间距	
In Vehicle Information System	车装信息系统	IVIS
In Vehicle Safety Advisory Warning System	车装安全报警系统	IVSAWS
ITS Architecture Framework	智能运输体系框架	
ITS Effectiveness Evaluation	智能运输系统效益评价	
Lane Following	车道跟踪	
Lane Keeping	车道保持	
Lane Management	车道管理	
Lane Change Servo Control	车道变换伺服控制	
Lane Servo Control	车道伺服控制	
Lateral Control	横向控制	
Location And Navigation	定位与导航	LN
Logical Link Control	逻辑链路控制	LLC
Logical Link Control Layer Protocol Data Unit	逻辑链路控制层协议数据单元	LPDU
Logical Link Control	逻辑链路控制	
Logical Link Protocol Data Unit	逻辑链路协议数据单元	
Longitudinal Control	纵向控制	
Magnetic Line	磁性标线	
Magnetic Mark	磁道钉	
Magnetic Sensor	磁传感器	
Man Machine Interface	人机界面	MMI
Management Information Systems	管理信息系统	MIS
Manual Toll Collection	全人工收费	

续附表

英 文	中 文	缩略语
Mayday Support	遇险信号	
Medium Access Control	媒体访问控制	MAC
Minimum Shift Keying	最小偏移键控	MSK
Mobile Data Communications	移动数据通信	MDC
Mobile Equipment	移动设备	
Mobile Network Address	移动网址	MNA
Mobile Operation Control Systems	移动操控系统	MOCS
Mobile Satellite System	移动卫星系统	MSS
Most Significant Bit	最高权重比特	MSB
Moving Map System	移动地图系统	MMS
Multi Lane Free Flow ETC	多车道自由流电子收费	
Multicast Address	组播地址	
National Transportation Communications For ITS Protocol	ITS 国家运输通信协议	NTCIP
Network Optimization	路网优化	
Network Service	联网服务	
Network Toll Clearing Center	联网收费清算中心	
Non Obstacle Passing And Automatic Guidance	无障碍通行和自动引导	
On Vehicle Navigation System	车载导航系统	
On Board Computer	车载计算机	OBC
On Board Equipment	车载设备	OBE
On Board Systems	车载系统	OB
On Board Unit	车载单元	OBU
One Way Information Service System	单向信息服务系统	
On Trip Driver Information Service	行驶中驾驶员信息服务	
On Trip Transit Information Service	途中公共交通信息服务	

续附表

英 文	中 文	缩略语
Open Systems Interconnect	开放系统互连	OSI
Park and Ride	停泊与行驶	P&R
Parking Area Management System	停车场管理系统	
Passenger Flow Volume	客流量	
Passenger Interchange Guidance System	旅客换乘诱导系统	
Passengers Service Center	客户服务中心	
Personal Communications System	个人通信系统	PCS
Personal Emergency Request	个人救援请求	
Personal Requirement Service	公交需求服务	
Personalized Information Service	个性化信息服务	
Phase Shifted Keying (Modulation)	相移键控(调制)	PSK
Protocol Control Information	协议控制信息	PCI
Protocol Data Unit	协议数据单元	PDU
Public Transport ETC	公交电子收费系统	
Public Service Vehicle Surveillance	公交车辆监视	
Public Transport Information System	公共交通信息系统	
Public Transport Management	公共交通管理	
Publicity of Transport Information	交通信息发布	
Radio Data Systems	无线数据系统	RDS
Radio Frequency Identification	无线频率识别	RFID
Real Time Route Guidance	实时路径诱导	
Road Information System	道路信息系统	RIS
Road Side Equipment	路边设备	RSE
Road Side Unit	路边单元	RSU
Road Traffic Information Centre	道路交通信息中心	RTIC
Road Transport and Traffic Telematics	道路运输与交通通信	RTTT

续附表

英 文	中 文	缩略语
Route Advisory System	问路系统	
Route Guidance Systems	路径引导系统	RGS
Security Warning	安全警告	
Semi Automatic Toll Collection	半自动收费	
Service Access Point	服务访问点	SAP
Service Data Unit	服务数据单元	SDU
Service Primitive	服务原语	SP
Short Message Service	短信服务	SMS
Single Lane ETC	单车道电子收费	
Single Lane Free Flow ETC	单车道自由流电子收费	
Special Vehicle Control System	特殊车辆监控系统	
Speed Servo Control	速度伺服控制	
Standard Transportation Commodity Code	标准运输商品代码	STCC
Static Route Guidance	静态路径诱导	
Tag of Transponder	电子标签	
Taxi Surveillance and Control System	出租车运营监控系统	
Telecommunication Technology Committee	通信技术委员会	TTC
Terminate Emissions Monitor	尾气排放监测	
Time Division Multiple Access	时分多路访问	TDMA
Track Reckoning	航迹推算	
Traffic And Incident Management System	交通事故管理系统	TIMS
Traffic And Travel Information Center	交通旅行信息中心	TTIC
Traffic Control Center	交通控制中心	TCC
Traffic Guidance Computer	交通引导计算机	TGC
Traffic Information Center	交通信息中心	TIC
Traffic Information Service Center	交通信息服务中心	
Traffic Management Center	交通管理中心	TMC

续附表

英 文	中 文	缩略语
Traffic Management Data Dictionary	交通管理数据字典	TMDD
Traffic Message Canal	交通信息频道	
Traffic Operation Center	交通操控中心	TOC
Traffic Radio Broadcast	交通广播	
Traffic Sign Recognition	运输标记识别	TSR
Traffic Telematics	交通通信	TT
Transit Information Exchange	运输信息交换	
Transit Communications Interface Profiles	移动通信接口模式	TCIP
Transit Operation Optimization	优化控制	
Transit Priority Operation System	公交优先控制系统	TPOS
Transit Vehicle Subsystem	移动车辆分系统	TRVS
Transport Control Pilot Center	交通控制指挥中心	
Transport Information and Control Systems	运输信息和控制系统	TICS
Transport Protocol	运输协议	TRP
Transportation Information Center	交通信息中心	
Transportation Information Database	交通信息数据库	
Transportation Information Pool	交通信息集	TIP
Transportation Planning Support	交通运输规划支持	
Transportation Systems Management	运输系统管理	TSM
Traveler Information Service	出行者信息服务	
Traveller Information Systems	旅行信息系统	TIS
Urban Public Transport Planning	城市公共交通规划	
Urban Public Transport Sign	城市公共交通标志	
Urban Public Transport	城市公共交通	
Urban Roadway Monitor	城市道路监控	
Urban Traffic Management	市内交通管理	UTM
Urban Transport Management System	城市交通管理系统	UTMS

续附表

英 文	中 文	缩略语
Variable Sign	可变标志	
Variable Message Sign	可变情报板	
Vehicle Command and Control Systems	车辆命令与控制系统	VCCS
Vehicle Control System	车辆控制系统	VCS
Vehicle Identification Number	车辆识别数码	VIN
Vehicle Information and Communication System	车辆信息与通信系统	VICS
Vehicle Location System	车辆定位系统	VLS
Vehicle Monitoring System	车辆监控系统	VMS
Vehicle Navigation System	车辆导航系统	VNS
Vehicle Platoon Management	车队管理	
Vehicle Platoon Monitor and Control	车队监控	
Vehicle Platoons Arrange Vehicles Rank	车队编排	
Vehicle Radar	车载雷达	
Vehicle Safety Surveillance and Control	车辆安全监控	
Vehicle Service Table	车辆服务表	
Vehicle Road Communication	车路通信	
Vehicle Vehicle Communication	车车通信	
Video Enforcement System	视频稽查系统	
Video Traffic Information System	视频交通信息系统	VTIS
Video Transportation Picture Measurer	视频交通图像检测器	
Wake Up Process for Obu	车载单元唤醒过程	
Wide Area Detector System	广域检测系统	WADS
Wide Area Network	广域网	WAN
Wireless Application Protocol	无线应用协议	WAP
Zone Access Control	区域访问控制	ZAC
Zone Transport Control System	区域交通控制系统	ZTCS