

城市绿色交通 物流系统分析

——燃气汽车与加气站互动发展的系统特性与系统化方法

袁治平等 编著



西安交通大学出版社
XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY PRESS

城市绿色交通物流系统分析

——燃气汽车与加气站互动发展的
系统特性与系统化方法

袁治平等 编著

西安交通大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

城市绿色交通物流系统分析/袁治平等编著. —西安:西安
交通大学出版社,2007.4
ISBN 978-7-5605-2436-8

I. 城... II. 袁... III. 城市运输:交通运输-物流-无
污染技术-研究 IV. U491 X734.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 034047 号

书 名	城市绿色交通物流系统分析
编 著	袁治平等
出版发行	西安交通大学出版社
地 址	西安市兴庆南路 10 号(邮编:710049)
电 话	(029)82668315 82669096(总编办) (029)82668357 82667874(发行部)
印 刷	西安交通大学印刷厂
印 数	211 千字
开 本	727mm×960mm 1/16
印 张	16
版 次	2007 年 4 月第 1 版 2007 年 4 月第 1 次印刷
书 号	ISBN 978-7-5605-2436-8/U·2
定 价	28.00 元

前 言

我国城市及其交通发展是一个正在开发建设中的组织化的大规模复杂动态系统问题,由人流、物流(含废物流)、信息流、价值流、知识流等汇聚而成。按照科学发展观的要求,城市及其交通发展应以社会、经济、环境的协调发展为重点,通过知识及观念更新和机制创新,从实际出发,以人为本,实现跨越式、可持续、绿色化发展。为此,我国城市及其交通发展应确立现代城市绿色物流及其系统化发展的基本战略,其基本内涵及要求有:

1. 以协调、可持续发展及社会全面进步为最高目标。

2. 以城市产业结构优化调整及城市交通系统总体优化为核心,涉及城市区位及发展战略,人口及其消费结构,能源构成及其趋势,政府、市民、企业的价值观及目标要求,交通工具及其结构变化,城际交通状况,城市规划、基础设施建设等内外部因素。

3. 以发展清洁燃料和新型动力汽车为战略重点之一,有效解决城市社会进步、经济发展、环境保护三者之间的矛盾。

4. 以城市交通及其工具、设施等总体优化为核心和重点的城市绿色物流属现代社会物流问题,需要政府主导和社会各界的广泛参与,也需要充分发挥企业和市场的积极作用。

5. 我国城市绿色交通物流战略的实施会遇到各种新的复杂问题,需要按照科学发展观的要求和系统的思想与方法来认真对待、有效解决,并注意着重建立起良好的运营与管理机制。

在过去的 20 多年里,天然气、石油液化气等替代传统的煤炭燃料,为解决我国大中城市的空气污染问题发挥了关键作用。近 10 多年来,随着整个国家社会经济的迅速发展及交通条件的改善,燃油汽车已成为大中城市空气污染的重要因素之一。国家发改委和科技部等政府部门对此非常重视,在《当前优先发展的高技术产业化重点领域指南》中把清

洁燃料汽车规模化发展列为重点项目,其中加气站就是关键技术中的一项。如何通过合理的规划,促进燃气汽车的推广,并在发展过程中取得燃气汽车与其主要配套基础设施——加气站的互动、协调发展,是燃气汽车规模化发展所要解决的关键问题。国内外学者分别从技术、经济及政策等角度对燃气汽车的发展问题进行了分析,取得了不少成果。但如何从系统工程及现代工业工程的角度对加气站与燃气汽车规模化发展互动过程进行系统、深入、规范地研究,还需要做出更为有效的工作,这正是我们所承担国家自然科学基金与美国通用汽车公司联合资助项目——加气站与燃气汽车规模化发展互动过程研究的主要任务。

加气站数量的增加与燃气车数量的增加相互影响、相互制约,这一矛盾是进入“城市规模化”发展阶段初期的必然问题。加气站建设投资大,发展初期利润低。在相当长一段时期内加气站经营者与燃气车营运者都无利可图。因而,燃气车和加气站设备生产厂家分担费用、政府政策和投资支持等是需要的。如此巨大的投入,只有靠相关企业、政府部门、加气站经营者、燃气车和加气站设备生产厂等社会多方联合投入,通过市场化运作才能实现。其中政府的科学规划和积极协调是打破利益制约、保障社会投资效果最优化的关键。目前我国不少示范城市的规模化发展规划研究大多是从市政角度着眼,研究地理上的合理布置,未注意从加气站经营者和燃气车营运者及其相关利益和行为主体角度,进行加气站和燃气车规模化发展的互动关系和动态过程研究,科学性和实际指导性不够。因此,针对燃气站规模化发展初期的多个相关主体的利益平衡和协调问题进行研究,对推动国内外燃气车规模化发展具有重要的现实指导意义,在管理研究及工业工程在非制造业的应用研究等方面也具有重要的方法论价值。

根据课题研究的技术路线及研究结果,本书由以下部分构成:

1. 城市绿色交通物流系统概述,包括:背景及意义;有关概念解析;理论基础;系统特征。

2. 研究方法论,包括:系统分析原理;模型化与模型体系;本研究的技术路线。

3. 燃气汽车与加气站互动发展过程的初步系统分析,包括:问题及其影响因素分析;燃气汽车与加气站互动发展系统的目标分析;燃气汽

车与加气站互动发展系统的战略方案综合。

4. 燃气汽车与加气站互动发展过程的宏观动力学特性分析,包括:系统动力学理论与发展综述;系统相关主体的经济分析;当前车—站系统存在的问题及系统动力学仿真模型的构建;车用燃气定价决策分析。

5. 城市加气站规划方法研究,包括:我国城市加气站规划的特殊性;相关规划方法评述;城市加气站规划方法体系构建;方法应用;对改进我国现阶段城市加气站布置规划方法的建议等。

6. 城市绿色交通物流系统相关主体行为特征分析,包括:我国现阶段城市绿色交通物流系统相关主体及其价值和取向;两用燃料出租车博弈分析;政府与两用燃料出租车博弈分析;政府与加气站博弈分析;其他相关博弈分析。

7. 实现城市交通物流绿色化政策综合分析,包括:政策体系框架;政策分析依据;供给与需求模型构建;经济政策综合分析;其他政策的综合分析;政策建议;政府宏观调控政策的有效实施。

参加课题研究工作的项目组成员主要有:袁治平教授(负责人;西安交通大学工业工程系)、冯宏研究员(煤炭科学研究总院西安分院)、刘圣华教授(西安交通大学汽车工程系)、孙静春副教授(西安交通大学管理科学系)、王能民博士(西安交通大学工业工程系);西安交通大学管理学院博士研究生郭雪松、硕士研究生侯琳娜、何立峰、张博、刘国新、孙丰文、付荣华等,参加项目研究及本书编写,孙丰文等做了许多具体工作。

本书初稿承蒙西安市清洁燃料汽车专家委员会副主任邓志伟研究员审阅,在此致谢!

因研究条件、研究人员能力等所限,书中不当甚至错误之处在所难免,恳请读者提出宝贵意见。

衷心感谢国家自然科学基金委和美国通用汽车(GM)公司为本研究及本书出版所提供的联合资助(项目编号:G0222208)!

袁治平

2007年3月

于西安交通大学

目 录

前言

1 城市绿色交通物流系统概述	(1)
1.1 背景及意义	(1)
1.2 系统有关概念解析	(4)
1.2.1 基础层次	(4)
1.2.2 目标层次	(9)
1.2.3 核心层次——城市绿色交通物流系统	(16)
1.3 系统的理论基础	(17)
1.3.1 系统理论及复杂系统	(17)
1.3.2 城市可持续发展理论	(19)
1.3.3 生态经济学理论	(21)
1.3.4 生态伦理学理论	(23)
1.3.5 交通流理论	(24)
1.4 系统特征	(26)
1.4.1 系统功能、属性、目标多样,且有冲突目标	(26)
1.4.2 系统结构复杂,具有人-机特性且物流、信息流、 价值流及人流交融、互动	(27)
1.4.3 系统高度开放,环境依存性突出	(28)
1.4.4 系统是技术、经济、社会系统的复合系统	(29)
本章小结	(29)
参考文献	(30)
2 研究方法论	(31)
2.1 系统分析原理	(31)
2.2 模型化与模型体系	(32)
2.2.1 基本概念	(32)

2.2.2	几种常用的模型化方法	(33)
2.3	多重比较管理研究	(37)
2.4	本研究的技术路线	(39)
	本章小结	(40)
	参考文献	(41)
3	燃气汽车与加气站互动发展过程的初步系统分析	(42)
3.1	问题及其影响因素分析	(42)
3.1.1	问题界定与分析	(42)
3.1.2	系统特征及基本结构	(44)
3.1.3	我国燃气汽车和加气站发展现状及存在问题	(47)
3.1.4	我国燃气汽车与加气站互动发展系统的影响因素 分析	(51)
3.2	燃气汽车与加气站互动发展系统的环境及目标分析 ...	(60)
3.2.1	系统的环境要素分析	(60)
3.2.2	系统的目标分析	(61)
3.3	燃气汽车与加气站互动发展系统的战略方案综合	(68)
3.3.1	国内外燃气汽车与加气站互动发展的策略综述	(68)
3.3.2	我国燃气汽车与加气站互动发展的战略方案分析	(69)
	本章小结	(74)
	参考文献	(75)
4	燃气汽车与加气站互动发展过程的宏观动力学特性分析	(77)
4.1	系统动力学理论与发展综述	(77)
4.1.1	20 世纪 50~60 年代系统动力学的诞生	(77)
4.1.2	20 世纪 70 年代到 80 年代的发展成熟	(78)
4.1.3	90 年代到目前,系统动力学的广泛应用与发展	(78)
4.2	系统相关主体的经济分析	(79)

4.2.1	出租车运营者的经济分析	(79)
4.2.2	加气站建设主体的经济分析	(81)
4.2.3	出租车运营子系统与加气站建设子系统的集成	(82)
4.3	当前车-站系统存在的问题及系统动力学仿真模型的构建	(83)
4.3.1	目前系统存在的问题	(83)
4.3.2	政府对系统进行调控的可选措施	(84)
4.3.3	系统动力学仿真模型的构建	(85)
4.3.4	系统目标在系统动力学模型中的体现	(89)
4.4	车用燃气定价决策分析	(89)
4.4.1	对燃气价格变动的仿真	(89)
4.4.2	相关政策建议	(92)
	本章小结	(93)
	参考文献	(93)
5	城市加气站规划方法研究	(94)
5.1	我国城市加气站规划的特殊性	(94)
5.1.1	选址问题的重要性	(95)
5.1.2	城市加气站选址研究的意义	(96)
5.2	相关规划方法评述	(98)
5.2.1	遗传算法	(99)
5.2.2	CNG 加气站的选址研究动态	(102)
5.3	城市加气站规划方法体系构建	(104)
5.3.1	内容、方法与思路	(104)
5.3.2	CNG 加气站选址规划分析	(106)
5.3.3	假设条件和建立模型	(114)
5.4	方法应用	(120)
5.4.1	遗传算法的应用	(120)
5.4.2	局部进化 Hopfield 网络的应用	(131)

5.5	对改进我国现阶段城市加气站布置规划方法的建议	(135)
5.6	结合西安城市现有加气站布局的方法运用	(136)
	本章小结	(139)
	参考文献	(140)
6	城市绿色交通物流系统相关主体行为特征分析	(145)
6.1	我国现阶段城市绿色交通物流系统相关主体及其价值和取向	(145)
6.1.1	燃气出租车、加气站及政府行为	(146)
6.1.2	西安市燃气出租车、加气站发展基本情况及主体行为特点	(149)
6.2	博弈分析(一):两用燃料出租车之间	(152)
6.2.1	模型	(152)
6.2.2	模型建立	(153)
6.2.3	结果分析	(156)
6.2.4	结论	(158)
6.2.5	实例分析	(158)
6.2.6	小结及政策建议	(164)
6.3	博弈分析(二):政府与两用燃料出租车	(165)
6.3.1	模型构建	(165)
6.3.2	博弈结果及分析	(170)
6.3.3	总结	(171)
6.4	博弈分析(三):政府与加气站	(171)
6.4.1	加气站经营者行为特征及政府政策	(172)
6.4.2	加气站与政府的微分博弈模型	(173)
6.4.3	算例分析	(178)
6.4.4	小结及政策建议	(183)
6.5	博弈分析(四):其他相关博弈分析	(183)
6.5.1	加气站经营者与燃气车使用者之间的博弈	(183)

6.5.2	加气站经营者之间的博弈	(184)
6.5.3	燃气车生产者与燃气车使用者之间的博弈 ...	(185)
6.5.4	加气站设备生产者与加气站经营者之间的博弈	(185)
本章小结		(185)
参考文献		(186)
7	实现城市交通物流绿色化政策综合分析	(191)
7.1	政策体系框架	(191)
7.2	政策分析依据	(194)
7.2.1	问卷调查基本情况	(194)
7.2.2	问卷变量分类	(196)
7.2.3	影响指标归因分析	(204)
7.3	供给与需求模型构建	(208)
7.3.1	样本数据与变量	(208)
7.3.2	供给模块	(211)
7.3.3	需求模块	(214)
7.3.4	供需仿真概念模型	(215)
7.4	经济政策综合分析	(216)
7.4.1	燃气价格	(217)
7.4.2	燃油价格	(219)
7.4.3	燃料价格比率	(222)
7.4.4	政府对加气站建设的优惠及管制政策	(224)
7.5	其他政策的综合分析	(226)
7.5.1	加气站工作效率	(226)
7.5.2	行驶里程	(228)
7.5.3	出租车一次加气量	(230)
7.6	政策建议	(232)
7.6.1	经济政策建议	(233)
7.6.2	其它政策建议	(235)

7.7 政府宏观调控政策的有效实施 (236)

7.7.1 建立高效的组织机构是推进清洁汽车发展的关键
..... (236)

7.7.2 制定清洁汽车产业发展总体规划，特别是 CNG
加气站站点布局规划 (237)

7.7.3 制定完善的环境法规，助推清洁汽车产业发展壮
大 (239)

7.7.4 努力做好 CNG 加气站建设供地工作，保证建设
用地 (239)

7.7.5 注重科技投入，以科技带动清洁汽车产业发展
..... (240)

7.7.6 提高自我监督意识，加强安全监管力度 (241)

本章小结 (242)

参考文献 (242)

1

城市绿色交通物流系统概述

1.1 背景及意义

在过去 20 多年的发展历程中,中国的城市化水平几乎提高了一倍,全国已有 660 多个城市和19 000多个建制镇,大约有 31%的人口居住在城市(镇),城市化进程正处在一个高速发展的阶段。城市地区人口的增长对城市交通的需求快速上升,特别是家庭汽车拥有量急剧提高。2005 年 11 月,国家信息中心发布的汽车行业预测报告指出,2002 年以来,中国私人购车占整个汽车市场的份额迅速提升,私人购车比例首次超过 50%。“十一五”过后,预计到 2010 年,中国国内汽车市场年需求量为 800 万到 900 万辆,汽车保有量将达到 5 500 万辆,汽车化水平将达到每千人 40 辆,汽车工业增加值占 GDP 比重将提高到 2.5%。另一方面,中国的城市交通系统结构(交通出行方式的组成)还存在相当的不合理,导致城市交通阻塞、交通事故和交通污染等问题愈加突出。仅 2005 年就有道路交通事故报告 450 254 起,造成 98 738 人死亡,469 911 人受伤,直接经济损失高达 18.8 亿元。目前在中国,平均每 1 分钟就有 1 人因交通事故而受伤,每 5 分钟就有 1 人因交通事故而死亡,交通事故已经成

为儿童死亡的第二大原因。因此,日益严重的城市交通问题,在许多地方已经成为制约当地经济和社会发展的瓶颈,同时也造成了平民百姓日常生活中的诸多不便。从根本上说,这是与“以人为本”的原则相违背的。

城市交通问题还派生出其他一系列城市化问题,给城市化发展带来了巨大的负面影响,其中比较突出的就是城市生态环境状况恶化问题。2005年11月,国家环保总局发布报告指出:中国有五分之一的城市居民,生活在空气污染严重的环境中,预计到2010年将有近400个城市空气污染从目前的煤烟型污染转化成煤烟机动车混合型污染。资料显示,汽车尾气排放是城市大气污染的主要源头,我国大城市60%的一氧化碳、50%的氮氧化物、30%的碳氢化合物污染都来源于机动车的尾气排放。严重的环境污染不仅导致高昂的经济成本和环境成本,而且对公众健康产生相当程度的危害,使建设小康社会对环境的要求面临着巨大挑战。同时由于交通设施建设的需要,土地资源正在以2%~3%的速度不断减少,这更加重了问题的严重性。

另外,由于交通运输系统不够完善及物流设施分布不均衡,不仅导致中国的物流成本居高不下,占到GDP的20%以上(发达国家的物流成本一般低于10%),而且物流系统的低效运行,反过来又进一步加剧了城市交通和生态环境问题的恶化。

因此,仅仅局限于交通自身问题的解决方案是无法真正解决城市交通问题的,更无法解决由其引起的其他城市化问题,如:城市社会经济发展问题、城市物流问题、城市人口问题、城市生态系统问题等。我们必须考虑城市交通与城市物流、城市人口、城市生态环境等问题的相互影响和相互作用,将这些因素综合起来在城市及其相关范围内加以分析和综合。

实际上,城市交通问题的产生及其改善涉及到许多复杂因素,是一个“天然”和典型的开放复杂系统问题,这一特点在中国表现得尤为突出。因此我们应当借助系统工程的基本原理,采用复杂系统的研究思路和方法,至少把城市交通、城市物流和生态系统的发展予以综合考虑,从

系统行为整体生成的角度出发,系统化地深入研究相关的科学问题以及方法论和技术方法的开发,如:燃气汽车的开发和推广应用等,使城市交通、城市物流和生态系统的研究达到一个新的水平,初步为我国城市化的可持续发展提供全面综合的理论及方法指导。在这样的背景下,城市绿色交通物流系统就自然孕育而成,其本质上是一个在社会经济发展过程中及城市交通物流领域内,涉及城市物流发展、城市交通战略和城市生态环境要求的复杂经济、技术和社会系统。

当前,大力发展和完善城市绿色交通物流系统是在科学发展观指导下,建设小康社会及和谐社会的根本要求。党的十六大把“可持续发展能力不断增强,生态环境得到改善,资源利用效率显著提高,促进人与自然的和谐,推动整个社会走上生产发展、生活富裕、生态良好的文明发展道路”作为全面建设小康社会的目标之一。十六届三中全会《关于完善社会主义市场经济体制若干问题的决定》又明确提出,要“坚持以人为本,树立全面、协调、可持续的发展观,促进经济社会和人的全面发展”,按照“统筹城乡发展、统筹区域发展、统筹经济社会发展、统筹人与自然和谐发展、统筹国内发展和对外开放”的要求推进各项事业的改革和进步。

我国目前正处于工业化和城市化加速发展阶段,人口增长、资源消耗与环境承载能力的矛盾不断加剧。发展经济是人类生存的基础,也是社会进步的基本条件和必备前提,全面建设小康社会的根本是坚持以经济建设为中心,不断解放和发展社会生产力。但是,要实现国民经济的可持续发展,解决城市化带来的系列社会影响,建设人与自然协调、统一的和谐社会,只强调经济是不行的,必须按照科学发展观的要求,统筹经济社会发展和社会进步,统筹人与自然的协调统一。具体到城市发展问题,就是必须把城市交通、城市人口、城市物流和城市生态环境等问题综合起来加以系统化考虑和分析,即必须大力发展和完善城市绿色交通物流系统,具体落实科学发展观的根本要求,建设和谐城市,促进全面小康社会和和谐社会的建设。

综上所述,城市绿色交通物流系统问题是我国在城市化进程中面临

的比较重要的问题,开展这方面的研究具有重要的理论意义和应用价值。我们应该在前人研究成果的基础上,注重客观地总结、归纳、分析和利用,突破传统理论的界限,从更广的科学范围和更深的技术层次,以多学科、跨领域、综合型的研究方式探讨解决此类复杂系统问题的有效方案。

1.2 系统有关概念解析

城市绿色交通物流系统是一个新兴的多学科、跨领域的开放性复杂社会经济技术系统,目前,我们还处于研究的起步阶段,系统本身也正处于不断变化和发展过程中,存在着诸如:系统结构不明确、系统边界不固定等基本问题。对此我们还要有一个深入认识 and 解析的过程,将其有关的概念分为三个层次简介如下,以便更好地理解 and 认识此类系统问题。

1.2.1

基础层次

a. 城市交通问题

城市交通问题是影响和带动整个城市功能和布局的发展,改善人们居住生活与出行条件的一个重要因素,同时也与城市环境质量密切相关。凯文·林奇(Kevin Lynch)在《城市形态》一书中认为,城市形态具有价值属性,城市形态的好坏是可以评价的,并为我们搭建了城市形态的 5 个性能指标:活力、感受、适宜、可及性和管理,城市交通是考核其中可及性指标的主要内容。现代城市把交通运输和通讯比作城市的血液流动,同时现代交通作为现代城市形态演变的主要因素之一,其发展也有助于城市形态的塑造。尤其是在 21 世纪的信息时代,城市交通日益受到全球化的影响,与城市形式和基础设施的建设形成基本的互动发展关系。

城市交通本质上来说是一个由其内部要素集合而成,复杂开放、随机可控的大系统。一般而言,它可以分为载体子系统(包括各类交通网

络、场站等)、运输子系统(包括运输方式的构成及运输组织管理等)以及交通管理子系统。此外,城市交通大系统的外部环境同样也可以划分为若干个子系统,包括城市地理环境、城市形态与规模以及城市土地利用及社会环境等。城市交通的有效运行既取决于其内部诸要素的整合协同,又受到外部环境的严重制约。

20 世纪 80 年代以来,随着我国城市化进程的高速发展,城市交通问题日益变得严峻,已经成为当今许多城市所面临的难题之一。究其根本是因为经济的快速发展、城市空间布局结构的调整以及人们观念的变化,使城市交通系统运行中的不确定因素越来越多,矛盾越来越复杂。因此,如何保证城市交通的健康运行,最大限度地发挥它的城市载体功能,是新形势下我国城市交通发展面临的一个严峻课题。本课题将城市可持续发展、城市物流和城市交通综合起来考虑,在探究城市形态与城市交通的互动关系以及城市交通发展趋势的基础上,寻求指导我国城市化建设、解决日益拥挤的交通问题的有效出路。

b. 社会物流问题

物流一词是 1979 年 6 月,我国物资工作者代表团赴日本参加第三届国际物流会议后开始在我国出现的。1989 年 4 月,第八届国际物流会议在北京召开,物流一词的使用日益普遍起来。我国自引入物流概念以来,流通领域的现代物流有了很大的发展,在这期间,许多的物流园区,物流企业应运而生,现代物流业已经被确定为我国国民经济的重要产业和经济发展的新增长点,其作为一种先进的组织形式和管理技术,日益成为企业生存和发展的新支柱和利润源泉。现代物流按照作用对象的不同可以划分为社会物流和企业物流,本课题所研究的城市绿色交通物流属于社会物流的范畴,所以在研究过程中不涉及企业物流的具体内容。

中国现代物流业,是为了适应中国经济快速发展及对外开放、市场竞争日益加剧的严峻形势,在传统计划经济体制下的物资计划分配和运输体系的基础上发展起来的新兴产业。随着经济全球化、信息化进程的加快,近几年中国现代物流业有了较快的发展,尤其是在社会物流方面。

首先,社会物流总值大幅增长。2003年,全国社会物流总值达295 437亿元,同比增长27%(按现价计算),明显高于同期GDP的增长速度。其中:工业品物流总值为249 570亿元,同比增长26.8%;农产品物流总值为11 261亿元,同比增长2.5%;进口货物物流总值为34 193亿元,同比增长40%;再生资源物流总值为278亿元,同比增长18.3%;邮政物流总值为136亿元,同比增长3.2%。其次,社会物流总成本占GDP比例持续下降,但比重仍然偏高。2003年,全国社会物流总成本为24 974亿元,同比增长13.6%,较同期物流总值27.5%的增长速度低近14个百分点。其中:运输成本为14 028亿元,同比增长15.1%;仓储成本为7 376亿元,同比增长15.1%;管理成本为3 570亿元,同比增长7.3%。

另外,社会物流总成本占社会物流总值的比重不断下降。2003年社会物流总成本占社会物流总值的比重为8.4%,比2002年下降1.1个百分点,这说明我国社会物流总效益在不断提高。

从以上统计数据来看,我国的现代物流尤其是社会物流已经取得了长足进步,但总体还处在起步阶段,存在许多限制发展的现实问题。在社会物流方面,我国的交通运输基础设施不完备,网络布局不合理,与欧洲和北美国家相比还存在较大差距,即使这些现有设施,由于种种原因也不能加以充分利用。这种相对落后的信息跟踪服务体系和网络模式,一定程度上加重了导致供应链不畅的薄弱环节;同时,在物料配送等供应链体系中继续“黑箱”操作,也制约了社会物流业的发展。另外,流通产业的分散,流通组织的分割,造成没有大流通和大产业的格局,缺少大物流企业来支持全国性的商流、资金流和信息流。

加快发展我国的现代物流业,尤其是关注社会物流的瓶颈问题,对降低企业生产成本,提高社会流通效率,增强市场竞争力,提高经济运行质量和效益,迎接即将到来的分销服务逐步放开的挑战具有重要的战略意义。

c. 系统问题

系统作为系统理论、系统工程和整个系统科学的基本研究对象,需要加以正确理解和认识。社会实践的需要是系统思想产生和发展的根

本原因,自从人类有了生产活动以后,由于不断地和自然界打交道,客观世界的系统性便逐渐反映到人的认识中来,从而自发地产生了朴素的系统思想,对客观世界的系统性及整体性具有了一定程度的认识,并能把这种认识运用到改造客观世界的实践中去。但是,此时的系统思想还没有提出一个明确的系统概念,也不可能建立一套专门的、科学的系统方法论体系。从系统思想发展到一般系统论、控制论、信息论等系统理论,是和近现代科学技术的兴起与发展紧密联系的,直到 20 世纪中期才得以真正实现。

从定义上来看,系统就是由两个以上有机联系、相互作用的要素所组成的,具有特定功能、结构和环境的整体。该定义有四个要点:

(1) 系统及其要素。系统是由两个以上要素组成的整体,构成这个整体的各个要素可以是单个事物(元素),也可以是一群事物组成的分系统、子系统等。系统与其构成要素是一组相对的概念,取决于所研究的具体对象及其范围。

(2) 系统和环境。任一系统又是它所从属的一个更大系统(环境或超系统)的组成部分,并与其相互作用,保持较为密切的输入输出关系。系统连同其环境超系统一起形成系统总体,系统与环境也是两个相对的概念。

(3) 系统的结构。在构成系统的诸要素之间存在着一定的有机联系,这样在系统的内部形成一定的结构和秩序,结构即组成系统的诸要素之间相互关联的方式。

(4) 系统的功能。任何系统都应有其存在的作用和价值,有其运作的具体目的,也即都有其特定的功能,系统的功能受到其环境和结构的影响。

在实际的应用过程中,我们所研究的系统问题绝大多数属于大规模复杂系统。其复杂性主要表现在:系统的功能和属性多样,由此而带来的多重目标间经常会出现相互消长或冲突的关系;系统通常由多维且不同质的要素所构成;一般为人-机系统,而人及其组织或群体表现出固有的复杂性;由要素间相互作用关系所形成的系统结构日益复杂化和动态

化。另外,大规模复杂系统还具有规模庞大及经济性突出等特点。我们课题所研究的城市绿色交通物流系统就是一个动态、开放的大规模复杂社会经济技术系统。

d. 生态问题

在我国,早在荀子所处的战国时代就萌生了生态的理念,而在国外,早在亚历士多德时代这种生态问题也开始萌芽,但直到 1866 年才由德国的海克尔(Haeckel)正式提出“生态”的概念。有关生态问题的理论研究不断地发展,但并没有引起人们对生态问题的真正关注。二战后,煤炭和石油等资源的大规模开采和使用、汽车的日益普及、城市规模和数量的不断扩大等人类向自然的疯狂侵略行为使环境问题在规模上和危害程度上都变得越来越严重。已由二战前的点源性污染发展成为今天的大规模、大范围生态环境问题,如:严重的大气污染、酸雨、温室效应和全球变暖问题、臭氧层破坏、海洋环境恶化、水污染、赤潮和水资源匮乏、森林减少以及土地荒漠化和沙漠化等。这些问题严重损害了人们的健康,降低了人们的生活质量和福利,影响到经济与社会的协调发展。当保护资源环境对于保障人类生存的意义开始大于通过牺牲生态环境来单纯增加国民财富所能产生的效用时,在自然环境与国民财富之间,人类生存性矛盾或危机便产生了历史性的嬗变和转折,生态环境问题取代温饱问题成为人类生存和发展的主要矛盾。至此,人类可持续发展的取向和选择必然是环境的生态化。

目前,人类的生存环境危机四伏,诸如:环境污染、能源匮乏、土地退化等一系列问题,使人类的发展陷入了困境之中,越来越多的生态失衡问题威胁着我们的生存安全。我国的生态安全压力主要来自于两个方面:一是国际间的污染转嫁及生态侵略。对于当今世界而言,生态问题已不单纯是经济问题或科技问题,生态状况的优劣已经直接关系到国家和民族的安危。随着我国全面对外开放政策的实施,难免发生有些发达国家有意将生态作为手段,通过转嫁污染、掠夺资源等方式对我国实行生态“侵略”、“生态破坏转移”,从而加大我国的生态压力,危及生态系统的安全。二是国内生态危机仍然十分严峻。我国目前的环境污染呈现

出“局部改善、整体恶化、点上改善、面上扩展”的格局,环境恶化的趋势没有得到很好的控制,生态状况令人担忧。生态的失衡导致自然灾害频繁发生,并且这些自然灾害造成了对生态安全的致命破坏和巨大的经济损失。因此,生态环境的恶化严重影响了我国的可持续发展和国家的生态安全,事实证明,没有良好的生态发展,就没有社会的和谐发展,更谈不上人的全面发展。

我们课题所涉及的主要是城市生态安全问题,这个系统比较复杂,其包括自然生态和社会生态两大方面,自然生态方面又涉及到诸如:环境质量下降、资源枯竭、生物入侵、生物多样性的丧失等;社会生态方面主要包括城市经济变化、文化及知识结构的变化、社会秩序的不稳定、食品的安全问题、人类疾病的增多等。形成这些问题的原因也是复杂多变的,所以,城市生态问题关系到城市的成长乃至周边区域的发展,是城市可持续发展的首要问题,另外,生态城市的兴起也必须首先要解决城市生态安全问题。目前最突出的城市生态问题是环境、资源和经济之间的结构性矛盾问题,这主要是人口剧增和管理不善造成的。笔者认为以控制人口为重点,同时加强环境治理、完善法制、科学规划、即时监测及合理预测,可以有效地控制和解决城市生态安全问题。

由于城市生态系统的复杂性和动态性,对不同的城市要结合实际采取相应的措施和方法。在解决问题的过程中,我们的重点是在控制管理单因素的同时如何协调多因素之间的关系,以使城市生态系统各部分和谐平衡,从而实现整体的、稳定的、快速的发展,最终达到生态城市的理想目标。

1.2.2 目标层次

a. 绿色物流

(1) 绿色物流的定义

绿色物流是指在物流过程中抑制物流对环境造成危害的同时,实现对物流环境的净化,使物流资源得到充分利用。随着环境资源恶化程度

的加深,人类所面临的生存和发展威胁也逐步加大,因此人们对环境的利用和保护也越来越重视。现代物流的发展必须优先考虑环境问题,需要从环境角度对物流体系进行改进,即需要形成一个与环境共生型的物流管理系统。这种物流管理系统建立在维护全球环境和可持续发展的基础上,改变了原来发展与物流、消费生活与物流的单向作用关系,在抑制物流对环境造成危害的同时,形成一种能促进经济与消费健康发展的物流系统,即实现向绿色物流的转变。现代绿色物流管理强调全局和长远利益,强调全方位对环境的关注,体现了组织的绿色形象,是一种新的物流管理趋势。

(2) 绿色物流的内涵

下面从绿色物流的目标、行为主体、活动范围及其理论基础四个方面来详细剖析绿色物流的内涵。

绿色物流的最终目标是持续性的发展,实现该目标的准则是经济利益、社会利益和环境利益的统一。一般的物流活动主要是为了实现组织的盈利,满足顾客需求,扩大市场占有率等,这些目标最终都是为了实现某一主体的经济利益。而绿色物流在上述经济利益的目标之外,还追求节约资源、保护环境等既具有环境属性,又具有社会属性的目标。

绿色物流的行为主体不仅包括专门的物流企业,也包括产品供应链上的产品制造企业和分销企业,同时还包括不同级别的政府和物流行政主管部门等。在产品生命周期的每一个阶段,都不同程度地存在环境问题,专业物流企业对运输、包装、仓储等物流作业的绿色化负有一定责任和义务。作为供应链上的制造企业,既要设计、生产绿色产品,还要与供应链上的其他企业联合起来,改变传统的物流体制,制定绿色物流战略和策略。另外,各级政府和物流行政主管部门在推广和实施绿色物流战略过程中具有不可替代的作用。

从绿色物流的活动范围来看,它包括物流作业环节和物流管理全过程的绿色化。从物流作业环节来看,包括绿色运输、绿色包装、绿色流通、绿色加工等。从物流管理过程来看,主要是从环境保护和节约资源的目标出发,改进物流体系,既要考虑正向物流环节的绿色化,又要考虑

供应链上的逆向物流体系。

从绿色物流的理论基础来看,包括可持续发展理论、生态经济学理论和生态伦理学理论。首先,物流过程不可避免地要消耗资源和能源,甚至污染环境,要实现持续的发展,就必须采取各种措施,形成物流环境之间的共生发展模式。其次,物流系统既是经济系统的一个子系统,又通过物料流动、能量流动建立了与生态系统之间的联系和相互作用。绿色物流正是通过经济目标和环境目标之间的平衡,实现生态与环境的协调发展。另外,生态伦理学告诉我们,不能一味地追求眼前的经济利益而过度消耗地球资源,破坏子孙后代的生存环境。绿色物流及其管理战略将迫使人们对物流中的环境问题进行反思和控制。

b. 城市物流

(1) 城市物流的定义

城市物流简单来说,就是指物品在城市内的实体流动、城市与外部区域的货物集散、城市废弃物的清理等区域物流活动。

城市问题是 21 世纪的一个世界性问题,城市问题的研究范围十分广泛,例如:城市规模与城市经济发展问题、城市人口问题、城市资源问题、城市环境问题等。城市物流研究的目的是在应用现代信息技术和现代物流理念与技术的基础上,从城市整体目标考虑,研究单一企业或单一供应链之外的更宏观的物流问题,以实现城市及区域物流的合理化。城市物流的合理化就是从物流系统的角度出发,研究城市物流资源最佳配置、经济效益与城市环境效益的协调化发展模式,以最小的社会消耗实现高效的物流活动。因此,城市物流是城市化问题研究的基本范畴之一。

城市物流产生的动因就是为了解决城市内货物运输带来的一系列问题,包括严重的交通阻塞、消极的环境影响、能量高消耗及劳动力短缺等问题。为此,对城市物流作出如下的定义:所谓“城市物流”即是以提高城市竞争力为核心,通过应用先进的信息技术和物流技术,实现城市物流和运输活动的最优化,同时努力降低物流活动对城市交通堵塞、交通环境和能源消耗的负面影响的一系列活动。

从定义我们可以看出,城市物流是在企业微观物流的基础上发展起来的更深层次的物流形态,然而,它又不完全属于宏观物流和社会物流的范畴,而是介于社会宏观物流与企业微观物流之间的中观尺度的物流,可以称之为中观物流。城市物流与区域物流相似,但各有不同的侧重点,城市物流是重点解决一个城市内的物流优化问题。

城市物流可以看作是城市内众多企业的微观物流向城市之间的宏观物流的一种过渡。长期以来,物流学只重视对宏观物流和微观物流的研究,而对城市物流则很少涉足,通常将城市当作宏观物流网络上一个简单节点来处理。然而随着城市化进程的加快,城市的数量在激增,城市的规模也在不断扩大。因此,研究城市物流,对于加强社会物流与企业物流的衔接、提高城市内企业的运作效益、改善城市软环境等都具有十分重要的意义。

(2) 城市物流的内涵

在一个城市形成之后,整个城市的经济活动及政治活动、人们的生活和娱乐活动等都是以物流为依托的。因此,城市物流涉及的问题很多,不仅有城市的发展规划问题,而且还要研究城市生产、生活所需物资如何流入和流出,如何以最有效的方式供应给企业、机关、学校和家庭等组织,城市巨大耗费所形成的大量废弃物物流又如何组织等问题。可见,城市物流的内涵是非常丰富的。

首先,从物流活动的范围看,城市物流是城市规划和管理的重要内容,是城市功能得以发挥的有力支柱,是城市资源合理配置和有效利用的基础。国外发达国家从 20 世纪 80 年代便开始着手研究城市物流规划和管理问题,出现了像德国不来梅、日本东京等城市物流规划和管理典范。

其次,从物流活动的功能上来看,按照国外城市物流专家的观点,城市物流的任务就是为处在城市中的零售商、工商企业和家庭,以城市可以承受的方式,经济高效地进行物资供应和废弃物清理,以减少城市交通和环境的负担。

最后,从上述两方面的分析可以归纳出城市物流的服务对象包括两

个层次:第一个层次是本城市的企事业单位和广大居民,包括制造业、流通业、运输业、仓储业、零售业、金融业等行业的企业、机关、学校等,其物流功能表现为实现原材料、零配件、产成品和各种固体废弃物的集散和短距离位移;第二个层次的服务对象是由城市之外的宏观物流产生的,其功能具体表现为通过本城市与其他城市的宏观物流进行对接和延伸。对于处于交通枢纽地位的城市来说,这方面的物流量是十分巨大的,而且对拉动城市其他产业的发展、解决城市就业问题具有非常重要的作用。

c. 交通物流

(1) 交通物流的定义

现代物流的形成和发展是市场分工和合作的产物,很大程度上是多种因素综合作用的结果,其中包括交通运输基础设施和运输技术的发展、运输市场的开放和规范化、运输成本的降低等。从微观层次上来看现代物流包括诸多环节,如:运输、仓储、库存、包装、配送、加工、信息处理等,这些看似相互独立的环节被现代物流理念整合起来,以便更加有效地利用有限的社会资源,创造更大的社会财富。从具体实践中看出,尽管现代物流的发展已经使它包含了众多的环节和要素,但它的核心任务还是要完成货物的位移,所以交通运输仍是现代物流的核心内容,直接关系到物流运作的有效性和质量水平。交通运输与现代物流的契合就产生了交通物流,它是现代物流的重要组成部分,简单概括来说,交通物流就是以交通运输业为发展对象,运用现代物流的思想和方法整合社会或特定区域内的交通资源,重构及优化交通运输的发展模式,以创造良好经济效益和社会效益为目标的实际物流形态。其中涉及的主要环节包括:运输、包装、仓储、配送、货物代理、转运、报关、检查检验、文件处理、银行审单等。

(2) 交通物流的发展和内涵

交通物流的发展受到两大因素的影响,一方面,现代物流随着科技的进步和经济的全球化而成为经济系统的重要组成部分,在国民经济和社会发展中发挥着重要作用。发展现代物流可以提高国民经济的质量

和效益,优化资源配置,改善投资环境,促进企业结构调整等,所以,现代物流的发展为交通物流的发展创造了良好的社会环境和经济环境。另一方面,交通运输业是国民经济的基础,改革开放后,国家一直把交通运输业作为国民经济发展的战略重点,在领导力度、政策倾斜和财政投入等方面都给予了有力的支持。我国交通运输业已经初步形成了由水路、公路、铁路、航空和管道五种运输方式组成的相互独立又分工协作的综合运输体系。在基础设施、技术装备、管理水平等方面都取得了长足进步,为发展交通物流体系提供了必要基础和可行性。

在现代物流的发展过程中,交通运输本身就是现代物流系统的重要环节,而现代物流也是交通运输企业发展的必然趋势。因此,我们必须积极进行物流实践,开拓物流服务领域,创新物流服务模式,以便逐步建立起相对完备的交通物流体系,从而将交通物流主体、交通物流环境和运行机制融为一体,促进全社会或特定区域交通物流资源的合理配置和高效利用,促进交通物流企业与组织机构之间的相互协调和良性互动,最终体现现代物流发展的战略目标。

d. 物流系统

(1) 物流系统的定义

物流是商品、服务以及相关信息从原产地到消费地的流动,是为此高效、有效的流动和储存而进行规划、控制的过程。物流由诸多环节构成,各环节之间存在着相互关联、相互制约的关系,正是通过各环节之间的相互协调和制约,实现了物的高效率、低成本的流动这一特定功能。由这些物流环节及其涉及的物品、信息、设施、设备及行为主体组成的整体就是物流系统。物流系统是社会经济系统中的一个子系统,其直接目的是实现物资的空间效益和时间效益,在保障社会再生产顺利进行的前提下,实现物流活动中各个环节的合理衔接,并取得最佳的经济效益。据以上的阐释和分析对物流系统作如下定义:

物流系统是指在一定时间和空间里,由所需位移的物资所构成的具有特定功能的有机整体,这些物资包括安装设备、搬运装卸机械、运输工具、仓储设施、人员和通讯联系等若干相互制约的动态要素。

(2) 物流系统的内涵

总体来说,物流系统是一个跨时域、跨地域的、人-机一体化的复杂系统,我们从其各性能要素出发具体把握它的内涵。

从物流系统的环境性能来看,物流系统的许多方面都会对环境产生影响,其具体表现为物流系统各组成要素对环境的友好程度,包括物流网络建设和物流系统运作过程中的环境影响。物流活动过程中固体废弃物及废液污染、噪声污染程度等可以作为评价环境污染的指标;另外,物流网络构建中的基础设施建设也会带来环境污染和生态环境破坏,因而也是应该考虑的重要因素。

从物流系统的资源性能来看,这里的资源是广义上的资源,包括物流系统活动中对原材料资源、设施设备资源和能源资源的利用率。资源消耗速度越慢、消耗量越少或资源的重复利用率越高,就说明物流系统的资源性能越好。

从物流系统的经济性能来看,它是面向物流系统整体和系统生命周期的。由于物流系统是为整个区域经济大系统服务的,因此,物流系统的成本和效益既有企业内部的,也包括企业外部的。尤其是在进行物流系统经济性能评价时,不仅要考虑企业内部的物流成本和收益;还要考虑供应链上的物流成本和收益;同时还要考虑物流系统的社会成本和社会效益。

从物流系统的技术性能来看,主要是指物流系统的技术先进性。传统的物流是劳动密集型的,被认为是科技含量低的行业,而现代物流是基于信息技术、网络技术和智能技术的新兴产业。物流系统经济效益的取得要靠物流科技,以降低物流过程中的环境影响和资源消耗。因此,物流系统的先进性可以从物流装备的先进性、物流管理的信息化、物流系统决策的科学性等方面进行考虑。

本课题所涉及的物流系统是属于社会物流的范畴,因此,并不仅仅看重单个的物流企业,而是从物流供应链整体和社会公共交通的角度来加以综合考虑的。

1.2.3

核心层次——城市绿色交通物流系统

城市绿色交通物流系统是一个涉及城市交通、城市人口、城市物流和城市生态环境的多维复杂社会经济技术系统,它的根本目标就是实现城市的可持续发展。在前文实际分析和理论综述的基础上,我们给出城市绿色交通物流系统的定义:从本质上说它是一个运用系统工程的思想和方法,综合考虑城市交通、城市物流和城市环境等城市发展问题,并寻求合理解决途径以实现城市的生态化为根本目标的开放复杂的社会经济技术系统。其内涵包括以下几点:

第一,必须全面、综合地考虑城市交通、城市物流和城市生态环境问题,将三者统一起来。只有这样,才能达到解决城市交通问题的根本目的,即实现城市的全面、协调、可持续发展。例如:不能为了城市交通问题的解决而导致生态环境恶化,危害人居环境;不能为了城市物流的畅通高效而影响城市交通资源和土地资源的合理利用,阻碍城市社会经济活动的健康发展。针对一些具体明确的城市物流、交通和生态问题,已经存在较好的解决办法,但对于综合系统,由于其结构不明确、边界不确定,单个的独立分析方法难以刻画和分析城市绿色交通物流系统中城市交通、城市物流和生态环境三者之间的相互作用关系。所以,我们必须在已有成果的基础上,突破传统思维,探索研究此类复杂问题的新途径和新方法。

第二,城市交通、物流和生态系统问题不存在科学经典的彻底解决方案。作为开放的复杂系统,由于所在的环境包含了人与社会的动态变化和不可预测性,城市物流、交通和生态系统的本身是难以长期预测的,而且问题又处于不断变化和发展之中,需要一个不断深化认识的过程。这类系统实际上不存在精确完备的整体解析模型,因此,无法科学地一劳永逸地解决这些城市化问题。我们要基于不断探索和改善的原则,研究建立有效可行的实验方法体系,为不断完善城市绿色交通物流系统的解决方案提供科学参考。

第三,城市交通、物流和生态等城市化问题不存在一般意义上的最

优解决方案,更不存在唯一的最优解。首先,基于解析模型的最优解与假设条件直接相关,具有条件敏感性,但对于城市绿色交通物流系统这样的问题,假设条件与实际情况往往存在很大差别,因此,以往的最优解方法几乎都不可用。其次,解决这一问题一般不存在单一的优化指标,而多层次多目标优化往往导致多个甚至无数个解决方案,就连近似解析模型的多目标优化也是这样。再次,对于这类复杂系统,有时甚至连确定一个量化的综合优化指标也有困难,特别是由于复杂系统长期行为的不可预测性,试图求解其某一最优解决方案本身就是不可行的。因此,我们应当接受有效解决方案的概念,而且还要接受一般情况下存在多种有效解决方案的事实。

1.3 系统的理论基础

城市绿色交通物流系统是一个跨学科、跨地域、跨时域的开放的复杂动态系统,其建立和完善具有丰富的理论基础。

1.3.1

系统理论及复杂系统

关于系统理论,正如钱学森同志所说:“我认为把运筹学、控制论和信息论同贝塔朗菲(一般系统论)、普里高津(耗散结构理论)、哈肯(协同学)、弗洛里希、艾肯等人的工作融会贯通,加以整理,就可以写出《系统学》这本书。”可见系统论、信息论、控制论(简称三论)、运筹学是系统科学的重要理论基础和工具,其中运筹学提供了定量分析的工具,三论为系统科学的发展注入了新的思想。具体来看,系统论或狭义的一般系统论是研究系统的模式、原则和规律,并对其功能进行数学描述的理论;控制论是研究各类系统的控制和调节的一般规律的综合性理论,“信息”和“控制”等是其核心概念,它是继一般系统论之后,由数学家维纳在 20 世纪 40 年代创立的;信息论是研究信息的提取、变换、存储和流通等特点和规律的理论。

由于所面临的社会经济系统规模日益庞大,影响因素日益复杂,在实施过程中有许多不确定的随机因素需要考虑,所以系统理论为了适应实际问题的需要,在运筹学、控制论、信息论等学科方面得到了迅速发展。在实践过程中,注重原有的系统理论与其他科学技术特别是物理学、数学、理论生物学、系统生态学、数量经济学、定量社会学等的结合,取得了新的发展和突破。这些不同领域的科学成就,除了具有本学科的特点外,实际上都不同程度地揭示了系统的一些性质和规律。

复杂系统理论正是在原有系统理论的基础上,结合实际问题的需要发展起来的一种综合集成式理论,从现在认识到的范畴来看,复杂系统理论包括了开放系统理论、非线性系统理论和不确定性系统理论三大门类,其中心内容是组织与自组织原理。就目前的研究水平来看,复杂系统被普遍地认为具有物质、能量、信息的全面开放性;具有各种非线性机制;具有各种不确定性。复杂系统的上述特点明确决定了复杂系统理论的研究内容。

复杂系统的理论研究是围绕着组织与自组织这个主题展开的,所谓组织就是指系统的管理与决策;所谓自组织,就是系统在没有外部命令和条件的干涉下,靠系统内部相互默契协调行为,构成达到某一个结果的联合行动,也就是说系统通过内部协调自发地出现新的稳定结构。这种行为是复杂系统近年来的研究焦点,因为只有在复杂系统中才会产生这种行为,故复杂系统理论最重要的特点就是研究有组织的复杂性。

开放系统理论主要研究复杂系统的开放性,复杂系统的开放性不仅包括系统间的物质、能量开放,而且包括在现代社会中越来越重要的信息开放。因此,开放系统理论包含了研究一般系统的热力学理论、物质与能量守恒理论、信息论等一切与系统开放相关的理论。非线性系统理论以过去常被人们所忽略的非线性现象为研究核心,包括了近几十年先后发展起来的动力系统理论、分叉理论、微分几何理论、微分方程定性理论、耗散结构理论、协同学、突变论、混沌动力学理论、分形几何理论、神经元网络理论、超循环与微循环理论、细胞自动机理论等与研究非线性有关的理论。不确定性系统理论则包含了处理系统随机性的概率统计

与随机过程理论、随机微分方程理论等；处理系统模糊性的模糊集与模糊系统理论等；还包含了可能性理论、证据理论等等。由于复杂系统的三种特性是相互联系、互为因果的，所以复杂系统理论的这三大门类也是相互联系、相互渗透的，只有将三者有机地联系起来才能构成统一的能够处理系统问题的复杂系统理论。

复杂系统理论的许多研究目的目前还处于初级阶段，与钱学森等提出的“系统学”所要求的内容还相去甚远，这主要是由于复杂系统的研究难度大、涉及的学科较多、数学理论深奥等因素造成的。目前复杂系统理论仅在为数不多的领域中有了成功的应用，而在包含有人的社会生命系统中的应用还不很成熟。另外，复杂系统理论的内容自始至终都在不断完善和发展，很多理论问题的进展与数学的发展是同步进行的，因而数学方法的新发展对复杂系统理论的研究起着举足轻重的作用。

1.3.2

城市可持续发展理论

世界环境与发展委员会(WCED)于1987年在《我们共同的未来》报告中，第一次对可持续发展作了全面、详细的阐述，并给出了可持续发展的定义：“可持续发展是既能满足当代人的需要，而又不对后代人满足其需要的能力构成危害的发展”。1992年联合国环境与发展大会通过了《里约环境与发展宣言》、《21世纪议程》等纲领性文件，这体现了当代人类社会可持续发展的新思想，树立了环境与经济、社会发展相协调的新观点，使可持续发展成为全球的共同行动战略。

城市的可持续发展是城市的管理者和决策者运用人力、物力、财力、技术、信息、时间、自然资源、环境资源等来调节与控制城市生态系统的发展和演化，使其达到人们预定的生态、经济、社会三大效益同步提高目标的系统工程。它包括城市经济可持续发展、城市社会可持续发展和城市生态可持续发展等相关内容。由于城市是人类文明的标志，是一个时代的经济、政治、社会、科学、文化、生态环境发展和变化的焦点和中心，故任何国家的可持续发展首先表现为城市可持续发展。中国要在21世

纪实施可持续发展战略,首先也要实现城市的可持续发展。

依据前述可持续发展的内涵,城市可持续发展应该定义为在一定的时空尺度上,以最少的劳动、技术、资金和资源消耗,取得城市增长、城市结构变革和城市进步所产生的集聚效益,从而既满足当代城市发展的需求,又满足未来城市的发展需求。城市可持续发展的内涵丰富,涉及的范围也较为广泛,概括起来包括发展、协调、限制和公平四个方面。

a. 发展

发展是人类本能的需求,是人类共同和普遍的权利,也是与人类共存的永恒主题。城市经济发展,既包含基础设施的配套及完善、社会和文化设施的齐全以及城市运转网络的高效;也包含城市专业化生产的确立、支柱产业的优选、产业结构的升级以及三大产业的协调和合理布局;还包含城市经济与城市建设的互补互促、良性循环以及城市经济实力和城市功能的不断增强,城市聚集力、吸引力、辐射力和竞争力的不断提高。城市发展是以促进城市社会进步及科技发展、普及教育、满足城市需求、提高城市综合效益和城市居民物质及文化水平为最终目标。

b. 协调

协调是城市经济稳定及健康发展的重要条件、主要内容和实际体现。协调主要包含城市经济与城市居民消费的协调;城市经济与环境质量、资源利用、社会发展的协调和平衡;城市经济系统、人口系统、绿色系统、环境系统、技术系统、资源系统、调控系统及其各要素、各层次之间的相互配合和调适;以及人口增长、流动人口变化与城市建设、城郊发展、区位环境改善、社区服务、科教发展、社会治安、管理水平提高的协调。

c. 限制

限制是协调的内容和发展的重要保证,是与自然和谐共处的重要前提。限制应包含:规范和限制城市发展向自然索取的行为和方式;正确处理开发、利用自然与保护自然生态、维持自然特色的关系;转变思想观念和经济增长方式,达到资源综合利用和效益提高的目标,严格控制城市用地规模和人口规模;摒弃浪费资源、污染环境、高消耗、高失业、低效

益的增长模式。另外,谋求经济高速增长必须包含对城市开发体系、文化保护体系、绿色环保体系、高新技术体系的定位和配套。

d. 公平

公平是发展的基础和目标,也是协调的展现。公平体现了人权和平等。公平包含城市资源分配的代内及代际公平,具体要实施的就是缩小代内贫富差距,消除城市贫困;向城市所有居民建造和提供适当住房,并努力改善城市社会经济环境,提高所有人的住区环境质量和生活质量。公平提倡当代人在追求城市经济增长和满足自身需求时,要留给后人同样均等的机会,不能毫无顾忌地占用耕地,盲目扩大城市规模,以致加大大本来就很紧张的人地关系。反对只追求眼前利益而降低自然资源的利用价值,造成资源流失和浪费的行为,这种行为剥夺了后人本应享有的同等发展和满足需求的可能性。也反对急功近利,以牺牲环境谋取经济增长的做法,它不仅使自身饱尝环境恶化的苦果,而且还留给后人环境破坏的后患,无形地剥夺了后人本应享受优美环境的权力,使公平严重失衡。

1.3.3

生态经济学理论

生态经济学的思想可以追溯到 1968 年肯尼思·波尔丁(Kenneth Boulding)发表的《一门科学——生态经济学》。此后,不少经济学家开始从生态学与经济学相互结合的角度探讨与生态环境有关的经济问题,初步提出了一些生态经济的概念和理论,如“生态经济系统”、“生态农业”、“工业生态学”、“循环经济”等。它是一种全新的经济学思想,其意义在于把客观存在的实体——生态经济系统作为研究对象,也就是把自然生态系统和社会经济系统视为一个整体,并在研究中揭示其规律性。所以综合来看,生态经济学就是研究再生产过程中,经济系统与生态系统之间的物质循环、能量转化和价值增值规律及其应用的科学。它打破了传统经济学的研究范式,为社会与经济可持续发展提供了新的理论视野和思维方式,并与我国社会主义建设的实践相结合,探索了一些具有

普遍意义的观念和认识。

尽管生态经济学已经有了 30 多年的发展历史,但直到今天,仍然不够成熟,一个主要表现就是对本学科领域内的一些最基本的理论问题认识尚十分肤浅和模糊。下面从两个方面对其进行阐述。

一是生态经济学的研究对象。在中国,绝大部分生态经济学者认为生态经济学的研究对象已经很明确,就是所谓的“生态经济系统”。关于生态经济系统的含义,马传栋的解释具有代表性。他认为:“生态经济系统是经济系统和生态系统结合而成的复合系统,生态系统和经济系统所以能被相互结合成为生态经济系统是由于构成生态经济系统的这两个子系统时时刻刻都存在着相互作用、相互影响和相互制约的关系。经济系统作用于生态系统的主要途径是通过人类劳动、科学技术和人类需求这三个环节进行的。”但是,从历史的角度来看,人类对经济活动与生态环境关系的认识有一个不断深化的过程,随着研究的不断深入和经济实践的不断扩展,生态经济学研究对象的内涵与外延也会不断发展和突破。

二是生态经济学的研究方法。生态经济学认为:经济系统从属于生态系统,并且作为生态系统的的一个子系统,其在功能结构和演化过程方面与生态系统具有内在一致性,这一论断确立了生态经济学研究的方法论基础。因此,生态经济学的研究方法论就是以促进经济可持续发展为目标,用生态学方法来研究相关经济问题。当然,这并不是说在生态经济学研究中不能采用其他的经济理论和方法,作为一门发展中的经济学科,生态经济学需要积极借鉴和吸收其他学科的研究方法,但其方法论的核心应当是用生态学方法研究经济现象。

具体到物流问题,我们看到:物流是社会再生产过程的重要环节,它既包括物质循环利用、能量转化,又有价值转化与价值实现。因此,物流涉及经济与生态环境两大系统,理所当然地架起了经济效益与生态效益之间联系的桥梁。而传统的物流管理没有处理好二者的关系,过多地强调了经济效益而忽视了环境效益,从而导致了社会整体效益的下降。经济效益主要涉及目前和局部利益,而环境效益则关系到宏观与长远利

益,城市绿色交通物流的出现,较好地解决了城市范围内经济利益和环境利益的相互关系问题。它是以经济学的一般原理为指导,以生态学为基础,对城市物流的经济行为、经济联系及其规律与生态系统之间的相互关系进行研究,以谋求在生态平衡、经济合理、技术先进条件下的生态与环境的最佳结合及协调发展。

1.3.4 生态伦理学理论

生态伦理学是一门新兴的交叉科学,目前国际和国内都有大量的学者在进行研究,所做出的成果也非常显著,概括来说,生态伦理学要探讨的是在不损害社会福利和生态价值的前提下市场经济主体在经济利益最大化时的行为规范问题。笔者认为,按照生态存在论的观点,必须对生态价值、伦理价值和经济价值进行由高到低的道德原则排序,以便于在现实中进行实践和验证。国内著名的专家余谋昌教授指出:“当我们涉及生态伦理学时,可以认为它既包含科学,又包含信仰。因为它是作为科学的伦理学知识体系的一部分,但又包含崇拜生命的信仰。它的对生命的赞美,对生命本质力量的信赖,是关于人与自然的真、善、美的赞歌。”从中我们可以看到生态伦理学既包含着科学,同时也包含着崇拜生命的信仰,当然这种信仰不是在宗教迷信基础上的信仰,而是包含着对人类追求自我完善的认同和褒奖,始终贯穿其中的就是自然和人文的和解。

长期以来,人类文明的发展使得社会伦理获得了极大的巩固和发展,并且在文化的惯性中不断强化这样一种观念:伦理道德只存在于社会中,只有人与人之间才存在责任和义务,所以说,在社会伦理的发展过程中人与自然的关系被极大地漠视和冷淡。生态伦理学的出现就是将伦理道德扩张到人与自然之间,也就是说人与自然的伦理内涵在生态伦理学中得到了充分体现。虽然生态伦理学将人与自然的关系提到了价值评价的高度,但并不是在避开人的社会关系的基础上来研究人与自然的道德关系,而是在社会、人和自然相互统一的价值坐标中来构建自己

的理论体系。这样生态伦理就在社会伦理的基础上实现了人类伦理思维的新转折,将自然和人文融合在自己的理论视野之中,它既在自然必然性的基础上来认识自然,还在社会必然性的基础上来认识自然,并在融合科学和价值的基础上提出调控人类行为的规范原则。

结合要研究的城市绿色交通物流系统,我们可以看出:生态伦理学迫使人们对物流过程中造成的环境问题进行深刻反思,从而产生一种强烈的社会责任感与义务感。为了人类自身更健康和更安全地生存与发展,为了千秋万代的切身利益,人类应自觉维护生态的平衡,这是时代赋予我们的不可推卸的责任,也是人类对自然应尽的义务。

1.3.5

交通流理论

交通流理论是运用物理和数学的定律来描述交通特性的一门边缘学科,它的应用能更好地解析交通现象及其本质,使道路发挥最大功效。作为交通工程学的基础理论,多年来交通流理论广泛应用于交通运输工程的许多研究领域,如交通规划、交通控制、道路与交通工程设施设计等方面。目前,对交通流理论的定义不尽相同,但归纳各家定义的主要思想,可以给交通流理论下一个定义:交通流理论是研究在一定环境下交通流随时间和空间变化而变化的规律的模型和方法体系。

交通流理论的发展与道路交通运输业的发展及科学技术的发展密切相关,在交通运输业的不同发展时期和科学技术发展的不同阶段,对交通流理论的需求和研究都不同,因此产生了交通流理论的不同发展阶段。

按时间序列来说,交通流理论的研究始于 20 世纪 30 年代,由金蔡(Kinzer, J. P)在 1933 年首次提出并论述了泊松(Poisson)分布应用于交通的可能性;1936 年亚当斯(Adams, W. F)发表了有关的数值例题;1947 年格林·舒德(Green shields)等人在其有关交叉口的交通分析中采用了泊松分布,这一时期的交通流理论基本上是概率论方法。40 年代由于受二次世界大战的影响,交通流理论的研究进展不大。从 50 年

代起,随着世界汽车工业的发展和交通量的骤增,交通流中各种车辆的独立性越来越小,也即交通现象的随机性越来越弱,于是现代交通流理论的研究出现了各种新的探讨,其中主要是车辆跟驰理论、流体动力学模拟理论以及车辆排队理论,从而取代了早期的概率论方法。到 70 年代,由于汽车的普及已经使得交通成为世界各国大、中城市越来越严重的问题,需要发展交通流理论来解决各种复杂的交通问题。由于这种需求,使交通流理论得到了稳步发展,其多个方面的理论和方法都随着相关学科理论和技术的发展而得到了发展和突破,交通流理论进入一个迅速发展时期。

按照研究手段和方法,交通流理论划分为两类:一是传统交通流理论,具体是指以数理统计和微积分等传统数学和物理方法为基础的交通流理论。其明显特点是交通流模型的限制条件比较苛刻,模型推导过程比较严谨,模型物理意义明确,如:交通流分布的统计特性模型、车辆跟驰模型、交通波模型、车辆排队模型等。传统交通流理论在目前的交通流理论体系中仍居主导地位,并且在应用中方法相对成熟。二是现代交通流理论,具体是指以现代科学技术和方法如模拟技术、神经网络、模糊控制等为主要研究手段而形成的交通流理论。其特点是所采用的模型和方法不追求严格意义上的数学推导和明确的物理意义,而更重视模型或方法对真实交通流的拟合效果。这类模型主要用于对复杂交通流现象的模拟、解释和预测,而使用传统交通流理论要达到这些目的就显得比较困难。传统交通流理论和现代交通流理论并不是截然分开的两种交通流理论体系,只不过是它们所采用的主要研究手段有所区别,在研究不同的问题时它们各有优缺点,在实际研究中常常是两种模型同时使用效果更好。

总之,交通运输工程的需求和科学技术的发展是交通流理论发展的基本条件,脱离这两个条件去研究交通流理论是不现实的,也是不可能的,撇开这两个条件去评价交通流理论是不客观的。这两个基本条件的发展变化决定了交通流理论的发展变化,我们应根据这两个条件的变化去把握交通流理论的发展前沿。

1.4 系统特征

城市绿色交通物流系统作为城市物流系统、绿色物流系统和交通物流系统的边缘交叉系统,既具有上述系统的一般特征,又具有与众不同的自身特征,笔者将其阐释如下:

1.4.1

系统功能、属性、目标多样,且有冲突目标

城市绿色交通物流系统是一个新兴的复杂社会经济技术系统,其系统功能具有多重性,不同于其他一般系统的有限功用。系统作为城市区域内的复合系统,必须实现城市物流、城市交通和城市生态环境改善的相关主体功能,并在生成过程中进行一定程度的平衡和协调,使其作为系统的整体功能得以充分发挥和展现。系统还具有属性的多样化特性,系统具有经济属性、环境属性、资源属性和技术属性,其中环境属性是其他三种属性的基础,也是城市绿色交通物流的特色所在,因此,在实施过程中必须优先考虑系统的环境属性,并在一定程度上兼及其他三种属性。

系统的多目标性体现在城市物流活动要顺应可持续发展战略目标的要求,注重城市交通问题与物流活动的结合,注重对生态环境的保护和对资源的节约,注重经济与生态的协调发展,追求企业经济效益、消费者利益、社会效益与生态环境效益四个目标的统一。从系统论的角度出发,我们可以看到,在城市绿色交通物流系统中,各个目标之间是相互作用、相互制约的,有时候甚至是相互矛盾的,一个目标的增长将以另一个或几个目标的下降作为代价。如何取得系统中多个目标之间的平衡,这正是我们所要面对的切实问题。从可持续发展理论的观念看,生态环境效益的保证将是前三者效益得以实现的关键之所在。

1.4.2 系统结构复杂,具有人-机特性且物流、信息流、价值流及人流交融、互动

城市绿色交通物流系统作为一个复合系统,系统内部相关主体众多、影响因素层次性较强、主体及因素间作用关系机理不明确,整体呈现出系统结构复杂,具有多层次性。具体体现在以下三个方面:

(1) 从对其管理和控制的主体看,可分为社会决策层、企业管理层和作业管理层等三个层次的物流活动,或者是宏观层、中观层和微观层。其中社会决策层的主要职能是通过政策、法规的手段传播城市可持续发展理论、城市交通物流理论、绿色物流理论等与系统有关的理论和理念;企业管理层的职能是从战略高度与供应链上的其他企业协同,共同规划和控制企业的物流活动和物流系统,在城市范围内建立有利于资源再利用的循环物流系统;作业管理层主要是指在城市物流活动的作业环节中各项物流活动与城市交通、城市可持续发展思路的具体结合,涉及到具体实施过程中的细节问题,如:交通运输的绿色化、产品包装的绿色化、流通加工的绿色化等。

(2) 从系统的观点来看,城市绿色交通物流系统是由多个单元(或子系统)构成的,如运输子系统、仓储子系统、产品包装子系统等。这些子系统又可以按照空间或时间特性划分成更低层次的子系统,每个子系统都具有层次结构,不同层次的物流子系统通过相互作用,在城市范围内构成一个有机整体,从而实现系统的整体目标。

(3) 城市绿色交通物流系统还是一个更大系统的子系统,这就是本系统赖以生存和发展的外部环境,包括法律法规、政治及文化环境、资源条件、环境资源政策、城市化发展规划等,它们对城市绿色交通物流系统的实施将起到约束或推动作用。

另外,城市绿色交通物流系统还是一个人-机交互程度比较高的社会经济技术系统。系统所要解决的是城市区域的可持续发展问题,最终实现城市内物流、交通和生态环境的协调及统一。在系统实现过程中,必须充分发挥人的主观能动性来认识固有的城市客观情况,并进行相关

的系统化思考,从而找到解决这些复杂问题的有效方案,实现主观与客观的高度统一、人-机交互程度的不断提高。在这个系统内不仅具有物流和价值流的频繁流动,而且具有知识经济环境下越来越重视的信息和人才不断流动,并且物流、价值流、信息流和人流之间存在高度的交融、互动的发展关系。

1.4.3

系统高度开放,环境依存性突出

城市绿色交通物流系统具有高度开放特性,并且对环境的依存性比较突出,其主要表现在以下两个方面:

a. 系统在时间上具有高度开放性

系统的物流活动贯穿于产品或项目生命周期的全过程,包括从原材料供应、生产内部物流、产成品的分销、包装、运输、直至报废、回收的整个过程,并且在这些过程的实现中始终保持着与环境的交流,适时根据环境的信息反馈调整系统的进程和实施方向。

b. 系统在空间上具有高度开放性

一是指由于经济的全球化和信息化,物流活动早已突破地域限制,呈现出跨地区、跨国界的发展趋势,相应地,对系统的物流活动管理也有跨地区、跨国界的开放特性。二是指城市绿色交通物流管理策略的实施需要城市范围内供应链上所有交通企业的参与和响应。例如:欧洲的一些国家为了更好地实施这个战略,对于托盘的标准、汽车尾气的排放标准、汽车的燃气类型等都作了相关规定,其他国家不符合标准要求的货运车辆将不允许进入本国。

城市绿色交通物流系统在时间和空间上的高度开放性,直接决定了系统对环境的高度依赖性。在系统实施过程中,必须高度重视系统环境的频繁变化,以及时调整系统进程和发展方向,最终科学地达成系统的相关整体目标。

1.4.4

系统是技术、经济、社会系统的复合系统

城市绿色交通物流系统是一个新兴的边缘交叉系统,其研究内容和范围涉及城市交通、城市物流和城市生态环境等相关城市问题,并且要求在研究的过程中必须将这几方面的内容和要求切实统一起来。所以,城市绿色交通物流系统不是一个单纯的社会系统、经济系统或技术系统,而是这三种系统的高度复合系统。由于物流与环境的密切关系,在城市范围内研究社会物流和企业物流时必须考虑环境问题和资源问题;又由于生态系统与经济系统之间的相互作用和相互影响,所以在城市范围内,生态系统也必然会对城市经济系统的子系统——城市交通物流系统产生一定程度的作用 and 影响。另外,在系统的具体实现过程中,必然涉及物流技术、交通技术及生态绿色化技术等相关的技术领域。

本系统研究的范围是城市区域,而城市的物流环境和生态系统又有别于一般,无论从作用主体上,还是从系统边界和行为过程上都具有自身的特点。因此,在研究的过程中必须结合环境科学、生态经济学、城市化发展理论以及相关技术领域的原理和方法进行系统的管理、控制和决策。社会、经济和技术三种系统的复合性,使得城市绿色交通物流的研究方法比较复杂,研究内容十分广泛。

本章小结

城市绿色交通物流问题是随着城市化水平的提高及城市经济的不断发展而凸现出来的。本课题在综合考虑城市交通、城市物流、城市人口及城市生态环境相互作用的基础上提出城市绿色交通物流系统的概念及涵义,并就系统的有关概念体系分基础、目标和核心三个层次分别进行了解析;对系统涉及的相关理论(如:系统理论及复杂系统、城市可持续发展理论、生态经济学理论、生态伦理学理论、交通流理论等)进行了阐释。在以上理论分析及实际归纳基础上,着重研究了城市绿色交通物流系统的系统特征,从而为课题后续研究工作奠定了基础。

参考文献

- [1] 汪应洛,袁治平等. 系统工程(第三版)[M]. 北京:机械工业出版社,2003
- [2] 王长琼. 绿色物流[M]. 北京:化学工业出版社,2004
- [3] 龙江,朱海燕. 城市物流系统规划与建设[M]. 北京:中国物资出版社,2004
- [4] 张可明. 物流系统分析[M]. 北京:清华大学出版社,2004
- [5] 王飞跃,戴汝为. 城市综合交通、物流、生态问题的基础研究方法[J]. 交通运输系统工程与信息,2004,8
- [6] 俞洁,杨成斌. 交通流理论发展分析[J]. 合肥工业大学学报(自然科学版),2004,2
- [7] 戴锦. 生态经济学的几个基本理论问题[J]. 科学·经济·社会,2004,4
- [8] 武长顺. 城市交通领域中的关系工程[J]. 天津大学学报(社会科学版),2005,7
- [9] 何玉宏. 我国城市交通问题的理性思考[J]. 山东交通学院学报,2005,3
- [10] 刘映良. 城市可持续发展的生态学思考[J]. 贵州师范大学学报(自然科学版),2001,8
- [11] 联合国开发计划署. 2005 年中国人类发展报告(英文版)[M]. 北京:中国对外翻译出版公司,2005,12
- [12] Fei-Yue Wang, S. M. Tang, Y. Sui and X. Wang. Toward Intelligent Transportation Systems for the 2008 Olympics[J]. IEEE Intelligent Systems, 2003,18(6)

2

研究方法论

2.1 系统分析原理

系统分析一词最早是作为第二次世界大战后由美国兰德公司开发的研究大型工程项目等大规模复杂系统问题的一种方法论而出现的。1972年,以美国为首的12个国家的有关部门联合组成国际应用系统分析研究所(IIASA),从而使得系统分析的应用扩大到社会、经济、生态等领域,并有了新的意义。

系统分析是指运用建模及预测、优化、仿真、评价等技术对系统的各个方面进行定性和定量相结合的分析,为选择最优或满意的系统方案提供决策依据的分析研究过程。

系统分析一般包括初步系统分析、规范分析、综合分析等三个阶段。在初步系统分析阶段,要对系统的功能、目标与战略、结构、环境与行为等进行分析,并分为问题(对象、缺陷)识别、环境与目标分析、战略及方案设计等项具体工作,初步系统分析以定性分析为主;规范分析主要是针对系统问题的某个(些)方面(或称子问题),采用具体的模型方法(优化、仿真等)进行专题分析研究,这是系统分析的主体内容;综合分析是

与初步系统分析相呼应,在专题规范分析的基础上,通过系统评价、决策分析或政策分析,得出解决问题的满意结果(方案、途经、政策、措施等),综合分析也可贯穿在规范分析的不同专题中。

在进行系统分析时,系统分析人员对与问题有关的要素进行探索和展开,对系统的目的与功能、环境、费用与效果等进行充分的调查研究,并分析处理有关的资料和数据,据此对若干备选方案建立必要的模型,进行优化计算或仿真实验,把计算、实验、分析的结果同预定的任务或目标进行比较和评价,并提出有关政策建议或决策方案。以问题为导向和重视初步系统分析、以总体优化和平衡协调为目标、注重定性分析与定量分析的有机结合和多种模型方法的综合运用等,是系统分析的主要特点、重要原则和基本要求。系统分析是对燃气汽车与加气站互动发展问题进行规划分析的基本方法和基础构建。

2.2 模型化与模型体系

2.2.1

基本概念

模型是对现实系统问题的某个部分或某个方面抽象表达的结果。在构造模型时,要兼顾模型的现实性和易处理性,也就是说模型不仅要包含现实系统中的主要因素,而且还要采取一定理想化的方法,将现实系统的次要因素剔除,使得模型既能反映实际系统又是现实系统的抽象。

对包括现代城市绿色交通物流系统问题在内的大规模复杂系统问题进行规范分析,常常需要相应的模型体系来帮助。模型体系是指对某一复杂的系统问题或其不同子问题进行抽象表达及分析研究的两种或两种以上的模型方法。随着系统工程理论的发展和应用的不断深入,系统工程所研究的问题越来越涉及复杂系统、非线性系统,如本课题所研究的燃气汽车与加气站规模化互动发展系统就是一个典型的开放复杂社会经济技术系统。传统的单个模型方法已经不能适应这种研究的需

要,我们必须在借鉴其他学科最新研究成果的基础上,建立针对某类特定复杂系统问题的新的模型体系,以期有效、科学及规范地处理日益复杂的与社会经济紧密联系的各类实际问题。

模型化就是为了描述系统的构成和行为,对实体系统的各种因素进行适当筛选后,用一定方式(数学、图像等)表达系统实体的方法,是构建系统模型(体系)的过程及方法。

2.2.2 几种常用的模型化方法

在实际系统分析中,模型化的方法很多,这里简单介绍本课题主要使用的几种模型方法,即:仿真模型、优化模型及博弈模型。其中,仿真模型有系统动力学和蒙特卡洛法,优化模型有神经网络和遗传算法等。

a. 仿真模型

仿真亦即模拟,一般指的是系统仿真。仿真是在分析系统各要素性质及其相互关系的基础上,对系统的结构和行为进行描述。仿真不仅可以对现实系统进行行为或结构的试验,也可以对系统状态或行为在时间序列内进行全过程描述。仿真可以比较真实地描述系统的运行、演变及其发展过程。决策者可以根据仿真的结果预测、分析、评价和设计系统所需要的各种信息。

实际中,由于经济、技术以及资金的局限,对实际系统进行直接研究比较困难,此时,仿真分析技术就成为一种必不可少的系统分析工具。城市绿色交通物流系统是一个含有多要素、多主体、多层次的复杂系统,对这个实际系统进行物理模拟几乎是不可能的,因此,要对这个系统进行预测、分析、评价和设计就需要借助系统仿真分析技术来完成。

(1) 系统动力学

系统动力学(System Dynamics,简称 SD)是由美国麻省理工学院的 Jay W. Forrester 教授于 1956 年提出来的。系统动力学是研究系统动态行为的一种计算机仿真技术,它综合应用控制论、信息论和决策论等有关理论和方法,建立系统动力学模型,以电子计算机为工具,进行仿真

试验,所获得的信息用来分析和研究系统的结构和行为,为正确决策提供科学依据。

系统动力学的研究对象主要是社会系统。社会系统的基本特征是自律性和非线性。系统动力学就是把社会系统作为非线性多重反馈系统来研究,对社会问题模型化,通过仿真试验和计算,对社会现象进行分析和预测。系统动力学在研究社会系统时能够容纳大量变量,能处理高阶次、非线性、多重反馈的复杂时变社会系统。系统动力学是一种定性分析和定量分析下功能结合的仿真技术。

燃气汽车与加气站互动发展系统是一个非线性的自组织系统。在这个系统中,车和站两个子系统是相互影响、互为发展条件的。绿色交通物流要求车-站系统是一个和谐的系统,车、站两个子系统应该处于互动良性的发展状态。如何解决目前城市出现的车、站之间的矛盾,使其进入一个有序和谐稳定的状态,是城市政府面临的重要问题。这一问题可以通过系统动力学仿真技术加以解决,它可以预测未来一定时期内各种变量随时间的变化情况,为政府提供一定的决策参考意见。

(2) 蒙特卡洛法

蒙特卡洛模拟法(Monte Carlo Simulation)又称随机模拟法,它是计算机模拟的基础。其名字来源于摩纳哥的蒙特卡洛,最早起源于法国科学家普丰在 1777 年提出的一种计算圆周率的方法——随机投针法,即著名的普丰随机投针问题。

蒙特卡洛法的基本思路是从不同变量的分布中随机抽样,由这些随机抽样的值产生一个模拟的系统值,重复上述过程(成百上千甚至数万次)就会产生一个系统损耗值的分布,可以作为实际系统性能的指示,重复次数越多,模拟结果与实际情况越相近。蒙特卡洛模拟法的计算精度与 $1/N$ (N 为抽样点数)成正比,即需要较大的计算量才能达到较高的计算精度,在计算机应用没有普及的过去,难以普遍应用,但是现在在计算机上编程很容易实现。在蒙特卡洛模拟中,是在确定的分布里面提取随机变量,变量的随机提取考虑到重复的计算,如:我们现在把它应用于现金流量模型的重复计算,每一次产生的随机数输入到现金流量模型中都

产生一个计算结果,然后可以把它们进行平均。这些随机数计算结果的平均数不仅考虑到了所用变量的平均值,而且也考虑了这些随机变量的分布和方差。

在用传统方法难以解决的问题中,有很大的一部分可以用概率模型进行描述。由于这类模型含有不确定性的随机因素,分析起来通常比确定性的模型困难。有的模型难以作定量分析,得不到解析的结果,或者是虽有解析的结果,但计算代价太大以至不能使用。在这种情况下,考虑采用蒙特卡洛方法,不失为一个明智之举。现在它也已经被应用于多种领域,如超高速公路的运输流量分析、行星演变模型的建立、股票市场波动的预测以及城市绿色交通物流系统分析。

目前,西安市等城市绿色交通物流发展主要目的是改善西安市的区域环境,提高其环境效益,这主要通过燃气汽车产业的规模化发展来实现,如何快速、高效地发展西安市的清洁汽车产业需要西安市市政府制定并实行一系列的相关政策。利用蒙特卡洛仿真方法及其专用工具(如“水晶球”仿真软件)可以根据目前已有的一些随机数据模拟出政府政策需要的一些诸如燃气和燃油价格等方面的参考数据,从而提高政府决策的有效性。

b. 优化模型

系统优化就是在有限的条件下,使得系统目标达到一种最优或比较优的一种过程或活动。近些年来,随着电子科学技术的进步,各种优化理论,例如神经网络、遗传算法以及蚁群算法等都得到迅速发展,这使得优化成为解决一些实际问题的有力工具。到目前为止,优化算法已经应用到了国民经济的各行各业,例如农业生产、工业制造以及城市交通物流等行业。

(1) 神经网络

神经网络(人工神经网络的简称,也称之为互连模型或并行分布式处理器)是一种模拟人类实际神经网络的数学方法。神经网络的基础在于神经元,大量的形式相同的神经元连结在一起就组成了神经网络,神经元是以生物神经系统的神经细胞为基础的生物模型。神经网络模型

是以神经元的数学模型为基础来进行描述的,神经网络模型由网络拓扑、节点特点和学习规则来表示,具有并行分布处理、高度鲁棒性及容错能力、分布存储及学习能力和能充分逼近复杂的非线性关系等特点。

神经网络的模型现在有数十种之多,应用较多的典型神经网络模型有 BP 网络、Hopfield 网络、ART 网络和 Kohonen 网络等。

(2) 遗传算法

遗传算法是一种模仿生物进化过程的随机方法。它沿用了生物学的基本概念和术语。例如,染色体、基因、个体、种群、进化、适应度、选择、复制、交叉、变异、编码和解码等。遗传算法是从代表问题的潜在解集的一个种群开始的,而一个种群则由经过基因编码的一定数目的个体组成,每个个体实际上是染色体带有特征的实体。染色体作为遗传物质的主要载体即多个基因的集合,其内部表现(即基因型)是某种基因组合,它决定了个体形状的外部表现,因此,在一开始就需要实现从表现型到基因型的映射即编码工作。由于仿照基因编码的工作很复杂,我们往往进行简化如二进制编码。初代种群产生之后,按照适者生存和优胜劣汰的原理,逐代演化产生出越来越好的近似解。在每一代,根据问题域中个体的适应度大小挑选个体,并借助于自然遗传学的遗传算子进行组合交叉和变异,产生出代表新解集的种群。这个过程将导致种群像自然进化一样,其后生代种群比前代更加适应于环境,末代种群中的最优个体经过解码,可以作为问题的近似最优解。

遗传算法提供了一种求解复杂系统优化问题的通用框架,它现在已经应用到很多领域,例如:函数优化、组合优化、生产调度问题、自动控制、机器人智能控制、图像处理 and 模式识别、人工生命、遗传程序设计、机器学习和选址问题等。

燃气汽车产业的发展需要燃气汽车和加气站子系统的和谐发展,其中,加气站布点问题是影响车、站和谐发展的重要一环。由于城市交通系统的复杂性,需要借助神经网络和遗传算法这两种解决复杂问题的优化搜索算法来完成城市加气站布点问题,从而提高加气站布点问题的合理性和可靠性。

c. 博弈模型

博弈即一些个人、队组或其他组织面对一定的环境条件,在一定的规则下,同时或先后,一次或多次,从各自允许选择的行为或策略中进行选择并加以实施,各自取得相应结果的过程。博弈是研究决策主体的行为发生直接相互作用时的决策以及这种决策的均衡问题,也就是说当一个主体的选择受到其他主体的影响,而且又反过来影响到其他主体选择时的决策问题和均衡问题。博弈理论开始于1914年由冯·诺伊曼和摩根斯坦恩合作的《博弈论和经济行为》一书的出版。

博弈一般包括四个方面:博弈的参加者、各博弈方各自选择的全部策略或行为的集合、进行博弈的次序以及博弈方的收益。

根据不同的划分标准可以将博弈论分为不同的类型。例如:根据博弈方是否完全了解所有的博弈方得益可以将博弈分为完全信息博弈和不完全信息博弈;根据博弈论中行为方对博弈的进程是否完全了解可以将博弈分为完美信息博弈和不完美信息博弈;根据博弈过程方面的差异,可以将博弈分为静态博弈和动态博弈;根据博弈过程是否随机,可以将博弈分为随机确定博弈和随机博弈,随机博弈又可以分为连续的随机博弈和非连续的随机博弈。本研究中用到的微分博弈是连续时间的随机博弈。

燃气汽车与加气站互动发展系统的相关主体有加气站、燃气汽车以及协调车-站系统和谐发展的政府等。车-站系统的互动发展过程实际上也是一个博弈过程,即在车、站的互动发展过程中各主体都在寻求自己的最大利益。所以,可以利用博弈理论来讨论车、站系统的互动发展,从而得出该系统的均衡状态,为政府政策的实施提供可靠的理论支持。

2.3 多重比较管理研究

比较管理研究一般是对所关注的、处于不同时空等环境条件下的某些复杂管理系统问题与其他相关或可比的同类问题之间的差异性与共同点、合目的性的结果及其成因等所进行的解释性和描述性分析,它是

用来分析与解决复杂管理系统问题的方法论,也可作为(或演化为)一种软系统工程方法论。

从更加广泛和一般的意义上来看,比较管理研究可从以下三个(或其交叉与结合的)方向来展开:

a. 目前状况与过去某个时期(基期)或历史发展状况的比较,也可叫纵向比较或基于时间的比较。这种比较并不能说明现时状况是否令人满意,只能说明本体系统状况是在改善或在恶化及其变化程度和趋势。

b. 某对象系统(组织、地区、国家或管理方法)和其他系统间的比较,也可称之为横向比较或基于空间的比较。这种比较说明系统间的相对状况及其原因或特色,有助于系统间的相互借鉴、取长补短和互动发展,是最常见(或狭义)的比较研究。

c. 实际状况和目标要求的比较,可称之为系统比较。由于它着眼于系统改善的前景和理想境界,追求持续发展,因而可能是最有意义的比较。进行这种比较的基础是设计出合理的目标系统,而目标的确定又与系统的历史分析和系统间的横向比较结果有关。

在纵向、横向和系统等不同方向的比较管理研究,尤其是横向比较时,还应从宏、中、微观等不同层次上和区别不同比较对象数(多、双、单)来进行具体分析。一般的宏观分析、适度的中观分析、深入及特色化的微观分析应适应具体问题的要求,有其相应的具体理论、方法论和方法。例如三维比较管理研究方法形式体系,如图 2-1 所示。

城市绿色交通物流系统是一项包含有很多影响因素的复杂系统,这个系统中不仅存在城市绿色交通物流的历史发展即纵向比较,也存在多个国家或区域间的区别与联系即横向比较,还存在实际城市交通物流的发展状态和目标要求之间的差距即系统比较。

纵向比较以分析城市绿色交通物流的产生与发展为主,可具体包括:(1)城市绿色交通物流的产生;(2)世界城市绿色交通物流的演进过程;(3)我国城市绿色交通物流的发展;(4)西安城市绿色交通物流的发展等。

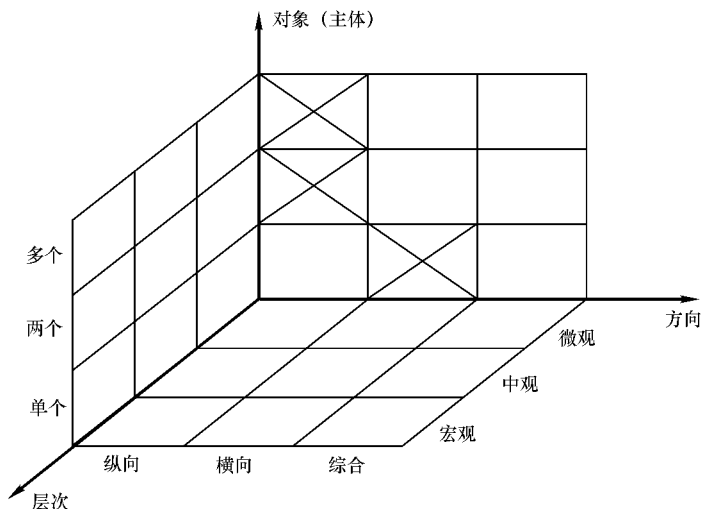


图 2-1 三维比较管理研究方法论形式体系

横向比较主要是国内外、区域间城市绿色交通物流的比较分析，可涉及到：(1)我国与其他国家(美国、加拿大、意大利、日本等)燃气汽车产业的发展现状及燃气汽车与加气站发展的相关政策与法规等的对比分析；(2)西安市与国内其它城市或地区(如重庆市、四川省、北京市、上海市、天津市、海南省、乌鲁木齐市等)在清洁汽车的发展现状、规划、相关管理体系、配套政策等方面的比较分析与评价。西安市与重庆市的比较分析参见本课题组研究报告：“绿色物流与西部城市交通发展战略”(《中国综合交通运输发展战略——中国工程院第 32 场工程科技论坛论文集》，西安交通大学出版社，2004. 10)。

2.4 本研究的技术路线

针对城市绿色交通物流系统的特点及燃气汽车与加气站互动发展过程研究的实际需要，按照系统分析及复杂系统问题模型(体系)化原理，可将本课题研究的技术路线简要表达成图 2-2。

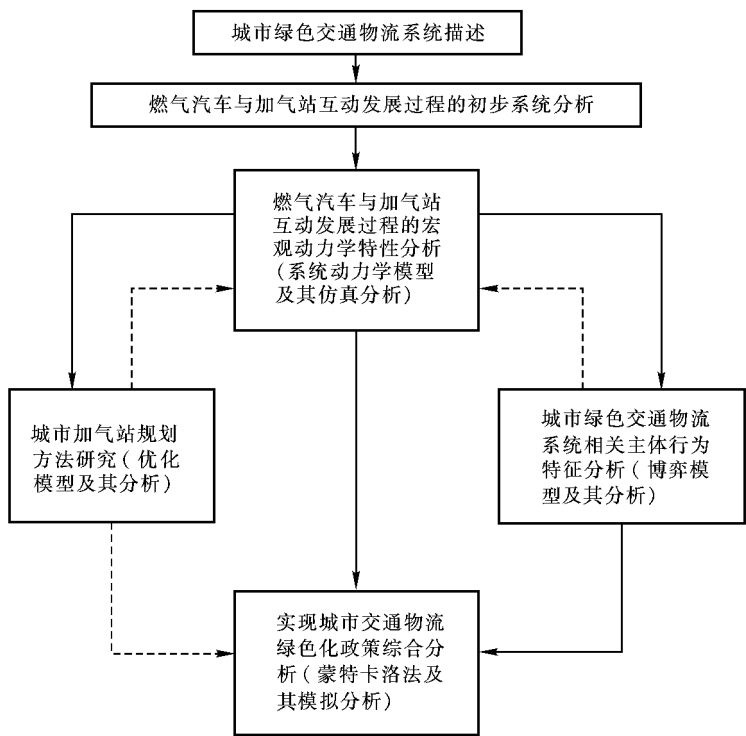


图 2-2 本研究技术路线示意图

本章小结

城市绿色交通物流系统是一个涉及城市交通、城市人口、城市物流和城市生态环境的多维复杂社会经济系统。城市绿色交通物流的研究是一个复杂的系统问题,系统工程研究方法论就是研究和解决大规模复杂系统开发、运作及管理实践中相关问题所应遵循的工作程序、逻辑步骤和基本方法。本研究主要运用系统工程方法论(系统分析原理)及相关模型方法分析燃气汽车和加气站互动发展的若干问题。系统分析主要是用来分析燃气汽车和加气站互动发展的基本过程,这一原理性方法贯穿于本研究的始终。各种模型化方法主要是用来对燃气汽车与加气

站互动发展系统的某个方面进行定性与定量相结合的规范分析,并形成对燃气汽车与加气站互动发展这一特定问题研究的模型体系。多重比较管理研究方法论既可作为城市绿色交通物流初步系统分析的内容,又可形成对该系统问题进行规范与专题研究的逻辑基础。

参考文献

- [1] 汪应洛,袁治平等. 系统工程(第三版)[M]. 北京:机械工业出版社,2003
- [2] Simon Haykin 著. 叶世伟,史忠植译. 神经网络原理[M]. 北京:机械工业出版社,2004
- [3] 王小平,曹立明. 遗传算法——理论、应用与软件实现[M]. 西安:西安交通大学出版社,2002
- [4] 谢识予. 经济博弈论(第二版)[M]. 上海:上海复旦大学出版社,2003

3

燃气汽车与加气站互动 发展过程的初步系统分析

3.1 问题及其影响因素分析

3.1.1

问题界定与分析

燃气汽车以其节约能源、改善环境、使用安全及明显的经济效益而愈来愈被人们所认识和政府所重视。燃气汽车的发展是一个巨大而复杂的社会经济技术系统,它是由一系列重要子系统所构成的,在实际运作过程中,我们必须运用系统化的思想和方法来分析、处理发展中的各种问题,促进系统的协调和产业的健康成长。燃气汽车与加气站互动发展系统就是其中的关键子系统,也正是本课题所研究的重点内容。

由于本课题旨在运用系统工程与工业工程的理论和方法,探讨燃气汽车与加气站互动发展的内在机理,为政府规划部门提供决策依据和政策参考,因而须从政府规划部门的角度划定问题的范围,对研究的系统

及要素进行界定。政府通过制定相关的政策推动燃气汽车、加气站的协调发展,所以政府力图影响、控制的系统由燃气汽车与加气站组成,政府的政策干预以及外部其他环境因素的影响通过改变相关参数对燃气汽车与加气站互动发展系统施加作用。政府干预与环境影响是系统的输入,系统的运行对环境的改善和能源结构的调整以及本身所具有的明显经济效益都是系统的重要输出。系统的界定如图 3-1 所示,其中虚线框表示我们着重研究的燃气汽车与加气站互动发展系统。

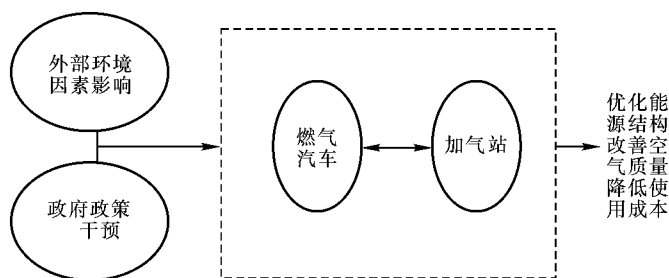


图 3-1 燃气汽车与加气站互动发展系统界定示意图

实现城市燃气汽车与加气站规模化互动发展,是一项复杂的社会系统,应在技术分析、基本经济关系分析、系统结构分析和科学规划研究的基础上或同时,深入分析研究有关行为主体的需求、价值取向、行为方式等,以使加气站与燃气汽车的互动发展真正成为可能。

在基于城市绿色物流的燃气汽车与加气站的互动发展系统中,通常会涉及到燃气汽车运营者、加气站经营者与投资者、燃气汽车与加气站设备制造商和经营商、天然气经营管理机构、政府有关部门、城市市民、其他社会投资者等。以上各类主体的价值追求及其相互影响形成了推进燃气汽车与加气站互动发展的价值网。各主体间的相互关系如图 3-2 所示:

其中燃气汽车运营者、加气站经营者处在第一层次,作用非常直接;社会相关投资者、有关设备制造商和经营商、天然气经营管理机构等处第二层次,具有重要作用;政府有关部门在系统发展初期具有主导作用。在所有关系中,燃气汽车运营者与加气站经营者的互动关系为核心

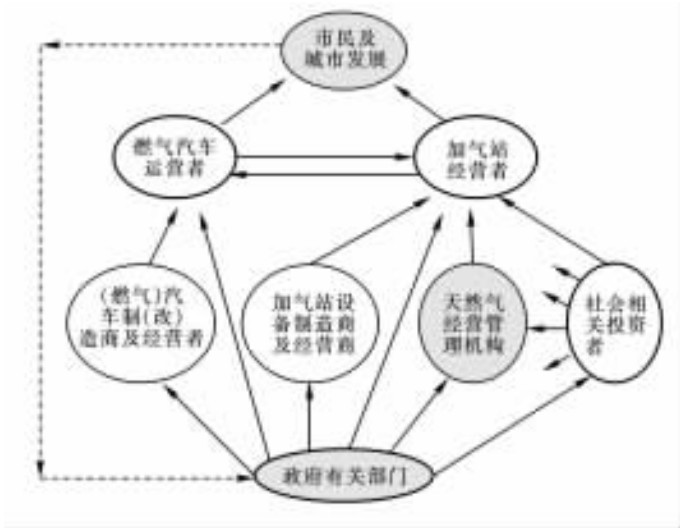


图 3-2 燃气汽车与加气站互动发展相关主体关系示意图

关系,政府有关部门及社会相关投资者起着重要的协调和支撑作用。图中除了市民、天然气经营管理机构和政府有关部门之外,一般均以经济性目标作为主要追求。

3.1.2 系统特征及基本结构

燃气汽车与加气站互动发展系统作为一个规模较大、影响因素众多、开放的社会经济技术复合系统具有明显的系统特征与独特的基本结构。充分认识和了解这些,是进一步分析和研究系统深层问题的基础。

燃气汽车与加气站互动发展系统的主要系统特征表现为以下几个方面:

a. 整体性

这是该系统的最基本特征。首先,燃气汽车与加气站的互动发展受到经济、社会、能源、技术、组织和人力等诸多因素的影响,尤其是发展过

程中的组织部门就涉及到计委、规划局、土地局、消防局、质监局、安监局、天然气公司、公交及出租车公司等近 20 个政府有关部门。只有从整体出发,全面看待燃气汽车与加气站的互动发展问题,才能使各部门工作有效衔接,充分配合。其次,促进系统中燃气汽车和加气站两大主体的协调发展,使政府、社会、相关企业和个人都获得收益是系统建设的基本着眼点和根本要求;再次,燃气汽车与加气站之间在功用上具有密切联系,二者的发展是不可分割的,所以其所发挥的作用和系统建设的成果是通过系统的整体功能来表现的,这些都从不同角度反映了系统的整体性特征。

b. 过程同一性

该系统中燃气汽车的发展与加气站的发展以及系统所涉及的其他环节是一个不可分割的连续过程。过程中各阶段的工作既相互联系又相互制约,缺一不可。任何将燃气汽车与加气站的发展等相分离的想法、说法和做法都是不可取的。同时,燃气汽车与加气站的互动发展系统作为燃气汽车产业发展的关键子系统,具有长远的战略地位,必须长期坚持科学规划、协调统一,从而保证整个产业的健康、快速发展。

c. 关联性

组成这一系统的各个环节不仅隶属于系统整体,而且彼此相互联系、相互制约、相互作用。这一点在加气站的建设审批工作中体现得尤为突出,只有所涉及的二十多个相关政府部门的协调配合才能完成对一个站点的系列审批手续,这些工作有先有后,相互衔接又相互影响,是系统关联性的重要体现。

d. 动态开放性

燃气汽车与加气站互动发展系统的结构调整和状态变化是随着时间和空间的变化而不断变化的。首先,系统的动态开放性表现在对环境的高度开放上,系统的各要素和各环节的实施在很大程度上受到环境因素的影响,对环境保持着相当高的开放性,以期望可以建立耗散结构型的有序系统,从而实现以协同有序、整体最优为基本特征的系统要求。

其次,动态开放性不但表现为系统对环境的影响作用,而且存在于系统内部各要素之间。燃气汽车与加气站的互动发展是一个复杂的社会化和经济性任务,不是某一个个体或单位就能完成的,系统内部各要素、各主体之间的紧密而持续的配合与协作,才是实现系统目标的基本条件。因此,系统必须保持一定程度的动态开放性。

e. 环境适应性

燃气汽车与加气站互动发展系统是一个动态开放系统,系统状态及系统目标随时间和空间而不断变化,因此系统的管理者应根据环境的变化不断调整系统目标,并协调好系统内部各子系统的关系,使之适应于外界的动态环境,并在此基础上使环境得到持续改善。

f. 要素能动性

系统中的诸多行为主体都有自己相对独立的责任、权力和利益,因此在系统的实施过程中,必须在考虑国家整体利益和社会良好收益的前提下,充分发挥各要素的活力,最大限度地调整有关各方对系统实施的积极性,充分发挥系统各主体的自身能动性,这正是系统高效、健康运行的微观基础。

g. 后效性

系统的输入和输出之间,往往具有一定的滞后时间。因而在研究、分析、组织实施和评价的工作中,要充分认识到这一点。燃气汽车与加气站的互动发展是整个燃气汽车产业的重要组成部分,具有重要的战略地位和引导作用,在研究、分析、实施和评价过程中必须充分认识其后效性和长期性,从社会的整体利益出发,用战略的眼光进行审视。

根据这些系统性特征,燃气汽车与加气站互动发展系统从管理角度可主要划分为组织、政策、规划、调控、技术支持、实施保障及系统目标等七个组成部分和相应的功能要素。各组模块分别由导引信息、反馈信息、技术信息和人、财、物流连接,组成了系统的基本结构。这七个组成模块作为基本的功能单元,缺一不可;分别对整个系统功能的实现具有保障作用。其基本结构如图 3-3 所示:

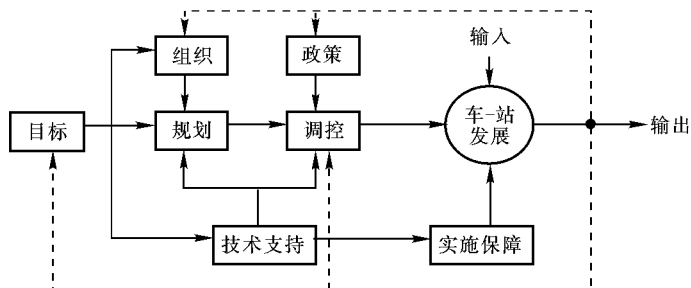


图 3-3 燃气汽车与加气站互动发展管理系统结构示意图

3.1.3

我国燃气汽车和加气站发展现状及存在问题

a. 燃气汽车与加气站的发展及推广初见成效

我国燃气汽车的探索最早于 20 世纪 50 年代在四川省展开,并进行了 CNG 汽车的相关研究工作和改车试验,后于 80 年代中期,引进部分 CNG 加气站设备,在四川省建立了我国第一个加气站。从 1993 年开始,中国石油天然气总公司系统引进国外有关技术,并将 CNG 加气站装置和 CNG 汽车改装部件逐步国产化,行业技术标准初步规范化。在此基础上,为领导和推动我国燃气汽车行业健康而有序地发展,1997 年 10 月由原国家科委组织,成立了由有关部门组成的全国燃气汽车工作协调领导小组,后改为清洁汽车协调领导小组,对燃气汽车的发展进行协调和指导。领导小组确定了清洁汽车行动大纲,提出大力推广代用燃料汽车,加快燃气加气站等配套基础设施的建设,在确保安全进行的基础上,鼓励油气合一,减少城市占地,降低建站和运营成本。

1999 年 4 月,全国清洁汽车协调领导小组在北京召开了清洁汽车工作会议。会议又一次提出,以公交车和出租车为重点,在适合改装燃气汽车的地方,积极推广应用高效、低排放的燃气汽车,积极开发单一燃料的燃气汽车,进一步降低排放标准,同时加快加气站等基础设施的建设,建立完善的服务体系。会议讨论了《关于实施“空气净化工程——清

洁汽车行动”的若干意见》、《清洁汽车行动实施办法》和《清洁汽车行动关键技术攻关及产业化项目指南》等文件,提出国家将从燃料税收及价格、加气站建设用地等方面制订优惠政策,鼓励和支持燃气汽车的推广应用。并正式确定了北京、上海、天津、重庆、哈尔滨、长春、西安、乌鲁木齐、四川川中地区、广州、深圳、海南等 12 个城市或地区为“空气净化工程清洁汽车”示范点(现扩大为 19 个),开展燃气汽车的推广应用试点工作,积极稳妥地推进燃气汽车的发展。

经过近几年的发展,我国在燃气汽车推广应用和加气站建设方面都取得前所未有的成绩,主要体现在:①燃气汽车推广城市由“九五”的 12 个扩大到目前的 19 个,其中包括四川和海南两个省。②基础设施建设进一步加快,到 2005 年底 19 个重点推广城市已建成加气站 737 座,其中,CNG 加气站 415 座,占总量的比例为 56.3%。③到 2005 年底,19 个重点推广城市共发展燃气汽车 24.3 万辆,其中,CNG 汽车发展相对较快,保有量达到 12.7 万辆,占总量的比例为 52.3%。全国燃气汽车保有总量在 30 万辆以上。④燃气汽车的推广取得了明显的经济和社会效益。约占汽车总保有量 1% 的燃气汽车实现了 2% 的燃料替代,同时由于存在较大的油气差价,用户每年节省的燃料费相当可观。

自 1999 年被确定为全国清洁汽车推广试点示范城市以来,西安市清洁燃料汽车协调领导小组积极配合全国清洁汽车领导小组的工作,努力推进西安的燃气汽车及相关产业的发展工作。截止 2005 年 6 月 30 日,西安市天然气汽车由 2002 年的 3 977 辆增加到 11 572 辆,比 2002 年增加了 2.9 倍;其中,天然气公交车 1 540 辆,占公交车总数的 51.3%(单一燃料 CNG 公交车 117 辆,占天然气公交车总保有量的 7.6%;油气两用燃料公交车 1 423 辆,占天然气公交车总保有量的 92.4%);天然气出租车 10 032 辆,由整车厂生产的达到或高于现行排放标准水平的有 9 716 辆,占出租车总数的 96.8%。CNG 加气站由 2002 年的 8 座增加到 41 座,增加了 5.1 倍;其中常规站 26 座,母子站(含天然气加气车临时停车点)15 座,日供压缩天然气约 45 万立方米。

西安市燃气汽车的推广应用,使得西安市不仅取得了显著的经济效

益,而且取得了良好的社会效益。在“建站和改车”中,每年可节省成品油约 12 万吨,节约燃料费 2.9 亿元。清洁汽车产业已形成每年约 19.6 亿元(人民币)产值,其中年产值超千万元以上的企业(含 CNG 加气站)有西安天洁航天科技公司、西安超滤公司、陕西欧舒特汽车股份公司、西安骊山汽车厂等 46 个单位,可以吸纳和增加就业岗位约 2.68 万人。不仅如此,近几年来,西安市的汽车尾气污染开始减少,环境有了很大改善。为了进一步推动西安市清洁汽车产业的发展,2003 年 5 月 18 日,西安市清洁燃料汽车协调领导小组颁发了《西安市发展天然气汽车产业 2006 年近期计划和 2010 年远期规划》,西安市发展天然气汽车的总体目标是:到 2010 年发展天然气汽车 4.6 万辆,其中公交车 7 200 辆,出租车 13 500 辆,公务车 15 300 辆,私家车和其他车辆 1 万辆;建设压缩天然气加气站 180 座,其中标准加气站 100 座,加气母站 8 座,子站 72 座。

b. 我国燃气汽车与加气站互动发展中存在的问题

(1) 燃气汽车的研究、开发及应用推广有待提高

客观地讲,我国燃气汽车的发展正处于起步阶段。近年来,虽然通过自主研究开发和与国际合作等方式,基本具备了天然气加气站设备、燃气汽车改装件的生产能力和改装能力,但无论是技术还是配套条件都与国际水平有相当大的差距。燃气汽车在国际上已是广泛运用的成熟技术,而我国仅处在国外技术发展四个阶段(分别对应于普通化油器、电控化油器、电控单点喷射和电控多点喷射技术)中的最初阶段。在我国改装的燃气汽车即使是电控汽车改成的燃气汽车中,也只有少数汽车的污染排放状况能勉强达到欧洲第一阶段排放要求。这就要求采取相应措施,开发、利用降低排放的先进技术(如国外普遍采用的多气门技术、稀燃技术、闭环电控技术和与之匹配的三元催化转化器技术)来处理我国燃气汽车的排气污染物。按照我国现在的研究开发水平,燃气汽车的发展还需要经过很长一段时间的研究与探索。

单就燃气汽车的技术条件而言,我国目前还没有建立完整的燃气汽车改装技术标准体系,包括储气瓶、安全阀等配套产品的生产技术条件、加气站建站技术条件、燃气汽车生产技术条件、双燃料发动机技术条件

和燃气汽车改装技术条件等。因此,改装的燃气汽车缺乏技术标准监控,其安全性和技术状况等均无有效保障,而整车的生产能力较弱,部分关键零部件技术条件明显不足。从性能来看,投入使用的燃气汽车性能一般,存在一定的技术缺陷。尤其是改装后的燃气汽车,其动力性能有所下降,如改装成 LPG 汽车,其功率下降 5%~10%;改装成 CNG 汽车,对于柴油机汽车来说可保持或超过原有动力水平,而对汽油机则会有 5%~20% 的功率损失。

(2) 城市加气站建设滞后

加气站的建设是十分重要的问题,燃气汽车与加气站的发展是一个互动过程,不能孤立起来看待。目前,我国的加气站建设严重滞后,经调查表明,加气站在城市中的拥有量还处于极少数,不能满足大量燃气汽车的用气需求。加气站的不足造成了燃气汽车加气不方便,阻碍了燃气汽车的发展。其滞后原因有多方面:首先没有相应的科学、可行的总体规划,此外加气站的建设要求高,土地面积大,对城市而言,在拥挤的道路旁建设宽敞的加气站有很大困难。另外加气站的初期投资大、风险高,建设资金无法落实,投资者对回报缺乏信心,因而加气站的建设要靠国家政策引导,要对市场规模进行深入调查和全面分析。并且建成的加气站由于设备技术条件、气质、气压等问题,也不能达到满负荷运营,甚至有一部分加气站根本不盈利,反而连年亏损。于是出现了一方面加气站吃不饱,一方面双燃料车背着空罐跑的怪现象。“绿色汽车”不烧气,使得加气站经营惨淡,甚至亏损。究其根本原因是城市加气站数量偏少,尚没有形成网络,司机加气非常不方便,越来越多的司机弃气用油,久而久之就形成了加气站少——加气的车少——加气站亏损——加气站更少——加气的车更少这样一个循环怪圈。

目前我国的燃油供给系统比较完善,并形成了成熟的网络,而加气站的建设刚刚起步,其发展需要一个过程,在短期内很难达到现在汽油、柴油加油站那样的规模,极易造成车辆充气不便。从长远利益和发展来看,加气站的建设必须和燃气汽车发展相配套,并逐步形成一定规模的网络方能发挥其经济效益和社会效益。另外,就加气站本身的技术而

言,目前我国也存在着诸多不完善的问题,如防漏技术、计量问题等,这些都是制约我国燃气汽车普及与发展的主要障碍和难题。

(3) 加气站与燃气汽车之间尚未表现出有序的互动发展关系

通过对加气站、燃气汽车运营现状的考察,我们可以明确燃气汽车和加气站是一个互动的有机系统。燃气汽车的运营需要消耗燃气,这为加气站的存在和发展提供了市场,同样,加气站作为城市清洁燃料的提供者,为燃气汽车的发展提供了前提条件。如图 3-4 所示:

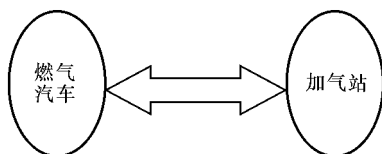


图 3-4 燃气汽车与加气站互动发展关系示意图

从目前的发展现状来看,燃气汽车与加气站之间没有表现出有序的互动发展关系,从而导致燃气汽车徒有虚名,只燃油不燃气,加气站建设规模和速度滞后,营运的利润空间非常小,二者之间的发展出现了不和谐关系。从长远的利益角度看,燃气汽车和加气站的发展是必须有机统一的,只有二者同步发展、协调一致,才会促进整个燃气汽车产业的良性发展。

3.1.4 我国燃气汽车与加气站互动发展系统的影响因素分析

燃气汽车发展系统是一个大型、复杂、多维的社会经济系统,它的应用和推广能起到调整能源结构、缓解环境压力和实现可持续发展战略目标的重要作用。从管理活动层次上讲,燃气汽车发展系统构成内容包括高层的决策管理活动、中间职能层的管理活动和基层作业的管理活动;从管理活动的职能来看,整个系统的计划、组织、执行和控制等都是构成系统建设的基本行为元素;从管理的领域来讲,燃气汽车发展系统规模

庞大,影响因素众多,涉及包括规划、消防、土地等十几个部门;从本质上讲,燃气汽车发展系统是一个由管理思想、概念、程序、方法和制度等构成的具有一定物质形态的人工系统。其中我们所研究的燃气汽车与加气站互动发展系统是这个复杂系统的关键子系统,因此,加快整个燃气汽车产业的发展速度就必须处理好燃气汽车与加气站之间的发展关系和系统动因。必须对影响燃气汽车与加气站互动发展的关键因素进行分析,以便制定适宜的促进产业发展的政府政策,创造良好的发展环境和宏观基础。

综合燃气汽车与加气站互动发展系统的系统特征以及实际发展中的突出问题,运用解释结构模型化(ISM)基本原理和建立递阶结构模型的实用化方法,从社会经济的角度对该系统的诸多影响因素作结构分析,从而为燃气汽车与加气站的互动发展乃至整个产业的成长奠定基础。经过资料分析、实地调研、专家咨询和总结归纳,得到 11 个主要影响因素及其直接和间接的因果关系,如图 3-5 所示:

(A)	(A)	(A)	(A)	A	A	(A)	(A)	(A)	(A)	S ₁ 车-站互动发展
(A)	(A)	(A)	(A)	V	V	A	A			S ₂ 发展规划
(A)	(A)	(A)	(A)	V	V	A	A			S ₃ 政府政策
		A	A	(V)	(V)					S ₄ 组织协调
A	A			(V)	(V)					S ₅ 发展环境
(A)	(A)	(A)	(A)							S ₆ 燃气汽车推广应用
(A)	(A)	(A)	(A)							S ₇ 加气站设施建设
										S ₈ 领导重视
										S ₉ 机构组成
										S ₁₀ 能源结构
										S ₁₁ 空气质量

图 3-5 燃气汽车与加气站互动发展系统影响因素及其关系示意图

经过可达矩阵及其缩减矩阵的建立、矩阵层次化处理及多级递阶有向图的规划,建立以上分析的 11 个影响要素间层次关系的解释结构模型。如图 3-6 所示:

从以上的分析结果出发,结合系统在具体实施过程中的突出问题和

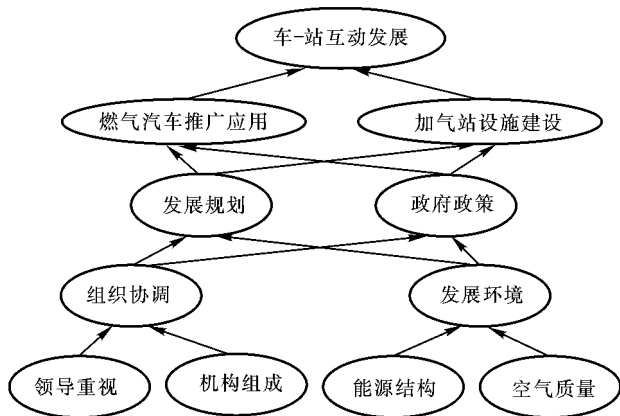


图 3-6 燃气汽车与加气站互动发展系统影响因素结构图

攻关重点,有选择、有侧重地对以下几方面的影响因素进行较为详细的分析和阐释。

a. 政府政策制定及实施

(1) 国内外政府政策的实施现状

政府是促进燃气汽车发展的一大关键因素。目前,全世界燃气汽车 500 多万辆,已经有近 50 个国家和地区推广应用燃气汽车。在意大利和俄罗斯,燃气汽车的保有量均已超过 100 万辆,并初步形成产业化。美国、英国、法国、日本、意大利、瑞典、新加坡、马来西亚等国家和政府及台湾和香港特别行政区积极推动燃气汽车的开发研究,在资金和政策上给予大力支持,促使企业不断推陈出新。美国三大汽车公司、德国五大汽车公司、法国两大汽车公司、日本所有汽车公司和所有电力集团公司都开发了各种各样的燃气汽车概念车乃至商品车。为了推动燃气汽车产业的深入发展,欧洲成立了欧洲基础准燃料特性定义工作组,以建立欧洲乃至世界标准为目的,当前,在立法方面,以 LPG 和 CNG 为代用燃料的车辆的标准正在完善之中。1990 年,美国政府颁布了《清洁空气修正法》,鼓励美国各州大力发展燃气汽车,1992 年,通过了《能源政策条例》,颁布了燃气使用减税政策。综上所述,各国政府的关注与支持推动了燃气汽车的发展,燃气汽车的产业化发展已经成为世界范围内

清洁能源汽车发展的大趋势。

我国对燃气汽车的产业化发展亦相当重视。1999年4月,在北京召开了“空气净化工程,清洁汽车行动”工作会议,公布了首批12个燃气汽车示范城市。国家计委和科技部等政府部门对燃气汽车的发展非常关注,在《当前优先发展的高技术产业化重点领域指南》中把清洁燃料汽车规模化发展列为重点项目。随着燃气汽车的发展,各地政府根据自身的实际情况,纷纷出台相关政策,支持、鼓励燃气汽车的推广,北京、西安等城市的清洁燃料汽车示范推广部门已经联合城市规划设计院、公用事业局、高等院校等单位对加气站网络的统筹建设和健康有序发展进行了十年期规划,并将该项专业规划纳入中、长期城市总体发展规划中。

政府相关部门对燃气汽车的销售、改装以及加气站等相关设施拥有审批、规划和颁布行业标准等权力,同时具有制定发展规划的职能,所以政府能否制定合理、有效的政策,是燃气汽车产业能否健康发展的关键。

(2) 政府政策支持必要性

政府在推动、促进燃气汽车的发展方面应该起到主导和调控作用。这主要是由燃油车具有负的经济外部性以及燃气汽车具有正的经济外部性所决定的。燃油汽车排放的尾气污染了大气环境,对居民的身体健康造成了危害,然而,为了让车辆行驶,燃油车的使用者只需要交纳一定的税费,购买一定的燃料就可以了,这属于个人成本。而政府为了治理污染,需要投入专门的人员和资金;另一方面,社会成员在呼吸有害气体后,会损害其健康,从而增加个人的医疗负担。这些由环境污染而造成的负担本来应该由燃油车所有者承担,但却由社会承担了,这就需要政府运用相应的政策手段进行干预,或者让燃油车所有者承担相应的污染费用,或者将其改装为清洁的燃气汽车。与燃油汽车相反,燃气汽车具有正的经济外部性,燃气汽车具有良好的环境效益,这些好处由全社会共享,但使用者的改装成本由个人承担,而享受这一好处的社会其他人对此不负担分毫。

在市场经济条件下,市场机制是以利润最大化为根本动力的,其基本功能是使交易双方的福利最大化,而不顾及社会福利,因此对于外部

经济性问题,单纯用市场来矫正或用准则来约束都有相当大的局限性,这就不得不借助市场以外的力量予以纠正,这种力量就是政府的力量。对于燃油车燃气化改造这一具有经济外部性的问题,引入政府的力量进行干预是合理而且必要的。

(3) 政府政策支持的重要作用

由于燃气汽车具有良好的环境效益,各国政府都制订了优惠措施,积极鼓励其发展。政府对该领域的支持包括资助技术研究、对推广天然气汽车所需费用的财政帮助、税收优惠以及低息贷款等。燃气价格是影响燃气汽车发展的重要因素,只有燃气售价较低,与汽油形成足够大的价差时,燃气汽车的发展才具有内在经济推动力。目前我国正在进行燃油税费改革的深化,这对燃气汽车的发展是个好的机遇。费改税后,燃油价格上升幅度较大,对燃气汽车的发展具有重要的促进作用。

政府支持还体现在汽车的改装及生产和加气站建设的初期投资上。目前各地燃气改装及生产大多从公交车和出租车开始,没有政府支持,改装燃气汽车很难实现。根据国情,我国的燃气汽车发展可分两步走,对目前已经开始发展燃气汽车的城市,第一步:车辆改装及生产对象应主要针对耗油量和机油更换频率大的城市公共营运车辆;第二步:当条件允许时,再加大油气差价,吸引广大的社会车辆主动地参与改车和用气。鉴于燃气汽车具有良好的社会效益,各地都制订了相应的政策推动燃气汽车的发展,如广州市对改装汽车进行补贴,每辆出租车补贴2 000元,每辆公交车补贴4 500元;北京市则对建站进行补贴,加气站资金的50%由政府投资。西安也对燃气汽车的改装、生产厂商和加气站运营方有大量的优惠政策和补贴措施。

b. 燃气汽车的推广及应用

燃气汽车作为系统的一大主体,其推广和应用直接影响着系统的实施和发展。在系统发展初期这个因素的作用显得尤为重要,只有燃气汽车的推广和应用达到一定程度,系统才具备了存在和发展的基本条件。从系统实施的角度出发,燃气汽车的推广和应用存在两方面问题。一是我国燃气汽车的研究、开发和生产能力不高。国外燃气汽车的相关技术

虽然已经日趋成熟,并不断改进和创新,但我国开展燃气汽车的研究、开发时间较晚,大多数产品是借鉴国外的相关技术和标准,而自主研发、生产的能力较弱,汽车关键零部件的国产化水平较低,这在一定程度上阻碍了燃气汽车的应用和推广。二是我国燃气汽车的推广和应用地区发展不平衡。由于我国经济发展的不平衡、地区环境压力的不同和能源分配及使用的限制,燃气汽车在各区域间的发展和应用情况差异较大。在众多的示范城市中,部分城市如北京、上海、西安、重庆等在具体实施过程中做得比较好,取得了一定的实践效果和推广经验,但大多数城市燃气汽车的应用状况不尽如人意,需要改善和提高了的方面多多。

因此,在燃气汽车与加气站互动发展系统的实施初期,我们必须高度关注燃气汽车的推广和应用。一方面加大技术引进的力度,增强消化吸收的效果,培育自主研发的能力,改善汽车生产环境,逐步做到关键零部件的国产化;另一方面在政府主导下,加大宣传力度,形成舆论效果,注重推广区域间的平衡,强化实施过程监督和落实,重点推广部分示范城市的实践经验和成功做法,从而使燃气汽车和清洁观念深入人心。

c. 加气站的建设及使用

影响燃气汽车发展的另一个重要因素就是加气站的建设和使用。目前的基本情况是加气站的建设严重滞后,建成并投入运营的加气站问题重重,没有发挥应有的经济效益。导致加气站建设和运营陷入了恶性循环的怪圈,成为燃气汽车发展的桎梏,影响加气站建设的关键因素如下:

一是完善的车用加气站的设计规范尚未出台。由于城市用地十分紧张,而加气站还必须建在方便汽车加气的路线和区域内,按现有的有关燃气站建设标准中防火间距的要求,土地问题实在难以解决。根据国外的经验,利用现有的加油站增设加气设备建成油气混合站,是解决土地问题、节省建设和管理费用的较为可行的办法。

二是加气站的建设资金和运营的经济效益难以保证。建设一个CNG母站大约需要500多万元,一个标准化子站大约需要200多万元,LPG加气站的建设费用较低,大约需要250万到300万元不等,其中以

上费用均不包括征地费。这些初期投资在现行的政策和经济环境下不太容易解决。实际上,投资问题有可能由社会资金来解决,这将取决于投资后的经济回报率,与其直接相关的是进气与出气的价差和加气的数量。据了解,一些石油天然气公司和外国公司看好我国燃气汽车的发展前景,愿意投资建设加气站,但涉及城市建设管理等一系列问题,仍需要进一步协调。

另外,加气站投资规模较大,主要原因之一是进口关键设备如:高性能天然气压缩、脱硫及深度脱水装置等价格昂贵,而国产设备的性能和可靠性有待进一步提高,急需组织力量对关键技术进行攻关,形成发展产业和实现规模效益。同时,要加强国家的统一规划,制定配套政策,保证加气站的建设速度能够适应燃气汽车发展的需求。

总之,加气站的建设既不能超前,也不能滞后,应与燃气汽车的改装、生产工作同步进行。各地在发展燃气汽车时,应注重车的改装、生产与站的建设相互配合。加气站规划应合理布局,尽量利用现有场地资源,建设油气合一站;燃气汽车的发展要量力而行,重视各地资源的可取程度,有计划、有步骤地做好发展规划,逐步实施,防止一哄而上,超前建设,浪费资金。

d. 系统发展规划问题

燃气汽车与加气站互动发展系统的实施必须要有科学、合理和可行的系统发展规划作为基础和保障。规划问题是系统不可忽视的一个重要影响因素,它在一定程度上决定了系统的发展方向和实施效果。一个科学合理的系统规划对实施过程是一个莫大的帮助,它直接推动了系统成长的速度和成熟的程度;反之,一个不契合系统实际的蹩脚的规划对系统实施和发展就是一场巨大的灾难,执行得越准确,距离正确的目标就越远。

从实际的系统实施情况来看,因为没有合理可行的系统规划而导致燃气汽车与加气站的发展陷于困顿的情况屡见不鲜。但就燃气汽车或加气站的推广和应用来说,都取得了一定的成果,尤其是燃气汽车的推广在政府的主导作用和经济利益的驱使下发展很快,众多的示范城市在

很短时间内就拥有了相当数量的燃气出租车和燃气公交车,但是在发展过程中没有很好地规划与其他主体及影响因素间的关系,导致在使用过程中并不尽如人意。尤其是没有科学规划燃气汽车与加气站间的互动发展需要,引发燃气汽车数量猛增,加气站建设严重滞后、使用数量较少、整体布局不当等突出问题。实施过程的不恰当在一定程度上削弱了系统的预期功用,降低了系统的整体目标,不利于燃气汽车产业乃至整个清洁交通产业社会大氛围的形成和发展。

凡事预则立,不预则废,在系统实施过程中必须充分认识系统中诸多主体的行为特征和利益取向,深入理解系统内及其系统外各主要影响因素的作用特征,针对实施中的主要障碍和突出问题做好科学、合理和可行的系统规划,并不断在实施过程中根据新问题、新情况来修正规划,使其趋于完善、科学,真正起到指导系统实施的重要作用。

e. 系统组织协调问题

燃气汽车与加气站互动发展系统是一个涉及社会、经济和技术的大型、复杂、多维的人工系统。从管理角度出发,系统的构成内容包括了高层的决策管理、中层的职能管理和基层的作业管理。这些管理活动规模庞大,影响因素众多,不仅涉及到燃料、汽车、机械制造等行业,而且涉及到公安、建设、科技、工商、税收、消防、环保、交通管理、技术监督、土地规划与管理等政府职能部门。另外燃气汽车和加气站的推广使用也涉及到燃气生产、气站建设、车辆改装、维修服务、安全管理、人员培训、运营管理、技术攻关、政策制定、市场培育等众多因素,因此在系统实施过程中就必须注重组织协调问题。

从系统的实施过程来看,我国燃气汽车和加气站的推广应用至今还没有形成一个有序的互动发展态势,在很大程度上归咎于组织协调的不得当。没有在科学规划的正确指导下,从系统的全局出发来考虑相关问题,只是局限于部分因素甚至是个别因素的影响作用,自然不能协调好众多产业和职能部门的统一发展工作。因此,在系统发展过程中应该采用系统工程的理论和方法,在了解系统特征和结构组成的基础上注重不同领域、不同行业 and 不同部门之间的组织和协调。

主要有两个方面:一是领导重视程度。在系统发展的初期,政府的主导具有很重要的战略地位和积极作用,而其中很关键的就是主管领导的重视程度问题。因此,在系统发展过程中必须紧密联系相关的主管领导,及时汇报系统发展的动态、前景及存在的主要问题,以使领导能够认识到系统对城市社会、经济及环境发展的平衡作用及重要意义,从而做出有利于系统发展的战略举措。二是机构组成。系统的发展过程中涉及的影响因素数量多、层次性强、结构复杂,并且相互之间的影响关系和作用机制不明确,必须设置科学、合理的主管机构才能有效促进系统的组织协调工作,从而推动系统的成长和发展。机构设置必须考虑系统的特征要素、内在结构、外在环境和众多影响因素,在深入认识和理解的基础上,注重相互间的平衡和协作。

系统的组织协调因素对系统实施的影响很大,发挥不当就会阻碍系统的进程,我们必须要注意,正确处理,使其发挥应有的积极促进作用。

f. 能源配置及使用限制问题

能源配置和使用限制因素属于系统发展环境的重要组成部分,是系统重要的外部影响因素之一,能源的配置和使用是燃气汽车与加气站互动发展系统的重要输入,其输入的满足程度在很大程度上也决定着系统的运行效果和输出的改善程度(主要是城市空气质量的改善)。

燃气汽车和加气站在世界范围内迅速发展的一個主要推动力是能源结构的调整 and 环境保护的压力。许多发达国家的政府为了保护环境,制订各种优惠政策鼓励发展燃气汽车,在这些国家,天然气供应已形成网络,液化石油气的资源和质量也有所保障,影响燃气汽车发展的主要是经济因素。燃气汽车的推广只有在车主们感到能以较低价格购买燃气汽车或将已有的汽车更换成燃气汽车的地方才能顺利进行,根据简单统计,只有把天然气的价格降低到汽油的二分之一,甚至更多一些时,才能使车主们考虑使用天然气汽车。

目前我国还没有完全实现燃气化,天然气供应只在部分省份,国产的液化石油气还不能满足燃气汽车的需求,天然气和液化石油气的充足

供应仍然是燃气汽车得以发展的一个重要条件。我国是以煤为主要能源的国家,煤炭在我国能源消耗中的比例为 75%,而天然气仅占 2%。在过去 20 年中,我国城市燃气供应量有了较大增长,燃气结构不断优化,天然气和液化石油气在城市燃气中所占比例不断增加。尤其是上世纪末以来,我国东南沿海地区液化石油气进口量不断增长,同时天然气勘探开发取得显著成绩,天然气供应量逐年上升,这些都为燃气汽车的发展提供了机遇。如在广州、深圳、北京、上海等可以使用进口液化石油气的城市都改装了液化气汽车,而在四川、重庆、西安、北京、上海等有天然气供应的城市则发展了天然气汽车。综上所述,目前我国燃气汽车与加气站的发展仍然受到燃气资源的严重影响。

3.2 燃气汽车与加气站互动发展系统的环境及目标分析

3.2.1 系统的环境要素分析

与大多数系统一样,燃气汽车与加气站互动发展系统也是在一定的外部环境作用下产生和发展起来的。各种环境因素的属性和状态变化通过输入使系统发生变化,进而影响到系统对环境的输出。环境与系统的相互依存关系决定了环境分析是燃气汽车与加气站互动发展系统分析的一项重要内容。

从系统具有的特征来看,系统与环境超系统间有着极其广泛和密切的信息、物质和能量交流,受到技术、经济和社会、国内和国外、结构和行为等多种环境因素的影响。这些因素归结起来主要有五类:经济环境、社会环境、技术环境、自然环境和组织实施环境。这五类环境共同作用于系统,并起着十分重要的影响作用。系统的环境要素如图 3-7 所示:

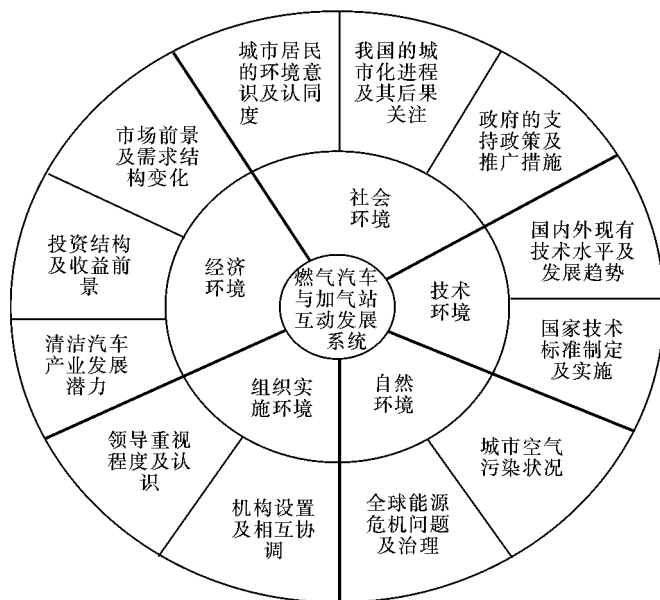


图 3-7 加气站与燃气汽车互动发展系统环境因素示意图

3.2.2

系统的目标分析

燃气汽车与加气站互动发展是燃气汽车产业发展及现代城市交通发展的重要组成部分,其系统目标的实现程度很大程度上影响着整个产业的成长速度和发展质量。目标分析是选择战略、制定规划、评价效果等一系列后续系统管理工作的前提和基础。

随着我国大中城市汽车保有量急剧增加,在为城市生活带来种种便利的同时,汽车尾气的排放已经成为城市大气污染的重要因素,现实促使了我国燃气汽车产业的形成和发展。不仅如此,发展燃气汽车产业还可以改善我国的能源消费结构、促进传统汽车产业实现跨越式发展,并带动其他相关产业的进步,进而推动整个国民经济的发展。在现阶段,我国发展燃气汽车不仅是实现城市交通、能源、环境协调发展的重要手段,也是实现我国汽车产业可持续发展的重要举措。因此,燃气汽车与加气站互动发展系统的根本目标可以总结为调整能源结构,改善空气质

量,促进现代城市综合交通发展,以取得相应的经济、社会和环境效益。其目标体系结构如图3-8所示:

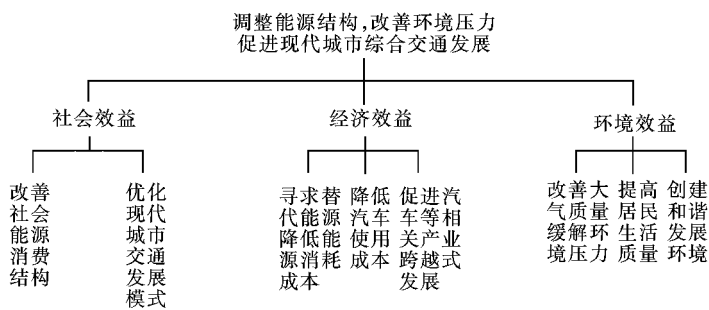


图 3-8 加气站与燃气汽车互动发展系统目标结构图

在以上系统目标体系结构的基础上,分别对系统的社会性目标、经济性目标和环境性目标进行详细分析和阐释。

a. 系统的环境性目标分析

发展燃气汽车的根本目的在于用清洁干净的燃气燃料代替传统的燃油燃料,因而产业的发展首先要实现的就是环境性目标。具体到燃气汽车与加气站互动发展系统来说就是燃气汽车对城市环境污染分担率的下降,从而改善城市空气质量,创建和谐美好的生活和工作环境。

随着汽车数量的增加,汽车给人类的生存环境所造成的大气污染也日趋严重。全世界数以千万计的汽车每年向大气排放的有毒物质多达上千吨,大气质量不断恶化,严重危及人类的生存和健康。中国以其特有的人口密度、车辆分布及性能特征加剧了城市大气污染的严重程度。许多城市的一氧化碳、氢氧化合物、悬浮颗粒物等严重超标,有的高达世界卫生组织规定标准的十几倍。上海、北京、重庆等大中城市都曾不同程度出现过酸雨污染及光化学烟雾污染,据 2001 年 4 月份世界能源理事会公布的世界 10 大污染最严重的城市,中国就占了 5 个,由此可见,大气污染日趋严重,已到了非治理不可的地步,公众也日益关注着大气污染的治理情况,要求改善大气质量的呼声越来越高。因此,寻找低污染汽车以净化生存环境的工作刻不容缓。

燃气汽车的推广和使用,可大幅度减少汽车废气的排放,有利于环境保护。这主要由于气体燃料与空气混合形成可燃混合气,混合及分配均匀,燃烧干净彻底,可大大降低油耗和排污。大量试验表明:燃气汽车与汽油汽车相比,HC 下降 70% 左右,CO 下降 90% 左右,NO_x 下降 30% 左右,CO₂ 下降 20% 左右,基本不含铅、硫化物以及苯类等有害物质,不存在形成光化学污染的危险;与柴油车相比,不会冒黑烟,可基本消除微小颗粒物的排放。并且燃气汽车的燃料系统是封闭的,可消除加注燃料时带来的蒸发污染,另外燃气汽车具有低速性能好,最适宜在车辆拥挤、人口密集的大城市使用。

值得注意的是,改善城市空气质量,缓解巨大的环境压力是政府推动燃气汽车与加气站互动发展的根本目的,所以衡量系统环境性目标的关键因素应为燃气汽车排放有害尾气对城市大气污染分担率的降低。随着城市汽车绝对数量的增多,无法要求燃气汽车的使用使汽车排放的尾气污染物绝对数量减少,污染物排放的减少在本课题的研究对象中应该是一个相对概念,在燃气汽车与加气站互动发展系统中主要可以从汽车中燃油车与燃气汽车的构成变化中得到反映。在汽车绝对数量增长的过程中,如果燃气汽车的比例逐步增大,说明城市汽车的构成结构得以改善,环境目标得以逐步实现,反之,则说明本系统的运行没有达到改善城市空气质量,缓解环境压力的根本目的。

从图 3-2 所示的加气站与燃气汽车互动发展系统的诸多行为主体的相互作用关系和追求目标来分析,只有市民及城市发展和政府有关部门是关注系统的环境性目标的。从普通市民的角度出发,随着经济发展和城市化进程对城市环境造成的污染和破坏越来越大,市民的生存状态和生活质量也随着不断降低,因此,每个理性的市民从自身经济社会利益出发,要求改善城市环境质量,尤其是城市空气质量,以保持自然、和谐和健康的生活环境。政府有关部门作为代表个体公民管理经济和社会事务的机构,一方面必须响应普通市民的环境诉求,另一方面基于全球环境保护的压力,积极采取改善措施进行城市环境的改善,其中很重要的就是大力发展燃气汽车和加气站,寻求替代能源,走清洁产业化道

路,以实现其所追求的环境性目标。

b. 系统的社会性目标分析

系统的社会性目标与环境性目标的侧重点不同,环境性目标主要关注于系统发展对城市环境尤其是大气质量的影响作用,而系统的社会性目标是从社会发展的战略角度出发,阐释系统的发展对社会结构尤其是能源消费结构和社会发展模式的影响。燃气汽车与加气站互动发展系统的社会性目标重点在于改变能源消费结构,改造社会的资源消耗型发展模式,促进城市交通、能源及环境的协调可持续发展。

人类对能源的消费经历了柴草、煤炭、石油三个年代,自 20 世纪 60 年代以来,人类以汽车为代表的主要能耗是不可再生的石油资源。据美国能源部和世界能源理事会的预测表明,全球的石油生产及消费将在 2010 年至 2025 年之间达到顶峰。预计石油资源储量按当前汽车年保有量的增长速度估计,仅能使用到 2040 年。在我国的能源结构中,煤炭约占 75%,石油约占 15%,我国是一个贫油国家,石油工业自 20 世纪 90 年代以来产量一直徘徊在 1.4 亿吨左右,远远满足不了国民经济发展的需求,因此,我国从 1994 年就开始进口石油。目前,我国已经成为石油纯进口国,预计到 2010 年石油需求将缺口 1 亿吨。这不仅涉及到经济发展速度和质量问题,而且关系着社会结构稳定、国家能源战略和国防安全问题,因此,降低油耗和开发汽车新能源的任务非常重要和迫切。目前,国际原油市场剧烈动荡,大规模开发利用天然气,将有利于弥补我国石油需求缺口,成为我国石油战略安全的重要组成部分。

我国天然气资源丰富,现已探明的常规天然气的总资源量多达 38 万亿立方,地质储量为 13.2 万亿立方,占全世界的 8%,预计可开采百年之久,但总体利用率较低。天然气资源主要分布在四川、陕甘宁、塔里木盆地和南海莺琼盆地等,年产量一直保持在 200 亿立方左右。目前,陕甘宁的天然气已经通过输气管网向西安、北京和天津等城市供气。四川是我国推广和应用 CNG 汽车最早和使用最广泛的地区,其中很重要的原因是四川拥有非常丰富的天然气资源,年供应能力达到 51 亿立方,其发展燃气汽车的主要目的就是充分利用当地的天然气资源。另外,我国

现有 50 多座大型炼油厂,每年生产商品液化石油气(LPG)600 多万吨,也能部分提供汽车使用。

为充分利用丰富的天然气资源,国家已经将天然气工业作为潜力巨大的战略产业予以优先发展。预计今后 15 至 20 年内,我国可形成 4 个年产 100 亿至 200 亿立方米以上,两个年产量 50 亿立方米以上的大型天然气生产区。其中车用燃气是天然气需求的一个重要方面,所以开发、使用燃气汽车是调整能源结构、缓解能源危机的有效途径。

从图 3-2 所示的加气站与燃气汽车互动发展相关主体的关系来看,只有政府有关部门和天然气经营管理机构关注于系统的社会性目标。政府是从宏观层次出发,基于国际石油市场的动荡局势、我国石油资源的匮乏以及我国能源消耗结构过高的外部依赖性,从社会稳定、国家安全和经济发展角度来关注系统社会性目标的实现。通过寻求替代能源,以气代油,实现我国能源消耗结构的调整、社会发展模式的转变和汽车产业的可持续发展,最终实现城市交通、能源消耗和环境质量的协调统一。而天然气经营管理机构是在政府有关部门的主导下,从微观操作层次出发,进行天然气资源的开发、运输管网的布局和建设、天然气利用效率的提高等,以保证系统输入的充分,从而最终实现系统的社会性目标。

c. 系统的经济性目标分析

燃气汽车由于其对环境保护和能源结构改善而产生巨大的环境效益和社会效益人所共知,此外,其经济效益也是十分显著的。所以除了环境性目标和社会性目标之外,燃气汽车与加气站互动发展系统还必须兼顾经济性目标,因为在市场经济体系中,相关经济利益主体的关系是依靠经济利益来维系的,系统的经济性目标是维持系统存在的根本条件。

从宏观层次来看,随着能源危机的日益严重和环境污染的加剧,世界各国都积极发展燃气汽车等清洁代用能源汽车,国内及国际市场对燃气汽车、加气站设备及相关产品的需求越来越大,燃气汽车具有广阔的国内市场和国际市场。据粗略统计,2005 年我国汽车的保有量达到

2 500万辆,燃气汽车大约发展到 50 万辆(按照燃气汽车占汽车保有量的 2%计算),每年可替代汽、柴油 600 余万吨,节约燃料费 130 多亿元;2002~2005 年累计天然气用量 219 亿立方米,累计天然气消耗费用 328 亿元,累计新增产值 750 余亿元。据预测,到 2010 年,国内燃气汽车将发展到 100 万辆,那时每年可替代汽、柴油 1 200 余万吨,节约燃料费 260 多亿元,累计天然气用量 819 亿立方米,累计天然气消耗费用 1 228 亿元,累计新增产值 2 200 余亿元。由于推广使用天然气等燃气汽车,我国每年将减少上百亿元的环保治污费用。由此可见,大力发展燃气汽车具有良好的经济效益。

从微观层次来看,我国天然气和压缩石油气的价格比汽油、柴油的价格便宜得多,在长期使用过程中,可显著减少在燃料上的开支,从而减少汽车的运营成本。虽然国家目前还没有统一的燃气价格规定,但总体来说,油气之间存在相当大的价差,据统计,2005 年,国内天然气平均出厂价每立方米为 0.583 元,平均原油价格每吨为 2 072 元,按同等热值比较气价为油价的 30%。一般来说,天然气是汽油的 1/3,液化气是汽油的 1/2。另外,压缩天然气(CNG)和液化石油气(LPG)的辛烷值比较高,抗爆性能要优于汽油,燃烧效率高,低温起动性好。而且气体燃料燃烧干净、不积炭、不稀释润滑油、运行平稳,因而减少发动机的机械磨损,无需经常注入机油或更换火花塞,可延长发动机的使用寿命两倍以上,因此可以减少汽车的日常维护支出,据统计,维修费用比燃油车节约 50%。

按百公里消耗燃料的费用进行比较,液化石油气汽车可节约燃料费 20%左右,压缩天然气汽车可节约燃料费 40%,而汽油汽车改装成汽油和燃气两用双燃料车的改装费用,液化气汽车约为 6 000 元左右,天然气汽车约为 9 000 元左右。据哈尔滨等地的经验,如果能保证方便地加气,长则 2 年,短则 1 年,改装成本即可收回。尤其是我国实施燃油税后,油气差价的扩大更为显著,实际使用的经济效益对用户具有极大的吸引力,在很大程度上推动了燃气汽车的推广和加气站的建设。因此,发展燃气汽车与加气站具有巨大的经济效益,其系统的经济性目标也十分显

著,在系统的发展过程中起到关键的制衡和促进作用。

从图 3-2 所示的系统不同行为主体关系来看,除了市民、天然气经营机构和政府有关部门三个主体是主要关注于系统的环境性目标和社会性目标外,其余五个主体都主要关注系统的经济性目标,都是以追求自身经济利益为根本目标的。在这些行为主体中,燃气汽车经营者和加气站经营者的经济互动关系是系统的核心关系,这个经济关系的存在是其他诸如燃气汽车制造商及经营商、加气站设备制造商及经营商、社会相关投资者等主体追求经济利益的基础和必备条件。在能源结构调整的背景下,基于油气差价的利益驱动和加气站布点的合理、便利性,汽车经营者才具有实际的燃气化需求和行动;同样,加气站经营者正是基于天然气价格与成本的较大差额和一定数量的汽车燃气化而投资于气站的建设和运营。二者之间是同步互动的经济关系,相互依存,相互制约,只有从系统整体的角度来考虑个体的经济收益,促进二者之间的互动、同步发展,才能最终实现在完成系统目标的前提下达到个体经济收益的最大化。

只有燃气汽车经营者和加气站运营者的经济关系形成了有序、互动和良好的发展氛围,其他主体的经济目标才能得以实现。燃气汽车制造商及经营商会随着汽车燃气化程度的提高而不断获取自身的经济利益;同样,加气站设备制造商及经营商随着加气站的规模、数量和建设速度的提高而不断获得丰厚的经济收益。只有在这四个主体之间形成有序、健康的发展氛围,以降低燃气汽车产业的投资风险和提高整个产业的投资回报后,社会相关的投资主体才会进入,并进行较大规模的投资和实践,最终形成整个系统的持续、快速和高质量的成长,达成系统的经济性目标。

总之,通过对燃气汽车与加气站互动发展系统目标体系的分析,更加明确了系统发展的重点和目的,奠定了制定行业宏观管理对策和处理系统突发事件的根本基础,能够较好地指导系统的具体实施和建设,从而促进整个燃气汽车行业的健康发展。

3.3 燃气汽车与加气站互动发展系统的 战略方案综合

3.3.1 国内外燃气汽车与加气站互动发展的策略综述

在当今巨大的环境压力和能源危机的影响下,世界不少国家都在实施以 LPG 和 CNG 代替石油产品的策略。各国促进燃气汽车发展所采用的有关政策和法规总的来说分为两类:

一是制定严格限制车辆排放的法规。自 1959 年美国加州最早提出立法控制汽车污染物的排放以来,发达国家相继制定了自己的汽车排放控制法规,经过 40 多年的发展,各国排放法规日趋完善、严格。目前世界上已形成美、欧、日三大排放法规体系,其中美国的车辆排放法规比较系统、完整,是当今世界上控制汽车排放最严的国家。制定严格的排放法规可迫使汽车制造商和用户主动寻求降低汽车排放污染的办法。

二是激励天然气汽车发展的优惠政策。美国、俄罗斯及天然气丰富的加拿大、荷兰、澳大利亚、新西兰等国均在推行燃气汽车方面给予许多优惠政策,如美国对私人车改装燃气可享受税收和贷款方面的优惠;澳大利亚对改装成 LPG 车的改装件和加气设备免征进口税和销售税,LPG 车免征道路建设税,并保证 LPG 的价格比汽、柴油低 40%;荷兰政府对 LPG 系统的额外费用进行补偿,LPG 的燃料税低于汽、柴油;新西兰政府为天然气储存设施提供 25% 的投资基金,对加气站基础设施的建设实行免税,所有加气站均可享受 100% 的免税,其改装车支出费用也 100% 免税,并对天然气税率优惠,还使天然气价格不超过当量汽油的 50%;马来西亚所有使用 CNG 和 LPG 的运输公司以及加气站和车主均可获得政府的补贴和免税。资源贫乏的日本,除对加气站和改装车进行补贴,还免收 LPG 车的进口关税,并减少燃料税和消费税。

20 世纪 50 年代,我国因历史原因曾进行过燃气汽车的研究,并在 80 年代中期开始引进国外成熟技术和设备改装燃气汽车,进入 90 年代

才真正发展起来,尤其在国家提出 12 个燃气试点示范城市后,大有一哄而上之势。但时至今日,各省市实际发展状况差异很大,这些差异主要是因各地规划、政策、法规和管理机制的不同所致。一般燃气汽车发展较差的城市通常表现为加气不方便(加气站少而远),缺少优惠政策、监督管理机制不健全等。同时,部分试点城市在科学规划、实地考察的基础上制定了一系列加气站税收优惠、出租车及公交车改装补贴等适宜的发展措施,燃气汽车与加气站的发展非常迅速。

3.3.2

我国燃气汽车与加气站互动发展的战略方案分析

从能源结构、经济效益、环境保护等方面出发,发展燃气汽车和加气站是必要的、紧迫的和可实现的,目前这已成为 21 世纪汽车产业跃进和社会可持续发展的方向之一,其前景非常广阔。综合国外发展燃气汽车与加气站的策略和国内部分试点城市的发展经验,并参考相关的理论和原理,对我国燃气汽车与加气站互动发展的战略方案作以下分析:

a. 确立和坚持可持续协调、互动发展的战略思想

可持续发展思想与传统的发展思想相比,具有以下四个方面的独特属性:

从自然的属性来看,由于环境满足现在和未来各种需要的能力是有限的,可持续发展强调保护和加强环境系统的生产和更新能力,以寻求一种最佳的生态系统以支持生态的完整性和人类愿望的实现,使人类的生存环境得到持续改善。

从社会的属性来看,可持续发展强调在生存和不超出生态系统涵容能力的情况下,改善人类的生活品质,尤其需要优先满足全世界穷人的各种基本需要。

从经济的属性来看,可持续发展强调在保持自然资源的质量和其所提供的服务的前提下,使经济发展的净利益增加到最大限度,即寻求一种不降低环境质量和不破坏世界自然资源基础的经济的发展。

从科技的属性来看,可持续发展就是转向更清洁、更有效的技术,即

尽可能接近“零排放”或“密闭式”工艺方法,最有效地利用自然资源和最大限度地减少自然资源消耗对环境的污染,总而言之,可持续发展就是建立极少产生废料和污染物的工艺或技术系统。

可持续发展战略正在被越来越多的国家所认同,并作为 21 世纪“自然—社会—经济”这一复杂系统的运行规则而为世界各国发展规划所采用,汽车应用燃气因其降低污染物的排放、改善空气质量、调整能源消耗结构等优势而很好地体现了可持续发展的主体思想。所以燃气汽车和加气站的互动发展必须坚持可持续发展的战略思想,其中包含的具体内容阐释如下:

(1) 由于城市交通需求的不可转移性与汽车尾气排放对城市环境污染的矛盾,使燃气汽车与加气站互动发展具有社会需求基础与广阔的市场前景。

(2) 由于能源结构的多样性和大多数能源储量的有限性与交通对能源需求长期性的矛盾,使开发燃气汽车种类、使用燃料类型、加气站建设标准具有多样性要求,进而要求燃气资源结构与汽车产品结构进行调整以实现可持续发展,以满足社会经济发展对交通和物流的长期需求。

(3) 中国社会经济发展的客观需要和将汽车产业作为主导产业的事实,以及汽车排放的清洁化诉求,使得燃气汽车和加气站具有可持续发展的可行性和现实性。

(4) 燃气汽车显著减少污染物排放量,极大改善了大气质量,降低了交通外部成本,使燃气汽车和加气站的发展与社会经济发展相互协调,提高了交通运输的有效性,进而满足可持续发展的要求。

(5) 燃气汽车显著减少了单车排放,增大了环境对交通的承载能力,满足了社会经济发展对交通需求量的不断增加,从而实现了燃气汽车和加气站的可持续发展目标。

(6) 燃气汽车和加气站发展以城市交通外部成本内部化为依据,使产业政策的制定有了明确的内容,因而有利于燃气汽车产业的可持续发展。

因此,在具体实施过程中,必须强化城市加气站和燃气汽车规模化、

互动发展系统性特征的认识,将环境性目标、经济性目标和社会性目标三者的协调作为中心工作和评判准则,坚持走可持续发展战略道路。

b. 确立和实施政府主导、面向市场的成长战略

燃气汽车和加气站的规模化、互动发展是一项跨行业、跨部门的复杂大型系统工程,涉及众多的行业和政府职能部门,因此需要政府的强有力的主导作用来有效、统一地协调系统中的各项要素,使之从一开始就纳入规范化的发展轨道,以形成统一、开放、竞争、有序的市场体系,为燃气汽车的推广及使用创造良好的社会和政策性支持环境。从根本上来说,燃气汽车与加气站初期的发展是一项政府行为,从国外发展燃气汽车的情况看,政府的支持是发展燃气汽车的根本保证。各国都是从一开始就对这项工作给予相当优越的配套扶持政策,才使得燃气汽车和加气站能够快速发展。国内试点城市也有政府支持启动燃气汽车和加气站发展的成功经验,总体看来,政府行为主要体现在以下三个方面:

(1) 给予必要的财政补贴、低息贷款、减免税,控制油、气差价,支持该项目的技术开发等优惠政策。

(2) 需要政府出面协调科委、计委、技术监督局、公安局、交管局、规划局、公用局、劳动局、财政局、税务局、环保局、工商局等有关行政部门,密切配合,协同作战。制定燃气汽车改装、生产和加气站建设、使用的具体标准,使行业管理工作标准化、规范化、科学化。

(3) 实施严格的大气质量标准和各类汽车尾气排放法规,鼓励燃油汽车改装为燃气(或双燃料)汽车,对未改装的燃油车辆,采用征收汽车排污费,提高汽(柴)油价格等措施,加大推动燃气汽车的发展力度。

虽然在系统发展的初期,政府起到了非常重要的主导作用,但是经济利益才是系统存在并得以维持的根本条件,所以在发挥政府主导作用的同时,必须自始至终地面向市场,注意运用市场机制和经济手段,促进燃气汽车产业健康、快速地发展。

c. 坚持科学规划和科技攻关,走规模经济的产业化道路

燃气汽车与加气站互动发展系统是一个庞大的复杂社会经济系统,涉及到有关政府管理部门、企业、大专院校、科研院所、金融机构等诸多

的社会方面,政府应该按照系统分析的思想和方法,对其进行统一规划,统一领导,切实抓好试点、示范城市的工作,认真总结经验,逐步推广,促进燃气汽车与加气站积极、稳妥地发展。

在实践过程中,根据各地的实际情况有选择地发展燃气汽车和加气站,要统筹考虑、科学规划,如一些地区石油化工产业优势明显,可以获得优质、成分稳定的液化石油气,则应优先发展 LPG 汽车,但从长远发展看,CNG 汽车比 LPG 汽车更具生命力,这不仅取决于 CNG 汽车排放指标低,更重要的是我国天然气储备丰富。根据国家天然气产业规划,到 2010 年左右,全国大范围内将使用天然气,因此,在优先着重发展 LPG 汽车的同时,应该积极为 CNG 汽车的推广使用作好技术储备工作。在大力发展 LPG 汽车时,应先着力发展 LPG 汽(柴)油双燃料汽车,逐步推广使用 LPG 单燃料汽车。

另外,国内目前大规模使用燃气汽车的外部条件还不成熟。车用燃气的生产、加气站的普及以及改装、生产燃气汽车所需的关键零部件的国产化尚需一个过程,所以应该先以具备一定基础的城市作为试点城市重点推广,同时展开对燃气汽车关键零部件和加气站设备、高压气瓶等配套设备的开发和科技攻关,等到时机成熟再全面推广。

对于各试点城市,也应对燃气改造作好宏观上的产业化控制,防止众多的企业看到其有利可图后一哄而上,这样无疑会造成资源的浪费,同时也无法保证质量。试点城市推广使用燃气汽车一定阶段,取得一定经验后,再全盘考虑车用燃气的生产、关键总件的引进选型及国产化和全国范围内大规模使用燃气汽车等一系列工作。

在做好科学规划的基础上,燃气汽车与加气站的发展要充分依靠科技进步,用高新技术推动系统发展。要抓紧对急需解决的各项技术进行筛选,并在此基础上加大投入,组织关键技术攻关;以应用为目标,促进科技成果转化,通过政策导向、市场牵引、试点示范、逐步普及来推动产业化发展;要特别注意技术的整体优化和产业化,形成经济规模,在应用中发现和研究新问题,不断创新,提高技术水平,并以经济效益和社会效益作为工程实施的根本评价标准。

d. 确定和坚持社会广泛参与、大力协同、综合治理的战略

在燃气汽车与加气站发展的长期实践过程中,应该确立社会各主体广泛参与、大力协同和积极投入的战略。首先,加强广大市民的环保意识。燃气汽车和加气站发展实现商业化以来,面对的潜在购买者就是市民,因此,使环保的观念深入人心,会为燃气汽车的顺利推广创造有利的外部条件。可采取多种多样生动活泼的形式,如加强对环境污染负面效果的宣传;对燃气汽车比例超过某一特定值的企业或事业单位车队及购买、改装燃气汽车的个人颁发荣誉称号等;开展限制污染汽车日等活动,如:哥伦比亚的圣菲波哥大市就曾经开展“无汽车日”活动。

其次,从整个系统的发展来看,要依靠全社会的力量,充分调动和发挥地方政府、企业和科研机构的积极性,加强中央与地方协同配合,发挥地方政府在宏观规划、政策制定、资金投入、工作协调等方面的优势,进一步强化各部门的协同与合作,发挥政府部门的示范作用,努力为燃气汽车与加气站互动发展系统的顺利实施创造必要的社会条件。

最后,有效吸引社会投资和各种资源,共同促进燃气汽车与加气站的规模化发展。要成功实现燃气汽车的商业化应用,政府部门必须尽最大努力在政策上给予引导、倾斜,税率上给予优惠。支持天然气和液化石油气汽车的关键制造技术及其配套技术设施的研究及开发;鼓励使用天然气和液化石油气作为汽车燃料,使其市场价格与石油产品相比具有竞争性;减少或免除车主的货物税和道路附加费,使之能够与燃油汽车展开竞争;在燃气汽车改装、生产中实施优惠政策,运用经济手段鼓励相关企业投资;对加气站建设与运营实行补贴或免税,有效地吸引社会投资,减缓政府的财政压力,使相关的石油公司和燃气销售公司乐意投资于燃气销售网。

总之,政府在系统发展初期虽然具有巨大的积极作用,但政府不能包办一切,系统的发展必须面向社会,面向市场,有力地推进其商业化步伐。所以在系统发展的深入阶段,就必须在政府的主导下,想方设法吸引社会各个主体的共同参与,利用庞大的社会投资和丰富的社会资源,来共同促进系统的健康发展。

e. 坚持立足长远、合作竞争、动态发展的战略

调整能源消费结构,改善城市空气质量和缓解环境承受压力是我国经济和社会长期、持续、稳定发展的重要条件。因此,燃气汽车与加气站的互动发展不是一种短期行为,而是一项必须长期坚持的基本战略。

燃气汽车与加气站的互动发展是一项以汽车及相关产业为基础,涉及诸多技术领域和管理部门的复杂系统工程,系统的相关行为主体数量多、层次性强、成分复杂,相互之间的关联性和行为的集聚效应比较明显,构成了多条重要的供应链以及在此基础上形成了整个系统的价值网络。所以在具体实践过程中,必须深入分析系统中各主体的相互关系和行为特征,采用系统化的思想和方法统筹考虑,协同发展,在竞争中注重合作,在合作中强调发展,坚持合作竞争的共赢战略。

另外,从长远的角度来讲,人们对环境质量的要求会越来越高;就各国排放法规的变化分析,汽车的排放标准日趋严格;随着燃气汽车产业技术和加气站设备性能的发展更新,燃气汽车的清洁程度也会越来越高。因此,一定要用动态、发展的眼光看待燃气汽车与加气站的推广和应用。

总之,燃气汽车与加气站的发展要取得长足进步,就不能局限于眼前和局部,要有开阔的视野和全局思想,切实坚持立足长远、合作竞争、动态发展的战略。

本章小结

初步系统分析是运用系统工程的理论和方法解决实际问题的基本前提与必备条件,是系统进行规范分析和综合分析的必要基础。燃气汽车与加气站的互动发展涉及了多个相对独立的经济利益主体间的相互作用关系,系统中的各个因素相互影响、相互制约,构成了一个复杂的社会经济技术系统。在前文理论研究和实际分析的基础上,本章以城市燃气汽车与加气站的规模化发展为对象,对燃气汽车与加气站互动发展过程进行了初步系统分析。对所研究的问题进行了问题界定与解析,阐释

了问题的系统特征及其基本结构;在系统发展现状分析基础上通过解释结构模型化方法梳理了问题的主要影响因素,并针对关键影响要素进行了分别阐释;在系统环境要素分析基础上,建立了系统的整体目标体系,并就其经济性目标、社会性目标及环境性目标分别进行了详细解析。在以上研究基础上,借鉴国内外燃气汽车与加气站发展经验及教训,提出了我国燃气汽车与加气站互动发展系统的战略方案。本章研究内容属于初步系统分析的范畴,因此是分析解决燃气汽车与加气站发展问题的基本前提和必要条件,是课题后续规范研究和总体研究工作的必备基础。

参考文献

- [1] 汪卫东. 我国清洁汽车的发展及对策[J]. 汽车科技, 2003, 3
- [2] 刘惠萍, 孙义直. 燃气汽车发展策略与应用前景[J]. 城市交通, 2003, 11
- [3] 施红星, 杜宏云. 中外发展燃气汽车相关优惠政策比较[J]. 交通标准化, 2003, 3
- [4] 邹祖烨, 任树芬等. 国外代用燃料汽车发展概览[M]. 北京: 中国铁道出版社, 1998
- [5] 张于心, 申金生等. 我国清洁汽车发展战略的探讨[J]. 北方交通大学学报, 2001, 4
- [6] 薛立民, 张于心, 鲍振荣等. 我国燃气汽车可持续发展政策探讨[J]. 北方交通大学学报, 2002, 26(2)
- [7] 孟丽华. 燃气汽车发展现状与前景展望[J]. 平原大学学报, 2002, 19(5)
- [8] 鲍振荣, 张于心, 薛立民等. 我国城市燃气汽车的发展模式研究[J]. 环境保护, 2003, (10)
- [9] 汪应洛, 袁治平等. 系统工程(第三版)[M]. 北京: 机械工业出版社, 2003
- [10] 袁治平等. 绿色物流与西部城市交通发展战略. 中国工程院第 32

场工程技术论坛论文集. 2004,10

- [11] “清洁汽车关键技术研究开发与示范应用”项目重点推广应用城市(地区)课题验收会资料. 2005,11
- [12] 全国清洁汽车行动信息网, [http://www. cleanauto. com. cn](http://www.cleanauto.com.cn). 2005,12
- [13] Hochhauser. AM, Koehl. W. J, Benson. J. D, Bums. V. R. Comparison of CNG and Gasoline Vehicle Exhaust Emissions, Mass and Composition—The Auto Oil Air Quality Improvement Research Program[J]. S. A. E. transactions, 1996,(4)

4

燃气汽车与加气站互动发展过程的宏观动力学特性分析

4.1 系统动力学理论与发展综述

系统动力学(System Dynamics,简称 SD)诞生于 1956 年,创始人为美国麻省理工学院的 Jay W. Forrester 教授。系统动力学的创立与发展经历了以下几个重要阶段。

4.1.1

20 世纪 50~60 年代系统动力学的诞生

系统动力学创立时被称为工业动力学,首先应用于工业管理系统分析,研究诸如生产与雇员情况等问题。1958 年 Jay W. Forrester 在 Harvard Business Review (No. 4, July - August, 1958)发表了奠基之作 Industrial Dynamics: A Breakthrough for Decision Makers, 1961 年出版的《工业动力学》(Industrial Dynamics),早已成为系统动力学理论与

方法的经典之作。而后, Jay W. Forrester 又从宏观层次上研究了城市的兴衰问题, 1969 年出版了《城市动力学》(Urban Dynamics), 在这一阶段, 用于计算机模拟的编译系统 SIMPLE 产生, 后来发展成为 DYNAMO(取名来自“动态”“模型”的混合缩写)。

4.1.2

20 世纪 70 年代到 80 年代的发展成熟

这一时期的主要标志是系统动力学世界模型与美国国家模型的研究。从 70 年代开始, Jay W. Forrester, Dennis Meadows 先后建立 WORLD II 与 WORLD III 模型, 与罗马俱乐部学派研究了世界增长问题, 这一研究引起了广泛关注与持续争论, 主要成就有 WORLD II 模型以及以此为基础的《世界动力学》(World Dynamics, 1971 年), WORLD III 模型以及以此为基础的《增长的极限》(The Limits to Growth, Donella Meadows et. al, 1972), 《趋向全球的平衡》(Toward Global Equilibrium, Dennis Meadows et. al, 1974)。

几乎在同一时期, Jay W. Forrester 领导 MIT 小组, 在美国企业与政府资助下开展了国家模型的研究, 建立了 4 000 多个方程的美国国家模型(National Model)。这些研究揭示了美国与西方国家经济长波(Long Wave)的内在机制和美国 70 年代以来的通货膨胀, 失业率和实际增长率同时增长的问题。

这些研究使系统动力学受到世界范围的关注, 促进它在世界范围内的传播与发展, 确立了其在社会经济问题研究的学科地位。

4.1.3

90 年代到目前, 系统动力学的广泛应用与发展

在这一阶段, 系统动力学在世界范围内得到了广泛传播, 其应用范围更广泛, 并且获得了新发展。系统动力学继续应用于国家模型、城市问题、产业问题等宏观、中观问题的研究; 同时在企业管理领域发展了学

学习型组织理论以及系统思考(System Thinking)的运用等,在西方已经普遍地用于现代管理教学,几乎已经与哈佛首创之传统 Case Study 齐名。同时,系统动力学与其它数学方法相结合出现了决策支持系统、功能强大的系统动力学模拟软件等。

4.2 系统相关主体的经济分析

要建立系统动力学模型,必须对相关元素进行定量分析,确定各元素之间存在的定量关系。在市场经济条件下,经济关系是各独立利益主体之间协调的主要纽带,因而本课题研究将分别进行燃气汽车和加气站的经济性分析。

目前,各地发展燃气汽车的方式有所不同,主要分为改装与直接推广油气两用燃料车为主,本部分主要分改装(简称“改装模式”)与运营者直接购买两用燃料车(简称“购买模式”)进行分析讨论。

4.2.1 出租车运营者的经济分析

在改装模式下,模型主要参数如下

R :出租车单位时间的平均收益;

Gra :油气车燃气状态下的行驶概率(由现有加气站的总供气量与整个城市的油气车以燃气状态行驶所需供气量的比值推得, $0 \leq Gra \leq 1$);

C_1 :购置燃油车的费用;

L_1 :燃油出租车的使用年限;

x :燃油车进行改装时的车龄;

S :出租车单位时间内的行使里程;

V_{11} :燃油车的耗油量;

V_{12} :油气车的耗油量;

V_{22} :油气车的耗气量;

P_1 :燃油价格;

P_2 :燃气单位售价;

C_0 :出租车的其他日常固定运营支出;

C_{22} :燃油车改装为油气车的费用。

设 $U_1^{(0)}, U_2^{(0)}$ 分别为燃油车、油气车单位时间内的平均收益(其中油气车仅指由传统燃油车改装而来)

$$U_1^{(0)} = R - \frac{C_1}{L_1} - S \times V_{11} \times P_1 - C_0 \quad (4-1)$$

$$U_2^{(0)} = R - \frac{C_1}{L_1} - \frac{C_{22}}{L_1 - x} - (1 - Gra) \times S \times V_{12} \times P_1 - Gra \times S \times V_{22} \times P_2 - C_0 \quad (4-2)$$

燃油车改装为油气车的经济性条件为

$$U_2^{(0)} - U_1^{(0)} > 0 \Rightarrow$$

$$x < L_1 - \frac{C_{22}}{S \times V_{11} \times P_1 - Gra \times S \times V_{22} \times P_2 - (1 - Gra) \times S \times V_{12} \times P_1}$$

简记 $\frac{C_{22}}{S \times V_{11} \times P_1 - Gra \times S \times V_{22} \times P_2 - (1 - Gra) \times S \times V_{12} \times P_1}$ 为 G , 则

燃油车改装油气车的经济性条件为

$$x < L_1 - G \quad (4-3)$$

定义函数 $f^d(m)$ 为符合改装条件的燃油车的数量, 其中

$$m = L_1 - G \quad (4-4)$$

在购买模式下, 模型的主要参数如下:

Gra :燃气汽车燃气状态行驶概率; C_1 :购置燃油车的费用; L_1 :燃油出租车的使用年限; L_2 :燃气出租车的使用年限; S :出租车单位时间内的行使里程; V_{11} :燃油车的耗油量; V_{12} :燃气车的耗油量; V_{22} :油气车的耗气量; P_1 :燃油价格; P_2 :燃气单位售价; C_0 :出租车的其他日常固定运营支出; C_2 :燃气汽车的购置费用。

其中 Gra 表征燃气汽车以燃气状态行驶的期望概率, 由燃气供需比推得。

$$C_{10} = \frac{C_1}{L_1} + S \times V_{11} \times P_1 + C_0 \quad (4-5)$$

$$C_{20} = \frac{C_2}{L_2} + (1 - Gra) \times S \times V_{12} \times P_1 + Gra \times S \times V_{22} \times P_2 + C_0 \quad (4-6)$$

由于对不同种类车辆的购买不会影响出租车运营者的运营收入,故在实际比较中仅考虑成本即可,即可推得购买燃气汽车的经济条件为:

$$C_{10} > C_{20}$$

通过上文的定量分析,可得出出租车的改装速度主要是通过可改装的出租车车龄来体现。可改装出租车的车龄越长,可改装出租车的数量就越多,在改装延迟不变的情况下,改装速度就越快。令 H 表示油气车的总量,用微分方程表示油气车改装子系统的演化关系如下式所示:

$$\frac{dH}{dt} = e(m) = E(L_1, P_1, P_2, C_{22}, V_{11}, V_{12}, V_{22}, S, Gra) \quad (4-7)$$

4.2.2 加气站建设主体的经济分析

加气站建设主要由政府相关部门进行规划,作为运营单位,同样需要考虑收益问题,只有加气站运营能够获得较为稳定的收益时,才能在保证燃气汽车需求的同时,维持自身的健康发展,最终推动燃气汽车的产业化发展。

为了刻画加气站建设子系统的相关属性,本文设定了相关参数以表示其相关影响因素:

Q : 每站年燃气销售量;

P_c : 燃气的单位价格(加气站进价);

C_s : 加气站的年运营成本及折旧;

假定加气站的获利函数为 R , 那么

$$R = Q \times (P_2 - P_c) - C_s \quad (4-8)$$

同时,加气站的建设受到政府规划部门决策的指导,政府根据目前城市油气车的数量,确定城市需要建设的加气站数量,当 $R > 0$ 时,加气

站的增长速度与政府批准建设的加气站数量一致,否则,当加气站运营者认为建站不会获得相应利润时,即使政府认为需要增加加气站的数量,加气站的数量也不会增加。

假定政府估计城市需要加气站数量为 NP ,此时加气站数量为 N ,那么当 $NP \leq N$ 或 $R \leq 0$ 时,加气站的增长速度为 0。

当 $NP > N$ 且 $R > 0$ 时,加气站的增长速度为 $NP - N$ 。

用 GR 表示加气站的增长速度,则

$$GR = CLIP(0, 1, N, NP) * CLIP(0, 1, 0, R) * (NP - N) \quad (4-9)$$

通过上述分析,可以用微分方程表示加气站建设子系统的演化,设 G 为系统中加气站的总量,那么其增长速度可以表示为

$$\frac{dG}{dt} = f(Y) = F(Q, P_2, P_c, NP, N, C) \quad (4-10)$$

4.2.3

出租车运营子系统与加气站建设子系统的集成

通过前文的定量分析,可以进一步将有关参数的数量关系进行细化,如下所示:

$$Q = U\left(\frac{H}{G}\right) \quad (4-11)$$

$$Gra = W\left(\frac{G}{H}\right) \quad (4-12)$$

将式(4-7),(4-10),(4-11),(4-12)联立,得

$$\begin{cases} \frac{dG}{dt} = F\left(U\left(\frac{H}{G}\right), P_2, P_c, NP, N, C_s\right) \\ \frac{dH}{dt} = E(L_1, P_1, P_2, C_{22}, V_{11}, V_{22}, S, W\left(\frac{G}{H}\right)) \end{cases} \quad (4-13)$$

通过上述方程组,可以看出燃气汽车改装子系统与加气站建设子系统交互影响,构成了自组织系统,下文简称车-站系统。该系统可用如下因果与相互关系图表示。

车-站系统中的油气车与加气站两个子系统及其要素交互影响、互为发展条件,在前文系统界定的基础上,将系统细化为图 4-1 所示的图形。

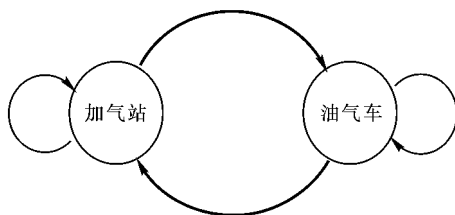


图 4-1 车-站系统图

如图所示,两个子系统除了相互影响外,自身的发展变化也会影响该子系统在下一个阶段的演化。

燃气汽车与加气站的互动发展就是要求使车-站系统进入互动良性发展的状态,也就是说该自组织系统从发展初期车、站发展不协调的无序状态到协调发展的有序状态,通过对相关因素的控制打破加气站少——燃气汽车少——加气站获利少——加气站减少这一稳态,促成系统进入燃气汽车与加气站互相促进、协调发展的系统稳态。

4.3 当前车-站系统存在的问题及系统动力学仿真模型的构建

4.3.1

目前系统存在的问题

目前该自组织系统存在的主要问题是子系统之间发展不协调,以至形成发展怪圈。

一方面,“绿色汽车”九成弃气用油接近“安乐死”,另一方面,加气站数量少且惨淡经营;一方面是双燃料车背着空罐跑,另一方面是加气站吃不饱。可以说,目前许多地区的燃气汽车产业化陷入了一个发展怪圈,如图 4-2 所示:

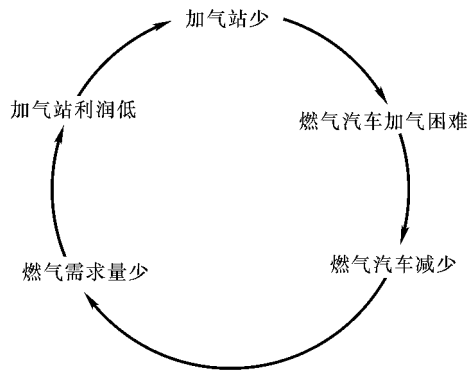


图 4-2 车、站发展怪圈示意图

以协同学的观点分析这一问题,可以将这一发展怪圈看作是自组织系统的一个稳态,当外界环境在一定范围内变动时,保持相对稳定的系统结构。

4.3.2

政府对系统进行调控的可选措施

在市场经济条件下,政府对经济系统的控制多是通过相关的经济因素例如价格、税收等,对经济活动的主体施加影响,进而对经济系统的行为施加影响。就本文所讨论的自组织系统来讲,可以通过税收或补贴等手段,人为地改变车、站自组织中的常量,进而使系统的相关参数达到阈值,打破原有的稳定结构,建立起车、站互动良性发展的新稳定结构。根据协同学理论,政府推动燃气汽车产业化发展的过程主要包括以下几步,如图 4-3 所示。

产业化发展所对应的自组织系统稳态就是使因果与关系回路图中以粗线标识的反馈回路成为决定自组织系统宏观结构的主要关系。那么,衡量政府现有政策的标准自然就是在外部相关因素的随机变动影响下,是否能够在尽可能短的时间内使正反馈回路主导系统的宏观结构。

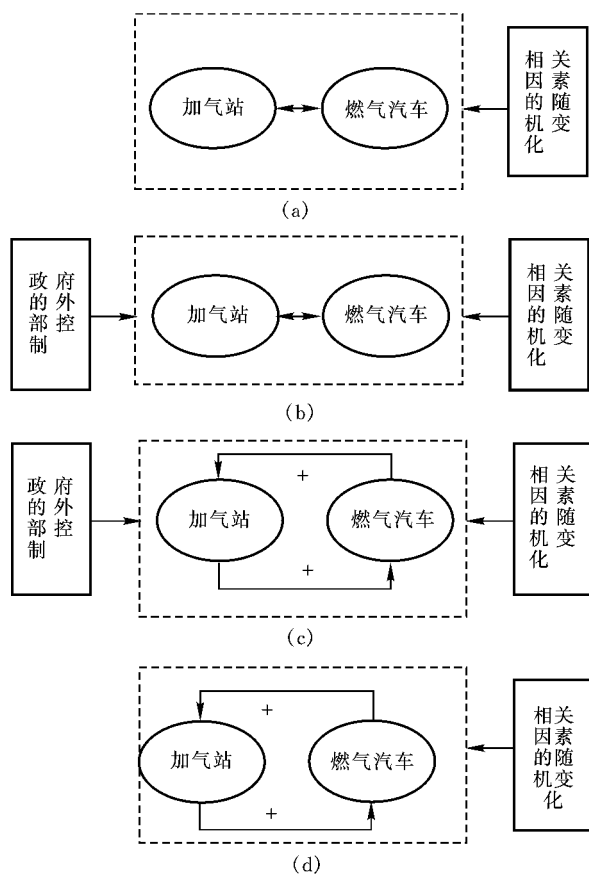


图 4-3 政府调控引起的系统演化图

4.3.3

系统动力学仿真模型的构建

a. 购买模式下出租车选择模块的构造

目前西安市的相关政策规定,燃气汽车的使用年限较燃油出租车增加两年,为了较准确描述出租车从投入使用到停止运营各个阶段车龄的变化情况,引入系统动力学中的龄链结构表示随着时间的推移,处于各个车龄出租车数量的变化情况。具体实现如图 4-4 所示。

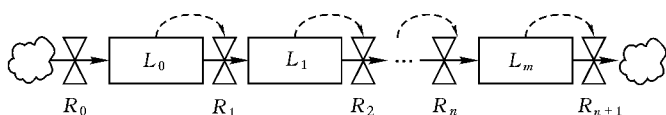


图 4-4 出租车车龄变化仿真实现图

其中, L_i 表示车龄为 i 的出租车数量, 龄链结构中的重要方程如下:

$$L_i = \text{INTEG}(R_i - R_{i+1}, \text{Inl}_i) \quad (4-14)$$

$$R_{i+1} = L_i \quad (4-15)$$

分别用两个龄链结构表示燃油出租车与燃气出租车的车龄变化情况, 构造出租车选择模块, 其中 K_i 表示车龄为 i 的燃油出租车数量, K_{ia} 表示车龄为 i 的燃气出租车数量, C_{10}, C_{20} 分别表示前文中的 $C_1^{(0)}, C_2^{(0)}$, R_a 表示新增出租车数量。模块如图 4-5 所示。

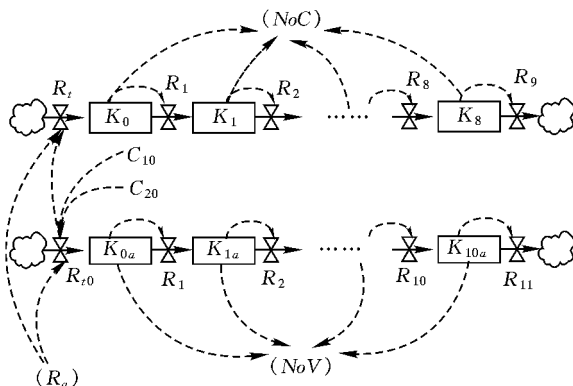


图 4-5 出租车选择模块简化流程图

主要方程如下

$$R_{t0} = \text{IF THEN ELSE}(C_{20} < C_{10}, R_a, 0) \quad (4-16)$$

$$R_t = R_a - R_{t0} \quad (4-17)$$

$$\text{NoC} = K_0 + K_1 + K_2 + K_3 + K_4 + K_5 + K_6 + K_7 + K_8 \quad (4-18)$$

$$\text{NoV} = K_{0a} + K_{1a} + K_{2a} + K_{3a} + K_{4a} + K_{5a} + K_{6a} + K_{7a} + K_{8a} + K_{9a} + K_{10a} \quad (4-19)$$

b. 加气站建设模块的构建

由前文的经济性分析可知影响加气站建设的相关因素,加气站建设

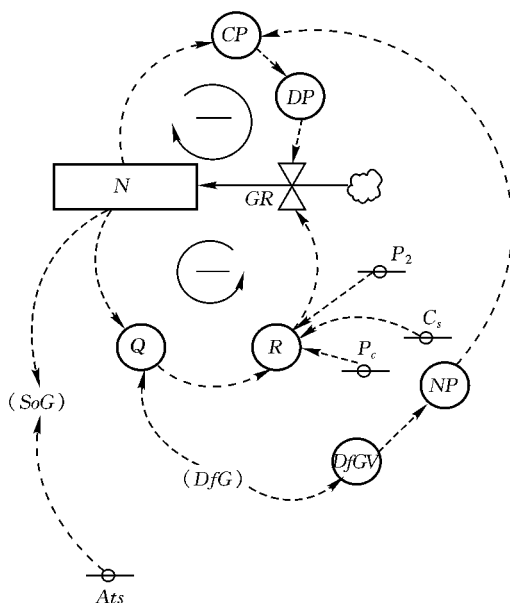


图 4-6 加气站建设模块简化流程图

模块的 SD 简化流程图如图 4-6 所示。

$$NP = INTEG(\frac{DfGV}{AtS}) + 1 \quad (4-20)$$

$$CP = NP - N \quad (4-21)$$

$$DP = IF THEN ELSE(CP > 0, CP, 0) \quad (4-22)$$

$$GR = IF THEN ELSE(R > 0, 1, 0) * DP \quad (4-23)$$

$$Q = \frac{DfG}{N} \quad (4-24)$$

$$R = Q * (P_2 - P_c) - C_s \quad (4-25)$$

$$DfGV = SMOOTH(DfG, STIME) \quad (4-26)$$

$$SoG = AtS * N \quad (4-27)$$

其中, DfG 为实际燃气需求量, $DfGV$ 为预计燃气需求量, Ats 为加气站年燃气供应量, SoG 为某一地区的燃气供应总量。

c. 车-站系统动力学模型的构建

由前文的经济性分析可以得出构建系统动力学模型所必需的数量关系,出租车选择模块的构造解决了运营者出租车选择问题的描述。在此基础上,可以构建完整的车-站系统动力学模型。如图 4-7 所示。

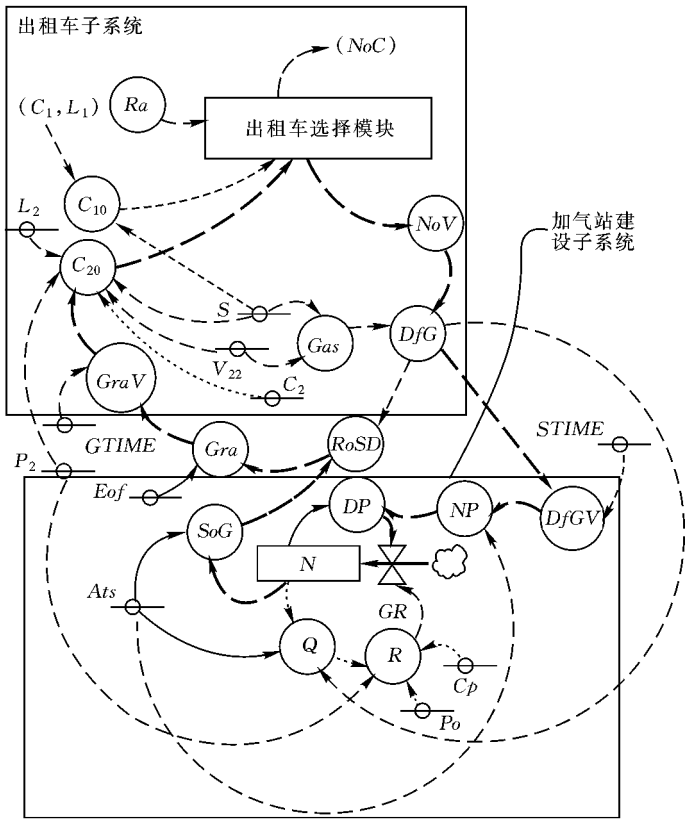


图 4-7 车-站系统动力学模型简化流程图

模型中的主要方程如下:

$$RoSD = IF THEN ELSE(SoG = 0, 0, IF THEN ELSE(DfG = 0, \frac{1}{Eof}, \frac{SoG}{DfG})) \tag{4-28}$$

$$Gra = \begin{cases} 1, & RoSD \times Eof \geq 1 \\ RoSD \times Eof, & 0 \leq RoSD \times Eof < 1 \end{cases} \tag{4-29}$$

其中 $RoSD$ 为燃气供需比,反映了系统中燃气的供需关系, Gra 为出租车燃气状态行驶概率,由 $RoSD$ 乘以影响因子 Eof 得到。

4.3.4

系统目标在系统动力学模型中的体现

系统的目标主要表现为环境目标,在系统动力学模型中主要由出租车消耗能源的构成来表示,设出租车燃气化率为 T ,则

$$T = \frac{NoV \times Gra}{NoV + NoC} \quad (4-30)$$

其中,如前文所述,政府对城市车-站系统进行改进和完善的根本目的就是实现系统的环境性目标——减少由于出租车运营而对城市环境产生的污染。通过分析可知,出租车对环境污染的影响主要受以下几个因素的影响:出租车中燃气出租车所占的比重、燃气出租车以燃气状态行驶的概率等。式(4-30)所标识的出租车燃气化率主要就是基于上述分析而提出的衡量环境目标实现效果的指标,特别是,当 $NoV=0$ 时,表示系统中没有燃气汽车,此时 $T=0$;当 $NoV \neq 0$ 但 $Gra=0$ 时,表示虽有燃气汽车,但燃气汽车以燃气状态行驶的概率为 0,此时 $T=0$;当 $NoV \neq 0, NoC=0$ 且 $Gra=1$ 时,表示系统中出租车全部为燃气汽车且所有时间都以燃气状态行驶,此时 $T=1$,所以 $T \in [0, 1]$,可以表示系统环境目标的实现程度,取 0 时系统表示对环境改善没有贡献,取 1 时表示发展燃气汽车这一措施的效果目前条件下达到最优状态。

4.4 车用燃气定价决策分析

4.4.1

对燃气价格变动的仿真

政府对燃气价格的调整是西安市政府推广燃气汽车发展的重要举措,燃气价格一方面关系到出租车运营者的利益,一方面又涉及加气站运

营者的经济收益。因此,制定合理的燃气价格是政府相关部门必须解决的问题。车-站系统动力学模型可以通过计算机仿真对各种燃气定价条件下相关指标的发展趋势进行预测,进而为政策制订者提供决策支持。

a. 仿真的具体数据

表 4-1 相关参数(常量)赋值表

常量名称	数值	常量名称	数值
P_1	2.6 元/kg	Ats	$2.16\times10^4\text{ m}^3/\text{年}$
P_2	1.5 元/ m^3	C_2	1.0×10^5 元/车
S	6.0×10^2 百公里/年	V_{11}	20kg/百公里
V_{12}	21kg/百公里	Eof	0.8
V_{22}	$24\text{ m}^3/\text{百公里}$	C_s	5.0×10^4 元
P_c	0.65 元/ m^3	C_1	9.0×10^4 元/车

表 4-2 处于各个车龄的出租车(包括燃油出租车与燃气出租车)初值表
(单位:千辆)

	0	1	2	3	4	5	6	7	8
K_i	1.800	1.748	1.697	1.648	1.600	3.432	1.019	0.270	0.500
K_{ia}	0	0	0	0	0	0	0	0	0

设定城市燃气汽车的上限为 20 000 辆。

b. 系统仿真

设定仿真时间为 20 年,运行仿真程序进行初步仿真,燃气汽车及出租车燃气化率的变化如图 4-8 所示。

仿真结果显示,单纯增加燃气汽车的使用年限,在一定时间内可以提高出租车中燃气汽车数量与出租车燃气化率,但无法最终解决出租车燃气化问题,现将模型中的燃气价格降为0.8,其他条件不变,运行仿真程序,结果如图 4-9 所示。

影响燃气价格的因素除了政府干预外,还有外界环境对燃气价格的影响,车-站系统中主要表现为燃气价格的随机波动。为考察燃气价格

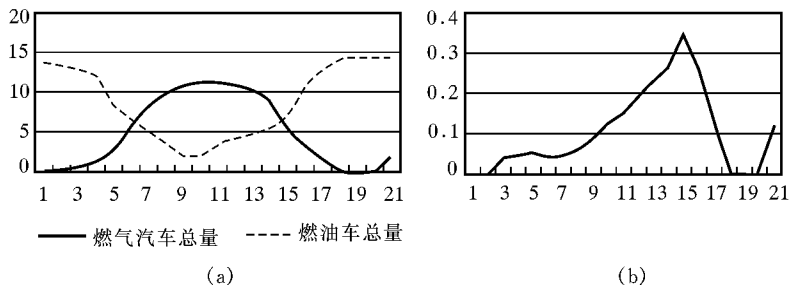


图 4-8 初步仿真结果示意图

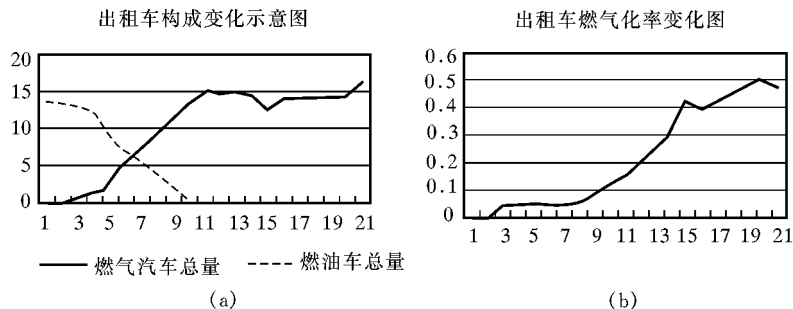


图 4-9 降低燃气价格后仿真结果示意图

在波动条件下系统的行为特征及燃气价格的不同程度的波动对政策效果的影响,可以在变量 P_2 中加入噪声函数。现加入均值为 0 的正态分布函数,噪声函数变化范围在 -0.3 至 0.3 之间,此时燃气价格的变动幅度达 $\pm 100\%$,方程如下

$$P_2 = 0.8 + \text{RANDOM} \quad \text{NORMAL}(-0.8, 0.8, 0, \delta, 0) \quad (4-31)$$

其中 δ 为噪声函数的标准差, δ 取不同数值以反映燃气价格的变化程度,在本文中 δ 分别取 $0.1, 1, 10$,运行仿真程序,结果如图 4-10 所示。

另外,影响政策效果的另一个重要问题是价格政策持续时间问题,政府执行燃气价格政策时间长短、是否延续会对车-站系统会产生何种影响,也是较受关注的问题。通过调用 $PULSE$ 函数仿真燃气价格在一定时期内的变化可以深入探讨这个问题。公式如下

$$P_2 = (1 - PULSE(0, \alpha)) \times 0.7 + 0.8 \quad (4-32)$$

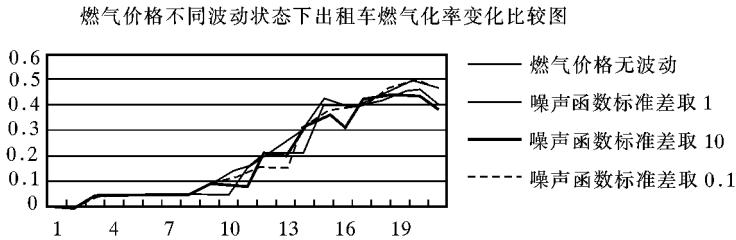


图 4-10 燃气价格不同波动状态下出租车燃气化率变化比较图

式(4-32)表示在 0 至 α 年内价格为 0.8,而后价格恢复至 1.5,仿真过程中 α 分别取 11,15,19,仿真结果如图 4-11 所示。

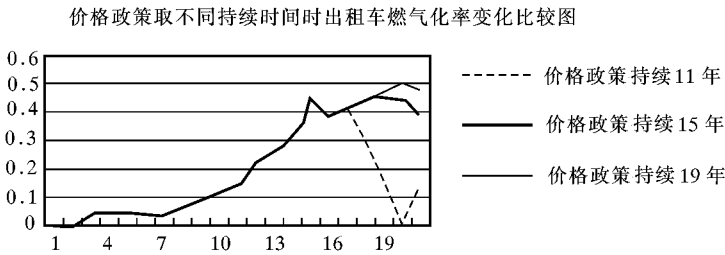


图 4-11 价格政策取不同持续时间时出租车燃气化率变化比较图

4.4.2 相关政策建议

单纯依靠增加燃气出租车使用年限的措施虽然可以在一定时期内增加燃气汽车的数量,但由于燃气化率低,系统的环境性目标无法实现,而且由于无法得到价格较为低廉的燃气,在经历一段时间的增长后,燃气汽车会很快减少,最后濒于绝迹。只有在行政措施(西安市表现为上文提到的增加燃气汽车使用年限)基础上,政府人为调低燃气价格,才有可能从根本上改善出租车构成,提高出租车的燃气化率。

通过输入噪声函数进行测试,燃气价格变动幅度 100%,标准差最大达到 10。仿真结果显示燃气价格降低后,在价格均值保持恒定的条件下,燃气价格随机波动对出租车燃气化率影响较小,这说明燃气价格

政策对外界环境的影响具有较高的强壮性,可操作性强,适于政府选用。

对价格政策不同持续时间的灵敏度分析表明,出租车燃气化率对政策持续时间较为敏感,如果价格政策过早结束,则可能会“前功尽弃”——图 4-11 较为形象地说明了这一点。所以政府在执行燃气价格政策时,最重要的就是保持该政策的延续性。

本章小结

在第三章初步系统分析的基础上,本章运用系统动力学的相关理论及研究方法对燃气汽车与加气站互动发展过程进行了宏观动力学特性分析。针对系统中的燃气汽车运营者和加气站经营者两大主体分别进行了经济性分析,并在此基础上构建了燃气汽车与加气站互动发展过程的系统动力学仿真模型,着重对车用燃气定价决策进行了仿真分析,为燃气定价策略的制定提供了必要的决策支持。本章对系统的宏观动力学特性分析揭示了其有关主体的相互作用机理,并对关键变量的长期变化趋势进行了初步仿真分析。

参考文献

- [1] 汪应洛. 系统工程[M]. 北京:机械工业出版社,2003,98~118
- [2] 王其藩. 系统动力学[M]. 北京:清华大学出版社,1988,105~109
- [3] 鲍振荣,张于心,薛立民. 我国城市燃气汽车发展模式研究[J]. 环境保护,2001,(10):42~45
- [4] 薛立民,张于心,鲍振荣. 我国燃气汽车可持续发展政策探讨[J]. 北方交通大学学报,2002,4(2):82~86
- [5] 岳波. 在我省推广燃气汽车的建议[J]. 云南交通科技,2001,2(1):1~2
- [6] 上海市石油学会. 车用燃气与加气站建设[M]. 北京:中国石化出版社,2001,132~133

5

城市加气站规划方法研究

5.1 我国城市加气站规划的特殊性

早在第二次世界大战前后,意大利就率先开发了天然气汽车。随后一些欧洲国家相继投入研究和发展,从而带动其他许多国家应用和发展这项技术。从 20 世纪 30 年代到 90 年代,CNG 汽车的发展经历了一个漫长的起步阶段。随着全世界对环境保护和能源利用越来越重视,世界各国都加大了对 CNG 汽车技术的投入,从而使这一技术得到飞速发展,CNG 汽车也得到了广泛的应用。近几年,一些国家更是将推广 CNG 汽车作为保护大气环境的重要措施,采用倾斜政策鼓励其发展。据美国企业市场调查组织报告,从 2001 年起,全球的 CNG 汽车以每年 16% 的速度增长。1995 年颁布的《美国天然气汽车工业战略计划》指出,至 2010 年美国将建成 9 000 座 CNG 加气站,发展 200 万辆 CNG 汽车。日本政府也规划至 2010 年其 CNG 汽车的使用量将达到 100 万辆。

虽然我国从 20 世纪 50 年代就开始试用天然气汽车,并且兴建了第一座加气站,但由于各方面的原因,直至 80 年代中期,才在四川真正迈

出了发展 CNG 汽车的步伐,开始了天然气汽车在中国的研究和应用。由于我国天然气资源十分丰富,加之我国西气东输天然气管线的建成以及国家对环境保护的需要,天然气和液化石油气作为一种清洁能源,自然成为车用燃料的新型替代能源。所以,以天然气作为燃料的汽车,开始在全国得到推广和应用,与此同时,服务于天然气汽车的加气站也在蓬勃兴建之中。随着 CNG 汽车和 CNG 加气站在全国各大城市的大力发展,其科学性、规范性、安全性已成为新的焦点。然而在实际操作中的共同难题就是如何在市区形成有效的加气站网络,以促进清洁能源汽车产业的规模化发展。如果车辆加气不便,将造成只有改装数量而没有使用数量,发挥不了环境效益,使整个推广工作走向失败。事实上,由于加气站投资大、风险高,短时间内无法跟上 CNG 汽车的发展步伐,在许多地区其建设已经明显滞后于需求,导致加气站网络的结构因规划布局落后而不能充分发挥天然气汽车的整体效益。

本章从加气站选址规划入手,希望能够通过科学合理的规划布置使加气站网络逐步跟上燃气汽车的发展,并最终形成燃气汽车与加气站规模化互动发展的良性关系。

5.1.1 选址问题的重要性

燃气汽车推广应用的发展程度,在很大程度上取决于加气站选址规划的优劣。选址不是成功最重要的一步,但却是成功的第一步,因此,要想使城市加气站网络在最短的时间内取得最大程度的发展,首先要对站点进行选址;加气站布局规划属于城市基础设施规划,选址要求非常严格,而且安全要求较高。因为天然气相对密度(空气为 1)小,仅达到 0.62~0.8,泄漏后很快升空,容易散失,一旦发生天然气泄漏事件,极易引起附近人群中毒,严重者如不及时抢救可引发死亡,后果不堪设想。另外,虽然天然气的爆炸极限和自燃点均高出汽油,但其主要成分甲烷属于易燃物,仍然容易引发火灾。在已经建设天然气加气站的地区,就曾经发生过这样的案例。2004 年在广州市天平架交通枢纽站的气罐中

转站曾发生天然气泄漏,险些酿成重大灾难,虽没有人员伤亡,但也导致了三人昏迷并造成间接的经济损失。

其次,加气站布局规划属于能源使用规划,对于我国节约不可再生能源也有一定的意义。21 世纪,随着全球经济的快速发展、工业化进程的加快以及人口的迅猛增加,人类对资源的消耗逐年增加,可供人类利用的不可再生资源已经越来越少。煤炭、石油、天然气作为三大主要能源,估计在不久的将来就会消耗殆尽,人类需要寻找新的能源来代替它们。我国目前能源利用效率明显偏低,单位 GDP 耗能虽然比过去有所下降,但同发达国家相比还是偏高;工业发展造成较严重的环境污染,带来高昂的经济成本和环境成本,并对公众健康产生明显的损害,目前大气污染造成的经济损失量已占当年 GDP 的 3%~7%。如此发展下去,能源问题得不到解决,反而会带来环境污染问题,必然影响到我国社会、经济的可持续性发展。因此,合理规划能源的使用、提高能源的利用率势在必行。加气站的合理布局将会减少天然气的输送成本和配送成本。

最后,加气站的选址布局会影响到城市道路交通。城市中的若干加气站,将成为城市中对汽车的若干吸引点。一般来说,应考虑建设在城市主要交通道路上。如果选址不合适,会影响到交通的正常运行,造成交通堵塞甚至瘫痪。从经济的角度来看,加气站的选址应该在适当的位置,以节约其用地成本。

综上所述,合理建立以压缩天然气、液化石油气为代表的低排放燃气的加气站,对减少环境污染、合理利用能源、促进我国汽车工业的持续健康发展,具有十分重要的意义。因此,加气站选址规划是非常重要的,不能随意,应综合考虑多方面因素。

5.1.2

城市加气站选址研究的意义

从目前全国大多数城市的加气站网络来看,都呈现出供需不平衡的局面。供需关系的失调,会造成设备利用率低,资源浪费,超负荷工作,

用户加气困难,从而影响城市交通和居民的出行。以西安市为例,从1998年的第一座加气站建立,到2004年截止总共只建立了14座;而相应的CNG汽车却高达9 300多辆出租车和800多辆公交车,且该数目仍呈现迅速上涨趋势。以此市场需求量计算,西安市至少需要40~50座加气站才基本够用。因此,即便各加气站保持24小时营业,巨大的供应缺口仍导致目前加气站前常常出现汽车排长队加气的景象,高峰时期一辆车平均要等一两个小时才能加上气。许多出租车只能在深夜排队加气,严重影响其生活与工作,造成驾驶人员抱怨不断。另一方面,不合理的站点布局使得城市中某些路段的交通产生拥挤和堵塞,严重影响道路通行能力,造成交通系统的紊乱。此外,不合理的加气站布局对投资方的经济影响更大。它延长了投资回收期,降低了利润率,长此以往,难以吸引投资者兴建加气站,阻碍了城市CNG汽车的发展,更阻碍了加气站网络的构建。

近几年,随着城市CNG汽车保有量急剧增加,对加气站的要求不断增大,一些城市加气站如雨后春笋般建成,有逐步形成加气服务网络的趋势。从上述分析可以看出研究加气站选址问题具有良好的应用前景,可以满足我国经济建设与安全管理两方面的需要,对提升我国城市合理建设有较大的应用价值。然而,这一网络也存在许多问题:

(1) 一些城市的加气站建设严重滞后于燃气汽车发展的需要,造成CNG汽车加气困难,大多数改装车辆仍主要使用汽油,使CNG汽车的优点未能充分发挥,严重影响了CNG汽车产业的发展;

(2) 目前城市CNG加气站种类单一,绝大多数是固定式中型站,另有少量母子站和油气混合站,致使网络结构不合理,服务水平较差,与用户的要求相差甚远,不利于城市CNG汽车的进一步发展;

(3) 整体经济效益不高。由于站址多数是以存量空地选址,缺少统一规划和布局,使得加气站经营效益存在较大差异,用户加气方便性较差。

之所以出现这些问题,关键是缺乏一套科学、系统的加气站布局选址理论和方法,致使投资部门不能合理科学地选择生产规模,管理部门

没有科学的手段来评价和选择最佳方案。由于 CNG 加气站是一新生事物,它的许多技术和应用问题尚待解决,许多基本数据仍在统计中,加气站的规划布局理论也处在探索之中。部分研究人员对城市 CNG 加气站的选址问题进行研究,建立了一系列的选址模型与相关算法,以期解决 CNG 加气站选址这一具有瓶颈性质的难题。

5.2 相关规划方法评述

随着加气站良好的发展趋势,国内外也越来越重视加气站的研究问题,不少专家、学者和研究人员纷纷发表了自己的见解和研究成果。然而,目前加气站的建设工作,基本上沿用一般工程建设项目的研究方法,除工程内容以外,其他研究内容有许多不适应站点网络建设的特点。总结近年来研究的实践,主要存在以下问题:

- (1) 单站建设忽视了网络整体功能;
- (2) 追求单站数量的增加,忽视地区网络建设的发展空间;
- (3) 单站销量预测不科学;
- (4) 工程建设标准不统一;
- (5) 投资估算不规范。

当然,也有部分专家提出了对改进加气站建设的研究建议,如:

- (1) 零售总量的增长应作为建站与否的首要指标,一定区域内成批站点应进行整体评价;
- (2) 以本地区 CNG 消费量与零售设施的均衡分析为基础,寻找零售网络建设发展空间;
- (3) 采用统一的预测模型,科学预测拟发展加气站的销售量,为效益测算提供可靠基础;
- (4) 加气站建设标准化,投资估算规范化,为加气站发展规划审批提供直观资料,为科学管理运作提供硬件基础等。

然而由于问题规模太大,采用一般工程建设的方法使这些建议在实际中很难实现。于是,不少学者开始寻求更为简单方便的优化算法来求

解加气站的选址问题。遗传算法的引入使得加气站选址问题有了突破性的发展。

5.2.1

遗传算法

因为遗传算法不同于传统优化算法从单个初始值迭代求最优解,易陷入局部最优或产生早熟;它是从串集开始搜索,覆盖面大,利于全局择优,但它的缺陷在于变量多时收敛速度会降低,解群分布不均匀时算法易出现早熟,以及参数选择尚未有定量的方法。本部分研究在遗传算法的交叉选择过程中采取了对被选择个体的有序排列和半随机性质的组合,而交叉因子的选择则通过适应度函数来决定,以此降低了计算量、减少了参数的随机性,在实际计算中取得了不错的效果。

遗传算法具有鲁棒性强、随机性、全局性以及适于并行处理的优点,所以在寻找近似最优解一类的问题中得到了广泛的应用。然而,作为一种进化算法,遗传算法仍然存在许多不足。例如:由于生成初始群体的随机性,算法在解群分布不均匀时易于出现早熟。而 Hopfield 作为一种全局优化算法,在收敛速度上则优于遗传算法。这种算法在 80 年代由美国物理学家 J. Hopfield 提出,其算法模型是一个单层全互联含有对称突触连接的 Hopfield 网络。Hopfield 网络的演变过程是一个非线性动力学系统,系统的稳定性用“能量函数(即李雅普诺夫或哈密顿函数)”进行分析,即在满足一定条件的情况下,某种“能量函数”的能量在网络运行过程中不断减少,最后趋于稳定的平衡状态。但 Hopfield 网络也存在不稳健性,这是由于能量函数在能量下降时容易陷入局部最优,当 Hopfield 网络规模变大、能量函数变复杂时,这种问题变得更为严峻。

遗传算法的最早雏形出现在 20 世纪 60 年代初 Frasc 的论文中,他是一位生物学家,试图仿真突变和选择交互作用的进化过程。

1967 年,Baglay 在其博士论文中首次提出“遗传算法”一词,并发表了遗传算法应用方面的第一篇论文,他发展了复制、交叉、变异、显性、倒

位等遗传算子。然而在 1975 年 Holland 的第一本关于遗传算法的书《Adaptation in Natural and Artificial Systems》和 De Jong 的博士论文《An Analysis of the Behavior of A Class of Genetic of Adaptive Systems》出版之前,即使是知名科学家对遗传算法也不大了解,可以说,Holland 开创了遗传算法这一领域。遗传算法的独特优点是由 Holland 和他的学生的精心而睿智的工作突现出来的,是他们的努力建立了今天称之为基本遗传算法的基础。Do Jong 则把 Holland 的模式定理和他自己细致的计算结果成功地结合在一起,他的研究成果至今仍是遗传算法发展史上的里程碑。

此后,遗传算法覆盖了三个主要研究领域:基本遗传算法的研究,用遗传算法进行优化和带有分类系统的机器学习。这些研究的概况在 Holland 的学生 Goldberg 博士的著作《Genetic Algorithms in Search, Optimization and Machine Learning》里已有清楚的描述。

进入 90 年代,遗传算法得到了更深更广的发展。

1991 年,Davis 出版的《Handbook of Genetic Algorithms》一书详尽介绍了遗传算法的工作细节。1992 年,Koza 出版了专著《Genetic Programming: on the Programming of Computer by Means of Natural Selection》,提出了遗传编程(Genetic Programming,简称 GP)的概念,并且成功地将该编程方法应用到人工智能、机器学习、符号处理等方面。

研究者对遗传算法进行扩展和改进,以求解工业工程中许多难解的优化问题,这些问题定向的遗传算法和原来的基本遗传算法有很大的差别,这类遗传算法和其他进化算法的边界变得模糊不清了。以上研究进展在 1996 年 Michalewicz 的著作《Genetic Algorithms + Data Structure = Evolution Programs》中作了极好的讨论。

国内开展对遗传算法的研究主要是始于 20 世纪 90 年代,此后出版的许多专著为推广遗传算法起了较大的作用。陈国良、王煦法编著的《遗传算法及其应用》,周明、孙树栋等出版的《遗传算法原理及应用》,王小平、曹立明编著的《遗传算法——理论、应用与软件实现》等专著为遗传算法在我国的推广和普及起了很大的作用。目前,它与专家系统、人

工神经网络成为有关人工智能方面专家学者们所最为重视的三大热点课题,并取得较为显著的成果。

以上就是遗传算法在不同的发展时期国内外学者出版的一些关键著作。

此外,自 1985 年以来,已经召开了多次遗传算法的学术会议和研讨会,为理论研究和实际应用提供了国际交流的机会,并促进了理论与实际的协调发展。

这些众多的出版著作、研究单位和频繁的国际学术活动集中反映了遗传算法的学术意义和应用价值。目前,遗传算法已成为一个多学科、多领域的重要研究方向。按照生物学上可进化性(evolvability)的概念,遗传算法所追求的也是当前群体产生比现有个体更好个体的能力,即遗传算法的进化性或称群体可进化性。因此,遗传算法的理论和方法研究也就围绕着这一目标展开。关于下面五个问题的回答,就成为 GA 理论研究的主要方向:

- (1) 遗传算法如何更好地模拟复杂系统的适应性过程和进化行为?
- (2) 遗传算法在优化问题求解中怎样才能具备全局收敛性?
- (3) 遗传算法的搜索效率如何评价?
- (4) 遗传策略的设计与参数控制的理论基础是什么?
- (5) 遗传算法与其他算法的结合如何?

但是有关遗传算法的已有研究大都集中于算法的实现、改进与应用方面,而相关的基础理论研究远落后于算法发展。在对遗传算法的改进方面,主要体现在对算法的各个步骤进行完善。这就包括编码、建立初始种群、建立适应值函数、遗传操作(选择、交叉、变异)、判定收敛等的改进。

在国内,目前学者们对基本遗传算法的改进进行了许多非常有效的尝试,相关的论文层出不穷。例如:金菊良、杨晓华、丁晶的《标准遗传算法的改进方案——加速遗传算法》,宗敬群的《一类混合自适应遗传算法及性能分析》,袁慧梅的《具有自适应交换率和变异率的遗传算法》,朱朝艳、郭鹏飞、张旭的《谈遗传算法的改进策略》,韩万林、张幼蒂的《遗传算法的改进》等等。所有的这些改进,都在不同的层面、不同的程度上发展

了遗传算法。

需要指出的是,与传统的优化算法相比较,遗传算法还是个新生儿。基本遗传算法存在以下许多不完善之处,比如:如何确定种群规模是个难题,交叉率与变异率的选择具有盲目性,存在“早熟”现象,有时收敛速度较慢等。所有这些缺陷成为遗传算法进一步广泛应用于工程领域的瓶颈问题,这就需要我们从事理论基础以及实现手段等各个方面对遗传算法进行研究和改进,使其更好地应用到更广泛的领域。

5.2.2 CNG 加气站的选址研究动态

虽然城市 CNG 加气站和加油站同属于交通系统的组成部分,并且在系统中作用相同,但由于它们生产工艺和技术要求的不同,使得它们的布局选址方法存在较大差异。加油站因其生产工艺简单,生产成本低,投资小,安全要求限制少,可以建在城市内的城市道路附近,主要以方便用户而布局选址。CNG 加气站含有高压生产,工艺复杂,加之易燃易爆的 CNG 气体的特性,目前国内外在设计选址时,大多将它视为石油化工类项目,首先从安全的角度来考虑其布局和设计选址,往往将它布置在城市的待建区域,这样既相对安全又易于用地和规划。例如:美国在设计加气站选址时,在保证安全的前提下,为便于管理,方便用户,并考虑日后产业的发展,加气站在原有加油站内或附近。在俄罗斯,要求加气站的布网距离 15~20 公里,多数分布在城市郊外,靠近管网区。马来西亚的 CNG 汽车主要集中在吉隆坡地区,用户主要是城市的出租车,所采用的布置形式是加气站采用子、母站形式,母站位于郊外,而子站则位于市区,母站与子站之间采用挂车运输压缩天然气(此车称为 CNG 转运车)。在加气站规模选择方面,一般认为建站规模以 100 辆为主,最好不要超过 200 辆,否则因往返路途远,许多驾驶员不愿来,导致站点设备利用率偏低,经济效益较差。

在我国,随着加气站数量的不断上升,关于加气站的选址研究也逐渐被重视起来。建设部 2000 年 4 月颁布的《汽车用燃气加气站技术规

范》规定:城市加气站布点和选址应符合城市规划和道路交通规划,处理好方便加气和不影响交通的关系;应有效地避开重要公共建筑(系指省级和省级以上机关办公楼、电子计算中心、通讯中心、文物古迹以及体育馆、影剧院、大型商场、宾馆、车站、机场大楼等)和人员密集的繁华区,以减少事故危害;加气站应选择在城市交通干道和车辆出入方便的次干道上,以方便加气,对车辆比较集中的公交车停车库(场)和大型运输企业,可设专用加气站;加气子母站选址时,应避免液化石油气槽车在市区的繁忙道路上行驶,母站工作时不能对附近的生活用户产生较大影响。

西安市科委将西安市天然气加气站站址规划列入西安市软科学研究计划,从1999年8月至2000年5月,由西安市天然气汽车办公室牵头,组织市规划局、规划局、市科委、公安局、消防局等单位,对城区加油站进行了全面考察,由市规划局、规划局对加气站、加油站进行了全面规划。其选址方法是对现有的加油站按照规划原则进行选址,对于旧城区原则上不设置任何站点。一环路和二环路之间,以间距2km为服务范围,二环路与三环路之间,以间距3km为服务范围,保留条件较好的加油站。对超出服务范围的地方和重要交通干道统一规划为加气站。

2000年到2002年四川大学的殷国富、黄海波、童岱等人对于城市加气站的选址规划进行了一系列研究,应用运筹学的基本原理,得到了城市CNG加气站的合理规模和数量分配模型,并应用计算机辅助方法从供需平衡、安全性、经济性方面对CNG加气站的选址进行了初步评价,在文献中总结了重心法、目标规划法、单行线路法、专家咨询法四种方法求解CNG加气站选址问题,在后文中将对这几种方法进行比较分析。

由此可见,国内外城市加气站选址原则与方法存有一定差异,发展的加气站形式和规模不尽相同,这充分说明当前对加气站选址尚未形成统一的理论和方法体系。

国外将加气站布置在城郊,势必造成城内加气网络的服务真空,用户加气不方便,影响城市交通。对加气站规模的限制,忽略了母子站的特点及公交中心站的存在,不能取得相应的规模效益。西安市的做法也仅局限在结合加油站进行定性选择的范围,不具备普遍的指导意义。殷

国富、黄海波、童岱等人所用的选址模型只是建立在规划区域内建立一个加气站的研究范围,所用选址方法建立在小规模选址问题的基础上,注重事后的评价,对于加气站建设的前瞻性不够。而且,其所研究的选址模型是建立在四川省内几个城市的具体实际基础上的,对于规划设计者要求很高,能否适合其它城市的发展实际还不能确定。

在我国,因为没有统一明确的选址理论和通用的选址方法,各城市在具体执行时,仍然是重点考虑安全因素和用地进行规划,建站方更多的是从企业利益或市场角度单方面考虑进行选址,忽视城市交通和加气网络系统经济性的影响,使得合理优化的城市加气网络难以形成。例如:西安市自1998年建设加气站以来截至2005年6月共建成41座,每座加气能力均为 $5\,000-12\,000\text{m}^3/\text{日}$,分布于城市二环以外,初步形成了城市的加气站网络,但从整个网络结构来看,却不尽合理。首先,在供需绝对数量上面相差较大,仍然存在出租车加气等待时间较长问题;其次,生产规模单一,不利于加气站网络的整体效益;再次,西安市属于旅游城市,二环以内车流量远远大于二环以外的车流量,加气站全都分布于二环外,使得运行于二环以内的城市CNG主要用户——出租车,加气不方便,空驶里程长,浪费工作时间,同时它们形成的加气车流给城市不堪重负的交通网造成更多的交通堵塞,降低了城市系统整体效益;最后,为确保用户加气方便而增加局部地区的加气站数量,势必造成供需的不平衡,损害了加气站经营方的利益。分析造成这一局面的原因,除规划管理和市场因素外,更重要的是缺少科学系统的选址方法和方案评价手段。

5.3 城市加气站规划方法体系构建

5.3.1

内容、方法与思路

a. 内容

(1) 建立加气站选址模型

本部分研究通过对已有站点的布局,分析如何添加新建站点以构成完善的压缩天然气(以下简称 CNG)加气站网络,并综合站点与需求点双方建立了以距离为目标的加气站选址。

(2) 设计相应的算法

在此基础上,本部分研究提出了以遗传算法求解该问题的步骤和具体方法,并根据问题特征,对遗传算法的交叉策略进行了改进,最后给出了计算实例。

(3) 算法的进一步优化

随着站点规模的增大,选址规划所面临的计算量和复杂度也急剧上升,对此,本部分研究引入了基于局部进化的 Hopfield 神经网络优化计算方法对该问题进行优化。

(4) 实验

最后通过实验证明了该方法的有效性。

b. 方法

模型从经济角度出发,以假定同一类加气站的投资和回报相同为前提,以满足用户的需求为条件,目标是使投资方与消费方的经济效益达到最大化,所以在实际问题中,应用该模型往往无法得出一个优化的站点选址网络布局方案。本部分研究在此基础上,综合站点与需求点双方,建立以距离为目标的加气站选址模型,并提出应用遗传算法对该模型进行求解。随着站点规模的增大,选址规划所面临的计算量和复杂度也急剧上升,对此,特意引入了基于局部进化的 Hopfield 神经网络优化计算方法对该问题进行优化。该方法结合 Hopfield 网络和遗传算法的优点,能有效克服 Hopfield 网络易陷入局部最优及遗传算法收敛速度慢的缺点,并通过实验证明了该方法的有效性。最后利用计算机仿真对模型与算法进行检验。

c. 思路

(1) 绪论

从发展 CNG 汽车加气站网络的意义入手,进而深入到加气站选址问题的重要性,以此揭开了我们所研究的问题,并综合国内外的研究情

况,提出了新的研究思路和方法。

(2) 建立模型

通过对调研资料的分析与权衡,从费用效益、供需平衡及安全与投资三个方面对加气站选址问题进行了初步分析。根据分析结果选择和建立了合适的模型,并通过修正将选址问题模型化。

(3) 算法优化

在研究成果的基础上,我们提出了一种改进的遗传算法来求解该模型;不仅如此,还进一步引入了基于局部进化原理的 Hopfield 网络模型来求解。

(4) 仿真试验

分别对两种算法进行仿真试验,对改进的遗传算法采用了虚拟数据的模拟仿真,并得出了较为满意的结果;对基于局部进化的 Hopfield 网络模型的算法不仅给出了实验结果,还将结果与单独使用遗传算法和单独使用 Hopfield 网络的方法进行了比较,证明了算法的可行性和有效性。

(5) 结束语

总结了研究过程中所做的主要工作,并根据仿真试验的结果给出所采用的算法特点,最后,提出了针对未来发展 CNG 汽车加气站的总体目标。

加气站规划方法体系,如图 5-1 所示。

5.3.2 CNG 加气站选址规划分析

a. 现有 CNG 加气站选址方法比较分析

小区需求分布模型描述如下:首先建立小区平面坐标,用 $Q(V, M)$ 表示小区需求集合,其中 V 为小区主要需求点集合,即各类用户加气过程的起点, M 表示各需求点的需求量。另用 $A(V, X, Y)$ 表示小区需求分布集合, (X, Y) 为需求点的位置坐标。

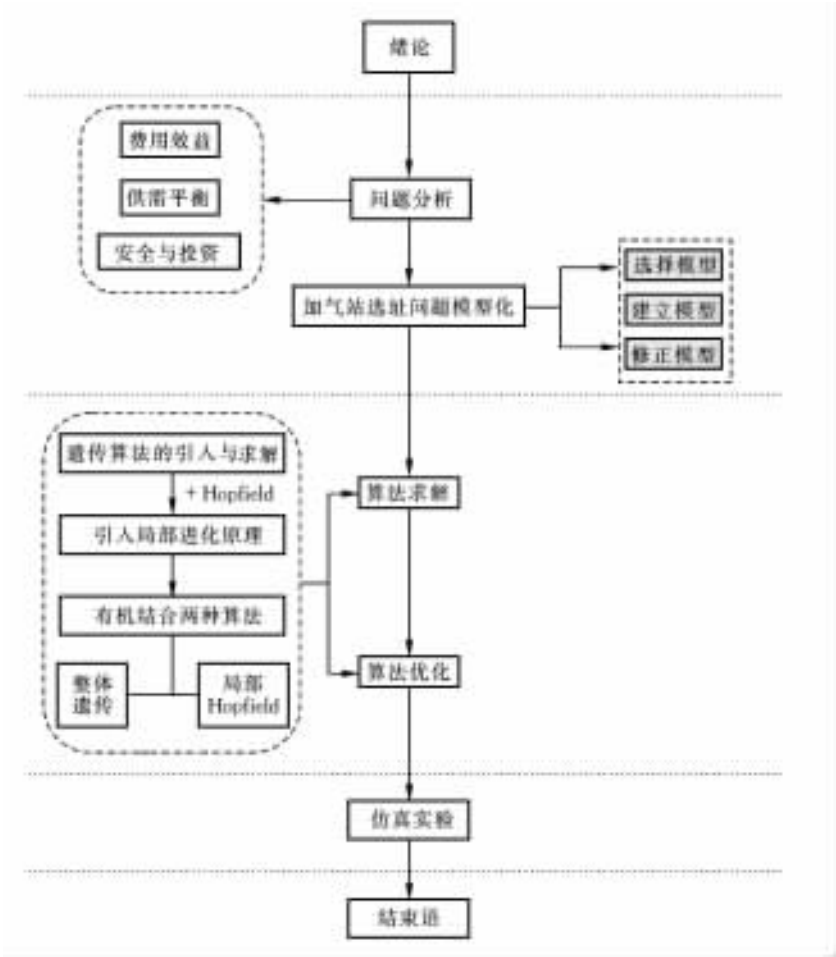


图 5-1 加气站规划方法体系

(1) 重心法选址模型

已知小区加气需求分布,任一需求点的需求量为 Q_i ,其位置坐标为 (x_i, y_i) ,则理论加气里程最短的加气站站址坐标为:

$$X = \frac{\sum_{i=1}^n Q_i x_i}{\sum_{i=1}^n Q_i} \tag{5-1}$$

$$Y = \frac{\sum_{i=1}^n Q_i y_i}{\sum_{i=1}^n Q_i} \quad (5-2)$$

n ——该加气站服务的需求点数目

由于服务小区具有相对独立性,因此用此模型可确定出整个城市加气系统加气里程最短的新建站的选址优化方案。重心法的最大特点是计算方法比较简单,不限于特定的备选地点进行选择,灵活性较大,但是由于自由度较大,实际上很难得到最优的选址。另外,这个地址可能位于河流、湖泊或其他无法实现的地点。所以,重心法的选择结果只能是一种参考结果或者作为应用综合选址方法时求解初始解的一种基本方法。

(2) 目的规划法

目的规划法是对方案中的不同目标设立不同的目的值,然后通过数学模型求解,使解得的结果与原来的目的值差最小。

设任一需求点某车型加气需求量为 q_i , 其位置坐标为 (x_i, y_i) , 各车型每公里加气行程消耗费用为 c_i , 则该小区的总加气行使消耗费用为 $C(x, y)$:

$$C(x, y) = \sum_{i=1}^n \left\{ \sum_{j=1}^m q_j c_j [(x_i - x)^2 + (y_i - y)^2]^{1/2} \right\} \quad (5-3)$$

式中 n ——小区加气站服务的需求点数目, m ——服务的 CNG 汽车车型数, 使目标函数 $C(x, y)$ 达到最小的解, 就是多目标方案的最优解。取

$$I = \sum_{i=1}^n \left\{ \sum_{j=1}^m q_j c_j [(x_i - x)^2 + (y_i - y)^2]^{1/2} \right\} \quad (5-4)$$

$$E = \sum_{i=1}^n \left\{ \sum_{j=1}^m q_j c_j x_i [(x_i - x)^2 + (y_i - y)^2]^{1/2} \right\} \quad (5-5)$$

$$F = \sum_{i=1}^n \left\{ \sum_{j=1}^m q_j c_j y_i [(x_i - x)^2 + (y_i - y)^2]^{1/2} \right\} \quad (5-6)$$

为求函数 $C(x, y)$ 的最小值, 令

$$\begin{cases} \frac{\partial C}{\partial X} = 0 \\ \frac{\partial C}{\partial Y} = 0 \end{cases}$$

解得：
$$\begin{cases} X = \frac{E}{I} \\ Y = \frac{F}{I} \end{cases}$$

(5-7)

此模型较充分地反映了选址对用户经济性的影响,通过单位空驶消耗费用 c_i 和车型需求 q_i 的确定,反映出交通状况的影响及车型的差异,使此模型的解更为符合实际的最优方案,但是此模型在需求点数量较大的时候,也就是问题的规模较大时,计算时间非常长,从而限制了该模型的广泛应用。

(3) 单行线路法

当考虑加气站服务小区的交通管理时,以上方法不能得出优化的备选站址。尤其是在城区的服务小区,往往存在单向行使的交通线路,这时可采用下列方法确定备选站址的加气站位置。

假设某小区加气用户分布如图 5-2:

图 5-2 用户分布图

其中，

表 5-1

地点	A	B	C	D	E	F
用户加气量(m ³ /日)	850	450	700	600	700	700

第一步:计算用户总加气量的一半,即

$$\begin{aligned}
 q &= \frac{1}{2} \times (q_A + q_B + q_C + q_D + q_E + q_F) \quad (5-8) \\
 &= \frac{1}{2} \times (850 + 450 + 700 + 600 + 700 + 700) \\
 &= 2000 (\text{m}^3 / \text{日})
 \end{aligned}$$

第二步:检查单向线路端点用户加气量是否过半。若均不过半,则沿线路往前靠一站,同时把各端点的加气量都加到前一站,形成新的用户分布图,见图 5-3。其中,D 地加气量为 $1\,300\text{ m}^3/\text{日}$,B 地变为 $1\,850\text{ m}^3/\text{日}$ 。

第三步:针对新的分布图(图 5-3),再返回第一步进行计算,然后照第二步检查调整,直至出现有加气量过半的端点,这一端点就是该小区加气站的备选站址。

本例 A 地就是较优的备选站点。

上述方法已于 1958 年为我国数学家所证明是一优化方法。

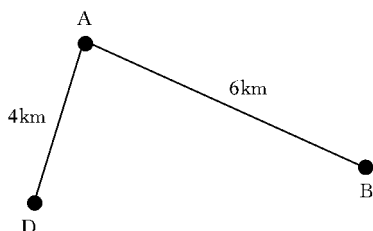


图 5-3 组合后的用户分布图

(4) 专家咨询法

小区的备选站址主要是从城市规划、土地利用、天然气管网布局和安全环保等方面考虑的能用于建设加气站的场所。显然这些因素不能用精确的数学模型或公式来描述,因此采用专家咨询法来确定,从而充分发挥专家的经验 and 智慧,得出小区内综合效益高并且可行的备选站址。

在调查说明中,应指明备选站的服务区域,站的规模和形式,提供较详细的相关资料。

① 第一轮调查。充分收集加气服务小区的情况,重点说明该小区

加气用户分布、交通状况、重要建筑、厂矿及现有加气站位置及服务情况。第一轮所提出的问题可粗略一些,避免带有任何倾向,以保证不影响专家的思想。

② 反馈意见的处理。一般在处理专家们的反馈意见时,主要进行统计和汇总处理,保留较为集中的意见,形成下一轮的问题。对于最后一轮的专家反馈意见,可采用综合评判的方法进行处理,最终形成最佳的备选方案。

以上的三种模型,在城市加气站选址规划中初步选定具体位置时十分有效。重心法最简单,但考虑的影响因素也最少,故其结果现实意义较小。目的规划法较充分地考虑了选址对用户经济性的影响,并能以数学模型定量地计算出站址坐标,因此具有较强的现实性,其模型中未考虑的方面,正好由专家咨询法加以弥补,故三种方法的综合运用,采取定性与定量相结合的原理,最终得出小区加气站优化选址的初步方案。

当然三种方案都是在规划小区内选择建设一个加气站的方法,在实际中,小区的范围越大,选址方案对于加气站网络系统的整体性影响越好,所以,我们还要考虑在规划小区内可能选择建立多个加气站的情况,这样我们对于加气站选址的考虑就比较全面,在解决实际问题的时候可以更加灵活地选择。

b. 城市 CNG 汽车用户加气需求分析

自从 CNG 汽车作为“绿色环保汽车”大力发展以来,我国乃至全世界的许多城市都把发展 CNG 汽车重点放在公共交通工具、出租车、环卫车、邮政汽车和警车等主要行驶于城市市区的行业车辆上。结合我国 CNG 汽车发展的实际,在未来一段时期内,CNG 汽车将主要用于公共交通、出租汽车和环卫车三大领域。从这一观点出发,城市 CNG 汽车加气站将主要服务于公交、出租和环卫车辆。

(1) 公交 CNG 汽车加气需求分布

公交 CNG 汽车加气行为具有较强的规律性,根据调查分析,公交车辆平均一天加一次气,加气量为 $56\text{m}^3 \sim 98\text{m}^3$,并且均为空载驶往加气,其加气的起点一般为公交线路的始末点。因此,结合调查分析可得

出在规划期内公交 CNG 汽车加气需求在整个城市的分布。

(2) 出租汽车的加气需求分布

由于城市出租汽车日行程长,其车辆限制了其所载气瓶的容量,因此出租车的加气频率平均为 3 次/天。按照出租车行为规范和服务质量要求,出租车必然也是空车驶往加气,加之出租车的工作特点,在工作时期普遍无固定的起止点,驾驶员在选择加气站时,大多采用就近的原则,以节约加气时间和加气费用,所以出租车加气需求分布不同于公交车。由于城市客流决定出租车运行线路,因此城市的客流分布(尤其乘坐出租车的客流)能基本反映出租车需求分布,因为客流大的地方,出租车在此出现加气需求的机率就大,从而以这为起点驶向附近的加气站加气的概率就大,加之考虑到诸多影响因素,就可确定出出租车加气行为的起点。调查分析可得出在规划期内出租汽车加气需求在整个城市的分布。

(3) 环卫汽车的加气需求分布

城市环卫汽车的加气行为类似于公交汽车,即加气的起始点相对固定,需求量也易于确定,其加气分布规律易于获得。

(4) 其它用户的加气需求分布

虽然目前各城市 CNG 汽车主要用于公共交通、出租车和环卫车辆,但从发展趋势来看,使用领域将扩大到公安、邮政运输、城市快递等。因它们的加气需求类似于上述三种,故可采用其相应的方法确定加气需求分布。

c. 服务小区的划分及需求点确定

本研究优化的目标是加气站系统整体优化选址,但若对整个城市加气网络同时进行考虑,计算量太大,难以实现。因此,借鉴王伟教授 1989 年提出的“逐条布设,优化成网”的思想,通过每个加气服务小区的优化选址,最终形成优化的整体加气服务网络。

城市 CNG 汽车加气网络由若干个加气站组成,根据其布局总体原则,这些加气站应分布于城市周围。实际上,CNG 汽车需加气时驾驶员总是驶往最近或次近的加气站,这样就形成了依据地理方位布局并且较为固定的加气目的地。另外,行政管理为了统一协调加气,以发挥供需

双方的最大经济效益,给加气车辆选择加气站点作出一定的指导,这样CNG汽车用户就会固定于某处加气,使得分小区服务符合实际。

如何划分小区没有一个固定的模式,不同的城市形态和布局有不同的小区划分。研究认为,总体上小区的划分应遵循下列几点:

① 由于安全和土地使用的因素,加气站一般不设在城市中心区域,因此划分时可将城市中心区域排除;

② 小区应以需求较为集中地为中心向城郊辐射或形成环带(取决于城市的形态和布局);

③ 每个小区设置的加气站数量不宜太多;

④ 尽量使用户少的需求发生站点位于小区边缘,适当考虑城市的自然分界和路网结构。

总之,划分的小区既要符合实际的加气规律,又要达到简化问题的目的。可以采用的分类及排序方法包括按行政区划分、客户距离聚类分析、AHP法、DELPHI法及其它半定量分析方法。

通过小区的处理,并掌握小区的用户需求分布,可以将选址问题做一定的简化,由整个城市加气站网络选址规划转化为各个小区内的优化选址问题。

(1) 公交车加气需求点的确定

由于公交车每天只加气一次,所以公交车的加气需求点设在公交车的始点站或者终点站。这样公交车加气需求点的坐标就是公交车始点站和终点站的坐标,而具体始点站和终点站的需求量则根据每天收车后,停靠在始点站和终点站的公交车数量乘以他们每天的标准加气量得到。

(2) 出租车加气需求点的确定

根据出租车加气特性,一天加气二到三次,如果在小区内没有出租车比较聚集的地点,可以根据车流密度通过重心法求出特定区域内的需求点,或者按照均匀分布的原理得到均匀分布的加气需求点以及需求量。当然要注意的一点就是城市的车流密度在市区和市郊是不同的。对于特殊的区域内,存在出租车大量聚集的区域,比如:交通流量大的街

道出租车主要停靠点、出租车交接班地点、大型商场及医院附近、城墙各个出口等以及城市周边主要干道的旁边。对于这些地方则要根据实际情况统计各个出租车聚集点的出租车数量,从而求出该点的需求量。

(3) 其他车辆加气需求点的确定

城市环卫汽车的加气需求类似于公交汽车,即加气行为的起始点相对固定,可以参照公交车加气需求点的确定。私家车或者单位公务车,可以参照特殊区域的出租车加气需求点的确定方法,选择私家车或者单位公务车的主要停靠点,比如停车场附近等,根据车的数量确定该需求点的需求量。其他类型的车辆,比如公安、邮政运输、城市快递等可以根据他们的加气特点以及运行方式参考公交车和出租车加气需求点的确定方法进行需求点和需求量的确定。

5.3.3

假设条件和建立模型

a. 假设条件

优化模型的目标就是需求点到加气中心点的经济距离最小化(在下面模型中以费用的形式体现)。在此基础上兼顾因为加气中心点规模不同带来的整个加气站网络总投资的最小化成本问题,以及因时间节约效益和降低行驶费用可能给 CNG 汽车用户带来的直接效益。从使用的角度,缩短加气的空驶行程,将减少燃料的消耗,从而提高经济效益;减少加气行驶时间,可提高工作时间利用率,消除误班现象,获得较好的效益,同时交通系统网络也得以充分利用。

为了便于建立数学模型,使该模型不至于太复杂又有一定的实用性,作如下模型假设:

(1) 天然气使用者对不同加气站的选择取决于到达加气站的距离,而且按照一般化费用最小原则选择通往加气站的路径。

(2) 每个加气站内部的运营管理处于最优状态。

依据假设(1)、(2),天然气使用者对于出行距离的选择主要根据距离远近得到,由行车时间和费用构成,不考虑车辆在加气站内部的等待

时间和费用。

(3) 各个加气需求点的坐标和需求已知,加气站站点建在需求点上。

(4) 由于母站的选址需要考虑的因素远远大于其他规模的加气站,所以在模型中不考虑母站的建设。也就是母站给各个子站的配送问题不在本模型的考虑范围之内。

由于城市 CNG 汽车用户包括出租车、公交车、环卫车等,公交、市政车可按停泊站场来统计需求总量;出租车因其流动性及加气周期短的特点,可根据该区域出租车所分担的客流量来间接统计。为了简化计算,在确定需求点的需求量的时候,统一以出租车加气行为($10/\text{m}^3$ 次)为标准,将其他车辆折换成标准车进行计算。

b. 建立模型

由于建站地点不同,局部区域对加气的需求也不同,所以建站的规模也不可能完全相同。现阶段,加气站可分为一级、二级和三级,以及母站和子站。新建的站点不仅要解决某地区的一时之需,还要在近几年内都能达到供需平衡。因此,建站规模和建站个数需根据该地区及划分的各个小区的具体情况来考虑。

童岱等人曾对该类问题建立过以加气网络的综合效益为目标的加气站选址模型:

$$MasC = \sum_{i=1}^4 (E(q_i) - C(l_i)) x_i$$

s. t.

$$\sum_{i=1}^4 a_i \cdot x_i \geq Q \quad (1) \quad (5-9)$$

$$s_2 \cdot x_2 \leq x_1 \quad (2)$$

$$x_2 \leq c_0 \quad (3)$$

$$x_4 \leq c_n \quad (4)$$

$$x_1 \leq c_g \quad (5)$$

$$x_i \geq 0$$

在这里,目标函数是以满足城市汽车发展需求,追求加气网络综合效益的最大化为目标的,它由加气站经营经济性(用函数 $E(q)$ 表示加气规模与加气站经济效益关系)和用户加气耗费构成(用函数 $C(l)$ 表示加气站规模与加气耗费关系)。

式中: x_1 为母站数量; a_1 为母站的平均日加气量; Q 为城市 CNG 日需求总量; x_2 为子站数量; a_2 为子站的平均日加气量; x_3 为二级站数量; a_3 为二级站的平均日加气量; x_4 为移动站的数量; a_4 为移动站的平均日加气量; c_0, c_n, c_g 为约束参数; s_2 为母子站关系系数。

约束条件(1)是城市供需平衡约束,要求系统加气总量不得小于城市发展的需求。约束条件(2)因一级加气站的技术和管理要求,子站的数量受制于母站。约束条件(3)和(4),反映了城市规划对子站和移动站的约束。约束条件(5)反映了城市天然气输送管网及对一级站数量的约束。

该模型虽然易于理解,但同时也存在以下几个问题。第一,模型的目标函数很模糊,没有明确给出 $E(q)$ 和 $C(l)$ 的具体表达,这对于只有抽象意义的目标函数而言,在实际应用中困难较大。第二,模型约束条件中需要估计的参数过多, $a_1, a_2, a_3, a_4, c_0, c_g, s_2$ 都需要根据城市的发展规划和需求调查预测得出。虽然根据我国 CNG 技术的发展水平和用户需求特点,可以预测出 a_1, a_2, a_3, a_4 和 s_2 的取值范围,但 c_0, c_n, c_g 却要根据城市结构、土地利用、用户分布和环境要求等综合因素来确定,一般情况下,这些参数多通过专家咨询法获得。在实际应用中,需要通过经验预测的不定参数的个数越多,对获取模型最优解的影响就越大,对模型产生的波动性也就越大。第三,该模型在考虑母站、子站、二级站、移动站等不同等级站点的数量时,没有考虑到城市现有站点。事实上,由于城市早期发展规模和策略的不同,不少已建成站点位于当前城市范围的较中心区域,这些站点的位置对后期新建站点的位置影响深远。

基于上述三点,本部分研究在保留该模型思想的基础上,做了修改和深入。目标函数仍是以满足城市汽车发展需求,追求加气网络综合效

益的最大化为目标,由加气站网络的总效益 $E(d)$ 和用户加气总耗费 $C(l)$ 构成,但此处分别给出了 $E(d)$ 和 $C(l)$ 的具体表达式,解决了童岱等人模型中的第一个问题。

模型如下:

$$\text{Max}M = E(d) - C(l)$$

$$C(l) = \sum_{i=1}^{m+s} \sum_{j=1}^n bl_{ij}a_{ij} \quad (5-10)$$

$$E(d) = \sum_{u=1}^r [(d_u - t_u)(m_u + s_u)] \quad u = 1, 2, \dots, r$$

其中:

$$d_u \geq t_u \geq 0 \quad (1)$$

$$\sum_{u=1}^r (m_u + s_u) = m + s \quad (2)$$

$$m_u, s_u \geq 0 \quad (3)$$

$$x, y \geq 0 \quad (4)$$

$$r, n > 0 \quad (5)$$

式中: m 为新建站点个数; s 为已有站点个数; n 为加气需求点个数; b 为车辆因加气而空驶的每单位距离的耗费; l_{ij} 为第 j 个加气需求点到第 i 个加气站的距离; a_{ij} 为第 j 个加气需求点到第 i 个加气站加气的车辆数量; 三者的乘积构成了所有的加气需求点的车辆到全部站点加气而产生的耗费即用户加气总耗费 $C(l)$ 。 d_u 为第 u 级加气站的日均收益; t_u 为第 u 级加气站的日均成本; r 为加气站的等级(规模); m_u 为新建的第 u 级站点个数; s_u 为已有的第 u 级站点个数; 第 u 级全部站点的收益减去全部站点的成本构成了该级加气站的纯收益,再求得各级别的纯收益之和就得到了加气网络的总效益 $E(d)$ 。

约束条件(1)保证了加气站的盈利性。约束条件(2)表示各级别新建站点和已有站点之和即为该城市全部站点。约束条件(3)和(4)确保了各级别站点,无论新建或是已建成的,都具有可存在性。约束条件(5)确保了加气站的可分级性以及需求点的存在性。

参数的确定：

参数 b 可根据国家制定的燃油价格以及车辆行驶单位距离的耗气量来确定； a_{ij} 可以根据城市车辆的保有量和当前道路交通中的车辆数量来预测； d_u 可以根据该级别加气站日均销售的天然气总量来确定；只有参数 t_u 需要根据加气站的总投资、预期几年收回成本、站点的日均磨损费用、人工费用等因素来综合考虑。如此以来，在该模型中需要预测的不确定参数只有 a_{ij} 和 t_u ，在数量上较之童岱等人的模型大大减少，也就减少了影响模型的不确定因素，部分地解决了童岱模型的第二个问题。

此外，本模型区别了新建站点和已有站点，有利于城市加气网络的持续和动态发展，解决了原模型的第三个问题。

模型求得的最优解就是城市新建加气站和已有站点构成的布点方案。为了方便理解，在本节后附了模型中各个参变量的含义，见表5-2。

表 5-2 变量及含义

变量名	意义	备注
m	新建站点个数	
S	已有站点个数	
M	建立在距离基础上的加气网络的综合经济效益	模型通过对全部加气站点投资方的收益最大化和用户方的耗费最小化求得总的综合经济效益的最大化
a_{ij}	第 j 个加气需求点到第 i 个加气站加气的出租车的数量	
l_{ij}	第 j 个加气需求点到第 i 个加气站的距离	
b	出租车为加气而空驶的每单位距离的耗费	
n	共有 n 个加气需求点	

续表 5-2

变量名	意义	备注
$C(l)$	用户加气耗费	n 个加气需求点到达全部站点(包括新建和已有的)的用户总耗费。耗费用单位耗费乘以距离再乘以汽车数量计算。
k_u	第 u 级加气站的权值向量, $u=1,2,\cdots r$	通过各种可观因素的综合分析,对每一级加气站给予不同的效益权值,以示区别。
b_p	第 p 个加气站的经济效益	
d_{pq}	第 p 个加气站点到第 q 个加气站点的距离	
$E(d)$	加气站的经营经济性。	每一个加气站投资方所获得的效益
r	加气站可分为 r 个等级(规模)	
m_u+S_u	新建的和已有的第 u 级加气站的总个数	

c. 评价模型

通过选址模型确定的选址方案还需要后期的评价才能进入实施阶段。首先是供需平衡的评价,就是评价城市加气站的日均总供给是否满足城市 CNG 汽车的日均总需求。由于出租车的流动性大、加气周期短,可以根据出租车在不同小区所分担的客流量来间接统计总需求。其次是安全性评价,可以依照国家对加气站这类高危险性设施制定的有关安全、环保方面的法律法规,如《汽车加油加气站设计与施工规范》、《危险化学品安全管理条例》等。

通过上述评价对布点方案进行校验,若验证结果表明方案的可实施性,则可形成最终城市加气网络布局的选址方案;否则,返回模型对参数

进行适当的调整。

5.4 方法应用

5.4.1 遗传算法的应用

由上述论述我们已经认识到遗传算法(Genetic Algorithm)是一类借鉴生物界的进化规律(适者生存,优胜劣汰遗传机制)演化而来的随机化搜索方法。遗传算法的主要特点是直接对结构对象进行操作,不存在求导和函数连续性的限定;具有更好的全局寻优能力;采用概率化的寻优方法,能自动获取和指导优化的搜索空间,自适应地调整搜索方向,不需要确定的规则。遗传算法的这些性质,已被人们广泛地应用于组合优化、机器学习、信号处理、自适应控制和人工生命等领域。它是现代有关智能计算中的关键技术之一。因此,本章设计的算法是在成熟的遗传算法的基础上所做的小范围谨慎的改进。一方面可以体现遗传算法在解决优化问题上的优势,另一方面还实现了对于布点这一类问题,如何避免编码、直接对坐标位置进行操作。

a. 有序的选择操作

选择或复制操作的目的是为了从当前群体中选出优良的个体,使它们有机会作为父代为下一代繁殖子孙。故有时也称这一操作为再生(Reproduction)。由于在选择用于繁殖下一代的个体时,是根据个体对环境的适应度而决定其繁殖量的,故而有时也称为非均匀再生(differential reproduction)。所谓个体对环境的适应度就是判断个体优良与否的准则。显然这一操作是借用了达尔文的进化原则,即个体适应度越高,其被选择的机会就越多。这种选择操作体现了“适者生存,不适者被淘汰”的生物进化机理。实现原则为“性状”优良的个体具有较多的机会被选进交配集产生后代,而“性状”低劣的个体则具有较少的机会被选择。这里的“性状”通过评价操作进行定量化。

原始的选择操作是采用适应度概率策略随机选择一对参与产生下

一代的个体。用 $v_i (i=1, 2, \dots, k)$ 表示种群中的染色体, k 为染色体个数, $C(v_i)$ 表示染色体 v_i 的个体适应度值, 由于个体的选择概率与其适应度成正比, 且满足:

$$P(i) = C(v_i) / \sum_{i=1}^k C(v_i) \quad (5-11)$$

因此可以表示如下:

染色体 $\{v_1, v_2, v_3, \dots, v_k\}$

对应的适应度 $\{C(v_1), C(v_2), C(v_3), \dots, C(v_k)\}$

对应的个体选择概率 $\{P(1), P(2), P(3), \dots, P(k)\}$

染色体依概率被选出:

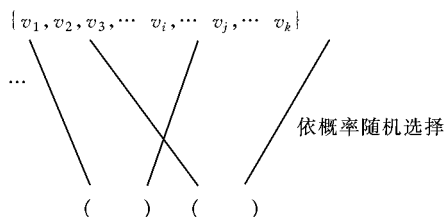


图 5-4 传统算法选择配对示意图

将基本的选择操作做如下改进: 首先将群体中的个体按照一定评价准则即适应度值进行从优到劣的排序, 若初始种群个体数 k 为偶数, 则按照排列好的顺序平均分为两组。第一组包括前面一半较优的个体, 第二组包括后面一半较差的个体。然后从第一组第一个个体依照次序开始与第二组随机选取一个个体进行配对, 凡是进行配对的个体都从原组中去除, 依次进行, 得到 $k/2$ 对个体, 如图 5-5 所示:

如果 k 为奇数, 则让第二组比第一组多一个个体, 依照偶数时的配对方法产生 $(k-1)/2$ 对个体, 再将剩下的第二组中的一个个体与第一组第一个个体配对。相较于传统遗传算法完全随机性质的配对, 上述方法则加速了选择向最优解的迫近。

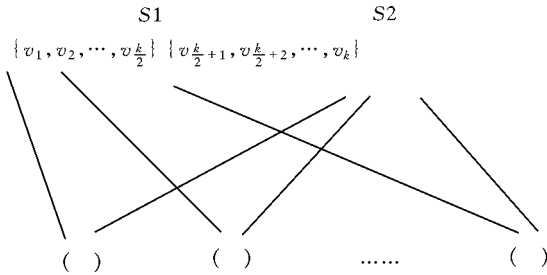


图 5-5 改进后算法选择配对示意图

b. 非编码的交叉操作

遗传操作被视为遗传算法的核心。它直接影响和决定了遗传算法的优化能力,是生物进化机理在遗传算法中最主要的体现。目前,已有适用于各种不同类型问题的多种遗传操作算子。其中,杂交与变异是最常用的遗传操作,杂交体现了同一群体中不同个体之间的信息交换,而变异则能维系群体中信息的多样性。它们在优化中的主要作用是以不同的方式不断产生新的个体。在上述改进选择机制的基础上,我们做了如下的交叉和变异工作。

在传统遗传算法中,交叉操作是最基本的操作,遗传系统的性能在很大程度上依赖于交叉算子的性能。通常的交叉操作分为 3 种:单点交叉(single-point crossover)、两点交叉(two-point crossover)、均匀交叉(uniform crossover)。单点交叉是最常用的交叉方法,也就是首先在群体中随机选取 2 个个体,然后沿着这 2 个个体(字符串)均匀随机地取一个位置,最后二者互换从该位置起的末尾部分。例如,有两个用二进制编码的个体 A 和 B,长度 $L=11$, $A=01101101001$, $B=10010011101$ 。随机选择一整数 $k \in [1, L-1]$,假设 $k=6$,经交叉后产生 2 个新个体 A' 和 B' , $A'=011010111101$, $B'=10010101001$ 。交叉操作的过程反映了随机信息交换,目的在于产生新的基因组合,也即产生新的个体。

一方面,由于染色体的长度和编码方式对遗传的收敛影响极大;另一方面,传统交叉过程中的交叉概率是一个经验值,通常在 $0.25 \sim 0.75$ 之间,交叉概率太小时难以向前搜索,太大则容易破坏高适应值的结构,

因此在对交叉过程的改进中,我们使交叉操作直接针对某一代种群中的可行解,而非编码之后的染色体串。如此以来,不仅省略了编码过程,还避免了因编码而造成的收敛时间的增长和交叉概率的采用不当。

改进算法如下:令 $v_i^{(t)}$ ($i=1\cdots k$) 表示第 t 代种群中第 i 个可行解, $t=0$ 时表示父代种群。在上述选择配对的基础上,对每一组配对的结果做如下的交叉。假设 $v_i^{(0)}$ 和 $v_j^{(0)}$ 配对,且 $v_i^{(0)}$ 的函数适应度大于 $v_j^{(0)}$ 的函数适应度 ($C(v_i^{(0)}) > C(v_j^{(0)})$),则按照下式产生子代个体 $v_i^{(1)}, v_j^{(1)}$ 。由于传统算法中的交叉概率是一定范围内的随机值,为了降低随机性,减少计算量,改进算法利用 2 个个体中适应度值较优一方占二者适应度值之和的比作为交叉概率 r ,这样就能保证 $r \geq 0.5$ 。如此来计算第一代个体时,就能继承更多的个体 $v_i^{(0)}$ 。也就是说,由于 $v_i^{(0)}$ 优于 $v_j^{(0)}$,第一代个体 $v_i^{(1)}, v_j^{(1)}$ 在保留它们各自父代性状的基础上,向着父代中较优一方靠近。

$$\begin{aligned} v_j^{(1)} &= v_j^{(0)} + r(v_i^{(0)} - v_j^{(0)}) \\ v_i^{(1)} &= v_i^{(0)} + r(v_i^{(0)} - v_j^{(0)}) \end{aligned} \quad (5-12)$$

$$r = \frac{C(v_i^{(0)})}{C(v_j^{(0)}) + C(v_i^{(0)})}$$

将产生的子代入约束条件检验可行性,如果两个子代个体都不满足约束条件,则按照下式迭代使它们不断向 $v_i^{(0)}$ 靠拢(因为 $v_i^{(0)}$ 的适应度优于 $v_j^{(0)}$,而优化需要不断向最优解靠近):

$$\begin{aligned} v_i^{(1)} &= v_i^{(0)} + \alpha(v_i^{(1)} - v_i^{(0)}) \\ v_j^{(1)} &= v_i^{(0)} + \alpha(v_j^{(1)} - v_i^{(0)}) \end{aligned} \quad (5-13)$$

直到检验结果可行。式(5-13)事实上是一个修正公式,就是当式(5-12)所得结果不满足约束条件时,为了得到满足条件的解而探索不可行的子代解与父代之间的差异。因此 $\alpha \in (0, 1)$,而一般情况下取 $\alpha = 0.5$ 则是利用中间法的思想,能够更为快捷地找到可行解。为了方便计算,我们设定种群规模始终不变,因此,当产生的两个子代个体都满足约束条件,即均是可行的,且适应度值均优于父代时,就用其替代父代;如果产生的可行子代中有个体较之父代更差,则保留父子两代中最优的两

个个体,直至子代个体的生成结束,即产生的子代是父代的完全重复时,认为结果达到最优,留下的是最优群体。

c. 坐标位置的变异操作

交叉操作并不能保证对整个规划区域进行完全搜索,因此引入变异操作。变异操作是对染色体进行随机的变异处理,由于只发生在个别的基因位上,因此是以很小的概率随机地改变字符串某个位置的值。在二进制编码中,变异算子随机地将某个位置的“1”变成“0”,或者“0”变成“1”。

如下图所示:

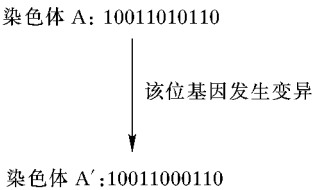


图 5-6 变异示意图

而对于我们上述的改进算法,变异则针对可行解中的某个坐标在区域范围内进行随机的变化。在下面的三幅图中给出了当染色体 v_1 中的某个加气站点坐标产生变异时的情况。为了能够形象地说明变异产生的变化,假设个体 v_1 只含有 11 个站点坐标,且变异只发生在 v_1 的坐标集合中,变异的坐标朝着区域左下方偏移,形成了第三幅图的结果。

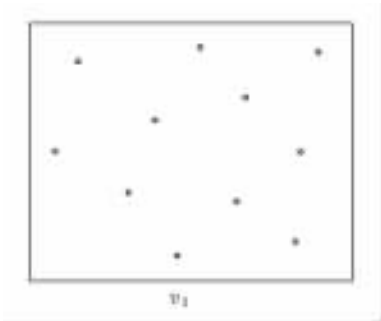


图 5-7 加气站坐标位置的变异(1)

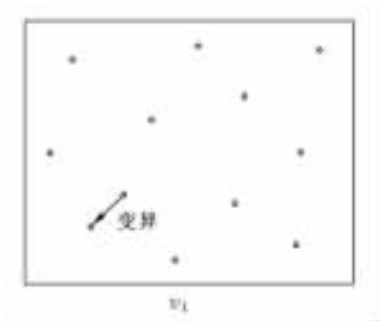


图 5-8 加气站坐标位置的变异(2)

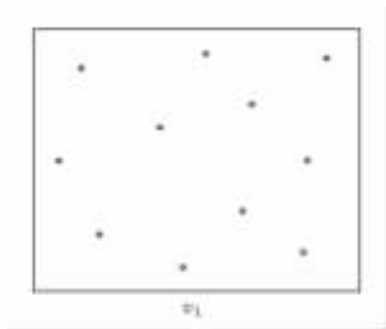


图 5-9 加气站坐标位置的变异(3)

变异本身是一种随机搜索,然而与杂交算子结合在一起,就能避免由于杂交算子而引起的某些信息的永久性丢失,保证了遗传算法的有效性。变异增加了遗传算法找到接近最优解的能力,保证了全局搜索,弥补了交叉操作。但变异操作对个体而言可能有利也可能有害,因此变异概率不宜太大,一般取值为 $0.001 \sim 0.01$ 。

如果变异后的个体满足约束条件且优于变异前的个体,则保留变异后的个体,否则保留变异前的个体。

变异的结束意味着一次遗传操作的结束,在加气站问题中也就是产生了继初始解集之后的第一代可行解集,即符合要求的若干个站点坐标集合。但是这些可行解究竟是不是问题的最终解,还需要进行后面的终止判定。若符合终止条件,则认为加气站问题找到了最优解,否则还要从计算适应度函数开始进行第二轮的遗传操作。依此类推,进行第三轮、第四轮直至符合终止条件为止。

d. 空间解的存在性

经过遗传算法的迭代计算,规定区域内是否存在可行解呢?事实上,对于可行解的验证在交叉产生子代时就已经完成,当产生的子代不满足约束条件时,就用修正公式进行调整,如果经过数次调整后仍旧无法得到满足条件的子代即可行解,则保留该子代的父代个体,因为其父代仍是可行解。即使考虑最极端的情况,当进行第一次遗传操作就无法产生可行的子代个体时,我们也可以通过计算初始种群的各个体的适应

度值,而保留适应度值最优者,也就是我们要找的解。所以,在对该问题的求解过程中,可行解是必定存在的。

e. 加气站选址应用改进后遗传算法的求解过程

(1) 群体初始化

传统方法中还有一项基因编码,其主要任务是建立解空间与染色体空间点的一一对应关系。遗传算法通常在染色体空间中进行操作。在多数情况下,不同的编码方式决定了不同的遗传操作方式。对编码的一般原则性要求主要有完备性、健全性和非冗余性。完备性是指解空间中的所有点都能表示为染色体空间中的点;健全性是指染色体空间中的所有点都能表示为解空间中的点;非冗余性是指解空间到染色体空间的一一对应。通常情况下,遗传算法的基因编码方便了对交叉、变异等遗传操作的理解,但由于染色体的长度和编码方式对算法收敛的影响极大,而城市加气站的规划又属于大规模的优化问题,染色体的串长必然会增加编码后的算法收敛时间。因此,我们在对算法改进的同时,使交叉操作直接针对群体中的可行解,跳过了编码的过程。

针对加气站的具体规划问题,在群体初始化时除了随机构造外,还要考虑 S 个原有站点的影响,但这些点在遗传过程中是被代代继承,不作任何变化的。即使个别基因发生变异,也会在一次遗传结束后进行恢复,所以,只需在适应度函数的求解过程中加入 S 即可。据此,首先对 m 个站点分别随机确定 k 个初始坐标解集 $\{(\tilde{x}_j, \tilde{y}_j) | 1 \leq j \leq k\}$, 得到 $N = k \times m$ 的初始群体规模。从模型复杂度考虑, N 的取值不宜过大或过小。过小将不能保证初始坐标解集的多样性和全面性,过大则不但增加了计算时间,同时降低了收敛速度。然而针对加气站布局的具体问题,并没有一个合适的经验值,所以只有通过 k 的取值来间接地确定 N 。此处将所划分的功能小区个数作为 k , 原因如下:在 $m = 1$ 的极值条件下,它只可能从 k 个小区中的一个进行选址,而将初始规模扩展为 k 倍,就意味着所有 k 种解的可能都被包括在其中了。同理, m 在整个规划区域内进行多目标点的选择,将其规模扩展为 k 倍,也就意味着在 k 个小区中选择 m 个点来布局的所有可行解都在解集范围内。

随机给出整个规划区域中满足约束条件的 m 个坐标点, 构成一个内点 v_1 , 即为第一种布局方案, 可以表示为 $(\langle x_1, y_1 \rangle, \langle x_2, y_2 \rangle, \dots, \langle x_m, y_m \rangle)$, 根据初始群体规模 N 再依次产生符合条件的 $v_2, v_3, \dots, v_k$ 。不同的布局方案, 从而对应着不同的目标函数值和适应度函数。由于初始解集中含有大量与最优解相距甚远的信息, 这就需要通过下面的选择、交叉、变异迅速排除与最优解相差极大的信息。

伪代码:

```
for i=1:1:npopSize
    startPop((2 * i-1),:)=ceil((ngridSize-1) * rand(1,nfloat-Point))+1;
    startPop(2 * i,:) = ceil((ngridSize-1) * rand(1, nfloat-Point))+1;
end
```

(2) 定义适应度函数

适应度函数是遗传算法中评价解集好坏的依据, 是遗传算法体现有向搜索, 区别于随机游荡的标志。它将同一群体中不同个体的优劣进行数值标量化, 为选择操作提供客观依据。遗传算法适应度函数的确定主要依赖于要求解的问题。根据前面的目标函数, 可以得到以下的针对加气站选址问题的适应度函数:

$$\text{Max}M = E(d) - C(l)$$

$$C(l) = \sum_{i=1}^{m+s} \sum_{j=1}^n bl_{ij} a_{ij} \quad (5-14)$$

$$E(d) = \sum_{u=1}^r [(d_u - t_u)(m_u + s_u)] \quad u = 1, 2, \dots, r$$

其中:

$$d_u \geq t_u \geq 0 \quad (1)$$

$$\sum_{u=1}^r (m_u + s_u) = m + s \quad (2)$$

$$m_u, s_u \geq 0 \quad (3)$$

$$x, y \geq 0 \quad (4)$$

$$r, n > 0 \quad (5)$$

由此可得初始解集中每一个染色体的适应度值 $M(v_t)$ ($t=1\cdots k$), 再将其由大到小做一个排序, 排在越前面的, 则说明在原有 S 个站点影响下的解的可行性越好。

计算适应度值的伪代码:

```
for i=1:npopSize
    fitVector(i) = fitness(nextPop([2 * i-1, 2 * i], :), ngrid-Size);
end
```

(3) 有序选择配对和改进的遗传操作

可以将基本的选择操作做如下改进: 首先将群体中的个体按照一定评价准则进行从优到劣的排序, 若初始种群个体数 k 为偶数, 则按照排列好的顺序平均分为两组。第一组包括前面一半较优的个体, 第二组包括后面一半较差的个体。然后从第一组第一个个体依照次序开始与第二组随机选取一个个体进行配对, 凡是进行配对的个体都从原组中去除, 依次进行, 得到 $k/2$ 对个体。如果 k 为奇数, 则让第二组比第一组多一个个体, 依照偶数时的配对方法产生 $(k-1)/2$ 对个体, 再将剩下的第二组中的一个个体与第一组第一个个体配对。相较于传统遗传算法完全随机性质的配对, 上述方法则加速了选择向最优解的迫近。

(4) 交叉

对于加气站而言, 根据群体初始化过程中构造的初始种群, 在经过计算各自的适应度函数以及对其有序排列和选择配对之后, 只需通过式 (5-12) 和式 (5-13) 的计算即可得到交叉产生的第一代子代个体。

(5) 变异

变异的结束意味着一次遗传操作的结束, 在加气站问题中也就是产生了继初始解集之后的第一代可行解集, 即符合要求的若干个站点坐标集合。但是这些可行解究竟是不是问题的最终解, 还需要进行后面的终止判定。若符合终止条件, 则认为加气站问题找到了最优解, 否则还要从计算适应度函数开始进行第二轮的遗传操作。依此类推, 进行第三

轮、第四轮直至符合终止条件为止。

伪代码:

```
currentPop = nextPop;
```

```
nextPop = currentPop;
```

```
kRand = rand(1, npopSize);
```

```
for i=1:npopSize
```

```
    if (kRand(i) < mutationOpc)
```

```
        index = ceil((nfloatPoint-1) * rand(1,1))+1;
```

```
        coordinate = ceil((ngridSize-1) * rand(2,1))+1;
```

```
        nextPop([2 * i-1, 2 * i], index) = coordinate;
```

```
    end
```

```
end
```

(6) 种群的进化和终止判定

在完成了一次选择交叉和变异后,计算新生成的子代种群中各个体的适应度,再按照适应度值由大到小进行排序,当两次进化结束后的适应度值最大者之差的绝对值低于初始给定的阈值时,算法的迭代过程收敛、算法结束。最优的布局方案即为最大适应值对应的站点位置。否则,继续下一轮进化过程。

至此,加气站的布点结果也就得到。通过上述的循环过程,我们在得到的最优可行解集中采用适应度值最高的方案,也就是最佳布局方案。

当整个进化结束后,能够得到最终的可行解,虽然在优化过程中,不可避免地会出现陷入局部最优的情况,使得最终的结果无法达到全局最优,但是遗传算法相较于其他的优化算法而言,其在全局搜索最优的能力已经很强了,所以陷入局部最小的可能在此可以忽略不计。也就是说,算法最后得到的解是可行的,并且是我们认为的最优解。

如果说初始化是遗传算法的入口,终止判定则是它的出口。一般可采用事先给定的初始阈值或者给定的进化最大代数作终止判据,它们的

设定较大地依靠经验和运行结果。

伪代码：

```
if( (max(fitVector)-min(fitVector)) < thresholdEps)
```

以上伪代码参量及变量含义解释见表 5-3。

表 5-3 伪代码参量表与变量表

变量名	注释
npopSize	初始种群大小
ngridSize	网格大小
startPop,endPop	开始种群,结束种群
crossOpc	交叉操作概率常数
mutationOpc	变异操作概率常数
thresholdEps	精度控制常数
fixPoints	固定点的坐标向量
kvalueVector	临时向量

f. 改进后遗传算法在加气站选址计算中的优点

与传统优化算法(主要包括共轭方向类算法和以牛顿法为主的下降方向类算法)相比较,改进后遗传算法的主要特点有以下四个方面:

- (1) 群体搜索策略。传统优化算法采用点到点的搜索方式;而改进后的遗传算法则采用群体到群体的搜索方式,因而较易于达到全局最优。
- (2) 搜索不依赖于目标函数的梯度信息,只需提供能够评价个体相对优劣的数量指标(适应度)即可。因此,遗传算法的适用面更广,尤其适合于处理复杂的非线性问题,包括目标函数为高维、不可导、不连续或带有噪声的优化问题;而传统优化方法对此无法或难以解决。