



环境科学是以“人类与环境”这一复杂系统为对象，研究对立统一关系、发生与发展、调节与控制、改造与利用的科学。它是在众多学科高度交叉与综合的基础上形成的一门新兴学科。随着人类对环境问题认识的提高，在控制污染与生态破坏方面所取得的进展，环境科学日臻成熟，已建成独立完整的科学体系。不仅包含自然科学、技术科学和工程科学，而且涉及社会科学和人文科学的内容。其领域仍在不断扩展，研究日益深化，成为当今科学技术领域中发展最迅速、最活跃的一门学科。环境科学在解决经济社会与环境协调发展，创建资源节约型与环境友好型社会的实践中，发挥着重要的作用。

本书主要以环境科学的自然科学基础理论、环境工程技术和综合应用领域为重点，兼顾对环境保护和环境科技发展具有重大影响，符合可持续发展的生产方式、生活方式、消费行为等有关知识，充分体现出环境科学的综合性特征和研究发展的重要意义。根据丛书编写大纲的规定，凡属社会科学和人文科学的内容不列入编写范围。本书主要包括环境科学综论、环境地学、环境生物学、环境生态学、环境化学、环境物理学、环境医学、环境工程学等八部分，以辞条形式编写，共收入条目182条。

为满足有关读者的需要，在编写过程中尽量做到阐述环境科学的概念、定义正确和严谨，保证事实和数据准确无误，在条目的遴选、表述方式上力求通俗易懂、深入浅出，充分体现科普读物的可读性和趣味性。环境科学涉及面广、分支学科众多、发展迅速，编者在大量收集整理有关信息、资料

的基础上,着力进行充实完善,以反映出环境科学的新概念、新理论以及国内外环境科技的新发展、新变化和新成就。目的是通过此书传播环境科学知识,使公众加深对环境的认识,了解环境问题及其产生的原因、防治环境污染和防止生态的破坏方法,在对待人与环境、发展与环境保护的关系上树立正确的观点与态度,激发起对环境科学的兴趣。通过全社会的共同努力保护地球家园,实现人类社会的可持续发展。

鉴于编者能力和水平所限,书中疏漏和不足之处在所难免,恳请广大读者不吝指正。值此,对给予本书编写工作大力支持和帮助、热心提供宝贵资料的专家学者,表示诚挚的感谢!

张 凯

第一章 环境科学综论

- 环境科学的概念 / 1
- 环境 / 2
- 世界环境保护发展史上的三座里程碑 / 4
- 当今世界的主要环境问题 / 5
- 《寂静的春天》对人类的启示 / 6
- 为什么说《只有一个地球》是环境科学的绪论 / 8
- 当代著名的国际环境公约 / 9
- 世界环境日及历年主题 / 11
- 全球关注的其他与环保有关的纪念日 / 13
- 印度博帕尔惨案 / 14
- 切尔诺贝利核泄漏对环境的影响 / 15
- 现代战争对生态环境的破坏 / 17
- 《21 世纪议程》 / 18
- 《中国 21 世纪人口、环境与发展白皮书》 / 19
- 中国环境保护的发展阶段 / 20
- 当前我国环境问题的新特点 / 21
- 重视国家环境安全 / 23
- 环境标准 / 24
- 环境质量评价 / 26
- 环境影响评价 / 27
- 发展循环经济的主要模式 / 29
- 资源节约型、环境友好型社会 / 32
- 绿色技术 / 33
- 为什么把环保产业称为“朝阳产业” / 34
- 绿色 GDP / 35

第二章 环境地学

- 环境地学的概念 / 36
- 环境要素 / 37
- 环境类型的划分 / 38

环境系统 / 39
环境背景值 / 40
环境容量 / 41
环境自净 / 42
环境变迁 / 43
环境污染 / 44
土壤污染 / 44
海水入侵 / 45
地面下沉 / 46
海岸侵蚀 / 47
沙尘暴 / 48
环境是资源 / 49
可更新资源与不可更新资源 / 50
土地利用的类型 / 51
土地环境退化 / 52
常见的环境灾害 / 53
环境遥感 / 54
地理信息系统 / 55

第三章 环境生物学

环境生物学的概念 / 57
大气生物污染的类型 / 58
水体和土壤中存在的生物污染 / 60
可怕的食物生物污染 / 61
水体的富营养化 / 63
赤潮及其危害 / 63
环境污染物在生物体内的作用 / 65
重金属甲基化对生物的影响 / 66
生物净化作用 / 67
微生物在污水处理中的作用 / 69
生物对有机农药和合成洗涤剂的降解作用 / 70
指示生物在生物监测中的作用 / 71
污水生物系统 / 72
现代环境生物技术 / 73
环境污染的生物修复 / 74
生物能源 / 75
保护生物资源 / 76

生物多样性保护的意义 / 78

第四章 环境生态学

环境生态学的概念 / 81

生态系统 / 82

食物链和食物网 / 85

生态金字塔 / 86

生态平衡 / 88

生态危机 / 89

为什么称湿地是“地球之肾” / 92

地球的生态承载力 / 93

环境污染对生态系统的不良影响 / 95

生物放大作用 / 97

外来有害生物入侵 / 98

生态恢复 / 100

生态工程 / 101

自然保护区 / 103

建设生态功能保护区的意义 / 104

生态示范区 / 105

生态农业 / 107

绿色食品与有机食品的区别 / 108

生态旅游 / 110

生态工业园区 / 111

生态省、生态市和生态县 / 113

生态住宅 / 115

生态补偿 / 116

生态评价 / 118

第五章 环境化学

环境化学的概念 / 120

环境污染物 / 121

世界关注的有机污染物 / 122

大气污染物 / 123

光化学污染 / 124

酸雨的形成 / 125

臭氧层损耗的原因 / 126

室内空气污染物 / 128

水体主要污染物的来源 / 129
地表水污染 / 131
地下水污染 / 132
海洋污染 / 133
饮用水污染 / 134
水污染的化学过程 / 135
环境保护的“哨兵”——环境监测 / 136
水污染常用的监测分析指标 / 137
环境监测系统的现代化——水质自动监测 / 139
大气污染常用监测分析方法 / 140

第六章 环境物理学

环境物理学的概念 / 142
噪声污染 / 143
噪声在空气中的传播 / 144
常用的噪声测量仪器 / 145
常见的噪声控制技术 / 146
环境噪声标准 / 147
电磁辐射污染 / 150
电磁辐射污染的防护 / 151
放射性污染 / 152
热污染及其危害 / 153
城市热岛效应 / 155
“温室效应” / 156
光污染 / 157
光污染的防护 / 158

第七章 环境医学

环境医学的概念 / 160
“公害病” / 162
“地方病”与环境的关系 / 164
环境与疾病的因果关系 / 166
大气污染对人体健康的危害 / 167
水污染对人体健康的危害 / 169
土壤污染对人体健康的危害 / 171
重金属污染对人体健康的危害 / 172
室内空气污染对身体健康的危害 / 174
噪声污染对人体健康的危害 / 176

农药污染对人体健康的影响 / 177

电磁辐射污染对人体健康的影响 / 179

酸雨污染对人体健康的影响 / 181

光化学烟雾对人体健康的影响 / 182

酚污染对人体健康的影响 / 183

多氯联苯、二噁英污染对人体健康的危害 / 185

环境污染致癌物 / 187

致畸、致癌、致突变作用 / 189

环境污染引起的生物化学毒性 / 191

毒性阈剂量 / 193

环境医学监测 / 194

健康危险度评价 / 195

第八章 环境工程学

环境工程学的概念 / 197

造成大气污染的主要来源 / 199

控制颗粒物污染的装备——各种除尘器 / 200

控制二氧化硫的产生和污染 / 203

大气中氮氧化物的控制方法 / 206

控制碳氧化物的污染 / 207

治理工业有机废气 / 208

机动车尾气的控制和治理技术 / 210

室内装饰工程中的环境保护 / 212

污水处理的方法 / 214

处理污水的物理法 / 214

污水处理的化学沉淀法和化学混凝法 / 216

污水处理的氧化还原法和电解法 / 217

污水好氧生物处理法 / 218

污水厌氧生物处理法 / 220

处理污水的物理化学法 / 221

污水处理的膜技术 / 223

污水处理的离子交换法和吸附法 / 223

工业污水处理的构筑物 / 224

工业污水处理的主要设备 / 226

处理造纸工业污水 / 229

处理纺织染整工业污水 / 231

处理制革工业污水 / 232

处理化学工业污水 / 233

处理医药和食品工业污水 / 234

处理电镀和重金属污水 / 236

处理石油开采和石油化工污水 / 238

处理采矿和选矿业污水 / 240

处理医院污水 / 241

处理生活污水和餐饮业污水 / 242

优良人居环境的标志——城市污水处理厂 / 244

处理城市污水处理厂的污泥 / 247

中水和污水资源化 / 249

固体废弃物的分类和构成 / 251

处理和处置固体废物 / 253

城市垃圾的堆肥化处理 / 254

城市垃圾的能源化处理 / 255

处理危险废物 / 257

工业固体废物资源化 / 259

参考文献

总主编 副总主编名单

总主编 王修智

副总主编 管华诗 陆巽生

编委会名单

主任 王修智

副主任 管华诗 陆巽生

委员（以姓氏笔画为序）

马来平	王天瑞	王玉玺	王兆成	王金宝	王家利
王琪琮	王裕荣	尹传瑜	艾 兴	朱 明	仲崇高
刘元林	汤少泉	许素海	孙志恒	孙培峰	李士江
李天军	李云云	李宝洪	李宪利	杨焕彩	邹仲琛
张 波	张 波	张金声	张祖陆	陈光华	陈 青
陈爱国	陈德展	邵新贵	林兆谦	周忠祥	庞敦之
赵书平	赵龙群	赵传香	赵国群	赵彦修	赵宣生
钟永诚	钟泽圣	袁慎庆	高树理	高挺先	唐 波
展 涛	董海洲	蒋民华	程 林	温孚江	解士杰
潘克厚	燕 翔				

编委会办公室名单

主任 燕 翔

副主任 孙培峰 林兆谦

成员（以姓氏笔画为序）

王 晶	王 强	尹传瑜	朱 明	刘利印	李冰冰
杨冠楠	陈爱国	邵新贵	胥蔚蔚	袁慎庆	褚新民

本书编写人员

主 编 张 凯

副主编 苏玉玲 吴长征

编 者 (以姓氏笔画为序)

王春莲 田贵全 冯建民 齐鑫山

苏玉玲 李 杰 吴长征 张 凯

张 波 郑海春 莫德顺 商 博

谢 锋



第一章

环境科学综论

环境科学的概念

环境科学是研究人类与环境之间相互关系的科学。研究领域从宏观上讲,是研究人与环境之间的相互作用与影响,探索全球的环境演变规律,揭示社会经济与环境保护协调发展的规律及环境变化对人类的影响;从微观上讲,是研究环境中的物质行为,尤其是人类生产生活排放的污染物质在生物体内迁移、转化和蓄积的过程及其运动规律,探索对生物体与人体健康的影响和作用机理;同时研究环境污染综合防治技术和环境管理的措施与对策。

环境科学是在人类与环境问题作斗争的过程中逐渐形成和发展的。人类对环境问题的认识和探索可以追溯到公元前 5 000 年,在我国烧制陶器的柴窑中,就应用热烟上升的原理用烟囱排烟;公元前 2 000 年古印度城市中,已建有专门的地下排水道。在对待人与自然的关系上,我国古代哲学家就主张“天人合一”的思想。西方工业化的发展给人们带来物质文明的同时,环境污染也逐渐加剧,人们越来越注意到许多疾病与环境污染有关。20 世纪 50 年代以后,随着经济高速发展和人口剧增,出现了第一次环境问题的高潮,其严重性催促了环境科学的诞生。当时许多科学家,包括地理学家、生物学家、化学家、物理学家、医学家、工程学家和社会学家等纷纷运用原有学科的原理和方法对环境问题进行了大量的调查和研究,并逐渐形成了环境地学、环境生物学、环境物理学、环境化



学、环境医学、环境工程学、环境经济学、环境法学、环境管理学等众多的新学科。在这些分支学科的基础上孕育产生了环境科学。因此,环境科学具有广泛的学科基础,几乎涉及现代科学的各个领域,同时也涉及人类的经济活动和社会行为,是一门新兴的综合性学科。

最早提出“环境科学”这一名词的是一位美国学者,当时环境科学仅研究和解决宇宙飞船的人工环境问题,后来就逐渐演变为具有现代意义的概念。短短几十年间,环境科学的发展历程中出现了两个重要的历史阶段,第一阶段是直接运用地学、生物学、化学、物理学、公共卫生学、工程技术科学的原理和方法,阐明环境污染的程度、危害和机理,探索相应的治理措施和方法;第二阶段,是把社会与环境协调演化作为研究对象,综合考虑人口、经济、资源与环境等主要因素的制约关系,从多层次乃至最高层次上探讨人与环境协调演化的具体途径。环境科学涉及科学技术发展方向的调整、社会经济模式的改变、人类生活方式和价值观念的变化等。随着人类控制环境和改造环境能力的不断增强,环境科学的发展也日趋成熟,不仅形成了自己的基础理论和研究方法,还形成了完整的科学体系。当今,环境科学已发展成为横跨自然科学、技术与工程科学、社会科学综合性学科,有明显的层次性、实用性,在解决人类可持续发展的进程中具有重要的支撑作用。

环境

《新华词典》2001年修订版解释,环境是指周围的地方和事物或所处的情况和条件。环境是人类生存的基础条件,是人类社会经济得以持续稳定发展的物质基础。环境一词包括了特定的中心事物,作用于这一中心事物的周围事物及其范围或边界。因此,环境是环绕于中心事物周围的客观事物的整体,它因中心事物的不同而不同,与中心事物之间相互依存、相互制约、相互作用和相互转化,存在着对立统一的关系。环境既是人类生存发展的基础,又具有社会性,因此,人类自下而上的环境既不同于其他生物(动物、植物、微生物)的自下而上的环境,又不同于原始的自然环境,而是



在人类与自然环境相互影响、辩证发展过程中,由人类利用和改造过的环境:人类生存环境有人类活动的烙印,是自然环境和社会环境交织在一起的人类生态系统。

法律界定的环境:各国的环境保护法规中,通常将应当保护的對象或各种环境要素称为环境。我国的《环境保护法》中明确规定:“本法所称环境,是指影响人类生存和发展的,各种天然的和经过人工改造的自然因素总体,包括大气、水、土地、矿藏、森林、草原、野生动物、野生植物、水生植物、名胜古迹、风景游览区、温泉、疗养区、自然保护区、生活居住区等。”《环境保护法》中所指的自然因素总体有两个制约条件:一是包括各种天然的和经过人工改造的自然因素总体;二是并不泛指人类周围所有的自然因素(整个太阳系的,甚至银河系的),而是指对人类生存和发展有明显影响的自然因素总体。法律界定的环境,只是把整个环境中应当保护的要素或对象界定为环境的一种工作定义,目的是从实际工作需要出发,对环境一词的法律适用对象或适用范围作出规定,以保证法律的准确实施。

环境的分类:一种是以人类作为主体,其他的生命物质或非生命物质都被视为环境要素,环境就指人类生存的环境,或称人类环境。按照环境要素的属性,可分为自然环境和社会环境两大类。另一种是以生物体(界)作为环境的主体,生态科学中采用这种分类法。按照环境的范围,可分为特定空间环境(如航空、航天的密封舱环境等)、车间环境、生活区环境(如居室环境、院落环境)、城市环境、区域环境(如流域环境、行政区域环境)、全球环境和星际环境等。按照环境要素的属性,分为自然环境和社会环境。自然环境中,按照主要的环境组成要素,可再分为大气环境、水环境(如海洋环境、湖泊环境)、土壤环境、生物环境、地质环境等。社会环境中,常依据人类对环境的利用或环境的功能,进一步分为聚落环境(如院落环境、村落环境、城市环境)、文化环境(如学校、文物古迹保护区、风景游览区)等。



世界环境保护发展史上的三座里程碑

环境保护的重要性以及环境与发展之间的辩证关系,是在实践中逐步被人们所认识的。世界环境问题的日益严重,促使人类社会在取得巨大物质财富和付出沉重环境代价的同时,积极探求人类生存与社会协调发展之路,逐步形成了可持续发展的理念。迄今为止,在人类社会发展史上,联合国召开了三次具有划时代意义的环境保护方面的会议,称为世界环境保护发展史上的三座里程碑。

1972年6月5日,在瑞典首都斯德哥尔摩召开了联合国成立以来首次大规模的人类环境会议,世界上113个国家的1300多名代表共同讨论了人类面临的环境问题,探讨了保护全球的环境战略。我国政府在周恩来总理的倡导下,派出以唐克为团长、由20名代表组成的代表团参加会议。大会通过了著名的《人类环境宣言》,提出7个共同规定和26项共同原则,向全世界所有人发出郑重告诫:我们“只有一个地球”,“如果人类继续增殖人口、掠夺式地开发自然资源、肆意污染和破坏环境,人类赖以生存的地球必将出现资源匮乏、污染泛滥、生态破坏的灾难。”呼吁各国政府和全世界人民,为保护和改善人类环境,造福全体人民、造福后代而共同努力。大会决定在肯尼亚首都内罗毕设立常设的环境规划署。

1992年6月3日,在巴西首都里约热内卢召开了第二次大规模的人类环境会议,又称联合国环境与发展大会。参加会议的有170多个联合国成员国的代表团、102位国家元首和政府首脑以及联合国机构和国际组织的代表。我国政府由李鹏总理率团出席会议并发表重要讲话。会议通过了《里约环境与发展宣言》和《21世纪议程》两个纲领性文件以及《关于森林问题的原则声明》,签署了《气候变化框架公约》和《生物多样性公约》。会议同意把发达国家对全球环境恶化的责任、提供资金并以优惠条件转让环境无害技术等主要原则写进了会议文件,这为环境与发展领域的国际合作开创了良好的局面。这是联合国成立以来规模最大、级别最高、与会人数最多、筹备时间最长、影响最深远的一次国际会议,是人类



环境与发展史上的一次盛会。

2002年8月26日至9月4日,联合国在南非约翰内斯堡举行了可持续发展世界首脑会议——第三次人类环境会议。有190多个政府、5 000多个非政府组织、2 000多家媒体组织与会,我国政府由朱镕基总理率团出席会议。峰会主题是全球环境与可持续发展问题,具体议题包括全球的贫困与饥饿人口、全球气候恶化、淡水资源及其卫生、能源、生态多样性、农业发展与粮食安全、人类健康、世界人口增长以及信息技术对可持续发展的影响等。会议产生了《执行计划》和《政治宣言》两项新的全球行动计划文件。《执行计划》重申对世界可持续发展具有奠基石作用的里约峰会的原则和进一步全面贯彻实施《21世纪议程》,认为《执行计划》是里约峰会原则的继续,强调全方位采取具体行动和措施,包括执行“共同而有区别的责任”的原则在内,实现世界的可持续发展。同时指出,消除贫困是当今世界面临的最大挑战,提出到2015年前,将目前全球日收入低于1美元、面临饥荒和不能得到安全饮用水的贫困人口数量减少1/2;到2020年前,显著提高目前全世界1亿多城市贫民的生活水平,努力实现“城市无贫民窟”的奋斗目标。强调在该计划具体实施的过程中,贯彻执行“共同而有区别的责任”原则的极端重要性,敦促发达国家兑现1992年提出的将国民生产总值的0.7%用于援助发展中国家的可持续发展的庄严承诺,为实现世界可持续发展采取实际行动。

联合国秘书长安南在美国《时代》杂志上曾撰文,以“越过地平线”为题,阐述了约翰内斯堡地球峰会的意义。他写道,当前的政策、知识和技术显示,人类可以选择更好地发展经济与保护环境的可持续发展道路。约翰内斯堡峰会的宗旨是要让全社会树立更加坚定的立场,并持之以恒地沿着这条道路走下去。安南最后呼吁,全社会应坚持可持续发展,与地球相容。

当今世界的主要环境问题

1992年11月18日,全世界有1 575名科学家(其中99人为诺贝尔奖获得者)就环境问题向世人发出警告:扭转人类遭受巨大



不幸和地球发生突变的趋势,只剩下不过几十年时间了。他们起草的《世界科学家对人类的警告》指出:“人类和自然界正走上一条相互抵触的道路。”这份文件将臭氧层变薄、空气污染、水资源浪费、海洋毒化、农田破坏、动植物物种减少以及人口增长列为最严重的危险。

世界的主要环境问题:① 酸雨。它破坏植物气孔,使植物丧失均衡的光合作用,江湖里的水质酸化。② 全球变暖。空气中二氧化碳浓度增加,致使地球的气温上升,自然生态失衡。③ 臭氧层破坏。大气臭氧层被破坏,使太阳光中的紫外线对地球生命构成威胁。④ 化学公害。全世界已经商品化的化学物质有 67 万种,其中有害的化学物质为 1.5 万种,每年有 50 万人因使用时不注意或废弃物处理不当引起中毒。⑤ 水质污染。世界每年有 2 500 万人因水污染而死亡,约有 10 亿人喝不到洁净的水。⑥ 土地沙漠化。因森林的毁灭、过度放牧和耕作,土地不断碱化沙化,全球每年约有 700 万公顷的土地沙漠化。由于乱砍滥伐、自然与人为的火灾等因素,地球上每年约有 1 700 万公顷热带雨林被毁,约占地球总面积的 0.9%。⑦ 核威胁。1991 年全球有 26 个国家的 423 座核电站在运行,到 20 世纪末又增加 100 多座。部分核废料丢到大海中,已经直接威胁到海洋渔场。地球上还有 5 万枚核弹头,也威胁着人类的和平与生存。

《寂静的春天》对人类的启示

《寂静的春天》是一部环境科学普及读物,被人们称作“绿色圣经”,1962 年在美国出版,作者为海洋生物学家 R·卡逊。出于科学家的良知和对生命的挚爱,从 1955 年起,她用几年时间,收集了大量杀虫剂危害环境的证据和资料,在《寂静的春天》中充分揭示了 DDT 和其他杀虫剂等有毒化学药品“在被用来对付昆虫之余,已转过来威胁着我们整个的大地了”“神秘莫测的疾病袭击了成群的小鸡,牛羊病倒和死亡……孩子们在玩耍时突然倒下了,并在几小时内死去……仅能见到的几只鸟儿也奄奄一息……这是一个没有声音的春天”“它们是使过去百鸟争鸣、充满生机的春天变得万



般寂籁的头号杀手”。因污染而造成的生态破坏,使生机盎然的春天都寂静下来。在书中她强调人与自然的和谐共处关系,声讨人们企图“控制自然”的妄自尊大,鞭挞使用有毒化学品污染环境的行为,积极倡导“生物控制”,为人类指出一条保护地球的生命之路。这本著作的问世,引起了当时美国社会的强烈反响。然而,最初的对她极为不利,因为在 20 世纪 60 年代初期,工业巨头们不承认化学品会引起什么环境问题,更不能容忍一个女子向他们挑战。他们抛出大量金钱,印制大量印刷品来诋毁她的作品、她的科学生涯和人品,把她的批评称为女人的“歇斯底里”。反对卡逊的势力也集结起来,他们不仅来自生产农药的化学工业集团,也来自使用农药的农业部门,甚至连从事人类健康事业的医学学会也站在反对者一边。随着民众对这部书的日益关注,政府和民众都卷进了这场争鸣运动。当时的美国总统肯尼迪曾在国会上讨论这本书,并指定一个专门调查小组调查这本书的观点。事实证明卡逊的调查和观点是正确的,美国国会成立了第一个农业环境组织,确立了杀虫剂的登记注册和检验制度。随后,《寂静的春天》一书引起了全世界的强烈反响,人们惊奇地发现,在短暂的几十年里,工业的发展已把人类带进了一个被毒化了的环境中,而且环境污染造成的损害是全面的、长期的、复杂的、严重的。书中明确指出了 20 世纪的一个主要问题——环境污染。

这部书出版两年后,卡逊身患乳腺癌,告别了人世。这本书被译成十几种文字,不仅影响了美国,而且也影响了整个世界。1979 年 6 月此书在中国出版,随着时间的推移,特别是在臭氧层遭破坏、稀有动植物濒临灭绝、癌症和许多叫不出名字的怪病威胁人们的生命、全球环境问题愈来愈严重的时候,世人对《寂静的春天》和卡逊由衷地怀念。此书的出版发行,对现代环境科学的发展起了积极推动作用。1987 年,世界生态女权主义者召开大会纪念《寂静的春天》发表 25 周年。1992 年,《寂静的春天》被美国评为 50 年来最有影响的书。



为什么说《只有一个地球》是环境科学的绪论

《只有一个地球》是一部探讨全球环境问题的学术论著,也是受联合国人类环境会议秘书长 M·斯特朗的委托,为 1972 年召开的联合国人类环境会议提供的背景材料和一部非正式的报告。《只有一个地球》副标题是“对一个小小星球的关怀和维护”。报告由英国经济学家 B·沃德和美国微生物学家 R·杜博斯主编,有 52 个国家 152 位专家参与编写。报告从整个地球现状和发展前景出发,从全球的社会、经济和政治的角度来探讨环境问题,其中包括污染问题、人口问题、资源的滥用、工业技术的影响、发展的不平衡,还涉及世界范围的城市化困境等,试图为各国的政治决策提供有关环境问题的概况和基本知识,呼吁人类明智地管理地球。

为什么说“只有一个地球”呢?人类一切衣、食、住、行及生产、生活,无不依赖于这个在太阳系中不大不小、独一无二的星球。地球上的海洋、河流、湖泊、大气、森林、土壤、草原、野生动物等,组成了错综复杂而关系密切的自然生态系统,这就是人类生存的基本环境。长期以来,人类把文明的进程一直滞留在对自然的征服掠夺上,似乎从未想到对哺育人类的地球给予保护和回报。在取得辉煌的文明成果的同时,人类对自然的掠夺却使得我们所生存的这个星球满目疮痍。人口的增长和生产活动的增多,也对环境造成冲击,给环境带来压力。环境恶化、资源枯竭已经成为人类文明进程的巨大障碍。地球森林面积,1862 年约为 55 亿公顷,到 20 世纪 70 年代末只剩下不到 26 亿公顷。热带雨林对调节全球气候有重要作用,因大面积砍伐已产生了严重的后果。由于不合理的耕作制度,世界上被风蚀、盐碱化的土地日益增多,全世界每年损失 240 亿吨沃土,沙漠化土地不断扩大。如果继续按照这个速度发展下去,加上城市和交通事业的发展占用大量农田,全世界现有的耕地 20 年后将损失 1/3,世界粮食生产将受到严重威胁。另外,由于野生动物的栖息地大量消失,人类又肆意捕杀这些动物,且环境污染日益加重,世界上植物和动物的遗传资源急剧减少,这对人类将是无法弥补的损失。环境问题不解决,不仅人类社会的文明进程



会受到影响,而且人类自身的生存也会受到严重的威胁。在 1992 年的联合国环境与发展大会上,全体代表为地球静默了两分钟。这两分钟的静默,代表全人类在向地球忏悔,在反省,在思索。我们只有一个地球!

《只有一个地球》共分为五部分 15 章。第一部分是地球是一个整体:第一章我们所继承的世界;第二章未曾料到的秩序。第二部分是科学的一致性:第三章能量与物质;第四章生命的起源;第五章脆弱的平衡。第三部分是发达国家的问题:第六章发展差异;第七章污染的代价;第八章人类对土地的利用问题;第九章资源的平衡。第四部分是发展中国家的问题:第十章发展的现状;第十一章发展经济的策略;第十二章人类定居地问题。第五部分是地球上的秩序:第十三章共同享有的生物圈;第十四章在技术圈中共存;第十五章人类生存的战略。由于这部著作最早最全面地说明了环境科学的主旨和内容,所以被誉为环境科学的绪论篇。

当代著名的国际环境公约

(1)《拉姆萨尔湿地公约》:1971 年,国际社会在伊朗的拉姆萨尔通过了《拉姆萨尔湿地公约》。公约对湿地所下的定义为:“陆地上所有季节性或常年积水地段,包括沼泽、泥炭地、湿地、湖泊、河流、稻田、海岸、滩涂、海口、珊瑚礁、红树林,以及低潮时水深 6 米内的海岸带。”湿地具有保护水源、净化水质、防旱、调节气候和维护生物多样性等重要生态功能,因此,湿地被称为“自然之肾”。湿地拥有丰富的野生动植物资源,是众多野生生物和珍稀水禽的重要栖息地。湿地具有极高的生产力,为人类提供大量的粮食、肉类、能源以及多种工业原料和旅游资源。由于人类的不适当开发和滥用,大面积的湿地被破坏。

(2)《联合国海洋法公约》:1982 年 12 月 10 日《联合国海洋法公约》签订于牙买加,1994 年 11 月 16 日生效,有 158 个签约国、117 个成员国。公约对海洋污染所下的定义为:“人类直接或间接把物质或能量引入海洋环境,包括河口湾,造成或可能造成损害生物资源和海洋生物、危害人类健康、妨碍包括捕鱼和海洋的其他正



常用途在内的各种海洋活动,损坏海水使用质量或减损环境优美等有害影响。”《联合国海洋法公约》所提出的一系列新概念和原则,如防止环境污染、环境影响评价制度以及制定污染紧急应变计划等,为国际法和各国的环境保护发展起了重大的促进作用。

(3)《保护臭氧层维也纳公约》:1985年,《保护臭氧层维也纳公约》由联合国环境规划署在维也纳签订。公约于1988年9月22日生效,截至1997年1月,有163个国家、地区和国际组织加入了该公约。我国于1989年9月11日加入该公约。臭氧层是地球的“保护伞”,作用是减少太阳紫外线辐射和吸收来自地球的长波辐射,它一旦遭到破坏就会危害人体健康,对生态系统产生不良影响。臭氧层破坏的人为原因,是人类使用氯氟烃类物质做制冷剂、喷雾剂、发泡剂和清洗剂造成的。这类物质在大气中长期存在并逐渐积聚会导致其浓度不断升高,并通过一系列的物理化学变化,使大气平流层中的臭氧遭受破坏。《保护臭氧层维也纳公约》规定了缔约国有采取措施保护并依靠国际合作减少改变臭氧层活动的义务。作为对该《公约》的补充,1987年在加拿大举行的国际会议上,来自43个国家的代表通过了《关于消耗臭氧层物质的蒙特利尔议定书》。《公约》以及《议定书》等共同构成了关于保护臭氧层的条约体系。

(4)《联合国气候变化框架公约》:1992年6月在巴西举行的联合国环境与发展大会上,153个国家签署了《气候变化框架公约》,1994年3月生效,该公约有176个缔约方。全球变暖是气候变化的主题,《公约》通过温室效应解释了全球变暖的原因。大气中的水蒸气、二氧化碳、甲烷、一氧化碳和臭氧等气体部分地吸收了地表的热辐射,并对这种辐射起了一定遮挡作用,从而使地表加热升温,对地面起了保温作用,因此,这种遮挡被称为“温室效应”,这些气体被称为“温室气体”。《公约》为国际社会在对待气候变化问题上加强合作提供了法律框架。

(5)《生物多样性公约》:1992年6月5日,《生物多样性公约》在里约热内卢联合国环境与发展大会上签署。公约对生物多样性所下的定义为:“地球上的生物(涵盖动物、植物和微生物等)在所



有形式、层次和联合体中生命的多样化,包括生态系统多样性、物种多样性和基因多样性。”迄今为止,地球上存在的生物有 300 万~1 000 万种。由于人类不断对自然资源的掠夺性开发利用,丰富的生物多样性已受到严重威胁,许多物种正濒临灭绝。据估计,在地球上近 170 万个已被鉴定的物种中,目前正以每小时 1 种,即每年近 9 000 种的速度大量消失。生物多样性的丧失导致生物圈中的生态失衡,物质循环过程受阻,间接影响全球气候变化,进而恶化人类的生存环境,是人类可持续发展的重要障碍。《生物多样性公约》为生物资源和生物多样性的全面保护和持续利用建立了一个法律框架。

(6)《联合国防治荒漠化公约》:1997 年 10 月 14 日,《联合国防治荒漠化公约》在巴黎签署,1996 年 12 月 26 日生效,该公约有 107 个缔约方。《公约》宣布防治目标是通过国际合作,防止干旱和荒漠化。《公约》对荒漠化所下的定义为:“由于人类不合理活动和气候变化所导致的干旱、半干旱、土地沙漠化、草场退化、旱作农田的退化、土壤肥力的下降。”目前,全球 2/3 的国家和地区约 10 亿人口受到荒漠化的危害,而且仍以每年 5 万~7 万千米² 的速度在急剧扩大。人类对干旱土地的过度放牧、粗放经营、盲目垦荒,水资源的不合理利用,过度砍伐森林,不合理开矿,是加速荒漠化的主要表现。人口增长对土地的压力是土地荒漠化的直接原因,人类不合理的社会经济活动是造成荒漠的主要原因。

世界环境日及历年主题

1972 年 6 月 5 日~6 月 16 日,在瑞典斯德哥尔摩举行的联合国人类环境会议,建议将联合国人类环境会议开幕日定为“世界环境日”。同年,第 27 届联合国大会接受并通过每年 6 月 5 日为“世界环境日”的建议。世界环境日的意义在于提醒全世界注意全球环境状况和人类活动对环境的危害,要求联合国系统和各国政府在这一天开展各种活动,强调保护和改善人类环境的重要性。联合国环境规划署在每年世界环境日发表环境现状的年度报告书,并提出这一年度的世界环境日主题,选定在某一国家举行世界环



境日纪念大会暨“全球 500 佳”颁奖仪式。1985 年,我国开始第一次在全国开展“6·5 世界环境日”纪念活动。1993 年,世界环境日纪念大会暨“全球 500 佳”颁奖仪式在北京人民大会堂举行,联合国环境规划署执行主任 E·多德斯韦尔女士出席大会并宣读了联合国秘书长加利致大会的贺词,荣毅仁在大会上发表了讲话。

历年世界环境日的主题是:

1974 年:只有一个地球。

1975 年:人类居住。

1976 年:水,生命的重要源泉。

1977 年:关注臭氧层破坏、水土流失、土壤退化和滥伐森林。

1978 年:没有破坏的发展。

1979 年:为了儿童和未来——没有破坏的发展。

1980 年:新的十年,新的挑战——没有破坏的发展。

1981 年:保护地下水和人类的食物链,防治有毒化学品污染。

1982 年:纪念斯德哥尔摩人类环境会议十周年——提高环境意识。

1983 年:管理和处置有害废弃物,防治酸雨破坏和提高能源利用率。

1984 年:沙漠化。

1985 年:青年、人口、环境。

1986 年:环境与和平。

1987 年:环境与居住。

1988 年:保护环境、持续发展、公众参与。

1989 年:警惕,全球变暖。

1990 年:儿童与环境。

1991 年:气候变化——需要全球合作。

1992 年:只有一个地球——关心与共事。

1993 年:贫穷与环境——摆脱恶性循环。

1994 年:一个地球,一个家庭。

1995 年:各国人民联合起来,创造更加美好的世界。

1996 年:我们的地球、居住地、家园。



- 1997 年:为了地球上的生命。
- 1998 年:为了地球上的生命——拯救我们的海洋。
- 1999 年:拯救地球就是拯救未来。
- 2000 年:环境千年,行动起来。
- 2001 年:世间万物,生命之网。
- 2002 年:使地球充满生机。
- 2003 年:水——20 亿人生命之所系。
- 2004 年:海洋存亡,匹夫有责。
- 2005 年:营造绿色城市,呵护地球家园。
- 2006 年:莫使旱地变荒漠。

30 多年来,世界各国政府和人民群众在世界环境日这一天开展各种活动,宣传保护和改善人类环境的重要性,“6·5 世界环境日”已成为地球人共同的节日而载入史册。

全球关注的其他与环保有关的纪念日

环境保护事业不仅涉及环境污染、环境灾害的防治,而且还包含对地球环境生态和自然资源的维护与恢复。因此,迄今有许多与环境保护相关的世界性纪念日,成为全球致力于环境保护的各界仁人志士和社会公众,共同关注并积极参与的活动。现将这些相关的世界性纪念日简介如下:

(1) 2 月 2 日是“国际湿地日”:为纪念《湿地公约》(又称拉姆萨尔公约)签订,联合国教科文组织规定每年 2 月 2 日为“国际湿地日”。

(2) 3 月 21 日是“世界森林日”:许多国家根据本国的特定自然环境和需求,又确定了自己的植树节,如我国将 3 月 12 日定为植树节。

(3) 3 月 23 日是“世界气象日”:制定这个节日的目的是让世界各国人民都认识到大气是人类共有的资源,保护大气资源需要全人类的共同努力。

(4) 3 月 22 日是“世界水日”:旨在通过纪念活动,唤起全人类对水资源的开发、利用、保护、管理的重视,号召世界各国民众人人



都来关心水、爱惜水、保护水。

(5) 4月22日是“地球日”:1970年4月22日首次在美国发起并举行的环境保护活动,是全球最早关于环境保护的纪念日,也称地球警示日。旨在促使全球亿万民众都积极参与环境保护。1990年4月22日,全世界共有140多个国家的2亿多人同时在各地举行了多种多样的地球日纪念活动。我国也是这一年首次在全国开展地球日纪念活动。

(6) 6月17日是“世界防治荒漠化和干旱日”:呼吁各国政府重视土地沙漠化这个日益严重的全球性环境问题。

(7) 7月11日是“世界人口日”:是联合国在1990年7月确定并发起的第一个世界人口日。期望以此引起各国对人口问题的重视,采取措施控制世界人口。

(8) 9月16日是“国际保护臭氧层日”:这个节日是纪念《关于消耗臭氧层物质的蒙特利尔议定书》的签订,要求所有缔约国家根据规定目标采取具体行动来纪念这一特殊日子。

(9) 10月16日是“世界粮食日”:旨在唤起世界对发展粮食和农业生产的重视。

(10) 12月29日是“国际生物多样性日”:旨在要求缔约国重视和采取措施保护生物多样性。

印度博帕尔惨案

博帕尔是印度中部的一座中等城市,人口约50万,距首都新德里正北550千米。1984年12月3日零时56分,美国联合碳化物公司设在印度中央邦首府博帕尔市的农药厂装有45吨液态剧毒性异氰酸甲酯的储罐阀门失灵而引发爆炸,罐内剧毒化合物外泄,以气体形态迅速扩散,1小时后毒气形成的浓重烟雾笼罩了人口稠密的市区。事故发生后,受害范围近40千米²,尽管房屋完好无损,但毒气导致近2万人死亡,5万人失明,20万居民受到影响,约占博帕尔市总人口一半。成千上万的家庭受到了毁灭性的打击,数千头牲畜毒死、植物枯萎、湖水混浊,全市一片恐怖景象。受害居民急性中毒的主要表现是呼吸道症状,咳嗽、呼吸困难、



分泌物多,进而引起肺水肿、窒息、死亡。眼结膜分泌物增多,视力减退,甚至失明。急性神经中毒的主要表现是昏迷,死亡原因是肺水肿、窒息。事件后孕妇流产、婴儿死产率大量增加。1989年美国联合碳化物公司赔付印度政府4.7亿美元。据专家分析,要彻底治理博帕尔农药厂废址、受污染的地下水以及土壤,要投入500万美元。

博帕尔惨案也震惊了世界。1994年,距事件10年后,国际医学专家委员会对博帕尔事件的远期影响进行了调查,发现当年暴露人群慢性呼吸道疾病患病率高,呼吸功能和免疫功能降低,神经系统患病率高,表现为失眠、头痛、头晕、记忆力低、动作协调能力差、精神抑郁等。博帕尔惨案发生的原因主要有:工厂管理混乱,缺乏完善的环境安全措施,农药厂建在人口稠密区,事发后没有应急抢救措施等。

2004年12月3日是博帕尔毒气泄漏事故20周年纪念日。数千名示威者当天走上博帕尔的街头游行,聚集在事故发生地——美国联合碳化物公司农药厂原址前,要求已经收购美国联合碳化物公司的陶氏化学公司,清除被废弃的厂房和遗弃的管道以及被风雨侵蚀开裂的杀虫剂储藏罐,彻底消除直接威胁当地人饮水安全的隐患,要求政府为尚未得到补偿的受害者发放赔偿金。

切尔诺贝利核泄漏对环境的影响

切尔诺贝利核电站位于前苏联白俄罗斯—乌克兰共和国大森林地带的东部,普里皮亚特河右岸,距离乌克兰首府基辅市东北130千米。前苏联1973年修建,1977年激活。切尔诺贝利核电站共有4套机组,设计输出功率为600万千瓦。1986年4月26日凌晨1点23分,核电站4号核反应堆发生爆炸,火柱高达30米,8吨强辐射物质混合着炙热的石墨残片和核燃料碎片喷涌而出,释放出的辐射量相当于日本广岛原子弹爆炸量的200多倍。1700多吨石墨成了大火的燃料,火灾现场温度高达2000℃以上。救援直升机向4号反应堆投放了5000吨降温和吸收放射性元素的物质,并通过遥控机械为反应堆修筑了厚达几米的绝缘罩。爆炸后,放



放射性物质随风向西扩散到了波兰。10日内,放射性尘埃落到了欧洲大部分地区。爆炸最终导致20多万千米²的土地受到污染,乌克兰、俄罗斯和白俄罗斯受到的核污染最严重。受到辐射伤害的人们感到头痛、嗓子堵塞、口干,但他们不知道自己究竟出了什么问题。这次核电站爆炸事故给切尔诺贝利这个城市和整个欧洲都带来了灾难性影响。人们像潮水一样外逃,切尔诺贝利附近的几个市镇一片荒芜,先后有近8000乌克兰人死于核辐射。灾难过后,核电站500千米内健康受损害的青少年人数增加35倍,诸多的动植物受核辐射的影响发生异变。2005年联合国公布的调查报告称,不到50人在核电站爆炸中死亡,但因遭受长期辐射而衍生各种疾病,最终导致死亡的人数超过9000人。世界绿色组织的调查报告称,核泄漏导致9.3万人患上晚期癌症,20万人以上死于与辐射有关的疾病。

1986年切尔诺贝利核电站发生爆炸后,为防止核泄漏继续蔓延而用混凝土浇筑成石棺,核电站4号反应堆的融化内核完全被包裹在石棺里。石棺设计寿命长50年,但由于建造时十分仓促,20世纪90年代初便出现种种问题,专家们不得不将这个预期降低为20年。20年后,石棺已是裂痕密布,并又开始发生核泄漏,而一旦发生石棺坍塌的情况,灾难性后果难以想像。

2006年4月26日是切尔诺贝利核泄漏事故20周年纪念日。俄罗斯、白俄罗斯、乌克兰等国举办各种形式的纪念活动,核电安全也再次成为人们关注的焦点。乌克兰政府与欧盟及其他国际机构,已经花费数百万美元用于加固石棺。为了避免悲剧再次发生,乌政府决定投资10亿美元给石棺加盖一座新的安全防护罩,被称为“新安全禁闭”工程,如果工程获得成功,将能保证这个地方100年的安全。

核能是一种清洁能源,核电站正常运转时,释放出的放射性气体对环境和居民的影响都在安全范围之内,通常不会对人体造成损害。切尔诺贝利事件发生的主要原因在于:该电站造价低、工艺落后,使用了安全性能差的以石墨作减速剂的旧式反应堆。同时,该电站又没有在核反应堆上加装收容器等防范措施,因而酿成大



祸。切尔诺贝利核电站事故是一次灾难性事故,不仅给前苏联在物质上、精神上和心理上造成了巨大的损失,在国际上的影响也是严重而深远的。

现代战争对生态环境的破坏

仅举 1991 年 1 月 17 日至 2 月 26 日海湾战争和 1999 年北约对南联盟持续 79 天的轰炸为例。海湾战争爆发半个月,海湾北部海域就发生了有史以来最严重的石油泄漏事件,一片长约 53 千米、宽 13 千米的油膜在海面上漂浮移动,给海湾地区的生态环境带来严重的灾害。战争结束之前,科威特半数油田起火,每月产生 900 万吨二氧化碳,使全球排放的二氧化碳提高了 11% 以上。二氧化碳所形成的酸雨,又使以色列、伊朗、伊拉克、科威特、叙利亚、黎巴嫩、约旦等国家 6.2% 的森林面积及 980 万公顷的土地受到了危害。北约对南联盟的轰炸使诺维萨德、潘切沃等地的炼油厂以及其他地区油料库均被摧毁。各种有毒气体笼罩着天空,严重污染了环境。南联盟石化企业大都位于傅丁那,这个地区是南联盟粮食和葡萄的主要产地,有许多食品加工厂和酿酒厂。大量化学物质渗入土壤导致粮食、水果减产,危害居民的健康。化工厂被袭击后,各种有毒物质燃烧造成的污染达到灾难性地步。潘切沃化工厂和化肥厂遭到轰炸时,上百米高的烟柱直冲天空,弥漫在这座城市上空的单体氯乙烯(一种致癌物质)的含量一度达到正常标准的 1 万多倍。化肥生产原料毒性极高,这些物质散发出来,严重地污染了空气、土壤和水,引发了灾难性后果。

在两次战争中,美军都使用了国际明令禁止的百吨贫铀炸弹和大量的杀伤力极强的集束炸弹。其杀伤性以及周围环境造成的危害非常严重,会导致新生儿白血病、癌症以及各种畸形病变和神经系统病变。炸弹在爆炸后,放射性尘埃不仅落到地面,还通过空气和河流向周边地区扩散。由于放射性同位素的半衰期长达数十年,清除放射性污染十分困难,环境损失将持续几十年,造成的核污染危害难以估量。

生态灾难是没有国界的。油污染海湾,改变了海湾的生态系



统,海面被原油封住,海水难以蒸发,造成海洋生物的灭顶之灾。无数海鸟、海龟及鱼、贝类成批死亡,海湾地区的气候也发生变化。原油中的碳氢化合物在贝类体中浓缩,转变成致癌物质。轰炸也使南联盟周边一些国家的环境受到危害。据调查,轰炸期间罗马尼亚奥拉维察地区空气中二氧化硫、氨、氮等污染物,比正常水平高出 5~10 倍。南联盟多家石油加工企业被炸后,多瑙河水面出现了长 15 千米、宽 400 米的石油污染带,下游国家以及黑海沿岸人民均受到伤害。现代战争不仅造成人类生命的灾难,也是生态环境的灾难。

《21 世纪议程》

《21 世纪议程》是 1992 年联合国环境与发展大会通过的决议文件。议程着重阐明了人类在环境保护与可持续发展之间必须做出的抉择和行动方案,并对全球环境合作及建立新的伙伴关系提出了原则性意见。议程分为社会和经济、资源保护及管理、主要团体的作用、实施手段,4 篇 40 章 118 个方案,每个方案领域都有行动依据、目标计划、实施手段等具体内容。

《21 世纪议程》的主要内容:① 经济增长、社会发展和消除贫困,是发展目标及能力建设不可缺少的条件之一。国际社会和发达国家,应特别关注和支持、援助发展中国家的发展问题。② 通过贸易自由化促进可持续发展,建立开放、公平、非歧视性的多边贸易制度。③ 向发展中国家提供额外的足够的财政资源,并解决发展中国家特别是贫困国家的债务问题,以支持发展中国家实施《21 世纪议程》。④ 增进和加强发展中国家的科学能力和潜在能力建设,增进发展中国家的科技教育和培训,大幅度增加科学家人数,协助发展中国家改善研究和发展的基础设施,发达国家应将环境无害化的科技成果(包括科技信息、资料、数据等)以非商业性的优惠条件援助发展中国家。⑤ 加强商业和工业在环境保护方面的作用。要求在产品的整个生产、储运、销售、消费周期内,采取较有效的生产方式、预防性战略及清洁生产,减少或避免商业和工业生产过程中对资源的浪费,减少单位经济产出的废物排放。



⑥ 所有社会团体的赞助和真正的参与,是各国有效落实《21 世纪议程》实现可持续发展的基本的先决条件。

《中国 21 世纪人口、环境与发展白皮书》

《中国 21 世纪人口、环境与发展白皮书》(以下简称《白皮书》)是 1994 年 3 月 25 日,在原国务院总理李鹏主持召开的国务院第十六次常务会议上通过的,是我国政府根据《21 世纪议程》的精神,结合本国实际制定的《中国 21 世纪议程》。《白皮书》是中国可持续发展的总体战略方案,制定国民经济和社会发展中长期计划的指导性文件。全书共 20 章,78 个方案领域。

(1)《白皮书》确立的主要战略目标:① 在保持经济快速增长的同时,依靠科技进步和提高劳动者的素质,不断改善发展的质量;② 促进社会的全面发展与进步,建立可持续发展的社会基础;③ 控制环境污染,改善生态环境,保护可持续利用的资源基础;④ 逐步建立国家可持续发展的政策体系、法律体系,可持续发展的综合决策机制和协调管理机制。

(2)《白皮书》确立的主要内容:① 可持续发展总体战略与政策。论述了提出中国可持续发展战略的背景、必要性;提出了中国可持续发展的战略目标、战略重点和重大行动,可持续发展的立法和实施;制定促进可持续发展的经济政策;参与国际环境与发展领域合作的原则立场和主要行动领域。其中特别强调了可持续发展能力的建设,包括建立健全可持续发展管理体系、加强教育建设、开发人力资源、发展科学技术、建立可持续发展的信息系统,尤其要促使妇女、青少年、少数民族、工人和科学界人士及团体参与可持续发展。② 社会可持续发展。其中最重要的是实行计划生育、控制人口数量和提高人口素质。这一部分还包括引导建立适度和健康消费的生活体系,大力发展社会服务和第三产业,方便和丰富人民的物质文化生活;强调尽快消除贫困;提高中国人民的卫生和健康水平;通过正确引导城市化,加强城镇用地管理,加快城镇基础设施建设和完善社区功能,促进建筑业发展,向所有人提供适当住房,改善社区环境。同时,还强调建立以按劳分配为主体、



效率优先、兼顾公平的收入分配制度,保持全社会的安定团结。

③ 经济可持续发展。把促进经济增长作为消除贫困、提高人民生活水平、增强综合国力的必要条件,在经济增长过程中不断优化结构、增进效益和提高发展质量,将农业与农村、工业和交通及通信业、能源生产与消费作为最优先领域。该部分对如何使工业、农业、能源走向可持续发展的轨道进行了深刻论述。④ 资源的合理利用与环境保护。包括水、土地、森林、海洋、矿产的保护与合理开发利用;保护生物多样性;防治土地沙漠化和水土流失;防灾减灾;保护大气层,如控制大气污染和防治酸雨、保护臭氧层、控制温室气体排放等;固体废物无害化管理,特别关注工业有害废物和放射性废物的排放与治理。

中国环境保护的发展阶段

1972年6月,我国政府派出代表团参加了联合国在斯德哥尔摩召开的人类环境会议。1973年8月,国务院召开了第一次全国环境保护会议,标志着我国将环境保护提到了国家的议事日程,中国的环境保护事业正式起步。

(1) 初创阶段(1972~1983年):以1972年6月我国政府派团参加联合国人类环境会议为标志,到1983年12月国务院召开第二次环境保护会议首次把环境保护确定为我国的一项基本国策为止。在这期间,我国的环境保护工作实现了思想认识上的转变,开始探索中国特色的环境保护道路,大力开展了以调整工业布局和技术改造为核心、以工业污染防治为重点的环境污染防治工作。

(2) 开拓提高阶段(1983~1992年):以1983年12月国务院首次把环境保护确定为我国的一项基本国策为标志,到1992年6月联合国召开环境与发展大会,号召各国走可持续发展道路为止。在这期间,党和国家明确了环境保护在经济、社会发展中的战略地位,认识到了保护环境与发展生产力的相互关系,颁布实施了第一部《中华人民共和国环境保护法》,确立了依法治理环境污染的新思路,进一步完善了环保法律法规,加强了执法力度,建立并逐步完善了以环境管理为核心的环保政策体系,全面推行行政首长环



境保护目标责任制。

(3) 可持续发展阶段(1992 年至今):以 1992 年 6 月联合国号召各国走可持续发展道路为标志,我国把环境与经济、社会的发展有机地结合在一起,坚持以经济建设为中心,加强环境保护,全面推行五项环境管理制度;加强环境保护法制建设,依法保护环境;大力推进科技进步,积极发展环保产业,积极防治工业污染,不断深化城乡环境综合整治,将环境保护纳入国民经济发展规划;实施可持续发展战略,坚持污染防治与生态保护并重的方针,拓宽了管理领域,推行清洁生产和源头控制,环境管理理念有了大的转变,环境保护机构、队伍和执法能力有了大的发展。

党的十六大以来,党中央、国务院为从根本上解决我国生态环境、自然资源与经济社会发展的突出矛盾,全面建设小康社会,提出了科学发展观、发展循环经济、构建和谐社会、建设资源节约型、环境友好型社会等一系列符合时代要求和我国国情的发展新理念、新战略、新举措,各地正在形成党委领导、人大支持、政府负责、环保监督、部门配合、市场引导、企业治理、舆论监督、公众参与、依法推进的工作运行机制。以科学发展观为统领,迈入了环保工作的新纪元。

当前我国环境问题的新特点

当前,我国正处于新经济体制转型与社会经济强劲增长的时期,新老环境问题重叠,环境问题尤为突出。如全国二氧化硫和有机耗氧物质排放总量分别超过环境容量的 60%和 70%,七大水系有 70%受到不同程度的污染,75%的湖泊富营养化,2/3 的城市大气环境质量不达标,1/3 的国土受到酸雨污染,50%的城市居民生活在噪声超标环境中,90%的大中城市地下水受到不同程度的污染。生态破坏的问题也较突出,全国水土流失面积为 356 万千米²,每年新增 1.5 万千米²,沙化土地每年新增 3 436 千米²。森林面积和蓄积量虽持续增加,但仍存在资源总量不足、生态功能退化等问题。据专家估算,中国目前每年由于环境污染和生态破坏所造成的经济损失高达 6 000 亿元。环境生态的恶化,既危害了群众



健康,又影响到社会稳定和环境安全。究其原因,反映出以下新的特点:

(1) 快速的工业化、城镇化、市场化、国际化进程,加剧了人与环境的矛盾。目前,我国正处在社会主义初级阶段,已进入工业化中期。工业社会的发展一方面带动了城镇化进程的加快,另一方面又严重依赖于资源,特别是不可再生资源 and 化石能源的大规模消耗,造成污染物的大量排放、自然资源的急剧消耗和生态环境的日益恶化。发达国家在实现工业化的过程中,走了一条先污染后治理、先开发后保护的道路上。通过市场化和经济全球化,发达国家的生产方式和消费模式在全球扩散,环境被进一步破坏,环境污染转嫁问题也日益突出。随着我国改革开放不断深化,这种经济快速发展中出现的工业化、城镇化、市场化和经济全球化等问题,使得人与环境的矛盾日趋尖锐。

(2) 生产方式粗放,资源消耗量大,环境污染严重。生产方式粗放主要表现为“三高一低”:高投入、高消耗、高污染、低效益。我国人口基数大、资源有限,人均资源占有量少和资源利用率低的矛盾十分突出。从我国目前经济发展态势来看,到 2020 年国内生产总值翻两番的目标完全可以实现。但如果不转变观念,单纯追求增长速度而不顾增长质量效益和对环境的影响,21 世纪头 20 年,污染物排放量、资源消耗量将大幅度增加,一些资源将难以为继,原已不堪重负的生态环境将濒临崩溃,环境风险急剧加大,全面小康社会的环境目标将难以实现,最终将动摇经济社会发展的基础。因此,必须转变粗放型经济增长方式,走科技含量高、经济效益好、资源消耗低、环境污染少、人力资源优势得到充分发挥的新型工业化道路。

(3) 压缩式、复合型、结构性污染突出。压缩式就是发达国家 100 多年来产生并正逐步解决的环境污染问题,我们在改革开放 20 多年间却集中表现出来。复合型就是工业污染、面源污染、生活污染并存,污染问题与生态破坏并存,资源衰竭与生产浪费并存,水质、大气、噪声、辐射、生活垃圾、医疗废物等复合污染并存,排污总量大与排放强度高并存。结构性就是经济结构不合理,发展方



式粗放。结构性污染突出表现为面源污染、生活污染上升、工业污染持续。

(4) 守法成本高、违法成本低。企业生产的根本目的是依法追求利益的最大化,但有的企业受利益驱使,靠以牺牲资源和环境为代价片面追求经济利益最大化,违法排污屡查屡犯。有的地方“十五小”企业连片反弹,2005 年全国查处的违法排污企业中,“十五小”、“新五小”占了 30%。有的地方违法建设制革、化工、电镀、造纸、印染、冶炼、水泥等重污染项目。在新一轮的经济发展热潮中,有的地方政府急功近利的行为急剧升温,把污染企业作为当地所谓“支柱产业”加以保护,逃避环保审批,擅自新上项目,造成新一轮重复建设,给环境带来更大压力。

重视国家环境安全

国家安全是一个国家稳定发展的最重要的基础,过去我们对国家安全的理解往往是对外防止侵略,对内防止动乱与犯罪,主要涉及国家的主权、政治、军事等安全问题。但是随着社会进步、生产和科技发展,人们对国家安全的认识也在不断加深,领域有了很大扩展,如国家的经济安全、科技安全、生态环境安全、粮食安全、金融安全等。

环境安全是国家安全的重要组成部分。目前,对国家环境安全的概念解释尚未完全确定,一般是指人类、国家及其赖以生存发展的环境处于一种不受环境污染和破坏的安全状态。影响国家环境安全的因素很多,有内部因素与外部因素。内部因素如因经济结构不合理、自然资源配置不当、生产方式落后以及人口压力等造成的环境污染和生态破坏,导致饮用水安全、重要战略资源短缺、耕地减少、土地荒漠化一系列对人类生存和发展的威胁和危害等。外部因素如在当前我国环境标准较低的情况下,有些国家进行污染转嫁,向我国倾销低环境标准产品,甚至变相倾倒垃圾或各种废料。其次以投资、合资等名义,向我国转移本国禁止的、对生态环境有害的产业;或以合作研究、共同开发等名义,盗取我国的生物遗传资源,使国家遭受恶意或非恶意的生物入侵风险等。再有,就



是战争对环境的破坏是巨大的,有些是毁灭性的。引起环境不安全的原因大多属于潜在的、缓慢的,但随着环境污染和生态破坏的日积月累,会引起突发性的、灾难性的危害,如 20 世纪 50~60 年代发达国家所发生的八大公害事件,1998 年我国长江洪水的肆虐等,都给人类造成了不可挽回的损失。

环境的不安全对人类生存发展的威胁和危害是多方面的。

① 环境污染不仅造成当代人的健康问题,而且危及子孙后代。如《世界资源报告》(1998~1999 年)指出,世界上约有 400 万儿童死于空气污染引起的急性呼吸系统感染,其中 23% 的疾病与环境因素有关,甚至有些可以通过遗传继续贻害下一代。② 环境污染影响经济持续稳定的发展。环境本身就是资源,它是发展经济不可或缺的重要物质基础,但环境污染也可以造成直接的经济损失。如 20 世纪 90 年代接连发生的二噁英污染牛奶、疯牛病等事件,使成千上万吨牛奶制品被销毁,疯牛被埋葬,造成严重的经济损失。③ 环境污染引发社会的不稳定。严重的环境污染事件和生态破坏,可以造成疾病、死亡、饥荒、生态移民等。因此,环境的不安全可以转化为政治危机和对政府的信任危机,从而造成社会的骚乱和不稳定。④ 环境危机引发国际关系紧张、导致武装冲突与战争。环境危机是可以跨国界的,近年来,一些西方国家声称环境退化将会损害其国家利益,从而有理由进行武装干涉。某些霸权国家为掠夺资源而引发的战争屡见不鲜。原联合国秘书长加利曾直言不讳地提出警告:“水源危机将会引发中东地区的下一次战争。”因此,为确保人类的健康、经济社会的稳定和可持续发展及世界的安定与和平共处,我们必须高度重视国家的环境安全问题。

环境标准

环境标准是为了保护环境,维持生态平衡,保障人群健康和社会财富,促进可持续发展,对环境中的污染物(或有害因素)允许水平及其排放源限量的规定。环境标准是国家环境政策在技术方面的具体体现,是环境管理的技术基础和准则、环境保护执法的依据。



我国的环境标准,分为环境质量标准、污染物排放标准、环境监测分析方法标准、环境标准样品标准、环境基础标准和环境保护行业标准。

环境质量标准规定了环境中各种污染物或有害因素的最高限额,是环境保护的目标值,是衡量环境质量优劣的尺度,是判断环境是否已被污染的依据。环境质量标准按环境介质,可分为环境空气质量标准、地表水环境质量标准、土壤环境质量标准、城市区域环境噪声标准等。环境质量标准是所有环境标准的核心,是制定其他各项环境标准的依据。

污染物排放标准是依据环境质量标准,结合技术经济条件,规定了污染物最高限额。它是判断企业排污行为是否合法的依据,是为达到环境质量标准而控制污染源的手段。污染物排放标准按环境介质,可分为大气环境污染物排放标准、污水综合排放标准和工业企业厂界噪声标准等。污染物排放标准是控制各类污染物排放的最主要的技术依据。

环境监测分析方法标准是为规范环境质量和污染物排放的监测,对采样、分析和数据处理等所作的统一规定。环境标准样品标准是为了保证环境监测和分析数据的准确性、可靠性,对所使用的标定材料和实物样品所作出的统一技术和质量规定。环境基础标准是为建立共同工作秩序,而对环保工作,尤其是环境标准中的各种重要的或常用的技术术语、符号、代号(代码)、图形、指南、导则、信息编码所作的统一规定,是判定环境监测数据合法的依据。

环境保护方法标准是指在从事环境保护某些技术性工作中,应遵照执行的技术方法方面的统一规定,又称环保方法标准。如环境监测技术与方法、环境区划与规划的技术要求等。

我国的环境标准按适用范围,还可分为国家环境标准和地方环境标准。地方环境质量标准只是对国家级环境质量标准中未规定的项目补充标准,地方污染物排放标准可以规定国家污染物排放标准中未规定的项目和严于国家级污染物排放标准的项目。



环境质量评价

环境质量是指环境优劣的程度,是衡量环境对人类生存和发展适宜程度的量化表达方式。良好的环境质量适宜人们的生产生活,恶劣的环境质量会危害人体健康。随着环境污染问题的出现,环境质量主要用于表示环境遭受污染的程度。环境质量是不断变化的,也是可以改善的。环境质量的优劣可以根据人类生产和生活的不同要求而定,从这个意义上讲,环境质量又是人类与环境协调程度的量化表达方式。

衡量环境质量优劣的尺度叫做环境质量标准。环境质量标准对环境中各种有害物质或因素在一定的时间和空间范围内的容许水平作出了规定,是以法律的形式对环境质量作出的要求。污染物浓度超过环境质量标准的要求,环境质量就被认为不适于或危害人类的生存和发展。环境质量评价就是依据环境质量标准,对环境质量的优劣进行定量的描述。

进行环境质量评价基于以下原因:第一,环境质量评价是研究确定环境质量的手段、方法,环境质量状况是环境质量评价的结果。在环境的开发与利用过程中,人类要了解确定环境质量就必须进行环境质量评价。第二,环境质量评价是制定环境质量标准、污染物排放标准、编制环境规划、实施有关环境保护政策和法律法规的依据。第三,环境质量评价是满足人民群众环境需求,维护人民健康,促进人与自然和谐发展的重要环节。如城市空气质量预报、水环境质量报告,都离不开环境质量评价。

环境质量评价的方法很多,但在环境保护工作中最常用的评价指标是环境质量指数。所谓环境质量指数,是指环境中某种污染物浓度与环境质量标准中该污染物标准值的比值。根据环境质量指数的大小,确定环境质量的优劣。

环境质量评价的类型很多,不同的分类方法,环境质量评价的类型也不一样。比较常见的环境质量评价类型,多是按时间因素、环境要素和评价范围进行分类的。

环境质量评价按时间因素,可分为环境质量回顾评价、环境质



量现状评价和环境质量预测评价。环境质量回顾评价就是对过去一定时期的环境质量进行评价。环境质量回顾评价需要较多地依赖过去一定时期的环境监测资料。环境质量现状评价是针对当前的环境质量进行定量描述。环境质量预测评价主要是应用数学模型,对将来某一时期的环境质量进行预测评价。

环境质量评价按环境要素,可分为大气环境质量评价、水环境质量评价、土壤环境质量评价。3种评价分别是根据大气、水、土壤环境质量标准,采用一定的评价方法,对其质量状况进行的评价。

环境质量评价按评价范围,可分为区域环境质量评价和全球环境质量评价。区域环境质量评价就是对一个特定的自然区域(如流域、海域、林区、山地、平原等)或社会区域(如城市、工业区、矿区、农业区等)的环境质量进行评价。全球环境质量评价则是对全球的环境质量状况所作的评价。

环境影响评价

环境影响评价是指对人类活动可能造成的环境影响进行分析、预测和评估,提出预防或者减轻不良环境影响的对策和措施。对环境影响评价所作的法律规定,则称为环境影响评价制度。

1964年在加拿大召开的国际环境质量评价学术会议上,首次提出了环境影响评价的概念。1969年美国《国家环境政策法》首创了环境影响评价制度。自20世纪70年代以来,瑞典、澳大利亚、新西兰、加拿大、德国、菲律宾、印度、泰国、印度尼西亚等100多个国家相继建立了环境影响评价制度。1979年《中华人民共和国环境保护法(试行)》首次确立了环境影响评价制度的法律地位。1998年实施的《建设项目环境保护管理条例》,标志着我国环境影响评价法律制度的基本建立。2003年《中华人民共和国环境影响评价法》的颁布实施,标志着我国环境影响评价制度进入了新的发展阶段。

环境影响评价是协调经济发展与环境保护的重要手段,其作用主要表现在3个方面:一是贯彻“预防为主”的环保方针,真正起



到从源头上防治环境污染和生态破坏的作用,避免“先污染、后治理,先破坏、后恢复”的恶性循环。二是在经济调节中具有重要作用。按照优化开发、重点开发、限制开发和禁止开发的不同要求,制定环境准入标准,推动产业技术改造和清洁生产,促进经济结构调整,优化产业合理布局,推动区域经济、社会和环境的协调发展。三是为公众参与环境保护事业提供了重要的平台。在环境影响评价工作中实现了公众参与,这对于保障公众环境权益,促进和谐社会建设将起到积极作用。

我国的环境影响评价按照评价对象的不同,可分为政府规划环境影响评价和建设项目环境影响评价两种类型。

政府规划环境影响评价的对象是政府编制的土地利用规划,区域、流域、海域的建设与开发利用规划,工业、农业、畜牧业、林业、能源、水利、交通、城市建设、旅游、自然资源开发的有关专项规划。规划环境影响评价的主要因素:实施规划对环境可能造成的影响分析、预测和评价,预防或者减轻不良环境影响的对策和措施,环境影响评价的结论。编制政府规划环境影响评价报告的单位是编制规划的部门。

建设项目环境影响评价的对象是各类建设项目。根据建设项目对环境的影响程度,对建设项目环境影响评价实行分类管理,即可能造成重大环境影响的,应当编制环境影响报告书,对产生的环境影响进行全面评价;可能造成轻度环境影响的,应当编制环境影响报告表,对产生的环境影响进行分析或者专项评价;对环境影响很小、不需要进行环境影响评价的,应当填报环境影响登记表。建设项目环境影响评价的因素:建设项目概况,建设项目周围环境现状,建设项目对环境可能造成影响的分析、预测和评估,建设项目环境保护措施及其技术、经济论证,建设项目对环境影响的经济损益分析,对建设项目实施环境监测的建议,环境影响评价的结论。编制建设项目环境影响评价报告的单位,是具有相应资质的环境影响评价服务机构。

环境影响报告的内容是建设项目可行性研究报告中必不可少的部分,因此,环境影响报告书(报告表、登记表)的编制、填报工作



及审批,应在编制项目可行性报告阶段中完成。

开展环境影响评价要遵循以下原则:环境影响评价必须客观、公开、公正;环境影响评价要综合考虑对各种环境因素及其所构成的生态系统的影响;环境影响评价的结论应当为决策提供科学依据;公众意见是环境影响评价不可缺少的组成部分;环保部门对环境影响评价文件进行审查和审批。

发展循环经济的主要模式

循环经济是在物质流动的全过程中充分利用资源防治污染,实现人与自然和谐的一种生态经济模式。它是在深刻认识资源消耗与环境污染之间关系的基础上,以提高资源与环境效率为目标,以资源节约和物质循环利用为手段,以市场机制为推动力,在满足社会发展需要和经济上可行的前提下,按照“3R”(减量化、再利用、再循环)原则,实现能源利用效率最大化、资源消耗最小化、废弃物排放和环境污染最小化的一种经济发展模式。

循环经济作为一种潮流和趋势,正在全球范围内进行广泛的研究和实践。20世纪80年代末,美国杜邦化学公司开始循环经济理念的实践,组织单个企业的循环经济,创造了杜邦模式,使该公司生产造成的废弃物和空气污染物排放量分别减少了25%和70%。20世纪80年代末至90年代初,丹麦小镇卡伦堡近郊的科技工业园区在企业之间,逐渐形成网络循环,使得一家工厂的废气、废热、废水、废渣等成为另一家工厂的原料和能源,创造了著名的卡伦堡生态工业园区的循环经济模式。日本2000年颁布了《建立循环型社会基本法》,确定了21世纪经济和社会发展的方向,提出了建立循环型社会的根本原则,大力推进循环型社会的建立。德国、美国、法国、英国、瑞典、挪威、新加坡、韩国等都以立法的形式推动循环经济的发展,建立起符合本国实际的循环经济模式。

我国早就在资源循环利用方面做了大量的工作,如在产业废弃物的综合利用、废旧物资回收利用、生产和消费过程中的再利用以及城市生活垃圾堆肥、填埋气的利用、垃圾发电等领域,都取得较好的经济、社会、环境效益。



21 世纪初期,我国在 3 个层面上开展了循环经济试点工作:在企业层面大力推进清洁生产;在工业园区创建生态工业园;开展循环经济省、市试点,并取得初步成效。国务院 2005 年 7 月发布了《关于加快发展循环经济的若干意见》,有力地推动了我国发展循环经济的步伐。2005 年 10 月国家发展和改革委员会、国家环境保护总局等 6 个部门联合选择了钢铁、有色金属、化工等 7 个重点行业的 42 家企业,再生资源回收利用等 4 个重点领域的 17 家单位,13 个不同类型的产业园区,涉及 10 个省份的资源型和资源匮乏型城市,开展了循环经济试点。即在实践中深入探索如何运用循环经济理论和原则组织活动,将传统经济发展模式改造成“低资源能源投入、高经济产出、低污染产出、低污染物排放”的新模式。目前,我国取得显著成效的模式如下:

(1) 山东省的“点、线、面”系统推进模式:山东省将发展循环经济与生态省建设紧密结合,经过对循环经济层次与方式的不断探索和总结,建立了“点、线、面”循环经济发展模式。“点”,就是以企业和单位为单元,推进清洁生产、ISO14000 环境管理体系认证,按照生态效率的理念和清洁生产的要求,采用生态设计和现代技术,将单位产品的各项消耗和污染物排放量限定在先进标准许可的范围之内,实现企业和单位内部的资源综合利用和循环利用,建立“点”上的小循环。“线”,就是以行业(包括不同行业之间的链接)为单元,在清洁生产的基础上,运用生态经济学原理,根据行业间的关联,通过物质、能量和信息集成,拉长产业链,使模式中的各个主体形成互补互动、共生共利的有机产业链网,建立“线”上的中循环。“面”,就是以社会区域为单元,以循环经济理念为指导,开展创建国家环保模范城市、生态市、生态示范区、生态工业园区、环境优美乡镇、绿色社区、绿色学校、生态居住小区等创建活动,倡导生态文明,逐步建成循环型社会,建立“面”上的大循环。

(2) 江苏省的循环型产业和循环型社会模式:结合生态省建设,江苏省制定了循环型工业、循环型农业、循环型服务业和循环型社会规划,在全省开展了循环经济试点,探索形成循环型产业和循环型社会模式。



循环型工业是江苏省发展循环经济的主体。江苏省循环型工业建设的特点是,以工业生态化建设为核心,依据生态系统中“生产者、消费者、分解者”的共生结构及其“食物营养链网”关联原理,对工业系统从输入输出物质和能量流管理着手,围绕产品生产过程,重点推进绿色产品研发,全面开展企业清洁生产,加速产业结构生态化调整,大力开展生态工业园区、区域循环型工业综合示范区和循环型工业基础设施建设。

循环型农业是可持续发展思想和循环经济理念在农业发展中的集中体现。江苏省发展循环型农业的特点是,把农业清洁生产和农业废弃物的综合利用融为一体,按照生态系统运行规律和经济活动的基本规律,运用食物链原理,优化农业产品生产至消费整个产业链的结构,以环境友好的方式利用自然资源和环境容量,实现农业经济活动的生态化转向。

循环型服务业是指在向客户提供各种功能性服务的过程中,按照循环经济的要求,遵循“减量化、再使用、再循环”的原则,减少物质消耗,避免和减少废弃物。

循环型社会是循环经济理念在社会生活中的体现,要求把绿色消费模式融入社会生活,逐步形成循环型生活方式和消费方式。例如,在日常生活中尽可能地使用可循环利用的产品或绿色产品,减少消费过程中废弃物的产生,建立废弃物分类处理与利用体系,实现城市废弃物的资源化和无害化,尽可能地回收有用的废旧物资进行循环利用,形成一个资源节约型的社会。

(3) 辽宁省的“3+1”循环经济模式:辽宁省探索出的“3+1”循环经济模式是指小循环、中循环、大循环“3个循环”,资源再生产业和废旧资源回收利用产业“1个产业”。小循环是指结合技术改造,推行清洁生产和创建“零排放”企业,进而取得显著的经济效益和环境效益。中循环是指结合资源枯竭地区经济转型、经济开发整合提升和老工业区调整改造,建设生态工业园区。辽宁重点在抚顺矿业集团、大连开发区、沈阳铁西新区3个试点开展了生态工业园区建设。大循环是指按照“减量化、资源化、无害化”原则,大力开展城市中水回用和废弃物分类回收利用,提高全社会可再



生资源利用率。“1 个产业”目前主要是以粉煤灰和煤矸石为重点,开展资源再生利用,培育新的经济增长点。

(4) 贵阳市的循环经济型生态城市建设模式:贵阳市建设循环经济型生态城市的模式,可以概括为“2 个环节、3 个核心系统和 7 个循环经济体系”建设。就是要抓住生产环节模式的转变和消费环节模式的转变 2 个关键环节。构建 3 个核心系统,第一个是产业循环系统,包括生态工业、生态农业和第三产业;第二个是城市基础设施系统,重点包括水、能源—大气和固体废弃物循环利用子系统;第三个是生态保障系统,包括绿色建筑、人居环境和生态保护体系。推进 7 个循环体系建设:磷产业循环体系,生态农业循环体系,建筑与城市基础设施产业循环体系,旅游和循环经济服务产业体系,循环型消费体系。

资源节约型、环境友好型社会

2005 年 10 月 11 日,《中国共产党第十六届中央委员会第五次全体会议公报》指出,要加快建设资源节约型、环境友好型社会,大力发展循环经济,加大环境保护力度,切实保护好自然生态,认真解决影响经济社会发展,特别是严重危害人民健康的突出的环境问题,在全社会形成资源节约的增长方式和健康文明的消费模式。把“加快建设资源节约型、环境友好型社会”写入党的十六届五中全会《中共中央关于制定国民经济和社会发展第十一个五年规划的建议》。

资源节约型是指在生产、流通、消费等领域,通过采取法律、经济、技术和必要的行政办法,提高资源利用效率,以最小的资源消耗获得最大的经济和社会收益,保障经济社会可持续发展。建设资源节约型社会的目的在于,追求更少资源消耗、更低环境污染、更大经济和社会效益,实现可持续发展。

“环境友好”的概念是随着人类社会对环境问题的认识水平不断提高而逐步形成的。1992 年联合国环境与发展大会通过的关于全球可持续发展战略的《21 世纪议程》中,正式提出了“环境友好”的理念之后,环境友好技术、环境友好产品得以提倡。到 20 世纪



90年代中后期,“环境友好”覆盖的范围不断扩大,国际社会又提出实行环境友好土地利用和环境友好流域管理,建设环境友好城市,发展环境友好农业和环境友好建筑等。2002年世界可持续发展首脑会议通过的“约翰内斯堡实施计划”,对“环境友好”的认同程度进一步提高。环境友好型社会既是一种环境伦理观念,也是经济社会发展和环境保护的崇高目标。环境友好型社会由环境友好型技术、环境友好型产品、环境友好型企业、环境友好型产业、环境友好型学校、环境友好型社区等组成。主要包括:有利于环境的生产和消费方式;无污染或低污染的技术、工业和产品;对环境 and 人体健康无不利影响的各种开发建设活动;符合生态条件的生产力布局;少污染与低消耗的产业结构;持续发展的绿色产业;人人关爱环境的社会风尚和文化氛围。

资源节约与环境友好是一致的,是相辅相成的,是相融的、统一的。建设资源节约型、环境友好型社会,是我们共同努力实现的安全、和谐、科学、文明的社会。

绿色技术

绿色技术,又称环境友好技术,定义较多。《21世纪议程》中的定义是:“为减轻污染和保护环境,采取更加可持续的方式使用所有资源,循环使用更多的废弃物和产品,以更加合理的方式对剩余废弃物进行处理的技术。”如清洁生产、生态技术、环保材料、污染防治技术、以循环经济理念设计的工艺流程、绿色产品及生命周期分析方法等,都是重要的环境应用技术。

绿色技术能提高资源的利用率,节约能源和原材料,大大减少废物的排放,减轻污染和降低生产和消费中的环境外部性损失,减缓和解决人类面临的能源危机、生态危机,达到可再生资源的永续利用;能改善经济系统的运行质量,促进生产方式的转变,提高人类的生存、生活质量,实现经济与环境保护的双赢。

目前世界各国采用的绿色技术主要有:①环境无害化技术,指减少污染、合理利用资源、节约能源、与环境兼容的技术。②资源综合利用技术,指对自然资源在开发、生产、消费和再循环等整



个过程中实施全面、充分优化的技术手段。③ 节能技术,主要指对不可再生资源的节能技术。④ 新能源技术,主要包括地热能、风能、太阳能、生物能、海洋能和核能技术。⑤ 洁净煤技术,包括煤炭燃烧前、燃烧中、燃烧后的净化技术。⑥ 废水污染防治技术,主要指对废水中有毒有害物质进行科学分离、转化、重复利用等技术。⑦ 废气污染防治技术,指对废气中排放的有毒、有害物质进行稀释扩散、溶剂吸收、催化还原及除尘等技术。⑧ 固体废物处理处置技术,指将固体废物变成适于运输、利用、储存或最终处理的,包括物理、化学、生物处理以及热处理和固化处理技术。⑨ 环境监测与生态监测技术,包括自动监测与监测系统、区域及全球环境监测网的建立、遥感、卫星、生物等监测技术。

为什么把环保产业称为“朝阳产业”

环境保护产业在国民经济结构中,是以防治环境污染、改善生态环境、保护自然资源为目的,进行的技术开发、产品生产、商业流通、资源利用、信息服务、工程承包、自然保护等活动的总称。可以说,环保产业是防止生态环境破坏的重要物质基础和技术保障。

环境保护产业是随着全球环境保护事业蓬勃发展应运而生的一项新兴产业。由于环保产业符合资源利用合理化、废物产生减量化、无污染、少污染的全球性经济结构调整要求和可持续发展原则,从而显示出了强劲的生命力,国际上称其为“绿色产业”、“朝阳产业”或“地球环境产业”。因此,环保产业已成为世界上发展最快、规模最大的新兴产业之一。

中国的环保企业 20 世纪 90 年代起步。1993 年 3 月,第一次全国环保产业工作会议召开,成立了中国环保产业协会。据协会调查,1997 年全国从事环保产业的企事业单位有 9 807 个,同 1993 年相比增长 13.4%;固定资产 748 亿元,增长 66%;总产值 510 亿元,增长 63%,但不到国民生产总值的 1%,是一个潜在的经济增长点。在 1998 年年初的全国经济工作会议上,环保产业被列为经济发展的新增长点。到 2000 年从事环保产业的企事业单位达到 10 389 个,其中重点骨干企业为 104 个。



绿色 GDP

GDP(国内生产总值)是按市场价格计算的国内生产总值的简称,是指一个国家或地区所有常住单位在一定时期内生产活动的最终成果,可以反映一个国家或地区的经济发展规模和水平。随着环境问题的出现,人们对 GDP 的有效性产生怀疑,因为它没有反映防治环境污染费用,也没有考虑自然资源存量的消耗与折旧以及环境退化的损失费用,认为它的存在是对各国社会经济发展产生错误导向的根源。因此,为客观评价一个国家或区域的经济社会发展水平,对传统经济统计指标 GDP 进行改造,将经济发展对环境与自然资源的影响补充于 GDP。一些经济学家和国际组织相继提出了改进 GDP 的方法,最主要的是绿色 GDP 概念的提出。

绿色 GDP 的计算公式如下:

$$gGDP = GDP - D_m - D_n$$

式中: $gGDP$ 表示绿色 GDP; D_m 表示人造资本折旧; D_n 表示环境退化的损失。

许多国家据此对 GDP 的核算方式进行了修正和调整,得出的绿色 GDP 数值要远远低于传统的 GDP 的计算结果,说明其经济增长是以自然资源数量减少与环境质量退化为代价的。我国一些城市也开始对绿色 GDP 的核算进行了试点研究。

由于在实践中还存在着复杂而困难的技术问题,到目前为止世界上尚没有一套公认的绿色 GDP 核算模式和指标体系,也还没有一个国家以政府的名义公开发布绿色 GDP 的计算结果。但是,较之于 GDP 而言,绿色 GDP 力求将一个国家、区域的经济增长与环境保护协调起来,把资源环境的折损纳入国民经济核算体系,能够更真实有效地反映国民经济运行的实际情况,有利于科学全面地评价一个国家和地区的综合发展水平,这在理论上和实践上都是非常必要的。



第二章

环境地学

环境地学的概念

环境地学是环境科学的一个分支学科,它以人—地系统为对象,研究其组成、结构及其演化与发展,探讨人类活动对地球环境系统的影响及其对人类社会的反馈作用,优化调控利用人—地系统。所谓人—地系统就是人类和地球共同构成的系统。因此,环境地学与地理学在研究对象方面有共同性,但环境地学更侧重人类活动对地球环境的影响。

环境地学是在地理学的研究过程中孕育产生的。早在 18 世纪,以法国孟德斯鸠、英国的巴克尔、德国拉策尔和美国的森普尔等为代表的一些地理学家,在研究人类与地理环境的关系时,提出了地理环境决定论,强调地理环境是社会发展的决定性因素。19 世纪后期,法国地理学家布吕纳提出了人地相关的原理,认为地理环境对人类活动的影响不是决定性的,而是可能性的。20 世纪 20 年代,美国地理学家巴罗斯提出地理学就是人类生态学,促进了人地关系的研究。第二次世界大战以后,随着人口的增加、资源短缺、工业化和城市化进程的加速,出现了环境恶化等一系列问题。由于解决环境问题的迫切需要,推动了人地关系研究的进一步发展。环境地学于 20 世纪 40 年代诞生,并于 20 世纪 70 年代获得了迅速的发展。

环境地学的研究内容广泛,包括环境地质学、环境地球化学、



环境地理学、环境水文学、环境气候学、污染气象学、环境土壤学、环境海洋学等分支学科。

环境地质学主要研究人类活动和地质环境之间的相互关系。一是由地质因素引起的环境问题,如火山爆发、地震、山崩、泥石流等灾害。二是由地壳表面化学元素分布不均引起的地方病,如缺碘或多碘地区引起的地方性甲状腺肿,高氟地区引起的地方性氟中毒。三是由人类活动引起的环境地质问题,如化学污染、大型工程、资源开发、城市化等引起的环境地质问题。

环境地球化学主要研究人类环境系统中,天然的地球化学物质和人为释放的污染物在环境中的迁移转化规律及其对环境质量、生物和人类健康的影响。

环境地理学主要研究人类和地理环境的相互作用与影响,着重研究人类活动对地理环境结构、功能和演化的影响及其对人类生存发展的反馈作用。

环境气候学主要研究的是气候与环境、气候与社会、气候与人类活动的相互关系以及气候环境的改善等。研究近地层大气运动引起的污染物扩散、输送、迁移和转化过程以及大气污染对天气和气象变化的影响,形成污染气象学。

环境土壤学的研究重点是人类活动引起的土壤环境质量变化以及这种变化对人体健康、社会经济、生态系统结构和功能的影响,探索调节、控制和改善土壤环境质量的途径和方法。

环境海洋学主要研究内容是污染物在海洋中的分布、迁移、转化的规律,探讨污染物对海洋生物和人体的影响及污染防治措施。

环境要素

环境要素是构成环境系统的基本组成成分。环境要素的种类很多,不同的分类方法,环境要素的种类也各不相同。

从大的范围来看,环境要素可分为太阳辐射、大气、水、岩石、土壤和生物等六大要素。太阳辐射是地球能量的重要来源,是影响地球环境的重要因素;大气、水、岩石、土壤和生物等五大要素构



成了地球环境的圈层结构,这就是人们常说的大气圈、水圈、岩石圈、土壤圈和生物圈。

从小的范围来看,六大环境要素又可分为一系列次级环境要素。例如,太阳辐射可分为紫外线、可见光和红外线等不同波长的光波。大气圈由氮、氧、氩、二氧化碳、臭氧、水气、尘埃污染物等气态物质组成;在垂直方向上自下而上,划分为对流层、平流层、中间层、暖层、散逸层等。太阳辐射驱动大气层运动,产生风、云、雨、雪等天气现象。水圈由地表水、地下水、海洋等水体构成,地表水又包括河流、湖泊、水库、冰川等。各种水体的分布、数量及其运动状态构成次级环境要素。岩石圈是由各种岩石和矿物组成的,各种岩石在地球上分布,构成高山、丘陵、岛屿、海沟等多种地貌形态。土壤圈可分为棕壤、褐土、红壤、灰壤、黑钙土、冰沼土等多种土壤类型,每种类型的土壤又由不同的土壤母质、土壤矿物、土壤有机质、土壤胶体、土壤微生物等组成。生物圈包括植物、动物、微生物和人类。每类生物又由不同的种群构成,各种生物种群又组成生物群落。生物与其周围的其他环境要素构成各种生态系统。人类是环境的主体,人类活动影响自然环境,又形成由各种社会环境要素构成的社会环境。

各种环境要素都不是孤立的,它们之间通过物质循环和能量流动而相互联系、相互作用、相互制约,构成一个统一的环境整体。但是环境诸要素之间相互联系、相互作用形成的环境整体效应不等于各个环境要素之和,而是比这种“要素之和”丰富得多、复杂得多,有了质的飞跃。环境质量的好坏,取决于所有环境要素的量是否都处于耐性限度,只要其中一个要素成为限制性因子,其他要素再优良也不可弥补。再有,环境要素之间是不能相互替代的,对于环境的作用是同等重要的,缺少其中的任何一个要素,都会引起环境失调。

环境类型的划分

环境的分类方法很多,不同的分类方法,划分的环境类型也各不相同。



按照环境范围的大小,环境可分为宇宙环境、地球环境、区域环境、微环境、生境和内环境等。宇宙环境主要是指地球大气层以外的空间环境。地球环境主要是指地球的大气圈、水圈、土壤圈、岩石圈和生物圈。地球环境又称全球环境或地理环境。区域环境是指占有某一特定地域空间的环境。在区域环境中由于部分环境要素的差异所形成的环境叫做微环境。生境是生态学的常用术语,是指生物个体或群体所处地段各种环境要素的综合体。内环境则指生物体内的器官、组织或细胞间的环境。

按照环境的性质,环境可分为自然环境和人工环境。自然环境是指未受人类活动影响或受人类活动局部轻微影响的天然环境。实际上,随着人类社会的发展,纯粹的自然环境几乎不存在。人工环境则是指人类直接影响或控制的环境,如种植园、农业区、工业区、矿区、城市等。

按照环境组成要素,环境可分为大气环境、水环境、土壤环境、生态环境、地质环境和地貌环境等。水环境又可分为地表水环境、地下水环境、海洋环境和冰川环境等。地貌环境又可分为山地环境、平原环境等。

按照人类利用的主导方式,环境可分为农业环境、林业环境、旅游环境、工业环境、城市环境、农村环境、居住环境和社会文化环境等。

环境系统

环境系统是由大气圈、水圈、岩石圈、土壤圈和生物圈等自然环境要素组成的自然综合体。按照系统论的观点,环境系统具有以下基本属性。

环境系统在构成上具有层次性。从环境系统的最高层次上看,环境系统由大气圈、水圈、岩石圈、土壤圈和生物圈组成,构成了地球环境的圈层结构。人类圈(又称智能圈)作为环境的主体,也是环境系统的重要组成部分。从环境系统的次级层次上看,高一级的环境系统构成要素又是由下一级要素组成的。如大气圈由对流层、平流层、中间层、暖层、散逸层等组成。水圈由地表水、地



下水、海洋、冰川等组成。地表水又由河流、湖泊、水库等组成。

环境系统在功能上具有整体性。组成环境系统的各要素并不是孤立的,而是相互联系、相互制约、相互作用,构成一个有机的整体。各种环境要素之间通过物质流、能量流和信息流的交换和传输,相互调节、相互制约、相互转化,构成了环境的整体性功能。

环境系统在性质上具有区域差异性。由于环境要素的区域分布不均匀,造成了环境系统的性质在各地差别较大。如由于地球上水、热分布不均,产生了热带气候、亚热带气候、温带气候和寒带气候。地球上的土壤与植被,从赤道到两极呈现明显的地带性变化。在高山地区土壤与植被,从山下到山上呈现明显的非地带性变化。

环境系统在发展上具有动态性。太阳辐射是环境系统的动力来源。环境系统内部各要素间进行着物质、能量和信息的交换运动。环境系统本身也在不停地运动变化着,经历着由低级到高级的变化过程。

人是环境系统中最活跃的因素,对环境系统有着巨大影响。人类文明发展的历史,是一个对环境系统施压越来越大的历史。这种压力,不仅表现在对环境改造和资源破坏的强度随时间的延续而增大,而且很明显地体现在对环境系统影响范围的变化上。在古代,人类对环境的影响仅局限在局部范围内;到了近代,人类对环境的影响已遍布世界各个角落。

环境背景值

环境背景值是指在不受外来污染影响的条件下,水体、大气、土壤、生物等环境要素在其自身产生与发展过程中形成的化学元素组分的含量。环境背景值反映了环境质量的原始状态,故又称为环境本底值。

环境背景值是一个相对的概念。实际上,人类的生产活动已使环境污染遍布世界各地,很难找到绝对不受人类活动和环境污染影响的环境要素,水体、大气、土壤、生物等环境要素的化学组成和元素含量都已经发生了明显的变化。因此,只能在人类活动相



对较少的地方获取环境样品,建立环境背景值,这是环境背景值在空间上的相对性。同时,环境背景值在时间上也是相对的。随着经济建设的发展,环境污染也在加剧,目前的环境污染程度已远远超过工业革命以前的环境污染程度,所以环境背景值具有时间上的相对性。

由于不同地区的环境物质组成与发展过程不同,环境背景值也不同,所以不同的地区有不同的环境背景值。同一地区,因发展阶段不同,环境背景值也不相同,所以同一地区在不同的发展时期有不同的环境背景值。

环境背景值根据环境要素的不同,可分为水体环境背景值、大气环境背景值、土壤环境背景值和生态环境背景值等。我国是开展土壤环境背景值研究较早的国家。“七五”期间,我国就开展了全国范围内的土壤环境背景值调查工作。开展环境背景值研究,对于研究地球化学元素的迁移转化规律、开展地方性疾病防治、研究环境污染历史、进行环境污染预报、评价环境质量等都具有重要的意义。

环境容量

环境容量是指某一区域的环境在其使用功能不受破坏的条件下,所能容纳的污染物的最大负荷量。环境中污染物的数量超过环境容量,这一环境的生态平衡和正常功能就会遭到破坏。

环境容量的大小主要取决于 3 个因素:一是环境背景条件。如环境空间的大小,水文、气象、土壤、植被等环境要素特征。环境空间越大,环境对污染物的净化能力越大,环境容量就越大,水体的流量越大;稀释扩散能力越大,环境容量越大;风速越大,越有利于污染物的扩散,大气环境容量就越大。二是环境使用功能的高低。环境使用功能不同,保护标准也不一样。例如,饮用水要按饮用水标准保护,农田灌溉水的水质要符合农田灌溉水质标准。对高功能水域,要实施高标准保护;对低功能水域,要实施低标准保护。所以,环境保护目标的高低,决定着环境容量的大小。三是污染物本身的物理化学性质。污染物的理化性质越不稳定,就越容



易分解,则环境的容量越大。

环境容量具有稀缺性的特点,因而是一种资源,从严格的意义上讲,环境质量的控制目标是不容许污染物在环境中扩散的。企业向环境排放污染物,实际上就是占用了环境容量资源。实行环境容量资源的有偿使用,是环境保护的重要手段。目前,环境容量已广泛应用于区域污染物排放总量控制和区域环境规划。

环境自净

环境自净是指在物理、化学和生物作用下,环境中的污染物浓度不断降低和消除的现象。环境自净是环境本身所具有的一种自我调节、自我保护功能。

环境的自净过程包括物理净化、化学净化和生物净化 3 个主要过程。物理净化过程包括稀释作用、扩散作用、混合作用、吸附作用、沉降作用和挥发作用等。如水体中的污染物在流动过程中得到扩散而稀释,固体物质经沉淀析出,使污染物浓度降低,这是水体的物理净化作用。大气中的污染物,在自然条件的影响下向空中扩散稀释,浓度大幅度下降;或是受重力作用,较重粒子沉降 to 地面。化学自净过程包括分解与化合、氧化与还原、水解与聚合作用等。如水体中污染物由于氧化、还原、吸附和凝聚等而使浓度降低。生物净化过程是将有毒有害污染物(如水中的有机污染物),通过生物活动,尤其是微生物的作用,分解为无害的产物。

环境自净过程的主要特征:一是污染物浓度逐渐下降;二是部分有毒污染物转变为低毒或无毒物质;三是重金属污染物被吸附或转变为不溶性化合物,沉淀后进入底泥;四是部分复杂有机物被微生物利用和分解,变成二氧化碳和水;五是不稳定污染物转变成稳定的化合物。

影响环境自净过程的因素很多。如水体的水文地理条件、水温、微生物的种类与数量、污染物的组成、污染物浓度等,是影响水体自净的主要因素。环境温度、风速、雨量、污染物的形态、比重等,是影响大气自净的重要因素。影响生物净化的主要因素,则是环境的水热条件、供氧条件等。



环境自净能力的大小也被称为环境自净容量。环境的自净容量在环境保护中具有重要意义,科学合理地利用环境的自净容量,可节约环保投资。

环境变迁

环境变迁是指环境演化过程中出现的波动和异常变化。在地质历史上最重大的环境变迁事件是气候变迁和大规模的生物灭绝。

在地质历史时期,全球曾经历了多次寒冷的冰期和暖热的间冰期相互交替的巨大气候变化。最近 3 次全球规模的大冰期,出现于 200 万~300 万年前的第四纪、2.7 亿~3.1 亿年前的石炭纪—二叠纪和 7.0 亿~7.5 亿年前的晚元古生代后期。冰期气候寒冷,出现大规模的冰川;间冰期气候温暖,冰川消融退缩。关于气候变化的原因,众说纷纭,尚无定论。有人认为是地球外的宇宙原因,有人则认为是地球自身的变化引起的,还有人认为是由太阳活动、火山、海冰引起的。

全球性大规模生物灭绝事件在地质历史时期发生过 7 次,其中最重大的灭绝事件发生在二叠纪与三叠纪之交,白垩纪与第三纪之交。在二叠纪与三叠纪之交的生物灭绝事件中,生物科的数量减少了 52%,种的数量减少了 90% 以上。在白垩纪与第三纪之交的生物灭绝事件中,称霸 1.7 亿年的恐龙全部灭绝。发生在二叠纪与三叠纪之交生物灭绝事件的原因,有人认为是与火山活动有关,有人认为是全球规模的海退造成的,有人认为是与缺氧环境有关,还有人则认为与地外陨击作用有关。白垩纪末的恐龙灭绝事件,仍是引人关注的环境变迁之谜。

人类历史与地质历史相比是极为短暂的,但人对环境变化的作用以及变迁的环境对人类的影响却是令人注目的。在狩猎采集社会和农业社会的进程中,人类对环境的影响很小;工业革命是人类对环境影响史的一个里程碑;随着社会经济的快速增长、城市扩张、对资源的掠夺式开采利用,使环境产生了前所未有的影响。人口膨胀、资源能源短缺、环境恶化等问题,已经严重威胁到人类自



身的生存与发展。

环境污染

环境污染是指人类活动引起的环境质量下降,而有害于人类及其他生物的正常生存和发展的现象。

人类活动是造成环境污染的主要原因。在人类社会早期,社会生产力不发达,主要是采集和猎取天然动植物的生产,对环境没有表现出污染和破坏;随着采矿业的出现,特别是人类以煤作为燃料以后,出现了早期的环境污染现象;产业革命以后,随着城市的兴起,人口的急剧增加,社会化大生产的蓬勃发展,由此产生的大量有害化学物质、放射性物质、病原体、废热、噪声等源源不断地进入环境,超出了环境的自身净化能力,导致了环境污染。

环境污染最直接的后果是使环境质量下降,影响了人类的生活质量、身体健康和生产活动。例如,大量汽车尾气和工业废气造成城市空气污染,导致人体发病率上升,并引发温室效应、酸雨和臭氧层破坏等一系列环境问题;工业废水和生活污水的排放,使水环境质量恶化,水体失去原有的生态功能和使用价值,危及人体健康与水生生物的生存;有些化学物质通过食物链进入人体,引起突变、畸变、癌变,威胁人类的生存。

环境污染按环境组成要素,可分为大气污染、水体污染、土壤污染和生物污染等;按环境污染的性质,可分为生物污染、化学污染和物理污染;按污染物的形态,可分为废气污染、废水污染、固体废物污染、噪声污染和辐射污染等;按污染产生的来源,可分为工业污染、农业污染、交通运输污染和生活污染等;按污染物的分布范围,可分为全球性污染、区域性污染和局部性污染等。

土壤污染

土壤污染是指人类活动产生的有害物质进入土壤,当其含量超过土壤本身的自净能力,使土壤物理、化学性质发生变化,降低农作物产量和质量,危害人体健康的现象。



造成土壤污染的物质叫做土壤污染物。土壤污染物主要来源于人类活动产生的大量工业“三废”、城市垃圾、污水灌溉和农药、化肥的不当使用。土壤污染物主要有无机物(如重金属、酸、碱等)、有机物(如有机农药、有机废弃物等)、化学肥料、放射性物质、寄生虫、病原菌和病毒等,以重金属污染和农药污染最为严重。

污染土壤的重金属,如汞、铬、镉、砷、铅、铜等,主要来源于污水灌溉、农用污泥和固体废物。重金属进入土壤后,所造成的污染具有隐蔽性,不能通过感官识别。如被镉污染的稻田所产的“镉米”,外观与正常大米一样,只有通过土壤或作物样品的分析化验才能确定。由于重金属在土壤中流动性差,容易在土壤中积累,形成持久性污染。

农药是造成土壤污染的重要有机污染物。我国的农药使用以大容量、大雾滴喷雾为主,仅有 20%~30% 农药喷施在农作物上,70%~80% 的施药量飘落在土壤中。进入土壤的杀虫剂、杀菌剂和大部分除草剂,可被植物吸收;或随灌溉水径流和降雨下渗,造成地表水或地下水污染。

土壤污染不仅直接影响农作物的生长发育,而且会造成农产品污染,使其品质降低,产量下降。土壤污染物或其分解产物在土壤中逐渐积累,通过食物链被人体吸收,危害人体健康。

土壤一旦受到污染,很难清除。预防和减轻土壤污染的主要措施是控制和消除土壤污染源,加强对工业“三废”的治理,合理施用化肥和农药。

海水入侵

海水入侵是一种海洋环境地质灾害现象。在沿海平原地区,由于大量开采地下水,导致地下水位大幅度下降。当地下水位下降到海平面以下时,海水侵入沿岸含水层并逐渐向内陆渗透,侵染地下水含水层,这种现象称为海水入侵。

海水入侵现象多发生在经济比较发达的沿海平原区。从 20 世纪初欧洲首先发现海水入侵到现在,人类居住的五大洲都先后



发生过海水入侵。如欧洲北海、波罗的海、地中海沿岸,美国的东、西海岸和日本沿海地区都发生过海水入侵。我国从 20 世纪 60 年代初开始,自大连、宁波等个别城市直至当前整个东部沿海地带也都发生了海水入侵现象,以山东北部沿海地区海水入侵最为突出。山东沿海地区海水入侵具有两个主要特征:一是海水入侵面积大,分布相对集中。1999 年山东省海水入侵面积 575.3 千米²,主要发生在莱州、招远、龙口、蓬莱等莱州湾地区。二是海水入侵岸线长度发展速度快。2000 年莱州市海水入侵岸线长度比 1986 年增加了 6 千米,海水入侵陆地距离比 1986 年增加了 1 077 米;招远市海水入侵岸线长度比 1986 年增加了 5 千米,海水入侵陆地距离比 1986 年增加了 100 米。

海水入侵的直接后果,是地下淡水受到海水的污染而咸化,沿岸土地盐渍化,水源受到破坏,造成人、畜饮水困难。由于地下水咸化,引起耕地盐碱化,大批机井报废、耕地丧失灌溉能力,农业减产。企业生产设备因使用咸水锈蚀严重,工业产品质量下降,效益降低。如莱州湾地区由于海水入侵,几十万人吃水困难,6 000 多眼机井报废,粮食减产 20% 以上,给人民生活及工农业生产带来巨大危害。

防治海水入侵的主要措施是严格控制地下水的开采量,通过地下水回灌、境外引水补源、节约用水等措施,恢复生态平衡。

地面下沉

地面下沉是指地表海拔标高在一定时期内不断降低的环境地质灾害现象。由地质因素引起地面下沉,地面松散或半松散地层在重力作用下,由松散层变成致密的、坚硬或半坚硬岩层时,地面因地层厚度的变小而发生沉降。地质构造作用或地震,也会导致地面下沉。由人为因素引起的地面下沉,如大面积过量开采矿产、地下水等,使被开采地层形成负压或空洞,上面的土层或建筑物因自身重力而发生大面积下沉。

地面下沉多发生在人口稠密的城市和矿区。世界上发生人为



地面下沉较为严重的城市,有美国的休斯敦、日本的东京、英国的伦敦、墨西哥的墨西哥城、中国的上海等。山东省的地面下沉现象主要发生在部分煤炭产区及过度开采地下水的区域,地面下沉面积小者不足 1 千米²,大者超过 1 000 千米²,多年累积沉降量为 100~500 毫米。

地面下沉往往造成地基沉降,破坏地表建筑和地下设施,危及工农业生产和人民生活。交通设施也因地面下沉而变形,严重影响铁路交通安全。沿海地区由于地面下沉,引起海水倒灌,使土壤和地下水盐化,生态环境恶化。

控制地面下沉,首先要合理开采地下水、石油等自然资源。同时,要根据地面下沉的原因采取工程措施,如在地下水超量开采区采用人工回灌措施,逐步恢复地下水位,以控制地面下沉。

海岸侵蚀

海岸侵蚀是指在海洋动力作用下,海岸泥沙沉积少、冲刷多,造成海岸线后退的环境地质灾害现象。

海岸侵蚀现象在世界范围内普遍存在。我国约有 70% 的沙质海岸和几乎所有开阔的淤泥质海岸存在海岸侵蚀现象,特别是废弃三角洲海岸的侵蚀后退最为严重。如北戴河海滨浴场 20 世纪 80 年代以来海滩缩窄 100 余米,海南岛清澜港海岸十几年间后退达 200 多米。江苏省废黄河口附近海岸,1855~1970 年海岸线以平均每年 147 米的速度后退;70 年代以来,海岸线后退速率仍达 20~40 米/年。黄河三角洲钓口至神仙沟海岸,每年后退达 350 米以上。总体上看,长江以北的海岸侵蚀重于长江以南。从华南地区的情况看,广东、海南、广西三省(自治区)被侵蚀海岸长度占其海岸总长度的比例,分别为 17.9%、57.3%和 15.5%。

引起海岸侵蚀的主要原因,是河流入海泥沙减少、人工采沙、海面上升和海岸工程等。人类活动是导致现代海岸侵蚀灾害的重要因素,如拦河造坝、沿岸采沙、大量开采珊瑚礁、滥伐红树林、不适当的海岸工程建设、超量开采地下水等。河流输沙减少和海面



上升,也是人类活动间接影响的结果。

海岸侵蚀的直接后果是造成土地资源流失,冲毁沿岸村庄、工厂、道路、盐田、养殖场和防护林等,影响了沿岸地区经济社会的发展。如海口市海甸岛和新埠岛长约 6 千米的海岸线,20 年间损失土地约 1.5 千米^2 。广西防城港市港口区光坡镇沙螺寮村,20 世纪 60 年代,全村的土地面积有 11 千米^2 ,现只剩下 6.8 千米^2 。仅 1980 年以来,全村受“海进”侵蚀的陆地面积就达 30 多万平方米,被迫搬家的村民 100 多户。

防治海岸侵蚀的最好方法,是加强海岸带管理,减少人为破坏。如保护红树林,禁止不合理的海岸采沙,限制沿岸地下水开采,合理调控河流入海泥沙,修建海岸护堤等。

沙尘暴

沙尘暴是强风将地面大量沙尘吹起,使空气浑浊、水平能见度小于 1 千米的灾害性天气现象,也是一种环境问题。

形成沙尘暴首先要有强劲的风力,使沙尘能被风吹离地面,这是形成沙尘暴的动力条件。春天冷暖气团比较活跃,空气状态不稳定,常形成大风。发生沙尘暴时的风力一般都在 8 级以上,风速约 25 米/秒,所以沙尘暴多发生在每年的 4~5 月份。其次要有充足的沙源,这是形成沙尘暴的物质基础。沙尘暴作为一种高强度的风沙灾害,并不是在所有有风的地方都能发生,只有那些气候干旱、植被稀疏的地区,才有可能发生沙尘暴。我国西北地区春季冷暖气团活跃,常出现大风,而且西北地区森林覆盖率不高,大部分地表为荒漠和草原,为沙尘暴的形成提供了条件。人类不合理的经济活动是形成沙尘暴的外部原因。在自然状态下沙尘暴一般规模小,但由于人们过度开发自然资源、过量砍伐森林、过度开垦草地和超载放牧,使大片土地、草地变为荒地,裸露的土地很容易被大风卷起形成沙尘暴,加大了沙尘暴发生的频度和强度。20 世纪 30 年代,美国在向西部大平原开发过程中大量伐林毁草,大片草地沦为荒漠,导致了 3 次著名“黑风暴”的发生。1934 年席卷北美大



陆的一次黑风暴,约有 3 亿吨沃土被吹走,其中芝加哥一天的降尘量达 1 242 万吨。

沙尘暴的发生不仅造成人畜死亡、建筑物倒塌、农业减产,而且还会造成大气污染、地表土流失。1993 年 5 月 5 日,我国新疆东部、甘肃河西地区、内蒙古西部和宁夏大部分地区遭受特大沙尘暴袭击,造成 85 人死亡,31 人失踪,农作物受灾面积 37 万公顷,死亡丢失牲畜 120 多万头,交通受阻、供电中断,直接损失高达 5.5 亿元。1999 年 8 月 14 日,甘肃河西走廊的敦煌等地区发生中等强度的沙尘暴,瞬间风速达 14 米/秒,能见度在 200~300 米,飞沙走石,如同黄昏。在沙尘暴发生的情况下,还可能诱发人的过敏性疾病、流行病及传染病,危及人体健康。

防治沙尘暴最主要的方法是植树种草,固结泥沙,增加地表植被覆盖。我国已建成的“三北”防护林以及在沙漠边缘植树种草等工程,对防治沙尘暴的发生起了重要作用。

环境是资源

环境是资源,这是由资源与环境的性质决定的。

资源的概念很广,包括一切为人类所需要的自然物,如阳光、空气、水、矿产、土壤、生物等;也包括人类劳动创造的一切产品,如房屋、设备、生活用品、生产资料、信息、知识和技术等。狭义的资源仅指自然资源。自然资源是自然界中存在的,在一定技术条件下能够为人们所利用的一切物质和能量,如土地资源、矿产资源、水资源和生物资源等。

凡是自然资源都是自然物品,但自然物品不一定是自然资源。自然物品必须具备下列条件才能成为自然资源:第一,自然资源都是自然存在的,而且自然分布是不均匀的,这是自然资源的自然属性。第二,自然资源在目前技术条件下能够被利用,具有经济价值,这是自然资源的经济属性。第三,自然资源的数量是有限的,不是取之不尽、用之不竭的,这是自然资源的稀缺性。

自然资源的范畴是随着人类社会和科学技术的发展不断扩展



的。如人类社会早期,以木柴为能源;后来发展到煤,在一段时间煤成为能源消耗中的主要品种。随着社会经济发展和科学技术的进步,人类发现了石油和天然气,能源消费进入了以石油为主的阶段。科学技术的飞速发展,使核能、潮汐能、地热能等清洁能源被广泛应用。随着人类生活水平的不断提高,提供观光游览、休闲、疗养、度假、探险猎奇的自然风光、历史古迹、国情民风等,也成为旅游资源。

环境是影响人类生存和发展的,各种天然和经过人工改造的自然要素的总体,包括大气、水、海洋、土地、矿藏、森林、草原、野生生物、自然遗迹、人文遗迹、自然保护区、风景名胜区、城市和乡村等。因此,自然资源是环境的重要组成部分。自然资源和环境是人类社会发展的物质基础。合理开发、利用和保护自然资源,避免自然资源的破坏、浪费与污染是环境保护的重要任务和目的。

可更新资源与不可更新资源

可更新资源是指通过天然作用或人工经营,能够为人类反复利用的各种自然资源。如土地资源、水资源、生物资源和气候资源等自然资源,只要利用得当,能够短时间内再现和不断更新,称之为可更新资源。

不可更新资源是与可更新资源相对的概念,它是指人类开发利用后,在短时间内不可能再生的自然资源。如矿产资源是经过漫长的地质年代形成的,对于短暂的人类历史来说,可以认为是不可更新的,称之为不可更新资源。

我国土地资源的基本特点是土地辽阔,类型多样;山地多,可耕地相对较少;农业用地绝对数量多,人均数量少;土地资源分布不平衡。存在的主要问题是耕地面积减少,后备资源不足,耕地质量有所下降。

我国水资源的基本特点是水资源的数量丰富,但人均占有量很少;水资源时间分配不平衡,夏秋两季多,冬春两季少,年际变化大;水资源空间分布不均匀,南方多、北方少,东部多、西部少。



水资源不足、水资源利用率低和水质污染严重,是我国水资源面临的主要问题。

我国森林资源的特点是宜林地区广、树种丰富,森林覆盖率低,林木蓄积量少,森林资源分布不均,森林资源破坏严重,用材出现危机。草场面积广大,但草场质量不高,载畜量较低,草场退化、沙化、碱化问题突出。

我国矿产资源的特点是地质条件复杂,资源丰富,不少矿种的储量居世界首位或前列,但某些重要矿产资源贫矿多、富矿少;伴生矿多,分选冶炼困难;矿产资源地区分布不均,后备资源探明储量不足,一些资源破坏严重,矿产资源形势严峻。

合理开发利用自然资源,对实现经济社会可持续发展具有重要作用。对于不同类型的自然资源,要采用不同的利用及保护策略。对可更新资源,只要利用合理、保护得当,资源是能够循环再现和不断更新,从而得到永续利用的。对不可更新资源,主要是如何节约、综合利用和寻找新的替代品的问题。

土地利用的类型

土地利用类型是自然条件、利用现状和利用方向基本一致的各种土地资源的总称。土地利用分类是由国家的社会经济情况所决定的。由于各国的社会经济情况千差万别,土地利用分类体系也各不相同;即使是同一国家,不同部门之间土地利用分类方法也不一致。土地利用的分类方法很多,不同的土地利用分类方法,土地利用类型也不一样。

根据土地的用途,可将土地利用划分为耕地、林地、草地、水域、城乡工矿居民用地和未利用土地等 6 种类型。

耕地是指种植农作物的土地,包括熟耕地、新开荒地、休闲地、轮歇地、草田轮作地,以种植农作物为主的农果、农桑、农林用地和耕种 3 年以上的滩地和海涂。林地指生长乔木、灌木、竹类以及沿海红树林地等林业用地。草地指以生长草本植物为主、覆盖度在 5% 以上的各类草地。水域包括天然陆地水域和水利设施用地。



城乡工矿居民用地指城乡居民点及工矿、交通等用地。未利用土地指目前还未利用的土地。

根据土地的利用方式,可以将上述 6 种土地类型进一步细分。如耕地可划分为水田和旱地。林地可划分为有林地、灌木林地、疏林地,其他未成林造林地、迹地、苗圃等。草地分为高覆盖度草地、中覆盖度草地和低覆盖度草地。水域划分为河渠、湖泊、水库、坑塘、冰川和永久积雪地、海涂和滩地。城乡工矿居民用地可划分为城镇用地、农村居民点用地、大型工业区、油田、盐场、采石场、交通道路、机场和码头用地等。未利用土地包括沙地、戈壁、盐碱地、沼泽地、裸土地、裸岩石砾地和高寒荒漠苔原等。

土地环境退化

土地退化是在人与自然共同作用下,发生的土地质量下降现象。土地退化的成因有:水力侵蚀作用导致的水土流失;风力吹蚀作用导致的荒漠化;排水不良、蒸发强烈引起的土地盐渍化;人类过度垦殖、超载放牧等引起的草地退化;不合理的耕作及环境污染引起的土地质量下降等。

水土流失是指在水流作用下,土壤被侵蚀、搬运和沉淀的整个过程。在自然状态下,纯粹由自然因素引起的地表侵蚀过程非常缓慢,常与土壤形成过程处于相对平衡的状态。但在人类活动影响下,特别是人类严重地破坏了坡地植被后,由自然因素引起的地表土壤破坏和土地物质移动等过程加速,即发生水土流失。

我国是水土流失比较严重的国家,据第二次全国遥感调查,中国水土流失面积 356 万千米²,占国土面积的 37.1%。水土流失遍布各地,几乎所有的省(自治区、市)都不同程度地存在水土流失。水土流失造成土地肥力下降,水库淤积,河床抬高,通航能力降低,洪水泛滥成灾,威胁工矿交通设施安全,生态环境恶化。

荒漠化是由于气候变化和人类活动造成的干旱、半干旱地区的土地退化现象。土地是否会发生沙化,决定的因素在于土壤中含有多少水分。人类不合理的垦殖、过度放牧、乱砍滥伐等,都会



破坏土壤储存水分,导致土地沙化,土地沙化的大面积蔓延就是荒漠化。荒漠化是全球最严重的环境问题之一。目前,地球上约25%的陆地正在受到荒漠化威胁。沙尘暴是荒漠化给人类带来的典型环境灾难。我国北方地区近几年出现的严重沙尘暴,就是荒漠化的体现。

盐渍化发生的主要原因是地面蒸发作用,使土壤底层土和地下水中的盐分随土壤毛细管水上升并积聚在表土,引起土壤盐渍化。盐渍化主要发生在干旱地区和滨海地区。山东省是土地盐渍化比较严重的地区之一,2000年山东省盐渍化土地总面积140.06万公顷,占土地总面积的8.92%,主要分布在黄河三角洲和沿黄地区。土地盐渍化危害农业生产。

草地退化是指草地牧草产量降低、品质下降、草地利用性能降低、草地环境恶化,甚至最终导致生态系统崩溃,失去利用价值。退化的主要原因是草原过度放牧、不合理开垦、乱采滥挖、工业污染、鼠害虫害等。目前,中国90%的可利用天然草原有不同程度的退化,每年以200万公顷的速度递增。

不合理的耕作制度、污水灌溉、滥施农药和化肥,也是造成土地质量下降、土壤污染的重要原因。我国中低产田面积占耕地总面积的65%,耕地有机质平均含量为1.8%,棕壤、褐土等土壤类型比欧洲同类土壤有机质含量低一半以上。由于水土流失、贫瘠化、次生盐渍化、潜育化和土壤酸化等原因,已造成40%以上的耕地土壤退化。

常见的环境灾害

环境灾害主要是指人类过度开发自然资源和大量排放污染物,引起大规模环境恶化的灾害现象。它与自然因素引起的地震、海啸等自然灾害不同。

常见的环境灾害主要有以下几种类型:一是由于人类大量排放工业废水、生活污水、固体废物等污染物质,造成的地表水污染和地下水污染。如2005年11月13日,中石油吉林石化公司双苯



厂发生爆炸事故,引发了松花江重大环境污染事件,沿岸数百万人口饮用水困难,造成巨大经济损失。二是由于大量排放含有二氧化硫、氮氧化物、二氧化碳等工业废气和汽车尾气,造成大气环境污染,引发酸雨、光化学烟雾、气候变暖和臭氧层损耗等环境问题。三是水体中氮、磷等营养元素过剩引起的海洋赤潮和湖泊、水库富营养化。四是滥伐森林、陡坡开荒引起的水土流失。五是草原过度放牧、过度开垦引起的草原退化、土地沙化以及由此产生的沙尘暴。六是煤炭资源开采引起的地面塌陷,地下水超采引起的地面沉降、海水入侵等。

环境遥感

环境遥感,是应用遥感技术,研究和探测地球资源、环境空间分布特征、时空变化规律的一门科学技术。

环境遥感系统,包括被测目标的信息特征、信息的获取、信息的传输与记录、信息的处理和应用等五部分。

任何目标物都具有发射、反射和吸收电磁波的性质,这是遥感的信息源。目标物与电磁波的相互作用,构成了目标物的电磁波特性,它是遥感探测的基础。接收、记录目标物电磁波特征的仪器,称为传感器,如扫描仪、雷达、摄影机、照相机等。传感器接收到目标物的电磁波信息,记录在数字磁介质或胶片上,传送给地面卫星接收站。地面卫星接收站将收到的信息进行处理,形成信息产品,供用户应用。

环境遥感,包括数据的获取、数据的处理与分析、数据应用 3 个主要环节。数据获取过程中,广泛应用到物理学、电子学、空间科学、信息科学等方面的内容。数据处理与分析过程,广泛应用到数学、计算机科学等方面的知识。数据应用则是以地学规律为基础的分析方法。从这个角度讲,环境遥感是一门以物理手段、数学方法和地学分析为基础的综合应用科学。

按遥感平台,环境遥感可分为地面遥感、航空遥感和航天遥感。地面遥感就是把传感器放置在地面平台上,如车载、船载、活



动高架平台等;传感器放置在飞机、气球等航空器上,称为航空遥感;把传感器放置在人造地球卫星、航天飞机等平台上,称为航天遥感。按传感器的探测波段,可分为紫外遥感(探测波段在 $0.05\sim 0.38$ 微米)、可见光遥感(探测波段在 $0.38\sim 0.768$ 微米)、红外遥感(探测波段在 $0.76\sim 1\,000$ 微米)、微波遥感(探测波段在 1 毫米 ~ 10 米)。按工作方式,可分为主动遥感和被动遥感。主动遥感由探测器主动发射一定的电磁波能量,并在接收目标后散射信号。被动遥感的传感器不向目标发射电磁波,仅被动地接收目标物自身发射的信号和对自然辐射源的反射能量。

环境遥感不受天气条件的影响,能够全天时、全天候、大面积同步观测地球资源与环境状况,并在短时间内对同一地区进行重复探测,发现地物的动态变化。因此,环境遥感被广泛地应用于国民经济各部门,在生态环境监测、环境污染监测和环境保护规划工作中发挥了巨大作用。

地理信息系统

地理信息系统(GIS)是在计算机支持下,采集、存储、管理、分析和表达地理空间数据的信息系统。所谓地理空间数据不仅包括描述空间实体属性的数据,而且包括描述空间实体地理位置特征的数据。这是地理信息系统与诸如财务管理系统等其他类型管理信息系统的不同。

地理信息系统由数据库、空间数据管理与分析系统、用户接口、网络系统等4个基本部分组成。数据库包括空间数据库和属性数据库两部分,功能是存储数据并根据数据检索指令提供查询数据。空间数据管理与分析系统是地理信息系统的核心,包括GIS运行平台、数据输入与转换、数据查询与检索、空间数据分析操作、应用模型分析、空间数据显示与制图等模块。用户接口主要负责用户终端与空间数据管理之间的信息传递,包括查询分析结果与应用分析查询要求两个模块。网络系统的功能是支持局域网、广域网和Internet互联网,实现信息共享。



地理信息系统的功能涵盖数据采集—分析—决策应用的全过程,并能回答和解决五类问题:一是位置,即在某个地方有什么问题;二是条件,即符合某些条件的实体在哪里;三是趋势,即某个地方发生的某个事件及其随时间的变化过程;四是模式,即某个地方存在的空间实体的分布模式,模式分析揭示了地理实体之间的空间关系;五是模拟,即某个地方如果具备某种条件会发生什么问题。

地理信息系统自 20 世纪 60 年代在加拿大诞生以来,与遥感和全球定位系统紧密结合,在资源开发、环境监测、环境规划和国民经济各部门得到广泛应用。



第三章

环境生物学

环境生物学的概念

环境生物学是研究生物与受干扰环境之间相互作用规律及其调控机理的科学。环境生物学的研究对象,是受人类干扰的生态系统。人类对生态系统的干扰,既包括人类活动对生态系统造成的污染,也包括人类对资源不合理的开发利用给生态系统带来的影响和破坏。

环境生物学研究的主要内容,包括环境污染所引起的生物效应、生态效应及其作用机理;生物对环境污染的净化作用及抗性机理;利用指示生物对环境进行监测、评价的原理和方法;与污染净化相关的生物工程技术的发展与应用;生物资源及生态系统的保护原理,生态农业与人类的可持续发展等内容。

环境污染的生物效应研究,是要搞清楚污染物在环境中的迁移、转化和积累的生物学规律以及对生物的影响和危害。这种效应包括从分子、细胞、组织、器官、个体、种群及生态系统等各种生命水平上,探索污染效应的机理。在此基础上,研究环境污染的生物学监测和生态学评价。例如我们都熟悉化学农药的致死效应,长期使用杀虫剂或除草剂的农田,对各类昆虫及土壤表层的微生物,特别是栖息在特殊落叶、落枝上的昆虫及微生物造成了极大的影响。昆虫的减少会危及一些植物的繁殖。如英国原有的 56 种蝴蝶已有 7 种灭绝、5 种濒危,依赖这 12 种蝴蝶来传粉的植物种类



可能因此而减产或绝收。我国某些地区的果园由于大量使用化学农药,使生活于其中的蜜蜂、蝴蝶等昆虫被大批的杀死。果树花期由于缺少传粉的媒介,坐果率大大降低。农药污染的生物效应不仅表现在对地上生物有致死效应,对地下无脊椎动物也会造成毒害,甚至致死。如白颈环毛蚓的呼吸强度能敏感地反映农药污染程度及时间变化,随着乐果农药染毒时间的延长,呼吸强度逐渐减弱,浓度越高,减弱幅度越大。高浓度乐果(5.6 毫升/升)能导致白颈环毛蚓的迅速死亡。金龟子幼虫对乐果农药毒性的反应也较敏感,幼虫在 5.6 毫升/升浓度下染毒 60 分钟后窒息死亡。在农药污染的地区,天敌资源也遭到了严重的破坏。除直接接触农药受到毒害外,它们在取食中毒的有害昆虫时也会受到毒害。研究发现,在农药重度污染区,肉食性蜘蛛取食中毒的昆虫后,蜘蛛中肠黏膜组织和细胞发生严重的局部坏死;有的因为农药强烈的毒害作用,坏死的组织迅速分解,或被溶解吸收,或被分离排出,形成坏死腔或孔洞。

环境污染的生物净化,是研究用生物对环境进行污染治理的基本原理、方法及其影响因素。生物工程技术在环境污染净化领域中的应用,包括具有高效生物净化能力的菌株的筛选和组建生物工程菌,研究生物降解的动力学反应模型等;探讨生态工程中生物群落的结构与演替方向、种间相互关系以及其对环境净化过程的调控等。

生物资源及生态系统保护研究的主要方向,是自然保护生物学和恢复生态学。自然保护生物学是研究生物多样性保护、自然保护技术和自然保护区的建设,探索保护、增殖和合理利用自然资源的规律,使生物资源得到永续利用;恢复生态学主要是研究生态系统的退化机理,制定退化生态系统的恢复方案,发展受损环境修复的生物学或生态学技术。

大气生物污染的类型

生物污染主要指由于人类的生产和活动,使致病微生物、寄生虫与生物变应原等,在一定范围内和不同程度上,通过空气、水体、



土壤之间的相互传播、扩散,影响生物生存及人群健康的一种环境污染。生物污染依据污染生物存在的介质,可分为大气生物污染、水体生物污染、土壤生物污染、食品生物污染等。

大气生物污染是指大气环境质量由于生物污染而恶化,使生物生存、人类健康、人类活动受到影响或危害。这种污染又分为大气微生物污染、大气变应原污染和生物性尘埃污染。

(1) 大气微生物污染:指寄生于人类和各种动物体的微生物及其繁殖体,通过各种途径进入大气造成的大气污染。大气微生物污染使大气成为传播呼吸道传染病的媒介,可造成某些传染病的流行。一些致病微生物容易通过空气传播,使易感人群发生感染;一些常见的病毒、细菌引起的疾病(如流感、SARS、麻疹、结核等呼吸道传染病)都是借助空气传播的。颗粒物含量多的空气,微生物的种类数量也多。颗粒物可以说是“微生物的飞行器”。空气中的微生物经常附着在颗粒物的表面,经呼吸道被共同吸入,造成微生物与颗粒物之间的联合损伤。大气微生物污染在不同生态环境下大气菌系不同。对重庆市大气中细菌进行采样鉴定发现有 10 个菌种,其中芽孢杆菌占优势,葡萄球菌次之;而京津地区大气菌系中微球菌属为第一优势菌,葡萄球菌属次之,芽孢杆菌居第三。大气中微生物种类,与人类活动、每天的不同时间、每年的不同季节以及气象状况都有密切的关系。人流量、车流量与空气微生物种类和数量都成显著正相关关系。由于受人的活动和化学污染物的影响,大气微生物的污染由重到轻的顺序为,商业区、交通区、居民区、工业区、文化区、风景区。

(2) 大气变应原污染:引起人体变态反应的物质称为变应原。常见的大气变应原有花粉、真菌孢子、尘螨和毛虫毛毒等。这些变应原进入大气,造成大气污染,引起人类的过敏反应。我们常见到花粉过敏者喷嚏多,清涕不断往外流,鼻、眼、耳、上腭奇痒,眼结膜充血、发红、肿胀、痒和流泪的表现症状。许多患者仅有五官过敏症状,而另一些患者在几年后合并哮喘,病情逐年加重。豚草属植物花粉是常见的变应原,最容易引起变应性哮喘;真菌中青霉属、曲霉属、格孢属、丛梗孢属、色串孢属孢子都可成为大气变应



原,而且真菌孢子对大气的污染无明显的季节性;尘螨主要孳生于家庭卧室中,可隐藏在动植物性纤维物品中,在动物身上和其活动场所也有尘螨,因螨体细小,可在空气中悬浮飘移而造成空气污染,螨体及其分泌物和排泄物,可引起吸入型哮喘、过敏性鼻炎、过敏性湿疹等;松毛虫、桑毛虫等毛虫的毒毛脱离虫体,进入大气后可造成大气污染,引起人类过敏性疾病。

(3) 生物性尘埃污染:杨柳等绿色植物的种子生有许多细毛(种缨),种子成熟时在空中随风飘荡,造成大气生物性尘埃污染,给人类生产、生活带来不良影响。如会直接威胁到精密仪器制造工业的生产。目前园林绿化部门采取只栽雄株的办法,以杜绝这种污染的发生。

水体和土壤中存在的生物污染

水体的生物污染是十分常见的。病原性微生物及其繁殖体进入水体,或某些水生微生物大量繁殖,使水质恶化,直接或间接危害人类健康,影响水生生物生存的现象,都属于水体生物污染。清洁的水体中原有“土生土长”的土著种微生物,但有些水体中排入了大量的人畜排泄物、生活污水和工业废水后,水体中有机物会大大增加,伴随着流入的腐生菌、原生动物等大量繁殖,引起水体的生物污染。污染水体的生物种类有很多,主要有细菌、病毒、藻类、原生动物及昆虫等。除淡水的生物污染外,在海洋中也发生生物污染现象。赤潮就是由于微生物污染海域引起的海洋灾难。

土壤生物污染是指有害的外来生物种群入侵土壤环境,大量繁殖,破坏土壤环境原有的动态平衡,对人群健康或生态系统产生不良影响的现象。造成土壤污染的生物,主要来自未经处理的粪便、垃圾、城市生活污水、饲养场和屠宰场的污物等,危险性最大的是医院未经消毒处理的污水和污物。土壤生物污染分布最广的是肠道致病性原虫和蠕虫类造成的污染。全世界有一半以上的人口受到一种或几种寄生性蠕虫的感染,热带地区受害尤其严重。欧洲和北美较温暖地区以及某些温带地区,人群受某些寄生虫感染,



有较高的发病率。传染性细菌和病毒污染土壤后对人体健康的危害更为严重。随患病动物的排泄物、分泌物或其尸体进入土壤而传染人体的,还有炭疽、破伤风、恶性水肿、丹毒等疾病的病原菌。目前在土壤中已发现有 100 多种可能引起人类疾病的病毒,最为危险的是传染性肝炎病毒。土壤传染的植物病毒,有烟草花叶病毒、烟草坏死病毒、小麦花叶病毒等。

土壤生物污染不仅危害人体健康,而且有些长期在土壤中存活的植物病原体还能严重地危害植物,造成农业减产。某些植物致病细菌污染土壤后,能引起西红柿、茄子、辣椒、马铃薯、烟草等百余种植物的青枯病,果树的细菌性溃疡和根癌病。某些致病真菌污染土壤后,能引起大白菜、油菜、芥菜、萝卜、甘蓝等百余种蔬菜的根肿病,茄子、棉花、黄瓜、西瓜等多种植物的枯萎病,菜豆、豇豆等的根腐病,以及小麦、大麦、燕麦、高粱、玉米、谷子的黑穗病等。此外,甘薯茎线虫,黄麻、花生、烟草根结线虫,大豆胞囊线虫,马铃薯线虫等,都能经土壤侵入植物根部引起线虫病。剑线虫属、长针线虫属和毛线虫属,还能在土壤内传播一些植物病毒。这些都属于土壤生物污染引起的病害。

可怕的食物生物污染

食品生物污染是指有害的病毒、细菌、真菌、寄生虫等微生物污染食品。食品生物污染可引起食品的腐败变质,破坏其食用价值,对人类健康产生危害。

在我们生活的地球上,几乎每天都有因食品生物污染而引发的食物中毒现象发生,而且污染食品的微生物多种多样。2002 年 1 月 7 日,法国有 9 名食用受污染肉制品的消费者发病,其中两名死亡,其他人昏迷不醒。引起这次肉制品污染的病原菌是单核细胞增多性李氏杆菌,该病原菌是革兰阳性菌。人、畜共患致病菌对人类易感,可引发结膜炎、心内膜炎、肺炎、脑膜脑炎、尿道炎、脓皮病、败血症、孕妇流产等,对人类健康损害严重。同时,该病原菌对各种畜、禽均能广泛发生自然感染,引起不同类型的疾病。即使是在经济发达的美国,食物中毒现象也是很严重的。由致病菌(如沙



门菌)引发的食源性疾病导致每年约 700 人死亡、2 400 万~8 100 万人肠胃中毒,由此引起的经济损失达 50 亿~170 亿美元。

在食品加工、包装、运输和储藏过程中,不可能都进行严格的无菌操作,因而食品经常遭到真菌、细菌、酵母菌的感染,由此引发人类急性食源性疾病,出现肠道传染病或其他感染,对机体造成危害。食品的生物性污染主要来自微生物体及其产生的毒素。常见的致病菌和细菌毒素有沙门菌(肠炎沙门菌等)、变形杆菌、致病性大肠杆菌、副溶血性弧菌、空肠弯曲杆菌以及葡萄球菌肠毒素、肉毒梭菌毒素等。沙门菌感染中毒往往源自病死牲畜肉、变质动物性食品和蛋类,表现为胃肠炎症、水样便腹泻,重者抽搐昏迷。变形杆菌源自水产品、过期动物性食品及冷荤凉拌食品,表现为胃肠炎症、腹部严重绞痛等。副溶血性弧菌多来自海产品以及受污染的腌咸食品,表现为血水样便、脓血等症状。葡萄球菌肠毒素常见于陈置米饭、淀粉类食品与奶制品,表现为反复呕吐、剧烈腹痛,且以儿童病情较甚。肉毒梭菌毒素中毒可产生特异性神经症状,如得不到及时的抗毒素血清特效治疗,病死率较高。

食品的真菌和真菌毒素污染和引发中毒的现象也较常见。由黄曲霉产生的黄曲霉毒素是目前公认的最强的化学致癌物,具有极强的致癌性和剧毒性,毒性为氰化钾的 10 倍。1960 年人类初次认识黄曲霉素,在英国东南部的农村相继有约 10 万只火鸡死于一种不明原因的疾病,经多方研究,发现死因是由于从巴西进口的花生米受到大量的真菌污染,分泌的黄曲霉素可引起多种动物和人的肝脏中毒。

除了细菌毒素、真菌毒素引起食品污染外,其他食用性生物被污染后也可以产生毒素。如与海洋污染(如赤潮)有关的麻痹型贝类中毒,与存放不当腐败变质有关的鱼类(多为海鱼类)组胺中毒。病毒也可以成为食品生物污染源。小球状病毒是引起食品污染而造成病毒性胃肠炎流行的主要食品源病毒,而 A 型肝炎是可能与食品联系的最普遍的病毒性炎症。引起上述两种食品源病毒感染的主要原因是:食用贝壳类软体动物,特别是牡蛎;食品加工中食品受到病毒感染。



水体的富营养化

水体的富营养化,是指湖泊、水库、河口、缓流的河流及近海水体中营养物质(一般指氮、磷等营养物)过量积累,引起水生单细胞藻类和大型水生植物异常繁殖生长,水体透明度降低,植物残体腐烂发臭,溶解氧耗竭,水质恶化,一些浮游生物产生对动物和人体有害的毒素的过程。

在自然条件下,水体由贫营养状态发展到富营养的状态是非常缓慢的自然过程,湖泊水体从贫营养阶段演变到富营养阶段,继续演变到沼泽地,再演变成陆地,整个过程极为缓慢,需要几千年甚至几万年的时间,而且湖泊的发生、发展和消亡也受到地质地理条件的制约。在富营养化,水体中出现的生物主要是微型藻类,这些微生物能够源源不断地得到营养而繁殖,死亡后通过腐烂分解,营养元素又释放到水体中,供更多的生物利用。大量的生物残体堆积到水底,使湖泊逐渐变浅,直至成为沼泽。一些高山极地湖泊的富营养化,大多属于这种天然的富营养化。

人为的水体富营养化是在人类活动的影响下发生的,可以在短期内出现。例如,人为破坏植被或过量使用化肥,造成地表径流富含营养元素;向湖泊或近岸海域直接排放含有营养元素的工业废水和生活污水,均可以引起水生单细胞藻类和其他微生物的过度繁殖,溶解氧迅速降低,水体富营养化在短期内出现。

由于富营养化水体中占优势的浮游生物种类不同,水体会呈现不同的颜色,如蓝色、红色、棕色、乳白色等。这种现象发生在江河湖泊中称为“水华”,在海洋中则称为“赤潮”。

赤潮及其危害

1998年9月,我国渤海锦州湾海域发生赤潮现象,呈褐红色的赤潮海域有3 000千米²,是自1933年首次报道发生赤潮以来面积最大的一次。

海水中的某些微生物在短时间内大量繁殖或聚集,使海水颜色发生变化,显现红色、黄色或褐色,因此称为赤潮。赤潮是一个



历史沿用名,实际上赤潮并不一定都是红色的,可因引发赤潮的生物种类和数量不同而呈现出不同颜色。如夜光藻、中缢虫等形成的赤潮是红色的,裸甲藻赤潮则多呈深褐色、红褐色,角毛藻赤潮一般为棕黄色,绿藻赤潮是绿色的,一些硅藻赤潮一般为棕黄色。因此,赤潮实际上是各种色潮的统称。

赤潮是一种严重的海洋灾害,是赤潮生物迅速繁殖的结果,会使海水水体中的氧气大量被消耗,造成海洋生物窒息死亡。有些赤潮生物能够释放毒素,毒死吞食赤潮生物的鱼和贝类,再通过食物链危害人类。大量的赤潮生物还能遮蔽照射到水下的阳光,影响海洋生物的光合作用,进而影响海洋食物链的正常循环。在江河口海区和沿岸、内湾海区、养殖水体比较容易发生赤潮。我国东海海区的赤潮频发区,主要有长江口海域、舟山群岛、厦门港附近海域、象山港、罗源湾、三门湾等。中国海域赤潮记录在 20 世纪 50 年代以前仅有 3 次,60 年代 1 次,70 年代发生了 9 次,80 年代发生了 29 次;90 年代后,更是有增无减,仅 1990 年就发生了 34 次;2001 年我国海域共发生赤潮 77 次,累计面积达 1.5 万千米²,造成经济损失 10 亿元;2003 年全国海域发生赤潮 119 次,累计面积达 1.45 万千米²。赤潮不仅使渔业遭受了巨大的经济损失,危及人类的健康,也使近海及沿岸生态系统遭到了破坏。

赤潮发生后会破坏渔场的饵料基础,造成渔业减产。赤潮生物的异常繁殖,可堵塞鱼、虾、贝等经济生物的鳃,使其窒息而死。赤潮后期,赤潮生物大量死亡,在细菌分解作用下,可造成环境严重缺氧或者产生硫化氢等有害物质,使海洋生物缺氧或中毒死亡。有些赤潮生物的体内或代谢产物中含有生物毒素,能直接毒死鱼、虾、贝类等生物。这些鱼虾、贝类如果不慎被人食用,易引发人体中毒事件。1986 年底,福建东山岛居民因食用含有赤潮毒素的海鲜,发生 136 人中毒的恶性事故。1983 年菲律宾发生一起赤潮,有 278 人中毒,死亡 21 人。赤潮对海洋生态的破坏难以估量。在赤潮发生时,由于少数赤潮藻类的暴发性异常增殖,会造成海水 pH 升高、黏稠度增大,改变浮游生物的生态系统群落结构。当赤潮生物藻过度密集而死亡腐解时,又造成了海域大面积的缺氧,甚至无



氧。赤潮生物体腐解又会产生大量的有害气体和毒素,促使海水变色、变质,破坏原有的生态系统结构与功能,降低了海水的使用价值。

海水富营养化是赤潮发生的物质基础和首要条件。由于城市工业废水和生活污水大量排入海中,使营养物质在水体中富集,造成海域富营养化。水域中氮、磷等营养盐类,铁、锰等微量元素,以及有机化合物的含量大大增加,促进赤潮生物的大量繁殖;水文气象和海水理化因子的变化是赤潮发生的重要原因。科学家发现一周内海域水温突然升高大于 2°C 是赤潮发生的先兆。海水的化学因子(如盐度变化)也是促使生物因子——赤潮生物大量繁殖的原因之一。温、盐跃层的存在为赤潮生物的聚集提供了条件,易诱发赤潮;海水养殖的自身污染亦是诱发赤潮的因素之一。随着全国沿海养殖业的大发展,尤其是对虾养殖业的蓬勃发展,也带来了严重的海湾污染。在对虾养殖中,由于养殖技术陈旧和不完善,往往造成投饵量偏大,池内残存饵料增多,严重污染了养殖水质。另一方面,由于虾池每天需要排换水,所以每天都有大量污水排入海中。这些带有大量残饵、粪便的水中含有氨氮、尿素、尿酸及其他形式的含氮化合物,加快了海水的富营养化,为赤潮生物提供了适宜的生存环境,使其增殖加快,特别是在高温、闷热、无风的条件下最易发生赤潮。

环境污染物在生物体内的作用

进入生物体的污染物在生物的作用下,会发生生物转运与转化。

生物转运是指环境污染物经过各种方式同生物体接触,被生物机体吸收,在生物体内分布和排泄过程的总称。这些过程都有类似的机理,污染物在被生物机体吸收、分布、排泄的每一过程都需要通过生物膜系统。生物膜系统包括细胞膜(质膜)、细胞内质网膜、线粒体膜和核膜等。生物膜的基本骨架是磷脂分子层,蛋白质分子镶嵌在磷脂分子中或覆盖在磷脂分子层表面。膜蛋白质分子是许多环境污染物的专一性载体,例如有机磷化合物的专一受



体是生物膜表面上的乙酰胆碱酯酶。

污染物质进入生物细胞首先要经过穿膜运动,污染物的穿膜方式与其他物质的穿膜方式相同,即被动转运、特殊转运和胞饮作用 3 种方式。

高等动物对污染物的吸收,就是污染物自接触部位透过体内的生物膜进入血液循环的过程。大多数动物主要通过消化管、呼吸系统、皮肤 3 条途径吸收污染物。进入动物体的污染物随血液或体液的流动,分散到全身各组织细胞中。有些可在脂肪或骨骼中累积,如铅有 90% 累积于骨骼中;有机氯、有机磷农药则大量累积于脂肪组织中。在骨骼组织和脂肪组织中累积下来的环境污染物一般对有机体的毒性作用较小,但在一定条件下会被重新释放,进入全身循环中。植物则通过根、气孔或表皮吸收污染物。

生物转化指污染物进入生物体后,在有关酶系统的催化作用下发生代谢变化的过程。污染物作为一种外源性化合物经过生物转化,有的被解毒,即被消除、降低毒性或被转化为易于排出体外的物质;有的被增毒,即能被转化为具有生物活性的终致癌物;有的污染物通过间接作用可以导致机体生理功能的异常。同一污染物在生物体内有不同形式的转化反应,产生的生物学效应也不相同。

重金属甲基化对生物的影响

重金属汞污染引发的“水俣病”,因 20 世纪 50 年代发生在日本熊本县水俣湾附近的渔村而得名。发病者具有明显神经症状,如突发性惊吓、两眼斜视、吞咽困难、阵发性抽搐、口腔张开而不能说话,有的小孩眯着眼睛发出狂笑,不能自己。症状严重的,可出现痉挛、麻痹、意识障碍等急性发作,很快死亡。在当年的水俣湾附近,不仅人体受害,一些动物(如猫)的中毒表现也引起注意,主要是集体向大海狂奔,即所谓“狂猫跳海”。该病的发生是由于水体的汞污染引起。汞来源于水俣氮肥厂排出的废水,进入水体的汞离子,在转甲基微生物的作用下,转化为甲基汞。甲基汞毒性大,易被生物体吸收,进入生物体的甲基汞会危害生物的神经系



统。转甲基微生物改变了汞离子的存在形式和毒性,引发了骇人听闻的水俣事件。不仅汞离子可以在微生物的作用下发生甲基化,镉、铅、砷等金属或类金属离子都能够在微生物的作用下发生甲基化反应,从而改变了这些重金属的化学毒性,如甲基汞的生物毒性比无机汞高 50~100 倍。

在甲基化过程中,需要有一种甲基传递体存在,甲基钴胺素即能够起到这种作用,它是一种活泼的、能够使金属离子甲基化的物质。某些微生物能够把钴胺素转化为甲基钴胺素,在 ATP 及特定还原剂存在的条件下,可以把甲基钴胺素为甲基供体,使金属离子与甲基结合而生成甲基汞、甲基砷、甲基铅等。假单胞菌属在金属及类金属离子的甲基化作用中能够使许多金属或类金属离子发生甲基化反应。

生物净化作用

生物净化作用是指生物类群经过代谢作用(同化和异化作用),使环境中的污染物数量减少、浓度下降、毒性减轻,直至完全转化的过程。

自然界中的动、植物和微生物都有降解污染物质的能力,如植物可以利用叶片的作用净化大气。绿色植物的叶片不仅能够调节大气中的二氧化碳和氧气的平衡,而且对大气中的降尘、飘尘有滞留和过滤作用,对大气中的细菌有过滤和杀灭作用,对某些重金属有吸收和净化作用,还能减轻噪声污染。在工厂周围植树种草进行绿化,可以起到防尘降噪的作用,这是在污染防治中普遍采用的生态措施。

自然界存在着丰富的微生物种类,这些微生物虽然个体微小,但在环境污染净化中却扮演着不容忽视的重要作用。微生物是通过生物体、水和风等途径的散播得以存在各处的,无论在水体表面、海底或在土壤中都有微生物。微生物由于自身的生理特性,可以通过自发的或诱发的遗传、变异等生物过程适应环境的变化,使之能以各种污染物尤其是有机污染物作为营养源。通过吸收、代谢等一系列反应,将环境中的污染物转化为稳定无害的无机物,因



而,在生物圈中微生物充当着分解者的角色。大约 90% 的陆地生产者都要通过分解者作用,最终形成无机物归还自然。如果没有微生物的作用,仅历年积累下的生物残体就会堆积如山。水体中的微生物类群能够净化水体。在自然水体特别是快速流动的水体中,物理的、化学的和生物的作用都能使水体得到净化,主要是好氧菌的分解作用,原生动物对细菌的吞噬作用,噬菌体对宿主的裂解作用,以及微生物产生的吸附性物质对有机污染物的吸附作用,这是“流水不腐”的主要原因。生化法处理有机物含量高的工业废水和生活污水,也是利用了水生微生物的降解作用,达到水质净化的目的。还有一些特殊的生物类群,能够富集水域中的汞、镉、锌等重金属或难以进行生物降解的有机物。

土壤中的根际微生物,通过代谢将土壤中的污染物进行降解、转化或生物固定,起到净化土壤的作用。在土壤—植物净化系统中,植物可释放一些物质到土壤中,以利于微生物降解有毒化学物质,并可刺激根际微生物的活性,使其数量增加。研究表明,植物根际微生物明显比空白土壤中多,这些增加的微生物能加强环境中有机物质的降解。植物能没有选择性地促进根际的微生物数量增加,植物释放到根际土壤中的酶系统也可以直接降解有关化合物。土壤中真菌、放线菌、细菌等微生物区系的降解作用,土壤中的动物区系的代谢作用,对于含氮、磷、钾的有机物有较理想的净化作用。

海洋生态系统中的生物净化作用尤为重要。陆地生态系统和淡水生态系统中的污染物,很大一部分要回归海洋。海洋的污染物种类繁多,石油是数量最大、污染最严重的污染物。某些细菌、真菌可以用石油作为生长能源和基质,在一种或者几种微生物的共同作用下将石油进行降解转化。研究发现,自然界存在着 200 多种可以降解石油的微生物。20 世纪 60 年代,微生物学家开始探索分离纯化自然界中存在的这些菌种的方法,并进行工厂化生产,试图用来清理因油轮失事而被石油污染的海滩。20 世纪 80 年代初,一系列把碳氢化合物作为营养和促进碳氢化合物分子氧化的菌种品系被分离出来,并且能在控制条件下工厂化生产,利用这些



微生物来清理被石油污染的海滩获得成功。事实证明,生物净化是一项实用性和有效性很强的环境工程技术。

微生物在污水处理中的作用

通常我们可以看到这样一个现象:少量污水排入河川使得河水出现浑浊,但在经过一段时间的流动以后,河水逐渐变得清澈。这种现象就是微生物对排入水体污染物进行净化的一个典型例子。正是这些微生物对环境污染的降解作用保证了自然界正常的物质循环。污水的生化处理过程,就是利用微生物的代谢将有机物无机化的过程,这个过程也称作矿化过程。通常情况下,污水处理是在各种生理生化性能的微生物类群间相互配合下完成的。这些微生物形成了一个小型的水域生态系统,在这个小型的水域生态系统中,主要的生物类群是细菌、原生动物和少量微型后生动物。在污染物彻底转化为无机物的过程中,这些微生物获取到自身生长需要的各种营养物质。

在废水生物处理系统中,微生物的作用在于利用其代谢中产生的酶降解、转化有机物,将有机物转化为无害的二氧化碳和水,从而使废水得到净化。目前,最常用的生物处理方法是活性污泥法和生物膜法(有氧或无氧环境)。活性污泥或生物膜是由细菌、原生动物等微生物,与水体中的悬浮物、胶体等混杂在一起形成的具有吸附分解有机物能力的混合体,是净化污水的工作主体。在水处理工程领域里,习惯将具有荚膜或黏液或明胶质的絮凝性细菌相互聚集形成的团块称为菌胶团。菌胶团是活性污泥的结构和功能中心,有很强的吸附能力和生物降解能力,为原生动物和后生动物提供了良好的生存环境和附着场所,对于活性污泥的性能具有指示作用。菌胶团颜色浅、无色透明、结构紧密,则说明菌胶团生命力旺盛,吸附和氧化能力强;老化的菌胶团颜色深、结构松散,说明其活性不强,吸附和氧化能力差。

在有机废水处理中,原生动物及微型后生动物起到了指示作用、净化作用和促进絮凝和沉淀的作用。指示作用表现在:在污水处理初期,主要的原生动物种类是鞭毛虫、变形虫;在活性污泥培



养的中期大量出现的生物是游泳型纤毛虫和鞭毛虫；活性污泥成熟期大量出现的生物是固着型纤毛虫如钟虫及轮虫等。大多数原生动物属于动物性营养，能吞食有机颗粒、细菌或其他小的微生物，对水质净化起到积极作用。原生动物分泌一定的黏液起到促进细菌絮凝的作用。如在弯豆形虫浓度低时，细菌不起絮凝作用；当其浓度增加到 4 毫升/升时，细菌就产生絮凝作用；当其浓度增加到 10 毫升/升时，就形成很大的细菌絮凝体。

生物对有机农药和合成洗涤剂的降解作用

人工合成的有机化合物形形色色、多种多样，大多数与天然存在的化合物结构极其类似，可被微生物代谢利用。有些外源性化学物质，如稳定剂、表面活性剂、合成聚合物、杀虫剂、除草剂等，不能完全或者不能被微生物分解，我们称作难生物降解的化合物。这些化合物在自然条件下，可能会通过自然形成的微生物群体的协同作用将其缓慢降解，即微生物通过多种途径来改变自身的结构信息，以获得降解这类化合物的能力。实现这个过程是十分缓慢的，与人类合成这些物质的能力相比较，是微不足道的；也就是说，依靠微生物的自然进化过程显然不能满足人类的要求。为了保护生态系统物质循环的正常进行，各国科学家进行了大量的研究工作，包括通过长期驯化得到具有一定降解能力的微生物群体；从特定环境中分离纯化得到某些具有一定降解能力的微生物；通过基因工程来改造微生物，使其具有特定的降解外源性化学物质的能力。

合成洗涤剂的基本成分是人工合成的表面活性剂，同有机农药一样，都属于人工有机化合物，生物降解往往需要有降解性质粒参与。通过生物工程，将各供体细胞的不同降解性质粒转移到同一个受体细胞中，可构建多质粒菌株。例如，中国科学院武汉病毒所分离到一株在好气条件下能以农药六六六作为惟一碳源和能源的菌株。经检测发现，该菌株携带一个降解性质粒。凡丧失了质粒的菌株，对六六六的降解能力随即消失；将该质粒转移到大肠杆菌细胞内，后者便获得降解六六六的能力。微生物的共代谢作用，



对于难降解化合物的彻底分解也起着重要的作用。例如,甲烷氧化菌产生的单加氧酶是一种非特异性酶,可以通过共代谢降解多种人工化合物,包括对人体健康有严重威胁的三氯乙烯(TCE)和多氯联苯(PCBs)等。特殊分离驯化、生物工程技术、微生物共代谢作用,以及利用不同底物的微生物的合作转化,最终使顽固性化合物(如合成洗涤剂、塑料和农药等)降解。

指示生物在生物监测中的作用

生物监测是指利用生物个体、种群或群落对环境污染或变化所产生的反应,阐明环境污染的性质、程度、范围,从生物学的角度对环境质量状况进行评价的过程。环境质量的变化会对生态系统的生物过程产生影响,反过来生物过程的变化也可在一定程度上反映环境质量的变化。利用生物过程的变化来反映环境变化对生态系统的影响,在某种程度上比理化监测方法得到的参数更直接、更有说服力。生物监测方法主要包括生态监测和生物测试。

在生物监测中常用到生物指示法,即利用生物活体对环境中污染物迅速作出的形态、行为、生理、遗传和生态等方面的反应进行野外或现场监测,了解污染物对环境的影响以及对生物体的伤害。同时也利用生物体的敏感性,给出环境质量退化的早期信号。生物指示法中涉及指示生物和监测生物两个概念,指示生物是指用来定性指示环境污染物存在的生物,监测生物是指示生物中不仅定性而且能定量反映污染物存在种类。在生物中指示生物的选择要符合如下的条件:① 敏感性,不同的生物对同一污染物的反应不同,选择的指示生物必须是对污染因子特别敏感的种类,能在其他大多数生物尚未作出反应的情况下已经表现出某种可见的特征,有着早期“预警作用”。② 代表性,从数量和分布上考虑应该是常见种或优势种。③ 个体之间差异少、重现性高以确保监测结果的可靠性。指示生物在形态、行为、生理、遗传和生态等方面作出的反应,均可以作为生物监测的观察指标。

对大气污染反应敏感的生物可作为大气监测和评价的指示生物。比较常见的是指示植物。指示植物不仅能够综合反映大气污



染对生态系统影响的强度,而且能够检出不同的大气污染物质。不同的污染物会导致敏感植物体或某一器官产生不同的污染症状。如二氧化硫污染常导致指示植物叶片脉间出现有色斑点或漂白斑;氟污染常导致叶尖和叶缘出现伤斑,而且在受伤组织与健康组织之间有明显的分界线;臭氧引起的典型伤害症状是叶表面近小叶脉处产生点状或块状伤斑,因为植物叶片栅栏组织对臭氧敏感,所以臭氧污染症状大多出现在叶表面;受到过氧乙酰硝酸酯(PAN)急性危害后,大部分双子叶植物在叶片背面出现玻璃状或古铜色伤斑。

地衣对空气里的污染物质很敏感,每立方米空气中的二氧化硫含量超过 0.17 毫克时,地衣很快就会死亡,因此地衣是大气污染良好的监测器。20 世纪 80 年代,欧美等已建立了大面积的地衣监测网。

在水体中生存着浮游生物、水生微型动物、大型底栖无脊椎动物、硅藻、小球藻、栅藻、水生维管束植物等,均可用来作为水污染指示生物。水体污染严重的指示生物有颤蚓类、毛蠓、细长摇蚊虫、绿色裸藻、静裸藻、小颤藻等,能在溶解氧低的水体中生活。特别是颤蚓类,在溶解氧为 15% 的水体中仍具有生活能力,数量越多表明水体有机污染越严重。利用指示生物可以对水体的污染程度作出综合判断,而且还可以利用某些生物的行为变化和生理指标的变化对水体污染进行定性分析。

污水生物系统

污水生物系统是德国学者 B·科尔克维茨和 M·马松于 20 世纪初提出来的,指水体受到有机污染后形成的特有的生物群落。如河流受到有机污染后,在污染源下游的一段流程里,因自净过程,河水污染程度会逐渐减轻,生物种类也发生变化,在不同的河段出现不同的生物种。因此,可将河流划分为多污带、 α -中污带、 β -中污带和寡污带,每个带都有特有的物理、化学、生物学特征。后来经过学者的深入研究,将每个带的指示生物种类,物理的和化学的特性进行了详细的描述,编制出一个污水生物系统各带化学和



生物特征表。

多污带:水色浑浊、暗灰色,BOD 高,溶解氧低,几乎没有水生生物(鱼类、植物等),细菌数量为每毫升几亿个;水底沉积污泥有大量寡毛类动物,如颤蚯蚓。 α -中污带:水灰色,半厌氧。细菌每毫升几千万个,有蓝藻与鞭毛虫类生物等。 β -中污带:有机物较少,溶氧较高。细菌每毫升水几万个,有大量藻类、原生动物,还有鱼类生长。寡污带:有机物少,细菌极少,溶解氧高,有鱼、水生生物、藻类、原生生物等。

关于污水生物系统对水体污染的指示作用仍存在着分歧,一般认为在流速缓慢、较长的河流中较为可行,对于有毒污染的情况仍缺乏足够的研究证明。

现代环境生物技术

生物技术是以现代生命科学为基础,结合先进的工程技术手段和其他基础学科的科学原理,按照预先的设计改造生物体或加工生物原料,为人类生产出所需产品或达到某种目的。先进的工程技术手段是指基因工程、酶工程、细胞工程和发酵工程等新技术。现代环境生物技术将生物技术和其他工程技术应用于环境污染防治工程,是以高新技术为主体,包括对传统生物技术的强化与创新。现代环境生物技术既有较强的理论基础,又有鲜明的技术应用特点。

基因工程技术在环境生物领域,主要应用在现代污染防治生物技术中,如基因工程菌的构建、抗污染型转基因植物的构建,都为寻求快速有效地防治污染提供了技术支持。酶工程技术在环境污染治理中应用很广,多种酶(如淀粉酶、蛋白酶、脂肪酶等)能有效去除各种有机污染物(如碳水化合物、蛋白质、脂肪和油等)。特别是利用某些酶可以去除环境中的有机毒物和难以生物降解的有机物等。

细胞工程技术被应用于环境污染治理中,通过原生质体融合可以构建环境工程超级菌群,将多个细胞的优良性状集中到一个细胞内。科学实验已经获得能够降解芳香族化合物的超级菌。利



用原生质体融合构建的纤维素降解菌,降解活力比非融合体上升2~4倍。

发酵技术在环境科学领域应用也十分广泛。废水处理、堆肥、垃圾填埋、资源化过程均是发酵过程。农业上化学农药大量使用造成的土壤农药污染与农产品农药残留超标,破坏了农田生态环境。针对农田生态环境破坏的严重情况,人们分离筛选出高效农药残留降解菌。通过微生物发酵技术制成菌剂直接应用于大田,降解与清除土壤、水体及农作物中的农药残留,从而生产出符合国家绿色食品A级标准的农产品。

环境污染的生物修复

利用生物将土壤、地表及地下水或海洋中的危险性污染物现场去除或降解的工程技术系统,称为生物修复。生物修复实质上是利用具有降解能力的生物(天然的或接种的),结合人为的工程措施,为生物生长与繁殖提供必要的条件,从而加速污染物的降解与去除的过程。

生物修复与生物处理的区别,在于生物修复专指已被污染的土壤、地下水和海洋中有毒有害污染物的原位生物处理。与理化技术相比,生物修复技术具有节省费用,对环境影响小,能有效降低污染物浓度,适用于其他技术难以应用的场所等特点,因此越来越受到世界各国的关注。美国在20世纪就已经开始使用生物修复技术进行污染土壤的修复,在我国随着人们对环境质量要求的不断提高,生物修复技术一定有广阔的发展前景。

生物修复一般分为植物修复、动物修复和微生物修复。根据生物修复的污染物种类,可分为有机污染生物修复、重金属污染的生物修复、放射性物质的生物修复等。微生物修复技术相对比较成熟,在石油、农药等有机污染及氮、磷营养盐修复中已有不少商业性应用的例子。植物修复技术在对重金属的污染及氮、磷营养盐等的修复方面已取得进展,尤其是植物—微生物共存体系的联合生物修复技术的研究正成为关注的热点。近10年来,在超积累型植物的找寻培育,植物根际微生物共存体系研究,植物对重金属



的耐忍性、超量吸收及其解毒机制,植物修复工艺方面已有不少研究,并取得长足的进展。

我国研发的新型生物修复技术,可使田间农药降解率在 95% 以上,直至检测不出,农产品品质达到无公害或绿色食品标准。生物修复技术是一种环境友好替代技术,但它本身是一项复杂的系统工程,要使生物修复技术成功并广泛应用,应尽可能解决其中涉及的技术难题,实现生物修复研究的技术转换。

生物能源

生物能源是利用生物质(包括生物糖类、秸秆、生物油脂等可再生的原料)为原料生产的能源。生物能源包括燃料乙醇、生物柴油、生物氢气、生物沼气及生物质气化或液化等产生的能源产品。生物能与风能、太阳能等都属于可再生能源,具有清洁、高效、可再生等特点。与传统能源比较,有利于环境保护;与核能、地热能、风能、水能、海洋等新能源比较,具有来源广、成本低、受地理因素影响较小的优点。地球上植物每年的生物能源生产量相当于目前人类消耗矿物能的 20 倍,所以地球的生物能源蕴藏量非常大。发达国家早在 20 世纪 60 年代,就开始利用粮食、甘蔗秆等高能植物制造燃料乙醇、生物柴油等。生物能源的开发利用,在一定程度上缓解了人类所面临的石化能源危机。

生物能源原料大致分为三类:木质燃料,如薪材、木炭、树枝、刨花、木屑及其他木质材料;农业废料,如稻草、麦秸、麻秆、玉米秸、椰子壳等农作物生产中的副产品;动物肥料,主要指动物的粪便等。人类最早使用能源就是生物能源。钻木取火、伐薪烧炭实际上就是直接利用了生物能源,但通过生物质的直接燃烧获得的能量是低效而不经济的。为了提高生物能源的利用效率,人类充分利用了现代科技来发展生物能源。目前生物能源利用的主要形式有沼气、生物制氢、生物柴油和燃料乙醇,燃料乙醇是目前世界上生产规模最大的生物能源。根据燃油中乙醇含量的多少,燃料乙醇可分为替代燃料(添加高比例乙醇的汽油醇)和燃料添加剂两种。燃料乙醇作添加剂不仅可起到增氧和抗爆的作用,而且替代



有致癌作用的甲基叔丁基醚(MTBE),减少了污染。

生物柴油来自于植物油(玉米、棉子、海甘蓝、花生、油菜子、大豆、向日葵)或动物脂肪。生物柴油的主要优点在于大气污染少,尤其是硫含量低,是一种优良的清洁可再生燃料。目前国外开始大规模生产生物柴油以减轻环境污染,1996年世界生物柴油生产能力为126.3万吨。生物柴油的制造方法,有直接使用和混合、微乳法、热解、酯交换。

氢是主要的工业原料,也是最理想的未来能源,氢燃料电池被世界公认为今后燃料电池的主导。世界对氢的需求较大,仅1998年全世界就建造了近20座制氢厂。当前主要用化石燃料、生物质和水来制备氢,90%的氢来源于天然气反应或者轻油组分的蒸气重整法,这个过程需消耗大量能量,还会对环境造成污染。然而,生物制氢过程可以在常温常压下进行,且不需要消耗很多能量。生物制氢过程不仅对环境友好,而且开辟了一条利用可再生资源的新道路。此外,生物制氢过程可以和废物回收利用过程耦合。生物制氢方法有利用藻类或者青蓝菌的生物光解水法,有机化合物的光合细菌(PSB)光分解法,有机化合物的发酵制氢,光合细菌和发酵细菌的偶合法,酶法制氢。

我国能源形势十分严峻,能源的多元化是必然的趋势,生物能源不仅增加了能源供给途径,而且减少了二氧化碳排放,保护了生态环境,生物能源在能源消费结构中的分量和地位越来越重要。作为一种可再生能源,其利用程度的高低已经成为国际社会文明发展程度的衡量指标之一。

保护生物资源

生物资源是自然界中的有机组成部分,是自然历史的产物,包括各种农作物、林木、牧草、家畜、家禽、水生生物、微生物、野生动物,以及由它们组成的各种群体(种群、群落、生态系统)。生物资源的保护,实际上是生物多样性的保护。人类采用各种人工手段对生物多样性实施保护,使生物资源得以持续利用,主要保护方式有就地保护和迁地保护两种。



就地保护是指在自然环境中对重要的物种及其生态系统进行保护的各种措施。如对森林、草地、湿地、岛屿、海岸、海域等生态系统的保护,为保护濒危物种而建立的自然保护区、国家公园等措施,都属于生物资源的地保护方式,目的就是为了保护天然的生态系统,减少人类对于生物栖息地的干扰和破坏,维护物种的进化和生态过程的正常进行。我国的国家级自然保护区已达 265 个,总面积 9 185.1 万千米²,约占我国陆地国土面积的 9.6%。山西五鹿山自然保护区是我国特有珍稀雉类褐马鸡自然分布最南端的集中分布区;安徽铜陵淡水豚自然保护区所处江段是白鳍豚分布最为集中的水域,对于保护“水中大熊猫”——白鳍豚具有重要意义;山东滨州贝壳堤岛屿湿地自然保护区为世界三大贝壳堤岛之一,新老贝壳堤并存,是珍贵的海洋自然遗产;四川米仓山自然保护区是目前世界上水青冈属植物原始林保持面积最大、种类分布最集中的地区;云南永德大雪山自然保护区地处澜沧江、怒江两大水系,保存着我国仅存的豚鹿种群和黑冠长臂猿的最大种群。

迁地保护是就地保护的一种补充方式,是将一些生存受到威胁的物种从原产地转移到条件较好的人工环境或其他地区的救护方式。在当前生物资源受到过度利用的情况下,谁也不能保证物种在自然状况下能够免遭灭绝的威胁。许多物种只有在特定的生境中才能适应,遗传多样性十分有限。迁地保护可以对受威胁的和稀有的动物物种及其繁殖体,进行长期保存、分析试验并使之增殖。为了保证生物资源的可持续利用,最终使物种能够在野生条件下生存,实施迁地保护是不可缺少的。迁地保护的手段,包括在植物园、动物园、水族馆和基因库中进行异地保存等。

对于生物资源保护,常需要选择保护的生物种类,解决这一问题的方法是根据生物保护的目标选择需要优先保护的物种、生境及其生态系统,提供处于濒危状态的物种信息从而加以保护。所以,生物资源保护中往往需要首先评估物种受胁迫的程度。

世界自然保护协会系统将植物、动物、微生物、自然生物群落和其他生物景观的组分,看成是构成生物多样性的元素。在此基



础上,发展了一套评价生物多样化元素濒危程度的评估系统。此系统可以用于全球范围,也可用于一个国家或地区。根据生物多样性元素在自然界的分布状况,将该系统分为 5 个等级。G1——全球极度危机的物种。通常此级物种是指那些在其整个分布区仅有 5 次或更少的出现记录,或者是少于 1 000 个成熟个体的物种。我国的大熊猫就是一个典型的 G1 种。G2——全球危机的物种。这些物种在其整个分布区内有 6~20 次出现记录,或者是仅有 1 000~3 000 个成熟个体存在。G3——不常见但不危机的物种。这些物种在其分布区的出现记录为 21~100 次,或 3 000~10 000 个个体。G4——较常见且非濒危的物种。从长远看,这些物种也应受到保护。G5——已证明在其分布区内具有高丰富度、没有濒危危险的物种。虽然这些物种通常较为常见,但它们也可能是稀有物种。

通常造成物种濒危的原因是复杂的,实现濒危物种的长期存活任重而道远。实施生物资源保护,应当将生物生境的变化、物种间的相互作用以及生物学、生态学、进化历史等过程,都纳入考虑的范畴。

生物多样性保护的意义

生物多样性是指遗传多样性、物种多样性、生态系统多样性。物种的多样性是生物多样性最基础和最关键的层次。每个层次的多样性都有实用价值,都需要保护。遗传多样性又称基因多样性,是指广泛存在于生物体内、物种内以及物种间的基因多样性。任何一个特定个体的物种都保持着大量的遗传类型,是个基因库。一个物种遗传变异越丰富,对环境的适应能力也就越强,进化潜力也就越大。基因多样性保护在农田中对于农作物的收成是很重要的。例如,某些玉米品种具有抵抗害虫的独特天性,而有些品种具有高产的特性,在育种时可以选用具有这些特性的品种进行杂交,以获得既抗虫害又高产的植株,避免大量使用农药带来的危害,又可以获得玉米丰收。



物种多样性是指多种多样的生物类型及种类,强调物种的变异性。物种多样性代表着物种演化的空间范围和对特定环境的生态适应性,是进化机制的最主要产物,所以物种多样性被认为是最适合研究生物多样性的生命层次。通常用一个空间范围内物种数量和分布的频率来衡量的。物种的多样性保护有益于一些珍稀濒危物种的保存。我们都知道,任何一个物种一旦灭绝,便永远不可能再生。今天仍生存在我们地球上的物种,尤其是那些处于灭绝边缘的濒危物种,一旦消失了,人类将永远丧失这些宝贵的生物资源。

生态系统多样性,是指生境、生物群落和生态过程的多样性。生态系统是指一定空间中共同栖居着的生物与环境之间,由于不断进行物质循环和能量流动而形成的统一整体。生境多样性主要是指无机环境,如地形、地貌、气候、水文等,这是生物多样性的基础;生物群落多样性主要是指群落的组成、结构和功能的多样性;生态过程的多样性,是指生态系统组成、结构,以及功能在时间、空间上的变化,包括物种流、物质流、能流、种间关系等。

人类依赖于生物多样性而生存,没有生物特别是没有植物,人类就无法生存。人类已经使用的植物种类有 5 000 多种,广泛种植的粮食作物有 20 多种,所有的野生种是人类进行物种驯化的物质基础。不仅在植物界如此,动物的饲养驯化也是从野生种开始的。人类只能依赖于野生种的遗传多样性,才能驯化、培育出更好的品种。人类从动、植物、微生物中获取了医药,生物多样性成为人类克服疾病、保障健康的物质基础。热带地区物种特别丰富,是医药的重要来源。不少的植物毒素正是药用成分,如罗夫木具有抗高血压的成分,长春花含有抗癌成分等。动物具有药用价值的也有许多,而利用微生物制药更为普遍。

生物多样性还为我们提供了许多生产资料。植物在这方面提供的产品很多,如橡胶、油脂、薪炭、木材、饲料、纤维、树脂、肥料等。动物提供油脂、燃料、蚕丝、皮革和羽毛等。在全球各地工农业原料大多来自于本地的生物资源。目前发达国家生物资源保护



的意识较强,他们从发展中国家购买生物资源,对自己国家的生物多样性实施保护。

总之,生物多样性保护实质上是保护了人类自身的生存环境。实施生物多样性保护,有利于维持全球大气环境的氧气和二氧化碳的平衡;有利于生物圈的生物生产;有利于涵养水源、保持水土;有利于调节气候;有利于促进土壤发育;有利于促进自然界的物质循环、净化环境,为我们的生存环境增加了观光、旅游的美学娱乐价值。



第四章

环境生态学

环境生态学的概念

环境生态学是环境科学的一个新的分支,是由环境科学与生态学相互渗透而形成的交叉学科。它是研究在人为干扰下,生态系统内在的变化机理、规律和对人类的反效应,寻求受损生态系统恢复、重建和保护对策的科学。也就是说,环境生态学是运用生态学的理论,阐明人与环境间相互作用的机制、效应,以及解决环境问题的生态途径的科学。

环境生态学产生于 20 世纪 60 年代初,许多学者从不同的角度和不同的研究领域为环境生态学的形成与发展作出了积极贡献。1962 年,美国生物学家 R·卡尔逊(Rachel Carson)发表了《寂静的春天》一书,以大量事实指出了生态环境问题产生的根源,揭示了人类生产活动与春天“寂静”间的内在机制,这是环境生态学的启蒙之书。1968 年,来自世界各国的几十位科学家、教育家、经济学家聚会罗马,成立了一个非正式的国际协会——罗马俱乐部,并于 1972 年提交了第一份研究报告《增长的极限》。这份报告深刻阐述了环境的重要性以及资源与人口之间的基本联系,提出 21 世纪全球经济将会因为粮食短缺和环境破坏出现不可控制的衰退。1972 年,联合国人类环境会议在瑞典的斯德哥尔摩召开,大会通过了《人类环境宣言》,向全球呼吁必须更加谨慎地考虑人类对环境造成的巨大损失。一系列关于受损生态系统恢复、重建以及



生态工程的国际会议,对环境生态学的形成和学科完善起到了积极的作用。20 世纪 80 年代,环境生态学有了突破性的进展。1980 年,Carins 等出版《受害生态系统的恢复过程》一书,广泛探讨了受害生态系统恢复过程中的重要生态学理论和应用问题;1987 年,B·福尔德曼(Bill Freedman)《环境生态学》教科书的出版,标志着环境生态学的框架已基本形成。同时,世界环境与发展委员会(WCED)向联合国提交了题为《我们共同的未来》的研究报告,以“可持续发展”为基本纲领,提出了一系列保护资源环境的政策目标和行动建议。

环境生态学的研究内容是,人为干扰下生态系统的内在变化机制和规律,生态系统的受损程度及危害方式,各类生态系统的功能和保护措施,解决环境问题的生态学对策。当前,环境生态学的研究方法主要有:进行野外调查,即通过对指示生物、生物群落和生态系统的现场调查和试验,以及对生物指数、污染指数和生物多样性指数等参数的分析,从宏观上研究环境污染物和人为干扰对各种生物或生态系统产生影响的基本规律。进行室内实验,即通过各种实验手段,如植物人工熏气、静水式生物测试、流水式生物测试、水生生物急性毒性试验、水生生物亚急性毒性试验、水生生物慢性毒性试验和回避反应实验等,从微观上研究污染物和人为干扰对生物产生的毒害作用及其机理。进行生态模拟,即利用计算机和近代数学方法,通过数学模型来模拟生态系统的行为和特点,预测人类活动对生态系统可能造成的影响或危害。

对环境生态学的研究将沿着宏观和微观两个方向发展:宏观上,进一步查明人类干扰对生物种群及各类生态系统结构和功能的影响,预测和预报污染及人为活动对生态系统稳定性、群落结构、物质循环和能量流动的影响;微观上,研究污染物对生物生理、生化、形态乃至细胞、分子的效应机理,提出效应预测预报的原理和方法。

生态系统

生态系统的概念,是由英国生态学家 Tansley A. 于 1935 年



首次提出的。所谓生态系统,是在一定的时间和空间内,生物成分(生物群落)和非生物成分(物理环境)通过不断的物质循环和能量流动而相互作用、相互依存的统一整体,形成了一个生态学上的功能单位。生态系统可大可小,一滴水可能是一个生态系统,地球上全部生物及其生存的环境合在一起也可看作是一个生态系统。生态系统按环境差别可分为陆地生态系统、水生生态系统。陆地生态系统可分为森林、草原、荒漠、冻原等不同类型;水生生态系统可分为淡水生态系统、海洋生态系统等。按照人类对生态系统的影响大小划分,可分为自然生态系统、人工生态系统等(如城市生态系统、农业生态系统等)。如图 1 所示,生态系统的组成如下:

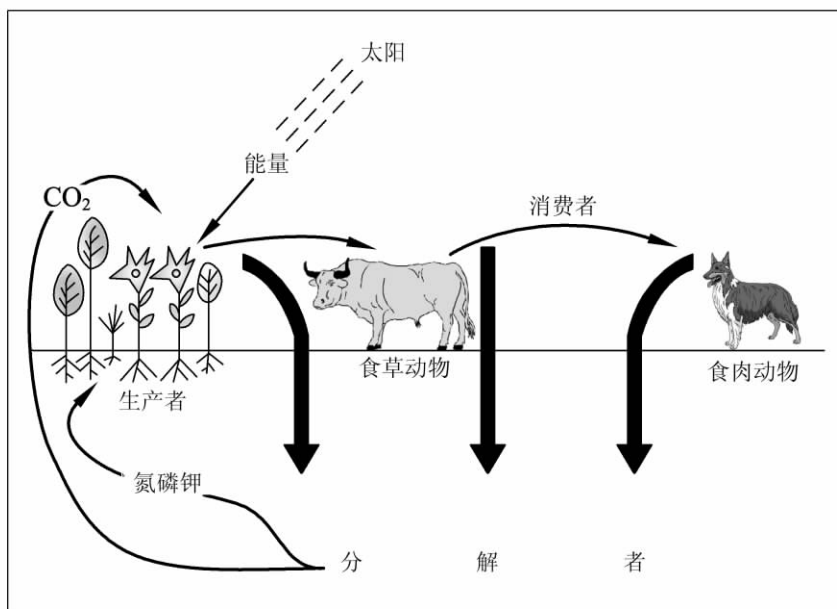
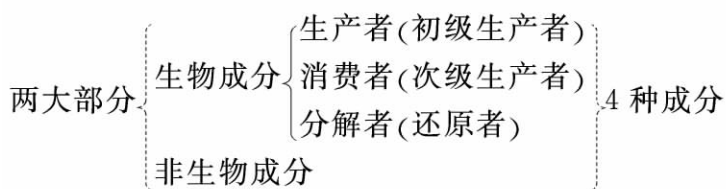


图 1 一个简化的森林生态系统



非生物环境是生物生活的场所,包括物理因素(光、温度、pH等)、无机物(碳、氢、氮、氧、矿物质)、有机物(碳氢化合物、腐殖质、氨基酸)等。

生产者包括绿色植物、光合细菌、化能合成细菌,可以直接利用太阳能,将简单的无机物合成自身有机物,它们是生态系统的“食品加工厂”,是生态系统能量和物质的源泉,又称之为初级生产者。消费者不能利用太阳能来生产食物,而是通过采食、捕食其他有机体而获取物质能量,包括各种草食动物(牛、羊等)、肉食动物(蜘蛛、蛙、狐、狼等)、寄生动物、腐食动物、杂食动物等,称为次级生产者。分解者又称为还原者,主要是细菌、真菌等微生物,也包括线虫、鞭毛虫等一些低等原生动物。它们是生态系统的“清洁工”,负责将动植物的残体分解为简单的无机物归还到环境中,供生产者重新利用,使营养物质在生物和环境之间循环,同时自己也得到所需的食物和能量。

生态系统在不停地进行着物质的循环、能量的流动和信息的传递。生物有机体由40余种化学元素组成,最主要的碳、氢、氮、氧、磷、硫等均来自环境,经由生态系统中生物与生物之间、生物与环境之间周而复始的循环和转化,从无机物到有机物再到无机物,最后归还环境,从而构成了生态系统的物质循环。另一方面,一切生物所需要的能量归根结底都来自太阳能。植物通过光合作用在将简单无机物(二氧化碳和水)合成复杂有机物的同时,也将太阳能贮存其中,并以食物的形式沿着生态系统食物链的各个环节流动;其他生物(如动物及微生物)在利用食物中的这些有机能时,一部分变为热能而散失,还有一部分作为废物被浪费掉。上述能量的转化过程称为生态系统的能量流动。生态系统的信息传递,在沟通生物群落与其生活环境之间、生物群落内各种群之间的关系上有重要作用。这种信息可分为物理信息(如鸟依靠星座确定方位进行迁徙)、化学信息(如通过种内信息素调节种群内部的发育、繁殖行为,通过种间信息素调节种群间的活动)、行为信息和营养信息等。

生态系统不仅为人类提供了食品、医药、木材、燃料、橡胶、能源等生活必需品和工业原料,还创造和维持了形形色色的生物,调



节气候和减缓自然灾害的发生,维持土壤的肥力,形成了人类生存所必需的环境条件,为我们提供了休闲娱乐的良好场所,功能和价值是多方面和巨大的。

食物链和食物网

“螳螂捕蝉,黄雀在后”,“大鱼吃小鱼,小鱼吃虾米,虾米吃淤泥”,这是人们十分熟悉的谚语,这些谚语中就具有食物链的含意。

所有生物为维持生命都必须从外界摄取能量和营养(食物)。在生态系统中,各种生物之间通过这种能量和营养(食物)的联系,形成的一个链索称为食物链。首先,以绿色植物为起点,绿色植物为草食动物所食,草食动物为小型肉食动物所食,小型肉食动物又为大型肉食动物所食,逐级传递能量和营养,构成了食物链。食物链主要有3种类型:捕食食物链,即由植物到小动物,再到大动物,弱肉强食,又称牧食食物链,如青草→蝗虫→蛙→蛇→鹰;寄生食物链,即以活的生物体为寄主而形成的食物链,如牛→蚊子→蜘蛛、鸟类→跳蚤→原生动物→细菌;腐食食物链,即专以死亡的生物有机体为食物而形成的食物链,又称碎屑食物链,如植物残体→蚯蚓→线虫类→节肢动物。

食物链上的每一个环节叫营养级,任何一种生物都属于一定的营养级。食物链上,后一种生物只能吃食、同化前一种生物所能提供的一部分能量,通过新陈代谢等又消耗一部分能量,最终只能贮藏从前一种生物中摄取能量的5%~20%。能量在沿着食物链的各个营养级流动时,大部分被消耗掉了,所贮存的能量不断减少。流经三四个营养级之后,传递下来的能量就少到不足以再维持一个营养级的生命活动的程度了,所以一般食物链中的营养级不会多于5个。

在一个生态系统中,生物成分之间的取食关系是很复杂的。同一种生物会被不同的动物吃掉,同一种动物也不只吃一种食物。各生物成分之间在取食关系上存在着错综复杂的联系,各种食物链相互交错,形成网状结构,称为食物网(图2)。能量的流动和物质的迁移、转化,就是通过食物链或食物网进行的。

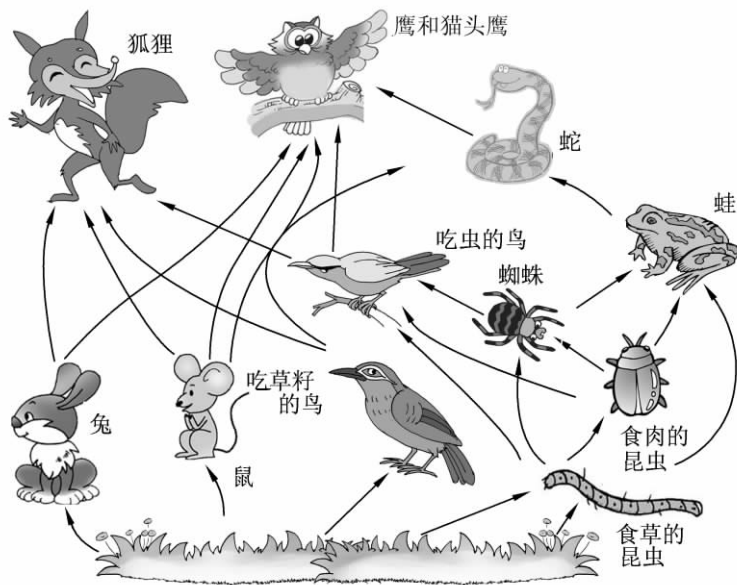


图2 一个简化的草原生态系统的食物网

食物链上的各种生物相互影响,相互制约,一环扣一环。如果某一环节发生故障,链条就失去整体性,生态系统就会发生紊乱。食物链越长,食物网越复杂,抵抗外力干扰的能力越强,稳定性就越大。第二次世界大战以后,南非探险队登上南极的马里思岛后,船上的几只老鼠也被带上了小岛。因为老鼠没有天敌,两年后这个小岛成了“鼠岛”。为了消灭老鼠,探险队运来4只家猫,结果老鼠逐渐少了,而猫迅速繁殖,最终又成了灾难,6万只猫每天要吃掉几十万只鸟。由此可见,食物链或食物网对维护生态系统的生态平衡起着十分重要的作用。

生态金字塔

人们常说的“一山不容二虎,一寨不容二主”,是比喻一种社会的竞争行为,而在自然界中也确实存在这种现象,这就是生态学上的生态金字塔原理。

生态金字塔是指生态系统中食物链上各个营养级之间存在的一种数量关系,由低营养级到高营养级依次排列,数量逐渐减少(个别增加),通常呈现下宽上窄(个别为下窄上宽)的金字塔形状。



这种数量关系可以采用个体数量、生物量或能量表示,分别称为数量金字塔、生物量金字塔或能量金字塔。人们常用直观的图像来表示生态金字塔,即先确定各营养级的数量指标(个体数目、生物量、能流值),根据每个营养级的数量指标确定长方块的横向长度,由下向上逐级排列,画出长度互异的方块叠置图,呈现金字塔状(图3)。

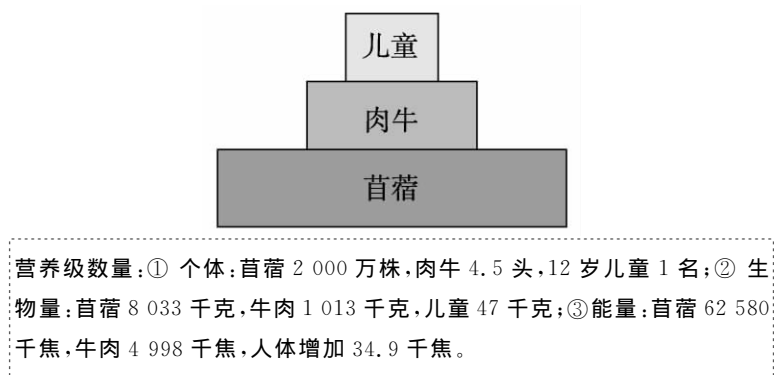


图3 一个理想生态系统的生态金字塔结构

数量金字塔是以生物个体数量的多少构成的金字塔。通常在食物链的始端生物个体数量最多,沿着食物链往后的各个环节上生物个体数量逐渐减少,到了位于食物链顶端的肉食动物,数量就会变得很少,因此,数量金字塔一般呈下宽上窄的正锥体。在有些情况下也可能呈现倒锥形,如在一棵大树上可以生活着很多只昆虫等。

生物量金字塔是用生物干重的多少构成的金字塔。一般绿色植物的生物量大于它们所养活的植食性动物的生物量,而植食性动物的生物量要大于以它们为食的肉食动物的生物量,即为下宽上窄的正锥体形金字塔。在湖泊和海洋中,浮游植物(单细胞藻类)个体小、含纤维少,生活史短、繁殖迅速,积累的有机物少,可整个被下一个营养级的浮游动物所吞食和消化,因此,常表现为一个下窄上宽的倒锥形金字塔。

能量金字塔是利用各营养级所固定的总能量值构成的金字塔。不同的营养级在单位时间所固定的能量值存在巨大差异,随着从一个营养级到另一个营养级的流动总是逐渐减少的,能量金



字塔总是呈下宽上窄的正锥体。

羊和鹿以草为食物,老虎以羊和鹿为食物,能量沿着这一食物链很快减少。生态金字塔的原理表明,如果可供给老虎的食物是有限的,那么老虎的数量也就不能过多,即在有限的生存环境条件下(如一座山体上)不能供养过多的位于金字塔顶端的老虎,也就是“一山不容二虎”。

生态平衡

生态系统也像人一样,有一个从幼年期、成长期到成熟期的过程。生态系统发展到成熟阶段,生物与其环境相互适应,它的结构和功能,包括生物种类组成、各个种群的数量比例,物质、能量的输入输出等,达到相对稳定的状态,这种状态称之为生态平衡。这时该系统中有机体数目较多、生物量较大、生产力较高。生态平衡是相对的、暂时的、动态的平衡。

生态系统的各种成分之间存在相互联系、相互制约的关系,具有一定的自我调节功能。生态系统的组成成分和营养结构越复杂,自我调节能力就越大。这是因为生态系统内部物种越丰富、食物网越复杂,物质循环和能量流动就可以多渠道进行。如果某一环节发生异常变动,其他环节可以起补偿作用,通过相互作用、相互制约使生态系统恢复到原来的状态。例如,当森林中的害虫“暴发”时,就为食虫鸟类提供了丰富的食物,鸟类数量随之增加。由于鸟类大量捕食害虫,使害虫种群受到抑制,森林生态系统的生态平衡便逐渐恢复。生态系统的这种自动调节机能称为反馈作用,生态系统就是通过这种反馈作用来维持其生态平衡的。

一个正常的生态系统具有保持或恢复其自身结构和功能相对稳定的能力,即生态系统具有相对的稳定性。这种稳定性包括生态系统的抵抗力和恢复力两方面。抵抗力是指生态系统抵抗外界干扰并使自身的结构和功能保持原有状态的能力。生态系统具有抵抗力是因为它有一定的自我调节能力,结构、组成越复杂,这种自我调节能力就越大,抵抗力也越大。例如,人工造林的混交林比纯林抵抗力要大。我国目前人工造林多为单一树种组成的纯林,



如温带地区的红松林、暖温带地区的刺槐林和杨树林等,当某种病虫害入侵时,很容易造成大面积纯林死亡。如果在暖温带地区栽种针叶树种和阔叶树种的混交林,如赤松、麻栎混交林或油松、刺槐混交林,并在林下配置栽种一些灌木,不仅能更有效地抵御某种病虫害的入侵,还能更好地防止水土流失。恢复力是指生态系统在遭到外界干扰破坏以后恢复到原有状态的能力。例如,当一个河流生态系统被污染后,导致河流中的水生生物死亡,生态系统的结构和功能遭到破坏;如果停止污染物的排放,河流生态系统通过自身的净化作用,经过一段时间,恢复到接近原来的状态。这个恢复时间的长短,可以作为其恢复能力的具体表现。

生态系统的自我调节能力是有一定限度的,当外来的干扰超过这个限度,生态平衡就会遭到破坏,这时原有生态平衡的关系被打破,生态系统中各组分之间的联系呈现不协调甚至对立的状况,这就是所谓的生态失调。破坏生态平衡的因素有火山爆发、山崩海啸、台风等自然灾害,更主要的还是人为因素,如资源不合理开发利用、工农业生产带来的环境污染等。为了防治病虫害,人们大量喷洒化学农药,但同时也造成了环境污染,鸟类数量减少,生态平衡被破坏。盲目引进外来物种,由于这些物种在当地没有天敌,会无节制地大量繁殖,侵占当地物种的领地,抑制当地物种生长繁殖,造成生态失调,给当地工农业生产造成了严重危害。凤眼莲、豚草、大米草、紫荊泽兰、加拿大一支黄花等外来植物,以及福寿螺、银鱼、美国白蛾、松材线虫等外来动物,都是典型的有害入侵生物。

人们的生产建设活动如果遵循生态学原理,是能够在保持自然生态平衡的基础上,使经济得到不断发展的。如在采伐森林时采用间伐的方式,挑选那些已经成熟的林木进行砍伐,可以使森林尽快得到恢复、更新。欧洲移民刚到澳大利亚时,大力发展养牛,结果牛粪成灾,造成牧草退化、蝇类滋生,后来引进了以粪便为食物的蜣螂,使牧场恢复了原貌。

生态危机

自 20 世纪中叶以来,人类面临着越来越严重的生态环境问



题。这些问题有的是我们已听到、看到或亲身经历的,如洪水肆虐、荒漠化、沙尘暴、环境污染等;有的我们或许还没有明显地感觉到,如气候变暖、物种锐减、臭氧层破坏等。我们生活的地球确实正在发生着一些不利的重大改变,这些改变几乎渗透到人类生存所依靠的所有方面,包括我们呼吸的空气、饮用的水、吃的食物,以及我们开采的自然资源。这种因生态平衡严重失调而导致的生态环境问题,在广度和深度上不断扩展和深化,达到足以威胁到人类和生物的生存时,我们就称其为生态危机。

远在人类出现以前,地球上就不止一次地出现过“生态危机”。中生代曾称霸世界的恐龙,在白垩纪末期全部绝灭;第四纪出现过多次全球性冰期,引起地球上大量物种的灭绝。非洲撒哈拉沙漠的扩展、古巴比伦文明发源地的消亡、美索不达米亚平原的荒漠化、我国黄土高原的水土流失等,也都是与人类活动有关的生态危机。但是,这些生态危机与工业革命以来的生态危机是有本质的区别的。以往的生态危机是缓慢进行的,可以通过自然界内在的自我调节机制恢复到平衡状态;现代生态危机来势凶猛,几乎是不可逆转的。以往的生态危机往往是局部的,我们的祖先可采用迁徙的办法加以摆脱;而现代生态危机多是全球性的,我们已无处可逃。人类对自然的认识不足、过度的贪欲和浪费以及不合理的开发和建设活动,正是造成现代生态危机的主要原因。

(1) 全球变暖:工农业的快速发展、森林植被的破坏、人类对矿物燃料的大量利用,增加了大气中二氧化碳、甲烷、氯氟烃等温室气体的浓度,减少了地球上的热量向外层空间的辐射,产生了“温室效应”,致使全球气温上升。研究表明,在过去 100 年里,全球年平均气温上升了 0.67°C ,全球海平面上升了 10~25 厘米。若地球两极的气温升高 $5\sim 10^{\circ}\text{C}$,就会导致极地冰帽融化,海平面上升,沿海和岛屿受到严重威胁。全球变暖还会影响水资源的时空分布,改变原有的植被类型和物种结构,对农业生产也会产生影响。

(2) 森林锐减:20 世纪下半叶以来,森林锐减的速度大大加快,每年减少约 1 140 万公顷。在热带地区,森林的砍伐速度同自



然再生和人工造林的速度之比高达 10 : 1, 南美洲的亚马逊森林区正以每年 1.1 万~1.8 万千米² 的速度消失, 亚洲每年砍伐的森林面积达 8.5 万千米²。据美国环境质量委员会预测, 到 21 世纪 20 年代, 世界郁闭森林将会减少到约 18 亿公顷。

(3) 物种消失: 对资源的过度开发、乱砍滥伐、生态环境的破坏和外来物种的入侵, 正导致地球上大量物种的灭绝。在过去的 4 个世纪中, 人类活动已经引起全球 700 多个物种灭绝, 包括 100 多种哺乳动物和 160 种鸟类。100 万年以来, 世界上平均每 50 年有一种鸟灭绝; 最近 100 年, 平均每年就有一种物种灭绝; 20 世纪最后 10 年灭绝的生物物种比前 90 年的总和还要多。进入 21 世纪, 生物灭绝的速度还在加快。

(4) 土壤流失和沙漠化: 据联合国环境规划署估计, 截至 20 世纪末, 全球受到沙漠化威胁的土地总面积多达 2 000 万千米², 并且还以每年 5 800 千米² 的速度蔓延。目前, 沙漠化正威胁着世界陆地面积的 3.5%, 影响到世界 20% 人口的生活。自 1950 年以来, 由于耕地土壤侵蚀日益严重, 世界上已有半数耕地的表土流失, 减少了 1/5 的一等良田。

(5) 环境污染: 20 世纪中叶, 引起世人关注的著名的“八大公害事件”, 就是发生在一些西方发达国家的环境污染事件, 引发了一场轰轰烈烈的环境运动。目前, 在全球范围内都不同程度地出现了环境污染问题, 全世界每年排放二氧化硫 1.96 亿吨、氮氧化物 6 800 万吨, 每年产生垃圾 450 亿吨, 其中危险废物(有毒垃圾) 约 3 亿吨。如果听任环境污染发展下去, 无疑意味着人类的“慢性自杀”。

(6) 资源危机: 第二次世界大战以来, 人类对自然资源的消耗成倍增长。1900 年世界人均标准燃料消耗不过 0.46 吨, 1960 年猛增到 1.66 吨, 进入 21 世纪增加到 3.4~4.0 吨。全世界目前已探明的石油尚可开采 40 年, 煤炭可开采 200 年, 天然气可开采 40 年; 在 43 种非能源矿产中, 有 16 种会在 50 年内枯竭, 包括锰、铅、锌、锡、汞、铋、金、银等。地球上的淡水资源总量约 13.86 亿千米³, 但人类可直接利用的只有 9.31 万千米³; 全球目前约有 3/4



的农村人口和 1/5 的城市人口得不到足够的淡水供给,有 1/5 的人口饮用不到符合卫生标准的淡水。

为什么称湿地是“地球之肾”

湿地是指季节性或常年积水地段,包括沼泽地、泥炭地、湿草甸、湖泊、河流及洪泛平原、河口三角洲、滩涂、珊瑚礁、红树林、水库、池塘、水稻田,以及低潮时水深小于 6 米的海岸带等。湿地分为咸水湿地、淡水湿地和人工湿地 3 种类型。全世界湿地约有 5.14 亿公顷,约占地球陆地总面积的 6%。中国是世界上湿地资源最丰富的国家之一,共拥有湿地面积 6 594 万公顷(不包括江河、池塘),占世界湿地的 11.9%,居亚洲第一位、世界第四位。其中,有天然湿地约 2 594 万公顷、人工湿地约 4 000 万公顷。我国湿地的生物多样性十分丰富,东北扎龙和江苏盐城的丹顶鹤,江西鄱阳湖和乐北三江的白鹤、天鹅,湖南洞庭湖地区的白鹤,青海湖周围沼泽中的斑头雁、棕头鸥等都是世界闻名的,我国已有青海湖的鸟岛、湖南省洞庭湖和香港米浦等 21 处湿地列入国际重要湿地名录。

湿地是地球上具有多种独特功能的生态系统,是自然界最富生物多样性的生态景观和人类最重要的生态资本之一,与森林、海洋并称为全球三大生态系统。湿地不仅为人类提供大量食物、原料和水资源,而且在维持生态平衡、涵养水源、蓄洪防旱、降解污染、调节气候、补充地下水、控制土壤侵蚀,以及保持生物多样性和珍稀物种等方面起着重要作用,常被人们称为“地球之肾”、“地球水塔”和“生物超市”。湿地之所以被誉为“地球之肾”,是因为湿地具有很强的降解污染和净化水质的功能。许多在湿地生长的植物、微生物,通过物理过滤、生物吸收和化学合成与分解等方式,把人类排入湖泊、河流等湿地的有毒有害物质转化为无毒无害甚至有益的物质。湿地被称为“地球水塔”,是因为湿地大多数处于地势低洼地带,与河流相连,是天然的调蓄洪水的理想场所;在干旱季节湿地可将洪水期间容纳的水向下游和周边地区排放,防旱功能十分突出。在长江、黄河和澜沧江源头建立的“三江源”湿地自



然保护区,对西部地区的水源涵养和水土保持发挥着重大作用,被誉为“中华水塔”。湿地还有保护生物多样性的功能。自然湿地生态系统结构的复杂性和稳定性较高,是生物演替的温床和遗传基因库,为地球上 20% 的已知物种提供了生存环境。许多自然湿地不但为水生动物、水生植物提供了优良的生存场所,也为多种珍稀濒危野生动物(特别是水禽)提供了必需的栖息、迁徙、越冬和繁殖场所。因此,湿地又被誉为“生物超市”和“物种基因库”。

人们的盲目围垦和过度开发,造成天然湿地面积削减、功能下降。近 40 年来,我国有 50% 的濒海滩涂不复存在,近 1 000 个天然湖泊消亡。湿地污染严重、水质恶化,大部分河流都受到不同程度的污染。近年来,我国加大了对湿地的保护力度。1992 年,我国加入《关于特别是作为水禽栖息地的国际重要湿地公约》;1996 年,国际湿地公约常委会将每年 2 月 2 日定为世界湿地日。

地球的生态承载力

地球,是我们人类共同的家园。地球上的阳光、空气、水、森林、土壤、矿藏等自然资源,是人类生存和社会经济发展的物质基础。人类在地球上出现已有二三百万年的历史了,在很长的一段时期内,人口的增长一直是很缓慢的。直到 18 世纪以后,世界人口的增长速度才明显加快起来。目前,地球上的人口已达到了前所未有的数量,2005 年超过了 60 亿。随着人口的快速增长以及人类消费水平的提高,向环境索取的自然资源也越来越多,对生态环境造成的污染和破坏也越来越严重。然而,地球上许多自然资源的供应能力是有限的,对各种生态环境污染和破坏的承载能力也是有限的。这样在人类不断扩大的需求与有限的自然资源之间,便产生了尖锐的矛盾和冲突。

整个地球、一个国家或一个地区的特定生态系统,在持续发展过程中所能承受的最大人口数量称为人类生态承载力,又称人口容量,与其相近的概念还有环境容量、资源承载能力等。

地球生态系统的承载力究竟有多大呢?即地球到底能养活多少人呢?这不仅仅依赖于土地、矿产、淡水、森林、气候等自然资源



条件,还要由社会生产力、人们的生活方式及科学技术的进步等许多因素所决定。国内外不少学者对此曾作过种种预测,结果众说纷纭、莫衷一是。有的学者认为,世界上现有人口已超过地球的承载力,有的认为地球的最大承载力可达 500 亿人口,但多数学者认为地球的最大生态承载力为 100 亿左右,这是一个能使地球上的所有人类吃得好并维持正常生活水平的人口限度。有些生态学家从生物圈所能提供的食物量角度来计算地球的承载量。地球上的植物每年约能生产 165 亿吨有机物,折合 277 200 万亿千焦能量,假定平均每人每天需要 9 240 千焦热量,则地球共可养活 8 000 亿人口。由于实际上人类大约只能利用植物总生产量的 1%,因此,地球只能养活 80 亿人口。

我国是世界上人口最多的国家,总人口已达 13 亿,约占世界人口的 22%,且还处于人口高速增长期。由于人口总量巨大,一些基本的自然资源人均占有量十分短缺。全国人均耕地面积不足 0.10 公顷,约为世界人均耕地面积的 $\frac{1}{3}$,其中人均耕地低于 0.05 公顷的县(区)已达 666 个,占全国总县(区)的 23.7%;人均淡水资源占有量只有 2 200 米³,约为世界人均占有量的 $\frac{1}{4}$;人均占有森林面积 0.128 公顷,人均蓄积量 9.048 米³,分别相当于世界人均水平的 $\frac{1}{5}$ 和 $\frac{1}{8}$;人均占有能源资源 135 吨标准煤,人均矿产和人均能源占有量都不到世界平均水平的一半。2000 年,中国科学院曾对中国的承载力进行了研究,结果是无论在资源供给方面,还是在环境负荷方面,中国目前的人口都已超过了其承载力。根据能源负荷计算,中国人口不应超过 11.5 亿人;根据土地负荷计算,不应超过 10 亿人;根据淡水负荷计算,不应超过 4.5 亿人。我国以占世界 9.5%的耕地、6%的淡水资源和 4.3%的森林面积,供养着占世界 22%的人口,这本身就是对人类的巨大贡献。过高的人口总量和增长速度,对生态环境造成了越来越大的压力,导致了资源破坏、环境污染、水土流失、土地沙漠化等生态环境问题,成为影响我国社会经济可持续发展的制约因素。这说明我国已出现了所谓的“生态赤字”,即人类生活需求及经济增长中的资源消耗已大大超过当地所具有的承载能力。



人类也一直在努力探索向其他星球移居的问题。但是,从目前取回的月球、金星、水星和火星上的信息看,均是令人失望的,它们都缺乏人类生存所必需的氧气、水分和适宜的气候,何况大规模地向外星球移民也不是一件容易的事。因此,人类必须从现实出发,在地球上这个有限的空间内考虑自身的生存和发展问题,立即采取行动,不让人口增长超过地球的生态承载力。

环境污染对生态系统的不良影响

从 20 世纪 40 年代起,人们开始大量生产和使用六六六、DDT 等剧毒杀虫剂,来杀灭害虫、提高粮食产量。这些污染物不仅在环境中长期残存并难以消除,而且沿着食物链危害其他生物,杀死了害虫的天敌,破坏了生态系统的平衡,还导致病虫的抗性增强,最后威胁到人类自身。而今,这种污染物已不仅仅限于农药,现代化的工农业生产、交通运输和人类生活产生了大量的污染物,对大气、水、农田、森林等生态系统产生了空前巨大的影响。河流变黑、空气变脏、垃圾成灾,在造成环境质量下降的同时,对生物和人类都产生了直接或间接的危害。这种伤害有的在外观上是能够用肉眼来识别的,称为可见伤害;有的在外观上用肉眼尽管难以识别,但这时生物体的生理功能已经受到影响,称为不可见伤害、隐藏性伤害或生理性伤害。

(1) 大气污染物对植物和土壤的影响:大气污染物主要来自矿物燃料的燃烧,如火电厂、采暖锅炉、交通运输工具等。对植物影响较大的大气污染物是,二氧化硫、酸雨、氟化物、臭氧和乙烯等;氮氧化物也会伤害植物,但毒性较小;氯、氨和氯化氢等也会对植物产生毒害,但一般是由于事故泄露引起的,危害面积不大。植物受高浓度大气污染物的袭击,短期内即在叶片上出现坏死斑;若长期与低浓度污染物接触,会出现生长受阻、发育不良、失绿、早衰等现象;农作物会出现产量下降甚至绝产,产品品质变坏。长期受污染物影响,植物群落的组成会发生变化,一些群落出现退化直至消亡,一些敏感物种会减少或消失,另一些抗性强的物种会保存甚至得到一定发展。



在一定条件下,空气中的二氧化硫可以转化为三氧化硫,变成酸雨降落地面,产生更大的危害。酸雨造成土壤和河流、湖泊的酸化,威胁水生生物的生长,还直接破坏森林、草地,伤害庄稼,损伤古迹文物,影响人体健康。土壤接受持续酸雨后,可引起一系列物理、化学和生物性质的改变,导致土壤营养元素缺乏、土质恶化和毒害元素的释放,恶化了土壤中动物和微生物的生境,危害地上植物的生长。

(2) 水污染对水生态系统的影响:水体污染主要来自工业废水、生活污水和农田退水,包括各种无机物(如氨、磷、酸、碱、重金属、氰化物、砷化物等)、有机物(如碳水化合物、农药、洗涤剂、合成燃料、油类、酚类、苯类等),有的还含有放射性物质、细菌、病毒等。这些污染物排向江、河、湖、库、渠,首先造成对人畜饮用水源、农业灌溉水源和渔业养殖水体的污染,进而通过灌溉等方式污染农田、森林和草地。汞、镉、铅、铬等重金属和砷等类金属对生物有较大毒性,且不容易“消失”,会逐渐在环境和生物体内蓄积,对生物有致畸、致癌、致突变作用。酚类污染物会造成海带腐烂,贝类和鱼类死亡;多氯联苯会抑制浮游生物和贝类的生长,并可在鱼体内蓄积。水体中的有机物和氮、磷等营养物质在水体中过量积累,会引起藻类植物和其他浮游生物大量繁殖,消耗水体中的溶解氧,水体透明度降低、水质恶化,并产生出硫化氢、甲烷等有毒物质,影响鱼类和其他水生生物正常生长,严重的导致死亡,即出现富营养化现象。由于水体中的浮游生物种类不同,可使水体呈现不同的颜色,在江、河、湖泊、水库中称为“水华”,在海洋中叫做“赤潮”。

(3) 土壤污染对农田生态系统的影响:造成土壤污染的污染物主要有无机物(重金属、酸、碱等)、有机物(有机农药、有机废弃物等)、化学肥料、放射性物质等。重金属污染土壤后不仅直接影响作物生长发育,而且会导致农产品污染,使品质变坏。研究表明,红壤中铜含量达到 200 毫克/千克、黑土中达到 230~289 毫克/千克、灰钙土中达到 100~110 毫克/千克时,农作物产量会受到影响;高于 100 毫克/升的含酚废水直接灌溉农田,会引起蔬菜和农作物减产和枯死;油类对种皮穿透能力强,可渗入种子内部杀



死胚胎,并抑制种子萌发;三氯乙醛对作物的毒性较大,可破坏细胞原生质的极性结构和分化功能,导致生长畸形,形成病态组织。许多污染物可在土壤中长期累积,严重影响土壤动物的物种组成和生存密度,还会影响微生物区系及土壤生化活性。

(4) 环境与人体健康:环境污染使人们的生活环境质量下降,影响人类的身心健康和生产活动。烟尘、二氧化硫、氮氧化物和一氧化碳等大气污染物,可诱发慢性支气管炎、支气管哮喘、肺气肿和肺癌等呼吸道疾病。人类饮用了被污染的水体,不仅会引起病毒性肝炎、细菌性痢疾等传染病,而且容易诱发癌症、胎儿早产或畸形。20 世纪 50 年代,发生在日本的著名的“水俣病”和“骨痛病”公害事件,即是由人们饮用了受到汞和镉污染的水体引起的。噪声会损伤人的听力、干扰睡眠,诱发多种疾病,影响心理健康。由于环境污染,发现人类生育能力下降,有人甚至提出了人种退化的问题。

生物放大作用

南极洲可以看做是目前地球上最洁净的地区,这里没有环境污染,也很少有人类的活动。但在几十年以前,人们惊奇的发现定居在南极洲的一些企鹅竟莫名其妙的中毒死亡,经检测,这些企鹅体内的 DDT 含量都相当高。这些人工合成的 DDT 农药是如何转移到企鹅体内的呢?调查发现,人们在陆地上使用的 DDT 等有机氯农药,会随着河流进入海洋。海洋中的浮游生物吸收海水中的 DDT,鱼食用这些浮游生物后 DDT 在体内蓄积的浓度可以升高几百倍到上千倍,最后这些被污染鱼类通过海洋洄游被企鹅所食用。企鹅体内的 DDT 浓度被进一步富集,比鱼类体内的浓度又高出上百倍,导致企鹅中毒甚至死亡。DDT 的浓度具有明显的随食物链营养级升高而增大的现象,这就是生物的放大作用。

生物放大作用也称生物浓缩、生物富集或生物积累,是指生物或处于同一营养级的许多生物种群,通过食物链或从周围环境中吸收并积累某种元素或化合物,导致生物体内该物质的浓度超过环境中前一营养级浓度的现象。这类元素或化合物一般为有毒、



有害物质,常见的有汞、砷、镉、铅、锌、铜等有机态重金属及多氯联苯(PCB)、DDT 等憎水性强的有机污染物。它们在代谢过程中不能被排除,易被生物体同化,能长期停留在生物体内,沿着食物链富集,增大了对高营养级生物尤其是终端生物的危害性。

生物富集毒物的能力,通常随食物链的延伸而急剧增大,其富集能力常用富集系数表示。某种物质在生物体内的浓度与环境中浓度的比值,称为富集系数。当汞被排入水体后,部分被浮游植物硅藻等吸收,而硅藻又被浮游动物所取食,浮游动物又被鱼捕食。这样,汞一次次被富集,在食物链终端的鱼体内汞的含量可高达 50~60 毫克/千克,比原来水体中的浓度高万倍以上,比低营养级鱼体内汞含量也高 900 多倍。有机氯农药化学性质稳定,能在环境中长期残留,并沿食物链逐级放大。所以,尽管 DDT、六六六等有机氯农药已停止使用 20 多年,但许多生物体,包括北极的企鹅和北极熊体内目前仍有检出。

多氯联苯(PCBs)的化学性质比 DDT 还稳定,极易在食物链中积累。世界最大的淡水湖群五大湖,面积有 24 万多千米²,栖息着多种生物。20 世纪 70 年代,对一条食物链所含 PCBs 的浓度进行分析表明:浮游植物所含 PCBs 的浓度为湖水的 250 倍,食用浮游植物的浮游动物 PCBs 的浓度为湖水的 500 倍,食用浮游动物的糠虾为湖水的 4.5 万倍,食用糠虾的鱼类为 83 万倍,最后是食用鱼类的黑背水鸟,体内所含 PCBs 的浓度竟然达到湖水的 2 500 万倍。高度浓缩的 PCBs 浓度给黑背水鸟带来了生殖和行为异常,生殖能力只是以前的 10%,有 80% 的雏鸟因无力破壳而死亡,有相当多的水鸟出现雌性化和甲状腺肥大现象。

外来有害生物入侵

对于生物入侵人们也许还有些陌生,然而一提起口蹄疫、疯牛病、艾滋病,人们却并不陌生,其实这些都是生物入侵的一种。在我国被当作宠物豢养的巴西龟,被称作“水中狼族”的食人鲳,水中疯长的水葫芦,引起“花粉症”病的豚草,人们餐桌上的小龙虾、福寿螺、白玉蜗牛,还有地中海潜蝇、银鱼、松材线虫、美国白蛾,以及



随处可见的牵牛花、马缨丹、苘麻、曼陀罗、反枝苋等杂草,都是来势汹汹的入侵物种。这些翻山越岭、远涉重洋的“生物移民”,也许是一种细菌、一种植物或者是一种动物,来到异国他乡,由于失去了天敌的制衡获得了广阔的生存空间,生长迅速,占据了陆地、水域,而“土著生物”则纷纷凋零甚至灭绝。

物种本身无所谓是“有害的”还是“无害的”,中国历史上蔬菜水果多数是外来种,五谷杂粮中红薯来自爪哇,玉米来自墨西哥,烟草来自巴西,橡胶来自东南亚,油菜来自地中海,向日葵来自美洲,还有芝麻、马铃薯、棉花等。从生态系统的角度考虑,如果在某个生态系统中原来没有这个物种,而是从其他生态系统人为引入的,就叫外来物种。外来物种并不一定都带来危害,真正能够形成入侵事态的只占很少一部分。人类有意或无意地将产于外地的生物引到本地,这些外来物种生长繁衍快速,危害当地物种,并可改变当地生态环境,对人们的生产、生活和经济发展造成严重影响,这时就称为外来有害生物入侵。据不完全统计,我国现有外来杂草 107 种,外来有害动物 40 余种,从脊椎动物、无脊椎动物一直到微生物都能找到外来有害生物入侵的例证。这些物种一般都具有繁殖能力强、适应性强等特点。如凤眼莲属的水葫芦具有无性繁殖能力,紫茎泽兰(飞机草)可借风力传播花粉。

造成生物入侵的主要原因是人类活动。当今,由于交通工具越来越发达,运输业、旅游业发展迅速,自由贸易不断强化,全球经济一体化进程加快,为生物入侵提供了比以往更多的机会,使原来物种千百年才能完成的入侵历程,得以在一夜间完成。入侵我国的 107 种植物中,有 62 种是作为牧草、饲料、蔬菜、观赏植物、药用植物、绿化植物等有意引进的,占了杂草总数的 58%;更有一些外来入侵生物是随着人类活动而无意传入的,它们作为“偷渡者”或者“搭便车”被引入到新的环境中。

外来有害生物入侵的危害:一是造成经济损失。生物入侵是一个世界性难题,美国、印度、南非每年由外来生物入侵造成的损失分别高达 1 500 亿美元、1 300 亿美元和 800 亿美元。近年来,松材线虫、湿地松粉蚧、松突圆蚧、美国白蛾、松干蚧等森林入侵害



虫,每年在我国发生危害的面积达 150 万公顷;美洲斑潜蝇、马铃薯甲虫、非洲大蜗牛等农业入侵害虫,每年严重发生的面积达到 140 万~160 万公顷。我国每年用于美洲斑潜蝇的防治费用需 4.5 亿元,每年用于打捞水葫芦的费用需 5 亿~10 亿元,小龙虾、福寿螺、白玉蜗牛等对农业、渔业生产都造成了很大威胁。二是对生物多样性和生态环境造成危害,导致物种濒危和灭绝。全世界有 35%~46% 的濒危物种是部分或完全由外来生物入侵引起的。美国白蛾也叫秋幕毛虫,1979 年从辽宁丹东进入我国,随后在山东、陕西、河北、上海等省(市)出现,对林业和园林绿化造成了极其严重的危害。它们的幼虫具有暴食性,可危害 300 多种植物,成片的树林常被横扫一光,被称为无烟的火灾。互米花草(大米草)因具有固沙促淤作用,20 年前从美国引进我国,目前已成为整个崇明岛海滩的霸主,导致鱼类、贝类大量死亡,水产养殖业遭受致命创伤,而食物链断裂又直接影响了以小鱼为食的岛上鸟类的生存。三是直接威胁人类健康。麻疹、天花、淋巴结鼠疫、艾滋病都可以成为入侵疾病,三裂叶豚草的花粉是引起人类花粉过敏的主要病原物。

生态恢复

生态恢复是指修复因人类活动而遭损害的生态系统的多样性和动态功能,即通过人工方法,按照自然规律恢复天然生态系统的过程。恢复过程是破坏过程的逆向过程,这一逆向过程可能是沿着被破坏时的轨迹复归,也可能是沿着一种新路径去恢复;可能是自然地进行,也可能是必须借助人工支持和诱导。生态恢复一般包括生物系统的恢复和非生物系统的恢复两部分。植被作为生态系统的主要成分,在生态恢复中占有主导地位。

常见的退化生态系统,有裸地(光板地)、森林采伐迹地、弃耕地、沙漠及荒漠地、采矿废弃地、垃圾堆放地、污染水域等。生态系统退化的最重要原因是人类活动的破坏,表现形式是生物多样性的破坏和丧失,导致环境质量的退化。

(1) 生态恢复的目标:创造良好的条件,促进一个群落发展成为由当地物种组成的完整生态系统。包括生态系统地表基底(地



质地貌)稳定,有一定的植被覆盖率和土壤肥力,生物物种种类增加,生态系统生产力和自我维持能力提高,环境污染减少或得到控制,增加视觉和美学享受。

(2) 生态恢复的策略:消除人为干扰因素,通过自然过程缓慢恢复,如封山育林。在人的部分帮助下,恢复到初始状态或部分恢复到初始状态;完全按照人的愿望创建新的生态系统,如通过建立人工植被,替代原来的植被;不加人工控制,任其发展,可能发展到偏途顶极(如荒山灌草丛),也可能进一步退化成裸地,这决定于干扰和退化的程度。

(3) 生态恢复的方法:① 物种框架方法是指建立一个或一群物种,作为恢复生态系统的基本框架。这些物种通常具有抗逆性强、再生能力强,能够吸引野生动物等特点。这个方法最好是在距离现存天然生态系统不远的地方使用(如保护区局部退化地区的恢复)。② 最大多样性方法是尽可能地按照该生态系统退化以前的物种组成及多样性水平种植物种进行恢复,需要大量种植演替成熟阶段的物种。这种方法适合于小区域高强度人工管理的地区(如城市和人口聚集区),要求高强度的人工管理和维护。

(4) 生态恢复的过程:包括明确恢复对象,确定系统边界;进行系统退化诊断,找出退化原因;确立恢复目标和观察指标;制定恢复方案,确定阻止退化的措施;制定切实可行的恢复技术和措施,包括生物措施、工程措施、耕作措施、管理措施等;进行生态恢复与重建的实地试验、示范与推广;对关键生态因子进行监测、评价,并对恢复计划及时做必要的调整。

生态工程

在同一个温室大棚内种菜、养猪、建沼气池,猪粪尿入池发酵产生沼气,沼气用作大棚蔬菜的增光、增温和照明、炊事。沼气燃烧、猪的呼吸、有机物发酵为蔬菜提供了二氧化碳气肥,促进光合作用。经充分发酵后的沼渣、沼液作蔬菜的有机肥,沼液还可作猪饲料的添加料。这种“猪—沼—菜”结合的生态大棚,就是一个典型的生态工程,它将种菜、养畜和沼气发酵技术有机结合起来,整



合成一个物质良性循环和能量高效流动的生态系统,成功解决了北方地区冬季传统农业生产方式存在的一些限制因素,取得了可观的经济、生态和社会效益。据调查,生态大棚比传统的敞圈养猪猪的日增重平均提高 0.57 千克,粮食饲料消耗平均减少 19.1%;沼气池全年正常运转天数延长,沼气产量较传统的户用沼气池平均提高 32.4%;黄瓜和番茄的产量比普通蔬菜大棚分别平均提高了 18.4%和 17.8%,蔬菜品质也得到了改善。

生态工程是在全球生态危机日益激化、人们努力寻求解决对策的背景下,由美国的 H. T. Odum 和我国的马世骏于 20 世纪 60~70 年代提出的。生态工程被认为是生态学的分支和工程学的新领域。它是应用生态系统中物种共生、物质循环再生、结构功能协调原理和系统工程的方法,设计分层多级利用物质的生产工艺系统。其目标是在促进物质良性循环的前提下,充分发挥资源的生产潜力,防治环境污染,达到经济效益与生态效益同步提高。生态工程的模式和类型多样,有农业生态工程、林业生态工程、废水处理利用生态工程、生物质循环利用生态工程、山区小流域综合治理生态工程、清洁能源开发生态工程、生态城镇建设生态工程、退化生态系统恢复生态工程等。

(1) 建设生态工程的理论依据:即生态学、生态经济学原理和系统论、控制论的方法,概括起来就是“整体、协调、自生、循环”。① 整体性原理:生态经济系统通过能量流、物质流、信息流和价值流进行着转运、连接、交换与补偿活动,彼此间存在反馈与负反馈作用,物种间相互依赖、相互制约、相生相克、协同进化。② 协调性原理:即追求生态与经济效益相互协调,实现整体综合效益的最大化。③ 自生原理:系统是一个能自我维持的系统,对外界干扰有一定缓冲能力,经过一定时间能自我修复。④ 循环原理:即一个生态经济系统中物质循环是可持续的,自然物质和经济物质是可以相互转化的。

(2) 生态工程技术:① 加(减)环技术:通过增加高效低耗、促进循环利用的环节,抑制高耗低效环节,使资源得到充分利用,生产更多经济产品,产生更大经济效益。如利用有机废弃物培养食



用菌,养殖蚯蚓、蝇蛆;通过种植水葫芦、细绿萍处理养殖场废水后养鱼;棉田间作油菜、天敌防治害虫;农田养蜜蜂、鱼塘养鸭等。

② 解(延)链技术:当有害物质沿食物链危及人体健康时,可采用解链技术,将最终产品改变用途或加入新种群,使有害物质脱离与人类食物相连的食物链;延链技术即通过增加或替换一种或几种环节,将原来已有的生产链条进一步延伸,增加产品品种和生产效益。如饲料喂猪,猪粪养蝇蛆,蝇蛆喂鸡,鸡粪喂畜禽,畜禽粪便发酵产沼气,沼渣再用来种蘑菇或养鱼等。③ 接口技术:将原来不构成循环关系又互不相关的两条或多条生产链条通过一定的工程技术连接起来,形成一个闭路循环的网状结构,如运用肥料技术或饲料技术将养殖业和种植业相连等。

自然保护区

1872年,美国建立了世界上第一个自然保护区——黄石国家公园,将黄石的广阔原始地域辟为永远保存的国家公园,随后世界各国相继建立了各种形式的自然保护区。自然保护区是指对有代表性的自然生态系统、珍稀濒危野生动植物物种的天然集中分布区、有特殊意义的自然遗迹等保护对象所在的陆地、水体或海域,依法划出一定面积予以特殊保护和管理的区域。自然保护区不仅是活的自然博物馆、进行科学研究的天然实验室,而且是野生动植物的基因库和庇护所,是环境保护事业的一项基础建设工作。

自然保护区可分为3种类型:一是自然生态系统类自然保护区,又可分为森林、草原、草甸、荒漠、内陆湿地和水域、海洋、海岸等类型,如长白山、四川卧龙、云南西双版纳等森林生态系统自然保护区;二是野生生物类自然保护区,如广西花坪的银杉、四川王朗的大熊猫、黑龙江伊春的红松母树林、黑龙江扎龙的丹顶鹤等自然保护区;三是自然遗迹类(地质遗迹和古生物遗迹)自然保护区,如四川九寨沟、广东鼎湖山、黑龙江五大连池、甘肃玛雅雪山古冰川遗迹等自然保护区。根据自然保护区内不同位置对保护对象的重要性不同,一般将其划分为核心区、缓冲区和实验区。自然保护区内保存完好的天然生态系统以及珍稀和濒危动植物的集中分布



地定为核心区,禁止任何单位和个人进入,除经有关部门批准外,也不允许进入从事科学研究活动;核心区外围可以划定一定面积的缓冲区,只准进入从事科学研究观测活动;缓冲区外围划为实验区,可以进入从事科学试验、教学实习、参观考察、旅游,以及驯化、繁殖珍稀和濒危野生动植物等活动。

我国的自然保护区建设工作是新中国成立后才开始的,1956年建立了第一个自然保护区——广东鼎湖山自然保护区,1994年国务院发布《自然保护区条例》后,自然保护区的建设和管理得到了加强,数量和面积迅速增加。2005年底,共建有国家级自然保护区265个,总面积9185.1万公顷,约占我国陆地总面积的9.6%。我国的自然保护区分为国家级、省级、市级和县级四级。从自然保护区的区域分布看,主要集中在西藏、青海、新疆、内蒙古、甘肃、四川等西部6个省(区),其自然保护区面积占了全国自然保护区总面积的80.5%。从自然保护区的类型看,数量上以森林生态系统和野生动物类型占大多数,面积上以野生动物占首位,其次为荒漠、森林、内陆湿地和水域等生态系统类型;从所属主管部门看,涉及林业、农业、国土、海洋、水利、环保等10多个部门,其中林业部门管理的自然保护区数目占65.6%,面积占73.7%。目前,我国已有长白山、鼎湖山、卧龙、武夷山、梵净山、锡林郭勒、博格达峰、神农架、盐城、西双版纳、天目山、茂兰、九寨沟、丰林、南麂列岛、山口红树林等21处自然保护区,被列入联合国教科文组织“人与生物圈计划”生物圈保护区网络;扎龙、向海、东洞庭湖、鄱阳湖、东寨港、青海湖、香港米浦等自然保护区,被列入《国际重要湿地名录》;九寨沟、武夷山、张家界、庐山等自然保护区,被联合国教科文组织列为世界自然遗产或自然与文化遗产名单。

建设生态功能保护区的意义

生态功能保护区,是对在保护流域、区域生态平衡,防止和减轻自然灾害,确保国家和地区生态安全方面具有重要作用的,江河源头区、重要水源涵养区、水土保持重点区和江河洪水调蓄区、防风固沙区、重要渔业水域,以及其他具有重要生态功能的区域,依



照规定程序划定一定面积予以重点保护、建设和管理的区域。通过建立生态功能保护区,对这些区域的现有植被和自然生态系统进行严格保护,可以防止生态环境的破坏和生态功能的退化。

我国大型的重点生态功能保护区,主要有大小兴安岭森林生态功能区、长白山森林生态功能区、川滇森林生态及生物多样性功能区、秦巴生物多样性功能区、藏东南高原边缘森林生态功能区、新疆阿尔泰山山地森林生态功能区、青海三江源草原草甸湿地生态功能区、新疆塔里木河荒漠生态功能区、新疆阿尔金草原荒漠生态功能区、藏西北羌塘高原荒漠生态功能区、东北三江平原湿地生态功能区、苏北沿海湿地生态功能区、四川若尔盖高原湿地生态功能区、甘南黄河重要水源补给生态功能区、川滇干热河谷生态功能区、内蒙古呼伦贝尔草原沙漠化防治区、内蒙古科尔沁沙漠化防治区、内蒙古浑善达克沙漠化防治区、毛乌素沙漠化防治区、黄土高原丘陵沟壑水土流失防治区、大别山土壤侵蚀防治区、桂黔滇等喀斯特石漠化防治区等。

2000年,国务院发布的《全国生态环境保护纲要》,要求对生态功能保护区采取以下保护措施:停止一切导致生态功能退化的开发活动和其他人为破坏活动;停止一切产生严重污染的工程项目建设;严格控制人口增长,区内人口已超出承载能力的应采取必要的移民措施;改变粗放生产经营方式,对已经破坏的重要生态系统,要认真组织重建与恢复,尽快遏制生态环境恶化趋势。我国制定的《国民经济和社会发展第十一个五年规划》将重要生态功能保护区列为限制开发区域,要求坚持保护优先、适度开发、点状发展,因地制宜发展资源环境可承载的特色产业,加强生态修复和环境保护,引导超载人口逐步有序转移。

生态示范区

1992年世界环境与发展大会后,世界各国为了贯彻可持续发展思想,提出了各种不同的对策,一些国家将生态示范区建设作为实现可持续发展战略的重要措施,进行了实践探索。如瑞典的“生态循环城”计划、美国的“生物圈2号”试验研究、俄罗斯的生态综



合规划、东南亚的生态经济规划等。为贯彻落实可持续发展战略,推动区域社会经济与环境保护协调发展,特别是解决中国广大农村面临的日益突出的生态环境问题,1995年,国家计委、国家环保总局联合发出《关于开展全国生态示范区建设试点工作的通知》(环然[1995]444号),开始了生态示范区建设工作。到2005年,全国生态示范区建设试点已达528个,其中通过考核验收被命名为国家级生态示范区的166个。对第三批命名的84个国家级生态示范区调查表明:与开展生态示范区建设之前相比,农民人均纯收入平均增加了23%,自然保护区等保护地面积占国土面积比例平均增加了3.5倍,而农药和化肥的施用强度分别降低了17%和12%,单位GDP能耗、水耗分别下降了9%和26%。

生态示范区是以生态经济学原理为指导,以协调经济、社会、环境建设为主要对象,在一定行政区域内生态良性循环的基础上,实现经济、社会全面健康的持续发展,是一个相对独立又对外开放的社会、经济、自然的复合系统。它强调全面变革劳动过程,实现对自然界的开发和对自然界的补偿同步增长,而可持续发展则是生态示范区建设的核心和最高目标。生态示范区类型广泛,有生态农业型、农工商一体化型、生态旅游型、乡镇工业型、城市化型、生态破坏恢复型等,有人甚至将生态省、生态市、生态县、生态工业园区等统统纳入生态示范区建设的范畴。

生态示范区的生态建设内容,包括森林绿化、生物多样性保护、生态农业开发、农药和化肥污染治理、乡镇企业污染防治、海洋环境保护、生态破坏恢复,以及自然资源的合理开发利用和保护等。生态示范区建设的目标是:合理组织、积极推进区域社会经济和环境保护的协调发展,建立良性循环的经济、社会和自然复合生态系统,确保在经济、社会发展的同时,实现自然资源的合理开发和生态环境的改善。在经济上要求发挥地缘优势,优化产业结构,依靠科技进步,强化集约经营,增强经济系统调节功能,促进区域经济持续快速健康发展;在生态环境保护方面,要求污染物排放总量要有控制,大气、水体环境质量优于相邻地区,重要生态区域和生物多样性得到有效保护,退化生态区域得到恢复治理,生态系统



抗灾能力、生物生产力明显增强;在社会发展方面,乡村和城镇基础设施完善,综合服务功能加强,住宅区布局合理,生活环境优美、舒适,社会文化繁荣,人与自然和谐发展。国家环保总局从经济发展目标、环境保护目标和社会进步目标三方面,制定了我国的生态示范区建设指标。

生态农业

20 世纪初,首先在国外发达国家兴起的“石油农业”,以大量化肥、农药、农膜、植物生长调节剂等农用化学物质的投入和农业机械的使用为特点,配合各种农业新品种的应用和推广,带来了所谓的农业绿色革命。虽然使农业产量和劳动生产率得到了极大提高,但同时也给农业生态环境带来了危害,造成土壤、水体、农产品污染,农业生态平衡破坏,自然资源衰竭。面对“石油农业”带来的种种困扰,各国科学家开始寻求新的替代农业模式,包括有机农业、生物农业、生物动力学农业、自然农业、持续农业及狭义的生态农业等。由于它们都以生态学为基本指导思想,因此有人也将它们统称为生态农业。20 世纪 80 年代初以来,我国开始了生态农业的探索和实践。但我国的生态农业是针对中国国情和农业发展现状而提出的,与国外替代农业相比有很大差别。

中国的生态农业,是运用生态学、生态经济学原理和系统工程方法,把现代科学技术成就与传统农业技术的精华有机结合,把农业生产、农村经济发展与生态环境治理和保护,资源培育和高效利用融为一体的,具有生态合理性、功能良性循环的新型综合农业生产体系。它要求把发展粮食与多种经济作物生产结合起来,发展大田种植与林、牧、副、渔业结合起来,发展大农业与第二、三产业结合起来,利用传统农业精华和现代科技成果,通过人工设计生态工程,协调发展与环境之间、资源利用与保护之间的矛盾,形成生态上与经济上两个良性循环,实现经济、生态、社会三大效益的统一。自 1983 年以来,我国进行了不同类型的生态农业试点、示范和推广,建成 102 个国家级生态农业示范县、2 000 多个生态农业示范点,取得了显著的生态、经济和社会效益,探索出一条



农业可持续发展的可行途径。中国生态农业的类型多样,有充分利用时间和空间的生物共生互利模式(立体种植、立体养殖、立体种养),开发利用有机废弃物资源的物质良性循环模式(水陆交换的基塘农业,“猪沼果”结合、“猪沼菜”生态大棚,以沼气发酵为纽带、种养结合的物质循环利用模式),山区综合开发的复合生态系统模式及庭院生态经济模式等。生态农业的主要技术,包括地力培肥技术、病虫草害综合防治技术、农村新能源(沼气、太阳能等)开发技术、农业有机废弃物(秸秆、粪便等)资源化技术、旱作农业技术等。

生态农业具有综合性、多样性、高效性和持续性的特点。综合性是指要发挥农业生态系统的整体功能,全面规划、调整和优化农业结构,使农、林、牧、副、渔业和农村第一、二、三产业综合协调发展。多样性是要做到因地制宜,充分发挥当地优势,以多种生态模式、生态工程和丰富多彩的技术类型装备农业生产。高效性是要通过物质循环和能量多层次利用和系列化深加工,实现经济增值,实行废弃物资源化利用,降低农业成本,提高效益。持续性是要把环境建设同经济发展紧密结合起来,防治污染,保护和改善生态环境,增强农业发展的后劲。由此看来,中国的生态农业与西方发达国家所称的生态农业有着本质的区别。中国的生态农业并不反对化肥、农药、农膜等农用化学物质的投入及农业机械的使用,而是强调因地制宜和合理、高效使用,强调充分运用传统农业中的精耕细作、间作套种、施用有机肥等技术;中国的生态农业立足于全部土地,从大农业系统结构调整入手,注重农林牧复合系统建设,并非只关注农业的某一方面;中国生态农业的追求目标,不仅限于生态环境保护与产品质量,还重视产品的产量、数量并要求与农民脱贫致富相结合,经济发展与环境保护并重。

绿色食品与有机食品的区别

随着社会的发展和人们生活水平的提高,人们的消费观念也在悄然转变,享受天然,追求安全、环保、健康的食品已经成为一种社会需求和时尚。国外发达国家从20世纪50年代就开始了这类



食品的研究和生产,在不同的国家和地区分别称有机食品、绿色食品、生态食品、无公害食品、安全食品或天然食品等。我国对绿色食品的开发始于 1990 年,认证机构是农业部绿色食品发展中心;有机食品开发始于 1994 年,认证机构为国家环境保护总局有机食品发展中心(OFDC)。截至 2005 年底,全国有效使用绿色食品标志的企业达到 3 695 家,产品总数 9 728 个,产品实物总量 6 300 万吨,年销售额 1 030 亿元,出口额 16.2 亿美元;有机食品企业总数达到 416 家,产品总数 1 249 个,产品实物总量 66.9 万吨,年销售额 37.1 亿元,出口额 1.36 亿美元。

绿色食品是指遵循可持续发展原则,按照特定生产方式生产,经专门机构认定,许可使用绿色食品标志商标的无污染的安全、优质、营养类食品。绿色食品的标志为圆形,上方为太阳,下方为叶片和蓓蕾。绿色食品分 A 级和 AA 级两种,A 级绿色食品生产过程中允许限量使用限定的化学合成物质,AA 级绿色食品生产过程中不使用任何有害化学合成物质。绿色食品必须出自优良生态环境,产地土壤、大气、水质要符合《绿色食品产地环境技术条件》要求。绿色食品生产过程中的投入品(农药、肥料,兽药、饲料、食品添加剂等)和生产操作规程,必须严格执行有关的技术标准。绿色食品产品必须经定点监测机构检验,感官、理化(重金属、农药残留,兽药残留等)和微生物学指标符合绿色食品产品标准。绿色食品产品包装必须符合《绿色食品包装通用准则》要求,并按规定在包装上使用绿色食品标志。

有机食品是指来自有机农业生产体系,根据有机农业生产要求和相应标准生产加工,并且通过合法的、独立的有机食品认证机构认证的农副产品及其加工品。有机食品标志由两个同心圆、图案以及中英文文字组成。有机食品在生产和加工中禁止使用化学合成的农药、化肥、激素、抗生素、食品添加剂、防腐剂等,禁止使用基因工程技术和该技术的产物及其衍生物,因此是真正的源自自然、富营养、高品质的,安全、环保、生态食品。有机食品的原料必须来自已建立或正在建立的有机农业生产体系,或采用有机方式采集的野生天然产品;有机食品的产品在整个生产过程中,必须严



格遵循有机食品生产、采集、加工、包装、储藏、运输标准;有机食品的生产者在生产和流通过程中,必须建立严格的质量管理体系、生产过程控制体系和跟踪审查体系,有完整的生产和销售记录档案;有机食品必须通过独立的、合法的有机食品认证机构认证。

绿色食品与有机食品既有共同点又有不同点。绿色食品和有机食品都是以环保、安全、健康为目标的食物,都是经质量认证的安全农产品,代表着未来食物发展的方向;它们都注重对生产过程的管理,只不过绿色食品侧重对影响产品质量因素的控制,而有机食品侧重对影响环境质量因素的控制。它们的不同之处:① 目标定位不同。A级绿色食品在于保障基本安全,满足大众消费,AA级绿色食品满足更高需求;有机食品则在于提倡人与自然的和谐共生,保障食物绝对安全,满足部分人的消费需求。② 质量标准不同。有机食品在生产和加工过程中,绝对禁止使用农药、化肥、激素、转基因等人工合成物质,而绿色食品则允许有限制地使用这些物质,有机食品的生产 and 加工要比绿色食品严格得多。③ 质量水平不同。绿色食品达到发达国家普通食物质量水平,有机食品达到发达国家食物质量的高水平。④ 运作方式不同。绿色食品由政府推动、市场运作,认证标志、程序、产品目录等由政府统一发布,实行质量认证与商标转让相结合;有机食物是社会化的经营性认证行为,实行因地制宜、市场运作。⑤ 认证方法不同。绿色食品依据标准,强调从土地到餐桌的全过程质量控制,实行检查、检测并重,注重产品质量;有机食物实行检查员制度,国外通常只进行检查,国内一般以检查为主、检测为辅。

生态旅游

生态旅游一词是由世界自然保护联盟于1983年首先提出。它是以生态伦理学为指导,以自然景观为主体,在被保护的生态系统内开展的一种既能获得社会效益、经济效益,又能促进环境保护、保持生态平衡的旅游活动。旅游者通过与自然的接近,达到了解自然、享受自然的目的,产生回归自然的意境,从而自觉保护自然、保护环境。生态旅游是一种科学、高雅、文明的旅游方式,体



现了人类与大自然、生产与消费的和谐统一。按照自然生态系统的不同,生态旅游可分为森林旅游、草原旅游、沙漠旅游、荒漠旅游、海洋旅游、湖泊旅游、湿地旅游等。

生态旅游具有观光、度假、休养、科学考察、探险和科普教育等多重功能,其内涵包括:一是要以自然生态系统为旅游对象;二是在保证自然生态系统不受损害的前提下开展旅游活动,将旅游与保护生态环境有机结合起来;三是对游客进行有关保护环境和维护自然生态平衡的教育。生态旅游并不反对通过旅游获取经济收益,但当旅游基础设施、游客数量与自然生态系统发生冲突时,应坚决服从后者。生态旅游与传统的山水旅游有着本质的区别。传统的山水旅游强调索取、介入、享用,可以采集标本、攀折花木、狩猎、吃野味、随意践踏生境和丢弃废物等;生态旅游则强调敬畏、和谐、恬静、无为、倾听,强调自然生态景观的原始性,不允许随意改变原有地质地貌和增建人工设施,禁止砍伐林木、猎取野生动物,可以开展摄影、写生、观鸟、自然探究等活动。生态旅游更注重游览地区的生态环境和当地的民族风俗、传统文化的完整保存,不因为旅游开发导致当地人文、地理环境的破坏。生态旅游作为一种天人合一的游憩方式,作为可持续发展战略在旅游行业的实践,正日益受到各国政府、学术界和旅游业内人士的重视,这是它逐渐风行世界各地的重要因素之一。

生态旅游属于绿色消费,但绝不能理解为消费绿色、坐吃山空,不能以山水被污染,草木被掠夺、鸟兽被杀戮为代价。一些地区对于生态旅游的理解十分片面,将自然保护区等自然景观视为“摇钱树”,对游客数量不加任何限制,一味追求眼前的经济利益,竭泽而渔,在区内盲目开发,忽视生态环境保护。一些地区打着生态旅游的旗号,大肆开发自然景观,大建人工景点和游乐设施,从而使原生环境失去神秘的面纱,这是吃祖宗饭、造子孙孽的伪生态旅游,必须坚决反对。

生态工业园区

生态工业园发展的雏形是丹麦的卡伦堡(Kalundborg)工业共



生体。卡伦堡是一个仅有 2 万居民的工业小城市,位于哥本哈根以东 100 多千米。当初,该市的几个重要企业试图在减少费用、废料管理和更有效地使用淡水等方面寻求革新,它们之间建立了紧密、相互协作的关系。20 世纪 80 年代以来,当地主管部门意识到这些企业自发地创造了一种新的体系,并给予了积极支持,将其称为“工业共生体”。90 年代初,卡伦堡工业共生体的经验日益受到关注,一些研究者由此提出了“生态工业园”的概念。

生态工业园区是依据循环经济理念和工业生态学原理,设计建立的一种新型工业组织形态,是一个可持续发展的地域综合体,是实现生态工业的重要途径和基地。它通过模拟自然生态系统,在园区内建立并形成企业间的共生网络,一个企业产生的副产品或废物作为另一个企业的原材料,企业间的能量和水资源得到多次梯级利用,实现资源再生化、物质循环化、能耗最小化、效益最大化,最大限度地减少废物向园区外的排放,有效防止环境污染和生态破坏。

美国、加拿大、德国、英国、奥地利、瑞典、丹麦等发达国家,从 20 世纪 80 年代开始对生态工业园区的探索和实践,相继规划建成了一批生态工业园区。目前主要有 3 种类型:一种是现有改造型生态工业园区,即对现已存在的工业企业通过适当的技术改造,在区域内成员间建立起废物和能量的交换关系,如丹麦哥本哈根的卡伦堡生态工业园区;另一种是全新规划型生态工业园区,即在良好规划和设计的基础上,从无到有进行建设,并创建一些基础设施使企业间可以进行废水、废热等的交换,如美国俄克拉荷马州的 Choctaw 生态工业园区;第三种是虚拟型生态工业园,即利用现代信息技术,通过园区的数学模型和数据库,首先在计算机上建立起各成员间的物能交换联系,然后再在现实中加以实施,如美国和墨西哥交界处的 Brownsville 生态工业园区。

1999 年以来,我国将建设生态工业园区作为改变经济增长模式、实现经济和环境“双赢”的一个重要举措,进行了生态工业园区建设的试点,如广东南海生态工业园区、内蒙古包头铝业生态工业园区、湖南长沙黄兴生态工业园区、天津经济技术开发区生态工业



园区、苏州高新区生态工业园区、大连开发区生态工业园区、抚顺矿业集团生态工业园区、烟台开发区生态工业园区等。广西贵港生态工业园区是中国最早开始建设的国家生态工业示范园区,以中国最大的甘蔗制糖企业集团为依托,形成了两条较完善的生态工业链。一条是用甘蔗榨糖,榨糖后的蔗渣用来造纸,对纸浆生产过程中的废碱回收再用,回收废碱后的白泥生产建材;另一条是将榨糖产生的废糖蜜作酒精,用酒精废液生产甘蔗复合肥,卖给蔗农回用于蔗田。由于园区能够利用周边地区中小型糖厂的甘蔗渣和废糖蜜集中进行造纸和酒精生产,避免了对环境造成严重污染,起到了区域环境综合整治的作用。新疆石河子生态工业园区以城市生活污水和工业废水的资源化利用为基础,以造纸原料和草料种植为核心,以对棉花和芡苳草等的综合利用构建生态产业链,建立园区的主导产业,并带动相关产业的发展。园区立足于当地沙漠生长的芡苳草种植与开发,草秆、草叶可分别造纸和作饲料,实现了生态保护和经济发展的“双赢”。山东鲁北生态工业园区以鲁北化工集团为依托,已形成了磷铵副产磷石膏制硫酸、联产水泥,海水一水多用和盐碱电联产三条工业生态产业链,实现了资源的最大利用和污染物最少排放。园区已从单纯磷铵生产,变成磷铵、硫酸、硫基复合肥、水泥、海水综合利用、硫酸钾、氯化镁等多种产业的企业群。

生态省、生态市和生态县

生态省、生态市和生态县建设是近年来各省(自治区、直辖市)、市(地区、盟、州)、县(市、区、旗)党委、政府,为推动社会经济和生态环境协调发展、实现区域可持续发展而采取的大规模生态建设行动。在与生态示范区的关系上,有人认为,它们分别是省、地市和县级规模生态示范区建设的最终目标。从行政区划关系讲,生态县是生态市建设的有机组成部分,而生态市则是生态省建设的有机组成部分。自1999年海南省首次提出建设生态省以来,吉林、黑龙江、浙江、福建、陕西、山东、安徽、江苏、河北等省相继开展了生态省建设。这些省(市)所属的市地全部开展了生态市创



建,其他省市的许多市、县也开展了生态市、生态县的创建工作。

生态省是社会经济和生态环境协调发展,各个领域基本符合可持续发展要求的省级行政区域。生态省建设的内涵是:运用生态学、生态经济学原理和循环经济的理念,以促进经济增长方式的转变和改善生态环境质量为前提,抓住产业结构调整这一重要环节,充分发挥区域生态与资源优势,统筹规划和实施环境保护、社会发展与经济建设,实现区域社会经济的可持续发展。它的主要标志是:生态环境良好并且不断趋向更高水平的平衡,自然资源得到合理的保护和利用;以生态(绿色)经济、循环经济为特色的新型经济高度发展,结构合理、总体竞争力强;城市和乡村环境优美,环境污染和生态破坏得到根本控制和基本消除;现代生态文化形成并得到发展,民主与法制健全,社会文明程度高,人民生活水平全面进入富裕阶段。

生态省建设是一项将环境保护与发展循环经济、建设生态社会结合在一起的全社会、各行业的共同活动。发展循环经济(生态经济、绿色经济),包括发展绿色产业、绿色产品、推行清洁生产等,落实到基地建设是建设各种生态园区,主要依靠政府宏观调控和指导下的企业组织;建设生态社会(绿色社会、可持续社会),包括建设生态市、生态县、生态乡镇、生态村庄等,落实到基地建设是建设生态社区,主要依靠政府领导下的基层组织、社区组织和非政府组织。

生态市是社会经济和生态环境协调发展,各个领域基本符合可持续发展要求的地市级行政区域。生态市的主要标志是:生态环境良好并不断趋向更高水平的平衡,环境污染基本消除,自然资源得到有效保护和合理利用;稳定可靠的生态安全保障体系基本形成;环境保护法律、法规、制度得到有效的贯彻执行;以循环经济为特色的社会经济加速发展;人与自然和谐共处,生态文化有长足发展;城市、乡村环境整洁优美,人民生活水平全面提高。生态县是社会经济和生态环境协调发展,各个领域基本符合可持续发展要求的县级行政区域(含县级市)。

生态省、生态市和生态县的建设指标和考核标准是比较复杂



的。2003 年,国家环保总局印发了《生态县、生态市、生态省建设指标(试行)》(环发〔2003〕91 号),2005 年国家环保总局办公厅又印发《全国生态县、生态市创建工作考核方案(试行)》(环办〔2005〕137 号),对生态省、生态市和生态县建设的基本条件、建设指标及考核程序、评分方法等作了具体规定。指标体系考虑了我国社会经济与自然条件的区域差异性,分中东部地区、西部地区或发达区域、欠发达区域分别给出社会经济指标,有些生态环境指标也按照山区、丘陵、平原等不同类型给出了相应指标。生态省包括 5 项基本条件和 22 项建设指标,指标涉及经济发展、环境保护和社会进步三方面;生态市包括 6 项基本条件和 28 项建设指标,指标涉及经济发展、环境保护、社会进步三方面;生态县包括 6 项基本条件和 36 项建设指标,指标涉及经济发展、区域环境保护、农村环境保护、社会进步四方面。

生态住宅

生态住宅,又称绿色生态住宅或绿色生态环保住宅。它遵循健康舒适、高效清洁、和谐优美的原则,合理选址和规划,对资源、能源进行高效循环利用,减少废弃物和污染排放,保证室内环境质量,达到资源化、无害化、低耗化、生态化的目的,实现自然、建筑和人和谐相融的建筑体系。

综合各种观点,生态住宅具有以下主要特点:一是规划设计合理。充分考虑位置、朝向、布局、地形地势等因素,不破坏当地生态平衡,利用自然条件改善居住环境,环境质量优良,有完善的公共设施和基础设施,实现人工环境与自然环境相融合。二是绿化、美化。小区绿化面积较大,实行多种植物搭配的绿化美化、立体绿化、屋顶绿化,改善小区小气候。三是节地、节能、节水。高效利用太阳能、风能、生物能、地热能、废热能等清洁能源和土地、雨水等自然资源,住宅设计保温、隔热、采光好,采用保温材料和有效的取暖、制冷方式,进行雨水收集、中水处理和水的循环利用,通过合理设计减少居民用电、用气、用水量。四是环保无公害。住宅小区内有必要的生活污水、烟气、垃圾污染防治设施,尽量减少污染物外



排,要求达到垃圾和废料处理的环保无公害目标。五是使用环保建筑材料。以环境保护、保障人体健康、减少能源消耗为宗旨,尽量选择可重复使用、可再生利用、可循环使用和无污染、无辐射、对人体健康无害的建筑材料或产品,装饰材料、家具达到环保标志产品质量要求。六是有健康的生活方式。注重不同文化所引发的生活方式上的差异,以及由此产生的对住宅设计的影响,引导健康、节约的绿色文明生活方式。

目前,我国对生态住宅还没有制定统一的技术规范和标准,根据国内外有关标准,生态住宅的技术标准可参考如下:①住宅的结构和供暖、制冷、炊事等系统要进行节能设计,建筑节能至少达50%以上,要尽量利用清洁能源、自然能源或再生能源,全年日照在2500小时以上的地区安装太阳能设备,使用节能灯具。②饮用水符合国家标准,给、排水系统普遍安装节水器具,10万 m^2 以上的小区应设置中水系统、雨水收集利用系统,排水实现深度净化,达到环保二级指标。③室外空气质量到达国家二级标准,注意防止光污染,房间光照充足,通风良好,厨房有烟气集中排放系统,达到居室空气质量标准。④房屋围护结构要有较好的御寒、隔热功能,门窗密封性能及隔音效果符合规范要求,即日间噪声小于50分贝、夜间小于40分贝。⑤绿化系统要具备调节生态环境、满足休闲活动和景观文化的功能,要有足够的户外活动空间,小区绿化覆盖率不低于40%,无裸露地面。⑥废弃物处置以“无害化、减量化、资源化”为原则,实行分类收集,收集要全部袋装、密闭容器存放。⑦提倡使用可回收利用和无毒、无害、无污染的建筑材料和产品,室内装修简洁适用,化学污染和辐射要低于环保规定指标。

生态补偿

生态环境作为一种资源是有价值的,而且随着社会经济活动数量的上升日益显示出其稀缺性,更加体现出了重要的资源经济价值。这种价值决定于它对人类的有用性,价值的大小则决定于它的稀缺性和开发利用条件。生态环境包含了自然资源固有价值,即未经人类劳动参与的天然产生的那部分价值,它取决于各自



然要素的有用性和稀有性;生态系统固有价值,即生态系统的功能性价值,包括调节气候、保持水土、维护生态平衡、促进良性循环等,对人类来说,这是一种间接价值;基于开发自然资源、保护和恢复生态环境所需的劳动价值,包括为改善生态环境状况而进行的治沙保水、植树造林等劳动,以及为保护生态环境进行的替代品开发、技术开发等。

生态补偿是生态环境受益者向保护者提供补偿的社会经济活动,基本理论是环境资源价值理论和环境经济学、生态学理论。保护生态环境需要考虑和解决区域之间或不同社会经济主体之间的利益均衡问题。江河源头区、水源涵养区、水土保持区、防风固沙区及森林和生物多样性保护区等重要生态功能区,大多分布在经济欠发达地区。这些地区承担了十分重要的生态保护和建设任务,为了保护生态环境而牺牲了部分发展权,当地经济社会发展因此也受到了明显制约。如果这些地区得不到相应补偿,必然会挫伤这些地区保护生态环境的积极性,这样不仅不利于保护生态环境,而且又失于社会公正,不利于生产力合理布局 and 区域协调可持续发展。由于生态环境及其保护作为一种公共产品和服务,具有明显的外部性,因此不可能完全通过市场来调节,必须依赖政府的主动干预,即建立生态补偿机制。建立和完善生态补偿机制,就是为协调和实施生态补偿而建立的一系列制度和政策,实质就是通过价值补偿,使生态环境保护的外部性得以内部化,形成对生态环境保护行为的激励和对破坏行为的制约,这是实现生态环境保护与区域经济协调发展的必然选择。

生态环境补偿费(税)与正在实施的资源费、排污费相比是不同的。矿产资源费、水资源费等是因其稀缺性而制定的,排污费是因环境污染损失而制定的,而生态环境补偿费(税)则是因生态破坏损失而制定的。生态环境补偿费(税)制度目前我国还只处于探索阶段。

征收生态环境补偿费(税)的根本目的,是有效地制止和约束自然资源开发利用中损害生态环境价值的经济行为,促进生态环境恢复与保护工作。首先,通过生态环境补偿费(税)的征收,利



用经济激励手段促使生态环境的使用者、开发者和消费者保护和恢复生态环境,使生态环境资源再生产过程与一般商品再生产过程相结合,保证其永续利用。其次,通过生态环境补偿费(税)的征收,可以为恢复和保护生态环境筹措资金。生态环境的整治需要大量资金,而生态环境作为一种准公共物品,具有无排他性,即任何人即使不愿意为此付费(税),也不可能将其排斥于生态环境的消费之外。所有以盈利为目的的机构一般不情愿对生态环境保护进行无偿投资,国家应成为恢复和保护生态环境这项公益事业的主要投资者,而国家的收入来源主要靠税收和收费。国家作为生态环境准公共物品所有者的代表,理应取得其所有权的收益,即向生态环境的开发、利用者收取一定费用,用于生态环境的恢复和保护。

生态评价

生态评价即生态环境影响评价,是评价开发建设项目和区域性开发,对生态系统结构和功能状态、生态环境质量优劣影响程度的过程,是环境影响评价的重要组成部分。生态影响评价的主要目的是认识区域生态环境特点与功能,明确开发建设项目对生态环境影响的性质、程度,生态系统对影响的敏感程度,确定应采取的最佳行动方案和措施,以维持区域生态环境功能和自然资源的可持续利用。

(1) 生态评价的内容:依据建设项目产生影响的特点、性质和生态环境对影响的反应情况(生态效应)而定,通常包括生态系统结构和功能的变化及发展趋势、自然生态环境的恶化或好转、自然资源的变化态势、污染的生态效应及其他影响等。在生态评价中应注意直接影响与间接影响相结合,显性影响与潜在影响相结合,局部影响与区域影响相结合,单因子影响与生态系统整体影响相结合。

(2) 生态评价的方法:① 图形叠置法。此法把两个或更多的环境特征重叠表示在同一张图上,构成一份复合图,用以在开发行为影响所及的范围内,指明被影响的环境特性及影响的相对大小。



步骤如下:用透明纸作底图,在图上标出开发项目的位置及即将受项目影响的地区范围;在底图上描出植被现状、动物分布或其他影响因子的特征;绘出每个影响因子影响程度的透明图;将影响因子图和底图重叠,用不同的色彩和不同的色度表示不同的影响及程度。该法的特点是预测结果直观,容易被人理解,如用带方格的透明纸还可以定量地估测受影响的地区面积。但此法不易预测在时间上影响的延续,并且需要大量的资料、经费和人力。

② 生态机理分析法。生物与生长环境构成有机整体,当开发项目影响植物生长环境时,对动物或植物的个体、种群和群落也产生影响。调查环境背景现状和搜集有关资料;调查植物或动物分布,动物栖息地或迁徙路线;根据调查结果分别对植物或动物按种群、群落和生态系统进行划分,描述其分布特点、结构特征和演化等级;识别有无珍稀濒危物种,重要经济、历史、景观和科研价值的物种;观测项目建成后,该地区动物、植物生长环境的变化;根据兴建项目后的环境(水、土、气和生命组分)变化,对照未开发情况下生态系统的演替趋势,预测生物个体、种群、群落或生态系统受到的影响及演替方向。

③ 类比法。即根据对已建项目(类比项目)产生的生态影响的调查分析,来预测拟建项目可能产生的生态影响。此法要求已建成的类比项目达到一定年限,生态影响已基本趋于稳定。当被选中的类比项目在工程特性、地理环境、气候因素、生物背景等方面都与拟建项目相似时,可以进行全面类比或整体类比。由于自然条件千差万别,实际上很难找到两个完全类似的项目,因此,可以采用单项类比或部分类比的方法。

④ 列表清单法。此法是将实施的开发活动和可能受影响的环境因子分别列于同一张表格的列与行,在表格中用不同的符号判定每项开发活动对环境因子的相对影响大小,进行定性分析评价。

⑤ 综合指标法。运用指数叠加模型评价法,将评价指标的现状值(项目建设前)与预测值(项目建设后)转换为统一的无量纲的指标值(由好至差,用1~0表示),计算出项目建设前后各指标的变化值,再根据各指标的重要性赋予权重,代入评价模型,便得出项目对生态环境的综合影响。



第五章

环境化学

环境化学的概念

环境化学是化学与环境科学的一个交叉分支学科,是运用化学的理论和方法,研究化学物质在环境中的种类、成分、数量及其迁移、转化和行为效应的一门科学。

环境化学的产生和发展,是与环境问题的产生和发展紧密联系在一起。环境化学的发展大致可分为 3 个阶段:1970 年以前为孕育阶段,20 世纪 70 年代为形成阶段,80 年代以后为发展阶段。二次大战以后,由于污染环境和危害人体健康的事件不断发生,促使人们开始探寻污染控制途径。60 年代初开始了农药残留行为的研究。1972 年在瑞典斯德歌尔摩召开了联合国人类环境会议,成立了联合国环境规划署,确立了一系列研究计划,出版了包括《全球环境监测》在内的一系列与化学有关的专著。这对环境化学的形成起到了里程碑作用。80 年代以后,开展了地球化学元素迁移、化学品安全、臭氧层破坏、温室效应、污染控制等一系列重大环境问题研究工作,环境化学进入了发展阶段。

环境化学的基础理论尚处于发展过程中,当前环境化学的主要研究领域和内容是环境污染化学、环境分析化学。

环境污染化学主要研究化学污染物在环境中的迁移、转化规律。化学物质在大气圈、水圈、岩石土壤圈和生物圈中的迁移、转化,形成了大气环境化学、水环境化学、土壤环境化学、污染生态化



学和污染控制化学等分支学科。

环境分析化学主要研究环境中化学污染物的种类、成分及其定量分析方法。环境分析化学是环境监测的基础。从 20 世纪 80 年代起,我国先后制订出“环境监测标准方法”、“环境污染分析方法”和“环境监测分析方法”等,选取了 200 多种分析方法、近百种无机和有机物,所用的方法灵敏、准确、可靠,多年来在全国环境监测系统和有关实验室广泛应用。

环境污染物

环境污染物主要是由人类生产和生活活动产生的。有些物质本身是生产中的有用物质,甚至是人和生物必需的营养物质,但是由于未得到充分的利用,大量排放到环境之中,引起环境污染而成为污染物。污染物的来源称为污染源,每种污染物都有污染源。

污染物按照污染环境要素,可分为大气污染物、水体污染物和土壤污染物。大气污染物主要是在燃料燃烧过程或化学过程中产生的,大量的的是工业生产中产生的污染物,如二氧化硫、氮氧化物、碳氢化合物、颗粒物等。水体污染物主要来源于工业废水和生活污水,如 COD(化学耗氧量物质)、BOD(生化需氧量物质)、石油类物质、悬浮物、氨氮、挥发酚、氰化物和重金属等都是水体主要污染物。土壤污染物主要由于大量排放工业“三废”和农药、化肥等,农用化学物资使用不当而产生的,如汞、铬、砷、铅等引起的土壤重金属污染,化肥、农药引起的土壤有机污染。

污染物按照其来源,可分为一次污染物和二次污染物。一次污染物是直接来自污染源的污染物,二次污染物是一次污染物在环境中发生化学反应而产生的新的污染物。如一次污染物二氧化硫在大气中被氧化产生的硫酸盐颗粒物,刺激作用比二氧化硫要大 10 多倍。

污染物按照其性质,可分为化学污染物、物理污染物和生物污染物。如由有机化合物、无机化合物、重金属等化学因素产生的污染物属于化学污染物。物理污染物是一些能量性因素,如噪声、振动、电磁辐射、放射性等。生物污染物包括细菌、病毒、水体中反常



生长的藻类等。

污染物按照其状态,可分为气态污染物、颗粒态污染物、液态污染物和固体废物。二氧化硫和氮氧化物等属于气态污染物,空气中的扬尘为颗粒态污染物,酸雨为液态污染物,工业垃圾、生活垃圾为固体废物。

世界关注的有机污染物

有机污染物是指引起环境污染的有机化合物。有机污染物特征是耗氧,有生物毒性,对人体健康的危害性比较复杂和严重,引起国际社会的高度关注。

有机污染物按其来源,可分为天然有机污染物和人工合成有机污染物。天然有机污染物主要是指生物体代谢活动及其生物化学过程所产生的各种有害于人体健康、污染环境的有机化合物,如黄曲霉素、萜烯类、氨基甲酸乙酯、麦角、细辛脑、黄樟素等。人工合成有机污染物是指由现代合成化学工业生产的各类有机合成物,如塑料、合成纤维、合成橡胶、染料、洗涤剂、农药、溶剂、涂料、食品添加剂、药品等。

多数有机污染物能在环境中被降解成简单无机物,但少数有机污染物则难以降解。人们把在环境中具有持久性、生物累积性、毒性和长距离大气传输特性的有机污染物,叫做持久性有机污染物(POPs)。与常规污染物不同,持久性有机污染物在环境中降解缓慢、滞留时间长,可在水体、土壤和底泥等环境中存留数年时间。它能够以蒸气形式存在或者吸附在大气颗粒物上,可在全球范围内长距离迁移。存在于大气、水、土壤中的低浓度持久性有机污染物被生物体摄入后,沿食物链逐级放大,对人体危害巨大。很多持久性有机污染物不仅具有致癌、致畸、致突变性,而且还具有内分泌干扰作用。持久性有机污染物对人类的影响会持续几代,是人类生存繁衍和可持续发展的重大威胁。

为了持续减少并最终消除持久性有机污染物,2001年5月22日,联合国在瑞典斯德哥尔摩通过了《关于持久性有机污染物的斯德哥尔摩公约》,将12种持久性有机污染物列入首批消除清单。



它们是艾氏剂、狄氏剂、异狄剂、滴滴涕、七氯、氯丹、灭蚁灵、毒杀芬、六氯苯、多氯联苯、二噁英和呋喃。这是继 1987 年《保护臭氧层的维也纳公约》和 1992 年《气候变化框架公约》之后,第三个具有强制性减排要求的国际公约。2001 年 5 月 23 日,我国政府签署公约,并于 2004 年 11 月 11 日正式生效,这标志着我国将全面履行公约所规定的各项基本义务和常规义务。

大气污染物

大气中超过洁净空气组成应有浓度水平的物质称为大气污染物。大气污染物究竟有多少种,至今尚未有一个准确的统计数字。明显产生危害并引起人们关注的污染物,已发现 1 000 多种。特别是化学工业问世以来,已能生产出数以万计的新的化合物,而且每年还在以近千种的速度增加着。我国环境空气质量标准(GB3095-1996)规定了 10 种污染物的浓度限值,大气污染物综合排放标准(GB16297-1996)规定了 33 种大气污染物的排放限值。

大气污染物可分为无机气体污染物、有机气体污染物、颗粒污染物和放射性污染物等四大类型。

(1) 无机气体污染物主要来源于石化燃料燃烧过程。冶金、石油化工、建材生产等活动也会排放大量的无机气体污染物,如二氧化硫(SO_2)、三氧化硫(SO_3)、氮氧化物(NO_x)、一氧化碳(CO)、二氧化碳(CO_2)、硫化氢(H_2S)、氯化氢(HCl)、氨(NH_3)、氯气(Cl_2)等。其中二氧化硫(SO_2)和氮氧化物(NO_x)是重点控制的大气主要污染物。

(2) 有机气体污染物主要来源于有机合成工业和石油化学工业废气。汽车尾气、建筑装饰材料等,也是有机气体污染物重要来源。随着现代企业的发展,进入大气的有机污染物愈来愈多,如烃类、苯类、醛类、酮类、多环芳烃、有机酸、有机氯农药等。

(3) 颗粒污染物主要来源于燃煤、燃油和工业生产过程。颗粒污染物通常根据颗粒物粒径的大小分为降尘(粒径为 100~1 000 微米)、总悬浮颗粒物(粒径小于 100 微米)、可吸入颗粒物(粒径小于 10 微米)、粗颗粒物(粒径不小于 10 微米)和细颗



颗粒物(粒径小于 10 微米)。总悬浮颗粒物(TSP)和可吸入颗粒物(PM_{10})是重点控制的大气污染物。

(4) 放射性物质主要是核电站和各类反应堆核燃料的裂变产物。如氡(Rn)锶(Sr)、铯(Cs)等放射性尘埃随之扩散到大气中,造成空气污染。

光化学污染

大气中的氮氧化物(NO_x)和碳氢化合物(HC)等一次污染物在阳光照射下发生光化学反应,生成以臭氧为主的醛、酮、酸、过氧乙酰硝酸酯(PAN)等二次污染物。参与光化学反应过程的一次污染物和二次污染物的混合物所形成的空气污染现象,称为光化学污染。

发生光化学污染时,大气呈浅蓝色雾状,能见度降低,并具有特殊的刺激气味。光化学污染对人体最突出的危害是刺激眼睛和上呼吸道黏膜,引起眼睛红肿和喉炎,严重时会造成人员死亡。光化学污染还能造成家畜患病,妨碍农作物及植物的生长,腐蚀建筑物。

1943 年美国洛杉矶发生了世界上最早的光化学污染事件,造成 400 多人死亡。1955~1970 年洛杉矶市政府发出光化学污染警报 80 次。1970 年美国加利福尼亚州发生光化学烟雾事件,农作物损失达 2 500 多万美元。1971 年日本东京发生了较严重的光化学烟雾事件,使一些学生中毒昏倒。光化学烟雾已成为美国、日本、澳大利亚、英国等工业化国家各大城市的主要空气污染问题。我国兰州、北京、广州和上海也出现过光化学污染现象。

光化学污染的形成与氮氧化物(NO_x)和碳氢化合物的排放状况、气象条件和地形状况有关。汽车尾气的大量排放是产生光化学污染的主要污染源。科学家研究发现,20 世纪 40 年代初洛杉矶就有汽车 250 万辆,每天消耗汽油 1 600 万升,向大气排放 1 000 多吨碳氢化合物和 400 多吨氮氧化物,这些气体受阳光作用,酿成了危害人类的“洛杉矶光化学烟雾事件”。光化学污染发生的气象条件多是阳光强烈的夏秋季节,在晴天、气温在 20°C 以上、相对湿



度小于 70%、小风、有下沉逆温的情况下易发生光化学污染。地形条件多为盆地和谷地。

控制光化学污染的主要措施是减少汽车尾气排放。在汽车设计、制造、流通、使用等各个环节都要重视环境保护。同时,要对石油、氮肥、硝酸等化工厂的废气排放严加管理,减少氮氧化物的排放。

酸雨的形成

酸雨是指 pH 小于 5.6 的大气降水,是大气环境污染的一种表现形式。

形成酸雨的主要原因,是大气中存在一定浓度的二氧化硫(SO_2)和氮氧化物(NO_x)等酸性气体。二氧化硫(SO_2)和氮氧化物(NO_x)主要来源于煤炭和石油的燃烧。由于人类生产、生活活动燃烧大量的煤炭和石油,随之产生的二氧化硫(SO_2)和氮氧化物(NO_x)等酸性气体被排入大气中,在空中被氧化,形成硫酸和硝酸等气态或液态微粒,随大气降水降落到地面形成酸雨。

没有大气降水时,大气中的二氧化硫(SO_2)和氮氧化物(NO_x)等酸性气体也会降落到地面,并被氧化成酸。这种情况人们称之为酸的干沉降,而把酸随降水降落的情况称为酸的湿沉降。酸的干沉降和酸的湿沉降合称为酸沉降。

描述一个地区的酸雨状况,常用年均降水 pH 和酸雨频次来表示。酸雨频次为一年出现酸雨的降水过程次数与全年降水过程总次数的百分比。一般将年均降水 pH 小于 5.6 的地区叫酸雨区。一般认为年均降水 pH 越小,酸雨频次越高,酸雨问题越突出,大气环境污染也就越严重。

酸雨是一个全球性重大环境污染问题。自从 1872 年英国化学家 R. A. 史密斯在其《空气和降雨:化学气候学的开端》一书中首次提出“酸雨”这一术语以后,欧美科学家相继对酸雨进行了研究。20 世纪 50 年代中期,美国生态学家 E·勒姆发现酸雨可导致湖泊和土壤酸化,揭示了美国大湖为什么变酸的问题。1959 年,挪威科学家证实了酸雨造成瑞典与挪威湖泊酸化,揭开了瑞典和挪威渔



业减产之谜。60 年代瑞典土壤学家 S·奥登证实了欧洲大陆存在大面积酸雨。1973~1975 年,欧洲经济合作与发展组织研究证实,酸雨地区几乎覆盖了整个西北欧。1974 年以后的研究证实北美地区也存在大面积的酸雨地区。我国在 70 年代末开始了酸雨研究监测工作,我国的酸雨主要分布在南方地区。在 1986 年 5 月于肯尼亚首都内罗毕召开的第三世界环境保护国际会议上,专家们认为,酸雨现象正在发展,已成为严重威胁世界环境的重大问题之一。

酸雨的主要危害是造成环境酸化。土壤酸化使有机质分解与氮固定受到抑制、营养元素流失、土壤贫瘠化,危害植物生长,粮食、蔬菜、瓜果大面积减产。湖泊酸化造成鱼虾死亡,水生生物种群减少。酸雨损坏植物叶面,导致森林退化或死亡。建筑物、工业设备和文物古迹等,会受到酸雨腐蚀。

科学家研究发现,当降水 pH 低于 4.6 时,将会对森林、农作物和材料产生损害。因此,西方发达国家多将降水 pH 低于 4.6 作为受控对象的标准。防治酸雨的根本措施是减少二氧化硫和氮氧化物的排放量。我国政府十分重视酸雨的防治工作。2000 年 9 月实施的《中华人民共和国大气污染防治法》,制定了包括排放大气污染物总量控制和划定酸雨控制区等一系列对策和措施,以减少二氧化硫和氮氧化物的排放量。由于一个地区的酸雨,除了来源于本地的二氧化硫和氮氧化物的排放外,还与周边地区有关,所以防治酸雨需要与有关地区协同一致,削减酸性气体的排放量。

臭氧层损耗的原因

地球大气层的厚度约 1 000 千米,在垂直方向上自下而上分为对流层、平流层、中间层和电离层。对流层高度在 7~12 千米,主要的大气现象几乎都集中在这里。平流层是从对流层顶至 50 千米。在平流层中部距地面 20~25 千米处,臭氧(O_3)和氧气(O_2)之间处于平衡状态,臭氧含量较高,形成了一个较为稳定的臭氧层。如果在零度温度条件下,沿着垂直方向将大气中的臭氧全部压缩到一个大气压,那么臭氧层的总厚度只有 3 毫米左右。臭氧能大



量吸收太阳紫外线,使臭氧层增温,同时使地球上的生物免受过多紫外线的伤害,成为地表生物系统的“保护伞”。

人类活动产生的化学物质进入臭氧层,与臭氧发生化学反应,使臭氧浓度减少,臭氧层变薄,甚至出现臭氧层空洞的现象,称为臭氧层损耗。1985年科学家首次在南极上空发现臭氧洞,后来在北极、青藏高原也发现这一现象。1998年发现位于南极洲上空的臭氧洞的面积已达 $2\,720$ 万 km^2 ,比整个北美洲的面积还要大。臭氧层被破坏,使太阳紫外辐射到地表的量大大增加,生物的生存受到危害,白内障和皮肤癌发病率增加,人类对一些疾病的抵抗力降低。导致臭氧层损耗的主要物质是氯氟烷烃(CFC_s)和溴氟烷烃。氯氟烷烃(CFC_s)又称氟利昂。自1928年人类首次合成后,氟利昂被广泛用作冰箱和空调制冷剂、塑料发泡剂、气溶胶喷雾剂和电子器件清洗剂等。溴氟烷烃(BFC_s)主要是哈龙(Halons),哈龙1211(CF_2BrCl)、哈龙1310(CF_3Br)和哈龙2420($\text{C}_2\text{F}_4\text{Br}_2$)一般用作特殊场合的灭火剂。此外,含氢氯氟烷烃(HCFC_s)、含氢溴氟烷烃(HBFC_s)、四氯化碳(CCl_4)、甲基氯仿(CH_3Cl_3)和甲基溴(CH_3Br)也是造成臭氧层损耗的重要物质。人们把这些导致臭氧层损耗的物质称为消耗臭氧层物质。它们在对流层中是非常稳定的,不与其他物质发生化学反应,经过一两年的时间,即可均匀分布在全球范围内的对流层中。

臭氧(O_3)是不稳定分子,太阳紫外辐射既能生成臭氧,也能使臭氧分解,产生氧(O_2)分子和游离氧原子。因此大气中臭氧的浓度取决于其生成与分解速度的动态平衡。消耗臭氧层物质在热带地区上空被大气环流输送到平流层,并在平流层内混合均匀。消耗臭氧层物质在太阳紫外辐射下分解,释放出活性很强的游离氯原子或溴原子。游离的氯原子或溴原子与臭氧分子反应,产生氯或溴的一氧化物。臭氧失去一个氧原子,变成氧分子。氯或溴的一氧化物与游离的氧原子反应,释放氧原子,形成更多的氧分子和游离氯原子或游离溴原子。新的游离氯原子或溴原子重新与其他臭氧分子反应,再度生成氧分子和氯或溴的一氧化物。如此反应循环不断,每个游离氯原子或溴原子可以破坏约



10 万个臭氧分子。这就是氯氟烷烃或溴氟烷烃破坏臭氧层的原因。

1987 年保护臭氧层的重要历史性文件《蒙特利尔议定书》在加拿大签署。1990 年通过《蒙特利尔议定书》伦敦修正案。1992 年通过了哥本哈根修正案。预计到 2050 年臭氧层空洞可望开始恢复。臭氧层保护是近代史上一个全球合作十分典型的范例。

室内空气污染物

室内空气污染是指因建筑材料、装饰物、家具、日常用品和生活等排放的污染物及室外空气污染物的影响,改变室内中某些原有成分的含量和增加某些有毒有害物质,导致室内空气质量下降并威胁人体健康的现象。室内空气污染物可分为化学性污染物、放射性污染物和生物性污染物 3 种类型。

化学性污染物主要包括甲醛、苯、甲苯和二甲苯等在内的挥发性有机物,氨、一氧化碳、二氧化碳、二氧化硫、二氧化氮和可吸入颗粒物等。其中甲醛、苯、甲苯、二甲苯和氨是室内空气最主要的污染物。

甲醛是一种无色、具有刺激性且易溶于水的气体,是构成粘合剂与防腐剂的重要成分。室内空气中的甲醛主要来源于人造木板、装修材料和新的组合家具。使用由脲醛树脂制成的隔热材料,由甲醛作防腐剂的涂料、化纤地毯、化妆品、清洁剂、杀虫剂、消毒剂等产品,以及室内吸烟等,均可释放甲醛气体。甲醛对人体健康的影响,主要表现在嗅觉异常、刺激、过敏、肺功能异常、免疫功能异常等方面。当室内空气中甲醛含量为 0.1 毫克/米^3 时就有异味和不适感, 0.5 毫克/米^3 时可刺激眼睛引起流泪, 0.6 毫克/米^3 时引起咽喉不适或疼痛,浓度再高可引起恶心、呕吐、咳嗽、胸闷、气喘甚至肺气肿。长期接触甲醛气体,可出现头痛、头晕、乏力、视力障碍、皮肤干裂等毒害。一般新装修的房子甲醛的含量可达到 0.4 毫克/米^3 ,个别则有可能达到 1.5 毫克/米^3 。室内空气质量标准 (GB / T18883—2002) 规定,室内甲醛的浓度不得高于 0.1 毫克/米^3 。

苯、甲苯和二甲苯在工业上被称为“三苯”。室内空气中的三



苯主要来源于溶剂、粘合剂、油漆、涂料、墙纸、洗涤剂 and 合成纤维等。在“三苯”中以苯的毒性最大,处于散发着苯气味的密封房间里,人可能在短时间内就会出现头晕、胸闷、恶心、呕吐等症状,若不及时脱离现场,便会导致死亡。科学家发现,吸入 0.4% 以上的苯,短时间内使人出现头痛、欲呕、步态不稳、昏迷、抽筋及心律不齐等症状,吸入 1.4% 以上的苯会使人立即死亡。室内空气质量标准(GB / T 18883—2002)规定室内苯的浓度不高于 0.11 毫克/米³,甲苯和二甲苯的浓度标准为 0.20 毫克/米³。

氨是一种无色,但有刺激性气味的碱性气体。室内空气中的氨主要来源于混凝土防冻剂。北方冬季施工中,为了提高混凝土的强度,在混凝土中加入了含有尿素的防冻剂。房屋建成后,混凝土中的大量氨气释放出来。家具涂饰时使用添加剂和增白剂大部分都用氨水。烫发过程中氨水作为一种中和剂而被洗发店和美容院大量使用。人对氨的嗅阈值为 0.5~1.0 毫克/米³。短期内吸入大量的氨可出现流泪、咽痛、头晕、恶心等症状,严重者会造成呼吸道、眼黏膜及皮肤损害等。室内空气质量标准(GB / T 18883—2002)规定室内氨的浓度标准为 0.20 毫克/米³。

室内放射性污染物主要是氡。氡是自然界惟一的天然放射性气体,室内空气中的氡来源于建筑水泥、矿渣砖和装饰石材。氡本身为惰性气体,吸入后对人体几乎没有危害,但其衰变产物钋-218 和钋-214 带电荷,可直接或附着在空气中的悬浮微粒上被吸入。它们一旦被吸入,会停留在肺中,引起局部组织损伤,诱发肺癌和支气管癌等。

室内生物性污染主要是细菌,主要来源于地毯、毛绒玩具和被褥等。

水体主要污染物的来源

引起水体污染的污染物称为水体污染物。水体污染物按其在水体中的状态或形态,可分为水体颗粒物、浮游生物和溶解物质。按危害特征,可分为耗氧有机物、难降解有机污染物、植物性营养物质、重金属污染物、放射性污染物、石油类污染物和病原体等。



在环境保护中重点控制的水体污染物,主要是化学耗氧量(COD)、石油类、氨氮、挥发酚、氰化物、砷化物、汞和六价铬。

化学耗氧量是指化学氧化剂氧化水中有机污染物所需氧量。化学耗氧量越高,表示水中有机污染物越多。水中有机污染物主要来源于生活污水或工业废水的排放,动植物腐烂分解后流入水体产生的。水体中有机物含量过高可降低水中溶解氧的含量,当水中溶解氧消耗殆尽时,水质则腐败变臭,水生生物缺氧,以至死亡。

石油类主要来源于石油的开采、炼制、储运、使用和加工过程。石油类污染对水质和水生生物有相当大的危害。漂浮在水面上的油类可迅速扩散,形成油膜,阻碍水面与空气接触,使水中溶解氧减少。油类含有多环芳烃致癌物质,可经水生生物富集后危害人体健康。

氨氮指以氨或铵离子形式存在的化合氨。氨氮主要来源于化工、冶金、石油化工、油漆颜料、煤气、炼焦、鞣革、化肥等工业废水和生活污水。雨水径流、农用化肥的流失,也是氨氮的重要来源。氨氮是水体中的营养素,可导致水富营养化现象产生,是水体中的主要耗氧污染物,对鱼类及某些水生生物有毒害作用。

挥发酚主要来源于含酚废水,如焦化厂、煤气厂、煤气发生站、石油炼厂、木材干馏、合成树脂、合成纤维、染料、医药、香料、农药、玻璃纤维、油漆、消毒剂、化学试剂等工业废水。酚类属有毒污染物,但毒性较低。酚类化合物对鱼类有毒害作用,鱼肉中带有煤油味就是受酚污染的结果。

氰化物包括无机氰化物、有机氰化物和络合状氰化物。水体中氰化物主要来源于冶金、化工、电镀、焦化、石油炼制、石油化工、染料、药品生产以及化纤等工业废水。氰化物具有剧毒,对人的致死量平均为 50 微克,氰化钠约 100 微克,氰化钾约 120 微克。氰化物经口、呼吸道或皮肤进入人体,极易被人体吸收。急性中毒症状表现为呼吸困难、痉挛、呼吸衰竭,导致死亡。

砷化物主要来源于硫酸、氮肥与锰铁合金等工业废水,使用含砷农药也可引起水体砷污染。一切砷化物都具有强烈毒性。常见



的有亚砷酸酐,俗名砒霜。饮用含微量砷的水质会引起慢性中毒,使食管黏膜损伤,并会在人体中积蓄,有害健康。

汞主要来源于重金属冶炼、仪器仪表制造、食盐电解、化工、农药、塑料等工业废水,空气与土壤中的汞经雨水淋溶冲刷也可进入水体。汞的化合物对人体与动物都有很强毒性,能危害中枢及末梢神经,并可形成积累性的慢性中毒。

六价铬主要来源于电镀、印染、电池、火柴、制革与机器制造等工业废水。铬是生物体所必需的微量元素之一。铬的毒性与其存在的价态有关,通常认为六价铬的毒性比三价铬的毒性强 100 倍。六价铬更容易为人体吸收而且在体内蓄积,导致肝癌。

地表水污染

河流、湖泊、水库、沼泽等地表水中的污染物含量超过了水体的自净能力,改变了水体的物理、化学性质,破坏了水体的原有用途和功能,这种现象叫做地表水污染。

地表水污染是一个普遍而严重环境问题。我国的江河湖库淡水普遍受到污染,有的甚至受到严重污染。2004 年我国长江、黄河、珠江、松花江、淮河、海河和辽河等七大水系的 412 个水质监测断面中,符合地表水 1~3 类水质的断面比例为 41.8%,符合地表水 4~5 类水质的断面比例为 30.3%,劣于地表水 5 类水质的断面比例为 27.9%。在监测的 27 个重点湖库中,满足 2 类水质的湖库 2 个,占 7.5%;3 类水质的湖库 5 个,占 18.5%;4 类水质的湖库 4 个,占 14.8%;5 类水质湖库 6 个,占 22.2%;劣 5 类水质湖库 10 个,占 37.0%。其中太湖、巢湖和滇池等三湖水质均为劣 5 类。

地表水污染的危害是多方面的。地表水污染加剧了水资源短缺,严重地制约了社会经济发展。受污染的地表水中有害物质会在土壤中积累并被植物吸收,通过食物链威胁人体健康。饮用被污染的水源,可以引起细菌性肠道传染病,造成慢性或急性中毒,甚至死亡。

造成地表水污染的原因,主要是工业废水、生活污水和船舶废水的大量排放。地面径流、含有农药肥料的农田排水、水土流失、



工业固体废物和生活垃圾等,也可造成地表水污染。

地表水污染按污染物的性质不同,主要分为化学性污染、物理性污染和生物性污染三大类。化学性污染主要是由无机物、有机物、重金属、植物营养物质和石油类等物质引起的污染。物理性污染主要由悬浮物质、热污染和放射性污染引起。生物性污染主要指由微生物和病原菌等引起的污染。我国的河流主要污染物为氨氮、生化需氧量(BOD_5)、高锰酸盐指数和石油类,湖泊主要污染物是总氮和总磷。

控制地表水污染的主要措施是科学合理地划分水体的使用功能,调整产业结构,关闭耗水量大、污染重、治污代价高的企业,发展循环经济;对排污企业进行厂内废水治理;建设城市污水处理场,提高城市污水处理率和回用率。严格控制农业面源污染,强化水环境管理。

地下水污染

地下水中的污染物含量超过了水体的自净能力,改变了水体的物理、化学性质,破坏了水体的原有用途和功能,这种现象叫做地下水污染。

地下水污染是由于人为因素造成地下水水质恶化的现象。地下水污染的途径:一是工业废水通过渗井、渗坑向地下直接排放,引起地下水污染;二是被污染的地表水补给地下水,造成地下水污染;三是工业废水、生活污水、生活垃圾、农业灌溉回返水、污灌水等渗入地下,引起地下水污染。

地下水的主要污染物区域差异比较明显。如在农耕区由于过多施用氮肥,有 $12.5\%\sim 45\%$ 的氮从土壤中流失并污染了地下水,造成农耕区地下水硝酸盐的含量严重超标。在石油勘探、开采和石油化工业区,地下水主要污染物是石油类和有机物。在沿海地下水超采区,氯化物污染较为普遍。华北地区地下水主要污染物为三氮、铬、酚、砷、汞、氰、氟、细菌和大肠菌群等。

我国地下水污染问题比较严重,主要表现在地下水污染范围日益扩大,局部地段水质恶化。据专家调查,全国 $2/3$ 的城市地下



水水质普遍下降。在 185 个城市的 253 个主要地下水开采地段中,污染趋势加重的占 25%。地下水污染威胁人体健康,据统计,全国饮用不符合标准的地下水的人数达数千万之多。因天然水质不良导致水型氟中毒、碘缺乏病、克山病等各种疾病的发病率不断增加。现代医学发现,人的疾病 80% 与水有关,垃圾、污水、农药类、石油类等废弃物中的难降解有毒物,很容易通过地下水直接进入食物链。

地下水由于深埋地下,一旦遭受污染,治理起来不仅非常困难,而且代价极高,因为它涉及受污染土壤及含水层的治理和恢复。在地下水环境保护工作上要坚持以防为主的方针,宁肯在预防上投入足够的人力、物力,而不要在污染发生后付出更大代价去治理。

海洋污染

由于人类活动向海洋排放大量的污染物质,引起海洋环境恶化的现象称为海洋污染。引起海洋污染的物质叫做海洋污染物。海洋污染物主要有耗氧有机物、氮磷营养物质、重金属、有毒有机物、放射性物质、固体废物等。这些污染物大多来自陆地,故称之为陆源污染物。陆源污染物通过江河流入海洋,或直接进入海洋。有些污染物来自船舶、海产养殖、海洋倾废和垃圾填海、海上石油开采及航运事故等。

海洋污染的特点是,污染源多、持续性强、扩散范围广、难以控制。海洋接受来自河流、排污、倾废、大气降水降尘、养殖、采矿和船舶等各个方面的污染物。这些污染物进入海洋,往往会大范围扩散;而难溶解或不易分解的物质,在海洋中积聚,或通过食物链传递。要消除海洋污染的费用很大,而且难以彻底清除干净。

海洋污染主要发生在近岸海域。世界上污染最严重的海域有波罗的海、地中海、东京湾、纽约湾、墨西哥湾等。我国的渤海、黄海、东海和南海的污染状况也相当严重。2004 年我国近岸海域一、二类海水比例占 49.6%,三类海水比例占 15.4%,四类、劣四类海水占 35.0%。南海近岸海域污染较轻,四类和劣四类海水比例为



9.5%；东海污染较重，四类和劣四类海水比例为 61.3%。影响全国近岸海域水质的主要污染因子是无机氮和活性磷酸盐，部分海域铅、铜和石油类样品超标率较高，少数海域溶解氧、化学需氧量、汞、pH 和非离子氨超标。

海洋污染的危害很多。海洋污染物通过食物链浓缩传递，可危及人体健康、损害海洋生物、降低海产品数量与质量，使海洋生态环境恶化，引起赤潮灾害，破坏海洋的生态平衡。

饮用水污染

饮用水污染是指饮用水中的污染物含量超过了国家《生活饮用水水质卫生规范》规定的水质标准而失去饮用功能，危害人体健康的现象。

引起饮用水污染的原因：① 饮用水源地污染。大量的工业废水和生活污水直接或间接地排入江河、湖泊和水库，引起地表水和地下水污染，直接或间接地污染饮用水源地。大量的生活垃圾、农田灌溉回水、水土流失等，也会引起饮用水源地污染。② 二次供水污染。在我国城镇人口中，约有 60% 的居民使用二次供水，而且这个比例还随着建筑物的增高逐渐扩大。二次供水设施主要为水池、水箱、水塔及供水管线等。供水设备内表面涂层脱落，如金属贮水设备防锈漆的脱落、混凝土贮水设备水泥砂浆抹面中的有害渗出物，影响贮水设备内贮水水质。贮水设备的地下水池通常是生活用水与消防用水合并，致使贮水设备容积过大，水在设备中的停留时间过长，影响饮用水水质。贮水设备进出水管的位置不合适，造成水池内出现死水区。泄水管与下水管连接不合理，一旦停电、停水时，水管内形成负压，将下水吸入自来水管，进入供水系统。贮水设备的配套不完善，如通气孔无防污染措施，入孔盖板密封不严密，埋地部分无防渗漏措施，溢、泄水管出口无网罩，无二次消毒设备等。二次供水设备未定期进行清洗、消毒，均可使水质逐步恶化。③ 水处理过程中产生污染。水处理过程中使用的混凝剂和消毒剂也会引起二次污染。另外，突发性污染事故也会造成饮用水源污染。例如，2005 年 11 月 13 日中石油吉林石化公司双



苯厂发生爆炸事故,事故区域排出的污水通过吉化公司东 10 号线进入松花江,苯、苯胺、硝基苯、二甲苯等主要污染物均超过国家规定标准,污染带长约 80 千米,造成松花江重大环境污染事件,松花江沿岸数百万人饮用水困难。

饮用水中的污染物种类很多。我国《生活饮用水水质卫生规范》中规定了 96 项水质指标。饮用水中主要的污染物质是有机物,细菌总数、总大肠菌群也是常见的饮用水污染物。据 164 个县的 1 543 个监测点长期调查发现,20% 的水样的色度、浑浊度、铁、锰、砷、氟超标,30% 的水样有机污染物超标,46.3%~66.2% 的水样大肠杆菌超标。

全世界超过 10 亿的人口缺乏清洁的饮用水,使人类健康受到威胁。据世界卫生组织(WHO)统计,80% 的疾病与水有关,至少有 53 种疾病来源于不符合标准的饮用水。

水污染的化学过程

水污染化学过程导致了天然水体水质转化,包括酸碱中和反应、水解反应、氧化还原反应和光化学反应等过程。

酸碱中和反应是天然水体常见的化学反应,对调控天然水体的酸碱平衡具有非常重要的作用。大量酸性或碱性化学物质排入天然水体,水体酸碱度发生变化,使酸碱平衡向酸性或碱性方向移动。天然水体达到酸碱平衡时,水体的 pH 通常在 6~9。

水解反应是酸碱中和反应的逆过程。天然的水是一种弱电解质,自身存在着电离平衡,水中 H^+ 离子的浓度与 OH^- 离子的浓度相等。水体中的某些盐类物质接受了水电离出来的 H^+ 或 OH^- ,破坏了水体的电离平衡,导致盐类物质水解。水体中污染物的水解反应非常普遍,有些有机污染物水解后的产物往往具有较小的毒性。

氧化还原反应是水体的重要反应过程。在有氧条件下,水体中碳氢化合物、脂肪、蛋白质等有机化合物在微生物等作用下,发生氧化还原反应,有机化合物被分解为二氧化碳等简单的无机物,同时消耗大量的氧气,氧气被完全还原成水。这一反应过程称为



氧气/水氧化还原反应。当水体中存在大量有机物时,氧气/水氧化还原反应首先耗尽了水中的溶解氧,然后发生硝酸盐氧化有机物的过程,生成 CO_2 、 NH_4^+ 、 H_2S 和 CH_4 等还原性物质。这一反应过程称为缺氧条件下的氧化还原反应。水体中的铁(三价)、锰(四价)化合物在催化作用下,也会被还原成二价铁、锰化合物。

光化学反应是指有机化合物在水环境中吸收了阳光辐射波长大于 290 纳米的光能而发生的分解过程。污染物的光分解速率不仅取决于水环境的性质(如太阳辐射光的强度、光敏剂存在与否等),也取决于有机物的性质(如污染物的种类及对光的吸收程度等)。如乙拌磷杀虫剂在光敏剂腐殖酸和富里酸存在下,可发生光解反应。酚在天然水中的光解速度,随季节而有很大变化。

环境保护的“哨兵”——环境监测

环境监测是指用化学、物理、生物或综合性方法,间断或连续地测定环境污染因子的浓度(或强度)在时间和空间上变化规律的过程,包括监测点位的设置、样品采集、实验室分析、监测数据处理与分析等步骤。环境监测的主要任务是说明环境质量现状及其变化趋势,监控污染源排污状况。

环境监测按监测对象可分为环境质量监测和污染源监测。以环境要素为对象的监测称为环境质量监测,如大气环境监测、水环境监测、土壤环境监测、环境生物监测、环境噪声监测、放射性监测和电磁辐射监测等。以污染源为对象的监测称为污染源监测,如化工厂污水监测、锅炉废气监测、交通噪声监测等。

环境监测按监测目的可分为例行监测和研究性监测。例行监测主要是对环境主要污染因子进行定期的、长时间的监测,以评价环境质量、污染源排污状况及其变化,为政府环境管理与环境决策提供依据。例行监测是目前我国环境监测工作量最大、涉及面最广的环境监测工作。如我国开展的七大水系及湖泊水质监测、地下水监测、近岸海域水质监测、城市空气监测等。研究性监测主要是指为研究重大环境污染问题、开展环境监测技术方法研究而进行的环境监测。如中国 20 世纪 80 年代中期进行的全国粮食农药



残留量的调查研究,全国酸雨分布污染特征及变化趋势监测,全国土壤环境背景调查研究,全国饮用水源地有机污染现状调查等。

环境监测是环境保护的基础工作,随着环保事业的发展 and 人们对环境问题的日益重视,环境监测在环境保护工作中的地位与作用不断提高。在 1981 年召开的第二次全国环境监测会议上,提出了环境监测是环境保护的“耳目”和“哨兵”,要求掌握环境质量的变化趋势,开展污染源监测。在 1990 年召开的第四次全国环境监测会议上,进一步提出环境监测不仅是环境保护的“耳目”、“哨兵”,也是“尺子”,是评价环境质量变化和衡量排污达标与否的手段。1994 年国家环保总局发布的“国家环境保护局关于进一步加强环境监测工作的决定”中明确指出:“环境监测是一项政府行为。”

随着环境监测技术发展,环境监测领域的不断扩大,环境监测方法的不断创新,环境监测对象已从单纯的污染因子监测,发展到对植被、海洋、物种、土地利用与覆盖、水土流失、沙漠化等自然环境多要素的生态环境监测,并出现环境污染应急监测、环境污染纠纷仲裁监测、海水浴场水质监测、室内环境监测等多项监测。环境监测方法也从常规的实验室监测分析方法,发展到野外现场快速监测、自动监测和遥感监测。

水污染常用的监测分析指标

根据《地表水环境质量标准》(GB3838-2002)和《污水综合排放标准》(GB8978-1996)规定,地表水环境质量基本分析指标有 24 项,集中式生活饮用水源地分析指标有 45 项,污水分析指标有 89 项。水污染常用的监测分析指标主要有 pH、水温、溶解氧(DO)、化学耗氧量(COD)、生化需氧量(BOD_5)、高锰酸盐指数、石油类、氨氮、总氮、总磷、挥发酚、氰化物、砷化物、汞、六价铬和粪大肠菌群等。

(1) pH 为水中氢离子活度的负对数,反映水体受到酸碱污染的程度。水温反映水体的热污染程度,与水的物理化学性质有密切联系。溶解氧(DO)反映水体自净能力,溶解氧含量较高,表示



水体自净能力强;反之,水体中污染物不易被氧化分解,自净能力差,甚至水质变臭。

(2) 化学耗氧量(COD)、生化需氧量(BOD_5)和高锰酸盐指数,是反映水体有机污染状况的重要指标。化学耗氧量(COD)是指用重铬酸盐氧化剂氧化水中耗氧污染物时所消耗的重铬酸盐中的氧量,主要反映水体受有机物污染的程度。COD 数值越大,说明水体受污染越严重。生物化学需氧量(BOD)是指有氧条件下,微生物分解水体中有机物的生物化学过程中所需溶解氧的量。进行生物氧化,消耗水中生化需氧量的大小反映了水体中可生化有机物质含量的多少,说明水体中污染物被微生物氧化分解的难易程度。高锰酸盐指数是指在酸性或碱性介质中,以高锰酸钾为氧化剂,处理水样时所消耗的氧量,是反映水体中部分有机物和还原性无机物污染程度的常规综合指标。

(3) 石油类指原油和原油加工后的产品。石油类漂浮在水面上可影响空气与水的氧交换,消耗水中的溶解氧,使水质恶化。

(4) 氨氮、总氮和总磷是反映水体营养盐状况的重要指标。氨氮(NH_3-N)以游离氨(NH_3)或铵盐(NH_4^+)形式存在于水中,是水体中的主要耗氧污染物,对鱼类及某些水生生物有毒害。总氮是水体中有机氮和无机氮的总量,主要反映水体受氮污染的程度。总磷以各种磷酸盐的形式存在于水体中,是水体中常见的营养元素。水体中氮、磷含量过高,生物和微生物大量繁殖,消耗水中的溶解氧,造成水体富营养化。

(5) 挥发酚、氰化物、汞、砷化物与六价铬等“五毒”污染,对人体危害最大,是水污染监测必测指标。挥发酚主要来源于含酚废水,能与水蒸气一起挥发,毒性很大。浓度超过 0.05 毫克/升时,即可使鱼致死。氰化物属于剧毒物质,中毒后引起呼吸困难,造成全身细胞缺氧。汞的化合物对人体与动物都有很强毒性,能危害中枢及末梢神经,并可形成积累性的慢性中毒。砷化物具有强烈毒性,常见的有亚砷酸酐俗名砒霜。饮用含微量砷的水质会引起慢性中毒。水中铬主要有三价铬和六价铬两种价态,六价铬的毒性比三价铬的毒性强 100 倍。



(6) 粪大肠菌群表示水体受人畜粪便污染的程度。大肠菌群越高,水体污染越重。

环境监测系统的现代化——水质自动监测

水质自动监测是一种以在线自动水质分析仪为核心,运用自动控制、自动测量、传感器及计算机等技术手段,对地表水进行连续采样、分析测定和数据传输的水质监测技术。水质自动监测实现了水质监测自动化,能够及时反映水质状况及其变化趋势,预警或预报水质污染事故,实现水质信息共享。

水质自动监测在国外起步较早,1959年美国就开始了俄亥俄河水质自动监测工作,1966年安装了第一个水质监测自动电化学监测器。到1975年美国共有1.3万个监测站建成为水质自动监测网。20世纪70年代,英国、德国、挪威、澳大利亚、日本等经济发达国家都建设了水质自动监测站,开展了水质自动监测工作。这一时期的水质自动监测多属瞬时测定。80年代连续多参数水质测定仪开始使用,水质监测完全实现了自动化。

1988年,我国在天津建立了第一个水质连续自动监测系统,开展水质自动监测试点。1998年以后,水质自动监测站的建设有了较快的发展。全国七大水系均建设了水质自动监测系统,实现了水质自动监测周报。2003年3月,国家环保总局发布了《水质自动分析仪技术要求》(HJ/T 96—104—2003),规定了pH、电导率、浑浊度、溶解氧(DO)、高锰酸盐指数、氨氮、总氮、总磷和总有机碳(TOC)等水质参数的自动分析仪技术要求,促进了我国水质自动监测系统的发展。

水质自动监测系统主要由七部分组成:①自动监测站房。站房选址应能保证样品采集的代表性,并具备供水、供电、交通方便等条件。②采样系统。其主要设备为潜水泵和离心泵。采样系统要满足防堵塞、自动反冲洗、安装维护方便等要求。③预处理系统。按照水质自动分析仪的要求选配水样预处理方式,并具有过滤、定期反冲洗、压力和流量指示等基本功能。④分析测量系统。主要由水质自动分析仪和水文测量仪构成。常用的水质自动



分析仪包括常规五参数分析仪(水温、pH、溶解氧、电导率、浑浊度)和化学需氧量(COD)、高锰酸盐指数、总有机碳(TOC)、总需氧量(TOD)、氯离子、氟离子、硝酸盐、氰化物、氨氮、总氮、总磷、酚类和油类分析仪等。水文测量仪包括流速仪、流量计等。⑤ 控制系统。主要功能是对分析仪器设备进行安全保护、自动开关、清洗、断电保护、来电显示等。⑥ 数据传输系统。利用通信网和计算机网络系统,实现水质信息上传和资料共享。⑦ 辅助系统。主要设备是空气压缩机、稳压电源、自来水净化和废水处理设备等。

大气污染常用监测分析方法

大气污染常用监测分析方法按大气污染物的类型,可分为无机污染物、有机污染物、颗粒物及降水等四部分。

大气无机污染物的监测项目主要是二氧化硫(SO_2)、氮氧化物(NO_x)、一氧化碳(CO)、二氧化碳(CO_2)、硫化氢(H_2S)、氯化氢(HCl)、氨(NH_3)、氯气(Cl_2)等。监测分析方法是先用化学溶液吸收,然后用紫外可见分光光度法测定。紫外可见分光光度法的理论基础是朗伯-比尔吸收定律。朗伯-比尔吸收定律指出,当一束平行单色光通过均匀、非散射的稀溶液时,溶液对光的吸收程度与溶液的浓度及液层厚度的乘积成正比。紫外可见分光光度法的基本原理是选定一定波长的光照射被测物质溶液,测量其吸光度,再依据吸光度计算出被测组分的含量。测量仪器为紫外可见分光光度计,由光源、单色器、吸收池、检测器和信号显示器组成。

大气有机污染物常用监测分析方法是气相色谱-质谱联用分析法(GC/MS)(简称色质谱法)。气相色谱-质谱联用分析法(GC/MS)是把气相色谱仪(GC)和质谱仪(MS)结合起来进行分析的方法。气相色谱仪(GC)用来分离多组分的混合污染物。原理是利用混合物中各组分在不同的两相中溶解、解析、吸附、分配及其他亲和作用的性能差别,在两相作相对运动时,各组分在两相中反复多次受到上述各作用力的作用以达到相互分离。质谱仪(MS)用于对各组分进行分析。原理是通过对分离后的样品离子的质量和



强度的测定,来进行各成分和结构分析。被分析的分离物首先离子化,然后利用离子在电场或磁场中的运动性质,把离子按质荷比分开,记录并分析离子按质荷比大小排列的谱(通常称质谱)即可实现对样品成分和结构的测定。其测量仪器为色质联仪,它是由色谱仪、分子分离器和质谱仪组成。

大气颗粒物主要监测项目是总悬浮颗粒物(粒径在 100 微米以下)和可吸入颗粒物(粒径在 10 微米以下),常用监测分析方法为称重法。称重法的原理是抽取一定体积的气体,通过已知重量的滤膜,一定粒径范围内的颗粒物被收集在滤膜上,根据滤膜采样前后的重量差和采样体积即可计算出颗粒物的浓度。

测定大气降水中 F^- 、 Cl^- 、 NO_2^- 、 NO_3^- 、 SO_4^{2-} 等阴离子的常用方法是离子色谱法。离子色谱法测定降水中阴离子是利用离子交换原理进行分离,由抑制柱抑制淋洗液,扣除背景电导,然后利用电导监测器进行测定。根据混合标准溶液中各阴离子出峰的保留时间和峰高可定性,定量检测样品中 F^- 、 Cl^- 、 NO_2^- 、 NO_3^- 、 SO_4^{2-} 离子。离子色谱仪是测定大气降水中阴离子的常用仪器,是由淋洗液贮罐、高压泵、进样阀、分离柱、抑制柱、检测器和放大记录等部件组成,分为输送系统、分离系统、检测系统和数据处理系统。



第六章

环境物理学

环境物理学的概念

20 世纪初人们开始研究声、光、热等物理因素对人类生活和工作的影响。50 年代以后物理性污染日益严重,对人类造成的危害越来越大,促使将物理学的分支学科(如声学、光学、热学、电磁学、力学等)研究拓展到环境保护的领域,并取得一定的成果。在此基础上,逐渐汇集、形成了一门新的边缘学科——环境物理学。

环境物理学研究的主要内容,包括声、光、热、加速度、振动、电磁场和射线等物理污染因子对人类的影响及其评价,以及消除这些影响的途径和控制措施,研究适宜于人类生活和工作的声、光、热、电等物理环境条件。根据环境物理学的研究对象,可分为环境声学、环境光学、环境热学、环境电磁学和环境空气动力学等分支学科。

环境声学主要研究噪声的产生、传播、测量、评价和控制,以及噪声对人类的生活和工作产生的影响和危害,包括对引起噪声的固体振动研究和隔振、防振减振措施。环境光学研究适宜于人的光强及其变动范围,控制和改善人类需要的光环境,消除光污染的危害和影响。热污染会危害自然生态系统,影响人类的生活环境。特别是大量化石燃料的燃烧及城市人口的密集产生的热污染,引起了所谓的温室效应和热岛效应,干扰了地球环境的热平衡。环



境热学研究的主要内容是揭示热环境和人类活动的相互作用,控制热污染,为人类创造舒适的热环境。环境电磁学主要研究电磁辐射对环境的污染及其所造成的危害。环境空气动力学除了研究地球的旋转作用和重力作用,大气密度和温度的分层结构、大气中的相变等对大气运动的影响外,还研究大气污染对大气运动的影响及其对气象的干扰,大气中或水体中污染物质在风、日、光、重力作用下的扩散或下沉等内容。

噪声污染

从环境学的角度理解,凡是人们不需要的声音统称为噪声。噪声可能是自然现象产生的,也可能是由于人类的活动产生的。在物理学上把噪声定义为振幅和频率杂乱、断续,或统计上无规则的声振动。当声音超过人们生活和社会活动所允许的程度就成为噪声污染。产生噪声污染的基本要素是噪声的发生源、声音的传播途径和接收者。

环境中的噪声有的来自自然过程,如火山爆发、地震、雪崩和滑坡等自然现象产生的空气声、地声(在地内传播)和水声(在水中传播),自然界中潮汐声、雷声、风声、陨石进入大气层的轰声,以及动物发出的声音等,这些非人为活动产生的噪声称为自然界噪声。通常所说的噪声污染是指人为造成的,产业革命以来各种机械设备的创造和使用,给人类带来了繁荣和进步,但同时也带来了越来越强烈的噪声污染。

我们称噪声污染的发生源为噪声源。① 工业噪声源:工厂中各种辐射噪声的设备,如运转中的通风机、鼓风机、内燃机、空气压缩机、汽轮机、织布机、印刷机、电锯、电机、风铲、风钎、球磨机、振捣台、冲床、锻锤等。② 交通噪声源:运行中的各种汽车、摩托车、拖拉机、火车、飞机、轮船等。③ 建筑施工噪声源:运转中的打桩机、混凝土搅拌机、压路机、铺路机、空气压缩机、凿岩机等。④ 社会生活噪声源:指社会活动和家庭生活产生的噪声,如集会、娱乐、商业等社会活动和家用电器产生的噪声等。



与其他的环境污染相比,噪声污染有自身的特点。一是主观性。一种声音是否是噪声由感受者主观感觉来决定。一支优美的乐曲对于正在享受音乐的人来讲十分动听,对于正在休息的人来讲则是噪声。噪声标准是根据不同时间、不同地点和感受者的不同行为来决定的。二是暂时性。噪声污染是一种物理污染,声源停止发声,噪声污染将立即消失,没有残存污染物质,也不会环境中累积,这是其暂时性特点。三是局限性。环境噪声影响的范围一般不大,不像大气或者水体污染可以扩散或传递到很远的地区,甚至形成全球性影响。四是分散性。即噪声源常常是分散的,对于噪声污染的影响只能规划性防治或对噪声源采取工程技术措施予以控制,而不能像废水污染那样集中处理。

噪声在空气中的传播

噪声来源于物体的振动。说话时,用手摸自己的喉部,可以感觉到声带的振动;扬声器(即喇叭)发声时,用手去摸扬声器的纸盆,可以感觉到它的振动。物体振动产生的能量通过空气(介质)传播到接受者,这就是声音。当这种声音能量超过一定程度,使人感到不适或危及健康时,就成为噪声。噪声作为一种声波在空气中传播的情况是比较复杂的,声波传播的距离有限,即声波在传播的过程中能量是逐渐减少的,我们称之为衰减。声能衰减的原因很多,主要是由于声波传播范围的扩大而引起的扩散衰减,有的是由于空气能够吸收声波能量而引起声强的减少,距离越远空气的声吸收也就越大。

噪声在空气中传播遇到障碍物,会产生反射、折射和绕射现象。反射即声波遇到障碍物后,可能会反射回去;折射是指声波传播中遇到障碍物时,可能改变了传播方向发生折射;或者声波的频率比较低,波长较长,而障碍物的大小比波长小得多时,声波能绕过障碍物,在障碍物的后面继续传播。如果声波频率比较高,波长较长,障碍物比波长大得多时,则绕射现象不明显。人们根据噪声产生和传播的特点,通常在控制噪声污染时,采取减振、阻隔、吸声



工程措施或给接受者戴护耳防噪声装置,来减轻和消除噪声的不利影响及危害。

常用的噪声测量仪器

噪声测量仪器有很多,最基本、最常用的是声级计和频谱分析器。

(1) 声级计:按用途可分为一般声级计、脉冲声级计和积分声级计(噪声暴露计或噪声剂量计);按精度可分为0型、1型、2型、3型四类。0型声级计的精确度为 ± 0.4 分贝,是实验室标准声级计;1型声级计的精确度是 ± 0.7 分贝,一般在实验室或声学条件可以严格控制的现场使用;2型声级计的精确度是 ± 1 分贝,适用于一般现场噪声测量;3型声级计的精确度是 ± 1.5 分贝,一般用于现场噪声的普查。从指示方式上可以分为指针式声级计、数字式声级计和积分式声级计。声级计一般由传声器、电压放大器(或衰减器)、频率计权网络(或滤波器)、有效值检波器和指示器组成。

声级计是噪声测量中的基本仪器,工作原理是由传声器把所测得的噪声信号转变成电信号,电压放大器或衰减器对由传声器传来的电信号进行适当的放大或衰减,信号经过频率计权网络或滤波器和有效值检波器进入指示器显示出数据。声级计给出的数据就是所测的噪声在一定条件下的声级值(单位:分贝)。

(2) 频谱分析器:一般是由带通滤波器和声级计组成,滤波器的通带宽度决定频谱分析器的类型。常用的频谱分析器有倍频带分析器、窄带分析器和恒定带宽分析器。倍频带分析器具有分析速度快、工作点稳定等特点,对于不需要很高的频率分辨率或宽带噪声的情况,倍频带分析器是很适用的,但它不易处理窄带噪声。如果对噪声进行更详细的频谱分析,就要使用窄带分析器。恒定带宽分析器能有效地跟踪所要求的全部频率范围。

在噪声测量中,可利用电平记录仪把信号的频谱记录下来。如果要把现场测量的结果带回实验室进行进一步分析,可使用磁带记录仪把现场噪声信号记录下来。电平记录仪和磁带记录仪也



是噪声测量中常用的仪器。

常见的噪声控制技术

噪声属于一种物理污染,具有局部性和无后效污染的特点。噪声的控制主要是控制声源和声的传播途径,保护接受者。

(1) 噪声源控制:这是一种治本的方法。如控制运转的机械设备和交通运输工具,主要方法两种:一是改变结构,提高部件的加工精度和装配质量,采用合理的操作方法降低源强。二是采用吸声、隔声、减振、隔振等技术,或安装消声器等,以控制声源的噪声辐射。采用不同的噪声控制方法可以收到不同的降噪效果,如将机器传动部分的普通齿轮改造成有弹性轴套的齿轮,可降低噪声 15~20 分贝;把铆接改成焊接,把锻打改成摩擦压力加工等,一般可减低噪声 30~40 分贝。

(2) 传声途径控制:由于噪声传播过程中能量随着距离的增加而衰减,因此将噪声源远离敏感区域,可以达到降噪的目的;对于高频噪声可以通过控制噪声的传播方向(包括改变声源的发射方向)来降噪;建立隔声屏障,或利用天然屏障(土坡、山丘),以及利用其他隔声材料和隔声结构来阻挡噪声的传播;应用吸声材料和吸声结构,将传播中的噪声声能转变为热能等;对于固体振动产生的噪声,采取隔振措施减弱噪声的传播,机械振动产生的噪声辐射,一般采取减振或隔振措施,降噪效果为 5~25 分贝。机械运转使厂房的地面或墙壁振动所产生的噪声辐射,可采用机械减振基座或阻尼措施。

(3) 接受者的防护:为了防止噪声对人的危害,接受者可戴护耳器,如耳塞、耳罩、防声盔等;根据听力检测结果,适当调整在噪声环境中的工作人员。例如在一个车间,如果噪声源是一台或几台机器,而车间里工人较多,一般可对噪声源设置采用隔声罩,降噪效果为 10~30 分贝;如果车间里工人少,经济有效的方法是护耳器,降噪效果为 20~40 分贝;如果车间噪声源分散,工人又多,一般采用吸声降噪措施降噪效果为 3~15 分贝;工人若不多,可采



用护耳器或者设置供工人操作用的隔声间。

环境噪声标准

环境噪声标准包括不同地区的环境噪声质量标准、噪声排放标准、产品噪声标准。环境噪声标准是环境标准体系的一个分支。制定这类标准的目的是控制噪声对人类的影响,为合理采用噪声控制技术和噪声控制立法提供依据。

国家的噪声质量标准有城市区域环境噪声标准(表 1)、城市区域环境振动标准(表 2)。

表 1 城市区域环境噪声标准

单位:分贝(A)

类 别	昼 间	夜 间	备 注
0	50	40	特别安静区
1	55	45	居民文教区
2	60	50	混杂区
3	65	55	工业区
4	70	55	交通干线区

表 1 中,0 类标准适用于疗养区、高级别墅区、高级宾馆区等特别需要安静的区域。位于城郊和乡村的这一类区域昼夜分别按严于 0 类标准的 5 分贝执行。1 类标准适用于以居住、文教机关为主的区域,乡村居住环境可参照执行该类标准。2 类标准适用于居住、商业、工业混杂区。3 类标准适用于工业区。4 类标准适用于城市中的道路交通干线道路两侧区域,穿越城区的内河航道两侧区域。穿越城区的铁路主、次干线两侧区域的背景噪声(指不通过列车时的噪声水平)限值也执行该类标准。

城市区域环境噪声标准规定了城市五类区域的环境噪声最高限值,乡村生活区域可参照本标准执行。



表 2 城市区域环境振动标准

单位:分贝(A)

适用地带范围	白天	夜间
特殊住宅区	65	65
居民、文教区	70	67
混合区、商业中心区	75	72
工业集中区	75	72
交通干线通路两侧	75	72
铁路干线两侧	80	80

表 2 标准规定了城市各类区域铅垂向的振级标准值,适用于连续发生的稳态振动、冲击振动和无规振动。每日只发生几次的冲击振动,最大值昼间不允许超过标准值 10 分贝,夜间不允许超过 3 分贝。

为控制城市环境噪声污染,国家制定了一系列噪声排放标准,包括《建筑施工场界噪声限值》、《工业企业厂界噪声标准》、《机场周围飞机噪声环境标准》等。

表 3 是《建筑施工场界噪声限值》,适用于城市建筑施工期间施工场地产生的噪声。规定了施工场地不同施工阶段产生的作业噪声限值,同时配有监测方法。所列噪声值是指与敏感区域相应的建筑施工场地边界线处的限值。如有几个施工阶段同时进行,以高噪声阶段的限值为准。

表 3 建筑施工场界噪声限值

单位:分贝(A)

施工阶段	主要噪声源	噪声限值	
		昼间	夜间
土石方	推土机、挖掘机、装载机等	75	55
打 桩	各种打桩机等	85	禁止施工
结构	混凝土搅拌机、振捣棒、电锯等	70	55
装修	吊车、升降机等	65	55



工业噪声是指工厂机器在运转时产生的噪声。我国颁布的各类区域工业企业厂界噪声的国家标准见表 4。本标准适用于工厂及有可能造成噪声污染的企事业单位的边界。测量点应选在法定厂界外 1 米、高度 1.2 米以上的噪声敏感处。如厂界有围墙,测点应高于围墙;若厂界与居民住宅相连,厂界噪声无法测量时,测点应选在居室中央,室内限值应比相应标准值低 10 分贝(A)。夜间频繁突发的噪声(如排气噪声),峰值不准超过标准值 10 分贝(A),夜间偶然突发的噪声(如短促鸣笛声),峰值不准超过标准值 15 分贝(A)。

为了贯彻预防为主方针,防止工业企业噪声的危害,保障工人身体健康,促进工业生产建设的发展,国家制定了工业企业噪声卫生标准(表 5)。

表 4 工业企业厂界噪声标准

单位:分贝(A)

标准适用范围的划定	昼间	夜间
居住、文教机关为主的区域	55	45
居住、工业商业混杂的区域及商业中心区	60	50
工业区	65	55
交通干线道路两侧区域	70	55

表 5 工业企业噪声卫生标准

单位:分贝(A)

每个工作日接触噪声时间(小时)	允许噪声
8	90
4	93
2	96
1	99(最高 115)



电磁辐射污染

电磁辐射是指以电磁波形式通过空间传播的能量流,限于非电离辐射,包括信息传递中的电磁波辐射,工业、科学、医疗应用中的电磁辐射,高压送变电中产生的电磁辐射。大功率的电磁辐射能量进入环境,对人类日常的生产、生活活动产生危害,如引燃引爆、工业干扰特别是信号干扰,以及对人体健康带来的危害,称作电磁辐射污染。

产生电磁波干扰和有害电磁辐射的环境和条件称为电磁污染源。影响人类生活的电磁污染源可分为天然的和人为的两类。天然的电磁污染是由于某些自然现象引起的,最常见的是雷电,除了可能对电气设备、飞机、建筑物等直接造成危害外,而且会在广大地区从几千赫到几百兆赫以上的极宽频率范围内产生严重的干扰。火山喷发、地震、太阳黑子活动引起的磁暴等都会产生电磁干扰。天然的电磁污染对短波通讯的干扰特别严重。人为的电磁污染是由于电子仪器和电子设备产生的。如切断大电流时的火花放电会产生很强的电磁干扰;大功率电机、变压器以及输电线等会对附近地区产生严重的电磁干扰;无线电广播、电视、微波通信设备、射频加热(焊接、淬火、焙烧)设备和介质干燥(塑料热合、木材纸张干燥)设备等产生的射频电磁辐射(高频电磁场与微波通称射频)等,都是电磁辐射污染环境的重要因素。

电磁辐射污染主要通过 3 条途径进行传播。一是空间辐射,各种电器装置和电子设备在工作过程中,装置或设备本身会不断地向周围空间辐射能量。二是线路传导,即借助电磁耦合由线路传导。当射频设备与其他设备共用同一电源,或它们之间有电气连接关系时,电磁辐射可能通过导线传播。另外,输入输出信号的电路和控制电路等,也能在强磁场中拾取信号并进行再传播。三是复合传播,即通过空间传播和线路传导所造成的电磁污染同时存在时,称为复合传播。

为了确定电磁辐射污染环境的程度,需要对某一特定环境(区域)中的电磁辐射量进行系统的测量,这就是电磁辐射污染监测。



按照中国《电磁辐射防护规定》，电磁辐射监测范围为 100 千赫兹～300 吉赫兹。其中 100 千赫兹～300 兆赫兹为高频部分，300 兆赫兹～300 吉赫兹为微波部分，后者监测又称为微波辐射监测。

电磁辐射监测按照测量场所，分为作业环境、特定公众暴露环境、一般公众暴露环境监测；按测量参数，分为电场强度、磁场强度和电磁场率通量密度等的监测。电磁辐射监测仪器分为非选频式宽带辐射测量仪和选频式辐射测量仪，前者用于环境中强电磁辐射场测量，后者用于环境中低电磁辐射场测量。根据监测结果，确定是否超过国家规定标准，采取必要的防护措施，避免可能产生的影响和危害。

电磁辐射污染的防护

电磁辐射污染的防护应当从产品设计入手，减少电磁辐射，采取屏蔽与吸收、加强管理的方法，做到治标与治本相结合。

(1) 屏蔽法：即利用屏蔽材料对电磁辐射的反射效应和吸收效应，达到防护目的。比较理想的屏蔽材料是低电阻的铜和铝。当电磁辐射自空气介质射入金属屏蔽体内时，电磁波在此两种介质的交界面上发生反射，反射程度与介质特征、射频波谱有关。电磁波频率越高，材料导电性越佳，反射效应越强。当电磁波射入屏蔽层时，电磁辐射能量通过屏蔽点内部吸收而衰减。

(2) 接地法：即将辐射源的屏蔽部分或屏蔽体通过感应产生的射频电流，由地极导入地下，以免成为二次辐射源。接地法的效果与接地极的电阻值有关，使用电阻值越低的材料，导电效果越好。

(3) 吸收法：即选用适宜的具有吸收电磁辐射能的材料，将泄漏的能量衰减，并吸收转化为热能。石墨、铁氧体、活性炭等是较好的吸收材料。另外还有蜂窝状高功率玻璃钢吸收材料制品，以及不同型号的衰减片、终端负载等吸收材料。

(4) 加强城市规划，实行分区控制：在城市规划中对工业电磁射频设备合理布局，应把集中使用辐射源设备的单位，划出有效的防护距离。在实行区域控制方面，应将大功率发射设备安置在远



郊区,加强对无线电发射装置的管理,对电台、电视台、雷达站等的布局及选址,必须严格按照有关规定,采取相应的防护措施,避免居民受到电磁辐射危害。

对于从事专业操作的技术人员,要采取个人防护,在进入辐射污染区时,应注意穿戴防护用具(头盔、衣着、眼罩等)。

放射性污染

凡是具有自发地放出射线特征的物质,称为放射性物质。这些物质的原子核处于不稳定状态,在发生核转变的过程中,自发地放出由粒子或光子组成的射线,并辐射出能量,同时本身转变成另一种物质,或是成为原来物质的较低能状态。所放出的粒子或光子将对周围介质或生物机体产生电离作用,造成放射性污染和损伤。

射线的种类很多,主要有以下 3 种:① α 射线,本质是氦的原子核,具有高速运动的 α 粒子,因此 α 射线乃是氦核流。它在空气中的行径很短,天然放射性物质释放的 α 粒子一般射程只有 2~10 厘米,最远不超过 12 厘米,在固体或生物组织中仅有 30~130 微米。它的穿透力虽弱,但电离作用很强。② β 射线,是一种电子流,粒子质量只有 α 粒子的几万分之一,在空气中的行径最长可达 10 余米,在生物组织中可达数十毫米。它的穿透能力较 α 粒子强,但电离作用则小得多。③ γ 射线,是波长在 10^{-8} 厘米以下的电磁波,运动速度等于光速,不带电荷,但具有很强的穿透力,对生物组织造成的损伤最大。

放射性物质在本身的转变过程中,并非同时放出 3 种射线,多数仅放出一种,至多两种。人类活动产生的放射性物质使环境的放射性水平高于天然本底或国家规定的标准,对人、动物、植物以及其他物质产生有害的效应,即为放射性污染。

能够产生放射性污染的源头称作电离辐射源,可分为天然辐射源和人工辐射源。



天然辐射源:人类环境中存在着天然的放射性物质,如地壳中的铀、钍系和钾的放射性同位素等,这些物质不但放出射线照射人体,也可以通过食物或呼吸进入人体,使人受到内照射。这些天然辐射源所产生的总辐射水平,称为天然放射本底。

人工辐射源:人工放射性污染源包括核试验、核事故、核工业生产过程及放射性同位素的使用。① 核工业生产及其“三废”(废气、水、渣),包括铀矿开采和冶炼, ^{235}U 加浓,核燃料制备、燃烧、运输、处理和回收,核废物贮存、处理和处置等。在其生产的不同环节均会有放射性核素向环境逸散形成污染。② 意外事故。难以预测的核事故会猝然发生,通常在核设施的设计中已设想过“最大可信事故”的发生,并据此作了必要的应急计划。③ 核试验。核武器试验造成的环境污染,影响面涉及全球,沉降灰中主要放射性核素为半衰期较长的 ^{90}Sr 和 ^{137}Cs 。④ 同位素的应用。核研究单位、科研中心、医疗机构等使用放射性同位素,进行探测、治疗、诊断和消毒,会产生“城市放射性废物”。此类污染主要来自以下 6 种途径:各种受污染的金属和非金属材料制品及劳保用品;被污染的工具设备;各种低放射性废液的固化物;用于试验的动植物尸体;使用过的废放射源;含放射性元素的有机闪烁液。这些废物的放射性比活度一般较低,但若不妥善处理,对城镇居民仍有潜在威胁。

热污染及其危害

热污染是指日益现代化的工农业生产和人类生活中排出的各种废热所导致的环境污染。热污染是异常热量的释放或被迫吸收产生的环境“不适”造成的,产生的原因包括异常气候变化带来的多余热量和各种有害的“人为热”。异常气候变化如太阳活动频繁,到达地球的太阳辐射量发生改变;森林出现自燃现象引发森林大火,向大气释放大量热量和二氧化碳,最终又直接或间接地导致全球大气总热量增加;火山爆发频繁,释放的大量地热和温室气体



直接或间接地对地球气温变化产生影响。

“人为热”污染源,包括各种燃料(煤、石油、天然气、核能等)消费急剧增加,导致大量二氧化碳等温室气体释放到大气之中,加速了地球大气平均温度的升高;工业(如电力、冶金、石油、化工、造纸、机械等)生产过程中的动力、化学反应、高温熔化释放的热量等;居民生活(如汽车、空调、电视、电风扇、微波炉、照明、液化气、蜂窝煤等)向环境排放了大量的废热水、废热气 and 废热渣,以及散失的大量热量;工业生产过程中,与热过程有关的工业热灾害如火灾、爆炸和毒物泄漏,也是热污染的来源。

由于人类使用的全部能源最终都将转化为一定的热量进入大气环境,因此,对全球生态系统会带来一系列危害。在此过程中,废热直接扩散至大气层,大气层温度升高,会使极地冰层融化,造成全球范围的严重水患;大气的热量增加,地面反射率增高,吸收太阳辐射热减少,使得地面上升的气流相对减弱,阻碍云、雨的形成,造成局部地区干旱,影响农作物生长;还会引发城市热岛效应、温室效应。废热进入水体,会引起水质发生物理的、化学的和生物化学的变化。水温升高不仅导致水中溶解氧的减少,鱼类因缺氧而死亡,还会使水中化学物质的溶解度增大,生化反应加速。如毒性比较大的汞、铬、砷、酚和氰化物等,化学活性和毒性因水温升高而加剧;水温升高还会引起水生藻类和浮游生物爆发性生长,加速水体的富营养化进程;促使水分子热运动加剧,蒸发加快,使陆地上失水增多,这对贫水地区尤其不利。

热污染对人体健康也会产生许多危害,降低人体机理的正常免疫功能。人体在气温 30°C 以上、相对湿度达到 80% 以上时,会出现心跳加快,血管内的血流量比平时增加 7 倍多,影响人的体力和精神状态以至身体健康。高温不仅会使体弱者中暑,还会使人心跳加快,引起情绪烦躁、精神萎靡、食欲缺乏,思维反应迟钝,工作效率降低。高温气候可助长多种病原体、病毒的繁殖和扩散,易引起疾病,特别是肠道疾病和皮肤病。热污染使温度上升,为蚊



子、苍蝇、蟑螂、跳蚤以及病原体微生物等提供了最佳的滋生繁衍条件,形成一种新的“互感连锁效应”,导致疟疾、登革热、血吸虫病、恙虫病、流行性脑膜炎等病毒病原体疾病的扩大流行和反复流行。总之,人类对日益加重的热污染务必高度重视,否则,将导致全球生态系统的退化,带来不可预测的各种环境灾害。

城市热岛效应

城市热岛效应指城市中的气温明显高于其周围郊区的现象。由于郊区气温低于城区气温,形成一个岛状的热中心,就像突出海面的岛屿一样,被形象地称为城市热岛。城市热岛效应使城市年平均气温比郊区高出 1°C 以上。在夏季,城市局部地区的气温能比郊区高 6°C ,形成高强度的热岛。如美国洛杉矶市区年平均气温比周围农村高 $0.5\sim 1.5^{\circ}\text{C}$ 。夏季南京城区与城郊温差达 $4\sim 6^{\circ}\text{C}$ 。

由于城市化进程加快,城市人口密度加大、建筑物日益密集、生产和生活用能不断增加,城市热岛效应的强度和范围也在扩大。据统计,近 100 年来,全球年平均气温上升了 0.7°C ,而大城市的平均气温上升了 $2\sim 3^{\circ}\text{C}$ 。中国东南地区每 10 年气温上升的幅度,比中国农村地区同期内气温上升幅度高 0.05°C 。

城市热岛效应的形成有 4 个原因:一是城市地面为混凝土、柏油路面及各种建筑物覆盖。这些人工建筑物吸热快而热容量小,在相同的太阳辐射条件下,表面温度明显高于绿地、水面等这些高热容量物体,形成巨大的热源。如在夏天,草坪温度 32°C 、树冠温度 30°C 的时候,水泥地面的温度可以达到 57°C ,柏油马路的温度高达 63°C 。二是城市中绿地、水体减少,缓解热岛效应的能力被削弱。绿地通过蒸腾作用,不断地从环境中吸收热量,降低环境空气的温度,每公顷绿地平均每天可从周围环境中吸收 81.8 兆焦耳的热量,相当于 189 台空调的制冷作用;每公顷绿地每天平均可以吸收 1.8 吨的二氧化碳,削弱温室效应;每公顷绿地可以年滞留粉尘 2.2 吨,降低环境大气含尘量 50% 左右,进一步抑制大气升温。水



的热容量大,在吸收相同热量的情况下,升温值最小,表现出比其他下垫面的温度低;水面蒸发吸热,也可降低水体的温度。三是城市工业、交通运输及居民生活向外排放大量的热量。四是大气污染严重。大量排放的二氧化碳、氮氧化物和粉尘等污染物吸收热辐射,产生温室效应,引起升温。

热岛效应造成的高温热浪,会引发各种慢性病、传染病和大量中暑事件;引起城乡间的局部环流,使郊区的空气向城市流动,加剧城市污染;城市气候失常,灾害性天气增多,影响了城市生活。减弱热岛效应的重要途径,是减少热量排放、增大绿化面积、尽可能扩大城市水面、节约能源等。

“温室效应”

大气中的二氧化碳(CO_2)、甲烷(CH_4)、氧化亚氮(N_2O)、氯氟烃(氟利昂)和水蒸气等气体吸收地球表面的红外辐射,使地球表面从太阳辐射获得的热量较多,而散失到大气层以外的热量较少,引起大气层温度增加。这种效应就像温室的玻璃或塑料薄膜的覆盖层,让太阳光直接照射进温室,加热室内空气,而又不让室内的热空气向外散发,使室内的温度保持高于外界的状态,这就是大气的温室效应。引起温室效应的气体叫做温室气体。

二氧化碳是数量最多的温室气体,也是人类活动造成其浓度正在增加的最重要的气体,对温室效应的贡献最大,占 60%~70%;其次是甲烷(CH_4)和氧化亚氮(N_2O)。温室气体来源于煤、石油、天然气等燃料的燃烧。由于人口的急剧增加和工业化的迅速发展,人类社会消耗的化石燃料急剧增加,燃烧产生的大量二氧化碳进入大气,使大气中的二氧化碳浓度增加。如 1880 年大气中二氧化碳的浓度约为 284×10^{-6} ,1989 年已上升到 350×10^{-6} ,并以每年 0.4% 的速率增加。其他温室气体,如 CH_4 、 N_2O 、氟利昂、 O_3 等,如果折算成等价 CO_2 浓度,相当于工业化前浓度的 2.2 倍。

温室效应会使全球气候变暖,科学家经过大量观测发现,在过



去 100 年地球表面温度已上升 $0.3\sim 0.6^{\circ}\text{C}$ 。二氧化碳浓度增加一倍,将会使全球平均温度增加 $1.5\sim 7^{\circ}\text{C}$,高纬度地区增加 $4\sim 10^{\circ}\text{C}$ 。气候变暖导致气候异常,在北半球,冬天变短、变湿,夏季变长、变干;亚热带可能会比现在更干,而热带则可能变得更湿;海洋由此产生更多的热量和水分,气流更强,热带风暴的能量比现在大 50%,台风和飓风将更加频繁。气候变暖还会使极地冰雪融化,海平面上升。科学家推算,全球增温 $1.5\sim 1.6^{\circ}\text{C}$,海平面上升 20~165 厘米,沿海城市、低地和海岛将被淹没,影响全球 1/3 人口的生活。气候变化,引起生态环境恶化,导致土地干旱,沙漠化面积增大,农作物的减产和物种灭绝。

控制温室效应的关键是减少二氧化碳的排放量。这不仅需要国际社会的共同努力,而且也需要我们每个人从自我做起,如节约能源、纸张,少开汽车,不使用一次性方便木筷,不践踏草坪,保护森林和海洋等。

光污染

广义的光污染指由人工光源导致的违背人的生理与心理需求,或有益于生理与心理健康的现象,包括眩光污染、射线污染、光泛滥、视单调、视屏蔽、频闪等。

光污染属于物理性污染,光污染是局部的,会随距离的增加而迅速减弱;在环境中不存在残余物,光源消失,污染即消失。国际上一般将光污染分成白亮污染、人工白昼和彩光污染。①白亮污染。污染源主要是城市里建筑物的玻璃幕墙、釉面砖墙、磨光大理石和各种涂料等装饰,反射光线、炫眼夺目。②人工白昼。污染源包括商场、酒店上的广告灯、霓虹灯、射灯等。有些强光束甚至直冲云霄,使得夜晚如同白天一样,即所谓人工白昼。③彩光污染。污染源包括舞厅、夜总会安装的黑光灯、旋转灯、荧光灯以及闪烁的彩色光源,构成了彩光污染。除了上述光污染源外,太白的纸、光滑的粉墙、电视、电脑等也会对视力造成损害。汽车排出的碳氢



化合物和氮氧化物在紫外线作用下会产生光化学烟雾,造成二次污染。工业应用的紫外线辐射(电弧、气体放电等)、红外线辐射(加热金属、熔融玻璃、发光硅碳棒、钨灯、氙灯、红外激光器等)都是人工光污染源。核爆炸、熔炉等发出的强光辐射,更是一种严重的光污染。

光污染的防护

目前我国还没有专门防治光污染的法律法规,也没有相关部门负责解决灯光扰民的问题。国外一些国家已经有了针对光污染的一些法律条文,我国仅对有关玻璃幕墙的建设制定了一些规范。如1996年建设部发布行业技术标准《玻璃幕墙工程技术规范》,1997年发布《加强建筑幕墙工程管理的暂行规定》。2000年10月1日起颁布实施了《玻璃幕墙光学性能国家标准》,对玻璃幕墙的设置作出限制性规定:要求采用反射比小于0.3的幕墙玻璃,并规定在城市主干道、立交桥、高架桥两侧的建筑物20米以下,其余路段10米以下不宜设置玻璃幕墙,如果使用玻璃幕墙应采用反射比小于0.16的低反射率玻璃;在丁字路口、十字路口或交叉路口,不宜使用玻璃幕墙;在居民区内限制设置玻璃幕墙。防治光污染应做到事前合理规划,事后加强管理。

合理的城市规划和建筑设计可以有效地减少光污染。限建或少建带有玻璃幕墙的建筑,并尽可能避开居民居住区;装饰高楼大厦的外墙、装修室内环境以及生产日用产品时,应尽量避免使用刺眼的颜色;已经建成的高层建筑尽可能减少玻璃幕墙的面积,并避免太阳光反射光照到居民区。加强城市绿化,也可以减少光污染。对夜景照明,应加强生态设计、灯火管制。如区分生活区和商业区,关闭夜间电影院、广场、广告牌等的照明,减少过度照明,降低光污染和电耗。

优化幕墙构造技术、开发新型玻璃材料,可以减少玻璃幕墙产生的光污染;对照明灯具和安装位置应进行优化设计;灯具的评价



标准包括照明效率、上方光束比、眩光和节能等,尽量采用截光型灯具,避免能源浪费。尽量采用“生态颜色”,欧洲和美国等一些国家,部分图书采用了黄底色纸张印刷,确实比白色舒服一些,但由于传统习惯及实际效果(会降低字体的辨识率)的影响,在欧洲并未得到普及。特别是德国,室内装修墙壁粉刷时,人们逐渐喜欢用一些浅色,主要是米黄、浅蓝色等,代替刺眼的白色。在浅红色的墙壁面前,人的情绪相对比较镇定。在美国一些医院特别是精神病医院,墙壁都涂成了浅红色。在工业生产中,应改善工厂照明条件。在有红外线及紫外线产生的工作场所,应尽量采取安全的办法。如采用可移动屏障将操作区围住,以防止非操作者受到有害光源的直接照射等。个人防护最有效的措施是保护眼部和裸露皮肤不受光辐射的影响,戴护目镜和防护面罩是十分有效的。



第七章

环境医学

环境医学的概念

环境医学是研究自然环境和生活居住环境与人群健康的关系,阐明环境因素与相关疾病的发生和发展规律,研究利用有利环境因素和控制不利环境因素的对策,达到预防疾病、保障人群健康的目的的科学。环境医学是预防医学和临床医学的一个重要的交叉学科,同时也是环境科学的重要组成部分。

几十年来,环境医学工作者应用基础医学、临床医学和预防医学的新成就,研究了环境因素对人体健康的影响及其发生、发展和控制的规律和方法。随着环境科学的发展,环境医学也逐步形成一门独立的学科。

环境医学的研究内容,包括环境因素和对健康的影响两方面。如果从环境相关疾病的角度看,前者是研究病因,后者是研究疾病的自然史、表现、治疗和预防。影响人体健康的环境因素,大致可分为三类:化学性因素,如有毒气体、重金属、农药等;物理性因素,如噪声和振动、放射性物质和射频辐射等;生物性因素,如细菌、病毒、寄生虫等。其中以化学性因素影响最大。当这些有害因素进入大气、水体和土壤造成污染时,就能对人体产生危害。

环境污染一般具有以下特征:① 环境污染物一般是浓度低、



持续时间长,而且是多种毒物同时存在,联合作用于人体。② 环境污染物在环境中可通过生物的或理化的作用,发生转化、增毒、降解或富集,从而改变其原有的性状和浓度,产生不同的危害作用。③ 环境污染物还可通过大气、水体、土壤和食物等多种途径对人体产生长期影响。受影响的对象很广泛,包括老年、壮年、青年、幼儿,即整个人群,甚至还包括母腹中的胎儿。

环境污染物对人体健康的影响是极其巨大而复杂的,可从多种途径侵入人体。大气中的有毒气体和烟尘,主要通过呼吸道作用于人体;水体和土壤中的毒物,主要通过饮水和食物经消化道被人体吸收;一些脂溶性的毒物(如苯、有机磷、酸酯类和农药),能与皮肤的脂酸根结合的毒物(如汞、砷等),可经皮肤被人体吸收。

环境污染物对人体健康的损害,可表现为特异性损害和非特异性损害两个方面。特异性损害就是环境污染物可引起人体急性或慢性中毒,以及产生致畸作用、致突变作用和致癌作用等,此外还可引起致敏作用。非特异性损害主要表现在一些多发病的发病率增高,人体抵抗力和劳动能力的下降。

环境污染物作用于人群时,并不是所有的人都出现同样的毒性反应,而是呈“金字塔”式的分布。人群接触同样程度的环境污染物,大多数可能仅使体内有污染物负荷或出现意义不明的生理学变化,只有一小部分人会出现亚临床变化,甚至发病或死亡。这主要和个体对环境污染物的敏感性不同有关。环境医学的一项重要任务就是及早发现亚临床变化和保护高危险人群。

环境医学主要研究内容,有环境流行病学、环境毒理学、环境医学监测、环境卫生标准等。

环境流行病学的主要任务是对群体进行回顾性或前瞻性调查,分析疾病发病率、死亡率同环境污染物的关系,阐明环境污染物对人群健康的影响,为找出某些疾病的环境病因提供线索或建立假说,以便进一步深入研究。

环境毒理学研究环境污染物的急性、亚急性和慢性毒性,包括



致畸、致突变和致癌作用的实验和鉴定；研究毒作用的特点和剂量—反应关系（特别是确定毒作用的阈浓度）和毒作用的机理；研究多种毒物的联合毒作用；为制定卫生标准、环境质量标准以及预防环境污染物对人体健康的损害提供毒理学依据。

环境医学监测是通过对人体生物材料（血、尿、粪、头发和唾液等）中环境污染物及其代谢产物浓度的测定，利用生理学、生物化学、免疫学等手段，研究人群体内污染物负荷及其对健康的影响，对环境质量进行环境医学评价。

环境卫生标准是进行卫生监督、卫生评价和环境管理的重要法定依据。应用环境毒理学实验和流行病学调查等方法，按照最敏感的原则，研究和制订环境卫生标准具有重要的卫生学意义。

当前环境医学的研究重点，是严重危害人体健康的疾病（如肿瘤、心血管疾病等）的流行特点和规律；对环境毒理学的深入研究；利用现代分子生物学等的理论和方法，研究环境污染物所引起的亚临床变化和检出高危险人群，为健康预报和早期诊断提供依据。

“公害病”

公害病是指由环境污染引起的地区性疾病。损害健康的环境污染因素很复杂，有一次污染物和二次污染物，有单因素作用和多因素联合作用。污染源往往是多个，污染物的性质和浓度同人体损害程度之间只具有相关关系，确凿的因果关系往往不易证实。公害病的流行，一般具有长期（十数年或数十年）持续发病的特征，还可能累及胎儿，危害后代；也可能出现急性爆发型的疾病，使大量人群在短期内发病。同时，公害病在疾病谱中是新病种，有些发病机制至今还不清楚，因而也缺乏特效疗法。

公害对人群的危害，比生产环境中的职业性危害广泛。凡处于公害范围内的人群，不论年龄大小，甚至胎儿均受其影响；职业性危害则只限于工作地点和在工作时间之内的职工。形成公害的污染物，一般与构成职业性危害的污染物具有相同的种类和性质，



只是浓度较低。但浓度低并不意味着危害轻,因为汇集到环境中的多种有害物质在各种环境因素(日光、空气、土、水、生物等)作用下,可能发生物理、化学或生物学方面的变化,从而产生各种不同的危害。例如含无机汞的工业废水排入水体后,无机汞会沉积水底,被细菌转化为毒性更强的甲基汞,并富集于水生生物(如鱼类或贝类等)体内,人们长期食用这种含甲基汞的鱼类或贝类,就会造成中枢神经系统损伤。日本的水俣病是一个典型的例子。

18 世纪末到 20 世纪初的工业革命,给人类社会带来了巨大的生产力的同时,也使人类赖以生存的环境遭到前所未有的破坏。环境污染形成公害已成为严重的社会问题,由于大气、水、食物污染造成的公害事件不胜枚举。早在 1970 年,仅日本受理的公害诉讼案就达 6 万件之多。在世界各地发生的公害事件中,有代表性的有 1930 年比利时的马斯河谷烟雾事件,1943 年美国的洛杉矶光化学烟雾事件,1948 年美国多的诺拉烟雾事件,1952 年英国的伦敦烟雾事件,1955 年以来日本的四日市哮喘事件,1955 年以来日本的富山县痛痛病事件,1951 年以来日本水俣病事件,1968 年日本米糠油事件,被称为世界八大公害事件。日本政府于 1974 年宣布水俣病、痛痛病和四日市哮喘为公害病。近年来由于砷污染而造成的慢性砷中毒流行,日本政府宣布慢性砷中毒为第四公害病。

20 世纪 70 年代以来,各国都注意环境保护的投入,环境污染问题得到明显改善,但是还存在不少薄弱环节和促使环境污染发生的社会因素和社会条件,公害事件仍时有发生。1984 年 12 月 3 日凌晨印度博帕尔市一家农药厂发生异氰酸甲酯泄漏,毒雾笼罩了方圆 40 千米的市区,1 小时内引起数百人死亡,一周后有 15 万人接受治疗,其中重症者 4 000 多人,2 500 人死亡。1986 年 4 月 26 日,位于乌克兰的切尔诺贝利核电站反应堆熔化燃烧,保护壳破裂,当场死亡 2 人,204 人受到辐射损伤,周围 30 千米地区成为死亡区,220 万人居住区受污染,13.5 万人被迫疏散。放射性物质在欧洲上空至少漂游 3 周,至 1990 年死亡人数达 237 人,是迄今核



电史上最严重的事故。

“地方病”与环境的关系

地方病是指发生在某一特定地区,同一定的自然环境有密切关系的疾病。地方病按病因,可分为化学性地方病和生物性地方病。

化学性地方病又称生物地球化学性疾病。人的生长和发育,与同一定地区的化学元素含量有关。出于地质历史发展的原因或人为的原因,地壳表面的元素分布在局部地区内呈异常现象,如某些元素过多或过少等。因此,在当地居民人体同环境之间元素交换出现不平衡,人体从环境摄入的元素量超出或低于人体所能适应的变动范围,就会患化学性地方病。如一个地区的碘元素分布异常,可引起地方性甲状腺肿或地方性克汀病;氟元素分布过多,可引起地方性氟中毒等。

生物性地方病是在某些特异的地区,由于某些致病生物或某些疾病媒介生物滋生繁殖而造成的。如前苏联、美国等国家的一些人烟稀少的草原和荒漠地区,存在着野鼠鼠疫的自然疫源地,人进入疫区,就可能患病。

地方病的判定需要用流行病学方法,对人群中某种健康危害的发生率与某种化学元素之间的关系进行研究,要符合下列条件才能做出比较肯定的结论。疾病的发生有明显的地区性;疾病的发生与地质中某种化学元素之间有明显的剂量反映关系;上述相关性可以用现代医学理论加以解释。

根据近几十年的研究,人们已查明大约 27 种元素是生物正常活动必不可少的元素,能明确引起动物和人类产生疾病的有 10 余种,最主要的是碘、氟、硒、铜、钴、镍、铅、硼等。以下仅就地理环境与甲状腺肿病、地方性氟病、癌症的最新研究成果作一简述。

甲状腺肿病又称大脖子病,是一种世界性的地方病。患者颈部生肿瘤,不仅压迫气管,影响呼吸、增加心跳频率,导致心脏病,



而且还会向甲状腺病转化;患者还导致其胎儿、新生儿、儿童的发育不良甚至脑功能受影响。该病是我国发病人数最多、分布范围最广的地方病。

科学家们研究认为,在地球上尚未出现人类之前,陆地曾被大量的腐殖质土壤覆盖,熟土层中既富集了有机质,同时也富含多种化学元素,包括碘元素。第四纪冰川消退以后,随着冰河融化消退,一方面地表层富含碘元素的土壤冲刷到海洋之中;另一方面几千万年的降水、风化、淋滤作用,使地表自然环境持续处于缺碘状态。尤其在一些山区、半山区、丘陵、河流冲刷地区缺碘更为严重,造成碘缺乏病的严重流行。从目前我国大脖子病的重病区分布来看,主要集中分布在山区、河流上游地区。这些地区降雨量大,地下水位高,加上地表植被的破坏,促使了土壤中碘的溶解分离和流失。有人经过统计还发现海拔高度与患病率成正相关,即山越高、地形越陡、坡度越大,水土流失越严重、患病率越高。碘缺乏病分布规律是山区>丘陵>平原。

地方性氟病是因为饮食高氟的水或食物引起氟过量,人体内氟钙结合生成氟化钙而沉淀于骨骼和软组织中,造成血液中钙含量降低,骨质硬化,骨细胞的代谢障碍,牙齿钙化或牙釉质受损,甚至骨骼变性和坏死。地氟病是氟过量引起的一种全身性慢性疾病。

地方性氟病区的分布,与气候条件、燃煤取暖方式、特定的岩石矿床地质地理条件密切相关。譬如黑龙江三肇、吉林白城、辽宁朝阳、内蒙古赤峰、山西大同、陕西榆林等地区,岩石多为中生代侏罗纪至白垩纪的中酸性火山岩、侵入岩为主,这种岩石中本身含氟量高,再加上气候较干旱、蒸发量大,强烈的蒸发浓缩,造成地表水和浅层地下水中富氟,或局部地势低洼及地下水径流不畅的地区氟离子富集。另外,居民又采用落后的燃煤方式,燃用含氟高的劣质煤而污染了室内空气、食物和饮水,使居民摄入过量的氟。因此,浅层地下水、粮食蔬菜、呼吸空气都是氟过量,成为当地居民氟



中毒的主要原因。

癌症已成为威胁人类健康与生命的疾病之一。癌症的发生是人体与环境之间复杂的、动态的相互作用的过程。当然包括人本身的遗传因素,也包括饮食方式与生活习惯,地理环境及污染状况等因素的影响。一般统计,80%以上的癌症与环境因素有关,或者说某些癌症的分布具有明显的地区性或地带性特征,这表明某些地区的水土中可能含有天然致癌物质。据研究,肝病高发区的饮水中 NO_2 和腐殖酸(OH^-)含量与发病率成明显的正相关。

环境与疾病的因果关系

环境包括地理环境、气候环境、社会环境和每个人居住的小环境。在环境中,有许多因素每时每刻作用于人的机体。这些因素,可概括为物理的、化学的和生物学的,不仅错综复杂,且处于经常不断的变化之中。人体借助机体内在调节和控制机制,与各种环境因素保持着相对平衡,表现出机体对环境的适应能力,但是人们的这种适应能力是有限的。当有害的环境长期作用于人体,或者超过一定限度,就要危害健康,引起疾病,甚至造成死亡。

引起疾病的原因虽然是多方面的,但恶劣的环境影响是不容忽视的重要原因。100多年前,英国医生就发现,英国生活在黏土、砖土和河谷冲积土分布区的居民,癌症死亡率很高;而生活在古老、坚硬的岩层区和排水良好的地区的居民,癌症发病率则很低。美国学者也发现,美国的癌症高发区集中在东北部、五大湖周围以及西部沿岸地区。英国地球化学家汉密尔顿在研究对比了人血化学元素和地壳的化学元素丰度后,发现二者的化学元素含量的丰度曲线形状有着惊人的相似性。我国科学家谭见安等在对克山病区和非病区的岩石、土壤、饮水、粮食、动物毛发等整个地理生态系统中,21种与生命有关的化学元素进行对比研究后,也发现有明显的正相关性。这表明了地理环境和生物之间有紧密的化学联系,环境和人体的化学元素与健康之间也有内在联系。环境中的生命



元素在岩石、土壤、水、大气、动植物和人体这个自然体系中的含量分布与转换有一定的规律性。

不但自然环境与人们的健康息息相关,社会环境同样和人们的身体状况紧密关联。20 世纪以来,两次世界大战期间暴露出社会因素对健康的影响较为突出,因此,社会医学在发达国家已为医学界广泛接受。第二次世界大战后,工农业生产的发展及与之相适应的科学技术的迅猛发展,使随之而来的各种社会因素对健康的影响,比以往任何时候都更为突出。社会向医学提出了许许多多新课题:环境污染造成生态平衡破坏所带来的“公害病”;现代工、农业及交通运输业所带来的意外伤残人的增多;人口老化以及社会现代化所引起的疾病谱的变化等。总之,由于人具有生物属性和社会属性,就必须重视社会和环境因素对人群健康和疾病的影响。

除自然环境、社会环境外,生物因素亦不能忽视,包括所有与人共存的生物直接或间接对人的影响。人体的健康与生物致病有着密切的关系,而致病原及寄生虫也影响着人的发育和衰老变化。

可引起人体疾病的生物致病原,有细菌、病毒、支原体、螺旋体、原虫、立克次体、蠕虫等。有些疾病是通过动物或昆虫作为传播媒介致人疾病的,如鼠传播鼠疫、钩端螺旋体病、鼠咬症等,狗传播狂犬病,猪传播猪肉绦虫病,蚊子传播疟疾、乙型脑炎,虱传播流行性斑疹伤寒病等,苍蝇传播痢疾、霍乱、伤寒等。

生物因素引起的疾病,对人类的生存、生命和年龄增长都造成严重的威胁。在历史上,天花、鼠疫、霍乱、疟疾、流感等病肆虐,几乎造成一个地区人口的灭绝。如鼠疫在人类历史上曾发生过多次悲惨的大流行,14 世纪最严重的一次大流行,欧洲病死者达 2 500 万人,占当时欧洲人口总数的 1/4。在近百年内,霍乱曾先后发生 6 次世界大流行,每次流行死亡人口均以数十万至百万计。

大气污染对人体健康的危害

人类活动排出的污染物扩散到大气中,当这种污染物浓度超



过大气自净能力时便构成大气污染,直接或间接地影响人体健康,引起感官的和生理机能的不适反应,产生亚临床的和病理的改变,出现临床体征或存在潜在的遗传效应,发生急、慢性中毒甚至死亡等。

成人每天呼吸 $10\sim 12$ 米³ 的空气,大气中的有害化学物质一般是通过呼吸道进入人体的。大气污染对健康的影响,取决于大气中有害物质的种类、性质、浓度和持续时间,也取决于人体的敏感性。例如飘尘对人体的危害作用,就取决于飘尘的粒径、硬度、溶解度和化学成分,以及吸附在尘粒表面上的各种有害气体和微生物等。有害气体在化学性质、毒性和水溶性等方面的差异,也会造成危害程度的差异。另外,呼吸道各部分的结构不同,对毒物的阻留和吸收也不尽相同。一般进入愈深、面积愈大、停留时间愈长,吸收量也愈大。成年人肺泡总面积为 $55\sim 70$ 米²,而且布满毛细血管。毒物能很快被肺泡吸收并由血液送至全身,不经过肝脏的转化就起作用,所以毒物由呼吸道进入机体的危害最大。

大气污染对健康的危害可以分为直接危害和间接危害两个方面。

(1) 直接危害:① 致癌。大气污染物中所含致癌物质种类繁多。根据动物实验及流行病学调查,证明具有致癌作用的大气污染物有 30 多种,如多环芳烃、砷、镍、石油等。尤其是多环芳烃中的苯并芘,是大气污染物中的主要致癌物。它主要来源于煤和石油的不完全燃烧所产生的废气、汽车尾气等。② 引起呼吸道等疾病。许多大气污染物如二氧化硫、三氧化硫、氮氧化物、粉尘等,均可对眼睛、呼吸道黏膜有直接刺激作用,使眼结膜炎和呼吸道疾病的发病率增加。大气污染还可以影响机体的免疫力。生活在污染区的青少年,最易患伤风感冒、鼻咽炎、支气管哮喘、眼结膜炎和过敏性皮炎等。③ 引起急性中毒。1930 年 12 月发生于比利时的马斯河谷烟雾事件,1952 年发生于英国伦敦的烟雾事件等,都是由于大气污染引起的严重急性污染危害事件。在居民区中大气烟尘和二氧化硫浓度突然增加时,会出现死亡率的突然上升,受影响最严



重的是老年人和患有肺病的人。

(2) 间接危害: ① 温室效应。大气层中的某些气体能吸收地表发射的热辐射,使大气增温,从而对地球起到保温作用,称为温室效应。这些气体统称为温室气体,主要包括二氧化碳、甲烷、氧化亚氮和含氯氟烃等。气候变暖会对水分布和微生物繁殖产生影响,使一些介水传染病的流行范围扩大,强度加大;气候变暖可导致与暑热相关疾病的发病率和死亡率增加;气候变暖还会使空气中一些有害物质如真菌孢子、花粉等浓度增高,导致人群中过敏性疾患的发病率增加。② 臭氧层破坏。臭氧层被破坏形成空洞以后,减少了对短波紫外线和其他宇宙射线的吸收和阻拦功能,造成人群皮肤癌和白内障等发病率的增加,对地球上的其他动植物也有杀伤作用。③ 酸雨。当降水的 pH 小于 5.6 时称为酸雨。酸雨使土壤酸化,森林成片死亡,农作物产量下降;酸化的水体使水生植物的叶绿素合成降低,浮游动物种类减少,鱼虾死亡;酸雨增加土壤有害重金属的溶解度,加速其向水体、植物的转移,从而最终进入人体,危害人类健康。④ 影响小气候和太阳辐射。大气中的烟尘能促使云雾形成,从而吸收太阳的直射或散射光,影响紫外线的生物学活性。在污染严重的地区,儿童佝偻病的发病率增高,某些通过空气传播的疾病易于流行。大量的颗粒物还能吸收太阳能而使气温明显降低,造成“冷化效应”。

水污染对人体健康的危害

未经处理或处理不当的工业废水和生活污水排入水体,数量超过水体自净能力,就会造成水体污染,直接或间接危害人体健康。含有病原体的人畜粪便、污水污染人体后,可引起介水传染病的爆发和流行。富营养化水体中的藻类及其毒素,不仅会破坏水体生态环境,某些藻类产生的毒素也可引起人体中毒,甚至死亡;当水体遭受有毒化学物质的污染时,可使接触人群发生急慢性中毒,甚至引起公害病,有的还可诱发癌症;另有些污染物如固体悬浮物和工业冷却水污染等,虽然不会对人体健康产生直接危害,但



可使水质感官性状恶化、破坏水生生物间的平衡关系,从而影响水体的自净能力和水的正常利用。

水污染对人体健康的影响,主要有以下几方面:

(1) 引起急性和慢性中毒:水体受化学有毒物质污染后,通过饮水或食物链便可能造成中毒,如甲基汞中毒、镉中毒、砷中毒、铬中毒、氰化物中毒、农药中毒、多氯联苯中毒等。铅、钡、氟等也可对人体造成危害。这些急性和慢性中毒是水污染对人体健康危害的主要方面。

(2) 致癌作用:某些有致癌作用的化学物质,如砷、铬、镍、钡、苯胺、苯并芘和多环芳烃、卤代烃污染水体后,可以在悬浮物、底泥和水生生物体内蓄积。长期饮用含有这类物质的水,或食用体内蓄积有这类物质的生物就可能诱发癌症。美国俄亥俄州饮用以地面水为自来水的居民患癌症的死亡率,较饮用地下水为自来水的要高。这是因为地面水受污染较地下水为重,但癌症发生与水因素的关系,尚未完全阐明。

(3) 发生以水为媒介的传染病:人畜粪便等生物性污染物污染水体,可能引起细菌性肠道传染病,如伤寒、副伤寒、痢疾、肠炎、霍乱、副霍乱等。肠道内常见病毒如脊髓灰质炎病毒、柯萨奇病毒、人肠细胞病变孤儿病毒、腺病毒、传染性肝炎病毒等,皆可通过水污染引起相应的传染病。某些寄生虫病如阿米巴痢疾、血吸虫病、贾第虫病等,以及由钩端螺旋体引起的钩端螺旋体病等,也可通过水传播。

(4) 间接影响:水体污染后,常可引起水的感官性状恶化。如某些污染物在一般浓度下,对人的健康虽无直接危害,但可使水发生异臭、异味、异色,呈现泡沫和油膜等,妨碍水体的正常利用。铜、锌、镍等物质在一定浓度下能抑制微生物的生长和繁殖,从而影响水中有机物的分解和生物氧化,使水体的天然自净能力受到抑制,影响水体的卫生状况。

近年来,水体富营养化的危害已引起人们的广泛关注。当湖泊、水库水接纳过多含磷、氮的污水时,可使藻类等浮游生物大量



繁殖形成水体富营养化。由于占优势的浮游生物的颜色不同,水面往往呈现红色、绿色、蓝色等,这种情况出现在淡水中时称水华,发生在海湾时叫赤潮。水体富营养化的危害表现为:① 水体中藻类大量繁殖聚集在一起,浮于水面可影响水的感官性状,水质出现异臭异味。② 藻类产生的黏液可粘附于水生动物的腮上,影响其呼吸,导致水生动物窒息死亡。③ 有的赤潮藻大量繁殖时分泌的有害物质(如硫化氢、氨等)可破坏水体生态环境,并可使其他水生生物中毒及生物群落组成发生异常。④ 藻类大量繁殖死亡后,在细菌分解过程中不断消耗水中的溶解氧,使氧含量急剧降低,引起鱼、贝类等因缺氧而大量死亡。⑤ 有些藻类能产生毒素,而贝类能富集此种毒素,人食用毒化了的贝类后可发生中毒,甚至死亡。

土壤污染对人体健康的危害

受污染的土壤环境中含有各种各样的污染物。这些污染物在多数情况下是通过间接途径严重危害人体健康的,但在某些情况下却可对人体健康造成直接的严重危害。

土壤污染通过间接途径对人体健康造成严重的危害,包括通过生物链与食物链的迁移富集途径,通过迁移转化为大气污染或水体污染途径,通过使用被放射性污染的土壤所制造建筑材料或装修材料的途径,危害面最大的为前两个途径。

通过生物链与食物链的迁移富集途径最终严重危害人体健康的最为常见,如土壤被铅等重金属严重污染后,通过种植在该受污染的土壤上的农作物根系吸收,并在农作物的茎、叶、尤其果实种子内富集,而食草动物吃了这些农作物后便在这些动物体内形成铅积累。人又食用这些食草动物,或者是人直接食用这些农作物,铅在人体中积累并最终导致铅中毒。又如土壤被一些内吸性化学农药严重污染后,果树或蔬菜根系吸收并转移到茎、叶、果实上,人吃了仍残留农药的水果或蔬菜便导致农药中毒。再如,在受污染的土壤中还存在许许多多人畜共患的传染病病菌、寄生虫、寄生虫卵等,这些污染物很容易转移到整天在地上奔跑、嬉戏、蹭磨的宠



物身上,而饲养宠物的人又常把宠物抱在怀中,因而极易被宠物传染上各种疾病。

通过迁移转化为大气污染或水体污染途径,最终严重危害人体健康的情况也很常见。比如,被各种大肠杆菌、沙门菌等病原菌污染了的土壤,通过降水、灌溉等径流将病原菌转移到水环境中。人如果饮用了这些被污染了的含有病原菌的水,或用这些带病原菌的水来洗碗、洗盘,再用这些碗盘器皿盛饭盛菜,便会导致病原菌从口而入在人体内发作而致病,严重危害身体健康。又如,带结核病菌者随地吐痰,痰液中所带的结核病菌污染土壤后,这些土壤中的结核病菌便可能随土壤中水蒸气的蒸发而进入空气,造成对大气环境的污染。由于结核病菌很容易被大气中的尘埃颗粒吸附,在干燥的环境中可长时间不死亡并随风飘移,因此当人吸入这些带有结核病菌尘埃的空气后,便会导致感染肺结核、肠结核等疾病,严重地影响人体健康。

重金属污染对人体健康的危害

重金属或者类金属污染对人体健康的危害,常常是通过农作物和水进入人体的。若工业废水未经过任何处理进行农灌,会使土壤中积累有害重金属的量和种类越来越多,造成严重危害。如镉、汞、铊、砷、铬等污染土壤后,都会对人体健康产生各种危害。

(1) 镉污染:镉(Cd)对于农作物生长和人体发育均属非必需元素。环境中的镉不能生物降解,随着含镉磷肥的使用、污水灌溉等,土壤中镉含量增加,继而被某些植物摄取而进入食物链。只要土壤中镉含量稍有增加,就极易被植物吸收,使作物体内镉含量相应增高。水稻对镉的富集作用很强,其镉含量可为水中镉的800倍。镉对肾、肝、肺、睾丸、脑、骨骼和血液系统都能产生毒性,被美国毒物管理委员会列为第六位危害人体健康的有毒物质。慢性镉中毒最早发生于日本富山县神通川的两岸地区,由于神通川上某铅锌矿的含镉选矿废水和尾矿渣污染了河水,使下游用河水灌溉的稻田受到镉污染,造成稻米中镉含量大大增加。当地居民长期食用含镉量高的稻米,使镉在体内大量蓄积而引起慢性中毒,得病



后日夜全身剧烈疼痛,故又称为痛痛病。此外,含镉气体通过呼吸道会引起呼吸道刺激症状,如出现肺炎、肺水肿、呼吸困难等。

动物试验结果表明,镉能引起皮下注射部位、肝、肾和血液系统的癌变,1993 年国际癌变研究机构将镉确定为 IA 级致癌物。流行病学调查结果也表明,生活在镉污染地区居民的恶性肿瘤标准化死亡率高于非污染区居民,这提示污染区居民的高肿瘤发生率可能与镉污染有关。

(2) 铊污染:铊(Ti),是一种高度分散的稀有金属元素,自然界中铊的独立矿物不多,大多以一价形式存在,且表现为强烈的亲硫性。铊在工业上主要用于制造光电管、合金、低温温度计、颜料、燃料、焰火等。由于铊的剧毒性,各国已限制其使用,但是资源开发带来的铊污染日益严重,成为一种重要的环境污染源。实验表明,浓度为 1 毫克/升的铊会使植物中毒,如使甜菜、莴苣、芥菜种子停止生长。铊对土壤微生物毒性很大,可抑制硝化菌的生长而影响土壤的自净能力等。环境中的铊进入水体和土壤后,经过水生生物、陆生生物的富集作用,进入人体产生危害。铊属高毒类,毒性大于砷,具有蓄积性,为强神经毒物。一般铊对人体最小致死剂量为 12 毫克/千克体重,人摄入后两小时血铊达到最高值。铊污染对人体健康的危害主要表现为慢性中毒作用,突出表现为:① 毛发脱落,呈斑秃或者全秃。② 周围神经损害,早期表现为双下肢麻木、疼痛过敏,很快出现感觉、运动障碍。③ 视力下降甚至失明,可见视网膜炎、球后视神经炎及视神经萎缩。此外,铊对人体的生殖功能也有影响,可降低性欲和男性性交能力。动物实验表明,当铊浓度为 0.83~2.5 毫克/千克体重时,可使小鼠致畸,表现为胎盘吸收率增高、枕骨和胸骨缺失。铊还可导致染色体畸变等。

(3) 铬污染:铬(Cr)在环境中主要是三价铬(Cr^{3+} 和 CrO_2^-)和六价铬(CrO_4^{2-} 和 $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$)。三价铬比较稳定,铬污染对健康的危害主要是六价铬的作用。各种铬化合物的毒性强弱差别较大,三价铬化合物由消化道吸收的少,毒性不大;而六价铬因具有强氧化性和腐蚀性,又有透过生物膜的作用,毒性比三价铬毒性大 100 倍。土壤铬污染主要来自铬矿和金属冶炼、电镀、制革等行业产生



的工业废水、废气、废渣。用含铬工业废水灌溉,可使土壤、蔬菜含铬量增加。控制土壤中铬污染水平,保证植物的清洁对人体健康至关重要。铬在人体内有蓄积作用,体内过量的铬主要积聚在肝、肾、内分泌腺体,通过呼吸道进入的则易积存在肺内,并能影响体内氧化还原过程和水解过程。铬与蛋白质结合能抑制一些酶的活性,还能促使维生素 C 氧化,使血红蛋白变性从而降低血红蛋白的携氧能力。一系列研究证明了六价铬有明显的致突变作用。据报道,我国锦州和广州西部铬污染区居民的癌症死亡率都显著高于对照区。

室内空气污染对身体健康的危害

室内环境是人类接触最频繁、最密切的环境之一。随着物质文明的提高和科学技术的快速发展,人们开始追求工作环境和生活环境的美观舒适,不惜花重金去装饰和改善自己的生活环境,不知不觉地用了许多有害于人类健康的装饰材料,婴幼儿、孕产妇、老弱病残者等敏感人群在室内深受其害。现代化的办公、科研设备在设备运转过程中释放出的一氧化碳、二氧化碳、臭氧等气体,以及空调的二次污染也会危害人体健康,加上人们生活、工作时间在室内的增加,户外活动越来越少,直接导致人们身体素质的下降。会议室、办公室、商场、娱乐场所等人多密集的地方,由于装修材料的使用不当,甲醛、苯和挥发性很强的有机化合物所产生的有害气体含量严重超标,且通风透光差,更容易交叉感染各种疾病甚至死亡。

室内空气污染物是指空气正常成分以外的其他气体成分,危害性大的污染气体被称为有害气体。室内空气不仅受到室外大气污染的影响,本身还存在特有的众多污染源和污染物,因此,污染程度有时比室外大气更为严重,对人体健康造成的危害更为复杂。据联合国开发计划署和中国疾病预防控制中心联合调查,中国每年因室内空气污染所导致的超额死亡达 11.1 万人,室内空气污染所引发的呼吸系统疾病入院人数达 22 万人;北京地区每年因室内装修引发的急性中毒事件就达 400 起,急性中毒人数 1.5 万人,死



亡人数 350 人,慢性中毒 10 万人。因此,室内空气质量的好坏直接影响着人类的身体健康,室内空气污染问题已引起了我国政府的高度重视。

(1) 军团菌:是一类革兰阴性、无芽孢、有鞭毛、需氧水生菌群,现已报道 34 个菌种、53 个血清型,以嗜肺军团菌最常见。主要存在于现代建筑物贮水器的水中,以及冷却水塔、冷凝水、温水箱水、制冷机用水、游泳池温水、浴池水、水龙头、淋浴喷头、医用喷雾器和空气调湿器的水中,空调系统(主要通过冷却塔水)带菌是引起军团菌病流行的常见原因。该病主要通过室内空气传播,又称为“城市文明病”。军团菌主要通过呼吸道进入人体,主要表现为以肺部感染为主的全身性损伤。

(2) 氡:主要来源于地下、水泥、大理石、瓷砖等建筑材料,是无色、无味、无法觉察的惰性气体。氡随空气进入人体或附着于气管黏膜及肺部背面,或溶入体液进入细胞组织,形成体内辐射,诱发肺癌、白血病和呼吸道疾病。

(3) 甲醛:是一种无色易溶的刺激性气体,可经呼吸道吸收。甲醛对人体的危害具有长期性、潜伏性、隐蔽性的特点。长期吸入甲醛可引发鼻咽癌、喉癌等,刨花板、胶合板等人造板材、胶粘剂和墙纸是空气中甲醛的主要来源。

(4) 氨:是一种易溶于水的刺激性气体,可通过皮肤及呼吸道引起中毒,因极易溶于水,对眼、喉、上呼吸道作用快,刺激性强,轻者引发充血和分泌物增多,进而引起肺水肿。长时间接触低浓毒的氨,可引起喉炎、肺水肿、昏迷和休克。混凝土外加剂中的防冻剂,防火板中的阻燃剂是其主要来源。

(5) 苯:是一种无色、具有特殊芳香气味的液体。苯及苯系物被人体吸收后,可出现中枢神经系统麻醉作用;可抑制人体造血功能,使红细胞、白细胞、血小板减少,再生障碍性贫血患者较多;可导致女性月经异常、胎儿的先天性缺陷等。胶、油漆、涂料和黏剂和剂是空气中苯的主要来源。

(6) 挥发性有机化合物总量(TVOC):在室内空气中作为异类污染物。TVOC 可有嗅性,表现出毒性、刺激性,能引起机体免疫



水平失调,影响中枢神经系统功能,出现头晕、头痛嗜睡、无力、胸闷等症状;影响消化系统,出现食欲缺乏、恶心等;严重时甚至可损伤肝脏和造血系统。室内所有建筑和装饰材料是空气中(TVOC)的主要来源。

此外,其他污染物还有燃烧产物、烹调油烟、二氧化碳等。

由此看来,人们在尽情享受现代化文明成果的同时,还要懂得用科学的方法预防和控制室内空气污染,把危害人类健康的有害物质降低至国家的有关规定以下,以确保人人都有一个安全的生活环境和健康的家庭。

噪声污染对人体健康的危害

从卫生学的角度来讲,凡是使人感到厌烦或者不需要的声音都称为噪声。噪声污染对人体的危害主要有以下两个方面:

(1) 对人的心理影响:吵闹的环境噪声,会干扰人类的思维,使人精神无法集中,产生烦恼的感觉,影响工作效率,妨碍休息和睡眠等。实验证明,噪声影响睡眠的程度大致与声级成正比。在40分贝时,大约有10%的人受到影响;在70分贝时,受影响的人则就上升至50%。突然一个响声将人惊醒的情况也基本上与声级成正比,40分贝的突然噪声一般能将10%的睡眠者惊醒;60分贝的突然噪声则会惊醒70%的睡眠者。在强噪声下,还容易掩盖交谈或者危险警报信号,分散人的注意力,导致意外事故的发生。

(2) 对人的生理影响:① 对听力的影响。人在强烈的噪声下待一段时间后,会引起一定程度的听觉疲劳,听力变得迟钝,经过适当休息之后,听力会逐渐恢复。如果长期在比较强烈的噪声下工作,听觉疲劳就不易恢复,并会造成内耳听觉器官发生病变,导致噪声性耳聋,这种情况通常称为职业性听力损失。如果人们突然暴露在高强度噪声(140~160分贝)下,就会造成听觉器官急性外伤,引起鼓膜破裂流血,双耳完全失听。在战场上发生的爆炸声浪就很容易产生这种爆震性耳聋。② 对人体机能的其他影响。据观察研究,在强噪声的影响下,可能诱发一些疾病。长期在强噪声下工作的工人,除了耳聋外,还常常伴有头晕、头痛、神经衰弱、



消化不良等症状,从而引发高血压和心血管病。更强的噪声刺激内耳腔前庭,使人头晕目眩、恶心、呕吐,还会引起眼球振动、视觉模糊以及呼吸、脉搏、血压等发生波动。同时,噪声还可对生殖功能和胚胎发育造成影响,表现为月经周期异常、经期延长、血量增多和痛经等。接触高强度噪声,特别是处于 100 分贝以上强噪声环境中的女工中,妊娠恶阻以及妊娠高血压综合征发病率增高明显。噪声的干扰还可使人们感到烦躁,导致工作效率下降,影响工作质量,容易发生各种工伤事故。

因此,环境噪声是一种污染,既干扰了人们的正常生活、工作和学习,又会对人体健康产生危害。

农药污染对人体健康的影响

农药种类繁多,至今全世界已开发农药原药 1 200 多种,常用的有 200 余种。我国已有 130 多种农药生产线。化学农药主要有:有机氯类,如滴滴涕(DDT)、六六六、氯丹;有机磷类,如对硫磷、马拉硫磷;有机砷类,如田安、福美砷;有机汞类,如西力生;氨基甲酸酯类,如一甲呋喃丹;菊酯类农药,如敌杀死等。目前世界上各发达国家都是农药生产使用的大国。我国农药使用面积为 1.3 亿公顷耕地,居世界第二位。在农药使用过程中可对土壤造成污染。我国农药年产量为 45 万吨,但约一半的产量集中于国外已弃用的高毒、高残留品种,其中高毒农药 10 万余吨。农药污染土壤后,即使土壤中农药的残留浓度很低,也可通过食物链和生物浓缩使体内浓度提高至几千倍甚至几万倍,并通过农作物进入机体,对人体健康产生严重影响。因此,农药污染土壤而对人产生的危害是间接危害、慢性危害。

(1) 对酶系统影响:农药进入人体内能影响多种酶的活性,如对肝微粒转氨酶、醛缩酶、酸性磷酸酶、碱性磷酸酶和三磷酸腺苷等的影响。如有机磷农药可使血液中胆碱酯酶活性显著而持久的降低。

(2) 对免疫功能的影响:对细胞免疫有毒性作用,农药可以抑制人体内淋巴细胞的增殖和转换。据报道,对 27 例在家庭或者工



作中接触有机氯农药氯丹 4 个月至 10 年者,测定了 T 细胞的 14 种 CD 标志物,发现这些人的 CD₄ 上的表达减少,对体液免疫也有毒性作用。

国内外已有众多关于接触农药引起过敏性疾病和自身免疫性疾病,如过敏性皮肤病、哮喘等疾病的报道,部分患者血中检出特异性 IgE。对机体抵抗力影响的现场调查表明,农药用量大的地区居民肠道传染病高发。

(3) 对内分泌系统和生殖效应的影响:有些有机氯农药(如滴滴涕、氯丹等),与人体内所存在的典型雌激素(如 17-雌二醇)作用类似,虽然结构相差很大。它们可能直接与激素受体结合,对生殖系统产生影响;也可能先与体内其他受体结合,然后共同作用于激素受体,对生殖系统产生影响;还可能在与激素受体作用中和内源性雌激素竞争,从而阻碍 17-雌二醇等雌激素受体结合,产生了抗雌激素的作用,结果是导致某些生物体的雄性化。有些农药(如 DDE、杀虫剂)可以与雄激素受体结合,阻碍体内内源性雄激素和雄激素受体的正常结合,表现出抗雄激素的作用,导致某些生物体的雌性化。毒死蜱是目前在美国引起很多争议的农药品种,对儿童健康危害较大。毒死蜱可以影响脑发育,对母羊甲状腺系统产生作用,导致血液甲状腺素浓度降低。采用人乳房癌细胞系所做的研究表明,苯醚菊酯、氰戊菊酯具有雌性激素作用,右旋反式烯丙菊酯可能是抗雌激素作用物。

(4) 致突变、致癌和致畸作用:某些农药对人体具有长期危害,如苯氧基除草剂和相关化合物的致癌性。某些农药生产过程中以副产品或者杂质形式产生超强致癌物。此外,某些砷化物、有机氯农药(如滴滴涕)等具有致突变、致癌作用。目前认为,因长期接触农药而引起的癌症中,最多的是淋巴瘤、骨髓瘤、白血病和软组织肉瘤。长期接触农药的居民也能患其他种类的癌症。如流行病学调查显示,长期接触农药的居民肝癌的发生率明显升高。农药污染可以影响胚胎发育,甚至改变妊娠结局。美国两个州调查发现,农药使用多与唇裂、腭裂患儿分布有关。

鉴于有机氯农药的严重危害,我国于 1983 年已停止生产有机



氯农药,1984 年已停止使用滴滴涕和六六六等有机氯农药,但其长远影响尚需逐渐消除。

电磁辐射污染对人体健康的影响

非电离辐射和电离辐射均属于电磁辐射谱中的特定波段。当量子能量水平达到 12 电子伏特以上时,对受体有电离辐射作用,可导致机体的损伤,这类辐射称为电离辐射,如 X 射线、 γ 射线、宇宙射线等。 α 、 β 、中子、质子等属于电离辐射中的粒子辐射。量子能量小于 12 电子伏特的电离辐射不足以引起生物体电离,称为非电离辐射,如紫外线、可见光、红外线、射频和激光等。

(1) 射频辐射对人体的危害:人体接触非电离辐射的机会主要有高频感应加热、高频介质加热和微波能的应用。高强度暴露可致急性伤害,但仅见于事故性照射。职业性接触对身体的危害,主要是低强度慢性辐射所致对神经系统、眼、生殖系统功能的影响。① 神经系统:主要表现为类神经症和自主神经功能紊乱,如头痛、乏力、嗜睡、失眠、多梦、记忆力减退、手足多汗等。脑电图检查可见有界限性异常、节律紊乱、双侧较多 θ 波等。② 心血管系统:较具特征的是自主神经功能紊乱,以副交感反应占优势者居多,主要表现为心动过缓、血压下降。主诉有心悸、心区疼痛或者压迫感。心电图检查可有窦性心律不齐、心动过缓,右束支传导阻滞等功能性变化。③ 眼睛:长期接触大强度微波的工人,可发现眼晶状体点状或小片状浑浊,主要危害频率为 1 000~3 000 兆赫兹。职业性低强度微波慢性作用,可加速晶状体自然老化过程,有时可见视网膜改变。

(2) 红外辐射对人体的危害:① 皮肤:适量的红外线,有益于健康。红外线照射皮肤时大部分被吸收,只有 1.4% 左右被反射。较大强度短时间照射,皮肤局部温度升高,血管扩张,出现红斑反应,停止接触后红斑消失。过量照射除发生急性皮肤灼伤外,还可透入皮下组织,使血液及深部组织加热。② 眼睛:长期暴露于低能量红外线下,可致眼的慢性损伤,常见为慢性充血性睑缘炎。短波红外线能被角膜吸收产生角膜的热损伤,并能透过角膜伤及虹



膜。红外线白内障多见于工龄长的工人。职业性损伤多发于使用弧光灯、电焊、氧乙炔焊的操作工人。

(3) 紫外辐射对人体的危害: 太阳辐射是紫外线的最大天然源, 在太阳辐射中, 适量紫外线对人体健康具有积极作用, 如产生人体必需的维生素 D_3 , 但过强的紫外线辐射则对身体有害。

皮肤对紫外线的吸收, 随波长而异。波长在 200 纳米以下, 几乎全被角质层吸收; 波长在 220~330 纳米, 可被深部组织吸收。受强烈的紫外线辐射可引起皮炎, 表现为红斑, 有时伴有水泡和水肿。停止照射后, 一般在 24 小时后消失, 可有色素沉着。接触 300 纳米波段, 可引起皮肤灼伤; 波长为 297 纳米的紫外线对皮肤的作用最强, 可引起皮肤红斑并残留色素沉着。这些反应常出现在暴露紫外线较多的部位, 如躯干和腿部。长期暴露, 由于结缔组织损害和弹性丧失而致皮肤皱缩、老化, 更严重的是诱发皮肤癌。

波长为 250~320 纳米的紫外线, 可大量被角膜和结膜上皮所吸收, 引起急性角膜结膜炎, 称为“电光性眼炎”, 多见于电焊辅助工。在阳光照射的冰雪环境下作业时, 会受到大量发射的紫外线照射, 引起急性角膜、结膜损伤, 称为雪盲症。检查可见结膜充血、水肿、瞳孔缩小、对光反应迟钝、眼睑皮肤潮红。严重时, 角膜上皮有点状甚至片状剥脱, 滴荧光素着色。

(4) 电离辐射对人体的危害: 一定剂量的电离辐射作用于人体所引起的全身反射性损伤, 临床上称为放射病, 分为急性和慢性两种。急性放射病为短时间内一次或者多次受到大剂量的照射所引起的全身性病变, 多见于事故性照射或者核爆炸。根据临床表现分为: ① 骨髓型: 最为多见, 主要引起骨髓等造血系统损伤。临床表现为白细胞数量减少和感染性出血。② 胃肠型: 表现为频繁呕吐、腹泻, 水样便或者血水便, 可导致失水, 并常发生肠麻痹、肠套叠、肠梗阻等。③ 脑型: 受照后病人短时出现精神萎靡, 很快转为意识障碍、共济失调、抽搐、躁动和休克。

慢性放射病为较长时间内受到超限值剂量照射所引起的全身性损害, 多发生于防护条件差的外照射工作场所, 或不重视核素操作卫生防护的人员。临床表现早期以自主神经系统功能紊乱为



主,表现为头痛、头晕、睡眠障碍,疲乏无力、记忆力下降等,伴有消化系统障碍和性功能减退。早期可无明显体征,后期可见腱反射、腹壁反射减退等神经反射异常。妇女可表现为月经紊乱,经量减少或闭经。除上述全身性放射病外,还可表现为局部的放射性皮肤损伤和放射性白内障。

酸雨污染对人体健康的影响

酸雨是指降水中含有一定数量酸性物质的自由降水现象,其pH小于5.65,包括雨、雪、雹和雾等。被大气中的酸性气体污染,pH小于5.65的雨叫酸雨;pH小于5.65的雪叫酸雪;在高空或高山(如峨眉山)上弥漫的雾,pH小于5.65时叫酸雾。酸雨形成的机制和过程十分复杂,受多种因素(气象、土壤、污染等)影响。大气受到硫氧化物、氮氧化物及碳氧化物的污染,是形成酸雨的主要原因。这些气体污染物可通过氧化反应和光化学反应形成各类酸,遇雨水即形成酸雨。大气中有铁、锰等催化剂存在时,可加速氧化速率,加快酸性物质的形成。根据对酸雨成分的分析,硫酸和硝酸占酸雨总酸组分的90%以上。煤、石油燃烧向大气排放硫氧化物和氮氧化物,是城市酸雨的主要来源。酸雨给地球生态环境和人类社会经济都会带来严重的影响和破坏。

酸雨可直接影响人和动物的身体健康,雨雾的酸性对眼、咽喉和皮肤的刺激,会引起结膜炎、咽喉炎、皮炎等病症。我国科学工作者通过调查发现,酸雨污染区儿童的血压有下降的趋势,红细胞及血红蛋白偏低,而白细胞数偏高;一些呼吸道病症(如咳嗽、鼻塞、哮喘等)的出现率也偏高。在酸雨污染区生活的成人患呼吸系统疾病是清洁区的4倍,患心血管类疾病是清洁区的2倍。研究表明,酸雨对呼吸道中起主要防御功能的细胞有严重损伤作用,会大大提高呼吸道感染和肿瘤的发生概率。

酸雨又可影响人类生存环境,对健康产生间接影响。酸雨降落到水体中,可使饮水水源中重金属离子含量增加;酸雨降落到地面,土壤的酸度降低,重金属离子溶解度增大,从而使农作物对重金属离子的吸收量增加,地下水的重金属离子含量增加,人体对重



金属的摄入量增加。据有关资料报道,酸雨严重地区老年性痴呆发病率高,且随酸雨程度加重和时间延长而发病率上升。研究者认为,酸雨使土壤中的铝处于溶解状态,通过食物链累积在人脑中,最终导致老年性痴呆。

酸雨对人体健康的危害主要通过 3 种途径:① 经皮肤沉积而吸收,症状一般不重,典型的个例也很少。② 经呼吸道吸入,这方面的临床病例很多,原先就有肺部疾患,特别是年幼的哮喘病人受酸雨影响最为明显,直接导致病情加重。③ 来自地球表面微量金属的毒性作用,这是酸雨对人类健康最具重要性的潜在危害。这种危害不仅表现于酸雨导致的铜、镉等含量增多,直接对人体有负面影响,更令人担忧的是,酸雨沉降于地球表面后,受地质因素的影响,会从土壤和岩石中溶滤出来一些金属,至少有铅、汞、铝 3 种,对人类具有危害性。

要避免或减轻酸雨对人体健康的危害,最根本的方法是预防,具体就是要减少污染物质对大气的排放。日常生活中,要注意食品和饮用水的卫生,注意饮食的品种和营养结构。专家研究表明,一些绿色食品如绿豆、海带、鲜果等,能加速体内有害物质的排除,多吃这类食品能有效降低酸雨对健康的危害。

光化学烟雾对人体健康的影响

光化学烟雾是一种混合物的总称,主要来源于汽车尾气的氮氧化物(NO_x)和碳氢化合物(HC)。这类物质在大气环境中受到强烈的太阳紫外线照射后,发生复杂的光化学反应,产生一种具有刺激性很强的浅蓝色的混合烟雾,属于二次污染物。其中主要成分是臭氧、醛类和各种过氧酰基硝酸酯(PANs),这些物质统称为光化学烟雾,此外,还含有酮类、醇类、酸类等。

光化学烟雾主要发生在阳光强烈的夏、秋季节。经过研究认为,在北纬 $60^\circ \sim$ 南纬 60° 的一些大城市,都有产生光化学烟雾的可能。在进行光化学反应的过程中,随着反应的不断进行,生成物不断蓄积,光化学烟雾的浓度不断增大,3~4 小时后可达到最大值。这种光化学烟雾可随气流飘移数百千米,使远离城市的农村的庄



稼也受到损害。

在光化学烟雾中,臭氧占 85% 以上,PANs 约占 10%,其他物质的比例很小。PANs 中主要是过氧乙酰硝酸酯(PAN),其次是过氧苯酰硝酸酯(PBN)和过氧丙酰硝酸酯(PPN)。醛类化合物主要是甲醛、乙醛、丙烯醛等。

光化学烟雾对人体健康的影响主要有列几方面:① 对眼睛具有强烈的刺激作用。主要作用物是 PAN(过氧乙酰硝酸酯)、甲醛、丙烯醛、各种自由基及过氧化物等。PAN 是极强的催泪剂,催泪作用相当于甲醛的 200 倍。PBN 的催泪作用更强,比 PAN 大约强 100 倍。所以,PBN(过氧苯酰硝酸酯)的含量虽不如 PAN 高,但其强烈的催泪作用不可忽视。② 光化学烟雾对鼻、咽、喉、气管和肺等呼吸器官也有明显的刺激作用。当大气中的臭氧浓度为 1.07 毫克/米³ 时,即可刺激鼻和喉头黏膜;在 0.21~1.07 毫克/米³ 时,引起哮喘发作,导致上呼吸道疾病恶化,同时也刺激眼睛,使视觉敏感度和视力降低;2.14 毫克/米³ 以上可以引起头痛、肺气肿和肺水肿等,作用与二氧化氮相类似。③ 对全身的影响。臭氧还能阻碍血液输氧功能,造成组织缺氧,甲状腺功能受损,骨骼早期钙化。臭氧还可以引起潜在的全身影响,如诱发淋巴细胞染色体畸变、损害某些酶的活性和产生溶血反应,长期吸入氧化剂会影响细胞新陈代谢,加速人体衰老。另外甲醛是致敏物质,能引起流泪、喷嚏、咳嗽、呼吸困难、哮喘等。臭氧是强氧化剂,可与 DNA、RNA 等生物大分子发生反应,并使其结构受损,对微生物、植物、昆虫及哺乳动物细胞有致突变作用。人和动物体内的细胞遗传实验结果不一致,现有的实验室和流行病学研究尚不能确定对人体的遗传毒性和致癌作用。

酚污染对人体健康的影响

酚是一种重要的化工原料,在工业生产中广泛使用。酚类化合物是指芳香烃中的苯环上的氢原子被羟基取代所生成的化合物。根据苯环上的羟基数目多少,又可分为一元酚、二元酚、三元酚等。含两个以上羟基的酚类称为多元酚。酚类中能与水蒸气一



起挥发(沸点在 230°C 以下)的称为挥发酚。不能同水蒸气一起挥发的称为不挥发酚。自然界中存在的酚类化合物不下 2 000 多种。酚类化合物均具有特殊的臭味,易溶于水,易被氧化,单元酚与余氯结合可形成氯酚,具有特殊臭味。卫生学上有意义的酚类化合物,有苯酚、甲酚、五氯酚及其钠盐等,广泛用于消毒、灭螺、防腐、防霉等。含酚废水主要来源于炼焦、炼油、制取煤气和利用酚做原料的工业企业,其次是造纸、制革、印染、木材防腐等行业。

酚类化合物是一种细胞原浆毒,毒性作用是与细胞原浆中蛋白质发生化学反应,形成变性蛋白质,使细胞失去活性。它所引起的病理变化主要取决于毒物的浓度,低浓度时可使细胞变性,高浓度时使蛋白质凝固。低浓度对局部损害虽不如高浓度严重,但低浓度时由于渗透力强,可向深部组织渗透,因而后果更加严重。酚类化合物可经皮肤、黏膜的接触,呼吸道吸入和消化道等多种途径进入体内,主要分布在肝、血、肾和肺。经肝代谢氧化后,大部分被氧化成苯二酚、苯三酚,并与葡萄糖醛酸结合而失去毒性,随尿液排出,仅小部分转化为多元酚。吸收后的酚在 24 小时内即可代谢完毕,故酚类化合物中毒多为各种事故引起的急性中毒。酚急性中毒的主要表现为大量出汗、口腔炎、吞咽困难、肺水肿、肝及造血器官损害、黑尿、受损组织坏死、虚脱甚至死亡。皮肤接触酚液后,可引起严重灼伤,局部呈灰白色、起皱、软化,继而转化为红色、棕红色以至黑色,因其渗透力强,可使局部大片组织坏死。

环境中被酚污染的水,被人体吸收后,通过体内解毒功能,可使其大部分丧失毒性,并随尿排出体外。若进入人体内的量超过正常人体解毒功能时,超出部分可以蓄积在体内各脏器组织内,造成慢性中毒,出现不同程度的头昏、头痛、皮疹、皮肤瘙痒、精神不安、贫血及各种神经系统症状,食欲缺乏、吞咽困难、流涎、呕吐和腹泻等慢性消化道症状。这种慢性中毒经适当治疗一般不会留下后遗症。

目前的研究显示,酚可能是一种促癌剂。体内酚达到一定剂量后,可显示出弱致癌作用。在动物皮肤致癌试验中发现,5%的酚即有弱促癌作用,20%的酚则显示弱致癌作用。动物实验表明



五氯酚有一定的致畸性。酚口服致死量为 530 毫克/千克体重左右,而且甲基酚和硝基酚对人体的毒性更大。据有关报道,酚和其他有害物质相互作用产生协同效应,变得更加有害,促进致癌化。

含酚废水不仅给人类健康带来严重威胁,也对动植物产生危害。水中含酚含量达到 $1 \times 10^{-6} \sim 2 \times 10^{-6}$ 时,鱼类就会出现中毒症状,超过 $4 \times 10^{-6} \sim 1.5 \times 10^{-5}$ 时会引起鱼类大量死亡,甚至绝迹。如果使用含酚废水灌溉农田,则会使农作物减产或枯死。含酚废水的毒性还可抑制水体中其他生物的自然生长速度,破坏生态平衡。

多氯联苯、二噁英污染对人体健康的危害

多氯联苯(PCBs)有稳定的物理化学性质,属半挥发或不挥发物质,是一种无色或淡黄色的黏稠液体,耐酸、耐碱、耐腐蚀,难溶于水,易溶于脂肪和其他有机化合物中。PCBs 是氯原子置换苯分子中的氢原子而形成的一类化合物,是一氯联苯、二氯联苯、三氯联苯等的混合物,含氯原子愈多的组分,化学性质的稳定程度也就愈高,愈易在人体脂肪组织和器官中蓄积,不易排泄,毒性也就愈大。PCBs 主要用于生产润滑油和切削油、农药,以及在油漆、粘胶剂及封闭剂的生产过程中作为添加剂,在塑料粘胶制造中作为增塑剂等。PCBs 常由工业废水和城市污水进入水体,在水环境中极为稳定,很容易吸附在颗粒物的表面而沉积于底泥中,然后缓慢向水中迁移,通过水中浮游生物进入食物链系统,发生生物富集作用。

二噁英是一类氯代芳香族化合物,属于环境激素,氯苯并对二噁英(TCDD)、多氯二苯并呋喃(PCDF)、多氯联苯(PCB)等是代表性物质,被称为二噁英类环境毒物。二噁英类化合物均为固态,具有很强的热稳定性,700℃ 以上才开始分解,如 PCDD 和 PCDF,熔点为 303~305℃。稳定性随氯元素含量增加而增强,在自然界几乎不发生化学降解,生物降解效率极低,降解途径主要是光降解。二噁英耐酸碱及氧化,极难溶于水,而脂溶性强。由于二噁英所具有的独特的可溶解于脂肪的性能和极其稳定的化学性



质,在任何环境中都难以降解。二噁英是一种毒性极强的特殊有机化合物,它的异构体和同类物很多,毒性差异也很大。

二噁英主要是在一系列包括熔炼、纸浆的漂白、生产某些除草剂和杀虫剂的工业生产中所产生的有害副产品,但也可在火山爆发和森林火灾等自然过程所产生。它同时还包括在生产氯代有机物的热过程中所形成的有害副产品。此外,汽车尾气和香烟燃烧都可以产生二噁英。对固体废弃物的焚烧,是造成二噁英释放到环境中的最主要原因。

二噁英进入人体的途径,主要有呼吸道、皮肤和消化道。因为二噁英类化合物是脂溶性的,所以容易在脂肪组织蓄积,不易排出体外。二噁英可以通过胎盘进入胎儿体内,通过哺乳进入婴儿体内。它对人体健康的危害主要有以下几个方面:

(1) 致癌性:二噁英是已知人类致癌物,可引起软组织肉瘤、淋巴网状细胞瘤、呼吸系统癌、前列腺癌等。研究表明,暴露于高浓度二噁英环境中的工人,癌症死亡率比普通人群高 60%。如果动物长期暴露于二噁英环境中,还会导致多种类型的癌症。国际癌症研究机构(IARC)将二噁英归类为“已知的人类致癌物”。几项长期的多位点、多物种的研究已经证实,二噁英具有致癌作用。

(2) 对生殖系统的影响:二噁英还可以引起严重的生殖和发育障碍,剂量比致癌的剂量低 100 倍。二噁英进入人体后所带来的最敏感的后果,包括子宫内膜异位症、影响生殖系统发育效应。二噁英可使雄性激素水平下降,精子数目减少,睾丸、附睾畸形,降低性功能。一项调查显示二噁英具有抗雄激素作用。对雌性,二噁英可使流产率上升,受孕率降低,子宫重量减轻。

(3) 对胚胎及婴幼儿发育的影响:胎儿对暴露于二噁英最为敏感,在未产生母体毒性的情况下即可引起死胎、流产、生长发育畸形或发育迟缓等。小鼠低剂量即可引起腭裂、肾畸形等。在孕妇体内,二噁英可通过胎盘进入胎儿体内,还可通过哺乳进入婴儿体内,危害胎儿和婴儿。新生儿则可能对某些毒作用更为敏感。在美国、荷兰进行的三项大型队列研究结果表明,新生儿暴露于二



二噁英后会出现神经发育滞后,以及包括新生儿张力减退在内的神经行为效应。

(4) 对内分泌的影响:二噁英作为一种环境激素,可扰乱人的内分泌系统,干扰性激素的代谢,引起生殖系统功能障碍。孕妇接触二噁英,胎儿的血清甲状腺素水平会下降,说明它具有抑制甲状腺的功能。孕鼠接触少量的二噁英,可引起子代雄性激素水平的改变,精子产生受抑制,影响性行为和黄体化激素分泌,变得更雌性化。

(5) 对免疫系统的影响:二噁英可以同时抑制体液免疫和细胞免疫。对二噁英最敏感的是杀伤性 T 淋巴细胞的功能。它对骨髓、胸腺、肝脏、肺脏中的淋巴干细胞、NK 细胞都有毒性作用。二噁英还可引起胸腺萎缩,直接抑制 B 淋巴细胞,使初次、再次免疫应答的反应性降低,抗体(IgE、IgG)产生减少。围生期接触二噁英可能影响免疫细胞的分化谱,早期影响原始干细胞,后期影响发育更成熟的系统中的细胞。

环境污染致癌物

随着工业的发展、人群聚集、城市建设与扩展,人类生存的自然环境发生了巨大的变化。人类在开发和利用自然环境资源,创造新的生存环境的同时,将生产、生活活动中产生的废弃物排入环境,使得环境质量下降和恶化。人为排放造成环境污染的物质,则称为环境污染物或环境污染因素。近年来新的化学物质广泛应用,环境污染日益加剧,恶性肿瘤对人类健康的威胁日趋严重,已成为危害人类健康及生命的主要常见病之一。癌症的发病和死亡与环境污染有密切的关系。根据环境致癌因素的性质,可将其分为物理性因素、化学性因素和生物性因素三类。据统计,环境致癌因素中,物理因素约占 5%,生物因素约占 5%,化学性致癌物则占 90%。

物理性因素,如放射性的外照射或吸入放射性物质引起白血病、肺癌等,紫外线过度照射引起皮肤癌等。生物性因素,如乙肝



病毒导致肝癌,EB 病毒可诱发鼻咽癌,热带性恶性淋巴瘤是由血吸虫所传播的一种病毒所引起等。化学性因素,目前已知的化学致癌物 1 000 多种,1987 年癌症研究中心(IACR)对各国提供的流行病学资料和致癌进行总评,并归纳分级为四类。已经确定的一类化学致癌物有苯并(α)芘、 β -萘胺、砷化物、氯甲醚、黄曲霉毒素和石棉等;二类致癌物有亚硝胺类化合物、四氯化碳、环氧乙烷和镉等。

环境化学致癌物种类很多,根据其性质及致癌作用,可分为 3 种类型:

(1) 直接致癌物:化学物本身具有直接致癌作用,在体内不需要经过代谢活化即可致癌。该类化合物一般是烷化剂,化学性质较为活泼,一般在环境中维持不久。它们在体内能释放出亲电子物,同大分子受体结合,如 β -丙内酯、硫酸二甲酯、甲烷硫酸甲酯、氮芥、二氯甲醚等。

(2) 间接致癌物:这类化学物本身并不直接致癌,必须在体内经过代谢活化后才具有致癌作用。大多数致癌物为间接致癌物,在环境中相对稳定,进入机体后才代谢活化,所以污染环境后的危险性较大。根据间接致癌物在体内代谢变化情况,又可将其分为前致癌物、近致癌物和终致癌物。通常将间接致癌物经代谢活化所形成的具有致癌作用的代谢物和不需经代谢活化的直接致癌物统称为终致癌物,将需经代谢活化才具有致癌作用的间接致癌物称为前致癌物,而前致癌物经代谢活化过程形成的中间代谢产物称为近致癌物。近致癌物虽经代谢转化,并可能具有一定的致癌作用,但必须经过进一步代谢才能成为终致癌物,具有更明显的致癌作用。

(3) 促癌物:这类化学物本身并不致癌,但具有促进癌症发生和发展的作用,也可以说具有促进癌细胞生长作用的化学物质,称为促长剂或促癌物。促癌物单独使用无致癌性,必须在给予引发剂后才发挥作用。

目前认为,癌的发生是一种宿主与环境之间复杂的动态的相互作用过程。重要的宿主因素包括遗传构成和健康状况,而主要



的环境因素涉及大气污染、水体污染和食物污染等。① 空气污染与呼吸道癌症。经国内外环境流行病学研究,普遍认为城市居民肺癌死亡率与城市大气污染有关。有资料提出,大气中苯并芘浓度每增加 0.1 微克/100 米³,肺癌死亡率相应升高 5%。许多动物实验也证实了大气污染的致癌性。② 水污染与肿瘤。水污染与人群膀胱癌、肝癌等发生的关系,近 20 多年来受到人们的关注。自 20 世纪 70 年代人们注意到水体受到有机化学污染日趋严重以来,全世界在水中检出的有机化学污染物共约 2 221 种,美国环保局从自来水中检出约 765 种。其中 20 种为确证致癌物,26 种为可以致癌物,18 种为促癌物和辅癌物,48 种为 Ames 试验致突变物。国外关于水污染与肿瘤研究已有 20 多年的历史,一种是生态学研究,即群体危险性研究;另一种是病例对照研究,即个体危险性研究。饮水中有机物暴露于肿瘤,有统计学相关意义的肿瘤依次为胃、直肠、膀胱、食管、肺、肝和胆、结肠、胰、乳房、小肠等。消化系统肿瘤相关比例最大,泌尿系统肿瘤次之。

致畸、致癌、致突变作用

致畸作用指由于外源化学物的干扰,通过母体对胚胎正常发育过程造成干扰,引起胚胎发生结构和功能的异常,具有致畸作用的物质称为致畸物。致畸程度及畸形的发生与妊娠时间密切相关,一般认为妇女妊娠 25~40 天,受精卵处于高度分化阶段,对致畸物最敏感,称致畸危险期,胚胎最容易发生畸形;妊娠 2 个月,是器官形成期,对致畸物仍易感,但敏感性下降,称敏感性下降期;妊娠 3 个月对致畸物基本不敏感,无致畸能力,称安全期。预防致畸要掌握上述特点和规律,尽量不让孕妇在致畸危险期接触化学毒物。致畸作用在外源化学物发育毒性具体表现中,对存活后代机体影响较为严重,往往是一种不可逆过程,具有重要的毒理学意义。环境化学物诱发畸形机制异常复杂,已知致畸物因暴露浓度(剂量)、暴露时间及母体易感性差异可能出现完全不同的有害后果。这些物质经过饮水、食物和污染空气进入人体,通过以下机制产生致畸作用:① 干扰妊娠过程致畸,这是主要机制。② 通过生



殖细胞引起致畸。环境致畸物进入人体,作用于生殖细胞的遗传物质,影响生殖功能和妊娠过程而致畸,如发生不孕、流产、死胎、畸胎或其他类型的出生缺陷。这种致畸往往不是形态畸形而是功能畸形,如痴呆、智能低下等,而且其子代细胞将携带这种突变基因,具有遗传性。

致癌作用指环境中致癌因素诱发肿瘤的作用。肿瘤有良性和恶性之分。恶性肿瘤又称为癌。在致癌作用概念中的“癌”,包括良性肿瘤和恶性肿瘤。根据环境致癌因素的性质,可将其分为物理性因素(如放射性外照射或吸入放射性物质引起白血病、肺癌等,紫外线过度照射引起皮肤癌等)、生物性因素(如乙肝病毒导致肝癌,EB病毒诱发鼻咽癌等)和化学性因素(即化学致癌物)三类,目前已知的化学致癌物约1 000多种,分4个等级。已确定的一类化学致癌物有苯并(α)芘、砷化物、黄曲霉毒素和石棉等;二类致癌物有亚硝胺类化合物、四氯化碳、环氧乙烷和镉等。

致突变作用指环境化学物引起生物体细胞的遗传物质发生可遗传改变的作用,又称诱变作用。通过突变而形成的不同于亲代性状的生物体,称为突变体。凡能引起生物体发生突变的物质称致突变物或诱变物。突变原是自然界的一种正常现象,在自然条件下发生的突变,称为自发突变。从生物进化的观点看,突变对生物体有利的,新物种的出现、生物的进化,与突变有密切关系。但迄今为止,我们尚不能控制突变只向有利方向发展。环境致突变物的种类和数量的增加,对人类健康产生的危害也日趋严重。环境中的致突变物按其性质分为化学致突变物、物理致突变物和生物致突变物,化学致突变物占较大比重。

现已证明大部分致癌物都是致突变物,而许多致突变物也是致癌物,二者有密切的关系。如果致突变作用发生在体细胞,会影响个体发生各种病变(肿瘤、畸胎、生育障碍等),但不影响下一代。如果突变发生在生殖细胞,后果会遗传到后代。人类在生活环境中常接触大量天然的和合成的化学物质,因此,进行环境污染物的致突变性检测,对预测其致癌、致畸性及其他健康危害有重大意义。



环境污染引起的生物化学毒性

环境污染物对人体健康的影响是极其巨大而复杂的,可从多种途径侵入人体。大气中的有毒气体和烟尘,主要通过呼吸道作用于人体;水体和土壤中的毒物,主要通过饮水和食物经消化道被人体吸收;一些脂溶性的毒物(如苯、有机磷酸酯类和农药),以及能与皮肤的脂酸根结合的毒物(如汞、砷等),可经皮肤被人体吸收。毒物进入人体后,机体能通过代谢、排泄和蓄积在一些与毒作用无关的组织器官里,以改变毒物的质和量。毒物剂量增加,超过人体正常负荷量,机体还可动用代偿适应机制,机体保持相对稳定,暂时不出现临床症状和体征,即呈亚临床状态。如剂量继续增加,以致机体代偿适应机制失调,便会出现临床症状,甚至死亡。人体与环境污染有关的疾病如下:

(1) 生物地球化学性疾病。在自然界中,由于地壳中元素分布的不均衡性,导致某些地区水、植物、土壤和煤中的个别微量元素含量过高或缺乏,使当地的人和动物从外环境获得某种元素的量超过或不能满足机体正常的需要量所引起的特异性疾病,称生物地球化学性疾病。① 地方性砷中毒:主要表现为皮肤色素异常、角化过度 and 末梢神经炎,同时伴有消化、心血管、生殖等系统的损伤。② 地方性氟中毒:主要表现为氟斑牙和氟骨症。③ 碘缺乏病:包括地方性甲状腺肿(主要表现为甲状腺肿大)、地方性克汀病(表现为精神发育迟滞、聋哑、斜视、神经—运动功能障碍、甲状腺肿、生长发育落后等)。

(2) 痛痛病:一种慢性镉中毒,该病首先发生在日本富山县神通川两岸地区,典型症状表现为全身疼痛、多发性骨折而引起躯体缩短、骨骼变形,最后发生肌萎缩及其他并发症而死亡。

(3) 肿瘤:环境致癌因素按其性质可分为:① 化学致癌因素,如苯并(α)芘、砷化物、黄曲霉毒素、石棉、亚硝胺类化合物、四氯化碳、环氧乙烷和镉等。② 物理致癌因素,如紫外线、电离辐射等。③ 生物致癌因素,如病毒(乙肝病毒、EB病毒、人类免疫缺陷病毒)、寄生虫(疟疾、肝吸虫、血吸虫)、细菌(幽门螺旋杆菌、细菌性



致癌物、真菌毒素等)、植物性致癌物(烟草中的烃类、亚硝胺类、甲醛、镉、酚类等)。另外,生活方式(如吸烟、酒精饮料、不当的膳食与烹调习惯、不良性行为)也可引起肿瘤。

(4) 神经系统疾病:环境因素引起的神经系统疾病主要有两类,一类是由环境毒物直接引起的中毒性神经系统疾病,如铅、有机汞及有机磷农药中毒等。对于这些毒物,神经系统是它们的靶器官。另一类是至今病因还不十分清楚,但有证据表明某些退行性神经系统疾病的病因与环境因素参与有关,如阿尔茨海默病和帕金森病。

(5) 心血管系统疾病:多数心血管疾病,均可能是环境因素与遗传因素相互作用的结果。① 中毒性心肌病,主要由铅、砷、砷化氢、有机汞有机磷、一氧化碳等化学性毒物,酒精、粗制棉子油、发霉的玉米面等食源性毒物,氯喹、阿霉素等药物引起。② 原发性高血压,一般认为该病有一定的遗传性,但是否发病取决于后天环境因素。

(6) 呼吸系统疾病:呼吸系统疾病主要由室内空气污染物、室外大气污染、职业性因素和个体因素引起。① 支气管哮喘,主要由生物过敏原(如尘螨、宠物、蟑螂、花粉等)、大气污染(如二氧化硫、臭氧、氮氧化物等)、职业因素(如动植物蛋白、烟草烟雾、甲醛等)所引起。② 慢性阻塞性肺疾病,是具有气流阻塞特征的慢性支气管炎和(或)肺气肿,主要由烟草烟雾、职业性粉尘、烟尘和有害气体等引起。③ 肺癌。④ 急性呼吸道感染。⑤ 军团菌肺炎。

(7) 皮肤病:① 接触性皮炎,指皮肤接触环境中刺激原或变应原后引起的急性炎症反应,主要表现为刺激性接触性皮炎(如接触强酸强碱)和变应性接触性皮炎(如化妆品、外用药物、油漆、染料、羽毛等)。② 皮肤肿瘤,主要有由紫外线诱发的恶性黑素瘤和非黑素瘤皮肤癌(包括基底细胞癌和鳞状细胞癌)。

(8) 生殖发育障碍:导致生殖发育障碍的因素,有放射线、风疹病毒、母体外伤和代谢失衡、药物和环境化学物、酒精中毒等。生殖毒性主要表现在以下几方面:① 干扰正常的生殖内分泌调节机制,使正常生殖周期紊乱。② 精子和卵子的生成障碍或功能异



常。③ 性行为异常。④ 生育能力下降。⑤ 妊娠、分娩、哺乳等各期的异常。⑥ 死胎、自发性流产等。⑦ 性成熟提前或滞后。发育毒性主要表现在孕期胎儿死亡或新生儿早期死亡,胎儿的组织形态结构异常,子代生长发育迟缓,子代生理功能障碍。

毒性阈剂量

毒性阈剂量指化学毒物引起受试对象中的少数个体出现某种最轻微异常改变所需要的最低剂量。在此剂量下的任何剂量都不应产生损害作用,故又常称为最小有作用剂量。但实际上,能否观察到化学毒物造成的损害作用,在很大程度上受到检测技术灵敏性和精确性的限制。另外,受试对象的数量对此也有影响。因此,所谓的“阈剂量”应称为观察到损害作用的最低剂量。阈剂量分为急性阈剂量和慢性阈剂量两种。

(1) 急性阈剂量:急性毒性试验是研究化学物大剂量一次染毒或 24 小时内多次染毒动物后能引起的毒作用试验。目的是在短期内确定该物质的毒性大小和特点,并为进一步开展其他毒性试验提供设计依据。急性毒性试验又分为急性致死毒性试验和急性非致死毒性试验。前者以死亡为观察指标,但是以死亡作为观察指标所得急性毒性,不能提供日常生活中常见的非致死毒性的安全界限,或不能对发生急性中毒的危险性估计提供依据,故采用急性非致死毒性试验可测定急性阈剂量。测定急性阈剂量(浓度)应根据化学物对机体作用的性质、实验目的和具体条件,选择适当的灵敏的观察指标。例如对于刺激性气体,可测定其刺激阈浓度或感官阈浓度。实验动物多用猫,选用健康动物数只,置于含有受试物的染毒柜内,染毒 30 分钟。观察并测得刚引起 30% 动物出现轻微刺激症状(流泪、流涕、流涎等)的浓度作为阈浓度。

(2) 慢性阈剂量:即通过慢性毒性试验所得。慢性毒性试验是检测在较长时间内,以小剂量反复染毒后所引起损害作用的试验。其主要目的是评价化学物在长期小剂量作用的条件下对机体产生的损害及其特点,确定其慢性毒作用阈剂量和最大无作用剂量,为制定环境中有害物质的最高容许浓度提供实验依据。观察



指标包括体重、食物摄取、临床症状、行为、血象和血液化学、尿的性状及生化成分,以及重点观察在亚慢性毒性试验(指在较短时间内多次重复染毒条件下,研究化学物质的毒性作用。对大、小鼠一般染毒 3 个月的称亚慢性毒性试验)中已经显现的阳性指标。

通常情况下,一种化学毒物的急性阈剂量比慢性阈剂量为高,受试对象表现出的中毒症状也较为明显。

环境医学监测

环境医学监测是通过对人体生物材料(血、尿、粪、头发和唾液等)中环境污染物及其代谢产物浓度的测定,利用生理学、生物化学、免疫学等手段,研究人群体内污染物负荷及其对健康的影响,对环境质量进行环境医学评价。

环境医学监测是环境质量评价的一个重要方面,是从人体健康角度来评价环境的影响。常用的医学监测方法,有临床医学检查、流行病学调查和毒理学实验。临床医学检查是在人群中进行定期体格检查,检查污染物对人体器官和系统的影响,并为鉴别污染物的种类提供线索。例如,人群血液中碳氧血红蛋白含量增高,意味着可能存在一氧化碳污染;脱发症状检出率增高,意味着可能存在砷、铊等毒物污染。在人群中进行流行病学调查,是监测污染物对发病率影响的范围和程度。毒理学实验是用于确定剂量—反应关系和分析因果关系的方法。临床医学检查往往难以反映出低浓度污染的损害和亚临床变化,流行病学调查难以确定出新污染物的剂量—反应关系和因果关系,毒理学实验数据又是要以人体和人群流行病学调查资料为依据进行修正。所以,环境医学监测通常用上述三个方面的资料进行综合评定。

环境污染对人体健康影响的程度和人体生物学效应,从医学监测角度一般分为死亡、发病、亚临床变化和污染物在体内过量负荷 4 个等级,但也有在亚临床变化和污染物在体内过量负荷之间增加一个“意义不明的生理学变化”等级,而成为 5 个等级。

发病和死亡是污染对健康最严重的影响,是人体生物学效应谱的末端。发病率和死亡率的增高,是判断公害事件的重要依据。



例如,1952年12月的伦敦烟雾事件,就是从该地区死亡人数比以往同期增多4 000余人,结合当时的气象条件和大气污染的检测数据进行分析确定的。

人们所受到的污染,通常具有浓度低和时间长的特点。这种污染对人体健康的影响,往往是从污染物及其代谢产物在人体内过量负荷和出现疾病前期(亚临床)的变化开始的。随着污染浓度(剂量)的增加和接触时间的延长,才逐渐影响到人体健康或引起疾病。近年来,人们为了预防疾病,已把注意力从发病期扩展到发病前期,把发病前期机体的变化作为评定环境质量的依据。例如,把血液中碳氧血红蛋白含量增高超过3%,作为一氧化碳污染对人体健康早期影响的指征;把尿中低分子微球蛋白含量的增高,看成可能是低水平镉污染对人体健康影响的早期指征。对一些亚临床表现和人体血、尿、头发和唾液等生物材料中的污染物及其代谢产物含量的检查,虽然都不能作为判断疾病的主要依据,而且有些指标的生物学意义尚待阐明,但不少检查结果可以指示机体接触污染程度和可能存在的潜在危险。这类生物样品检测与一般环境监测结合起来,能够判断环境质量的好坏。

为控制污染可能引起的疾病,不少国家建立了一系列的监测制度和监测系统。其中包括建立污染对健康有害影响的警报系统和快速实验生物学鉴定系统;对新化学物质进行登记,设立毒理学资料库,进行致畸、致突变、致癌以及生态学效应的筛选;对高危人群进行定期健康检查和生物材料检测;对人群疾病和死亡进行登记、统计和流行病学的调查和分析等。

健康危险度评价

健康危险度评价是在综合分析人群流行病学调查、毒理学试验、环境监测和健康监护等多方面研究资料的基础上,对暴露于某一特定环境条件下,该环境中的有毒物质(因素)可能引起个人和群体产生某些有害健康效应(病、伤、残、出生缺陷和死亡等)的概率进行定性、定量评价。危险度评价是对各种环境中有害因素进行管理的重要依据。它的主要目的是,预计可能产生的健康效应类型及其特征;估计这些健康效应发生的概率;估计具有这些健康效应的人数;计算在空气、水、食物中某种有毒物质可接受的浓度,



为制定卫生标准提供科学依据;为治理环境污染采取重大决策和措施提供科学信息。危险度评价由下面四部分组成:

(1) 危害性认定:是危险度评价的第一阶段,为定性评价阶段。目的是确定待评化学物质对暴露人群能否产生不良健康影响;暴露与不良健康效应之间是否存在因果关系;对所产生的不良健康效应予以分类,并估计其危害程度,从而确定对该化学物进行危险度评价的必要性和可能性。

判定化学物质的健康效应类型特征,最重要的是区别有阈值效应的毒物和无阈值效应的毒物。前者是已知或被认为是在低于某一剂量时就没有有害作用,而后者是在大于零的所有剂量下都会引起某种程度有害反应发生。一般将化学物所致的各种健康效应分为致癌、生殖细胞突变、发育效应、器官/细胞效应(例如生殖器官的损害和神经细胞损害等)四类,前两类属于无阈值毒物效应,后两类属于有阈值毒物效应。

(2) 剂量-反应关系评价:是危险度评价的第二阶段,又是定量危险度评价的第一步。目的是在认定化学物质具有危害性的基础上,依据人群流行病学调查资料和毒理学研究结果,阐明不同剂量水平的待测物质与接触群体中,出现的最为敏感的有害效应发生率之间的定量关系,进行实验动物与人群之间以及不同人群之间的剂量-反应关系的推导,确定合适的剂量反应曲线,并获得特定接触剂量下评价人群危险度的基准值。

(3) 暴露评定:是危险度评价的第三阶段,目的是确定危险人群接触待评化学毒物的总量并阐明接触特征,为危险度评价提供可靠的接触数据或估计值。暴露评定要说明来源、暴露途径、测定的浓度和持续时间、暴露人群、综合的暴露分析。

(4) 危险度特征分析:是危险度评价的最后阶段,在对前三个阶段评价结果的综合、分析、判断的基础上,确定暴露人群中有害效应发生率(危险度)的估计值及其可信程度或不确定性程度,并以文件的形式阐明该物质可能引起的公众健康问题,为政府管理机构决策提供科学依据。



第八章

环境工程学

环境工程学的概念

大气污染、噪声、水污染、电磁辐射、放射性污染和固体废弃物等各种污染,给人类的生产、生存和健康带来了严重威胁,良好的生态环境遭到了明显破坏。人们为了从环境污染的困境中解脱出来,经过近百年的努力,进行了长期的研究、开发与工程实践,逐步形成一门新的工程技术学科——环境工程学。

环境工程学是环境科学的分支学科。它是综合运用有关基础学科的理论和方法以及相应的工程技术手段,治理各种污染的学科。环境工程学不仅限于对污染的治理,还包括对自然资源的合理利用,保护和改善环境质量,使人类生产、生活与生态环境达到协调而可持续的良性发展。它所涉及的知识领域十分广泛,如物理学、化学、生物学、气象学、地理学、水利学、地质学、建筑学、机械学、医学等。因而,环境工程学是由多种学科理论与工程技术相互交叉、融汇而成的新型学科。环境工程学主要包括水污染防治工程、大气污染控制工程、噪声污染控制工程、电磁辐射防治工程、放射性污染防治工程、固体废物防治工程、区域环境污染综合防治工程等。

(1) 水污染防治工程:通过利用有效的技术手段和工程措施,包括废水回用、有毒物质无害化处理、有用物质的资源化回收利用,使工业废水、畜禽养殖业废水、城镇生活污水中的各种污染物,



达到国家规定的排放标准或严于国家标准的地方法定标准,同时尽量做到工程投资省、占地少、净化效率高、管理方便、水质稳定。

(2) 大气污染控制工程:向大气环境排放粉尘、烟气、二氧化硫、氮氧化物、有毒有害工业粉尘及气体、恶臭等污染物的各行各业污染源,在进行气体污染物的扩散和转化规律的测试、分析研究的基础上,采用各种削减技术和控制设备,包括无害化处理、回收利用,达到国家或地方规定的排放标准。这些工程技术措施要力求科学先进、成熟可靠、投资少、运行成本低、操作管理简便。

(3) 噪声污染控制工程:根据噪声源的点位、强度等的监测,选择适当的工程措施降低噪声强度,控制传声途径,给接收噪声者装备防护器材等技术手段,达到国家对不同地区、生产、工作部门以及居民生活区,不同时间段(昼夜)制定的环境噪声标准。

(4) 电磁辐射防治工程:是对产生辐射的污染源,通过采用有效地工程技术措施,降低电磁辐射强度,限制其影响范围,或给相应人员配备防护器材,达到国家或地方规定的电磁辐射标准,保障人体和生物的健康与安全。

(5) 放射性污染防治工程:在不涉及由于发生核战争引发的大规模毁灭性、长期性放射污染危害的特殊情况下,对可能产生放射性污染的场所,比如放射性矿物的开采、贮存、运输到加工(化学处理、物理化学分离、浓缩),核武器的研制、贮存,核发电站建设及运行,放射性物质在各行各业的应用(工业探伤、良种培育、疾病诊疗、科学试验等),核燃料的再生,核废物的无害化处理,和平利用核能的厂站选址等,采用工程技术措施进行有效防护和治理,使其消除或降低放射性污染,达到国家法定标准,不会对人体、生物和环境造成直接危害或潜在性危害。另外,存在于大气、水、岩石和土壤中的天然放射性污染,也属于放射性污染防治工程的范围。

(6) 固体废弃物污染防治工程:对人们在生产和生活活动中产生的多种固态或半固态废弃物,如工业废物、生活垃圾、电子产品垃圾等,根据其排放来源、排放量和污染物的物理、化学及卫生学特性,采取相应的运输、贮存、处理、利用和处置措施,消除或减少其污染危害,达到综合利用、变废为宝、化害为利的目的。



(7) 区域环境污染综合防治:不同区域因其生态环境状况,工业门类和产品类型、生产工艺、排放污染物状况,农林牧副渔发展现状,城乡建设现状,以及人们对环境质量的要求等诸多因素千差万别,我们可以把这个区域看作是一个大的系统,利用系统工程的原则和方法,研究和规划区域性环境问题。以合理开发利用资源为本,按照环境质量标准,在实施污染物总量控制的原则下,通盘考虑采用包括法制、管理、经济、技术等综合措施,因地制宜地改善和提高环境质量水平,达到社会、经济、环境的和谐发展。

造成大气污染的主要来源

大气污染主要来自自然污染源和人为污染源两个方面。火山爆发,会排放大量二氧化硫和硫化氢气体;森林火灾,生物腐烂,沼泽中的生物作用,会排出一氧化碳、氨气和硫化氢等,这些都属于自然污染源,是人类尚无法避免的“天灾”。我们人类所关心和可以控制的,是各行各业产生的大气污染。人为大气污染主要来自生活污染源、工业污染源和交通污染源。

(1) 生活污染源产生的大气污染物,主要是烟气,包括大气颗粒物、二氧化硫、氮氧化物、二氧化碳和一氧化碳等。由于城镇开展集中供热,用燃气代替燃煤,用型煤取代散煤,大大减少了来自生活污染源的大气污染。作为生活污染源的另一类大气污染物,还不应忽视在居室厨房内进行烹调,在室内吸烟、门窗紧闭等状况下的室内大气污染,以及在现代室内装饰工程中大量使用木材、塑胶、化工涂料。殊不知在这些材料中几乎都含有多种易挥发的有机污染物,如甲醛、苯、二氯乙烯、三氯乙烯、乙异氰酸酯等,对我们的健康有很大危害。

(2) 工业污染源是我国大气污染的主要来源。① 首位污染源是火力发电厂。随着我国国民经济迅猛发展的需要,对电的需求日益剧增。由于我国水力发电规模不大,核能发电厂不过四五家,主要还是靠火力发电,发1度电需耗标准煤400~500克。全国用于发电的煤量,超过10亿吨。火力发电厂排放的大气污染物是烟气,包括大气颗粒物、二氧化硫、氮氧化物和二氧化碳。我国已成



为世界上列美国之后排放二氧化碳量最大的国家。② 冶金行业是大气污染物排放量居第二位的行业。生产铁要消耗大量焦炭,而焦炭来自煤,在用煤炼焦过程中排出大量气态污染物。在炼钢过程中,由于高温下空气中的氧被迅速氧化为二氧化氮,所以冶金行业的大气污染物除了与燃煤中的各种大气污染物相同外,还有大量矿尘、高浓度 NO_2 (棕红色烟),以及炼焦过程中排出的气态有机污染物(如苯、萘、酚、有机硫等)。有色冶金业排出的大气污染物,因矿石中有多种杂质成分存在,会出现氟、砷、铅等多种非金属及金属粉尘。③ 化工行业除锅炉排放烟气中的各种大气污染物外,还由于生产各种化工产品而排放出多种多样的有毒、有害甚至有色的大气污染物。如二氧化硫、硫化氢、硫酸气、盐酸气、氟化氢、氮氧化物、氯、氨、苯、二甲苯、蒽、硝基苯、挥发酚、硫醇、有机胺、有机酸,以及各种产品粉尘、气溶胶等。④ 建材行业的石灰烧制、水泥生产大都在窑炉中进行。原料为石灰石、煤、黏土及少量金属矿物,且在烧制过程中鼓入空气,有时物料呈沸腾状态,水泥还需粉碎。因此,这一行业所排大气污染物除煤烟型污染物外,还含有大量原料及产品粉尘。

(3) 交通污染源指由汽车、火车、飞机及船舶等交通工具燃烧液气态燃料,排出的大气污染物。主要是一氧化碳、二氧化碳、氮氧化物、碳氢化物、铅等。美国的汽车数量极大,每个家庭平均有二三辆机动车。从美国国土排出的二氧化碳,一半来自汽车排气,而不是来自煤燃烧,这点与中国情况有很大不相同。

控制颗粒物污染的装备——各种除尘器

大气污染控制中涉及的颗粒物,一般是指所有大于分子的颗粒,最小界限为 0.01 微米左右。在工程技术上,我们习惯把颗粒物叫做粉尘。颗粒物可以单个存在于大气中,也可以多个颗粒聚集成一体呈堆积状态,成为粉尘。消除大气颗粒物污染的最好办法,就是用专门的设备——除尘器,将其有效地分离、沉降和捕集。

实际上,大气中颗粒物的大小、所占比例、物理和化学特性都不相同。颗粒物的物理性质,包括密度、比表面积、润湿性(含水



率)、导电性、摩擦力、粘附性及爆炸性等。化学性就是其酸碱性、在不同溶剂中的溶解性、分子量大小和能发生什么化学反应等。设计和选用除尘器,离不开对粉尘物理和化学特性的认真测试和深入了解。否则,根本达不到除尘目的。根据粉尘的不同特性,目前有以下几种除尘器。

(1) 机械除尘器:这种除尘器的工作原理,是利用质量力、重力、惯性力和离心力等作用,将颗粒物与空气分离。重力沉降室、惯性除尘器和旋风除尘器等,都属于机械除尘器。① 重力沉降室:是通过重力作用使颗粒从气流中沉降分离的除尘装置,分为层流式和湍流式两种,灰斗在下方呈锥状。优点是结构简单、投资少、压力损失少、维护管理容易;缺点是体积大、效率低。将它作为高效除尘器的预处理装置,可去除 40 微米以上的颗粒物。② 惯性除尘器:原理是在沉降室内放置几块各种形式的挡板,当含尘气流冲击到挡板上时,气流方向发生剧变,借助尘粒本身的惯性力使其与空气分离。惯性除尘器分为冲击式(又分单级和多级两种)和反转式两大类型。这类除尘器效率一般,常用于净化密度和粒度较大的金属和矿物粉尘。对粘结性和纤维性粉尘,则因为堵塞而不宜采用。惯性除尘器常被用于多级除尘系统中的第一级除尘,捕集 10~20 微米粗尘粒。由于设备中有挡板,故使用中会有不同程度压力损失,一般为 100~1 000 帕。③ 旋风除尘器:它是利用旋转气流产生的离心力使尘粒从气流中分离的装置,结构简单、利用广泛、种类繁多。它是由进气管、筒体、锥体和排气管构成的竖式除尘器。当含尘气流进入器内后,沿筒体内壁自上而下做旋转运动,同时有少量气体沿径向运动到中心区域。当旋转气流的大部分到达锥体底部后,转而向上沿轴旋转,最后经排气管排出。在气流旋转过程中,尘粒在离心作用下逐步移向筒壁,并在重力和气流共同作用下沿锥体内壁下落,从下口排至灰斗。旋风分离器有多种型式,分为回流式旋风除尘器(筒式(普通式)、旁路式和扩散式)、直流式旋风除尘器、多管式旋风除尘器。多管式旋风除尘器的结构是,在一个较大的金属箱体并联安装多个小型的旋风除尘器(又称旋风子)。该种旋风除尘器除尘效率高,可捕集 5~10 微米的



尘粒。

(2) 电除尘器(静电除尘器):它的工作原理是,在两个曲率半径相差很大的金属阳极和阴极之间施加高压直流电压,形成高压静电场。这个静电场之间的电压很高,足以使电场中的空气产生电离,产生自由电子、阳离子和阴离子。当含尘气流流入电场区域内时,这些带电的电子和离子被迅速吸附到固态或液态的粉尘上。然后,这些带电粉尘在静电场力(库仑力)作用下,分别以很快速度被吸引到带相反电荷的、表面光滑的收尘管或吸尘板上,形成薄薄一层。最后,采用机械振动的办法,将粉尘抖下进入灰斗,实现除尘目的。

一个完整的电除尘器,包括机械本体、高压供电装置和低压控制系统三部分。在机械本体部分有电晕极和收尘极、气流分布板、电晕极和收尘极振打装置、气流进出口以及灰斗和排灰装置。

电除尘器的主要优点是压力损失小、处理烟气量大、能耗低,对细粉尘有很高的捕集效率,可在高温或强腐蚀性气体条件下操作。它在电力、冶金、水泥、化工、造纸业等许多行业中得到广泛应用。

(3) 湿式除尘器:它是使含尘气体与液体(一般是水)密切接触,利用水滴和尘粒的惯性碰撞及其他作用,捕集尘粒或使尘粒直径增大的装置。湿式除尘器,可以有效地将直径为 $0.1 \sim 20$ 微米的液态或固态粒子从气流中除去,同时也能将气态污染物脱除。

根据湿式除尘器的净化机理,可把这类除尘器分成重力喷雾洗涤器、旋风洗涤器、自激喷雾洗涤器、板式洗涤器、填料洗涤器、机械诱导喷雾洗涤器。

湿式除尘器有许多优点,如结构简单、造价低、占地面积小,操作维修方便和净化效率高等。此外,它能够处理高温、高湿气流,将着火爆炸的可能性降至最低。但对该类除尘器,应考虑设备及管道腐蚀以及污水和污泥的处理问题。

(4) 过滤式除尘器(空气过滤器):它是采用滤纸或玻璃纤维等填充层作滤料,将粉尘分离捕集的装置,主要用于通风及空气调节方面的空气净化;采用廉价的沙、焦炭等颗粒作为滤料的叫颗粒



层过滤器,可用于高温烟气的除尘;采用纤维织物作滤料的袋式除尘器,主要用于工业尾气的除尘,应用十分广泛。

袋式除尘器的除尘率可高达 99% 以上。袋式除尘虽然属于陈旧的除尘方法,但因其效率高、性能稳定可靠、结构简单,因而应用广泛。近些年代,该类除尘器在结构型式、滤料材质及制作、清灰方式和运行方式等方面又有新的发展。

袋式除尘器的外观是一个竖立的长形圆筒,里面挂有许多圆筒状过滤袋,袋的材料有棉布、毛、人造纤维等。袋的网孔一般为 20~50 微米,表面起绒的为 5~10 微米。筒的下端成锥形。滤袋室与进气口用金属板隔开。当含尘气流进入时,先向下再转向上从滤袋组下部的进气板进入滤袋室,此时空气中的粉尘几乎全部被阻挡于滤袋表面,袋内则是净化后的空气,集中到出气口排出。

袋式除尘器的清灰方式十分重要,分为机械振动式、低压气流反吹式和压缩空气喷吹式,机械振动式最为常用。

控制二氧化硫的产生和污染

二氧化硫是一种无色有毒有害的酸性氧化物,是大气污染物中的主要角色。它的主要来源是燃烧含硫燃料时所释放的烟气。我国的煤含硫率在 0.5%~5%,属中高硫煤,而且我国又是以燃煤为主进行发电、工业生产、供气、取暖、供热和炊事的国家,所以二氧化硫排放量很大,是世界上排放二氧化硫最多的国家之一。为了彻底改善我国广大地域的大气质量,必须从多处入手,采取多种方式,控制二氧化硫的产生和污染。

(1) 首先要从原料脱硫开始,减少进入燃烧容器中的含硫量,即燃料脱硫。① 物理脱硫。煤矿石中,除煤以外还夹杂着许多杂矿石,其中的黄铁矿的硫是煤炭中的最主要的硫源。可以利用硫铁矿石比重大,顺磁性强的特性,将煤破碎成粉,在重力、浮力、磁力作用下将硫分离出来。该法可将原煤中的 40%~90% 的硫清除。② 化学脱硫。把煤粉碎,与溶剂(硫酸铁水溶液等)混合,在反应器中加热到 100~130℃,生成硫酸亚铁和单质硫,后者被回收,同时向溶液中吹氧(空气),使硫酸亚铁变成硫酸铁,再循环使



用。③ 煤炭气化。将煤经初步处理后送入高压反应器,在温度达 $1\,000\sim 1\,300^{\circ}\text{C}$ 高温下,通过氧化剂(空气加水蒸气或氧气加水蒸气),将煤变成煤气,用吸收法去除硫化氢后,送入燃烧容器。④ 煤炭液化。把煤溶于溶剂后成糊状,再在 $400\sim 500^{\circ}\text{C}$ 、21 千帕条件下,通过催化加氢手段使煤成为液体燃料。硫在此条件变成硫化氢,可用吸收法清除。⑤ 制成水煤浆。将煤加水磨成细粉浆,去除大部分灰分和硫分,经浮选、过滤和脱水,然后加入化学添加剂制成水煤浆或液体燃料。⑥ 微生物脱硫。经研究发现,有一种微生物叫做氧化亚铁硫杆菌,它可以利用氧化铁和硫获得能量,还可以脱除煤中有机硫的细菌。

(2) 燃烧脱硫。因为燃料油中的硫多是高分子量的环状硫化物,所以只有采用在催化剂(铬、铜、镍类)下的高压加氢反应,使硫变成硫化氢(H_2S),再用吸收法将硫化氢清除。如果燃料未经过脱硫或者即使燃料已经脱硫处理,但仍需进一步减少二氧化硫(SO_2)的排放量,那就要在燃烧过程中进行脱硫了。

SO_2 是在燃烧装置内由燃料中的硫的氧化而产生的。根据 SO_2 是酸性氧化物这一特性,可以采用在炉膛内投加碱性金属氧化物(如氧化钙、氧化镁),反应生成硫酸钙或硫酸镁进行脱硫。最经济的办法是用石灰石(CaCO_3)作为脱硫剂。因为石灰石在炉膛内的高温下可分解出 CO_2 和 CaO , CaO 即可直接用于脱硫。

在燃烧过程中脱硫的技术近些年来有了许多发展,目的是进一步提高脱硫率。例如,在炉膛后面又加了一级脱硫装置,叫做活化反应装置。具体做法是向装置内喷水,使烟气中未反应完的 CaO 粉末与水生成 $\text{Ca}(\text{OH})_2$, $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 又可与剩余的 SO_2 反应,生成硫酸钙。

固硫型煤:在制造型煤时,在配料中加入一定量石灰石粉、白云石粉、氧化钙或钠系固硫剂,也是在工业燃烧设备和民用炉中实现燃烧过程脱硫的好办法。

(3) 烟气脱硫。在不少情况下,未能实现燃料预脱硫和燃烧中脱硫,或者对所排烟气中的硫氧化物浓度要求进一步降低,就要采取对烟气脱硫的各种措施。



① 湿法烟气脱硫。该法是利用水或碱性溶液或含触媒的溶液与烟气中的 SO_2 相接触(吸收)生成硫酸盐的原理,将 SO_2 脱除。属于湿法烟气脱硫的有石灰石/石灰法、双碱法、氧化镁法、海水烟气脱硫法、氨法和韦尔曼—洛德法。

石灰石/石灰法:将两种物料配成溶液向吸收塔中喷淋,与 SO_2 反应生成 CaSO_3 及少量 CaSO_4 ,但是这两种钙盐成分混杂在一起不好利用,只好将其抛弃(抛弃法)。为了解决这一难题,采用向吸收液浆料中鼓入空气的办法,使亚硫酸钙全部成为石膏(CaSO_4)。而石膏是一种有用的副产品,可以进行综合利用。

双碱法:是先用碱金属盐类如钠盐水溶液,在吸收塔内吸收 SO_2 ,然后再在另一个反应器中用石灰或石灰石将吸收了 SO_2 的吸收液再生。再生后的吸收液又返回吸收塔,而 SO_2 则以石膏形式沉淀析出。该法因生成固体物的反应不在吸收塔内进行,从而防止了石灰石/石灰法的结垢问题。

氧化镁法:利用氧化镁水溶液或浆液作为脱硫剂对烟气进行洗涤,吸收 SO_2 形成硫酸镁和硫酸氢镁。然后,在一定温度下加热分解两种硫酸镁盐,分解出高浓度的 SO_2 ,而 SO_2 又可成为制造硫酸或回收硫磺的原料。

海水烟气脱硫法:海水有一定碱度和水化学特性。将海水(有时加入少量石灰)喷入吸收塔,塔出水过程中再鼓入空气,使海水中的 SO_2 全部变成 SO_4^{2-} ,而烟气中的 CO_2 与水生成 H_2CO_3 , CO_2 又被空气鼓出,海水则再回归大海。

氨法:向吸收塔中喷入氨水, NH_3 与 SO_2 反应生成亚硫酸铵 $[(\text{NH}_4)_2\text{SO}_3]$ 和硫酸氢铵(NH_4HSO_3),而亚硫酸铵又对 SO_2 有很强的吸收能力。随着 NH_4HSO_3 的比例增大,吸收能力降低,需再补充 NH_3 水将 NH_4HSO_3 转化为 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_3$ 。把高浓度的 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_3$ 从吸收系统中引出,通过热解、氧化或酸化等方法再制成酸和铵盐。

韦尔曼—洛德法:原理是利用亚硫酸钠溶液的吸收和再生循环过程,脱除烟气中的 SO_2 ,又称亚钠循环法。

② 干法烟气脱硫。利用向烟气中喷入消石灰(氢氧化钙)细



粉,使 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 与 SO_2 生成 CaSO_3 和 CaSO_4 ,然后中和后的烟气从反应器上部进入百叶窗式分离器和与之相连的电除尘器。

③ 催化氧化脱硫。该法又分为气相催化氧化和液相催化两种。气相催化是利用硫酸工业中的五氧化二钒(V_2O_5),使 SO_2 被氧化成 SO_3 ,再以液相催化方式得到硫酸。然后, H_2SO_4 进入结晶槽与石灰石(CaCO_3)反应生成石膏(CaSO_4),石膏可以作为副产品加以利用。该法的缺点是液气比大,设备和占地面积大,稀硫酸有腐蚀性。

④ 催化还原法脱硫。在催化剂作用下,用合适的还原剂将烟气中的 SO_2 还原为单质硫,从烟气中分离出来。用 H_2S 或 CO 作为还原剂,单质硫会凝聚在催化剂上,加热催化剂即可回收单质硫。催化还原法的实用流程是,利用催化剂将 SO_2 还原为 H_2S ,再用吸收法将 H_2S 清除,实现脱硫。

大气中氮氧化物的控制方法

大气污染物中氮氧化物是氧化亚氮(NO)、二氧化氮(NO_2)、氧化二氮(N_2O)三者的总称,用化学分子式 NO_x 来表示。大气中的 NO_x 90%来自燃料的燃烧,如火力发电厂、工业窑炉、机动车排气,其次是硝酸、炸药等化工生产。

氧化亚氮是无色、无味的气体,可作用于动物中枢神经系统;二氧化氮是红棕色气体,有刺激性,可引起急慢性中毒,危害人体健康。 NO_x 既然主要来自燃料燃烧过程,因此,控制 NO_x 污染的方法是控制燃烧过程和治理燃烧排气。

燃烧过程中产生的 NO_x ,是在 3 种情况下由不同原因。第一种叫做燃料型 NO_x ,它是燃料中含氮有机类和无机类物质中氮的氧化作用。第二种叫做热力型 NO_x ,它是在炉中高温条件下,空气中的氮被氧化而生成的。第三种叫做快速型 NO_x ,它是由燃料烧时产生的烃(CH_i)等撞击燃烧空气中的 N_2 分子而先生成 CN 和 HCN 两种中间分子, CN 和 HCN 再被氧化成 NO_x 。快速型 NO_x 多产生于燃料中烃含量多、氧气相对量较少的情况下,如内燃机的燃烧过程。



由于燃料型 NO_x 的控制受到燃料本身组分的制约,所以减少 NO_x 排放量的途径主要是改变燃烧方式。从这一观点出发,可以降低燃烧室的最高温度,减少空气在火焰中的停留时间,降低燃烧区域中氧的浓度,加入还原剂等。为了实现以上几种减少 NO_x 的措施,已形成了一些比较成功的燃烧技术。① 采用低氧燃烧器和分级燃烧方式,从而减少热力型 NO_x 和燃料型 NO_x 的生成量。② 采用烟气循环,即将部分冷却了的烟气送回燃烧区的空气中,减少燃烧中的氧的浓度。③ 采用再燃烧法,即把燃烧区分成三部分,第一区中加入 80%~85% 的燃料,多供些空气,生成一些 NO_x ;然后把燃料剩余部分送入主燃烧区后上方,降低燃气比,使已生成的 NO_x 被还原成 N_2 ;第三区是再燃烧区,让未燃尽的燃料燃烧殆尽。这一技术可以使 NO_x 的排放量减少 50%。

当烟气已排出燃烧区后,可采用物理或化学办法减少 NO_x 的排放量,这一技术称作烟气脱氮,它又分为干法和湿法两种。干法烟气脱氮可分为催化法和非催化法。催化法是利用氨作为还原剂,在 300~400℃ 和一定的催化剂(铁、钒、铬、铜、钴或铜的金属氧化物)作用下,使 NH_3 与 NO_x 反应生成 N_2 和水。非催化还原法,是把 NH_3 或尿素在不用催化剂的条件下,加入到烟气高温区(900~1 500℃),产生与上面相同的化学反应,将 NO_x 还原成 N_2 。该法对 NO_x 的削减率一般为 50%,低于催化法。湿式法烟气脱氮是用氧化剂(O_3 、 ClO_2 或 KMnO_4)与烟气反应,使 NO 变成 NO_2 。 NO_2 再被水或碱性溶液吸收得以去除。湿法烟气脱氮效果可以达到 90%以上,但系统复杂、耗水量大,大型电站锅炉很少使用。

控制碳氧化物的污染

作为大气污染物家族重要成员的碳氧化物,是指一氧化碳和二氧化碳两种气态污染物。

人们比较熟悉的“煤气中毒”,实际上就是一氧化碳中毒。中毒原因是 CO 进入人体血液循环,与血红蛋白结合,生成碳氧血红蛋白,干扰氧的传递,引起缺氧中毒。 CO 无色无味,不能助燃但可



自燃。在一般状况下 CO 很难转化为 CO_2 , 但当它在空气中燃烧时可变成 CO_2 , 并发出蓝色火焰。

CO 主要产生于氧气供应不足情况下碳燃料的不完全燃烧, 而高温下 CO_2 又可分解成 CO。所以, 防治 CO 污染的主要途径就是使 CO 全部变成 CO_2 , 具体技术有下列几种: ① 改进燃烧装置和汽车发动机, 改变燃烧技术, 使燃料充分燃烧。② 对含 CO 的工业废气综合利用, 化害为利。③ 采用不排放 CO 废气的无污染能源(氢燃料、燃料电池)。④ 加强管理, 减少工业装置的 CO 泄漏和废气逸散等。

CO_2 又称碳酸气或碳酸酐, 是一种无色无味不助燃烧的气体, 对人来说 CO_2 是人体排出的废气, 对植物则是“营养”。 CO_2 的排放, 排除大自然排放源, 主要来自工业生产、交通及人们生活中燃用含碳燃料。随着 CO_2 排放量的大量急剧增加, 对全球大气环境的影响(如温室效应)逐年增加, 世界各国都在设法控制 CO_2 的排放。

控制和减少 CO_2 排放的主要措施, 包括提高能源效率, 改善能源结构, 使用低碳燃料和可再生能源; 从烟气中脱除 CO_2 , 主要采用吸附法、吸收法、低温工艺法和膜系统法。被回收的 CO_2 可应用于食品和石油行业, 或用于生产新型聚合物和燃料添加剂。但是, 因为捕集 CO_2 需消耗一定能源, 所以要注意节能因素。

治理工业有机废气

各种工业有机废气是大气污染物的重要成分之一。石油化工、印刷、涂料、装潢等工业部门排出的废气, 以及因燃料未燃尽而排出残余的碳氢化合物(如烃、醇、醛、醚、脂、胺羧酸)、芳香烃、酚类等, 都属于这类气态污染物。

有机废气主要含 C、H 两元素, 所以减少这类废气排放的首要手段, 是用先进燃烧技术促进燃料的完全燃烧, 使 C、H 两元素全部被化为无毒害的 CO_2 和 H_2O ; 或者采用无污染工艺, 少用或不用有毒原料, 加强设备密封, 杜绝废气泄漏或逸散。从治理角度上解决有机废气的污染问题, 可以采用吸附法、吸收法及多种燃



烧法。

(1) 吸附法:利用有机废气与吸附剂接触,使其被吸附于吸附剂中,大大减少废气物质浓度。当吸附达到饱和时,可以用加热、溶剂洗涤、减压蒸发等办法进行脱附。最常用的吸附剂是活性炭,存在大量微孔,有很大的吸附表面(如1克活性炭有800~2000米²的吸附表面),且吸附容量大,对有机废气有很强的吸附能力。其他吸附剂还有硅胶、离子交换树脂等。吸附剂多填充在专用的吸附床内,根据吸附过程中吸附剂与气流的互动接触状态,吸附床可分为固定床、移动床和流化床3种类型。

(2) 直接燃烧法:有机废气大部分是可燃气体。在温度600~800℃和停留时间为0.3~0.5秒的条件下,有机气体可被完全燃烧而被氧化为CO₂和H₂O。

(3) 催化燃烧法:直接燃烧法消除有机废气污染需消耗大量热能,如果改用催化燃烧法,可把温度下降到300~400℃,使能耗明显下降。

催化燃烧法的基本流程预处理,是清除废气气流中的粉尘和对催化剂有毒性的物质;用鼓风机将气体鼓入热交换器,把由催化反应器排出的高温干净气流中的热量,传递给刚鼓入的废气气流;使经预热后的气流进入预热器继续升温;高温气流进入催化剂反应器,发生催化氧化反应,生成CO₂和H₂O,完成净化过程。可供选择的催化剂种类繁多,按活性成分,有钯、铂、稀土和过渡金属氧化物催化剂;按形状分,有无定形颗粒状、球形颗粒状、整体蜂窝状、网状、丝蓬状和透气板等多种。催化剂的载体以氧化铝和陶瓷居多。

(4) 浓缩燃烧法:先用吸附剂将有机废气中的有毒成分浓缩到吸附剂上,再将脱附后的有机物用焚烧法进行净化。

(5) 吸收法:先用多种办法(除尘、除油雾、除水溶性成分等)对有机物气体进行预处理,再用吸收液对有机废气进行吸收。完成吸收过程的设备是吸收塔。为了获得良好的吸收效率,气液之间应当有较大的接触面积和足够长的接触时间,气液之间搅动要强烈,压力损失小,操作稳定。吸收塔具有结构简单、制作维修方



便、造价低廉、耐腐蚀等优点。

吸收塔有多种类型：① 填料吸收塔。填料充填于圆形塔内，填料下有支撑板。填料应有较大的比表面积、阻力小，常用的填料有拉西环、鲍尔环、鞍形和波形填料等。工作时，吸收液由塔顶流入，有机废气由下而上流动，发生逆向接触，实现吸收。② 湍球吸收塔。填料特殊，填料为在塔内不断湍动的空心或实心小球，在塔内有开孔率较大的筛板支撑和限位。废气通过筛板时，吸收剂自上而下喷淋，润湿小球表面进行吸收。由于气液固三相接触，增强了气液相之间的接触和传质，提高了吸收效率。③ 筛板吸收塔。塔内布置多层筛板的圆形吸收塔。筛板上的小孔数量、形状及其在塔板上的布置，随筛板材料及塔体直径而异。工作时，吸收液从上向下喷淋，当废气以一定速度自下而上通过筛板时，由于浮力的作用，在每层筛板上维持一层吸收液，通过气体鼓泡进行气体吸收。④ 泡罩吸收塔。在塔内空间均匀布置多层经特殊设计的，有若干升气管和降液管的塔板。工作时，吸收液由上而下喷入塔内从降液管内流下，沿水平方向流动，再溢流到下层塔板。气体则是通过每层塔板上的升气管，进入泡罩下面的回转通路，穿越泡罩下面的液层鼓泡，进行吸收。⑤ 喷洒式吸收塔，分为空心式、高气速并流式及机械式 3 种。空心喷洒式是塔内顶部向下喷洒吸收液（可直喷或斜喷），气流由下向上进入。高气速并流式喷洒吸收塔，液体以液流或液膜方式流动，吸收器的工作体积通常具有文丘里管的样式。机械喷洒吸收塔，是利用机械部件的回转使液体分溅四周，实现气液接触，达到吸收目的。

机动车尾气的控制和治理技术

从机动车（汽车等）排出的废气中，主要有 CO 、 HC 、 NO_x 及 SO_2 、铅、苯并（ α ）芘和颗粒物等大气污染物。这些气态污染物主要来自于汽车的尾部排气管、曲轴箱漏气，燃料箱和汽化器蒸发排出的废气。 HC 是碳氢化合物的总称，包括排气中的未燃烃、燃油系统的蒸发排放废气，以及燃烧室等的泄漏排放废气。 NO_x 中以 NO 为主，并有少量 N_2O 。排气中的颗粒物主要是固态碳、碳氢化



合物、硫化物、含金属成分的灰分等。机动车气态排放物的数量和种类,由多种因素决定,如油品品种、车的载重量、发动机性能、运行工况、道路状况、地形条件和气象条件、城市布局和交通管理等。一辆机动车的废气排放量并不大,但在有几十万甚至几百万辆机动车的城市中,由机动车排气积累的污染物总量所造成的危害就十分可观了。如以北京市为例,机动车排放的 CO 、 HC 、 NO_x 分别占到空气中这些污染物含量的 63%、74% 和 37%。

(1) 对新车的排放严加控制:随着我国人民生活水平的飞速提高,对新车的需求量年年有大幅度增长。严格控制新车污染物排放量,是控制机动车污染的重要措施之一。为此,应改进机动车发动机系统内的净化措施,以及加强对所排尾气的机体外净化。中国国家技术监督局于 1999 年颁布了新的汽车排放标准,基本上沿用了欧洲标准体系,并决定分两个阶段实施。第一阶段为 2000 年 1 月 1 日至 2004 年 6 月 30 日,对轻型汽车(LDV), CO 的排放标准为 3.16 克/千米, HC 加 NO_x 为 1.13 克/千米, PM 为 0.18 克/千米。第二个阶段为 2004 年 7 月 1 日后执行, CO 排放标准为 2.2 克/千米, HC 加 NO_x 为 0.5 克/千米, PM 为 0.08 克/千米。为满足该排放标准要求,所有新车必须采用闭环电控喷射装置,安装三元催化转化器和使用优质无铅汽油。其次,就是对现有车辆的尾气排放也要严格控制,措施是改进发动机机内、机外的净化状况。

(2) 改善燃料品质:尾气主要来自机动车的燃料燃烧,改善燃料品质对机动车排放物的削减潜力为 10%~30%。改善燃料的品质是减少排污量的重要措施之一。如用无铅汽油取代含铅汽油,提高油品中苯、甲苯等芳香烃和烯烃的含量,通过烷基化和异构化增加支链烃含量。另外,可以向汽油中加入甲醇、乙醇类含氧添加剂,提高汽油的辛烷值。再就是降低燃料的饱和蒸汽压(RVP),这样可减少 HC 在汽车内、加油过程中、油的储运过程中的蒸发量。注意不可将芳烃、烯烃和含氧添加剂的含量增加太多,否则会增大 NO_x 的排放量。

① 改善柴油品质。影响柴油质量的因素有含硫量、十六烷



值、芳香烃含量和燃料添加剂。采用水力脱硫法,可减少 SO_2 的排放。增加十六烷值可改善冷启动过程,减少白烟、 CO 、 HC 、 NO_x 及颗粒物排放。芳香烃含量高,会增加颗粒物排放,解决措施是加入十六烷值增强剂。加入添加剂可降低油品的点火温度,减少油耗和污染物排放量。② 用替代燃料代替汽油和柴油,可明显减少机动车气态污染物排放量。如天然气,主要成分是甲烷,属高燃点轻质燃料,储运方便、辛烷值高、燃烧限宽,可燃烧烷烯混合气,废气排放量少于汽油和柴油,废气中不含 CO 、铅、苯、芳香烃等致癌物。液化石油气(LPG)是石油及石油气生产中的副产品,也可以由天然气合成,主要成分是丙烷、丙烯、丁烷和丁烯。性能特点是着火温度高于汽油、柴油,为 $441\sim 550^\circ\text{C}$,辛烷值 $103\sim 105$,抗爆性好,无需添加汽油,即可单独使用。LPG 的燃烧排气中,HC 比烧汽油时低 32% , CO 低 92% 。③ 甲醇及甲醇—汽油混合燃料。甲醇可由煤、天然气、木材的垃圾等多种原料单独合成,也可由电解水得到氢,再由 H_2 和 CO_2 经化学反应合成。甲醇的辛烷值高,理论空燃比小、排污量小。④ 乙醇及乙醇—汽油混合燃料。乙醇可由植物类原料经发酵等方法生产,属可再生能源。燃烧这类燃料,可降低 HC 、 NO_x 排放量。⑤ 氢燃料。它是一种理想的清洁燃料,可取代石油系列燃料成为新一代能源。在燃烧时仅排放 NO_x 一种污染物,从而可以大大减少环境污染。

(3) 采用新型环保交通工具:近些年来,人们为了从根本上解决机动车废气污染问题,先后开发成功了电动车(以蓄电池作为电源)、混合动力车(设置汽油发动机及蓄电池供电电动机。两种发动机可单独使用,也可同时使用,或者是使用两种或两种以上燃料)和燃料电池车(使用燃料电池,可直接把化学能转化为电能,驱动汽车)。另外,还有试验型的太阳能动力车。

室内装饰工程中的环境保护

室内装饰工程带来的环境污染,除了暂时出现的粉尘和噪声外,长期的室内环境污染物是化学污染物、放射性污染物和生物性污染物。



室内装饰工程中的化学污染物主要是挥发性有机物(VOCs),包括脂肪烃(正癸烷)、芳香烃(甲苯、二甲苯)、卤代烷(二氯甲烷)、乙醇、酮(丙酮、丁酮)、醛(甲醛)、脂、醚(乙二醇醚)、萜烯(烯、 α -烯)等,来源于建筑材料、家具、油漆、涂料、清洗剂、粘合剂和胶水。这些化学污染物,有的是全部浸透于物品内外,有的仅附着于表面,长时间挥发释放于整个房间,对人造成长期危害。

氡是一种放射性气体物质,是矿石中镭-226衰变后产生的惰性放射性气体,半衰期(放射性强度从现有强度减少一半时所需时间)为3.82天。氡本身为惰性气体,即不易与其他化学物质发生化学反应,吸入后对人几乎没有危害,但衰变产生的钋-218和钋-214带电荷,可直接或间接(附着于空气中的颗粒物上)被人体吸入,进入肺部最终致癌。由于室内空气不易流通,使氡的浓度增高,是室外的几万倍,容易对人形成危害。

细菌污染主要来自于地毯、玩具、卫生间和厨房,这些物品和场所大多是藏污纳垢之处,都是细菌得以滋生的好地方。

减少和防治室内装饰工程中环境污染的主要措施有:①及时清除建筑垃圾和杂物,不乱堆乱放,及时处理废旧家具、衣物和杂物,不扩散污染面。②文明施工,尽量减轻噪声污染。③慎重选择建材、木料。挑选含化学浸入物和表面涂层中化学品少的木料、家具,放射性水平低的天然矿石制品(如地砖、墙砖)。④选用污染物含量低的油漆和涂料,不无原则地增加涂刷次数或涂层厚度。⑤尽可能少使用橡塑制品和饰品,减少挥发性有机气体的释放量。⑥适当用含表面防腐材质(电镀)或不锈钢材质的金属家具,代替塑胶或表面有化学涂饰层的家具。⑦装饰工程尽可能在封闭或半封闭状态下进行,减少粉尘和化学物对四邻和周边环境的污染。⑧施工人员配备个人劳动卫生和防护用品,减少化学品对施工人员的危害。⑨不乱弃、乱倒有放射性污染和化学污染的下脚料,油漆、涂料、溶剂、粘合剂的残余物等化学品。⑩合理安排施工时间、注意室外风向变化、合理通风,尽可能减少对四邻和户外环境的危害。⑪在室内放置可吸收转化空气污染物的植物,如吊兰、巴西木、发财树等,以减轻污染危害性。⑫完成装饰工程



后,应聘请专业室内空气质量监测部门,对室内进行环境质量的监测。根据监测结果,采取有效措施消除或减轻污染危害。对于在短时间内可消除污染影响的房间,可加强通风或缓期入住。

污水处理的方法

面对着五颜六色、混浊不清、气味各异、成分复杂的各种工业污水和生活污水,环境工程学家通过近百年的研究、开发和工程实践,形成了数以百计的污水处理技术。按照这些技术所依据的学科原理,污水处理可分为物理法、化学法、生物法、物理化学法四大类。

如果按照污水处理的步骤和处理程度来分类,又可把污水处理方法区分为一级处理、二级处理和三级处理。如在处理城市污水时,一般做法是先把污水进行沉沙和沉淀处理后(即一级处理),再采用生物方法处理,所以习惯上把生物处理称作二级处理。污水经过二级处理后,出水水质一般情况下可达到排放标准,但是为了实现污水资源化,使处理后的水质更“洁净”并符合一定的回用要求,往往对二级处理出水要再处理。由于这些处理手段是在二级处理后采取的,对水的处理程度也加深了,所以把三级处理称作深度处理。

处理污水的物理法

物理法就是通过截留、过滤、沉淀、上浮、离心等技术,将污水中的漂浮物、大尺寸固体物、悬浮固体和油脂类物质从水中分离出去。水中的这些污染物在物理法处理前后化学特性没有发生任何改变。

(1) 格栅:格栅是城市污水和部分工业污水处理中最常使用的截污设备。根据格栅中栅条间间距的大小,可将格栅分为粗(栅条间距大于 20 毫米)和细(栅条间距小于 20 毫米)两种。根据操作方式格栅又可分为人工格栅和机械格栅两类。前者指用人工清理截留物,往往适用于处理水量不大的小型污水处理站。机械格栅种类很多,一般采用电动减速机驱动栅条或耙齿并不断清除被



截留物,更为先进的机械格栅附带自动清渣的自动压榨设备。格栅一般置于污水处理站的进水沟渠中,栅面后侧一般与池底构成 $60^{\circ}\sim 70^{\circ}$ 夹角并迎着来水方向安装。

(2) 过滤:采用由滤料构成的设备分离污水或污泥中的细小颗粒物。① 滤料:天然或人工制造的颗粒滤料,如石英沙、焦炭、陶粒、白煤、纤维球和纤维束等。滤网和滤布,如各种不同网目(网目数指1厘米²中有多少个细孔,目数越多,滤网越细)的金属网和不同密度的滤布。由于污水或污泥都有一定的腐蚀性,所以采用不锈钢丝制网,或用耐酸碱的化学纤维织成滤布。用人工制成的带有微小滤孔的滤材,如陶瓷滤芯和滤板,不锈钢或硬塑料微孔滤芯和滤材。陶瓷滤芯和滤板,以及不锈钢或硬塑料微孔滤芯和滤板的滤孔,孔径一般在几十至几百个微米。膜材料,这类材料是由特种化学材料并采用专门技术制成的。它的外观像塑料膜或厚度很薄的塑料管或头发丝,膜表面具有肉眼看不见的成千上万个微小孔,而孔径只有几个微米,甚至几分之一微米。用它可以过滤微米级的颗粒物,出水甚至可达到蒸馏水的纯度。② 过滤设备:根据处理对象(污水或污泥)的特性和处理程度的差别,人们研制出不同结构和不同运行方式的过滤设备。为了清除污水中残存的极少量悬浮物(浓度一般小于几十毫克/升),可以选用由细小粒径滤料(粒径一般在0.4~1.0毫米)填充的过滤罐、纤维球或纤维束滤罐,由各种滤芯组合成的滤筒(适用于小处理量)。为了压缩各种污泥的含水量(含水率一般大于96%),大幅度缩小污泥容积,可选用带式压榨过滤机、卧螺沉降离心机或厢式压滤机等。为了获得洁净的出水,可以采用膜材料组成的各种膜处理装置。

(3) 沉淀和上浮(气浮):利用污水中细小悬浮颗粒物比重的不同,分离污水中固体颗粒。因为水的比重在标准状态是1,水中比重大于1的细小颗粒由于重力下沉,比重小于1的细小颗粒可以上浮在水面,从而实现固液分离。污水处理工程中常用的沉淀、上浮构筑物是沉沙池、沉淀池、隔油池和气浮池,对污水进行预处理和一级处理。

利用沉淀和上浮原理,可以处理污水与污泥的混合液或者回



收漂浮油。如生物处理流程中的二沉池,既用于分离生物处理设施中排出的悬浮态颗粒状生物活性污泥,又用于提供回流污泥。

(4) 离心分离:利用污水中的悬浮颗粒物与水之间的密度差实现固液分离。离心机是最常用的一类离心分离设备,转速至少为 5 000 转/分钟,高的可达每分钟几万转。当把含泥污水放入四周铺有细孔滤布的滤筒中后,开启离心机,在滤筒高速旋转下产生的离心力把悬浮颗粒物甩到筒壁四周的滤布上,而水穿过滤布由专门管道排出。当滤布上的滤饼达到一定厚度时,阻碍了水的穿透,应及时停机,刮去滤饼,然后再重复离心分离操作。

另一类离心分离设备是外形上圆下尖的旋流分离器。在使用这种离心机时,含泥污水在离心力作用下,颗粒物被甩向器壁由锥形底部排出,处理过的水则由上部排出,实现固液分离。

污水处理的化学沉淀法和化学混凝法

(1) 化学沉淀法:化学沉淀法是指向污水中投加某些化学药剂,与水中污染物发生化学反应,形成难溶于水的沉淀物,将沉淀物分离出去,从而除去水中的污染物。

污水中的许多重金属离子、碱土金属离子和某些非金属离子都可以发生化学沉淀反应,生成难溶化合物。在这些难溶化合物中,以金属的氢氧化物为主,其他还有金属的硫化物、硫酸盐和磷酸盐等。容易形成难溶化合物(沉淀)的重金属离子,有汞、镉、铅、镍、铬、铜等;碱土金属离子(钙和镁)和某些非金属离子,如砷、氟、硫、硼等。

用生成金属氢氧化物沉淀的方法治理重金属污水,既经济又简便。例如,向含有铬的酸性电镀污水中投加一定量石灰乳(含氢氧化钙)并控制 pH 在 8~9,铬离子即可生成氢氧化铬沉淀从污水中被分离出来。因为金属氢氧化物只有在碱性条件下才能以沉淀物形成存在,而且不同金属氢氧化物在不同 pH 条件下稳定性不同,因此操作中应严格控制好碱的投加量。

(2) 化学混凝法:当把某些化学药剂如氯化铁、硫酸铝、硫酸亚铁和硫酸铁投加到水中时,会和水分子反应,生成一些絮状物,



均匀分散于水中慢慢下沉。这些絮状物是氢氧化铁、氢氧化铝等,表面带有电荷,一般呈正电性,可以把污水中的细小悬浮物、胶体粒子(它们的表面一般呈负电性)污染物“中和”,吸附它们并凝聚在一起下沉,水中污染物被清除。我们把这些具有絮凝作用的化学药剂叫絮凝剂。利用絮凝剂的中和吸附作用,去除污水中比较稳定的、分散状态的微小颗粒物和胶体的方法,叫化学混凝法。

中国在古代就已有用明矾(硫酸铝钾)把混水变清的净水方法,成为人类使用混凝剂净水的最早记录。随着混凝法的发展,人们已经研制出一批新品种混凝剂。这些混凝剂有无机高分子混凝剂(如聚合氯化铝、聚合硫酸铁)和有机高分子混凝剂(如非离子型、阴离子型和阳离子型聚丙烯酰胺)。另一类化学药剂叫助凝剂,一般是在投加混凝剂几分钟后再投加,使絮凝颗粒由小变大,由松散到密实,以加快絮凝物沉速使污水尽快变清。石灰、活化硅酸和一些高分子化合物都属于助凝剂。

大多数工业污水和生活污水都可以采用化学混凝法进行处理。由于购买混凝剂、助凝剂需要一定费用,增加混凝及污泥处理设备投入,因此,选用化学混凝法时应做技术和经济上的综合分析。

污水处理的氧化还原法和电解法

所谓氧化还原法,是利用氧化剂或还原剂,与污水中的还原类污染物或氧化类污染物发生化学反应处理污水的一种方法。例如用臭氧、过氧化氢、二氧化氯、氯气等强氧化剂处理印染污水,使带色的污水变浅或无色。在高温($300\sim 400^{\circ}\text{C}$)、高压($20\sim 30$ 兆帕)条件下,可以在几十秒钟内把许多含大分子有机物的高浓度污水中的一切有机物彻底降解(该法称作临界水氧化技术)。

许多廉价的还原剂,如铁粉、铁屑、亚硫酸钠、硫酸亚铁等都可以用于处理污水。对于具有很强毒性的六价铬离子,采用上述还原剂后被还原为三价铬,然后再加入碱性物质(如石灰乳、氢氧化钠),使三价铬转化为氢氧化铬沉淀,再经固液分离后从污水中被彻底清除出去。



此外,还有光化学氧化。光是一种能量,光化学氧化是指利用光(多为紫外线)和氧化剂(比如过氧化氢、臭氧、二氧化钛)的协同氧化作用处理污水中有机物。紫外线在反应中的作用原理是,它可以使水分子裂解出一定数量的自由氢氧基,氢氧自由基是一种强氧化剂,可氧化多种有机物。由于仅靠光的作用产生的氢氧自由基数量有限,还必须外加强氧化剂配合反应。

利用电解过程或电解过程中产生的物质,对污水进行氧化还原、沉淀、气浮和吸附的方法称作污水处理的电解法。具体做法是,先制作一个电解槽,在槽内安装一个阳极、一个阴极。电极材料可以用铁板、铝板、石墨或铂等制作;将槽中置入污水,以一定流量从一端进入,经电解处理后从另一端流出;用整流器把交流电变成直流电,并与电解槽中的两个电极用导线相连接;将整流器接通电源,此时电极板分别带有正电和负电,电解反应开始进行。

在电解反应中,电极板上有电流流动,并与污水中的水分子和污染物发生氧化还原反应。水分子被电解为 OH^- 离子、 H^+ 离子,而铁板上的铁溶解生成二价铁离子。此时 OH^- 离子可以和二价铁生成氢氧化亚铁混凝剂,同时 OH^- 离子又可在阳极附近发生还原反应而产生氧气并以小气泡逸出。氢氧化亚铁又进一步被氧化成三价的氢氧化铁。 H^+ 离子在阴极附近生成氢气小气泡。这样,在电解槽中就发生了氧化、还原、混凝沉淀、气浮和吸附(絮凝物吸附污染物)等多种化学反应,污水得到了处理。

利用电解法处理污水可以说是“一举多得”,只要一通电就可以发生多种化学反应,污水得到处理。但是由于要耗用大量电流和电极板,电解法的污水处理成本较高,操作管理也不太方便,限制了电解法的使用。

污水好氧生物处理法

利用微生物处理污水的方法,叫做污水处理的生物法。因为微生物在污水处理过程中与污染物发生了一系列复杂的生物化学反应,所以该法又称为污水处理的生化法。根据污水处理中微生物种类的不同,污水的生物处理分为好氧生物处理法和厌氧生物



处理法两大类。

利用好氧微生物在供氧条件下对污水中溶解性有机物的降解作用,使污水得到净化的方法,称为污水处理的好氧生物处理法。当大量好氧微生物聚集在一起出现在污水生化处理设施时,外观似絮状污泥,习惯上又把该法称作活性污泥法。

在污水处理中的微生物中,起主要作用的是细菌,所处理的污染物主要是溶解于水中的有机物。当好氧微生物在水中与溶解性有机物接触时,会以多种方式降解有机物。① 由大量细菌相互间的表面粘合而形成的菌胶团,可对胶体颗粒和悬浮态有机物进行凝聚和吸附,致使污水中有机物浓度下降。② 污水中的中小分子有机物(如单糖、氨基酸),可直接穿过细菌细胞壁和细胞膜进入细胞内。③ 细胞膜表面的特种酶把吸附于其上的大分子有机物变成溶解态有机物中、小分子后,又将这些有机物吸收进入细胞内。④ 在菌体内的有机物逐步氧化为无毒无害的小分子无机物——二氧化碳、水、氨、硫酸盐和磷酸盐。氨分子在水中供氧量十分充足的情况下,可以进一步转化为亚硝酸根和硝酸根(所谓“生物硝化”)。在有氧条件下,好氧细菌对水中可溶性有机物的降解过程中,利用中间产物作为细胞质使细菌本身得到大量增殖。另一方面,在生物氧化过程中还会产生一定能量,供给细菌进行生命活动。

从好氧微生物降解水中有机物的过程可以清楚看到,微生物是以污水中的有机物为“食料”,在有氧条件下被养活、养大的。微生物数量多了,又可以降解更多的有机物,所以污水的生物处理过程就是不断培养微生物的过程。在微生物的数量不断生长增殖的同时,出现自身氧化现象,放出能量,这一现象称作内源呼吸。当水中的有机物因微生物大量增殖而被吃尽时,微生物间将互相吞食,存量减少。

好氧微生物的主体是好氧细菌,还包括原生动物类、后生动物类。由细菌、原生动物、后生动物构成了污水处理系统中的微生物生态体系。在这个生态体系中,原生动物以细菌为生存食料,后生动物则以原生动物为食料生存。当 3 种微生物按照适当的比例健



康生存时,污水处理系统也同时处于最佳运行状态。

提高污水生化处理效率的关键,是为微生物提供一切适应的环境条件,确保微生物处于高速增长状态。水中要有充足的溶解态氧,适当的营养元素氮和磷,以及合适的水温(一般为 $10\sim 30^{\circ}\text{C}$)。必须控制各种有毒的有机和无机污染物的浓度,确保微生物的存活和增殖。一般采用鼓风机、机械曝气设备向水中供氧,用投加营养盐的方式补充氮和磷,尿素、磷酸和磷酸钠和磷酸钾等是常用的营养盐。因为供氧设备要消耗不少电能,增加了污水处理成本,所以好氧生化法一般用于处理低浓度有机污水。

污水厌氧生物处理法

利用厌氧微生物处理污水的方法,称作厌氧生物法。由于厌氧生物法是利用厌氧菌对有机物的降解作用实现净化,降解过程中有多种气体产物产生,所以该法又称为厌氧消化、厌氧发酵、厌氧稳定技术等。

厌氧微生物(主体是细菌)与好氧微生物的最大不同,是生存与繁殖过程中不需要氧(专性厌氧菌)或仅需极少量氧(兼性厌氧菌)。两类微生物除了对水中的胶体和悬浮态有机物同样有吸附凝聚作用,以及降解过程的最后阶段均可产生二氧化碳外,对水中有机物的降解过程均不同。

厌氧过程一般分为3个阶段:①水解、发酵阶段。复杂有机物分子在微生物作用下与水分子发生水解反应,转化为较简单的中、小分子有机物(如多糖变为单糖,蛋白质分解为氨基酸);糖类分子转化为乙醇和脂肪酸(如丙酸、丁酸和乳酸等);氨基酸转化为脂肪酸和氨。②产氢、产酸阶段。产氢、产醋酸菌将乙醇、丙酸、丁酸转化为醋酸、氢和二氧化碳。③产甲烷阶段。产甲烷菌将醋酸、氢、二氧化碳转化为甲烷(CH_4)。由于产甲烷菌不能把全部二氧化碳转化为甲烷,所以厌氧生物法的最终气体产物是甲烷与二氧化碳的混合物,即沼气。

厌氧生物处理的生化过程较好氧生物处理复杂,厌氧菌产甲烷阶段的反应时间较长。因此,对于相同浓度的有机污水,厌氧生



物处理所用的时间要长于需氧生物处理,厌氧生物处理常用于处理高、中浓度有机污水。与好氧生物处理法相比较,厌氧生物处理有很多优点:一是节能。需氧生物处理需要用鼓风机或曝气机等供氧,而厌氧法基本不耗电(在提升污水时需用水泵)。二是副产沼气。沼气可以作为能源用于燃烧或发电。三是应用范围广。不仅可用于高浓度有机污水($\text{COD} > 5\,000$ 毫克/升),而且也适用于处理中低浓度有机污水。四是厌氧生物处理中产生的污泥量少,使污泥后处理的成本降低。五是温度适应范围广。中温($30 \sim 40^\circ\text{C}$)或高温($50 \sim 60^\circ\text{C}$)条件下均可进行厌氧生物处理。当然,厌氧生物处理法也有一些缺点。由于厌氧处理面对的是中高浓度有机污水,出水水质不能达到排放标准,必须增加其他处理手段,还有反应时间较长和操作管理严格等特点。

近 20 年来,国内外对厌氧生物处理技术开展了广泛的研究,开发出一大批高效厌氧生物处理装置,用于各种工业行业的污水处理,取得了十分明显的成效。

处理污水的物理化学法

物理化学是化学中的一个分支学科,它是用物理学的方法研究化学的科学,从物理作用和化学变化的联系中找出物质变化的基本原理和规律。在污水处理方法中,运用物理化学的原理和方法处理污水,称作污水处理的物理化学法,有时又简称物化法。目前已在污水处理工程中采用的物理化学法,有混凝、气浮、吹脱、汽提、萃取、电解、离子交换、吸附和膜分离。

在污水处理工程中,应根据污水特性及处理目标有针对性地选用物化法。除了预处理手段外,可以由两种或两种以上的物化法构成污水处理流程。例如,用化学混凝—活性炭吸附法处理生活污水;也可以把其他类处理方法与单项的物化法相结合,对污水进行生化处理后再加活性炭吸附法处理等。

(1) 化学混凝:化学混凝法是利用向污水中投加混凝剂后产生的化学反应处理污水的方法。为什么又把该法归在物化法中?这是因为在化学混凝反应中产生的铝或铁的氢氧化物,是以大胶



团形式存在的。在这些胶体的表面存有大量正电荷,在与污水中的悬浮胶体或悬浮颗粒(其表面带有负电荷)相接触时,产生了物理学中的正负电中和作用,使胶团、胶体和悬浮颗粒的表面不再带电,整个絮凝物共聚下沉,污水得到处理。

(2) 气浮:气浮法是利用微小气泡粘附在污水中污染物悬浮颗粒或胶体表面,形成比重小于1的浮体,上浮于水层表面,污水得到处理。形成微小气泡的方法,有电解气浮法、散流气浮法和溶气气浮法。溶气气浮法又分为真空溶气气浮和压力溶气气浮,在工程中以压力溶气气浮法最为常用。该法的基本原理是,先把空气用空气压缩机压入水中形成所谓“溶气水”,存于专用容器(溶气罐)中。然后用管道将溶气水输送到气浮槽的进水端,溶气水管的出口与许多微气泡释放器相连接。当开启相关阀门时,溶气水中的空气从高压状态变成常压态,以极小微气泡形式从释放器中被大量释放出来(气泡仅有几个微米),实现对污水的气浮处理。气浮法比其他处理方法,有处理时间短、去除率高、浮渣含水率低、占地较少、应用范围广等优点。

(3) 吹脱:利用空气通过水层或与水接触,把水中溶解性的挥发性物质从水中吹脱出来或将其氧化的污水处理方法叫吹脱。可采用这种方法,把污水中的硫化氢、氰化氢、二氧化碳、二硫化碳和丙烯腈吹脱出来。为了防止被吹脱污染物污染大气,可采用活性炭吸附或溶液(碱性溶液)吸收的方法予以处理或回收。

(4) 汽提:利用水蒸气通过水层时产生的沸腾作用和污染物向蒸气中扩散的作用,使污水中挥发性溶解物质从污水中分离出来,这种方法叫汽提。挥发酚和氰化氢等污染物可用汽提法处理。

(5) 萃取:向污水中投加某种不溶于水或难溶于水的溶剂(称为萃取剂),利用污水中某些污染物在萃取剂中的溶解度明显大于在水中溶解度的特性,污染物由水转入萃取剂中将污染物去除的方法,叫做萃取法。

用萃取法处理污水的关键,是要选择最适宜的萃取剂和萃取方式,如双向逆流接触、振荡、旋转和离心等。由于经一次萃取后污水中还剩下一定比例的污染物,所以应再次用未污染的萃取剂



对污水进行多次萃取。因为溶剂的沸点一般低于污染物,所以采用减压蒸馏法把萃取剂蒸出提纯后,萃取剂又可被重复使用。对挥发酚和一些放射性污染物,可选用萃取法处理并回收。

(6) 电解:电解法是利用物理学中的电解原理,电极材料与水中污染物发生化学反应处理污水的一种方法。

污水处理的膜技术

膜材料既能透水又透气,具有各种特异功能,能解决许多生产或环保中的难题。如化工生产中以食盐水为原料用膜和电解法生产烧碱,医院里治疗肾病患者时使用的血液透析,特别是与水和水溶液有关的各行各业及污水处理,都广泛利用了膜技术。

膜分离技术,是利用一种特殊的半透膜,具有一定的选择透过性。不同的膜只能让不同大小的颗粒物、分子或离子透过,从而把颗粒物、分子或离子与水分开,达到分离、提纯某些物质的目的。把这类膜用于污水处理,可把污染物从水中分离出来,使污水得到净化。

现在实际应用的膜技术,有微滤、超滤、反渗透、纳滤、电渗析、渗析、气体膜分离和渗透气化。前五种在技术上相对比较成熟,称为第一代膜技术。20世纪70年代末工业应用的气体膜分离技术,称为第二代技术。80年代开始工业应用的渗透汽化技术,称为第三代膜技术。

污水处理的离子交换法和吸附法

(1) 利用离子交换剂对水中某些离子态污染物的选择性交换能力去除污染物的方法,叫做污水处理的离子交换法。离子交换剂是用特殊化工技术制造的一种高分子有机材料。外观一般呈浅黄和淡蓝色,大小似小米粒。它的组成特点是在高分子骨架上有大量有机阳离子和阴离子,以及处于不稳定状态的无毒无害阳离子或阴离子。如果将这些交换剂装在柱子里,让含有阴、阳离子态污染物的污水通过柱中的交换剂,这些污染物离子就会与交换剂上的阳、阴离子相互吸引,被临时“固定”在交换剂上,而交换剂上原有的处于不稳定状态的无毒无害离子则被替换下来,进入污水



中被排放。于是,流过交换剂柱后的污水中的污染物浓度大大降低,污染程度明显下降。工业上常使用离子交换剂“软化”河水或井水,生产软化水(去掉硬度阳离子钙和镁,以及碳酸氢根、碳酸根、硫酸根等阴离子),或生产葡萄糖、味精及许多抗生素类药物。在污水处理工程中,可采用离子交换法处理电镀污水中的重金属离子以及某些特定污染物。

当交换剂上的离子空位被大部分用完时(俗称达到“饱和”状态),我们可以把一定浓度的稀酸液(溶液中含有 H^+ 离子)或稀碱液(溶液中含 OH^- 离子)通入交换剂柱。此时“暂住离子”(指污染物离子)因可溶于酸或碱而被清洗下来, H^+ 离子及 OH^- 离子又返回原位。离子交换剂被清洗干净(俗称“再生”)后,可再次用于处理污水。

(2) 利用具有大量活性微孔的固体物质,从污水中吸附污染物方法叫做吸附法。我们称这些固体物质叫吸附剂,被吸附物叫吸附质。常用的吸附剂有活性炭、磺化煤、焦炭、木炭、沸石、硅藻土、硅胶和炉渣等。活性炭是最常用的吸附剂。1 千克水处理专用活性炭可从污水中吸附 100~150 克有机类污染物。

人们通过研究发现,吸附剂微孔表面分子与污染物分子间的引力(又称范德华力)、化学键力(化学吸附)和离子间的静电引力(交换吸附)是产生吸附作用的三大缘由。活性炭中的微孔数量之多令人惊叹。经测试,1 克活性炭中全部微孔的总表面积为 500~1 000 米²。在这些微孔中,直径最小的只有 1 纳米,中孔一般在 1~200 纳米,大孔一般为 100~200 纳米。

活性炭常用于脱色、除臭,以及吸附水中难生物处理的污染物。由于活性炭价格昂贵,一般只用于深度处理阶段。生化处理出水再经活性炭处理后,出水水质可以达到回用标准。

工业污水处理的构筑物

(1) 格栅沟:在沟内,污水中的杂草、塑料带、塑料块、破布、树枝等漂浮物被截留下来。

(2) 沉沙池:作用是分离污水中相对密度较大的无机颗粒,如沙粒、砾石、树皮、碎骨和种粒等。清除这些可沉颗粒物,可避免池



后的管道和水泵因堵塞而受到损坏。沉沙池有平流式、曝气式和涡流式。

(3) 集水池:作用是汇集污水,准备将污水输送到后面的调节池或其他处理构筑物。集水池池容不大,一般是最大水量时水泵 5 分钟的提升量。

(4) 调节池:是污水处理厂的主要构筑物之一。因为在工业生产过程中或小居民区排放生活污水的过程中,全天中每小时的污水水质及排放量都在发生变化,因此,必须有一个大容量水池对水质及水量进行调节。否则,在调节池后的各种污水处理设施将很难适应这种变化,也很难有稳定的处理效果。调节池的池容量取决于一天内污水水质与水量的实地测定结果,一般不应小于 8 小时的平均流量,池容量越大调节作用越佳。

(5) 沉淀池:也是一个重要构筑物。作用是沉淀污水中极细小的无机或有机物颗粒(直径在 20~100 微米),减少污水处理工艺段的负担。沉淀池按功能区,分为初次沉淀池、二次沉淀池和污泥浓缩池。按照水与泥的流向不同,沉淀池又可分为平流式、辐流式和竖流式。平流式沉淀池呈长方形,污水从一端(短边端)进入,从另一端流出。辐流式沉淀池是扁圆形池,污水从底部进入后沿中心管上升至管上端的出水孔,再由均布于四周的出水孔向四周流出(呈辐流状)。然后污水中的细小颗粒向下方沉淀并从池底部的排泥管排出,清水则从池上部的出水堰排出。竖流式沉淀池一般也是圆形的,适用于对小污水量的处理。

上面提到的这些污水处理构筑物,是在污水进入污水处理主导工艺(如生化、化学、物化处理)之前必须设置的,都属于一级处理构筑物。二级处理的主要构筑物是各种生物处理池。

(6) 厌氧池:厌氧生物处理的构筑物有全部为厌氧生化处理的厌氧池,也有生化反应仅仅限制在水解酸化阶段的水解酸化池,前者池容量大,后者池容量小。为了形成良好的厌氧条件,两种厌氧池均较深。

(7) 曝气池:是最主要、最常用的需氧生物处理构筑物,承担着污水二级处理的重任。传统的曝气池呈圆形,在池子的中心处



的水表面安装着一台表面曝气机。曝气机是由电动机、减速机带动多片桨叶,通过桨叶的不停旋转使水不断翻滚,空气中的氧源源不断地溶于水中,实现对需氧微生物的供氧。

近 20 年来,由于人们对需氧生物处理技术的不断开发,曝气池从外观、内部结构、供氧方式、运作方式等方面都有了相当大的改进。如生物接触氧化池、氧化沟、SBR 池(序批式活性污泥法)、百乐克一体化生化池等,都比传统的曝气池有更多的优势——处理效率高、节能、占地较少、自动化程度较高等。

(8) 二沉池:是生化处理中位于曝气池后必不可缺的构筑物。它的功能是接纳曝气池出水,让曝气池出水中大量存在的悬浮态、颗粒状活性污泥在池中下沉,上清液从池上端的出水堰排出。下沉于二沉池底部的活性污泥以大量需氧微生物为主,具有良好的吸附、凝聚和降解功能。为了补充曝气池中活性污泥的不足,往往用泵将其抽出再返回曝气池进水端,称作“污泥回流”。当通过污泥回流使曝气池中的污泥浓度达到设计值时(一般为 $4 \sim 6$ 千克/米³),多余的活性污泥称作“剩余污泥”。对剩余污泥的处理是进行浓缩、脱水干化,加以综合利用。

二级处理构筑物还有混凝池、污泥浓缩池,三级处理构筑物有沙滤池、活性炭吸附池和接触消毒池等。

大部分污水处理构筑物中都安装着一些专用器材或设备,如集水池或调节池中安装有潜水泵,曝气池内装有曝气器材,沉淀池中安装刮吸泥机等。把一系列构筑物与设备按设计好的工艺流程连接起来,就形成了一个完整的污水处理系统。

工业污水处理的主要设备

工业污水处理设备可以分成通用型和非标准化设备两大类。在通用设备中,如污水泵、污泥泵、鼓风机、空压机、污泥脱水设备等,在农业、水利、矿山、冶金、化工生产中很早就得到了广泛使用,而且形成了标准化和系列化。不同行业的用户都可以根据需要,从成百上千不同型号、规格、性能的产品中,选定适用的通用定型设备。近些年来,适用于污水处理工程需要的各种通用设备的生



产得到很大发展,基本上能满足工程要求。

(1) 污水泵:目前,国产污水泵主要有PW型污水泵、WQ型潜水泵和螺旋泵三大类。PW型污水泵在地面上安装,利于安装及维护。WQ型潜水泵则全部置于污水池底部,虽节省了泵的占地,但安装和维护不便。螺旋泵外观特殊,是利用电机、减速机转动一个安装在斜长水槽中的螺旋桨来提升污水,是一种低转速、低扬程、流量范围大、运行稳定、能耗低的特种提水设备。

污水泵有普通型和防腐型。因为污水中可能还残留有一些沉沙和杂物,所以水泵不仅允许进入一些较小的沉沙,而且有的泵内部还装有切片,可以切碎杂物,确保水泵的安全运转。

(2) 鼓风机:污水处理工程中,要实现对需氧生物处理设施中微生物的供氧,一般使用鼓风机。鼓风机的种类很多,污水处理中使用的鼓风机有罗茨鼓风机和离心鼓风机两大类。罗茨鼓风机的工作原理是,在机槽内同一中心线上安装着两个带有叶片且部分叶片间相咬合的转子,利用转子的高速运转吸入空气和不断压缩空气,并用专门管道把带压空气输送至所需场所,实现供氧。离心鼓风机是利用电机带动一组转子在机槽内高速运转,不断从一端吸入空气,使空气的流动和增压,从另一端排出受压空气,输送到工作场所,实现供氧。

鼓风机的噪声大,可高达90分贝,十分刺耳。为减少噪声污染,一般在进风和出风口处各安装一个消声器。另外,鼓风机耗电量高,要根据污水中微生物的需氧量认真选择,否则污水处理成本将大幅度提高。

(3) 污泥脱水设备:在污水处理过程中,由于利用了各种物理、化学和生物处理等手段处理污水,所以总会有一部分污染物以沉淀物、浮渣和剩余活性污泥的形式,从处理过程中的不同设施中排放出来。由于这些污泥在排出之前含水率特别大,如剩余活性污泥的含水率大约为99.2%,每天排出的各类污泥将达到几百立方米,一个月就可高达成千上万立方米,必须采用专用污泥脱水机械,大幅度降低污泥含水率。否则,输送和储存如此庞大数量的污泥将给污水处理厂带来很大负担。



① 带式压榨过滤机。该设备的外观很像一台大型吉普汽车。它是由许多直径不同的横向圆形转筒构成的,有两条具有一定宽度且接缝缝在一起的特种滤布,按一定走向交叉地紧贴在转筒表面上。当设备启动时,含水污泥先铺落在最上层滤布上,依靠重力使部分含水穿透滤布排出。然后,粘在滤布表面上的污泥,随着转筒的转动和滤布的同步移动被送入设备内部的不同位置。污泥在剪切力、挤压力作用下不断被脱水,最后以滤饼的形式被设备上的刮刀刮下和收集,完成脱水。

此种机械的优点是可连续操作,边进湿泥边排“干”泥,处理量大,自控程度高。缺点是泥饼的含水率在 $80\% \sim 85\%$,还不是太低。

② 板框压滤机。它是一种化工设备,是由固定板及支架、活动板、夹在两板之间的大量滤板和滤布构成的一种污泥脱水设备。启动时,用泥浆泵将污泥由专门管路打入压滤机,污泥在受压下进入每一块滤板的滤布表面并被过滤,滤液被滤板收集并不断被排出。当滤布上的滤饼积累到一定厚度时,滤阻增大,停止过滤。然后,采用机械或人工进行“松板”。此时,滤板之间有大约几厘米的空隙,滤饼则靠自重落到机下的盛接容器里。最后,再将滤板、滤布夹紧,重复进行脱水操作。板框压滤机的优点是,泥饼含水率低,只有 $60\% \sim 65\%$,更便于输送或储存,设备造价低。缺点是不能连续操作。

(4) 其他通用设备:① 机械格栅:常用的有链条回转式多耙格栅除污机、高链式格栅除污机、背耙式格栅除污机、弧形格栅除污机等。② 排泥设备:主要有行车式吸泥机、链条牵引式刮泥机、螺旋排泥机、中心与周边传动排泥机等。③ 搅拌设备:作用是使化学药剂与水混合,用于配制混凝剂;或装于污水池中,使污水不发生固液分离。主要有溶药搅拌机、混合搅拌机、絮凝搅拌机、消化池搅拌机及水下搅拌机等。④ 曝气设备:主要功能是使空气与污水充分接触,实现向微生物供氧。其主要产品有立轴式、水平轴式表面曝气机,水下曝气机(射流式、泵式和自吸式螺旋搅拌机)。其他还有加药设备、浮渣排除设备、机械闸门、化验室设备等。



(5) 非标设备:在污水处理设备中有相当一部分是非标设备。在不少工业污水处理工程中,非标设备往往是主体设备,对最终处理出水是否可以达标排放起到关键作用。非标设备是指设计主体(单位或个人)根据某一特定污水的水质特性、水量和设定净化指标,而设计制造的污水处理设备。对同一种污水而且净化指标也相同的情况下,不同设计主体或制造商会提供完全不同的非标设备。

对于同一个设计主体或制造商,会形成属于自己的处理各种不同污水的成套技术标准和产品系列。同行们则另有各自的标准和系列。目前,国内外所设计制造的污水处理非标设备中,主要是各种大型的厌氧生物处理设备和各种曝气器材。因为设计者面临的工业污水有很大差别,加上设计者本身受其理论技术水平和工作经验的限制,所设计制作的非标设备在性能、价格、运行的稳定、可靠程度等方面有着极大差异。

处理造纸工业污水

从纸的本身来说,无论是高档的钞票纸或者是低档的箱纸板,都不过是价值不等的“纤维”而已。木材、麦草、稻草、芦苇、棉秸秆、制糖后剩下的蔗渣等,都是造纸的天然纤维原料;各类废纸和破布等“二次纤维”,则是优质的另一大类造纸原料。

纤维成分只占天然纤维原料的40%(谷草类)~90%(木材),剩下的则是有机物成分(如木质素、半纤维素、挥发酸等)和无机物成分(如二氧化硅等)。无论采用哪种造纸工艺,都是采用化学、机械或生物等办法先把纤维从原料中分离出来,洗浆、筛选和对浆进行漂白,加上一些辅料(如硫酸铝、滑石粉等)配制成浆料,将浆料送入抄纸设备,最终生产出纸。

从天然纤维原料变成各类纸张的全过程,加入了多种化学物质,经历了高温高压的“磨炼”。如将清除了泥沙、土和草骨节的谷草装入蒸球,加入液碱和水蒸气,对纤维原料进行“蒸煮”,温度可达150~170℃,压力为490~686千帕。纤维原料在整个制浆和造纸过程中发生了复杂的物理、化学变化,原料中纤维以外变化了的



组分进入污水中,外加的一切化学物质也进入污水,使造纸污水中含有大量的有机物和无机物类污染成分,处理起来十分困难。

可以用“物耗、能耗大,污染严重”概括造纸行业的生产和污染特点。以麦草造纸为例,生产 1 吨白纸,约耗用麦草近 3 吨、烧碱 300~360 千克、氯气 80~100 千克、石灰 130~150 千克,以及少量滑石粉和硫酸铝等,耗水 200~300 吨,产生有机污染物(以 COD 计)高达 1 200~1 300 千克。用“一个小造纸厂污染一条河”来描述造纸行业的污染严重程度,一点也不夸张。

我国森林资源少,造纸原料以谷草、芦苇等为主,这些原料在制造成较高档次的纸品时,有一半以上固体物质进入污水。因此,污染程度比使用木材和二次纤维为原料时要严重得多,处理难度大大增加。

人们习惯上把造纸污水分成三部分。第一部分是污染程度最高、体积最少的制浆“黑液”,污染物含量占全部制浆造纸污染物总量的 80%,体积却只占总排污量的 5%~10%。黑液中的主要污染物包括木素(呈黑棕色)、总碱、二氧化硅和挥发酸等有机物。第二部分污水叫做“中段水”,中段水是在提取黑液后对浆进行洗涤、筛选、漂白过程中形成的。污染特点是 COD_{Cr} 值居中,一般在 1 500~2 500 毫克/升,但体积大,占造纸污水总量的 3/5。第三部分污水称作“白水”,产生于抄纸工段,因污水中含有大量滑石粉和短纤维而呈白浊色。白水的特点是 COD_{Cr} 低,一般不超过 600 毫克/升,悬浮物含量高,体积占造纸污水总量的 30%~35%。在处理造纸污水时,由于以上三类污水的污染物含量和体积相差极大,所以三类污水的处理方法大不相同。

(1) 黑液的处理:黑液中含有大量有机物、木素和总碱以及二氧化硅,污染程度极高, COD_{Cr} 值在 1×10^5 毫克/升以上。如果想把黑液处理到排放标准(COD_{Cr} 小于 400 毫克/升),采用常规的污水处理办法是行不通的,而综合利用最合理可行。目前,处理造纸黑液的最优先技术是“碱回收”(对于烧碱法制浆)或蒸发浓缩制粘合剂(对于亚硫酸盐制浆)。碱回收技术不仅回收了碱,而且燃烧炉产生大量热能,可以产生蒸汽用于生产。同时,在碱回收全流程



中也产生大量“三废”——燃烧炉废气、蒸发工段的污染冷凝水、苛化工段的“白泥”(指 CaCO_3) ,要采取措施予以处理和回用。碱回收是成熟技术,碱回收率可以达到 $80\% \sim 90\%$,经济及环境效益十分明显。

(2) 中段水的处理:处理中段水,是先调节和预沉淀水中细小泥沙及短纤维;利用人工斜网或微滤机清除和回收污水中的中短纤维;用加药气浮法去除污水中的悬浮态有机及无机污染物;用厌氧——好氧生物处理工艺作为主工艺对污水进行二级处理。采用这套工艺流程,对 COD_{cr} 的去除率可以达到 90% ,对 BOD_5 去除率可以达到 95% 。在进水 COD_{cr} 值为 $1\,500 \sim 2\,000$ 毫克/升情况下,最终出水水质 COD_{cr} 可以小于 150 毫克/升。

(3) 白水的处理:白水的污染程度不大,其中的污染物短纤维可以用气浮法去除,滑石粉可用沉淀法去除。因此,对白水中的两种污染物有效去除后,水质变得较好,可以回用于浆的洗涤和筛选工段。

处理纺织染整工业污水

棉、毛、麻、丝、化纤、混纺料等,都是纺织染整工业的原料。“染”是指染料与纤维发生物理的或化学的结合,或用化学方法在纤维上生成颜料,使成品具有一定的色泽,并具有洗涤、耐磨等染色坚牢度和色泽鲜艳度。“整理”是指通过物理方法或化学方法,使织物表面平整、尺寸稳定,手感柔软挺括,并具有防水、防静电等特殊功能。我们通常所说的纺织印染污水或染整污水,是指原料预处理、炼漂、染色印花和后整理的生产过程中所排出的全部污水。

纺织染整污水,因为所使用的纤维原料、化学染料、上浆浆料及化工助剂不同,与染色及整理工艺的污水有着明显差别。纺织染整污水成分复杂、颜色多样、色度深重、酸碱性大、悬浮物高,污染程度差别大,有毒污染物多,难于生化处理。例如,洗毛污水有机污染物浓度高,含大量泥沙、纤维、羊毛脂、羊毛汗、洗涤剂 and 油脂等;煮炼污水含有大量有机污染物和烧碱;粘胶纤维污水,除有机物含量高、呈强酸性、色度重外,还含有大量锌和二硫化碳,至今



没有成功的处理工艺。对于纺织染整污水,生化需氧量(BOD)一般是化学需氧量(COD)的 $1/3$,属于难生化处理的污水。

处理染整工艺污水的原则,应当是化学法、物化法与生物法相结合。因为染整污水中的污染物大部分处于悬浮状态和胶体状态,所以用混凝沉淀或混凝气浮法处理效果好,尤其是对色度的去除效果很明显。混凝法设备简单、操作方便、电耗不高,缺点是药剂成本高、污泥量大。混凝法中常用的混凝剂有各种铁盐、铝盐和 PAC(聚合氯化铝),助剂多使用 PAM(聚丙烯酰胺)。选用哪种混凝剂,混凝剂投量大小及 pH 条件,应通过试验确定。

有些染整污水中的个别污染物浓度很高,预处理时应采用特殊手段。如污水呈强酸性时,应先用碱性物质中和。对以硫化染料为主的强碱性污水,先加入强酸,使硫化染料分子被破解,由溶解态变成沉淀态;再加入铁盐,使铁离子和硫离子生成硫化铁沉淀,两步处理即可以很好地去除染料和硫两大污染物,色度大大降低,非常有利于下步的生化处理。

生化处理手段对于处理纺织染整污水是不可缺少的。在 20 世纪 50~80 年代,染整行业用水量大,多用淀粉做浆料,混合污水 COD 值一般不超过 700 毫克/升,处理难度不大,单纯采用好氧生物法也能使出水达标。80 年代后期至今,染整行业开展节约用水,浆料改用化学浆料,污水 COD 值一般大于 1 000 毫克/升,所以引入厌氧生物处理手段,与好氧处理手段相结合,再加上物化处理,最终使污水达标排放。

染整污水的处理技术也在不断发展。例如,对使用贵重的单一品种染料的废水(如士林染料),可采用膜技术从污水中分离回收染料。利用铁屑和碳料混合形成的填充滤料,可以有效地处理染整污水,而且成本低。利用“生物—活性炭吸附”,可以对生化出水进行脱色,而且大大延长了活性炭的使用寿命等。

处理制革工业污水

我们日常所用的皮革,除人造革外,大多数是由生牛皮、生猪皮和生羊皮加工而来。各种皮革的加工过程大同小异,一般包括



湿操作和干操作两大部分。所谓“湿”，就是指加工过程使用水，“干”则不用水。湿操作又分成准备工段和鞣制工段，干操作指染整工段，显然制革污水主要来自湿操作工段。

制革污水中含有两大类污染物，一类来自原料皮中的油脂、蛋白质等，另一类来自外加的各种酸碱、盐、表面活性剂，各种有机制剂和染料等。因此，制革污水是一种高浓度有机污水，因含有一定量三价铬和大量硫化物而有一定毒性。由于污水中混有染料和三价铬（颜色淡绿），故呈现一定色度。污水中含有大量石灰乳渣、油脂和革屑而呈浑浊状。同时由于含蛋白质、硫化物、氨等，会散发发出一定臭味。

治理制革生产污水，应从改革生产工艺入手。我国在改革制革生产工艺方面，已取得不少成功经验。用酶制剂脱毛代替石灰—硫化物脱毛；使用硫酸、二甲胺、硫醇、二氧化氯代替硫化钠脱毛；先用 NaHS 药液脱毛后再浸灰碱，浸灰液直接循环利用；向鞣液中补加酸、铬盐及助剂后，循环利用鞣液，做到“零排放”。事实证明，这些办法对减少有机与无机类污染物有着明显作用。

制革污水的排放量并不太大。据统计，加工 1 吨猪皮原料排放 $30\sim 60\text{ 米}^3$ 污水，1 吨原料牛皮排放 $40\sim 130\text{ 米}^3$ 污水，1 吨原料羊皮排水约 324 米^3 污水。如果用每张原料皮的排污量来计，一张牛皮耗水约 1 米^3 ，一张猪皮约 0.5 米^3 ，一张山羊皮大约 0.2 米^3 。

治理制革污水有两条途径，一种是先处理油脂、三价铬、硫化物和氨氮（韩国制革生产中加入大量铵盐，使污水中氨氮含量达到 500 毫克/升 ）4 种重点污染物，然后再处理混合污水。另一途径，就是把所有污水混合后进行综合治理。

处理化学工业污水

化工污水是指产品生产全过程中排出的工艺污水、冷却水和废气洗涤水的总和。化工污水一般可分三大类：有机物污水，主要是来自基本有机原料、合成材料（塑料、橡胶、纤维）、农药和染料等行业的污水；无机物污水，主要来自无机盐、氮肥、磷肥、硫酸、硝酸及纯碱行业污水；有机物与无机物混合污水，如氯碱、感光材料、涂



料及颜料行业的污水,一般含有铬、砷、有机氯、有机磷、有机氟等污染物。

化工污水有如下特点:一是污水排放量大。化工工艺流程长,需大量消耗冷却水、洗涤水、设备和地面冲洗水和反应水。按相同污染负荷污水浓度,在排水大户中化工行业占首位。二是成分复杂,污染物含量高。化工生产是由至少两种以上原料参加反应,产生多种中间产物和至少一种产物。这些原料、中间产物及最终产品都会存在于污水中。三是毒害性强。不少污水中含有大量有毒重金属(如汞、铅、镉和铬等),另外还含有氰、酚、氟、有机氯、有机磷等。以上这些有毒物质都是致病、致癌、致畸变的物质,对人类和动植物生态环境有极大危害。四是 pH 变化范围大。许多化工反应是在 pH 很低或很高条件下完成的,因此污水的 pH 变化范围大。化工污水的这些特点,使化工污水的处理变得相当复杂和十分困难。

处理化工污水的首要途径,是用清洁生产工艺代替传统生产工艺,大大降低污染物排放总量,减少污水排放量。以合成氨工业为例,采用“两水”闭路循环技术,可以大幅度削减污水排放量。采取以上措施后,每吨氨的耗水量由 340 吨下降为 40 吨,还可回收污染物变废为宝的,如利用氨水回收硫酸氢铵、稀氨水生产浓氨水等。

处理医药和食品工业污水

我国的医药产品有抗生素、有机药物、无机药物和中草药四大类。目前我国生产的常用药超过 2 000 种。不同种类的药物,从原料品种到数量、从生产工艺到合成都区别较大,尤其是制药的后期阶段——提纯和精制,采用了不同的工艺方法。这样就导致了医药工业污水成分的复杂性。

食品工业主要包括鱼肉类制品、乳制品工业、制酒工业、制糖工业、水果和蔬菜工业、罐头工业、饮料工业、调味料和添加剂工业、粮食加工工业等,在生产过程中大多数离不开以生物发酵作为主导工艺。医药和食品两大行业中的主要产品,都是以生物发酵技术为基础生产,都可以划归为发酵工业。所谓发酵工业就是利



用生物的生命活动所产生的酶,对无机或有机原料进行生化反应加工,获得产品的行业。医药与食品工业污水有突出特点:有机污染物含量高,COD 可高达数万毫克/升;可生化性良好;悬浮物含量高;含盐量大;pH 变化大,一般呈弱酸性;含大量微生物;含有有毒物质,如硫化物、挥发酚等。医药和食品工业污水的处理,是一个难度很大的课题。

首先,要搞好对污水的综合利用。在以粮食作物为原料的工业生产中,存在着对农产品可以尽最大可能加以综合利用的潜力,如可以从玉米中分离出胚芽,用于制玉米油、蛋白粉、淀粉等产品;然后用获得的淀粉乳(湿磨工艺)或精淀粉(干磨工艺),生产或发酵生产酒精、味精、淀粉、葡萄糖和柠檬酸等;最后剩下的玉米芯,可生产重要化工原料糠醛和木糖醇。

在对医药和食品工业污水进行充分利用的前提下,虽然大大降低了污水的 COD 负荷,但污水的有机污染负荷仍然很高。如酒精生产所排放的酒糟废液,分离出酒糟之前,COD 高达 50~60 克/升,分离酒糟后 COD 下降到 35~40 克/升,仍然属于高浓度有机污水;螺旋霉素生产污水的 COD 达 14 克/升;利福草、氧氟沙星、环丙沙星生产污水的 COD 达 15~32 克/升;青霉素、土霉素、麦迪霉素、庆大霉素离子交换尾液和玉米浸泡污水进行综合利用后,污水 COD 还可达到 6~7 克/升。

无论制药污水还是食品工业污水,都应当根据污水的水质特点选择适宜的处理工艺流程,这是污水处理的基本原则。生物制药污水包括提取污水(即发酵残液)、洗涤污水和其他污水三大部分,而食品工业污水包括原料预处理污水、淀粉生产污水、糖化工段和发酵工段以及分离提取阶段的污水,还有洗涤污水,其水质特点与生物制药污水基本相同。因此,两大类污水的治理方法基本采取“厌氧生物处理—好氧生物处理”工艺流程。

高浓度制药污水处理的基本工艺流程:废水先进入调节池调节水量与水质,再进入预处理池(如调节 pH)。然后用泵将污水打入厌氧反应器进行厌氧生物处理,厌氧生化出水再进入好氧生物处理设施进行好氧生物处理,好氧池出水流入二沉池进行污泥与



清水分离。如果出水还不达标,再对二沉池进行加药物化处理。

该类污水处理流程中的关键设备是厌氧生物反应器。目前最常用的厌氧生物反应器是升流式厌氧污泥床(UASB)和厌氧颗粒污泥膨胀床(EGSB),还有厌氧接触工艺,厌氧滤池、厌氧复合反应器等。UASB对污水中有机物的去除率相当高,可去除COD的85%左右、 BOD_5 的90%以上,同时所产生的大量沼气可以被很好利用。但厌氧反应器出水还达不到医药或食品行业的水污染物排放标准,必须再采用好氧生物处理,最终出水达标排放。

处理电镀和重金属污水

电镀是利用电化学方法把耐腐蚀的金属,如镍、铬、镉、铜、锌以极薄的一层固定在被镀材料表面上。镀件有了这层“皮”,显得鲜艳亮白、光彩照人,更重要的是经久耐用。

电镀过程,首先对原始金属件表面进行去锈和去油处理,然后将镀件放入电镀槽中。电镀槽中有预先配制好的电镀液,镀液中有酸和镀层金属盐的溶液(金属离子以阳离子或阴离子状态存在)。镀件与槽内的电极相连接。根据设定镀层的厚度,使镀件在槽内停留相当短的时间(几分钟不等)进行电镀。用机械将镀件提出,悬在空中,让挂在镀件表面的残留液回滴到镀槽中或另设一容器接收电镀液。然后将镀件依次在热水槽(一般设两个)和冷水槽(一般设两个)中各保留数分钟,让镀件表面的残留镀液逐步被清洗干净。电镀污水主要是漂洗槽污水,有时为更换电镀液会排放出全部或部分废槽液,再就是设备冷却水和电镀车间地面冲洗水。

电镀污水含有剧毒的第一类污染物质,如镉、铬和镍;第二类污染物,如铜和锌、氰和磷。混合污水呈酸性或槽液呈强酸性。污水处理的方法,就是根据污水和污水中存在的一种或多种一、二类污染物的化学特性,采用化学方法予以清除。为了减少电镀污水对厂外环境的污染危害,必须是在电镀车间的排污口实现达标排放,决不能依靠全厂的其他污水的稀释作用,不经处理就外排。

采用电镀清洁生产工艺,是大幅度减少电镀污水排放的关键。到目前为止,我国已形成一整套成功的电镀清洁生产工艺。如用



除油、酸洗(除锈)和钝化“三合一”酸洗液配方进行除油、除锈。由于配方中不仅有硫酸(主要成分),而且还有盐酸和硝酸以及少量“OP”(非离子表面活性剂),可以在除油的同时与镀件表面的氧化铜发生反应。还有用过氧化氢的化学抛光液代替传统的以硝酸为主的酸洗液,进行金属表面处理。再就是把常压蒸发技术与逆流漂洗技术联合使用,使浸洗液得到回收使用,实现电镀污水的“无排放”。此外,像利用滚光工艺,即在稀酸清洗液中利用机械摩擦,去除钢铁件表面的油及锈,节省了大量酸和碱。另外还有超声波清洗新工艺,用无氰电镀代替有氰电镀,以及降低镀液浓度的电镀法等。

处理电镀污水的方法:① 化学沉淀法,就是向酸性的电镀污水加入碱性物质(常用 NaOH ,也可以用 CaO),使金属离子形成难溶的氢氧化物沉淀,从溶液中分离出来。② 氧化法,即利用向污水中投入氯气、次氯酸钠和臭氧等氧化剂,将氰(在碱性条件下)先分解成氰酸盐,然后再变成无毒的 CO_2 和氮气。③ 化学还原法,用 NaHSO_3 或 FeSO_4 加石灰,把六价的铬(以 $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ 阴离子状态存在于废液中)还原成三价铬,再用碱性物质生成 $\text{Cr}(\text{OH})_3$ 沉淀。④ 电解法,利用电解铁质阳极,使铁生成二价铁离子,将六价铬还原为三价铬。因为水可以电解生成 OH^- ,电解时间一加长, OH^- 浓度增大,使 Cr^{3+} 与 OH^- 反应生成 $\text{Cr}(\text{OH})_3$ 沉淀被去除。⑤ 离子交换法,即利用阳离子交换树脂或阴离子交换树脂,将废液中的阳或阴离子交换吸附到树脂上,加以“截留”。当树脂达到吸附饱和和水平时,再用酸液或碱液淋洗树脂柱,回收重金属。⑥ 活性炭还原吸附法, $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ 中的六价铬在酸性条件下可被炭还原为三价铬,再用强酸溶液洗涤活性炭柱中的 Cr^{3+} ,然后用碱与 Cr^{3+} 反应生成 $\text{Cr}(\text{OH})_3$ 沉淀。⑦ 利用反渗透膜“浓缩”电镀液(反渗透膜只允许水分子透过,重金属离子通不过),当浓缩液达到一定浓度时,可以加到镀槽中被循环利用。该法适用于处理镀镍、镀镉废电镀液。

重金属污水,一般来自矿冶、机械制造、化工、电子和仪表等行业。同电镀行业一样,先采用清洁生产工艺,减少重金属污水的排



放,再处理污水。化学沉淀法,化学还原法,蒸发、浓缩、吸附、离子交换法,以及膜分离等,都适用于处理重金属污水。把重金属沉淀出来,污水“干净”了,不能“万事大吉”,还应妥善处置这些沉淀物。将比较“纯”的单一金属氢氧化物加酸,溶解回收重金属。加入不溶化剂或固定剂,或烧结,制成不溶固体,贮存于不会产生二次污染的环境中永久存放。

处理石油开采和石油化工污水

石油是“液体黄金”矿产资源,人类在开采石油和加工石油的生产活动中,也带来了严重的环境污染。

石油多年存储于地下油层中的沙砾空隙之间,所以开采石油时,是先向地下注入大量加压水,将石油挤到地上,然后依靠油比水轻的原理将油与水分离。每采1吨油,需注水2~3吨。开采后期,油层中水多油少,注水量还要增加。当采油水进入原油集输系统的脱水转油站后,通过脱水、脱盐处理,即产生出大量采油废水,称作“采出水”或“产油水”,被送入废水处理站进行处理。采油污水成分复杂,不仅含有原油,还溶进大量的地层中的盐类、气体,悬浮物、油气集输过程中加入的化学药剂、水中的有机物,以及借有机物而繁殖出的大量细菌。石油开采中的第二种污水是钻井污水。由于钻井过程中大量使用黏土泥浆和一定量处理剂,所以钻井污水中含少量油、悬浮物、酚和铬。洗井污水是第三种污水,它来自向油层中注水的专用井。当注水管的管头滤网被堵塞时,要用水反冲洗,此时便产生了洗井污水。洗井污水呈黑褐色、色度高,悬浮物浓度高,pH高(呈碱性),以及含六价铬和油等污染物。最后一种污水是采气污水,是采气时产生的,含氯离子高,可达几万毫克/升,还含硫、砷、钾和溴等稀有元素。

对于油田开采污水,必须经过处理后排放。可是,采油又需消耗大量河水、海水或湖水作为注水,所以把废水治理到注水的水质要求,是油田最常用的节水办法。把采油污水、油井反冲洗水、油罐冲洗水及压力滤罐反冲洗水收集起来,经处理后可生产出合格的回注水。具体做法是,先加碱中和污水中的酸,使污水中的油在



沉降罐中漂浮出来予以回收(一级沉降罐),再加入聚合氯化铝混凝沉淀(二级沉降罐),最后将沉淀罐上清液用压力滤罐过滤。滤出水即可用于油田回注。

原油开采出来并经脱盐和脱水初步预处理后,用输油管道或火车储罐送至炼油厂地下油库。下一步就是原油炼制,即通过常减压蒸馏装置生产各种油品,再对蒸馏塔塔底油进行物理或化学加工生产更多油品(如催化裂化)。利用化学方法将油品或天然气或油气作为生产原料,生产化肥、橡胶、塑料和合成纤维等。于是,就形成了“石油化工污水”。有时“石油化工污水”是指以石油炼制污水为主,并混有石油化工污水。

石油炼制污水主要包括工艺污水、含油污水、假定净水和生活污水。工艺污水指来自石油炼制系统(塔、罐等)的污水,它的有机污染负荷占排水中 COD 总量的一半。含油污水主要来自机泵冷却水、原油及重质油中间罐排水、地面冲洗水等。净水指锅炉系统排水。生活污水指车间、办公楼、食堂及宿舍排水。

石油炼制污水(含化学加工污水)排放量大,在采取各种措施实现水循环的情况下,每加工 1 吨原油需消耗新鲜水 10 吨。从污水水质状况看,由于不同炼油厂含有不同的深加工车间,所以污水水质复杂程度稍有差别。常见的污染物,除油类、硫化物和氨(多以 NH_4SH 形式存在)外,还有酚、醌和盐分等。

石油炼制污水处理工艺流程:先对含硫污水进行中和、换热、油水分离后,利用汽提法将污水中的 H_2S 、 NH_3 蒸出去除并回收,再将处理出水并入含油污水处理系统。含油污水的处理流程:沉沙—隔油—调节—加药浮选(气浮,二次去油)—曝气(好氧生物处理)。同时,含碱污水经中和—隔油和浮选(气浮)后,再进行曝气(好氧生物处理)。最后,将两个曝气池的出水经快速滤池过滤,出水达标排放。

有时污水中含有的有毒物质成分多或浓度高,或者工厂的所在地域要求出水水质更好,或者是工厂希望出水能满足部分回用需求,往往会增加厌氧生物水解工艺和三级处理工艺。近 20 年来,炼油厂的污水处理工艺有了新的发展,由传统的“老三套”工艺(即隔油—浮选—生化)变为“新六套”(指隔油—浮选—厌氧—好氧—砂滤—活性炭吸附)。

不含炼油污水的石油化工污水处理工艺流程是,如污水中油



含量高,一般先进行隔油—浮选两步处理;如果含油量少,则污水先进调节池,再进行化学或物化处理;最后,用好氧生物池或“厌氧水解+好氧生物池”和二沉池进行达标处理。

处理采矿和选矿业污水

在矿石的开采和筛选过程中会产生大量污水,污水中含有多种污染物,不经处理任意排放,将严重污染环境。无论是什么样的矿山,只要赋存在透水岩层并穿越地下水位和水体,或者只要有地下水流入矿坑,且在矿体和围岩中有硫化物(特别是黄铁矿)存在,就会产生矿山酸性污水。

采矿废水排放量大、持续性强,除了呈酸性外,污水中还含有重金属离子和悬浮物。采用石灰中和沉淀法,是处理采矿污水的最经济、最有效方法。例如处理黄铁矿采矿污水,原始污水呈黄浊状, $\text{pH}2\sim3$, 含总铁、砷和氟分别为 926、1.6 和 10 毫克/升。加石灰中和处理后,沉淀池上清液为澄清、无色、 $\text{pH}9\sim12$, 总铁、砷和氟分别下降到 0.03~0.22、0.003~0.2、0.8~1.0 毫克/升,石灰的投加量为 5~6 千克/米³ 污水。

选矿过程较复杂,主要工艺是加药浮选,浮选中要使用多种化学药剂,污水成分十分复杂。选矿过程将排出大量废弃物(尾矿),选矿厂都建有尾矿坝或尾矿池。选矿污水不仅包括浮选工艺排水,还包括尾矿池溢流污水和矿场污水。因为选矿工艺污水一般与尾矿浆同时输送到尾矿池,选矿污水又叫做尾矿水。

处理选矿污水的方法很多,首先将其沉淀后,对污水可选用多种化学或物理化学方法进行处理。① 中和沉淀法。生石灰、熟石灰、石灰石是最常用的中和剂,苏打(Na_2CO_3)和苛性碱(NaOH)也可采用。有些重金属(如 Fe^{2+}),可以在水池中通入空气将其氧化成高价重金属(Fe^{3+})后,再进行中和沉淀的办法处理,以提高去除率。② 硫化物沉淀法。许多重金属离子可以与硫化物反应,生成难溶的重金属的硫化物沉淀被去除。根据金属硫化物溶度积的大小,沉淀出来的顺序为 Hg^{2+} 、 Ag^{+} 、 As^{+} 、 B^{3+} 、 Cu^{2+} 、 Pb^{2+} 、 Cd^{2+} 、 Zn^{2+} 、 Co^{2+} 、 Ni^{2+} 、 Fe^{2+} 和 Mn^{2+} 。③ 金属置换法。原理是利用比待处理重金属的化学反应能力更强的重金属(如铁粉、铁屑),去还原污水中的重金属,使铁成为离子溶于水中,而被处理金属从离子



态度变成单质态,从污水中被沉析出来。④ 萃取法。利用各种重金属萃取剂与污水接触,将重金属从污水中提取出来加以回收,污水中的重金属离子浓度大大降低。⑤ 离子交换法。把污水中的重金属离子交换到离子交换树脂上,予以回收利用,使污水中重金属污染物含量大幅度下降。

处理医院污水

医院污水除了含有传染病和结核病等病原体污水外,还有来自诊疗、化验、研究、制剂室、病房、食堂及宿舍的污水。这些污水中含有重金属、消毒剂、有机溶剂、酸、碱、动植物油、粪便、表面活性剂、粪大肠菌群、传染性细菌和病毒等。从污水综合指标看,医院污水的 pH 在 7~8,悬浮物不高(50~120 毫克/升), COD_{cr} 120~300 毫克/升, BOD_5 大多是 COD_{cr} 值的 45%~50%,属于可生化性良好类污水。医院污水中的大肠菌群数为 $2.38 \times 10^5 \sim 2.38 \times 10^8$ 个/升。粪大肠菌数与大肠菌群数相当,属于被大肠菌群严重污染的污水。

按目前的规定,处理医院污水执行国家污水综合排放标准。关于标准的等级,则按污水的排放去向来确定,如排入地面水 3 类水域和海水 2 类水域的,执行一级标准等。

与其他的各行各业、各部门不同,医院污水排放标准中特别列入了对处理出水的卫生学指标。如一级标准中规定,粪大肠菌群为 ≤ 500 个/升,对兽医院及医疗机构的含传染病结核病病原体污水,该项指标为 ≤ 100 个/升。为了达到这一严格指标,必须对处理出水进行消毒。

对医院污水的处理,一般采用一级处理、二级处理、三级处理三步流程。在一级处理设施中,由于污水来自化粪池,所以一级处理的主要设备和构筑物为格栅、沉沙池(沉淀池、调节池)。格栅可去除污水中较大尺寸的漂浮物和颗粒物,沉沙池可去除 0.2 毫米以上的沙粒,沉淀池(与调节池合建或分建)和调节池可去除 60% 的悬浮物和 25% 的 BOD。二级处理即生物处理,目的是去除污水中溶解态和胶体态的有机污染物。目前常利用好氧生物设施,如普



通曝气池、生物接触氧化池,作为二级处理构筑物,后面再设置二沉池,供氧一般使用鼓风机。近些年来,有的工程采用好氧生物滤池作为二级处理设施,污水及空气自滤料下方穿过长有生物膜的滤料,从上方流出,出水中的悬浮物不用二沉池即可达标。为了节能,有人把厌氧水解工艺设置于好氧生物处理之前,也收到较好的处理效果。一般医院污水经过一级和二级处理, pH、 COD_{cr} 、 BOD_5 、SS、酚、氰和 LAS(阴离子表面活性剂)等多项指标都可达到国家污水综合排放标准,只剩下氮、磷和卫生学指标(粪大肠菌群、细菌总数)需进一步处理。脱氮、除磷的目的,是为了防止污水外排后进入水体可能导致水体出现“富营养化”现象。在污水处理工程中,最经济适用的脱氮、除磷办法是生物法,即采用“厌氧—缺氧—好氧”工艺(A—A—O 法或 A^2O 法)。

消毒,是医院污水处理流程中最后一道程序,也是最为重要的处理单元。目前常用的消毒剂有:液氯为、漂白粉、漂粉精、次氯酸钠、二氧化氯、氯片、二氯异氰脲钠和臭氧等。这些消毒剂各有各的优缺点,从使用剂量上看,液氯和臭氧用量大(10 毫克/升),二氧化氯少(2~5 毫克/升);从接触时间比较,液氯为 10~30 分钟,二氧化氯为 10~20 分钟,臭氧为 5~10 分钟;从除色、除臭及消毒能力上比,臭氧最优,二氧化氯次之;从经济成本上比,氯气最便宜,臭氧较贵,但发展前景好,使用方便,可与氯气结合发挥后续作用。在实际工程中,究竟选择哪一种消毒方法,要从经济、成熟、高效、操作管理方便等多方面进行综合比较后确定。

处理生活污水和餐饮业污水

人类要生存、生活,就离不开水,用过的水会变脏。可以说,自从有了人类,就有了生活污水。随着人们的生活水平不断提高,用水量逐年增加,生活污水排放量日益增大,特别是大中型城市,日排污水可高达数百万吨,至少也有几十万吨,早已到了非治理不可的地步。

据统计,住在普通住宅楼内的人群,每人每天约耗用近 200 升自来水。其中,31%~32% 用于冲厕,23%~21% 用于炊事,



31%~32%用于淋浴,15%用于盥洗(如洗衣、洗拖地布、抹布)。如果把排水量按用水量的80%~85%计,住宅区的人均日排污水量为160~170升。

从污水水质看,生活污水中有来自厨房的洗米、洗菜、洗鱼、洗肉、刷锅洗碗污水,洗衣污水,淋浴污水和冲厕污水等。所以,污水中会含有动植物油,蛋白,洗衣粉,肥皂,盐,菜、肉、鱼和食物的残渣,粪便和粪大肠菌群等多种污染物。据测定,住宅楼生活污水的COD值分别为300~360毫克/升(厕所排水)、900~1350毫克/升(厨房排水)、120~135毫克/升(淋浴排水)和90~120毫克/升(洗衣排水),每种排水的BOD值大约是COD的60%。关于悬浮物,最高的不超过250毫克/升,低的约100毫克/升(淋浴排水)。宾馆、饭店排出的厕所污水,COD、BOD水平与住宅楼相近;办公楼的厕所排水,COD、BOD值略高。无论是由何种场所排出的生活污水,因其中含有粪便,均呈淡黄绿色,并有恶臭味。

我国的餐饮业很发达,餐饮业排污量很可观。据测算,按人头计,一人用餐一次,排出5~10升餐饮污水。关于水质,则以米、面、动植物油、鱼、肉、菜、刷锅洗碗残渣和表面活性剂为主,COD值大于1000毫克/升。

可以看出,生活污水和餐饮污水均属于有机污染为主,污染负荷不高,毒性物质不多,可生化性良好的污水,并含有大量粪大肠菌群以及带色和带恶臭气味。

我国对处理城镇生活污水,提出了相应的排放标准。根据国家污水综合排放标准 GB8978—96 的规定,处理出水的悬浮物应 ≤ 20 毫克/升, $BOD_5 \leq 20$ 毫克/升, $COD_{Cr} \leq 60$ 毫克/升, $NH_4-N \leq 15$ 毫克/升,磷酸盐(以P计) ≤ 0.5 毫克/升等(以上均为一级标准)。

处理生活污水的方法很多,基本流程是一级处理(主要是物理处理)后,对污水进行二级处理——生化处理。

一级处理中的主要设备是格栅、沉沙池、沉淀池和调节池。关于调节池,对于设置于居民小区或小村镇的小型污水处理站,来水的水量 and 水质在一天内变化幅度大,应设调节池。对于大中城市



的集中式污水处理厂,污水经多条地下排污管线输送而来,水量达到日均几万至几十万立方米。污水在流入污水处理厂之前已经得到较好调节,可不再设调节池。

在餐饮业污水中,厨房炊事污水以及从食客剩余饭菜中回收的污水中,含有大量漂浮和乳化状态的动植物油,应在厨房内设置专用的废油回收桶或废油回收池,进行油水分离后将水排入下水道。对于大中型宾馆、饭店,有大量淋浴污水可以稀释这些经初步除油后厨房污水,不会明显影响一级及二级处理段的净化效果。

生活污水经过一级处理,大尺寸漂浮物、悬浮物被彻底清除,细沙及胶体颗粒 60% 以上被清除,为进行下步的二级处理提供了良好条件,大大减轻了生化处理段的污染物负荷。

优良人居环境的标志——城市污水处理厂

近年来,我国在全国城乡广大地区普遍开展工业污水治理并取得一定成效的基础上,把建设城市污水处理厂列为国民经济和社会发展规划中的重要内容之一。国家有关文件明确规定,2010 年全国建制镇的污水处理率不低于 50%,城市的污水处理率不低于 60%,重点城市的污水处理率不低于 70%。另外,还制订了《城市污水处理及污染防治技术政策》,用于指导城市污水处理厂的建设。

城市污水处理厂的处理对象是城市产业污水(工业污水为主)和生活污水。地面径流水(雨水、雪水)应与产业污水、生活污水分开收集和输送,不进入城市污水处理厂。

为了确保城市污水处理厂能够达到规定的出水排放标准,必须要对进入污水处理厂的产业污水(特别是工业污水)的水质进行严格控制。为此,我国制定了《污水排入城市下水道水质标准》(CJ3082—1999),严禁向城市下水道排入有腐蚀性污水,严禁向城市下水道倾倒垃圾、积雪、粪便、工业废渣,剧毒物质,易燃、易爆物质和有害气体,严禁向下水道中排入医疗机构、生物制品、科学研究、肉类加工等含有病原体的污水。对它们必须先消毒后才允许排入,对放射性污水还要执行 GB8703 的规定。对于超过下水道水质标准的污水,一定要按规定和要求进行预处理,达到规定水质



标准后才可排入,不准用稀释法降低其浓度排入城市下水道。

城市污水处理厂的出水标准,随着我国对环境水体质量的要求不断提高,每过几年就更新一次。例如,按《国家污水综合排放标准》(GB8978—1996)规定,出水二级标准的 $\text{COD}_{\text{cr}} \leq 120$ 毫克/升,石油类 ≤ 10 毫克/升,动植物油 ≤ 15 毫克/升, LAS ≤ 10 毫克/升;《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918—2002)规定,出水二级标准的 $\text{COD}_{\text{cr}} \leq 100$ 毫克/升,石油类 ≤ 5 毫克/升,动植物油 ≤ 5 毫克/升, LAS ≤ 2 毫克/升,2002 年的标准明显严于 1996 年。

城市污水处理厂的污水处理工艺,包括预处理和一级处理、二级处理,以及有回用要求时的三级处理。

(1) 一级处理称为物理处理或机械处理。功能是去除原始污水中的漂浮物和悬浮物,一般能去除悬浮固体 SS 的 50%~60%, BOD_5 的 20%~30%,出水达不到排放标准。预处理和一级处理主要包括污物拦截和沉沙、初沉淀,一般设机械格栅除污机、沉沙池、初沉池(一沉池)。格栅按格栅的间隙分成细(5~10 毫米)、中(15~40 毫米)、粗(>40 毫米)三级;沉沙池分为平流式、竖流式、曝气式、钟式或比氏旋流沉沙池。初沉池中可加入化学絮凝剂和助凝剂,加快污水沉淀,增强污染物的去除效果。钟式(美国)与比氏(英国)沉沙池结构基本相同,除沙效率均大于 95%。其他几种沉沙方式除沙率较低,一般在 80%~90%。

(2) 城市污水处理厂的二级处理为生物处理,可以大幅度去除污水中呈胶体状态和溶解状态的有机污染物。 COD_{cr} 去除率达 80%~92%,处理后的出水 60~120 毫克/升, BOD_5 去除率达 85%~98%,处理出水可降至 10~30 毫克/升,一般可达到排入水体的水质标准。生物处理方法中,有常规的活性污泥法、氧化沟法(OD)、序批式活性污泥法(SBR)、吸附生物降解法(AB)、百乐克工艺和生物膜法等。

① 活性污泥法是采用人工曝气的手段,使活性污泥(栖息着大量微生物群的絮绒状泥颗粒)均匀分散并悬浮于反应器(曝气池)中,与污水充分接触,并在有溶解氧的条件下,对污水中的有机物进行合成和分解的代谢活动,使污水得到净化。常规活性污泥



法的工艺流程:格栅—沉沙池—初次沉淀池—曝气池—二沉池—(消毒池)—排放或再进行三级处理。

② 氧化沟处理法。氧化沟是一种长方形、中间有导流隔墙、4个角呈弧形的连续循环曝气池。污水进入池中后,从一端流动至另一端的端头附近时,又沿中间隔墙折弯回来,使污水在池中以O形或S形沿隔墙反复转弯,又回到进水点。它的供氧方式有转刷,倒伞式表面曝气机,局部设微孔曝气器组,池底射流曝气等。供气点均设在池的两端,可实现供氧和推动池内的水流循环流动。

③ SBR法(序批式活性污泥法)。基本原理与常规的普通活性污泥法并没有太大区别,只是在运作方式上有其特点。SBR法的操作模式是,在生物处理构筑物内,污水要经历进水、曝气、沉淀、排放和待机5个基本过程,每一个过程被给予一定工作时间。在一个全部工作周期里,上述5个过程都在一个设有曝气或搅拌装置的反应池内周而复始地依次进行,循环周期和各阶段的时间可按进水和水质要求自控进行。因此,它是一种间歇进水、变容积、完全混合、单池操作、静置沉淀、好氧—缺氧—厌氧交替出现的活性污泥法。SBR法对水质的变化适应性强、运行稳定,适合水质水量变化大的中小型污水处理厂以及工业污水的处理;曝气和静沉时间短;基建投资和占地,分别比普通活性污泥法节省20%~25%和40%左右。由于好氧、缺氧、厌氧交替出现,具有脱氮(80%~90%)和除磷(80%)的功能, BOD_5 可去除95%。曝气池中的溶解氧浓度在0~2毫克/升变化,可减少能耗。污水处理机械和工艺设备少,自动控制,管理方便。

④ AB法。AB法是由A段吸附曝气池、中间曝气池、B段曝气池和二沉池组成。各自有独立的污泥回流系统。A段吸附曝气池负荷高,停留时间短(0.5小时),利用高浓度污泥吸附刚刚进入的、有机物污染物含量高的原始污水,吸附能力强,代谢速度快,能去除 BOD_5 50%左右,且溶解氧浓度低,节省能耗。B段为常规活性污泥法,由于进入B段曝气池的 BOD_5 已减半,可缩短池容40%,且运行稳定。AB法与常规活性污泥法相比,节省基建投资15%~20%,电费减少20%~25%,出水水质好, BOD_5 去除率达



90%~95%,除磷率为50%~70%,脱氮率达30%~40%,运行稳定,适应水质变化,不易出现污泥膨胀。缺点是A段剩余污泥量大(约20%),增加了污泥处理费用,构筑物多,有两套污泥回流系统,管理复杂。

⑤ 百乐克工艺是一种无论是池型和曝气方式都很新颖的生物处理法。它是一个长长的、宽宽的、池底两侧有斜坡的水渠式土质构筑物,池底和池内壁可以用防渗膜紧贴,用以防渗。运行时污水由池一端进入,先进入污水与回流污泥混合区(厌氧区),再进入曝气区。但它的供氧是依靠水面浮筒→输气管→膜片微孔曝气管这种悬挂式曝气链来实现的。曝气区之后是沉淀出水区。沉淀出的污泥,再部分流回到池前段的混合区。百乐克工艺的优点是,土质结构大大节省了土建投资,采用悬挂式曝气链,池底无任何固定装置,曝气链可以因大量气泡的上升和上有浮筒致使其左右摇摆,起到搅拌水流、延长气泡在水中的存留时间,提高氧的利用率的作用。另外,维修设备方便,假如任何一条悬持链出现故障,不用放空池水,可以将它提出来进行现场单独维修。在百乐克工艺中,也存在着厌氧—缺氧过程,因此,它对COD、BOD、N和P都有很高的去除率;从污水的池内停留时间看,它也属于延时曝气类型。

⑥ 生物接触氧化工艺。是把填料固定在曝气池中,让填料上长满好氧微生物,大大提高污水处理设施中的固定生物量,使在供氧条件下污水中的有机物得到更好的净化。优点是耐冲击负荷,去除率高。

上述各种城市污水处理工艺,都是经过大量工程实践并得到验证的好方法。但从提高处理效率、比较其成熟可靠程度、适应能力、投资占地、管理及运行成本多种因素考虑,可以有区别选择一、二级处理的不同工艺方法。

处理城市污水处理厂的污泥

污泥处理,是任何一个污水处理厂必然面临和必须解决的问题。从污泥来源看,有从沉沙池、初次沉淀池得到的悬浮物和沉泥。沉泥在正常情况下呈棕褐色略带黑色,当发生腐蚀时为灰色



或黑色,一般情况下有难闻的气味,pH 为 5.5~7.5,含固量 2%~4%,有机成分占 55%~75%。活性污泥,指从活性污泥法生物处理系统中排出的剩余污泥,外观呈黄褐色、絮状,有土腥味,含固量一般在 0.5%~0.18%,有机成分占 70%~85%,pH 一般在 6.5~7.5。

处理污泥首先要将其浓缩,大幅度削减体积,把含水率从 99%降至 96%左右。污泥浓缩的方法和设备有很多,比如重力浓缩法、气浮浓缩法和离心浓缩法。利用离心浓缩法,污泥只在设备中停留 3 分钟,但含固率可由 1%以下提高到 4%以上。

城市污水处理厂污泥中的固体物质主要是胶质颗粒,与水的亲和力很强,若不进行适当预处理,脱水将很困难。预处理就是向污泥中加入适量的化学药剂,改变其物化特性,破坏污泥的胶体结构,减少其与水的亲和力,改善其脱水性能。常用的化学药剂有三氯化铁、硫酸铁、硫酸亚铁、聚合硫酸铁,以及各种铝盐。有机药剂有阳离子型聚丙烯酰胺、阴离子型聚丙烯酰胺、非离子型聚丙烯酰胺。

污泥脱水、干化的作用是去除污泥中大量水分,从而缩小体积、减轻重量。经脱水、干化两步处理,污泥含水率可从 96%左右降低到 60%~80%,体积为原来的 1/10~1/5。常用的污泥脱水设备为带式压滤机、卧螺沉降离心机和厢式压滤机。厢式压滤机脱水效果高于前两种脱水设备,但不能连续运行,占地也较大。

对污泥厌氧消化,是有效处理和综合利用污泥的好方法。污泥厌氧消化是指将污泥置入具有特殊结构的消化池内,在无氧条件下对污泥中的有机物进行厌氧降解,最终产生沼气。厌氧消化可以达到很好的污泥稳定效果,最大限度地降解污泥中的有机物。消化池产生的沼气有许多用途:① 用于消化池搅拌和沼气锅炉加热。② 作为泵和鼓风机的动力能源。③ 沼气发电,供给污水处理厂用电,也可以与当地电力系统联网。④ 作为可燃性气体供自身和厂外单位使用。⑤ 装入储气罐,用做汽车动力燃料。⑥ 与城市煤气混合,用于金属材料火焰切割,制造化工原料。对污泥进行厌氧消化处理,不仅可以产生大量沼气,在许多场所得利用,而且



可以减少污泥体积、消除恶臭,改善污泥脱水性能、杀虫灭菌。除了中温厌氧消化制沼气外,对污泥的处理还有好氧消化、两相消化(先好氧一再厌氧)等,有机物分解率可大于 23%。

卫生填埋也是污泥处置的常用办法,即在城郊远离水源地选择合适的地点,地质渗透率应很低,池底及池壁要铺有多层防渗材料。填埋时,每填到一定厚度再加盖一层土,直到与地面持平,然后再用土加高至一定高度,可以栽植树木、美化环境。池底应设有渗水收集管,另设渗漏液池,并对渗漏液进行严格处理。

堆肥也是处理城市污水处理厂污泥的好方法,是一个由嗜温菌、嗜热菌对有机物进行热分解的过程。通常要与脱水剂(如稻草或麦草等)按一定比例相混合,在一定温度($50\sim 55^{\circ}\text{C}$)下适当通入空气,再外加一定量氮和磷养分,经过几周发酵后制成混合有机肥。另外,把污泥经脱水干化后再烘干,可装袋外售,成为果树的好肥料;也可加石灰或加氯气消毒后,自然干化,作为燃料添加剂加到煤中燃烧。

中水和污水资源化

给水(自来水)叫上水,水的质量好;排水(生活污水)进入下水道,又称下水,水质已污染;水质比上水差、比下水好的水,可叫做中水。中水主要是指对来自建筑物(办公楼、科研、教学楼、居民住宅区等)的排水以及设备间接冷却水,经过处理后水质低于干净的给水(自来水),但可用于建筑施工、冲厕、绿化、浇灌、喷洒路面、清洗车辆等。

中水水源,应优先选择优质杂排水,如冷却水、淋浴排水、盥洗排水、洗衣排水、厨房排水,最后是冲厕所排水。中水水源不包括任何工业污水。

达到一定水质指标才可作为中水来使用。我国制订了《城镇杂用水水质控制标准》,如用于冲厕、洗车时,浊度(NTU) ≤ 5 , $\text{BOD}_5 \leq 10$ 毫克/升;用于清扫路面、消防和建筑施工时浊度(NTU) ≤ 10 毫克/升, $\text{BOD}_5 \leq 15$ 毫克/升;而总大肠菌群无论用于那种场合,一律 ≤ 3 个/升。总之,中水(生活杂用水)是指非饮用,



一般不与人体直接接触的低质用水。

制得中水,应当严格界定的是中水水源必须是建筑物排水,仔细核定中水水源水量和中水用量。一般中水处理工程的处理规模,不要超出中水水源的80%为宜。搞好水量平衡,使集水、处理和供水集中于一体的中水系统,可以协调运行。选择什么样的处理工艺生产出符合用户需要的中水,要根据中水水源以及用户要求来确定。如以优质杂排水(冷却水、淋浴排水、舆洗排水)为水源,可以选用以物化处理为主、生化处理为辅的工艺流程。如果中水水源中有厕所排水,必须采用一段或两段生化处理,最后进行过滤和消毒。

目前比较常用的中水处理工艺流程有:以优质杂排水和一般杂排水作为中水水源时,可采用格栅—调节池—絮凝沉淀或气浮—过滤—消毒或格栅—调节池—生物处理—沉淀—过滤—消毒工艺。以含有厕所排水的生活污水作为水源时,可采取格栅—调节池—一段生物处理—沉淀池—二段生物处理—沉淀池—过滤—消毒或格栅—调节池—生物处理—过滤—消毒的工艺流程。如果利用建筑小区污水处理站出水作为中水水源时,应选用物化处理(或三级处理)工艺流程:二级处理出水—调节池—化学处理—过滤—消毒。

中水处理产生的沉淀污泥、活性污泥和化学污泥,可采用重力浓缩——机械脱水或自然干化池进行干化处理,或排至化粪池处理。

中水处理是对冷却水和建筑物排水的一种资源化处理措施,可以解决部分小区域的生活污水的处理与回用问题。为了节约水资源,应扩大污水资源化的水源范围和回用场所,实现多行业、多部门、多区域的污水资源化,降低水污染危害,把经济效益、社会效益和环境效益三者统一起来。

实施污水资源化有多种类型,主要看资源化的回用水有哪些不同用途。① 补充水源:补充地表水——回到河流;补给地下水——水源补给,防止海水入侵、地面沉降。② 工业用水:冷却用水(直流式、循环式)、洗涤用水(冲渣、冲灰、消烟、除尘、清洗)、锅



炉用水(高压、中压、低压锅炉用水)、工艺用水(溶解、水浴、蒸煮、漂洗、水力开采等)。^③ 农林牧渔业用水:农灌、造林育苗、农牧场、水产养殖。^④ 城市杂用水:园林绿化(公共绿地、居住小区绿化)、冲厕、街道清扫、车辆冲洗、建筑施工。^⑤ 景观环境用水:娱乐性景观河道、景观湖泊及水景、观赏性景观环境用水、湿地环境用水(恢复或营造自然或人工湿地)。

一般情况下,城市污水处理厂排出的二级处理出水,都能达到农业灌溉用水标准。至于工业用水,由于工厂企业生产的产品不同,工业用水的水质也有不同。如电子工业用水水质标准高,工厂循环冷却水(如火电站)的用水水质标准相对低些。所以工业用水应在污水处理厂二级处理后的出水基础上,根据工业企业用水水质的不同标准,由工厂、企业再进一步的处理。

城市污水处理厂的二级处理出水,应降低溶解性固体含量、营养盐(N、P)含量、 BOD_5 、 COD_{cr} 、SS和色度等多项指标的浓度。

根据回用目的不同,可以选择简单或较复杂的三级处理工艺。通常基本流程:二级处理—消毒,二级处理—过滤—消毒,二级处理—混凝—沉淀(澄清、气浮)—过滤—消毒,二级处理—微孔过滤—消毒。当原水污染程度不高,可以在处理流程中直接加入回用工艺手段,如污水预处理—二级曝气生物滤池—消毒,污水预处理—厌氧调节池—人工土地处理—消毒。对再生水水质有过高要求时,则应选择至少一种物理化学处理手段,如活性炭吸附、脱氮离子交换、超滤或纳滤等方法,或两种方法联合使用。

固体废弃物的分类和构成

过去人们常把废气、废水和废渣这3种污染物,通称为“三废”,三废中的“废渣”叫做固体废弃物,简称固废。

固体废弃物,是指在生产建设、日常生活或其他活动中产生的,或处理废气、废水而产生的,固态的(如烟尘)或半固态的废弃物(如剩余污泥、消化污泥、化学沉淀污泥等)。

固体废弃物种类成百上千,为了与国际上的分类法接轨,我国采取了按固体废物产生源分类的原则,即分为工业废物和城市垃



圾两大类。

(1) 工业固体废物:包括冶金行业的黑色冶金和有色冶金的废渣,采煤和燃煤废物(煤矸石、煤渣、粉尘),废机械及其部件,非金属废材料,矿山废物(尾矿),化工行业的废渣、废橡胶、塑料,食品行业的腐蚀食品、屠宰下脚料,轻工业的废纤维及石油工业的酸碱渣等工业固体废物。据统计,20 世纪末世界工业废物中,采矿废物占 48.8%,冶金废物占 17.7%,电力煤气废物占 15.4%,其次为化工纺织(8.3%)、非金属(3.0%)、含毒医药(2.8%)和其他类(4.0%)。我国在 20 世纪末,工业废物的产生量已高达 20 亿吨。全国工业固废年排放量超过 100 万吨的行业,有煤炭开采和洗选业、黑色金属冶炼及压延加工业、黑色金属矿采选业、化工制造业等。这些行业的工业固废排放量,占统计行业的固废排放总量的 72%。工业固体废物中的可溶性和挥发性物质,通过降水淋溶作用,会污染地表水、地下水、土壤,危害农作物,影响水产品生长及人类健康。

(2) 城市生活垃圾:生活垃圾来自日常生活和生活服务业,含普通生活垃圾,商业和办公垃圾,城建渣土和粪便。在城市居民生活垃圾中,有厨余废物、庭园废物、废纸、废玻璃、废金属、废塑料、建筑废物、商业办公废物,以及少量废电池、废日光灯管等固体废物。全国垃圾堆放占用耕地 5 亿米²,有 220 多个城市处在垃圾包围中。历年垃圾堆存量高达 60 亿吨,无害化处理达标率低于 20%。

我国以废旧家电为主的电子垃圾的高峰已经来临。废旧家电,指的是报废的电视机、电脑、手机、电冰箱、洗衣机、微波炉、油烟机等。目前,我国的家电已开始大量进入更新期,据国家统计局公布,2003 年起我国每年至少报废 500 万台电视机、400 万台冰箱、600 万台洗衣机和 7 000 万部手机。这些废旧电器含有铅、砷、汞等很多重金属有害物质,如果不能得到安全处置,将会对环境造成污染,危害人体健康。

在固体废物中有一个大类别叫做危险废物,即是由《国家危险废物名录》特别指定的,具有危险特性的固体废物。所谓危险性,



主要包括毒害性、爆炸性、易燃性、腐蚀性、致病性和化学易反应性。按照规定标准和鉴定方法认定的,具有上述危险特性之一的固体、半固体废物和带固体包装的气体废物,都属于此类危险废物。危险废物对环境和人体的危害具有潜在性、突发性、滞后性、转移扩散等特点,如得不到妥善处置,将会对环境和人体造成更大的危害。放射性固体废物虽属此类,但因其有特殊性,另外单列。放射性废物,来自放射性矿物从采矿到选矿,化学提浓、提纯,物理提浓、提纯和加工,核燃料生产,核设施运行,核试验和同位素应用过程(在生产、研究和医疗中应用),以及放射性废水和废气处理设施等。其中有放射性尾矿、污泥、树脂、蒸发残渣,被放射性污染的设备、仪器、劳动保护用品等。

我国规定,对危险废物必须分类管理,禁止混合收集、贮存、运输和处置不相容的危险废物,也禁止将其与一般性废物共同处置。

处理和处置固体废物

正如处理废气和污水一样,为了减少固体废物的污染危害,可以利用各种技术措施改变固体废物的物理、化学和生物特性,削减废物存量,缩小废物体积,降低潜在威胁,利用其可用之处,最后实现减量化、无害化和资源化。对固体废物进行处理,也是对废物进行资源回收或最终处置的前期过程。

(1) 处理废物先是进行预处理:预处理的目的,是适当改变废物的性质和形态,便于下步的运输和处理。为此,对废物采取分选、粉碎、压实和脱水等处理操作。例如把碎玻璃、废纸、金属垃圾、塑料和废电池进行分选后粉碎和压实等。根据固体废物的不同特性,采取必要的物理、化学和生物技术进行处理。① 生物处理:在固体废物中,有不少属于有机类垃圾,如城市生活垃圾中的厨余物(菜叶、剩饭菜、鸡鱼肉下脚料)、公厕粪便、副食厂店的生产及商店的固态废物,生活污水处理工程及一些工业污水处理站产生的污泥等,都可以被微生物降解、消化,变成稳定产物、能源和其他有用之物。② 热处理:固体废物中的有机类废物,特别是有机物占比例大的废物,可以看成是一种碳源,所谓热处理,就是将其



实施热解、焚烧、熔融、湿式氧化(在几百摄氏度、几百大气压下,通入氧气,使有机物中所有的碳、氢、硫、氮、磷分解为氧化物),实现无害化处理。③ 化学处理:即采用一切可以采取的化学反应手段,或某些物理手段,使这些有毒有害的固体废物,转化为无毒无害的或难溶态物质被稳定下来,不再危害或大幅度减少其对环境的危害作用。如氧化还原、化学分解、化学沉淀;吸收、吸附、电解;脱水、干化,以及把放射性废物与水泥、沥青、塑料混合固化等。

(2) 固体废物处置的方法。① 管理处置:对一时难以处置或尚需对处理方法进行判断的废物,可暂时安全贮存。在特殊情况下,实际上近于无限期贮存。如把放射性废物加入水泥、沥青或塑料固化后,永久贮存于山洞或深的地下废矿井中。② 回收处置:对于每一个单位或地位的排放物,可以通过交换和处理成另一单位的生产原料。如大量回收各类废纸,送往造纸厂成为造纸原料。③ 排放处置:依照处理某些无毒低害的气态或液体污染物时,采用稀释后直排环境的做法,处理固体废物。因为该法做起来困难,一般不采用。④ 永久性隔离处置:为最终处置的主要方式。采用天然或人工屏障,将固体废物与生物圈最大限度地隔离起来。如各种形式的土地填埋、土地处置和海洋处置。

城市垃圾的堆肥化处理

在城市垃圾中,含有各种各样的有机物,特别是动物性、植物性垃圾,有从轻工食品行业污水处理厂排出的污泥、下水污泥、粪尿消化污泥,家畜粪便、树皮、锯末、果壳、秸秆等,都是堆肥的好原料。

为了确保堆肥产品的肥效,需要对城市垃圾进行适当的预处理,使其达到一定技术指标。如垃圾的密度为 $350 \sim 650$ 千克/米³,成分中有机物含量不少于 20%。在调配垃圾时,动物性易腐物占 28.46%,植物性易腐物占 33.5%,渣砾(粒度 ≥ 15 毫米)占 13.37%,纸类占 1.59%,布类占 0.34%,塑料占 3.9%,金属占 3.77%,玻璃占 2.25%。垃圾含水率 40%~60%,碳氮比为 20:1~30:1。

经过预处理的垃圾,再送入专门的城市垃圾堆肥厂。堆肥的



原理是好氧堆肥,即利用好氧微生物的吸附、降解作用把有机物转化为无机物,放出能量,同时自身得以增殖。堆肥厂的基本工艺流程:将垃圾收集起来投入料坑或给料斗,用磁选机清除铁质物,再用一次分选机把城市生活垃圾中的可堆肥物质与非堆肥物质分开。把堆肥物质送到一次发酵仓通风发酵(内设粉碎设备,可将垃圾破碎成细料),然后把一次发酵物中未腐熟的堆肥送入二次分选机(振动筛),分成细粒未熟堆肥和未发酵破碎塑料等杂质两部分。将一次、二次分选排出的非堆肥杂质压缩、打包,送填埋厂或焚烧厂处理。而未腐熟堆肥,进入多段竖炉二次发酵仓快速发酵分解,变成腐熟堆肥,再经三次分选(振动筛),筛出细粒堆肥和粗堆肥。一部分粗堆肥作为接种用堆肥,与下水污泥混合后送入一次发酵池。细粒堆肥再通过玻璃选出机,靠吹风、反弹、振动等作用除去玻璃碴、塑料碴等杂质后,成为高纯度精选堆肥,可直接使用或送入腐熟厂进一步腐熟。腐熟厂是为了在短时间内使未充分发酵的纤维素、半纤维素、木质素进一步发酵而设置的。腐熟厂的堆肥,质量指标全面符合国家规定,可供应市场出售。

城市垃圾的能源化处理

城市垃圾不仅可以用来制作肥料,而且可以作为能源加以开发利用,化害为利、变废为宝。

(1) 把城市垃圾经厌氧发酵变成沼气。在发酵温度的选择上,因高温下厌氧时间短、出气多,因而不大采用中温($35\sim 40^{\circ}\text{C}$)发酵,而是采用高温发酵($48\sim 60^{\circ}\text{C}$)。发酵原料主要是由工厂排出的废料,如酒糟、有机污泥、人畜粪便等。厌氧发酵设备种类繁多,有纺锤形厌氧消化器、塞流式厌氧消化器、隧道式消化器、厌氧接触消化器、厌氧过滤消化器等。厌氧消化器的产气率,削减 1 千克 COD 能产生 $0.5\sim 0.6$ 米³ 沼气,而 1 米³ 沼气的热能与 1 千克标准煤相近。

(2) 开发利用城市垃圾填埋气作能源。当城市垃圾的填埋达到最初时段(一般 16~18 个月),在厌氧微生物作用下垃圾中的有机物被分解产生甲烷和二氧化碳及其他气体,统称为填埋气



(LPC)。我国每年的 1 亿多吨城市垃圾做填埋处理,产气量可观。开展填埋气的能源利用,是一举多得的环保措施。

产生填埋气,需要垃圾中有机物比例大($>38\%$)、存在厌氧环境、有一定湿度水分、 $\text{pH}6.5\sim 7.2$ 、温度 $50\sim 60^{\circ}\text{C}$ 。如果要利用填埋气,还应具备 100 万吨以上的填埋量,填埋深度超过 10 米,垃圾填埋接近关闭或刚刚关闭,年降雨量在 100 毫米以上。按产气时间为 40 年计,每吨垃圾每年的理论产气量为 $250\sim 425\text{ 米}^3$,40 年就更可观了。

目前比较成熟的技术有竖井集气系统和横井水平收集系统。前者是填埋完成后再收气;后者是边填埋边收气,收集效率高,是竖井的 $5\sim 35$ 倍。水平集气是每填埋 3 米设置一层水平收气管,管子由聚氯乙烯(PVC)制作,分为穿孔管和套管(大小直径的 PVC,一外一里套在一起,从两管间集气)。

(3) 垃圾固体燃料化技术。带有一定热值的城市垃圾本身就是一种燃料,但热值不高且不稳定,还有一些不可燃成分。只要把垃圾经过一段流程处理后,便可生产垃圾固体燃料。垃圾固体燃料的生产工艺:垃圾分选机—磁选机—一次破碎机—干燥炉—自动分类机—二次破碎机—空气输送集尘机—石灰供应机—定量供应机—冷却器—振动筛—固体燃料。加工过程中之所以加入石灰,是因为既可消除臭气又便于长期储存,还能中和酸气(HCl 、 SO_2),不需高压即可成型。

(4) 垃圾热分解气化。该项技术的工艺原理是,在高温缺氧条件下使垃圾热解、熔融合为一体,得到了可燃气体和可燃物,同时回收其他有用有机物和重金属。工艺流程:经过破碎的垃圾被投入流化床中,在 $450\sim 600^{\circ}\text{C}$ 的缺氧中进行热分解气化,清除不燃物和金属,所得到的燃气和碳分一部分可以被直接利用,一部分再被送到熔炉内燃烧熔融(炉温达 $1\ 300^{\circ}\text{C}$),其他不可燃组分和铁铝渣从炉底排出,烟气送去燃烧。垃圾气化熔融技术有许多种设备可以选用,关键是燃气中二噁英浓度应达标(发达国家规定 ≤ 0.1 毫克/米³),热回收率要高($>70\%$),成本要低。

(5) 垃圾热燃气化技术——垃圾焚烧。垃圾焚烧是将城市



垃圾进行高温处理,在 $800\sim 1\,000^{\circ}\text{C}$ 的高温炉里,垃圾可燃成分与空气中的氧进行剧烈化学反应,放出热量,转化成高温燃烧气和量少而性质稳定的固体残渣。燃烧气可作为热能回收使用,炉渣可以填埋处置。焚烧法可将垃圾中一切细菌和病毒彻底消灭,最快速度实现垃圾的无害化、稳定化、减量化和资源化。

采用垃圾焚烧法处理城市垃圾有许多优点,但必须解决大气中二噁英(PCDD/PCDE)的二次污染问题。为此应改选炉型,在改选中采用所谓“3T”原则,即保持高温大于 800°C (Temperature)、保持燃烧时间大于 2 秒钟(Time)、在炉顶吹入二次燃烧用空气(Turbulence)。日本某垃圾处理厂采用“3T”技术后,炉膛出口处的 PCDD/PCDE 排放量达到 33.1 纳克/米³。垃圾焚烧过程是完全依靠计算机网络平台控制系统运行,采用自动炉算移动翻滚物料,垃圾进炉可以自动分拣,避免了人工操作的不便。垃圾进炉后,自动点火助燃,热燃气装置可以自动运转,可自动调节热量、电能,发电机组自动设定运行参数。

(6) 垃圾焚烧发电。垃圾燃烧后产生的大量热能用于加热锅炉生成蒸气,再用高压蒸气驱动汽轮机发电。设计的锅炉蒸气参数为 1.6 兆帕,饱和蒸气,最大蒸发量为 16 吨/小时,按垃圾质量(LHV= $5\,000$ 千焦/千克)和运行规模为日处理垃圾 200 吨计,锅炉蒸气量为 14 吨/天。

垃圾焚烧发电,可以同时处理任何混合垃圾——生活垃圾、工业垃圾、医院垃圾、农业垃圾。

垃圾焚烧发电的工艺流程:垃圾收集—垃圾筛选和分类—垃圾干燥脱水—切碎—贮存鼓—混合罐—热燃气化装置(焚烧炉)—锅炉—蒸气涡轮发电机—变压器—输电。

处理危险废物

危险废物属于固体废物的管理范围,能列入危险废物名单的大约在 $1\,000$ 种以上。凡是危险废物,应具备下列特性之一。

① 腐蚀性:指其浸出液的 pH 为强酸性(≤ 2)或强碱性(≥ 12.5)。



② 急性毒害性:指将其一次性投给试验动物时,8小时的半致死剂量比规定值还低;按照规定方法对该固体废物进行浸取或萃取时,浸出液或萃取液中的污染物浓度大于标准值。③ 易燃性:该废物的闪点低于定值。具有因摩擦、吸湿、点燃或自发的化学变化而发热或燃烧,或者点燃后的燃烧会持续进行的性质。多数国家把闪点的标准温度规定在 60°C 。④ 易反应性:在通常状况下就不稳定,容易发生激烈的化学反应,遇火或遇水反应剧烈,在受到摩擦、撞击或加热后发生爆炸,或产生有毒气体。

处理腐蚀性的办法较简单,用碱性物质(NaOH 、 CaO 、 CaCO_3)去中和强酸性固体废物,用酸(H_2SO_4 、 HCl)中和强碱性固体废物。用廉价的中和剂(石灰石、石灰)或无毒物质的废碱液、废酸液作为中和剂,以废治废。

(1) 对于重金属类危险废物,化学沉淀法为首选处理方法。因为重金属的氢氧化物、硫化物、磷酸盐都属于难溶化合物,尽管难从固体废物中分离出来,但是由于它们相对稳定,用填埋、焚烧、固化处理等手段做最终处置比较稳妥。

(2) 氧化还原法也是处理危险废物的有效办法。例如,铬盐工业会产生含有六价铬的毒性铬渣。将铬渣掺入炼铁原料中,与炼铁原料一同进入炼铁炉,可消除六价铬的毒性。因为炼铁主要原料为铁矿石和焦炭,其中碳是还原剂,炼铁过程中六价铬可被碳还原为三价铬,进而还原为单质铬(本身无毒)。铬被熔入铸铁中,会适当提高铁的品质,熔入废渣也不会对环境有危害。利用空气湿式氧化法可处理有机磷、有机氯,以及有剧毒、难生物降解的有机化合物。

有一些重金属及有毒有害有机物,可用特定的萃取剂从固体废物中将其萃取分离、提浓。经过多次萃取,使固体废物中有毒废物的浓度降至国家规定的标准以下。萃取剂中的有毒废物,可以通过蒸馏等方法进一步提浓,或回收重金属,或焚烧处理。

存在于危险废物中的有毒物质,如果是水溶性、酸溶性或碱溶性的,可在一定温度和搅拌条件下,用水、酸或碱液使固体废物转化为污水,再用各种适宜的污水处理方法把污水处理至达标。



(3) 焚烧法无论对于任何一种有机类、无机类、生物类危险废物,都是一种快速、干净、彻底的处理办法。在焚烧炉内的炉温达到 $800\sim 1\ 100^{\circ}\text{C}$ 时,重金属将转化为无机盐以残渣形式被收集,一切有机物将被氧化为简单的酸性氧化物和水,一切细菌、病原体将被彻底灭绝。焚烧法是一种耗能处理技术,为了节能,可对危险废物预先进行脱水、干化、干燥等预处理,进行减量和减容。另外,有机类危险废物本身含有不少碳源,热值高。焚烧时可用外加燃料(煤、气、油)的燃烧方式,使炉温升至 800°C ,以危险废物作为燃料,“自己”烧掉“自己”。为了降低燃烧温度,节省能耗,可用催化燃烧法替代常规燃烧法处理危险废物。

在焚烧危险废物时,应注意从收集危险废物,到运输、贮存、处理,直到无毒、无害状况之前,绝不能出现人与危险废物直接接触的操作。另外,应严格控制烟尘、烟气(二噁英类污染物)对大气环境的污染。所得到的残渣不应随便丢弃,要仔细收集起来,进行固化后做填埋或海洋处置。

要想把危险废物烧“透”烧“净”,一定要选好焚炉的炉型、送风方式,确定炉膛尺寸、燃烧装置、炉膛结构和材料、废气停留时间与炉温、进料与排废系统,以及对不同种类废物的适应性。常用的焚烧炉有旋转窑式焚烧炉、流化床式焚烧炉、反推式焚烧炉等。

(4) 将危险废物固定或包封于惰性基材中的处理方法,叫做稳定化或固化。危险废物经过固化处理,有毒有害物质的渗透性和溶出性可以大大降低,能安全运输,也利于最终处置。固化处理方法,按原理可分为包胶固化、自胶结固化、玻璃固化和水玻璃固化。

工业固体废物资源化

资源化是解决工业固体废物污染环境的根本途径,利用交换、回收、再加工以及各种处理技术,使已经产生的废物重新转变为可以利用的物质或能量,是建设资源节约型社会的必然选择。

(1) 煤矸石的资源化利用。煤矸石是成煤过程中与煤伴生的一种由含碳物和岩石组成的混合物。我国每年由煤矿开采业排出



的煤矸石达数亿吨,堆积如山,不仅占用大量土地,而且由于煤矸石中的黄铁矿(FeS_2)易被空气氧化,放出的热量促使煤矸石中所含煤分不断风化以至自燃。煤矸石燃烧,散发出难闻的气味和有害烟雾,危害居民健康和作物、树木正常生长。煤矸石因受雨水冲刷,易淤塞河床、污染水体。

利用煤矸石中的碳成分和挥发分,可直接作为燃料使用,用于冲天炉熔化生铁、沸腾锅炉产生蒸气、烧制石灰、煤气发生炉产气。由于煤矸石中含煤 20%~30%,可以将煤矸石粉碎,利用不同方法分选出精煤。剩下来的煤矸石中,二氧化硅和三氧化二铝含量在 80%以上,可以用于生产不同类型的水泥。煤矸石也可以当做建筑材料,代替黏土生产烧结砖、微孔吸音砖、煤矸石瓦、煤矸石棉、煤矸石轻骨料、煤矸石空心砌块和预制构件。煤矸石还可作为一种无机化工原料,生产聚合氯化铝(PAC)。PAC 是一种相当好而被普遍采用的净水剂。此外,也可以利用煤矸石(含氮大于 0.2%及较高发热量)生产氨水、硫酸铵(利用其中的硫化铁)等。

(2) 粉煤灰的资源化。粉煤灰来自煤燃烧时从除尘器中收集的烟尘,主要化学成分为 SiO_2 (40%~60%)、 Al_2O_3 (20%~30%), 其他为 Fe_2O_3 (4%~10%)、 CaO (2.5%~7.0%), MgO 、 Na_2O 、 K_2O 、 SO_3 占少量。粉煤灰中,玻璃体一般占 50%以上,还有少量黑色不透明、形状不规则的炭粒。实现粉煤灰资源化的主要做法是分选和提取,也就是把有用成分分别从粉煤灰中提取出来。其中包括浮选法选煤,磁选铁粉,提取氧化铝;还可以从粉煤灰中提取分选玻璃珠,玻璃珠有空心的、可漂浮(又称漂珠)和实心的(又称沉珠)。空心玻璃珠具有颗粒细小、质轻、空心、隔热、隔音、耐高温和低温、耐磨、强度高和电绝缘等多种优异性能,在许多行业(建材、塑料、石油化工、电器、航天、装饰、汽车制造等)得到广泛应用。

粉煤灰还可用于制造多种特殊建筑材料,如碳化粉煤灰砖、高压泡沫粉煤灰保温砖、粉煤灰砌块与板材、粉煤灰加气混凝土、轻质耐热混凝土。此外,粉煤灰又可用于生产水泥,生产粉煤灰陶粒,制作分子筛、吸附剂和过滤剂,用以生产钙镁磷肥和硅钙肥等。

(3) 高炉矿渣。高炉矿渣(简称高炉渣)是冶炼生铁时产生的



炉渣,是生产矿渣水泥的好原料,我国约有 $3/4$ 的水泥中掺有高炉水渣(高温炉渣用冷水激冷后生成),而且为此还制订了国家标准《用于水泥的粒化高炉矿渣》。此外,还可以利用高炉渣生产矿渣砖,不同品种的矿渣混凝土、矿渣珠轻骨料、矿渣棉、微晶玻璃等。钢渣是炼钢过程中排出的废渣,一般每吨钢产生 $200\sim 300$ 千克钢渣。钢渣可以返回烧结、炼铁或炼钢使用,也可根据矿渣的不同性质有多种用途。如含磷低的可作为炼铁溶剂,含磷高的可作为磷肥原料,碱度高的可作为水泥原料。

此外,在冶金行业中还有铁合金渣、有色冶金渣,均可根据其所含矿物成分,采取不同的技术方法,进行重金属的回收再利用,也可用来生产水泥、矿渣棉、铸石、耐火材料、化肥等。化工渣产生量大、成分复杂、毒性大小不一,但也可进行综合利用。如从硫酸矿渣中回收铁及有色金属,用铬渣代替铬铁矿石作为着色剂生成绿色玻璃等。

对于固体废物的资源化,随着工业技术水平的不断提高,还会有更多好的途径。废物交换利用也是途径之一,即甲方的固体废物是乙方的生产原料。应成立一个大范围地域内的固体废物交换中心,形成交换网络,使废物交换科学有序地进行。



参考文献

- 北京水环境技术与设备研究中心,北京市环境保护科学研究院,等. 2000. 三废处理工程技术手册·废水卷. 北京:化学工业出版社
- 蔡宏道. 1995. 现代环境卫生学. 北京:人民卫生出版社
- 程胜高,等. 2003. 环境生态学. 北京:化学工业出版社
- 陈昌明,周兰,任旺. 2005. 四种重金属对中华倒刺鱼巴的急性毒性. 重庆水产, 72(3)
- 陈述朋,鲁学军,周成虎. 2005. 地理信息系统导论. 北京:科学出版社
- 陈学敏. 2001. 环境卫生学(第四版). 北京:人民卫生出版社
- 陈玉成. 2003. 污染环境生物修复工程. 北京:化学工业出版社
- 地理学词典编委会. 1983. 地理学词典. 上海:上海辞书出版社
- 都世民. 1990. 电磁环境与生活. 北京:中国计量出版社
- 高吉喜. 2001. 可持续发展理论探索——生态承载力理论、方法与应用. 北京:中国环境科学出版社
- 戈峰. 2002. 现代生态学. 北京:科学出版社
- 关伯仁. 1995. 环境科学基础教程. 北京:中国环境科学出版社
- 国家环境保护总局. 2005. 自然保护区环境执法依据手册. 北京:中国环境科学出版社
- 国家环境保护总局《水和废水监测分析方法》编委会. 2002. 水和废水监测分析方法(第四版). 北京:中国环境科学出版社
- 国家环境保护总局空气和废气监测分析方法编委会. 2003. 空气和废气监测分析方法(第四版). 北京:中国环境科学出版社
- 国家环境保护总局行政体制与人事司. 2004. 环境保护基础教程. 北京:中国环境科学出版社
- 郝吉明,马广大,等. 1989. 大气污染控制工程. 北京:高等教育出版
- 黄铭洪. 2003. 环境污染与生态恢复. 北京:科学出版社
- 吉云秀,丁永生,丁德文. 滨海湿地的生物修复. 大连海事大学学报, 31(3)
- 孔繁翔. 2000. 环境生物学. 北京:高等教育出版社
- 李胜海. 2001. 城市污水处理工程建设与运行. 合肥:安徽科学技术出版社
- 李士虎,吴建新,李庭古,等. 2003. 赤潮的危害、成因及对策. 水利渔业, 23(6)
- 李耀中. 2001. 噪声控制技术. 北京:化学工业出版社



- 李树文,孟文芳,巩学敏,李文玉. 污染环境生物修复技术的应用前景. 河北建筑科技学院学报,22(2)
- 李振宇,解焱. 2002. 中国外来入侵种. 北京:中国林业出版社
- 刘荣娥,等. 2001. 膜分离技术应用手册. 北京:化学工业出版社
- 刘静玲. 2001. 环境污染与控制. 北京:化学工业出版社
- 马世豪,浚波. 2000. 医院污水污物处理. 北京:化学工业出版社
- 马世骏. 1984. 生态工程. 北京农业科学,25(4)
- 曲仲湘,等. 1983. 植物生态学. 北京:高等教育出版社
- 任海,等. 2002. 恢复生态学导论. 北京:科学出版社
- 盛连喜,等. 2002. 环境生态学导论. 北京:高等教育出版社
- 四川师范学院,山东大学. 1989. 生态学概论. 济南:山东大学出版社
- 山东省农业环境保护监测站. 1992. 生态农业技术导论. 济南:山东大学出版社
- 山东环境科学学会课题组. 2005. 山东省环境科技成果转化机制研究
- 万本太,等. 2003. 中国环境监测技术路线研究. 长沙:湖南科学技术出版社
- 吴帮灿,费龙. 1995. 现代环境监测技术. 北京:中国环境科学出版社
- 王振刚. 2001. 环境医学. 北京:北京医科大学出版社
- 王凯军,秦人伟. 2000. 发酵工业废水处理. 北京:化学工业出版社
- 王献薄、刘玉凯. 1994. 生物多样性的理论与实践. 北京:中国环境科学出版社
- 王焕校. 2001. 污染生态学. 北京:高等教育出版社
- 王建龙,文湘华. 2001. 现代环境生物技术. 北京:清华大学出版社
- 万方浩,郭建英,王德辉. 2002. 中国外来入侵生物的危害与管理对策. 生物多样性,10(1)
- 夏北成. 2001. 环境污染物生物降解. 北京:化学工业出版社
- 徐世勤,王橹. 1999. 工业噪声与振动控制. 北京:冶金出版社
- 殷福才,孙海. 1993. 环境的挑战. 北京:教育科学出版社
- 姚志麒. 1994. 环境卫生学(第三版). 北京:人民卫生出版社
- 原福胜. 2003. 环境卫生学(第一版). 北京:中国协和医科大学出版社
- 杨克敌. 2003. 环境卫生学(第五版). 北京:人民卫生出版社
- 张珂,张仁悦,等. 1988. 造纸工业污染防治技术与环境管理. 北京:轻工业出版社
- 张凯. 2006. 当代环境保护知识. 北京:中国环境科学出版社
- 赵英时,等. 2004. 遥感应用分析原理与方法. 北京:科学出版社



- 张凯. 2003. 发展循环经济走可持续发展之路. 济南: 山东人民出版社
- 张凯, 等. 2003. 城市生态住宅区建设研究. 北京: 科学出版社
- 张壬午, 等. 2000. 农业生态工程技术. 郑州: 河南科学技术出版社
- 张殿印. 2000. 环保知识. 北京: 冶金工业出版社
- 《中国少年儿童百科全书》编委会. 1994. 中国少年儿童百科全书·自然环境. 杭州: 浙江教育出版社
- 中国环境报社编译. 迈向 21 世纪——联合国环境与发展大会文件汇编. 1992. 北京: 中国环境科学出版社
- 《中国大百科全书》环境科学编委会, 中国大百科全书编辑部. 2002. 中国大百科全书·环境科学. 北京: 中国大百科全书出版社
- 中国 21 世纪议程——中国 21 世纪人口、环境与发展白皮书. 1994. 北京: 中国环境科学出版社
- 张梓太, 等. 2002. 环境与资源法学. 北京: 科学出版社
- 张凯, 等. 2005. 生态环境安全战略研究. 北京: 中国环境科学出版社
- 张壬午, 等. 2001. 中国环境保护与农业可持续发展. 北京: 北京出版社