

国家水利部水利公益性行业科研专项项目 (201201018) 资助

水资源保护 与经济协调发展

——淮河沿海支流通榆河

许崇正 张显球 刘雪梅 焦未然 王静 著



科学出版社

水资源保护与经济协调发展

——淮河沿海支流通榆河

许崇正 张显球 刘雪梅 焦未然 王 静 著

国家水利部水利公益性行业科研专项项目

淮河沿海支流水资源保护和水质管理控制(201201018)

资 助

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书主要从淮河沿海支流通榆河现有水资源、水环境状况特征分析入手,分别研究了工业污水处理技术,提出了臭氧、生物炭水质处理技术、污水尾水深度处理技术、纳滤处理重污染废水技术以及示范工程技术,对沿河村镇生活污水、养殖污染物综合控制技术开展研究与示范建设生态农庄,选取评价指标体系,构建通榆河水质-水量调度模型,在此基础上提出通榆河流域水资源环境与经济协调发展模型,针对应用结果进行了分析,并提出了相应的综合对策。

本书可供环境科学与工程科研人员,环保行业管理技术人员以及政府相关部门管理人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

水资源保护与经济协调发展:淮河沿海支流通榆河/许崇正等著.
—北京:科学出版社,2016.3
ISBN 978-7-03-047408-7

I. ①水… II. ①许… III. ①淮河-流域-水资源-资源保护-研究
②淮河-流域-区域经济发展-协调发展-研究 IV. ①TV213.4②F127

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 036353 号

责任编辑:黄 海/责任校对:何艳萍
责任印制:张 倩/封面设计:许 瑞

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

文林印务有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2016年3月第一版 开本:720×1000 1/16

2016年3月第一次印刷 印张:17 1/4

字数:400 000

定价:88.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)



目 录

第一篇 项目背景及研究概况

第一章 概述	3
1.1 研究背景	3
1.2 国内外研究进展	4
1.2.1 水环境管理体制方面	4
1.2.2 水资源配置方面	5
1.2.3 水资源可持续利用方面	6
1.2.4 水环境管理中新技术应用方面	8
1.3 项目总体目标及主要内容	9
1.3.1 研究目标	9
1.3.2 研究内容	10
1.3.3 技术路线	12
第二章 淮河沿海支流水资源和水环境分析	13
2.1 淮河流域情况	13
2.1.1 淮河流域地理、人口概况	13
2.1.2 淮河流域水资源量	17
2.1.3 淮河流域水资源的利用状况分析	22
2.1.4 淮河水质概况	27
2.2 淮河沿海支流及通榆河流域水资源和水环境污染状况	33
2.2.1 淮河沿海支流范围界定	33
2.2.2 里下河水网的水资源和水环境污染状况	33
2.2.3 淮河沿海支流通榆河水资源与水污染状况	34
2.3 通榆河水污染的主要原因	57
2.3.1 区位优势明显,经济快速发展致使水资源不断被污染	58
2.3.2 经济发展和局域环境容量不适应,结构性污染突出	59
2.3.3 城市化进程加快,污水处理设施却严重滞后	61
2.3.4 传统的农村经济发展模式和航运模式使得面源污染严重	65
2.3.5 污染治理投资严重不足	67

2.3.6 水资源短缺, 水生态环境恶化.....	70
2.3.7 涉河环境管理混乱, 跨界污染经济纠纷时有发生.....	71
2.3.8 环保部门监管能力严重不足, 缺少有效的监督体制.....	73

第二篇 淮河沿海支流通榆河水资源保护和水质管理控制技术研究

第三章 臭氧-生物碳工艺小试研究.....	79
3.1 小试过程.....	79
3.2 方法处理.....	79
3.3 分析方法及仪器.....	80
3.4 单独臭氧氧化处理效果.....	80
3.4.1 氧化时间对臭氧氧化效果的影响.....	80
3.4.2 pH 对臭氧氧化效果的影响.....	82
3.4.3 臭氧产量对臭氧氧化效果的影响.....	85
3.5 铁盐催化臭氧处理印染废水效果.....	86
3.5.1 氧化时间对铁盐催化臭氧氧化效果的影响.....	86
3.5.2 pH 对铁盐催化臭氧氧化效果的影响.....	89
3.5.3 铁盐投加量对催化臭氧效果的影响.....	91
3.5.4 铁盐催化臭氧氧化处理印染废水.....	93
3.5.5 催化臭氧氧化合适的工艺参数.....	95
3.6 催化臭氧-生物活性炭处理印染废水的效果.....	95
3.6.1 催化 O ₃ -BAC 去除色度的效果.....	95
3.6.2 催化 O ₃ -BAC 去除 COD 的效果.....	96
3.6.3 催化 O ₃ -BAC 去除 TP 的效果.....	97
3.6.4 催化 O ₃ -BAC 去除氨氮的效果.....	98
3.6.5 催化 O ₃ -BAC 去除 UV ₂₅₄ 的效果.....	98
3.7 BAC 深度处理催化臭氧氧化后的印染废水的动力学分析.....	99
3.8 催化臭氧-生物活性炭处理印染废水的效果.....	102
3.8.1 O ₃ -BAC 中试装置.....	103
3.8.2 色度的去除效果研究.....	103
3.8.3 COD 的去除效果研究.....	104
3.8.4 TP 的去除效果研究.....	105
3.8.5 氨氮的去除效果研究.....	105
3.8.6 UV ₂₅₄ 的去除效果研究.....	106
3.8.7 运行成本分析.....	106

3.9 小结	107
第四章 人工光源耦合沉水植物法对污水处理厂尾水深度处理技术	109
4.1 概述	109
4.2 实验内容	109
4.2.1 实验材料	109
4.2.2 实验方法	109
4.2.3 测试方法	109
4.3 处理效果	110
4.3.1 对水质的净化效果	110
4.3.2 生物量的变化	112
4.3.3 生理响应	113
4.4 人工光源的辐照度在水体中衰减规律研究	116
4.4.1 实验	116
4.4.2 结果与分析	117
4.5 小结	121
第五章 纳滤处理重污染废水的技术	122
5.1 实验条件	122
5.1.1 实验装置	122
5.1.2 实验方法	123
5.1.3 分析方法和仪器	123
5.2 纳滤处理染料废水实验	123
5.2.1 实验过程	123
5.2.2 实验结果与讨论	124
5.3 纳滤处理农药废水	128
5.3.1 农药生产废水的特性与水质	128
5.3.2 实验	128
5.3.3 纳滤处理农药废水的实验结果	128
5.4 纳滤膜对废水中重金属离子的去除效果	130
5.4.1 去除废水中的 Cr(VI)	130
5.4.2 对废水中镍(Ni)、铜(Cu)、锌(Zn)的去除效果	133
5.5 废水处理过程中纳滤膜污染的控制	134
5.5.1 膜污染	134
5.5.2 膜污染控制方法	135
5.5.3 膜的清洗实验	136
5.6 小结	137

第六章 示范工程——盐城经济开发区污水处理	139
6.1 概述	139
6.2 中试处理效果	139
6.3 问题及建议	143

第三篇 淮河沿海支流村镇及农村污水与畜禽养殖污染物处理技术

第七章 通榆河流域污染治理的生态学措施	147
7.1 采用生态学措施的重要性	147
7.2 生态学措施的基本原理	148
7.2.1 生活污水处理和资源化措施	148
7.2.2 河网水质强化净化与水域生态修复措施	150
7.2.3 人工湿地	156
7.2.4 人工浮岛	158
7.3 淮河沿海支流通榆河等流域骨干生态工程规划	158
7.4 淮河沿海支流通榆河生态学措施的实施建议	160
第八章 通榆河流域村镇生活区污染控制技术与示范	161
8.1 概述	161
8.1.1 农村生活污水概述	161
8.1.2 农村生活污水处理的必要性	162
8.2 农村生活污水处理技术国内外发展现状	162
8.3 通榆河流域农村生活污染现状调查	165
8.4 农村生活污水的处理技术和工艺	165
8.4.1 MBR 污水处理技术	166
8.4.2 厌氧生活污水处理技术	166
8.4.3 好氧/兼氧生活污水处理技术	166
8.4.4 人工湿地生活污水处理技术	167
8.4.5 稳定塘生活污水处理技术	167
8.4.6 三格式化粪池	167
8.4.7 土地渗滤处理技术	168
8.4.8 农村生活污水处理的基本工艺	168
8.5 淮河沿海流域农村生活污水处理工艺的选择	170
8.5.1 MBR 工艺的处理原理	170
8.5.2 潜流人工湿地的处理原理	171
8.6 处理工艺流程及主要构筑物	172

8.6.1	进出水质及水量	172
8.6.2	工艺流程	173
8.6.3	各构筑物处理效果	174
8.6.4	经济效益分析	176
8.7	通榆河流域农村生活污水生物脱氮技术	177
8.8	通榆河流域农村垃圾废物堆肥技术研究	181
第九章	通榆河流域内畜禽养殖污染物综合控制技术与示范	188
9.1	养殖场污水的处理方法	188
9.1.1	自然生物处理	189
9.1.2	厌氧处理法	190
9.1.3	好氧处理法	192
9.1.4	组合处理法	192
9.2	畜禽粪污处理主要模式	193
9.2.1	还田模式	193
9.2.2	自然处理模式	194
9.2.3	工业化处理模式	195
9.3	通榆河流域畜禽养殖及污染治理现状	196
9.4	通榆河流域畜禽养殖及污染治理需求分析	198
9.5	通榆河流域畜禽养殖及污染总体治理思路	200
9.6	通榆河流域大中型畜禽养殖污染治理思路	201
9.7	通榆河流域小型及分散畜禽养殖污染治理思路	202
9.8	通榆河流域畜禽养殖污染治理技术路线	203
9.9	畜禽粪污集中处理示范工程处理工艺和效果	205
9.9.1	处理工艺	205
9.9.2	各单元处理效果	206
第十章	通榆河流域内立体、共生、循环性生态农庄建设	207
10.1	典型区域目标污染物控制模式	207
10.2	畜禽养殖面源污染控制措施	208
10.3	农田面源污染控制措施	208
10.4	立体、共生、循环性生态农庄建设措施	209
10.4.1	农庄建设基本条件	209
10.4.2	农庄建设考核指标	210
10.5	生态农庄建设方案评估	211
第十一章	通榆河流域农村污水处理示范工程	215
11.1	工艺研究与分析	215

11.1.1	工艺研究	215
11.1.2	污染物的去除机理及分析	215
11.2	污水处理厂进出水水质及规模	216
11.2.1	污水处理厂进出水水质	216
11.2.2	处理规模	217

第四篇 淮河沿海支流通榆河流域经济与水环境协调发展研究

第十二章	水资源的经济属性分析	221
12.1	水资源经济属性的体现	221
12.1.1	水的资产属性	221
12.1.2	水的环境资源属性	221
12.1.3	水的生态资源属性	222
12.2	水资源的经济学特性分析	223
12.3	保护好水资源的社会经济效益	224
第十三章	淮河沿海支流通榆河流域经济与水环境协调发展模型	226
13.1	经济发展与水环境协调发展的模型设计	226
13.2	指标体系构建及数据说明	229
13.3	模型的结果与实证分析	230
第十四章	淮河沿海支流通榆河流域经济与水环境协调发展的路径与策略研究	239
14.1	强化环境安全体系建设,做好前期规划,优化区域经济发展	240
14.2	加快调整产业结构,进一步加强对严重污染行业及企业的治理	242
14.3	治理工业和生活污水,有效削减排污总量	244
14.4	加强农村环境综合治理,切实防治面源污染	245
14.5	完善环境经济政策,加大对沿海支流通榆河水污染治理的投资力度	247
14.6	制定新型产业政策,有效利用水资源,保护水环境	250
14.7	走水资源可持续利用道路,提高水资源利用效率	250
14.8	多方筹措资金,致力于沿海支流通榆河流域的污染治理	251
14.9	加强经济监督管理,严格实行排污总量控制制度	252
14.10	建立和完善资源有偿使用制度和价格体系	255
14.11	建立排污权交易市场,推动治污工程的顺利进行	256
主要参考文献		258

第一章 概 述

第一篇 项目背景及研究概况

第一章 概 述

1.1 研究背景

淮河是中国第三大河，发源于河南省桐柏山，地处江苏、山东、河南、安徽四省交界，流域面积约 27 万平方公里，大小支流近 500 条。流域内国土面积和水资源均占全国的 3.5%，耕地面积和人口则分别占全国的 15.2%和 16.2%。20 世纪 50 年代，淮河成为新中国第一条被全面治理的大河。中央和地方先后投资上千亿兴建淮河水利工程。经过几十年的治理，淮河“五年一大灾，三年一小灾”的历史已经发生了根本的改变。然而，20 世纪 70 年代以后，社会工农业发展，人口快速增长，城市化进程加快，水资源开发利用过度，工业污水、生活污水超标排放，水污染和水资源短缺的矛盾日益加剧。水资源总量逐年降低，已远不能满足工农业生产和城乡居民的生活用水。淮河遭受了严重的污染，水质不断恶化，出现“50 年代淘米洗菜、60 年代洗衣灌溉、70 年代水质变坏、80 年代鱼虾绝代”的局面。淮河流域 1.68 亿人民面临的最大危险不再是洪水，而是严重的污染。没有受到污染的 I~Ⅲ类水从 2003 年到 2012 年的比重始终没有超过 40%，也就是说超过 60%以上的水是被污染的。人类的经济活动给淮河带来了严重的水环境问题，淮河功能日趋退化、生态日益脆弱，人口与用水矛盾越来越突出，水多为患、水少为愁、水脏为忧等诸多问题集中反映在河道上。

作为淮河在江苏省的重要支流，通榆河的污染也很严重。通榆河是江苏省苏北沿海地区主要饮用水源。它南起南通九圩港，北达连云港赣榆，全长 415 公里。从 1984 年提上议事日程，到 2002 年竣工通水，建成这条河整整历时 18 年。作为江苏江水东引北调的水利、水运骨干河道，通榆河对改造中低产田、开发沿海滩涂、调度排涝、改善水质具有重大战略意义。目前，通榆河流域县级以上集中式饮用水源地有 24 个，涉及人口 1000 多万。考虑到通榆河对经济社会发展和民生的巨大战略意义，江苏省人民代表大会在 2002 年就通过了《关于加强通榆河水污染防治的决定》，以未雨绸缪保护这条“母亲河”，目前正在准备将这条民生之河、经济社会生命线建成“清水走廊”。但这条清水走廊途经 17 个县级以上行政区域，与上百条河流、沟渠相通，抵御环境风险的能力非常薄弱。随着近年来苏北工业化进程加快，通榆河正遭受污水的严重威胁。造纸、纺织、酿造、金属加工等重污染行业目前是两岸的主导产业，工业企业每年排放的废水高达 1.2 亿吨，给通榆河及其支流带来了巨大的环境压力。而且，通榆河上危化品运输船每年通行量

在千艘左右,突发性污染事件难以掌控。农业面源和生活污染也占了较大比重。通榆河流域每年3亿吨左右的生活污水集中处理率仅为30%。由此,“清水走廊”在污水包围下,几乎难保“清白”。河流治理最主要的目的是恢复水生态、保护水环境,其基础就是保障河流生态系统的水资源供应,如果将可利用的水资源几乎全部用于工业、农业和生活中,会导致河道断流、草场退化、湿地萎缩、湖泊干涸等生态环境问题,甚至威胁人类的生存环境(王西琴,2007)。因此,如何有效治理通榆河的水质污染,恢复其清秀面目是当前面临的极其重要而迫切的环境问题。

1.2 国内外研究进展

淮河沿海支流水资源保护和水质管理是一项综合复杂的环境系统工程,不仅需要环境立法制度的保障,还需科学的水资源保护和水质管理理论研究方法为指导,采取先进的污染控制技术,系统地治理管理。此外,还需借鉴国外先进的水资源保护和水质管理理论方法技术,使流域治理走向多元化、综合化。

水资源保护和水质管理控制的研究,目前主要集中在以下几个方面:水环境管理体制的研究、水资源的合理配置研究、水资源可持续利用研究及水环境管理中新技术的开发研究等。

1.2.1 水环境管理体制方面

国外水环境管理体制分国家级、流域级及区域级三种管理体制,其中国家一级又分为环保部门集中管理、有关部门分散管理、水利部门集中管理、低级别的集成分散管理和高级别的集成分散管理几种模式。这里重点分析美、英、法的水环境管理模式。

20世纪90年代以后,美国所采用的水环境管理模型与“集成管理模型”有很多共同点。从某种意义上讲,美国流域水环境管理是一种“集成-分散”式的管理模式。“集成”体现在由统一的流域水环境管理部门进行政策、法规与标准的指定,以及流域水资源开发利用与水环境保护部门所涉及的各部门与地区间的协调。“分散”则表现为各部门、地区按分工职责与区域水资源、水环境分别进行管理。如此,既发挥部门与地区的自主性,又不失全流域的统筹与综合管理。美国的流域委员会是由流域内各州州长、内务部成员及其代理人组成。尽管人数不多,但权力很大,包括计划的制定与实施,水利项目的管理与经营,水环境监督管理等。所有这些职能是委员会成员无法单独完成的,它以一种合作的方式行使签约各方(水环境管理各个部门)的职能,例如环保部门(委员会的组成成员)以合作的方式行使其水环境管理职能:水环境监督管理。

英国在流域层面实施的是以流域为单元的综合性集中管理,在较大的河流上都设有流域委员会、水务局或水公司,统一流域水资源的规划和水利工程的建设与管理,直至供水到用户,然后进行污水回收与处理,形成一条龙的水管理服务体系。

法国的流域水环境管理实行的是“综合-分权”管理,如各流域都有一个流域委员会和水理事会,前者代表地方政府而不是中央政府,旨在促进流域内各机构履行其作用和职责,而后者在执行流域委员会决定的同时,还对中央政府负责,从事各项具体技术工作;让公营和私营公司通过投标参与供水和污水处理工作;进行费用回收并采取鼓励政策,要求供水公司向流域机构上交部分水费收入,流域机构征收污染罚款。“综合-分权”也是一种集成思路。

在我国,水环境管理涉及水利水电部、国土资源部、林业部、农业部、环境保护部、交通部等,各省、市、自治区也都设有相应的机构,基本上属于分散型管理体制。1984年国务院指定由水利水电部归口管理全国水资源的统一规划、立法、调配和科研,并负责协调各用水部门的矛盾,开始向集中管理的方向发展。但所谓集中也只局限于水资源开发利用方面,在其他诸如水资源保护等还是分部门管理。在我国,水资源管理与水污染控制分属不同部门管理,水量与水能由水利水电部门管理,城市供水与排水则由市政部门管理。国家环保部虽然全面负责水环境保护与管理,但是它与其他很多机构分享权力,交叉多,很多职能被其他部门瓜分,如水功能区划、生态用水与湿地保护等。另外,由于缺乏统一的、更高一级的协调部门,各部门各自为政,难以实现“统一规划、合理布局”。

1.2.2 水资源配置方面

水资源合理配置研究的发展,是与水资源的持续利用和人类社会协调发展密不可分的。随着科技的进步,水资源合理配置基础设施建设和管理手段的进一步完善,真正意义上的水资源合理配置已成为可能。以水资源系统分析为手段、水资源合理配置为目的的各类研究工作,源于20世纪40年代Masse提出的水库优化调度问题。50年代以后,随着系统分析理论和优化技术的引入以及60年代计算机技术的发展,水资源系统模拟模型技术得以迅速研究和应用。美国陆军工程师兵团(USACE)1953年提出了最早的水资源模拟模型,解决了美国密苏里河流域6座水库的运行调度问题。美国麻省理工学院于1979年完成的根廷河Rio Colorado流域的水资源开发规划,是最具成功和有影响的例子。其中,以模拟模型技术对域水量的利用进行了研究,并提出了多目标规划论、水资源规划的数学模型方法,并加以应用。

伯拉斯(1983)所著的《水资源科学分配》可以说是较早地系统研究水资源分配理论和方法的专著。该书简要阐述了20世纪60、70年代发展起来的水资源系

系统工程内容,较为全面地论述了水资源开发利用的合理方法,围绕水资源系统的设计和应用这个核心问题,着重介绍了运筹学数学方法和计算机技术在水资源工程中的应用。研究这些方法的目的在于:初步筛选系统的有关方案,作为进一步分析的方案;然后,详细分析这些方案,得出一个或几个最优设计。该书是“数学分析应用在水资源工程中的研究成果及其推广的结果”。

我国水资源科学分配方面的研究起步较迟,但发展很快。20世纪60年代,开始了以水库优化调度为先导的水资源分配研究。80年代初,由华士乾教授为首的研究小组对北京地区的水资源利用系统工程方法进行了研究,并在国家“七五”攻关项目中加以提高和应用(华士乾,1988)。该项研究考虑了水量的区域分配、水资源利用效率、水利工程建设次序以及水资源开发利用对国民经济发展的作用,成为水资源系统中水量合理分配的雏形。随后,水资源模拟模型在北京及海河北部地区得到了应用。

20世纪80年代后期,学术界开始提出水资源合理配置及承载能力的研究课题,并取得初步成果。80年代中,新疆水利厅在自治区科委的支持下,会同有关单位进行了“新疆水资源及其承载能力和开发战略对策”的课题研究(1988)。该课题深入研究了首次涉及水资源承载力的分析计算方法,并提出初步成果。中国水利水电科学研究院、航天工业总公司研究所和清华大学相互协作,在国家“八五”攻关和其他重大国际合作项目中,系统地总结了以往工作的做法和经验,将宏观经济、系统方法与区域水资源规划实践相结合,形成了基于宏观经济的水资源优化配置理论,并在这一理论指导下提出了多层次、多目标、群决策方法。具体体现所提理论和方法的区域水资源优化配置决策支持系统,应用到了华北水资源专题研究成果上(中国水利水电科学研究院,1994)。

1.2.3 水资源可持续利用方面

水资源可持续利用旨在保证水资源的可持续性下,既要为社会经济的可持续发展提供安全可靠的淡水供应,又要保证生态环境良性发育所需的淡水资源,以达到区域内人口、资源、社会、经济、环境的协调发展,其目的是为保障人类社会健康持续发展。

20世纪60年代以前,世界各国在研究水资源的利用方面,很少考虑到对社会生态环境的影响,直至60年代末,由于生态环境的恶化,环境保护才逐渐被提上议程(Biswas,1982; Biswas, 1988)。可持续发展思想形成以后,水资源保护和可持续利用得到国外众多专家学者的重视,许多学者对此进行了有益的探索与研究,取得了一定的进展。1992年在柏林召开的国际水和环境大会——21世纪发展与展望会议上,提出了水资源系统及其可持续性研究问题。Plate(1993)指出传统的系统和可持续的系统间的主要区别,就在于预期变化的引入,这种变化包括系统本

身、社会需水状况和供水情况的变化等。他认为在对一个可持续开发的水资源系统进行规划时,应当从以下几个方面来考虑:①社会条件动态变化的水资源规划;②在变迁环境中的水资源规划问题;③关于持续开发中的环境问题;④持续的水资源系统应当能够永远适应经济和社会的持续增长和发展。进入 21 世纪以后,水资源可持续发展研究由理论性研究转入应用性研究。同时,水资源综合管理成为研究的主流。Daniel 等(2000)建立了水资源可持续发展的评价标准和指标体系,包括公共卫生、社会文化、经济技术和环境。Bernhardi 等(2000)指出水资源管理问题非常复杂,涉及自然、技术和环境以及政策等多方面的内容,并针对水资源建立了专案管理模型。Loukas(2007)建立了水资源可持续发展评价模型系统,模型中包括水文模型、水库管理模型和用水需求预测模型三部分,此模型能够揭示水资源管理措施对于需求平衡的影响,并通过不同方案寻求可持续发展的水资源管理模式。

20 世纪 90 年代开始,我国相关研究机构和学者从水资源保护、评价和规划及建立优化配置模型等各个方面,对水资源的持续开发利用进行了研究,主要集中在三个方面:概念提出、指标体系、评价方法。梅亚东等(1992)论述了水与自然生态和社会经济发展的关系,提出以水事活动为主体、由自然生态系统和社会经济系统复合而成的一类专业复合系统就是水资源复合系统,并概括了水资源复合系统的总体特征。以此为基础,系统论证了水资源生态经济复合系统的客观存在,探讨了水资源持续利用的原则、理论、方法与措施。陈家琦(1995)提出水资源可持续开发利用是生命支持系统和经济发展的重要支撑,必须从总体上进行综合开发和管理,才能实现水资源的可持续利用;同时还阐述了水资源可持续开发的技术思路:天然水源不因其被开发利用而逐渐衰减甚至枯竭,水工程系统的运行能力能较持久地保持其设计状态,一定范围内的水供需问题能随工程供水能力的增加及合理用水和节水措施的配合而长期保持相互协调状态等。薛惠锋等(1995)则通过剖析水资源的系统性、可恢复性,探讨水资源持续利用的概念内涵,并提出地上水、地面水、地下水“三水”统观、统管、统用是实现水资源持续利用的途径。刘恒等(2003)借鉴国际可持续发展标准和国内其他资源可持续发展的认知水平,构建水资源可持续发展评价指标体系,提出了水资源可持续发展能力的五级划分标准。王华等(2003)通过系统分析水资源可持续利用与经济社会可持续发展的辩证关系,建立了由 1 个目标层、6 个准则层、32 个指标组成的水资源可持续利用评价指标体系及其评价标准和综合评价方法,将主观指标和客观指标融入水资源可持续利用评价指标体系中。徐良方(2002)在分析国内外相关研究成果的基础上,建立了新的区域水资源可持续利用评价指标体系,提出运用离差法、主成分分析和层次分析方法计算指标,利用动态和静态相结合的方法对指标进行评价。宋松柏(2005)应用 Bossel 可持续发展基本定向指标框架建立了水资源可持

续利用指标评价体系,并应用系统综合评价法,权重采用基于 Bossel 评分标准,以参考状态的离差平方和最大法计算,建立了水资源可持续利用系统发展综合指数和发展态势度量模型。何士华等(2005)根据多目标决策理论,将经济、环境、社会效益同时作为主要目标,在考虑区域水资源的支撑能力限制和经济、环境、社会发展对水资源的依存关系等规定性约束的基础上,建立了区域水资源可持续利用的动态多目标决策数学模型。孙才志等(2007)为避免单一模型评价结果主、客观性太强而与实际产生偏差,分别应用主观性强的层次分析法与客观性强的投影寻踪模型对大连市水资源可持续利用水平进行评价。

1.2.4 水环境管理中新技术应用方面

水环境问题是伴随着工业化、城市化的发展而产生,最早出现在西方发达国家,水污染控制的历史可以追溯到 19 世纪初,人类对水环境污染的治理由最初的点源控制到今天的面源控制,GIS、RS、GPS、计算机仿真模拟、人工智能等先进技术被充分运用于水环境管理中,通过快速、高效、准确、客观地分析处理大量监测数据信息,科学地实现水环境综合管理和远程自动控制。美国政府自 20 世纪 70 年代始逐步建立起一系列流域水环境管理的数据库,如美国环保局(USEPA)建立的 STORET(storage 和 retrieval 合称)系统和美国地调局的 WATSTORE。20 世纪 90 年代初,USEPA 又开始开发新一代的数据管理系统,用于直观、实时的存储海洋、淡水和生物检测数据。新的 STORET 系统具有良好的人机界面,提供多种标准的输出格式,支持 GIS 应用。美国政府为用户提供水环境管理所需的各种基础数据和专业数据,并对数据进行维护、更新和管理,还致力于提供统一的模型方法、数据管理软件和统计分析软件,以提高水环境管理的效率。

在水环境管理信息系统方面,USEPA 维护着全美两套水体、水质管理信息系统(LDC 和 STORET),其中 LDC 是基于 Web 的 Oracle 数据库。这两套水质系统包涵了地表水体和地下水体生物学、化学和物理学方面的原始数据和历史水质数据,LDC 采集了 20 世纪初到 1998 年末的历史水质数据,STORET 自 1999 年初开始采集数据,并可调用 LDC 中的历史数据。美国在 GIS 技术、数据库建设、数学模拟等技术的集成应用方面,使用统一标准的数据库和统一的模型,模拟结果可用于不同区域之间的比较。信息技术的应用,能够使全美各种水环境数据库资源实现全社会的共享,不同流域水环境管理决策可以通过 Internet 获取及时详细的信息,并为全社会公众参与水环境管理创造了便利条件(郭劲松等,2002)。

同国外发达国家相比,我国水环境信息化管理滞后,对水环境污染控制程度低下。水环境管理方法、技术相对落后,水环境管理还不能适应目前严峻的水污