

现代水资源环境保护理论与实践丛书

现代水资源保护规划

史晓新 朱党生 张建永 编著



化学工业出版社
环境科学与工程出版中心

· 北京 ·

(京) 新登字 039 号

图书在版编目(CIP)数据

现代水资源保护规划/史晓新, 朱党生, 张建永编著.
北京: 化学工业出版社, 2005. 2
(现代水资源环境保护理论与实践丛书)
ISBN 7-5025-6478-0

I. 现… II. ①史…②朱…③张… III. 水资源-资源保护 IV. TV213.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 136131 号

现代水资源环境保护理论与实践丛书

现代水资源保护规划

史晓新 朱党生 张建永 编著

责任编辑: 刘兴春

责任校对: 李 林 靳 荣

封面设计: 于剑凝

*

化学工业出版社 出版发行
环境科学与工程出版中心

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话: (010) 64982530

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

*

新华书店北京发行所经销

北京红光印刷厂印装

开本 850mm×1168mm 1/32 印张 8 字数 204 千字

2005 年 5 月第 1 版 2005 年 5 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-6478-0/X·570

定 价: 28.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

前 言

水是人类生存和发展的生命线，是国民经济与生态环境的命脉，是实现可持续发展的重要物质基础。随着我国经济社会的发展，水资源短缺、水污染日益严重已成为制约国民经济可持续发展和直接影响人民健康的重要因素。水资源短缺不仅带来严重的经济损失，而且对水资源的过度开发、利用还造成一系列生态问题。在水资源短缺的同时，严重的水污染尚未得到有效遏制，更加剧了水资源供需矛盾与水生态系统的恶化。科学、合理地编制水资源保护规划，是有效保护、合理开发水资源，实现水资源可持续利用，保障经济社会可持续发展的重要条件。

2000年2月，水利部以《关于在全国开展水资源保护规划编制工作的通知》（水资源〔2000〕58号）向各流域机构、省、自治区、直辖市水利厅（局）部署了水资源保护规划编制工作，并同时下发了“全国水资源保护规划技术大纲”和“水功能区划技术大纲”，七大流域机构先后编制完成了各流域水资源保护规划。2002年10月，水功能区划以及以水功能区为基础的水域允许纳污能力计算、污染物容量总量控制等被纳入全国人大常委会通过的新《水法》中，成为新《水法》实施的重要技术支撑；部分省、自治区、直辖市的水功能区划也相继通过当地人民政府批准并实施。2002年，为认真贯彻中央关于新时期治水的方针政策，全面落实国家实施可持续发展战略的要求，着力缓解水资源短缺、生态环境恶化等重大水问题，水利部和国家发展计划委员会部署开展全国水资源综合规划编制工作，并以水规计〔2002〕83号文批复了《全国水资源综合规划任务书》。随着经济社会发展和水资源形势的变化，现代水资源保护规划工作面临新的机遇和挑战。

本书结合全国水资源保护规划工作，总结了作者从事水资源保护规划、评价、管理和科学研究工作中的系列成果，同时吸收了国内外有关理论成果和技术经验。本书概要地介绍了中国的水资源、水环境现状及存在的问题，阐述了现代水资源保护规划的意义及内涵，系统地介绍了现代水资源保护规划中的水功能区划、污染源现状调查与估算、污染源预测、地表水水质模型、水功能区纳污能力计算、污染物总量控制规划、饮用水水源地保护规划、地下水水资源保护规划、水资源保护监测规划、水资源保护对策措施等内容。在本书编写过程中，作者参阅并引用了大量文献与研究成果，得到了多位从事水资源保护规划和研究工作的同仁的支持和帮助，在此谨向有关作者和专家学者表示衷心的感谢。

现代水资源保护规划的有关理论研究和技術方法正在不断完善和发展，作者乐于为此奉献自己的绵薄之力，但限于作者的学识水平和工作经验，书中不当之处在所难免，敬请各位读者批评指正。

编著者

2005年2月

目 录

1 绪论——中国水资源及水环境	1
1.1 中国水系及水资源条件	1
1.1.1 水系概况	1
1.1.2 水资源分区	2
1.1.3 水资源总量及特点	4
1.2 中国水资源开发利用	5
1.2.1 供水分析	5
1.2.2 用水分析	7
1.3 中国水污染及水环境现状	9
1.3.1 江河	9
1.3.2 湖泊和水库	11
1.3.3 重要水源地	12
1.3.4 其他水源	12
1.4 中国水资源可持续利用形势分析	13
1.4.1 水资源供需趋势分析	13
1.4.2 水环境及水污染趋势分析	14
1.4.3 水资源可持续利用总体思路	15
2 现代水资源保护规划概述	17
2.1 现代水资源保护规划目的与意义	17
2.2 现代水资源保护规划指导思想	18
2.3 现代水资源保护规划编制依据	19
2.3.1 法律法规	19
2.3.2 标准	19
2.3.3 有关文件和相关规划	20

2.4	规划水平年、目标和指标	20
2.4.1	规划水平年	20
2.4.2	规划目标	21
2.4.3	规划指标	21
2.5	现代水资源保护规划内容	22
2.5.1	水功能区划	22
2.5.2	地表水资源保护规划	22
2.5.3	饮用水水源地保护规划	24
2.5.4	地下水水资源保护规划	24
2.5.5	水资源保护监测规划	24
2.5.6	与水相关的生态环境修复与保护	25
2.6	现代水资源保护规划总体程序	25
3	水功能区划	27
3.1	水功能区划技术方法	27
3.1.1	水功能区划的目的和意义	27
3.1.2	水功能区划指导思想及原则	28
3.1.3	水功能区划技术体系	29
3.1.4	水功能一级区分类及划分指标	30
3.1.5	水功能二级区分类及划分指标	31
3.2	水功能区划应用实例	33
3.2.1	水功能一级区划实例	33
3.2.2	水功能二级区划实例	37
3.2.3	水功能区命名与编码	41
3.2.4	水功能水质目标	43
3.3	中国水功能区划成果概述	47
3.3.1	水功能一级区划成果	47
3.3.2	水功能二级区划成果	54
4	污染源现状调查与估算	60
4.1	污染源排放量调查与估算	60
4.1.1	调查对象和内容	60
4.1.2	调查和估算程序步骤	62

4.1.3	污染源排放量估算	62
4.1.4	合理性分析	64
4.2	污染物入河量调查与估算	67
4.2.1	污染物入河量调查	67
4.2.2	污染物入河量估算	69
4.2.3	污染物入河量统计	70
5	污染源预测	75
5.1	污染源排放量预测	75
5.2	需水量预测	76
5.2.1	需水预测的基本资料	77
5.2.2	工业企业需水量预测	77
5.3	污染源预测	83
5.3.1	数据收集和分析的主要内容	83
5.3.2	方法及模式选择	84
5.3.3	生活污染源预测	87
5.3.4	工业污染源预测	90
5.4	污染物入河量预测	92
5.4.1	规划水平年污染物入河系数确定	92
5.4.2	规划水平年污染物入河量计算	94
6	地表水水质模型	95
6.1	水质模型发展概况	95
6.2	水质模型的类型	98
6.3	水质模型建立的步骤	99
6.4	数学方程式的求解途径	101
6.4.1	数学解析法	102
6.4.2	数值算法	102
6.4.3	量纲分析法	107
6.5	边界处理	107
6.5.1	物理边界条件	107
6.5.2	数值边界条件	108
6.5.3	边界格式和内部格式的配合	108

6.5.4	动边界处理	109
6.5.5	不规则边界处理	110
6.6	河流水质模型	111
6.6.1	BOD-DO 水质模型	111
6.6.2	氮循环水质模型	126
6.6.3	正磷酸盐磷水质模型	131
6.6.4	大肠杆菌数学模型	132
6.6.5	综合水质模型	132
6.7	湖库水质模型	137
6.7.1	均匀混合型的水质模型	138
6.7.2	非均匀混合湖泊水质模型	140
6.7.3	湖泊富营养化水质模型	145
6.7.4	水库水质模型	148
6.7.5	湖、库综合水质模型	150
6.8	模型识别和参数估算	153
6.8.1	水质模型识别	154
6.8.2	参数估算	156
7	水功能区纳污能力计算	157
7.1	纳污能力定义与内涵	157
7.1.1	水功能区纳污能力定义	157
7.1.2	功能区纳污能力的内涵	157
7.2	技术路线与要求	158
7.2.1	技术路线	158
7.2.2	技术要求	159
7.2.3	纳污能力的推算和分配	160
7.3	纳污能力设计条件	163
7.3.1	设计水文条件确定依据	163
7.3.2	断面设计流量的确定	164
7.3.3	断面设计流速确定	167
7.3.4	岸边设计流量及流速	167
7.3.5	湖(库)的设计水量	167
7.4	纳污能力计算	167

7.4.1	模型的选择	168
7.4.2	初始浓度值 C_0 的确定	168
7.4.3	水质目标 C_s 值的确定	168
7.4.4	主要参数估值	169
7.5	功能区纳污能力示例分析及合理性检验	173
7.5.1	功能区纳污能力示例及分析	173
7.5.2	功能区纳污能力成果合理性检验	176
8	污染物总量控制规划	177
8.1	制定污染物总量控制规划的意义	177
8.1.1	水功能区管理的依据	177
8.1.2	水资源保护规划的核心	178
8.1.3	实现总量控制的基础	178
8.2	技术路线与要求	179
8.2.1	污染物陆域排放量、入河量与功能区水质的关系	179
8.2.2	概念界定	181
8.2.3	技术要求	182
8.2.4	需要强调的问题	182
8.2.5	操作要领	186
8.3	污染物入河控制量和削减量	186
8.3.1	现状入河控制量和削减量	186
8.3.2	规划水平年入河控制量和削减量	189
8.3.3	排污口入河控制量和削减量分配	190
8.4	陆域污染物排放控制量和削减量	191
8.4.1	现状排放控制量和削减量	191
8.4.2	规划水平年排放控制量和削减量	191
8.4.3	要点	192
8.5	控制量和削减量合理性检验	193
8.6	污染物控制量和削减量示例及分析	194
8.6.1	第一种情形	194
8.6.2	第二种情形	197
8.6.3	第三种情形	198

9	饮用水水源地保护规划	199
9.1	技术路线	199
9.2	饮用水水源地基本情况调查	200
9.2.1	规划控制范围	200
9.2.2	水源地基本情况调查	200
9.3	饮用水水源地污染源现状调查与评价	201
9.3.1	污染源现状调查	201
9.3.2	污染源现状评价	201
9.4	饮用水水源地水质现状评价	202
9.4.1	水质评价资料收集和评价因子选取	202
9.4.2	评价标准	202
9.4.3	评价方法	203
9.4.4	饮用水源地水污染变化趋势分析	203
9.5	保护区划分及水质目标确定	204
9.5.1	保护区划分	204
9.5.2	水质目标	205
9.6	污染物排放量控制方案	205
9.6.1	纳污能力计算	205
9.6.2	污染物排放量控制方案	206
9.7	饮用水水源地保护对策及管理监督措施	207
9.7.1	水源地保护对策和工程措施	207
9.7.2	管理监督措施	207
10	地下水水资源保护规划	208
10.1	规划范围	208
10.2	规划任务	208
10.3	规划目标	208
10.4	规划区基本情况的调查	209
10.4.1	水文地质条件的调查	209
10.4.2	地下水开发利用情况的调查	210
10.5	地下水超采区的规划	210
10.5.1	地下水资源量的评价	210

10.5.2	地下水超采产生的环境地质问题	210
10.5.3	地下水超采区的划分	211
10.5.4	地下水超采区的合理开发对策措施	212
10.5.5	防止海水入侵的措施	213
10.6	地下水污染地区规划	213
10.6.1	地下水质量现状评价	214
10.6.2	地下水污染分析	216
10.6.3	地下水污染防治对策措施	217
10.7	地下水资源保护措施	218
10.7.1	地下水水源地卫生防护带确定方法	218
10.7.2	地下水资源保护的管理措施	219
10.7.3	地下水资源保护的技术措施	219
11	水资源保护监测规划	220
11.1	规划目的	220
11.2	基本原则	220
11.2.1	满足水资源管理与保护的基本要求	220
11.2.2	水量水质并重	220
11.2.3	以现有站网为基础	221
11.2.4	对应原则	221
11.3	规划目标	221
11.4	规划内容	221
11.5	监测范围	221
11.6	水质监测现状	222
11.6.1	现有监测站网调查	222
11.6.2	存在的主要问题分析	222
11.7	断面（测点）布设	222
11.8	监测方案	223
11.8.1	监测项目	223
11.8.2	监测频次（基本要求）	223
11.9	监测经费估算	224
11.10	成果提交	225
11.11	站网管理与监督建议	225

12	水资源保护对策措施	226
12.1	污染源控制	226
12.1.1	生活污水	226
12.1.2	工业废水	228
12.1.3	畜禽养殖场废水	229
12.1.4	农田施肥	229
12.1.5	生活垃圾和固体废物	230
12.2	水资源保护工程措施	230
12.2.1	水利工程措施	230
12.2.2	农林工程措施	232
12.2.3	市政工程措施	232
12.2.4	生物工程措施	233
12.3	水资源保护管理控制	233
12.3.1	明确江河湖库的水体功能与水质保护目标	234
12.3.2	明确污染负荷控制为水资源保护的 中心环节， 科学制定污染物排放标准与水质标准	234
12.3.3	加强水域水质的监测、监督、 预测及评价工作	234
12.3.4	积极实施污染物排放总量控制	234
12.4	水资源保护法律法规控制	235
	参考文献	236

1

绪论——中国水资源及水环境

1.1 中国水系及水资源条件

1.1.1 水系概况

(1) 河流

我国江河众多，流域面积在 100km^2 以上的河流 5 万余条，流域面积在 1000km^2 以上的河流约 1500 条。因受气候、地形的影响，河流分布很不均匀，绝大多数河流分布在东南部气候湿润多雨的季风区；西北部气候干燥少雨，河流稀少。

我国河流可分为直接流入海洋的外流河和不与海洋沟通的内陆河两大类。外流河流域面积约占全国总面积的 $2/3$ ，分 3 个流区，即太平洋流区、印度洋流区、北冰洋流区。

以秦岭和淮河为界，南方河流处于湿润地区，季风雨季长，水量丰富，季节变化不大，含沙量小，冬季不结冰。北方河流主要处于半干旱和半湿润地区，季风雨季短，植被稀少，水土流失比较严重，含沙量较大，河川径流量小且年内变幅大，冬季结冰。

我国的主要江河有松花江、辽河、海河、黄河、淮河、长江、珠江等。

(2) 湖泊

我国是一个多湖泊的国家，面积在 1km^2 以上的湖泊 2300 多

个，湖泊总面积 $7.2 \times 10^4 \text{ km}^2$ ，约占国土面积的 0.8%。湖泊储水总量 $7088 \times 10^8 \text{ m}^3$ ，其中淡水储量约 $2260 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。

外流区湖泊以淡水湖为主，湖泊面积 $3.07 \times 10^4 \text{ km}^2$ ，储水量 $2145 \times 10^8 \text{ m}^3$ ，其中淡水储量 $1805 \times 10^8 \text{ m}^3$ ；长江、淮河中下游的湖泊集中，均为淡水湖，著名的太湖、鄱阳湖、洞庭湖、洪泽湖、巢湖五大淡水湖分布其中。

我国湖泊分布以西、北部的内陆河区最多，有湖泊上千个，占全国湖泊总数近 1/2，湖泊面积约 $4.1 \times 10^4 \text{ km}^2$ ，储水量 $4943 \times 10^8 \text{ m}^3$ ，其中淡水储量 $455 \times 10^8 \text{ m}^3$ ，约占全国湖泊淡水储量的 1/5。

东北多为火山成因的淡水湖，如五大连池、长白山天池、呼伦湖和镜泊湖等。华北平原、黄土高原湖泊很少，淡水储量不及全国的 2%。

由于气候影响，加上泥沙淤积、不合理的围垦以及河流上中游用水量增加等原因，许多湖泊面积萎缩。据统计，1985 年与 1977 年相比，全国湖泊面积减少 11%。

(3) 冰川

我国是世界上中低纬度山岳冰川最多的国家之一。冰川总面积为 $5.87 \times 10^4 \text{ km}^2$ ，但冰川规模分布很不均匀，全国冰川面积约 60% 分布在内陆河区，其次为西南诸河区，约占全国冰川面积的 40%。

我国冰川储量约 $51322 \times 10^8 \text{ m}^3$ ，年均冰川融水量约 $563 \times 10^8 \text{ m}^3$ ，是河川径流的组成部分。分布在内陆河区的冰川水资源量约 $236 \times 10^8 \text{ m}^3$ ，占内陆河区水资源总量的 20%，是其水资源的重要组成部分。冰川融水补给稳定，使得西北干旱区河流的流量较北方其他河流稳定。

1.1.2 水资源分区

我国大江、大河有其相对独立性和完整性，为了因地制宜地指导水利建设，合理地开发利用水资源，我国水资源总合规划将全国

划分为十大区，即黑龙江、辽河、海河、黄河、淮河、长江、珠江、东南诸河、西南诸河和内陆河。

黑龙江区位于我国的最北端，由额尔古纳河、黑龙江、嫩江、第二松花江、松花江、乌苏里江、绥芬河和图们江等河系组成。区域总面积 $92.2 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。地貌基本特征是西、北、东部为大兴安岭、小兴安岭、长白山，腹地为松嫩平原，东北部为三江平原。

辽河区位于我国东北地区南部，由西辽河、辽河、鸭绿江、沿海诸河等河系组成，面积 $31.2 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。流域东西两侧主要为丘陵、山地，东北部为鸭绿江源头区，森林覆盖率达 70% 以上，有部分原始森林；中南部为平原。

海河区地跨京、津、冀、晋、鲁、豫、辽和内蒙古 8 省（自治区、直辖市），区域总面积 $31.8 \times 10^4 \text{ km}^2$ ，包括滦河及冀东诸河、海河北系、海河南系和徒骇马颊河等河系，北部、西部为燕山、太行山，东部、南部为平原。

黄河区总面积 $79.5 \times 10^4 \text{ km}^2$ ，包括黄河、泾洛渭河、汾河等河系，区内包括青藏高原、黄土高原、宁蒙灌区、汾渭河谷，渭北、汾西旱塬，伏牛山地及下游平原。

淮河区位于我国东部，由淮河、沂沭泗河和山东半岛诸河组成，总面积 $32.9 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。淮河区地势西高东低，西部、南部为桐柏山、大别山，东北为山东丘陵。地貌类型复杂多样，以平原为主。

长江区面积 $180.8 \times 10^4 \text{ km}^2$ ，约占全国总面积的 1/5，涉及 19 个省（自治区、直辖市）。由金沙江、岷沱江、嘉陵江、乌江、汉江、洞庭湖、鄱阳湖、太湖水系等河系组成，区内包括青藏高原、云贵高原、四川盆地、江南丘陵、江淮丘陵及长江中下游平原；其中，太湖水系面积 $3.7 \times 10^4 \text{ km}^2$ ，地处长江三角洲的南翼，地势平坦，总体呈周边高、中间低的特点，是典型的平原水网水域。

珠江区包括珠江、韩江、粤东、粤西、桂南沿海及海南岛诸河，总面积 $57.9 \times 10^4 \text{ km}^2$ ，是我国水资源最丰富的地区之一，区内有云贵高原、两广丘陵、珠江三角洲。

东南诸河区为浙、闽、台入海的河流，包括钱塘江、闽江、浦曹甬、椒瓯江、闽东和闽南诸河及台湾诸河等，总面积 $23.7 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。本区大部分为丘陵山地，占总面积的 81%，平原很少，只占 19%，主要分布在河流下游的沿海三角洲地区。

西南诸河区位于中国西南边陲，包括元江和李仙江、澜沧江、怒江、雅鲁藏布江和滇西、藏西和藏南诸河等，属国际性河流。本区面积 $85 \times 10^4 \text{ km}^2$ ，大部分为青藏高原及滇南丘陵。

内陆河区位于中国西北部，地域广阔，包括塔里木河和准噶尔、青海、河西、内蒙古、羌塘等内陆河以及外流哈萨克斯坦的伊犁河、额尔齐斯河，总面积约 $345 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。跨新、青、甘、藏、内蒙古 5 省（自治区）。区内主要是绿洲经济，戈壁沙漠比重大。

1.1.3 水资源总量及特点

我国多年平均年降水总量为 $6.19 \times 10^{12} \text{ m}^3$ ，折合降水深 648mm。多年平均水资源总量 $28124 \times 10^8 \text{ m}^3$ （见表 1-1）。

表 1-1 我国各水资源区多年平均水资源总量表（1956~1979 年）

水资源分区	面积 /($\times 10^4 \text{ km}^2$)	降水量		径流总量 /($\times 10^8 \text{ m}^3$)	地下水量 /($\times 10^8 \text{ m}^3$)	水资源总量 /($\times 10^8 \text{ m}^3$)
		降水深 /mm	降水量 /($\times 10^8 \text{ m}^3$)			
黑龙江	92.2	496	4476	1166	431	1352
辽河	31.2	551	1901	487	194	577
海河	31.8	560	1781	288	265	421
黄河	79.5	464	3691	661	406	744
淮河	32.9	860	2830	741	393	961
长江	180.8	1071	19360	9513	2464	9613
珠江	57.9	1544	8967	4685	1116	4708
东南诸河	23.7	1758	4216	2557	613	2592
西南诸河	85.0	1089	9346	5853	1544	5852
内陆河	345.0	158	5321	1164	862	1304
全国	960.0	648	61889	27115	8288	28124

注：本表摘自《中国可持续发展水资源战略研究综合报告及各专题报告》，2001 年出版。

我国水资源主要有以下特点。

① 水资源总量较丰富，但人均、亩均拥有量少。我国地表水平均年径流量为 $27115 \times 10^8 \text{ m}^3$ ，平均径流深 284mm，地下水为 $8288 \times 10^8 \text{ m}^3$ ，扣除二者重复计算量，水资源总量为 $28124 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。我国河川径流量居世界第六位。

我国幅员辽阔，1998 年总人口 12.48 亿，人均水资源量 2263 m^3 ，为世界平均值的 1/4，亩均水资源量 1900 m^3 ，为世界平均值的 80%，总体来看，我国水资源量状况不容乐观。

② 水资源空间分布不均，与生产力布局不相匹配。北方水资源贫乏，南方水资源相对丰富，且相差悬殊。长江、珠江、东南诸河和西南诸河 4 个水资源区面积占全国的 36.2%，而水资源总量却占全国总量的 81%。北方 6 个水资源区面积占全国的 63.8%，而水资源量只占全国的 19%，其中辽河、海河、黄河、淮河 4 区仅占 9.6%。人均水资源量最多的是西南诸河区，达 31247.8 m^3 ；而黄、淮、海河流域区均小于 1000 m^3 ，最小的海河区仅有 336.2 m^3 ，属严重缺水区。内陆河区地广人稀，水资源量虽不大，但人均占有量较多。

③ 水资源年内、年际变化大。受季风气候影响，我国降水量年内分配极不均匀，大部分地区年内连续 4 个月降水量占全年的 70% 左右，南方一般出现在 4~7 月份，北方一般在 6~9 月份。我国水资源总量 2/3 左右是洪水径流。水资源年际变化也很大，大江大河流域普遍具有连续丰水或枯水年周期变化，南方年际变化的极值系数在 3~5 间，北方最大可达 10。

水资源量时间分配上的不均，加剧了北方水资源短缺的矛盾，甚至使南方水乡也常出现季节性缺水，更造成旱涝灾害频繁。

1.2 中国水资源开发利用

1.2.1 供水分析

1998 年，全国供水设施实际供水量为 $5469.84 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。其中