

广义水资源与 适水发展

郑连生 主编



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

广义水资源与 适水发展

郑连生 主编



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书全面论述了雨水、地表水、地下水、土壤水、再生水、海水和虚拟水等各类水资源不断开发利用的进展情况、分析计算方法、评价理论与应用前景；研究分析了狭义水资源数量质量变化与水资源情势相互作用和影响；对土壤水资源评价的分析计算、提高农业水资源利用率和水分生产率等高效利用措施和效果，以及土壤水资源参与水资源优化配置和替代等方面，提出了研究思路、方法和成果；从广义水资源角度探讨了水资源可持续利用以及适水发展的战略措施和方法。

本书内容新颖丰富，反映了当今国内外在水资源方面新的观点、概念、方法和思路。可供社会经济发展规划、水利、环保、农业等相关专业科研、教育和管理人员参考使用。

图书在版编目 (CIP) 数据

广义水资源与适水发展 / 郑连生主编. —北京：中国水利水电出版社，2009

ISBN 978-7-5084-6593-7

I. 广… II. 郑… III. 水资源-资源利用-研究 IV. TV213

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 097772 号

审图号：GS (2009) 646 号

书 名	广义水资源与适水发展
作 者	郑连生 主编
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路 1 号 D 座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 68367658 (营销中心)
经 售	北京科水图书销售中心 (零售) 电话: (010) 88383994、63202643 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京市兴怀印刷厂
规 格	210mm×285mm 16 开本 44.75 印张 1007 千字
版 次	2009 年 6 月第 1 版 2009 年 6 月第 1 次印刷
印 数	0001—1100 册
定 价	110.00 元

凡购买我社图书，如有缺页、倒页、脱页的，本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

主 编 郑连生

副主编 张宝全 穆仲义

参加编写人员（以姓氏笔画为序）

丁鼎治	于 莲	王英虎	王凤安	王华亮
王孟科	王英君	王桂玲	边文辉	米玉华
张 颖	张广英	张石春	张晓辉	张栓堂
张喜英	李文体	李永根	李 兵	杨路华
辛雪莉	陈 伟	苗慧英	郎洪钢	郑彤方
郭永晨	彭俊岭	聂建中	程伍群	潘增辉

前言

Preface

水资源是基础性的自然资源 and 战略性的经济资源，是经济社会可持续发展和维系生态平衡和环境优良的重要基础。当前，我国水资源面临社会、经济和环境问题的沉重压力，已成为经济社会发展和环境建设的严重制约因素。随着人口不断增长、经济快速发展、城市化进程加快、人民生活水平逐步提高，人类社会对水资源安全保障提出了更高的要求。在《中国国民经济和社会发 展“十一五”规划纲要》中提出了我国“建设资源节约型、环境友好型社会”的目标。根据这一目标要求，我国在水资源可持续利用的发展道路上，要做到人与自然和谐发展，就要发展现代水利，综合治水，以水资源优化配置、节约和保护为中心。积极促进用水模式的转变，努力提高用水效率和效益，并将其作为水资源规划和开发利用的重要目标和内容之一。

水资源的开发利用和保护的理念和模式在不断发生变化，许多地区由过去主要靠开发新水源满足新增工业生产用水和农业用水，转变为主要靠提高用水效率和增加重复利用率来解决，从而控制取用水量的增加。农业用水量一般占总用水量的比例最大，节水潜力也最大，建设节水型农业产生了重大节水效益，许多地区由于农业节水，逐渐缓解了区域水资源紧缺。工业用水提高了用水效率，增加了重复利用率，降低了取用水量。城市生活用水结构不断调整，适度提高水价和采取相关经济手段来促进节水。一些大中城市扩大再生水使用范围，降低了取用水量。目前，水资源重点要解决时空分布不均和大中城市高度集中用水导致的缺水问题。同时，应要努力保护水环境，解决环境用水。

在现代经济和科学技术的支撑下，通过调整用水结构，扩大循环用水和重复用水量，不断提高用水效率，可以使有限的水资源支持社会和经济的持续发展。社会经济发展很重要的一个因素取决于水资源可持续利用的

数量和质量，但用水量水平主要取决于其社会经济发展、产业结构、循环经济发展水平和社会用水模式的转变等方面，并非完全取决于水资源占有量或其水资源条件。

缺水没有绝对的衡量标准。由于不确定的因素太多，需水预测往往与社会经济发展相脱节。改革开放以来，北方许多地区水资源的开发利用由紧缺发展到 20 世纪 90 年代的水资源危机，进入 21 世纪后水资源危机开始缓解，是大多数人没有预料到的。这体现了治水新思路在水资源的开发、利用、节约、保护工作中卓有成效。我们有理由相信，随着人们思想观念更新、经济日益发展、科学技术水平不断提高，水资源可持续利用是能够实现的。

社会经济的发展是一部开发利用和不断替换资源的发展史。有了先进的科学技术和经济的发展，就有能力在更大范围获得水资源和水资源替代。现代社会水资源的替代资源开发利用在加快。虽然水资源的替代资源利用时间和规模存在着不确定性，但是具有明显的地域性、时代特点和社会经济发达程度。面对今后社会经济发展和不断变化的水资源情势，必须依靠科技进步和经济支持，取得与社会经济相适应的水资源需求和管理，实现水资源的可持续利用。

随着时代的进步，水资源利用效率日益增高，可替代的措施和办法日新月异。在提高狭义水资源利用效率的同时，应注意对广义水资源开发利用研究。提高水资源利用效率，使单位农业产品和工业产品用水量减少，始终是我们努力的方向。农业用水在中国北方许多地区占到狭义水资源量的 70% 以上，在提高灌溉水资源利用率的同时，要进一步利用好降雨直接补给成为土壤水资源这一数量巨大的水资源量。灌溉节水、农艺节水、生物节水、管理节水开辟了农业高效用水的发展之路。在满足社会经济发展对粮食等农产品要求的基础上，逐步减少灌溉用水，以更好的解决生活用水量的增长和大量环境用水的需求。

水资源的分布、数量、质量以及利用情况，难以做到精确统计和计算。对水资源与水环境的承受能力只能做到大致地估算。这些都对水资源的利用方式、途径、规模与范围的确定产生重大影响。随着水资源情势的演变，不同区域对未来的水资源需求数量与模式等的变化，将不断出现新情况。

现在难以利用的水资源未来可能被有效利用。

现代社会对水资源情势影响愈来愈大，而水资源情势变化必然对水资源数量和质量带来影响。水资源开发利用不断发生着新的变化，最终影响社会经济发展和人们的生存环境和生活质量。当代增加水资源的利用，可能约束未来对水资源的需求。

水资源的过度开发利用，已使人们认识到今后将付出很高的代价，因此，迫切需要解决社会经济发展用水及环境等相关问题。只有比较正确预测今后不同时期的水资源情势，才有可能使水资源的开发利用达到预期目标，水资源配置才有可能达到优化。根据回顾水资源开发利用和现状情况，来预测今后不同年代的水资源情势和社会经济发展的用水需求。解决需求预测偏离实际的问题，首先要对现状情况以及社会经济发展和科技进步有一个正确认识。

环境用水包括生态用水和非生态用水。建设良好的水环境，突出的要解决环境用水的数量以及相应的质量。环境用水是城市规划、流域规划或区域规划、水利工程规划等需要解决的重大问题。解决环境用水主要从广义水资源的角度依靠当地水资源优化配置，辅以调水来解决。

在建设适水型社会中，节水是永恒的主题。节水不仅是对地表水和地下水这些狭义水资源的技术节水，更要重视选择用水少的生产生活方式，实施经济结构调整等战略性措施，减少对狭义水资源的过分依赖。建立社会的缺水适应机制，选择适当的应付缺水的策略。节水促发展，适水求发展，努力建立水资源可持续利用的适水型社会。狭义的就水论水是不能很好地、长久地解决社会经济发展对水资源的需求。

通过贸易，主要是农产品、畜产品贸易的发展，形成了巨大数量的虚拟水资源流动，间接地使区域水资源配置发生变化。对于区域经济结构调整、水资源价值、政策制定等都会带来影响。可以说，储粮就是储水，调粮就是调水，进口粮就是进口水。虚拟水资源可间接参与区域的水资源优化配置。虚拟水资源研究意义很大。在土壤水资源评价中，需要用土壤水资源生产作物产品虚拟水资源量的计算分析，作出土壤水资源替代的水资源量，解决土壤水资源不流动性参与地表水、地下水的优化配置的问题。重视研究看得见的水，也要研究看不见的水，以便从广义水资源角度和战

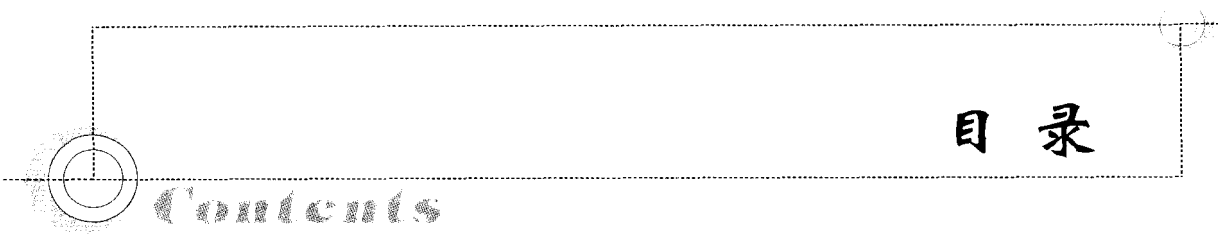
略高度解决复杂的水资源问题。

随着经济社会的发展，环境保护意识的增强，节水型社会的建立以及循环经济的发展，实现用水总量从快速增长逐渐转为微增长、零增长。我国北方一些省市已经实现了工业用水零增长，生活用水少量增长，农业用水负增长，环境用水多增长的良好局面。区域社会经济的结构调整，对各类水资源优化配置非常重要，因此，应在更高层次上对水资源进行研究。

河北省是中国水资源开发利用程度最高的省份，显现的问题复杂多样，应对的措施和办法很多，需要认真研究加以总结。今后的发展应在科学研究的基础上，提高认识，总结经验，扩展思路，寻求适应发展的不同于传统水资源的开发利用方式和方法，以取得水资源的可持续利用，达到社会、经济和环境三方面效益最优化。

作者

2009年3月3日



目录

Contents

前言

第1章 水资源概论.....	1
1.1 水资源涵义及类型	1
1.1.1 水资源涵义	1
1.1.2 水资源类型	2
1.1.3 水资源概念的拓展表征时代进步的步伐加快	3
1.2 水资源的属性	6
1.2.1 水资源的自然属性	6
1.2.2 水资源的社会属性	8
1.2.3 水资源的经济属性	8
1.2.4 水资源的环境属性	9
1.3 水资源系统.....	10
1.3.1 水资源系统的组成	10
1.3.2 水资源系统特性	11
1.3.3 现代水务活动的系统行为	13
1.4 水资源可持续利用.....	14
1.4.1 区域水资源平衡	14
1.4.2 通常采用的水资源指标	15
1.4.3 水资源承载能力	16
1.5 水资源的转化及影响因素.....	17
1.5.1 水循环与水资源转化	17
1.5.2 水资源的转化关系	18
1.5.3 影响水资源情势演变因素	23
1.6 水资源开发利用.....	25
1.6.1 中国和一些国家水资源开发利用进展	25
1.6.2 水资源调蓄利用	28
1.7 依靠科技进步和社会经济发展实施水资源替代.....	30
1.7.1 水资源替代的重要性和发展趋势	30

1.7.2	水资源替代内容	33
1.7.3	依靠科技进步和社会经济发展可实现水资源的多方面替代	33
1.8	建设适水型社会	36
1.8.1	发展适水型现代农业	37
1.8.2	城市和工业的适水发展	44
第2章	雨水资源及其利用	52
2.1	雨水资源化内涵及必要性	52
2.2	降水时空变化特征	53
2.2.1	年降水量的空间分布特征	54
2.2.2	降水量的时间变化特点	55
2.2.3	降水变化的影响因素	60
2.2.4	降水强度	65
2.3	暴雨变化规律	66
2.3.1	暴雨的时空分布	66
2.3.2	暴雨强度	69
2.3.3	暴雨成因分析	71
2.3.4	暴雨极值	72
2.4	降水资源的计算成果	73
2.4.1	系列代表性	73
2.4.2	河北省降水资源评价成果	76
2.5	雨水资源化	78
2.5.1	城市雨水资源的利用	80
2.5.2	雨水资源的农业利用	95
2.5.3	区域雨洪资源的利用	105
2.6	区域雨水资源潜力计算分析	111
2.6.1	雨水资源潜力分类	111
2.6.2	目标潜力计算	113
2.7	特殊形式降水 凝结水的变化及利用	114
2.7.1	凝结水的形成条件及变化	114
2.7.2	凝结水的利用	117
第3章	地表水资源情势变化及其利用	119
3.1	地表水资源变化的因素分析	119
3.1.1	自然因素	119
3.1.2	人为因素	120
3.1.3	水利工程对地表水资源的影响	121
3.2	水土保持的地表水资源效应	124

3.2.1	植被变化对地表水资源影响	129
3.2.2	植物截留量的影响	130
3.2.3	地被物层的影响	131
3.2.4	森林对径流的作用	132
3.3	城市化对径流的影响	133
3.4	流域下垫面条件变化的地表水资源量计算	135
3.4.1	山区地表水资源评价模型	136
3.4.2	平原区水资源评价模型	141
3.4.3	地表水资源量及时空分布特征	146
3.5	地表水资源情势演变分析	148
3.5.1	地表水资源量变化状况	148
3.5.2	入海水量骤减	155
3.5.3	山区降水径流关系的变化	157
3.6	洪水管理与洪水资源化	157
3.6.1	洪水管理	158
3.6.2	实施洪水资源化的措施与途径	158
3.6.3	洪水资源化关键及风险、效益分析	162
第4章	浅层地下水资源及其调控利用	168
4.1	地下水资源特征与分类	168
4.1.1	地下水资源特征	168
4.1.2	地下水资源分类	169
4.1.3	地下水补给资源及其利用意义	169
4.1.4	地下水储量资源及其利用意义	170
4.2	地下水资源背景分析	171
4.2.1	区域水文地质条件	171
4.2.2	地下水开发利用情势	173
4.2.3	浅层地下水动态	175
4.3	地下水资源量计算	177
4.3.1	平原区地下水资源量计算	177
4.3.2	山丘区地下水资源量计算	185
4.3.3	地下水资源重复量	189
4.3.4	浅层地下水可开采量	191
4.4	地下水资源量分析	194
4.4.1	地下水资源量	195
4.4.2	地下资源的时空分布	200
4.4.3	地下水资源量变化及其原因	202
4.5	减少潜水蒸发增加浅层地下水资源可利用量	207

4.5.1	减少潜水蒸发的作用及意义	207
4.5.2	潜水蒸发的机理及影响因素	208
4.5.3	潜水蒸发的计算	213
4.5.4	潜水蒸发动态变化规律	218
4.6	薄层淡水及其开发利用	223
4.6.1	薄层淡水的储水构造	224
4.6.2	开发前景及建议	225
4.7	浅层地下水开采控制指标和范围	225
4.7.1	判别地区地下水超采的方法	226
4.7.2	浅层地下水超采状况及超采区划分	228
4.8	咸水资源及其开发利用	232
4.8.1	咸水资源分布	232
4.8.2	咸水资源量	235
4.8.3	咸水地下水动态特征及变化	235
4.8.4	咸水利用	236

第5章 狭义水资源及其与社会经济协调分析 239

5.1	狭义水资源量的内涵及计算方法	239
5.1.1	狭义水资源量的概念	239
5.1.2	狭义水资源量计算方法	239
5.1.3	重复利用水量的确定	240
5.1.4	地表水与地下水计算系列不一致情况下的狭义水资源量计算	242
5.2	现状条件下的河北省狭义水资源量	246
5.2.1	矿化度不大于1g/L的狭义水资源量	246
5.2.2	矿化度不大于2g/L的狭义水资源量	248
5.2.3	狭义水资源量与水平衡各要素对比	250
5.3	狭义水资源量的情势变化	252
5.3.1	狭义水资源量的年代变化	252
5.3.2	产水模数和产水系数分析	252
5.3.3	狭义水资源量变化的成因分析	256
5.4	狭义水资源可利用量	258
5.4.1	基本概念	258
5.4.2	地表水可利用量	261
5.4.3	地下水可利用量	266
5.4.4	狭义水资源可利用量计算	269
5.5	狭义水资源开发利用与社会经济协调分析	271
5.5.1	狭义水资源开发利用现状	271
5.5.2	狭义水资源开发与利用潜力分析	274

5.5.3	狭义水资源与社会经济协调程度分析	277
第6章	土壤水资源评价	287
6.1	土壤水资源评价意义、目的和研究进展	287
6.1.1	土壤水资源评价意义	287
6.1.2	国内外土壤水资源研究概况	288
6.1.3	土壤水资源的资源属性	289
6.2	土壤水资源评价分区、土地利用类型和土壤质地分区及其面积	293
6.2.1	土壤水资源评价分区	293
6.2.2	土质分区	303
6.2.3	土地利用类型和面积	305
6.3	土壤水资源评价内容、依据和分类	306
6.3.1	评价工作内容	306
6.3.2	土壤水资源计算依据	307
6.3.3	土壤水资源数量评价分类	309
6.4	土壤水资源评价层	309
6.4.1	土壤水资源评价层研究内容	310
6.4.2	依据作物根深和吸水确定土壤水资源评价层深度	310
6.4.3	参考实测土壤水分剖面变化确定土壤水资源评价层深度	312
6.4.4	参考零通量面的变化规律确定土壤水资源评价层深度	314
6.4.5	土壤水资源评价层的确定	316
6.5	农田土壤水资源分区数量评价	319
6.5.1	平原区农田土壤水资源数量计算模型及其数量成果	319
6.5.2	山区农田土壤水资源数量计算模型及其数量成果	330
6.5.3	农田土壤水资源数量评价成果汇总	339
6.5.4	河北省农田土壤水资源模数	346
6.5.5	河北省各县区土壤水资源量和模数值	350
6.5.6	农田利用面积变化下的农田土壤水资源数量	356
6.6	提高土壤水资源利用率措施及其土壤水资源利用数量	357
6.6.1	农田水资源生产效率分析	357
6.6.2	单项措施土壤水资源利用的数量和利用效率	358
6.6.3	综合措施土壤水资源利用数量和利用效率	359
6.7	土壤水资源参与地表水、地下水水资源的资源替代和优化配置	360
6.7.1	以农田水分生产率动态变化计算土壤水资源替代数量	360
6.7.2	土壤水资源的资源替代和水资源的优化配置	363
第7章	深层地下水	365
7.1	深层地下水概述	365

7.1.1	深层地下水的内涵	365
7.1.2	深层地下水的形成	365
7.1.3	深层地下水的优点及可利用性	366
7.2	深层地下水属性	369
7.2.1	侧向径流补给	369
7.2.2	越流补给	371
7.2.3	弹性释水	375
7.2.4	压密释水	375
7.3	深层地下水位变化	380
7.3.1	开采利用状况	380
7.3.2	水位下降及漏斗形成原因	381
7.3.3	地下水下降现状	382
7.3.4	区域地下水水位下降与地下水位降落漏斗在时空上的变化规律	383
7.4	河北省中东部平原区地下水允许开采量计算	384
7.4.1	深层地下水允许开采量涵义	384
7.4.2	河北省中东部平原区基本概况	385
7.4.3	地下水计算模型及其计算成果	387
7.4.4	深层地下水允许开采量	397
第8章	海水资源利用及其发展前景	399
8.1	海水资源利用的意义	399
8.2	海水直接利用	401
8.2.1	海水直接利用发展现状	401
8.2.2	海水直接利用途径	403
8.2.3	海水直接利用经济效益分析	405
8.3	海水淡化	406
8.3.1	海水淡化发展现状	406
8.3.2	海水淡化分类和适用性	409
8.3.3	海水淡化技术现状	411
8.3.4	海水淡化技术经济分析	421
8.4	海水利用开发条件及发展前景	426
8.4.1	开发条件成熟	426
8.4.2	海水利用发展前景	429
8.5	实施海水利用需采取的的必要措施	433
8.6	天然海冰资源	434
第9章	虚拟水资源	437
9.1	概述	437

9.1.1	虚拟水资源概念和内涵	437
9.1.2	虚拟水资源研究的主要进展和成果	441
9.2	虚拟水资源量化方法	445
9.2.1	农产品虚拟水资源量内涵	445
9.2.2	农产品虚拟水资源量化方法	446
9.2.3	动物产品虚拟水资源量化方法	448
9.2.4	工业产品虚拟水资源量化方法	449
9.3	虚拟水资源量化分析计算——以河北省为例	449
9.3.1	农产品的虚拟水资源分析计算	449
9.3.2	动物产品的虚拟水资源量分析计算	453
9.3.3	工业产品虚拟水资源量化分析计算	456
9.3.4	河北省水足迹评价	460
9.3.5	虚拟水资源贸易及虚拟水资源流量分析	463
9.4	虚拟水资源战略优势度评价	473
9.4.1	虚拟水资源战略优势度概念及影响因素	473
9.4.2	评价指标体系与评价方法	475
9.4.3	河北省虚拟水资源战略优势度评价	476
9.5	河北省实施虚拟水资源战略的几点思考	478
第10章	地下水调蓄与地下水库建设	480
10.1	地下水调蓄的作用与意义	480
10.2	地下水库——地下水调蓄的主要形式	482
10.2.1	建造地下水库的必备条件	483
10.2.2	地下水库类型	486
10.3	地下水补给的途径与方法	488
10.3.1	地下水补给的意义	488
10.3.2	地下水补给的方法	489
10.4	地下水库调蓄能力分析计算	506
10.4.1	地下水库调蓄能力分析	506
10.4.2	地下水库的调节及多年调节计算	510
10.5	地下水调蓄需解决的几个关键问题	513
10.6	河北省地下水库及其发展前景	515
10.6.1	地下水库实例——南宫地下水库	516
10.6.2	河北省建设地下水库的前景	524
第11章	提高农业水资源利用率和水分生产效率	531
11.1	农业节水潜力分析——微观节水与宏观节水	531
11.1.1	从水资源角度完善节水灌溉评价指标	531

11.1.2	灌溉工程措施节水潜力计算方法	532
11.1.3	河北省现状工程措施节水分析	534
11.2	井渠结合实现地表水与地下水联合调控利用,提高水资源利用率	535
11.2.1	井渠结合提高水资源利用率	535
11.2.2	井渠结合水资源调蓄利用作用巨大	536
11.2.3	井渠双灌(地上水、地下水联合运用)水平衡模型	537
11.3	没有万能的灌水方法和节水措施	538
11.3.1	以喷灌为例分析其应用和节水	538
11.3.2	灌溉节水措施节水效率和节水数量分析研究	541
11.4	提高农业水分生产效率	542
11.4.1	提高农业水分生产效率的意义	542
11.4.2	主要措施应用和效果	544
11.5	资源性节水和虚拟性节水	548
11.5.1	覆盖条件下资源性节水和虚拟性节水计算	548
11.5.2	覆盖条件下作物耗水量的计算	549
11.5.3	覆盖措施的节水增产效果计算指标	550
11.5.4	以河北省为例计算覆盖条件下资源性节水和虚拟性节水	551
第12章	环境用水	553
12.1	环境概念和环境分类	553
12.1.1	水环境	554
12.1.2	社会环境	554
12.2	水生态	555
12.2.1	河流生态	555
12.2.2	水库生态	555
12.2.3	湖泊生态	556
12.2.4	河口生态	556
12.2.5	湿地生态	557
12.3	环境改善与建设及其环境用水	558
12.3.1	国内外进展	559
12.3.2	环境改善的基本原则及适度目标	560
12.3.3	研究环境用水的基本思路	561
12.3.4	环境用水分类和内容	562
12.3.5	环境用水结构分析	563
12.3.6	最小环境用水量 and 适宜环境用水量	564
12.4	环境用水计算	566
12.4.1	环境用水计算方法概述	566
12.4.2	河道内环境用水总量计算	566

12.4.3	城市环境用水	570
12.4.4	湖泊环境用水	573
12.4.5	河口环境用水	577
12.4.6	湿地环境用水	579
12.4.7	旅游环境用水	580
12.4.8	改善水环境质量的最小用水量	581
12.4.9	改良劣质土壤环境用水量	581
12.4.10	维护生物多样性和鱼类等生物资源用水	581
12.4.11	水土保持综合治理的环境用水	582
12.4.12	保护地下水环境的用水	582
12.5	在水利规划中科学合理安排环境用水	582
12.5.1	正确处理与协调干旱半干旱地区生产用水、生活用水与 环境用水的关系	582
12.5.2	统筹安排优化配置河道内环境用水与河道外环境用水	583
12.5.3	环境用水量预测	583
12.5.4	生态环境质量评价	583
12.5.5	研究制定不同时期环境适度目标	583
12.5.6	计算不同保证率可利用的环境用水量	584
12.5.7	水资源规划中环境用水成果计算分析要求	585
12.6	解决环境用水对策和措施	585
第13章	水资源高度开发利用的环境效应	588
13.1	概述	588
13.1.1	水资源开发利用的环境影响范围和程度	589
13.1.2	水资源情势变化与环境的影响	589
13.2	水资源开发利用改变了生存和发展环境	590
13.2.1	水资源开发利用使土壤得到大面积改良	591
13.2.2	灌溉面积扩大创造了大面积良好的农业生态与环境	592
13.2.3	改善了人们生存与发展环境	593
13.2.4	防洪蓄水保障了社会经济发展	594
13.2.5	改善城市环境	596
13.3	地表水开发利用的环境效应	596
13.3.1	地表水过度开发利用导致生态环境恶化	596
13.3.2	地表水灌溉面积衰减	601
13.3.3	河道功能衰退,内河航运废弃	601
13.3.4	河道泥沙运动变化引起泥沙淤积	603
13.3.5	湿地严重萎缩,环境恶化	603
13.4	浅层地下水开采利用的环境效益	605