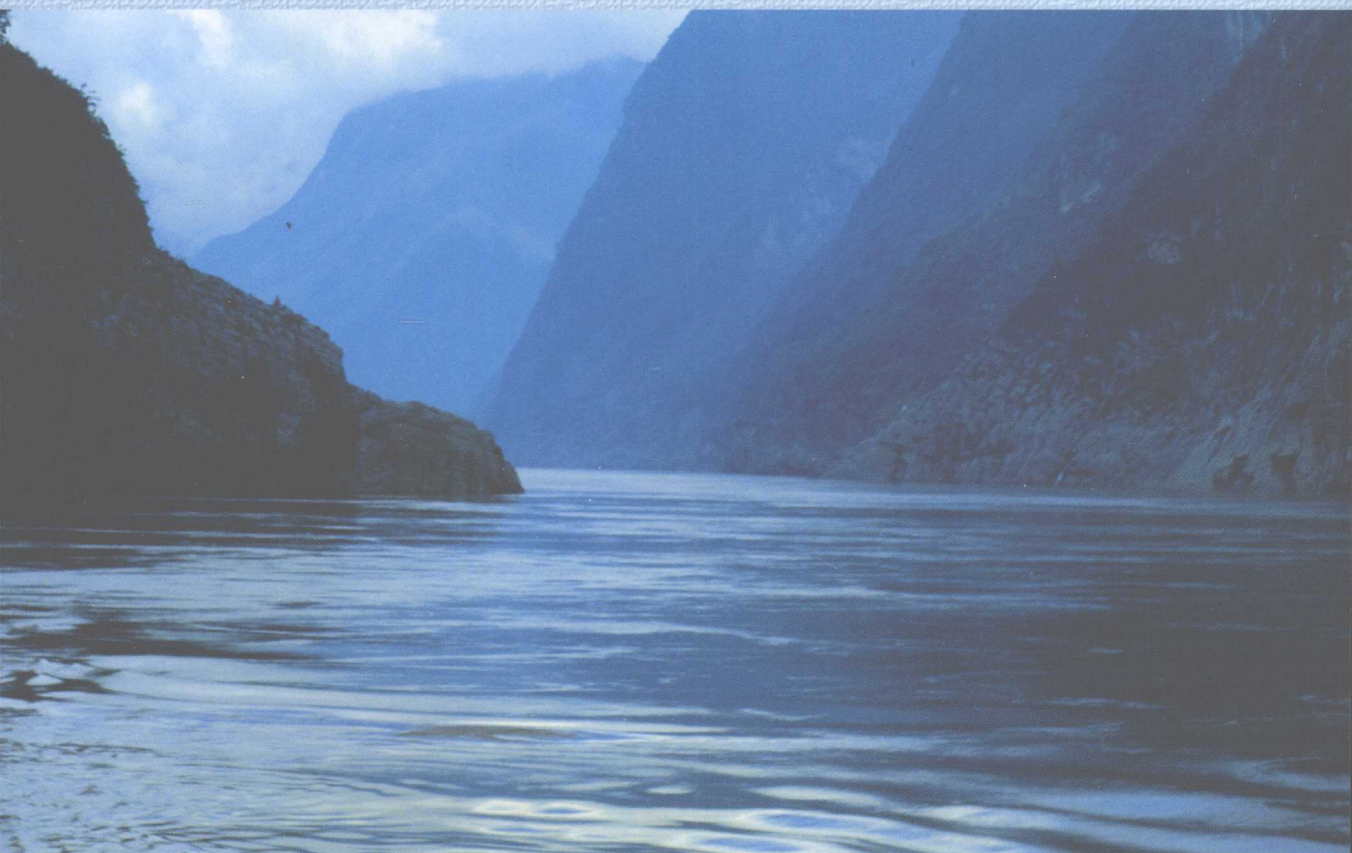


江河流域水资源统一管理 理论与实践

黄 强 乔西现 刘晓黎 著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

江河流域水资源统一管理 理论与实践

黄 强 乔西现 刘晓黎 著



中国水利水电出版社

www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书全面系统地论述了江河流域水资源统一管理的相关概念、体系、政策、法规、目标、原则、任务和基本的理论与方法。主要内容包括流域水资源管理的特点；流域水资源管理的理论与内容；流域水资源统一规则；流域取水许可管理理论与实践；流域水资源统一调度；流域水生态与水环境建设管理；流域水资源管理技术与经济手段；流域水资源统一管理体制；流域水资源管理法规建设，并以黄河、黑河、塔里木河、乌江等流域为例，进行了实例分析及应用。

本书可供从事水资源规划、设计和管理的科技人员参阅，并可用作大专院校有关专业教师、研究生的参考书。

图书在版编目 (CIP) 数据

江河流域水资源统一管理理论与实践/黄强, 乔西现, 刘晓黎著. —北京: 中国水利水电出版社, 2008
ISBN 978-7-5084-5338-5

I. 江… II. ①黄…②乔…③刘… III. 河流—水资源管理—中国 IV. TV213.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 023718 号

书 名	江河流域水资源统一管理理论与实践
作 者	黄强 乔西现 刘晓黎 著
出版 发行	中国水利水电出版社 (北京市三里河路 6 号 100044) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 63202266 (总机)、68331835 (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	787mm×1092mm 16 开本 22 印张 522 千字
版 次	2008 年 3 月第 1 版 2008 年 3 月第 1 次印刷
印 数	0001—2000 册
定 价	59.00 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

前 言

“河流是联系各部落的纽带”。人类因河流而生，因河流而繁，也因河流而亡。河流，已成为人类文明的象征。在河流中，一个个生命演绎着孕育、成长和消逝的故事，它或缓、或急、或清、或浊，都会义无反顾地奔向海洋。每一条河流都有着感人的经历，每一条河流都经历过兴盛和衰亡，每一条河流都目睹过人类的欢乐和痛苦，每一条河流都记载着人类活动的历史。

世界上许多河流都曾经产生过辉煌的文化和历史。非洲，尼罗河是人类文明的摇篮；南美洲，亚马逊河滋润着大片疆土；欧洲，多瑙河和伏尔加河的诗意之波荡漾着人类的灵魂；中亚两河流域——幼发拉底河和底格里斯河见证了文明的湮灭；印度恒河圣水，指引着世间徘徊的心灵；中国，长江与黄河沉淀出华夏民族五千年的瑰丽与灿烂……

河流，蕴涵着丰富的水资源。水资源既是基础性的自然资源，又是经济性的战略资源，也是生态环境维持的决定性因素。自“缺水将导致严重的社会危机”的呼吁提出以来，水资源问题已得到各国政府和相关部门的高度重视。水资源供需矛盾的突出，水资源短缺，水资源的不合理开发利用引出了一系列经济社会、生态环境等问题。为此，许多专家学者都对该现象进行了研究探讨，认为以流域为单元对水资源实施管理是解决水资源问题的有效措施，按流域统一管理水资源，其重要性也逐步得到大家的高度共识。

实施流域水资源统一管理已成为世界水资源管理的潮流，并在我国得到更加深入的体现。流域管理的理论研究逐渐趋于成熟，其概念已深入人心，但相关论著较少，本书旨在“抛砖引玉”。作者在参阅了大量的文献资料和长期从事水资源管理的基础上，主要从以下几方面对流域水资源管理的理论和方法进行论述。

(1) 在描述水资源的概念、内涵和特点的基础上，较系统地介绍了水资源管理基本理论的框架体系，着重讲述了水资源管理的原则及其重要性。

(2) 论述了加强流域水资源一体化管理的必要性，强化流域管理机构能力建设的重要性，做好对水资源的监督、管理、控制、协调和水资源合理开发、优化配置、高效利用、有效保护等主要措施，这也是流域水资源管理的

重要内容。

(3) 介绍了以流域为单元的水资源开发、利用、配置、保护、管理和水资源统一规划的原则、思路、方法和程序。

(4) 论述了水资源统一管理中取水许可制度和水权登记制度，重点介绍了取水许可制度实施的基础、核心、重要环节以及重要内容，并对取水的监督管理进行了简要概述。

(5) 从分析水资源统一调度的现状出发，讲述了水资源统一调度的目标、原则、一般程序、内容及其管理，并对于旱应急制度和预案进行了阐述。

(6) 针对我国目前流域生态环境存在的问题以及成因，分析了生态环境的影响因素，并提出了改善措施，在此基础上进一步论述了流域水资源保护的理论和实践。

(7) 概述了技术手段和经济手段在江河流域水资源统一管理中应用的理论与方法，为流域水质和水量的管理及利用提供了理论依据。

(8) 在分析流域水资源统一管理体制、管理法规的基础上，提出了我国水资源统一管理体制的设想，为国家治水政策、方针的实施以及治水目标的实现提供了一些新的思路。

本书由黄强、乔西现、刘晓黎著，其中第1、2章及第3章的前五节由黄强著，第4、6、7、8章及第3章的后两节由乔西现著，第5、9、10章由刘晓黎著。在本书的撰写过程中，得到了黄河水利委员会薛松贵总工程师、黑河流域管理局孙广生局长、塔里木河流域管理局覃新闻局长、黄河上游水电开发责任有限公司夏忠（博士）董事长、汉江上游水电开发责任有限公司周建华总经理等的关心、支持和指导；同时得到了张会言、王煜等教授级高级工程师以及吴泽宁、徐健新、邱林、梅亚东等教授和畅建霞、王义民、薛小杰、蒋晓辉等副教授（博士）的帮助，特别是原文林、张洪波、张泽中等博士生，白涛、于茜、曹辉、方卫民、刘晋、李程等硕士生为本书的编写也做了大量而繁琐的工作在此一并深表谢意。

本书编写过程中参阅了大量的资料，在此对所引用资料涉及到的专家学者表示最诚挚的感谢。

由于作者水平有限，书中谬误难免，望广大读者给予批评指正。

作者

2008年1月

目 录

前言

1 导论	1
1.1 水资源的概念及特点	1
1.1.1 水资源的概念及内涵	1
1.1.2 水资源的特性	2
1.1.3 全球水资源与水循环	4
1.1.4 我国水资源及特点	7
1.2 水资源安全问题	11
1.2.1 评价水资源短缺的标准	12
1.2.2 水资源的安全问题与水资源的可持续利用	14
1.3 水资源管理内涵	15
1.3.1 水资源管理的概念	16
1.3.2 水资源管理的目标	17
1.3.3 水资源管理的原则	19
1.3.4 水资源管理的不同发展阶段及特点	21
1.3.5 水资源管理的功能	22
1.3.6 水资源管理的层次	23
2 流域水资源统一管理理论	27
2.1 流域水资源管理的内涵	27
2.1.1 流域的概念	27
2.1.2 流域的自然地理特征	27
2.1.3 流域的经济社会特征	29
2.1.4 流域水资源管理的涵义	29
2.2 水资源实行流域统一管理的必要性	30
2.2.1 水资源的自然流域特性	31
2.2.2 水资源的多功能属性	32
2.2.3 水资源供需矛盾日趋紧张的现实	33
2.2.4 我国水资源的国家所有制	33
2.2.5 国内外流域管理的成功经验	33
2.2.6 我国流域管理现状与问题	33
2.2.7 行政区域对水资源的管理	33

2.2.8	我国水资源管理体制的健全和完善	34
2.3	流域水资源统一管理的职责和内容	34
2.3.1	国家水行政主管部门及国务院有关部门的职责	34
2.3.2	流域管理机构的职责	35
2.3.3	地方各级水行政主管部门的职责	36
2.3.4	流域水资源管理的主要内容	36
2.4	流域水资源管理的主要制度	37
2.4.1	水资源统一管理制度	37
2.4.2	水资源综合科学考察和调查评价制度	38
2.4.3	水资源规划制度	39
2.4.4	规划同意书制度	39
2.4.5	水中长期供求规划制度	39
2.4.6	水资源建设项目论证制度	40
2.4.7	计划用水制度	40
2.4.8	节约用水制度	41
2.4.9	水量分配制度	41
2.4.10	旱情紧急情况下的水量调度预案和年度水量分配方案制度	41
2.4.11	用水实行总量控制和定额管理相结合的制度	42
2.4.12	取水许可制度	42
2.4.13	水资源有偿使用制度	42
2.4.14	用水统计制度和水资源公报制度	43
2.4.15	水功能区划制度和排污总量控制制度	44
2.4.16	饮用水水源保护区制度	44
2.4.17	入河排污许可制度	44
2.5	流域水资源管理的方法和手段及评价	45
2.5.1	水资源管理的行政方法	45
2.5.2	水资源管理的经济方法	46
2.5.3	水资源管理的法律方法	47
3	流域水资源统一规划	49
3.1	流域水资源规划的发展	49
3.2	流域水资源规划的目标和原则	52
3.2.1	流域水资源综合规划的目标	52
3.2.2	流域水资源综合规划的原则	52
3.3	流域水资源综合规划编制程序 and 基本要求	53
3.3.1	水资源综合规划的基本程序	53
3.3.2	水资源综合规划技术思路	55
3.3.3	水资源综合规划的基本要求	55
3.4	流域水资源规划的主要内容及技术	56
3.4.1	水资源调查评价	56

3.4.2	节约用水规划	59
3.4.3	水资源保护规划	60
3.4.4	需水预测的理论与方法	61
3.4.5	供水预测	72
3.4.6	总体布局及实施方案	73
3.5	流域水资源规划的核心——水资源合理配置的理论与模型研究	75
3.5.1	水资源合理配置的内涵	75
3.5.2	水资源配置基本原则	76
3.5.3	水资源配置理论	76
3.5.4	水资源配置模型	78
3.5.5	水资源配置需要注意的几个问题	85
3.5.6	几个典型流域水量分配方案实例	85
3.6	流域水资源规划的前提——水资源承载能力和环境承载能力	89
3.6.1	水资源承载能力和水环境承载能力的定义和内涵	89
3.6.2	水资源承载能力和水环境承载能力分析	90
3.6.3	制定水资源规划要充分考慮流域水资源承载能力和水环境承载能力	91
3.6.4	水资源承载能力计算实例——西北地区水资源可利用量、开发潜力和承载能力分析	92
3.7	水资源规划的实施与管理	99
3.7.1	水资源规划体系及相互关系	99
3.7.2	规划的编制和审批程序	99
3.7.3	水资源规划实施的监督管理内容	100
4	流域取水许可管理理论与实践	102
4.1	取水许可制度概述	102
4.1.1	国外取水许可制度情况及启示	102
4.1.2	取水许可制度实施的必要性和作用	105
4.1.3	取水许可制度实施的成效和存在的问题	105
4.1.4	取水许可制度的原则、适用范围和基本要求	107
4.1.5	取水许可管理体制及管理权限	108
4.1.6	取水许可申请审批程序	109
4.1.7	取水许可监督管理	110
4.2	取水许可制度实施的基础——水权分配与管理	110
4.2.1	水权的概念和内涵	110
4.2.2	国外对于水权管理的规定	112
4.2.3	我国水权制度和水权管理的探讨	113
4.2.4	水权制度对流域水资源管理的作用	116
4.2.5	水权制度与取水许可制度的关系	116
4.3	取水许可制度实施的核心——总量控制与定额管理	117
4.3.1	总量控制与定额管理是水资源管理的宏观管理指标和微观控制指标	117

4.3.2	总量控制的实施	118
4.3.3	定额管理的实施	120
4.3.4	总量控制实施的措施	120
4.4	取水许可制度实施的重要环节——建设项目水资源论证	121
4.4.1	建设项目水资源论证制度的作用和意义	121
4.4.2	建设项目水资源论证的主要规定	123
4.4.3	建设项目水资源论证的程序	124
4.4.4	建设项目水资源论证的资质管理	124
4.4.5	建设项目水资源论证的核心内容	126
4.4.6	建设项目水资源论证审查应注重考虑的问题	127
4.5	取水许可制度实施的重要内容——流域取水许可管理	128
4.5.1	计划用水制度	129
4.5.2	节约用水管理	130
4.5.3	以退水水质的监督管理为重点,加强取水许可水质管理	131
4.6	取水许可的监督管理	131
4.6.1	监督管理机关	131
4.6.2	监督管理内容	131
5	流域水资源统一调度	135
5.1	水资源调度的概念及基本理论	135
5.1.1	水资源调度的概念及分类	135
5.1.2	基本理论	152
5.2	我国流域水量统一调度的发展及现状	155
5.2.1	流域水量调度的现状及发展	155
5.2.2	流域水量统一调度现状	155
5.3	流域水量统一调度的目标和原则	156
5.3.1	流域水量调度的目标	156
5.3.2	流域水量调度的原则	156
5.4	流域水量统一调度的一般程序、内容及管理	158
5.4.1	流域水量调度的程序	158
5.4.2	水量调度的主要手段	159
5.5	旱情紧急情况下的水量调度	159
5.5.1	旱情紧急情况的判别和标准	159
5.5.2	特殊干旱年基本要素分析	160
5.5.3	应急对策	160
5.5.4	旱情紧急情况下水量调度实例	161
5.5.5	2003年黄河流域旱情紧急情况下水量调度预案实施情况	162
5.6	水量调度突发事件应急机制	168
5.6.1	突发事件定义及突发事件分类	168
5.6.2	水量调度突发事件应急机制建立的必要性	168

5.6.3	水量调度突发事件应急机制的主要内容	169
5.6.4	水量调度突发事件应急处置实例——黄河水量调度突发事件应急处置规定	170
6	流域水生态与水环境建设管理	173
6.1	流域水环境与水生态问题及成因分析	173
6.1.1	我国生态环境的现状和存在的主要问题	173
6.1.2	成因分析	175
6.2	水资源管理与流域生态环境维持与改善	175
6.2.1	水资源对生态环境的影响	176
6.2.2	生态环境对水资源的影响	177
6.2.3	水资源利用与生态、环境的关系	177
6.3	加强流域水资源保护的对策与措施	178
6.3.1	完善水资源保护监督管理体制	178
6.3.2	水资源保护和生态环境保护相关法律、法规和标准	180
6.3.3	流域水资源保护规划	180
6.3.4	水污染补偿机制	181
6.3.5	规范水资源开发行为, 强化水资源管理调度	182
6.3.6	对入河排污、污染物总量的监督管理	182
6.3.7	加强水资源保护的能力建设	183
6.3.8	公众参与和监督	184
6.4	典型河流生态环境问题与拯救行动	184
6.4.1	黄河下游断流与维持黄河健康生命的实践	184
6.4.2	黑河流域生态环境灾害与拯救行动	189
6.4.3	塔里木河流域生态灾难与拯救行动	193
6.4.4	石羊河流域生态灾难与拯救行动	195
6.5	维持内陆河流域健康生命的战略	198
6.5.1	西北内陆河的基本情况特点	198
6.5.2	西北内陆河开发与管理存在的突出问题	199
6.5.3	维持西北内陆河健康生命的总体思路与目标	200
6.5.4	维持内陆河健康生命的标志	201
6.5.5	维持西北内陆河健康生命的对策	202
7	流域水资源管理技术	204
7.1	数字化管理与数字流域	204
7.1.1	数字化管理	204
7.1.2	数字流域	206
7.2	数字流域水资源管理与调度系统建设	210
7.2.1	概述	210
7.2.2	水资源预测预报系统	212
7.2.3	水资源监测管理系统	213
7.2.4	水量调度方案管理系统	214

7.2.5	水量调度业务处理与综合监视系统	215
7.2.6	危机调度管理系统	217
7.2.7	取水许可管理系统	218
7.2.8	模型库建设	219
7.3	数字流域水资源保护系统建设	220
7.3.1	概述	220
7.3.2	纳污能力分析系统	222
7.3.3	监测管理系统	223
7.3.4	分析评价系统	223
7.3.5	监督管理系统	224
7.3.6	稽查管理系统	225
7.3.7	信息发布系统	225
8	流域水资源管理经济理论与方法	227
8.1	水资源管理的经济学基础	227
8.1.1	水资源管理的经济学基础	227
8.1.2	水资源价值计算模型和方法	229
8.2	合理的水价机制	232
8.2.1	有关国家水费、水资源费和排污费的概况	232
8.2.2	合理水价形成机制的内涵	235
8.2.3	我国水利工程供水水价的沿革	241
8.2.4	现行水利工程供水价格	242
8.2.5	合理的水价形成机制	243
8.3	我国水权转换和水市场	245
8.3.1	建立和完善水权转换及我国水市场的必要性	245
8.3.2	水权转换和水市场建立和完善的原则和条件	247
8.3.3	水权转换的实例及管理	250
8.4	污水排放权的交易	258
8.4.1	排污权产生的理论依据	259
8.4.2	美国的可交易许可证制度	260
8.4.3	我国排污权交易情况	260
8.4.4	排污权交易的政策保证	261
9	流域水资源统一管理体制	263
9.1	国外流域水资源管理体制	263
9.1.1	国外典型国家水资源管理体制	263
9.1.2	国外典型流域管理机构	275
9.2	我国水资源管理体制的演变及发展	283
9.2.1	我国水资源管理体制演变及进程	283
9.2.2	我国流域水资源管理体制的历史及现状	286
9.3	我国流域水资源管理的成效与问题	294

9.3.1	我国流域水资源管理的成效	294
9.3.2	我国流域水资源管理存在的主要问题及原因分析	294
9.3.3	我国流域管理机构现状的分析	296
9.4	我国流域水资源管理体制的设想	297
9.4.1	健全和完善流域水资源管理体制的原则及目标	297
9.4.2	健全和完善流域水资源管理体制的设想	298
9.4.3	改革后的流域管理机构的运行机制	300
10	流域水资源管理的法规	304
10.1	我国水法的历史沿革	304
10.1.1	我国古代水法和近代水法梗概	304
10.1.2	1988 年之前我国的水法规	306
10.2	我国现行水法规体系框架及对流域管理的规定	306
10.2.1	我国现行水法规体系框架	306
10.2.2	现行水法的特点	309
10.2.3	我国现行水法规对流域管理规定的评述	314
10.3	国外水法的发展及对我国流域立法的启示	318
10.3.1	有关国家水法概述	318
10.3.2	国外水法的主要特点及发展趋势	321
10.3.3	国外水法对我国流域立法的启示	323
10.4	流域水资源管理立法体系和框架	324
10.4.1	流域管理立法的必要性	324
10.4.2	流域管理立法体系的构想	326
10.4.3	我国流域立法应解决的主要问题和建立的制度	328
10.5	流域管理执法体系建设	328
10.5.1	流域水行政执法的基本要求和原则	329
10.5.2	新《水法》对水行政执法的主要规定	330
10.5.3	建立水行政执法体系,保障水法的贯彻实施	331
10.5.4	切实履行职责,依法行使权力	331
10.5.5	执法必严,违法必究	333
10.5.6	加强对水行政执法的监督	335
参考文献		337

1 导 论

1.1 水资源的概念及特点

水资源既是基础性的自然资源，又是经济性的战略资源，也是维持生态环境的决定性因素。随着经济社会的快速发展和城市化进程的不断加快，各类用水不断增加，使水资源的供需矛盾日趋突出。合理开发、优化配置、高效利用、有效保护水资源，强化水资源的统一管理，是水资源管理工作者和全社会都将面临的迫在眉睫的重大课题。

1.1.1 水资源的概念及内涵

认识水资源，了解水资源的概念内涵和特点，是水资源管理的基础。“水资源”一词最早出现于正式的机构名称，是1894年美国地质调查局（USGS）内设立水资源处（WRD）并一直延续到现在。“水资源”在我国使用的时间并不长，远没有“水”或“水利”的历史悠久和被人们深刻熟悉，从20世纪70年代开展全国水资源评价工作开始，才普遍使用“水资源”这个名词的。那么，到底什么是水资源呢？截至目前，水资源的定义仍没有一个统一的或者非常权威的定义，在国内外的相关文献中有多种提法，为了加深对水资源概念的理解，下面就水资源的有关的具有代表性的若干定义列举如下：

《大不列颠百科全书》：前苏联科学家加里宁撰写的水资源的定义为，自然界一切形态（液态、固态和气态）的水。

1963年英国国会通过的《水资源法》，定义水资源为具有足够数量的可用水源，即自然界中特定的水。

1988年联合国教科文组织（UNESCO）和世界气象组织（WMO）在《水资源评价活动——国家手册》定义，作为资源的水应当是可供利用或有可能被利用，具有足够数量和可用质量，并可适合某地对水的需求而能长期供应的水源。

《中华人民共和国水法》（以下简称《水法》）：本法所称水资源，包括地表水和地下水。

《中国大百科全书·海洋科学·水文科学》：水资源是指地球表层可供人类利用的水，包括水量（水质）、水域和水能。

《中国水利百科全书》：水资源的定义是指地球上所有的液态、固态和气态的天然水。人类可利用的水资源，主要指某一地区逐年可以恢复和更新的淡水资源。

《中国农业百科全书·水利卷》：水资源指可恢复和更新的淡水量。并将水资源分为两类，一类是永久储量，另一类是年内可恢复储量。

《水与人类》（前苏联，O. A. 斯宾格列尔）：所谓水资源，通常理解为某一地区的地表水（河流、湖泊、沼泽、冰川）和地下淡水储量。水资源分为更新非常缓慢的永久储量和年内可恢复的储量两类，并指出在利用永久储量时，水的消耗不应大于它的恢复能力。

1991年,《水科学进展》编辑部组织国内有关专家对水资源的定义和内涵进行了较为深入的笔谈,提出了如下的观点:

水资源主要指与人类社会用水密切相关而又能不断更新的淡水,包括地表水、地下水和土壤水,其补给来源为大气水。(贺伟程)

作为维持人类社会存在并发展的重要自然资源之一的水资源,应当是可以按照社会的需要提供或有可能提供的水量,并有可靠的来源,且可以通过自然界水文循环不断得到更新或补偿、可以由人工加以控制,水质能够适应人类用水的要求。(陈家琦)

一切有利用价值,包括各种不同来源和形式的水,均属于水资源范畴。(陈梦熊)

从自然资源观点出发,水资源可定义为与人类生产和生活有关的天然水源。(刘昌明)

水资源是指可供国民经济利用的淡水资源,它来源于大气降水,其数量为扣除降水期蒸发的总水量。(曲耀光)

不能把降水、天然水或地表水称之为水资源,犹如不能把海水、洪水、气态水当作水资源一样,(要)把具有稳定径流量、可供利用的相应数量的水定义为水资源。(施德鸿)

能为人类开发利用的具有一定量和质的水,称之为水资源。(黄强)

由以上列举的对水资源的定义可以看出,正是由于人们对水资源含义的理解不尽相同,因而对水资源的定义也不尽相同。对于水资源概念及内涵的认识与理解不一致的主要原因在于:水资源的系统本身是一个开放的、复杂的巨系统,它与外界之间不断地进行着能量、物质、信息的交换;水资源是一种自然资源,既具有一般自然资源的属性,同时还具有很强的社会属性和经济属性;水的类型繁多,有地表水、地下水和土壤水、空气水,呈固态、液态和气态,构成强大的水循环系统;水资源具有动态特征,各种类型水体相互联系、相互转化、循环更新;水资源包含量和质两方面,并在一定条件下可以改变;水的用途广泛,不同用途对水量和水质具有不同的要求;水资源的开发利用还受经济技术条件、社会条件和环境条件的制约;水资源与自然生态系统、社会经济系统及其变化有密切的联系和作用,在研究分析水资源时,就不能仅仅局限其可供开发利用的量和满足要求的质,还应充分考虑它与资源环境的动态平衡关系,它与人、经济、社会之间具有的互馈作用和抵制作用的影响。无论从可持续保障利用还是开发利用后果考虑,联合国教科文组织和世界气象组织对水资源定义无疑是比较科学和全面的,不仅明确了作为水资源的水应当是可供利用或有可能被利用,反映了对水资源的利用应当采取一定的工程措施或技术措施进行开发,也在定义中明确了水资源的两个最主要的属性即质和量,同时还强调了水资源可持续利用的重要性。

1.1.2 水资源的特性

水资源是一种自然资源,具有一般自然资源的基本特性,但就其本身的存在形式和与自然环境、人类生活、经济社会等关系来看,又具有某些比一般自然资源更重要的特性。

(1) 水资源属于可再生资源,具有可逆性。天然资源一般可划分为可更新资源和可耗竭资源两大类。从对人类有意义的时间范围来讲,水资源系指在某一区域内逐年可以得到更新和恢复的淡水资源量,大气降水是其补给源。它们在一定时期、一定范围内供人类开发使用时,不仅在技术上可能、在经济上合理,更重要的是不会造成对资源环境、生态环境和社会发展的负面作用。水资源的可再生性体现在经人类开发利用后大气降水能够得到

补给,并在一定时空范围保持动态平衡。水资源的补给恢复性主要决定于自然环境条件系统中水的可循环性,不像土地、煤炭、石油、森林等体现为可耗竭性,即总有用完的时候且不再能够得到恢复。同时,如果能够做到合理的控制使用,一定范围一定时间内的水量是能够持续开发利用的。水资源的质表现为可改善性,即具有可逆性。水质污染后,可根据水体的生态环境和物理化学特性,利用水体的自净功能和水文地质环境对水体的净化能力达到改善水质,也可采取一定的工程措施和非工程措施来实现。

(2) 水资源具有不可替代性。水是自然生态环境的基本要素,是经济社会发展的最基本的资源,更是人生命不可或缺的物质,没有水将不可能有生命的存在。自科学发展到现在,还没有发现或发明能够替代水的物质。在当今世界,对水的认识是把其纳入国家综合国力的重要组成部分来对待,人均年耗水量已成为衡量一个国家经济发展程度的重要标志,因此国际上已经公认,水是未来繁荣昌盛和社会稳定的一种关键资源,应该被作为区域合作的一个促进因素来认识。

(3) 水资源是一种非常宝贵的自然资源,属于战略资源。水作为自然环境的组成要素,既是一切生物赖以生存的基本条件,人类从事生产活动的重要资源,又是自然环境的重要要素,即水的生态功能、资源功能和环境功能。为了防止因水资源过量利用而造成地表、地下水枯竭,给自然环境和生态平衡带来严重的不良后果,水资源开发利用应以参与水循环的动态水量为上限,一般不宜动用静态水量。水资源不同于土地资源和矿产资源,有其独特的性质,只有充分认识它的特性,才能合理、有效地利用。

(4) 水资源具有明显的流域特性。人类的各种活动总是在一定的地域空间内进行的。地球表面的一定地域空间称之为区域。按照考察对象的特征,可将区域划分为自然区域、行政区域和经济区域三种类型。流域属于一种典型的自然区域,它是以河流为中心,被分水岭所包围的区域,在地域上具有明确的边界范围,也就是以河流为纽带,通过干支流网络连接起来的带状区域,区域内的水流畅向着一个共同的终点(大海或者其尾间)。在流域内,地表水和地下水之间,水量和水质之间,土地和水之间,以及上游和下游之间,都存在着密切的关系。这些相互关系把流域由一个地理区域变成一个统一的生态系统,也就是说,没有水就没有流域的概念。因此,水资源具有明显的流域特性。

(5) 水资源具有循环性和有限性。地表水和地下水不断得到大气降水的补给,并在开发利用后可以恢复和更新。但各种水体的补给量是不同的及有限的,为了可持续供水,多年平均的利用量不应超过补给量。循环过程的无限性和补给量的有限性,决定了水资源只有在一定数量限度内才是取之不尽、用之不竭的。

陆地上各种水体都处于全球水循环过程中,不断得到大气降水的补给,通过径流、蒸发而排泄,并在长时期内保持水量的收支平衡。在多年均衡状态下,水体的贮存量称为静态水量,水体的补给量称为动态水量,前者与后者的比值即为更替周期。更替周期长的水体,如湖泊为17年,深层地下水为1400年,取用后难以恢复,一般不宜作为长期稳定的供水水源;更替周期短的水体,如河水为16天,浅层地下水约为1年,取用后容易恢复。因此,浅层地下水是人类开发利用的主要对象。

(6) 时空分布的不均匀性。水资源在地区分布上很不均匀,年际年内变化大,给开发利用带来许多困难。为了满足各地区、各部门的用水要求,必须修建蓄水、引

水、提水、水井和跨流域调水工程,对天然水资源进行时空再分配,但兴修各种水利工程要受自然、技术、经济、社会条件的限制,只能控制利用水资源的一部分或大部分。

(7) 用途广泛性和多功能性。水资源的用途十分广泛,各行各业都离不开水,不仅用于农业灌溉、工业生产和城乡生活,而且还用于水力发电、航运、水产养殖、旅游娱乐等。这些用途又具有较强的竞争性。随着国民经济和社会发展,用水量不断增加是必然趋势,不少地区出现了水源不足的紧张局面,水资源短缺问题已成为当今世界面临的重大难题。

(8) 利害双重性。“水能载舟,亦可覆舟”。由于降水和径流时空分布不均,因水过多或过少而引起洪、涝、旱、碱等自然灾害;由于水资源开发利用不当,也会造成人为灾害,如垮坝事故、土壤次生盐渍化、水体污染、海水入侵和地面沉降等。水的可供利用及可能引起的灾害,决定了水资源在经济上的两重性,既有正效益也有负效益。水资源的综合开发和合理利用,应达到兴利、除害的双重目的。“趋利避害”就是水利工作者和水资源管理人员的职责和义务,使利益最大化,灾害最小化。

1.1.3 全球水资源与水循环

全球水储量或静态水储量广义的解释是把地球上岩石圈、水圈、大气圈和生物圈中一切形态的水都视为水资源的潜在量。但从可利用的角度看,水资源量是指在一定周期内通过全球水文循环在各类水体中形成的、可恢复更新的淡水。

了解地球水资源状况及水循环规律,对于我们认识地球水状况及分析气候变化对水资源的影响,采取措施开发利用水资源如人工降雨(增雨),对指导水资源的开发利用和管理具有重要的意义。

1.1.3.1 地球水资源量及组成

全球水储量共约 13.86 亿 km^3 ,其中包括海洋水在内的全部咸水储量占总储量的 97.5%,约 13.51 亿 km^3 ,而淡水储量包括冰川与永久积雪、地下淡水、河流等水体、大气中的水分和生物体中的水分等在内,只占水总储量的 2.5%,约 0.35 亿 km^3 ,其中人类难以利用的如冰川和永久积雪、永冻地层中的冰占淡水总储量的 69.5%,地下淡水量占淡水总储量的 30.1%,人类能够开发利用的地下水只占其极少一部分。在许多人的印象里,地球是一个蓝色星球,因为其表面的 70%被水覆盖。但现实是,其中的 97.5%为咸水,淡水仅占 2.5%。近 70%的淡水固定在南极和格陵兰的冰层中,其余多为土壤水分或深层地下水,不能被人类利用。地球上只有不到 1%的淡水或约 0.007%的水可为人类直接利用,主要分布在湖泊、河流、水库和浅层地下水源。这些水量通过降雨和降雪定期更新,因此可持续利用(见表 1.1)。由于全球降水模式不同,全球的淡水资源分布是不均匀的,从几乎没有降水的沙漠到年降水量几米的最湿润地区,蒸发蒸腾作用使水分进入大气层,加剧了这种状况。大部分可获得的水资源仅局限于几条河流:亚马逊河携带着全球 16%的径流,而刚果——扎伊尔河流域携带非洲近 1/3 的河水流量。世界上占陆地面积 40%的干旱与半干旱地区的径流仅占全球径流的 2%。

表 1.1 全球各种水体储量

水的类型	分布面积 (万 km ²)	水储量 (万亿 m ³)	占全球水 总储量的百分比 (%)	占全球淡水 总储量的百分比 (%)
1. 海洋水	3613	1338000	96.5	
2. 地下水	13480	23400	1.7	
其中淡水		12870	0.94	30.1
3. 土壤水	8200	16.5	0.001	0.05
4. 冰川和永久雪盖	1622.75	24064.1	1.74	68.7
5. 永冻土底冰	2100	300.00	0.222	0.86
6. 湖泊水	206.87	176.40	0.013	
其中淡水	123.64	91.00	0.007	0.26
7. 沼泽水	268.26	11.47	0.0008	0.03
8. 河床水	14880	2.12	0.0002	0.006
9. 生物水	51000	1.12	0.0001	0.003
10. 大气水	51000	12.90	0.001	0.04

注 参考贺伟程, 世界水资源, 见: 中国水利大百科全书·水利, 中国大百科全书出版社, 1992。

1.1.3.2 水资源的更新

各种类型的水资源的停留、转换和更新时间各不相同。水资源的更新周期代表了其内部水分全部排放、充满的时间。每年水体和外界交换水量与水质平均储水量的比值称为水循环系数, 表明水体一年内的更新次数。更新周期也称为滞留周期, 是 365 天与水循环系数的比值。表 1.2 给出了地球各类水资源的更新周期, 生物水更新 1 次只需数小时, 大气水为 8 天, 因此它是水循环中最活跃的成分; 多年冻土的底冰更新最慢, 需要 10000 年。了解了水资源的更新周期, 对于我们开发利用水资源有重要的指导意义, 如对于深层地下水, 其更新周期为 1400 年, 这就要求我们一般不能随意去开采利用深层地下水。

表 1.2 地球水资源的更新周期

水资源类型	更新周期	水资源类型	更新周期
多年冻土的底冰	10000a	湖泊水	17a
极地冰和多年积雪	9700a	沼泽水	5a
海洋水	2500a	土壤水	1a
山地冰川	1600a	河川水	16d
深层地下水	1400a	大气水	8d
		生物水	数小时

1.1.3.3 全球水循环

地球上各种形态的水总是处于不断的变化之中, 这种变化可能是热力条件下的相态转换, 也可能是在重力作用下的斜面运动, 或是沿压力梯度、密度梯度的垂直、水平输送。通过蒸发、水气输送、降水、下渗和径流等过程, 分布在地球系统各个层次的水被联结起来, 进行周而复始的、跨越四大圈层的水分循环, 称为水循环。水循环广及整个水圈, 并