



普通高等教育“十一五”国家级规划教材
高等学校给水排水工程专业指导委员会规划推荐教材

水资源利用与保护

(第二版)

李广贺 主编
董辅祥 主审

43

中国建筑工业出版社

CHINA ARCHITECTURE & BUILDING PRESS

普通高等教育“十一五”国
高等学校给水排水工程专业指导委

水资源利用与保护

(第二版)

李广贺 主编
董辅祥 主审

中国建筑工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

水资源利用与保护/李广贺主编.—2版.—北京:中国建筑工业出版社,2010

普通高等教育“十一五”国家级规划教材.高等学校给水排水工程专业指导委员会规划推荐教材

ISBN 978-7-112-11785-7

I. 水… II. 李… III. ①水资源-资源利用-高等学校-教材②水资源-资源保护-高等学校-教材 IV. TV213

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第023792号

普通高等教育“十一五”国家级规划教材
高等学校给水排水工程专业指导委员会规划推荐教材

水资源利用与保护

(第二版)

李广贺 主编

董辅祥 主审

中国建筑工业出版社出版、发行(北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

北京红光制版公司制版

北京市彩桥印刷有限责任公司印刷

*

开本:787×960毫米 1/16 印张:23 字数:451千字

2010年3月第二版 2010年3月第十五次印刷

定价:38.00元

ISBN 978-7-112-11785-7

(19028)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题,可寄本社退换

(邮政编码 100037)

第一版前言

国民经济的发展和人类生活水平的提高无疑将受水资源状态的制约。长期以来，水资源的不合理开发、利用所造成的严重的水资源短缺和区域性的生态、环境灾害受到国际水资源与环境领域的广泛关注。现代水资源开发利用已从传统的仅对水资源量的评价与无序开发，转变为更加重视水资源量与质的综合评价、合理开发与利用；更加注重节水技术的开发与应用；更加关注水资源的天然循环与人为循环之间的协调；更加强调污水再生回用技术、污染源的水质恢复技术的应用与推广，实现水资源的有效保护。显然，水资源的合理利用与保护成为当今人类为维持社会进步、国民经济可持续发展所必须采取的重要手段和保证措施。

为了适应水资源利用与保护的发展趋势，受全国高校给水排水工程学科专业指导委员会的委托，在对国内外相关教材全面调研，并在有关水资源开发、利用与管理著作与教材的基础上，为高等学校给水排水工程专业课编写了能充分反映现代水资源理论与技术发展，并具有自己特色的教材《水资源利用与保护》。本教材全面介绍了水资源状况、水资源开发利用工程、水资源供需平衡分析理论与工程、节水指标体系和技术，污水再生回用理论与技术，以及水资源保护的概念与现代理论和方法。教材突出体现理论性与实用性的统一。

本书由清华大学李广贺主编，清华大学张旭、张思聪和太原理工大学崔建国编写。其中：第1、2、4章由李广贺编写，第3、6章地表水部分由张旭编写，地下水部分由李广贺编写，第5章由张思聪编写，第7章由李广贺、崔建国、张旭编写，第8章由李广贺、张旭编写。沈阳建工学院董辅祥教授主审。

在教材的编写过程中，吉林大学余国光教授给予极大的帮助，对教材中的主要章节的内容提出很多宝贵意见和建议。教材编写中引用众多的参考文献及相关资料，因疏漏可能未全部列出，对此表示深深歉意。对为教材编写提供帮助和支持的所有人员和所有参考文献的作者表示诚挚的谢意。教材编写的顺利完成，与他们的贡献与支持是分不开的。

本书作为给水排水工程专业的教材，也可作为环境科学、环境工程、水利、水资源管理专业的教学参考书，并可供有关的工程技术人员参考。

由于教材涉及众多学科，内容广泛，且编者水平有限，难免存在错误和不足，恳请读者给予指正。

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 水资源的基本含义	1
1.2 水资源的特性	3
1.3 水资源研究现状与发展趋势	4
1.4 水资源利用与保护的的任务和内容	6
第 2 章 水循环与水资源开发利用状况	7
2.1 地球水量储存与循环.....	7
2.1.1 地球水储量与分布	7
2.1.2 地球上水循环	8
2.1.3 水量平衡.....	11
2.2 全球水资源.....	13
2.2.1 全球水资源开发利用状况.....	13
2.2.2 全球水资源面临问题.....	15
2.2.3 全球水资源开发利用趋势.....	16
2.3 中国水资源.....	17
2.3.1 中国水资源量概况.....	17
2.3.2 中国水资源时空分布特征.....	18
2.3.3 中国水资源开发利用.....	20
2.3.4 中国水资源面临主要问题.....	21
第 3 章 水资源量评价	25
3.1 水资源的形成	25
3.1.1 地表水资源的形成与类型.....	25
3.1.2 地下水资源的形成与运动规律.....	31
3.2 地表水资源量评价	39
3.2.1 水资源的分区.....	39
3.2.2 地表水资源量评价的内容.....	41
3.2.3 河流径流计算.....	41
3.2.4 分区地表水资源量评价.....	55
3.2.5 地表水资源时空分布特征.....	56
3.2.6 可利用地表水资源量估算.....	57
3.3 地下水资源量评价	58

3.3.1	地下水资源分类	58
3.3.2	地下水资源评价的内容、原则与一般程序	61
3.3.3	地下水资源补给量 (Q_b) 和储存量 (W) 计算	63
3.3.4	地下水资源允许开采量计算	65
第4章	供水资源水质评价	82
4.1	水质指标体系与天然水化学	82
4.2	生活饮用水与饮用水源水质量标准与评价	83
4.2.1	生活饮用水水质标准与评价	83
4.2.2	饮用水水源水质量评价	95
4.3	工业用水质量评价	97
4.3.1	锅炉用水的水质评价	97
4.3.2	其他工业用水水质评价	100
4.3.3	农田灌溉用水水质评价	100
第5章	水资源供需平衡分析	102
5.1	概述	102
5.1.1	水资源供需平衡分析的目的和意义	102
5.1.2	水资源供需平衡分析的原则	103
5.1.3	水资源供需平衡分析的方法	104
5.2	水资源供需平衡分析的典型年法	104
5.2.1	典型年法的涵义	104
5.2.2	计算分区和计算时段	104
5.2.3	典型年和水平年的确定	106
5.2.4	可供水量和需水量的分析计算	107
5.2.5	供需平衡分析和成果综合	118
5.3	水资源系统的动态模拟分析	122
5.3.1	水资源系统	122
5.3.2	水资源系统供需平衡的动态模拟分析方法	122
5.3.3	模拟模型的建立、检验和运行	123
5.3.4	水资源系统的动态模拟分析成果的综合	126
5.4	水资源动态模拟的实例分析	126
5.4.1	研究区水资源动态模拟方法概述	126
5.4.2	主要计算模块的描述	128
5.4.3	水资源动态模拟过程概述	131
5.4.4	水资源动态模拟模型的可行性验证	133
5.4.5	水资源动态模拟计算成果分析	134
第6章	取水工程	138
6.1	地表水资源供水特征与水源选择	138

6.1.1	地表水源的供水特征	138
6.1.2	水源地选择原则	138
6.2	地表水取水工程	140
6.2.1	影响地表水取水的主要因素	140
6.2.2	地表水取水位置的选择	149
6.2.3	地表水取水构筑物设计的一般原则	152
6.2.4	地表水取水构筑物分类及设置原则	153
6.2.5	固定式取水构筑物	155
6.2.6	活动式取水构筑物	176
6.2.7	山区浅水河流取水构筑物	187
6.3	地下水水源地选择	194
6.3.1	集中式供水水源地的选择	194
6.3.2	小型分散式水源地的选择	195
6.4	地下水取水构筑物的类型和适用条件	195
6.4.1	管井	196
6.4.2	管井和井群的出水量计算	203
6.4.3	管井施工	215
6.4.4	大口井	218
6.4.5	复合井	224
6.4.6	辐射井	225
6.4.7	渗渠	227
第7章	节水理论与技术	232
7.1	节水内涵与现状分析	232
7.1.1	概述	232
7.1.2	节约用水的涵义	232
7.1.3	节约用水的法律法规	234
7.1.4	节约用水现状	235
7.2	城市节水	237
7.2.1	城市用水量定额和指标体系	237
7.2.2	节水指标种类与计算	240
7.2.3	城市节水水平评判	246
7.2.4	城市节水措施	248
7.3	工业节水	250
7.3.1	用水分类与用水量	250
7.3.2	工业节水指标体系	252
7.3.3	工业节水措施	255
7.4	农业节水	257
7.4.1	农业用水现状	257

7.4.2	农业节水的发展趋势	259
7.4.3	农业节水灌溉技术指标体系	261
7.4.4	农业节水技术与工程措施	264
7.5	污水再生利用	267
7.5.1	污水再生利用概述	267
7.5.2	再生水利用类型及再生水水质标准	269
7.5.3	污水量计算和预测	278
7.5.4	污水再生处理技术	283
7.5.5	污水回用的经济分析	285
7.5.6	污水再生利用对策	289
第8章	水资源保护	290
8.1	水资源保护的概念、任务和内容	290
8.1.1	水资源保护概念	290
8.1.2	水资源保护的任务和内容	291
8.2	水环境质量监测与评价	291
8.2.1	污染调查	291
8.2.2	水环境质量监测	291
8.2.3	水环境质量评价	296
8.3	水体污染的理论体系	300
8.3.1	水污染的含义	300
8.3.2	水体污染的特征	302
8.3.3	水体污染三要素	303
8.3.4	污染水体的物化与生物作用	310
8.4	污水排放工程	313
8.4.1	污水排放控制的法律法规体系	313
8.4.2	城镇污水集中处理	314
8.5	水资源保护措施	320
8.5.1	加强水资源保护立法, 实现水资源的统一管理	320
8.5.2	水资源优化配置	322
8.5.3	节约用水, 提高水的重复利用率	325
8.5.4	综合开发地下水和地表水资源	325
8.5.5	强化地下水资源的人工补给	326
8.5.6	建立有效的水资源保护带	334
8.5.7	强化水体污染的控制与治理	337
8.5.8	实施流域水资源的统一管理	346
	主要参考文献	354

第1章 绪 论

1.1 水资源的基本含义

水是人类及一切生物赖以生存的不可缺少的重要物质，也是工农业生产、经济发展和环境改善不可替代的极为宝贵的自然资源，同土地、能源等构成人类经济与社会发展的基本条件。由于对水体作为自然资源的基本属性认识程度和角度的差异性，有关水资源的确切含义仍未有统一论。

由于水资源所具有的“自然属性”，人类对水资源的认识首先是对“自然资源”含义的了解。自然资源为：“参与人类生态系统能量流、物质流和信息流，从而保证系统的代谢功能得以实现，促进系统稳定有序不断进化升级的各种物质”。自然资源并非泛指所有物质，而是特指那些有益于、有助于人类生态系统保持稳定与发展的某些自然界物质，并对于人类具有可利用性。作为重要自然资源的水资源毫无疑问应具有“对于人类具备可利用性”这一特定的含义。

水资源（Water Resources）的概念随着时代的进步，其内涵也在不断地丰富和发展。较早采用这一概念的是美国地质调查局（USGS）。1894年，该局设立了水资源处，其主要业务范围是对地表河川径流和地下水观测。此后，随着水资源研究范畴的不断拓展，要求对“水资源”的基本内涵给予具体的定义与界定。

《大不列颠大百科全书》将水资源解释为：“全部自然界任何形态的水，包括气态水、液态水和固态水的总量”。这一解释为“水资源”赋予十分广泛的含义。实际上，资源的本质特性就是体现在其“可利用性”。毫无疑问，不能被人类所利用的不能称为资源。基于此，1963年英国的《水资源法》把水资源定义为：“（地球上）具有足够数量的可用水”。在水环境污染并不突出的特定条件下，这一概念比《大不列颠大百科全书》的定义赋予水资源更为明确的含义，强调了其在量上的可利用性。

联合国教科文组织（UNESCO）和世界气象组织（WMO）共同制订的《水资源评价活动——国家评价手册》中，定义水资源为：“可以利用或有可能被利用的水源，具有足够数量和可用的质量，并能在某一地点为满足某种用途而可被利用。”这一定义的核心主要包括两个方面，其一是应有足够的数量，其二是强调了水资源的质量。有“量”无“质”，或有“质”无“量”均不能称之为水资

源。这一定义比英国《水资源法》中水资源的定义具有更为明确的含义，不仅考虑水的数量，同时其必须具备质量的可利用性。

1988年8月1日颁布实施的《中华人民共和国水法》将水资源认定为“地表水和地下水”。《环境科学词典》(1994)定义水资源为“特定时空下可利用的水，是可再利用资源，不论其质与量，水的可利用性是有限制条件的”。

《中国大百科全书》在不同的卷册中对水资源也给予了不同的解释。如在大气科学、海洋科学、水文科学卷中，水资源被定义为“地球表层可供人类利用的水，包括水量(水质)、水域和水能资源，一般指每年可更新的水量资源”；在水利卷中，水资源被定义为“自然界各种形态(气态、固态或液态)的天然水，并将可供人类利用的水资源作为供评价的水资源”。

引起对水资源的概念及其内涵具有不尽一致的认识与理解的主要原因在于：水资源是一个既简单又非常复杂的概念。它的复杂内涵表现在：水的类型繁多，具有运动性，各种类型的水体具有相互转化的特性。水的用途广泛，不同的用途对水量和水质具有不同的要求；水资源所包含的“量”和“质”在一定条件下是可以改变的；更为重要的是，水资源的开发利用还受到经济技术条件、社会条件和环境条件的制约。正因为如此，人们从不同的侧面认识水资源，造成对水资源一词理解的不一致性及认识的差异性。

综上所述，水资源可以理解为人类长期生存、生活和生产活动中所需要的各种水，既包括数量和质量含义，又包括其使用价值和经济价值。一般认为，水资源概念具有广义和狭义之分。

狭义上的水资源是指人类在一定的经济技术条件下能够直接使用的淡水。

广义上的水资源是指在一定的经济技术条件下能够直接或间接使用的各种水和水中物质，在社会生活和生产中具有使用价值和经济价值的水都可称为水资源。

广义上的水资源强调了水资源的经济、社会和技术属性，突出了社会、经济、技术发展水平对于水资源开发利用的制约与促进。在当今的经济技术发展水平下，进一步扩大了水资源的范畴，原本造成环境污染的量大面积的工业和生活污水构成水资源的重要组成部分，弥补水资源的短缺，从根本上解决长期困扰国民经济发展的水资源短缺问题；在突出水资源实用价值的同时，强调水资源的经济价值，利用市场理论与经济杠杆调配水资源的开发与利用，实现经济、社会与环境效益的统一。

鉴于水资源的固有属性，本书所论述的“水资源”主要限于狭义水资源的范围，即与人类生活和生产活动、社会进步息息相关的淡水资源。考虑到水资源研究的拓展，书中对于污水再生回用将给予一定的阐述。需要指出的是，由于统计数据资料的局限，书中所涉及的水资源数据资料为淡水资源，除非特定注明。

1.2 水资源的特性

水是自然界的重要组成物质，是环境中最活跃的要素。它不停地运动着，积极参与自然环境中一系列物理的、化学的和生物的作用过程，在改造自然的同时，也不断地改造自身的物理化学与生物学特性。由此表现出水作为自然资源所独有的性质特征。

1. 资源的循环性

水资源与其他固体资源的本质区别在于其所具有的流动性，它是在循环中形成的一种动态资源，具有循环性。水循环系统是一个庞大的天然水资源系统，处在不断地开采、补给和消耗、恢复的循环之中，可以不断地供给人类利用和满足生态平衡的需要。

2. 储量的有限性

水资源处在不断的消耗和补充过程中，具有恢复性强的特征。但实际上全球淡水资源的储量是十分有限的。全球的淡水资源仅占全球总水量的 2.5%，大部分储存在极地冰帽和冰川中，真正能够被人类直接利用的淡水资源仅占全球总水量的 0.8%。可见，水循环过程是无限的，水资源的储量是有限的。

3. 时空分布的不均匀性

水资源在自然界中具有一定的时间和空间分布。时空分布的不均匀性是水资源的又一特性。全球水资源的分布表现为极不均匀性，如大洋洲的径流模数为 $51.0\text{L}/(\text{s} \cdot \text{km}^2)$ ，澳大利亚仅为 $1.3\text{L}/(\text{s} \cdot \text{km}^2)$ ，亚洲为 $10.5\text{L}/(\text{s} \cdot \text{km}^2)$ 。最高的和最低的相差数倍或数十倍。

我国水资源在区域上分布极不均匀。总体上表现为东南多，西北少；沿海多，内陆少；山区多，平原少。在同一地区中，不同时间分布差异性很大，一般夏多冬少。

4. 利用的多样性

水资源是被人类在生产和生活活动中广泛利用的资源，不仅广泛应用于农业、工业和生活，还用于发电、水运、水产、旅游和环境改造等。在各种不同的用途中，消费性用水与非常消耗性或消耗很小的用水并存。用水目的不同对水质的要求各不相同，使得水资源表现出一水多用的特征。

5. 利、害的两重性

水资源与其他固体矿产资源相比，最大区别是：水资源具有既可造福于人类、又可危害人类生存的两重性。

水资源质、量适宜，且时空分布均匀，将为区域经济发展、自然环境的良性循环和人类社会进步做出巨大贡献。水资源开发利用不当，又可制约国民经济发

展,破坏人类的生存环境。如水利工程设计不当、管理不善,可造成垮坝事故,引起土壤次生盐碱化。水量过多或过少的季节和地区,往往又产生了各种各样的自然灾害。水量过多容易造成洪水泛滥,内涝渍水;水量过少容易形成干旱等自然灾害。适量开采地下水,可为国民经济各部门和居民生活提供水源,满足生产、生活的需求。无节制、不合理地抽取地下水,往往引起水位持续下降、水质恶化、水量减少、地面沉降,不仅影响生产发展,而且严重威胁人类生存。正是由于水资源的双重性质,在水资源的开发利用过程中尤其强调合理利用、有序开发,以达到兴利除害的目的。

1.3 水资源研究现状与发展趋势

20世纪60年代以来,随着世界经济的迅速发展,工、农业生产规模的不断扩大,需用水量的不断增加,供水水问题在世界范围内已十分突出。如何加强对水资源合理开发利用、管理与保护,已受到广泛的关注。联合国教科文组织(UNESCO)、粮农组织(FAO)、世界气象组织(WMO)、联合国工业发展组织(UNIDO)等国际组织广泛开展水资源研究,不断扩大国际交流。

1965年联合国教科文组织成立了国际水文十年(IHD)(1965~1974)机构,120多个国家参加了水资源研究。该机构组织了水量平衡、洪涝、干旱、地下水、人类活动对水循环的影响研究,特别是农业灌溉和都市化对水资源的影响等方面的大量研究,取得了显著成绩。1975年成立了国际水文规划委员会(IHP)(1975~1989)接替IHD。第一期IHP计划(1975~1980)突出了与水资源综合利用、水资源保护等有关的生态、经济和社会各方面的研究;第二期IHP计划(1981~1983)强调了水资源与环境关系的研究;第三期IHP计划(1984~1989)则研究“为经济和社会发展合理管理水资源的水文学和科学基础”,强调水文学与资源规划与管理的联系,力求有助于解决世界水资源问题。

1972年成立的国际水资源协会,1973~1988年间召开的六次水资源专题国际会议,主要从水—人类生存—环境探讨世界水资源问题。

联合国地区经济委员会、粮农组织、世界卫生组织(WHO)、联合国环境规划署(UNEP)等制定了配合水资源评价的相关活动内容。水资源评价成为一项国际协作的活动。

1977年联合国在阿根廷马尔德普拉塔召开的世界水会议上,第一项决议中明确指出:没有对水资源的综合评价,就谈不上对水资源的合理规划和管理。要求各国进行一次专门的国家水平的水资源评价活动。联合国教科文组织在制定水资源评价计划(1979~1980)中,提出的工作有:制定计算水量平衡及其要素的方法,估计全球、大洲、国家、地区和流域水资源的参考水平,确定水资源规划

管理和计算方法。

1983年第九届世界气象会议通过了世界气象组织和联合国教科文组织的共同协作项目：水文和水资源计划。它的主要目标是保证水资源量和质的评价，对不同部门毛用水量 and 经济可用水量的前景进行预测。同年，国际水文科学协会修改的章程中指出：水文学应作为地球科学和水资源学的一个方面来对待，主要任务是解决在水资源利用和管理中的水文问题，以及由于人类活动引起的水资源变化问题。

1987年5月在罗马由国际水文科学协会和国际水力学研究会共同召开的“水的未来——水文学和水资源开发展望”讨论会，提出水资源利用中人类需要了解水的特性和水资源的信息，人类对自然现象的求知欲将是水文学发展的动力。

1992年6月在巴西里约热内卢召开的联合国环境与发展大会上，关注的热点包括水环境在内的环境和水资源问题。会议通过和签署了《里约热内卢环境与发展宣告》、《21世纪议程》等重要文件，对解决和缓解水资源和水环境危机提出了一系列战略性措施，包括减少对水资源的污染，加强饮水安全保障、促进跨界水问题的合作等。

瑞典皇家科学院、国际湖沼学会、国际水质协会、国际水资源协会、国际供水协会、世界银行和世界野生生物基金会等组织联合发起，从1991年起每年在斯德哥尔摩召开一次国际水会议，就全球水资源问题开展广泛讨论。

随着国际上水资源研究的不断深入，迫切要求利用现代化理论和方法识别和模拟水资源系统，规划和管理水资源，保证水资源的合理开发、有效利用，实现优化管理。经过多学科长期的共同努力，在水资源利用和管理的理论和方法方面取得了明显进展。

1. 水资源模拟与模型化

随着计算机技术的迅速发展，以及信息论和系统工程理论在水资源系统研究中的广泛应用，水资源系统的状态与运行的模型模拟已成为重要的研究工具。各类确定性、非确定性、综合性的水资源评价和科学管理数学模型的建立与完善，使水资源的信息系统分析、供水工程优化调度、水资源系统的优化管理与规划成为可能，加强了水资源合理开发利用、优化管理的决策系统的功能和决策效果。

2. 水资源系统分析多目标化

水资源动态变化的多样性和随机性，水资源工程的多目标性和多任务性，河川径流和地下水的相互转化，水质和水量相互联系的密切性，使水资源问题更趋于复杂化，它涉及自然、社会、人文、经济等各个方面。因此在对水资源系统分析过程中更注重系统分析的整体性和系统性。在水资源规划过程中，应用线性规划、动态规划、系统分析的理论寻求目标方程的优化解。现代的水资源系统分析

正向着多层次、多目标的方向发展与完善。

3. 水资源信息管理系统

为了适应水资源系统分析与系统管理的需要,目前已初步建立了水资源信息分析与管理系统,主要涉及信息查询系统、数据和图形库系统、水资源状况评价系统、水资源管理与优化调度系统等。水资源信息管理系统的建立和运行,提高了水资源研究的层次和水平,加速了水资源合理开发利用和科学管理的进程,成为水资源研究与管理的重要技术支柱。

4. 水环境理论与技术的先进性

人类大规模的经济和社会活动对环境和生态的变化产生了极为深远的影响。环境、生态的变异又反过来引起自然界水资源的变化,部分或全部地改变原来水资源的变化规律。人们通过对水资源变化规律的研究,寻找这种变化规律与社会发展和经济建设之间的内在关系,以便有效地利用水资源,使环境质量向着有利于人类当今和长远利益的方向发展。与此同时,节水、污水再生回用、水体污染控制与修复的现代理论与技术的研究取得了显著进展。

1.4 水资源利用与保护的任务和内容

水资源的合理开发利用,有效保护与管理,是维持水资源可持续利用,实现水资源良性循环的主要保证,也是维持社会进步,国民经济可持续发展的关键所在。“水资源利用与保护”作为全国高校给排水科学与工程(给水排水工程)专业的专业课教材,其主要任务是使学生全面深入了解全球水资源的形成、分布、开发与利用,系统地学习和掌握水资源质与量评价的基本理论与方法、评价指标体系;地表水和地下水开发利用工程类型、结构特征、布置方式、水量计算与工程运行参数;学习和掌握水资源供需平衡分析的系统分析方法,节水、污水再生回用的现代理论与技术;学习和了解水资源保护与管理的基本概念、法律法规体系、水环境监测与评价方法、水污染防治的概念、理论和方法。为未来合理利用与保护水资源奠定理论与技术基础。

本教材的主要内容包括:

- (1) 水资源的循环、赋存与分布;
- (2) 水资源评价、水量计算的理论和方法;
- (3) 水资源质量评价指标与评价体系;
- (4) 取水构筑物类型、适用范围与运行参数;
- (5) 水资源供需平衡分析方法体系;
- (6) 节水理论、技术与指标体系;
- (7) 水资源保护与管理的内容、方法和措施。

第2章 水循环与水资源开发利用状况

2.1 地球水量储存与循环

2.1.1 地球水储量与分布

地球表面面积 $5.1 \times 10^8 \text{ km}^2$ ，水圈（地壳表层、表面和围绕地球的大气层中气态、液态和固态的水组成的圈层）内全部水体总储量达 $13.86 \times 10^8 \text{ km}^3$ 。海洋面积 $3.61 \times 10^8 \text{ km}^2$ ，占地球总表面积的 70.8%。含盐量为 35g/L 的海洋水量为 $13.38 \times 10^8 \text{ km}^3$ ，占地球总储水量的 96.5%。陆地面积为 $1.49 \times 10^8 \text{ km}^2$ ，占地球总表面的 29.2%，水量仅为 $0.48 \times 10^8 \text{ km}^3$ ，占地球水储量的 3.5%。

在陆地有限的水体中并不全是淡水。据统计，陆地上的淡水量仅为 $0.35 \times 10^8 \text{ km}^3$ ，占陆地水储量的 73%。其中的 $0.24 \times 10^8 \text{ km}^3$ （占淡水储量的 69.6%）分布于冰川、多年积雪、两极和多年冰土中，在现有的经济技术条件下很难被人类所利用。人类可利用的淡水资源量只是 $0.1 \times 10^8 \text{ km}^3$ ，占淡水总量的 30.4%，主要分布在 600m 深度以内的含水层、湖泊、河流、土壤中。地球上各种水的储量见表 2-1。

地球水储量

表 2-1

水体种类	储水总量		咸水		淡水	
	水量 (km^3)	比例	水量 (km^3)	比例	水量 (km^3)	比例
海洋水	1338000000	96.54%	1338000000	99.04%	0	0%
地表水	24254100	1.75%	85400	0.006%	24168700	69.0%
冰川与冰盖	24064100	1.736%	0	0%	24064100	68.7%
湖泊水	176400	0.013%	85400	0.006%	91000	0.26%
沼泽水	11470	0.0008%	0	0%	11470	0.033%
河流水	2120	0.0002%	0	0%	2120	0.006%
地下水	23700000	1.71%	12870000	0.953%	10830000	30.92%
重力水	23400000	1.688%	12870000	0.953%	10530000	30.06%
地下水	300000	0.022%	0	0%	300000	0.86%
土壤水	16500	0.001%	0	0%	16500	0.05%
大气水	12900	0.0009%	0	0%	12900	0.04%
生物水	1120	0.0001%	0	0%	1120	0.003%
全球总储量	1385984600	100%	1350955400	100%	35029200	100%

地球上水的储量巨大,但可供人类利用的淡水资源在数量上极为有限,仅占全球水总储量的不到1%。即使如此有限的淡水资源,其分布地极不均匀。表2-2表示世界各大洲淡水资源的分布状况。

世界各大洲淡水资源分布

表 2-2

名称	面积 (10^4 km^2)	年降水量		年径流量		径流系数	径流模数 [$\text{L}/(\text{S} \cdot \text{km}^2)$]
		mm	km^3	mm	km^3		
欧洲	1050	789	8290	306	3210	0.39	9.7
亚洲	4347.5	742	32240	332	14410	0.45	10.5
非洲	3012	742	22350	151	4750	0.2	4.8
北美洲	2420	756	18300	339	8200	0.45	10.7
南美洲	1780	1600	28400	660	11760	0.41	21.0
大洋洲①	133.5	2700	3610	1560	2090	0.58	51.0
澳大利亚	761.5	456	3470	40	300	0.09	1.3
南极洲	1398	165	2310	165	2310	1.0	5.2
全部陆地	14900	800	119000	315	46800	0.39	10.0

①不包括澳大利亚,但包括塔斯马尼亚岛、新西兰岛和伊里安岛等岛屿。

由表2-2可见,世界上水资源最丰富的大洲是南美洲,其中尤以赤道地区水资源最为丰富。相反,热带和亚热带地区差不多只有陆地水资源总量的1%。水资源较为缺乏的地区是中亚南部、阿富汗、阿拉伯和撒哈拉。西伯利亚和加拿大北部地区因人口稀少,人均水资源量相当高。澳大利亚的水资源并不丰富,总量不多。就各大洲的水资源相比较而言,欧洲稳定的淡水量占其全部水量的43%,非洲占45%,北美洲占40%,南美洲占38%,澳大利亚和大洋洲占25%。

2.1.2 地球上水循环

地球上的水储量只是在某一瞬间储存在地球上不同空间位置上水的体积,以此来衡量不同类型水体之间量的多少。在自然界中,水体并非静止不动,而是处在不断的运动过程中,不断地循环、交替与更新,因此在衡量地球上水储量时,更注意其时空性和变动性。

地球上水的循环体现为在太阳辐射能的作用下,从海洋及陆地的江、河、湖和土壤表面及植物叶面蒸发成水蒸气上升到空中,并随大气运行至各处,在水蒸气上升和运移过程中遇冷凝结而以降水的形式又回到陆地或水体。降到地面的水,除植物吸收和蒸发外,一部分渗入地表以下成为地下径流,另一部分沿地表

流动成为地面径流，并通过江河流回大海。然后又继续蒸发、运移、凝结形成降水。这种水的蒸发→降水→径流的过程周而复始、不停地进行着。通常把自然界水的这种运动称为自然界的水文循环。

自然界的水文循环，根据其循环途径分为大循环和小循环，如图 2-1 所示。

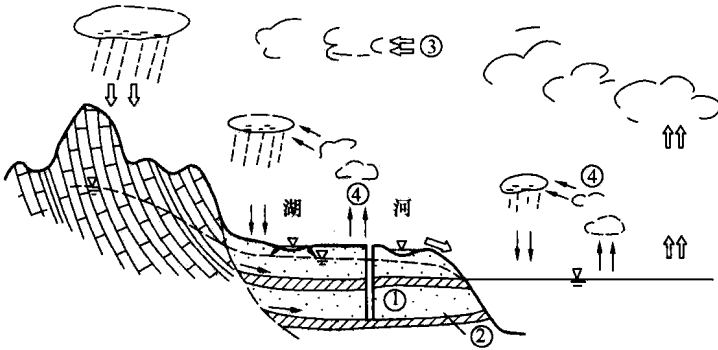


图 2-1 全球水循环示意图

①含水层；②弱透水层；③水分运移；④蒸发

大循环是指水在大气圈、水圈、岩石圈之间的循环过程。具体表现为：海洋中的水蒸发到大气中以后，一部分飘移到大陆上空形成积云，然后以降水的形式降落到地面。降落到地面的水，其中一部分形成地表径流，通过江河流入海洋；另一部分则渗入地下形成地下水，又以地下径流或泉流的形式慢慢地注入江河或海洋。

小循环是指陆地或者海洋本身的水单独进行循环的过程。陆地上的水，通过蒸发作用（包括江、河、湖、水库等水面蒸发、潜水蒸发、陆面蒸发及植物蒸腾等）上升到大气中形成积云，然后以降水的形式降落到陆地表面形成径流。海洋本身的水循环主要是海水通过蒸发成水蒸气而上升，然后再以降水的方式降落到海洋中。

水循环是地球上最主要的物质循环之一。通过形态的变化，水在地球上起到输送热量和调节气候的作用，对于地球环境的形成、演化和人类生存都有着重大的作用和影响。水的不断循环和更新为淡水资源的不断再生提供条件，为人类和生物的生存提供基本的物质基础。

根据联合国 1978 年的统计资料，参与全球动态平衡的循环水量为 $0.0577 \times 10^8 \text{ km}^3$ ，仅占全球水储量的 0.049%。参与全球水循环的水量中，地球海洋部分的比例大于地球陆地部分，且海洋部分的蒸发量大于降雨量，见表 2-3。

参与循环的水，无论从地球表面到大气、从海洋到陆地或从陆地到海洋，都在经常不断地更替和净化自身。地球上各类水体由于其储存条件的差异，更替周期具有很大的差别，表 2-4 列出各种不同水体的更替周期。