

水资源利用工程与管理

李广贺 刘兆昌 张旭 编著



清华大学出版社

<http://www.tup.tsinghua.edu.cn>

水资源利用工程与管理

李广贺 刘兆昌 张 旭 编

清华大学出版社

(京)新登字 158 号

内 容 简 介

本书介绍水资源及其开发利用的基本理论,水资源保护与管理的理论和方法,并附有较多实例。全书共分 10 章,主要内容包括:水资源开发利用状况,河水和泥沙的运动特征及河床的演变分析;地下水运动规律,水文地质参数的确定;水源地选择,水资源利用工程的类型、适用条件,工程设计与施工;水环境质量评价,水资源保护管理的概念、内容和方法。

本书可作为高等院校环境工程和给水排水工程专业的教材,也可供有关专业的科技人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

水资源利用工程与管理/李广贺等编. —北京:清华大学出版社,1998
ISBN 7-302-03005-7

I. 水… II. 李… III. ①水利综合开发②水资源管理 IV. TV213

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (98) 第 14779 号

出版者:清华大学出版社(北京清华大学校内,邮编 100084)

<http://www.tup.tsinghua.edu.cn>

印刷者:北京清华园胶印厂

发行者:新华书店总店北京科技发行所

开 本:787×1092 1/16 印张:26.5 字数:624 千字

版 次:1998 年 10 月第 1 版 1998 年 10 月第 1 次印刷

书 号:ISBN 7-302-03005-7/TV·28

印 数:0001~3000

定 价:25.00 元

前 言

本书是为清华大学环境科学与工程系环境工程和给水排水工程专业编写的教材。为了保持《水资源利用工程与管理》课程内容的系统性、完整性,并结合环境工程和给水排水工程专业特点,本教材按照教学计划的基本要求,系统阐述了水资源的有关理论、国内外水资源分布和开发利用状况、水资源在开发利用过程中存在的主要问题,并在重点介绍水文及水文地质基础知识、基本概念的基础上,介绍了地表水资源,地下水水量计算,资源评价理论和方法,取水工程的类型、设计和适用条件以及水资源保护与管理的内容、方法、措施。为了便于读者学习,书中给出较多的实例,突出体现了理论性和实用性的统一。

本书由清华大学环境科学与工程系李广贺、刘兆昌、张旭编写,其中第1,2,3,9,10章由李广贺编写,第4,5,6章由张旭、刘兆昌编写,第7,8章由李广贺、刘兆昌编写。长春科技大学环境与建筑工程学院余国光教授、中国地质大学环境科学系钟佐燊教授、兰州铁道学院环境工程系郭同章教授、朱琨教授对本书的编写给予大力支持,并认真审阅了本书的内容。在编写过程中,清华大学水利水电工程系张思聪副教授、吕贤弼教授提供了大量资料,并提出宝贵意见。在此表示诚挚的谢意。

本书为环境工程和给水排水工程专业教材,还可作为水文地质、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。

由于编写时间紧,难免存在不足和错误,恳请读者给予指正。

作 者

1998年1月

目 录

1 绪论	1
1.1 水资源的基本含义	1
1.2 水资源的特性	2
1.3 世界水资源概况	3
1.4 水资源研究的现状与趋势	4
1.5 本书的任务和内容	5
2 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 地球水储量及分布	7
2.1.2 地球上水循环	8
2.1.3 水量平衡	10
2.2 全球水资源的开发利用	12
2.2.1 开发利用状况	12
2.2.2 水资源开发利用趋势	15
2.3 中国水资源概况	16
2.3.1 中国水资源在世界水资源中的地位	16
2.3.2 中国水资源的特征	17
2.4 中国水资源的开发利用状况	22
2.4.1 农业用水	22
2.4.2 生活和工业用水	23
2.4.3 地下水资源开发利用状况	23
2.5 供水水源地选择	24
2.5.1 不同水资源的供水特征	25
2.5.2 水源选择的基本原则	25
3 地表水资源的形成	27
3.1 降水、径流和蒸发	27
3.1.1 降水	27
3.1.2 径流	28
3.1.3 蒸发	29
3.2 河流概况	31
3.2.1 水系及流域	31

3.2.2	河流的组成	32
3.3	河川径流	36
3.3.1	径流的表示方法	36
3.3.2	径流的形成过程	37
3.3.3	影响河流径流的主要因素	38
3.4	河流补给类型及分类	39
3.4.1	河流补给类型	39
3.4.2	中国的河流分类	41
4	河流水文计算	42
4.1	河流水文计算在水资源开发利用中的作用与任务	42
4.2	河流水文现象的基本特征及河流水文计算的方法	42
4.2.1	河流水文现象的基本特征	42
4.2.2	河流水文计算的方法	43
4.3	河流水文统计的数理统计方法	44
4.3.1	概述	44
4.3.2	河流水文统计的数理统计方法	45
4.4	设计年径流量及其分配	66
4.4.1	正常年径流量推求	66
4.4.2	设计年径流量推求	68
4.4.3	设计年径流量的年内分配	70
4.5	洪水与枯水	73
4.5.1	洪水	73
4.5.2	枯水	75
5	泥沙运动与河床演变	77
5.1	河水运动	77
5.1.1	河水的纵向运动	77
5.1.2	河水的环流运动	78
5.1.3	紊流	80
5.2	泥沙运动	81
5.2.1	泥沙的分类	81
5.2.2	推移质运动	81
5.2.3	悬移质运动	84
5.2.4	河流年输沙量估算	85
5.3	河床演变	88
5.3.1	河床演变的一般现象	88
5.3.2	河床演变的基本原因和影响因素	88

5.3.3	平原河流的河床演变	90
5.3.4	河床稳定程度的估算	94
6	地表水资源的开发利用工程	95
6.1	地表水取水构筑物分类	95
6.2	地表水取水构筑物设置的一般原则	96
6.2.1	地表水取水位置的选择	96
6.2.2	地表水取水构筑物设计的一般原则	99
6.3	固定式取水构筑物	99
6.3.1	固定式取水构筑物的基本型式及特点	100
6.3.2	固定式取水构筑物的构造	107
6.4	移动式取水构筑物	122
6.4.1	缆车式取水构筑物	122
6.4.2	浮船式取水构筑物	127
6.5	山区浅水河流取水构筑物	132
6.5.1	山区浅水河流的特性、利用特点及取水方式	132
6.5.2	低坝式取水构筑物	133
6.5.3	底栏栅式取水构筑物	136
7	地下水的赋存与循环	142
7.1	地下水的赋存与岩石的水理性质	142
7.1.1	岩石的空隙性	142
7.1.2	岩石中水的存在形式	146
7.1.3	岩石的水理性质	148
7.2	含水层与隔水层	151
7.2.1	含水层与隔水层的基本概念	151
7.2.2	构成含水层的基本条件	151
7.2.3	含水层的类型	153
7.3	地下水的类型	153
7.3.1	上层滞水	154
7.3.2	潜水	155
7.3.3	承压水	158
7.4	地下水的循环	163
7.4.1	地下水的补给	163
7.4.2	地下水的排泄	165
7.4.3	地下水的径流	168
7.4.4	地下水补给、径流、排泄条件的转化	169

8 地下水的运动	172
8.1 地下水运动的特征及其基本规律	172
8.1.1 地下水运动的特点	172
8.1.2 地下水运动的基本规律	174
8.2 地下水流向井的稳定运动	176
8.2.1 地下水取水构筑物的基本类型	176
8.2.2 地下水流向潜水完整井	177
8.2.3 地下水流向承压水完整井	179
8.2.4 裘布依公式的讨论	180
8.2.5 裘布依型单井稳定流公式的应用范围	181
8.2.6 地下水流向非完整井和直线边界附近的完整井	183
8.3 地下水流向井的非稳定运动	186
8.3.1 非稳定流理论所解决的主要问题	186
8.3.2 基本概念	186
8.3.3 无越流含水层中水流向井的非稳定流运动	187
8.3.4 越流系统中水流向井的非稳定流运动	194
8.4 镜像法在边界附近井流运动中的应用	198
8.4.1 镜像法原理	199
8.4.2 直线边界附近的井流稳定运动	199
8.4.3 直线边界附近的井流非稳定运动	204
8.5 水文地质参数的确定	205
8.5.1 利用稳定流抽水试验计算水文地质参数	205
8.5.2 无越流含水层中利用非稳定流抽水试验计算水文地质参数	214
8.5.3 越流系统中水文地质参数的确定	225
8.5.4 给水度和降水入渗系数的确定	233
8.5.5 对抽水试验的要求	235
8.6 研究地下水运动的数值法和物理模拟方法	237
8.6.1 有限差分法	238
8.6.2 有限单元法	241
8.6.3 物理模拟法	241
9 地下水资源开发利用工程	243
9.1 水源地的选择及其允许开采量的确定	243
9.1.1 地下水水源地的选择	243
9.1.2 水源地允许开采量的确定	244
9.2 地下水取水构筑物的适用条件	255
9.3 管井	256
9.3.1 管井构造	256

9.3.2	管井和井群的出水量计算	267
9.3.3	管井施工	279
9.3.4	管井的维修管理	281
9.4	大口井	282
9.4.1	大口井的构造	282
9.4.2	大口井的施工	285
9.4.3	大口井的水力计算	285
9.4.4	大口井的设计要点	288
9.5	辐射井	289
9.5.1	辐射井的型式	289
9.5.2	辐射井的构造与施工	289
9.5.3	辐射井的出水量计算	290
9.6	渗渠	292
9.6.1	渗渠的型式	292
9.6.2	渗渠的构造	292
9.6.3	渗渠的水力计算	293
9.6.4	渗渠设计的要点	295
9.7	复合井	296
10	水资源保护与管理	297
10.1	水资源利用中的主要问题	297
10.1.1	水资源开发过度,生态破坏严重	297
10.1.2	城市供水集中,供需矛盾尖锐	298
10.1.3	水资源浪费严重	299
10.1.4	水资源污染加剧	299
10.1.5	水资源开发利用缺乏统筹规划和有效管理	302
10.2	水污染概述	303
10.2.1	水污染的含义	303
10.2.2	水体污染的特征	304
10.2.3	污染源、污染物及污染途径	305
10.3	水环境监测与评价	317
10.3.1	污染调查	317
10.3.2	水环境监测	318
10.3.3	水质评价	321
10.4	水资源保护管理的概念、任务和内容	337
10.4.1	水资源保护管理概念	338
10.4.2	水资源保护管理的任务和内容	338
10.5	水资源保护管理措施	339

10.5.1	加强水资源保护管理立法,实现水资源的统一管理	339
10.5.2	节约用水,提高水的重复利用率	341
10.5.3	综合开发地下水和地表水资源	342
10.5.4	强化地下水资源的人工补给	344
10.5.5	建立有效的地下水源卫生防护带	351
10.5.6	加强地下水污染的治理	353
10.5.7	实施流域水资源的统一管理	364
附表		372
附表 1	皮尔逊Ⅲ型曲线的离均系数 Φ_P 值表	372
附表 2	皮尔逊Ⅲ型曲线的模比系数 K_P 值表	375
附表 3	三点法用表—— S 与 C_s 关系表	407
附表 4	三点法用表—— C_s 与有关 Φ_P 表的关系表	409
主要参考文献		411

1 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必不可少的重要物质,同时也是工农业生产、经济发展和环境改善不可替代的极为宝贵的自然资源。这是人们对于作为地球重要资源的水体的最基本的认识。遗憾的是,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,目前有关水资源的确切含义仍未有统一的定义。

自然资源可定义为:“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,并对于人类具有可使用性。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 resouces)一词很久以前已经出现,随着时代的进步其内涵也在不断地丰富和发展。《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”,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日施行的《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”。

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,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

认识和体会水资源,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。

本书中所论述的水资源仅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。

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、化学的和生物的过程。水资源具有如下特性。

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,水资源在开采利用后,能够得到大气降水的补给,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,在某种意义上水资源具有“取之不尽”的特点,恢复性强。可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%,且淡水资源的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 0.796%。从水量动态平衡的观点来看,某一期间的水量消耗量接近于该期间的水量补给量,否则将会破坏水平衡,造成一系列不良的环境问题。可见,水循环过程是无限的,水资源的储量是有限的,并非用之不尽、取之不竭。

3. 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。总的说来,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,有的是消耗性用水,有的则是非消耗性或是消耗很小的用水,而且对水质的要求各不相同。这是能使水资源一水多用、充分发挥其综合效益的有利条件。

5. 利、害的两重性

水资源与其他固体矿产资源相比,另一个最大区别是: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、盐渍化等自然灾害。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 世界水资源概况

从表面上看,地球上的水量是非常丰富的。地球 71% 的面积被水覆盖,其中 97.5% 是海水。如果不算两极的冰层、地下冰等,人们可以得到的淡水只有地球上水的很小一部分。此外,有限的水资源也很难再分配,巴西、俄罗斯、中国、加拿大、印度尼西亚、美国、印度、哥伦比亚和扎伊尔等 9 个国家已经占去了这些水资源的 60%。从未来的发展趋势看,由于社会对水的需求不断增加,而自然界所能提供的可利用的水资源又有一定限度,突出的供需矛盾使水资源已成为国民经济发展的主要制约因素,主要表现在如下两方面。

1. 水量短缺严重,供需矛盾尖锐

随着社会需水量的大幅度增加,水资源供需矛盾日益突出,水量短缺现象非常严重。联合国在对世界范围内的水资源状况进行分析研究后发出警报:“世界缺水将严重制约下个世纪经济发展,可能导致国家间冲突”。同时指出,全球已经有 1/4 的人口面临着一场为得到足够的饮用水、灌溉用水和工业用水而展开的争斗。预测“到 2025 年,全世界将有 2/3 的人口面临严重缺水的局面”。

统计结果表明,从 1900 年到 1975 年,世界人口大约翻了一番,年用水量则由约 400km³ 增加到 3000km³,增长了约 6.5 倍。其中农业用水约增加了 5 倍(从每年的 350km³ 增加到 2100km³)。城市生活用水约增长 12 倍(从每年的 20km³ 增加到 250km³)。工业用水约增加了 20 倍(从每年的 30km³ 增加到 630km³)。特别是从 20 世纪 60 年代开始,由于城市人口的增长、耗水量大的新兴工业的建立,全世界用水量增长约 1 倍。近年来,在一些工业较发达、人口较集中的国家和地区已明显表现出水资源不足。

目前,全球地下水资源年开采量已达到 550km³,其中美国、印度、中国、巴基斯坦、欧共体、独联体、伊朗、墨西哥、日本、土耳其的开采量之和占全球地下水开采量的 85%。亚洲地区,在过去的 40 年里,人均水资源拥有量下降了 40%~60%。

2. 水源污染严重、“水质型缺水”突出

随着经济、技术和城市化的发展,排放到环境中的污水量日益增多。据统计,目前全世

界每年约有 420 多 km^3 污水排入江河湖海,污染了 5500km^3 的淡水,约占全球径流总量的 14% 以上。由于人口的增加和工业的发展,排出的污水量将日益增加。估计今后 25 年~30 年内,全世界污水量将增加 14 倍。特别是在第三世界国家,污、废水基本不经处理即排入地表水体,由此造成全世界的水质日趋恶化。据卫生学家估计,目前世界上有 1/4 人口患病是由水污染引起的。据不完全统计,发展中国家每年有 2500 万人死于饮用不洁净的水,占有发展中国家死亡人数的 1/3。

水源污染造成的“水质型缺水”,加剧了水资源短缺的矛盾,加剧了居民生活用水的紧张和不安全性。1995 年 12 月在曼谷召开的“水与发展”大会上,专家们指出:“世界上近 10 亿人口没有足够量的安全水源”。

由于欧盟约有 70% 的人口居住在城市,而城市把大量的废物倾入大江大河,因此通过供水管道流到居民家中的水的质量每况愈下。东欧的形势非常严峻,大多数的自来水已被认为不宜饮用。由于工业废物的倾入,河流受污染严重。水环境的污染已严重制约国民经济的发展和人类的生存。

1.4 水资源研究的现状与趋势

20 世纪 60 年代以来,用水问题在世界范围内已十分突出,加强对水资源开发利用、管理和保护的研究,已经提到议事日程上来,并且发展很快。联合国本部(UN)、粮农组织(FAO)、世界气象组织(WMO)、联合国教科文组织(UNESCO)、联合国工业发展组织(UNIDO)等均有对水资源方面的研究项目,并不断进行国际交流。

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。在该水文十年中,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”,强调水文学与水资源规划与管理的联系,力求有助于解决世界水资源问题。

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)等都制定了配合水资源评价活动的内容。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,估价全球、大洲、国家、地区和流域水资源的参考水平,确定水资源规划和管理的计算方法。

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。

1983 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。

随着水资源研究的不断深入,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、可持续利用。经过近几十年多学科的努力,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

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,以及水需求的可行方案必须适应国民经济和社会的发展,使水资源问题更趋复杂化,它涉及到自然、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 20 多年来的水资源规划过程中,研究者们应用线性规划、动态规划、系统分析的理论力图寻求目标方案的优化解。总的说来,水资源系统分析正向着分层次、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。水资源信息管理系统已经成为水资源研究与管理的重要技术支柱。

4. 水环境研究

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,部分地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。

1.5 本书的任务和内容

国民经济的发展和人类生活水平的提高受水资源状态的制约。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、良性循环的重要保证,也是维持社会进步、

国民经济可持续发展的关键所在。近十几年来,世界范围内水资源状况不断恶化,水资源短缺严重,供需矛盾日益突出,产生的直接原因是盲目和无序地开发利用水资源,开发利用工程布置不合理,尤其是无节制地扩大开采利用量、管理不善、保护措施不力。如何有效合理地利用水资源、保护和管理水资源成为世界水资源研究领域的重要研究课题。本书作为给水排水工程和环境工程专业的专业课教材,其主要任务是使学生在全面深入了解全球水资源状况、形成与分布特征、开发与利用现状的基础上,系统地学习和掌握水资源循环与平衡、水资源评价与研究的基本概念、理论和方法;全面学习和掌握与供水有关的水资源利用工程的类型、布置原则、布置方式、适用范围和适用条件,以及水资源利用工程运行的有关技术参数;学习和掌握水资源合理规划、各类水体的联合调度和科学管理、水污染防治的概念、理论和方法。

本书的主要内容包括:

- (1) 阐述水资源的循环、赋存、分布特征;
- (2) 地表水资源的形成、分布及运动状态;
- (3) 地下水资源的埋藏条件、分布及其运动规律;
- (4) 水资源评价、水量计算的理论和方法;
- (5) 水资源利用工程的类型、设计和适用范围,各种取水工程的运行参数;
- (6) 水资源保护与管理的内容、方法和措施。

2 水资源开发利用状况

2.1 地球水量储存与循环

2.1.1 地球水储量及分布

地球表面积约 5.1 亿 km^2 , 水圈内全部水体总储量达 13.86 亿 km^3 。海洋面积 3.61 亿 km^2 , 占地球总表面积的 70.8%, 海洋水量为 13.38 亿 km^3 , 占地球总储水量的 96.5%。这部分巨大的水量属于高含盐量的咸水体(含盐量为 35g/L), 除极少量水体作为冷却水外, 很难直接作为居民饮用水以及工农业生产用水。此外, 地球上陆地面积为 1.49 亿 km^2 , 占地球总表面积的 29.2%, 水量仅为 0.48 亿 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, 淡水量 0.35 亿 km^3 , 占陆地水储量的 73%。其中的 0.24 亿 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, 现有技术条件难以利用。便于人类利用的水只有 0.1065 亿 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。

总的说来, 地球上各种水的储量如表 2-1 所示。

表 2-1 地球水储量

水体种类	储水总量		咸水		淡水	
	水量/ km^3	所占比例/%	水量/ km^3	所占比例/%	水量/ km^3	所占比例/%
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
地下冰	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