



- 高等学校水利类专业教学指导委员会
- 中国水利教育协会
- 中国水利水电出版社

共同组织编审

“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材
普通高等教育“十一五”国家级规划教材
全国水利行业规划教材

水资源学教程

(第二版)

郑州大学 左其亭 窦明 马军霞 编



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

- 高等学校水利类专业教学指导委员会
- 中国水利教育协会
- 中国水利水电出版社

共同组织编审



“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材
普通高等教育“十一五”国家级规划教材
全国水利行业规划教材

水资源学教程

(第二版)

郑州大学 左其亭 窦明 马军霞 编



扫一扫，即刻获取名师课件



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

水资源学是人类在长期水事活动实践过程中形成和发展起来的一门新兴分支学科,主要研究水资源的形成、转化、运动规律以及水资源开发、利用、规划、管理、保护等。本书是基于水资源学最新概念、最新思想,并满足水资源工作的需要而编撰完成的、主要面向本科教学的统编教材,包括相互交叉、相互联系的三方面内容:①对水资源的基本认识,包括对水资源概念、概况以及水资源形成、转化、利用基本知识的认识;②水资源学的基本理论,这是水资源学形成一门学科的理论支撑,包括水量平衡原理、水质迁移转化原理、水资源价值理论、水资源优化配置理论、水资源可持续利用理论、人水和谐理论;③对水资源工作主体内容的介绍,包括水资源评价、水资源保护、水权水价与水市场、水资源规划与水资源管理等。

本书可作为水利类、土木类、环境与安全类、资源类、地学类、管理类等专业本科生、专科生教材,也可供上述专业的研究生和教师以及相关专业的科技工作者使用和参考。

图书在版编目(CIP)数据

水资源学教程 / 左其亭, 窦明, 马军霞编. — 2版

— 北京: 中国水利水电出版社, 2016.3

“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材 普通
高等教育“十一五”国家级规划教材 全国水利行业规划
教材

ISBN 978-7-5170-4310-2

I. ①水… II. ①左… ②窦… ③马… III. ①水资源
— 高等学校—教材 IV. ①TV211

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第099636号

审图号: GS (2015) 3105 号

书 名	“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材 普通高等教育“十一五”国家级规划教材 全国水利行业规划教材 水资源学教程 (第二版)
作 者	郑州大学 左其亭 窦明 马军霞 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 (发行部) 北京科水图书销售中心 (零售) 电话: (010) 88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
经 售	
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京纪元彩艺印刷有限公司
规 格	184mm×260mm 16开本 19.25印张 456千字
版 次	2008年2月第1版 2008年2月第1次印刷 2016年3月第2版 2016年3月第1次印刷
印 数	0001—3000册
定 价	39.00元

凡购买我社图书, 如有缺页、倒页、脱页的, 本社发行部负责调换

版权所有·侵权必究

第二版前言

为了给相关专业本科生提供一本系统的水资源学教材,在普通高等教育“十一五”国家级规划教材的支持下,作者在总结多年相关教学经验、科研实践和多本相关专著的基础上,编写了《水资源学教程》一书,于2008年由中国水利水电出版社正式出版,力图向读者展现一个比较完善的水资源学体系。这是我国第一本专门面向本科教学的水资源学教材。自2008年《水资源学教程》第一版出版以来,得到国内同行和高校师生的认可,并在使用过程中提出了一些很好的建议。同时,自2008年以来,我国新提出了最严格水资源管理制度、水生态文明理念等新的治水思想,大大促进了水资源学的发展,也新增添了很多新的成果。为了及时把这些新形势和新变化吸收到教材中,在“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材的支持下,编撰了《水资源学教程》第二版。第二版与第一版的主要区别在于:①增加了一些水资源管理新思想介绍,包括人水和谐思想、最严格水资源管理指导思想、水生态文明理念,基于这些新思想来重新审视水资源问题,使内容得到及时更新;②基于新的资料、研究成果和实践经验,重新更新了有关数据、结论和认识,增加了一些新知识,使教材更加完善;③总体沿用第一版的教材结构和内容安排,对部分章节的重点内容进行了一些调整,特别突出了目前水资源学研究和应用中关注的内容,使重点更加突出。

本书分成相互联系、相互促进的三部分,即“对水资源的基本认识”“水资源学的基本理论”“水资源工作主体内容”,共编排了11章。第一部分内容包括第一章至第四章,是对水资源的基本认识;第二部分内容,即第五章,是对水资源学基本理论的介绍;第三部分内容包括第六章至第十章,是对水资源工作主体内容的介绍;最后,第十一章介绍了水资源学主要内容的研究现状和发展展望。在本书的每章后面列出了课外知识、思考题和参考文献,供进一步学习参考。本书计划教学时数为40~60学时,书中带*的内容可以

选讲，具体学时分配可由任课教师根据本学科教学计划安排确定。

本书由郑州大学左其亭、窦明、马军霞合编，华北水利水电大学张修宇、郑州大学陶洁参与撰写。其中，第一章由左其亭撰写，第二、三章由马军霞、张修宇撰写，第四章由左其亭、张修宇撰写，第五章第一节至第四节由窦明撰写，第五章第五、六节由左其亭撰写，第六章由张修宇、窦明撰写，第七、八章由窦明撰写，第九、十章由左其亭、马军霞撰写，第十一章由左其亭、张修宇撰写，陶洁参与第五、九章撰写。全书由左其亭统稿。

本书是在《水资源学教程》第一版（2008年）的基础上，参考和引用作者撰写的多本学术专著和教材，又部分引用作者最近几年的研究成果，同时参阅大量文献，修编而成。特此向支持和关心作者教学、科研工作的所有单位和个人表示衷心的感谢！感谢出版社同仁为本书出版付出的辛勤劳动。书中部分内容参考或引用了《中华人民共和国水法》《水资源评价导则》《全国水资源综合规划技术大纲》《国务院关于实行最严格水资源管理制度的意见》《水利部关于加快推进水生态文明建设的意见》等多个法规、标准及其他文件，在书中未全部列出，在此一并致谢。

尽管本次是第二次编写水资源学教材，比第一次编写水资源学教材更加有信心，但因为水资源本身的复杂性和水资源研究的日新月异，编撰第二版仍感到难度很大，特别是作者水平所限，书中错误和缺点在所难免，欢迎广大读者不吝赐教。

编 者

2015年10月

第一版前言

人类在长期水事活动过程中，逐步形成了有关水资源方面的专业知识和经验。但在相当一段时间内，有关水资源的知识和经验常融汇在其他已建立的学科中，如水文学、地理学、自然资源学、环境学等。自 20 世纪中期以来，随着经济社会高速发展，人口过快增长，水资源问题日益突出，并直接影响到社会发展和人类的生存环境，也受到国际社会的高度重视，极大地促进了学术界的研究热情，逐步形成了自成体系的水资源学。

然而，由于水资源学刚刚形成，支撑本学科的基础理论还在不断探讨和完善之中，给编撰教材带来很大难度。但是，在普通高等教育“十一五”国家级规划教材的支持下，作者在总结多年相关教学经验、科研实践和多本相关专著的基础上，编写了此书，力图向读者展现一个比较完善的水资源学体系。

本书分成相互联系、相互促进的三部分，共十一章。第一部分内容包括第一、二、三、四章，是对水资源的基本认识；第二部分内容，即第五章，是对水资源学基本理论的介绍；第三部分内容包括第六章至第十章，是对水资源工作主体内容的介绍；最后，第十一章是对水资源学的展望。在本书的每章后面列出了课外知识、思考题和参考文献，供进一步学习参考。本书计划教学时数为 42~56 学时，书中带 * 的内容可以选讲，具体学时分配可由任课教师根据本学科教学计划安排确定。

本书是在参考或引用作者撰写的多本学术专著和教材的基础上，参阅大量文献，不断总结、完善而撰写完成的统编教材。如：《面向可持续发展的水资源规划与管理》（左其亭，陈曦著，中国水利水电出版社，2003）；《水资源规划与管理》（左其亭，窦明，吴泽宁编著，中国水利水电出版社，2005）；《现代水文学》（第 2 版，左其亭，王中根著，黄河水利出版社，2006）。这些研究成果得到了国家自然科学基金（50679075）、国家社会科学基金（06CJY016）、

河南省杰出青年科学基金(0512002500)、水资源与水电工程科学国家重点实验室开放基金(2003B007和2005B016)的资助。特此向支持和关心作者教学、科研工作的所有单位和个人表示衷心的感谢!感谢出版社同仁为本书出版付出的辛勤劳动。书中部分内容参考或引用了有关单位和个人的研究成果或学术专著,均已在参考文献中列出。另外,在撰写过程中,还参考或引用了《中华人民共和国水法》《水资源评价导则》《全国水资源综合规划技术大纲》等多个法规、标准及其他技术文件,在文中未全部列出,在此一并致谢。

本书第一、四、十、十一章由左其亭撰写,第六、七、八章由窦明撰写,第二、三、九章由马军霞撰写,第五章由窦明、左其亭、马军霞共同撰写。全书最后由左其亭统稿。

本书由河海大学陈元芳教授、武汉大学张翔教授、清华大学尚松浩副教授主审,他们对本书的初稿提出了宝贵的修改意见,特此致谢。

由于第一次编撰水资源学教材,确实存在很大难度,特别是作者水平所限,书中错误和缺点在所难免,欢迎广大读者不吝赐教。

作者

2007年11月

目 录

第二版前言

第一版前言

第一章 水资源学概论	1
第一节 水资源的概念及特点	1
第二节 水资源学的形成和发展	3
第三节 水资源学的研究对象和学科体系	6
第四节 水资源学的特点和研究方法	7
第五节 水资源学与相关学科的联系	8
第六节 水资源学教程的任务及主要内容	10
课外知识	11
思考题	12
参考文献	12
第二章 水资源概况	13
第一节 世界水资源状况	13
第二节 中国水资源状况	15
第三节 水问题及其影响	17
课外知识	20
思考题	23
参考文献	23
第三章 水资源形成及转化关系	24
第一节 水循环过程及水资源形成	24
第二节 水资源转化关系	28
第三节 人类活动和气候变化对水资源的影响	30
课外知识	32
思考题	33
参考文献	34
第四章 水资源利用	35
第一节 水资源利用途径综述	35

第二节 生活用水	37
第三节 农业用水	41
第四节 工业用水	48
第五节 水力发电	51
第六节 生态用水*	54
第七节 各用水部门间的矛盾与协调	56
课外知识	57
思考题	59
参考文献	59
第五章 水资源学的基本理论	60
第一节 水量平衡原理	60
第二节 水质迁移转化原理	64
第三节 水资源价值理论	74
第四节 水资源优化配置理论	80
第五节 水资源可持续利用理论*	87
第六节 人水和谐理论*	95
课外知识	101
思考题	105
参考文献	105
第六章 水资源评价	107
第一节 水资源评价概述	107
第二节 水资源数量评价	111
第三节 水资源质量评价	127
第四节 水资源开发利用及其影响评价	136
课外知识	140
思考题	142
参考文献	142
第七章 水资源保护	143
第一节 水污染来源及危害	143
第二节 水功能区划分	146
第三节 污染源调查与预测	151
第四节 水功能区纳污能力的计算与分配*	155
第五节 生态需水量的估算*	161
第六节 水资源保护的内容、步骤及措施	167
课外知识	172
思考题	174
参考文献	174

第八章 水权、水价与水市场	175
第一节 水权基础知识	175
第二节 水权制度	181
第三节 水价	192
第四节 水市场	198
课外知识	204
思考题	208
参考文献	208
第九章 水资源规划	209
第一节 水资源规划的概念及意义	209
第二节 水资源规划应遵循的原则及指导思想	212
第三节 水资源规划的工作流程	215
第四节 水资源供需预测及供需平衡分析	218
第五节 水资源规划方案的比选与制定	234
第六节 水资源规划报告书编写	238
课外知识	241
思考题	243
参考文献	244
第十章 水资源管理	245
第一节 水资源管理的基本内容及工作流程	245
第二节 几个代表国家水资源管理体制介绍	248
第三节 水资源管理措施	250
第四节 水资源管理的组织体系	253
第五节 水资源管理的法规体系	258
第六节 水事活动与水事纠纷	265
第七节 我国现代水资源管理的新思想	267
第八节 水资源管理信息系统	270
课外知识	276
思考题	277
参考文献	277
第十一章 水资源学展望	279
第一节 水资源学主要内容的发展过程及研究现状	279
第二节 水资源学发展展望	296
思考题	298
参考文献	298

第一章 水资源学概论

水，是生命之源、生产之要、生态之基，是人类赖以生存和发展不可缺少的一种宝贵资源。确保水资源可持续利用，是实现经济社会可持续发展的重要前提条件。

水资源学是以研究水资源形成、转化、运动规律以及水资源开发、利用、规划、管理、保护等为主要内容的一门新兴分支学科；是水利工程学科、地球学科、自然资源学科、环境学科的重要组成部分。

本章将概述水资源学的基础内容，包括水资源的概念及特点，水资源学的形成、发展、研究对象、学科体系、研究方法以及本课程的任务和主要内容等。

第一节 水资源的概念及特点

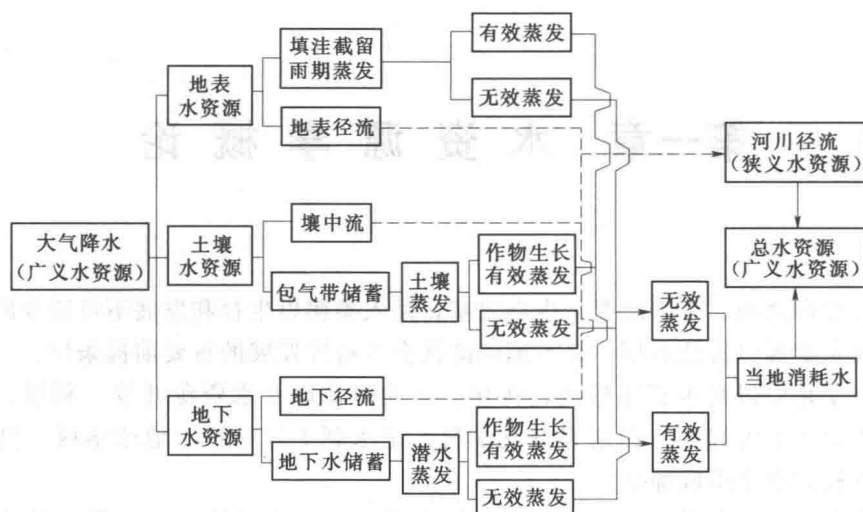
一、水资源的概念

水资源（water resources）是自然资源的一种，人们对水资源都有一定的感性认识。但是，水资源一词到底起源于何时？现在很难进行考证。一般认为，1894年美国地质调查局水资源处的成立，标志着“水资源”一词正式在官方出现并被广泛接纳。

水资源的含义十分丰富，对水资源概念的界定也是多种多样。一般，对水资源的定义有广义和狭义之分。广义的水资源，是指地球上水的总体，包括大气中的降水、河湖中的地表水、浅层和深层的地下水、冰川、海水等。如，在《英国大百科全书》中，水资源被定义为“全部自然界任何形态的水，包括气态水、液态水和固态水”。在《中国水利百科全书》（水文与水资源分册）中也有类似的提法，定义水资源为“地球上各种形态的（气态、液态或固态）天然水”^[1]。

狭义的水资源，是指与生态系统保护和人类生存与发展密切相关的、可以利用的、而又逐年能够得到恢复和更新的淡水，其补给来源为大气降水。该定义反映了水资源具有下列性质：①水资源是生态系统存在的基本要素，是人类生存与发展不可替代的自然资源；②水资源是在现有技术、经济条件下通过工程措施可以利用的水，且水质应符合人类利用的要求；③水资源是大气降水补给的地表、地下产水量；④水资源是可以通过水循环得到恢复和更新的资源^[2,3]。

对于某一流域或局部地区而言，水资源的含义则更为具体。广义的水资源就是大气降水，地表水资源、土壤水资源和地下水资源是其三大主要组成部分。狭义的水资源就是河川径流，包括地表径流、壤中流和地下径流。因为河川径流与人类的关系最为直接、最为密切，故常将它作为研究对象。水资源组成如图 1-1 所示，水资源转化关系将在第三章叙述。

图 1-1 水资源组成示意图^[4]

对于一个特定区域，其水资源主要有两种转化途径：①降水形成地表径流、壤中流和地下径流并构成河川径流，通过水平方向排泄到区外；②以蒸发的形式通过垂直方向回归到大气中。

水资源的表现形态有气态、液态和固态，存在形式有地表水（如河流、湖泊、水库、海洋、冰雪等）、地下水（潜水、承压水）、土壤水、大气水。

二、水资源的特点

水资源是人类和所有生物不可缺少的一种特殊的自然资源。它具有以下特点。

1. 流动性

自然界中所有的水都是流动的，地表水、地下水、土壤水、大气水之间可以互相转化，这种转化也是永无止境的，没有开始也没有结束。这一特性是由水资源自身的物理性质决定的。也正是由于水资源这一固有特性，才使水资源可以再生和恢复，为水资源的可持续利用奠定物质基础。

2. 可再生性

自然界中的水不仅是流动的，而且是可以补充更新的，处于永无止境的循环之中。这就是水资源的可再生性。具体来讲，水资源的可再生性是指水资源在水量上损失（如蒸发、流失、取用等）后和（或）水体被污染后，通过大气降水和水体自净（或其他途径）可以得到恢复和更新的一种自我调节能力。这是水资源可供永续开发利用的本质特性。

3. 多用途性

水是一切生物不可缺少的资源。不仅如此，人类还广泛地利用水，使水有多种用途，比如，工业生产、农业生产、水力发电、航运、水产养殖等用水。人们对水的多用途性的认识随着其对水资源依赖性增强而日益加深，特别是在缺水地区，为争水而引发的矛盾或冲突时有发生。这是人类开发利用水资源的动力，也是水被看做一种极其珍贵资源的缘由，同时也是人水矛盾产生的外在因素。



4. 公共性

水是流动的,不能因为水流经本地区就认为水归本地区所有,要把水资源看成是一种公共资源,这是由水资源的自然属性决定的。另外,许多部门、许多行业都使用水,也要求把水资源看成是一种公共资源,这是由水资源的社会属性决定的。2002年10月1日施行的《中华人民共和国水法》第三条明确规定,“水资源属于国家所有。水资源的所有权由国务院代表国家行使”;第二十八条规定,“任何单位和个人引水、截(蓄)水、排水,不得损害公共利益和他人的合法权益”。

5. 利与害的两重性

水是极其珍贵的资源,给人类带来很多利益。但是,如果水的汇集过快(如暴雨洪水)、过多(如洪涝)时,又会给人类带来灾害。人们常说,水是一把双刃剑,比金珍贵,又凶猛于虎。这就是水的利与害的两重性。人类在开发利用水资源的过程中,一定要“用其利、避其害”。

6. 有限性

虽然水资源具有流动性和可再生性,但它同时又具有有限性。这里所说的“有限性”是指,“在一定区域、一定时段内,水资源量是有限的,即不是无限可取的”。从全球情况来看,地球水圈内全部水体总储存量达到13.86亿 km^3 ,绝大多数储存在海洋、冰川、多年积雪、两极和多年冻土中,现有的技术条件很难利用。便于人类利用的水只有0.1065亿 km^3 ,仅占地球总储存水量的0.77%。也就是说,地球上可被人类所利用的水量是有限的。从我国情况来看,我国国土面积960多万 km^2 ,多年平均河川径流量为27115亿 m^3 。在河川径流总量上仅次于巴西、俄罗斯、加拿大、美国、印度尼西亚。再加上不重复计算的地下水资源量,我国水资源总量大约为28124亿 m^3 。总而言之,人类每年从自然界可获取的水资源量是有限的。这一特性对我们认识水资源极其重要。以前,人们认为“世界上的水是有限的”,从而导致人类无序开发利用水资源,并引起水资源短缺、水环境破坏的后果。事实说明,人类必须保护有限的水资源。

第二节 水资源学的形成和发展

一、水资源学的概念

人类在长期水事活动过程中,逐步形成了有关水资源的专业知识和经验。但在相当长的时间内,有关水资源的知识和经验常融合在其他已建立的学科中^[5,6],如水文学、地理学、自然资源学、环境学等。自20世纪中期以来,随着经济社会高速发展,人口过快增长,水资源问题日益突出,并直接影响到社会发展和人类的生存环境,也受到国际社会的高度重视,极大地促进学术界的研究热情,逐步形成了自成体系的水资源学。

水资源学(water resources science)是在认识水资源特性、研究和解决日益突出的水资源问题的基础上,逐步形成的一门研究水资源形成、转化、运动规律及水资源合理开发利用基础理论并指导水资源业务(如水资源开发、利用、保护、规划、管理)的知识体系。



二、水资源学的研究内容

水资源学包括相互交叉、相互联系的三方面内容：

①是对水资源的基本认识。包括对水资源概念、概况以及水资源形成、转化、利用基本知识的认识。这是水资源学的认识基础，也是学习水资源学的基础或入门。具体来说，就是要先对水资源的形成、转化、运动机理以及水资源在地球上的空间分布及时程变化规律、再生规律有一个初步认识。这是进一步学习水资源学基本理论、学习水资源开发、利用、保护、规划、管理等实践环节的基础；

②是水资源学的基本理论。这是水资源学成为一门学科的理论支撑，包括水量平衡原理、水质迁移转化原理、水资源价值理论、水资源优化配置理论、水资源可持续利用理论、人水和谐理论。这是水资源学这门学科的理论支撑；

③是对水资源工作主体内容的介绍。包括水资源评价、水资源保护、水权水价与水市场、水资源规划与水资源管理等。这些内容是水资源学服务于人类社会的重要理论方法及应用实践。

三、水资源学的发展过程

人类在生存和发展的实践中，特别是在与水灾、旱灾作斗争的过程中，不断对水资源进行认识和探索，获得和积累了大量有关水资源方面的专业知识和经验。在不断认识和积累经验的基础上，吸取其他基础科学的思想、理论、方法，才逐步形成水资源学。可以说，水资源学的发展经历了由萌芽到成熟、由定性到定量、由经验到理论的过程，大致分为三个阶段。

1. 萌芽阶段（20 世纪中期以前）

人类在相当长的历史时期内，为了生活和生产的需要，开始对水资源的特性、数量、规律进行认识、观察，并在一定程度上对水资源规律进行了定性描述、经验积累、推理解释。但是，由于这个时期人们的认识能力有限，对自然界水资源了解不够，也不可能上升到水资源学理论的高度上，因此这一漫长的发展过程仅仅称得上是水资源学的起源或萌芽阶段。

尽管这一漫长阶段还没有形成水资源学，但是通过人类的长期生产实践，获得和积累了大量的有关水资源方面的知识和经验，为后来水资源学的形成奠定了基础。

2. 形成阶段（20 世纪中期至 90 年代）

随着科学技术的迅速发展以及人类对水资源认识的不断积累，一些与水资源相关的知识和经验开始不断融合到其他相近已建学科中，如水文学、地理学、自然资源学、环境学等。从 20 世纪中期开始，出现的水资源问题越来越突出，对水资源的认识也越来越深刻，并发现了一些水资源学的基本原理，从而奠定了水资源学的基础，到 90 年代基本形成了水资源学体系。

在此阶段，随着水问题的凸显，特别是饱受干旱和洪水灾害的教训，人们对水资源的一些看法也出现重大转变，例如从早期“水资源是取之不尽，用之不竭”的观点，转变为“水资源是有限的，需要在开发利用中加以保护”的认识等，并逐步重视水资源的评价、规划、管理等工作，丰富了水资源学的内容。陈家琦、王浩于 1995 年在中国水利水电出版社出版了第一本关于水资源学的专著《水资源学概论》，标志着我国水



资源学的形成。

3. 兴起阶段 (20 世纪 90 年代末至今)

20 世纪 90 年代以来,一方面,随着计算机技术的发展遥感及信息技术的应用,一些新理论和边缘学科的不断渗透,水资源研究增添了许多新的技术手段、理论与方法,由此也派生出许多新的学科分支,丰富了水资源学理论;另一方面,由于人类改造世界的能力不断增强,活动范围不断扩大,再加上人口快速增长,出现了水资源短缺、环境污染、气候变化等一系列问题,这些问题或多或少与水资源有关,使水资源学面临更多的机遇与挑战,也促进了水资源学的蓬勃发展。

四、水资源学的主要进展

随着水资源问题的日益突出,人们探索水资源规律和解决水资源问题的紧迫性不断增加,再加上人类认识水平不断提高和科学技术飞速发展,人们对水资源问题的认识不断深入,极大地带动了水资源学的发展和学科体系的完善。自 20 世纪中期水资源学形成以来,其主要进展概括如下^[2]:

(1) 人们对水资源的认识从“取之不尽,用之不竭”的片面认识,逐步转变为对水资源的科学认识,逐步认识到“水资源开发利用必须与经济社会发展和生态系统保护相协调,走可持续发展的道路”。需要从水资源形成、转化和运动规律角度,来系统分析和看待水资源变化规律和出现的水资源问题,为人们解决日益严重的水资源问题奠定基础。这是水资源学发展的重要认识论进展。

(2) 随着实验条件的改善和观测技术的发展,水资源形成、转化和运动的实验手段和观测水平得到极大的提高,促进了人们对水资源规律的认识和量化研究水平的提高。通过实验分析,不仅掌握了水资源在数量上的变化,还可以定量分析水资源质量状况以及水与生态系统的相互作用关系。最近几十年来,人们做了大量的实验研究,极大地丰富了水资源学的理论和应用研究内容。这是水资源学发展的重要实验进展。

(3) 现代数学理论、系统理论的发展为水资源学提供了量化研究和解决复杂水资源问题的重要手段。随着经济社会发展,原本复杂的水资源系统经过人类的改造作用后变得更加复杂。针对这样复杂的水资源系统,面对水资源短缺、洪涝灾害、水环境污染等问题,又要满足生活、工业、农业、生态等多种类型的用水需求,必须借用现代数学理论、系统理论的方法。最近几十年来,随着现代数学理论、系统理论的不断引入,极大地丰富了水资源学的理论方法和研究手段。这是水资源学发展的重要理论方法进展。

(4) 随着现代计算机技术的发展,对复杂的数学模型可以求得数值解,对复杂的水资源系统可以寻找解决问题的途径和对策,可以多方案快速进行对比分析,可以建立复杂的量化模型,可以实时进行分析、计算和实施水资源调度。这些方法和手段既丰富了水资源学的内容,也促进了水资源学服务于社会的应用推广。这是水资源学发展的重要计算途径进展。

(5) 现代高新技术的快速发展并成功应用于水资源领域,大大促进水资源的研究和应用。现代信息通信技术、网络空间虚拟技术、数据库技术、计算机技术以及其他高新技术的应用,使得水资源实践朝着监测自动化、资料数据化、模型量化、决策智能化、管理信息化方向发展,极大地促进水资源学的研究水平和应用效率。这是水资源学发展的重要



技术方法应用进展。

(6) 以可持续发展、人水和谐等理论为指导,促进现代水资源规划与管理的发展。传统的水资源规划与管理主要注重经济效益、技术可行性和实施的可靠性。近几十年来,水资源规划与管理在观念上发生了很大变化,包括从单一性向系统性转变,从单纯追求经济效益向追求社会-经济-环境综合效益转变,从只重视当前发展向可持续发展战略转变。水资源可持续利用理论、人水和谐理论等在理论基础和实际应用方面的拓展,有效推动了水资源学的进一步发展。这是水资源学发展的重要应用研究进展。

第三节 水资源学的研究对象和学科体系

一、水资源学的研究对象

总体来讲,水资源学的研究对象是由水资源与人类社会所组成的复杂大系统,归纳起来有三个方面:①地球水资源本身,研究内容包括水资源形成、转化规律,水资源数量、质量评价等;②水资源与经济社会之间的关系与协调,研究内容包括经济社会发展需水预测、水资源合理配置、水资源规划方案优选、水资源管理措施实施、水资源价格制定等;③水资源与生态系统之间的关系与协调,研究内容包括生态需水计算、水资源保护规划与措施等。

二、水资源学的学科体系

根据水资源学的研究对象和研究内容,可以把本课程分成相互联系、相互促进的三部分,即“对水资源的基本认识”“水资源学的基本理论”“水资源工作主体内容”,组成水资源学学科体系,如图1-2所示,本书安排了11章。

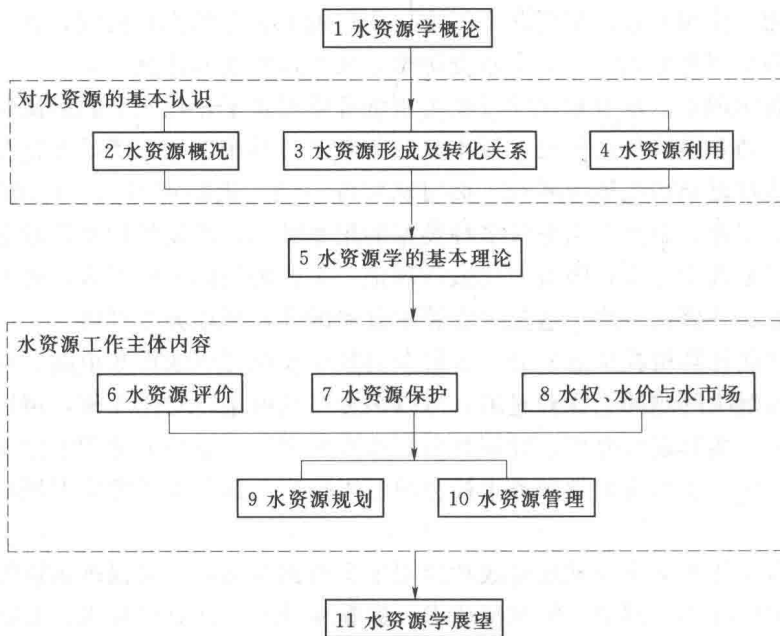


图1-2 水资源学学科体系及本书各章安排



第一部分，对水资源的基本认识。将介绍全球和我国的水资源状况、水资源形成过程和转化关系、水资源利用途径。这是学习水资源学的基础知识，也是对水资源状况和特性的初步认识，是学习后续章节的基础。

第二部分，水资源学的基本理论。将介绍水量平衡原理、水质迁移转化原理、水资源价值理论、水资源优化配置理论、水资源可持续利用理论、人水和谐理论等。这是水资源学的基础理论，也是后续章节学习水资源评价、水资源保护、水权水价与水市场、水资源规划与管理等内容的重要理论依据。

第三部分，水资源工作主体内容。将介绍水资源评价、水资源保护、水权水价与水市场、水资源规划、水资源管理方面的知识。这是水资源工作的主体内容，也是水资源学的主体内容，也是水资源学服务于人类社会的主要工作内容。

第四节 水资源学的特点和研究方法

一、水资源学的特点

水资源学不仅仅研究水资源本身，而且涉及与水资源有关的经济社会、生态系统以及它们之间的相互协调，研究的问题不仅仅有水资源问题，还有社会问题、环境问题，涉及的学科多、内容广。概括起来，有以下特点。

1. 需要多学科知识

水资源学需要的知识涉及水文学、社会学、经济学、环境学、化学、数学、系统科学、法学等。水资源学与水文学联系十分密切，水文学是水资源学的重要学科基础，水资源学是水文学服务于人类社会的重要应用方面。这将在本章第五节进行论述。水资源规划工作中，需要运用社会学、经济学知识，对经济社会发展规模进行详细论证，为水资源合理配置奠定基础；在水资源保护研究中，需要应用环境学、化学的知识；对水资源多种用途的相互协调问题，需要借助现代数学理论、系统科学理论的方法；面对水资源管理的复杂问题，需要借助水法、水土保持法、环境保护法等法学知识和水价制定等经济学手段，实现水资源管理的科学化、制度化。

2. 实践性很强

水资源学是一门直接服务于人类社会的学科，其产生就是为了解决水资源工作中遇到的实际问题，其主要工作内容就是解决现实中出现的水资源问题，如水资源配置、水价制定、水资源保护等。因此，水资源学是一门实践性很强的学科，需要在实践的基础上不断完善和发展，再反过来指导生产实践。

3. 伴随着人们认识水平、法律、政策的发展而发展

水资源学的发展不仅基于一定的基础理论，而且与人们的认识水平密切相关。比如，在水资源规划方面，是“以需定供”，还是“以供定需”？还是坚持可持续发展的思想？不同的思想意识形态，决定着水资源规划的水平，不断提高的认识水平推动着水资源学的发展。此外，水资源学的发展还与水管理政策、法律密切相关。比如，是坚持流域统一管理，还是分割管理？是坚持水量、水质、地表水、地下水统一管理，还是分散管理？这些水管理政策、法律法规反映出水资源管理的水平和层次。