

www.jccbs.com.cn
课件下载

普通高等院校环境科学与工程类系列规划教材

水资源利用

SHUIZIYUAN LIYONG

YU SHUIHUANJING BAOHU GONGCHENG

与水环境保护工程

主 编 侯晓虹 张聪璐

中国建材工业出版社

策划编辑：佟令玫

责任编辑：李春荣

封面设计： 汇和设计
TEL: 010-68361706

普通高等院校环境科学与工程类系列规划教材

环境工程学

环境学

环境生物学

环境监测

环境评价

水污染控制工程

大气污染控制工程

固体废物处理处置与资源化

物理性污染控制工程

能源与环境

环境化学

环境规划与管理

环境科学与工程专业英语

城市环境生态学

城市节水工程

城市水务管理

水环境实验技术

水资源利用与水环境保护工程

城市污水处理技术

污水生物处理新技术

上架建议：高校教材/环境科学与工程类

专·精·志·远

为您提供专业服务

网络直销部：010-88386906

编辑部：010-88364778

宣传推广部：010-68361706

网上书店：www.jcbs.com.cn

本社淘宝店：<http://shop111593615.taobao.com/>



www.jcbs.com.cn
免费课件下载



建材出版社微信公众号
zgjcgyCBS

ISBN 978-7-5160-1152-2



9 787516 011522 >

定价：49.80元

普通高等院校环境科学与工程类系列规划教材

水资源利用与水环境保护工程

主 编 侯晓虹 张聪璐

中国建材工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

水资源利用与水环境保护工程 / 侯晓虹, 张聪璐主

编. —北京: 中国建材工业出版社, 2015. 4

普通高等院校环境科学与工程类系列规划教材

ISBN 978-7-5160-1152-2

I. ①水… II. ①侯… ②张… III. ①水资源-资源利用-高等学校-教材②水环境-环境保护-高等学校-教材 IV. ①TV213. 4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 034084 号

内 容 简 介

本教材以我国“十二五”水资源利用发展目标为指导,以扩大读者的专业视野、增加技术参考价值为目的,系统地介绍了水资源利用与水环境保护工程的基本理论和方法。全书共分为9章,内容包括:绪论,水资源形成与水循环,水资源评价,水资源利用,水环境保护,节水技术,水资源再生利用,水环境保护新技术和水资源管理。

本书主要作为普通高等学校给水排水工程专业水资源利用与水环境保护工程课程的教材,同时也可以作为环境科学、环境工程、水利工程等专业相关课程的教学用书,以及作为相关专业技术人员和管理人员的参考用书。本书配有电子课件,可登录我社网站免费下载。

水资源利用与水环境保护工程

侯晓虹 张聪璐 主编

出版发行: **中国建材工业出版社**

地 址: 北京市海淀区三里河路1号

邮 编: 100044

经 销: 全国各地新华书店

印 刷: 北京鑫正大印刷有限公司

开 本: 787mm×1092mm 1/16

印 张: 19.5

字 数: 487千字

版 次: 2015年4月第1版

印 次: 2015年4月第1次

定 价: **49.80元**

本社网址: www.jcbs.com.cn 微信公众号: [zgjcgyCBS](https://www.weixin.com/qzjcgycbs)

本书如出现印装质量问题,由我社网络直销部负责调换。联系电话:(010) 88386906

本书编委会

主 编：

侯晓虹 沈阳药科大学

张聪璐 沈阳药科大学

参 编（按姓氏笔画）：

伦小文 沈阳药科大学

庄晓虹 辽宁大学

朱易春 江西理工大学

赵艳锋 辽宁石油化工大学

梁 宁 沈阳药科大学

前 言

水是人类及其他生物赖以生存的不可缺少的重要物质，也是工农业生产、社会经济发展和生态环境改善不可替代的极为宝贵的自然资源。然而，自然界中的水资源是有限的，人口增长与经济社会发展对水资源需求量不断增加，水资源短缺和水环境污染问题日益突出，严重地困扰着人类的生存和发展。水资源的合理开发与利用，加强水资源管理与保护已经成为当前人类为维持环境、经济和社会可持续发展的重要手段和保证措施。因此，编写能够全面系统介绍水资源利用与保护的基本原理、方法和原则及新技术、新发展的教材具有重要的现实意义。

本教材是在调研了国内外相关水资源开发、利用、保护和管理等方面的著作、教材、文献和政策法规的基础上编写的。全书共分为9个章节，系统地介绍了水资源利用与水环境保护的基本理论和方法，内容包括：绪论，水资源形成与水循环，水资源评价，水资源利用，水环境保护，节水技术，水资源再生利用，水环境保护新技术和水资源管理。作者在编写过程中注重理论性和实用性的统一，内容完整，模块清晰，简明易懂，部分章节引入了具体实例，以加深读者对内容的理解。同时，每章附有一定数量的思考题，便于读者把握学习重点。

本教材由沈阳药科大学侯晓虹、张聪璐主编，辽宁大学庄晓虹，江西理工大学朱易春，辽宁石油化工大学赵艳锋，沈阳药科大学梁宁、伦小文参加编写。其中，第1、2章由侯晓虹编写，第3章由梁宁编写，第4章由张聪璐编写，第5章由赵艳锋编写，第6章由朱易春编写，第7章由庄晓虹编写，第8、9章由伦小文编写。

教材中引用了许多国内外相关文献和资料，在此谨向这些

作者表示感谢。在参考文献中可能由于疏漏未能全部列出，对此表示深深的歉意。

在教材编撰过程中，由于内容涉及学科广泛，且限于编者水平，缺点和不足在所难免，敬请专家、读者批评指正。

编者
2015.3



中国建材工业出版社
China Building Materials Press

我们提供

图书出版、图书广告宣传、企业/个人定向出版、设计业务、企业内刊等外包、代选代购图书、团体用书、会议、培训，其他深度合作等优质高效服务。

编辑部
010-88364778

宣传推广
010-68361706

出版咨询
010-68343948

图书销售
010-88386906

设计业务
010-68361706

邮箱：jccbs-zbs@163.com

网址：www.jccbs.com.cn

发展出版传媒 服务经济建设

传播科技进步 满足社会需求

(版权专有，盗版必究。未经出版者预先书面许可，不得以任何方式复制或抄袭本书的任何部分。举报电话：010-68343948)

目 录

第 1 章 绪论	1
<hr/>	
1.1 水资源的含义及特性	1
1.1.1 水资源的含义	1
1.1.2 水资源的特性	2
1.2 水资源概况	4
1.2.1 世界水资源概况	4
1.2.2 中国水资源概况	5
1.3 水资源研究现状与发展趋势	7
1.4 水资源利用与水环境保护工程的任务和内容	9
习题与思考题	9
第 2 章 水资源形成与水循环	10
<hr/>	
2.1 水资源的形成	10
2.1.1 地表水资源的形成与特点	10
2.1.2 地下水资源的形成与特点	18
2.2 水循环	22
2.2.1 水循环的概念	22
2.2.2 地球上的水循环	23
2.2.3 水量平衡	26
2.2.4 我国水循环途径	27
习题与思考题	28
第 3 章 水资源评价	29
<hr/>	
3.1 概述	29
3.2 水资源量的计算与评价	30
3.2.1 水资源量的计算	30
3.2.2 水资源量的评价	34
3.2.3 区域水资源评价实例	56
3.3 水资源水质评价	60
3.3.1 水质指标体系	60
3.3.2 水质评价步骤与评价方法	61
3.3.3 地表水水质评价	63
3.3.4 地下水水质评价	66

3.4 水资源综合评价	69
3.4.1 水资源综合评价主要任务及程序	69
3.4.2 水资源综合评价原则	70
3.4.3 水资源综合评价方法	71
3.5 行业水水质标准及评价	73
3.5.1 生活饮用水水质标准和水质评价	73
3.5.2 工业用水水质标准及评价	80
3.5.3 农业用水水质评价	85
习题与思考题	90

第4章 水资源利用

4.1 水资源的开发利用现状	91
4.1.1 世界水资源开发利用现状	91
4.1.2 中国水资源开发利用现状	92
4.1.3 水资源面临的问题	94
4.2 水资源供需平衡	96
4.2.1 水资源供需平衡分析的意义	96
4.2.2 水资源供需平衡分析的原则	97
4.2.3 水资源供需平衡分析的方法	98
4.3 取水工程	114
4.3.1 水资源供水特征与水源选择	114
4.3.2 地表水取水工程	115
4.3.3 地下水取水工程	123
习题与思考题	125

第5章 水环境保护

5.1 水环境保护概述	126
5.1.1 水环境的概念	126
5.1.2 水环境问题的产生	126
5.1.3 水环境保护的任务和内容	127
5.2 水体污染与水环境监测	128
5.2.1 水体污染概述	128
5.2.2 水环境质量监测	135
5.2.3 水环境质量监测在水环境保护中的应用	143
5.3 水环境保护措施	143
5.3.1 水环境保护法律法规及管理体制建设	144
5.3.2 水环境保护的经济措施	145
5.3.3 水环境保护的工程技术措施	150
5.3.4 水环境保护规划	153
习题与思考题	157

第6章 节水技术

6.1 节水内涵及潜力分析	158
---------------------	-----

6.1.1	节水的含义	158
6.1.2	节水现状与潜力	159
6.1.3	节水型社会建设	162
6.2	城市节水	164
6.2.1	城市节水概述	164
6.2.2	节水指标及计算	164
6.2.3	城市节水措施	169
6.3	工业节水	172
6.3.1	工业用水概述	172
6.3.2	工业节水指标及计算	173
6.3.3	工业节水措施	176
6.4	农业节水	178
6.4.1	农业节水概述	178
6.4.2	农业灌溉节水指标及计算	179
6.4.3	农业节水措施	181
6.5	海水淡化	182
6.5.1	海水利用概述	182
6.5.2	海水利用技术	184
6.5.3	海水利用实例	186
6.6	雨水利用	187
6.6.1	雨水利用概述	187
6.6.2	雨水利用技术	190
6.6.3	雨水利用实例	195
	习题与思考题	196

第7章 水资源再生利用 197

7.1	水资源再生利用概述	197
7.1.1	水资源再生利用定义	197
7.1.2	水资源再生利用途径	198
7.1.3	水循环过程中的水资源再生	202
7.2	水资源再生处理技术	203
7.2.1	物理处理法	203
7.2.2	化学处理法	207
7.2.3	物理化学处理法	209
7.2.4	生物处理法	217
7.2.5	其他处理法	219
7.2.6	再生水处理新技术	222
7.3	再生水回用的方式与经济分析	224
7.3.1	再生水回用的方式	224
7.3.2	再生水回用的经济分析	225
7.4	污水再生利用的水质标准	227
7.4.1	城市杂用水水质标准	227
7.4.2	景观环境用水水质标准	227

7.4.3	工业用水水质标准	228
7.4.4	地下水回灌水质标准	229
7.4.5	农田灌溉用水水质标准	230
7.4.6	绿地灌溉水质标准	231
习题与思考题		233

第 8 章 水环境保护新技术

8.1	水环境修复概述	234
8.1.1	环境修复的概念与分类	234
8.1.2	水环境修复的目标、原则和内容	235
8.1.3	化学修复	237
8.1.4	物理修复	237
8.1.5	生物修复	240
8.1.6	生态修复	244
8.2	农村微污染水源保护与饮水安全	249
8.2.1	农村饮水安全现状	250
8.2.2	农村饮水安全存在的困难和问题	252
8.2.3	农村饮用水安全卫生评价指标体系	253
8.2.4	农村饮水安全措施	254
8.2.5	农村饮水中不同污染类型采取的净水技术或工艺	256
8.3	城市微污染水处理技术	258
8.3.1	预处理技术	258
8.3.2	强化常规处理技术	259
8.3.3	微污染水深度处理技术	261
8.3.4	微污染水体的处理新技术	263
8.3.5	污染地下水修复技术	265
8.3.6	国内外饮用水处理工艺简介	269
习题与思考题		269

第 9 章 水资源管理

9.1	水资源管理概述	271
9.1.1	水资源管理的概念	271
9.1.2	水资源管理的目标与原则	272
9.1.3	水资源管理的主要内容	274
9.1.4	水资源管理的手段	276
9.1.5	水资源管理与可持续发展	277
9.2	水质与水量管理	280
9.2.1	水资源的质与量的关系	280
9.2.2	地表水的水质和水量管理	280
9.2.3	地下水的水质和水量管理	281
9.3	水资源管理的法规体系	282
9.3.1	我国的水法规体系	283
9.3.2	水法规体系建设中存在的问题	286

9.3.3 完善水法规体系的建议	288
9.4 国外水资源综合管理经验	290
9.4.1 美国水资源管理	290
9.4.2 日本水资源管理	292
9.4.3 以色列水资源管理	295
9.4.4 荷兰水资源管理	295
习题与思考题	296
参考文献	297

第 1 章 绪 论

学 习 提 示

重点掌握水资源含义和主要特征,了解世界水资源和我国水资源概况,明确本课程的主要内容和任务。推荐学时 2 学时。

1.1 水资源的含义及特性

1.1.1 水资源的含义

水是人类及其他生物赖以生存的不可缺少的重要物质,也是工农业生产、社会经济发展和生态环境改善不可替代的极为宝贵的自然资源。水资源既是经济资源,也是环境资源。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,人们对水资源的涵义有着不同的见解,有关水资源的确切含义仍未有统一定论。

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“对于人类具有可利用性”这一特定的含义。

水资源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进行观测。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涵义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面广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。

1.1.2 水资源的特性

水资源是一种特殊的自然资源，它不仅是人类及其他生物赖以生存的自然资源，也是人类经济、社会发展必需的生产资料，它是具有自然属性和社会属性的综合体。

1. 水资源的自然属性

(1) 流动性

自然界中所有的水都是流动的，地表水、地下水、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。特别是地表水资源，在常温下是一种流体，可以在地心引力的作用下，从高处向低处流动，由此形成河川径流，最终流入海洋(或内陆湖泊)。

也正是由于水资源这一不断循环、不断流动的特性，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

由于自然界中的水处于不断流动、不断循环的过程之中，使水资源得以不断地更新，这就是水资源的可再生性，也称可更新性。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。不同水体更新一次所需要的时间不同，如大气水平平均每 8d 可更新一次，河水平平均每 16d 更新一次，海洋更新周期较长，大约是 2500 年，而极地冰川的更新速度则更为缓慢，更替周期可长达万年。

(3) 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。

(4) 时空分布的不均匀性

由于受气候和地理条件的影响，在地球表面不同地区水资源的数量差别很大，即使在同一地区也存在年内和年际变化较大、时空分布不均匀的现象，这一特性给水资源的开发利用带来了困难。如北非和中东很多国家（埃及、沙特阿拉伯等）降雨量少、蒸发量大，因此，径流量很小，人均及单位面积土地的淡水占有量都极少。相反，冰岛、厄瓜多尔、印度尼西亚等国，以每公顷土地计的径流量比贫水国高出 1000 倍以上。在我国，水资源时空分布不均匀这一特性也特别明显。由于受地形及季风气候的影响，我国水资源分布南多北少，且降水大多集中在夏秋季节的三四个月里，水资源时空分布很不均匀。

(5) 多态性

自然界的水资源呈现多个相态，包括液态水、气态水和固态水。不同形态的水可以相互转化，形成水循环的过程，也使得水出现了多种存在形式，在自然界中无处不在，最终在地表形成了一个大体连续的圈层——水圈。

(6) 环境资源属性

自然界中的水并不是化学上的纯水，而是含有很多溶解性物质和非溶解性物质的一个极其复杂的综合体，这一综合体实质上就是一个完整的生态系统，使得水不仅可以满足生物生存及人类经济社会发展的需要，同时也为很多生物提供了赖以生存的环境，是一种环境资源。

2. 水资源的社会属性

(1) 公共性

水是自然界赋予人类的一种宝贵资源，它是属于整个社会、属于全人类的。社会的进步、经济的发展离不开水资源，同时人类的生存更离不开水。获得水的权利是人的一项基本权利。2002 年 10 月 1 日起施行的《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”。

(2) 多用途性

水资源的水量、水能、水体均各有用途，在人们生产生活中发挥着不同的功能。人们对水的利用可分为三类，即：城市和农村居民生活用水；工业、农业、水力发电、航运等生产用水；娱乐、景观等生态环境用水。在各种不同的用途中，消耗性用水与非消耗性、低消耗性用水并存。不同的用水目的对水质的要求也不尽相同，使水资源具有一水多用的特点。

(3) 商品性

水资源也是一种战略性经济资源，具有一定的经济属性。长久以来，人们一直认为水是自然界提供给人类的一种取之不尽、用之不竭的自然资源。但是随着人口的急剧膨胀，经济社会的不断发展，人们对水资源的需求日益增加，水对人类生存、经济发展的制约作用逐渐显露出来。人们需要为各种形式的用水支付一定的费用，水成了商品。水资源在一定情况下表现出了消费的竞争性和排他性（如生产用水），具有私人商品的特性。但是，当水资源作为水源地、生态用水时，仍具有公共商品的特点，所以它是一种混合商品。

(4) 利害两重性

水是极其珍贵的资源，给人类带来很多利益。但是，人类在开发利用水资源的过程中，由于各种原因也会深受其害。比如，水过多会带来水灾、洪灾，水过少会出现旱灾；人类对水的污染又会破坏生态环境、危害人体健康、影响人类社会发 展等。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。

1.2 水资源概况

1.2.1 世界水资源概况

地球表面积约为 $5.1 \times 10^8 \text{ km}^2$ ，水圈内全部水体总储量达 $13.86 \times 10^8 \text{ km}^3$ 。海洋面积约为 $3.61 \times 10^8 \text{ km}^2$ ，占地球总表面积的 70.8%，海洋水量约为 $13.38 \times 10^8 \text{ km}^3$ ，占地球总储水量的 96.5%。海洋水因含盐量高，除极少量水体可作为冷却水外，很难直接为居民生活和工农业生产所用。地球上陆地面积约为 $1.49 \times 10^8 \text{ km}^2$ ，占地球总表面积的 29.2%，水量仅为 $0.48 \times 10^8 \text{ km}^3$ ，占地球总储水量的 3.5%。其中，淡水量仅为 $0.35 \times 10^8 \text{ km}^3$ ，占陆地水储量的 73%。分布于冰川、多年积雪、两极和多年冰土中的淡水量为 $0.24 \times 10^8 \text{ km}^3$ ，在现有技术下很难开发利用。人类可利用的淡水资源总量仅为 $0.11 \times 10^8 \text{ km}^3$ ，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。地球水储量见表 1-1。

表 1-1 地球水储量

水体种类	总水量		咸水		淡水	
	储量 / 10^8 km^3	占总储量 /%	储量 / 10^8 km^3	占总储量 /%	储量 / 10^8 km^3	占总储量 /%
海洋水	13.38	96.54	13.38	99.04	0	0
地表水	0.242541	1.75	0.000854	0.006	0.241687	69.0
其中：						
冰川与冰盖	0.240641	1.736	0	0	0.240641	68.7
湖泊水	0.001764	0.013	0.000854	0.006	0.00091	0.26