面向21世纪给水排水工程专业系列教材

张 杰 主审

水资源开发利用与保护

杨 开 主编



湖南大学出版社

面向21世纪给水排水工程专业系列教材

水资源开发利用与保护

杨　开　主　编
刘俊良　周　毅　副主编
张　杰　主　审

湖南大学出版社
2005年·长沙

内容简介

针对生活用水、工业用水及水生态环境要求，较为全面地介绍了在水的社会循环过程中，水资源开发利用与保护的工程技术原理与方法。主要内容包括区域水资源估算与评价，水环境质量标准体系，水环境质量模型，地表水取水工程，地下水取水工程，城市节水工程等。

本书为给水排水工程专业、水务工程专业的教学用书，也可供环境工程等相关专业师生以及业内工程技术与管理人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

水资源开发利用与保护/杨开主编. 长沙：湖南大学出版社，2005.1

(面向21世纪给水排水工程专业系列教材)

ISBN 7-81053-881-0

Ⅰ.水… Ⅱ.杨… Ⅲ.①水资源—资源开发—高等学校—教材 ②水资源—资源利用—高等学校—教材 Ⅳ.TV213

中国版本图书馆CIP数据核字(2004)第128353号

水资源开发利用与保护

Shuiziyuan Kaifa Liyong yu Baohu

主　　编：杨　开

责任编辑：卢　宇

特邀编辑：马　力

封面设计：张　毅

出版发行：湖南大学出版社

社　　址：湖南·长沙·岳麓山　　邮政编码：410082

电　　话：0731-8821691(发行部)，8821315(编辑室)，8821006(出版部)

传　　真：0731-8649312(发行部)，8822264(总编室)

电子邮箱：press@hnu.net.cn

网　　址：http://press.hnu.net.cn

印　　装：湖南大学印刷厂

总 经 销：湖南省新华书店

开本：787×1092　16开　　印张：18　　字数：461千

版次：2005年3月第1版　　印次：2005年3月第1次印刷　　印数：1—4 000册

书号：ISBN 7-81053-881-0/TV·3

定价：33.50元

版权所有，盗版必究

湖南大学版图书凡有印装差错，请与发行部联系

主任委员 施 周

副主任委员(以姓氏笔画为序)

邓德全 刘康怀 杨 开 张朝升

姜应和 俞 涛

委 员(以姓氏笔画为序)

卢 宇 许仕荣 任伯帜 刘晏平

何少华 余 健 吴学伟 陈治安

张克峰 金建华 柯水洲 袁玉梅

曹国凭 谢水波

前　言

本书是根据全国高等学校给水排水工程学科专业指导委员会关于教材编写的要求，以给水排水工程专业和水务工程专业为主要教学对象而编写的专业课教材。

随着社会经济的不断发展，水资源的开发利用与保护已不仅仅是一个工程技术的问题。如何合理开发、利用和保护水资源，实现水资源的可持续利用，已成为影响我国经济和社会发展的战略问题，是一项综合性很强的系统工程，涉及水利工程、市政工程、水务工程、环境工程、生态工程乃至社会学、经济学等诸多学科领域。本教材试图在建立水资源宏观概念及其可持续利用原则的基础上，以获取足够量的优质水资源为中心，重点介绍区域水资源估算及评价、污染物在水环境中的迁移、转换途径及模型、城市（镇）供水水源工程、城市节水等内容的基本概念、基础理论及工程技术方法。与现行同类教材相比，在内容上适度扩充了关于水法、区域水资源估算与评价、水资源价值与核算、水环境污染及数学模型、城市节水技术等方面的内容，针对性、综合性更强，更能适应当前城市水（务）工程业务的拓展及对从业技术人员知识结构的新要求。

各章节内容可根据实际教学要求取舍。标有＊号的章节主要作为参考资料使用。

根据国内“给水排水工程”和“水务工程”专业课程结构，本门课程必要的先修课程为“水力学”或“流体力学”、“水文学”、“供水水文地质”等相关课程。

全书由杨开、刘俊良、周毅主编，中国工程院院士张杰教授主审。第1章、第2章、第3章由杨开编写，第4章由周毅编写，第5章由刘俊良编写，吕斌、周刚、张荣勇、袁德玉、杨小俊等参加了本书的插图制做及文本校对等工作。在本书的编写过程中，引用了许多作者的成果，并得到了湖南大学出版社的关心和支持，兄弟院校的同行也对本书的编写工作提出了许多宝贵意见，在此一并表示衷心感谢。

由于作者水平有限，书中难免存在一些缺点或错误，敬请读者批评指正。

编著者

2004年9月

目　次

1　绪论

1.1　水资源定义及特性 …… (1)

1.2　水的自然循环与社会循环(侧支循环) …… (4)

1.3　《中华人民共和国水法》概要 …… (5)

1.4　水资源价值及核算的一般概念* …… (8)

1.5　世界及中国水资源概况* …… (9)

1.5.1　世界水资源概况 …… (10)

1.5.2　中国水资源概况 …… (11)

1.6　课程内容简介 …… (13)

参考文献 …… (13)

2　区域水资源估算与评价

2.1　水资源类别 …… (14)

2.2　区域水资源估算概述 …… (15)

2.2.1　区域水循环和水平衡 …… (15)

2.2.2　区域水资源量计算工作内容 …… (16)

2.3　河川径流量计算 …… (16)

2.3.1　影响年径流量及年内分配的因素 …… (17)

2.3.2　有长期径流资料时河川径流量的计算 …… (18)

2.3.3　有短期径流资料时河川径流量的计算 …… (26)

2.3.4　径流资料缺乏时河川径流量的估算 …… (30)

2.4　地下水资源估算 …… (32)

2.4.1　概述 …… (32)

2.4.2　山区地下水资源的计算 …… (33)

2.4.3　平原区地下水资源的计算 …… (37)

2.4.4　地下水水源地允许开采量的确定 …… (42)

2.5　区域水资源量的估算 …… (50)

2.5.1　多年平均水资源量计算 …… (50)

2.5.2　不同频率水资源总量的计算 …… (52)

2.5.3　水资源总量的平衡分析 …… (52)

2.6　入境与出境水量的计算 …… (53)

2.6.1　基本概念 …… (53)

2.6.2　多年平均及不同频率年入境、出境水量的计算 …… (54)

2.6.3　入境与出境水量的时空分布 …… (55)

2.7　水资源评价 …… (56)

2.7.1　地表水资源评价 …… (56)

2.7.2 地下水资源评价 …… (57)
2.7.3 总水资源评价 …… (61)
参考文献 …… (66)
3 水环境质量及水污染
3.1 水环境标准体系 …… (67)
3.1.1 水环境质量标准 …… (67)
3.1.2 水污染排放标准 …… (68)
3.1.3 水环境质量评价 …… (69)
3.2 水污染 …… (72)
3.2.1 水污染物质及危害 …… (73)
3.2.2 污染物在水体中的迁移与转换 …… (78)
3.3 水环境水质模型 …… (82)
3.3.1 水体水质基本模型 …… (82)
3.3.2 水体水质模型的应用 …… (83)
3.3.3 河流氧垂曲线方程——菲里普斯(Phelps)方程 …… (92)
3.3.4 湖泊、水库水体的水质模型 …… (97)
3.4 水环境容量 …… (98)
3.4.1 河流水环境容量的推算 …… (98)
3.4.2 湖泊、水库水环境容量的推算 …… (103)
3.5 水源的水质特点及状况 …… (104)
3.5.1 各种天然水源的水质特点 …… (104)
3.5.2 全国水资源水质状况 …… (105)
参考文献 …… (111)
4 取水工程
4.1 供水水源选择及卫生防护 …… (112)
4.1.1 给水水源选择 …… (112)
4.1.2 水资源的合理利用 …… (114)
4.1.3 给水水源防护 …… (114)
4.2 地表水资源取水工程 …… (116)
4.2.1 地表水取水构筑物分类、特征及其适用条件 …… (117)
4.2.2 江河特征与取水构筑物的关系 …… (118)
4.2.3 江河水取水构筑物位置的选择 …… (129)
4.2.4 江河固定式取水构筑物 …… (132)
4.2.5 江河移动式取水构筑物 …… (160)
4.2.6 湖泊和水库取水构筑物 …… (169)
4.2.7 山区浅水河流取水构筑物 …… (172)
4.2.8 海水取水构筑物 …… (179)
4.3 地下水资源取水工程 …… (180)
4.3.1 地下水取水构筑物分类、特征及其适用条件 …… (186)
4.3.2 管井构造、施工和管理 …… (189)

4.3.3 管井的设计与水力计算 …… (204)
4.3.4 井群互阻计算及分段取水井组 …… (220)
4.3.5 大口井、辐射井和复合井 …… (228)
4.3.6 渗渠 …… (239)
参考文献 …… (245)
5 城市节水概论
5.1 城市节水考核指标及体系 …… (246)
5.1.1 城市节水考核指标 …… (246)
5.1.2 工业节水指标体系 …… (248)
5.1.3 城市节约用水指标体系 …… (249)
5.2 城市节水潜力分析及节水措施 …… (250)
5.2.1 工业节水潜力分析及节水措施 …… (250)
5.2.2 生活节水潜力分析与措施 …… (252)
5.2.3 城市污水资源化 …… (253)
5.2.4 城市雨水的调蓄利用 …… (256)
5.2.5 沿海城市的海水利用 …… (261)
5.2.6 城市节水规划 …… (262)
参考文献 …… (262)
附 录
附表 1 地表水环境质量标准基本项目标准限值(GB 3838—2002) …… (263)
附表 2 集中式生活饮用水地表水源地补充项目标准限值单位(GB 3838—2002) …… (264)
附表 3 集中式生活饮用水地表水源地特定项目标准限值(GB 3838—2002) …… (264)
附表 4 地下水质量分类指标(地下水质量标准 GB/T 14848—1993) …… (265)
附表 5 海水水质标准(GB 3097—1997) …… (266)
附表 6 水质分级标准(生活饮用水水源水质标准 CJ 3020—1993) …… (267)
附表 7 景观娱乐用水水质标准(GB 12941—1991) …… (268)
附表 8 渔业水质标准(GB 11607—1989) …… (269)
附表 9 农田灌溉水质标准(GB 5084—1992) …… (270)
附表 10 基本控制项目最高允许排放浓度(日均值)(城镇污水处理厂污染物排放标准 GB 18918—2002) …… (271)
附表 11 部分一类污染物最高允许排放浓度(日均值)(城镇污水处理厂污染物排放标准 GB 18918—2002) …… (271)
附表 12 选择控制项目最高允许排放浓度(日均值)(城镇污水处理厂污染物排放标准 GB 18918—2002) …… (271)
附表 13 第一类污染物最高允许排放浓度(污水综合排放标准 GB 8978—1996) …… (272)
附表 14 第二类污染物最高允许排放浓度(污水综合排放标准 GB 8978—1996) …… (272)

1 绪　论

质量良好的淡水既是基础性自然资源，又是战略性经济资源，是综合国力的有机组成部分。水问题将严重影响21世纪全球社会经济发展，并可能导致国家之间的矛盾和冲突。由于人均占有量和时空分布条件均不理想，中国水资源的合理配置和高效(节制)利用对国家战略目标的实现尤为重要。

我国是一个水资源贫乏的国家，水资源总量约 2.8×10^{12} m³，人均占有的水资源量约2 200 m³，只有世界人均占有量的1/4。近20年来，伴随着国民经济的持续高速发展和城市化进程的加快，水资源短缺、水环境污染等问题日益突出。目前，全国668座城市中，有400多座城市缺水，年缺水量约 60×10^{8} m³；全国有近50%的河段、90%的城市水域受到不同程度的污染，北方一些地区已到了"有河皆干，有水皆污"的境地。根据中国工程院《中国可持续发展水资源战略研究报告》，全国目前缺水总量为 $300\times10^{8}\sim400\times10^{8}$ m³，到2030年国民经济需水总量将增加 $1\,400\times10^{8}$ m³；1997年全国废污水排放总量为 584×10^{8} m³，到2030年全国城市污水排放量将增加到 $850\times10^{8}\sim1\,060\times10^{8}$ m³。

由此可见，中国的水资源短缺，不仅有量的匮乏，还有(水)质的"匮乏"。如何合理开发、利用和保护水资源，实现水资源的可持续利用，已成为影响我国经济和社会发展的战略问题，是一项综合性很强的系统工程，涉及水利工程、市政工程、环境工程、生态工程乃至社会学、经济学等诸多学科领域。

1.1 水资源定义及特性

水是一种重要的资源。"资源"是一个经济学概念，一般专指自然资源。

《辞海》中把资源概括为"资财的来源，一般指天然的财源"，把"自然资源"定义为"天然存在的自然物，不包括人类加工制造的原料，如土地资源、矿藏资源、水利资源、生物资源和海洋资源等。是生产的原料来源和布局的场所"；《中国大百科全书》(1991)中的定义为："资源，一般指自然界存在的天然物质财富，包括地下资源、地上资源和空间资源。"

1970年联合国出版的有关文献指出：人在其自然环境中发现的各种成分，只要能以任何方式为人类提供福利的都属于自然资源；1972年联合国环境规划署(UNEP)指出：所谓自然资源是指在一定条件下，能够产生经济价值以提高人类当前和未来福利的自然环境因素的总称。

《不列颠大百科全书》中定义自然资源为人类可以利用的自然生成物，以及生成这些成分的环境功能。前者包括土地、水、大气、岩石、矿物及其群体森林、草地、矿产和海洋等，后者则指太阳能、生态系统的环境机能、地球物理化学的循环机能等。

以上关于资源的定义尽管文字描述各异，但具有几个相同的基本点：

①资源是自然的，但又具有社会经济属性，是生产要素；有足够的可资利用的"数量"和"质

量"。

②能为人类社会提供福利或舒适的环境，是有价值的。

③资源形态有物质的(如矿物)，也有非物质的(如环境)，或兼而有之(如水资源，其物质形态表现为人类生存所不可或缺的"水"，其非物质形态表现为地球生态系统更不可或缺的"水环境")。

④尽管资源的客观存在是"绝对"的，但对其主观的认同却是"相对"的(有用的自然物才是资源)，因而受社会经济技术发展水平的限制，是一个随"时"、"空"动态变化的概念，水资源尤其如此。如过去对于雨、洪水、城市污水而言强调的是"排"，而现在考虑的则是如何"蓄"与"用"，如何实现"污水资源化"。

值得注意的是，资源的"自然"性只是一个相对的概念，对于某些资源，已无纯"天然"可言，如水、空气、森林和环境，人类社会活动在很大程度上已干预并参与了其中的自然循环过程。尽管如此，我们仍视其为自然资源。

水资源的定义可由自然资源定义直接引申出来，但时至今日还没有一个统一的描述。如2002年10月1日起施行的《中华人民共和国水法》(以下简称《水法》)将水资源定义为"地下水和地表水"；联合国教科文组织(UNESCO)和世界气象组织(WMO)共同制定的《水资源评价活动——国家评价手册》中则定义水资源为"可以利用或有可能被利用的水源，具有足够数量或可用的质量，并能在某一地点为满足某种用途而可被利用"。

一般认为，水资源概念具有广义和狭义之分。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；狭义上的水资源则是指人类在一定的经济技术条件下能够直接使用的淡水。除特别说明外，本教材所指的是狭义上的水资源。

与矿产资源相比，水资源除了"直接"使用的功能外，还具有重要的环境生态功能。它不停地运动着，积极参与自然环境和社会环境中一系列物理的、化学的和生物的过程。由于其特有的开放性及溶解性，是一种对人类社会影响最大、同时又最受人类社会活动影响、最容易被滥用与损害(污染)、最"活跃"的自然资源。就工程学及经济学而言，水资源除具有资源的一般共性外，还表现出独有的特殊性：

①不可替代性：水是一切生命形式生存与发展不可或缺的物质，是不可替代的，具有重要的生态环境价值。其他资源，如石油、矿产等，可以有别的替代品，但水是不可替代的。若地球上没有了水，地球就会成为没有生命的星球，人类也就失去了生存和发展的基础。

②循环性与可再生性：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，它是在循环中形成并能得到再生的一种动态资源。水循环系统是一个庞大的水资源系统，水资源在被开采利用后，能够得到大气降水的补给，处在不断的开采、补给、消耗、恢复的循环之中。

③稀缺性：尽管水资源是可再生的，而且地球上有2/3的面积覆盖着水，但人类可以利用的淡水资源却十分有限，只占全球总水量的2.576%，其中包括为维持整个生态系统平衡而不能动用的生态基量。因此，对于人类不断增长的需求而言，水资源是稀缺的或将成为稀缺的。相对于需求而言，水资源的稀缺性主要表现在水量、水质、支付意愿(或经济承受能力)和水环境四个方面：a. 水资源绝对量的稀缺，即资源性缺水，如我国北方地区。b. 虽然有足够多的水量，但水质不满足用水要求，如海水、苦咸水或污染严重的水，即水质型缺水；或缺少足量的满足水质要求的水。c. 就现有技术水平而言，水的量与质的稀缺一般可以通过工程方法加以解决，如远距离调水、海水淡化和对水的深度处理等，但有时因为这类水的开发利用技术难度太

大或成本太高，因而人们不愿意投入。d.水资源是一种生态环境资源。

稀缺性是现代经济学的一个重要概念。在西方经济学中，稀缺性是评判一种资源的价值要素之一。历史上，许多自然资源曾经被视为自由取用物品，随着社会的发展和技术的进步，人类利用自然资源的能力越来越强，因而可自由取用的物品种类也越来越少。新鲜空气和自然界中的水曾经被视为自由取用物品，但随着污染的加剧和使用量的增加，在许多地方，新鲜的空气和水都已成为稀缺性的资源。

④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，且极不均匀。在空间上，全球水资源的分布表现为，大洋洲的径流模数为 51.0 L/s·km²，澳大利亚仅为 1.3 L/s·km²，亚洲为 10.5 L/s·km²，最高的和最低的相差数倍甚至数十倍。我国水资源在区域上的分布同样极不均匀。总的来说，东南多，西北少；沿海多，内陆少；山区多，平原少。在时间上，受水文随机规律的影响，在同一地区中，不同时间分布的差异性很大，有丰水年、平水年和枯水年之分，一年之内也有丰、枯水期，一般夏多冬少。

⑤利用的多样性和综合性：水资源是广为人类社会经济活动所利用的资源，具有利用的综合性与多功能性。水资源利用往往涉及城乡及厂矿企业供水、防洪、除涝、水土保持、航运、养殖、观光、水力发电、农田灌溉、水环境保护等，而且有时各种目标混在一起，难以兼顾与协调。

⑥利害双重性：水存在利害双重性。从其自然属性来看，水是维持人类社会生存不可缺少和不可替代的物质资源，同时，水又是一种环境资源，是生态系统中最活跃的因子，是自然界能量转换和物质运输的主要载体，这是水利的一面。但水灾（多）、水荒（少）、水害（污染）也给人类带来了巨大的灾害。目前世界上存在的严重的环境问题中，几乎所有的陆地生态系统问题都与水有关。水作为载体参与污染物在环境中的运输和扩散，并造成了自身水体的恶化。

对人类的开发利用而言，水资源也具有利害双重性。若水资源开发利用合理，则水资源不仅能满足人类的需求，美化环境，还可促进人类社会的可持续发展。但若开发不当，则将造成严重的水环境问题，如海水入侵、地下水位下降、地面沉降、河道淤积等，最终将使人类失去生存的家园。

⑦公共性与非公共性：公共物品两个最基本的性质是：供给的普遍性和消费的非排他性，这两种性质可能同时存在，却不一定相互依存。尽管我国《水法》第三条规定"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。农村集体经济组织的水塘和由农村集体经济组织修建管理的水库中的水，归各农村集体经济组织使用"，但现实中水资源仍被视为公共物品，至少目前是这样。由于水资源开发利用常常是多目标的，这些目标混合着公共商品和私人商品的性质，给水资源开发利用的政府干预及市场运行带来很大困难。在水资源利用活动中各种目标或用途混杂在一起，造成不同目标之间的不同公共程度。以水利工程为例，我们假定水库具有防洪、灌溉、发电、城乡供水、旅游、水土保持、排涝、除螺等功能，则以此水库提供的商品和服务的公共性来讲，防洪、旅游、水土保持、排涝、除螺等属于公共商品，对所有的组织、群体及个人开放；对于灌溉、发电、城乡供水等活动来讲，既具有公共商品的性质，又具有高消耗和低排他性，就整个流域而言，还是"可减少"的。如黄河上游对黄河水资源过量的、近乎掠夺性的开发直接减少了下游地区的可资用水量乃至使之断流，导致河口地区黄河三角洲生态环境恶化。

⑧水资源利用中的外部不经济性及其特点：天然水体不仅是供体，往往也是污（废）水的受纳体。由于其公共性、流动性和化学活性，很容易受到社会经济活动、尤其是水资源利用活动中的外部不经济性影响。与固体废弃物污染不同，这种外部性往往是"不可减少"的。如甲把

垃圾倒在乙的院子里，那么垃圾就只对乙产生危害。在这个例子中，只有一个外部损害，而且外部性的受害者是明显的，同时由于这一受害者受到污染而"减少"了他人受到类似的污染。水污染则不同，即使只是点污染源，其影响的范围也不只是一个点域，而是整个周边、下游流域乃至海洋。一个厂搞臭一条河、几个厂污染一条江的实例在我国不胜枚举。对于上游区域，其经济活动的不经济性主要是对下游区域而言的，在通常情况下，往往缺乏自律的主动性与积极性，需要采用经济手段加以控制。

在水资源的开发利用及管理中，这些特点尤其值得注意。

1.2 水的自然循环与社会循环(侧支循环)

地球生态圈中存在两种类型的水循环系统，即水的自然循环系统和水的社会循环或人工侧支水循环系统(图 1-2-1)。

一般而言，自然循环是水资源获得再生的主要途径，但当人工侧支水循环的影响强度足够大时，就会引起天然水文循环时空分布的"秩序"出现不同程度的紊乱，引起流域尺度上的一系列资源、生态和环境效应，致使水资源在局部地区和部分时段出现"量"与"质"的衰退现象，形成特有的水量消耗和水质劣变规律，对区域的可持续发展产生重要影响。

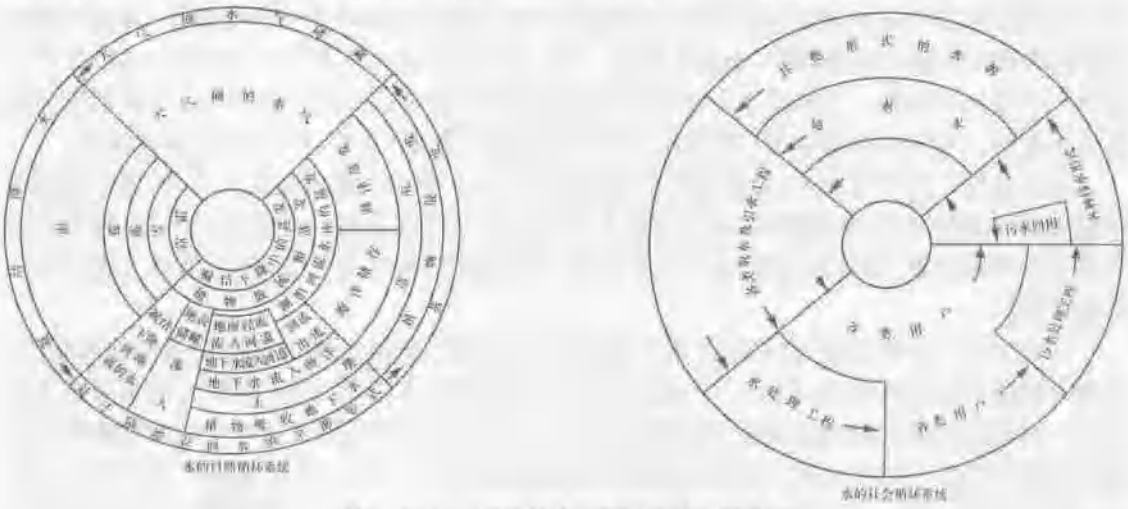


图 1-2-1 水的自然循环系统和社会循环系统

以河北省内部水循环演变为例：北京市官厅水库的入流均来自河北省。20 世纪 50 年代官厅水库 10 年平均的年入库水量为 20.2×10^8 m³，60 年代减少为 13.4×10^8 m³，70 年代再减少到 8.4×10^8 m³，80 年代更减少到 4.6×10^8 m³，90 年代的 8 年平均值仅为 3.9×10^8 m³。且入库来水已不能满足灌溉用水水质标准，丧失了供水水源的地位。

由于水的社会循环已成为水循环的一个重要组成部分，国内有些专家学者形象地将水资源的合理利用归纳为"借水"、"洁水"和"节水"。由于人类社会只是向大自然"借水"使用，最终还将还水于大自然，因此，从这个意义上说，水资源的"自然"性已深深打上了人类社会经济活动的烙印，其利用的可持续性成为经济社会可持续发展的基础。

所谓可持续发展，按照国际上通常的解释，就是"既满足当代人的需要，又不对后代人满足其需要的能力构成危害的发展"。这是 20 世纪 70 年代，生态环境学家由全球生态危机日益加

深，认识到通过（自然资源的）高消耗追求经济数量增长和“先污染后治理”的传统发展模式已不再适应当今和未来发展的要求，主张在环境价值观基础上建立抑制环境稀缺性的机制，合理配置与高效利用自然资源，转变发展模式，使人口、经济、社会、环境和资源相互协调地发展而提出的一个关于发展的全新概念。这种关于重新调整人类社会经济行为与自然环境关系的战略范式，在20世纪80年代初被联合国授权成立的世界环境与发展委员会在文件中正式采用，并相继为包括我国在内的世界上大多数国家所普遍认同。

可持续发展思想源远流长。我国古书《逸周书·大聚篇》就记有大禹的话：“早春三月，山林不登斧，以成草木之长。夏三月，川泽不入网罟，以成鱼鳖之长。”《吕氏春秋》中也有“竭泽而渔，岂不获得，而明年无鱼”的评述。西方最早的可持续发展思想也可上溯到马尔萨斯和达尔文。可见这种人类社会经济行为和经济社会发展对自然生态系统需求的无限性，与自然生态系统满足这种需求及资源更新能力的有限性与脆弱性所构成的生态经济复合系统的基本矛盾，始终伴随着人类的社会经济行为历程，并呈日益突出的趋势。

实现水资源的持续利用，是水资源开发利用与保护的基本原则与实践模式。在我国，这一原则与模式已为《中华人民共和国水法》以法律的形式确定下来。

1.3 《中华人民共和国水法》概要

鉴于水资源开发利用与保护的特殊性，并随着国家法律制度的不断完善，任何水工程实践除了项目本身的技术性与经济性外，还必须符合相关法律的要求。因此，水工程技术或水（务）管理人员了解与掌握相关法律法规，特别是《水法》的基本法律条文及其精神是非常必要的。

《水法》最初于1988年1月21日经第六届全国人民代表大会常务委员会审议通过，同年7月1日施行。这部法律的实施，对规范水资源的开发利用行为、保护水资源、防治水害、促进水利事业的发展，发挥了积极的作用。其后，针对《水法》实施以来出现的一些新情况和新问题，在总结《水法》实施以来实践经验，并研究、借鉴国外水资源管理立法经验的基础上，对《水法》进行了修订，并于2002年10月1日起颁布实施（俗称新《水法》）。新《水法》明确了我国水资源的发展战略，即以水资源的可持续利用支撑经济社会的可持续发展，按照建立社会主义市场经济体制和水资源可持续利用的要求，进一步加强了对水资源的统一管理，突出节约用水，强化水资源的合理配置和保护，促进水资源的综合开发、利用，健全执法监督机制，为实现水资源的可持续利用，改善生态环境提供了有力的法律保障。

《水法》由总则、水资源规划、水资源开发利用、水资源、水域和水工程保护、水资源配置和节约使用、水事纠纷处理与执法监督检查、法律责任和附则8部分组成。本节重点对水资源的权属、水资源管理体制、水资源开发利用、水资源规划、水资源的配置和使用、水资源的有偿使用和转让、节约用水、水资源保护等相关法律规定作概要介绍。

（1）水资源的权属

鉴于水资源日益紧缺与跨省水污染形势日趋严峻，迫切需要强化国家对水资源的宏观管理，加强省际的水量分配、跨流域调水、跨省水污染防治和合理配置水资源。解决这一问题的关键在于进一步明确水资源属于国家所有，强调国务院代表国家行使水资源所有权。因此，《水法》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。”“农村集体经济组织所有的水塘、水库中的水，归各农村集体经济组织使用。”（第三条）

（2）水资源管理体制

水资源是一种动态的、多功能的自然资源，同时又是生态与环境的重要组成部分，地表水、地下水相互转化，城乡水资源密不可分。按照水资源的自身规律和我国水资源短缺的实际，实现水资源的可持续利用，必须强化水资源的统一管理，坚持流域管理，实行水资源统一管理与水资源开发、利用、节约、保护工作相分离。《水法》规定："国家对水资源实行流域管理与行政区域管理相结合的管理体制。""国务院水行政主管部门在国家确定的重要江河、湖泊设立的流域管理机构（以下简称流域管理机构），在所管辖的范围内行使法律、行政法规规定的和国务院水行政主管部门授予的水资源管理和监督职责。""县级以上地方人民政府水行政主管部门按照规定的权限，负责本行政区域内水资源的统一管理和监督工作。"（第十二条）同时，为了充分发挥建设部门、环保部门、经贸部门等有关部门在水资源开发、利用、节约和保护方面的作用，《水法》规定："国务院有关部门按照职责分工，负责水资源开发、利用、节约和保护的有关工作。""县级以上地方人民政府有关部门按照职责分工，负责本行政区域内水资源开发、利用、节约和保护的有关工作。"（第十三条）

（3）水资源规划

水资源规划是开发、利用、节约、保护水资源和防治水害的重要依据。但长期以来，水资源规划一直没有得到应有的重视，需要通过立法进一步加强。因此，《水法》专设一章，规定了全国水资源战略规划、江河流域（区域）规划以及水资源论证制度等一系列水资源配置的法律制度，要求开发、利用、节约、保护水资源和防治水害要按照流域、区域统一制定规划，明确了水资源规划的法律地位。《水法》就规划的种类、制定权限与程序、规划的效力和实施等问题作了具体规定，规范和强化了水资源规划的制定与执行。

规划分为流域规划和区域规划。流域规划包括流域综合规划和流域专业规划；区域规划包括区域综合规划和区域专业规划。

所谓综合规划，是指根据经济社会发展需要和水资源开发利用现状编制的开发、利用、节约、保护水资源的总体布置；所谓专业规划，是指防洪、治涝、灌溉、航运、供水、水力发电、竹木流放、渔业、水资源保护、水土保持、防沙治沙、节约用水等规划。

"流域范围内的区域规划应当服从流域规划，专业规划应当服从综合规划。"（第十五条）

（4）水资源开发利用

"开发、利用水资源，应当首先满足城乡居民生活用水，并兼顾农业、工业、生态环境用水以及航运等需要。在干旱和半干旱地区开发、利用水资源，应当充分考虑生态环境用水需要。"（第二十一条）"地方各级人民政府应当结合本地区水资源的实际情况，按照地表水与地下水统一调度开发、开源与节流相结合、节流优先和污水处理再利用的原则，合理组织开发、综合利用水资源。"（第二十三条）

（5）水资源的配置和使用

为了加强对水资源开发、利用的宏观管理，合理配置水资源，规范水资源分配行为，减少用水矛盾，使社会经济的发展与水资源状况相适应，《水法》确立了水的中长期供求规划制度，规定："水中长期供求规划应当依据水的供求现状、国民经济和社会发展规划、流域规划、区域规划，按照水资源供需协调、综合平衡、保护生态、厉行节约、合理开源的原则制定。"（第四十四条）建立跨行政区域的水量分配方案和旱情紧急情况下的水量调度预案制度，规定："水量分配方案和旱情紧急情况下的水量调度预案经批准后，有关地方人民政府必须执行。"（第四十五条）并规定："县级以上地方人民政府水行政主管部门或者流域管理机构应当根据批准的水量分配方案和年度预测来水量，制定年度水量分配方案和调度计划，实施水量统一调度；有关地

方人民政府必须服从。""国家确定的重要江河、湖泊的年度水量分配方案，应当纳入国家的国民经济和社会发展年度计划。"(第四十六条)"国家对用水实行总量控制和定额管理相结合的制度。"(第四十七条)

(6) 水资源的有偿使用和转让

根据我国现行法律、行政法规的规定，直接从江河、湖泊取水的单位和个人，应当缴纳水资源费；使用供水工程的水，应当缴纳水费。为了进一步发挥市场机制的作用，体现水的商品属性，为建立合理的水价机制创造条件，实现水资源的合理配置，调动社会各界办水利和用水户节水的积极性，减少水资源的浪费，《水法》规定："国家对水资源依法实行取水许可制度和有偿使用制度。但是，农村集体经济组织及其成员使用本集体经济组织的水塘、水库中的水除外。国务院水行政主管部门负责全国取水许可制度和水资源有偿使用制度的组织实施。"(第七条)

(7) 节约用水

针对目前全社会节水意识和节水管理工作薄弱、水价偏低、用水浪费严重、水的重复利用率低的问题，《水法》规定："国家厉行节约用水，大力推行节约用水措施，推广节约用水新技术、新工艺，发展节水型工业、农业和服务业，建立节水型社会。""各级人民政府应当采取措施，加强对节约用水的管理，建立节约用水技术开发推广体系，培育和发展节约用水产业。""单位和个人有节约用水的义务。"(第八条)"国家对用水实行总量控制和定额管理相结合的制度。"(第四十七条)"用水实行计量收费和超定额累进加价制度。"(第四十九条)"工业用水应当采用先进技术、工艺和设备，增加循环用水次数，提高水的重复利用率，逐步淘汰落后的、耗水量高的工艺、产品和设备。"(第五十一条)"推广节水型生活用水器具，降低城市供水管网漏失率，加强城市污水集中处理，鼓励使用中水，提高污水再生利用率。"(第五十二条)

(8) 水资源保护

针对目前水污染未能得到有效控制，河流污染严重，湖泊富营养化日益突出，地下水超采严重，一些河流枯竭，生态环境恶化，水质与水量管理、水污染防治与水资源综合开发、利用衔接不够等问题，《水法》规定："县级以上人民政府水行政主管部门、流域管理机构以及其他有关部门在制定水资源开发、利用规划和调度水资源时，应当注意维持江河的合理流量和湖泊、水库以及地下水的合理水位，维护水体的自然净化能力。"(第三十条)按照流域综合规划、水资源保护和经济社会发展要求，拟定所辖水域的功能区划，并"应当按照水功能区对水质的要求和水体的自然净化能力，确定该水域的纳污能力，向环境保护行政主管部门提出该水域的限制排污总量意见"，从而使江河水质保护建立在水资源承载能力的基础上。同时，还"应当对水功能区的水质状况进行监测，发现重点污染物排放总量超过控制指标的，或者水功能区的水质未达到水域使用功能对水质的要求的，应当及时报告有关人民政府采取治理措施，并向环境保护行政主管部门通报"(第三十二条)。

"国家建立饮用水水源保护区制度。省、自治区、直辖市人民政府应当划定饮用水水源保护区，并采取措施，防止水源枯竭和水体污染，保证城乡居民饮用水安全。"(第三十三条)"在地下水严重超采地区，可以划定禁止开采区；在沿海地带开采地下水，要采取措施，防止海水入侵。"(第三十六条)

从总体上看，目前我国水资源已处于过度开发利用的状态，《水法》从鼓励、支持水资源的开发利用转向水资源的合理配置和有效保护是必然的选择。新《水法》的实施将在协调各业、各方在用水中的利益、实施用水总量控制、强化节水和保护水域生态环境，实现水资源的可持续利用等方面发挥重要作用。

1.4 水资源价值及核算的一般概念*

100 多年来，自然资源的稀缺性一直是经济学研究的主题之一。但是直到环境问题开始威胁人类自身的生存之后，经济学家才真正全面、认真、深入地思考这一问题，认识到自然资源是有价值的。现代经济学为环境和自然资源分析提供了一种思想方法和分析工具，导致近 30 年来，形成了环境经济学、资源与环境经济学等自然科学与社会科学相互结合、交叉渗透的经济学边缘分支，尝试采用现代经济学方法解决资源短缺与环境问题。

根据现代经济学理论，资源价值及价值量由其"有用性"和"稀缺性"以及隐含其"后"的人类社会劳动所决定。因此，资源的消长是社会财富消长的重要组成部分，获得和使用资源应付资源费，由于社会经济活动而对环境与资源造成的外部不经济，应付补偿费。合理确定资源价值，是充分运用市场机制和经济手段有效配置资源，走资源高效利用和资源节制型经济发展道路的基础。

水是维系社会经济持续发展的重要自然资源，水资源价值就是其量与质的货币形式量化值，反映了水资源开发与使用过程中的全部社会成本。因为水资源是国民财富的重要组成部分，水资源价值的提出，使水资源可以资本的形式参与社会的生产与消费，对于有效地促进稀缺性的水资源在代内及代际间高效而公平的配置，以及实现将水资源实物总量及实物消耗变量(以价值量形式)纳入国民经济核算体系，具有重要的现实意义。

国民经济核算是指在一定范围和一定时间内，对国民经济的人力、物力、财力、资源及其利用所进行的计量；对生产、分配、交换、消费所进行的计量；对经济运行中形成的总量、速度、比例、效益所进行的计量。

目前，国际上通行的国民经济核算体系有两种，一种是物质平衡表体系(MPS：System of Material Products Balances)。它最早是在原苏联产生和发展起来的，我国过去就是采用这种体系。另一种是国民账户体系，它是许多西方国家在长期开展收入统计的基础上发展起来的，后被联合国修订成为新的国民账户体系(SNA：System of National Accounts)。我国现行体系是基于 MPS 和 SNA 两大体系优点综合而成的，其中，引入国民生产总值(GNP：Gross National Product)是其最显著的特征。1992 年，我国国民经济核算体系又进行了新的改革，用国内生产总值(GDP：Gross Domestic Production)代替国民生产总值并以此作为主要的核算指标。

作为社会发展和国家福利状况评价体系，无论是 SNA 体系、MPS 体系或我国现行的核算体系，衡量经济增长的指标都是 GNP(或 GDP)。但它通常只对市场化的产出进行衡量，既不反映经济增长导致的生态破坏、环境恶化和资源代价，也未计及非商品劳务的贡献，并且不能反映投资的取向。资源空心化、环境污染、国民生活质量下降的现实可能为国民生产总值增加、经济繁荣的虚幻景象所掩盖。因而有人将国民生产总值戏称为国民总污染(GNP：Gross National Pollution)。自 20 世纪 80 年代中期以来，越来越多的国家和组织认识到，这些不利的影响将会削弱未来经济增长的基础。为此，需要建立一个综合的资源环境与经济核算体系来监控整个国民经济的运行，并开展了自然资源核算或环境核算及其纳入国民经济核算体系的理论、方法的研究，以及实施方案的探索与实践。

在 1994 年国务院通过的《中国 21 世纪议程》第 4 章中，明确提出建立综合的经济与资源环境核算体系的行动目标，以改善我国长期和短期发展政策的协调，并使之成为协调经济发展

与自然资源持续利用和保护的一种有效手段。我国的资源核算研究始于1987年(见李金昌等所著《资源经济新论》),其主要目的是建立资源核算理论,提出资源评估和定价方法,分析国内有关资源价格以及国际上同类资源的可比价格,最后提出如何把资源核算纳入国民经济体系的方法及自然资源的价格政策,目前已建立了基本的理论框架,并取得了大量的研究成果,受到国内外的广泛关注。

1.5 世界及中国水资源概况*

地球表面积约 5.1×10^8 km^2,水圈内全部水体总储量达 13.86×10^8 km^3。海洋面积 3.61×10^8 km^2,占地球总表面积的70.8%,海洋水量为 13.38×10^8 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35 g/L),除极少量水体可作为冷却水外,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 1.49×10^8 km^2,占地球总表面积的29.2%,水量仅为 0.48×10^8 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,淡水量为 0.35×10^8 km^3,占陆地水储量的73%。其中的 0.24×10^8 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 $0.106\,5\times10^8$ km^3,占淡水总量的30.4%,主要分布在600 m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1-5-1。世界各大洲水资源分布状况见表1-5-2。

表1-5-1 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	1 338 000 000	96.54	1 338 000 000	99.54	0	0
地表水	24 254 100	1.75	85 400	0.006	24 168 700	69.0
冰川与冰盖	24 044 100	1.736	0	0	24 064 100	68.7
湖泊水	176 400	0.013	85 400	0.006	91 000	0.26
沼泽水	11 470	0.000 8	0	0	11 470	0.033
河流水	2 120	0.000 2	0	0	2 120	0.006
地下水	23 700 000	1.71	12 870 000	0.953	10 830 000	30.92
重力水	23 400 000	1.688	12 870 000	0.953	10 530 000	30.06
地下冰	300 000	0.022	0	0	300 000	0.86
土壤水	16 500	0.001	0	0	16 500	0.05
大气水	12 900	0.000 9	0	0	12 900	0.04
生物水	1 120	0.000 1	0	0	1 120	0.003
全球总储量	1 385 984 600	100	1 350 955 400	100	35 029 200	100