



普通高等教育“十一五”精品规划教材

水资源规划与管理

董增川 主编

SHUIZIZIYUAN GUIHUA YU GUANLI



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

普通高等教育“十一五”精品规划教材

水资源规划与管理

董增川 主编



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书系统介绍了区域水资源评价、水需求预测、水资源供需分析、水资源合理配置的基本理论与计算方法、水资源综合规划、运行调度和综合管理的基本原则与主要内容，并简要介绍了水资源可持续利用及水资源承载能力的概念、评价指标与评价方法。

本书可作为高等学校水文水资源、水利工程及相关专业本科生教材及研究生教学用书，也可供从事水资源评价、规划、调度与管理的科研人员、管理人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

水资源规划与管理 / 董增川主编. —北京：中国水利水电出版社，2008

（普通高等教育“十一五”精品规划教材）

ISBN 978 - 7 - 5084 - 4206 - 8

I. 水… II. 董… III. 水资源管理 IV. TV213.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2008）第 090290 号

书 名	普通高等教育“十一五”精品规划教材 水资源规划与管理
作 者	董增川 主编
出版发行	中国水利水电出版社（北京市三里河路 6 号 100044） 网址：www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话：（010）63202266（总机）、68367658（营销中心）
经 售	北京科水图书销售中心（零售） 电话：（010）88383994、63202643 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京市地矿印刷厂
规 格	184mm×260mm 16 开本 11 印张 261 千字
版 次	2008 年 7 月第 1 版 2008 年 7 月第 1 次印刷
印 数	0001—4000 册
定 价	18.00 元

凡购买我社图书，如有缺页、倒页、脱页的，本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

前言

水资源是人类赖以生存和发展的最基本的物质条件，是生态系统中最活跃和影响最广泛的因素。因此，水资源的可持续利用是人类社会可持续发展的基础和保障。

天然状态下的水资源在时间上和空间上的分布是不均匀的，与人类社会经济发展用水和自然生态与环境用水的要求往往不相一致。为此，需要利用各种措施，从供给与需求两个方面对水资源进行调节，以协调社会经济发展与生态与环境用水的需要。水资源就是研究水资源评价、水需求预测、水资源合理配置与水资源规划、调度、管理的基本理论与技术方法的一门科学。

水资源学是一门既古老又年轻的科学，到目前为止，还没有比较成熟的体系可以借鉴。本书试图在国内外众多研究成果的基础上，归纳整理出水资源规划与管理的基本框架。本书共分9章。第1章，包括水资源的概念、类型及属性，中国及全球水资源分布及特点；第2章，包括地表水资源评价、地下水资源评价的方法，水质评价的方法及水资源可利用量的概念；第3章，包括需水类型的划分，生活、生产及生态需水的预测方法；第4章，包括供需分析的概念，可供水量的计算方法，供需分析的计算方法及三次供需分析的概念；第5章，包括水资源优化配置的概念、目标、原则和手段，基于宏观经济的水资源配置模型和面向可持续发展的水资源配置模型；第6章，包括水资源综合规划的目标、原则与主要规划内容，水资源综合规划方案的形成，水利工程建设布局安排、规模选择与建设次序制定；第7章，包括水资源系统运行调度的基本概念、数学模型及基本方法；第8章，包括水资源管理的目标、原则及手段，水资源管理的法规体系、管理体制、市场机制及技术体系；第9章，包括水资源可持续利用的概念，水资源可持续利用程度的评价及实现水资源可持续利用对策，并简要介绍了水资源承载力的概念。第2、3、4、5章主要介绍水资源评价、利用、规划和管理的基本理论与计算方法；第6、7、8章主要介绍水资源综合规划、运行调度和综合管理的基本原则及方法；第9章介绍水资源开发利用的可持续性，以保障区域可持续发展。

本书承蒙纪昌明教授审阅，提出许多宝贵意见，特此致谢。本书编写过程中，得到了钟平安、张秀菊、王海潮、陈康宁、崔瑞红等的大力帮助，参考了大量中外专家的研究成果，一并表示谢意。

由于作者水平有限，恳请大家不吝指正。

作 者

2008 年 5 月

目录

前言

第 1 章 绪论	1
1.1 资源的概念及分类	1
1.2 水资源的内涵与类型	4
1.3 水资源的属性	6
1.4 世界与我国水资源情况	8
1.5 水资源问题与挑战	11
第 2 章 水资源评价	16
2.1 水资源评价的概念及分类	16
2.2 地表水资源量计算	17
2.3 地下水资源量计算	28
2.4 区域水资源总量计算	35
2.5 区域水质分析评价	36
2.6 区域水资源评价指标	41
2.7 水资源可利用量	42
第 3 章 水资源需求预测	44
3.1 需水的概念及分类	44
3.2 生活需水	46
3.3 工业需水	47
3.4 建筑业和第三产业需水	53
3.5 农业需水	54
3.6 河道内生产需水	59
3.7 生态需水	59
3.8 综合需水分析与计算	72
第 4 章 水资源供需分析	73
4.1 供需分析的概念	73
4.2 水利工程可供水量计算	73
4.3 区域供水量的计算	78

4.4	区域水资源供需分析方法	87
4.5	区域水资源供需平衡	89
第5章	水资源优化配置	91
5.1	水资源优化配置的概念	91
5.2	基于经济效益的水资源优化配置	94
5.3	基于宏观经济的水资源优化配置	97
5.4	面向可持续发展的水资源优化配置	106
5.5	水资源配置模式	109
第6章	水资源综合规划	111
6.1	综合规划的概念	111
6.2	综合规划方案的设置	116
6.3	综合规划方案的优选	116
第7章	水资源系统运行调度	123
7.1	运行调度的概念	123
7.2	运行调度的确定性模型	125
7.3	运行调度的随机模型	131
第8章	水资源综合管理	134
8.1	水资源管理的概念	134
8.2	水资源管理的组织体制	138
8.3	水资源管理的法规体系	139
8.4	水资源管理的经济机制	143
8.5	水资源管理的技术体系	151
8.6	水资源管理决策支持系统	151
8.7	国外水资源综合管理经验	152
第9章	水资源可持续利用	155
9.1	水资源可持续利用概述	155
9.2	水资源可持续利用评价	158
9.3	水资源承载能力	166
参考文献		169

第 1 章 绪 论

1.1 资源的概念及分类

1.1.1 资源的概念

“资源”的概念源于经济学科，是作为生产实践的自然条件和物质基础提出来的，具有实体性。资源可以说无处不在，却无统一定义。《辞海》中的解释是“资财之源，一般指天然的财源”。英文里的“资源”一词为 Resource，前缀 Re 含有“再”的意思，source 表示来源。资源是由人们发现的有用途和有价值的物质，由于资源具有量、质、时间和空间等多种属性，因而它应当是一个动态的概念。由于人们研究领域和研究角度的不同，对资源的概念存在不同的理解。通常从广义、狭义两个层次进行解释。

广义而言，人类在生产、生活和精神上所需求的物质、能量、信息、劳力、资金和技术等“初始投入”均可称为资源。即在自然界和人类社会中，有用物就是资源，无用物自然是非资源。关于广义资源的概念，历史上早有涉及。英国的威廉·配第曾经指出“土地是财富之母，劳动是财富之父”。因此，人类社会财富的创造不仅来源于自然界，而且还来源于人类社会，资源不仅包括物质的要素，也包括非物质要素。

狭义的资源仅指自然资源，联合国环境规划署（UNEP）对资源下的定义是“一定时间条件下，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”。显然这里的资源只是自然资源，而且还排除了那些目前进行开采、在经济上还不合算，但在技术上能够加以开采的那部分矿产资源，以及目前无法开垦利用，但却有观赏、猎奇、考察研究等功能，能作为旅游资源的沙漠、冰雪覆盖地等。

资源是个历史范畴，同时又是社会的产物。随着经济发展和社会进步，资源的内涵和外延也在不断扩展、深化。早在原始社会末期，社会生产力的不断发展及私有制的形成为天然物产作为商品进行交换创造了条件，人们开始意识到自然物质是“资财的源泉”，从而逐步形成了自然资源的概念。随着认识水平和科学技术的进步，某些先前未被发掘的自然物质逐渐被人们发现和利用，自然资源的种类和范畴都得到了扩充。自然资源的概念也相应发生了变化，不仅仅指可用于人类生产和生活部分的自然资源，还包括能给予人类精神享受的自然环境部分。旅游资源的开发利用即是其中具有代表性的一例。近年来高科技所兴起的电子计算机、生物工程、新材料、新能源、光导纤维、海洋工程等新兴技术的发展，更加丰富了资源的内涵。智力资源、信息资源、技术资源、管理资源都纳入了资源的范畴，并占据着越来越重要的地位。

20 世纪 40 年代即第二次世界大战以后，世界人口急剧增加，工业和城市迅速发展，人类对自然资源的开采也达到了空前绝后，经济的增长是以对资源的大量消耗为代价的。

这种掠夺性的行为使陆地上的自然资源承受着空前的压力，许多资源面临枯竭，全球性的“资源危机”威胁着人类的命运。现代经济社会的迅猛发展还带来非常严重的环境问题，环境的恶化已经严重阻碍了经济的发展，威胁着人类的生存。因此合理地开发利用自然资源，协调经济效益、生态效益和社会效益三者之间的关系就显得异常重要。

综上所述，资源是在一定历史条件下，人类开发利用以提高自己福利水平或生存能力的、具有某种稀缺性的、受社会约束的各种要素或事物的总称。其根本性质是社会化的效用性和相对人类需求的稀缺性。

1.1.2 资源的分类

资源按其属性可分为自然资源和社会资源两大类。

1.1.2.1 自然资源

自然资源是一定社会技术条件下，能够产生生态价值或经济效益，以提高人类当前或可预见未来生存质量的自然物质和自然能量的总和。

1. 自然资源的分类

从不同的角度、标准，自然资源可有如下分类：

(1) 产业分类。产业分类是传统的自然资源分类系统，按自然资源在不同产业部门中所占的主导地位笼统划分为农业资源、工业资源、能源、旅游资源、医药卫生资源、水产资源等。根据联合国粮农组织（FAO）划分法，水资源划分在农业资源内。

(2) 物理特性分类。自然资源按物理特性可分为物质资源与能量资源两大类，或者按功能分为原材料与能源两大类，能源又可进一步分为一次能源和二次能源。水资源划归物质资源，而其中水能资源又可划归到能量资源。

(3) 再生性特性分类。按再生性特征，自然资源可分为再生资源和非再生资源两大类，水资源属于再生资源。再生也是有限度的，超越限度将不能再生，非再生也是相对于人类历史时期而言的，不是相对于地质时期的。

(4) 限制特征分类。按限制特性，自然资源分为流量资源（气候资源、生物资源、旅游资源、土地资源等，表现为流量限制）和存量资源（矿产资源、能源等，表现为储量限制）。

(5) 生成特性分类。按生成特性，自然资源分为自然生成的资源和生成环境的资源。

自然生成：土、水、气、岩石、矿物、生物。

生成环境：太阳能、地球物理及生态学循环功能。

(6) 地理特性分类。按形成条件、组合状态、分布规律及其地理环境各圈层之关系等地理特性，自然资源分为矿产资源（岩石圈）、土地资源（土圈）、水利资源（水圈）、生物资源（生物圈）和气候资源（大气圈）、海洋资源（海洋圈）等六大类。

(7) 资源环境统计体系。我国对资源环境的统计将资源分为矿产资源、土地资源、水资源、海洋资源、森林资源、草地资源、野生动物资源、再生资源和环境统计等九大类。

2. 自然资源的特点

(1) 多功能性。多功能性是指任何一种自然资源都有多种用途。例如，水资源既可用于农业，也可用于工业、航运、旅游以及美化环境等。同一种资源可作为不同生产过程的投入因素，不同行业对同一种资源存在着投入需求；自然资源的多用性为人类利用资源提

供了不同用途的可能性，人类在利用时，可根据社会、经济、科学技术以及环境保护等因素，还有资源本身可供利用的广度和深度，实行综合开发、综合利用和综合治理，以达到最优配置。

(2) 区域性。区域性是指资源地域分布的不平衡性。自然资源的地域分布受太阳辐射、大气环流、地质构造和地表形态结构等因素的影响，因此其分布存在明显的区域差异。又因影响自然资源地域分布的因素基本上是恒定的，在特定条件下必定对应着特定的自然资源区域，所以，其区域分布也有一定的规律性。例如我国水资源南多北少，而能源南少北多。从世界范围来看，资源的分布也是不均匀的，全世界煤炭总量的 87% 分布在美国、中国和前苏联三大国，储量约占世界总储量 58% 的石油集中在波斯湾石油沉积盆地。

自然资源的区域性特点要求人们在开发利用资源方面应以因地制宜为原则，充分考虑区域、自然环境和社会经济特点，使自然资源的开发利用和保护兼有经济效益、环境效益和社会效益。

(3) 整体性。整体性是指每个地区的自然资源要素彼此有生态的联系，形成一个整体。只要其中一个要素有变化，就会引起一连串的连锁反应，从而影响到整个自然资源系统。再生资源的整体性表现的较为突出。例如，森林资源除经济效益外，还具有含蓄水分、保持土壤的环境效益，若森林资源遭到破坏，不仅会导致河流含沙量的增加，引起洪水泛滥，而且使土壤肥力下降，土壤肥力的下降又进一步促使植被退化，甚至沙漠化，从而又将使动物和微生物剧减。

总之，在不同时间、空间条件下，各种资源是按不同比例、不同关系联系在一起的。从而形成不同的组合结构，构成不同的生态系统。

(4) 有限性。有限性是自然资源最根本的特性。资源的有限性有两层含义：第一，任何资源在数量上是有限的。资源的有限性在不可再生资源中尤其突出。不可再生是相对于人类而言的，如任何一种矿产资源的形成不仅需要有一定的地质条件，还必须经过千百万年或上亿年的漫长物理、化学、生物作用过程。第二，可替代资源的品种也是有限的。如作为人类生存必备条件的氧气和淡水至今仍未找到可以替代的资源。

资源是有限的。有限的资源就希望人类能懂得珍惜。在利用资源时必须从长计议，坚持资源的可持续发展观。

1.1.2.2 社会资源

社会资源指除自然资源外的其他所有资源的总称。社会资源包括人力资源、智力资源、信息资源、技术资源和管理资源。

(1) 人力资源。人力资源指人口中那些已经成年并具有和保持正常劳动力的人，它以人口为基础，由一定数量的具有劳动技能的劳动者构成。

(2) 智力资源。智力资源指开发利用物质资源及开发创造知识资源的科技人员和管理人员。

(3) 信息资源。信息资源指可供利用并产生效益的一切信息的总称，是一种非实体资源，普遍存在于自然界、人类社会和人类的思维领域内。

(4) 技术资源。技术资源指人们用来创造社会财富的各种现实技术和潜在技术。现代

科学技术是实现资源生态、经济、发展的第一要素资源。

(5) 管理资源。管理资源指管理与人力、物力、财力等资源相结合在经济增长和社会发展过程中所起的作用。

社会资源具有易变性、不平衡性、社会性及继承性等特点。

1.2 水资源的内涵与类型

1.2.1 水资源的内涵

近40年来,“水资源”一词在我国广泛流行,但对其内涵,却仁者见仁,智者见智,尚无公认的定论。究其原因,主要是:不同部门、不同行业对水资源的理解有差异;水的表现形式多种多样,如地表水、地下水、降水、土壤水等,且相互之间可以转化;水的物理、化学性质具有较强的地域性,它至少包含水量和水质两方面,这两方面在自然因素或社会因素影响下是可变的;水资源的开发利用,受自然因素、社会因素、经济因素、环境因素等多种因素的影响和限制,水资源利用效率,由于上述诸多因素的影响是在不断地发生变化的;水资源系统是一个复杂的耦合系统,它涉及到众多的学科,如数学、物理学、化学、生物学、地学、气象学、水文学、地质学等,并且与人类社会发展和生存环境相结合。

在国外,较早采用“水资源”这一概念的是美国地质调查局。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的观测。1963年,英国通过了水资源法,在该法中将水资源定义为“具有足够数量的可用水”。1965年,美国通过了水资源规划法案,同时成立了水资源理事会(Water Resources Council),此时水资源具有浓厚的行业内涵。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”。此定义被广泛引用,这与英国大百科全书权威性有很大关系。1977年联合国教科文组织建议“水资源应指可资利用或有可能被利用的水源,这个水源应具有足够的数量和可用的质量,并能在某一地点为满足某种用途而可被利用”。

我国开发利用水资源具有悠久的历史,逐渐形成了比较完整且具有中国特色的水利科学体系。公元前250年左右,秦代李冰在四川省灌县修建了解决成都平原水旱灾害的举世闻名的都江堰水利工程就是明显的一例。长期以来,水利界人士一直认为水利就是兴水利、除水害。在西方国家文字中,暂时还找不到与我国“水利”一词完全相对应的较贴切的译文。因此,我国水利与水资源两词并行,具有一定的历史背景。随着时间的发展,西方的“水资源”也越来越具有“水利”意义。

水是自然界的一个重要组成部分,也是人类生活和生命的依靠。水作为资源来看,由前面关于资源的论述,须是有经济价值和使用价值的。故水资源可定义为:“地球上目前和近期人类可直接或间接利用的水量,是自然资源一个重要组成部分,为人类生产和生活中不可缺少的资源。”

对水资源定义的理解可有广义和狭义之分。

广义的水资源,指地球上水的总体。自然界中的水以固态、液态和气态的形式,存在于地球表面和地球岩石圈、大气圈、生物圈之中。因此,广义水资源包括:地面水体,指

海洋、沼泽、湖泊、冰川、河水等；土壤水和地下水，主要存在于土壤和岩石中；生物水，存在于生物体中；气态水，存在于大气圈中。地球水的总储量约为 13.86 亿 km^3 ，其中海洋水占 96.5%；淡水储量仅为总储量的 2.53%，约为 0.35 亿 km^3 。淡水储量中绝大部分为冰盖、冰川和深层地下水，人类真正能够利用的是江河湖泊以及地下水的一部分，仅约占地球总水量的 0.26%。由此可见地球上广义水资源量是非常巨大的，但是，在如此巨大的水资源中我们人类能够利用的水资源，即淡水资源却极其有限。

狭义水资源，指逐年可以恢复和更新的淡水量，即大陆上由大气降水补给的各种地表、地下淡水的动态量，包括河流、湖泊、地下水、土壤水、微咸水。在水资源分析与评价中，常利用河川径流量和积极参与水循环的部分地下水作为水资源量。

水资源的定义是随着社会的发展而发生变化的，它具有一定的时代烙印，并且出现了从非常广泛外延向逐渐明确内涵的方向演变的趋势。由于其出发点不同，相对于特定的研究领域而言，它们都具有合理的因素。从各个学科出发，水资源涵义非常明确，研究对象十分清楚，但是如果从宏观角度系统地认识水资源，水资源定义又很模糊，让人感到五花八门，难以掌握。同时我们还必须注意到，上述各种水资源的定义，基本上都是围绕着水的形态、利用、水量等展开论述，很少涉及水资源的质即水质。然而，水质对于水资源而言，是十分重要的，如果不考虑水质而研究水资源，必将导致水资源开发利用的失误。

1.2.2 水资源的类型

广义的水资源包括地球上所有的水体，大体可分为地表水、地下水、土壤水、大气水、生物水几大类。其中地表水又包括江河水、湖泊水和冰川水。地下水按其埋藏条件主要分为潜水和承压水。

1. 地表水

江河水、湖泊水即指大江大河及湖泊中地表以上的水体。冰川水指冰川所含的水体。

2. 地下水

地下水包括潜水和承压水。

潜水是埋藏于地表以下第一稳定隔水层上，具有自由水面的地下水。它通过包气带与大气连通，潜水面为自由水面，不承受压力。潜水面与地面的距离为潜水埋藏深度，而潜水面与第一个稳定隔水层顶之间的距离则为潜水含水层厚度。

潜水的主要补给来源是降水和地表水，干旱沙漠地区尚有凝结水补给。当大河下游水位高于潜水位时，河水也可成为潜水的补给来源。干旱地区冲积或洪积平原中的潜水主要靠山前河流补给，河水通过透水性强的河床垂直下渗而大量补给潜水，有时水量较小的溪流甚至可全部潜入地下。

承压水是处在两个稳定隔水层之间的地下水。承压水具有压力水头，一般不受当地气象、水文因素影响，且具有动态变化稳定的特点。承压水不易遭受污染，水量较稳定，在城市、工矿供水中占重要地位。

3. 土壤水

土壤水又称为包气带水。包气带是在土壤上层、饱和水带以上的土层，由于没能全部充满液态水，而有大量气水流动。包气带土层中上部主要是气态水和结合水，下部接近饱和水带处充满毛细管水。如果土壤有较大的空隙，则会产生重力水，当包气带中存在局部

隔水层时，则重力水会积储其上，形成上层滞水。

4. 大气水

大气水包含大气中的水汽及其派生的液态水和固态水。常见的天气气候现象如云、雾、雨、雪、霜等是大气水的存在形式。降雨和降雪合称大气降水，简称降水，是大气中的水汽向地表输送的主要方式和途径。

5. 生物水

生物水是指生物体内所包含的水分。生物都是含水系统。只有在含水的情况下，才有生命活动。

1.3 水资源的属性

1.3.1 水资源的自然属性

水资源的自然属性是指本身所具有的、没施加人类活动痕迹的特征，主要表现为水资源的有限性与无限性、时空分布的不均匀性、利用的广泛性和不可替代性、利害两重性、可恢复性与循环性。

1. 水资源的有限性与无限性

水资源与其他资源不同，它在水循环过程中能够不断恢复、更新、再生，属于可再生资源。地球上的水循环过程是永无止境的、无限的。因此，水资源是可再生的、无限的。水循环供给陆地源源不断的降水、径流，因此水循环的变化将引起水资源的变化。

虽然水循环是无限的，但地球上每年得到的太阳能是一定的，即每年通过蒸发参加水循环的水量是有限的。另外，由于下垫面条件的限制，每年能够得到更新和恢复的水量是有限的。因此，水资源是有限的。水资源在一定的限度内才是“取之不尽、用之不竭”的资源。

2. 水资源时空分布的不均匀性

时空分布的不均匀性是指水资源在时间上、空间上分布不均，有些地方多，有些地方少，有些时间多，有些时间少。这是由各地气候条件和下垫面的差异造成的。

水资源在时空分布上的不均匀性，使得地球上有些地区洪涝灾害严重，如我国的南方地区。而有些地区干旱频繁，如我国北方黄土高原地区。水资源在时空分布上的不均匀性，给水资源的合理开发利用带来很大困难。人类修建水库就是为了解决水资源在时间分布上的不均匀性。

3. 利用的广泛性和不可替代性

水资源既是生活资料，同时也是生产资料，在国计民生中用途广泛，各行各业都离不开水，这是水资源的广泛性。

从水资源的利用方式看，水可以分为消耗性用水和非消耗性用水。生活用水、农业用水、工业生产用水都属于消耗性用水，这些被利用的水其中一部分重新回到水体，但水量已经减少，水质也发生了改变。非消耗性用水主要指利用水体发电、航运、水产养殖，这些产业都是利用水体，而不消耗和污染水体，或很少消耗和污染水体。

总之，水资源的综合效益是其他任何资源无法替代的，是人们生存环境的重要组成部分，是地球上一切生命的命脉，是各行各业可持续发展的重要保证。

4. 利害两重性

由于降雨径流在地区分布上的不平衡和在时间分配上的不均匀，经常在某些地区出现洪涝灾害，而在有些地区出现干旱，这是水资源有害于人类的一面；但水资源为人类提供水源、发电、航运、养殖，以及为工农业生产服务，这是水资源有利于人类的一面。另外，人类在开发利用水资源和进行生产活动时，常会造成水土流失、水体污染等。

水资源可以被开发利用和可能引起的灾害，说明水资源具有利害两重性，因此，必须尊重自然规律，合理开发利用水资源，才能达到兴利除害的双重目的。

水资源的这些自然属性与地球上其他任何自然资源相比，无论是就其存在形式、运动形式还是对于自然和人类的重要性，都是十分独特，而且为其他自然资源所无法比拟和替代的。水资源既以其自身形式构成地球的水圈，同时又以气态或液态的方式渗透和存在于大气圈、生物圈和岩石圈，是自然界中唯一一种同时存在于地球四大圈层的物质。对于地球生命系统和人类社会来说，水是赖以存在和发展的最重要的物质因素和环境因素。

1.3.2 水资源的社会属性

水资源不仅是一种自然资源，更是一种社会资源，已成为人类社会的一个重要的组成部分。水资源的社会属性主要表现为经济性、伦理性、垄断性等。

1. 经济性

水资源已成为一种经济资源、是国民经济的组成部分之一。其经济性表现在：水资源是国民经济持续发展的动力资源之一，它不仅是农业生产的命脉，直接决定着粮食产量的高低；而且是工业生产的血液，维系着工业经济效益的好坏，钢铁工业、印染工业、造纸工业更是用水大户。水资源本身已成为经济资源，而且是“战略性的经济资源”，不仅可直接产生经济效益，而且直接关系着国家的经济安全。

2. 伦理性

人类与自然界的关系体现着伦理道德特征，即人类是以什么样的态度对待水资源。以往人们认为水资源取之不尽，用之不竭，以一种粗暴的、掠夺性的态度去开发水资源，而自然界则以洪水、水污染等方式对人类进行着报复。人类在开发过程中逐步认识到“以道德的方式对待自然界的重要性”，即要实现“人与自然和谐相处”。

公平性。公平是社会问题，在水资源使用面前人人平等，维持基本的生存需要是社会的最根本义务。

财富的代际均衡。水资源是人类生存的基础资源，不仅要满足当代人的需要，也要满足后代人的需要，应以道德的理念去对待和开发水资源，保证后代平等的发展权利。

3. 垄断性

2002年颁布实施的新《中华人民共和国水法》明确规定“水资源属于国家所有。……农村集体经济组织所有的水塘和由农村集体经济组织修建管理的水库中的水，归该农村集体经济组织使用”，即行政垄断。

水资源的垄断性有其必然的原因，即：水资源关系到国计民生，只有国家能从战略和人性的角度对水资源进行有效的规划和分配，任何单位和个人都可能仅考虑某一方面的利益而不能顾全大局；即使水资源具有可再生性，但总的来看水资源是供不应求且日益稀缺的，供需矛盾日益突出，在我国的个别地区已直接影响着人民的生活质量和制约经济社会

的健康发展。

1.4 世界与我国水资源情况

1.4.1 世界水资源情况

在地壳表层、表面和围绕地球的大气层中存在着各种形态的，包括液体、气态和固态的水，形成地球的水圈，并和地球上的岩石圈、大气圈和生物圈共同组成地球的自然圈层。

水圈内全部水体的总储量约为 13.86 亿 km^3 ，其中海洋储存 13.38 亿 km^3 ，占全球总储量的 96.5%；其他各种水体储量只占 3.5%，地表水和地下水各占 1/2 左右。地球水总量中，含盐量不超过 1g/L 的淡水仅占 2.5%，即 0.35 亿 km^3 ，其余的 97.5% 均为咸水。这 0.35 亿 km^3 淡水，有 68.7% 被固定在两极冰盖和高山冰川中，有 30.9% 蓄在地下含水层和永久冻土层中，而湖泊、河流、土壤中所容纳的淡水只占 0.32%，见表 1.1。

表 1.1 地球水储量

水体种类		水 量		咸 水		淡 水	
		万亿 m^3	%	万亿 m^3	%	万亿 m^3	%
海洋水		1338000	96.54	1338000	99.04	0	0
地表水	地表水小计	24254.1	1.75	85.4	0.006	24168.7	69.0
	冰川与冰盖	24064.1	1.736	0	0	24064.1	68.7
	湖泊水	176.4	0.013	85.4	0.006	91.0	0.26
	沼泽水	11.47	0.0008	0	0	11.47	0.033
	河流水	2.12	0.0002	0	0	2.12	0.006
地下水	地下水小计	23700	1.17	12870	0.953	10830	30.92
	重力水	23400	1.668	12870	0.953	10530	30.06
	地下冰	300	0.022	0	0	300	0.86
土壤水		16.5	0.001	0	0	16.5	0.05
大气水		12.9	0.0009	0	0	12.9	0.04
生物水		1.12	0.0001	0	0	1.12	0.003
全球总储量		1385984.6	100	1350955.4	100	35029.2	100

河流的年径流量，基本上反映了水资源的数量和特征，所以各国通常用多年平均河川径流量表示水资源量。地球上陆地多年平均河川年径流量为 44.5 万亿 m^3 ，其中有 1.0 万亿 m^3 排入内陆湖，其余的全部流入海洋。包括 2.3 万亿 m^3 南极冰川径流在内，全世界年径流总量为 46.8 万亿 m^3 。径流量在地区分布上很不均匀，有人居住和适合人类生活的地区，至多拥有全部径流的 40%，约 19 万亿 m^3 。各大洲的自然条件差别很大，因而水资源量也不相同。大洋洲的一些大岛（新西兰、伊里安、塔斯马尼亚）的淡水最为丰富，年降水量几乎达到 3000mm，年径流深超过 1500mm。南美洲的水资源也较为丰富，平均年降水量为 1600mm，年径流深为 660mm，相当于全球陆地平均年径流深的两倍。澳洲是水资源量最少的大陆，平均年径流深只有 40mm；有 2/3 的面积为无永久性河流的荒

漠、半荒漠地区，年降水量不到 300mm。非洲的河流径流资源也较贫乏，降水量虽然与欧洲、亚洲、北美洲地区相接近，但年径流深却只有 150mm，这是因为非洲南北回归线附近有大规模的沙漠所致。南极洲的多年平均年降水量很少，只有 165mm，没有一条永久性河流，然而却以冰的形态储存了地球淡水总量的 62%，见表 1.2。

表 1.2 世界水资源分布

大陆	面积 (万 km ²)	年降水		年径流		径流系数
		mm	万亿 m ³	mm	万亿 m ³	
欧洲	1050	789	8.29	306	3.21	0.39
亚洲	4347.5	742	32.24	332	14.41	0.45
非洲	3012	742	22.35	151	4.57	0.2
北美洲	2420	756	18.3	339	8.2	0.45
南美洲	1780	1600	28.4	660	11.76	0.41
大洋洲	761.5	456	3.47	40	0.3	0.09
大洋洲诸岛 ^①	133.5	2700	3.61	1560	2.09	0.58
南极洲	1398	165	2.31	165	2.31	1.0
全部陆地	14900	800	119	315	46.8	0.39

① 包括塔斯马尼亚岛、新西兰岛、伊里安岛等太平洋各岛屿。

全世界用水量 1900 年为 5790 亿 m³，到 1995 年达到 37780 亿 m³，在 1995 年中，用水增加了 5.5 倍，其中：全球农业用水增加了 3.9 倍，工业用水增加了 16.2 倍，城市用水增加了 16 倍。

1.4.2 我国水资源情况

一个国家或地区水资源条件的优劣主要取决于降水量的多少。根据我国第一次水资源评价成果，全国多年平均年降水总量为 6.1889 万亿 m³，折合面平均年降水深为 648mm，小于全球陆地平均年降水深 800mm。

地表水资源，用河川径流量作为定量值。全国多年平均年径流总量为 2.7115 万亿 m³，折合年径流深为 284mm，小于全球陆地平均年径流深 315mm。河川径流补给组成为：降水产流补给占 71%，地下水排泄补给占 27%，冰川融水补给占 2%。

地下水资源，指降水入渗和地表水体（含河道、湖库、渠系和渠灌田间）渗漏对地下含水层的补给量。扣除地下水矿化度大于 2g/L 的咸水面积和大型水域面积，全国地下水资源计算面积约 880 万 km²，多年平均水资源量为 0.8288 万亿 m³。其中，平原区计算面积为 198 万 km²，多年平均资源量为 0.1873 万亿 m³。中国华北、西北、东北地区，地表水资源相对贫乏，但有广大的平原分布，地下水资源量比较丰富且开采条件好，在城乡供水中地下水占有重要的地位。

一个区域的水资源总量指当地降水形成的地表、地下产水量。由于地表水和地下水互相联系而又互相转化，河川径流量中包括山丘区地下水的大部分排泄量，平原区地下水补给量中有一部分来源于地表水的入渗，故不能将河川径流量与地下水资源量直接相加作为水资源总量，应扣除互相转化的重复水量。据分析计算，地下水资源与河川径流的重复计

算量达 0.7279 万亿 m^3 。扣除重复量后的全国多年平均水资源总量为 2.8124 万亿 m^3 ，分区水资源量见表 1.3。

表 1.3 中国分区水资源量 (1956~1979 年平均)

分区名称	计算面积 (万 km^2)	降水量		河川径流量		地下水资源量 (亿 m^3)	水资源总量 (亿 m^3)
		亿 m^3	mm	亿 m^3	mm		
东北诸河	124.85	6377	511	1653	132	625	1928
海滦河流域	31.82	1781	560	288	91	265	421
淮河和山东半岛	32.92	2830	860	741	225	393	961
黄河流域	79.74	3691	464	661	83	406	744
长江流域	180.85	19360	1071	9513	526	2464	9613
华南诸河	58.06	8967	1544	4685	807	1116	4708
东南诸河	23.98	4216	1758	2557	1066	613	2592
西南诸河	98.14	9346	952	5853	596	1544	5853
内陆诸河	337.44	5321	158	1164	34	862	1304
全 国	954.53	61889	648	27115	284	8288	28124

注 内陆诸河包括额尔齐斯河。

我国水资源主要特点如下。

(1) 人均水量低。由于中国人口众多，人均天然河川径流量大大低于世界平均水平。按 1999 年人口统计计算，我国人均径流量为 2100m^3 ，约为世界的 $1/4$ 。

(2) 地区上分布极不均匀。我国水资源因受海陆位置、水汽来源、地形地貌等因素的影响，在地区上的分布极不均匀，总趋势从东南沿海向西北内陆递减。按照年降水量和年径流深，可将全国划分为 5 个地带。

多雨—丰水带。年降水量大于 1600mm，年径流深超过 800mm。包括浙江、福建、台湾、广东的大部分，广西东部、云南西南部和西藏东南隅，以及江西、湖南、四川西部的山地。

湿润—多水带。年降水量在 800~1600mm，年径流深在 200~800mm。包括沂沭河下游和淮海两岸地区，秦岭以南汉江流域，长江中下游地区，云南、贵州、四川、广西的大部分以及长白山地区。

半湿润—过渡带。年降水量在 400~800mm，年径流深在 50~200mm。包括黄淮海平原，东北三省及山西、陕西的大部分，甘肃和青海的东南部，新疆北部、西部的山地，四川西北部和西藏东部。

半干旱—少水带。年降水量在 200~400mm，年径流深在 10~50mm。包括东北地区西部，内蒙古、宁夏、甘肃的大部分地区，青海、新疆的西北部和西藏部分地区。

干旱—干涸带。年降水量小于 200mm，年径流深不足 10mm，有面积广大的无流区。包括内蒙古、宁夏、甘肃的荒漠和沙漠，青海的柴达木盆地，新疆的塔里木盆地和准噶尔盆地，西藏北部的羌塘地区。

(3) 与耕地、人口的分布不相匹配。我国外流区域面积占全国总面积的 64.6%，水