

图书在版编目 (CIP) 数据

水资源管理概论/于万春, 姜世强, 贺如泓主编. —北京: 化学工业出版社, 2007. 5

ISBN 978-7-122-00278-5

I. 水… II. ①于…②姜…③贺… III. 水资源管理-概论 IV. TV213.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 065023 号

责任编辑: 刘兴春 邹 宁
责任校对: 陈 静

装帧设计: 史利平

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 装: 北京云浩印刷有限责任公司

787mm×1092mm 1/16 印张 20 字数 501 千字 2007 年 6 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 58.00 元

版权所有 违者必究

前 言

中华人民共和国国务院在发布的《国家中长期科学和技术发展规划纲要》(2006~2020年)中指出:“根据全面建设小康社会的紧迫需求、世界科技发展趋势和我国国力,必须把握科技发展的战略重点。把发展能源、水资源和环境保护技术放在优先位置,下决心解决制约经济社会发展的重大瓶颈问题。”将水资源放在优先发展的战略重点位置,这是我国对水资源和环境保护的高度重视。

水资源管理是一个已经引起全世界关注的话题,多数人已认识到水资源是维持人类生命的基本资源,是社会经济发展和进步的战略性经济资源。水资源的可持续利用,是经济社会可持续发展极为重要的保证,也是维护人类环境的极为重要的保证。

从古至今,水资源管理的实践充分证明,全世界出现水资源危机,在很大程度上是水资源管理不善引起的,这一点我们必须正视和承认。

我们是水资源管理第一线的管理人员,学习和实践水资源管理方面的有关知识,得到很多益处和启发。在学习有关专家文献的基础上,结合我们的工作实际,写出了这本水资源管理概论,可供水资源、水利、水文、地理、生态、水环境、资源经济等有关人员的工作和教学参考。

本书由于万春、姜世强、贺如泓担任主编,由葛兆生担任副主编,袁月平、林建军、李凌霄参加了编写。于万春负责全书的规划、姜世强负责全书的统稿、贺如泓负责全书的资料收集。其具体分工为:于万春编写第一章、第三章;姜世强编写第八章、第九章;贺如泓编写第二章、第四章;葛兆生编写第五章;袁月平编写第七章;林建军编写第六章;李凌霄编写第十章。另外,葛兆生负责全书的校对。

本书在写作中参考了大量的资料和文献,在此向所有文献的作者表示衷心的感谢。本书由山东农业大学李继业教授担任主审,对全书的框架、内容等提出很多宝贵意见,在此也向李教授表示谢意。

由于作者专业水平有限,书中肯定有很多疏漏和不足,敬请读者批评指正。

编者
2007年初春于青岛

目 录

第一章 水资源管理的基本知识	1
第一节 水资源的重要作用	1
第二节 水资源管理的概念	4
第三节 水资源的基本特点	11
第四节 水资源管理的研究	22
第二章 水资源的数量管理	35
第一节 水资源的数量	35
第二节 水资源供需水预测	45
第三节 非常规水资源利用	51
第三章 水资源的质量管理	70
第一节 水资源质量管理的内容	70
第二节 我国水资源质量现状	76
第三节 水资源质量管理趋势	83
第四章 水资源的经济管理	95
第一节 水资源的价值观念	95
第二节 水资源经济管理体系	110
第三节 水资源的效益分析	114
第四节 水资源的资产折补	117
第五章 水资源的权属管理	121
第一节 水权的基本理论	121
第二节 水权的管理与转让	127
第三节 国内外水权管理	136
第四节 我国现行水权制度	144
第六章 水资源的投资管理	155
第一节 水资源投资管理概述	155
第二节 水利工程投资及管理	163
第三节 水污染防治投资及管理	171
第四节 我国水资源投资管理	180

第七章 水资源的法律管理	193
第一节 水资源法律管理的发展	193
第二节 水资源法律管理的作用	199
第三节 水资源立法的主要内容	203
第四节 我国有关的水法规体系	208
第八章 水资源的安全管理	222
第一节 水资源安全管理概述	222
第二节 水资源安全存在的问题	230
第三节 水资源安全系统的评价	238
第四节 水资源安全管理的保障	254
第九章 水资源的数字化管理	263
第一节 水资源数字化管理概述	263
第二节 3S 技术与数字水资源	267
第三节 水资源管理信息系统	277
第四节 水资源管理的数字流域	283
第十章 节约用水管理	291
第一节 我国用水的现状	291
第二节 工业节水管理	297
第三节 农业节水管理	302
第四节 生活节水管理	306
参考文献	313

随着人类自然资源的日益减少和生存环境的不断恶化，人类社会的可持续发展面临着严峻的挑战，这迫使人类必须重视自然环境的保护与利用，必须重视自然资源的合理开发利用这样一个生死攸关的大问题。水在自然资源中是应用最普遍，分布最广泛，对人类最重要的自然资源。随着人类社会的发展，人类已经认识到，水不是取之不尽用之不竭的，水是有限的，水是不可再生的资源。

正是由于水资源具有战略性、有限性和脆弱性，当今全世界范围都出现了水资源的危机，联合国环境规划署前署长、环境运动的元老穆斯塔法·托尔巴指出，“我们过去经常认为，能源和水是 21 世纪的关键问题。现在我们认为，水将是个关键问题。”中国作为世界的一员，也不可避免地出现了水资源的危机，尤其是与日俱增的城市发展用水，我们必须予以高度重视，采取有效措施以促进水资源合理开发利用和保护。

第一节 水资源的重要作用

水是生命的源泉，是基础性的自然资源，是战略性的社会经济资源。可以说，人类的生存与发展从根本上依赖于水的获取和对水的控制。最初，水为人类提供了一种食物的来源和交通的航线，生产和农业灌溉最早为人类文明起着重要作用，水为人类也创造出许多奇迹。埃及人根据尼罗河水每年的汛期，制定出一年 365 天的日历；古代最有名的立法者——巴比伦人，创立了管理用水的法律；中国人从水上获得灵感，修建了举世闻名的京杭大运河。

有人把水称作“工业的血液、生命的乳浆”。没有足够的水，工农业生产无法进行；没有足够的清洁的淡水，人类社会将无法生存下去。水又是构成生物体的一个最基本的要素，是生命发生、发育和繁衍的源泉。随着水资源短缺在世界范围内的蔓延，水资源已成为世界各国关注的焦点之一，成为各国政府、学术界的重要议题。

一、水是生命和发展之源

1. 生命与水

水是地球上分布最广、储量最大的物质，是自然资源水生命之源，是一切动物、植物赖以生存繁衍和发展的必需物质基础，所以说水的存在和循环是地球孕育出万物的重要因素，原始的生命起源于水，通过进化从水生到陆生，这些随时随地都离不开水。

水是一切生命新陈代谢活动的介质，生命活动的整个联系和协调、营养物质的运输、代谢物的运送、废物的排泄、激素的传递都与水密切相关。在生命的过程中，通过水的蒸发将生命体不断产生的热量散发到体外，以保持体温的恒定。

2. 经济发展与水

水资源是一个国家和民族发展的重要条件。人类发展的历史表明，人类是逐水而栖居



的，人类最早的文明是在埃及的尼罗河、中国的黄河、印度的恒河和古巴比伦的两河流域发生和发展的；近代世界和我国的一些著名城市也都是依水滨海而建的，这些都充分证明了水资源对国家和民族发展的重要性。

水资源是国民经济和社会发展的一项不可缺少的重要物质。工农业生产活动每时每刻像生命系统一样离不开水的供给，而且随着生产力的发展，需水量也将不断增加。随着我国经济的迅速发展，工农业产值和城市人口的不断增加，用水量也日趋增大。

据统计，1949~1980年，全国工业用水量由24亿立方米增加到457亿立方米，年均增长10%；1980~1997年由457亿立方米增加到1121亿立方米，年均增长5.4%；1997~2002年在1120亿~1160亿立方米之间波动。

1949~1980年，全国农业用水量由956亿立方米增加到3699亿立方米，增加了2.9倍，年均增长4.5%，高于同期有效灌溉面积年均增长2.6%和粮食产量年均增长3.4%的速度；1981~1993年农业用水量增加了3.2%，低于同期有效灌溉面积增加8.6%和粮食产量增加42.4%的水平。1993~2002年农业用水量在3740亿~3920亿立方米之间波动。

1949~2002年，全国城镇人口净增加40771万人，年均增长3.2%；城镇生活用水量增加了315亿立方米，年均增长7.8%。

3. 国家安全与水

历史记载和事实充分证明：水不仅与人类的生存和国家经济发展密切相关，而且与国家和民族的安全密不可分。有史以来水就成为部族、区域和国家之间争夺的目标。联合国官员预言，未来的战争是争夺水资源的战争。

1998年在巴黎国际水资源管理问题会议上，专家们发出严重警告，如果不改变现行水资源开发和消耗状况，到21世纪初全球近2/3的人口会面临严重的水荒问题。一旦水源奇缺，不仅妨碍经济发展，更会造成社会动荡，甚至引发战争。历史和现实都表明，水确实是保证国家社会稳定的一个重要因素。

有史以来人类的生存与发展，经济社会的形成，都是以水为中心逐步发展起来的。历史证明，水资源的合理开发利用和保护对社会经济和稳定有着决定性的影响。在中国的历史上，中国文明与强大都是与水利的兴衰分不开的，历代统治者凡励精图治时，都是通过大兴水利来开拓国土、发展经济，促进国家的安全和统一。因此，水也是一种战略资源，它不仅关系到国家的发展和稳定，而且关系到世界的和平与发展。对此，世界各国已取得共识。

中国国家领导人曾多次强调指出：中国水的问题始终是一个关系国家和民族生死存亡的大问题。中国目前水资源状况充分表明，水仍然是一个保障社会经济可持续发展的关键问题。因此，面对21世纪世界性的水危机，应当从战略的高度来研究。

二、水对人体的重要作用

水是生命之源。在人体组织成分中含量最多，约占人体体重的60%~70%，对人体有非常重要的作用，是维持人体正常生理活动的重要营养物质。水在人体中分布很广：肌肉重量的65%~75%是水，脂肪重量的25%是水。水主要储存在细胞内液（其中62%左右是水）和细胞外液（如血液中90%以上是水，还有淋巴、唾液、皮肤和肾脏分泌的体液等）。

人对水的需要量与人的体重、热能消耗成正比，消耗每卡热能需要1ml的水分，每千克体重需要30~40ml的水分，70kg的人需要2100~2800ml水。正常情况下，人体内水分的出入量是平衡的。一个健康的成年人每天约需2000~2700ml水（包括饮水、食物中的



水，代谢中产生的水)。若饮水过少，会使血液浓缩，黏稠度增高，不利于血液循环及营养的吸收。人体若丧失 20% 的水分就会有生命危险。在炎热、高温、发烧和体力劳动量大的情况下，饮水量应相应增加。

医学试验测定，如果人体内的水分比正常量减少 1%~2%，就会感到口渴；当人体失水 4%~5% 时，皮肤就会出现褶皱，口腔就会干涸，意识就会模糊；当人体失水 14%~15% 时，生命则无法维持，人就会死亡。科学观察和灾难实例表明，成年人在断粮不断水的情况下，可以忍耐 40 天之久；而在断粮又断水的情况下，一般仅可忍耐 5~7 天。

归纳起来，水对人体的作用主要有以下几个方面。

(1) 构成人体组织 人体内的水液统称为体液，它集中分布在细胞内、组织间和各种管道中，是构成细胞、组织液、血浆等的重要物质。

(2) 补充营养和参与代谢的作用 在饮用水中，含有许多丰富的矿物质，如钙、镁、铁、铜、铬、锰等元素，这些元素含量适当则对人体健康有益。同时，水还可以帮助机体消化食物、吸收营养、排除废物、参与调节体内酸碱平衡和体温，并在各器官之间起润滑作用。

(3) 各种营养运输的媒介作用 水作为体内一切化学反应的媒介，是各种营养素和物质运输的介质，也就是人体中的各种营养均由水液来输送到各处。

(4) 在人体中起到重要润滑作用 水的黏度小，是体内关节、韧带、膜、肌肉以及内脏器官的良好润滑剂，可以使各组织器官的摩擦面润滑，减少损伤，食物的吞咽也需要唾液的帮助。

(5) 可以起到人体调节温度作用 水的比热容较高，热容量较大，同时水的蒸发热也高，所以蒸发少量的汗水便可散发带走大量的热，因而使体温不致于因外界的变化而有较大的波动；同时，通过血液的循环流动，可以调节平衡全身的体温。

三、水在工农业生产中的作用

水是工业的血液，世界上几乎没有一种工业不用水。没有水，工厂就不能开工。

工业中用得比较多的是冷却用水。冷却用水在工业生产过程中可带走生产设备的多余热量，以保证生产的正常进行。在火力发电、冶金、化工等部门冷却用水量都很大。一个工业发达的地区，冷却用水量可占工业用水总量的 70% 左右。另一种工业用水是空调用水。空调用水用来调节室内的温度和湿度，在纺织工业、电子仪表工业、精密机床生产中应用较多。再一种就是产品用水，它在生产过程中与原料或产品掺混在一起，有的成为产品的一部分，有的只是生产过程中的一种介质，如在食品、造纸、印染、化工、电镀等工业中都有产品用水。这些水用后含有大量的杂质，如不加以处理，会造成严重的水污染。

“水利是农业的命脉”这个科学论断深刻地阐明了水对农业生产的重要性，不论是提高单位面积的产量，或是开垦荒地、扩大耕种面积均要有足够的水予以保证。据调查，我国华北地区种 1 亩蔬菜大约需要 25~30t 水，1 亩小麦约需 40~50t 水，1 亩棉花要 35~50t 水。这么多的水，一方面供农作物的生理需要，另一方面消耗于蒸发（1 亩=1/15 公顷）。

种子播入农田，土壤中要有一定的含水量，使种子体积迅速膨胀，外壳破裂，与此同时，子叶里储藏的营养物质溶解于水，并借助水分转运给胚根、胚轴、胚芽，使胚根生长发育成根，胚轴伸长拱出土面，胚芽逐渐发育成茎和叶，这样，种子才能萌发成幼苗。要使幼苗茁壮成长，开花结果，仍要给予充分的水分。植物体依靠根毛从土壤中吸收水分与养料，



通过导管输到其他器官。叶子通过叶绿体，利用光能把二氧化碳合成有机物，它不仅供植物本身的需要，还为人类提供了食物，为工业提供了原料。叶子蒸腾水分，既可降低叶片温度，同时也促进水分及溶解于水中的养分上升至叶片，加速其新陈代谢的过程。由此可见，植物生长发育均要有相应的水量供给，如若土壤中水分不足就要予以灌溉补充，否则将影响其发育或造成植物枯萎，甚至死亡。土壤水分与土壤中腐殖质一样，是代表土壤肥力的基本要素之一，土壤的植物生产力，很大程度上与土壤的水分有关。

在当今世界，工、农业用水量占人类总用水量的 80% 以上，其中农业是国民经济中的最大用水户；而工业用水一般占城市用水的 80% 左右。随着经济的发展，对水的需求还在不断地上升。

四、在水运方面的作用

江河湖海给人们提供了航运的便利，货物可以集散，人们可以交往，世界各国人民的友谊可以交流，这一切是水对人类的又一特殊贡献。

一个经济繁荣和科学发达的地区或国家，必然有发达的交通。它是生产过程在流通领域的继续，也是进行社会再生产的必要条件，是沟通工农业之间、城乡之间、地区之间、企业之间经济活动的纽带。尽管有铁路、公路、水路、航空、管道等多种运输方式，但水运与其他的运输方式相比具有投入少、运费低、污染小等优点。

欧美等一些国家的内河运输密度要比铁路高 2~3 倍，水路运输的单位运输成本为铁路的 1/8~1/4，为公路运输的 1/20~1/8。我国的内河水运也有优于其他运输方式的特点。近 40 年来，我国的水路货运量约增加了 20 倍，在流通领域，水运正发挥着重要的作用。

第二节 水资源管理的概念

水资源的定义一直是争论不休的问题。几十年来，各国的专家和学者从不同的角度理解和认识水资源，提出了很多不同的观点。由此，人们在实践中不断加深对水资源的认识，在争论中不断理解水资源的内涵。

一、水资源的定义

水是人类不可缺少的天然资源，也是一种独一无二的宝贵资源，其使用价值表现为水量、水质和水能三个方面。但由于水资源所具有的多种形态、不同的物理化学特性，以及它的自然属性、社会属性、经济技术属性和环境属性，所以至今没有形成公认、统一、科学的定义。水资源概念的发展过程和其内涵随着时代的进步具有动态性，其内涵也将不断地丰富和发展。

1. 国外对水资源的理解

在国外，最早应用水资源概念的是美国国家地质调查局（USGS），1894 年该局在全世界第一个设立水资源处，作为水资源技术性工作在全球开展的开端，随后，水资源有关研究、生产、技术工作及在世界范围内的水资源管理、规划、评价、保护、开发利用等工作蓬勃开展起来；1963 年，英国通过了水资源法，并在《水资源法》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，此时的水资源已具有浓厚的行业内涵。



在《英国大不列颠大百科全书》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。”该定义将水资源赋予了广泛含义，实际上作为资源的主要属性体现为“可利用性”，不能被人类利用的水不能称为水资源。

在《水资源评价活动 国家评价手册》（联合国教科文组织与世界卫生组织编写）中水资源的定义为：“可被利用或可以被利用的水源，具有足够的数量和可用的质量，并能在某一地点（区）为满足某种用途而被利用。”

1988年，联合国教科文组织和世界气象组织将水资源定义为：“作为水资源的水应当是可供利用或有可能被利用，具有足够的数量和可用的质量，并可适当地为某地对水的需求而能长期供应的水源。”这一定义强调了水资源的“质”与“量”的双重属性，不仅考虑了水的数量，同时必须具备质量的可利用性。

在《水与人类》（前苏联，O·A·斯宾格列尔）中将水资源定义为：所谓水资源，通常理解为某一区域的地表（河流、湖泊、沼泽、冰川）和地下淡水储量。水资源分为更新非常缓慢的永久储量和年内可恢复的储量两类，并指出在利用永久储量时，水的消耗不应大于它的恢复能力。

2. 国内对水资源的理解

我国是开发利用水资源最早的国家之一，在两千多年的实践过程中，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，秦代李冰修建了举世闻名的都江堰水利工程，都江堰渠首工程主要有鱼嘴分水堤、飞沙堰溢洪道、宝瓶口进水口三大部分构成，科学地解决了江水自动分流、自动排沙、控制进水流量等问题，消除了水患，使川西平原成为“水旱从人”的“天府之国”。目前灌溉面积已达40余县，至1998年已超过一千万亩（15亩=1公顷），创造了农业灌溉方面的世界之最。

京杭大运河是世界上开凿最早、最长的人工运河，北起北京通州，南至浙江杭州，流经北京、天津、河北、山东、江苏、浙江六个省市，连接了海河、黄河、淮河、长江和钱塘江五大水系，全长1794km。千百年来，京杭大运河一直是我国重要的南北水上运输通道，在我国的社会经济发展中发挥了巨大的作用，被作为是世界上水资源开发和利用的典范。

长期以来，我国水利界人士一直认为水利就是兴水利、除水害，实际上就是水资源的开发、利用和管理。在西方国家的文字中，暂时还找不到与我国“水利”一词完全相对应的译文。因此，我国水利与水资源两词并行，具有一定的历史背景。随着时间的推移和各国学术的交流，西方的“水资源”也越来越具有“水利”的意义。

近20年来，西方“水资源”这一名词已在我国广泛流行，但对其内涵，却仁者见仁，智者见智，至今尚无公认的定论。

《中华人民共和国水法》：本法所称水资源，包括地表水和地下水。

《中国大百科全书 大气科学 海洋科学 水文科学》指出：“水资源是地球表层可供人类利用的水，包括水量、质量、水域和水能资源。一般指每年可更新的水量资源”。

《中国百科全书 水利卷》：地球上所有的气态、液态或固态的天然水。人类可利用的水资源，主要指某一地区逐年可以恢复和更新的淡水资源。

1991年，《水科学进展》编辑部组织国内有关专家对水资源的定义和内涵进行了较为深入的笔谈，提出了如下的观点。

中国水利科学研究院贺伟程教授指出：水资源主要指与人类社会用水密切相关而又能不断更新的淡水，包括地表水、地下水和土壤水，其补给来源为大气降水。



中国科学院院士、水文地质、工程地质学家陈梦熊认为：一切有利用价值，包括各种不同来源和形式的水，均属于水资源范畴。

中国科学院院士，北京师范大学资源与环境学院院长，国家重点基础研究发展规划项目(973)首席科学家刘昌明认为：从自然资源的观点出发，水资源可定义为与人类生产和生活有关的天然水源，广义水资源应为一切可被人类利用的天然水，狭义的水资源是指被人们开发利用的那部分水。

中国著名水利专家、清华大学教授黄万里认为：人类所利用的水资源包括农业用水、工业和生活用水，河槽水流是工农业用剩的水量，不应看作全国水资源。

中国寒区及干旱区水资源研究室主任曲耀光研究员认为：水资源是指可供国民经济利用的淡水资源，它来源于大气降水，其数量为扣除降水期蒸发的总水量。

地质矿产部水文地质工程地质研究所施德鸿教授认为：不能把降水、天然水或地表水笼统地称之为水资源，犹如不能把海水、洪水、气态水当作水资源一样，只有那些具有稳定径流量、可供利用的相应数量的水可被定义为水资源。

中国气象科学院原副院长张家诚博士认为：降水是陆地上一切水分的来源，但降水只是一种潜在的水资源，只有降水量中可被利用的部分才是真正的水资源。在降水中可以转变为水资源部分的是“四水”，即：水文部门所计算的河川径流量与地下水补给量之和扣除重复计算量、土壤含水量、蒸发量、区域间径流交换量。

中国水利水电科学研究院陈家琦教授认为：作为维持人类社会存在并发展的重要自然资源之一的水资源，应当可以按照社会的需要提供或有可能提供的水量、有可靠的来源，且可以通过自然界水文循环不断得到更新或补偿、可以由人工加以控制、水质能够适应人类用水的要求。

中国水利水电科学研究院叶永毅教授认为：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。

根据国内外专家对水资源的定义，可以得出水资源最为本质的三个特性是有效性、可控性和可再生性。有效性是指，只有对人类生存和发展具有效用的水才可以看作是水资源；可控性是指，在对人类具有效用的水中，有必要进一步区分通过工程可以开发利用的那一部分水；可再生性是指，水资源在流域水循环过程中形成和转化，其作为可再生性资源的充分必要条件是保持流域水循环过程的相对稳定。

3. 水资源的定义

从上述国内外对水资源的理解可以发现，水资源的定义是一个动态的概念，随着社会的发展而发生变化，它具有一定的时代烙印，并且出现了从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，相对于特定的研究学科领域而言，各种理解都有合理的因素。

从各个有关水资源的学科出发，水资源的涵义非常明确，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，水资源的定义又显得很模糊，让人感到五花八门，难以掌握。同时我们还必须注意到，以上各种对水资源的理解，大多数都是围绕着水的形态、利用、水量等展开论述，很少涉及水资源的水质问题。然而，水质对水资源而言也是十分重要的，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。

总结以上论述和多方面的分析，水资源的定义应当从广义和狭义两个方面进行考虑。

广义的水资源定义是：地球上一切具有直接利用或潜在利用价值的天然水。广义的水资



源有利于指导人们充分利用和保护一切具有潜在利用价值的水资源，如淡化海水、更新极其缓慢的深层地下水和咸水等。

狭义的水资源定义是：水资源是维持人类社会生存和发展不可替代的自然资源，在一定经济技术条件下可以被人类社会直接利用，具有一定质和量的保证，并能在短时间内得到恢复的天然水。狭义的水资源是指导人类生产实践，进行水资源开发、利用、管理和保护等各项活动的基础。

随着人口剧增、用水量增大，随着经济社会的发展和技术水平的不断提高，人类对水的需求量将大大增加，狭义水资源的外延可能不断扩大，并逐步接近广义的水资源，这是应当引起人类高度重视的生存资源问题。

二、水资源的分类

为了合理开发水资源，必须对水资源进行系统的分类。由于水资源具有可恢复性、活动性和复杂性，出现了不同的分类和术语，引起了混乱。同时，不同的分类体系也反映了对水资源特性的认识程度。

（一）地表水资源的分类

由于地表水资源的存在形式比较具体，目前采用以自然形态划分水资源种类的方式，如河川径流量、湖泊储存量、冰川积蓄量等。由于各种资源量的自然特性以及可利用程度分别属于水文特征分析及水资源规划范畴，而没有地表水资源分类的专门提法，只将地表水资源分为补给资源和储存资源。

在地表水资源总量评价中，河川径流量是一个非常重要的指标，它往往用流域中有代表性的水文站实测的断面流量表示。由于人为取水等活动会使河流的天然状况发生变化，实测资料不能真实反映天然的径流过程，所以需要进行还原处理。还原的河川径流量包括了大气降水转化为地表水量，地下水出露（泉）形成的地表水量，并扣除沿途蒸发、渗漏的水量。通常所说的地表水资源量主要指这部分水量，属于补给资源。

湖泊和冰川的水交替周期要比河流长得多，其资源属性更为复杂。大型湖泊的水资源属性分为补给和储存两部分。由于湖泊与河流相连，在多年平均条件下，其补给量（包括上游入湖水量、湖面获得的降水量）与排泄量的动态平衡过程已纳入流域内部的水量平衡中，所以在流域的补给资源评价中一般不单独提出。湖泊中另一部分水量，即所谓的死“湖容”，这部分水量一般不参与多年的补、排均衡过程，属于储备资源。

（二）地下水资源的分类

地下水资源远远比地表水资源复杂，其分类体系也多种多样，但是至今认识还不统一。对地下水资源的分类，也经历了几十年的实践和提高，才逐步发展成为比较科学的分类。

1. 20世纪60年代的分类方法

在20世纪60年代以前，我国曾普遍采用前苏联普洛特尼柯夫提出的“四大储量”分类体系，即静储量、调节储量、动储量及开采储量。

- （1）静储量是指地下水位年变动带以下含水层中的储存的重力水体积。
- （2）调节储量是指单位时间流经含水层横断面的地下水体积，即地下水的天然流量。
- （3）动储量是指地下水位年变动带内重力水的体积。



(4) 开采储量是指用技术经济合理的取水工程能从含水层取出的水量。

这种分类体系在一定程度上反映了地下水量在天然状态下的客观规律，但也存在着许多不可克服的缺点，因此在实践中逐渐停止了使用。

2. 20 世纪 70 年代的分类方法

在 20 世纪 70 年代，我国开始进行供水水文地质勘察工作，在正式实施的国家标准《供水水文地质勘察规范》(GBJ 27—88) 中，将水资源划分为补给量、储存量和允许开采量三种。

(1) 补给量是指天然状态下或开采条件下，在单位时间内，进入水源地含水层范围内的可被开采的各种水量，一般包括地下水径流补给量、大气降水补给量、地表小入渗补给量、越流补给量和人工补给量。

(2) 储存量是指储存于含水层内的重力水体积。根据含水层的埋藏条件不同，又分为容积储存量、弹性储存量、天然储存量和固定储存量。

(3) 允许开采量是指采用经济合理的取水构筑物，从含水层中取出的地下水量，并在整个开采期间满足以下各条件：①总的出水量不会随时间的延续而减少，动水位不超过设计要求；②水质和水温的变化在允许范围内；③不发生地面沉降、塌陷等不良的地质现象；④不影响相邻水源地的正常开采。

这种分类体系反映了人们对地下水资源的认识程度，在当时具有一定的针对性和指导意义。但是，随着实践和理论的发展，其局限性和理论缺陷逐渐暴露出来。例如，方案中沿袭了含水层为评价单元的思维模式，没有体现出地下水资源整体性；补给量和储存量时空概念模糊，两者关系不清，容易造成水量的重复计算；允许开采量仅仅是笼统的提法，在实践中难以进行操作等。

3. 20 世纪 90 年代的分类方法

针对以上存在的问题，在 1994 年 9 月颁布实施的国家标准《地下水资源分类分级标准》(GB 15218—1994) 中，将地下水分为允许开采资源和尚难利用资源两类。

(1) 允许开采资源是指在现实经济意义下的地下水资源，其定义和上述三分法中的允许开采量基本相同。

(2) 尚难利用资源是一种具有潜在意义的地下水资源，指在当前技术经济条件下，在一个地区开采地下水，将在技术、经济、环境方面出现难以克服的问题和限制，目前还难以利用的水资源。

4. 新的分类方法

关于地下水资源的概念和分类的研究，在我国大体经历了从“四大储量”到“三种水量”再到“两种资源”的发展过程；对地下水资源的研究，大体经历了由含水层或含水岩组为研究单元变为以含水系统进行描述的过程。因此，地下水资源的分类问题不单纯是水量划分形式，而是也反映了人们对地下水资源特性的认识程度。

中国地质及工程地质研究所副所长王大纯教授，从地下水资源的自然特性出发，阐明了补给资源和储存资源的时空概念，该方案在地下水资源评价及合理开发方面日趋成熟。

(1) 补给资源是指地下水含水系统从外界获得的有补给保证的质量，其数量用整个系统补给量的多年平均值表示，单位为 $\text{m}^3/\text{年}$ 。

(2) 储存资源是指地下水含水系统在地质历史演化过程中，残留或积存下来的水量，其数量近似等于该系统多年平均低水位以下重力水的体积，单位为 m^3 。



补给资源和储存资源所讨论的是地下水资源的数量问题，它们专门描述某一含水系统地下水资源拥有的宏观指标。补给资源只包括通过系统边界进入的水量，如降水量、地表水渗入量、相邻地下水系统的侧向流入量及人工补给量等，而不考虑系统内部各子系统输入、输出的周转水量，如含水层之间的交换量、越流补给量等。补给资源所涉及的是多年平均资源，反映了整个系统在多年的一种平均状态，不涉及内部水量短时动态的具体变化。补给资源一旦被取出，仍可从外界获得补偿，属于可再生的地下水资源。

储存资源是扣除补给资源后，含水系统内剩余的水量。在长期稳定的开采过程中，储存资源一旦被消耗，不可能通过现有方式获得补给，水量损失是永久的，所以储存资源属于不可再生的地下水资源。

补给资源（量）和储存资源（量）与补给量、储存量具有本质的区别，是建立在不同时空概念上的两套指标。补给资源（量）和储存资源（量）是对一个含水系统和多年平均状态而言，是描述水资源的宏观指标，在天然条件下它们是相对固定的量，而在人为活动条件下则会随着水文地质条件变化而变化。补给量、储存量没有统一的时空标准，有时针对某一含水层或水源地，有时针对一个均衡区，在时间上也无明确的规定，有时使用单位时间，有时采用均衡时段。由于存在这种主观随意性，容易造成概念上的混乱和水量的重复计算。它反映的是含水系统某一局部空间在规定时段的水量输入和输出关系，无法体现地下水资源的整体性和系统性。

三、水资源管理的定义

关于水资源管理的定义，目前尚无明确公认的定义，有多种界定。为分析比较说明问题，以下摘录比较有代表性的几个相关定义。

《中国大百科全书 大气科学、海洋科学、水文科学》：水资源管理指水资源开发利用的组织、协调、监督和调度。运用行政、法律、经济、技术和教育等手段，组织各种社会力量开发水利和防治水害；协调社会经济发展与水资源开发利用之间的关系，处理各地区、各部门之间的用水矛盾；监督、限制不合理的开发水资源和危害水资源的行为；制定用水系统和水库工程的优化调度方案，科学分配水量。

《当代水资源管理发展概况》（Dixon, Fallon, 张发文译）从水资源作为社会的物源-经济-生态的概念出发，能够把可持续的水资源管理定义为一系列的活动，这一系列的活动可以保证一个特定的水资源系统能满足目前和将来目标的服务价值，这些服务提供了水利用的广阔范围，包括家庭生活用水、农业用水、工业生产用水和维持生态系统的用水。

联合国教科文组织（UNESCO）国际水文计划工程组（1996年）将可持续水资源管理定义为：支撑从现在到未来社会及其福利而不破坏它们赖以生存的水文循环及生态系统完整性的水的管理与使用。

水利部水资源研究所研究员贺伟程在《试论水资源的涵义和科学内容》一文中指出：为了保持水源的良性循环和长期开发利用，满足社会各部门用水量不断增长的需求，必须运用行政、法律、经济、技术和教育的手段，对水资源进行全面的全面的管理。

武汉水利电力大学马尚友教授在《水资源持续利用与管理导论》一书中给水资源管理的定义为：为支持实现可持续发展战略目标，在水资源及水环境的开发、治理、保护、利用过程中，所进行的统筹规划、政策指导、组织实施、协调控制、监督检查等一系列规范性活动



的总称，就是水资源持续利用的管理。统筹规划是合理利用有限水资源的整体布局、全面策划的关键；政策指导是进行水事活动决策的规则和指南；组织实施是通过立法、行政、经济、技术和教育等形式组织社会力量，实施水资源开发利用的一系列活动实践；协调控制是处理好资源、环境与经济、社会发展之间的协同关系和水事活动之间的矛盾关系，控制好社会用水与供水的平衡和减轻水旱灾害损失的各种措施；监督检查则是不断提高水的利用率和执行正确方针政策的必需手段。

水利部地下水专家组成员、全国地下水信息网顾问柯礼聘在《中国水利》一书中指出水管理是人类社会及其政府对适应、利用、开发、保护水资源与防治水害活动的动态管理以及对水资源的权属管理，包括政府与水、社会与水、政府与人以及人与人之间水事关系。对国际河流，水管理还包括相邻国家之间的水事关系。

水资源管理是在水资源开发利用与保护的实践中产生，并在实践中不断发展起来的。随着水资源及其环境问题对经济、社会及生态系统构成的潜在影响越来越大，以及缺水危机的日益紧迫，水资源管理也在逐步深化发展，各时期对水资源管理的认识必然存在一定的差异。通常水资源管理主要考虑的准则是：经济效益、技术效率、实施的可靠性，并将满足日渐增长的需水要求和经济效益的可行性作为管理的目标。

随着可持续发展思想被人们越来越广泛的接受，水资源可持续开发利用已成为普遍认可的管理准则。因而，现代水资源管理要求在开发利用中，应当特别注意以下三个方面：其一，应注重水资源及其环境的承载能力，遵循水资源系统的自然循环规律，提高水资源开发利用效率；其二，应优化配置水资源，在保障经济社会与水资源利用协调发展中，维护水资源系统在时间与空间上的动态连续性，使今天的开发利用不致损害后代的开发利用能力，地区间乃至国家间开发利用水资源应享有平等的权利，并将保证基本生活用水的要求当作人类的基本生存权利；其三，应运用现代科学技术和理论，在提高开发利用水平的同时，强化对水资源经济的管理，尤其是发挥政府宏观管理与市场调节的职能作用。

基于上述各个方面的考虑，目前可以对水资源管理作如下界定：依据水资源环境承载能力，遵循水资源系统自然循环功能，按照经济社会规律和生态环境规律，运用法规、行政、经济、技术、教育等手段，通过全面系统的规划优化配置水资源，对人们的涉水行为进行调整与控制，保障水资源开发利用与经济社会和谐持续发展。

关于水资源管理涵义的准确定义，对水资源管理学科和实际工作以及水资源管理体制的改革和建立符合社会主义市场经济的水资源管理体制、制度和运作机制都是必须的。但是，由于水资源管理涉及面广、内容复杂、影响因素多，对其的认识随着时代的发展而不断提高，要想给出一个完整的、经得住实践考验、被大家接受的定义是比较困难的。无论如何，对水资源管理的定义应有利于水资源管理的研究和实践，讲清什么是水资源管理，有利于水资源管理工作的开展。

现代水资源管理的工作内容应当是：支持实现可持续发展战略目标，在水资源及水环境的开发、治理、保护、利用过程中所进行的统筹规划、政策指导、组织实施、协调控制、监督检查等一系列规范性活动的总称。统筹规划是合理利用有限水资源的整体布局、全面策划的关键；政策指导是进行水事活动决策的规则和指南；组织实施是通过立法、行政、经济、技术和教育等形式组织社会力量，实施水资源开发利用的一系列活动实践；协调控制是处理好资源、环境与经济、社会发展之间的协同关系和水事活动之间的矛盾关系，控制好社会用水与供水的平衡和减轻水旱灾害损失的各种措施；监督检查则是不断提高水的利用率和执行



正确方针政策的必须手段。

由此可见，水资源的管理是一个复杂的系统工程，一般主要包括数量管理、质量管理、经济管理、权属管理、规划管理、工程管理、地下水资源管理、国际水资源管理、投资管理、行政管理、风险管理、安全管理、数字化管理和其他水资源相关管理。

第三节 水资源的基本特点

水是人类发展不可缺少的自然资源，是人类和一切生物赖以生存的物质基础。当今世界，水资源不足和污染构成的水源危机成为任何一个国家在政策、经济和技术上所面临的复杂问题和社会经济发展的主要制约因素之一。

一、全球水资源危机

水是世界上最宝贵的一种资源之一。据有关部门科学分析估算，目前地球上水的总储量约为 14 亿立方千米，其中 96.54% 以上是海水，全世界的淡水资源仅占其总水量的 2.5%，其中 77.2% 以上被冻结在南极和北极的冰盖中及高山地带，以冰帽或冰川形态存在，22.4% 以地下水或土壤水的形式存在。湖泊、沼泽水约占 0.30%，河水占 0.006%，大气水占 0.037%。其中便于人们取水利用的淡水只是河水、淡水湖水和浅层地下水，其总量大约为 300 万立方千米，约占地球总水量的 0.26% 左右。因此，淡水是一种极为有限的资源，并不是“取之不尽、用之不竭”的。表 1-1 是地球水圈在各种介质中的分布情况。

表 1-1 自然界中水资源的分布情况

水体类型	水 储 量		咸 水		淡 水	
	$\times 10^3 \text{ km}^3$	%	$\times 10^3 \text{ km}^3$	%	$\times 10^3 \text{ km}^3$	%
海洋	1338000.0	96.54	1338000.0	99.04		
冰川与永久积雪	24064.1	1.74			24064.1	68.70
地下水	23400.0	1.69	12780	0.95	10530.0	30.06
永冻层中的冰	300.0	0.02				0.86
湖泊水	176.4	0.013	85.4	0.006		0.26
土壤水	16.5	0.001				0.017
大气水	12.9	0.00009				0.037
沼泽水	11.5	0.00008				0.033
河流水	2.12	0.0002				0.006
生物水	1.12	0.00001				0.003
总 计	1385984.6	100	1350955.4	100	35029.2	100

从表 1-1 中可以清楚地看到，海洋中的水是水资源的主要组成部分，淡水资源仅为整个水资源很少的一部分。

缺水是一种世界性的普遍现象。据不完全统计，从 20 世纪 80 年代开始，全世界有 100 多个国家不同程度地缺水，世界上有 28 个国家被列为缺水国或严重缺水国。有专家预言，再经过 30 年，缺水国将达到 40~52 个，缺水人口将增加 8 倍，达到 28 亿~33 亿。淡水严



重缺少的国家和地区，缺水甚至影响到人类的基本生存。

全球淡水资源不仅极其短缺，由于世界各地水文、气象条件的差异，水的存在形式非常复杂，且在时空分布上也极不平衡。由于受气候及地理环境要素的影响，地球上各大洲及各个国家的水资源分布极不平衡。如北非和中东许多国家（如埃及、沙特阿拉伯等）降雨量少，蒸发量高，径流量少，人均淡水拥有量自然很少。相反，冰岛、厄瓜多尔、印度尼西亚、挪威等国家，由于气候的原因，每公顷淡水降雨量比贫水国高 1000 倍以上，人均淡水拥有量很多。

世界各地自然条件不同，降水和径流相差也很大。年降水量以大洋洲（不包括澳大利亚）的诸岛最多；其次是南美洲，那里大部分地区位于赤道气候区内，水循环十分活跃，降水量和径流量均为全球平均值的两倍以上。欧洲、亚洲和北美洲与世界平均水平相接近，而非洲大陆是世界上最为干燥地区之一，虽然其降水量与世界平均值相接近，但由于沙漠面积大，蒸发强烈，径流量仅为 151mm。相比之下大洋洲的澳大利亚最为干燥，与降水量 761mm 相对其径流量仅为 39mm，这是由于澳大利亚的有 2/3 地区为荒漠、半荒漠所致。世界各大洲水资源分布状况如表 1-2 所列。

表 1-2 世界各大洲水资源分布状况

项 目	面积 / $\times 10^4 \text{ km}^2$	年降水量		年径流量		径流 系数	径流模数 /[$\text{L}/(\text{s} \cdot \text{km}^2)$]
		/mm	/ km^3	/mm	/ km^3		
欧洲	1050	789	8290	306	3210	0.39	9.7
亚洲	4347.5	742	32240	332	14410	0.45	10.5
非洲	3012	742	22350	151	4750	0.20	4.8
北美洲	2420	756	18300	339	8200	0.45	10.7
南美洲	1780	1600	28400	660	11760	0.41	21.0
大洋洲	133.5	2700	3610	1560	2090	0.58	51.0
澳大利亚	761.5	456	3470	40	300	0.09	1.3
南极洲	1398	165	2310	165	2310	1.0	5.2
陆地	14900	800	119000	315	46800	0.39	10.0

注：资料来源 Shiklomanov (1993)；da Cunha (1994)。

世界银行副行长伊斯梅尔·萨拉杰丁早在 1995 年预言：“20 世纪的许多战争都是因石油而起，而到 21 世纪水将成为引发战争的根源。”虽然我们的地球远眺是一个蓝色的美丽水球，其表面 2/3 覆盖着水，但实际上，人类能取用的淡水仅占地球储水量的 0.01%，更严重的是，这些水还面临着许多威胁：污染、水传染病、酸雨……有关专家们预测，如果世界人口像预计的那样，到 2025 年达到 80 多亿人，对水的需求量将增加 40%，到时，水资源将成为关乎人类生存的稀缺资源。

20 世纪 50 年代以后，全球人口急剧增长，工业发展迅速。一方面，人类对水资源的需求以惊人的速度扩大；另一方面，日益严重的水污染蚕食大量可供消费的水资源。20 世纪，世界人口增加了两倍，而人类用水增加了 5 倍。世界上许多国家正面临水资源危机：12 亿人用水短缺，30 亿人缺乏用水卫生设施，每年有 300 万~400 万人死于和水有关的疾病。水资源危机带来的生态系统恶化和生物多样性破坏，也将严重威胁人类生存。

随着人口与经济的增长，世界水资源的需求量不断增加，水环境也不断恶化，水资源紧



缺已成为全球性问题。1997年1月,联合国在《对世界淡水资源的全面评价》中指出:缺水问题将严重地制约21世纪经济和社会发展,并可能导致国家之间的冲突。

二、水资源的基本特性

水资源系生产原料或生活资源的天然来源,具有一般资源的基本特性,但就本身的存在形式和与自然环境、人类生产生活、经济社会等的关系来看,又具有某些比自然资源更重要的特性。

(一) 水资源具有再生性

天然资源可划分为可更新资源和可耗竭资源两大类,从对人类有意义的时间范围来讲,水资源系指在某一区域内逐年可以得到更新和恢复的淡水资源量,大气降水是其补给源。它们在一定时期,一定范围内供人类开发利用时,不仅在技术上可能、经济上合理,更重要的是不致造成对资源环境、生态环境及社会发展的负面作用。

水资源与其他矿产资源不同之处,在于其在循环过程中可以不断地恢复和更新。因此,水资源属于可更新资源,具有可再生性,其可再生性(可恢复性)主要表现在:经人类开发利用后能够通过大气降水得到补给,并在一定时空范围内保持动态平衡,水循环过程是无限的。另一方面,水循环受太阳辐射、风力、风向、空气湿度等条件的制约,每年更新的水量是有限的,而且自然界中各种水体的循环周期不同,水资源的恢复量也不同,这充分反映出水资源具有动态资源的特点。

水资源不像煤、石油和其他矿产资源那样总有用完的一天,而突出的体现为资源的可耗竭性。同时,若能做到设法合理地增加和诱导天然补给,合理地控制使用其量和存在的空间,一定时间一定区域范围内的水量,不仅能持续开发利用,还能有所增加。例如,人为地控制地下水的埋深,可增加地下水的可补给量,并减少潜水蒸发。

水资源还表现出可改善性。水质的改善既可根据水体的生态环境和物理化学特性,利用水体的自净功能和水文地质环境对水体的净化能力来达到,也可通过人为技术措施来实现,但是改善程度取决于人、财、物的投入和用水目的要求。

(二) 水资源具有不可替代性

水是人类赖以生存,必不可少的自然资源,它具有不可替代性。水资源作为整个生态环境的一个重要组成部分,既是影响经济文化生活、城市兴旺发达的制约因素,又与天气、气候的关系十分密切。正是由于水资源的珍贵和不可替代性,所以自古以来,人类循水而生,傍水而居,与水结下了不解之缘。水不仅孕育了生命,创造了大自然五彩缤纷的世界,而且还孕育了几千年灿烂的人类文明。

水是自然生态环境的基本要素,也是自然生态环境系统中最活跃、影响最广泛的因素。通过水循环过程,水资源与其他自然要素相互联系、相互制约、相伴相存,构成一个有机整体。由于水资源具有不可替代性和稀缺性,因此在《中华人民共和国宪法》和《中华人民共和国水法》中均将水资源规定为属于国家所有。

有的自然资源,是可以替代的或者说可以部分替代的。例如,石油、煤炭缺乏的国家,可以多发展核电,以替代石化能源。木材缺乏,可以用塑料、钢铁等材料替代。但是,水对于人类生活,对于工农业生产,是一种不可缺少的自然资源,是无法替代的。水是生命的摇