

● 李世忠 忽正苗 刘建刚 编著

调控与管理

地下水资源



地下水资源调控与管理

李世忠 忽正苗 刘建刚 编著

中国地质大学出版社

内 容 简 介

本书主要阐述地下水资源调控与管理的基本原理和方法，并附有运用这些基本原理和方法解决生产实际问题的实例。

本书可作为水文地质专业大中专学生教学参考书，也可供国内从事水文地质的广大技术人员使用。

地下水资源调控与管理

李世忠 忽正苗 刘建刚 编著

责任编辑 邓祥明 贾晓青

中国地质大学出版社出版

(武汉市 喻家山 430074)

湖北省黄州市新华印刷总厂印刷 湖北省新华书店经销

开本787×1092 1/16 印张8.25 字数 199千字

1991年8月第1版 1991年8月第1次印刷

印数 1—2000册

ISBN 7-5625-0542-X/P·182 定价：3.25元

前 言

水资源的重要性目前愈来愈被人们所认识。有人预测,随着能源的危机,将要发生水荒。水荒比能源危机更为严重。能源危机可以用新的能源来代替,而水是无法代替的。因此,在水资源的保护与管理工作中,一方面要认识到水资源,尤其是地下水资源在国民经济中的地位,同时也需注意到,水资源是不可被其他物质所代替的、是有限的资源。另一方面地下水资源以及整个水资源在自然界是保持水平衡的。目前由于盲目大量地开采地下水,造成区域地下水位持续下降,引起环境质量的恶化;同时废水排放引起地下水水质的污染等,这些事实都是违背了自然界水平衡规律所造成的恶果。因此,研究地下水资源的调控与管理,是当前水文地质学重要的研究内容。

《地下水资源的调控与管理》一书是为从事地下水资源管理与研究工作的水文地质工作者而编写的。它不同于大学中所学的《供水水文地质学》,也不同于攻读水文地质专业的硕士研究生所开设的课程。它是一本阐述地下水资源调控与管理的基本理论,并将其理论应用于实践解决生产实际问题的书。它既不同于指导实际操作的工作手册,又不同于理论深奥的专著。作者以历年来讲授《供水水文地质学》、《地下水资源调控与研究》的讲稿及作者1987年在山西省地质矿产局水文地质工程地质处所举办的地下水资源管理模型训练班讲授《地下水资源管理的概念模型》讲稿为基础,并汇集了本领域内的新理论和新经验,于1988年写成了《地下水资源调控与管理》的录像讲稿(已由中国地质大学武汉科技管理干部学院电教部录制成教学片)。本书即在录像教学片讲稿基础上,进行扩充、修改完成的。

撰写本书过程中,曾参阅一些未公开出版的文集资料(在参考文献中未列出),在此向作者们表示谢意。

本书撰写过程中,曾得中国地质大学武汉科技管理干部学院电教部的林卫兵编导理学学士的大力支持;中国地质大学水文地质教研室沈继芳副教授、王增银同志以及烃加工出版社李集义工程师阅读了文稿。完稿后,地质矿产部水文地质工程地质研究所闫锡屿研究员及北京市地质矿产局水文地质工程地质公司侯景岩总工程师分别对书稿进行了审阅,并提出了修改意见。作者在此表示深切的谢意。

本书适用于从事水资源研究与管理工作者、水文地质工作者、城乡环境保护工作者以及供水水文地质工作者学习参考书。对于地质、水利、城建、电力、冶金、煤炭等专业从事地下水资源调控与研究的研究人员、大学的教师以及正在学校学习的高年级学生也有一定的参考价值。

本书虽多次讲授与修改,但仍感不足之处甚多,敬希读者指正。

编著者

1989年10月20日于武昌

目 录

第一章 绪 论	(1)
第一节 地球上的水资源及我国水资源概况	(2)
第二节 地下水资源在供水中的作用	(10)
第三节 地下水资源调控与管理概述	(13)
第二章 地下水资源调控与管理的理论基础	(17)
第一节 地下水资源的概念及其分类	(17)
第二节 地下水系统的概念及其划分	(23)
第三节 水文地质概念模型	(35)
第四节 地下水资源开发利用的模式	(43)
第三章 地下水资源评价的原则	(47)
第一节 自然界水平衡原理	(47)
第二节 自然界的水循环	(47)
第三节 地下水的水文循环过程及更新期的确定	(49)
第四节 地下水资源评价的主要任务和原则	(51)
第四章 地下水补给资源的评价方法	(56)
第一节 水量均衡法的原理及计算方法	(56)
第二节 水文地质参数的确定方法	(61)
第三节 用水量均衡法计算地下水补给资源的实例	(74)
第五章 地下水储存资源的调控作用及其定量评价	(82)
第一节 地下水储存资源的概念及其调控作用	(82)
第二节 地下水储存资源的赋存条件	(86)
第三节 孔隙水系统储存资源的定量评价	(87)
第四节 孔隙水系统储存资源调节作用的定量评价	(89)
第六章 地下水资源的调控措施	(91)
第一节 地下水资源调控的基本措施	(91)
第二节 超采措施在地下水资源调控中的应用	(96)
第三节 充分开发利用地下水资源的关键——选择合理的布井方案	(98)
第四节 补偿疏干法在地下水资源调控中的应用	(100)

第七章 地下水资源的保护与管理	(104)
第一节 概述	(104)
第二节 地下水资源开发利用过程中出现的环境问题	(106)
第三节 地下水环境质量评价	(114)
第四节 地下水资源的保护	(116)
附录 1 符号说明	(119)
附录 2 水质标准	(121)
主要参考文献	(125)
(71 ) .....	..... 章二第
(71 ) .....	..... 章一第
(83 ) .....	..... 章二第
(82 ) .....	..... 章三第
(43 ) .....	..... 章四第
(74 ) .....	..... 章三第
(71 ) .....	..... 章一第
(71 ) .....	..... 章二第
(49 ) .....	..... 章三第
(81 ) .....	..... 章四第
(82 ) .....	..... 章四第
(82 ) .....	..... 章一第
(81 ) .....	..... 章二第
(87 ) .....	..... 章三第
(83 ) .....	..... 章五第
(83 ) .....	..... 章一第
(88 ) .....	..... 章二第
(87 ) .....	..... 章三第
(83 ) .....	..... 章四第
(10 ) .....	..... 章六第
(10 ) .....	..... 章一第
(80 ) .....	..... 章二第
(80 ) .....	..... 章三第
(100 ) .....	..... 章四第

第一章 绪 论

地下水资源是水资源的重要组成部分。在讨论地下水资源之前，对水资源的概念及其特性以及研究方法，有必要作简要的论述。

按联合国环境规划署的定义，自然资源是指在一定的时间条件下、能够产生经济价值的、提高人类当前和未来福利的自然环境因素的总和。也就是说，凡自然界能够被人类利用的，并产生经济价值的东西，我们都可以把它叫做资源。地球上的水是自然界存在的，能否称为水资源呢？其关键在于这些水对于人类能否产生经济价值，若能产生经济价值，就可称为水资源。

关于水资源的概念，提法较多，目前没有定论。最早《英国大百科全书》中，对水资源定义是，“全部自然界任何形态的水，包括气态水，液态水，固态水的全部量”都称为水资源；苏联水文学家O·A·斯宾格列尔在《水与人类》一书中提到“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；”联合国科教文和世界气象组织共同制定的《水资源评价活动——国家评价手册》一书中，提出“可望利用和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被利用。”在《中国水资源初步评价》中，给水资源的定义为“逐年可以得到恢复的淡水量”；在《中国大百科全书——气、海、水卷》中，水资源定义为“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。”这些提法都有一定的道理，一时难以确定。但就目前对水资源定义说法较多的是：水资源是指存在于地球上可供人们利用的水。这一定义，强调了水资源是可被人们利用的。照这种说法，如咸水、冰川和多年的积雪以及多年冻土中的水，不易被人们所利用。那么，这些水就不能称为水资源了。事实上，这些水通过工程或其它措施，转化后也可被人们利用。从广义上说，这些水都可称为水资源。但从狭义上说，水资源主要是指河流、湖泊以及埋藏在地表以下800 m以内的淡水。作为水资源的水体一般应符合下列条件：①通过工程措施可以直接利用或者通过生物措施可以间接利用；②水质符合用水标准；③补给条件好，水量能逐年更新。因此，对水资源的定义应理解为：地球上可供人们直接利用或通过工程或生物措施间接供人们利用的水统称为水资源。

水与水资源，这两个词在含义上应有区别。地球上所有的各种水的储量不能全部列入水资源的范畴，水资源是指上述定义范围内的水，除此之外的其它水，只叫做水储量，而不能称为水资源。本书论述中提到的水，都是指列入水资源范畴内的水。

人们对水的重要性认识由来已久，但把水作为资源来认识，却为时不长。最早，人类为了生存，便利用修建水利工程与灾害进行斗争。像与洪水斗争的排洪除涝工程，与干旱斗争的引水灌溉工程等。随着时间的推移，人们对水的认识逐渐加深。从认识到水在地区上分布的不均匀性、时间上分布的不规则性；又逐渐认识了水并非取之不尽、用之不竭这一事实；进而由只对水的数量认识扩展到对水质的重视，等等。同时也使人们认识到，并非所有的水

都可供人们利用，并非所有的水都能供给和满足各种用途。

水是一种可以再生的资源，逐年都在更新。水既是无限的资源，又是有限的资源；它既具有在地质历史时期无限循环和不断再生的属性；又具有在某一定时间内数量有限的属性。因此，研究水资源应从无限循环、不断再生这一特点出发，使有限的水资源充分、合理地加以利用。

研究水资源的科学是水资源学。它的主要研究任务是：查明水资源的数量、质量和时空变化规律，为水资源的规划、开发、利用、保护和管理打好基础；根据国民经济发展的战略目标，提出水资源的开发、利用规划，提出水资源保护与管理措施。水资源学涉及气象、水文、土壤、生态、社会、经济、水利等许多领域，它是一门综合性很强的边缘学科。

同时，水资源学是一门实用科学。它研究内容是多方面的，即对地表水、地下水、土壤水、水质、水量以及环境效应要统一考虑，以达到社会、经济、环境、效益最优为目的。因此，对水资源的研究要采用系统工程的方法。由水资源的调查，评价开始，进行系统规划；制定合理开发利用和调配的方案，进行保护与管理，使水资源更好地为国民经济战略目标和国土整治规划服务。

第一节 地球上水资源及我国水资源概况

一、地球上的水资源

地球上的水储量为 $13.86 \times 10^8 \text{ km}^3$ ，其中主要分布在海洋，其水量为 $13.38 \times 10^8 \text{ km}^3$ ，占总水储量的96.5%。按面积来说，全球表面积为 $5.1 \times 10^8 \text{ km}^2$ ，而海洋面积为 $3.61 \times 10^8 \text{ km}^2$ ，海洋面积占总面积的70%。而占地球总面积约30%的陆地，水量仅只有 $0.48 \times 10^8 \text{ km}^3$ ，占全球总水量的3.5%。这些数据表明，地球上的水储量在空间上的分布极不均匀。从水质来说，海水都是咸水，不能饮用，也不能用于工业生产和农业灌溉。而陆地上的水，也不全为淡水，淡水只有 $0.35 \times 10^8 \text{ km}^3$ ，占陆地水储量的73%。可供人们利用的淡水，主要指地表以下800 m以内的含水层、湖泊、河流以及土壤中的水。这部分水仅只有 $0.1065 \times 10^8 \text{ km}^3$ ，占淡水总量的30.4%。其余69.6%分布在冰川、多年积雪、两极冰盖及多年冻土中；目前还难以利用。地球上的水储量如表1-1所示。

此外，岩石圈中的结晶水，生物体内的水未计入。据估计岩石圈中的结晶水、结构水以及沸石水约有 $8.42 \times 10^9 \text{ km}^3$ ，生物体内的水储量约为 $1.12 \times 10^8 \text{ km}^3$ 。

上述是地球上的总水量，对于水资源来说，主要指地表水资源与地下水资源两部分。地表水资源量多以多年平均河川径流量来表征；而地下水资源是以可恢复的浅层地下水的天然资源来表征。因此，地球上水储量的多少与水资源的多少是两个不同的概念。水储量是从静止观点来考虑水的储存体积；而水资源是从循环、更新的观点来计算水资源量。世界各大洲水资源量的状况如表1-2所示。由表1-2看出，全球平均降水量为800 mm，每年可产水量为 $119.6 \times 10^{12} \text{ m}^3$ ，河川径流量为 $46.80 \times 10^{12} \text{ m}^3$ ，约占产水量的39.2%。其余的61.8%补给地下水量和蒸发。但是补给地下水量是很少的，绝大部分被蒸发掉了。若补给地下水量以10%计，约有 $11.90 \times 10^{12} \text{ m}^3$ 。比其河川径流量来说，是很少的。因此，一些国家或地区水资源量的丰富程度，可以以河川径流量来表征。世界一些国家的河川径流量和人均数值如表

表1-1 全球水储量表

类别	水储量 ($10^{12}m^3$)	占总储量的百分数	占淡水储量的百分数
海洋水	133 800	96.5	
地下水 ^①	23 400	1.7	30.1
其中: 淡水 ^②	10 530	0.76	
土壤水	16.5	0.001	0.05
冰川和多年积雪	24 064.1	1.74	68.7
多年冻土底水	300	0.022	0.86
湖泊水	176.4	0.013	
其中: 淡水	91	0.007	0.26
沼泽水	11.5	0.0008	0.03
河网水	2.1	0.0002	0.006
生物水	1.1	0.0001	0.003
大气水	12.9	0.001	0.04
水储量总计	1 385 984	100	
其中: 淡水储量	35 029.2	2.53	100

注: ①地下水为地面以下2000 m以内, 不包括南极洲的地下水(估计为 $2 \times 10^{15} m^3$, 其中一半为淡水); ②绝大部分在地面以下600 m深度内; ③河网和大气中的水储量是指某一时间存在于其中的水量。

(据联合国水会议文件汇编)

表1-2 世界各大洲水资源概况表

洲名	大陆及岛屿面积 (km^2)	平均年降水量		平均年江河径流量	
		深度 (mm)	体积 (m^3)	深度 (mm)	体积 (m^3)
欧洲	1050.0×10^4	790	8.29×10^{12}	306	3.21×10^{12}
亚洲	4347.5×10^4	740	32.2×10^{12}	332	14.41×10^{12}
非洲	3012.0×10^4	740	22.3×10^{12}	151	4.57×10^{12}
北美洲	2420.0×10^4	756	18.3×10^{12}	339	8.2×10^{12}
南美洲	1780.0×10^4	1600	28.4×10^{12}	661	11.76×10^{12}
澳洲及大洋洲	895.0×10^4	791	7.08×10^{12}	267	2.39×10^{12}
南极洲	1398.0×10^4	165	2.31×10^{12}	165	2.31×10^{12}
全球陆地	$14 900.0 \times 10^4$	800	119.00×10^{12}	314	46.8×10^{12}

(据朱学愚等, 1987年资料修改)

1-3所示。

从表1-3看出, 全世界按人口平均每人每年的河川径流量为 $10 800 m^3$ 。最丰富的国家是巴西, 其次是苏联、加拿大、美国、印尼, 我国居第六位; 而人均量最多的国家是加拿大, 每人每年有 $130 080 m^3$, 比世界人均量多11倍, 而我国人均量为世界人均量的四分之一。

表1-3 世界一些国家河川径流量人均值表

国 家	河川径流量 (m ³)	人口 ^① (人)	人均水量 (m ³ /人)
巴 西	51 912×10 ⁸	1.23×10 ⁸	42 200
苏 联	47 140×10 ⁸	2.64×10 ⁸	17 860
加 拿 大	31 220×10 ⁸	0.24×10 ⁸	13 0080
美 国	29 702×10 ⁸	2.2×10 ⁸	13 500
印 尼	28 113×10 ⁸	1.48×10 ⁸	19 000
中 国	27 115×10 ⁸	9.88×10 ⁸	27444
印 度	17 800×10 ⁸	6.78×10 ⁸	2625
日 本	5470×10 ⁸	1.16×10 ⁸	4720
全 世 界	468 000×10 ⁸	43.35×10 ⁸	10 800

注：①人口以1979年联合国统计数为准
(据朱学愚等, 1987)

二、中国的水资源概况

首先,对我国自然地理概况作梗概介绍。我国位于北半球欧亚大陆的东南部,东临西太平洋,国土面积为960万平方公里。山地多,平原少,西北高,东南低,季风气候。全国降雨量是由东南向西北递减,台湾北部局部山地年降水量在6000 mm以上,华南沿海降水量也较丰沛,年降水量在1600—1200 mm之间,长江流域降水量为1000—1500 mm,华北、东北为400—800 mm,西北内陆地区降水量明显减少。除山区外,一般在100—200 mm以下。新疆自治区塔里木盆地,吐鲁番盆地和青海的柴达木盆地,年降水量不足25 mm。

我国河川径流量的分布趋势与年降水量基本一致。东南沿海山地径流深在800 mm以上,而西北地区在25 mm以下,一些盆地、沙漠基本不产生径流量。我国是一个多湖泊的国家,据统计,面积在1 km²以上的湖泊近2300个(不包括时令湖),总面积71 787 km²。其中,外流河区的湖泊,以淡水为主;内陆河区的湖泊,咸水和盐湖居多。湖泊储水量为7 088×10⁹ m³。其中淡水储量约2 260×10⁹ m³,占湖泊储水总量的31%。我国冰川面积约为58 523 km²,相当全球冰川覆盖面积的0.36%,其中约有63%分布在内陆河流域,冰川总储量约为51 000×10⁹ m³,冰川平均年融水量约560×10⁹ m³。这对干旱地区的河流有很好的调节作用,对西北干旱地区的农牧业生产和人民生活起着很重要的作用。

我国水资源总量为2812.44×10⁸ m³。包括地表水资源和地下水资源。地表水资源通常包括河流、冰川、湖泊、沼泽等水体的动态水量。通常以河川径流量来表征。将全国划分为十大流域片。这些片既保持河流系统的完整性,又能反映水资源的地区差别。全国年产水量为61 889×10⁸ m³,折合降水量为648 mm;全国分片计算的年降水及年径流量如表1-4所示。

地下水资源主要是指与降水和地表水有直接水力联系的浅层地下水,以矿化度小于2 g/L为淡水资源。在前面划分的十大流域片的基础上,按地形、地貌特征将全国划分为山丘区和平原区。据计算全国北方平原区地下水资源量为1468×10⁸ m³;南方平原区地下水资源量为405×10⁸ m³,总计平原区地下水资源量为1873×10⁸ m³。全国山丘区地下水资源量为6762×10⁸ m³,其中由于山丘区补给平原区,有部分重复量,据计算重复量为348×10⁸ m³。扣除

表1-4 全国各流域片年降水量、年径流量表

流域片	年平均降水量		年平均径流量	
	(mm)	(m ³)	径流深(mm)	径流量(m ³)
黑龙江	495.5	4476×10 ⁸	129.1	1166×10 ⁸
辽河	551.0	1901×10 ⁸	141.1	487×10 ⁸
海滦河	559.8	1781×10 ⁸	90.5	288×10 ⁸
黄河	464.4	3691×10 ⁸	83.2	661×10 ⁸
淮河	859.6	2830×10 ⁸	225.1	741×10 ⁸
长江	1070.5	19360×10 ⁸	526.0	9513×10 ⁸
珠江	1544.3	8967×10 ⁸	806.9	4865×10 ⁸
浙闽台诸河	1758.1	4216×10 ⁸	1066.3	2257×10 ⁸
西南诸河	1097.7	9346×10 ⁸	585.3	6439×10 ⁸
内陆诸河	153.9	5113×10 ⁸	32.0	1064×10 ⁸
附：额尔齐斯河	394.5	208×10 ⁸	180.6	100×10 ⁸
全国	648.4	61889×10 ⁸	248.1	27115×10 ⁸

(据焦得生等, 1985)

后, 全国年平均地下水资源量为8288×10⁸m³, 详见表1-5。

表1-5 各流域片山丘区和平原区地下水资源量及其重复计算量的成果表

流域片	山丘区		平原区		重复计算量 (m ³)	计算总面积 (km ²)	地下水资源总量 (m ³)
	计算面积 (km ²)	地下水资源量 (m ³)	计算面积 (km ²)	地下水资源量 (m ³)			
黑龙江	593 653	223.6×10 ⁸	297 581	221.9×10 ⁸	14.8×10 ⁸	890 634	430.7×10 ⁸
辽河	230 524	95.7×10 ⁸	110 300	108.2×10 ⁸	9.7×10 ⁸	340 824	194.2×10 ⁸
海滦河	171 372	157.9×10 ⁸	106 424	178.2×10 ⁸	178.2×10 ⁸	277 796	265.2×10 ⁸
黄河	608 357	292.1×10 ⁸	167 007	157.2×10 ⁸	43.7×10 ⁸	775 364	405.6×10 ⁸
淮河	127 923	107.2×10 ⁸	169 938	296.7×10 ⁸	10.9×10 ⁸	297 861	393.0×10 ⁸
长江	1 625 393	1.18×10 ⁸	132 876	260.6×10 ⁸	14.4×10 ⁸	1 758 169	2464.2×10 ⁸
珠江	550 113	1027.8×10 ⁸	30 468	92.7×10 ⁸	5.0×10 ⁸	580 581	1115.5×10 ⁸
浙闽台诸河	218 639	561.8×10 ⁸	20 560	51.9×10 ⁸	0.6×10 ⁸	239 199	613.1×10 ⁸
西南诸河	851 406	1543.8×10 ⁸				851 406	1543.8×10 ⁸
内陆诸河	1 782 444	535.5×10 ⁸	927 700	486.0×10 ⁸	201.7×10 ⁸	2 710 144	815.8×10 ⁸
附：额尔齐斯河	31 782	31.9×10 ⁸	20 948	20.0×10 ⁸	9.4×10 ⁸	52 730	42.5×10 ⁸
全国总计	6 790 906	6 762×10 ⁸	1 893 802	1873.4×10 ⁸	347.8×10 ⁸	8 774 708	8 287.6×10 ⁸

(据焦得生等, 1985)

一个地区的水资源是由降水形成的, 称为产水量, 有地表的和地下的两部分。由于地表水和地下水相互联系, 相互转化, 河川径流量中包括一部分地下水的排泄量, 地下水的补给量中, 又有一部分来源于地表水体的渗入。所以说, 一个地区的水资源总量, 不能简单地将地表水资源量和地下水资源量相加作为水资源总量, 而应扣除相互转化的重复水量。

前述在计算山丘区和平原区地下水资源量时, 要扣除山丘区对平原区的补给量。如果说一个流域上游为山丘区, 下游为平原区, 在扣除山丘区和平原区的地下水重复计算量后, 还

应再扣除地表水和地下水之间的下列重复水量：①山丘区河川基流量；②由当地降水形成的平原区河川基流量，为平原区地表水和地下水之间的重复量；③河道、渠系渗漏和渠灌田间入渗等地表水体渗漏补给量，为山区河川径流转化为平原地下水的重复量，其中山丘区河川基流对平原地下水的补给量属于地下水本身的重复量。

根据分析计算，全国平均年地表水资源量（即河川径流量）为 $27\ 115 \times 10^8 \text{ m}^3$ ，年平均地下水水资源量为 $82\ 88 \times 10^8 \text{ m}^3$ ，两者之间重复计算量为 $72\ 79 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。扣除重复计算量后，全国平均年水资源总量为 $28\ 124 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。详见表1-6所示。

表1-6 各流域片水资源总量成果表

流域片	地表水资源量 (10^8 m^3)	地下水水资源量 (10^8 m^3)	重复量 (10^8 m^3)	水资源总量 (10^8 m^3)
黑龙江	1 165.9	430.7	244.8	1351.8
辽河	487.0	194.2	104.5	576.7
海滦河	287.2	265.1	131.8	421.1
黄河	661.4	405.8	323.6	743.6
淮河	741.3	393.1	173.4	961.0
长江	9 513.0	2464.2	2363.8	9613.4
珠江	4685.0	1115.5	1092.4	4708.1
浙闽台诸河	2557.0	613.1	578.4	2591.7
西南诸河	5853.0	1543.8	1543.8	5853.1
内陆诸河	1063.7	819.7	682.7	1200.7
附：额尔齐斯河	100.0	42.5	39.3	103.2
全国总计	27 115.2	8287.7	7278.5	28 124.4

（据焦得生等，1985年资料修改）

三、水资源的特征

我国陆地面积占世界陆地面积的6%多，而养育的人口占世界的22%。水资源是重要的自然资源之一，将我国水资源和世界水资源以及按人口平均情况作以比较，如表1-7所示。

表1-7 中国和世界水资源对照表

对比对象	面积 (km^2)	平均年降水量		平均年河川径流量		每人占有的径流量	
		深度 (mm)	体积 (m^3)	深度 (mm)	体积 (m^3)	人口 (口)	人均水量 ($\text{m}^3/\text{人}$)
全球陆地	$14\ 900 \times 10^4$	800	119.0×10^{12}	314	46.8×10^{12}	43.35×10^8	10800
中国	960×10^4	628	6.0×10^{12}	276	2.7115×10^{12}	9.88×10^8	2744

（据朱学愚等，1987）

由表1-7可以看出，我国平均年河川径流量①为 $27\ 115 \times 10^8 \text{ m}^3$ ，低于世界人均水量。平均年径流深低于全球平均径流深。人均占有的径流量为 2744 m^3 。这是按1979年人口计算的，若按1988年人口11亿计算，则人均占有的河川径流量为 2577 m^3 。我国亩均占有的河川径流量为 1800 m^3 ，是世界亩均占有量的76%。远低于印尼、巴西、日本和加拿大。我国水资源

①为了便于同国外比较，此处用平均年河川径流量，而未用水资源总量。

人均、亩均占有量都是相当低的。因此水资源在我国是十分珍贵的自然资源，必须十分注意有效的保护和节约使用水资源，应作为我国长期坚持的基本国策。

我国水资源在地区分布上是不均匀的。南多北少，相差悬殊，与人口和耕地也不相适应。由表1-8看出长江流域及其以南的珠江流域、浙闽台诸河、西南诸河等四片，面积占全国的36.5%，耕地占全国的36%，人口占全国的54.4%，但水资源总量却占81%，人均占有的水量为4180m³，为全国均值的1.5倍。其中，西南诸河片水资源丰富，但多高山峻岭，人烟稀少，耕地也很少，人均占有水量达38400m³，约为全国均值的14倍多；亩均占有水量达21800m³，约为全国均值的12倍。辽河、海滦河、黄河、淮河四个流域片，总面积占全国的18.7%，接近南方四片的一半。但水资源总量却仅有2703×10⁸m³，仅相当南方四片水资源总量的8.4%。但北方四片多为大平原，耕地占全国45.2%，人口占全国的38.4%。其中，以海滦河最为突出，人均占有水量仅为430m³，为全国均值的16%；亩均占有水量仅251m³，为全国均值的14%^①。总之，从区域上讲，水资源分布很不均匀，全国90%的地表水资源和大约70%的地下水资源分布在面积不到50%的南方地区，而北方17省、市、自治区的地表水资源量仅占10%，地下水资源量仅占30%。水资源的分布对国民经济影响很大，如有的地方滴水如油，有的地方则洪水泛滥成灾，人工调控水资源是保证国民经济长期稳定发展的基本措施。

表1-8 各流域片人均水资源量、亩均水资源量对比表

流域片名称		流域片面积占全国百分数	水资源总量 (10 ⁸ m ³)	占全国水资源总量百分数	占全国耕地百分数	占全国人口百分数	人均水量 (m ³ /人)	亩均水量 (m ³ /亩)
内流区	内陆河片(含额尔齐斯河)	35.3	1303.9	1.6	5.8	2.1	6290	1170
	外流区							
北方四片	黑龙江流域片	9.5	1351.8	1.8	13.0	5.1	2630	679
	辽河流域片	3.6	576.7	2.1	6.7	4.7	1230	558
	海滦河流域片	3.3	421.7	1.5	10.9	9.8	430	251
	黄河流域片	8.3	743.6	2.6	12.7	8.2	912	382
	淮河流域片	3.5	961.0	3.4	14.9	15.7	923	421
	合计	28.2	4056.2	4.4	58.2	43.5	938	454
南方四片	长江流域片	19.0	9513.4	34.2	24.0	34.0	2760	2620
	珠江流域片	6.1	4708.1	16.8	6.8	10.9	4300	4530
	浙闽台诸河片	2.1	2591.7	9.2	3.4	7.2	3590	4920
	西南诸河片	8.9	5853.1	20.8	1.8	1.5	38400	21800
	合计	36.5	22766.3	81.0	36.0	54.4	4180	41300
合计		64.7	26820.5	95.1	94.2	97.9	2750	1860
全国		100.0	124.4	100.0	100.0	100.0	2730	1870

(据贾泽民等, 1988)

从时间上讲，我国水资源总量在年际和年内变化很大。因为我国受季风气候影响，降水量年际和季节变化较大。丰水年和枯水年径流量的比值，在华北和东北主要河流流域，一般为2.7—4倍。年径流量最大值与最小值之比，通常均大于4倍，个别达10—20倍。若以枯水

① 贾泽民等编“水资源管理教程”。

季节与汛期的日径流量来对比，可相差10倍甚至百倍以上。洪水流量在水资源总量中占的比重很大，然而很不稳定，必须兴建水利工程和进行地下调节才能利用。地下水资源与地表水资源相比，比较稳定。如半湿润的北方地区，丰水年和枯水年有效入渗补给量的比值为1.4—1.8，如北方有些岩溶大泉，流量相当稳定。这是由于地下水处于较大的含水系统内，具有多年的调节功能，致使一些泉流量恒定。如山西娘子关泉群中的五龙泉就是一例。据1970年至1974年泉流量与降水量观测资料绘制成图1-1。泉水流量基本上呈直线变化，对降水量高峰没有反映。泉水流量一直稳定在 $1.8-1.9\text{m}^3/\text{s}$ ，变化量很小。但并非所有的岩溶水

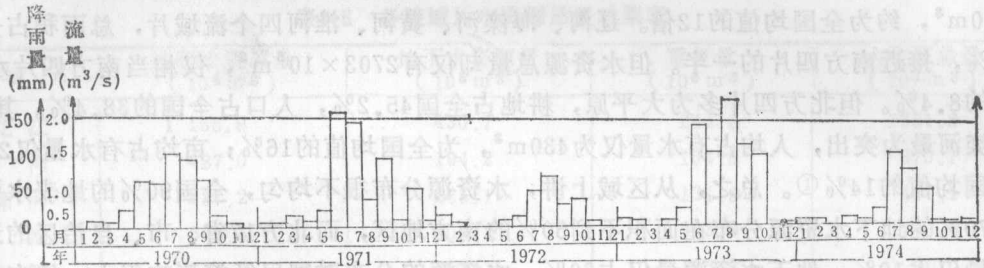


图1-1 娘子关泉群五龙泉流量变化曲线图
(据韩行瑞等, 1987)

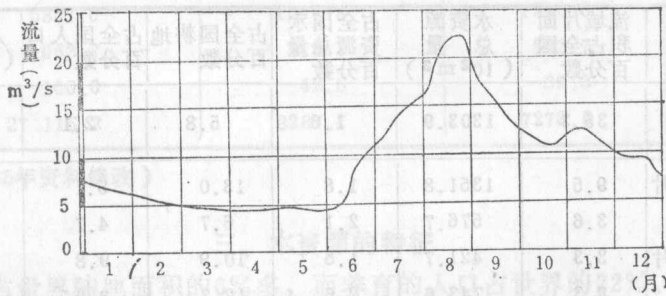


图1-2 云南南洞暗河流量变化曲线

(据云南省水利勘测设计院, 流量为1960—1965年平均值)

动态都稳定。如云南开远南洞暗河，流量变化很大。如1959年最小流量为 $0.2\text{m}^3/\text{s}$ ，最大流量为 $20.2\text{m}^3/\text{s}$ ，相差达100倍，多年月平均流量年内变化如图1-2所示。不管是南方溶洞暗河水，还是北方的泉水，都具有雨季水量增大，旱季水量减少，缺乏滞后的现象。如济南的泉水，1971年7月一次50mm的暴雨后，仅隔2h，流量就明显增大。又如四川红岩煤矿南茅口大巷涌水点，平均流量为 $500\text{m}^3/\text{s}$ ，暴雨后，6—12h，流量增加，为 $3744\text{m}^3/\text{s}$ 。地下水主要是接受降水入渗补给的，由于降水量在年内和年际变化较大，导致地下水在年内分布不均，在年际上也有丰水年和枯水年之分。因此，要充分利用水资源必须对水资源在时间上和空间上进行人工调控。

四、水资源开发利用现状

水资源是宝贵的自然资源之一。随着工农业的迅速发展和人口的增长。近几十年来，无论是世界或者我国的水资源利用量都在迅速增加。水资源的短缺已成为全世界人们普遍关心的问题。全世界各种用途的用水量 and 耗水量的增长状况及预测状况，如表1-9所示。

表1-9 全世界各种用途的用水量和耗水量实测值和预测值表

用途	年 份 次 量	1950年	1970年	1985年	2000年
		(m^3/a)	(m^3/a)	(m^3/a)	(m^3/a)
公用事业	用水量	600×10^8	1200×10^8	2500×10^8	4400×10^8
	耗水量	110×10^8	200×10^8	330×10^8	650×10^8
工业	用水量	1900×10^8	5100×10^8	$11\ 000 \times 10^8$	$19\ 000 \times 10^8$
	耗水量	90×10^8	200×10^8	450×10^8	700×10^8
农业	用水量	8600×10^8	$19\ 000 \times 10^8$	$24\ 000 \times 10^8$	$34\ 000 \times 10^8$
	耗水量	6300×10^8	$15\ 000 \times 10^8$	$19\ 000 \times 10^8$	$26\ 000 \times 10^8$
水库	耗水量	40×10^8	700×10^8	1700×10^8	2400×10^8
总计	用水量	$11\ 000 \times 10^8$	$26\ 000 \times 10^8$	$39\ 000 \times 10^8$	$60\ 000 \times 10^8$
	耗水量	6500×10^8	$16\ 000 \times 10^8$	$22\ 000 \times 10^8$	$30\ 000 \times 10^8$

(据朱学愚等, 1987)

由表1-9看出1950年全世界用水量为 $1.1 \times 10^{12} m^3$, 除去重复利用部分, 实际的耗水量为 $0.65 \times 10^{12} m^3$ 。1970年用水量为 $2.6 \times 10^{12} m^3$, 实际耗水量为 $1.6 \times 10^{12} m^3$ 。预计到2000年, 用水量将达 $6 \times 10^{12} m^3$, 为1950年的5.5倍, 耗水量为 $3 \times 10^{12} m^3$, 为1950年的4.6倍。其中, 工业用水量增长最快, 50年间增长10倍。

我国各种用途的用水量及其预测量如表1-10所示。我国用水量的增长速度也是很快的, 以1949年的 $1031 \times 10^8 m^3$ 为基数, 到1979年增长到 $4767 \times 10^8 m^3$, 增长4.6倍, 预计到2000年我国的总用水量将达 $7345 \times 10^8 m^3$, 为1949年的7.1倍, 达到了我国水资源总量的2.7%, 这个数字是非常巨大的。目前我国不少地区已经出现了水资源不足的紧张局面, 北方不少河流已经干涸, 甚至某些河流也只有汛期才有水。即使在丰水的南方, 到2000年也会出现用水的紧张局面。因此, 我们在利用水资源时, 必须注意: 天然水资源与可利用的水资源概念不同, 天然水资源并不是全部都可以加以利用的, 而应保持一定的水量。例如, 地表水经江河流入海里的量, 地下水的蒸发量等等。若将江河的径流量全部利用了, 将会引起航运、水产、港口淤积等一系列环境问题, 破坏了生态平衡, 破坏了自然界的水平衡, 出现不堪设想的后果。

表1-10 我国各种用途的用水量及预测值表

用途	年 份 水 量	1949年	1957年	1965年	1979年	2000年
		(m^3/a)	(m^3/a)	(m^3/a)	(m^3/a)	(m^3/a)
城市生活		6×10^8	14×10^8	18×10^8	49×10^8	123×10^8
工业		24×10^8	96×10^8	181×10^8	523×10^8	1264×10^8
农业		1001×10^8	1938×10^8	2545×10^8	4195×10^8	5958×10^8
总计		1031×10^8	2048×10^8	2744×10^8	4767×10^8	7345×10^8

(据朱学愚等, 1987)

我国平原区的平均年地下水资源量为 $1873 \times 10^8 m^3$, 其中北方平原区为 $1468 \times 10^8 m^3$, 占全国平原区的78%, 据1979年年底之前的统计资料, 年开采量已达 $424 \times 10^8 m^3$ (包括深

层水 $39 \times 10^8 \text{ m}^3$)。开发利用程度较高的是华北平原,浅层地下水开采量已达 $230 \times 10^8 \text{ m}^3$ 左右,占该地区地下水资源量的50%以上。其中,海滦河流域浅层地下水开采量为 $130 \times 10^8 \text{ m}^3$ 左右,占该地区浅层地下水资源量的80%以上。地下水尚未开发或有较大潜力的地区,往往是地表水资源丰富或者含水层薄而开采有困难的地区。缺水严重的华北地区,地下水开发利用的潜力不大,但由于大量开采,已形成了区域下降漏斗,引起地面沉降,滨海地区引起海水倒灌等一系列环境问题。这是由于开采量超过年补给量,使其长期积累的储存量被消耗所致。

在利用水资源时,还须注意两个问题。一是水资源污染问题。我国水资源的水质是相当好的,尤其是河流的天然水质。超过 1 g/L 的高矿化度的河水分布面积仅占全国面积的13.4%,这些水多分布在西北人烟稀少的地区。但在优质淡水区,人为的污染越来越严重。尤其是工业发达、人口集中的城市,水资源的污染最为严重。因此治理污染,保护水资源,保护生态环境,已成为急需解决的重要问题。其次,在某些地区,大力开发利用地下水,不仅不会造成环境的恶化,而且还有利于改善环境,增加水资源利用程度。如我国的一些引水渠灌地区,地下水位都往往很高,造成土壤沼泽化、盐渍化,大力开发利用地下水,不仅可以增加水资源,还可以改良土壤,促进农业生产的发展。在南方虽然地表水较丰沛,在一些平原地区,适当开发利用地下水,不仅可以增加抗旱水源,还可以改善冷浸田的耕作条件,有利于农业生产。

第二节 地下水资源在供水中的作用

水是生命的源泉。从35亿年前地球上开始出现生命物质以来,从生命的起源到进化,一直发展到今天的人类,都离不开水。水是人类生存和发展必不可少的物质,在日常生活和生产过程中,也离不开水。国民经济各个部门都涉及供水问题。地下水资源是淡水资源的重要组成部分。由于它具有独特的优点,因此,地下水资源在供水中占有重要的地位。

水是人体组成的重要部分。据统计重 60 kg 的成人,体内的水分有 40 kg ,占65%;儿童体内水分更多,约占体重的80%。健康人的机体是处于水分平衡状态的,以此来维持人体的新陈代谢和调节体温。一个人正常情况下,每天约需 2 kg 的水。如果这一平衡遭受到破坏,就会给人体健康带来严重后果。因此,水对人体健康来说,比食物更为重要。一个人不吃食物单靠饮水能维持20多天。但不喝水,只要几天就可能死亡。

维持人体正常的生长,发育和生理机能,需要有一定的化学元素。据研究,人体内必要的化学元素有26种。依其含量多少,可分为宏量元素和微量元素两大类。宏量元素和微量元素的划分常是以人体需求量与人体质量的比值为依据的。其比值大于 $1/10\ 000$ 的称为宏量元素,例如氢、氧、碳、硫、磷、氮、钾、钙、镁、氟等。其比值少于 $1/10\ 000$ 的元素称为微量元素,例如铁、铜、锌、锰、钴、镍、铬、钒、氟、碘、硒、锡、硅、钼等。人们除了从食物中获得这些元素外,饮用水也是这些必需元素的重要来源。例如,氟便是一种人体必需的微量元素。通常每人每日需氟量为 $1.0\text{—}1.5 \text{ mg}$,如果饮用水中含氟量低于 0.5 mg/L ,儿童中龋齿患病率便要增高。据有关分析资料,人体需氟量中有65%来自饮水,35%来自食物。大量调查表明,我国一些地方病都与饮用水的水质有关。如克山病就是由于饮用水中缺乏锂、硒等元素所致。由此看出,饮用水水质对于人体健康至关重要。一般来说,地下水的水质都

是比较好的，适宜于作为饮用水源，所以不少国家水法规定，饮用水源应以地下水为主。

农业的稳产高产，需要水的保证。作物生长需要消耗大量水分。据实验，生产1kg小麦需耗水量约1000—1500kg，生产1kg皮棉耗水量约5000kg。生产1kg水稻耗水量更大。因此，水是农业生产的重要基础。要想提高产量，必须进行灌溉。据世界各国文献证实，占耕地面积不到18%的灌溉土地所收获的产量约占世界粮食产量的三分之二。使旱田改为水浇地，是提高粮食产量的重要措施之一。

发展畜牧业同样也离不开水。一方面牲畜需要饮水，另一方面草原需要灌溉。我国草原面积约43亿亩。大部分都处于干旱、半干旱地区。这些地区降水量稀少，牧草产量很低。要发展畜牧业就需进行人工灌溉，提高牧草产量。实践证明，草地灌溉后，可以大幅度提高产量。如内蒙古自治区伊盟发展灌溉面积20多万亩，一亩水浇地产草1000—1500kg，比旱地产量提高几十倍甚至上百倍。因此，重视草原灌溉是畜牧业发展的可靠保证。

工业生产中，几乎没有一个工业部门是不用水的。水是工业生产中不可缺少的生产资料，归纳起来，主要有以下几个方面：①作为工业的动力。如，水电站以水作为直接的工业动力；火电站则以水蒸汽为动力；水力采煤，在油田中注水保持油层的压力等，都是以水为动力开采矿产。②作为工业的原料。如酒、饮料以及化学溶剂等都是用水作为原料的；③作为工业生产过程的处理剂和洗涤剂。如建筑业、陶瓷业等都是用水作为溶剂；纺织、印染、选矿等都是用水来洗涤的；④作为工业的冷却剂。由于水的比热大。因此，一些发热比较多的工厂，如火电厂、钢铁厂、化工厂、纺织厂等都需要大量的冷却水来吸热降温和调节湿度。

综上所述，从人类的生命及日常生活，到发展农业、工业及至国防建设等，都需要水。可见水是一种最宝贵的资源。

水资源是宝贵的，而且是不可能被其它物质所代替的资源。这是由于水具有许多自然特性和独特的功能。例如，水是植物进行光合作用的重要因素；水具有溶解多种物质的性能，能够把溶解在土壤中的各种植物营养、盐类通过毛管作用输送到植物上部；有了水，地球上万物可以生长，沙漠可以变成良田。水是生态系统中的重要组成部分，也是构成环境的基本因素。

水是一种可以再生的资源，每年雨季都可得到补充。就整体来说，补给量是有限的。在消耗量小于补给量时，可以说“取之不尽，用之不竭”。也就是说，保持着自然界水平衡状态。但是当消耗量大于补给量时，天然平衡状态被破坏，水资源就会干枯的。因此，认识水是一种可以再生的资源的同时，还需认识到可利用的水量总是有限的。尤其是作为生活资料和生产资料的优质淡水来说，更是有限的。

我国淡水资源并不丰富，据1980年开始的全国水资源评价的计算，我国水资源总量为 $2.8 \times 10^{12} \text{ m}^3$ ，其中地下水资源量为 $0.8 \times 10^{12} \text{ m}^3$ 。从总量来看居世界第六位，但按人口平均计算，平均每人每年占有量只相当于全球水平的1/4。从水资源利用角度来看，我国地表水资源在地区上和时间上分布极不均匀，长江流域及其以南地区年径流量占82.3%，华北、东北和西北广大地区诸河径流量只占17.7%。而且地表水资源主要分布在大河及湖泊中，利用起来有一定的局限性。地下水资源分布比地表水资源分布相对来说要广泛些，而且含水层的储水和调节能力较大，利用起来方便得多，所以当今世界上，由于工农业生产的迅速发展，人口剧增和城市规模的扩大，加之环境污染而大大缩小了地表水体使用范围，不少人把希望寄托在地下水资源的利用上。