

# 第 1 章 中国水资源概况

## § 1.1 水与水资源

### 1.1.1 世界水资源概况

人类社会需要多种资源，水是最重要的自然资源。水资源以气态、固态和液态三种基本形态存在于自然界之中，分布极其广泛。表 1-1 是地球水资源在自然界中的分布情况。

表 1-1 地球水资源在自然界中的分布情况

水体种类	水量		咸水量		淡水量	
	万亿 m <sup>3</sup>	%	万亿 m <sup>3</sup>	%	万亿 m <sup>3</sup>	%
海水	1 338 000.00	96.54	1 338 000	99.04	0	0
地表水	24 254.10	1.75	85.4	0.006	24 168.7	69
冰川与冰盖	24 064.10	1.736	0	0	24 064.1	68.7
湖泊水	176.40	0.013	85.4	0.006	91	0.26
沼泽水	11.47	0.000 8	0	0	11.47	0.033
河流水	2.12	0.000 2	0	0	2.12	0.006
地下水	23 700.00	1.71	12 870	0.953	10 830	30.92
重力水	23 400.00	1.688	12 870	0.953	10 530	30.06
地下冰	300.00	0.022	0	0	300	0.86
土壤水	16.50	0.001	0	0	16.5	0.05
大气水	12.90	0.000 9	0	0	12.9	0.04
生物水	1.12	0.000 1	0	0	1.12	0.003
全球总储量	1 385 984.60	100	1 350 955.40	100	35 029.2	100

从表 1-1 可以看出，地球上的水量是极其丰富的，其总储水量约为 13.86 亿 km<sup>3</sup>，但地球水圈内水量的分布是极其不均匀的，地球上约有 96.5% 的水是海水。宽广的海洋覆盖了地球表面积的 70% 以上，但海水是含有大量矿物盐类的“咸水”，不易被人类直接使用。人类生命活动和生产活动所必需的淡水水量有限，只占总水量的不足 3%，其中还有约 3/4 的淡水以冰川、冰帽的形式存在于南、北极地和人类难以生存的高山上，人类很

难使用。与人类关系最密切、又较易开发利用的淡水储量约为 400 万  $\text{km}^3$  仅占地球上总水量的 0.3%，而且在时空上的分布又很不均衡。

1988 年 联合国教科文组织 UNESCO 和世界气象组织 WMO 共同制定了《水资源评价活动——国家评价手册》将水资源定义为“可以利用或有可能被利用的资源 具有足够的数量和可用的质量，并在某一地点为满足某种用途可被利用”。由此可见，对人类生产和生活有利用意义的水是河川总径流，包括地表河川径流和地下水径流，全球这部分水量约为 38.83 万亿  $\text{m}^3$ 。水不仅是维持地球上一切生命的必需资源，而且还是人类社会发展的至关因素。

### 1.1.2 水资源的特点

水资源是在水循环背景上、随时空变化的动态自然资源，它有与其他自然资源不同的特点。

#### 1.1.2.1 可恢复性与有限性

地球上存在着复杂的、大体以年为周期的水循环，当年水资源的耗用或流逝可被来年的大气降水补给。这种资源消耗和补给间的循环性，使得水资源不同于矿产资源，因此水资源具有可恢复性，是一种再生性自然资源。

就特定区域一定时段年而言年降水量有或大或小的变化但这种变化总是有个限值。因而，这就决定了区域年水资源量的有限性。水资源的超量开发消耗，或动用区域地表、地下水的静态储量必然造成超量部分难于恢复甚至不可恢复从而破坏自然生态环境的平衡。就多年均衡意义讲，水资源的平均年耗用量不得超过区域的多年平均资源量。无限的水循环和有限的大气降水补给，决定了区域水资源量的可恢复性和有限性。

#### 1.1.2.2 时空变化的不均匀性

水资源时间变化上的不均匀性，表现为水资源量年际、年内变化幅度很大。区域年降水量因水气条件、气团运行等多种因素影响呈随机性变化使得丰、枯年水资源量相差悬殊，丰、枯年交替出现，或连旱、连涝持续出现都是可能的。水资源的年内变化也很不均匀汛期水量集中不便利用枯季水量锐减又满足不了需水要求而且各年年内变化的情况也各不相同。水资源量的时程变化与需水量的时程变化的不一致性，是另一种意义上的时间变化不均匀性。

水资源空间变化的不均匀性，表现为水资源量和地表蒸发量因地带性变化而分布不均匀。水资源的补给来源为大气降水，多年平均年降水量的地带性变化，基本上决定了水资源量在地区分布上的不均匀性。水资源地区分布的不均匀，使得各地区在水资源开发利用条件上存在巨大的差别。水资源的地区分布与人口、土地资源的地区分布的不一致，是另一种意义上的空间变化不均匀性。

水资源时空变化的不均匀性，使得水资源利用要采取各种工程的和非工程的措施，或跨地区调水或调节水量的时程分配或抬高天然水位或制定水量调度方案等等以满足人类生活、生产和生态环境的需求。

#### 1.1.2.3 水资源开发利用的两面性和多功能特点

水资源随时间变化不均匀，汛期水量过度集中造成洪涝灾害，枯期水量枯竭造成旱

灾。因此 水资源的开发利用不仅在于增加供水量 满足需水要求 而且还有治理洪涝、旱灾、渍害问题 即包括兴水利和除水害两个方面。

水可用于灌溉、发电、供水、航运、养殖、旅游、净化水环境等各个方面 水的广泛用途决定了水资源开发利用的多功能特点。这种多功能特点表现在水资源利用上,就是一水多用和综合利用。

## § 1.2 河流水系与湖泊

### 1.2.1 河流水系

中国江河众多 河流总长达 43 万 km。流域面积在 100km<sup>2</sup> 以上的河流有 5 万多条;在 1 000km<sup>2</sup> 以上的有 1 580 多条 超过 1 万 km<sup>2</sup> 的大江大河有 79 条。长度在 1 000km 以上的河流有 20 多条。长江、黄河分别为中国的第一、第二大河。中国的河流有以下特点:

(1)除西南部有几条河流向南流以外,多数河流由西向东流入太平洋。

(2)流域面积广袤,但分布不均。绝大部分河流分布在东南的外流流域,总面积占国土面积的 2/3 少数分布在内流流域 总面积占国土面积的 1/3。

(3)江河上游多奔流于高山峡谷中 落差大 水流急 蕴藏着丰富的水力资源 中下游多穿插在广阔平原 河宽水缓 利于灌溉、渔业和通航。

(4)北方河流尤其是黄河含沙量大 流域水土流失严重。

(5)中国的河流大多数由降雨直接补给,有的河流是融雪、地下水及雨水混合补给。

由河流的干流、支流、人工水道、水库、湖泊、沼泽、地下暗河等组成的彼此连通的系统称为水系。中国的水系常指流域,并通常以干流或一级支流的河名作为水系的名称。中国河流中最重要的河流有七大江河 即松花江、辽河、海河、黄河、淮河、长江和珠江。中国的河流是最主要的淡水水源,也提供了丰富的水能资源和航运条件。中国七大河流水系简况见表 1-2。

表 1-2 中国七大河流水系简况

项目	松花江	辽河	海河	黄河	淮河	长江	珠江
流域面积(万 km <sup>2</sup> )	55.7	22.9	26.4	75.2	26.9	180.9	45.4
河长(km)	2 308	1 390	1 090	5 464	1 000	6 300	2 214
年均降水深(mm)	527	473	560	475	880	1 070	1 470
年均径流量(亿 m <sup>3</sup> )	762	148	228	658	622	9 513	3 338

注 资料来源于 <http://www.ewater.net.cn> 略有改动。

在山区 河流常常在峡谷和川地间穿行 急弯卡口众多 如黄河上游河段、长江三峡河段均以此闻名。在平原区 河流有 4 种类型 顺直型 但其主流仍然是弯曲流动 蜿蜒型,如长江的荆江河段 分汊型 如长江城陵矶至江阴段 游荡型 如黄河下游花园口河段。

秦岭和淮河以北河流冬季有冰情发生,多数北方河流还有封河现象。淮河以南至长

江以北，冬季河流有冰花，但基本不封河。长江以南河流则基本无冰情。中国河流中最重要的大江大河，河流长，流域面积大，年径流量也大，在中国的河流中占有非常重要的地位。

### 1.2.1.1 长江

长江发源于青海唐古拉山脉青藏高原唐古拉山脉的各拉丹东峰西南侧，其干流流经青海、西藏、云南、四川、湖北、湖南、江西、安徽、江苏、上海等(省、市、区)流域面积为180.9万 $\text{km}^2$ ，干流总长度为6300km，是国内最长的河流，在世界上其长度仅次于尼罗河和亚马逊河，居世界第三位。长江流域周围除东临东海外，北以昆仑山、巴颜喀拉山、秦岭、伏牛山、桐柏山、大别山为与黄河、淮河流域的分水岭，南以南岭、黔中高原、武夷山、天目山为与珠江流域、浙水系的分水岭；西以横断山脉的芒康山、宁静山为与澜沧江流域的分水岭。长江干流宜昌以上为上游，长4500多公里，落差大，峡谷深，水流湍急，蕴藏着丰富的水力资源。宜昌到江西湖口为中游段，长900多公里，地势低洼，江道弯曲，湖泊众多，江湖相通，如鄱阳湖和洞庭湖。江西湖口以下为下游段，长800多公里，江宽水深，比降平缓，水流流速缓慢，形成多处江心沙洲。因此，宜昌以下12.6万 $\text{km}^2$ 受两岸堤防保护的平原区，一旦堤防溃决，遭受水灾，则洪水退水很慢，受灾持续时间较长，会给人民的生命财产造成很大威胁。长江流域地处亚热带，气候温暖，雨量充沛，全流域平均年降水量1070mm，平均年径流量9513亿 $\text{m}^3$ ，干流和支流总水能蕴藏量26800万kW，可开发的水能资源为19700万kW。

新中国成立以来，流域内兴建了大量水资源开发工程，共有各类水库4.8万座，总库容1222亿 $\text{m}^3$ ；举世瞩目的长江三峡水利枢纽已经开工兴建，该工程建成后将提供大量的电能；还兴建了东线南水北调的南段工程等。这些工程提高了防御洪涝灾害的能力，发挥了农业灌溉、水力发电、工业及城镇供水、航运、旅游及水生物养殖等综合效益；但开发标准不高，地区分布不平衡，速度不快，还远不能适应国民经济发展对水资源的要求。

### 1.2.1.2 黄河

黄河是中华民族古代文明的摇篮，以多沙而闻名于世。黄河发源于青海巴颜喀拉山北麓，流经青海、四川、甘肃、宁夏、内蒙古、山西、陕西、河南、山东等9省(区)在山东垦利县注入渤海。黄河干流全长5464km，流域面积75.2万 $\text{km}^2$ ，为国内第二大河。黄河干流内蒙古托克托县河口镇以上为上游，长3400多公里，区间总落差3464m，蕴藏着丰富的水力资源，且地形地质条件较好，具有修建水电站的良好条件，共规划了15个梯级水电站，是中国十大水电基地之一。从河口镇到郑州桃花峪为黄河中游，长1222km，落差893m，其水能资源也比较丰富，水电开发条件比较好，共规划了10~12个梯级水电站，包括万家寨、龙口、天桥、碛口、龙门、三门峡、小浪底、西霞院等工程，这些工程可有效地提高下游的防洪能力，同时具有发电、减淤、灌溉、供水等多种功能。黄河中游途经黄土高原，它是黄河洪水泥沙的主要来源地。郑州桃花峪以下为黄河下游，长780余公里，区间流域面积2.2万 $\text{km}^2$ ，落差95m，河道平缓，河面宽阔，河床淤积严重，形成了著名的“地上悬河”，河道防洪是下游的重要任务。黄河流域水旱灾害频繁，据记载，历史上曾发生26次较大的改道，附近地区深受其害。中国历代都非常重视黄河的治理与开发，尤其是新中国成立

后 先后 3 次对下游大堤进行加高加固 并修建了三门峡、小浪底、陆浑、故县等干支流水库 初步形成了黄河下游的防洪工程体系 取得了人民治理黄河 50 多年安澜的辉煌成就。

### 1.2.1.3 松花江

松花江是黑龙江的最大支流。松花江有南北两源，南源为第二松花江，发源于长白山主峰白头山天池，在扶余县三岔河口与嫩江汇合；北源为嫩江，发源于大兴安岭山脉的伊勒呼里山南麓，在三岔河口与第二松花江汇合后称为松花江，在同江市附近注入黑龙江。松花江自南源计 全长 2 308km 流域总面积 55.7 万 km<sup>2</sup>。松花江流域西为大兴安岭山脉 北为小兴安岭山脉 东南为完达山脉、长白山脉和龙岗山脉 南与西南为丘陵岗地。流域内多沼泽湿地，并在松花江干流北岸地区形成广阔的松嫩平原。松花江流域冬季严寒漫长 年平均气温 -3~5℃ 最低气温 -50℃ 多年平均年降水量 527mm 长白山、小兴安岭南侧年降水量 700~800mm 松嫩平原及西南部年降水量 350~400mm。可开发的水能资源 641 万 kW 主要分布在第二松花江、牡丹江和嫩江。流域内森林资源丰富 盛产石油、煤炭，是中国主要的商品粮生产基地。流域内年降水有明显的丰水和枯水周期，常连续发生洪涝和干旱。新中国成立以后，对松花江流域进行了综合治理和开发。

### 1.2.1.4 珠江

珠江又称粤江 由西江、北江、东江及珠江三角洲组成。以西江为源 全长 2 214km，流域总面积 45.4 万 km<sup>2</sup> 中国境内 44.2 万 km<sup>2</sup>。珠江流域水系复杂 共有 8 个口门注入南海。西江是珠江的主要支流，发源于云南省沾益县马雄山，在珠海的磨刀门企人石注入南海。北江上源称淡水，发源于江西省信丰县石碣大茅坑，到广东省韶关市与武水汇合后称为北江。东江上源称寻乌水，发源于江西省寻乌县桎髻钵，进入广东省境内称东江，至广东省东莞石龙镇注入珠江三角洲。珠江三角洲为冲积平原，总面积 2.68 万 km<sup>2</sup> 地势平坦 河汉密集 相互贯通 西、北江三角洲主要水道近百条 总长达 1 600km 东江三角洲主要水道 5 条 总长 138km 这些水道构成一个网状水系 具有“诸河汇集 八口分流”的水系特征。

珠江流域处于亚热带季风区，终年温暖多雨，多年平均降水量 1 470mm 多年平均入海年径流量 3 338 亿 m<sup>3</sup>。水能蕴藏量 3 348 万 kW 可开发量为 2 485 万 kW。珠江水量充沛，含沙量小，河道稳定，具有良好的航运条件，通航总里程 14 000 余公里，其中有 5 000km 可通航轮驳船，水运量居中国第二位。流域内木材蓄积量丰富，耕地 483.2 万 hm<sup>2</sup>。流域内有广州市和深圳、珠海两特区 毗邻香港、澳门 在发展工业、贸易和开发旅游方面具有优越条件。流域内洪水频繁，经过治理和建设，已基本形成统一的防洪工程体系。

### 1.2.1.5 辽河

辽河古称句骊河，历史上汉称大辽河，五代以后称辽河，清时称巨流河。辽河发源于河北平泉县七老图山脉 全长 1 390km 流经河北、内蒙古、吉林、辽宁等省（区）有多条支流汇入 在辽宁盘山县注入辽东湾 流域面积 22.9 万 km<sup>2</sup>。辽河流域分为辽河水系和太子河水系。流域内平均年降水量 473mm 年平均气温 4~9℃ 各种资源丰富 是中国重要的工业基地之一。辽河中下游地势低洼，洪涝灾害频繁，平均六七年发生一次较大范围的旱灾。可开发的水能资源有 48.3 万 kW。

### 1.2.1.6 海河

海河是中国华北地区最重要的河流，由众多河网组成。海河西起太行山脉，北临内蒙古高原，东北是滦河流域，东面是渤海湾，南面与黄河流域相接。水系内包括河北大部、北京、天津及内蒙古、山东、陕西、河南的部分地区，流域面积 26.4 万 km<sup>2</sup>。海河流域西部为黄土丘陵，植被差，易受冲刷，洪水的含沙量很高。海河平原由黄河与海河各支流冲积而成，受这些河流改道的影响，平原地形起伏不平，分布着大大小小的岗、坡、洼、淀，低洼地易涝易碱。海河水系包括漳卫河、子牙河、大清河、永定河、潮白河、北运河、蓟运河等河流，其中多数河流在天津市附近汇入海河。海河水系平均年降水量为 560mm。流域内工农业发达，并有北京、天津两大城市。海河流域内水旱灾害频繁，因此防汛抗旱是海河流域的中心任务。新中国成立后，根据毛泽东主席“一定要根治海河”的指示，对海河流域进行了大规模的系统治理，修建了一些大中型水库，加固了堤防，整治、疏浚了河道，并开辟了新的入海通道，初步形成了海河流域的防洪工程体系。

### 1.2.1.7 淮河

淮河流域位于长江、黄河之间，东临黄海，西部是伏牛山区，南部为桐柏山和大别山区，北部为沂蒙山区，中间为淮河平原，是中国重要的商品粮、棉、油和煤、电等能源的基地。

历史上，黄河曾夺淮河入黄海 700 余年，至 1855 年才改道北去，留下了一条高于地面的废旧黄河故道。流域内以废黄河故道为界，将淮河流域分为淮河和沂沭泗（沂河、沭河、泗河，下同）两个水系。

淮河发源于河南省桐柏山，流经豫、皖、苏三省，在三江营入长江，全长 1 000km，总落差 200m，流域面积 26.9 万 km<sup>2</sup>。洪河口以上为上游，长 360km，地面落差 178m，流域面积 3.06 万 km<sup>2</sup>。洪河口以下到洪泽湖出口的中渡为中游，长 490km，地面落差 16m，中渡以上流域面积 15.8 万 km<sup>2</sup>。中渡以下到三江营为下游水道，长 150km，地面落差约 7m，三江营以上流域面积 16.46 万 km<sup>2</sup>。里运河以东沿海地区称为里下河地区，面积为 2.54 万 km<sup>2</sup>。淮河上中游支流众多，南岸支流主要发源于大别山和江淮丘陵区，源短流急，容易产生山洪，洪水下泄迅猛。

沂沭泗水系位于淮河流域东北部，由沂河、沭河、泗河组成，均发源于沂蒙山区。泗河流经南四湖，汇集沂蒙山西部及湖西平原各支流后，经过韩庄运河、中运河、骆马湖，新沂河入黄海。沂河、沭河从沂蒙山区平行南下，沂河流经骆马湖由新沂河入海；沭河在大官庄处分为新、老沭河，老沭河继续南流在江苏省新沂市邵店入新沭河，新沭河向东流经石梁河水库至临洪口入黄海。

沂沭泗水系流域面积 8 万 km<sup>2</sup>，南四湖韩庄闸以上流域面积 3.17 万 km<sup>2</sup>，湖东为山丘区，面积 0.86 万 km<sup>2</sup>，湖西平原面积 2.18 万 km<sup>2</sup>，湖区面积 0.13 万 km<sup>2</sup>。沂河、沭河在大官庄以上流域面积分别为 1.0 万 km<sup>2</sup> 和 0.45 万 km<sup>2</sup>，主要为山丘区。临沂河、大官庄和韩庄以下到骆马湖间为邳苍地区，面积为 1.0 万 km<sup>2</sup>。骆马湖和大官庄以下的平原面积为 2.3 万 km<sup>2</sup>。

淮河流域地处中国南北气候过渡带，属于暖温带半湿润季风区，多年平均降水量为 880mm，时空分布极不均匀，冬春季常干旱少雨，夏秋季 6~9 月份降雨量占年降水量的

70%~80%。过渡地带复杂的气候造成淮河流域水旱灾害频繁。汛期受西风带、副热带和热带的环流影响,流域内易形成低涡,切变和地面江淮静止锋的天气系统易产生暴雨,且降雨范围大、历时长。如1931年、1954年、1991年的淮河特大洪、涝水造成严重的洪涝灾害。有时8、9月份因台风影响,也会出现台风暴雨。如1968年淮河上游的暴雨、1974年沂沭河的暴雨和1975年洪汝河的特大暴雨均属台风暴雨造成较小范围、短历时、大强度的洪水灾害损失严重。

1950年中华人民共和国国务院做出了《关于治理淮河的决定》河南、安徽、江苏、山东四省修建了大批水利工程共修建大、中型水库185座,大、中型水闸564座,修整主要堤防1.1万km,修建行、蓄洪区28个,使流域内洪涝灾害频繁的情况基本上得到了控制。

## 1.2.2 湖泊

中国水面面积在1km<sup>2</sup>以上的湖泊共约2300个(不包括时令湖)其中面积在1000km<sup>2</sup>以上的大湖有12个。湖泊总水面面积约71787km<sup>2</sup>约占全国总面积的0.8%湖泊储水总量约7088亿m<sup>3</sup>其中淡水储量2261亿m<sup>3</sup>约占其总量的32%。

根据湖泊地理分布的特点,全国可划分为5个主要湖区。

### 1.2.2.1 青藏高原湖区

该区湖泊面积占全国湖泊面积的一半以上,但多数为内陆咸水湖泊,较大的湖泊有青海湖、鄂陵湖、扎陵湖、纳木错、奇林错、班公错和羊卓雍错等。其中,青海湖水面面积4635km<sup>2</sup>最大水深达28.7m,为中国第一大湖,羌塘高原上的喀顺错是中国境内海拔最高的湖泊,水面高程达5556m。

### 1.2.2.2 东部平原湖区

该区湖泊分布于长江和淮河中下游、黄河和海河下游,多为外流型淡水湖。这些湖泊约占全国湖泊面积的30%,中国著名的五大淡水湖——鄱阳湖、洞庭湖、太湖、洪泽湖和巢湖均在这个区内。

### 1.2.2.3 蒙新高原湖区

该区湖泊多为内陆咸水湖,这个区内的湖泊面积约占全国湖泊面积的13%较大湖泊有呼伦湖、博斯腾湖等。位于吐鲁番盆地的艾丁湖,水面高程为-154m,是中国境内海拔最低的湖。

### 1.2.2.4 东北平原及山地湖区

该区湖泊面积约占全国的3%,多为外流淡水湖泊。著名的湖泊有兴凯湖、镜泊湖、五大连池、天池等,其中兴凯湖为中俄界湖,天池为中朝界湖。

### 1.2.2.5 云贵高原湖区

该区湖泊面积约占全国湖泊面积的1.5%,滇池、洱海、抚仙湖、泸沽湖、草海均在此区,其中滇池、洱海以风景秀丽而闻名遐迩。

全国主要湖泊的形态特征见表1-3。

表 1-3 中国主要湖泊形态特征

类别	湖名	湖面高程(m)	水面面积(km <sup>2</sup> )	最大水深(m)	容积(亿 m <sup>3</sup> )	所在地
咸水湖泊	青海湖	3 196.0	4 635.0	28.7	854.4	青海
	呼伦湖	545.5	2 315.0	8.0	131.3	内蒙古
	纳木错	4 718.0	1 940.0	35.0	768.0	西藏
	奇林错	4 530.0	1 640.0	33.0	492.0	西藏
	艾比湖	189.0	1 070.0			新疆
	博斯腾湖	1 048.0	1 019.0	15.7	99.0	新疆
	扎日南木错	4 613.0	1 000.0		60.0	西藏
	赛里木湖	2 071.0	464.0		232.0	新疆
	玛旁雍错	4 587.0	412.0		202.7	西藏
	喀顺湖	5 556.0				西藏
	艾丁湖	- 154.0	124.0			新疆
淡水湖泊	兴凯湖	69.0	4 380.0		27.1	中俄界湖
	鄱阳湖	21.0	3 583.0	16.0	248.9	江西
	洞庭湖	33.5	2 740.0	30.8	178.0	湖南
	太湖	3.0	2 420.0	4.8	48.7	江苏、浙江、上海
	洪泽湖	12.5	2 069.0	5.5	31.3	江苏
	南四湖	33.5~34.5	1 268.0	6.0	25.3	山东
	巢湖	10.0	820.0	5.0	36.0	安徽
	鄂陵湖	4 268.7	610.7	30.7	107.6	青海
	扎陵湖	4 293.2	526.0	13.1	46.7	青海
	滇池	1 885.0	330.0	8.0	15.7	云南
	抚仙湖	1 875.0	217.0		173.5	云南
	白头山天池	2 194.0	9.8	373.0	20.0	吉林
	日月潭	760.0	7.7		1.4	台湾

## § 1.3 中国的水资源特点及存在问题

### 1.3.1 水资源量及其特点

中国水资源总量约 28 124 亿 m<sup>3</sup> 但人均占有量很低,居世界第 108 位 是水资源十分紧缺的国家之一。中国水资源在时间和空间上的分布很不均匀,它与土地资源在地区

组合上不相匹配，水的供需矛盾十分突出。中国水资源具有以下几个特点。

### 1.3.1.1 水资源总量较丰富，人均水量较少

中国的国土面积约 960 万 km<sup>2</sup> 多年平均降水量为 648mm 降水总量为 61 900 亿 m<sup>3</sup>。降雨量中约有 56% 消耗于陆面蒸发，44% 转化为地表和地下水资源。根据水利部 1986 年完成的全国水资源调查评价成果，中国平均年径流量为 27 115 亿 m<sup>3</sup> 年均地下水资源量为 8 288 亿 m<sup>3</sup>，扣除重复计算量，中国多年平均水资源总量为 28 124 亿 m<sup>3</sup>。河川径流是水资源的主要组成部分，占中国水资源总量的 94.4%。表 1-4 为中国分区年降水、年河川径流、年地下水、年水资源总量的统计结果。

表 1-4 中国分区年降水、年河川径流、年地下水、年水资源总量统计

分区	计算面积 (km <sup>2</sup> )	年降水量		年河川径流		年地下水 (亿 m <sup>3</sup> )	年水资源 总量 (亿 m <sup>3</sup> )
		总量 (亿 m <sup>3</sup> )	深 (mm)	总量 (亿 m <sup>3</sup> )	深 (mm)		
黑龙江流域片 (中国境内)	903 418	4 476	496	1 166	129	431	1 352
辽河流域片	345 027	1 901	551	487	141	194	577
海滦河流域片	318 161	1 781	560	288	91	265	421
黄河流域片	794 712	3 691	464	661	83	406	744
淮河流域片	329 211	2 803	360	741	225	393	961
长江流域片	1 808 500	19 360	1 071	9 513	526	2 464	9 613
珠江流域片	58 041	8 967	1 544	4 685	807	1 115	4 708
浙闽台诸河流域片	239 803	4 216	1 758	2 557	1 046	613	2 592
西南诸河流域片	851 406	9 346	1 098	5 853	688	1 544	5 853
内陆诸河流域片	3 321 713	5 113	154	1 064	32	820	1 200
额尔齐斯河流域片	52 730	208	395	100	190	43	103
全国	9 545 322	61 889	648	27 115	284	8 288	28 124

世界各国都将河川径流量作为动态水资源，近似地代表水资源。中国河川径流量为 27 115 亿 m<sup>3</sup> 在世界主要国家中仅次于巴西、前苏联、加拿大，居世界第四位，约占全球河川径流量的 5.8%，平均径流深度为 284mm，单位国土面积产水量 28.4 万 m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup> 为世界平均值的 90%。详见表 1-5。因此，从世界范围来看，中国河川径流总量比较丰富。

但是，中国幅员辽阔，人口众多，以占世界陆地面积 7% 的土地养育着占世界 22% 的人口，因此，人均和耕地平均占有的水量大大低于世界平均水平。

由表 1-5 可以看出，中国人均占有水量为 2 350m<sup>3</sup> 仅占世界平均值的约 1/4。耕地平均占有水量 27 867m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup> 仅为世界平均值的 79%。由此可见，中国按人口和耕地平均占有的水资源量是十分紧缺的。因此，水资源是中国十分珍贵的自然资源。

表 1-5 世界各主要国家年径流量、人均和单位面积水量

国家	年径流量 (亿 m <sup>3</sup> )	单位国土面积 产水量 (万 m <sup>3</sup> /km <sup>2</sup> )	人口 (亿)	人均占有水量 (m <sup>3</sup> /人)	耕地 (亿 m <sup>2</sup> )	单位耕地 面积水量 (m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup> )
巴西	695.00	81.5	1.49	466.44	32.3	215 170
前苏联	546.6	24.5	2.80	195.21	226.7	24 111
加拿大	290.10	29.3	0.28	1 036.07	43.6	66 536
中国	271.15	28.4	11.54	235.0	97.3	27 867
印度尼西亚	253.00	132.8	1.83	138.25	14.2	178 169
美国	247.80	26.4	2.50	99.12	189.3	13 090
印度	208.50	60.2	8.50	24.64	164.7	12 662
日本	54.70	147.0	1.24	44.11	4.33	126 328
全世界	4 680.00	31.4	52.94	88.40	1 326.0	35 294

### 1.3.1.2 水资源时空分布极不均匀

中国地域辽阔、地形复杂，跨越了从寒温带到热带等 9 个气候带，从东南到西北，呈现出由湿润、半湿润到半干旱、干旱乃至极端干旱的变化趋势，各地水文循环情势有明显差异，表现出很强的地域性。因此，中国的降水具有年内、年际变化大、区域分布不均匀的特点。中国分区年降水、年河川径流的分布情况表明（见表 1-4），中国水资源的地区分布很不均匀，北方水资源贫乏，南方水资源丰富，南北相差悬殊。长江及其以南诸河的流域面积占全国总面积的 36.5%，却拥有全国 80.9% 的水资源量；而长江以北的河流的流域面积占全国总面积的 63.5%，却只占有 19.1% 的水资源量，远远低于全国平均水平。

水资源年际年内变化很大。最大与最小年径流的比值，长江以南的河流小于 5，北方河流多在 10 以上。径流量的逐年变化存在明显的丰平枯交替出现及连续数年为丰水段或枯水段的现象。径流量年际变化大与连续丰枯水段的出现，使中国经常发生旱、涝或连旱、连涝现象，加大了水资源开发利用的难度。

### 1.3.1.3 水资源与人口、耕地分布不相匹配

水资源是人类生存的命脉。在人类产生和发展过程中，人都是择水而居，人类最初建立的文明都是沿着大河的冲积平原发展起来的。水与耕地的合理匹配，给人类的生存和发展提供了良好的空间和条件。古巴比伦、古埃及、古中国、古印度、古罗马帝国等的建立与发展都说明了这一点。随着人口的增加和工业社会的到来，水土资源的匹配显得更为重要。

中国水资源空间上分布的不均衡性与全国人口、耕地分布上的差异性，构成了中国水资源与人口、耕地不相匹配的特点，大大增加了中国水资源开发利用的难度和成本。表 1-6 为中国各省（区）水资源与人口、耕地资源组合状况。它表明中国水资源分布同人口、耕地分布极不协调。北方片人口占全国总人口的 2/5，耕地占全国耕地总面积的 3/5，而水资源总量仅为全国的 1/5，人均水资源拥有量为 1 127m<sup>3</sup>，每公顷耕地拥有水资源量为 9 465m<sup>3</sup>（亩均 631m<sup>3</sup>），南方片人口占全国的 3/5，耕地占全国耕地的 2/5，却拥有全国水资源总量的 4/5。在全国人均水量不足 1 000m<sup>3</sup> 的 10 个省区中，北方占了 8 个，主要

集中在华北区。在全国耕地每公顷水量不足  $15\ 000\text{m}^3$  的 15 个省区中 北方片占了 13 个。另外, 中国有  $1\ 333$  万  $\text{hm}^2$  可耕后备荒地, 主要集中在北方片的西北区和东北区。如果考虑开发这些后备荒地的用水量, 那么北方片每公顷耕地拥有的可用水量仅为  $7\ 687\ \text{m}^3$  (亩均  $512\ \text{m}^3$ ) 为南方片的  $2/15$ 。由此可见 中国北方地区耕地丰富 人口稠密 而水资源占有量低, 这是制约当地经济社会发展的主要限制因素。今后, 我们应站在全国共同发展的高度上, 深入开展区域水资源优化调配的研究工作, 确保满足各地经济发展对水资源的需求。

表 1-6 全国水资源与人口、耕地资源组合状况

片名	区名	省、市 (区)	水资源总量 (亿 $\text{m}^3$ )	人口		耕地		工农业产值 (亿元)
				数量 (万)	人均水量 ( $\text{m}^3/\text{人}$ )	面积 (万 $\text{hm}^2$ )	耕地每公顷水量 ( $\text{m}^3/\text{hm}^2$ )	
北方片	东北区	黑龙江	775.8	3 543	2 189.7	883.1	8 785.5	1 388.3
		吉林	390.0	2 483	1 570.7	393.9	9 900.0	972.1
		辽宁	363.2	3 967	915.6	346.7	10 476.0	2 678.6
		小计	1 529.0	9 993	1 530	1 623.7	9 417.0	5 039.0
	占全国比例(%)		5.56	8.76	—	16.97	—	10.92
	华北区	北京	40.8	1 086	375.7	41.3	9 885.0	1 170.3
		天津	14.6	884	165.2	43.1	3 384.0	1 060.1
		河北	236.9	6 159	384.6	655.6	3 613.5	2 153.4
		内蒙古	506.7	2 163	2 342.6	496.6	10 204.5	542.0
		山西	143.5	2 899	495.0	369.3	3 886.5	875.5
		山东	335.0	8 493	394.4	685.3	4 884.0	4 394.4
		河南	407.7	8 649	471.4	693.3	5 880.0	2 202.3
	小计		1 685.2	30 333	555.6	2 984.4	5 646.0	12 398.0
	占全国比例(%)		6.14	26.01	—	31.19	—	26.86
	西北区	陕西	441.9	3 316	1 332.6	353.3	12 508.5	804.9
		甘肃	274.3	2 255	1 216.4	347.6	7 890.0	489.8
宁夏		9.9	470	210.6	79.6	1 243.5	117.7	
新疆		882.8	1 529	5 773.7	308.7	28 600.5	489.6	
青海		626.2	448	13 977.7	57.8	108 414.0	95.5	
小计		2 235.1	8 018	2 787.6	1 147.0	19 486.5	1 997.5	
占全国比例(%)		8.14	7.03	—	11.99	—	4.33	

续表 1-6

片名	区名	省、市 (区)	水资源总量 (亿 m <sup>3</sup> )	人口		耕地		工农业产值 (亿元)
				数量 (万)	人均水量 (m <sup>3</sup> /人)	面积 (万 hm <sup>2</sup> )	耕地每公顷水量 (m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup> )	
南方片	西南区	四川	3 133.8	10 804	2 900.6	629.9	49 752.0	2 594.6
		贵州	1 035.0	3 268	3 167.1	185.4	55 819.5	479.0
		云南	2 221.0	3 731	5 952.8	284.5	78 055.5	727.4
		广西	1 880.0	4 261	4 414.5	259.6	72 421.5	915.9
		西藏	4 482.0	222	201 892	22.2	2 016 496.5	26.4
		小计	12 751.8	22 286	5 721.9	1 381.6	92 292.0	4 743.3
	占全国比例(%)		46.44	19.55	—	14.44	—	10.28
	东南区	上海	26.9	1 337	201.2	32.3	8 320.5	2 509.3
		江苏	325.4	6 767	480.9	455.8	7 140.0	5 347.0
		安徽	676.8	5 675	1 192.6	436.6	15 504.0	1 385.9
		湖北	981.2	5 439	1 804	347.7	28 221.0	1 809.1
		湖南	1 626.6	6 128	2 654.4	331.2	49 110.0	1 478.0
		江西	1 422.4	3 810	3 733.3	235.0	60 540.0	944.5
		浙江	897.1	4 168	2 152.4	172.3	52 054.5	2 903.0
		福建	1 168.7	3 037	3 848.2	123.6	94 519.5	1 216.2
广东、海南	2 134.1	7 009	3 044.8	296.0	72 106.5	4 279.4		
小计		9 259.2	43 370	2 134.9	2 430.5	38 097.0	21 972.4	
占全国比例(%)		33.72	38.04	—	25.4	—	47.61	
全国			27 460.3	114 000	2 408.8	9 567.3	28 702.2	46 150.2
北方片			5 449.3	48 344	1 127.2	5 755.2	9 468.5	19 434.5
北方片占全国比例(%)			19.84	42.41	—	60.15	—	42.11
南方片			22 011.0	65 656	3 352.5	3 812.2	57 741.3	26 715.7
南方片占全国比例(%)			80.16	57.59	—	39.85	—	57.89

### 1.3.2 中国水资源开发利用中存在的问题

新中国成立 50 多年来,中国水利事业取得了举世瞩目的成就,以仅占全球约 6% 的可更新水资源和 9% 的耕地养活了占世界 22% 的人口。但是由于种种原因,水利发展的模式基本属于粗放型,存在的主要问题有:不少水利工程的安全标准不高,建设质量较差,工程老化失修,配套设施不全,管理工作薄弱,用水浪费很大,水质污染严重等。近年来,水资源在开发利用中也出现了一些新的矛盾。概括起来,中国水资源开发利用中存在的

问题主要包括以下几个方面。

### 1.3.2.1 防洪安全缺乏保障

中国江河的防洪工程系统大多还没有达到已经审批的规划标准。长江荆江河段和黄河主要堤防在三峡和小浪底水利枢纽及相应的配套工程完成后,可以达到防御 100 年一遇以上洪水的标准。淮河、海河、辽河、松花江、珠江等江河除少数重点城市外,大部分堤防都还只能防御 20 年一遇左右的常遇洪水。一些大江大河的堤防工程普遍存在堤顶高程不足、堤身断面单薄、堤基渗漏严重等问题,以致洪水期间有的地段临时抢修子堤挡水,不少堤段产生管涌等渗透变形(破坏),甚至发生溃堤等事故。据 1999 年水利部组织编制的《全国病险水库、水闸除险加固专项规划》统计,目前全国三类坝病险水库中有大型 143 座,占大型水库的 43%;中型 1 092 座,占中型水库的 41%;小型 29 146 座,占小型水库的 36%。尚有 40%的重点堤防未能达标,80%的灌区未能配套,绝大部分蓄滞洪区安全建设尚未完成。中国大江大河干堤的险工险段情况严重,以长江为例,1998 年洪水期间,仅中下游干堤就出现险情 6 100 处,高水位时,每天险情 300 余处。中国大江大河的防洪标准仅能防御 10~20 年一遇洪水,中小河流的防洪标准更低,基本上为 5~10 年一遇。洪水灾害所造成的损失极其严重,据统计,1993~1998 年,全国洪灾造成的直接经济损失高达 10 500 亿元。崩岸是中国大江大河两岸的主要灾害之一,1998 年在长江、嫩江、松花江发生全流域洪水的情况下,崩岸险情就高达 500 多处,不仅造成两岸大片土地流失,而且还造成堤防开裂,严重危及防洪大堤的安全,同时破坏了河床的稳定。中国已建各类水库大坝 86 000 余座,其中绝大多数都是在 20 世纪 70 年代以前建造的,已经运行三四十年来,随着运行期的增长,建筑物不可避免地会出现老化和损伤,加之有的大坝先天不足,形成病险或隐患。据初步统计,目前中国大、中、小型病险水库均占 40%左右。这些病险水库有的降低水位,甚至空库运行,严重影响其效益的发挥;有的带病运行,对下游人民的生命财产构成严重威胁,一旦失事,将会造成惨重损失。

### 1.3.2.2 资源紧缺与浪费并存

目前中国干旱缺水的地区涉及 20 多个省、市、自治区(其中 18 个省、市、自治区接近或处于严重缺水边缘,有 10 个省、市、自治区在起码的要求以下),其面积约 500 万  $\text{km}^2$ ,占中国陆地面积的 52%,耕地面积占全国的 64%,人口占全国的 45%。

当前中国农业正常用水缺 300 亿  $\text{m}^3$ ,受旱面积达 3 亿~4 亿亩。其中昆仑山、秦岭、淮河沿线以北的旱作农业区,跨越 15 个省、市、自治区的 965 个县,耕地约 7.3 亿亩,南方无灌溉的旱地也近 2 亿亩。中国每年因旱灾减产粮食达几百亿公斤。

在全国 600 多座建制市中,有近 400 座城市缺水,其中缺水严重的城市达 130 多个,全国城市每年缺水 60 亿  $\text{m}^3$ ,日缺水量已超过 1 600 万  $\text{m}^3$ 。不少城市采取定时供水,居民与职工不得不半夜起床接水;有的城市甚至出现“理发不洗头,麻雀喝柴油”的奇特现象。缺水已成为制约中国经济社会发展 and 人民生活不断改善的重要因素。

据分析估计,全国按目前的正常需要和不超采地下水,年缺水总量为 300 亿~400 亿  $\text{m}^3$ 。与此同时,用水效率不高、用水严重浪费的现象也普遍存在。人均 GDP(GNP)是以国内生产总值(或国民生产总值)与人口的比值表示的一个指标,一般用来反应所评价区域的经济发达程度和人民生活水平,是直观判断综合实力的指标。中国的用水总量和美

国相当 但 GNP 仅为美国的 1/8。

中国用水大户是农业，这是农业发展及其生产特性决定的，但是农业用水浪费是巨大的。根据主要作物对气候条件要求，冬小麦总生长期一般为 180~250d 生育期需水量为 450~650mm；水稻生长期为 90~150d 需水量为 400~800mm；玉米生长期为 100~140d 需水量为 500~800mm 棉花生长期为 150~180d 需水量为 700~1300mm。按 1995 年供水能力为 5200 亿  $m^3$  计 灌溉用水约占 82% 共用水为 4200 亿  $m^3$  当年灌溉面积约 0.47 亿  $hm^2$  折算每公顷平均灌溉用水约 9000 $m^3$  每公顷灌溉用水比小麦、玉米、水稻等需水量高出 4500~1500 $m^3$  以平均每公顷多用 3000 $m^3$  计 则浪费用水 1400 亿  $m^3$  约占当年总供水能力的 27%。此外 中国目前灌溉水的利用率很低 据统计 全国大、中型灌区面积达不到设计灌溉面积的比例很大，全国的农业灌溉水利用系数约为 0.45，内蒙古河套区为中国第三大灌区，但其大部分干渠的渠系水利用系数仅为 0.4 而先进国家为 0.7 甚至达到 0.8。

工业工艺水平低，水的重复利用率低，单位产品的耗水量高等也是水资源浪费的原因。据统计 20 世纪 80 年代起，中国工业用水的重复利用率为 30%~40% 实际可能更低 而发达国家为 75%~85%。1997 年 全国工业万元产值用水量为 136 $m^3$  是发达国家的 5~10 倍。产品单位耗水量普遍偏高，例如生产每吨钢平均耗水量为 70~100 $m^3$  即使比较先进的首钢和宝钢，每吨钢耗水量也分别为 25 $m^3$  和 7 $m^3$  而法国、美国、日本每吨钢耗水量分别为 3.75 $m^3$ 、4.0 $m^3$  和 2.1 $m^3$  仅为中国平均吨钢耗水量的 1/50~1/18。

### 1.3.2.3 水质污染严重

水资源是水资源数量与质量的高度统一，在特定的区域内，可用水资源的多少并不完全取决于水资源数量，而且取决于水资源质量。21 世纪中国面临着水量的危机 同时 水质危机更严重，甚至因水质问题所导致的水资源危机大于水量危机。

水利部门于 2000 年对全国约 700 条大、中河流近 10 万  $km$  河长检测的结果表明 中国现有河流近 1/2 的河段受到污染，1/10 的河长污染严重 水已失去使用价值 这使前述缺水状况雪上加霜。淮河流域自 1979 年以来，共发生水污染事故 160 多起 其中特重大事故就有 6 起，使淮河上游一半支流的河水完全失去利用价值。安徽省北部的一些地方，淮河水为唯一的水源，1989 年 2 月和 1992 年 2 月，正是春节前后，淮河两度发生大面积污染事故，人们只好上山背水煮饭。1994 年，淮河又发生一起震惊中外的恶性水污染事件，7 月上旬，淮河上游河南境内突降暴雨，颍上闸超过防洪水位而开闸，将积蓄于上游的 2 亿  $m^3$  的污水放了下来 所经之处 鱼虾丧生 工厂被迫停产 自来水厂停止供水 54 天 百万淮河儿女告急。水资源占全国总量 12% 的珠江由于污染也出现缺水，不少河道发黑发臭 广州市区河段水质已劣于 V 类标准，江水中含有毒物质超过了 20 余种 为此 广州市被迫花巨资改向几十公里以外的西江和东江去取水。进入 20 世纪 90 年代 长江流域的污水排放量与日俱增，每年平均约达 142 亿  $m^3$  占全国平均排污总量的 40% 上海市的取水口已由昔日的黄浦江伸向了长江干流中心。海河流域是全国七大江河中水资源最匮乏和水污染最严重的地区，除引滦专线未受到严重污染外，河系中完全不能利用的河长达 1821 $km$ 。20 世纪 60 年代末至 70 年代，松花江发生了震惊中外的甲级汞污染，虽经 20 多年的综合治理 沉积汞还近 60t 水质仍呈恶化趋势。

据水利部组织的全国六大流域的入河排污口抽样调查推算：目前，全国年排放污水量已达 560 亿 ~ 600 亿 t，污水排放没有得到有效控制，治理速度远远落后于污水排放的增长速度。20 世纪 80 年代初期，全国年度污水排放量达 260 亿 t，1997 年水利部门的调查表明 污水排放量比 20 世纪 80 年代初翻了一番以上。其中，80% 以上的污水未经处理直接排入水域 90% 以上的城市水域污染严重，给居民生活用水和当地经济社会发展带来严重影响。

目前，中国以水库作为供水水源的能力为每年 5 400 亿 t。虽然多数供水水源的水质良好，但已有 1/3 的水库水质受到不同程度的污染。中国湖泊水质的主要问题是富营养化。据对 50 个代表性湖泊的综合评价指标来看，75% 的湖泊已受到不同程度的污染。目前，水污染呈现出从支流向干流延伸、从城市向农村蔓延、从地表向地下渗透、从区域向流域扩展的特点。

由于地表水和地下水的转化率在 30% 以上，地表水的污染严重危害地下水水质。目前，无论是地表水还是地下水，中国的水质污染都非常严重，不仅中国地表水资源污染严重，地下水资源污染也不容乐观。“八五”期间，水利部组织有关部门完成了《中国水资源质量评价》，其结果表明，中国北方五省区（海河流域地下水资源，无论是农村（包括牧区）还是城市，浅层水或深层水均遭到不同程度的污染，局部地区（主要城市周围、排污河两侧及污水灌区）和部分城市的地下水污染比较严重，污染呈上升趋势。具体而言，根据北方五省区（新疆、甘肃、青海、宁夏、内蒙古）1 995 眼地下水监测井点的水质资料，按照《地下水质量标准》GB/T14848—93 进行评价，结果表明，在 69 个城市中，Ⅰ类水质的城市不存在；Ⅱ类水质的城市只有 10 个，只占被评价城市总数的 14.5%；Ⅲ类水质城市有 22 个，占被评价城市总数的 31.9%；Ⅳ、Ⅴ类水质的城市有 37 个，占被评价城市总数的 53.6%。即有 1/2 以上城市地下水污染严重。至于海河流域，地下水污染更是令人触目惊心。2 015 眼地下水监测井点的水质监测资料表明，符合Ⅰ~Ⅲ类水质标准的仅有 443 眼，占被评价总数的 22.0%；符合Ⅳ、Ⅴ类水质标准的有 880 眼和 692 眼，分别占被评价总井数的 43.7% 和 34.3%。即有 78% 的地下水井遭到污染；如果用饮用水卫生标准进行评价，在被评价的总井数中，仅有 328 眼井水质符合生活标准，只占被评价总数的 31.2%。另外 2/3 以上被监测的井点水质不符合生活饮用水卫生标准。

#### 1.3.2.4 水资源开采过度 环境问题严重

由于缺乏统筹规划，水资源和土地资源都有过度开发的现象。全国水资源的开发利用率 1997 年为 19.9%，不算很高，但地区间很不平衡。北方黄河、淮河、海河流域的开发利用率都超过 50%，其中海河流域已近 90%。有些内陆河流域的开发利用率超过了 40% 这一国际公认的合理限度。在土地利用方面，山区毁林开荒，草原过牧、滥垦，湖泊湿地被围垦，江河行洪滩地被侵占，这些都破坏了生态环境，加重了水旱灾害。

水资源的过度开发利用，随之而来的是河川断流、湖泊干涸。连中华民族的摇篮——黄河，近年来每到灌溉季节也要断流，且断流时间不断提前、不断加长，黄河首次断流是 1972 年，在 1972~1997 年的 26 年中有 19 年出现断流，断流次数、历时、河长不断增加。以利津站为例，1979 年断流 21 天，1981 年断流 36 天，进入 20 世纪 90 年代断流愈加严重，1995 年断流 122 天，1996 年断流 136 天，1997 年竟在汛期也断流，全年断流 226 天，

断流长度达 600 多公里,1999 年甚至黄河中游也出现了历史上罕见的断流现象。地表水不足就向地下索取,这使得许多地区地下水处于超采状态,华北平原地下水累计超采量超过 300 亿  $m^3$  北京的西部、河北的石家庄 地下水几近疏干状态 更严重的是深层地下水水位迅速下降,由十几米、几十米甚至达上百米。地下水位下降随之带来的是地面下沉。天津、上海、西安、北京等多个大中城市发生了地面沉降。天津自有观测记录以来 累计最大地面下沉量已达 2.65m 地处滨海的塘沽、汉沽、大港三区地面也在下沉。地面下沉 带来了一系列经济、环境问题。在古城西安,由于地下水超采,黄土地在断裂,地面在下沉,大雁塔在倾斜 现已探明了 10 条斜穿市区的大裂缝。在沿海地区 由于地面下沉 加重了洪涝灾害和强潮的威胁。流经天津市区的海河干流 1963 年大洪水泄流量曾达  $1\ 600\ m^3/s$  加上分洪等措施 保证了天津市的安全 而今天 由于地面下沉 加之入海河口淤积,其泄洪能力已不足  $200\ m^3/s$ 。为了满足天津市防洪需要,作为一期工程,1996~1997 年,天津市政府和水利部共同投资 3 亿元,也只能使海河行洪能力恢复到  $400\ m^3/s$ ;要恢复到  $800\ m^3/s$  则要投资 9 亿元 若恢复到 1963 年的行洪能力,并加上面上排水工程的投资,则将是巨大的数字。

### 1.3.2.5 人口、经济增长 供需矛盾突出

中国经济快速发展,已经进入全面建设有中国特色的社会主义的新阶段,正向第三步战略目标迈进。经济和社会的高速发展,对水资源提出了更高的要求。人口增长,城市化进程加快,生活用水随之大幅度增加。预计 2050 年,中国人口达到高峰接近 16 亿 城市化水平达到 40%,生活用水比例将进一步提高,预测届时生活用水定额为:城镇  $218\ L/(人\cdot d)$  农村  $114\ L/(人\cdot d)$  城乡生活用水量约 1 000 亿  $m^3$ 。产业结构调整 工业用水将适度增长。预计 2050 年,三种产业的结构调整为 7.9:48.5:43.6。21 世纪上半叶 中国工业化进程明显加快 2050 年前后第二产业占 GDP 的比例将达到最高值,中国将逐步成为工业化国家(冯尚友,2000)。工业中心逐渐由南向北、由东向中西部转移,加重本已十分紧张的北方水资源形势,考虑产业结构的调整和节水因素,届时工业需水量达到 2 000 亿  $m^3$  左右。农业用水将逐步趋于稳定。在粮食立足自给的基本国策下,按人均占有粮食 450kg 计算,人口高峰时的粮食产量要达到 7 000 亿 kg 通过节水措施提高农业用水有效利用率,力争农业灌溉用水维持在现状水平,即每年 4 000 亿  $m^3$  左右。生态环境用水逐步提高,随着社会的进步和人民生活水平的提高,人们迫切需要改善和恢复生态环境。估计全国生态环境用水量 800 亿~1 000 亿  $m^3$  其中约 600 亿  $m^3$  由各河流目前尚未控制利用的地表水和地下水供给,约 200 亿  $m^3$  由工农业和生活用水的退水量供给,尚有 110 亿  $m^3$  的缺口。

综上所述 预计中国将在 2050 年达到 16 亿人口的极限值,用水也将达到高峰,在充分考虑节水的情况下,估计用水总量为 7 000 亿~8 000 亿  $m^3$  要求供水能力比现在增长 1 300 亿~2 300 亿  $m^3$ 。扣除必需的生态环境需水后,全国实际可能利用的水资源量约为 8 000 亿~9 000 亿  $m^3$ ,预计的用水量已经接近合理利用水量的上限,水资源进一步开发的难度极大。如果不采取有力措施,中国有可能在未来出现严重的水危机。目前,中国干旱缺水地区水资源供不应求的矛盾已构成了制约国民经济和社会发展的瓶颈,尤其在北方地区,水资源短缺已成为当地经济社会发展的最大制约因素。面对 21 世纪中国经济社

会发展的战略目标，水资源问题已成为中国实施可持续发展战略过程中必须认真解决的重大问题。

由此可见，中国水资源面临的形势非常严峻，如果在水资源开发利用上没有大的突破，在管理上不能适应这种残酷的现实，水资源将很难满足国民经济迅速发展的需求，水资源危机将成为所有资源问题中最为严重的问题。因此，必须对水资源实行精打细算，实现水资源的可持续利用与管理。

## § 1.4 中国的水能资源

### 1.4.1 世界水能资源概况

世界各河流，从发源地流至海洋，或从支流发源地流汇至干流，全河段都具有一定的落差。将全河段的多年平均流量与其天然落差相乘，再乘以单位换算系数 9.81 便得出该河段的理论平均出力以 kW 计。全河各河段平均出力之和，便是全河蕴藏的水能资源以装机容量 kW 计。将装机容量乘以一年 8 760h，便得全河蕴藏的年发电量，以 kW·h 计。

但蕴藏的水能资源被开发利用时会受到自然、技术条件和经济条件的制约，不是所有落差和流量都能得到利用，也不是在所有时间内都能发电。其中可能被利用的部分，一般只占 40% ~ 60%，称为可能开发的装机容量和可能开发的年发电量。世界各大洲的水能资源见表 1-7。

表 1-7 世界各大洲的水能资源

地区	理论水能蕴藏量		技术上可开发水能资源		经济上可开发水能资源	
	电量 ( $10^{12}$ kW·h)	平均出力 ( $10^4$ MW)	电量 ( $10^{12}$ kW·h)	装机容量 ( $10^4$ MW)	电量 ( $10^{12}$ kW·h)	装机容量 ( $10^4$ MW)
亚洲	16.486	188.2	5.34	106.8	2.67	61.01
非洲	10.118	115.5	3.14	62.8	1.57	35.83
拉丁美洲	5.67	64.7	3.78	75.6	1.89	43.19
北美洲	6.15	70.2	3.12	62.4	1.56	35.64
大洋洲	1.5	17.1	0.39	7.8	0.197	4.5
欧洲	8.3	94.8	3.62	72.4	1.807	41.3
全球合计	48.224	550.5	19.39	387.8	9.70	221.5

### 1.4.2 中国各大河流的水能资源

中国水能资源极为丰富，新中国成立后曾在全国进行过比较详细的勘测，得出各河川蕴藏水能资源的理论出力为 6.76 亿 kW 年发电量为 59 221 亿 kW·h，居世界第一位。但以国土面积平均 每平方公里的可能开发容量 中国仅居第十一位 瑞士居第一位 如以