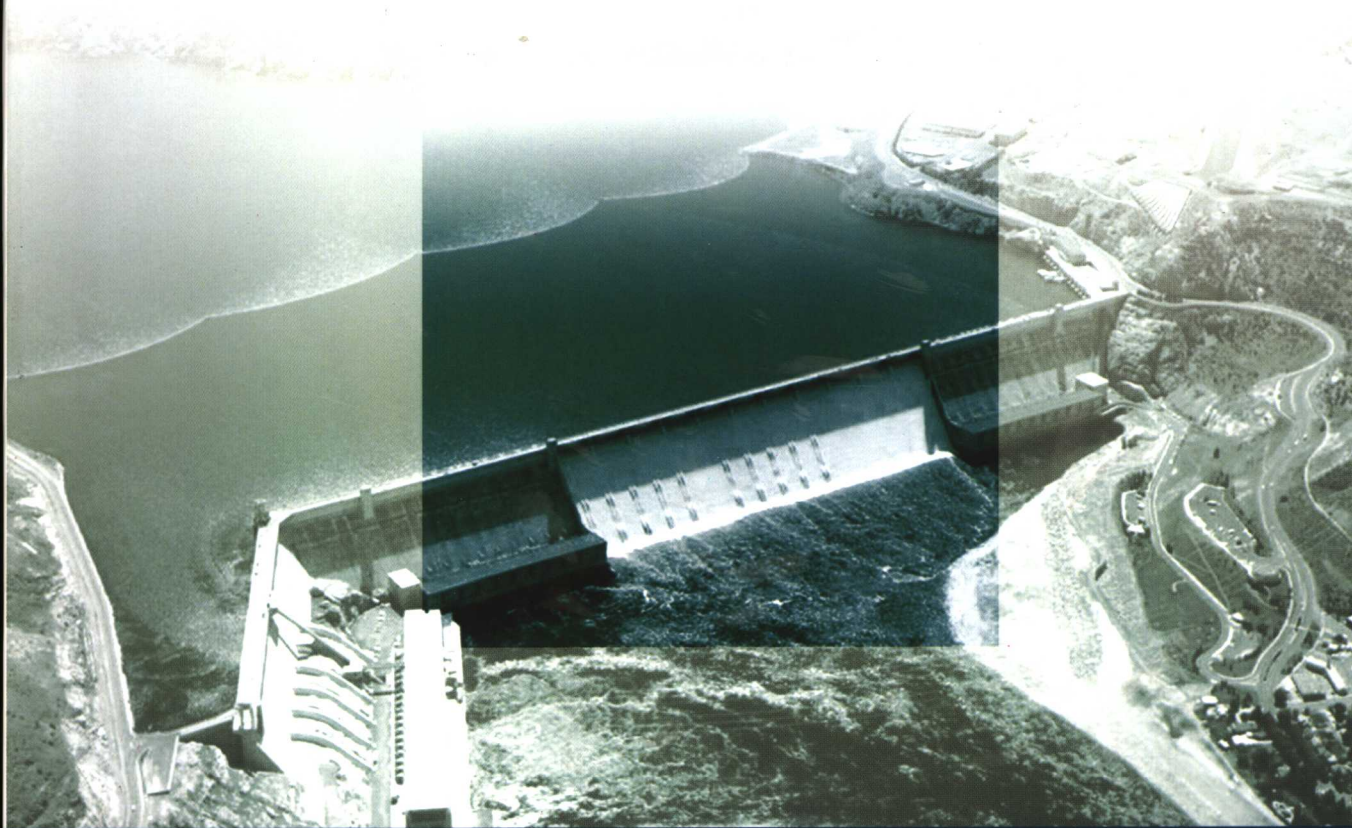


高等院校水利水电类规划教材

水利水电工程概论

SHUILI SHUIDIAN GONGCHENG GAILUN

李宗坤 孙明权 主编
郝红科 吴泽宁
赵中极 主审



黄河水利出版社

SHUILI SHUIDIAN GONGCHENG GAILUN



责任编辑 席红兵
封面设计 谢 萍
责任校对 刘红梅
责任监制 常红昕

ISBN 7-80621-939-0



9 787806 219393 >

ISBN 7-80621-939-0/TV · 410

定 价：20.00 元

高等院校水利水电类规划教材

水利水电工程概论

主编 李宗坤 孙明权
郝红科 吴泽宁
主审 赵中极

黄河水利出版社

内 容 提 要

本书共分十章,内容包括:中国水资源概况,水利工程及水工建筑物,挡水建筑物,泄水建筑物,取水输水建筑物,水电站及水电站建筑物,防洪治河工程,农业水利工程,水利水电工程施工和水利水电工程管理。本书是为高等学校非水利水电类本科专业编写的大学公共课教材,也是水利水电类本科入门教材。本书还可作为从事水利水电工程管理人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

水利水电工程概论/李宗坤,孙明权,郝红科等主编.
郑州:黄河水利出版社,2005.10
高等院校水利水电类规划教材
ISBN 7-80621-939-0

I.水… II.①李…②孙…③郝… III.①水利工程—
概论—高等学校:技术学校—教材②水力发电工程—
概论—高等学校:技术学校—教材 IV.TV

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 095614 号

出版社:黄河水利出版社

地址:河南省郑州市金水路 11 号 邮政编码:450003

发行单位:黄河水利出版社

发行部电话:0371-66026940 传真:0371-66022620

E-mail:yrp@public.zz.ha.cn

承印单位:黄河水利委员会印刷厂

开本:787 mm×1 092 mm 1/16

印张:11.75

字数:271 千字

印数:1—3 000

版次:2005 年 10 月第 1 版

印次:2005 年 10 月第 1 次印刷

书号:ISBN 7-80621-939-0/TV·410

定价:20.00 元

前 言

水是基础性自然资源和战略性经济资源,是人类和一切生物赖以生存的基本物质条件。由于地理条件和气候条件特殊,我国自古以来就是一个水旱灾害频繁的国家,除水害、兴水利,历来是治国安邦的大事。新中国成立以来,党和政府高度重视水利工作,领导人民进行了大规模水利建设,初步形成了防洪、排涝、灌溉、供水、发电等水利工程体系,在抗御水旱灾害、保障经济社会安全、促进工农业生产持续稳定发展、保护水土资源和改善生态环境等方面取得很大成就。水电作为一项可重复利用的清洁能源,对人类生活发挥着越来越大的作用,尤其是随着小浪底、三峡、二滩等一批大型水利水电工程项目的建设,需要越来越多不同类型的人才,如外语、商贸、管理、机电、信息等专业人才,投身于水利水电事业。本教材编写的目的就是为了让非水利水电类学生和水利水电类专业刚入学的学生学习和了解水利水电工程建设相关知识,使学生通过本课程的学习,能够更好地在水利水电工程建设中发挥更大的作用。

本书力求在内容上理论联系实际,在叙述上浅显易懂,着重阐明水利水电工程的基本特点、作用、类型、构造和布置方式,并适度反映学科的新进展和最新的水利水电工程建设成果,使学生较为全面、系统地获得水利水电工程方面的知识。本书为非水利水电类专业(文、理、工科)本科生教材,也可作为从事水利水电工程管理人员的培训教材和参考书,或作为水利水电专业人员的入门教材。

本书由李宗坤、孙明权、郝红科、吴泽宁主编,王广印参加了部分内容的编写工作,具体分工如下:第1章由吴泽宁编写,第2章、第3章由孙明权编写,第4章、第5章由李宗坤编写,第6章、第7章、第8章由郝红科编写,第9章、第10章由李宗坤、王广印编写。全书由李宗坤统稿。

赵中极教授担任本书主审,对送审稿提出了许多建设性意见和具体修改意见。在本书编写过程中,编者参阅了有关大专院校和科研、生产、管理单位编写的教材、专著或论文,在此对文献的撰写者表示衷心感谢。

由于编者水平有限,书中难免存在缺点、错误和不足之处,诚恳地希望读者给予批评指正。

编 者

2005年8月

目 录

前 言

第 1 章 中国水资源概况	(1)
§ 1.1 水与水资源	(1)
§ 1.2 河流水系与湖泊	(3)
§ 1.3 中国的水资源特点及存在问题	(8)
§ 1.4 中国的水能资源.....	(17)
第 2 章 水利工程及水工建筑物	(20)
§ 2.1 水利工程.....	(20)
§ 2.2 水利枢纽及水工建筑物.....	(24)
§ 2.3 水利枢纽的分等和水工建筑物的分级.....	(29)
§ 2.4 水利水电工程的建设程序.....	(31)
§ 2.5 水 库.....	(33)
第 3 章 挡水建筑物	(36)
§ 3.1 重力坝.....	(36)
§ 3.2 拱 坝.....	(45)
§ 3.3 土石坝.....	(53)
第 4 章 泄水建筑物	(65)
§ 4.1 泄水建筑物的分类与作用.....	(65)
§ 4.2 溢流坝.....	(66)
§ 4.3 坝身泄水孔.....	(73)
§ 4.4 岸边溢洪道.....	(77)
§ 4.5 水 闸.....	(82)
第 5 章 取水输水建筑物	(88)
§ 5.1 水工隧洞.....	(88)
§ 5.2 渠 首.....	(98)
§ 5.3 渠系建筑物.....	(99)
第 6 章 水电站及水电站建筑物	(107)
§ 6.1 水能开发方式及水电站类型	(107)
§ 6.2 水电站的主要机电设备	(109)
§ 6.3 水电站建筑物	(110)
§ 6.4 水电站厂区布置	(120)
第 7 章 防洪治河工程	(129)
§ 7.1 洪水及防洪措施	(129)

§ 7.2	河道整治工程	(131)
§ 7.3	堤防工程	(135)
§ 7.4	分(蓄、滞)洪工程	(136)
§ 7.5	防汛抢险	(137)
第 8 章	农业水利工程	(148)
§ 8.1	灌排制度与灌水技术	(148)
§ 8.2	灌排渠系的布置	(150)
§ 8.3	渠道工作制度	(151)
§ 8.4	节水灌溉	(152)
第 9 章	水利水电工程施工	(155)
§ 9.1	概 述	(155)
§ 9.2	施工导流	(157)
§ 9.3	施工截流	(166)
第 10 章	水利水电工程管理	(169)
§ 10.1	概 述	(169)
§ 10.2	水工建筑物监测	(170)
参考文献	(181)

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 ³	%	万亿 m ³	%	万亿 m ³	%
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 km³,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 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 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下、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,满足需求要求,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 100km² 以上的河流有 5 万多条;在 1 000km² 以上的有 1 580 多条;超过 1 万 km² 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。中国七大河流域水系简况见表 1-2。

表 1-2 中国七大河流域水系简况

项目	松花江	辽河	海河	黄河	淮河	长江	珠江
流域面积(万 km ²)	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 ³)	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;分叉型,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 km^2 ,干流总长度为 $6\,300$ km,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 $4\,500$ 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 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 $1\,070$ mm,平均年径流量 $9\,513$ 亿 m^3 ,干流和支流总水能蕴藏量 $26\,800$ 万 kW ,可开发的水能资源为 $19\,700$ 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 $1\,222$ 亿 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 $5\,464$ km,流域面积 75.2 万 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 $3\,400$ 多公里,区间总落差 $3\,464$ m,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 $1\,222$ km,落差 893 m,其水能资源也比较丰富,水电开发条件比较好,共规划了 $10\sim 12$ 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 多公里,区间流域面积 2.2 万 km^2 ,落差 95 m,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2308km,流域总面积55.7万km²。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2214km,流域总面积45.4万km²,中国境内44.2万km²。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。北江上源称浈水,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km²,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1600km;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1470mm,多年平均入海年径流量3338亿m³。水能蕴藏量3348万kW,可开发量为2485万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14000余公里,其中有5000km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hm²。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1390km,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km²。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^2 。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。

淮河源发于河南省桐柏山,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^2 。洪河口以上为上游,长 360km,地面落差 178m,流域面积 3.06 万 km^2 ;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^2 ;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^2 ,里运河以东沿海地区称为里下河地区,面积为 2.54 万 km^2 。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^2 ,南四湖韩庄闸以上流域面积 3.17 万 km^2 ,湖东为山丘区,面积 0.86 万 km^2 ,湖西平原面积 2.18 万 km^2 ,湖区面积 0.13 万 km^2 。沂河、沭河在大官庄以上流域面积分别为 1.0 万 km^2 和 0.45 万 km^2 ,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^2 。骆马湖和大官庄以下的平原面积为 2.3 万 km^2 。

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1km²以上的湖泊共约2300个(不包括时令湖),其中面积在1000km²以上的大湖有12个。湖泊总水面面积约71787km²,约占全国总面积的0.8%;湖泊储水总量约7088亿m³,其中淡水储量2261亿m³,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4635km²,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 ²)	最大水深(m)	容积(亿 m ³)	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 m³, 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^2 ,多年平均降水量为 648mm,降水总量为 61 900 亿 m^3 。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^3 ,年均地下水资源量为 8 288 亿 m^3 ,扣除重复计算量,中国多年平均水资源总量为 28 124 亿 m^3 。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^2)	年降水量		年河川径流		年地下水 (亿 m^3)	年水资源 总量 (亿 m^3)
		总量 (亿 m^3)	深 (mm)	总量 (亿 m^3)	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^3 ,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^3/km^2 ,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 2 350 m^3 ,仅占世界平均值的约 1/4。耕地平均占有水量 27 867 m^3/hm^2 ,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 ³)	单位国土面积 产水量 (万 m ³ /km ²)	人口 (亿)	人均占有水量 (m ³ /人)	耕地 (亿 m ²)	单位耕地 面积水量 (m ³ /hm ²)
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 127m³,每公顷耕地拥有水资源量为 9 465m³(亩均 631m³)。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 000m³ 的 10 个省(区)中,北方占了 8 个,主要