

水·利·工·程·管·理·人·员·培·训·教·材

# 水利工程概论

吕元平

水利电力出版社

水利工程管理人员培训教材

水利工程概论

066

出版社

---

水利工程管理人员培训教材

# 水 利 工 程 概 论

吕元平

水利电力出版社

## 内 容 提 要

本书结合我国水利水电建设的实际情况，介绍水利工程及其主要建筑物的基本概念。内容包括河道整治、堤防、水土保持、水库工程、闸坝工程、水力发电及农田水利工程等。

本书可供水利水电系统干部培训用；也可供一般技术人员参  
考用。

ZW58/26

水利工程管理人员培训教材

水利工程概论

吕元平

\*

水利电力出版社出版

(北京三里河路6号)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

水利电力印刷厂印刷

\*

787×1092毫米 16开本 12.25印张 279千字

1984年8月第一版 1984年8月北京第一次印刷

印数00001—11710册 定价1.30元

书号 15143·5423

## 前 言

建国以来，在党和政府的重视下，水利水电事业有了很大的发展，建成了数以万计的大、中、小型工程，对工农业生产起了重大的作用。

为了把水利工作的着重点转移到管理上来，首先要加强对现有工程的管理，培训管理人员，提高管理工作水平。为此，于1980年应原水利部工管局邀请，曾编写了《水利工程概论》，作为水利部工程管理培训中心干部班的教材。经过试用后，感到内容需要加以修改和补充。为了更广泛的征求意见，工管局曾于1981年3月召开了教材审查会，邀请了黑龙江、山西、陕西、安徽、广东等省水利（水电）厅（局）和南山水库、陆水水电站和丹江口水利枢纽管理局等单位的工程技术人员以及天津大学、华东水利学院、华北水电学院和工程管理培训中心的教师参加会议，进行了认真的讨论，提出许多宝贵的意见，为这次修改和补充创造了条件。

本教材除绪论由水利电力部水利管理司牛运光副总工程师编写和第四章水力发电由天津大学水利系周鹏副教授编写外，其余部分均由编者执笔。牛运光副总工程师对全书稿进行了审校。中国科学院水生生物研究所胡贻智同志，对第三章其中的“救鱼措施”一节提出了修改意见，同时并承有关单位和同志们提供了资料。培训中心周兆凯工程师也提供了宝贵意见。在此一并表示衷心感谢。

教材涉及面广，编写时间又很短促，加以水平所限，错误和不当之处，在所难免，欢迎读者批评指正。

编 者

一九八二年九月

# 目 录

前 言	
绪 论	1
第一章 河道、堤防与水土保持	9
第一节 河流概述	9
第二节 河道整治	21
第三节 堤防工程	30
第四节 水土保持	34
第二章 水库工程	38
第一节 水库	38
第二节 水利枢纽	44
第三节 挡水建筑物	52
第四节 泄水建筑物	77
第五节 引水建筑物	82
第六节 附属建筑物	90
第三章 闸坝工程	95
第一节 水闸	95
第二节 壅水坝	103
第三节 橡胶坝和浮体闸	106
第四节 船闸	113
第五节 救鱼措施	117
第四章 水力发电	122
第一节 水能的利用和计算	123
第二节 水电站开发方式和主要类型	125
第三节 电力系统中的水电站	136
第四节 水电站建筑物	138
第五节 水电站主要设备	141
第六节 水电站厂房和厂区布置	151
第五章 农田水利工程	157
第一节 概述	157
第二节 取水工程	162
第三节 水泵及水泵站	164
第四节 渠道工程	175
第五节 渠系建筑物	182

# 绪 论

水是人类和一切生物生存所不可缺少的自然资源，没有水就没有生命。随着国民经济的发展，人民物质和文化生活水平的不断提高，人类对水资源的需求量也日益增长。当前，水资源的合理开发利用，在世界上已经引起各国的普遍重视。由于用水量的不断增加、水源的污染，有些国家已经出现水源危机。我国有些地区和城市，近年来用水也很紧张，开始引起各部门的重视。

我国水资源的现状不仅对农业的发展有密切关系，而且对于整个国民经济建设的布局关系也很大，必须调查清楚，作出正确的评价，才有利于四化建设。

我国幅员辽阔，江河众多，总面积960万平方公里，山区占三分之二，平原占三分之一。耕地15亿亩，占总面积仅十分之一；主要分布在东北、华北、淮河和长江中下游四大平原和珠江三角洲以及内陆平原。全国大小河川总长度大约有42万公里，流域面积在100平方公里以上的河流有5000多条，其中，流域面积在1000平方公里以上的河流有1500多条。天然湖泊面积在1平方公里以上的约有2800多个，其中，面积在100平方公里以上的约有130多个。此外，还有许多大小冰川，其面积约有57069平方公里。

我国平均年雨量630毫米，年降水总量约为6万亿立方米，相当全球陆地降水总量119万亿立方米的5%，除了蒸发和下渗，河川的平均年径流总量约2.6万亿立方米，相当于全球陆地径流总量47万亿立方米的5.5%。

我们所说的水资源是指逐年可以得到恢复和补给的淡水量，通常采用径流量来表示。地表水资源，指的就是河川的径流量。至于地下水的资源，目前还没有全面勘查，其中有相当一部分汇入江河，构成地表水，据估算为7000亿立方米。

## 一、我国水资源的特点及开发利用上存在的主要问题

### (一) 我国水资源的特点

#### 1. 水资源并不丰富

从年径流总量来看，世界各国的顺序如下：第一是巴西，51912亿立方米；第二是苏联，47140亿立方米；第三是加拿大，31229亿立方米；第四是美国，29702亿立方米；第五是中国，26144亿立方米。

从人均占有水量来看，我国每人占有的水量则低于世界的多数国家。世界人均占有水量为12900立方米，我国只有2700立方米，仅相当于世界人均占有量的四分之一，与一些国家人均占有量相比，加拿大是136750立方米；苏联是18500立方米；美国是13904立方米；欧洲各国是4938立方米；日本是4760立方米；南美洲各国是63600立方米；非洲各国是15800立方米。我国人均水量大致只相当于美国1975年人均的实际用水量（2528立方米）。

## 2. 水资源在地区上分布不均，水土资源不平衡

总的来看，我国水资源在地区上分布为东南多，西北少，由东南向西北递减。从降雨量看，东南沿海正常年份大于1600毫米，淮河、秦岭以南大于1000毫米，华北、东北大部地区在400毫米到800毫米之间，西北地区少于400毫米。从地表水量看，长江多年平均的年水量9793亿立方米，黄河只有560亿立方米，仅占长江年水量的5.7%。我国西北广大内陆河有1133亿立方米，也只有长江年水量的11.5%。从地下水量分布看，也是南多北少。据水文地质部门估算，长江流域及其以南地区约为4800亿立方米，北方地区约为2200亿立方米。其中，京、津、冀、晋、鲁、豫共有地下水资源约700亿立方米，仅占全国10%。

水土资源分布很不平衡。长江流域和长江以南地区，地表水资源占全国的70%，而耕地面积只占全国的33%；长江流域以北的地区拥有的地表水资源占全国的30%，而耕地面积却占全国的67%；其中黄、淮、海三大流域地表水资源只占全国的5.25%，而耕地面积却占全国的35.92%。全国平均每年每亩占有水量为1755立方米，长江流域及其以南地区，大于此数。长江流域为全国平均值的1.5倍，珠江流域为2.24倍，浙、闽为2.43倍。淮河流域及其以北地区，均远远小于全国平均值。淮河、黄河亩均水量却只有280立方米，为全国平均值的16%，辽河只有214立方米，为全国平均值的12%，海河流域亩均水量最少，只有188立方米，为全国平均值的11%。松花江亩均水量432立方米，比黄、淮、海、辽四河为多，也只占均值的25%。全国平均每年每人占有水量约2700立方米，长江流域及其以南地区，每人平均水量超过全国平均值。松花江为全国平均值的61%。黄、淮、海、辽四河流域每人平均水量均低于全国平均值；黄河为全国平均值的25%；辽河为20%；淮河为16%；海河为12%。

表 1 水土资源和人均水量地区分布情况

流域或地区	年径流量 (亿立方米)	耕地面积 (万亩)	人 口 (万)	亩均水量 (立方米/亩)	人均水量 (立方米/人)	亩均水量 与全国比	人均水量 与全国比
全 国	26144	149000	97000	1755	2695	1.00	1.00
珠 江 流 域	3070	7808	7411	3932	4142	2.24	1.54
浙、 闽	2001	4689	6280	4267	3186	2.43	1.18
长 江 流 域	9793	37053	34580	2643	2832	1.51	1.05
淮 河 流 域	530	18866	12479	281	425	0.16	0.16
黄 河 流 域	560	19561	8167	286	685	0.16	0.25
海 河 流 域	284	15108	8836	188	321	0.11	0.12
辽 河 流 域	151	7054	2833	214	533	0.12	0.20
松花江流域	759	17568	4652	432	1631	0.25	0.61
西 藏	3590	344	183	104000	196000	59.20	72.70

注 本表摘自《中国水利》1981试刊1，人口按普查以前计。

水能资源在地区分布上，也同样不均匀，我国主要的大江大河多发源于西南部高原，加上南方雨量充沛，因此，水能资源大部分集中在西南各省（区）。西南地区蕴藏量占全国70%；西北地区占12.5%；中南地区占9.5%；华北地区占4.4%；东北和华北地区各占

1.8% (注: 台湾省的水资源数字未列入)。

### 3. 水量在年内分配不均, 年际变化也很大

我国由于受季风气候的影响, 降雨量与径流量的年内分配不均, 年际变化也很大, 而且有连续枯水年和连续丰水年的规律, 大部分地区冬春少雨, 夏秋多雨。年降雨量和年径流量主要集中在汛期。南方的多雨季节在不同地区分别是6~9月或4~7月; 华北、东北和西南、西北的雨季是6~9月。南方汛期四个月的雨量占全年雨量的50~60%; 北方汛期四个月的雨量占全年雨量的70~80%。因此, 汛期雨量过分集中, 非汛期水量缺乏, 总水量不能充分利用。由于集中程度越高, 弃水越多, 可用水量占水资源总量的比例也就越小。我国北方汛期的雨量比南方更加集中, 而且降水往往又是以暴雨的形式出现。1975年8月5~7日, 淮河上游洪汝河、沙颍河流域发生特大暴雨, 河南省西南部三天降雨量超过600毫米和一天降雨量超过400毫米的笼罩面积分别为8200和16890平方公里, 暴雨中心林庄三天雨量达1605.3毫米, 其中, 最大雨量为1005.4毫米。其中3小时(495毫米)、6小时(830毫米)的雨量都超过了世界记录。海河流域1963年8月上旬的特大暴雨, 8月2日至8月7日七天超过400毫米的面积达5.8万平方公里, 暴雨中心的漳县七天雨量达2050毫米, 三天雨量达1457毫米, 最大日雨量为865毫米, 都超过了当地的年平均雨量。这种历时短、强度大、范围广的雨型, 毁坏性很大, 每次都造成严重的水灾。

在年际之间变化, 以北京为例, 1959年降雨1406毫米, 1891年降雨仅168.5毫米, 相差8.3倍。个别月份, 各年变化更大。仍以北京为例, 七月份降雨量, 1890年(825毫米)是1869年(6.8毫米)的121倍。丰水年和枯水年相差也很大。根据北京一百多年的资料分析, 每隔六年左右出现一个丰水年, 七年左右出现一个枯水年。丰水年持续时间最长为三年, 枯水年为二年, 偏枯水年为四年。黄河在六十年中出现过连续十一年(1922~1932)的枯水期, 平均年径流量比正常年份少24%; 出现过连续九年(1943~1951)的丰水年,

表 2 我国主要江河丰、枯期统计表

河 名	站 名	资料年限 (年)	枯 水 历 时 (年)	枯水期与 常年水量比	丰 水 历 时 (年)	丰水期与 常年水量比
松 花 江	哈 尔 滨	69	13 1916~1928	0.60	7 1960~1966	1.32
海 河	官 厅	55	8 1926~1933	0.65	11 1952~1960	1.33
黄 河	陕县、潼关	60	11 1922~1932	0.76	9 1943~1951	1.19
淮 河	蚌 埠	47	6 1957~1962	0.71	3 1954~1956	1.97
			5 1932~1936	0.42		
长 江	汉 口	106	7 1955~1961	0.89	7 1866~1872	1.10
珠 江	梧 州	70	8 1900~1907	0.85	5 1911~1915	1.28

注 本表摘自《中国水利》1981试刊1。



平均年径流量比正常年份多19%。松花江在六十九年中出现过连续十一年(1898~1908)和连续十三年(1916~1928)的枯水期,平均年径流量比正常年份少40%;出现过连续七年(1960~1966)的丰水期,平均年径流量比正常年份多32%。淮河蚌埠站,丰水的1921年径流量(719亿立方米)是枯水的1978年(26.9亿立方米)的26.7倍。

我国主要江河发生连续丰、枯水的情况,详见表2。

由于我国水资源年内分配不均,水量年际变化也很大,以及连续枯水期和丰水期等特点,可用水资源数量大大少于天然水资源2.6万亿立方米,这就是我国水旱灾害频繁发生的自然因素,因此,需要兴修各种水利设施,来调节和平衡水量,以减免水旱灾害,造福于民。同时,这些特点也给水资源的开发利用带来了许多困难,决定了我国治水的长期性、艰巨性和复杂性。

## (二) 水资源开发利用方面存在的一些主要问题

### 1. 对水资源还没有统一管理起来

地表水由水利部门管,地下水由地质部门管。但是,地表水和地下水互为补给,难以截然分开。地质部门研究地下水的储量和补给、排泄关系,就离不开地表水的调查;水利部门不仅担负地表水的开发,而且也担负农、牧区地下水的开发,因此也要组织力量进行地下水的观测和勘测工作,以满足开发要求,在这方面存在不少重复的研究工作。由于水资源开发利用还没有统一管起来,缺乏整体规划,没有审批制度,各自为政,地区之间、部门之间矛盾日益激化。地下水过量开采,导致某些地区地下水位下降,地面下沉。如天津市地面沉降范围已扩大到2308平方公里,市区全部及部分近郊区沉降量已达800毫米,其中51平方公里已超过1000毫米,局部地区最大沉降量达1671毫米。

### 2. 水源污染严重

城市和工业的废水、废渣、污水不经处理,任意排放江河,严重污染水质。据14个省、市可比资料测算,1979年全国每天排放工业和生活污水7780万吨,监测的78条河流已污染的有54条,严重的14条,包括一些重要的江河,都受到严重污染。

### 3. 用水浪费

现在很多地方,一方面严重缺水,另一方面工农业用水浪费很大。在农业用水方面,由于田间工程不配套和管理不善,每年每亩灌溉水量有的达1000立方米以上,甚至更多,不仅造成水资源的浪费,而且还会引起土壤盐碱化。在工业用水上,工业先进国家炼一吨钢只用水3~5吨,而我们却需要30吨左右;装机100万千瓦的火电厂,国外用水2.5秒立方米,国内一般为40~50秒立方米。

### 4. 保护环境,维持生态平衡的需水量

此项工作没有受到应有的重视。水不仅是宝贵的自然资源,它又是极其重要的、不可缺少的环境要素。因此,开发利用水资源,必须同时注意保护环境,改善环境,维持生态平衡。如黄河,近年来不断发生断流现象,不仅威胁河口工农业供水,同时也影响了河口上下的生态平衡,造成鱼类回游、生息规律的破坏。

## 二、解放前的水旱灾害

在我国的960万平方公里的国土面积中，有112万平方公里的冲积平原，处于各大江河的中下游，地面高程大都在汛期的洪水位以下，需要依靠堤防和其它工程设施来保护。自古以来，这里是人口集中、经济发达的地区。今天，居住着占全国半数以上的人口，为我国工农业生产的主要基地。因此，防洪问题，历年都是一个十分尖锐的问题。据记载，从公元前206年到1949年，在此2155年期间，我国发生过较大的洪水灾害1092次，平均每两年有一次水灾。现将我国主要江河发生几次严重水灾概述于后。

**黄河：**在解放前的2000多年中，下游决口泛滥1500多次，重要的改道26次，大致上是三年两决口，百年一改道。水灾波及范围25万平方公里，北抵天津，南达江淮。公元1117年（宋徽宗政和七年）黄河决口，淹死100多万人。1642年（明崇祯十五年）黄河决口，水淹开封全城37万人，死亡34万人。1933年黄河下游决口54处，受灾面积1.1万平方公里，包括河南、河北、山东、江苏四省67个县，受灾人口360多万人，死亡1.8万人。1938年蒋介石下令在花园口扒开黄河大堤，使河南、江苏、安徽三省5.4万平方公里土地，1250万人口受灾，死亡89万人。

**长江：**自唐代以来的1300多年间，发生水灾200多次。1931年，长江宜昌站出现6.36万秒立方米的洪峰，上自沙市，下至上海，沿江城市全部被水淹没，南京也未幸免，武汉一片汪洋，受淹百日之久，鄂、湘、皖、赣、苏、浙、豫等七省205个县，5000多万亩农田，2855万人口受灾，死亡14.5万人，江汉平原沦为泽国。1935年汉江洪水，沿江有农田2264万亩、1003万人受灾，死亡14.2万人。

**淮河：**自黄河夺淮之后的500年间，发生水灾350次，1921年、1931年发生两次全流域的特大洪水，特别是1931年江、淮同时发生大水，洪水淹了蚌埠市区，越过津浦铁路，淹地7700万亩，死亡7.5万人，苏北里下河地区有10多个县沦为泽国。

**海河：**据统计在解放前的580多年间，发生水灾387次。1917年海河洪水，淹地2.5多万亩，受灾人口635万人，天津市被淹。1939年的洪水，使农田5000万亩、人口800万受灾，冲毁铁路160公里，天津市再次被淹。

**珠江：**1915年北江和西江同时发生洪水，堤防溃决，广州市被淹了七天，陆地行舟，珠江三角洲一片汪洋，450万亩农田受淹，300万人口受灾。

**松花江：**1932年洪水，淹没沿江两岸农田8325万亩，哈尔滨市进水。全市38万人口中有24万人受灾，12万人流离失所，还冲毁铁路多处。

我国的旱灾也十分频繁，据历史记载，发生过较大的旱灾1056次。近代的1920、1921、1928和1934年最为严重，1928年旱灾遍及华北、西北、西南13个省，赤地千里，饥殍载道，灾民达1.2亿人。

从以上事例说明，水旱灾害，对于中华民族的生存和发展是一个严重的威胁。

## 三、我国古代水利事业发展概况

我国是世界上最古老的农业国之一，约在公元前600年，一个较完整的农业社会便形

成了，由于发展农业的需要，我国劳动人民长期不懈地与水害作斗争，在防洪治河方面取得丰富经验的基础上，也发展了灌溉和航运。

### （一）在防洪治河方面

黄河流域是我国历史的发源地和文化的摇篮。但由于流域内水土流失愈来愈严重，黄河成为“善淤、善决、善徙”的灾害频繁的河流。这就促使历代治黄方法不断改进，积累了不少经验。如元代贾鲁为使黄河恢复故道，提出石船堵口办法，即用石沉连锁大船27艘进行堵口。明代潘季驯曾治理黄河27年，提出“塞旁决以挽正流，以堤束水，以水攻沙”。

在江浙沿海一带经常遭受海潮侵袭，早在公元334年的晋朝就开始修筑海塘，保护滨海广大农田。经过历代的充实和扩大，到十一世纪，多数海塘已用巨石砌成，绵延数百里。明代不仅利用它防潮，而且亦利用它抵御外患，巩固国防。

### （二）在灌溉方面

在春秋战国时期，就有了灌溉工程，如公元前597年（周定王时）在今安徽寿县修建的芍坡（水库），是我国古老的灌溉工程。秦代在川、陕、宁一带修建的都江堰、郑国渠、白渠、秦渠、汉渠、汉延渠和唐徕渠等灌溉工程，这些工程都促进了当时农业的发展，对历代治国安民起到重要作用。如都江堰，在公元前256年秦孝王以李冰为蜀守修建的，为秦朝统一六国打下物质基础，至今已有两千多年的历史，经过历代的改建、维修、管理运用，至今依然是我国一项比较完整的灌溉工程。秦渠、汉渠、汉延渠及唐徕渠等灌溉工程，在当时促进宁夏、内蒙平原一带灌溉发展，使宁夏银川一带成为“塞上江南”，内蒙

后套一带成为“塞外江南”，有“黄河百害，唯富一套”之说。

### （三）在航运方面

我国是世界上最早开凿运河的国家。如灵渠，位于广西兴安县城，又称兴安运河。秦始皇为了开发岭南，统一中国，解决运输军粮等问题，派史禄负责开凿灵渠，动员了几万民工，历时约五年，于公元前215年建成。渠道建成后，连接了湘江和漓江，沟通了长江和珠江两大水系，畅通了长江沿岸地区与珠江两广地区的物资运输。南北大运河的修建，早在战国时期吴国开始修建邗沟，即从现在江苏省邗江县瓜洲附近引长江水北上到淮安入淮河，连通了江淮两大水系。以后又修建了鸿沟、白沟、平虏渠等，进而将长江、淮河、黄河和海河等水系都联系起来。

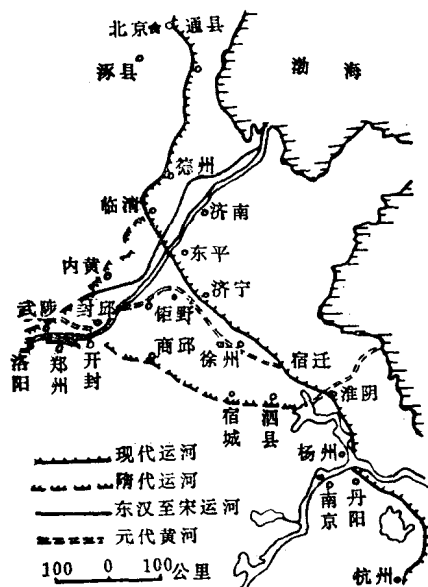


图1 南北大运河

但是它们是在不同的目的要求下开凿的，整个水系没有统一考虑，规模大小不一，造成航运困难，已经满足不了隋朝统一全国后新的政治经济的要求。公元605年至公元610年，先后征集二、三百万人，用了六年的时间，在旧有水系的基础上，修通了通济渠、山阳渎、永济

渠及江南运河，终于开通了一条南达余杭，北抵涿郡，全长2400公里的水运通道，这就是隋代的大运河。元代建都北京后，于公元1289年及1292年修建通惠河及会通河，构成了现代南北大运河（图1）。大运河经过以后历代的修建和改善，船只可以从杭州至通州，保持了明、清两代的南粮北调。后因黄河决口，大运河已不能全线通航。现在计划中的南水北调的东线，基本上是沿大运河的故道。

#### 四、新中国的水利建设成就

解放后，党和政府根据我国历代的治水经验，还在国民经济处于恢复时期，就作出了治理淮河，修建长江荆江分洪工程和海河官厅水库的决定。三十多年来，我国修建了大量的防洪、灌溉、排涝、发电等工程设施。这里包括：整修新修堤防、圩垸、海塘16.5万公里；疏浚整治了排水河道，并开辟了海河和淮河的排水出路；修建了各类水库8.6万多座，塘坝640万处，总库容4000亿立方米；建设万亩以上灌区5200多处，灌溉面积由解放初期的2.4亿亩，发展到7.2亿亩；机电排灌动力由9万多马力发展到7000万马力；机电井从无到有，发展到220万眼；水利结合发电装机900万千瓦，其中小水电装机630多万千瓦。

水利建设的效益是显著的，主要表现在以下几方面：

1) 初步控制了一般的洪涝灾害，基本上保障了城乡的安全。过去历史上黄河三年两决口，现在已经争取到伏秋、大汛连续32年安澜的局面；长江、淮河、海河、辽河、松花江和珠江等江河也初步得到了安定，农田的水旱成灾率逐步有所下降，五十年代水灾的受灾面积的成灾率为62%，七十年代为43%；五十年代旱灾受灾面积的成灾率为42%，七十年代为28%。

2) 发展灌溉，除涝治碱，为农业增产创造了条件。全国灌溉面积为7.2亿亩，其粮食产量约占全国总产量的三分之二。原有易涝耕地3.4亿亩，初步治理了2.6亿亩，占76%；原有盐碱地面积1.1亿亩，初步改良了6200万亩，占56%；对促进农业增产起了重要作用。

3) 为工业和城市提供了用水。水利工程设施每年为工业和城市供水约几百亿立方米。同时，又解决了边远山区水源困难的4000多万人、2100多万头牲畜的饮水问题。

4) 提供能源，综合利用。解放后修建了许多大中型水电站，提供了大量能源。1979年全国小水电发电119亿度，占全国农用电量的1/3。现在小水电已经成为农村的重要电源，对改变山区面貌，发展当地工业和社队企业，以及活跃农村的文化生活都起到了很大作用。

5) 水库养鱼。全国现有水库8.6万座，可养鱼水面有3000万亩，约占全国淡水养鱼水面的40%。现在已经利用了1900万亩，年产鱼量达12万吨。

三十一年来，全国人口大约增加了一倍，粮食总产从2264亿斤增加到6642亿斤，按农业人口人均产量从506斤增加到816斤，水利起了重要的保障作用。

#### 五、水利设施要适应现代化建设的需要

当前水利设施与现代化建设要求很不适应，主要表现在以下几个方面。

### 1. 主要江河洪水问题

建国以来，长江、黄河、淮河、海河、珠江、松花江、辽河等七大江河得到初步治理，控制了普通洪水灾害，但是没有得到根治，还难以抗御解放以来出现过的最大洪水。今后随着国民经济的发展，遭受的损失，也将愈来愈大。因此，根治主要江河，对付洪水，这是保障社会安全和四化顺利进行的必要条件。如黄河，由于泥沙淤积，河槽逐年抬高，河道日益恶化，槽高、滩低、堤根低洼，形成悬河中之悬河，河槽排洪排沙能力削减，横比降加大，主溜游荡加剧，威胁大堤及滩区人民生命财产的安全。现在黄河下游正在进行的大堤加培工程，是以防御1958年花园口站2.23万秒立米洪水为主要目标的，这项工程预计到1985年才能完成。当前，还抗御不了1958年出现的大洪水。如按历史资料，1843年和1761年发生过3.5万秒立方米的大洪水，若按可能最大暴雨推算，还可能出现4.6万秒立方米的大洪水，一旦大堤溃决，北乱海河，南袭江淮，两岸人口都各有1000多万，后果难以设想。长江，1954年发生特大洪水，湘、鄂、赣、苏、皖五省淹地4700多万亩，受灾人口1800万，死亡3.5万多人，现在如果出现1954年那样的洪水，即使最有效地利用了分洪、蓄洪区和水库，但是，由于湖区围垦，调蓄能力降低，中、下游受灾可能比1954年更严重。如果荆江大堤决口，将造成毁灭性灾害，不仅淹没江汉平原，而且可能造成长江改道，航运和铁路中断，威胁武汉市安全。

### 2. 农田灌溉问题

全国耕地面积15亿亩，目前灌溉面积只有7.2亿亩，还有半数以上的农田没有水利设施。已有的灌溉面积标准还不够高，其中保灌面积仅有5亿亩，真正旱涝保收的只有3亿多亩。全国每年因为受灾要减产粮食上百亿斤，甚至几百亿斤，所以，迫切需要解决灌溉问题，提高农田抗灾能力。

### 3. 城市工业和人民生活用水问题

目前，我国有不少城市都不同程度地存在着水源不足，供水紧张的情况。据1980年对191个城市的初步统计，有154个城市缺水，每天共约缺880万吨。其中严重缺水的有青岛、大连、天津、北京、邯郸等城市，主要原因是水源不足。随着今后工业的发展，人民生活水平的提高，城市用水问题将会日益突出。

### 4. 草原灌溉问题

我国可以利用的草原面积33亿亩，其中有灌溉的草原仅有500多万亩。由于雨量稀少，水源不足，草场退化，载畜率很低，平均20亩草原才能养活一只羊，100亩草原才能养活一头牛。甘肃夏河县甘家公社由于发展草原灌溉7万亩，载畜率提高到每4亩多养活一只羊。由此可以说明发展草原灌溉的重要性。

### 5. 大力发展水电建设问题

为解决我国能源问题，水电建设是水资源开发利用的一项重要内容。江河规划治理，一定要考虑多目标开发，以最小投资换取最大的经济效果。特别是在目前国家的财力、物力十分困难，干旱、洪涝灾害还很频繁，江河治理任务还很艰巨的情况下，更应该考虑办综合利用的关键工程，在这个意义上讲，要多搞水电，也就是多搞水利。

# 第一章 河道、堤防与水土保持

河流在自然状态下，其河道不断的演变，为控制其演变过程，使它向有利方面发展，需要对河道进行整治。为此，需要修建一系列的河道整治工程，简称治河工程。

## 第一节 河流概述

### 一、河流特征

构成河流的要素和特性分述如下：

#### 1. 干流、支流和水系

降水经过地面和地下向河流补给水源，由于重力作用，上游水流不断切割和冲刷河床，使河床逐渐扩大。这样，使最初的小沟变成小溪、小河，最后聚汇为大江大河。

直接流入海洋或内陆湖泊的河流称为干流。汇入干流的河流称为一级支流；汇入一级支流的为二级支流，以此类推。干流及其支流构成了脉络相通经常有水的河流系统称为水系或河系，如果包括不经常有水流的小沟在内，则称为河网。水系通常用干流的河名来称呼，如长江水系、黄河水系、珠江水系等。在研究某一支流或某一地区的问题时，也可用支流河名或湖泊来称呼，如汉江水系，洞庭湖水系等。

#### 2. 河床

河流沿途行经的河道叫做河床，亦称河谷。一般上游为峡谷，中游有滩地，下游位于冲积层上。各段的横断面见图1-1。

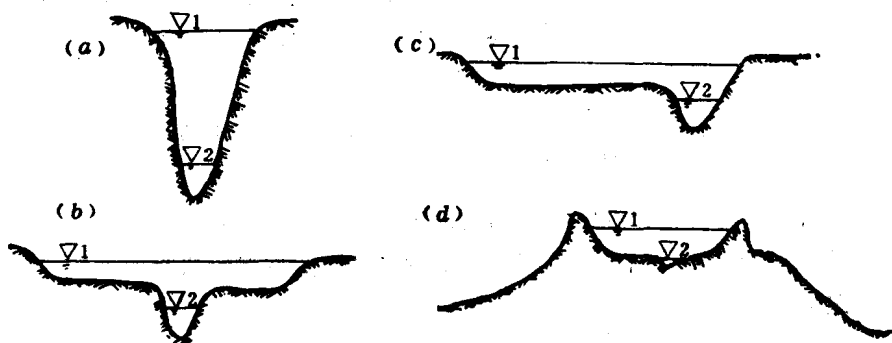


图 1-1 河流横断面示意图

(a)上游；(b)中游，两岸有滩地；(c)中游，一岸有滩地；(d)下游冲积层  
1—洪水水位；2—枯水水位

谷底最深处的连接线称为**黔线或深泓线**。在枯水期和中水期水流经过的河床称为**基本河床**。在洪水期漫溢到两岸漫滩所形成的河床称为**洪水河床**。

### 3. 河流的分段

一般河流按照河谷和河床情况、冲刷和淤积的程度、流速和流量的大小以及水情变化等特点，分为河源、上游、中游、下游和河口等五段。

(1) 河源 河流的源头亦即河流开始的地方。河流的源头有的是地下水，有的是冰川或融雪，亦有的是沼泽或湖泊，所以河源是一块局部地区。

(2) 上游 位于河流的上段，直接连结河源。这段的特点是落差大、水流急、下切河床力强，洪水涨落比较急剧。

(3) 中游 位于河流的中段，流量一般比上游大，河床坡度较平缓。河岸两侧常有滩地出现，河道亦渐呈缓和曲线，冲刷和淤积比较显著。

(4) 下游 位于河流最下一段，其特点是河床坡度平缓，流速小、流量大，河床大部份处在淤积状态。河道蜿蜒曲折，到处出现沙滩、沙洲。

(5) 河口 是河流流入海洋、湖泊或其他河流的地方。有的河流消失在沙漠里，没有河口，称为瞎尾河。一般河口是一个比较明显的固定点，比河源明显，因而沿河流长度都从河口算起。由于河口突然扩大、流速大减，水流中的泥沙就大量沉积，形成沙洲或河口三角洲。

### 4. 河流的基本特性

(1) 河流的长度 即是从河源到河口的距离，由于河流蜿蜒弯曲，不易直接量测。一般是在实测的河道地形图上按比例尺沿路线量出。可行驶机船的河流，亦可用机船行驶的速度及航行的时间求得。

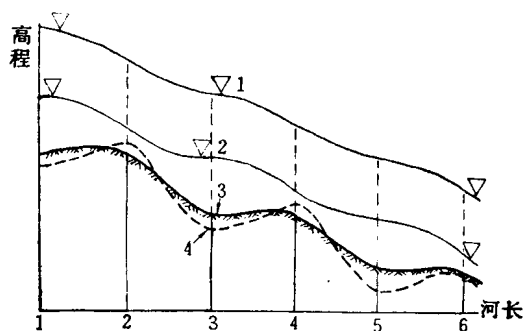


图 1-2 河流纵断面图

1—洪水水位；2—枯水位；3—枯水河床；4—洪水河床

(2) 河流的纵断面 指沿河流路线的断面(图1-2)。测出路线上河底一些地形变化转折点的高程，以河长为横坐标，高程为纵坐标，绘出纵断面图。纵断面图表示出河流的纵坡和落差的沿程分布，这是推算水流特性和估计水能资源的主要依据。

(3) 河流的横断面 这是指与水流方向相垂直的断面，上面的界限是水位线。

断面面积随着水位不断变化。经常过水的断面称为过水断面；洪水水位时的断面称为洪水断面或大断面。横断面根据形状的不同分为单式断面，即中心两侧较对称而又较规整的断面；复式断面，即中心两侧不对称而又不规整的断面。

河流的纵横断面，由于冲刷和淤积都是不断变化的。

(4) 河流坡降 任一河段的落差(该段河底或水面的上、下两端的高程差)与河段长度的比，称为坡降或比降，可用下式表示：

$$I = \frac{H_{上} - H_{下}}{L} = \frac{\Delta H}{L} \quad (1-1)$$

式中  $I$  ——河底或水面坡降，以千分率(%)计；

$H_{上}$ 、 $H_{下}$ ——分别为河段上端和下端的水位，以米计；

$\Delta H$ ——河底或水面的落差，以米计，由河底落差算得的为河底坡降，由水面落差算得的为水面坡降；当水流为均匀流时，两者相同。

$L$ ——河段长度，以公里计。

【例】某河段长10公里，上端水位是325.86米，下端水位是320.86米，则水面坡降是：

$$I = \frac{325.86 - 320.86}{10000} = 0.5\% \text{，即千分之五。}$$

河流坡降自河源至河口逐渐减小，是因河床先被侵蚀后被淤积所致。相对来说，因河底比较稳定，坡降比水面稳定；而水位变化大，使水面坡降变化亦大。河口因受潮汐影响，坡降变化更大，有时会出现负值，海水就会倒灌进入河口。

坡降是决定河性的一个因素也是计算流速的一个根据。据水力学的研究，流速( $V$ )与比降( $I$ )的平方根成正比，即 $V \propto \sqrt{I}$ 。

## 二、流 域

流域是河流的集水区域，根据出流断面来确定流域的大小。如(图1-3)所示，出流断面为I时，其相应流域面积为A(有斜线部分)；出流断面为II时，其相应流域面积为A和B，即虚线所包围的全部区域。

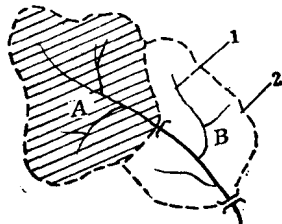


图 1-3 流域示意图

1—河道；2—分水界

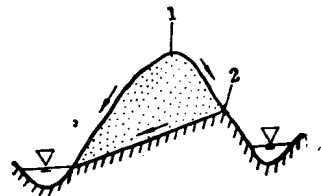


图 1-4 分水线示意图

1—地面分水线；2—地下分水线

### 1. 流域的分水岭

流域的边界称为分水岭、分水线或分水界。分水岭通常位于流域四周的山脊线上，有山岭的地形很容易划分。如秦岭是黄河与长江的分水岭，秦岭以北发生的径流汇入黄河；秦岭以南的径流则汇入长江。但两个流域的分界不一定是山岭，有的是较平坦的地区或湖泊、沼泽甚或河堤。像辽河和松花江的流域分界是公主岭一带地区，淮河和海河的流域分水线是黄河大堤，这时应称分水线或分水界。

注于河流的水量除地面径流以外，还有地下径流，因而划分流域既要考虑地面分水线亦要考虑地下分水线，而两者不一定是重合的，这是因为地面起伏不一定与地质构造吻合(图1-4)。

至于喀斯特地区(即石灰岩溶洞地区或简称岩溶地区)，如广西、云南、贵州、四川一带，很多地下伏流变成地下河，则其地下分水线与地面分水线的差别可能很大。地面分



水线与地下分水线相重合的流域称为闭合流域，否则称为非闭合流域。

## 2. 流域面积

流域的分水线和出流断面所包围的面积称为流域面积，其单位为平方公里。流域既是河流供水的区域，如其他条件相同，流域面积的大小就可决定径流的多少，所以一般河流的水量是从河源到河口越往下游越丰沛。但流域的条件总会或多或少有差异，所以分析河流径流的沿程变化，必须考虑各种影响因素。例如黄河从河源到兰州一段，水量就是随流域增加而增加的；兰州到青峪关一段，水量没有什么变化；青峪关到包头一段，水量反而减少了，这是因为这段是干燥地区，沿程没有水量补给，反而有大量河水渗入地下或为灌溉所利用；包头至陕州一段水量又增加了。

流域面积一般是按地形图上的分水线包围的面积，用求积仪或数方格法求出。

分析流域的自然因素包括自然地理因素（包括流域形状、地形、地质、土壤、植被等）和水文气象因素（降水、蒸发、径流等）的综合影响。

流域面积亦称集水面积，表1-3集水面积是指代表站以上的流域面积，所以小于流域面积一栏中的数字。

## 三、水位与流量

河流随着水源的丰枯而涨落。一般地说多雨的夏季，河水高涨；干旱的冬季，河水低落。这样反复的变化是河流的根本特性。在水文学上研究这个特性主要有两个标志：水位和流量。水位就是在河边上设立一个水尺或一系列水尺，水尺反映出河水面的变化。水尺的读数便是观测时的水面高度，称为水位。按具体情况确定观测的时间，既可定期观测亦可非定期观测。

水尺的观测是一个点的记录，若想把一个流域或一个水系的各测站水位读数的关系统一起来，便须有一共同的高程零点的基面（绝对基面），我国以大连、大沽、废黄河口、吴淞口、珠江口等作为各地区的基面。1956年我国规定以黄海（青岛）的多年平均海平面作为统一的高程零点基面，称为黄海绝对基面。以往惯于用附近海的基面，如海河水系用大沽基面，长江水系用吴淞口基面，应当统一改用黄海基面（各基面互有差别）。

高于这个基面的高度叫海拔或拔海高度。如说某地的海拔是100米，就是说该地高于平均海平面100米。有了这个标准，便可把一个流域或一个水系的水位观测值统一起来，从而找出它们互相的高低关系。全国大地测量机构在各地设立了一系列的高程（海拔）点。测出附近高程点与水尺零点的高差，从水尺读数便可得知以黄海基面为零点的高程值（或海拔值）。如附近高程点为101.35米，水尺零点与它的高差是+37.51米，那么水尺零点的高程或海拔是138.86米。若水尺读数是1.64米，则高程是140.50米。水利工程有时因未能与国家统一高程点发生联系，就用假定高程做为水尺零点，如暂设水尺零点为100米等（但海拔不能假定）。若使用假定高程，必须附有说明。

对水位进行了一定时期（如全年观测或汛期观测）的观测，便可用纵坐标为水位，横坐标为时间，绘出水位过程线。图1-5是根据河北省漳河七垣测站1936年资料所绘的水位过程线。从图中可以清晰地看出该河1936年的水位变化特征。