

# 水利工程概论

杨革主编



普通高等教育“十一五”国家级规划教材



高等教育出版社  
Higher Education Press

# 普通高等教育水利工程类国家级规划教材

水利工程制图	孙世青 曾令宜 主编
水利工程制图习题集	曾令宜 尚秀娇 孙世青 主编
水利工程制图(第二版)	曾令宜 陶 杰 毕宪珍 主编
水利工程制图习题集(第二版)	曾令宜 陶 杰 毕宪珍 主编
水利水电工程施工组织与管理	钟汉华 主编
水利水电工程造价	钟汉华 主编
水利工程测量	王笑峰 主编
水利工程材料	金晓鸥 主编
水利工程概论	杨 革 主编

ISBN 978-7-04-026183-7



9 787040 261837 >

定价 20.60 元

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

# 水利工程概论

杨 革 主编

赵惠新 主审

高等教育出版社

## 内容摘要

本书是普通高等教育“十一五”国家级规划教材,是按照国家对高职高专人才培养的规格要求及高职高专教学特点编写的。

本书共分9章,内容包括:水及水资源,水利事业与水利工程,蓄水枢纽,取水枢纽,水力发电,灌溉排水及泵站工程,环境水利及水土保持工程,水利工程建设及水利工程管理。本书内容基本涵盖了水利工程建设各个方面,叙述浅显易懂,并配备了大量的工程结构及布置图,可使学生更直观地掌握相关水利工程知识。

本书可作为水利类相关专业的通用教材,也可作为水利行业管理人员的培训教材。

## 图书在版编目(CIP)数据

水利工程概论 / 杨革主编. —北京: 高等教育出版社, 2009.3

ISBN 978 - 7 - 04 - 026183 - 7

I. 水… II. 杨… III. 水利工程 - 高等学校: 技术学校 - 教材 IV. TV

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 012619 号

策划编辑 张骁军 责任编辑 张玉海 封面设计 张志奇 责任绘图 尹文军  
版式设计 范晓红 责任校对 张颖 责任印制 宋克学

出版发行 高等教育出版社  
社 址 北京市西城区德外大街4号  
邮政编码 100120  
总 机 010-58581000  
-  
经 销 蓝色畅想图书发行有限公司  
印 刷 高等教育出版社印刷厂

购书热线 010-58581118  
免费咨询 800-810-0598  
网 址 <http://www.hep.edu.cn>  
<http://www.hep.com.cn>  
网上订购 <http://www.landaco.com>  
<http://www.landaco.com.cn>  
畅想教育 <http://www.widedu.com>

开 本 787 × 1092 1/16  
印 张 15  
字 数 360 000  
彩 插 3

版 次 2009年3月第1版  
印 次 2009年3月第1次印刷  
定 价 20.60元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 26183-00

# 前 言

本书是普通高等教育“十一五”国家级规划教材。

水利工程是一个庞大的系统工程。水利工程建设除本专业人员外还需要越来越多的不同专业的人才，如计算机、外贸、机电、管理、外语等专业人才。本书编写的目的就是使非水利类专业的学生学习和了解水利工程建设的相关知识；是刚入学的水利类专业的学生全面了解本专业知识的入门教材。

本书的编写力求突出高职高专的特点，以“必需、够用”为原则，在理论知识准确定位的基础上，加强实践性的教学内容，并将水利工程现阶段发展的新思路、新方法、新手段及今后的发展方向加以叙述，以开拓读者的思路，培养读者的创新能力。

本书基本涵盖了水利工程建设的各个方面，叙述上浅显易懂，并配备了大量的工程结构及布置图，可使学生更直观地掌握相关的水利工程知识。

本书由杨革担任主编并统稿，谭志伟、于奎、刘莹、褚丽丽任副主编，杨旭参加了部分内容的编写工作。具体分工如下：第1、2、3章由杨革编写，第4章由谭志伟编写，第5、8章由于奎编写，第6章由刘莹编写，第7章由褚丽丽编写，第9章由谭志伟、刘莹、杨旭编写。

全书由黑龙江省水利厅卜汉臣、黑龙江大学张儒生、国家教育部高职水利类教育指导委员会副主任赵惠新等专家审定。赵惠新任主审。审定专家对送审稿提出了许多建设性建议和具体的修改意见，对保证本书质量大有裨益，在此表示衷心感谢，同时也感谢黑龙江大学对本书编写的支持与帮助。

由于编者水平有限，书中难免存在疏漏之处，恳请同行专家和读者批评指正。

编 者

2008年11月

# 目 录

<b>1 水及水资源</b> .....	1
1.1 概述 .....	1
1.2 河流水系及湖泊 .....	5
1.3 我国水资源概况 .....	13
1.4 我国的水能资源 .....	16
<b>2 水利事业与水利工程</b> .....	19
2.1 概述 .....	19
2.2 水利工程的分类 .....	19
2.3 水利枢纽及水工建筑物 .....	26
2.4 我国水利事业的发展前景 .....	29
2.5 水利工程建设与基础学科的发展 .....	30
<b>3 蓄水枢纽</b> .....	37
3.1 概述 .....	37
3.2 挡水建筑物 .....	43
3.3 泄水建筑物 .....	69
3.4 水工隧洞 .....	81
<b>4 取水枢纽</b> .....	91
4.1 概述 .....	91
4.2 水闸 .....	95
4.3 过坝建筑物 .....	109
4.4 渠系建筑物 .....	112
<b>5 水力发电</b> .....	124
5.1 水电站的发展简况 .....	124
5.2 水电开发及水能利用 .....	125
5.3 水能开发方式和水电站的主要类型 .....	127
5.4 水电站的主要建筑物 .....	133
5.5 水电站的主要设备 .....	138
5.6 抽水蓄能电站 .....	141
<b>6 灌溉排水及泵站工程</b> .....	143
6.1 灌溉排水工程 .....	143
6.2 节水灌溉 .....	151
6.3 水泵及水泵站 .....	156

<b>7 环境水利及水土保持工程</b> .....	164
7.1 环境水利工程 .....	164
7.2 水土保持工程 .....	175
<b>8 水利工程建设</b> .....	190
8.1 水利工程基本建设程序 .....	190
8.2 水利工程施工 .....	193
8.3 水利工程设计 .....	199
8.4 水利工程建设中的管理 .....	201
<b>9 水利工程管理</b> .....	209
9.1 水利工程管理的改革发展及任务 .....	209
9.2 水利工程管理主要内容 .....	210
9.3 河道管理 .....	217
9.4 防汛抢险 .....	223
9.5 水利工程冻害及管理 .....	229
<b>参考文献</b> .....	234

# 1

## 水及水资源

### 1.1 概述

水是人类和一切生物生存所不可缺少的一项极宝贵的自然资源，同时也是工农业生产及可持续发展不可替代的自然资源。与人类生活和生产最为密切的是由大气降水补给的河流、湖泊、土壤水和地下水等淡水资源。

#### 1.1.1 地球上的水及水的循环

地球是被称作水的行星，由大气水、地表水、地下水构成地球上的水圈，其存在于地球表面。地球岩石圈、大气圈、生物圈的水以固态、液态、气态的不同形式存在，在太阳辐射和地心引力的作用下，以蒸发、降水、入渗和径流等方式进行往复交替的运动，也就是水分的循环。其过程如图 1-1 所示。

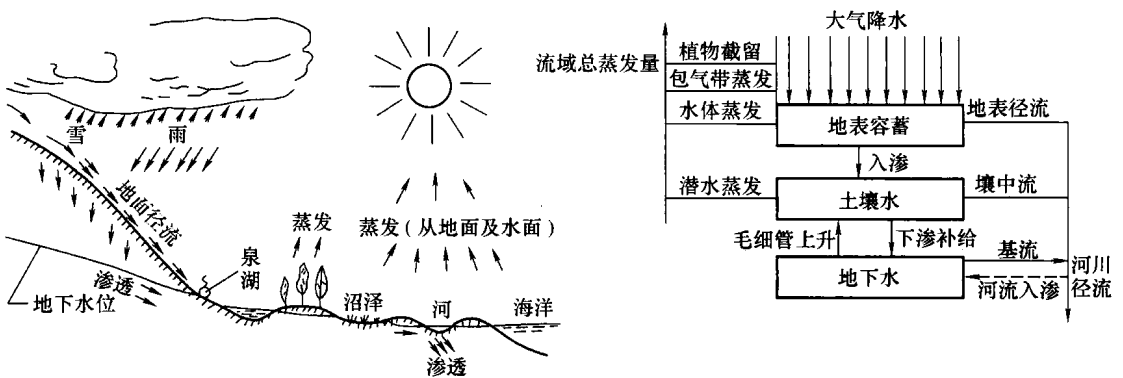


图 1-1 自然界水的循环图

地球表面积约 5.1 亿平方公里，其中海洋面积 3.61 亿平方公里，海洋占 70.8%，陆地占 29.2%。根据长期的调查研究，估计积蓄在海洋和陆地的静态水总量约 138 600 万立方千米，其中海洋占绝大部分。在陆地积蓄水中，人类生活和工农业生产可以直接利用的河流积蓄水量约 0.17 万立方千米，淡水湖泊积蓄水量约 10 万立方千米，合计为 10.17 万立方千米。地球上水的储量见表 1-1。



表 1-1 地球水的储量

水 体	水 储 量		咸 水		淡 水	
	10 <sup>3</sup> km <sup>3</sup>	%	10 <sup>3</sup> km <sup>3</sup>	%	10 <sup>3</sup> km <sup>3</sup>	%
海洋水	1 338 000.0	96.54	1 338 000.0	99.04	—	—
冰川与永久积雪	24 064.1	1.74	—	—	24 064.1	68.70
地下水	23 400.0	1.69	—	—	10 530.0	30.06
永冻层中的冰	300.0	0.02	12 870	0.95	300.0	0.86
湖泊水	176.4	0.013	—	—	91.0	0.26
土壤水	16.5	0.001	85.4	0.006	16.5	0.047
大气水	12.9	0.000 9	—	—	12.9	0.037
沼泽水	11.5	0.000 8	—	—	11.5	0.033
河流水	2.12	0.000 2	—	—	2.12	0.006
生物水	1.12	0.000 1	—	—	1.12	0.003
总量	1 385 984.6	100	1 350 955.4	100	35 029.2	100

以一年为周期，海洋和陆地的总降水量与总蒸发量是相等的，遵循能量守恒定律。降到海洋上的水量约为降到陆地上的 3.5 倍，而海洋上的蒸发量却为陆地上总蒸发量的 6 倍。海洋蒸发远大于陆地蒸发。加入水循环的流动水量为 496 100 km<sup>3</sup>，仅占全球水量的 0.04%，而决定陆地上径流的水循环中的有效水量更小，为 40 000 km<sup>3</sup>，只占全球水量的 0.003%。

影响水循环的因素很多，归结起来有三类：一是气象因素，如风向、风速、温度、湿度等；二是下垫面因素，如地形、地质、土壤、植被等；三是人类活动，如水利措施和农林措施等。水循环中最活跃的因素是大气降水、蒸发、入渗和河川径流等，它们的动态水量比静态水量大得多。相对不活跃的要害为：海洋水、冰盖和深层地下水，其更新时间要几千年，因其难以恢复，故对于这部分资源在开发利用时必须高度谨慎。

我国以青岛港验潮站的长期观测资料推算出的黄海平均海面作为中国的水准基面，即零高程面。地下水是指埋藏在地面以下，存在于岩石和土壤的孔隙中可以流动的水体。地面以下的水并不都是地下水。地面以下的土层可分为包气带和饱水带；包气带的土层中含有空气，没有被水充满，包气带中的水分称为土壤水。饱水带中土壤孔隙被水充满，含水量达到饱和，饱水带中的水即为地下水。常见的井水、泉水都是地下水。地下水分布广泛，水量也较稳定，是工农业和生活用水的重要水源之一。地下水的过量开采（开采速度大于其补给速度）会造成地下水位的大幅下降，引起地面沉降。地下水位过高对农作物生长不利，会造成渍害，若地下水含盐量较高，则会产生土地的次生盐碱化。

### 1.1.2 水资源

#### 一、水资源的含义

由于研究的领域不同，各国学者们对水资源（water resources）一词的理解均有差

异, 在我国的《中国大百科全书》中, 分别对水资源的定义为“地球表层可供人类利用的水, 包括水量、水域和水能资源, 一般指每年可更新的水量资源”(大气、海洋、水文科学卷, 叶永毅, 1987)。“自然界各种形态的天然水, 并将可供人利用的水资源作为供评价的水资源”(水利卷, 陈志恺, 1992)。广义上的水资源是指能够直接或间接使用的各种水和水中物质, 在社会生活和生产中具有使用价值和经济价值的水都可称为水资源。但水和水资源在自然物质概念上是不同的, 水资源不等于水。在目前的技术经济条件下, 可供利用的水资源并不包括大部分海洋水、极地冰盖和深层地下水, 它们只能作为待用水资源, 当技术经济发展到一定阶段可以开发利用时, 才能成为水资源。狭义上的水资源是指人类在一定的经济技术条件下能够直接利用的水。本书中提到的水资源, 也就是在水利工程中要利用的资源均指狭义水资源范畴。

总之, 水资源应包括三方面内容: 参与自然界的水分循环, 可逐年恢复和更新的动态资源, 可以利用并且能够利用的具有价值的水。

## 二、水资源的特点

水资源不同于土地资源和矿产资源, 从上述水资源的含义中, 可看到水资源问题的广泛性、重要性和复杂性。只有充分认识它的特性, 才能合理、有效地利用。

### 1. 水资源的再生性和重复利用性

地球上存在着复杂的、大体以年为周期的水循环。水循环是一个庞大的天然水资源系统, 水汽以雨水的形式从空中降落到陆地上, 经地面或地下流向下流, 汇入海洋, 再经太阳辐射蒸发回到大气层中, 这样循环往复, 使地表和地下的淡水处在水循环系统中, 源源不断地获得大气降水的补给, 水便可以不断供给人类利用和满足生态环境平衡的需要。水资源参与自然界水循环, 并且循环周期短, 因此是一种再生资源。所以对水资源开发利用的越早, 其价值越大。

但对一定区域某段时间而言, 年降水量虽有变化但总是有限值。水资源的超量开发, 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或不可恢复, 从而破坏自然生态平衡。总之, 水资源在一定合理开发利用状况下才是取之不尽、用之不竭的。

### 2. 水资源时空分布的不均匀性

水资源循环过程在自然界中具有一定的时间和空间分布。全球年径流量为  $46\ 848\ \text{km}^3$ , 其中: 亚洲为  $14\ 410\ \text{km}^3$ , 占全球年径流量的 31%; 南美洲为  $11\ 760\ \text{km}^3$ , 占全球年径流量的 25%; 北美洲为  $8\ 200\ \text{km}^3$ , 占全球年径流量的 17%; 非洲为  $4\ 570\ \text{km}^3$ , 占全球年径流量的 10%; 欧洲为  $3\ 210\ \text{km}^3$ , 占全球年径流量的 7%; 大洋洲为  $2\ 388\ \text{km}^3$ , 占全球年径流量的 5%; 南极洲为  $2\ 310\ \text{km}^3$ , 占全球年径流量的 5%。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。世界各大洲降水和径流分布见表 1-2。

表 1-2 世界各大洲降水和径流分布

洲 名	面积/ $10^4$ km <sup>2</sup>	年 降 雨		年 径 流		径流 系数
		深/mm	总量/ $10^3$ km <sup>3</sup>	深/mm	总量/ $10^3$ km <sup>3</sup>	
亚洲	4 347.5	741	32.2	332	14.41	0.45
非洲	3 012	740	22.3	151	4.57	0.20
北美洲	2 420	756	18.3	339	8.2	0.45
南美洲	1 780	1 596	28.4	661	11.76	0.41
南极洲	1 398	165	2.31	165	2.31	1.00
欧洲	1 050	790	8.29	306	3.21	0.39
大洋洲岛屿	133.5	2 704	3.61	1 566	2.09	0.58
澳大利亚	761.5	456	3.47	39	0.3	0.09
全部陆地	14 902.5	789	118.88	314	46.85	0.39

同一地区中不同时间水资源的分布也不均匀，年际、年内变化幅度很大。区域年降水量因水汽条件等多种因素影响，呈随机性变化，丰、枯水年水资源量相差悬殊，或交替、或连续出现。年内水资源变化也很不均匀，汛期雨量集中，不便利用，枯水期水量锐减，又满足不了需水要求。

为了满足各地区、各部门的用水要求，必须修建蓄水、引水、提水、水井和跨流域调水工程，对天然水资源进行时空再分配。但兴修各种水利工程要受自然、技术、经济、社会条件的限制，且只能控制利用水资源的一部分或大部分。

### 3. 水资源的不可替代性及开发利用多用性

地球在漫长的地质年代里，经历过多次骇人听闻的大灾难。台风、龙卷风、海啸、地震、火山等可以在几小时、甚至在几分钟内就把整个城市摧毁，使千百万人丧生。在这些灾害发生的整个自然过程中均有水的参与。一切生物体内都含有水。没有氧气可以有生命存在，但是没有水便没有生命。据生物学家推算，栖身在地球上的全部动植物和 50 亿人口含有水分为 14 000 亿吨。如果缺乏水，植物就要枯萎，动物就要死亡，物种就会绝迹，人类就不能生存。因此，水是维护动植物生命和人类生存所不可替代的物质。

水资源在国民经济建设的各行各业中占有重要地位，没有水各项建设事业就不可能有发展前景。水既是生活资料，又是生产资料，工业供水、农业灌溉和人们日常生活都要消耗大量的水。这部分水在使用过程中大部分被消耗掉，少部分回归，但往往已变成了污水。还有一些用水部门，不消耗水量，仅利用水体、水能。水资源可重复利用，如水力发电、水产、航运、旅游、环境用水（稀释）等，它用而不耗的特点提供了一水多用的可能性。水也是推动人类进步和社会发展的不可替代的资源。陆地上川流不息的溪涧江河，碧波荡漾的湖泊，飞流而下的瀑布，它们赋予了大自然丰富多彩的壮丽奇观。因此，水又是自然环境和生态环境美丽景色不可替代的物质。

### 4. 水资源经济上的两重性

水是重要的自然资源，一个地区水资源数量适宜且时空分布均匀，将为区域经济发展、自然环境的良性循环和人类社会进步发挥重大作用。然而，在水量过多或过少的地区，往往又产生各种各样的自然灾害：水量过多容易造成洪水泛滥，内涝渍水；水量过少

容易形成旱灾。因此，应将兴水利和除水害结合起来，合理、有效地利用水资源。

## 1.2 河流水系及湖泊

### 1.2.1 河流与流域

#### 一、河流与水系

##### (一) 河流

径流的概念：径流是指降落到流域表面上的降水，由地面与地下注入河川，最后流经出口断面的水量。流域的径流产生是和降雨一一对应的，一次较显著的降雨，河流中的水位就有起伏变化，也就是有一个相应的流量过程。

落在地面的降雨，一部分成为在重力作用下沿着地面流动的地表径流，一部分渗入地下成为沿着土壤空隙流动的地下径流。地表径流和地下径流均汇集于地面低洼的河谷内而继续流动，成为河流。

##### (二) 水系

水系的概念：降落在地面上的雨水在水流集中流动的过程中，逐渐由小溪、小河汇集成大河，这样便构成了脉络相通的河流系统，称为水系或河系。汇流的最末一级，直接流入海洋或湖泊的河流，通常称为干流。汇入干流的河流成为一级支流；汇入一级支流的为二级支流，以此类推。干流及其支流系统即为水系。换句话说，水系就是由干流和许多支流以及流域内的湖泊、沼泽或地下暗河形成彼此相连的集合体，即这些河中的水最终流过同一个出口断面。水系通常用干流的名称来命名，例如长江水系、黄河水系等。当研究某一支流或某一区域时，也有用支流的名称或区域的名称来命名的，如汉水水系、淮北市系等。

##### (三) 水系特征

由于各地区的自然地理条件不同，河流的发育阶段也不相同，根据干支流的分布及组合情况，可归纳为以下几种水系形状(图 1-2)：树枝状、扇状、平行状、羽状、格状、人工几何状、辅合(散)状和编织状等。分析研究水系的组成及其特征，对于了解河流的自然情势是十分必要的。

在这几种水系形状中，羽状水系的汇流时间较短，如果流域普遍降雨，各支流的洪水

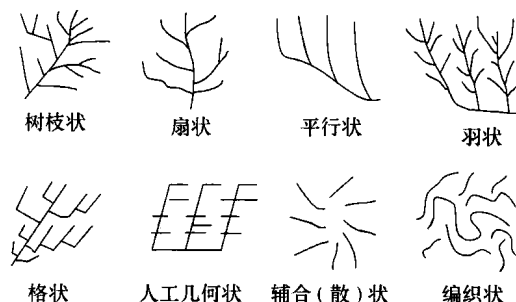


图 1-2 水系形状图

几乎同时汇入干流，易形成陡涨陡落的洪水过程；而扇状水系的汇流时间较长，各支流洪水先后汇入干流，干流洪水过程平缓。

水系的特征值有：河长、落差、比降；河网密度；河网(河道)发展系数；水系不均匀系数；河流弯曲系数；分岔系数等。

### 1. 河长

河长指从河源到河口沿河槽中各断面上最大水深点的连线(航线)所量的长度。它是确定河流落差、比降，估算水能和航程，决定汇流时间等的重要参数。一般可用曲线仪或小分规从大比例尺地图上量取。落差：河段两端的河底高程之差称为落差，河源到河口两处的河底高程之差称为总落差。比降：指沿水流方向，单位水平距离河床的高程差。

### 2. 河网密度

河网密度指一个流域范围内各河道总长度与流域面积之比，即单位面积的河流长度。

### 3. 河网(河道)发展系数

某级支流的总河长与干流河长之比，称为该河某级河网发展系数。发展系数越大，表明支流长度超过干流长度越多，河网对径流的调节作用也就愈大。

## 二、流域及其特征

### (一) 流域

#### 1. 流域的概念

河流的集水区域称之为流域。地面高低不平，当地形向两侧倾斜时，降落到地面的雨水分别向两侧流动，雨水分别汇集到不同的两条河流中。这一地形的脊线起着分水的作用，称为分水线，或称分水岭。分水线是流域的边界线，可根据地形图勾绘，它一般通过山岭脊背的高处。流域是由分水线所包围的河流集水区，分地面集水区和地下集水区两类。如果地面集水区和地下集水区相重合，称为闭合流域图，如图 1-3a 所示；如果不重合，则称为非闭合流域，见图 1-3b。

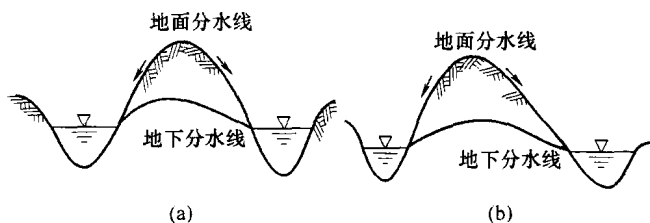


图 1-3 闭合流域与非闭合流域示意图

(a) 闭合流域；(b) 非闭合流域

#### 2. 流域的几何特征

常用流域面积、流域长度、流域平均宽度、流域形状系数和流域平均高度来表示。

#### 3. 流域面积

流域周围分水线与河口(或坝、闸址)断面之间所包围的面积称为流域面积，习惯上往往指地表水的集水面积，其单位以  $\text{km}^2$  计。流域面积的大小应根据出流断面来确定，在水文地理研究中，流域面积是一个极为重要的数据。通常在大比例尺地形图上画出分水线后，用求积仪量取。流域面积是河流的基本特征。一般地说，在自然条件基本相同的条件下，流域面积愈大，径流量也愈大，对径流过程所起的调节作用也愈大。

#### 4. 流域长度

流域长度指从河口起通过横断流域的若干以河口为圆心的弧线中点而达流域最远点的连线长度，也称流域的轴长。常用干流长度来代替。

#### 5. 流域平均宽度

流域面积与流域长度的比值。它反映流域形状的特征。一般情况下比值大，流域狭长，它的洪水过程较为平缓。

#### (二) 流域的自然地理条件

包括地理位置、气候条件、土壤性质、地形、地质构造、塘库、湖泊以及植被等。这些自然地理环境都将直接或间接地影响河川径流的形成及其过程。例如，地理位置和山川形势，直接影响内陆水分循环和水汽的运移；气候条件直接和间接影响径流大小；土壤性质与地质构造同河流的地下水补给量、下渗损失量、流域冲刷程度等有密切的关系；地形及植被与暴雨洪水直接相关；湖泊、塘库对河川径流起着均化的调节作用等。

### 三、湖泊

#### (一) 湖泊概述

湖泊是指陆地上的贮水洼地，由湖盆、湖水及其中所含物质组成的宽阔水域的综合自然体。天然湖泊是水资源的重要组成部分，它能自然调节河川流量、供水、灌溉、航运及养殖等用水。我国天然湖泊众多。据初步统计，面积在  $1 \text{ km}^2$  以上的湖泊约 2 300 个，湖泊总面积共约 7.2 万平方公里，约占国土总面积的 0.8%。湖泊储水总量 7 088 亿立方米，其中淡水储量 2 260 亿立方米，占湖泊储水总量的 31.9%。在丘陵、平原地区一般为淡水湖，在高原、沙漠地区则多属咸水湖及盐湖。青藏高原上的湖泊水面面积占全国湖泊总面积的一半以上，且多为咸水湖泊，东部地区则多为淡水湖泊。

按湖泊的地理分布，可分为 5 个主要湖区：青藏高原湖区、东部平原湖区、蒙新高原湖区、东北平原及山地湖区、云贵高原湖区。其中西藏自治区最多，有湖泊 700 多个，约占全国湖泊总数的  $1/3$ ，淡水储量占全国的  $1/4$  以上；长江中下游平原区湖泊集中，约为 680 个，且均为淡水湖，总储水量 686 亿立方米，约占全国湖泊淡水储量的  $1/3$ ；华北平原、黄土高原湖泊很少，淡水储量不及全国的 2%。

由于气候周期性影响、泥沙淤积、不合理的围垦及河流上中游用水量的增加等原因，许多湖泊面积萎缩，例如，洞庭湖水面比 1949 年缩小约 1 700 万平方公里，江汉平原面积大于 50 平方公里的湖泊数量，20 世纪 80 年代比 50 年代减少 49.4%，总面积减少 43.7%。干旱、半干旱区湖泊水面日益缩小的趋势更为严重。我国最大的高原湖泊青海湖自成湖至今，水位已下降了 100 多米，有的湖泊甚至已经消失，如罗布泊、台马特湖等。

#### (二) 湖泊的特征

##### 1. 湖泊的分类

外流湖：广义指以湖泊为河流源头的湖泊。狭义指从湖泊流出的河流最后汇入海洋的湖泊。

内流湖：广义指从湖泊流出的水流不汇入海洋的湖泊。狭义指非河流发源地的湖泊，湖水仅耗损于蒸发和土壤渗漏。

淡水湖：湖水矿化度小于  $1\ 000 \text{ mg/L}$  的湖泊。

咸水湖：湖水矿化度在  $1\ 000 \sim 10\ 000 \text{ mg/L}$  的湖泊。

盐湖：湖水矿化度大于 10 000 mg/L 的湖泊。

季节性湖泊：在丰水期湖盆积一定湖水，而在平水期或枯水期湖盆裸露的湖泊。

富营养湖泊：湖泊中氮、磷等营养物质丰富，其生产力旺盛的湖泊。

贫营养湖泊：湖泊中氮、磷等营养物质贫乏，藻类、浮游生物和叶绿素很少，耗氧量小，透明度大的湖泊。

## 2. 湖泊的特征参数

湖泊率：流域内湖泊面积与流域面积的比值。

湖泊形态参数：湖泊形态特征的面积、容量、宽度、长度、深度以及岸线发育系数等参数的统称。

湖泊面积：湖泊在一定水位时的水面面积。

湖泊容量：湖泊在一定水位形成湖面以下湖盆的总储量。

湖泊长度：湖面的湖岸线上相距最远两点之间的直线距离。

湖泊宽度：湖泊面积与湖泊长度的比值。

湖泊最大深度：湖面至湖盆最低处的垂直距离。

湖泊平均深度：湖泊容量与湖泊面积的比值。

湖泊岸线长度：湖面周边线的长度。

湖泊岸线发育系数：湖泊岸线长度与湖泊面积相等的圆周长的比值。

我国主要湖泊特征值见表 1-3。

表 1-3 中国主要湖泊特征值表

按面积大小次序	湖名	所在省区	面积 /km <sup>2</sup>	湖面高程 /m	最大水深 /m	容积 /亿立方米	矿化度 /mg·L <sup>-1</sup>	类型
1	青海湖	青海	4 583	3 195.0	32.8	1 050.0	12 490	咸
2	潘阳湖	江西	3 583	210.0	16.0	248.9	39	淡
3	罗布泊	新疆	3 006	768.0	—	—	5 310	咸
4	洞庭湖	湖南	2 820	34.5	30.8	188.0	151	淡
5	太湖	江苏	2 420	3.0	4.8	48.7	87	淡
6	呼伦池	内蒙古	2 315	545.5	8.0	131.3	1 700	咸
7	洪泽湖	江苏	2 069	12.5	5.5	31.3	188	淡
8	纳木错	西藏	1 940	4 718.0	35.7	768.0	26 750	咸
9	色林错	西藏	1 640	4 530.0	33.0	492.0	—	咸
10	南四湖	山东	1 266	35.5~37.0	6.0	53.6	310	淡
11	艾比湖	新疆	1 070	189.0	—	—	116 000	咸
12	博斯腾湖	新疆	1 019	1 048.0	15.7	99.0	1 578	咸
13	扎日南木错	西藏	1 000	46 130	—	—	—	咸
14	当惹雍错	西藏	840	453.0	—	—	—	咸
15	布伦托海	新疆	827	468.0	—	—	3 150	咸

## 四、河流的纵横断面

河流实质上有两个方面：一是水；二是河槽。在枯水期和平水期行水的河槽，称为基本河槽或枯水河槽，习惯上又简称河床。在洪水期才有水通过的称为洪水河槽。

自然河流在其发展与演变过程中，由于水流的侵蚀作用，不断地纵向下切和横向拓宽，逐步发展形成河流两岸洼谷地形，称为河谷。河槽只是河谷的一部分，即河槽只是河谷底部有河水流过的那一部分。通常河谷由谷底、谷坡、坡麓、谷缘等部分组成。

河谷的形成和发展，除河流的侵蚀作用外，还有搬运作用和沉积作用。河流的搬运能力取决于流速的大小。一般地说，上游比下游的搬运能力大；洪水期比枯水期搬运能力大。在搬运和沉积的过程中，对泥沙还有显著的分选性。上游河床多为较大的卵石，中游则为细砾石和粗砂，下游仅有沙和泥。河流沉积所造成的地形主要有淤积平原、三角洲等。

### 1. 河槽纵断面

河槽最深处的连接线称为溪线或深泓线。沿深泓线逐段量出河长及各点的河底高程，以河底高程为纵坐标，河长为横坐标，可绘出河槽断面图。在河槽纵断面图上可以得出任一河段的长度、落差和比降。

### 2. 河槽横断面

河槽中垂直于主流方向的断面，称河槽横断面，或称过水断面。洪水位以下的断面称为洪水横断面，枯水位以下的断面称为枯水横断面或称主槽。

按照水力特性，河槽横断面通常概括地分为单式断面和复式断面两大类，如图 1-4 所示。山区的河槽常为深而窄的单式断面，如图 1-4a 所示，底部多为基岩或砾石；平原河槽常为宽而浅的复式断面，如图 1-4b 所示，底部多为细砂、淤泥。

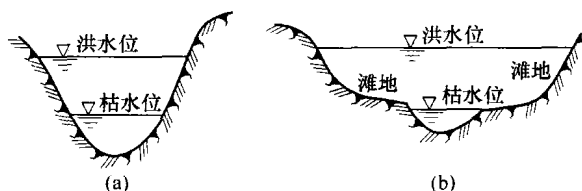


图 1-4 河流横断面图

(a) 单式断面；(b) 复式断面

## 五、河流的分段

河流按其河谷和河川特点、河床比降、冲淤程度、流速及流量大小以及水情变化等特点，从上到下一般分为河源、上游、中游、下游及河口五段。

### 1. 河源

河流发源的地方称为河源，一般指河流开始的局部地区。一般河流多发源于山岭，但也有的河流发源于平原湖泊、沼泽或涌泉地区。

### 2. 上游

直接与河源相接的河流上段称为上游，其特征是：比降陡、水流急、下切作用强烈；一般河谷狭窄、两岸多高山，形成 V 形河谷；多急滩、瀑布，洪水猛涨猛落变化剧烈。例如，黄河在河口镇以上称为上游，长江在宜昌以上称为上游。

### 3. 中游

上游以下至下游以上称中游，其特征是：河床比降较平缓，水流下切作用弱，两侧侵蚀使河面逐渐加宽，冲刷和淤积作用比较显著，河床中出现浅滩或沙洲。

### 4. 下游



河流的最下一段称下游，其特征是：河床比降平缓，流速小，河床大部分处于淤积状态，浅滩、沙滩到处可见，并且河谷宽，流量大，河道蜿蜒曲折、多汉流。

### 5. 河口

河流注入海洋、湖泊，或注入其他河流，其注入口称为河口。由于河口突然扩大，流速降低，加之潮汐的影响，水流中的泥沙大量淤积，形成多汉的河口三角洲。有的河流消失的沙漠中，没有河口，俗称瞎尾河。

## 1.2.2 河流的水文特性

河流的水文特性主要指河流的水位、流速、流量与含沙量等。

### 一、水位

水位及其特征值：水体的自由水面高出某一基面以上的高程称为水位，高程起算的固定零点称为基面。基面有两种：以某处的特征海平面作为零点，称为绝对基面，我国统一使用的就是青岛基面；以某测站的最枯水位以下 0.5 ~ 1.0 m 处作为参考基面的零点，称为测站基面。

水位观测有多种方法，常用的有两大类：水尺和自计水位计。

水位特征值就是指在连续的水位记录中选取的特征水位值，如最高水位、最低水位和平均水位，这些都是针对某一时段而言的。

相应水位：在沿河上下游各测站的水位过程线上，一次水位涨落过程中，相应的特征水位称为相应水位，在较大河流上或普通降雨的中小河流上，沿河上下游水位过程线的变化趋势往往是相似的。一般上游站水位变幅大。根据上下游水位相关关系，可点绘相应水位曲线。

水位过程线与水位历时曲线：水位过程线是指水位随时间变化的曲线，某断面上一年水位等于或大于某一数值的天数称为历时。在一年中按各级水位与相应历时点绘的曲线称为水位历时曲线。

### 二、流速

流速及其脉动现象：河流中水质点在单位时间内移动的距离称为流速，某一时刻河水质点通过某一固定位置点上的速度称为该点瞬时流速。

天然河道中流速的分布：由于河床形态、糙度、冰冻和风等的影响，以及断面水力条件的变化，天然河道中流速在断面上的分布是不规则的。流速沿深度的变化称为流速的垂向分布。一般从河底向水面流速逐渐增大，但最大值  $v_{max}$  不在水面，而在水面以下一定深度处。

流速的测量：一般情况下采用流速仪，洪水期采用浮标法测量。

### 三、流量

单位时间内通过某一过水断面的水量称为流量，以  $m^3/s$  表示。流量和水位相似，也可用流量过程线和历时曲线表示，流量过程线反映了断面上的流量随时间变化的规律，可用于分析汛期洪水涨落的特征和枯水季节流量的情况，还可以用来计算某时段的平均流量，通过对流量过程线分析还可了解各种地表水和地下水对河流水量的补给情况。

江河水位的变化，主要是由于流量的增减所引起的，在一定条件下，水位变化是流量变化的反映，它们之间有着一定的关系，称为水位流量关系曲线。