

中等专业学校教材



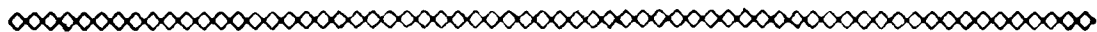
工程水文学

第三版

广西水电学校 丁炳坤 主编



中等专业学校教材



工 程 水 文 学

第 三 版

广西水电学校 丁炳坤 主编

中国水利水电出版社

内 容 提 要

本书为中等专业学校水利水电类全国通用教材。全书共分八章，主要介绍水文学的基本知识和工程水文计算的基本原理和方法。

本书在1986年12月第二版教材的基础上进行了较大的修改，作为中等专业学校水利水电工程建筑、农田水利工程专业的通用教材。同时兼顾了水利工程和水利工程管理专业的需要，并可供其它水利专业师生和工程技术人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

工程水文学/丁炳坤主编. —3版. —北京: 中国水利水电出版社, 2007

中等专业学校教材

ISBN 978-7-80124-339-3

I. 工… II. 丁… III. 工程水文学—专业学校—教材
IV. TV12

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 122748 号

中等专业学校教材

工 程 水 文 学

第三版

广西水电学校 丁炳坤 主编

*

中国水利水电出版社 出版、发行
(原水利电力出版社)

(北京市三里河路6号 100044)

网址: www.waterpub.com.cn

E-mail: sales@waterpub.com.cn

电话: (010) 63202266 (总机)、68331835 (营销中心)

北京科水图书销售中心 (零售)

电话: (010) 88383994、63202643

全国各地新华书店和相关出版物销售网点经售

北京市地矿印刷厂印刷

*

787mm×1092mm 16开本 13印张 289千字

1979年7月第1版 1986年12月第2版

1994年6月第3版 2007年8月第12次印刷

印数 104231—106230册

ISBN 978-7-80124-339-3

(原 ISBN 7-120-01976-7/TV·724)

定价 18.20 元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

第三版前言

本教材根据1982年底水利电力部教育司制订的中等专业学校水利水电工程建筑专业教学大纲，以及《1989—1995年中等专业学校水利水电类专业教材编审出版规划》的任务进行编写的。编写工作是在本课程第二版教材的基础上以及几年来在教学实践中对教材提出的修改意见进行的。在编写过程中，贯彻中专学校教学改革的精神以及理论与实际相结合的原则，力求做到精选内容，深浅适度，阐明必备的理论知识，加强基本技术的训练，使学生通过学习，了解本课程的基本知识和初步掌握水文计算的基本原理和方法。

本课程第二版教材由陕西水利学校吴之城、东北水利水电学校朱伯俊、湖北水利学校陈金鸾等三位同志编写，并由吴之城同志主编，广西水电学校丁炳坤同志主审。

本课程第三版教材由广西水电学校丁炳坤（绪论、第一至第四章）、成都水力发电学校袁世琼（第五至第八章）两位同志编写，并且相互间对各章教材进行了修改。本教材由丁炳坤同志主编，黄河水利学校陈瑞裕同志主审。

对于教材中存在的缺点错误，恳切希望广大读者提出批评指正。

编 者

1991年8月

第一版前言

根据一九七八年一月制订的《中等专业学校〈水利工程建筑〉专业教学计划》及同年三月水利工程建筑专业教材会议讨论和审订的《工程水文学教材编写大纲》的要求，我们编写了这本教材。

本教材由陕西省水利学校吴之城、夏于廉、杨宗仁，黄河水利学校陈瑞裕，成都水力发电学校袁世琼，湖北水利学校陈金鸾，吉林水利电力学校王从悦等同志编写，吴之城同志主编。

本教材由扬州水利学校郑濯清、周倜两同志主审。辽宁、河北、山东、山西、浙江、四川、广西等省（区）水利水电学校及陕西省水利科学研究所河渠室的同志，在编审教材过程中提出了许多宝贵意见。编者谨在此表示谢意。

我们恳切希望广大师生及水利水电技术人员，对本教材存在的缺点错误给予批评指正。

编 者

1979年3月

第二版前言

本教材根据 1982 年 11 月水利电力部教育司颁布的中等专业学校“水利水电工程建筑专业教学计划及教学大纲”（试行）及 1983~1987 年“中等专业学校水利电力类专业教材编审出版规划”的要求，按 86 学时编写本教材。为了适应水库管理工作的需要，经水利电力部教育司批准，在本课教学大纲内容之外，增写了“水库调度”一章。各校使用本教材时，可根据地区条件对教材内容酌情取舍。为使理论联系实际，需另行安排水文测验参观或实习。

本教材由陕西省水利学校吴之城（绪论，第一至五、七、八章），东北水利水电学校朱伯俊（第三、九、十、十一章），湖北水利学校陈金鸾（第六章）等同志编写，并且相互间对各章教材进行了讨论修改。本教材由吴之城同志主编，广西水电学校丁炳坤同志主审。

本教材引用了有关院校的教材和生产科研单位的技术资料，各省（区）水利水电学校、水电部全国雨洪办及许多省（区）雨洪编图组、水电部水文局庄德桢、水电部西北勘测设计院王维弟、陕西省水文总站黄长龄等高级工程师、陕西机械学院沈晋教授等许多单位和同志均对本教材提出了许多宝贵意见，对提高本教材的质量有很大帮助，编者谨在此一并致谢。

我们恳切希望广大师生及水利水电工程技术人员，对本教材存在的缺点和错误给予指正。

编 者

1985 年 7 月

目 录

第三版前言	
第一版前言	
第二版前言	
绪论	1
一、我国水资源及其利用	1
二、工程水文学的内容和任务	3
三、工程水文学的研究方法	3
四、工程水文学与其它课程的关系	5
复习思考与练习	5
第一章 水文循环与径流的形成	6
第一节 水文循环	6
第二节 河流与流域	7
第三节 降水	12
第四节 蒸发	18
第五节 下渗	19
第六节 河川径流的形成与水量平衡	19
复习思考与练习	25
第二章 水位与流量观测	26
第一节 水文测站	26
第二节 水位观测	27
第三节 流量观测	29
第四节 流量资料整编	33
第五节 水文年鉴及水文手册	36
复习思考与练习	39
第三章 水文统计	40
第一节 水文统计的任务	40
第二节 概率的基本概念	41
第三节 随机变量及其概率分布	42
第四节 频率计算	50
第五节 相关分析	58
复习思考与练习	62
第四章 年径流分析与计算	64
第一节 年径流量	64
第二节 设计年径流的计算	65
第三节 设计年径流的年内分配	70
复习思考与练习	74
第五章 由流量资料推求设计洪水	76

第一节 概述	76
第二节 历史洪水调查和估算	81
第三节 设计洪峰与设计洪量的计算	86
第四节 设计洪水过程线的推求	96
复习思考与练习	101
第六章 由暴雨资料推求设计洪水	103
第一节 概述	103
第二节 暴雨资料充足时设计暴雨的计算	104
第三节 暴雨资料短缺时设计暴雨的计算	106
第四节 流域产流计算	110
第五节 流域汇流计算	122
复习思考与练习	139
第七章 小流域设计洪水计算	141
第一节 概述	141
第二节 小流域设计暴雨	142
第三节 推理公式法计算洪峰流量	147
第四节 经验公式法推求洪峰流量	158
第五节 设计洪水总量及设计洪水过程线	160
第六节 可能最大暴雨与可能最大洪水简介	163
复习思考与练习	168
第八章 河流泥沙	170
第一节 概述	170
第二节 泥沙的分类与计量方法	173
第三节 泥沙测验	175
第四节 多年平均年输沙量计算	179
第五节 输沙量的年际变化及年内分配	183
复习思考与练习	185
附表	186
附表1 经验频率 $P = \frac{m}{n+1} \times 100\%$ 值表	186
附表2 皮尔逊Ⅲ型曲线离均系数 Φ_p 值表	187
附表3 皮尔逊Ⅲ型曲线的模比系数 K_p 值表	188
附表4 三点法用表—— S 与 C_s 关系表	194
附表5 三点法用表—— C_s 与有关 Φ_p 值的关系表	195
附表6 $S(t)$ 曲线查用表	196

绪 论

一、我国水资源及其利用

水对于人类来讲，实在太重要了。人类要生存下去，就一刻也少不了水。而自然界的水主要存在于海洋和江河湖泊以及地表以下，但由于它与人类关系的密切，我们就不能不对它有所认识，并要运用科学的方法，兴水之利——灌溉、航运、供水、发电；除水之害——防洪、防涝、防旱。

水是地球上最宝贵的资源之一。水是现代社会生产和生活的物质基础。水不是任何其它物质所能代替的，人类改造自然的一切活动，都离不开水。水又是一种理想的再生资源，它的使用价值，难以用经济的观点来评价和衡量。世界上没有任何代用品，去替代水资源以满足人类生活和生产的需求。

水资源是自然资源的重要组成部分，通常所指的水资源是淡水。全球淡水量仅占地球上总储水量的2.53%，约为3.51亿亿 m^3 。

我国水资源的补给主要是降水，全国多年平均降水总量为61889亿 m^3 ，折合平均降水深为648mm。在我国辽阔的国土上，有着众多的河流，流域面积100 km^2 以上的河流有5万多条，流域面积1000 km^2 以上的有1500多条，大小河流总计多年平均径流量约为27115亿 m^3 ，折合年平均径流深为284mm，其中包括地下水总补给量约为8288亿 m^3 。由于地表水和地下水同源源于降水，两者互为联系又互为转化，而扣除重复部分的水量，约为7279亿 m^3 ，估算全国多年平均水资源总量约为28124亿 m^3 。

我国平均每年可以更新的淡水资源总量居世界第六位，仅次于巴西、加拿大、美国、印尼以及原来的苏联。但由于我国人口众多，人均占有河川径流量为2710 m^3 ，名列世界第88位，则是世界上最低的国家之一。只相当于世界人均占有量的四分之一；亩均占有水量为1770 m^3 ，约为世界亩均占有量的四分之三。所以说，我国的水资源并不富裕。同时，水资源在地区上的分布很不均匀，与人均、耕地的分布不相适应，这是水资源开发中一个突出问题。从全国来说，南方水多、地少，北方地多、水少，造成南方水量有余，北方水量短缺的局面。南方水资源总量占全国的81%，人口占全国的54.7%，耕地只占全国的35.9%；而北方（不含内陆区）水资源总量只占全国的14.4%，耕地却占全国的58.3%，人口占全国的43.2%。可见南方与北方相比，人均水量为4.4倍，亩均水量为9.1倍；西南诸河与海滦河相比，人均水量为89倍，亩均水量为87倍。内陆诸河人均、亩均水量虽然不少，但有人居住的地区水资源有限，水量亦感不足。下列我国水资源、耕地、人口分区统计列于表0-1。

为了从根本上改变北方用水紧张的局面，除了开源节流、合理开发利用，充分发挥有限水资源的作用外，应当积极研究跨流域调水工程措施，将南方多余的水量调至北方缺水地区，对水资源进行地区上的再分配。再有，我国水资源在年内、年际变化大，水旱灾害

表 0-1

我国水资源、耕地、人口的分区统计表

分 区 名 称			土地面积	水资源总量	人 口	耕地面积	人均水量	亩均水量
			占 全 国 (%)				(m ³)	(m ³)
内流区域 (含额尔齐斯河)			35.4	4.6	2.1	5.8	6287	1467
外 流 区 域	北 方	东北诸河	13.1	6.9	9.8	19.8	1960	637
		海滦河流域	3.3	1.5	9.8	10.9	430	251
		淮河和山东半岛	3.5	3.4	15.4	14.9	623	421
		黄河流域	8.3	2.6	8.2	12.7	874	382
		北方四区 (合计)	28.2	14.4	43.2	58.3	938	454
	南 方	长江流域	18.9	34.2	34.8	24.0	2763	2617
		华南诸河	6.1	16.8	11.0	6.8	4307	4530
		东南诸河	2.5	9.2	7.4	3.4	3528	4923
		西南诸河	8.9	20.8	1.5	1.7	38431	21783
		南方四区 (合计)	36.4	81.0	54.7	35.9	4170	4134
	外流河八区		64.6	95.4	97.9	94.2	2742	1857
全 国			100	100	100	100	2816	1835

注 上表资料来源于《中国水利百科全书》第四卷 (水利电力出版社1991年3月一版)。

时有发生。旱灾对中国农业生产的威胁很大,目前全国还有半数以上的耕地没有灌溉设施,每年仍有2~3亿亩耕地经常受到干旱的威胁。洪涝灾害主要发生在华北平原和长江中下游平原最为严重。这些地区是我国工农业生产最发达的地区,防洪任务非常繁重。

现以平均年径流量大小为次序,排列全国主要河流径流特征值,列表0-2。

表 0-2

全国主要河流径流特征值

河 流	河 长 (km)	计算流域面积 (km ²)	平均年降水量 (mm)	平均年径流深 (mm)	平均年径流量 (亿m ³)	年径流系数	年径流模数 (L/s·km ²)
长 江	6300	1808500	1070	526	9513	0.49	16.7
珠 江	2214	580641	1544	807	4685	0.52	25.6
松 花 江	2308	557180	526	137	762	0.26	4.3
黄 河	5464	794712	464	83.2	661	0.18	2.64
淮 河	1000	269283	921	231	611	0.25	7.19
钱 塘 江	428	42156	1587	875	369	0.55	27.7
海 河	1090	263631	559	86.5	228	0.15	2.74
辽 河	1390	228960	473	65	149	0.14	2.06

注 上表资料主要来源《中国水利年鉴》(水利电力出版社1991年4月一版)。

由表0-1和表0-2可知,我国的大江大河平均年径流量的分布是不均匀的。南北水土资源极不平衡,需要兴修水利,进行不同流域之间的水量调节,以实现南水北调的宏伟计划。

建国后的水利水电建设事业取得了伟大的成就。解放前,我国水利设施很差,只有23座大中型水库和一些小型水库,灌溉面积只有2.4亿亩。解放后党和政府十分重视水利水电建设。现已建成大中小型水库8万余座,蓄水库容达4610多亿m³,其中大中型水库2838

座，库容4045亿 m^3 ；建有万亩以上灌区5330多处，灌溉面积现已发展到7.2亿亩。其中机电灌溉面积4.1亿亩，井灌面积1.7亿亩，提高了农田的抗旱能力。

截止1989年底，全国水电装机容量达3458万kW，其中属水利系统管理的大中小型水电站1420万kW，占全国水电装机容量的41%。地方中小水电发电量为437亿kW·h，占全国水力发电量的37%。

全面治理江河，提高防洪能力。解放以来，我国对长江、黄河、淮河、海河、珠江、松花江、辽河等主要江河进行了不同程度的治理，整修新修堤防21.7万km，初步控制了一般洪水灾害。以上水利设施为保障工农业生产发展和城乡人民生活用水起到了重要作用。随着改革和开放，四化建设的发展，我国水利水电建设势必有一个远大的前景，才能满足日益发展的工农业生产的需求。在今后发展水利水电建设事业中，要充分了解农业用水的不平衡，城市用水的增长，供需矛盾日益突出，水源污染日趋严重，水资源的管理和保护等方面工作，都需要全面研究和解决。

二、工程水文学的内容和任务

水文学是研究自然界各种水体的运动、变化和分布规律的科学。按照水体所处的空间位置的不同，研究大气中的水体称之为水文气象学；研究海洋中的水体称之为海洋水文学；研究陆地上的江河、湖泊、沼泽、冰川以及地下水，称之为陆地水文学和地下水文学。陆地水文学又可分为江河、湖泊等水文学。本课程主要研究对象是河流水文学。

水能行舟，也能覆舟。水有它有利的一面，也有它有害的一方。所以，人们利用水来为人类造福，就得要兴利除害。在水利建设事业中，农田灌溉与排水，利用水力发电，城市与工矿用水，铁路与公路的修建，航运、水产及国防建设等都需利用和控制河流。而天然河流的来水常是与上述要求不相适应。为了解决这一矛盾，充分利用水资源，就必须修建一些既经济又安全的水利工程来解决矛盾，以达到兴利除害的目的。例如，在河道上修建一座水库，需要知道该河一年能来多少水，洪水有多大，泥沙有多少。在水库溢洪道上或铁路、公路桥涵及城市排水系统能防御多大的洪水。为了保证干旱季节有充分的灌溉用水或城市工矿用水，水库应修多大等，这些问题的解决都是工程水文学的研究内容。因此，工程水文学是应用水文学的一个分支，它直接为水利水电工程和其它有关工程的规划、设计、施工和运行管理等提供正确、合理的水文数据，以达到充分开发和利用水资源，并发挥工程效益的目的。

综合上述，工程水文学的教学目的，使学生具有水文学的基本知识；了解水文测验的一般方法，并能搜集有关资料进行水文计算；初步掌握水文计算的基本原理和常用方法。总之，能从事中小型水利水电工程规划、设计的水文计算，为确定工程规模和运行管理，提供所需的水文数据。

三、工程水文学的研究方法

自然界的降水与蒸发，江河中的水位与流量以及含沙量等水文要素，均受到当地气候、地表特征以及人类经济活动等因素的影响，其变化是错综复杂的，这些水文要素变化的现象称之为水文现象。根据对水文要素长期的观测和资料分析，则发现水文现象具有不重复性、周期性和地区性的特点。

不重复性是指水文现象在时间上、数量上都不会完全重复出现。如任一河流某一年的流量变化过程，就不可能与任何其它一年的流量变化过程完全一致，它们在时间上、数量上都不会完全重复出现。这主要是影响水文现象的因素在时间上、空间上也存在不重复出现的特点，这就是所谓的水文现象的随机性。因此，要对水文要素进行长期的观测，取得大量的资料，统计分析其变化规律。

周期性是指水文现象以年为单位的周期性变化所具有的特性。如一条河流每年都有丰水期和枯水期的出现，这是由于气候因素有季节性变化的结果。同样，因为气候因素在年与年之间存在着周期性的变化，所以枯水年与丰水年也呈现周期性的循环变化。

地区性是指水文现象在不同地区具有各自不同的特性。即是在气候与地理条件相似的地区，则河流的水文现象在一定程度上也有着相似性。例如，我国南方湿润地区多雨，北方干旱地区少雨，若在其它条件相似的情况下，则河流的年径流量南方就比北方的多。一年内各月径流的分配，南方也较北方均匀些。因此，在同一地区，选择有代表性的河流设站观测，并对观测资料进行综合分析，所求得的水文现象的变化规律可应用到相似地区。

根据水文现象所具有的以上特性，现阶段工程水文学的研究方法通常可分为如下三类：

（一）成因分析法

所有水文现象的形式，是受着流域多种因素影响的结果。所以说，多种影响因素与水文现象之间存在着因果关系。这样，就可以根据观测所得的水文资料，建立水文要素与其影响因素之间的定量关系，亦即从水文现象的成因出发，去研究水文要素变化的规律，则称为成因分析法。这种方法可求出比较确切的成果，对水文现象进行基本分析和在水文预报中，目前得到广泛的应用。但在工程规划设计中，成因分析法有一定的局限性，不能完全满足工程设计的需要。

（二）数理统计法

由于工程设计需要水文计算预估河流未来的水文情势。而水文现象的变化，具有不重复出现的随机特性，因而可借助数理统计的原理，以频率计算为方法，根据实测的水文资料，分析水文特征值的统计规律，从而为工程规划设计提供所需要的水文数据。以这种方法计算所得的水文数据，并不能阐明水文现象的成因，也不能按时序确定它的数量大小，放在运用上可将以上两种计算途径结合起来，以期获得满意的成果。不过，在工程规划设计中，数理统计法仍是水文计算采用的主要方法。

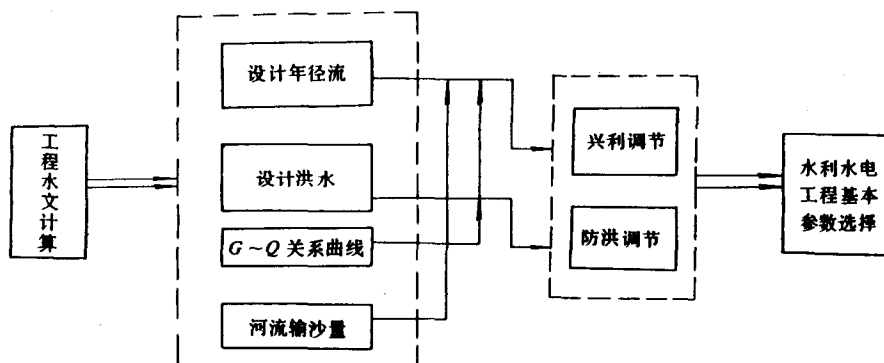
（三）地区综合法

根据气候要素及其它地理要素的地区性规律，说明水文现象也具有地区性的分布规律。所以，对短缺水文资料的地区，可借用邻近相似地区的资料，或利用分区综合分析的成果，进行水文计算。如应用水文要素的等值线图或分区图，地区性的经验公式或图表来估算工程规划设计所需要的水文数据。由于我国土地辽阔，中小河流水文资料短缺，因而使用这种方法是必要和可行的。

以上三种方法在具体应用时，应从实际出发，重视基本资料的调查和分析。在我国水文计算与分析的领域里，经过多年的实践，使用不同途径的方法，应是相辅相成，互为补充，才能较好地解决水文计算中的各种问题，以满足工程规划设计的需要。

四、工程水文学与其它课程的关系

工程水文学是将水文学应用于水利工程上的一门技术科学。在水利水电工程建设或其它有关专业的教学计划所设置的课程中，它属于基础技术课，是为学习专业课打基础的。它与水利水电规划、水工建筑物、水电站等专业课程有着密切的关系。水利水电工程的规划设计，主要是基本参数的选择，它关系到工程规模的大小、大坝厂房的尺寸、工程安全与造价等问题。现以下图表示本课程内容与其它课程的关系。



工程水文与有关课程的关系框图

复习思考与练习

- (1) 工程水文学的内容和任务是什么？
- (2) 什么是水文现象的随机性？
- (3) 水文现象的研究方法与其基本特点的关系。
- (4) 水资源的开发与利用，它与国民经济发展的关系怎样。
- (5) 我国水资源的分布有何特点？为什么提出南水北调的宏伟设想。

第一章 水文循环与径流的形成

第一节 水 文 循 环

地球仪表面大部分面积是蓝色的，这是因为蓝色代表着地球表面71%的水面，因而地球素有水的“行星”之称。整个地球上约有 $13.86 \times 10^6 \text{ km}^3$ 的水，其中海水占96.5%，陆地上水仅占3.5%，其中地表水和地下水约各占一半。据估计，对人类生活和生产关系密切的淡水资源，并且可恢复的淡水资源仅有 $4.7 \times 10^6 \text{ km}^3$ ，占全球总水量的10万分之3.39，且分布极不均匀，未能发挥应有效益。

自然界中的水始终处在运动之中，这是由内因和外因造成的，内因是由于水的物理性质亦即水的三态的相互转化；外因是太阳辐射和地心引力。其中太阳辐射是促使水分运动的最基本的动力。又由于外因是永恒的，于是自然界中的水分运动也就没有终止了。

水分运动的形式，可分为以下三种：一是从海洋水面上蒸发的水汽，又在海洋上空成云致雨，以降水形式降落在海洋上；二是从海洋水面上蒸发的水汽，随大气运行到大陆上空后，在一定条件下，水汽凝结并以降水形式降落到陆面，其中有的雨水渗入地下，有的则沿着江河流入大海，还有一部分雨水由于蒸发而重返大气之中；三是陆地表面上蒸发的水汽，又在其上空成云致雨，降落到大地。以上水的运动三种情况表现了往复循环，不断转移交替的现象，则称为水循环。由于它是通过降水、蒸发、河川水流等水文要素实现的，所以水循环又叫水文循环。海洋与大陆之间的水文交替过程叫大循环，而海洋与海洋空间、陆地与陆地空间局部区域的水分交替过程叫小循环，见图1-1所示。水文循环的形成和途径，受着多种因素的影响，其变化是错综复杂的。但我们人类可加以改造，使之水循环有利于人类社会生产的发展和生态环境的平衡。

据估算，地球上每年参与水文循环的总水量约 $577 \times 10^6 \text{ km}^3$ 。从海洋水蒸发到空中的水

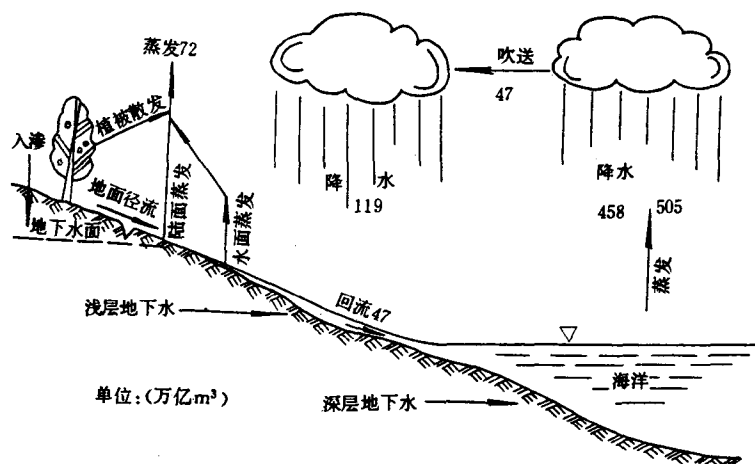


图 1-1 水文循环示意图

汽，每年达505万亿 m^3 ，海洋每年总降水量约458万亿 m^3 ，两者差值为47万亿 m^3 ，则被气流输送到陆地的上空。陆地上每年降水量约119万亿 m^3 ，比陆地上每年蒸发量72万亿 m^3 多47万亿 m^3 ，多余的水量通过江河又回流到海洋，如图1-1所示。

第二节 河流与流域

一、河流

河流是接纳、汇集地面和地下径流的天然泄水道，是水文循环的必经之途。流入海洋的河流称为外流河，流入内陆湖泊或消失于沙漠之中的河流称为内流河。按河流流经地区的特性，可分为山区型和平原型河流。虽说陆地上河流量远不及海洋水之多，然而它却与人们的关系最为密切，从传说中的大禹治水开始，几千年来对河流兴利除害，斗争不息。因此，河流也就成为水文学研究的对象了。

(一) 河长

河流的长度是指干流的自然弯曲长度，以公里计。河长它是在水系地形图上用求线仪或卡尺丈量所得。一般划分为河源、上游、中游、下游、河口等五段。各个河段由于不同的地貌特征，故有它不同的特点，主要表现在河槽、比降、流速等方面。例如，长江发源于唐古拉山主峰各拉丹东雪山西南侧，源头为沱沱河；河源到湖北宜昌为上游段；宜昌到江西湖口为中游段；湖口至入海处为下游段；河口处有崇明岛，江水最后流入东海。长江干流的长度为6300km，是我国最长的河流，居世界第三位。

(二) 河系

地表水与地下水可通过地面与地下途径，由高处流向低处，汇入小沟、小溪、最后汇成大小河流。河流分为支流与干流，构成脉络相通的泄水系统，称为河系，又叫水系或河网。直接流入大海的河流称干流，汇入干流的称一级支流，汇入一级支流的支流称二级支流，以此类推。

根据干支流的分布，河系的几何形态可分为：

(1) 扇形水系 河流的干支流分布形如扇骨状。如海河；

(2) 羽形水系 河流的干流由上而下沿途左右汇入多条支流，好比羽毛形状。如红水河；

(3) 平行水系 河流的干流在某一河岸平行接纳几条支流。如淮河；

(4) 混合水系 一般大的江河多为以上二至三种水系组成，混合排列。

水系形状如图1-2所示。不同形状的河系，会产生不同的水情。

(三) 河床和河谷

两山之间狭长弯曲的洼地叫山谷，排泄水流的谷地叫河谷。由于地质构造和水流侵蚀的作用，河谷的横断面一般可分为峡谷，广宽河谷和台地河谷三种类型。谷底的过水部分称为河床或河槽。

河槽横断面是指与水流方向相垂直的断面，也称过水断面。当河水涨落变化时，则过水断面的形状和过水面积的大小也随着变化，如图1-3所示。

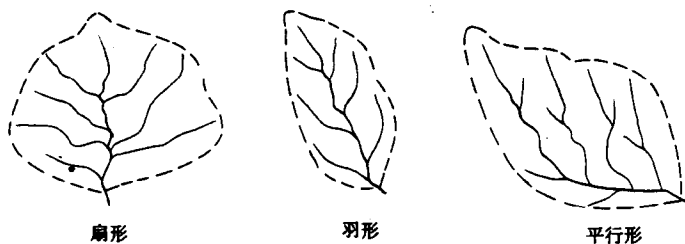


图 1-2 水系形状示意图

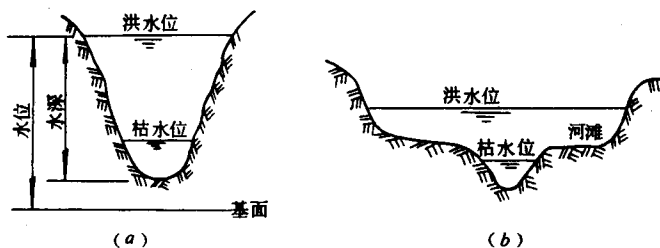


图 1-3 河槽横断面图

(a) 单式横断面; (b) 复式横断面

河槽的平面形态较为复杂。山区河流，急弯、卡口、跌水很多，河岸常有岩石突出，岸线极不规则，水面宽度变化较大。平原河流，在各种不同外界条件作用下，形成有微细的、蜿蜒的多种形态，而常见的是蜿蜒性的河槽。在河道弯曲的地方，由于水流的冲刷和淤积作用，使河槽的凸岸形成浅滩，凹岸形成深槽，两者之间有着过渡段，它的横断面上的黠线，即是一般航线。

河槽内水流除因重力作用产生向下移动的速度外，还呈螺旋形流动，这种现象叫水内环流。在河弯处，水流由顺直段渡过弯道时，受到弯道的阻挡而产生离心力，使凹岸水面高于凸岸。凹岸水流又从河底流向凸岸，由于这种水内环流的影响，而形成凸岸浅滩，凹岸深槽，如图1-4所示。

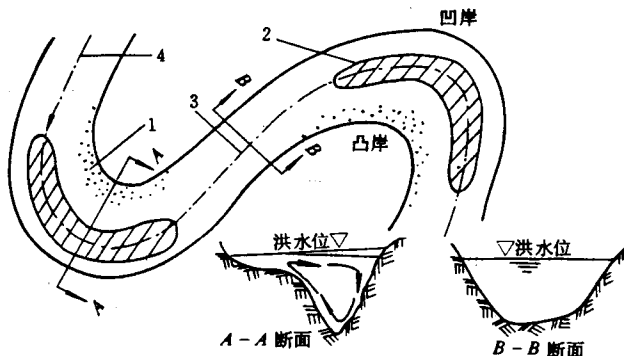


图 1-4 弯曲河道平面图及断面环流图

1—凸岸浅滩; 2—凹岸深槽; 3—过渡顺直段; 4—黠线

(四) 河流的比降

河道水面比降,是指河流任一时段两断面的水面高差,称为水面落差,而单位河长的水面落差就叫水面比降。

河道河底比降,是指河源与河口处的河底高差,称为总落差,单位河长的河底落差,叫河道河底比降,又叫河道纵比降。它的推求方法是将河道干流底部地形变化的转折点进行分段,如图1-5,并按下式计算河道平均纵比降。

$$J = \frac{(Z_0 + Z_1)L_1 + (Z_1 + Z_2)L_2 + \dots + (Z_{n-1} + Z_n)L_n - 2Z_0L}{L^2} \quad (1-1)$$

式中

J ——河道干流平均纵比降;

L ——自出口断面起河道干流总长度, m;

$Z_0, Z_1, Z_2 \dots Z_n$ ——自出口断面起,向上沿干流底部各转折点的高程, m;

$L_1, L_2 \dots L_n$ ——各转折点间的距离, m。

河道平均纵比降,如图1-5中虚线所示。因此,若用图解法近似求河道平均纵比降时,可使图中多边形 $AGCB$ 与 $GDEH$ 的面积相等,即 $F_1 = F_2$ 。 A 、 H 两点的高差除以 L 即得河道平均纵比降。

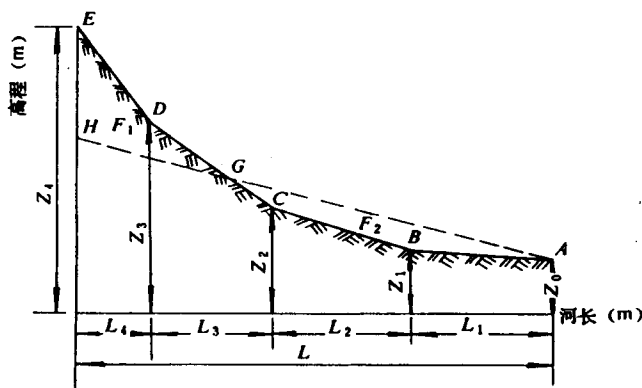


图 1-5 河道纵比降图

二、流域

流域是指河流某断面汇集水流的区域。当不指明断面时,流域系对河口断面而言。流域内的各种特征直接影响到河流的径流变化。

(一) 流域的几何特征

1. 集水面积

任一河流两岸高处的两侧,各向不同方向倾斜,这就使降水分别汇集到位于两侧不同河系中去,所以,山脊或高地岭脊的连线,起着分水的作用,而称为分水线,又叫分水岭,它与地形等高线呈垂直关系。如图1-6。例如,我国秦岭以南的水流归入

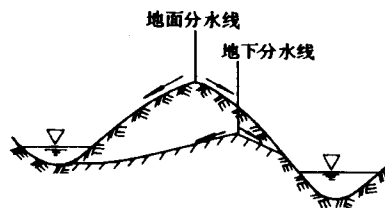


图 1-6 地面与地下分水线