

高等学校教材

专科适用

工程水文及水利计算

江苏水利工程专科学校 蒋金珠 主编



高 等 学 校 教 材

//////////////////// 专 科 适 用 //////////////////////

工程水文及水利计算

江苏水利工程专科学校 蒋金珠 主编

中国水利水电出版社

内 容 提 要

本书为水利水电类专科学校水利工程建筑专业、农田水利专业的通用教材。全书共 12 章, 主要介绍水文学基本知识、水文计算及水利计算的基本原理和方法。

本书也可供其他有关专业的师生和工程技术人员参考。

高等学校教材

专科适用

工程水文及水利计算

江苏水利工程专科学校 蒋金珠 主编

中国水利水电出版社 出版
(原水利电力出版社)

(北京市三里河路 6 号 100044)

全国各地新华书店和相关出版物销售网点经售

北京市兴怀印刷厂印刷

*

787mm×1092mm 16 开本 18 印张 407 千字

1992 年 6 月第 1 版 2003 年 8 月第 7 次印刷

印数 18911—23010 册

ISBN 7-80124-625-X/TV·341

(原 ISBN 7-120-01524-9/TV·549)

定价 22.10 元

前 言

本教材是根据“1990~1995年高等学校水利水电类专业专科教材选题和编审出版规划”以及《工程水文及水利计算》教材编写大纲编写的。

本教材按75学时编写，共分12章。以讲述水循环及水资源一般概念、水文统计基本知识及方法、设计年径流与设计洪水的推求、水库兴利与防洪计算、小型水电站水能计算为主要内容，并简要介绍水文观测与资料收集、排涝水文计算、用水的调查估算与预测、水库调度等内容。本教材涉及面较广，各校可根据地区水文特点及教学时数酌情取舍。

本教材绪论及第一~八章由江苏水利工程专科学校蒋金珠编写，第九~十二章由河北水利专科学校顾鼎仁编写。蒋金珠主编。山东水利专科学校梁学田主审。

在本教材的编写过程中得到河海大学朱元铎教授的许多热忱帮助和指教，编者在此致以诚挚的感谢。同时，本教材还参考并引用了有关院校编写的教材和生产科研单位的技术文献资料，编者对所有作者也一并致谢。

最后，我们恳切地希望各校师生及其他读者对本教材存在的缺点和错误随时提出批评指正。

编者

1991年7月

目 录

前言

绪论	1
第一章 水循环及水资源的基本概念	4
第一节 水循环与水量平衡	4
第二节 河流与流域	5
第三节 降水	8
第四节 蒸发与下渗	12
第五节 径流	15
第六节 水资源的一般概念	19
第二章 水文观测与资料收集	25
第一节 水文测站	25
第二节 降水与蒸发的观测	26
第三节 水位与流量的测算	28
第四节 泥沙的测算	33
第五节 水文调查	36
第六节 水文资料的收集	38
第三章 水文统计的基本知识	40
第一节 概述	40
第二节 概率的基本概念与定理	41
第三节 随机变量及其概率分布	44
第四节 频率计算	50
第五节 相关分析	57
第四章 年径流与枯水径流分析计算	65
第一节 概述	65
第二节 具有长期实测径流资料时设计年径流的分析计算	67
第三节 具有短期实测径流资料时设计年径流的分析计算	74
第四节 缺乏实测径流资料时设计年径流的分析计算	77
第五节 枯水径流分析计算	80
第五章 由流量资料推求设计洪水	86
第一节 概述	86
第二节 设计洪峰流量及设计洪量的推求	91
第三节 设计洪水过程线的推求	102
第四节 入库设计洪水和分期设计洪水简介	105
第六章 由暴雨资料推求设计洪水	108
第一节 概述	108

第二节	设计暴雨的推求	109
第三节	设计净雨的推求	117
第四节	设计洪水过程线的推求	129
第五节	可能最大暴雨和可能最大洪水简介	141
第七章	小流域设计洪水	145
第一节	概述	145
第二节	小流域设计暴雨计算	146
第三节	推理公式法推求设计洪峰流量	150
第四节	地区经验公式法推求设计洪峰流量	156
第五节	概化设计洪水过程线的推求	157
第八章	排涝水文计算	161
第一节	概述	161
第二节	平原地区排涝水文计算	162
第三节	圩区排涝水文计算	170
第九章	用水的调查估算与预测	174
第一节	概述	174
第二节	城市用水	175
第三节	农村用水	183
第四节	地区综合用水	189
第十章	水库兴利调节计算	191
第一节	概述	191
第二节	水库特性曲线及特征水位	193
第三节	设计保证率的概念及其选择	196
第四节	水库的水量损失	197
第五节	水库死水位的确定	199
第六节	年调节水库兴利调节计算	200
第七节	多年调节水库兴利调节计算	207
第八节	年调节灌溉水库兴利调度的基本概念	215
第十一章	小型水电站水能计算	218
第一节	水能利用的基本知识	218
第二节	电力系统的负荷及其容量组成	224
第三节	水电站保证出力与多年平均发电量计算	226
第四节	小型水电站装机容量的确定	235
第十二章	水库防洪调节计算	238
第一节	水库的调洪作用和调洪计算的任务	238
第二节	水库调洪计算的原理与方法	241
第三节	水库防洪水利计算	251
第四节	启用非常泄洪设施时的水库调洪计算	255
第五节	水库的防洪调度	257
附表		262

附表一	皮尔逊Ⅲ型曲线的离均系数 ϕ_p 值表	262
附表二	皮尔逊Ⅲ型曲线的模比系数 K_p 值表	264
附表三	三点法用表—— S 与 C_s 关系表	269
附表四	三点法用表—— C_s 与有关 ϕ 值的关系表	270
附表五	瞬时单位线 S 曲线查用表	271
附表六	1000 hPa地面到指定压力间饱和湿绝热大气中的可降水与1000 hPa露点关系表	277
附表七	1000 hPa地面到指定高度(高出地面m数)间饱和湿绝热大气中的 可降水与1000 hPa露点关系表	279
参考文献		281

绪 论

一、水文学与本学科的关系

水是人类赖以生存和从事各种生产活动所必不可少的自然资源，以一定形式存在于自然界的水体之中。如：大气中的水汽，地面上的河流、湖泊、沼泽、海洋、冰雪和地面下的地下水等。

水文，就是泛指自然界中水的分布、运动和变化规律，以及水与环境的相互作用等规律。研究水文规律的水文学是属于地球物理科学范畴的一门学科。它通过模拟和预报自然界中水量和水质的变化及发展动态，为有关开发水资源，控制洪水和保护水环境等方面的水利建设提供科学依据。

水文学按其研究的水体不同，可划分为水文学气象学、河流水文学、湖泊水文学、沼泽水文学、冰川水文学、河口水文学、海洋水文学和地下水文学等。它们分别研究不同水体的水文现象及其变化规律。

水文学按其研究的任务不同，又可划分为水文测验、水文预报、水文计算、水利计算等若干分支学科。下面对它们做进一步的说明。

水文测验——通过适当的水文测验手段、资料整编方法、实验研究方法等，准确和及时地量测各种水量和水质特征。

水文预报——在研究水文规律的基础上，预报未来（几小时或几天）实时的水文情势，为防汛抗旱服务。

水文计算——研究天然水体的变化规律，预估长时期内（几十年到百年以上）可能出现的水文情势，为水资源开发利用措施的规划、设计、施工和运用提供水文数据。

水利计算——在水文计算的基础上，综合研究水文情势、用水需要、调节方法、经济效益等，对水利工程的规模及其工作情况，作出经济合理的决策。

工程水文及水利计算是结合工程建设的需要，逐渐形成和发展的一门应用技术，即应用水文知识于工程建设的一门学科。它不受研究对象的限制，但主要是研究陆地上的水体，尤其是河流；也包括海洋和大气。它研究所有与工程（如水利水电工程）的规划、设计、施工和运行有关的水文问题。工程水文及水利计算的应用范围很广，除为水利、水电建设服务外，还为农业灌溉、城乡建设、航运、铁路、公路交通等部门的工程建设服务。

二、水资源开发利用与本学科的关系

（一）水资源的开发利用

1. 水资源的特点

水资源不同于静态的矿产资源，而是一种动态资源。天然水资源具有下列几个主要特点：

（1）可恢复性和有限性 在人类活动中，水资源不断被开采和消耗，但由于地球上

存在着水循环作用,大气降水会不断地对水资源进行补给和净化,因此水资源具有可恢复性特点。水资源的不断循环使得可能提供的资源量似乎是无限的,但在一定的时间、空间范围内,水资源的蕴蓄量却是有限的。循环过程的无限性和补给水量的有限性,决定了水资源在一定数量限度内才是取之不尽、用之不竭的。

(2) 时空分布不均匀性 水资源的地区分布极不均匀,在北半球范围内,随着纬度的增高,降水量明显减小;南半球降水量也有随着纬度的增高而减小的趋势,但在 $40^{\circ}\sim 60^{\circ}\text{S}$ 范围内的降水量明显增大。此外,沿海、内陆也有显著差别,沿海地区降雨量显著高于内陆地区。水资源在时间分配上也是极不均匀的,主要表现在降水、径流的年内、年际变化方面。降水与径流在年内都明显地随季节而变化,年际之间也有多水年和少水年的显著不同。

2. 水资源开发利用的基本要求

水资源的有限性以及时空分布的不均匀性,往往与人们的需要之间存在着矛盾。尤其是近几十年来,我国和世界人口的剧增,生产和消费水平的高速度发展,使需水量急剧增加,从而造成我国和世界上许多国家都存在着水资源危机,称为水荒。而另一方面,水资源又遭受着严重的污染和浪费,这就更加剧了可用水资源的短缺。因此,分析研究各地水文规律,科学地、合理地开发利用水资源就显得愈加重要。

水资源开发利用的含义是很广泛的,人们开发利用水资源的基本要求可大致归纳为以下三方面:供给一定量与质的水;控制洪水,防治水害;保护水环境。

3. 水资源开发利用的形式

水资源开发利用的形式是多样的,但大体可分为两类:一类为消耗性的,即从水源取得水量,供给工农业生产和人民生活之需,如农业灌溉、工业和城市供水等等;另一类为非消耗性的,如水力发电、水运、水产养殖、环境保护、维持生态平衡等等。

4. 水资源开发利用的措施

为防治水旱灾害,合理开发利用和保护水资源,一般需要修建蓄水、引水、提水、调水……大批的兴利和防洪、排涝等水利工程,对天然水资源进行时空再分配,以解决水资源供需之间的矛盾。除以上工程措施外,同时还需要采取一些非工程措施。例如:制定各种有关水资源开发利用、保护管理及防洪等法规;植树造林,调整作物布局与耕作制度;实行洪泛区管理;推行防洪保险;加强洪水预报警报工作等。

(二) 本学科的作用

水资源的合理开发利用和水害的防治是国民经济建设中非常重要而艰巨的任务,它与国民经济各部门息息相关,直接影响着工农业生产的发展,人民生活水平的提高,关系到四化建设的进程。

水资源开发利用的各种措施(包括工程与非工程措施),都必须是在充分掌握水体的水文变化规律的基础上制定和实施的。对于水利水电工程建设来说,每一项工程在实施过程中,都可以划分为规划设计、施工、管理运用三个阶段。每一个阶段都需要进行水文水利计算。而每个阶段水文水利计算的任务又是各不相同的。

1) 在规划设计阶段,主要是要通过对比不同方案的投资和效益,选定最优方案。而

水文计算和水利计算是计算工程投资和效益的基础。例如,设计水库时,若来水和调节库容估算偏大,据以设计的水库容量就会过大,不能充分发挥工程效益,造成资金的浪费;反之,来水估算和水利计算失误,使工程容量设计偏小,水资源就不能得到充分利用。特别是对河流洪水量的估算,更关系到工程本身的安全和下游人民生命财产的安全。在多条河流上兴建工程时,还需估算蓄水、引水工程的泥沙淤积量,以及考虑延长工程寿命的排沙措施。因此,在工程规划设计阶段,水文计算的任务是为工程设计提供水文数据,如设计年径流、设计洪水和输沙量等。水利计算的任务是根据设计水文数据,通过调节计算,选择枢纽参变数(如正常蓄水位、死水位、装机容量等),并确定主要建筑物尺寸(如坝高、溢洪道尺寸、引水渠道尺寸等),然后再详细计算各项水利经济指标,进行论证。应该指出,在进行水利计算时,必须按照国家的方针政策,根据国民经济各部门的要求,进行多用途(如防洪、灌溉、发电、航运及旅游等)和多工程目标的流域系统开发,使流域内的水利与土地资源得到充分的综合利用。

2) 在施工阶段,为了修建临时性水工建筑物,如围堰、导流隧洞等,需计算施工期设计洪水。显然,施工期设计洪水的大小关系到施工建筑物的造价与安全。

在编制施工详图阶段,水利计算的任务一般是拟订枢纽运行计划,主要是编制枢纽初期运转调度图。另外,随着枢纽主体工程——大坝的逐步完成,还需研究水库的初期充蓄问题。

3) 在管理运用阶段,需要根据当时的和预报的水文情况,编制工程调度运用计划,以充分发挥现有工程的效益。例如,对于具有防洪任务的水库,需要进行洪水预报,以便提前腾空库容或及时拦蓄洪水,更有效地减轻洪水灾害。此外,在工程建成以后,流域自然情况有所变化,随着观测资料的增多,有时还要复核和修改设计阶段的水文水利计算成果。必要时需对工程进行改建。譬如,有的工程就因当初设计洪水估算偏小,不得不在建后再扩建溢洪道或加固工程。

总之,为开发利用水资源以及防治水害而兴建并管理好各种水利工程,都必须应用水文水利计算的原理和方法,以及其他有关水文的一些基本知识,而这些正是本学科所研究的内容。

工程水文及水利计算这门学科的研究范围很广、内容丰富,并且还在不断发展中,有些问题尚需进一步探索。本教材因受学时和篇幅的限制,不能作过多的介绍,有待读者在今后的工作中不断拓宽和加深对这门学科的认识。本教材的主要内容有以下三方面:河川径流、水文测验、水文统计等基本知识;水文计算;水利计算。

在水利工程建筑专业和农田水利专业设置《工程水文及水利计算》课程的目的,主要在于使学生了解水文、水资源的一些基本知识,掌握水文水利计算的基本原理和方法,具备一定的水文水利计算能力。本课程与《水力学》、《农田水利学》和《水工结构》等课程联系紧密,并且还与近年来发展形成的《水利经济学》和《环境水利学》等新兴边缘学科密切相关。

第一章 水循环及水资源的基本概念

第一节 水循环与水量平衡

一、自然界的水循环

地球上的水，不断从水面和陆面蒸发，变为水汽上升高空，被气流输送到其他地区，在适当的条件下凝结，然后又降到地面。水的这种不断蒸发、输送、降落，无始无终，往复循环的过程就称为水循环。形成水循环的内因是水的物理三态即气态、液态和固态的相互转化，外因是太阳辐射和地心引力。此外，地形、地质、土壤和植被等对水循环也有一定影响。

自然界水循环按其涉及的地域和规模可分为大循环和小循环，见图1-1。从海洋面上蒸发的水汽被气流带到大陆上空，遇冷凝结，形成降水，到达地面后，其中一部分直接蒸发返回空中，另一部分形成径流(即陆地上按一定路径运动的水流)，从地面及地下汇入河流，最后注入海洋，这种海陆间的水分交换过程称大循环。在大循环过程中陆地上空也有水汽向海洋输送，但与海洋向陆地输送的水汽比较，数量甚微，因此总的来说，水汽是由海洋向陆地输送的，上述大循环中海洋向陆地输送的水汽是指净输送量。

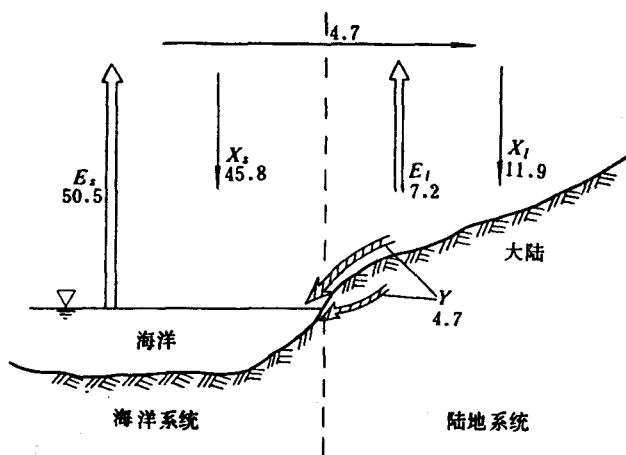


图 1-1 自然界水循环示意图 (单位: 10^4 km^3)

海洋上蒸发的水汽中有一部分在空中凝结成水又降落海洋，或从陆地蒸发的水在空中凝结后又降回陆地，这种海洋系统或陆地系统的局部水循环称小循环。前者称海洋小循环，后者称内陆小循环。

内陆小循环对内陆地区的降水有重要作用，因内陆远离海洋，直接接受海洋输送的水

汽不多，需通过内陆局部地区的水循环使水汽随气流不断向内陆输送。水汽在内陆上空冷凝降水后，一部分形成径流，一部分再蒸发为水汽向更远的内陆输送，依此循环。但愈向内陆，水汽愈少，这就是沿海湿润、内陆干旱的原因。

水循环使水处于不停地运动状态之中，但其循环并非是以恒定的通量稳定地运转的，有时剧烈，以致大雨倾盆，江河横溢；有时相对平静，几乎停止，以致久旱不雨，河流干涸。这种不稳定性不仅表现在年内各季，也表现在年际间。

水循环中水的存在、运动和变化，统称为水文现象，各种现象在时间或空间上的变化称为水文过程。水循环是一切水文现象的变化根源。水循环中的主要水文要素有降水、蒸发、径流及下渗等，其中河川径流与人类关系最密切。本课程以河川径流为主要研究对象，但它与河流和流域特性、以及水循环中其他水文要素密切相关，因此在本章中也将分别介绍。

二、地球的水量平衡

根据物质不灭定律，对任一区域，在给定的时段内，收入的水量和支出的水量之差额必定等于该区域内的蓄水变量，这就是水量平衡原理，依此原理可列出水量平衡方程式。

水量平衡方程式是水文科学中广泛应用的极其重要的基本方程之一，它可以用来定量描述水循环要素间的相互关系和作用，由某些已知要素推断未知要素，或用来校核水文计算成果，对计算成果进行合理性分析等。

就多年平均情况而言，地球上海洋系统和陆地系统的蓄水变量都可看作为零，因此海洋系统的多年平均水量平衡方程式为

$$\bar{E}_s = \bar{X}_s + \bar{Y} \quad (1-1)$$

陆地系统的多年平均水量平衡方程式为

$$\bar{E}_l = \bar{X}_l - \bar{Y} \quad (1-2)$$

式中 $\bar{E}_s$ 、 $\bar{E}_l$ ——分别为海洋和陆地的多年平均年蒸发量；

$\bar{X}_s$ 、 $\bar{X}_l$ ——分别为海洋和陆地的多年平均年降水量；

$\bar{Y}$ ——从陆地注入海洋的多年平均年径流量。

将以上两式相加，得到全球的多年平均水量平衡方程为

$$\bar{E}_s + \bar{E}_l = \bar{X}_s + \bar{X}_l \quad (1-3)$$

上式表明全球的多年平均年蒸发量等于全球的多年平均年降水量。

上述各平衡要素的估计值见图1-1中所示。

第二节 河流与流域

河流与流域的特征，在水文上通常称为下垫面条件，它们对径流和其他水文要素都有着直接或间接的影响。本节将概要介绍河流与流域的主要特征，以及某些特征的定量计算方法。至于它们对径流和其他水文要素的影响，将在以后的有关内容中讲述。

一、河流

河流是接纳地面和地下水的天然泄水道，是水循环的路径之一。

1. 河流的长度

一条河流，自河源沿河道溪线至河口的曲线长度称河长。一般在大比例尺，如万分之一或五万分之一的地形图上用分规或曲线仪量计。

2. 河流的断面

河流的断面分为横断面和纵断面。河流某处垂直于平均流向或主流方向的平面，称河流在该处的横断面。相应于某一时刻水位以下的断面，称过水断面。河槽横断面的形态是多种多样的，山区河槽常为深而窄的单式断面〔如图1-2(a)〕，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1-2(b)〕，底部多为细砂或淤泥。

河流纵断面是指沿河流中线或溪线的剖面。从河口向上游量出河底地形变化转折点的高程，以河长为横坐标，河底高程为纵坐标，即可绘出河流的纵断面图，如图1-3。

河流的纵横断面都是随着时间在变化的，纵断面一般是下游不断淤高，上游刷深；横断面则经常处于冲淤交替的过程中。河流断面的变化，主要决定于水流、河槽地质以及河槽组成物质等情况。

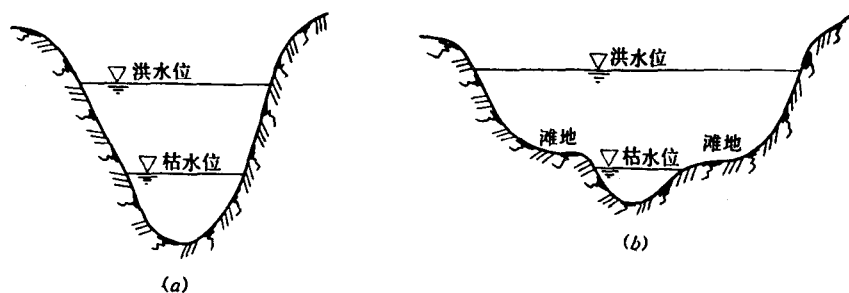


图 1-2 河流横断面
(a)单式断面；(b)复式断面

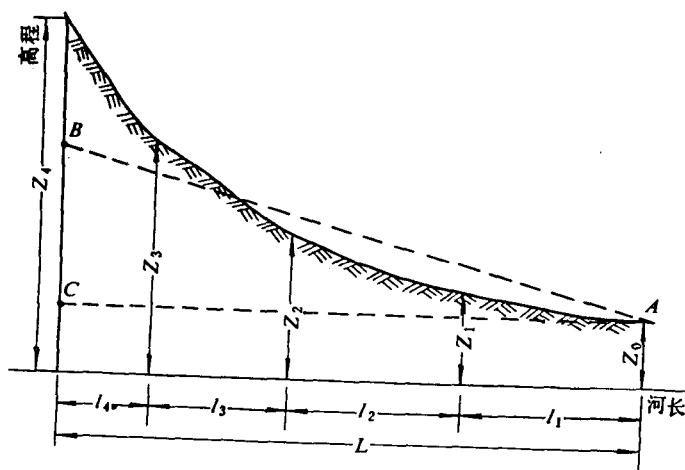


图 1-3 河流纵断面

3. 河道纵比降

河段两端的河底高程差称落差, 单位河长的落差称为河道的纵比降。

若河道纵断面呈折线或曲线变化 (图1-3), 则整个河道的纵比降用河道平均比降表示, 在纵剖面图上可直接测定: 由河口的A点作一斜线AB, 使AB线以下的面积与河底线以下的面积相等, 则斜线AB的坡度BC/L就是河道平均纵比降J, 通常以小数或千分率(‰)计。也可按河底地形转折点将河段分成若干段, 然后按下式计算河道平均纵比降:

$$J = \frac{(Z_0 + Z_1)l_1 + (Z_1 + Z_2)l_2 + \cdots + (Z_{n-1} + Z_n)l_n - 2Z_0L}{L^2} \quad (1-4)$$

式中 $Z_0, Z_1, \dots, Z_n$ ——自河口起沿流程各点的河底高程, m;

$l_1, l_2, \dots, l_n$ ——各点间距离, m;

L ——河道总长度, m。

4. 河系

河流分为支流与干流, 它们和湖泊等构成脉络相通的泄水系统, 称为河系, 也称水系或河网。常取长度最大或水量最多的作为干流, 汇入干流的称一级支流, 汇入一级支流的称二级支流, 以此类推。水系的名称一般用干流的名称命名。

根据干支流分布状况, 河系分为4种类型: ①扇形河系, 河系如扇骨状分布, 如海河; ②羽状河系, 沿途纳入许多支流, 形如羽毛状, 如滦河; ③平行河系, 几条支流并行排列, 至靠近河口处始行汇合, 如淮河; ④混合型河系, 大河流大多包括上述二、三种型式的混合排列, 如长江。不同类型的河系汇流特性不同。

流域内水道的多少一般用河网密度表示。河网密度 D 等于河系所有水道的总长度 ΣL 与其流域面积 F 之比值, 即 $D = \Sigma L / F$ 。河网密度能综合反映一个地区的自然地理条件。

二、流域

在河流某一控制断面以上, 汇集地表水和地下水的区域叫做河流在该断面以上的流域。当不指明断面时, 流域是对河口断面来讲的, 如长江流域是指吴淞口以上的全部集水区域。

1. 流域分水线

流域的界线称分水线。分水线有地面和地下两种, 地面分水线一般位于山峰或河间高地, 起着分开地面水的作用, 例如秦岭的脊线是黄河与长江的分水线; 地下分水线是分隔地下水的。两者是否吻合, 与岩层的构造和性质有关。当流域的地面与地下分水线一致时, 称为闭合流域; 两者不一致时, 如图1-4, 称非闭合流域。非闭合流域在地面分水线下面有地下径流进出, 对于流域面积较大的河流, 因占流域的总水量比重不大, 故影响不大, 对小流域则影响较大。在岩溶发达的地区, 这种影响可以很明显。

由于地下分水线较难确定, 在实际工作中常以地面分水线作为流域分水线, 在地形图上按水系的分布, 由不同水系的交界处沿山脊或

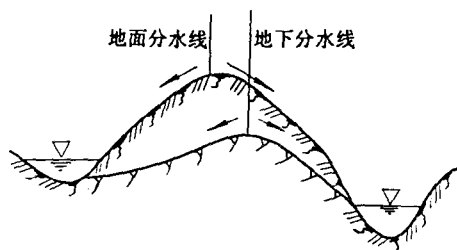


图 1-4 地面与地下分水线

高地的最高点勾绘,如图1-5中虚线。但在平坦地区,在地形图上划定地面分水线较为困难,必须通过现场查勘确定。

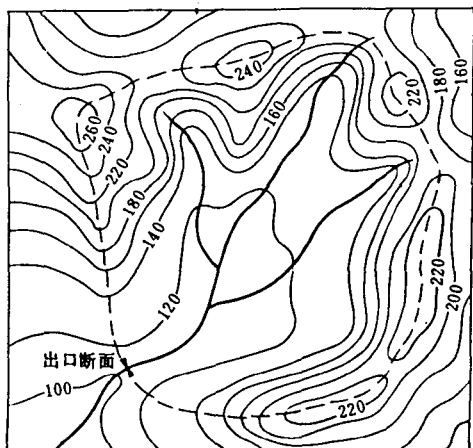


图 1-5 流域分水线图

(3) 流域平均宽度 流域平均宽度 B 指流域面积 F 与流域长度 L 的比值,即 $B = F/L$ 。

3. 流域的地形特征

(1) 流域平均高程 流域平均高程是指流域内地表的平均高程。在流域地形图上,量出流域范围内相邻两等高线之间的面积 f_i , 并求出相邻两等高线的平均高度 Z_i , 则流域平均高程 $\bar{Z}$ 可以由下式计算:

$$\bar{Z} = \frac{f_1 Z_1 + f_2 Z_2 + \dots + f_n Z_n}{f_1 + f_2 + \dots + f_n} = \frac{\sum_{i=1}^n f_i Z_i}{F} \quad (1-5)$$

(2) 流域平均坡度 流域平均坡度是指流域地表面坡度的平均值。若相邻两等高线的高差用 ΔZ 表示, 流域范围内各条等高线的长度用 $l_0, l_1, l_2, \dots, l_n$ 表示, 则流域平均坡度 $\bar{J}$ 可用下式求得:

$$\bar{J} = \frac{\Delta Z (0.5l_0 + l_1 + l_2 + \dots + 0.5l_n)}{F} \quad (1-6)$$

4. 流域的自然地理特征

与流域水文特征有密切关系的自然地理特征主要指流域地理位置, 气候, 地形, 土壤特性, 地质构造, 植物被覆, 湖泊和沼泽情况。

第三节 降 水

降水是自然界水循环和水量平衡方程的基本要素之一, 是形成径流的必要条件。

降水有多种形式, 如雨、雪、雹、露、霜等, 但从补给河川径流来说, 以雨和雪为主。

对我国多数河流而言，降雨与水文现象的关系最密切，因此这里只介绍降雨。

一、降雨的成因和类型

当水平方向物理属性（温度、湿度等）较均匀的大块空气即气团，受到某种外力的作用向上抬升时，气压降低，空气膨胀，为克服分子间引力需消耗自身的能量，在上升过程中发生动力冷却使气团降温。当温度下降到使原来未饱和的空气达到了过饱和状态时，大量多余的水汽便凝结成云。云中水滴不断增大，直到不能被上升气流所托时，便在重力作用下形成降雨。因此，空气的垂直上升运动和空气中水汽含量超过饱和水汽含量是产生降雨的基本条件。

按空气上升的原因，降雨分成以下4种类型：

（1）锋面雨 冷暖气团相遇，其交界面叫锋面，锋面与地面的相交地带叫锋，锋面随冷暖气团的移动而移动。当冷气团向暖气团推进时，因冷空气较重，冷气团楔进暖气团下方，把暖气团挤向上方，发生动力冷却而致雨，这种雨叫冷锋雨，如图1-6(a)。由于冷空气与地面的摩擦作用使锋面接近地面部分坡度很大，暖空气几乎被迫垂直上升，在冷锋前形成积雨云。因此冷锋雨一般强度大、历时短、雨区面积较小。

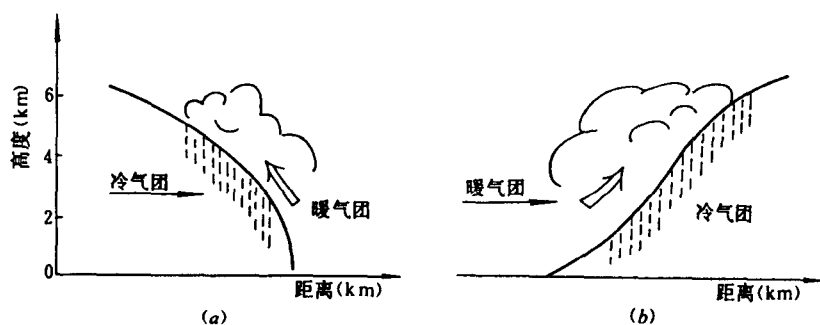


图 1-6 锋面雨示意图
(a)冷锋雨；(b)暖锋雨

当暖气团向冷气团移动时，由于地面的摩擦作用，上层移动较快，底层较慢，使锋面坡度很小。暖空气沿着这个平缓的坡面在冷气团上滑行，在锋面上形成了一系列云系并冷却致雨，叫暖锋雨，如图1-6(b)。由于暖锋面比较平缓，故暖锋雨一般强度小，历时长，雨区广，长江中下游春夏交替时期的梅雨就属于这种情况。

我国大部分地区在温带，属南北气流交汇区域，因此锋面雨的影响很大，常造成河流的洪水。我国夏季受季风影响，东南地区多暖锋雨，北方地区多冷锋雨。

（2）地形雨 暖湿气流遇到丘陵、高原、山脉等阻挡，被迫沿坡上升而冷却致雨，称地形雨。地形雨大部分降落在山地的迎风坡。在背风坡，因气流下沉增温，且大部分水汽已在迎风坡降落，故降雨稀少。

（3）对流雨 当暖湿空气笼罩一个地区时，因下垫面局部受热增温，与上层温度较低的空气产生强烈对流作用，使暖空气上升冷却而降雨，称作对流雨。这种雨一般强度大，但雨区小，历时也较短，并常伴有雷电，又称雷阵雨。

(4) 台风雨 台风雨是热带海洋上的风暴带到大陆来的降雨。这种风暴是异常强大的海洋高温高湿气团形成的低气压造成的, 它带来狂风暴雨, 一天内暴雨量可达数百mm, 甚至可达1000mm以上, 极易造成灾害。我国东南沿海各省每年夏秋季节受其影响较大, 在浙、闽、粤、台湾, 台风雨占全年雨量的比例可达30%以上。

据我国气象部门规定, 降雨按其雨量大小可分为6级: 日雨量在10mm以下为小雨; 10~25mm为中雨; 25~50mm为大雨; 50~100mm为暴雨; 超过100mm为大暴雨; 超过200mm时为特大暴雨。

二、降雨特性及图示方法

降雨的特性可用降雨量、降雨历时、降雨强度、降雨面积及降雨中心位置等特征值来描述。

降雨量为一定时段内降落在地面上的总雨量, 常以水层深度表示, 以mm计。

降雨历时指一次降雨过程所经历的时间, 包括降雨过程中的短暂间歇在内, 以min、h或d计。相应于某一降雨时段的雨量称该时段雨量, 例如降雨时段为一日的雨量称为一日雨量。

降雨强度指单位时间内的降雨量, 以mm/min或mm/h计。

降雨面积指降雨所笼罩的水平面积, 以 km^2 计。

降雨中心是指降雨笼罩面积上降雨量最为集中且范围较小的局部地点。

降雨在时间和空间上的分布特性, 可用下列图线表示:

1. 降雨量过程线

降雨量过程线是以时段降雨量为纵轴, 以时段次序为横轴绘制成的图, 常用直方图表示, 如图1-7, 时段的单位可根据需要选用min、h、d、月和年等。这种图反映出降雨量随时间的变化情况。

2. 降雨量累积曲线

以时间为横坐标, 以降雨开始到各时刻降雨量的累积值为纵坐标绘制的曲线, 称降雨量累积曲线, 如图1-8。在任一段时间内累积曲线的平均坡度就是该时段内的平均降雨强度

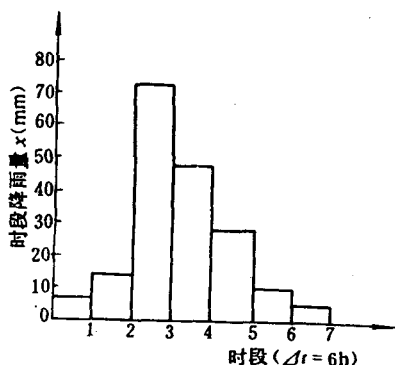


图 1-7 降雨量过程线

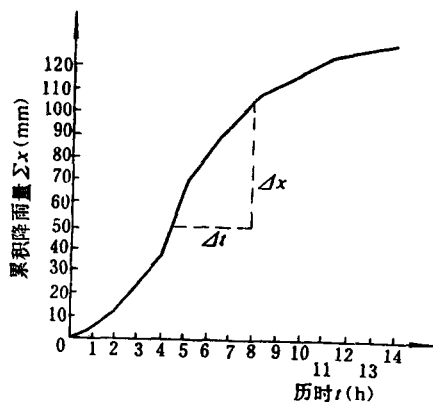


图 1-8 降雨量累积曲线