

山东省高等教育名校建设工程课程改革教材

工程水文水力学

肖 汉 主编
徐星星 主审



黄河水利出版社

山东省高等教育名校建设工程课程改革教材

工程水文水力学

主 编 肖 汉
副主编 邓婷婷 王 娟
张 雷 孟祥达
主 审 徐星星



黄河水利出版社
· 郑 州 ·

内 容 提 要

本书是山东省高等教育名校建设工程课程改革教材,是本着高职教育的特色,依据中央财政支持专业建设方案和山东省特色名校建设方案要求进行编写的。全书共分2个领域、13个学习项目和4个综合训练项目,主要讲述工程水文与水力学的基本理论和方法。

本书可作为高等职业院校、高等专科学校的水利工程、水利水电建筑工程、水利水电工程管理等专业的教材,也可供相关专业的工程技术人员学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

工程水文水力学/肖汉主编. —郑州:黄河水利出版社,2015.8

山东省高等教育名校建设工程课程改革教材
ISBN 978-7-5509-1218-2

I. ①工… II. ①肖… III. ①工程水文学-高等学校-教材②水工建筑物-水力学-高等学校-教材
IV. ①TV12②TV135

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 207034 号

组稿编辑:王路平 电话:0371-66022212 E-mail:hhsllwlp@163.com

出版社:黄河水利出版社

地址:河南省郑州市顺河路黄委会综合楼14层 邮政编码:450003

发行单位:黄河水利出版社

发行部电话:0371-66026940,66020550,66028024,66022620(传真)

E-mail:hhslebs@126.com

承印单位:河南承创印务有限公司

开本:787 mm × 1 092 mm 1/16

印张:21

字数:490千字

印数:1—3 100

版次:2015年8月第1版

印次:2015年8月第1次印刷

定价:46.00元



前言

本书是依据中央财政支持提升社会服务能力重点建设专业和山东省高等教育名校建设工程重点建设专业——水利工程专业和水利水电工程管理专业的人才培养方案和课程建设目标要求,并按照国家及行业有关工程水文水力学的新规范、新法规、新标准编写完成的。在吸收有关教材和技术文献资料精华的基础上,充实了新思想、新理论、新方法和新技术;以“工学结合”为主线,以培养学生的实践动手能力为目标,不过分苛求学科的系统性和完整性,注重学生职业能力训练和综合素质培养,体现了高等职业教育的特点,突出了适用性、实践性、创新性的教材特色。

本书在编写过程中紧密联系工程实际,突出了实用性、针对性和创新性,强调对学生的能力培养。全书共分基本知识学习和综合训练2个领域,13个学习项目和4个训练项目。主要讲述了水文要素的观测和计算方法、设计年径流的计算和年内分配方法、推求设计洪水的方法、恒定有压管流水力计算、明渠恒定均匀流水力计算及水流衔接与消能的原理和方法等内容。

本书由山东水利职业学院主持编写工作,编写人员及编写分工如下:山东水利职业学院肖汉、日照市水文局张雷合作编写学习项目1、3、6、7;山东水利职业学院王娟、山东众川工程设计咨询有限公司孟祥达合作编写学习项目2、4、5;山东水利职业学院赵德远、孟祥达合作编写学习项目8、12、13;山东水利职业学院邓婷婷、张雷合作编写学习项目9~11;肖汉、孟祥达编写综合训练领域。本书由肖汉担任主编,并负责全书统稿;由邓婷婷、王娟、张雷和孟祥达担任副主编;由抚顺市水利勘测设计研究院徐星星担任主审。

本书在编写过程中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,除部分已经列出外,其余未能一一注明,在此一并致谢!

由于编写时间仓促及编者水平有限,书中难免存在不足之处,恳请读者批评指正,提出宝贵意见。

编者

2015年2月

课程描述表

学习项目:13 个 综合训练项目:4 个 基本学时:84 学时 其中:理论知识学习 72 学时,校内实训 12 学时	
学习目标 ● 掌握流域平均降水量的计算方法、径流的形成过程、度量单位。 ● 掌握水文要素观测所用仪器设备、观测及计算的方法和途径。 ● 能够熟练绘制频率曲线。 ● 掌握设计年径流量及年内分配的分析计算方法。 ● 掌握由设计暴雨推求设计洪水的基本原理和方法。 ● 掌握小流域设计洪水“水文所法”的应用。 ● 能够正确推求年调节水库兴利库容。 ● 掌握水库防洪调节计算的具体方法和步骤。 ● 掌握静水压力的计算方法。 ● 能够熟练运用水力学三大方程。 ● 能够正确计算水头损失。 ● 掌握简单短管的水力计算。 ● 掌握明渠均匀流的基本公式。 ● 能够熟练运用闸孔出流和堰流公式	
学习内容 ● 水文循环的基本知识。 ● 水文资料的收集方法和途径。 ● 统计参数的计算方法。 ● 适线法的具体步骤。 ● 相关分析的方法和步骤。 ● 设计年径流年内分配的方法。 ● 由设计暴雨推求设计洪水的方法。 ● 设计洪水计算成果合理性分析的方法。 ● 小流域设计洪水的推求方法。 ● 水库兴利和防洪调节计算的原理及方法。 ● 静水压强和静水压力基本方程。 ● 水流运动的基本概念。 ● 恒定总流的连续性方程、能量方程和动量方程。 ● 简单短管的水力计算。 ● 明渠恒定均匀流水力计算。 ● 闸孔出流和堰流的流量计算。 ● 水流衔接与消能形式的原理及方法	学习方法 ➤ 情景式教学。 ➤ 讨论式教学。 ➤ 现场教学。 ➤ 多媒体教学。 ➤ 启发式教学。 ➤ 项目导向教学。 ➤ 任务驱动教学。 ➤ 案例教学。 ➤ 实验法



目 录

前 言

课程描述表

第一部分 基本知识学习领域

学习项目 1 水文循环	(1)
学习单元 1 水文循环	(1)
学习单元 2 降 水	(2)
学习单元 3 径 流	(7)
学习单元 4 蒸发与下渗	(14)
学习单元 5 流域水量平衡	(16)
知识训练	(18)
学习项目 2 水文观测与资料收集	(20)
学习单元 1 水文观测	(20)
学习单元 2 降水与蒸发的观测	(23)
学习单元 3 水位与流量的观测	(26)
学习单元 4 水文调查与资料收集	(34)
知识训练	(36)
学习项目 3 水文统计	(38)
学习单元 1 概率、频率与重现期	(38)
学习单元 2 随机变量及其概率分布	(42)
学习单元 3 频率计算	(48)
学习单元 4 相关分析	(57)
知识训练	(62)
学习项目 4 年径流与枯水径流分析计算	(64)
学习单元 1 基本知识	(64)
学习单元 2 具有长期实测径流资料时设计年径流计算	(65)
学习单元 3 具有短期实测径流资料时设计年径流计算	(70)
学习单元 4 缺乏实测径流资料时设计年径流计算	(72)
学习单元 5 枯水径流分析计算	(76)
知识训练	(77)
学习项目 5 设计洪水分析计算	(79)
学习单元 1 基本知识	(79)

学习单元 2	由流量资料推求设计洪水	(81)
学习单元 3	由暴雨资料推求设计洪水	(90)
学习单元 4	小流域设计洪水估算	(101)
知识训练	.....	(105)
学习项目 6 水库调度	.....	(108)
学习单元 1	基本知识	(108)
学习单元 2	水库兴利调节	(113)
学习单元 3	水库防洪调节	(118)
知识训练	.....	(127)
学习项目 7 计算机在工程水文中的应用	.....	(130)
学习单元 1	数据处理应用举例	(130)
学习单元 2	利用 Excel 图表功能绘图应用举例	(135)
知识训练	.....	(139)
学习项目 8 水静力学	.....	(140)
学习单元 1	液体的基本特性和主要物理力学性质	(140)
学习单元 2	静水压强及其规律	(147)
学习单元 3	作用于平面壁上的静水总压力	(155)
学习单元 4	作用于曲面壁上的静水总压力	(160)
知识训练	.....	(163)
学习项目 9 水流运动的基本原理	.....	(167)
学习单元 1	描述液体运动的两种方法	(167)
学习单元 2	恒定总流连续性方程	(172)
学习单元 3	恒定总流的能量方程	(174)
学习单元 4	恒定总流动量方程	(186)
学习单元 5	水流型态及水头损失	(191)
知识训练	.....	(207)
学习项目 10 有压管流运动	.....	(211)
学习单元 1	简单短管的水力计算	(211)
学习单元 2	短管应用举例	(219)
学习单元 3	简单长管的水力计算	(225)
知识训练	.....	(229)
学习项目 11 明渠恒定均匀流和非均匀流	.....	(233)
学习单元 1	明渠恒定均匀流的基本公式及有关问题	(233)
学习单元 2	明渠均匀流水力计算	(243)
学习单元 3	明渠恒定非均匀流的基本概念	(247)
学习单元 4	明渠恒定非均匀渐变流水面曲线的定性分析	(255)
学习单元 5	水跃与水跌	(261)



知识训练	(265)
学习项目 12 泄水建筑物的水力计算	(267)
学习单元 1 孔口与管嘴出流	(267)
学习单元 2 堰 流	(273)
学习单元 3 闸孔出流	(279)
知识训练	(286)
学习项目 13 泄水建筑物下游水流衔接与消能	(288)
学习单元 1 底流式衔接与消能的水力计算	(288)
学习单元 2 挑流消能的水力计算	(300)
知识训练	(304)

第二部分 综合训练领域

训练项目 1 灌溉引水系统的水力计算	(306)
训练项目 2 引水式电站引水系统的水力计算	(308)
训练项目 3 设计洪水的推求	(310)
训练项目 4 拦河溢流坝的水力计算	(314)
附 表	(317)
附表 1 P-Ⅲ型曲线的离均系数 Φ_p 值表	(317)
附表 2 P-Ⅲ型曲线的模比系数 K_p 值表	(320)
附表 3 瞬时单位线 S 曲线查用表	(326)
参考文献	(328)



第一部分 基本知识学习领域

学习项目1 水文循环

学习单元1 水文循环

1 学习目标

- (1) 了解水文循环的概念。
- (2) 理解水文循环机制。

2 学习内容

- (1) 水文循环的概念。
- (2) 水文循环的分类。

3 任务实施

3.1 水文循环的概念

地球上的水以液态、固态和气态的形式分布于海洋、陆地、大气和生物机体中,这些水体构成了地球的水圈。水圈中的各种水体在太阳辐射作用下,不断地蒸发变成水汽进入大气,并随气流输送到各地;输送中,遇到适当的条件,凝结成云,在重力作用下降落到地面形成降水。降落的雨水,一部分被植物截留并蒸发;另一部分降落到地面,其中一部分渗入地下,另一部分形成地面径流沿江河回归大海。渗入地下的水,有的被土壤和植物的根系吸收,然后通过蒸发或散发返回大气;有的渗透到较深的土层形成地下水,并以泉水或地下水流的形式渗入河流回归大海。水圈中的各种水体通过这种不断蒸发、输送、降落、下渗、地面和地下径流的循环往复过程,称为水文循环。水文循环中各种现象如图1-1所示。形成水文循环的外因是太阳辐射和重力作用,内因是水的三态转化。

3.2 水文循环的分类

水文循环可分为大循环和小循环。从海洋表面蒸发的水汽,被气流输送到大陆上空,冷凝成降水后落到陆面。除其中一部分重新蒸发又回到空中外,大部分则从地面和地下

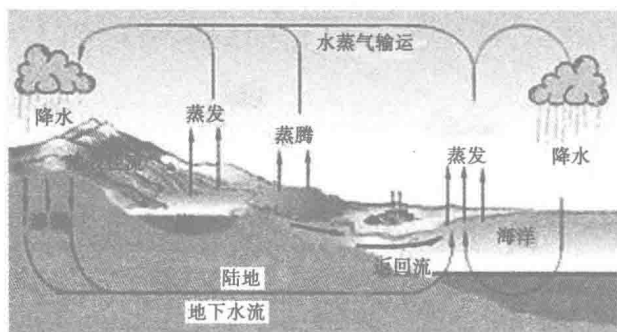


图 1-1 水文循环示意图

汇入河流重返大海,这种海陆间的水分交换过程称为大循环。海洋表面蒸发的水分,在海洋上空凝结直接降落到海洋上,陆地上的部分水蒸发成水汽冷凝后又降落到陆地上,这种局部的水文循环称为小循环。前者称为海洋小循环,后者称为内陆小循环。内陆小循环对内陆地区降水有着重要作用。因为地区距离海洋很远,从海洋直接输送到内陆的水汽不多,通过内陆局部地区的水文循环,使水汽逐步向内陆输送,这是内陆地区主要的水汽来源。由于水汽在向内陆输送过程中,沿途会逐渐损耗,故内陆距海洋越远,输送的水汽量越少,降水量越小。

水循环的途径及循环的强弱,决定了水资源的地区分布及时程变化。人类也可以通过农林措施与水利措施对水循环产生影响。研究水文循环的目的,在于认识它的基本规律,揭示其内在联系,这对合理开发和利用水资源,抗御洪旱灾害,改造自然、利用自然都有十分重要的意义。

■ 学习单元 2 降 水

1 学习目标

- (1) 掌握流域平均降水量的计算方法。
- (2) 理解降水的形成和分类。

2 学习内容

- (1) 降水的基本概念。
- (2) 降水的形成和分类。
- (3) 降雨量的计算方法。

3 任务实施

3.1 降水的基本概念

从云雾中降落到地面的液态水或固态水,如雨、雪、霰、雹、露、霜等称为降水。降水是气象要素之一,也是自然界水循环和水量平衡的基本要素之一,降水量时空分布的变化规律直接影响河川径流情势,所以在水文水利计算中必须研究降水,特别是降雨。



3.2 降水的形成与分类

3.2.1 降水的形成

形成降水,尤其比较大的暴雨,必须具备两个条件:一是大量的暖湿空气源源不断地输入雨区;二是这里存在使地面空气强烈上升的机制,如暴雨天气系统,使暖湿空气迅速抬升,上升的空气因膨胀做功消耗内能而冷却,当温度低于露点后,水汽凝结为愈来愈大的云滴,上升气流不能浮托时,便形成降水。

3.2.2 降水的分类

按空气抬升形成动力冷却的原因可以把降水分为对流雨、地形雨、气旋雨、锋面雨等四种类型。

3.2.2.1 对流雨

对流雨是由于地面局部受热,下层湿度比较大的空气膨胀上升,与上层空气形成对流,动力冷却而致雨的。这种降雨多发生在夏季酷热的午后,降雨强度大、范围小、历时短,常常形成小流域的暴雨洪水。

3.2.2.2 地形雨

地形雨是近地面的暖湿空气运移过程中遇山脉阻挡时,将沿山坡抬升,由于动力冷却而致雨的。过山脉后,气流沿山坡下降,故迎风面雨多,背风面雨少,甚至出现干旱少雨区域,称雨影区。

3.2.2.3 气旋雨

气旋是中心气压低于四周的大气涡旋。在北半球,气旋内的空气做逆时针旋转,并向中心辐合,引起大规模的上升运动,水汽因动力冷却而致的雨,称为气旋雨。按热力学性质分类,气旋可分为温带气旋和热带气旋两类,相应产生的降水称为温带气旋雨和热带气旋雨。

1. 温带气旋雨

温带地区的气旋是由锋面波动产生的,称为锋面气旋,一个发展成熟的锋面天气为:气旋前方是暖锋云系及伴随的连续性降水天气,气旋后方是狭窄的冷锋云系和降水天气,气旋中部是暖气团天气,有层云或毛毛雨。

2. 热带气旋雨

热带气旋指发生在低纬度海洋上的强大而深厚的气旋性漩涡。我国气象部门把中心附近地面最大风速达到8~11级的热带气旋称为台风,12级以上的称为强台风。台风雨在海上形成,水汽供应充足,上升运动比较强烈,带来狂风暴雨,对沿海地区影响很大。

3.2.2.4 锋面雨

在较大范围内存在着水平方向物理性质,如温度、湿度等分布比较均匀的大范围空气,称为气团。气团可分为冷气团(温度低、湿度小)和暖气团(温度高、湿度大),冷暖气团相遇时,在它们接触处所形成的不连续面称为锋面,锋面与地面的相交地带叫作锋。

锋面雨可分为冷锋雨和暖锋雨。当冷暖气团相遇时,冷气团沿锋面楔进暖气团,迫使暖气团上升,发生动力冷却而成雨,称为冷锋雨,见图1-2(a)。冷锋雨强度大,历时较短,雨区范围较小。若暖气团行进速度快,暖气团将沿界面爬升到冷气团之上,冷却致雨,称为暖锋雨,见图1-2(b)。暖锋雨强度小,历时长,雨区范围大。

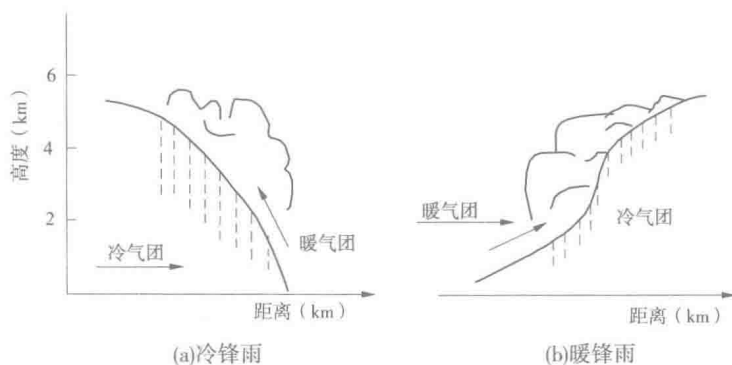


图 1-2 锋面雨

3.3 降水特性的描述

降水的性质和特征用降雨量、降雨历时、降雨时间、降雨强度、降雨面积四个基本要素表示。

3.3.1 降雨量

降雨量是指一定时段内降落在某一点或某一流域面积上的水层深度,以 mm 为单位。在表明降雨量时一定要指明时段,如次降雨量、日降雨量等。

3.3.2 降雨历时和降雨时间

降雨历时是指一次降雨自始至终所经历的实际时间;降雨时间是根据需要人为划分的时段,如 1 h、3 h、6 h、12 h、24 h 和 1 d、3 d、5 d 等,用以计算各时段内的降雨量。降雨历时内的降雨是连续的;而降雨时间内的降雨可能是连续的,也可能是间歇的。

3.3.3 降雨强度

降雨强度表示单位时间内的降雨量,以 mm/min 或 mm/h 计,简称雨强。雨强大小反映了一次降雨的强弱程度,故常用雨强进行降雨分级,常用分级标准如表 1-1 所示。

表 1-1 降雨强度分级

(单位:mm)

等级	12 h 降雨量	24 h 降雨量	等级	12 h 降雨量	24 h 降雨量
小雨	0.2 ~ 5.0	< 10	暴雨	30 ~ 70	50 ~ 100
中雨	5 ~ 15	10 ~ 25	大暴雨	70 ~ 100	100 ~ 200
大雨	15 ~ 30	25 ~ 50	特大暴雨	> 100	> 200

3.3.4 降雨面积

降雨面积是指降雨笼罩的水平面积,以 km^2 计。

此外,降雨中心、降雨走向等降雨要素对流域的降雨也有较大的影响。

3.4 降雨的表示方法

为了反映一次降雨在时间上的变化及空间上的区别,常用以下图示方法。

3.4.1 降雨过程线

降雨过程线是表示降雨在时程上的分配,可用降雨强度过程线表示。降雨过程线常以时段雨量为纵坐标,时段时序为横坐标,采用柱状图表示,如图 1-3 所示。至于时段的



长短,可根据计算的需要选择,如 min、h、d、月等。降雨强度可以是瞬时的或是时段平均的。瞬时降雨强度过程线是根据自记雨量计的观测记录整理绘制的,过程线下所包围的面积就是这次降雨的总雨量。时段平均降雨强度过程线则是根据雨量器按规定时段进行观测的雨量记录绘制的,过程线各时段内的矩形面积表示该时段内的降雨量。

3.4.2 降雨量累积曲线

降雨过程也可用降雨量累积曲线表示。此曲线横坐标为时间,纵坐标代表自降雨开始到各时刻降雨量的累积值,如图 1-4 所示。自记雨量计记录纸上的曲线,即是降雨量累积曲线。曲线上每个时段的平均坡度是各时段内的平均降雨强度。曲线上的斜率表示该瞬时的降雨强度。曲线坡度陡,降雨强度大;反之则小。若坡度等于零,说明该时段内没有降雨。

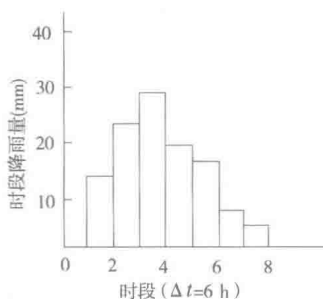


图 1-3 降雨过程线

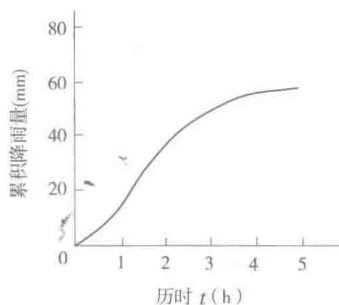


图 1-4 降雨量累积曲线

如果将相邻雨量站的同一次降雨量累积曲线绘制在同一张图上,可用于分析降雨在时程上和空间上分布的变化特性。

3.4.3 降雨量等值线图

降雨量等值线图是表示某一地区或流域的次降雨量或时段(如 h、d、月、年)降雨量地理分布的常用工具。它的具体做法是:在地形图上将各雨量站相同起迄时间内的时段雨量标注在相应的地理位置上,根据直线内插的原理,并考虑地形对降雨的影响,勾绘出等值线。

3.5 流域平均降雨量的计算

雨量站观测的降雨量只代表该站点的降雨量(或称点雨量),而形成河川径流的则是整个流域上的降雨量,对此可用流域平均雨量(或称面雨量)来反映。下面介绍 3 种常用的计算方法。

3.5.1 算术平均法

算术平均法是将流域内各站点同一时段内的降雨量进行算术平均的一种方法。该方法适用于雨量站分布均匀、地形起伏变化不大的流域。其计算公式如下

$$\bar{P} = \frac{1}{N} \sum P_i \quad (1-1)$$

式中 $\bar{P}$ ——某一指定时段的流域平均雨量, mm;

N ——流域内的雨量站数;

P_i ——流域内第 i 站指定时段的雨量, mm。

3.5.2 泰森多边形法

泰森多边形法假定流域上各点的雨量以其最近的雨量站的雨量为代表, 因此需要采用一定的方法推求各站代表的在流域中距其最近的点的面积, 这些站代表的面积图称泰森多边形, 其做法是: 先用直线(图 1-5 中的虚线)就近连接各站为许多三角形, 然后作各连线的垂直平分线, 它们与流域分水线一起组成 n 个多边形, 每个多边形的面积, 就是其中的雨量站代表的面积。设第 i 站代表的面积为 f_i , 第 i 站的降雨量为 P_i , 则该法计算流域平均雨量的公式为

$$\bar{P} = \sum \frac{f_i}{F} P_i \quad (1-2)$$

式中 f_i/F ——第 i 站代表面积占流域面积的比值, 称权重。

该方法适用于雨量站分布不均匀、地形起伏变化比较大时的流域, 是生产实践中应用比较广泛的一种方法。

3.5.3 等雨量线法

当流域内雨量站较多, 地形起伏较大, 能绘制出雨量等值线图时, 宜采用等雨量线法计算流域平均降雨量, 如图 1-6 所示, 其计算公式为

$$\bar{P} = \frac{1}{F} \sum_{i=1}^n p_i f_i \quad (1-3)$$

式中 f_i ——相邻两条等雨深线间的面积, km^2 ;

p_i ——相邻两等雨深线值上的平均雨量, mm。

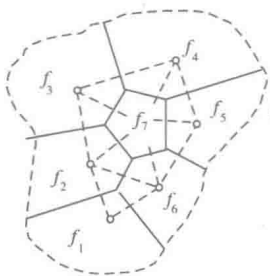


图 1-5 泰森多边形

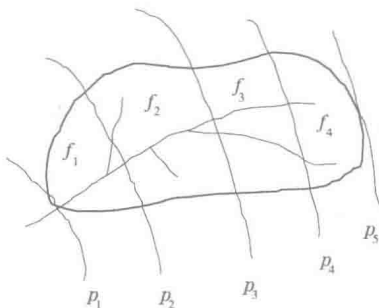


图 1-6 等雨量线

4 案例分析

【例 1-1】某流域内设有 5 个雨量站, 如图 1-7 所示。某日各站的降雨量观测值分别为 25 mm、35 mm、30 mm、45 mm、50 mm, 各雨量站控制面积分别为 20 km^2 、25 km^2 、30 km^2 、30 km^2 、27 km^2 。试用算术平均法和泰森多边形法计算流域平均降雨量。

解 算术平均法:
$$\bar{P} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n p_i = 37(\text{mm})$$

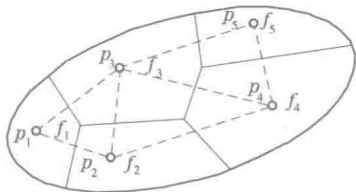


图 1-7 泰森多边形图

$$\text{泰森多边形法: } F = \sum_{i=1}^n f_i = 20 + 25 + 30 + 30 + 27 = 132 (\text{km}^2)$$

$$\begin{aligned} \bar{P} &= \frac{1}{F} \sum_{i=1}^n p_i f_i = \frac{1}{132} \times (20 \times 25 + 25 \times 35 + 30 \times 30 + 30 \times 45 + 27 \times 50) \\ &= 37.7 (\text{mm}) \end{aligned}$$

■ 学习单元3 径 流

1 学习目标

- (1) 掌握流域的特征及其特征值。
- (2) 掌握径流的度量单位。
- (3) 掌握径流的形成过程。

2 学习内容

- (1) 河流与流域的基本概念。
- (2) 流域的基本特征。
- (3) 径流的形成过程。
- (4) 径流参数的计算方法。

3 任务实施

径流是指流域表面的降水或融雪沿着地面与地下汇入河川,并流出流域出口断面的水流。河川径流的来源是大气降水。降水的形式不同,径流形成的过程也不一样,一般可分为降雨径流和融雪径流。在我国河流主要以降雨径流为主,冰雪融水径流只在局部地区或某些河流的局部地段发生。

3.1 河流

3.1.1 水系、干流和支流

干流、支流和流域内的湖泊、沼泽彼此相连构成一个脉络相连的泄水系统,称为河系,又叫水系或河网。水系的名称通常以它的干流或注入的湖泊、海洋命名,如太湖水系、长江水系等。在一个水系里面,一般以长度最长或水量最大的河流作为干流,注入干流的河流为一级支流,注入一级支流的河流为二级支流,其余依此类推。但干流划分有时根据过

去习惯来定,如岷江和大渡河,后者长度和水量都大于前者,但却把大渡河称为岷江的支流。

3.1.2 河流分段

河流一般分为河源、上游、中游、下游、河口五段。河源是河流发源的地方,可以是溪涧、泉水、湖泊或沼泽等;上游直接连接河源,上游河段一般落差大,水流急,下切和侵蚀强,在该段形成的地貌多为急流险滩及瀑布;中游段比降变缓,下切力减弱,而其向两侧的侵蚀力加强,河道弯曲,两岸常有滩地,河床较稳定;下游段比降变得更为平缓,流速较小,常有浅滩、沙洲,淤积作用显著(如黄河开封段的地上黄河,河床高出开封市 10 余 m);河口是河流的终点,即河流注入湖泊、海洋或其他河流的地方。

3.1.3 河流的基本特征

3.1.3.1 河长 L

河长是自河源沿干流到流域出口的流程长度,以 km 计。河长通常是在水系地形图上用求线仪或卡尺丈量所得的。

3.1.3.2 河网密度 D

单位面积内的河流总长度称为河网密度。它表示一个地区河网的疏密程度。以 km/km^2 计。河网密度越大,说明水系排泄水流能力强,汇流时间短,洪水涨落快,洪峰高。河网密度计算公式为

$$D = \frac{\sum_{i=1}^n l_i}{F} \quad (1.4)$$

式中 $\sum_{i=1}^n l_i$ ——流域内各干、支流长度的总和, km;

F ——流域面积, km^2 ;

D ——河网密度, km/km^2 。

3.1.3.3 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、宽广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 1-8 所示。

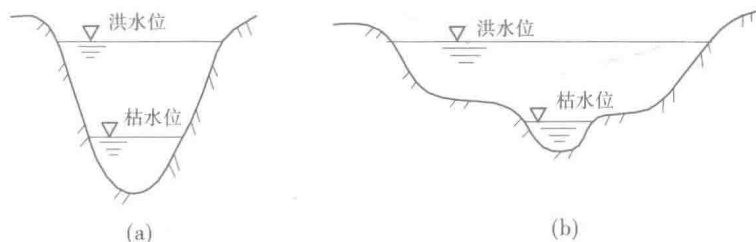


图 1-8 河槽横断面图



3.1.3.4 河道纵比降

河段两端的河底高程差称为落差,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(见图1-9),则整个河道的纵比降用河道平均比降表示,按下式计算河道平均纵比降。

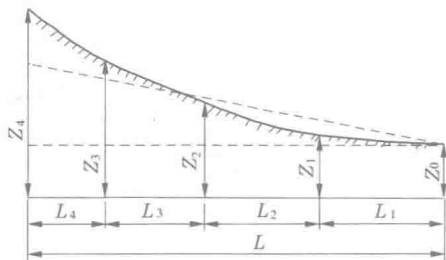


图1-9 河流纵断面

$$\bar{J} = \frac{(Z_0 + Z_1)L_1 + (Z_1 + Z_2)L_2 + \cdots + (Z_{n-1} + Z_n)L_n - 2Z_0L}{L^2} \quad (1-5)$$

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

$L_1, L_2, \dots, L_n$ ——干流底部各转折点的距离,m;

L ——河道全长,m;

$\bar{J}$ ——河道平均纵比降。

3.2 流域及其分类

河流某一断面来水的集水区域,即该断面(称流域出口断面)以上地面分水线、地下分水线包围的区域,称为流域。流域的边界通常是山脊或高地岭脊的连线,它起着分水作用,故称为分水线。如我国秦岭以南的水流归入长江,以北的水流归入黄河,所以秦岭山脊的连线是长江和黄河的分水线。分水线有地面分水线和地下分水线之分,地面分水线包围区域为地面集水区,地下分水线包围区域为地下集水区。在垂直方向上地面分水线、地下分水线重合的流域称为闭合流域,一般的大中流域均属此类。而非闭合流域则为地面分水线、地下分水线不重合的流域,如岩溶地区的河流和一些很小的流域,如图1-10所示。

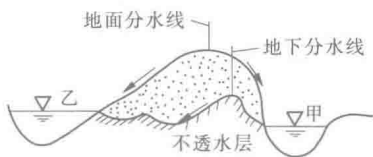


图1-10 地面分水线与地下分水线示意图

3.3 流域基本特征

3.3.1 几何特征

3.3.1.1 流域面积 F

在地形图上绘出流域的分水线,用求积仪量出分水线包围的面积,即为流域面积,以 km^2 计。在实际工作中,由于地下分水线难以确定,常以地面分水线包围的面积为集水面积,也称流域面积。

3.3.1.2 流域长度 L

流域长度是指从流域出口到流域最远点的流域轴线长度,以 km 计。