



iCourse·教材

高等学校水利学科核心课程教材

工程水文学

武汉大学

张翔 肖益民 张利平 陈华 编

高等教育出版社



iCourse · 教材

高等学校水利学科核心课程教材

工程水文学

武汉大学

张翔 肖益民 张利平 陈华 编

内容提要

本书阐述工程水文学的基本原理与方法。全书共分12章,内容包括绪论、水循环与径流形成、水文信息技术、水文统计、设计年径流分析与计算、由流量资料推求设计洪水、流域产汇流计算、由暴雨资料推求设计洪水、小流域设计洪水计算、可能最大暴雨和可能最大洪水的估算、河流泥沙计算及水文预报。

本书为高等学校水利类专业通用教材,也可作为其他涉水工程,例如水务工程、土木工程、资源环境与城乡规划管理等专业工程水文课程教材,并可供水利工程、交通工程和市政工程等专业的技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

工程水文学 / 张翔等编. --北京:高等教育出版社,2016.7

iCourse·教材

ISBN 978-7-04-045698-1

I. ①工… II. ①张… III. ①工程水文学-高等学校-教材 IV. ①TV12

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第140495号

策划编辑 周冉 责任编辑 黄强 封面设计 姜磊 版式设计 王艳红
插图绘制 于博 责任校对 刘娟娟 责任印制 田甜

出版发行	高等教育出版社	网 址	http://www.hep.edu.cn
社 址	北京市西城区德外大街4号		http://www.hep.com.cn
邮政编码	100120	网上订购	http://www.hepmall.com.cn
印 刷	三河市吉祥印务有限公司		http://www.hepmall.com
开 本	787mm×960mm 1/16		http://www.hepmall.cn
印 张	22.25	版 次	2016年7月第1版
字 数	420千字	印 次	2016年7月第1次印刷
购书热线	010-58581118	定 价	36.00元
咨询电话	400-810-0598		

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 45698-00

与本书配套的数字课程资源使用说明

与本书配套的数字课程资源发布在高等教育出版社易课程网站,请登录网站后开始课程学习。

一、网站登录

1. 访问 <http://abook.hep.com.cn/1249971>, 点击“注册”。在注册页面输入用户名、密码及常用的邮箱进行注册。已注册的用户直接输入用户名和密码登录即可进入“我的课程”界面。

2. 点击“我的课程”页面右上方“绑定课程”,按网站提示输入教材封底防伪标签上的数字,点击“确定”完成课程绑定。

3. 在“正在学习”列表中选择已绑定的课程,点击“进入课程”即可浏览或下载与本书配套的课程资源。刚绑定的课程请在“申请学习”列表中选择相应课程并点击“进入课程”。

账号自登录之日起一年内有效,过期作废。

二、资源使用

与本书配套的易课程数字课程资源包含文档、图片、动画(以二维码的形式出现在书中,扫描后即可观看,也可以登录数字课程网站查看),以及配套电子课件。全部电子资源均可登录网站进行学习。

前 言

《工程水文学》是高等学校水利学科核心课程教材。本教材是与爱课程网站的国家级资源共享课“工程水文学”配套使用的教材,被冠以“iCourse.教材”,网站配套有电子教案、视频、习题等数字化资源,读者可登录网站(http://www.icourses.cn/coursestatic/course_6630.html)学习。

本教材从满足水利类专业对“工程水文学”课程的教学要求出发,较为全面地介绍了工程水文学的基本原理与方法。全书共分12章,内容包括绪论、水循环与径流形成、水文信息技术、水文统计、设计年径流分析与计算、由流量资料推求设计洪水、流域产汇流计算、由暴雨资料推求设计洪水、小流域设计洪水计算、可能最大暴雨和可能最大洪水的估算、河流泥沙计算及水文预报。

本教材由武汉大学张翔、肖益民、张利平和陈华编。具体分工为:张翔编写第一、二、七、八章和附表,并对全书统稿;肖益民编写第六、九、十一章;张利平编写第三、十章;陈华编写第四、五、十二章。

本教材由合肥工业大学金菊良教授主审。从制定教材编写大纲到教材试用稿,主审人都做了认真审阅并提出了宝贵意见,在此表示衷心感谢。编写中,引用了一些有关院校、生产单位和科研单位编写的教材及技术资料,在此一并致谢。

诚恳地希望读者对本书的缺点和不足提出批评意见,以便今后进一步修正和完善。

编者

2016年5月于武汉

目 录

第一章 绪论	1	第三节 缺乏实测径流资料 时的设计年径流计算	151
第一节 工程水文学的任务	1	第六章 由流量资料推求设计 洪水	155
第二节 工程水文学的内容	2	第一节 洪水资料的分析处理	158
第三节 水文现象基本规律 及其研究方法	3	第二节 设计洪峰流量及洪量 的推求	163
第二章 水循环与径流形成	5	第三节 设计洪水过程线的 拟定	173
第一节 河流与流域	5	第四节 设计洪水的地区组成	177
第二节 降水	11	第五节 汛期分期设计洪水 与施工设计洪水	180
第三节 下渗	26	第七章 流域产汇流计算	184
第四节 蒸散发	33	第一节 流域降雨径流要素 计算	185
第五节 径流	37	第二节 蓄满产流计算	191
第六节 流域水量平衡	45	第三节 流域汇流计算	201
第三章 水文信息技术	47	第八章 由暴雨资料推求设计 洪水	216
第一节 水文测站与站网	47	第一节 设计面暴雨量	216
第二节 水位观测	54	第二节 设计暴雨时程分配 的计算	223
第三节 流量测验	63	第三节 由设计暴雨推求 设计洪水	225
第四节 流量资料整编	88	第九章 小流域设计洪水 计算	232
第五节 泥沙测验及计算	93	第一节 小流域设计暴雨计算	232
第六节 水文资料收集	103	第二节 计算洪峰流量的推理 公式	235
第四章 水文统计	106	第三节 计算洪峰流量的地区 经验公式	245
第一节 水文统计的基本概念	107		
第二节 随机变量的统计参数	110		
第三节 频率分布曲线	114		
第四节 水文频率计算方法	123		
第五节 相关分析	130		
第五章 设计年径流分析与 计算	141		
第一节 有长期实测径流资料 时的设计年径流计算	142		
第二节 有短期实测径流资料 时的设计年径流计算	149		

第四节	设计洪水过程线的推求	247	第一节	短期洪水预报	289
第十章	可能最大暴雨和可能最大洪水的估算	251	第二节	枯水预报	303
第一节	基本概念	251	第三节	冰情预报	306
第二节	可能最大暴雨估算方法	255	第四节	沙情预报	307
第三节	可能最大暴雨等值线图集的应用	266	第五节	中长期径流预报简介	311
第四节	可能最大洪水的推求	269	第六节	实时水文预报	312
第五节	可能最大暴雨/可能最大洪水成果的合理性检查	272	附表一	皮尔逊Ⅲ型频率曲线的离均系数 ϕ 值表	320
第十一章	河流泥沙计算	274	附表二	瞬时单位线 S 曲线查用表	326
第一节	流域产沙	275	附表三	1 000 hPa 地图到指定高度(高出地面米数)间饱和假绝热大气中的可降水量(mm)与1 000 hPa 露点($^{\circ}\text{C}$)函数关系表	338
第二节	多年平均输沙量计算	281	参考文献		344
第三节	输沙量年际年内变化计算	284			
第十二章	水文预报	288			

第一章 绪 论

大气中的水汽,地球表面的江河、湖泊、沼泽、冰川、海洋以及地下水等,都是以一定形式存在于自然界的水体。广义的水文学就是研究自然界中这些水体的运动、变化和分布规律的科学。因此,按照水体所处的位置和特点的不同,水文学可分为水文气象学、河流水文学、湖泊水文学、沼泽水文学、海洋水文学(海洋学)、地下水文学、城市水文学等。从应用的角度说,水文学有许多实际用途,运用水文学的理论和方法,为涉水工程的建设,如水利水电工程、工业和城镇建设工程、交通运输工程、农业建设工程、水土保持工程等提供水文设计数据和水文预报等,为工程设计、施工和管理服务,则称为工程水文学。



水文学发展的各阶段特点与发展趋势讨论

第一节 工程水文学的任务

在涉水工程的兴建到运用过程中,一般都要经历规划设计、施工建设及管理运营三个阶段,每阶段都需要定量预估未来的水文情势。由于各阶段的任务不同,对水文情势的预估各有侧重点。

1. 规划设计阶段

此阶段的主要任务是确定工程的规模。工程规模的确定决定于河流流量的估算。如果河流流量估算过大,就会使工程规模太大,造成资金的浪费。例如设计水库时,若来水量估算偏大,据以设计的水库容量过大,不能充分发挥工程的效益;反之,来水量估计过小,则工程容量不够,不能充分利用水利资源。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。在多沙河流上兴建水利工程时,还需估算蓄水工程的泥沙淤积量,以便考虑增设延长工程寿命的措施。这一阶段水文计算的任务就是为工程设计提供水文数据,如设计年径流、设计洪水、设计来沙量等,并通过计算确定工程的规模。

2. 施工阶段

施工阶段需要修建一些临时性水工建筑物,如围堰、导流渠等。为了确定建筑物规模,需要掌握施工期间的来水情况,计算施工期设计洪水,经调洪验算定出围堰高程和导流洞或渠道的断面。另外,还需要通过水文预报提供中、短期天

然来水情势,为防洪抢险和截流做好前期工作。

3. 运用管理阶段

这一阶段需要知道未来一定时期的来水情况,据此编制水量调度方案。有防洪任务的水库需要事先做出洪水预报,以便在洪水来临之前腾出库容,拦蓄洪水。一方面使水库本身安全度汛,另一方面使下游免受洪水灾害。汛期结束后,根据水文预报及时蓄水,以保证灌溉、发电、航运等方面的需求。另外,在工程建成后,还要不断复核和修改设计阶段的水文计算成果,改进调度方案或对工程实行扩建、改建,使得工程更好地为经济社会发展服务。

总之,水利工程的工程水文分析计算,就是通过掌握河流长期水文情势和近期的确切水情以服务水利工程的修建和实施。这不仅对水利水电工程建设有巨大作用,而且对许多国民经济部门也具有非常重要的意义。

第二节 工程水文学的内容

近年来,随着经济社会的发展和观念的进步,我国水利事业正在由传统水利向现代水利、可持续发展水利转变。针对我国经济社会发展对工程水文学的要求,本版《工程水文学》主要包含以下内容:

(1) 水文信息采集与处理(常称水文测验)。描述关于降水、蒸发、下渗、水位、流量、泥沙、水质、河道等项目的观测、调查及资料整编、检索的方法。水文信息采集与处理可为水文分析、计算、预报及研究提供水文、气象、水质、水系等基础资料。

(2) 降雨径流关系分析。揭示流域径流的形成规律,定量分析流域降雨量、土壤含水量、径流量之间及降雨过程与流量过程之间的关系,描述流域产流与汇流计算的常用方法及数学模型。流域降雨径流关系分析是水文预报和水文计算的重要基础,也可以直接应用于涉水工程的有关分析计算。

(3) 水文分析与计算。揭示水文现象的成因规律与统计规律,研究水文要素与地理因素之间的联系及时空分布特征,论述各种资料条件下预估未来水文情势的方法和途径。水文分析与计算为涉水工程的规划、设计和施工提供水文依据。

(4) 水文预报。重点介绍洪峰流量、洪水位及洪水过程的短期预报方法。短期洪水预报为涉水工程的施工和管理提供即将发生的洪水水情,以便提前制定防御措施,减少可能的灾害损失。在枯水预报部分,介绍枯水径流过程预测方法,为水资源利用、水生态环境保护提供水情依据。

第三节 水文现象基本规律及其研究方法

自然界中的水文现象极为复杂,它的发生发展与气象要素、地质地貌、植被等下垫面条件及人类活动均有关系。但复杂的水文现象仍具有一定的规律性。

1. 水文现象的确定性规律

水文现象同其他自然现象一样,具有必然性和偶然性。在水文学中通常按数学上的习惯,称前者为确定性,后者为随机性。

水文现象总是出现以时间为单位的周期性变化,例如河流每年都具有洪水期和枯水期的周期性交替,冰雪水源河流则具有以日为周期的流量变化,产生这些现象的基本原因是地球公转和自转。另一方面,在一条河流上降落一场暴雨,相应地就会出现一次洪水,如果暴雨强度大、历时长、笼罩面积广,产生的洪水就大;反之则小。显然,暴雨与洪水之间存在着因果关系。这些说明:水文现象的变化都具有客观发生的原因和具体形成的条件,其变化过程都有一定的前因后果关系,存在确定性的变化规律,也称成因规律。如水文周期性规律、水文循环规律、水量平衡原理、水动力学原理、产汇流原理等。但是,影响水文现象的因素极其错综复杂,其确定性规律常不能完全用严密的数理方程表达出来。

2. 水文现象的随机性规律

影响水文现象的因素众多,各因素本身也在动态发展变化当中,故水文现象通常也表现出一定的随机性。例如河流某断面每年出现最大洪峰流量的大小和它们出现的具体时间各年不同。但通过长期观测资料的统计分析,可以发现,特大洪水流量和特小洪水流量出现的机会很少,中等洪水出现的机会较多,多年平均值则是一个趋于稳定的数值,洪水大小和出现机会之间形成一个确定的分布,即每一洪水数值都对应一个相应的出现几率,这就是所说的随机性规律,因为掌握这种规律常常需要由大量的资料统计分析出来,因此也称为统计规律。

3. 水文现象的地区性规律

由于水文现象的气候、地理等影响水文现象的要素具有地区性规律,所以水文现象在一定程度上也体现出地区性的特点。例如我国的多年平均降水量自东南沿海向西北内陆逐渐递减,从而使河川多年平均径流深也呈现出同样的地区性变化,它综合反映了确定性和随机性规律。

根据上述水文现象的基本规律,其研究方法相应地分为以下三类。

1. 成因分析法

如上所述,某一水文现象的发生是众多因素综合影响的结果,两者之间在成

因上存在着确定性关系。通过对实测资料和实验资料的分析研究,可以从水文过程形成的机理上建立某一水文现象与其影响因素之间确定性的定量关系。这样,就可以根据过去和当前影响因素的状况,预测未来出现的水文现象。这种利用水文现象确定性规律来解决水文问题的方法,称为成因分析法,它在水文分析和水文预报中得到了广泛应用。例如,当知道上、下游站的同时水位和洪水传播时间时,就可由上游站的洪水位预报得到下游站的洪水位。

2. 数理统计法

影响水文情势的因素复杂多变,不可能用成因法一一处理。这时就需要根据水文现象的随机性,以概率理论为基础,运用频率计算方法,求得某水文要素的概率分布,从而得出工程规划设计所需要的设计水文特征值。利用两个或多个变量之间的统计关系——相关关系,进行相关分析,以展延水文系列或做水文预报。数理统计法在水文分析计算中应用广泛。

3. 地区综合法

根据气候要素和其他地理要素的地区性规律,可以以地区为单位研究受其影响的某些水文特征值的地区变化规律。这些研究成果可以用等值线图或地区经验公式表示,如多年平均径流深等值线图、洪水地区经验公式等。利用这些等值线或经验公式,可以求出资料短缺地区的水文特征值。这就是地区综合法。

在工程水文学中,由于影响水文过程的因素是非常复杂的,成因分析法和数理统计法往往不能截然分开,需结合使用才能较好地描述水文过程,有效地减少计算成果的误差。在实际情况下,即使是认识到水文现象的成因规律,往往也是定性的认识,不能从确定性途径建立相应的数学物理方程,需要根据实测资料,借助于统计学途径建立相关关系。同样,要采用数理统计法建立设计变量与参证变量之间的相关关系,必须采用成因分析方法选择合适的参证变量,才能使得建立的相关关系具备可靠性和有效性。因此,认真地学习、了解和掌握水文过程的成因规律、地理分布规律和统计规律,掌握工程水文学的研究方法的特性,才能较好地解决工程实际问题。

第二章 水循环与径流形成

一定区域的水文特征,如多年平均径流量、径流的年内分配和年际变化等,取决于那里的气象条件和下垫面因素,其中气象因素常常起主导作用。气象因素有气温、气压、湿度、风、降水、蒸发等;下垫面因素有河流长度、坡降和河流集水区(称流域)的面积、形状、坡度、土壤、地质、植被、人类活动措施等。本章将简要论述气象与水文的基本概念,为进一步学习打下基础。



水循环

第一节 河流与流域

河流是一种天然水体,河流是在一定地质和气候条件下形成的河槽与在其中流动的水流的总称。由地壳运动形成的线形槽状凹地为河流提供了行水的场所,大气降水则为河流提供了水源。河流是地球上水循环的重要路径。一条河流接受补给的区域,称为该河流的流域。河流补给包括地面水补给和地下水补给,一般把地面水的集水面积作为流域面积。

一、河流

(一) 河流的形成与分段

降落到地面的雨水,除下渗、蒸发等损失外,在重力作用下沿着一定的方向和路径流动,这种水流称为地面径流。地面径流长期侵蚀地面,冲成沟壑,形成溪流,最后汇集成河流。河流流经的谷地称为河谷,河谷底部有水流的部分称为河床或河槽。面向下游,左边的河岸称为左岸,右边的河岸称为右岸。河流是水文循环的一条主要路径,它是和人类关系最为密切的水体之一。

一条河流沿水流方向,自高向低分为河源、上游、中游、下游和河口五段。河源是河流的发源地,多为泉水、溪涧、湖泊或沼泽。上游紧接河源,多处于深山峡谷中,坡陡流急,河谷下切强烈,常有急滩或瀑布。中游河段坡度渐缓,河槽变宽,两岸常有滩地,冲淤变化不明显,河床较稳定。下游是河流的最下段,一般处于平原区,河槽宽阔,河床坡度和流速都较小,淤积明显,浅滩和河湾较多。河口是河流的终点,即河流注入海洋或内陆湖泊的地方。这一段因流速骤减,泥沙大

量淤积,往往形成三角洲。注入海洋的河流,称为外流河,如长江、黄河等;注入内陆湖泊或消失于沙漠中的河流,称为内流河或内陆河,如新疆的塔里木河和青海的格尔木河等。

(二) 河流的基本特征

1. 河流的长度

自河源沿主河道至河口的距离称为河流的长度,简称河长,记为 L ,以 km 计。可在适当比例尺的地形图上量得。

2. 河流的平面形态

河流的平面形态可用地形图表示。山区河流平面形态极其复杂,河岸陡峭曲折不齐,多为急弯卡口,宽窄相间。河底多为岩石,常有巨石突出,或深潭跌水,等深线变化很大。平原河流平面形态有微弯型、分叉型、蜿蜒型和散乱型。图 2-1 为某蜿蜒河段的地形图,在凹岸,水深较大,为深槽,在凸岸则形成浅滩。两反向河湾之间的直段,水深较浅,为浅槽。深槽和浅槽沿水流方向交替出现,具有一定的规律性。

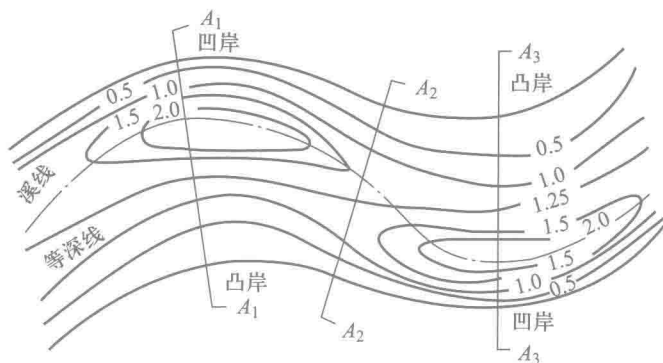


图 2-1 蜿蜒型河道平面形态图

3. 河流断面

(1) 横断面。垂直水流方向的剖面称为横断面,简称断面,其一般形状如图 2-2 所示。断面内自由水面高出某一水准基面的高程称为水位。枯水期水流所占部分为基本河床,或称为主槽。洪水泛滥所及部分为洪水河床,或称为滩地。只有主槽而无滩地的断面称为单式断面,有主槽又有滩地的断面称为复式断面。河流横断面能表明河床的横向变化。断面内通过水流的部分称为过水断面,其面积称为过水断面面积,记为 A ,以 m^2 计,它的大小随断面形状和水位而变。

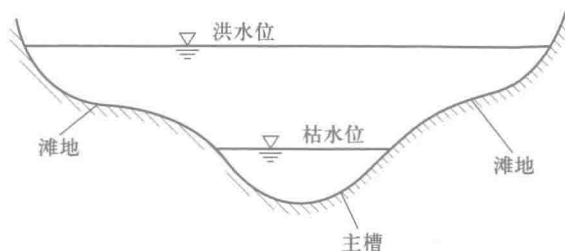


图 2-2 河流横断面示意图

(2) 纵断面。河槽中沿水流方向各断面最大水深点的连线,称为中泓线或溪线,如图 2-1 所示。沿中泓线的剖面称为河流的纵断面,图 2-3 为某河段纵断面图。河流纵断面能反映河床的沿程变化。

4. 河流纵比降

任一河段两端的高差 ΔZ 称为落差,单位河长的落差称为河道纵比降,简称比降。当河段纵断面近于直线时,可按下式计算:

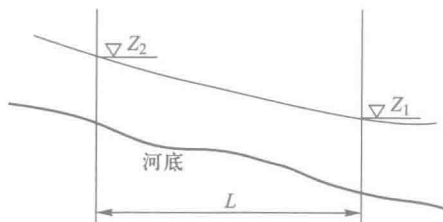


图 2-3 河流纵断面图

$$J = \frac{Z_2 - Z_1}{L} = \frac{\Delta Z}{L} \quad (2-1)$$

式中: J 为河段的比降,以小数或千分数计; Z_2 、 Z_1 为河段上、下断面水位或河底高程, m ; L 为河段长度, m 。

工程中常用的比降有水面比降和河底比降。水面比降随水位的变化而变化,河底比降则较稳定。河流沿程各河段的比降都不相同,一般自上游向下游逐渐变小。

当河底高程沿程变化时,可在地形图上自下断面至上断面读取沿程各河底高程变化点的高程及相邻两高程点的间距,作河段纵断面图。从下断面河底处作一斜线至上断面,使斜线以下的面积与原河底线以下面积相等,如图 2-4 所示,该斜线的坡度即为河道河底的平均比降,其计算式为

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

式中: Z_0, \dots, Z_n 为从下游到上游沿程各点河底高程, m ; L_1, \dots, L_n 为相邻两高程点间的距离, m ; L 为河段全长, m 。

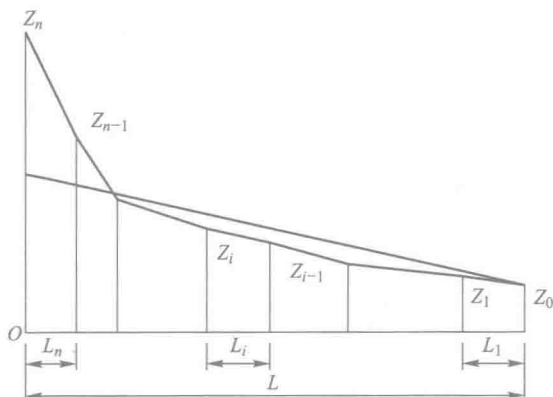


图 2-4 河道纵断面示意图

二、水系、干流和支流

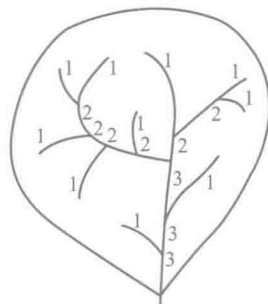
干流、支流和流域内的湖泊、沼泽彼此连接组成一个庞大的系统,称为水系,如图 2-5 所示。水系的名称通常以其干流或注入的湖泊、海洋命名,如长江水系、太湖水系等。

干流和支流是一个相对的概念。在一个水系里面,一般以长度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,依此类推。但于流划分有时根据过去的习惯而定,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。为了区别干、支流,常用斯特拉勒(Strahler)河流分级法进行分级。该法可表述为:

- (1) 直接发源于河源的小河流为一级河流。
- (2) 两条同级别的河流汇合而成的河流的级别比原来高一级。

(3) 两条不同级别的河流汇合而成的河流的级别为两条河流中级别较高者。依此类推至干流,干流是水系中最高级别的河流。

根据干、支流的分布和组合情况,水系可以分为扇形、羽毛形、平行状和混合形等形态。水系形态对河流水情有重要影响。扇形水系,汇流时间短,洪水集中,容易形成洪灾。羽毛形水系,各支流洪水交错汇入干流,近水先去,远水后来,洪水比较缓和。

图 2-5 流域与水系示意图
1、2、3—河流级别

三、流域

(一) 流域

汇集地表水和地下水的区域称为流域,也就是分水线包围的区域,如图 2-5 所示。分水线有地面分水线和地下分水线之分。当地面分水线和地下分水线相重合,称为闭合流域,否则为不闭合流域,如图 2-6 所示。在实际工作中,除了喀斯特地貌等特殊地质构造的地区外,对一般流域,当对所论述的问题无太大影响时,多按闭合流域考虑。

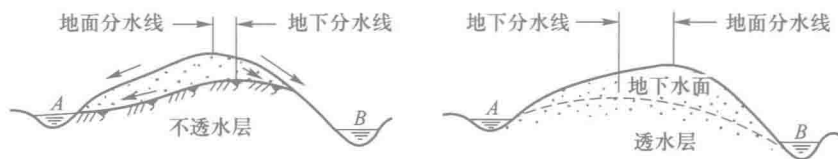


图 2-6 地面分水线和地下分水线示意图

流域是相对应于某一出口断面的,当不指明断面时,流域即指河口断面以上区域。

(二) 流域基本特征

1. 流域面积

分水线所包围的面积称为流域面积或集水面积,以 F 表示,以 km^2 计。流域面积是流域的主要几何特征,是衡量河流大小的重要指标。测定流域面积,通常在适当比例尺的地形图上绘制出流域分水线,用求积仪测量出流域分水线所包围的面积,或者用面积公式法或数方格法计算出所包围的面积。

2. 河网密度

流域内河流干支流的总长度与流域面积的比值称为河网密度,以 km/km^2 计。

3. 流域的长度和平均宽度

流域的长度也称为流域的轴长,以 L_A 表示。以流域出口断面为圆心,向河源方向作一组不同半径的圆弧,在每条弧与流域分水线相交的两点处作弦线,各条弦线中点的连线的长度即为流域的长度,以 km 计。流域面积与流域长度的比值称为流域的平均宽度,以 km 计。流域平均宽度 B 可以用下式计算:

$$B = \frac{F}{L_A} \quad (2-3)$$

4. 流域形状系数

流域形状系数是流域平均宽度 B 和流域长度 L_A 之比,以 K 表示。流域形状

系数反映流域形状的特性,如扇形流域 K 值大,狭长形流域 K 值小。 K 值按下式计算:

$$K = \frac{B}{L_A} = \frac{F}{L_A^2} \quad (2-4)$$

5. 流域的平均高度和平均坡度

将流域的地形图划分为 100 个以上的正方格,依次定出每个方格交叉点上的高程以及与等高线正交方向的坡度,取其平均值即为流域的平均高度和平均坡度。

6. 流域的自然地理特征

流域的地理位置、地形、气候、土壤、地质、植被以及湖沼等,都是与流域水文情势有密切关系的自然地理特征。因此,在研究流域的水文问题时,需要对流域的自然地理特征有一定的了解。

流域的地理位置。流域的地理位置是用流域所处的经纬度范围来表示的。流域的地理位置反映了流域的气候与地理环境的特性,也是水文区域性变化的一个标志。

流域的气候条件。流域的气候条件包括降水、蒸发、湿度、温度和风等。径流情势的变化主要决定于降水,而降水又与其他气象因素有着密切关系。

流域的下垫面条件。流域的下垫面条件是指流域的地形地貌、地质构造、土壤和岩石性质、植被、湖泊、沼泽等情况。这些要素以及上述河流特征、流域特征都反映了水系的具体条件,并影响径流形成的规律。

土壤、岩石性质和地质构造影响入渗及地下水的补给,因而也影响到了径流的变化。

植被增加能减缓地面径流,增加入渗和地下径流。森林覆盖率加大可以使年雨量有所增加,同时也增加了流域蒸发量。流域上植被覆盖程度以植被面积 A 占流域面积 F 之比值来表示,称为植被率。

湖泊、沼泽率是湖泊、沼泽面积占流域面积的百分数,它反映了湖泊、沼泽在流域内所占比重的大小。湖泊、沼泽对洪水有调蓄作用,湖泊、沼泽率大的流域,河流的洪峰较低,径流在年内分配较均匀。

流域地形特征对流域内降水和径流的变化有很大影响。除用地形图表示地形的特征之外,还可以用流域的平均高程和平均坡度来表征。

人类活动类型和程度。在天然情况下,水文循环中的水量、水质在时间和地区上的分布满足不了人类生产、生活和防灾的需求。为了解决这一矛盾,长期以来人类采取了许多措施,如兴修水利、植树造林、水土保持、城市化等来满足人类的需要。人类的这些活动,在一定程度上改变了流域原始的下垫面条件从而引