

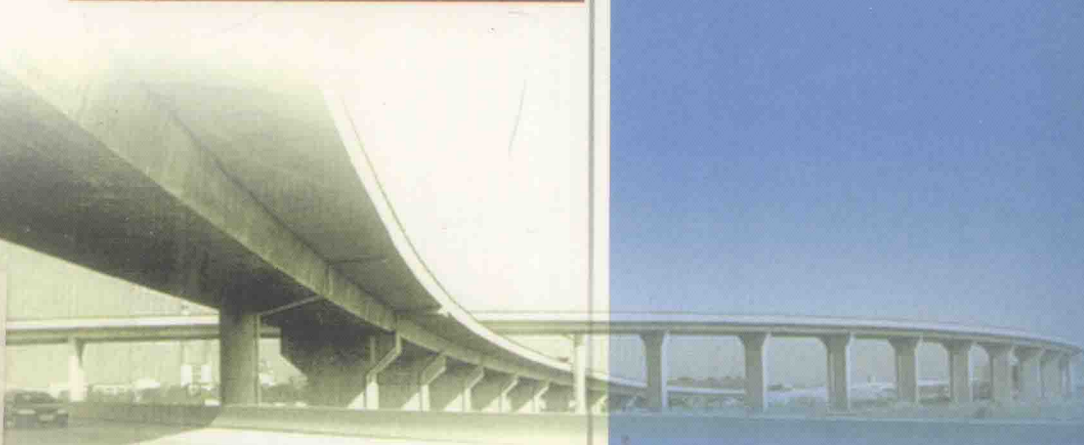
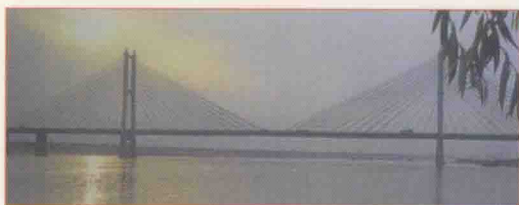


高等学校教材

桥涵水文

(第三版)

高冬光 编 著
刘新生 主 审



人民交通出版社
China Communications Press

面向二十一世纪高等学校教材

Qiaohan Shuiwen

桥 涵 水 文

(第三版)

高冬光 编著
刘新生 主审

人民交通出版社

内 容 提 要

本书为高等学校教材《桥涵水文》第三版,本书内容力求体现“重基础,宽专业,新技术,讲实用”风格,共包括河川径流、水文统计原理、设计洪水流量、海洋水文、大中桥孔径计算、桥墩和桥台冲刷、调治构造物、小桥和涵洞孔径计算、桥位勘测和桥位选择、桥梁水工模型试验等10章。

本文为21世纪高等学校教材,亦可供桥涵设计、施工技术人员学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

桥涵水文 / 高冬光编著. —3版. —北京:人民交通出版社,2003

ISBN 7-114-04741-X

I. 桥... II. 高... III. 桥涵工程—工程水文学
IV. U442.3

中国版本图书馆CIP数据核字(2003)第055457号

面向二十一世纪高等学校教材

桥涵水文(第三版)

高冬光 编著

刘新生 主审

正文设计:姚亚妮 责任校对:刘 芹 责任印制:杨柏力

人民交通出版社出版发行

(100011 北京市朝阳区安定门外外馆斜街3号)

各地新华书店经销

北京牛山世兴印刷厂印刷

开本:787×1092 1/16 印张:14.25 插页:4 字数:328千

1980年7月 第1版

1985年3月 第2版 2003年8月 第3版

2006年9月 第3版 第5次印刷 总第10次印刷

印数:33001—38000册 定价:24.00元

ISBN 7-114-04741-X

21 世纪交通版

高等学校教材(公路与交通工程)编写委员会

- 主任委员:王秉纲 (长安大学)
- 副主任委员:胡长顺 (长安大学)
- 陈艾荣 (同济大学)
- 王 炜 (东南大学)
- 杜 颖 (人民交通出版社)
- 委 员:周 伟 (交通部交通科学研究院)
- 郑建龙 (长沙理工大学)
- 张建仁 (长沙理工大学)
- 刘小明 (北京工业大学)
- 梁乃兴 (重庆交通大学)
- 向中富 (重庆交通大学)
- 徐 岳 (长安大学)
- 郭忠印 (同济大学)
- 杨晓光 (同济大学)
- 黄晓明 (东南大学)
- 叶见曙 (东南大学)
- 黄 侨 (哈尔滨工业大学)
- 裴玉龙 (哈尔滨工业大学)
- 马松林 (哈尔滨工业大学)
- 赵明华 (湖南大学)
- 邵旭东 (湖南大学)
- 陈宝春 (福州大学)
- 王殿海 (吉林大学)
- 符铤砂 (华南理工大学)
- 秘 书 长:韩 敏 (人民交通出版社)

总 序

当今世界,科学技术突飞猛进,全球经济一体化趋势进一步加强,科技对于经济增长的作用日益显著,教育在国家经济与社会发展中所处的地位日益重要。进入新世纪,面对国际国内经济与社会发展所出现的新特点,我国的高等教育迎来了良好的发展机遇,同时也面临着巨大的挑战,高等教育的发展处在一个前所未有的重要时期。其一,加入 WTO,中国经济已融入到世界经济的发展进程之中,国家间的竞争更趋激烈,竞争的焦点已更多地体现在高素质人才的竞争上,因此,高等教育所面临的是全球化条件下的综合竞争。其二,我国正处在由计划经济向社会主义市场经济过渡的重要历史时期,这一时期,我国经济结构调整将进一步深化,对外开放将进一步扩大,改革与实践必将提出许多过去不曾遇到的新问题,高等教育面临加速改革以适应国民经济进一步发展的需要。面对这样的形势与要求,党中央国务院提出扩大高等教育规模,着力提高高等教育的水平与质量。这是为中华民族自立于世界民族之林而采取的极其重大的战略步骤,同时,也是为国家未来的发展提供基础性的保证。

为适应高等教育改革与发展的需要,早在 1998 年 7 月,教育部就对高等学校本科专业目录进行了第四次全面修订。在新的专业目录中,土木工程专业扩大了涵盖面,原先的公路与城市道路工程,桥梁工程,隧道与地下工程等专业均纳入土木工程专业。本科专业目录的调整是为满足培养“宽口径”复合型人才的要求,对原有相关专业本科教学产生了积极的影响。这一调整是着眼于培养 21 世纪社会主义现代化建设人才的需要而进行的,面对新的变化,要求我们对人才的培养规格、培养模式、课程体系和内容都应作出适时调整,以适应要求。

根据形势的变化与高等教育所提出的新的要求,同时,也考虑到近些年来公路交通大发展所引发的需求,人民交通出版社通过对“八五”、“九五”期间的路桥及交通工程专业高校教材体系的分析,提出了组织编写一套面向 21 世纪的具有鲜明交通特色的高等学校教材的设想。这一设想,得到了原路桥教学指导委员会几乎所有成员学校的广泛响应与支持。2000 年 6 月,由人民交通出版社发起组织全国面向交通办学的 12 所高校的专家学者组成面向 21 世纪交通版高等学校教材(公路类)编审委员会,并召开第一次会议,会议决定着手组织编写土木工程专业具有交通特色的道路专业方向、桥梁专业方向以及交通工程专业教材。会议经过充分研讨,确定了包括基本知识技能培养层次、知识技能拓宽与提高层次以及教学辅助层次在内的约 130 种教材,范围涵盖本科与研究生用教材。会后,人民交通出版社开始了细致的教材编写组织工作,经过自由申报及专家推荐的方式,近 20 所高校的百余名教授承担约 130 种教材的主编工作。2001 年 6 月,教材编委会召开第二次会议,全面审定了各门教材主编院校提交的教学大纲,之后,编写工作全面展开。

面向 21 世纪交通版高等学校教材编写工作是在本科专业目录调整及交通大发展的背景下展开的。教材编写的基本思路是:(1)顺应高等教育改革的形势,专业基础课教学内容实现与土木工程专业打通,同时保留原专业的主干课程,既顺应向土木工程专业过渡的需要,又保持服务公路交通的特色,适应宽口径复合型人才培养的需要。(2)注重学生基本素质、基本能

力的培养,将教材区分为二个主层次与一个辅助层次,即基本知识技能培养层次与知识技能拓宽与提高层次,辅助层次为教学参考用书。工作的着力点放在基本知识技能培养层次教材的编写上。(3)目前,中国的经济发展存在地区间的不平衡,各高校之间的发展也不平衡,因此,教材的编写要充分考虑各校人才培养规格及教学需求多样性的要求,尽可能为各校教学的开展提供一个多层次、系统而全面的教材供给平台。(4)教材的编写在总结“八五”、“九五”工作经验的基础上,注意体现原创性内容,把握好技术发展与教学需要的关系,努力体现教育面向现代化、面向世界、面向未来的要求,着力提高学生的创新思维能力,使所编教材达到先进性与实用性兼备。(5)配合现代化教学手段的发展,积极配套相应的教学辅件,便利教学。

教材建设是教学改革的重要环节之一,全面做好教材建设工作,是提高教学质量的重要保证。本套教材是由人民交通出版社组织,由原全国高等学校路桥与交通工程教学指导委员会成员学校相互协作编写的一套具有交通出版社品牌的教材,教材力求反映交通科技发展的先进水平,力求符合高等教育的基本规律。各门教材的主编均通过自由申报与专家推荐相结合的方式确定,他们都是各校相关学科的骨干,在长期的教学与科研实践中积累了丰富的经验。由他们担纲主编,能够充分体现教材的先进性与实用性。本套教材预计在二年内完全出齐,随后,将根据情况的变化而适时更新。相信这批教材的出版,对于土木工程框架下道路工程、桥梁工程专业方向与交通工程专业教材的建设将起到有力的促进作用,同时,也使各校在教材选用方面具有更大的空间。需要指出的是,该批教材中研究生教材占有较大比例,研究生教材多具有较高的理论水平,因此,该套教材不仅对在校学生,同时对于在职学习人员及工程技术人员也具有很好的参考价值。

21 世纪初叶,是我国社会经济发展的重要时期,同时也是我国公路交通从紧张和制约状况实现全面改善的关键时期,公路基础设施的建设仍是今后一项重要而艰巨的任务,希望通过各相关院校及所有参编人员的共同努力,尽快使全套面向 21 世纪交通版高等学校教材(公路类)尽早面世,为我国交通事业的发展做出贡献。

面向 21 世纪交通版
高等学校教材(公路类)编审委员会
人民交通出版社
2001 年 12 月

前 言

1980年,《桥涵水文》(第一版)根据交通部教材会议决定,作为高等学校全国统编教材。1985年修订的《桥涵水文》(第二版)经多次印刷,发行近10万册,说明全国广大师生已接受了它。1996年交通部路桥专业教学指导委员会决定,在此基础上编写桥梁工程专业的《桥位勘测设计》教材,与《桥涵水文》比较,《桥位勘测设计》更突出桥位勘测专业工程实践的内容。根据路桥专业21世纪新教材建设计划,《桥涵水文》(第三版)在以上教材使用经验基础上,再次修订出版。

20多年来,为适应我国交通建设大规模、高速度发展的需要,桥梁水力、水文学在20世纪60年代科研成果的基础上,发展到一个新水平,逐渐形成具有我国特点的学科体系。

近年来,我国教育体制改革取得重大成就,注重学生的素质教育,拓宽专业面,加强基础知识,重视能力培养。为适应市场经济的发展,路桥专业设置也由针对性较窄的专业向土木工程专业过渡。

《桥涵水文》(第三版)作为21世纪新教材,必须反映上述各方面的新成就,为我国交通建设事业的发展和教育改革服务。第三版较前两版的内容,在力求体现“重基础,宽专业,新技术、讲实用”风格下,作了全面的更新和调整。考虑到21世纪我国沿海修建跨海湾、海峡等海域桥梁的需要,增加“海洋水文”一章;根据河川水文和海洋水文的共同需要,在“水文统计原理”一章,理论频率曲线除原有的皮尔逊III型曲线外,增加了极值I型(耿贝尔)曲线,后者主要用于潮水位的频率分析,也可用于洪水频率分析;小流域暴雨径流计算方面,增加了1980年以来的科研成果,如全国水文分区公式、公路科研所推理公式和经验公式等内容。另外,根据我国推荐的最新科研成果,桥长、壅水、冲刷和导流堤等各章,全面更新了内容。根据多年教学经验,适当增加小桥涵的有关内容,形成从小桥涵勘测、孔径计算到进出口处理,全面的知识。

近10年来,公路及桥梁勘测设计广泛地应用了电子计算机技术。本教材将作者2002年开发完成并通过测试,已在一些部、省级设计院使用的《桥位设计计算系统(QW1.0)》,通过设计实例介绍给读者,使复杂的水文水力计算和桥梁、涵洞勘测设计全面系统地由计算机完成。

随着教育体制改革的深入发展,我国高等院校正在逐步形成具有不同办学特点、多种专业设置及不同办学层次的高等教育体系。本教材根据新形势的这种需求,各章内容具有一定的独立性,不同要求可选读不同的章节内容。

《公路工程水文勘测设计规范(JTG C30—2002)》编写组负责人刘新生高级工程师,作为主审,对书稿提出了宝贵的修改意见,作者致以诚挚的谢意。

尽管作者力求为读者提供一本较为满意的教材,但是,受主客观条件所限,书中错误、缺点在所难免,敬请指正,衷心感谢。

高冬光

2003年2月24日

第二版前言

本书自 1980 年出版以来,经有关院校几年试用,取得了一些经验,也发现教材中存在一些问题,在 1982 年交通部召开的路桥专业教材编审委员会扩大会议上,各院校提出了修改意见,重新修订了教学大纲,因此有必要对本书第一版进行修订。

修订工作是在第一版的基础上进行的,除保持原书体系,注重加强基本理论和基本概念以外,调整了部分内容,适当增加了一些新的内容和必要的例题,以符合学生的认识规律,贯彻理论联系实际的原则,便于学生学习。本书未列习题和作业题,教学中可按教学大纲的要求,结合实际情况适量布置。

修订工作仍由第一版的编写人分工执笔,各章均由原编写人修改,由主编人汇总审订。本书修订版由西安公路学院张学龄主编,由北京工业大学谢杰主审。

修订过程中,各兄弟院校的有关教研室提供了许多宝贵意见,西安公路学院李宁军同志承担了本版的描图工作,在此一并表示衷心感谢。

由于我们的水平所限,书中难免有缺点和错误,恳切希望广大读者批评指正。

第一版前言

本书根据 1977 年交通部制定的有关教学计划和 1978 年教材会议提出的教学大纲编写的,经有关院校会审会议讨论后作了修改。本书注重加强基本理论和基本概念,并适当介绍了常用的计算方法。

本书第一、四、五章和附录由西安公路学院高冬光编写,第二、三章由西安公路学院张学龄编写,第六、七章由同济大学景天然编写。该书由西安公路学院张学龄主编,书稿经西安公路学院刘德进审阅。全书由福州大学蔡冠雄、吴燕主审。

本书对涉及到的有关国际制单位作了介绍。

由于我们的水平所限,时间仓促,书中难免有错误和不足之处,希望读者提出宝贵意见。

目 录

第一章 河川径流	1
第一节 河流和流域	1
第二节 径流形成	5
第三节 水文测验	9
第四节 水文资料的搜集和整理	14
第二章 水文统计原理	22
第一节 水文现象的特性和分析方法	22
第二节 几率和频率	23
第三节 频率分布	25
第四节 经验频率曲线	28
第五节 统计参数	29
第六节 理论频率曲线	34
第七节 相关分析	46
第三章 设计洪水流量	54
第一节 根据流量观测资料推算设计流量	54
第二节 根据地区经验公式推算设计流量	60
第三节 推理公式和经验公式	76
第四章 海洋水文	88
第一节 潮汐和潮流	88
第二节 海岸和河口	92
第三节 波浪	93
第四节 波浪对桥梁墩台的作用力	98
第五章 大中桥孔径计算	103
第一节 桥位河段水流图式和桥孔布置原则	103
第二节 桥孔长度	108
第三节 桥面高程	112
第四节 计算实例	120
第六章 桥墩和桥台冲刷	126
第一节 泥沙运动	126
第二节 河床演变和河相关系	131
第三节 桥下河床断面的一般冲刷	135
第四节 桥墩局部冲刷	140
第五节 桥台冲刷	148
第六节 最低冲刷线高程和计算实例	152

第七章 调治构造物	157
第一节 导流堤	157
第二节 丁坝	160
第三节 计算实例	162
第八章 小桥和涵洞孔径计算	165
第一节 小桥和涵洞勘测	165
第二节 小桥孔径计算	166
第三节 涵洞孔径计算	172
第四节 小桥和涵洞的进出口处理	177
第五节 山区小桥和涵洞进出口的水力计算	181
第六节 计算实例	183
第九章 桥位勘测和桥位选择	188
第一节 桥位勘测设计的内容	188
第二节 桥位选择	190
第三节 桥位方案实例	192
第十章 桥梁水工模型试验	197
第一节 桥梁水工模型试验的种类和意义	197
第二节 相似理论和模型设计	197
第三节 桥梁水工模型试验实例	201
参考文献	205

第一章 河川径流

地球上无数条河流日夜不停地奔流,河水涨落、河床冲淤,这些变化与人类生活和生产建设都有密切关系。修建公路和铁路,要跨越河流和沟渠,需要架设桥梁和涵洞,以便通过车辆和宣泄洪水。桥梁和涵洞都是跨河的泄水建筑物,应根据河流的洪水情势及河床的冲淤变形等进行设计。

川流不息的大小河流把地面上的水注入海洋;海洋和地面上的水在太阳辐射的作用下,蒸发进入大气,水汽在上升和随气流运动中遇冷凝结,并以降水(雨、雪、霜、露等)形式降落到海洋或地面上,地面上的水又通过河流汇入海洋;如此周而复始,形成自然界的水分循环。研究自然界中水的运行变化规律的科学,称为水文学。河川径流是水文学中一个重要的内容,与道路、桥梁等工程建设有直接关系。

第一节 河流和流域

一、河流

1. 河流的形成和分段

降落到地面上的水,除掉损失一部分以外,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,最后汇集而成河流。河流流经的谷地称为河谷,河谷底部(谷底)有水流的部分称为河床。受重力作用沿河床流动的水流,称为河川径流。

这些脉络相通的大小河流所构成的系统,称为水系(或河系),图 1-1-1 为黄河水系略图。水系中直接流入海洋、湖泊的河流称为干流,流入干流的河流称为支流。

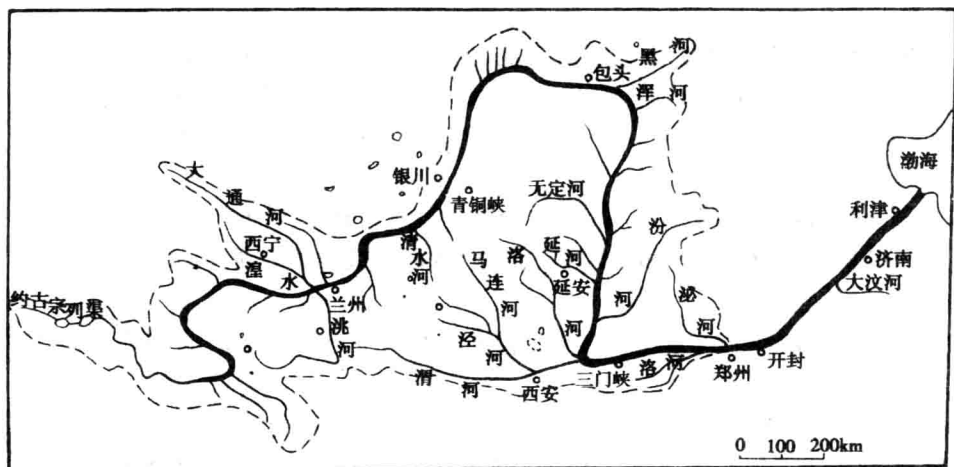


图 1-1-1 黄河水系略图

河流的干流上,开始具有表面水流的地方称为河源,它可能是溪涧、泉水、冰川、湖泊或沼泽。河流流入海洋、湖泊或干流的地方称为河口。一般的天然河流,从河源到河口可以按河段的不同特性,划分为上游、中游和下游三个部分。

上游是河流的最上段,紧接河源,多处于深山峡谷中,坡陡流急,河谷下切强烈,流量小而水位变化大,常有急滩或瀑布,河底纵断面多呈阶梯形。中游是河流的中间段,两岸多为丘陵,河床坡度较平缓,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,流量较大,流速和底坡都较小,淤积作用明显,浅滩和河湾较多。

2. 河流的基本特征

河流的基本特征,一般用河流断面、河流长度及河流比降来表示。

1)河流断面 河流断面有横断面和纵断面。垂直于水流方向的断面称为河流横断面,其一般形状如图 1-1-2 所示。横断面内,自由水面高出某一水准基面的高程(m),称为水位。高水位以下的河床,由河槽与河滩两部分组成。河槽是河流宣泄洪水和输送泥沙的主要通道,往往是常年流水,底沙处于运动状态,植物不易生长;河槽中沿两岸较高的、可移动的泥沙堆,称为边滩,其余的部分称为主槽。河滩则只在汛期才有水流,

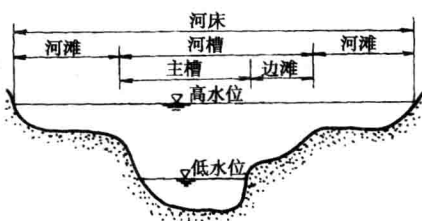


图 1-1-2 河流横断面的一般形状

无明显的底沙运动,通常生有草、树木等植物,有的还种植农作物。只有河槽而无河滩的横断面称为单式断面,有河槽又有河滩的横断面称为复式断面。河流横断面能表明河床的横向变化。横断面内通过水流的部分称为过水断面,过水断面面积的大小随断面形状和水位而变化。

河流中沿水流方向各横断面最大水深点的连线,称为深泓线,沿河流深泓线的断面称为河流纵断面。河流纵断面能表明河床的沿程变化。

河流断面(横断面和纵断面)可以用来表示河床的形态特征。由于水流与河床的相互作用,断面形状将时刻不停地发展变化着。

2)河流长度 一般天然河流,从河源到河口的距离,称为河流长度。近似的河流长度,可用曲线计、两脚规或其他方法,直接在地形图上沿河流的深泓线量得,但往往比实际长度偏小,需要进行修正。

3)河流比降 任意河段两端(水面或河底)的高差称为落差,深泓线上单位长度内的平均落差称为比降。河流比降有水面比降及河底比降。某一河段的比降,可按式计算:

$$i = \frac{H_2 - H_1}{l} = \frac{\Delta H}{l} \quad (1-1-1)$$

式中: i ——一定河段的比降,可用小数、百分数(%)或千分数(‰)表示;

H_1 、 H_2 ——分别为河段下游端和上游端的高程(水面的或河底的高程,m);

l ——河段长度(m);

ΔH ——水面或河底的落差(m),以水面落差计算的 i 为水面比降,以河底落差计算的 i 为河底比降。

河流比降受很多因素的影响,变化很大。河口附近的比降受泥沙淤积、潮汐倒灌或大河顶托的影响,变化更大。河底比降相对水面比降来说比较稳定,水面比降还将随不同的水位而变化。河流比降一般自河源向河口逐渐减小,沿程各河段的比降都不相同。河底比降的沿程变

化,见河流纵断面图(图 1-1-3),其平均比降 $\bar{i}(\text{‰})$ 可按式计算:

$$\bar{i} = \frac{1}{L^2}[(H_n + H_{n-1})l_n + (H_{n-1} + H_{n-2})l_{n-1} + \dots + (H_2 + H_1)l_2 + H_1l_1] \quad (1-1-2)$$

式中: $H_1, H_2 \dots H_n$ ——自河口起沿程各特征点的河底高程(m);

$l_1, l_2 \dots l_n$ ——各特征点之间沿深泓线的距离(km);

L ——河流长度(km), $L = l_1 + l_2 + \dots + l_n$ 。

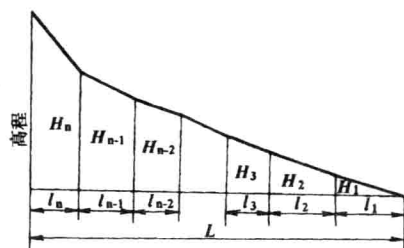


图 1-1-3 河流纵断面图

二、流域

降落到地面上的水,被高地、山岭分隔而汇集到不同的河流中,这些汇集水流的区域,称为某河流的流域(或汇水区)。分隔水流的高地、山岭的山脊线,就是相邻流域的分界线,称为分水线(或分水岭)。流域分水线所包围的平面面积,称为流域面积,单位为 km^2 。汇入河流的地面水和地下水往往具有不同的分水线,但地下水的分水线不易确定,一般都以地面水的分水线为准。

流域是河水补给的源地,流域的特征直接影响河川径流的形成和变化过程。流域的特征一般可分为两类:

1. 几何特征

主要是流域面积和流域形状。流域面积的大小,直接影响汇集的水量多少和径流的形成

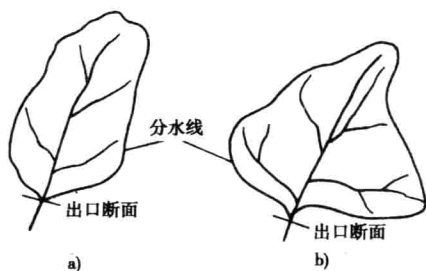


图 1-1-4 流域形状示意图

过程。在相同的自然地理条件下,流域面积越大,径流量(径流量是指一定时间内的径流总体积, m^3)就越大,但是流域对径流变化的调节作用也越大,因而洪水涨落比较平缓;流域面积越小,则径流量越小,但洪水涨落较为急剧。流域形状则主要影响流域内径流汇集的时间长短,也影响径流的形成过程。若流域形状狭长而呈羽形(图 1-1-4a),则出口断面流量就小,径流过程的变化较小而历时较长;若流域形状宽阔而呈扇形(图 1-1-4b),则出口断面流量较大,而径流过程的历时较短。

2. 自然地理特征

主要是流域的地理位置和地形。流域的地理位置一般以流域中心和周界的经纬度来表示。由于降雨、蒸发等各种气象因素都随地理位置而变化,因此,一切水文特征也都与地理位置有密切关系。流域的地形一般以流域平均高程和流域平均坡度来表示。流域平均高程对降雨和蒸发都有影响。流域平均坡度是确定径流汇流时间的重要因素,坡度陡则汇集快,土壤入渗减少,使径流量增大。

另外,流域内的地质、土壤、森林植被、湖泊等,也都是流域的自然地理特征,与径流的形成过程都有密切关系。

三、山区河流和平原河流

河流的分类方法很多,由于分类的依据和目的不同,河流的分类也各不相同。根据河流的

流域地形特点,一般分为山区河流和平原河流两大类。对于较大的河流,上游段多为山区河流,下游段则为平原河流,而中游段常兼有两类河流的特性,是过渡性河段,称为山前区、半山区河流。对于较小的河流,则上、中、下游河段,可能都属于山区河流,也可能上游属于山前区,下游属于平原河流。

1. 山区河流

山区河流流经地势高峻、地形复杂的山区。河谷是在漫长的历史过程中,由于水流不断的纵向切割和横向拓宽而逐步形成。河谷断面为发育不完全的“V”字形或“U”字形(如图 1-1-5),坡面呈直线形或曲线形,断面狭窄。

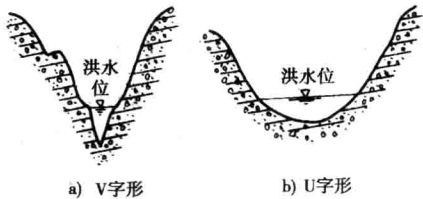


图 1-1-5 山区河流河谷示意图

山区河流沿程多为峡谷段与开阔段相间,平面形态极为复杂,两岸与河心常有巨石突出,急弯、卡口比比皆是;纵断面陡峻,急滩、深潭上下交错,常呈台阶状。

山区河流的特点是,流域内坡面陡峻,岩石裸露,汇流时间短,而且降雨强度大,以致洪水暴涨暴落,水位和流量的变幅极大,往往一昼夜间水位可上涨 10m 之巨,但洪水持续时间不长。

山区河流的比降大,多在 1‰ 以上,而且沿程变化较大,但落差多集中在局部河段。流速也很大,某些河段可高达 6~8m/s。水流流态紊乱,存在回流、漩涡、跌水和水跃。

山区河流的河床多为基岩、乱石或卵石组成,冲刷变形缓慢,河床比较稳定,但易受地震、山崩、滑坡、泥石流等的影响,造成河道突然堵塞而剧烈变化。

2. 平原河流

平原河流流经地势平坦的平原地区。河流形成过程主要表现为水流的堆积作用,形成深厚的冲积层,深达数十米至数百米。冲积层最深处多为卵石,其上为沙夹卵石,再上为粗沙、中沙以至细沙。枯水位以上的河滩表层,则为粘土、粘壤土。这些泥沙组成的分层现象,与河流形成的发育过程有关。

平原河流的河谷多为发育完全的形态,如图 1-1-6 所示。其特点是具有广阔的河滩,洪水时河滩被淹没,中、枯水时则露出水面以上。洪水漫滩后,在河滩与河槽联结的部分,因断面突然扩大,流速骤然降低,泥沙集中在河滩边缘落淤,往往在靠近河槽处形成地势较高的自然堤,在远离河槽的滩地上则形成洼地、湖泊,而且河滩具有明显的横比降。

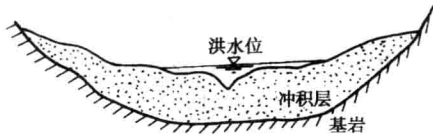


图 1-1-6 平原河流河谷示意图

平原河流的河槽土质松软,往往一侧被水流冲刷侵蚀,而另一侧淤积成为边滩(图 1-1-2),并能逐步发展形成新的河滩,使河槽左右摆动。河槽中,由于水流与河床的相互作用,常形成一系列泥沙冲积体(边滩、江心滩等),并在水流的作用下不断变化,因而整个河床也处于不断地发展变化之中。

平原河流的流域面积一般较大,而流域平均坡度较为平坦,汇流时间长,河床开阔,调蓄作用大,洪水涨落较山区河流缓慢,洪水持续时间较长。水面比降与河床比降都较小,多在 0.1‰ 至 1‰ 之间,流速也较小,一般为 2 至 3m/s,水流较为平顺。

平原河流按平面形状及演变过程,分为四种类型的河段:

1) 顺直微弯型(边滩平移型)河段 中水河槽顺直,边滩呈犬牙交错分布,并在洪水期向下

游平移,见图 1-1-7。

2)弯曲型(蜿蜒型)河段 中水河槽具有弯曲外形,深槽紧靠凹岸,边滩依附凸岸,凹岸冲刷,凸岸淤积,河槽向下游蜿蜒蛇行,见图 1-1-8。

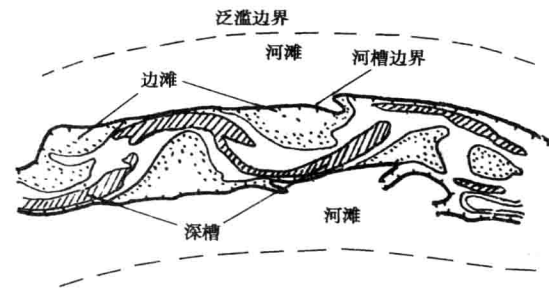


图 1-1-7 顺直微弯型河段

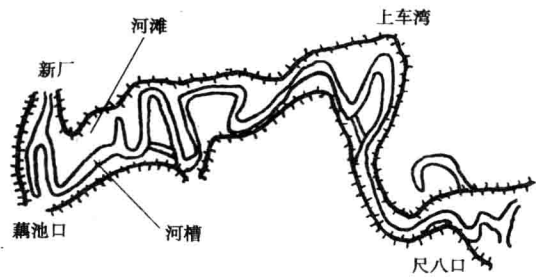


图 1-1-8 长江下荆江蜿蜒型河段

3)分汉型(交替消长型)河段 中水河槽分汉,两股汉道周期性地交替消长,见图 1-1-9。
4)散乱型(游荡型)河段 中水河槽宽浅,沙滩密布,河床变化急剧,主流摆动频繁,见图 1-1-10。

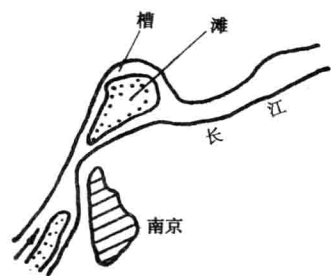


图 1-1-9 长江南京附近八卦洲分汉型河段

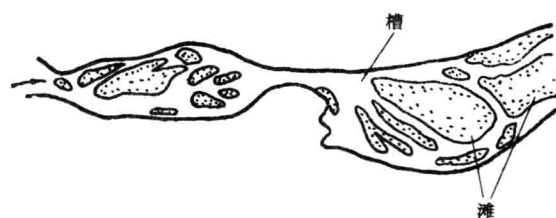


图 1-1-10 黄河花园口游荡型河段

第二节 径流形成

流域内的降水,一部分形成地面径流,一部分渗入地表土壤,在含水层内形成地下径流,地面径流和地下径流汇集到河槽中而成河川径流。暴雨洪水主要来源于地面径流,而地下径流仅对大河枯水期的水量补给具有重要意义。

一、径流形成过程

流域内,自降水开始到水量流过出口断面为止的整个物理过程,称为径流形成过程。它是大气降水和流域自然地理条件综合作用的过程,十分复杂。为了便于研究,可将径流形成的物理模型概括为四个阶段,图 1-2-1 为径流形成过程的示意图。

1. 降雨过程

降雨是形成地面径流的主要因素,降雨的多少决定径流量的大小。降雨量以降雨厚度(mm)表示,单位时间内的降雨量称为降雨强度(mm/min 或 mm/h)。每次降雨,降雨量及其在空间和时间上的变化都各不相同。降雨可能笼罩全流域,也可能只降落在流域的局部地区;流

域内的降雨强度也有时均匀,有时不均匀,还有时在局部地区形成暴雨中心,并向某一方向移动。降雨的变化过程直接决定径流过程的趋势,降雨过程是径流形成过程的重要环节。

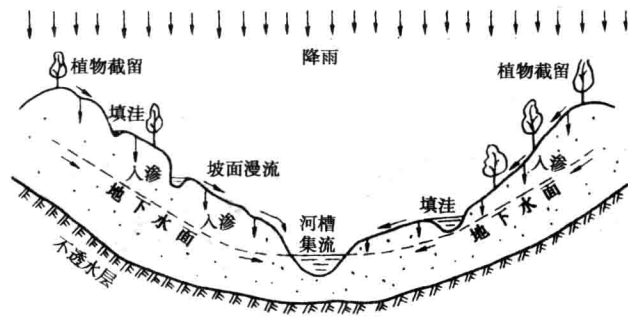


图 1-2-1 径流形成过程示意图

2. 流域蓄渗过程

降雨开始时并不立即形成径流。首先,雨水被流域内的树木、杂草,以及农作物的茎叶截留一部分,不能落到地面上,称为植物截留。然后,落到地面上的雨水,部分渗入土壤,称为入渗;单位时间内的入渗量称为入渗强度(mm/min 或 mm/h)。降雨开始时入渗较快,随着降雨量的不断增加,土壤中水分逐渐趋于饱和,入渗强度减缓,达到一个稳定值,称为稳定入渗。另外,还有一部分雨水被蓄留在坡面的坑洼里,称为填洼。植物截留、入渗和填洼的整个过程,称为流域蓄渗过程;这部分雨水不产生地面径流,对降雨径流而言,称为损失,扣除损失后剩余的雨量,称为净雨。

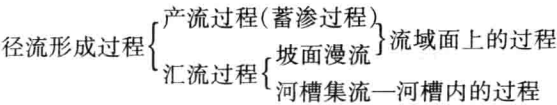
3. 坡面漫流过程

流域蓄渗过程完成以后,剩余雨水沿着坡面流动,称为坡面漫流。流域内各处坡面漫流开始的时间是不一致的,某些区域可能最先完成蓄渗过程而出现坡面漫流,也只是局部区域的坡面漫流;然后,完成蓄渗过程的区域逐渐增多,出现坡面漫流的范围也随之扩大,最后才能形成全流域的坡面漫流。

4. 河槽集流过程

坡面漫流的雨水汇入河槽后,顺着河道由小沟到支流,由支流到干流,最后到达流域出口断面,这个过程称为河槽集流。汇入河槽的水流,一方面继续沿河槽迅速向下游流动,另一方面也使河槽内的水量增大,水位也随之上升;河槽容蓄的这部分水量,在降雨结束后才缓慢地流向下流,最后才通过流域出口,使流域出口断面的流量增长过程变得平缓,历时延长,从而起到河床对洪水的调蓄作用。

总之,地面径流的形成过程,就其水体的运动性质来看,可分为产流过程和汇流过程;就其发生的区域来看,则可分为流域面上进行的过程和河槽内进行的过程。



降雨、蓄渗、坡面漫流和河槽集流,是从降雨开始到出口断面产生径流所经历的全过程,它们在时间上并无截然的分界,而是同时交错进行的。

河川径流的大小和变化,通常用流量和水位来表示。河流的流量和水位都是随时间而不断变化的,流量和水位随时间而变化的关系曲线,分别称为流量过程线和水位过程线(图 1-2-2)。曲线的上升部分为涨水段,下降部分为退水段,曲线最高峰处的流量和水位,分别

称为洪峰流量和洪峰水位；一涨一落，形成一次洪水过程。由于洪水波的影响，在河流的同一断面上，同一次洪峰的最高水位往往稍迟于最大流量，二者并非同时出现。一年内的最大洪峰流量，称为年最大流量。一次洪水过程可用历时、峰值（流量、水位）和径流量三个水文因素反映其特征。

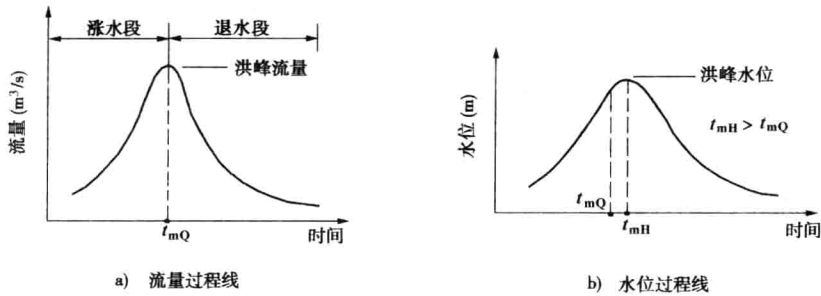


图 1-2-2 过程线示意图

二、影响径流的主要因素

从径流形成过程来看，影响径流变化的自然因素，可分为气候因素和下垫面因素两类。

1. 气候因素

1)降雨 空气中的水汽随气流上升时，因冷却而凝结成水滴，降落到地面上，形成降雨。降雨是径流形成的主要因素，降雨强度、降雨历时和降雨面积对径流量及其变化过程都有很大影响。降雨强度大，雨水来不及入渗而流走，使径流量增大；降雨强度小，则雨水大部分渗入土壤而使径流量减小。降雨历时长，降雨面积又大，产生的径流量必然也大，反之则小。大流域内的降雨，在地区上的分布是很不均匀的，流域内一次降雨强度最大的地方，称为暴雨中心。暴雨中心在流域下游时，出口断面的洪峰流量就大些，暴雨中心在流域上游时，则洪峰流量就小些。一次降雨的暴雨中心是不断移动的，当暴雨中心从流域上游向下游移动时，出口的洪峰流量就大些，反之则洪峰流量就小些。

2)蒸发 流域内的蒸发是指水面蒸发、陆面蒸发、植物散发等各种蒸发的总和，在一次降雨过程中对径流影响不大，但对降雨前期的流域蓄水量却影响很大。如蒸发强度大，则雨前土壤含水量就小，降雨的入渗损失量就增大，而径流量减小。因此，蒸发也是影响径流变化的重要因素。

降雨和蒸发在地区分布上呈现一定的规律性，因而径流变化也具有一定的地区性规律。

2. 下垫面因素

流域的地形、土壤、地质、植被、湖泊等自然地理因素，相对于气候因素而言，称为下垫面因素。流域的地理位置直接影响降雨量的多少，流域的地形对降雨、蒸发以及蓄渗和汇流过程都有影响，流域面积的大小、形状又与径流量有直接关系。土壤和地质因素决定着入渗和地下径流的状况。植物茎叶截留部分降雨，植物根系又能贮藏大量水分，可改造土壤和气候。湖泊也有贮存水量、调节径流的作用。

另外，人类活动对河川径流也有重要影响。封山育林和水土保持，将增加降雨的截留和入渗，减少汛期水量和洪峰流量，同时增大地下径流，能补充枯水期的水量。修建水库对河流能起蓄洪调节作用，并使流域内的蒸发面积增大，从而加大蒸发量。