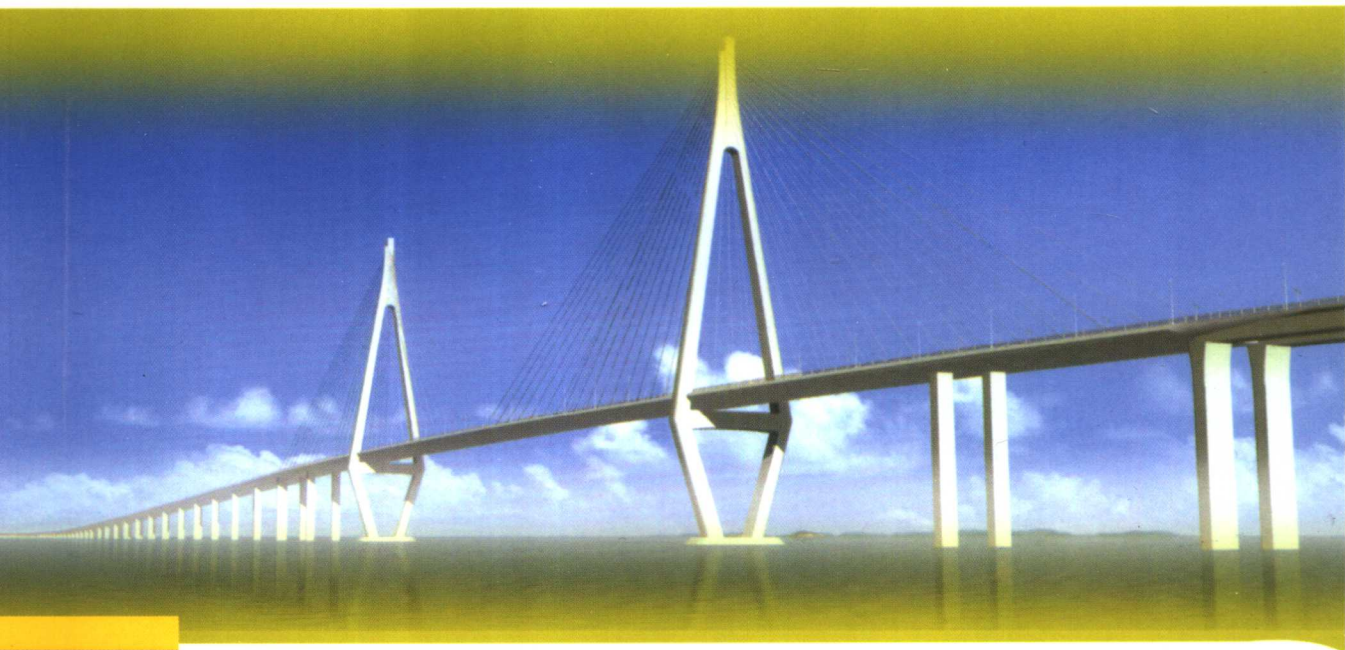


交通版

高等学校土木工程专业规划教材

JIAOTONGBAN GAODENG XUOXIAO TUMU GONGCHENG ZHUANYE GUIHUA JIAOCAI



桥涵水文

黄新 金菊良 李帆 主编
芮孝芳 主审



人民交通出版社

China Communications Press

交通版 高等学校土木工程专业规划教材
 JIAOTONGBAN GAODENG XUEXIAO TUMU GONGCHENG ZHUANYE GUIHUA JIAOCAI

桥涵水文

Qiaohan Shuiwen

黄新 金菊良 李帆 主编

芮孝芳 主审



人民交通出版社

China Communications Press

内 容 提 要

本书为交通版高等学校土木工程专业规划教材,全书共分10章。内容包括:绪论;河流概论;水文统计基本原理与方法;设计洪水与设计水位推算;大中桥孔径计算;桥梁墩台冲刷计算;调治构造物;桥渡勘测与桥位选择;小桥与涵洞勘测设计与水工模型试验。

本书可作为土木工程及相关专业的教材,也可作为桥涵设计与施工人员以及有关科研人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

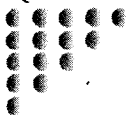
桥涵水文 / 黄新等主编. - 北京: 人民交通出版社,
2006.8
ISBN 7-114-06053-X

I. 桥… II. 黄… 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(2006)第068873号

书 名: 桥涵水文
著 者: 黄 新 金菊良 李 帆
责任编辑: 张征宇 赵瑞琴
出版发行: 人民交通出版社
地 址: (100011) 北京市朝阳区安定门外外馆斜街3号
网 址: <http://www.ccpres.com.cn>
销售电话: (010) 85285838, 85285995
总 经 销: 北京中交盛世书刊有限公司
经 销: 各地新华书店
印 刷: 北京宝莲鸿图科技有限公司
开 本: 787×1092 1/16
印 张: 13.25
字 数: 331 千
版 次: 2006年8月 第1版
印 次: 2006年8月 第1次印刷
书 号: ISBN7-114-06053-X
印 数: 0001-3000册
定 价: 24.00元

(如有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)



“桥涵水文”是“交通版高等学校土木工程专业规划教材”中的一本专业
技术课教材。根据高等学校学科建设的需求和本门课程的特点,人民交
通出版社组织南京林业大学、合肥工业大学、河北工业大学等学校编写了
本教材,作为土木工程、水利工程、交通工程等专业的教学用书。本书也可
作为有关工程技术人员、科研人员参考用书。

在编写过程中,考虑到教材的系统性、科学性、实用性和经典性,在内
容的编排上既保持本课程的主要内容,同时对各章节进行了合理的安排,
强调实用性。同时考虑到多数学校不会专门进行涵洞设计方面的教学,故
在小桥涵勘测设计一章中,对涵洞部分的内容作了一定的增加。全书概念
清晰,语言流畅,图文并茂,便于学生对理论知识的掌握和理解。

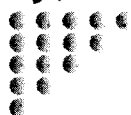
本教材由黄新主编,河海大学苕孝芳教授主审。各章编写分工如下:
第一章、第三章,由合肥工业大学金菊良教授编写;第二章,由南京林业大
学王郑讲师编写;第四章,由南京林业大学薛红琴讲师编写;第五章、第六
章、第八章由河北工业大学李帆讲师编写;第七章、第九章、第十章由南京
林业大学黄新教授编写。全文由黄新统稿、修改。本教材在编写过程中,
得到很多同行的支持和帮助,提出了许多宝贵意见,编者在此一并致谢。

限于编者的水平,以及时间仓促,书中难免有错误与不当之处,敬请广
大读者批评指正。

编者

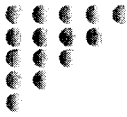
2006年4月

目录 MULU



第一章 绪论	1
第一节 水文现象与桥涵水文的研究意义.....	1
第二节 河川水文现象的特点和桥涵水文的研究方法.....	4
习题.....	6
第二章 河流概论	7
第一节 河流与流域.....	7
第二节 河川径流形成.....	12
第三节 河川的泥沙运动.....	16
第四节 河床演变.....	18
第五节 河川水文资料的收集和整理.....	22
习题.....	28
第三章 水文统计基本原理与方法	29
第一节 概率统计理论基础.....	29
第二节 随机变量的概率分布.....	33
第三节 水文经验频率曲线.....	35
第四节 水文理论频率曲线线型与参数估计.....	37
第五节 抽样误差与相关分析.....	45
第六节 水文频率计算适线法.....	54
习题.....	63
第四章 设计洪水与设计水位推算	65
第一节 根据流量观测资料推算.....	66
第二节 根据洪水调查资料推算.....	73
第三节 根据暴雨资料推算.....	76
第四节 小流域设计洪水.....	81
第五节 设计洪水位的推求.....	83
习题.....	83
第五章 大中桥孔径计算	85
第一节 桥位河段水流图式和桥孔布置原则.....	85
第二节 桥孔长度.....	88
第三节 桥面设计高程.....	92

习题	102
第六章 桥梁墩台冲刷计算	103
第一节 桥下一般冲刷的计算	103
第二节 桥墩的局部冲刷计算	108
第三节 桥台冲刷计算	114
第四节 桥梁墩台基底最小埋深	116
习题	122
第七章 调治构造物	123
第一节 调治构造物的分类	123
第二节 导流堤	124
第三节 丁坝	127
习题	128
第八章 桥渡勘测与桥位选择	129
第一节 地形测绘	129
第二节 工程地质勘察	131
第三节 桥位的选择	133
习题	137
第九章 小桥与涵洞勘测设计	138
第一节 小桥涵的类型与特点	138
第二节 小桥涵勘测	143
第三节 小桥涵位置选择	144
第四节 小桥孔径计算	149
第五节 涵洞孔径计算	162
第六节 小桥及涵洞的构造	170
第七节 涵洞进出口河床的处理	181
习题	185
第十章 水工模型试验	187
第一节 概述	187
第二节 相似理论	188
第三节 模型设计	194
习题	196
附录	197
参考文献	205



第一节 水文现象与桥涵水文的研究意义

一、水文现象

在自然科学中,称自然界的某类现象为文,例如天文就是自然界中各种天体现象的总称。水文是自然界中水的变化、运动等现象的总称。大气中的水汽,地面上的河流、湖泊、沼泽、海洋、冰川中的水,地面下的土壤水和地下水,在太阳辐射和地球引力等的作用下可以不断地相互转化,形成了全球水文循环。根据水体的不同过程而有不同的称谓,气态水可因冷凝而成液态或固态,并以雨、雪、雹、霰、露等形式下降于大陆或海洋,称为降水;江、河、湖、海及地表以下的液态水或固态水,因太阳的热力作用而成气态水升入天空,称为蒸发;地表水在土壤颗粒分子引力、毛细力和重力作用下,进入土壤或岩层时,称为入渗;沿地表及在土壤孔隙流动的水流,称为径流。其中沿地表流动的水流,称为地表径流;在土壤或岩石裂缝中流动的水流,称为地下径流,又称为基流;沿河川流动的水流,称为河川径流。降水、蒸发、径流、入渗等水文现象与市政工程、交通工程、环境工程以及水利工程等关系密切。

地球上的水因吸热而蒸发。蒸发的水汽随大气运动进入上空,然后凝结形成降水,产生径流,汇入河川、湖泊,再流入海洋,这种在太阳能和重力作用下循环往复的水循环称为水文循环,如图 1-1 所示。水文循环有水文大循环与水文小循环之分。只发生在海洋上或陆上的水文循环,称为水文小循环,即海洋上蒸发的水汽直接降落在海洋上,或者大陆水分蒸发后又直接降落在陆地上。发生在海洋与大陆之间的水文循环,称为水文大循环。

水文循环的运动空间是在地面以上平均高约 11km 的大气对流层顶至地面以下平均约 1~2km 深处的广大空间。全球不同纬度带的大气环流中,蒸发大于降水的区域称为水汽源区,在北纬 10°~35°和南纬 10°~40°的地区;蒸发小于降水的区域称为水汽汇区,在北纬 10°至

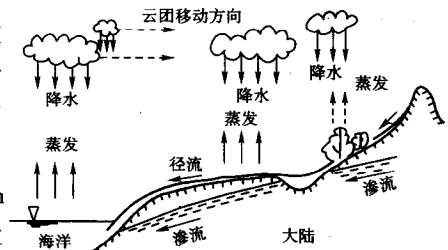


图 1-1 水文循环示意图

南纬 10°左右之间的地区,以及北纬 35°以北和南纬 40°以南的地区;蒸发等于降水的区域称为水汽平衡区,在北纬 10°、北纬 35°附近,以及南纬 10°、南纬 40°附近的地区。

水文循环是水文现象变化规律的基本描述。据统计,全球海洋上的多年平均蒸发量 $z_1 = 1400\text{mm}$,多年平均降水量 $x_1 = 1270\text{mm}$,可见 $z_1 > x_1$,多余的水汽随大气运动进入大陆;而全球大陆上的多年平均蒸发量 $z_2 = 485\text{mm}$,多年平均降水量 $x_2 = 800\text{mm}$,可见 $x_2 > z_2$,多余的降水量则以径流形式流回大海。径流对陆地水系统而言是输出,对海洋水系统而言是输入。据估算,地球上每年参加水文循环的总水量(折合水深)为 1130mm,大气对流层中的水分总量(折合水深)为 25mm。这些水分通过蒸发和降水每年平均更换约 45 次,即更新周期约 8 天。河川径流的更新周期约 16 天,土壤水的更新周期约 1 年。

水文循环是地球上最重要的物质循环之一,它的主要作用有:形成各种不同的天气,调节气候变化,营造丰富的自然景观;参与陆地和海洋动植物的新陈代谢,影响各类生物的活动;向人类提供可再生的水资源和水能资源;可分散、悬移、溶解各种固体颗粒、气体、离子以及生物原生质等,形成水质的本底状态,对于污染的水体有自净功效。例如,在水文循环的蒸发过程中,除极少数物质外,水中的杂质将不会转输入下一轮水文循环,因而使宝贵的淡水资源再生并有再利用的价值。同样产生的洪水与干旱会给人类和生物带来灾害。

影响水文循环的因素主要有如下三类:

1. 气候因素

气压、气温、风向、风力等统称气候因素,它受大气环流、气团运动和海洋环流等多种运动机制的控制和支配,从而影响着水文循环。

大气环流的形成可来自高低纬度地区太阳辐射热量差,也可来自海陆吸热的不同。夏季大陆强烈高热可造成热低压,使气流由海洋向大陆运动;冬季则相反,气流由大陆向海洋运动,并形成一年中,风向随季节变换的“季风”。此外,受地球自转的影响,还形成了几个气压带和风带。

2. 下垫面因素

水文循环所处的各种自然地理条件,称为下垫面因素。例如地形、地貌、土壤、地质构造、岩层性质、植被情况、河系组成、湖泊沼泽分布情况、道路、城市建造等,对水文循环都有不可忽视的影响。

3. 人类活动因素

随着人类改造自然活动的不断增强,人类活动因素对水文循环过程的影响日益明显。人类活动既可以通过兴修水利工程等供水活动和排水活动直接影响水文循环过程,也可以通过封山育林、水土保持、城市化进程等改变下垫面因素活动来影响水文循环过程,还可以通过排放温室气体等改变气候因素活动来影响水文循环过程。

水文或水文现象是指地球上水文循环中各种水体现象的总称。例如某区域的降雨、蒸发、入渗、径流,某河流断面的水位、流量、含沙量,某湖泊的风浪等都是常见的水文现象。水文学,就是研究地球上各种水体的存在、分布、运动、形态、结构、化学性质、物理性质及其起源和演化规律,并应用于水资源开发利用与保护、水灾害(例如洪水、干旱、水污染、水土流失)防治、水与

环境相互作用、水与生命活动过程等关系的一门科学。水文学分类的方法多种多样。按照水体存在的形式,水文学目前可以分为水文气象学、地表水文学和水文地质学。地表水文学又可分为河川水文学、湖泊水文学、沼泽水文学、冰川水文学和海洋水文学等。河川水文学可细分为研究河流泥沙运动和河床演变的河流动力学;研究存取、整编、调查水文资料的水文测验学;用实验方法和数值方法研究水文现象的确定性物理过程、预报水文情势的水文预报学;用数理统计方法研究水文现象的统计规律的水文统计学;研究河川内、外环境变化过程的环境水文学。目前,水文学的应用范围很广泛,其中,工程水文学就是将河流动力学、水文测验学、水文预报学、水文统计学、环境水文学等方法应用于水利工程、土木工程、交通工程、农业工程的一门技术科学,主要包括控制水和使用水的工程设计与运行等方面的内容。

二、桥涵水文的研究意义

桥涵是跨越河渠、排泄洪水、沟通河渠两侧灌溉水路及保障道路正常运行的泄水建筑物。桥涵水文就是应用工程水文学、特别是水文统计学的方法,为桥涵规划、设计、施工和管理提供水文分析与计算科学依据的一门科学。其主要研究内容为桥涵所在河段的类别、河床演变、设计洪水的流量与水位等,桥涵的位置选择和类型确定,大中桥孔径、桥高和基础埋深计算,桥梁墩台冲刷计算,调治构造物设计,小桥和涵洞勘测设计和水工模型试验等。

合理进行水文分析与计算在桥涵的设计、施工、运行等各个阶段都具有相当重要的意义。

1. 在桥涵规划设计阶段

主要是根据桥涵工程在使用期限内河流可能发生的流量、水位和流速进行分析和计算,从而确定桥涵工程的位置、规模和基本尺寸,为整个桥涵工程的技术设计当好先行。如果河流水量估算过小,就会使桥涵工程规模过小,导致不安全;反之,如果河流水量估算过大,就会使桥涵工程规模过大,导致不经济。

2. 在桥涵施工阶段

主要是为了保障桥涵施工的安全性,估算施工期设计洪水。

3. 在桥涵运行阶段

主要是根据实际的河流水情编制相应的桥涵日常管理计划和制度,复核和修改规划设计阶段的水文分析计算结果,确定是否需要桥涵工程进行相应的维修与改造,河床是否需要整治等。

大量的工程实践表明,桥涵工程的毁损大多是洪水灾害所致,洪水冲毁桥涵、路基,破坏桥涵工程的正常运行,导致重大的社会损失、经济损失和生态环境损失。因此对重要的桥涵工程和已经运行较长时间的桥涵工程,如果规划设计时的水文资料短缺或者当前运行的河流水文情势已与规划设计时有显著变化,需对其进行水文分析计算的复核算,判别原先的孔径和基础埋深是否恰当,桥涵布置与调治构造物设计是否合理,河滩路堤是否安全,是否具有足够的抗洪能力,从而作出一个综合的评价,以确定是否需要维修、加固或者改建,如需要,则要提出相应的设计方案与措施。

第二节 河川水文现象的特点和桥涵水文的研究方法

一、河川水文现象的特点

系统地观测、收集河川水文资料,不断地归纳、推断河川水文现象的特点和变化规律,为桥涵工程预估未来运用期间可能面临的水文情势,为工程设计和管理工作提供科学依据,这是桥涵水文的基本任务。河川水文现象在各种自然因素和人类活动的影响下,其水量、水质及其空间分布和时间变化都显得极为复杂。尽管如此,人们在长期观测和实验中逐步认识了河川水文现象的一些重要特点,它们主要有:

1. 水文现象在时间变化上存在着准周期性和随机性

地球公转和自转,地球与月球的相对运动,以及太阳黑子等太阳活动的周期性变化,导致太阳辐射的变化呈现一定的周期性,使得河川水文现象的变化也表现出相应的周期性特征。例如,潮汐河口的水位存在以半个或一个太阴日(24h50min)为周期的日变化;河流每年出现水量相对丰沛的汛期和水量相对较少的枯季,表现出以一年为周期的变化;经长期观测发现,河川的水量存在着连续丰水年与连续枯水年的交替变化,呈现出以多年为周期的变化。河川水文现象的这些周期性变化又具有不重复性,所以一般称之为准周期性,反映了河川水文现象随时间变化的确定性一面。河川水文现象随时间变化的不确定性即为它的随机性,这主要是因为水文现象主要是由降水引起的,而降水本身是一种受大气环流、气候变化等影响的典型随机过程,此外,影响水文现象的下垫面因素、人类活动因素也具有随机性,这些因素的相互作用以及组合作用在时空上的变化也呈现出明显的随机性。

2. 水文现象在空间分布上存在着地带性和特殊性

地带性主要反映了河川水文现象随空间变化存在确定性的一面。例如,东亚地区的年降水量和年径流量都存在着随纬度和离海洋距离的增大而自东南向西北逐渐减少的趋势,这主要是各地的气候因素和其他自然条件随地理位置呈现规律性变化的缘故。河川水文现象随空间变化的不确定性是它的特殊性,这主要是各地的下垫面因素和人类活动因素呈现明显的局部性变化的缘故。例如,岩溶地区的降雨径流特征与它周围的非岩溶地区的降雨径流特征往往具有明显的差异,人类活动较强烈地区(例如城市)的降雨径流特征与它周围人类活动较轻微地区(例如自然保护区)的降雨径流特征也往往具有明显的差异。

3. 水文现象在时间变化和空间分布上存在着关联性和相似性

水文现象的关联性是指同一水文现象的自相关性,不同水文现象之间的相关性,以及水文现象与其他现象之间的相关性。例如:不同时间段的河川水文时间序列一般具有各自的自相关结构,同一河流的上、下游河川水文现象一般存在着显著的相关性,同一流域上的暴雨与洪水则存在着确定性因果关系。水文现象的相似性是指,地理位置相近、气候因素与地理条件相似的河流或河段,其水文现象特性亦相似。例如:中国流域的降水量和径流量多为南方大,北方小,沿海大,内陆小,山区大,平原小,其相对变化幅度也存在北方大,南方小,内陆大,沿海小,山区大,平原小;湿润地区的河流,其水量丰富,年内分配(年内流量变化过程)也比较均匀,干

旱地区的河流,其水量均不足,年内分配亦不均匀;同一地区的不同河流,其汛期与枯水期都十分相近,径流变化过程也十分相似。水文现象的这些相似性是缺乏实测资料地区移用相似地区实测资料的理论依据,水文学中称之为相似比照法或水文比拟法。

4. 水文现象在时间变化和空间分布上存在着尺度性

不同时间尺度或空间尺度的水文现象之间,呈现显著不同的特性,不同时间尺度或空间尺度的水文现象之间的相互转换至今仍十分困难。

二、桥涵水文的研究方法

1. 水文信息、数学方法与水文物理相结合的方法

桥涵水文的研究基础是基于对所研究问题的认识程度和对与之关联的水文信息资料的掌握程度,选择适当的数学方法以解决所研究的桥涵水文问题。从系统观点看,桥涵水文研究可视为一种系统,系统输入就是对水文问题的认识和有关的水文信息的掌握,系统转换就是合适的数学方法,系统输出就是桥涵水文研究的结果和结论。桥涵水文研究方法必须立足于该系统输入这一物理基础、并与之相互适应,必须注意所用研究方法本身的适用条件是否满足。桥涵水文研究的最终目的是提高对所研究桥涵水文问题物理背景的认识,为桥涵工程实际需要服务。例如本书第四章中,针对设计洪水与设计水位的推算,分别采用三种方法进行研究,即根据流量观测资料进行推算、根据洪水调查资料进行推算和根据暴雨资料进行推算。

2. 水文数理统计法

水文数理统计法主要根据河流流量、水位等水文现象特征值的统计特性,利用概率、统计方法,随机过程理论,时间序列分析方法等应用数学方法挖掘水文观测、试验和调查资料中的信息,从而得出水文现象的统计规律,然后用于桥涵工程设计中。它的立足点在于对水文现象的“试验”或“观察”。观测的年代越长,收集的资料越丰富,统计规律越能反映实际情况,这样分析计算的结论就越可靠。典型的水文数理统计法见本书第三章中的水文频率计算适线法。

3. 水文成因分析法

这类方法就是从地球上各种水文循环与水量平衡,流域上的产流过程、产沙过程、汇流过程、汇沙过程,以及人类活动对水文循环的影响等物理成因出发,根据实测资料、试验资料、调查资料,研究水文现象的形成过程,探讨水文现象的物理实质和定量关系,建立水文要素(如水位、流量等)和有关因素之间的数学物理模型,作为桥涵水文计算的依据并用以推求未来的水文情势。例如,水量平衡原理就是指地球上任一区域在任一时段内,该区域的输入水量 Q 与输出水量 q 之差,等于时段末该区域的蓄水量 S_2 与时段初该区域的蓄水量 S_1 之差这样的平衡方程,即: $Q - q = S_2 - S_1$,它是质量守恒定律在水文循环过程中的特定数学表达形式。其中,研究的区域可以是某流域、湖泊、沼泽、海洋或某个地区,也可以是整个地球,研究时段可以是日、月、年、数年或更长的时间。

影响水文现象的因素相当复杂,其形成机理还难以完全清楚,定量上仍有很大困难,因此还需结合其他一些方法以弥补其不足。

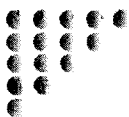
4. 从定性到定量综合集成的方法

钱学森等提出的这类方法,通常是根据现有科学理论和专家的经验知识和判断力,提出经验性假设,再根据所研究问题的信息资料,建立相应的系统模型,进行模拟、实验和计算,获得定量结果,并进行判断,通过反复修正经验性假设,直到获得满意的经验性假设为止。桥涵水文中的众多的实验、经验公式、水工模拟试验、水文频率计算适线法等,正是该类集成方法的体现,它集成了大量水文专业人员的实践经验和所得的水文信息资料,并对此不断加以完善。

水文现象错综复杂,影响因素众多,桥涵水文也是如此。任何一种研究方法都不能完全描述其水文现象,应当利用各种方法的优势进行互补,以满足实际工程水文上的需要。随着数字技术、模糊集理论、人工神经网络理论、遗传算法等智能科学方法应用于水文学的研究中,必将开创与完善水文学的研究方法,这些方法同样可应用于桥涵水文学的研究。

习题

1. 何谓水文循环? 影响水文循环的主要因素有哪些?
2. 河川水文现象的主要特点有哪些? 桥涵水文的主要研究方法有哪些?
3. 试述桥涵水文的研究意义。



第一节 河流与流域

一、河 流

沿地表线形凹槽集中的经常性或周期性水流,称为河流。较大的叫河或江,较小的叫溪。河流是塑造地表形态的动力,是水分循环的一个重要组成部分,对气候和植被等都有重要的影响。自古以来,河流与人类的关系很密切,它是人类利用的一种重要自然资源,在人类生活、农业和工业等方面发挥着巨大的作用。但同时河流也给人类带来了洪涝灾害。

1. 干流、支流和水系

直接流入海洋、湖泊的河流称为干流。直接或间接流入干流的河流称为支流,在较大水系中,按水量和从属关系,可分为一级、二级、三级等。直接流入干流的河流,称为一级支流,流入一级支流的河流,称为二级支流,依次类推。

由大小不同的河流干流、支流、湖泊、沼泽和地下暗流等组成的脉络相通的水网系统称为水系,也叫河系或河网。水系一般以它的干流或以注入的湖泊、海洋名称命名,如长江水系、太湖水系、太平洋水系等。

水系的形式多种多样,不同的形式将影响流域水文过程线的形状。按照干支流平面组成的形态差异可将水系分为以下几种类型:

(1)扇形水系。干支流如同手指状分布,即来自不同方向的支流较集中地汇入干流,如华北的北运河、永定河、大清河、子牙河、南运河于天津附近汇入海河。

(2)羽状水系。支流从左右两岸尤如羽毛形状,相间汇入干流,如滦河和钱塘江。

(3)平行水系。几条近于平行排列的支流,至下游或河口附近汇合,如淮河左岸的洪河、颍河、西淝河、涡河等。

(4)格状水系。干支流分布呈格子状,这是由河流沿着互相垂直的两组构造线发育而成,如闽江水系。

(5)树状水系。干支流分布呈树枝状,大多数河流属此种类型,如西江水系。

2. 河流的分段

河流可按其形态特征及水力特性进行分段,一条发育完整的河流可分为河源、上游、中游、下游及河口等河段。

(1)河源——河流开始具有地面水流的地方。泉水、溪涧、沼泽和冰川通常是河流的源头。

(2)上游——直接连接河源的河流上段。其特点是河谷窄、坡度大、水流急、下切强烈,常有瀑布、急滩。河谷断面多呈“V”字形,河床多为基岩或砾石。

(3)中游——上游以下的河流中段。其特征是河流的比降较缓,下切力不大而侧蚀显著、流量较大、水位变幅较小,河谷断面多呈“U”字形,河床多为粗砂。

(4)下游——中游以下的河段。其特征是比降小、流速慢、水流无侵蚀力、淤积显著、流量大、水位变幅小、河谷宽广,河床多为细砂或淤泥。

(5)河口——河流的出水口。它是一条河流的终点,也是河流流入海洋、湖泊或其他河流的入口。其特点是流速骤减、断面开阔、泥沙大量淤积,往往成沙洲。因沉积的沙洲平面呈扇形,常称为河口三角洲。

我国内陆地区许多河流由于沿途渗漏或蒸发损失,常在与其他河流汇合前就已枯竭而没有河口,称为“瞎尾”河。没有河口的河流或汇入湖泊的河流,称为内陆河流;流入海洋的河流,称为入海河流。我国新疆的塔里木河就是一条长度为中国第一、世界第二的内陆河。

3. 河流特征

1) 河流的基本特征

河流的基本特征有河流长度、河流弯曲系数、纵横断面及纵横比降等,它们都是在实测地形图中量取并计算而来的,是水文计算的基本数据。

(1)河流长度。自河源沿主河道至河口的轴线长度称为河流长度,简称河长,常以 L 表示。河长可以在大比例尺的地形图上用曲线仪或两脚规量取。

(2)河流弯曲系数。河段的实际长度 L 与该河段直线长度 l 之比,称为河流的弯曲系数,用符号 K 表示,有:

$$K = \frac{L}{l} \quad (2-1)$$

由于, $L \geq l$, 故 $K \geq 1$ 。 K 值越大,说明河道越弯曲,对航运及排洪都不利。 $K = 1$, 河道顺直。

(3) 河流的横断面及横比降。

①河流的横断面 河流的横断面,即过水断面,是指垂直于主流方向,横切河道,河底线与水面线之间所包围的平面。河槽横断面是决定河槽输水能力、流速分布、比降、流向的重要因素。在流量和泥沙计算中,断面面积也是不可缺少的要素。

②河流的横比降 河流沿横断面方向的水面坡度,称为横比降。产生横比降的原因主要有:

a. 弯曲河段中的惯性离心力作用,如图 2-1 所示。在弯曲河道中,水流受到重力和离心力的综合作用,离心力指向凹岸,迫使水流向凹岸运动,又因水流速度沿垂线分布不均匀,水流的离心力沿垂线分布亦不均匀,由此造成了水流的面流流向凹岸,底流流向凸岸,与纵向流速合成,水流将以螺旋式运动流向下流,在横断面上,水流呈单环流形式,称为水内环流现象。弯曲

河流的水内环流现象造成凹岸受冲刷,凸岸发生淤积,促使平原河道的河湾发展,使河流呈蜿蜒曲折的平面形态。反之,断面形状与河道平面形态又影响流速分布和环流的产生和发展。

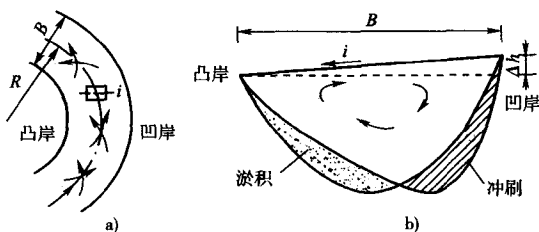


图 2-1 河弯断面水流示意图
a)平面图;b)横断面图

b. 地球自转偏向力的作用。地球由西向东自转,其自转偏力将造成自北向南流动河流右岸受到冲刷;自南向北流动的河流则为左岸受到冲刷。

c. 流速分布不均匀的影响。涨落洪时所产生的横比降是由于主槽与岸边的水力条件的差异及洪水涨落传播特性的差异所造成的。

(4) 河流的纵断面及纵比降。

① 河流的纵断面 河流中沿水流方向各断面最大水深点的连线被称为中泓线或溪线。沿河流中泓线的剖面,称为河流的纵断面,常用纵断面图表示。以河长为横坐标,高程为纵坐标,可以表示出河流纵坡及落差的沿程分布,它包括水面线与河底线。

② 河流的纵比降 河流的纵比降是指河段上游、下游河底高差(或同时间水位差)与河段长度的比值,前者称为河底纵比降,又称河底坡度,后者称为水面纵比降又称水面坡度。比降大的河流,流速大,冲刷力强;比降小的河流,流速小,时常发生淤积。河底(或水面)纵比降可用下式计算:

$$I = \frac{H_1 - H_2}{L} \quad (2-2)$$

式中: I ——河底(或水面)纵比降(小数或百分数);

H_1, H_2 ——河段上下游两断面的河底高程(或同时间水位),m;

L ——河段长度,m。

例如,如果河长为 10km,河底高差为 2m,那么河底比降为 $\frac{2}{10000} = 0.0002$,有时也可以写成 0.02% 或 0.2‰,这就是说每 km 长的河段河底平均落差为 0.2m。

同理,可以计算出河槽(或水面)逐段纵比降。

2) 河流的平面形态特征

山区河流及平原区河流是最典型的河流形态。

(1) 山区河流的平面形态特征。山区河流分为峡谷河段与开阔河段。山区河流的平面形态特征是:

① 平面上多急弯,宽窄相间,河床稳固;

② 河流纵断面多呈凸型,比降缓陡相间;

③ 开阔河段,河面较宽,有边滩,有时也有不大的河漫滩和明显阶地,有的地方也会出现心滩和沙洲,比降较缓,河床泥沙较细;

④ 峡谷河段,河床狭窄,河岸陡峭,中、枯水河槽无明显区别。

(2) 平原区河流的平面形态特征:

① 河床横断面多呈宽浅矩形,通常横断面上滩槽分明,在河弯处横断面呈斜角形,凹岸侧窄深,凸岸侧为宽且高的边滩,过渡段有浅滩、沙洲;

- ②中泓线与河道中线一般不重合；
- ③河谷开阔,有时河槽高出地面,靠两侧堤防束水；
- ④河床冲积层厚,枯水期河槽中露出各种形态的泥沙堆积体；
- ⑤由于平原区河流多河弯,浅滩连续分布,因此,河床纵断面亦深浅相间。

二、流 域

1. 分水线和流域

划分相邻水系(或河流)的山岭或河间高地称为分水岭。分水岭最高点的连线称分水线。一个水系(或一条河流)的集水(地表水或地下水)区域称为流域,即分水线所包围的区域。流域的分水线是流域的周界。分水线可分为地表分水线和地下分水线。由分水线所包围的河流集水区可分为地面集水区和地下集水区两类。流域的地表分水线是地面集水区的周界,通常就是经过出口断面环绕流域四周的山脊线,可根据地形图勾绘。流域的地下分水线是地下集水区的周界,一般很难准确确定。由于水文地质条件和地貌特征影响,地面、地下分水线可能不一致,相应的地面集水区与地下集水区不一定完全重合,若重合,称为闭合流域;如果不重合,则称为非闭合流域。地表分水线主要受地形影响,而地下分水线主要受地质构造和岩石性质影响。分水线不是一成不变的,河流的侵蚀、切割,下游的泛滥、改道等都能引起分水线的移动,不过这种移动过程一般进行得很缓慢。

2. 流域的几何特征

1) 流域面积

流域地面集水区的水平投影面积,称为流域面积,常用符号 F 表示。通常先在 1:50000 ~ 1:100000 的地形图上勾绘出流域周界,然后用方格法或求积仪法求出。方格法即定出方格的面积,再按照流域图形中具有方格数计算流域面积,所定方格越小,计算结果越准确,但工作量则比较大。求积仪是一种专门用来量算图形面积的仪器,其优点是量算速度快,操作简便,适用于各种不同几何图形的面积量算而且能保持一定的精度。求积仪有机械求积仪和电子求积仪两种。对于目前很多存储于计算机中的矢量地形图,有很多计算软件,可以很方便地计算出流域面积

2) 流域长度和平均宽度

流域长度即流域的轴长,通常用 L 表示,流域长度经常用河流的干流长度代替。流域面积 F 与流域长度 L 之比,称为流域的平均宽度,常用符号 B 表示,有:

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

3) 流域形状系数

流域的形状系数即流域平均宽度 B 与流域长度 L 之比,常用符号 ξ 表示,有:

$$\xi = \frac{B}{L} \quad (2-4)$$

扇形流域 ξ 较大,狭长流域 ξ 较小,它在一定程度上以定量的方式反映了流域的形状。

3. 流域的自然地理特征

流域自然地理特征,包括流域的地理位置、气候条件、土壤性质及地质构造、地形、植被、湖泊、沼泽等。

1) 流域的地理位置

流域的地理位置是指流域中心及周界的位置,以流域所处的经度和纬度表示,它间接反映流域的气候和地理环境。另外,流域的地理位置应说明流域四周的山岭、河流、河源与海洋的距离等。在一般情况下,相近流域,其自然地理及水文条件比较相似。

2) 流域的气候条件

流域的气候条件包括降水、蒸发、温度、湿度、风等情况,是决定流域水文特征的重要因素。气候条件在广大地区上有它成因的一致性,因而反映在降水、蒸发等水文情况上也有一定的相似性。

3) 流域的地形条件

流域的地形特性除用地形图描述外,还常用流域的平均高程和平均坡度来定量表示。流域平均坡度大,则汇流时间短,径流过程急促,洪水猛起猛落,故山区河流多易涨易退,地形起伏大的山区河流,其径流变化多大于平原河流。流域的平均高程和平均坡度可用格点法计算,即将流域地形图划分成 100 个以上的正方格,定出每个方格交叉点上的高程和与等高线正交方向的坡度,这些高程的平均值即为流域平均高程,这些格点坡度的平均值即为流域平均坡度。

4) 流域的土壤、岩石性质和地质构造

土壤的性质包括土壤的类型和结构。沙土的下渗率大于粘土,其地面径流小于粘土地区;深色紧密的土壤易蒸发,疏松及大颗粒土壤蒸发量小,透水岩层蕴藏地下水多,径流变化平稳,透水性小的土壤,其地面径流大,旱季河水可能出现干涸、断流情况;黄土地区易于冲蚀,河流挟沙量往往很大,我国黄河流经黄土高原,河水含沙量居世界首位。

岩土性质包括颗粒大小、组织结构、透水性、给水度。页岩、板岩、沙岩、石灰岩及砾岩等易风化、易透水、下渗量大,地面径流将减小。

地质构造,如断层、节理及裂缝情况。地面分水线与地下分水线不一致时,水将通过地下流失。

流域的土壤、岩石性质和地质构造对下渗和地下水运动有重要影响,对流域中的径流量大小及变化有显著影响,而且与流域的侵蚀与河流泥沙情况关系很大。

5) 流域的植被

流域的植被主要指森林,植被的相对多少以森林面积 F_c 占流域面积 F 之比来表示,称为森林度,用 Ψ_0 表示。

$$\Psi_0 = \frac{F_c}{F} \times 100\% \quad (2-5)$$

植被能涵蓄水分,加大地面糙率,增加下渗量。植被能通过对水文过程的调节和对土壤改良的作用,显著减轻土壤侵蚀,减少流域产沙量及河川泥沙含量。

6) 流域的湖泊和沼泽

流域的湖泊与沼泽对径流起调节作用,能调蓄洪水和改变径流的年内分配,调节气候及沉积泥沙。衡量湖泊和沼泽作用的大小通常用湖泊面积 A 与流域面积 F 之比来反映,称为湖泊率,常用符号 Ψ_c 表示,有: