

交通版

高等学校土木工程专业规划教材

EXIAO TUMU GONGCHENG ZHUANYE GUIHUA JIAOCAI

第2版



桥涵水文

黄新 金菊良 李帆 主编



人民交通出版社股份有限公司
China Communications Press Co., Ltd.



第2版

JIAOTONGBAN GAODENG XUEXIAO TUMU GONGCHENG ZHUANYE GUIHUA JIAOCAI

桥涵水文

Qiaohan Shuiwen

黄新 金菊良 李帆 主编

常州大学图书馆
藏书章



人民交通出版社股份有限公司
China Communications Press Co., Ltd.



内 容 提 要

本书为交通版高等学校土木工程专业规划教材,全书分9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和小桥与涵洞勘测设计。

本书可作为土木工程专业、道路桥梁与渡河工程专业、交通工程专业及相关专业的教材,也可作为桥涵设计与施工人员以及有关科技人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

桥涵水文 / 黄新, 金菊良, 李帆主编. — 2版. —

北京: 人民交通出版社股份有限公司, 2017.8

交通版高等学校土木工程专业规划教材

ISBN 978-7-114-14104-1

I. ①桥… II. ①黄… ②金… ③李… III. ①桥涵工
程—工程水文学—高等学校—教材 IV. ①U442.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 204143 号

书 名: 桥涵水文(第2版)

著 作 者: 黄 新 金菊良 李 帆

责任编辑: 张征宇 赵瑞琴

出版发行: 人民交通出版社股份有限公司

地 址: (100011)北京市朝阳区安定门外外馆斜街3号

网 址: <http://www.ccpress.com.cn>

销售电话: (010)59757973

总 经 销: 人民交通出版社股份有限公司发行部

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京盈盛恒通印刷有限公司

开 本: 787×1092 1/16

印 张: 13.25

字 数: 329 千

版 次: 2006年8月 第1版 2017年8月 第2版

印 次: 2017年8月 第2版 第1次印刷 累计第6次印刷

书 号: ISBN 978-7-114-14104-1

印 数: 14001—17000 册

定 价: 29.00 元

(有印刷、装订质量问题的图书由本公司负责调换)

交通版

高等学校土木工程专业规划教材

编委会

(第2版)

主任委员: 戎 贤

副主任委员: 张向东 李帼昌 张新天 黄 新
宗 兰 马芹永 党星海 段敬民
黄炳生

委 员: 彭大文 张俊平 刘春原 张世海
郭仁东 王 京 符 怡

秘 书 长: 张征宇

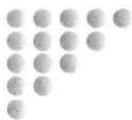
(第1版)

主任委员: 阎兴华

副主任委员: 张向东 李帼昌 魏连雨 赵 尘
宗 兰 马芹永 段敬民 黄炳生

委 员: 彭大文 林继德 张俊平 刘春原
党星海 刘正保 刘华新 丁海平

秘 书 长: 张征宇



随着科学技术的迅猛发展、全球经济一体化趋势的进一步加强以及国力竞争的日趋激烈,作为实施“科教兴国”战略重要战线的高等学校,面临着新的机遇与挑战。高等教育战线按照“巩固、深化、提高、发展”的方针,着力提高高等教育的水平 and 质量,取得了举世瞩目的成就,实现了改革和发展的历史性跨越。

在这个前所未有的发展时期,高等学校的土木类教材建设也取得了很大成绩,出版了许多优秀教材,但在满足不同层次的院校和不同层次的学生需求方面,还存在较大的差距,部分教材尚未能反映最新颁布的规范内容。为了配合高等学校的教学改革和教材建设,体现高等学校在教材建设上的特色和优势,满足高校及社会对土木类专业教材的多层次要求,适应我国国民经济建设的最新形势,人民交通出版社组织了全国二十余所高等学校编写“交通版高等学校土木工程专业规划教材”,并于2004年9月在重庆召开了第一次编写工作会议,确定了教材编写的总体思路,于2004年11月在北京召开了第二次编写工作会议,全面审定了各门教材的编写大纲。在编者和出版社的共同努力下,目前这套规划教材已陆续出版。

这套教材包括“土木工程概论”、“建筑工程施工”等31门课程,涵盖了土木工程专业的专业基础课和专业课的主要系列课程。这套教材的编写原则是“厚基础、重能力、求创新,以培养应用型人才为主”,强调结合新规范、增大例题、图解等内容的比例并适当反映本学科领域的新发展,力求通俗易懂、图文并茂;其中对专业基础课要求理论体系完整、严密、适度,兼顾各专业方向,应达到教育部和专业教学指导委员会的规定要求;对专业课要体现出“重应用”及“加强创新能力和工程素质培养”的特色,保证知识体系的完整性、准确性、正确性和适应性,专业课教材原则上按课群组划分不同专业方向分别考虑,不在一本教材中体现多专业内容。

反映土木工程领域的最新技术发展、符合我国国情、与现有教材相比具有明显特色是这套教材所力求达到的,在各相关院校及所有编审人员的共同努力下,交通版高等学校土木工程专业规划教材必将对我国高等学校土木工程专业建设起到重要的促进作用。

交通版高等学校土木工程专业规划教材编审委员会
人民交通出版社股份有限公司

前言(第2版)

QIANYAN



本教材自2006年第一版出版以来,承蒙广大师生和读者的喜爱以及人民交通出版社的大力支持与宣传,出版发行顺利,多次重印。根据本系列教材编写委员会“适时与及时更新”的编写原则,结合土木工程等专业的规范要求,决定对《桥涵水文》第一版进行修订。

第二版是在第一版内容的基础上修订完成的,考虑到学生的需求和反馈意见。第二版继承了第一版的大部分内容,并在体系和风格上与第一版保持一致。依据最新的国家标准、专业培养目标和课程教学大纲的要求,由原编写人员对第一版内容进行了审视、更新、补充、删除或改写。补充了例题,删除了原第十章(水工模型试验)。

本书由黄新、金菊良、李帆担任主编。全书编写分工如下:第一章和第三章由合肥工业大学金菊良编写;第二章由南京林业大学王郑编写;第四章由南京林业大学薛红琴编写;第五章和第六章由河北工业大学李帆编写;第八章由河北工业大学李运光编写;第七章和第九章由南京林业大学黄新编写。黄新统稿全书。

本书修订过程中参阅了大量相关书籍与资料,对于参考资料的编著者,在此表示衷心的感谢。南京林业大学研究生贾焯在修订过程中做了大量工作,在此一并表示感谢。

由于编者水平有限,书中缺点和错误在所难免,敬请读者批评指正。

编者
2017年6月

前言(第1版)

“桥涵水文”是“交通版高等学校土木工程专业规划教材”中的一本专业工程技术课教材。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。同是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,河海大学芮孝芳教授主审。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、第六章由河北工业大学李帆讲师编写;第八章由河北工业大学李运光教授编写;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

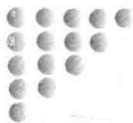
目录 MULU



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 河川径流的形成	12
第三节 河川的泥沙运动	16
第四节 河床演变	19
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形与参数估计	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	76
第三节 根据暴雨资料推算	79
第四节 小流域设计洪水	84
第五节 设计洪水位的推求	86
习题	86
第五章 大中桥孔径计算	88
第一节 桥位河段水流图式和桥孔布设原则	88
第二节 桥孔长度	91
第三节 桥面设计高程	96

习题	107
第六章 桥梁墩台冲刷计算	108
第一节 桥下一般冲刷的计算	108
第二节 桥墩的局部冲刷计算	113
第三节 桥台冲刷计算	119
第四节 桥梁墩台基底最小埋深	121
习题	127
第七章 调治构造物	128
第一节 调治构造物的分类	128
第二节 导流堤	129
第三节 丁坝	132
习题	133
第八章 桥渡勘测与桥位选择	134
第一节 地形测绘	134
第二节 工程地质勘察	136
第三节 桥位的选择	138
习题	142
第九章 小桥与涵洞勘测设计	143
第一节 小桥涵的类型与特点	143
第二节 小桥涵勘测	148
第三节 小桥涵位置选择	149
第四节 小桥孔径计算	154
第五节 涵洞孔径计算	167
第六节 小桥及涵洞的构造	175
第七节 涵洞进出口河床的处理	186
习题	190
附录	192
参考文献	200

第一章 绪 论



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,这一过程称为降水;而江、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、毛管力和重力作用下,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 1~2km 深处的广大空间。全球不同纬度带的大气环流中,蒸

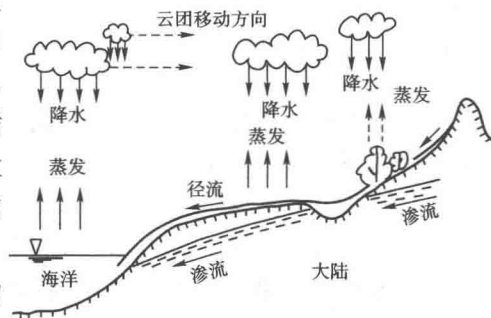


图 1-1 水文循环示意图

发大于降水的区域称为水汽源区,在北纬 $10^{\circ} \sim 35^{\circ}$ 和南纬 $10^{\circ} \sim 40^{\circ}$ 的地区;蒸发小于降水的区域称为水汽汇区,在北纬 10° 至南纬 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及经济性,估算施工期设计洪水。

3. 在桥涵使用阶段

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,确定是否需要对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使用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,从而做出一个综合的评价,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使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践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

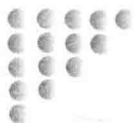
钱学森等提出的这类方法,通常是根据现有科学理论和专家的经验知识和判断力,提出经验性假设,再根据所研究问题的信息资料,建立相应的系统模型,进行模拟、实验和计算,获得定量结果,并进行判断,通过反复修正经验性假设,直到获得满意的经验性假设为止。桥涵水文众多的实验、经验公式、水工模拟试验、水文频率计算适线法等,正是该类集成方法的体现,它集成了大量水文专业人员的实践经验和所得的水文信息资料,并对此不断加以完善。

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。

第二章 河流概论



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一定的洪涝灾害。

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,支流可分为一级、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、各级支流、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。支流从左右两岸犹如羽毛形状,相间汇入干流,如滦河水系和钱塘江水系。

(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、涡河等水系。

(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。

(6)放射状水系。中高周低的地势,由中间向四周放射状流动的水系。常见于穹隆和火山锥分布区。

(7)向心水系。盆地地势,河流由四周山地向中部洼地集中,如塔里木盆地和四川盆地。

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,纵断面多呈阶梯状,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小,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,往往形成沙洲。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,对航运及排洪越不利。 $K = 1$, 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、流量的重要因素。在流量和泥沙计算中,断面面积也是不可缺少的要素。