



普通高等教育“十一五”国家级规划教材
高等学校交通运输与工程类专业规划教材

Hydrology and Hydraulics for Bridge Engineering

桥涵水文

| 第五版 |

高冬光 王亚玲 编著
刘新生 冯卫兵 主审



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

普通高等教育“十一五”国家级规划教材
高等学校交通运输与工程类专业规划教材

桥 涵 水 文

(第五版)

高冬光 王亚玲 编 著
刘新生 冯卫兵 主 审



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

内 容 提 要

本书是普通高等教育“十一五”国家级规划教材,主要讲授与桥梁工程有关的河流及海洋的水文环境、桥位、桥梁孔径、桥墩桥台、导流及防护工程等有关水文水力基本原理、分析和计算方法。本书主要供土木工程专业(路桥方向)、道路桥梁与渡河工程专业师生使用,亦可供土木工程专业其他方向和相关工程技术人员使用。

图书在版编目(CIP)数据

桥涵水文 / 高冬光,王亚玲编著. —5版. —北京:
人民交通出版社股份有限公司,2016.8

普通高等教育“十一五”国家级规划教材 高等学校
交通运输与工程类专业规划教材

ISBN 978-7-114-13238-4

I. 桥… II. ①高… ②王… 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(2016)第 180224 号

普通高等教育“十一五”国家级规划教材
高等学校交通运输与工程类专业规划教材

书 名:桥涵水文(第五版)

著 者:高冬光 王亚玲

责任编辑:李 喆 李 晴

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.ccpres.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:北京鑫正大印刷有限公司

开 本:787×1092 1/16

印 张:18

插 页:4

字 数:433千

版 次:1980年7月 第1版 1985年3月 第2版

2003年8月 第3版 2008年12月 第4版

2016年8月 第5版

印 次:2016年8月 第5版 第1次印刷 总第29次印刷

书 号:ISBN 978-7-114-13238-4

定 价:35.00元

(有印刷、装订质量问题的图书由本公司负责调换)

第五版前言

我国作为海洋大国,沿海及近海岛屿地区的经济、交通和国防建设迅速发展,远海岛屿开发和海洋一带一路的建设方兴未艾。我国跨海桥梁及滨海公路的建设正在蓬勃发展中。

自1980年《桥涵水文》第一版出版以来,伴随我国交通建设快速发展,教材内容也在相应地进行着更新和完善,以前四版的教材内容,都以跨河桥梁及洪水分析为主。《桥涵水文》第五版,将第四版的“海洋水文”一章,扩展为“跨海桥梁和海洋环境”,形成了以跨河桥梁为主,跨河桥梁和跨海桥梁并列,更加全面完整的《桥涵水文》学科体系。

本书主要讲述桥梁全寿命过程(设计、施工、运营)中,河流和海洋的水文环境对桥梁工程的作用和相应对策。特别是桥梁设计中关于桥位、桥梁孔径、桥墩及桥台、导流及防护工程等方面,应用水文学、水力学基本原理,进行分析和计算的方法。这是教材的核心内容。

“桥梁与环境”的关系是桥涵水文的基础,是学生必须认识和理解的基本概念,作为教材的绪论。

“桥梁水工模型试验”是研究本学科有关桥梁水力学、公路及桥梁水毁防护等课题最基本、最常用的方法,仅供教学、科研和工程设计参考,作为附录。

第五版对上述内容的调整,既突出了教学的核心内容和新发展,又保持了学科体系的完整性。

各章设计计算示例,以人工计算为基础;同时,根据现今设计技术发展需要,引用了作者高冬光主持开发,并已在多家省部级交通设计院应用的《桥位设计计算系统(QW2.0)》进行电算,作为参考。

本书绪论、第五章、第七章、第八章和附录由高冬光教授编写修订,其余各章修订由王亚玲教授完成,全书由高冬光教授统稿。

感谢河北省交通规划设计院原总工刘新生教授级高级工程师、河海大学冯卫兵教授作为主审对本书的肯定,并提出了具体的修改建议,作者在文字上都作了相应修改。

作者水平有限,书中不妥之处,期盼读者指正、交通,衷心感谢。

作者信箱:ga dongguang@163.com

高冬光、王亚玲

2016年6月23日

第四版前言

在科学发展观的指导下,我国公路建设正在力求实现“安全、环保、以人为本、可持续发展”的指导思想和建设理念。桥梁作为跨越河流、海域和山涧峡谷的重要构造物,桥梁及其附属设施(引道、导流堤、防护工程等)与相连的河流、海域和山涧峡谷等自然环境形成了一个相互影响、相互制约的整体。此外,大型桥梁往往成为一座地标性的建筑,它与当地的自然风貌、原有建筑及人文背景形成和谐的景观。

21 世纪的桥梁,不仅是具有交通功能的工程实体;同时,应是保护环境的重要设施,是一件与环境景观协调的空间艺术创作作品。

当今,生态环境保护和桥梁全寿命设计、全寿命成本分析的设计理念和设计方法,已引起普遍重视,而且我国正在研究和逐步实施过程中。一方面,从以完成桥梁施工图设计为目标,而延伸为桥梁的全寿命周期(建设施工、管理、养护、更新、加固直到寿命终止)设计理念;另一方面,从只考虑桥梁结构设计为主,扩展为同时考虑环境、景观等综合设计的新理念正在形成。目前,正在经历着这一桥梁设计理念的新飞跃。

桥涵水文是根据河流和海洋水文环境各项因素进行桥梁设计的学科,为桥位环境设计的一个重要组成部分。从考虑桥梁与周围河、海及山区等自然环境的相互影响出发,选定桥位、拟定桥长和桥型、布设孔径、计算桥面高程和墩台冲刷深度等,提出初步设计方案;同时,根据“顺应水势,因势利导”的原则,拟定相应的桥

位河段或海域的桥梁引道、导流堤、护岸、丁坝等附属设施的布设方案,进行桥梁与河流、海域及山区环境友好共处的环境设计;根据近年来我国大跨度跨海桥梁建设的需要,并应尽量提供气象、水文等有关的环境因素资料,供桥梁防腐蚀、防风振等设计及施工、养护各方面参考。这些应该是桥涵水文学科在新世纪的任务。

国家“十一五”规划教材《桥涵水文》(第四版)的编写就是在上述桥梁设计新理念的指导下,作为桥位环境设计的重要组成部分来完成的,此版较以前各版在观念和 content 上有了新发展。

“重基础、宽专业、新技术、讲实用”是本书追求的风格。本书针对桥梁及道路工程,以讲清水文学、水力学及泥沙运动基本原理,及其在桥梁、道路工程中分析应用方法为重点。进而,有的放矢,导出计算方法及公式,采取相应的工程措施,实现工程与自然的和谐,避免工程风险。

为了使读者能将复杂的水力水文分析计算和桥梁、涵洞勘测设计,应用计算机完成,各章设计实例在人工计算说明的基础上,引用了作者主持开发,已在多家部、省级交通设计院应用的《桥位设计计算系统(QW2.0)》。

本书第一章、第五章、第六章和第十一章由高冬光教授编写,其余各章修订及补充是由王亚玲教授完成,全书由高冬光教授统稿。

衷心感谢刘新生教授级高级工程师、冯卫兵教授作为主审对作者的鼓励和对本书的肯定,并提出了具体的修改建议,作者在文字上都作了相应修改。

特别要感谢我的老师、中国工程院院士范立础教授,在百忙中为本书提出建议,对学科发展提出了宝贵意见,并对青年读者寄予殷切期望。

作者水平所限,书中不妥之处,期盼读者指正、交流,衷心感谢。

作者信箱:gaodongguang@163.com。

高冬光

2008年6月20日

第三版前言

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,重视能力的培养。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、公路研究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,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

绪论 桥梁与环境	1
第一节 千年古桥的启示	1
第二节 桥梁环境	3
第三节 可持续发展、生态公路和桥梁景观	8
习题	14
第一章 河流	15
第一节 河流和流域	15
第二节 河川径流的形成	21
第三节 水文测验	25
第四节 水文资料的搜集和整理	30
习题	37
第二章 水文统计原理	38
第一节 水文现象的特性和分析方法	38
第二节 概率和频率	40
第三节 频率分布	42
第四节 经验频率曲线	45
第五节 统计参数	46
第六节 理论频率曲线	51
第七节 相关分析	64
习题	73
第三章 设计洪水流量	74
第一节 根据流量观测资料推算设计流量	75
第二节 应用地区经验公式推算设计流量	82
第三节 推理公式和经验公式	97

习题	109
第四章 大中桥孔径计算	110
第一节 桥位河段水流图式和桥孔布设	110
第二节 桥孔长度	118
第三节 桥面高程	122
第四节 计算实例	132
习题	137
第五章 桥墩和桥台冲刷	138
第一节 泥沙运动	139
第二节 河床演变和河相关系	144
第三节 桥下河床断面的一般冲刷	148
第四节 桥墩局部冲刷	154
第五节 桥台冲刷	163
第六节 墩台基底最小埋置深度和计算实例	166
习题	172
第六章 调治构造物	173
第一节 导流堤	174
第二节 丁坝	178
第三节 计算实例	180
习题	181
第七章 跨海桥梁和海洋环境	182
第一节 海岸带环境对桥梁的作用	183
第二节 海岸带不同位置的桥梁	191
第三节 潮汐和潮流	198
第四节 风和波浪	202
第五节 波浪对桥梁墩台的作用力	208
第六节 跨海桥梁的墩台冲刷	214
第七节 通航海轮桥梁的通航标准	223
习题	225
第八章 桥位勘测和桥位选择	226
第一节 桥位勘测设计的内容	226
第二节 桥位选择	229
第三节 桥位方案实例	232
习题	234
第九章 小桥和涵洞孔径计算	235
第一节 小桥和涵洞勘测	235
第二节 小桥孔径计算	236
第三节 涵洞孔径计算	242
第四节 小桥和涵洞的进出口处理	248
第五节 山区小桥和涵洞进出口的水力计算	252

第六节 计算实例·····	255
习题·····	259
附录 桥梁水工模型试验·····	260
一、桥梁水工模型试验的种类和意义·····	260
二、相似理论和模型设计·····	261
三、桥梁水工模型试验实例·····	265
参考文献·····	270

桥梁与环境

第一节 千年古桥的启示

一、赵州桥

赵州桥,又名安济桥,位于河北省赵县城南,跨越洺河,建于公元595~605年,隋朝李春主持修建。桥梁全长64.40m,净跨径37.02m,拱顶宽9m,拱脚宽9.6m,为世界首创空腹式(敞肩式)拱桥(图0-1-1)。

赵州桥拱圈两肩各设有两个跨度不等的腹拱,可减轻自重、节省材料,使桥型轻巧美观,在景观上与两岸一望无际的大平原十分协调,同时增大泄洪断面,增强了抗洪能力和抗震性能。它是我国古代桥梁保留至今,未被洪水、地震摧毁(河北燕山地带为地震多发区),幸存于世的杰出代表。赵州桥凭借其精美的设计构思和施工工艺,被誉为“国际土木工程里程碑建筑”,1991年美国土木工程师协会在桥头建纪念碑,称其为“国际土木工程历史古迹”,为中华民族的骄傲。

赵州桥桥位选在平原顺直稳定型河段,河槽宽约50m,为较深的单式断面,河床稳定。桥梁中心线与河床正交,桥孔长度基本与河床等宽。拱矢较高,达7.23m,主拱两肩为敞开式,使桥下过水面积增大,泄洪能力增强。地处黄河、海河冲积平原,虽为细粒沙质河床,因桥孔自重

较轻,桥台基础直接砌筑在天然轻亚黏土地层上,基础埋深仅2~2.5m,却较稳固。可见,1400多年前古人建桥时,已全面考虑了当地的水文、地质、地形、景观等自然地理环境要素,才创造了桥梁与自然环境和谐共处,千年安然无恙的奇迹。

二、长安灞河桥

灞河,发源于秦岭北麓的蓝田山区,流经长安(西安)东郊汇入渭河。灞河两岸是中华文明的发源地,蓝田猿人遗址、新石器时期半坡遗址、周、秦、汉、唐等朝代的京都长安,都在这里。

长安灞河桥,是我国著名古桥,是古都长安到中原及沿海南北各地的必经之路。始建于秦朝,经历汉、隋、唐、宋、元、明、清等八个朝代和中华民国、中华人民共和国,历经1800多年,命运坎坷,因无力承受洪水冲刷,曾遭受十几次水毁,进行过多次重建和桥位变动。

1833年(道光十三年)重建的灞河古桥,较完整地保存到2004年。原桥墩由圆柱形石碾垒砌而成,木质桥面,宽7m,每孔6m,共67孔,桥长400m(图0-1-2)。一个多世纪以后,经1957年、1978年加固改建,将原石墩外包装钢筋混凝土加固,又将桥墩加高,再将原木桥面换成钢筋混凝土桥面,成为西安市的城市桥。1981年对桥下河床进行了整体防护,上游5m、下游10m范围内,做垂直潜墙防护。2000年防护部分水毁,进行返修,2002年6月9日暴雨,洪水流量达 $500\text{m}^3/\text{s}$,遭遇洪水水毁(图0-1-3)。



图0-1-1 赵州桥(又名安济桥,高冬光,2000年摄)

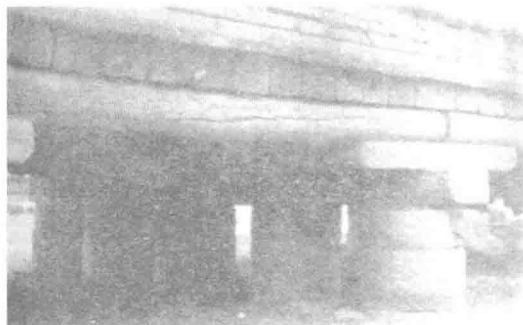


图0-1-2 灞河古桥改建加固前(梁思成,1944年)

灞河桥桥位河段为山前变迁型、不稳定河段,河床宽达400多米,水深很浅,洪水涨落迅猛,主流摆动不定,河床变形剧烈。古代建桥材料只有石料和木材,限于当时技术条件,在水流宽浅、泥沙松软的河床上,无法修建多孔连续的石拱桥,只能修建跨度很小、石墩、木面的梁桥,众多较宽的桥墩和很低的桥面,堵塞河道,使洪水严重受阻,因而屡建屡遭洪水冲毁。

本桥虽然曾安全通过 $1800\text{m}^3/\text{s}$ 的历史洪水流量,但是,1980年以后,由于人为无序采砂,桥梁下游床面严重下切,导致本桥下游的陇海铁路桥(1934年建)于2002年6月9日水毁(图0-1-3,水毁桥上游桥墩很密集的桥梁就是灞河古桥,即图0-1-4所示的桥梁)。

陇海铁路桥水毁后,虽经西安市精心保护,作为文物保护的灞河古桥,也已难以维持。经反复研讨,2004年终于决定将老桥拆除,重建新桥(图0-1-5)。

灞河古桥的桥型及结构,受古代技术条件所限,无法实现桥梁与桥位河流环境(洪水、河床变形)的协调和谐共处,屡次受到大自然惩罚,最终无法逃脱被拆除的命运。

这次洪水以后,西安市浐河、灞河、渭河沿岸地区生态环境建设迅速发展,生态环境面貌大大改观(图0-1-6),已建成生态湿地保护区、生态湿地公园多处,灞河桥的命运也随之改变。

古桥原桥位新建的灞河城市道路桥如图0-1-5所示。新建的跨越湿地公园的铁路桥如图0-1-6所示。



图0-1-3 陇海铁路灞河老桥(1934年建)水毁
(2002年6月9日洪水过后,高冬光摄)



图0-1-4 多次加固改建后的西安灞河古桥(2002年
6月9日洪水过后,高冬光摄)



图0-1-5 在原桥位新建成的西安灞河新桥
(高冬光,2014年4月摄)



图0-1-6 跨越西安浐灞湿地公园的铁路桥
(高冬光,2014年4月摄)

近两千年来,灞河古桥坎坷的命运告诉人们,工程建筑只有适应自然环境变化,和大自然和谐相处,实现天人合一,才是唯一的正确选择;否则,最终将无法逃脱被大自然淘汰的命运。

第二节 桥梁环境

一、桥梁环境的概念

1. 环境

环境,是相对于主体而言的。围绕着主体、占一定空间、构成主体存在条件的各种物质实