

高等学校交通运输与工程类专业规划教材

Bridge Engineering
桥梁工程
| 第三版 |

陈宝春 陈友杰 赵 秋 主编
范立础 主审



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

高等学校交通运输与工程类专业规划教材

Bridge Engineering

桥梁工程

(第三版)

陈宝春 陈友杰 赵 秋 主 编
范立础 主 审



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

内 容 提 要

本书在第二版的基础上进行修订,仍以公路桥梁为主,拓宽了原有的行业界限,对市政和铁路等不同工程的桥梁构成、规划、设计原则也作了论述。本书采用最新的规范,反映了最新的桥梁工程技术成果和发展趋势,同时增加了算例和课后复习与思考题,便于学生学习和理解。本书共分十章,包括概论、桥面系与支座、简支梁(板)桥、拱桥、连续梁桥、连续刚构桥、悬索桥与斜拉桥等。

本书主要面向土木工程专业道路桥梁工程方向师生,亦可供相关专业人员参考。

欲了解最新路桥专业教材信息、课件及研讨活动,欢迎各位教师加入路桥专业教材服务QQ群: 328662128。

图书在版编目(CIP)数据

桥梁工程 / 陈宝春, 陈友杰, 赵秋主编. — 3 版

. — 北京: 人民交通出版社股份有限公司, 2017.3

ISBN 987-7-114-13674-0

I. ①桥… II. ①陈… ②陈… ③赵… III. ①桥梁工程 IV. ①U44

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 026928 号

高等学校交通运输与工程类专业规划教材

书 名: 桥梁工程(第三版)

著 作 者: 陈宝春 陈友杰 赵 秋

责任编辑: 李 喆

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: 26.75

字 数: 672 千

版 次: 2009 年 2 月 第 1 版

2013 年 10 月 第 2 版

2017 年 2 月 第 3 版

印 次: 2017 年 2 月 第 1 次印刷 总第 9 次印刷

书 号: ISBN 978-7-114-13674-0

定 价: 49.00 元

(有印刷、装订质量问题的图书由本公司负责调换)

高等学校交通运输与工程(道路、桥梁、隧道 与交通工程)教材建设委员会

主任委员:沙爱民 (长安大学)

副主任委员:梁乃兴 (重庆交通大学)

陈艾荣 (同济大学)

徐 岳 (长安大学)

黄晓明 (东南大学)

韩 敏 (人民交通出版社股份有限公司)

委 员:(按姓氏笔画排序)

马松林 (哈尔滨工业大学)

石 京 (清华大学)

朱合华 (同济大学)

向中富 (重庆交通大学)

刘朝晖 (长沙理工大学)

关宏志 (北京工业大学)

杨晓光 (同济大学)

吴瑞麟 (华中科技大学)

何东坡 (东北林业大学)

张金喜 (北京工业大学)

陈 峻 (东南大学)

陈静云 (大连理工大学)

项贻强 (浙江大学)

黄 侨 (东南大学)

黄亚新 (解放军理工大学)

葛耀君 (同济大学)

戴公连 (中南大学)

王云鹏 (北京航空航天大学)

申爱琴 (长安大学)

任伟新 (合肥工业大学)

刘 扬 (长沙理工大学)

刘寒冰 (吉林大学)

李亚东 (西南交通大学)

吴卫国 (武汉理工大学)

何 民 (昆明理工大学)

张顶立 (北京交通大学)

陈 红 (长安大学)

陈宝春 (福州大学)

邵旭东 (湖南大学)

郭忠印 (同济大学)

黄立葵 (湖南大学)

符锌砂 (华南理工大学)

裴玉龙 (东北林业大学)

秘 书 长:孙 玺 (人民交通出版社股份有限公司)

第一版序

改革开放以来,我国桥梁事业突飞猛进,中国的斜拉桥与拱桥已进入国际先进行列。

我国有长江、黄河和众多海峡为依托,有大规模基本建设支持,未来将向桥梁强国进展。

在结构分析方面进展是解决桥梁结构中的非线性问题。

在施工工艺方面进展是在安全质量前提下降低施工措施费问题。

在方案竞争方面进展是在追求造型美观的同时要推进桥梁的跨度,目前拱桥和斜拉桥的跨度均未发挥到极致,我们的目标是使具有很好刚度的拱桥增大其跨度,使其能在同一跨度中与斜拉桥竞争;使不需要锚碇的斜拉桥增大其跨度,使其能在同一跨度中与悬索桥竞争。出于桥梁功能和经济利益的需要,跨度的增大导致方案的竞争是十分必要的。

在当前桥梁进展的形势下,如何向道桥专业学生提供一本既能涵盖我国当前成就,又能以有限篇幅表达其基本理念的桥梁教科书是本书的初衷,希望在今后的教学中不断完善。

林元培

2008年11月3日

第三版前言

2014 年和 2015 年两本与公路桥梁工程密切相关的新版行业标准颁布实施,即《公路工程技术标准》(JTG B01—2014)和《公路桥涵设计通用规范》(JTG D60—2015)。为了在教学中采用新规范,对本教材第二版进行修订编写。同时,对实际工程技术进步和教学中发现的教材文字、图表等不足之处也进行修订。

本次书稿修订完善工作以赵秋为主,陈宝春、陈友杰参与讨论和定稿,研究生李晓芳负责绘图工作。在修订过程中,得到了许多使用本教材教师的支持,吸收了他们(特别是鲁东大学刘振宇博士)的宝贵意见与建议。本教材自第一版编写以来,一直得到范立础院士的关心与指导。2016 年 5 月 3 日,“贡献桥梁德高任师身正为范、敬业抗震功大晋士行端立础”的范教授于与世长辞,在此表示深切的怀念。

本书主编在教学过程中编写的 PPT 课件和教学材料,可从网站上下载(<http://civil.fzu.edu.cn/BridgeCourse2010/Article/Index.htm>),原件欢迎来函索取(baochunchen@fzu.edu.cn)。同时,希望广大师生在应用本书过程中,能及时将意见与建议反馈给主编,以便今后的修订。

编 者

2016 年 12 月

第二版前言

本书自 2009 年出版以来,每年都进行了重印。前三次重印时,根据教学中发现的问题进行了尽可能的修正,但这种修正只限于笔误等小问题。通过多轮的教学实践,我们发现教材中仍存在需要改进的地方,以及由于工程实践的发展和技术进步需要增加的内容。因此,作者自 2011 年上半年开始了本书第二版的编写工作。主要修改的地方如下:

第一章中对桥梁发展简史进行了精简,并将其调到桥梁的组成与分类之后;将有关规范与手册的简称介绍放在附录二,便于查询;将第一章第五节中有关桥面系与支座的检查与养护内容移到第二章相应的内容中去,在对桥面系与支座进行介绍的同时,阐述了检查与养护工作,教学安排上更符合逻辑,也更加紧凑。

对第二章的章节进行了重排,将其分为三节。将支座与伸缩缝合并成一节,增加了减隔震支座的内容,还介绍了无缝桥梁。在桥面板方面,增加了算例。

第三章在结构介绍时,按板、梁的顺序进行了重排。修订了组合梁桥部分的内容。在相关的构造介绍时,尽可能地采用了目前工程界使用的标准图与常用的构造。同时,小箱梁多用于连续结构,将小箱梁及箱形截面的介绍移至第五章。

第四章在小节编排上作了调整,先介绍活载横向分布的计算,再介绍主梁内力与变形的计算,更加符合逻辑。在内容上,考虑到桥梁结构计算目前以有限元计算为主,因此加强了活载横向分布原理的介绍,对于手算方法着重介绍了铰接板(梁)法和刚性横梁法。

第五章增强了预应力箱梁受力性能的介绍,增加了连续刚构桥桥墩刚度对总体结构受力性能影响的介绍。

第七章对石板拱构造的介绍进一步精简。

第八章增加了拱的造型方面的介绍及算例。

从结构受力基本体系出发,第九章与第十章互换顺序,第七、八章介绍完以受压为主的拱结构,紧接着介绍以受拉为主的索结构,便于比较这两种以竖向曲线的受力结构的异同点。斜拉桥属于组合结构体系,放在最后进行介绍。

更新了桥梁跨径记录和部分新规范,每章增加了复习思考题与习题。

根据公路建设的新发展,将全书的计算例题及构造等按照 2008 年出版的新标准图进行了更新。

进一步统一了全书的风格,如图的表达、每一章的无标题前言等。

在第一版出版后,感谢一批学校的选用和部分任课教师对教材提出的意见与建议。感谢福州大学《桥梁工程》教学组的全体教师及时反馈教学过程中发现的问题。感谢深圳市市政

设计研究院董桔灿工程师为本书重绘了大部分的图例,并为部分章节根据工程经验进行的修改。感谢福州大学庄一舟教授提供的无缝桥梁资料。感谢同济大学王志强为第二章的减隔震支座提供了资料。

第二版修编工作由陈宝春、陈友杰负责,福州大学土木工程学院《桥梁工程》教学团队的老师与部分同学参与了讨论与绘图工作。

本书的主编在教学过程中编写的 PPT 课件和教学材料,可从网站上下载(<http://civil.fzu.edu.cn/BridgeCourse2010/Article/Index.htm>),原件欢迎来函索取(baochunchen@fzu.edu.cn)。同时,希望广大师生在应用本书过程中,能及时将意见与建议反馈给主编,以便今后的修订。

编 者

2013 年 5 月

第一版前言

本教材主要适用于大学本科土木工程专业道路桥梁工程方向(没有专门设“桥梁工程”方向,而是道路与桥梁在同一个方向中)的“桥梁工程”课程。同时,也可作为交通工程、土木工程建筑结构方向的“桥梁工程”教材。

本教材具有以下的主要特点:

1. 以公路桥梁为主,在此基础上拓宽了原有的行业界限,对市政和铁路的不同功能桥梁的构成、规划、设计原则、荷载规定也进行了论述。

2. 对桥梁的设计计算着重于基本原理的掌握,将学习的重点放在梁桥的荷载横向分布、超静定无铰拱理论和计算方法上。对于复杂、大跨桥梁结构的计算,考虑到现在均采用计算机计算,教材中仅介绍基本原理,并适当介绍计算机计算方法。

3. 将学习的重点放在桥梁结构体系、桥梁新技术发展的了解上。

4. 根据目前我国桥梁工程的发展现状,从材料上来说,仍以混凝土桥梁为主,但对钢—混凝土组合桥梁和钢桥也作了介绍。

5. 从结构体系上来说,除简支梁(板)桥外,预应力连续梁、连续刚构已在我国大量修建,且成为主导桥型,因此对混凝土梁式桥作了全面的介绍;对拱桥来说,除了传统的石板拱和钢筋混凝土箱拱外,对近年来发展较快的钢管混凝土拱桥做了介绍,而对已较少采用的石板拱、双曲拱、桁架拱、刚架拱等则较以往的教材有了很大的删减。同时,斜拉桥和悬索桥在我国修建日渐增多,专门列了两章分别介绍。斜拉桥不限于混凝土斜拉桥,同时,对近年来在我国修建较多的部分斜拉桥和自锚式悬索桥也作了简要介绍。

6. 教材采用最新的规范,在桥梁技术、跨径纪录等方面体现最新的成果与发展趋势。如在桥梁规划设计、使用管理方面的介绍中,体现了全寿命理念,体现了对桥梁的造型与景观、结构的耐久性、环保考虑、与环境和谐等方面的关注。

7. 为适应全球化趋势,教材中的主要术语第一次出现时加注了英语,外国的桥名与地名也尽可能给出原名或英语名。书后附录给出了主要术语中英对照表。

本书共有十章。

第一章“概论”主要介绍国内外桥梁工程的发展概况、桥梁的组成与分类、桥梁的规划设计、桥梁的设计荷载、施工与使用管理。本章中在桥梁发展概况方面力求反映桥梁技术发展的历史与现状,在桥梁设计方面采用最新的规范、体现桥梁全寿命设计等新理念,并增加了使用管理、检测、评估与加固等热门研究和将来的发展方向等方面的介绍,以适应桥梁技术的发展和本科生就业面的扩宽。

第二章“桥面系与支座”主要介绍与桥梁使用功能和日常养护密切相关、各桥型共性的部

分,如与使用功能有关的附属构造与设施(包括防落梁措施)和桥面结构与构造,包括桥面板的设计与计算。这一章单独成章,体现了对桥梁使用功能、寿命期服务水平重视的理念。

第三章“简支梁(板)桥结构与施工”。简支梁(板)桥是桥梁工程中最基本的桥型。主要介绍了简支板、梁桥上部结构的构造特点和施工方法。在结构方面,增加了钢—混凝土组合梁,以适应这类桥在我国应用不断增多的需要。同时,考虑到目前本科生较之以往更多地分配到施工单位,所以本章专门列了一节介绍简支梁的施工。

第四章“简支梁(板)桥设计计算”,由于考虑到各章的平衡,将简支梁的内容分成两章,第三章讲结构与施工,这一章专门讲计算,重点介绍简支梁桥主梁内力的计算方法。对简支梁的荷载横向分布计算,考虑到现在计算机的大量应用,着重于介绍原理,具体的手算比以往的“桥梁工程”专业的教材要少。

第五章“预应力混凝土连续梁桥与连续刚构桥”。这种桥型是我国当前最常用的桥型,在高等级公路,尤其是高速公路上得到大量的应用,已从过去的大跨度、复杂桥梁变成一种很常规的桥型,所以这里作为一章单独介绍。主要介绍预应力混凝土连续梁与连续刚构的构造特点、一般的设计计算方法和施工方法等。

第六章“弯、斜梁桥与立交桥”。考虑到高等级公路与城市桥梁中,立交桥、弯桥与斜桥应用量很大,所以在第三章至第五章介绍的(钢筋或预应力)混凝土简支梁和预应力混凝土连续梁、连续刚构外,专门列一章进行介绍。对于这些结构主要介绍其构造特点、适用范围和计算原理。

第七章“拱桥结构与施工”。拱桥虽然不再像过去那样在我国桥梁(特别是公路桥梁)中占主导地位,但它在我国仍然得到广泛的应用,今后也还将得到大量的应用。对大量使用之中的传统的石拱、双曲拱、桁架拱等仍进行了介绍,但较之过去的教材,这方面的内容作了较多的删减。对近十余年来最大量应用的混凝土箱拱、钢管混凝土拱和钢拱,增加了介绍的分量。当然同梁桥一样,拱桥的施工也专门列了一节。

第八章“拱桥设计与计算”,如同简支梁桥分为两章讲述一样,本书将拱桥也分为两章讲述。第七章讲的是拱桥的结构与施工,这一章讲设计与计算。对于手算算法,以最简单的单跨悬链线无铰板拱为例来说明。考虑到计算机的大量应用,手算方法着重介绍原理,具体介绍则较简略。与此同时,增加了计算机计算方法的介绍。

第九章“斜拉桥”。斜拉桥在我国近二十余年来发展很快,我国已建成 100 多座斜拉桥。因此,斜拉桥在我国已经不再如过去那样是极少修建的桥型,许多本科生在工作中都将从各自的岗位(如设计、施工、监理、管理、养护等)接触到斜拉桥。因此,在桥梁工程中专门列一章进行介绍是必要的。本章主要介绍斜拉桥的发展概况、结构体系、主要构造、计算要点与施工方法等。此外,虽然部分斜拉桥从受力体系上来说属于梁式桥,但从结构与构造上来说,与斜拉桥有许多相近之处,所以对部分斜拉桥的简要介绍放在本章的最后一节。

第十章“悬索桥”。与斜拉桥相似,悬索桥近十余年在我国发展也很快(当然总数量上没

那么多,但规模往往更大),所以本书也专门列一章进行介绍。阐述了悬索桥的发展概况、结构体系、主要构造、计算要点与施工方法等。同时对于我国近年应用较多的自锚式悬索桥也作了介绍。

本书的第一章、第七章和第八章由福州大学陈宝春编写,第二章和第五章由福州大学上官萍编写,第三章由东南大学黄侨、刘其伟编写,第四章由郑州大学陈淮编写,第六章由浙江大学蔡金标编写,第九章由浙江大学谢旭编写,第十章由大连理工大学张哲编写。全书由陈宝春教授主编,范立础院士主审。

本教材的编写除得益于各参编人员的共同努力外,要特别感谢林元培院士为本教材撰写了序。感谢人民交通出版社曲乐编辑的大力支持,感谢福州大学杨艳老师的文字编辑和描图工作,感谢福建省交通规划设计院工程师、福州大学桥梁工程教学组各位老师和同学们以及省内其他高校桥梁专业老师所提的宝贵意见。

限于水平,本教材中的不妥之处,请批评指正。

编 者

2008 年 10 月

目 录

第一章 概论	1
第一节 桥梁的组成与分类	2
第二节 桥梁发展概述	12
第三节 桥梁设计概要	21
第四节 桥梁所受的作用	32
第五节 桥梁的使用管理	41
复习思考题与习题	53
第二章 桥面系与支座	54
第一节 桥面布置与构造	54
第二节 支座、伸缩缝与无缝桥梁	65
第三节 桥面板	80
复习思考题与习题	94
第三章 简支梁(板)桥结构与施工	96
第一节 混凝土简支梁(板)桥上部结构与构造	96
第二节 钢—混凝土组合梁上部结构与构造	107
第三节 简支梁(板)桥的桥墩和桥台	116
第四节 简支梁(板)桥施工	136
复习思考题与习题	145
第四章 简支梁(板)桥设计计算	147
第一节 荷载横向分布计算	147
第二节 主梁内力与变形计算	171
第三节 横梁内力计算	181
复习思考题与习题	185
第五章 预应力混凝土连续梁桥与连续刚构桥	188
第一节 概述	188
第二节 施工方法简介	190
第三节 主要结构与构造	197
第四节 预应力混凝土连续梁桥设计计算要点	209
复习思考题与习题	223
第六章 弯、斜梁桥与立交桥	224
第一节 弯梁桥	224
第二节 斜梁(板)桥	233

第三节 立交桥与高架桥	243
复习思考题与习题	254
第七章 拱桥结构与施工	256
第一节 概述	256
第二节 拱桥的分类	259
第三节 拱桥结构与构造	266
第四节 拱桥施工	288
复习思考题与习题	303
第八章 拱桥设计与计算	304
第一节 拱桥设计要点	304
第二节 拱桥设计计算要点	312
第三节 拱桥有限元计算方法简介	318
第四节 悬链线无铰拱内力简化计算	320
复习思考题与习题	337
第九章 悬索桥	339
第一节 概述	339
第二节 悬索桥结构与构造	341
第三节 悬索桥计算理论简介	352
第四节 悬索桥施工方法简介	355
第五节 悬索桥桥例	358
复习思考题与习题	363
第十章 斜拉桥	365
第一节 概述	365
第二节 斜拉桥结构与构造	367
第三节 斜拉桥计算理论简介	384
第四节 斜拉桥施工方法简介	391
第五节 斜拉桥桥例	394
第六节 部分斜拉桥	397
复习思考题与习题	400
附录一 中英文术语对照表	402
附录二 常用桥梁规范、手册及其在本书中的简称	407
参考文献	409

第一章 概 论

桥梁(bridge)是跨越江河、山涧,供人、车通行的人工构造物,是道路的重要组成部分。在工程建设中,一般来说桥梁与涵洞的造价平均占公路总造价的10%~20%,在山区高等级公路,所占的比例会更大。随着道路等级的提高,其所占比重还会增大。在技术方面,桥梁技术难度一般比公路土石方工程大,机械设备使用多,对技术工种、技术工人的数量和要求也较高。在工期方面,一般来说一些大桥或特大桥往往成为一条线路中的工期控制点。从维修方面来说,战争、地震等造成的桥梁损坏,修复难度大,时间长,引起的直接损失和间接损失均很大。

桥梁作为交通的重要组成部分,与政治、经济、军事、科技、文化、艺术等也都具有密切的关系。政治安定、经济繁荣,桥梁事业就得到发展,反之,桥梁事业就会停滞不前。而战争,一方面促进了桥梁技术的进步,同时也带来极大的破坏。桥梁与科技的关系自不待言,与文化艺术的关系也可从桥梁建筑的风格、装饰等方面看出。

早期的桥梁均利用天然材料,简易而跨越能力极弱,且耐久性差。砖的发明开始了人工材料应用的历史,而铁的发现一方面为开采矿石扩大其应用提供了可能,同时铁用于桥梁也引起了桥梁技术的极大进步。19世纪混凝土的发明、钢的应用,使桥梁技术产生了革命性的飞跃,从此进入了预应力混凝土桥与钢桥并驾齐驱的新时代。

新材料的应用是桥梁技术前进的巨大动力之一,而计算理论的发展是桥梁技术进步的另一个重要因素。从远古的经验积累,到后来的材料力学、结构力学、弹塑性力学等计算理论,容许应力法、极限状态法以及全概率设计的设计理论,以及当今计算机应用的普及,这些都不断地推动着桥梁技术的进步。施工技术的进步和不断创新更使得当今的桥梁结构日新月异。可以说桥梁建筑从古到今得到了极大的发展,现在已经进入技术全面进步的时代。

桥梁技术的进步与各个领域新的理论与技术成果不断地被应用是分不开的。例如,桥梁建筑设备机具的进步、施工方法的改进、新工艺的产生等,都是桥梁技术进步的重要因素。因而,桥梁技术进步反映着一国一地的综合能力和科技水平。另一方面,随着人类交往的日益增进,人类文明成果更快更广泛地得以传播,加速了桥梁技术进步的进程。因此,桥梁技术是伴随着人类文明的发展而不断进步的,它反过来也不断促进着工程技术的进步,它在一定程度上成为人类文明的表征,代表着一个时期和一个地区的文化与科学技术的水平,还经常成为一城一地的象征,如美国旧金山的金门大桥,英国伦敦的塔桥,澳大利亚悉尼的钢拱桥,上海的南浦大桥、杨浦大桥和卢浦大桥。

桥梁还与宗教有着密切的联系。有趣的是,历史上中西方的宗教大都把建桥看成积功德之事,许多牧师和僧人都积极参与了桥梁的建设,其中有些还是杰出的桥梁技术人员,为推动桥梁的进步作出了积极的贡献。由于桥梁的重要性,“桥梁”二字除指物质的桥梁外,早已有了更深刻的内涵。

桥梁工程(bridge engineering)这门课程是为本科生将来从事桥梁工程规划、勘测设计、施工、建设与使用管理和科研等掌握专业知识、培养能力的一门专业主干课程。本章作为全书的

“概论”,将简要介绍桥梁的组成与分类、国内外桥梁工程的发展概况、桥梁的规划设计、使用管理、桥梁的设计荷载等。

第一节 桥梁的组成与分类

一、桥梁的组成

1. 名称术语

图 1-1 列出了最常见的梁式桥中一些与桥梁布置和结构有关的主要尺寸和名称术语。

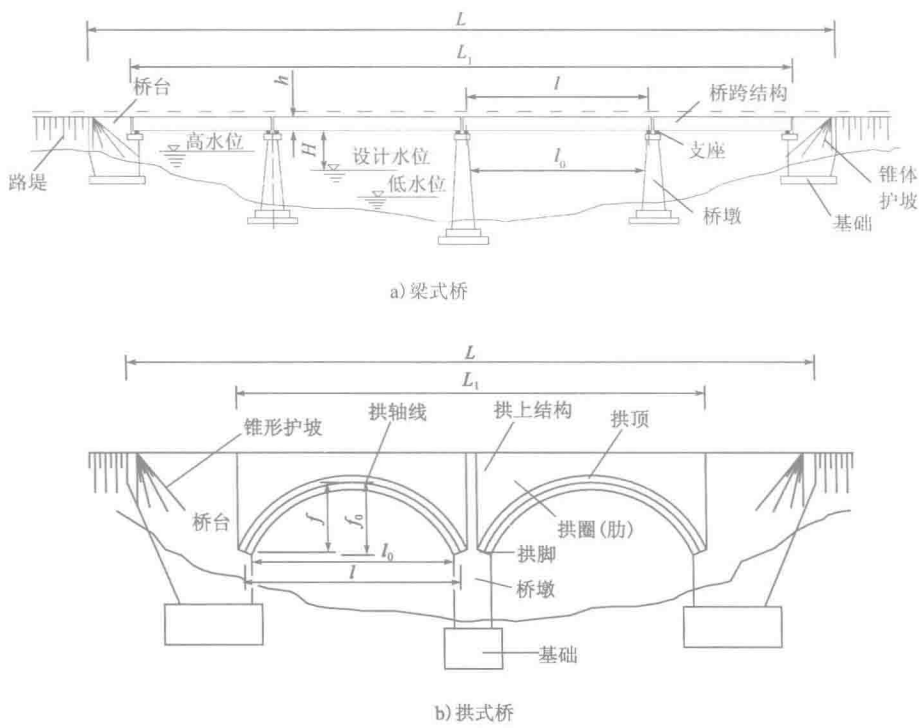


图 1-1 桥梁的基本组成

河流中的水位是变动的,在枯水季节的最低水位称为低水位 (minimum water level);洪峰季节河流中的最高水位称为高水位 (maximum water level)。与设计流量相对应的水位称为设计水位 (design water level)。对于通航的河流 (各级航道),能保持船舶 (队) 正常航行时的最高和最低水位,称为通航水位 (navigable water level)。

桥位 (bridge site): 为建桥所选择的位置。

净跨径 (clear span): 梁式桥的净跨径是指设计洪水位上相邻两个桥墩 (或桥台) 之间的净距,用 l_0 表示;对于拱式桥,是每孔拱跨两个拱脚截面最低点之间的水平距离。

标准跨径 (typical span): 同单孔跨径。对于梁式桥、板式桥、斜拉桥和悬索桥,是指相邻两桥墩中线之间的距离,或墩中线至桥台台背前缘之间的距离;对于拱桥和涵洞,则是指净跨径。

计算跨径 (computed span): 对于具有支座的桥梁,是指桥跨结构所支承的相邻墩台上的支座中心之间的距离;对于不设支座的桥梁,拱桥为两相邻拱脚截面形心点之间的水平距离。

而刚构桥同标准跨径,用 l 表示。

桥梁全长 (total length of bridge): 简称桥长,对于有桥台的桥梁,是指桥梁两端两个桥台的侧墙或八字墙后端点之间的距离,以 L 表示;对于无桥台的桥梁,为桥面行车道的全长。对于一座桥,桥长是其工程规模的一个重要指标。在一条线路中,桥梁和涵洞占总长的比重反映它们在整段线路建设中的重要程度。

多孔跨径总长 (total length of spans): 梁式桥、板式桥涵的多孔跨径总长为多孔标准跨径的总长;拱式桥涵为两岸桥台内起拱线间的距离;其他形式桥梁为桥面系车道长度,以 L_1 表示。

桥面净空 (clearance above bridge floor): 桥梁行车道、人行道上应保持的空间界限。其中,净宽 (clear width) 指行车道、人行道有效的使用宽度。行车道净宽与车道 (lane) 数、行车速度有关。

桥梁高度 (height of bridge): 是指桥面与低水位之间的高差,或为桥面与桥下线路路面之间的距离。

桥下净空 (clearance of span): 为满足桥下通航 (或行车、行人) 的需要和保证桥梁安全而对上部结构底缘以下规定的空间限界。其中,桥下净空高度是设计洪水位或计算通航水位至桥跨结构最下缘之间的距离,以 H 表示,它应保证能安全排洪,并不得小于对该河流通航所规定的净空高度。对于跨线桥或立交桥,桥下净空对于保证所跨越线路的通行能力至关重要。

桥梁建筑高度 (construction height of bridge): 是桥上行车路面 (或轨顶) 高程至桥跨结构最下缘之间的距离,以 h 表示。桥梁的建筑高度不得大于其容许建筑高度,否则就不能保证桥下的通航要求或其他交通的通行要求。

净矢高 (clear rise of arch): 是从拱顶截面下缘至相邻两拱脚截面下缘最低点之连线的垂直距离,以 f_0 表示 [图 1-1 b)]。

计算矢高 (calculated rise of arch): 是从拱顶截面形心至相邻两拱脚截面形心之连线的垂直距离,以 f 表示 [图 1-1 b)]。

矢跨比 (rise span ratio): 是拱桥中拱圈 (或拱肋) 的计算矢高 f 与计算跨径 l_0 之比 (f/l_0), 也称拱矢度,它是反映拱桥受力特性的一个重要指标 [图 1-1 b)]。

主桥 (main bridge): 多孔桥梁的主要跨段。由设计时根据宣泄设计流量、通航要求或结构构造等确定。

引桥 (approach): 桥梁中连接主桥和路堤的部分。

涵洞 (culvert): 是用来宣泄路堤下水流的构造物,有时还起到灌溉、过人或车及过管线的作用。通常在建造涵洞处路堤不中断。我国公路桥梁中,凡是多孔跨径的全长不到 8m 和单孔跨径不到 5m 的结构物,及管涵和箱涵不论管径或跨径大小、孔数多少,均称为涵洞。

2. 桥梁组成

桥梁结构一般分为上部结构 (superstructure) 与下部结构 (substructure)。

上部结构包括桥面铺装 (deck pavement)、桥面系 (floor system; bridge decking)、承重结构 (main structure), 以及联结部件 (bracings)。

下部结构包括桥墩 (pier)、桥台 (abutment) 和基础 (foundation), 有时下部结构仅指桥墩与桥台,将桥梁基础单列。桥梁上、下部结构之间常采用支座 (support; bearing) 联结。

表 1-1 列出了一座桥梁各组成部分及其作用。

桥梁的组成部分及各部分的作用

表 1-1

桥梁的组成部分			各组成部分的作用
上部结构	桥面铺装	公(铁)路面、人行道	车辆或行人行走部分
	桥面系	纵梁、横梁或其他形式	支承桥面,将荷载传给承重结构
	承重结构	主梁(或拱、索)	支承桥面系,架立在支座上,将荷载传给支座
	联结构造	纵向的及横向的	位于主梁之间,承受水平荷载
支座		固定支座、活动支座(或全约束支座,或鞍座)	1. 支承上部结构,将荷载传给墩台 2. 将上部结构固定在墩台上 3. 保证上部结构的伸缩、弯曲等变形
下部结构	墩台	桥台(位于岸边) 桥墩(位于中间)	支承上部结构,将上部结构荷载传至基础(桥台兼起挡墙作用)
	基础	浅基础或深基础(桩、沉井或沉箱)	将桥墩(桥台)传来的荷载分布到地基(土壤或基岩)中去

(1) 上部结构

桥梁上部结构(或称桥跨结构、桥孔结构),是在线路遇到障碍(如河流、山谷或其他线路等)而中断时,跨越这类障碍的主要承载结构。按结构类型,可将桥梁分为梁桥、拱桥、斜拉桥、悬索桥等。

(2) 桥墩与桥台

桥墩、桥台及其基础统称下部结构,它的主要作用是承受上部结构传来的荷载,并将荷载及本身自重传给地基。

桥墩支承相邻的两孔桥跨,居于桥梁的中间部位。桥台居于全桥的两端,它的前端支承桥跨,后端与路基衔接,起着支挡台后路基填土并把桥跨与路基连接起来的作用。除承受上部结构的作用力外,桥墩还受到风力、流水压力及可能发生的冰压力、船只和漂流物的撞击力,桥台还需承受台背填土及填土上车辆荷载产生的附加侧压力。因此,桥梁墩台不仅本身应具有足够的强度、刚度和稳定性,而且对地基的承载能力、沉降量、地基与基础之间的摩阻力等也都提出一定的要求。

本书第三章对简支梁(板)桥的墩台进行较为详细的介绍,对其他桥型的墩台(如拱桥)主要介绍其特点。

桥梁墩台的结构形式多种多样。随着桥梁建设事业的发展,特别是高等级公路桥梁和城市桥梁的兴起,出现了许多造型新颖、轻巧美观的墩台结构形式,如图 1-2 所示。优秀的桥梁设计方案,往往注重展现下部结构的功能和造型,使上、下部结构协调一致,互为点缀,进而烘托出桥梁方案的整体效果。桥梁下部结构的发展方向是轻型、薄壁、造型美观等。

桥梁下部结构的选型应遵循安全耐久,满足交通要求,造价低,维修养护少,预制施工方便,工期短,与周围环境协调,造型美观等原则。桥梁的墩台设计与结构受力有关,与土质构造和地质条件有关,与水文、流速及河床性质有关。因此桥梁墩台要置于稳定可靠的地基上,并通过设计和计算确定基础形式和埋置深度。桥梁下部结构经受洪水、地震、桥梁活载等的动力作用,要确保安全、耐久,就必须充分考虑上述各种因素的组合。