



青年科技创新人才学术文库

城市景观桥梁综合建造技术

CHENGSHI JINGGUAN QIAOLIANG ZONGHE JIANZAO JISHU

朱卫东 王 浩 毋存粮 李静斌 编著



 郑州大学出版社



青年科技创新人才学术文库

城市景观桥梁综合建造技术

CHENGSHI JINGGUAN QIAOLIANG ZONGHE JIANZAO JISHU

朱卫东 王 浩 毋存粮 李静斌 编著



郑州大学出版社

郑 州

图书在版编目(CIP)数据

城市景观桥梁综合建造技术/朱卫东等编著. —郑州:郑州大学出版社,
2015. 10

ISBN 978-7-5645-2366-4

I. ①城… II. ①朱… III. ①城市桥-桥梁施工
IV. ①U448. 155

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 171420 号

郑州大学出版社出版发行

郑州市大学路 40 号

出版人:张功员

全国新华书店经销

河南省瑞光印务股份有限公司印制

开本:787 mm×1 092 mm 1/16

印张:12.75

字数:297 千字

版次:2015 年 10 月第 1 版

邮政编码:450052

发行电话:0371-66966070

印次:2015 年 10 月第 1 次印刷

书号:ISBN 978-7-5645-2366-4

定价:36.00 元

本书如有印装质量问题,由本社负责调换



内容简介

本书以城市景观桥梁综合建造技术为主线,在简要介绍桥梁美学与城市桥梁景观设计基本概念的基础上,讲述了预应力混凝土连续梁桥、下承式连续梁拱组合桥、双索面斜塔斜拉桥、单索面独塔斜拉桥和地锚式混凝土悬索桥 5 种典型城市景观桥型的结构体系与受力特性、概念设计与美学特征、结构分析与计算方法、施工方法与施工技术,并通过具体的工程案例,详细介绍了每一种桥型建造施工的难点与重点,最后对桥梁创新结构体系的发展和城市桥梁综合建造技术进行了展望。

本书可供桥梁施工、设计、管理、研究人员使用,也可供在校学生学习参考。



前言

景观桥梁是人、桥、环境三者之间相互关联、相互影响的有机统一整体,综合反映了三者之间的关系。与公路、铁路桥梁相比,城市桥梁的建设场地往往受到城市道路总体规划的制约,在桥位选择、桥梁跨度、结构体系等方面,往往更加重视桥梁的景观特性。美好的城市桥梁景观,不仅能为桥梁的使用者和观赏者带来强烈的视觉冲击和美的享受,更能成为一道亮丽的城市风景线,乃至成为桥梁所在城市的一个著名标志。

本书针对城市桥梁的景观设计和建造施工特点,结合作者多年来积累的工程经验和作者所在单位近年来建造完成的若干桥梁工程实例,精心选择了5种典型的城市景观桥型,详细介绍了每种桥型的结构体系与受力特性、概念设计与美学特征、结构分析与计算方法、施工方法与施工技术。针对每种桥型均提供了详实的工程案例,进一步归纳总结了各类桥梁施工技术的重点和难点。

本书共分7章。第1章绪论,介绍了桥梁基本功能、桥梁美学与景观设计、城市桥梁与城市景观以及城市景观桥梁的桥型选择;第2章介绍了预应力混凝土连续梁桥综合建造技术;第3章介绍了下承式连续梁拱组合桥综合建造技术;第4章介绍了双索面斜塔斜拉桥综合建造技术;第5章介绍了单索面独塔斜拉桥综合建造技术;第6章介绍了地锚式混凝土悬索桥综合建造技术;第7章对城市景观桥梁综合建造技术进行了展望。

本书所选择的5种桥型涵盖了梁式桥、拱桥、斜拉桥、悬索桥四大桥梁结构类型,也是目前广泛应用于城市景观桥梁建设的桥梁结构体系。所涉及的桥梁工程案例,其主跨跨径大体上为50~150 m。这一跨径范围,在城市桥梁建设中量多面广。通过对这5种典型城市景观桥梁建造技术的总结和归纳,作者希望能够以点带面,为推动我国城市桥梁景观建造施工与设计提供一点有益的参考。

本书由朱卫东、王浩、毋存粮、李静斌编著,其他参加编写的人员有叶雨山、赵洪智、吴靖江、曹传国、郭建英、贾晓锋、陈胜德、郭永富、母涛、谭权生、徐继超。

由于业务水平所限,书中难免存在错误与不足,恳请读者批评指正。

作者

2015 年 4 月



目 录

第1章 绪论	1
1.1 桥梁基本功能	1
1.2 桥梁美学与景观设计	2
1.3 城市桥梁与城市景观	3
1.4 城市景观桥梁桥型选择	5
1.5 本书内容	5
第2章 预应力混凝土连续梁桥综合建造技术	7
2.1 结构体系与受力特性	7
2.2 概念设计与美学特征	12
2.3 结构分析与计算方法	16
2.4 施工方法与施工技术	20
2.5 工程案例	30
第3章 下承式连续梁拱组合桥综合建造技术	47
3.1 结构体系与受力特性	47
3.2 概念设计与美学特征	51
3.3 结构分析与计算方法	55
3.4 施工方法与施工技术	57
3.5 工程案例	62
第4章 双索面斜塔斜拉桥综合建造技术	83
4.1 结构体系与受力特性	83
4.2 概念设计与美学特征	87
4.3 结构分析与计算方法	92
4.4 施工方法与施工技术	95
4.5 工程案例	101

第 5 章 单索面独塔斜拉桥综合建造技术 121

5.1 结构体系与受力特性 121

5.2 概念设计与美学特征 127

5.3 结构分析与计算方法 131

5.4 施工方法与施工技术 135

5.5 工程案例 136

第 6 章 地锚式混凝土悬索桥综合建造技术 154

6.1 结构体系与受力特性 154

6.2 概念设计与美学特征 158

6.3 结构分析与计算方法 162

6.4 施工方法与施工技术 167

6.5 工程案例 175

第 7 章 城市景观桥梁综合建造技术展望 194

7.1 创新桥梁结构体系的发展 194

7.2 城市桥梁综合建造技术的展望 195

参考文献 196

第1章

绪论

1.1 桥梁基本功能

桥梁,是为公路、铁路、城市及农村道路、渠道、管线、行人跨越各种障碍,如江河、湖泊、海峡、沟谷、其他交通线路或建筑物等,而修建的一种人工构筑物,是交通线路的重要组成部分。桥梁是人类文明的产物,是人类社会进步与发展的一个重要标志。在人类最基本的生活需求——衣食住行中,桥梁是为人类的“行”服务的。从古至今,桥梁与人类的生活、生产紧密相依,息息相关。

桥梁的基本功能,即跨越障碍。无论是哪一类障碍,有了桥梁的沟通,就能够互通往来,缩短距离,加强联系,增进交流。而跨越障碍,是人类文明发展过程中所必须面对和解决的重大问题。因此,从人类文明发展伊始,各种类型的桥梁逐渐出现在世界各地。早期的桥梁,多采用木材和砖、石等圬工材料,形式以拱桥、梁桥居多;在一些高山峡谷地区,还出现了以竹材、藤材修建的竹索桥、藤索桥。部分古代桥梁,体现了当时建造者的高超技艺,历经千百年依然屹立不倒,并仍然能够通行使用,现存于我国河北省赵县的赵州桥(安济桥)就是其中最著名的代表。从18世纪工业革命以来,金属材料逐渐替代天然的石料和木料成为桥梁的主要建筑材料。而从19世纪中后期,混凝土的发明和在工程中的逐步推广和应用,为桥梁设计和建造类型提供了更加多样的可能性。进入20世纪以来,随着结构计算分析理论和桥梁设计方法的飞速发展,高强度、高性能材料的不断涌现,大型施工机械、新的施工方法的不断出现,现代桥梁建造技术也得到日新月异的发展。目前,世界上已建成的最大跨度桥梁——日本明石海峡大桥,其主跨已达到了令人惊叹的1991 m。人类在解决跨越障碍这一桥梁基本功能目标方面,已取得了突出的进步。

在能够实现跨越障碍这一基本功能后,桥梁的景观功能,便越来越受到桥梁建造者和使用者的重视。事实上,一些优秀的古代桥梁,建造时即同时满足了跨越障碍的结构功能和景观设计的美学功能,达到了“力”与“美”的和谐统一。在目前桥梁建造水平飞速发展的背景下,如何实现和达到桥梁的美学设计要求,如何构造出与周边环境协调一致的桥梁景观,更成为桥梁建设者必须重视的建造目标。

1.2 桥梁美学与景观设计

景观是一个含义广泛的术语,不仅在地理学中经常使用,而且在建筑、园林、桥梁、日常生活等许多方面被使用。景观通常指能够给人以自然美、人工美和生活舒适性的外部物质环境,包含“景”与“观”两个独立而统一的概念。桥梁是一种人工构筑物,桥梁的“景”与自然风景不同,体现在具体的桥型特征、结构构成、立面布局、平面组成和构造特点上;而对桥梁的“观”,则是桥梁使用者及周边人群对桥梁在不同距离、不同视角下得到的对桥梁的总体和细节印象。桥梁的“景”与“观”,又往往体现在桥梁所处的自然地理及人文环境中,不同的环境特征,对桥梁景观的美学要求往往不同,即桥梁的景观设计,要充分考虑桥位处的各种环境因素对桥梁美学效果的影响。桥梁景观设计在我国有着悠久的历史,赵州桥就特别注重与自然环境的协调,善于利用地形、地貌,效法自然,使桥与景融为一体、互相烘托、相得益彰,获得了“如初月出水,长虹饮涧”和“奇巧固护甲于天下”的美誉。

现代桥梁,根据其结构体系的不同,大体上可以分为梁式桥、拱式桥、斜拉桥和悬索桥四大类型。具体到某一种桥型,又可根据其结构构件之间的相对位置、结构构件的力学形态以及外部约束和内部连接方式的不同,派生出种类更加细化的桥梁结构形式。例如,在斜拉桥体系中,根据桥塔数量的不同,可分为独塔、双塔和多塔斜拉桥;根据索塔在横桥向的数量,可分为独柱、双柱和多柱斜拉桥;根据索塔的直立情况,可分为直塔和斜塔斜拉桥;根据索塔高度与主跨跨径的比值,可分为高塔和矮塔斜拉桥;根据斜拉索在空间的布置形式,可分为单索面、双索面、多索面和空间索面斜拉桥;根据斜拉索在索面内的布置形式,可分为辐射式、竖琴式和扇形索面斜拉桥……

面对复杂多变的桥梁形式,如何在满足安全、可靠、经济、适用的基本原则的同时,因地制宜,设计和建造出美学特征显著,景观特性突出的桥梁,便越来越受到桥梁工作者的重视。这其中,包含了力学、美学、设计、施工、材料、经济、环境等多方面、多层次的综合作用,是一个多学科相互交叉的综合性问题。而其中桥梁美学愈来愈受到人们的重视,桥梁美学方面的处理已成为桥梁设计当中不可或缺的重要因素。桥梁建筑的美学表现不是形、色、质的单一呈现,而是三者 in 美学法则的指导下的相互作用和有机统一。桥梁景观设计是桥梁美学的具体实施,涉及桥梁自身和周围环境各方面的总体美学考虑。

通常认为,桥梁美学设计的基本原则应当包括以下5条:①多样与统一的原则;②比例与匀称的原则;③平衡与协调的原则;④韵律与节奏的原则;⑤继承与创新的原则。

总的来讲,桥梁造型的美学设计就是要使桥梁整体和局部都表现出创新美、统一美、比例美、平衡美、和谐美、韵律美和协调美,使桥梁在其使用寿命当中不但具有交通功能,而且能以其百看不厌的魅力,给人以美感,让人们在通过桥梁时会有一种美的享受,感到身心愉悦。

景观桥梁是人、桥、环境三者之间相互关联、相互影响的有机统一的整体。具有良好景观特性的桥梁能够给人自然和艺术的美感,并反映了人、景观实体和环境三者之间的关系。桥梁景观设计主要应考虑以下三个方面。

(1) 功能美:桥梁首先是一种具有运输通道能力的实用结构物,所以功能价值是第一位的。桥梁以巨大的体量、固定不变的位置、相对的永久性和无法忽视的瞩目形象给环境景观和人民生活带来深刻的影响。

(2) 形式美:经过几千年漫长的历史,人类从实践经验中已得出了能够为人们普遍承认和接受的关于建筑美的通用原则,或者说是建筑美的基本规律与法则,桥梁建筑既遵循美学和建筑艺术的一般规律,同时还有它自己的特殊性。

(3) 与环境相协调:桥梁必须与周围环境相协调,其桥位、结构、材料等方面的选择,应结合周边环境中的景观特征去进行构思,只有结合地形、地物、因地制宜的桥梁,才能与周围环境相协调,才能被人们认可、乐于接受。

1.3 城市桥梁与城市景观

城市桥梁,特指在城市道路、河流、湖泊、沟渠、管线上建造的桥梁,根据其跨越下部特征的不同,大体上可分为跨越道路桥梁和跨越河湖桥梁两大类型。与公路桥梁、铁路桥梁相比,城市桥梁的建设场地受城市道路总体规划的制约,在桥位选择、桥梁跨度、结构类型等方面,往往更加重视桥梁的景观性。具有美好形态的城市桥梁,往往在建成之后即成为当地的一处重要城市景观,甚至会成为城市的“名片”,吸引众多外国和外地游客的涉足和观赏。例如,美国纽约布鲁克林大桥(图 1.1)、澳大利亚悉尼港湾桥(图 1.2)、中国南京长江大桥(图 1.3)、中国上海南浦大桥(图 1.4)等,从建成之日起就迅速成为所在城市的一处著名人工景观。

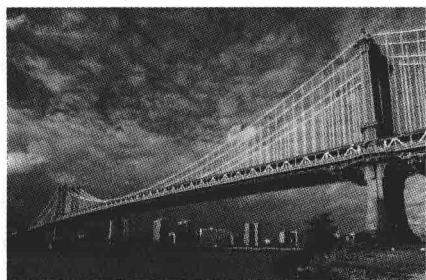


图 1.1 纽约布鲁克林大桥



图 1.2 悉尼港湾桥



图 1.3 南京长江大桥



图 1.4 上海南浦大桥

城市桥梁的景观性,往往并不单纯体现在其跨度的巨大、结构的复杂和规模的庞大上。大跨度桥梁之所以更容易成为城市的标志,更主要的原因是其巨大的体量更能吸引人们的目光。但在已建成的大跨度桥梁中,也不乏桥型设计比例失调的失败案例。桥梁景观设计中至关重要的因素还是桥梁结构体系中各组成构件的合理布局与相互协调。简而言之,组成桥梁的各主要构件,其主导作用还是承受和传递荷载,在合理分配与传递外部荷载、作用的基础上,所组成的结构体系才能具备“美”的基础。桥梁景观设计首先涉及的是解决桥梁承载的力学问题,其次才需要考虑桥梁的建筑功能、外部涂装、灯光设计等非结构因素。桥梁的“美”包括“内在美”和“外在美”,而起主导作用的“内在美”,恰恰正是指桥梁结构体系的组成具有合理的几何尺度和流畅的传力机制。

一些中小跨径桥梁,只要设计得当,依然能够成为一道亮丽的城市风景。例如,英国伦敦塔桥(图 1.5)、英国盖茨黑德千禧桥(图 1.6)、意大利威尼斯叹息桥(图 1.7)、日本锦带桥(图 1.8)、中国扬州瘦西湖五亭桥(图 1.9)、中国洛阳龙门桥(图 1.10)等。

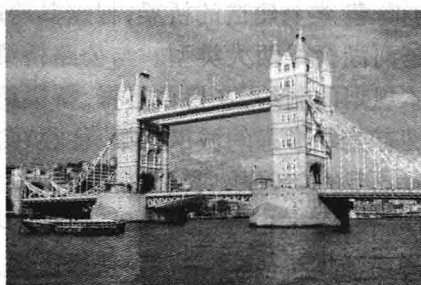


图 1.5 英国伦敦塔桥



图 1.6 英国盖茨黑德千禧桥

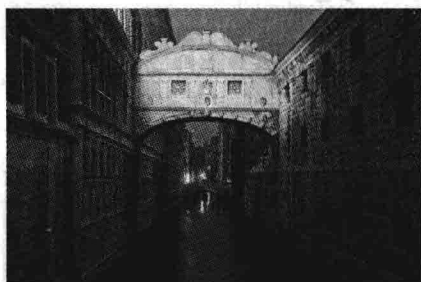


图 1.7 意大利威尼斯叹息桥

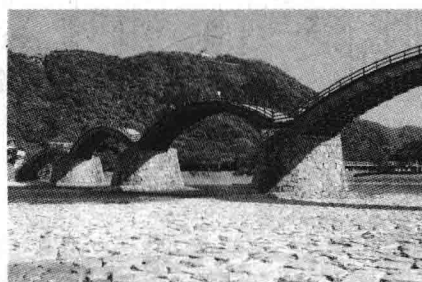


图 1.8 日本锦带桥

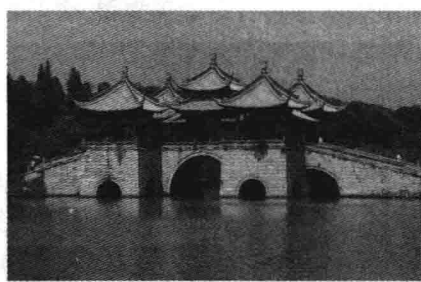


图 1.9 扬州瘦西湖五亭桥

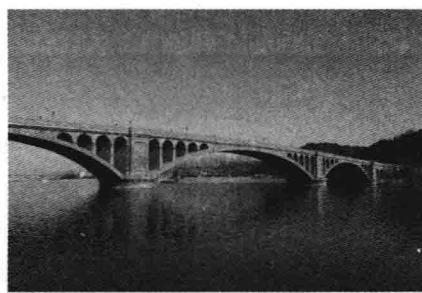


图 1.10 洛阳龙门桥

1.4 城市景观桥梁桥型选择

桥型选择,是一个相当复杂的问题。桥梁结构体系的选择,通常首先要考虑城市的总体规划要求。例如,在流经城市中心区域的主要河流上,与各条主要道路的交汇处要布局多座桥梁,而这些桥梁的桥型选择,就必然存在一个相互协调、风格互补的问题。千篇一律地采用同一种桥型,势必造成城市桥梁景观的单调性。但在一段不长的河道上,彼此相距不远的多座桥梁非要建造成包罗各类桥梁形式的“桥型博览会”,也不一定能够实现好的景观效果。

在目前的桥梁设计与施工建造水平下,建造一座跨径超百米乃至数百米的城市桥梁,从技术的角度上,已经没有什么不可克服的障碍。在桥型选择方面,起主导作用的仍然是桥梁建造的经济性。在建桥成本的宏观经济指标控制下,对于跨径不是很大的桥梁,建造技术已经非常成熟并且造价相对低廉的各类预应力混凝土梁式桥,往往成为桥型比选的首选桥型。但梁式桥的景观功能性相对较弱,如果选用梁式桥,就需要在桥梁立面线形、外挂装饰材料、桥梁栏杆与灯具造型、灯光设计等方面多加考虑。当桥梁的跨径达到或超过百米之后,除了梁式桥之外,中下承式系杆拱桥、单索面或双索面斜拉桥、地锚式或自锚式悬索桥等,均可作为方案设计的比选桥型。上述桥型与梁桥相比,由于在桥面之上存在有高度突出的结构物,如拱、索塔等,在桥梁使用者和观赏者眼中,势必会带来与梁式桥不同的心理感受,其城市地标属性更为突出。再配合和谐、美观的立面装饰和色彩造型设计,往往更容易实现城市桥梁的景观设计初衷。

总体而言,对于考虑景观设计要求的城市桥梁,在宏观工程造价控制的大前提下,在桥型选择上,可依序考虑以下几个方面:

- (1) 城市总体规划和道路网布局;
- (2) 桥梁跨越物特征及桥位周边自然人工环境;
- (3) 桥位周边交通状况及预期交通流量;
- (4) 桥梁跨径组合及主跨跨径;
- (5) 桥梁结构体系类型及使用材料;
- (6) 桥梁主要构件几何尺寸和主导设计参数;
- (7) 桥梁施工方法及对周边环境的影响;
- (8) 桥梁建设工期要求。

1.5 本书内容

本书在内容选择上,针对城市桥梁的景观设计和建造技术要求,结合作者多年来积累的工程经验和作者所在单位近年来建造完成的若干桥梁工程实例,选择5种典型桥型,详细介绍每种桥型的结构体系与受力特性、概念设计与美学特征、结构分析与计算方法、施工方法与施工技术,并结合每种桥型的实际工程案例进一步总结其施工技术重点和难点。

本书选取的 5 种典型桥型分别是:

(1) 预应力混凝土连续梁桥;

(2) 下承式连续梁拱组合桥;

(3) 双索面斜塔斜拉桥;

(4) 单索面独塔斜拉桥;

(5) 地锚式混凝土悬索桥。

以上 5 种桥型涵盖了梁式桥、拱桥、斜拉桥、悬索桥四大桥梁结构类型,也是目前广泛应用于城市景观桥梁建设的桥梁结构体系。所涉及的桥梁工程案例,其主跨跨径,大体上处在 50 ~ 150 m 的范围。这一跨径范围,在城市桥梁建设中量多面广。通过对这 5 种典型城市景观桥梁建造技术的总结和归纳,作者希望能够以点带面,为推动我国城市桥梁景观建造施工与设计工作提供一点有益的参考。

第2章

• 预应力混凝土连续梁桥综合建造技术

2.1 结构体系与受力特性

2.1.1 结构体系及构成

桥梁结构体系是桥梁结构功能、外部形态及受力性态的统一。预应力混凝土连续梁桥是预应力混凝土梁式桥的一种,它具有整体性好、地形适应能力强、结构受力性能好、刚度大、变形量小、抗震性能好等诸多优点。并且由于主梁的变形挠曲线平缓,桥面伸缩缝少,因而行车舒适性好。我国自20世纪50年代中期开始修建该种桥梁,至今已有60多年的历史。随着工程技术的发展,目前我国的预应力混凝土连续梁桥的设计和施工技术都已经达到了相当高的水平。

在同等跨径条件下,预应力混凝土连续梁桥比普通钢筋混凝土梁式桥截面小、重量轻、刚度大、抗裂性和耐久性好,能有效地控制结构的挠度,可节约钢材40%~50%,节约混凝土20%~40%,因此在大跨度连续梁桥结构中经济性更佳。此外,预应力混凝土连续梁桥的养护简单易行,立面造型简洁美观,以上优点使得该种桥型近年来在城市桥梁建设中被广泛采用。我国预应力混凝土连续梁桥在20世纪70年代首先应用于城市桥梁建设中,随后得到了迅速发展,现已成为我国大跨径桥梁的主要桥型之一。

目前,国内已建成的预应力混凝土连续梁桥的最大跨径为165 m。表2.1中列出了近期国内部分已建成的跨径在100 m以上的预应力混凝土连续梁桥。由于预应力混凝土连续梁桥结构自重较大,永久荷载占比高,因而也制约了预应力混凝土连续梁桥向更大跨径方向发展,其合适跨径通常在50~160 m。

表 2.1 国内部分已建成主跨 100 m 以上预应力混凝土连续梁桥

序号	桥名	桥宽 /m	主跨 /m	梁高/m		截面形式	桥址	建成年份
				支点	跨中			
1	南京长江二桥北汊桥	32	165	8.8	3	单箱单室	江苏	2001
2	天津永定新河大桥	34.5	160	9.5	3.5	单箱单室	天津	2013
3	湖南白沙大桥	13	150	8.5	3.5	单箱单室	湖南	2002
4	响礁门大桥	22.5	150	9	3	单箱单室	杭州	2003
5	京杭运河特大桥	11.5	140	8	3	双箱单室	江苏	2004
6	南宁钦江大桥	18.5	130	7.5	3	单箱单室	南宁	2008
7	佛开高速潭州大桥	12.1	125	7	2.75	单箱单室	广东	2000
8	阜六铁路颍河特大桥	37	120	3.2	1.6	单箱三室	安徽	2013
9	武荆高速汉江大桥	28	100	6	3	单箱单室	武汉	2009
10	磴口黄河特大桥	25	100	6.25	2.5	单箱单室	内蒙古	2009

桥梁结构大致可以分为上部结构 (Superstructure) 与下部结构 (Substructure)。预应力混凝土连续梁桥按照其受力特点属于梁式桥连续体系。连续梁桥通常由若干梁跨 (通常为 3~8 跨) 组成一联,各联之间通过伸缩缝进行连接。整座桥可以由一联或者多联组成。长桥多采用等跨布置,以简化构造,统一模式。跨度的大小主要取决于经济孔径和施工条件。图 2.1 给出了预应力混凝土连续梁桥结构体系整体布置的示意图。

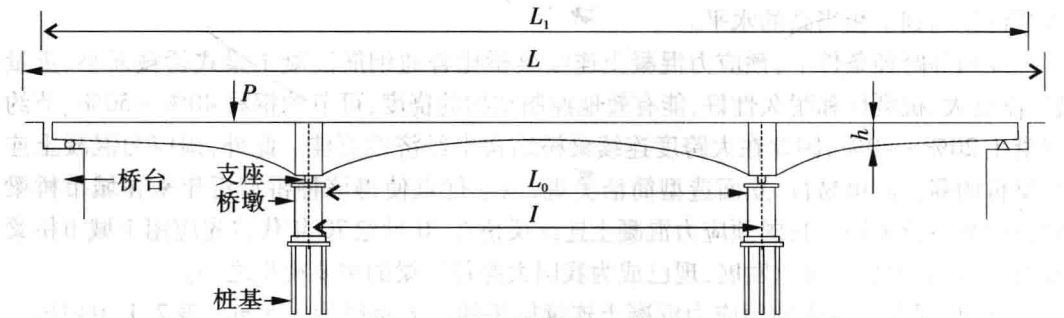


图 2.1 预应力混凝土连续梁桥结构体系整体布置示意图
 P -荷载; L -桥梁总长; L_1 -总跨径; L_0 -净跨径; h -桥梁高度; l -标准跨径

预应力混凝土连续梁桥的上部结构通常包括桥面铺装、桥面系、承重结构以及连接系部件。

(1) 桥面铺装:一般采用沥青加混凝土的组材料。其强度主要表现在两个方面,一方面是沥青与矿粉形成的胶结料的黏结力;另一方面是集料颗粒间的内摩阻力和锁结力。选择沥青混凝土混合料级配时要兼顾两者,以达到加入适量沥青后混合料能形成密实、稳定、粗糙度适宜、经久耐用的桥面。

(2) 桥面系:包括纵梁、横梁、桥面板等,主要作用是支撑桥面,将荷载传给承重结构。早期的T梁桥中一般设置横梁进行传力,但在目前应用较多的箱梁中不再设置横梁,桥面荷载通过铺装层直接传递给主梁。

(3) 承重结构:此处特指主梁,现在工程中使用较多的主梁多为预应力混凝土箱型截面主梁。主梁架设在支座上,通过支座把桥面系及桥面铺装荷载传递给下部结构。

(4) 连接系部件:根据承重结构的具体形式可设于桥梁纵向或横向,位于主梁之间承受桥面水平荷载,在预应力混凝土箱梁桥中就表现为设置在桥墩上的横隔板。

典型的预应力混凝土箱形截面有单箱单室、双箱单室、单箱四室等,如图2.2所示。

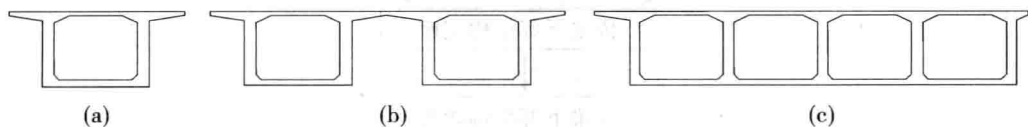


图2.2 箱梁截面示意图

(a) 单箱单室; (b) 双箱单室; (c) 单箱四室

预应力混凝土连续梁桥的下部结构包括支座、桥墩、桥台和基础。抗震设防区的桥梁由于要考虑地震作用,支座一般采用板式橡胶支座或者铅芯橡胶支座。支座的主要作用是将上部荷载传递到墩台。城市桥梁主要是跨越江河,其墩台的设计尤为重要。墩台把上部结构的荷载传递给基础,再由基础把荷载分布到地基(土壤或基岩)中去。基础包括浅基础和深基础(桩、沉井和沉箱等)。

2.1.2 荷载及传递路径

桥梁在施工阶段和运营过程中受到各种复杂的荷载及作用,受力情况十分复杂,特别是施工过程中荷载及作用的变化更加显著。桥梁结构受到的荷载或作用按类型主要可分为三类:永久作用、可变作用和偶然作用。

(1) 永久作用:也可称为恒荷载,是指在桥梁结构使用期间,其作用位置和大小、方向不随时间变化,或者其变化与平均值相比可以忽略不计的作用。主要包括:主梁自重、桥面铺装自重、附属设施自重、结构的预压力、土的重力、土的侧压力、水的浮力、混凝土的收缩及徐变作用等。

(2) 可变作用:是指在桥梁结构使用期间,其作用位置和大小、方向随时间变化,且其变化与平均值相比不可忽略的作用。主要包括:车辆荷载、风荷载、雪荷载、人行荷载、车辆冲击力、离心力、制动力、温度影响力、支座摩阻力、流水压力及冰压力等。

(3) 偶然作用:是指在桥梁结构使用期间出现的概率很小,一旦出现,其值很大且持续时间很短的作用。主要包括地震作用、船只或者漂浮物撞击力、汽车撞击作用等。

预应力混凝土连续梁桥的典型荷载传力途径可如图2.3所示。