

吴俊强 戴祖生 主编
章恒江 主审

多塔宽幅矮塔斜拉桥 建设技术

Construction Technology

of Multi-Tower Extradosed
Cable-Stayed Bridge with Wide Girder



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

Construction Technology of Multi-Tower Extradosed
Cable-Stayed Bridge with Wide Girder

多塔宽幅矮塔斜拉桥建设技术

吴俊强 戴祖生 主编

章恒江 主审



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

内 容 提 要

本书对广东江肇高速公路西江大桥设计、施工与耐久性提升技术与经验进行了全面总结提升,凝练成体系化的成套建造技术。内容介绍了包含多塔长联脊骨梁矮塔斜拉桥纵向布型、横向体系设计的方法,混凝土配合比优化与外涂装双控的耐久性防护,季节性河流的临时栈桥建造,承台与箱梁的温控防裂,岩溶地区大直径桩基的施工,带肋箱梁的悬臂施工等多项先进技术。本书不仅展示了技术上取得的突破,也全面体现了设计与建造中的创新思维方式,可以为桥型优化拓展以及施工品质的进步提升提供借鉴。

本书可供从事桥梁设计、施工、科研的人员参考使用,也可供有关院校相关专业师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

多塔宽幅矮塔斜拉桥建设技术 / 吴俊强,戴祖生主编. —北京:人民交通出版社股份有限公司, 2016. 11

ISBN 978-7-114-13281-0

I. ①多… II. ①吴… ②戴… III. ①斜拉桥—桥梁工程
IV. ①U448.27

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 194326 号

书 名:多塔宽幅矮塔斜拉桥建设技术

著 作 者:吴俊强 戴祖生

责任编辑:曲 乐 尤 伟

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:北京鑫正大印刷有限公司

开 本:787×1092 1/16

印 张:16.75

字 数:389千

版 次:2016年11月 第1版

印 次:2016年11月 第1次印刷

书 号:ISBN 978-7-114-13281-0

定 价:50.00元

(有印刷、装订质量问题的图书由本公司负责调换)

《多塔宽幅矮塔斜拉桥建设技术》

编审委员会

顾 问:陈冠雄 黄建跃 贾绍明 李卫民 王中文
林国雄 张钱松 石雪飞 毛志坚 刘志峰
孙向东 王胜年
主 编:吴俊强 戴祖生
主 审:章恒江
委 员:肖 鹰 陈庆华 阮 欣 黄行燊 周 游
陈达才 张 扬 林文强 王迎飞 王 波
陈 汛 陈枝洪

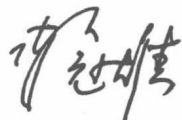
序

PREFACE

随着桥梁工程的发展,在梁桥、拱桥、悬索桥等基本桥型基础上,各种组合体系桥梁不断涌现,极大地丰富了桥梁造型。矮塔斜拉桥作为一种新型的组合体系桥梁结构形式,凭借其受力特性和经济性能上的优势,在较多国家得到了广泛的应用。矮塔斜拉桥在我国起步较晚,但发展较快,其中较为著名的芜湖长江大桥是我国第一座矮塔斜拉桥,其公铁两用的荷载、312m的主跨、钢桁架混凝土板的主梁等都使其具有相当的独特性;福建漳州战备大桥采用三跨矮塔斜拉索,主孔跨径达到132m,是我国第一座典型混凝土矮塔斜拉桥。随后矮塔斜拉桥在我国交通行业得到了广泛的发展与应用。

江肇高速公路西江大桥经大量方案论证,最终采用了四塔长联、超宽幅脊骨箱梁的刚构体系混凝土矮塔斜拉桥,以对称悬臂浇筑法进行施工,这一桥型与沿线自然景观相协调,适应通航、桥位、地质、水文及交通需求,符合安全、实用、经济、美观的基本原则。创新的构造具有优异的受力性能,同时也为设计和施工带来较多技术挑战,例如缺乏可借鉴的成熟设计经验、耐久性提升技术与适配箱梁构造的悬浇工艺等。

本书编委会对西江大桥的设计、施工与耐久性提升技术与经验进行全面总结提升,凝练成体系化的成套建造技术。内容介绍了包含多塔长联脊骨梁矮塔斜拉桥纵向布型、横向体系设计的方法,混凝土配合比优化与外涂装双控的耐久性防护,季节性河流的临时栈桥建造,承台与箱梁大体积混凝土的温控防裂,岩溶地区大直径桩基的施工,带肋箱梁的悬臂施工等多项先进技术。本书不仅展示了技术上取得的突破,也全面体现了设计与建造中的创新思维方式,可以为桥型优化拓展以及施工品质的进步提升提供借鉴。



2016 年秋

前言

FOREWORD

矮塔斜拉桥是介于斜拉桥和连续梁之间的一种组合体系桥型,该桥型在同等跨径桥型中具有受力优异、建造便利的特点。自 1988 年矮塔斜拉桥的设计理念提出后,先后在法国、日本发展壮大,引入我国后,得到了大范围的推广应用,为建设区域的经济的发展作出了杰出贡献。

江肇高速公路西江大桥为适应线路宽度规划以及西江地质水文环境需求,设计选型为 $(128+3\times 210+128)$ m 的超宽幅多跨矮塔斜拉桥,具有五孔长联、宽幅脊骨箱梁、刚构固结体系等鲜明的结构特点,建成时超宽长联并举的规模在我国尚属首例。西江大桥的建设单位为广东江肇高速公路管理中心,其中设计工作由广东省交通规划设计研究院股份有限公司(原广东省公路勘察规划设计院)完成,建造由广东省长大公路工程有限公司完成,同时同济大学、中交四航工程研究院有限公司作为科研单位共同参与建造技术攻关。

西江大桥进行了大量的技术创新,由于缺少已有先例的经验指导,面临体系与局部构造的合理设计挑战以及混凝土结构耐久性防护技术挑战,季节性河流及岩溶地质也为栈桥平台的实施、超大直径桩基的施工带来困难,创新的大体积承台及肋板箱梁则需要建立适配的工艺,通过参建各方及科研单位的通力合作,最终完善西江大桥的建造成套技术。

在广东省交通科技基金的支持下,编委会对设计、施工过程中取得的科研经验和成果进行了系统的总结,形成本书。本书基本体系如下:

第 1 章主要介绍了矮塔斜拉桥的发展现状、西江大桥的结构设计特点以及施工特点,并介绍了本书重点解决的技术难点。

第 2 章主要介绍了多塔长联矮塔斜拉桥的设计技术,包括典型结构尺寸,索数配置的合理取值,脊骨箱梁构造与配束优化,拉索体系设计及运营换索方法。

第 3 章主要介绍了基于广泛的现状调研与材料研发的耐久性提升技术,包括耐久性的相关标准与防护技术。

第 4 章主要介绍了基于性能的栈桥设计方法,包括工作状态、非工作状态及灾难状态三级设防的概念以及洪水影响下的共振对策等。

第 5 章主要介绍了岩溶不良地质情况下的桩基成孔工艺,以及漏浆、下沉困难、岩面倾斜的突发状况的处治方法,并结合现场实际对特殊串珠状溶洞以及地质塌陷灾害的处治工艺进行了介绍。

第 6 章主要介绍了承台以及主梁 0 号块大体积混凝土施工温度控制技术,重点介绍了掺料配合比、设置管冷措施、现场温控技术。

第 7 章主要介绍了针对带肋超宽箱梁的挂篮设计、拼装以及安全性能测试方法。



第8章主要介绍了针对带肋超宽箱梁的平衡悬臂施工方法、多孔跨合理合龙顺序、线形与应力控制方法。

随着经济进入高速增长的新常态,增长的交通量对于桥梁的设计与施工提出了新的要求,超宽幅、长跨径的桥梁形式,保障受力性能的施工技术与运营管养技术都将是未来桥梁的重要发展趋势。本书所著西江大桥完整的设计技术、施工技术以及耐久性防护技术,为多孔长联宽幅矮塔斜拉桥的建设提供技术支撑,也可以为其他类似桥梁的建设提供借鉴。

由于作者水平有限,书中不当之处在所难免,谨请读者批评指正!

编者

2016年 秋 广州

目 录

CONTENTS

第1章 概述	1
1.1 矮塔斜拉桥的发展	1
1.2 西江大桥设计方案	3
1.3 西江大桥施工方案	11
1.4 西江大桥设计施工关键问题	25
第2章 多塔宽幅脊骨梁矮塔斜拉桥设计	28
2.1 多塔矮塔斜拉桥结构体系	28
2.2 宽幅脊骨梁纵向受力性能	46
2.3 宽幅脊骨梁横向受力性能	61
2.4 拉索系统及换索设计	70
第3章 桥梁耐久性设计与防护技术	83
3.1 环境作用特性的调查与分析	83
3.2 混凝土构件耐久性设计	93
3.3 桥梁高性能混凝土配制	101
3.4 桥梁耐久性防护技术	116
第4章 季节性河流栈桥设计与施工	123
4.1 栈桥设计标准方法研究	123
4.2 西江栈桥设计与施工	130
4.3 栈桥防洪性能检验	136
4.4 栈桥防共振检验	143
第5章 岩溶地区超大直径桩基施工技术	148
5.1 西江大桥地质概况	148
5.2 岩溶地区大直径钻孔桩施工工艺	156
5.3 岩溶地区桩基施工事故预防和处置	163
5.4 特殊地段溶洞处置	173
第6章 大体积混凝土温控技术	179
6.1 混凝土结构温度控制的原理和标准	179
6.2 主桥墩承台温度控制	181



6.3 主梁 0 号块温度控制	189
第 7 章 宽幅挂篮设计与施工技术	197
7.1 宽幅挂篮设计	197
7.2 宽幅挂篮施工工艺	208
7.3 宽幅挂篮安全性测试	214
第 8 章 宽幅混凝土箱梁施工技术	221
8.1 宽幅箱梁悬臂施工技术	221
8.2 宽幅箱梁抗裂控制技术	239
8.3 施工监控方法与实施	246
参考文献	253

第 1 章 概 述

1.1 矮塔斜拉桥的发展

矮塔斜拉桥是介于斜拉桥和连续梁(刚构)之间的一种组合体系桥型。1980 年, Christian Menn 设计的甘特大桥(图 1.1)是目前认为的矮塔斜拉桥雏形,该桥 7 塔 8 跨,主跨 174m,全长 678m,其混凝土箱梁由预应力混凝土斜拉板“悬挂”在矮塔上,该桥的出现形成了斜拉桥的一个分支——板拉桥。1988 年法国工程师 Jacques Mathivat 在设计位于法国西南的阿勒特达雷高架桥的替代方案时,首次明确地提出了 Extradosed Prestressed Bridge 的概念。他的主要设计构思为:跨度为 100m 的预应力混凝土箱梁和较低的索塔固结,斜拉索不是锚固在索塔上,而是穿过设置在索塔上的索鞍而锚固在主梁上。从外形上来说,该方案与斜拉桥相似;而从受力特性方面来说,斜拉索则与预应力混凝土体外索很相似,索鞍相当于体外索的转向块,并且这些拉索的拉应力变幅与一般的斜拉索相比大大地减少,因而可以不考虑拉索的疲劳而提高容许拉力值,同时拉索的竖向分力可以平衡梁体的自重引起的竖向荷载,可以达到减小主梁高度的目的,水平分力的作用与一般斜拉桥拉索水平分力作用一样,可以更好地抵消主梁靠索塔附近梁段负弯矩引起的拉力,但本方案并未实施。

虽然矮塔斜拉桥的方案未能在法国得到应用,但引起了日本工程师的重视,并将其付诸实践。日本于 1994 年建成了第一座真正意义上的矮塔斜拉桥——小田原港桥(图 1.2),其跨度为 $(74 + 122 + 74)$ m,桥面宽 13.0m,双塔双索面,塔、梁、墩固结,拉索通过塔顶的鞍座后锚固在主梁上。其后矮塔斜拉桥在日本得到迅速发展,先后建成了屋代南桥、北铁路桥、冲原桥、蟹泽大桥、新唐柜大桥等。



图 1.1 甘特大桥

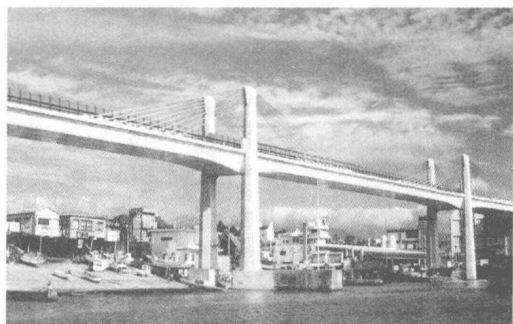


图 1.2 小田原港桥

日本修建的矮塔斜拉桥已超过 20 座,桥梁跨径从初期小田原港桥的 122m 发展到长者桥的 292.2m。菲律宾于 1999 年建成了第二曼达—麦克坦大桥,其主跨为 185m,桥面宽 21m;老



挝也于2000年建成了巴色桥,其跨度为143m,桥宽为11.8m;瑞士于1998年建成了森尼伯格桥(Sunniberg Bridge),为5跨连续的矮塔斜拉桥,主跨达140m。韩国于2005年建成了Pyung-Yeo Gyo桥,该桥为韩国第一座矮塔斜拉桥,其主跨为120m,双塔双索面;2006年建成了主跨110m的Kack-Hwa First桥。

我国矮塔斜拉桥建造起步稍晚,2000年建成的芜湖长江大桥是我国第一座钢桁梁的矮塔斜拉桥。该桥是一座公铁两用桥,铁路双线、公路四车道。在正桥部分,公路铁路上下分层布置,铁路在下层,公路在上层,公路面行车道净宽18m,两侧各设1.5m宽的人行道。铁路桥总长10511.3m,公路桥总长5681.2m,其中第四联为180m+312m+180m矮塔斜拉桥,是目前为止世界上跨度最大的矮塔斜拉桥。

2001年建成的福州漳州战备桥为3跨连续预应力混凝土箱梁矮塔斜拉桥,它是我国第一座预应力矮塔斜拉桥。该桥位于福建省漳州市区南部,跨越九龙江(西溪),北接市区主干道新华南路,南连南大道,为城市桥梁,主桥的孔跨布置为80.8m+132m+80.8m,采用塔梁固结,塔梁与墩分离,墩顶设支座的结构形式。

此后,厦门同安银湖大桥、兰州小西湖黄河大桥、江苏常澄高速常州运河桥等相继建成。随着国内这几座矮塔斜拉桥的修建,这种桥式已引起了桥梁工作者的重视,这几座矮塔斜拉桥在建造过程中所进行的科研工作,积累的设计、施工与管理经验,都为这种桥型在我国的进一步发展奠定了良好的基础。

近几年我国修建的矮塔斜拉桥,形式更加丰富,结构更加新颖。如2006年建成的河南开封黄河大桥,主桥上部结构为7塔8跨双索面预应力混凝土矮塔斜拉桥,桥跨布置为85.12m+6×140m+85.12m,桥面宽度为37.4m,桥梁长度以及7座塔的桥式和8孔数量,在国内居第一,在世界上居第二。

2006年建成的荷麻溪大桥,主桥上部结构为3塔2跨预应力混凝土矮塔斜拉桥,桥跨布置为125m+230m+125m,采用墩梁塔固结的方式,建成时是我国大跨度PC混凝土矮塔斜拉桥中单孔跨径排名第一的矮塔斜拉桥。

2008年完工的广西柳州静兰桥为6塔单索面7跨预应力混凝土矮塔斜拉桥,跨径布置为56m+5×94.3m+56m,全长583.5m,标准断面宽31m,塔、梁固结,墩、梁分离,主梁截面为单箱三室箱形梁。

2010年建成的重庆嘉悦大桥采用双塔双索面矮塔斜拉桥+连续刚构+连续梁的组合体系,跨径布置为66m+2×75m+145m+250m+145m,全长774m,标准梁宽28m,主梁结构分上下两层,下层人行道单侧宽3.5m,上层机动车道为双向六车道。

2010年建成的广东沙湾特大桥以及2012年建成的泸州茜草长江大桥,并列成为我国单孔跨径最长的混凝土矮塔斜拉桥,其中广东沙湾特大桥布置双塔单索面,桥跨布置为137.5m+248m+137.5m,桥面宽34m,塔高37.5m;泸州茜草长江大桥布置双塔双索面,主桥孔径布置为128m+248m+128m,桥宽34m,塔高25m,双侧主塔向上曲线展开,桥面布置为双向六车道。

2015年建成的南昌朝阳大桥,是7孔的波纹钢腹板矮塔斜拉桥,孔径布置为79m+5×150m+79m,桥面宽度为37m,上层为双向八车道,下层为人非通道,采用创新的波纹钢腹板的主梁形式是本桥的特色之一。

根据国际及我国国内矮塔斜拉桥的建设趋势可以看出,矮塔斜拉桥主要的发展趋势为:

(1) 跨径逐渐增大

我国跨径 312m 的芜湖长江大桥和日本跨径 275m 的木曾川桥建成后,矮塔斜拉桥跨度进入 300m 级,目前很多地区桥梁建设方案比选中都增加了 200m 甚至 300m 主跨的矮塔斜拉桥方案,据部分研究显示,若采用钢箱梁、混合梁或者组合梁结构,其设计跨径可以达到 400m 左右。

(2) 主梁材料多样化

采用大吨位预应力体系、高强轻质混凝土、钢混组合结构等,不仅能够起到减轻桥梁上部结构重量、优化主梁截面形式的作用,还能起到减少材料用量、降低工程造价、缩短施工工期的作用,如日本的木曾川桥主跨跨中采用 100m 钢箱梁,有效地减轻了主梁重量。

(3) 多塔斜拉桥及曲线斜拉桥逐渐增多

矮塔斜拉桥具有塔矮、梁刚,兼具梁式桥和传统斜拉桥的特点,与连续刚构桥相比,可以有效减小混凝土收缩、徐变和温度变化引起的附加内力,与传统斜拉桥相比具有更好的抗风和抗震性能;多塔的矮塔斜拉桥也逐渐增多,如我国相继提出了跨径组合分别为 $120\text{m} + 190\text{m} + 216\text{m} + 190\text{m} + 120\text{m} = 836\text{m}$ 的济阳黄河大桥比较方案和 $112\text{m} + 200\text{m} + 200\text{m} + 112\text{m} = 624\text{m}$ 的佛山富湾大桥参选方案,以及同济大学李映等提出跨径为 $150\text{m} + 300\text{m} + 300\text{m} + 150\text{m} = 900\text{m}$ 的某桥方案设计,在单跨小于 400m 时,多塔的矮塔斜拉桥更具竞争力。

(4) 增设超宽横向体系

受经济发展增速及人口众多影响,我国道路规划建设时宽幅路所占比重较大,国内矮塔斜拉桥的设计受此影响,根据统计,为适应经济增速的发展需求,桥面宽度超过 35m 的超宽横向体系在矮塔斜拉桥中的运用逐渐增多,桥面宽度大都在 30 ~ 40m 之间,2003 年建成的银川艾依大桥桥面宽度甚至达到了 60m,成为世界上最宽的矮塔斜拉桥。

对于超宽矮塔斜拉桥,常用大悬臂构造或者双边箱构造,在方案比选中,综合考虑道路断面规划、桥塔、索面布置、基础布置及经济性要素,确定大悬臂箱梁适用桥宽范围为 30 ~ 40m,而双边箱适用范围为 40 ~ 60m。

根据科学预测、提前规划,宽幅道路与桥梁能够避免过多的繁复的拓宽工程,因此,增设超宽横向体系仍将是矮塔斜拉桥未来重要发展方向之一。

(5) 重视耐久性设计

随着我国混凝土桥梁建设与养护经验逐渐积累,对于桥梁耐久性设计的重视程度也逐渐提高,工程界逐渐达成共识,引起桥梁病害的因素很多,涉及桥梁的勘探、设计、施工、使用、养护等各个方面,且因桥梁的结构类型、使用环境等的不同而不同。事实上,虽然重视耐久性设计是所有桥型发展的共同趋势,但刚度较大的 PC 矮塔斜拉桥耐久性问题尤为突出,更应当得到重视。

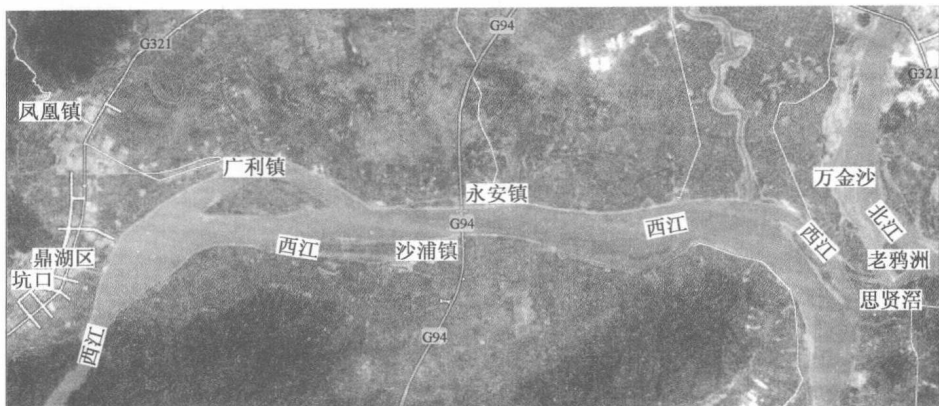
1.2 西江大桥设计方案

1.2.1 设计条件和标准

西江大桥(图 1.3)隶属广东省江肇高速公路跨江工程,江肇高速公路位于珠江三角洲西部地区,是国家高速公路网珠三角环线高速公路的重要组成部分,是粤西、西南地区通往江门、



珠海、澳门的一条快捷通道,也是江门市区重要的北出口通道。江肇高速公路呈南北走向,起于江门市杜阮镇,经鹤山市、高明区、高要市,止于四会市黄岗镇,接广贺高速公路。



a) 桥址



b) 现场照片

图 1.3 西江大桥

江肇高速公路全长 107.7km, 全线按双向六车道实施, 路基宽度 33.5m, 设计速度为 100km/h, 总投资约 87.35 亿元, 于 2012 年底建成通车。江肇高速公路的建设, 对完善国家、广东省及珠江三角洲高速公路网, 促进沿线地区经济的发展和旅游资源的开发, 特别是肇庆市、江门市、佛山市高明区旅游资源的开发, 促进珠江三角洲率先实现现代化具有重要的作用, 同时对加强珠三角与周边地区的经济合作, 建成以大珠三角为中心的综合交通枢纽具有十分重要的意义。

江肇高速公路西江大桥在沙埔镇及永安市位置跨越西江, 距离上游肇庆大桥约 22.5km, 距离下游金马大桥约 15.5km, 跨江主桥桥长共 886m。

西江大桥桥址水文调查显示, 所跨西江桥位常水位为 2.66m, 常水位时河面宽度约 800m, 中轴水深 1.4 ~ 21.5m, 水底高程 -20.0 ~ 0.2m。汛期在 6 ~ 9 月, 100 年一遇的水位为 14.90m; 50 年一遇水位为 14.40m; 20 年一遇水位为 11.50m。洪水流速: 50 年一遇 1.614 ~ 2.876m/s, 100 年一遇 1.688 ~ 2.94m/s, 300 年一遇 1.90 ~ 3.00m/s。河床覆盖层情况为: 29 号 ~ 30 号主墩段, 覆盖层主要为卵石层, 厚度 18 ~ 20m, 粒间充填物主要为砂、砾石, 次为粉粒、黏粒; 31 号 ~ 32 号墩段, 覆盖层主要为细砂、粗砂、砾石及卵石层, 31 号墩处砂层厚度 8 ~ 10m, 卵石层厚度 10 ~ 15m; 32 号墩处砂层厚度 18 ~ 20m, 卵石层厚度 5 ~ 6m。

西江径流量大,年变幅小,水位高,汛期长,洪峰高,含砂量低,受潮流影响弱。雨水集中在春夏两季,汛期在7~9月,平均年降雨量为1620.8mm,100年一遇的流量 $52000\text{m}^3/\text{s}$,水位14.90m,50年一遇流量为 $49300\text{m}^3/\text{s}$,水位14.40m。西江常水位为2.6m,西江大桥最高通航水位为11.5m。300年一遇洪水流速 $1.9\sim 3\text{m}/\text{s}$,100年一遇洪水流速 $1.688\sim 2.94\text{m}/\text{s}$,50年一遇洪水流速 $1.614\sim 2.876\text{m}/\text{s}$ 。

大桥所处河道平直,河面宽度约800m,据水域地震反射波测量的江水深度,桥位中轴处水深 $1.4\sim 21.5\text{m}$,水底高程 $-19.9\sim 0.2\text{m}$ 。桥位所在地段两岸一级阶地的高程 $1.5\sim 2\text{m}$,大堤顶面高程 $12.6\sim 12.9\text{m}$ 。

地质调查显示,桥位区域主要为低山丘陵,沿线地层岩性复杂多样、特殊岩土发育,工程地质条件复杂。桥位区在K84+150以东地段处隐伏岩溶洞区,基底下石灰系石磴子组灰岩岩溶较发育。根据勘探资料,本次勘探共有11个钻孔钻遇岩溶,全部有溶洞,所揭露的溶洞多达15个,洞大小不一,洞高 $0.3\sim 3.3\text{m}$ 。

桥位处砂层、卵石层厚达 $18\sim 37\text{m}$,表层覆盖层松散,地层岩性复杂多样,处于隐伏岩溶洞区,基底下石灰系石磴子组灰岩溶洞及溶蚀裂隙集中发育且连通,4个主墩中溶洞严重的桩基有:29号墩10条桩有溶洞,最大溶洞 4.6m ;30号墩7条桩有溶洞;32号墩有10条桩存在溶洞,3m以上溶洞有5个,最大溶洞为 9.12m ,串珠状溶洞有3个孔,且溶洞高程基本在同一高程上,部分溶洞互相连通。长期以来,在岩溶地区的各项工程建设中,场地内的各种岩溶形态,岩溶地下水及其他不良地质作用等都是影响地基稳定、工程质量和安全使用的主要因素,也是使用过程中的主要隐患。通常,岩溶地区地质构造十分复杂,各种时代、各种成因的岩溶非常发育,工程建设难度较大。在经济迅速发展的今天,世界各国对岩溶区资源开发日益加强,由此诱发的岩溶塌陷也日益频繁,成为岩溶区主要环境地质灾害,复杂的地质条件为西江大桥的设计、施工带来挑战。

设计选型为 $(128+3\times 210+128)\text{m}$ 的超宽幅多跨矮塔斜拉桥,多达5孔的布置以及超宽幅并举的构造在我国应用尚属先例,设计和施工过程中有很多困难需要克服。

西江大桥采用与所处线路相同的 $100\text{km}/\text{h}$ 设计时速,为双向六车道高速公路技术标准,桥梁宽度为 38.3m ,略宽于路基,桥面设置双向2%横坡,设计采用的技术标准如下。

(1)汽车荷载:公路-I级。

(2)大桥设计基准期:100年。

(3)桥涵设计洪水频率: $1/300$;相应设计水位: 13.784m (1985年国家高程系统)。

(4)地震:地震动峰值加速度系数为0.089。

(5)通航标准:为I级航道;设计最高通航水位:20年一遇洪水位 11.524m (1985年国家高程系统)。

通航净高: 22m 。

通航净宽:双孔单向通航 180m 。

(6)设计基本风速: $31.3\text{m}/\text{s}$ 。

(7)船舶撞击作用:通航孔船舶吨级采用3000t海轮,横桥向撞击作用标准值 19600kN ;纵桥向撞击作用标准值 9800kN 。



1.2.2 桥型方案及结构体系

西江大桥桥长共 886m,可采用斜拉桥、矮塔斜拉桥等结构形式,由于受岩溶不良地质影响,为减小基础受力,不宜采用长跨构造,综合考虑通航要求、地质条件,最终采用四塔五跨单索面矮塔斜拉桥形式,主跨设计为 $(128+3\times 210+128)$ m,采用墩、塔、梁固结刚构体系,该桥是典型多塔宽幅单索面脊骨梁矮塔斜拉桥。桥梁孔跨布置如图 1.4 所示。

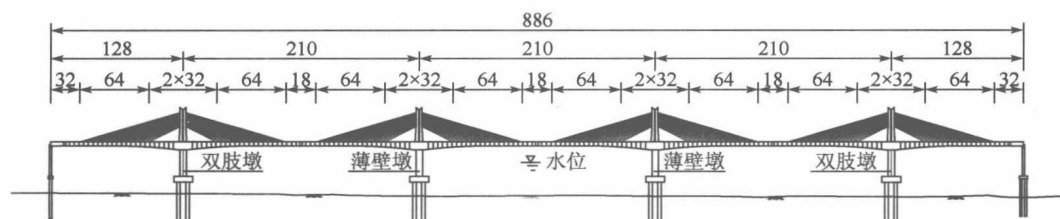


图 1.4 西江大桥孔跨布置图(尺寸单位:m)

为增加结构刚度,采用墩塔梁固结的结构形式,在边墩位置设置 1 个纵向滑动、横向约束的支座,设置 1 个可双向滑动的支座,支座型号为 GPZ(Ⅱ)盆式橡胶支座。

1.2.3 主塔及下部结构设计

1) 主塔

主塔为独柱式钢筋混凝土结构,截面为八边形,并在顺桥向塔中刻深 0.1m、宽 0.7m 的景观饰条。主塔高度为 30.5m(含索顶以上 4m 装饰段),主塔截面等宽段顺桥向厚为 5m,横桥向宽 2.5m;塔底 5m 范围,顺桥向厚为 5m,横桥向宽由 2.5m 渐变到 3.1m。主塔一般构造图如图 1.5 所示。

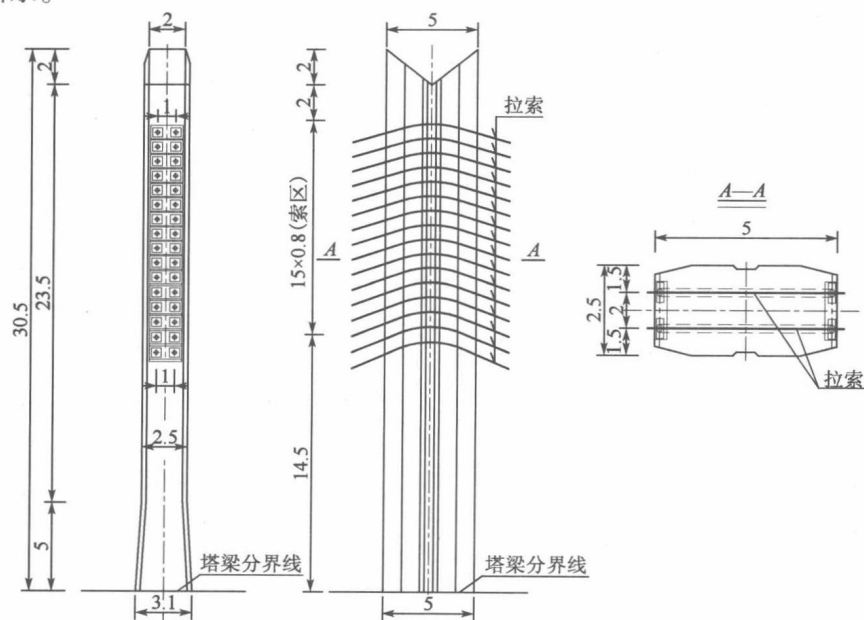


图 1.5 主塔一般构造图(尺寸单位:m)

2) 主墩

综合温度、混凝土收缩徐变、预应力次内力及船舶撞击的影响,29 号~32 号主墩采用差异设计。即受撞概率较大、位于中间 30 号和 31 号两个主墩采用单肢箱室主墩,外侧 29 号和 32 号两个受纵向力较大的主墩采用双肢实心主墩,从而在纵向主墩刚度和防撞能力间取得协调;双肢实心主墩间用一块 2cm 厚橡胶板分隔,兼作施工模板,确保主墩纵向柔度,同时使各主墩外观保持一致。薄壁墩与分肢墩一般构造图如图 1.6 所示。

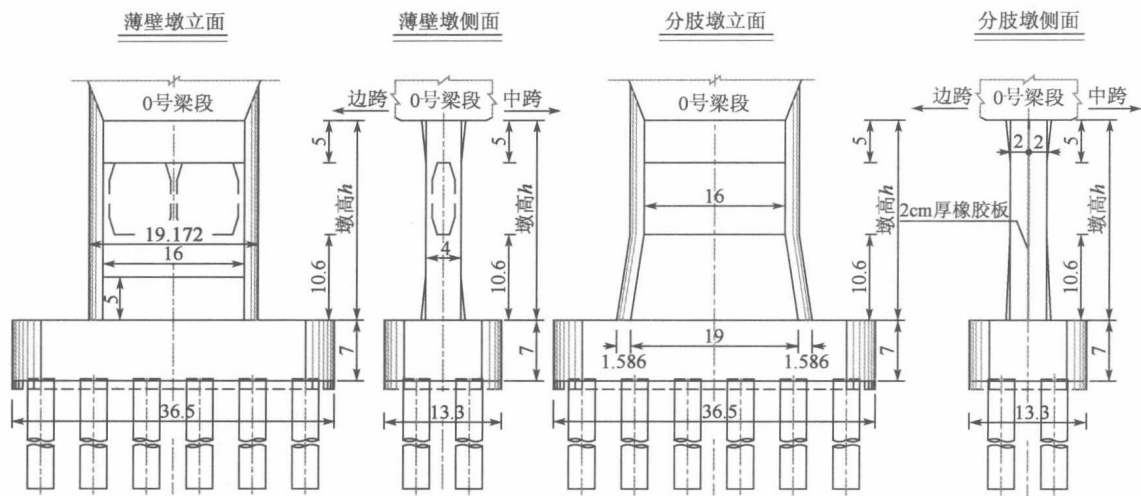


图 1.6 薄壁墩与分肢墩一般构造图(尺寸单位:m)

主墩采用圆端形承台,承台厚 6.0m,封底混凝土厚度根据施工阶段套箱内外水头差和施工荷载可适当调整。

主墩基础各采用 12 根 $\phi 3.0\text{m}$ 大直径桩基,均按嵌岩桩设计。

3) 过渡墩

过渡墩均采用板式墩身,墩身采用实心矩形,岸上 28 号过渡墩基础采用 4 根 $\phi 2.5\text{m}$ 桩基;考虑防撞因素,水中 33 号过渡墩基础采用 8 根 $\phi 2.5\text{m}$ 桩基,承台厚度为 4.5m。因主桥两侧引桥为小箱梁,墩顶设大挑臂帽梁。

4) 下部结构防撞设计

船舶撞击荷载由下部结构直接承受,常水位下橡胶护舷对船舶撞击起消能作用。

1.2.4 预应力混凝土主梁设计

1) 主梁结构

主梁采用预应力混凝土结构,采用变高度斜腹板单箱三室宽幅脊梁断面。主梁顶板宽 38.3m,悬臂长 8.15m,两侧设 5.15m 宽后浇带,以使脊梁断面、后浇加劲翼板构件受力特点和斜拉索力纵向传递更为清晰。结合人行道栏杆底座和箱梁翼板饰带,适当增强了翼板端小纵梁,以适应和优化宽幅脊梁断面受力特点。主梁一般构造图如图 1.7 和图 1.8 所示。

