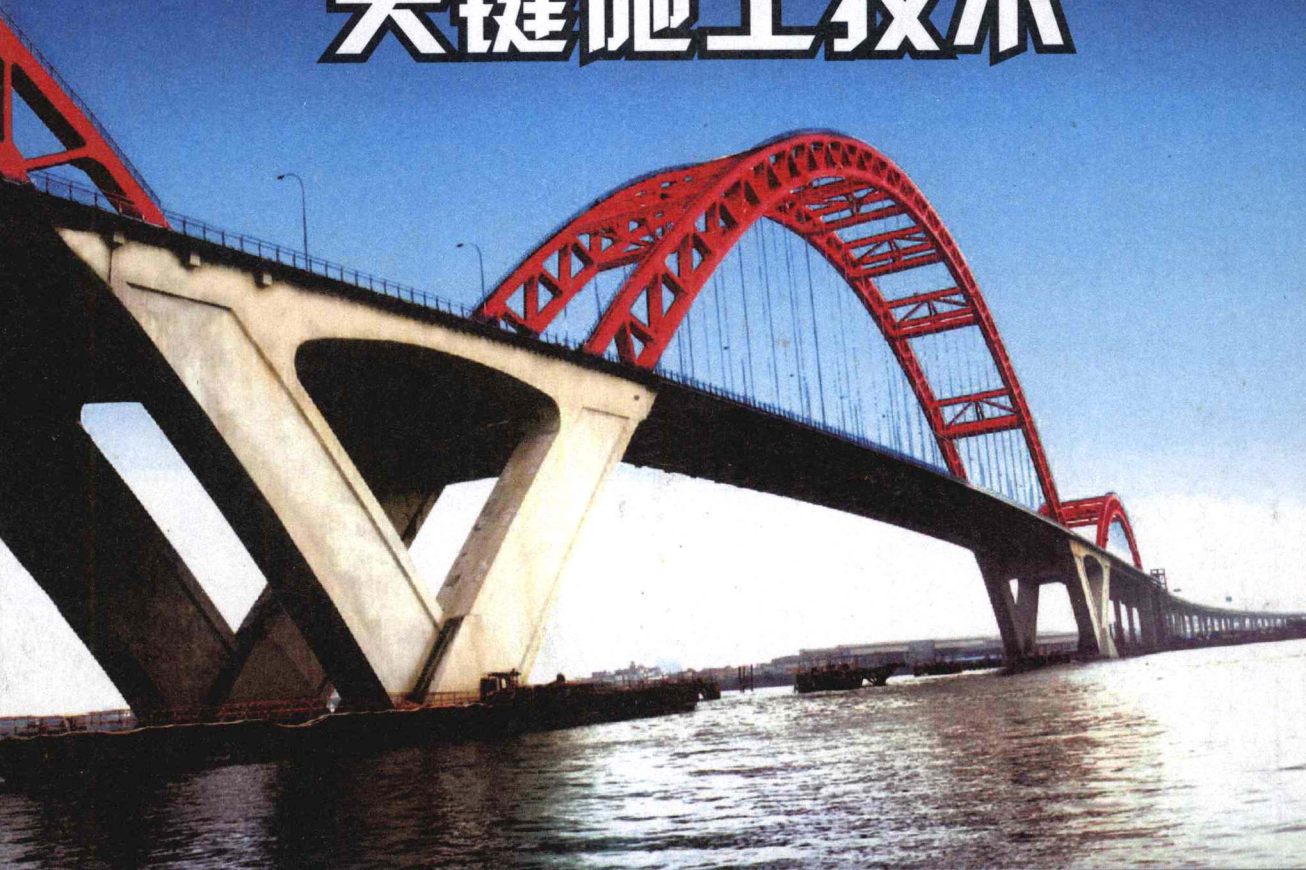


新光大桥

关键施工技术



XINGUANG DAQIAO
GUANJIAN SHIGONG JISHU

■ 编著 覃 杰
■ 主审 向中富

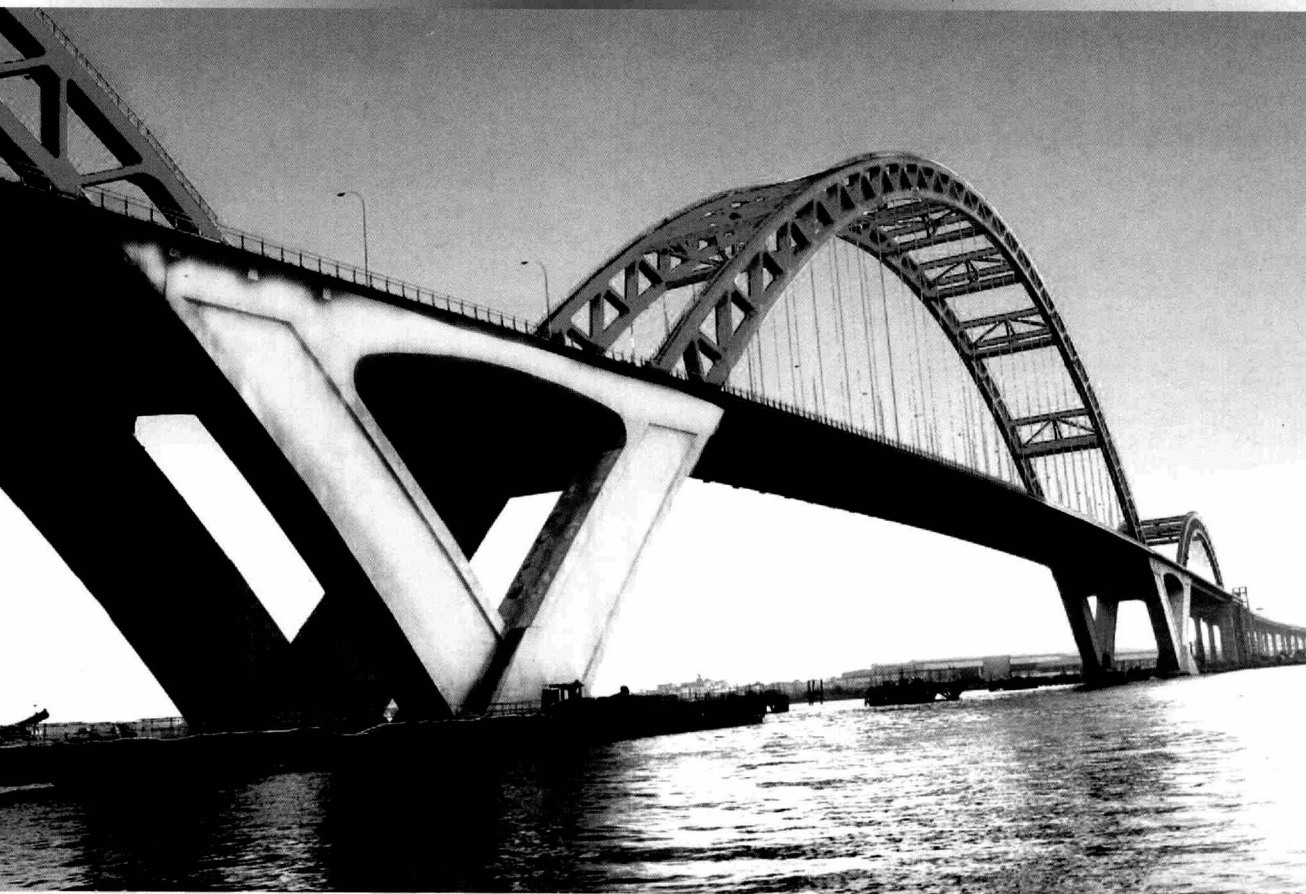


重庆大学出版社

<http://www.cqup.com.cn>

新光大桥 关键施工技术

XINGUANG DAQIAO GUANJIAN SHIGONG JISHU



■ 编著 覃 杰
■ 主审 向中富

重庆大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

新光大桥关键施工技术/覃杰编著. —重庆:重庆大学出版社,2009.6

ISBN 978-7-5624-4896-9

I. 新… II. 覃… III. 公路桥—桥梁工程—工程施工—
广州市 IV. U448.14

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 093716 号

新光大桥关键施工技术

覃 杰 编著

向中富 主审

责任编辑:刘颖果 郭一之 版式设计:李长惠

责任校对:任卓惠 责任印制:张 策

*

重庆大学出版社出版发行

出版人:张鸽盛

社址:重庆市沙坪坝正街 174 号重庆大学(A 区)内

邮编:400030

电话:(023) 65102378 65105781

传真:(023) 65103686 65105565

网址:<http://www.cqup.com.cn>

邮箱:fxk@cqup.com.cn (营销中心)

全国新华书店经销

重庆升光电力印务有限公司印刷

*

开本:787×1092 1/16 印张:13 字数:243 千 插页:16 开 1 页

2009 年 6 月第 1 版 2009 年 6 月第 1 次印刷

印数:1—2 500

ISBN 978-7-5624-4896-9 定价:48.00 元

本书如有印刷、装订等质量问题,本社负责调换

版权所有,请勿擅自翻印和用本书

制作各类出版物及配套用书,违者必究

内 容 提 要

本书主要介绍了广州新光大桥特大跨径钢桁系杆拱桥巨型水中承台钢板桩围堰、三角框架墩、钢桁拱肋的拼装、浮运、提升安装等新型施工方案、施工流程、施工工艺以及实施。本书可作为桥梁设计、施工、研究人员的参考用书。

NEIRONG TIYAO

广州市新光大桥是一座耸立在珠江上的城市景观桥梁,是我国城市桥梁建设历史上少有的建设规模大、技术标准高、施工难度大、科技含量高的现代化桥梁。它采用了独特的拱式结构体系——下承式钢箱桁架系杆拱与三角框架组合体系飞雁式拱桥,主跨达到 428 m,属同类桥梁世界第一。

新光大桥施工技术特点主要体现在:

①世界上首次进行三跨钢桁拱与混凝土三角框架组合体系桥施工,无经验可以借鉴;

②水中主墩承台大体积承台($48.3\text{ m}\times 34.7\text{ m}\times 6.0\text{ m}$)采用单层钢板桩不封底围堰施工属国内罕见;

③三角框架(V形刚构)的施工要求高,技术难度大;

④主拱分3大段岸上低位组装、上船浮运到位,利用固定提升塔及同步液压技术整体提升就位,边拱整体提升就位,拱肋最大提升重量为 3 000 t,提升高度约 100 m,创我国桥梁施工整体提升重量及高度纪录新高;

⑤拱肋高空进行钢箱桁拱肋双接头合龙等技术属于世界首次。

贵州桥梁工程总公司—北京铁道专业设计院联合体,在广州市政府、市建委、新光快速路有限公司领导和专家们及新光大桥指挥部的关心和指导下,经过两年半的时间建设,新光大桥于 2006 年 6 月 2 日建成通车。

在新光大桥施工过程中,将土木工程和水利工程、钢结构工程等的先进技术紧密结合,创造了多项新工艺、新技术。本书主要介绍深水承台钢板桩围堰施工,三角框架墩施工,拱肋钢结构制造,边拱拱肋拼装、提升与合龙,主拱大节段浮运、提升与合龙,拱肋提升塔施工,主桥桥面钢横、纵梁及系杆安装等,旨在对从事桥梁和建筑工程的设计、施工、监理和技术管理人员有所裨益。

本书第 1 章和第 2 章由覃杰编写,第 3 章由吴飞、冉永志编写,第 4 章由胡云江、潘胜烈编写,第 5 章和第 6 章由覃杰编写,第 7 章由何志军编写,第 8 章由杨俊、王强编写。全书由覃杰拟订大纲和编写思路并统稿,由重庆交通大学向中富教授主审。

由于编者的水平和知识的局限性,书中难免有误,敬请读者批评指正。

前

言

QIANYAN

编者

2008 年 12 月

目 录

第1章 工程概况	1
1.1 桥位条件	1
1.2 桥梁设计	4
1.3 工程实施重点与难点	9
1.4 主要施工步骤	10
1.5 主要施工方法	12
1.6 主要技术特点和创新点	15
第2章 深水承台钢板桩围堰施工	17
2.1 概述	17
2.2 施工方案及技术难点	18
2.3 钢板桩围堰设计	19
2.4 承台钢板桩围堰施工工艺	41
第3章 三角框架墩施工	57
3.1 三角框架结构设计	57
3.2 5#墩三角框架施工	58
3.3 6#墩三角框架施工	65
第4章 拱肋钢结构制造	81
4.1 概 述	81
4.2 部件类型与主要零部件加工	82
4.3 钢结构制造工艺要求	94
4.4 桥上拼装与焊接	97

第 5 章	边拱拱肋拼装、提升与合龙	103
5.1	边拱拱肋拼装施工	103
5.2	边拱拱肋提升与合龙施工	115
第 6 章	主拱大节段浮运、提升与合龙	127
6.1	概 况	127
6.2	施工方案	129
6.3	施工工艺与技术要点	132
6.4	主拱肋提升施工	143
第 7 章	拱肋提升塔施工	159
7.1	提升塔结构设计	159
7.2	提升塔制造工艺及质量控制	162
7.3	提升塔安装	164
7.4	提升塔钢结构制造及验收技术要求	168
第 8 章	主桥桥面钢横、纵梁及系杆安装	185
8.1	概 述	185
8.2	钢横、纵梁施工方案	186
8.3	桥面钢横、纵梁缆索吊装系统计算	194
参考文献		199

第 1 章

工程概况

1.1 桥位条件

1.1.1 桥址地形、地物与地貌

新光大桥为广州市新光快速路跨越珠江的一座特大型桥梁。新光大桥以海珠南洲路为起点,跨越珠江沥滘水道,连接南岸新光快速路。地面标高 $-3.50 \sim 7.35$ m, 钻孔水位受珠江水位影响。桥上下游河道顺直,北岸修筑水下岸边挡墙,可停靠千吨客货轮;南岸坡修防洪堤,并有砌墙保护坡面,坡角处抛填大块石以保护坡角免受冲刷。

1.1.2 地质构造

未见区域性断裂线在新光大桥桥址通过,桥址属稳定地区,为有利地段。桥址地层为白垩系早期沉积猴岗组(K'_6),沉积环境比较稳定,属热带环境下内陆湖盆地沉积,总厚度约 600 m。由于受构造影响不强烈,岩层风化以强风化为主,微风化深度一般在地面

以下 40 m, 进入微风化后, 粉砂质岩未见夹层, 岩芯完整为柱状, 采芯率较高, 节理发育, 取出岩芯倾角 $10^{\circ} \sim 15^{\circ}$, 属缓倾斜岩层。基本烈度为Ⅶ度, 建筑场地类别为Ⅱ类。

1.1.3 河流水文与气象

本大桥跨越南珠江, 初测资料表明, 南珠江水位主要受西、北江洪水和潮汐的影响。浮标厂水文站 1950—2000 年 51 年的潮汐资料记载: 最高潮位为 1998 年的 7.53 m, 高潮平均潮位 5.28 m, 低潮平均潮位 4.40 m。根据淤积低潮位的平均水深 4.35 m 推算, 100 年一遇设计水位应为 7.69 m, 低潮位时水深 2.0 ~ 3.5 m。

桥区区内气候温暖、潮湿, 雨量丰富, 属亚热带季风型气候, 雨季明显, 夏季炎热, 冬季一般比较温暖。

在季风环流控制下, 冬半年(9月至次年3月)多偏北风, 天气干燥, 降雨较少; 夏半年(4月至8月)多偏南风, 天气炎热, 降雨量大。热带气旋、暴雨、寒流经常出现, 每年 5 ~ 10 月是热带气旋活动季节(中心附近最大风力有时达到 12 级以上), 热带气旋袭击广州地区的可能性较大。根据广州气象局提供的广州地区 1951—1993 年气象资料, 广州市市区主要气候要素如下: 年平均气温 21.9°C , 月平均气温最小值 13.4°C , 月平均气温最大值 28.4°C , 极端最低气温 0°C (1 月), 极端最高气温 38.7°C (7 月); 年平均无霜期 347 d; 年平均降水量 1 696.5 mm, 月平均降水量最小值 24.1 mm (12 月), 月平均降水量最大值 288.7 mm (5 月); 年平均风速 1.9 m/s; 年平均影响热带气旋 3.2 个; 受台风影响最大风速 35.4 m/s; 常风向 N, 出现频率 16%; 次常风向 SE, 出现频率 10%; 强风向 NE, 最大风速 22 m/s, 瞬时极大风速 35.4 m/s。多年月平均相对湿度变化不大, 秋冬季节干燥, 月平均相对湿度为 68% ~ 72%。

1.1.4 岩土分层及其特征

根据工程地质勘察钻孔揭示, 场地岩土层自上而下分层如下:

1) 人工填土 (Q_4^{ml})

依据组成物不同, 可分为杂填土及素填土两类, 杂填土层平均厚度 2.46 m, 主要分布在南岸及北岸; 素填土、冲填土平均厚度 1.87 m, 主要分布在南岸 7#墩台。

2) 耕植土 (Q_4^{md})

耕植土主要分布在南岸, 平均厚度 0.68 m, 桩周极限摩擦力 $\tau_i = 35 \sim 40 \text{ kPa}$ 。

3) 海陆交互相沉积层(Q_4^{mc})

依据各土层的组成物不同,本场地分为淤泥、粉砂、细砂、中砂 4 个亚层。

淤泥层:平均厚度 4.10 m,主要分布在场内大部分地段, $\tau_i = 25 \sim 30$ kPa;

粉砂层:平均厚度 5.03 m,主要分布在 4#、6#墩台范围, $\tau_i = 40 \sim 45$ kPa;

细砂层:平均厚度 6.59 m,主要分布在 5#、6#墩台范围, $\tau_i = 45 \sim 50$ kPa;

中砂层:平均厚度 4.83 m,主要分布在 5#、6#、7#墩台范围, $\tau_i = 45 \sim 55$ kPa。

4) 砂土(黏土)(Q_4^{al})

砂土主要分布在 7#、8#、9#墩台范围,平均厚度 2.09 m, $\tau_i = 50 \sim 55$ kPa。

5) 亚黏土(黏土)(Q_4^{al})

亚黏土主要分布在 1#、3#、5#墩台范围,平均厚度 1.81 m, $\tau_i = 50 \sim 60$ kPa。

6) 相冲积砂层(Q_4^{al})

根据砂层颗粒的大小,可将之划分为细砂层、中砂层、粗砂层 3 个亚层。

细砂层:零星分布于各墩台范围,平均厚度 5.58 m, $\tau_i = 50 \sim 65$ kPa;

中砂层:主要分布于 4#、6#、7#、9#墩台范围,平均厚度 7.43 m, $\tau_i = 55 \sim 75$ kPa;

粗砂层:主要分布于 3#、4#、9#、10#墩台范围,平均厚度 5.72 m, $\tau_i = 60 \sim 75$ kPa。

7) 粉砂质泥岩残积层(Q_4^{cl})

粉砂质泥岩残积层主要分布于 4#、5#、6#、9#墩台范围,其余墩台零星分布,平均厚度 2.27 m, $\tau_i = 55 \sim 60$ kPa,容许承载力 $[\sigma_0] = 200 \sim 250$ kPa。

8) 下伏基岩(K_1b^1)

下伏基岩主要为白垩纪下统猴岗段粉砂质泥岩,根据原岩风化程度及岩质坚硬程度可将之划分为 4 个压层,即全风化带、强风化带、弱风化带和微风化带。

粉砂质泥岩全风化带平均厚度 3.45 m,主要分布于大部分地段, $\tau_i = 65$ kPa, $\sigma_0 = 300 \sim 400$ kPa;

粉砂质泥岩强风化带平均厚度 7.13 m,主要分布于大部分地段, $\tau_i = 200$ kPa, $\sigma_0 = 500 \sim 600$ kPa;

粉砂质泥岩弱风化带平均厚度 12.88 m, 主要分布于大部分地段, $\tau_i = 250$ kPa, $\sigma_0 = 1\ 500 \sim 2\ 000$ kPa;

粉砂质泥岩微风化带平均厚度 10.33 m, 主要分布于大部分地段, $\tau_i = 300$ kPa, $\sigma_0 = 2\ 500$ kPa。

1.1.5 地下水

地下水位普遍较浅, 只有局部地段较深, 所测水位为第四系孔隙水和基岩裂隙的混合水位, 水位埋深为 0.00 ~ 2.54 m, 平均埋深为 0.56 m, 珠江水位平均标高为 4.66 m。

地下水类型按赋存条件, 分为第四系孔隙水和基岩裂隙水两种类型。

第四系孔隙水主要赋存于海陆交互沉积砂层及河流相互冲积砂层, 分布范围较广, 且有一定厚度, 地下水与珠江水水力联系密切, 互为补给条件。该类地下水含量丰富, 透水系数为 3.68 d^{-1} , 砂层黏粒含量低的地段, 其透水性更强, 属中等强透水层。淤泥、淤泥质土、冲积黏性土、风化岩残积土及全风化岩层, 富水性弱, 透水性差。

本场地基岩为白垩纪下统的粉砂质泥岩, 有少量风化裂隙、构造裂隙及节理, 因此形成基岩裂隙水。由于裂隙大多被泥质充填及连通性差, 故其富水性不大, 属中等透水层。

地下水和珠江水对混凝土结构均无腐蚀性。

1.2 桥梁设计

1.2.1 桥型布置

新光大桥桥跨布置为 $(3 \times 50)\text{ m} + (177 + 428 + 177)\text{ m} + (3 \times 50)\text{ m}$ 。其中, 主桥采用主跨 428 m 的下承式钢箱桁架系杆拱与三角框架组合体系飞雁式拱桥(如图 1.1 ~ 图 1.4 所示), 其主桥长度在目前世界同类桥梁中居第一位。引桥采用预应力混凝土连续箱梁结构。新光大桥既是一座交通桥梁, 又是一座耸立在珠江上的现代化城市景观桥, 以其独特的结构和雄伟气势享誉世界。

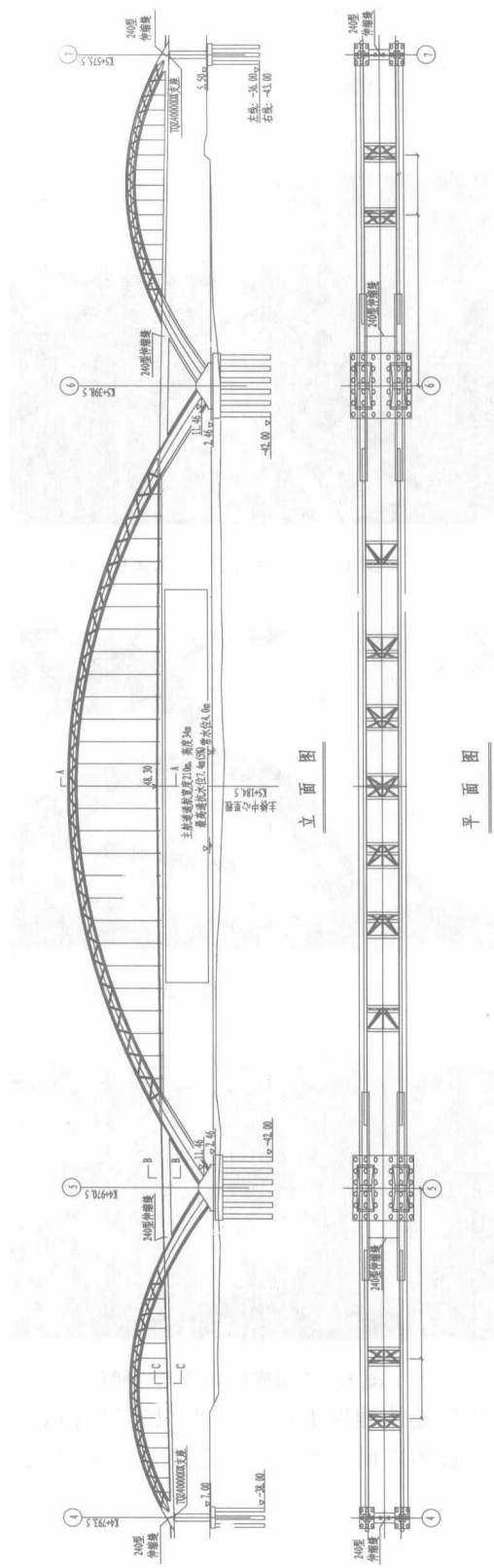


图1.1 新光大桥主桥总体布置



图 1.2 建成后的新光大桥(1)

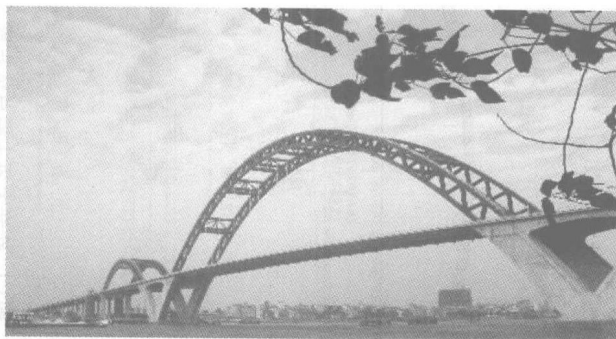


图 1.3 建成后的新光大桥(2)



图 1.4 建成后的新光大桥(3)

新光大桥由广州新光快速路有限公司组织建设,由贵州桥梁工程总公司—北京铁道专业设计院联合体以设计施工总承包方式实施建设,于2007年建成通车。

1.2.2 设计技术标准

道路等级:城市快速路。

设计速度:80 km/h。

桥梁宽度:

- 主桥宽度:净 2×12 m 车行道,净 2×3 m 人行道,全宽 37.62 m;
- 引桥宽度:净 2×12 m 车行道,无人行道,全宽 26.3 m。

桥梁坡度:最大纵坡 3%,双向横坡 2%。

设计荷载:

- 主桥:汽车-超 20 级,挂车-120,人群荷载 4.0 kN/m^2 ;
- 引桥及构件:城-A 级。

设计风速:27.9 m/s(离地 10.0 m,频率 1%,10 min 平均最大风速)。

通航净空:通航净高大于 34 m,双向通航孔净宽 210 m。

设计水位:8.13 m,最高通航水位 7.4 m。

基本烈度:7 度(按 8 度设防)。

1.2.3 桥梁设计特点

1) 主桥结构设计

新光大桥主桥布置为 $(177 + 428 + 177) \text{ m}$ 。

主墩(5#、6#)为群桩刚性承台基础,桩径 2.6 m,桩长约 50 m,承台尺寸为 $48.3 \text{ m} \times 34.7 \text{ m} \times 6 \text{ m}$ (长 $\times$ 宽 $\times$ 高)。

主墩由拱座及三角框架组成,三角框架纵向长度 102 m、宽 5.6 m、高 40 m,斜腿截面尺寸为 $12.0 \text{ m} \times 5.6 \text{ m}$ 。

边跨拱肋为 177 m(净跨 171 m)的不对称变桁高三次抛物线拱肋,两拱肋的横向中心距为 28.1 m。三角框架侧拱脚截面径向高为 12.0 m,交界墩侧拱肋截面径向高为 7.5 m,拱顶截面径向高为 7.5 m,矢高为 56 m。

主跨拱肋为一孔 428 m(净跨 416 m),矢高为 104 m,矢跨比为 $1/4$,拱轴系数为 $m=1.2$ 的悬链线变桁高拱肋,两拱肋的横向中心距为 28.1 m。拱顶截面径向高为 7.5 m,拱脚截面径向高为 12.0 m。拱肋上、下弦均为箱形断面,箱高为 1.58 m,箱内宽为 2.10 m 定值,以便于腹杆连接。拱肋腹杆为高度 2.1 m 的“H”形截面,拱肋横撑全桥共设置 11 组横撑,主拱拱肋 7 组,两边拱拱肋各 2 组。

边跨(飞雁部分)钢桁拱为 177 m(净跨 171 m)的不对称变桁高三次抛物线拱肋,上、下弦钢箱肋宽为 2.1 m,箱高为 1.58 m。钢拱肋间设钢箱组合桁架横撑,主拱拱肋 7 组,两边拱拱肋各 2 组。

主跨桥面结构由钢横梁、钢纵梁、钢筋混凝土桥面板组成,为半漂浮式桥面结构体系。边跨桥面结构由预应力混凝土系杆和横梁、钢筋混凝土纵梁、钢筋混凝土桥面板组成。

2) 主桥结构受力特点

主桥三连拱在施工状态为支承在三角框架上的三跨简支下承式系杆钢拱桥,成桥后为三跨连续下承式刚架拱桥。

在施工阶段,主拱为两端固结,边拱均为一端固结、一端滑动支承。其中边拱固结端在三角框架上,因此三角框架主要承担来自主拱、边拱的竖向力,受力体系明确,通过主跨、边跨加载和系杆张拉程序的控制,可靠地保证三角框架受力与拱推力的平衡,将三角框架根部和承台中心的不平衡弯矩和拱脚端位移控制在设计允许的范围内。

本桥的三角框架抗推刚度大,为释放桥面结构产生的巨大水平力,将主桥中跨的桥面结构设计成半漂浮结构体系,即:桥面结构不与主跨拱肋、三角框架固结,而是通过吊杆或三角框架上单向滑动的球形钢支座相连;由球形钢支座传递汽车制动力,并在三角框架与边跨桥面结构连接处设置 240 型大位移毛勒式伸缩缝。

为使主桥主、边跨传给三角框架上的竖向反力平衡,中跨桥面结构和系杆分别采用钢—混凝土结合结构和 OVMPEs(FD)7-187 低应力防腐新型平行钢丝索体,边跨系杆及桥面横梁采用预应力混凝土结构,边跨桥面纵梁及桥面采用钢筋混凝土结构。这样既充分发挥了连续刚构桥的优良性能,又能释放主跨桥面结构可能产生的巨大水平温度力,同时还通过边跨系杆与桥面混凝土结构的重量平衡主跨的重量,减少了桥面结构用钢量,最终形成对主墩基础只有很小水平推力的拱桥,大大降低了基础工程量,使拱桥基础更为轻巧。

3) 桥梁主要工程量

桥梁主要工程量见表 1.1。

表 1.1 主要工程数量

序号	工程项目名称	混凝土/m ³	钢材/t
基础工程	1 $\phi 150$ cm 桩基础(1 248 m/48 根)	C30;2 205.4	普通钢材;197.3
	2 $\phi 200$ cm 桩基础(1 732 m/40 根)	HPC. C30; 5 441.2	普通钢材;373.5
	3 $\phi 260$ cm 桩基础(3 345 m/72 根)	HPC. C30;17 760.2	普通钢材;1 178.3
	4 引桥承台	C40;1 267.5	普通钢材;45.2
	5 过渡墩承台	HPC. C40; 2 519.1	普通钢材;226.3
	6 主墩承台	HPC. C40;20 112.1	普通钢材;1 703.8
下部构造	7 拱座	C40;10 514.6	普通钢材;396.0
	8 过渡墩柱	C40; 2 086.6	普通钢材;148.8
		C50;552.2	
	9 引桥墩柱	C40; 2 666.3	普通钢材;300.9
上部构造	10 三角刚架	C40;10 514.6	普通钢材;1 762.8
	11 桥面系(预制板、后浇层、横纵梁、系杆)	C50;9 481	普通钢材;2 699.5
	12 引桥连续箱梁	C50;6 281.6	普通钢材;1 262.8
	13 防撞墙	C40;988.9	普通钢材;277.0
	14 主拱		Q345qc;5 797.0
	15 边拱		Q345qc;4 384.9
	16 钢纵横梁		Q345qc;2 525.8
	17 Q235qc		644.6
	18 $\phi 15.24$ 钢绞线		1 156.9
	19 $\phi 7$ 平行钢丝束		514.5
	20 型钢		728.9

1.3 工程实施重点与难点

由于新光大桥为特大跨度钢桁系杆拱桥,结构形式新颖,技术含量及钢桁拱肋安装精度要求高,同时,桥址处于珠江航运繁忙航段,施工占有航道非常有限。因此,本工程的重点是能将高空安装的工作量减少到最低限度的主拱安装方案(大段

提升法施工方案)的研究、制定与实施。

工程实施的主要难点:一是,大段提升法施工方案中的三角框架提升塔架安装、拱肋卧拼、中段转载及浮运、拱肋提升安装和体系转换;二是,主墩深水围堰施工。

1.4 主要施工步骤

第1步:主体结构承台基础及施工支架(包括拱肋拼装支架、提升架等)基础施工,同时在工厂加工拱肋、桥面系等钢结构。

第2步:安装提升塔架,分段施工浇筑三角刚架斜腿、张拉临时水平拉杆;搭设系梁支架,浇筑三角刚架系杆梁混凝土,按设计要求的加载程序张拉系梁预应力筋;安装三角刚架上提升塔架,安装主拱及边拱三角刚架上拱脚段。

第3步:在桥位处搭设边拱拼装支架,在选定的拼装场地搭设主拱大节段拼装支架,分别组拼边拱肋和主拱大节段,安装边拱拱脚段。

第4步:提升边拱肋,两端临时支承于提升架上,连接边拱肋合龙段,使边拱肋两端支点转换到边墩及三角刚架上;提升主拱边段,提升后一端临时支撑于提升塔架上,另一端支撑于三角刚架上,安装拱脚合龙段。

第5步:安装边跨吊杆,搭设支架浇筑边跨系杆混凝土。混凝土强度达到设计要求后张拉系杆预应力筋,逐步拆除临时系杆、提升架及系杆支架。

第6步:主拱中段浮运至桥位,提升安装,支撑于两侧提升塔上。

第7步:主拱肋在支架(提升塔)上合龙后,安装主跨吊杆,吊装主跨钢横纵梁;安装主拱系杆索,第1次张拉主拱系杆索;拆除主跨中段临时系杆,第2次张拉主拱系杆索,主拱卸架;现浇施工边跨及三角刚架上横、纵梁,安装桥面预制板,按设计要求的施工顺序浇筑纵横向湿接缝;分幅吊装主跨桥面预制板,按设计要求的施工顺序浇筑湿接缝,第3次张拉主拱系杆索。

第8步:按设计要求施工边跨、三角刚架上及主跨桥面的后浇层;施工边跨、三角刚架上及主跨防撞墙及人行道,第4次张拉系杆。

第9步:拆除所有施工支架,铺装桥面沥青混凝土,成桥荷载试验,验收投入营运。

图1.5所示为拱肋安装总体布置图。