

武汉天兴洲公铁两用长江大桥 关键技术研究

Key Technologies Study
of Tianxingzhou
Rail-cum-road Yangtze River Bridge
in Wuhan

秦顺全 编著



人民交通出版社
China Communications Press

Key Technologies Study of Tianxingzhou
Rail-cum-road Yangtze River Bridge in Wuhan
**武汉天兴洲公铁两用长江大桥
关键技术研究**

秦顺全 编著

人民交通出版社

内 容 提 要

本书较系统地介绍了武汉天兴洲公铁两用长江大桥的工程概况、设计、施工关键技术及由此展开的科学实验研究。全书共分10章,针对主桥结构特点、功能要求,重点介绍了大桥三索面三主桁斜拉桥结构行为、动力特性、结构振动混合控制、钢桁梁结构构造疲劳性能、斜拉桥抗风性能及模型试验、主桥基础及上部钢桁梁整节段架设关键技术。

本书可供公路、铁路工程技术人员及从事工程结构研究的相关技术人员借鉴与参考。

图书在版编目(CIP)数据

武汉天兴洲公铁两用长江大桥关键技术研究 / 秦顺全
编著. —北京: 人民交通出版社, 2009. 2
ISBN 978 - 7 - 114 - 07611 - 4

I. 武… II. 秦… III. 铁路公路两用桥 - 桥梁工程 - 武汉市 IV. U448. 12

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 021148 号

书 名: 武汉天兴洲公铁两用长江大桥关键技术研究

著 作 者: 秦顺全

责任编辑: 卢仲贤

出版发行: 人民交通出版社

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) 59757969, 59757973

总 经 销: 北京中交盛世书刊有限公司

经 销: 各地新华书店

印 刷: 廊坊市长虹印刷有限公司

开 本: 787 × 1092 1/16

印 张: 26.5

字 数: 678 千

版 次: 2009 年 2 月 第 1 版

印 次: 2009 年 2 月 第 1 次印刷

书 号: ISBN 978 - 7 - 114 - 07611 - 4

定 价: 68.00 元

(如有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

前 言

武汉天兴洲公铁两用长江大桥是武汉市城市规划三环线、北京至广州铁路客运专线及武汉枢纽Ⅰ级铁路干线跨越长江的桥梁。两线铁路客运专线、两线Ⅰ级铁路干线和六车道公路在同一座桥上跨越长江,使其成为世界上承载活载最重的大跨度桥梁。长江是中国内河航运的黄金水道,武汉天兴洲河段长江航运繁忙,为满足长江通航的要求,大桥主桥采用主跨 504 米的斜拉桥,从而也使其成为世界上跨度最大的公铁两用斜拉桥。

武汉天兴洲长江大桥的交通功能和桥位处的建桥条件要求其主桥必须布置成世界上跨度最大、荷载最重的公铁两用斜拉桥。要建好这样一座世界级的大桥,设计、施工中都会遇到诸多技术上的难题,必须采用创新的技术、结构形式和施工工艺措施,而不是简单的结构尺度上的放大,才能有效、合理地解决结构设计和施工问题,真正提升我国的建桥技术水平。为此,铁道部于 2001 年和 2004 年先后两次批准立项,开展了武汉天兴洲公铁两用长江大桥关键技术研究。课题研究历经七年,不但有效地解决了大桥建设中的技术难题,而且形成了多项自主创新的建桥技术:

1. 新型混合组合结构;
2. 超大直径钻孔桩技术及国产化装备;
3. 吊箱围堰锚墩定位及围堰带载升降技术;
4. 三索面三主桁斜拉桥结构;
5. 三片主桁桁段整体架设技术。

武汉天兴洲公铁两用长江大桥关键技术研究课题由中铁大桥局集团主持,作者是本研究课题的负责人,课题研究除中铁大桥勘测设计院、大桥局工程技术部、大桥局桥梁科学研究院、大桥局施工设计事业部主要参与外,铁道科学研究院、同济大学、华中科技大学、西南交通大学、北京交通大学、中南大学、武汉理工大学等单位也参加了相关子课题的研究,本书写作中引用了部分相关资料,在此,作者表示深深的感谢。本书在成稿过程中还得到大桥局工程技术部同事们的帮助,作者也表示衷心的感谢。

秦顺全

2008. 11. 19

目 录

引言	1
第一章 大桥概况	9
第一节 工程概况及技术标准	9
第二节 活载加载标准研究	17
第三节 主桥结构	21
第二章 主桥基础	31
第一节 主桥基础选型	31
第二节 钻孔设备研制及钻孔桩施工	34
第三节 吊箱围堰定位技术	42
第三章 三索面三主桁斜拉桥结构行为研究	64
第一节 箱形带加劲肋杆件稳定性能研究	64
第二节 典型节点模型试验研究	85
第三节 铁路结合桥面系试验研究	108
第四节 三索面三主桁斜拉桥施工监控	118
第四章 主桥斜拉桥动力特性研究	125
第一节 概述	125
第二节 车桥耦合振动分析	128
第三节 风—车—桥耦合振动分析	139
第四节 地震—车—桥耦合振动分析	143
第五节 温差影响下的车桥耦合振动分析	146
第五章 斜拉桥振动控制	149
第一节 液压阻尼器振动控制	149
第二节 液压阻尼器对主梁纵向振动控制的局限性	157
第三节 主梁纵向振动反应的混合控制	158
第四节 500kN 足尺磁流变阻尼器的设计与制作	165
第五节 磁流变阻尼器和液压阻尼器对主梁纵向振动反应的混合控制	175
第六章 斜拉桥抗风性能及模型试验研究	178
第一节 主梁节段模型风洞试验研究	178
第二节 裸塔气弹模型风洞试验研究	194
第三节 悬臂施工状态气弹模型风洞试验研究	202

第四节	斜拉索风雨振动与参数共振试验研究	213
第五节	塔梁交汇区风场对行车安全性影响研究	224
第七章	钢桁梁结构构造疲劳性能试验研究	230
第一节	研究概况	230
第二节	疲劳试件设计与加工制造	230
第三节	疲劳试验	239
第四节	焊缝超声波锤击工艺研究	251
第五节	正交异性钢桥面板的疲劳性能研究	252
第六节	武汉天兴洲公铁两用大桥疲劳设计方法	253
第八章	焊接结构疲劳裂纹扩展速率及其应用研究	257
第一节	概述	257
第二节	试验研究综述	259
第三节	母材和焊接件疲劳裂纹扩展试验研究	264
第四节	焊接件表面裂纹疲劳扩展试验研究	276
第五节	加劲板表面裂纹疲劳扩展试验	291
第六节	箱形结构模拟件疲劳裂纹扩展试验	303
第七节	表面裂纹疲劳扩展寿命预测	313
第八节	铁路桥梁焊接钢结构抗疲劳设计技术建议	321
第九章	钢桁梁整节段架设技术	333
第一节	概述	333
第二节	可行性研究	339
第三节	钢桁梁制造工艺研究	355
第四节	节段钢桁梁匹配组装工艺研究	366
第五节	架梁起重机研究	378
第六节	桁段架设施工工艺	390
第十章	40m 箱梁整体浇筑移动模架技术	397
第一节	概述	397
第二节	方案研究	398
第三节	移动模架的设计	402
第四节	移动模架的制造	407
第五节	移动模架的试验	408
第六节	移动模架的技术特点	411
第七节	移动模架的应用	414
参考文献		418



引言

1957年,万里长江第一桥——武汉长江大桥建成通车,50年后在武汉长江大桥下游约16.3km处,建设了又一座大跨度公铁两用大桥——武汉天兴洲公铁两用长江大桥。武汉天兴洲公铁两用长江大桥是武汉市城市总体规划三环线及北京至广州铁路客运专线在武汉跨越长江的桥梁,其主桥为双塔三索面三主桁斜拉桥,主桥桥式布置为 $98\text{m} + 196\text{m} + 504\text{m} + 196\text{m} + 98\text{m}$,建成后的武汉天兴洲公铁两用长江大桥见图0-1。

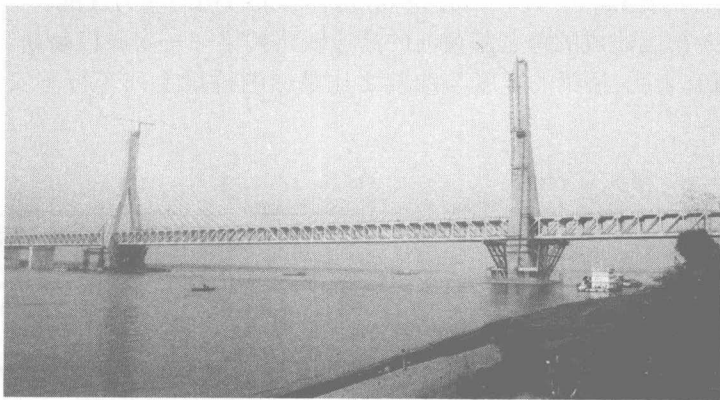


图0-1 建成后的天兴洲公铁两用长江大桥

根据武汉市城市总体规划,三环线需在天兴洲桥位处跨越长江,桥梁需提供六车道公路的过江通道;京广铁路客运专线在武汉跨越长江,需提供2线高速铁路的过江通道;沪汉蓉铁路在武汉跨越长江,需提供2线铁路I级干线的过江通道。从节约桥位资源和尽量减小建桥对长江水环境的影响考虑,将三个过江交通功能集中安排在一座长江大桥上是合理的。

由于过江交通功能的需要,天兴洲长江大桥设计成4线铁路、6线公路的公铁两用桥,铁路、公路分层布置。长江是中国内河航运的黄金水道,天兴洲河段长江航运繁忙,为满足长江通航的要求,天兴洲长江大桥主跨布置为504m。世界上已建成的公铁两用斜拉桥统计见表0-1。从表0-1可以看出,武汉天兴洲长江大桥是世界上跨度最大的公路铁路两用斜拉桥。

表0-1 世界已建公铁两用斜拉桥汇总表

国 家	桥 名	建成年	主跨(m)	规 模	材 料
德国	塞弗林桥	1959	302	双线+29.5m	钢
德国	库尔特·舒马赫桥	1972	287	双线+37m	钢
阿根廷	巴拿河D桥和G桥	1977	330	单线+22.5m	钢
德国	上卡塞尔河桥	1978	257.8	双线+35m	钢
德国	第二美恩河桥	1973	148	双线+31m	PC



续上表

国 家	桥 名	建成年	主跨(m)	规 模	材 料
日本	岩黑岛和柜石岛桥	1988	420	4 线 + 4 车道	钢
阿根廷	P-E 桥		330	单线 + 2 车道	PC
丹麦	厄勒海峡桥	1998	490	双线 + 4 车道	钢
中国	芜湖长江大桥	2000	312	双线 + 4 车道	钢

主跨 504m 的公铁两用斜拉桥,设计时除要关心结构的静力问题外,由于列车高速运行时的动力作用大,所以,更重要的是要关注结构的动力性能问题,特别是列车与桥梁结构的动力学问题。本书第四章把桥梁和列车作为一个耦合振动的系统,考虑线路的不平顺、风荷载、地震荷载和温度等外界条件影响,从理论上回答了桥梁建成后列车过桥的安全性和舒适性问题。实际上,从类似工程的比较,也可以帮助判断建成后桥梁结构的动力性能。

图 0-2 是 1993 德国建成的跨越莱茵河的高速铁路桥梁——南滕巴赫桥,建成后的桥梁见图 0-3。大量的研究表明,桥梁的宽度与跨度之比是影响桥梁上列车行车安全性和舒适性的指标之一。

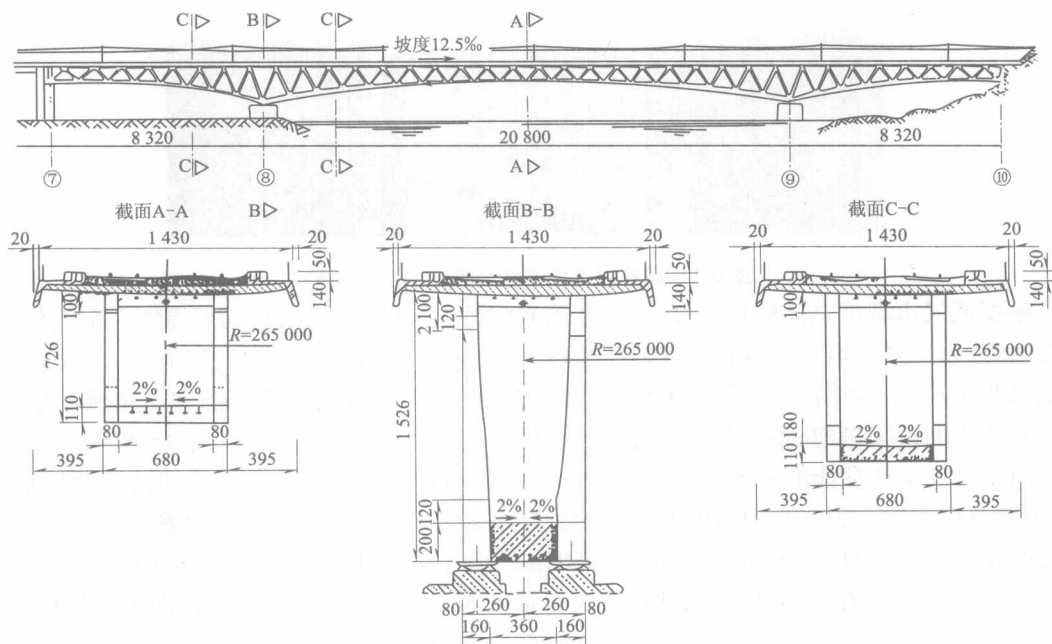


图 0-2 南滕巴赫桥结构总体布置(单位:cm)

南滕巴赫桥的宽跨比:

$$14.3/208 = 1/14.5 \quad (\text{桥面全宽})$$

$$6.0/208 = 1/34.7 \quad (\text{主桁桁宽})$$

武汉天兴洲长江大桥主跨 504m,两边主桁中心距 30.0m,其宽跨比为:

$$30/504 = 1/16.8$$

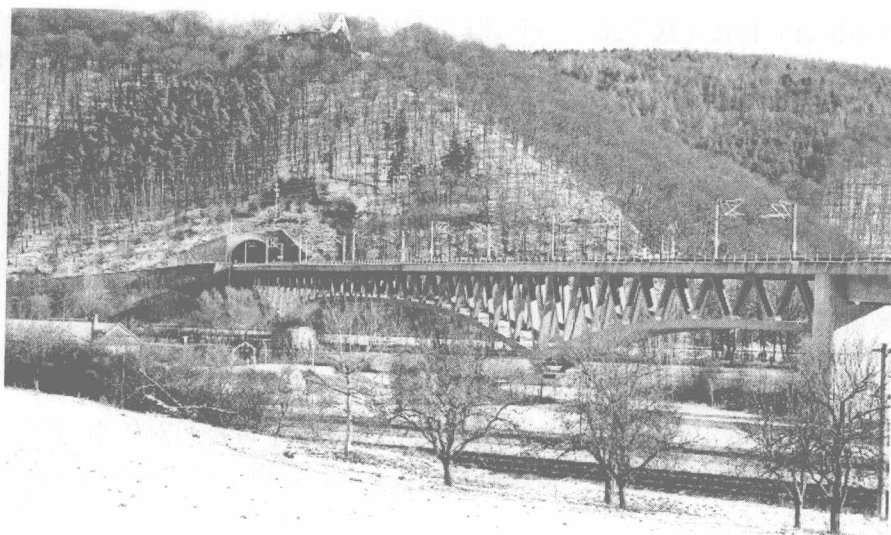


图 0-3 建成后的南滕巴赫桥

武汉天兴洲长江大桥宽跨比与实际运行速度 280km/h 的南滕巴赫桥相当。

天兴洲长江大桥通行 4 线铁路、6 线公路。2 线铁路 I 级干线,设计活载大致相当于 $2 \times 80\text{kN}$; 2 线铁路客运专线,设计活载大致相当于 $2 \times 64\text{kN}$; 6 线汽一超 20 汽车荷载大致相当于 $6 \times 10\text{kN}$ 。总设计活载:

$$2 \times 80 + 2 \times 64 + 6 \times 10 = 348\text{kN}$$

1 线汽一超 20 汽车活载大致是 10kN,所以,武汉天兴洲长江大桥的活载效应大致相当于一座 35 线公路桥梁的活载效应。

从表 0-1 可以看出,世界上已建成的 4 线铁路的公铁两用斜拉桥仅有日本本四联络线的岩黑岛和柜石岛桥,见图 0-4。

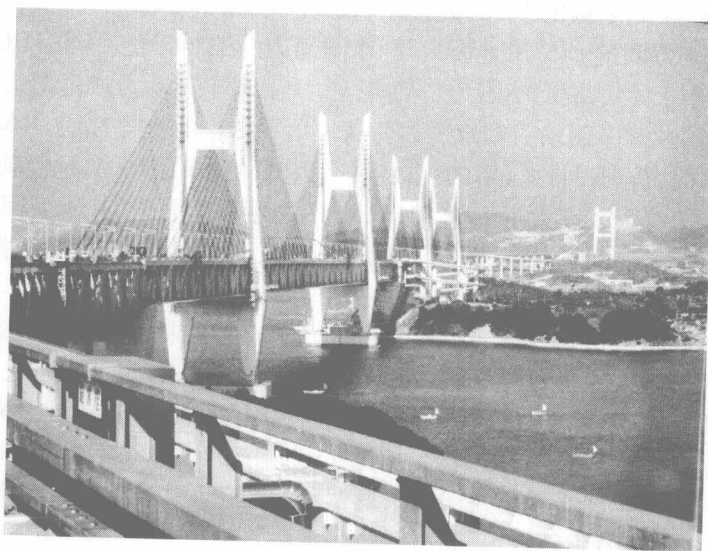


图 0-4 岩黑岛和柜石岛桥



岩黑岛和柜石岛桥按4线公路、4线铁路(目前仅有两线运行)设计,其中两线为日本国铁运营线,设计活载KS-18,大致相当于 $2 \times 60\text{kN}$,另外两线为新干线,设计荷载为N-18、P-19,大致相当于 $2 \times 47\text{kN}$ 。总设计活载为:

$$2 \times 60 + 2 \times 47 + 4 \times 10 = 254\text{kN}$$

武汉天兴洲长江大桥总设计活载348kN,是目前世界上载重最重的公铁两用斜拉桥。

武汉天兴洲长江大桥的交通功能和桥位处长江的通航条件要求主桥结构必须布置成世界上跨度最大、荷载最重的公铁两用斜拉桥,必须采用创新的技术、结构形式和施工工艺,而不是简单地结构尺度上的放大,才能有效、合理地解决结构设计和施工过程中出现的新问题。

1. 结构体系

1) 主梁采用混合组合结构

主桥跨度布置为98m+196m+504m+196m+98m。由于边跨相对较小,列车活载大,当中跨加载时,1号、4号辅助墩产生约50 000kN的负反力。常规处理负反力的方法有两种:

(1) 拉力支座。1号、4号墩处设置拉索体系联结主桁与墩身。

(2) 压重。1号、4号墩处设置压重抵消负反力。

由于本桥是双层交通桁式结构,辅助墩处设置压重的空间有限,无法放置足够的重物以抵消支座处的负反力。若采用拉力支座形式又存在拉索防腐和应力幅过高等问题难以解决。

通过多方案的研究比较,结合公路桥面板结构形式的选择,综合解决辅助墩的负反力问题。主桥中跨及边跨部分梁段共计756m范围公路面采用与主桁结合共同受力的钢正交异性板结构,两侧边跨各168m范围采用板厚32cm的混凝土板结构,混凝土板与主桁结合。

通过采用边跨公路面混凝土板与主桁结合,中跨钢正交异性板与主桁结合的混合组合结构,不但很好地解决了1号、4号墩活载加载时的负反力问题,同时提高了全桥的整体刚度,更有利于列车的高速运行(参见第一章)。

2) 磁流变阻尼器和液压阻尼器的混合控制系统

这一混合控制系统综合地解决地震力、列车制动力的控制问题。全长1 092m主桥主梁未设纵向固定支座。按照《铁路桥梁设计规范》规定,桥上列车制动力或牵引力应按列车竖向静活载的10%计算,因此列车制动力和地震力荷载作用下结构的受力性能是本桥需要关心的重要问题。在桥梁纵向,合理设计梁、塔的连接形式,以减少列车制动力、地震荷载和温度力的作用是非常必要的。武汉天兴洲大桥主跨504m,塔梁之间采用简单的滑动、固结或拉索式的弹性连接都难以解决上述的问题,应从温度、列车制动力、汽车制动力、列车摇摆力、风荷载和地震作用多方面来综合考虑塔梁之间的合理连接方式。

大跨度斜拉桥通常采用两种措施实现结构动力响应的控制,即调整结构刚度和增加结构阻尼。调整结构刚度主要通过梁塔之间纵向设置合适的拉索来实现,通过系统研究,就本桥而言已很难控制塔底弯矩和主梁纵向变形。增加结构阻尼主要通过梁塔之间设置阻尼器的方法来实现,其主要目的在于提高结构的阻尼能力来改变梁、塔之间纵向的传力关系,降低结构动力响应。目前常用于大跨度桥梁的阻尼器是液压阻尼器,液压阻尼器是一种速度相关型的被动阻尼器,它的恢复力特性可用式(0-1)表示:

$$F = C v^\alpha \quad (0-1)$$



由式(0-1)可以看出,液压阻尼器一旦在桥上安装,阻尼系数 C 和速度指数 α 就已确定,阻尼力 F 只与塔、梁之间的相对运动速度 v 有关。对于公铁两用斜拉桥,由于要综合解决温度力释放和列车制动力、地震力的控制问题,很难选择一个合适的参数 C 、 α 使阻尼器既能解决纵向地震力控制又能满足列车制动时纵向位移控制的要求,所以本桥采用了磁流变阻尼器和液压阻尼器结合的混合控制系统。

磁流变阻尼器的控制力可以用式(0-2)表示:

$$P_M = C_M \dot{x} + F_M(E) \operatorname{sgn}(\dot{x}) \quad (0-2)$$

由公式(0-2)可见,磁流变阻尼器的控制力 P_M 由黏滞阻尼力 $C_M \dot{x}$ 和可调库仑阻尼力 $F_M(E)$ 两部分所组成。其中黏滞阻尼力 $C_M \dot{x}$ 是被动控制力项,它与结构的响应速度成线性关系,它在磁流变阻尼器的整个控制力中所占比例较小;而可调库仑阻尼力 $F_M(E)$ 是可以调节的控制力项,它与结构响应速度的大小没有关系,只与结构响应速度的方向相关。其大小可以根据电流进行调节,它在磁流变阻尼器的整个控制力项中所占的比重较大。当主梁纵向振动速度响应很小时,仍可根据需要,主动地调节参数 $F_M(E)$,从而实现抑制主梁纵向振动位移所需的阻尼力(参见第五章)。

2号、3号墩处阻尼器布置见图0-5所示。

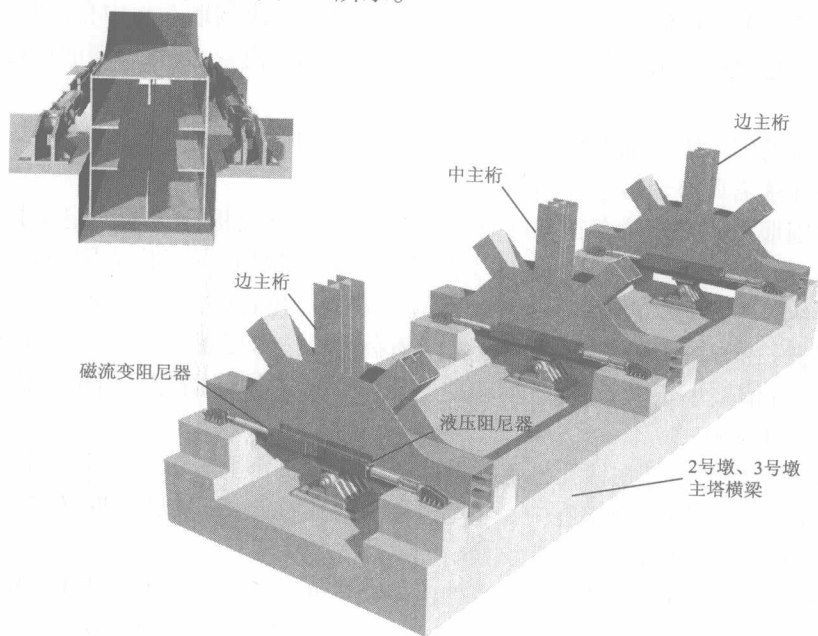


图0-5 2号、3号墩处阻尼器布置

2. 主墩基础采用超大直径的钻孔灌注桩

大跨度斜拉桥主塔墩基础不但要承受上部结构传递的巨大竖向力,而且要承受上部结构传递的巨大水平推力和弯矩,这就要求基础在传递竖向荷载的同时要具有较大的抗弯刚度。本桥2号、3号墩的地质条件不适合于沉井的下沉,所以只能采用钻孔桩基础,通过经济和技术比较,2号、3号墩基础采用直径3.4m的钻孔桩是最合理的。2号墩布置32根直径3.4m的



钻孔桩,3号墩采用40根直径3.4m的钻孔桩。

类似工程的基础钻孔桩直径都未超过3.0m,因此缺乏直径超过3.0m钻孔桩的成孔设备。武汉天兴洲长江大桥基础施工中解决了如下两个方面的技术难题:

(1) 国内已有钻孔桩的成孔设备最大扭矩只有 $200\text{kN}\cdot\text{m}$,最大钻孔桩直径3.0m。本桥施工中,特别研制了扭矩 $300\text{kN}\cdot\text{m}$,可钻4.0m直径钻孔桩的KTY4000型动力头钻机,解决了大直径钻孔桩的成孔问题;

(2) 采用大直径导管和流动性好的混凝土,解决了大直径钻孔桩桩身混凝土的灌注问题。

3. 吊箱围堰锚墩定位及围堰带载升降技术

主塔基础采用双壁钢吊箱围堰法施工。围堰在工厂制造成型、下河、水上接高、整体浮运至墩位。围堰初定位后,调整双壁钢吊箱围堰侧板隔舱内水头,使围堰顶面高程符合设计要求。

吊箱围堰的功能:

- (1) 承台施工的防水结构。
- (2) 钻孔桩施工期间兼作钻孔桩水上施工平台。
- (3) 护筒插打时的导向装置。

吊箱围堰是一个双壁的自浮结构,要实现其功能必须解决围堰在水中自浮时的定位问题。常规的围堰定位是通过在水中抛设锚锭来实现的,当基础规模变大时,围堰的锚锭定位存在如下问题:

- (1) 大体量的围堰需要锚锭数量众多,锚锭受力均匀性难把握。
- (2) 水位涨落需调整众多锚绳的长度。

针对常规围堰的锚锭定位存在的问题,2号墩施工中首次提出了锚墩定位技术。围堰在工厂整体制造,浮运至墩位后,在墩位上、下游各设置2个锚墩,锚墩作为围堰定位的锚固点,通过预应力系统连接围堰和锚墩,用液压千斤顶实现围堰位置的固定和调整。

武汉天兴洲长江大桥2号主塔墩围堰采用锚墩定位技术提高了围堰定位和护筒插打的精度,围堰平面位置偏差小于3cm,垂直度偏差小于 $1/2\ 000$,护筒插打平面位置偏差小于5cm,垂直度偏差小于 $1/400$ 。

吊箱围堰的功能之一是在钻孔桩施工期间兼作钻孔桩水上施工平台。传统的施工方法在钻孔桩施工期间吊箱围堰顶固定在一个高程上,待钻孔桩施工完成后,拆除围堰顶的钻孔设备,下放围堰至设计高程后封底,施工承台。

长江武汉江段一年中高水位和低水位的落差在15m左右(极端年份达18.0m),如果要保证吊箱围堰顶钻孔桩施工平台在高水位时不被淹没,低水位时吊箱围堰顶必然高出水面15m以上,这不但给低水位施工造成诸多不便,而且浪费吊箱围堰材料。

利用吊箱围堰带载升降技术,钻孔桩施工期间,可以不拆除钻孔平台设备,不拆除钻杆和钻具,双壁吊箱围堰利用本身自浮能力和提升设备,随长江水位变化带载升降(参见第二章)。

要实现吊箱围堰钻孔桩施工过程中的带载升降,必须满足两个条件:

- (1) 吊箱围堰必须有可靠的锚固。
- (2) 吊箱围堰必须有高的定位精度(平面位置和垂直度)。

上述两条都是为了保证围堰带载升降过程中不会造成未成桩的钻孔内塌孔,给施工带来



风险。天兴洲2号墩施工实践表明,一个全过程的带载升降可以在40h内完成。

4. 三索面三主桁斜拉桥结构

武汉天兴洲长江大桥上层通行6线汽车、下层通行4线铁路,根据铁路和公路的限界要求,当采用常规的两片主桁布置时,桁宽达30m。两主桁的断面布置见图0-6。采用双索面两主桁布置存在如下问题:

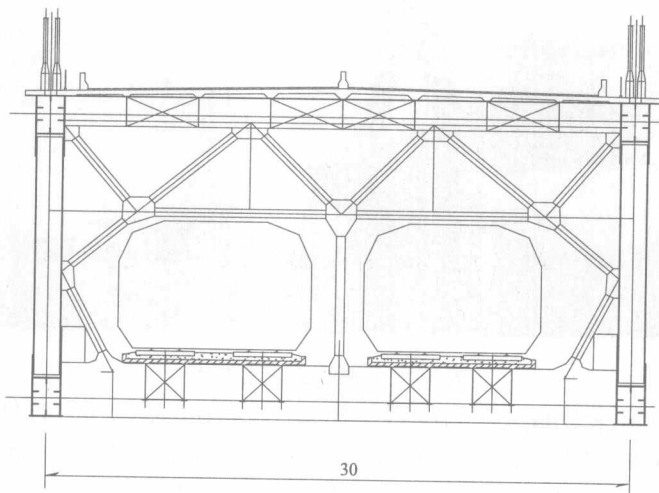


图0-6 双索面两主桁断面布置(尺寸单位:m)

- (1) 主桁杆件最大杆力79 000kN,主桁杆件庞大,设计、制造和安装都很困难。
- (2) 两主桁间距30m,铁路和公路横梁跨度大,相应的横梁梁高,横梁受力亦不合理。
- (3) 铁路横梁弯矩大,竖杆将承受较大的列车荷载引起的面外弯矩,竖杆受力复杂,应力幅值高。
- (4) 由于两主桁间距30m,桁架断面的整体性差,截面抗扭刚度弱,不利于列车的高速运行。

为了解决宽桥面双索面两主桁布置存在的问题,在两主桁中间增加一片主桁,相应增加一个斜拉索索面。

采用三片主桁布置后,主桁杆件最大杆力降至56 000kN,铁路横梁跨度减至15m,不但减小了铁路横梁规模,而且增强了主桁断面的整体性。三个主桁弦杆采用基本相同的截面,对应三个索面的斜拉索的恒载索力也基本一致,活载作用下中桁与边桁大部分杆件的杆力相差不超过5%。施工中的武汉天兴洲长江大桥三索面三主桁结构见图0-7(参见第一、三章)。

5. 桁段整体架设

三片主桁新型结构、正交异性板与主桁上弦及公路纵横梁结合,其结合方式为焊接。如采用常规的桥位散拼架梁方案,对位精度要求高,正交异性板制造、存放、运输、吊装精度要求高,变形控制难度大,桥上焊接工作量大,焊接变形难以控制,焊接残余应力大,焊缝质量不易保证,尤其是正交异性板吊装过程中受外荷载变化的影响,钢桁梁施工质量控制风险大。所以本桥提出并实施了桁段工厂拼装,桥位现场桁段整体架设的方案。

要实现三片主桁整体桁段的顺利拼装,采取如下三个方面的技术措施。

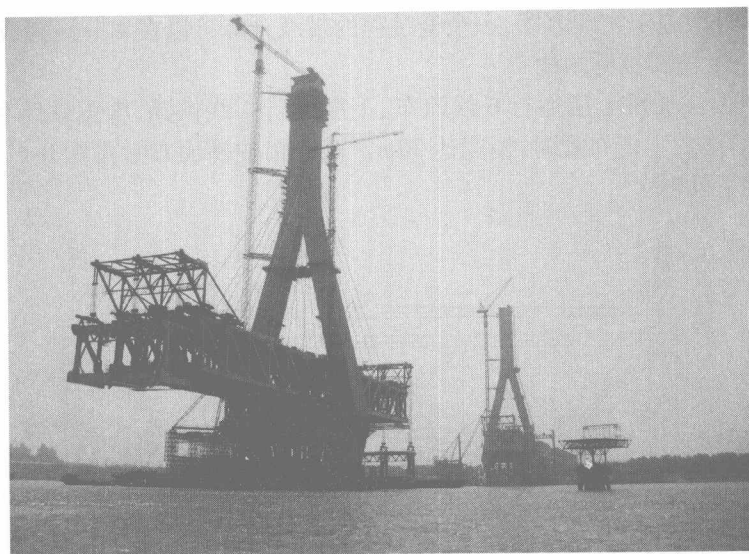


图 0-7 三索面三主桁结构

(1) 在工厂匹配组装完成 L_3 、 L_4 、 L_5 段钢桁梁(参见第九章),所有杆件和板单元组装完成后,在工厂焊接所有焊缝($L_3 \sim L_4$ 、 $L_4 \sim L_5$ 节段间桥面板横缝不焊)。所有工作完成后, L_3 、 L_4 、 L_5 段钢桁梁解体成 L_3 、 L_4 和 L_5 三个桁段, L_3 、 L_4 用船运输至工地待架, L_5 作为组装下一轮次 L_5 、 L_6 、 L_7 桁段的匹配梁段。并以此类推,完成全部钢桁梁整体桁段的拼装。

(2) 根据结构受力和变形的需要设置合适的临时杆件。

(3) 为了保证钢桁梁整体桁段架设时三个主桁的竖向位置匹配,研制了吊重 700t 的架梁吊机,架梁吊机设置三个独立的吊点,三个吊点能微调对位,见图 0-8 所示。图 0-9 是工地桁段整体架设实景照片。

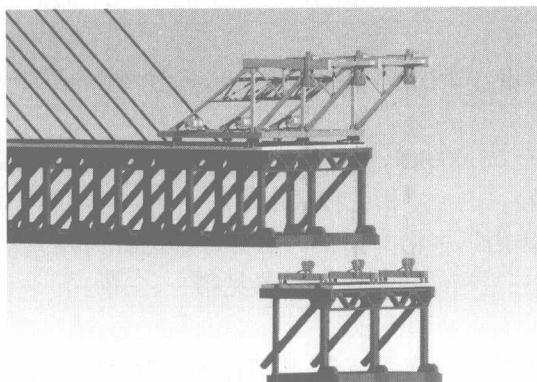


图 0-8 三吊点架梁吊机

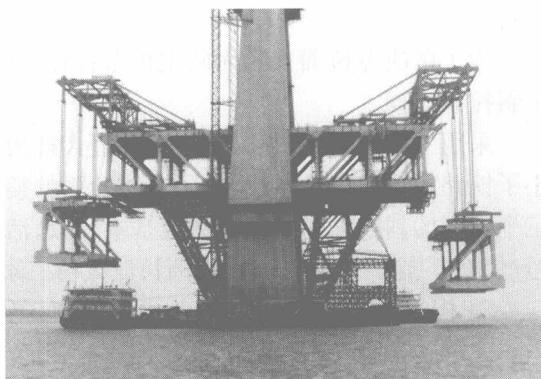


图 0-9 桁段整体架设



第一章 大桥概况

第一节 工程概况及技术标准

一、桥 位

武汉天兴洲公铁两用长江大桥位于武汉长江大桥下游约 16.3km 处的天兴洲分汉河段上,北岸为江岸区谌家矶,南岸为青山区建十路,大桥跨越长江,联通汉口、武昌两镇。本桥是武汉铁路枢纽第二过江通道,为正在建设的京广客运专线及武汉枢纽服务,同时也是武汉市城市三环线的过江通道,见图 1-1、图 1-2。

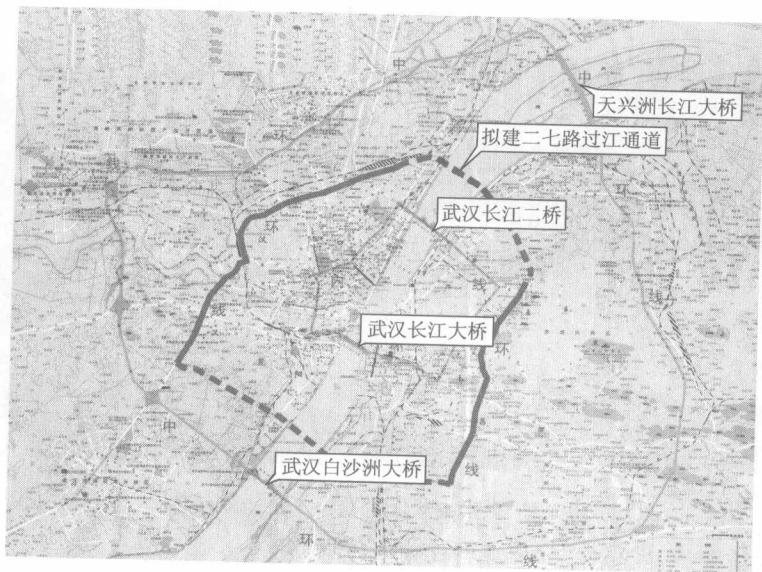


图 1-1 工程地理位置示意图

桥位处于微弯分汉型河段,天兴洲将长江分为南、北两个河道,天兴洲宽约 1.5km,南汉主河道宽约 1.4km,北汉副河道宽约 1km。

大桥在天兴洲南汉公路、铁路合建;在天兴洲北汉公路、铁路平行布置,两桥中心线相距 40m,公路桥位于铁路桥上游。由汉口岸向武昌岸孔跨布置为 4 孔 40.7m 箱梁 + (54.2 + 2 × 80 + 54.2)m 连续箱梁 + 62 孔 40.7m 箱梁 + (98 + 196 + 504 + 196 + 98)m 钢桁斜拉桥 + 15 孔 40.7m 箱梁。40.7m 箱梁铁路为简支梁、公路为连续梁,南汉主桥见图 1-3。

大桥前期研究工作始于 1993 年,先后完成铁路三线预可、工可、初步设计,铁路四线预可、工可、初步设计。该桥于 2004 年 9 月 28 日正式开工建设,2008 年 9 月斜拉桥主桥钢梁合龙,

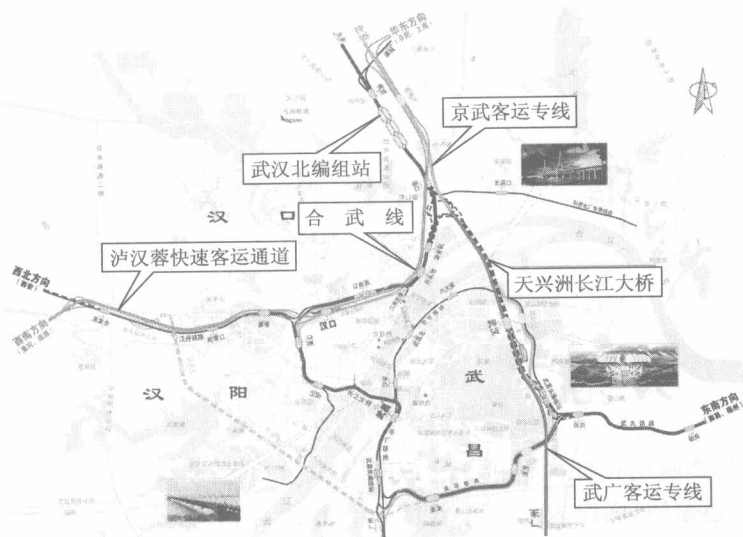


图 1-2 武汉铁路枢纽布置示意图

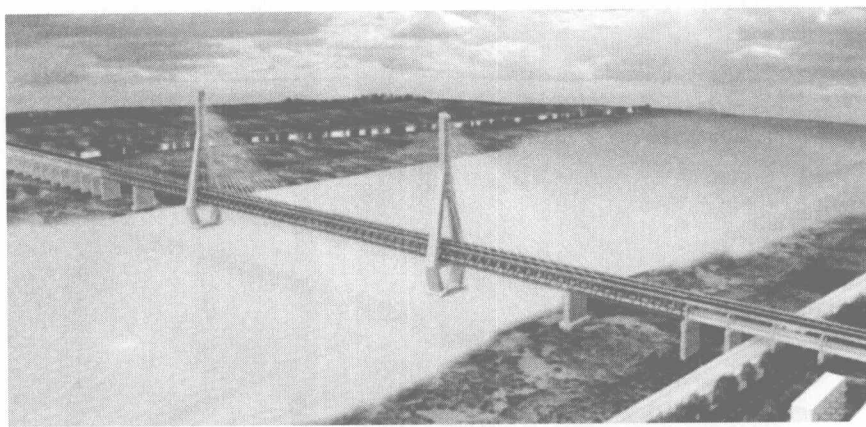


图 1-3 天兴洲长江大桥南汉主桥效果图

2008 年 12 月大桥建成。

二、建 桥 条 件

1. 地形、地貌

大桥位于武昌青山区至汉口江岸区谌家矶之间,距上游的武汉长江二桥约 9.5km。桥位处于微弯分汉型河段,地面高程 20.0 ~ 24.0m (黄海高程,下同)。长江两岸设有防洪大堤,堤顶高程约 30m。堤内地形平坦,其地貌单元为长江一级阶地,地面高程多为 21.0 ~ 25.5m;南岸(武昌岸)建筑物稠密,北岸(汉口岸)主要为耕种区,分布较多鱼塘。

2. 工程地质

覆盖层:主要为第四系全新统及中、上更新统地层。桥址北岸以黏性土为主,厚 35m 左



右;北汊以粉细砂为主,厚 15 ~ 35m;天兴洲上部以黏性土为主,中、下部以砂类土为主,厚度多为 40 ~ 50m。DK9 + 100 ~ DK9 + 770 段为冲刷深槽,覆盖层最大厚度可达 98.5m,且该段在高程 -16 ~ -20m 以下有多层圆砾土、砾砂层。南汊覆盖层以细砂为主,厚度多为 25 ~ 35m;南岸覆盖层顶部为填筑土和黏性土,中、下部以粉细砂为主,厚度 30 ~ 37m。

基岩:为白垩系 ~ 第三系陆相碎屑岩及三叠系海相碳酸岩,按照基岩岩性、岩相特征大致可将桥址区分三个区段:第一段(DK7 + 453.20 ~ DK9 + 712.10)由成岩程度较差的疏松砂岩、泥质粉砂岩、砂岩组成;第二段(DK9 + 712.10 ~ DK11 + 821.63)由胶结程度不一的砾岩夹少量泥质粉砂岩组成;第三段(DK11 + 821.63 以南)为三叠系的白云岩。

3. 气象

桥渡区处于亚热带湿润区,夏季高温闷热,气压 751.43mm 汞柱,相对湿度最热时 80%。历史上最高气温 41.3℃,最低气温 -18.1℃,年平均气温 16.8℃,有霜冻和降雪发生。本地区雨量充沛,历史上全月降雨量最大在 6 月,达 820.1mm,全日最大降雨量为 317.4mm,年平均降雨量 1 214 ~ 1 448mm。降雨多集中在 4 ~ 7 月,约占全年降雨量的 60% 以上。

风向在六、七、八三个月以东南风为主,间有东北风及西南风,最大风力为 7 ~ 8 级,其余各月多为北风及北北东风,最大风力可达 9 级,多发生在 9 月份。最大风速 27.9m/s,8 级和 8 级以上大风年平均 8.2d,最多 16 天,最少 1 天。

4. 桥渡水文

南北大堤之间宽约 4.2km。本河段主流历史上曾发生过几次大的变迁;由于沿江两岸受节点控制及护岸工程的兴建,自 20 世纪 30 年代至今河道外型基本稳定,岸线变化相对较小,河床演变主要表现在河床冲淤、洲滩消长和汉道的兴衰变化。桥址河段在今后较长时期内仍将维持枯水单一,中、高水位双汊过流,主流在南汊的河势,但洲滩和汉道的局部冲淤变化仍将发生。三峡水利枢纽运用后对建桥河段河势和主要影响表现为河床有所冲刷下切,深槽也将有所冲刷扩大,预计桥址河段河势不会发生大的调整。桥渡水文详见表 1-1。

表 1-1 桥渡水文表

水文特征	数 值	统计年代
实测最高水位(黄海)(m)	27.64(1954.8.18)	1950 ~ 1998
实测最低水位(黄海)(m)	9.61(1961.2.5)	1950 ~ 1998
最大水位变幅(m)	18.03	1950 ~ 1998
实测最大流量(m ³ /s)	76 100(1954.8.14)	1950 ~ 1998
实测最小流量(m ³ /s)	4 830(1963.2.7)	
最大年输沙量(亿 t)	5.79(1964)	1950 ~ 1998
最小年输沙量(亿 t)	2.33(1994)	1950 ~ 1998

桥址计划分洪情况下百年一遇洪水位为南汊 +27.40m,北汊 +27.38m;300 年一遇洪水位为南汊 +28.17m,北汊 +28.16m;百年一遇洪峰流量为南汊 55 000m³/s,北汊 22 100m³/s;300 年一遇洪峰流量为南汊 59 800m³/s,北汊 24 200m³/s。20 年一遇最高通航水位 +25.68m。最低通航水位 +9.62m。汉口水文站日平均最高水位详见表 1-2。