

中国公路学会桥梁和结构工程分会

2017年

全国桥梁学术会议 论文集



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

中国公路学会桥梁和结构工程分会

2017年

全国桥梁学术会议 论文集

- 主办单位** 中国公路学会桥梁和结构工程分会
广东省公路学会
广东省公路建设有限公司虎门二桥分公司
- 协办单位** 广东省交通规划设计研究院股份有限公司
广东省长大公路工程局有限公司
中交第二航务工程局有限公司
中交第二公路工程局有限公司
中铁山桥集团有限公司
中铁宝桥集团有限公司
上海振华重工(集团)股份有限公司
江苏法尔胜股份有限公司
宁波路宝科技实业集团有限公司
武汉锂鑫自动化科技有限公司
镇江蓝舶科技股份有限公司
柳州欧维姆机械股份有限公司
成都市新筑路桥机械股份有限公司
上海浦江缆索股份有限公司
- 承办单位** 中交公路规划设计院有限公司
中交公路长大桥建设国家工程研究中心有限公司
《桥梁》杂志社

广东省



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

内 容 提 要

本书为中国公路学会桥梁和结构工程分会 2017 年全国桥梁学术会议论文集。论文集分为规划与设计;施工与控制;结构分析与试验研究;养护管理、检测与加固四部分。其中包括我国近年来在建、已建有代表性桥梁所采用的新技术、新方法、新材料,值得业界学者和工程技术人员参考和借鉴。

图书在版编目(CIP)数据

中国公路学会桥梁和结构工程分会 2017 年全国桥梁学术会议论文集 / 中国公路学会桥梁和结构工程分会编

· 一 北京:人民交通出版社股份有限公司,2017.11

ISBN 978-7-114-14259-8

I. ①中… II. ①中… III. ①桥梁工程—学术会议—文集 IV. ①U44-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 252088 号

Zhongguo Gonglu Xuehui Qiaoliang he Jiegou Gongcheng Fenhui 2017 Nian Quanguo Qiaoliang Xueshu Huiyi Lunwenji

书 名:中国公路学会桥梁和结构工程分会 2017 年全国桥梁学术会议论文集

著 者:中国公路学会桥梁和结构工程分会

责任编辑:张征宇 赵瑞琴

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:北京市密东印刷有限公司

开 本:880×1230 1/16

印 张:68.25

字 数:2085 千

版 次:2017 年 11 月 第 1 版

印 次:2017 年 11 月 第 1 次印刷

书 号:ISBN 978-7-114-14259-8

定 价:180.00 元

(有印刷、装订质量问题的图书由本公司负责调换)

中国公路学会桥梁和结构工程分会
2017 年全国桥梁学术会议论文集

编 委 会

主 编 张喜刚 陈冠雄 吴玉刚

副 主 编 赵君黎 董青泓 崖 岗 代希华

杨志刚 张太科 谭昌富 周旭东

冯良平

审稿专家 赵君黎 王永珩 曾宪武 逯一新

雷俊卿

工 作 组 魏巍巍 杨 雪 杜 静 张鑫敏

责任编辑 张征宇 赵瑞琴

目 录

I 规划与设计

1. 虎门二桥工程设计与研究 张喜刚 吴明远 徐国平 梅 刚 陈占力 赵 磊(3)
2. 广东省公路桥梁发展和展望 陈冠雄 孙向东(14)
3. 虎门二桥关键技术研究 吴玉刚(24)
4. 深圳至中山跨江通道关键技术与创新 徐国平(31)
5. 大跨径悬索桥吊索阻尼减振设计 张太科 梅 刚 张鑫敏 汪正兴 柴小鹏 王 波(36)
6. 大跨径组合梁斜拉桥结构设计方案研究 詹建辉 彭晓彬(40)
7. 虎门二桥工程设计理念研究 雷俊卿 张 坤 梅 刚 陈占力 赵 磊 吴明远(47)
8. 虎门二桥大沙水道桥主塔上横梁支架设计 周旭东 朱 鹏(54)
9. 嘉鱼长江大桥总体设计 詹建辉(60)
10. 贵州省平罗高速平塘大桥设计 杨 健 陈应高 杨鸿波(66)
11. 敞开式钢管—混凝土桁架组合梁桥设计 韩友续 吴贵贤 王伟坤(73)
12. 钢结构桥梁在高速公路中应用前景分析 张 亮(80)
13. 钢—混凝土组合结构在桥梁工程中的应用与发展 刘 莉(84)
14. 广东虎门二桥引桥跨径选择 徐德志 万志勇(87)
15. 虎门二桥节段拼装箱梁耐久性设计 徐德志 万志勇 彭李立 彭亚军(92)
16. 公路钢—混组合结构桥梁发展应用综述 赵君黎 刘晓娣 付塔文太 周 芹(96)
17. 虎门二桥坭洲水道桥猫道设计与静力安全复核 王中文 李传习 王晓佳 柯红军(101)
18. 我国钢—混凝土组合桥梁的创新实践 苏立超 马 骅 周印霄 刘小宇(109)
19. 装配式系杆拱桥的设计改革 白植钦 吴俊峰 郑则仪 冯泉钧(116)
20. 多塔自锚式悬索桥设计 马向东(123)
21. 连云港田湾跨海大桥总体设计 华 新 刘 伟 周 青(131)
22. 山区高墩大跨径连续刚构桥设计要点 黄森华 何 海 吴海平(138)
23. 荆岳长江公路大桥主梁结合段设计及计算研究 魏奇芬 叶文海 白 凯 范史文(144)
24. 部分无黏结预应力混凝土结构设计与应用 李 毅(148)
25. 桃花峪黄河大桥主缆锚固构造的设计构思 王宏博 王志英 陈国红(155)
26. 武穴长江大桥钢锚箱参数化设计分析 覃作伟 赵金霞 彭晓彬 常 英(161)
27. 《公路桥涵地基与基础设计规范》桩基础修订细则 龚维明 戴国亮(165)

28. 低桩承台超长钢板桩围堰设计与应用	何荣文	刘 斌	吴卫敏(171)
29. 我国公路桥梁学科新发展	赵君黎	魏巍巍	李文杰 付塔文太 谢 俊 周 芹(177)
30. 连续刚构桥高墩设计及墩梁结合部应力分析	陈冠桦	邓晓红	(185)
31. 大跨度上承式钢管混凝土拱桥设计	陈冠桦	邓晓红	万 麟(190)
32. 夜郎湖特大桥设计与施工	邓晓红	陈冠桦	万 麟(197)
33. 虎门二桥机电工程设计概述	曹植英	王 磊	陈学文(203)

II 施工与控制

1. BIM 技术在项目施工管理中的应用	代希华	闫振海	鲜 荣	郭毅霖	李法雄	杨皓然	杨 昀(209)
2. 虎门二桥大沙水道桥抗震性能及减震措施	朱 超	徐源庆	李 冲(213)				
3. 主索鞍鞍体倒装工艺研究	黄安明	陈远林	石红昌	苏 兰(219)			
4. 大吨位钢梁跨缆吊机接力荡移转运关键技术	李鸿盛	宾 熊(229)					
5. 虎门二桥主塔承台海工大体积混凝土抗渗技术	朱小金	张彩龙	王根生	薛卫东(239)			
6. 虎门二桥大沙水道桥悬索桥塔柱横梁支架预压施工及监测	吴建军	朱 鹏	武尚伟	朱小金	赵廷建	郭雷刚(243)	
7. 软土地区深基坑“逆作法”施工技术	范 恒(248)						
8. 多股成品索锚固系统特点及安装工艺探讨	王 博	朱 超	赵廷建	武尚伟	丛 磊(253)		
9. 多股成品索锚固系统施工测量控制关键技术	朱小金	侯 智	王 博	祖 欣	丛 磊(256)		
10. 填充型环氧钢绞线体外预应力在虎门二桥引桥上的应用及施工	廖文龙	江 华(260)					
11. 钢围堰不同设计计算方法安全性分析	黄 猛	杨寿忠	向中富	李德坤(264)			
12. 大角度斜腿钢管组合支架设计与施工技术	马存骥	张杰华(271)					
13. 现浇连续梁双层贝雷支架设计及施工	李明忠	刘 斌(277)					
14. 佛山西站贯通特大桥现浇连续梁双层贝雷片支架设计及验算	刘 斌	梁开明(283)					
15. 悬索桥端部钢箱梁临时安装技术探讨	李鸿盛	毛超军(290)					
16. 普立特大桥缆索吊机旋转架设法施工	王定宝(296)						
17. 杭瑞高速公路北盘江大桥钢桁梁纵移悬拼施工	王定宝(299)						
18. 麻昭高速三岔沟特大桥连续刚构梁 0 号块施工	王定宝(302)						
19. 库区深水、少覆盖层钻孔平台施工关键技术	吴洪朗(306)						
20. 宁波梅山春晓大桥拱肋安装与缆索吊装系统设计	邓亨长	施力可	陈 伟	黄 俊	侯朝银	魏昌伟	蒋代林(317)
21. 市政小跨径无铰拱桥拱圈施工工艺优化	崔光财	廖 浪(322)					
22. 蒙巴萨特大桥桩基环氧涂层钢筋笼施工工艺	郭明华	范科林(326)					
23. 液压自爬模在异形倒 Y 形桥塔施工中的应用	蔡 东	许应杰	卢志龙(331)				
24. 小曲线半径 T 梁架设施工技术	薛 奎	吴能照	梁雄威(337)				
25. 大直径桩基础旋挖钻成孔工艺的应用	魏学锋	沈辰雨(342)					

26. 苏龙珠黄河特大桥施工关键技术研究与应用 刘利军 杨 茂(346)
27. 大跨径钢拱架横移施工技术研究 赵 伟 杨胜江 张乙彬(355)
28. 整幅整跨式钢桁梁施工工艺 李 松 余 洋 詹 文 张友平(359)
29. 深水区超长钢板桩围堰施工技术 吴 帅(363)
30. 保腾高速龙江特大桥双塔单跨钢箱梁悬索桥锚碇施工监控 王定宝 王成恩(373)
31. 利民路转体系统施工 王琴勇 范 充 譙 良(376)
32. 沉管隧道最终接头预应力张拉施工技术 游 川 张 洪 李誉文(388)
33. 跨海大桥高桩承台钢吊箱施工技术 魏永拴(395)
34. 双壁钢围堰施工技术 吴鹏飞(407)
35. 万州长江三桥 Z09 号墩围堰损伤处治方案设计与实施
..... 裴宾嘉 刘 亮 姚永喜 向中富 刘忠诚 熊卫植 王 强(414)
36. 秀山大桥深水大流速裸露陡岩海域桩基础群施工关键技术 徐 洲 王胜利(424)
37. 秀山大桥大跨度曲线连续刚构桥节段悬臂拼装施工关键技术 徐 洲 王胜利(433)
38. 长节段钢箱梁吊装吊具系统研发与应用 史虎彬 朱武华 韩博文 郑伟涛(442)
39. 港珠澳大桥 MA 生产工艺和路用性能改进 赵国云 王 民 郝增恒(452)
40. 中小跨径钢板组合连续梁桥高效装配方案优化 田 飞 郑和晖 巫兴发(457)
41. 宽幅混凝土连续箱梁短线节段预制拼装施工误差分析 巫兴发 徐 飞(463)
42. 自升式平台在急流裸岩海峡桩基施工中的应用 张 磊 吴启和 刘建波(467)
43. 超大直径钻埋钢管空心桩 上官兴 陈元喜 郭范围 梁立农 彭南越 肖泽林 项超群(473)
44. 湖南变截面钻埋预制空心桩 上官兴 蔡长贵 陈元喜 欧 平 钟永刚 刘汝春(483)
45. 超大散索鞍吊装施工关键技术 王晓佳 鲜 荣 吴育剑 钟建锋(488)
46. 虎门二桥坭洲水道桥超重主索鞍吊装关键技术 罗超云 郑波涛 王晓佳(496)
47. 锚碇超大深基坑开挖取土施工技术 罗人昆(501)
48. 深基坑超大体积混凝土浇筑施工技术 罗人昆(504)
49. 锥套锁紧式钢筋接头在虎门二桥索塔钢筋网片预制安装中的应用
..... 王晓佳 童俊豪 罗超云 徐瑞榕(507)

III 结构分析与试验研究

1. 大跨度悬索桥加劲梁吊装精细化研究 鲜 荣 郭 强 唐茂林 李翠娟(515)
2. 组合梁桥横向分布系数计算方法及比较 徐 栋 王雨至 端木祥永(521)
3. 虎门二桥工程主体结构耐久性研究
..... 雷俊卿 曹珊珊 梅 刚 代希华 陈占力 赵 磊 吴明远(526)
4. 装配式钢—混凝土组合梁桥研究的一些体会
..... 徐 栋 赵君黎 狄云鹏 刘晓娣 李会驰(531)
5. 基于 BP 神经网络的大跨径斜拉桥挠度的温度效应分析 赵丹阳 任 远 黄 侨(538)
6. 波形钢腹板 PC 组合横梁悬索桥桥塔抗震分析 沈锐利 殷开维(544)

7. 不同抗剪连接程度的钢—混凝土组合梁静力试验对比 李文贤 黄 侨 汪 炳(554)
8. 悬索桥销接式索夹传力机理研究 李 京 沈锐利 黄 振(560)
9. 承压支座和压紧支座在模数式伸缩装置中的作用与性能控制指标试验研究
..... 胥 明 周明华 黄跃平 何顶顶(566)
10. 跨海大桥下部结构墩柱绕流二维数值模拟 吴承伟 杨万理 杨绍林 李 乔(576)
11. 大沙水道桥悬索桥施工猫道抗风稳定性研究
..... 杨 敏 代希华 朱小金 赵廷建 武尚伟(583)
12. 浅谈成品索在悬索桥锚固系统中的应用技术 范 恒 张太科(590)
13. 超大跨度悬索桥锚碇超大超深地下连续墙复合基础承载性能研究
..... 崖 岗 张鑫敏 何 潇 韩冬冬 付佰勇(595)
14. 超期服役混凝土梁桥关键部位应力控制研究 李彦兵 张鑫敏 金志坚(602)
15. 通条试验方法在超高强度钢丝研发试验中的应用 蔡依花 叶觉明 卢靖宇 张 勇(607)
16. 悬索桥主缆索股架设和线形控制问题探讨 蔡依花 叶觉明(615)
17. BIM 与新型高效数值算法在桥梁设计优化方面的有机结合 司 炜(618)
18. 弯箱梁抗倾覆稳定系数计算方法研究 许文俊 徐 军(621)
19. 一种使用多级限位耗能装置的新型桥梁结构体系 许文俊 徐 军 潘盛山(627)
20. 考虑墩梁刚度比的刚构墩计算长度研究 高 宝 蒋晨旭 马越峰 戴显荣(632)
21. 港珠澳大桥 MA 生产工艺和路用性能改进 赵国云 王 民 郝增恒(637)
22. 先张自平衡中空预应力棒在预应力混凝土中应用前景 王 勇 陈向阳 朱春东(642)
23. Auto CAD 绘图软件技术在大角度梁柱式支架安装中的应用 何荣文 刘 斌 黄俊成(645)
24. ANSYS 有限元软件在支架强度与稳定性验算中的应用 刘 任 谢李勇(650)
25. 自锚式悬索桥索夹滑移分析及修复技术 费 卿 梁锦润(654)
26. 钢板组合梁桥在城市高架桥项目中的分析与应用 郝 龙 成立涛 吕 婷 李 军(659)
27. 既有桥梁运维阶段 BIM 建模标准研究 崔 鑫 段 浪(666)
28. 平行钢丝拉索锚具水密性试验研究
..... 陈建国 华剑平 廖 恒 石 伟 吴勇翔 黄日金(671)
29. 大跨径桥梁吊索高强钢丝疲劳裂纹扩展试验研究
..... 马亚飞 陈志铨 汪国栋 叶 钧 王 磊 张建仁(674)
30. 基于铅芯橡胶支座的独塔斜拉桥基础隔震性能研究 燕 斌 孙广婧(680)
31. 悬索桥主缆缠包带技术分析及其柔性氟碳涂料应用研究
..... 杨振波 周军辉 冯 雍 李 炜 刘 伟 房志安(686)
32. 地震作用下桥梁支座力学性能与损伤指标研究 熊德科(693)
33. 波形钢腹板组合梁桥的空间网格模型分析 周亚梵 徐 栋(697)
34. 超大跨径斜拉桥抗震性能分析 张新军 吴圣城(704)
35. 深汕高速西段淡水高架桥横向抗倾覆稳定性研究 李 峰 张困刚 张文远(710)
36. 对大跨度钢筋混凝土盖梁内力设计计算影响因素分析 李 峰 张文远(715)

37. 不同钢桥面板厚度下疲劳性能分析 蒋 铮(722)
38. 可变多因素下的预应力混凝土桥梁徐变收缩计算方法研究 药天运 赵 煜 周勇军(726)
39. 大跨径外倾式空间索面悬索桥猫道静风稳定性及抗风措施研究
..... 侯 康 沈锐利 黄 振 闫 勇(732)
40. 冲压与焊接成型的预应力锚垫板锚固区受力分析与试验研究
..... 邓年春 陈道森 夏 宇 蒋大伟(738)
41. 具有横向力作用的钢—混组合小箱梁桥群钉刚度及影响分析 项贻强 郭树海(743)
42. 基于空间网格的钢—混凝土组合梁斜拉桥的计算分析 狄云鹏 徐 栋(751)
43. 开孔钢板连接件锈蚀后力学性能评估 李金桥 顾建成 张建东 刘 朵(756)
44. 单箱三室波形钢腹板内衬混凝土抗剪性能及布置形式研究
..... 周东波 张建东 邓文琴 刘 朵 胡 隽(762)
45. 高强螺栓脱落对钢桁架桥力学性能的影响 张建东 刘 朵 杨 勇 王晓菲(766)
46. 基于互联网信息技术的大体积混凝土温控系统 石雪飞 宋 军 阮 欣(771)
47. 大跨径悬索桥猫道动力特性参数分析及设计优化 樊 荣 罗超云(775)
48. GFRP—混凝土组合桥面板静动力试验研究
..... 郑华凯 宋晓东 黄 侨 张海龙 高达文(781)
49. 基于能量原理的自锚式悬索桥体系转换方案研究 黄 振 沈锐利 李 京(786)
50. 外倾式空间缆悬索桥施工中主缆横撑设置方案研究 张 新 沈锐利 闫 勇 侯 康(793)
51. 基于 ANSYS 的全焊接钢桁拱桥整体节点应力研究
..... 王 冲 孙东利 杜明峰 刘旭锴(799)
52. 大跨度叠合/混合梁体系斜拉桥几何非线性影响分析 顾晓宇 李 乔 单德山(806)
53. 大型沉井(围堰)浮运过程水流量研究现状与展望
..... 杨汉彬 李 乔 杨万理 崔栗铭 田恒葵(812)
54. 悬拼施工的钢混组合梁斜拉桥关键构件制造误差效应研究 刘文韬 赵彦峰 程红光(816)
55. 泰州大桥结构性能评价数据标准化架构 殷海华 杨云逸 徐世桥(824)
56. 组合结构梁桥剪力钉破坏后应力分布规律研究 李 亮(831)
57. 混凝土收缩徐变对大跨度叠合/混合梁体系斜拉桥影响分析 张保胜 李 乔 单德山(836)
58. 钢结构桥梁的抗火性能研究 张 岗 宗如欢 贺拴海 俞 博 姚伟发(840)
59. 内嵌钢筋和预应力钢丝绳加固空心板试验研究 王 剑 李 莉 李兴华 吴 刚(846)
60. 斜风作用下大跨度斜拉桥梁单悬臂施工状态的抖振性能研究 王 森 朱乐东(851)
61. 曲线梁桥全无缝化探索 占雪芳(857)
62. 基于多指标融合的斜拉索可靠性评估 邢观华 梁 力 李 鑫 孙 爽(860)
63. 大跨度波形钢腹板连续刚构桥的徐变效应研究 时 代 占玉林 杨 伟 任 剑(871)
64. 子模型技术在桥梁结构分析中的应用 卢 波 卢 松(877)
65. 钢桥面浇注式沥青混合料 + SMA 铺装体系疲劳抗裂预估研究 胡德勇 王 民(882)
66. 钢锚梁型组合索塔锚固区钢壁板连接件受力分析 袁 晗 刘玉擎 刘明虎(887)

67. 栓钉剪切滑移对钢—混凝土组合箱梁结构性能的影响研究
 王高峰 张 岗 侯章伟 文 豪(892)
68. 主缆体系对悬索桥偏载响应的影响分析 杜明峰 沈锐利(897)
69. 组合桁梁桥钢混结合面焊钉布置形式分析 雷煜文 刘玉擎 王志英(902)
70. 考虑温度变化自锚式悬索桥基准索股线型分析 武芳文 王 通 孟园英(908)
71. 大跨径单索面波形钢腹板矮塔斜拉桥剪力滞效应
 邹宇罡 刘 超 徐 栋 许志刚 王 泉(912)
72. 大跨径单索面波形钢腹板矮塔斜拉桥腹板剪力分配
 邹宇罡 刘 超 徐 栋 皇甫凡飞 解卫江(918)
73. 海水泥浆调节剂性能测试及应用研究 吴克雄 李顺凯 骆晚玥(923)
74. 大跨度斜拉桥的结构冗余度计算 沈 阳 任伟新(927)

IV 养护管理、检测与加固

1. BIM 技术在交通工程中的应用与研究 李建强(937)
2. 混凝土箱形桥梁结构性开裂病害以及体外束加固的精细化分析 张 宇 徐 栋 刘 超(943)
3. 基于 BIM 三维数据平台与移动互联网的安全隐患巡检
 张秉银 闫振海 刘汉勇 张科超 李法雄 郭毅霖 陈建璋 郑 毅(955)
4. 多目标优化方法在悬索桥除湿防腐系统设计中的应用
 张鑫敏 倪 雅 李 鹏 索双富 赖嘉华(958)
5. 悬索桥主缆除湿防腐一体化技术 赖嘉华 朱 军 潘晓惠 王 潇(964)
6. 虎门二桥大沙水道桥主索鞍吊装监测
 祖 欣 卢靖宇 武尚伟 张彩龙 李 博 谢国强(968)
7. 浅谈宽幅预应力混凝土箱梁防裂控制 尹 波 金志坚 范卓凡 梁伟科 詹五羊(974)
8. 京藏高速公路北沙河桥火灾设计加固研究 张祎然 潘可明 韩 艳(979)
9. 某预应力混凝土连续箱梁底板崩裂的加固方案 詹建辉(986)
10. 公路桥梁养护管理及对策分析 吕建伟 钱红根(990)
11. 钢筋混凝土中小桥梁承载能力评定分析方法及研究 韩 波(994)
12. 虎门二桥风致行车安全评价与对策 王达磊 张一权 梅 刚 赵 磊(998)
13. 考虑结构强健性的望东桥航道事故风险管理研究 尤 吉 石雪飞 徐 川 陈 政(1004)
14. 钢桥长效防腐涂装与试验检测技术研究 雷俊英(1010)
15. 钢结构桥梁主动防腐前沿技术 李 鹏 倪 雅(1015)
16. 常用桥梁支座病害原因及更换方法 李佳颖 吴广文 张 璐(1018)
17. 基于 3D 激光扫描的桥梁监测技术研究
 刘 昕 鱼江英 董向前 孟修建 桂晓华 梁 鹏(1022)
18. “四化”建设理念在港珠澳大桥的实践 鲁华英 柴 瑞 苏权科(1028)

-
19. 集成实时在线模态识别功能的桥梁健康监测数据分析软件开发及应用
..... 梁 鹏 贺 敏 王晓光 马旭明 李琳国(1033)
20. BIM 技术的研究现状及应用前景分析 李俊方 任 远 黄 侨(1039)
21. 基于智能骨料的已锈蚀预应力梁加载监测试验研究 蒋田勇 吴青霖 彭 中(1044)
22. 桥梁在地震下全寿命周期内风险、可恢复性与损失评估..... 董 优(1050)
23. 预应力 FRP 网格加固混凝土空心板的张拉工法及其抗弯性能试验研究
..... 顾水友 刘 静 王 升 吴 刚(1055)
24. 大跨径 PC 连续刚构桥运营期持续下挠风险管理
..... 李会驰 刘晓娣 付塔文太 赵君黎(1065)
25. 考虑构件退化特性的组合梁斜拉桥管养策略研究 张雪莲 阮 欣 韩洋洋 向文凤(1072)

I 规划与设计

1. 虎门二桥工程设计与研究

张喜刚¹ 吴明远² 徐国平² 梅刚² 陈占力² 赵磊²

(1. 中国交通建设股份有限公司; 2. 中交公路规划设计院有限公司)

摘要 虎门二桥是广东省高速公路网规划中连接珠江两岸的重要过江通道。本文介绍了根据工程区域建设条件确定大桥桥位和跨径布置,考虑大桥的结构安全性、防洪通航需求、设计施工管养难度、全寿命造价以及全桥景观系统性确定桥型方案的设计过程,列举了大桥的主梁、索塔、缆索及锚碇的优化设计以及相关专题和关键技术研发成果,设计内容对于类似过江通道工程特大型桥梁设计具有指导意义。

关键词 桥位选择 桥跨布置 桥型方案 主梁 索塔 缆索 锚碇 约束体系 矢跨比

一、工程概况

虎门二桥是广东省高速公路网规划中连接珠江两岸的重要过江通道。项目西起广州市南沙区,对接珠二环南环高速(与京珠高速互通)向东跨越大沙水道、坭洲水道,穿过虎门港区后终点于东莞沙田镇对接规划番莞高速(与沿江高速互通),全长 12.886km(图 1)。虎门二桥的建设对分流虎门大桥长期满负荷的交通量、顺利开展维修养护工作、确保珠江两岸区域路网平稳运行、保障交通安全具有重要的意义(图 2)。



图 1 项目地理位置图



图 2 虎门大桥运营实景

二、主要技术标准

虎门二桥主要技术标准见表 1。

主要技术标准表

表 1

序号	项目	技术标准
1	公路等级	高速公路
2	设计速度(km/h)	100
3	横断面宽度(m)	路基断面 41.0, 桥梁宽度 40.5
4	平曲线一般最小半径(m)	2000
5	最大纵坡(%)	2.3
6	桥涵设计荷载	公路-I级
7	设计洪水频率	特大桥 1/300; 大、中、小桥、涵洞及路基 1/100

续上表

序号	项目	技术标准	
8	最高通航水位(m)	坭洲水道	3.694
		大沙水道	3.124
9	通航净空尺度(m)	坭洲水道	单孔双向通航 1154 × 60
		大沙水道	单孔双向通航 1114 × 49
10	桥址处设计风速(m/s)	$V_{S10} = 34.4$	
11	地震动峰值加速度	0.10g	
12	抗震设防标准	主桥 E1 概率 100 年 10% , E2 概率 100 年 4% 引桥 E1 概率 100 年 63% , E2 概率 100 年 5%	

三、桥位选择

虎门二桥工程的起终点基本确定,由于建设条件极其复杂,综合考虑了通航、高压电线走廊、虎门港、新中国船厂等众多因素,大桥桥位总体上服从路线方案。

1. 坭洲水道桥桥位

坭洲水道桥轴线需要与上游的 500kV 过江电缆保持 270m 以上平行过江,从虎门港规划预留的狭窄走廊带穿过,尽量远离下游的西大坦作业区;海鸥岛侧锚碇需要避开水闸和大堤,坭洲水道桥桥位选择具有唯一性(图 3)。

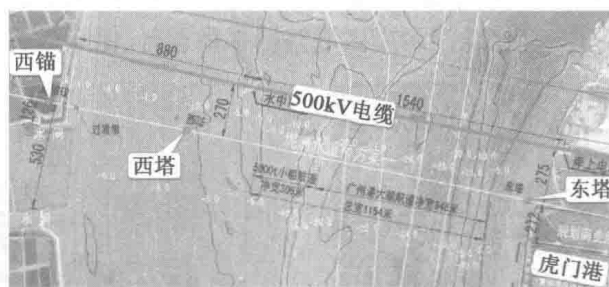


图 3 坭洲水道桥位平面图

2. 大沙水道桥桥位

大沙水道桥位于沙湾水道和浮莲岗水道的汇流处,两水道间设有调头区(图 4)。



图 4 大沙水道桥位平面图

桥位南方的小虎岛上建有新中国船厂,船厂生产 6 万吨级海轮出船口正对大沙水道桥桥位,船舶下水后需要在桥下回旋,并去小虎岛西侧的小虎西水道舾装。大沙水道通航条件很复杂,经分析认为桥塔应尽量布置在两岸浅滩区并尽量远离各种航道。广州侧岸边的油码头和海鸥岛上的沙南小学等关键点需要绕行避让。同时需要考虑与起点南环高速和坭洲水道桥的衔接,综合多种因素最终确定目前的大沙水道桥桥位。

3. 桥跨布置

坭洲水道桥考虑虎门港船舶进出港的要求,东塔须置于岸边堤外浅水区,距离航道 170m。东塔位置和通航要求使得坭洲水道桥主跨不小于 1366m。如采用斜拉桥方案相对目前已建的世界最大跨径斜拉桥主跨 1104m 的俄罗斯岛桥突破较多,建设难度和实施风险均较大,不可预见因素较多,方案可行性相对较弱,技术尚不成熟需要深入论证,设计和施工难度均大,因此选择悬索桥方案更为合适。如采用

主跨 1394m 的悬索桥方案,则锚碇必须置于水中,水中锚碇阻水长度约为 70m,对水道行洪纳潮及河势稳定影响较大,不满足坭洲水道防洪需要。将西锚碇置于西侧海鸥岛岸上后,西锚、东塔间距为 2346m,综合考虑桥梁的合理刚度和经济跨径,边中跨比取 0.4,最终确定坭洲水道桥采用主跨 1688m 双塔双跨吊悬索桥方案。大沙水道桥根据通航需要跨径需在 1200m 以上,适宜采用桥型方案有悬索桥和斜拉桥两种方案。

四、桥型方案设计

1. 自然条件

(1) 气象

桥位处亚热带海洋气候,工程区域的灾害性天气系统主要有热带气旋、暴雨、龙卷、雷击、短时雷雨大风,其中热带气旋具有强度强、频率高、灾害重,是对工程设计、建设和营运最具威胁的自然灾害之一(表 2)。

气象参数表

表 2

年平均气温	22.4℃	极端最高气温	38.2℃
月平均最高温	28.6℃	极端最低气温	0.9℃
月平均最低温	14.4℃	设计基本风速	34.4m/s
年平均降水量	1788.9mm	年平均相对湿度	77%

(2) 水文

工程区域河面宽广呈喇叭形,水系发达,河网密布,水量大,径流量变幅大,淤积严重;水道为潮汐水道,既受径流作用,又受潮汐影响(图 5)。

坭洲水道河宽约 2300m,河底地形也呈现出中间深,两边浅的态势,过渡较为平滑,最深处水深达 24m 左右,距离东莞岸约 636m 处。大沙水道河宽约为 1500m,平均水深约为 7.5m。桥位处的 300 年一遇洪水位为 +2.644m,历史最高潮位为 +3.294m。

(3) 地质

工程区地层层位复杂,变化大,自上而下地层主要为第四系全新系海陆交互相(Q_{mc}^4)淤泥(淤泥质土)、粉质黏土及砂土,第四系更新系冲积相(Q_{al}^3)淤泥质土、粉质黏土及砂土、圆砾土和残积相(Q_{el})粉质黏土;基岩为白垩系白鹤洞组泥岩、泥质粉砂岩、中砂岩。坭洲水道以西基岩以泥岩为主,偶夹有泥质粉砂岩、薄层石英砂岩;坭洲水道、东莞以泥质粉砂岩为主,夹有中砂岩。具风化倒置、风化夹层现象,遇水易软化,失水干裂,易崩解(图 6、图 7)。

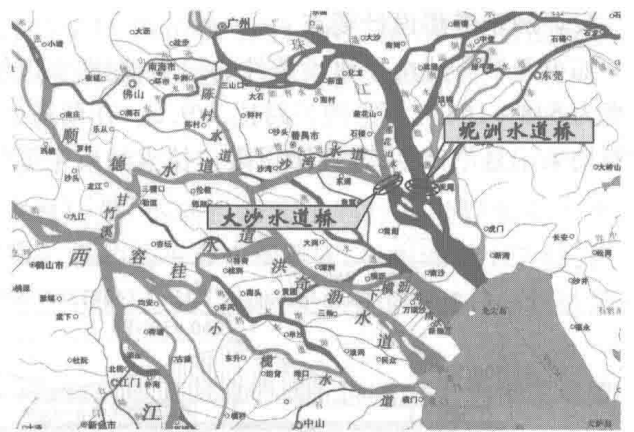


图 5 桥位区域水系示意图

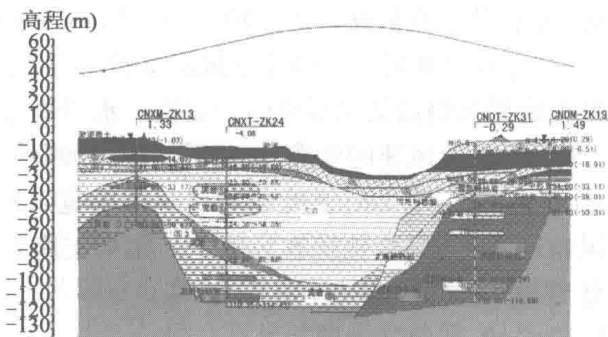


图 6 坭洲水道桥地质纵断面图

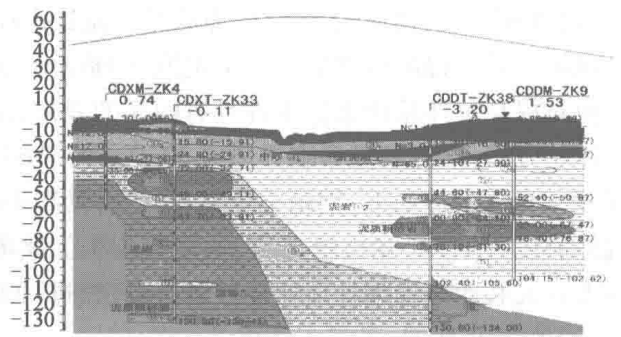


图 7 大沙水道桥地质纵断面图

(4) 地震

桥址处地震基本烈度为Ⅶ度(表 3)。

工程场地基岩地震动加速度峰值 (cm/s^2)

表 3

工程场地	100 年 63%	50 年 10%	100 年 10%	100 年 4%
坭洲水道桥	40	82	105	149
大沙水道桥	41	84	107	150

(5) 船撞力

坭洲水道桥东塔和大沙水道桥两个桥塔均处于浅滩区船撞力较低,坭洲水道桥西塔处于上游电塔外侧,远离航道,船撞力稍高(表 4)。

虎门二桥船撞力表

表 4

桥梁	桥墩	船撞力 (MN)	撞击最大高度
坭洲水道桥	主墩(广州侧)	68.4	+29m
	主墩(东莞侧)	26.2	+13m
	引桥墩(广州侧桥墩)	6.0	+11m
	引桥墩(东莞侧桥墩)	6.0	+11m
大沙水道桥	主墩(广州侧)	28	+22m
	主墩(东莞侧)	36	+28m
	引桥墩(东莞侧)	8.5	+11m
	引桥墩(广州侧)	6.0	+11m

2. 坭洲水道桥设计要点

如第 5 节所述由于建设条件的限制,坭洲水道桥跨径布置最终确定为 $658\text{m} + 1688\text{m} + 522\text{m}$ (钢箱梁长度为 $548 + 1688$)。主缆矢跨比 $1/9.5$ 。在西塔处加劲梁连续,为半漂浮体系,东边跨为锚跨,西边跨和中跨均采用悬吊体系,过渡墩限位拉索约束主缆位移(图 8)。

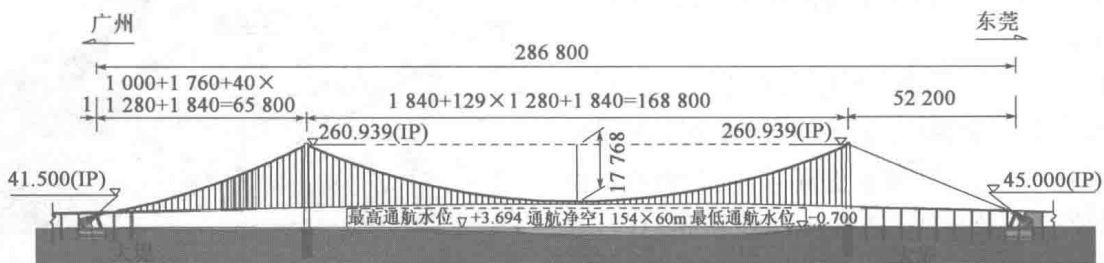


图 8 坭洲水道桥桥型布置简图(尺寸单位:cm)

(1) 钢箱梁

本桥颤振检验风速 63.3m/s ,为满足颤振稳定性要求,可采用分离箱或者整体箱方案,见表 5。分体箱虽然可以显著提高桥梁的颤振稳定性,但造价显著增加,且存在涡振风险。经反复风洞试验研究,发现稳定板对提高整体箱颤振稳定性具有明显的效果,最后推荐采用在钢箱梁风嘴外侧设置较长水平稳定板的整体箱方案,该方案颤振临界风速 70m/s ,大于 63.1m/s 颤振检验风速的要求,解决了整体箱颤振稳定性问题。具体构造如下:钢箱梁全宽 44.7m ,梁高 4m ,主缆横向间距 42.1m ,顶板宽 40.5m ,风嘴宽 2.1m ,风嘴外侧设置 1.5m 宽检修道和 1m 宽稳定板。风嘴迎风角度 45° 。吊索锚固在风嘴上。梁端支座处主梁剪力较大和西塔连续处负弯矩较大,顶底板进行加厚处理,并设置了纵隔板(图 9)。

(2) 索塔及基础

索塔高 260m ,设上、中、下三道横梁。塔柱采用带圆倒角矩形截面,上塔柱为 $8\text{m} \times 12.5\text{m}$,下塔柱底