

中国公路学会桥梁和结构工程学会
2002 年全国桥梁学术会议
论文集



人民交通出版社

中国公路学会桥梁和结构工程学会

2002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学会

海南省交通厅

海南省交通工程质量监督站

海南省公路勘察设计院

海南省琼州大桥建设指挥部

海南省公路学会

湖南省公路桥梁建设总公司

人民交通出版社

内 容 提 要

本书为中国公路学会桥梁和结构工程学会 2002 年全国桥梁学术会议论文集。该文集集中了近年来我国桥梁设计、施工、管理方面的新成就,全面介绍了桥梁建设的新理论、新技术、新工艺、新材料。全书分五部分:规划与设计,施工与控制技术,结构分析与试验研究,桥梁改造与加固,VSL 无粘结钢绞线斜拉索等。

该书可供国内外桥梁专业人员工作和学习时参考。

图书在版编目(CIP)数据

中国公路学桥梁和结构工程学会 2002 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学会 2002 年全国桥梁学术会议论文集》编委会编, —北京:人民交通出版社, 2002.10

ISBN 7 — 114 — 04471 — 2

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

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002) 第 080901 号

中国公路学会桥梁和结构工程学会

2002 年全国桥梁学术会议论文集

版式设计:孙立宁 责任校对:戴瑞萍 责任印制:张 凯

人民交通出版社出版发行

(100013 北京和平里东街 10 号 010 64216602)

各地新华书店经销

北京明十三陵印刷厂印刷

开本:787×1092 1/16 印张:62 字数:1584 千

2002 年 10 月 第 1 版 第 1 次印刷

印数:0001 ~ 2200 册 定价:120.00 元

ISBN 7-114-04471-2

中国公路学会桥梁和结构工程学会
2002 年全国桥梁学术会议论文集

主 编： 王永珩 曾宪武

编 委： 周 明 施耀忠 王仁贵 郭俊礼 方联民

责任编辑： 张征宇

序

中国公路学会桥梁和结构工程学会与海南省交通厅、海南省交通工程质量监督站、海南省公路勘察设计院、海南省琼州大桥建设指挥部、海南省公路学会、湖南省公路桥梁建设总公司，于 2002 年 11 月在海口市联合举办全国桥梁学术会议，会议的重要议题是总结我国桥梁工程建设经验，展望未来，加大科技进步，进一步提高桥梁建设的技术水平。

改革开放以来，我国桥梁建设取得了辉煌成就，1997 年建成的万县长江大桥，主跨 420m，是世界最大跨径钢筋混凝土拱桥；1999 年建成的江阴长江大桥，主跨 1385m，为世界第四、中国第一位的大跨径悬索桥，是我国桥梁跨径首次突破千米的桥梁；2001 年建成的南京长江第二大桥南汊桥，主跨 628m，为世界第三、中国第一位的大跨径斜拉桥，代表着我国大跨径桥梁建设的新水平。近年来相继建成的虎门珠江辅航道桥（主跨为 270m 预应力混凝土连续刚构桥）、广州丫髻沙桥（主跨为 360m 钢管混凝土拱桥）、山西丹河桥（主跨为 146m 石拱桥），在世界桥梁中位居显著地位。

目前正在建设的润扬长江大桥，主跨 1490m，为世界第三、中国第一位大跨径悬索桥；巫山长江大桥，主跨 460m，为世界最大跨径的钢管混凝土拱桥；上海卢浦大桥，主跨 550m，为世界最大跨径钢拱桥；正在筹建的苏通长江大桥，主跨 1088m，建成后将成为世界第一斜拉桥。已开工建设的上海东海大桥和即将开工建设的杭州湾大桥，跨海桥梁总长度均在 30km 以上。我国桥梁设计与施工技术，已达到国际先进水平，部分成果为国际领先。

随着交通建设的迅速发展，中等跨径桥梁修建甚多，投资大。因此，应采用新材料、新技术、新工艺以加速施工，节省造价。如研究高强轻骨料混凝土，体外索预应力混凝土箱梁，钢与混凝土组合梁等，对中等跨径桥梁建设有重要价值。

桥梁的修复、加固或改建，我国已有较多实践。由于旧桥数量多，加固投资大，加固方法应重点研究，借鉴国外经验，力求有所创新。

在 20 世纪桥梁工程大发展的基础上，21 世纪的桥梁建设技术将有更新的发展，应重点开展大跨径桥梁向更长、更大、更柔的方向发展的研究，新材料的开发和应用，大型深水基础的实践，桥梁美学和环境保护，桥梁结构健康安全监测，将成为新的技术课题。

该文集由在全国广泛征集的论文中精选 155 篇汇编而成，包括设计、施工、科研与桥梁加固改造等，内容丰富，有较高参考价值。我诚挚地向公路工程界广大科技工作者推荐这本书，并以此为序。

戴亮

2002 年 8 月

目 录

I 规划与设计

海南琼州大桥工程综述·····	周明(1)
海南琼州大桥总体设计·····	容国开 云天炼 吴九懿 施耀忠(17)
海南清澜跨海大桥工程规划·····	施耀忠 唐伟 李利 吕晓宇 陈文文(22)
海南环岛西线高速公路互通式立交设计·····	云天炼 容国开 施耀忠(28)
琼州海峡跨海工程新 VII 线 B 桥梁基准方案设计·····	王萍 陈达章 方世乐 李江山(32)
轻骨料混凝土桥的现状与发展·····	戴竞(43)
杭州湾大桥方案设计·····	吕忠达 王仁贵(49)
深圳湾公路大桥方案设计·····	刘晓东 彭运动 庞颂贤 孟凡超(58)
跨越长江的桥梁建设成就和 underwater 隧道的发展前景·····	蔡小稚 曾宪武 冯良平(65)
江苏的长江大桥建设与展望·····	周世忠(72)
润扬长江公路大桥设计与施工概述·····	吴胜东 吉林 阮静(79)
润扬长江公路大桥北锚碇基础方案比选·····	吴胜东 吉林 阮静(89)
润扬长江公路大桥桥墩抗船撞击力·····	胡文辉(97)
安庆长江公路大桥桥位选择·····	陈国祥(100)
安庆长江公路大桥总体设计·····	胡可 刘安双(106)
安庆长江公路大桥主桥总体结构静力分析·····	王胜斌 胡可(113)
松花江大桥景观设计·····	贾艳敏 林选泉 张印阁(121)
哈尔滨太阳桥无背索斜拉桥设计要点·····	章曾焕 卢永成 方亚非 赵昊(128)
沈阳富民桥设计及主要技术特点·····	王福春 古秀丽 李春茂 郎宏继 谢涛(139)
湖南茅草街大桥总体设计·····	李瑜 胡建华(144)
安徽涂山淮河大桥主桥上部结构设计·····	孙敦华(150)
山东德州京杭运河大桥设计·····	易建国 周宗泽 张元凯(154)
铁岭河体外预应力混凝土连续梁桥设计与施工·····	齐林 王宗林 赵庭耀(160)
甘肃太平沟大桥设计——弯顶推连续梁·····	宋桂峰 李睿(170)
芜湖凤鸣湖大桥设计·····	张剑英 张芳生(179)
黄土深沟地区大跨径桥型方案设计·····	赵煜 万振江 周昭慧(186)
变宽度桥梁的设计和技术特点·····	刘辉锁 刘红卫(190)
苏北灌溉总渠及淮河入海水道大桥设计·····	葛胜锦 张延龙(195)
40m 双预应力混凝土桥的设计、施工及试验·····	张志伟 刘红卫 张平杰(202)

大跨径钢桁架斜拉桥	冯良平 崔冰 曾宪武(209)
我国预应力混凝土 V 形支撑桥梁	宋桂峰 楼庄鸿(216)
混凝土板式加劲梁悬索桥	向中富 徐君兰 覃杰 张忠智(229)
自锚式悬索桥	楼庄鸿 严文彪(233)
混凝土加劲梁悬索桥	楼庄鸿 赵铁(243)
桥梁深大基坑工程方案设计	刘明虎 刘晓东(254)
淮北长山路斜拉桥的结构设计特色	刘钊 施大震 吴喆 刘保文 王文清(263)
交通行业标准《钢筋混凝土盖板涵》和《石拱涵》标准图的编制修订	李鸿滨 徐宏光(268)

II 施工与控制技术

湖南桥梁建造技术的新成就	陈明宪(274)
海南琼州大桥工程质量监理	阳振中(291)
润扬长江公路大桥南锚碇基础冻结法施工监测	陈策(298)
润扬长江公路大桥悬索桥南塔架体式爬模施工技术	唐轲(303)
润扬长江公路大桥悬索桥北塔自动液压爬模施工技术	阮静(306)
润扬长江公路大桥北锚碇地连墙施工技术	林鸣 吴浩 沈斌 何超然(311)
润扬长江公路大桥北锚碇超深基坑信息化施工技术	林鸣 张鸿 吴浩 张永涛(320)
超大仓面有侧限大体积混凝土温控施工技术	张鸿 余锋 董其豪(333)
自动液压爬模系统在润扬长江公路大桥悬索桥北索塔的应用	林鸣 罗承斌 郭洪 谢祥财(336)
润扬长江公路大桥悬索桥北索塔双壁钢吊箱设计与施工	周汉发 郭洪 潘桂林 王振宏(344)
润扬长江公路大桥索股全长放索试验	江焕宏 宁世伟 赵军(350)
鄂黄长江公路大桥主 5 号墩深水基础施工方案选择及探讨	李文琪 刘益平(356)
鄂黄长江公路大桥主墩塔吊非常规拆除工艺	刘益平 李文琪(362)
PC 斜拉桥考虑施工影响的索长确定	张佐安(367)
鄂黄长江公路大桥工程施工组织与管理	王海怀 吕树胜(373)
荆州长江公路大桥混凝土斜拉桥主梁施工技术	何雨微 汤立志 旷新辉(378)
荆州长江公路大桥斜拉索挂索工艺	刘志辉(385)
夷陵长江大桥主桥质量控制	卢俊辉 黄立源 罗世东 赵剑发(389)
海口世纪大桥主墩沉井施工	夏卫 苏洪雯 陈锡墀 周建诚(395)
海口世纪大桥拉索式长挂篮设计新构思	陈德伟 曹海顺 李欣然 周宗泽(405)
抗渗混凝土在琼州大桥工程上的应用	雷勇鹏(411)
宜昌长江公路大桥监控、通信、收费系统工程概述	经德良 谭永高 黄健(419)
宜昌长江公路大桥中压供配电系统及其 SCADA 系统简介	周昌栋 谭永高 朱华军(425)
散索鞍曲面加工工艺和数控程序	经德良 谭永高 何俐(429)
悬索桥主缆索股锚跨张拉力控制与平行拉杆内力平衡	刘晋 谢辉明(434)

宜昌长江公路大桥钢箱梁吊装施工	邓亨长 冯强林 徐基伟 黄金平 马红军(439)
电弧喷锌在军山长江公路大桥钢桥面防腐蚀上的应用	付红 张伯权 严生贵(445)
虎门大桥 GPS 位移监测系统	过静琚 李冬航 丁志刚 肖健(453)
重庆鹅公岩长江大桥施工控制	臧瑜 宋华茂(465)
高效粘滞阻尼器在重庆鹅公岩长江大桥悬索桥上的应用与开发研究	章曾焕 周红卫 王心方(470)
厦门海沧大桥养护管理系统(BMMS)的研究开发应用	林伍湖 于征 张建斌(477)
万县长江公路大桥主跨 420m 拱圈劲性钢管骨架吊装施工工艺及效果	徐基伟(485)
浙江三门健跳大桥施工技术与工程控制	张敏 胡免缙 李炎 周水兴(492)
重庆合川合阳嘉陵江大桥施工技术	黄金文 赵亚飞(497)
重庆马鞍石嘉陵江大桥施工控制	向中富 顾安邦 郑和平 李祖伟(503)
杭州钱塘江六桥基础施工	吕向东 张世奎(508)
杭州钱塘江六桥主墩双壁钢围堰设计与施工	刘国波 张汇渠 都昌林 何明成(521)
福建石岐山、九砂溪高架桥的施工控制	石雪飞 徐刚 施礼勇 范伟(527)
预应力混凝土连续刚构桥线形控制	陈斌(533)
浙江洞头大桥施工特点及相关措施	董炎 汪存书(539)
预应力混凝土连续梁桥预制节段施工法	孔繁瑞(544)
碗扣脚手架在现浇混凝土连续箱梁施工中的应用	黄庆聪(552)
柔性墩多点顶推施工技术	陈湘林 刘乐辉(555)
钢箱梁顶推施工	黎雷(561)
EJQJ-150 轻型架桥机的设计与施工实践	黎雷 雷永民 米长江 吴正安(566)
预应力混凝土梁桥的裂缝成因及其对策	王武勤(570)
轻质混凝土在桥梁工程中的应用实践	吴旗 罗保恒 张恺(574)
对夹片式扁锚的应用述评	周明华(579)
钢管混凝土哑铃形截面施工应力分析	肖泽荣 陈宝春 韦建刚(583)
钱江流域水中大直径桩基卵石层施工	叶旭峰 米长江(587)
挖孔桩技术在西北高原地区应用的研究	邬晓光 李群善 张志明(592)
软质岩中钻孔桩垂直承载力计算方法的探讨	汪宏 丁炯 李鸿滨(596)
橡胶支座的应用前景与质量忧患	周明华 石鹏(602)
环氧涂层钢筋在受氯盐污染混凝土工程中的应用	潘德强(607)
南京长江二桥北汊桥 C50 高性能混凝土应用技术	王涛(611)

III 结构分析和试验研究

岳阳洞庭湖大桥多塔斜拉桥新技术研究	廖建宏 胡建华(615)
大跨径斜拉桥抗风、抗震和稳定性分析	顾安邦 向中富 贺学峰 许晓峰 廖海黎 徐谋 李红霞(623)
大跨径桥梁施工控制混凝土徐变、收缩应力分析	刘来君 贺拴海 宋一凡(632)

用综合方法确定 PC 斜拉桥的成桥状态	詹建辉	颜东煌(637)
奉节长江公路大桥桥墩地震动水压力的分析研究	钟明全 姚小松	潘亦苏(644)
桥梁结构空间受力非线性分析研究	郑宪政	刘辉石(650)
混凝土斜拉桥徐变计算及其程序实现	邱新林 陈德华	胡玉昆(657)
独塔斜拉桥地震反应分析	邱新林 李丽	王振领(661)
重庆大佛寺长江大桥预应力损失的应力调整	陈德伟 李欣然	周宗泽(666)
斜吊杆式公路悬索桥测试技术	周建廷 沈小俊	廖劲松(671)
中、下承式拱桥短吊杆结构行为分析	顾安邦	徐君兰(675)
拱轴系数的优化设计方法	吕颖钊	宋一凡(679)
三跨变截面预应力混凝土双箱双室连续箱梁桥的空间受力分析研究	陈菁菁 姚永丁 陶舍辉	项贻强(684)
三跨预应力混凝土 V 墩连续刚构桥结构动力分析和试验研究	项贻强 胡峰强	朱卫国(689)
刚构—连续组合曲线梁桥的地震响应研究	陈朝慰	彭大文(694)
预弯预应力混凝土组合梁桥的设计及施工检测分析研究	孙建渊 李国平	汪功伟(700)
波形钢腹板组合箱梁剪力滞效应的试验研究	吴文清	叶见曙(707)
RC 弯桥截面设计的计算模型分析	张敬珍 陈偕民	徐岳(712)
双重抗震结构用于城市高架桥基于性能的横向抗震设计初探	经杰 叶列平	钱稼茹(716)
FRP 夹心桥面板及新型 FRP 组合桥面板	冯鹏	叶列平(723)
在役预应力混凝土 T 构桥承载力分析	周剑刚 吕颖钊 赵煜	宋一凡(731)
在役预应力混凝土连续梁桥结构性能分析研究	傅红卫 何曙明 张青	贺拴海(738)
预应力混凝土梁板静载试验的等效弯矩法	王光煜 于春江 叶见曙	钱培舒(742)
改善矮主墩 PC 连续刚构结构受力的措施及可行性探讨	刘明虎	吴伟胜(747)
预应力混凝土连续箱梁横隔板的改进	许航	梁利辉(753)
液化层对公路桥梁锤击沉桩动力公式的制约	孙国强	(757)
北京地区某高填方路堤通道桥基础沉降数值计算与分析	孙宏伟	(761)
南京长江二桥八卦洲引线路基沉降观测和数据分析	郭志明 黄腾	(766)
BP 神经网络在桥涵水文统计中的应用	李传习 夏桂云	张建仁(770)
钢结构桥梁的环境断裂	范文理	(774)
高性能钢结构桥梁	秦泽豹 陈宝春	陈友杰(781)
高强轻骨料混凝土在桥梁工程中的应用	孙海林 丁建彤	叶列平(787)
建筑结构用特种拉索的研制与开发	金平	陆剑峰(793)
公路与城市桥梁水泥混凝土铺装层探讨	谭映青 段守荣	石继泽(804)
公路桥面防水材料的应用研究	雷俊卿	(808)
钢筋焊接网技术在公路、桥梁工程中的应用	汪立新	徐尚华(811)
大吨位桥梁盆式橡胶支座的受力分析、加工质量控制与工程应用	胡选儒 欧阳先凯 刘海亮 周亮	(815)

多路智能型桥用温度测试系统 MCTI 的研制	许汉铮 马荣贵 何为(822)
桥梁钢结构的防腐蚀技术及应用	沈承金 孙晋明(825)
斜拉桥拉索锚固区抗裂设计研究	刘智 刘钊 孟少平(832)
安庆长江公路大桥主桥基桩岩土力学性质试验	李鸿滨 喻勇 汪宏(836)
神经网络在斜拉桥索力检测中的应用	蔡敏 李建光 欧阳光(849)
混凝土斜拉桥综合检评技术研究	蔡键 梁权 梁世华(853)

IV 桥梁改造与加固

混凝土桥梁加固用碳纤维复合材料的选材和应用	陈小军(859)
四川宜宾岷江一桥的改造加固	曹瑞 程明森 陈刚 马绍杰 王中 刘静 李尚昆(865)
重庆合川涪江大桥加固设计	钟明全 陈百奎 赵人达(872)
双曲拱桥加固新方法	王荣辉 周建春 邱波(881)
刚架拱桥病害成因的空间有限元分析	李宏江 叶见曙 虞建成(885)
采用板凳法加固拱桥的设计与实践	赵海涛 龚晓利 林炳伟(890)
合肥寿春路桥吊杆维修更换的设计与施工	陈莘 张其云(893)
T 梁桥维修加固方法选择及其工程应用实践	王福敏 张晓婷(896)
大件运输中旧桥快速加固技术与应用	金广谦 胡业平 曹文生 赵启林(902)
关于软基桥台跳车的处理方法	罗志光 曾健雄 吴清明(907)
植筋技术在桥梁加宽及桥面加强工程中的应用	王聪慧 严文彪(915)

V VSL 无粘结钢绞线斜拉索专辑

美国斜拉索的演变	冯泽田 刘锡璋译(923)
VSL SSI 2000 无粘结钢绞线斜拉索体系技术规范	威胜利工程有限公司(中国 VSL)(928)
VSL SSI 2000 钢绞线斜拉索技术及其在国内大跨度桥梁工程中的应用经验	威胜利工程有限公司(中国 VSL)(934)
VSL 钢绞线斜拉索体系可靠性研究	威胜利工程有限公司(中国 VSL)(947)
VSL 钢绞线斜拉索体系索力均衡性研究	威胜利工程有限公司(中国 VSL)(953)
VSL 钢绞线斜拉索体系索力耐久性研究	威胜利工程有限公司(中国 VSL)(957)
VSL 钢绞线斜拉索体系索力控制技术	威胜利工程有限公司(中国 VSL)(960)
VSL 钢绞线斜拉索体系单根钢绞线换索工艺	威胜利工程有限公司(中国 VSL)(971)
VSL SSI 2000 钢绞线斜拉索体系防腐及内部填充技术	威胜利工程有限公司(中国 VSL)(976)

I 规划与设计

海南琼州大桥工程综述

周 明

(琼州大桥工程建设指挥部)

摘 要:本文从琼北地壳结构状态,桥位处水文、地质、气象情况入手,综述了大桥设计;系统阐述钢管混凝土系杆拱上、下部构造,施工方案和技术要求、防腐措施等有关情况。

关键词:桥型方案 上下部结构 系杆拱施工 防腐

琼州大桥位于南渡江入海口 7km 处跨越江面,是海口通向琼山的要道,也是海(口)文(昌)高速公路连接线上的关键工程。大桥的建成,将为改善琼北地区交通和投资环境,带动海口、琼山经济发展,将发挥着重要作用,同时还将成为海府地区重要景观之一。

1999 年 5 月 20 日,海南省发展计划厅对大桥可行性研究报告正式作出批复,拉开琼州大桥建设序幕。

一、琼州大桥方案选定

为适应海南经济和文化发展需要,尽早建成琼州大桥,是社会各界共同的期盼。大桥建设者们结合水文、地质、气象条件,前后历经 6 年调查研究,进行景观效果设计、方案比选,力求设计出一座反映海南特色、体现时代风貌的桥梁。

1. 桥址处地形地貌

南渡江发源于五指山西麓,是我省最大的内河。它由南向北流经沿海平原,在入海口处形成三角洲,流入琼州海峡。海口市的国兴大道,自市区向东,通过琼州大桥,与海文高速公路连接(图 1)。

琼州大桥两岸地势开阔平坦,平均高程 5.0~7.0m,河道宽浅,沙洲满布,分为东西两条支流。东支流为主河道,水面宽 590m,边滩 70m;西支流水面宽 170m,边滩 250m。河道西岸筑有防洪大堤,堤顶高程 8.0~8.6m,堤间距为 1150m。

2. 桥址地质、水文、气象

地质、水文、气象资料,是桥梁建设基本资料,亦是选定桥梁类型的基本依据。

(1) 桥址处地质

桥址勘测资料显示,在地壳构造上属于琼北新生代断陷盆地域海口隆起地区。南渡江为一

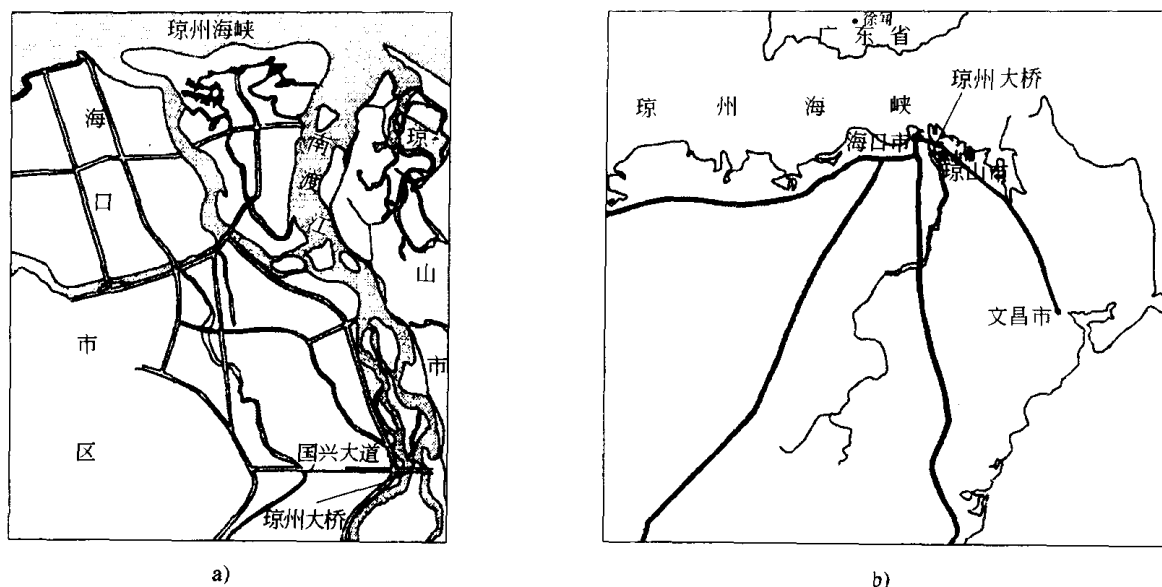


图1 琼州大桥地理位置

a)在海口和琼山位置;b)在海南地理位置

条隐伏性断裂带,其走向近南北方向,以 60° 角向西倾斜,生成年代为第三纪初期,在上新世纪时期曾有过活动,但在新世纪时期没发现有过活动,对于琼州大桥的稳定性,不会产生不良影响。

为了取得准确的地质资料,对桥址土层进行了深度达 80m 的钻探,并将被钻探地层划分为 11 个岩性单元,揭示出各岩性单元特性,详见表 1。

桥位地质岩性单元土特性指标

表 1

土层岩性 单元名称	各类土 层厚度 (m)	天然 容重 γ (kN/m^3)	压缩 模量 E_s (MPa)	天然快剪强度标准值		容许承载力 [σ_0] (kPa)	钻孔桩桩 周围土极限 摩阻力 τ_i (kPa)
				凝聚力 C (kPa)	内摩擦角 Φ ($^\circ$)		
(1)填筑土	2.7						
(2)亚粘土	2.4~4.3	20.02	8.10	37.8	22.3	220	50
(3)中砂	1.6~4.5	20.35	7.10		26.9	150	25
(4)粗砂	1~6.4	20.59	8.04		28.5	200	30
(5)亚粘土	2.0~4.8	19.13	5.82	17.5	12.0	130	35
(6)淤泥质亚粘土	4~13.5	17.25	2.13	13.7	5.1	75	20
(7)亚粘土	0.9~4.5	20.05	6.23	27.8	12.6	150	35
(8)粗砂	1.5~9.8	21.23	14.92		35.7	400	70
(9)亚砂土	1.2~8.2	19.000	5.86		32.9	150	35
(10)亚粘土	10.2	19.21	8.18	37.9	24.5	180	55
(11)亚粘土	35 以上	20.00	19.04	43.4	28.2	450	80

从表 1 中可知,在地表以下 20m 内,土层主要由松软的中密度中砂、粗砂及淤泥质亚粘土组成。第 3、4、7、8 岩性单元,通过标准贯入仪试验,均判别为可液化土层。总之,浅层土体性质较差,经综合判定为,桥址处的土质类别属于 IV 类。

(2)桥址处水文

琼州大桥处于南渡江三角洲,地表水主要来自南渡江水,其次是雨水。桥位所在河段,虽然受到海水潮汐的影响,但海南属于多雨省份,年平均降雨量为 1000~2500mm,还常遇有台风夹带暴风雨,故地表径流充裕,还时常出现暴涨现象,直接影响南渡江水位升落,明显制约着海水潮流。根据水文观测记录显示,桥位所在河段,最大涨落潮差 2.5m。由于该河段宽而浅,河道形态复杂,海水潮汐涨落来回冲刷河槽,潮流穿流沙洲之间,导致河槽水流散乱。

南渡江水由于受到海水影响,水质较复杂。通过水样分析,每升河水涨潮时河水中负氯离子 Cl^- 含量达 217mg;落潮时为 Cl^- 含量为 169mg,每升水中二氧化碳含量 23.9~29.1mg,属于碳酸性弱腐蚀水质。

根据钻孔资料探明,桥位处的地下水有二层,第 1 层为地表水,滞留于中、粗砂层,属于空隙潜水,其水量和水质受季节降雨和江水涨落影响,每升中含有负氯离子 Cl^- 为 169~217mg。第 2 层滞留于第 8 粗砂岩性单元,含水层厚度 4.95m,通过抽水试验表明,该层水属于强透土层,每升地下水负氯离子 Cl^- 含量达 31.2~535.5mg。地下水综合稳定水位高程一般在 1.62~3.0m 之间。按照《公路桥位勘测设计规程》(JTJ06—91)附录 8 关于环境介质对混凝土腐蚀性评价标准,南渡江水高水位时,实测侵蚀性二氧化碳含量为 29.9~19.1,对混凝土具有分解作用,属于弱腐蚀性水质。

(3)气象

海南省属于热带气候,常年暖热,雨量充沛,台风频繁,年平均气温 22~26℃,1 月份温度为 18~20℃,极端温度 2.8℃;7 月份温度为 28~29℃,最高极限温度 39℃;全年降雨量介于 1000~2500mm,年降雨量为 1610mm,每年 5~10 月为雨季,降雨量占全年总量的 73.5%~90%。年平均风速 16m/s,最大风速为 34m/s。

3.地震

根据大地构造分布图,整个海口地区位于琼北新生代断陷盆地之中,地层构造运动活跃,活动断裂发育,断层结构差异升降有明显反映,第四纪火山活动强烈,近代时期地震多、震级高。据当地史籍记载,1605 年琼山塔市发生过里氏 7.5 级大地震,震中位于琼山塔市,极震区烈度为 10 度。本桥桥址位于极震区边缘,距离震中塔市约 15~20km。按照国家地震局 1990 年发布的《中国地震烈度区划图》,该桥位所在地的地震烈度 VIII 级。

4.大桥方案构思

大桥东联国家历史文化名城,素有“琼台福地”美称的琼山市,西联的海口市是全省政治、经济、文化中心,也是南疆边陲重要对外贸易和旅游城市,选择一座什么样的桥型,倍受各方面人士关注。

在两岸地势平坦、宽阔的河流上布设的桥梁,往往呈现狭长形态,从使用角度考虑,梁式桥最能施展其才能。但是,梁桥的造型与地貌平行,难以营造出令人满意的景观。

悬吊结构或斜拉桥,虽然多姿多彩,能给人们留下深刻印象。但在开阔平坦原野上,狭长的桥型、高耸冲天的桥塔,似有刺破天空的感觉,显然与平坦的地貌不相匹配。

拱式桥梁,虽然桥型古老,但能体现出民族风貌,能与两岸自然地貌融为一体。但拱桥自身产生的推力,对于软土地基来说是难承受的,严重影响着大桥的安全。

总结和分析上述三大类桥型利弊,遵循琼州大桥设计构思,经过反复研讨、模拟布设,最后将梁式桥与拱式桥相结合,在选择外形优美的拱桥的同时,吸取梁式桥的优点,设计出一座轻盈、线条流畅、与周边环境融和、体现时代风貌的大桥(图2)。



图2 琼州大桥景观效果

5. 大桥跨径布设

(1) 大桥纵向布设

主孔系杆拱桥布设在主河道上,中心桩号为 K0+964.00。考虑到南渡江的开发和通航要求,选定 300 年一遇的洪水位 $H_w = 6.55\text{m}$,根据《内河通航标准》(GBJ89—90)规定的 IV 级河道通航的要求,设计最高通航水位为 $H_w = 3.20\text{m}$,推算出主孔系梁底面标高为 12.755m。根据 IV 级河道通航净宽的要求,确定出最小控制跨度。按照拱高与桥下净空相互协调要求,通过景观设计效果比较,比选出拱矢高 22m 左右较为适宜,从而选定出主桥跨度为 108m。在主跨两侧,各连续布设两跨系杆拱桥,考虑桥梁纵坡因素,边主孔跨度和矢跨高也逐步减小,布设出相应的跨径为 98m 和 88m。然后,主跨两侧布设为梁式桥引桥,与岸边相衔接。由引桥、主桥、引桥三部分组成琼州大桥,桥跨结构长度为 1391.5m,桥梁总长度 1396.98m(图3)。

(2) 大桥各部分跨径组成

主桥:为相互独立、无拱脚推力、接连 5 跨下承式,外部为静定体系的钢管混凝土系杆拱桥。具体跨径布置如下:

两墩中线之间距离: $88\text{m} + 98\text{m} + 108\text{m} + 98\text{m} + 88\text{m}$,合计长度为 480m。

引桥:两端引桥采用连续箱梁和 T 梁桥,其跨径布置由海口至琼山,依次为:6 跨连续箱形梁桥 + 9 跨 T 形梁 + 5 跨主拱桥 + 15 跨 T 形梁,详见图 3。

(3) 大桥横向布设

桥面总宽 23m,横向具体布设: 0.25m (栏杆) + 1.0m (人行道) + 1.5m (非机动车道) + 1.0m (绿化带) + $2 \times 3.75\text{m}$ (机动车道) + 0.5m (中央分隔带) + $2 \times 3.75\text{m}$ (机动车道) + 1.0m (绿化带) + 1.5m (非机动车道) + 1.0m (人行道) + 0.25m (栏杆),详见图 4。

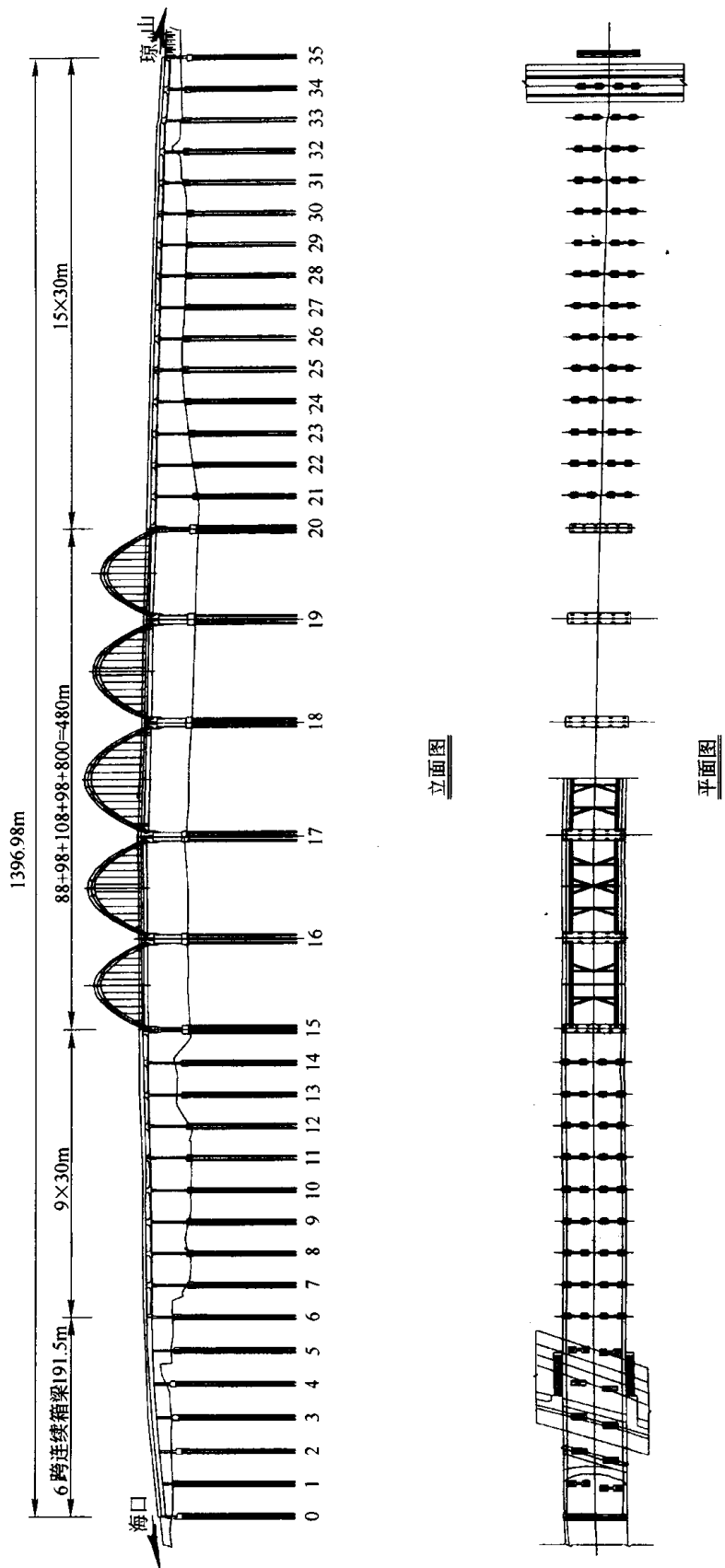


图3 琼州大桥总体布设

0(台)~15号墩之间,布设为引桥。鉴于桥跨在海口岸与沿江西路斜交,为了保障沿江西路的路线顺畅,为此在0~6号墩台之间布设左右分离的连续箱梁桥,2、3、4号墩选用单柱墩,沿所交叉的路线方向前后错开排列,与路线平行。连续箱梁桥总长191.5m。6~15号墩之间,布设为左右分离的两幅 $9 \times 30\text{m}$ T形梁桥。15~20号墩之间,布设为下承式、连续5跨钢管混凝土系杆拱桥、长480m。20~35号墩之间,也布设 $15 \times 30\text{m}$ T形梁,详见图3。

1. 钢管混凝土系杆拱桥布局

①钢管混凝土系杆拱桥布设在15~20号墩之间。其中17~18号墩间为主孔,跨径108m,其余的4孔系杆拱桥,以主跨中心线为基准,向两边对称布设。5跨钢管系杆拱桥,其墩中线到墩中线距离为: $88\text{m} + 98\text{m} + 108\text{m} + 98\text{m} + 88\text{m}$ 。

②主桥结构体系

如前所述,大桥所处地域为地震多发区,桥址处为软土地基,为了保障桥梁受力安全,抵抗地震波冲击,满足景观设计要求,主桥结构采取相互独立的、下承式、无推力的系杆拱静定体系,以体现大桥整体构思。

③钢管混凝土系杆拱构造

主桥5跨无推力的、外部静定钢管混凝土系杆拱桥,各孔跨径虽然不同,但结构体系完全一致,构造也基本相同。两片钢管混凝土拱肋,以大桥纵向中心线为基线,在两边对称布设,两肋中心间距为16.6m。沿桥纵向在同一片拱肋拱脚之间,布设一根系梁,平衡拱肋在拱脚产生的水平推力,与钢管混凝土拱肋一起,构成整体闭合的外部为静定结构体系。系梁计算长度:跨径108m的中主孔,系梁长98m;98m和88m的边主孔,其系梁长分别为88m和79m。

两片钢管拱肋,在拱脚端部设置有端横梁,与系梁和拱脚段拱肋浇筑成整体,构筑成固结状况,形成外部静定结构。在拱肋顶部还设置有K字、或米字、或一字形风撑,与钢管拱肋和系梁一起构成牢固的空间框架体系,以保证拱体横向稳定(图5)。

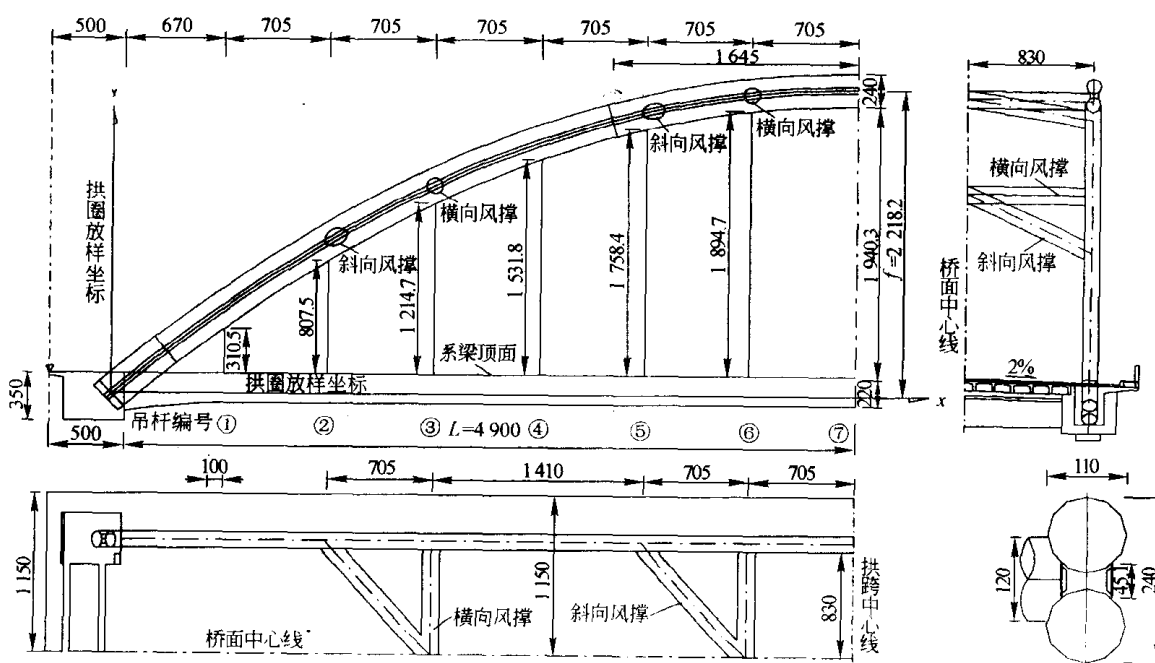


图5 主孔108m系杆拱构造(尺寸单位:cm)