

广东省交通厅首批科技示范工程

湛江海湾大桥

第 **2** 册
共三册

曹映泓 © 主 编

技术创新



人民交通出版社
China Communications Press

广东省交通厅首批科技示范工程

湛江海湾大桥

第 **2** 册
共三册

曹映泓 © 主 编

技术创新

人民交通出版社



内 容 提 要

湛江海湾大桥是广东省近年来建设的最大规模的桥梁工程之一,技术复杂,施工难度大,科技含量高。该工程在建设过程当中不仅克服了特殊地质钻桩、环氧沥青钢桥面铺装等特殊的施工困难,而且在结构方案设计和科学研究等方面都取得了一些创新成果,其中包括国际首创的主墩柔性吸能防撞装置的研制和国内首创的混凝土曲线桥塔造型等。在工程质量和安全管理等方面控制良好,没有出现过大的质量和安全责任事故。建设者还特别重视工程资料的记录和管理,不仅在广东率先实现了全套档案电子化的目标,而且还摄制了一套斜拉桥施工的实况纪录片,给大跨度桥梁的建设和管理留下了珍贵的资料。该工程因其建设质量和科技创新方面取得的一系列成果而被广东省交通厅列为首批科技示范工程。

本书系统总结了湛江海湾大桥在建设管理和科技创新方面的经验和做法,侧重在科技创新和新技术的应用方面,并收录了斜拉桥施工的系列电视纪录片。本书可供桥梁建设领域业主、设计、施工、监理及科研单位的管理和技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

湛江海湾大桥. 第二册,技术创新/曹映泓主编. —北京:
人民交通出版社,2008. 6
ISBN 978-7-114-07208-6

I. 湛… II. 曹… III. 跨海峡桥—桥梁工程—工程技术
—湛江市 IV. U448. 19

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 080296 号

书 名: 广东省交通厅首批科技示范工程
湛江海湾大桥. 第二册,技术创新

著 作 者: 曹映泓

责任编辑: 刘永芬

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: 北京宝莲鸿图科技有限公司

开 本: 787×1092 1/16

印 张: 17.25

字 数: 441 千

版 次: 2008 年 6 月 第 1 版

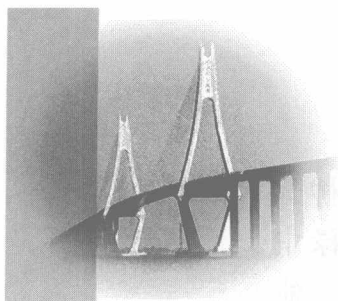
印 次: 2008 年 6 月 第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-114-07208-6

印 数: 0001~3500 册

定 价: 96.00 元(共三册)

(如有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)



《湛江海湾大桥》编辑委员会

编审委员会

主 任	张远贻	何忠友	朱小灵			
副主任	陈冠雄	王富民	邓小华	黄建跃		
成 员	左智飞	郑顺潮	贾绍明	黎增丰	李 斌	鲁昌河
	李晋峰	夏振军	陈振秀	罗应生	蔡小驹	任美龙
	吴光勇	施大庆	莫介臻	张 敏	杨 进	李江山
	梁立农	赵毅强	刘刚亮	王中文	李慧成	魏云祥
	王渭龄	徐浩明				

顾问组

组 长	项海帆					
副组长	强士中					
成 员	郑启瑞	姚玲森	陆宗林	周世忠	王树林	黄培彦
	苏 成					

主 编 曹映泓

副主编 张海明 段乃民 罗林阁

主要撰稿人(各作者撰写内容见作者名单)

曹映泓	蔡炎标	陈国虞	程柳青	戴祖生	段乃民
傅光奇	高宝峰	高茂科	郭书龙	郭 波	梁国强
梁任煌	梁 勇	廖海黎	林怀柱	刘承虞	刘 涛
刘志锋	娄玉春	罗林阁	梅新咏	饶思礼	盛善杰
汪 溯	王礼立	王君杰	卫 星	魏云祥	温海强
熊大胜	熊少鹏	邵 敏	徐 伟	徐小萍	许大林
颜全胜	杨茨祥	余卓佳	张 强	张庆辉	赵洪武
周 颖	朱乐东	朱利明			

施工纪录片

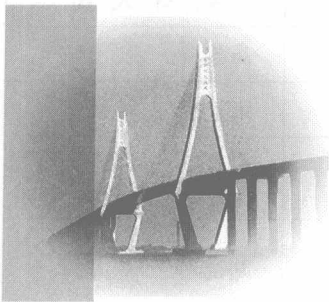
总策划	曹映泓	策划	程柳青	熊禄中	
攥稿	梁国强	刘煜	摄影	熊禄中	王巧运
			蒲能		
编辑	郑志荣	梁国强	电脑特技	郑志荣	
	王巧运				
统筹	张海明				

动画片

撰稿	曹映泓	制作	高格桥梁设计研究中心
----	-----	----	------------

《梦想成真》歌曲

词曲	谭振强	演唱	王晓
----	-----	----	----



《湛江海湾大桥》编写人员

第一册 工程综述

章	节	编写人员
第一章 概况	第一节 建设背景——1999年以前的湛江	曹映泓
	第二节 筹建过程	曹映泓
	第三节 设计方案	张 强
	第四节 施工综述	傅光奇 饶思礼 汪 溯
第二章 建设管理	第一节 管理体制特色	曹映泓
	第二节 精益求精的质量管理	段乃民 熊少鹏
	第三节 锐意创新的科研管理	罗林阁
	第四节 周密细致的安全管理	李青川 姜玉春 熊大胜
	第五节 可持续发展的环境保护	段乃民 盛善杰 蔡炎标

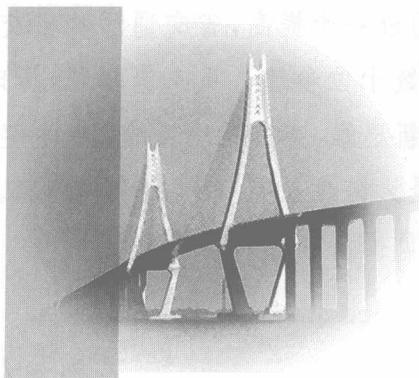
第二册 技术创新

章	节	编写人员
第三章 国际首创主墩柔性吸能防撞装置	第一节 研究背景	曹映泓 梅新咏 陈国虞
	第二节 船舶撞击力的确定	陈国虞
	第三节 柔性吸能防撞方案研究	陈国虞 赵洪武 王君杰
	第四节 柔性吸能防撞装置初步设计力学验证	王礼立 曹映泓
	第五节 柔性吸能防撞装置施工图设计	杨茨祥
	第六节 柔性吸能防撞装置施工图力学验算	王君杰 曹映泓
	第七节 柔性吸能防撞装置制造安装	邵 敏 郭书龙
	第八节 项目研究的创新点和先进性	曹映泓 罗林阁
	第九节 项目研究成果经济效益和社会效益	罗林阁 曹映泓

章	编写人员
第四章 火炬形桥塔造型创新	高宝峰 张 强
第五章 圆弧形空腹钢箱梁设计创新	张 强 刘承虞
第六章 钢箱梁斜拉桥锚拉板应用技术研究	罗林阁 刘承虞 卫 星 梁任煌
第七章 湛江组地质超长钻孔灌注桩施工工法	刘志峰 温海强
第八章 50m 预应力连续梁移动模架造桥机施工工法	郭 波 余卓佳
第九章 环氧沥青钢桥面铺装研究及施工技术	徐 伟 刘 涛 段乃民 梁 勇
第十章 竣工档案信息化研究	徐小萍 高茂科
第十一章 斜拉索抗风雨振及减振技术研究	廖海黎 顾金钧 罗林阁
第十二章 大跨度斜拉桥智能化健康监测系统研究	曹映泓 朱利明

第三册 技术应用

章	编写人员
第十三章 圆弧形空腹钢箱梁制造	魏云祥 林怀柱
第十四章 钢箱梁吊装技术	许大林 张庆辉 熊大胜
第十五章 圆弧形曲线塔施工技术	戴祖生 蔡炎标
第十六章 斜拉桥抗风及模型试验研究	朱乐东 曹映泓
第十七章 斜拉桥施工监控	颜全胜
第十八章 斜拉桥有限元仿真分析	周 颖
第十九章 全桥耐久性措施	罗林阁



序

广东是我国最早开始建设大跨度桥梁的省份之一。改革开放以来,广东省现代桥梁建设技术不断提高,建设了一批代表现代桥梁技术先进水平的现代化桥梁。如:1988年建成的主跨180m的洛溪大桥,创造了亚洲大跨度连续刚构桥的纪录,跻身世界前列;1996年建成的主跨452m的汕头海湾大桥、1997年建成的主跨888m的虎门大桥,更是成为我国大跨度桥梁建设时代开始的标志。“十五”以来,随着公路交通的跨越式发展,广东的桥梁建设者们积极吸纳当今世界桥梁建设的最新成果,建成了一批以崖门大桥、湛江海湾大桥为代表的具有世界水平的特大型桥梁,推动广东省桥梁建设迈向新的台阶。

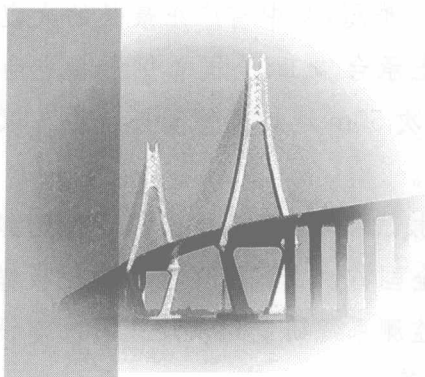
特大型桥梁的建设集中地反映出—个国家经济、科技发展实力和建设项目的管理水平。湛江海湾大桥是一座主跨480m的双塔双索面斜拉桥,桥梁总长3981m,桥梁及连接线总投资约15亿元。大桥不仅规模大,技术复杂,而且地处台风多发海湾这样一个特殊的地理位置,地质、气候、水文条件都非常复杂,是广东省技术复杂、施工难度很大的特大桥梁之一。大桥的建设者从一开始就立志高远、追求卓越,严格管理、大胆创新,坚持博采众长,汲取国内外桥梁建设的先进经验,克服诸多理论和实践上的困难,相继攻克了超长大直径桩基础、大体积混凝土承台等施工难题。作为广东省交通厅首批科技示范工程,湛江海湾大桥开展了一系列卓有成效的科技攻关,取得了一些科研成果,而且这些科技成果已经陆续在桥梁界推广应用。

湛江海湾大桥的成功建设是广大参建人员智慧和心血的结晶,体现

了广东省现代桥梁建设的水平。为了及时总结该项目建设的经验和成果,促进广东省桥梁建设水平的进一步提高,省交通厅和省交通集团组织项目参建单位编写了该书。数十位参编人员辛勤耕耘,历时一年,终于成书。该书的编写体现了创新思维,突出了项目的创新特色。还形成了一整套施工纪录电视片,更是大跨度桥梁建设的珍贵资料。我相信,本书能为广大交通工程技术人员提供有益的参考。

张远伦

2008年2月



前言

2001年的夏天,我们几位年轻的工程师来到了美丽的海滨城市湛江,准备承担起修建湛江海湾大桥的重任。面对桥位处两公里多宽的海面,密布的渔排,凌乱狼藉的海滩,再一想这炎热的气候下经常不期而至的台风和暴风雨中的雷电等自然灾害,我们就知道眼前的工作远非海滨城市的那份悠闲与惬意,而是充满着困难与挑战……

群众的眼光是热切的,因为他们为此已经盼了几十年;群众的眼光又是怀疑的,因为他们为此失望了很多次,已不太相信大桥会在眼前这几位如此青春的年轻人手中真正开始。我们的心情是激动的,因为这是湛江700万人民的期望,没有理由不把大桥建好;我们的心情又是凝重的,因为大桥未建好之前,我们说什么都是空话,我们必须要用行动来证明自己的理想与目标。

事实上,我们拥有坚强的后盾——我们拥有省交通厅、交通集团、湛江市政府的政策支持;拥有全国范围的技术专家的智慧支援。随着项目的展开,还会有志同道合的朋友与同行加入。面对这个宏伟工程将从我们的手中开始,面对这个千载难逢的机遇与挑战,我们这些年轻人,表现出最高昂的激情和斗志,每一个人心底里都有一个决心,一定要把这座大桥建成一个精品!

我们用两年的时间完成了工可修编批复,完成了设计招标、初步设计、施工图设计和监理招标、施工招标,完成了项目公司的组织成立。我们用三年半的时间完成了大桥及连接线工程的施工。大桥通车后,我们又用一年多的时间完成了包括设计、施工、监理、咨询、科研、管理等在内的所有合作合同的结算,完成了竣工档案验收,开始编制竣工决算。就

这样,快7年的时间过去了。

7年中我们克服了若干施工难题,其中有广东最长的大直径摩擦桩基础施工、广东最大体积混凝土承台施工、全国首例混凝土曲线桥塔施工、远距离钢箱梁吊装、广东首次50m连续梁移动模架施工以及广东首次环氧沥青钢桥面铺装施工等。

7年中我们取得了若干科技成果,其中有世界首创的抵御万吨级轮船的柔性吸能防撞装置研制、全国首次钢箱梁斜拉桥锚拉板锚固技术应用开发、技术先进的桥梁健康监测系统研制以及广东首次建设项目全档案信息化验收及软件开发应用等。

7年中我们的队伍由最初的几个人发展到20多个参建单位数千人,最后再由数千人逐渐减少到最初的几个人,一切都在经历轰轰烈烈之后又回到平淡。

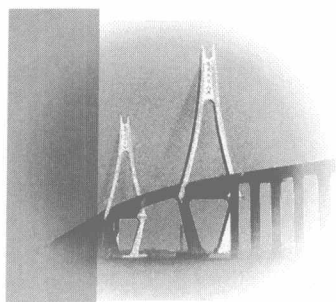
为了使这个平淡不致消失变成遗忘,我们打算编写本书,将7年中数千人在大桥的实践中所做的有意义的工作做一个总结。这个总结不是对项目所有方面工作的罗列,而是把我们实践过程中有所体会和进步的地方记录下来,不仅是为了作为参建者的纪念,也是大型国有投资建设项目应有的工作内容。

本书由业主、设计、监理、施工、科研等单位参与项目的主要人员40余人共同编写。各撰稿人执笔的内容见编写人员名单。全书由曹映泓主编,曹映泓、罗林阁统稿。有关内容在建设期间就逐步积累资料。2006年底通车后大桥公司开始建设成果资料的整理,2007年7月省交通厅专门召开了大桥科技示范工程总结编写的协调会,正式启动该书的编写工作。经过各撰稿人数月的辛勤劳动,终于在2008年春节前完成并通过省交通厅组织的评审,于2008年3月提交出版社。在此对所有提供资料、图片、撰写文稿、参与审查的人员表示衷心地感谢。

我们希望我们在大桥建设中的实践体会能够给予桥梁界的同仁提供一些借鉴,为行业发展的道路铺上一块有用的石头。倘若如此,则是对全体参建人员最大的回报了。

《湛江海湾大桥》编写组

2008年4月



目录

第一册 工程综述

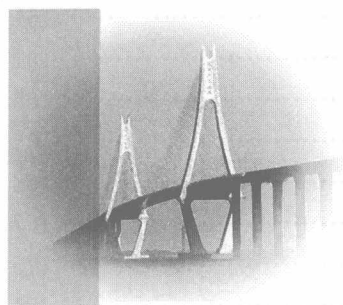
第一章 概况	1
第二章 建设管理	53

第二册 技术创新

第三章 国际首创主墩柔性吸能防撞装置	103
第四章 火炬形桥塔造型创新	186
第五章 圆弧形空腹钢箱梁设计创新	191
第六章 钢箱梁斜拉桥锚拉板应用技术研究	205
第七章 湛江组地质超长钻孔灌注桩施工工法	235
第八章 50m 预应力连续梁移动模架造桥机施工工法	247
第九章 环氧沥青钢桥面铺装研究及施工技术	269
第十章 竣工档案信息化研究	304
第十一章 斜拉索抗风雨振及减振技术研究	322
第十二章 大跨度斜拉桥智能化健康监测系统研究	335

第三册 技术应用

第十三章 圆弧形空腹钢箱梁制造	359
第十四章 钢箱梁吊装技术	399
第十五章 圆弧形曲线塔施工技术	423
第十六章 斜拉桥抗风及模型试验研究	442
第十七章 斜拉桥施工监控	473
第十八章 斜拉桥有限元仿真分析	499
第十九章 全桥耐久性措施	512



本 册 目 录

第三章 国际首创主墩柔性吸能防撞装置	103
第一节 研究背景	103
一、桥梁防船舶撞击的研究现状	103
二、湛江海湾大桥的基础选型设计	109
三、湛江海湾大桥防撞方案比选	111
四、本课题研究目的及研究思路	114
第二节 船舶撞击力的确定	115
一、规范公式计算	115
二、计算机有限元仿真计算	117
第三节 柔性吸能防撞方案研究	118
一、初步方案	118
二、方案优化	119
第四节 柔性吸能防撞装置初步设计力学验证	124
一、材料本构模型及参数	124
二、撞击角度的选择	126
三、防撞装置的计算模型	128
四、计算工况及成果分析	130
五、动力有限元分析小结	150
六、“三级防撞”实用原则	150
第五节 柔性吸能防撞装置施工图设计	150
一、结构优化	150
二、防撞装置结构设计	151
三、防撞装置耐久性设计	155
四、防撞装置养护设计	156
五、建造施工要点	157
六、总费用	158
七、防撞装置图	159
第六节 柔性吸能防撞装置施工图力学验算	160
一、计算模型	160
二、计算单元划分	160

三、材料参数·····	160
四、计算工况·····	161
五、计算结果·····	161
六、结论·····	165
第七节 柔性吸能防撞装置制造安装·····	166
一、工程简介·····	166
二、浮箱结构制造技术及检测结果·····	167
三、防撞装置陆地拼装与水上安装·····	175
第八节 项目研究的创新点和先进性·····	181
一、项目创新点·····	181
二、科技查新报告结论·····	182
第九节 项目研究成果经济效益和社会效益·····	182
一、项目经济效益·····	183
二、项目研究对社会经济发展和科技进步的意义·····	185
第四章 火炬形桥塔造型创新·····	186
第一节 造型设计背景·····	186
一、城市特色·····	186
二、周边环境·····	186
第二节 造型设计原则·····	186
第三节 主塔造型手法·····	187
一、比例协调整体均衡·····	187
二、创新求异标志性强·····	187
三、截面优化美化造型·····	187
第四节 主塔设计理念·····	187
一、标志性桥梁的特征·····	187
二、湛江海湾大桥的精神·····	188
第五节 主塔高度确定·····	188
第六节 主塔造型比选·····	189
一、主塔造型分类·····	189
二、钻石型塔的创新·····	190
第五章 圆弧形空腹钢箱梁设计创新·····	191
第一节 概论·····	191
一、主梁设计控制因素·····	191
二、主要技术特点·····	191
第二节 钢箱梁结构种类综述·····	192
一、当代大跨度斜拉桥发展现状·····	192
二、钢箱梁斜拉桥发展概况·····	193
第三节 湛江海湾大桥钢箱梁结构设计·····	194
一、主梁结构探究·····	194
二、湛江桥主梁结构设计·····	196

第四节 湛江海湾大桥钢箱梁受力分析	198
一、空腹结构受力特性	198
二、扁平流线形封闭钢箱梁	203
第五节 结语	203
第六章 钢箱梁斜拉桥锚拉板应用技术研究	205
第一节 项目立项背景及研究目的	205
一、工程概况及立项背景	205
二、锚拉板应用技术研究目的	205
三、斜拉桥索梁锚固形式研究现状	206
第二节 锚拉板式索梁锚固结构的设计	208
一、现状调查	208
二、方案构思	209
三、对策与措施	209
四、锚拉板结构受力分析	210
第三节 锚拉板式索梁锚固模型试验研究的主要内容	211
一、模型试验方案	211
二、模型试验研究方法及技术路线	212
第四节 锚拉板制造焊接工艺试验	223
一、一般接头焊接工艺评定试验	225
二、十字接头焊接工艺评定试验	227
三、试验结果分析与评定	230
四、结论	231
第五节 项目的创新点和先进性	231
一、锚拉板式锚固结构在钢箱梁斜拉桥锚固体系中的应用	232
二、锚拉板与钢箱梁面直接焊接技术	232
三、锚拉板足尺模型试验的先导性	233
第六节 项目研究对社会经济发展和科技进步的意义	233
第七节 经济效益和社会效益	233
第七章 湛江组地质超长钻孔灌注桩施工工法	235
第一节 概述	235
第二节 工法特点	235
第三节 适用范围	235
第四节 工艺原理	235
第五节 施工工艺流程及操作要点	236
一、施工工艺流程	236
二、操作要点	236
第六节 材料与设备	243
第七节 质量控制	244
一、工程质量控制指标	244
二、质量保证措施	244

第八节 安全措施	245
第九节 环保措施	245
第十节 效益分析	246
一、经济效益	246
二、社会效益	246
第八章 50m 预应力连续梁移动模架造桥机施工工法	247
第一节 概述	247
第二节 工法特点	247
第三节 适用范围	248
第四节 工艺原理	248
一、CDMSS50/1200 移动模架系统结构组成	248
二、工作原理	250
第五节 施工工艺流程及操作要点	250
一、施工工艺流程	250
二、操作要点	250
第六节 材料与设备	260
第七节 质量控制	261
一、质量标准	261
二、质量控制制度	264
第八节 安全措施	264
一、一般安全措施	264
二、墩旁托架及支撑台车的安装	265
三、移动模架脱模、分模及横移	266
四、移动模架纵移	266
五、混凝土箱梁浇筑状态	266
六、内模支撑和移动	267
第九节 环保措施	267
第十节 效益分析	268
一、经济效益	268
二、社会效益	268
第九章 环氧沥青钢桥面铺装研究及施工技术	269
第一节 钢桥面铺装研究	269
一、概述	269
二、正交异性板钢桥的现状	269
三、湛江海湾大桥钢桥面铺装的选型设计及对比	270
四、环氧沥青混凝土	278
五、湛江海湾大桥钢桥面铺装材料的试验研究	279
六、钢桥面铺装结构设计	287
第二节 环氧沥青混凝土铺装施工	290
一、施工工艺流程	290

二、环氧沥青混凝土配合比设计	291
三、环氧黏结层的喷洒	292
四、环氧沥青混凝土的拌和	293
五、环氧沥青混合料的运输	294
六、环氧沥青混合料摊铺	295
七、沥青混合料压实	296
八、接缝处理	297
九、环氧沥青混凝土养护	297
十、消泡	298
十一、劳动力组织	298
十二、设备	299
十三、质量控制	301
十四、安全措施	302
十五、环保措施	302
第十章 竣工档案信息化研究	304
第一节 公路工程档案管理的现状	304
一、公路工程竣工档案收集与归档范围	304
二、公路工程竣工档案的现实问题	304
第二节 档案整理工作要求	305
第三节 档案整理的排列原则	305
第四节 研发适用建设项目档案管理软件的必要性和可行性	307
一、档案管理系统的基本需求	307
二、公路建设项目档案相关属性	309
三、档案系统中的关键属性项数据描述	309
第五节 档案管理软件设计步骤	311
一、功能设计	311
二、详细描述	312
第六节 档案管理软件在工作中的应用	315
一、功能应用	315
二、档案管理软件应用总结	319
第七节 档案管理系统的简要介绍	320
一、软件的主要功能	320
二、湛江海湾大桥竣工档案管理软件特点	320
第十一章 斜拉索抗风雨振及减振技术研究	322
第一节 概述	322
第二节 斜拉索的风致振动成因	322
一、涡激振动	322
二、弛振与风—雨振	323
三、尾流弛振	321
四、抖振	324