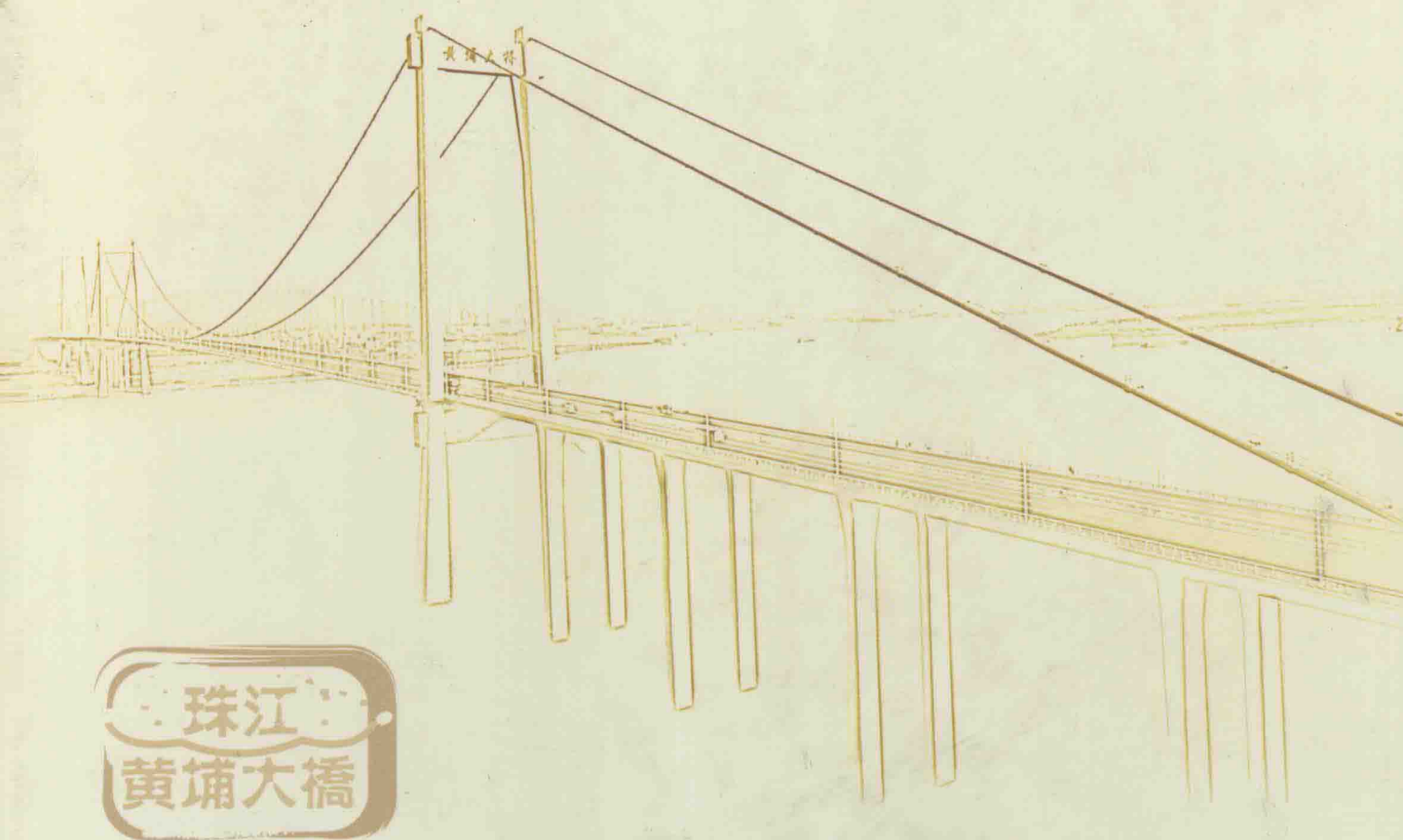


Construction and Maintenance Technology of Long-Span
Bridges for Huangpu Bridges of Pearl River



大跨度桥梁建设与养护技术

张少锦 王中文 刘士林 等 编著



人民交通出版社
China Communications Press

Construction and Maintenance Technology of Long-Span
Bridges for Huangpu Bridges of Pearl River



大跨度桥梁建设与养护技术

张少锦 王中文 刘士林 等 编著



人民交通出版社
China Communications Press

内 容 提 要

本书以珠江黄埔大桥建设和养护管理实践为例,综述大跨度缆索承重体系桥梁关键技术,系统介绍复杂环境大跨度斜拉桥和悬索桥建设前期工作及设计、施工、养护技术与管理技术的创新工作,为广大好桥、赏桥、读桥、造桥、护桥之人士提供直接的、有价值的经验借鉴。

本书可供从事桥梁设计、施工、科研、管理等专业人员使用,也可供高等院校相关专业师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

珠江黄埔大桥大跨度桥梁建设与养护技术 / 张少锦
等编著. —北京:人民交通出版社,2012. 11

ISBN 978-7-114-08789-9

I. ①珠… II. ①张… III. ①大跨度结构—桥梁工程
IV. ①U448. 43

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 020469 号

书 名:珠江黄埔大桥大跨度桥梁建设与养护技术

著 作 者:张少锦 王中文 刘士林 等

责任编辑:王文华(wwh@ccpress.com.cn)

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.ccpress.com.cn>

销售电话:(010)59757969,59757973

总 经 销:人民交通出版社发行部

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:46.5

字 数:1390 千

版 次:2012 年 11 月 第 1 版

印 次:2012 年 11 月 第 1 次印刷

书 号:ISBN 978-7-114-08789-9

定 价:120.00 元

(有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

【作者简介】



张少锦，广东揭阳人，工学博士，广州交通投资集团教授级高级工程师，先后就读于重庆交通学院公路与城市道路专业、长沙交通学院桥梁与隧道专业、中南大学土木工程规划与管理专业；中国公路学会青年专家委员会委员，第六届中国公路百名优秀工程师，广东省劳动模范；主要从事公路（桥梁）建设、管理和科研工作。作为主要完成人获得省部级科技进步一等奖4项、二等奖2项，主编著作4部，核心期刊发表技术论文20余篇。

王中文，湖南常德人，工程硕士，广东省长大公路工程有限公司教授级高级工程师，先后就读于长沙交通学院公路与城市道路专业、西南交通大学桥梁与隧道工程专业、中山大学工程管理专业、华中科技大学桥梁与结构工程专业；主要从事公路（桥梁）施工、管理和科研工作。作为主要完成人获省部级科技进步特等奖1项，省部级科技进步一等奖5项、二等奖2项，主编著作2部，核心期刊发表技术论文30余篇。



刘士林，河北唐山人，中交第一公路勘察设计研究院教授级高级工程师，享受国务院特殊津贴专家，国家有突出贡献中青年科技管理专家，重庆交通大学和长安大学兼职教授，主要从事桥梁勘测设计和科研工作，亲自参加、主持或负责的大桥和特大桥勘察设计百余座，其中获国家和省部级工程项目奖和科研奖10余项，发表20余篇有价值的学术论文，主编或主审专著7部。

本书编写顾问委员会

主 任：潘双明

副主任：吴滨生 钟 鸣 李朝文 黄成造 刘刚亮 孟凡超

委 员：郑顺潮 张焕新 肖汝诚 郝培文 何玉珊 李裕民
陈 勇 陈开利 李 良 钱 亮 赵 军 李宗民
杨少希 吴明远 王晓晶 苏 辉 谢 军 陈 红
张建平 刘向阳 张太科 姚志安 吴绍明

本书编写单位及人员

编写单位：广州交通投资集团有限公司
广东省长大公路工程有限公司
中交第一公路勘察设计研究院有限公司
广州珠江黄埔大桥建设有限公司

编 著：张少锦 王中文 刘士林 等

参 编 者：邓志华 张东曾 王应良 王 勇 冯云成 党志杰
梁颖晶

审 核：王孟钧 苏 成 楼庄鸿

序 言

我国不仅有悠久的桥梁建造历史,而且现代化桥梁建设也在世界上大放异彩。在改革开放的形势下,我国持续开展大规模公路铁路等基础设施建设,有力地推动了桥梁事业的发展,并取得了举世瞩目的成就。通过桥梁理论研究和工程实践,解决了跨越近海区、江河强潮区、多年冻土区等特殊条件下建桥技术难题,突破了大跨度现代化桥梁建设关键技术,走出了一条自主创新的成功之路,使我国桥梁建设技术跻身于世界先进行列。这是广大桥梁建设人员以自己的聪明才智和辛勤劳动为国家和人民争得的崇高荣誉。

珠江黄埔大桥是近年建成的一座颇具代表性的城市桥梁。该桥位于广州市东南部产业聚集区,桥梁先后跨越工厂、码头、学校、交通干线、高压电线、江河水网等,建设规模大,技术要求高,环境十分复杂,对设计施工都提出了严峻挑战。《珠江黄埔大桥大跨度桥梁建设与养护技术》一书,总结珠江黄埔大桥建设成功实践,系统介绍了大跨度斜拉桥和悬索桥建设前期工作,以及设计、施工、养护技术和管理,突出了重大技术创新和管理创新,提出了有待深化研究和改进的重要建议,这对发展大跨度桥梁很有积极意义。

作者在本书中全面论述大跨度桥梁建设与养护技术,特别强调以系统思想为指导,实行全方位、全过程、全寿命的工程管理。在选择合理可行的桥位之后,确定以大跨度桥梁越江,努力做到桥梁结构、景观、环境与人群的和谐统一。在深入勘察基础上,致力于攻克大跨度桥梁结构设计、大体积深基础施工、复杂环境上部结构施工等关键技术,取得了一批技术创新成果。在大桥工程建设中,提出了建设前期合理化管理、工程建设过程中的执行控制管理和规范化管理。在大桥运营养护中,提出了预防性管理理念和日常养护、定期质检、长期监测“三位一体”养护技术。实现了工程技术与工程管理有机结合,工程建设与运营养护有机结合,形成了“建养一体化”的创新模式。这些新理念、新技术、新模式都具有很好的推广价值。

我国桥梁建设和养护不论是技术还是管理,都存在着不足之处,有些问题还比较突出,必须努力加以解决。要坚决纠正盲目追求“世界之最”,忽视质量品质、忽视寿命耐久、忽视经济社会环境效益的现象,认真贯彻科学发展的要求。要加强桥梁科学技术研究,不断推广成熟的新结构、新技术、新软件、新材料、新工艺、新设备,适时修订标准规范。要加强建设人员素质培训,坚持合理工期,推行构件工厂化、施工标准化、管理精细化,提高建设质量和水平。要克服“重建轻养”倾向,加强桥梁养护维修工作。我坚信,只要我们坚持正确的发展方向,我国桥梁事业一定会创造更加辉煌的成就。

孫永福

2012年10月

前 言

交通建设的快速发展使得大跨度桥梁规划和建设越来越多,受限制的建设条件造成其存在许多关键技术难题,包括大跨度斜拉桥、悬索桥结构设计与计算技术,大体积深基础施工与控制技术,复杂环境上部结构施工与施工精度控制技术,超宽钢箱梁与超长缆索制造质量控制技术,特殊结构的预防性养护技术等等。针对具体技术问题,选择黄埔大桥建设与养护进行研究和实践。

黄埔大桥位于广州东南部经济产业带,是国道主干线广州绕城公路东段与珠江三角洲经济区环形高速公路并线的重要控制工程,交通量需求巨大,需按照八车道标准建设。大桥总长 7 016.5m, 跨过工厂、码头、学校、交通干线、水网河涌、高压线网和珠江主(河道宽 1 450m)、辅(河道宽 450m)航道等,是工程可行性研究报告路线方案选择中唯一合理的过江通道。因此,必须设计大跨度桥梁结构物来满足受限制的地形、地物和通航交通条件。主控工程包括:不等跨径、不对称纵坡(1% 单向坡)、大跨度独塔斜拉桥(383m + 322m);不等锚跨、不对称纵坡(1% 和 -2%)、超千米跨径(主跨 1 108m)整体式钢箱梁悬索桥(桥宽 41.69m);大跨度移动模架(单孔 62.5m)施工连续梁桥和连续刚构桥等。因此,建设对设计和施工方案的选择及技术开发和组织管理都提出很高要求。

黄埔大桥经历 43 个月的精细施工,于 2008 年 12 月建成通车。其建设凝聚了所有参建单位和参建人员及历次咨询专家的聪明智慧,为我国桥梁建造技术、管理技术、养护技术的提高积累了有价值的经验。为系统总结和介绍这些宝贵经验,丰富桥梁技术宝库,为广大好桥、赏桥、造桥之人士提供借鉴,并为桥梁保护者提供基础性指南,特编著此书。

全书共分四篇。第一篇是大跨度缆索承重桥梁概述:综述大跨度缆索承重体系桥梁的技术演变及发展,结合黄埔大桥工程成功案例,提出了建设前期合理化管理、工程建设的执行控制管理以及具有丰富内涵的规范化管理技术,并将这些理念和技术与后期运营养护管理有机结合,形成了“建养一体化”创新思维。第二篇和第三篇是黄埔大桥设计与施工关键技术:针对工程建设的复杂条件,从前期论证、勘察、设计,到开工建设,系统地介绍大跨度斜拉桥和悬索桥的结构设计与计算技术、大体积深基础施工与控制技术、复杂环境上部结构施工与施工精度控制技术、超宽钢箱梁与超长缆索制造质量控制的关键技术和管理控制方法。第四篇是黄埔大桥试验与养护技术:介绍大桥的荷载试验、健康监控系统、强震监测系统等技术及实施方法,阐述“三位一体”的养护技术和预防性管理理念,提出了适合现代桥梁运营管理和科学养护的方法。

工程建设必须是全方位、全寿命、全过程的管理和控制,这是工程技术和工程管理有机结合的哲学思维问题;工程建设在强调创新的同时更加应该注重成果的继承和推广,这是工程的管理文化问题。没有继承就没有发展,只有继承和发扬好的技术、好的经验、好的管理,我们才能将成千上万的桥梁都建成精品,才能在合理快速度建设的同时,避免工程质量和安全事故的发生。黄埔大桥将工程技术和管理技术有机结合,既重视继承吸收,也重视创新发展,编著本书,意在体现这种精神。

本书由广州交通投资集团有限公司、广东省长大公路工程有限公司、中交第一公路勘察设计院有限公司、广州珠江黄埔大桥建设有限公司组织,张少锦、王中文、刘士林等编著;邓志华、张东曾、王勇、

冯云成、梁颖晶及中铁大桥局集团有限公司王应良、党志杰参加编写；中南大学王孟钧教授、华南理工大学苏成教授、交通运输部公路科学研究院楼庄鸿研究员审核；中铁大桥局集团武汉桥梁科学研究院有限公司、中交公路规划设计院、中铁宝桥集团有限公司、江苏法尔胜股份有限公司等单位相关技术人员积极参与并提供宝贵完善意见。书中内容丰富,虽经努力,错漏在所难免,恳请批正。

衷心感谢!

编著者

2012 年 10 月

目 录

第一篇 大跨度缆索承重桥梁概述

第一章 大跨度斜拉桥、悬索桥综述	3
第一节 斜拉桥技术演变	3
一、早期著名的斜拉桥	3
二、20 世纪后期至今斜拉桥的发展	10
第二节 悬索桥技术演变	21
一、近代锻铁主缆悬索桥	21
二、近代采用熟铁丝和钢丝做主缆的悬索桥	22
三、20 世纪上半叶的悬索桥	24
四、现代美式悬索桥	28
五、现代英式悬索桥	30
六、20 世纪后 20 年欧美大跨悬索桥的进展	33
七、20 世纪后期悬索桥在日本和我国的发展	36
第三节 缆索承重桥梁发展趋势	40
一、斜拉桥跨度纪录发展	40
二、悬索桥跨度纪录发展	42
三、缆索承重桥梁发展趋势	44
第二章 珠江黄埔大桥建设概况	45
第一节 桥址及桥型	45
一、工程地理位置	45
二、黄埔大桥的组成	46
第二节 工程建设条件	47
一、气象条件	47
二、水文条件	48
三、航运条件	49
四、地质情况	49
第三节 技术标准和技术难点	50
一、设计依据	50
二、技术标准	51
三、标准规范	51
四、技术难点	52
第三章 黄埔大桥关键建造技术综述	53
第一节 设计理念	53

一、刚柔相济的桥型组合	53
二、内外和谐的实用理念	54
三、古今合一之南国之门	55
四、大跨度独塔斜拉桥支撑体系	55
五、超宽钢箱梁顶板加劲小横隔板设计	55
第二节 施工技术	56
一、主塔基础大型钢板桩围堰施工	56
二、斜拉桥上部安装技术	57
三、悬索桥施工关键技术	61
四、整体式超宽钢箱梁制造	66
五、钢桥面铺装技术	67
六、引桥移动模架施工关键技术	67
第三节 关键技术小结	70
第四章 黄埔大桥建设创新管理技术综述	71
第一节 项目建设前期的合理化管理	71
一、建设前期工作的认识	71
二、建设前期工作的程序管理	72
三、建设前期工作的计划管理	75
四、建设前期工作的质量管理	75
第二节 项目建设的创新管理理念	77
一、公路建设执行控制管理理念	77
二、公路建设规范化管理技术体系	77
三、规范化管理技术体系的核心技术	79
四、规范化管理技术体系的运行和评价系统	79
五、公路建设管理技术体系创新实现平台	82
第三节 管理技术体系在项目建设中的应用	82
一、项目管理组织架构的建立	82
二、项目建设管理文化体系	84
三、建设管理技术体系的应用	85

第二篇 黄埔大桥勘测与设计

第一章 勘测与初步设计	93
第一节 工可阶段专题研究	93
一、地震安全性评估	93
二、通航净空及通航安全论证	95
第二节 初步设计阶段主要专题研究	96
一、风参数专题研究	96
二、悬索桥抗风性能风洞试验研究	98
三、定床、动床河工模型试验研究	100
四、船舶撞击力及防撞研究	103
五、斜拉桥钢箱梁变形、横隔板及纵隔板稳定性研究	105

六、长寿命斜拉索耐久性技术研究	119
七、斜拉桥支撑体系研究	132
第三节 桥位比选及桥型方案选择	145
一、推荐桥位及桥位论证结论	145
二、桥型方案比选及结论	146
第二章 施工图设计	153
第一节 全桥总体结构布置及设计	153
一、北引桥	153
二、北汉斜拉桥	153
三、中引桥	153
四、南汉悬索桥	153
五、南引桥	155
第二节 北汉斜拉桥设计	155
一、设计概况	155
二、结构主要材料及标准要求	155
三、索塔与基础设计	156
四、过渡墩与基础	188
五、辅助墩与基础	188
六、钢箱梁结构与构造	193
七、斜拉索结构设计与布置	195
八、结构支承体系布置及类型	202
第三节 南汉悬索桥设计	204
一、设计概况	204
二、结构主要材料及标准要求	204
三、主塔与基础设计	205
四、超大规模地下连续墙基础及锚碇设计	206
五、主缆系统及吊索系统	234
六、鞍座与主缆锚固系统	242
七、钢箱梁结构及构造设计	247
八、防腐涂装设计	254
九、支承体系布置与类型	260
第四节 引桥设计	265
一、南引桥(K11+134.1~K14+217.1)	265
二、中引桥(K9+651.1~K10+026.1)	278
三、北引桥(K7+200.6~K8+946.1)	283
第五节 附属工程及其他	292
一、供配电系统	292
二、除湿系统	295
三、避雷设施	305
四、航空障碍灯及照明	308
五、其他附属结构	314
第六节 桥梁构件使用寿命和维护周期	318
一、结构的耐久性设计	318

二、构件设计寿命及维护周期	319
三、基础冲刷防护	319
第三章 钢箱梁桥面铺装设计	321
第一节 钢桥面铺装体系的研究	321
一、研究及设计背景	321
二、国内钢桥面环氧沥青铺装现状及黄埔大桥使用条件分析	323
三、环氧沥青混合料级配设计及路用性能	325
四、环氧沥青防水黏结材料性能	326
五、钢桥面铺装体系力学分析	327
六、钢桥面铺装加速加载试验	331
七、钢桥面铺装结构组合设计	334
八、钢桥面铺装方案技术与经济比较	335
九、铺装体系研究成果总结	335
第二节 钢桥面铺装设计	338
一、设计标准及依据	338
二、钢桥面铺装设计使用条件	338
三、钢桥面铺装方案及材料	339
第三节 钢桥面铺装层降温系统的数值模拟研究	346
一、降温除湿系统设计	346
二、钢箱梁温度场模型	346
三、除湿效果理论分析	347
四、结论	348

第三篇 黄埔大桥施工关键技术

第一章 北汊斜拉桥施工	351
第一节 塔柱基础、承台施工	351
一、钢板桩围堰基础	351
二、超长钢板桩围堰设计与施工	352
三、承台大体积抗渗混凝土施工	355
四、混凝土温度控制	361
第二节 塔柱、过渡墩及辅助墩施工	363
一、塔柱施工	363
二、过渡墩及辅助墩施工	365
三、新技术、新材料、新工艺的应用	366
第三节 钢箱梁制造与架设	367
一、钢箱梁制造	367
二、钢箱梁架设	401
三、钢箱梁关键技术及创新	418
第四节 斜拉索的制造和安装	422
一、超长斜拉索的制造	422
二、斜拉索的安装	427

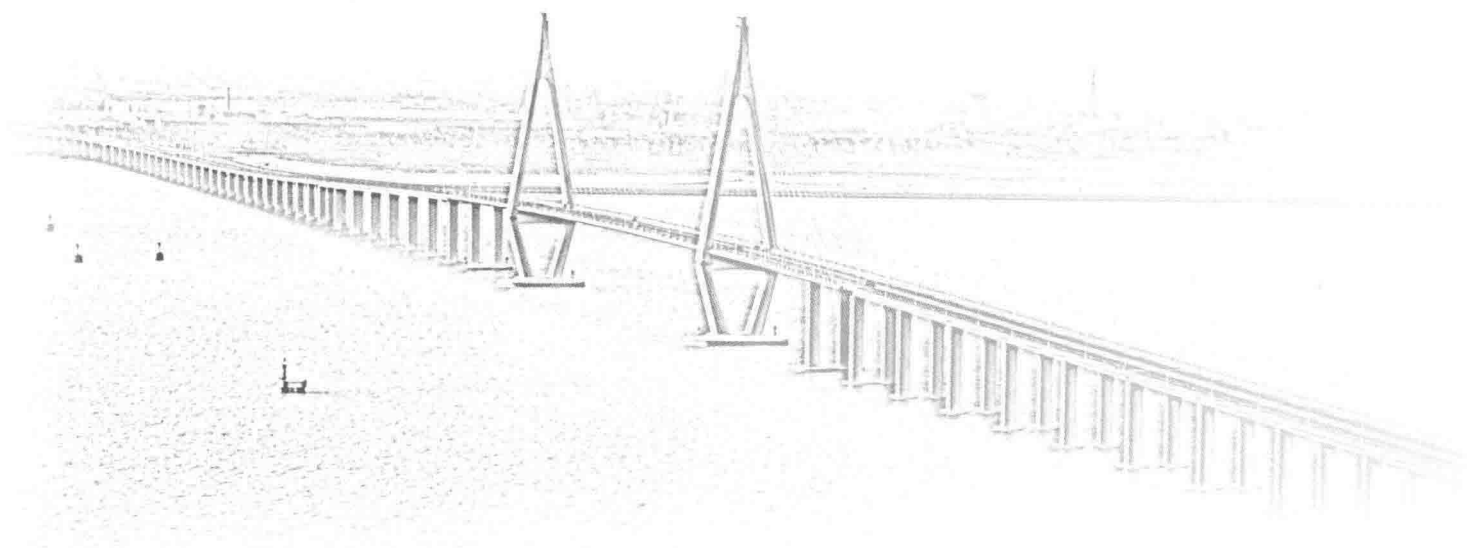
第五节 施工控制	432
一、施工控制概况	432
二、关键阶段的施工控制	441
第二章 南汉悬索桥施工	445
第一节 索塔基础、承台及塔柱的施工	445
一、基础施工	445
二、承台施工	451
三、塔柱及横梁施工	456
第二节 嵌岩地下连续墙施工成套创新技术	470
一、地下连续墙施工技术概述	470
二、地下连续墙成槽技术	471
三、成槽方式及技术创新点	484
四、地下连续墙施工质量控制要点	484
第三节 锚碇大体积混凝土浇筑	486
一、锚碇混凝土分块、分层及配合比	486
二、锚碇基础施工	488
三、锚块混凝土分层浇筑	490
四、前支墩混凝土浇筑	491
五、锚碇前锚室底板及侧墙混凝土浇筑	491
六、锚碇大体积混凝土施工技术创新	491
第四节 钢箱梁制造与架设	495
一、钢箱梁制造	495
二、钢箱梁架设	502
第五节 主缆及吊索制造	512
一、索结构系统参数与内力关系识别	512
二、工程质量管理及保证措施	517
三、生产过程中的具体质量控制	517
四、施工中新技术、新材料、新工艺的应用	518
第六节 索鞍与索夹制造	519
一、悬索桥索鞍、索夹工程数量	519
二、索鞍、索夹制造质量管理	519
三、施工中新技术、新材料、新工艺的应用	521
第七节 主缆系统与吊索系统安装	521
一、主索鞍及散索鞍安装	521
二、猫道设计、试验及架设	528
三、猫道抗风稳定性设计与风洞试验	539
四、主缆架设工艺	540
五、索夹与吊索安装	553
六、主缆附属设施安装	559
七、主缆系统防腐涂装	560
八、主缆锚固系统安装	562
第八节 钢箱梁桥面铺装	569
一、美国环氧沥青铺装施工工艺	569

二、日本环氧沥青铺装施工工艺	573
三、环氧沥青混凝土施工质量检测控制	575
四、施工经验总结	577
第九节 施工控制	577
一、施工控制概况	577
二、施工控制结论	603
第三章 引桥施工	604
第一节 桩基础与承台施工	604
一、桩基施工	604
二、承台施工	604
第二节 墩身施工	605
一、无对拉杆墩身模板应用	605
二、塔吊设备辅助墩身施工	606
三、墩身大体积混凝土无裂缝施工	606
第三节 上部结构施工	607
一、移动模架现浇箱梁施工	607
二、大跨度移动模架施工关键工法	634
三、清水混凝土防腐技术	638

第四篇 黄埔大桥荷载试验与养护技术

第一章 荷载试验	645
第一节 北汉斜拉桥荷载试验	645
一、试验目的和依据	645
二、试验项目与内容	645
三、试验方法	646
四、静载试验结果及分析评定	651
五、索力测试结果与分析	653
六、动载试验结果与分析	656
七、试验结论	657
第二节 南汉悬索桥荷载试验	657
一、试验目的及试验依据	657
二、结构初始状态检测	658
三、静力荷载试验	662
四、无障碍行车试验	678
五、有障碍行车试验	679
六、脉动试验	679
七、试验结论	681
第二章 桥梁养护技术	682
第一节 “三位一体”养护技术	682
一、“三位一体”养护技术组成	682
二、桥梁技术状态评估及养护维修要点	684

三、养护维修管理	687
第二节 强震动监测及报警系统	687
一、地震地质环境概述	687
二、项目的内容和目标	688
三、设计思路和系统结构组成	688
四、仪器设备及测点布置	689
五、大桥警报系统	692
六、系统试运行及结论	693
第三节 长期健康监测	694
一、建立长期健康监测系统的目的	694
二、设计原则	694
三、系统总体方案	695
四、测试方法选择与测点布置	696
五、长期健康监测效果	700
第四节 桥面铺装维护与预防性养护技术	704
一、桥面铺装预防性养护的作用	704
二、桥面铺装预防性养护技术方案	705
三、维护和预防性养护的材料要求	707
四、维护和预防性养护技术施工工艺	712
参考文献	722



第一篇 大跨度缆索承重 桥梁概述

