

HUMEN DAQIAO GONGCHENG

虎门大桥工程

第三册

主跨 270m 连续刚构桥

牛和恩 主编

人民交通出版社

内 容 提 要

本册介绍了目前世界最大跨径连续刚构桥——主跨 270m 虎门大桥辅航道桥的设计、施工和科研,专题讨论了设计构思、设计计算方法和施工工艺中的一些有新意的问题。本册内容丰富,既有理论,又有实际,可供从事桥梁的设计、施工、科研和监理人员阅读,也可作为高等院校的教学参考书。

责任编辑:王应荣 封面设计:王 炬

图书在版编目(CIP)数据

虎门大桥工程/牛和恩主编.-北京:人民交通出版社,1998.12

ISBN7-114-03151-3

I. 虎... II. 牛... III. 公路桥:悬索桥-桥梁工程-广东-虎门
IV. U448.14

中国版本图书馆 CIP 数据核字(98)第 25022 号

虎门大桥工程

第三册

主跨 270m 连续刚构桥

牛和恩 主编

责任印制:孙树田

人民交通出版社出版发行

(100013 北京和平里东街 10 号)

各地新华书店经销

北京牛山世兴印刷厂印刷

开本:787×1092 $\frac{1}{16}$ 印张: 插页: 字数: 千

1999 年 2 月 第 1 版

1999 年 2 月 第 1 版 第 1 次印刷

印数:0001- 2100 册 共四册 定价:260.00 元 本册定价:41.00 元

ISBN 7-114-03151-3

U · 02256

《虎门大桥工程》分四册

第一册 工程建设 · 施工组织管理 · 施工监理

第二册 悬索桥

第三册 主跨 270m 连续刚构桥

第四册 引道工程

虎门大桥顾问委员会

主 任 李国豪

副主任 曾 威

委 员 (以姓氏笔画为序)

万珊珊	王伯惠	石 洞	孙 钧	先立志
岑国基	张乃华	杨 健	范立础	周世忠
项海帆	胡匡璋	姚玲森	钱冬生	顾安邦
程庆国	谢邦珠	谢瑞振	强士中	蔡国宏

《虎门大桥工程》编委会

主 编 牛和恩

副主编 郑启瑞

编 委 (以姓氏笔画为序)

文发明	刘刚亮	刘陌生	杨学年	杨高中
陈国清	郑玉书	郑明珠	郑家庆	林荣有
赵华明	胡春波	洪德昌	唐嘉衣	曾 苏
曾宪武	谢经纬	楼庄鸿	蔡国宏	

编审小组 楼庄鸿(组长) 蔡国宏 刘陌生 李霄萍

本册编写人员

第一篇 设计

由中交公路规划设计院承担

主 编 杨征宇

主 审 杨高中 楼庄鸿

作 者

第一章 杨高中 武晋荣

第二章 袁 洪 杨高中

第三、九、十章 杨征宇 周军生

第四章 杨高中 楼庄鸿

第五章 楼庄鸿 杨征宇

第六、七章 杨征宇 杨高中

第八章 徐贺文 杨高中

第二篇 施工

由广东长大公路工程有限公司承担

主 编 廖卓清

主 审 廖卓清 林荣有 谭之抗

作 者

第一、四章 王中文 刘刚亮 张庆辉 弋 安

第二、三章 张焕新 刘刚亮 张 晔 彭洪文

李宜挺 林瑞安

第五章 王中文 刘刚亮 钱 亮 顾全钧
 郭广银 戴文辉

第六章 刘宏波 蔡爱杰 陈士平 孔德仁

第三篇 科 研

由广东长大公路工程有限公司承担

主 编 廖卓清

主 审 廖卓清 林荣有

作 者

第一章

第一节 周述华

第二节 林志兴 陈艾荣 张 锋

第二章 屠克嘉 陈竹昌 楼庄鸿

第三章 王中文 刘刚亮

第四章 刘刚亮 王中文

第五章 刘成龙 廖卓清 肖 文

序 言

虎门大桥是广(州)深(圳)珠(海)高速公路上跨越珠江出海口的一座特大桥,是联结珠江三角洲东西两岸,广东沿海东西两翼,深圳、珠海两经济特区之间的公路交通枢纽。大桥的建设,对增进珠江三角洲之间及与香港、澳门之间的交通往来,促进珠江三角洲经济的发展,对深圳、珠海特区的建设,香港、澳门地区的繁荣稳定有着十分重要的作用。工程是在小平同志 1992 年南巡讲话精神的鼓励下,广东省政府于当年开工建设的,于 1997 年 6 月建成通车,对迎接香港回归祖国,有着重大的历史意义。

虎门大桥是中国人自主建设的、工程宏大并具有世界先进水平的特大桥。主航道桥是国内首座规模最大的悬索桥,在世界大跨度桥梁中排有名次,辅航道桥为预应力混凝土连续刚构桥,其跨径居世界梁式桥之冠。主、辅两桥科技含量高,其中有不少技术项目,在我国尚属空白。大桥的建设者胸怀大志,以饱满的热情结合工程建设积极进行技术开发,取得预期的成果,很好地完成了大桥的建设任务。

虎门大桥是改革开放的产物。广东省交通厅在组织大桥的建设中,按照国际接轨的目标要求,推行一系列的建设管理改革。项目建设实行中外合作制,建设管理实行项目法人责任制、施工总承包制及社会监理制,充分发挥建设各方的积极性和创造精神,在省委、省政府和工程所在地各级政府的大力支持下,创出了好的成绩,工程质量优良,工期提前完成,工程结算比国家批准的概算有所节余,为工程建设实现三大控制的目标要求摸索了初步经验。

继虎门大桥之后,在我国一批大跨度大桥相继进行建设,形势喜人,显示出我国大跨度桥梁建设已进入一个新的历史发展时期。交通部根据形势发展要求,及时地对交通建设作出了新的战略部署,把全国跨海湾、海峡及长江、珠江口的公路交通列入跨世纪的规划项目安排研究。为将虎门大桥建设所摸索的初步建设经验及所开发的技术成果推介到新时期的大桥建设中,促进我国大跨度桥梁建设的发展,广东省交通厅组织大桥建设的各单位,共同对大桥工程进行系统的总结,并汇编成册,全书共四册,反映出大桥工程设计、施工、科研、监理及建设管理等方面的建设经验及技术成果。由于虎门大桥工程还属于我国大跨度悬索桥的起步工程,在国内尚无成熟的经验可借鉴,工程建设在摸索中进行,因而所取得的建设经验及成果也是初步的,还需要和全国桥梁建设者一起,进一步探索,不断充实、提高、日臻完善,共同为新时期桥梁建设的发展作出新的贡献。

本总结洋洋百万字误漏难免,尚祈读者指正为幸。

广东省交通厅厅长 牛和恩

1998 年 7 月

前 言

虎门大桥辅航道桥为主跨 270m 的预应力混凝土连续刚构桥, 跨径居同类桥型世界首位。

本册分设计、施工和科研三篇。

设计篇中, 在介绍了上、下部构造的设计计算后, 分专题讨论和探索了有新意的设计构思、设计计算方法和施工工艺, 如结构轻型化、取消弯起束、应力的控制、剪力滞、边跨无支架合拢和施工控制等。这些方面, 实际上是我国十年来连续刚构桥设计经验的总结与发展, 有不少创新, 值得借鉴和应用。

施工篇中, 对常规的施工工艺少述或不述, 而突出带有新意的施工工艺。防撞钢围堰, 虽然是附属结构, 但因是广东省交通系统最大的同类结构, 而且在高低刃脚、堰内锚固方式以及填石压浆混凝土等方面很具特色, 因此用不少篇幅来叙述。

科研篇中, 介绍了模型的风洞试验, 提出了嵌岩桩受力不同于摩擦桩的新概念和新问题, 介绍了轻型挂篮的研究成果, 叙述了辅航道桥悬臂浇筑的施工控制方法并进行了探讨, 充分体现了科学研究对生产实践的指导作用。

本册内容丰富, 既有理论, 又结合实际, 在编审中力求突出技术含量, 突出重点, 注意精简篇幅, 加强可读性。我们希望并且相信, 本册内容会对我国连续刚构桥的进一步发展有所贡献。

目 录

第一篇 设 计

第一章 总体设计构思.....	3
第一节 气象、水文与地质	3
一、气温	3
二、风	3
三、潮位	3
四、工程地质	3
第二节 设计标准.....	3
第三节 桥型选择与布置.....	4
一、桥型选择	4
二、桥型布置	4
第四节 一些问题的处理设想.....	8
一、整桥, 还是分为上下行两座独立桥	8
二、抗风问题	8
三、船只碰撞问题	8
四、主墩形式	9
五、上部构造的轻型化	10
六、纵向配索方式	10
七、施工方案	10
第二章 下部构造设计	12
第一节 构造要点	12
一、19 号、20 号墩	12
二、18 号、21 号过渡墩	12
第二节 下部构造静力抗风稳定性分析	13
一、荷载计算	13
二、荷载组合	17
三、墩身内力计算	18
四、墩身强度验算	20
五、墩身稳定验算	20
六、水平扭矩在桩上的分配	21
第三节 桩基运营阶段计算	21
一、荷载	22

二、荷载组合	22
三、墩身非线性影响	22
四、桩基计算	22
第四节 18 号过渡墩钻孔桩基础施工事故的处理	23
一、事故情况	23
二、事故处理方法	24
第五节 防撞结构设计	24
一、防撞岛位置的确定	24
二、防撞岛构造	25
三、防撞岛上、下两部分间抗剪能力的确定	26
四、防撞岛的设计计算	26
第三章 上部构造的设计计算	28
第一节 连续刚构构造	28
一、连续刚构的受力特征	28
二、梁主要尺寸的拟定	29
第二节 预应力配索设计	30
一、配索原则	30
二、预应力束的布置	31
第三节 结构分析计算	32
一、结构离散	32
二、主要计算参数	32
三、受力阶段的划分	34
四、主要施工阶段计算结果	35
五、运营阶段计算结果	35
第四节 体会	39
一、梁底曲线的优化	39
二、采用更大吨位的预应力索	39
第四章 嵌岩桩的设计	40
第一节 对规范中嵌岩桩计算方法的探讨	40
一、规范对嵌岩桩计算的规定	40
二、规范中存在的问题	40
第二节 合理的计算方法	41
第三节 计算结果对比和结论	42
一、计算结果对比	42
二、结论	43
第五章 上部构造的轻型化	44
第一节 上部构造轻型化的重要性	44
第二节 减小梁高、梁宽	45
一、梁高	45
二、梁宽	45

第三节 箱板的轻型化	45
一、顶、底板的轻型化	45
二、腹板的轻型化	47
第四节 零号块的轻型化	48
第五节 经济指标和轻型化的展望	48
一、经济指标	48
二、轻型化的展望	49
第六章 纵向预应力配索	50
第一节 空间索的应用	50
第二节 底板弯束的构造特点	50
一、充分考虑弯束向心径向力的影响	51
二、构造措施	51
第三节 取消弯束的纵向配索方式	52
一、纵向预应力配索的发展	52
二、新型配索方式的理论依据和应注意的问题	52
第七章 应力的计算和控制	55
第一节 正应力上、下限的控制	55
一、正应力上限的控制	55
二、正应力下限的控制	55
第二节 主拉应力的控制	56
第三节 竖截面抗剪	56
第四节 锚下局部承压的计算	56
一、规范规定	56
二、探讨与改进	58
第八章 箱梁的剪力滞分析	61
第一节 概述	61
第二节 箱梁剪力滞的计算分析和结论	61
第三节 剪力滞的计算方法	63
第九章 边跨现浇合拢施工工艺的发展	64
第一节 边墩无负反力的连续刚构边、中跨最小比值	64
第二节 新施工方法的优点	65
第十章 立模标高与施工控制	66
第一节 立模标高的确定	66
一、立模标高的考虑因素	66
二、悬臂浇筑时的合理计算图式	66
三、混凝土收缩、徐变的影响	68
第二节 施工的动态控制	69

第二篇 施 工

第一章 概述	73
--------------	----

一、工程造价	73
二、施工工期	73
三、主要工程的混凝土数量	73
四、主要材料用量	74
五、工程施工质量控制	75
第二章 基础施工	76
第一节 施工平台	76
一、施工平台方案的选定	76
二、施工平台构造	76
三、平台施工劳动力、材料和机械数量	76
第二节 桩基钢护筒施工	78
第三节 钻孔施工	79
一、KPQ-3500 钻机施工工艺	79
二、QJ2500 钻机施工工艺	80
三、冲击钻施工工艺	80
四、钻孔桩施工事故处理	82
第四节 水下混凝土施工	84
一、混凝土配合比的选定	84
二、混凝土拌和及输送	86
三、施工设备和劳动力组织	86
四、灌注桩质量检测	86
第五节 采用旋喷法对有缺陷的大直径钻孔桩进行补强	86
一、工程地质简述	86
二、19 号主墩 12 号桩施工事故发生经过及原因分析	87
三、事故处理方案及工艺	87
第六节 18 号墩施工	90
一、工程地质简述	90
二、桥梁上使用预应力混凝土管桩的基本条件	92
三、预应力混凝土管桩的施工控制	92
四、管桩的质量检测	94
五、预应力混凝土管桩的经济效果	94
第三章 承台施工	96
一、施工方案的基本思路	96
二、施工方案的各个主要组成部分	96
三、施工流程图	98
四、混凝土浇筑	98
五、施工注意事项	99
第四章 墩身施工	101
一、支架	101
二、模板	101

三、钢筋	101
四、混凝土	101
五、施工周期	101
第五章 上部构造箱梁施工	102
第一节 0 号块的施工	102
一、施工支架及模板	102
二、混凝土浇筑	104
三、施工注意事项	104
第二节 箱梁梁段混凝土施工	104
一、箱梁混凝土施工的技术要求	105
二、箱梁混凝土施工	105
第三节 箱梁预应力施工工艺	105
一、预应力张拉工艺	106
二、质量检验	107
第四节 现浇段及合拢段施工	108
一、边跨现浇段施工	108
二、边跨合拢段施工	108
三、中跨合拢段施工	109
四、合拢段施工注意事项	110
五、施工精度	110
第五节 施工中的抗风措施	110
一、施工状态调谐质量阻尼器(TMD)抑振及其在 270m 连续刚构桥上的应用	110
二、施工中的抗风措施	120
第六章 大型钢围堰防撞岛施工	121
第一节 工程概况	121
一、钢围堰构造	121
二、水文地质情况	124
三、钢围堰总体施工方案	124
第二节 钢围堰底节施工	125
一、钢围堰底节预制场	125
二、钢围堰底节加工与拼装	125
三、钢围堰底节下水	126
第三节 钢围堰锚碇系统	127
一、钢围堰底节锚碇系统	127
二、钢围堰接高、落床过程中的锚碇系统	127
三、锚碇系统的施工	127
四、几点体会	127
第四节 钢围堰接高、落床	129
一、钢围堰块件预制场	129
二、钢围堰块件的制作	130

三、钢围堰接高、着床	130
四、钢围堰接高施工质量控制	131
第五节 钢围堰下沉.....	132
一、钢围堰下沉	132
二、清基	132
第六节 钢围堰壁预埋骨料水下压浆混凝土施工.....	132
一、预埋骨料压浆混凝土的施工步骤	133
二、砂浆压灌控制及要求	133
三、堰壁压浆混凝土施工的模拟试验	135
四、堰壁压浆混凝土施工	135
五、工程质量检验	138
第七节 钢围堰水下封底灌浆混凝土施工.....	138
一、施工步骤	139
二、砂浆灌注控制指标及试算	139
三、砂浆配合比	141
四、封底混凝土灌浆施工	141
第八节 钢围堰施工组织.....	143

第三篇 科 研

第一章 悬臂施工风洞模型试验.....	147
第一节 西南交通大学进行的模型风洞试验.....	147
一、模型设计与制作	147
二、模态试验	149
三、风洞试验	149
四、试验结果分析	150
五、结论	154
第二节 同济大学进行的模型风洞试验.....	155
一、并列变截面箱梁的静力三分力特性	155
二、双悬臂施工状态全桥气弹模型风洞试验	156
三、考虑抖振惯性力作用的风载内力	158
四、结语	159
第二章 长悬臂施工条件下桩基承台抗风稳定的模型试验研究.....	160
一、研究目的和内容	160
二、桩基承台模型试验的准备工作	160
三、试验方案	162
四、模型试验结果分析	163
五、结论	170
第三章 60MPa 高强泵送混凝土的研制	171
一、制备箱梁混凝土的基本要求	171
二、制备高强泵送混凝土	171

三、高强泵送混凝土的配合比及工艺设计	172
四、高强泵送混凝土的质量控制	173
五、几点体会	173
第四章 悬臂施工轻型挂篮.....	174
一、挂篮设计	174
二、挂篮试拼与安装	177
三、挂篮荷载试验	179
四、挂篮安装的技术要求	187
五、挂篮使用效果	187
第五章 箱梁悬臂施工控制.....	190
一、箱梁悬臂施工标高控制措施和挠度观测方法	190
二、箱梁梁段施工挠度分析与施工标高调整	192
三、温度对长悬臂箱梁挠度和长度影响规律的观测	199
四、箱梁挠度的回归分析	202
五、箱梁合拢高差的控制与实际合拢精度	206
六、经验与体会	207

第一篇

设计