

广东省交通厅首批科技示范工程

湛江海湾大桥

第 **1** 册
共三册

曹映泓 © 主 编

工程综述



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 **1** 册
共三册

曹映泓 ◎ 主 编

工程综述

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. 第一册,工程综述/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—湛江市
IV. U448. 19

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 080297 号

书 名: 广东省交通厅首批科技示范工程
湛江海湾大桥. 第一册,工程综述

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: 7.25

字 数: 185 千

插 页: 14 页

版 次: 2008 年 6 月 第 1 版

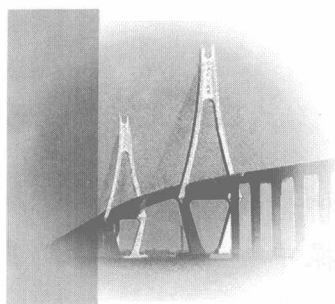
印 次: 2008 年 6 月 第 1 次印刷

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

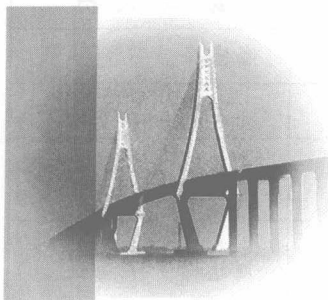
副主编 张海明 段乃民 罗林阁

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	姜玉春	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			

制作 高格桥梁设计研究中心

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 娄玉春 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

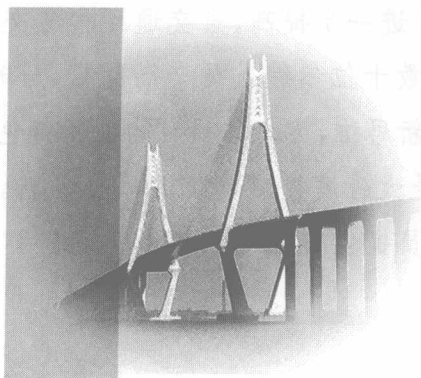
第二册 技术创新

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

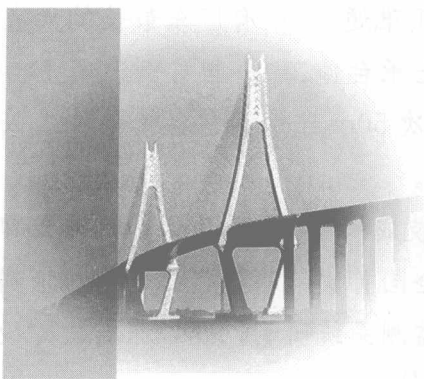
广东是我国最早开始建设大跨度桥梁的省份之一。改革开放以来,广东省现代桥梁建设技术不断提高,建设了一批代表现代桥梁技术先进水平的现代化桥梁。如:1988年建成的主跨180m的洛溪大桥,创造了亚洲大跨度连续刚构桥的纪录,跻身世界前列;1996年建成的主跨452m的汕头海湾大桥、1997年建成的主跨888m的虎门大桥,更是成为我国大跨度桥梁建设时代开始的标志。“十五”以来,随着公路交通的跨越式发展,广东的桥梁建设者们积极吸纳当今世界桥梁建设的最新成果,建成了一批以崖门大桥、湛江海湾大桥为代表的具有世界水平的特大型桥梁,推动广东省桥梁建设迈向新的台阶。

特大型桥梁的建设集中地反映出一个国家经济、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型桥梁之一。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。

张远怡
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。

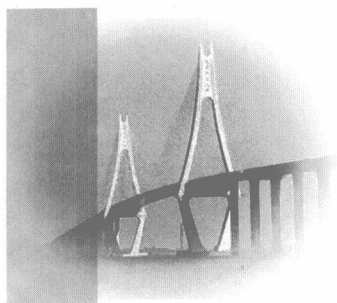
为了使这个平淡不致消失变成遗忘,我们打算编写本书,将7年中数千人在大桥的实践中所做的有意义的工作做一个总结。这个总结不是对项目所有方面工作的罗列,而是把我们实践过程中有所体会和进步的地方记录下来,不仅是为了作为参建者的纪念,也是大型国有投资建设项目应有的工作内容。

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



总目录

第一册 工程综述

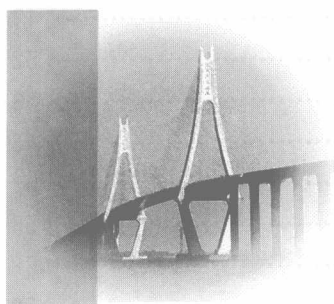
第一章 概况	1
第二章 建设管理	53

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

第一章 概况	1
第一节 建设背景——1999 年以前的湛江	1
一、基本情况	1
二、湛江地理	1
三、湛江经济	1
四、湛江教育	3
五、湛江资源和特色	3
六、湛江工业和产业	3
七、湛江交通	4
第二节 筹建过程	5
一、项目筹建	5
二、设计招标	7
三、初步设计	8
四、施工图设计	9
五、施工、监理招标	10
六、项目开工	10
第三节 设计方案	11
一、设计基本资料	11
二、桥位及连接线方案选择	16
三、桥型设计思路	17
四、桥型方案研究	18
五、平面布置	22
六、纵断面布置	22
七、桥式布置	23
八、桥梁横断面布置	23
九、主桥结构设计	23
十、水中引桥	33
十一、主桥受力分析	35
第四节 施工综述	44
一、施工组织	44

二、施工测量.....	45
三、施工方案.....	47
四、总结.....	52
第二章 建设管理	53
第一节 管理体制特色	53
一、贯彻项目法人负责制,管理模式规范化	53
二、建设管理提前介入,建设理念全盘规划	55
三、采用成套成熟的管理制度,管理措施精细化	58
四、引进先进的管理软件,管理手段现代化	59
第二节 精益求精的质量管理	62
一、质量目标.....	62
二、健全质量管理体系.....	63
三、统一思想 树立精品意识	63
四、管理措施.....	63
五、严格规范的总监理工程师质量管理.....	68
第三节 锐意创新的科研管理	75
一、项目研究工作简介.....	75
二、工程项目的特点.....	77
三、工程项目的创新.....	77
四、科技攻关组织机构.....	77
五、招标.....	77
六、科技攻关合作单位的确定.....	78
七、合同管理.....	78
八、立项课题研究简介.....	78
九、工程技术的结晶.....	81
第四节 周密细致的安全管理	82
一、建设单位安全管理.....	82
二、施工单位安全管理.....	84
第五节 可持续发展的环境保护	92
一、建设项目环境保护措施.....	92
二、施工过程环境保护措施.....	96

第一章 概 况

第一节 建设背景——1999 年以前的湛江

一、基本情况

湛江是我国南方著名的港口城市,是全国首批 14 个沿海对外开放城市之一。

湛江市位于中国大陆的最南端,广东省的西南部,市境包括雷州半岛和半岛以北部分地区,下辖赤坎、霞山、坡头、麻章四个区,徐闻、遂溪两个县,以及雷州、廉江、吴川三个县级市,并先后建立了国家级开发区,湛江经济技术开发区,五个省级开发实验区(东海岛、麻章、海安、九洲江和吴川经济开发试验区)。全市总面积 12 471km²,其中市区 1 460km²,城区 68.8km²。1999 年末,全市总人口 657 万人,其中市区 135.7 万人,属国家一类城市(图 1.1.1)。

二、湛江地理

湛江地处北回归线以南的低纬度地区(东经 110°24′,北纬 21°12′),属热带亚热带海洋性季风气候,冬无严寒,夏无酷暑。年平均温度 22.7~23.3℃,7 月份平均气温 28.9℃,1 月份平均气温 15.6℃。市区极端高温 38.1℃、极端低温 2.8℃。雨量较充沛,年均雨量 1 417~1 802mm。夏秋之间热带风暴和台风较为频繁,尤以 8、9 两月为多,最大风力可在 12 级以上。年平均雷暴日数 18 天。

湛江陆地地势平坦,红土壤占总面积的一半。现有耕地 519 万亩,林地 450 万亩。河流主要有雷州市境内的南渡河(88km),九洲江流经廉江境内(89km),鉴江流经吴川境内(46km)。地表水较缺,但地下水资源十分丰富。陆上矿产资源有金、银、硫铁矿、瓷土、石英砂、花岗岩、玄武岩等,尤其是高岭土、硅藻土、膨润土、泥炭土等非金属矿产的储量和品质居全省前列。湛江三面环海,港湾优良,岛屿多,滩涂广,海洋矿产及水产资源丰富,是广东乃至全国的海洋大都市。

三、湛江经济

经过 50 年建设,特别是改革开放 30 年来的发展,湛江经济已有了一定的规模。1999 年全市国内生产总值 379.73 亿元。工业已建立了制糖、家电、机械、电子、采矿、化工、建材、食品、纺织、医药、造纸、饲料的 30 多个行业。主要工业产品有原油、原盐、复合肥、水泥、特种纸、电动工具、仪表、服装、布料、电饭提、羽绒制品、药品、薄膜、聚苯乙烯、钢管等。商业已形成对广东西部及周边省市的较强的辐射力,尤其是服装制品、农副产品、海产品和各类进出口产品市场活跃。农作物以甘蔗、水稻、花生、甘薯为主,大宗特色的经济作物有橡胶、胡椒、香茅、剑麻及亚热带水果、瓜菜,这里是广东省著名的亚热带农业示范基地。林业亦颇具亚热带特色,

是全国最大的桉树林基地，面积在世界上仅次于澳洲。水产业从传统的海洋捕捞为主转向水产养殖为主，水产品总量连续多年居全省首位。畜牧业以发展雷州黄牛、徐闻山羊为特色，成为全国非牧区的著名畜牧基地。

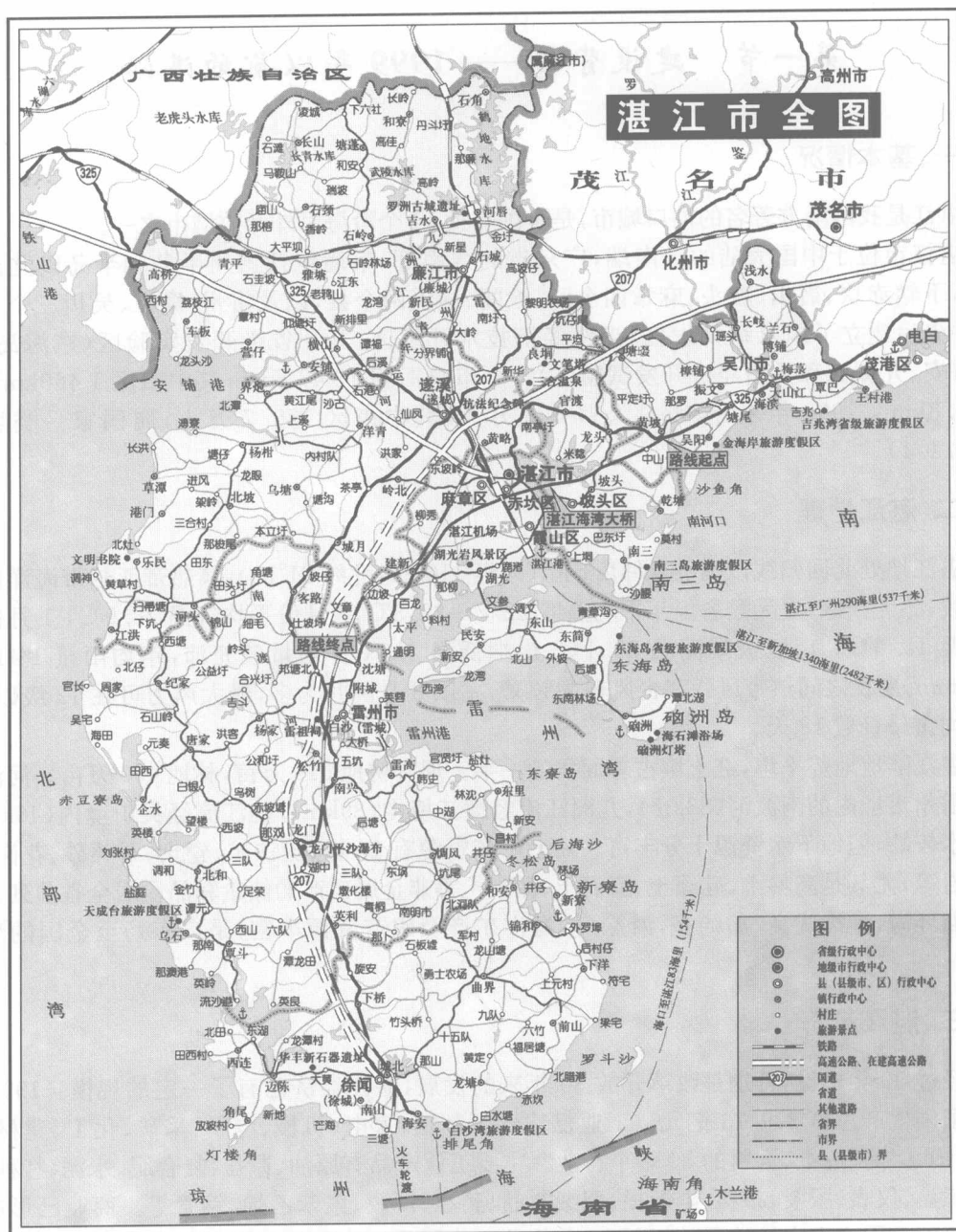


图 1.1.1 湛江市全图

四、湛江教育

湛江拥有广东医学院、湛江海洋大学、湛江师范学院、教育学院、广播电视大学等高校及中专 16 所,位居广东地级市之首。高校能培养硕士研究生和博士研究生。全市有各级各类科研机构 40 多个。

五、湛江资源和特色

全市拥有交通运输港口码头 22 个,大小泊位 186 个,年吞吐能力超过 3 164 万吨,初步形成了以湛江港为主、环雷州半岛中小港口为辅的相互配套的港口群。湛江港是中国主枢纽港之一,现有泊位 33 个,其中 5 万吨级泊位 25 个,1999 年货物吞吐量 2 264 万吨,年进出港客货轮 2 300 多艘次。港内的东海岛蔚律港有水深 26~42m,可建 30 万吨级货轮 50 万吨油轮泊位的海岸线 6.5km。

全市三面环海,五县(市)四区都临海,海岸线长达 1 556km,居全国地级市之首,占广东省海岸线的 46%。有港湾 101 处,最大的为湛江港湾和雷州湾。全市有大小岛屿 30 个,其中东海岛面积 286km²,为全国第五大岛。市沿海滩涂广阔,10m 等深线海滩涂面积 733.8 万亩,占广东省的 48%。可供常年进行捕捞生产的渔场有北部湾和粤西近海渔场,面积 15 万平方公里。

湛江市水产资源丰富。经济鱼类有 21 目 120 科 371 属 520 余种,主要有金钱鱼、带鱼、沙丁鱼、马鲛鱼等。全年对虾养殖超过 24 万亩,产量 2.43 万吨,占全省对虾产量 60%。雷州半岛盛产的南珠闻名全国,1999 年养殖珍珠 5.3 万亩,占全国的三分之二。牡蛎年产量 5 万吨,鲍鱼年产量 200t。1999 年,全市水产养殖面积 63 万亩,产量 28.7 万吨,产值 16.25 亿元。

南中国海是世界四大海洋油气聚集中心之一,南海西部则是中国四大海洋油气聚集中心之一。设在湛江市的中国海洋石油南海西部公司所属海域已探明具有生油、储油条件的构造超过 400 个,已找到 9 个油田和 3 个气田,目前已进入大规模的开发。湛江岸带浅海有丰富的矿产资源,已探明总储量为 525 万吨。湛江是广东盐业的主产区,全市已开发盐田 3 890hm²,尚有可待开发的盐田 6 000hm²。

湛江地处热带、亚热带的过渡地区,光热资源充足,可大量开发许多其他地区不能种植的热带亚热带作物。目前,湛江是全国重要的蔗糖产区,拥有全国最大的桉树、剑麻生产基地,还盛产北运蔬菜和多种优质水果。

六、湛江工业和产业

湛江依托上述资源优势,加快发展步伐,跻身全国城市综合实力 50 强。工业以石油天然气开采、制糖业、石油加工业、汽车制造业、电力生产行业为主,拥有工业企业 1200 多个,其中中国有大中型企业 85 个。农业生产向产业化推进、形成蔗糖、远洋捕捞、海水养殖、优质肉牛、北运蔬菜、短轮伐期商品林等一批较有规模生产基地。海洋产业迅速发展,1999 年海洋产业产值占全市国内生产总值的 20%。对外开放日益扩大,已同 60 多个国家和地区建立了贸易关系,在市内开业投产外资企业 589 家。区域经济合作不断加强,特别是与大西南的经贸往来与合作有较大发展,先后与贵阳、成都、昆明等城市结成友好城市。