

《福建省海湾数模与环境研究》项目系列专著

主 编：刘修德 副主编：李 涛

福建省海湾围填海规划 水动力影响评价

鲍献文 乔璐璐 于华明 等◎编著



科学出版社

www.sciencep.com

《福建省海湾数模与环境研究》项目系列专著

主 编：刘修德 副主编：李 涛

福建省海湾围填海规划 水动力影响评价

鲍献文 乔璐璐 于华明 等◎编著

Hydrodynamic Impact Assessment of
Reclamation Planning in the Bays of
Fujian Province

科 学 出 版 社
北 京

内 容 简 介

本书运用系统科学思想,借助海洋学、环境学、地理学的理论和方法,建立以水动力、污染物扩散及悬沙输运数值模型为基础的综合评价体系,以福建省13个海湾历史围填海活动和未来围填海规划需求为主线,分析和评价各海湾围填海活动和规划对海湾纳潮量、潮汐潮流、水交换能力以及泥沙冲淤等的影响。

本书可供从事海洋数值模型、海洋环境保护及海域使用规划等工作的科研和管理人员及大专院校学生参考。

图书在版编目(CIP)数据

福建省海湾围填海规划水动力影响评价/鲍献文等 编著. —北京:科学出版社, 2008

(《福建省海湾数模与环境研究》项目系列专著)

ISBN 978-7-03-021698-4

I. 福… II. 鲍… III. 填海造地-水动力学-环境影响-评价-福建省
IV. TU982.257 X820.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 055437 号

责任编辑:胡升华 李晓华 卜 新 / 责任校对:张怡君

责任印制:钱玉芬 / 封面设计:无极书装

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

北京佳信达艺术印刷有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2008年9月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2008年9月第一次印刷 印张:23 1/2

印数:1—1 800 字数:507 000

定价:140.00 元

如有印装质量问题,我社负责调换

《福建省海湾数模与环境研究》项目顾问及指导组

黄小晶 福建省人民政府省长
刘德章 福建省人大常委会副主任

《福建省海湾数模与环境研究》项目专家组

(按姓氏笔画顺序排列)

于福江	马明辉	王义刚	王长海	王 涛	叶燕贻	许卫忆
刘容子	刘 建	李 炎	杨顺良	肖 天	张珞平	周秋麟
施志群	洪华生	郭小刚	黄秀清	梁玉波	程承彪	鲍献文
窦希萍						

《福建省海湾数模与环境研究》项目系列专著编委会

(按科技项目合同书顺序排列)

主 编: 刘修德

副主编: 李 涛

成 员:

刘容子	杨顺良	鲍献文	张珞平	余兴光	乔方利	陈 尚
杨益生	陈 彬	王义刚	张金善	蒋文芳	陈 伟	池 宏
杨圣云	杨永增	潘伟然	万 艳	李荣欣	胡建宇	魏泽勋
叶剑平	柯淑云	王闽生	赖晓暄	张俊安	苏国华	周秋麟
江毓武	许珠华	黄秀清				

《福建省海湾围填海规划水动力影响评价》

编 委 会

主 编 鲍献文

副主编 乔璐璐 于华明

编 委 (按汉语拼音排序)

鲍献文 高志刚 韩树宗

李 涛 梁湘波 乔璐璐

苏国华 杨顺良 于华明

海，是福建的“半壁江山”。福建省海域面积 13.6 万 km^2 ，比陆地面积大 12%。福建省大陆海岸线总长 3 752km（2007 年新修测），居全国第二位；海岸线曲折率 1:6.21，居全国首位。“渔、港、景、能”等各类海洋资源十分丰富。对于位置临海、发展靠海、优势在海的福建来说，保护好海洋、利用好海洋、开发好海洋具有非凡的意义。

近年来，随着港口、修造船、电力、石化等临海工业的大规模建设，福建人多地少的矛盾日益突出，向海洋要发展、要空间、要后劲，成为福建沿海地区经济发展的重要战略取向。这一战略取向，导致福建省围填海需求剧增，海洋资源环境保护压力加大。如何科学利用海洋资源、保护海洋环境、促进海洋经济可持续发展，事关长远，牵动大局，成为各级党委、政府领导思考的重大问题。2005 年 1 月，福建省人民政府省长黄小晶在听取全省海洋功能区划修编工作汇报时，针对福建省围填海造地需求与海洋资源环境保护矛盾日益突出的情况，从落实科学发展观和建设海洋经济强省的战略高度出发，高瞻远瞩地提出福建省海洋与渔业局要对全省重点海湾开展数值模拟与环境研究，科学合理地实现和保障福建省海湾优势资源的可持续开发利用，为重点海域海洋经济发展、环境综合整治规划与实施、海洋生态环境保护等方面的政府决策提供服务和技术支撑。

随后，福建省海洋与渔业局认真组织实施，邀请了国内十余家高水平科研机构 and 高校的一大批业内一流专家、学者和科研人员成立了海湾数值模拟与环境研究项目联合研究课题组，福建省内外十余位海洋、数模等学科知名专家组成海湾数值模拟与环境研究项目技术指导与监督管理专家组，通过大量的调研和论证，将研究确立为海湾数值模拟与环境研究项目。两年多来，海湾数值模拟与环境研究项目联合研究课题组在福建省各级政府和各涉海部门的全力配合下，在海湾数值模拟与环境研究项目技术指导与监督管理专家组的具体指导下，集

思广益，群策群力，攻坚克难，精益求精，顺利完成了海湾数值模拟与环境研究项目。2007年4月，海湾数值模拟与环境研究项目通过了中国科学院院士刘瑞玉和中国工程院院士袁业立等专家组成的海湾数值模拟与环境研究项目成果评审验收组的总评审和验收。海湾数值模拟与环境研究项目成果评审验收组对研究成果给予高度评价，认为其中许多方面属国内外首创，研究成果总体达到国际先进水平，可作为政府决策依据，具有向全国推广的价值。这次研究有三个突出特点：一是首次全面、系统、科学地总结福建省海洋资源开发利用和生态环境保护的经验教训，研究规划未来发展方向。二是首次以实施重大科技项目、整合国内一流海洋科技力量的方式开展研究，使福建省科技创新直接服务海洋强省战略和政府科学决策，使海洋科技在关键领域达到国际先进水平。三是突出了“发展主题”、“保障重点”和“因地制宜”的围填海原则，着力协调处理好海洋开发中的海洋自然属性与社会属性、局部与全局、近期和远期的关系。目前，研究成果已广泛应用于省、市两级的涉海规划和环境评价项目，其科学性、实用性在理论和实践上都得到了充分的印证。

为更好地总结研究成果，深入贯彻落实福建省委、省政府建设海洋强省的战略部署，促进海湾资源的可持续利用，加快建设海洋经济强省步伐，为海峡西岸经济区发展与繁荣做出新的、更大的贡献，为福建省各级部门在海洋开发方面的科学决策提供服务，海湾数值模拟与环境研究项目联合研究课题组经认真研究整理，出版了《福建省海湾数模与环境研究》项目系列专著。

海湾数值模拟与环境研究项目得到了福建省各级部门的大力支持和帮助，尤其是福建省海洋与渔业局海湾数模项目办公室（资源环境保护处）有关同志为海湾数值模拟与环境研究项目付出了大量辛勤的劳动，在此特别感谢。

由于海湾数值模拟与环境研究项目中的许多内容在国内外尚属首次发表，没有经验可以借鉴，研究的深度和水平有限，难免有不足之处，敬请大家指正。

海湾数值模拟与环境研究项目
联合研究课题组
2008年7月

福建省位于我国东南沿海,海岸线总长 3 324km,居全国第二位。海岸线直线长度 535km,曲折率 1:6.21,居全国首位。沿岸形成大小海湾 125 个。其中,深水海湾 22 个,可建 5 万 t 级以上深水泊位的海湾 7 个,约占全国的 1/6。沿海分布着面积 500m² 以上的岛屿 1 546 个,岛屿总面积约 1 400km²,岛屿岸线总长 2 804km,海洋国土面积 13.6 万 km²,占据福建省国土的“半壁江山”,拥有“渔、港、景、油、能”五大优势资源。一方面,随着高速公路、沿海大通道、沿海铁路以及港口的建设完善,海洋开发的前景将十分广阔,全省大部分重要工业企业和人口也集中在沿海地区,突显其日益重要的经济地位和战略意义;另一方面,随着社会和经济的发展,近岸海域生态环境面临着诸多的威胁和挑战,社会和经济的高速发展给近岸海域带来了严重的资源和环境压力。

福建省人多地少,沿海地区土地资源十分缺乏,人均耕地仅 0.5 亩(有的地区甚至不足 0.3 亩),低于全国平均水平,更低于联合国粮农组织规定的人均耕地 0.8 亩的警戒水平。长期以来,福建省一直把围填海造地作为解决沿海耕地资源贫乏、实现耕地资源占补平衡的重要途径。至 2000 年底,全省共建成大小围垦工程 973 处,总面积为 8.69 万 hm²,“十五”期间组织兴建大、中型围垦工程 16 处,总面积为 1.8 万 hm²。到 2005 年,全省围垦面积约 10 万 hm²。围填海造地应用于城市建设和工农业生产,在一定程度上缓解了经济发展与建设用地不足的矛盾,带来社会和经济效益。但是,我们也注意到大规模的围海造地不仅减少纳潮量,引起部分港池航道淤积,也造成大面积的河口和滨海湿地丧失。许多濒危水禽失去了赖以生存和繁衍的场所,湿地生态系统面临衰退的严重威胁。

福建省的围填海大多是在半封闭的非淤积型海湾内的滩涂地带进行。这些滩涂是不可再生的资源,一旦围垦,港湾面积就缩小,甚至消失。围垦缩小了港湾面积,导致港湾水交换能力下降,造成新的淤

积(一般在大坝合龙后10年,堤外新淤面积可相当于原来的围垦面积),逐渐挤占航道,促使航道变浅、变窄,导致港口功能萎缩。由于海湾面积缩小,海水自净能力减弱,加剧了海湾的污染累积,导致赤潮频发。围垦还使一些沙滩消失,破坏滨海旅游资源。围垦对渔业资源的破坏是严重的,许多海湾原来是鱼、虾、贝类的产卵场或索饵场。例如,闽东的三都澳、官井洋,闽南的浯屿、青屿、将军澳等都是大黄鱼的产卵场;闽江、九龙江是香鱼幼鱼和成鱼溯河和降河的通道;兴化湾、湄洲湾、官井洋和厦门湾是蓝点马鲛的主要产卵场;带鱼、鲈鱼、鳗鱼等也在沿岸洄游,并进入一些海湾生殖产卵;福鼎的小白露及附近的海湾是乌贼的产卵场;福清的海口,港头的沁前、嘉儒等原是蛭苗产区;霞浦的盐田、福清的鳌头等是蛤苗产区;霞浦的福宁湾是尖刀蛭的产区;泉州湾和深沪湾是江珧的产区。筑堤围垦使这些产卵场、种苗场几乎损失殆尽,导致海洋生物多样性下降,破坏了海洋生态系统。筑堤围垦、填海造地又造成新的水土流失,加剧海洋生态环境的恶化。

随着福建沿海经济持续快速发展,沿海城镇不断扩张,电力、钢铁、石化等临海工业大规模建设,土地后备资源贫乏必将继续成为制约社会经济可持续发展的重大问题,对土地资源的需求已经引发新一轮的大规模围海造地热潮。2005年1月修编的《福建省海洋功能区划》确定围填海预留区面积为 1.3万 hm^2 ,而沿海各市提出的围填海需求则远大于上述规模,达 4.47万 hm^2 。各海湾已围填面积加上近期和中长期需求,围填面积将占全省13个主要海湾海域总面积的23%。其中,罗源湾占49%,湄洲湾占37%,旧镇湾占37%,东山湾占32%,沙埕港占32%,诏安湾占31%,泉州湾占29%,三沙湾占25%。如果都按上述需求实施,将严重威胁福建省独特而珍贵的港口资源、渔业资源和旅游资源,并带来严重的海洋环境、生态环境问题,从而影响福建省社会和经济的可持续发展。

新一轮的大规模围填海造地热潮引起福建省领导及有关部门的高度重视。福建省领导从全省人民的长远利益出发,深刻认识到围填海等用海需求的利弊关系,高瞻远瞩地提出要以科学为依据,指示应对全省重要海湾开展数学模型研究,要求福建省海洋开发管理领导小组要将数学模型与海洋环境容量等综合研究方法相结合,科学合理地保护福建省港口资源的可持续开发利用,保护好海洋生态环境。同时,还要根据福建省实际情况,为社会经济发展规划出可供开发的空間,为重点海域海洋经济发展、环境综合整治规划与实施、生态环境保护提供决策和技术支持。

为此,福建省海洋开发管理领导小组办公室组织专家编制了《福建省主要海湾及毗邻海域数值模拟与环境研究工作方案》,针对福建13个重要海湾(沙埕港、三沙湾、罗源湾、闽江口、福清湾及海坛峡、兴化湾、湄洲湾、泉州湾、深沪湾、厦门湾、旧镇湾、东山湾、诏安湾)在全国范围内进行招标,开展海湾数值模拟与环境研究工作。中国海洋大学负责沙埕港、罗源湾,河海大学负责三沙湾,南京水利科学研究院负责闽江口,厦门大学负责福清湾、厦门湾和深沪湾,国家海洋局第三海洋研究所负责兴化湾、诏安湾,福建省港航勘察设计院、国家海洋局第三海洋研究所负责湄洲湾,国家海洋局第一海洋研究所负责泉州湾、旧镇湾和东山湾。历时一年,各承担单位完成了福建省主要海湾数值模拟与环境研究工作。

本书在上述13个海湾数值模拟研究报告基础上经系统加工而成。

福建省重点海湾围填海的数值模型研究,无论在科学研究方面还是在实际应用方面均体现了一定的创新性,主要表现在以下几方面:

(1) 系统开展了福建省 13 个海湾水动力和泥沙运动特征的观测和模拟研究。

同步开展了 13 个海湾水动力和泥沙方面的现场观测,首次系统测量和计算了 13 个海湾湾口的水通量,为研究海湾的水交换、水动力特征及泥沙分布提供了第一手实测资料。采用若干技术,创造性地建立和发展了适合高潮差、多滩涂的海湾数值模型,系统研究了福建省 13 个海湾的潮汐水流、海浪、泥沙运动等特征和规律。

(2) 系统定量分析了福建省主要海湾历史围填海活动对海湾水动力及泥沙冲淤的影响。

系统分析了福建省 13 个主要海湾历史围填海状况,采用数值模拟技术研究了福建省 13 个主要海湾历史围填海对海湾水动力、海湾水交换能力、纳潮量、潮流以及泥沙淤积变化的累积影响,定量给出了厦门湾、福清湾和沙埕港三海湾所有历史围填海对海湾水动力要素和泥沙淤积量的影响,给出了三沙湾、罗源湾、兴化湾、湄洲湾、泉州湾、东山湾等历史上重要围填海工程或组群对海湾水动力要素和泥沙淤积量的影响。这是我国首次就海湾历史围填海活动进行的水动力、泥沙等定量累积影响研究,为全面、科学认识围填海对海湾环境的影响提供了案例和研究方法。

(3) 创造性地提出围填海活动对海湾水动力和泥沙淤积影响的科学评价指标体系。

以海洋数值模拟技术为基础,针对围填海活动的特点,创造性地提出了一套科学评估围填海对海湾水动力和泥沙淤积影响的评价指标及评价体系,并在福建 13 个海湾进行了成功应用和完善。通过项目的实施,形成了较为完善和成熟的围填海评价工作方案和 workflow,为全国的围填海规划评价提供示范。

由于参加单位多,项目承担单位方方面面的研究深入程度不尽相同,各具特色。由于篇幅有限,本书主要依据福建省海洋开发管理领导小组办公室组织编制的技术导则所规定的基本内容进行编撰,不能涵盖各承担单位在福建海湾数值模型研究中的全部工作。本书插图均采用承担单位提交的技术报告。受编者水平限制,本书肯定存在一些不妥甚至错误之处,望大家批评指正。

鲍献文

2008 年 6 月

总序

前言

第1章 海湾自然环境概况	1
1.1 海湾自然环境概况	1
1.1.1 地理位置与区位条件	1
1.1.2 自然环境条件	1
1.1.3 主要海洋资源及开发利用现状	5
1.2 各主要海湾概况	10
1.2.1 沙埕港概况	10
1.2.2 三沙湾概况	11
1.2.3 罗源湾概况	12
1.2.4 闽江口概况	12
1.2.5 福清湾及海坛峡概况	13
1.2.6 兴化湾概况	14
1.2.7 湄洲湾概况	15
1.2.8 泉州湾概况	16
1.2.9 深沪湾概况	17
1.2.10 厦门湾概况	18
1.2.11 旧镇湾概况	19
1.2.12 东山湾概况	20
1.2.13 诏安湾概况	21
第2章 海湾围填海数值模型概述	23
2.1 潮流模型	23
2.1.1 二维模型	23
2.1.2 三维模型	24
2.2 水质模型	25
2.2.1 二维水质模型	25
2.2.2 三维水质模型	26

2.3 泥沙模型	27
2.3.1 二维泥沙输运模型	27
2.3.2 三维泥沙输运模型	28
2.4 波浪模型	29
2.4.1 SWAN/SMS 海浪模型	29
2.4.2 LAGFD-WAM 海浪模型	30
2.4.3 基于扩展缓坡方程的海浪模型	31
2.4.4 GLERL 波浪模型	32
2.5 模型选用	34
第3章 模型的建立和验证	35
3.1 模型的计算区域	35
3.2 模型的配置	42
3.3 模型参数的选择	43
3.4 模型验证	46
3.4.1 沙埕港	46
3.4.2 三沙湾	47
3.4.3 罗源湾	49
3.4.4 闽江口	50
3.4.5 福清湾	52
3.4.6 兴化湾	53
3.4.7 湄洲湾	55
3.4.8 泉州湾	56
3.4.9 深沪湾	58
3.4.10 厦门湾	59
3.4.11 旧镇湾	60
3.4.12 东山湾	62
3.4.13 诏安湾	63
3.5 基本结论	65
第4章 海湾围填海数值模型的评价体系	66
4.1 工况设计	66
4.1.1 工况设计的基本原则	66
4.1.2 工况设计的技术与方法	66
4.1.3 海湾围填海工况	67
4.2 敏感评价点位的选择	79
4.2.1 基本原则	79
4.2.2 敏感点位的分布	80
4.3 模型结果的评价指标	90
第5章 围填海数值模型评价要素的计算和现状分析	92
5.1 纳潮量	92

5.1.1	纳潮量的计算及评价方法	92
5.1.2	各海湾纳潮量现状	92
5.2	流场	93
5.2.1	流场评价要素	93
5.2.2	海湾流场现状	93
5.3	水交换能力	102
5.3.1	水交换率计算方法	102
5.3.2	海湾现状下水交换情况	103
5.4	泥沙冲淤	111
5.4.1	评价要素的计算	111
5.4.2	海湾泥沙运动现状	111
5.5	海湾动力环境现状小结	125
第 6 章	典型围填海活动的回顾性评价	127
6.1	回顾性评价的工况选择	127
6.1.1	典型围填海工程选取原则	127
6.1.2	典型围填海工程概况	127
6.2	回顾性工况评价要素结果分析	128
6.2.1	沙埕港	129
6.2.2	三沙湾	131
6.2.3	罗源湾	131
6.2.4	闽江口	133
6.2.5	福清湾	135
6.2.6	兴化湾	137
6.2.7	湄洲湾	142
6.2.8	泉州湾	143
6.2.9	深沪湾	146
6.2.10	厦门湾	150
6.2.11	旧镇湾	154
6.2.12	东山湾	157
6.2.13	诏安湾	158
6.3	回顾性评价结论	159
第 7 章	围填海工况的预测性评价及工况优选	163
7.1	预测工况评价要素结果分析	163
7.1.1	沙埕港	163
7.1.2	三沙湾	170
7.1.3	罗源湾	181
7.1.4	闽江口	194
7.1.5	福清湾	209
7.1.6	兴化湾	221

7.1.7	湄洲湾	233
7.1.8	泉州湾	243
7.1.9	深沪湾	250
7.1.10	厦门湾	261
7.1.11	旧镇湾	275
7.1.12	东山湾	283
7.1.13	诏安湾	288
7.2	预测性评价主要结论	300
第8章	极端事件对于优选工况的影响	303
8.1	技术方法	303
8.1.1	资料来源	303
8.1.2	计算方法	303
8.2	模拟工况	304
8.3	台风极端增水	304
8.3.1	沙埕港	304
8.3.2	三沙湾	305
8.3.3	罗源湾	306
8.3.4	闽江口	307
8.3.5	兴化湾	307
8.3.6	湄洲湾	308
8.3.7	泉州湾	309
8.3.8	深沪湾	309
8.3.9	旧镇湾	311
8.3.10	东山湾	311
8.3.11	诏安湾	311
8.3.12	小结	313
8.4	百年一遇台风极端增水条件下泥沙运移	313
8.4.1	沙埕港	314
8.4.2	三沙湾	314
8.4.3	罗源湾	314
8.4.4	闽江口	315
8.4.5	福清湾	316
8.4.6	兴化湾	317
8.4.7	湄洲湾	318
8.4.8	泉州湾	319
8.4.9	深沪湾	319
8.4.10	厦门湾	321
8.4.11	旧镇湾	322
8.4.12	东山湾	322

8.4.13 诏安湾	322
8.4.14 小结	325
8.5 百年一遇极端增水条件下冲淤	326
8.5.1 沙埕港	326
8.5.2 三沙湾	327
8.5.3 罗源湾	327
8.5.4 闽江口	327
8.5.5 福清湾	328
8.5.6 兴化湾	329
8.5.7 湄洲湾	330
8.5.8 泉州湾	330
8.5.9 深沪湾	331
8.5.10 厦门湾	332
8.5.11 旧镇湾	333
8.5.12 东山湾	333
8.5.13 诏安湾	335
8.5.14 小结	335
8.6 洪水期最大悬浮泥沙输入冲淤变化分析	336
8.6.1 三沙湾	336
8.6.2 闽江口	336
8.6.3 泉州湾	337
8.6.4 东山湾	338
8.7 讨论	339
第9章 建议	340
参考文献	341

图 3-1	各海湾的数值模型研究区域	42
图 3-2	沙埕港数模验证情况	47
图 3-3	三沙湾数模验证情况	48
图 3-4	罗源湾数模验证情况	50
图 3-5	闽江口数模验证情况	52
图 3-6	福清湾数模验证情况	53
图 3-7	兴化湾数模验证情况	55
图 3-8	湄洲湾数模验证情况	56
图 3-9	泉州湾数模验证情况	58
图 3-10	深沪湾数模验证情况	59
图 3-11	厦门湾数模验证情况	60
图 3-12	旧镇湾数模验证情况	61
图 3-13	东山湾数模验证情况	63
图 3-14	诏安湾数模验证情况	65
图 4-1	工况设计工作流程图	67
图 4-2	沙埕港各工况位置示意图	73
图 4-3	三沙湾各工况位置示意图	73
图 4-4	罗源湾各工况位置示意图	74
图 4-5	闽江口各工况位置示意图	74
图 4-6	福清湾各工况位置示意图	75
图 4-7	兴化湾各工况位置示意图	75
图 4-8	湄洲湾各工况位置示意图	76
图 4-9	泉州湾各工况位置示意图	76
图 4-10	深沪湾各工况位置示意图	77
图 4-11	厦门湾各工况位置示意图	77
图 4-12	旧镇湾各工况位置示意图	78
图 4-13	东山湾各工况位置示意图	78

图 4-14	诏安湾各工况位置示意图	79
图 4-15	沙埕港敏感点位分布图	80
图 4-16	三沙湾敏感点位分布图	81
图 4-17	罗源湾敏感点位分布图	81
图 4-18	闽江口敏感点位分布图	83
图 4-19	福清湾敏感点位分布图	84
图 4-20	兴化湾敏感点位分布图	85
图 4-21	湄洲湾敏感点位分布图	86
图 4-22	泉州湾泥沙冲淤及流速特征点位	87
图 4-23	深沪湾敏感点位分布图	88
图 4-24	厦门湾敏感点位分布图	88
图 4-25	旧镇湾泥沙冲淤及流速特征点位	89
图 4-26	东山湾水动力模型特征点位	89
图 4-27	诏安湾流速、冲淤变化对比点以及 2 块水体划分范围（黑线）示意图	90
图 5-1	沙埕港现状下落急流场	96
图 5-2	三沙湾现状下落急流场	96
图 5-3	罗源湾现状下落急流场	97
图 5-4	闽江口现状下落急流场	97
图 5-5	福清湾现状下落急流场	98
图 5-6	兴化湾现状下落急流场	98
图 5-7	湄洲湾现状下落急流场	99
图 5-8	泉州湾现状下落急流场	99
图 5-9	深沪湾现状下落急流场	100
图 5-10	厦门湾现状下落急流场	100
图 5-11	旧镇湾现状下落急流场（色标代表水位）	101
图 5-12	东山湾现状下落急流场	101
图 5-13	诏安湾现状下落急流场	102
图 5-14	沙埕港 30 天水交换率分布图	105
图 5-15	三沙湾 30 天水交换率分布图	105
图 5-16	罗源湾 30 天水交换率分布图	106
图 5-17	闽江口 30 天水交换率分布图	106
图 5-18	福清湾 30 天水交换率分布图	107
图 5-19	兴化湾 30 天水交换率分布图	107
图 5-20	泉州湾 30 天水交换率分布图	108
图 5-21	厦门湾 30 天水交换率分布图	108
图 5-22	旧镇湾 30 天水交换率分布图	109
图 5-23	东山湾 30 天水交换率分布图	109
图 5-24	深沪湾 30 天水交换率分布图	110
图 5-25	诏安湾 30 天水交换率分布图	110