



我国近海海洋综合调查与评价专项 成果
福建省主要海湾数模与环境研究项目
“十二五”国家重点图书出版规划项目

福建省海湾数模 与环境研究

—— 诏安湾

刘修德 主编

陈伟 陈彬 等著

 海洋出版社



福建省科学技术厅 福建省海洋与渔业厅 福建省
发展和改革委员会 福建省住房和城乡建设厅
“互联网+” 福建省海洋与渔业厅 福建省

福建省海湾数模 与环境研究

——诏安湾

福建省海洋与渔业厅

福建省住房和城乡建设厅

福建人民出版社

福建省海湾数模与环境研究 ——诏安湾

刘修德 主编
陈 伟 陈 彬 等著

海洋出版社

2011 年 · 北京

图书在版编目(CIP)数据

福建省海湾数模与环境研究. 诏安湾/陈伟 陈彬等著.
北京:海洋出版社,2011.4

ISBN 978-7-5027-7928-3

I. 福… II. ①陈… III. ①填海造地—区域规划—
环境生态评价—福建省 IV. ①X826

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 229731 号

责任编辑:白 燕

责任印制:刘志恒

海洋出版社 出版发行

<http://www.oceanpress.com.cn>

北京市海淀区大慧寺路 8 号 邮编:100081

北京海洋印刷厂印刷 新华书店北京发行所经销

2011 年 4 月第 1 版 2011 年 4 月第 1 次印刷

开本:787 mm×1092 mm 1/16 印张:9

字数:216 千字 定价:45.00 元

发行部:62147016 邮购部:68038093 总编室:62114335

海洋版图书印、装错误可随时退换

《福建省海湾数模与环境研究》项目顾问及指导

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
张昌平 福建省人民政府常务副省长
刘 明 福建省人民政府副秘书长

《福建省海湾数模与环境研究》项目专家组

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
肖 天 张珞平 杨顺良 周秋麟 洪华生
郭小刚 施志群 梁玉波 黄秀清 程承彪
鲍献文 窦希萍 (按姓氏笔画顺序排列)

《福建省海湾数模与环境研究》系列丛书编委会

主 编 刘修德

副主编 李 涛

编委会成员

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	(以科技项目合同书顺序排列)				

《福建省海湾数模与环境研究》“诏安湾” 综合研究报告编写组

主要成员	陈 伟	陈 彬	马 丽	俞炜炜	李 佳
	周大成	马志远	王金坑	李荣冠	许金电
	张 军	傅世峰	张继伟		

序

海,是福建省的“半壁江山”。福建省海域面积 13.6 万平方千米,比陆地面积大 12.6%,大陆海岸线总长 3 752 千米,居全国前列;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、利用好、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趋向。这一战略趋向,导致福建围填海需求剧增,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。特别是 2005 年 1 月,福建省政府黄小晶省长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術支撑。

随后,福建省海洋与渔业局认真组织实施,邀请了国内十多家高水平科研机构 and 高校的一大批业内一流专家、学者和科研人员成立了联合研究课题组和省内外十余位海洋、数模等学科知名专家组成的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”。正在开展的福建省“908”专项为配合该项目顺利实施,特地增设了十三个重点海湾环境容量综合调查,获取了十三个海湾的水文气象、化学、生物方面的数据资料,为海湾数模与环境研究项目提供现场补充调查资料。两年多来,联合研究课题组在福建省各级政府和各用海部门的全力配合下,在技术指导与监督管理专家组的具體指导下,集思广益,群策群力,攻坚克难,精益求精,顺利完成了项目研究任务。2007 年 4 月,项目通过了中国科学院刘瑞玉院士和中国工程院袁

业立院士等专家组成的项目成果评审验收组的总评审和验收。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、科学地分析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,实现福建省科技创新直接服务海洋强省战略实施、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到省、市两级的涉海规划和环评项目,其科学性、实用性在理论和实践上都得到了充分的应证。

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和为福建省各级各部门在海洋开发方面的科学决策提供服务,联合研究课题组经认真研究整理,出版了研究系列专著。

项目研究中,国家“908”专项办给予了许多指导,使国家“908”专项港湾调查(福建海湾)成果得到了充分的开发和应用,并成为国家“908”项目的成果之一。

项目研究得到了福建省各级各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(局资源环境保护处)有关同志为本项目付出了大量辛勤的劳动,在此特别感谢。

由于研究在国内外属于首次,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30日

目次

第1章 前 言	(1)
1.1 项目背景	(1)
1.2 研究内容	(2)
1.3 总体技术路线	(3)
第2章 海湾概况	(5)
2.1 海湾自然环境概况	(5)
2.1.1 地理位置及区位条件	(5)
2.1.2 自然环境条件	(5)
2.1.3 主要海洋资源及开发利用现状和前景	(5)
2.2 环海湾社会经济基本情况	(8)
2.2.1 人口与城镇	(8)
2.2.2 周边地区经济概况	(9)
2.3 海湾海洋功能区划	(11)
第3章 海湾围填海活动回顾性评价	(12)
3.1 历史围填海工程	(12)
3.1.1 历史围填海工程概况	(12)
3.1.2 围填区开发利用现状	(12)
3.1.3 围填海活动综合评述	(14)
3.1.4 典型围填海工程概述	(15)
3.2 水动力环境评价	(16)
3.2.1 历史资料分析	(16)
3.2.2 补充调查数据资料分析	(19)
3.2.3 模型建立与验证	(22)
3.2.4 围填前后的动力环境改变	(25)
3.2.5 评价结论	(26)
3.3 环境化学评价	(27)
3.3.1 补充调查数据资料分析	(27)

3.3.2	水质历史资料分析及变化评价	(36)
3.3.3	沉积物质量历史资料分析及变化评价	(39)
3.3.4	评价结论	(41)
3.4	环境容量评价	(41)
3.4.1	污染源分析	(41)
3.4.2	围垦前后环境容量变化计算	(46)
3.5	生物生态环境评价	(46)
3.5.1	补充调查时间及方法	(46)
3.5.2	海洋生物现状评价	(47)
3.5.3	历史资料分析	(58)
3.5.4	围填海活动对生物生态的影响分析	(61)
3.5.5	围填海活动对生态系统服务功能损害的价值评估	(63)
3.5.6	生物生态影响回顾综合分析	(64)
3.6	海域资源影响评价	(64)
3.6.1	诏安湾海洋自然资源历史变化	(64)
3.6.2	围填海活动造成的海洋自然资源价值损失评估	(67)
3.7	社会经济评价	(68)
3.7.1	经济效益评价基本方法	(68)
3.7.2	社会效益评价主要指标	(68)
3.7.3	主要围填海活动的社会经济效益评价	(68)
3.7.4	海湾围填海活动的社会经济效益综合分析	(70)
3.8	围填海综合评价	(70)
3.8.1	综合评价指标体系	(70)
3.8.2	围填海活动的正面效益	(71)
3.8.3	围填海活动产生的负面影响及改进意见	(71)
第4章	围填海项目预测性评价	(73)
4.1	海湾地区经济现状及发展需求	(73)
4.1.1	社会经济及海洋经济发展特征	(73)
4.1.2	地区经济及海洋经济发展预测	(74)
4.1.3	发展需求	(76)
4.2	围填海需求及围填海方案设计	(79)
4.2.1	围填海规划与需求分析	(79)

4.2.2 工况设计	(80)
4.3 各围填海方案水动力环境影响评价	(83)
4.3.1 数值模拟	(83)
4.3.2 评价结论	(93)
4.4 环境容量影响评价	(93)
4.4.1 技术方法与评价指标	(93)
4.4.2 环境容量评估	(95)
4.4.3 环境容量价值评估	(98)
4.4.4 主要污染物的分布预测	(99)
4.4.5 评价结论	(102)
4.5 各围填海方案对海洋化学环境影响分析	(103)
4.6 生态影响评价	(104)
4.6.1 技术方法与评价指标	(104)
4.6.2 各围填海方案对生物生态的影响分析	(104)
4.6.3 各围填海方案损害生态系统服务价值的预测	(107)
4.6.4 各围填海方案对海湾生态环境影响综合评价结论	(109)
4.7 海洋资源影响评价	(112)
4.7.1 围填海活动海洋资源价值损失评价原则和评价方法	(112)
4.7.2 围填海活动造成的海洋自然资源价值损失评估	(113)
4.7.3 各围填海工况海洋资源指标评价结果	(115)
4.8 社会经济影响预测评价	(116)
4.8.1 预测性评价的理论、原则	(116)
4.8.2 技术方法及评价指标	(116)
4.8.3 诏安湾各围填海方案收益估算	(117)
4.8.4 围填海损失估算	(119)
4.8.5 各围填海方案益损比	(120)
4.8.6 各围填海方案社会效益预测性评估	(121)
4.9 围填海方案综合分析	(121)
4.9.1 动力环境预测性评价方案优选	(121)
4.9.2 环境容量预测性评价方案优选	(123)
4.9.3 生态环境预测性评价方案优选	(123)
4.9.4 海洋资源预测性评价方案优选	(123)

4.9.5	社会经济损失预测性评价方案优选	(124)
4.9.6	综合方案优选	(124)
4.9.7	政策建议	(127)
4.10	极端事件评价	(127)
4.10.1	百年一遇台风场的说明	(127)
4.10.2	百年一遇的流场变化	(128)
4.10.3	百年一遇的波浪	(128)
4.10.4	百年一遇的冲淤变化	(130)
第5章	主要结论和建议	(131)
5.1	主要结论	(131)
5.2	存在问题和建议	(133)

第 1 章 前 言

1.1 项目背景

福建省位于我国东南沿海,海洋国土面积 13.6 万 km^2 ,是全省国土的“半壁江山”。福建省大陆海岸线总长 3 752 km,居全国第二位;海岸线直线长度 535 km,曲折率 1:6.21,居全国首位。全省拥有大小海湾 125 个,其中 6 个海湾 22 处岸段可建设 20 万~50 万吨级深水泊位。沿海分布着面积在 500 m^2 以上的大小岛屿 1 546 个,岛屿总面积约 1 400 km^2 ,岛屿岸线总长 2 804 km。

福建省海湾拥有“渔、港、景、油、能”五大优势资源和独特的对台区位优势。随着高速公路、沿海大通道、沿海铁路以及港口的建设与完善,海洋开发前景日益广阔。我国沿海地区土地面积仅占全国的 13.4%,养活了全国 40.2% 的人口,贡献了全国约 60% 的 GDP (2001 年),这个数字也基本反映了福建省的现状,因此沿海地区的可持续经济发展具有重要的战略意义。

福建省人多地少,沿海地区土地资源十分缺乏,人均耕地仅 0.03 hm^2 * (有的地区甚至不足 0.02 hm^2),低于全国平均水平,也远低于联合国粮农组织公布的人均耕地 0.05 hm^2 的警戒水平。随着海峡西岸经济区建设的快速展开、沿海中心城市和城市化建设的加快以及电力、钢铁、石化等临海工业的大规模建设,土地后备资源匮乏必将继续制约福建省社会经济的可持续发展,也必将引发新一轮的大规模围填海热潮。2005 年 1 月修编的《福建省海洋功能区划》区划了 1.3 万 hm^2 的围填海预留区,远低于沿海各市提出的 4.47 万 hm^2 的围填海需求。据初步统计,自 1956 年以来完成的围填海项目,加上未来港口建设和围填海需求,将占全省 13 个主要海湾海域面积的 23%,其中:罗源湾占 49%、湄洲湾占 37%、旧镇湾占 37%、东山湾占 32%、沙埕湾占 32%、诏安湾占 31%、泉州湾占 29%、三沙湾占 25%。

福建省围填海项目大多发生在半封闭的、非淤积型的海湾的滩涂区。围垦导致海湾面积缩小、水交换能力下降和泥沙淤积,最终甚至导致海湾的消失,严重制约港口航运业的发展。同时,海湾面积缩小还会减弱海水自净能力、加剧海湾的污染累积和赤潮的频发。围填海还使一些沙滩消失,破坏滨海旅游资源。围填海对渔业资源,尤其是鱼、虾、贝类的产卵场或索饵场的海湾水域破坏严重。如果要满足所有的围填海需求,福建省独特、不可替代的港口资源、渔业资源和旅游资源将大量丧失,并带来严重的海洋环境和生态问题,影响福建省社会经济的可持续协调发展。

严重的态势已引起福建省领导的高度重视,省领导以科学发展观为指导,从全省人民的长远利益出发,深刻地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决

* 亩为废止单位,1 亩 = 1/15 hm^2 。

策依据,指示应对福建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办公室要用数学模型结合海洋环境等综合研究方法,科学合理地保护港口资源和海洋生态资源的可持续开发利用,同时还要根据省情,为社会经济发展规划出可供开发的空间,为重点海域的经济发展、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。

福建省海洋开发管理领导小组办公室委托国家海洋局第三海洋研究所开展“福建省海湾数模与环境研究项目(诏安湾)”的研究,项目合同于2006年2月签订。该项目采用数学模型的方法,建立诏安湾水动力、悬沙和水质的数值模型,结合海洋生态环境和社会经济评价,分析各类围填海规划对诏安湾港口航运、海水养殖和海洋生态环境的影响,综合评估各围填海方案,为诏安湾的海洋资源开发利用、海洋环境保护和海域使用管理提供科学依据。

1.2 研究内容

在项目数模研究区域的东边界位于古雷头西南延线,南边界为龙屿的东南延线(图1-1)。而生态环境和资源的研究范围主要在海湾内,即为南起东山岛西南角至宫口半岛南端连线、北至整个诏安湾。东山岛西南角至宫口半岛南端连线与海洋功能区划中的诏安湾2个界点坐标一致。

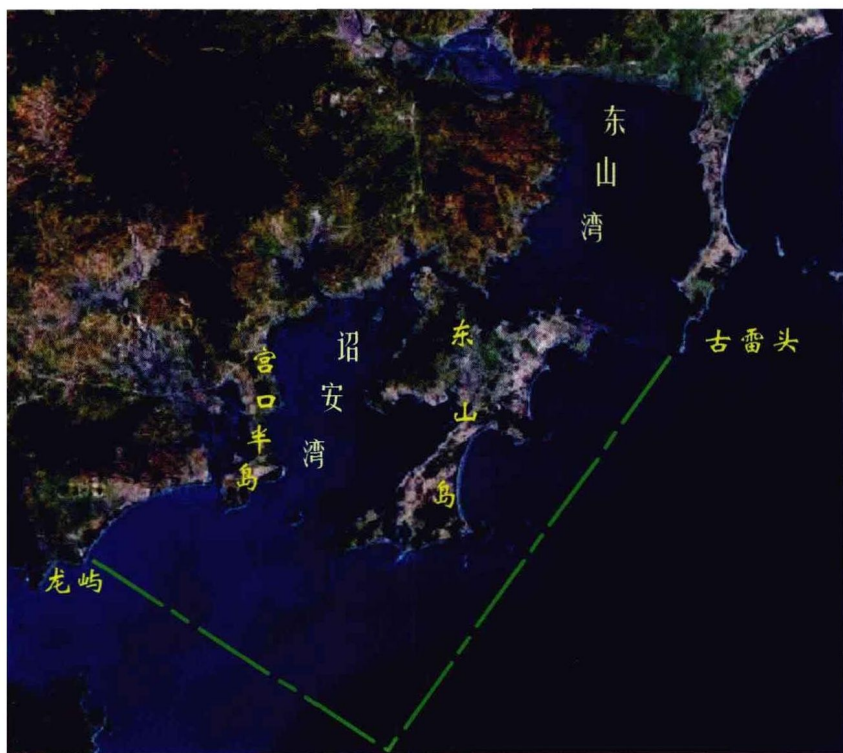


图1-1 诏安湾研究范围示意图

在上述研究海域的范围内,开展了《福建省主要海湾数模与环境研究技术方案导则》中

规定的9项研究内容。

(1)收集和购买相关的调查资料与数据,并进行质量控制与分析。分析已有资料和数据是否满足研究需要,提出需补充现场实测、调查的项目、内容和方案。

(2)利用历史与补充调查资料及数据,开展主要围填海项目对海洋资源(港口、盐业、旅游、湿地等资源)、海洋生态环境及社会经济等影响的回顾性评价。

(3)采用数值模型方法,模拟预测主要海湾港口建设和围填海项目的实施对水动力(潮流)条件的影响。

(4)采用数值模型方法,模拟预测港口建设和围填海项目的实施对海湾悬沙运移、海床冲淤变化及其对港口和航道资源的影响。

(5)采用数值模型方法,模拟预测主要海湾港口建设和围填海项目的实施对海湾纳污能力的影响,主要的研究工作有:①预测各海湾纳潮量的改变值;②预测各海湾与外海水体交换能力的变化情况;③预测在建和已批项目所造成的海湾主要污染物浓度变化量。

(6)根据沿岸泥沙运动研究结果,开展主要海湾毗邻海域拟围填海项目选址的初步研究。

(7)围填海规划方案的海洋生态影响预测与评价,包括海洋动力条件改变导致的生境变化及生态影响和海湾纳污能力改变的生态学影响。

(8)在主要海湾开展海域资源与环境价值评估的初步研究及围填海项目的环境经济效益分析与综合评价。

(9)依据上述研究结果,综合评价主要海湾的开发利用方向,提出港口开发和围填海规划方案,为海洋功能区划修编及编制《福建省海洋功能区环境质量控制规划》提供科学依据。

1.3 总体技术路线

本项目自2006年2月签订合同以来,围绕着诏安湾的围填海规划以及海洋环境、生态、经济现状等开展了多学科的、历史时间跨度较大的调查和研究工作,主要进行了资料收集与整理、现场补充调查与分析、历史围填海项目的回顾分析等工作,并进行了10个围填工况的设计工作,在数模的建立和验证之后,进行了历史围填的简单模拟,并预测10个围填工况未来的环境变化,并且采用生态学和经济学的分析方法研究围填海项目的可行性。

1) 资料收集

收集了6个方面的资料,包括:海洋水文与气象;底质、泥沙、径流、岸线和水深;海洋化学、水质监测和海域污染;海洋生物和生态;社会经济资料;本区域相关的围填、排污、港口建设规划和工程论证资料等。

2) 现场补充观测和分析

本项目的现场补充观测与福建省近海海洋综合调查与评价(“908”专项)合为一体。调查项目既为“908”专项的调查内容,也同时为本项目的研究提供环境现状的基础资料。现场调查进行了冬季和夏季各二个航次(大潮、小潮)的现场补充调查观测,取得了大量的实

测数据,对摸清水文动力、海水水质底质现状和生物生态现状提供了丰富的资料,为本项目的数模验证提供了同步观测数据,为模型的计算提供了准确的边界条件。

3) 历史围填海项目的回顾性评价

利用历史与补充调查资料及数据,开展主要围填海项目对海洋环境要素(包括水动力、化学、生物、底质等)、海洋资源(港口、盐业、旅游、湿地等资源)、海洋生态环境及社会经济等影响的回顾性评价。

4) 未来 10 种围填工况的方案设计

设计围填方案时,依据福建省海洋功能区划(2005 年)、沿海滩涂围垦规划(2001—2020 年)和港口发展规划等,提出了 7 个可能的围填项目。并根据研究目的,组合成 10 个计算工况,以便详细研究各个围填项目的可行性。10 个工况组合设计合理,并且考虑了八尺门海堤打通的可能性,为研究诏安湾的环境变化和围填活动的关系提供了可能。在围填方案设计时,现状指的是 2005 年 9 月的海湾现状,已批在建工程指的是截至 2006 年 5 月的工程项目。

5) 数值模式的建立、检验与预测计算、分析

建立了潮汐、潮流、悬沙运动、水交换、水质 COD 浓度分布和波浪响应的数值模型,其中潮动力用三维模式,悬沙、水质、水交换和波浪用二维模式,并进行了与现场实测的对比验证。此次现场补充观测未安排波浪观测,故无法进行波浪模型的验证。用验证后的模型开展 10 个围填工况的预测研究,并且进行了部分回顾模拟研究,即研究典型的大规模历史围填未发生前的水动力条件,回顾历史围填引起的水动力变迁。

6) 生态分析与评价

在生态环境现状调查、生态分析及生态评价的基础上,结合围填海空间分布,不同工况的岸线变化、水质变化,进行围填海对诏安湾海域生态影响的预测与评价。

7) 社会经济分析

采用经济学的方法,预测分析各围填方案实施对社会经济的综合影响,并进行损益分析与评价。

8) 对围填海项目的综合评价

分析围填海项目对诏安湾海域水文动力及悬沙、水质和环境容量、生态、资源、经济效益的影响,对各种影响作出定量和定性的评判,用图、表的形式详细加以描述。根据 5 类评价指标,可以评价围填海项目影响的大小。针对港湾的主要海洋功能(如港口功能、养殖功能),对围填海项目的影响大小进行排队,分出影响轻微、有一定影响和影响严重三类不同的影响等级,为经济建设和决策提供服务。

第 2 章 海湾概况

2.1 海湾自然环境概况

2.1.1 地理位置及区位条件

诏安湾地处福建省沿海最南端,位于 $23^{\circ}25' \sim 24^{\circ}05'N$ 、 $117^{\circ}03' \sim 118^{\circ}20'E$ 之间,在厦门与汕头两个特区之间,东濒台湾海峡,距高雄 143 n mile,东、西两侧分别为福建省漳州市东山县和诏安县所环抱。诏安湾周边公路四通八达,国道 324 线和闽粤高速公路在湾顶横贯东西,至厦门 220 km,到汕头 78 km,距香港 480 km;可开发 30 个 1 万 ~ 5 万吨级泊位码头,周边乡镇有自己的运输船只,是福建距香港最近的港湾,可直航香港、台湾、广州、上海、厦门和福州等地。

2.1.2 自然环境条件

诏安湾西面为宫口半岛,东面是东山半岛,东北面经八尺门海峡水道与东山湾相连,今已筑八尺门海堤成为独立的海湾。湾口朝南,口门有城洲岛和西屿等岛屿屏障,宽约 7 km。海湾略呈南北伸展,长约 17 km,宽约 8 km,据地形图量算,其海湾总面积为 221.73 km^2 ,岸线长 86.7 km。该湾周围多剥蚀低丘陵和台地,岬角深入海湾,岬湾相间,港湾众多,较大的有西埔湾等。

诏安湾口窄腹大,自然地理优越,渔业资源丰富,气候温和湿润。海岸线曲折,海底地质地貌复杂,岩礁丛生,海沟纵横,是多种海洋生物繁衍生息的场所。该海湾海水理化环境稳定,受风浪影响较小,水域面积大,具备发展增养殖的优越环境和条件,近年来养殖业发展较快。

2.1.3 主要海洋资源及开发利用现状和前景

2.1.3.1 海洋生物资源

据《中国海湾志》第八分册记载,诏安湾是个隐蔽的海湾,受风浪影响小,水质肥沃,生物饵料充足,是多种渔业产品索饵、产卵、繁殖及生长的场所。生物资源十分丰富,鱼、虾、贝、藻类近 300 种,其中鱼类约有 200 种,甲壳类约 30 余种,头足类 6 种,贝类约 17 种,经济藻类约 7 种,其他水生动物约 3 种。

2.1.3.2 港航资源

诏安湾是个隐蔽的海湾,三面为低山丘陵环抱,口窄腹大,湾内岸线曲折,海底宽浅平缓,根据《中国海湾志》第八分册记载,诏安湾 0 ~ 5 米等深线以内的海域面积为 110 km^2 ,约占整个海湾面积的 $2/3$,仅湾口处水深为 5 ~ 10 m,且多岛礁。在城洲岛的两侧有两条溺谷