

厦门大学硕士学位论文

学校编码: 10384

分类号 \_\_\_\_\_ 密级 \_\_\_\_\_

学号: 200427007

UDC \_\_\_\_\_

厦 门 大 学

硕 士 学 位 论 文

厦门湾常风浪场数值模拟研究

The Numerical Simulation of Wind Waves in Xiamen Bay

郑吉祥

指导教师姓名: 潘伟然 副教授

专 业 名 称: 物 理 海 洋 学

论文提交日期: 2007 年 12 月

论文答辩时间: \_\_\_\_\_ 年 \_\_\_\_\_ 月

学位授予日期: \_\_\_\_\_ 年

答辩委员会主席: \_\_\_\_\_

评 阅 人: \_\_\_\_\_

2007 年 12 月

## 厦门大学学位论文原创性声明

兹呈交的学位论文，是本人在导师指导下独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考的其他个人或集体的研究成果，均在文中以明确方式标明。本人依法享有和承担由此论文产生的权利和责任。

声明人（签名）：

年 月 日

## 厦门大学学位论文著作权使用声明

本人完全了解厦门大学有关保留、使用学位论文的规定。厦门大学有权保留并向国家主管部门或其指定机构送交论文的纸质版和电子版，有权将学位论文用于非赢利目的的少量复制并允许论文进入学校图书馆被查阅，有权将学位论文的内容编入有关数据库进行检索，有权将学位论文的标题和摘要汇编出版。保密的学位论文在解密后适用本规定。

本学位论文属于

1、保密（ ），在 年解密后适用本授权书。

2、不保密（ ）

（请在以上相应括号内打“√”）

作者签名： 日期： 年 月 日

导师签名： 日期： 年 月 日

## 目录

中文摘要 .....	1
Abstract .....	2
<b>第一章 引言 .....</b>	<b>4</b>
<b>1.1 研究背景 .....</b>	<b>4</b>
1.1.1 研究意义.....	4
1.1.2 波浪模式研究简介.....	4
1.1.3 波浪模式研究回顾.....	6
1.1.4 波流相互作用研究回顾.....	8
<b>1.2 本文主要内容 .....</b>	<b>9</b>
<b>第二章 模式简介 .....</b>	<b>10</b>
<b>2.1 波浪数值模型 .....</b>	<b>10</b>
2.1.1 SWAN 概述.....	10
2.1.2 控制方程.....	11
2.1.3 物理过程和源项处理.....	12
2.1.3.1 风能输入.....	12
2.1.3.2 白浪破碎.....	14
2.1.3.3 底摩擦耗散效应.....	15
2.1.3.4 浅水波浪破碎耗散.....	16
2.1.3.5 非线性波一波相互作用.....	17
2.1.3.6 波浪引起的增水.....	18
2.1.4 数值实现.....	19
2.1.4.1 波传播的离散化.....	19
2.1.4.2 初始条件.....	20
2.1.4.3 边界条件.....	20
2.1.4.4 波一波相互作用和耗散的离散化.....	20
2.1.5 SWAN 模型流程简介.....	21
<b>2.2 潮流数值模型 .....</b>	<b>22</b>
2.2.1 潮流数值模型.....	22
2.2.2 潮流运动基本方程.....	23
2.2.2.1 控制方程.....	23
2.2.3 初始条件和边界条件.....	23

2.2.3.1 初始条件.....	23
2.2.3.2 边界条件.....	24
<b>第三章 SWAN 模型实验 .....</b>	<b>26</b>
3.1 风能量输入对波浪传播的影响 .....	26
3.2 在潮流对波浪传播的影响 .....	27
<b>第四章 厦门湾常风浪的数值模拟 .....</b>	<b>31</b>
4.1 厦门湾常风浪场计算步骤: .....	31
4.2 计算海区基本概况 .....	31
4.2.1 台湾海峡概况.....	31
4.2.2 厦门湾概况.....	31
4.3 SWAN 波浪模型在台湾海峡计算验证 .....	34
4.4 台湾海峡常风浪场模拟 .....	35
4.5 厦门湾潮流数值模拟 .....	38
4.5.1 模型计算范围与计算条件.....	38
4.5.2 潮位校验.....	40
4.5.3 潮流结果.....	40
4.6 厦门湾风浪场数值模拟 .....	44
4.6.1 计算区域与计算条件.....	44
4.6.2 常风下作用的计算结果.....	46
4.6.3 常风场、潮位作用下的计算结果.....	47
4.6.4 常风场、潮位、潮流作用下的计算结果.....	48
<b>第五章 结论 .....</b>	<b>60</b>
<b>参考文献 .....</b>	<b>61</b>
<b>致谢.....</b>	<b>65</b>

## Table of contents

<b>Abstract (Chinese)</b> .....	8
<b>Abstract (English)</b> .....	9
<b>Chapter 1 Introduction</b> .....	11
<b>1.1 Background</b> .....	11
1.1.1 Study significance.....	11
1.1.2 overview of coastal wave model.....	11
1.1.3 Study history of wave model.....	13
1.1.4 Study history of interaction of wave and tide.....	15
<b>1.2 Main contents of paper</b> .....	16
<b>Chapter 2 Brief introduction of model</b> .....	17
<b>2.1 Wave simulation model</b> .....	17
2.1.1 Introduction of model.....	17
2.1.2 Control equation.....	18
2.1.3 Physical process and source.....	19
2.1.3.1 Wind force input.....	19
2.1.3.2 White capping dissipation.....	21
2.1.3.3 Bottom friction.....	22
2.1.3.4 Wave collapse in shallow sea.....	23
2.1.3.5 non-linearity wave-wave interaction.....	23
2.1.3.6 Wind onset by wave.....	25
2.1.4 Experimentation of simulation.....	26
2.1.4.1 Difference format of wave spread.....	26
2.1.4.2 Primary condition.....	27
2.1.4.3 Boundary condition.....	27
2.1.4.4 Wave-Wave interaction and dissipation.....	27
2.1.5 Introduction of SWAN model.....	28
2.1.6 Flow chart of SWAN.....	29
<b>2.2 Tide model</b> .....	29
2.2.1 Introduction of Tide model.....	29
2.2.2 General formulation of Tide.....	30
2.2.2.1 Control formulation.....	30

2.2.3 Primary condition and boundary condition.....	31
2.2.3.1 Primary condition.....	31
2.2.3.2 Boundary condition.....	31
2.2.4 Flow chart of tide model.....	32
<b>Chapter 3 Experimentation design.....</b>	<b>33</b>
<b>3.1 Wind force' s effect on wave spread.....</b>	<b>33</b>
<b>3.2 Tide current' s effect on wave spread.....</b>	<b>34</b>
<b>Chapter 4 Simulation of Xiamen Bay' s normal wave.....</b>	<b>38</b>
<b>4.1 Simulation process of Xiamen bay' s wave.....</b>	<b>38</b>
<b>4.2 General situation of simulative area.....</b>	<b>38</b>
4.2.1 General situation of Taiwan Strait.....	38
4.2.2 General situation of Xiamen Bay.....	38
<b>4.3 Test in Taiwan Strait using SWAN model.....</b>	<b>41</b>
<b>4.4 Simulation of normal wind field in Taiwan Strait.....</b>	<b>42</b>
<b>4.5 Simulation of Xiamen Bay' s tide.....</b>	<b>45</b>
4.5.1 Area and condition of model.....	45
4.5.2 test of water level.....	47
4.5.3 Results of tidal simulation.....	57
<b>4.6 Simulation of Xiamen Bay' s wave' s field.....</b>	<b>51</b>
4.6.1 Area and condition of model.....	51
4.6.2 Results in dominating wind' s condition.....	53
4.6.3 Results in the condition of dominating wind and tide....	54
4.6.4 Results in the condition of dominating wind, tide and current	
.....	55
<b>Chapter 5 Conclusions.....</b>	<b>69</b>
<b>References.....</b>	<b>61</b>
<b>Acknowledgements.....</b>	<b>65</b>

## 中文摘要

深水区的波浪在向近区岸传播的过程中,由于受到水深地形变化、能量耗散、底摩擦、水流等因素的作用,发生反射、折射、绕射、波浪破碎、浅水变形和非线性效应等现象。波浪是港口海岸工程设计中最为重要的动力因素之一,与水流的相互作用引起海底泥沙输运,不仅影响了近岸的环境变化,对浅海生产作业和海岸工程建设规划(如港口建设、河口治理、岸滩防护等)、海上运输、水产养殖、滨海企业和海洋旅游等等的建设发展也造成了很大影响。随着沿海地区社会经济的不断发展,人类海岸地活动的日趋频繁,沿海工程项目的数量越来越多,投资规模越来越大,工程项目的分险性也越来越引起人们的高度重视,这些都对近岸波浪等海洋环境要素的精确预测提出了更高的要求。

本文利用 SWAN (Simulating Wave Nearshore) 海浪模式为基础构筑厦门湾浅海波浪数值计算模式。首先设计实验方案,研究理想风场、潮位的变化、理想潮流场对波浪传播的影响,以反映风场、水深变浅导致的能量耗散以及潮位潮流场的变化对近岸波浪传播的影响。其次,将模型应用于台湾海峡风浪的数值计算,模拟了常风状态下台湾海峡内风浪的成长和传播过程,选取模拟结果作为厦门湾波浪场的模拟计算中的边界条件。最后,利用 SWAN 波浪模型,在厦门湾的潮流场模型计算的基础上选取 7 月份与 10 月的多年月平均风场作为盛行季风计算风场,在考虑风能量输入、白浪效应、水深诱导的波浪破碎、底摩擦、波一波相互作用的等物理作用上,计算厦门湾在潮流作用下的风浪场的成长和传播变化过程,计算结果表明:金门岛以北,受水深以及金门岛本身的阻挡影响,波高相对较小。厦门岛内侧,鼓浪屿以北水深相对较浅,属于掩蔽条件较好的区域,总体波高较小;潮位对厦门湾波浪成长的影响在 0.03m 以下。潮流对波浪的成长影响比较大:当潮流流向与波浪传播方向相同时,潮流减缓了波浪的成长,使得波高变小。当潮流流向与波浪传播方向相反的时候,潮流大大加速了波浪的成长,波高变大。7 月份厦门湾的波浪在潮流作用下最大增幅为 0.13m,最大减幅为 0.08m;10 月份厦门湾的波浪在潮流作用下,最大增幅为 0.08m,最大减幅为 0.12m。

**关键词:** 波浪;潮流;波流相互作用;厦门湾;



## Abstract

When wave propagate the shallow area from deepwater, many phenomena will occur due to the different effect of submarine topography, energy dissipate, bottom friction and current etc, such as reflection, refraction, diffraction, wave breaking, shoaling transformation, non-linearity wave-wave interaction and so on. Since the sediment will be transferred by interaction with tide, wave is one of the most important hydrodynamic factors of harbor engineering. Wave not only change the environment of shallow sea, as well as the coastal production, construction planning, marine transportation, fishery, seaside enterprises, marine tourism and so on. While the development of economy and more and more human activity, ocean engineering, engineering venture, a high quality of the wave forecast is required.

This paper used SWAN (Simulating Wave Nearshore) as a mode of numerical simulation to build the Xiamen Bay project. At first, we designed an experimentation plan to study the wind field, water level and tidal current that effect upon the wave growth and propagation, in order to responses the most important influence of depth-induced dissipation, current field and water level to the wave growth and propagation. Second, use SWAN model to simulate the wave field of Taiwan Strait, put the numeral results in use as boundary condition of Xiamen Bay. At last, use the tide simulation results of Xiamen Bay as the initial condition and the waves simulation results of the Taiwan Strait as boundary condition, select the monthly mean wind force in July and the one in October input to Xiamen Bay, fully consider the power input, white capping dissipation, wave breaking, bottom friction and nonlinear wave-wave interaction, we use the SWAN model to simulate the wave field of Xiamen Bay. The result shows as below:

First, the height of wave in the northland of Jinmen Island is low because of depth and the blockade of Island.

Second, the height of wave in the inboard Xiamen Island is low because of the lee.

Third, tidal current is the important influence to the growth of wave.

**Keywords:** Wave; Tidal current; Interaction of wave and current; Xiamen Bay

# 第一章 引言

## 1.1 研究背景

### 1.1.1 研究意义

海岸、河口区位于陆地和海洋交汇的地带，动力条件复杂，地貌演变、沉积过程影响因子多样，生态环境脆弱；同时，海岸、河口区不仅是人类居住、生活的繁衍地，也是人类生产、贸易等活动的重要场所。各种自然条件的变迁和人类活动的干预，使海岸、河口区的各种现象趋于复杂，多变。其中，水动力条件和地形塑造等诸多因素，直接对开发利用、地区经济发展、防灾减灾产生重要的影响。

本论文着重研究河口、港口等近岸区域的波浪现象及其动力学过程。近岸的波浪传播和发展，是近岸水体交换、泥沙运动和海岸变迁等物理现象的重要诱因，它直接关系到海洋和海岸工程<sup>[1]</sup>（港口航道工程、滨海取排水工程、围填海工程、岸线防护等）开发利用的安全性、科学性，对海洋资源的开发利用和海洋灾害的防御具有重要的意义。因此，对于不同条件下的近岸波浪成长过程<sup>[2]</sup>，探讨其简单而有效的数值模型，对其演变机制和影响程度进行较为准确数值计算和描述，是近年来海洋和海岸工程、海洋和海岸带资源等领域研究和开发的重要内容之一。

### 1.1.2 波浪模式研究简介

波浪是海洋当中最为重要的物理现象之一。波浪由深海向浅海传播，进入海湾及河口沿岸水域，受岸形、岛屿、人工建筑物的约束，受海底地形变化、水下障碍物造成水深的空间变化影响，加上流场、水位和风应力、底摩擦等各种动力因素的制约，造成波浪的浅水变形、折射、反射、绕射及表底应力和湍流摩擦、波浪破碎引起的能量耗散等一系列复杂现象<sup>[3-6]</sup>。从能量角度考虑，这些影响大体表现在：一是地形水深变浅，使波动能量集聚<sup>[7]</sup>；二是地形和流场<sup>[9]</sup>变化产生的波浪折射、绕射和反射，引起波向变化，使波动能量在水平空间上发生辐聚、

辐散；三是底摩擦、波浪破碎和风应力的影响，导致波动底部以及波动内部能量损耗，以及波浪衰减和风能摄入的增减<sup>[8]</sup>。

海浪是一种表面波，其影响作用随水深增加而减小，因此在研究中分为深水波与浅水波；海浪所能影响到的深度大约为半个波长，对于较深海区，可以不考虑地形多带来的影响，因此深水波的研究也较为成熟。

当海浪传至浅水近岸时，由于水深变浅作用，海底地形对海浪的影响越来越突出，海浪的波高、波长、波速及传播方向等都会发生一系列变化如<sup>[10]</sup>：（1）水深变浅导致波动能量的堆积，促使波高增大；（2）地形变化产生的底摩擦耗散增加，促使得波能消耗增大；（3）当水深减小到一定程度后，发生了不同形式的波浪破碎，也会消耗掉一部分能量；（4）地形坡度较小（如沙滩）时，会形成水流涌上岸滩；海底地形坡度较大甚至是陡壁时，则会形成拍岸、回流或反射等，两者都将消耗波能；当能量消耗大于能量堆积后，波高减小；当能量消耗小于能量堆积后，则波高增大。由于浅水波浪的频散关系与水深有直接关系，波浪的频率、波数和水深满足频散关系  $\omega^2 = gk \tanh(kd)$ ，波速在水深较深的地方较大，向海岸传播的波浪会根据等深线发生折射，从而导致波峰逐渐与等深线平行。

对于波浪传播的研究，方法主要有三种：一种是现场观测方法或物理模型实验研究；二是波浪理论研究；三是数学模型和数值计算方法的研究。天然海浪具有三维性、频散性、非线性和随机性等特性。现场观测可获得天然海浪的波动时间过程（单点或多点观测）和空间过程等基础性资料，但由于受到现场水域多种海洋动力因素的综合影响。一般情况下，现场观测实施起来困难且费用昂贵，观测数据也易受到外界多种因素影响而产生误差。物理模型研究模拟在海洋动力学研究中占有比较重要的地位，它相对现场观测，可重复和概化所模拟研究的波浪问题，有助于探讨其变化规律，但存在模型相似和比尺效应的问题。当水域较大受到实验场地和设备的影响时，物理模型的比例尺较小，比例尺效应带来的影响会很大。波浪理论分析虽然只能获得简单、概化问题的解析解，但它是建立波浪数学模型的依据，对现场观测和物理模型试验也有指导意义。

随着计算机软、硬件技术以及波浪理论和数值计算方法的迅速发展，使用数学模型来模拟波浪的传播变形变得快捷而有效，正成为日益重要的研究手段。在实际工程问题中，数学模型避免了物理模型中的比尺效应问题，同时可以较自由

地处理大空间范围问题,可以通过修改不同的输入条件以比较不同的方案。因此,数学模型在研究波浪、潮流及其它流场以及岸滩冲淤变化方面也得到了越来越广泛的应用。此外,利用数学模型计算结果来给定物理模型边界条件的复合模型逐渐增多。

目前研究的波浪传播可分为规则波和不规则波两大类<sup>[11-12]</sup>,而且以规则波为主。规则波研究方法主要是探讨近岸波要素(波高、波向、波长)演变规律<sup>[18-19]</sup>。线性规则波传播研究已较为成熟,近来非线性规则波传播研究日益成为研究的热点。不规则波,特别是二维(多波向)不规则波的传播问题研究相对较少,非线性问题研究更少<sup>[21-22]</sup>。天然海浪可视为许多不同振幅、频率、波向的组成波随机叠加的波动现象。一个不规则波系含有主波向及其两侧波向分布(方向分布函数),也含有从低频至高阶的频率分布(频率谱),其所包含的组成波中有浅水长波乃至深水波,所以波动水面的二维性和非线性已经引起研究者的重视<sup>[23-27]</sup>。

### 1.1.3 波浪模式研究回顾

二十世纪 30~40 年代人们开始对特征浪进行研究。研究海浪最开始方法:就是将多数振幅、频率、方向、位相不同的简单波动叠加起来,叠加的结果为随机函数,反映了海浪的随机性,在一定时间内成为海浪的主要研究手段<sup>[13]</sup>。由于海浪本身随机性的关系,能量在波数、频率空间中的分布统计特征量成为了研究海浪运动最合理的描述方式,而作为现在海浪模拟方法的能量平衡的发展关键是下面两方面知识的深化:(1)能量的输入和衰减机制;(2)能量在物理空间和波数相位空间中的传播机制。随着对这两方面知识的深化,海浪数值模拟也不断发展。

最先是 20 世纪 40~50 年代,以建立在以 Jefferents 机制和特征波总能量平衡方程基础上的 Sverdrup-Munk 方法为典型代表的第一代海浪数值预报模式。60 年代以后,海浪研究在两个方面得到了长足的进步:第一是海浪生成的 Phillips-Miles 机制以及在波数空间中 Hasselmann 的波-波非线性相互作用机制<sup>[12]</sup>;第二是海浪谱的研究,形成了从 Pierson-Mockowitz 谱(P-M 谱)到 JONSWAP 谱的一类 Neumann 有限参数谱型<sup>[14-20]</sup>。虽然 Neumann 谱和 Bretschneider 法曾经在海浪预报和海浪工程设计上发挥过重要的作用,但是它们还存在缺陷,它们是

由海浪表示波高与周期或波长关系导出的,与通常意义下的 Fourier 谱的定义不一致;随后提出的 P-M 谱和 JONSWAP 谱是由实测海浪记录估计谱经过分析和拟合得到的,符合 Fourier 谱的定义,而且数据基础可靠,特别是 JONSWAP 观测资料是至今最为系统和最为精确的海浪观测资料,到现在仍然是最为常用的海浪频谱模式之一。

20 世纪 80 年代以后,风浪模型研究和计算取得了较大的突破。Snyder 在 1981 实验中确定了 Phillips-Miles 机制的成长系数,给出了可供数值模拟使用的源函数,形成了基于波谱组成波能量谱平衡方程的新一代海浪预报方法。主要特点是在一定程度上计算了波数矢量空间中海浪的传播,即波与波的相互作用特性。Wolf 等(1988)在国际上首次进行联合波浪、潮汐风暴潮数值模拟的实用性研究,结果显示由潮汐风暴产生的时空瞬变流场和水深变化引起的波浪折射在浅水比较明显。Janssen(1988)利用准线性风生浪理论,研究发现在海、气界面上,风、浪间的相互作用及耦合效果十分明显。

最新研究发现,在较深的水域,四相波相互作用控制谱的成长,能量从谱峰向低频和高频处转移;而在较浅的水域,三相波相互作用则起着重要作用,控制能量从低频向高频转移。三相波相互作用引入模型非线性项后使得模拟水域内周期场的变化成为现实<sup>[28-32]</sup>。Abrea et al. (1992)最早通过谱能源项描述三相波相互作用,其表达式仅限于非色散浅水波,因而不能运用于实际。Eldeberky & Battjes(1995)做出突破性工作,为 SWAN 提供了有效的三相波相互作用公式。Eldeberky (1996)后来又导出了 LTA 公式 (Lumped Triad Approximation)。

SWAN 模式国内研究:陈希等<sup>[33]</sup>利用 SWAN 自嵌套的方式提供模式的波谱边界条件,对 1990 年 15 号台风浪对我国东海海区影响进行模拟<sup>[34]</sup>,并与实测的台风浪资料进行对比,模拟结果与实测结果较为吻合。并且用 SWAN 模型对影响南海湛江港海域的三次台风浪过程进行模拟研究<sup>[35]</sup>,结果表明所采用的方案可为该海域台风浪的模拟预报提供比较好的参考。徐福敏等<sup>[36]</sup>利用 SWAN 模式计算不同水深时流场对波浪传播的影响,将模型应用于海安湾的浅水波浪数值计算中,并对海安湾进行现场观测,利用观测资料与模拟结果进行比较,验证模拟结果良好。Shan-Hwei Ou 等利用 SWAN 模型对台湾岛附近海域的台风浪场进行模拟,得到较为合理的结果,提出 SWAN 模型加密嵌套网格可以提高计算精度。K. F. Cheng

等在模拟热带气旋引起的风暴潮和波浪时，针对大洋、海域、近岸不同的地理区域，采用四种模型嵌套的方式，模型的计算结果与实测数据吻合较好。

迄今为止，第三代浅水波浪模型 SWAN 在模拟海岸、河口、湖泊等风、流、地形相对复杂的水域的波浪场，理论和模拟结果均显示了模型的可行性以及合理性。

#### 1.1.4 波流相互作用研究回顾

波浪、潮流和近岸流在近岸区域构成了一个非常复杂的系统。在实际海岸环境条件下，近岸水动力与波浪演化存在复杂的相互作用，主要表现在两个方面：一方面是波浪传播对水动力产生影响，如波浪传播变形引起的增减水和波生近岸流；另一方面则是水动力时空变化对波浪产生影响，如水位和流速、流向的变化引起波浪变形。这种相互作用在强风过程中更为明显，因此，对近岸波浪传播过程的准确模拟需要合理考虑近岸水动力与波浪的相互作用<sup>[37]</sup>。

关于水动力对波浪影响的研究，不少学者分别采用不同类型的波浪变形方程<sup>[38]</sup>，考虑了流速和潮位变化对波浪传播变形的影响，取得了许多理论和实用成果<sup>[39]</sup>。但这些工作大多采用恒定流场或者波浪场，没有考虑实际海岸环境中波浪、水动力随时间和空间变化而产生的相互作用。一部分研究采用波作用量守恒方程，讨论了流场对风浪过程中波要素变化的影响<sup>[40]</sup>，但对影响因素和影响机制的讨论较为单一或者模拟计算的空间和时间分辨率较低，且不能完全反映海域尤其是近岸浅水区流场时空变化对波浪的影响。

波浪和潮流的相互作用相对复杂和突出<sup>[41]</sup>。由于波浪的周期和潮流的周期有量级之差，因而造成在进行波流耦合计算时，模拟时间步长选取比较困难，所以目前的一些研究成果均只考虑波浪场的作用，不考虑波浪运动的瞬时变化<sup>[42]</sup>。将波浪场作用下产生的波浪辐射应力、波流共同作用下的底部剪切应力融入到潮流动量方程当中，构成波流共存的控制方程<sup>[43-44]</sup>。20 世纪六十年代以来，大部分都是采用该方程组来探讨研究浅水环流的计算问题。然而，对于二维数值模型，人们大多采用波浪影响下的床面剪切应力和 Longuet-Higgins、Stewart 提出的波浪辐射应力概念，来建立水流、泥沙数值模型来研究探讨数值计算中波流共存的情况下水流、泥沙运动的情况<sup>[45]</sup>。

因此,进一步考虑浅水中环流的垂向结构,有不少学者从各种角度开始对三维的波、流共同作用下水动力的计算<sup>[46]</sup>。Xie et al (2001) 曾详细讨论了波浪对表面剪切应力和床面剪切应力的影响。目前,对于大部分研究学者来讲,通过集中考虑波浪对表面风应力、底部摩擦应力的影响来考虑波浪对三维水流的作用,少数的考虑了辐射应力对水流的影响,也只是将二维辐射应力沿垂向均分给各层。最近以 Mellor (2003)、Xia et al (2004)、郑金海、袁业立 (1999) 等人的研究成果为代表开始研究三维辐射应力的垂向分布,并取得了初步的成果。但是,垂向分布的辐射应力形式远远比垂向平均的辐射应力形式复杂,在工程界,还是应用垂直平均辐射应力来计算浅水环流。

对于波浪、潮流的耦合计算,一般情况下,要将潮周期划分为若干小的时间段,然后在每个小的时间段内,取流速和水深的平均值,把这些数值带入波浪场内的数值计算中,考虑这些因素对波浪传播的影响,然后再考虑波浪场对流场的影响,将波浪数值计算中得到的辐射应力、波高、周期以及波浪传播方向等等波浪要素带入到流场的数值计算中。

## 1.2 本文主要内容

本文主要内容是利用第三代海浪模式 SWAN 模拟了常风状态下,浅海和近岸的波浪场,并对其特征进行分析。

第一章 主要介绍了本文的研究意义,以及近岸波浪模式的发展历程和国内 SWAN 模式的应用现状。

第二章 概述了 SWAN 模式的输入项,耗散项,离散格式,边界条件,初始条件及采用的潮流数值模拟。

第三章 设计数值试验验证在理想地形条件下,常风场、潮位、潮流对波浪传播的影响。

第四章 采用台湾海峡常风浪场模拟计算提供的边界条件,厦门湾潮流场模拟计算提供的初始潮流场,对厦门湾常风状态下的风浪场进行模拟计算,并分别讨论潮位、潮流对波浪成长的影响。

第五章 结论。



Degree papers are in the "[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)". Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to [etd@xmu.edu.cn](mailto:etd@xmu.edu.cn) for delivery details.

厦门大学博硕士学位论文摘要库