View metadata, citation and similar papers at core.ac.uk
brought to you by CORE
provided by Xiamen University Institutional Repository

学校编码：10384　　　　　　　　　　　　分类号______密级______

学号：B200134012　　　　　　　　　　　　　　UDC ______

厦门大学

博士 学 位 论 文

COHERENS 模型在台湾海峡环境动力学研究中的应用

Application of COHERENS Model on Environmental Dynamics of the Taiwan Strait

曾淦宁

指导教师姓名：洪华生　　教授

胡建宇　　教授

专 业 名 称：　　环境科学

论文提交日期：2006 年 1 月

论文答辩时间：2006 年 2 月

学位授予日期：

答辩委员会主席：李　立

评　　阅　　人：双盲评审组

2006 年 1 月

厦门大学博硕士论文摘要库

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而产生的权利和责任。

声明人（签名）：

2006 年 1 月 10 日

厦门大学博硕士论文摘要库

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： 2006 年 1 月 10 日

导师签名： 日期： 2006 年 1 月 10 日

厦门大学博硕士论文摘要库

摘要

本文将 COHERENS 模型应用于台湾海峡环境动力学的研究，重点模拟了台湾海峡潮流、风海流、上升流等的动力学特征，同时分析了南海北部环流中的一些重要特征；并在水动力场计算的基础上，以叶绿素 a 和硝酸盐为代表性的生态参数，进行了台湾海峡生态场的计算，得出以下的主要结论：

(1)半日分潮潮波以 Kelvin 波的形式自台湾海峡南北两端传入海峡内部，在福建沿岸、澎湖水道、台湾浅滩、澎湖列岛附近以及台湾岛北端形成强潮流区，在台湾海峡东岸台中附近形成一个潮流流速较小的弱流区。

(2)台湾海峡M_2分潮潮致上升流与夏季风生上升流的位置大致相近，主要出现在台湾海峡西岸、台湾浅滩南部、澎湖列岛附近；上升流位置及强度随风况而变化，潮流对台湾海峡西岸北部上升流的形成也有重要的贡献。

(3)“黑潮南海分支”与南海北部次海盆尺度的气旋式环流东北段相毗邻，同时在南海东北部沿岸到东海之间、以及粤东沿岸和南海东北部陆架坡折之间诱发了较强的水位差，是形成南海暖流的一个重要的动力因素；夏季吕宋岛附近降水差异所引发的盐度梯度，以及冬季吕宋岛西岸暖水舌所对应的温度梯度对南海暖流的形成也具有重要的作用。

(4)台湾海峡水文状况受由南海东北部所流来的海水影响显著，冬、春季主要是由太平洋黑潮源区经吕宋海峡流入南海的大洋海水，夏、秋季则主要是南海内部北上或是在南海北部循环的海水。

(5)台湾海峡存在春、秋季“水华”特征，叶绿素 a 含量迅速增长，营养盐被大量消耗，这种现象在次表层表现得最为突出；夏季台湾海峡西岸上升流区具有高营养盐、高叶绿素 a 含量的特征，与近岸上升流有关，但由于涌升水体未到达表层以及浮游植物的消耗，高营养盐的特征在表层并未表现。

关键词：台湾海峡；COHERENS；环境动力学

厦门大学博硕士论文摘要库

Abstract

A three dimensional Coupled Hydrodynamical-Ecological Model for Regional and Shelf Sea (COHERENS) is used to investigate the environmental dynamics in the Taiwan Strait. Hydrodynamical simulation is emphasized on the following aspects, i.e., (1) distribution of tidal waves in the Taiwan Strait, (2) seasonal variation of wind-driven circulation in the Taiwan Strait, (3) upwelling induced by tidal current, monsoon and baroclinic effect, (4) the correlation among the Taiwan Strait circulation, the cyclonic circulation in the northeastern South China Sea and the Kuroshio. Based on the hydrodynamical simulation, seasonal variations of Chl-a and nitrate in the Taiwan Strait are analyzed. The major conclusions are summarized as follows:

(1) Semidiurnal tidal waves spread into the Taiwan Strait in a Kelvin form from the southern and northern ends of the Taiwan Strait, respectively. The simulation results show that strong tidal current areas are located near the Fujian coast, the Penghu Channel, the Taiwan Shoal, the Penghu Islands and the northern Taiwan Strait, and the standing wave structure is shown near Taichung where the tidal current is weak.

(2) The locations of M_2 tide-induced upwellings are coincident with those of summer monsoon-induced upwellings, which are located along the western coast of the Taiwan Strait, in the south of the Taiwan Shoal and the sea area near Penghu Islands, et al. However, the intensity of the upwelling varies with the wind field. Summer monsoon is the main force of upwelling along the western coast of Taiwan Strait, but the contribution of M_2 tidal current could be more significant than that of summer monsoon on the formation of upwelling at northwest coast of Taiwan Strait.

(3) The “Kuroshio - South China Sea Branch”, which is adjacent to the cyclonic South China Sea circulation, may play an important role in the formation of the South China Sea Warm Current by inducing the sea level difference between northwest coast of South China Sea and the East China Sea, and between the coast of Guangdong and the continental shelf break of northeast South China Sea. The other important factors in the formation of the South China Sea Warm Current might be the salinity gradient resulted from the precipitation difference around the Luzon Island in summer, and the

厦门大学博硕士论文摘要库

temperature gradient related to the warm tongue caused by the Luzon Coastal Current in winter.

(4) The hydrologic condition of the Taiwan Strait is subjected to the water from the northeastern South China Sea, which mainly origins from the Kuroshio in winter and spring, and from the internal water of South China Sea in summer and autumn.

(5) The annual cycle of chlorophyll and nutrients in the Taiwan Strait is simulated using the established model. During spring and autumn, algal blooms are broken out, the biomass of phytoplankton increases rapidly and the nutrients are depleted, especially in the subsurface water. During summer, high phytoplankton biomass and nutrients along the western coast of the Taiwan Strait is simulated, which evidences the upwelling events. However, high nutrients and high Chl-a biomass are not identified at the surface layer.

Key words: Taiwan Strait; COHERENS; Environmental Dynamics.

厦门大学博硕士论文摘要库

目　录

摘要 I
Abstract II
第一章　绪论 1
1.1　引言 1
1.2　台湾海峡环境动力学研究的进展 3
1.3　开展台湾海峡环境动力学研究的现实意义 5
1.4　研究内容 6
第二章　海洋生态系统模型研究进展及选用模型介绍 8
2.1　海洋生态系统模型的研究进展 8
2.1.1　引言 8
2.1.2　欧洲北海地区三维海洋生态系统模型的研究进展 9
2.2　COHERENS 模型介绍 13
2.2.1　COHERENS 模型总述 13
2.2.2　物理模块 14
2.2.3　生态模型（生物及沉积物模块） 16
2.3　数值实验设计 20
2.3.1　模拟范围及网格配置 20
2.3.2　数值离散方案 21
2.3.3　湍流模型 22
2.3.4　边界条件 23
2.3.5　数值实验设计 24
第三章　台湾海峡潮波特征的模拟 26
3.1　引言 26
3.2　台湾海峡 M_2 分潮潮波研究进展 27
3.2.1　台湾海峡 M_2 分潮潮波分布特征及影响范围 27
3.2.2　台湾海峡 M_2 分潮潮流调和常数及椭圆要素分布特征 29
3.3　模拟范围、初始条件及边界条件 32
3.3.1　模拟范围 32

厦门大学博硕士论文摘要库

3.3.2 初始条件和边界条件 33
3.3.3 稳定性判据 34
3.4 台湾海峡潮汐、潮流模拟结果 34
3.4.1 M_2分潮的计算结果 34
3.4.2 其它分潮的计算结果 44
3.5 台湾海峡潮汐、潮流特征小结 52
第四章 风应力驱动下台湾海峡的流场特征 54
4.1 引言 54
4.2 数值实验设计 56
4.3 边界条件和初始条件 56
4.4 数值模拟结果 57
4.4.1 无潮情况下均匀风场驱动数值实验 57
4.4.2 有潮情况下均匀风场驱动数值实验 60
4.4.3 有潮情况下实际风场驱动的数值实验 70
4.5 台湾海峡风生流场模拟小结 82
第五章 台湾海峡斜压流场分布 84
5.1 引言 84
5.2 模拟范围及基本方程 86
5.2.1 模拟范围 86
5.2.2 基本方程 86
5.3 边界条件及初始条件 87
5.3.1 边界条件 87
5.3.2 初始条件 93
5.4 模拟结果分析 93
5.4.1 南海北部环流特征 94
5.4.2 台湾海峡水文场特征分析 104
5.5 台湾海峡及南海北部海区斜压流场模拟结果小结 110
第六章 台湾海峡生物及化学要素模拟 112
6.1 引言 112

厦门大学博硕士论文摘要库

6.2　台湾海峡生态系统模型构建 113
6.2.1　概念模型.. 113
6.2.2　生态模型.. 114
6.2.3　生物及化学要素的初始场、边界场..................... 116
6.3　台湾海峡生物、化学要素场模拟结果 120
6.3.1　台湾海峡冬季生物、化学要素场分布特征............... 120
6.3.2　台湾海峡春季生物、化学要素场分布特征............... 124
6.3.3　台湾海峡夏季生物、化学要素场分布特征............... 126
6.3.4　台湾海峡秋季生物、化学要素场分布特征............... 129
6.4　COHERENS 模型应用于台湾海峡生态研究中的不足 131
6.5　台湾海峡生态场模拟结果小结 133
第七章　总结与展望 135
7.1　论文的主要结论 135
7.2　论文创新点 136
7.3　不足之处与展望 137
参考文献 138
致谢 151

厦门大学博硕士论文摘要库

Contents

Abstract in Chinese .... Ⅰ

Abstract in English II

Chapter 1 Introduction **1**

1.1 **Introduction** 1

1.2 **Progress of the study on the Environmental Dynamics in the Taiwan Strai** 3

1.3 **Significance of Developing Environmental Dynamics Research in the Taiwan Strait** 5

1.4 **Research Material** 6

Chapter 2 Progress of Marine Ecological System Model Research and Overview of COHERENS **8**

2.1 **Progess of Marine Ecological System Model Research** 8

2.1.1 Introduction.. 8

2.1.2 Progress of Three Dimensional Marine Ecological System Models Developed for the North Sea 9

2.2 **Overview of COHERENS** 13

2.2.1 Introduction to COHERENS.. 13

2.2.2 Physical Module of COHERENS.. 14

2.2.3 Ecological Module of COHERENS (Biological Model and Sediment Model).. 16

2.3 **Design of Numerical Experiments** 20

2.3.1 Simulating Area and Model Grids 20

2.3.2 Numerical Discretisations.. 21

2.3.3 Turbulent Models 22

2.3.4 Boundary Conditions 23

2.3.5 Design of Numerical Experiments 24

Chapter 3 Simulation of Tidal Waves in the Taiwan Strait.... 26

3.1 **Introduction** 26

厦门大学博硕士论文摘要库

3.2 **Progress of M_2 Tidal Waves Research in the Taiwan Strait** .. 27

3.2.1 Distribution of M_2 Tidal Waves in the Taiwan Stratit......... 27

3.2.2 Distribution of Harmonic Constants and Ellipse Parameters of M_2 Tidal Currents in the Taiwan Strait 29

3.3 **Studied Area, Initial Conditions and Boundary Conditions** .. 32

3.3.1 Studied Area 32

3.3.2 Initial Conditions and Boundary Conditions 33

3.3.3 Stability Criterion 34

3.4 **Modeling Result of Tide and Tidal Currents in the Taiwan Strait** 34

3.4.1 Modeling Result of Tide and Tidal Currents of M_2 Tidal Component in the Taiwan Strait. 34

3.4.2 Modeling Result of Tide and Tidal Currents of other Tidal Components in the Taiwan Strait............................ 44

3.5 **Summarization of Tide and Tidal Currents in the Taiwan Strait** 52

Chapter 4 Wind-forced Circulation in the Taiwan Strait....... 54

4.1 **Introduction** 54

4.2 **Design of Numerical Experiments** 56

4.3 **Boundary Conditions and Initial Conditions** 56

4.4 **Modeling Result** 57

4.4.1 Experiments under Uniform Wind Field Condition 57

4.4.2 Experiments under Uniform Wind Field Condition with Tidal Effect Included.. 60

4.4.3 Experiments under Actual Wind Field with Tidal Effect Included 70

4.5 **Summarization of Wind-forced Circulation Simulation in the Taiwan Strait** 82

Chapter 5 Baroclinic Circulation in the Taiwan Strait 84

5.1 **Introduction** 84

厦门大学博硕士论文摘要库

5.2 Studied Area and Basic Equations 86

5.2.1 Studied Area 86

5.2.2 Basic Equations 86

5.3 Boundary Conditions and Initial Conditions 87

5.3.1 Boundary Conditions 87

5.3.2 Initial Conditions 93

5.4 Modeling Results 93

5.4.1 Character of Circulation at Northern South China Sea 94

5.4.2 Hydrological Character of the Taiwan Strait 104

5.5 Summarization of Baroclinic Circulation at Taiwan Strait and Northern South China Sea 110

Chapter 6 Simulation of Biological and Chemical Parameters in the Taiwan Strait 112

6.1 Introduction 112

6.2 Design of Ecological System Model in the Taiwan Strait 113

6.2.1 Conceptual Ecosystem Model 113

6.2.2 Ecological Model Used in Simulation 114

6.2.3 Initial Conditions and Boundary Conditions of Biological and Chemical Field 116

6.3 Modeling Result of Biological and Chemical Parameters' Seasonal Variation in the Taiwan Strait 120

6.3.1 Distribution of Biological and Chemical Parameters in the Taiwan Strait in Winter 120

6.3.2 Distribution of Biological and Chemical Parameters in the Taiwan Strait in Spring 124

6.3.3 Distribution of Biological and Chemical Parameters in the Taiwan Strait in Summer 126

6.3.4 Distribution of Biological and Chemical Parameters in the Taiwan Strait in Autumn 129

6.4 Deficiencies of Applying COHERENS on the Taiwan Strait's

厦门大学博硕士论文摘要库

Ecological Research 131
6.5 Summarization of Ecolgical Modeling Result in the Taiwan Strait 133
Chapter 7 Summarization and Expectation 135
7.1 Main Conclusions.. 135
7.2 Innovative Aspects 136
7.3 Deficiencies and Expectation 137
References 138
Acknowledgement 151

厦门大学博硕士论文摘要库

第一章 绪论

1.1 引言

环境动力学模型以质量平衡原理为基础，对环境介质中变量迁移变化的基本规律进行数学描述。环境动力学模型应用到海洋科学研究中通常把海洋视为一个有机的整体，由最初的单独考虑水动力特征发展到目前包括水动力模型、生态模型、沉积物模型等，不仅同时考虑海域的水动力特征及生态系统结构、功能的时空演变规律，还在此基础上探讨物理过程与生物过程的相互作用，包括物理、化学、生物过程对海洋生态系统的影响，及生态系统对各种变化的响应和反馈机制等。环境动力学研究是当今海洋科学跨学科研究的国际前沿领域，是全球变化研究的重要手段，与全球环境可持续发展和生物资源可持续利用主题紧密相联。对台湾海峡环境动力学的研究，尤其是开展台湾海峡环境动力学模型的研究工作，具有重要的战略意义[1,2]。

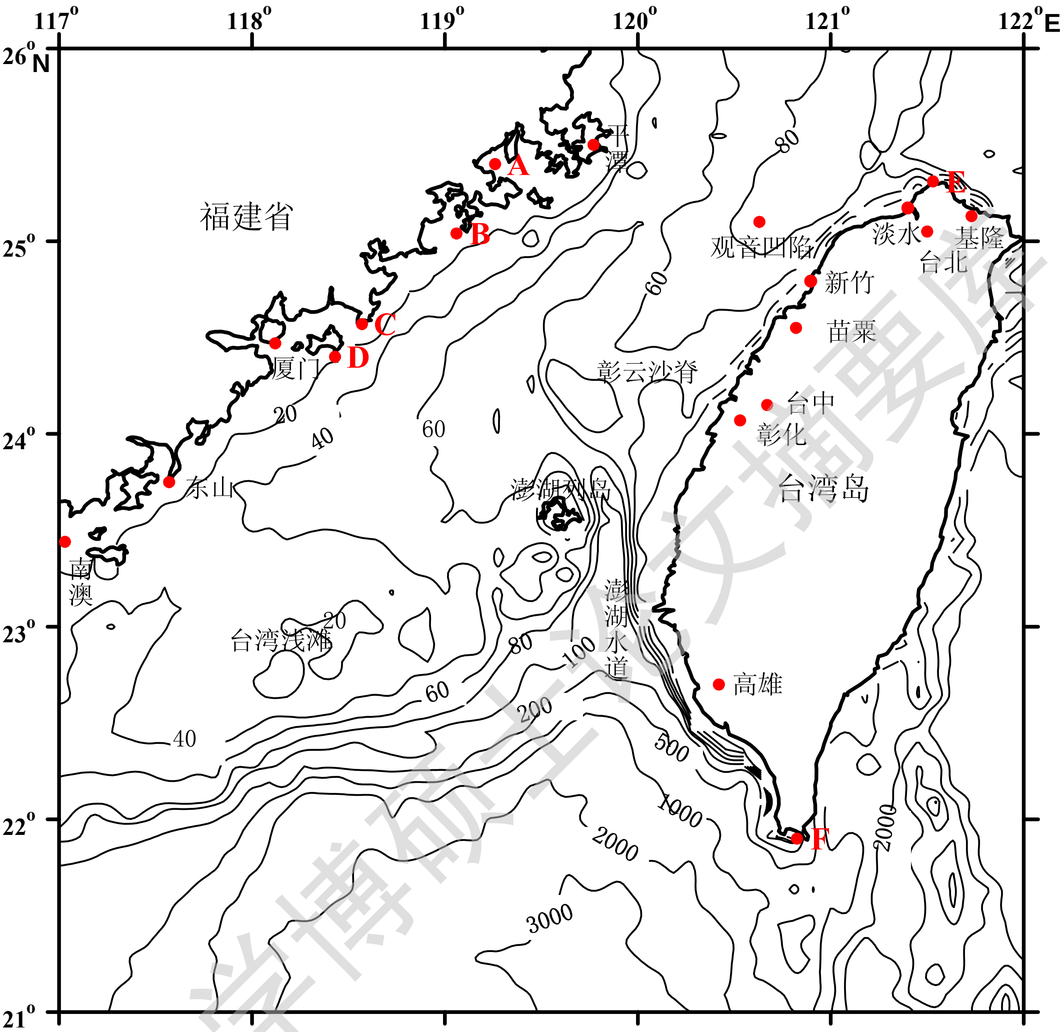
如图1.1所示，台湾海峡位于祖国大陆和台湾岛之间，呈东北—西南走向，它的北界从台湾省的富贵角到福建省的平潭岛，相距172km；南界从台湾岛的猫鼻头到福建省的东山岛，宽约370km；南北长约333km，面积约7.7×10^4 km^2。[3]

台湾海峡海底地形变化多端，海底冲刷十分剧烈，从而存在着不规则的水下洼地、隆起和沟槽等侵蚀海底形态，如图1.1所示,大致可以根据海底地形的自然状况，将台湾海峡分为台湾浅滩、澎湖水道、彰云沙脊等主要地形单元[4]。台湾浅滩位于台湾海峡南部东山岛与澎湖列岛之间，同南海北部陆架海域相连，由若干个东西向的、连续排列的水下沙堤组成，呈椭圆形近东西向分布，是台湾海峡水深较小的地方，平均水深在20m左右，最浅处仅8.2m；澎湖水道位于台湾海峡的东南部，界于澎湖列岛和台湾南部西岸之间，是台湾海峡中水深较大的海域，水深由北部的70m向南渐深至160m；澎湖水道往南延伸连通南海海盆，水深最深处超过1400m，为海峡最深处；彰云沙脊（也称作台中浅滩）位于澎湖列岛的东北方，水深小于30m，介于澎湖列岛与彰云沙脊之间是澎北水道，呈西北向延伸到台湾海峡中部海域。

厦门大学博硕士论文摘要库

图1.1 台湾海峡海底地形的分布 单位： m

Figure 1.1 Topography of Taiwan Strait



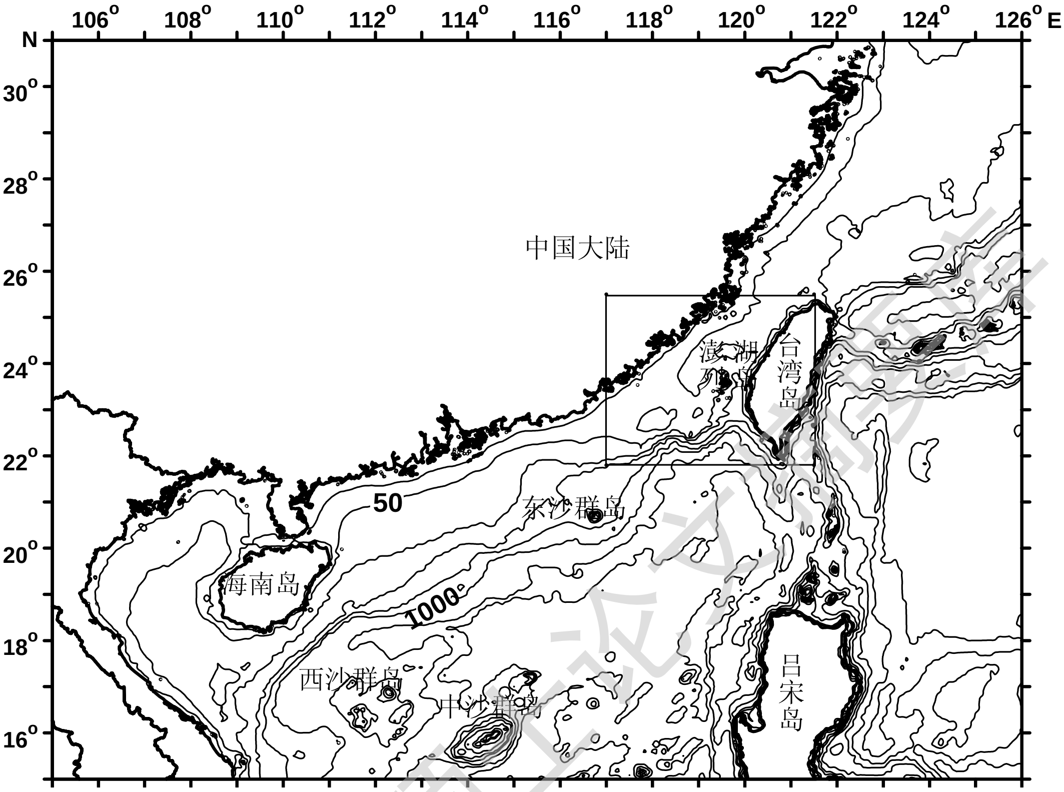
A. 兴化湾, B. 湄洲湾, C. 围头, D. 金门, E. 富贵角， F. 猫鼻头.

如图1.2所示，台湾海峡是东海与南海海水交换的重要通道。以往研究表明，台湾海峡内的水文环境明显受季风作用，主要受三个流系所控制[5]，分别是沿岸流（浙闽沿岸水或粤东沿岸水）、南海暖流水、黑潮入侵水，在这些流系相互作用下，台湾海峡表层海流具有季节性变化，但近底层海流却基本上终年向北流动。多种性质和来源的水系交汇于台湾海峡，不同水系的交汇叠置与消长变化形成了不同的水团，而不同水团相互配置和消长也引起了海区内部海水性质的差异，从而形成了台湾海峡复杂的海洋动力要素场，包括活跃的上升流现象、显著的跃层以及海洋锋现象[6]，直接影响着海域化学、生物因子的时空变动。

厦门大学博硕士论文摘要库

图1.2 台湾海峡及其周边海域海底地形图 单位：m

Figure 1.2 Topography of Taiwan Strait and its Neighboring Sea Area



等深线为 20, 50, 100, 200, 500, 1000, 2000, 3000, 4000, 5000 m

1.2 台湾海峡环境动力学研究的进展

环境动力学研究的开展，需要建立在大量的、多学科的调查观测及基础研究工作基础之上。二十世纪八十年代以来，我国对台湾海峡及其邻近海域开展了多次大规模的海洋调查研究，从多学科的角度不断深入探讨台湾海峡水文变化及生物地球化学过程，并出版了一批反映台湾海峡海洋科学研究成果的著作[7-11]。在对调查现象直观描述的基础上，也逐步开展了对海区各种过程机理的研究和探讨。近年来，遥感手段也被引入到台湾海峡环境动力学的研究中，如洪华生等[12]将AVHRR(Advanced Very High Resolution Radiometer)，SeaWiFS(Sea-viewing Wide Field-of-view)遥感资料与现场观测结果相结合，从动力和结构等方面对台湾海峡生源要素生物地球化学过程进行了研究。

在开展现场观测的同时，针对台湾海峡的环境动力场也开展了大量的数值模拟工作，这些工作为台湾海峡环境动力学模型的研究积累了非常有

厦门大学博硕士论文摘要库

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 for delivery details.

厦门大学博硕士论文摘要库