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：B200127001　　UDC _____

厦门大学

博　士　学　位　论　文

东南印度洋的海洋锋及其变化研究

Fronts of the Southeast Indian Ocean and their variations

贺志刚

指导教师姓名：董兆乾　　教授

专　业　名　称：海　洋　化　学

论文提交日期：2005 年 11 月

论文答辩时间：2005 年 12 月

学位授予日期：

答辩委员会主席：_____

评　　阅　　人：_____

2005 年 11 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产生的权利和责任。

声明人（签名）：

年　　月　　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：　　年　月　日

导师签名：　　日期：　　年　月　日

厦门大学博硕士论文摘要库

摘要

南极绕极流（ACC）中斜压输送占主要部分，而相关锋面的斜压输送又构成了总斜压输送的主要部分，因此研究锋的形态特征及其变化对于了解 ACC 具有重要意义。由于南大洋的海域面积巨大，且天气条件恶劣，对锋面的认识在时间和空间上还极为有限。绝大多数对锋的研究都基于传统的温盐观测，主要集中在南半球夏季，空间分辨率不高，且主要分布在南极考察补给船的航线上，缺少全面连续的观测。南印度洋又是南大洋中了解较少的海区，而中国的南大洋调查主要在东南印度洋开展，因此本文选取东南印度洋 70°～150°E 之间的锋作为研究对象。

东南印度洋的锋大多伴有强斜压地转流。本文抓住这一特征，从强流这个角度来研究和识别锋，阐述了各锋的锋面流特征。在此基础上，进一步阐明了 115°E 断面各主要锋在平均状态下的锋面位置、流速和宽度等特征及可能的变化。从涡动能和温盐两个角度研究了东南印度洋各锋的变化，并对各锋的形成机制进行了初步探讨。主要结果如下：

1．南极绕极流中亚南极锋（SAF）、第一极锋（PF1）及南绕极流锋（SACCF）的位置和走向可以由强流所在位置更为精确地确定。SAF 和 PF1 总是对应着流速一般在 40 cms^{-1} 以上的强流，第二极锋（PF2）并不一定与强流对应，SACCF 对应的流速明显小于 SAF 和 PF1，但仍可以强流法予以辨认。在涡旋活动的影响下 SAF 的锋面流会加强和发生分裂。

2．在 115°E 断面，ACC 的主轴在平均状态下主要由两部分构成，分别对应于 SAF 和极锋区的 PF2 和 PF1。SAF 的平均位置在 46°S，平均纬向流速达 49cms^{-1}。极锋区的东向输送流幅宽达 4.3 个纬度，大于 SAF 的输送，其间有多个速度峰值，反映了该断面的 PF2 和 PF1 具有较大的南北摆动幅度，甚至可能分裂为多个锋。SACCF 的平均位置在 59.7°S，平均纬向流速略小于 20cms^{-1}。

3．在东南印度洋远离海脊和海台的深海盆以及海脊和海台的走向与 ACC 主轴平行的海域，高涡动能（EKE）主要由周期大于 90 天的变化产生。SAF 在东南印度洋没有一致的季节变化。低频 EKE 在克尔盖伦岛东北方和澳大利亚西南方的上升趋势较为明显与不同海域海平面变化趋势不一致有关。

4．埃克曼抽吸导致的表层水辐聚是 STF 产生和维持的原因。绕极深层水（CDW）与变性绕极深层水（MCDW）的温盐特征差异导致了 SACCF 的形成，旋度负最大值很可能决定了 SACCF 的强度：负最大值越大，锋强度越强。在 PF1 以北，辐聚下沉并北移的 AASW 与 SAMW 之间温盐特征的巨大差异可能是导致 SAF 形成的主要原因。局地的埃克曼辐聚

厦门大学博硕士论文摘要库

可能只在某些时候起到了维持 SAF 的作用。

关键词：东南印度洋；海洋锋；变化

厦门大学博硕士论文摘要库

Abstract

Baroclinic component is the dominant part of Antarctic Circumpolar Current (ACC), and baroclinic transportation associated with fronts makes up the majority part of the total baroclinic transportation of ACC. Therefore it is critical to study the properties and variations of oceanic fronts for understanding ACC. Because of the enormous area of the Southern Ocean and rough in situ condition, the knowledge about the oceanic fronts there is still limited. Although many scientists have investigated the fronts in the Southern Indian Ocean, most of the studies were based on thermohaline properties of the fronts. Most of measurements were implemented in austral summer with sparse spatial resolution and distributed along cruise tracks of Antarctic replenishment vessels. Comprehensive and continuous measurements are rare. Especially the knowledge about South Indian Ocean is less than other parts of Southern Ocean. The in situ observations of Chinese National Antarctic Research Expeditions in Southern Ocean were focused on the southeast Indian Ocean mostly, therefore the oceanic fronts in the southeast Indian Ocean between 70° and 150° E are chosen as the objectives of the present study.

Most of the oceanic fronts in the southeast Indian Ocean is accompanied with strong baroclinic geostrophic currents. Different from previous view in studying fronts, strong currents related to fronts to study and identify fronts, through which the current characteristics within fronts are shown. Based on these results, the locations, velocity, width and possible variations of fronts in the section along 115° E is described. The variations of fronts in the southeast Indian Ocean are analyzed in eddy kinetic energy and thermohaline properties, and the frontogenesis of oceanic fronts is also discussed preliminarily. Main results are as follows:

1. The locations and orientations of the Subantarctic Front (SAF), the primary Polar Front and Southern ACC Front (SACCF) in the ACC of the Southeast Indian Ocean can be identified more precisely by the current distribution derived from ADCP data than by hydrographic data, because these fronts are usually accompanied by strong currents, although the speed coinciding with the SACCF is less than that of the SAF and primary PF. The secondary PF does not always coincide with a jet. The location and orientation of the STF is more difficult to be identified through current data, since there usually is no jet accompany it. The activities of eddies could strengthen and split the current within the SAF.

2. On average the principal axis of ACC is consist of two flows in the section along 115° E

厦门大学博硕士论文摘要库

which are corresponding to the SAF and the primary PF and the secondary PF in the Polar Front Zone (PFZ) respectively. The average current core of SAF locates at 46° S with zonal speed up to 49 cms^{-1}。 The east flow in the PFZ has the width of 4.3 degrees of latitude with much more surface transportation than that of the SAF. There are several peaks of speed among the east flow, which mean that the primary PF and secondary PF shift meridionally violently, even have the possibility to split into several fronts. The average current core of SAF locates at 59.7° S with zonal speed less than 20cms^{-1}.

3. High eddy kinetic energy (EKE) in the deep basin far from ridge and plateau and in the sea area where the orientation of ridge and plateau is parallel to the principal axis of ACC is engendered by the variations with period longer than 90 days. The SAF of the southeast Indian Ocean has no consistent seasonal cycle. The obvious ascending trend in the low-frequency EKE northeast of Kerguelen Island and southwest of Australia is related to the inconsistent trends of sea level change in different parts.

4. Surface convergence resulting from Ekman pumping produces and maintains the STF. The frontogenesis of the SACCF could result from the different thermohaline characteristics of the Circumpolar Deep Water (CDW) and Modified Circumpolar Deep Water (MCDW). The location of the SACCF is determined by the southward intrusion of the CDW. The intensity of the SACCF might be determined by the negative maximum of the vortex. The different thermohaline characteristics of the converging, downwelling and moving equatorward AASW north of the primary PF and the SAMW leads to the frontogenesis of the SAF. Local Ekman flows converge might maintain the SAF at sometime.

Key Words: Southeast Indian Ocean; Front; variation

厦门大学博硕士论文摘要库

目　录

第一章 绪论……（1）

1. 南大洋总论……（1）

2. 东南印度洋环流、水团和锋面研究综述……（6）

3. 本研究的目标……（13）

第二章 上层东南印度洋的水文特征……（14）

1. 引言……（14）

2. 数据……（14）

3. 温盐结构和水团……（15）

4. 锋面的确定和各锋面特征……（16）

5. 表层混合层（SML）与冬季水（WW）特征的空间变化……（19）

6. 主要结果……（21）

7. 讨论……（21）

第三章 东南印度洋各锋面的流特征……（25）

1. 引言……（25）

2. 数据……（26）

3. 各断面的实测流和锋面……（28）

4. 讨论……（46）

5. 主要结果……（47）

第四章 东南印度洋各锋位置的变化及其与风场变化的关系……（49）

1. 引言……（49）

2. 数据……（50）

3. 东南印度洋夏季（10～3 月）和冬季（4～9 月）的锋面……（51）

4. 风场变化与锋位置变化……（56）

5. 讨论……（65）

6. 主要结果……（66）

厦门大学博硕士论文摘要库

第五章 卫星高度计在东南印度洋涡动能和 115°E 断面锋研究中的应用……（68）
1. 引言……（68）
2. 数据……（70）
3. 涡动能变化……（70）
4. 115°E 经向断面上的锋……（76）
5. 结论……（81）
第六章 结语……（83）
1. 主要结果……（83）
2. 创新之处……（85）
3. 存在的问题和未来研究计划……（86）
缩略语表……（88）
参考文献……（89）
致谢……（98）

厦门大学博硕士论文摘要库

Contents

Chapter 1 Introduction……（1）

1. Introduction to Southern Ocean…… （1）
2. Introduction to circulation, water masses and fronts of the southeast Indian Ocean……（6）
3. Objectives of this study……（13）

Chapter 2 Upper ocean thermohaline structure in the southeast Indian Ocean…… （14）

1. Introduction…… （14）
2. Data…… （14）
3. Thermohaline structure and water masses…… （15）
4. Determination and properties of fronts…… （16）
5. The spatial variability of surface mixing layer and Winter Water… （19）
6. Main results…… （21）
7. Discussion…… （21）

Chapter 3 Fronts and strong currents of the upper Southeast Indian Ocean…… （25）

1. Introduction……（25）
2. Data ……（26）
3. Strong currents and fronts in each section……（28）
4. Discussion……（46）
5. Main results …… （47）

Chapter 4 Variations of the fronts in the southeast Indian Ocean and their relations with variations of wind stress ……（49）

1. Introduction……（49）

厦门大学博硕士论文摘要库

2. Data…… （50）
3. Fronts of the southeast Indian Ocean in austral Summer and austral Winter……（51）
4. Variations of wind field and locations of fronts……（56）
5. Discussion……（65）
6. Main results……（66）
Chapter 5 Applications of satellite altimeter in the study of eddy kinetic energy in the southeast Indian Ocean and fronts in the section along 115° E…… （68）
1. Introduction…… （68）
2. Data……（70）
3. Variations of eddy kinetic energy……（70）
4. Fronts in the section along 115° E…… （76）
5. Conclusion……（81）
Chapter 6 Summary…… （83）
1. Main results…… （83）
2. Innovations……（85）
4. Problems and future plan……（86）
Abbreviations…… （88）
References …… （89）
Acknowledgements……（98）

厦门大学博硕士论文摘要库

第一章 绪论

1．南大洋总论

1．1 研究意义

南大洋是指极锋（Polar Front）以南的环绕南极大陆的水圈，面积 $36\times10^6 km^2$，占全球海洋面积的 20％以上，是世界三大洋（印度洋、太平洋和大西洋）进行沟通的主要通道，其间的东向绕极环流是实现三大洋物质和能量交换的主要途径。在经向上，南大洋和三大洋的低纬海区存在巨大的水量交换。南大洋是全球海洋和气候系统的关键组成部分之一，强烈地影响着南极地区和全球的气候，并对全球变化具有敏感的反馈作用。

南大洋的重要性具体体现在以下方面：南大洋是全球温盐环流的重要组成部分，是太平洋、印度洋和大西洋之间深层水和底层水交换的唯一通道，对热量、淡水和其它特征的全球再分布起至关重要的作用；南极绕极流（ACC）把异常特征从一个洋盆带到另一个洋盆，从而对区域和全球气候产生影响（如南极绕极波）；在南半球中高纬度形成的水团的体积超过了全球海洋体积的一半，南极底层水（AABW）在沿着南极陆架下沉向全球海洋输运的过程中，向深海带去了丰富的溶解氧与营养盐，主宰着全球大洋深层和底层的“通风”过程，对深海的化学成分和生物构成起控制作用；最近的研究结果显示环流和水团的特征发生了明显的变化，OceanOb99 指出，由水团变暖导致的海洋热膨胀是 21 世纪海平面升高的主要原因，在南大洋形成的水团对这一过程也做出重要贡献；南大洋南部季节性进退的海冰对于 AABW 的形成和调制沿岸海域的气候也有重要意义。因此，南大洋在全球气候系统中扮演重要角色，南大洋海洋学在全球、南半球和南极科学的许多方面都占有重要地位。

已取得的研究进展显示，全球变暖已经减缓了南大洋的基本过程，气候变化的最强信号出现在南大洋：多处上层和深层海洋的垂向反转环流变异；CO_2 的源区和汇区变化；南极水团特性快速变化；南印度洋、南太平洋和南大西洋海盆间水交换明显变化；南大洋与亚热带间环流变化；ACC 输运和主要锋区的明显变异和包括 ACW 在内的低频明显变化等。目前认为，不进一步加强南大洋观测就不能回答反转环流的变异，ENSO 的年代际变化，海洋的 CO_2 吸收和排放，气候变化的探测和成因，洋盆尺度的热量和淡水收支，全球温度对温室效应的反馈和海平面上升等与气候变化紧密相关的科学问题。与全

厦门大学博硕士论文摘要库

球其它洋区相比，南大洋是全球海洋观测条件最恶劣的海区，也是观测的时间和空间覆盖最小的海区，从而也是了解最肤浅的海区。学术界呼吁，加强对南大洋的研究是解决全球气候系统变化的主要任务之一。

1．2 南大洋考察史

人类对南大洋和南极大陆的探险考察开始于 20 世纪初。整个考察史可以划分为两个阶段。第一阶段从 20 世纪初到 80 年代初，是由探险为主的零星海洋考察向初步规模化考察发展的阶段。1900～1914 年期间，有 14 条船去南极探险。在此期间，科学，特别是海洋科学在探险和极地旅行中处于次要地位。此后的十几年中，考察基本处于停顿状态，1927～1937 年的十年间，仅有 4 条船考察。二战之后，南极考察活动迅速扩展，但中心是陆地考察和领有权问题，南大洋上的考察工作极为有限。国际地球物理年（IGY，1957～1958）期间，海洋科学仍然被放到次要地位。之后十几年中，美国国家科学基金会资助的“埃尔塔宁”号破冰船连续进行了 55 个南大洋航次的考察，对了解环南极海洋做出了重大的贡献。1968 年到 80 年代初，美国接连发起了南大洋“流体动力学研究”、“德雷克海峡动力学实验”、“国际南大洋研究”（ISOS）、“国际威德尔海海洋学考察”和“大洋地球化学断面研究”（GEOSECS）等国际合作计划，动用 7 条考察船，吸收一些国外学者参加，南大洋考察初步进入了规模化的阶段。几十年的考察使人们对南大洋的风与表层流、水体的带状分布、深层水环流、锋区、海冰/冰山与水团、波浪和涌浪、海床地貌以及物化环境与生物的关系等都有了初步的了解。

第二阶段从 80 年代中期至今，是南大洋的大规模国际合作研究的新阶段。国际科联南极研究科学委员会（SCAR）首先发起了国际南大洋 BIOMASS 计划。随着全球变化课题提上日程，世界气象组织（WMO）、国际科联（ICSU）、政府间海洋学委员会（IOC）、SCAR、国际科联海洋研究科学委员会（SCOR）等国际组织发起了一系列的与气候变化有关的全球性和区域性的国际合作研究计划。

1．3 相关国际科学计划

上个世纪八十年代以来，是实施国际全球计划和极地区域计划的阶段。一批大尺度的全球研究计划，例如：IGBP（国际地圈—生物圈计划）、WCRP（世界气候研究计划）、JGOFS（联合全球海洋通量研究）、WOCE（世界大洋环流试验）、GLOBEC（全球海洋生态系统动力学研究）、GATE（全球水声传播试验）、GARP（全球大气研究计划）、GLOSS（全球海平面观测系统计划）等都把包括南大洋在内的南极地区作为核心研究区

厦门大学博硕士论文摘要库

域之一。根据以上全球研究计划，相关国际组织或国际计划发起、制定并实施了SO-JGOFS（南大洋联合全球海洋通量研究）、GLOCHANT（全球变化与南极地区计划）、ASPECT（南极海冰过程与气候计划）、iAnZone（国际南极区计划）、CLIVAR（气候变化和预测研究）/CLIC（气候与冰冻圈）等南极和南大洋的区域性计划。这些计划对南大洋海洋学提出了明确的科学需求和目标。

2004 年 7 月，ICSU 和 WMO 联合制定了第四个国际极地年计划（IPY），提出了五大科学主题，强调对极区环境时空变化进行量化调查；定量理解极区过去至今的环境变化结果和人类活动的影响；增进对极区—全球不同尺度的相互作用和控制这些相互作用的过程的理解，提高对气候环境变化的预测水平。2004 年 10 月，SCAR 提出了今后 10 年的五大国际合作科学计划，其中的“南极与全球气候系统计划”（AGCS）、“南极气候演变计划”（ACE）和“南极生物演变和生物多样性计划”（EBA）等提出了对南大洋不同尺度的变化特征以及生物多样性（生物资源）的调查研究目标。

“南大洋环南极气候与生态系统动力学相互作用综合分析计划”（ICCED）是 IGBP 第二期，我国是此计划的发起成员之一。该计划与目前正在进行的 CLIVER、CliC、国际南大洋海洋生物普查计划（CoML）以及南大洋生态系统动力学（SO GLOBEC）等进行合作和联合，旨在取得南大洋气候变化、海洋/海冰变化、生态系统变化、生物多样性变化、生物地球化学变化及其与南极生物资源变化之间的相互关系的新认识。

1．4 中国南大洋研究概况

1980～1984 年，是我国政府派遣海洋学工作者参加外国南大洋考察的时期。依靠与国外科学家的紧密合作，取得了经验，得到了初步研究成果，特别是以“南极普里兹湾的水团和环流”论文首次涉足了“深海研究”（Deep-Sea Research）这类国际一流的海洋学期刊。

1984 年底中国第一次南极考察至今，共在南大洋进行了 15 次海洋科学考察，考察内容涉及物理海洋学、化学海洋学、海洋生物学、生物地球化学和海气冰相互作用等学科。除沿航线进行 ADCP、表层温盐走航观测外，CTD 观测和用于化学和示踪物分析的水样采集主要集中于普里兹湾海域及其邻近海域，威德尔海北部断面和普里兹湾至澳大利亚弗里曼特尔断面也进行了 7 年的 XBT/XCTD 观测。

在物理海洋学研究方面，以揭示南极普里兹湾及其邻近海域生成南极底层水的可能性为研究主线，展开以南大洋普里兹湾及其邻近海域海洋/海冰—气相互作用的物理过

厦门大学博硕士论文摘要库

程为重点的研究，提出研究区的水团结构、生成南极底层水的可能性和海/冰—气相互作用的区域量化指标和海冰动态模式。研究成果判定普里兹湾存在南极表层水、南极陆架水、艾默里冰架水、南极绕极深层水和南极底层水这 5 大水团；阐明了该海湾南端表层温度南高北低，指出形成大面积冰间湖是这一异常结构的主要原因；发现了普里兹湾低温陆架水向北输运量存在相当大的年际变化，是对当地气候变化的重要响应之一；同时还提出了西南极布兰斯菲尔德海峡的东海盆和中心海盆深层水和底层水均来自于威德尔海的观点，改变了“局地形成”的传统认识。目前对普里兹湾和相关海域水团和环流特征及其年际变化的研究仍在继续，并且与冰川学相结合，研究水团和环流与埃默里冰架的相互作用。

以普利兹湾为重点，开展了南大洋生物地球化学研究。通过对南大洋生态系统关键种的种群动态变化和碳的生物地球化学循环以及海冰生态过程研究，阐明南大洋浮游动物关键种和海冰生态系统种群动态变化和碳等生源要素的区域变化模式。提出了利用大磷虾复眼直径确定年龄的新方法，并利用磷虾体长与眼径比率这一指标，作为检测南大洋生态系统动态变化的指示因子。通过环绕南极的航行考察揭示出南大洋环境的明显地区差异。

1．5 南大洋研究主要成果、近期研究前沿和发展趋势

近 50 年来的一系列国际极地科学计划推动了极地科学的快速发展，在与南大洋相关的研究领域取得了一些突破性进展：两极深海与大洋钻探揭示了南极绕极流的强化和加宽导致的南极气候变冷和冰盖形成过程；大洋调查研究发现南大洋和北冰洋/北大西洋接合部是全球大洋热盐环流的主要驱动器，它们正在发生快速的变化。

南大洋物理海洋学在此期间也取得了重大成就。发现由北极地区和北大西洋海洋环境形成的高温高盐的北大西洋深层水（NADW）是 ACC 中主要水团南极绕极深层水（CDW）的主要来源；发现了由南大洋局地环境生成的低温高盐高溶解氧的“南极底层水”（AABW）、低温低盐的“南极中层水”（AAIW）[1]和亚南极模态水（SAMW）在南太平洋和南大西洋向北穿过赤道进入北半球大洋；发现冬季在南大洋存在规模巨大的冰间湖, 并认为那里是冬季极区海洋与大气相互作用的主要窗口；发现了南极绕极波动（ACW），即环南极海洋的重要物理海洋学现象存在着 8～10 年的环极变化周期；天然示踪要素（O^{18}、Tritium, CFC-11, CFC-12, He-4, He-3）应用于极区海洋水团划分、计算水团组分（指极区中冰、雪融化水，冰架融化水和海冰融化水以及海水结冰过程中形成

厦门大学博硕士论文摘要库

的高盐低温水等在一个水团中所占的百分比）和追踪水团运动，使物理海洋学的研究结果更为准确。

目前极地科学涉及的与南大洋相关的前沿研究方向或问题主要是：目前激烈争议的冈瓦纳古陆之前的古大陆和早期陆块演化，重建南大洋和北冰洋新生代环境和气候的演变历史；南、北两极通过大气循环和大洋环流在整个地球系统中的物理作用过程；极地冰盖物质平衡与海平面变化估算；南极冰芯、海洋和陆地沉积物保存的过去地球环境和气候变化的信息等等。这些研究方向或问题旨在了解极地与全球气候环境变化的相互作用，并且重视极地与其以外地球各圈层的联系和耦合作用，例如，热带和中纬度大气和海洋环境对南极气候的调节作用、南极气候变异对热带和中纬度大气和海洋环境的扰动、热带信号传递到南极地区的机制、海洋和大气在这种传递中的作用、耦合大气－海洋现象稳定性的控制因素、反映南极冰芯、海冰和大气环流与极区以外信号之间的非线性联系的量化关系、热带与南极之间年代际变化的相关关系、南极臭氧洞的发展已经如何影响这些相关关系和近几十年来 ENSO 变化对南极环境的影响等。

21 世纪极地科学将纳入地球系统科学的框架之中，打破学科界限，在更大的时空尺度上深入地集成化地研究极地五大圈层的特性和相互作用，以及它们与中、低纬度各圈层的联系，为寻求全球气候和环境变化原因提供科学依据。

在这种思路下，国际 IGBP、IHDP、WCRP 和 DIVARSITAS（生物多样性计划）共同组成了地球系统科学联盟，致力于解决当前全球变化和有关全球可持续发展的关键科学问题。IGBP 已经打破了原先按学科领域设计核心计划的界限，重新设计了 6 个研究计划，强调地球系统中大气、海洋和陆地等三个圈层及其界面、地球系统分析模拟（GAIM）和过去全球变化（PAGES）研究。ICSU/WMO 的 IPY2007/2008 计划强调量化极地近代和过去的环境、时空变化及其与全球不同尺度的相互作用和控制因素。南极研究科学委员会（SCAR）提出了未来 10 年的五个南极科学计划，其中“南极气候演变计划”（ACE）重点研究新生代南极气候和冰川的演变及其对地球系统的作用；“南极与全球气候系统计划”（AGCS）研究全新世到近 100 年的南极地区与其以外地区的全球气候系统的耦合和控制因素；“南极演变和生物多样性计划”（EBA）强调生物对南极演变的响应研究。

基于以上南大洋研究前沿和极地科学的发展趋势，海洋学界将以多学科和高技术手段继续致力于诸重要水团的形成机制、主要南大洋环流和其模型研制以及揭开 20 世纪已发现的极区特殊海洋现象的机理。主要研究内容包括：

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