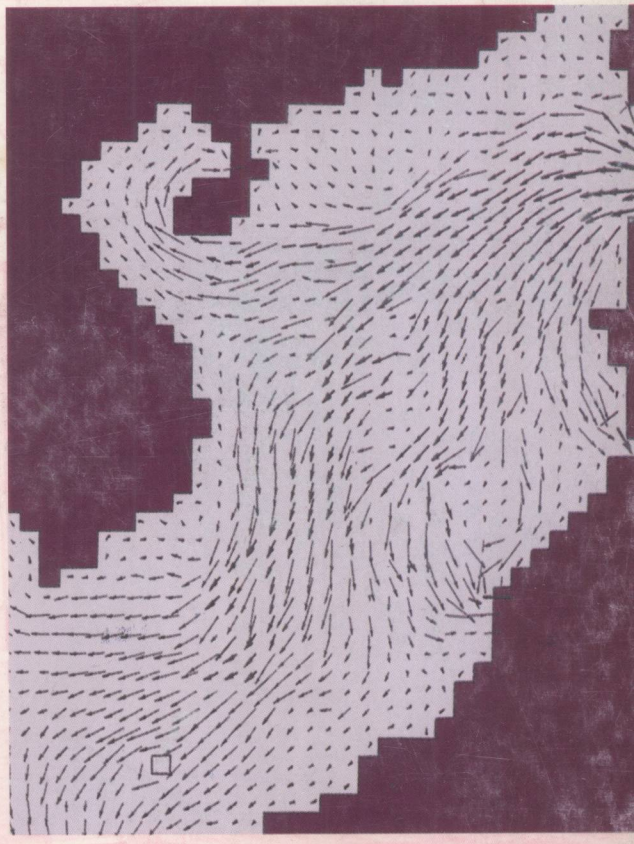
南海海洋科学集刊 第 13 集
NANHAI STUDIA MARINA SINICA N0.13

南沙群岛海域物理海洋学研究



中国科学院南海海洋研究所编辑
科学出版社 出版

南海海洋科学集刊　第13集
NANHAI STUDIA MARINA SINICA　NO.13

南沙群岛海域物理海洋学研究

中国科学院南海海洋研究所　编辑

科学出版社
2000

内 容 简 介

本集刊主要收集了“八五”期间（1992—1995）南沙群岛及其邻近海区海流、潮汐、潮流、海水细结构及气象气候等研究专题的论文25篇。这些论文主要应用1993—1994年的南沙考察资料，比较深入系统地论述了南沙群岛及其邻近海区环流结构、海洋锋、温度跃层及潮汐、潮流的基本特征，分析了水位长期变化和季风特征。此外，在海水温度细结构和波浪方面提出了一些新的见解，进一步丰富了南沙群岛及其邻近海区物理海洋学的有关知识。

本集刊可供从事海洋学、物理海洋学及海洋气象研究的科技人员及大专院校相关专业的师生阅读参考。

南沙群岛海域物理海洋学研究

南海海洋科学集刊 第13集

中国科学院南海海洋研究所 编辑

责任编辑 孙淑杰

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

（邮政编码 100717）

广州市昌兴印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

2000年12月第1版 开本：787×1092 1/16

2000年12月第1次印刷 印张：16 1/4

印数：001－500 字数：400 000

ISBN 7－03－008985－5/Q·1024

定价：40.00元

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

前　言

本集收集了“八五”期间（1992—1995）南沙群岛及其邻近海区海流、潮汐、潮流、海水细结构、气象气候等研究专题的论文25篇。这些论文主要应用1993—1994年的考察资料，比较深入而系统地论述了南沙群岛及其邻近海区环流结构、海洋锋、温度跃层及潮汐、潮流的基本特征，并根据历史资料分析了水位长期变化、季风特征以及南沙群岛海区南部与北部的气候差异；从动力学角度阐释了形成两层逆向环流结构模式的原因；根据运动方程和连续方程，在带有地理特征的椭圆形风场的作用下，研究了上层环流形成的机制；首次报道了本海区三维斜压环流的数值研究结果；提出了一个一维温跃层预测模式；采用一个5′×5′网格的二维数值模式，计算了M_1和M_2分潮的分布以及试用三维潮位潮流模式进行了潮汐数值预报；以数值方法研究了台风作用下海区的增水分布。此外，在海水温度细结构、波浪等方面提出了一些新的见解，进一步丰富了南沙群岛海区物理海洋学的有关知识。本文集原计划1996年出版，后因出版经费方面的原因而延至今出版，谨致歉意。

值此机会，向一切支持和指导上述研究的领导和专家表示谢意。

“八五”国家专项南沙群岛综合考察负责人

陈清潮

目　录

南沙群岛海域的环流及主要海流
——1993—1994 南沙综合科学考察的一个结果
…… 郭忠信，方文东，陈福培，王关养，宋运法（ 1 ）
南沙群岛海域环流形成机制的一个解释…… 郭忠信，黄羽庭（26）
夏季南沙群岛海域表层水、次表层水的温盐水平变化和运动特征
…… 方文东，郭忠信（32）
冬季南海南部的陆架坡折锋…… 方文东，郭忠信，方国洪（40）
南沙群岛海域温跃层特征分析与一维预测模拟…… 邱　章，蔡树群（49）
南沙群岛及其邻近海区的潮波分布
…… 黄企洲，方国洪，王盛安，曹德明，于克俊，仇德忠（66）
南沙群岛海域潮波的细网格数值模拟…… 曹德明，方国洪，黄企洲（80）
南沙群岛海区潮汐数值预报的初步实验…… 方国洪，于克俊，曹德明，黄企洲（90）
南沙群岛海区三维斜压环流的数值研究…… 袁叔尧(104)
8826 号台风作用下南海南部海区的增水分布 …… 袁叔尧(113)
南海南部海区斜压场对 8826 号台风强迫作用的响应 …… 袁叔尧(121)
南沙群岛海区水体的层结特征和内波频散关系研究…… 甘子钧，蔡树群(135)
南沙群岛及其邻近海区上层海洋环流的季节变化
——观测结果…… 何有海，关翠华(147)
南沙群岛及其邻近海区上层海洋环流的季节变化
——数值模拟结果…… 何有海，山形俊男，升本顺夫(153)
南沙群岛礁缘浪波压力测量与换算…… 陈俊昌，王　洲，黎满球，王文质(159)
南沙群岛海域海浪数值模拟比较研究
…… 王文质，陈俊昌，黎满球，王　洲，熊永兰，甘雨鸣(166)
GEOSAT 卫星观测台风浪断面分布研究
Ⅰ．与 WSCS 模式模拟台风浪断面分布的比较
…… 陈俊昌，齐义泉，王文质，王　洲(189)
永暑礁波浪的浅水效应特征…… 王　洲，陈俊昌(201)
南沙岛礁附近波浪单点预报模式…… 王　洲，陈俊昌，王文质(206)
南沙群岛海域海面计算风场试验研究
…… 杨春成，高志华，王康玲，陈子通，陈俊昌，王文质，黎满球(211)
MJ202 型压力式测波仪和 MJ203 型压力式浪潮仪研制报告 …… 王盛安，潘建平(222)
MJ103 型压力式验潮仪研制报告 …… 王盛安，潘建平(227)
MJ401 型气压计研制报告 …… 王盛安，潘建平(235)
南沙群岛南部与北部海区的气候差异…… 林锡贵，许建林，何有海(241)
南沙群岛海区的夏季风和海面气象特征…… 林锡贵，何有海，许建林(251)

CONTENTS

Circulation and main currents in Nansha Islands Waters
——A result of Nansha Islands comprehensive survey form 1993 to 1994
..... GUO Zhong-xin, FANG Wen-dong, CHEN Fu-pei, WANG Guan-yang, SONG Yun-fa (25)
An interpretation to formation mechanism of circulation in Nansha Islands waters
..... GUO Zhong-xin, HUANG Yu-ting (31)
Horizontal variations of water temperature and salinity in surface and sub-surface layers of Nansha Islands waters in summer ..... FANG Wen-dong, GUO zhong-xin (39)
Winter shelf-break fronts on southern South China Sea
..... FANG Wen-dong, GUO zhong-xin, FANG Guo-hong (48)
Characteristics and one-dimentional simulation of thermocline in Nansha Islands waters
..... QIU Zhang, CAI Shu-qun (65)
Distribution of tidal wave in Nansha Islands and its adjacent sea areas
..... HUANG Qi-zhou, FANG Guo-hong, WANG Sheng-an, CAO De-ming, YU Ke-jun, QIU De-zhong (79)
Fine-grid numerical simulation of tidal wave in Nansha Islands sea area
..... CAO De-ming, FANG Guo-hong, HUANG Qi-zhou (89)
Primary experiment on numerical forecast of tide in Nansha Islands sea area
..... FANG Guo-hong, YU Ke-jun, CAO De-ming, HUANG Qi-zhou (103)
Numerical study on three-dimentional circulation in Nansha Islands sea area
..... YUAN Shu-yao (112)
Set up distribution of No. 8826 typhoon in southern South China Sea ..... YUAN Shu-yao (120)
Responses of 3-D barcolinic current to 8826 typhoon in southern South China Sea
..... YUAN Shu-yao (134)
A study on stratification characteristics and internal wave dispersion relationship of sea-water in NanshaIslands sea area ..... GAN Zi-jun, CAI Shu-qun (146)
Seasonal variation of upper oceanic circulation in waters of Nansha Islands and its vicinity
—Observed results ..... HE You-hai, GUAN Cui-hua (152)
Seasonal variation of upper oceanic circulation in waters of Nansha Islands and its vicinity
—Simulated results ..... HE You-hai, Toshio Yamagata, Yukio Masumoto (158)
Measurement and conversion of wave pressure on reef fringe of Nansha Islands
..... CHEN Jun-chang, WANG Zhou, LI Man-qiu, WANG Wen-zhi (165)
Comparative studies on sea wave numerical simulations in Nansha Islands waters

..... WANG Wen-zhi, CHEN Jun-chang, LI Man-qiu,
WANG Zhou, XIONG Yong-lan, GAN Yu-ming (188)
Sectional distribution of GEOSAT satellite observed typhoon waves
Ⅰ. Comparison with sectional distribution of simulated typhoon wave by WSCS model
..... CHEN Jun-chang, QI Yi-quan, WANG Wen-zhi, WANG Zhou (200)
Wave characteristics under shoaling effects in vicinity of Yongshu Reef
..... WANG Zhou, CHEN Jun-chang (205)
Target point wave forecasting model in vicinity of reefs in Nansha Islands
..... WANG Zhou, CHEN Jun-chang, WANG Wen-zhi (210)
An experiment on calculated sea surface wind fields over Nansha Islands waters
..... YANG Chun-cheng, GAO Zhi-hua, WANG Kang-ling,
CHEN Zi-tong, CHEN Jun-chang, WANG Wen-zhi, LI Man-qiu (221)
A report on developing MJ202 pressure-type wave meter and MJ203 pressure-type
wave-tide gauge ..... WANG Sheng-an, PAN Jian-ping (226)
A report on developing MJ103 pressure-type tide gauge
..... WANG Sheng-an, PAN Jian-ping (234)
A report on developing MJ401 barometer ..... WANG Sheng-an, PAN Jian-ping (240)
Climate difference between southern and northern sea areas of Nansha Islands
..... LIN Xi-gui, XU Jian-lin, HE You-hai (250)
Summer monsoon and sea surface meteorological features in Nansha Islands sea area
..... LIN Xi-gui, HE You-hai, XU Jian-lin (263)

南沙群岛海域的环流及主要海流
——1993—1994南沙综合科学考察的一个结果

郭忠信 方文东 陈福培 王关养 宋运法
（中国科学院南海海洋研究所 广州 510301）

摘 要 分别表征东北季风期和西南季风期的1993年12月和1994年9月的两次南沙综合考察获得的CTD资料，现实地描绘了两个季风期南沙环流结构及海流系统，这就为今后全面开展环流的理论研究奠定了可靠的资料基础。本研究将CTD资料所揭露的上层和下层环流及各支流系公诸于众，并将它们定名，以利今后的研究。两个相反方向的季风，营造了两种不同款型的上层、下层环流及两种不同方向的流系，这是我们对有关环流结构的基本认识。在南沙，上层环流自成完全的循环，这是环流的重要特征之一。与此不同，下层环流均为半（1/2）环流形式，即环流在北南沙不封闭，向北开口，这标志着下层环流和南海中部连为一体，两地共有一个单一的环流，这是南沙环流的重要特征之二。此外，在两个季风期，环流均为二层结构模式，上层模式和下层模式二者总是逆向的，这是南沙环流的重要特征之三。初步阐述了环流形成的机制，解释了上层、下层环流逆向性的原因。环流分析结果为南沙与南海中部海水的质量交换提供了基础信息。讨论了28℃暖水的存在及其与环流的联系，揭示了春季—夏初期间表层低盐核的存在及其与海面蒸发的关系。

关键词 南沙群岛海域，二层逆向环流模式，北南沙海流，南沙逆（风）流

Dale W L[1]和Wyrtki K[2]提出的南海表层海流图，主要根据船舶漂移资料、风应力资料以及动力学上的推论而得，很少借助于现场观测。此外，徐锡祯等[3]根据6 000多个历史调查站次的温、盐资料，进行动力计算，描绘了南海表层和500 m水层的地转流图，这是建立在实测资料基础上的第1份南海海流图。上述海流图虽比较粗糙，但近似地反映了现实的基本流动趋势，对了解南沙群岛海域的环流有参考价值。仇德忠[4]根据动力计算研究了南海中部的环流，给出了东北季风和西南季风时的环流图，对研究南沙环流是有益的。

最近，黄企洲[5]根据1984—1990年中国南沙考察队获得的多次有关资料，全面系统地分析和总结了考察海区春、夏、冬季表、中、深层的海流状况，特别是他所建立的有关1989年12月、1990年5—6月的各水层的环流图，展现了考察海区存在的一系列大、小环流，是迄今为止业已公开的通过现场考察得到的涉及海区范围最广的海流图，从而大大地提高了我们对南沙海洋环流状况的认识，开阔了视野。

遗憾的是黄[5]认为冬季北南沙表层呈现气旋式流态，这除与［1］—［4］不一致外，也与本研究的观测结果不符。此外，黄[5]所给出的夏季500 m层的循环模式也与［3］及本研究所给出的观测结果相左，黄得到的是一个反气旋式环流，而［3］和本研

究给出是一个气旋式环流。南沙环流涡旋交错、复杂多变，故观测研究结果不一致应不足为奇。然而，重要的是黄所指的夏季，未必能代表典型的夏季流场。相信通过多次的考察和有理的推敲，能够将事件的真相弄个水落石出。

1993 年 12 月和 1994 年 9 月中国南沙综合科学考察队对南沙的进一步考察，是迄今为止最为系统的考察。两次考察期时值季风劲吹，稳定的东北季风流场和西南季风流场业已形成。本文利用两次考察的 CTD 资料，通过经典的动力学计算（零面选在 1500 m 处），描述两个季风盛行期南沙的环流结构，初步解释环流形成的机制，并探讨南沙环流与毗邻的北部环流之间的联系；以一个全新的完整而系统的概念给出整个南沙环流的结构，以新的认识描述环流特征，同时揭示 3 支主要流系、特别是北南沙海流及南沙逆（风）流的特征。

南沙海区面积广阔，拥有良好的动力学条件，能够自身孕育和发展起相对独立的环流系统，这是毫无疑问的。但是，南沙毕竟是南海的有机连续体，其环流的形成与发展，除主要受当地动力学因子的作用而外，尚与毗邻的海区有关联作用。探明这种关联作用，对全面正确地理解南沙环流的结构是有益的。为此，在下层环流的讨论中，引入了半环流一词，意在描述南沙环流与北部海区的关联性。

研究表明，南沙环流为两层环流结构模式，自海面至 400 m 水深为一层，拥有同一个确定的环流模式，在此定义为上层。水深 500—1500m 水层为另一层，也拥有自己确定的环流模式，在此定义为下层。显然，这里定义的“上层”和“上层水”以及“下层”、“下层水”，与水团分析中的传统含义不同，不可混淆。

此外，本文所指的南沙群岛海域（以下简称南沙）泛指 12°N 以南至 3°30′N 之间、不含暹罗湾的南海海域。如此规定，只是从环流研究的角度出发，绝不含有任何其它意图。

1 现场考察海区及 CTD 测站站位

在某种意义上可以认为，本研究是 1993 年 12 月和 1994 年 9 月南沙有关环流结构的一个考察结果，因此，有必要示出两次考察的海区及 CTD 测站站位（详见图 1 和图 2）。图 3 和图 4 分别为 1989 年 12 月和 1990 年 5—6 月南沙考察的 CTD 站位图。

由于条件所限，1993 年 12 月的考察范围对研究环流的空间分布来仍然有限，侧重点在南沙的西半部，这里位于两个季风主轴处，又是海流西部强化之处，是南沙环流主部的“栖息”之地；增强了对南沙北部考察的力度；南沙东部海区虽未在考察之内，但加强了对 113°E 断面的考察，以便有意识地控制环流的东西向运移。

1994 年 9 月的考察范围，在原 1993 年 12 月份的考察范围的基础上，向东扩大很多，这对于了解南沙大范围内环流配置的情况是十分有益的。

显然，这两次考察，都把考察的重点区域放在南沙的西部海域，目的是最大限度地考察南沙主要环流的主要“栖息”空间。摸清了这里的环流，整个南沙环流结构的眉目也就基本清楚了。

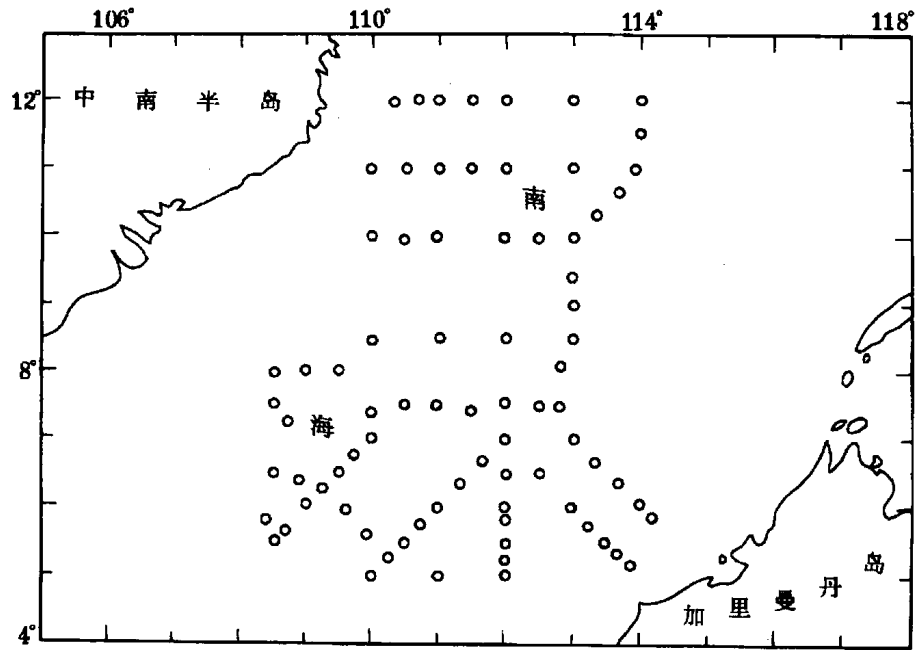


图 1　1993 年 12 月南沙综合考察海域 CTD 站站位（○）

Fig.1　CTD station sites of Nansha Comprehensive Surveys in December 1993

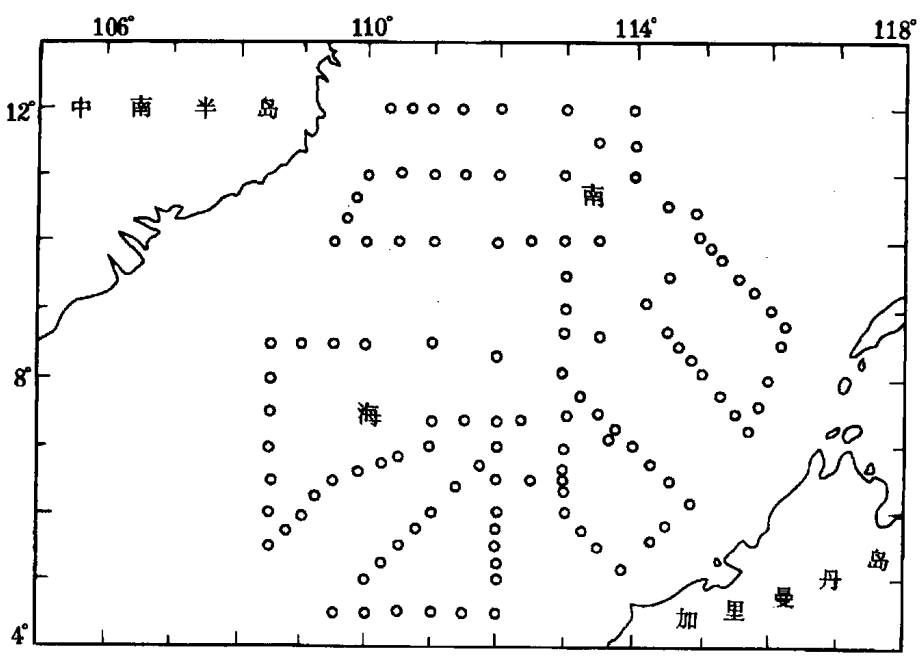


图 2　1994 年 9 月南沙综合考察海域 CTD 站站位（○）

Fig.2　CTD station sites of Nansha Comprehensive Surveys in September 1993

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

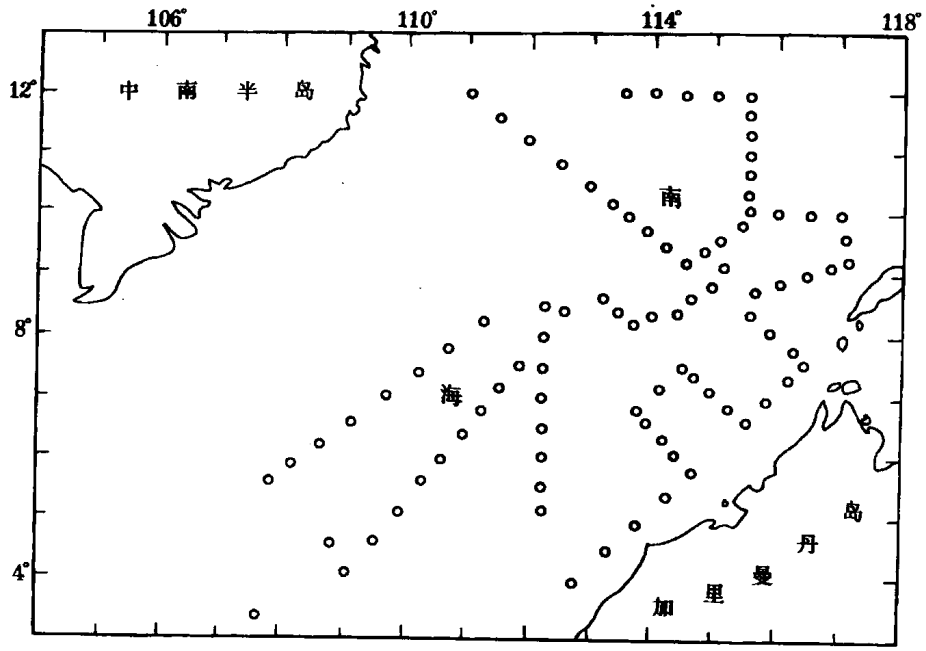


图 3　1989 年 12 月南沙综合考察海域 CTD 站站位（○）

Fig.3　CTD station sites of Nansha Comprehensive Surveys in December 1989

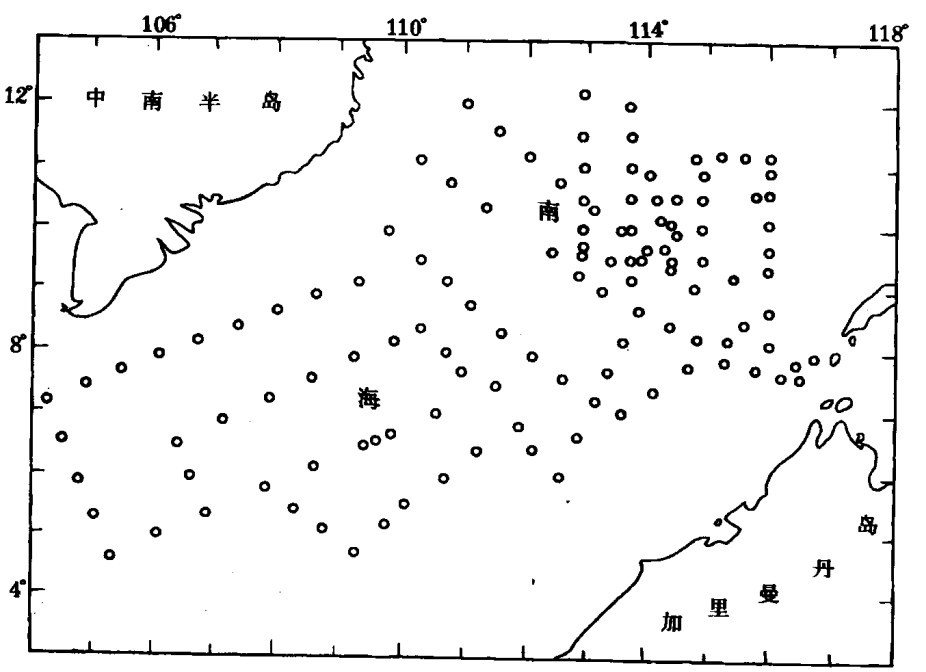


图 4　1990 年 5—6 月南沙综合考察海域 CTD 站站位（○）

Fig.4　CTD station sites of Nansha Comprehensive Surveys in May—June 1990

2 现场观测期的风场

两次考察期间，在考察的航线上都始终进行了风的观测。现将由观测风而推算的风应力矢量绘于图 5 和图 6，以便了解和分析环流现场观测结果。

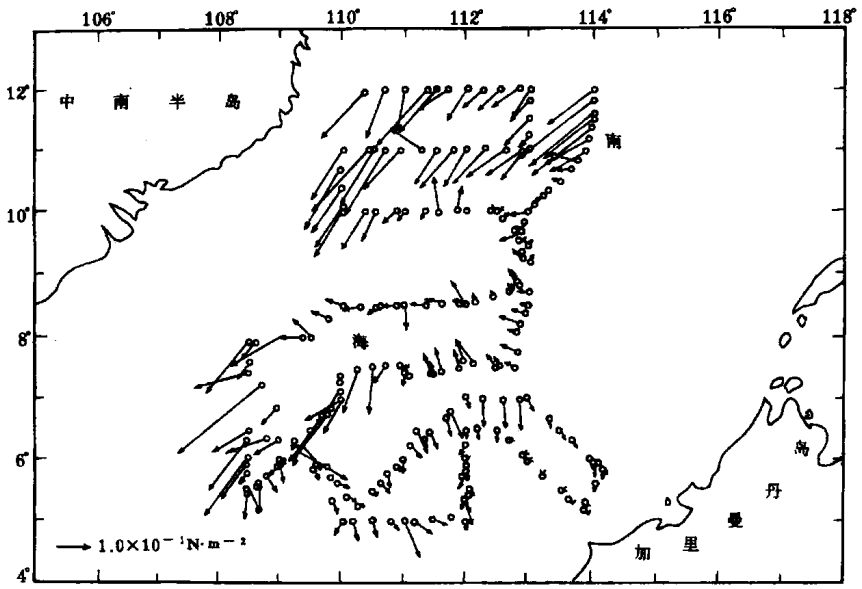


图 5 1993 年 12 月现场观测风应力（$N \cdot m^{-2}$）

Fig.5 Wind stress ($N \cdot m^{-2}$) from *in situ* observation in December 1993

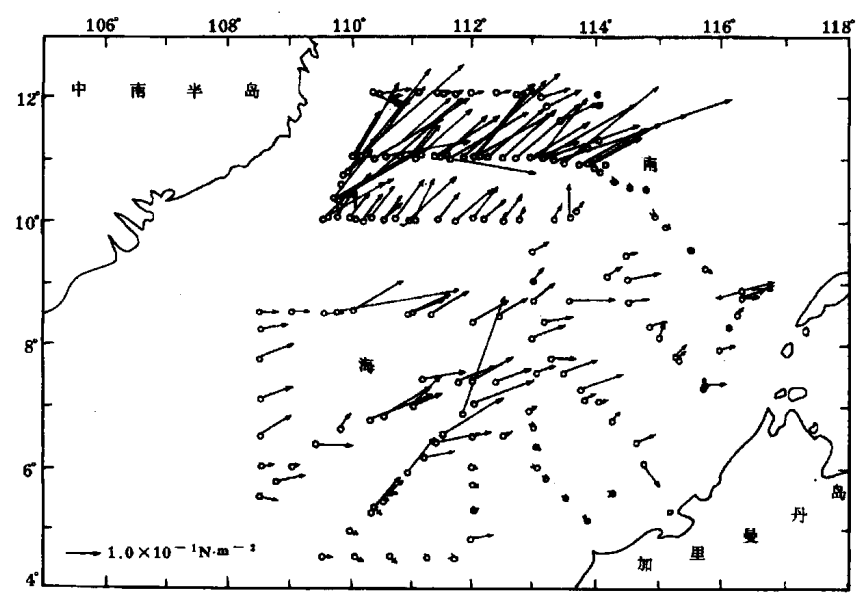


图 6 1994 年 9 月现场观测风应力（$N \cdot m^{-2}$）

Fig.6 Wind stress ($N \cdot m^{-2}$) from *in situ* observation in September 1994

现场观测风应力至少提供这样的信息：1993 年 12 月的整个考察期盛行东北季风；1994 年 9 月，全海区自北向南，吹西南季风。

3 南沙的环流和主要流系

这儿所述的环流，仅指水平环流。关于垂直环流不予研究。

在这一部分中，将主要根据地转流的计算结果，分别描述西南季风期及东北季风期南沙上层（400 m 以浅）及下层（500 m 以深）环流及主要海流系统。

南沙环流和海流在时空上的配置和变化的基本特征可以概括为：两个不同方向的季风——西南季风和东北季风，相应地创造了两种不同方向的环流和海流。同一个季风，引发了不同方向的上层环流和下层环流。就垂直方向而论，环流为两层结构模式。

3.1 西南季风盛行期

西南季风分别引发了不同的上层环流和下层环流，也导致了特定的海流系统。

南沙（上层）反气旋　　当西南季风期，南沙上层被一大的反气旋式环流所控制（详见图 7），堪称南沙第一反气旋，将其定名为南沙（上层）反气旋，环流的垂直尺度仅达 400 m。在其中还嵌套着几个局地性的小尺度环流，这将在下面指出。

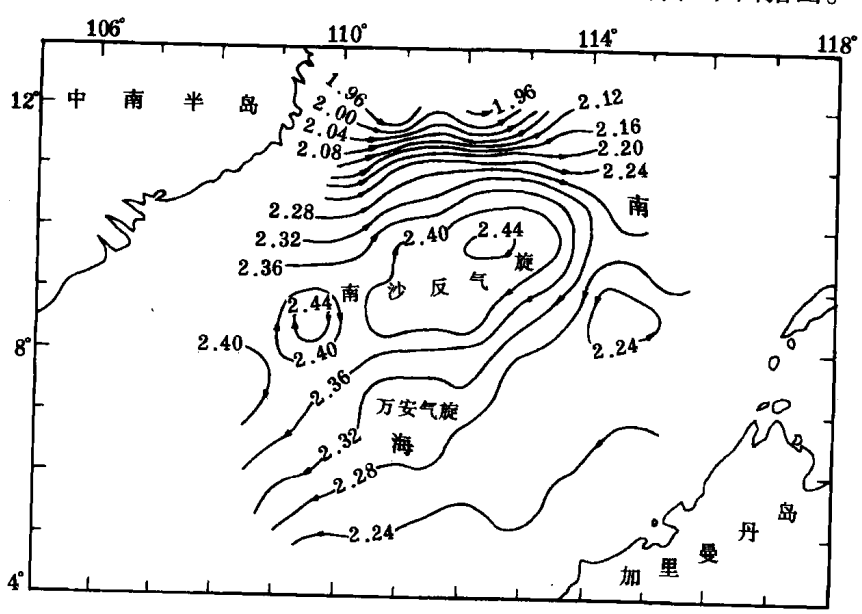


图 7　1994 年 9 月南沙海域表层重力势偏差（$\times 10\ m^2 \cdot s^{-2}$）分布

Fig.7　Distribution of gravity potential deviation ($\times 10\ m^2 \cdot s^{-2}$) at surface in Nansha Islands waters in September 1994

该反气旋的形状近似为一椭圆，其长轴大致沿西南季风方向延伸，也与海岸线的走向近似平行，这充分显示环流的的季风型特性；环流的西翼流线密集，海流强化；其东翼流线变疏，海流变弱；其北翼流线也相当密集，这是因气流狭管效应，导致风力加强所致。

万安气旋　位于万安滩之西南，为一小的、但很深厚的局地性气旋式流涡（详见图 8，9），波及至 1 500 m 水深，是迄今为止在南沙观测到的最深厚的一个流涡，定义

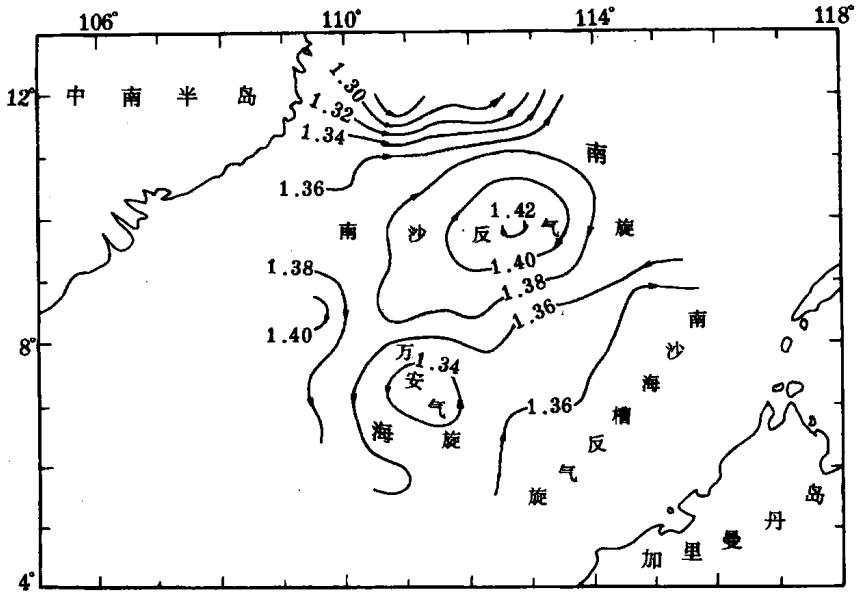


图 8　1994 年 9 月南沙海域 200 m 层重力势偏差（$\times 10\ m^2 \cdot s^{-2}$）分布

Fig.8　Distribution of gravity potential deviation ($\times 10\ m^2 \cdot s^{-2}$) at 200 m level in Nansha Islands waters in September 1994

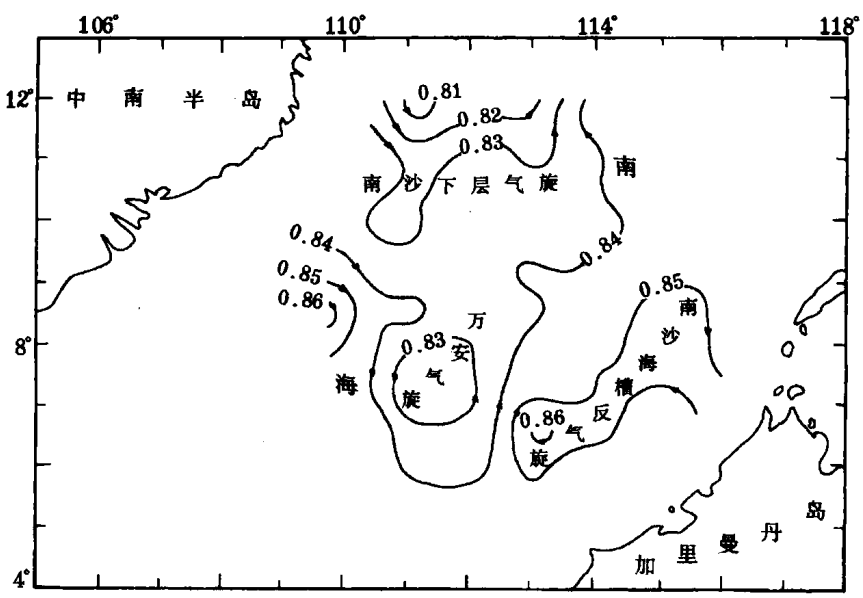


图 9　1994 年 9 月南沙海域 500 m 层重力势偏差（$\times 10\ m^2 \cdot s^{-2}$）分布

Fig.9　Distribution of gravity potential deviation ($\times 10\ m^2 \cdot s^{-2}$) at 500 m level in Nansha Islands waters in September 1994

为万安气旋。1994 年 9 月的考察资料，已将该流涡的全貌揭露得相当清楚。按形成机理，可将其分为上、下两部分，上部是从海面至 400 m 水深，下部则是从 500 m 至 1 500 m 水深。可以认为，上、下两部分是在不同的动力学作用下形成的。简而言之，上部是由于南沙（上层）反气旋的东翼水向西南流动时在万安滩受阻，迫使海流发生左旋而形成的；而其下部则是由于下面将论述的南沙下层气旋的西翼海水沿外陆坡向南运行时受海底地形作用发生弯曲而形成的局部封闭性的小流涡（详见图 10）。可见，该气旋在海面发育不完整，及至 50 m 深以下，则发育相当完整。总之，万安气旋是由形成机理不同的上、下两部分叠加而成的特厚的小流涡，它的下部嵌套在南沙（上层）反气旋之中，其下部乃是南沙下层气旋上的一个局地性小流涡。如果考虑到东北季风期南沙气旋的中心位置与它相近的话，那么万安气旋就显得更重要了，将它加以定名是值得的。

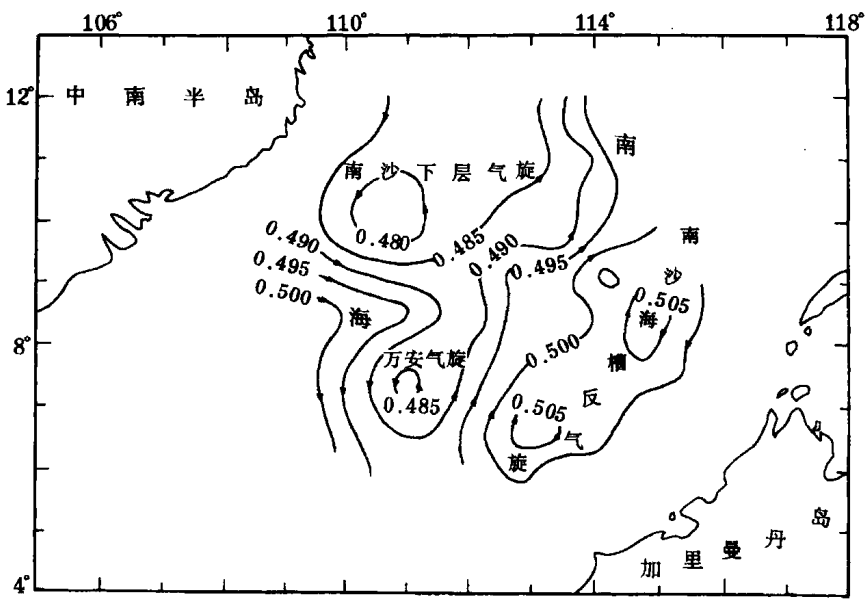


图 10　1994 年 9 月南沙海域 800 m 层重力势偏差（$\times 10\ m^2 \cdot s^{-2}$）分布

Fig.10　Distribution of gravity potential deviation ($\times 10\ m^2 \cdot s^{-2}$) at 800 m level in Nansha Islands waters in September 1994

南沙海槽西北气旋　还有一个小的气旋性环流嵌套在南沙（上层）反气旋之中，这就是位于南沙海槽西北的浅薄性小气旋，这一个气旋在［1］—［3］、［5］中都有反映。

以上所述的大小环流，除万安气旋外，均产生于上层，到下层它们就消失了。以下将对下层环流加以描述。

南沙下层气旋　南沙是南海的有机连续体，大陆架、大陆坡和深海盆三大地貌单元齐全，陆架面积广阔，陆坡面积更大，北部有南海西南海盆呈楔形插入南沙陆坡的西北角，与南海中部在深层上的海水沟通相当良好，这有利于跨越两地形成大的深层环流系统，考察资料证实了这种观点。

与上层相反，在下层形成了一个贯穿整个南沙海区的大的、向南海中部开口的不闭合的气旋式环流体（参看图 9），它原本是一个完全的环流，在我们的考察区仅为半个（1/2）环流，其中的另一半留驻在毗邻的南海中部，二者合在一起，构成一个跨越两地的大气旋式环流。应该强调指出，由于南沙下层环流的补偿流性质，也由于南沙与南海中部的良好的连通性，特别是下层的连通性似乎更突出，因此在南沙观测到的环流，特别是下层环流，在形态上往往都具有半封闭性，即具有半环流的外视特征。类似的情况下面还会遇到。

从调查资料（参看图 9、图 10）可以看出，南沙下层气旋越往深处越显得清晰。有关这一半环流形成的机制，将在下文指出。

勿庸置疑，这一半环流是西南季风、南沙下层环流的主要环流，它与南海中部沟通，组成一大的气旋式环流，这是该半环流的最重要特征。南沙海区与毗邻北部之间的深层海水交换，主要依靠这一大的环流。

这一半环流的存在，与［3］的研究相一致。应特别强调的是，环流的观测结果，包括上层环流和下层环流的观测结果，应该符合众所周知的动力学条件。只有这样，观测结果才会被人们接受。

南沙海槽反气旋　位于南沙海槽处（参考图 9，10），是一个相当深厚的反气旋式环流，在 200 m 层上，已可窥视到这一环流的踪迹，且越往深处越清晰，似乎是一个永久性的反气旋环流。它的存在，有利于南沙下层气旋东翼环流场的发展。

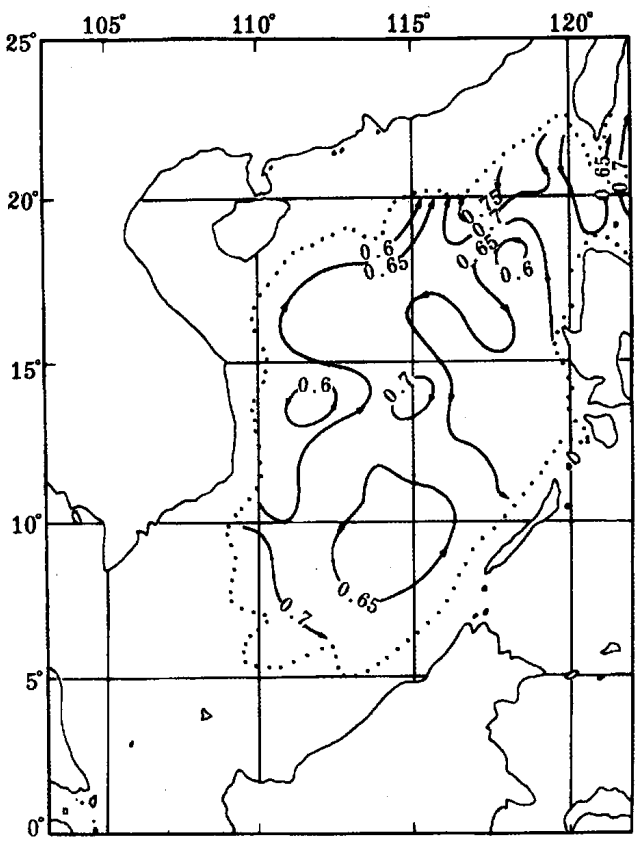


图 11　夏季（6—8 月）500 m 层地转流（动力米）[3]

Fig.11　Summer (June—August) geostrophic currents (dyn.m) at 500m level[3]

可见，西南季风期，下层主要有两个重要环流，它们是南沙下层气旋和南沙海槽反气旋。我们的这一观测结果，与徐[3]的研究结果不完全一致（参看图 11），也与黄[5]的分析结果不同（参看图 12）。徐仅给出了气旋式环流，未能指出南沙海槽反气旋式环流。

以上分析表明，西南季风盛行期间，无论是上层环流还是下层环流，都是多环结构，其中有一个是主环流，另外多个则是由局部海底地形形成的小尺度环流，小环流嵌套在主环流中。

沿岸流系　　下面将侧重分析南沙的上层主要流系，对于下层流系将不作专门分析。

为研究上层流系，绘制了图 13。沿岸流系的大部分流域不在我们的考察范围之内，这就难以提供这支海流的有关细节。

众所周知，沿岸流系是南沙的一支最基本最主要的流系，它在南沙环流结构特别是在上层环流结构中的地位是极为重要的。可以说，没有沿岸流系，就没有南沙环流系统。要研究南沙环流，必定要涉及沿岸流系。

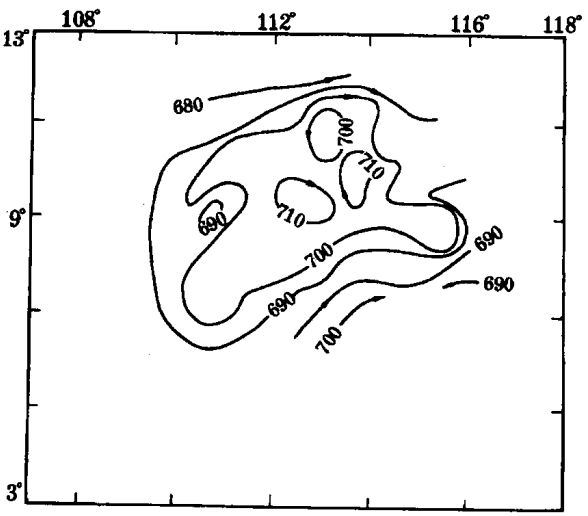


图 12　1990 年 5—6 月 500 m 层重力势（$\times 10^{-2} m^2 \cdot s^{-2}$）分布[5]

Fig. 12　Distribution of gravity potential deviation ($\times 10^{-2} m^2 \cdot s^{-2}$) at 500m level in May—June 1990[5]

南沙沿岸流系大致有两个分支——西部沿岸流和东部沿岸流。西南季风期，前者沿印支半岛沿岸向东北流动构成南沙反气旋的西翼，后者沿北加里曼丹岛沿岸向西南流动，构成南沙反气旋的东、南翼的外围；前者流速强，后者流速弱（参看图 13）。

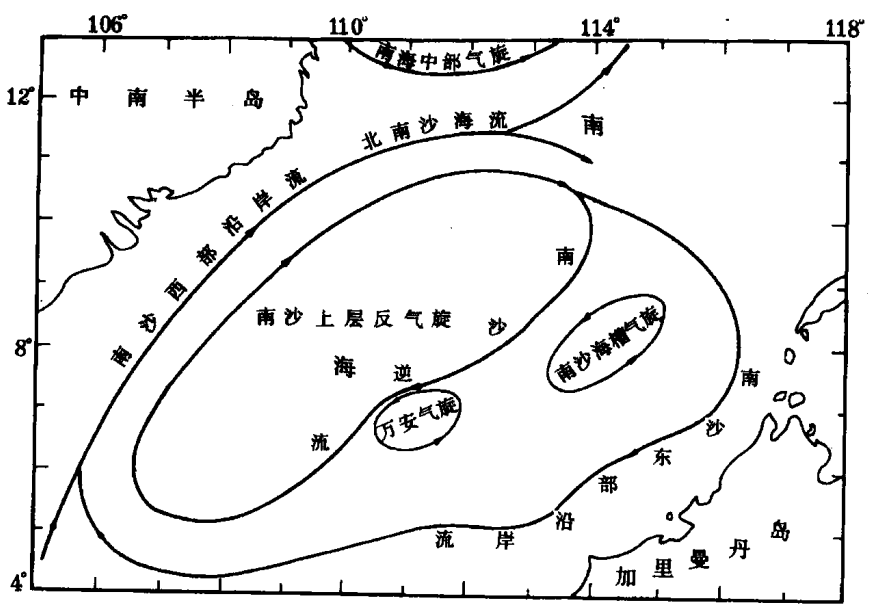


图 13　西南季风期南沙海域的上层流系

Fig. 13　Upper current systems in Nansha Islands waters during Southwest Monsoon

南沙逆（风）流　　西南季风期这支海流是下述的北南沙海流的南分支（参看图 13），是南沙反气旋的东翼流，它逆着沿岸流、逆着季风而流动，其地转流速可达 60 cm

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com