

学校编码: 10384

密级\_\_\_\_\_

学号: 22420071150820

廈門大學

硕士学位论文

吕宋海峡附近水文特征的研究

Study on Hydrographical Characteristics  
near the Luzon Strait

黄志达

指导老师姓名: 胡建宇 教授

专业名称: 物理海洋学

论文提交日期: 2010年8月

论文答辩时间: 2010年8月

2010年8月

## 厦门大学学位论文原创性声明

本人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其他个人或集体已经发表的研究成果，均在文中以适当方式明确标明，并符合法律规范和《厦门大学研究生学术活动规范（试行）》。

另外，该学位论文为（区域环境海洋学）课题（组）的研究成果，获得（区域环境海洋学）课题（组）经费或实验室的资助，在（区域环境海洋学）实验室完成。（请在以上括号内填写课题或课题组负责人或实验室名称，未有此项声明内容的，可以不作特别声明。）

声明人（签名）：

年 月 日

## 厦门大学学位论文著作权使用声明

本人同意厦门大学根据《中华人民共和国学位条例暂行实施办法》等规定保留和使用此学位论文，并向主管部门或其指定机构送交学位论文（包括纸质版和电子版），允许学位论文进入厦门大学图书馆及其数据库被查阅、借阅。本人同意厦门大学将学位论文加入全国博士、硕士学位论文共建单位数据库进行检索，将学位论文的标题和摘要汇编出版，采用影印、缩印或者其它方式合理复制学位论文。

本学位论文属于：

1. 经厦门大学保密委员会审查核定的保密学位论文，  
于 年 月 日解密，解密后适用上述授权。

2. 不保密，适用上述授权。

（请在以上相应括号内打“√”或填上相应内容。保密学位论文应是已经厦门大学保密委员会审定过的学位论文，未经厦门大学保密委员会审定的学位论文均为公开学位论文。此声明栏不填写的，默认为公开学位论文，均适用上述授权。）

声明人（签名）：

年 月 日

## 摘要

本论文基于 Argo 剖面资料、融合的卫星高度计资料、现场水文资料和数值模式 OFES(由 Yukio Masumoto 教授提供)的输出结果,分析吕宋海峡附近的水文特征。本论文的特色在于,我们揭示 2008 年秋季南海东北部一个反气旋涡的来源并展示其西传特征,以及探讨黑潮弯曲南部的气旋涡对黑潮南海分支和黑潮主轴的影响。

Argo 剖面资料得到的 2008 年秋季 20.5°N 断面的温度、盐度分布态势与气候态秋季的分布基本一致。动力计算表明:Argo 浮标剖面资料(选取 1200m 为速度零面)与融合的卫星高度计产品得到的 20.5°N、117.5°~124.5°E 断面的表层地转流北分量的分布比较吻合;吕宋海峡中部的黑潮主轴大致位于 121.5°E 附近,其东边界可达 123°E,而西边界仅限于 121°E;黑潮在 20.5°N 断面的体积流量为  $27 \times 10^6 \text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  左右,最大流速约为  $55 \text{cm} \cdot \text{s}^{-1}$ ,出现在 70m 层左右。

分析南海东北部 5 个 Argo 浮标资料和融合的卫星高度计资料得到:(1)2900825 所跟踪的南海东北部的反气旋涡并不是从黑潮弯曲脱落的,而是源于南海内部。2008 年秋季期间反气旋涡向西传播的过程中,强度在波动中削弱,显示反气旋涡和附近海流之间存在复杂的相互作用;(2)2008 年秋季期间浮标 2800823 所跟踪的黑潮弯曲南部的气旋涡主要由南海水构成。当有明显的黑潮南海分支从吕宋海峡中部进入南海时,该气旋涡形成并迅速增强,显示气旋涡与黑潮南海分支之间的复杂相互作用。当气旋涡的尺度接近吕宋海峡宽度时,气旋涡将黑潮南海分支切断,阻止黑潮向南海弯曲,黑潮主轴被限制在 121°E 以东。

分析 120°E 断面的现场水文资料得到:2009 年 8 月 13~15 日期间黑潮次表层水和中层水主要从吕宋海峡中部入侵南海;2010 年 1 月 27~30 日期间黑潮表层和次表层水主要从吕宋海峡北部入侵南海,黑潮中层水主要从吕宋海峡中部入侵南海;2010 年 5 月 19~20 日期间黑潮水没有入侵南海。

OFES 的输出结果显示,吕宋海峡平均净水通量为  $-4.0 \times 10^6 \text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ,冬季水通量最大,夏季水通量最小。净水通量主要存在年周期变化。

关键词:吕宋海峡;Argo 浮标;黑潮;反气旋涡;气旋涡

## Abstract

The hydrographical characteristics near the Luzon Strait were analyzed by using Argo profiling floats dataset, merged altimeter data, in situ hydrographic data and OFES (ocean general circulation model for the Earth Simulation) outputs provided by Dr. Yukio Masumoto. We indicated that an anticyclonic eddy was generated in the interior SCS (South China Sea), and demonstrated that the anticyclonic eddy moved westward during autumn of 2008. We also discussed that a cyclonic eddy in the south of the Kuroshio's loop interacted with the SCS Branch of Kuroshio and the main axis of Kuroshio.

The characteristics of temperature and salinity along 20.5°N section derived from Argo profiling floats in autumn of 2008 were close to those from corresponding climatological data. Moreover, the northward component of geostrophic current on the section (20.5°N, 117.5°~124.5°E) was calculated with a reference to 1200 m by using dynamical calculation, which showed that the pattern of northward component of the surface geostrophic current derived from Argo profiling floats was similar to that derived from merged altimeter products. The main axis of Kuroshio was close to 121.5°E in the central region of the Luzon Strait. The eastern edge of Kuroshio reached 123°E, while the western edge of Kuroshio only reached 121°E. The net northward volume transport of Kuroshio was about  $27 \times 10^6 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  in the studied section. The strongest northward flow of Kuroshio, about  $55 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$  in speed, occurred at a depth of about 70 m.

We analyzed 5 Argo profiling floats data and merged altimeter data in northern SCS, and the results showed that: (1) Float 2900825 tracked an anticyclonic eddy in the northeastern SCS. The anticyclonic eddy was generated in the interior SCS, not shed from the Kuroshio's loop. The intensity of the anticyclonic eddy had great variations while the anticyclonic eddy moved westward into the shelf region of northern SCS during autumn of 2008, suggesting the complex interactions between anticyclonic eddy and its ambient fluids. (2) Float 2900823 tracked a cyclonic eddy in

the south of the Kuroshio's loop during autumn of 2008. The cyclonic eddy was mainly composed of the SCS water. When the Kuroshio had an evident branch intruding the SCS in the center part of the Luzon Strait, the cyclonic eddy formed and intensified quickly. When size of the cyclonic eddy was similar to the width of the Luzon Strait, the bigger cyclonic eddy cleaved the Branch of Kuroshio and prevented the Kuroshio's loop from extending into the SCS, in other words, the main axis of Kuroshio was confined to the east of 121°E.

We analyzed the in situ hydrographic data on the 120°E section, the results showed that: The subsurface and intermediate Kuroshio waters intruded the SCS mainly through the central part of Luzon Strait during August 13 to August 15 in 2009; The surface and subsurface Kuroshio waters intruded the SCS mainly through the northern part of Luzon Strait while the intermediate Kuroshio water intruded the SCS mainly through the central part of Luzon Strait during January 27 to January 30 in 2010; There was not Kuroshio intrusion during May 19 to May 20 in 2010.

The OFES outputs demonstrated that the annual mean net volume transport through the Luzon Strait was  $4.0 \times 10^6 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  westward, and the net volume transport had seasonal variations with the maximum in winter and the minimum in summer. The variational period of the net volume transport was mainly one year.

Key words: Luzon Strait; Argo profiling floats; Kuroshio; anticyclonic eddy; cyclonic eddy

目录

摘要.....	I
ABSTRACT.....	II
第 1 章 前 言.....	1
1.1 黑潮入侵南海的方式.....	2
1.1.1 黑潮的南海流套.....	2
1.1.2 黑潮的南海分支.....	3
1.1.3 反气旋涡从黑潮脱落.....	3
1.2 黑潮入侵南海的季节变化.....	5
1.3 黑潮入侵南海的机制.....	5
1.4 吕宋海峡水通量.....	5
1.5 存在的问题和拟研究的内容.....	7
第 2 章 2008 年秋季 20.5°N 断面的水文特征.....	8
2.1 资料来源.....	8
2.2 研究断面的水文特征.....	9
2.2.1 温度和盐度特征.....	9
2.2.2 断面温度和盐度的分布.....	11
2.3 流速分布特征.....	12
2.3.1 断面的流速结构.....	12
2.3.2 表层地转流的分布.....	14
2.4 小结.....	16
第 3 章 反气旋涡向西传播与气旋涡切断黑潮南海分支.....	17
3.1 资料来源.....	18
3.2 浮标轨迹的描述和次表层盐度最大值分布.....	18

3.3 浮标剖面的温度和盐度特征 .....	19
3.4 向西传播的反气旋涡 .....	21
3.5 气旋涡切断黑潮南海分支 .....	24
3.6 小结 .....	27
<b>第 4 章 120°E 断面水交换特征和吕宋海峡水通量 .....</b>	<b>29</b>
4.1 数据来源 .....	29
4.2 吕宋海峡附近地形及观测站点分布 .....	29
4.3 120°E 断面的水文特征 .....	30
4.3.1 温度分布 .....	30
4.3.2 盐度分布 .....	32
4.3.3 位密分布 .....	34
4.4 120°E 断面流速的研究 .....	35
4.4.1 流速分布 .....	36
4.4.2 流速的比较 .....	36
4.4.3 120°E 断面净水通量 .....	37
4.5 吕宋海峡净水通量变化 .....	38
4.6 小结 .....	40
<b>第 5 章 结论与展望 .....</b>	<b>41</b>
5.1 本论文小结 .....	41
5.2 不足之处与展望 .....	42
参考文献 .....	43
致谢 .....	46



## Contents

Abstract (in Chinese) .....	I
Abstract (in English).....	II
Chapter 1 Introduction .....	1
<b>1.1 Different types of Kuroshio intrusion</b> .....	2
1.1.1 Kuroshio loop.....	2
1.1.2 SCS Branch of Kuroshio.....	3
1.1.3 Anticyclonic eddy shed from Kuroshio .....	3
<b>1.2 Seasonal variation of Kuroshio intrusion</b> .....	5
<b>1.3 Mechanism of Kuroshio intrusion</b> .....	5
<b>1.4 Volume transport of Luzon Strait</b> .....	5
<b>1.5 Problems and plans</b> .....	7
Chapter 2 Hydrographic characteristics on the 20.5°N section in autumn	
2008 .....	8
<b>2.1 Data source</b> .....	8
<b>2.2 Hydrographic characteristics on studied section</b> .....	9
2.2.1 Hydrographic characteristics of temperature and salinity .....	9
2.2.2 Distribution of temperature and salinity .....	11
<b>2.3 Distributional characteristics of velocity</b> .....	12
2.3.1 Structure of velocity on the studied section.....	12
2.3.2 Distribution of surface geostrophic current .....	14
<b>2.4 Summary</b> .....	16
Chapter 3 Anticyclonic eddy moving westward and cyclonic eddy	
cleaving SCS branch of Kuroshio.....	17

<b>3.1 Data source</b> .....	18
<b>3.2 Description of trajectory and distribution of maximum salinity in the subsurface layer</b> .....	18
<b>3.3 Characteristics of temperature and salinity derived from Argo floats</b> .....	19
<b>3.4 Anticyclonic eddy moving westward</b> .....	21
<b>3.5 Cyclonic eddy cleaving SCS Branch of Kuroshio</b> .....	24
<b>3.6 Summary</b> .....	27
 Chapter 4 Characteristics of water exchange across 120°E and volume transport of Luzon Strait .....	 29
<b>4.1 Source of data</b> .....	29
<b>4.2 Topography of the Luzon Strait and distribution of the observing stations</b>	29
<b>4.3 Hydrographic characteristics on the 120°E section</b> .....	30
4.3.1 Temperature distribution.....	30
4.3.2 Salinity distribution.....	32
4.3.3 Potential density distribution .....	34
<b>4.4 Study on velocity on the 120°E section</b> .....	35
4.4.1 Velocity distribution.....	36
4.4.2 Velocity comparison.....	36
4.4.3 Net volume transport on the 120°E section .....	37
<b>4.5 Variation of net volume transport of Luzon Strait</b> .....	38
<b>4.6 Summary</b> .....	40
 Chapter 5 Summary and expectation .....	 41
<b>5.1 Summary</b> .....	41
<b>5.2 Shortage and expectation</b> .....	42
 Reference .....	 43
 Acknowledgement .....	 46

## 第1章 前言

吕宋海峡指的是台湾岛和吕宋岛之间的水域(图 1-1)，包括巴布延海峡、巴林塘海峡和巴士海峡，跨度超过 350Km，它是南海和太平洋水交换的主要通道。黑潮是太平洋西边界流，因为它相对于所流经的海域而言，具有高温、高盐的特征，并且水色深蓝，所以有“黑潮”之称。在吕宋海峡处，黑潮发生形变并与南海海水交换，对南海北部的环流有重要的影响。当前，吕宋海峡附近的水文特征是海洋学家关注的一个热点。

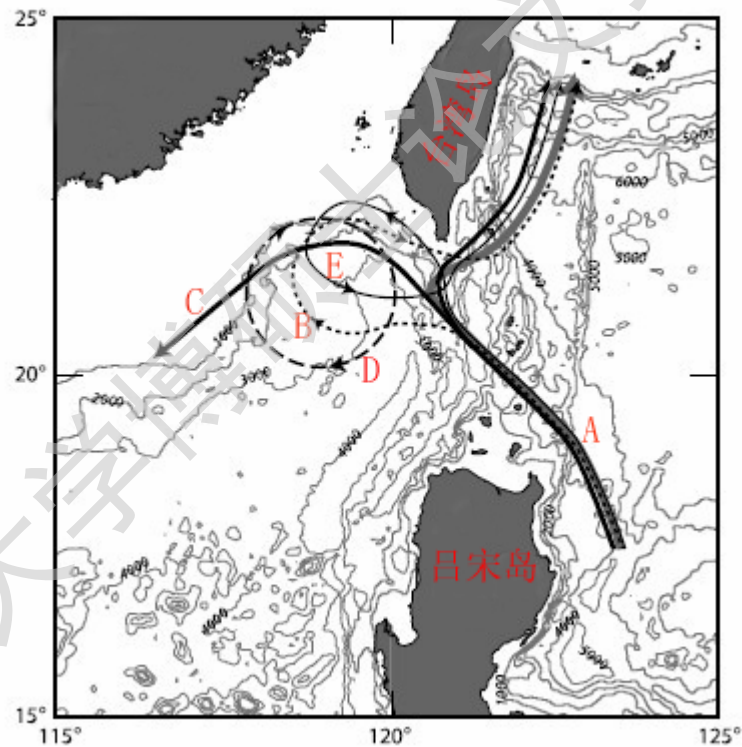


图 1-1 黑潮入侵南海的不同方式<sup>[1]</sup>

Fig.1-1 Different types of Kuroshio intrusion<sup>[1]</sup>

- (A)冬季黑潮的平均路径；(B)黑潮的南海流套；(C)黑潮的南海分支
- (D)反气旋涡从黑潮脱落；(E)气旋式环流

黑潮是太平洋最强的西边界流。在吕宋海峡处，由于失去西边界的支持，黑潮发生动力学和运动学性质的改变。吕宋海峡附近海域水文特征的研究现状主要包括以下4个方面：(1)黑潮入侵南海的方式；(2)黑潮入侵南海的季节变化；(3)吕宋海峡净水通量；(4)黑潮入侵南海的机制。

### 1.1 黑潮入侵南海的方式

黑潮进入南海的主要证据是南海北部观测到的黑潮次表层的高盐水。在上层，Wyrki<sup>[2]</sup>指出黑潮冬季在东北季风作用下从太平洋进入南海，夏季受西南季风影响从南海返回太平洋。由于海洋调查资料缺乏较长时间序列的观测，数值模拟方面则容易受到各种模式参数(如边界条件、驱动力和模式分辨率等)的影响。Metzger 和 Hurlburt<sup>[3]</sup>采用 NRLLOM(Naval Research Laboratory Layered Ocean Model)研究模式水平分辨率的提高对通过吕宋海峡进入南海的黑潮平均路径的影响，指出随着模式水平分辨率的提高，黑潮向西入侵南海将减少。Metzger<sup>[4]</sup>利用 NRLLOM 研究南海上层环流对不同驱动风场的敏感性，认为黑潮入侵南海的程度不受风应力旋度的影响，而是受到吕宋海峡附近岛链的海岸线形状的控制。再加上黑潮本身也是不断在变化，不同的学者对吕宋海峡附近流况的看法，存在很大的争议。

#### 1.1.1 黑潮的南海流套

黑潮的南海流套如图 1-1 中的 B 所示。李立和伍伯瑜<sup>[5]</sup>通过分析历史水文资料，认为黑潮失去西边界的支持后，有黑潮分支在吕宋海峡南端向西折入南海北部，形成一个呈反气旋运动的高温水舌，然后返回黑潮主干，明确提出了“黑潮流套”的设想。后来，这一观点得到了很多卫星遥感资料和数值模式的支持。Yuan 等<sup>[6]</sup>通过遥感资料分析吕宋海峡附近的黑潮表层路径，认为夏季黑潮流套比冬季多，黑潮流套是短暂的而不是持久的现象，其增强和衰退与吕宋海峡附近中尺度涡的路径和演变有密切的关系。Caruso 等<sup>[1]</sup>利用 1997~2005 年期间的 SSHA(Sea Surface Height Anomalies)和 SST(Sea Surface Temperature)分析黑潮入侵南海的年和年际变化，得到黑潮从吕宋海峡中部入侵南海并在南海东北部形成反气旋流套，是比较典型的现象。Xue 等<sup>[7]</sup>利用 POM(Princeton Ocean Model)研究黑潮入侵和南海环流，指出入侵的黑潮经常在吕宋海峡以西形成反气旋式流套。

### 1.1.2 黑潮的南海分支

黑潮的南海分支如图 1-1 中的 C 所示。仇德忠等<sup>[8]</sup>对 1979 年和 1982 年夏季水文资料进行分析并计算地转流,得到南海北部陆坡附近存在一支与黑潮状况有关的西向海流,认为它是黑潮的一个分支,简称它为黑潮南海分支。后来,这一观点得到很多实测资料、数值模式结果和遥感资料的支持。郭忠信和方文东<sup>[9]</sup>根据 1985 年 9 月在吕宋海峡的调查资料,得到有一黑潮分支在 21°N 与黑潮主轴脱离,通过 120°E 向西进入南海。蒲书箴等<sup>[10]</sup>根据 5 个航次的 ADCP(Acoustic Doppler Current Profiler)测流资料指出确有黑潮分支经过巴士海峡进入南海东北部。Liu 等<sup>[11]</sup>分析 1998 年夏季南海的 CTD 和 ADCP 资料得到,有一黑潮分支从吕宋海峡进入台湾岛西南,入侵南海,但没有深入南海内部。Xue 等<sup>[7]</sup>认为入侵南海的黑潮流套在东沙岛附近分开,其西向分支在陆坡处转变为黑潮南海分支,这种情形在冬季最明显。Yuan 等<sup>[6]</sup>分析遥感资料得到冬季表层黑潮入侵的主要路径是从吕宋岛东北部直接进入台湾岛西南,然后沿着南海北部陆坡向西。

一些学者则认为黑潮并没有显著分支进入南海,许建平和苏纪兰<sup>[12]</sup>根据 1994 年 8~9 月在南海东北部海域获得的 CTD 和 ADCP 资料,认为夏末秋初黑潮无直接分支深入南海,即使进入台湾海峡的黑潮水,其影响也十分微弱。李磊等<sup>[13]</sup>基于 1998 年夏季和冬季两个航次的实测资料,采用聚类分析、判别分析和模糊分析方法对南海水团进行分析,得到冬季观测期间无黑潮水经吕宋海峡越过 119.5°E。

### 1.1.3 反气旋涡从黑潮脱落

以往的研究表明,南海东北部的反气旋涡现象非常活跃。Liao 等<sup>[14]</sup>利用三维诊断模式研究 1998 年冬季的南海环流,指出东沙群岛附近有存在一个反气旋涡。苏京志等<sup>[15]</sup>采用 Arogs 浮标资料,得到秋季和冬季黑潮由吕宋海峡偏北部入侵南海,有一小部分沿台湾南岸折回黑潮主干,并可能在台湾岛西南外海形成反气旋涡旋。Li 等<sup>[16]</sup>利用 1993 年 1 月~2001 年 12 月期间的 T/P(TOPEX/Poseidon)卫星高度计资料研究南海东北部海面高度的时空变化,指出吕宋海峡以西经常发生中尺度涡现象。Wang 等<sup>[17]</sup>利用 1993~2000 年融合的 SSHA 资料,根据 5 个判断标准识别和跟踪南海中尺度涡的演化,结果表明南海东北部存在较多的反气

旋涡。

反气旋涡从黑潮脱落的现象如图 1-1 中的 D 所示。Li 等<sup>[18]</sup>利用 1994 年 9 月的 CTD 资料在南海东北部大陆坡外捕获反气旋的黑潮分离流环, 该流环的中心位于  $21^{\circ}\text{N}$ 、 $117.5^{\circ}\text{E}$ ,  $T-S$  点聚图说明该流环内部的水文特性不同于南海水, 认为该流环源于黑潮, 并进一步指出黑潮入侵和涡脱落是间歇性的现象。后来, Yuan 等<sup>[19]</sup>分析海面高度异常资料, 指出 Li 等<sup>[18]</sup>所报道的反气旋涡好像不是从黑潮脱落的。Wang 等<sup>[20]</sup>运用现场实测资料、SST、SLA 和 Arogs 浮标资料分析南海东北部的两个反气旋涡, 认为其中一个反气旋涡源于南海, 另一个则从黑潮脱落。

关于反气旋涡脱落的频率与间隔时间方面: Yuan 等<sup>[6]</sup>利用水色遥感、海表温度和高度计资料研究吕宋海峡附近的表层黑潮路径, 认为反气旋涡从黑潮脱落整年都可能发生, 冬季发生的频率最多。Jia 和 Liu<sup>[21]</sup>研究 TOPEX/Poseidon-ERS 融合的海面高度异常资料, 发现反气旋涡脱落的间隔时间大多是 70~90 天, 并指出反气旋涡脱落时吕宋海峡南部存在一个气旋涡。

关于反气旋涡脱落的机制方面: Jia 等<sup>[22]</sup>运用约化重力模式研究反气旋涡从黑潮脱落的机制, 他们采用北太平洋上稳定的纬向风场驱动模式, 通过改变风速的大小来改变黑潮流量。结果表明: 当黑潮流量为  $21\sim 28\text{Sv}$  之间( $1\text{Sv}=10^6\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$ ) 并且黑潮向西弯曲时, 由于黑潮弯曲的南部存在锋面不稳定, 导致该海域气旋涡形成并劈开黑潮弯曲, 最终导致反气旋涡从黑潮脱落; 当黑潮流量大于  $28\text{Sv}$  时, 黑潮弯曲的南部存在较强的锋面不稳定, 倾向于形成尺度接近吕宋海峡宽度的气旋涡, 这个较大的气旋涡阻止黑潮向南海弯曲, 没有引起反气旋涡从黑潮脱落; 当黑潮流量小于  $21\text{Sv}$  时, 黑潮弯曲南部的锋面不稳定太弱, 形成尺度小于吕宋海峡宽度一半的气旋涡, 该气旋涡的势力不足以切断黑潮弯曲和引起反气旋涡从黑潮脱落。Metzger 和 Hurlburt<sup>[23]</sup>运用  $1^{\circ}/8$ 、6 层的 NRLLOM 结果, 在年和年际的尺度上研究黑潮入侵和涡从黑潮脱落并进入南海的不确定性, 当采用 ECMWF (European Center for Medium-Range Weather Forecasts) 的再分析风场驱动时, 涡从黑潮脱落的现象很罕见; 而当采用 ECMWF 的业务化风场驱动时, 涡从黑潮脱落的现象则持续地发生。

## 1.2 黑潮入侵南海的季节变化

实际上,判断黑潮入侵南海的最主要证据是黑潮次表层的高盐水是否出现在南海。由于缺乏长时间序列的观测,利用实测资料分析黑潮入侵的季节变化较少。Qu 等<sup>[24]</sup>分析历史水文资料,认为黑潮次表层高盐水整年通过吕宋海峡入侵南海,并且冬季和夏季的入侵比春季和秋季强,即入侵存在显著的半年周期信号。Metzger 和 Hurlburt<sup>[3,23]</sup>的研究成果说明模式分辨率和驱动风场对黑潮入侵南海影响甚大,利用数值模式研究黑潮入侵的季节变化,所得到的结果需要大量实测资料的支持。

## 1.3 黑潮入侵南海的机制

目前,对黑潮从吕宋海峡入侵南海的机制探讨方面,学者趋于太平洋大尺度风场的影响是主要因素。Metzger 和 Hurlburt<sup>[25]</sup>认为吕宋海峡的平均水通量主要受到太平洋大尺度的风场和苏禄海(Sulu Sea)地形的影响,实际上,他们的结果可以用 Godfrey<sup>[26]</sup>提出的绕岛环流理论进行解释。Wang 等<sup>[27]</sup>通过绕岛环流公式计算表明赤道太平洋中部和西部的风应力是控制吕宋海峡水通量年际变化的主要因素,而吕宋海峡附近的局地风应力的影响是次要的。在 El Niño 年期间,西风加强可导致较强的北赤道流,伴随着北赤道流分支的北移<sup>[27-29]</sup>,因此吕宋海峡以东的黑潮流量减少,其位涡不足以克服  $\beta$  效应,这就是 Sheremet<sup>[30]</sup>所提到的“Teapot effect”。La Niña 期间,情形则相反。

## 1.4 吕宋海峡水通量

吕宋海峡的水交换非常复杂,对吕宋海峡净水通量(LST)的估算一般采用实测资料和数值模式。Tian 等利用 2005 年 10 月 4~16 日观测期间的 LADCP 和 CTD 观测资料,估算 LST 为  $-6\pm 3\text{Sv}$ ,并得到吕宋海峡的水通量是一个“三明治”的垂直结构,即上层和深层流入而中层流出南海<sup>[31]</sup>(如图 1-2 所示)。Xue 等<sup>[7]</sup>利用 POM 的计算结果,得到年平均的 LST 大约为  $-2\text{Sv}$ (正号表示净输运向东,负号表示净输运向西),2~4 月从南海流出,其余月份则从太平洋流入。陈兆云等<sup>[32]</sup>运用 ROMS(Regional Ocean Modeling System)对吕宋海峡黑潮流态进行模拟,

得到年平均的 LST 约为-13Sv，每个季节的体积输送为太平洋水输入南海，冬季的 LST 最大，春季的 LST 最小。Qu 等<sup>[24]</sup>运用 Godfrey<sup>[26]</sup>提出的绕岛环流理论得到平均的 LST 约为-4.2Sv。在年际变化尺度上，吕宋海峡水通量在 El Niño 年一般较大而在 La Niña 年则一般较小<sup>[27,33]</sup>。

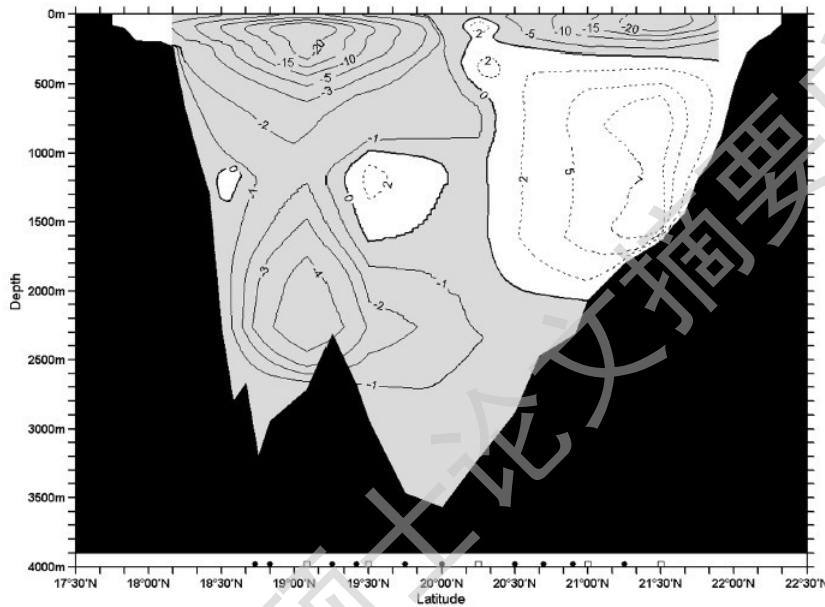


图 1-2 参照 LADCP 于 1500db 测量值得到吕宋海峡断面的地转流( $\text{cm}\cdot\text{s}^{-1}$ )<sup>[31]</sup>

Fig.1-2 Geostrophic flow ( $\text{cm}\cdot\text{s}^{-1}$ ) across the Luzon Strait referenced to the LADCP measurements at 1500db<sup>[31]</sup>

在上层，Wyrski<sup>[21]</sup>提到 0~300m 层从太平洋向南海运输的年平均水通量约 -0.5Sv。Qu<sup>[34]</sup>利用历史水文资料分析南海上层环流(选择 400db 为速度零面)，得到吕宋海峡水通量的平均值为-3.0Sv，1~2 月份最大(-5.3Sv)，6~7 月份最小(-0.2Sv)。

在中层，Chen 和 Huang<sup>[35]</sup>的研究表明，350~1350m 的南海水经吕宋海峡流出南海以补偿表层太平洋水的流入。

在深层，对吕宋海峡附近深层水的水文调查很少，因而对吕宋海峡下层水通量的估算很少。Wang 等<sup>[36]</sup>根据一维水平对流扩散热平衡理论，认为大约 0.7Sv 的冷水从 1500m 以下上升才能保证南海的热盐稳定，可见这种方法对估算吕宋海峡深层水通量来说并不是很直接。Qu 等<sup>[37]</sup>分析 World Ocean Database 2001 的



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.

厦门大学博硕士论文摘要库