

文章编号: 1001-8166(2005)08-0882-05

南海中尺度涡研究进展

王桂华^{1,2}, 苏纪兰¹, 齐义泉²

(1. 国家海洋局第二海洋研究所海洋动力过程与卫星海洋学重点实验室 浙江 杭州 310012;

2. 中国科学院南海海洋研究所热带海洋环境动力学重点实验室 广东 广州 510301)

摘要 近 20 年以来, 南海环流及中尺度涡的研究得到了国内外海洋学家相当的重视, 取得了许多研究成果。随着高度计资料的广泛应用以及涡分辨率数值模式的发展, 南海中尺度涡的研究日趋活跃。简要介绍南海大尺度环流的主要工作, 并着重分析南海多涡结构观测以及形成机理研究方面的主要进展。

关键词 南海; 中尺度涡; 观测; 形成机理

中图分类号: P731 文献标识码: A

中尺度涡以长期封闭环流为主要特征, 通常典型的空间尺度为 50 ~ 500 km, 时间尺度为几天到上百天, 是海洋物理环境的一个重要组成部分。中尺度涡有相当大的动能, 在海洋运动能量谱中是一个显著的峰区, 它不仅直接影响着海洋中的温盐结构以及流速分布, 而且能输送动量、热量及其它示踪物。因此, 中尺度涡自发现以来一直是海洋学家关注的重要物理现象, 并取得了一系列的研究成果^[1]。由于船测观测时空覆盖率比较低等局限性, 使得中尺度涡研究经历了一段沉寂期。随着卫星资料, 尤其是 TOPEX/Poseidon 高度计资料的日益增多, 中尺度涡的研究又趋于活跃。

水文资料(常规)和高度计资料都显示南海中尺度涡相当活跃, 南海中尺度涡时空演变是南海环流季节变化的内涵^[2], 对温度场、叶绿素以及化学物质等方面具有重要的影响^[3-5]。20 年来南海中尺度涡研究取得了长足的进展, 本文将主要介绍南海多涡结构观测以及形成机理研究方面的主要进展。为更好地了解南海中尺度涡的研究进展, 有必要先简要回顾南海大尺度环流的主要工作。

1 南海的大尺度环流

南海大致位于 98.5°~122.5°E, 0°~24.5°N 之间(图 1), 是北太平洋西部面积最大的一个半封闭的边缘海, 约 3.5 × 10⁶ km², 平均水深约为 1 800 m, 最大水深约为 5 000 m。南海通过众多海峡与外洋和邻近海相连。其中巴士海峡最深, 其海槛深度可达 2 400 m。南海海盆通过巴士海峡与太平洋相通, 是连接外洋的主要通道。

黑潮是太平洋一支西边界强流, 流量大、流速强, 并具有高温高盐特性。作为中国海很强的外在驱动力, 它通过巴士海峡对南海北部的环流起着十分重要的作用^[6,7]。

整个南海位于季风气候带, 冬季盛行强劲的东北季风, 夏季盛行西南季风。一般来说, 10 月到次年 3 月为冬季季风, 6 ~ 8 月为夏季季风, 4 ~ 5 月为春季季风转变时期, 9 月为秋季季风转变时期。人们很早就认识到了季风在驱动南海上层环流中的重要作用, 如 1405—1433 年郑和七下西洋的航海时间安排就考虑了季风的影响^[8]。

* 收稿日期: 2004-11-20, 修回日期: 2005-03-30。

* 基金项目: 国家重点基础研究发展规划项目“南海季风环流及其变异机理”(编号: 1999043805), 国家自然科学基金项目“南海中尺度过程时空变异特征的遥感研究”(编号: 40376004) 资助。

作者简介: 王桂华(1973-), 男, 福建汀汀人, 副研究员, 主要从事物理海洋学研究。E-mail: guihua_wanggh@yahoo.com.cn

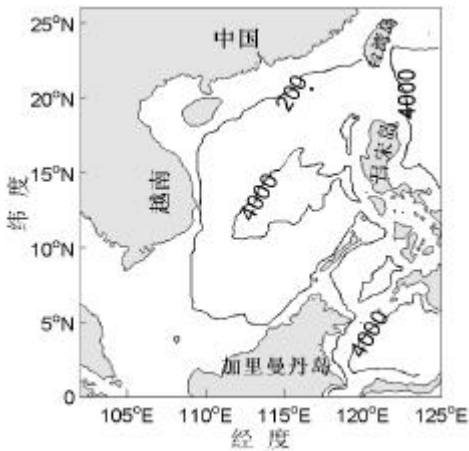


图1 南海地图(等值线为水深, 单位为米)

Fig.1 Map of the South China Sea
(isobaths are in meters)

在早期的研究中,根据水文以及漂流瓶等资料认识到南海上层环流有明显的季节性变化^[9~11]。即,冬季是气旋性环流,夏季南海北部仍是气旋性环流,而南部为反气旋性环流。其后的一些数模工作也都证实了这些看法^[12,23]。这种大尺度环流建立的动力学过程最近得到较合理的解释^[14]。由于海盆小,南海环流能够在4个月内通过Rossby波对风场变化进行快速调整,因此整个南海基本上满足准稳定的Sverdrup关系。但南海北部还深受黑潮的影响^[6,7,24]。

南海北部气旋性环流北侧部分的西南向流,在20世纪80年代,人们认为这是黑潮在南海的一个分支^[15]。由于目前的一些观测资料没有支持黑潮以分支形式进入南海,且该流靠近东沙岛,又有人建议称之为东沙海流^[7]。虽然黑潮是否有分支进入南海至今仍是一个有争论的热门课题^[16],但水文观测、长期流观测以及表层浮标资料都显示这支西南向流确实是存在的^[7]。冬季,这支西南向流的北侧是一支逆风海流。管秉贤^[17]首次对这支流进行了报道,并称之为南海暖流。他进一步综述了南海暖流的研究进展^[18]。

2 南海多涡结构的观测进展

随着近20年以来研究的深入,尤其是水文资料以及遥感资料的不断增多,南海中尺度涡得到越来越多的认识,海洋学家意识到:受地形、季风以及黑潮等影响,南海呈复杂的多涡结构。

2.1 水文观测

王青等^[19,20]利用1974年4月13~19日的温盐资料,描述了中心位于台湾岛西南侧119°E、21°N处,水平尺度大约为200 km的一个反气旋涡,他们认为该反气旋涡与黑潮的入侵相关。1994年8~9月南海东北部水文调查发现一个中心位于21°N、117.5°E,直径约150 km,垂直尺度达1 000 m的反气旋涡^[21],并发现这个反气旋涡的T-S特性与太平洋水有相似之处,也可能来源于黑潮。

在吕宋岛西北部,许建平^[22]发现有一个气旋式冷涡(吕宋冷涡)。Shaw等^[23]指出该区还有明显的上升流。杨海军等^[24]通过Levitus资料分析指出这个冷涡主要发生在冬春季节,王桂华等^[25]利用多个航次资料证实吕宋冷涡确实是常年存在的。夏季,除了1998年观测一次表层暖池事件外^[26],至今未见有水文资料报导这里出现过暖涡。

徐锡帧等^[11]利用历史数据绘出了南海夏季环流图,显示在越南以东强流南侧似乎有一暖涡出现。他们还发现在南海西部越南沿岸有一支很强的上升流,并指出表层冷水还有向东弥散的趋势。Kuo等^[27]发现的冷性急流可能与此相关。杨海军^[28]通过分析Levitus数据,发现在南海西部越南沿岸有一中心位于13.5°N、111°E,100 m层中心水温低于17°的冷涡,并称之为越南冷涡。Xi等^[29]利用多种遥感资料揭示了越南以东冷水的特征,并指出,其南面的反气旋涡与该冷水紧密相关。方文东等^[30]根据多年现场调查资料,发现在越南以东确有一个很强的锋面,而且锋面的南侧有一暖涡,取名为越南暖涡。苏纪兰等^[26]利用1998年4~7月2个航次的调查资料也同样发现暖涡的存在,并指出其影响深度可达500 m以深。还有一些资料也证实了越南外海确实存在中尺度涡^[31]。

除此之外,南海综合调查报告^[15]根据多个航次的温盐结构及水团分析,反映东沙西南海域常出现一个低温高盐中心。管秉贤^[32]综述了1959年以来海南岛以东外海发现的多个暖涡,并发现它们的位置经常发生变化;而在吕宋西南侧,观测资料比较少。Fang等^[33]讨论了冬季南海南部的中尺度涡情况,指出在冬季曾母暗沙岛附近有一支强逆风海流,强流的东侧是一反气旋涡,而西侧则是一气旋涡。

总之,水文资料显示南海中尺度涡确实比较活跃,其多涡结构特点也得到大面积水文资料的支持^[26,33]。然而由于资料的时空不连续性,水文调查资料不足以研究南海中尺度涡的消长过程。

2.2 高度计观测

高度计在研究中尺度涡方面具有多方面的优越性:一是有较好的空间覆盖率,二是有较好的准同步性和时间连续性,三是反映的信息不仅仅是表层的信息。因此,高度计资料越来越受到海洋学家的青睐。

高度计资料也反映了南海多涡结构的特点。Hwang 等^[34]利用 7 年的 T/P 月平均资料统计了南海在这 7 年所发生的中尺度涡,指出这 7 年南海大约有 218 个涡,其中 94 个冷涡,124 个暖涡。Shaw 等^[35]利用 3 年的 T/P 资料还提出越南外海反气旋涡与气旋涡南北配置的“偶极子”概念。Wu 等^[36]把高度计资料同化到模式后,认为越南以东确实存在“偶极子”现象,他们还指出在 1994—1995 年的厄尔尼诺期间,这个偶极子现象减弱或消失。除此之外,高度计资料还提供了丰富的时空特征,常用来研究中尺度涡的生消过程。Hu 等^[37]分析了巴士海峡 30~180 天海表高度的变化,指出太平洋可能有一些中尺度信号传入南海。Wang 等^[38]通过分析 5 年的 T/P 沿轨资料,发现南海中尺度变量活跃在 2 条主要带:一条是沿着 2 000 m 等深线的西边界带,另一条是沿着巴士海峡南面到越南以东 11°N 附近的西北—东南走向带。李燕初等^[39]利用 TOPEX/Poseidon 资料分析了 3 个反气旋涡沿南海北部陆坡发展及消亡的过程。Wang 等^[40]通过 1993—2000 年的高度计资料指出南海中尺度涡的发生具有明显的区域性和季节性,还进一步研究了这些中尺度涡的运动规律及其它生命历程的统计特征,南海中尺度涡的生消过程得到较为全面的认识。

在用高度计研究中尺度涡的工作中,有的利用高度异常加气候性平均场来研究中尺度涡,如 Hwang 等^[34],大多数学者直接利用高度异常来研究中尺度涡。后者虽然没有考虑气候性平均场的影响,但中尺度涡具有流强(高度异常空间梯度大)强度变化以及整体移动等特点,因此,除在气候性平均流区外,直接利用高度异常仍可以识别中尺度涡的强弱与移动。

3 南海中尺度涡产生机理

季风和黑潮是南海环流 2 个最主要的驱动力,研究表明,它们对南海大尺度环流和中尺度现象都起着十分重要的作用。

3.1 黑潮与南海中尺度涡

有关黑潮与中尺度涡的关系有如下主要研究:

Wang 等^[38]通过分析多年平均的 XBT 资料,发现巴士海峡两岸的黑潮是不稳定的(斜压不稳定),并推测这种不稳定可能导致南海中尺度涡的产生。许多数值模式结果认为,黑潮在巴士海峡也能形成如墨西哥湾似的“流套”并脱离出中尺度涡^[41]。但 Metzger 等^[42]指出,模式空间分辨率的大小会影响流套的生成。李立等^[21]在航次调查中发现东沙岛附近有一个反气旋涡,并推测该涡可能是生成于类似过程,但与墨西哥湾情况不同,该涡水团特性与黑潮水团性质本身并不相同,仅与黑潮锋面水团性质相似,而且仅存在于中尺度涡的中心。正压、约化模式以及二层模式皆显示^[7],黑潮西侧的正涡度平流输入可以在南海激发周期性的气旋涡。Metzger 等^[42]的数值模式认为黑潮与巴布延岛(Babuyan)作用可以产生反气旋涡,该反气旋涡能够向西移动。迄今为止还很少有资料对这些观点进行验证,黑潮如何影响南海目前还是一个很有争议的课题^[16]。

3.2 风场与南海中尺度涡

风场与南海中尺度涡的关系有如下研究:Chu 等^[33]认为风应力旋度可以激发中尺度涡,Qu^[6]比较了风场与水文观测资料的关系,明确指出吕宋西北角以及越南冷涡与风应力旋度紧密相关。Yang 等^[43]指出吕宋的冷涡实际上是一强迫的 Rossby 波。事实上,海洋通过大尺度风应力的 Ekman 抽吸作用获得位能,在一定条件下所获取的位能可以转换成中尺度涡的动能。Shaw 等^[35]通过对风场与高度计的经验正交分解分析指出,风应力旋度零线与越南以东的偶极子紧密相关。季风与复杂的地形相互作用也可能产生中尺度涡。蔡树群等^[44]认为,在冬季受效应和北康暗沙以南的陆架底形效应作用而导致南沙海槽处形成一个反气旋涡,该涡发展壮大并向西移动,最终耗散在西边界。曾庆存等^[45]认为南海涡旋的形成和维持是风、地形、岸线以及惯性效应等共同作用的结果。Wang 等^[46]讨论了不同季风条件下中尺度涡的统计特征,指出了“风与陆地地形相互作用”所形成的风应力旋度可能是南海中尺度涡的重要形成机制之一。这些工作多是基于数值模式,但有研究表明不同处理方式得到的风场对南海环流以及中尺度涡的驱动有明显不同的作用^[47]。Metzger 等^[42]还指出,如果用每 6 小时 1 次的风场去驱动南海环流,与月平均风场相比,黑潮更容易入侵南海且中尺度涡也更容易从黑潮脱离出来。以上分析表明,水文资料、遥感资

料及数值模式结果都支持南海有相当一部分的中尺度涡与风场相关。而且风场能与其它要素一起共同作用激发出中尺度涡。然而,这些研究对风驱中尺度涡的形成动力学过程本身尚未深入开展。

4 结 语

无论水文资料还是遥感资料都揭示南海中尺度涡十分丰富。高度计资料的广泛应用揭示了南海中尺度涡的一些主要的生命历程统计特征,尤其是其运动规律,为进一步揭示中尺度涡在南海物理海洋环境中的重要作用奠定了基础。

黑潮和风场作为南海大尺度环流的2个最主要驱动力,也是导致南海中尺度涡形成的重要因素。虽然在形成机制方面已经取得了一些进展,但目前南海中尺度涡形成机制的有关理论尚缺乏说服力,也没能很好解释南海多涡结构的原因。因此,深入研究南海中尺度涡的形成机理仍将是一个重要的研究课题。

参考文献(References):

[1] Robinson A R. Eddies in Marine Science[M]. New York:Springer-Verlag, 1982.

[2] Wang Dongxiao. Time-spatial variability of South China Sea circulation and local air-sea interaction[A]. In: Su Jian, ed. Basic Study of South China Sea Environment and Resources[C]. Beijing: Ocean Press 2001. 32-37. [王东晓. 南海环流多时空尺度与局地海气相互作用[A]. 见: 苏纪兰主编. 南海环境与资源基础研究前瞻[C]. 北京: 海洋出版社, 2001. 32-37.]

[3] Liu Q Y, Jia Y L, Liu P H, et al. Seasonal and intraseasonal thermocline variability in the Central South China Sea[J]. Geophysical Research Letter 2001, 28 (23): 4467-4470.

[4] Liu K K, Chao S Y, Shaw P T, et al. Monsoon-forced chlorophyll distribution and primary production in the South China Sea: Observations and a numerical study[J]. Deep Sea Research, 2002, 49: 1387-1412.

[5] Li L, Pohlmann T. The South China Sea warm core ring 94S and its influence on the distribution of chemical tracers[J]. Ocean Dynamics 2002, 52: 116-122.

[6] Qu T D. Notes and correspondence upper-layer circulation in the South China Sea[J]. Journal of Physical Oceanography, 2000, 30: 1450-1460.

[7] Su J. Overview of the South China Sea circulation and its influence on the coastal physical oceanography near the Pearl river estuary[J]. Continental Shelf Research, 2004, 24: 745-760.

[8] Sun Guangli. Ancient History of China Navigation[M]. Beijing: Ocean Press 1989. [孙光圻. 中国古代航海史[M]. 北京: 海洋出版社, 1989.]

[9] Dale W L. Wind and drift currents in the South China Sea[J]. The Malayan Journal of Tropical Geography, 1956, 8: 1-31.

[10] Wyrki K. Scientific Results of Marine Investigation of the South China Sea and Gulf of Thailand[R]. NAGA Report 2: 961.

[11] Xu Xizhen, Qu Zhang, Chen Huichang. Horizontal circulation in South China Sea[A]. In: Scientific Symposium of China Oceanologia et Limnologia[C]. Beijing: Science Press, 1980. 137-145. [徐锡祯, 邱章, 陈惠昌. 南海水平环流概述[A]. 见: 中国海洋湖沼学会学术会议论文集[C]. 北京: 科学出版社, 1980. 137-145.]

[12] Pohlmann T. A three dimensional circulation model of the South China Sea[A]. In: Three Dimensional Models of Marine and Estuarine Dynamics[C]. Europe: Elsevier Sciences Press, 1987. 245-268.

[13] Shaw P T, Chao S Y. Surface circulation in the South China Sea[J]. Deep-Sea Research, 1994, 41: 1663-1683.

[14] Liu Z Y, Yang H J, Liu Q Y. Regional dynamics of seasonal variability in the South China Sea[J]. Journal of Physical Oceanography, 2001, 31: 272-284.

[15] SCSIO (South China Sea Institute of Oceanology, CAS). Report of the 1979-1982 Multidisciplinary Research Program on the Northern South China Sea Vol. II[M]. Beijing: Science Press, 1985. [中国科学院南海海洋研究所. 1979-1982 南海北部综合调查报告 I[M]. 北京: 科学出版社, 1985.]

[16] Centurion L R, Miller P, Lee D K. Observations of inflow of Philippine Sea surface water into the South China Sea through the Luzon Strait[J]. Journal of Physical Oceanography, 2004, 34 (1): 113-121.

[17] Guan Bingxian. The warm current in the South China Sea[J]. Oceanologia et Limnologia Sinica, 1978, 9: 117-127. [管秉贤. 南海暖流[J]. 海洋与湖沼, 1978, 9: 117-127.]

[18] Guan Bingxian. Advances in studying the warm current in the South China Sea[J]. Oceanologia et Limnologia Sinica, 1998, 29 (3): 322-328. [管秉贤. 南海暖流研究回顾[J]. 海洋与湖沼, 1998, 29(3): 322-328.]

[19] Wang Zhou, Chen Qingsheng. The warm eddy in northern South China Sea(1)[J]. Journal of Oceanography in Taiwan University, 1987, 18: 92-103. [王周, 陈庆生. 南海北部之暖心涡流(一)[J]. 台湾大学海洋学刊, 1987, 18: 92-103.]

[20] Wang Zhou, Chen Qingsheng. The warm eddy in northern South China Sea(2)[J]. Journal of Oceanography in Taiwan University, 1987, 18: 104-113. [王周, 陈庆生. 南海北部之暖心涡流(二)[J]. 台湾大学海洋学刊, 1987, 18: 104-113.]

[21] Li L, Nowlin W D, Su J L. Anticyclonic rings from the Kuroshio in the South China Sea[J]. Deep-Sea Research, Part I, 1998, 45: 469-482.

[22] Xu Jianping, Su Jian, Qu Dezhong. Hydrographic analysis on the intruding of Kuroshio water into the South China Sea[J]. Oceanography in China, 1996, 6: 1-12. [许建平, 苏纪兰, 仇德忠. 黑潮水入侵南海的水文分析 I[J]. 中国海洋学文集, 1996, 6: 1-12.]

[23] Shaw P T. The seasonal variation of the intrusion of the Philippine Sea water into the South China Sea[J]. Journal of Geophysical Research, 1991, 96: 821-827.

[24] Yang H, Liu Q. Forced Rossby wave in the northern South China Sea[J]. Deep-Sea Research, Part I, 2003, 50: 917-926.

[25] Wang Guihua, Xue Huijie, Xu Jianping. Study of northeastern circulation by improved inverse method[J]. Oceanography in China, 2001, 13: 15-22. [王桂华, 薛惠洁, 许建平. 南海东北部环流的改进逆模式研究[J]. 中国海洋学文集, 2001, 13: 15-22.]

[26] Su J L, Xu J P, Cai S Q, et al. Gyres and eddies in the South China Sea[A]. In: Onset and Evolution of the South China Sea

- Monsoon and Its Interaction with the Ocean [C]. Beijing: Meteorological Press, 1999. 272-279.
- [27] Kuo N J, Zheng Q A, Ho C R. Satellite observation of upwelling along the western coast of the South China Sea [J]. Remote Sensing of Environment, 2000, 74: 463-470.
- [28] Yang Haijun, Liu Qinyu. The seasonal features of temperature distributions in the upper layer of the South China Sea [J]. Oceanologia et Limnologia Sinica, 1998, 29(5): 502-507. [杨海军, 刘素玉. 南海上层水温分布的季节特征 [J]. 海洋与湖泊, 1998, 29(5): 502-507.]
- [29] Xie X P, Xie Q, Wang D X, et al. Summer upwelling in the South China Sea and its role in regional climate variations [J]. Journal of Geophysical Research, 2003, 108 (c8): 3261, doi: 10.1029/2003JC001876.
- [30] Fang W D, Fang G H, Shi P, et al. Seasonal structures of upper layer circulation in the southern South China Sea from in situ observations [J]. Journal of Geophysical Research, 2002, 107 (c11): 3202, doi: 10.1029/2000JC001343.
- [31] He Zhigang, Wang Dongxiao, Chen Ju, et al. Structures of South China Sea eddies derived from drifters and satellite altimeter [J]. Journal of Tropical Oceanography, 2001, 20(1): 27-35. [贺志刚, 王东晓, 陈举, 等. 卫星跟踪浮标和卫星遥感资料海面高度中的南海涡旋结构 [J]. 热带海洋学报, 2001, 20(1): 27-35.]
- [32] Guan Bingxian. A warm eddy in east of Hainan Island [J]. Journal of Huang Hai and Bo Hai, 1997, 15(4): 1-7. [管秉贤. 海南岛以东外海暖涡 [J]. 黄渤海海洋, 1997, 15(4): 1-7.]
- [33] Chu P C, Fan C W, Lozano C J, et al. An airborne expendable bathythermograph survey of the South China Sea, May 1995 [J]. Journal of Geophysical Research, 1998, 103: 21 637-21 652.
- [34] Hwang Chen. Circulations and eddies over the South China Sea derived from TOPEX/Poseidon altimetry [J]. Journal of Physical Oceanography, 2000, 105(10): 23 943-23 965.
- [35] Shaw P T, Chao SY, Fu L L. Sea surface height variation in the South China Sea from satellite altimetry [J]. Oceanologia Acta, 1999, 22(1): 1-7.
- [36] Wu C R, Shaw P T, Chao SY. Assimilating altimetric data into a South China Sea model [J]. Journal of Geophysical Research, 2002, 104 (c12): 29 987-30 005.
- [37] Hu J Y, Kawamura H, Hong H S, et al. 3-6 months variation of sea surface height in the South China Sea and its adjacent ocean [J]. Journal of Oceanography, 2001, 57: 69-78.
- [38] Wang L P, Kobalinsky C J, Howden S. Mesoscale variability in the South China Sea from the TOPEX/Poseidon altimetry data [J]. Deep-Sea Research, Part I, 2000, 47: 681-708.
- [39] Li Yanchu, Li Li, Lin Mengsen. Mesoscale eddies in southwestern Taiwan derived from TOPEX/POSEIDON [J]. Acta Oceanologica Sinica, 2002, 24 (supp I): 163-170. [李燕初, 李立, 林明森. 用 TOPEX/POSEIDON 高度计识别台湾西南海域中尺度强涡 [J]. 海洋学报, 2002, 24 (增刊 I): 163-170.]
- [40] Wang G H, Su J L, Peier C Chu. Mesoscale eddies in the South China Sea observed with altimetry [J]. Geophysical Research Letter, 2003, 30(21): 21 211-21 1029/2003GL018532.
- [41] Yang Kun, Shi Ping, Wang Dongxiao. Numerical study on mesoscale eddies of northern South China Sea in winter [J]. Acta Oceanologica Sinica, 2000, 22(1): 27-34. [杨昆, 施平, 王东晓. 冬季南海北部中尺度涡旋的数值研究 [J]. 海洋学报, 2000, 22(1): 27-34.]
- [42] Metzger E J, Hurlburt H. The Nondeterministic nature of Kuroshio Penetration and eddy shedding in the South China Sea [J]. Journal of Geophysical Research, 2001, 101: 32 331-32 352.
- [43] Yang H, Liu Q. Forced Rossby wave in the northern South China Sea [J]. Deep-Sea Research, Part I, 2003, 50: 917-926.
- [44] Cai S Q, Su J L, Gan Z J, et al. The numerical study of the South China Sea upper circulation characteristics and its dynamic mechanism in winter [J]. Continental Shelf Research, 2002, 22: 2 247-2 264.
- [45] Zeng Qingxin, Li Rongfeng, Ji Zhongzhen, et al. Monthly mean circulation in South China Sea [J]. Chinese Journal of Atmospheric Science, 1989, 13(2): 127-138. [曾庆存, 李荣凤, 季仲贞, 等. 南海月平均流的计算 [J]. 大气科学, 1989, 13(2): 127-138.]
- [46] Wang G H, Su J L, Li R F. Mesoscale eddies in the South China Sea and their impact on temperature profiles [J]. Acta Oceanologica Sinica, 2005, 24(1): 39-49.
- [47] Metzger E J. Upper ocean sensitivity to wind forcing in the South China Sea [J]. Journal of Oceanography, 2003, 59: 783-798.

ADVANCES IN STUDYING MESOSCALE EDDIES IN SOUTH CHINA SEA

WANG Gui-hua^{1,2}, SU Ji-lan¹, QI Yi-quan²

(1. Laboratory of Ocean Dynamic Processes and Satellite Oceanography, Second Institute of Oceanography, State Oceanic Administration, Hangzhou 310012, China; 2. Laboratory of Tropical Ocean Environment Dynamics, South China Sea Institute of Oceanology, CAS Guangzhou 510301, China)

Abstract: The large scale circulation and mesoscale eddies have been mentioned in near 20 years. Many unique characteristics have been revealed by oceanographers. The study of mesoscale eddies is more active than before with the applications of satellite altimeter and the development of numerical models. We will introduce the progresses in mesoscale eddies including observations and generation mechanisms in detail while large scale circulation presented briefly.

Key words: South China Sea; Mesoscale Eddies; Observation; Generation Mechanisms.