

南海东北部夏季逆风流数值模拟*

袁叔尧 邓九仔

(中国科学院南海海洋研究所, 广州 510301)

提要 以1939—1978年的7月平均风场代表夏季风, 数值求解南海流场对风应力输入的响应。结果表明, 即使盛夏仍有黑潮水经巴士海峡流入南海; 风应力与陆坡地形相互作用的影响, 在 116°E 以西陆坡上占优势, 形成辐散上升, 生成低水位带及冷水带, 其北侧生成夏季逆风流; 116°E 以东陆坡上, 黑潮水占优势, 具有向北分量流速的黑潮水在那里辐聚下沉形成高水位带及暖水带, 其北侧生成东北向顺风流(即夏季南海暖流)。

关键词 夏季风 风应力 逆风流 数值模拟

管秉贤等提出南海冬季逆风流后¹⁾, 不少学者对这支海流进行过研究(管秉贤, 1978a; 管秉贤, 1978b; 管秉贤, 1985; 郭忠信等, 1985; 曾庆存等, 1989; 苏纪兰等, 1992; 李荣凤等, 1993), 中国科学院南海海洋研究所的海流实测资料证实了这支海流的存在(中国科学院南海海洋研究所, 1985)。最近, 作者对冬季逆风流作过数值试验²⁾, 在数值试验基础上用解析方法研究了冬季逆风流形成机制³⁾。结果表明, 冬季逆风流由间接逆风流构成; 间接正压地转逆风流是风应力与陆坡地形相互作用的产物; 间接斜压地转逆风流是风应力与陆坡地形相互作用导致暖平流及热对流形成陆坡暖水带的结果; 经巴士海峡流入的黑潮水加强了陆坡上高水位带及暖水带, 对冬季逆风流具有加速形成、加大量值作用。夏季风与冬季风风向相反, 通过与冬季风类比, 作者提出夏季逆风流存在的可能性, 并导出了夏季逆风流产生判据。为了证实夏季逆风流的的存在, 本文做了夏季逆风流数值模拟。结果表明, 东沙群岛以西陆坡北侧的确形成了夏季逆风流, 并与中国科学院南海海洋研究所夏季在南海北部实测的偏西向海流位置一致, 东面陆坡北侧仍为东北向流(即夏季南海暖流)控制。

1 数值模拟

以1939—1978年的7月平均风场代表夏季风, 数值求解南海流场对风应力输入的响应。

1.1 数值模式

本文使用的数值模式为 Backhaus (1985) 的三维斜压陆架环流模式, 有如下特点: 水平网格为 Arakawa C 网格; 水平涡动系数和垂直涡动系数均随深度变化; 对科氏力项及压力梯度项引入二阶精度近似, 使得计算更为稳定; 考虑到外部自由表面重力波的波

* “八五”国家重点科技专项, 85-927-07-05。袁叔尧, 男, 出生于1942年12月, 副研究员。

1) 管秉贤等, 1964, 中国近海的海流系统, 全国海洋综合调查报告, 第五册, 1—85。

2) 袁叔尧等, 1997, 南海东北部冬季逆风流数值试验。(待刊)

3) 袁叔尧等, 1996, 南海东北部冬季和夏季逆风流机制研究。

收稿日期: 1995年1月10日, 接受日期: 1995年6月10日。

速比内部斜压波的波速快得多,将压力项分离为外部压力和内部压力,求解外部压力时采用全隐式迭代方案,这样可克服柯朗数对时间步长的严格限制,能采用较大的时间积分步长;为使垂直涡动系数有更大选择余地,并使计算更加稳定,运动方程中的水平应力垂直切变项采用隐式算法;盐度场和温度场变化较为缓慢,因此,盐度和温度的计算依然采用显式算法;把格点分为“干点”、“湿点”,便于引入数组压缩技术,可节省大量内存。作了上述处理后,南海海域三维斜压环流数值模拟可在内存仅为8兆的486微机上进行。

1.2 初始条件、边界条件及模拟范围

1.2.1 初始条件

流速场、水位场初值为零。即： $u_0(i, j, k) = v_0(i, j, k) = w_0(i, j, k) = \xi_0(i, j) = 0$
 海温场、盐度场的初值分别为7月份多年平均海温场和盐度场，即：

$$T_0(i, j, k) = T_a(i, j, k), S_0(i, j, k) = S_a(i, j, k)$$

式中，下标“0”表示初值；“a”表示多年平均； i, j, k 分别为 x, y, z 方向指标。

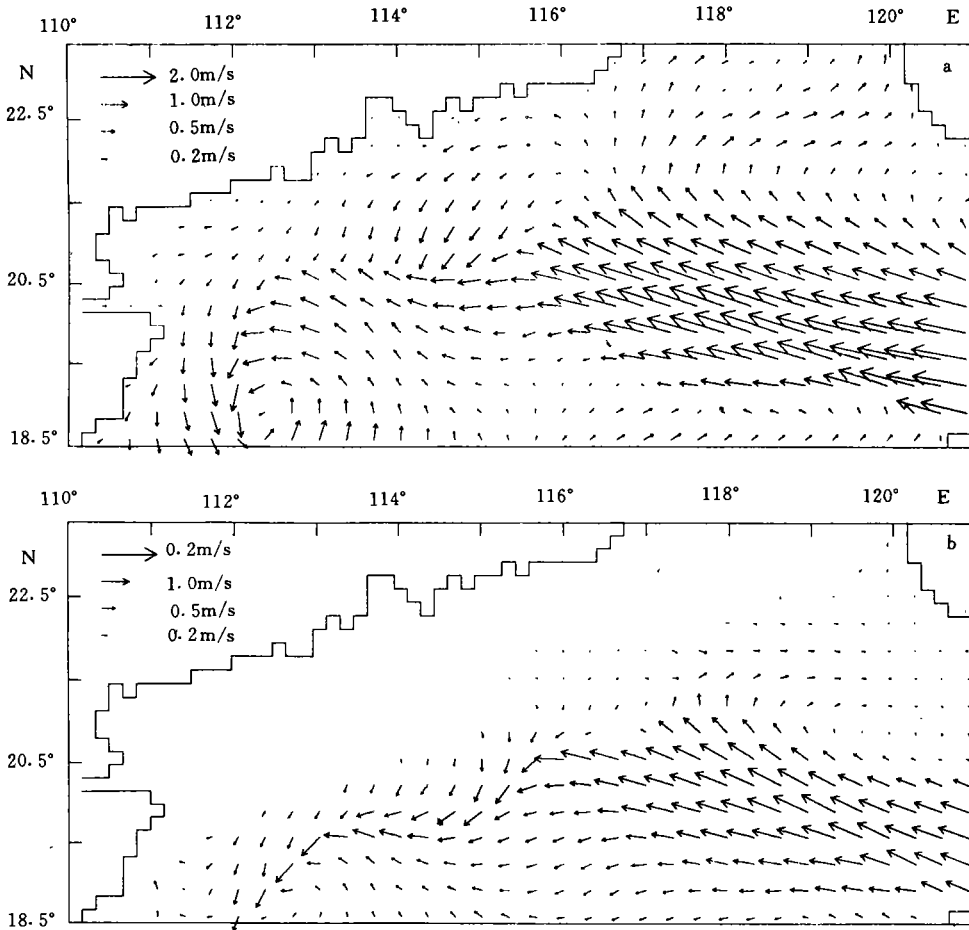


图1 南海东北部夏季流场分布

Fig.1 Summer flow fields distribution in the northeastern South China Sea

a. 第1层(0—10m); b. 第5层(100—200m)

1.2.2 边界条件

陆界：通量为零；海界：梯度为零。

1.2.3 模拟范围和积分步长

模拟范围：1.5—24.5°N, 99.0—121.0°E 范围内南海海域。有三条开边界，分别为台湾海峡北端、巴士海峡和巽他海峡开边界。水平分辨率为 18.6km，水平网格点数达 18 487 个。南海最大水深取为 4 814m，垂直方向分 8 层。时间步长为 1 200 s。以多年平均 7 月风场代表夏季风场作为输入，数值求解流场对风场输入的响应，连续积分 5 天流场达至稳定。文中的模拟结果为连续数值积分 6 天后的结果，本文感兴趣的流场响应是南海东北部大陆斜坡部分。

2 结果分析

第 1, 5 层流态分布如图 1 所示，即使盛夏，仍有黑潮水经巴士海峡南端流入南海。

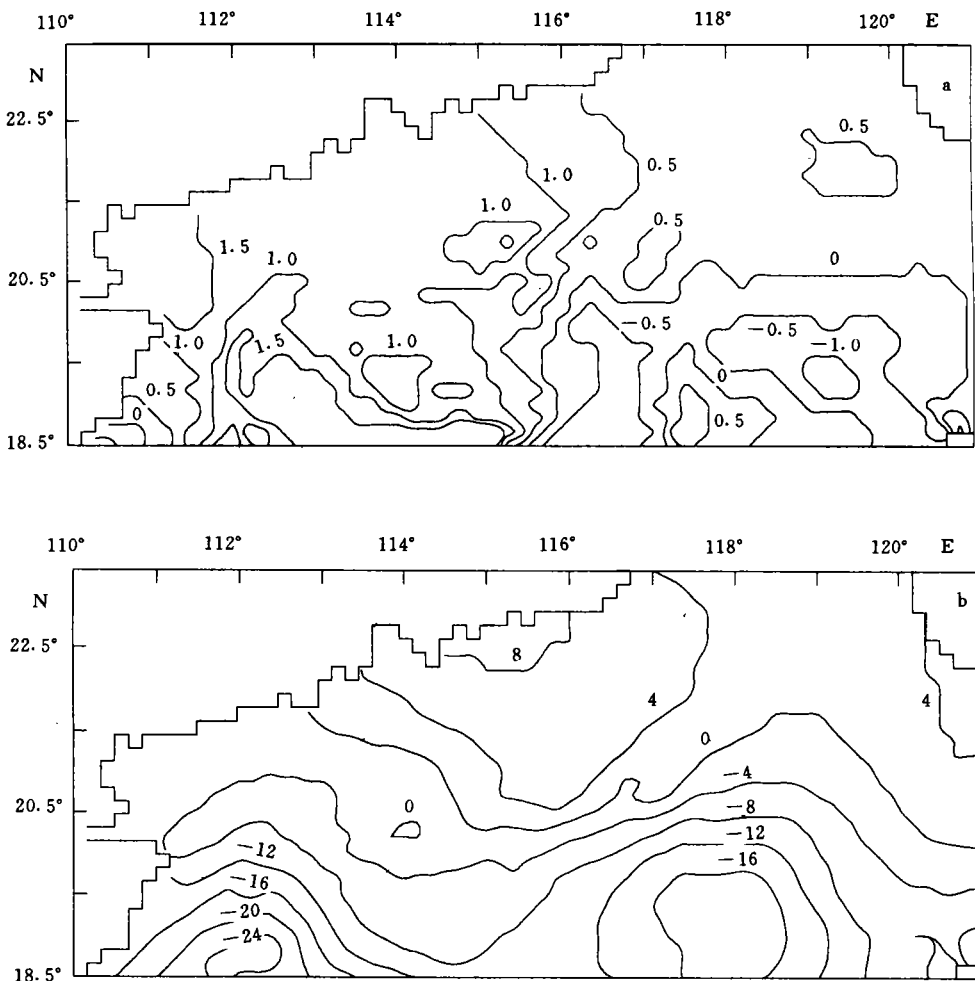


图 2 南海东北部流速 (a) (10^{-6} m/s) 分布和水位 (b) (cm) 分布

Fig.2 w (a) (10^{-6} m/s) and elevation (b) (cm) distributions in the northeastern South China Sea

流入南海的黑潮水受到广东外海夏季上升流抑制(图2a), 范围不及冬季宽广¹⁾。116.0° E 以东流入南海的黑潮水克服了夏季风应力与陆坡相互作用的负作用, 流速具有向北分量, 并在 116.0° E 以东陆坡上辐聚堆积下沉形成高水位带(图2b)及暖水带(图3)。在高水位带、暖水带北侧分别形成东北流向的正压地转流和斜压地转流。东北流向正压地转流与斜压地转流叠加形成夏季南海暖流。

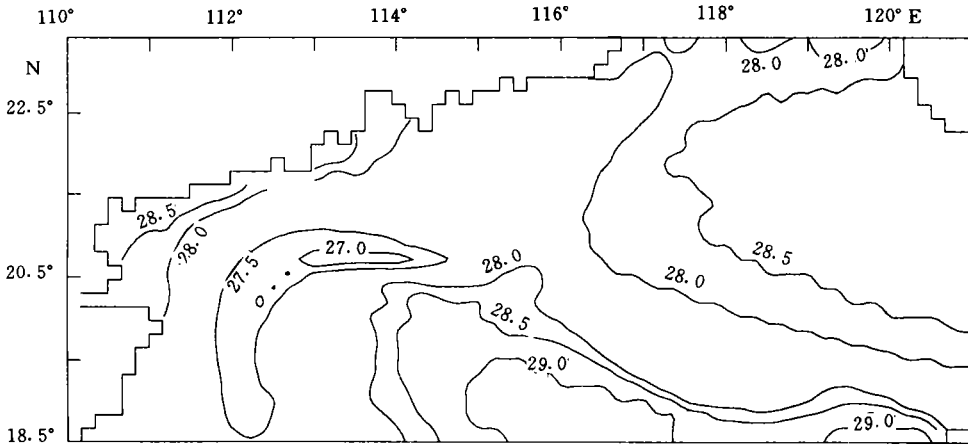


图3 南海东北部夏季 SST 分布

Fig.3 Summer SST distribution in the northeastern South China Sea

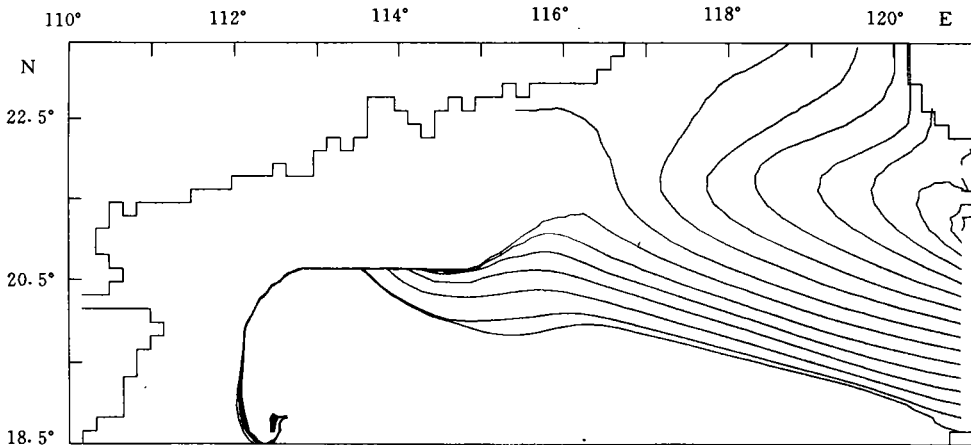


图4 巴士海峡表层水质点三维运动轨迹(俯视)

Fig.4 3-D moving track of surface layer water particles in the Bashi Strait (topview)

从巴士海峡表层水质点三维运动轨迹(图4, 俯视)可见, 116.0° E 以西, 因远离巴

1) 袁叔尧等, 1997, 南海东北部冬季逆风流数值试验。(待刊)

士海峡, 流到那里的黑潮水, 其质及量已略逊一筹, 不敌夏季风应力与陆坡相互作用的势力, 夏季风应力与陆坡地形相互作用的势力占优势, 结果在陆坡上形成表层辐散低水位带(图 2b)及冷水带(图 3)。在低水位带、冷水带北侧分别形成流向为西南的正压地转流和斜压地转流, 流向一致的正压地转流及斜压地转流叠加形成夏季逆风流, 如此流态分布延伸至第 5 层, 并与中国科学院南海海洋研究所夏季在南海北部实测偏西向流位置一致(仇德忠等, 1985), 但这不是黑潮南海分支的偏西向流, 而是流向为西南的夏季逆风流。

从流态分布(图 1)、流速分布(图 2a)、表层水温分布(图 3)和巴士海峡表层水质点三维运动轨迹分布(图 4)上显示出, 汕头以西至海南岛东部外海为宽广的上升辐散区, 表层水温较低。116.0° E 以西的夏季逆风流与广东粤西沿岸流连成一片。

3 小结

数值模拟结果表明, 南海北部夏季流场分布有如下特征: 即使盛夏, 仍有黑潮水经巴士海峡南部流入南海, 116.0° E 以东, 台湾浅滩南部陆坡附近形成东北流向的夏季南海暖流。116.0° E 以西, 陆坡与风应力相互作用的势力占优势, 在陆坡上形成辐散带及冷水带, 其北侧出现西南流向的夏季逆风流, 并延伸至第 5 层。116.0° E 以西, 200m 等深线以北海域, 为夏季逆风流盘踞。汕头以西至海南岛东部外海宽广的海区上, 夏季上升流显著。

参 考 文 献

- 中国科学院南海海洋研究所编, 1985, 南海海区综合调查研究报告(二), 科学出版社(北京), 204—231。
 李荣凤、曾庆存, 1993, 中国科学, **23**(12): 1329—1338。
 苏纪兰、刘先炳, 1992, 海洋环流研讨会论文选集, 海洋出版社(北京), 206—215。
 郭忠信、杨天鸿、仇德忠, 1985, 热带海洋, **4**(1): 1—9。
 曾庆存、李荣凤、季仲贞等, 1989, 大气科学, **13**(2): 127—138。
 管秉贤, 1978a, 海洋与湖沼, **9**(2): 117—127。
 管秉贤, 1978b, 海洋科学增刊, 100—103。
 管秉贤, 1985, 海洋与湖沼, **16**(6): 423—437。
 Backhaus, J. O., 1985, *Dr. Hydrogr. Z.*, **38**: 165—187。

NUMERICAL SIMULATION OF SUMMER UPWIND FLOW IN THE NORTHEASTERN SOUTH CHINA SEA

Yuan Shuyao, Deng Jiuzi

(South China Sea Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510301)

Abstract To confirm the existence of summer upwind flow in the northeastern of the South China Sea, the secular average wind field of July of 1939—1978 was used as summer wind field and Backhaus's 3-D baroclinic shelf circulation numerical model was used to numerically solve the flow fields in the northeastern South China Sea response to

summer monsoon fields. The results indicated that even in mid–summer, Kuroshio Water still flows through the Bashi Strait into the SCS (KWFTBSS). The prevailing interaction between summer wind stress and continental slope topography results in divergence and ascent of seawater, low elevation and a cold seawater belt whose northern side has summer upwind flow west of 116.0° E. East of 116.0° E, KWFTBSS prevails, surface layer seawater converges and downwells to form high elevation warm water belts, and to generate northeastward current in the continental slope at the northern side.

The conclusion in present paper is that there is summer upwind flow west of 116.0° E in the northeastern South China Sea during the summer monsoon.

Key words Summer monsoon Wind stress Upwindflow Numerical simulation