

南海上层水温分布的季节特征*

杨海军 刘秦玉

(青岛海洋大学物理海洋研究所 青岛 266003)

提要 为对南海上层水温分布特征有一总体认识,利用气候平均的 $1^\circ \times 1^\circ$ 网格的 Levitus 资料,分析了南海 0—200m 层共 10 个等深面上的季平均温度分布状况。结果表明,南海上层水温分布的季节变化明显,季风和太阳辐射对水温分布有显著影响,四季平均水温分布与平均环流状况对应较好。冬、春两季在吕宋岛西北海域有一冷涡(即吕宋冷涡),夏、秋季在越南沿岸出现另一冷涡(即越南冷涡)。这两个冷涡均对应着本海区尺度较小的气旋式环流和正的风应力旋度。吕宋冷涡还与黑潮在吕宋海峡的形变有关,越南冷涡则与局地强上升流有联系。

关键词 南海 水温分布 季节变化 冷涡 黑潮

学科分类号 P731.11

由于南海特殊的地理位置及半封闭深水海盆的特征,近几年已成为海气相互作用研究的一个重要海区。目前因水温资料相对缺乏,有关南海整个区域上层水温分布和变化的文献还不多见。管秉贤(1981)利用早期黑潮及邻近海域合作调查(CSK)资料和国家海洋局提供的部分资料研究了南海北部冬季水温的垂直结构,认为温度场对海流形成,特别是对南海暖流的形成有重要作用。刘秦玉等(1997)用数值试验表明冬、春两季季风与南海表层环流的相互作用可显著影响表层水温(SST)的水平分布。何有海等(1992,1996)分别分析了南海南、北两片有限区域海洋上层水温分布,认为南部海区上层水温有显著的年际变化,存在着约2—4年的振荡周期;北部海区水温有显著的季节变化。这些研究加深了人们对南海水温分布特征的了解。为了更清楚认识南海上层水温四季平均分布状况,本文根据气候平均的 $1^\circ \times 1^\circ$ 网格的 Levitus 资料(Levitus, 1982),分析了整个南海 0—200m 共 10 个等深层上的季平均温度分布,着重论述了 SST 和 100m 等深面上水温的季平均分布状况,并简要分析了南海四季 0—200m 层平均的水温分布和 20°C 等温面上的厚度分布。

1 海面风场和南海环流基本状况

南海环流具有相对的独立性,上层海洋环流主要由季风场驱动。其中的中小尺度局地环流和涡旋的形成和维持可认为是风、海底地形、岸线形状和惯性效应共同作用的结果(曾庆存等,1989)。根据 Hellerman 等(1983)和徐锡桢等(1980),冬季(12—2月)南海

* 国家自然科学基金资助项目, 49636230号。杨海军,男,出生于1972年1月,博士生, E-mail: liuqy@lib. ouqd. edu. cn

收稿日期:1997-03-10,收修改稿日期:1998-06-25

主要受东北季风控制,风速由东北向西南逐渐递减,并且南海西部比东部风力略强,因此整个南海被一个大的气旋式环流所占据。其中南海北部和南部又各有一个中等尺度的闭合气旋式环流,它们之间还存在一个较强的反气旋式环流。春季(3—5月)是过渡季节,整个海面风力较冬季弱。除台湾海峡仍为东北风外,其余海域皆为偏东风。南海表层仍然维持着一个较完整的气旋式环流且处于衰减之中,北部海区的气旋式环流几乎无变化,中央海盆的反气旋式环流被巴拉望岛西侧的气旋式环流代替,而南部的气旋式环流则一分为二。夏季(6—8月)南海西南季风盛行,17°N以南风力较大,多吹西南风;20°N以北风力较小,多吹偏南风。与此对应,表层环流与冬季大致相反,大部分海区以东北向漂流为主。局部环流主要是西沙和中沙群岛之间以及南海南部各有一个反气旋式环流,而其间越南沿岸13.5°N,111°E处有一较强的气旋式环流。秋季(9—11月)西南季风自北向南迅速撤退,东北向漂流大为减弱,只限于中部海区。越南沿岸的气旋式环流范围扩大,南沙附近也形成了一个尺度较大的气旋式环流,吕宋海峡西侧主要由北向海流控制。

2 南海上层水温分布的季平均状况

下面按季节依次讨论南海0—200m共10个等深面上的水温分布状况。考虑到SST最直接地反映了海面风场及太阳辐射的季节变化,而100m层既对季节变化的响应足够快,又具有相对的稳定性,并且南海南、北水温差异在该层上也体现得较为明显,较能代表海洋上层平均热状况,故重点分析这两层的水温季平均状况。

2.1 冬季(12—2月,图1a)

表层15°N以北等温线基本呈东北—西南走向,与海岸线近似平行。广东外海一带受东北季风以及来自大陆冷高压、冷空气爆发的影响,使得沿岸水温很低,等温线相对较为密集,斜压性较强。这在10m,20m和50m层上(图略)也体现得较为明显,可能与大陆西南向沿岸流及南海暖流有关(管秉贤,1981)。中沙群岛以北有一暖脊向北伸展至20°N,其中心水温超过25°C;以南10°—15°N之间是一大片暖水区,对应着南海中部的反气旋式环流。南海西部15°N以南,伴随着强大的西南向沿岸流,有一冷舌从11°N一直延伸到5°N,其后由于受巽他陆架阻挡,出现向北回流,水温较高,在冷舌的东侧形成一暖脊,这与该处表层气旋式环流是一致的。

相对表层来说,100m层受海面风场和太阳辐射影响较小,受岸线形状和海底地形影响加大,因而水温分布与表层相比有显著差别。图中最明显的是吕宋岛西北海域中心位于18.5°N,119°E,水温低于18°C的一个闭合低温区,这就是“吕宋冷涡”,它与该海域中尺度闭合气旋式环流及正的风应力旋度(Metzger *et al.*,1996)相对应。冷涡北部有尺度较小的暖涡,暖涡东侧吕宋海峡处等温线相当密集,一部分呈南北走向,另一部分自南向北作反气旋式弯曲,在台湾岛东南侧伸出海峡。南海东北部的这种温度场结构表明黑潮会在南海北部诱生一个气旋式环流,其主轴的西侧有一分支在吕宋海峡南端向西折入南海北部,形成一个反气旋式高温水舌,而后在海峡北端折出南海,返回黑潮主干。

在200m层水温分布(图略),0—200m平均水温分布和20°C等温面深度图上,南海东北部吕宋冷涡以及冷涡北侧的暖涡均有类似于100m层的等值线分布形式,这种上、下一致性说明冬季黑潮对南海的影响达到了相当深度。

2.2 春季(3—5月,图1b)

因太阳辐射加强,气温回升,整个海域表层平均水温比冬季约高 2°C 。与冬季平均状况相仿,从表层直到50m层, 15°N 以北等温线也与海岸线近似平行,但更为密集。特别是在 $18^{\circ}\text{—}20^{\circ}\text{N}$ 之间,不到200km的纬带内表层南北最大温差居然达到 5°C 左右。这可能是因为,春季东北季风松弛,南部表层有暖水北上,冬季北部沿岸冷水未及时撤退,从而形成强大的温度锋。温度锋的位置恰与广东外海陆架200m等深线一致,很可能陆架在温度锋的形成中也起重要作用(李立,1996)。东沙群岛东侧南北走向等温线也非常密集,吕宋海峡附近等温线稀疏且成东西走向,说明表层黑潮水与南海东北部海水在持续东北季风作用下已有较充分混合。因东北季风减弱,冬季位于南海西南部的冷舌已不明显。越南沿岸 15°N 以南直至 8°N 水温依然较低。在海盆中央中沙和南沙群岛之间,有一面积较广的暖水区,平均水温超过了 28°C 。

100m层也因海水温度普遍升高,吕宋冷涡向北略有迁移并且中心水温升高到 19°C 左右。原先位于冷涡北部的暖涡已消失,吕宋海峡处南北向等温线平直且依然相当密集。其余海域温度分布相当均匀,从南到北温度变化不超过 1°C 。

另外,0—200m层平均水温分布图上的吕宋冷涡已不明显,吕宋冷涡中心 20°C 等温面所在的深度也从冬季的不到80m加深到90m以上,说明吕宋冷涡可能正在慢慢衰减。

2.3 夏季(6—8月,图2a)

整个海区盛行西南季风,表层水温主要受太阳辐射的影响而整体升温,故其分布比较均匀,南北温差很小,最大差异不超过 2°C 。仔细分析可以发现,南海北部和南部是一相对暖区,中间海域约 14°N 附近为一相对冷区。吕宋海峡处直至20m以深水温东西差异几乎为零,这说明至少就温度而言,夏季南海北部表层水与黑潮水是不易区分的。

100m层上的温度分布较为复杂,吕宋岛西北海域等温线变成南北走向且近似平行。吕宋海峡处等温线自南向北略呈反气旋式弯曲,表明黑潮水在该处有变形,但南海暖水又遏制了变形过大的趋势,故夏季黑潮未能诱生出类似冬季的气旋式吕宋冷涡。此时在东沙群岛西南海域出现一中心位于 19.5°N , 115°E 的弱冷水区,这是否是春季的吕宋冷涡向西移动衰减而成,目前还不肯定。在中沙—西沙群岛间有一闭合高温区,该区东部吕宋岛西侧等温线呈南北走向,温度较高。特别明显的是,南海西部越南沿岸有一中心位于 13.5°N , 111°E ,水温低于 17°C 的冷涡,本文称之为“越南冷涡”。它也对应对应着该区深厚的气旋式环流和正的风应力旋度(Metzger *et al.*, 1996),并且该区还有一支很强的上升流(Chao *et al.*, 1996)。该上升流造成表层海水为一相对冷区,并且表层冷水还有向东弥散的趋势。另外,冷涡南侧有一较强暖涡,对应着该处的一个反气旋式环流。从图中可见,越南冷涡似乎妨碍了该暖涡的向北扩张。

0—200m层上东沙西南的冷水区、中、西沙间的暖水区和越南冷涡都较明显。 20° 等温面深度图上越南冷涡也很清楚,还可看出等深线是东部比西部略深,说明西南季风引起的海水整体输送有使暖水向东堆积的趋势。

2.4 秋季(9—11月,图2b)

伴随着西南季风自北而南的迅速消退,东北季风逐渐建立,海表水温分布较夏季复杂。主要表现在珠江口外海一带20m以上温度梯度加大,这可能与珠江冲淡水影响有关

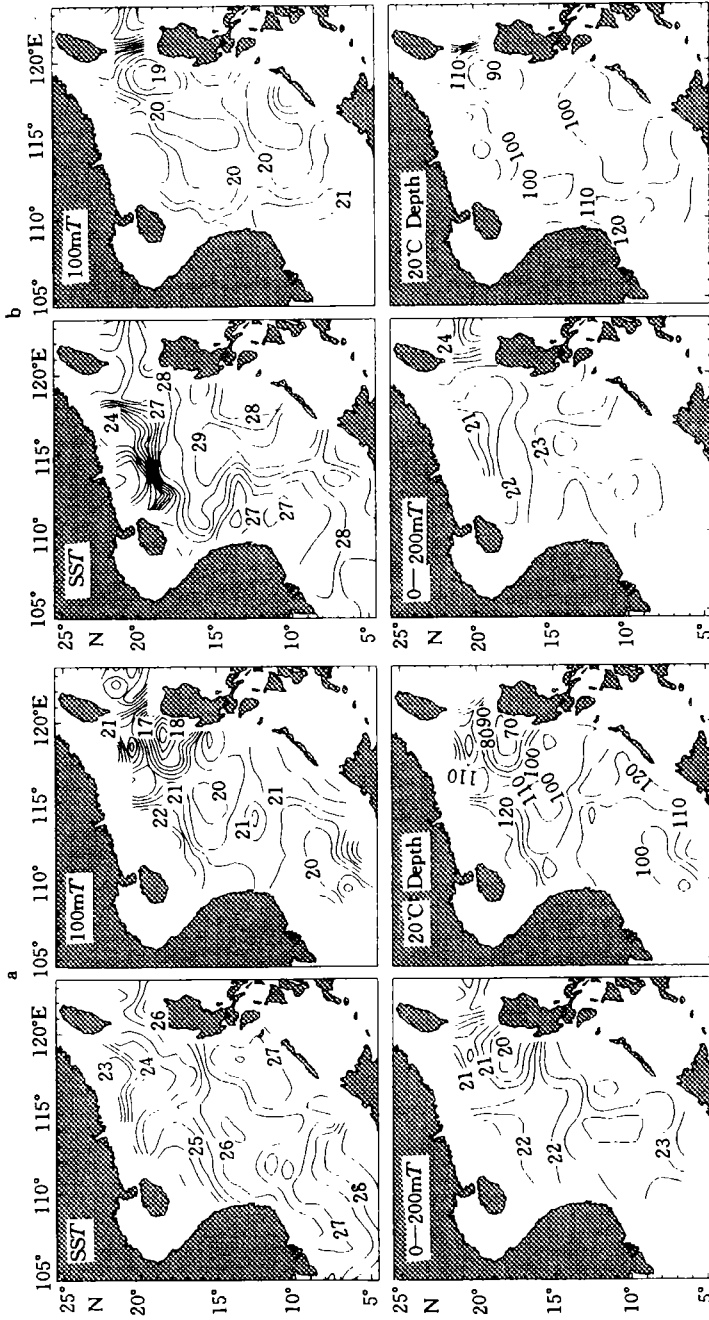


图1 南海冬季(a)和春季(b)水平温度分布(单位:℃;等值线间距:0.5℃)和20℃等温面深度(单位:m;等值线间距:10m)

Fig.1 Horizontal temperature distributions(unit: °C; contour interval: 0.5°C) and the depth of 20°C isothermal level (unit:m; contour interval: 10m) in SCS in winter (a) and spring (b)

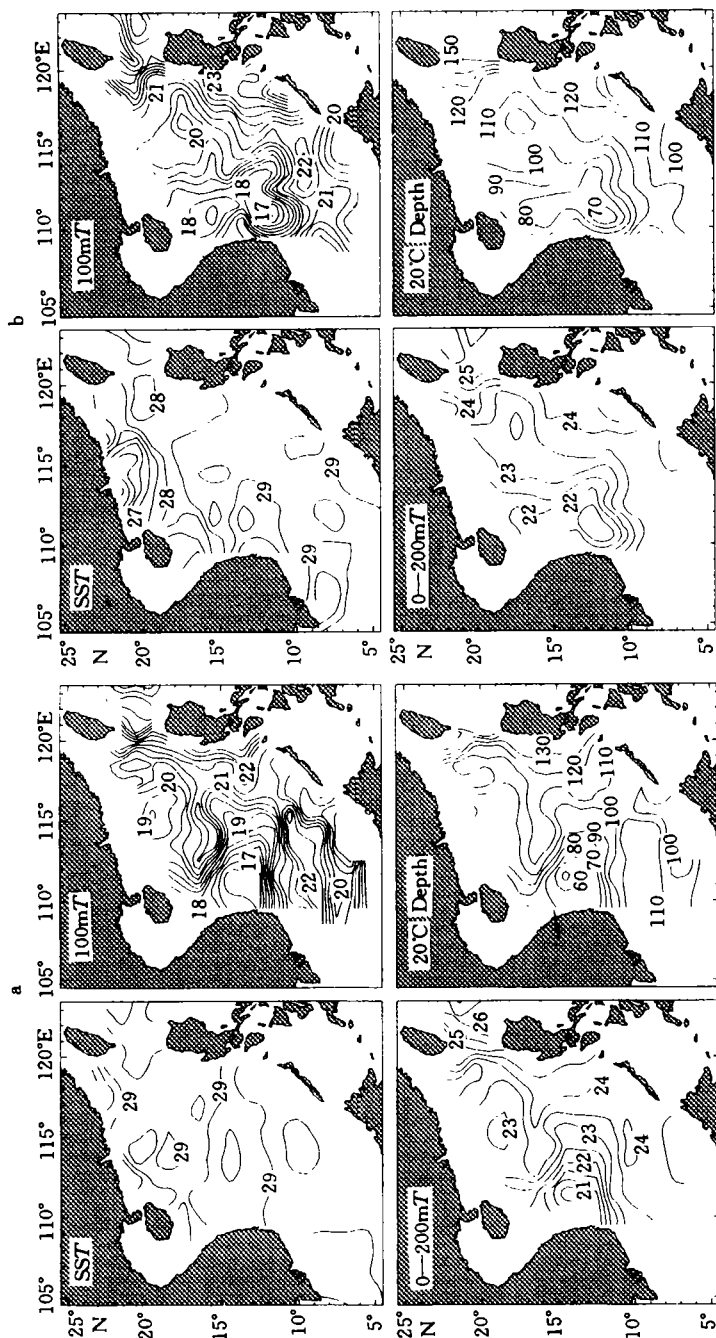


图2 南海夏季(a)和秋季(b)水平温度分布(单位: $^{\circ}\text{C}$; 等值线间距: 0.5°C)和 20°C 等温面深度(单位: m; 等值线间距: 10m)
 Fig.2 Horizontal temperature distributions (unit: $^{\circ}\text{C}$; contour interval: 0.5°C) and the depth of 20°C isothermal level (unit: m; contour interval: 10m) in SCS in summer (a) and autumn (b)

(Tang *et al.*, 1996)。由于海面吸收的太阳辐射减少,整个海表温度较夏季略有降低。海表温度分布与海表环流状况是一一对应的,即越南沿岸的冷水区对应着该处尺度较小的气旋式环流,而加里曼丹岛以北、巴拉望岛以西的中尺度气旋式环流与大面积冷水区相配合。

100m 层水温分布较表层更具特色,吕宋海峡密集的等温线比夏季弯曲要大,黑潮在此的变形仍受到南海本地水阻挡,没有越过 118°E ,但已初步形成一高温水舌。夏季位于东沙西南海域的冷水区中心此时向东南移到了 17°N , 117°E 附近。作为前期冷水上涌的延续,越南冷涡继续存在,中心水温略有升高,并且南移了约两个纬度,而夏季位于其南部的暖涡面积有所缩小,但其中心仍较明显。

0—200m 层平均水温分布和 20°C 等温面就等值线形式来说二者很接近,越南冷涡和吕宋海峡处等值线的弯曲均有较好的表现。还应注意, 20°C 等温面深度总的来说仍是东部比西部略深。

3 结论和讨论

3.1 南海上层水温分布的季节变化明显,季风和太阳辐射对水温分布有显著影响,四季平均水温分布与平均环流状况对应较好。

3.2 冬春两季在吕宋岛西北海域有一吕宋冷涡,夏季在东沙西南海域、秋季在中沙以东均有一弱冷水区,这可能是吕宋冷涡位置和强度季节性变化而形成的。夏、秋两季在越南沿岸还出现越南冷涡,其中心水温很低。从夏到秋越南冷涡强度有所减弱,中心位置向南略有偏移。

3.3 至于吕宋冷涡和越南冷涡形成的动力机制,它们均对应着本海区的中尺度闭合气旋式环流和正的风应力旋度。吕宋冷涡还与黑潮在吕宋海峡的变形有关,越南冷涡则与局地强上升流有密切联系。

参 考 文 献

- 刘秦玉 李 薇 徐启春, 1997. 东北季风与南海海洋环流的相互作用. 海洋与湖沼, 28(5): 493—501
- 李 立, 1996. 1992年3月南海东北部陆架-陆坡区的海洋锋. 中国海洋学文集, 北京: 海洋出版社. 6: 33—41
- 何有海 关翠华 甘子钧, 1992. 南海南部海洋上层的热振荡. 海洋学报, 14(3): 19—28
- 何有海 关翠华, 1996. 南海北部海洋上层水温和环流结构. 中国海洋学文集, 北京: 海洋出版社. 6: 60—69
- 徐锡祯 邱 章 陈惠昌, 1980. 南海水平环流概述. 中国海洋湖沼学会水文气象学会学术会议论文集, 北京: 科学出版社. 137—145
- 曾庆存 李荣凤 季仲贞等, 1989. 南海月平均流的计算. 大气科学, 13(2): 127—138
- 管秉贤, 1981. 南海北部冬季水温垂直结构的重要特征. 海洋与湖沼, 12(4): 311—320
- Chao S Y, Shaw P T, 1996. Deep water ventilation in the South China Sea Deep Sea Res I, 43(4): 445—466
- Levitus S, 1982. Climatological Atlas of the World Ocean. NOAA Prof. Pap. No. 13, Washington: U.S. Government Printing Office, 177pp
- Hellerman S, Rosenstein M, 1983. Normal monthly wind stress over the world ocean with error estimates. J Phys Oceanogr 13, 1093—1104
- Metzger E J, Hurburt H E, 1996. Coupled dynamics of the South China sea, the Sulu Sea and the Pacific Ocean. J Geophys Res, 111(C5): 12 331—12 352
- Tang D L, I-Hsun Ni, 1996. Remote sensing of Hong Kong waters: spatial and temporal changes of sea surface temperature. Acta Oceanogr Taiwanica, 35(2): 173—186

THE SEASONAL FEATURES OF TEMPERATURE DISTRIBUTIONS IN THE UPPER LAYER OF THE SOUTH CHINA SEA

YANG Hai-jun, LIU Qin-yu

(*Institute of Physical Oceanography, Ocean University of Qingdao, Qingdao, 266003*)

Abstract In order to obtain the general features of temperature distributions in the upper layer (UL) of the South China Sea, the climatological Levitus data with horizontal resolution of $1^{\circ} \times 1^{\circ}$ lat. / lon. grid were used to analyze the seasonal averaged temperature distributions on ten isobathic levels (0—200m). The results showed that the temperature distributions in the UL varied remarkably with seasons and were influenced significantly by the monsoon and solar radiation. The water temperature averaged in the UL of the whole sea area was the lowest in winter and highest in summer. The patterns of temperature distributions coincided to a great extent with the seasonal mean circulation. The temperature field structure above 200m depth suggested that the deformation of the Kuroshio in the Luzon Strait helps to form the high temperature water tongue in the northeast of the SCS in winter. In spring and summer and autumn, the temperature front in the Luzon Strait can affect the westward extending of the deformation of the Kuroshio. A cold eddy called Luzon cold eddy (LCE) appears in the northwest sea region between 16° and 19° N off Luzon Island in winter and spring. A weak cold water area appears in the southwest of the Dongsha Islands in summer and in the east of the Zhongsha Islands in autumn. It may be formed by the seasonal variation of the LCE's position and intensity. In summer and autumn another cold eddy with very low temperature called Vietnam cold eddy (VCE) appears between 12° and 16° N along the coast of Vietnam. The VCE's intensity would decline and its central position would move slightly southward from summer to autumn. As to the dynamic mechanism of the formation of the LCE and VCE, they all correspond to a meso-scale close cyclonic circulation and positive wind stress curl. The LCE is also related to the deformation of the Kuroshio in the Luzon Strait, and the VCE is probably connected with the local strong upwelling along the coast of Vietnam.

Key words South China Sea Temperature distribution Seasonal variation Cold eddy Kuroshio

Subject classification number P731.11