

菲律宾海热含量分布及其变化的初步探讨*

白虹 胡敦欣
(中国科学院海洋研究所)

关键词 菲律宾海, 热含量

提要 本文利用1986年及1987年秋季在菲律宾以东海域进行的CTD观测资料, 分析了该海域上层海水热含量分布及变化, 得出, 热含量由南向北随纬度逐渐增大, 这主要是北赤道流引起的等温线自南向北下倾造成的, 另外也与南部和北部的冷涡和暖涡有关。本文认为, 两年里热含量的差异可能与1986年生成的El Niño有关。另外, 北太平洋赤道流体积输送量的变化与菲律宾海热含量的变化也有一定的联系。

菲律宾海位于热带太平洋西部边界, 是黑潮的发源地, 因此, 探讨菲律宾海水文特性及其热结构对进一步研究黑潮以及我国东南沿海气候具有重要意义。

有关菲律宾海的水文状况, Nitani^[3]曾经有过详细论述, 但至今对菲律宾海热量的分布及其变化的研究尚未见过报道。本文试图根据1986年及1987年秋季在菲律宾以东海域的CTD观测资料, 分析该海域上层海水热含量的分布特征, 并对热含量的变化及其可能的原因进行初步的分析探讨。

一、资料的处理方法

资料来源为1986年秋季(9月—10月)及1987年秋季(9月—10月)“科学一号”船在菲律宾海取得的CTD资料。

热含量的计算采用下式:

$$Q = \int_v C_p \rho T dv \quad (1)$$

其中 C_p 为海水比热, ρ 为海水密度, T 为海水温度, v 为体积, $v = S \cdot z$, S 为研究海域总面积, z 为海水深度。

单位面积水柱热含量为:

$$Q_t = \int_{z=0}^z C_p \rho T dz \quad (2)$$

由于海水比热及海水密度的变化对热含量 Q_t 的贡献可以忽略, 故本文计算热含量时, 取海水平均比热及平均密度。于是(2)式可写为:

$$Q_t = \bar{C}_p \bar{\rho} \int_{z=0}^z T dz \quad (3)$$

由(3)式便可计算出各个站位从海表面到水深 z 深度上的单位面积水柱所含的热量。 Q_t 的单位为 J。

Henin 和 Donguy^[2]指出, 海洋上层海水热含量的变化很大程度上取决于混合层深度的变化。当混合层变厚时, 热含量增大, 反之则热含量减小。在计算过程中, 我们取公式(3)中的积分上限 z 为 20℃等温线所在的深度, 因为 20℃等温线深度基本上代表了温跃层的深度, 而温跃层深度的变化直接影响着混合层的厚度, 故 20℃等温线深度的变化是反映温跃层深度变化的良好指标。由上述公式计算得到的热含量分布基本上表示了上层海水的温度结构特征。

二、热含量的分布特征

图1表明, 1986年热含量由南向北随纬度

* 中国科学院海洋研究所调查研究报告第1545号。

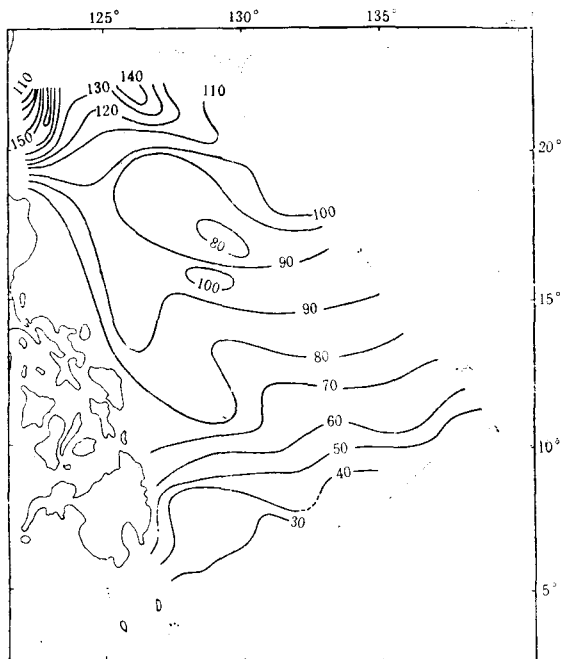


图1 1986年9月—10月热含量(J)分布

Fig. 1 Distribution of heat content (unit: Joule) in September—October 1986

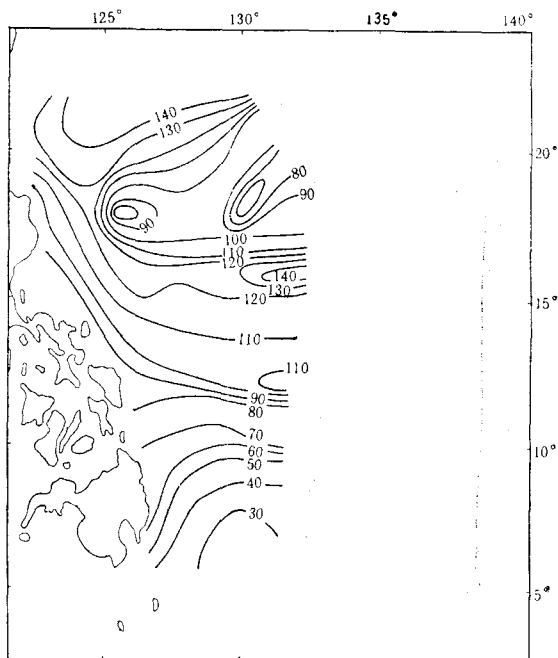


图2 1987年9月—10月热含量(J)分布

Fig. 2 Distribution of heat content (unit: Joule) in September—October 1987

逐渐增大,热含量梯度在 18°N 附近变化甚小。图2表明,1987年热含量分布趋势与1986年基本相同,即由南向北逐渐增大,但在 11°N 及 16°N 附近,热含量梯度剧增。在 10°N 以南,图1,图2都表明,这是菲律宾海热含量最低的海区,其原因可能是受这个区域涡旋产生的上升流影响的缘故。因为在 7°N 附近正是北太平洋赤道流与赤道逆流的分界处,这里有一个封闭式的气旋式冷涡^[3],涡心冷水上升造成等温线上升,因而使这个区域的上层热含量较低。在 18.5°N 附近,热含量分布呈涡旋结构,涡旋中心区域热含量小于80 J。引起这种涡旋分布的原因显然是由于在 18.5°N 附近有气旋式涡旋(图3,图4,图5,图6)的结果。冷涡核1986年位于 127°E ,1987年分别位于 126.5°E 和 130.5°E 。冷涡中心海水上升,导致这个区域上层热含量分布也呈气旋式,这似乎是两年中这个区域热含量分布具有相同形状的主要原因。在 19°N 以北,热含量较高,其分布1986年为两个半封闭涡状结构,一个在 123°E 附近,中心区域热含量为160 J,另一个在 126°E 附近,中心区域热含量稍大于140 J。1987年则为一个半封闭涡,中心区域热含量稍大于140 J。显然,热含量的这种分布与该区域暖涡有关,这可以在动力高度分布图上找到佐证。文献[3]也指出,在吕宋海峡黑潮的右侧有个暖涡。由于 22.5°N 以北缺少资料,故动力高度分布图中只显示出半个涡。在 21°N — 22°N 之间,1986年出现2.7动力米等高线,分别位于 123°E 及 126°E 附近,与热含量分布的涡旋核位置非常一致。1987年暖涡核似乎向东北偏移,与1987年热含量分布也基本一致。正是由于暖涡存在,使这个区域温跃层深度加深,上层海水贮存了大量暖水,从而使 19°N 以北海水热含量急剧增大。

综上所述,菲律宾海域秋季热含量分布的基本特征为:热含量由南向北随纬度逐渐增大,这主要是北赤道流引起的等温线下倾造成的。由于受上升流作用,在 10°N 以南,其热含

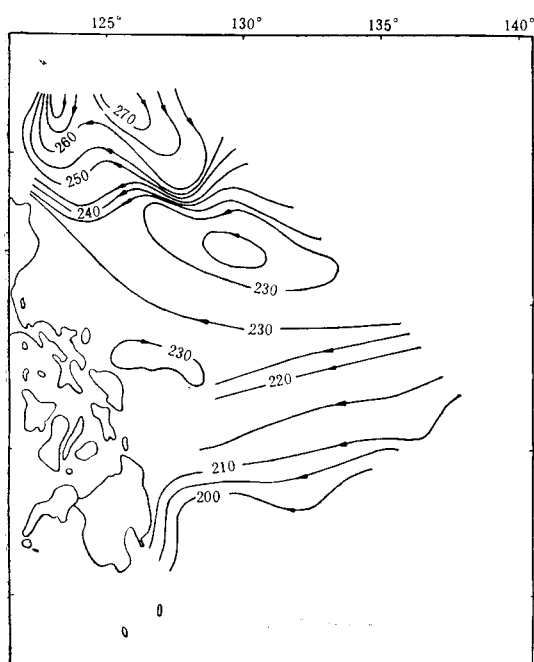


图3 1986年9—10月10 m 层动力高度
(参考面为1500 m) 分布

Fig. 3 Dynamic height
(relative to 1500m) distribution in 10-m level

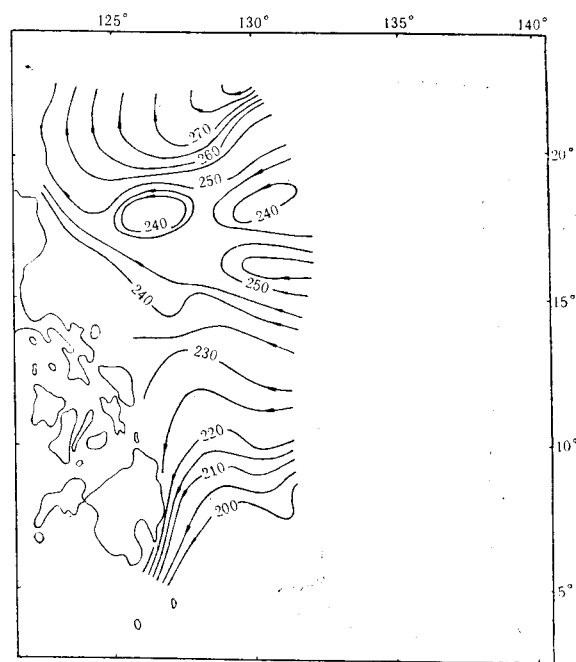


图4 1986年9—10月10 m 层动力高度
(参考面为1500 m) 分布

Fig. 4 Dynamic height
(relative to 1500m) distribution in 10-m level

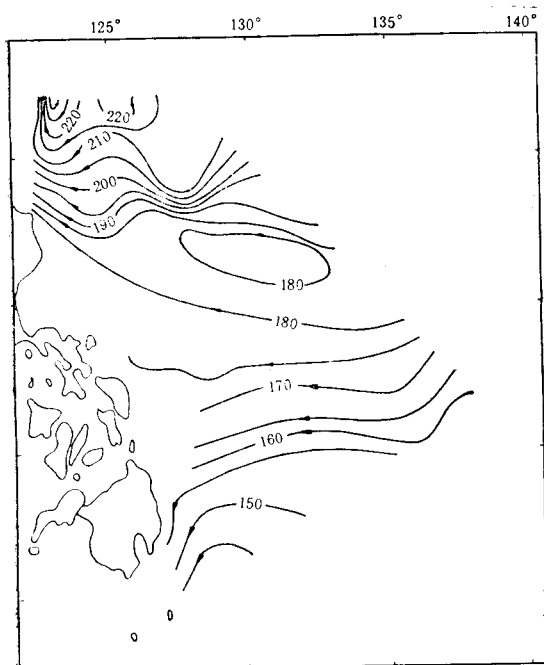


图5 1986年9—10月100 m 层动力高度
(参考面为1500 m) 分布

Fig. 5 Dynamic height
(relative to 1500m) distribution in 100-m level

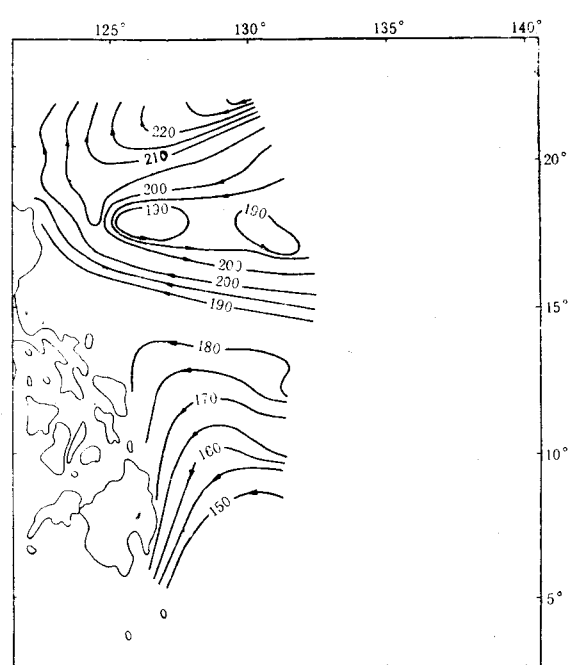


图6 1987年9—10月100 m 层动力高度
(参考面为1500 m) 分布

Fig. 6 Dynamic height
(relative to 1500m) distribution

量在整个菲律宾海为最小;北赤道西向流区(8°N — 17°N)热含量较大;热含量等值线在 11°N — 12°N 之间明显分为南北两路,一路沿吕宋东岸向西北方向延伸,另一路则向西南方向延伸;在 18.5°N 附近,热含量分布呈气旋式涡旋结构; 19°N 以北,受黑潮右侧暖涡影响,热含量随纬度急剧增大,中心区域热含量值大于 140 J 。

三、讨 论

由上面分析得出,菲律宾海1986年及1987年秋季热含量分布趋势基本一致,但量值差异较大。对菲律宾海域(大约 6°N — 22.5°N ,菲律宾沿岸— 132°E)上层海水总热含量进行粗略计算得出,1986年为 90×10^{12} 焦耳,1987年为 112×10^{12} 焦耳。显然,1986年总热含量仅为1987年的80%,两年中热含量的差异尤以 11°N — 17°N 为甚。在 16°N ,1987年热含量达到 130 J ,1986年仅有 90 J 。由于本文在计算热含量时,积分上限取 20°C 等温线所在深度,即温跃层深度,所以热含量这两年里的年际变化显然取决于温跃层深度的年际变化,换句话说,温跃层的上升或下沉是上层海洋热含量变化的一个重要因素。图7和图8分别为1986年及1987年秋季菲律宾海温跃层深度分布图。与图1和图2比较可以看出,热含量分布与温跃层深度分布基本一致。文献[1]在研究西太平洋热带海域热量变化时指出,温跃层的加深与变浅直接受信风强弱的影响。事实上,菲律宾海温跃层的变化应该与风场变化有关,风场的强弱可能导致西邻陆地的菲律宾海水位发生相应的变化,此时,斜压效应必然使温跃层上升或下沉,从而导致热含量的变化。另一方面,热含量变化的本身又是海洋与大气相互作用的结果。文献[2]分析了整个赤道太平洋地区热含量的分布及变化得出,在正常情况下,赤道太平洋地区最大热含量在西部,而在发生El Niño之后,西部热含量减小。热含量的这种变化与El Niño现象有密切关系。文献[5]也指出,在1982年

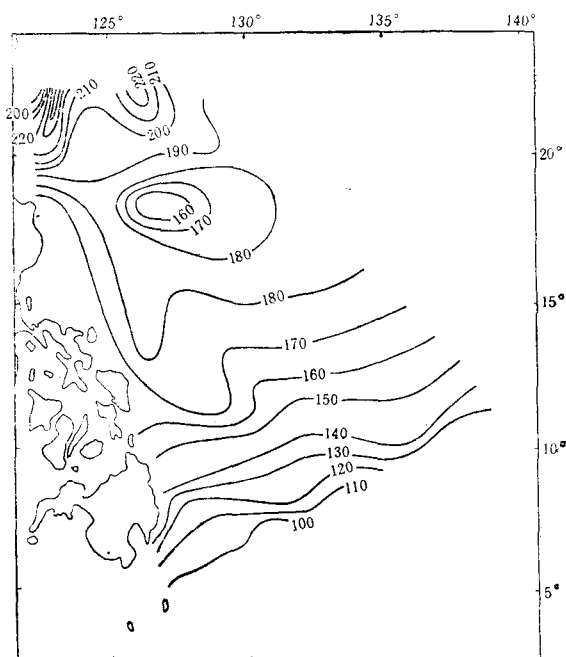


图7 1986年9月—10月 20°C 等温线深度分布(m)

Fig. 7 Depth of the 20°C -isotherm in September—October 1986

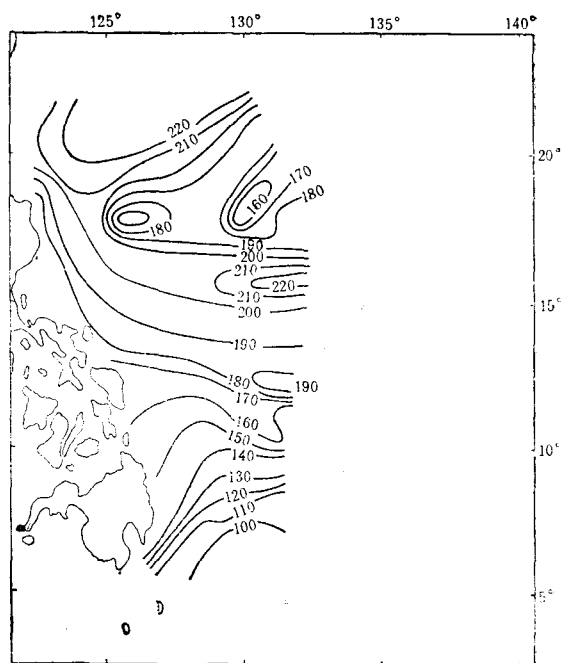


图8 1987年9月—10月 20°C 等温线深度分布(m)

Fig. 8 Depth of the 20°C -isotherm in September—October 1987

中期热带海洋 (20°S — 20°N) 西部热含量的减小与 1982—1983 年出现的 El Niño 现象有关, 热含量的最大损失在 10°N 附近。我们认为, 1986 年菲律宾海热含量减小可能与 1986 年生成的 El Niño 有关, 但与 White 结论不同的是, 热含量最大损失在 12°N 和 16°N 附近。

前面我们讨论了风场对菲律宾海热含量变化的影响, 比较 1986 年及 1987 年热含量分布图发现, 1986 年热含量损失最大区域正好位于北赤道西向流区。那么, 北赤道流体积输送量的变化与北赤道流区热含量的变化有何关系呢? 我们将用地转法计算的北赤道流体积输送量列于表 1。表 1 表明, 1986 年北赤道流体积输送量小, 对应的热含量低, 而 1987 年体积输送量大, 对应的热含量则高。北赤道流体积输送量与菲律宾海域热含量这种好的对应关系似乎表明, 菲律宾海域热量的改变与北赤道流体积输送量的变化有关。对于这个问题, 还有待进一步研究探讨。此外, 菲律宾海南北部都有涡存在, 涡的强弱变化, 以及涡旋核心的位移都可能是影响该海域热含量分布及变化的因素。

表 1 北赤道流体积输送量¹⁾ (参考面为 1500m) 和研究海域总热含量

Tab. 1 Volume transport of the North Equatorial Current (relative to 1500 m) and total heat content in the study area

年	月	体积输送量 ($10^6\text{m}^3/\text{s}$)				总热含量 (10^{12}J)
		7.5°N — 17°N	17°N — 18°N	18°N — 22.5°N	7.5°N — 22.5°N	
1986	9—10	30	—5 ²⁾	25	50	90
1987	9—10	45	—1 ²⁾	41	85	112

1) 由 Nitani (文献 [4]) 获得的北赤道流体积输送量为 $83 \times 10^6\text{m}^3/\text{s}$

2) 负号表示东向输送

总之, 海洋上层海水热含量的变化与诸多因素有关。比如, 海表面蒸发强弱也是影响热含量变化的重要因素, 特别是在热带海域。另外, 局地风引起的 Ekman 输送的辐散或辐聚也是引起上层海水热结构发生变化的因素。本文由于缺乏比较详细的风的资料, 难以就风引起的热量变化的机制给出定量的结果, 但通过上面的讨论, 作者认为, 一方面, 菲律宾海作为太平洋西部的一部分, 其热含量的变化应是整个太平洋, 特别是赤道太平洋热量变化的反映, 换句话说, 菲律宾海热量的变化在一定程度上反映了整个太平洋地区气候的变异。另一方面, 菲律宾海位于太平洋西部边界, 又有与大洋不同的特殊的边界条件, 其热量变化必然有其自身特有的性质。至于菲律宾海热量变化与局地气候及整个太平洋地区气候变异的关系, 尚待进一步调查研究。

参 考 文 献

- [1] Donguy, J. R., C. Henin, A. Morliere and J. R. Rebert, 1982. Thermal changes in the western tropical Pacific in relation to the wind field. *Deep-Sea Research* **29**(7A): 869—882.
- [2] Henin, C. and J. R. Donguy, 1980. Heat content changes Within the mixed layer of the equatorial Pacific Ocean. *Journal of Marine Research* (38): 767—780.
- [3] Nitani, H., 1970. Oceanographic conditions in the sea east of the Philippines and Luzon Strait in summers of 1965 and 1966. *Kuroshio-Symposium on the Japan Current* 213—232.
- [4] Nitani, H., 1972. Chapter 5 Beginning of the Kuroshio. *Kuroshio*: 157—159.
- [5] White, W. B., G. Meyers, J. R. Donguy and S. Pazan, 1985. Short-term climatic variability in the thermal structure of the Pacific Ocean during 1979—1982. *J. Phys. Oceanogr.* **15**: 917—935.

A PRELIMINARY ANALYSIS OF THE HEAT CONTENT DISTRIBUTION AND CHANGE IN THE PHILIPPINE SEA*

Bai Hong and Hu Dunxin

(Institute of Oceanology, Academia Sinica)

Key Words Philippine Sea, Heat content, Volume transport

Abstract

Based on the CTD data gathered in the fall of 1986 and 1987 in the Philippine Sea with R/V Science 1, heat content in the upper layer is examined in terms of distribution and change. The result shows that the heat content increases with latitude northward. Obviously the northward increase of the heat content is associated with the northward declination of isotherms, which probably is caused by the North Equatorial Current. In addition, the cold eddy and the warm eddy in the south and the north, respectively made to certain extent contribution to the heat content. The difference in heat content between 1986 and 1987 seems to be related to El Nino formed in 1986. On the other hand, the heat content is also associated with the volume transport of the North Equatorial Current.

* Contribution No 1545 from the Institute of Oceanology, Academia Sinica.