

东海多年月平均表层水温年变化特征的调和分析*

张启龙 朱兰部

(中国科学院海洋研究所)

1959年, 菊池繁雄^[3]根据日本气象厅发表的《东中国海表层水温五年报(1953—1957)》^[1]的资料, 讨论了东海表层水温年变化的一些基本特征, 并给出了该海区105个网格点的月平均表层水温年变化的前四个调和分量(年平均值、周年分量、1/2周年分量和1/3周年分量)的调和常数。这项分析结果迄今仍为研究东海表层水温特征和海况变化的一项重要依据。但是, 由于这项分析所依据的观测资料的时间序列较短, 而东海表层水温的变化又较复杂, 所以, 分析结果的代表性尚有待进一步验证。

1967年, M. K. Robinson^[4]根据东海1954年的BT和水文资料进行了调和分析, 得到了与菊池繁雄类似的结果。本文根据日本气象

厅发表的《东中国海表层水温二十年报(1953—1972)》^[2]的资料, 对该海区126个网格点月平均表层水温的年变化进行了调和分析(图1)。

一、分析方法

在DJS-6机上计算了图1所示的126个网格点的20年(1953—1972)月平均表层水温年变化的调和常数。

计算公式为:

$$Q(t) = \frac{a_0}{2} + \sum_{k=1}^6 \left(a_k \cos \frac{\pi k}{6} t + b_k \sin \frac{\pi k}{6} t \right) = \frac{A_0}{2} + \sum_{k=1}^6 A_k \cos \left(\frac{\pi k}{6} t + \alpha_k \right)$$

其中

$$a_k = \frac{1}{6} \sum_{t=0}^{11} Q(t) \cos \frac{\pi k}{6} t,$$

$$b_k = \frac{1}{6} \sum_{t=0}^{11} Q(t) \sin \frac{\pi k}{6} t,$$

$$A_0 = a_0$$

$$A_k = \sqrt{a_k^2 + b_k^2}$$

$$\alpha_k = \operatorname{tg}^{-1} \left(-\frac{b_k}{a_k} \right)$$

这里, $Q(t)$ 表示月平均水温, t 表示时间, 而 a_k 、 b_k 则称为 $Q(t)$ 展式(1)的富里叶系数。其中 a_0 即 $Q(t)$ 的(年)平均值。 A_k 和 α_k 相应为诸调和分量的振幅和初位相, 合称为调和常数。

与菊池繁雄(1959)的分析结果相比较, 在计算中我们取1月15日为时间 t 的起算点。

* 本文是在甘子钧研究员指导下完成的, 白少英同志绘图, 谨此致谢。

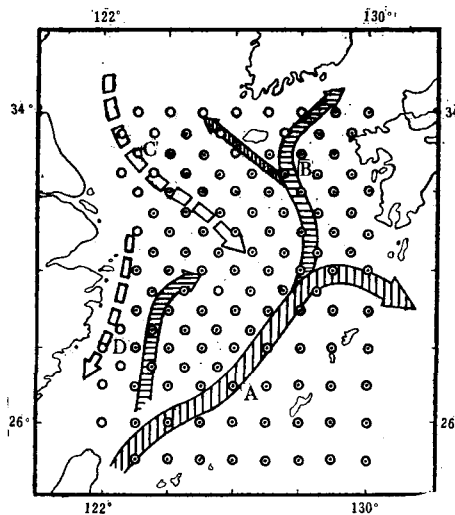


图1 东海的主要水系

A 为黑潮; B 为对马暖流; C 为黄海冷水; D 为沿岸流。

○ 为本文选用的网格点; ● 为菊池繁雄选用的网格点。

二、结果比较

菊池繁雄给出了东海105个网格点的前四个调和分量的调和常数。其中有104个网格点与本文计算的网格点相对应(图1)。

关于振幅 A_k 和初位相 α_k 的分布特征,文献(3)中已作了比较详细的讨论,这里不拟赘述。以下仅就所得结果与菊池繁雄的计算结果作一比较。

(一) 振幅(A_k)的比较

就年平均值(A_0)而言,本文的计算结果(A_0)与菊池繁雄的计算结果(A_0')相比(图2),在黑潮区, A_0 一般偏低 $0.2-0.5^\circ\text{C}$,在黄海冷水区却偏高 $0.3-0.5^\circ\text{C}$,而在混合区则偏高或偏低 0.1°C 左右。

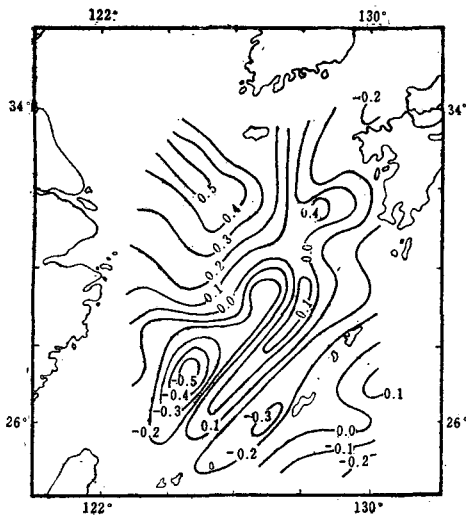


图2 $A_0 - A_0'$

图3给出了两组不同水温资料算得的年分量振幅差异($A_1 - A_1'$)的分布。由图3可见, A_1 与 A_1' 的差值较 A_0 与 A_0' 的差值为小,其绝对差值($|A_1 - A_1'|$),一般在 $0.1-0.4^\circ\text{C}$ 范围内。具体说来,在黑潮区,本文的计算结果(A_1)较菊池繁雄的结果(A_1')偏低 $0.1-0.3^\circ\text{C}$,而在对马暖流区,却偏高 $0.1-0.4^\circ\text{C}$,在黄海冷水区,也偏高 $0.1-0.4^\circ\text{C}$ 。

$1/2$ 周年分量振幅的差异($A_2 - A_2'$),一般为 $0.1-0.3^\circ\text{C}$ 。在黑潮区,本文的计算结果(A_2)一般偏高 0.1°C ;在对马暖流区,却偏

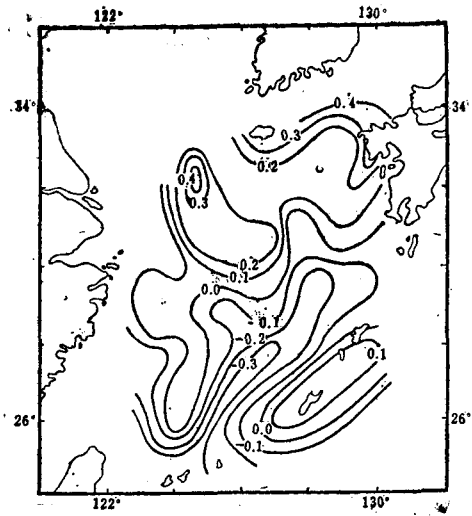


图3 $A_1 - A_1'$

低 0.1°C ;而在黄海冷水区,两组计算结果的差值略大,其绝对差值($|A_2 - A_2'|$)为 $0.1-0.3^\circ\text{C}$;在混合区,其绝对差值则为 $0.1-0.2^\circ\text{C}$ 。

此外,由于在所有网格点上的 $1/3$ 周年分量振幅(A_3)均较小,所以,两组不同水温资料的计算结果的绝对差值($|A_3 - A_3'|$)亦不大。一般在 $0.1-0.2^\circ\text{C}$ 左右,最大为 0.3°C 。

(二) 初位相(α_k)的比较

本文计算的周年分量初位相(α_1)与菊池繁雄的计算结果(α_1')相差不大,一般在 $1-4^\circ$ 范围内,最大为 5° 。换言之,即两组不同水温资料的年分量最大值出现的时间至多相差 $4-5$ 天。



图4 $\alpha_2 - \alpha_2'$

图4表明本文计算的1/2周年分量初位相值 α_2 较菊池繁雄的计算结果(α'_2),在黑潮区偏大10—170°;在对马暖流区偏大2—10°;在黄海冷水区,偏差较小,其绝对差值($|\alpha_2 - \alpha'_2|$)一般为1—10°。在混合区, α_2 较 α'_2 偏大20°。

1/3周年分量的初位相差值($\alpha_3 - \alpha'_3$)的分布比较复杂,其值亦较大(图5)。总的看来,在黑潮区,两者的绝对差值($|\alpha_3 - \alpha'_3|$)在20—200°范围内;在对马暖流区,绝对差值为1—10°;在黄海冷水区,绝对差值为10—20°;而在混合区,偏差约为20°。总之,本文的计算结果(α_3)与菊池繁雄的计算结果(α'_3)相比,除在个别网格点上偏小外,在其他大部分网格点上都偏大。

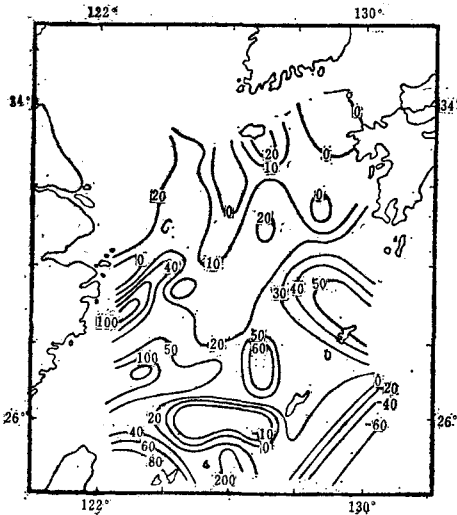


图5 $\alpha_3 - \alpha'_3$

由上述可见, α_1 与 α'_1 差异不大,而 α_2 与 α'_2 以及 α_3 与 α'_3 的差异则比较显著。究其原因大致有:

1. 计算过程中由于舍入误差带来的影响。因为 $K=2, 3$ 这两个调和项的振幅比较小,因此,计算误差相对讲来就可能较大。为此,我们挑选了菊池繁雄所确定的几个“代表站”(站位见表1),利用1953—1957年的表层水温资料在DJS-6机上重新进行了计算,计算结果如表所示。这一结果表明,即使对于同样的月平均水温资料,我们算得的各“代表站”的调和常数与菊池繁雄原来的计算结果仍有差异。其中,振幅的差异不大,而初位相却有较显著的不同。我们计算的 α_1 值与菊池繁雄的计算结果(α'_1)基本一致,但 α_2 与 α'_2 、 α_3 与 α'_3 则不然。在黄海冷水(31°N, 125°E)和对马暖流(33°N, 128°E)这两个“代表站”上,它们的差异并不很大,而在混合区(32°N, 127°E)和黑潮区(26°N, 126°E)的两个“代表站”,

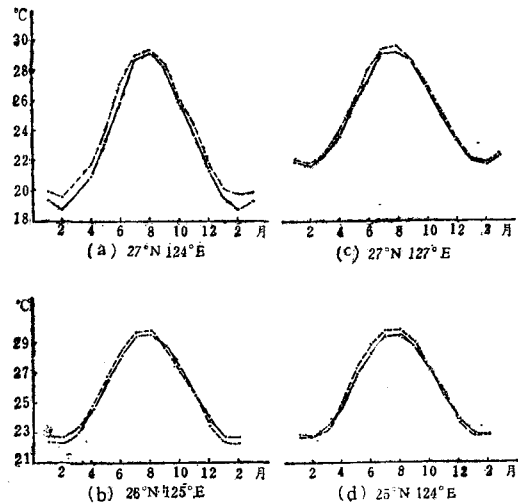


图6 年变化曲线

—— 5年月平均水温年变化曲线
 ---- 20年月平均水温年变化曲线

各代表站的 $A_i, \alpha_i, A'_i, \alpha'_i, \Delta A_i$ 和 $\Delta \alpha_i$ 值表 ($i=1, 2, 3$)

站 位	本 文						菊 池 繁 雄						差 值									
	A_0	A_1	α_1	A_2	α_2	A_3	α_3	A'_0	A'_1	α'_1	A'_2	α'_2	A'_3	α'_3	ΔA_0	ΔA_1	$\Delta \alpha_1$	ΔA_2	$\Delta \alpha_2$	ΔA_3	$\Delta \alpha_3$	
E	N	°C	°C	0°C	0°C	0°C	0°C	°C	0	°C	0	°C	0	°C	°C	0	°C	0	°C	0	°C	0
125°	31°	17.9	8.3	253	1.2	74	0.4	318	17.9	8.4	253	1.1	75	0.4	315	0.0	-0.1	0	0.1	-1	0.0	3
127°	32°	20.7	5.8	255	1.1	122	0.6	335	20.6	5.8	255	1.0	119	0.6	329	0.1	0.0	0	0.1	3	0.0	6
128°	33°	21.1	5.7	249	0.8	124	0.4	359	21.1	5.8	250	0.7	123	0.4	360	0.0	-0.1	-1	0.1	1	0.0	-1
126°	26°	25.7	3.9	231	0.1	33	0.1	108	25.7	3.9	230	0.1	45	0.1	90	0.0	0.0	1	0.0	-12	0.0	18

则差异较大,尤其在黑潮区, α_3 与 α'_3 之差异更大。从而可以判定,次数 (K) 越高,初位相的差异 (α_k 与 α'_k 之差) 则越大。

2. 由于我们采用的20年月平均水温资料与菊池繁雄采用的5年月平均水温资料不尽相同,所以,也会引起两组计算结果的差异。为此,我们选取了差值较大的4个网格点,分别绘制了这4个网格点上的两组不同水温年变化曲线图(图6(a)、(b)所示)。在冬、春季节两组月平均水温资料相对来讲差异较大,这就会导致初位相的差异。特别在春、夏季节,温差愈大, α_2 与 α'_2 的差值亦愈大(图6(c)、(d))。 α_3 与 α'_3 的情况亦有类似之处。

本文所算得的调和常数与菊池繁雄算得的调和常数的均方偏差 ($\sigma_{A_k} - A'_k$) 如下:

$$\begin{aligned} \sigma_{A_0} - A'_0 &= 0.26^\circ\text{C}, & \sigma_{A_1} - A'_1 &= 0.17^\circ\text{C}, \\ \sigma_{A_2} - A'_2 &= 0.13^\circ\text{C}, & \sigma_{A_3} - A'_3 &= 0.10^\circ\text{C}, \\ \sigma_{\alpha_1} - \alpha'_1 &= 1.84^\circ, & \sigma_{\alpha_2} - \alpha'_2 &= 32.00^\circ, \\ \sigma_{\alpha_3} - \alpha'_3 &= 52.85^\circ. \end{aligned}$$

应该指出,菊池繁雄仅用前4个调和分量的调和常数 (A'_0, A'_1, A'_2, A'_3 和 $\alpha'_1, \alpha'_2, \alpha'_3$) 来描述东海表层水温季节变化的基本特征,对于高阶调和分量的贡献则未作讨论。但是,本文的分析结果表明,即使是对于1953—1972年的20年月平均表层水温的年变化来说,在某些局部海区,仅用前4个调和项来逼近似乎是不够的。为了大体上确定究竟取用多少项为宜,我们拟采用如下简单的判别方法加以讨论。

首先,根据调和常数 A_0, A_1, \dots, A_6 算出各调和项对于水温年变化方差的贡献 $E_1 = A_1^2$ ($i=1, 2, \dots, 6$) 和总方差 $E = \sum_{i=1}^6 E_i$, 而

各调和项的相对贡献则为 $E_1 = \frac{E_i}{E}$ 。这样便可

作出相对累积方差 $R(l) = \sum_{i=1}^l E_i$ ($l=1, 2, \dots, 6$) 对 l 的分布图。显然,对于月平均水温的年变化来讲,随着项数 l 的增加, $R(l)$ 开始有较大变化,以后变化甚微,几乎呈一条水平直线。这说明高次调和项不很显著,对水温变

化没有多大贡献,可略而不计。对此,我们可对各网格点作出相应的调和项相对方差图。图7仅给出了菊池繁雄所选定的较有代表性的四个网格点的 $R(l)$ 曲线。由图7可以看出,在黄海冷水区和对马暖流区,一般应取前五项 (A_0, A_1, A_2, A_3 和 A_4) 为宜;在黑潮区,只取前三项 (A_0, A_1 和 A_2) 便可;而在混合区,则介于上述二者之间,以取前4项 (A_0, A_1, A_2 和 A_3) 为较好。

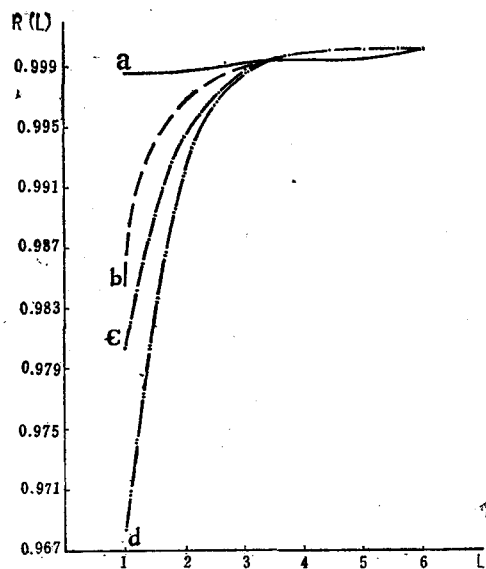


图7 代表站累积方差

a为黑潮 (26°N, 126°E); b为黄海冷水 (31°N, 125°E); c为对马暖流 (33°N, 128°E); d为混合区 (32°N, 127°E)。

综上所述,本文根据东海20年(1953—1972)表层水温资料进行了水温年变化的调和与分析,并用前四个调和分量的调和常数与菊池繁雄用该海区5年的旬平均表层水温资料算得的结果进行了比较,可以认为,这两组计算结果,除1/2周年分量和1/3周年分量的初位相在黑潮区域相差较大外,基本上是一致的。对于不同的局部海区,逼近水温年变化过程所需调和分量的项数有所不同。一般讲来,在黄海冷水区及对马暖流区可取前五个调和分量。在黑潮区可取前三个调和分量,而在混合区和其他区域则以取前4个调和分量较宜。

参 考 文 献

〔1〕 长崎海洋气象台, 1958. 东支那海の旬表面水温五年报(1953—1957), 气象厅海洋报告 7:65—100。
〔2〕 长崎海洋气象台, 1975. 东シナ海の海面水

温20年报(1953—1972年), 气象厅技术报告 89:65—86。

〔3〕 菊池繁雄, 1965. 关于中国东海表面水温的研究 1:1—12。
〔4〕 Robinson, M. K. 1967. Journal of the Oceanographical Society of Japan, 23 (1):29—38。

A HARMONIC ANALYSIS OF THE ANNUAL CHANGE CHARACTER OF THE MEAN MONTHLY SEA SURFACE TEMPERATURE IN THE EAST CHINA SEA FOR MANY YEARS

Zhang qilong, Zhu lanbu

(Institute of Oceanology, Academia Sinica)

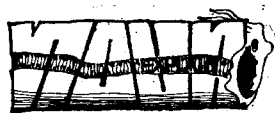
Abstract

Using the mean 10-day sea surface temperature data in the East China Sea for years 1953—1972, this paper has made a harmonic analysis of the annual changes of the mean monthly sea surface temperature, and compared the first four harmonic constants with the results computed by M. Koizumi from the mean 10-day sea surface temperature data for 5 years. The results were shown as these two different sets of harmonic constants were basically in agreement except semi-annual and one-third annual initial phase angles in the kuroshio area.

Besides, the paper has also discussed numbers of the harmonic terms needed for fitting the annual variation of the sea surface temperature in the different local sea areas. Generally speaking the first five harmonic terms should be taken in the yellow sea cold water area and the Tsushtma, current area, the first three in the kuroshio area, and the Tsushima current area, the first three in the kuroshio area, and the first four in the mixing zone.

名 词 ...

... 解 释



海洋钻孔生物 (Marine boring organism) 在海洋中穿凿岩石、珊瑚礁、贝壳、红树、木船和木质建筑等物体的生物统称海洋钻孔生物。该类生物主要有: 海绵动物的穿孔海绵; 环节动物多毛纲的凿贝才女虫; 软体动物的住石蛤、钻岩蛤、石蛭、开腹蛤、海笋和船蛆; 节足动物甲壳纲的柱木水虱、团水虱和跳水虱等等。

穿孔海绵穿凿珊瑚及扇贝、牡蛎、珍珠贝壳; 凿贝才女虫穿凿珍珠贝壳; 住石蛤、钻岩蛤、石蛭、海笋、开腹蛤则穿凿珊瑚、岩石和贝壳等。其中, 海洋钻孔生物中为害最大的是船蛆和柱木水虱。两个多世

纪以来, 许多国家对这些生物的分类、形态、生物学、生态学以及防除方法等进行了大量研究, 已获得了丰富的资料。至今, 这方面的研究仍是国际上十分重视的课题之一。

乌鱼蛋 山东有一道菜叫做“乌鱼蛋”。它是墨鱼(乌贼)腹内的一对腺体, 叫缠卵腺; 这个腺体能分泌一种粘液, 使产生的卵缠在一起形成卵群, 其形状为三角形的白色薄片。

取“乌鱼蛋”时, 可把墨鱼的外套膜从腹面剪开, 即可见到在鱼体的中后部两侧有两个大形的卵圆形腺体, 腺体外包被着一层坚韧的皮膜, 里面分两瓣, 每瓣由许多三角形白色薄片垒成。烹制时, 剥去外皮, 从两瓣中央切开, 稍煮则“乌鱼蛋”片片离散, 食之清脆可口, 是海味中的佳品。

(齐钟彦)
