

黑潮地区表层水温的月趋势预报

赵永平 井立才

(中国科学院海洋研究所)

表层水温长期预报问题的研究已有多年历史。早期的学者主要用相关分析和水温长期变化的规律来制作月、季或更长期的预报,如 Hatanka (1948), Watanabe 和 Hiraro (1955), Kolesnikov (1947, 1953) 以及 Millar (1952) 等。六十年代以来,不少学者采用数值计算方法,预报北太平洋及全球范围内的月际温度变异,如 Adem (1969, 1970), J. Jacobs (1967) 和 Shigeo Moriyasu (1969, 1970) 等,他们在数值模式中,考虑了海洋与大气之间的热量交换,洋流与风海流的热量输送及其搅拌作用,以及水平与垂直方向上的涡动扩散;从大范围看,得到了较好的预报效果。Namias (1972)^[2]在分析北太平洋海面温度的时空分布及其与海平面气压场的关系时,发现可以根据水温变化的时间持续性和空间相关性及其与海平面气压场的关系,预报月平均水温及相应的海平面气压。以上所述及其他许多研究成果,目前能用于常规预报的,主要仍然是经验方法。本文通过分析黑潮地区表层水温与前期大气环流的相关,选取相关系数高的站点,用阶段回归方法,建立了本海区各月的水温月趋势预报方程。

文中采用的水温资料(1951—1974 年)取自日本及美国发表的北太平洋海面水温资料,计算过程中对前后 12 年资料的系统误差进行了校正,500 毫巴高度场资料取自上海中心气象台。黑潮地区的表层水温用 20°N, 125°E; 20°N, 130°E; 25°N, 125°E; 25°N, 130°E; 30°N, 130°E; 30°N, 135°E 等六个站的平均资料来代表。

一、前期 500 毫巴高度场与黑潮 表层水温的关系

作者在分析黑潮地区表层变异对大气环流的响应时已经指出¹⁾,同期的大气环流对黑潮地区表层水温有着显著的影响,特别是冬季,并预计可以用主要相关区的变高作为黑潮地区表层水温月趋势预报的指标。但是上文在相关计算中,使用的是同期 500 毫巴的实际高度,而不是目前数值预报的 500 毫巴高度场,因而它不能用作实际预报。然而根据水温对大气环流变化响应的滞后性和水温变化的连续性,前期 500 毫巴高度场必然也与后期水温有着密切的关系。为此我们计算了前期 1, 2, 3 及 5 个月 500 毫巴高度 (H) 与当月水温 (T) 的相关。相关系数用下式计算:

* 中国科学院海洋研究所调查研究报告第 669 号。本文承任允武、张必成二同志指导,杜涌山同志绘图,特此志谢。

收稿日期: 1981 年 2 月 28 日。

1) 请见本集 201 页“黑潮区域表层水温变异特性及其对大气环流响应的初步分析”。

$$R_i = \frac{\sum_{j=1}^N (H_{ij} - \bar{H}_i)(T_{ij} - \bar{T}_i)}{\sqrt{\sum_{j=1}^N (H_{ij} - \bar{H}_i)^2 \sum_{j=1}^N (T_{ij} - \bar{T}_i)^2}}$$

其中 i 为月数, j 为年数, $N = 24$ 。本文给出了 2, 5, 8, 11 等月与前期 1 个月的相关图(图 1—4, 其他月份从略)。由图可以看出, 相关形势的分布具有与同期相关趋于一致的特点。如 2 月的相关场也是明显的南正北负, 在西伯利亚和阿拉斯加各有一个有意义的负相关区, 北太平洋西部有一正相关区; 北方负相关区的相关系数为 -0.65 , 南部的正相关区的相关系数为 $+0.67$ 。5 月份的相关形势分布也是南正北负, 西伯利亚的负相关区比同期相关明显, 相关系数达 -0.58 ; 南部的两个正相关中心较同期相关西移, 一个在日本东南方洋面上, 一个在我国南部及西南一带, 相关系数分别为 0.57 和 0.51 。8 月的相关场比起同期相关来变化稍大, 正相关中心出现在四川地区及西伯利亚西部, 其相关系数分别为 0.46 和 0.44 ; 在高纬的白令海北部, 有一个 -0.57 的负相关中心区, 较同期相关为明显。11 月, 在北太平洋西部有一正相关中心, 其相关系数为 0.45 ; 西伯利亚的负相关区变得明显起来, 在贝加尔湖附近, 中心值为 -0.49 ; 另外, 与其他月份的相关场相反, 在北美西岸海上和阿留申地区各形成一个正相关区。综合 1—12 月黑潮表层水温与前期一个月 500 毫巴高度的相关中心 ($R \geq 0.40$, 信度达 0.05) 的分布, 可以看到正相关区集中在北太平洋西部的中纬地区, 负相关区则在贝加尔湖和堪察加半岛附近。同样, 我们计算了前期 2 个月及 3 个月 500 毫巴高度场与水温的相关(图略)。可以看到, 前期 2 个月的正相关区

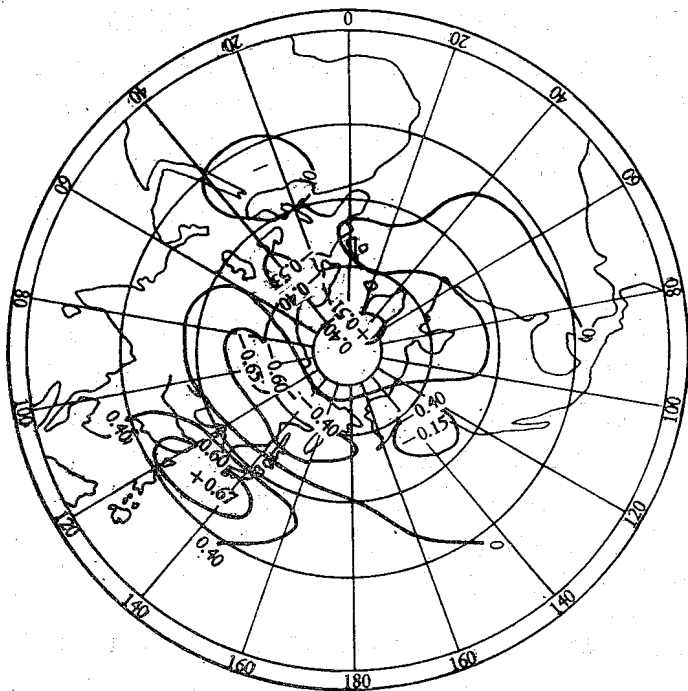


图 1 2 月黑潮表层水温与 1 月北半球 500 毫巴高度相关图

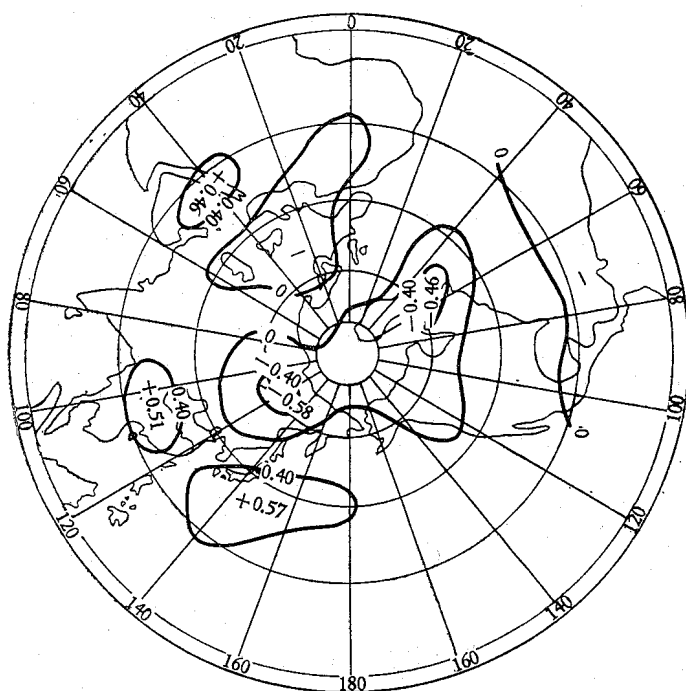


图2 5月黑潮表层水温与4月北半球500毫巴高度相关图

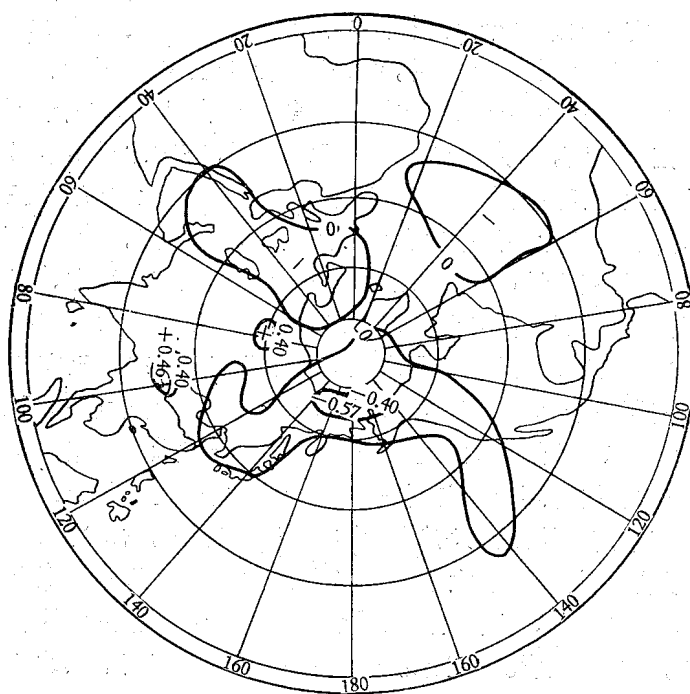


图3 8月黑潮表层水温与7月北半球500毫巴高度相关图

集中在我国东部大陆及沿海,北太平洋东部相对地也有一个正相关集中区,负相关区则在阿拉斯加附近。前期3个月,除在大陆上保持一个松散的正相关区外,北太平洋中部还有

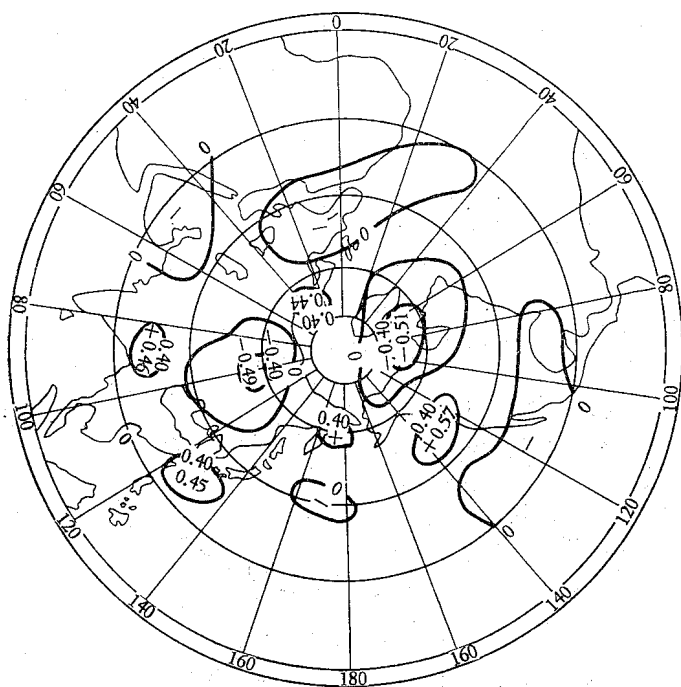


图 4 11 月黑潮表层水温与 10 月北半球 500 毫巴高度相关图

一个正相关集中区,它比前期 2 个月的相关场稍向西移,负相关区在阿留申。此外,我们还计算了前期 5 个月与当月水温的相关场,结果出现了与前述相关形势相反的分布。

综合 2,5,8,11 各月黑潮地区表层水温与同期以及前期 1,2,3 个月北半球 500 毫巴高度的相关,可以清楚地看到,2 月为典型的南正北负型,在北太平洋中部和西部有强大的正相关区,在西伯利亚有稳定的负相关区。5 月和 11 月为春、秋季季节的代表,南部的正相关区分为两个中心,分别在北太平洋中部和我国东部大陆及沿海,负相关区范围较小,集中在贝加尔湖以东的西伯利亚地区。8 月的情况与 2 月相比有些反常,正相关区集中在亚洲大陆,而在太平洋中部的低纬地区 (20° — 30° N, 160° E 附近)却存在小范围的负区。

综上所述,可以认为黑潮地区表层水温与前期北半球 500 毫巴高度场仍然有着较好的相关,特别是与前期一个月的冬季相关场,其相关信度甚至超过了同期。这说明前期的环流系统对表层水温有显著的影响,这可能是由于海洋对大气响应的滞后效应和冬季水温变化的持续性所致。另外还可以看到,相关场呈现规律的空间分布和时间变化,有着明显的物理意义,如在中高纬的东亚大槽附近的负相关高值区,它是冷空气强弱对黑潮地区表层水温的直接影响的反应;在北太平洋西部的正相关高值区,位于黑潮地区上空,它显示了副热带锋区位置的作用,基本上标志了暖空气的影响。相关场的季节变化也基本上反映了冷暖空气的强弱和位置。可以预期,这些相关系数较高地区的 500 毫巴高度可以作为具有物理意义的比较稳定的预报因子。

二、黑潮地区表层水温逐月月趋势预报方程

在相关普查的基础上,选取水温与前期 1,2,3 个月 500 毫巴相关较高的八个站作为

预报因子,用阶段回归方法^[1],挑选其中最佳因子,建立预报方程。考虑预报时使用方便,同时兼顾预报精度,一般选取前三项或四项。方程中高度值 X 为实际 500 毫巴高度减去 500 所得之值,下角标号表示预报变量的位置(见表 1),随月而异。

用以上方法求得的黑潮地区表层水温(T)逐月回归预报方程如下:

$$T_1 = 18.25 + 0.0805X_1 - 0.0234X_2 - 0.0107X_3$$

$$T_2 = 14.68 + 0.0869X_1 + 0.0407X_2 - 0.0201X_3 + 0.0194X_4$$

$$T_3 = 14.40 + 0.0892X_1 - 0.0280X_2 + 0.0314X_3$$

$$T_4 = 18.16 + 0.0905X_1 - 0.0305X_2 - 0.0151X_3$$

$$T_5 = 10.58 + 0.1119X_1 + 0.0592X_2 + 0.0275X_3$$

$$T_6 = 11.88 + 0.1448X_1 - 0.0392X_2 + 0.0570X_3 + 0.0173X_4$$

$$T_7 = 30.18 - 0.1054X_1 + 0.0697X_2$$

$$T_8 = 28.90 - 0.0655X_1 + 0.0796X_2 - 0.0385X_3$$

$$T_9 = 20.79 + 0.0649X_1 - 0.0388X_2 + 0.0483X_3$$

$$T_{10} = 5.76 + 0.1716X_1 + 0.0761X_2 - 0.0224X_3 + 0.0270X_4$$

$$T_{11} = 17.10 + 0.0342X_1 + 0.0444X_2 + 0.256X_3 + 0.0260X_4$$

表 1 各月预报因子及拟合曲线的误差

月 份	第一项因子 X_1	第二项因子 X_2	第三项因子 X_3	第四项因子 X_4	拟合曲线与 实测值相关 系数	拟合曲线与 实测值均方 误差($^{\circ}\text{C}$)
1	30°N, 140°E 12 月	55°N, 70°E 11 月	40°N, 150°E 11 月		0.84	0.23
2	30°N, 140°E 1 月	60°N, 110°E 12 月	60°N, 110°E 1 月	35°N, 100°E 11 月	0.73	0.36
3	30°N, 160°E 2 月	70°N, 180°E 12 月	25°N, 120°E 1 月		0.82	0.29
4	30°N, 170°E 2 月	65°N, 170°E 1 月	65°N, 140°E 2 月		0.81	0.33
5	20°N, 90°E 2 月	35°N, 150°E 4 月	35°N, 180°E 2 月		0.87	0.22
6	30°N, 140°E 5 月	60°N, 140°E 4 月	30°N, 160°E 3 月	50°N, 80°E 3 月	0.86	0.25
7	45°N, 100°E 6 月	25°N, 140°E 5 月			0.84	0.23
8	70°N, 160°E 7 月	40°N, 80°E 6 月	35°N, 150°E 5 月		0.73	0.25
9	35°N, 150°E 7 月	55°N, 160°E 6 月	35°N, 120°E 8 月		0.81	0.21
10	25°N, 130°E 7 月	40°N, 130°E 8 月	55°N, 170°E 7 月	45°N, 130°E 7 月	0.90	0.17
11	55°N, 160°E 9 月	55°N, 110°E 9 月	45°N, 160°E 8 月	40°N, 110°E 8 月	0.80	0.20
12	45°N, 80°E 11 月	70°N, 150°E 9 月	35°N, 110°E 10 月	25°N, 170°E 11 月	0.87	0.13

$$T_{12} = 16.37 - 0.0553X_1 + 0.0250X_2 + 0.0573X_3 + 0.0630X_4$$

所取各预报因子的月份及地点,拟合曲线与实测曲线的相关系数及均方误差均见表1。2月和8月的相关系数较小。具体分析历年2月的观测资料与拟合曲线可发现,1956—1959年二者为反相,其余年份拟合甚好,倘若舍去这四年资料,也许会有更好的结果。8月份相关较差,可能就是因为夏季水温与环流形势的相关信度低。

由上表还可以看出,1,2,6,7,8及12月的温度场主要受上月大气环流的影响;3,4,5月则主要由2月,10月和11月主要由9月,9月主要由7月的环流形势所规定。根据季节划分,大体上可这样认为,冬季和夏季,黑潮地区表层水温的变化主要受上月500毫巴环流变化的影响,前期2和3个月的影响依次减少;而春季水温变化则主要取决于2月的大气环流;秋季水温变化似与9月的环流场有较多的联系。以上规律也展示了在2,3个月前预报春、秋季水温变化的可能性。

三、预报结果分析

为检查预报方程的预报精度,我们应用上节中的月趋势预报方程,试作了1975年3—12月,1976年1—12月的水温预报,其结果见表2。

由上表可以看出,从年变趋势看,除1975年6,8,12月,1976年2,6,7月共6个月反相外,其余月份均为同相。从距平正负号看,除1975年7月,1976年12月反号外,其

表2 预报结果与实测对比

项目 \ 年 月		1975									
		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
年变趋势	实测	↗	↗	↗	↗	↗	↘	↗	↗	↗	↘
	预报	↗	↗	↗	↘	↗	↗	↗	↗	↗	↗
距平(°C)	实测	0.4	0.7	0.6	0.6	0.3	-0.5	0.5	0.8	0.3	0.0
	预报	0.3	0.4	0.6	0.1	-0.2	0.0	0.1	-0.8	0.3	0.2

项目 \ 年 月		1976											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
年变趋势	实测	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↗	↘	↘	↘	↘
	预报	↘	↗	↘	↘	↘	↗	↗	↗	↘	↘	↘	↘
距平(°C)	实测	-0.2	0.2	0.1	0.2	-0.1	0.0	-0.2	-0.2	-0.5	0.4	-0.2	0.1
	预报	-0.1	0.5	0.1	0.1	0.0	0.4	-0.7	0.0	0.0	0.2	-0.5	-0.5

余均为同号。我们将水温距平分为三级,令介于 $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$ 之间者为正常,大于及等于 0.2°C 者为偏高,小于及等于 -0.2°C 者为偏低,并按此标准来评定预报结果。除 1975 年 6—9 月,1976 年 6, 9, 12 月外,其余均可评定为预报正确。很明显,夏季和早秋的预报是不够精确的。倘若在以上 22 个月的试报中,去掉 6—9 月,在剩余的 14 个月中,从年变趋势看,仅有 2 个月反相,按三级预报标准,仅一个月有误。

G. Neumann¹⁾ 在讨论北大西洋温度距平的非周期性变化时指出,大气环流变化对海洋环流的影响及所引起的温度变化,在夏季要比其他季节小。可以引起海表区域性温度距平变化的某些次要因素,在夏季比主要因素有更大的影响。这些次要因素,部分是由于对太阳辐射的吸收异常造成,特别是当静风或微风时。从表 1 中给出的影响水温变化的主要因子可看到,影响夏季水温变化的主要因子是 5—7 月的环流场,而中秋以后,主要影响因子是 9 月以后的环流场。5 月和 9 月是大气环流系统的转换期,5 月以后,西风带将由冬半年的三大槽脊分布转变为夏半年的四槽四脊,9 月则是完成相反转变的过渡期。据前节分析,影响本海区水温变化的关键是北方冷空气和副热带锋区的强度和位置,转入夏半年环流形势后,这种相关场不明显了。这也许就是夏季及早秋预报效果不好的原因之一。

根据上述分析,我们认为,应用本文的水温月趋势预报方程,可以比较准确地制作除 6—9 月外各月水温的月趋势预报。而对夏季,似应着重考虑局部地区增温等其它因子的作用。

参 考 文 献

- [1] 王宗皓, 1974. 天气预报中的概率统计方法. 科学出版社, 88—101 页。
- [2] J. Namias, 1972 Empirical techniques applied to largescale and long period air-sea interactions, a preliminary report. AD-743864.

1) 参见中央气象局气象科技情报研究所, 1974, 气象科技资料增刊第一期。

MONTHLY TENDENCY PREDICTION ABOUT SEA SURFACE TEMPERATURE IN THE KUROSHIO REGION*

Zhao Yongping and Jing Licai

(*Institute of Oceanology, Academia Sinica*)

ABSTRACT

Using data accumulated for 24 years, the monthly general investigation has been made on the correlation of sea surface temperature in Kuroshio region and previous northern hemisphere 500 mb high field. By analyzing previous atmospheric circulation in relation to sea surface temperature in Kuroshio, it is pointed out that effect is apparent in winter, spring and autumn, but less in summer. On this basis, taking eight optimum correlation points, fitting equation was built up monthly by means of stage regression. The forecast for 22 months has been made by this method. The result of which showed that each month is approaching to the fact except June, July, August and September.

*Contribution No. 669 from the Institute of Oceanology, Academia Sinica.