

北太平洋海洋异常加热主要型及其与海面水温的关系*

赵永平

(中国科学院海洋研究所, 青岛, 266071)

G. A. McBean

(*Institute of Ocean Sciences, Sidney, B. C. Canada*)

提要 本文用经验正交函数 (EOF) 对北太平洋海面加热场进行了分型, 讨论了第一和第二特征向量场的时空分布特征, 并分析了与北太平洋海温场的关系。结果指出, 冬季第一特征向量场以北太平洋中西部和东部的特征值反号为主要特征, 夏季则以全区的特征值同号为基本特色。同时指出, 在北赤道流和北太平洋海流区, 海温的变化对海面加热场主要型有重要影响, 尤其在夏、秋季节; 在其它海域, 无论是冬季还是夏季, 两者均无明显的联系。

海与气相互作用主要是通过海-气界面上的热量交换来实现的, 分析海洋对大气加热分布的主要型及其时间系数的变化规律, 讨论其与大气和海洋之间的相互关系, 将是十分有意义的。已有的研究^[1-3, 11]表明, 在北太平洋西部海域, 北向的边界流将海洋在赤道低纬接受的大量太阳辐射热带到中高纬度海域, 并在那里释放给大气, 从而影响其上空的大气环流和中国气候; 在北太平洋东部海域, 夏、秋季节的表面水温 (SST) 与其上空海平面气压场之间存在明显的负反馈关系, 并对美国冬季气候有重要影响。因此北太平洋中纬度海洋和大气相互作用的研究必须引起高度重视。

本文分析讨论了北太平洋海洋异常加热主要型, 及其与海面水温之间的关系。

1. 资料和分析方法

北太平洋海洋与大气之间的热通量由 N. Clark 计算, 并由 Talley^[9], Zhao 等^[10]进行了分析, 资料网距为 $5^{\circ} \times 5^{\circ}$ 纬度经度。北太平洋海温资料由 J. Wallace 提供, 其网距为 $4^{\circ} \times 10^{\circ}$ 纬度经度。以上两组资料的空间范围在北太平洋的 $20-60^{\circ}\text{N}$ 之间, 时间从 1950—1979 年。本文所用的海洋对大气的加热量为海面长波辐射、海气之间潜热和感热通量之和。

对以上两组资料系列, 首先减去各相应月的多年平均值, 再进行 3 个月滑动, 从而获得滤去 3 个月以下小扰动的逐月异常值, 同时使各月值具季节平均意义, 如 1 月代表冬季, 4 月代表春季, 依此类推。然后用经验正交函数对北太平洋海洋异常加热场各月分型, 最后计算海洋异常加热第一、二特征向量场的时间系数与北太平洋海面温度的相关。在计算正交向量场时, 使用了标准化和非标准化的资料系列, 两者结果无明显差异。本文给出

* 中国科学院海洋研究所调查研究报告第 1530 号。

收稿日期: 1989 年 3 月 2 日。

了标准化后的结果。

2. 北太平洋海面加热场基本型的时空分布

表 1 给出了各季前 8 个特征向量场的累积方差贡献, 可以看到, 前 5 个特征向量场的方差累积已超过总方差的 50%, 其中以夏季收敛性最快。

表 1 各季前 8 个特征向量方差贡献(%)

Tab. 1 Contributions to the total variance of the anomalies of ocean to atmosphere total heat transfer by the first eight components for four seasons (%) in North Pacific Ocean

季 节	1	2	3	4	5	6	7	8
冬	21	35	46	53	59	63	67	70
春	18	31	40	47	53	57	61	65
夏	32	43	50	55	60	64	67	70
秋	23	34	44	51	56	61	65	68

(1) 各季第一特征向量场的时空分布 冬季(图 1a) 海洋异常加热场第一特征向量空间型的主要特征为: 北太平洋 160°W 以西为正值区, 以东为负值区; 正中心位于 35°N, 170°E, 负中心位于 35°N, 130°W。这种分布型表明, 冬季, 在北太平洋中西部和东部, 海洋对大气异常加热具相反的符号, 其形状为一不对称的双极 (bipolar) 型。当黑潮和北太平洋海流区(占 2/3 北太平洋面积)有异常多(少)的加热时, 北太平洋东部(占 1/3 北太平洋面积)则有异常少(多)的加热。这种型对冬季海洋异常加热总方差的贡献为 21%, 是冬季北太平洋海面加热的最主要型。相应的时间系数的最大熵谱分析结果表明, 它具有 7 年、5 年、2 年和 10 年左右的周期(图略)。夏季(图 1c), 第一特征向量场的主要空间分布特征为全区正值, 沿 30°N 左右有最大值。该大值轴线为 ENE-WSW 走向, 它与副热带高压的轴线位置基本相当。这种全区为正值的同符号分布型可称之为正值优势 (positive dominant) 型。它表明, 夏季北太平洋海洋异常加热具同一趋势, 其大值出现在副热带高压脊线附近。这种型是夏季北太平洋海面加热的最主要分布型, 对总方差的贡献达 32%。相应的时间系数具明显的长周期变化, 最大熵谱分析结果表明, 这一特征向量场所代表的海洋异常加热型具 25 年长周期变化。春季(图 1b) 第一特征向量空间型分布特征为: 除北太平洋西部有小的负值外, 全区为正值, 沿 30°N 附近有大值, 其轴线呈 ENE-WSW 走向, 它与夏季第一特征向量空间分布型较为相似, 但其强度较弱。该型对春季海洋异常加热的贡献占总方差的 17.9%, 为四季中最小。其相应的时间系数具明显的 23—24 年长周期变化。秋季(图 1d) 北太平洋海洋异常加热第一特征向量空间型保留了夏季的主要特征, 即在全区为正值, 但沿 30°N 附近的高值区已减弱, 表现为大值和小值的相间出现。这一型对秋季海洋异常加热的贡献为 23.1%。其时间系数也具 25 年的长周期变化。

(2) 各季第二特征向量场的时空分布 冬季(图 2a) 海洋异常加热第二特征向量场的空间分布特征为: 除去西部和东部有范围不大的负值外, 全部均为正值, 其大值位于北太平洋东部和中部的低纬海域及白令海区。从分布型来看, 除去某些海区有小的负值外, 它与夏季的第一特征向量场的空间分布较为接近。夏季(图 2b) 和春秋(图略) 北太平洋海洋异常加热第二特征向量场具相似的空间分布特征, 其共同点是: 在 30—50°N 之

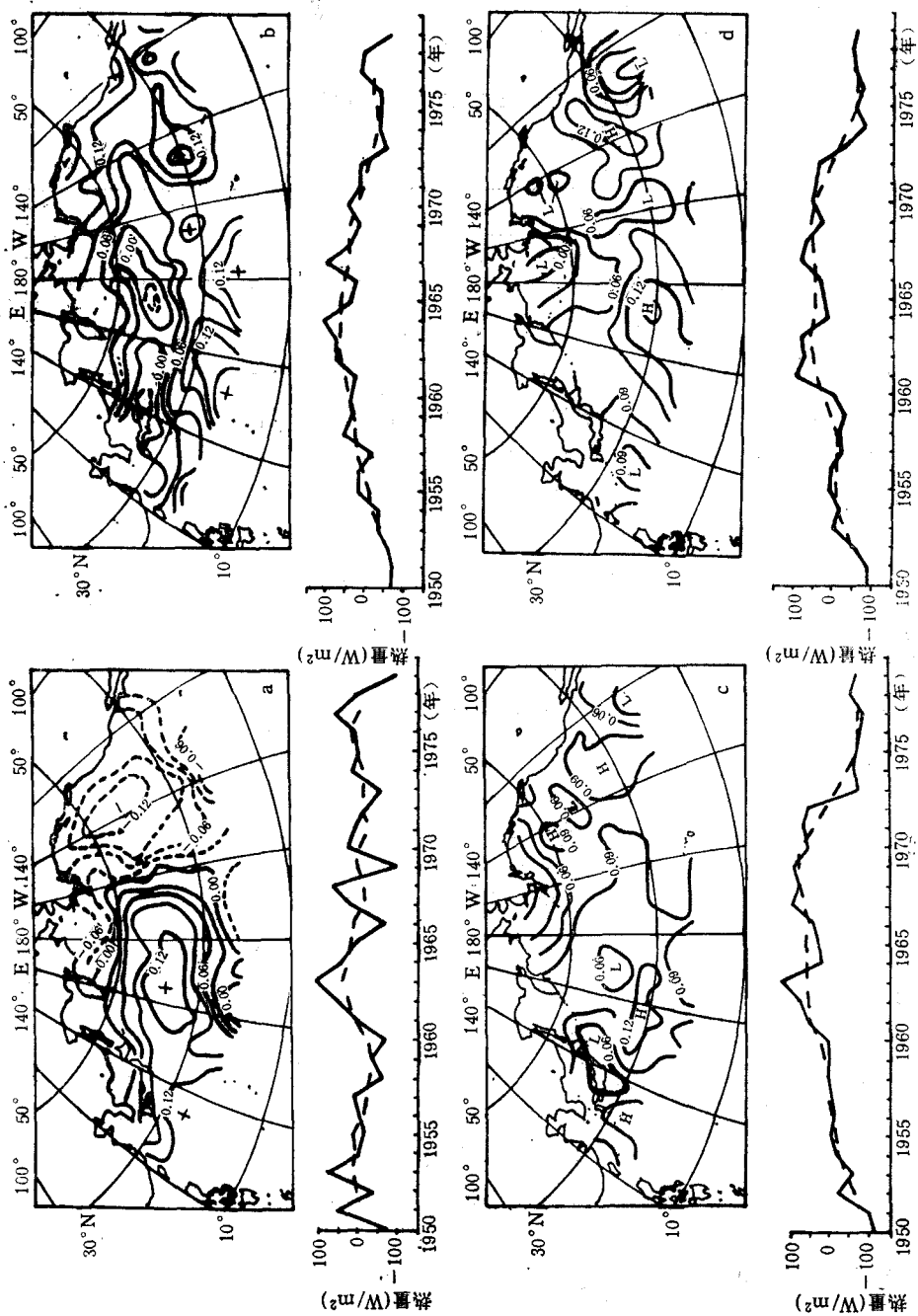


图 1 海洋异常加热第一特征向量场空间分布和时间系数
 Fig. 1 The first component of empirical orthogonal function for heat transfer from the North Pacific Ocean
 a. 冬季; b. 春季; c. 夏季; d. 秋季。(c, d 中均为正值; H 为高值; L 为低值)。

间的北太平洋,即沿黑潮和北太平洋海流区为大的正值,该大值区的范围从春至秋稍向北移,同时,在北太平洋东部,沿加利福尼亚冷流和阿拉斯加暖流为大值负区。这种分布型与冬季的第一特征向量场十分相似,只不过东部的负区范围较小。冬季第二特征向量场具 23—24 年周期,夏季第二特征向量场具 18 年周期。各季第二特征向量场对总方差的贡献分别为: 14.6% (冬), 12.7% (春), 11.2% (夏)和 10.7% (秋)。

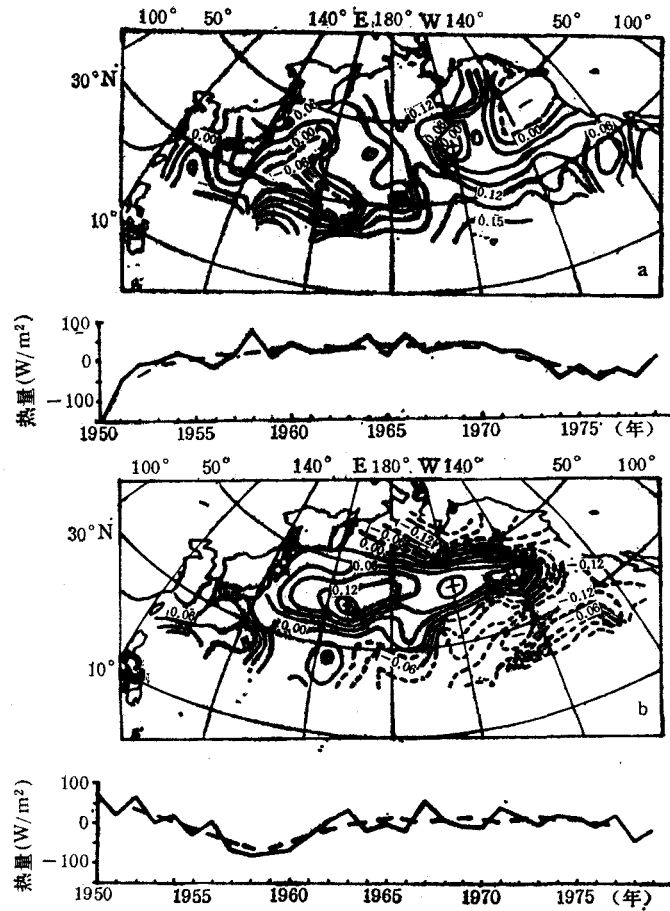


图 2 海洋异常加热第二特征向量场的空间分布和时间系数
 Fig. 2 The second component of empirical orthogonal function for heat transfer from the North Pacific Ocean
 a. 冬季; b. 夏季。

其余各特征向量场所占的方差较小,但它们也各具特性。如冬季第三特征向量场的空间分布为 35°N 以北的中西部海域为大值负区,其南部和东南部海域为大值正区,夏季第三特征向量场的特征为大洋西部为正值,中东部为负值。

3. 北太平洋海面加热主要型与海面水温的关系

作者^[12]曾讨论过北太平洋海面加热主要型与北半球大气环流的关系,结果表明,海上

加热场与亚洲太平洋上空的大气环流有密切的关系。现在的问题是,在北太平洋范围内,是否存在某些特定的海区,其水温对北太平洋海洋异常加热主要型有重要的作用。或者反过来,后者对这些海区的水温有明显的影响?为此,我们计算了海洋异常加热第一、二特征向量场的时间系数与北太平洋海面水温的关系,计算结果以相关形势图给出。图中相关系数为 0.36, 0.46 和 0.56 的信度分别为 0.05, 0.01 和 0.001。

(1) 海洋异常加热第一特征向量场与北太平洋面水温的关系 冬季第一特征向量场时间系数与北太平洋水温场的相关(图 3 a)表明,在北太平洋绝大部分海域,两者之间无有意义的相关。春季的相关形势(图 3 b)表明,仅在北太平洋的北、东和南缘海域两者存在有意义的正相关,这些海域正是亲潮冷流、阿拉斯加暖流和加利福尼亚冷流等大洋流系海域区。而在其它广阔海域,两者之间无明显关系。夏季(图 3 c),正相关区扩大到北赤道流和北太平洋海流区,但亲潮冷流区的正值相关减弱。在副热带高压轴线附近仍无有意义的相关。秋季(图 3 d),相关形势发生了较大的变化,位于北太平洋中部(30—50°N, 160°W—180°)的正相关加强,而在其余洋流区有意义的相关消失。

(2) 海洋异常加热第二特征向量场与北太平洋海面水温的关系 冬季第二特征向量场与北太平洋水温的相关(图 4 a)类似于夏季第一特征向量场和水温的关系,但其高相关区的范围窄小,它们仅出现在美国、加拿大沿海、加利福尼亚冷流区,以及北太平洋中部和东部的低纬地区。夏季(图 4 b)和春、秋季(图略)的相关形势十分相似,其主要特征为:在北太平洋海流区为高值正相关,在白令海、阿拉斯加湾及加利福尼亚外海为负相关。由于第二特征向量场特征值的分布比较分散,以上关系主要反映在局部海域。

将各季海洋异常加热第一、第二特征向量场与海温的相关场合在一起,可以清楚地看到,在除黑潮暖流区外的主要洋流区,海温场与海面加热场主要型之间存在一定的关系:

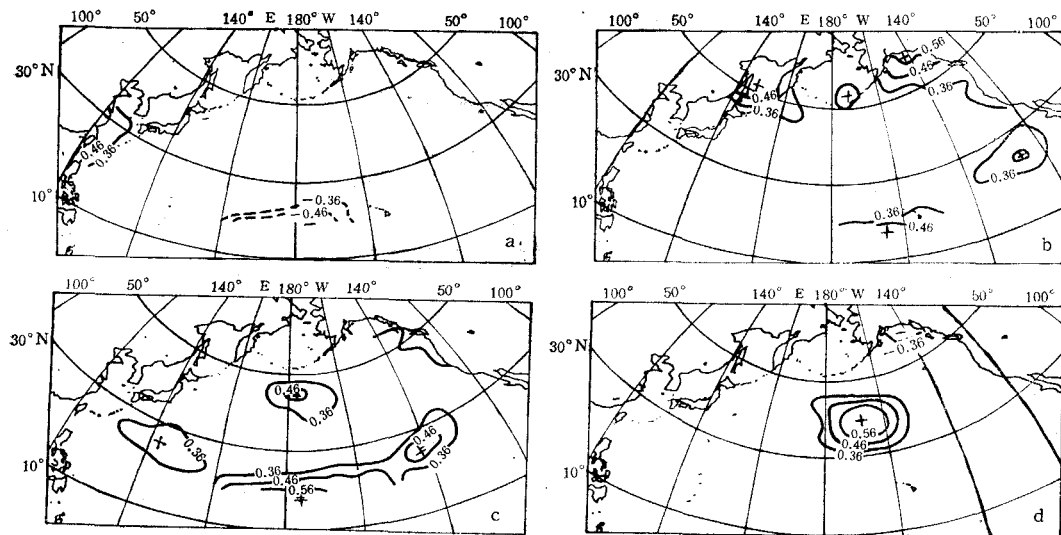


图 3 海洋异常加热场第一特征向量场与海面水温的关系

Fig. 3 Correlation of the time series coefficients of the first component and SST anomalies
a. 冬季; b. 春季; c. 夏季; d. 秋季。

而在非洋流区和黑潮暖流区,两者之间不存在相关关系。以上海温场与海面加热场之间有意义的关系主要出现在夏、秋季节北太平洋海流区和夏季北赤道海流区。

4. 讨论

就总体而言,冬季北太平洋海洋异常加热主要型与同期北太平洋海面水温无明显的关系。它说明,冬季北太平洋水温既不能对海面加热,也不受海面加热状况的影响。就局部海域而言,如北美沿海的中纬海域,两者之间呈负相关关系(图4a中,该区为正相关,但由于该区的特征值为负值,实质上两者为负相关)。它表明,在这一海域,由于过多的海面失热而导致该区海温的下降;反之亦然。但在北太平洋的中部和东部的低纬海域,两者呈正相关关系。它表明,在这一海域,由于海温偏高(低),导致海洋失热的增加(减少)。夏季,北太平洋海洋异常加热主要型仅与除黑潮外的主要洋流区的海温有较好的正相关关系,如北赤道海流、北太平洋海流,加利福尼亚冷流、阿拉斯加暖流等。它表明,这些海区的水温越高(低),北太平洋或这些相应海流区海洋对大气加热就越多(少)。Cayan^[4]分析了SST和SAT(海面气温)之间的大尺度关系,结果表明,夏季在主要洋流区,SST和SAT的标准偏差之比多大于1.0。这意味着,在主要洋流区,夏季水温变化的幅度比气温大,因此海温在海气热量交换中比气温有更重要的作用。本文与Cayan的结果是一致的。

文献[12]分析了北太平洋海面加热主要型与大气环流场的关系,结果表明,冬季海上加热场主要受东亚大槽的影响;夏季海上加热场与位于东亚和北太平洋上空的纬向垂直环流有密切的联系,它是通过北太平洋副热带高压中心附近的下沉气流的强度变化来实现的。结合本文的结果,可以得到以下初步结论,即北太平洋海面加热状况全年均受大气环流场的制约,尤其在冬季。夏季海温场对海面加热状况有重要的影响,可能由于副热带高压中西部海域海面加热受其上空下沉气流的影响更大的缘故,海温对海面加热的影响主要表现在副热带高压南、北和东部边缘海域的洋流区,如北赤道流、北太平洋海流及加利福尼亚冷流等海区。

分析表明,北太平洋海面加热场冬季第一特征向量场同春、夏、秋季的第二特征向量场相似,而夏季第一特征向量场和春、秋季第一特征向量场同冬季第二特征向量场相似。究其原因,可能与北太平洋上空大气环流型的季节变化有密切联系。我们知道,控制本海域的半永久性天气系统主要有两个:一是阿留申低压,另一是副热带高压。此外夏季的

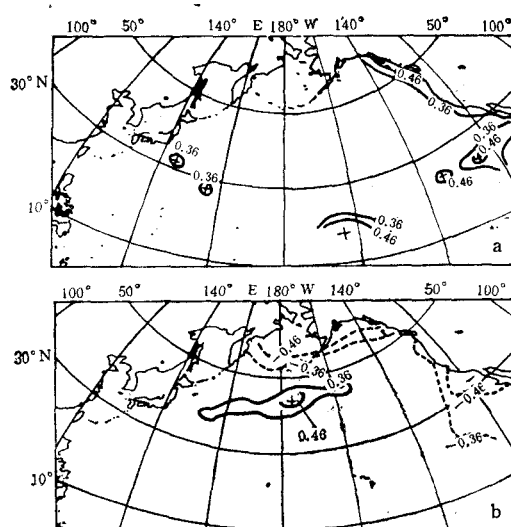


图4 海洋异常加热场第二特征向量场与海面水温的关系

Fig. 4 Correlation of the time series coefficients of the second component and SST anomalies
a. 冬季; b. 夏季。

大陆热低压和冬季的大陆冷高压对本海域的局部海区有一定的影响。冬季,阿留申低压占优势地位,副热带高压较弱,其主体位于北太平洋东部;夏季,副热带高压占主导地位,阿留申低压中心填塞,范围缩小;春、秋季为过渡季节,从两大系统的控制范围来看,副热带高压比阿留申低压稍强些。据北太平洋海面加热主要型与大气环流场之间的关系,第一特征向量场必然反映主要天气型的影响,第二特征向量场则反映次要天气型的影响。因此,冬季的阿留申低压影响为主的第一特征向量场同春、秋、夏季阿留申低压影响的第二特征向量场具一定程度的相似,而夏季及秋、冬季以副热带高压为主的第一特征向量场同冬季副热带高压影响的第二特征向量场具一定程度的相似。

值得注意的是,夏、秋季节在北太平洋海流区,尤其是在所谓的“Namias 海域”(30—50°N,160°W—180°),海温异常与北太平洋海洋加热主要型有可信的正相关关系。Namias^[8]的研究指出,在从暖季向冷季的过渡季节内,北太平洋上空海-气相互作用存在负反馈过程。他认为,阿留申海域暖水时,由于潜热和感热输送的增加,导致来自西伯利亚、阿拉斯加和白令海的干冷空气加强,后者又导致阿留申海域水温降低,从而形成海-气之间的负反馈过程。Davis^[5,6]的结果支持了 Namias 的观点。本文的结果指出,夏、秋季北太平洋海流区,尤其在阿留申海域,海面水温的异常与北太平洋海面加热场有可信的正相关关系。就是说,当这一海域为暖水时,整个北太平洋对大气有异常多的加热,其结果将导致对流层低层高度场和海平面气压场的降低,表现为阿留申低压的加强和副热带高压的减弱;冷水时则相反。如 1967 年夏季阿留申海域为暖水,秋季北太平洋上空海平面气压场为负距平,大值出现在阿留申低压区和副热带高压的南和西南侧;1973 年夏季阿留申海域为冷水,秋季北太平洋上空海平面气压场均为正距平,大值在阿留申低压区及副热带高压的西南侧(图见文献[8])。由于北太平洋中纬海域海面水温与海面加热场之间的可信关系仅出现在夏、秋季节,并主要出现在阿留申海域,这也可能是为什么在北太平洋中纬度海域,除去夏、秋季节在阿留申海域外,在全年中其它季节未发现海表面水温与大气环流场有明显联系的原因。

5. 小结

由以上分析,我们得到以下结论。

(1) 北太平洋海洋对大气加热存在两种主要型,一种是北太平洋中、西部和东部特征值异号的双极型,以冬季的第一特征向量场及春、夏、秋三季的第二特征向量场为代表;一种是全海区特征值同号的正值(或负值)优势型,以夏季和春、秋季第一特征向量场以及冬季第二特征向量场为代表。双极型具多种周期,如冬季第一特征向量场的时间系数有 7, 5, 2 和 10 年周期;同号优势型具 25 年左右的长周期。

(2) 冬季北太平洋海面加热主要型与北太平洋水温无明显的关系。就是说,冬季北太平洋海温既不影响海洋加热主要型,也不受海洋加热主要型的影响。夏季北太平洋海面加热主要型与北太平洋主要洋流区的海温有较好的关系,在这些洋流区,如北太平洋海流和北赤道流海域的海温高于常年时,该区及整个北太平洋海洋对大气的加热也将高于常年;反之亦然。局部海域海温与海面加热的关系,冬、夏季不完全相同,在冬季中纬海区,如北美大陆近岸,那里水温变化受海洋加热场影响,在低纬海区,那里的海温变化影响加热场;在夏季,无论在中纬海区还是低纬海区,各洋流区的海面加热场均受这些海区海

温变化的影响。

(3) 夏、秋季节,阿留申群岛邻近海域海温与北太平洋海面加热状况有密切联系,这一结果进一步支持了 Namias 和 Davis 指出的暖季该海域海温可以作为后期海平面气压场预报指标的结论。

参 考 文 献

- [1] 中国科学院大气物理研究所长期预报组, 1978. 冬季太平洋水温对我国汛期降水的影响。中国科学院大气物理所集刊 6: 1—12。
- [2] 王绍武、赵宗慈、陈振华, 1983. 月平均环流异常的持续性、韵律性和海气相互作用。气象学报 4(11): 33—42。
- [3] 赵永平, 1986. 北太平洋中纬海区海气热量交换对其上空大气环流的影响。海洋与湖沼 17(1): 57—65。
- [4] Cayan, D. R., 1980. Larger scale relationships between sea surface temperature and surface air temperature. *Mon. Wea. Rev.* 108: 1293—1301.
- [5] Davis, R. E., 1976. Predictability of sea surface temperature and sea level pressure anomalies over the North Pacific ocean. *J. Phys. Oceano.* 6: 249—266.
- [6] Davis, R. E., 1978. Predictability of sea level pressure anomalies over North Pacific. *J. Phys. Oceano.* 8: 233—246.
- [7] Frankignoul, C., 1985. Sea surface temperature anomalies, planetary waves and air-sea feedback in the middle latitudes. *Rev. Geophys.* 23: 357—390.
- [8] Namias, J., 1976. Negative ocean-air feedback systems over the North Pacific in the transitions from warm to cold seasons. *Mon. Wea. Rev.* 104: 1107—1121.
- [9] Talley, L., 1984. Meridional heat transport in the Pacific Ocean. *J. Phys. Oceano.* 14: 231—241.
- [10] Zhao Y. P. and G. A. McBean, 1980. Annual and interannual variability of the North Pacific Ocean to atmosphere total heat transfer. *Atmosphere-Ocean* 24(3): 265—282.
- [11] Zhao Y. P., Zhang B. C. and Jing L. C., 1985. The influence of the air-sea heat exchanges over the Kuroshio in the East China sea in winter on the precipitation in the middle and lower reaches of Changjiang River in flood seasons. *Chin. J. Oceanol. Limnol.* 3(1): 86—95.
- [12] Zhao, Y. P. and G. A. McBean, 1989. The principal patterns of the marine anomaly heating of the North Pacific and their relations to the atmospheric circulation. *Chin. J. Oceanol. Limnol.* 7(2) 124—134.

THE DOMINANT PATTERNS OF THE MARINE ANOMALY HEATING OF NORTH PACIFIC AND THEIR RELATIONS TO SEA SURFACE TEMPERATURE*

Zhao Yongping

(Institute of Oceanology Academia Sinica, Qingdao, 266071)

G. A. McBean

(Institute of Ocean Sciences, Sidney, B. C. Canada)

ABSTRACT

The EOF method was used to analyze the patterns of the marine anomaly heating of North Pacific and the relationships between the first two patterns of the marine anomaly heating and the sea surface temperature (SST) of North Pacific. The results show that there are different patterns of the marine anomaly heating for four seasons, i.e., in the wintertime, the main feature of the first component is a contrast between the west-central part and the east part of North Pacific; in the summertime, the main feature is the same signs in whole basin with the maximum along the axis of the North Pacific Subtropical High. The results also show that the SST has important contribution to the air-sea interaction in some main ocean current regions, but not in the weak current area. The effects of the SST on the marine anomaly heating in main currents, i.e., the North Pacific ocean current and the North Equatorial current regions, are rather strong in summer and weak in winter.

* Contribution No. 1530 from the Institute of Oceanology, Academia Sinica.