

副热带海域的海洋加热异常 及其对副高的影响^①

陈永利 赵永平

(中国科学院海洋研究所)

王爱莲

(国家海洋局青岛海洋预报区台)

海洋在天气、气候及大气环流变化过程中起着重要作用,海洋热源的异常分布是造成长期天气异常的重要原因。海洋对大气的作用主要是通过海气界面的热量交换来实现的,因此,直接运用海气热量交换来考虑海洋对大气的加热作用,分析海洋加热异常对长期天气、气候及大气环流的影响,具有更明确的物理意义。

西北太平洋副热带高压是造成我国旱、涝及天气变化的主要副热带天气系统,对我国夏季气温、雨带位置及强度影响很大。西北太平洋中、低纬副热带地区是海洋向大气提供热量和水汽较多的地区,也是海气相互作用最强烈的海域,这一地区的海洋加热对西北太平洋副热带高压的变化将有直接影响。本文分析了冬季西北太平洋副热带海域海洋加热主要场的分布特征,指出了海洋加热与西北太平洋副热带高压的关系。结果表明,冬季该海域海洋加热较常年偏多时,冬、春至初夏副高偏弱,位置偏东、南(6月副高脊线位置除外);反之,海洋加热较常年偏少时,副高偏强,位置偏西、北(6月副高脊线位置除外)。该海域海洋加热对副热带地区大气环流,尤其是副热带高压环流的变化有着重要作用。本结果对预测西北太平洋副热带高压的变化,研究中纬度海洋加热对西北太平洋副热带高压及其大气环流的影响有十分重要的意义。

一、资料与方法

西北太平洋海气热通量资料取自中国科学院海洋研究所气象组计算出版的《北太平洋西部逐月海气热交换资料集》。资料的空间范围为 15—40°N, 110—160°E, 资料网距为 2°×5°纬度、经度。西北太平洋副高特征量采用中央气象台长期预报组所取的 500hpa 副高面积指数、强度指数、脊线位置、西伸脊点和北界位置。本文用 2 月份的海气热通量资料表示冬季,取海面长波辐射、海气感热和潜热通量之和作为海洋对大气的加热量。由于热通量资料取自 1961—1974 年,所以其它有关资料序列也取自同一时段。

^① 中国科学院海洋研究所调查研究报告第 2894 号。国家自然科学基金资助项目,49646007 号。
收稿日期:1996 年 7 月 18 日。

为分析西北太平洋副热带地区海洋加热场的变化特征,作者采用经验正交函数(EOF)将14年的海洋加热场展开,给出了前3个特征向量场的时空分布,并用相关分析法分析了冬季该海域海洋加热与副高的关系。

二、冬季西北太平洋海洋加热的分布特征

图1为冬季(2月)海洋加热分布图,如图所示,冬季本海区的海洋加热基本上由南向北逐渐增大,最大值轴线位于黑潮主干区,呈现出明显的流系分布。在 20°N 以南的北赤道流区,平均加热值在 $300\text{W}/\text{m}^2$ 左右,在黑潮流经的日本以东海区,最大值可达 $600\text{W}/\text{m}^2$ 。由此可以看出,黑潮暖流在本海域海洋加热中起重要作用。

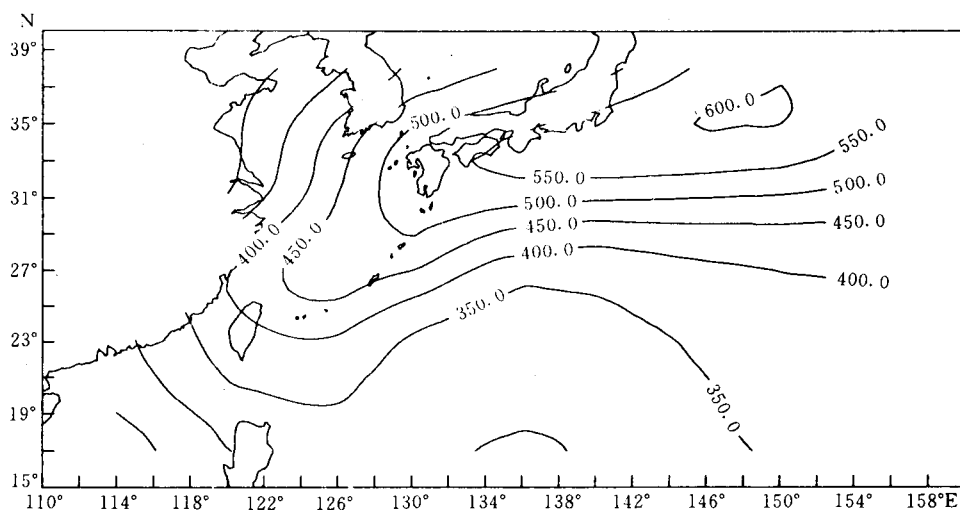


图1 冬季西北太平洋副热带海域海洋加热分布(W/m^2)

用经验正交函数分解法对冬季海洋异常加热场进行分型,可以获得主要分量场的空间结构。图2是冬季西北太平洋海洋加热前3个特征向量场的分布图,如图2a所示,第一特征向量场占总方差贡献的46%,当时间系数为正值时,则该海域正的海洋加热为其主要特征。正值出现在广大的热带西太平洋及沿黑潮流经的邻近海域和西风漂流区;负值仅在 15°N 以南、 150°E 以东低纬地区的很小区域出现,0线位于 140°E 以东、 17° — 18°N 附近和日本东北部 39°N 以北的部分区域。这一特征向量场主要反映了黑潮暖流在西北太平洋副热带海域海洋加热中的主导作用。该海域海洋加热场的异常主要表现为黑潮流系海气热交换的异常,同时反映了黑潮流系与低纬 140°E 以东中太平洋海域海洋加热的反向变化关系,即当黑潮海域海洋加热异常多时,低纬 140°E 以东的中太平洋海域海洋加热则异常少。

图2b表明,第二特征向量场当时间系数为正值时,以黑潮流域为负值,南海、日本东北部和 20°N 以南的 140°E 附近为正值基本特征,它对海洋加热场的方差贡献为13%。当黑潮海域海洋加热减弱时,南海、日本东北部和低纬度 140°E 附近海域海洋加热将加

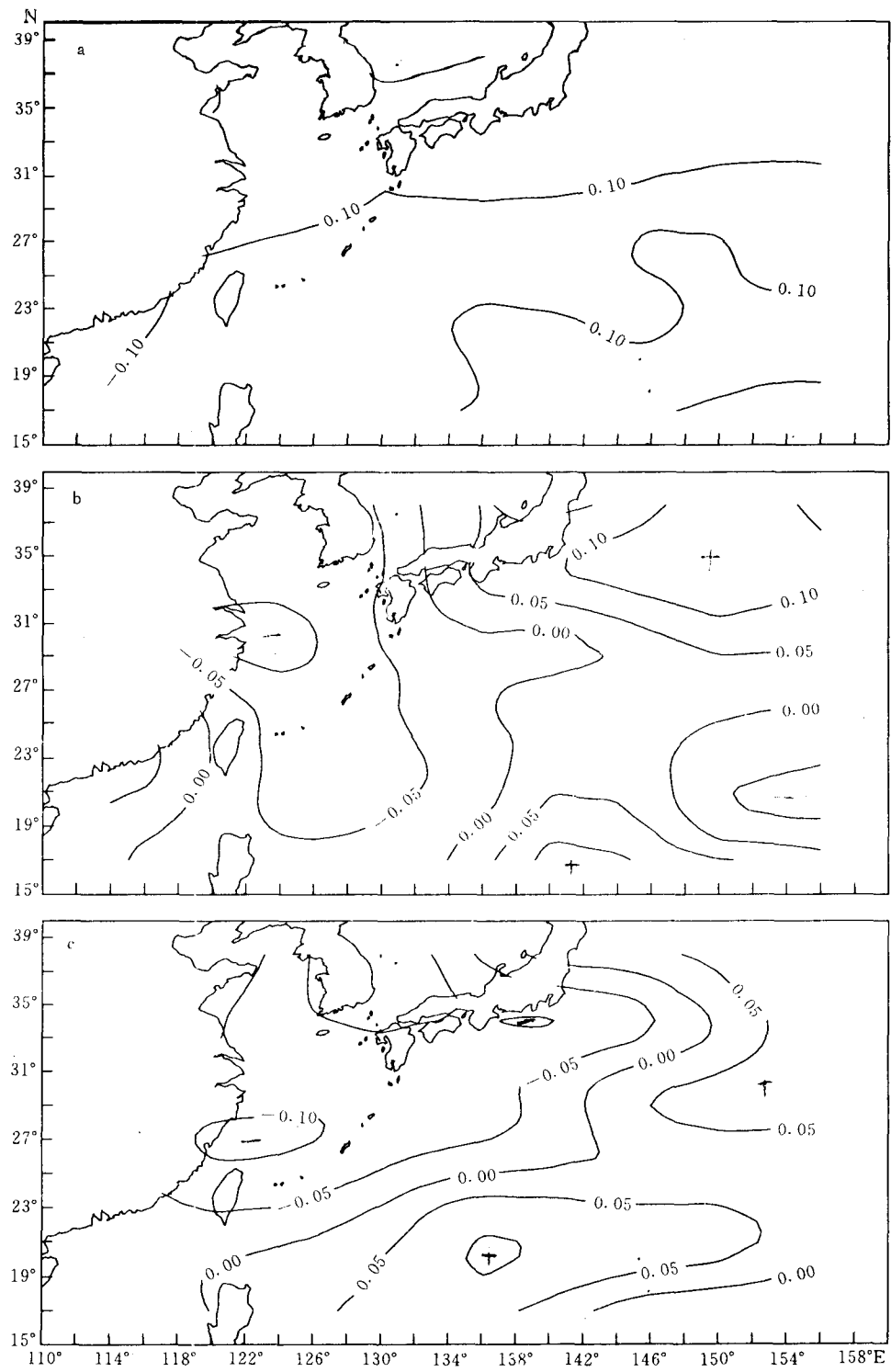


图2 冬季西北太平洋海洋加热前3个特征向量场的分布
a. 第一特征向量场;b. 第二特征向量场;c. 第三特征向量场

强。图 2c 为第三特征向量场的时空分布特征,该特征值占总方差贡献的 10%,当时间系数为正值时,以在菲律宾以北(从中国沿岸至日本海整个东亚陆架附近)及黑潮区呈负值为特征,加热正值区明显偏南,位于沿北赤道流和西风漂流区。140°E 以东的中太平洋低纬地区表现为负值,0 线位于黑潮区的南部,呈 SW-NE 向分布,此型反映出东亚沿岸海域海洋加热异常的变化特征。

上述 3 个主要特征场的分布表明,冬季西北太平洋加热场主要以黑潮流系的海洋加热为主要特征,同时又反映出东亚沿岸海域和低纬 140°E 以东中太平洋海域海洋加热的变化特征,这 3 个特征向量场的分布基本上反映出了西北太平洋海洋加热的特点。取前 3 个向量场累加拟合,就可达到原加热场的 69%,其余各特征向量场所占的贡献相对较少。

三、冬季西北太平洋海洋加热的主要型与 西北太平洋副热带高压的关系

诸多的研究表明,赤道太平洋,尤其是赤道东太平洋海面温度的变异与西北太平洋副高的强弱趋势变化有很密切的关系(陈烈庭,1982;陈菊英,1991)。中国科学院地理研究所长期天气组(1977)等的研究指出,赤道东太平洋海温场对西北太平洋副高有半年左右的滞后效应。表 1 是冬季海洋加热 EOF₁₋₃场与西北太平洋副高面积指数关系的计算结果。

表 1 冬季海洋加热 EOF₁₋₃场时间系数与西北太平洋副高面积指数的相关系数(r)

月 EOF	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	-0.60*	-0.67**	-0.72**	-0.82***	-0.41	-0.35	-0.38	-0.49	-0.11	-0.18	-0.41
2	0.25	0.02	-0.14	0.0	-0.20	0.0	-0.27	0.18	0.29	-0.65**	-0.54*
3	0.14	0.09	0.12	0.07	0.14	0.17	0.05	0.43	-0.02	-0.02	0.41

注:—表示 $\geq 10\%$ 信度;*,**和***分别表示 $\geq 5\%$, $\geq 1\%$ 和 $\geq 1\%$ 信度(下同)。

由表 1 可以看出,冬季西北太平洋海洋加热 EOF₁ 场的时间系数与 2—6 月的副高面积指数之间存在着很好的相关性,其中 2—5 月负相关最明显,其相关程度均达到 5% 的信度以上,而 5 月份,两者的相关信度则超过 1%。除 9,12 月的相关信度也达 10% 外,其他月份相关均不十分明显。EOF₂ 场与西北太平洋副高面积指数仅在 11,12 月份达到 1% 和 5% 的信度要求,其相关系数分别为 -0.65 和 -0.54。EOF₃ 场的相关性较差,只在 9 月和 12 月达到 10% 信度。由上述结果表明,在海洋加热的前 3 个特征向量场中,第一特征向量场的分布特征与西北太平洋副高之间关系明显,该海域海洋加热的多寡在西北太平洋副高的变化中起明显的主导作用,尤以 2—5 月较显著,这种相关性从 2 月份起就很明显,随之逐渐增强,5 月份达最强。其它两个场对西北太平洋副高的变化作用不大。

表2 冬季海洋加热 EOF₁ 场时间系数与 2—6 月副高特征量的相关系数(r)

月 份 副 高 特 征 量	2	3	4	5	6
面积指数	-0.60*	-0.67**	-0.72**	-0.82***	-0.41
强度指数	-0.53*	-0.65**	-0.61*	-0.77***	-0.31
北界位置	-0.51*	-0.69**	-0.51*	-0.58*	0.20
脊线位置	-0.56*	-0.44	-0.44	-0.30	0.23
西伸脊点	0.68**	0.72**	0.57*	0.61*	0.57*

表3 冬季(2月)副热带海域海洋加热与 2—8 月副高特征量的相关系数(r)

月 份 副 高 特 征 量	2	3	4	5	6	7	8
面积指数	-0.56*	-0.61*	-0.58*	-0.75**	-0.48	-0.49	-0.54*
西伸脊点	0.63*	0.65**	0.55*	0.66**	0.68**	0.65**	0.69**

表2给出了冬季海洋加热 EOF₁ 场时间系数与 2—6 月副高各特征量的相关系数。该表表明,在 5 个副高特征量中,除副高脊线位置关系相对较差以外,其它 4 个特征量与冬季海洋加热 EOF₁ 典型场均存在较好的相关关系,尤以 2—5 月最显著。EOF₁ 典型场与副高面积、强度指数和北界位置均为负相关;与西伸脊点呈正相关,其相关程度均达到 5%, 1% 和 1% 的信度。表3为冬季(2月)西北太平洋副热带海域(15°—30°N, 120°—150°E)的海洋加热与 2—8 月副高面积指数和西伸脊点的相关关系,如表所示,西北太平洋副热带海域的海洋加热对副高的影响从冬到夏都很明显。其中,与副高面积指数呈现负相关,与西伸脊点呈正相关。由此可见,西北太平洋副热带海域的海洋加热基本反映了西太平洋中纬度海域的海洋加热特征,海洋加热 EOF₁ 场的变化主要反映了中纬度海洋海洋加热的变化。中纬度海域的海洋加热对副热带环流的变化有一定的影响。从表 1, 2, 3 的对比中可以看出,在对副高的影响中,海洋加热 EOF₁ 场以 2—5 月影响显著,副热带海域的海洋加热对副高的影响从冬到夏都较明显。在不同季节对副高强度和位置的影响会出现差异,尤其 6 月份对副高位置(北界和脊线)的影响出现了与 2—5 月相反的变化,这说明海洋加热位置或强度的不同对副高的变化会产生不同程度的影响。在研究副高的变化中必需考虑副热带海域海洋加热的作用。

综上所述可以说明,冬季西北太平洋副热带地区的海洋加热直接影响着冬、春至初夏西北太平洋副高的强度和位置的变化,冬季该海域海洋加热较常年偏多时,冬、春至初夏的副高偏弱,位置偏东偏南(6 月副高脊线位置除外);反之,海洋加热较常年偏少时,则副高偏强,位置偏西、偏北(6 月副高脊线位置除外)。

图3是海洋加热多年(1967, 1968, 1974 年)和海洋加热少年(1966, 1969, 1973 年)5 月份 500hpa 平均高度场的分布图。由图 3a 可以看出,海洋加热多年西北太平洋副热带地区高度场明显偏低,584 线位于 25°N 附近,西北太平洋副热带地区无副高体出现,孟加拉湾季风槽明显偏强和南伸。而海洋加热少年(图 3b),孟加拉湾季风槽偏弱,西北太平洋副热带高压偏强,并形成强大的副高体,588 线北界位于 20°N 附近,副高脊点西伸至中南半岛。由图可以明显看出,海洋加热多年和加热少年环流高度场的明显差异在于西北太平洋

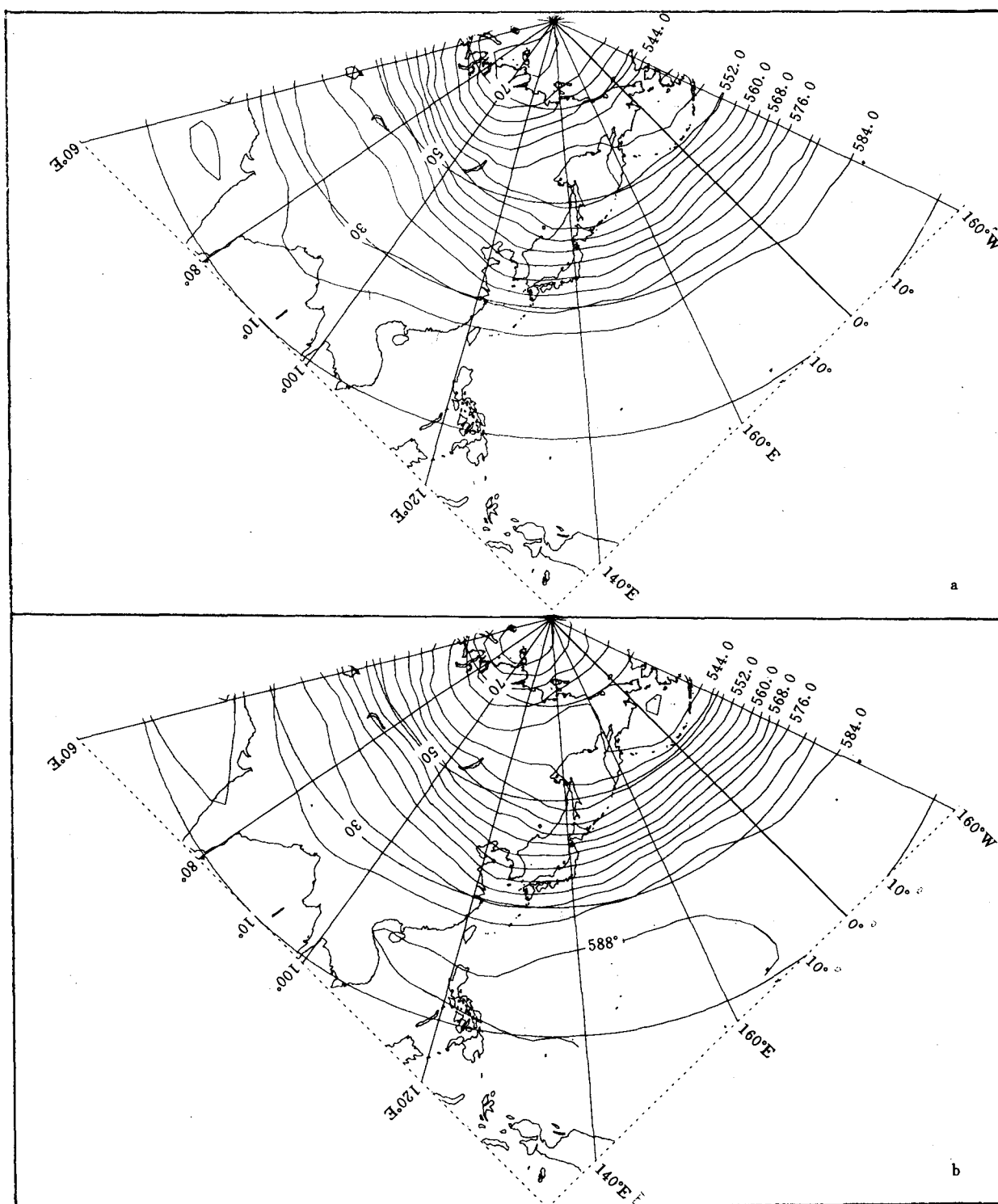


图3 海洋加热多年和海洋加热少年欧亚地区500hpa 平均高度场分布

a. 海洋加热多年; b. 海洋加热少年

副热带地区高度场的变化,副热带地区海洋加热多年,冬春至初夏西北太平洋副高偏弱;反之,海洋加热少年,副高偏强,这一结论与我们前面的分析是一致的。因此,冬季副热带地区的海洋加热对于副热带地区的大气环流,尤其是西北太平洋副高的变化有着重要作用。

四、结论与讨论

通过上述分析,我们可以得到如下结论:

(1)冬季多年平均西北太平洋海洋加热场的主要特征为该海域海洋正的加热。黑潮是大气的主要热源,黑潮暖流在该海域海洋加热中起主导作用。另外,第一特征向量场表现为几乎全区性正的加热或负的加热,而且黑潮暖流在该场中亦起着重要作用。

(2)在西北太平洋副热带海域海洋加热的前三个特征场中,第一特征向量场的分布特征与西北太平洋副高之间存在较好的相关关系,其它两个与副高之间关系不明显。

(3)冬季该海域海洋加热影响着冬、春至初夏西北太平洋副高的变化。副热带地区的海洋加热对副高的变化有直接作用。这种作用从冬季开始,一直影响到初夏,至5月达最显著。该海域海洋加热不仅影响着副高的强弱趋势变化,而且还影响着副高的南北位置和西伸程度的变化,当冬季该海域海洋加热较常年偏多时,冬、春至初夏的副高偏弱,位置偏东、偏南(6月副高脊线位置除外);反之,则副高偏强,位置偏西、偏北(6月副高脊线位置除外)。

近几年的研究表明,西北太平洋副热带高压的形成和维持,不仅是由于赤道辐合带加热引起哈得来环流的北支下沉支和费雷尔环流南支下沉支的作用,而且与冷、热源分布有关、冷、热源的位置,加热强度等对副热带高压形成的位置和强度有一定影响,下垫面的热力异常是引起大气环流异常的重要原因。Shukla 与 Wallace(1983),黄荣辉和李维京(1988)分别研究了北半球冬季太平洋北美型(PNA型)大气环流异常对赤道东太平洋海表面温度异常的响应和赤道西太平洋热源异常对东亚副高的影响。黄荣辉(1992)研究指出,南海、菲律宾周围的对流活动直接影响着西太平洋副热带高压的位置。本文的研究结果表明,西太平洋副热带海域的海洋加热对副高的变化同样有着很大的影响,该海域的海洋加热异常主要影响着副热带地区高度场的异常变化。冬季,副热带地区海洋加热多年,在西太平洋副热带地区500hpa高度场从冬到夏出现负距平;反之,海洋加热少年,500hpa高度场则为正距平。这种环流的异常直接影响着副高的强弱和位置的变化,副热带海域海洋加热在西北太平洋副高的变化中起着重要作用。有关副热带海域海洋加热对副高影响的物理过程尚待另文研究。

参 考 文 献

- 中国科学院地理研究所长期天气组,1977,热带海洋对副热带高压长期变化的影响,科学通报,7:313—317。
陈烈庭,1982,太平洋副热带高压与赤道东部海温的相互作用,大气科学,6(2):148—155。
陈菊英,1991,中国旱涝分析和长期预报研究,农业出版社,143—152。
黄荣辉、李维京,1988,夏季热带西太平洋上空的热源异常对东亚上空副热带高压的影响及其物理机制,大气科学(特刊),107—117。

黄荣辉, 1992, 夏季大气环流异常的东亚太平洋型遥相关及其在我国旱涝预测中的应用, 长期天气预报和日地关系研究, 海洋出版社, 6—19。

Shukla, J. and J. M. Wallace, 1983, Numerical Simulation of the atmospheric response to equatorial sea surface temperature anomalies, *J. Atmos. Sci.*, 40:1613—1630.

CHARACTERISTICS OF THE HEATING ANOMALY OF THE NORTHWESTERN PACIFIC SUBTROPICAL AREA IN WINTER AND ITS EFFECTS ON THE SUBTROPICAL HIGH^①

Chen Yongli and Zhao Yongping

(*Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences*)

Wang Ailian

(*Qingdao Regional Centre of Marine Environmental Forecasting, SOA*)

ABSTRACT

Empirical orthogonal function analysis of the marine heating anomaly pattern over the Northwestern Pacific subtropical area in winter and the relationships between the first three patterns of the marine heating anomaly and the Subtropical High showed that the first component in winter was mainly characterised by large positive values in most areas, and had some effects on the Northwestern Pacific Subtropical High and that the 1st component's time coefficients related closely to the Northwestern Pacific Subtropical High in winter, spring and the early summer. The more (less) the marine heating over the subtropical area was, the more the Subtropical High weakened (enhanced) and shifted southward (northward) and eastward (westward).

① Contribution No. 2891 from the Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences.