

北方涛动同北半球温带大气环流的遥相关(二)

——季节变化*

吴仁广 陈烈庭

(中国科学院大气物理研究所)

提 要

在以前工作的基础上,本文进一步分析了各个季节北方涛动和与其相联系的北太平洋海温同北半球温带大气环流遥相关的特征,并与南方涛动和赤道太平洋海温的结果进行了比较,发现它们同北半球温带大气环流的遥相关,不仅具有很强的地区性,而且具有明显的季节变化。

冬季,北方涛动和北太平洋海温与PNA型相关非常明显,且比南方涛动和赤道太平洋海温的更密切。除PNA型外,北方涛动还同500 hPa高度的亚洲-北美(ANA)流型有联系。

夏季,PNA遥相关型的表现仍然非常清楚,但位置较冬季偏西和偏北,并在北美西海岸具有特殊的分叉现象。在东亚和太平洋地区,北方涛动的相关场呈EAP型;在太平洋-欧亚地区,南方涛动和赤道太平洋海温的相关场呈PEA型。这两个遥相关型都具有相当正压的垂直结构。

春季和秋季的相关场特征分别与冬季和夏季的类似。

关键词: 北方涛动;海温;遥相关型;季节变化。

一、引 言

在文献[1]中,我们讨论了北方涛动(NO)和与其相联系的北太平洋海温(NPSST)同北半球海平面气压和500 hPa高度遥相关场的基本分布型式,并与南方涛动(SO)和赤道太平洋海温(EPST)的结果进行了对比分析,发现NO和NPSST与Wallace等^[2]定义的太平洋/北美(PNA)流型、Walker等^[3]定义的北大西洋涛动(NAO)不仅也有很密切的遥相关,而且比SO和EPST的相关更强。而对于北太平洋涛动(NPO)或西太平洋(WP)型,则是SO和EPST的相关更密切,这说明它们同北半球温带大气环流的遥相关具有明显的地区性,同时也反映了海气之间的相互作用和反馈与大型环流背景的基本状态有密切关系。

大气环流的基本状态具有明显的季节变化,特别是亚洲和太平洋上空的环流型式和

1989年10月22日收到,1990年3月26日收到修改稿。

* 国家自然科学基金资助项目。

平均垂直环流, 不同季节、不同地区有很大差异。因此, 可以设想, 上述遥相关场的特征也一定有明显的时空变化。Webster^[4]的研究表明, 冬半球中纬度的大气环流与赤道海温异常的关系要比它与中纬度地区海温异常的关系更密切, 而夏半球则不同, 中纬度大气对本地海温异常的响应变得很灵敏, 热带海温的影响变小。所以, 继第一部分工作, 本文进一步讨论 NO、SO、NPSST 和 EPSST 同北半球 500 hPa 高度和海平面气压遥相关场随季节变化的特征。

这里所用的资料、研究的范围和方法与第一部分相同。并且 NO(SO)指数仍以 Ship N(塔希提)和马尼拉(达尔文)之间的月平均海平面气压距平差来表示。北太平洋海温取 35°N: 170°W、165°W、160°W(Namias 海区)平均的海温距平与 15°N: 145°W、140°W、135°W(加利福尼亚海流区)平均的海温距平差来表示。在文献[1]中我们已证实, 这两个海区海温的变化位相相反, 并与 NO 存在非常密切的联系。EPSST 取 5°N—5°S、180—80°W 范围内各格点(格距为 5°×5°经纬度)平均的海温距平来代表。另外, 为了分析这些参数同温带大气环流的遥相关随季节的变化, 我们取 12—2 月为冬季, 3—5 月为春季, 6—8 月为夏季, 9—11 月为秋季。

二、冬季的遥相关场

1. 500 hPa 高度相关场的特征

图 1a—d 分别为冬季 NO 指数、SO 指数、NPSST 和 EPSST 与北半球 500hPa 高度的相关图。根据显著性检验, 图中相关系数超过 0.36、0.46 和 0.59 的地区分别为达到 0.05、0.01 和 0.001 信度水平的区域(下同)。

由图 1a, 我们可以看出冬季 NO 的相关场最显著的地区是在北太平洋东部和北美地区。从夏威夷群岛附近沿东北偏北方向经加拿大西部转向东南一直到北大西洋西部副热带地区, 排列有五个正负相间的相关区, 它与 PNA 流型非常相似。五个相关中心的相关系数分别高达 -0.72、+0.85、-0.64、+0.50 和 -0.43。这表明冬季 NO 同对流层中层的 PNA 流型具有很密切的关系。此外, 在亚洲地区从青藏高原沿偏北方向经亚洲北部到阿拉斯加一线, 还存在另一个正负相关区相间分布的流型, 这一纵贯亚洲和北美两个大陆的流型, 我们称之为亚洲—北美(ANA)遥相关型。它与黄荣辉^[5]由理论得到的夏季青藏高原热源异常产生的准定常行星波的传播路径非常一致。同 1 月的 500 hPa 多年平均图比较(图略), 可以看出该型各相关区的位置分别正好是冬季印缅低槽、贝加尔湖高压脊、东亚大槽和阿拉斯加高压脊所在地区。其相关符号的分布表明, 当 NO 为低指数时, 青藏高原南侧的印缅低槽加深, 北侧的贝加尔湖高压脊发展, 东亚大槽加强, 阿拉斯加高压脊发展; 而在高指数时, 所有这些系统都减弱。因此, 冬季 NO, 除与 PNA 型有关外, 还同亚洲的环流型式有相当程度的联系。不过后者的相关比前者的要弱。此外, 在图 1a 上, 可以看出 NO 与西太平洋(WP)流型也有一定联系, 但强度更弱。

SO 的相关场(图 1b)同 NO 的情况明显不同。在北太平洋中东部—北美地区, 其结构虽然也表现有 PNA 流型的特征, 但更主要的特点是如 Wallace 最近的研究所指出的, 以加拿大北部为圆心的两个几乎连续的同心圆环, 同 PNA 流型实际上很不一

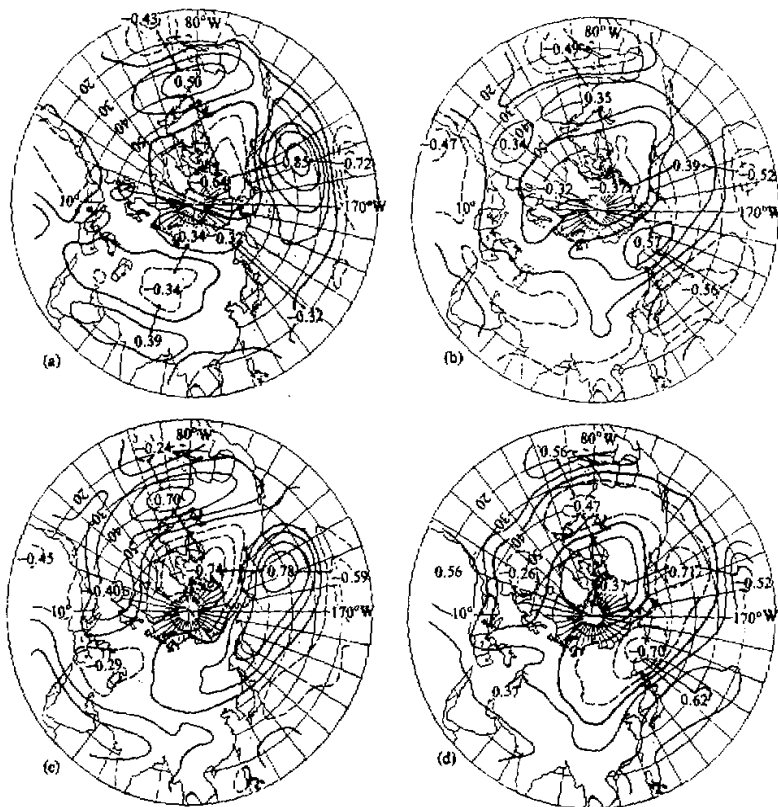


图1 冬季北半球 500 hPa 高度与 (a) NO 指数、(b) SO 指数、(c) NPSST 和 (d) EPSST
同期相关的分布 (1951—1980)
相关系数等值线间隔为 0.20

样^[6]。而且其相关最明显的地区是在副热带，在温带的相关相对小得多。这同 NO 的情形正好相反。另外，构成 PNA 流型的五个相关中心的相关强度也远不如 NO 的强大。这表明，SO 与 PNA 流型的关系不如 NO 的密切。然而，在西太平洋地区相反，两个南北向偶极型的相关中心比图 1a 的要显著得多，相关系数分别达到 -0.56 和 $+0.57$ 。它是西太平洋 (WP) 流型的反映。这说明与 WP 型的相关，SO 比 NO 更强。另一个显著的差异是，在图 1b 上 ANA 流型不存在，这意味着冬季 SO 同亚洲的环流型式没有明显的同期联系。

在 NPSST 的相关场上 (图 1c)，可以看出，PNA 流型的反映似乎比 NO 的更显著。除在两大洋副热带的两个相关中心相对较弱外，其它三个在中纬度中心的相关系数都在 0.70 以上。另外，在北大西洋两个南北向偶极型的相关中心也达到了 0.05 信度标准，说明冬季 NPSST 不仅同 PNA 流型密切相关，而且与 EA 流型也有联系。但是 WP 和 ANA 两个流型在图 1c 上表现不是很清楚。因此，NPSST 和 NO 两个相关场

的结构, 有共同的特点, 也有不同之处. EPSST 相关场(图 1d)的特征与 SO 的很相似, 即同 WP 流型的相关显著, 与 PNA 流型的相关较弱. 但相关强度都比 SO 的大. 对比图 1c 和 1d, 它们之间的差异是 EPSST 与 WP 流型的相关明显, NPSST 与 PNA 流型的相关突出.

因此, 在冬季, NO 和 NPSST 同 PNA 流型有很密切的关系, 而 SO 和 EPSST 与它的相关较弱. 这表明, 即使在冬半球, 中纬度大气对本地区环流和海温异常的响应也是比对赤道地区环流和海温异常的响应更灵敏. 这一结果同上述 Webster^[4]的理论不一致. 除 PNA 型外, NO 还同纵贯亚洲和北美的 ANA 流型有关. 这个源自青藏高原附近的波列过去只发现在夏季存在, 而在冬季揭示出它的存在乃是首次, 还有待进一步证实.

2. 海平面气压相关场的特征

图 2a—d 分别为和图 1a—d 相对应的海平面气压的相关图. 在 NO 的相关图上(图 2a), 相关最明显的地区是在太平洋东部和西太平洋低纬度地区, 两个中心的相关

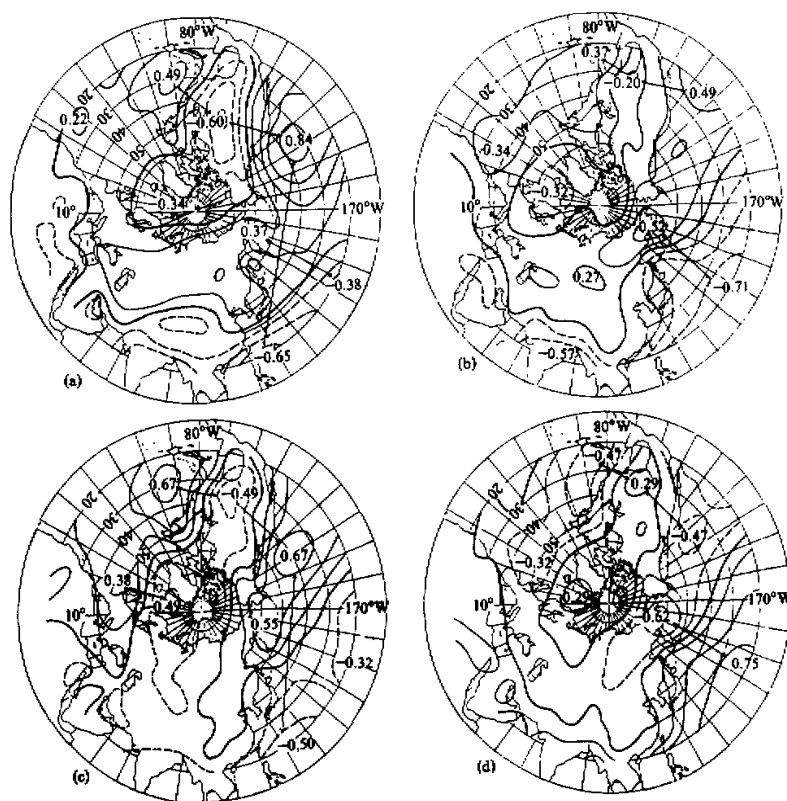


图 2 类似于图 1 但为海平面气压的情况

系数高达 $+0.84$ 和 -0.65 。显然, 这是 NO 本身在海平面气压场上的反映。在北太平洋东部和北美地区, 同 500 hPa 的情形一样, PNA 遥相关型各中心的相关也都很高。三个中心的相关系数分别达到 $+0.84$ 、 -0.60 和 $+0.49$ 。这表明, 冬季 NO 不仅同对流层中层, 而且同对流层低层的 PNA 流型也有非常密切的关系。其垂直结构清楚地表现出同相的特征, 具有相当正压的结构。此外, 在太平洋和大西洋, 早年 Walker 和 Bliss^[3] 确定的北太平洋涛动 (NPO) 和北大西洋涛动 (NAO) 在图 2a 上也有反映, 但比 PNA 流型要弱得多。NPSST 的相关场 (图 2c), 不论是相关场的基本结构还是各个遥相关型的强度, 都同 NO 的情况 (图 2a) 十分类似, 这里不再一一赘述。

对比图 2b 和 2d, 可以看出, SO 和 EPSST 的相关场也很相似。其共同特点是 NPO 型的相关都很强, 尤其是 EPSST 的相关场, NPO 两个中心的相关系数分别达到 -0.62 和 $+0.75$ 。而 PNA 型的相关, 在图 2b 和 2d 上有些中心的相关系数没有达到 0.05 信度水平。这些特点与图 2a 和 2c 的情况正好相反。NAO 型的相关也比图 2c 的要弱。

因此, 冬季海平面气压相关场的分析结果, 进一步证实了前面从 500 hPa 相关场的分析所得到的结论, 同时也揭示了冬季海平面气压场的遥相关型与 500 hPa 高度场的遥相关型有同等的相关程度。这与过去一般认为它们以对流层中、高层表现最清楚的看法不一样。

三、夏季的遥相关场

1. 500 hPa 高度相关场的特征

图 3a—d 分别为夏季 NO 指数、SO 指数、NPSST 和 EPSST 与北半球 500 hPa 高度的相关图。可以看出, 夏季 500 hPa 高度相关场上仍然存在明显的遥相关型, 但同冬季的情形比较, 强度较弱, 且基本分布型式也有很大的差异。首先, PNA 遥相关型可能随着夏季北半球整个风带北移、波长变短和两个大洋上副热带高压各出现一个闭合中心 (见 7 月 500 hPa 多年平均图, 图略), 它的波列发生了很大的变化。图上 PNA 遥相关型在太平洋的两个中心西移, 在加拿大西部的中心由冬至夏向西移动很小, 但原来位于北美东南沿海和大西洋西部副热带的两个中心向北移动很多。因此, 夏季 PNA 遥相关型的表现似乎更接近沿大圆走向的 Rossby 波列。特别是由于夏季 500 hPa 多年平均图上在北美西岸较低纬度的洋面上出现了一个小槽, 除原来的五个中心外, 在北美西海岸还出现了两个相关中心, 使得 PNA 遥相关型产生特殊的分叉现象。这可能是夏季 PNA 遥相关型的另一个显著特点。其次, 在西太平洋方面变动也很大, 冬季在那里的 WP 遥相关型较明显, 尤其是在 SO 和 EPSST 的相关场上, 现在 WP 型已不复存在, 而是代之以下面所述的东亚太平洋和太平洋欧亚遥相关型。

在 NO 的相关图上 (图 3a), 从西太平洋热带地区出发经东亚沿岸往东北方向到北美一线, 相关场的波列结构十分清楚。我国南海和菲律宾群岛上空为负相关区; 日本、朝鲜和我国东北上空为正相关区; 鄂霍茨克海和阿拉斯加上空分别为负相关区和正相关区。并与 PNA 遥相关型的北支相联。这一波列我们称之为东亚太平洋 (EAP) 遥相关

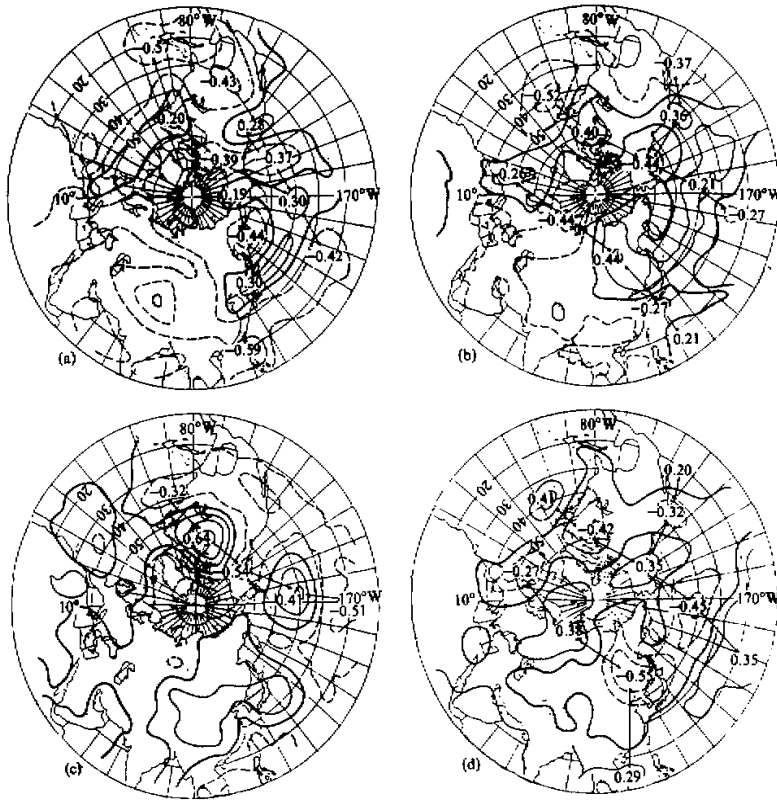


图3 类似于图1但为夏季的情形

型, 它与 Nitta^[7] 和黄荣辉^[8] 从观测分析和理论研所得到的夏季热带西太平洋对流活动产生的波列非常一致. 在 SO 的相关图(图 3b)上, 同样也有一个源自西太平洋热带地区的波列, 但其传播路径为经东亚向西到西欧方向, 与 NO 的遥相关型传播的方向正好相反. 这一遥相关型与曾昭美等^[9] 得到的太平洋欧亚 (PEA) 波列非常类似.

图 3c 和 3d 分别为 NPSST 和 EPSST 的相关图. 比较两张图上 PNA 遥相关型的强度可以看出, 前者比后者要强得多. 这表明, 夏季 PNA 型环流异常同冬季的情况一样, 与 NPSST 的联系比与 EPSST 的更密切. 但在图 3c 上, 东亚太平洋 (EAP) 遥相关型, NPSST 不如 NO 的清楚. 而在图 3d 上, 太平洋欧亚 (PEA) 型波列, EPSST 似乎比 SO 的明显.

因此, NO、SO、NPSST 和 EPSST 同 PNA 流型的遥相关, 并不只限于冬季, 夏季也有非常明显的联系. 然而, 随着季节的变化, 遥相关场的特征有很大的差异. 夏季 PNA 流型北移, 似乎更接近沿大圆走向的 Rossby 波列, 且产生特殊的分叉现象. 而在西太平洋地区, 在 NO 的相关图上代之以 EAP 遥相关型, 在 SO 和 EPSST 的相关图上代之以 PEA 遥相关型.

2. 海平面气压相关场的特征

图 4a—d 分别为和图 3a—d 相对应的海平面气压的相关图. 这 4 张图上 PNA 遥相关型的表现同样很清楚, 但是分叉现象不明显. 因此, 同冬季的情况比较, 夏季海平面气压的 PNA 流型与冬季的型式有某种程度的相似性, 但夏季的位置比较偏西和偏北. PNA 流型的强度, NO 和 NPSST 的流型似乎夏季比冬季要弱些, 而 SO 和 EPSST 的流型似乎夏季比冬季的要强些. 另外, 对比图 4c 和 4d 中 PNA 型各中心的相关系数可以看出, NPSST 的相关强度比 EPSST 的更强. 这说明, 夏季 PNA 流型对海温异常的响应, 同冬季的情况一样, 也是以对 NPSST 异常的响应较为灵敏, 而赤道太平洋海温异常的影响相对较小.

关于 EAP 和 PEA 两个遥相关型, 在海平面气压的相关场上, 它们也存在, 而且同 500 hPa 的相关场位相一致. 这意味着这两个波列同 PNA 流型一样也有相当正压的垂直结构. 但相关强度似乎不如 500hPa 高度的明显.

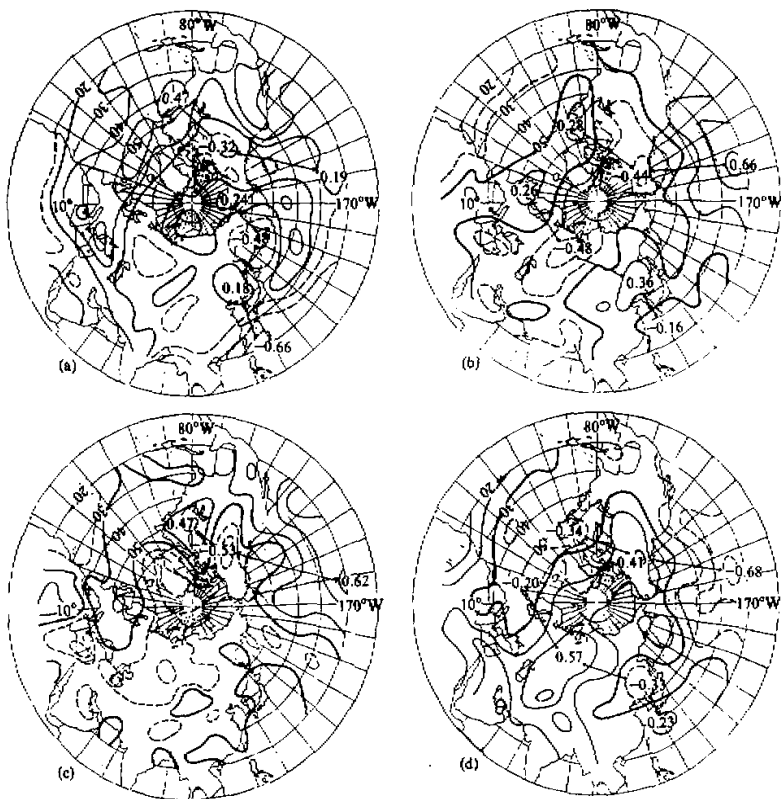


图 4 类似于图2 但为夏季的情形

四、春、秋季的遥相关场

1. 春季相关场的特征

春季相关场的基本分布型式与冬季的很相似, 只是相关强度比冬季的弱, 无论 500 hPa 高度或海平面气压都是如此(图略), 即 500 hPa 高度 NO 和 NPSST 的遥相关型也是以 PNA 流型最明显, 而 SO 和 EPSST 遥相关型的结构主要表现为以加拿大北部为中心的两个几乎连续的同心圆环, 与 PNA 流型有较大的差异. 在海平面气压的相关图上, NO 和 NPSST 的 PNA 遥相关型也比 SO 和 EPSST 的强.

500 hPa 上的 WP 遥相关型和海平面上的 NPO 型, 春季也是同冬季的一样, 与 SO 和 EPSST 的相关比与 NO 和 NPSST 的强.

春季相关场的另一特点是, 无论 500 hPa 还是地面, SO 在北大西洋地区的相关非常显著, 并表现有 WA 和 EA 型的特征.

2. 秋季相关场的特征

秋季相关场的基本结构与夏季的比较相似, PNA 流型的位置也较冬季偏西和偏北, 并且亦是在 NPSST 的相关场上反映较强, 无论 500 hPa 还是海平面均是如此(图略).

在西太平洋地区, 秋季的相关分布表现为一种南北向偶极型结构, 其两个中心分别位于中国南海—菲律宾地区和日本附近. 它类似于 Nitta^[10]发现的夏季西太平洋云量的 PJ(SJ)型. 夏季, 从西太平洋副热带到北美, 除了上述二个中心外, 在其下游还有不同符号的相关区. 因此, 总的看来为波列分布型式(见图 3a 和 4a). 在秋季, 仅上述二个相关中心较明显. 此型在 500 hPa 和海平面上都存在, 具有相当正压的垂直结构, 并且以 NO 和 EPSST 的较强.

五、结 论

通过以上对各个季节 NO、NPSST、SO 和 EPSST 同北半球温带大气环流遥相关的分析, 初步可以得到如下几点结论:

(1) 它们同北半球温带大气环流的遥相关不仅有很强地区性, 而且不同季节有很大变化.

(2) 在冬、春季, PNA 流型以同 NO 和 NPSST 的相关最明显, 而 NPO 或 WP 流型以同 SO 和 EPSST 的相关最突出, 无论 500 hPa 高度场或海平面气压场均是如此, 只是春季的相关强度比冬季的弱. 这说明, 对 PNA 型环流异常, 北太平洋本地的海气相互作用可能起着更为重要的作用, 而 NPO 或 WP 型环流异常则主要是对赤道太平洋地区海气相互作用响应的结果.

(3) 冬季, 除 PNA 型外, NO 还同亚洲地区的 ANA 型环流异常有明显关系, 而 NPSST 还同北大西洋地区的 NAO 或 EA 型环流异常有显著联系.

(4) 在夏、秋季, 太平洋和北美地区, 它们同北半球 500 hPa 高度场和海平面气压

场的 PNA 流型仍然有明显关系, 只是波列位置较冬、春季偏西和偏北, 且在 500 hPa 高度上有分叉现象(夏季). 这是夏半年 PNA 流型的一个显著特点. 这说明它们同 PNA 流型的遥相关并不限于冬半年, 也不只是在对流层中高层才表现清楚. 另外, 夏、秋季 NPSST 与 PNA 流型的关系也比 EPSST 显著. 这进一步支持了上述冬、春季所得到的结论.

(5) 在东亚和西太平洋地区, 夏、秋季与冬、春季的情况有很大的不同. 冬、春季明显的 WP 遥相关型在夏、秋季已不复存在, 在 NO 的相关图上代之以 EAP 遥相关型(夏季)或 PJ 型(秋季), 而在 SO 和 EPSST 的相关图上则是代之以 PEA 遥相关型(夏季). 这三个遥相关型同 PNA 遥相关型一样, 均具有相当正压的垂直结构.

参 考 文 献

- [1] 陈烈庭、吴仁广, 1991, 北方涛动同北半球温带大气环流的遥相关〈一〉——基本结构, 大气科学, 第 15 卷, 第 4 期, 26—34.
- [2] Wallace, J.M., and D.S. Gutzler, 1981, Teleconnections in the geopotential height field during the northern hemisphere winter, *Mon. Wea. Rev.*, **109**, 784—812.
- [3] Walker, G.T., and E.W. Bliss, 1932, World Weather V, *Mem. Roy. Meteor. Soc.*, **4**, 53—84.
- [4] Webster, P.J., 1982, Seasonality in the local and remote atmospheric response to sea surface temperature anomalies, *J. Atmos. Sci.*, **39**, 45—52.
- [5] 黄荣辉, 1985, 夏季青藏高原上空热源异常对北半球大气环流异常的作用, 气象学报, **43**, 第 2 期, 208—220.
- [6] Wallace, J.M., 1988, Observational evidence concerning large-scale atmospheric/ocean interaction in the Pacific, *Proceedings of the Japan-US Workshop on the El Niño Southern Oscillation Phenomenon*, University of Tokyo, November 3—7, 1987, 3—10.
- [7] Nitta, T., 1987, Convective activities in the tropical western Pacific and their impact on the northern hemisphere summer circulation, *Proceeding of the international conference on the general circulation of East Asia*, Chengdu, China, April 10—15, 1987, 121—126.
- [8] 黄荣辉, 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—116.
- [9] Zeng Zhaomei and Zheng Mingli, 1984, Some statistical facts of teleconnection between SST in the eastern equatorial pacific and 500 hPa geopotential height field in Northern Hemisphere for 1951—1980 period, 224—235, *Proceedings of the Beijing International Symposium on Climate*, Oct: 30—Nov. 3, 1984, Beijing, China.
- [10] Nitta, T., 1986, Long-term variations of cloud amount in the western Pacific region, *J. Met. Soc. Jap.*, **64**, 347—362.

Teleconnections Between the Northern Oscillation and Extratropical Atmospheric Circulation of the Northern Hemisphere II : Seasonal Variations

Wu Renguang Chen Lieting

(Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences)

Abstract

On the basis of previous work, the seasonality in the associations of the Northern Oscillation (NO) and its associated northern Pacific sea surface temperature (NPSST) with the extratropical atmospheric circulation of the Northern Hemisphere is analyzed. The results are compared with those of the Southern Oscillation (SO) and the equatorial Pacific sea surface temperature (EPSST). It is found that their teleconnections with the extratropical Northern Hemisphere atmospheric circulation are different in different regions and have obvious seasonal variations.

Key words: NO ; SST ; Teleconnection pattern ; Seasonal variation .