

北半球夏季500hPa 候平均高度场的 遥相关和环流特征

杨秋明

(江苏省气象台, 南京, 210008)

提 要

本文用10年(1980—1989)夏季北半球500hPa候平均高度场资料进行遥相关分析,得到东亚太平洋型(EAP)和西欧型(WE)两种遥相关型及西亚—太平洋—大西洋振荡,并对高度场进行主成分分析(PCA),讨论了环流的时空分布特征。

关键词: 候平均高度场; 夏季; 遥相关; 环流特征。

一、引 言

北半球大气环流的变化对我国旱涝分布起着重要的作用,而夏季大气环流的特征决定着雨带的时空变化与梅雨的强弱。因此研究夏季环流,特别是副热带环流的时空变化特征是非常重要的。理论和数值模拟表明,夏季热带地区海表面温度异常——潜热加热异常激起的向热带外地区传播的准定常行星波在球面上的频散,将引起中高纬度的环流异常^[2,4]。国内外已有不少关于冬季大气环流遥相关研究^[1-3,7],但夏季大气环流遥相关的详细研究还较少。为了定性估计夏季大型环流(特别是副热带高压)的中期变化趋势及季节变化,本文讨论北半球夏季500hPa候平均高度场的遥相关型及其时空分布特征。

二、资料与计算方法

500hPa候平均高度场资料用1980—1989年每年6—8月逐日500hPa高度场资料(国家气象中心提供)计算,格距为5纬度×10经度,范围是10°—85°N,共576个格点,每年6—8月共有18个候,这样每个格点有180个样本,当相关系数为0.25时达0.01信度,为了保证相关的稳定性,只讨论相关系数大于0.30的遥相关现象。首先计算每个格点与北半球所有格点的相关系数(一点相关图),得到该格点的遥相关性值(一点相关图上负相关系数绝对值的最大值),从而得到遥相关性图^[1,3]。用相关统计分析中得出最强的相关分布类型定义遥相关型。为了讨论500hPa候平均高度场的时空分布特征,对高度场进行主成分分析,所有资料都用局地格点的标准差进行正规化处理,但没有消除季节变化。选取格点在北半球范围内均匀分布的79个格点进行分析:10—40°N,

10 纬度 × 30 经度 (从 30 °E 开始); 50—70 °N, 10 纬度 × 40 经度(从 40 °E 开始); 80 °N, 取 90 °; 180 °; 270 °; 360 °4 个格点. 通过计算得到 79 个特征向量(空间分布型)及相应的逐候变化的主成分值(时间序列), 选取占总方差百分比比较大的且稳定的特征向量作为基本空间分布型, 由主成分具有较大正(负)值相对应的候平均高度场进行平均, 可得到不同环流型的合成图.

三、遥 相 关

图 1(a)是夏季北半球候平均 500hPa 高度场相关统计分析中得到的两个最强分布类

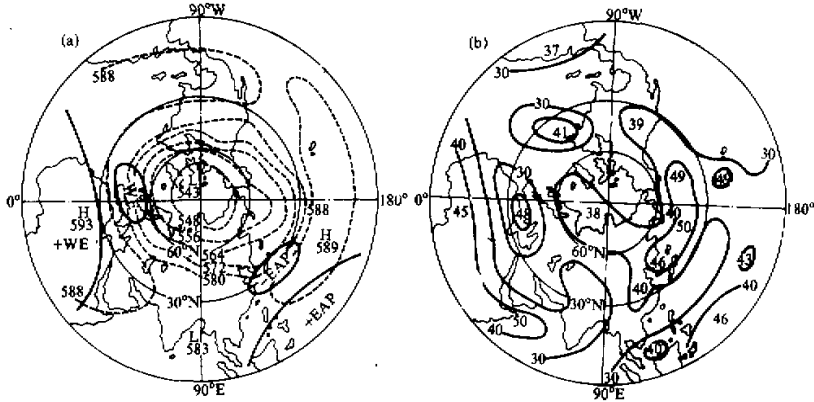


图 1 北半球夏季候平均 500hPa 高度场主要的同时相关型示意图

- (a) 实线包围的区域表示在相关统计分析中得到的两个最强的分布类型中心:
EAP —— 东亚太平洋型; WE —— 西欧型. 虚线是北半球夏季 500hPa 平均高度场.
- (b) 遥相关性图(图中遥相关性值已乘以 100, 只给出超过 30 的等值线, 等值线间隔为 10).

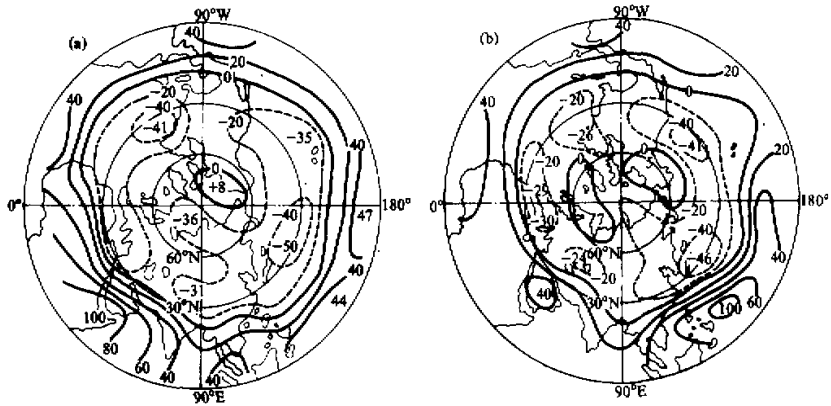


图 2 夏季候平均 500hPa 高度场一点相关图

- (a) 基点在 15 °N, 45 °E; (b) 基点在 15 °N, 135 °E. 图中相关系数已乘以 100, 等值线间隔为 20.

型中心的示意图. 图 1(b)是由 10 年夏季 180 个候平均高度场资料计算出的每个格点遥相关性值的分布图, 图中西亚低纬、太平洋中部、大西洋各有一个很强的遥相关中心, 其值为 50、50 和 41. 图 2(a)是相应的一点相关图(基点在 15°N , 45°E), 从图中可以看出, 在太平洋中部 45°N , 165°E 和西大西洋 45°N , 60°W 各有一个强的负相关中心(数值分别为 -50 和 -41), 这两个负相关中心和基点对于极点近似对称, 且等值线沿纬向均匀分布, 是一种明显的振荡, 定义为西亚-太平洋-大西洋涛动, 可能是一种驻波的作用.

在东亚菲律宾东部地区和中国东部到日本附近还有两个遥相关性值为 46 的强相关中心. 图 2(b)是以 15°N , 135°E 为基点的一点相关图. 从图中看出, 中国东部到日本附近有数值为 -46 的强负相关中心, 反映了菲律宾东部洋面热源强迫异常激发的行星波在球面上频散的传播途径. 这个遥相关型定义为东亚太平洋型(EAP), 与文献 [2] 中提出的月平均高度场的东亚太平洋型相似. 另外在北非和西欧地区还有一对互为负相关的遥相关中心(遥相关性值为 45 和 48), 这个遥相关型称为西欧型(WE).

从以上分析可知, 北半球夏季 500hPa 候平均高度场存在两种明显的遥相关型: 东亚太平洋型和西欧型. 它的物理机制与冬季候平均高度场遥相关有所不同^[1,3,7], 夏季遥相关型主要由于低纬热源(以亚洲夏季风区为主)强迫激发的行星波在球面上向中高纬地区传播引起(通过较强的经圈环流), 反映了热带环流对中高纬环流的作用^[2,4]. 图 1(b)与文献 [3] 中遥相关性图比较, 可知夏季遥相关性值比冬季小, 这是因为冬季遥相关型主要由中纬西风区正压 Rossby 波在球面上的传播引起, 发生在热带外地区; 而夏季遥相关型主要为低纬热源强迫激发的准定常行星波向中纬地区传播引起, 不仅在纬向传播, 而且在低纬地区还有经向传播, 即中低纬环流之间还有复杂的联系. 总之, 夏季 500hPa 候平均高度场的遥相关型表现为低纬与分布在整个半球的中纬地区的遥相关联系, 并以亚洲夏季风区与半球其它地区的遥相关联系最为突出. 它反映了夏季中低纬环流之间的联系. 而冬季遥相关型则以纬向负遥相关更占主导地位.

四、环流特征

下面对北半球夏季 500hPa 候平均高度场进行主成分分析(PCA)^[9], 讨论环流的时空分布特征. 主成分分析是对具有随机干扰的气象场提取主要信号特征, 排除随机干扰的统计分析方法. 它可以用较少的变量尽可能地反映原来变量的信息. 其中特征向量与样本长度有关, 稳定的特征向量反映气象场存在的主要空间分布型. 在北半球范围内取分布均匀的 79 个格点, 用 10 年夏季 180 个候的资料进行主成分分析, 结果见表 1 和图 3. 表 1 是主成分分析前 5 个特征值和分量所表达的方差百分比. 图 3(a)、(b)是第一、二特征向量的空间分布, 图中右上角百分数为占总方差的百分比.

从表 1 可见, 第一、二特征向量分别占总方差的 19.4% 和 10.5%, 其余的都小于 5%. 用向量夹角余弦的绝对值考察特征向量的稳定性. 表 2 是不同样本长度($n=180$, $n_1=144$, $n_2=108$) 计算得到的前三个特征向量之间夹角余弦的绝对值. 从表中可知前两个特征向量夹角余弦的绝对值大于 0.95, 具有较好的稳定性. 因此夏季北半球 500hPa 候平均高度场存在如图 3 所示的两种基本空间分布型.

表 1 主成分分析前 5 个特征值和分量表达的方差百分比

j	1	2	3	4	5
λ_j	15.31	8.28	3.34	3.13	3.09
$\lambda_j/79.0\%$	19.4	10.5	4.2	4.0	3.9

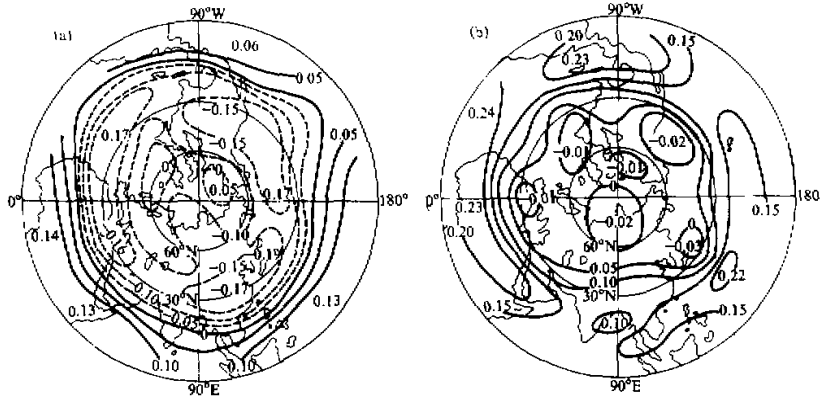


图3 北半球夏季正规化候平均500hPa高度特征向量空间分布
(a) 第一特征向量, (b) 第二特征向量。图中等值线间隔为0.05。

表 2 不同样本长度特征向量间夹角余弦的绝对值

序号	样本长度	n 和 n_1 间	n 和 n_2 间
		1	0.99182
2	0.98362	0.95450	
3	0.67262	0.38708	

1. 特征向量的空间分布型

第一特征向量的空间分布具有如下特点: 等值线呈纬向分布, 热带和副热带变化方向与中高纬相反。北半球低纬地区有3个正极值中心, 分别位于菲律宾附近、西亚和北非附近; 中纬地区有6个负极值中心, 分别位于中国东部、日本东部、太平洋东部、北美、大西洋和西亚。它们的数值均较大(绝对值大于0.10)。由此可推断, 低纬地区(特别是亚洲季风区)500hPa候平均高度的降低(升高)是与中纬500hPa候平均高度的升高(降低)相伴随的。这个空间分布型与上节得到的遥相关型一致, 特点是经向负遥相关型占主导地位, 反映了低纬度热源和经圈环流及副热带高压强度、位置的联系。第二特征向量的空间分布中低纬沿纬圈变化大, 中高纬数值很小, 低纬有5个数值较大的正极值中心, 分别位于北非、大西洋东部、加勒比海、菲律宾东部和孟加拉湾附近, 其中孟加拉湾附近的是极小值中心。中高纬地区有6个数值很小的负极值中心。以上分布特点表明第二特征向量反映了低纬非季节变化的环流型调整所引起的高度场的变化, 它可能与

ENSO 现象和 30—50 天低频振荡有关。

因此, 夏季北半球 500hPa 候平均高度场分布由以上两种分别以纬向均匀和纬向不均匀分布为主的空间分布型所决定。同时也表明上节归纳的遥相关型是 6—8 月 500hPa 高度场季节变化的反映, 这两个特征向量代表了入梅前和入梅后(或出梅后)的 500hPa 环流特征。

2. 环流异常的时间变化

图 4 是 10 年夏季(1980—1989)主成分值逐候变化曲线。由于资料中没有消除季节变化, 故第一主成分值(实线)的变化表示了纬向分布的各年季年变化的差异, 事实上反映了北半球副热带高压和经圈环流的季节变化, 主要与太阳辐射的季节变化和热源强迫引起的经向温度梯度变化有关。而第二主成分值(虚线)的变化主要表示低纬环流变化引起的 500hPa 候平均高度场沿纬圈分布的变化, 它反映了海表面温度沿纬圈分布(非均匀热源分布)和低纬环流系统之间复杂的非线性相互作用的结果。将第二主成分值大于等于 3.0 和小于等于 -3.0 的候平均高度场进行平均得到环流异常合成图(图 5)。

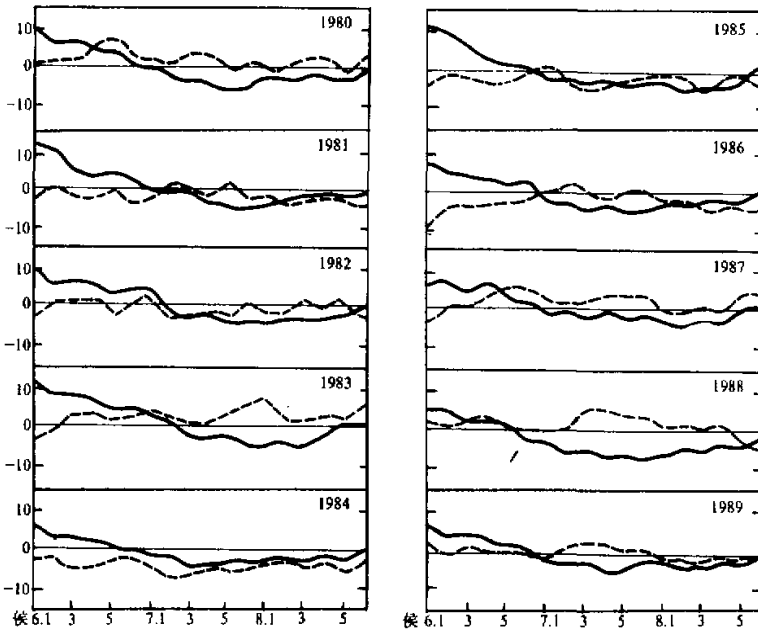


图 4 夏季北半球 500hPa 候平均高度场主成分逐候变化曲线

实线: 第一主成分, 虚线: 第二主成分。

图 5 呈现了两种完全不同的形势图: 图 5(a)中副热带高压呈带状分布, 强度偏强(主成分值大于等于 3.0), 而图 5(b)中副热带高压范围小, 强度偏弱, 东亚地区仅有一小的 588 线包围的闭合中心(主成分值小于等于 -3.0)。这两种形势对应着我国两种不同的候雨带分布和温度分布(以沿纬圈的分布为主)。从图 4 可看出, 主成分值的时间变化一般具

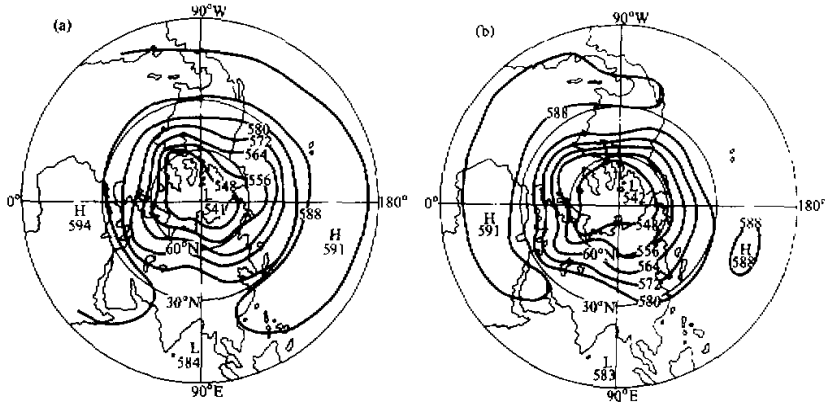


图 5 第二主成分所代表的两种环流型

(a) 主成分值大于等于 3.0, (b) 主成分值小于等于 -3.0. 等值线间隔为 8 dagpm.

有明显的持续性, 体现了环流中期演变的特点. 1980, 1982, 1987, 1989 年第一主成分值负值绝对值较小, 第二主成分值正值较大, 说明低纬加热引起较强的温度纬向差异, 副热带高压偏强且位置略为偏南, 印度季风较明显, 造成我国华北雨量偏少, 淮河流域和长江中下游地区出现洪涝, 梅雨偏强. 而 1981, 1984, 1985, 1986 年主成分变化趋势相反 (特别是第二主成分以负值为主), 因而引起相反的雨带分布和梅雨较弱. 1983 年 7 月 5—6 候和 1988 年 7 月 1—2 候第二主成分值逐候变化出现了较明显的突变, 且正值较大, 同时第一主成分值负值绝对值也较大, 因此北半球副热带高压强度突增, 位置略偏北、偏西, 雨带发生不稳定跳跃且降水强度大, 分布不均匀. 特别是 1988 年第二主成分值大于零的持续时间长, 引起我国江淮流域和江南地区罕见的持续高温少雨天气, 雨带维持在淮河以北. 理论研究表明: 低纬对流凝结加热的异常, 由于非线性相互作用, 经圈环流或副热带高压随着太阳辐射加热的季节变化可以发生季节性迁移的突变^[6]. 值得注意的是, 1983, 1988 年夏季正处于 ENSO 恢复阶段, 南方涛动指数从负值迅速向正值变化, 低纬海表面温度, 特别是西太平洋海表面温度变化剧烈, 可造成低纬对流凝结加热率明显增强, 从而引起经、纬圈环流的突变, 此时容易引起我国雨带的不稳定跳跃.

五、结 论

(1) 北半球夏季 500hPa 候平均高度场存在两种明显的遥相关型: 东亚太平洋型和西欧型. 它反映了由热带对流凝结加热异常激起的向热带外地区传播的准定常行星波的异常. 夏季 500hPa 候平均高度场遥相关型以亚洲夏季风区与半球其它地区的遥相关联系为主. 同时 500hPa 候平均高度场还存在明显的西亚—太平洋—大西洋振荡, 它反映了纬向高度场的涛动, 可能是一种驻波的作用.

(2) 对北半球夏季 500hPa 候平均高度场进行主成分分析, 得到两个稳定的特征向

量的空间分布型,第一型占总方差的 19.4%,其等值线以沿纬向分布为主,低纬变化方向与中高纬相反,变化中心分布与遥相关型分布相似,它是低纬热源强迫引起的经圈环流和副热带高压强度、位置随太阳辐射的季节变化在高度场上的反映。第二型占总方差的 10.5%,其等值线以沿经向分布为主,低纬地区沿纬圈的变化率较大,中高纬不明显,反映了低纬不均匀沿纬圈热源强迫引起纬圈环流异常的非季节变化对高度场的作用,它可能与 ENSO 现象及热带大气的 30—50 天低频振荡有关。

(3)第一、二主成分值逐候变化一般有持续性变化的特点,它显示了大型环流的季节变化和中期变化趋势,主成分值的突变对应着经圈环流、纬圈环流和副热带高压的季节突变和季节内的环流调整,它是在一定强度的热源强迫下通过非线性相互作用而引起。

参 考 文 献

- [1] 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.
- [2] 黄荣辉, 1990, 引起我国夏季旱涝的东亚大气环流异常遥相关及其物理机制的研究, *大气科学*, **14**, No.1, 108—117.
- [3] 陶祖钰、郭炜, 1989, 冬季 500hPa 候平均高度场的遥相关, *气象学报*, **47**, No.4, 488—492.
- [4] Hoskins, B., R. Pearce. [英], 1987, 大气中大尺度动力过程(中译本), 气象出版社.
- [5] 方开泰, 1989, 实用多元统计分析, 华东师范大学出版社, 291—312.
- [6] 余志豪、郑维忠, 1988, ITCZ 的季节突变, *大气科学*, **12**, No. 4, 357—364.
- [7] 黄荣辉, 1986, 冬季低纬度热源异常对北半球大气环流影响的物理机制, *中国科学 B 辑*, No.1, 91—103.

Teleconnections and Features of Circulation in the Pentad Mean 500hPa Height Field During the Northern Hemisphere Summer

Yang Qiuming

(Jiangsu Meteorological Observatory, Nanjing 210008)

Abstract

In this paper, the teleconnections of the pentad mean of 500hPa height field during the Northern Hemisphere summer are analysed based on data of ten years (1980—1989). Two teleconnection patterns (Eastern Asia/Pacific (BAP) and Western Burasia (WE) pattern) and Western Asia/Pacific/Atlantic oscillation are found. The spatial and temporal distribution of the general circulation at 500hPa in summer is studied by the method of principal component analysis.

Key words: Pentad mean height field; Summer; Teleconnections; General circulation features