

7 月北半球 500hPa 高度场的遥相关结构及其特点

王 盘 兴 贾 淑 静

(南京气象学院气象学系, 南京 210044)

摘 要 用斜交模态方案分析了 7 月北半球 500hPa 高度场的遥相关结构, 得到了一系列遥相关型。与同期 100hPa 高度场、海平面气压场的遥相关结构分析结果相比较, 其收敛速度慢、主要遥相关联系弱、且所在位置也有明显差异。
关键词 斜交模态方案, 北半球, 高度场, 遥相关结构, 层际差异
分类号 p434

经典的遥相关研究^[1,2]侧重于冬季对流层中、下部月平均气压场年际异常的负遥相关联系的研究。所使用的基本方法, 主要是用一点相关图对同时线性相关系数矩阵作分析。文献 [3, *] 提出了基于经验正交函数方法, 分析气象要素场遥相关结构的两种方案(斜交模态和正交模态方案); 一些分析工作^[4~6]表明, 对于范围涉及高、中、低纬的要素场遥相关结构, 斜交模态方案可均匀显示行星尺度遥相关联系。

在文献 [5, 6] 中, 已用斜交模态方案对 7 月北半球 100hPa 高度场、海平面气压场的遥相关结构作了分析, 揭示了一系列有意义的遥相关联系。本文首先给出用斜交模态方案对 7 月北半球 500hPa 高度场遥相关结构的分析结果, 然后与同期 100hPa 高度场、海平面气压场遥相关结构分析结果作比较, 以揭示 7 月北半球定常波异常空间特征在垂直方向上的差异。

1 方法和资料

本文使用的斜交模态方案的详细介绍, 请参考文献 [3, 4], 其要点可叙述如下。
对定义在 $s = 1 \sim n$ 个场点, $t = 1 \sim m$ 个时刻的分析样本

$$F = (F_{ij}) \quad \begin{matrix} i = 1, m \\ j = 1, n \end{matrix}$$

先求得其同时性(即时滞为 0)的线性相关系数矩阵

$$R = (R_{ij}) \quad \begin{matrix} i = 1, m \\ j = 1, n \end{matrix}$$

按斜交模态方案, R 可分解成若干个分量之和, 即

$$R = \sum_{k=1}^H R_k$$

其中, 分量 R_k 可由与之对应的 F (它是 F 的距平场时间序列) 的 EOF 分析所得特征向量 X_k

属国家自然科学基金资助项目
* 王盘兴, 高 智. 利用自然正交函数分解气象要素遥相关结构的演例. 气象教育与科技, 1987, (1): 9~14
收稿日期: 1996- 04- 01; 改回日期: 1996- 09- 13

的变换 X'_h (它被称为第 h 个斜交模式) 确定, 其关系式为

$$R_h = X'_h X_h^T \tag{1}$$

这里, X'_h 为 n 维列向量; 根据 (1) 式, R_h 的 s_1 行, s_2 列元素 $r_{s_1 s_2}$ (或 s_1 列, s_2 行元素 $r_{s_2 s_1}$) 与 X'_h 的元素 x'_{hs_1} 、 x'_{hs_2} 间的关系为

$$r_{hs_1 s_2} = x'_{hs_1} x'_{hs_2} \tag{2}$$

当 X_h 已按其特征值 λ_h 大小作降序排列后, 它相应的前几个 X'_h 可形象地给出最重要的遥相关结构分量 R_h 。这些遥相关结构分量在拟合 $\|R\|^2$ 中的误差由两个参数表示

$$e_h = \frac{\|R - R_h\|^2}{\|R\|^2}$$

它给出了单独由 R_h (即由 X'_h) 拟合 R 所产生的误差

$$E_h = \frac{\|R - \sum_{h'=1}^h R_{h'}\|^2}{\|R\|^2}$$

它给出了前 h 个 R_h (即由 X'_1 、 X'_2 、 $\cdots$ 、 X'_h) 联合拟合 R 所产生的误差。

7 月北半球 500hPa 高度场资料取自文献 [1], 资料年代为 1951~1980 年, 故 $t = 1 \sim 30$, 与文献 [4~6] 相同, 选择了一个包含 64 个格点的稀疏格点网 (如图 1a 小圆点所示), 它可均匀地覆盖整个北半球。

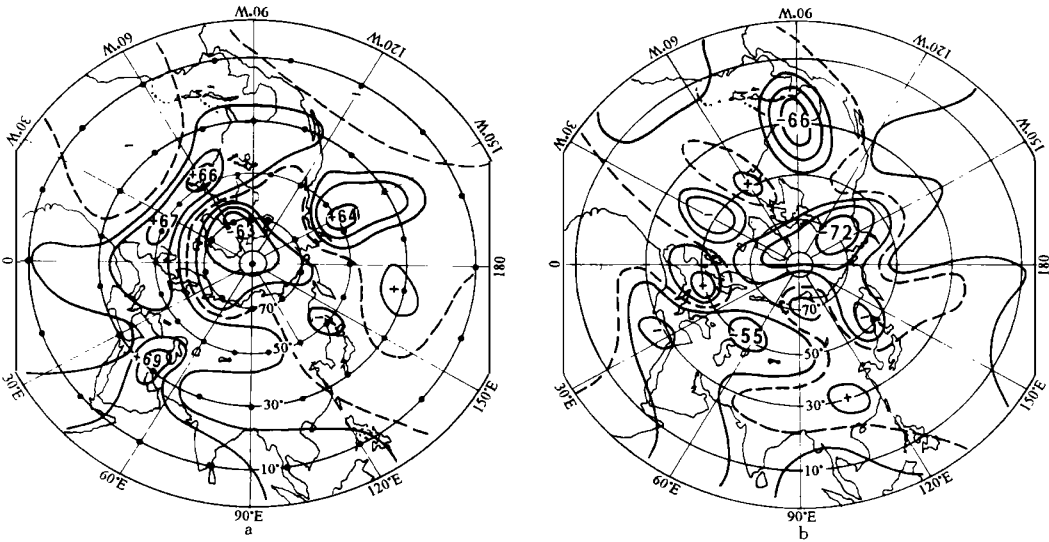


图 1 7 月北半球 500hPa 高度场斜交模式图

a. X'_1 b. X'_4

虚线为 x'_{hs} 零值线, 实线为 x'_{hs} 的非零等值线, 等值线间隔为 0.2

当自相关区中心的 $x'_{hs} \geq x'_{0.10}$ 时, 标出中心值, 否则只标出 + 或 -

Fig. 1 Oblique modes X'_1 (a) and X'_4 (b) of the 500 hPa height in Northern July

Zero (nonzero) lines of x'_{hs} is given by dashed (solid) lines,

contoured at 0.2. $x'_{hs} (\geq x'_{0.10})$ is labelled, or else only the sign (+ or -) is given

2 7 月北半球 500hPa 高度场遥相关结构分析

用斜交模态方案求得了 7 月北半球 500hPa 高度场的斜交模态, 前 10 个斜交模态对 $\mathbf{R}$ 模方(即 $\|\mathbf{R}\|^2$) 的拟合误差 e_h 、 E_h 见表 1。

表 1 7 月北半球 500hPa $\|\mathbf{R}\|^2$ 拟合误差 e_h 、 E_h
Table 1 July Northern 500 hPa $\|\mathbf{R}\|^2$ fitting errors e_h and E_h

	斜交模态序数									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
e_h	0.83	0.86	0.89	0.93	0.95	0.94	0.95	0.86	0.94	0.95
E_h	0.83	0.69	0.60	0.53	0.47	0.42	0.38	0.27	0.22	0.20

由表 1 的 E_h 知前 4~5 个 $\mathbf{R}_h$ 即可拟合 $\|\mathbf{R}\|^2$ 的 50%, 前 10 个 $\mathbf{R}_h$ 则可拟合 $\|\mathbf{R}\|^2$ 的 80%。且由表 1 的 e_h 知, 第 1, 2, 3, 8 个斜交模态较重要。

为了估计 $\mathbf{X}_h^i$ 给出的 $r_{hs_1s_2}$ 及样本相关系数 $r_{s_1s_2}$ 的显著性, 给出了 $m=30$ 时信度 α 所对应的
相关系数临界值 r 和模态分量临界值 x' (见表 2), 这里 $x' = \frac{r}{\sqrt{m}}$ 。表 2 中的 r 被用于判断
样本相关系数 $r_{s_1s_2}$ 和模态 $\mathbf{X}_h^i$ 给出的遥相关系数分量 $r_{hs_1s_2}$ 的显著性, 表 2 中的 x' 用于判断 s
点上由模态 $\mathbf{X}_h^i$ 给出的自相关系数分量 $r_{hs} (r_{hs} = x' \frac{\lambda}{\lambda_{hs}})$ 的显著性, 以确定强自相关区的范围。

表 2 不同信度条件下相关系数临界值 r 和模态分量临界值 x' ($m=30$)

Table 2 Critical correlation coefficient r and critical mode component x' at $m=30$

	0.10	0.05	0.01	0.001
r	0.3061	0.3610	0.4629	0.5703
x'	0.553	0.601	0.681	0.755

用表 2 给出的判据对前 10 个斜交模态进行分析, 确定有两个或两个以上信度达 0.10 的
强自相关区的模态有 $\mathbf{X}_1^1, \mathbf{X}_3^1, \mathbf{X}_4^1, \mathbf{X}_5^1, \mathbf{X}_8^1$ 。分析相应的模态图, 得到其上的强自相关区中心个
数、位置、强度及达到的信度 (表 3)。

由表 3 知, 5 个斜交模态上共出现 14 个强自相关区。其中 $\mathbf{X}_1^1$ 给出 5 个, $\mathbf{X}_4^1$ 给出 3 个, 其
余 3 个斜交模态均给出 2 个。信度达 0.01 的强自相关区有两个, 分别出现于 $\mathbf{X}_1^1$ 和 $\mathbf{X}_4^1$ 上。
 $\mathbf{X}_1^1, \mathbf{X}_4^1$ 是强自相关区个数多, 且信度高的斜交模态。按文献 [1], $\mathbf{X}_1^1$ 给出 10 对, $\mathbf{X}_4^1$ 给出 3
对, $\mathbf{X}_3^1, \mathbf{X}_5^1, \mathbf{X}_8^1$ 各给出 1 对模态遥相关联系。其中心之间的模态遥相关系数 $r_{hs_1s_2}$ 由 (2) 式确
定, 样本遥相关系数 $r_{s_1s_2}$ 则可由样本直接求得。由于 $\mathbf{X}_3^1, \mathbf{X}_5^1, \mathbf{X}_8^1$ 上强自相关区中心间的 $r_{s_1s_2}$ 均
未达信度 0.01, 故表 4 仅给出 $\mathbf{X}_1^1, \mathbf{X}_4^1$ 上 $r_{hs_1s_2}$ 与 $r_{s_1s_2}$ 的比较, 相应的模态由图 1 给出。

由表 4 可知, 共有 8 对样本遥相关系数达到了信度 0.10, 其中 7 对是由 $\mathbf{X}_1^1$ 给出的, 1 对
是由 $\mathbf{X}_4^1$ 给出的。将它们集中表示在一强配有 7 月多年平均 500hPa 高度场的图上, 就可得到
其主要遥相关联系综合图(图 2)。

综合图 2 结合表 4 可以看出, 7 月北半球 500hPa 高度场遥相关联系有以下特点: (1) 8 对
主要遥相关联系中, 有 5 对正相关, 3 对负相关; (2) 遥相关联系主要分布于西半球的中、高纬
度, 且控制范围较小; (3) 遥相关联系既非典型纬向型, 亦非典型经向型。

表 3 7 月北半球 500hPa 斜交模态 X^1_1 、 X^1_3 、 X^1_4 、 X^1_8 上强自相关区中心情况

Table 3 Information on strong autocorrelation centers of July Northern 500 hPa oblique modes X^1_1 , X^1_3 , X^1_4 , and X^1_8

模态	项目	强自相关区中心序数				
		1	2	3	4	5
X^1_1	位置	30 N, 50 E	50 N, 20 W	50 N, 60 W	50 N, 160 W	70 N, 70 W
	x^1_{hs}	0.694	0.671	0.664	0.638	- 0.626
		0.01	0.05	0.05	0.05	0.05
X^1_3	位置	70 N, 50 E	50 N, 180 °			
	x^1_{hs}	0.633	0.589			
		0.05	0.10			
X^1_4	位置	70 N, 150 W	30 N, 90 W	50 N, 60 E		
	x^1_{hs}	- 0.717	- 0.655	- 0.553		
		0.01	0.05	0.10		
X^1_5	位置	50 N, 40 E	70 N, 10 E			
	x^1_{hs}	- 0.649	0.553			
		0.05	0.10			
X^1_8	位置	50 N, 100 E	10 N, 20 E			
	x^1_{hs}	- 0.648	- 0.618			
		0.05	0.05			

表 4 7 月北半球 500hPa 高度场 X^1_1 、 X^1_4 上 $r_{hsr^2_2}$ 与 $r_{s_1s_2}$ 的比较

Table 4 $r_{hsr^2_2}$ versus $r_{s_1s_2}$ of modes X^1_1 and X^1_4 of the 500 hPa height in Northern July

模态	中心序数	$r_{hsr^2_2}$		$r_{s_1s_2}$	
X^1_1	1~2	0.466	0.01	0.476	0.01
	1~3	0.461	0.05	0.318	0.10
	1~4	0.443	0.05	0.543	0.01
	1~5	- 0.434	0.05	- 0.499	0.01
	2~3	0.446	0.05	0.279	
	2~4	0.428	0.05	0.414	0.05
	2~5	- 0.420	0.05	- 0.412	0.05
	3~4	0.424	0.05	0.240	
	3~4	- 0.416	0.05	- 0.574	0.01
	4~5	- 0.399	0.05	- 0.087	
X^1_4	2~3	0.362	0.05	0.647	0.01

3 7 月北半球高度(气压) 场遥相关结构随高度的变化

由图 3 可见, 7 月北半球海平面气压场遥相关联系有以下特点: (1) 共有 10 对主要遥相关联系, 其中 6 对负相关, 4 对正相关; (2) 遥相关联系主要集中于东半球的中、低纬度; (3) 遥相

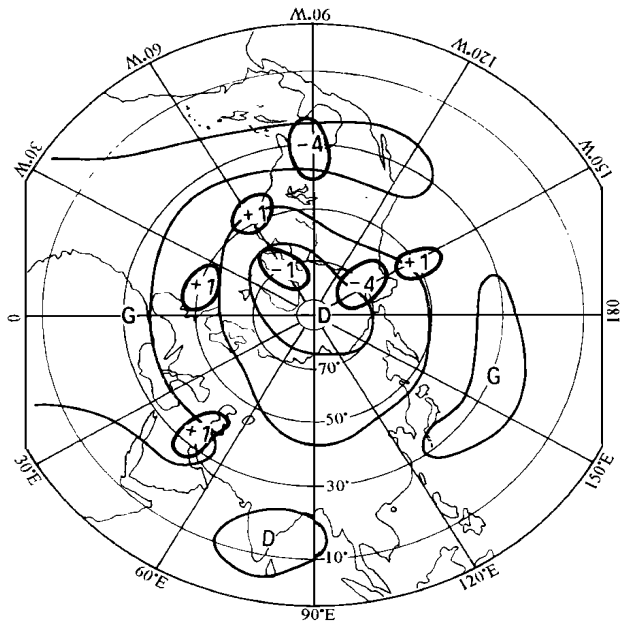


图2 7月北半球500hPa高度场主要遥相关联系综合图
细实线为7月500hPa多年平均高度场,
间隔为40gpm;粗实线为 $x'_h = \pm 0.6$

(即信度达到0.10的强自相关区边界);中心数字表示
自相关区所属模式的序数,符号用来确定遥相关联系性质

Fig. 2 Dominant teleconnection patterns (positive
or negative) of July Northern 500 hPa height

The long-term mean height is signified by thin solid
lines contoured at 40 gpm; $x'_h = \pm 0.6$

(i.e., the intense autocorrelation boundary reaching
0.10 significance) by heavy full lines.

Central digit shows the serial number of the mode for
the autocorrelation region and the sign indicates
the character of the teleconnection

关联系近似呈纬向型。而文献 [5] 中 7 月北半球 100hPa 气压场遥相关联系(图 3a)有以下特点: (1) 共有 6 对主要遥相关联系, 且全为正相关; (2) 遥相关联系主要分布于东半球的中、低纬度, 控制范围较大; (3) 遥相关结构的纬向对称性不明显。

比较以上三个高度上的 7 月北半球高度(气压)场遥相关结构的特点, 可以发现, 遥相关结构随高度有如下明显的变化。

(1) 遥相关联系的地理区域和性质随高度发生了变化: 在对流层下部和平流层底部, 遥相关联系集中分布于东半球中、低纬度, 而在对流层中部, 遥相关联系集中分布于西半球中、高纬度; 海平面气压场中表现出的西太平洋、印度地区及非洲低纬地区之间的负相关, 在 500hPa 气压场中完全消失, 而在 100hPa 气压场中转变为范围广阔的正相关。海平面气压场上, 遥相关联系的性质以负为主(6 负 4 正); 500hPa 高度场则以正为主(5 正 3 负); 而到了 100hPa 高度, 则全变为正(6 正)。

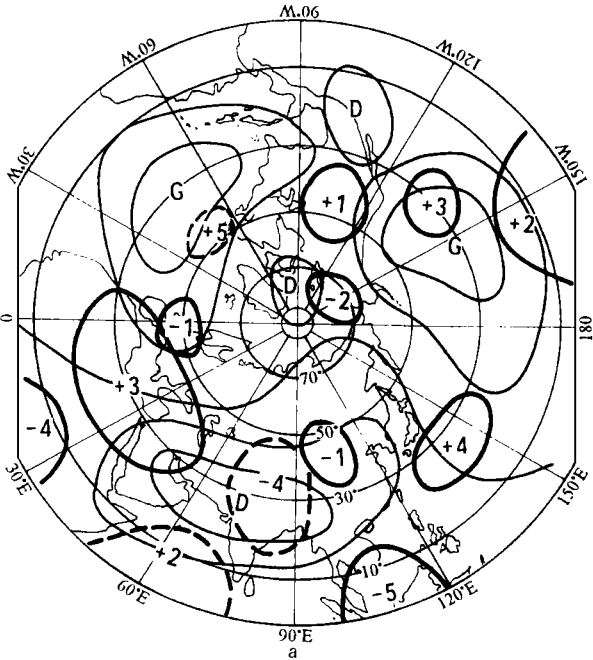


图 3 7 月北半球海平面气压场及遥相关联系图
细实线给出了相应的多年平均场; 其余同图 2

Fig. 32 Sea-level pressure and 100 hPa teleconnection patterns in Northern July,
with corresponding long-term means denoted by thin solid lines. Otherwise as in Fig. 2

(2) 遥相关联系强度随高度的变化: 海平面和 100hPa 遥相关联系的强度明显较 500hPa 强, 这可由表 5 提供的 100hPa 收敛速度最高、海平面次之、500hPa 最低清楚看出。可见, 夏季对流层中部环流的长期变化较对流层底部和平流层底部环流的变化更为复杂, 这与热带环流研究的一般结果^[8]相符合。

表 5 斜交模态对 $\|R\|^2$ 的单独拟合误差 e_h 和累积拟合误差 E_h

		模态序数 h							
		1	2	3	4	5	6	7	8
100hPa	e_h	0.27	0.90	0.94	0.95	0.98	0.98	0.98	0.99
	E_h	0.27	0.18	0.13	0.08	0.06	0.05	0.03	0.03
500hPa	e_h	0.83	0.86	0.89	0.93	0.95	0.94	0.95	0.96
	E_h	0.83	0.69	0.60	0.53	0.47	0.42	0.38	0.27
地面	e_h	0.77	0.82	0.85	0.91	0.90	0.95	0.96	0.96
	E_h	0.77	0.59	0.45	0.35	0.26	0.22	0.18	0.15

4 结 语

7 月北半球 500hPa 高度场遥相关结构, 与海平面和 100hPa 气压(高度)场遥相关联系相

比, 显得较弱, 且集中分布于西半球中、高纬度地区; 后者则较强, 且集中分布于东半球的中、低纬度地区。

参 考 文 献

1 Walker G T, Bliss E W. World weather V. Mem Roy Meteor Soc, 1932, 4: 53~84

2 Wallace J M, Gutzler D S. Teleconnections in the geopotential height field during the Northern Hemisphere winter. Mon Wea Rev, 1981, 109(4): 784~812

3 王盘兴. 利用自然正交函数分解气象要素场遥相关结构的两种方案. 气象科学, 1987, 7(1): 1~10

4 王盘兴, 高 智, 李长清. 北半球 1 月 500 百帕高度场遥相关结构的分析. 南京气象学院学报, 1986, 9(3): 217~227

5 王盘兴, 李长清, 高 智. 北半球 1 月和 7 月 100 百帕高度场遥相关结构的分析. 气象科学, 1988, 8(1): 56~65

6 王盘兴, 李培森. 北半球 1 月和 7 月海平面气压场遥相关结构的分析. 见: “长期天气预报理论、方法和资料库建立” 研究项目总课题组主编. 长期天气预报论文集. 北京: 气象出版社, 1990. 74~81

7 中央气象台. 1951~1980 年北半球 500 毫巴月平均高度及距平图. 北京: 气象出版社, 1982

8 阿特金森. 热带天气预报手册. 中国科学院大气物理研究所译. 上海: 上海人民出版社, 1974

JULY NORTHERN 500 hPa HEIGHT TELECONNECTION
STRUCTURE WITH ITS FEATURES

Wang Panxing Jia Shujing
(Department of Meteorology, NIM, Nanjing 210044)

Abstract The oblique mode scheme is used to examine the teleconnection structure of Northern 500hPa height in July, obtaining a group of teleconnection patterns. Compared to the analyses of 100 hPa height and sea-level pressure fields in this month, its convergent speed is slow, the leading teleconnections are weak and their geographical positions differ greatly from those of the others.

Keywords oblique mode scheme, northern hemisphere, 500 hPa height, teleconnection structure, interlayer difference