

全球大气位势高度场气候变率的球函数分析*

闫巨盛¹⁾ 王盘兴¹⁾ 段明铿¹⁾ 李巧萍²⁾ 叶玲萍³⁾

¹⁾(南京信息工程大学大气科学系, 南京 210044)

²⁾(国家气候中心, 北京 100081) ³⁾(浙江省台州市椒江区气象局, 台州 318000)

摘要

为了研究全球大气位势高度场的气候变率,利用 NCEP/NCAR 再分析资料,按照距平高度场平均强度指数 (I_a) 分析发现,半球距平高度场强度呈年单周振荡,冬大夏小,冬季随高度单调增大,夏季有弱高、低值中心出现,而北、南半球的差异明显表现在季节变化上;进一步根据半球大气位势高度距平场球函数谱低维、低阶的基本特征,将半球环流异常分为半球均匀异常 (H_{00})、纬向均匀异常 (H_0)、超长波尺度异常 (H_{00}) 和长波尺度异常 (H_1) 4 种类型,用波数域 $0 \leq m, k \leq 6$ 上的球函数系数资料求得它们的方差贡献,给出了 4 类异常的方差贡献随高度、季节变化的规律以及它们的半球际差异。由此得到异常环流球函数谱结构的总体特征为:对流、平流层之间存在明显变化。从对流层进入平流层,一般由超长波异常为主转为纬向均匀异常为主(冬半球)或半球均匀为主(夏半球);半球均匀异常在对流层中不重要,长波尺度异常在平流层中不重要,它们拟合异常方差一般均小于 10%;北、南半球最大差异表现在冬季平流层 R'_{00} 和冬、夏季对流层 R'_0 南半球大于北半球,冬、夏季对流层 R'_1 北半球大于南半球。

关键词: 全球大气;位势高度场;气候变率;球函数分析

引言

众所周知,在描述气候及其异常的常用参数中,气压(或位势高度)具有特别重要的意义^[1-3],因为在气压三维分布情况下,对大部分大气,可根据地转风、热成风关系相当准确地推知风和温度的三维分布。因而,对全球大气气压场的气候及其异常的分析,是大气环流研究及气候预测的重要基础。但是,直至 20 世纪 90 年代中期,可供上述分析的全球气压或位势高度场的资料仅限于 1000, 500, 100 hPa 等少数层次,且资料覆盖时段及产生方法不一,这影响了人们对全球大气气压场的气候及其异常的认识。90 年代后期, NCEP/NCAR 40 年大气资料再分析计划提供了 1958—1997 年 40 年全球 17 个等压面的逐月高度资料^[4,5],使分析成为可能。文献 [6-8] 在完成 500 hPa 气候和气候异常高度场强度及谱结构分析的过程中,给出了一套以半球高度场为直接分析对象的气候及其异常的分析方案。文献

[9] 已给出全球大气气候位势高度场时空结构的分析结果,本文简要给出其位势高度距平场时空结构的分析。

1 资料

本文使用两种形式的(1958—1997 年) NCEP/NCAR 全球 17 层月平均位势高度场再分析资料:

① 均匀矩形经纬格点网资料。该资料由 NCEP/NCAR 计划直接提供^[5],记为 $H(i, j, l; t_m, t_y)$, 其中 $i = 1 \sim 144, j = 0 \sim 72, l = 1 \sim 17; t_m = 1 \sim 12, t_y = 1 \sim 40$ 。 H 为月平均位势高度, i 和 j 为纬、经向点序,它们与经度、余纬关系为 $\lambda = i \times 2.5^\circ, \theta_j = j \times 2.5^\circ; l$ 为层序,自下而上依次为 1000, 925, 850, 700, 600, 500, 400, 300, 250, 200, 150, 100, 70, 50, 30, 20, 10 hPa; t_m, t_y 分别为月、年序。

② 球函数系数资料。该资料由文献 [9] 计算得到,记 t_y 年、 t_m 月、 P_l 层,北(南)半球偶开拓场 ${}_N H$ (${}_S H$) 的标准化球函数系数为 ${}_N A_n^m(l; t_m, t_y), {}_N B_n^m(l;$

* 国家自然科学基金重点课题“江淮梅雨的年际和年代变化规律及其机制研究”(40233037) 资助。

2005-03-23 收到, 2005-11-17 收到再改稿。

$t_m, t_y), {}_S A_n^m(l; t_m, t_y), {}_S B_n^m(l; t_m, t_y)$ 。这里, $A(B)$ 为余弦(正弦)球函数系数, 其左上角标 m 为纬向波数, $m=0 \sim 10$, 右下角标 n 为全波数, $(n-m)/2=0 \sim 10$; 左下标 N, S 为北、南半球标志。由文献[6, 9], 标准化球函数定义为

$$\begin{pmatrix} \tilde{Y}c_n^m \\ \tilde{Y}s_n^m \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \tilde{C}_m \\ \tilde{S}_m \end{pmatrix} \tilde{P}_n^m \quad (1)$$

式(1)中, $\tilde{Y}c_n^m, \tilde{Y}s_n^m$ 为标准化余弦(正弦)球函数, 定义域为 $\lambda \in [0, 2\pi], \theta \in [0, \pi]$; \tilde{C}_m, \tilde{S}_m 是纬向波数为 m 的标准化余弦(正弦)函数, 定义域为 $\lambda \in [0, 2\pi]$; \tilde{P}_n^m 是参数为 m, n 的标准化缔合勒让德函数, 定义域为 $\theta \in [0, \pi]$ 。而由文献[6, 9], 标准化均指模的平方(简称模方)为 1。

2 分析方案

以半球、某月、某层偶开拓至全球的高度场 $H_N H_S$ (以下略去下标为 N, S) 为例, 按文献[10]作时域上的环流分解

$$H(t_y) = \overline{H} + H'(t_y), t_y = 1, \dots, T_y \quad (2)$$

式(2)中, $\overline{H} = \sum_{t_y=1}^{T_y} H(t_y) / T_y$ 是多年平均高度场(即气候高度场), T_y 是总年数, 而

$$H'(t_y) = H(t_y) - \overline{H}, t_y = 1, \dots, T_y \quad (3)$$

是高度距平场序列。

2.1 高度距平场强度指数

根据文献[11]的定义, 引入 t_y 年半球高度距平场强度指数为 $I_a(t_y)$ 和对应气候值(多年平均距平场强度) I_a , 它们分别是 t_y 年 H' 的空域均方差和 H' 的时空域上的均方差, 与 H' 有相同单位(本文取 gpm), 是高度简约的环流指数。

2.2 高度距平场球函数分析

由文献[9]球函数分析知, 式(3)中 $H'(t_y)$ 可分解为

$$H'(t_y) = \sum_{m=0}^{\infty} \sum_{n=m}^{\infty} A'_n{}^m(t_y) \tilde{Y}c_n^m + B'_n{}^m(t_y) \tilde{Y}s_n^m \quad (4)$$

称

$$H'(t_y)_n^m = A'_n{}^m(t_y) \tilde{Y}c_n^m + B'_n{}^m(t_y) \tilde{Y}s_n^m \quad (5)$$

为一个球函数分量。利用偶开拓性质, 引入 $k = (n-m)/2$, 可将 $H'(t_y)_n^m$ 改写为 $H'(t_y)_k^m$, 并将 $H'(t_y)_k^m$ 改写为 $H'(t_y)_{m,k}$, 则式(4)改写为

$$H'(t_y) = \sum_{m=0}^{\infty} \sum_{k=0}^{\infty} H'(t_y)_{m,k} \quad (6)$$

由式(1)的标准化球函数定义及球函数的正交性, 得 $H'(t_y)_{m,k}$ 的方差为

$$S'(t_y)_{m,k} = A^2(t_y)_{m,k} + B^2(t_y)_{m,k} \quad (7)$$

对 $H'(t_y)$ 的方差贡献为

$$r'(t_y)_{m,k} = S'(t_y)_{m,k} / S'(t_y) \quad (8)$$

式中, $S'(t_y) = \|H'(t_y)\|^2$, 是 $H'(t_y)$ 的总方差; 显然, $r'(t_y)_{m,k}$ 是参数为 m, k 的球函数在拟合 $H'(t_y)$ 模方中的贡献相对大小的度量。

类似地, 对距平场集式(3), 有分量总方差

$$\begin{aligned} S'_{m,k} &= \sum_{t_y=1}^{T_y} S'(t_y)_{m,k} \\ &= \sum_{t_y=1}^{T_y} A^2(t_y)_{m,k} + B^2(t_y)_{m,k} \end{aligned} \quad (9)$$

及其对场集的总方差

$$S' = \sum_{t_y=1}^{T_y} S'(t_y) \quad (10)$$

的方差贡献

$$r'_{m,k} = S'_{m,k} / S' \quad (11)$$

为简明, 将 $m, k=0, \dots, 6$ 的球函数参数域分作如图 1 所示 4 类: ① H'_{00} : 它仅由一个半球均匀的球函数分量构成, 描述半球均匀的等压面升降异常; ② H'_0 : 它由 $m=0, k=1, \dots, 6$ 六个纬向均匀的球函数分量构成, 描述纬向均匀带状环流的异常; ③ H'_{ul} : 由 $m=1, \dots, 3, k=0, \dots, 3$ 十二个超长波尺度的纬向非均匀球函数分量构成, 描述超长波尺度环流异常; ④ H'_l : 它由除上述 3 类之外的球函数分量构成, 描述长波尺度环流异常。

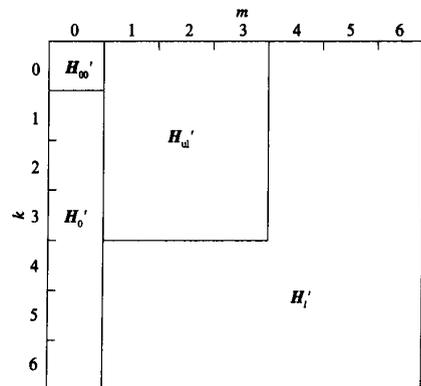


图 1 波数域上的球函数分类

利用式(8),可定义 $H'(t_y)$ 的 4 类方差贡献:

$$\begin{aligned}
 R'_{00}(t_y) &= r'(t_y)_{0,0} \\
 R'_0(t_y) &= \sum_{k=1}^6 r'(t_y)_{0,k} \\
 R'_{ul}(t_y) &= \sum_{m=1}^3 \sum_{k=0}^3 r'(t_y)_{m,k} \\
 R'_l(t_y) &= \sum_{m=1}^6 \sum_{k=0}^6 r'(t_y)_{m,k} - R'_{ul}(t_y)
 \end{aligned}
 \tag{12}$$

$R'_{00}(t_y)$, $R'_0(t_y)$, $R'_{ul}(t_y)$, $R'_l(t_y)$ 分别表示 t_y 年半球均匀异常环流、纬向均匀异常环流、超长波尺度异常环流、长波尺度异常环流的方差贡献。

利用式(11),可定义距平场集 $\{H'(t_y), t_y = 1, \dots, T_y\}$ 相应的 4 类方差贡献:

$$\begin{aligned}
 R'_{00} &= r'_{0,0} \\
 R'_0 &= \sum_{k=1}^6 r'_{0,k} \\
 R'_{ul} &= \sum_{m=1}^3 \sum_{k=0}^3 r'_{m,k} \\
 R'_l &= \sum_{m=1}^6 \sum_{k=0}^6 r'_{m,k} - R'_{ul}
 \end{aligned}
 \tag{13}$$

本文主要根据 I_a 和式(13)的 R'_{00} , R'_0 , R'_{ul} 及

R'_l ,从气候角度研究半球位势高度距平场的特征,包括它们随高度、季节的变化,以及这种变化的北、南半球差异。

3 半球高度距平场总体特征分析

这里,通过 I_a 分析半球高度距平场强度随高度、季节的变化,以及它们的半球际差异。通过对 $r'_{m,k}$ 分析半球高度距平场球函数谱结构的低维、低阶特征。因需对同一季节的半球际环流特征作比较,故下面涉及冬、春、夏、秋季,指北半球的 12 月—次年 2 月,3—5 月,6—8 月,9—11 月和南半球的 6—8 月,9—11 月,12 月—次年 2 月,3—5 月。

3.1 I_a 随高度、季节变化特征及半球差异

由图 2 可见:① I_a 呈年单周振荡,冬大夏小。② 由 I_a 的定义^[11],它一般随高度增高而增大;该特征在冬季十分明显,而夏季则不然,甚至在对流层顶附近(约 200 hPa)、低平流层^[12]上部(100~70 hPa)产生弱高、低值中心。③北、南半球的差异明显表现在季节变化上,南半球对流层 I_a 季节变化不如北半球大,平流层 I_a 极大(小)值出现滞后至春季(夏末秋初)。

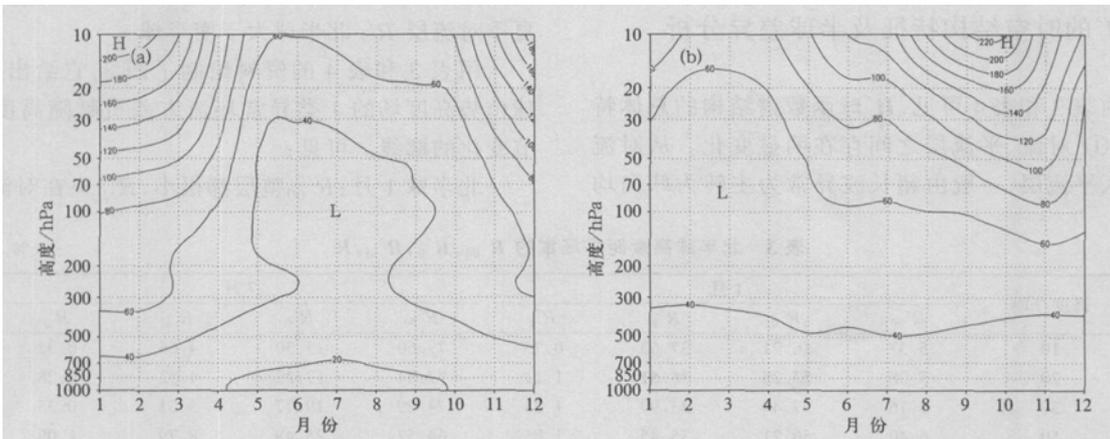


图 2 半球气候高度距平场的平均强度(I_a)时空剖面图(单位:gpm,等值线间隔 20 gpm)(a) 北半球,(b) 南半球

3.2 半球高度距平场的低维、低阶特征

文献[13]对北、南半球 500 hPa $\{H'(t_y), t_y = 1, \dots, T_y\}$ 的 $r'_{m,k}$ 进行分析时,设 $r'_{m,k} \geq 1\%$ 的球函数分量为其重要球函数分量,用 N_1 记重要球函数分量个数,用 N_2 记累积方差贡献达 90%的最重要的球函数分量个数。统计表明(表 1 和表 2), N_1 , N_2 相对于球函数分量总数(注:对本文所用资料

①,完全拟合半球偶开拓场的球函数分量总数应为 $73 \times 37 = 2701$ 个)均为小量(比值为 10^{-2} 量级);因此,距平场集是低维场集。

另外,对表 1 和表 2 涉及的全部重要球函数分量的 m, k 出现频数作了统计(结果从略)。分析表明,其出现频率随 m, k 增大迅速下降,较高的谱值连续分布在 $m, k \leq 6$ 较小的区域,故距平场集主要

表 1 北、南半球 1 月和 7 月高度距平场集的 N_1

高度/hPa	北半球		南半球	
	1月	7月	1月	7月
10	10	6	3	12
20	10	7	4	14
30	10	6	5	14
50	13	7	6	13
70	13	8	9	12
100	15	15	14	15
150	18	25	19	17
200	19	29	21	20
250	18	31	22	22
300	21	30	21	22
400	21	31	22	21
500	22	30	23	21
600	21	30	22	21
700	20	29	21	22
850	20	28	22	21
925	20	26	22	21
1000	20	22	22	21

表 2 北、南半球 1 月和 7 月高度距平场集的 N_2

高度/hPa	北半球		南半球	
	1月	7月	1月	7月
10	7	2	1	8
20	7	2	1	9
30	7	2	2	9
50	8	3	3	10
70	9	6	6	10
100	11	16	11	11
150	15	27	18	15
200	18	33	21	18
250	20	36	23	20
300	20	37	23	21
400	21	37	23	21
500	21	36	22	20
600	20	35	22	20
700	20	35	23	20
850	20	36	24	20
925	21	38	26	20
1000	23	41	27	22

要由低阶球函数分量构成。

因此,根据半球高度距平场的上述低维、低阶特征,在球函数波数域 $m \geq 0, k \leq 6$ 上,按本文第 2 章所给出的方案对半球高度距平场特征深入分析。

4 H' 的时空结构特征及半球差异分析

由表 3 和表 4 可见, H' 球函数谱结构的总体特征为:① 对流、平流层之间存在明显变化。从对流层进入平流层,一般由超长波异常为主转为纬向均

匀异常为主(冬半球)或半球均匀为主(夏半球);② 半球均匀异常在对流层中不重要,长波尺度异常在平流层中不重要,它们拟合异常方差一般均小于 10%;③ 北、南半球最大差异表现在冬季平流层 R'_{00} 和冬、夏季对流层 R'_0 南半球大于北半球,冬、夏季对流层 R'_1 北半球大于南半球。

用表 3 和表 4 的资料绘制了图 3,它给出了半球位势高度场的 4 类异常环流方差贡献随高度、季节变化的廓线。可见:

北半球 1 月: R'_{00} 整层都很小, R'_1 只在对流层

表 3 北半球高度距平场集的 $R'_{00}, R'_0, R'_{ul}, R'_1$ %

高度/hPa	1月				7月			
	R'_{00}	R'_0	R'_{ul}	R'_1	R'_{00}	R'_0	R'_{ul}	R'_1
10	5.37	56.21	37.63	0.75	79.60	15.30	4.66	0.32
20	5.08	57.25	36.51	1.11	77.84	17.22	4.52	0.28
30	5.16	57.44	35.99	1.34	74.29	19.77	5.51	0.35
50	6.40	56.21	35.45	1.85	64.52	25.48	8.79	1.09
70	8.37	52.94	35.97	2.60	58.96	24.69	13.24	2.87
100	8.76	47.06	39.19	4.75	47.77	19.11	23.03	9.02
150	7.40	38.20	43.67	10.06	24.98	16.86	31.52	22.58
200	5.59	29.97	47.49	15.71	15.16	14.68	32.08	31.79
250	4.15	24.75	50.05	19.39	10.97	13.83	31.50	36.31
300	3.28	22.63	51.38	20.87	9.20	14.11	31.27	37.67
400	2.45	22.17	52.50	21.01	8.23	15.17	32.19	37.08
500	2.03	23.39	52.65	20.20	8.43	15.95	33.46	35.42
600	1.79	24.99	52.46	19.09	8.78	16.47	35.25	33.21
700	1.56	26.78	52.19	17.79	9.16	16.96	37.56	30.46
850	1.29	28.97	52.25	15.58	9.88	17.46	40.94	26.08
925	1.19	29.08	52.45	15.11	9.62	17.64	42.26	24.46
1000	1.13	28.11	52.86	15.35	9.12	17.80	42.78	23.74

表 4 南半球高度距平场集的 R'_{00} , R'_0 , R'_{ul} , R'_l

高度/hPa	1月				7月				%
	R'_{00}	R'_0	R'_{ul}	R'_l	R'_{00}	R'_0	R'_{ul}	R'_l	
10	77.69	20.83	1.28	0.14	15.37	47.89	35.51	1.05	
20	72.27	24.80	2.62	0.22	16.72	40.88	40.94	1.28	
30	71.17	23.94	4.47	0.37	18.66	38.50	41.22	1.46	
50	64.82	25.34	8.59	1.17	23.52	34.74	39.66	1.94	
70	58.53	25.98	12.80	2.57	31.29	29.23	36.74	2.60	
100	44.31	29.25	19.57	6.39	30.45	27.01	37.68	4.64	
150	24.05	32.25	28.27	13.90	17.70	29.51	42.73	9.51	
200	15.47	31.04	32.01	19.28	11.78	28.39	45.61	13.30	
250	10.48	29.79	34.67	22.51	7.54	27.15	48.49	15.65	
300	7.69	29.62	36.05	23.90	5.05	26.87	50.28	16.50	
400	5.31	31.06	37.00	23.95	2.96	28.11	51.47	16.13	
500	4.65	32.31	37.60	23.04	2.01	30.21	51.38	15.13	
600	4.04	33.80	38.06	21.84	1.32	32.62	50.74	14.06	
700	3.52	34.89	38.51	20.71	0.99	34.36	50.12	13.22	
850	3.06	35.38	39.69	18.96	1.16	36.31	48.92	11.96	
925	2.95	35.15	40.16	18.35	1.45	36.07	48.52	11.88	
1000	2.95	34.24	40.56	18.33	1.67	34.94	48.39	12.27	

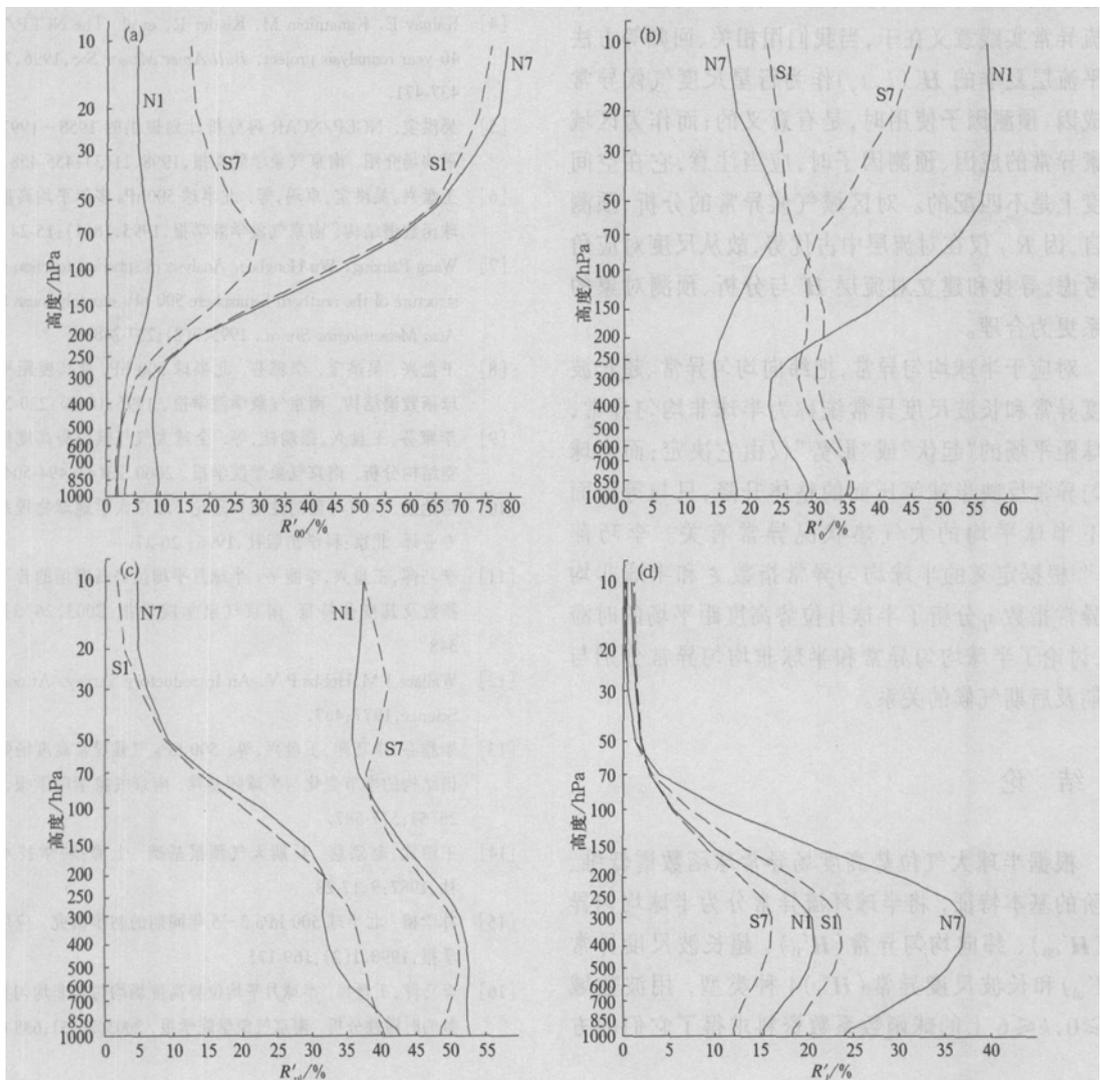


图 3 半球位势高度场异常环流方差贡献随高度和季节的变化 (a) 半球均匀异常, (b) 纬向均匀异常, (c) 超长波异常, (d) 长波异常 (N1, N7 (S1, S7) 分别表示北(南)半球 1 月和 7 月; 实线表示在北半球, 虚线表示在南半球)

较明显;整层以 R'_0 和 R'_{ul} 为主, R'_0 在平流层占主导地位, R'_{ul} 则在对流层占主导地位。7月: R'_{00} 在平流层中上层占主导地位, R'_0 次之; R'_{ul} 和 R'_l 则在对流层占主导地位,二者数值(重要性)相当。

南半球7月: R'_{00} 在对流层、 R'_l 在平流层很小;同北半球1月,整层以 R'_0 和 R'_{ul} 为主,不同的是 R'_{ul} 略占主导地位。1月:平流层特点同北半球7月,不同的是在对流层 R'_{ul} 和 R'_0 占主导地位,二者数值(重要性)相当。上述结果符合天气气候学的一般结论。

5 H' 的天气气候意义

一般认为^[14-15],导致月季尺度短期气候异常的直接原因是月季平均环流异常,而月季平均环流异常的形成在空间上具有全球性。本文所讨论的半球环流异常实践意义在于,当我们用相关、回归等方法将平流层夏季的 $H'(l, t_y)$ 作为行星尺度气候异常的成因、预测因子使用时,是有意义的;而作为区域要素异常的成因、预测因子时,应当注意,它在空间尺度上是不匹配的。对区域气候异常的分析、预测而言,因 R'_l 仅在对流层中占优势,故从尺度对应角度考虑,寻找和建立对流层 H' 与分析、预测对象的关系更为合理。

对应于半球均匀异常,把纬向均匀异常、超长波尺度异常和长波尺度异常统称为半球非均匀异常,半球距平场的“起伏”或“形势”仅由它决定;而半球均匀异常反映半球等压面的整体升降,只与等压面以下半球平均的大气热状况异常有关。李巧萍等^[16]根据定义的半球均匀异常指数 ξ 和半球非均匀异常指数 η 分析了半球月位势高度距平场的时滞性,讨论了半球均匀异常和半球非均匀异常分别与同期及后期气候的关系。

6 结论

根据半球大气位势高度场异常球函数谱低维、低阶的基本特征,将半球环流异常分为半球均匀异常(H'_{00})、纬向均匀异常(H'_0)、超长波尺度异常(H'_{ul})和长波尺度异常(H'_l)4种类型,用波数域 $m \geq 0, k \leq 6$ 上的球函数系数资料求得了它们的方

差贡献。给出了4类异常的方差贡献随高度、季节变化的规律,以及它们的半球际差异。所得结论,对气候异常成因分析和短期气候预测中合理使用位势高度场异常信息,有参考价值。

致谢:谨向国家自然科学基金委员会地球科学部南京信息工程大学大气资料服务中心及本研究使用资料的原提供单位:NOAA-CIRES Climate Diagnostics Center,致以深切谢意。福建省气象台李雅芬同志参加了本文的计算工作,在此也深表谢意。

参考文献

- [1] 章基嘉,高学杰.1891—1990年期间北半球大气环流和中国气候的变化.应用气象学报,1994,5(1):1-10.
- [2] 陈桂英,赵振国.短期气候预测评估方法和业务初估.应用气象学报,1998,9(2):178-185.
- [3] 李崇银,李桂龙,龙振夏.中国气候年代际变化的大气环流形势对比分析.应用气象学报,1999,10(增刊):1-8.
- [4] Kalnay E, Kanamitsu M, Kistler R, et al. The NCEP/NCAR 40-year reanalysis project. Bull Amer Meteor Soc, 1996, 77(3): 437-471.
- [5] 吴洪宝. NCEP/NCAR再分析计划提供的1958—1997年月平均场介绍.南京气象学院学报,1998,21(3):455-458.
- [6] 王盘兴,吴洪宝,卓玛,等.北半球500hPa多年平均高度场的球函数谱结构.南京气象学院学报,1995,18(1):15-24.
- [7] Wang Panxing, Wu Hongbao. Analysis of spherical function spectral structure of the northern hemisphere 500 hPa monthly mean height. Acta Meteorologica Sinica, 1995, 9(2): 237-248.
- [8] 王盘兴,吴洪宝,李雅芬.北半球500hPa月高度距平场的球函数谱结构.南京气象学院学报,1995,18(2):220-228.
- [9] 李雅芬,王盘兴,张瑞桂,等.全球大气气候位势高度场的时空结构分析.南京气象学院学报,2000,23(4):494-504.
- [10] 洛伦兹.大气环流的性质和理论.北京大学地球物理系气象专业译.北京:科学出版社,1996:26-27.
- [11] 李巧萍,王盘兴,李丽平.半球月平均位势高度场的若干环流指数及其变化特征.南京气象学院学报,2003,26(3):341-348.
- [12] Wallace J M, Hobbs P V. An Introductory Survey. Atmospheric Science, 1977:467.
- [13] 李雅芬,李巧萍,王盘兴,等.500hPa气候异常高度场强度及谱结构的季节变化与半球际差异.南京气象学院学报,2003,26(5):577-587.
- [14] 王绍武,赵宗慈.长期天气预报基础.上海:科学技术出版社,1987:9:17-28.
- [15] 林学椿.北半球500hPa3~5年同期的初步研究.应用气象学报,1990,1(2):169-175.
- [16] 李巧萍,王盘兴.半球月平均位势高度场均匀和非均匀异常指数的时滞性分析.南京气象学院学报,2003,26(5):638-645.

Analysis on Spherical Function Structures of Climatic Variability for Global Atmospheric Geopotential Height Fields

Yan Jusheng¹⁾ Wang Panxing¹⁾ Duan Mingkeng¹⁾ Li Qiaoping²⁾ Ye Lingping³⁾

¹⁾ (Department of Atmospheric Sciences, Nanjing University of Information Science & Technology, Nanjing 210044)

²⁾ (National Climate Center, Beijing 100081) ³⁾ (Jiaojiang District Meteorological Observatory, Taizhou 318000)

Abstract

The anomaly of height fields is set up based on the temporal decomposition of these fields, and even continuations from hemisphere to globe at certain level in certain month are made. During the study, two kinds of monthly averaged geopotential fields dataset is used, namely 2.5° by 2.5° resolution even rectangular grid data and spherical function coefficient data derived from 1958—1997 NCEP/NCAR reanalyzed geopotential height fields dataset. Firstly based on the previously defined intensity index of climate anomaly fields (I_a), it demonstrates the intensity variations of hemispheric anomaly fields at the different height and seasons, and the differences between Northern and Southern Hemisphere are also investigated. Then according to the low-dimension and low-order characteristics of the spherical function spectrum in the hemispherical geopotential height anomaly fields, hemispherical circulation anomaly is divided into four types: hemispherical homogeneous anomaly, zonal homogeneous anomaly, ultra-long and long wave scale anomaly. The corresponding variance contributions (R'_{00} , R'_0 , R'_{ul} , R'_l) are also calculated respectively by using spherical function coefficient data with the wave number of $m \geq 0$, $k \leq 6$. Finally the variations and their hemispheric differences of the four anomalies above as the function of height and seasons are discussed in detail.

The main results are as follows: ① I_a shows a yearly periodic oscillation and is stronger in winter than in summer. The index always increases with the height, especially in winter. However in summer I_a has a weak high (low) value center near the tropopause (the upper stratosphere) respectively. The difference between the two hemispheres is that the seasonal variation of I_a in the Southern is weaker than the Northern at the troposphere. ② For the spectral structure of the anomaly circulations, there are some obvious changes from the troposphere to the stratosphere. In the troposphere the ultra-long wave circulation is predominant. Hemispherical homogeneous anomaly (Long wave scale anomaly) is not important in the troposphere (stratosphere) respectively. ③ The characteristics of the variance contributions of the Northern Hemisphere can be concluded that in January, R'_{00} at all the levels are very little (less than 10%); R'_l is only significant in the troposphere; R'_0 and R'_{ul} predominate at all the levels, whereas R'_{ul} (R'_0) is more important in the troposphere (stratosphere), and in July, R'_{00} dominates in the medium and upper stratosphere; R'_0 takes second place; R'_{ul} and R'_l are predominant in the troposphere with equivalent magnitude. ④ For the Southern Hemisphere, in July, R'_{00} (R'_l) in the troposphere (stratosphere) is very little; just as the January's situation in the Northern Hemisphere, R'_0 and R'_{ul} are dominant through the atmosphere; R'_{ul} is a little larger. In January, the characteristics in the stratosphere are similar to July's situation in Northern Hemisphere. The difference is that R'_{ul} and R'_0 dominate through the troposphere with the comparable importance.

Key words: global atmosphere; geopotential height fields; climatic variability; spherical function analysis