

论大气环流的季节划分和季节突变

II. 个别年份的分析

张邦林 曾庆存

(中国科学院大气物理研究所, 北京 100080)

摘 要 根据本文第一部分提出的概念、理论和方法, 利用 ECMWF 客观分析的几个特定等压面上的位势高度场和东西风场资料, 计算和分析了个别年份 (1981 年) 北半球大气环流的季节变化, 尤其是对亚洲西太平洋地区季节突变进行了详细的研究。(1) 首先给出了 1981 年大气环流各季的一些基本特征。减去年平均后, 发现冬季和夏季环流型相反, 而春、秋季环流型则与冬季环流型几乎正交。(2) 计算了各候平均场偏差和典型的冬季偏差场 F_w 的相似性系数 $R_w(t)$, 分析它们的特征并加以比较, 结果是半球尺度的大气环流过渡季节 (春、秋) 虽然短些, 但突变性不很明显。(3) 为了研究与行星尺度相联系的南北向季节推移, 本文给出了纬圈平均偏差场的 $R_w(t)$ 分布, 发现在大多数纬度中, 对流层大气环流的季节变化都有突变性, 纬度越低, 春季来临越早, 秋季来临越迟。(4) 为了研究大气中行星波, 东西向环流结构的季节变化及调整, 本文给出了按经圈平均偏差场的 $R_w(t)$ 分布, 发现在低空和对流层高层及平流层低层季风区内季节突变十分显著, 鲜明地反映了季风环流和季节变化的关系。(5) 最后, 本文计算了北半球各个 $20^\circ \times 10^\circ$ 经纬距分区域中的 $R_w(t)$ 分布, 发现在许多分区域中, 季节突变都很明显, 尤其是在亚洲和西太平洋季风区里, 但突变的早晚随高度和区域而变, 即有时空四维结构。总之, 本文第一部分所提出的参数 $R_w(t)$ 及其他一些概念和方法确能很好地描述大气环流的季节变化及其突变性。

关键词 大气环流 季节 季节划分 季节突变

1 引言

大气环流具有季节变化, 一般是以冬季和夏季环流为两个基本态, 它们之间有很大或较大差异。而且, 季节变化在许多区域还具有跳跃性。例如, 叶笃正、陶诗言和李麦村^[1]就通过几个代表性经度上 1956 年 5~6 月和 9~10 月东西风纬度-气压剖面图系列的分析发现, 东亚上空西风急流中心位置有 6 月和 10 月两次最明显的突变, 在北半球其他区域大气环流在一定程度上也有跳跃性的转变; 曾庆存、梁信忠和张明华^[2]则用几个代表经度上 300 hPa 东西风和 500 hPa 位势高度的纬度-时间剖面图作了 1981 和 1982 年大气环流的季节突变分析, 发现东亚大陆以东至北美大陆, 以及热带至高纬, 大气环流的变化确有突变性, 这在高空急流、副高脊线和高空冷空气南界的变化上反映都比较明显。但是上述这些工作在较大程度上是建立在直观定性的基础上, 有时只有经验很丰富的人才能分析出有意义的结果。为了更加客观和定量地分析季节变化及

1996-06-03 收到, 1996-09-07 收到修改稿

其突变性, 在本文第一部分^[3], 我们已经定义了一组能客观定量地描述季节变化及其突变性的参数, 并对其性质进行了理论的分析。本文在此基础上利用 ECMWF 的 1981 年几个特定等压面上的候平均位势高度和纬向风资料计算这组描述季节变化及其突变性的参数, 重新分析 1981 年大气环流季节变化及其突变的规律。结果表明, 在本文第一部分所提出的概念及分析方法确能十分鲜明地刻画出大气环流的季节变化特征, 尤其是能十分清楚地表示出东亚季风区大气环流季节变化的突变性。

2 1981 年各季环流的特征

在分析季节变化之前, 我们首先叙述 1981 年北半球各季节, 特别是冬季和夏季的大气环流特征。我们取 1980 年 12 月至 1981 年 2 月和 1981 年 7~8 月平均的北半球 500 hPa 位势高度场, 用以表示对流层中部典型的冬季和夏季环流状况 (图略)。在这

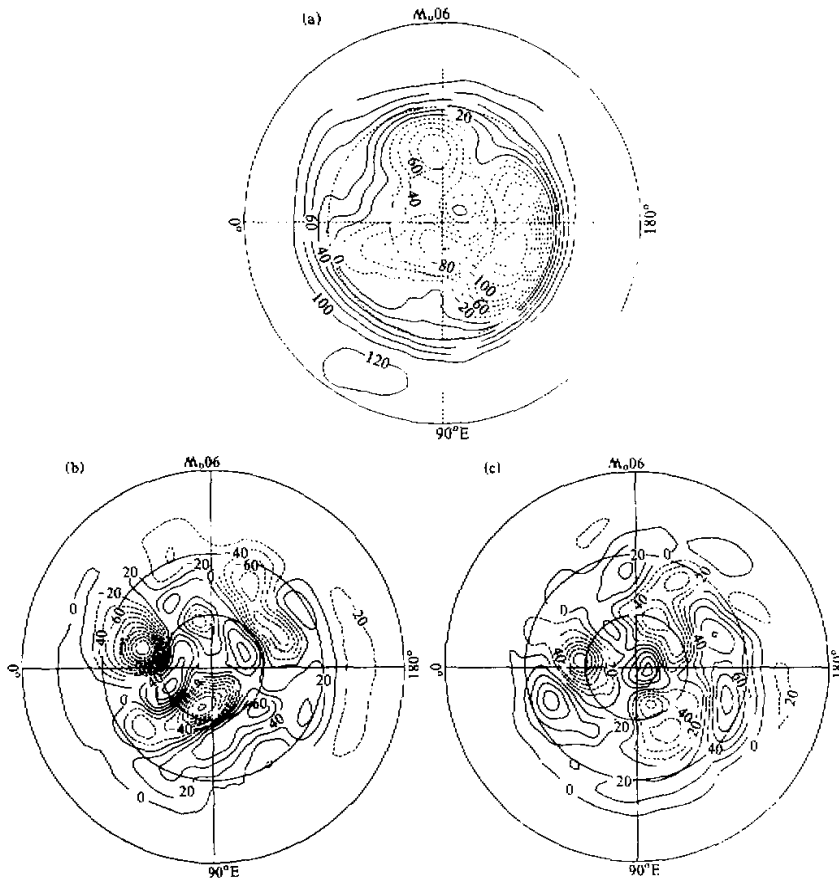


图1 1981 年北半球 500 hPa 位势高度典型冬季偏差场 (a), 春季偏差场 (b), 秋季偏差场 (c)
图中位势高度已消去空间平均值

些图上, 环绕极区都存在气旋式涡旋即极涡, 其中冬季有两个中心, 夏季只有一个中心; 中高纬度的西风基本气流上叠加着行星尺度的基本槽脊, 冬季呈三槽三脊, 3 个平均槽分别位于亚洲大陆的东岸、北美大陆的东岸和乌拉尔山以西的欧洲上空, 3 个平均脊分别位于阿拉斯加、西欧沿岸和贝加尔湖地区的经度上, 而夏季中高纬有 4 个强度不大的槽脊, 但在副热带地区则存在强大的副热带高压, 其强度和范围远比冬季显著; 副高脊线也有明显的季节性南北向位移。可见, 对流层中层冬夏环流之间有显著的差异。当然冬夏环流也有一定的相似性, 它代表大气环流的年平均状态。我们作过计算, 得出年平均和冬夏两季的平均即 $F^* = \frac{1}{2}(F_w + F_s)$ 很相似。为了突出季节变化, 我们计算偏差量 $F'_w = F_w - F^*$, $F'_s = F_s - F^* \equiv -F'_w$, $F'(\theta, \lambda, p, t) \equiv F(\theta, \lambda, p, t) - F^*$ 。按定义就可以知道冬季偏差 F'_w 和夏季偏差 F'_s 恰好反相, 故其相似系数为 -1, 图 1a~c 给出北半球 500 hPa 位势高度典型的冬季 (即 1980 年 12 月至 1981 年 2 月的平均场)、春季和秋季偏差场。由图可知, 冬季偏差场在中—低纬度地区为正值, 中—高纬度地区主要为负值区, 其中两个最强的负值中心分别位于太平洋北部并伸延至东亚大陆东岸, 以及北美大陆; 而在乌拉尔山以西的欧洲上空还有一个槽区; 此外有三个弱脊由低纬伸向中纬, 分别位于 (120°W, 70°E) (乌拉尔南部) 和北大西洋, 其中沿 120°W 者甚至延伸至阿拉斯加, 不过此脊很狭。典型春季偏差场和秋季偏差场则以正负值相间的波状结构为主。经比较可发现, 典型的冬季场与春季场以及典型冬季场与秋季场之间几乎是相互正交的, 其相似系数近于 0。

图 2a、b 给出 1981 年北半球 1000 hPa 位势高度典型冬季场和典型夏季场分布。由图可见, 冬、夏环流的差异非常显著: 在大陆上和海洋上冬夏系统几乎完全相反, 高的成了低的, 低的成了高的。我们还绘制了 1981 年北半球 200 hPa 纬向风典型的冬季场和夏季场分布图 (图略), 可见冬夏环流之间也有较明显的季节性差异, 冬季急流中心位于 (30°N, 160°E) 附近, 而在夏季则向西向北偏移了许多; 在赤道附近的最大东风中心也由冬季的 140°E 附近西移到夏季的 60°E 附近。

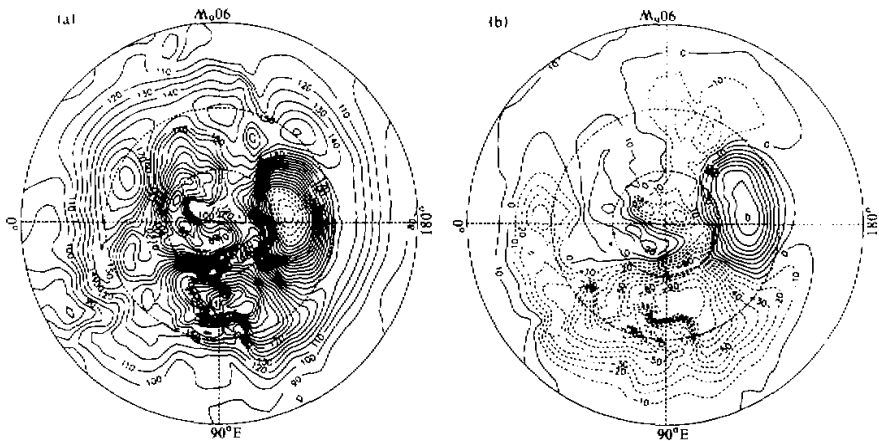


图 2 1981 年北半球 1000 hPa 位势高度典型冬季场 (a) 和典型夏季场 (b)

3 半球尺度大区域的平均季节变化

从本节开始,我们将利用文献[3]中定义参数 $R_w(t)$ 来研究大气环流的季节变化及其突变性。为了消除季节内小尺度振荡,对所用 1981 年 ECMWF 的候平均资料作时间平滑滤波处理,滤波函数取为

$$\hat{F}'(t) = \frac{3}{8} \left\{ F'(t) + \frac{1}{2} [F'(t+1) + F'(t-1)] + \frac{1}{3} [F'(t+2) + F'(t-2)] \right\}, \quad (1)$$

然后把 $\hat{F}'$ 算作每天的场 $F'(t)$,由此计算 $R_w(t)$,并取冬季典型场为 1 月、2 月和 12 月的平均值。夏季典型场为 7 月和 8 月的平均值。

$$R_w(p, t) = \frac{1}{S} \iint_S F'(\theta, \lambda, p, t) F'_w(\theta, \lambda, p) dS / \|F'\| \cdot \|F'_w\|, \quad (2)$$

其中 S 为我们所研究的平均区域, $\|F'\|$ 和 $\|F'_w\|$ 分别为 F' 和 F'_w 的范数(见文献[3])。

我们计算了对整个北半球($0 \sim 90^\circ\text{N}$, $0^\circ\text{E} \sim 180^\circ \sim 0^\circ\text{W}$)和亚洲西太平洋地区($0 \sim 90^\circ\text{N}$, $60 \sim 180^\circ\text{E}$)这两个半球尺度大区域中 200 hPa 风场的 $R_w(t)$ 分布。由计算得知,对整个北半球区域,4 月第 1 候起 $R_w(t) < 0.5$,春季开始;6 月第 5 候起 $R_w(t) \leq -0.5$,夏季开始;9 月第 6 候起 $R_w(t) > -0.5$,秋季开始;11 月第 2 候起 $R_w(t) \geq 0.5$,冬季开始;因此春季的过渡时间为 16 个候,秋季的过渡时间为 8 个候。而亚洲至太平洋地区,4 月第 4 候,春季开始,夏季开始的时间为 6 月第 4 候;10 月第 1 候秋季开始,冬季开始的时间是 11 月第 2 候;即春季过渡时间为 12 个候,秋季过渡时间为 7 个候。所以无论整个北半球区域,或仅是亚洲西太平洋地区都是春季过渡时间长,秋季过渡时间短。就区域来讲,又是亚洲西太平洋地区的春季、秋季过渡时间较短。

图 3a、b 则是上述两个半球尺度大区域 500 hPa 位势高度场的 $R_w(t)$ 分布。由图可知,在整个北半球区域,4 月第 2 候春季开始,6 月第 2 候夏季开始,9 月第 5 候秋季开始,11 月第 1 候进入冬季;春季的过渡时间为 12 个候,秋季时间为 8 个候。对亚洲太平洋区域,春季开始时间是 4 月第 5 候,夏季开始时间是 6 月第 1 候,秋季开始时间是 9 月第 5 候,冬季开始时间是 11 月第 1 候;春季过渡时间 8 个候,秋季过渡时间也为 8 个候。可见,也是亚洲西太平洋区域的春季时间短于整个北半球平均的春季时间。

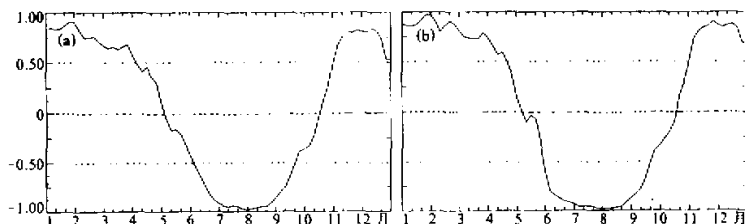


图 3 1981 年行星尺度中为 500 hPa 位势高度场的 $R_w(t)$ 分布
(a) 北半球, (b) 亚洲及西太平洋区域 ($0 \sim 90^\circ\text{N}$, $60 \sim 180^\circ\text{E}$)

我们还计算了上述两个半球尺度区域 1000 hPa 位势高度场的 $R_w(t)$ 分布, 它可以研究对流层低层的大气环流的平均季节变化。在整个北半球区域, 2 月第 6 候进入春季, 6 月第 3 候夏季开始, 9 月第 1 候进入秋季, 11 月第 1 候进入冬季; 即春季时间为 21 候, 秋季时间为 12 候。在亚洲西太平洋区域, 3 月第 1 候春季开始, 4 月第 6 候夏季开始, 9 月第 6 候秋季开始, 11 月第 1 候冬季开始; 春季过渡时间为 11 个候, 秋季过渡时间为 7 候。

比较 1000 hPa、500 hPa 位势高度场和 200 hPa 风场, 在两个区域中过渡季节时间的长短以 1000 hPa 位势高度场差异最大, 亚洲太平洋地区的春季时间比整个北半球区域的春季时间段短 10 个候, 秋季时间短 5 个候。此外, 春季开始最早的是 1000 hPa 位势高度场; 而在 200 hPa 风场和 500 hPa 位势高度场上, 春季开始时间几乎同时, 都比较迟。夏、秋、冬开始时间早、迟差别不很大。

需要说明的是, 根据上述半球尺度大区域中 $R_w(t)$ 演变曲线可知大气环流结构的季节变化的突变性并不很明显, 不像较小的但仍然是大尺度的区域的季节变化突变性那样, 这可能是各个较小区域季节突变的发生时间有较大差异所致。

4 纬带平均量季节变化的突变性

按 $20 \sim 10^\circ\text{S}$, $15 \sim 5^\circ\text{S}$, …… $55 \sim 65^\circ\text{N}$, $60 \sim 70^\circ\text{N}$ 等纬度带区域求 200 hPa 纬向风的纬带平均值, 在 $60 \sim 180^\circ\text{E}$ 经度范围内计算 $R_w(t)$ 的分布 (图 4 是其中一些典型个例), 结果发现纬带 $0 \sim 10^\circ\text{N}$, $5 \sim 15^\circ\text{N}$, $10 \sim 20^\circ\text{N}$, $15 \sim 25^\circ\text{N}$, $20 \sim 30^\circ\text{N}$, $30 \sim 40^\circ\text{N}$, $35 \sim 45^\circ\text{N}$, $55 \sim 65^\circ\text{N}$ 内平均量的 $R_w(t)$ 有较明显的季节突变。有意思的是只在北半球 $25 \sim 35^\circ\text{N}$, $45 \sim 55^\circ\text{N}$, $55 \sim 65^\circ\text{N}$ 纬带平均量没有季节突变, 而代之以季节内的不规则振荡。实际上 $25 \sim 35^\circ\text{N}$ 是 200 hPa 热带地区东风带与副热带西风急流的交界处, $40 \sim 50^\circ\text{N}$ 或 $45 \sim 55^\circ\text{N}$ 是副热带西风急流与中高纬西风带急流交界处。图 4a 是 $0 \sim 10^\circ\text{N}$ 区域的曲线, 反映热带东风急流或东西风变动之季节突变性; 图 4b 是 $55 \sim 65^\circ\text{N}$ 区域的曲线, 反映了中高纬西风带急流移动之季节突变性。分析全部图还可以看到这 3 个系统的季节突变发生的时间分布规律。特别是, 纬度越低, 热带东风急流由冬季型向夏季型过渡的时间就越早, 夏季型向冬季型过渡的时间也愈迟, 即那里夏季环流型持续时间愈长。

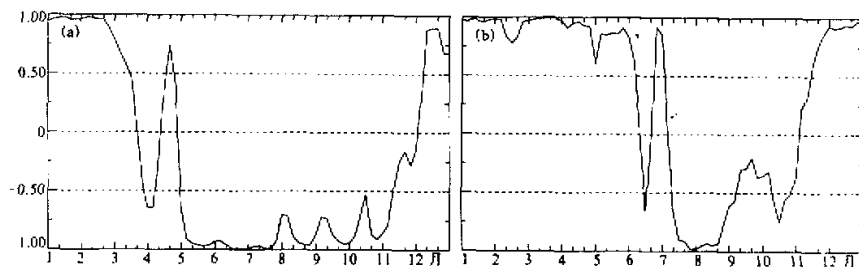


图 4 $60 \sim 180^\circ\text{E}$ 区域内 200 hPa 纬向风场的 $R_w(t)$, 其中风速值已减去 $60 \sim 180^\circ\text{E}$ 纬向平均值
(a) $0 \sim 10^\circ\text{N}$ 纬带, (b) $55 \sim 65^\circ\text{N}$ 纬带

分析 200 hPa 纬向风 ($5\sim 15^\circ\text{N}$, $35\sim 45^\circ\text{N}$, $55\sim 60^\circ\text{N}$) 纬带平均量减去 $60\sim 180^\circ\text{E}$ 纬向平均值后的时间-经度剖面图 (图略) 可知, 热带东风急流、副热带西风急流及中高纬西风急流移动确有显著的季节突变, 而参数 $R_w(t)$ 能非常清楚地描述这种突变。

我们进一步还计算了 1000 hPa、500 hPa 上位势高度场纬带平均量在 $60\sim 180^\circ\text{E}$ 经度范围内的 $R_w(t)$ 分布 (图未给出), 发现 500 hPa 位势高度东西向结构没有明显的季节突变。但 1000 hPa 位势高度结构有明显的季节突变。这实际上反映了对流层低层冬季西伯利亚冷高压、阿留申低压在夏季为亚洲大陆热低压和海洋上高压带所替代的季节性转换具有较明显的突变性。

5 经圈平均量季节变化的突变性

按 $20^\circ\text{S}\sim 60^\circ\text{N}$ 及 6 个经度范围 $60\sim 80^\circ\text{E}$, $80\sim 100^\circ\text{E}$, $\dots\dots$, $160\sim 180^\circ\text{E}$ 计算了 1000 hPa、500 hPa 位势高度场和 200 hPa 东西风的纬向平均值, 并在这些长经度带内计算 $R_w(t)$ 的分布。如图 5 (图未给出全部结果)。由图可见, 在 1000 hPa 上, $60\sim 80^\circ\text{E}$, $80\sim 100^\circ\text{E}$, $100\sim 120^\circ\text{E}$, $120\sim 140^\circ\text{E}$ 经度上季节突变清楚 (如图 5a); 但 $140\sim 160^\circ\text{E}$ 没有突变 (如图 5b); $160\sim 180^\circ\text{E}$ 虽有突变, 但非常不稳定。如果分析 $100\sim 120^\circ\text{E}$, $140\sim 160^\circ\text{E}$ 及 $160\sim 180^\circ\text{E}$ 纬向平均量随时间和经度的变化 (图未给出), 就可发现, 在亚洲大陆上 ($100\sim 120^\circ\text{E}$) 季节突变清楚, 主要是因为冬季大陆上的西伯利亚冷高压和夏季大陆热低压之间的转换及南北位置移动具有突变性, 而在海洋上 ($160\sim 180^\circ\text{E}$) 有一定突变性则是冬季阿留申低压与夏季海洋上高压之间的转换, 也具有突变性。这就表明东亚季风区内季节突变是明显的, 而由于 $140\sim 160^\circ\text{E}$ 区域是大陆性系统和海洋上活动中心之间的过渡带, 受两边系统的交叉影响, 季节变化就比突变要复杂些。此外, 如果分析全部的图就可发现, 季节突变发生时间也有一定规律性, 似乎在 $100\sim 120^\circ\text{E}$ 是冬到夏或夏到冬发生突变最早的区域, 然后向西向东传播。

我们还分析了 6 个经度区域 500 hPa 位势高纬度的经圈 (在 $0\sim 80^\circ\text{N}$ 纬度范围内) 的平均值的 $R_w(t)$ 分布, 可以看到在 6 个区域内突变均很清楚, 并且 $140\sim 160^\circ\text{E}$ 是冬到夏和夏到冬季节突变最早的区域, 然后分别向西向东传播。分析 200 hPa 东西风在 $0\sim 80^\circ\text{N}$ 范围内的 $R_w(t)$ 分布, 可知, 在所有区域大气环流的季节变化都有一定的突

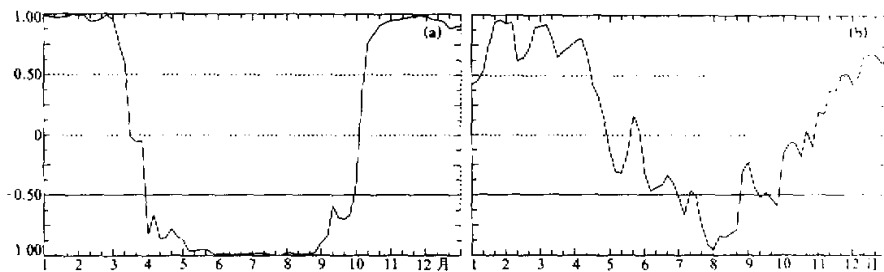


图 5 1000 hPa 位势高度场的 $R_w(t)$ 分布

(a) ($100\sim 120^\circ\text{E}$, $20^\circ\text{S}\sim 60^\circ\text{N}$) 区域, (b) ($140\sim 160^\circ\text{E}$, $20^\circ\text{S}\sim 60^\circ\text{N}$) 区域

变性, 但是突变没有 500 hPa 位势高度场清楚, 这可能与所用资料是东西风场、风场中急流轴区域较窄, 计算区域 $0 \sim 80^\circ\text{N}$ 太大, 导致 $R_w(t)$ 不能很好地描述急流轴位置的突变。另一种可能原因是在 $0 \sim 80^\circ\text{N}$ 范围内各小区域发生季节变化的时间不一致, 为此下一节我们将在较小区域内计算 $R_w(t)$ 的分布。

对比这些图可知, 近地面层由冬到夏的突变发生最早, 约在 4 月上旬, 而 500 hPa、200 hPa 突变时间约在 6 月上旬, 由夏到冬的突变也有明显差异, 因此大气环流季节突变时间随等压面层次可能有较大不同。

6 大尺度分区域的季节突变

本文把 $(20^\circ\text{S} \sim 90^\circ\text{N}, 60 \sim 180^\circ\text{E})$ 按 $10^\circ \times 20^\circ$ 经纬网格距分成 11×6 个小区域, 分别计算这些大尺度分区域中 1000 hPa、500 hPa 位势高度和 200 hPa 纬向风的 $R_w(t)$, 分析发现在某些区域大气环流结构的变化存在明显的季节突变性, 但另一些区域则以不规则的振荡或混沌形势为主, 图 6、图 7 和图 8 分别给出 3 个气象场季节突变最明显的几个区域的 $R_w(t)$ 分布图。1000 hPa 位势高度突变最明显发生的纬度是 $0 \sim 10^\circ\text{N}$, 500 hPa 位势高度季节突变最明显的区域是 $20 \sim 30^\circ\text{N}$, 200 hPa 纬向风场季节突变最明显的纬度是 $30 \sim 40^\circ\text{N}$, 即在北半球和在对流层内等压面层次愈高, 具有最明显季节突变的纬度愈北。从我们的计算中还可以发现, 1000 hPa 位势高度以 $(0 \sim 10^\circ\text{N}, 80 \sim 100^\circ\text{E})$ 季节突变最为清楚, $(0 \sim 10^\circ\text{N}, 120 \sim 140^\circ\text{E})$ 尽管仍有季节突变, 但叠加有不少小扰动; 500 hPa 位势高度和 200 hPa 东西风在所给的几个经度范围均明显。因此, 等压面层次愈低, 季节突变愈具有局地性; 等压面层次愈高, 季节突变愈有可能在所有经度上都存在。进一步分析还发现季节突变发生时间也有一定的规律性, 如在 1000 hPa 等压面上由冬到夏和由夏到冬季节突变最先发生在 $100 \sim 120^\circ\text{E}$ 经度上; 在 200 hPa 等压面, 由冬到夏则突变在几个经度上几乎同时在 6 月

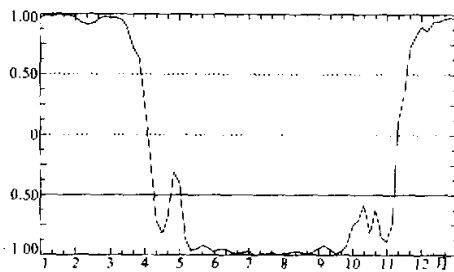


图 6 1000 hPa 位势高度场大尺度区域 $(80 \sim 100^\circ\text{E}, 0 \sim 10^\circ\text{N})$ 内的 $R_w(t)$ 分布

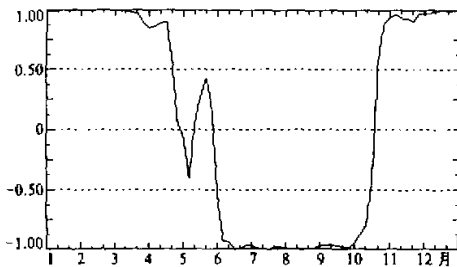


图 7 同图 6, 但为 500 hPa 位势高度场及 $(100 \sim 120^\circ\text{E}, 20 \sim 30^\circ\text{N})$ 区域

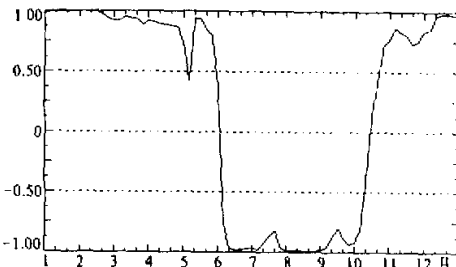


图 8 同图 6, 但为 200 hPa 纬向风及 $(100 \sim 120^\circ\text{E}, 30 \sim 40^\circ\text{N})$ 区域

中旬发生。由夏到冬突变以 $60\sim 80^\circ\text{E}$ 最早发生, 约在 9 月中旬; $120\sim 140^\circ\text{E}$ 最迟, 约在 12 月上旬。特别是等压面层次不同, 季节突变发生时间差异相当大, 即在垂直方向, 季节到来的早晚不同时。

7 讨论和小结

本文利用 1981 年 ECMWF 的客观分析资料, 初步分析表明, 各候扰动场与典型冬季场的相似性参数 $R_w(t)$ 可以很好地表示大气环流的季节突变。另外, 相异性参数 $d_w^2(t)$ 也可以很好地表示大气环流的季节突变, 并与 $R_w(t)$ 分析结果几乎等价, 这可以通过比较得到证实 [$d_w^2(t)$ 图略]。

由于 ECMWF 资料最高层是 100 hPa, 没有平流层资料, 大气环流季节变化及其突变性的四维时空分布规律不能看得很清楚。此外, 本工作仅对个别年份作个案分析, 而作多年平均气候资料的分析当更有意义, 这些都是今后我们研究的任务。

参 考 文 献

- [1] Yeh, T.C., S.Y. Tao and M.C. Li, 1959, The abrupt change of circulation over the Northern Hemisphere during June and October, in: *The Atmosphere and the Sea in Motion*, 249~267.
- [2] 曾庆存, 梁信忠, 张明华, 1988, 季风和大气环流季节突变的数值模拟, 大气科学 (特刊), 22~42.
- [3] 曾庆存, 张邦林, 1992, 论大气环流的季节划分和季节突变 I. 概念和方法, 大气科学, 16(6), 641~648.

A Study on the Seasons of General Atmospheric Circulation and Their Abrupt Changes. Part II: Case Study of Particular Year

Zhang Banglin and Zeng Qingcun

(Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029)

Abstract Based on the theory and method developed in the first part of this paper, the ECMWF data for particular year, 1981, are analyzed in order to study the devision of seasons of the general atmospheric circulation and their abrupt changes. Especially the following aspects are discussed in detail in the Asia-Western Pacific Ocean region. (1) It is shown that the summer pattern of atmospheric circulation subtracted from the annual mean is opposite to the winter one, and those for the spring and autumn are almost orthogonal to the winter one. (2) Both transitions are rather rapid from winter to summer and from summer to next winter in the hemispheric scale circulation, but these transitions are not abrupt. (3) In order to investigate the meridional propagation and difference of the seasonal transitions, the $R_w(t)$ (the normalized correlation of the pattern for time t to the typical winter pattern) is calculated for every zonal band divided by latitudinal cycle. It is shown that the seasonal transitions in most bands are abrupt, and that the earlier spring season comes and the later autumn comes in the lower latitude. (4) The $R_w(t)$ is calculated for every meridional band in the Northern Hemisphere, and it is shown that the abrupt seasonal changes occur in all altitudes of the troposphere and lower stratosphere from Asia to the western Pacific Ocean regions, which is characterized by the Asian monsoon. (5) $R_w(t)$ is also calculated for every large scale region with $20^\circ \times 10^\circ$ in the latitude and longitude, which shows the very abrupt transition of seasons in the Asian monsoon region, and also shows the 4- dimensional structure of seasonal transitions.

Key words atmospheric circulation season seasonal variation abrupt seasonal transition