

北半球高空月平均形势的若干特征

王 得 民*

提 要

本文对各月 500 百帕北半球平均高度场,分为南北两个纬带进行分解,求得主要的分解系数和谐波参数的统计特征。通过分析,发现南环纬带的流场及其季节变化特点和北环纬带相比有很大的差别,因而认为在实际工作中采用分纬带分解比按半球分解更为合理。

一、问题的提出

作者曾利用 40—75°N 纬带内月平均高度场的展开,从半球的月平均高度场的整体特征发现北半球 6 月和 10 月发生的环流突变,正如叶笃正、朱抱真所指出的“不是局地性的、而是全世界性的现象”^{[1][2]}。但是,这种环流突变现象究竟是限于明显地表现在北半球哪一环纬带环流的季节变化之中呢?为此作者利用 1951 年到 1984 年各月 500 百帕平均图,分南北两个纬带(以后称南环和北环纬带)按切比雪夫-傅里叶混合多项式进行分解,求得各月的各个分解系数和各种谐波参数的值,然后按月求出它的统计特征量,讨论两环纬带内大气环流特征的区别及它们之间的相互作用和相互影响。这些问题的研究,对于了解影响地处中纬度的我国的长期天气过程的特点,无疑将具有一定的意义。

二、资料分析方法

在本文讨论的高度场所在范围内,先分为网格点分布形式相同的南北两环纬带。北环纬带仍如文[1]中用 40—75°N,南环纬带则用 10—45°N。显然,北环纬带全年受西风带影响,而南环纬带内有副热带高压的经向移动。盛夏,副热带高压的脊线正处在南环纬带的中间纬度;隆冬,副热带高压的脊线退到南环纬带的南缘^[3]。南环纬带内环流形势季节变化的这种特征,可使纬带内高度场经向按切比雪夫多项式展开得到较快的收敛。

1986年9月8日收到,1987年3月29日收到修改稿

* 本文计算由本院张邦林、宋肇、庄丽等协助完成

展开方法和文[1]相同,即用

$$\hat{H}(x, \lambda) = \sum_k \sum_l \psi_k(x) [a_k^l \cos \alpha l \lambda + b_k^l \sin \alpha l \lambda]$$

沿纬圈步长 $\alpha = 10^\circ$, $\lambda = 1, 2, \dots, 36$; 沿经圈步长为 5° , $x = 1, 2, \dots, 8$ 。对各月500百帕平均高度场的展开系数 a_k^l 和 b_k^l , 按月求出均值和均方差 σ 值。对 $l \neq 0$ 的波求平均波的振幅

$$\overline{A}(k, 1) = |\psi_k(x)| \sqrt{(\overline{a_k^1})^2 + (\overline{b_k^1})^2}$$

及位相角

$$\overline{\varphi}(k, 1) = \arctg [\overline{a_k^1} / \overline{b_k^1}]$$

考虑到由于副热带高压的存在, 取 $k = 0, 1, 2$ 。第一个槽所在的经度, 当 $k = 0$ 时取

$$\alpha(0, 1) = \frac{1}{1} [270^\circ - \overline{\varphi}(0, 1)]$$

当 $k = 1$ 时展开区域南部的4个纬圈和 $k = 2$ 时最南、最北各有2个纬圈上槽的所在经度, 仍可沿用上式计算, 即有

$$\alpha(k, 1) = \frac{1}{1} [270^\circ - \overline{\varphi}(k, 1)] \quad k = 1, 2$$

而 $k = 1$ 时展开区域北部的4个纬圈和 $k = 2$ 时中部的4个纬圈上槽的所在经度, 则用下式求得

$$\alpha(k, 1) = \frac{1}{1} [90^\circ - \overline{\varphi}(k, 1)] \quad k = 1, 2$$

若用 Q 表示各点高度展开误差的平方和, 即 $Q = \sum_{x=1}^8 \sum_{\lambda=1}^{36} [H(x, \lambda) - \hat{H}(x, \lambda)]^2$ 。当

$$\hat{H}(x, \lambda) = \sum_{k=0}^7 \sum_{l=0}^{18} \psi_k(x) [a_k^l \cos \alpha l \lambda + b_k^l \sin \alpha l \lambda]$$

时, $Q = 0$ 。由上两式可得

$$\begin{aligned} Q = & \sum_{x=1}^8 \sum_{\lambda=1}^{36} H^2(x, \lambda) - 36 \sum_{k=0}^7 \left\{ [(a_k^0)^2 + (a_k^{18})^2] \sum_{x=1}^8 \psi_k^2(x) \right\} \\ & - 18 \sum_{k=0}^7 \left\{ \sum_{l=1}^{17} [(a_k^l)^2 + (b_k^l)^2] \sum_{x=1}^8 \psi_k^2(x) \right\} \end{aligned}$$

当展开式中的 k 阶切比雪夫多项式 $\psi_k(x)$ 和正弦、余弦函数都经过标准化处理^[1]

时,若各个表达式中有关各项仍用原来形式表示,且求得的谐波振幅也仍用 $A(k, 1)$ 表示,这时上式变为

$$Q = \sum_{x=1}^8 \sum_{\lambda=1}^{36} H^2(x, \lambda) - \sum_{k=0}^7 [(a_k^0)^2 + (a_k^{18})^2] - \sum_{k=0}^7 \sum_{l=1}^{17} A^2(k, l) = 0$$

即有

$$\begin{aligned} \sum_{x=1}^8 \sum_{\lambda=1}^{36} H^2(x, \lambda) &= \sum_{k=0}^7 [(a_k^0)^2 + \sum_{l=1}^{17} A^2(k, l) + (a_k^{18})^2] \\ &= (a_0^0)^2 + \sum_{k=1}^7 (a_k^0)^2 + \sum_{k=0}^7 \left[\sum_{l=1}^{17} A^2(k, l) + (a_k^{18})^2 \right] \end{aligned}$$

由于当 $k \neq 0$ 时 $\sum_{x=1}^8 \psi_k(x) = 0$, 以及 $\sum_{\lambda=1}^{36} \cos \alpha l \lambda = \sum_{\lambda=1}^{36} \sin \alpha l \lambda = 0$, 容易用 $\hat{H}(x,$

$\lambda)$ 的分解式对纬向和经向求平均而了解到前面算式右方各项的意义。该式右方第一项是和整个展开场的平均值有关的部分;第二项表示沿纬向高度分布均匀、即可用来表示环流的纬向度强弱的部分,第三项表示纬向存在各类谐波、即可用来表示环流的经向度强弱的部分。

高度场的展开,总是希望截取少数项而使得展开误差平方和 Q 仍保持较小的值。为了对上述右方各项有一个数量的概念,以对1961年1月500百帕南环纬带内月平均高度场展开为例进行说明。此例中 $\sum_{x=1}^8 \sum_{\lambda=1}^{36} H^2(x, y) = 93\,923\,227$ 平方位势什米,其他各项的值如表1中所示。

表 1

k	0	1	2	3
$(a_k^0)^2$	93 824 407.69	69 063.84	6 938.89	285.61
$\sum_{l=1}^{10} [(a_k^l)^2 + (b_k^l)^2]$	2 915.89	3 261.47	604.57	679.03
k	4	5	6	7
$(a_k^0)^2$	0	0	0	0
$\sum_{l=1}^{10} [(a_k^l)^2 + (b_k^l)^2]$	3 378.36	4 593.31	1 296.20	294.35

如果 $\hat{H}(x, \lambda)$ 的分解式取表内的所有各项,则有

$$Q = 93\,923\,227 - 93\,917\,719.21 = 5\,507.79 \text{ [平方位势什米]}$$

如果取 $k = 0, 1, 2, 3$; $l = 0, 1, \dots, 10$, 则有

$$Q = 93\,923\,227 - 93\,908\,156.99 = 15\,070.01 \text{ [平方位势什米]}$$

如果取 $k = 0, 1, 2$; $l = 0, 1, \dots, 5$, 则有

$$Q = 93\,923\,227 - 93\,907\,427.60 = 15\,799.40 \text{ [平方位势什米]} \quad \text{即使取最后一个 } Q$$

值, 它也仅占 $\sum_{x=1}^8 \sum_{\lambda=1}^{36} H^2(x, \lambda)$ 值的 0.0168%, 其主要原因是由于 $(a_0^0)^2$ 的值太大所造成。

设 $\bar{H}$ 是整个场的平均高度, 易知有 $a_0^0 = \sqrt{288} \bar{H}$, 而

$$\begin{aligned} \sum_{x=1}^8 \sum_{\lambda=1}^{36} [H(x, \lambda) - \bar{H}]^2 &= \sum_{x=1}^8 \sum_{\lambda=1}^{36} H^2(x, \lambda) - (a_0^0)^2 \\ &= \sum_{k=1}^7 (a_k^0)^2 + \sum_{k=0}^7 \left[\sum_{l=1}^{17} A^2(k, l) + (a_k^{18})^2 \right] \end{aligned}$$

上式左方是整个场上高度对均值的离差平方和, 可以表示成右方的由环流纬向度和经向度决定的两部分。从表 1 的例子中可见, 当 $k \geq 4$ 时 a_k^0 值很小, 可以用 $\sum_{k=1}^3 (a_k^0)^2$ 去代替

$\sum_{k=1}^7 (a_k^0)^2$, 如再用 $\sum_{x=1}^8 \sum_{\lambda=1}^{36} [H(x, \lambda) - \bar{H}]^2$ 和 $\sum_{k=1}^3 (a_k^0)^2$ 的差值去表示环流经向度, 就

可避免高阶的 k 和 l 的那些系数 a_k^l 和 b_k^l 的计算。多次计算结果表明, 如要 $\hat{H}(x, \lambda)$ 的展开式中略去尽量多的项数, 较好的方案是增加文[1]中没有的 a_2^0 和 a_3^0 两项之外, 仍然只取 $k = 0, 1$; $l = 0, 1, \dots, 5$ 等 10 个谐波, 总共算出 24 个分解系数。

三、高度场展开的结果

按照上节说明的方法, 将高度场分解为 3 个部分, 即 a_0^0 、 a_k^0 ($k=1, 2, 3$)、 a_k^l 和 b_k^l ($k=0, 1$; $l=1, 2, \dots, 5$)。在南北两环纬带分别求得各月的这些系数, 并按月求出这些系数的均值和均方差 σ 值。由于统计年代与文[1]只差 4 年, 在北环纬带这些值与文[1]差别不大。为节省篇幅起见, 在本文表 2 内只列出南环纬带这些系数的统计特征。

表2 1951—1984年南环纬带(10—45°N)的 a_k^l 和 b_k^l 的均值和均方差 σ 值

	均 值												样本容量 $n = 34$
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
a_0^0	9 679	9 675	9 710	9 775	9 842	9 904	9 943	9 945	9 915	9 859	9 788	9 725	
a_1^0	247.3	251.3	229.1	181.9	134.3	85.4	40.1	36.7	67.2	117.3	176.0	220.3	
a_2^0	-67.3	-66.0	-63.3	-58.7	-54.4	-52.9	-45.0	-44.4	-55.0	-63.9	-73.0	-73.7	
a_3^0	-12.7	-15.0	-12.3	-6.6	-1.1	4.8	12.5	14.4	13.0	6.4	-0.3	-6.3	
a_0^1	25.4	23.6	18.5	11.6	19.0	20.4	14.9	12.8	13.7	10.5	13.3	17.9	
b_0^1	-32.7	-25.0	-5.8	6.2	3.1	-12.0	-21.1	-17.2	-10.8	-6.0	-9.5	-22.7	
a_1^1	-32.4	-27.3	-20.3	-11.0	-10.6	-11.0	-1.9	-0.7	-6.2	-11.5	-22.7	-28.4	
b_1^1	27.1	23.9	9.8	-0.9	-1.4	2.7	3.8	-0.4	3.6	6.1	13.8	23.1	
a_0^2	2.9	2.3	0.6	-4.6	-2.5	4.3	7.4	7.5	6.9	4.4	4.0	5.6	
b_0^2	16.8	18.0	14.9	6.3	5.4	0.7	-6.5	-7.0	-3.7	0.2	3.1	9.7	
a_1^2	-12.4	-7.2	-7.5	-0.5	8.3	10.9	6.2	6.6	3.8	-0.3	-5.6	-11.8	
b_1^2	-31.9	-32.2	-27.4	-15.8	-14.3	-12.7	-7.0	-5.1	-8.5	-10.4	-15.3	-25.1	
a_0^3	-12.4	-11.0	-14.0	-13.3	-7.9	-0.9	5.1	3.0	-1.4	-6.7	-13.1	-17.2	
b_0^3	-27.7	-25.4	-19.8	-5.4	2.3	3.0	3.3	4.2	3.4	0.0	-6.4	-18.9	
a_1^3	8.6	7.1	11.2	13.9	9.3	6.1	1.9	1.4	4.4	5.3	11.3	12.8	
b_1^3	37.7	35.1	29.9	14.7	7.1	6.0	3.1	3.1	3.9	6.9	16.5	29.7	

均 方 差 σ 值

续

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
a_0^0	14.9	18.1	14.2	13.2	9.8	11.3	11.0	9.6	9.1	8.1	3.1	13.3
a_1^0	14.7	14.9	13.5	10.3	8.1	6.8	6.9	6.5	7.4	8.9	9.4	11.0
a_2^0	7.6	8.4	7.0	7.2	6.0	4.4	4.6	4.9	4.2	5.7	7.8	9.1
a_3^0	5.2	5.2	5.1	3.8	3.4	3.0	2.7	2.2	2.7	3.7	3.1	4.3
a_0^1	11.4	12.7	10.4	10.4	7.0	7.0	5.4	3.7	5.9	5.7	5.5	8.7
b_0^1	15.1	15.2	11.9	7.1	5.6	4.4	4.0	4.1	4.0	4.9	7.5	10.2
a_1^1	13.6	14.5	13.2	7.9	6.8	7.0	4.7	4.9	5.9	6.7	8.0	11.6
b_1^1	12.3	13.0	11.1	8.9	6.4	4.8	5.1	4.5	5.8	6.2	8.8	11.7
a_0^2	12.1	11.1	8.1	7.9	6.9	4.4	4.5	3.5	5.1	6.5	8.2	8.2
b_0^2	12.6	12.6	10.5	7.1	6.2	5.5	4.8	4.3	5.6	4.9	6.1	8.5
a_1^2	11.3	11.0	8.1	8.1	5.7	4.3	4.1	4.7	4.6	6.1	7.1	8.8
b_1^2	13.4	12.1	12.2	7.2	5.9	4.8	3.5	3.5	4.8	5.6	6.8	8.8
a_0^3	9.7	10.2	8.0	5.9	4.2	3.8	3.1	3.5	4.1	4.2	6.4	8.5
b_0^3	8.6	10.7	7.8	6.7	3.8	4.2	3.9	3.7	4.4	5.7	5.9	7.0
a_1^3	11.6	11.4	10.4	6.7	5.2	5.4	2.9	3.7	4.1	5.7	8.8	9.8
b_1^3	10.1	11.2	5.6	6.2	3.9	3.5	3.1	2.6	4.0	6.5	8.6	7.2

为了对比南北两环纬带的 $\bar{a}_0^0$ 、 $\bar{a}_1^0$ 和 $\bar{a}_2^0$ 的年变化特征, 据计算得到的资料作成图1。

$\bar{a}_0^0$ 与整个纬带的高度平均值成正比, 全年各月南环纬带的 $\bar{a}_0^0$ 都比北环纬带同月的值高。不论在哪个纬带, $\bar{a}_0^0$ 值的季节变化都是冬小夏大, 但其极值在南环纬带都比北环纬带要延后一个月。从图1a可见, 两环纬带内 $\bar{a}_0^0$ 值的最大正负月际变化都出现在5—6月和10月, 但其值在北环纬带达150位势什米以上, 在南环纬带却只有50—60位势什米左右。所以文[1]指出表现在北环纬带内 $\bar{a}_0^0$ 的季节变化中的6月和10月“突变”现象, 在南环纬带内则很不显著。加上南环纬带各月 $\bar{a}_0^0$ 的均方差 σ 值都比北环纬带同月的值小一倍左右, 所以即使在个别年份, 也不太可能出现上述的 $\bar{a}_0^0$ 的“突变”现象。

$\bar{a}_1^0$ 反映高度纬向均匀而经向线性均匀递减的那部分变化的特征。从图1b可见, 两环纬带内 $\bar{a}_1^0$ 的季节变化特征有显著区别。首先是北环纬带内全年都以纬向环流为主; 而南环纬带内冬半年纬向环流强, 夏半年纬向环流弱, 冬夏相比有显著的差别。其次是北环纬带内 $\bar{a}_1^0$ 的极小值发生在6月, 极大值发生在10月; 而南环纬带内 $\bar{a}_1^0$ 值的最强减小趋势发生在6月, 最强上升趋势发生在10月。

各月 $\bar{a}_1^0$ 的 σ 值同样是南环纬带比北环纬带的值小得多, 可见 $\bar{a}_1^0$ 的这种季节变化特征在各年中都会表现出来。

从图1b可以看出: 从6月到10月南环纬带的 $\bar{a}_1^0$ 值比北环纬带的值小得多, 而从10月到6月两者将比较靠近。这种变化的起因, 显然是冬半年两环纬带都盛行纬向西风, 而夏半年在南环纬带内存在副热带高压的经向移动。盛夏时副热带高压处在南环纬带的

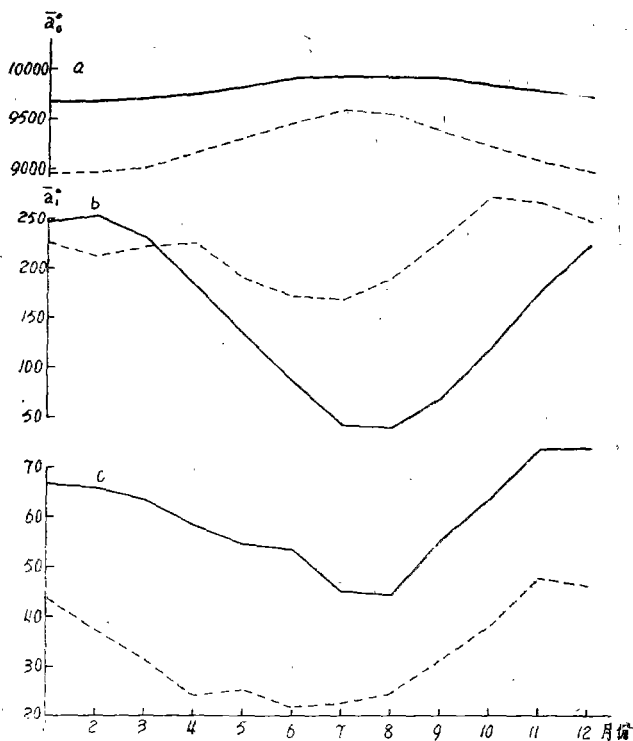


图1 a—南环纬带……北环纬带

b 同 a

c—南环纬带 $\bar{a}_2^0$ ……北环纬带 $\bar{a}_2^0$

中间纬度上, 强烈地削弱了通常高度场表现出的向北线性递减的趋势, 使这时的 $\bar{a}_1^0$ 值达到最小。从春到夏由于副热带高压的北进使 $\bar{a}_1^0$ 值逐月减小, 从夏到秋由于副热带高压的南退使 $\bar{a}_1^0$ 值逐月增大。

副热带高压的经向移动, 也可能在南环纬带 a_2^0 和 a_3^0 值的季节变化上反映出来。从图1c中列出的两环纬带 $\bar{a}_2^0$ 值的季节变化曲线可见, 在南环纬带各月 $\bar{a}_2^0$ 都是负值, 而北环纬带各月 $\bar{a}_2^0$ 都是正值。两环纬带中 $\bar{a}_2^0$ 的绝对值都是冬季大夏季小; 而同月的值都是南环纬带比北环纬带大, 冬季大一倍不到, 而在4—8月可大到3—4倍。

南环纬带的 $\bar{a}_2^0$ 各月都是负值, 反映了附加在高度场上经向的非线性变化为纬带中间是副热带高压带, 其南北两侧都是低压区。冬季, 由于 $\bar{a}_1^0$ 较大, $|\bar{a}_2^0|$ 与之相比较小, 这种附加的非线性变化不能改变总的南高北低的环流形势。夏季, 虽然 $|\bar{a}_2^0|$ 在一年之内是个小值, 但因 $\bar{a}_1^0$ 的值更小, 特别是在7、8两月, 有 $|\bar{a}_1^0| < |\bar{a}_2^0|$, 在南环纬带的中间纬圈附近存在热副带高压带。在这两个月的前期, 出现 $\bar{a}_1^0$ 和 $|\bar{a}_2^0|$ 值的逐月减小, 但前者减小比后者多, 引起副热带高压北进。在这两个月的后期, 出现 $\bar{a}_1^0$ 和 $|\bar{a}_2^0|$ 值的逐月增大, 但前者增大比后者多, 引起副热带高压南退。分析各年的资料可知, 这种转折性变化前期都出现在6月, 后期大多出现在9月, 个别年份如1954年却推迟到10月, 应该认为这是低纬环流季节变化中的一个很重要的特征。在北环纬带, 各月的 $\bar{a}_1^0$ 都在150—280位势什米之间, $\bar{a}_2^0$ 都在20—50位势什米之间, 这种非线性变化远小于线性变化, 两种作用叠加起来只能反映出纬向环流冬季强夏季弱的特征, 与南环纬带的特征相比是迥然不同的。

从表1可以看出, 南环纬带的 $\bar{a}_3^0$ 的年变程中最明显的特征是6—10月为正值, 而11—5月为负值, 但不论在哪个月内, 它的绝对值都比 $\bar{a}_1^0$ 和 $\bar{a}_2^0$ 小得多。如果由本文第二节所述采用 $\sum_{k=1}^3 (\bar{a}_k^0)^2$ 表示纬带内环流纬向度强弱, 则因 $\bar{a}_3^0$ 的值较小, 在其中不起决定性作用。对北环纬带, 文[1]作过 $\bar{a}_1^0$ 与亚欧地区月平均环流指数年变程的对比, 发现它们的变化趋势完全一致。而 $\bar{a}_2^0$ 在各月的值已是很小, 说明这个纬带中的 $\bar{a}_3^0$ 对环流纬向度同样起不了大的作用。

前已述及, 用 $\sum_{x=1}^8 \sum_{\lambda=1}^{36} [H(x, \lambda) - \bar{H}]^2$ 与 $\sum_{k=1}^7 (\bar{a}_k^0)$ 或 $\sum_{k=1}^3 (\bar{a}_k^0)^2$ 的差值, 可以求得整个纬带的环流经向度。但是, 欲知各种谐波对于环流经向度贡献的大小, 则需求出这种谐波的振幅 $A(k, 1)$ 。显然, $A(k, 1)$ 越大, 则此波对环流经向度的贡献越大。除了 $k=0$ 外, $A(k, 1)$ 随 $\psi_k(x)$ 、亦即纬度 x 而变。为了便于比较起见, 采用如文[1]

中的方法, 在北环纬带求出在 45°N 纬圈上各波的振幅, 在南环纬带求出在 15°N 纬圈上各波的振幅。根据 1951—1984 年间的资料, 求得各月各类主要平均波的振幅平方值 $A^2(k, 1)$ 如表 3 中所示。

表 3 1951—1984 年间月平均波的振幅平方值 北环纬带 ($40-75^{\circ}\text{N}$)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$A^2(0,1)$	22.09	29.16	22.09	21.16	14.44	5.29	3.24	2.89	5.29	21.16	40.96	31.36
$A^2(0,2)$	47.61	39.69	27.04	12.25	9.00	4.41	2.89	2.56	5.29	9.61	21.16	36.00
$A^2(0,3)$	23.09	22.09	12.96	3.24	0.81	1.96	1.00	1.96	2.25	3.24	7.29	16.81
$A^2(0,4)$	1.69	2.56	1.21	2.89	1.44	0.36	0.81	0.36	0.64	1.00	1.44	3.24
$A^2(0,5)$	0.81	0.64	0.16	0.16	0.25	0.09	0.25	0.16	0.64	1.69	1.21	0.81
$A^2(1,1)$	15.21	12.96	4.41	0.64	2.25	5.76	6.76	3.61	3.61	0.36	2.89	9.61
$A^2(1,2)$	12.25	12.96	9.61	4.41	9.00	2.89	0.49	0.25	1.00	2.25	3.61	4.84
$A^2(1,3)$	6.76	5.76	5.76	2.56	0.81	0.25	0.01	0.25	0.49	0.64	1.69	5.29
$A^2(2,1)$	0.14	0.10	0.18	0.21	0.13	0.14	0.04	0.02	0.05	0.12	0.25	0.16
$A^2(2,2)$	0.18	0.14	0.08	0.08	0.10	0.03	0.01	0.05	0.06	0.07	0.13	0.16
和	134.83	126.06	83.50	47.60	38.23	21.18	15.50	11.95	19.32	40.14	80.63	108.28

南 环 纬 带 ($10-45^{\circ}\text{N}$)

$A^2(0,1)$	11.56	8.41	2.56	1.21	2.56	4.00	4.84	3.24	2.25	1.00	1.96	5.76
$A^2(0,2)$	1.96	2.25	1.44	0.49	0.25	0.16	0.64	0.81	0.49	0.16	0.16	0.81
$A^2(0,3)$	6.25	5.29	4.00	1.44	0.49	0.09	0.25	0.16	0.09	0.36	1.44	4.41
$A^2(0,4)$	0.81	0.36	0.64	0.81	0.36	0.09	0.09	0.09	0.09	0.49	0.81	1.00
$A^2(0,5)$	0.16	0.16	0.01	0.01	0.04	0.01	0.09	0.04	0.09	0.36	0.36	0.25
$A^2(1,1)$	14.44	10.89	4.41	1.00	1.00	1.00	0.16	0.01	0.49	1.44	5.76	10.89
$A^2(1,2)$	9.61	9.00	6.76	1.96	2.25	2.25	0.64	0.64	0.64	0.81	2.25	6.25
$A^2(1,3)$	12.25	10.89	8.41	3.24	1.21	0.64	0.09	0.09	0.25	0.64	3.24	8.41
$A^2(2,1)$	0.13	0.09	0.09	0.07	0.04	0.02	0.004	0.006	0.01	0.007	0.19	0.18
$A^2(2,2)$	0.13	0.12	0.09	0.05	0.04	0.03	0.014	0.014	0.03	0.04	0.07	0.12
和	57.30	47.46	28.41	10.28	8.24	8.29	6.82	5.10	4.43	5.31	16.24	38.08

考虑到高阶波 (k, l 都大) 的振幅都比较小, 所以各月在纬带内平均的环流经向度用表 3 中列出资料求出的 $\sum_k \sum_l A^2(k, l)$ 来代替, 其值列在表 3 中最下面的一行。从这些数值可以看出, 两环纬带内的环流经向度都是冬季大夏季小。在同月中, 南环纬带的环流经向度总比北环纬带要小些。结合环流纬向度的变化也有同样的特征, 所以在北半球月平均图中南环纬带的等高线总比北环纬带的等高线稀疏, 夏季各月等高线总比同一环纬带冬季各月的等高线稀疏。

如果利用表 3 选取各月中振幅最大的 3 种谐波, 则无论何地(南环或北环纬带)何时(所在月份)选取的谐波总在 $k \leq 1, l \leq 3$ 之内。但究竟是哪 3 种主要谐波, 两环纬带中总是不完全相同的。在南环纬带中, 从 12 月到次年 5 月, 振幅最大的波总是属于 $k=1$ 的谐波。从 12 月到次年 2 月的冬季, 振幅最大的两种谐波是 $k=1, l=1, 3$; 在春季的 3—5 月, 振幅最大的两种谐波却是 $k=1, l=2, 3$ 。说明冬、春两季低纬的槽线常是向西南方向倾斜的。在夏季, 振幅最大的两种波是 $k=0, l=1$ 和 $k=1, l=2$ 。在秋季, 振幅最大的两种波之一是 $k=0, l=1$, 而另一种波是 $k=1, l=1, 2$ 中的一种谐波。说明夏季低纬的槽线较接近于南北走向, 入秋后逐渐变为从东北向西南方向伸展。北环纬带的特征与南环纬带的相反, 从 10 月到次年 3 月, 振幅最大的波总是属于 $k=0$ 的波。在 4—5 月和 9 月, 振幅最大的两种波是 $k=0, l=1, 2$; 而更次要的波在 4—5 月是 $k=1, l=2$, 在 9 月是 $k=1, l=1$ 。在 6—8 月, 振幅最大的波是 $k=1, l=1$, 其次是 $k=0, l=1$, 更次是 $k=0, l=2$ 。说明在中高纬度上的平均槽, 除 6—8 月外, 大多是南北走向。即使在 6—8 月, 由于 3 种主要谐波的振幅较为接近, 而后两种波是 $k=0, l=1, 2$, 所以槽线的倾斜将不会象低纬那么显著。由于上述原因, 将高度场采用分纬带分解比按半球分解合理。

用本文所述的分南北两环纬带展开北半球冬季 1—3 月的平均高度场, 将 $l=1, 2, 3$ 波的槽合成后槽的所在位置如图 2 中所示(图见文末), 各月在 40°N 以北的槽都是南北走向, 在 40°N 以南的槽都是向西南方向倾斜。这些槽的位置和用谐波分析法求得的定常超长波的所在位置相符^[5]。

用表 2 的资料, 求出南环纬带主要谐波 ($k=0, 1, l=1, 2, 3$) 在各月的平均位置 $\bar{\alpha}(k, l)$ 。将这些结果列于表 4 内。

这 6 种主要谐波 ($k=0, 1, l=1, 2, 3$), 依其振幅大小而言, 春季以 $k=1, l=3$ 的波为最重要, 夏秋季以 $k=0, l=1$ 的波为最重要, 冬季以 $k=1, l=1$ 的波为最重要。在全年特别是春夏季 $k=1, l=2$ 的波也相当重要。就 $k=1, l=3$ 的波而言, 平均槽的位置在全年仅变动 15° , 占可能变动范围的 $1/8$ 。它的月际变化值以 4 月和 9 月为最大, 向西移动了 9 个经度。对 $k=1, l=2$ 的波而言, 平均槽的位置在全年变动 38° , 占可能变动范围的 $1/5$ 。它的月际变化值以 5 月和 9—10 月为最大, 在 5 月向东移动了 15° , 在 9—10 月向西移动了 $12-14^\circ$ 。对 $k=1, l=1$ 的波而言, 平均槽的位置在全年变动 70° , 占可能变动范围的 $1/5$ 。在 4—9 月间可出现较大的月际变化值, 但这段时期内这种谐波已变得不很重要。在冬季这种谐波较重要的时期, 槽的位置的月际变化值都不超过 10° 。对 $k=0, l=1$ 的波而言, 平均槽的位置在全年

表 4 各主要谐波的平均位置

月 份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$\bar{\alpha}(0,1)$	138°	143°	173°	142°W	161°W	159°	135°	137°	152°	160°	154°	138°
$\bar{\alpha}(0,2)$	142°	142°	145°	163°	157°	105°	79°	78°	86°	102°	120°	132°
$\bar{\alpha}(0,3)$	152°	152°	148°	137°	125°	105°	81°	88°	107°	130°	139°	146°
$\bar{\alpha}(1,1)$	150°	149°	164°	165°W	163°W	176°	127°	137°	160°	160°	159°	151°
$\bar{\alpha}(1,2)$	135°	140°	138°	145°	160°	165°	166°	171°	157°	145°	136°	133°
$\bar{\alpha}(1,3)$	35°	38°	33°	25°	23°	25°	29°	32°	24°	27°	28°	32°

注: 表中未标东西经的均为东经(E)

中变动83°, 占可能变动范围的2/9。它的月际变化值在3—5月最大, 可达20—45°, 但这时这种谐波已不居重要位置。但是, 在 $k=0$ 、 $l=1$ 的波起主要作用的夏秋时期, 槽的位置的月际变化值也可达到相当大的程度。

北环纬带内各主要谐波槽的变动已在文[1]作过说明, 大多数的平均槽占可能变动范围的1/3—1/4, 因而它的落点预告比南环纬带内的槽困难一些。

各种主要谐波槽的位置的变动规律在各年中很不相同, 可能在比平均波的变动范围更大的区域内变动。故不论在哪环纬带, 都应进一步研究这些主要谐波的移动规律。

四、结 语

在本文中用34年各月500百帕北半球平均高度场分为南北两环纬带进行分解, 求得各月各种主要谐波的振幅和位相的统计特征。发现在南环纬带的平均流场及其季节变化的特点和北环纬带的特点相比有很大的差别。例如在南环纬带的环流经向度总比同月北环纬带中的小。南环纬带各月主要谐波的槽脊位置, 和同月北环纬带的槽脊位置相比也有很大的区别。由于这些原因, 在实际工作中将月平均高度场采用分纬带分解, 将比按整个北半球分解更为合理些。

参 考 文 献

- [1] 王得民, 高空环流形势变化的若干统计特征, 南京气象学院学报, 1985, 3, 276—284.
- [2] 叶笃正、朱抱真, 大气环流的若干基本问题, 22—23, 科学出版社, 1958.
- [3] 章基嘉、葛玲, 中长期天气预报基础, 223, 气象出版社, 1983.
- [4] Баргов, Н. А., Аналитическое представление полей, Тр. ЦИП, Вып. 64, 19, 1958.
- [5] 仇永炎等, 中期天气预报, 121, 科学出版社, 1985.

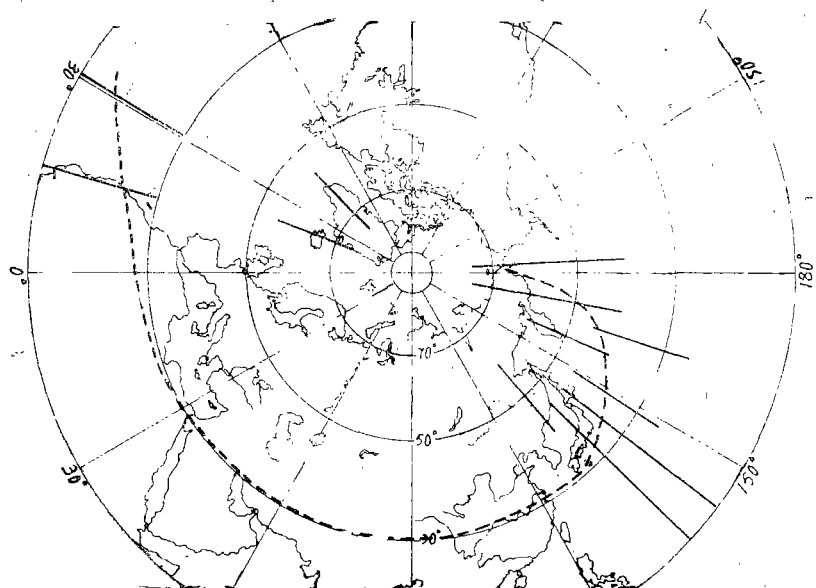


图2a 冬季(12、1、2月)一波槽所在位置(用粗断线表示,下同)

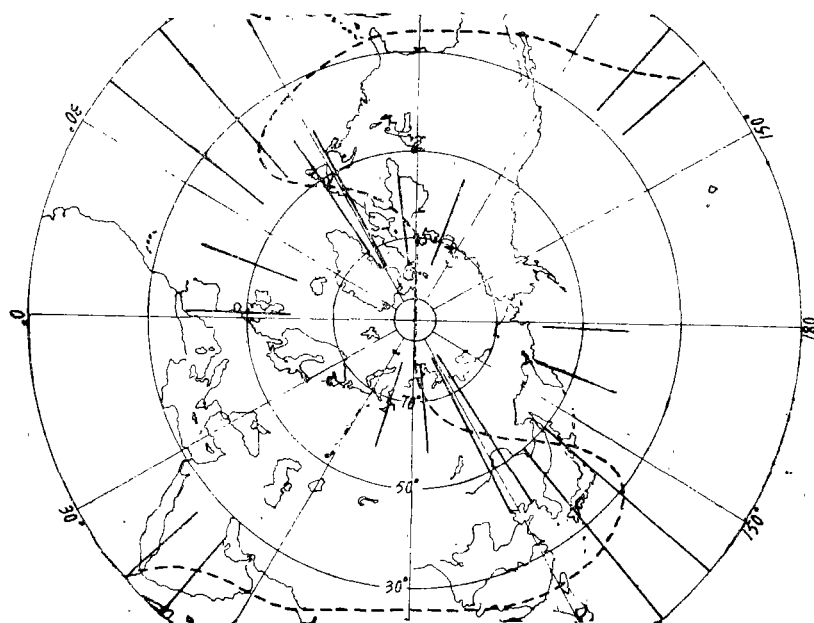


图2b 冬季(12、1、2月)二波槽所在位置

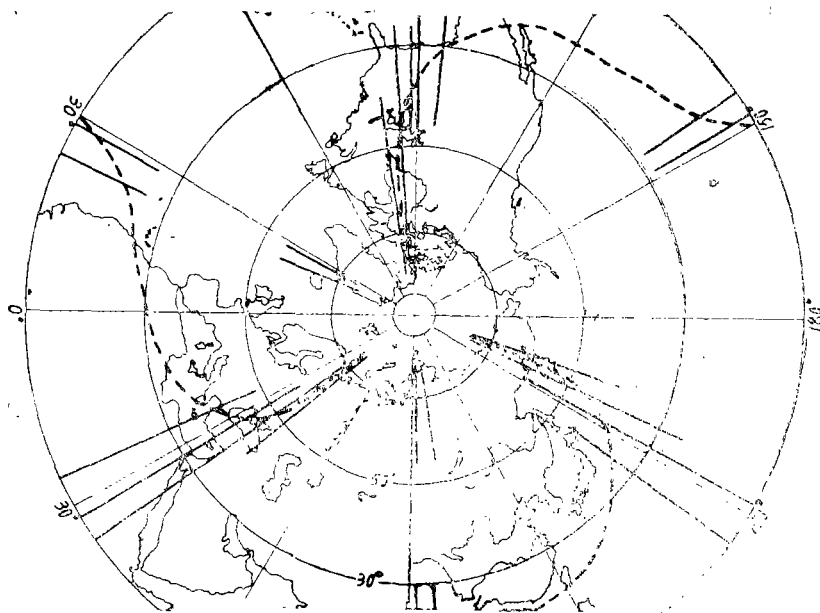


图2c 冬季(12、1、2月)三波槽所在位置

SOME CHARACTERISTICS OF THE MONTHLY MEAN HEIGHT FIELDS AT 500 hPa OVER THE NORTHERN HEMISPHERE

Wang Demin

ABSTRACT

In this paper the monthly mean height fields at 500 hPa over the northern hemisphere are expanded. In the expanding the whole hemisphere can be divided into a northern and a southern latitudinal zones. Some statistical features of the main expansion coefficients and parameters of the harmonic waves are determined. Facts show that the flow fields and their seasonal variations are very different in the two zones. Results in this study suggest that in practice the expansion in the zones is better than that in the whole hemisphere.