

# 100毫巴上大气大尺度运动(1962年1月1日到2月10日)的波谱\*

陈受钧

(北京大学, 地球物理系)

## 提 要

本文分析了100毫巴上经向运动动能和纬向运动动能的波谱, 并讨论了超长波的逐日变化。

近年来, 对平流层环流的研究表明, 在平流层中亦存在着大尺度的扰动运动. Boville<sup>[1]</sup>曾指出, 在平流层中有超长波和行星波, 并给出了这一类斜压波发展的例子. Hare<sup>[2]</sup>也讨论过冬季平流层中的波动, 这一类系统的发展经常引起平流层中环流和温度的急剧变化(如爆发性增温的现象), 目前我们对这些扰动的性质还了解得很少. 本文采用波谱分析方法对平流层下层的扰动(100毫巴)作一些统计研究.

分析方法与一般的方法相同. 由于平流层下层超长波为主要成员, 波谱收敛很快, 因此只计算波数1—8的谱, 计算日期自1962年1月1日到2月10日共41天, 资料取自Scherhag领导下缩制的100毫巴天气图<sup>[3]</sup>.

某一时段内, 物理量 $M$ ;  $N$ 的平均波谱 $\overline{\Phi_{M,N}(k)}$ 可以写成:  $\overline{\Phi_{M,N}(k)} = \overline{\Phi_{\bar{M},\bar{N}}(k)} + \overline{\Phi_{M',N'}(k)}$ . 式中 $\bar{M}$ ,  $\bar{N}$ 为对时间的平均,  $M'$ ,  $N'$ 为对时间的平均偏差,  $k$ 为波数.  $\overline{\Phi_{\bar{M},\bar{N}}(k)}$ 为平均场的谱,  $\overline{\Phi_{M',N'}(k)}$ 为平均的扰动波谱, 是 $\overline{\Phi_{M,N}(k)}$ 与 $\overline{\Phi_{\bar{M},\bar{N}}(k)}$ 的差, 它表示了

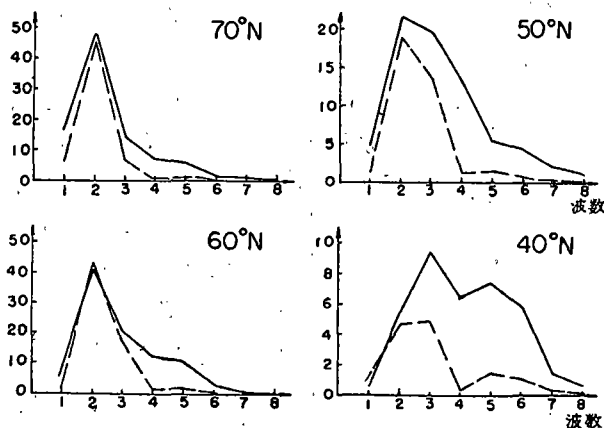


图1 1962年1月平均经向能谱(实线)与月平均流场的经向能谱(虚线)  
(单位: 米<sup>2</sup>/秒<sup>2</sup>)

\* 本文1962年11月13日收到。

移动性波动的谱。

根据冬季 100 毫巴上流场和温度场的特征，我们可以把 100 毫巴等压面分成二个区域<sup>[4]</sup>：极区与平流层中纬区。极区自  $55^{\circ}\text{N}$  以北直到极地。平流层中纬区约从  $30^{\circ}\text{N}$  到  $55^{\circ}\text{N}$ 。下面就这两个区域来讨论波谱的特征。

图 1 为 1962 年 1 月  $70^{\circ}\text{N}$ 、 $60^{\circ}\text{N}$  (极区) 和  $50^{\circ}\text{N}$ 、 $40^{\circ}\text{N}$  (平流层中纬区) 上经向运动动能的波谱。

$70^{\circ}\text{N}$  与  $60^{\circ}\text{N}$  上的平均经向能谱很一致，其量级普遍的比 500 毫巴上的波谱<sup>[5]</sup>大一倍以上，尤其是在超长波波段。这是由于在极区中没有温度补偿的缘故。经向能谱有下面几个特点：

(1) 平均经向能谱主要集中在  $k=1-4$  处，在  $k=2$  处有一峰值，达  $40 \text{ 米}^2/\text{秒}^2$  左右。而  $k=5$  以上的波的经向动能只占总动能的 0.1 左右。

(2) 月平均流场的经向能谱在  $k=2$  处有一极值，和平均经向能谱的数值相同。这表明在这段时间极区中超长波的位置很稳定。

(3) 平均扰动经向能谱在行星波波段 ( $k=5-6$ ) 处最大。

在  $40^{\circ}\text{N}$  和  $50^{\circ}\text{N}$  上经向能谱的形式和量级与 500 毫巴上的很一致<sup>[5]</sup>，其特点如下：

(1) 经向动能在超长波和行星波波段都很大。 $40^{\circ}\text{N}$  上有两个峰值，在  $k=3$  和 5 处。 $50^{\circ}\text{N}$  上在  $k=2-3$  处最大，达  $20 \text{ 米}^2/\text{秒}^2$ 。Kahn

曾分析过 200 毫巴上  $40^{\circ}\text{N}$  与  $50^{\circ}\text{N}$  的经向能谱<sup>[6]</sup>，在  $k=1-3$  处其经向动能和 100 毫巴上的数值相同。但在  $k=3$  以上 100 毫巴的经向动能远小于 200 毫巴， $k=6$  以上的波相差达一个量级左右，这表明平流层下层的温度补偿主要对  $k=3$  以上的波起作用。

(2) 月平均流场的经向能谱上也有二个峰值，在  $k=2-3$  与 5 处，但  $k=5$  的值是很小的。

(3) 平均扰动经向能谱在行星波区域 ( $k=5$ ) 处最大。

$65^{\circ}\text{N}$ 、 $55^{\circ}\text{N}$  与  $45^{\circ}\text{N}$  上纬向动能的波谱示于图 2。在  $65^{\circ}\text{N}$  和  $55^{\circ}\text{N}$  平均纬向能谱除了在  $k=1, 2$  处最大外，在  $k=4, 5$  处尚有一个小的峰值。 $45^{\circ}\text{N}$  上平均纬向能谱和月平均流场的纬向能谱均集中在  $k=3$  以下，而在  $k=2$  处最大。

下面讨论超长波逐日变化的特征。1962 年 1 月 1 日—2 月 10 日  $70^{\circ}\text{N}$  与  $60^{\circ}\text{N}$  (极区) 上  $k=1-3$  的波的位相与振幅的逐日变化如图 3, 4 所示。

从图 3 可以看出  $k=1$  的波缓慢的自东向西移动。从 1 月 3 日—26 日西移了 200 经度左右。平均约每天移动 8 个经度，其中从 4—11 日和 18—26 日西移速度最大，达每天 13 经度左右。在这一期间，对流

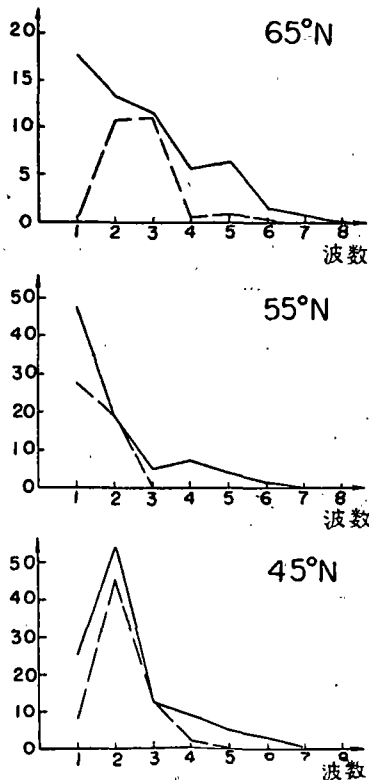


图 2 1962 年 1 月平均纬向能谱 (实线) 和月平均流场的纬向能谱 (虚线) (单位:  $\text{米}^2/\text{秒}^2$ )

层中太平洋地区的阻塞形势有明显的  
不連續后退<sup>[7]</sup>, 和  $k=1$  的波的西移  
現象有很好的对应关系, 1 月 26 日以  
后, 由于阿拉斯加高压脊发展,  $k=1$   
轉变成向东移动。  $k=2, 3$  的位相  
在我們分析的时段中极端稳定, 在其  
平均位置附近摆动的幅度不超过 50  
經度。 在对流层中 500 毫巴上一般所  
謂的准靜止超长波, 其位相变化可达  
140 經度<sup>[8]</sup>, 因此相对說来, 平流层中  
的超长波更为稳定。 按照一般概念超  
长波是由大地形和冷热源分布所产生  
的, 則在平流层中这种波何以比对流  
层中更为稳定, 是否冷热源及地形影  
响越到高层越为明显, 这个問題需  
要进一步明确。 平流层中环流型持續  
的时间比对流层为大, 約在 10 天以  
上, 甚至可达 1 个月左右<sup>[9]</sup>, 环流型  
的这种稳定性主要由  $k=2, 3$  位相的  
稳定所产生的。

超长波振幅的变化也有一些明显的  
特点,  $k=1$  的振幅变化可以分出  
二个明显的时段, 在 1 月 26 日以前  
振幅变化較小, 但在 1 月 26 日以后  
有一次明显的降低与升高。 振幅的增  
大发生在 2 月 3—8 日之間, 在  $70^{\circ}\text{N}$   
上 5 天内振幅增加了 200 位势米。  $k=2$   
的振幅也有明显的增加。 这时 100  
毫巴上北美阿拉斯加高压有明显的发  
展, 极涡中心偏向欧洲。  $55^{\circ}\text{N}$  以  
北 3—8 日 100 毫巴的变高有一对正  
負中心, 正值区位于阿拉斯加北部,  
負值区位于西欧, 强度达 400 位势米  
左右(图 5a), 这是由于  $k=1, 2$  振幅  
增大的結果, 此时在 100 毫巴上产生  
了一次爆发性增温, 北美与加拿大北  
部的温度 5 天内上升了  $20^{\circ}\text{C}$ (图 5b)。  
因此可以认为这一次爆发性增温是  
和  $k=1, 2$  的波发展有关。

$k=2$  的振幅逐日变化有着明显的  
周期性。 在  $70^{\circ}\text{N}$  上振幅极大值发  
生在 1 月 10 日和 30 日, 而在  $60^{\circ}\text{N}$   
上发生在 1 月 11 日, 25 日和 2 月 5  
日, 其周期約 10—20 天左右, 变

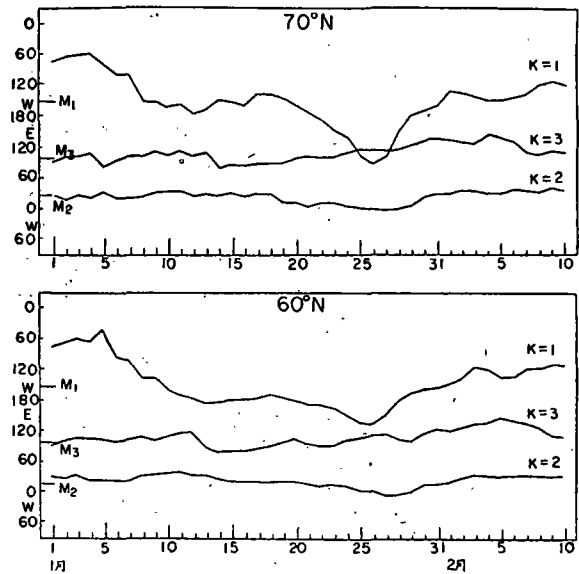


图 3 1962 年 1 月 1 日—2 月 10 日  $k=1-3$  的位相  
(波脊) 逐日变化  
( $M$  为月平均流場的波脊)

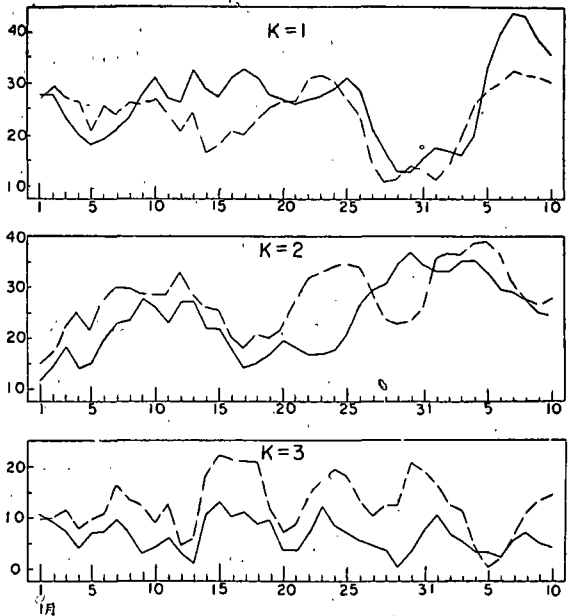


图 4 1962 年 1 月 1 日—2 月 10 日  $k=1-3$  的振幅  
的逐日变化。  $70^{\circ}\text{N}$  (实线)  $60^{\circ}\text{N}$  (虚线)  
(单位: 十位势米)

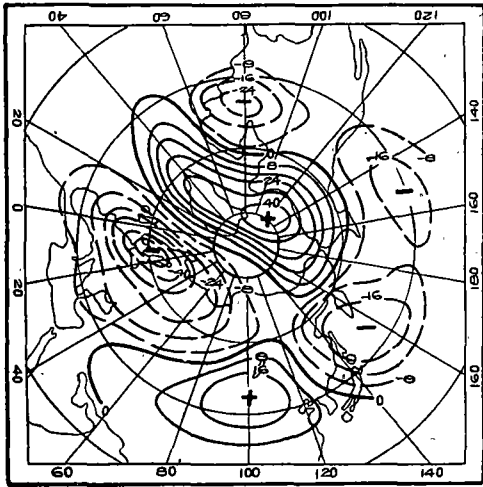


图5a 1962年2月3—8日100毫巴上变高  
(单位:十位势米)

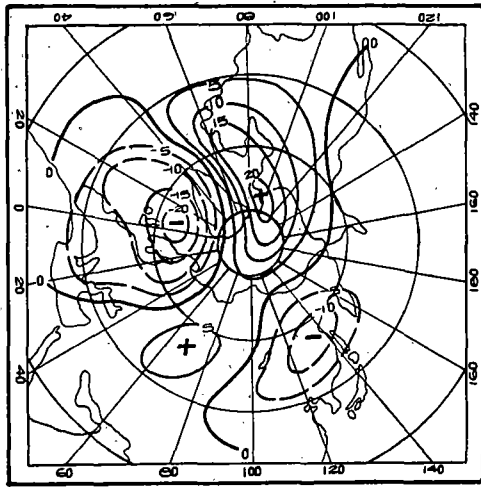


图5b 1962年2月3—8日100毫巴上变温  
(单位:°C)

幅平均达150位势米。Hare<sup>[2]</sup>曾发现平流层中温度有着周期为10—15天的振动。在东亚亦有这种现象<sup>[9]</sup>。我们查阅了这段时间内的天气图,当振幅增大时,在北美或东亚(相当于 $k=2$ 的波槽区域)温度下降,或在阿留申与东欧(相当于 $k=2$ 的波脊区域)温度上升。当振幅减小时则有相反的变化,温度变值可达 $10^{\circ}\text{C}$ 左右。由于 $k=2$ 的位相很稳定,因此平流层中温度的这种周期性变化可能是与周期波 $k=2$ 的发展与减弱相联系。

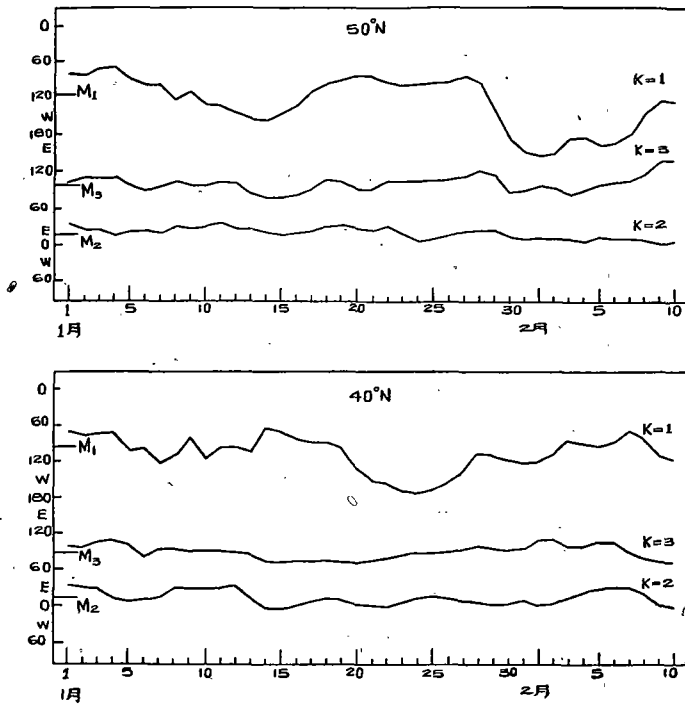


图6 1962年1月1日—2月10日 $50^{\circ}\text{N}$ 与 $40^{\circ}\text{N}$ 上, $k=1-3$ 的位相(波脊)逐日变化  
(M为月平均流场的波脊)

$k = 3$  的振幅变化周期较短, 约在 8 天左右, 这和 500 毫巴上  $k = 3$  振幅的周期<sup>[8]</sup> 相同。

图 6 和图 7 为  $50^{\circ}\text{N}$  与  $40^{\circ}\text{N}$  (平流层中纬区) 上  $k = 1-3$  的位相与振幅逐日变化。总的说来波动的位相变化与  $70^{\circ}\text{N}$ ,  $60^{\circ}\text{N}$  大致相同,  $k = 1$  亦有明显的西移与东移的现象,  $k = 2, 3$  位相变化幅度在 50 经度左右。

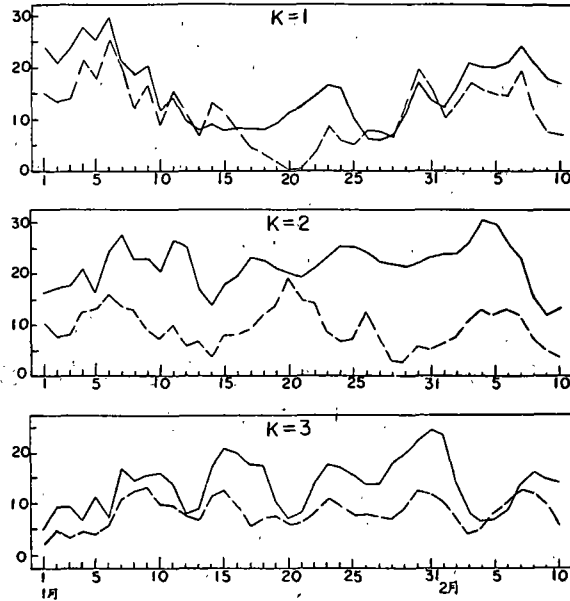


图 7 1962 年 1 月 1 日—2 月 10 日  $k = 1-3$  的振幅逐日变化,  
 $50^{\circ}\text{N}$  (实线),  $40^{\circ}\text{N}$  (虚线)  
 (单位: 十位势米)

$k = 1$  的振幅逐日变化与  $70^{\circ}\text{N}$ ,  $60^{\circ}\text{N}$  上的变化很不同, 尤其是在 2 月 3 日—8 日, 在平流层中纬区中  $k = 1$  的振幅没有急剧增长的现象。实际上这次爆发性增温只发生在  $55^{\circ}\text{N}$  以北的地区。  $k = 2$  振幅 10—20 天周期性变化不如极区明显, 但  $k = 3$  振幅的 8 天左右的变化仍相当明确。

根据上面的分析, 我们似可把 100 毫巴上波动的特性归纳成下列几点。

1) 经向能谱: 在极区中经向动能主要集中在  $k = 1-3$  的超长波波段, 而在平流层中纬区超长波和行星波的经向动能都很大。

2) 纬向能谱: 在极区和平流层中纬区纬向动能均集中在  $k = 1-3$  处。

3) 在极区和平流层中纬区  $k = 1$  的波动可以缓慢的自东向西移动, 而  $k = 2, 3$  的位相却非常稳定。 100 毫巴上环流的变化主要由波数小于 3 的波所产生。

4) 极区中爆发性增温过程可能是由  $k = 1-2$  的波发展而产生。平流层中温度 10—20 天周期性变化则与  $k = 2$  的振幅变化相联系。

上述结论只是对这一时段分析得到的。随着平流层波谱分析的增多当有进一步的修正。

致謝 本文承陶詩言教授指正, 謹致以謝意。

## 参 考 文 献

- [1] Boville, B. W., Wilson, C. V., Hare, F. K.; Baroclinic waves of the polar-night vortex, *J. Meteor.* **18** (1961), 567—580.
- [2] Hare, F. K., The disturbed circulation of the arctic stratosphere, *J. Meteor.* **17** (1960), 36—51.
- [3] Scherhag, R., Tägliche Höhenkarten der 100 mbar Fläche für das Jahr 1962, *Meteor. Abhand. XIII* (1962), Berlin.
- [4] Panofsky, H. A., Temperature and wind in the lower stratosphere, *Adv. Geophy.* **7** (1961), 215—248.
- [5] Saltzman, B., Fleisher, A., Spectral statistics of the wind at 500 mb, *J. Atmos. Sci.* **19** (1962), 195—204.
- [6] Kahn, A. B., Large scale atmospheric spectra at 200 mb, *J. Atmos. Sci.* **19** (1962), 150—158.
- [7] Stark, L. P., The weather and circulation of January 1962, *M.W.R.* **90** (1962), 167—174.
- [8] Eliassen, E., A study of the long atmospheric waves on the basis of zonal harmonic analysis, *Tellus* **10** (1958), 206—215.
- [9] 陈隆勋, 冬半年平流层中部环流的变化及其爆发性增温现象, *气象学报*, **32**, (1962), 44—63.

## THE SPECTRA OF LARGE SCALE ATMOSPHERIC FLOW AT 100 MB

CHEN SHOU-JUN

(Peking University)

### ABSTRACT

The spectra of meridional and zonal kinetic energy at 100 mb are computed. The day-to-day variations of ultra-long waves are also studied and discussed. The changes of circulation pattern at 100 mb are mainly due to the variation of waves with wave number lower than three.