

# 全球谱模式不同垂直分层对纬向基本气流和行星尺度波动物理量的影响\*

骆美霞 徐飞亚 宋正山

(中国科学院大气物理研究所, 北京 100080)

## 提 要

本文用 $\sigma$ 坐标原始方程全球谱模式, 对1979年1月23日个例, 采用3种不同的垂直分层方案, 实行了5天积分, 输出了若干模式诊断物理量。发现提高了模式顶高度和增加垂直分辨率的15层模式, 对北半球冬季行星尺度波动的水平感热通量、波数1的振幅强度以及对流层西风急流强度的预报均有明显地改进, 与实况符合很好。

**关键词:** 全球谱模式; 行星尺度波动; 水平感热通量; 纬向基本气流

## 一、引 言

张可苏<sup>[1]</sup>用准地转模式指出, 以行星波为对象的数值模式必须包括对流层和平流层, 简单的对流层模式会严重歪曲行星波的结构和移速。文献[2]用 $\sigma$ 坐标原始方程全球谱模式, 讨论了模式垂直分层对位势高度场预报的影响, 指出提高了模式顶高度和增加垂直分辨率的15层模式对北半球冬季预报效果改进最明显。本文在文献[2]的基础上, 进一步讨论模式垂直分层对纬向平均基本气流, 行星尺度和天气尺度波动的水平感热通量和动量通量的影响, 并着重讨论北半球冬季的情况, 观察改变模式的垂直分层对各物理量预报的改进能力。

## 二、数值模式及试验方案

本文所用模式是包含有地形作用的绝热的 $\sigma$ 坐标全球谱模式<sup>[3,4]</sup>, 与文献[2]用的模式相同。该模式的特点是将实际大气的温度和位势高度与参考大气的偏差作为预报量。

本文所采用的地形分布与文献[2]相同, 最高地形高度5400m。试验方案也与文献[2]相同, 其中方案1为等距的5层模式,  $\Delta\sigma$ 为0.2,  $\sigma_1$ 为0.1, 当地面气压为1000hPa时模式顶高度为100hPa。方案2为等距的9层模式,  $\Delta\sigma=0.1111$ ,  $\sigma_1$ 为0.05555模式顶层为55.55hPa。方案3为等距的15层模式,  $\Delta\sigma=0.06665$ ,  $\sigma_1$ 为0.03335, 模式顶

1991年4月25日收到; 1991年11月5日收到再改稿。

\* 本文是国家“七五”科技攻关项目——中期数值天气预报研究课题支持下的成果, 已经验收鉴定。

层为 33.35hPa。3 种模式方案的垂直厚度, 模式顶高和垂直分辨率彼此不同。3 种方案水平分辨率相同, 均为三角截断的 21 个波。3 种方案的垂直边界条件相同。即

大气上界: 模式大气层顶为 0hPa,  $\dot{\sigma}=0$

地面:  $\dot{\sigma}=0$

本文试验的初值与文献[2]相同, 3 种方案均以 1979 年 1 月 23 日 12 时的 FGGE III-b 全球 15 层 (10、20、……1000hPa) 的  $u$ 、 $v$ 、 $z$  场为初值。

### 三、试验结果

由预报模式得到  $\sigma$  面上的预报量, 用 spline 插值公式可插出等压面上的值。由模式预报得到的  $u$ 、 $v$ 、 $T$ ……等基本量, 用文献[5]提供的方案可进一步算出时间纬向平均量  $[\bar{u}]$ 、 $[\bar{v}]$ ……等。符号“ $[\ ]$ ”示纬向平均, “ $-$ ”示时间平均。由于我们没有 1 月 28 日 12 时的资料, 只好用 23—27 日的 5 天实测资料的平均值作为平均实况, 并与 24—28 日的 5 天平均预报值进行比较。由于 1 月 23—27 日的平均纬向风  $[\bar{u}]$  的经向——垂直分布 ( $90^{\circ}\text{S}$ — $90^{\circ}\text{N}$ , 1000—10hPa) (图略) 与 Newll 等<sup>[6]</sup>给出的多年平均的冬季实况相似。作为很初步的讨论, 本文近似将它们代表北半球冬季和南半球夏季的平均情况。本文只讨论 100—1000hPa 的结果。

#### 1. 行星尺度波动的水平感热通量

图 1 给出了 100—1000hPa 5 天平均的行星尺度波动 (波数 1—3) 的水平感热通量  $[\bar{v}T]$  的经向垂直分布。图 1a 示 1 月 23—27 日 5 天平均的观测值, 图 1b—d 分别示方案 1、方案 2 和方案 3 的 24—28 日 5 天平均的预报值。图中阴影线表示地底下, 以下各图的说明相同。文献[2]讨论了 1 月 23—27 日 5 天平均的 10—1000hPa 的实测行星尺度波动水平感热通量  $[\bar{v}T]$  的垂直分布特征, 指出北半球冬季行星尺度波动的水平感热通量明显地比南半球夏季强, 最大值为  $129^{\circ}\text{m/s}$ , 位于高纬上空 30hPa。而南半球夏季正的最大值只有  $6^{\circ}\text{m/s}$ , 位于高纬上空 100hPa。在对流层内南半球夏季水平感热通量的垂直分布很不均匀, 正负相间的多波结构特征显著。

由于水平感热通量正比于 E—P 能量通量矢量的垂直分量, 正的感热通量, 表示向北输送热量, 向上输送能量。上述感热通量的垂直分布特征表明, 高纬度地区上空是由对流层向平流层输送能量的通道。北半球的冬季由对流层向平流层输送的能量比南半球夏季多得多, 对流层对平流层有很大的影响。本文的图 1a 只给出了 100—1000hPa 的水平感热波动通量的分布, 在北半球高纬上空 100hPa 的最大值为  $77.2^{\circ}\text{m/s}$ 。由图 1b—d 看出, 5 层和 9 层模式预报值比实况弱, 15 层模式预报有明显地改进。由图 2 所示的预报误差更可以清楚地看到, 15 层模式对南、北半球行星尺度水平感热通量的预报都有改进, 预报误差明显地减小, 尤其是北半球高纬 ( $60^{\circ}$ — $70^{\circ}\text{N}$ ) 上空的误差减小更明显。5 层模式的最大预报误差为  $-42^{\circ}\text{m/s}$ , 9 层模式减少为  $-18^{\circ}\text{m/s}$ , 15 层模式更进一步减少, 与实况符合很好。但由图 2c 看到,  $80^{\circ}\text{N}$  以北的极地预报, 15 层模式还稍差一点。

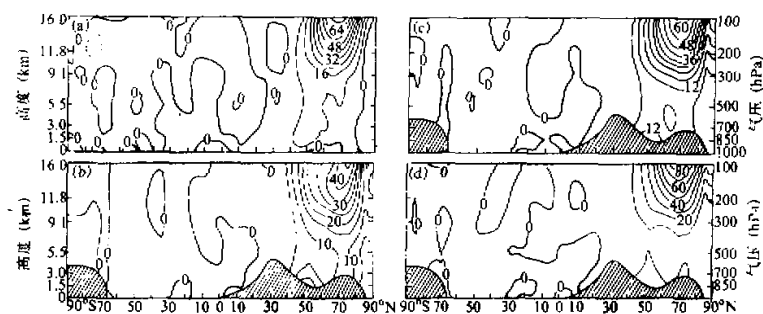


图 1 行星尺度波动(波数 1—3)的水平感热通量 $\overline{[v'T']}$ 的经向垂直分布  
图中阴影线表示地底下, (a)为 1 月 23—27 日 5 天平均的观测实况, 等值线间隔  
为  $8^\circ \text{ m/s}$ ; (b)—(d)为模式预报的 24—28 日 5 天平均值, (b)为方案 1, 间隔  
为  $5^\circ \text{ m/s}$ ; (c)为方案 2, 间隔  $6^\circ \text{ m/s}$ ; (d)为方案 3, 间隔  $10^\circ \text{ m/s}$

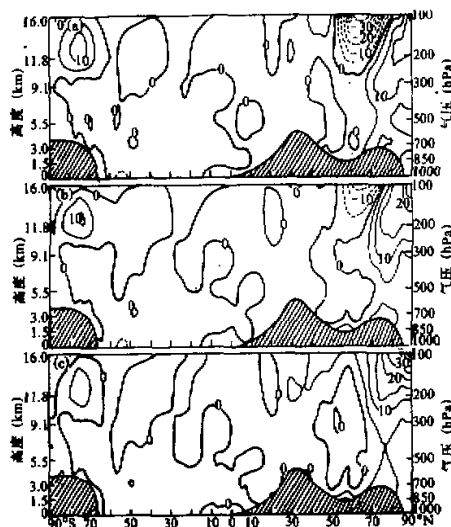


图 2 行星波的水平感热通量预报误差 $\overline{[v'T']_{\text{pred}} - [v'T']_{\text{act}}}$ 的经向垂直分布  
24—28 日的 5 天平均值, (a)为方案 1, (b)为方案 2, (c)为方案 3, 间隔  $5^\circ \text{ m/s}$

## 2. 行星尺度波动的水平动量通量

图 3 给出了 5 天平均的行星波(波 1—3)的水平动量通量 $\overline{[u'v']}$ 的经向垂直分布。由图 3a 看出, 北半球冬季对流层内行星尺度波动的水平动量通量明显地比南半球夏季强, 北半球冬季平流层内的行星尺度水平动量通量比对流层内还要强(图略)。而南半

球夏季平流层内的行星尺度水平动量通量并不比对流层强,更远不如冬季平流层内行星尺度水平动量通量强(图略)。这表明北半球冬季行星波明显地比南半球夏季活跃,特别是平流层。由图3b—d看出,15层模式对行星尺度水平动量通量正中心的预报有所改进,实况图上(图3a)位于(200hPa, 25°N)的正中心,在5层模式中未被预报出来,而在15层模式中却预报出来了。从预报误差图 $\overline{[u'v']}_{\text{预}} - \overline{[u'v']}_{\text{实}}$ (图略)看出,15层模式对于中低纬(20—40°N)上空100hPa以及高纬(70—80°N)上空300hPa以上的预报误差明显地比5层模式小。例如5层模式,75°N上空200hPa的预报误差为24 m<sup>2</sup>/s<sup>2</sup>,30°N上空100hPa的误差大于12 m<sup>2</sup>/s<sup>2</sup>,而15层模式的误差分别降为16 m<sup>2</sup>/s<sup>2</sup>和7 m<sup>2</sup>/s<sup>2</sup>。但对于50°N上空负中心的预报,15层模式不如5层模式,这主要表现在300hPa的预报误差大,有待于作进一步分析。对于50°N上空100hPa上的预报误差还是15层模式小。对于各层高度场的预报误差还是15层模式比5层模式小(文献[2])。

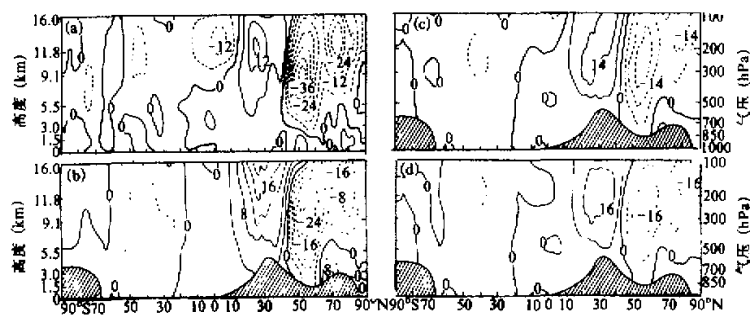


图3 行星波(波数1—3)的水平动量通量 $\overline{[u'v']}$ 的经向垂直分布  
(a) 间隔为6 m<sup>2</sup>/s<sup>2</sup>, (b) 间隔4 m<sup>2</sup>/s<sup>2</sup>, (c) 间隔2 m<sup>2</sup>/s<sup>2</sup>, (d) 间隔8 m<sup>2</sup>/s<sup>2</sup>, 其余同图1

### 3. 天气尺度波动的水平感热通量

图4a给出了5天(1月23—27日)平均的天气尺度波(波数4—9)的感热通量 $\overline{[v'T]}$ 的经向垂直分布。用它作为观测的平均实况,比较图1a与4a可看出,北半球冬季对流层内天气尺度水平感热通量较小。由图4a看出,最大正中心在北半球对流层内(45°N, 700hPa),其值为11°m/s,它表示感热向北输送。最大负中心位于南半球低层(50°S, 700hPa),中心值为-9.9°m/s,在(40°S, 300hPa)还有一个负中心。负的感热通量表示感热向南输送。由图4a还可看出,在对流层内南半球夏季与北半球冬季天气尺度涡旋感热通量的量级相同,而且南半球夏季对流层内的天气尺度水平感热通量比平流层内稍强(图略)。这与行星尺度水平感热通量的分布(见图1a和文献[2])明显地不同。这表明对于感热的南北输送,在北半球冬季以行星波为主。南半球夏季行星波和天气尺度波的输送量相差不多,二者的重要性是相等的。对于天气尺度水平感热通量,3种方案的预报值的分布(图略)与实况(图4a)相似,对于300hPa以下的预报值比实况弱。3种方案的预报误差相差不多,基本相似,图4b只给出了方案

3 (15 层模式) 预报误差的经向垂直分布, 15 层模式没有明显的改进, 对  $40^{\circ}\text{--}60^{\circ}\text{N}$  上空  $500\text{hPa}$  以下的预报误差还稍有增加, 但对北半球高纬  $70^{\circ}\text{N}$  上空  $100\text{--}200\text{hPa}$  的预报误差有所减少, 5 层模式的最大预报误差为  $8^{\circ}\text{m/s}$ , 而 15 层模式的误差减少为  $4^{\circ}\text{m/s}$ 。以上分析表明模式的垂直分层对天气尺度水平感热通量的影响较小, 不如对行星尺度水平感热通量的影响明显。

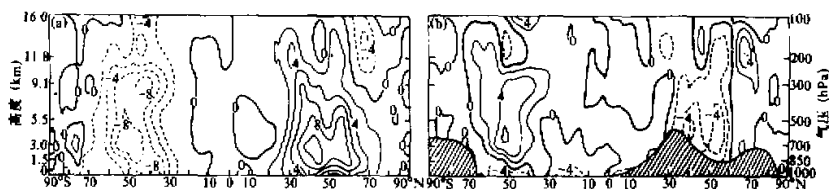


图 4 天气尺度波 (4—9 波) 的水平感热通量  $[\overline{v'T'}]$  (a)

及预报误差 (b) 的经向垂直分布

(a) 23—27 日的 5 天实测平均值  $[\overline{v'T'}]$ , 等值线间隔为  $2^{\circ}\text{m/s}$ 。

(b) 方案 3 的预报误差  $([\overline{v'T'}]_{\text{模}} - [\overline{v'T'}]_{\text{实}})$ , 等值线间隔为  $2^{\circ}\text{m/s}$ 。

#### 4. 天气尺度波动的水平动量通量

图 5 给出了 5 天平均的天气尺度波 (波数 4—9) 的水平动量通量  $[\overline{u'v'}]$  的经向垂直分布。图 6 给出了 5 天平均的天气尺度波的水平动量通量的预报误差的经向垂直分布。比较图 3a 与图 5a 看出, 南半球夏季对流层内天气尺度波的水平动量通量比对流层内 (图 3a) 和平流层内 (图略) 行星波的水平动量通量都强, 也比北半球冬季对流层内天气尺度波和行星波的水平动量通量强, 但没有北半球冬季平流层内行星波的水平动量通量强。这从一个侧面说明南半球夏季对流层内天气尺度波动是十分活跃的。对于涡动动量的南北输送, 天气尺度波动和行星尺度波动都是重要的, 天气尺度波动的输送量还稍大点。而北半球冬季, 对流层内行星尺度的水平涡动动量通量仍比天气尺度的水平涡动动量通量强, 输送方向相反。平流层内行星尺度的水平动量通量更强, 动量的南北输送仍然是以行星尺度波动为主。这从一个方面说明北半球冬季行星尺度波动是相当活跃的。

由图 5 看出, 3 种方案的预报基本相似。对南半球负中心 (动量向南输送) 的预报都偏弱, 中心位置稍偏南。负值区的范围与实况基本一致。9 层和 15 层模式预报的中心位置还更偏南一点, 但在强度上有所改进。对北半球正值区 (动量向北输送) 范围的预报都比较一致, 但实况图上是两个正中心, 在预报图上合并为一个, 预报强度偏弱, 对位于  $(75^{\circ}\text{N}, 300\text{hPa})$  的负中心都没有预报出来。从图 6 所示的预报误差分布图看出, 3 种方案的预报误差的分布基本相同。从数值上看 15 层模式对某些地区上空  $100$  和  $200\text{hPa}$  上的预报误差稍有减少, 但对北半球  $30^{\circ}\text{N}$  上空  $300\text{hPa}$  上正中心的预报还更偏弱一点。这表明 15 层模式对天气尺度的水平动量通量预报的改进也不明显。

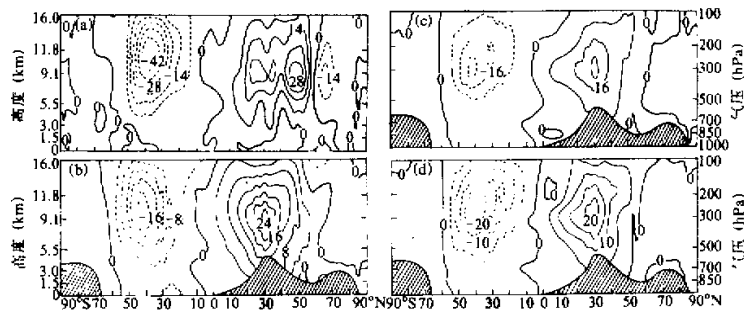


图5 天气尺度波的水平动量通量 $[\overline{u'v'}]$ 的经向垂直分布  
(a)等值线间隔为  $7\text{m}^2/\text{s}^2$ ; (b)间隔为  $4\text{m}^2/\text{s}^2$ ;  
(c)间隔为  $8\text{m}^2/\text{s}^2$ ; (d)间隔为  $5\text{m}^2/\text{s}^2$ . 其余说明同图1

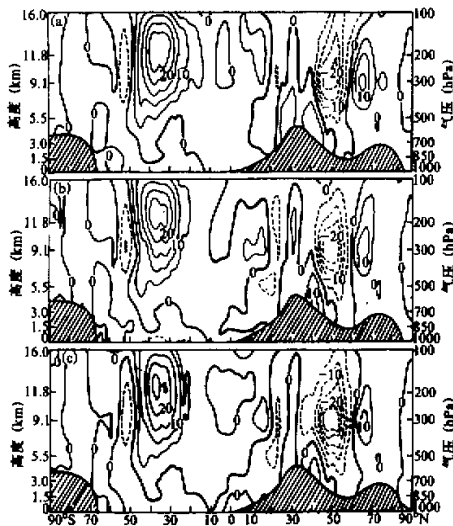


图6 天气尺度波的水平动量通量预报误差的经向垂直分布  
等值线间隔  $5\text{m}^2/\text{s}^2$ . 其余说明同图2

5. 行星波的振幅

从本文图 1a 以及文献[2]中的行星尺度水平感热通量的分布图看出，高纬上空是由对流层向平流层输送波动能量的通道，北半球高纬上空行星波的振幅比其它地区都强。我们分析了北半球高纬 ( $70^\circ\text{N}$ ) 上空 100—850hPa 6 个层次上纬向波数 1、2 和 3 的振幅值随预报方案和积分时间的变化。图 7 仅给出纬向波数 1 在  $70^\circ\text{N}$  上空 100hPa 和 500hPa 上的振幅值随方案和时间变化。图中实线表示 23—27 日的实况，虚线和点虚

线分别表示 15 层和 5 层模式的预报值。从图 7 看出, 15 层模式对纬向波数 1 振幅的预报有明显地改进, 特别是积分的第 4 天, 预报值与实况 (1 月 27 日) 符合得较好。从 850—100hPa 的各层次上也都是 15 层模式比 5 层模式好。纬向波数 2 和 3 的情况与波数 1 类似, 只是在 850—100hPa 的个别层上或个别天数上, 5 层模式稍好一点。但在绝大多数情况下, 15 层模式的预报明显地比 5 层模式好。以上分析表明 15 层模式对行星波的预报有明显的改进, 尤其是对行星波 1 (纬向波数 = 1 的波) 的改进更明显。另外, 实测资料表明, 300hPa 以上都是纬向波数 1 占绝对优势, 它的振幅值比波数 2 和 3 的振幅大得多。

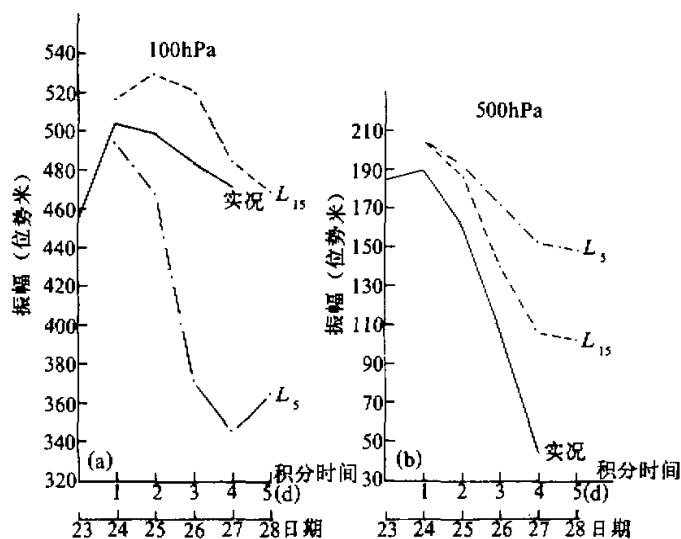


图 7 纬向波数 1 振幅的时间变化

70°N; 实线为 23—27 日的实况, 虚线为 15 层模式的预报值 (24—28 日),  
点虚线为 5 层模式; (a) 为 100hPa; (b) 为 500hPa

## 6. 纬向基本气流

图 8 给出了 5 天平均的纬向平均风速  $\overline{u}$  的经向垂直分布。图 a 示 23—27 日的 5 天实测平均值。用它作为观测的平均实况。对于实测资料, 我们计算了 10—1000hPa 的纬向平均风, 本文图 8a 只给出了 100—1000hPa 的纬向风。图 8b—d 分别示由 5 层、9 层和 15 层模式预报得到的 24—28 日的 5 天平均值。图 8a 所示的纬向风的分布与多年平均的冬季实况相似<sup>[6]</sup>, 这似乎可以说 1 月 23—27 日个例不属于异常情况, 可近似代表多年的平均情况, 具有一定的代表性。由观测实况图 8a 看出, 北半球对流层内的西风急流中心位于 (200hPa, 27°N), 中心值为 45.1m/s。南半球对流层的西风急流中心位于 (300hPa, 50°S), 中心值为 35m/s。由预报图 8b 和 8c 看出, 它们的分布与实况基本相似, 但 5 层与 9 层模式预报的西风急流比实况弱。差别较大的地区是在高纬上空, 在实况图上 (图 8a), 北半球高纬上空 300hPa 以上为西风, 在平流层内有很强

的极夜急流 (100hPa 以上的图略)。而在预报图上 (图 8b), 高纬 ( $60^{\circ}\text{N}$  以北) 上空是东风, 这与实况相差较大。由图 8c 看出, 9 层模式的结果比 5 层模式有所改进, 南、北半球的西风急流强度都有所加强, 北半球高纬上空的东风气流也有所减弱。由图 8d 看出, 15 层模式对南、北半球西风急流的强度均有进一步地加强, 预报的北半球西风急流的中心值为  $42.5\text{m/s}$ , 南半球的中心值为  $35\text{m/s}$ , 这与实况符合很好。另外, 高纬上空的东风也进一步减弱, 西风范围加大, 这与实况更接近。为了更仔细地看出了 3 种方案预报的差别, 图 9 进一步给出了预报误差 (预报值—观测值) 的经向垂直分布。由图 9 看出, 5 层模式的预报误差最大, 15 层模式的误差明显减少, 尤其是南、北半球的高纬地区以及西风急流地区。5 层模式在北半球西风急流区 ( $20^{\circ}\text{--}30^{\circ}\text{N}$  之间) 上空 200hPa 的差值为  $-8\text{m/s}$ , 在南半球西风急流区 ( $30^{\circ}\text{S}$  上空 200hPa) 的差值为  $-4\text{m/s}$ , 15 层模式减少为  $-2\text{m/s}$ 。5 层模式在北半球高纬  $75^{\circ}\text{N}$  上空 100hPa 上的差值为  $-16\text{m/s}$ , 而 15 层模式减少为  $-2\text{m/s}$ 。

以上计算结果表明 15 层模式对南、北半球西风急流强度和高纬上空西风气流的预报均有明显地改进。这同 15 层模式对行星尺度波段水平感热通量的预报有明显地改进有关。但 15 层模式对  $\overline{[v]}$  和  $\overline{[w]}$  的改进不很明显 (图略), 与实况差别较大。

#### 四、讨 论

本文计算指出, 15 层模式对纬向平均的纬向风速  $\overline{[u]}$  的改进明显, 而对纬向平均的经向风速  $\overline{[v]}$  和垂直速度  $\overline{[w]}$  的改进不明显。这可用骆美霞在文献 [7] 中得到的结果作一个初步的解释。文献 [7] 在 phillips<sup>[8]</sup> 的两层准地转模式基础上, 进一步讨论了经向双波的非线性相互作用。文献 [7] 计算指出, 纬向基本气流  $\overline{[u]}$  的变化, 主要由经向双波的非线性动力作用 (涡度平流) 引起, 而平均经向环流  $\overline{[v]}$  和垂直运动  $\overline{[w]}$  变化, 主要由双波的非线性热力作用 (厚度平流) 引起。由于本文模式没有考虑非绝热作用, 因而 15 层模式对热力作用描写的优势体现不出来, 故 15 层模式对  $\overline{[v]}$  和  $\overline{[w]}$  预报的改进作用不明显。

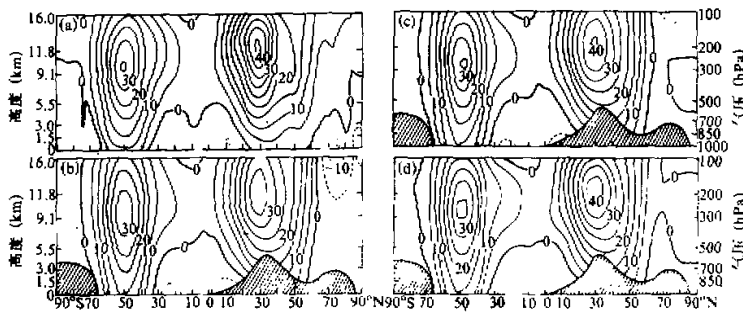


图 8 纬向平均风速  $\overline{[u]}$  的经向垂直分布  
(a) 1 月 23—27 日的 5 天实测平均值, (b) — (d) 分别为 5 层、9 层和 15 层模式预报的 24—28 日的 5 天平均值, 间隔  $5\text{m/s}$



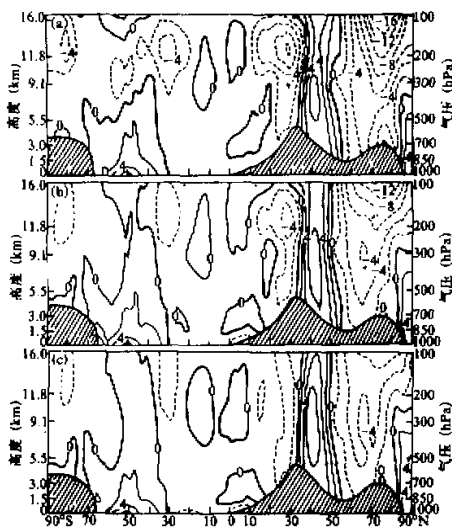


图9 纬向平均风速预报误差的经向垂直分布  
等值线间隔  $2\text{ m/s}$ , 其余同图2

文献[2]通过对高度场预报的均方根误差的分析指出, 15层模式对北半球冬季预报效果的改进最明显。并由实测资料计算表明, 北半球冬季的行星尺度的水平涡动感热通量比北半球夏季和南半球冬、夏季都强<sup>[2]</sup>。

本文的数值试验表明, 15层模式对行星尺度的水平感热通量, 以及纬向基本气流 $[u]$ 的预报均有明显的改进。这表明15层模式能更好地描写行星尺度波动能量的垂直输送, 从而能减小预报误差。由此可认为, 15层模式对北半球冬季预报效果的改进最明显, 同北半球冬季行星尺度的水平涡动感热通量最强, 对流层向平流层输送的行星尺度波动能量最多有关。

本文只讨论了谱模式垂直分层对同E—P能量通量矢量的水平和垂直分量成正比的涡动动量通量 $[u'v']$ 和感热通量 $[v'T']$ 以及基本气流的影响, 没有讨论对E通量(E—P通量)和 $\nabla \cdot E$ 的影响, 它将在另文讨论。

## 五、结 语

本文数值试验结果指出, 15层模式对行星波的振幅、行星波的水平感热通量以及纬向基本气流 $[u]$ 、对流层西风急流强度的预报均有明显地改进, 与实况符合很好。这说明提高了模式顶高度和增加垂直分辨率的15层模式比5层模式能更好地描写行星尺度波动能量的垂直输送, 对流层对平流层的影响。从而能减少预报误差, 提高预报准确率。15层模式对北半球冬季预报效果的改进最明显<sup>[2]</sup>, 这同北半球冬季行星波的水平涡

动感热通量最强有关。

本文计算表明, 15 层谱模式对纬向平均的经向风速 $[v]$ 和垂直速度 $[w]$ 的改进不很明显, 这同本文谱模式没有考虑非绝热作用有关。因为 $[v]$ 和 $[w]$ 的变化更多地受热力作用的影响, 而 $[u]$ 的变化更多地受动力作用的影响<sup>[7]</sup>。本文 15 层模式对 $[u]$ 的预报较好, 这可能说明本文所用谱模式对动作用的描写是较好的。

15 层模式对天气尺度波物理量的改进不很明显, 可能说明模式顶低的对流层模式(5 层模式)对天气波的性质歪曲不严重, 也可能同本文模式的水平分辨率(21 个波)较低有关, 这需要进一步作改变水平分辨率的试验。

## 参 考 文 献

- [1] 张可苏, 1985, 深厚和浅薄球面大气中的斜压行星波, 气象学报, 43, No.4, 424—439.
- [2] 骆美霞, 张道民、徐飞亚, 1993, 全球谱模式不同垂直分层对数值预报影响的敏感性试验, 大气科学, 17, No.5, 563—575.
- [3] Chen Jiabin, Ji Liren and Wu Wanli, 1987, Design and test of an improved scheme for global spectral model with reduction truncation error, *Advances in Atmospheric Sciences*, 4, 156—168.
- [4] Zhang Daomin, Sheng Hua and Ji Liren, 1990, Development and test of hydrostatic extraction scheme in spectral model, *Advances in Atmospheric Sciences*, 7, 141—153.
- [5] Wu Guoxiong and Cedomir Brandovic, General circulation diagnostics package, ECMWF Research Department Technical Memorandum, No.96.
- [6] Newell R. E., J. W. Kidson, D. G. Vincent and George J.B., 1972, The general circulation of the tropical atmosphere and interactions with extratropical latitudes, 1, The MIT Press, London 36.
- [7] 骆美霞, 1984, 大尺度扰动对基本气流的非线性作用, 科学探索, 4, No.1, 71—84.
- [8] Phillips, N.A., 1954, Energy transfer motions and meridional circulation associated with simple baroclinic waves in a two-level quasi-geostrophic model, *Tellus*, 6, 273—286.

## The Influence of Spectral Model's Vertical Extent on Mean Zonal Flow and Physical Quantities for Planetary Waves

Luo Meixia, Xu Feiya and Song Zhengshan

(Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080)

### Abstract

In this paper, the impact of artificial upper boundary and increased vertical resolution on the accuracy of the forecasts of the physical quantities is studied by using three versions of global spectral model (T21 L5, T21 L9, T21 L15). 5-day predictions for a real case (January 23, 1979 from EGGE III-b data) have been performed and model outputs ( $Z$ ,  $U$ ,  $V$ ,  $\omega$  and  $T$ ) are obtained. The zonally and time averaged physical quantities ( $[\bar{u}]$ ,  $[\bar{v}]$ ,  $[\bar{\omega}]$ ,  $[\bar{u}'v']$ ,  $[\bar{v}'r']$ ) are calculated from basic variables ( $U$ ,  $V$ ,  $T$ ,  $\omega$ ).

The results of numerical forecast and diagnostic tests show that forecasts of the mean zonal flow  $[\bar{u}]$ , mean horizontal eddy sensible heat flux  $[\bar{v}'r']_{1-3}$  for planetary wave and amplitude of zonal wavenumber 1 in geopotential height are the sensitive to change in the position of the top level and vertical resolution. Above quantities predicted by 15-layer model with the top at 33.3 hPa are more accurate than those predicted by 9- and 5-layer model with top at 55.5 hPa and at 100 hPa respectively. They are in good agreement to observation.

**Key words:** global spectral model; planetary wave; horizontal eddy sensible flux; mean zonal flow.