

205-211

## 短期预报中的非相变非绝热过程影响

p 457.6

周天军<sup>1)</sup> 钱永甫

p 456.1

①南京大学气象学系, 南京 210093

## 提 要

针对短期预报中的非相变非绝热过程影响进行了数值试验, 结果表明, 非相变非绝热过程对短期天气预报的影响, 主要体现在降水要素的预报上, 在本个例中, 对于雨区分布和降水量, 若忽略非相变非绝热过程, 将引起大陆上降水预报的较大偏差, 预报降水量明显减少。

关键词: 非绝热过程, 短期预报, 降水 预报 降水量

## 引 言

人们通常认为非绝热性是气候问题的明显特征, 对于短期天气过程, 大气运动主要依靠其自身贮存的有效位能向动能的转换来维持, 来自外界及气候系统其它成员的热流入量的影响不大, 因而大气运动常被当做绝热过程来处理, 80 年代以来, 人们逐渐意识到, 非绝热过程对于短期天气预报, 仍具有一定影响, 研究表明, 可分辨尺度的相变过程和地面加热引起的边界层日变化, 甚至在很大程度上影响到中尺度对流性天气系统的发生<sup>[1]</sup>, 因此, 非绝热过程已成为世界各国数值天气预报模式中考虑的主要物理过程之

本文利用有限区域的嵌套细网格原始方程预报模式, 通过对一次短期天气过程的预报试验, 探讨了包括太阳短波辐射、地气系统长波辐射、不同特性下垫面等影响在内的非相变非绝热过程对短期预报的影响, 至于凝结因子, 本文未作讨论。

## 1 数值模式和试验方案

本文采用有限区单向嵌套数值预报模式, 它是由一个 5 层  $p-\sigma$  混合坐标系原始方程大气模式、一个 2 层土壤模式和一个 2 层海洋混合层模式组成的, 大气模式在 400 hPa 以上采用  $p$  坐标系, 分为 2 层, 每层厚 200 hPa, 模式面分别相当于 100 hPa 和 300 hPa, 在 400 hPa 以下分为 3 层, 最下一层厚度为 50 hPa, 作为大气边界层, 第 3 和第 4 层在 400 hPa 和大气边界层顶之间等距分层, 这 3 层都在  $\sigma$  坐标系中<sup>[1]</sup>。

- 本文由 85-906-01 课题资助。
- 1995 年 11 月 28 收到, 1996 年 01 月 18 收到修改稿。
- 现址: 中国气象局总体规划研究设计室, 北京 100081。

土壤模式中第1层较薄,代表土壤温度和水分的日变化层;第2层较厚,反映的是年变化.土壤模式的详细情况可参阅文献[3][4].海洋模式中第1和第2层厚度分别为50 m和250 m,代表海洋混合层和斜温层[5].

模式侧边界采用的是 Perkey 等提出的单向嵌套的倾向订正方案[6],大尺度倾向由 ECMWF 资料计算得出.

模式区域为:100°~140° E, 5°~40° N, 水平格距为 1.0°·1.0°, 使用 GFDL 地形资料及月平均初始海温资料,下垫面分为陆地和海洋两种.

试验方案分为两类:方案 A,考虑由于水汽饱和所引起的大尺度凝结,条件性不稳定所产生的积云对流凝结两者所释放的潜热,地面摩擦和大气内部湍流交换作用;方案 B,考虑太阳短波辐射、地气系统长波辐射、水汽凝结潜热加热、地形动力和热力作用以及不同物理特性下垫面所产生的影响.由于在方案 A 中考虑了大尺度凝结和积云对流凝结降水,已有相变过程发生,故本文重点比较两种方案的预报结果,探讨包括太阳短波辐射、地气系统长波辐射、不同物理特性下垫面等的影响在内的非相变非绝热过程对短期预报的影响.以上两种试验方案均作 48 h 预报,时间步长 3 min,采用 2 h 欧拉后差、3 h 中央差交替进行的时间积分方案.

## 2 试验结果的讨论

本文所选取的个例是 1983 年 7 月 23 日 20 时至 25 日 20 时的一次天气演变过程,如图 1(a)所示,在 24 日 20:00 时(北京时,下同)实况图上,500 hPa 高度场由西风槽

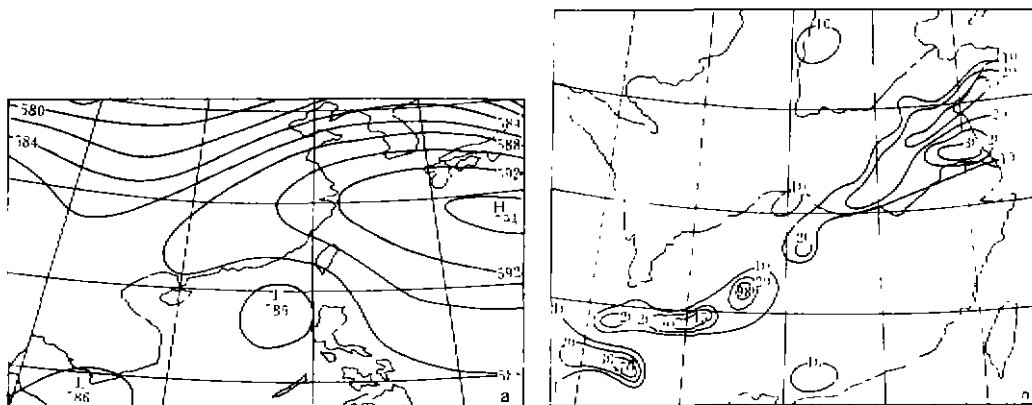


图 1 (a) 7 月 24 日 20 时(北京时) 500 hPa 高度场实况(单位: dagum); (b) 7 月 23 日 08 时~24 日 08 时(北京时)降水实况(单位: mm)

Fig. 1 (a) Field of geopotential height at 500 hPa at 1200 GMT 24, July (unit: dagum); (b) Observed twenty-four hour rainfall from 0000 GMT, 23 July to 0000 GMT, 24 July (unit: mm)

和副高控制,南海东部-菲律宾群岛上空为热带气旋中心,从23日20时起,48 h中副高西伸,逐渐控制大陆上空,气温呈上升趋势,受副高影响较大的是从中原到江淮之间的大部分地区。

与该次天气过程相对应的地面降水实况,由23日08时至24日08时,如图1(b)所示,雨区为大范围的西南-东北方向的带状降水区域,贵阳附近暴雨中心24 h总降水达98.0 mm,从24日08时到25日08时(图略),雨区范围逐渐减少,百色附近暴雨中心24 h总降水量达130.0 mm。

### 2.1 500 hPa 温压场比较

图2(a,b)分别是由方案A和B方案(以下简称A、B)预报的24 h高度场(温度场略),与实况比较可以发现,无论是高度场还是温度场,在大的形势上,A、B的结果都较为接近实况,这说明两种方案下的模式预报能力都是较强的;但是A和B之间仍有一定的差异,相比之下B的结果要好于A,48 h预报结果(图略)也是如此,其差别主要反映在副高影响大陆的范围大小,在A中,副高向大陆延伸影响的区域要小于B,方案A 24 h预报暖中心位于长江下游及东海近长江入海口处;48 h预报暖区中心位于长江入海口,在B中,24 h预报暖中心分别位于长江中游及台湾岛东北部,西部地区上空也有一暖中心;48 h预报暖区范围虽大致与A相同,但中心位置已移入大陆,至于暖中心的强度,A和B基本相当。

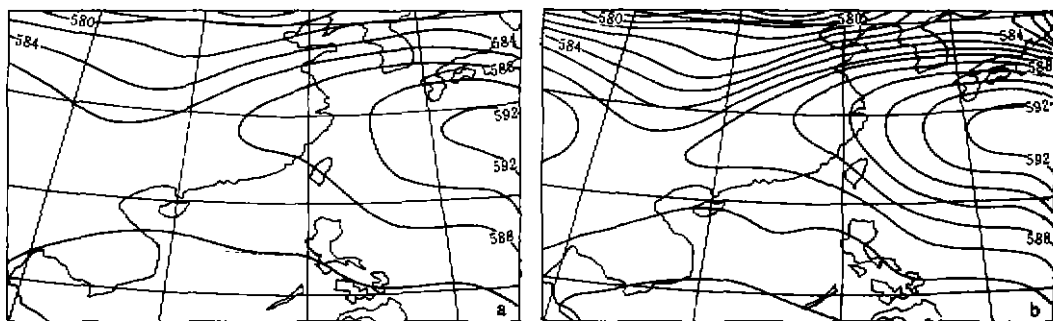


图2 24 h 预报 500 hPa 高度场(a)方案 A (b)方案 B(单位: dagpm)

Fig. 2 24 h forecast geopotential height at 500 hPa (a) scheme A (b) scheme B (unit: dagpm)

为比较A和B间高度场和温度场预报的差异,图3给出了24 h预报方案A与方案B的500 hPa差值图,由图3(a)可以看出,A的预报结果除副高控制的海洋区域外,相对于B普遍偏高,但量值不大,差异最大的长江上游也不超过10 gpm,对比48 h预报(图略)可以发现,随着预报时间的延长,海洋上的负值区域向东北方向移动,影响到日本群岛及朝鲜半岛,但正值区域相对稳定,由图3(b)可知,方案A 24 h预报在海洋上空的温度普遍比B偏高约1.45°C,在大陆上差异不大,48 h预报大陆东南部温度也比B偏高;10° N以南地区则偏低不到1.0°C。

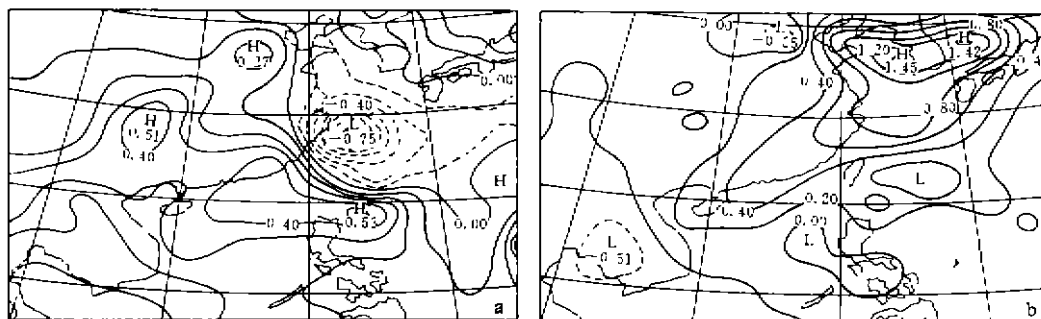


图3 24 h 预报 A—B 500 hPa 差值图 (a) 高度场(单位: dagpm) (b) 温度场(℃)  
 Fig. 3 24 h forecast discrepancy between A and B at 500 hPa (a) geopotential height (unit: dagpm) (b) temperature field(℃)

可见, 非相变非绝热过程对温压场的预报有一定影响, 但量值不大, 这说明短期天气过程的演变是以动能转换为特征的, 象太阳短波辐射、地气系统长波辐射、不同物理特性下垫面的影响等非相变非绝热过程的影响较小。

2.2 海平面气压及风场比较

图4是48 h 预报 A—B 的海平面气压场及300 hPa 风矢差分布, 由图可以看出, 不考虑非相变非绝热过程, 整个海洋地区海平面气压场均偏低, 最大差值可达近7.0 hPa; 高原地区则偏高, 最大达3.3 hPa。

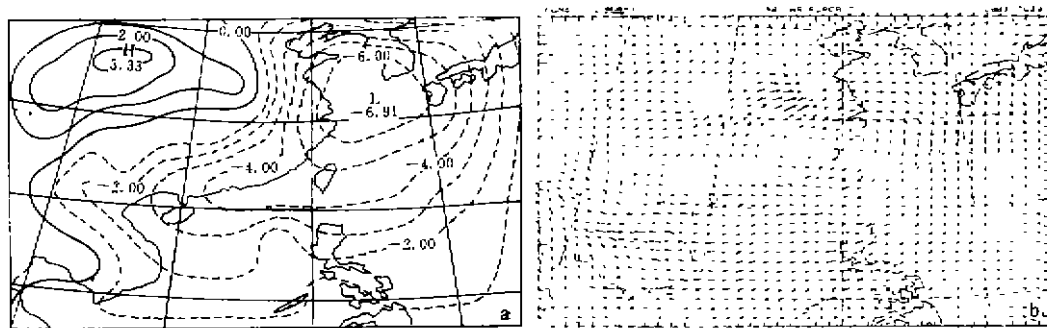


图4 48 h 预报 A—B 差值图 (a) 海平面气压场(单位: hPa) (b) 300 hPa 风矢差  
 Fig. 4 48 h forecast discrepancy between A and B (a) sea level pressure (b) wind vector at 300 hPa

低层气压场上的差异也反映到边界层流场上(图略), 差异最明显的是受副高控制的东海大部及大陆东部地区, 从风矢差的方向看, 以东海为中心, 形成一个气旋性的辐合环流, 说明忽略非相变非绝热过程时, 东海地区的辐散量为减少, 高压减弱, 另外南亚半岛东部的西北风过强, 分析300 hPa 风矢差分布, 如图4(b)所示, 发现不考虑非相

变非绝热加热时, 300 hPa 出现反气旋性风矢量环流, 南亚半岛上空的东风过强, 可见高低空的差值风矢量是匹配的.

### 2.3 降水预报的分析比较

图 5 (a、b) 分别是方案 A 和 B 的 24 h 预报总降水量分布. 由于模式预报起止时段与实况资料的时段有 12 h 的位相延迟, 所以本文着重从雨区分布和降水量的量级上分析比较. 首先, 两种方案中, 在南亚半岛北部、菲律宾群岛东北、苏北地区、华北地区都有降水发生, 降水的西南—东北方向带状分布都较为明显, 强降水中心的位置也几近重合, 这表明非相变非绝热过程的影响不足以决定大范围雨带的分布; 就雨带范围而言, 5.0 mm 以上雨区分布 B 显然要略大于 A, 更接近实况. 对于华北 10.0 mm 降水中心, 两种方案报得都偏强, 其中 B 又强于 A. 其次, 对于降水量的预报, 在大陆上, 方案 B 的结果要明显大于 A, 它更接近实际. 可见, 非相变非绝热过程的影响虽然不足以决定大范围雨带的分布, 但是对降水量仍有着较为显著的影响. 另外, 对于海洋上的降水预报, 一个值得注意的现象是虽然雨区几近重合, 但在降水量上, A 的结果都要明显大于 B, 恰与大陆雨区的情况相反.



图 5 24 h 预报总降水量分布 (a) 方案 A (b) 方案 B (单位: mm)

Fig. 5 24 h forecast total rainfall field for (a) scheme A and (b) scheme B (unit: mm)

可见, 非相变非绝热过程的影响虽不足以决定大范围雨带的分布, 但是能够明显地改善大陆上的雨区与降水量的预报结果, 使得雨区分布更接近实际, 降水量明显增大. 在海洋上, 它对降水量的影响更为明显. 因此, 非相变非绝热过程对降水要素预报的影响较之对温压场的影响更为显著.

### 2.4 经、纬圈环流比较

比较方案 A 和 B 24 h 预报沿 25° N 纬圈环流图 (图 6), 发现在 A 中, 模式区域东部有一极为明显的辐合性环流, 其右侧的上升气流较强, 而 B 中该辐合中心较弱且位置偏西. B 中反映较为明显的西部大地形处的辐散性环流中心在 A 中则较弱.

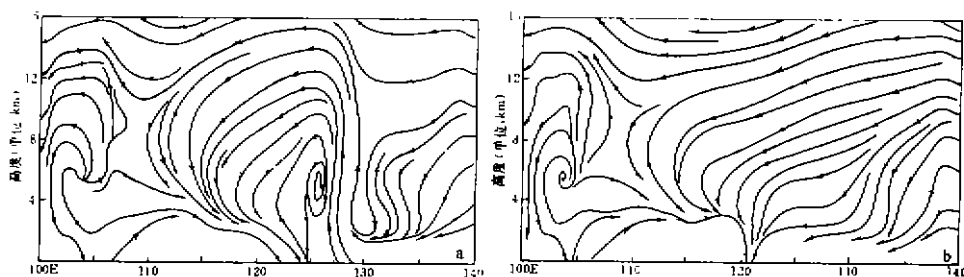


图 6 24 h 预报沿 25° N 的纬圈环流 (a) 方案 A (b) 方案 B

Fig. 6 Longitude-height cross-section of 24 h forecast along 25° N for (a) scheme A and (b) scheme B

比较方案 A 和 B 24 h 预报的 115° E 经圈环流(图略), 可以发现 A 中上升气流极为明显, 其右侧存在微弱的辐散性环流结构, 而 B 结果则比较平滑, 波动振幅比较平缓, 不存在强烈的上升气流.

从以上分析可知, 环流结构上的差异是与降水要素的差异相一致的.

### 3 结论

(1) 非相变非绝热过程对于短期天气预报的影响主要反映在降水要素的预报上, 对形势预报的影响相对较小. 对于本个例, 若忽略非相变非绝热过程, 可能引起大陆上降水预报的较大偏差, 非相变非绝热加热作用使大陆上的雨区分布及降水量的预报质量得到明显改善, 降水量明显增大.

(2) 若忽略非相变非绝热加热效应, 对于低层风场和气压场, 将导致海洋地区气压偏低, 大陆地区气压偏高, 东海地区风场辐散量减少, 高压减弱. 对于高空风场则是使反气旋环流增强. 这种影响, 在风场环流上也有所体现.

### 参考文献

- 1 高坤, 曾庆存. 非绝热物理过程在模拟电线系统中  $\beta$  尺度结构中的作用. 气象学报, 1991, 52: 321~331.
- 2 Qian Yongfu, A five layer primitive equation model with topography. *Plateau Meteorology*, 1985, 4 (增刊): 1~28.
- 3 钱永甫. 地表热平衡湿度的一种计算方法. 气象科学, 1988, 8(3): 14~27.
- 4 钱永甫. 地气耦合系统中温湿变化的数值模拟. 气象学报, 1991, 49: 538~547.
- 5 Qian Yongfu. Effects of different sea surface temperature over the western Pacific on summer monsoon properties. *Acta Ocean. Sinica*, 1993, 12: 535~547.
- 6 Perkey D J, Kreitzberg C W. A time-dependent lateral boundary scheme for limited area primitive equation model. *M. W. R.*, 1976, 104: 744~755.

## THE EFFECTS OF NON-PHASE CHANGE DIABATIC HEATING PROCESS IN SHORT TERM FORECAST

Zhou Tianjun    Qian Yongfu

*Department of Atmosphere Science, Nanjing University, Nanjing 210033*

### Abstract

Numerical experiments are made on the effect of non-phase change diabatic heating process in short term forecast. The results show that its effect on quantitative precipitation forecast is significant. If omitting the process, the forecasts of rainfall amount and its distribution have obvious departure from observation. And, the rain belt in some region of the main land disappears or appears in error, the rainfall amount decreases evidently.

**Key words:** Diabatic process    Short term forecast    Precipitation

### “九五”科技攻关 96-908-03 课题研讨会在京举行

“九五”科技攻关项目“我国短期气候预测系统的研究”03 课题于 1997 年 3 月 10~11 日在中国气象科学研究院举行了“气候异常对国民经济影响评估业务系统的研究”研讨会。

项目协调办公室的冯雪竹副处长和执行专家组组长丁一汇主任到会讲话,他们强调指出 03 课题作为整个项目的窗口,内容广泛,任务艰巨,科委十分重视,一定要明确各研究领域的科学难点和关键技术,力争创新和发展。执行专家组副组长王绍武教授及 02 课题组成员,国家气候中心赵宗慈研究员和张晶博士应邀到会作专题报告,介绍了气候预测和影响评估的不确定性、区域气候模式、陆面过程模式及其输出产品,深受代表欢迎。

会议共收到论文摘要 31 篇,到会代表 48 人,会上有 20 人就各研究领域的国内外现状、发展方向、前期工作及今后如何组织实施作了大会发言。内容包括:作物生长模型在影响评估中的应用;农业模式与气候模式的嵌套技术;近年来发展的水文模型;气候异常对能源、交通、重大工程、土地覆盖等影响的评估方法;多种影响评估集成技术;多种评估结果集成方法以及减灾对策研究方法等。代表们还就气候模式与应用模式的嵌套、总体集成及其与应用的关系、以及为保证业务化需要,硬件软件环境的统一等问题展开了热烈的讨论。

03 课题主持人王馥棠研究员作了总结发言。会议于 11 日下午圆满结束。

(96-908-03 课题秘书处)

王石立