

用探空资料检验中尺度数值模式 对强对流天气的诊断分析能力

李佳英^{1,2} 俞小鼎³ 王迎春²

(1. 中国气象科学研究院, 北京 100081; 2. 中国气象局北京城市气象研究所;
3. 中国气象局培训中心)

提 要: 提高对流天气临近预报准确率的关键问题之一是了解大气的垂直稳定性和垂直风切变。中尺度数值模式产品提供了高时空分辨率的大气稳定性和垂直风切变信息, 需要首先检验其精度才能进一步考虑其在对流天气预报中的应用。利用北京加密探空资料检验北京市气象局 3km 分辨率的 MM5 模式结果, 对强对流天气的背景参数包括温湿风垂直廓线、对流有效位能 CAPE 和垂直风切变进行模式分析和预报与探空对比检验。结果表明: 模式模拟的各种大气廓线中, 风廓线和温度廓线都具有一定的参考价值, 与实况有较好的一致性, 但在廓线出现转折的地方, 如: 逆温层和风向转折时, 模式预报较差。露点(湿度)廓线的预报误差较大, 不能反映出真实水汽场的分布。因此, 模式预报的深层(地面至 500hPa)垂直风切变与探空具有较好的一致性, 而模式给出的对流有效位能 CAPE 由于露点预报结果不理想, 其值与实际偏差较大。因此模式输出的对流有效位能 CAPE 必须经过适当订正才能用于诊断强对流天气发生的可能性。

关键词: 强对流天气潜势预报 大气温湿风廓线 高分辨率数值模式 探空 对比

资助项目: 科技部“十五”国家科技攻关计划重大项目“奥运气象保障技术研究”(2002BA904B05)和北京市科委重大项目“奥运气象保障科学技术试验与研究”(H0206201900091)第三专题“城市气象精细预报技术研究”(H020620250330)

收稿日期: 2005年10月13日; 修定稿日期: 2005年12月26日

Evaluation of Convective Parameters Derived from Mesoscale Numerical Model by Sounding Data

Li Jiaying^{1,2} Yu Xiaoding³ Wang Yingchun²

(1. Chinese Academy of Meteorological Sciences, Beijing 100081;
2. Institute of Urban Meteorology, CMA; 3. Training Center, CMA)

Abstract: To improve the accuracy of convection weather forecast, one of the key issues is to find out the atmospheric vertical stability and wind shear. The mesoscale numerical model provides information on the atmospheric vertical stability and wind shear with high spatial and temporal resolution, and the reliability of the parameters derived from model output need to be well checked for the further application to the convection weather forecast. Using the radiosonde data of Beijing weather station, the convective parameters from mesoscale numerical model MM5 with a resolution of 3km run in Beijing Meteorological Bureau are carefully checked. The convective parameters are compared between the forecast results and the soundings. Results show that wind and temperature profiles produced by the model are useful to some extent, while when inversion or strong shift of wind direction occur, simulation results are much poorer. The forecast dew point profiles show very large errors, indicating the model gives a very poor water vapor distribution. The predicted deep layer vertical wind shear (from ground to 500hPa) shows good consistence with the radiosonde data, while the simulated CAPE is totally different from the observed value because of the errors in predicted temperature and dew point. The simulated CAPE value must be properly revised in order to diagnose the possible occurrence of the strong convective weather.

Key Words: potential prediction of severe convective weather atmospheric temperature-wet profile high-resolution numerical model sounding

引言

预报强对流天气潜势的关键问题之一是了解大气的垂直稳定性和垂直风切变^[1,2]。目前预报员获取有关大气垂直稳定性和垂直风切变信息的主要方法是检验探空曲线。但现有的探空站网时空密度无法提供足够详细的大气信息以指示发生强对流天气的潜势,而中尺度数值模式则可以输出高时空分辨率的各种模式变量,提供高时空分辨率的大气温湿风垂直廓线^[3]。主要问题是模式的温湿风廓线是否可靠。利用北京加密探空的高时空分辨率资料,考察北京市气象局 3km 分辨率的中尺度数值模式 MM5 对北京地区夏

季对流发生的诊断分析能力,将模式得到的温湿风垂直廓线与实际探空资料进行比较,评估模式温湿风垂直廓线和根据它们计算的对流诊断参数的可靠性^[4]。

1 资料与模式

数值模式使用 MM5 的 version3.6 非静力模式,采用 3 层嵌套,内层分辨率为 3km,垂直为 37 个 σ 层,选用 Grell 对流参数化方案, MRF 边界层方案。预报初始时刻分别为 08 时、20 时(北京时,下同),积分 24 小时。探空资料采用北京市气象局观象台(39.48°N、116.28°E)2004 年 6 月和 8 月的加密探测资料,观测时间为每天

08时、14时、20时。总共对76个个例进行预报检验分析。为便于将实况与模式预报的大气廓线相比较，将同一时刻的预报和实况在一张图上绘制。分别将当天早上08时的观测和08时的MM5初始场、MM5模式前一天08时起始的24h预报和20时起始的12h预报，将当天14时的观测和08时起始的06h预报、前一天20时起始的18h预报，将当天20时的观测和当天20时的MM5初始场、当天08时起始MM5的12h预报和前一天MM5模式20时起始的24h预报进行比较。

2 探空实况与模式输出的比较结果

2.1 风廓线

对比2004年6月和8月的实况观测与模式预报风廓线，图1仅给出了所作72个检验中的一个代表性个例，2004年8月17日验证时刻为08:00的风向和风速预报与探空的比较。结果表明；风速预报在所有层次多数情况下比较接近实况，平均风速偏差 $<6\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 。当整个气层风向比较一致，在风向随高度无强烈的转折时，模式预报与实况符合最好。中高层风向（500~100hPa）

模式预报与实况最好，低层（1000~850hPa）稍差，中低层（850~500hPa）风向的预报偏差较大。在出现风向转折时，模式的模拟能力较弱。风向随高度的转折通常发生在中低层，造成这一层预报的风速误差较大。

2.2 垂直风切变

通常有组织的强对流发生在比较大的垂直风切变环境下，因此垂直风切变的大小对于是否会产生强对流天气具有重要的指示性。业务上用得最多的垂直风切变指标是地面与500hPa和地面与700hPa之间的风矢量的差值（绝对值）。对6月和8月，高空500hPa和中层700hPa的风矢量与地面风矢量的垂直风切变进行统计分析，结果表明：多数情况下模式预报的垂直风切变趋势基本与实况一致。两个层次的垂直风切变中，500hPa与地面的风切变预报效果要好于700hPa与地面的风切变，这实际上反映出模式的700hPa等压面上的风预报误差大于500hPa上的风预报误差，这与700hPa风更大程度上受到大气边界层的影响有关，而目前几乎所有的模式都不能在三维情况下很好地模拟出大气边界层的结构。

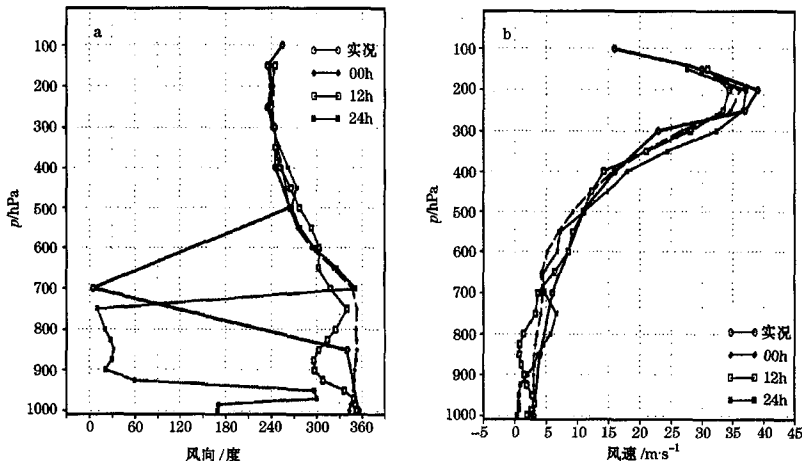


图1 2004年8月17日验证时刻为08:00的实况和模式预报的风向(a)和风速(b)廓线比较

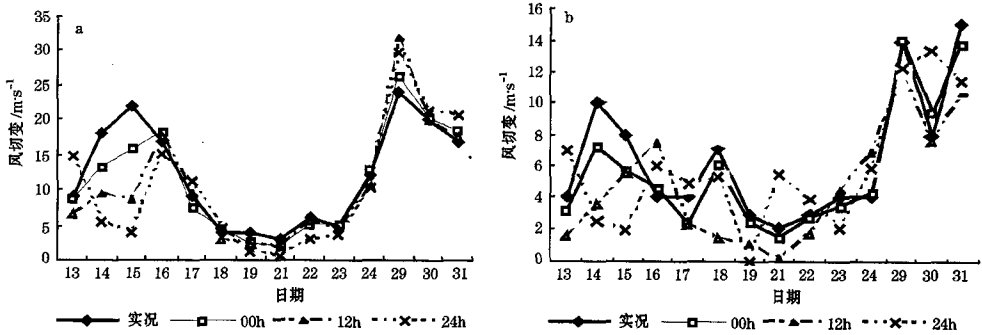


图 2 2004 年 8 月验证时刻为 08:00 的实况和模式预报的 500hPa 与地面风切变 (a) 和 700hPa 与地面 (b) 风切变比较

2.3 温度廓线分析

图 3 给出了模式预报温度廓线的一个典型个例, 2004 年 8 月 13 日在各个验证时刻模式各个时次的预报。温度廓线的预报效果与风廓线的情况类似, 温度廓线比较平滑时预报效果较好, 预报偏差一般在 2℃ 以内。

但在温度随高度变化出现转折, 特别是存在逆温层时, 模式的预报精度较差; 中午温度变化较快时, 预报偏差也较其他两个验证时刻大些。随着预报时效的增长, 温度廓线预报效果也比较稳定。总体而言, 模式预报的温度廓线具有较好的参考价值。

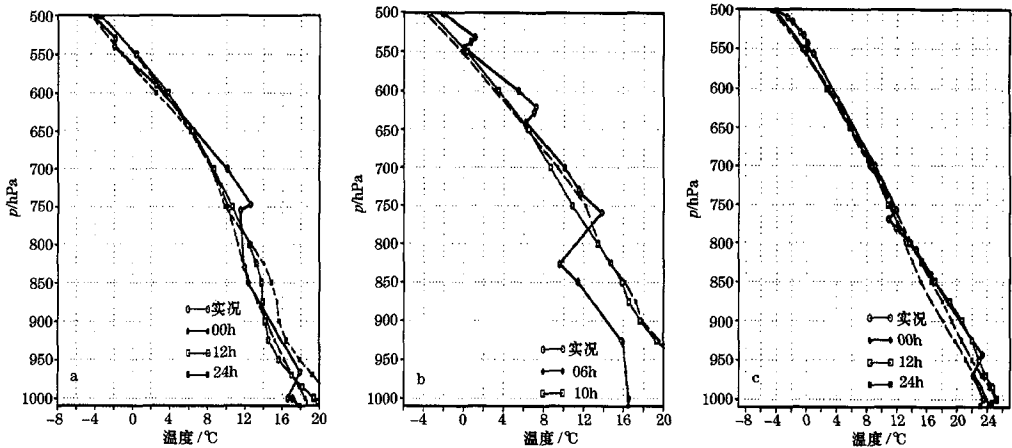


图 3 2004 年 8 月 13 日验证时刻为 08:00 (a)、14:00 (b)、20:00 (c) 的实况和模式预报的温度廓线比较

2.4 露点廓线分析

露点廓线的预报代表了大气层湿度的大致分布情况, 所以以露点廓线来考察模式对大气中水汽的预报能力。分析结果表明: 预报结果都很不理想。模式露点廓线的预报从高层到的低层都有很大的偏差 (图略), 预

报与实况差别太大, 不能反映出实际大气水汽场的分布, 偏差甚至达到 30℃, 基本符合的情况甚少, 甚至连 00h 的初始场与实况差别都很大。反映出模式湿度廓线的预报整个空间分布都与实况差别较大。

模式对于湿度场预报误差较大的原因可能是: (1) 湿度场的时空变化率大于温度场

和风场^[5],其变化更加无规律,降水和云的存在都会大大改变湿度的分布,而模式对云和降水的预报通常都比较差;(2)即便在天气尺度,湿度场也不像温度场和风场那样受地转关系的强烈约束。

3 模式预报的大气对流能量参数 CAPE

在对流天气的分析中,CAPE 值已被普遍用于评估大气是否能产生对流,因此,选取计算 CAPE 值来考察中尺度模式 MM5 对强对流天气发生的诊断分析能力。分析结果表明:CAPE 值的预报与实况差别非常大(图略),也就是说模式预报的大气对流有效位能 CAPE 基本上不能反映大气对流稳定性度的实际情况。主要原因在于模式对于大气湿度场的预报太差,另外出现逆温层时,模式温度预报的误差较大也会在一定程度上影响模式计算的对流有效位能 CAPE 的精度。

4 结论

强对流天气的诊断分析与大气垂直稳定性和垂直风切变密切相关。通过对比分析北京地区探空资料和中尺度模式 MM5 预报的大气廓线及对流参数,对北京市气象局 MM5 模式对流诊断分析能力有了一定的认

识。

模式模拟的各种大气廓线中,风廓线和温度廓线都具有一定的参考价值,但在出现逆温层和风向出现转折的地方,模式预报误差较大。预报的温度廓线在没有逆温的情况下与实况符合较好,其预报偏差一般在 2℃ 以内,风廓线的预报多数情况下也与实况大体一致。露点廓线的预报误差较大,不能反映出真实水汽场的分布。由模式预报的露点和温度廓线计算的对流有效位能 CAPE 与实际的偏差很大,基本上不能反映大气垂直不稳定的实际情况。

参考文献

- 1 俞小鼎,王迎春,陈明轩等.新一代天气雷达与强对流天气预警[J].高原气象,2005,24:410-416.
- 2 李耀东,高守亭,刘键文.对流能量计算及强对流天气落区预报技术研究[J].应用气象学报,2004,15(1):10-20.
- 3 Hart, Robert E, Forbes, Gregory S, Grumm, Richard H. The use of hourly model-generated soundings to forecast mesoscale phenomena. Part I: Initial assessment in forecasting warm-season phenomena [J]. Wea. forecasting, 1998, 13 (4): 1165-1185.
- 4 李耀东,刘键文,刘玉玲等.爱玛图微机制作及对流有效位能的计算[J].气象,1998,23(5):21-23.
- 5 Tammy M. Weckwerth, James W. Wilson, Roger M. Wakimoto. Thermodynamic Variability within the Convective Boundary Layer Due to Horizontal Convective Rolls [J]. Monthly Weather Review. 1996, 124: 769-784.