

王秀明, 俞小鼎, 朱禾. NCEP 再分析资料在强对流环境分析中的应用. 应用气象学报, 2012, 23(2): 139-146.

# NCEP 再分析资料在强对流环境分析中的应用

王秀明\* 俞小鼎 朱禾

(中国气象局气象干部培训学院, 北京 100081)

## 摘 要

为考察 NCEP 再分析资料在我国强对流天气产生环境分析中的适用性, 选取 2002—2009 年多普勒天气雷达识别的 60 例超级单体风暴个例, 对比分析常规探空资料和 NCEP 再分析资料提取的温、湿、风垂直廓线, 结果表明: NCEP 再分析资料计算的对流有效位能因对抬升气团湿度敏感而与观测间差异较大, 宜用  $K$  指数、温度直减率分析大气层结稳定度; 因对流层中高层风与探空差异不大, 其中 500~700 hPa 的风与探空近乎一致, 因此 NCEP 再分析资料计算的深层、中层风垂直切变参量可靠性较高; NCEP 再分析资料水汽参数与探空资料差异大, 特别是在大气边界层, 需用观测资料订正; 边界层物理量, 特别是风向与探空差异显著, 因此不宜用 NCEP 再分析资料讨论雷暴触发问题; 平均而言, NCEP 再分析资料湿度廓线低层偏干而中层偏湿, 925 hPa 以上风速偏小, 降低了强对流发生概率。

**关键词:** NCEP 再分析资料; 探空资料; 超级单体; 强对流

## 引 言

超级单体是最强烈的对流风暴, 其发生频率虽然不高, 但相当比例的极端强对流天气事件(包括 5 cm 以上冰雹、33 m/s 以上雷暴大风和 F2 级以上龙卷)是由超级单体风暴产生的。因此, 超级单体风暴发生的环境背景代表了有利于极端强对流事件发生的环境背景。对我国超级单体发生环境背景的分析, 有利于在了解超级单体发生环境的基础上做出更准确的潜势预报。现有的探空资料每天两次(00:00 和 12:00, 世界时, 下同), 且空间分辨率一般为 200~300 km, 而强对流事件常发生在午后, 空间尺度常在 100 km 以下, 因此常规探空资料常因资料时空分辨率太低而缺乏代表性。廖晓农等<sup>[1]</sup>研究表明, 增加午后探空能提高北京雷暴潜势预报能力。NCEP 再分析资料在模式的基础上加入了大量的观测信息, 每天 4 次, 目前其分辨率已达 25 km。我国有不少学者利用 NCEP 再分析资料进行对流暴雨和冰雹、雷暴大风等强对流天气的环境潜势研究<sup>[2-7]</sup>, 强对流和对流性暴雨数值模拟研究也常基于

NCEP 再分析资料<sup>[8-9]</sup>, 有不少研究者直接用 NCEP 再分析资料提取的垂直廓线统计雷暴大风环境探空特征<sup>[10-12]</sup>, 并得到了一些有意义的结论, 但 NCEP 再分析资料用于研究强对流, 特别是极端强对流事件环境潜势的可行性研究目前尚未涉及。本文通过对对比分析探空与 NCEP 再分析资料描述的 60 个超级单体强对流事件环境探空的动力、热力参数, 利用 NCEP 再分析资料探讨强对流潜势的适用性。决定对流风暴类型的主要参数是浮力(一般用对流有效位能表征)和风垂直切变, 观测分析和数值模拟研究表明: 风垂直切变对超级单体发展尤为重要, 超级单体风暴发生的环境为相对大的热浮力和强的垂直风切变<sup>[13-14]</sup>。风垂直切变被称为风暴的增强条件, 强风垂直切变使得风暴结构更有组织, 有利于强风暴的维持。垂直切变是超级单体内中层强烈的旋转(在雷达图上常表现为中气旋)的来源, 一般用 0~6 km 风垂直切变表示, 国外的观测分析和数值模拟研究表明: 6 km 以下风垂直切变达到  $15\sim 20\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  是超级单体发生所必须的, RUC-2 分析和预报系统(Rapid Update Cycle-2 Analysis and Forecast System)同化资料统计结果为超过  $20\text{ m/s}$ <sup>[13]</sup>。对流有

2011-05-23 收到, 2012-01-12 收到再改稿。

资助项目: 国家自然科学基金项目(41005002, 40875029), 公益性行业(气象)科研专项(GYHY200906003)

\* E-mail: wangxm@cma.gov.cn

效位能和 0~6 km 的风垂直切变是两个常用来诊断超级单体发生潜势的物理量,因此下面主要对 NCEP 再分析资料计算的这两个物理量进行统计。本文重点在于探讨 NCEP 再分析资料提取的垂直廓线在强对流环境分析中的适用性、NCEP 再分析资料计算的物理量与观测资料差异较大的原因及可能的订正方法。本文考察的对象为超级单体强对流,其结果可推广到利用 NCEP 再分析资料分析一般雷暴天气潜势。

## 1 资料与方法

### 1.1 资料

本文选取 2002—2009 年我国多普勒天气雷达识别的 60 个超级单体强对流事件,其产生的天气现象包括冰雹、龙卷、雷雨大风和短时强降水,83% 的个例发生在午后到傍晚,早晨的探空资料常常缺乏很好的代表性。88% 的个例发生在我国华北和中东部地区,这些地区也是我国的强对流多发地。从时间和空间分布来看,本文选取的超级单体样本能够较好地代表发生在我国的超级单体。探空资料的选取原则为尽量靠近超级单体出现地,且未受对流活动影响。NCEP 再分析资料水平分辨率为  $1^\circ \times 1^\circ$ ,垂直为 26 层,每天 4 次,时间间隔为 6 h。与探空资料进行对比的 NCEP 再分析资料从与观测同一时刻且离测站最近的一个网格点上提取。对比的动力热力参量主要为对流有效位能和水平风垂直切变。

为了进一步说明 NCEP 再分析资料计算的对流有效位能、风垂直切变等参量与观测差异偏大的可能原因,并探讨相关物理量的可用性,本文对 60 个个例探空资料中基本物理量温、湿、风进行统计,进行对比的垂直层次选取探空的常规观测层:1000,925,850,700,500,400,300,250 hPa 和 200 hPa。

### 1.2 方法

对流有效位能的获取方式有多种,本文主要采用 GrADS 软件附带的 tlogps. gs 脚本计算,这也是目前国内使用较多的一种计算方式;预报业务上一般采用 MICAPS 探空分析软件计算;另外,NCEP 再分析资料直接输出的变量中也有地面对流有效位能(CAPEsfc)。下文将通过统计比较说明上述 3 种常用的对流有效位能获取方式间的差异。

0~6 km 水平风垂直切变用上下两层风矢量差大小除以两层间的距离计算,单位为  $1.0 \times 10^{-3} \text{ s}^{-1}$ 。上层取 500 hPa,下层探空资料取底层,NCEP 再分析资料取 1000 hPa。本文选取的个例大多在东部平原地区,65% 的个例探空第 1 层资料在 985~1015 hPa,80% 的个例在 925 hPa 以上,所以尽管下层高度,探空资料与 NCEP 再分析资料略有差异,但差异不大。因此,上述求取的虽不是严格意义上的 0~6 km 风垂直切变,但两类资料求取的风垂直切变具有可比性。

## 2 风垂直切变参数特征

图 1 表明,由 NCEP 再分析资料计算的 0~6 km

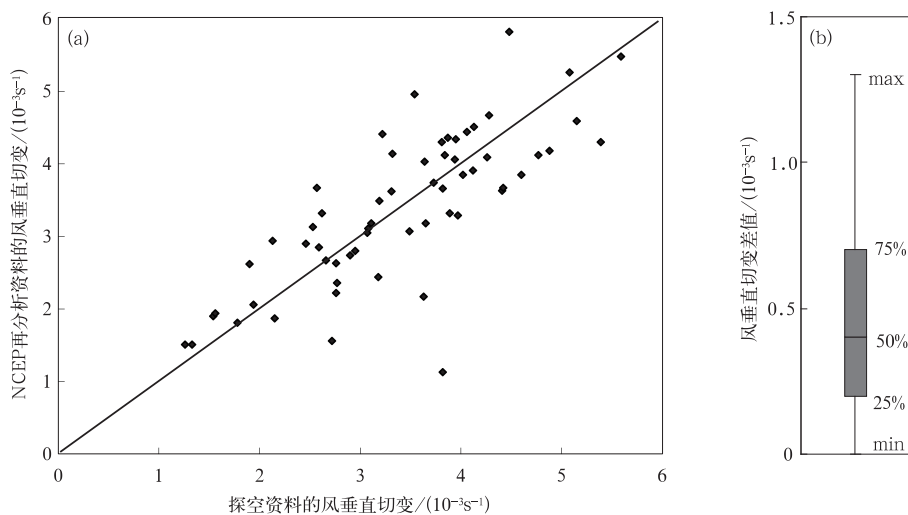


图 1 NCEP 再分析资料与探空资料的 0~6 km 风垂直切变散点图(a)及风垂直切变差分布图(b)

Fig. 1 The scatter diagram of 0—6 km vertical wind shear(a) and the shear difference(b) between NCEP reanalysis data and observations

风垂直切变与探空差异小,两者几乎相等,75%的个例差异在  $0.7 \times 10^{-3} \text{ s}^{-1}$  以下。NCEP 再分析资料计算的风垂直切变平均值为  $3.28 \times 10^{-3} \text{ s}^{-1}$ ,略小于探空值 ( $3.41 \times 10^{-3} \text{ s}^{-1}$ ),两者仅相差  $0.14 \times 10^{-3} \text{ s}^{-1}$ 。用 NCEP 再分析资料计算的 0~6 km 风垂直切变参数是可靠的,可用于强对流环境风垂直切变分析。下面通过逐层风对比分析 NCEP 再分析资料风垂直切变差异小的原因,进而讨论其他动力参量适用性。

逐层风速差统计表明(图 2a):500~925 hPa 的 NCEP 再分析资料风速与探空资料差值多为  $2 \sim 3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ,75%的个例差值在  $3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  以下,且各层风速偏差值相对集中。美国探空观测风速的精度为  $1.5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ <sup>[15]</sup>,从这个意义上看,NCEP 再分析资料风速的代表性较好。平均而言,NCEP 再分析

资料风速比探空资料小(图 3a)。NCEP 再分析资料风向有两个显著特点(图 2b):700 hPa 以上 NCEP 再分析资料风向与探空资料差异小,边界层的风向差异大。700 hPa 以上层次超过 75%的个例风向差在  $20^\circ$  以内,其中 500 hPa 风向差最小,75%的个例风向差小于  $10^\circ$ ,几乎所有的个例风向差均在  $20^\circ$  以下。美国探空资料风向的观测精度一般为  $5^\circ$ ,从这个意义上说,可以用 NCEP 再分析资料的 500 hPa 风向代替探空风向。可以推断,500 hPa 的 NCEP 再分析资料环流型与探空资料的环流型基本一致。另一方面,边界层的风向差异显著,特别是 1000 hPa,50%个例的风向差近  $45^\circ$ ,NCEP 再分析资料边界层风向几乎不可用,因此,由边界层风向造成的低层辐合强迫抬升可靠性差,不宜用 NCEP 再分析资料边界层辐散、辐合讨论对流触发问题。

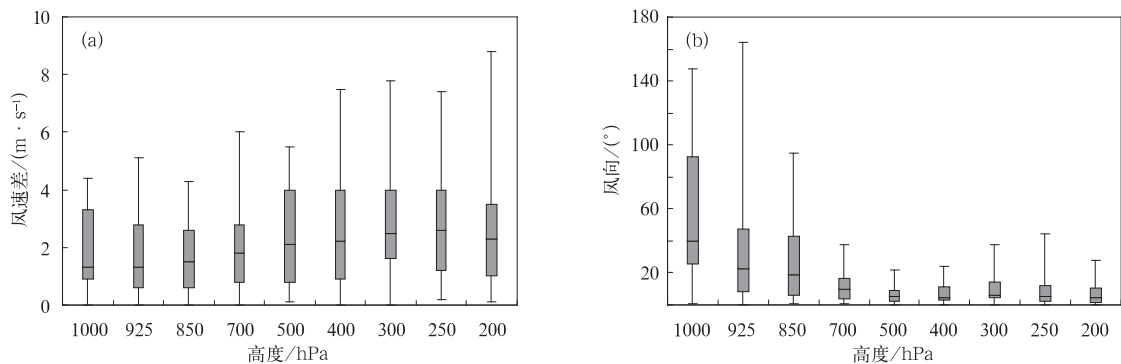


图 2 NCEP 再分析资料与探空资料的风速差值(a)和风向(b)分布

Fig. 2 The differences of wind direction(a) and speed(b) between NCEP reanalysis data and observations

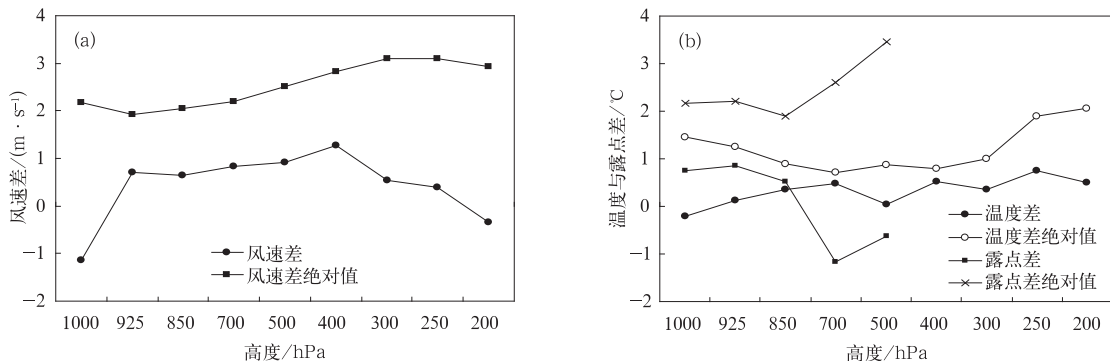


图 3 NCEP 再分析资料与探空资料各层风速(a)和温度、露点(b)的平均差

Fig. 3 Mean differences of temperature, dew point and wind speed between NCEP reanalysis data and observations

一般低层风速比高层风速小,因此 0~6 km 的风垂直切变很大程度上依赖于高层风,分析表明:500 hPa 附近 NCEP 再分析资料风场与探空资料差

异小,由此计算的风垂直切变与探空资料差异自然也小。NCEP 再分析资料 700 hPa 风场与探空资料差异小,NCEP 再分析资料给出的 0~3 km 风垂直

切变也应是可用的。NCEP 再分析资料中边界层风场与探空资料差异显著,可知 0~1 km 风垂直切变量与探空资料差异较大。上文逐层风向、风速差统计表明,中高层风与探空几乎一致,因而可以推断,与其有关的诊断量,如风暴相对螺旋度等均可用 NCEP 再分析资料计算。另外,因 500 hPa 风向与探空近乎一致,风速差异也较小,因此可以用 NCEP 再分析资料的 500 hPa 环流场来考察产生雷暴的天气系统演变,这已经被广泛应用到短时强降水、雷暴大风等强对流天气分析中<sup>[2-7]</sup>。

### 3 对流有效位能等热力参数特征

图 4 表明:由探空资料和 NCEP 再分析资料计算得到的对流有效位能(CAPE)有一定的代表性,大多数点分布在  $y=x$  附近,50%的对流有效位能差值在  $700 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1}$  以下,但两者计算的对流有效位能差异很明显。利用探空资料计算的对流有效位能超过  $2000 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1}$  的 6 个个例,利用 NCEP 再分析资料的计算结果显著偏大,均超过  $4000 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,即

NCEP 再分析资料计算的对流有效位能在高值区有偏大的倾向;另一方面,NCEP 再分析资料计算的对流有效位能在低值区偏小, $2000 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1}$  以下的部分个例 NCEP 再分析资料计算的对流有效位能显著偏小,使得 NCEP 再分析资料计算的超级单体的对流有效位能比探空资料计算结果离散度大。虽然两者平均值相差仅为  $25 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,但平均差距达  $946 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。从图 4b 可以看出:25%的个例 NCEP 再分析资料与探空资料计算结果差值超过  $1500 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,除去 5%的奇异点,最大差值仍达  $2500 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。NCEP 再分析资料计算的对流有效位能与探空资料计算结果差异显著的原因在于其对抬升气团的温、湿状况敏感,从表 1 可知,抬升气团(最低层)温度增加  $1^\circ\text{C}$ ,对流有效位能平均增加  $194 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,露点温度增加  $1^\circ\text{C}$ ,对流有效位能平均增加  $459 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。下面将通过 NCEP 再分析资料温、湿参量与探空资料计算结果差值统计,进一步分析对流有效位能差异大的原因,并分析用 NCEP 再分析资料计算的其他热力参量的可靠性。

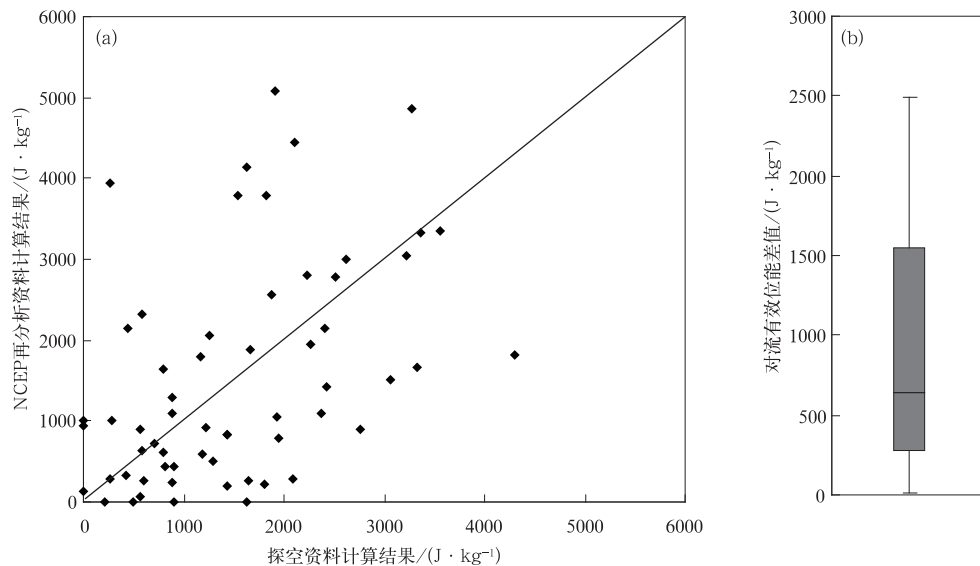


图 4 NCEP 再分析资料与探空资料计算的对流有效位能散点图(a)及对流有效位能差值分布(b)

Fig. 4 Same as in Fig. 1, except for CAPE

不同方式计算的对流有效位能差异较大,特别是 NCEP 再分析资料直接输出的地面对流有效位能(CAPE<sub>sf</sub>)。由表 1 可知:NCEP 再分析资料直接输出的地面对流有效位能与探空资料计算结果相比明显偏小,不到其 60%。国内研究者利用 NCEP

再分析资料的地面对流有效位能统计雷暴天气不稳定能量时也同样偏小<sup>[10-12]</sup>。因此,NCEP 再分析资料直接输出的地面对流有效位能不能代表雷暴,特别是强对流环境不稳定能量大小。研究还表明,其变化对雷暴有一定的指示意义<sup>[10-12]</sup>,其他模式计算

的对流有效位能也有同样的特点<sup>[16-17]</sup>。日常业务中多使用 MICAPS 探空分析软件包计算对流有效位能,统计表明:该结果较本文计算结果平均偏小约  $100 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,可能是自由对流高度和平衡点计算的

截断误差造成的,但这种差异与用不同资料计算的 对流有效位能相比几乎可以忽略,比抬升气团湿度影响造成的差异小得多,对估计强对流潜势影响不大。

表 1 不同资料及不同方式得到的对流有效位能及其与探空资料计算结果差值(单位:  $\text{J} \cdot \text{kg}^{-1}$ )

Table 1 Average CAPE and CAPE deviation calculated by different dataset and different methods(unit:  $\text{J} \cdot \text{kg}^{-1}$ )

统计量	探空资料计算结果	底层温度加 1℃	底层露点温度加 1℃	MICAPS 探空分析结果	NCEP 再分析资料计算结果	NCEP 直接输出量
平均值	1511	1705	1970	1390	1536	848
均值差		194	459	-121	25	-663
最大差值		348	1074	826	3672	949
3/4 值		228	576	-52	622	7
中值		198	472	-136	-188	-599
1/4 值		162	298	-201	-787	-1223
最小差值		0	0	-844	-2497	-3229

注:中值,1/4 值和 3/4 值分别指对流有效位能差值(不同资料、不同方式得到的对流有效位能减去探空资料计算结果)构成的序列按由小到大排列,位于 50%, 25%和 75%处的值。

NCEP 再分析资料温度差值统计(图 5a)表明: NCEP 再分析资料的温度与探空资料接近,特别是 400~850 hPa 的自由大气,NCEP 再分析资料温度差多在 1℃以下;300 hPa 以下层次,约 60%的个例温度差小于 1℃。边界层内温度差异略大,但也多在 2℃内。平均而言,NCEP 再分析资料温度比探空资料略偏低,500 hPa 以下层次偏低多在 0.5℃以内(图 3b);中层的温度差小而高、低层的温度差略有增大,这与陈子通等<sup>[18]</sup>分析广州中尺度数值模式结论一致,值得一提的是,NCEP 再分析资料近地层的温度差与其相比偏小。NCEP 再分析资料以数值模式结果为基础,其垂直廓线特点与一般模式有很多相似之处,一般来说,模式对温度的模拟结果比其他物理量好<sup>[16-18]</sup>。本文统计的 NCEP 再分析资料温度差比 40 km 分辨率的 RUC-2 分析和预报系统给出美国超级单体探空误差偏大 2~3 倍,这与采用的 NCEP 再分析资料空间分辨率约 100 km 而 RUC-2 分析和预报系统仅为 40 km 有关,受 NCEP

再分析资料分辨率限制,本文所选取的 NCEP 再分析资料与探空资料空间距离只能保证小于 50 km,另外 RUC-2 分析和预报系统同化的观测资料更多。总体而言,NCEP 再分析资料温度廓线能较好地描述超级单体环境温度层结状况。

由图 5b 可知,除 850 hPa 露点温度差较小外(略小于 2℃),露点温度差均在 2℃以上,且离散度大,资料代表性较差。大气中 90%的水汽集中在 500 hPa 以下,因此本文仅考察 500 hPa 以下的露点温度。1000 hPa 高度最大差值超过 4℃,即使是代表性较好的 850 hPa,最大露点温度差值也达到 6℃。平均而言,NCEP 再分析资料显示低层偏干而中层略偏湿(图 3b),低层偏干使其对流有效位能偏小,中层偏湿不利于产生雷暴大风、冰雹等强对流天气,总体上降低了灾害性强对流天气产生的概率。模式对水汽的模拟能力普遍较差<sup>[12-14]</sup>,NCEP 再分析资料虽然同化了大量探空资料,但仍带有模式本身存在的缺陷。

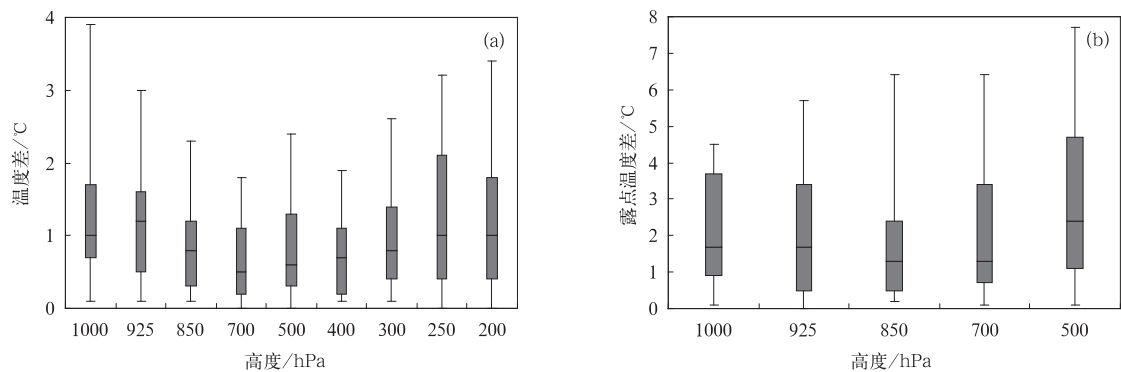


图 5 NCEP 再分析资料与探空资料的温度差(a)和露点温度差(b)分布  
Fig. 5 Same as in Fig. 2, except for temperature(a) and dew temperature(b)

以上温、湿参量分析表明:在低层,NCEP再分析资料与探空资料的温度差为 $1\sim 2^{\circ}\text{C}$ ,大部分露点差在 $2^{\circ}\text{C}$ 以上,因而使得两种资料计算的对流有效位能的差异平均超过 $900\text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。温度增加 $1^{\circ}\text{C}$ 导致的对流有效位能增量集中在 $200\text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}$ 附近(表1),因而可以通过观测或预报的地面温度变化定量估计可能造成的对流有效位能变化,从而能更好地估计强对流发生地、强对流发生时的对流有效位能;露点温度导致的对流有效位能变化显著,露点温度增加 $1^{\circ}\text{C}$ 使75%的个例对流有效位能增加超过 $500\text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}$ ,且其变化范围大,最大值达 $1000\text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。低层露点温度差是导致NCEP再分析资料计算的对流有效位能差异显著的主要原因。为了得到强对流发生环境比较有代表性的对流有效位能,宜用微波辐射计、地面加密观测或雷达反演的水汽资料对NCEP再分析资料低层水汽进行修正。水汽是雷暴发生三要素之一,低层水汽凝结潜热释放是强雷暴发展的主要能量来源,水汽的垂直分布影响对流不稳定状况,因此,NCEP再分析资料用于强

对流天气环境分析时,其湿度特别是低层湿度宜用观测订正。

因为同样对低层温度敏感,NCEP再分析资料计算的对流抑制能量(CIN)与探空差异显著,几乎不可用(图略)。图6表明:NCEP再分析资料与探空资料的850 hPa与500 hPa温度差(以下简称 $T_{85}$ )几乎相等,925 hPa与700 hPa温度差也有同样的特点(图略),可以用NCEP再分析资料温度计算温度直减率以表征大气层结稳定度。两种资料计算的超级单体温度直减率 $T_{85}$ 分布于 $23\sim 35^{\circ}\text{C}$ ,大多数在 $30^{\circ}\text{C}$ 以下( $7^{\circ}\text{C}\cdot\text{km}^{-1}$ 以下),为相对弱的条件不稳定。图6表明:NCEP再分析资料与探空资料的 $K$ 指数相关性明显好于对流有效位能,因其所采用的资料为边界层以上的对流层中层大气;NCEP再分析资料与探空资料的 $K$ 值大多集中在 $32\sim 42^{\circ}\text{C}$ 之间,因两者结果相关性好,可以作为超级单体层结不稳定参数阈值的参考。需要说明的是, $K$ 指数仍包含水汽参量,其中700 hPa露点差值较大,因而也会出现少数 $K$ 指数差异显著的个例。

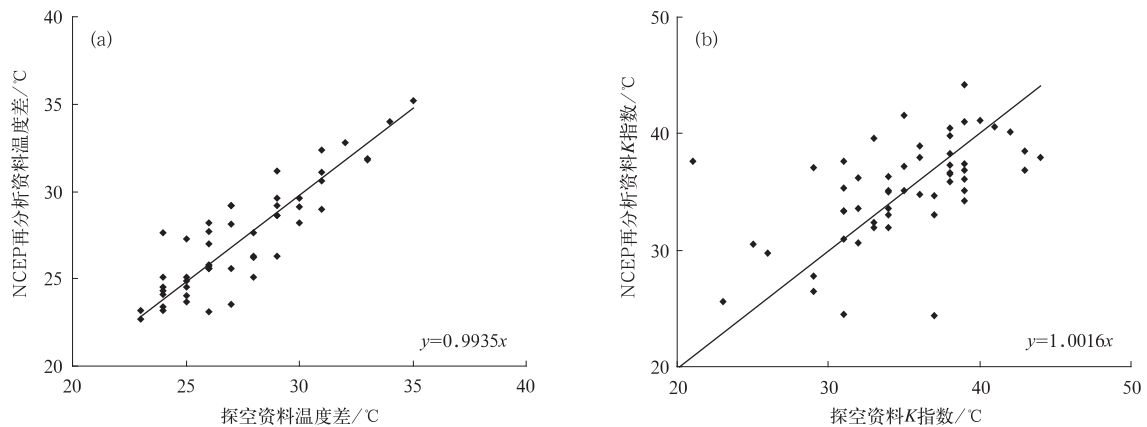


图6 NCEP再分析资料与探空资料 $K$ 指数计算的热力参数散点图  
(a)850 hPa与500 hPa温度差,(b) $K$ 指数

Fig. 6 Scatterplot of thermodynamical parameters between NCEP reanalysis data and observations  
(a) temperature difference between 850 hPa and 500 hPa, (b)  $K$  index

#### 4 小结

1) 对流有效位能对抬升层气团温湿敏感,平均而言,温度增加 $1^{\circ}\text{C}$ ,对流有效位能增加 $200\text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}$ ,露点温度增加 $1^{\circ}\text{C}$ ,对流有效位能增加 $500\text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。NCEP再分析资料计算的对流有效位能偏差主要源于NCEP再分析资料温、湿廓线中低层湿度

(露点)与探空差异较大。NCEP再分析资料中近地面露点平均差大于 $2^{\circ}\text{C}$ ,温度平均差值约为 $1.5^{\circ}\text{C}$ ,给NCEP再分析资料计算的对流有效位能带来大的不确定性。

2) NCEP再分析资料直接输出的地面对流有效位能显著偏小,其值本身不能表征强对流环境对流有效位能大小,但变化趋势或可用。因温度参数代表性好,中层较之高、低层误差小,NCEP再分析

资料计算的  $K$  指数和温度直减率能够较好地表征超级单体环境大气层结稳定度。

3) NCEP 再分析资料提取的风廓线在自由大气层与探空资料差异小,用 NCEP 再分析资料计算得到的 0~6 km 风垂直切变与探空资料几乎一致,可用于强对流天气诊断;NCEP 再分析资料 700 hPa 以上风向与探空资料基本一致。因此,NCEP 再分析资料应能给出与探空资料基本一致的环流型,可用 NCEP 再分析资料进行雷暴环流背景分析。

4) 平均而言,NCEP 再分析资料湿度廓线低层偏干而中、高层偏湿,风垂直切变略小,降低了灾害性强对流天气产生的概率。边界层风向与探空资料差异显著,湿度等参量在边界层误差较大,不宜用 NCEP 再分析资料边界层风分析对流启动问题。

### 参考文献

- [1] 廖晓农,俞小鼎,谭一洲. 14 时探空在改进北京地区对流天气潜势预报中的作用. *气象*,2007,33(3):28-32.
- [2] 何立富,周庆亮,陈涛,等. 北京“7.10”暴雨中尺度对流系统分析. *应用气象学报*,2007,18(5):655-664.
- [3] 徐文慧,倪允琪. 登陆台风环流内的一次中尺度强度对流过程. *应用气象学报*,2009,20(3):267-275.
- [4] 王瑾,蒋建莹,江吉喜. “7.18”济南突发性大暴雨特征. *应用气象学报*,2009,20(3):295-302.
- [5] 何立富,周庆亮,陈涛. “05.6”华南暴雨中低纬度系统活动及其相互作用. *应用气象学报*,2010,21(4):385-394.
- [6] 谢建标,林良勋,颜文胜,等. 广州 2005 年“3.22”强飊线天气过程分析. *应用气象学报*,2007,18(3):321-329.
- [7] 纪晓玲,王式功,穆建华,等. 宁夏雷暴天气过程划分及环流分型和环境场特征. *应用气象学报*,2010,21(3):329-334.
- [8] 王秀明,钟青. 环境与强对流(暴)云相互作用的个例模拟. *高原气象*,2009,28(2):366-373.
- [9] 慕熙显,徐琪,夏文梅,等. 准线形对流系统中强度-速度负相关性的特征研究. *气象学报*,2009,67(4):631-639.
- [10] 廖晓农,王华,石增云. 北京地区雷暴大风日  $\theta_e$  平均廓线特征. *气象*,2004,30(11):35-37.
- [11] 梁爱民,张庆红,申红喜,等. 北京地区雷暴大风预报研究. *气象*,2006,32(11):73-81.
- [12] 郑永光,张喜春,陈炯,等. 用 NCEP 资料分析华北暖季对流性天气的气候背景. *北京大学学报:自然科学版*,2007,43(5):600-608.
- [13] Thompson R L, Edwards R, Hart J A, et al. Close proximity soundings within supercell environments obtained from the Rapid Update Cycle. *Wea Forecasting*, 2003,18:1243-1261.
- [14] Moller A R, Doswell III C A, Foster M P, et al. The operational recognition of supercell thunderstorm environments and storm structures. *Wea Forecasting*, 1994, 9:327-347.
- [15] [2011-02-01]. <http://www.ofcm.gov/fmh3/text/chapter2.htm>.
- [16] 魏东,尤凤春,范水勇,等. 北京快速更新循环预报系统\_BJ\_RUC\_模式探空质量评估分析. *气象*,2010,36(8):72-80.
- [17] 李佳英,俞小鼎,王迎春. 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. *气象*,2006,32(7):13-17.
- [18] 陈子通,闫敬华,苏耀墀. 模式探空的评估分析及其在强对流天气预报中的应用研究. *大气科学*,2006,32(2):235-247.

## The Applicability of NCEP Reanalysis Data to Severe Convection Environment Analysis

Wang Xiuming Yu Xiaoding Zhu He

(China Meteorological Administration Training Center, Beijing 100081)

### Abstract

Operational sounding observation is carried out twice per day, but four similar vertical profiles can be obtained from NCEP reanalysis data. Therefore, the vertical profiles obtained from NCEP reanalysis data are assessed and its applicability in diagnosing severe convection environment is analyzed. Sixty soundings in close proximity to supercell storms are investigated. These supercell storms are observed in China and identified by Doppler weather radar. The soundings which may be polluted by storm are replaced by soundings from its downstream area or upstream area. The profiles obtained from NCEP data are at the same time and as close to the observation soundings as possible. The vertical profile data that obtained from NCEP reanalysis data are compared with soundings. The ingredients-based methodology is used to discuss the potential for severe convection. Vertical wind shear is the first element to check. NCEP wind in middle and high troposphere is almost consistent with observation, so the deep and middle vertical wind shear (0—6 km, 0—8 km and 0—3 km) and other related dynamical parameters can be calculated from NCEP data except for 0—1 km low vertical wind shear, because wind difference is significant in planet boundary layer (PBL). To study instability of storms, convective available potential energy (CAPE), temperature lapse rate (temperature difference between 850 hPa and 500 hPa), and  $K$  index are investigated. The statistic results show that the difference of CAPE between observation and NCEP profiles is significant, because CAPE is sensitive to dewpoint and temperature of lifting air mass. On average, 1°C temperature increment of lifting air mass brings 200 J · kg<sup>-1</sup> CAPE augmentation, 1°C dewpoint increases CAPE by nearly 500 J · kg<sup>-1</sup>, and the augmentation can vary from 0 to 1000 J · kg<sup>-1</sup>. Moisture is one of the three ingredients for thunderstorm. The error of NCEP moisture parameter is significant, especially within planet boundary layer, the average dewpoint difference between NCEP and observation is 2°C in low troposphere, which results in nearly 1000 J · kg<sup>-1</sup> CAPE difference. To calculate CAPE from NCEP data, moisture should be corrected according to observation. Temperature lapse rate can be used to diagnose atmospheric instability instead of CAPE, as temperature profile can be used to analysis severe convection. The difference of  $K$  index is small in most cases. NCEP output variable CAPE<sub>sfc</sub> (surface CAPE) is unreasonably small, but the tendency can indicate the change of CAPE. Most lifting processes are within PBL, where the difference of the atmospheric parameters especially the wind direction between observation and NCEP data is significant, so it's not suitable to use NCEP data to study lifting mechanism of thunderstorm. On average, the NCEP moisture profile is much drier at low level and wetter at middle level than observation, and wind speed above 925 hPa is weaker than observation, which lowers the possibility of severe convection.

**Key words:** NCEP reanalysis data; sounding; supercell; severe convection