

首都机场一次大风天气的预报及服务

张仁涛 吴玲芳 冯建碧 卢新平

(民航华北空管局气象中心 北京 100621)

摘要: 本文利用 NECP $1^\circ \times 1^\circ$ 的再分析格点资料、实况观测资料以及 amdar 资料等对 2013 年 3 月 9 日的一次大风过程进行诊断分析, 结果表明: 本次过程是一次强冷空气南下的过程, 地面高压梯度、地面的强 3 小时正变压、高空槽的过境与 850hPa 强冷平流、高空的大风速区动量的下传是造成本次大风的主要原因。同时采用 WRF 中尺度数值预报模式, 对 2013 年 3 月 9 日发生在首都机场的极值大风天气过程进行了数值模拟, 天气形势和变压的数值模拟与天气实况有很好的对应, 地面 3 小时变压的变化能较好反映极值风速的大小变化, 但是首都机场单点要素的模拟特别是风廓线的模拟误差较大。文中也对 2000 至 2012 年间首都机场极值大风情况进行了统计和对比分析。针对此次大风天气过程, 华北空管局启动了航班备降保障方案, 气象中心预报室积极配合和服务, 协同管制部门共同努力, 一定程度上减少了航班的返航和备降。

关键词: 数值模拟、诊断分析、极值大风、航班备降、服务

引言

大风是华北地区冬春季的常见天气, 往往伴随着低槽、冷锋及气旋等天气系统。大风对航空器的飞行会产生较大的影响, 飞机进入大风环境中飞行, 相应地就要发生突然性的空速变化, 空速变化会引起了升力及飞行高度的突然变化。发生在 2013 年 3 月 9 日的大风天气过程, 两分钟平均风速达到了 29.5 米/秒, 为 2000 年至 2012 年间的极大值。

WRF (Weather Research Forecast) 模式系统是新一代完全可压缩、非静力平衡的中尺度模式, 其对中尺度系统的理解和预报能力更强。本文利用 WRF 模式对 2013 年 3 月 9 日大风过程进行了数值模拟, 利用模式输出的逐时高分辨率资料, 试图分析本次过程中的物理量的中尺度结构特征以及演变特征, 以期对大风的实时预报提供参考。

1 天气实况、影响和极值大风统计

2013 年 3 月 9 日, 首都机场出现大风天气, 0230UTC 起风, 达到 33015m/s 阵风 23m/s; 0330UTC 开始出现 BLSA(扬沙), 能见度略有下降, 风速逐渐加大, 03-06UTC 间平均风速达 15-17 m/s, 阵风风速达 22-27m/s, 0330UTC 平均风速 17m/s、阵风风速 27m/s, 下午风速略有减小, 平均风 10-15 m/s, 阵风 18-21 m/s。傍晚后风速减小到平均风 8-10 m/s, 阵风 13-15

m/s，夜间大风天气停止。

本次大风天气共造成 2 架次航班终止进近，23 架次航班返航，27 架次航班备降，并且，午后 01 跑道受大风造成的垃圾物影响而短时间关闭。

从 2000–2012 年首都机场 3 月份极值大风分布(图 1A)来看，3 月份出现极值大风的次数较多，平均有 5 次左右，极值大风平均为 21m/s，而本次过程出现的极值风速远大于近十几年来的平均水平。从图 1B 可以看到，各跑道起风时间稍有差异，18R 跑道风速达到 17m/s 时，01、19、36R 风速均在 5m/s 左右，预示着跑道有较强的风切变，各跑道风速趋于稳定是在 0230UTC 之后，其中 18L 的平均风速最大，最大值达到了 29.5m/s。

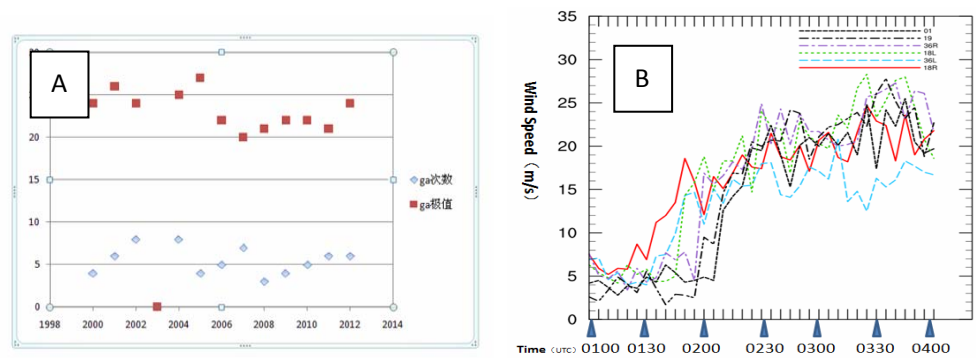


图 1 2000–2012 年 3 月份首都机场大风统计（GA 统计标准为两分钟平均风速大于等于 17 米/秒）（A）和首都机场各跑道风速值时序（B）

2 天气形势及影响系统分析

利用 NCEP 再分析格点资料对地面及高空天气形势进行分析。此次过程地面高压在东移过程中迅速增强（见图 2A、B），与上游站点的气压差明显增大；上游的三小时的正变压中心（见表 1）在 00UTC 增大至了 12.6，正变压的快速增强不仅体现了冷高压的快速增强，也导致了变压风的增大，对于本次的极值大风起了重要的作用。

高空形势看来，高空槽垂直结构后倾，0000UTC 之后 850 百帕（见图 2C、D）高空槽迅速过境，0000–0600UTC 之间高空风速快速增大至 26 米/秒，并且气温从 12 摄氏度陡降至 -4 摄氏度；700 百帕（见图 2E、F）高空槽于 0000–0600UTC 之间过境，0600UTC 风速增大至 28–34 米/秒，但是风向偏西；500 百帕（图略）高空槽过境时间在 1200UTC 前后，之前一直维持西南到偏西气流，对本次大风过程无明显贡献。

时次	上游最大正变压中心	本场变压
8 日 18UTC	+ 8 . 3	- 4 . 2

8 日 21UTC	+ 1 1 . 1	- 3 . 1
9 日 00UTC	+ 1 2 . 6	+ 0 . 7
9 日 03UTC	+ 1 0 . 2	+ 5 . 0
9 日 06 U T C	+ 8 . 6	+ 8 . 6

表 1 2013 年 3 月 9 日地面最大正变压变化

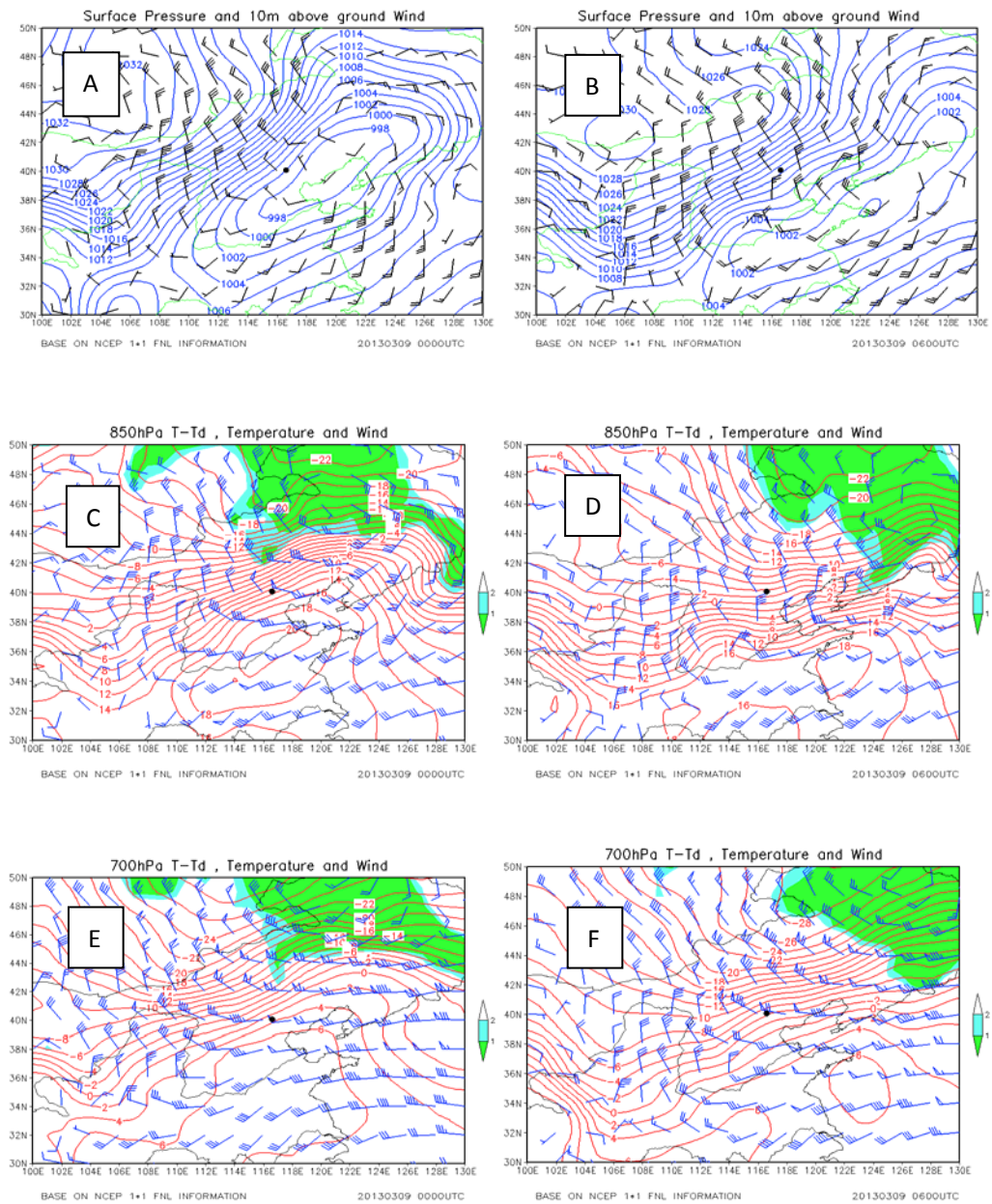


图 2 2013 年 3 月 9 日地面气压 0000UTC (A)、0600UTC (B) 地面气压场；850 百帕 0000UTC (C)、0600UTC (D) 及 700 百帕 0000UTC (E)、0600UTC (F) 的高空风温图；(NCEP 再分析资料)

通过以上分析，可以发现高空有强冷空气临近，低层伴有低空急流，同时温度 00UTC-0600UTC 之间各层尤其是低层都有较强的降温，这一点在温度平流（图略）上也有较

好的体现；从风速上看，低层特别是 850hPa 起了关键性作用，风速值也达到了较大值，在 0000UTC-0600UTC 也有明显的增大；同时，北京上空正垂直速度（图）的增大以及高度层的抬升也和极值风速的出现的时间吻合。

3 数值模拟实验设计以及检验

3.1 数值模式设计：

采用 3 重嵌套方案，在对多种积分时间和物理过程方案多次模拟的基础上，选取较优的结果，方案如下：

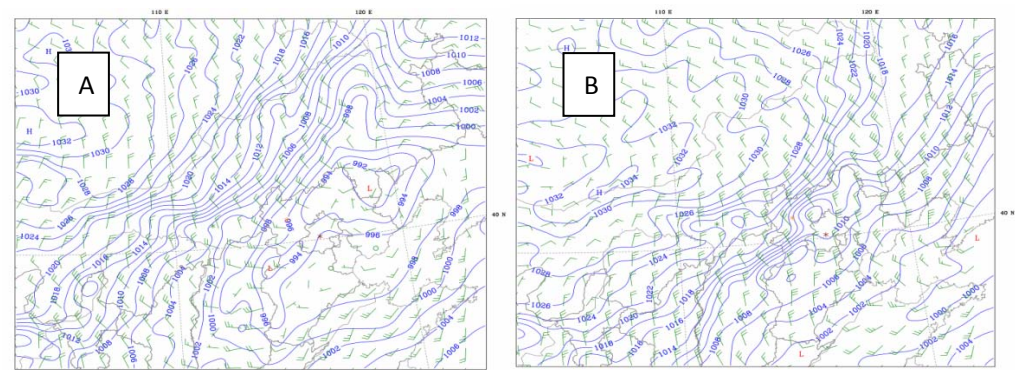
（1）模拟区域中心点为 115°E、40°N，使用 3 重嵌套网格；网格点数从外到内依次为 150x125, 148x124, 61x61, 水平分辨率依次为 36km, 12km, 4km，模式顶层气压为 50hPa, 垂直分层为 28 层。

（2）WRF 参数化方案：微物理过程方案 domain1 采用 Lin 方案，domain2、3 采用简单冰方案，浅对流 Kain-Fritsch (new Eta) 方案，地表层物理为 Monin-Obukhov 方案。考虑到模式的 spin up 时间，选取 2013 年 3 月 8 日 1200UTC 作为初始场，模拟时间为 48 小时，所有网格均从初始时刻启动，积分步长为 240s，输出结果间隔 1 小时。

3.2 大风模拟和实况对比：

3.2.1 地面以及高空天气形势比较

图 3 为 WRF 数值模拟输出结果，与图 2 的 NCEP 再分析格点资料进行对比分析。图 3A 与图 3B 为 0000 及 0600UTC 地面的气压场与风场，模式模拟结果与实际非常接近，北京附近为低压控制，冷高压中心位于西北方向。图 3C、3D、3E、3F 为 850 百帕与 700 百帕 0000UTC 及 0600UTC 风温数值模拟输出，虽然模式模拟结果的风速比实际偏小 2-3m/s，但是对于高空槽的过境时间、冷空气造成气温的下降幅度描述较为准确。综合以上分析，此次模拟结果较好，可信度较高。



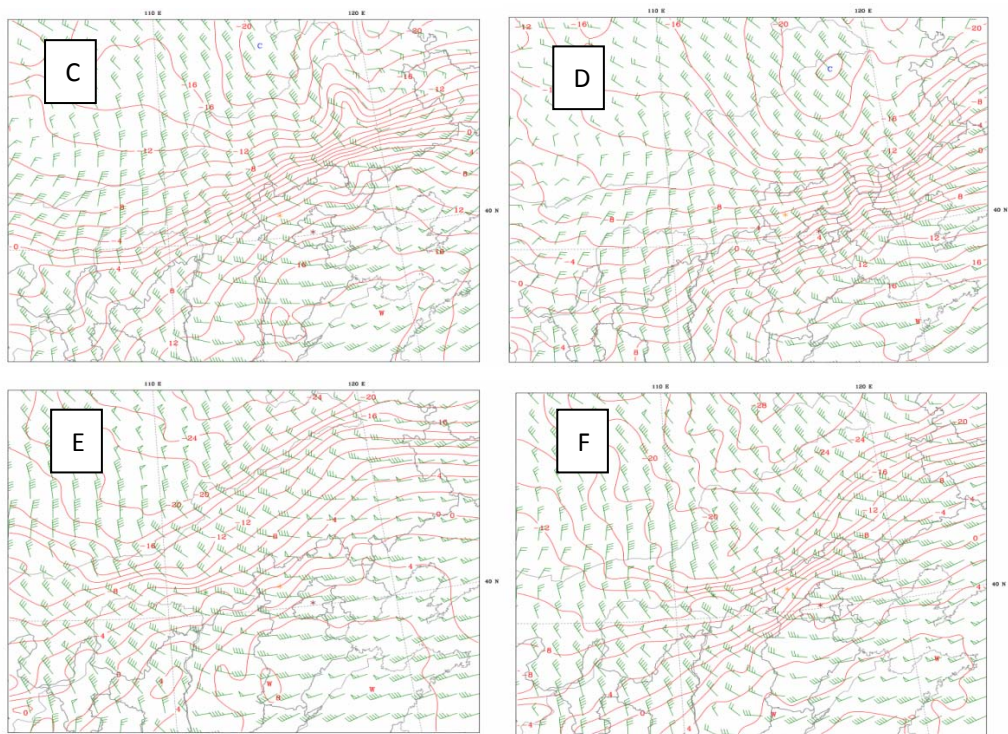


图3 地面气压场 0000UTC (A)、0600UTC (B); 850 百帕风温 0000UTC (C)、0600UTC (D); 700 百帕风温 0000UTC (E)、0600UTC (F);

3.2. 2 地面 3 小时变压以及温度风速比较

图 4 为模式模拟的地面气压变化、风速变化及温度变化，整体模拟结果较好。

从变压角度分析，北京附近有一大范围的高值变压中心，3 小时变压在 10 个 hPa 以上，这一点与 0300UTC 华北地区地面图上的变压值（见表 1）（10.2hPa）对应的非常好。

另外在大风来临之际北京地区有 10 度左右的变温，根据首都机场自动观测系统统计的温度变化结果显示，从 00UTC 至 03UTC，机场跑道 18L 处温度由 3.4 度上升至 17 度（变化 13.6 度），实际模拟的结果变温偏小，而北京北部温度模拟变温最高值为 15 度以上，位置偏差在 2 个纬距以内。

体现在风速上，模式模拟最大变风位置和温度位置接近，经过换算，北部最大变风极值在 12m/s，这点与跑道风相比较偏小。

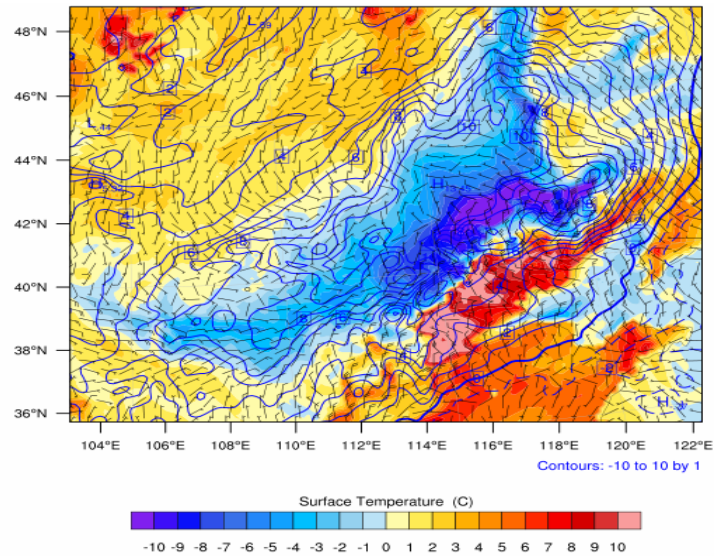


图 4 0000-0300UTC 变压、变温及风的变化

表 2 是对 2000 年-2013 年出现的极值大风天气（统计标准为两分钟平均风速大于等于 25 米/秒）的变压情况的统计分析。自 2000 年至 2013 年，达到极值大风标准的大风天气过程共计 23 次，其中有 5 次过程为雷暴产生的雷暴大风，其余 18 次极值大风过程中，具有较强正变压中心（+5 以上）的过程仅为 6 次，说明对于强冷空气造成的极值大风天气，强的正变压中心并不是必要条件，而本次的+12.6 的超强的正变压中心更是此次过程与其它极值大风天气过程的不同之处，迅速增强的正变压中心造成的变压风也是本次大风天气过程出现 29.5 米/秒的两分钟平均风速的重要原因。

日期	2000 年 4 月 6	2000 年 4 月 9	2004 年 3 月	2009 年 10 月	2010 年 12 月	2013 年 3 月 9
	日	日	16 日	18 日	10 日	日
上游变压	+5.6	+5.6	7.2	5.1	7.2	12.6
最大阵风	27	26	29	25	26	29.5

表 2 2000-2013 年极值大风（阵风大于等于 25 米/秒）变压情况统计

3.2.3 模拟风廓线资料与实况资料对比

图 5A 为模式模拟的风廓线，图 5B 为首都机场利用飞机报告资料绘制的廓线。对比看出，从地面到 400hPa 风速上整体偏小 2-3m/s，特别是对底层风速的模拟较差，0000UTC 时刻 850hPa 风速模拟结果为 16 米/秒，AMDAR 资料显示 850hPa 风速为 20 米/秒，NCEP 资料显示 850hPa 风速为 13 米/秒，风速偏差在 4m/s。温度方面略好，大风来临之前温度变化比较同步。

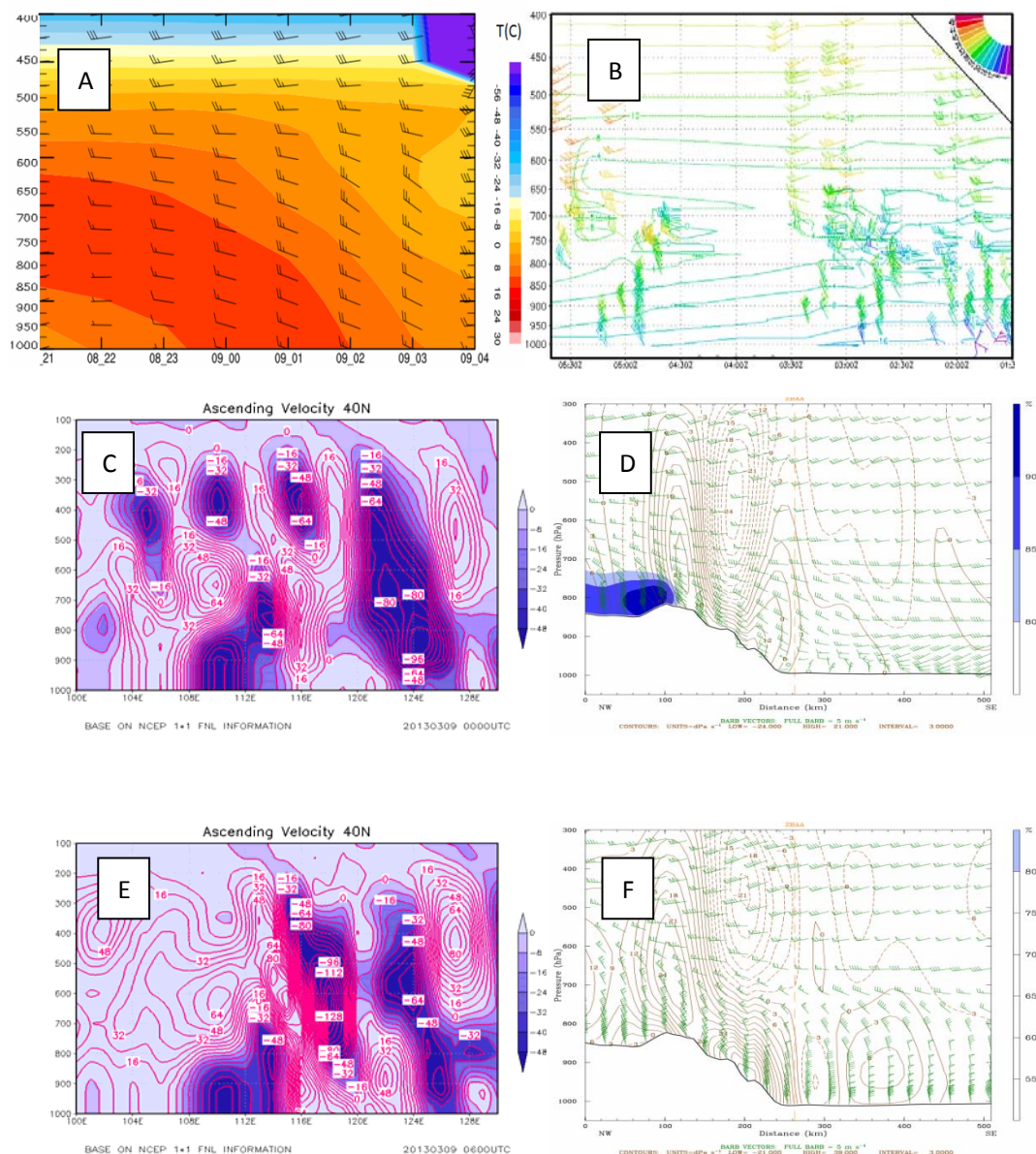


图 5 风廓线模拟结果 (A); AMDAR 资料廓线 (B); 沿 40N 垂直速度剖面 0000UTC 实况 (C)、0000UTC 模拟 (D) 0600UTC 实况 (E)、0600UTC 模拟 (F)

从 NCEP 资料廓线 (图 5C) 和模拟结果比较表明, 模拟结果介于在分析格点场和实际观测场之间。说明从要素场预报来说, 本次过程跑道预报场明显偏小, 这点与预报员在日常工作中得出的数值预报在大风预报中预报风速普遍偏小的结论是一致的。

另外也对比分析了模式模拟的冷暖平流和垂直速度与实际再分析资料, 比较结果表明, 对于高空各层冷暖平流的位置, 模拟结果位置偏北, 大小基本一致; 垂直速度 (图 5C、D、E、F) 分布来看, 模式模拟垂直速度的极大值出现在西北方向, 偏差在 1-2 个纬距左右。整体来说本次模拟结果偏好。

而从 0000UTC 至 0600UTC 的温熵图实况模拟对比来看，本次模拟对层结曲线形态上模拟的较好，具体来看，近地面层数值相差较大，单中高层基本一致。说明模式对单个站点的数值敏感性较高，这也与风廓线模拟的情况类似。

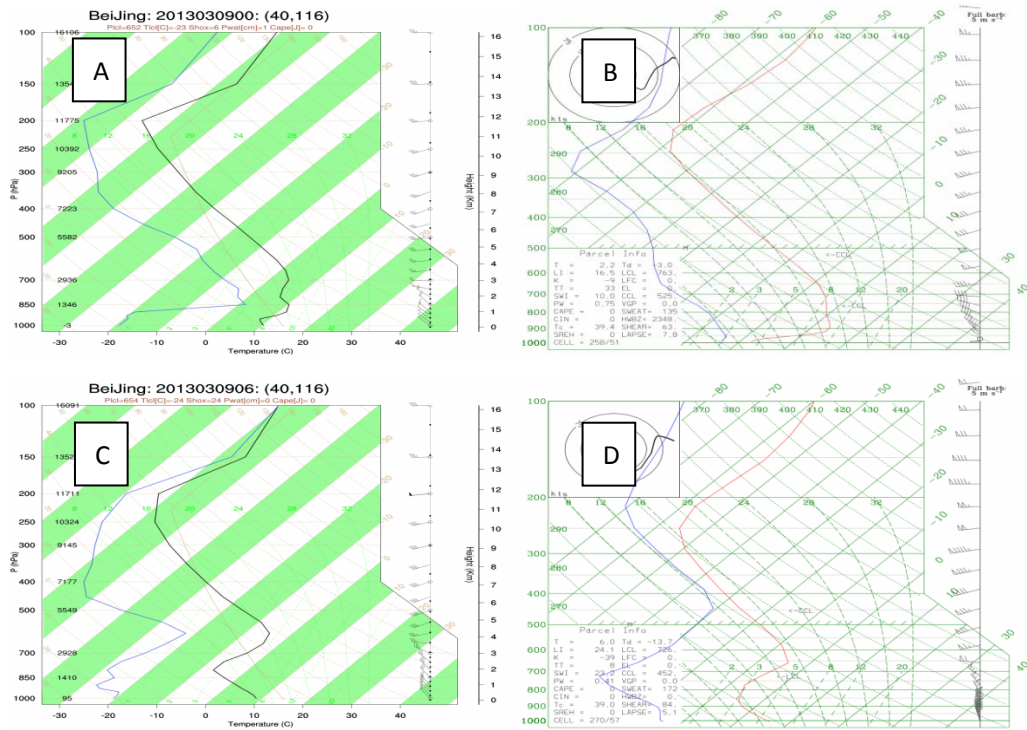


图 6 温熵图模拟结果：0000UTC 实况（A）、0000UTC 模拟（B） 0600UTC 实况（C）、0600UTC 模拟（D）

4 预报和服务

4.1 提前预警

针对本场极值大风的出现以及可能造成的影响，气象中心提前一周做出响应。3月4日，在本场一周预报（图7）中做出预报提醒，即3月9日有强冷空气过境，预报白天平均风速可达12-15m/s。

首都机场 气象服务专报

民航华北空管局气象中心

2013 年 03 月 04 日 10 时

首都机场一周天气预报

(2013 年 03 月 4 日-2013 年 3 月 10 日)

本周前期天气晴到多云；周后期能见度渐差；周六受较强冷空气影响，有西北风 12-15 米/秒。具体预报结论如下：

日 期	天气状况	风向风速
3 月 4 日 (周一)	晴	北转南风 4-7 米/秒
3 月 5 日 (周二)	晴转阴	北转南风 3-5 米/秒
3 月 6 日 (周三)	阴转晴	北转南风 3-5 米/秒
3 月 7 日 (周四)	晴转多云	北转南风 3-5 米/秒
3 月 8 日 (周五)	多云转阴，夜间能见度下降至 1 公里左右	北转南风 2-4 米/秒
3 月 9 日 (周六)	阴转晴	西北风 12-15 米/秒，阵风 20 米/秒
3 月 10 日 (周日)	晴	北转南风 4-7 米/秒

预 报：袁铭芳

签 发：卢新平

图 7 首都机场一周天气预报

3 月 8 日下午天气会商发布天气通报以及通过短信发布周末天气预报，预计 9 日西北风 14-17m/s，阵风 22-25 m/s，并伴有强烈颠簸和风切变。并制作华北地区重要天气快报，预计 9 日华北大部分机场将出现西北大风天气，局地有扬沙，首都机场有强烈的颠簸和风切变。

4.2 当日服务

4.2.1 会商结论

3 月 9 日 0030UTC 早会商预报 0200UTC 左右起风，预报量级为西北风 15-18m/s，阵风 22-25m/s，有扬沙，管区及本场严重颠簸和风切变。

0000UTC 华北地面图上可见北京西北方向有一中心值为+10.3 的正变压区，相比 2100UTC 的华北地面图其强度维持、并快速接近，上游平均风速值出现了 18 米/秒，值班预报员讨论后，于 0140UTC 召集临时天气会商，分析最新的预报资料，基本认为风速会进一步加大，预报量级为西北风 17-21m/s，阵风 25-27m/s，管区及本场有严重颠簸和风切变。

4.2.2 TAF 预报和趋势着陆预报

TAF 预报如表 3，0130UTC 发布 0312TAF 预报，思路为极值大风出现在午后；之后通过临时天气会商认为极值大风的起风时间将要提前在 11 点前后。于是发布修订，并短时认为仍

有高吹沙的可能性。

表 3 9 日早 TAF 预报发布情况表

090312	32013G20MPS 5000 DU NSC TEMPO 0509 32018G25MPS BLSA BECMG 0910 35008MPS
090312 AMD	34018G25MPS 5000 SA NSC TEMPO 0307 BLSA BECMG 0910 35008MPS

趋势着陆预报如表 4,趋势着陆预报主要预报风速开始增大的时间,实况为 0217UTC 出现 35008G15MPS,开始考虑风速增大时间会在 0200UTC 左右,所以预报的转折时间为 0140UTC 或 0210UTC,0130UTC 时,从自动站或道面站的风场看,上游风向已转为西北风,但风速呈缓慢增加趋势,故考虑结合日变化的因素,将风速增大时间推迟至 0240UTC,与实际情况对比,误差在半小时左右。

表 4 9 日极值大风出现前趋势着陆预报发布情况表

时间(UTC)	趋势着陆预报
0000	BECMG TL0140 32010G18MPS
0030	BECMG TL0140 32010G18MPS
0100	BECMG TL0210 32010G18MPS
0130	BECMG TL0240 32010G18MPS BLSA
0200	BECMG TL0240 32010G18MPS BLSA

4.2.3 短信发布情况

如表 5,9 日 0100UTC 以天气通报的形势发布短信预报白天的大风天气,020UTC 风速开始增大后又及时发布大风警报,极值大风的量级和时间基本准确。

表 5 9 日短信通报情况表

时间(UTC)	短信类别	内容
0100	天气通报	今天白天,西北风 15-18 米/秒,阵风 22-25 米/秒,伴有扬沙及严重颠簸,气温 6 至 15 摄氏度;夜间风力减小。
0220	大风警报	目前本场西北风 12-15,阵风 18-21 米/秒,预计傍晚前西北风 15-18 米/秒,阵风 22-25 米/秒。

0740	天气通报	今天夜间，西北风 8-11 米/秒，后半夜偏北风 3-5 米/秒， 温度-2 至 7 摄氏度；明天白天，北转南风 6 米/秒。
------	------	--

4.2.4 制作华北地区大风天气快报

如图 8, 区域预报席位 9 日上午 0200UTC 制作航空重要天气快报之华北地区大风天气快报, 预计华北大部分地区受东移蒙古气旋和强冷空气影响, 09 日华北地区大部分机场将出现西北大风天气, 局地还有沙尘天气, 管区需注意颠簸及风切变。同时预计, 首都机场今天白天, 多云转晴, 午后西北风 15-18 米/秒, 阵风 22-25 米/秒, 有扬沙, 管区及本场有严重颠簸和风切变; 今天夜间, 晴, 西北风 8-10 米/秒转偏北风 3-5 米/秒。



图 8 9 日航空重要天气快报

3.2.5 航班备降保障程序启动

0205UTC 管调通知 0430UTC 将启动航班备降保障程序, 0900UTC 结束, 期间按照大面积航班延误处置预案黄色等级开展工作。

0410UTC 开始制作首份《首都机场及主要备降场天气报告表》(图 9)并提供运行监控室, 之后每 30 分钟根据最新的天气实况及预报更新报告表内容并传真, 至运行监控室通知结束航班备降保障程序, 共制作备降场天气报告表 11 份。同时通过重要天气警报发布窗口发布 9 份警报。

首都机场及主要备降场天气情况报告表

华北气象中心 预报室 时间：2013 年 3 月 9 日 0410 时(UTC)

航站	实况天气	2 小时内天气趋势	备注
首都机场	晴，西北风 16 米/秒，能见度 7 公里，高吹沙	西北风 18-21 阵风 22-27 米/秒，能见度 5 公里，伴有高吹沙	
天津	偏北风 17 阵风 22 米/秒，能见度 4 公里，高吹尘	偏北风 15 阵风 20 米/秒，能见度 4-5 公里，伴有扬沙	
太原	偏北风 10 阵风 15 米/秒，能见度 2500 米，扬沙	偏北风 10 阵风 20 米/秒，短时沙暴，能见度 700 米	
石家庄	东北风 3 米/秒，能见度 3 公里，霾	转西北风 13 阵风 20 米/秒，能见度 2-3 公里，伴有扬沙	
呼和浩特	偏北风 10 米/秒	偏北风 11 阵风 20 米/秒，能见度 4 公里，伴有扬沙	
大连	偏西风 7 米/秒，能见度 5 公里，霾	转西北风 6 阵风 12 米/秒	
沈阳	西北风 7 米/秒	西北风 10 阵风 17 米/秒	
青岛	偏南风 8 米/秒，能见度 4 公里，霾	偏南风 9 阵风 15 米/秒，能见度 5 公里，霾	

备注：当启动“首都机场航班备降保障工作程序”时及该程序结束前需填写该表，并传真至运行管理中心（64592030）。

图 9 首都机场及主要备降场天气报告表

通过以上总结和分析，在本次大风过程，预报室严格执行各种规章制度，积极服务，取得了良好的效果。表 6 为本次过程预报室服务情况小结。

表 6 9 日服务情况小结

服务项目	数量（份）
天气通告	2
机场短信	3
重要天气预警窗口	9
备降场天气报告表	11
华北地区重要天气快报	1
区域预警	1
机场警报	4
非 NOSIG 趋势着陆预报	5
SIGMET	4
风切变警报	11

4 小结

- (1) 此次大风是由高空槽和近地面低压东移而高压临近梯度增大等共同影响的结果之
所以出现地面风速的极大值，是因为各个风速指标同时出现并且达到了较大值。
- (2) 华北地区的大风天气以从以下几个指标来看：首先，单位经度内的等压线条数。其
次，高空冷平流的强度，包括 850hPa 和 700hPa，涉及风速的大小以及温度梯度。
再次，三小时变压的大小。本次大风过程出现极值大风，各个指标均达到了较高
的水平。最后，垂直运动高度层的抬升以及垂直速度的增大也是本次大风的关键。
以上指标在模拟场中也得到了很好的体现。
- (3) 模式模拟在大形势场以及高空冷平流和垂直速度的时空分布特征模拟较好，但是在
基本要素场特别是风的极值上预报较差，但是模拟的 3 小时变压指示较好。这对
于以后的预报具有较好的指导意义。
- (4) 而针对这次大风过程，华北气象中心预报室积极应对，提前 5 天就做出了预警；在
大风来临过程中随机应变，通过多种方式、多种途径发布预报及警报，并及时更
新警报信息，努力把预报做到最好，并尝试通过更多样、更全面、更及时的服务
弥补预报工作的不足，减少了航班的返航和备降，在航班备降保障程序实施过程
中贡献自己的一份力量。

5 参考文献

- 1、王彦;吕江津;王庆元;吴丹朱;贾惠珍;;一次雷暴大风的中尺度结构特征分析[A];全国优秀青年气象科技工作者学术研讨会论文集[C];2006 年
- 2、仲跻芹;张朝林;范水勇;;北京稳定天气条件下城市边界层环流特征数值研究[J];气象科技;2005 年 06 期
- 3、梁爱民;张庆红;申红喜;李秀连;王科;;北京地区雷暴大风预报研究[J];象;2006 年 11 期