

奥运气象服务中的短时预报及预警

王 令¹ 丁青兰¹ 卞素芬¹ 耿建军¹ 焦热光¹ 王国荣¹
翟 亮¹ 雷 蕾¹ 郑秀琴² 李 艳³ 宋 歌⁴

(1. 北京市气象台, 100089; 2. 北京市密云区气象局; 3. 北京市朝阳区气象局;
4. 北京市房山区气象局)

提 要: 2008年奥运会和残奥会期间, 北京正值盛夏和主汛期, 天气系统复杂多变。为北京奥运会提供“有特色、高水平”的一流气象服务, 采取了“滚动天气会商, 跟进式服务”的方案。在短期预报的基础上, 加强短时临近预报。在工作中应用了“临近天气预报业务系统(BJ-ANC)”、“短时临近交互预报预警平台(VIPS)”等新型系统平台和资料, 为奥组委和公众提供了准确的精细化预报。尤其是局地突发性天气, 如强降水、雷暴和强风等天气的短时临近预报, 及时提供精细化服务, 为比赛避开不利的天气时段、抓住降雨间歇时段, 使比赛得以顺利进行。优质的气象服务受到中央领导和奥组委官员高度评价。

关键词: 奥运气象服务 短时预报 强对流天气 预警

引 言

2008年奥运会和残奥会期间, 北京正值盛夏和主汛期, 天气系统复杂多变。根据有关气象资料统计分析表明, 高温、暴雨、雷电、大风、冰雹和大雾都是北京奥运会期间的主要气象灾害风险源^[1]。这些高影响天气是奥运会、残奥会开闭幕式的關鍵性影响因素之一, 同时也会对奥运赛事、赛程、比赛成绩以及赛时交通、城市运行、旅游等相关活动带来明显的影响。尤其是局地突发性天气, 如强降水、雷暴和强风等天气发生频率高, 时空分布不均。加之强对流天气由于生命史短、空间尺度小、物理机理尚不完全清楚, 作准精细预报尚属世界难题^[2]。国际奥委会明确

提出, 要求奥运天气预报能做到“至少一天4次滚动更新、每3小时一次预报、个别情况下每1小时一次预报”, 而北京奥组委也希望气象部门可以提供0~72小时比赛场馆预报。这不仅对我国气象综合探测能力是一个挑战, 更是对提高预报预测准确率、提升预报服务能力的一个挑战。

1 奥运气象服务中的短时预报和预警

北京的短时预报是从2007年6月开始的新预报业务, 主要任务是每天7次, 每3小时发布未来6小时的逐3小时分区短时预报, 包括天气现象、温度、湿度、风向风速; 开展雷达监测, 严密监视天气变化, 及时发布0~2小时转折性天气和对流性灾害天气落区

(如:冰雹、雷雨大风、暴雨等)预报;负责制作并发布 0~2 小时雷电落区、雷电活动区域移动趋势预报。奥运期间除了常规短时预报业务以外,还负责发布比赛场馆雷电专报。

1.1 短时预报使用的工具

北京的短时预报主要使用的预报工具除了常规的天气图、数值预报模式结果,还应用了“临近天气预报业务系统(BJ-ANC)”、“3km 分辨率 3 小时快速循环同化预报系统(WRF-RUC)”、“短时临近交互预报预警平台(VIPS)”^[3-5];还有北京 2008 奥运会天气预报示范和研究开发项目(简称 B08 项目)的各个系统^[3-5]。除此之外,针对不同的天气,使用单站雷达资料、卫星云图,其它还有加密探空、自动站、闪电定位仪、风廓线、微波辐射计等所有新型探测资料。这些资料给我们提供

了大量的物理参数的连续时空变化,使我们有可能将预报空间精细到场馆,时间精确到小时。为了奥运气象服务,北京周边地区天津 S 波段、张北 C 波段、石家庄 S 波段和北京 S 波段的四部新一代天气雷达组成了区域雷达组网拼图,华北区域的天气雷达实时向北京发送雷达产品,避免了单部雷达探测视野的不足,扩大了监测范围。华北区域的自动站也将数据提供给北京,使我们不仅能及时得到雷达回波信息,也能及时了解上游地面天气实况,提高了短时预报的时效,预报天气要素更有针对性。

1.2 发布的预警产品

奥运期间发布的预警产品见表 1,其中包括对奥组委、对场馆的、公众的、政府职能部门的;中文的、英文的、法文的。

表 1 为奥运气象服务发布的中文预警情况统计

时间阶段	总期数	预警信息分类				
		雷电黄色	暴雨蓝色	暴雨黄色	高温橙色	大风蓝色 场馆雷电专报
奥运演练阶段(6.13~8.7)	46	30	4	2	1	9
奥运期间(8.8~8.24)	34	17	5			12
两奥期间(8.25~9.5)	17	11				5
残奥会期间(9.6~9.17)	21	10	4			7

(为市政府服务和公众气象服务发布的常规预警不计算在内)

2 为开、闭幕式人工影响天气提供作业时机

8 月 8 日奥运会开幕式前,16:20 利用 VIPS 系统的雷达回波拼图(图 1,见彩图第 30 页),发现北京西南的房山区出现了 2 个小块对流云生成,并很快发展,逐渐向“鸟巢”逼近,可能影响开幕式进行,立即报告给人影指挥部。指挥部立即下达人工消(减)雨作业命令,实施火箭拦截云雨作业,保障了奥运开幕式期间“鸟巢”上空没有降水。

在 8 月 24 日闭幕式这天,BJ-ANC 系统 15:30 观测发现,“鸟巢”正西、西北和东北方向都有降水回波,并可能在闭幕式期间影响

“鸟巢”。17:30 在 BJ-ANC 系统反演的风场中发现城区附近有边界层辐合线,使北京城区生成降水回波的可能性进一步增加。为此,北京奥运气象服务中心又立即启动人工消云减雨应急预案,保证了“鸟巢”在闭幕式活动结束前没有出现任何降水。

3 为比赛顺利进行抓住降雨的空档

奥运会期间北京出现 4 次明显降水天气过程,分别为 10—11 日、12 日、14—15 日和 21 日。出现 4 次局地降水天气过程,分别为 8—9 日、17 日、23—24 日、24—25 日。北京观象台观测的雷暴日数为 3 天,分别发生在 8 月 10、11 和 14 日;闪电定位仪观测到 8—

14 日、23、24 日均有雷电活动。

残奥会期间北京 6—7 日出现全市性中一大雨,局地暴雨,并伴有雷电。8—10 日:全市性中一大雨,为稳定性降雨,降雨持续时间较长。残奥会赛事后期,本市出现了 3 次雷阵雨天气过程,分别为:14 日:全市性小雨,局地中雨,并伴有雷电和冰雹。15 日后半夜:局地性雷阵雨,雨量为小雨量级,雨量分布不均,降雨主要集中在城区及东北部地区。16 日傍晚前后:全市性雷阵雨,雨量分布不均,城区雨量不大。

北京市气象台根据室外比赛项目和赛程以及城市运行的特点,提供了有针对性、滚动更新的精细化预报预警服务,使赛事和城市运行均未受到明显影响。整个赛事期间,精细化天气预报服务助力室外赛事捕捉各种有利时机,绝大多数室外项目在不利天气条件下得以顺利进行,只有 8 月 10 日的网球比赛、公路自行车赛和 9 月 9 日的射箭比赛和部分轮椅网球比赛等极少数室外项目做了比赛停顿或延期调整。

3.1 2008 年 8 月 10 日

8 月 10 日从蒙古国南下冷空气和与西

南暖湿空气相遇,从凌晨开始,北京市自西北向东南开始降雨,入夜后雨量逐渐加大,截止到 11 日早上 07 时过程结束,全市平均降雨量为 58mm,最大降雨出现在密云西田各庄达 174mm,有 11 个自动站降水量超过 100mm。

这是奥运会开幕以后京城首场大范围的降雨,对净化空气和解除闷热的作用十分明显,雨后的北京空气清新,气温较前一段时间有明显下降,对奥运会各项赛事的进行十分有利。

北京奥运气象服务中心针对这次降雨过程,与国家气象中心进行了加密会商,准确的短期预报和短时临近预报的及时跟进服务,为北京奥组委和北京城市运行指挥部门等各方面提供了及时可靠的决策依据,北京各项应对暴雨的工作十分得力,没出现城市积涝。另外此次降雨在密云官厅水库上游的雨水量也较大,密云多个站点的雨量均超过了 100mm,对缓解本市旱情和水库蓄水极为有利。8 月 10 日是 29 届奥运会正式比赛开始的第二天,女子公路自行车、网球、射箭、赛艇等露天比赛项目被安排在当日举行,赛事安排如表 1。

表 2 10 日室外赛事安排及主要影响天气

项 目	10 日	主要影响气象要素和可能产生的后果
赛艇	1350—1800	风对参赛运动员的成绩有较明显影响;雷电等恶劣天气对运动员安全造成影响。
曲棍球	0830—1200 1830—2230	暴雨会导致积水太深,对球(人造革皮)有影响;大雾影响能见度;雷电等恶劣天气对运动员安全造成影响。
公路自行车	1400—1730	强降水、大风影响比赛正常进行;高温、高湿对运动员成绩影响较大。
沙滩排球	0900—1450 1800—2350	雷电等恶劣天气对运动员安全造成影响,风、降水、高温高湿会影响运动员的体能和场地条件。
射击	0900—1615	风、能见度对参赛运动员的成绩有较明显影响。

3.1.1 VIPS 雷达组合反射率拼图分析

从 04 时起(北京时间,下同)降水回波自西南方向进入北京范围,高空槽形成的回波带主体位于北京的西部,回波带近于南北方向,整体东移速度较慢,08:00—15:00 之间的 7 个小时,向东移动了 70km,回波带上的单体向偏北方向移动,平均移动速度为

$25\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ 。由于此次降水是由多个对流单体发展、组织,最后形成 β 中尺度回波组合体移经北京城区造成的,降水强弱分布不均,有多个短时强降雨时段,不同的降雨时段中强中心不同,因此降雨时段之间存在空档,对某一地点而言,降雨时大时小,下下停停。

利用 VIPS 系统显示的 4 站雷达组合反

射率拼图对这次过程的雷达回波生消演变进行了分析,可以看出影响 10 日“鸟巢”比赛的回波有 3 块 β 中尺度云团,1 块 α 中尺度云团。而顺义水上比赛场馆位于鸟巢的东北方向,处于“鸟巢”降雨云系的下方,因此降水时间晚于“鸟巢”。但是也有孤立的对流回波在附近生成,造成短时间局地的雷雨。从 05:42 的组合反射率拼图可以看出:房山区及其以南有对流回波发展,到 6:36,该回波发展成一块强度达到 50dBz,回波顶高达 9km 的雷雨云,且在此回波的南部还有几块回波发展,形成第一个 β 中尺度回波复合体①(如图 2a,见彩图第 30 页)。这个回波①向北京市区移动,7:30 影响“鸟巢”,直至 9:42 回波北抬移出比赛场馆区。

08:18 在回波①北抬的同时,西南方向又有一群新的对流单体生成并发展,组织成 β 中尺度回波复合体②,到 9:42 时与回波①的南端相接,进一步演变成混合性降水云系,强度为 50dBz,高度 9km,影响“鸟巢”的回波为这块回波的东部,强度约 35dBz(如图 2b,见彩图第 30 页)。11:42 回波②向北移动到“鸟巢”以北。“鸟巢”降雨逐渐停止。此时,回波的来向有一片无回波区,这块无回波区向南约 100km,向西约 50km,按照回波的移动速度,向竞赛指挥部门发出了降雨停止 3~4 小时的临近预报。

14:00 北京西南方向再次出现对流回波,逐渐发展成第 3 个 β 中尺度对流回波复合体③,到 15:12(如图 2c,见彩图第 30 页),强度发展到 50dBz,高度 11km。到达市区的西南,于 15:48 再次影响“鸟巢”,出现短时暴雨。17:42,回波带③移过“鸟巢”,这时 α 中尺度回波带④已东移至城区西侧(如图 2d,见彩图第 30 页),回波出现了一个约 10km 的空档,根据雷达回波的移向移速,降水有约 0.5 小时的间歇。向竞赛指挥部门通知了这一情况,使此前受到短时暴雨影响的射箭比赛在这个短时间的降雨间歇中顺利完成。

18:12 主降水回波带④影响“鸟巢”,这是一块 α 中尺度云团,长约 200km,宽约 60km,此后逐渐覆盖北京城区上空,直到 22:30 降雨连续不断。

3.1.2 对流层中低层的风场

北京临近预报系统(BJ-ANC)的 VDRAS 模块可以根据雷达、风廓线等资料反演的对流层中低层的风场,从风场中的辐合特征可以预报风暴的生成和演变。

从 9:25 的图中可以看出北京城区的上游(西南方向)为一致的西南气流,因此,如果在这一方向无新生降水回波,将是降水的停歇时段,而在天津沿海却有一个风向辐合线,在那里对流回波发展旺盛,见图 3a(见彩图第 31 页)。

13:48,北京西南方向的边界层风发生了变化,风向转向西,北部风速小,出现气旋型旋转,在这个区域里对流又一次发展,形成回波③,见图 3b(见彩图第 31 页)。

15:41,北京通州区与顺义之间为一风向辐合区,因此对流回波在这里新生并沿着引导气流的方向向顺义水上比赛场馆移动,与回波③合并,见图 3c(见彩图第 31 页)。此后在顺义产生局地暴雨和雷电天气。

16:35,北京城区的低层风场形成了明显的气旋型环流,因此回波在这里发展加强,造成北京城区的暴雨,见图 3d(见彩图第 31 页)。

在这次过程中,北京市气象台针对赛事服务开展了跟进式精细化预报服务,使得网球、射箭和赛艇在不利天气条件下,利用降雨空隙顺利完成比赛,或根据预报,中断或延期赛事,避开强降雨和雷电天气,取得了非常好的服务效果,得到了奥组委的高度评价。

3.2 2008 年 9 月 9 日

9 月 9 日,第 13 届残奥会比赛进行到第三日,从 9 时开始一直到晚上 21 时 30 分都有室外比赛项目,主要有在奥林匹克公园比赛的五人制、七人制足球赛和轮椅网球比赛,

在国家体育场的田径比赛,还有在顺义水上公园的赛艇比赛。

9日上午9:00,冷锋云系的降水刚移出北京,受切变线影响河北石家庄附近有一些低云,高空槽位于河北西北部如图4a(见彩图第31页)。今天白天还有无降水?降水从几点开始?成为早间天气会商的重点。根据BJ-ANC系统的雷达回波拼图显示石家庄附近有一些强度30dBz回波向东北方向移动,移速每小时35~40km,并且略有发展,它对应于切变线云系,距北京城区200km左右。根据云带的走向和雷达回波的移动及其他资料综合分析,短时预报给出了14时以前北京无雨,多云间阴天为主,14:00以后转雨的预报意见。实况是:09:00—14:00北京城区部分自动站0.1mm降水,赛场无雨。14:00—17:00城区降雨量1mm左右,从图4b(见彩图第31页)中可以看到,降水回波已经到达北京市区上空。17:00以后,由于高空槽带来的冷空气插入切变线降水云系,降水再次加强。

由于我们为竞赛指挥部提供了准确和详细的预报,使得这天所有室外比赛项目都抓住了冷锋后部、切变线降雨前的间歇,因此比赛并没有受不利天气的影响,反而由于阴天间多云的天气条件,室外没有强烈的紫外线照射,气温适宜,有利于运动员竞技水平的发挥。

4 强对流天气预警

强对流天气的预警是短时临近预报的重要组成部分,这些突发性强的天气在短期预报使用的工具中很难提前捕捉到它们的踪迹。奥运会和残奥会期间出现了8月14日的突发性暴雨和9月16日午后雷雨大风天气;除此之外还有其他暴雨过程中的短时强降水阶段、局部的雷雨大风天气等。短时预报员都及时地监测到它们的生成发展,在第一时间发出预警。

4.1 2008年8月14日的暴雨

8月14日北京处于40°N500hPa低涡附近,北部有弱冷空气影响,08:00的卫星云图上可见北京西南方向有涡状云系,河北北部的水汽图上有一条对应冷空气的不明显的暗线(图略)。

14日10:00在VIPS现时的雷达拼图上:西南方向的片状回波向东移动,而北部的片状回波向西南方向移动,北京城区上空无降水回波。到10:30北京市区的西南及东部各有强对流回波新生,并快速发展加强至50dBz,如图5(见彩图第32页)所示。此后回波继续发展,最强时达60dBz;回波顶高达12km以上。12:00前后回波影响到全市大部分地区,15:00为全市性雷阵雨天气。受其影响全市大部地区出现大雨、局部暴雨天气。16:00以后回波强度有所减弱,雨势平缓,至20:00这一降水阶段结束。

预报员根据经验知道:由于有南北2片回波区,且回波相对城区方向移动,南北回波如果合并将产生强对流天气,因此一直监视着雷达回波的发展变化。在BJ-ANC系统显示的低空风场中,北京上空的近地面有一层偏北气流,其上为西南气流。由于有冷空气作为冷楔抬升暖湿空气,迅速凝结,产生对流回波(图略)。根据10:30—11:00的雷达回波和地面实况,短时预报员开始着手制作短时预警信息,11:30发出雷电预警,11:49发出暴雨预警。

4.2 2008年9月16日午后雷雨大风

9月16日的赛事安排:七人制足球09:00—18:30,在奥林匹克公园举行,田径比赛09:00—13:15、17:00—22:00在国家体育场鸟巢进行。

16日受850hPa的切变线和500hPa平直西风带上小波动影响,上午的雷阵雨回波于10:00全部移出北京。12:30北京的西北、西南方向又有回波进入雷达探测范围。

回波向 120° 方向移动,强度逐渐加强,15:00 之前多为孤立的块状回波,到 15:00 时,逐渐组织成一条东北—西南向带状回波,带上有多个强中心达到 50dBz 。北京 SA 雷达的 59 号产品显示出现冰雹的概率大于 50%。另外,从多普勒径向速度图上可以看到 7km 高度上径向速度已经达到 $24\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$,随着回波带的东移,径向速度的大值区前出现了强的风向辐合并出现了风速模糊,60 号产品出现了中气旋,根据对径向速度图的监测分析,发现大风区随着回波带接近北京,并逐渐向下扩展。15:30 短时预报指出:北京 17:00 开始自西向东将出现雷雨天气,雷雨来时伴有瞬时 7 级以上大风,西北部山区局部有冰雹。并通知人影办进行消雹作业。16:30 根据雷达回波即将进入延庆,如图 6 (见彩图第 32 页)所示,马上发布了一系列的预警。并对比赛场馆现场服务工作人员提供了 18—19 时有雷电天气,雷雨来时伴有短时大风预报意见。

事后证明这一预报非常准确及时,17:00—20:00 自西向东出现了全市性的雷雨天气,延庆、昌平、顺义、城区出现了大于 $17\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 的瞬时大风,奥体中心雨量 7mm ,瞬时风速达到 $16\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 。

5 结语

党中央国务院对 2008 年奥运的气象预报服务给与了高度的评价,但是我们深知北京的天气预报距离公众的要求、党和政府的要求还存在很大的差距。

通过近几年来探测网的硬件建设,取得了大量的前所未有的新型资料,VIPS 系统和 BJ-ANC 系统能够很好地对这些资料进行显

示和同化,特别是 BJ-ANC 系统 VDRAS 模块反演的风场,显示 5km 高度以下的中尺度切变线和辐合区,对对流风暴的发生发展有一定的指示意义。今后对这些新型探测资料的分析要进一步加强,用于解释大气中的中小尺度天气系统的物理意义,更好地将这些资料运用到预报业务中。VIPS 系统能够将雷达、自动站、闪电定位仪同屏叠加在一起,对天气精细分析、预报是很好的工具,它的预警分发系统使各种不同需求的预警信息及时发送到用户手中,使预警的时效增加,预警更加精细化。

奥运气象服务体现了短时临近预报的重要性,这项工作正处在起步阶段,要把这项工作做得更完善,还有待于对多种新型资料进行仔细的分析,得出有指示意义的指标和方法。

致谢:感谢奥运期间北京市气象局谢璞、王建捷、王迎春等领导和北京市气象台领导对短时临近预报工作的具体指导和支持;感谢北京市气象台其他科室、北京城市气象研究所、北京市气象局业务处、信息中心、观象台等单位的技术合作和业务支持。

参考文献

- [1] 郭虎,熊亚军,扈海波,等.北京市奥运期间气象灾害风险承受与控制能力分析[J].气象,2008,34(2): 77-82.
- [2] 郭虎,王建捷,杨波,等.北京奥运演练精细化预报方法及其检验评估[J].气象,2008,34(6):17-25.
- [3] 陈明轩,俞小鼎,谭晓光,等.对流天气临近预报技术的发展与研究进展[J].应用气象学报,2004(15): 754-766.
- [4] 梁丰,陈明轩,王玉彬.近两届奥运会气象服务保障综述[J].气象,2002(28):3-8.
- [5] 王玉彬,周海光,余东昌,等.奥运短时限临近预报实时数据处理[J].气象,2008,34(7):75-82.