

第九颗北斗导航卫星发射日强对流天气临近气象保障分析

江晓华, 党建涛, 汪正林, 裴军林, 刘伟

(西昌卫星发射中心, 四川 西昌 615000)

【摘要】对北斗导航卫星(IGSO-4)发射日的临近气象保障进行了阐述。结果表明, 针对卫星发射进程中出现突发强对流天气时, 有必要及时启动应急机制, 充分利用天气雷达、雷电监测预警系统等探测手段, 为任务实施提供重要的决策依据, 同时表明, 航天气象保障是一项高风险的事业。

【关键词】发射; 场区; 强对流; 气象保障; 临近预报

【中图分类号】V474.2⁵ **【文献标识码】**A **【文章编号】**1673-1891(2011)03-0044-04

1 引言

2011年7月27日凌晨, 西昌卫星发射中心发射场周边雷电交加、暴雨如注, 就在两次雷暴间隔, 5时44分, “长征三号甲”运载火箭点火腾空, 宛如一条火龙直刺苍穹, 成功将第九颗北斗导航卫星(COMPASS-IGSO4)送入预定轨道, 这是北斗导航系统组网的第四颗倾斜地球同步轨道卫星, 标志着我国北斗区域卫星导航系统建设又迈出了坚实一步。

此次7月27日发射日发射场区经历了一次雷暴暴雨天气过程, 过程累计降水量32.5mm, 其中发射窗口附近05~06h一小时降水量20.5mm, 突破历史极值5.4mm。在天气突变和-8小时发射窗口天气预报失误的情况下, 气象系统紧急启动应急预案, 密切监视对流云团变化, 按照任务指挥部要求, 从05h开始, 每隔10min发布一次未来10min预报结论, 在05h35min, 最后发布预报结论为: 05h35~45min, 场区在136°射向方向左右2km、射前4km、顶高10km范围内无雷暴。为发射指挥长最终确定发射零时的决策提供了至关重要的依据。

此次天气过程是在高空引导气流发生明显变化的结果。原先预计的高空西风气流控制场区, 最后临近发射前约4小时内高空引导气流发生逆转, 转为东风, 造成场区东侧的对流云团影响场区并出现雷雨天气。面对十分恶劣的天气, 气象保障人员压力俱增, 最后笔者沉着冷静, 快速分析天气雷达、雷电监测预警等数据, 准确预报出发射窗口的短暂无雷暴时段, 临近预报取得了成功。

此次发射成功, 创造了世界航天史上的奇迹。发射后, 西昌发射场现场气象保障人员受到了总部领导和任务指挥部等领导的高度赞扬。正如西昌卫星发射中心党委书记孙保卫所说, “航天发射是一项高技术、高风险的系统工程, 科学的决策, 严谨

的作风和成熟的心态帮助我们取得了又一次成功。”因此, 认真总结此次任务气象保障的经验教训是一项十分有意义的工作。

2 气象保障分析

2.1 发射前24小时保障

分析表明, 26日08h500hPa高空天气图上场区受副热带高压588线控制, 场区北侧汉中-成都-九龙一带有一个明显的切变线, 700hPa高空天气图上场区处于312线高压边缘, 场区北侧30~33°N有东北-西南向的弱风场切变。根据欧洲中心数值预告, 20h左右500hPa切变线将东移南压影响场区, 结合风场、湿度场、温度场、气压场、大气总能量场及演变数值资料分析表明, 该系统影响可能造成场区夜间有一次小到中雨强度的雷阵雨过程。

综合各类气象信息, 26日11h发布的射前24h天气预报结论为: 多云, 西北风1~3m/s, 气温17~27℃, 露点14~18℃, 能见度>20km, 相对湿度60~90%, 天气现象为26日12~16h无降水、17~22h有小雨到中雨和雷暴、26日23h~27日02h有小雨、27日03~10h无降水。发射窗口(05:33为预定发射零时, 窗口时段为发射零时前30min)预报结论为: 7~10成低云, 西北风1~3m/s, 气温17~19℃, 露点15~17℃, 相对湿度80~90%, 地面电场<1000v/m, 无降水, 无雷暴, 无地面大风。高空风最大风速 25 ± 5 m/s, 风向 $60 \pm 5^\circ$, 高度 18000 ± 1000 m。此结论主要突出了两点: 一是傍晚至夜间有雷雨, 二是后半夜以后降水及雷电活动不明显, 发射窗口天气应该较好。

2.2 发射前8小时保障

射前8小时, 分析20h以前的卫星云图可以发现, 卫星云图上场区西北方向切变线所对应的对流云团, 随着高压边缘的反气旋运动, 向场区逼近的同时向场区的西南移动, 20h前沿距离场区约

收稿日期: 2011-8-27

作者简介: 江晓华(1965-), 男, 西昌卫星发射中心高级工程师, 研究方向: 航天气象保障。

100km;场区东侧出现的MCC对流云团,主体在场区东部方向,随着高压边缘反气旋引导气流也从东北向西南移动,有向场区东南方向移动的趋势,20h前沿距离场区约100km,主体仍然在场区180km以东。场区处于东西两块对流云图的中间空隙的少云区中(图1所示),天气晴好。东西两侧的对流云图受高空东北引导气流影响,均向西南方向移动,在未来8小时可能不会对场区造成影响。20h以前雷达回波显示在场区西、北、东三个方向100km范围内均没有回波,在场区西南方向有小范围的对流单体,但是在东北引导气流的作用下向西南方向移动,不会对场区造成影响。与此同时,场区地面电场一直稳定在200v/m以内,100km内没有探测到交汇的云地闪电。场区风廓线探测垂直风场数据表明,20h以前,场区上空3000m以下基本上为南风,3000~4500m为东南风,4500~6000m为东风,6000~14000m为东北风,没有垂直风切变。

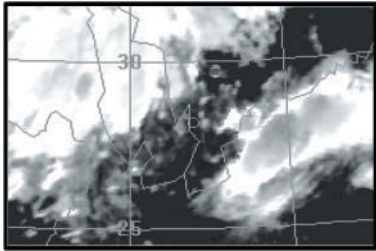


图1 7月26日20:02 FY2E红外云图

上述数据分析表明,上午天气分析所关注的切变线对流云团在傍晚并没有造成场区任何天气,场区维持少云天气。西侧的对流云团8小时内将逼近场区西侧附近,但主体将向场区西南移动,不会直接影响场区,未来主要关注东侧的对流云团,虽然主体向场区南侧移动,但也不排除外围边缘云图影响场区。

综合上述分析,笔者于20:30向指挥部发布了射前8小时天气预报结论:晴转多云,西南风1~3m/s,16~21℃,发射窗口预报结论仍然维持多云,无降水,无雷暴,无地面大风。

依据发射中心气象系统的8小时天气预报结论,场区按计划实施了液氮、液氧、液氢的加注程序。

2.3 发射前4小时保障

射前4小时,对20~01h卫星云图演变进行分析,发现红外云图上原来位于场区东侧100km向东南方向移动的对流云团就地发展,强度增强,面积向四周显著扩展,并突然加快了西进速度,向场区明显逼近,01:02场区已经处于对流云图西侧边缘,云顶亮温达到-59.6℃。

分析闪电定位资料可知,20~01h,闪电从场区东侧180km逐步向30km逼近,大量的云地闪主体在30~180km之间,个别闪电已经出现在场区东侧10km左右,此期间最强闪电强度为-40.6kA,移动趋势是仍然向西移近场区。

西昌风箱口多普勒天气雷达(海拔2703m)回波显示,在场区东北方向42km喜德和越西之间,有一块直径约10km的对流单体在原地发展,RHI回波显示,该对流单体回波顶高有14km,中心强度达到40dBz,属于较强对流单体。

场区喇别堡便携式多普勒天气雷达(海拔1572m)PPI探测表明,07日00h以前一直未探测到明显回波,01:14开始探测到弱回波,位于场区正东方向、50~70km范围出现20dBz以下的弱回波。01:30在场区东北方向出现小范围的15~30dBz的弱对流回波,位置位于喜德县北部~越西县南侧之间、场区东北50~60km之间。同时,场区正东40~65km之间仍然有大片的20dBz以下的弱回波。便携式多普勒天气雷达RHI探测表明,01:14探测到42°方向、50~60km、顶高8km(中心强回波高6km)、中心强回波40dBz的对流单体。01:30的RHI探测到51°方向、48~58km、顶高12km(中心强回波高6km)、中心强回波40dBz的对流单体。表明对流单体逐步加强,并从东北方向逼近场区。

西昌天王山多普勒天气雷达(海拔1600m,位于场区东南方向39km)PPI探测表明,26日19:40在西昌的东南方向、15~30km(距场区约55~75km)出现25~35dBz的弱对流回波,01h以前移动趋势、强度变化不明显,基本稳定。受场区东北山区(小相岭等)地形影响,27日01:30以前场区附近没有明显PPI回波。天王山RHI探测表明,27日00h以前,场区方向(天王山342°方向)一直无高显回波。00:38在天王山350°方向、50~55km(场区的东北侧)、出现顶高低于4km的高显弱回波。

分析场区风廓线探测数据表明,26日23h以前场区上空低层为南风,中高层为东北风;23h风场发生明显调整,1800~2300m的低层转为偏东南风,2300~4500m转为偏西风,4500~6000m仍然维持东风,6000m以上继续维持东北风。风场变化最大的层次为低层,转变为东南风,并在2300m层上出现风场垂直切变。因此,有利于场区东侧的对流云团西进影响场区。

分析场区四周的航危报表明,26日15h以前基本上是四川凉山州北部少云南部多云无天气现象;16h四川甘孜州九龙县(场区西北约100km)出现雷

暴伴有阵雨;17h九龙县转为小雨;22h凉山州雷波县(场区东侧约150km)出现雷阵雨;23h雷波县继续维持雷雨;27日00h凉山州雷波县为雷阵雨,美姑县(场区东侧约105km)、昭觉县(场区东偏南约82km)出现雷暴,甘洛县(场区北侧约110km)、越西县(场区东北侧约66km)、冕宁县(场区北侧约36km)出现闪电;01h甘洛、冕宁、昭觉、美姑、雷波均为雷暴天气,即场区北侧、东侧、东南侧三个方向均有明显雷暴活动,且有向场区逼近的趋势。

场区本站的天气实况为:21:10开始观测到远电,22h开始出现微量的积雨云,天空仍然为少云但云量开始增加。

综上所述,气象系统预计场区东侧的对流云团将于02h后开始影响场区。

依据场区周围的天气变化及趋势分析,笔者(气象发言人)于27日01:50向发射任务指挥长电话通报了相关情况,并发布了未来场区02~04h将出现雷雨天气,04h以后场区天气需要视对流云团移动速度和方向而定的临近预报结论。指挥长于02:10到场区气象工作间进行了咨询,决定在做好防雷防雨的同时,任务程序按原计划实施,气象系统进一步严密监视天气,全航区各系统临近发射窗口前再根据天气情况做好应对措施。

2.4 发射前30分钟保障

02:40场区开始出现雷暴,03:39开始出现阵性降水,并逐渐加大。02:05、04:20两次探测的空中电场最大值分别是2.926v/m、38.582v/m。此时发射任务的焦点就集中在现场气象保障组,指挥部领导03h以后一直就在气象工作间听取场区的天气监测报告。与此同时,要求火箭系统和卫星系统对发射窗口进行重新计算,寻找当天有没有其它发射窗口时段,另外,要求火箭总设计师对最低发射气象条件进行最低余量释放,最终火箭总设计师提出了最新的最低气象发射条件是:要求场区周围射向136°、射向方向4km,左右2km,高10km范围内无雷暴即可发射。

面对场区出现的雷雨天气,指挥部首长要求从05h起,每10min汇报一次临近预报结论,明确场区未来10min有没有雷暴,并判断演变趋势。笔者等经过简短分析与会商,首先进行了三次汇报。05h汇报结论为:未来10min内场区有雷暴,演变趋势为天气稳定,变化不明显。05:10汇报结论为:未来10min内场区有雷暴,演变趋势为变化不明显。05:20汇报结论为:未来10min内场区有雷暴,演变趋势为变化不明显。

05:20汇报后,发射场区气象工作间现场相关指挥员和参试人员情绪变得更为紧张。指挥长下达最新指示:气象系统于05:30最后汇报一次临近天气预报,如果不满足发射最低气象条件就中止发射,如果满足条件就将发射窗口延后10min左右。

此时此刻,工作人员顶住压力,沉着冷静,经过最后简要的临近天气会商,提出了场区未来临近10min天气有降雨无雷暴的结论。主要理由是:①西昌风箱口天气雷达PPI回波(图2左,05:28回波)显示,场区上空4km左右的强对流回波(35~45dBz)已经向西移动,场区位于其东侧边缘,东南射方的回波强度降低为20~30dBz;②相同时刻的场区便携式雷达(位于场区西北6.8km左右)PPI回波(图2右)显示,场区周围4km左右范围没有探测到明显回波;③场区便携式雷达高显RHI(图3左,05:30回波)探测显示,场区上空对流单体RHI回波已经降低到顶高9km以下,并且其强中心顶高只有约6km;④与此同时,西昌天王山雷达(位于场区东南约39km)探测的高显RHI回波(图3右)表明,从西昌天王山探测场区周围8km左右的上空只有顶高为5km以下的弱回波;⑤场区地面电场05h之前最大值为11297v/m,05:20~05:30已经降低为4500~7800v/m之间,小于发射最低气象条件规定的10kv/m限制值;⑥闪电定位资料监测表明,05:20~05:30只有13次闪电,距离在6~80km之间(6km只有05:26出现一次)、强度为4.6~35.9kA之间(多数强度低于15kA)、方位主要为正北、东北、正南,射向136°附近没有闪电。

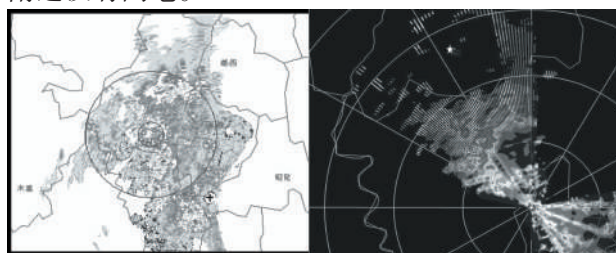


图2 05:28西昌风箱口和场区便携式天气雷达平显(PPI)回波

综上所述,笔者于05:35最后一次发布的临近天气预报结论为:136°射向方向4km,左右2km,高10km范围在05:35~05:45之间无雷暴。听完此汇报,发射指挥长立即下达10min口令,星箭最终于05:44冒雨发射升空。火箭升空后约2min,场区又出现雷雨天气,雷暴一直持续到早上8:15才结束,降雨持续到9:18结束,可以说火箭是在场区两次雷暴的间隙中升空的,其风险是可以想像的。

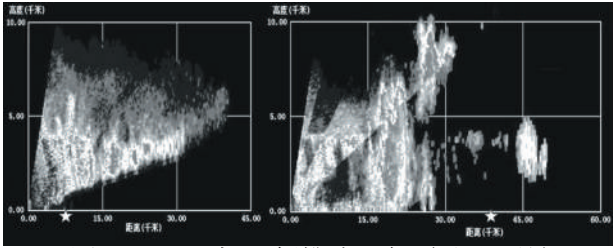


图3 05:30场区便携式天气雷达和西昌天王山雷达的高显(RHI)回波

3 讨论与思考

3.1 2011年7月27日凌晨,由于高空引导气流发生变化,西昌发射场东侧的中尺度对流云团西进影响场区,造成场区出现暴雨雷暴天气,并直接威胁发射窗口的安全,发射中心气象系统紧急启动应急预案,处置得当,准确预报了临近发射窗口的超短时的雷暴活动空隙,为成功发射提供了至关重要的气象信息。西昌发射场创造了世界航天史上超短时雷雨间隙发射成功的先例。

3.2 随着西昌卫星发射中心高密度任务的常态化,尤其是雨季发射任务的实施,关键场次发射场局地强对流天气出现的概率大,预报失误的概率也在一定程度上存在,气象保障压力大,这就要求气象系统充分做好长期的人员业务培训,设备维护保养,以及应急方案的演练,出现突发天气时,能够及时处置,为发射指挥长提供有利的气象决策依据。

3.3 出现突发灾害性天气时,气象发言人以及主要

决策者,一定要具备优秀的心理素质,要勇于负责。需要临危不乱,快速分析多普勒天气雷达、卫星云图、地面电场、定位闪电、航危报、风廓线等关键气象信息,果断决策,为发射指挥长提供订正后的准确预报结论,为发射任务的实施、延时或暂时中止等提供重要决策依据。

3.4 多次气象保障经验表明,在出现强对流天气后,多普勒天气雷达的高显(RHI)和平显(PPI)资料是最重要的信息;卫星云图和闪电定位资料由于有系统误差,有时会出现失真现象,不能作为临近预报最直接的依据。

3.5 各类数值预报是制作中短期天气的重要工具,但其都有一定的误差,有时误差还很大,一定要综合分析相关气象信息,才能制作较准确的预报。

3.6 天气预报是一项有风险的预报,一旦出现明显失误时,需要及时分析临近气象信息,进行订正预报。另外,气象保障人员需要不断总结经验教训,优化保障程序。还需要向各级领导和用户宣传天气预报的风险意识,并提高气象产品的风险应用水平。

4 结束语

北斗导航卫星(IGSO-4)发射日的临近气象保障是一次面对突发的强对流天气,气象系统应急处置得当,风险控制有效,临近保障有力的典型范例,为今后的高密度卫星发射气象保障任务提供了有益参考。

注释及参考文献:

- [1]张利文,孙自法.中国在暴雨雷电中成功发射第九颗北斗导航卫星[EB/OL].中国新闻网,2011 07 27.
- [2]张晓祺,张晓霞,邓孟.火箭在雷电间隙中升空——目击我国第九颗北斗导航卫星发射[EB/OL].解放军报,2011-07-29.
- [3]张晰莹.新一代天气雷达在临近预报中的分析与应用.北京:气象出版社,2008.
- [4]江晓华,汪正林,党建涛,等.“北斗二号”导航卫星(GEO-2)发射短时气象保障[J].西昌学院学报·自然科学版,2009(3):68-72.

Analysis of the Ninth Beidou Navigation Satellite Launch Day Severe Convective Weather Nowcasting Meteorological Support

JIANG Xiao-hua, DANG Jian-tao, WANG Zheng-lin, PEI Jun-lin, LIU Wei
(Xichang Satellite Launch Center, Xichang, Sichuan 615000)

Abstract: This paper expounds the nowcasting meteorological support on the day when launching the COMPASS IGSO-4. The results show that: it's necessary to startup the emergency mechanism when encountering the severe convective weather on launching. The weather radar and thunder detection and early warning system are the important techniques and provide the decision-making foundations. The results also show that the aerospace meteorological support is high-risk.

Key words: Launching; Area; Severe convective; Meteorological support; Nowcasting