

风云二号H星发射气象保障分析

江晓华,许平平,张滢,胡云涛,杨道勇

(西昌卫星发射中心技术部,四川 西昌 615000)

摘要:在风云二号H星气象保障中,采用了欧洲中心数值细网格模式和中国气象局区域数值模式产品等新技术。结果表明:新的数值预报产品应用以及各类气象信息的综合分析应用是雨季气象保障的有利技术支持。

关键词:气象卫星;发射;气象保障

中图分类号:V555+.21 **文献标志码:**A **文章编号:**1673-1891(2018)04-0071-04

Analysis of the Meteorological Support for the Launch of FY-2H Satellite

JIANG Xiao-hua, XU Ping-ping, ZHANG Ying, HU Yun-tao, YANG Dao-yong

(Department of Technology, Xichang Satellite Launch Center, Xichang, Sichuan 615000, China)

Abstract: During the meteorological support for the launch of FY-2H satellite, the new technology of the forecast products providing by European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF) fine grid model and the regional numerical model of China Meteorological Administration is adopted. The results show that application of the new numerical forecast products and the comprehensive analysis of all kinds of meteorological information provide the potent gist and reference for the meteorological service in rainy seasons.

Keywords: Meteorological satellite; Launching; Meteorological support;

1 概述

2018年6月5日21:07,我国风云二号H星在西昌卫星发射中心用长征三号甲运载火箭成功发射。H星是我国第一代静止轨道气象卫星的最后一颗,计划定点于东经79°的赤道上空,有助于提高我国天气系统上游地区的监测能力,并为“一带一路”沿线国家提供天气预报、防灾减灾等监测服务^[1]。

风云二号气象卫星于1986年启动研制,1997年至今已成功发射8颗。H星是中国气象卫星风云二号系列卫星中可靠性最高、性能最稳定的卫星。目前风云二号在轨卫星形成了“多星在轨、互为备份、统筹运行、适时加密”的业务模式,主要为用户提供实时可见光、红外和水汽云图,已经被世界气象组织纳入全球业务应用气象卫星序列,成为全球综合地球观测系统的重要成员。

6月份,西昌发射场刚刚进入雨季^[2],气候复杂,雷雨天气明显增多,气象保障难度大。1997年6月5日风云二号A星首次发射就遭遇突发性雷雨天气,而不得不中止发射,推迟到6月10日发射并取

得成功。因此,同一时期、同样发射时间段的风云二号H星的气象保障受历史上保障失利的阴影影响,压力就更大。发射中心气象系统针对此次任务特点,认真总结雨季气象保障历史经验教训^[3-5],开展了一系列针对性天气专题研究,制定了复杂气象保障的预案,加强了与四川省气象台、凉山州气象台的天气会商,充分利用了气象科技的新技术,圆满完成了H星的气象保障,打破了气象卫星6月份发射的心理魔咒,为后续雨季气象保障提供了有益借鉴。

2 气候概况

发射中心气象部门统计了西昌发射场1974—2017年历史资料,以6月5日为中心,前后5日气候概况如下:平均气温为18.9℃,日平均最高为19.4℃,日平均最低为18.1℃,极端最高气温为36.2℃(2014年6月2日),极端最低气温为9.1℃(2009年6月3日);降水量日平均为5.7mm,日最大降水量为39.0mm(2007年6月8日)。降水日数平均为8.3d,占总天数的75.2%,最多11d,最少4d;雷暴日数平均为3.3d,占总天数的30.2%,最多8d,

最少0 d;晴天日数平均为0.6 d,占总天数的5.9%,最多2 d,最少0 d,阴天日数平均7.5 d,占总天数的69%,最多10 d,最少3 d;高空最大风速平均为23.3 m/s,高空极端最大风为51 m/s,风向241°,高度13 313 m(1987年6月2日)。

今年5月下旬以来,场区以多云天气为主,雷暴日数2 d,较历史平均值(3.5 d)偏少;累积降水量73.0 mm,较历史平均(45.2 mm)偏多;平均气温17.6 °C,较历史平均(18.6 °C)偏低。

3 气象保障分析

3.1 72 h气象保障(射前指挥部会议专题汇报)

6月3日,场区召开了发射前任务指挥部会议,会前,听取了气象系统的专题汇报。

根据欧洲数值预报中心细网格资料分析,6月5日20:00,高空500 hPa东亚槽东移到长江中下流到贵州一带,场区属于槽后弱高压脊控制,为弱东北气流;高空700 hPa为弱风场,场区处于弱反气旋中心附近,以下沉气流为主,湿度明显偏干,约为40~50%;地面为负变压,无冷空气影响;总云量预报为4成,且周围只有零散云系。20:00高空风最大风速33 m/s,风向267°,高度9 000 m。

欧洲中心集合预报产品分析表明,射前-8 h:对流有效位能平均为62~85 J/kg,极大值预报为629 J/kg,因此对流天气出现概率极小;降水概率平均为0%,极大值为33%;降水量预报为平均为0.2 mm,极大为3.1 mm,因此降水概率不大。

从欧洲中心和中国气象局T639模式各自的细网格累积降水量预报分析表明,6月5日8:00-23:00时,降水量不明显,均为0.0 mm。

此次任务还利用了近年来的新技术资料,主要分析了中国气象局GRAPES_MES0中尺度区域数值模式产品资料。分析FY2G卫星云图模拟资料表明,6月4日有一次高原槽影响场区的天气过程,5日受高压脊控制,云量较少。分析我国西南地区700 hPa风场和雷达组合反射率叠加资料表明,4日有一次中等降水过程,5日午后至夜间本区700 hPa风场为一致的南风,发射窗口前后无明显雷达回波;分析3 h降水量和10 m风场叠加资料表明,4日场区附近有10 mm左右降水,5日午后至夜间场区周围只有零散的降水区,总体降水不明显。

另外,由于4日场区出现降水,近地面湿度大,5日傍晚前后局地热力对流需要密切关注,这种局地热力对流天气的风险通常只有当天16:00通过多普勒天气雷达探测才能确定有无。

综合上述气象信息,气象系统认为预计6月3日至4日,场区受高原槽过境影响,结合地面冷空气的入侵,有一次中雨降水过程;5日至6日场区开始受高压环流前缘影响,湿度明显转干,场区上空云量减少,天气转好。

气象发言人代表发射中心气象系统于3日11:00发布了6月5日发射窗口天气预报:4~6成低云,无雷暴,无降水,气温17~19 °C,露点13~15 °C,相对湿度30~50%,北风1~3 m/s,浅层风<10 m/s,大气电场<10 kV/m,能见度≥20 km;高空风最大风速30±5 m/s,风向270±10°,高度9 000±1 000 m, $q \times \alpha$ 值<1 200 Pa·Rad。满足任务最低发射气象条件。但是需要密切关注6月5日当天的局地热力对流天气。

指挥部听取了气象专题汇报后,决定按程序进行常规和低温燃料的加注,发射按计划实施,6月5日16:00再专门听取一次天气汇报,以最终确定相关低温燃料加注时间。

3.2 8h气象保障

6月3日后半夜到4日正如预计,场区出现了12.3 mm的降水,5日白天天气明显转好,以中高云为主。

5日08:00 500 hPa高空形势分析表明,高空槽已经东移到重庆至云南昭通附近,场区位于槽后,转为偏北风10 m/s,总体属于高压脊控制;08:00 700 hPa高空转为偏北风4 m/s,切变线明显偏东南,位于场区东南侧重庆至贵州一带,场区处于不完整的反气旋环流中心南侧,并且湿度较干,约60%~70%;地面无明显冷空气,24 h变压为-1 hPa。

09:00以前,场区垂直测风表明,3 000~6 000 m为东北风,3 000 m以下为弱西北风,中低层为弱反气旋,无明显切变;08:00场区上空经向和纬向的垂直速度探测均为弱下沉运动;08:00 K指数为22左右、SI指数为7左右、 θ_{sc} 为-7左右;地面电场平稳,一直处于<0.4 kv/m,表明场区上空整体层结稳定,不利于对流天气发生。

12:00以前,卫星云图分析表明,场区基本上处于少云区,主要多云区位于场区南侧;场区周围的三部雷达125 km探测范围内均未能探测到明显回波;闪电定位系统100 km内未探测到闪电。

接着分析欧洲中心细网格各类数值预报产品。从500 hPa环流形势预告图可知,5日08~14:00场区及附近区域为一致的偏北气流,无明显辐合区,主要辐合区位于贵州附近;17~23:00场区及附近区域,转为一致的东北气流,仍然没有明显辐

合。因此,本区 500 hPa 高层以辐散场为主,不利于出现天气现象。

分析 700 hPa 环流形势预告图可知,5日 08:00~17:00,场区处于一个弱风场、弱反气旋中心附近;20:00~23:00 转为一致的偏南气流中,场区西南侧有弱切变,以东移为主,不会影响场区,故本区 700 hPa 环流形势总体也是辐散场,不利于出现天气现象。

分析本区 700 hPa 相对湿度预告可知,5日 08:00~17:00 为 52~58% 时,20:00~23:00 为 32~36%,表明低层湿度明显偏干,也不利于出现天气现象和上云。

分析细网格云量预报可知,场区上空云量 08:00 为 9 成、11:00 为 8 成、14:00 为 5 成、17:00 为 2 成、20:00~23:00 为 0 成,图 1 就是欧洲中心细网格 5 日 20:00 的总云量覆盖预报,可以发现窗口时段场区为少云。表明 5 日夜间云量明显减少,天气转晴。

2018年6月5日20时总云覆盖预报(2018年6月4日20时起报 024时效)

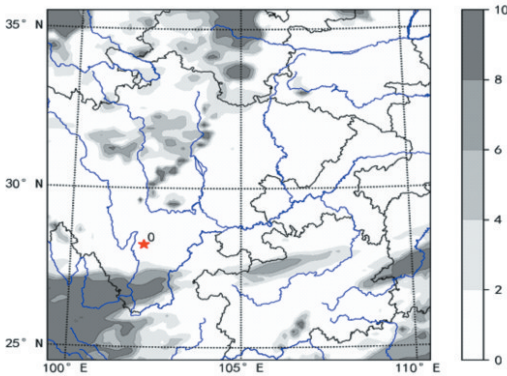


图1 欧洲中心细网格6月5日20:00总云量覆盖预报

分析场区及附近的累积降水量预报值可知,5日 08:00~23:00 均无明显降水。

分析场区附近的 K 指数预报可知,5 日夜间 K 指数范围在 23~29 之间,属于大气层结较稳定范围内。分析场区附近的对流有效位能数值预报可知,5 日全天数值均小于 100 J/kg,夜间更是小于 10 J/kg,因此,明显不利于出现对流天气。

综合欧洲中心细网格各类数值预报可知,5 日夜间场区天气明显转好,不利于出现降水和对流天气。

另外,我们充分地分析了中国气象局 GRAPES_MESO 中尺度区域数值模式产品资料,起报时间为 6 月 4 日 20:00。

分析 FY2G 卫星云图模拟数值预告资料表明,6 月 4 日夜间有一次高原槽影响场区的天气过程,5 日转为受高压脊控制,云量减少。图 2 所示就是窗口

时间段 FY2G 卫星云图 11 μm 红外亮温数值预告,结果表明发射窗口时段场区为少云区。

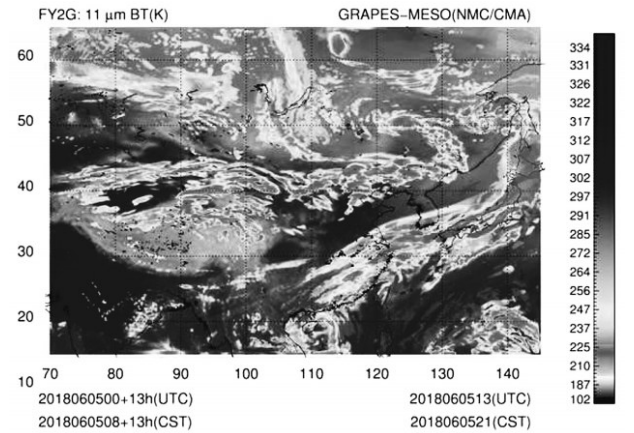


图2 6月5日21:00FY2G卫星云图数值预告

分析我国西南地区 3 h 降水量和 10 m 风场叠加资料表明,4 日夜间场区附近有 10 mm 左右降水,5 日午后至夜间场区周围只有零散的降水区,总体降水不明显。

分析我国西南地区 700 hPa 风场和雷达组合反射率叠加数值预告表明,本区 4 日夜间有一次中等降水过程,5 日午后至夜间本区 700 hPa 风场为一致的南风,发射窗口前后本区无明显雷达回波,主要雷达回波偏南,位于金沙江及攀枝花附近如图 3 所示。

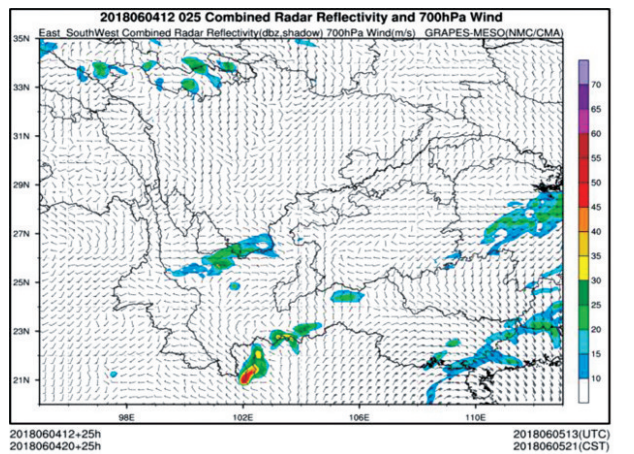


图3 6月5日21:00风场和雷达组合反射率叠加预报

综合天气实况,卫星云图、雷达回波、闪电定位、地面电场以及各类数值预告资料分析,可以确定:场区 8 h 天气逐渐由多云转为少云,无降水、无雷暴、无大风,可以明确排除 3 日指挥部专题天气汇报时担心的局地热力对流天气出现。因此,气象发言人在 5 日 16:00 再一次向指挥部进行专题天气汇报时,气象系统发布了 8 h 窗口预报为:0~3 成低云,无雷暴,无降水,气温 17~19℃,露点 13~15℃,相对湿度

度30~50%,北风1~3 m/s,浅层风<10 m/s,大气电场<10 kV/m,能见度 ≥ 20 km;高空风最大风速 (35 ± 5) m/s,风向 $270 \pm 10^\circ$,高度 $(10\ 000 \pm 1\ 000)$ m, $q \times \alpha$ 值<1 200 Pa·Rad。满足任务最低发射气象条件。

指挥部听取了气象系统的8 h明确结论后,排除了场区局地对流天气的影响,任务按程序进行低温燃料加注,并按预定窗口时刻实施发射。

3.3.4 ~1 h气象保障

进入4 h内保障程序,主要是分析卫星云图、雷达回波、地面电场、闪电定位和周围气象台站的天气实况。

西昌市风箱口多普勒天气雷达从5日16:00以后至发射时刻,125 km范围内一直未探测到明显雷达回波,表明场区上空云层稳定,无天气现象出现。

场区便携式X波段天气雷达高显资料分析表明,场区5日16:00~17:00探测到高度为5 000~7 000 m的中高云回波,18:00以后逐渐消失,转为弱低云回波,19:00后未探测到明显回波。

西昌市天王山X波段天气雷达也基本上同风箱口雷达探测结果一致,16:00以后均未探测到125 km范围的明显回波。

5日地面电场全天稳定,基本上维持在200~400 V/m之间。闪电定位系统16:00至发射窗口未探测到100 km范围内的闪电。

FY2红外云图分析表明,16:00~18:30,场区及西侧附近有小范围松散的中高云系,19:00后云系明显消散转为少云区;可见光云图分析表明,16:00场区有少量低云,西侧有少量松散云系,17:32场区周围的云系明显消散;FY2红外与水汽差云图分析可知,16:00场区维持少量的松散云系,17:00开始减弱,19:32消散,一直维持少云到发射窗口时段。

从全国自动站1 h降水量监测图分析,16:00以后,一直到发射窗口时段,100 km范围内均未发现有明显降水。

场区实况为:16:00 6成高积云高度3 500 m、17:00 8成高积云高度3 500 m、18:00 6成高积云高度3 500 m、19:00 4成高积云高度3 500 m、2成层积云高度1 500 m、20:00 3成高积云高度3 500 m、21:00 2成高积云高度3 500 m。16:00至窗口时段均无降水。

参考文献:

- [1] 刘诗平,白国龙.风云二号H星成功发射服务“一带一路”沿线国家[EB/OL]. [2018-6-5],新华网,http://www.xinhuanet.com/2018-06/05/c_1122941929.htm.

综上所述,4~1 h天气演变,同8 h预报趋势结论一致。

气象系统在5日18:00发布了4 h窗口预报:0~3成低云,无雷暴,无降水,气温20~22℃,露点13~15℃,相对湿度30%~50%,北风1~3 m/s,浅层风<10 m/s,大气电场<10 kV/m,能见度 ≥ 20 km;高空风最大风速 (35 ± 5) m/s,风向 $(270 \pm 10)^\circ$,高度 $(10\ 000 \pm 1\ 000)$ m, $q \times \alpha$ 值<1 200 Pa·Rad。满足任务最低发射气象条件。

3.4 发射窗口场区天气实况

6月5日,21:00,2成云,地面风速1 m/s,气温18.2℃,露点14.5℃,无降水,无雷暴,高空风最大风速35 m/s,风向271°,高度8 500 m。与预报结论一致。

5日21:07,火箭顺利点火升空,气象保障取得圆满成功。

4 讨论

(1)西昌发射场雨季气象保障难度大,心理因素和心理训练是一项长期需要关注的内容;

(2)精细化的气象保障是航天任务必须的要求,需要应用新技术。随着气象科技的发展,欧洲中期天气数值预报细网格资料和中国气象局中期区域数值预报产品等各类气象信息的综合分析应用,可以为场区精细化预报提供重要依据,相比1997年风云二号A星发射时数值预报技术手段和水平有了大幅度的提高;

(3)中国自己研制和应用的风云系列气象卫星为气象保障提供了巨大技术支持,为防灾减灾提供了重要参考;

(4)气象保障的信息化水平的不断提高,为航天发射提供了重要决策依据,但雨季气象保障的重难点问题需要持续的研究和改进。

5 结语

西昌发射场气象系统针对雨季气象保障特点,认真进行天气专题研究,充分利用气象保障新技术,突出雷暴和强降水的保障重点,加强天气会商,加强心理训练和完善应急预案,取得了风云二号H星发射气象保障的圆满成功。

转型发展提供了有效路径,为学校、企业、学生带来了巨大的价值。卓越人才项目的学生量化考评体系是检验卓越人才项目开展成果的重要标准,也是卓越人才项目开展的重要依据。当前对卓越人才项目的学生量化考评体系研究相对较少,笔者通过近几年的卓越人才项目指导经验,结合学校、合作

企业实际提出了2个主体6个方面的量化考评体系,具体的细节部分也会在今后的使用过程中不断调整、完善,希望能为同行提供参考,对卓越人才项目的推进提供一定的帮助,对应用型本科院校的转型发展提供一定的支持。

参考文献:

- [1] 易新河,文益民,陈智勇.我国校企合作研究二十年综述[J].高教论坛,2014(2):36-41.
- [2] 左健民.论校企合作视角下高校“卓越计划”的实施路径[J].中国高教研究,2014(2):70-73.
- [3] 简艳.“校企合作”存在的问题、原因及对策研究[D].武汉:华中师范大学,2014.
- [4] 杨建.校企合作背景下企业应用型人才培养机制研究[D].南昌:江西师范大学,2016.
- [5] 陈秀凤.会计学专业学生校外基地实习考核体系研究[J].财会教育,2015(1):105-107.
- [6] 桑红莉,张凤武,唐凯.论培养应用型本科市场营销专业人才职业素养[J].经济师,2013(5):219-221.
- [7] 楼明.基于过程方法的工科专业本科毕业实习考核体系的建立与实践[J].大学教育,2016(9):122-124.

(责任编辑:蒋召雪)

(上接第74页)

- [2] 许平平,胡雪平,江晓华,等.西昌发射场雨季开始期早晚的气候性分析[J].高原山地气象研究,2013,37(S1): 73-76.
- [3] 江晓华,党建涛,汪正林,等.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[J].西昌学院学报(自然科学版),2011,25(3): 44-47.
- [4] 李刚,江晓华,杨查,等.近40a西昌卫星发射中心雨季降水周期及突变特征分析[J].西昌学院学报(自然科学版),2017,31(2): 60-63.
- [5] Gang LI, Daoyong YANG, Xiaohua JIANG, *et al.* Diagnosis of Moist Vorticity and Moist Divergence for a Heavy Precipitation Event in Southwestern China[J]. Advances in Atmospheric Sciences, 2017, 34(1): 88-100.

(责任编辑:曲继鹏)