

# 航空气象试飞保障服务平台搭建思路与设计

张向荣<sup>1</sup>, 乔丹杨<sup>2</sup>, 蔺玉洁<sup>3</sup>, 索文婷<sup>1</sup>

(1. 阎良区气象局, 西安 710089; 2. 宝鸡市气象局, 陕西宝鸡 721000;

3. 中国飞行试验研究院气象台, 西安 710089)

**摘要:**为了解决阎良区气象局航空气象预报效率低下、技术手段落后、新产品新数据应用能力弱等问题, 阎良区气象局设计航空气象试飞保障服务平台。平台以阎良智慧气象大数据中心作为数据库, 由天气实况监测, 低空风切变预报预警, 雷暴、积冰、颠簸预报预警, 小尺度天气数值模式和飞行态势可视化五个模块构成, 为航空试飞及航空基地综合决策指挥提供重要支撑。

**关键词:**航空气象; 智慧气象; 试飞保障

**中图分类号:** P49

**文献标识码:** A

陕西阎良是全国唯一以航空为特色的经济技术开发区和航空工业基地, 区内有全国最大的飞机制造企业—西安飞机工业(集团)有限责任公司, 全国唯一的大中型飞机设计研究院—中航工业第一飞机设计研究院, 全国唯一的飞行试验研究鉴定中心—中国飞行试验研究院。阎良机场隶属于中国飞行试验研究院, 是亚洲最大的试飞基地。

航空飞机对气象条件的要求极高, 复杂天气条件严重危及飞行安全, 气象保障工作是飞行试验中最不容忽视的一环。目前, 阎良机场设有下属的气象观测站, 可对基本气象要素, 如气温、风向风速、降水量等进行实时监测, 同时针对天气现象、能见度、风向风速、云等气象要素制作预报产品。然而, 由于该观测站历史资料不完整, 可参考的天气预报模式种类较少, 气象服务产品无法满足严格的试飞需求。为解决现状, 阎良区气象局将与国内领先的航空气象科技服务公司合作, 依托双方的行政资源和技术优势, 建立面向阎良航空试飞基地的综合性决策辅助平台—航空气象试飞保障服务平台<sup>[1]</sup>。

## 1 平台基础数据环境建设

基于陕西省气象局 CIMISS 数据库, 以阎良区气象局为基地建立阎良智慧气象大数据中心, 作为一站式访问的核心数据平台。大数据中心以 Hadoop 开源大数据架构为基础, 对结构化和非结构化数据进行存储和处理。其中, 结构化数据采用 MPP 架构的 Greenplum 数据库, 并结合 MPP 架构高效的分布式计算模式进行存储和处理; 非结构化数据采用 Hbase 进行存储和处理。按照集约化发展思路, 建成集中、统一的数据采集交换机制、数据存储计算中心, 形成统一的数据资产管理、数据创新应用, 满足内部数据共享、外部应用连接, 实现纵横双向数据管理和支撑。

在阎良智慧气象大数据中心支撑下, 阎良气象局与中国飞行试验研究院(中航工业试飞中心)合作, 将常用航线、试飞飞机信息、飞机报等航空数据接入大数据库, 根据飞行计划、飞机起降时间和飞行路线, 在水平方向上以阎良为中心辐射到内蒙、山西等主要试飞区域; 在垂直方向上延伸至飞机的正常飞行高度 200 hPa(12 000 m 左右)。垂直方向上分为 43 层。从地面到 500 m 左右的

**收稿日期:** 2018-09-18

**作者简介:** 张向荣(1975—), 男, 汉族, 陕西千阳人, 本科, 高工, 主要从事天气预报管理。

**基金项目:** 陕西省气象局重点科研项目(2016Z-5)

高空存在较明显的风切变,因此间分为5层;500~9 500 m划分为30层;10 000~12 000 m划分为8层。

## 2 平台搭建思路 and 系统设计

美国联邦航空局研发的新一代航空运输系统(NextGen)在航空服务需求方面突出了三大概念:(1)对所有的决策者和航空系统用户提供共同的天气情景。(2)气象信息直接集成融合到复杂的决策支持系统以帮助决策者。(3)利用互联网传输,实现对所有必要气象信息的灵活、有效访问<sup>[2]</sup>。张佳静等<sup>[3]</sup>提出了基于4D轨迹预测的航空气象辅助决策技术,该技术引接动态航迹信息与动态气象信息,对4D轨迹及沿轨迹天气情况进行推算,得到沿航路到点天气状态合成图,实现不利气象条件限制的提前解除,有效缩短航班延误时间。同时也可据此对飞行计划进行重新规划,选取合理的航路航线避让危险天气,有效减少返航、备降。

综合目前国内外各类航空气象服务平台基本理念及本地需求,阎良航空气象试飞保障服务平台重点涵盖两大功能:一是起飞条件保障。作为飞行试验基地,与民航气象保障服务有所区别,试飞更侧重于飞机在极限气象条件下能否安全起航。因此,气象部门需要给实验基地提供试飞高风险影响天气的气象数据,其中包括低空风切变、雷暴、大风、积冰、颠簸等危险天气的逐分钟精细化预报预警;二是空域决策。在飞机航行途中,通过将三维地图、高空气象实况监测数据、雷达数据、高空数值预报及飞机实时跟踪数据等多因素进行融合叠加,对高空试飞条件进行综合研判,为飞行员及基地人员提供实时有效飞行判据。

为了给相关业务提供有效支撑,在充分考虑平台操作方便、界面友好、符合用户工作习惯的基础上,平台设计为五个模块,分别为天气实况监测,低空风切变预报预警,雷暴、积冰、颠簸预报预警,小尺度天气数值模式和航行态势可视化。

### 2.1 天气实况监测

天气实况监测主要包括气象要素的实时监测和历史资料查询。实现对气温、气压、风、湿度、云、降水以及天气现象等气象要素的实时监测;历

同期数据、历史极值、历史相似性天气、雷达产品等数据的检索。

### 2.2 低空风切变预报预警

低空风切变指飞机在起飞和着陆飞行阶段遭遇风向风速突然急剧变化的一种大气现象,具有时间短、尺度小、强度大、发生突然等特点。相邻两部分空气间气流速度差别越大,形成的风切变就越强,对飞机起飞和降落的危害就越大<sup>[4-5]</sup>。

此模块主要为低空风切变预报预警,对可能影响飞机试飞的自然灾害,事故灾难等突发事件以及最低、最高安全高度,危险区域入侵,偏航等可监测事件为用户提供预警支持。预警信息以地图标注的方式显示。利用本站探空(测风)雷达、激光雷达以及长安、铜川两站的风廓线雷达,结合阎良本地的天气气候和地理环境特点,并根据阎良区尤其是试飞基地本场风切变历史个例的分析研究,风切变格点预报主要采用两种技术方法:一是根据风廓线雷达探测到的大气湍流情况,使用模糊逻辑算法计算大气湍流的速度结构参数和耗散率,研究适用于阎良(或西北区域)的风切变算法;二是利用雷达速度资料通过中国民航大学民航气象研究所改进的双斜坡算法<sup>[6]</sup>来实现风切变的计算。

此外,该模块还可根据能见度、风速、侧风、温度、云高、跑道视程、降雪、雷电等不同筛选条件,实现对实况信息的检索及查看。

### 2.3 雷暴、积冰、颠簸预报预警

雷暴是由旺盛的积雨云引起的局地风暴,同时伴有强烈的湍流、积冰、闪电、阵雨和大风等天气,严重影响飞机航行。该模块主要提供雷达回波、卫星云图、风向、风速、气温等实时监测数据和结冰高度、湿度、乱流、飞机积冰等预报预警产品。系统内置航路、预报时间和飞行高度等不同筛选条件。预报预警产品将以动、静态结合的方式显示,静态包括单张图表、文字、表格等。此外,试飞院气象台将设置该系统的气象预报产品制作工具,可自主制作相关产品,航空气象现代化网站也提供同类气象预报预警产品服务。

## 2.4 小尺度天气数值模式

小尺度天气数值模式主要研究与严重灾害性天气(暴雨、冰雹、飏、龙卷、下击暴流等对流性天气,浓雾及局地大气污染等稳定性天气)密切相关的中小尺度天气系统的发生、发展、结构、传播规律,及其与大尺度系统的相互作用。该系统为严重局地性灾害天气的短期(12~72 h)、短时(0~12 h)和临近(0~2 h)预报提供理论基础和有效方法,并实现小尺度天气数值模式的可视化、评估以及订正。小尺度天气数值模式主要使用中国气象局精细化预报产品(5 km×5 km)和陕西省气象局精细化智能网格预报产品(3 km×3 km),利用本地雷达、地面观测站、风云4号卫星观测数据进行中尺度天气数值模式的降尺度和同化。

模式产品以三维热度图的形式显示。在用户与可视化结果交互中,用户可获取交互的数据进行二次可视化,并以折线图或者柱状图的形式显示,极大程度提高模式产品易读性。

## 2.5 航行态势可视化

航行态势可视化主要体现为实时航迹、航行情报和航线规划的可视。该系统将整合地面雷达监测站、远程地面站、空速管、迎角传感器、高度测量器等监测数据,结合地理信息系统对飞行目标在空域中实时位置进行实时跟踪,对航行通告、重要天气情报、空域及空管信息等进行实时更新,同时也支持对阎良试飞基地所有航线分布情况进行可视化展现,并同步显示起始点、线路、机型等飞行信息,为基地选择航线和航路提供决策支撑。

## 3 平台主要特色

各类数据、多部门数据集成存储。数据库涵盖了地理信息、GPS数据、数值预报产品(或再分析场)、航空器空中报告、雷达产品、自动站常规气象要素等多类航空气象数据,并整合气象、基地、空管等多部门现有系统资源,实现数据库的综合管控和协同管理。

分析算法多样开源。系统内置雷暴、积冰、颠

析算法,并支持分析算法模块扩充以及嵌入各种仿真计算模型,可为更加复杂的行业应用(如全时空态势呈现、协同管理等)提供支持。

可多维并列分析。针对数据繁多的风切变指标和多层空间维度,按不同成因类型成体系地进行多维度实时交互分析,提供上卷、下钻、切片、转轴等数据观察方式,展现复杂数据间的联系。

可交互联动分析。将多个视图整合,支持从试飞院基础设施、地面服务、试飞飞机运行态势、场面监管、机位管理等多个维度进行日常运行监测与管理,从不同角度分析数据,分析对飞行位置、高度、轨迹、速度、油量、续航时间等造成的不同影响。

## 4 结语

航空气象试飞保障服务平台为面向阎良航空试飞基地的综合性决策辅助平台,从多个维度进行试飞基地飞机日常监测与协调管理,提供精细化预报预警产品,保障常态下试飞基地监测监管,满足试飞基地航空气象服务的需求。

### 参考文献:

- [1] 西安市阎良区气象局. 西安市阎良区气象局现代化规划建设方案(2018—2021年)[Z]. 2018:25-45.
- [2] Federal Aviation Administration. About modernization of U. S. Airspace: The next generation air transportation system[EB/OL]. [2018-09-18]. <https://www.faa.gov/nextgen/>.
- [3] 张佳静,张倩,毛亿. 基于4D轨迹预测的航空气象辅助决策技术[J]. 江苏科技信息, 2015(25):62-64.
- [4] 孙磊. 机场附近低空风切变的数值模拟预测[J]. 中山大学学报(自然科学版), 2003(S2):150-153.
- [5] 郭彬,倪洪波,张莹,等. 阎良机场气象探测试飞天气条件研究[J]. 陕西气象, 2017(5):30-33.
- [6] 蒋立辉,闫妍,熊兴隆,等. 基于斜坡检测的多普勒激光雷达低空风切变预警算法[J]. 红外与激光工程, 2016,45(1):39-45.