

# 重庆巫山机场低能见度天气浅析及短临预报预警手段思考

刘 旸

民航重庆空管分局 重庆 401120

**摘要:** 重庆巫山机场地理位置特殊, 常年受大雾影响导致的航班延误或取消时有发生, 对飞行安全产生了重大影响, 严重威胁了人民生命财产安全。本文简要阐述了巫山机场气候特征、大雾天气特点以及对航空飞行的影响, 通过实际保障过程中遭遇的典型天气, 总结出的保障经验, 并提出了通过构建能见度监测网络、研发训练临近预报模型以及精细化和本地化数值预报等方式, 利用人工智能、客观化数值预报订正以及图像栅格能见度反演监测等技术, 建立一套针对大雾、低云等高影响天气的监测、预报预警和统计分析系统, 从而不断地提高大雾灾害天气的预报能力。提出对航空气象保障服务提出了措施和建议。

**关键词:** 巫山机场; 高原机场; 气象预报; 气象服务

## Analysis of low visibility weather in Chongqing Wushan Airport and thinking of the means of short-term forecast and early warning

Yang Liu

CAAC Chongqing ATC Sub-Bureau Chongqing 401120

**Abstract:** Chongqing Wushan Airport is located in a special geographical location, which is often affected by heavy fog, resulting in flight delays or cancellations, which has a significant impact on flight safety and seriously threatens the safety of people's lives and property. Climate characteristics, this paper briefly expounds the wushan airport fog weather characteristics and the impact on the aviation flight, through the actual security process, a typical weather, summed up the experience in security, and put forward by building visibility monitoring network, training near the forecast model of r&d and refinement numerical forecast and localization, By using artificial intelligence, objectification numerical forecast correction and image grid visibility inversion monitoring technology, a set of monitoring, forecasting and statistical analysis system for fog, low cloud and other high impact weather is established, so as to continuously improve the ability of fog disaster weather forecast. Measures and suggestions for aviation meteorological support service are put forward.

**Keywords:** Wushan Airport; Highland Airport; Meteorological forecast; Meteorological services

### 引言:

我国民航业发展迅猛, 而天气原因导致航班不正常的比例高达57.31%<sup>[1]</sup>, 而机场标高在1524米(5000英尺)至2438米(8000英尺)的机场称之为高原机场, 此类机场一般净空条件极差、气候复杂多变、高原航线地形复杂, 安全问题更为突出<sup>[2]</sup>。

我国高原机场共19座, 全部分布在西南地区和西北地区。重庆巫山机场(后简称: 巫山机场), 位于中国重庆市巫山县和奉节县交界处, 东距巫山县城16千米, 为4C级中国国内支线机场, 海拔1771.48米(图1)。机场



图1 巫山机场地理位置及其地形分布

2019年8月正式通航, 目前任处于运行初期, 存在气象预报资料匮乏, 观测数据短缺, 机场天气统计不成熟等

问题,气象保障任务艰巨。

### 一、巫山机场地理气候状况

巫山机场位于渝东北门户位置,属亚热带季风性湿润气候,雨热同季,四季分明,气候宜人。春季气温回暖早,有倒春寒天气。春夏之交冷暖空气交接频繁,有强对流天气发生。5~9月有强降水,9~11月绵雨较重,秋末~春初多阴雨,11月~次年3月有低温积雪灾害。降水主要集中在4~10月。主要影响天气系统有:冷锋、低涡切变、南支槽、热低压、副热带高压、西南涡等。主要影响机场的天气现象主要为雷电、大风、暴雨、雾。

#### 1. 温度及湿度

巫山机场年平均气温9.8℃,年极端最高气温30.9℃(2016年8月24日),年极端最低气温-13.2℃(2016年1月24日);月平均气温在-1.4~19.6℃之间,最冷月1月,最热月8月;月平均最高气温在1.6~24.1℃,最高月为8月;月平均最低气温在-3.3~16.6℃之间,最冷月为1月。相对湿度年平均为82%,月平均值在76%~87%之间。其中,12月为平均相对湿度最低月,1月为平均相对湿度最高月。

#### 2. 风向及风速

平均风速3.6米/秒,年极大风速25.8米/秒,出现在2016年7月28日。巫山机场自动站平均风速在2.9m/s~4.4m/s之间,平均风速最大月为4月,最小月为1月。年最多风向频率:(东南东风)为17.0%;次多风向(东南)风频率为15.0%;再次风向(东)风频率为10.3%(图2)。

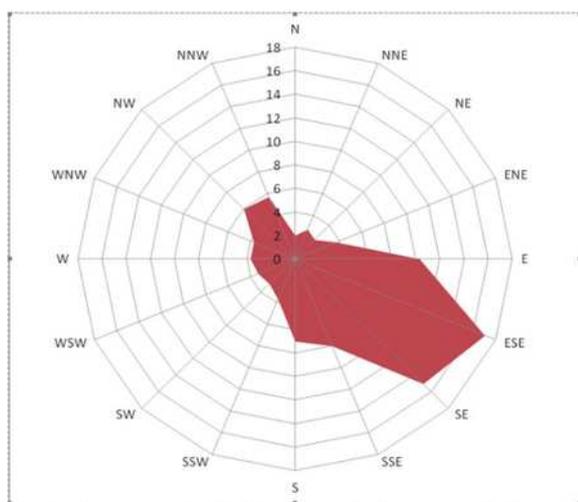


图2 2015年4月~2017年12月风玫瑰图

#### 3. 能见度

据统计:2015年4月至2017年12月巫山机场的能见度主要集中在0~200米及1500米以上;出现能见度≤1500米的时次占观测总次数的22.3%,其中0~200

米占14.9%;能见度大于1500米的时次占观测总次数的77.7%。各月中,1月能见度≤1500米的频率最高(34.2%),7月最小(9.7%);1月和11月出现0~200米能见度的频率均超过20%,7月和8月小于10%。各时段中,09~14时能见度≤1500米的频率最高,但03~08时最易出现0~200米的能见度。11月09~14时为全年最易出现0~200米的能见度的时段。

#### 4. 主要天气现象

巫山机场年平均出现雾的日数为140.8天,占全年日数的38.6%;11月和6月出现雾的日数最多,8月及12月出现雾的日数较少;除8月和12月,其余各月每月出现雾的日数均超过10天;其中21时~02时出现雾的频率最高;暴雨(日雨量≥50毫米)的天数为5天,出现概率约为1.4%,主要集中在6~7月,12月~次年3月无暴雨出现;巫山机场平均年雷暴日数为24天,主要集中在5~9月,其中7月次数最多;机场年均出现大风(极大风速≥17.0米/秒)天气的天数为10天,出现概率约为2.7%,除1月、9月、12月,全年均有出现。从上述资料可以看到,大雾及低能见度天气成为了影响巫山机场运行的主要因素,而巫山机场所在的东北—西南走向的山脉的配合全年主要盛行的东南风为上坡雾提供了良好的条件。

#### 5. 上坡雾影响

上坡雾与辐射雾、平流雾同属冷却雾分类的一种,其成因为潮湿空气沿着山坡上升,绝热冷却使空气达到过饱和而产生(图3)。这种雾首先要求有相对稳定的潮湿空气,其次对地形有一定要求,山坡坡度必须较小,否则形成对流,雾就难以形成。巫山机场处于中亚热带湿润季风气候区,秋冬季多绵雨天气,少日照,蒸发小,湿度大,山谷间易形成相对稳定的潮湿空气。巫山机场跑道四周均为谷地且坡度较缓(1500米距离上的高度差不足200米)的,该条件十分有利于形成上坡雾。机场东南侧较低地势间的潮湿空气在东南风的作用下爬坡形成上坡雾是大雾的主要成因。



图3 巫山机场上坡雾生成原因示意图及实况图

(蓝色方条:跑道;红色箭头线:东南气流)

### 二、巫山机场低能见度天气形势分析

巫山机场天气预报难点在于高海拔山地天气的预报。在无明显降水或天气过程的前提下,850hPa层次上的水

汽, 形势, 云量, 引导风向的预报直接关系着跑道面的水平能见度好坏或波动程度。其次是此层云的云底高, 厚度也是需要重点考虑的因素, 关系着天气转好的重要要素。

通过统计分析及运行经验总结得出: 造成巫山机场低能见度天气的大雾天气主要分为两种类型:

第一种类型为850hPa高度附近有层次较厚的云层存在, 由于机场跑道面的海拔高度长期处于云中造成系统性、长时间的稳定低能见度天气, 也是巫山机场低云低能见度天气的主要成因。其典型天气形势一般为850hPa高度相对湿度大于等于80%, 500hPa及700hPa相对湿度无特别条件要求, 东南风控制, 且上游位置也被高相对湿度区域覆盖(图4)。此类天气想试下产生的低能见度天气消散的预报关键主要取决于覆盖机场跑道面的云层云底高所在高度抬升至决断高度以上的时间或850hPa及以下高度上相对湿度明显降低的时间。

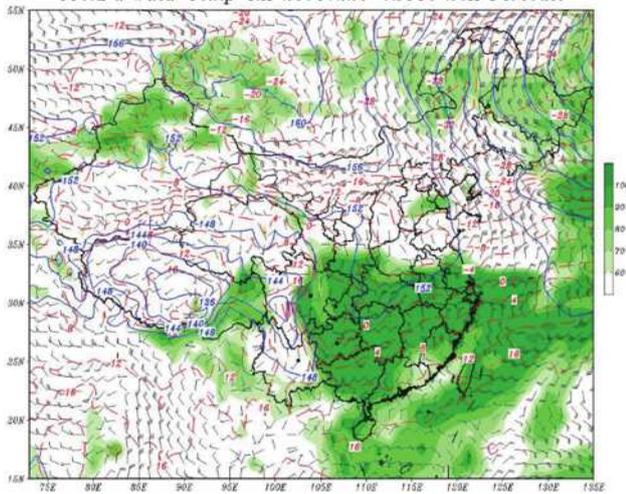
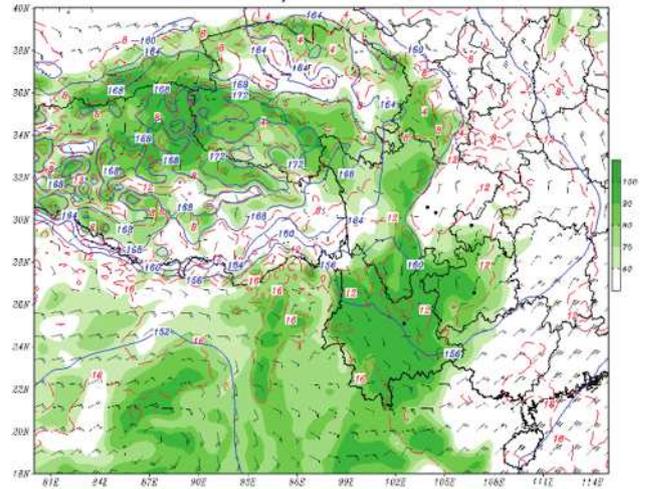


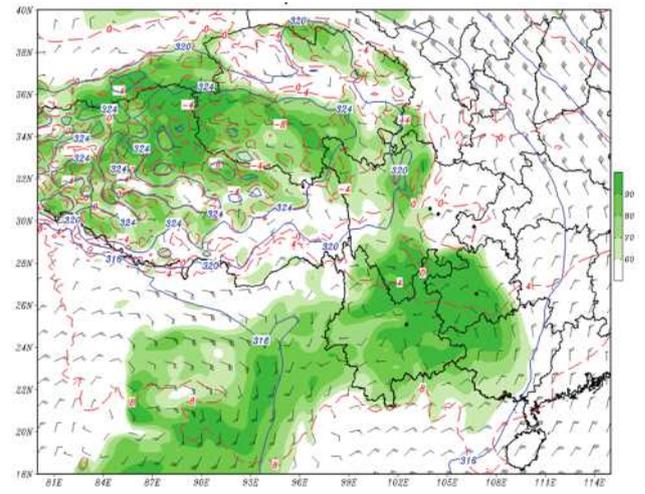
图4 850hPa风场叠加相对湿度

第二种类型为晴空、微风、近地面高湿<sup>[3]</sup>天气条件下机场东南侧低洼地带的潮湿空气在东南风的作用下爬坡形成上坡雾, 并抬升移至跑道面, 且随引导风源源不断向跑道面补充, 最终抬升成低云至消散。此类低能见度情况持续时间较第一种较短, 且能见度剧烈波动。典型天气形势为: 850hPa、700hPa层次及以上均属低湿区, 天空状况良好(图5)。850hPa及其以下高度上位东南风控制且风速5m/S以内。此类天气想试下产生的低能见度天气消散的预报关键主要取决于覆盖机场跑道面以下的雾源地结束成雾或引导风向发生变化。但针对如此局地的天气状况, 数值预报模式和现有的探测手段均无法满足预报需要的资料, 同时预报员身在雾中, 完全无法得知自己所处状况, 对此类天气的预报难度极大。在机场保障初期, 部分预报员采用驱车向山下行驶过程中进行

人工观测, 并将观测到的情况进行简单的外推来初略推断天气结束时间, 虽也能对消散时间起到一定的指示作用, 但缺乏客观性与常态可操作性。



a 850hPa风场叠加相对湿度



b 700hPa风场叠加相对湿度

图5

### 三、巫山机场低能见度天气短临预报预警手段思考

目前巫山机场无论是自动观测设备配置, 还是常规观测对能见度监测只能覆盖本场区域, 对上文所述第二种类型大雾预报由于气象资料所限, 针对性不强, 造成预报时间跨度达, 准确度不够高。当存在造成巫山机场低能见度的上坡雾生成时, 目前的监测手段, 无法及时有效监测和对天气现象提前预警, 成为制约气象保障服务水平的一个重要瓶颈。

经过对比相关资料, 显示造成对本场上坡雾预警难度大主要原因是观测站点布设不足, 只能满足本场基本需求, 观测的报告不能起到提前预警的作用。因此在机场周围特别是上坡雾多发的上游区域适当布设监控气象要素监控站点, 组成监控网络<sup>[4]</sup>, 对上坡雾生成以及从

机场外围到达中心区域之前约有20-60分钟的预警时间,并在这段时间内向服务用户发出及时的告警,这一点在目前飞行安全气象保障中十分必要和迫切,能切实提高目前飞行安全的保障能力,实现较高的经济效益和安全效益。

雾团范围宽广,观测设备有限,为提高能见度监测效率,需研究分析影响机场大雾的上游雾源敏感区域,在敏感区域选址布点。我国新一代静止气象卫星风云四号可反演生成气溶胶光学厚度(AOD)产品,研究表明,AOD产品与地面能见度有很好的相关性。利用AOD产品,结合巫山机场低能见历史数据,可分析得到上游雾源敏感区域。综合分析敏感区域、巫山当地道路、网络、电源、人口等分布,可得出最优观测设备布设位置。

利用机器学习中的卷积神经网络技术对视频监控图像进行分析识别。

建立能见度视频监控反演模型,从而可不间断地获取高时间分辨率、高可用的能见度监测信息。该模型的主要处理流程包括三大块:数据处理部分、卷积神经网络的搭建与训练、能见度反演模型的测试与业务运行。其中,数据处理部分主要流程为循环获取机场视频数据,并将数据根据像素点展开转换为灰度值,得到图像数据训练集。

#### 1. 能见度监测模块

在当前数值模式对大雾预报能力比较有限的情况下,根据能见度实况监测结果进行短临外推或模型预测是目前公认的能见度短临预报的较好方法。机场周边雾团的能见度监测结果对能见度的短临预报及预警至关重要,能见度监测的效率及对短临预报的贡献取决于观测设备布设位置和能见度探测准确率,需要相关技术和算法支撑。

#### 2. 能见度0-2小时临近预报模块

根据能见度监测模块获取的数据、本场AWOS、报文等监测数据,基于数据挖掘和特征工程技术,对历史监测数据进行时间和空间分析,利用机器学习技术(朴素贝叶斯、随机森林和BP神经网络等算法),建立能见度0-2小时临近概率预报模型,基于多模型集成学习,遴选得到不同区域不同时效下的能见度0-2小时临近概率预报模型。

#### 3. 机场天气及适航性短期预报模块

建立基于数值预报数据建立能见度物理释用模型

(包含SW99/GSD方法和多因子物理诊断算法),基于历史观测探测数据和数值预报数据,利用统计方法,建立能见度统计释用模型,常用的方法有逻辑回归和机器学习方法,并对不同方法模型进行集成学习,根据区域和季节变化,自动遴选最优能见度中短期预报模型。同时,利用数值预报生成的基本气象要素、强对流预报等其他产品,以融合航站历史运行数据,生成因天气原因不正常航班信息数据集,建立模型,以航班正常概率为目标值,进行模型训练和统计分析,生成适航概率产品

#### 四、总结

1. 大雾及低能见度天气成为了影响巫山机场运行的主要因素,而巫山机场所在的东北-西南走向的山脉的配合全年主要盛行的东南风为上坡雾提供了良好的条件。

2. 850hPa层次上的水汽,形势,云量,引导风向的预报直接关系到跑道面的水平能见度好坏或波动程度。而云底高,厚度也是需要重点考虑的因素,关系着天气转好的重要要素。

3. 造成巫山机场低能见度天气的大雾天气主要分为两种类型,850hPa较厚的云层长期造成系统性、长时间的稳定低能见度天气占巫山机场低能见度天气的绝大多数。由于其稳定性和大范围的特征,预报难度不大,作出决策相对容易。而其中机场东南侧低洼地带的潮湿空气在东南风的作用下爬坡形成上坡雾并抬升移至跑道面影响能见度的情况影响时间较短,且能见度剧烈波动,预报难度及保障难度极大。

4. 可以尝试在机场周围特别是上坡雾多发的上游区域适当布设监控气象要素监控站点,组成监控网络,对上坡雾生成以及从机场外围到达中心区域之前约有20-60分钟的预警时间,并在这段时间内向服务用户发出及时的告警。

#### 参考文献:

- [1]中国民用航空局.2020年民航行业发展统计公报[R].2021: 14-15.
- [2]牟艳彬.高原航空天气特征和航空气象服务保障[J].四川气象,2007(2): 26-31.
- [3]李子华,黄建平,孙博阳,等.辐射雾发展的爆发性特征[J].大气科学,1999(05): 623-631.
- [4]陈志平.温州机场大雾监测预警体系的建设与运行研究[D].江苏大学,2013.