

铜仁机场低云低能见度特征 及一次锋面雾天气分析

杨艳¹, 宋媛²

¹铜仁机场, 贵州 铜仁

²民航贵州空管分局, 贵州 贵阳

收稿日期: 2025年4月25日; 录用日期: 2025年5月23日; 发布日期: 2025年5月30日

摘要

本文基于铜仁机场自动观测数据,对影响运行的低云低能见度(能见度低于1000米且云高低于90米)的特征进行统计分析。结果表明:铜仁机场低云低能见度年际变化特征明显。季节变化特征为:冬季 > 春季 > 秋季 > 夏季,主要出现在冬春季节。月变化特征为:全年均可出现,1月出现最多,2月次之,8月出现最少。日变化呈M型分布,峰值均为北京时间06时,均主要出现在03~09时,11~17时均很少出现。低云低能见度持续时间与出现次数大致成反比,主要分布在6 h以内(占71.2%),在2 h内频率最高,24 h(含)以上频率最低。

关键词

铜仁机场, 低云低能见度, 频率分析, 锋面雾

Analysis of Low Cloud and Low Visibility Characteristics and a Frontal Fog Weather in Tongren Airport

Yan Yang¹, Yuan Song²

¹Tongren Airport, Tongren Guizhou

²Guizhou Air Traffic Management Branch, Civil Aviation Administration of China, Guiyang Guizhou

Received: Apr. 25th, 2025; accepted: May 23rd, 2025; published: May 30th, 2025

Abstract

Based on the automatic observation data of Tongren Airport, this paper makes a statistical analysis

文章引用: 杨艳, 宋媛. 铜仁机场低云低能见度特征及一次锋面雾天气分析[J]. 气候变化研究快报, 2025, 14(3): 539-552. DOI: 10.12677/ccrl.2025.143054

of the characteristics of low cloud and low visibility (visibility less than 1000 m and cloud height less than 90 m) affecting operation. The results show that the interannual variation characteristics of low cloud and low visibility in Tongren Airport are obvious. The seasonal variation characteristics are: winter > spring > autumn > summer, mainly in winter and spring. The monthly variation characteristics are as follows: it can appear throughout the year, with the most in January, followed by February, and the least in August. The diurnal variation showed an M-shaped distribution, and the peak values were all at 06:00 am Beijing time, mainly appeared at 03:00~09:00, and rarely appeared at 11:00~17:00. The duration of low cloud and low visibility is roughly inversely proportional to the number of occurrences, mainly distributed within 6 h (accounting for 71.2%), with the highest frequency within 2 h and the lowest frequency above 24 h (including).

Keywords

Tongren Airport, Low Cloud and Low Visibility, Frequency Analysis, Frontal Fog

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

低云低能见度是威胁航空运行安全的典型复杂天气,其形成受地形、天气系统、边界层等共同影响。铜仁机场受地形和云贵准静止锋共同影响,低云低能见度天气出现较多,是对铜仁机场运行造成影响最大的天气。低云低能见度天气会直接影响飞行员的目视参考,增加运行风险。

主导能见度是人工观测值,在观测点观测到的50%以上连续或非连续空间内的最大水平距离[1]。云的观测是人工观测的,包括云状、云量和云底高度,云高以机场标高为基准,观测结果应当代表机场范围内的实际云况[1]。主导能见度是飞机能否着陆、起飞的核心判断指标,云高作为辅助决策的关键参考依据[2]。

近年来,气象专家们已经取得了丰富的研究成果,包括气候统计、影响机制及预报方法等。杨彬彬[3]分析了禄口机场大雾天气变化规律,发现大雾天气发生呈明显的年际递减趋势,主要集中在冬季。宋媛等[4]分析了贵阳机场低能见度和低RVR特征,发现两者变化趋势比较一致。蒋金亮[5]等对大兴机场低能见度变化特征进行了分析,发现持续时间较长,主要出现在秋冬季节,峰值为北京时间07时。肖称根[6]等对南宁机场低RVR与低能见度特征进行了统计分析;刘季秋[7]等分析了浦东机场能见度变化规律;宋媛[8]对贵阳机场低能见度与低RVR之间的相关性进行了分析;王钦[9]对广汉机场冬季低能见度的变化规律进行了研究;冯汉中[10]等探究了双流机场低能见度天气的预报技术手段;张荣智[11]等对浦东机场低能见度和低RVR的变化特征进行了分析研究。然而,针对铜仁机场这类山地机场的低云低能见度研究仍较为匮乏,其形成机制和演变规律尚不十分清楚,其独特的地形可能导致低云低能见度的特征与平原机场存在显著差异。作为航空气象预报中最具挑战性的天气现象之一,低云低能见度的预报准确率最低、难度最大,已成为制约铜仁机场安全和发展的影响因素之一。

本文为落实民航局“五早”原则和气象用户越来越高要求的精准度和提前量,基于铜仁机场自动观测数据,系统分析铜仁机场低云低能见度的多尺度变化特征,以期对铜仁机场低云低能见度的预报提供一定的科学依据,提高航空气象服务能力。

2. 地理环境和自然环境

铜仁机场位于贵州省东北边缘与湖南西部接壤的山区丘陵地带, 地势由西北向东南降低, 相对周边位势较高, 丘陵群山作用显著, 平均海拔 704.4 米, 正西面是海拔 2500 米的梵净山。位于云贵准静止锋的活跃地带, 机场周边水体众多, 安井村柳堰水库、石板桥水库、唐家桥水库、牛堰水库、塘家桥水库等多个水体分别位于机场跑道周边(图 1), 其中最近的石板桥水库距离跑道南端仅有 100 米, 为铜仁机场的天气演变提供了一定水汽条件。

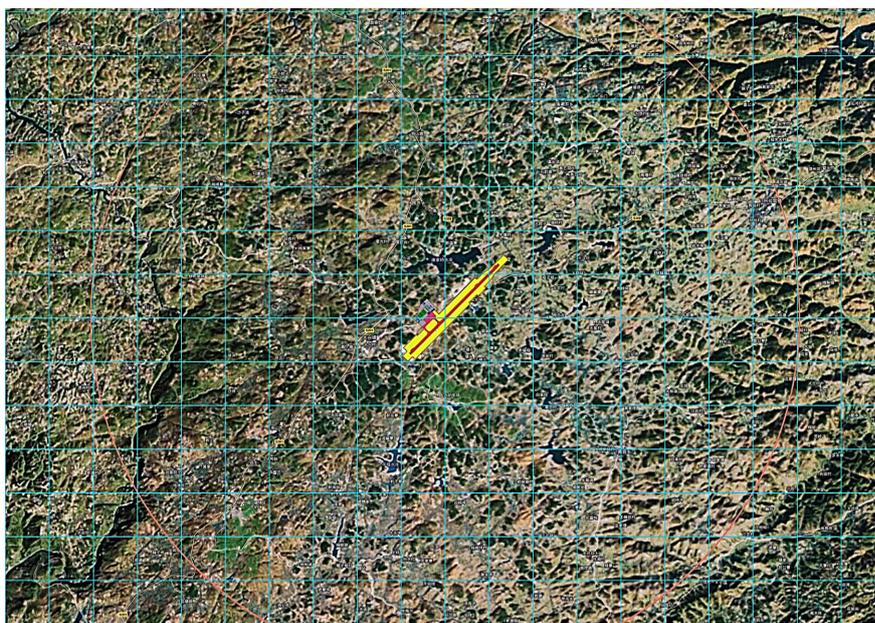


Figure 1. Tongren Airport 8 km topographic map
图 1. 铜仁机场 8 公里地形图

3. 资料与方法

本文基于 2016~2024 年铜仁机场自动观测数据进行统计分析。其中, RVR、风向、风速为自观数据(整点 10 分钟平均值), 主导能见度和云高以人工观测为主。本文所用时间均为北京时。定义春季为 3 至 5 月、夏季为 6 至 8 月、秋季为 9 至 11 月、冬季为 12 月至次年 2 月。定义低云低能见度为主导能见度 < 1000 米且云高 < 90 米(包含垂直能见度)。

主要使用频率分析方法。其中频率 f 定义为某一事件在总次数中出现的次数比例。如在总观测样本量 n 中(如低云低能见度天气出现总日数), 目标事件发生了 m 次(如低云低能见度天气冬季出现日数), 公式如下:

$$f = \frac{m}{n} \times 100\%$$

4. 低云低能见度变化特征

4.1. 低云低能见度年际、季节变化

如图 2 所示, 2016~2024 年铜仁机场低云低能见度年际变化特征明显, 呈多峰型分布。年平均出现日数为 65 天。其中, 2020 年出现日数最多, 达 85 天; 2022 年出现日数最少, 为 33 天。2022 年前低云

低能见度日数整体较多(除 2019 年外, 均高于平均值), 2022 年后相对较少(均低于年平均值)。原因尚不清楚, 有待后续深入研究。

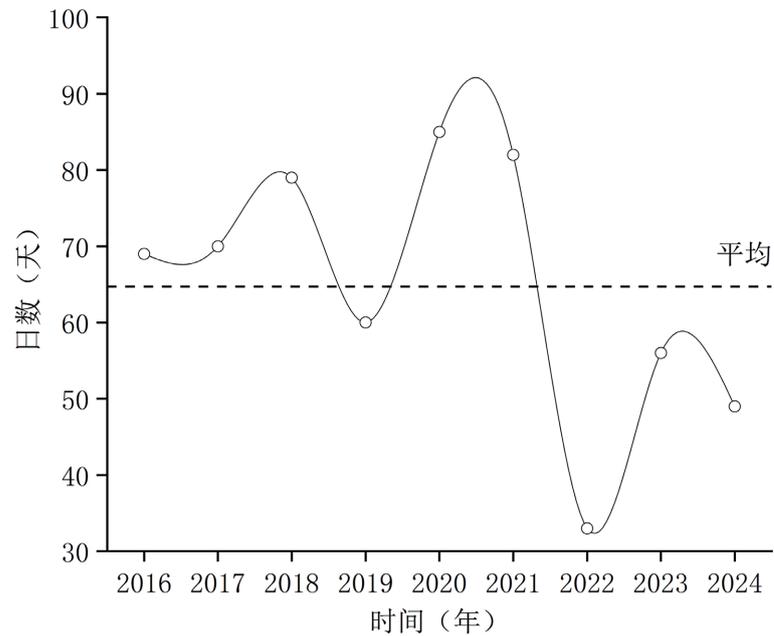


Figure 2. Interannual variation of occurrence days of low cloud and low visibility
图 2. 低云低能见度发生日数年际变化

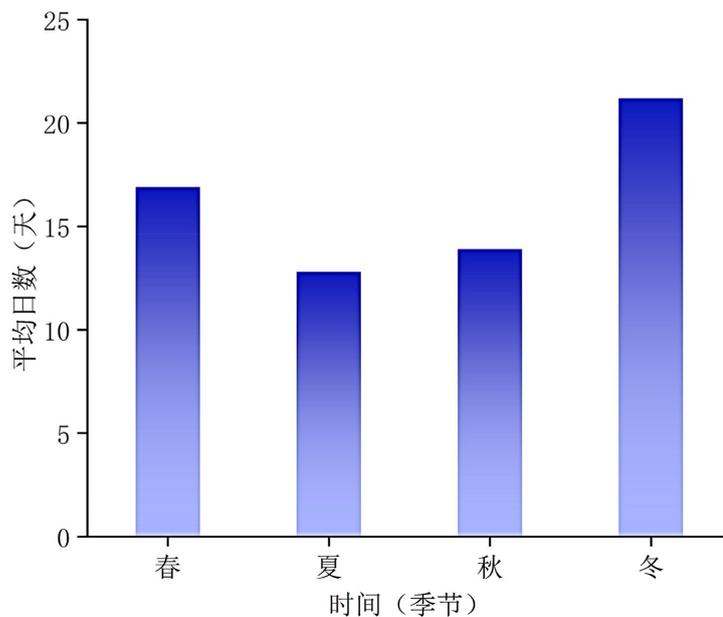


Figure 3. Seasonal variation of occurrence days of low cloud and low visibility
图 3. 低云低能见度发生日数季节变化

如图 3 所示, 铜仁机场四季均可出现低云低能见度天气。季节变化特征为: 冬季 > 春季 > 秋季 > 夏季。峰值为冬季, 年平均日数为 21 天(占 33%); 春季次之, 年平均日数为 17 天(占 26%); 夏季出现最少, 占 20%; 秋季占比 21%。

铜仁机场冬季强冷空气频繁南下与暖湿气流对峙多形成云贵准静止锋, 易出现锋面雾天气。春季暖湿气流加强, 但仍有冷空气残余势力, 冷暖交汇也易形成准静止锋, 在静止锋影响下铜仁机场受地形作用也易出现阴雨和锋面雾天气。因此铜仁机场冬季出现低云低能见度日数最多, 春季次之。铜仁机场秋季前期易出现辐射雾, 后期偶尔受云贵准静止锋影响出现锋面雾。夏季雷雨较多, 雨量集中, 大到暴雨天气常有发生, 多集中在夜间, 清晨消失, 为低云低能见度提供了充沛的水汽条件, 夜间至早晨多出现低云低能见度天气。因此铜仁机场秋季出现低云低能见度日数和夏季相当。铜仁机场低云低能见度主要由雾天气引起。

4.2. 低云低能见度的年变化

如图 4 所示, 铜仁机场低云低能见度全年均可出现。其中, 1 月出现日数最多, 月平均为 10.3 天(占 15.6%); 2 月次之, 月平均日数为 6.8 天(占 10.4%)。铜仁机场 1 月、2 月受云贵准静止锋影响多阴雨天气, 加之机场周边植被覆盖较好、水体较多, 提供了有利的水汽条件, 常年盛行西南气流, 有充足暖湿空气补充, 在近地面形成上暖下冷的状态, 多出现锋面雾天气, 受锋面雾影响易出现低云低能见度天气。5 月也较多, 月平均日数为 6.6 天(占 10.1%)。5 月铜仁机场雷雨天气频发, 水汽充沛, 夜间至早晨因地形和地理环境影响多出现低云低能见度天气。8 月出现最少, 仅为 2.7 天(占 4.1%)。

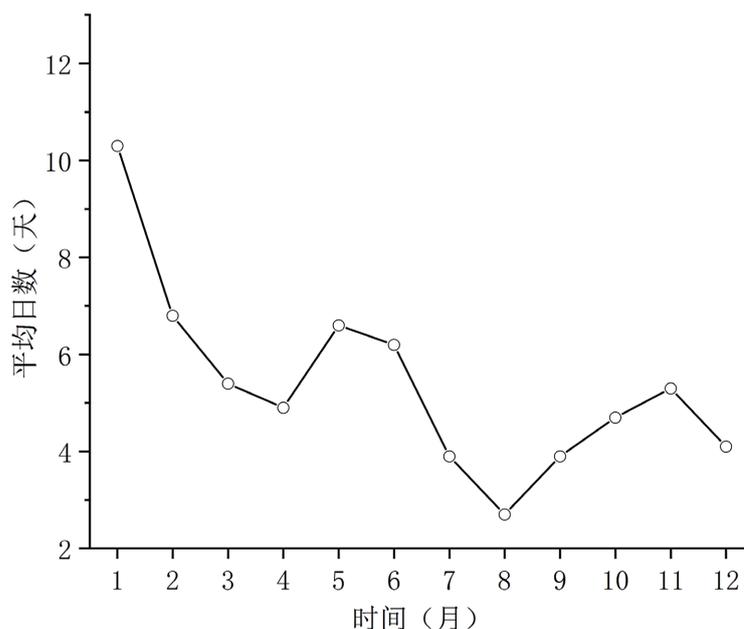


Figure 4. Annual variation of occurrence days of low cloud and low visibility
图 4. 低云低能见度发生日数年变化

4.3. 低云低能见度的日变化

如图 5(a)所示, 铜仁机场低云低能见度全天均可出现, 呈 M 型分布。在北京时间 06 时出现频率最高, 共 215 次(占 7.3%); 13 时频率最低, 共 63 次(占 2.1%)。高峰时段为 03~09 时, 共 1255 次(占 42.3%)。其中, 06~07 时频率最高, 占 14.3%。夜间次高峰出现在 19~22 时, 占 17.5%。11~17 时频率最低, 共 524 次, 分别占比为 2.1~2.9%, 共占比 17.7%。

如图 5(b)所示, 低云低能见度春、夏、秋、冬四个季节的日变化趋势比较一致。春季峰值为 06-07 时(占 7.8%), 夏季峰值为 06 时(占 14.4%), 秋季峰值为 08 时(占 6.7%), 冬季峰值为 19 时(占 5.8%)。春、

夏、秋、冬均主要出现在 03~09 时(分别占 44.5%、68.3%、39.6%、31.8%)。10~21 时, 出现频率特征为: 冬季 > 秋季 > 春季 > 夏季(占比分别为 49.4%、39%、31.6%、11.6%)。其中, 在 12~16 时低云低能见度出现次数均很少(分别占比 16.7%、11.6%、9.3%、2.8%)。其中, 在夏季 10~22 时, 低云低能见度在该时段可能发生, 但频率很低, 仅为 13.4%, 这是因为, 午后热雷暴带来的短时强降水导致此时段内发生低云低能见度天气。

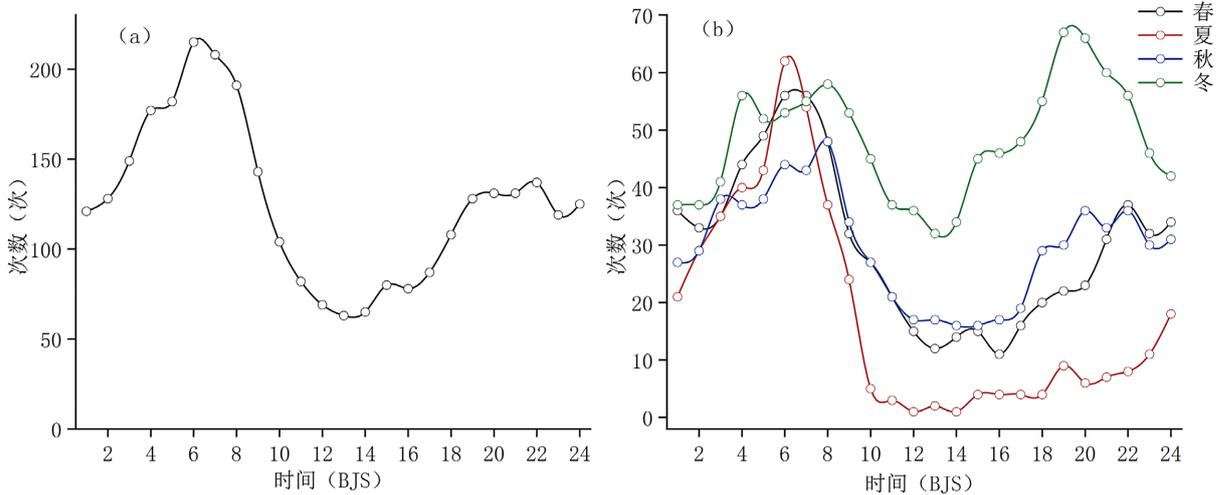


Figure 5. (a) Diurnal variation of the number of occurrences of low cloud and low visibility, (b) Diurnal variation of the number of occurrences of low cloud and low visibility in each season

图 5. (a) 低云低能见度发生次数日变化、(b) 低云低能见度各季节发生次数日变化

4.4. 低云低能见度的持续时间

低云低能见度持续时间与出现次数大致成反比。如图 6 所示, 低云低能见度持续时间在 2 h 内次数

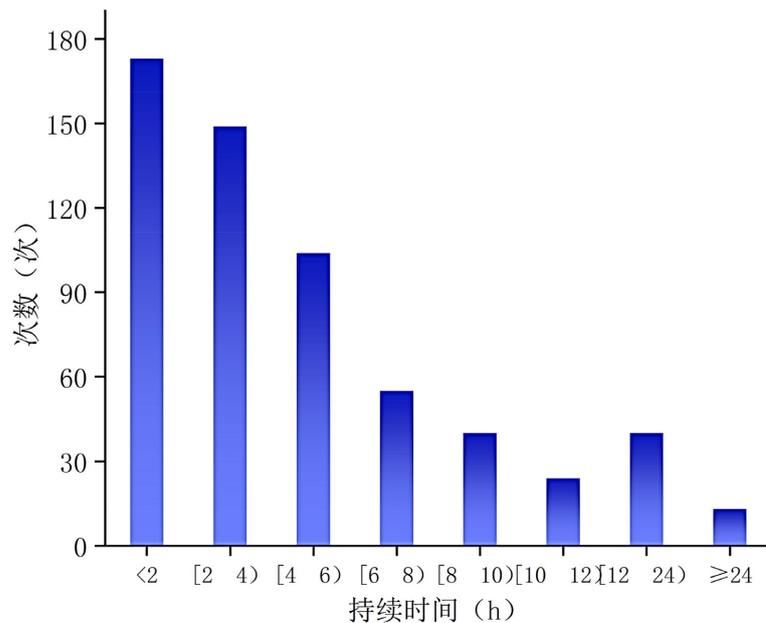


Figure 6. Duration distribution of low cloud and low visibility

图 6. 低云低能见度持续时间分布

最多, 累年总次数为 173 次(占 28.9%); 持续时间在 2~4 h 次之, 累年总次数为 149 次(占 24.9%); 主要出现在 6 h 内, 占比 71.2%; 10~12 h 出现较少, 占比 4%; 24 h (含)以上出现最少, 累年总次数 13 次(占 2.2%); 12 h (含)以上占比 8.9%。最长持续时间为 61 小时, 出现在 2016 年 11 月 16 日~18 日。

铜仁机场低云低能见度天气主要是由辐射雾、锋面雾、平流雾等引起的。辐射雾影响相对较小, 一般凌晨开始, 早晨消散, 多见于秋冬季节。平流雾影响较大, 具有非日变化特性, 一天之内任何时间都可能出现, 在春夏季节出现较多, 而在秋冬季节相对较少, 其持续时间存在显著差异, 短则不足 2 小时, 长则可达一天之久。锋面雾的影响尤为显著, 当云贵静止锋在贵州中北部区域来回摆动时, 铜仁机场容易出现由锋面雾引发的低云低能见度天气。锋面雾可能在一天之内的任何时间出现, 持续时间相对较长, 雾较浓, 使得能见度急剧下降, 严重时可能降至仅 50 米, 给飞行员的视线造成极大的困扰。同时, 跑道视程(RVR)也受到严重影响, 最低时可能仅为 125 米, 导致飞机无法起降。若冷空气势力增强, 使得整层变冷变干、锋面南压, 或暖平流加强导致静止锋北抬, 铜仁机场锋面雾将逐渐消散。中或大的降水引发的低云低能见度天气现象具有突发性特征, 持续时间一般不超过 30 分钟, 且与降水强度密切相关, 降水越强, 天气状况越恶劣。

5. 2020 年 1 月 5 日~1 月 7 日锋面雾天气分析

5.1. 实况回顾

2020 年 1 月 4 日 18:57~1 月 7 日 23:00 铜仁机场出现长时间锋面雾天气。4 日 16:25 开始出现持续性小雨天气, 其中 6 日 23:18~23:56 出现中或大的降水。期间 4 日 16:25 后累积降水量 0.8 mm, 最低能见度 250 米, 最低 RVR 750 米, 气温 3.0°C~4.6°C; 5 日累积降水量 0.5 mm, 能见度最低 100 米, 最高 800 米, RVR 最低 200 米, 最高 900 米, 气温 3.4°C~5.7°C; 6 日累积降水量 13.0 mm, 能见度最低 50 米, 最高 1400 米, RVR 最低 150 米, 最高 P2000 米, 气温 4.7°C~6.2°C; 7 日累积降水量 1.0 mm, 能见度最低 50 米, 最高 1500 米, RVR 最低 200 米, 最高 P2000 米, 气温 4.0°C~6.0°C。期间最低云高维持 45~60 米。

此次锋面雾持续时间长、浓度大, 共造成 60 架次航班取消, 3 个航班备降。其中 1 月 5 日~1 月 7 日铜仁机场没有航班起降。

5.2. 环流形势分析

大雾发生前, 500 hPa 在孟加拉湾存在一南支槽, 贵州处于槽前强盛的西南急流区, 至大雾发生期间, 南支槽逐渐东移。6 日 08 时大槽移至云南西部, 7 日 08 时南支槽东移过境, 铜仁机场转槽后西北气流(图 7)。

700 hPa 云贵高原位于槽前西南急流, 大雾发生时, 西南急流加强, 并逐渐东移, 6 日 08 时槽移至河套至云南中部一带, 7 日 08 时槽东移过境, 铜仁机场转槽后西北气流(图 8)。

大雾发生时, 850 hPa 在四川盆地形成西南低涡, 其东南侧的西南暖湿急流从南海延伸至贵州东南部, 铜仁位于急流出口区, 形成水汽辐合中心, 5 日 08 时风速加大, 急流加强, 在过程中, 低涡切变线逐渐东移南压过境, 触发弱降水, 6 日 08 时, 低涡进入贵州遵义边界, 7 日 08 时转为切变后西北气流(图 9)。

地面蒙古冷高压中心气压达 1050 hPa 以上, 冷空气分股南下, 其中一股弱冷空气经秦岭进入贵州, 冷锋于 1 月 3 日夜间抵达贵州中部。大雾发生前, 铜仁机场位于冷锋后, 由冷高压控制, 4 日午后昆明热低压逐渐加强北抬, 锋面逐渐北推至贵州东北部。至大雾发生期间, 不断有弱冷空气从东北方向补充与西南暖湿气流势力在铜仁一带对峙, 形成静止锋, 武陵山脉(梵净山)阻挡暖湿空气北推, 锋面滞留在铜仁西南部, 利于锋面雾长时间维持, 6 日夜间冷空气从东北开始南下, 7 日 08 时铜仁转锋后冷区, 7 日夜间强冷空气从西北路径南下, 彻底破坏逆温层(图 10)。

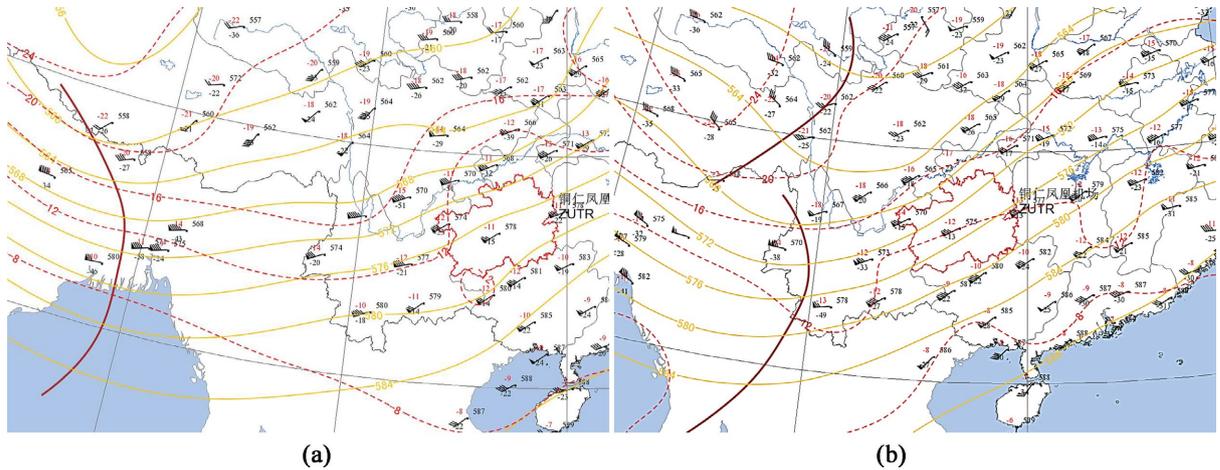


Figure 7. (a) At 08:00 on January 5, 2020, (b) At 08:00 on January 6, 2020, 500 hPa isobaric line (yellow solid line), isothermal line (red dotted line), trough line (brown solid line) and wind field distribution

图 7. (a) 2020 年 1 月 5 日 08 时、(b) 2020 年 1 月 6 日 08 时 500 hPa 等压线(黄色实线)、等温线(红色虚线)、槽线(棕色实线)及风场实况分布

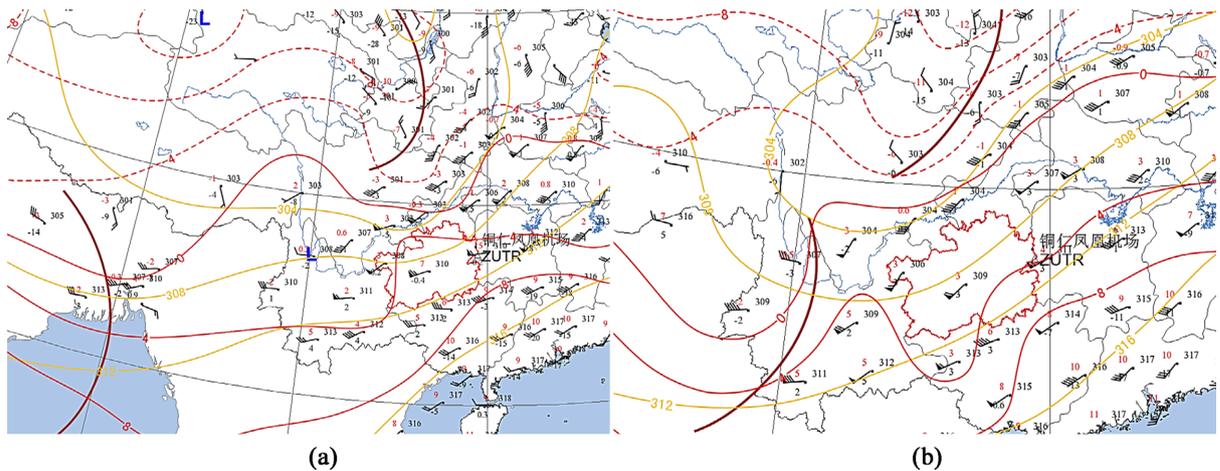


Figure 8. (a) At 08:00 on January 5, 2020, (b) At 08:00 on January 6, 2020, 700 hPa isobaric line (yellow solid line), isothermal line (red solid line, dotted line), trough line (brown solid line) and wind field distribution

图 8. (a) 2020 年 1 月 5 日 08 时、(b) 2020 年 1 月 6 日 08 时 700 hPa 等压线(黄色实线)、等温线(红色实线、虚线)、槽线(棕色实线)及风场实况分布

综上,冷锋抵达贵州中部后,南支槽前西南急流、850 hPa 低涡急流带、地面热低压北抬三者叠加,形成“南海—孟加拉湾—贵州”水汽输送通道,850~500 hPa 持续稳定的西南气流和低空急流作用下,地面热低压得以发展,东北方向不断有弱冷平流渗透,加之云贵高原特殊地形的影响,充足的动力和热力条件使得冷暖空气在贵州东北部地区汇合并长时间维持,从而形成云贵准静止锋。随着静止锋北抬、高空槽低空切变线的东移南压触发弱上升运动,以及急流出口区辐合的共同作用,弱降水不断,也造成了近地面空气接近饱和,促使水汽凝结成雾,导致铜仁机场出现锋面雾天气。且 850 hPa 以下近地面逆温层稳定存在,强度 $2^{\circ}\text{C}\sim 3^{\circ}\text{C}/100\text{m}$,抑制垂直扩散,利于水汽聚集,进而维持锋面雾的持续性、稳定性和浓度。高空槽低空切变线东移过境时,带来对流性较强降水,雾短时消散;降水过后,水汽更加充沛、湿度持续饱和,在近地面逆温层的作用下,雾再次出现。高空槽低空切变线东移过境后,转为西北气流,静止锋转为弱冷锋,能见度稍有抬升,但因冷空气太弱,机场周边水体众多,水汽充沛,逆温层虽有所减

弱,但未完全消散,能见度波动较大,7日夜间强冷空气从西北南下,逆温层彻底被破坏,雾完全消散。

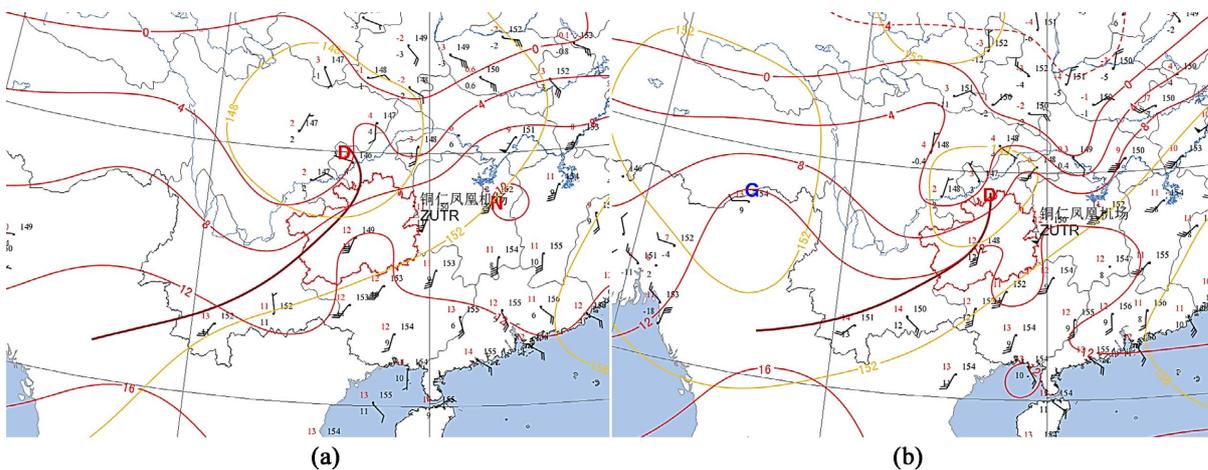


Figure 9. (a) At 08:00 on January 5, 2020, (b) At 08:00 on January 6, 2020, 850 hPa isobaric line (yellow solid line), isothermal line (red solid line, dotted line), shear line (brown solid line) and wind field distribution

图 9. (a) 2020 年 1 月 5 日 08 时、(b) 2020 年 1 月 6 日 08 时 850 hPa 等压线(黄色实线)、等温线(红色实线、虚线)、切变线(棕色实线)及风场实况分布

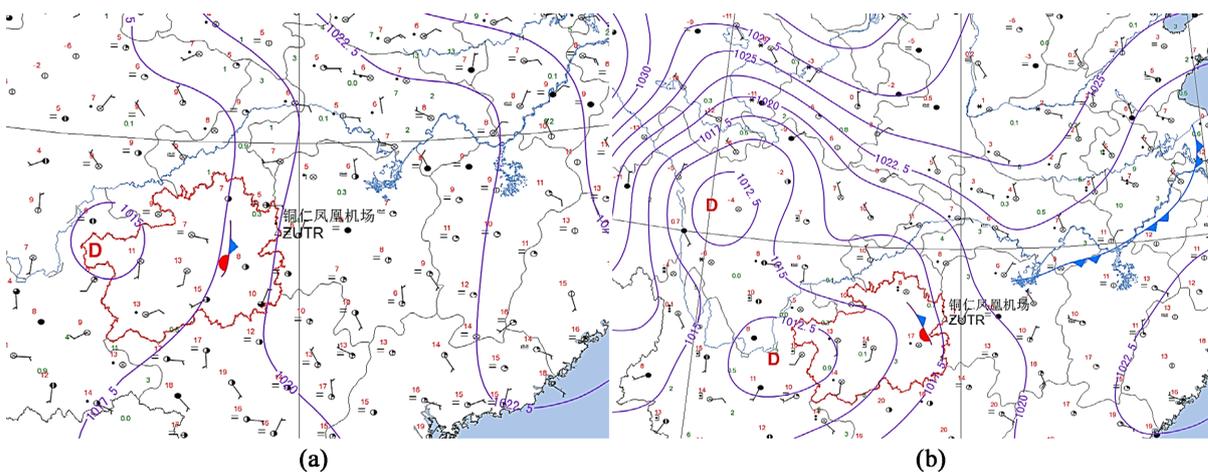


Figure 10. (a) At 08:00 on January 5, 2020, (b) At 08:00 on January 6, 2020 ground contour line (purple solid line) and wind field distribution

图 10. (a) 2020 年 1 月 5 日 08 时、(b) 2020 年 1 月 6 日 08 时地面等高线(紫色实线)及风场实况分布

5.3. 气象要素变化

5.3.1. 主导能见度

如图 11 所示,主导能见度 1 月 5~6 日呈“U 型分布”、7 日呈“多峰型分布”。4 日 18:00 主导能见度为 1500 m, 19:00 降至 900 m, 19:55 骤降至 250 m, 后续在 250~1900 m 波动。5 日全天维持低能见度, 01:00 主导能见度 700 m, 04:00 降至 200 m, 04:00~20:00 维持在 100~300 m, 其中 08:00~17:00 稳定维持在最低值 100 m, 24:00 上升至 800 m。6 日 22:00 前维持低能见度, 在 50~450 m 波动, 其中 04:00~17:00 稳定维持在最低值 50~150 m, 23:00 迅速抬升到 1200 m, 24:00 达到 1400 m。这是因为 6 日 23:18-23:56 出现中或大的降水天气, 随着空气流动和扩散条件的改善, 空气中的污染物和悬浮颗粒被稀释或带走, 能见度短时得到抬升。7 日 01:00 主导能见度 1200 m, 02:00 下降至 800 m, 03:00 骤降至 350 m, 06:00~12:00

一直稳定在最低值 50~150 m, 14:00 达 1000 m, 23:00 前在 350~1200 m 波动, 24:00 稳定在 1500 m 以上。可见, 此次锋面雾维持时间长、浓度大。1 月 5 日 08:00~17:00、6 日 04:00~17:00、7 日 06:00~12:00 为铜仁机场浓雾时段, 主导能见度 ≤ 150 m, 占 43%。

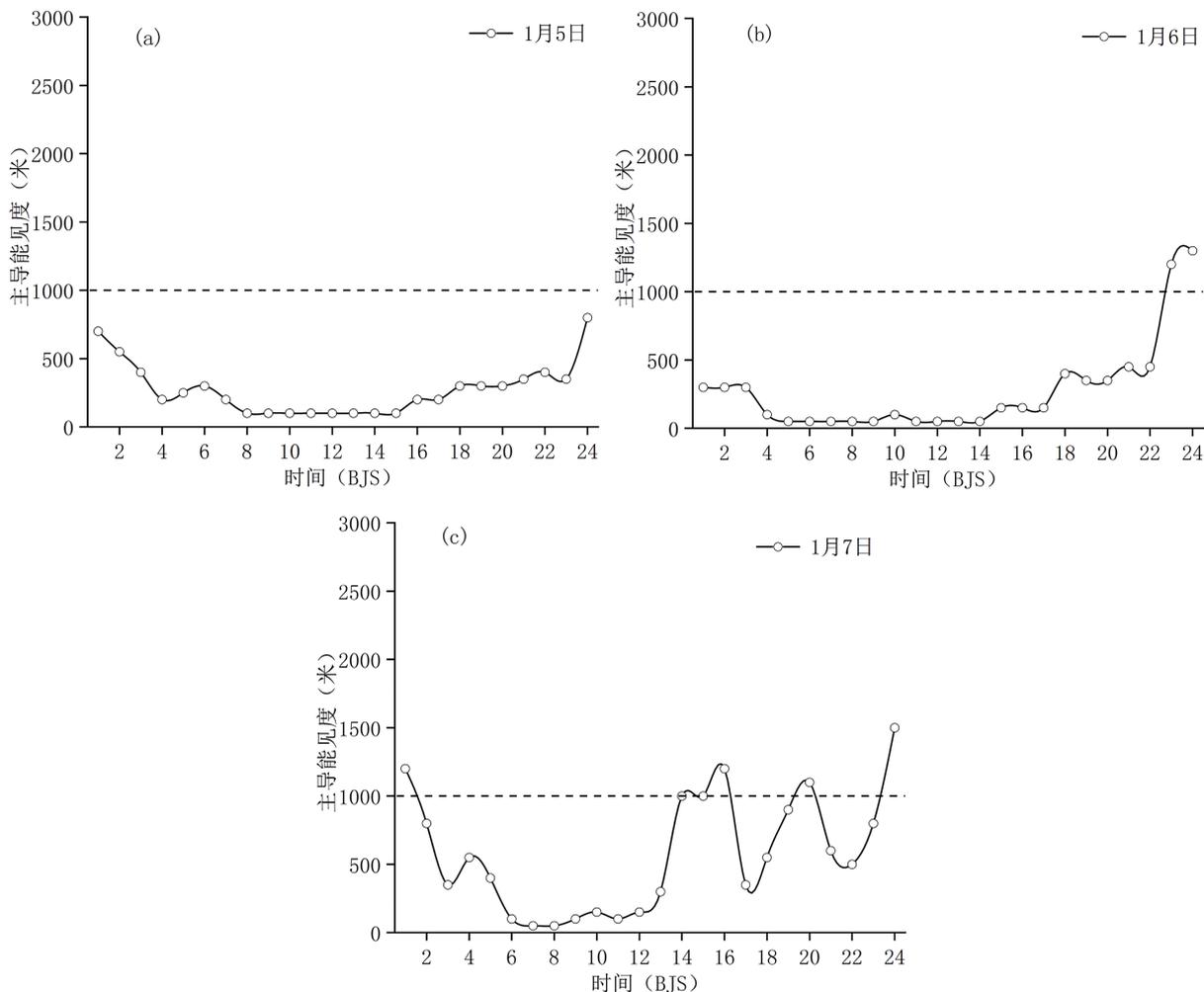


Figure 11. (a) January 5th, (b) January 6th, (c) January 7th time curve of dominant visibility

图 11. (a) 1 月 5 日、(b) 1 月 6 日、(c) 1 月 7 日主导能见度时间变化曲线

5.3.2. 跑道视程

跑道视程与主导能见度的变化趋势比较一致。当跑道视程 ≥ 2000 米时, 记为 P2000。如图 12 所示, 1 月 4 日 19:00 跑道视程 P2000 m, 20:00 骤降至 900 m, 之后在 750~2000 m 之间波动, 跑道视程的下降与其主导能见度的下降趋于基本一致, 时间相对滞后。5 日 07:00 前跑道视程维持在 450~800 m 波动, 呈持续下降趋势; 09:00~17:00 在 200~275 m 波动, 18:00 后稍有抬升, 在 325~450 m 波动, 24:00 达 900 m。6 日 07:00 前跑道视程在 350~400 m 波动, 08:00~17:00 在 150~250 m 波动, 18:00~22:00 回升至 400~500 m 波动, 与主导能见度抬升趋势一致; 23:00 快速抬升至 1300 m, 24:00 达 P2000 m。7 日 02:00 前跑道视程 P2000 m, 03:00 骤降至 400 m, 07:00 前 350~650 m 波动, 08:00~11:00 在最低值 200~300 m 波动, 跑道视程与其主导能见度的抬升基本一致, 时间相对提前, 13:00 跑道视程抬升至 600 m, 23:00 前在 500~2000 m 大幅波动, 24:00 稳定在 P2000 m。

可见,此次锋面雾过程跑道视程一般高于其主导能见度。跑道视程与主导能见度变化趋势基本一致,跑道视程下降相对滞后,抬升相对提前。1月5日 08:00~23:00、1月6日 00:00~22:00、1月7日 05:00~12:00 跑道视程 < 550 m, 占 64%。

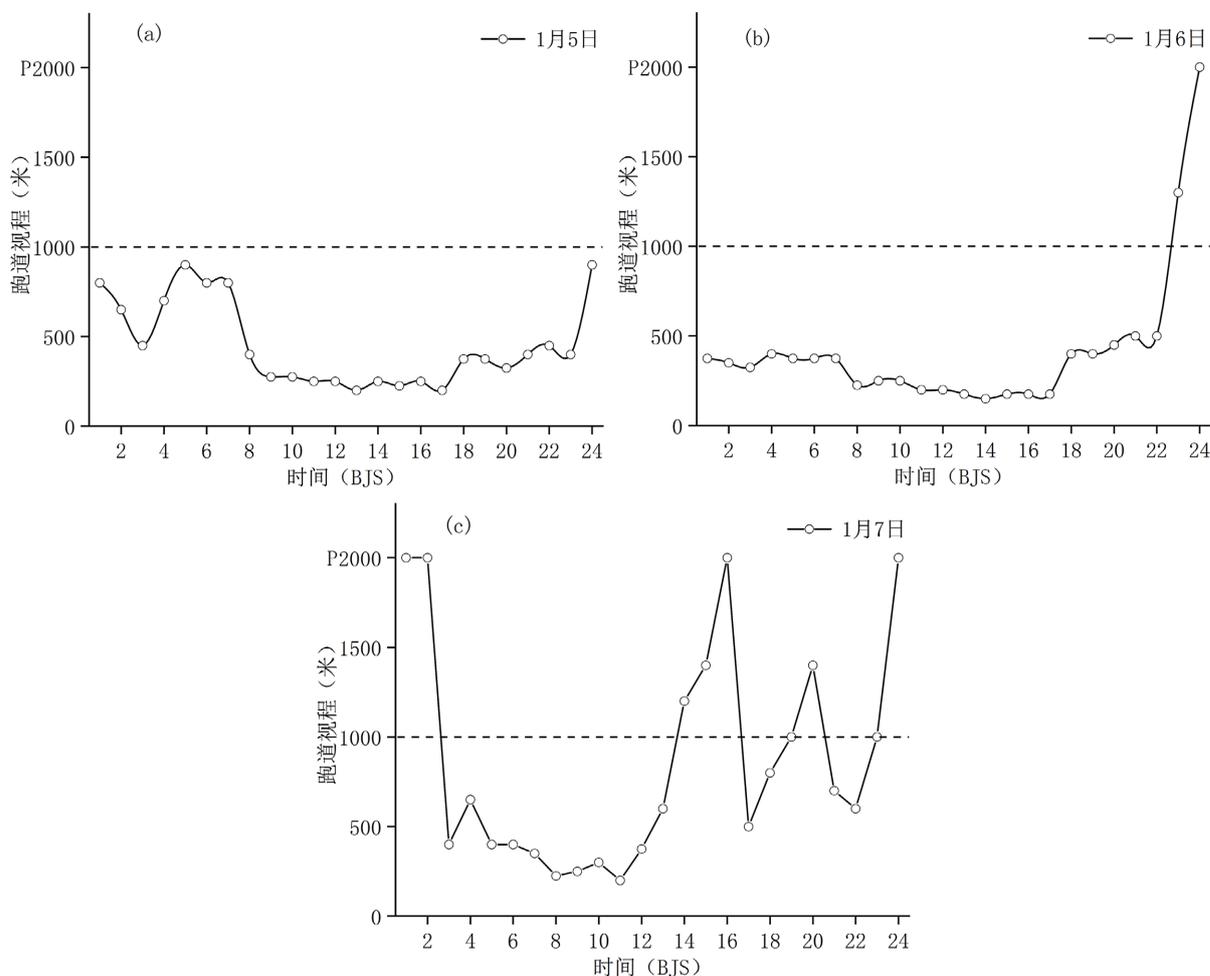


Figure 12. (a) January 5th, (b) January 6th, (c) January 7th time curve of runway visual range

图 12. (a) 1月5日、(b) 1月6日、(c) 1月7日跑道视程时间变化曲线

5.3.3. 温度及相对湿度

1月5日~7日相对湿度维持在 98%~100% (图略), 可见空气中的水汽含量极高, 已接近或达到饱和状态。如图 13 所示, 1月5日~7日气温均呈先降低后升高再降低的趋势。4日 19:00 降至 3.7℃, 之后维持。5日 03:00 降至当日最低温 3.4℃, 后续缓慢抬升, 16:00 升至当日最高温 5.5℃, 后续缓慢降低, 一天之内气温变化不大(2.1℃)。6日 06:00 气温降至当日最低温 4.7℃, 后续缓慢抬升, 15:00 升至当日最高温 6.1℃, 后续缓慢降低, 一天之内气温变化不大(1.4℃)。7日 08:00 气温降至 4.3℃, 后续缓慢抬升, 15:00 升至当日最高温 5.6℃, 后续缓慢降低, 22:00 气温降至当日最低温 4.1℃, 能见度开始抬升, 一天之内气温变化不大(1.5℃)。可见, 此次锋面雾过程的昼夜温差相对较小(最大 2.1℃), 整个锋面雾过程的温差为 2.7℃。

5.3.4. 风向风速

如图 14 所示, 1月5日~7日风向变化范围基本一致。4日 19:00 起雾时主导风向为东风(90°), 21:00

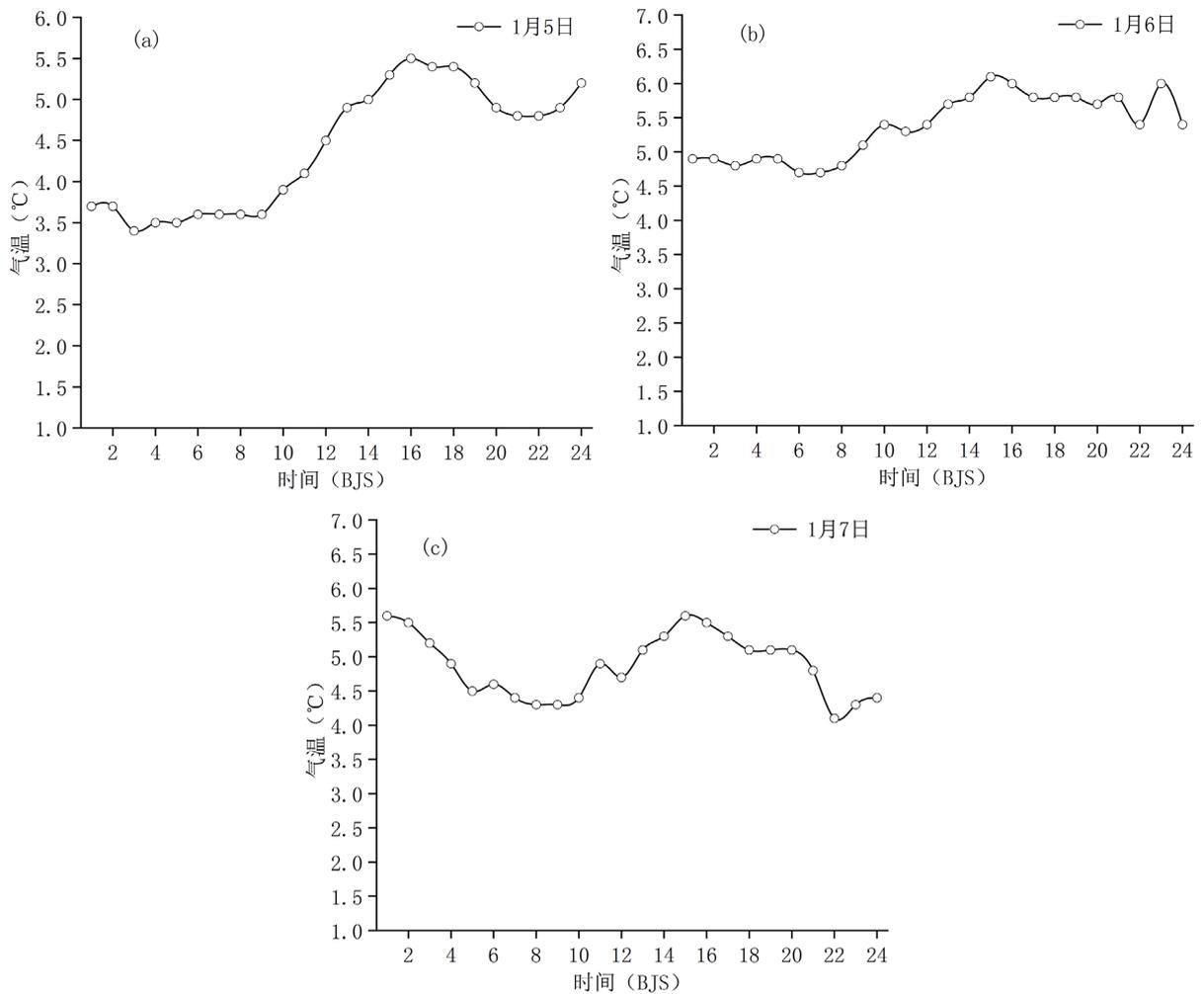


Figure 13. (a) January 5th, (b) January 6th, (c) January 7th time curve of temperature

图 13. (a) 1 月 5 日、(b) 1 月 6 日、(c) 1 月 7 日温度时间变化曲线

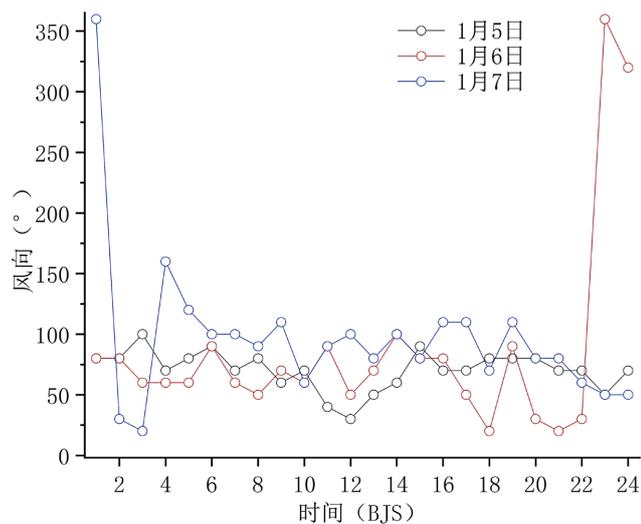


Figure 14. The time curve of wind direction

图 14. 风向随时间变化曲线

后为东北风($60^{\circ}\sim 70^{\circ}$)。5日主导风向维持东北到偏东风($30^{\circ}\sim 100^{\circ}$)。6日22:00前为东北到偏东风($20^{\circ}\sim 100^{\circ}$), 23:00快速转为偏北风($320^{\circ}\sim 360^{\circ}$), 直至7日01:00。这是因为6日23:18~7日01:00铜仁机场有对流云团影响。7日02:00又快速转为东北到偏东风($30^{\circ}\sim 120^{\circ}$), 其中04:00为东南风。起雾时段内, 风向为东北到偏东风($30^{\circ}\sim 120^{\circ}$)。

如图15所示, 1月5日~7日风速变化较大。4日19:00起雾时风速4 m/s, 之后在2~4 m/s波动。5日风速在1~4 m/s波动, 6日风速在2~6 m/s波动, 7日风速在1~5 m/s波动, 其中6日11:00为整个过程最大风速(6 m/s), 6日23:00~7日01:00风速在3~5 m/s波动, 7日22:00风速维持在5 m/s及以上。起雾时段内, 风速在1~6 m/s波动, 风速变化较大。可见, 风速6 m/s以内都可能出现锋面雾。

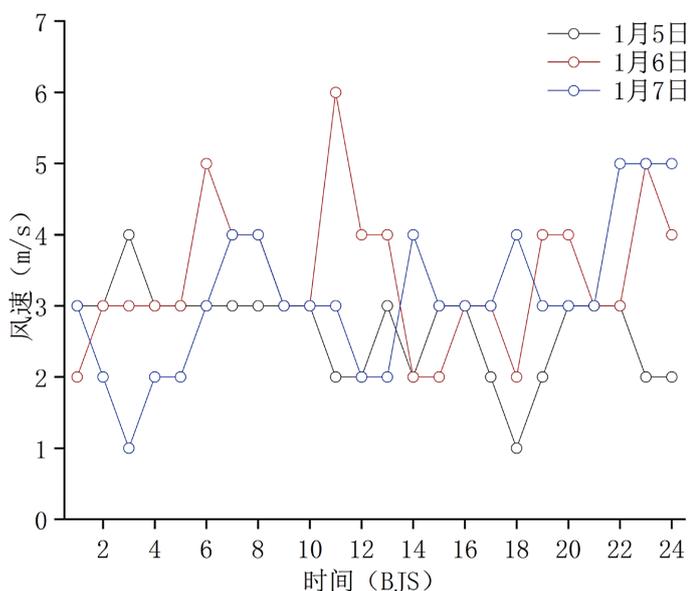


Figure 15. The time curve of wind speed
图 15. 风速随时间变化曲线

铜仁机场1月5日~7日维持8个量低云, 最低云高维持在45~60米(包含垂直能见度)(图略), 此次锋面雾过程伴随45~60米低云。

6. 结论

本文对影响铜仁机场运行的低云低能见度(能见度低于1000 m、云高低于90 m)的特征进行统计, 解析了低云低能见度的年际、季节、年、日等变化规律。结合典型锋面雾过程的环流形势和要素特征诊断分析, 加深了对铜仁机场低云低能见度天气的形成机制和演变规律的认识, 可为铜仁机场今后低云低能见度天气的预报预警提供一定的参考。结论如下:

- (1) 铜仁机场低云低能见度年际变化特征明显, 呈多峰型分布, 2022年后均低于年平均值。季节变化特征为: 冬季 > 春季 > 秋季 > 夏季, 主要出现在冬春季。
- (2) 年变化特征: 全年均可出现, 1月出现最多, 2月次之, 8月出现最少。
- (3) 日变化特征: 全天均可出现, 峰值均为北京时间06时, 主要出现在03~09时。
- (4) 持续时间与出现次数大致成反比, 主要出现在6h以内(占71.2%), 2h内频率最高(28.9%), 24h(含)以上频率最低(2.2%), 12h(含)以上出现占比为8.9%。
- (5) 2020年1月5日~7日铜仁机场出现长时间锋面雾天气。近地面逆温层稳定存在, 风向为东北到

偏东风、风速小于 6 m/s, 昼夜温差小, 环流形式和要素特征均有利于起雾。跑道视程与主导能见度变化趋势基本一致, 跑道视程下降相对滞后, 抬升相对提前。

参考文献

- [1] 中国民用航空局空管行业管理办公室. AP-117-TM-2021-01R2 民用航空气象地面观测规范[S]. 北京: 中国民用航空局, 2021.
- [2] 中国民用航空局飞行标准司. AC-97-FS-2011-01 民用航空机场运行最低标准制定与实施准则[S]. 北京: 中国民用航空局, 2001.
- [3] 杨彬彬. 禄口机场大雾低能见度天气变化特征分析[J]. 现代盐化工, 2023, 50(2): 85-87.
- [4] 宋媛, 罗浩. 贵阳机场低能见度和低跑道视程特征及其影响机制分析[J]. 地理科学研究, 2023, 12(5): 635-644.
- [5] 蒋金亮, 崔梦兰. 大兴机场低能见度变化特征分析[J]. 中国新技术新产品, 2022(21): 114-117.
- [6] 肖称根, 梁宸, 谢忠, 妙宛涛. 2013-2020 年南宁机场大雾期间低能见度与低跑道视程特征分析[J]. 科技创新与应用, 2023, 13(14): 94-97.
- [7] 刘季秋, 汪梦笛, 华科旭, 张荣智, 吕健. 2000-2019 年浦东机场能见度特征分析[J]. 中国民航飞行学院学报, 2023, 34(3): 18-23.
- [8] 宋媛. 贵阳机场低能见度与低 RVR 相关性浅析及一次辐射雾天气分析[J]. 气候变化研究快报, 2022, 11(3): 370-379.
- [9] 王钦. 广汉机场冬季低能见度的变化特征及对飞行训练的影响[J]. 民航学报, 2019, 3(4): 35-37, 57.
- [10] 冯汉中, 陈永义, 成永勤, 等. 双流机场低能见度天气预报方法研究[J]. 应用气象学报, 2006, 17(1): 94-99.
- [11] 张荣智, 吴波, 吕梦瑶. 上海浦东机场低能见度和低跑道视程事件变化特征及可能原因分析[J]. 气象与环境科学, 2020, 43(2): 50-55.