

# 深圳机场2020~2025年低能见度天气统计特征及成因分析

张楚\*, 冯锡斌#

中国民用航空深圳空中交通管理站, 广东 深圳

收稿日期: 2026年4月29日; 录用日期: 2026年6月5日; 发布日期: 2026年6月17日

## 摘要

本文基于2020~2025年机场天气报告数据, 采用统计分析、天气学诊断等方法, 对能见度 < 1000米的低能见度天气过程开展系统研究。结果表明: 近六年机场共出现低能见度天气13次, 年际分布不均, 偶数年频次显著高于奇数年, 且发生于冬末至初春(1~3月), 18~00 UTC为高发时段, 峰值为20 UTC。低能见度天气以平流雾为主(84.6%), 锋面雾为辅(15.4%), 最低能见度达200米, 对航班起降安全构成显著影响。平流雾形成依赖低空暖湿气流输送、近地面饱和湿度(温度露点差  $\leq 1^{\circ}\text{C}$ )、弱南风(1~3 m/s)及稳定逆温层; 锋面雾伴随冷锋过境, 具有突发性强、持续时间短、消散快、范围小的特征。数值预报对地面风场和湿度的预报偏差, 是导致平流雾起雾与消散时刻预报误差较大的主要原因。基于上述分析, 提出依托自动站实况监测、建立上下游联动预警、优化数值预报订正等改进措施, 为深圳机场低能见度精准预报及航空安全保障提供支撑。

## 关键词

深圳机场, 低能见度, 平流雾, 锋面雾, 成因分析

# Statistical Characteristics and Cause Analysis of Low Visibility Weather at Shenzhen Airport during 2020~2025

Chu Zhang\*, Xibin Feng#

Shenzhen Air Traffic Management Station of Civil Aviation of China, Shenzhen Guangdong

Received: April 29, 2026; accepted: June 5, 2026; published: June 17, 2026

\*第一作者。

#通讯作者。

文章引用: 张楚, 冯锡斌. 深圳机场 2020~2025 年低能见度天气统计特征及成因分析[J]. 地理科学研究, 2026, 15(3): 477-487. DOI: 10.12677/gser.2026.153045

## Abstract

Based on the airport weather report data from 2020 to 2025, this paper systematically investigates low-visibility weather processes with visibility below 1000 meters using statistical analysis and synoptic diagnostic methods. The results show that a total of 13 low-visibility weather events occurred at the airport during the six years, presenting an uneven interannual distribution with a significantly higher frequency in even years than in odd years. These events mainly concentrated from late winter to early spring (January to March), with the high-incidence period at 18~00 UTC and the peak occurrence at 20:00 UTC. Low-visibility weather is predominantly advection fog (84.6%) and secondarily frontal fog (15.4%), with the minimum visibility dropping to 200 meters, which imposes prominent impacts on flight takeoff and landing safety. Advection fog formation is conditioned by low-level warm-wet airflow transport, near-surface saturated humidity (temperature-dew point difference  $\leq 1^{\circ}\text{C}$ ), weak southerly wind (1~3 m/s) and a stable inversion layer. Accompanying cold front passages, frontal fog is characterized by abrupt onset, short duration, rapid dissipation and small spatial coverage. Deviations of numerical weather prediction in surface wind field and humidity are the primary contributors to large forecasting errors in the onset and dissipation time of advection fog. On this basis, improvement measures are proposed, including utilizing real-time monitoring of automatic weather stations, establishing upstream-downstream collaborative early warning, and optimizing numerical forecast correction, so as to provide technical support for accurate low-visibility forecasting and aviation safety assurance at Shenzhen Airport.

## Keywords

Shenzhen Airport, Low-Visibility Weather, Advection Fog, Frontal Fog, Cause Analysis

Copyright © 2026 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

低能见度天气是影响航空运行安全的主要灾害性天气之一, 其会显著降低机场跑道视程(RVR), 干扰航班起降秩序, 导致航班延误、备降甚至取消, 造成巨大的经济损失与社会影响[1][2]。深圳宝安国际机场地处珠江口东岸, 受珠江口海陆热力差异、暖湿水汽输送等影响, 冬春季节易出现大雾天气, 对机场运行保障提出严峻挑战。

目前, 国内学者针对机场低能见度天气已开展大量研究, 如对北京首都机场、广州白云机场等枢纽机场的低能见度时空特征、成因及预报方法进行了系统分析[3][4], 提出了针对性的预报预警方案。然而, 深圳机场过往研究多聚焦于单次过程保障复盘, 缺乏明确的数据统计、分类研究、机制探讨[5]。

基于此, 本文以深圳机场 2020~2025 年低能见度天气观测数据为基础, 系统分析其年际、季节、时段分布特征, 深入探讨低能见度天气的类型及成因机制, 梳理数值预报存在的问题并提出优化建议, 为深圳机场低能见度天气的精准预报、预警及航空运行安全保障提供科学依据。

## 2. 资料与方法

### 2.1. 资料

本文研究资料来源于深圳机场气象观测站 2020 年 1 月 1 日~2025 年 12 月 31 日观测资料, 包括例行

天气报告(METAR)与特殊天气报告(SPECI), 涵盖能见度、风向风速、气温、露点温度、天气现象等核心气象要素。参照气象部门及民航行业气象规范, 将主导能见度  $< 1000\text{ m}$  划定为低能见度天气, 且排除因强降水而导致能见度降低的天气过程。单次低能见度天气过程界定标准为: 能见度持续低于  $1000\text{ m}$ , 若两段低能见度时段间隔超过  $2\text{ h}$ , 则判定为两次独立天气过程。此外, 使用广东省地面自动气象站观测数据、ERA5 再分析资料, 开展低能见度天气的大气环流形势场诊断分析。全文使用时间为世界时 UTC。

## 2.2. 研究方法

本文首先通过统计分析方法, 对深圳机场低能见度天气过程的时空分布特征进行统计, 同时对天气类型、最低能见度、持续时间等参数进行分类量化, 展现不同类型低能见度天气的特征差异。此外, 本文将结合大尺度环流形势与珠江口局地地形, 揭示不同低能见度天气类型的成因机制。最后, 分析数值预报与实况观测的差异, 梳理数值预报的局限性, 针对业务预报提出可行的优化措施。

## 3. 低能见度天气统计特征

### 3.1. 年际分布特征

**Table 1.** Characteristics of low visibility weather processes at Shenzhen Airport from 2020 to 2025

**表 1.** 2020~2025 年深圳机场低能见度天气过程的特征

年份	日期	时段(世界时)	持续时长(分钟)	最低能见度(米)	天气类型
2020	2月12日	01:00~02:00	60	800	平流雾
2020	2月12日	22:35~23:30	55	800	平流雾
2022	3月4日	20:00~00:11	251	550	平流雾
2022	3月5日	03:43~04:00	17	900	平流雾
2022	3月17日	18:07~22:00	233	200	平流雾
2022	3月23日	11:30~12:00	30	600	锋面雾
2023	1月14日	19:53~20:52	59	200	锋面雾
2024	2月1日	11:30~16:00	270	450	平流雾
2024	2月2日	08:00~08:21	21	900	平流雾
2024	3月17日	17:22~01:00	458	400	平流雾
2024	3月25日	22:14~23:00	46	900	平流雾
2025	3月2日	18:00~00:26	386	500	平流雾
2025	3月13日	17:50~22:30	280	500	平流雾

如表 1 所示, 2020~2025 年深圳机场共出现低能见度天气过程 13 次, 近些年呈现“偶数年偏多、奇数年偏少”的显著特征。其中, 偶数年(2020、2022、2024 年)累计出现 10 次, 占比 76.9%; 奇数年(2021、2023、2025 年)累计出现 3 次, 占比 23.1%, 其中 2021 年无低能见度天气过程。该年际分布规律, 与深圳机场 2010 年以来极端暴雨的年际变化特征具有一致性[6], 在气候背景上主要与西南暖湿气流活动偏强密切相关[7]。此外, 近 6 年最低能见度为 200 米(2022 年 3 月 17 日、2023 年 1 月 14 日); 多数过程最低能见度集中在 400~900 米。

### 3.2. 季节与月份分布特征

受大雾生消机制与下垫面差异影响, 北方内陆机场低能见度天气以辐射雾为主, 高发时段为每年 10 月至次年 3 月。深圳机场冬季地面最低气温常年维持在  $10^{\circ}\text{C}$  以上, 大气水汽容纳能力较强, 辐射雾发生频次极低。本场低能见度天气主要发生于冬末至初春时段, 天气过程集中出现在 1~3 月, 具有显著的季

节集中性, 具体统计特征如表 1 所示。

具体月份分布为 1 月出现 2 次, 占总次数的 15.4%; 2 月出现 3 次, 占总次数的 23.1%; 3 月出现 8 次, 占总次数的 61.5%; 4~12 月未出现低能见度天气过程。其中, 3 月为深圳机场低能见度天气的高发峰值。该时段华南地区暖湿气流逐步增强, 与南下冷空气频繁交汇, 近地面水汽易达到饱和状态, 为平流雾维持与发展提供了有利环境。自 4 月起, 深圳近地面气温快速回升, 垂直抬升运动显著, 大气层结趋于不稳定, 不利于形成低能见度的静稳条件, 因此 4 月之后本场低能见度天气显著减少。

### 3.3. 日时段分布特征

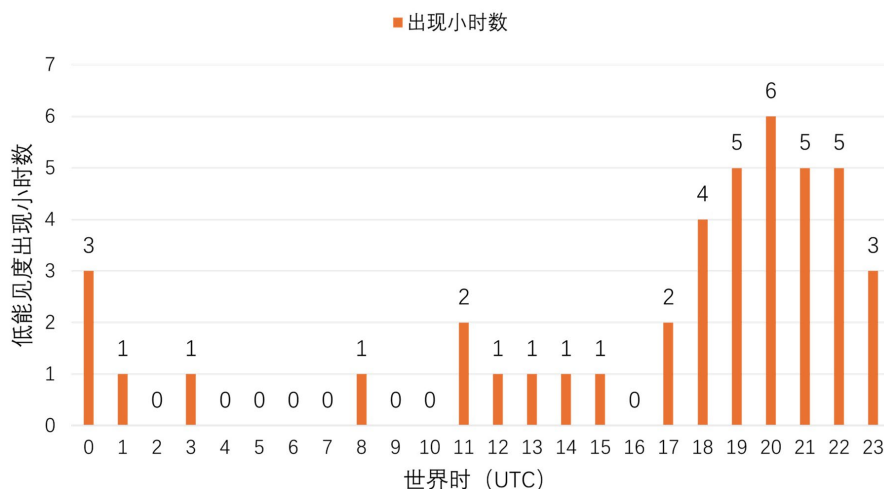


Figure 1. Distribution of low visibility occurrences at Shenzhen Airport (2020~2025)

图 1. 2020~2025 年深圳机场低能见度出现次数的分布图

对 2020~2025 年 13 次低能见度天气过程的发生时段进行统计, 如图 1 所示, 深圳机场低能见度过程有效统计总小时数为 42 小时, 具有显著的日时段集中分布特征, 主要分为两个高发时段:

(1) 后半夜高发时段: 18:00~00:00 (UTC), 共有 9 次低能见度天气过程发生于在此期间, 累计时长 31 小时, 占比 73.8%, 小时频次峰值出现在 20 时(UTC)。该时段近地面气温受辐射冷却影响降至当日最低, 西南暖湿气流在地面冷垫上持续输送, 有利于水汽在近地面聚集并达到饱和。同时叠加稳定逆温层的抑制作用, 雾体强度大, 持续时间长, 对机场凌晨航班起降影响最为显著。

(2) 傍晚次高发时段: 11:00~15:00 (UTC), 共有 3 次低能见度天气过程出现, 累计时长 6 小时, 占比 14.3%。该时段太阳辐射逐步减弱, 近地面气温回落明显, 在高湿度背景下, 水汽迅速凝结形成低能见度天气。本时段以平流雾为主, 但持续时间较短, 一般为 1~3 小时。

此外, 仅 2022 年出现 1 次中午时段低能见度过程, 多为雾区短时维持或雾体残留导致, 能见度维持在 800~1000 米, 强度偏弱, 对机场运行的影响相对较轻。

## 4. 低能见度天气成因机制分析

### 4.1. 低能见度天气类型划分

根据低能见度天气的形成机制, 结合深圳机场的观测数据, 将近 6 年低能见度天气过程划分为平流雾和锋面雾两种类型, 如表 1 所示。统计结果表明: 平流雾过程 11 次, 占总次数的 84.6%, 为深圳机场低能见度天气的主导类型, 平均单次影响时长 189 分钟, 超过 3 小时; 锋面雾过程 2 次, 占总次数的 15.4%, 为少见类型, 仅出现在 2022 年 3 月和 2023 年 1 月, 平均单次影响时长 45 分钟, 不足 1 小时。

## 4.2. 平流雾(主导类型)

### 4.2.1. 典型天气过程

2024年3月17日平流雾过程为近6年持续时间最长的低能见度过程,过程始于17:22 UTC,止于次日01:00 UTC,持续时长7小时38分钟,最低能见度400米,跑道视程(RVR)最低250米,如图2所示。过程期间,西南暖湿气流持续输送,近地面为弱风状态(风速1~3 m/s),气温22°C,露点温度21°C,近地面存在稳定逆温层,雾体浓度呈反复波动特征,对机场航班运行造成严重影响。

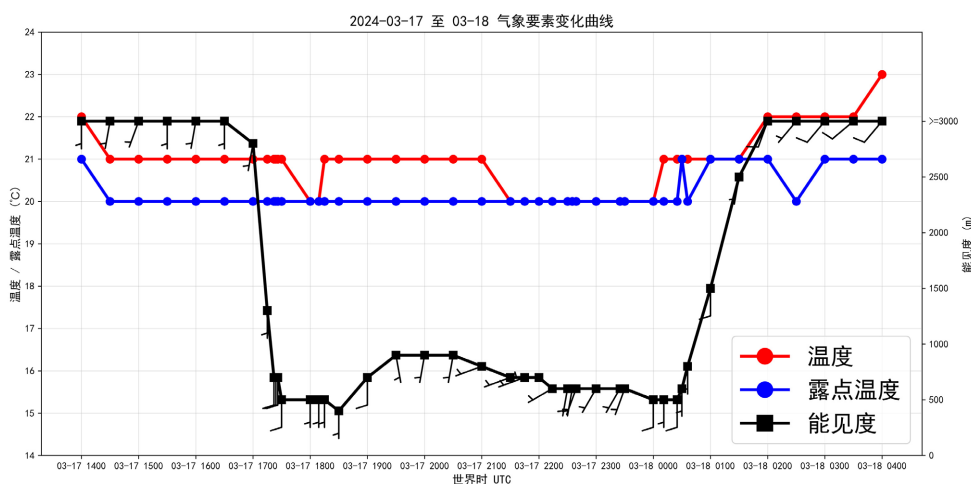
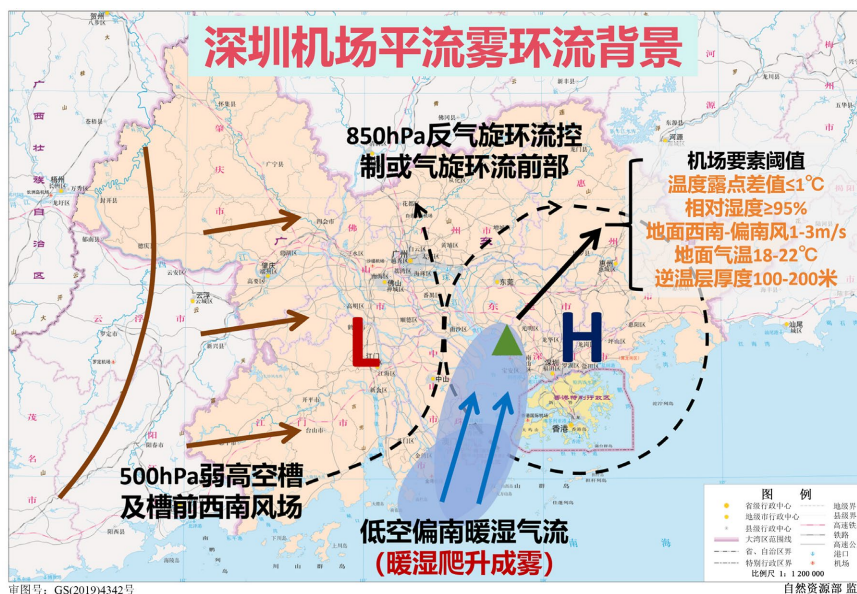


Figure 2. Meteorological elements variation curve of advection fog on 17 March 2024

图2. 2024年3月17日平流雾过程气象要素变化曲线

### 4.2.2. 环流形势特征

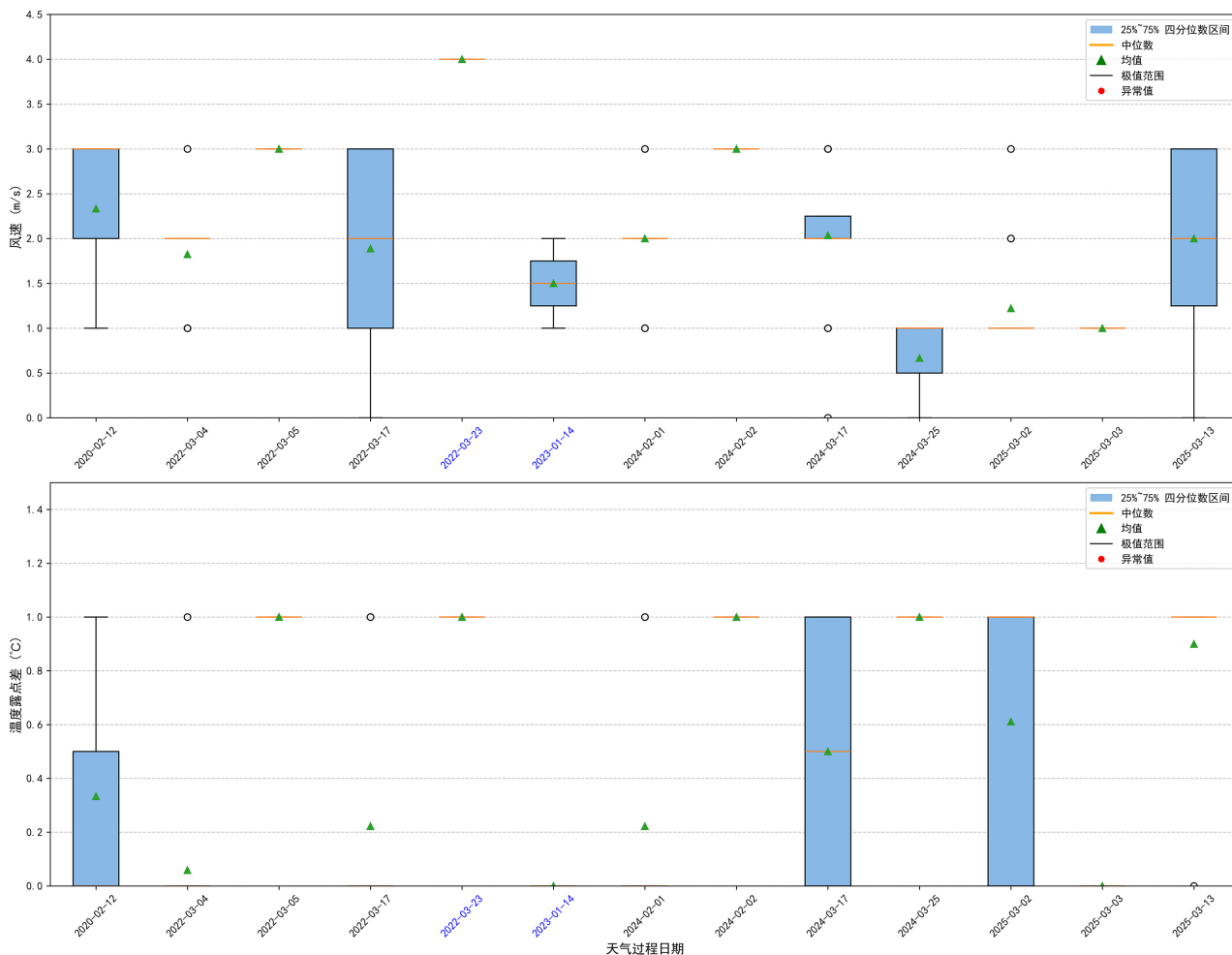


注:该图基于自然资源部标准底图服务网站下载的审图号为GS(2019)4342号的标准地图制作,底图无修改。

Figure 3. The circulation pattern of advection fog over Shenzhen Airport, with the green triangle indicating the geographical location of Shenzhen Airport

图3. 深圳机场平流雾的环流背景配置图,绿色三角为深圳机场所处地理位置

结合 ERA5 再分析数据, 对深圳机场 11 次平流雾的环流形势开展诊断分析可知, 如图 3 所示, 平流雾发生期间, 华南地区 500 hPa 受弱高空槽及槽前西南气流控制, 环流强度适中, 既能保障暖湿气流的持续输送, 又不会导致大气层结不稳定。低空 850 hPa, 深圳机场处于弱反气旋控制或弱气旋系统前部, 偏南暖湿气流可持续 1~2 日。地面气压场以弱脊或均压场为主, 西部偶有弱低槽系统发展, 近地面风速微弱, 静稳层结条件良好, 有利于水汽聚集。



**Figure 4.** Boxplot of wind speed and temperature-dew point depression during low visibility events at Shenzhen Airport (The black dates on the horizontal axis represent advection fog events, and the blue dates represent frontal fog events)

**图 4.** 深圳机场低能见度过程的风速及温度露点差的箱线图(横坐标黑色日期代表平流雾过程, 蓝色日期代表锋面雾过程)

#### 4.2.3. 成因分析

平流雾的形成需要满足充足的水汽、适宜的风场、饱和的温湿条件及稳定的大气层结四个关键条件, 具体分析如下:

(1) 水汽条件: 深圳机场位于珠江口东岸, 南海源源不断向华南地区输送暖湿气流, 为平流雾的形成提供了充沛的水汽来源。机场观测数据表明, 平流雾发生时, 如图 4 所示, 地面温度露点差值  $\leq 1^{\circ}\text{C}$ , 11 次平流雾过程平均温度露点差  $0.54^{\circ}\text{C}$ , 相对湿度  $\geq 95\%$ , 近地面处于稳定的饱和状态, 为水汽凝结提供了必要条件。

(2) 风场条件: 统计结果表明, 深圳机场平流雾过程发生时, 近地面风速多为  $1\sim 3\text{ m/s}$ , 平均风速  $1.99$

m/s, 最小值 0 m/s, 最大值为 3 m/s, 明显低于传统海雾形成的 2~7 m/s 风速阈值, 且地面风速范围具有明显的集中性, 如图 4 所示。同时, 风向为西南 - 偏南风的海风, 既能持续保证暖湿水汽的输送, 又可避免水汽被快速扩散, 为雾体的形成与维持提供了有利的风场条件。

(3) 温湿条件: 深圳机场平流雾形成的适宜地面气温范围为 18°C~22°C, 如图 2 所示。此外, 11 次过程平均温度为 19.91°C, 平均露点温度为 19.35°C, 与南海暖湿气流温度相匹配。该温度区间有利于维持近地面水汽饱和, 也是平流雾过程集中出现在 3 月的重要原因。

(4) 大气层结条件: 稳定的大气层结(逆温层)是平流雾形成与维持的关键因素。深圳机场平流雾过程中, 近地面普遍存在弱逆温层, 厚度多为 100~200 米, 与低层暖湿平流高度偏低有关。逆温层的存在抑制了近地面水汽的垂直扩散, 使水汽在底层聚集并凝结成雾。

### 4.3. 锋面雾(次要类型)

#### 4.3.1. 典型天气过程

2023 年 1 月 14 日锋面雾过程伴随冷锋过境发生, 始于 19:53 UTC, 止于 20:52 UTC, 持续 1 小时, 最低能见度 200 米, 为近 6 年最低值。过程期间, 近地面风向由南风转为西北风, 风速 1~4 m/s, 温度由 21°C 降至 19°C, 温度露点差降至 1°C 以内, 使得原本地面湿度已较高的背景下, 进一步趋于饱和。该过程为突发性锋面雾, 呈现持续时间短、能见度下降迅速、好转速度快的特征, 其能见度随时间演变曲线如图 5 所示。

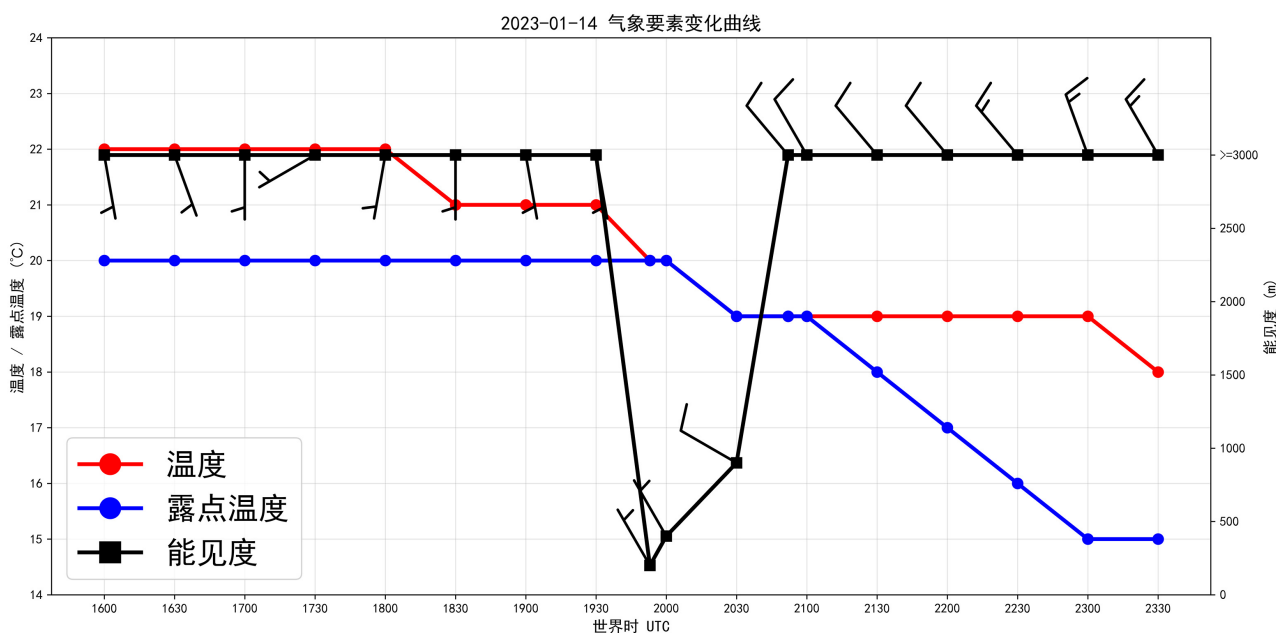
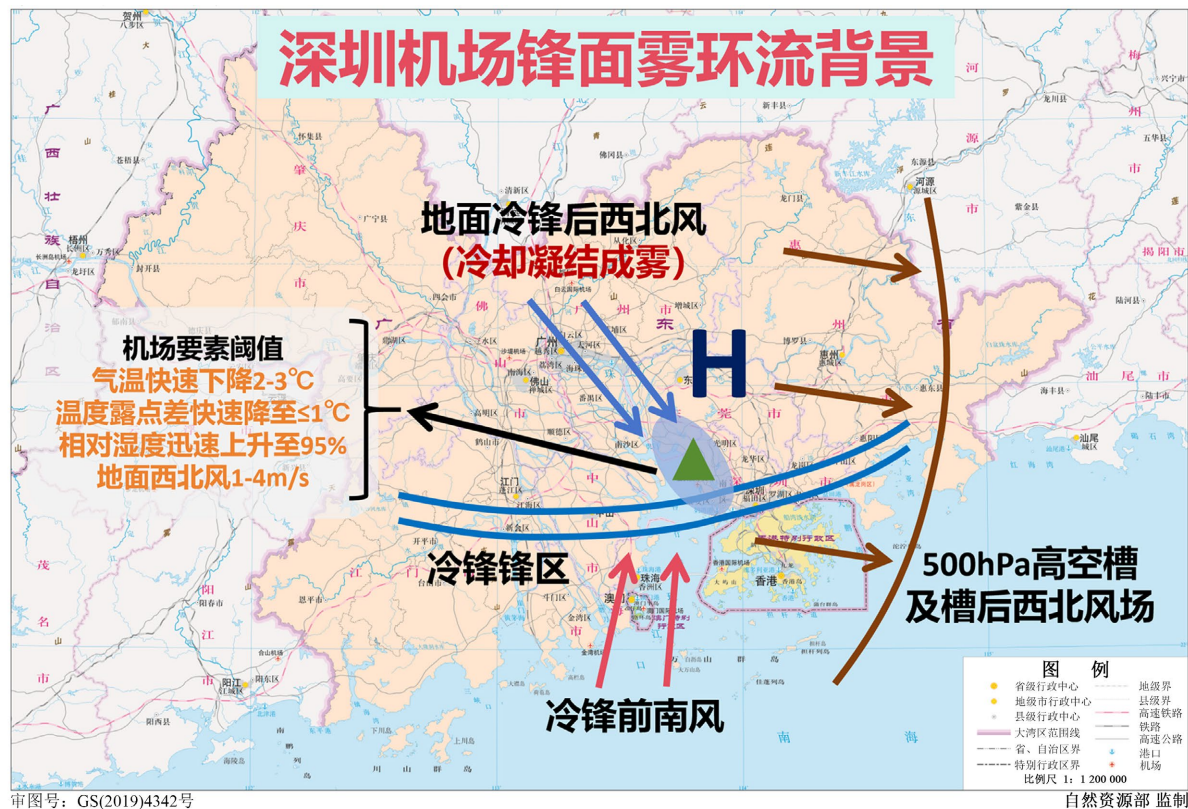


Figure 5. Meteorological elements variation curve of frontal fog on 14 January 2023

图 5. 2023 年 1 月 14 日锋面雾过程气象要素变化曲线

#### 4.3.2. 环流形势特征

结合 ERA5 再分析数据, 对深圳机场锋面雾的环流形势进行诊断分析可知, 如图 6 所示, 锋面雾发生时, 华南地区 500 hPa 受槽后西北气流控制; 低空 850 hPa 存在明显的锋区, 冷暖气流明显交汇; 地面伴随冷锋南下过境深圳地区, 区域气压梯度增大, 地面风向由南风快速转为西北风, 伴随温度下降与相对湿度增加。



注：该图基于自然资源部标准底图服务网站下载的审图号为 GS (2019) 4342 号的标准地图制作，底图无修改。

Figure 6. The circulation pattern of frontal fog over Shenzhen Airport, with the green triangle indicating the geographical location of Shenzhen Airport

图 6. 深圳机场锋面雾的环流背景配置图，绿色三角为深圳机场所处地理位置

### 4.3.3. 成因分析

锋面雾是伴随冷锋过境形成的低能见度天气，其形成机制与平流雾存在显著差异，主要依赖锋面活动与温湿条件的快速变化，具体分析如下：

(1) 锋面活动：锋面雾的形成与冷锋南下过境深圳地区密切相关。近 6 年的出现的 2 次锋面雾过程均发生于冷锋过境期间。

(2) 温湿条件：锋面雾形成时，近地面温度明显下降，暖湿气流中的水汽迅速冷却达到饱和状态，进而形成雾体。机场观测数据表明，锋面雾发生时，如图 4 及图 5 所示，气温在 1 小时内下降 2°C~3°C，温度露点差快速降至≤1°C，平均温度露点差为 0.33°C，相对湿度迅速上升至 95%以上，为雾体形成提供了饱和环境。

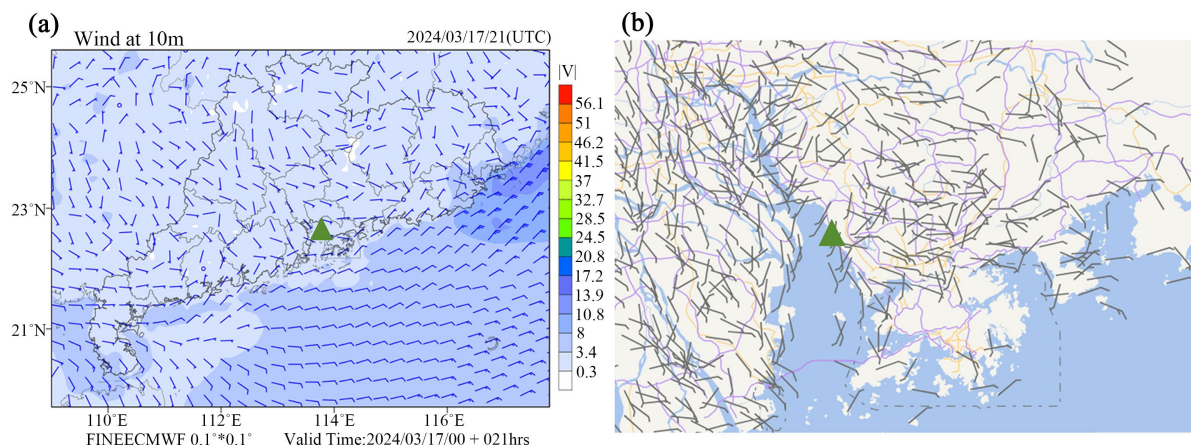
(3) 风场条件：锋面雾发生时，近地面风向由南风转为西北风，风速为 1~4 m/s，平均风速 2.75 m/s，如图 5 所示，冷性风场的快速转变加速了水汽的冷却凝结。但地面冷锋多伴随干燥的偏北风，水汽条件在锋后显著减弱，因此并不利于雾体的长时间维持。因此，锋面雾具有突发性强、持续时间短(1~1.5 小时)、消散快、范围小的特征。

## 5. 数值预报局限性与优化建议

### 5.1. 数值预报局限性分析

结合深圳机场低能见度实况观测与数值预报资料对比分析可知，当前数值预报对本场低能见度天气

的预报存在明显局限性, 主要体现在两个方面:



注: 该图基于自然资源部标准地图服务网站下载的审图号为 GS (2022) 3124 号的标准地图制作, 底图无修改。

**Figure 7.** (a) Surface wind direction forecast over Guangdong Province at 21 UTC on 17 March 2024 by the EC numerical model, (b) 10-minute mean surface observation field of automatic weather stations in the Pearl River Delta at 21 UTC on 17 March 2024 (The green triangle denotes the geographical location of Shenzhen Airport)

**图 7.** (a) EC 数值模式对广东省 2024 年 3 月 17 日 21 UTC 的地面风向预报, (b) 2024 年 3 月 17 日 21 UTC 珠三角地区地面自动气象站 10 分钟平均实况分场(绿色三角为深圳机场所处地理位置)

(1) 地面风场预报偏差。在高湿度背景下, EC 数值模式地面风向预报与实况存在明显偏差。在后半夜至凌晨时段, 即使是弱气压场的环境下, 模式地面预报仍多为偏东风(陆风), 而实况多为西南风(海风), 如图 7 所示, 从而导致低能见度天气漏报。这主要原因是全球数值模式对珠江口夜间局地海陆风环流的模拟精度有限, 与深圳及珠三角地区的夜间城市热岛效应偏强相关, 因此导致无法精准预报地面风场的精细化演变特征。对于 CMA-GD 数值模式, 其无论在白天还是夜间, 对珠江口区域的海陆风环流预报能力均较 EC 数值模式偏弱, 且漏报风向日变化事件的次数较多, 因此在业务预报中, 主要以 EC 数值模式为主要参考资料。

(2) 近地面湿度预报偏差。在全球模式中, T-LogP 图对近地面湿度的预报偏差较大, 往往低估近地面湿度, 进而误判低能见度天气的形成条件与维持时长, 特别是前期出现弱降水的情况下, 容易出现漏报事件。近地面湿度受局地水汽输送、沿海地形等局地因素影响较大, 全球数值模式难以精准模拟这些局地因素; 同时 CMA-GD 及 CMA-TRAMS 数值模式易高估近地面湿度, 同时在参数化方案里无法区分珠江口平流雾过程与北方平流雾或辐射雾的区别, 从而造成雾区预报范围明显偏大, 持续时长偏长等问题。

受地面风场、近地面湿度双重预报偏差影响, 在当前实际业务预报中, 对平流雾的起雾时间、雾体强度及消散时刻的预报误差较大, 预报准确率偏低, 尤其对持续时间较长的平流雾过程。

## 5.2. 优化建议

针对数值预报的局限性, 结合深圳机场低能见度天气的形成规律与特征, 本文提出相应的优化建议, 以提升低能见度天气的预报准确率。

(1) 强化实况监测。在临近预报中, 应持续监测机场自动站的温度、露点温度、风向风速等实况气象数据。同时依托微波辐射计, 加强近地面逆温层监测, 实时跟踪逆温层厚度与强度变化, 为低能见度天气的短临预报提供精准实况支撑。同时, 重点关注数值模式在傍晚至夜间对西南风维持或建立的模拟能

力,若模式持续预报夜间东风(陆风),而南侧上游沿海站已转为西南风(海风)或西南风未有明显减弱的迹象时,则应适时提升低能见度的预警等级,滚动发布民航气象信息通报。

(2) 建立上下游联动预警链。深圳机场低能见度天气的水汽主要来自南海及珠江口上游地区,应建立珠海香洲、港珠澳大桥、深圳蛇口等周边区域的气象监测联动机制,整合周边区域摄像头与自动站数据,实时监测雾体生成、发展与移动趋势,将上游雾情作为深圳机场低能见度天气的预警前兆,提前发布预警信号工作。

(3) 优化预报策略。针对不同类型低能见度天气的特征,制定差异化的预报策略。对于锋面雾,基于其突发性强、持续时间短的特点,重点关注冷锋过境时间,同时低能见度天气预报时长应在 1~1.5 小时范围内。对于平流雾,结合其持续时间长、浓度波动大的特征,初始预报可直接判定其持续 2 小时以上。若大气环流形势无明显变化,不应轻易预判雾体消散,同时密切跟踪雾体浓度的波动情况,及时更新预报结论。

(4) 完善数值预报订正。结合深圳机场低能见度天气的实况数据,基于 MOS 方法建立数值预报订正模型,重点修正低层风场与近地面湿度的系统性预报偏差,并引入前期是否出现弱降水事件的预报因子,从而减少因风向、湿度预报偏差造成的空报、漏报情况。同时,推进数值预报模式的本地化优化,提升模式对珠江口夜间局地海陆风环流、水汽输送等关键因子的模拟精度。

## 6. 结论与展望

### 6.1. 结论

本文基于深圳机场 2020~2025 年低能见度天气观测数据,采用统计分析、天气学诊断等方法,对低能见度天气的时空分布特征、成因机制及预报局限性进行了系统研究,主要结论如下:

(1) 2020~2025 年深圳机场共出现低能见度天气过程 13 次,年际分布不均,偶数年过程频次显著高于奇数年,2021 年无低能见度天气过程。低能见度天气集中出现在冬末至初春(1~3 月),3 月为高发峰值月份;日变化特征显著,18~00 UTC 为高发时段,20 UTC 为峰值时刻,10~15 UTC 为次高发时段。

(2) 深圳机场低能见度天气类型以平流雾为主(占比 84.6%),锋面雾为辅(占比 15.4%)。平流雾多发在中层槽前西南气流配合弱地面风场的环流背景下,主要由西南-偏南风输送暖湿气流、近地面饱和湿度(温度露点差  $\leq 1^{\circ}\text{C}$ )、弱南风(1~3 m/s)及稳定逆温层共同作用形成,具有持续时间长、浓度高的特点。锋面雾多形成于冷锋过境的环流背景下,具有突发性强、持续时间短(1~1.5 小时)、消散快、范围小的特征。除此之外,偏东风(陆风)与不稳定层结是深圳机场未能发生低能见度天气的主要原因。

(3) 数值预报对深圳机场低能见度天气的预报存在一定局限性,主要表现为地面风场预报偏差与近地面湿度预报偏差,共同导致形成平流雾生消时刻与雾体强度的较大预报误差。在今后业务预报中,需通过强化实况监测、建立联动预警、优化预报策略等措施提升预报准确率。

### 6.2. 展望

本文研究基于近六年的观测数据,样本量相对有限,上述“偶数年偏多、奇数年偏少”的分布特征暂不具备严格的统计规律性,未来工作中需积累更多低能见度天气样本,通过更长时间序列的观测数据进一步验证。此外,可结合机器学习、人工智能等技术,系统性精细化分析深圳机场平流雾与锋面雾形成及维持的关键气象要素阈值,同时与未发生雾的相似环流背景日进行对比,从而提炼出更具预报价值的客观指标,构建适用于深圳机场低能见度天气的预报模型,提升预报准确率与时效性。

同时,可进一步完善珠海-深圳上下游气象预警链条,加强与周边机场及气象部门的协同联动,推进低能见度天气的协同预报与联合预警。针对 3 月这一高发关键期,优化机场运行保障预案,提前开展

---

航班调度决策与安全保障部署, 最大限度减轻低能见度天气对航空运行的影响。

### 参考文献

- [1] 麻金海. 多跑道枢纽机场低能见度启动机制管理浅析——以北京两场为例[J]. 民航管理, 2020(12): 90-92.
- [2] 张琤, 赵征, 徐恩东, 丛菁成. 基于大雾天气影响的离港航班延误影响量化评估方法[J]. 民航学报, 2025, 9(1): 48-52.
- [3] 陈露, 顾雷. 首都机场雾过程的气候特征分析[J]. 气候与环境研究, 2008, 13(6): 783-790.
- [4] 文俊鹏, 蓝静, 刘峰. 广州白云机场低能见度客观预报方法试验[J]. 气象科技进展, 2021, 11(2): 176-180.
- [5] 张楚. 深圳机场三次低能见度过程分析[C]//广东省气象学会. 广东省气象学会2016年学术年会论文集. 2016: 33-33.
- [6] 冯锡斌, 夏昊玥, 朱倩. 深圳机场近十五年(2010~2024)极端暴雨统计分析[J]. 气候变化研究快报, 2025, 14(5): 999-1009
- [7] 植炫惠, 徐海明, 马静, 等. 华南冬季雾日年际变化特征及其与 ENSO 的关系[J]. 大气科学, 2023, 47(4): 1099-1112.