

2025年冬季武汉天河机场一次大雾天气过程分析

唐羽¹ 田霄²

1. 民航湖北空管分局气象台 湖北 武汉 430302; 2. 湖北空管分局 湖北 武汉 430302

DOI: 10.32629/ems.v8i2.18490

[摘要] 利用武汉天河机场观测资料 (METAR/SPECI 报文)、NCEP 再分析资料 (2.5° × 2.5°)、日本 HMW-8 气象卫星数据及怀俄明大学的武汉探空站资料, 对 2025 年 1 月 5 日武汉机场一次持续性辐射雾天气过程进行了成因及维持机制分析。结果表明: (1) 中高层环流背景对本次大雾过程的演变具有重要影响; (2) 前期弱降水过程及快速移出的天气系统导致云层提前消散, 地表辐射冷却增强, 近地面水汽迅速饱和; (3) 近地面逆温层和弱风条件有效抑制垂直湍流混合, 为大雾长时间维持提供了有利层结条件; (4) 低层水汽通量散度呈辐散特征, 考虑此次大雾的形成主要依赖局地蒸发和辐射冷却, 与大尺度水汽输送关联性较弱; (5) 此外, 前期污染积累的 PM_{2.5}、PM₁₀ 作为凝结核, 加剧了雾滴浓度, 有利于大雾的形成与维持。本研究结果可为武汉机场冬季辐射雾的预报预警提供理论依据。

[关键词] 能见度; 辐射雾; 成因分析; 逆温层

[中图分类号]P4 **[文献标识码]**A

引言

近近年来, 关于大雾天气过程的研究不断深入。王丽娟等^[1]分析了 2014 年湖北省一次平流雾天气过程, 结果表明, 此次大雾过程能见度与相对湿度和气温变化密切相关。国内不少学者^[2, 3]研究分析了各机场大雾天气与能见度的变化特征。

本文针对武汉天河机场 2025 年 1 月 5 日一次辐射雾天气过程开展研究, 通过综合分析大尺度环流背景、动力机制等, 揭示了此次辐射雾过程的形成机制与维持机理, 对提升武汉机场低能见度天气的预报精度具有应用价值。

1 大雾天气过程实况

2025 年 1 月 4 日 20 时-5 日 02 时 (本文均使用世界时) 武汉机场出现了一次大雾天气过程, 最低主导能见度降至 100 米。整个大雾过程历时 6 个小时。观测数据显示, 1 月 4 日 16 时前能见度呈波动变化, 之后开始持续下降, 至 20 时恶化至 800 米。23: 36 时至 5 日 01 时期间, 能见度维持在最低值 100 米达 1 小时 24 分钟, 随后于 02 时迅速回升至 1200 米并持续改善, 标志着此次大雾过程结束。

2 大雾天气过程气象条件分析

2.1 地面气象要素分析

大雾过程中地面气象要素的协同变化对能见度的演变具有一定影响。1 月 4 日 10 时、11 时温度露点差最大, 为 8℃。12 时开始温度露点差减小至 2℃, 相对湿度也从 4 日 11 时的

55%骤升至 12 时的 86%, 其是因为机场 4 日 12 时至 15 时小雨天气, 且地表辐射冷却作用, 本场湿度饱和加速。4 日 18 时温度露点完全重合, 温度露点差为 0℃, 相对湿度则是在 20 时达到 100%, 此后, 温度露点差和相对湿度均一直保持至 5 日 04 时才变化, 二者说明水汽达到饱和状态。这是导致此次大雾天气维持时间较长的最直接的地面气象要素。

在 4 日 15 时弱降水结束前, 地面风向以偏北风为主; 降水结束后, 风向转为较为稳定的西南风, 并持续至大雾天气结束, 这一转变表明天气系统过境, 配合地面温度来看, 地表辐射冷却加剧。从近地面水汽饱和、静稳大气层结及后半夜辐射降温的协同作用, 可判断此次大雾过程属于典型的辐射雾。

2.2 大尺度环流形势特征

2025 年 1 月 4-5 日的各层环流形势场如图 1, 图中蓝色实心点为武汉天河机场的位置 (30.78° N, 114.21° E, 下同)。1 月 4 日 12 时, 在 500hPa 的天气图中位于我区西侧有显著高空槽向东移动, 机场高层受槽前西南气流控制, 高层存在动力抬升条件。东北冷涡系统位于我国东北地区, 中心强度为 5060gpm, 属于强冷涡。该冷涡呈增强趋势, 其外围西北气流与东移高空槽共同作用, 增强了华北至华中地区的经向环流。与高空槽前系统相配合, 机场位于暖湿输送带西南低空急流的左前方, 虽然急流强度不强, 但仍提供了水汽输送条件。在 850hPa 上, 西部高压系统东移, 机场受高压前部偏

北气流影响, 地面冷空气前锋抵达机场附近。在此环流配置下, 12 时至 15 日期间机场出现弱降水天气过程, 降水量为 1.7mm, 这与高层动力抬升、弱水汽输送及低层冷空气侵入的协同作用相关。天气系统移动快速, 1 月 4 日 18 时中高层槽均已过境。系统移出后, 云层快速消散导致地表辐射冷却加

剧, 近地层水汽迅速饱和, 为大雾形成创造了有利条件。5 日 00 时东亚中高层短波槽已东移至安徽区域, 且东北冷涡逐渐南下加强, 机场上空各层均为稳定的西北气流控制, 地面锋面气旋已南压至江西省境内, 锋后冷空气入侵使湖北地区出现降温。

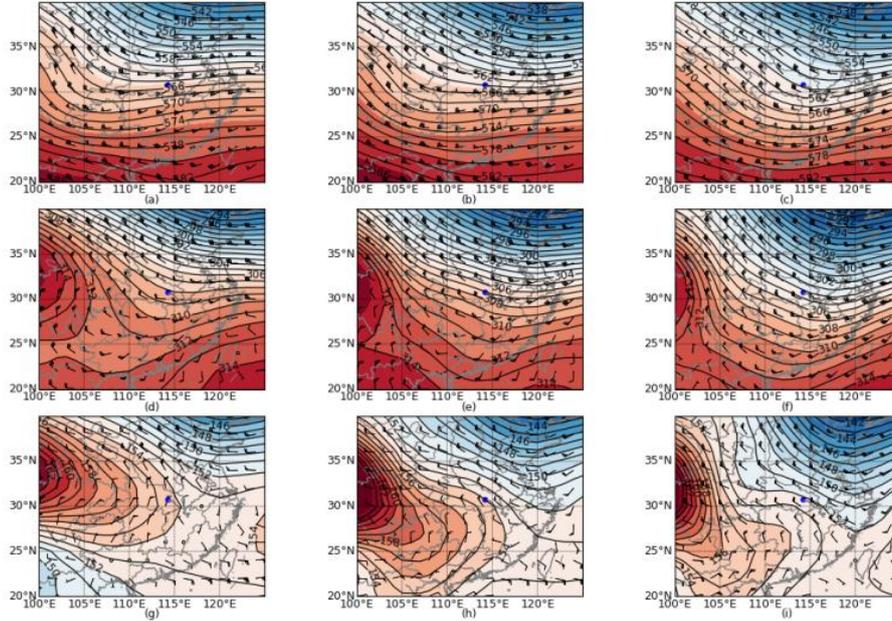


图 1 1 月 4 日 12 时 (a) 500hPa、(d) 700hPa、(g) 850hPa; 4 日 18 时 (b) 500hPa、(e) 700hPa、(h) 850hPa; 5 日 00 时 (c) 500hPa、(f) 700hPa、(i) 850hPa 的高度场和风场 (等位势高度线单位: dagpm; 风速单位: m/s; 填色代表位势高度场)

2.3 探空形势分析

本分析大雾维持阶段探空图。5 日 00 时机场地面至 1000hPa 存在逆温且温度露点差为 0, 近地面空气达到饱和。此时 CAPE 值为 0, K 指数为 -29.9℃, 大气层结不利于对流发生, 加之“上干下湿”的结构有利于大雾的发生和维持。逆温层最高温为 4.9℃, 机场 5 日 02 时地面气温达到 4.9℃, 逆温层被破坏, 大雾消散。

1 月 5 日 00 时东北冷涡加强并南下, 地面冷锋过境, 观察该时刻的各层风, 中高层均表现为系统后的西北气流控制, 但 925hPa 至地面仍维持偏南风控制, 考虑是因为系统过境不久, 高层冷空气下沉较慢, 或受暖湿空气阻挡, 导致地面冷空气层较薄, 未能完全取代低层偏南暖湿气流, 后续冷空气加强继续南下, 武汉机场 1 月 5 日 10 时开始由偏南风转为偏北风。

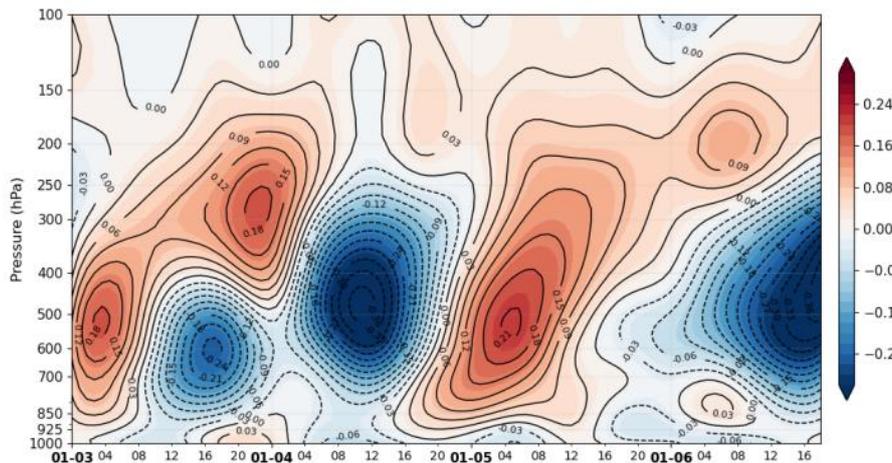


图 2 115° E、30° N 垂直速度时间演变 (阴影区, 单位: Pa · s⁻¹)

2.4 动力条件

基于武汉机场附近 115° E、30° N 的垂直速度时空演变特征(图2)可知,1月4日04-16时时段内,500hPa 中层表现出较强的上升运动,而低层上升运动相对较弱,这种上强下弱的垂直结构使得整体降水强度偏弱。前期夜间降水过程使得近地层湿度达到饱和状态,地面相对湿度在4日14时达到98%,这为后续大雾天气的形成提供了必要的水汽条件。在大雾持续期间,机场上空始终维持显著的下沉气流,促进了逆温层的形成和维持,为大雾天气的持续发展提供了有利的动力条件。5日00时后,观测数据显示1000hPa至850hPa低层出现弱上升运动,促使近地面水汽缓慢抬升并向上扩散。这一过程导致近地面层水汽难以持续聚集,进而加速了大雾的消散过程。5日16时后有明显的水汽辐合上升运动。

2.5 水汽条件

由水汽通量和水汽通量散度场变化情况可知(图略),无论是本次机场大雾发生前期还是维持期,低层925hPa水汽通量散度均呈弱正值。传统理论来看,大雾需要低层水汽辐合,这表明大尺度水平水汽输送对此次雾的贡献较弱。低层动力辐散可能抑制了大尺度水汽向雾区输送,使得逆温层像“暖盖”一样盖在机场上空,且大雾时期机场上空有较强的下沉运动,这都使雾得以维持。以上分析可知此次大雾的形成主要依赖局地地表蒸发和近地面辐射冷却,与水平水汽输送关联弱。说明传统水汽通量散度指标在大雾机理研究分析中具有一定的局限性。

2.6 空气质量

根据湖北省生态环境厅的AQI(空气质量指数)历史监测数据,1月3、4日武汉机场所在的黄陂区及邻近的东西湖区均已出现中度污染。5日大雾天气发生时,两个区域AQI均回落至良,可见前期空气污染与后续大雾天气之间有关联。

研究冬季大雾天气过程中,污染累积往往是大雾天气的重要前兆。在未来的机场预报工作中,可以考虑将前期3天的AQI数据纳入大雾预报指标体系,并监测机场周边污染物浓度。

3 结论

本文对2025年1月5日早间武汉机场的一次典型辐射雾

天气过程进行了研究,揭示了此次大雾天气的形成机理和维持条件,其结果表明:

1、此次大雾天气过程前期夜间的弱降水过程和快速移动的天气系统是关键。1月4日12-15时武汉机场受中高层槽前西南气流影响,配合850hPa高压前部偏北气流共同触发弱降水。而后17时机场上空天空打开,云层消散时间较预期提前,地表辐射冷却加剧,近地面空气持续饱和直至5日04时。前日降水遗留的高湿地表和系统移出后快速建立的辐射冷却是此次大雾较长时间维持的直接原因。

2、5日早间近地面存在逆温层,大雾期间持续的下沉气流增强了逆温层稳定性,且“上干下湿”结构加之地面弱风抑制垂直混合,有利于雾的维持。5日00时弱上升运动,且后期风速增强,地面升温突破逆温层顶温度使大雾消散。在未来的预报业务中,可以根据早间00时的实况T-lnP图中逆温层的温度、厚度等考虑大雾的消散时间

3、本次过程尽管低层水汽通量散度呈正值,但近地面存在浅薄逆温层且温度露点差接近零,说明此次大雾由局地蒸发和冷却作用驱动,而非大尺度水汽输送。在未来机场大雾天气的研究中,需重点关注水汽饱和情况、辐射冷却速率、局地风场等因素,而不是单纯依赖水汽通量散度。

4、冬季AQI值可作为大雾预报的前兆指标。前期(1月3-4日)武汉机场周边AQI达中度污染,高浓度的气溶胶提供了吸湿性凝结核,导致1月5日大雾浓度和持续时间的增加。在之后的机场大雾预报工作中,可将前期AQI数据纳入预报指标体系,并监测周边的污染物浓度。

[参考文献]

[1]王丽娟,阳威,何明琼,等.2014年初冬湖北省一次大雾成因分析和数值模拟[J].气象与环境科学,2017,40(03):86-92.DOI:10.16765/j.cnki.1673-7148.2017.03.014.

[2]刘季秋,汪梦笛,华科旭,等.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(03):18-23.

[3]穆玉娇,孙羨.2009-2018年新津机场低能见度和雾特征分析[J].中国民航飞行学院学报,2022,33(04):43-47.

作者简介:唐羽(1997-),女,硕士,从事航空气象预报研究。