

贵阳机场辐射浓雾起雾前气象要素变化研究初探

宋 媛, 刘贵萍

中国民用航空西南地区空中交通管理局贵州分局, 贵州 贵阳

收稿日期: 2024年9月5日; 录用日期: 2024年11月2日; 发布日期: 2024年11月12日

摘 要

基于贵阳机场自观数据, 分析贵阳机场2014~2023年共75个辐射浓雾个例起雾前期不同时间的降温、增湿、降速及前12 h平均温度、平均相对湿度、平均风速、平均总云量的变化情况。结果表明: (1) 01号跑道和19号跑道起雾前期各气象要素整体差异不大; (2) 起雾前12 h至前1 h降温、增湿、降速逐渐递减, 且越接近起雾时间, 降温、增湿、降速均越小, 起雾前3 h内温度、相对湿度、风速几乎不变; (3) 不同季节起雾前12 h平均温度差异较大, 春季最低为7℃、最高为21℃、平均为13.4℃; 夏季最低为17℃、最高为24℃, 平均为21.4℃; 秋季最低为3℃、最高为21℃, 平均为13.6℃; 冬季最低为2℃、最高为13℃, 平均为5.6℃; (4) 起雾前12 h平均相对湿度77%~98%, 平均为87%; 前12 h平均风速小于2 m/s, 平均总云量小于5个量。

关键词

辐射浓雾, 跑道视程, 降温, 增湿

Preliminary Study on the Changes of Meteorological Elements before the Formation of Radiation Dense Fog at Guiyang Airport

Yuan Song, Guiping Liu

Guizhou Air Traffic Control Bureau of CAAC, Guiyang Guizhou

Received: Sep. 5th, 2024; accepted: Nov. 2nd, 2024; published: Nov. 12th, 2024

Abstract

Based on self-observed data from Guiyang Airport, this paper analyzes the changes in temperature, humidity, and speed during the early stages of 75 cases of radiation induced dense fog at Guiyang Airport from 2014 to 2023, as well as the average temperature, average relative humidity, average wind speed, and average total cloud cover in the first 12 hours. The results indicate that: (1) There is not much overall difference in meteorological elements between runway 01 and runway 19 during the early stage of fog formation; (2) The cooling, humidification, and deceleration gradually decrease from 12 hours to 1 hour before fogging, and the closer to the fogging time, the smaller the cooling, humidification, and deceleration. The temperature, relative humidity, and wind speed remain almost unchanged within 3 hours before fogging; (3) There is a significant difference in the average temperature 12 hours before fogging in different seasons, with the lowest being 7°C, the highest being 21°C, and the average being 13.4°C in spring; The lowest temperature in summer is 17°C, the highest is 24°C, and the average is 21.4°C; The lowest temperature in autumn is 3°C, the highest is 21°C, and the average is 13.6°C; The lowest temperature in winter is 2°C, the highest is 13°C, and the average is 5.6°C; (4) The average relative humidity 12 hours before fogging is 77%~98%, with an average of 87%; The average wind speed in the first 12 hours is less than 2 m/s, and the average total cloud cover is less than 5 clouds.

Keywords

Radiation Dense Fog, Runway Visual Range, Cooling Down, Humidification

Copyright © 2024 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

能见度是指大气的透明程度, 通常可用目标物的能见距离来衡量。能见度与飞行安全紧密相关, 是直接影响飞行任务是否正常执行、机场是否开放的一个重要气象条件。跑道视程(Runway Visual Range 以下简称 RVR)是器测值, 指在跑道中线上, 航空器上的飞行员能看到跑道面上的标志或跑道边界灯或中线灯的距离[1]。RVR 与大气光学透明度、跑道灯光强度、背景光亮度等因素有关, 是为飞行员、空中交通管制员及其他部门提供的跑道能见度, 为空中交通管制员指挥飞机起降以及飞行员进行目视飞行提供可靠的能见度依据。

近地面的大气受辐射降温而形成的雾定义为辐射雾。辐射雾产生的条件是晴夜、微风、存在逆温层、近地面水汽充沛[2]。由于辐射雾多发生在夜晨, 正值航班进出航早高峰, 易导致大面积航班延误, 严重影响机场正常运行及旅客出行[3]。相比其他复杂天气, 辐射雾预报准确率相对较低, 辐射雾预报被认为是民航气象中的难点和重点。

近年来, 辐射雾受到不少专家学者的广泛关注[4][5]。梁卫等[6]研究了南昌机场各类雾的特征, 发现南昌机场的雾与空气质量指数相关性较好, 其辐射雾多发生在每年深秋至次年早春, 常在雨后云层打开后的早晨生成, 日出后逐渐消散, 且逆温层底越高持续时间越长, 雾生成前地面湿度递增。邵振平等[7]研究郑州机场能见度变化特征及雾的成因分析, 发现郑州机场持续时间在 1 h 以内的雾在秋季最多, 持续时间大于 1 h 的雾在冬季出现最多, 夏季雾一般在 2 h 以内, 郑州机场辐射雾发生频率高于平流雾。韩

磊等[8]分析了乌鲁木齐持续双低浓雾天气的特征,发现其双低浓雾多出现在冬季,高空多为高压脊控制,地面多以蒙古冷高压后部为主。罗喜平等[9][10]研究了贵州区域性辐射大雾的时空特征及形成条件,发现贵州区域性辐射大雾主要集中在仲秋至隆冬,呈“东多西少”分布,地面常为均压场,地面风速较小、湿度较大、夜间辐射降温显著、近地层有逆温。刘开宇等[11][12]利用多元回归方法,构建了贵阳机场辐射雾的预报模型。刘贵萍等[13][14]对贵阳机场一次辐射大雾演变期间各要素进行分析,发现起雾期间温、压、湿、风吻合较好。宋媛等[15][16]研究了贵阳机场低能见度和低跑道视程特征,发现低能见度和低跑道视程多发生在夜间至早晨(北京时间 05~09 时出现最多),出现时气温主要分布在 10℃~20℃、相对湿度一般在 95%以上、风向为东北风或偏北风、风速在 2 m/s 以下。

以往有关贵阳机场辐射雾方面的研究主要关注于起雾的环流形势、辐射雾期间气象要素变化分析或典型个例对比分析,而就辐射雾尤其是辐射浓雾起雾前期气象要素的变化研究相对较少。当机场出现大范围辐射雾时,RVR 一般较低。若主导能见度达不到条件时,应当以 RVR 作为航空器起降标准,因此 RVR 的预报尤为重要。贵阳机场在低能见度条件下可实施 I 类和 II 类运行。

本文重点对机场运行影响较大的 RVR 低于 550 m,且持续时间 1 小时以上的辐射浓雾形成前期的气象要素特征进行分析,总结辐射浓雾预报阈值,探寻贵阳机场辐射浓雾的预报思路和预报着眼点,以期贵阳机场今后的辐射浓雾预报提供一定的参考。

2. 资料和方法

所用资料为 2014~2023 年贵阳龙洞堡机场 01 号跑道及 19 号跑道的 AWOS 逐分钟自动观测数据,主要包括 RVR、温度、相对湿度、风向风速、云量等。

当 RVR 小于 550 m 时,对运行的影响较大。本文将贵阳机场跑道任意一端的 RVR 小于 550 m、持续时间大于 1 h,且无降水的低能见度过程定义为一次辐射浓雾过程。

使用方法主要为统计和频率分析方法。降温、增湿、降速是通过计算不同时间间隔的气温、相对湿度、风速差值得来的。例如某次辐射浓雾个例起雾前 10 h 降温为该个例起雾前 10 h 时刻对应的温度与起雾时刻温度之差,起雾前 10 h 增湿为该个例起雾前 10 h 时刻对应的相对湿度与起雾时刻相对湿度之差,起雾前 10 h 降速为该个例起雾前 10 h 时刻对应的风速与起雾时刻风速之差。

3. 贵阳机场辐射浓雾分布

2014~2023 年贵阳机场共出现 75 次辐射浓雾过程(剔除了无自观数据的案例)。如图 1 所示,贵阳机场辐射浓雾在 1~12 月均可能发生,8 月~12 月出现次数较多(占比 51%),2 月出现次数最少(占比 4%)。

4. 辐射浓雾起雾前气象要素变化

4.1. 降温及平均温度

不同季节辐射浓雾起雾前降温情况差异不大,01 号跑道和 19 号跑道差异也不大。越接近起雾时间,降温幅度越小。如图 2 所示,春季起雾前 1 h 平均降温为 0.2℃;前 2 h 平均降温为 0.6℃;前 3 h 平均降温为 1.1℃;前 4 h 平均降温为 1.5℃;前 5 h 平均降温为 2.0℃;前 6 h 平均降温为 2.4℃;前 7 h 平均降温为 3.1℃;前 8 h 平均降温为 4.5℃;前 9 h 平均降温为 5.4℃;前 10 h 平均降温为 6.4℃;前 11 h 平均降温为 7.1℃;前 12 h 平均降温为 7.4℃。

如图 3 所示,夏季起雾前 1 h 平均降温为 0.4℃;前 2 h 平均降温为 0.7℃;前 3 h 平均降温为 1.0℃;前 4 h 平均降温为 1.4℃;前 5 h 平均降温为 1.7℃;前 6 h 平均降温为 2.0℃;前 7 h 平均降温为 2.5℃;前 8 h 平均降温为 3.1℃;前 9 h 平均降温为 4.0℃;前 10 h 平均降温为 5.5℃;前 11 h 平均降温为 6.3℃;

前 12 h 平均降温为 6.5℃。

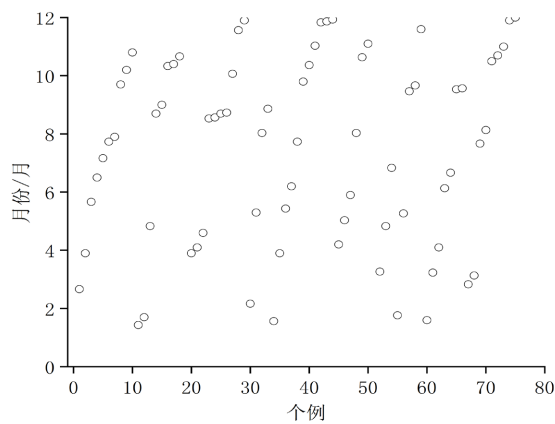


Figure 1. Scatter plot of radiation dense fog cases at Guiyang Airport from 2014 to 2023
图 1. 2014~2023 年贵阳机场辐射浓雾个例散点图

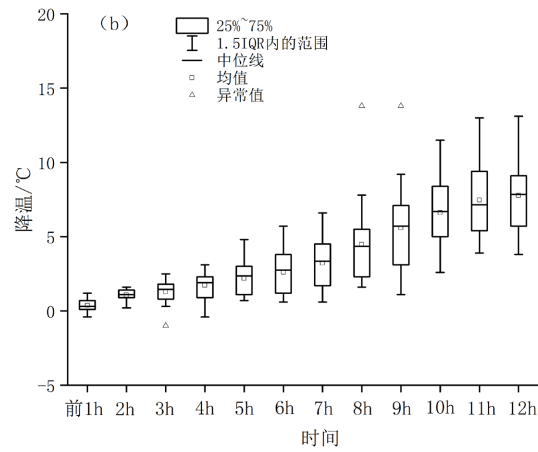
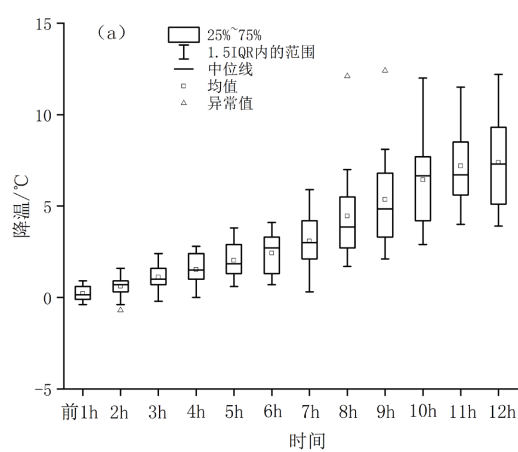


Figure 2. Cooling at different times before the onset of spring radiation dense fog (a) Runway 01, (b) Runway 19
图 2. 春季辐射浓雾起雾前不同时间降温(a) 01 号跑道, (b) 19 号跑道

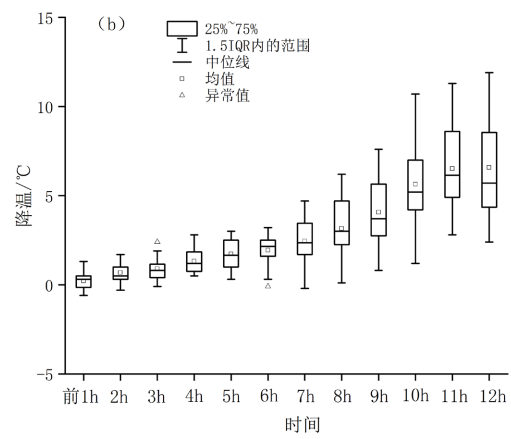
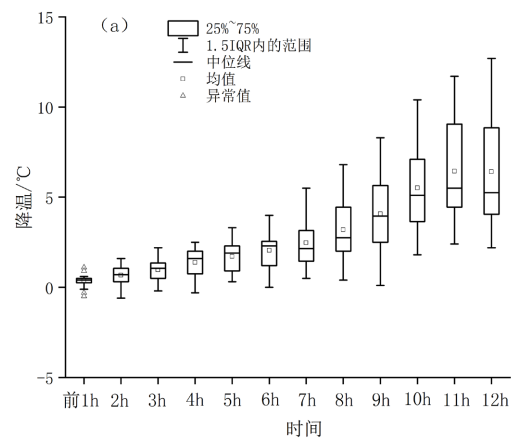


Figure 3. Cooling at different times before the onset of summer radiation dense fog (a) Runway 01, (b) Runway 19
图 3. 夏季辐射浓雾起雾前不同时间降温(a) 01 号跑道, (b) 19 号跑道

如图 4 所示, 秋季起雾前 1 h 平均降温为 0.2℃; 前 2 h 平均降温为 0.6℃; 前 3 h 平均降温为 1.1℃; 前 4 h 平均降温为 1.7℃; 前 5 h 平均降温为 2.4℃; 前 6 h 平均降温为 2.8℃; 前 7 h 平均降温为 3.5℃; 前 8 h 平均降温为 4.2℃; 前 9 h 平均降温为 5.1℃; 前 10 h 平均降温为 6.0℃; 前 11 h 平均降温为 6.8℃; 前 12 h 平均降温为 7.4℃。

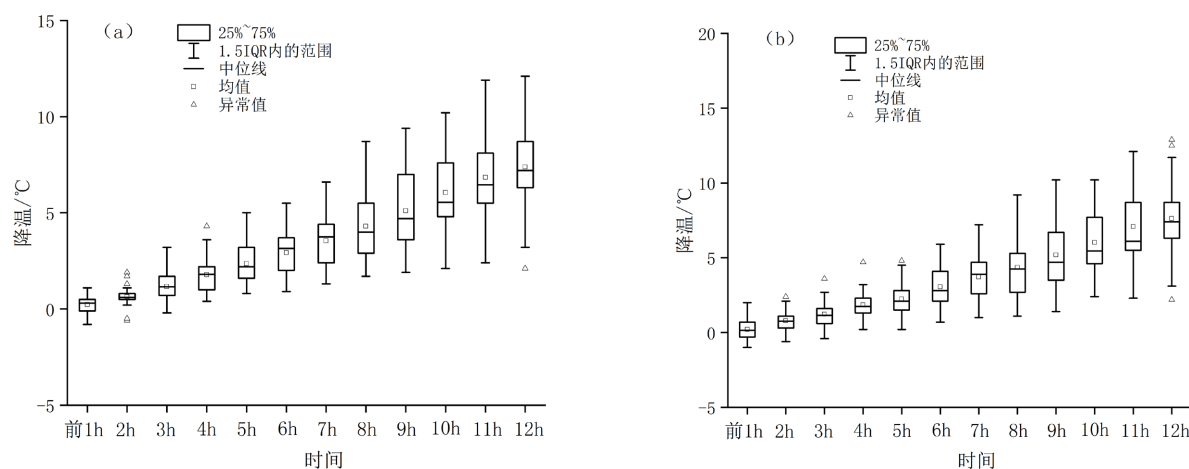


Figure 4. Cooling at different times before the onset of autumn radiation dense fog (a) Runway 01, (b) Runway 19

图 4. 秋季辐射浓雾起雾前不同时间降温(a) 01 号跑道, (b) 19 号跑道

如图 5 所示, 冬季起雾前 1 h 平均降温为 0.3℃; 前 2 h 平均降温为 0.7℃; 前 3 h 平均降温为 1.4℃; 前 4 h 平均降温为 2.0℃; 前 5 h 平均降温为 2.8℃; 前 6 h 平均降温为 4.0℃; 前 7 h 平均降温为 4.9℃; 前 8 h 平均降温为 6.2℃; 前 9 h 平均降温为 7.0℃; 前 10 h 平均降温为 7.3℃; 前 11 h 平均降温为 7.6℃; 前 12 h 平均降温为 7.7℃。

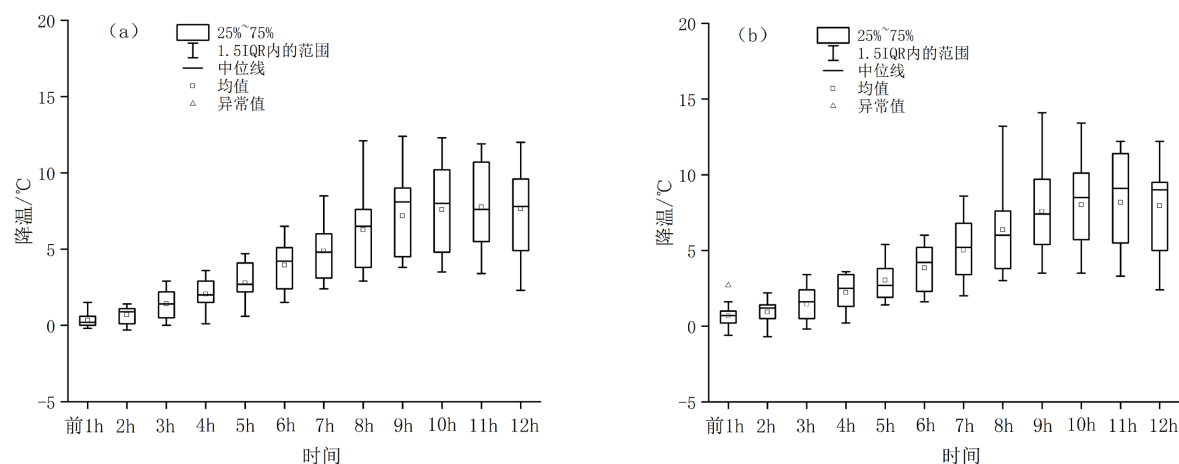


Figure 5. Cooling at different times before the onset of winter radiation dense fog (a) Runway 01, (b) Runway 19

图 5. 冬季辐射浓雾起雾前不同时间降温(a) 01 号跑道, (b) 19 号跑道

不同季节起雾前 12 h 平均温度差异均较大, 同一季节 01 号跑道和 19 号跑道前 12 h 平均温度差异较小。如图 6 所示, 2014~2023 年春季贵阳机场共出现 18 次辐射浓雾, 起雾前 12 h 平均温度最低为 7℃、最高为 21℃, 平均为 13.4℃; 夏季共出现 20 次辐射浓雾, 起雾前 12 h 平均温度最低为 17℃、最高为

24℃, 平均为 21.4℃; 秋季共出现 26 次辐射浓雾, 起雾前 12 h 平均温度最低为 3℃、最高为 21℃, 平均为 13.6℃; 冬季共出现 11 次辐射浓雾, 起雾前 12 h 平均温度最低为 2℃、最高为 13℃, 平均为 5.6℃。

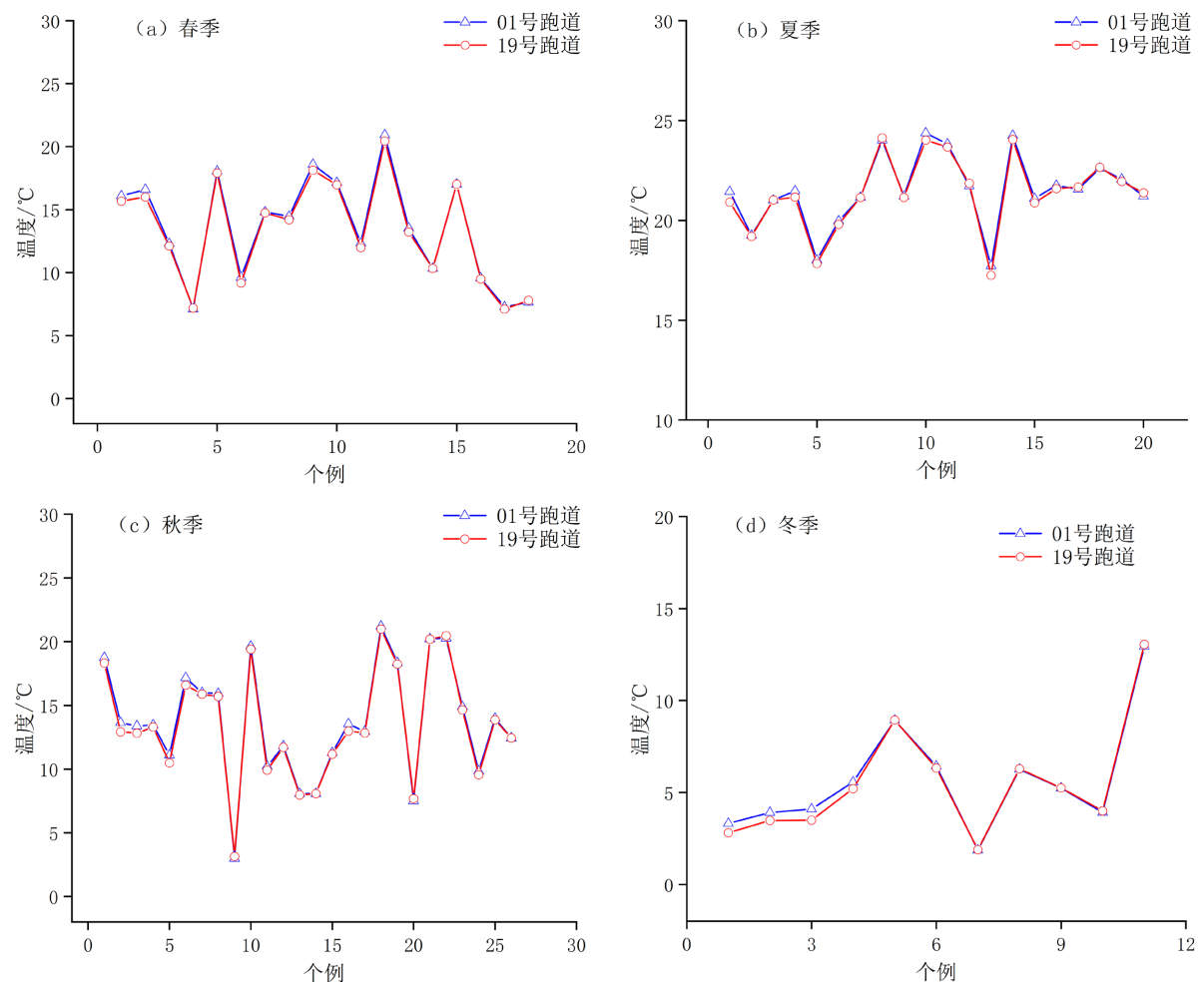


Figure 6. Average temperature distribution 12 hours before fogging (a) in spring, (b) in summer, (c) in autumn, (d) in winter
图 6. 起雾前 12 h 平均温度分布(a) 春季, (b) 夏季, (c) 秋季, (d) 冬季

4.2. 增湿及平均相对湿度

当近地面水汽充沛时, 地面辐射降温会使水汽凝结, 相对湿度越大, 越有利于形成雾。如图 7(a)、图 7(b)所示, 贵阳机场辐射浓雾形成前不同时间增湿差异较大, 辐射浓雾形成前同一时间 01 号跑道和 19 号跑道增湿差异较小。越接近辐射浓雾形成时间增湿越小。辐射浓雾形成前 1 h 平均增湿仅为 0.4%、前 2 h 平均增湿为 0.9%, 说明辐射浓雾形成前 2 h 近地面水汽已达到饱和状态。辐射浓雾形成前 3 h 平均增湿为 2%、前 4 h 为 3.6%、前 5 h 为 5%、前 6 h 为 7.5%、前 7 h 为 11%、前 8 h 为 15%、前 9 h 为 20%、前 10 h 为 25%、前 11 h 为 27%、前 12 h 为 28%。如图 7(c)所示, 辐射浓雾起雾前 12 h 平均相对湿度整体波动较大。01 号跑道起雾前 12 h 平均相对湿度最小为 77%、最大为 97%、平均为 87.3%; 19 号跑道最小为 78%、最大为 98%、平均为 87.9%。同一个例 01 号跑道与 19 号跑道差异不大, 19 号跑道整体略高于 01 号跑道。这与贵阳机场的地理位置有很大关系。19 号跑道位于贵阳机场北头, 有丰富的植被覆盖, 雾大多会在北头生成平流至机场南头(01 号跑道)。因此, 贵阳机场雾大多呈跑道北头先变差后变好, 跑道

南头后变差先变好的态势分布。跑道北头、南头具体起雾的时间及雾浓度差异目前尚不能定量判断, 需在后续的工作中进一步研究。

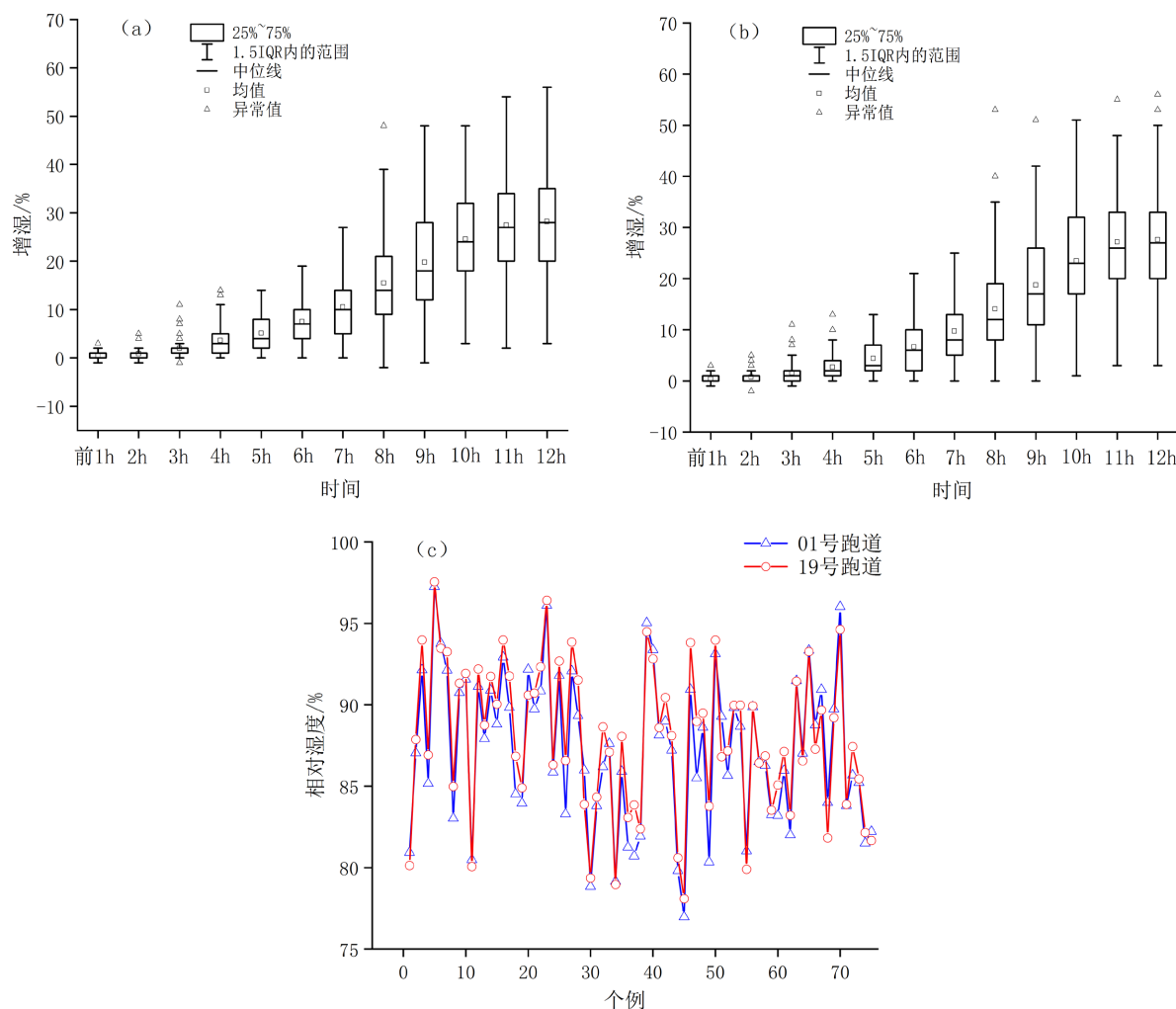


Figure 7. Moisturize runway 01 (a) and runway 19 (b) at different times before fogging up; (c) Average relative humidity distribution 12 hours before fogging

图 7. 起雾前不同时间增湿(a) 01 号跑道、(b) 19 号跑道; (c) 起雾前 12 h 平均相对湿度分布

4.3. 降速及平均风速

如图 8(a)、图 8(b)所示, 贵阳机场辐射浓雾形成前不同时间降速差异不大, 辐射浓雾形成前同一时间 01 号跑道和 19 号跑道增湿差异较小。越接近辐射浓雾形成时间降速越小。辐射浓雾起雾前 1 h 至前 4 h 风速降速均很小, 起雾前 4 h 内风速几乎没有变化。前 1 h 平均风速降速为 -0.1 m/s, 前 2 h、前 3 h 均为 0.0 m/s, 前 4 h 为 0.1 m/s, 前 5 h 为 0.2 m/s, 前 6 h 为 0.3 m/s, 前 7 h 为 0.6 m/s, 前 8 h 为 0.9 m/s, 前 9 h 为 1.2 m/s, 前 10 h、前 11 h 为 1.5 m/s, 前 12 h 为 1.6 m/s。如图 8(c)所示, 辐射浓雾起雾前 12 h 平均风速整体波动较大, 大多在 2 m/s 以内。01 号跑道起雾前 12 h 平均风速最小为 0.7 m/s、最大为 2.8 m/s、平均为 1.5 m/s; 19 号跑道最小为 0.7 m/s、最大为 3.4 m/s、平均为 1.5 m/s。大多个例 01 号跑道前 12 h 平均风速与 19 号跑道一致, 部分个例 01 号跑道前 12 小时平均风速略大于 19 号跑道平均风速。

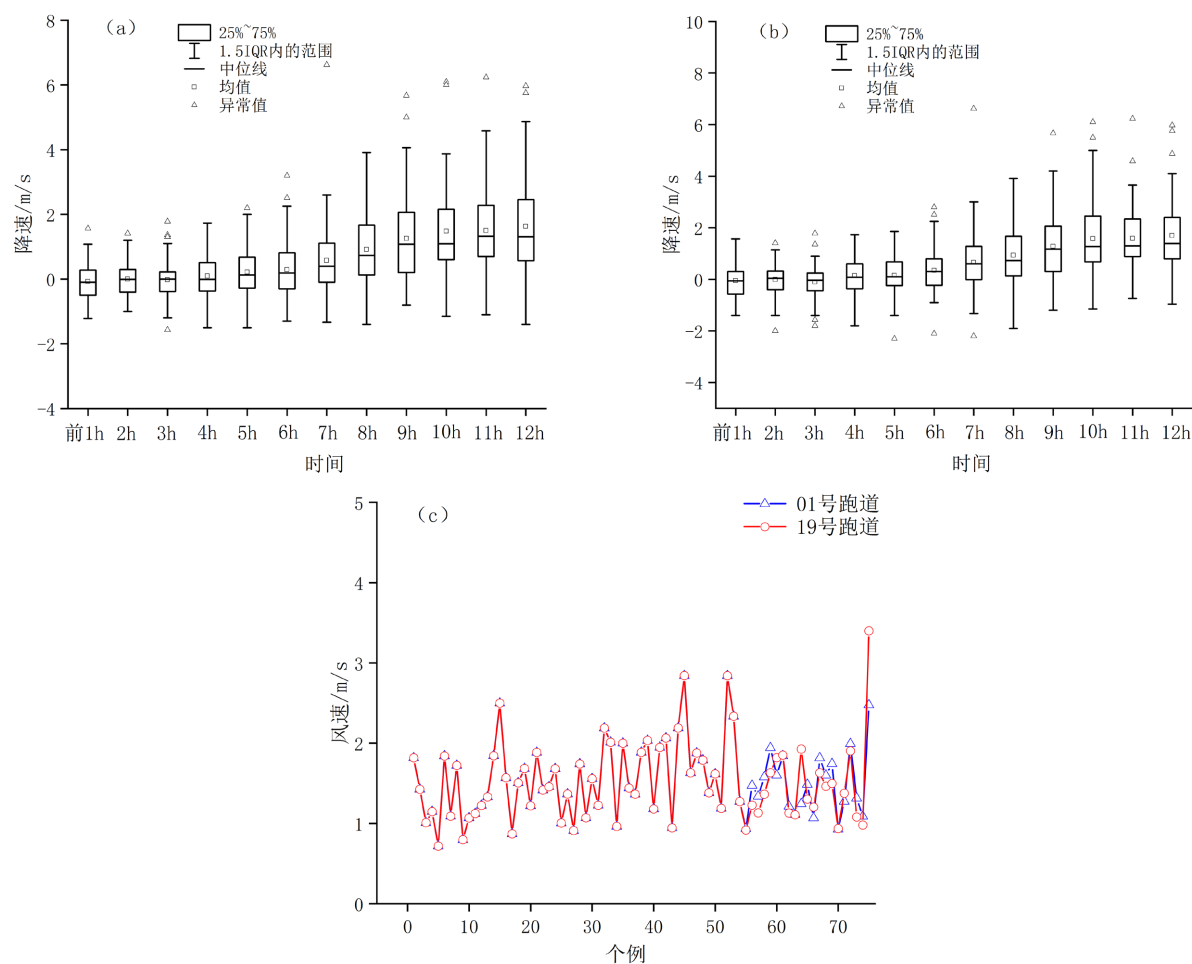


Figure 8. Reduce speed at different times before fogging (a) runway 01, (b) runway 19; (c) Distribution of average wind speed 12 hours before fogging

图 8. 起雾前不同时间降速(a) 01 号跑道、(b) 19 号跑道; (c) 起雾前 12 h 平均风速分布

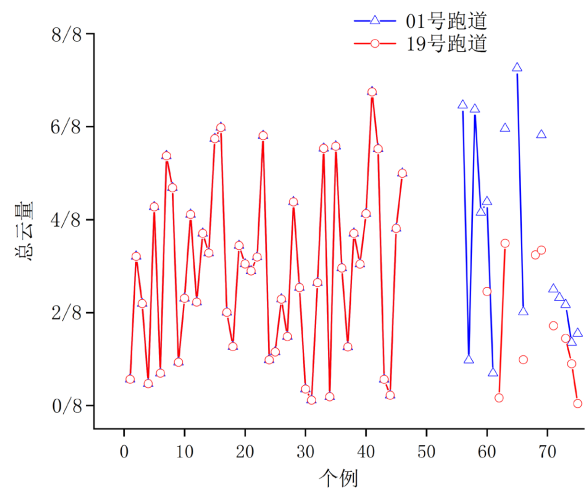


Figure 9. Distribution of average total cloud cover 12 hours before fogging

图 9. 起雾前 12 h 平均总云量分布

晴朗的夜间, 地面辐射降温, 有利于水汽凝结形成雾。如图 9 所示, 贵阳机场辐射浓雾形成前 12 h 平均总云量差异较大, 同一个例 01 号跑道和 19 号跑道起雾前 12 h 平均总云量差异较小。起雾前 12 h 平均总云量几乎都在 5 个量以下。说明在起雾前, 天空已经打开, 转为多云或少云天气。多云天气有利于地面辐射降温, 有利于辐射雾的形成。在民航气象中, 云量是人工观测的项目之一, 自观数据可作为参考。在实际业务运行中, 以人工观测为准, 不区分 01 号跑道或 19 号跑道。

5. 结论

前人对贵阳机场辐射雾的环流形势、辐射雾期间气象要素变化分析或典型个例对比分析做了大量研究, 而就辐射浓雾起雾前期气象要素的变化研究相对较少。本文通过分析了贵阳机场 2014~2023 年共 75 个辐射浓雾个例起雾前期各气象要素的变化情况, 总结了辐射浓雾的预报阈值, 对贵阳机场今后的辐射浓雾预报有一定的参考意义。结论如下:

(1) 01 号跑道和 19 号跑道起雾前期各气象要素整体差异不大。

(2) 起雾前 12 h 至前 1 h 降温、增湿、降速逐渐递减, 且越接近起雾时间, 降温、增湿、降速均越小, 起雾前 3 h 内温度、相对湿度、风速几乎不变。

(3) 不同季节起雾前 12 h 平均温度差异较大, 春季最低为 7℃、最高为 21℃、平均为 13.4℃; 夏季最低为 17℃、最高为 24℃, 平均为 21.4℃; 秋季最低为 3℃、最高为 21℃, 平均为 13.6℃; 冬季最低为 2℃、最高为 13℃, 平均为 5.6℃。

(4) 起雾前 12 h 平均相对湿度 77%~98%, 平均为 87%; 前 12 h 平均风速小于 2 m/s; 平均总云量小于 5 个量。

参考文献

- [1] 中国民用航空局空管行业管理办公室. 民用航空气象地面观测规范[Z]. 中国民用航空局, 民航规[2021] 43 号, 2012.
- [2] 刘小宁, 张洪政, 李庆祥, 等. 我国大雾的气候特征及变化初步解释[J]. 应用气象学报, 2006, 16(2): 220-271.
- [3] 李秀连, 陈克军, 王科, 等. 首都机场大雾的分类特征和统计分析[J]. 气象科技, 2008, 36(6): 717-723.
- [4] 朱世珍, 张昭艺, 吴诗晓, 等. 安徽寿县两次浓雾生效过程中两个高度微物理机理分析[J]. 气象, 2023, 49(3): 327-339.
- [5] 宗晨, 钱玮, 包云轩, 等. 江苏省夏季浓雾的时空分布特征及气象影响因子分析[J]. 气象, 2019, 45(7): 968-977.
- [6] 梁卫, 吴俊杰, 邹海波. 南昌昌北机场雾的分类特征与统计分析[J]. 气象, 2021, 47(10): 1255-1265.
- [7] 邵振华. 郑州机场能见度变化特征及雾的成因分析[J]. 气象与环境科学, 2014, 37(1): 75-82.
- [8] 韩磊, 王春红, 王勇, 等. 乌鲁木齐国际机场“持续双低浓雾”天气特征分析[J]. 沙漠与绿洲气象, 2019, 13(5): 9-16.
- [9] 罗喜平, 杨静, 周成霞. 贵州省雾的气候特征[J]. 北京大学学报: 自然科学版, 2008, 44(5): 765-772.
- [10] 罗喜平, 周明飞, 汪超, 等. 贵州区域性辐射大雾特征与形成条件分析[J]. 气象科技, 2012, 10(5): 799-806.
- [11] 刘开宇. 贵阳机场辐射雾 MOS 预报系统的设计与实现[J]. 云南大学学报, 2014, 36(S1): 112-116.
- [12] 刘开宇, 蔡军, 梁爱民, 等. 贵阳机场一次辐射大雾的数值模拟研究[J]. 空中交通管理, 2007(B11): 14-17.
- [13] 刘贵萍. 一次辐射大雾演变期间各要素的分析[C]//中国气象局. 2004 年中国气象局民用航空气象服务与技术交流会议论文集. 2004: 1-6.
- [14] 刘贵萍, 李跃春. T639 和 WAFS 产品对贵阳机场辐射雾预报能力的对比分析[J]. 中低纬山地气象, 2011, 35(6): 14-17.
- [15] 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.
- [16] 陈义义, 宋媛, 罗娅. 空气质量指数在贵阳机场辐射雾预报中的应用[J]. 环境保护前言, 2023, 13(5): 1179-1185.