

贵阳机场低能见度和低跑道视程特征及其影响机制分析

宋媛, 罗浩

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: 2023年9月4日; 录用日期: 2023年9月28日; 发布日期: 2023年10月11日

摘要

利用贵阳龙洞堡机场2012~2022年逐分钟自动观测资料,对影响运行的能见度低于800 m (低能见度)和跑道视程(RVR)低于550 m (低RVR)时次的出现次数进行统计,并分析对应气温、相对湿度、风向风速的频率分布。结果表明:贵阳机场年低能见度和低RVR日均呈显著的下降趋势。季节变化特征分别为:夏季 > 冬季 > 春季 > 秋季、夏季 > 春季 > 秋季 > 冬季。月变化趋势比较一致,全年均可出现。峰值均为8月,谷值均为12月。日变化呈单峰型分布,峰值均为北京时间07时,均主要出现在05~09时,11~次日01时均很少出现。低能见度和低RVR持续时间与频率大致成反比,主要分布在0~4 h (均占64%),低能见度在1 (含)~2 h频率最高、低RVR在1 h内频率最高。低能见度和低RVR时气温主要在10~20℃、相对湿度 ≥ 95%、风向为东北风或偏北风、风速 ≤ 2 m/s。低能见度和低RVR均在200~500 m占比最多;低能见度在100~200 m占比最少,低RVR 在50~150 m占比最少。

关键词

低能见度, 低跑道视程, 频率分析, 气象因子

Characteristics of Low Visibility and Low Runway Visual Range at Guiyang Airport and Analysis of Impact Mechanism

Yuan Song, Hao Luo

Guizhou Air Traffic Control Bureau of CAAC, Guiyang Guizhou

Received: Sep. 4th, 2023; accepted: Sep. 28th, 2023; published: Oct. 11th, 2023

Abstract

Using minute by minute automatic observation data from Guiyang Longdongbao Airport from 2012

to 2022, the frequency of occurrences of visibility below 800 m (low visibility) and runway visual range (RVR) below 550 m (low RVR) that affect operation was statistically analyzed, and the frequency distribution of corresponding temperature, relative humidity, and wind direction and speed was analyzed. The results show that the low visibility and low RVR of Guiyang Airport show a significant downward trend on a daily basis. The seasonal variation characteristics are: summer > winter > spring > autumn, and summer > spring > autumn > winter. The monthly trend is relatively consistent and can occur throughout the year. The peak values are all in August, and the valley values are all in December. The daily variation shows a unimodal distribution, with peaks occurring at 7:00 am Beijing time, mainly between 05:00 and 09:00, and rarely between 11:00 am and 01:00 the next day. The duration of low visibility and low RVR is roughly inversely proportional to frequency, mainly distributed in 0~4 hours (both accounting for 64%). Low visibility has the highest frequency in 1~2 hours, and low RVR has the highest frequency within 1 hour. At low visibility and low RVR, the temperature is mainly between 10-20 °C, the relative humidity is $\geq 95\%$, the wind direction is northeast or northerly, and the wind speed is $\leq 2\text{m/s}$. Both low visibility and low RVR have the highest proportion at 200~500 meters; The proportion of low visibility is the least at 100~200m, and the proportion of low RVR is the least at 50~150 m.

Keywords

Low Visibility, Low Runway Visual Range, Frequency Analysis, Meteorological Factors

Copyright © 2023 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

主导能见度是人工观测值, 指在观测点观测到的, 达到或超过四周一半或机场一半范围内的最大水平距离, 这些区域可以是连续的, 也可以是不连续的。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[2] [3]。

主导能见度和 RVR 均是机场最低运行标准的重要判断依据, 当主导能见度达不到条件时, 应当以 RVR 作为航空器起降标准。贵阳龙洞堡机场航空器起飞及仪表进近 I 类标准为: 起飞、进近要求主导能见度最低 800 m, 决断高最低为 60 m; 起飞要求 RVR 最低为 400 m, 进近要求 RVR 最低为 550 m; II 类运行标准为: 主导能见度小于 800 m 或者跑道视程小于 550 m 但不小于 300 m, 决断高低于 60 m 但不低于 30 m 情况下飞机的精密仪表进近和着陆。贵阳龙洞堡机场 19R 跑道设有仪表着陆系统及助航灯光系统, 可提供仪表着陆 II 类运行服务[4]。

胡伯彦等[5]分析了上海虹桥机场低能见度及低 RVR 特征, 发现低能见度时次多于低 RVR 时次, 且两者均在 12 月出现最多、9 月出现最少, 一天中多集中出现于 19~01 时(世界时)。杨瑜等[6]研究发现浦东机场低 RVR 与 08:00 相对湿度呈正相关, 与气温、风速呈负相关。张荣智等[7]研究了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, 冉春雷等[8]分析了 Vaisala AviMet 系统中跑道视程 RVR 计算因子, 冯汉中等[9]研究了双流机场低能见度天气预报方法。

已有的研究大多集中于对贵阳机场能见度变量的单一分析[10] [11], 对与实际运行结合更紧密的

RVR 变化特征及影响机制的研究相对较少。晴夜辐射降温、前期有降水、微风、逆温层、整层为脊前偏北气流、地面均压场均有利于出现低能见度、低 RVR 天气[12], 那影响贵阳机场运行的低能见度、低 RVR 具有怎样的特征呢? 低能见度、低 RVR 时气温、相对湿度、风向风速又是怎样分布呢? 本文通过分析低能见度(能见度低于 800 m)或低 RVR (RVR 低于 550 m)的年际特征、季节特征、年变化、日变化、持续时间等特征, 定量分析低能见度、低 RVR 时气温、相对湿度、风向风速的频率分布, 理清低能见度和低 RVR 在不同等级条件下的分布情况, 以期加深对贵阳机场低能见度及低 RVR 发生发展规律的认识, 提高航空气象预警与服务保障能力。

2. 资料与方法

所用资料为 2012~2022 年贵阳龙洞堡机场基准观测点(19 L)的 AWOS 逐分钟自动观测数据, 包括能见度、RVR、温度、相对湿度、风向风速等, 具有很好的时间连续性。贵阳龙洞堡机场东西跑道上分别装有芬兰 Vaisala 和北京 Metled 的气象自动观测系统, 主要对贵阳机场风、能见度、天气现象和云等进行观测。

主要使用频率分析方法。频率指某一事件发生的次数与总次数的比值, 通常用百分数表示。如在 n 次样本分析中, 某一事件发生了 m 次, 则该事件发生的频率 f 为: $f = \frac{m}{n} \times 100\%$ 。

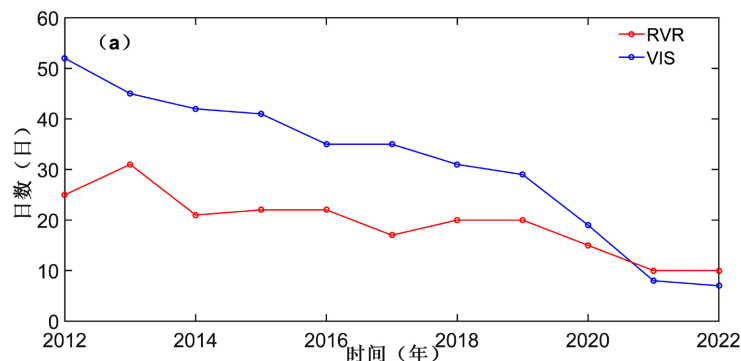
低能见度和低 RVR 发生时段统计标准: 每个时段自整点前 59 分开始, 至 00 分结束。如 01:01 (含)~02:00 (含)有低能见度或低 RVR 发生, 且持续时间大于等于 10 分钟, 则记 02:00 发生一次低能见度或低 RVR, 该日记为低能见度日或低 RVR 日。

3. 低能见度和低 RVR 变化特征

3.1. 低能见度和低 RVR 的年际、季节变化

如图 1(a)所示, 2012~2022 年贵阳机场低能见度与低 RVR 日数呈明显减少的趋势, 年际变化特征明显。其中, 低能见度峰值年为 2012 年(52 日), 谷值年为 2022 年(7 日)。低 RVR 峰值年为 2013 年(31 日), 谷值年为 2021 和 2022 年(10 日)。除 2021 和 2022 年外, 低能见度日数多于低 RVR 日数。即当能见度低于 800 m 时, RVR 不一定低于 550 m。贵阳机场低 RVR 主要由低能见度天气引起。

定义春季为 3~5 月, 夏季为 6~8 月, 秋季为 9~11 月, 冬季为 12~次年 2 月。如图 1(b)所示, 贵阳机场低能见度和低 RVR 四季均可发生。2012~2022 年贵阳机场低能见度季节特征为: 夏季 > 冬季 > 春季 > 秋季, 夏季占全年总低能见度出现日数的 29%、冬春季共占 48%。低 RVR 季节特征为: 夏季 > 春季 > 秋季 > 冬季, 夏季占全年总低 RVR 出现日数的 35%、春季占 27%。贵阳机场冬季受云贵准静止锋影响多阴雨天气, 受锋面雾影响能见度易低于 800 m, 但 RVR 一般不低于 550 m。因此冬季低能见度出现日数较多, 但低 RVR 出现日数较少。



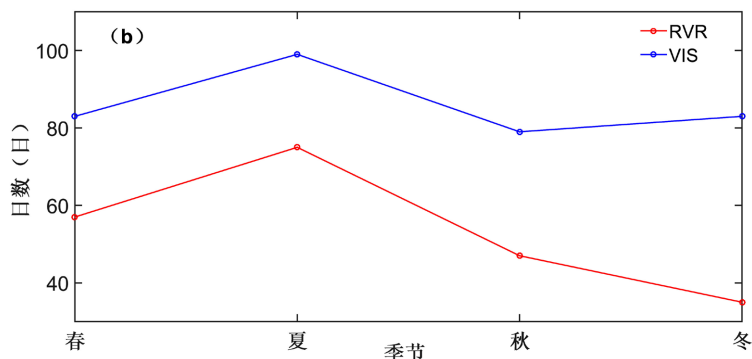


Figure 1. Low visibility and low RVR occurrence days (a) interannual, (b) seasonal variations
 图 1. 低能见度和低 RVR 发生日数(a)年际、(b)季节变化

3.2. 低能见度和低 RVR 的年变化

如图 2 所示, 低能见度和低 RVR 变化趋势比较一致, 在全年中均可能出现。其中, 峰值月均为 8 月, 8 月低能见度日和低 RVR 日分别占全年总低能见度和总低 RVR 出现日数的 11%、16%。贵阳机场 8 月多局地热对流、雷阵雨天气频发, 为低能见度和低 RVR 提供了有利的水汽条件。加之受副热带高压控制, 天气晴好。因此凌晨至早晨多低能见度、低 RVR 天气。谷值月均为 12 月, 12 月低能见度日和低 RVR 日分别占全年总低能见度和总低 RVR 出现日数的 5%、4%。低能见度在 1 月、低 RVR 在 6 月出现也较多, 均占 10%。

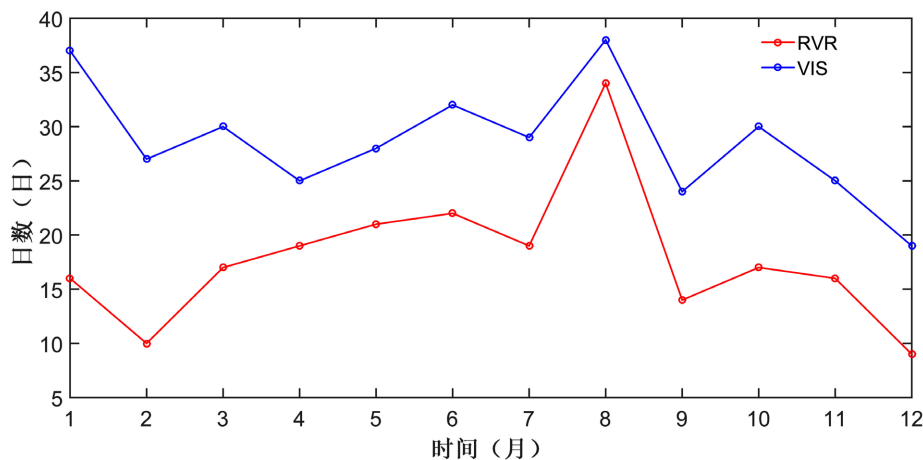


Figure 2. Annual variation of low visibility and low RVR occurrence days
 图 2. 低能见度和低 RVR 发生日数年变化

3.3. 低能见度和低 RVR 的日变化

如图 3 所示, 低能见度和低 RVR 日变化趋势比较一致, 呈单峰型分布。峰值均为北京时间 07 时(低能见度占比 15%, 低 RVR 占比 18%)。低能见度和低 RVR 均主要出现在 05~09 时(分别占比 64%、72%)。其中, 06~08 时出现频率最高(分别占比 43%、49%)。11~次日 01 时低能见度及低 RVR 出现次数均很少(分别占比 14%、6%)。其中, 15~21 时无低 RVR 出现, 低能见度在该时段可能发生, 但频率很低, 仅为 0.03%。这是因为, 此时段内发生的低能见度天气一般为锋面雾造成, 而锋面雾伴随的 RVR 一般不会太低。

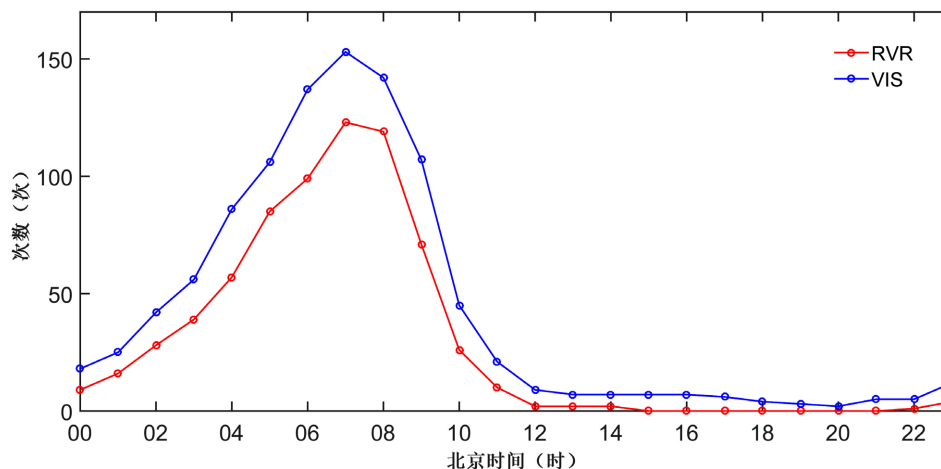
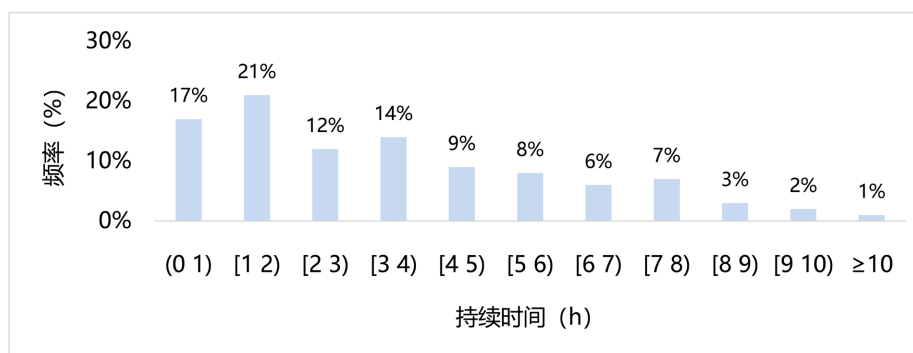


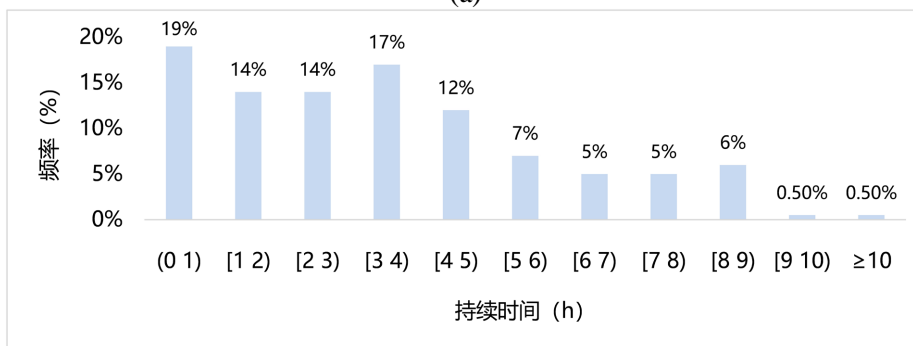
Figure 3. Diurnal variation of low visibility and low RVR frequency
图 3. 低能见度和低 RVR 发生次数日变化

3.4. 低能见度和低 RVR 的持续时间

持续时间与频率大致成反比。如图 4(a)所示, 低能见度持续时间在 1(含)~2 h 频率最高(21%), 0~4 h 占比 64%, 8 h(含)以上出现较少(6%), 10 h(含)以上出现最少(1%), 最长持续时间为 11 h 29 m, 出现在 2019 年 4 月 7 日。如图 4(b)所示, 低 RVR 持续时间在 1 h 内频率最高(19%), 0~4 h 占比 64%, 8h(含)以上出现较少(7%), 10 h(含)以上出现最少(0.5%), 最长持续时间为 10 h 39 m, 出现在 2016 年 4 月 3 日。



(a)



(b)

Figure 4. (a) Low visibility, (b) Low RVR duration distribution
图 4. (a) 低能见度、(b) 低 RVR 持续时间分布

引起贵阳机场低能见度或低 RVR 的天气现象主要是辐射雾、锋面雾、中或大的降水。辐射雾影响较大,一般在凌晨开始,早晨结束。其中,辐射冻雾持续时间一般较长、浓度最浓,最低能见度可低至 200 m,最低 RVR 可低至 50 m。当云贵静止锋维持在贵州中部一带,贵阳机场易出现锋面雾伴低云天气。锋面雾可在一天中任何时候开始,持续时间可长可短,最长持续时间为 11 h 29 m。若冷空气加强,静止锋南压或暖空气加强,静止锋北抬,贵阳机场天气将转好。锋面雾影响较小,平均最低能见度为 500 m、平均最低 RVR 为 700 m。中或大的降水可能导致短时间的低能见度或低 RVR,持续时间一般在 40 m 内,能见度最低可至 300 m、RVR 最低可至 200 m (2020 年 5 月 19 日)。

4. 与气象因子的关系

4.1. 低能见度时的气温、相对湿度分布

如图 5(a)所示,贵阳机场低能见度时气温主要在 0~20℃,频率为 86.54%。其中,10~20℃出现频率最高为 50.02%;其次是 0~10℃,频率为 36.52%;20~25℃出现频率最低,仅为 6.15%。图 5(b)为低能见度出现时的相对湿度分布,相对湿度 ≥95%所占频率达 98.67%,说明相对湿度越大,越有利于出现低能见度。低能见度时,有极少数相对湿度小于 90% (占 0.15%),这可能是由于中等或以上强降水造成的低能见度现象。

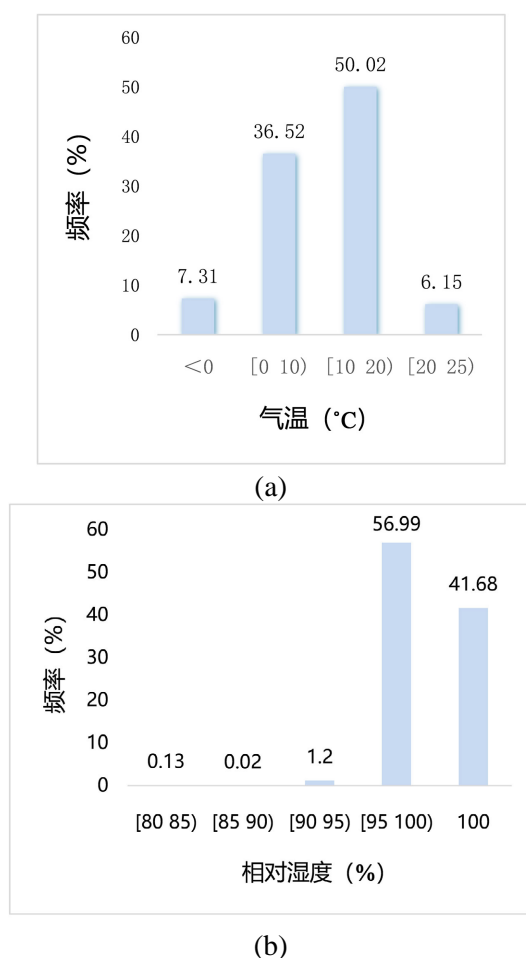


Figure 5. (a) Temperature and (b) Relative humidity distribution under low visibility
图 5. 低能见度时的(a)气温、(b)相对湿度分布

4.2. 低 RVR 时的气温、相对湿度分布

如图 6(a)所示, 贵阳机场低 RVR 时气温主要在 0~20℃, 频率为 75.01%。其中, 10~20℃出现频率最高为 43.3%; 其次是 0~10℃, 频率为 31.71%; 0℃以下出现频率最低, 仅为 9.57%。图 6(b)为低 RVR 出现时的相对湿度分布, 相对湿度 $\geq 95\%$ 所占频率达 98.23%, 说明相对湿度越大, 越有利于出现低 RVR。低 RVR 时, 有极少数相对湿度小于 90% (占 0.15%), 这也可能是由于中等或以上强降水造成的低 RVR 现象。

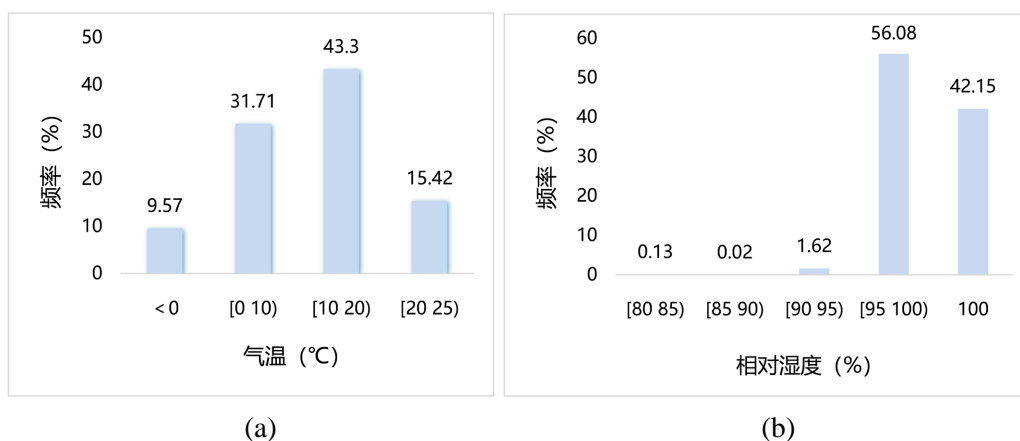


Figure 6. (a) Temperature and (b) Relative humidity distribution under low RVR

图 6. 低 RVR 时的(a)气温、(b)相对湿度分布

4.3. 低能见度时的风向风速分布

如图 7(a)所示, 贵阳机场低能见度时地面风在各个方向上都有可能发生, 但主要分布在第一、四象限内(东北风和偏北风), 以 10°~30°频次最高(8840 次), 其次为 340°~10° (7072 次)。出现最少的风向为偏西风。如图 7(b)所示, 低能见度时 89%的地面风速在 2 m/s 以下, 0~1 m/s 占比 50%。地面风速越小越有利于出现低能见度。

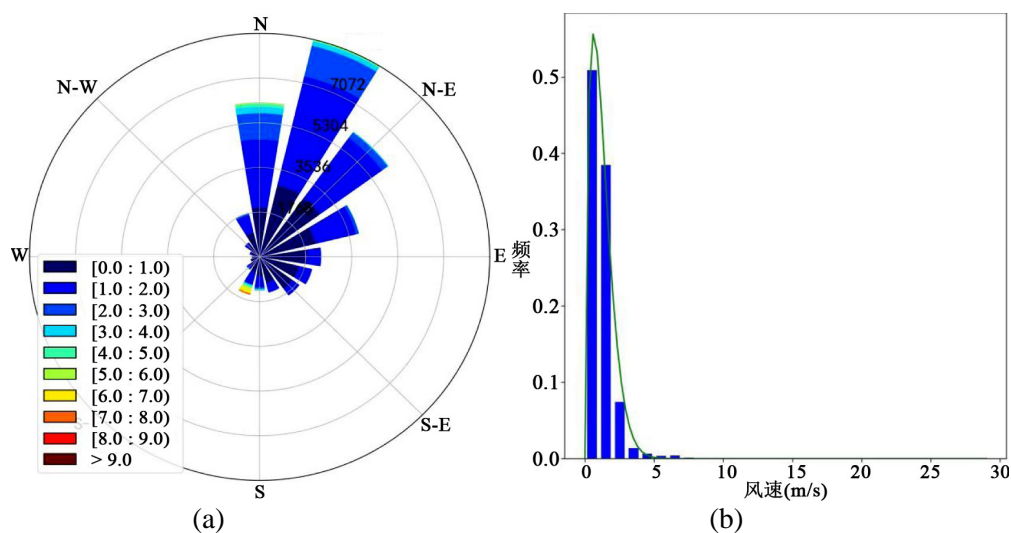


Figure 7. (a) Surface wind direction and (b) Surface wind speed distribution under low visibility

图 7. 低能见度时的(a)地面风向、(b)地面风速分布

4.4. 低 RVR 时的风向风速分布

如图 8(a)所示, 贵阳机场低 RVR 时地面风向与低能见度时地面风向分布相似, 在各个方向上均可发生, 但主要分布在第一、四象限内(东北风和偏北风), 以 10°~30°频次最高(4947 次), 其次为 30°~50° (3958 次)。出现最少的风向为偏西风。如图 8(b)所示, 低 RVR 时 93%的地面风速在 2 m/s 以下, 0~1 m/s 占比 58%。地面风速越小越有利于出现低 RVR。

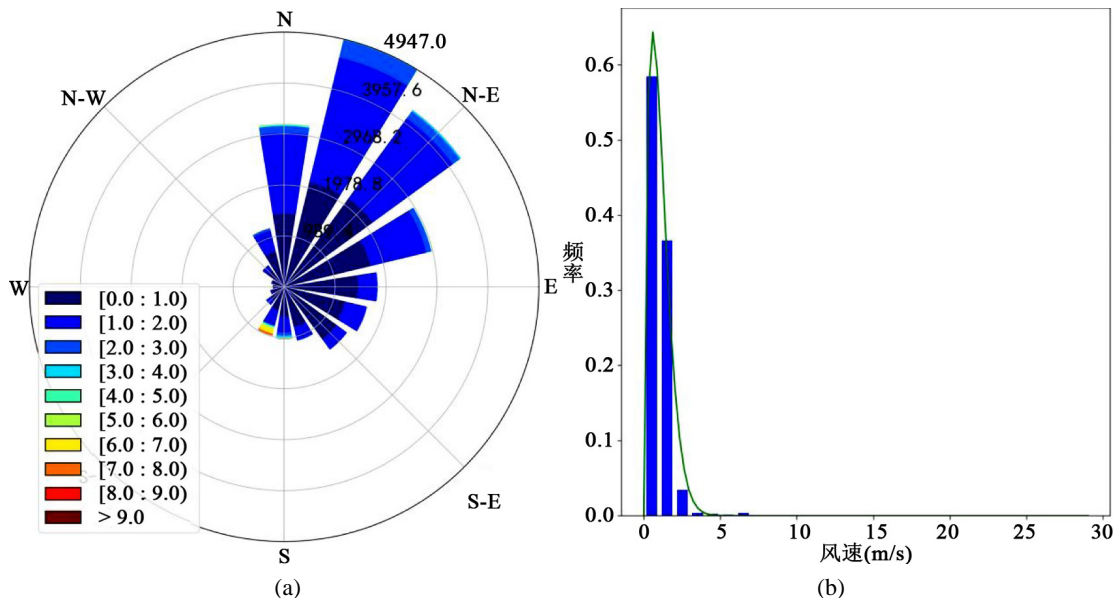


Figure 8. (a) Surface wind direction and (b) Surface wind speed distribution under low RVR
图 8. 低 RVR 时的(a)地面风向、(b)地面风速分布

5. 低能见度与低 RVR 分布

对贵阳机场 2012~2022 年间不同等级条件下低能见度与低 RVR 时次出现次数统计, 如表 1 所示: 低能见度时次在 200~500 m 占比最多, 为 60.33%。其中, 200~300 m 占比 22.68%; 700~800 m、100~200 m 占比最少, 分别为 8.81%、7.31%。如表 2 所示: 低 RVR 时次在 200~500m 占比也最多, 为 86.73%; 其中, 250~350 m 占比 34.92%; 50~150 m 占比最少, 仅为 1.3%。

Table 1. Statistics and percentage of low visibility occurrences at different levels
表 1. 不同等级下低能见度时次出现次数统计及占总数百分率

能见度	次数	百分率
≥700 m, <800 m	3513	8.81%
≥600 m, <700 m	4712	11.81%
≥500 m, <600 m	4690	11.76%
≥400 m, <500 m	6674	16.67%
≥300 m, <400 m	8367	20.98%
≥200 m, <300 m	9046	22.68%
≥100 m, <200 m	2913	7.31%

Table 2. Statistics and percentage of low RVR occurrences at different levels
表 2. 不同等级下低 RVR 时次出现次数统计及占总数百分率

RVR	次数	频率
≥500 m, <550 m	2428	9.24%
≥450 m, <500 m	3256	12.39%
≥400 m, <450 m	3701	14.09%
≥350 m, <400 m	3174	12.08%
≥300 m, <350 m	4021	15.31%
≥250 m, <300 m	5153	19.61%
≥200 m, <250 m	3481	13.25%
≥150 m, <200 m	717	2.72%
≥100 m, <150 m	153	0.59%
≥50 m, <100 m	187	0.71%

6. 结论

本文对影响贵阳机场运行的能见度低于 800 米、RVR 低于 550 米的出现次数进行统计, 对比两者在年际、季节、年变化和日变化的特征, 并定量地分析了低能见度、低 RVR 时气温、相对湿度、风向风速的频率分布, 理清了低能见度和低 RVR 在不同等级条件下的分布情况。加深了贵阳机场低能见度、低跑道视程发生发展规律及其影响机制的认识, 能为贵阳机场今后低能见度和低 RVR 的预报预警提供一定的参考。结论如下:

- (1) 贵阳机场年低能见度与低 RVR 日均呈显著的下降趋势。低能见度季节变化特征为: 夏季 > 冬季 > 春季 > 秋季; 低 RVR 为: 夏季 > 春季 > 秋季 > 冬季。
- (2) 低能见度和低 RVR 月变化趋势比较一致, 全年均可出现。峰值均为 8 月, 谷值均为 12 月。日变化呈单峰型分布, 峰值均为北京时间 07 时, 均主要出现在 05~09 时。11~次日 01 时均很少出现。其中, 15~21 时无低 RVR 出现, 低能见度在该时段发生频率很低, 仅为 0.03%。
- (3) 低能见度和低 RVR 持续时间与频率大致成反比, 主要分布在 0~4 h (均占 64%), 低能见度在 1 (含)~2 h 频率最高、低 RVR 在 1 h 内频率最高。
- (4) 低能见度和低 RVR 时气温主要在 10~20℃、相对湿度 ≥ 95%、风向为东北风或偏北风、风速 ≤ 2 m/s。
- (5) 低能见度和低 RVR 均在 200~500 m 占比最多, 分别为 60.33%、86.73%; 低能见度 100~200 m 占比最少(7.31%), 低 RVR 50~150 m 占比最少(1.3%)。

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[S]. 北京: 中国民用航空局, 2012.
- [2] 中国民用航空总局空中交通管理局. 跑道视程使用规则[S]. 北京: 中国民用航空总局, 2000.
- [3] 中国民用航空总局. 航空器机场运行最低标准的制定与实施规定[S]. 北京: 中国民用航空总局, 2001.
- [4] 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.
- [5] 胡伯彦, 冯雷, 陈志豪. 1996-2013 年上海虹桥机场低能见度及低跑道视程特征分析[J]. 气象科技, 2015, 43(1): 151-155.
- [6] 杨瑜, 丁文敏. 浦东机场低跑道视程变化特征及其影响机制分析[J]. 干旱气象, 2016, 34(5): 873-880.
- [7] 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.

- [8] 冉春雷. Vaisala AviMet 系统中跑道视程 RVR 计算因子分析[J]. 气象科技, 2014, 42(2): 324-329.
- [9] 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.
- [10] 宋媛, 陈义义. 2008 至 2016 年贵阳机场大雾天气统计及环流特征分析[J]. 民航科技, 2017(6), 83-86.
- [11] 司林青. 贵阳机场辐射雾天气特征及客观预报研究[J]. 气候变化研究快报, 2022, 11(3): 232-239.
- [12] 罗璇, 刘辉权, 年艾冰, 等. 贵阳机场锋面雾气候特征分析[J]. 气候变化研究快报, 2022, 11(5): 837-843.