

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

宋 媛

中国民用航空空中交通管理局贵州分局, 贵州 贵阳

收稿日期: 2022年4月23日; 录用日期: 2022年5月21日; 发布日期: 2022年5月30日

摘 要

本文基于贵阳龙洞堡机场整点天气报告资料, 通过统计分析, 探寻低能见度与低RVR之间潜在的相关关系。结果表明: 低能见度、低RVR变化趋势比较一致; 季节变化特征: 出现频次为冬季 > 秋季 > 夏季 > 春季; 每年的1月、8月、10月、12月低能见度、低RVR出现频次最多; 6月、7月、9月出现最少; 低能见度与低RVR均在后半夜出现次数最多, 即世界时21时~次日01时(北京时05时~次日09时)出现次数最多; 在下午至前半夜出现次数最少, 即世界时05时~15时(北京时13时~23时)出现次数最少。

关键词

贵阳机场, 主导能见度, 跑道视程, 辐射雾

Correlation Analysis between Low Visibility and Low RVR in Guiyang Airport and a Radiation Fog Weather Analysis

Yuan Song

Guizhou Air Traffic Control Sub-Bureau of CAAC, Guiyang Guizhou

Received: Apr. 23rd, 2022; accepted: May 21st, 2022; published: May 30th, 2022

Abstract

Based on the whole point weather report data of Guiyang Longdongbao airport, this paper explores the potential correlation between low visibility and low RVR through statistical analysis. The results show that the variation trends of low visibility and low RVR are relatively consistent;

seasonal variation characteristics: the occurrence frequency is winter > autumn > summer > spring; low visibility and low RVR occur most frequently in January, August, October and December every year; in June, July and September, the occurrence was the least; both low visibility and low RVR occurred the most in the second half of the night, *i.e.* 21:00 UTC~01:00 the next day (05:00 Beijing time~09:00 the next day); it appears the least from the afternoon to the first midnight, that is, it appears the least from 05:00 to 15:00 universal time (13:00 to 23:00 Beijing time).

Keywords

Guiyang Airport, Dominant Visibility, Runway Visual Range, Radiation Fog

Copyright © 2022 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

主导能见度是指观测到的、达到或超过四周一半或机场一半的范围所具有的最大能见度的值。这些区域可以是连续的、也可以是不连续的[1]。跑道视程 RVR 是指在跑道中线上, 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]。低能见度为影响航空器起降的重要因素之一[2]。根据民航局第 98 号令的规定, 空中交通管制员必须根据 RVR 和主导能见度来判断航空器是否达到起降标准, 当机场同时使用主导能见度和 RVR 时, 应当以 RVR 作为起降标准, 若主导能见度小于 800 m 时, 必须使用 RVR [3]。RVR 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[4]。

主导能见度和 RVR 是机场用于判断是否满足最低运行标准的重要依据。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。在实际业务运行中, 尤其是在低能见度天气条件下, RVR 的预报显得更加重要。不同级别的放行条件所要求的 RVR 值要远低于主导能见度的值, 在放行中使用 RVR 进行决策具有较为明显的优势[3]。因此, 如果能探讨主导能见度和 RVR 的相关关系, 在能见度预报的条件下大致推演 RVR 的变化趋势, 对增强航班放行决策能力, 减少航班延误、提高航班正常率是有一定帮助的。RVR 的预报是民航气象工作者提高航空气象预警及服务保障能力的难点和重点。近年来, 不少气象专家致力于能见度和 RVR 的研究[4] [5] [6] [7]。冉春雷等[8]分析了 Vaisala AviMet 系统中跑道视程 RVR 计算因子, 张荣智等[9]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, 胡伯彦等[10]讨论了上海虹桥机场低能见度及低跑道视程的特征, 冯汉中等[11]研究了双流机场低能见度天气预报方法。目前有关贵阳机场低能见度及低跑道视程的研究相对较少, 本文基于贵阳龙洞堡机场整点天气报告资料, 通过统计分析, 探寻低能见度与低 RVR 之间潜在的相关关系。以期贵阳机场 RVR 的预报提供一定的参考。

2. 贵阳机场低能见度与低 RVR 时间分布特征

本文统计分析贵阳龙洞堡机场 2013 年 1 月 1 日~2017 年 12 月 31 日逐小时实况资料和 RVR 探测资

料。其中, RVR 为整点 10 分钟平均值。并定义当 RVR 为 M0050 时, 取 RVR 为 50 米; 当 RVR 为 P2000 时, RVR 定义为 2000m。

本文统计分析贵阳机场 2013~2017 年整点天气报告中主导能见度 < 1000 m, RVR < 1000 m 的分布情况。并定义低能见度为主导能见度 < 1000 m, 低 RVR 定义为 RVR < 1000 m。具体分析贵阳机场低能见度及低 RVR 的年际变化特征、季节变化特征、月变化特征、日变化特征。

2.1. 贵阳机场低能见度与低 RVR 年际变化

2013~2017 年贵阳机场主导能见度 < 1000 m 与 RVR < 1000 m 的日数呈正相关关系, 两者均为双峰型分布。说明低能见度与低 RVR 的年际变化特征明显。其中, 2014 年出现日数最多, 均为 31 天; 2017 年出现日数最少, 主导能见度 < 1000 m 的日数为 8 天, RVR < 1000 m 的日数为 12 天。

2013~2017 年逐年低能见度与低 RVR 时次次数呈现正相关关系, 且年际变化特征明显。其中 2014 年低能见度与低 RVR 出现时次次数均最多, 分别为 99 时次、89 时次。2017 年低能见度与低 RVR 出现时次次数均最少, 分别为 32 时次、25 次。这与逐年低能见度、低 RVR 日数分布特征是相吻合的。

根据以上分析, 可以看出低能见度、低 RVR 日数和时次的变化趋势是基本一致的。由于日数数据量少, 用时次数据能更好地代表其年际、月、日等变化特征, 因此下文着重对其出现时次进行分析。

2.2. 贵阳机场低能见度与低 RVR 出现时次季节分布

2013~2017 年逐年低能见度和低 RVR 出现时次季节分布(表 1)分析可知, 低能见度与低 RVR 依然呈正相关关系。其中冬季出现次数最多, 分别为 145 次、122 次。其次为夏季, 分别为 72 次、75 次。春季出现次数最少, 分别为 60 次、62 次。

Table 1. Seasonal distribution of low visibility and low RVR in 2013~2017

表 1. 2013~2017 年逐年低能见度和低 RVR 季节变化

季节	主导能见度 < 1000 m	RVR < 1000 m
春季	60	62
夏季	72	75
秋季	69	77
冬季	145	122

2.3. 贵阳机场低能见度与低 RVR 出现时次月分布

图 1 为 2013~2017 年逐月低能见度和低 RVR 出现时次次数分布, 由图可见, 逐月低能见度和低 RVR 出现时次次数依然呈正相关关系。其中每年的 8 月出现次数最多, 分别为 55 次、51 次。每年 6 月出现次数最少, 分别为 7 次、10 次。

2.4. 贵阳机场低能见度与低 RVR 出现时次时刻分布

图 2 为 2013~2017 年低能见度和低 RVR 不同时次出现次数分布, 由图可见, 低能见度与低 RVR 均在后半夜出现次数最多, 即世界时 21 时~次日 01 时(北京时 05 时~次日 09 时)出现次数最多; 在下午至前半夜出现次数最少, 即世界时 05 时~15 时(北京时 13 时~23 时)出现次数最少。

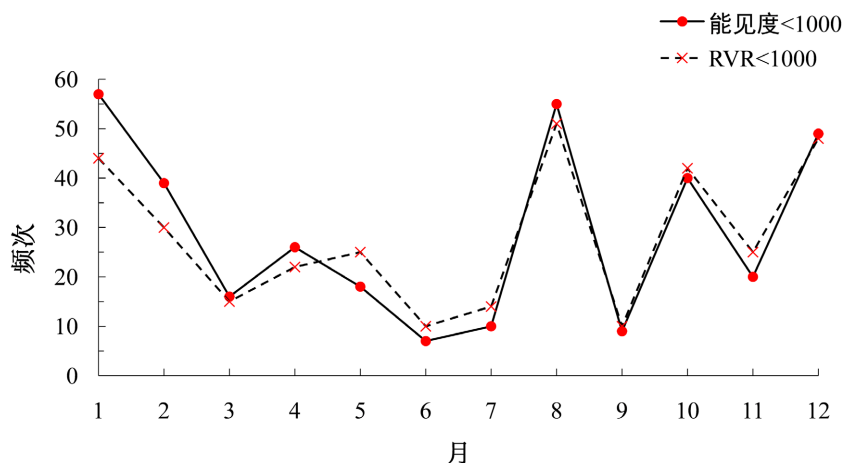


Figure 1. Monthly occurrence times of low visibility and low RVR from 2013 to 2017

图 1. 2013~2017 年逐月低能见度和低 RVR 出现时次次数

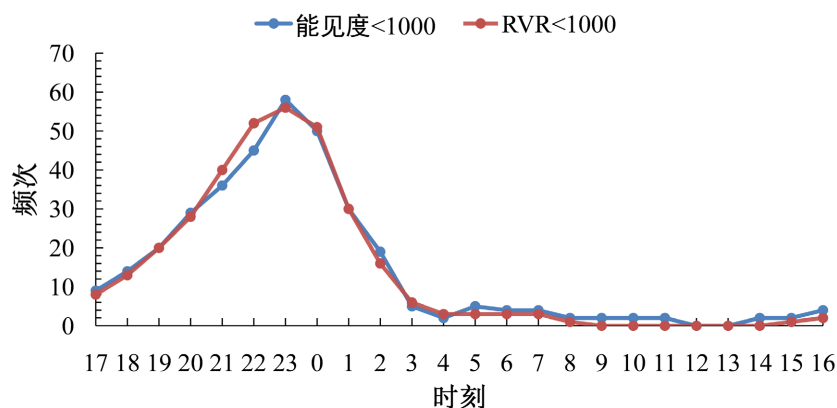


Figure 2. Number of different occurrences of low visibility and low RVR in 2013~2017 (universal time)

图 2. 2013~2017 年低能见度和低 RVR 不同时刻出现次数(世界时)

2.5. 贵阳机场低能见度和低 RVR 各级分布

表 2 为低能见度、低 RVR 各级出现次数及占比情况。其中，低能见度 < 350 m 出现了 162 次，占比为 45.5%；低 RVR 出现了 119 次，占比为 35.4%。低能见度及低 RVR 在 < 350 m 出现的概率最大。低能见度在 550 (含)~1000 m 之间出现概率次之，分别为 125 次和 113 次，占比分别为 35.1%、33.6%。低能见度在 350 (含)~550 m 之间出现概率最小，分别为 69 次、104 次；占比分别为 19.4%、31%。

Table 2. Distribution of low visibility and low RVR in 2013~2017

表 2. 2013~2017 年低能见度和低 RVR 各级分布

分级	低能见度		低 RVR	
	次数	百分比	次数	百分比
<350 m	162	45.5%	119	35.4%
350 (含)~550 m	69	19.4%	104	31%
550 (含)~1000 m	125	35.1%	113	33.6%
总计	356	100%	336	100%

3. 贵阳机场低能见度与低 RVR 相关性规律

综合以上统计分析, 2013~2017 共 5 年数据得出以下规律:

- 1) 低能见度、低 RVR 变化趋势比较一致。即当跑道视程 RVR 低于 1000 m 时, 主导能见度一般也低于 1000 m;
- 2) 低能见度、低 RVR 季节变化特征: 出现频次为冬季 > 秋季 > 夏季 > 春季;
- 3) 低能见度、低 RVR 月变化特征: 低能见度、低 RVR 月变化特征: 每年的 1 月、8 月、10 月、12 月低能见度、低 RVR 出现频次最多; 6 月、7 月、9 月出现最少
- 4) 低能见度、低 RVR 时次变化特征: 低能见度与低 RVR 均在后半夜出现次数最多, 即世界时 21 时~次日 01 时(北京时 05 时~次日 09 时)出现次数最多; 在下午至前半夜出现次数最少, 即世界时 05 时~15 时(北京时 13 时~23 时)出现次数最少。

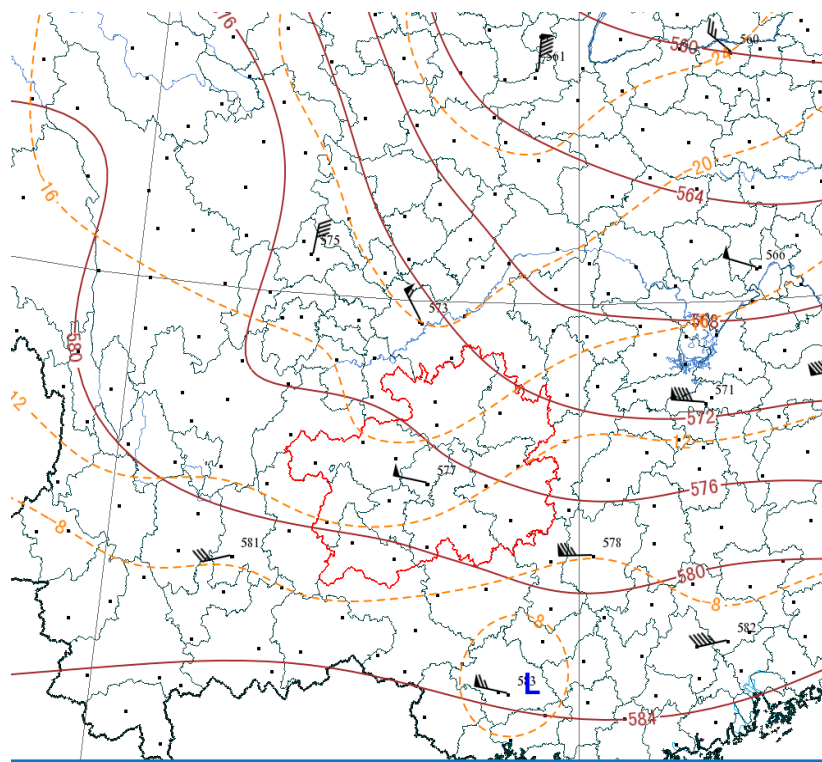
4. 2021 年 1 月 23 日辐射雾天气分析

4.1. 实况回顾

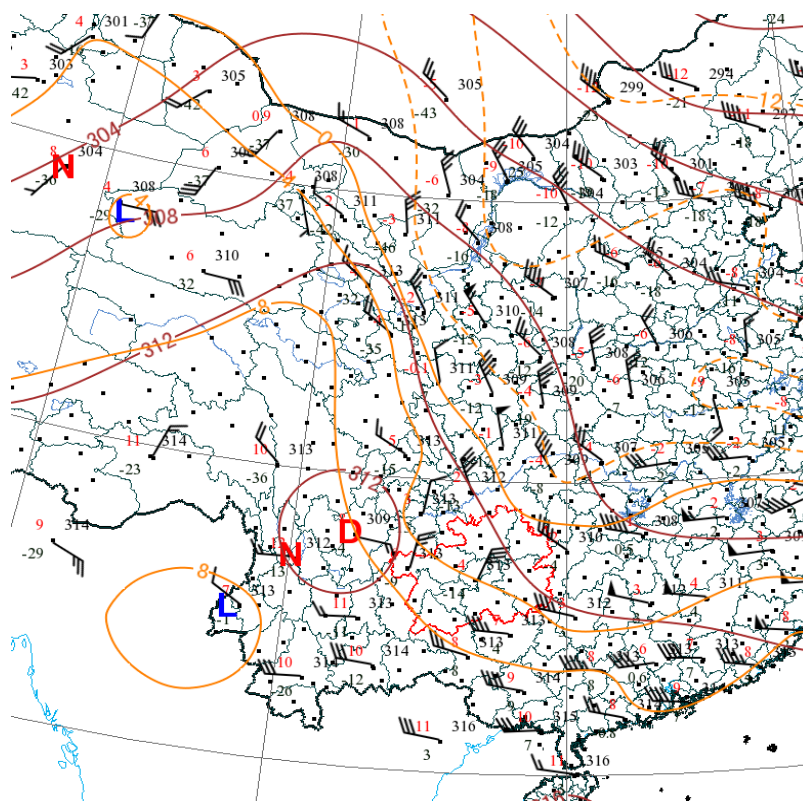
2021 年 1 月 23 日 05:44~09:45 (北京时)贵阳机场出现了辐射雾天气, 共造成 78 个航班延误。由于起雾时段正值出港高峰期, 对航班正常性造成了较大影响。

4.2. 环流形势分析

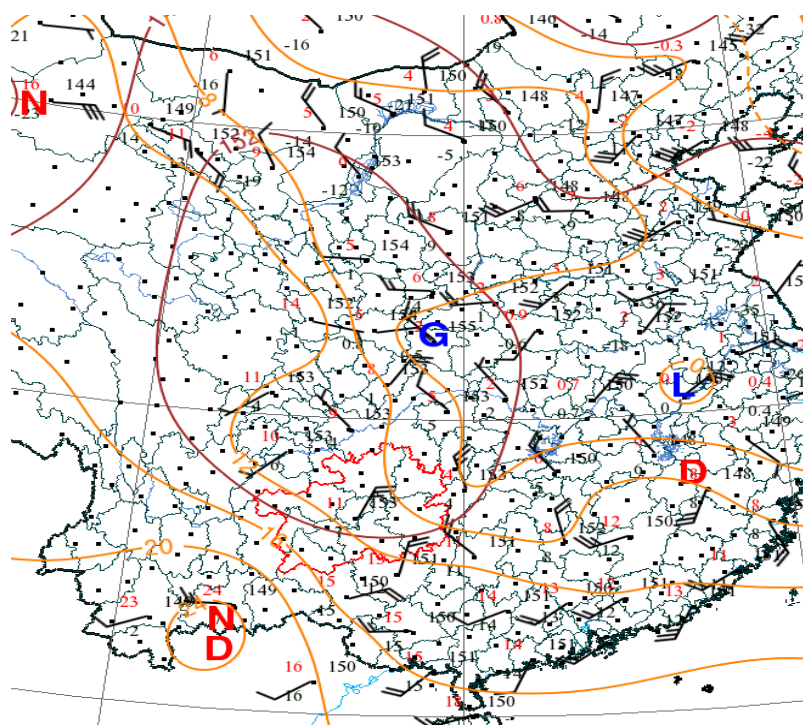
由图 3 可见, 北京时间 1 月 22 日 20 时 500 hPa 本场处于脊前偏西北气流控制, 700 hPa 处于脊前偏东北气流控制, 850 hPa 处于高压前部偏东北气流控制, 属于辐射雾的经典模型。22 日中午前本场为持续的阴有小雨天气, 为辐射雾的出现提供了充足的水汽。



(a) 500 hPa



(b) 700 hPa



(c) 850 hPa

Figure 3. Actual distribution of isobar (purple solid line), isotherm (yellow solid line) and wind at 20:00 on January 22, 2021 (Beijing time)

图 3. 2021 年 1 月 22 日 20 时(北京时)等压线(紫色实线)、等温线(黄色实线)及风场实况分布

4.3. 气象要素变化

以下气象要素数据均采用贵阳机场 AWOS 自动气象观测数据，时间分辨率为分钟。

4.3.1. 主导能见度

由图 4 可见，跑道 19L、跑道中段 MID、跑道 01R 的主导能见度均呈现“U 型分布”。北京时间 23 日 05:43 跑道 19L 主导能见度为 1600 m，05:44 主导能见度骤降至 750 m，06:45 至 07:40 主导能见度维持在最低值 150 m 附近，09:33 上升至 500 m。后续在 450~1300 m 之间波动，09:51 达到 550 m，09:56 后稳定在 2000 m 以上。跑道中段 MID 的主导能见度下降相对滞后，06:10 主导能见度为 4500 m，06:12 骤降至 80 mm，06:24~07:19 一直稳定在最低值 200 m，后续在 250~600 m 之间波动，09:50 达到 800 m，10:48 稳定在 2000 m 以上。跑道 01R 低能见度出现最晚，06:29 主导能见度为 4600 m，06:30 骤降到 350 m，09:32 前主导能见度在 250~350 m 间波动，09:40 达 700 m，09:50 稳定在 2000 m 以上。可见，此次辐射雾是由跑道北头 19L 最先出现，随后依次向跑道中段 MID、跑道南头 01R 蔓延，直至完全覆盖整条跑道。06:35~09:22 贵阳机场为浓雾时段，主导能见度 ≤ 250 m。

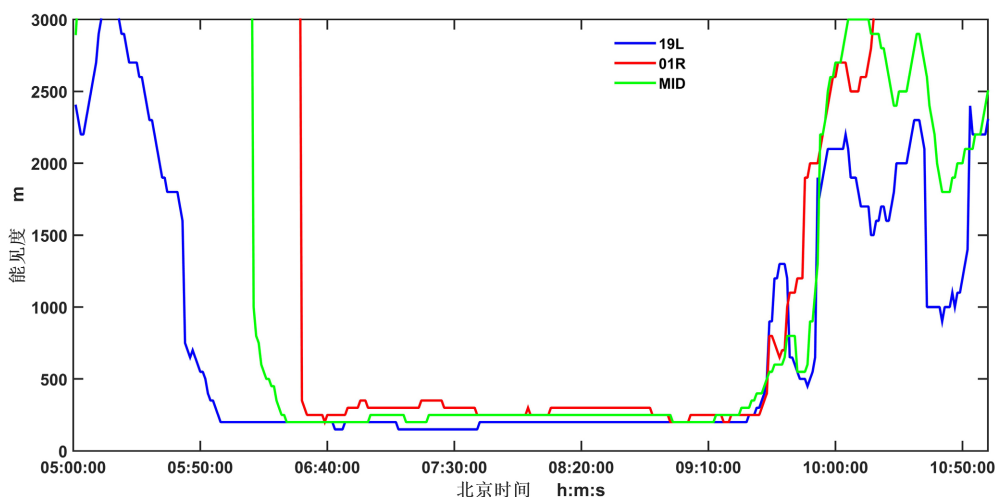


Figure 4. The time curve of dominant visibility

图 4. 主导能见度时间变化曲线

4.3.2. 跑道视程

对比主导能见度的时间变化曲线发现，跑道视程与主导能见度的变化趋势是比较一致的，同样呈现为“U 型分布”。由图 5 可见，北京时间 05:43 跑道 19L 跑道视程为 1100 m，05:45 骤降至 275 m，05:55~06:55 跑道视程在 50~75 m 间波动。06:57~09:23 跑道视程在 100~250 m 之间波动。09:28 达 400 m，09:31 达 800 m，后续持续上升。跑道中段 MID 跑道视程下降与其主导能见度的下降相吻合，也相对 19L 滞后，06:10 为 2500 m，06:11 骤降至 350 m。06:15~06:55 在 50~75 米间波动。09:22 前跑道视程在 275~325 m 间波动，09:28 达 600 m，09:38 达 800 m，后续持续上升。跑道 01R 跑道视程的下降与其主导能见度的下降相吻合，对比跑道中段也相对滞后。06:29 跑道视程为 2600 m，06:31~06:54 在最低值 50~75 m 间波动。09:30 前在 275~350 m 间波动，09:31 达 800 m。06:30~09:17 贵阳机场跑道 ≤ 300 m。

4.3.3. 温度露点及相对湿度

由图 6(a)可见，北京时间 23 日 05:00~11:00 气温、露点整体均呈现先降低后升高的趋势，呈现为“V 型分布”。06:35 气温降至 0℃，07:38~07:44 气温降至当日最低温 -0.9℃。后续缓慢回升，08:28~09:03 气温

在 0°C 附近波动。06:28~09:24 气温在 -0.9°C ~ 0.5°C 间波动，三小时内气温变化不大(1.4°C)，该时段贵阳机场主导能见度 ≤ 250 米，跑道视程 ≤ 300 米，为浓雾时段。由图 6(b)可见，北京时间 06:29 前相对湿度在 95%~97%间波动，后续呈上升趋势。09:06 相对湿度达到 99%。可见，相对湿度达到 95%就可能出现雾。

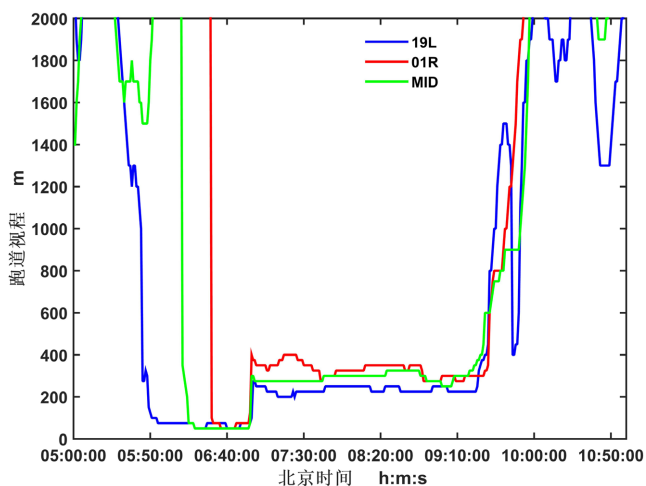


Figure 5. The time curve of runway visual range

图 5. 跑道视程时间变化曲线

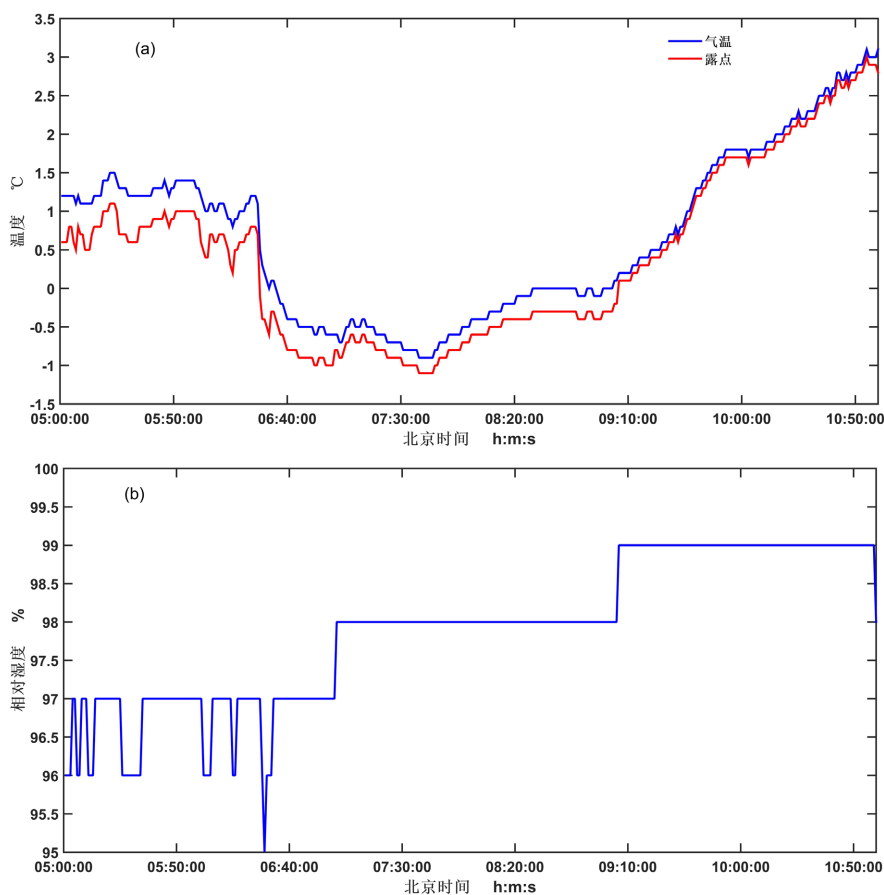


Figure 6. The time curve of temperature dew point (a) and relative humidity (b)

图 6. (a) 气温露点及(b) 相对湿度时间变化曲线

4.3.4. 风向风速

由图 7(a)可见,跑道 19L、跑道中段 MID、跑道 01R 的风向变化趋势基本一致。北京时间 05:00~05:43 跑道 19L 主导风向为偏南风,跑道中段 MID 及跑道 01R 主导风向均为西南风到东南风;05:44~08:15 跑道 19L 主要为偏北风,跑道中段 MID 及跑道 01R 均由偏东风快速转为偏北风;08:22~09:35 跑道 19L 及跑道中段 MID 均为偏东南风;05:45~08:51 跑道 01R 由偏东风快速转为偏北风,08:53~09:31 由西南风转为东南风。09:40 后,跑道 19L、01R,跑道中段 MID 均转为偏北风。起雾时段内,风向不定。

由图 7(b)可见,北京时间 07:35~10:00 跑道 19L、01R 及跑道中段 MID 的风速变化趋势比较一致。05:44~09:05 跑道 19L 风速在 0.4~1.3 m/s 间波动,跑道中段 MID 风速在 0.4~1.4 m/s 间波动,跑道 01R 风速在 0.3~1.7 m/s 间波动。起雾时段内,跑道风速变化不大,最大风速 < 1.7 m/s,有利于大雾天气的维持。

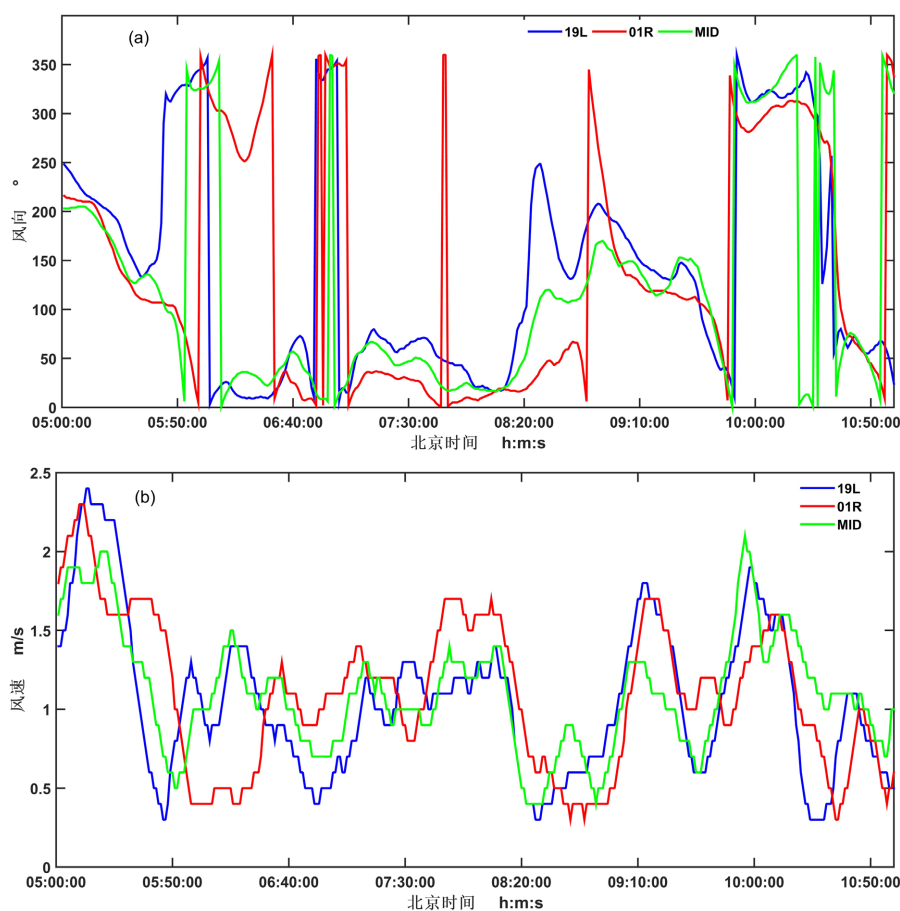


Figure 7. The time curve of wind direction (a) and wind speed (b)

图 7. (a) 风向、(b) 风速时间变化曲线

4.3.5. 总云量

总云量的数据来源于贵阳机场观测月总簿,为观测整点时段的数据。由图 8 可见,北京时间 1 月 22 日 21:00~23:00 总云量为 0 个量,22 日 24:00~23 日 05:00 总云量在 1~3 个量间变化,06:00 后总云量为 8 个量(05:44 贵阳机场开始起雾,云高用垂直能见度代替,云量为 8 个量)。起雾前天空少云,有利于辐射降温,进而有利于形成辐射雾。

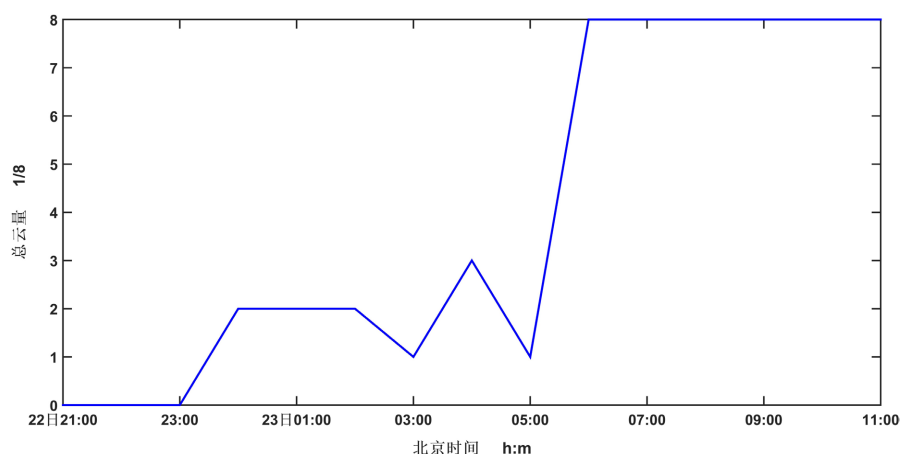


Figure 8. The time curve of total cloud cover
图 8. 总云量时间变化曲线

5. 结论

综合以上分析, 北京时间 1 月 22 日中午前贵阳机场持续阴雨天气, 近地面水汽充沛(相对湿度为 95%~99%)。22 日午后转为少云(总云量为 0~3 个量), 22 日夜间贵阳机场高低空均处于脊前偏北气流控制, 风向不定、风速较小(0.4~1.7 m/s)。环流形式和要素特征均有利于起雾, 是一次典型的辐射雾天气过程。

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[M]. 北京: 中国民用航空总局, 2012.
- [2] 中国民用航空总局. CCAR-91FS-II. 中国民用航空仪表着陆系统 II 类运行规定[S]. 北京: 中国民用航空总局, 1996.
- [3] 中国民用航空总局空中交通管理局. MD-TM-2000-47. 跑道视程使用规则[S]. 北京: 中国民用航空总局, 2000.
- [4] 中国民用航空总局. CCAR-97FS-R1. 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.
- [5] 陈晓龙. 主导能见度与 RVR 相关性探讨——以近五年虹桥机场数据分析为例[J]. 科学与信息化, 2018(33): 46-47.
- [6] 张高杰, 强晓西, 董爱民, 廖毅. 西安机场低能见度天气下 RVR 与 VIS 替代关系研究[J]. 科技创新导报, 2020(14): 117-118.
- [7] 全林生, 全征宇, 邹波. 基于机场 RVR 与 VIS 关系的 VR 放行技术[J]. 中国民航飞行学院学报, 2018, 29(1): 13-20.
- [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] 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.
- [10] 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.
- [11] 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.
- [12] 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.