

# 贵阳机场近十年低云天气统计和分析

杨新宇, 张亚男, 罗 阳

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8月18日; 录用日期: 2023年9月15日; 发布日期: 2023年9月25日

## 摘 要

利用贵阳机场2012~2022年月总簿、人工观测等资料,对贵阳机场近十年百米及以下低云的气候和要素特征以及低云过程的时间特征进行统计和分析,得出以下主要结论:全年有1/3的概率会出现百米及以下低云,冬季最容易出现,夏季则出现少,春秋两季的低云特征相似度高。在月变化特征上表现为,1月是出现百米及以下低云的高频月份。出现低云日时温度和温度露点差在逐年季节变化上主要为负距平,相对湿度主要在[100%, 75%]之间,风向常在北东和东北东两个方向,风速为2~3 m/s;百米及以下低云过程通常开始于午夜及凌晨,消散于日出之后,最常出现1个小时左右,常伴随稳定性降水和轻雾。

## 关键词

贵阳机场, 低云, 气候特征, 生消规律

# Statistics and Analysis of Low Cloud Weather at Guiyang Airport in Recent Ten Years

Xinyu Yang, Yanan Zhang, Yang Luo

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

Received: Aug. 18<sup>th</sup>, 2023; accepted: Sep. 15<sup>th</sup>, 2023; published: Sep. 25<sup>th</sup>, 2023

## Abstract

Based on the monthly book data and manual observation data of Guiyang Airport from 2012 to 2022, the climate and element characteristics of low clouds below 100 meters at Guiyang Airport in recent ten years and the time characteristics of low cloud processes were statistically analyzed. The main conclusions were drawn as follows: There is a 1/3 probability of low clouds below 100 meters throughout the year, which are most likely to appear in winter, but less in summer, and the characteristics of low clouds in spring and autumn are highly similar. In terms of monthly variation characteristics, January is a high-frequency month with low clouds below 100 meters. The

temperature and dew-point difference of low cloud days are mainly negative anomaly in seasonal variation, and the relative humidity is mainly between [100%, 75%]. The wind direction is usually north-east and east-north-east, and the wind speed is 2~3 m/s. The low cloud process usually begins in the midnight and early morning, and dissipates after sunrise, most often for about an hour, often accompanied by steady precipitation and light fog.

## Keywords

Guiyang Airport, Low Clouds, Climate Characteristics, The Laws of Occurrence and Dissipation

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

航空气象中的低云是指云底高度低于 2500 米以下的云[1]，它是影响航空飞行安全的重要因素之一。低云中含水量相对于其他高度的云更大，所以云中能见度更恶劣。一些低碎云的云底高度常常较低，当云底高度低于机场运行标准时，常发生由低云造成的飞机复飞或者返航备降的情况。影响贵阳机场飞行安全和正常的低云主要有碎雨云和碎积云[2]。低云出现的气候特征与地理位置有关。金耀庭[3]等研究分析得出虹桥机场低云出现频率最高的月份在 6 月，此时长江中下正处于梅雨期，出现频率最少的月份反而在 10 月。于佳松[4]等统计发现，大连机场低云在夏季出现频率最多，其次是冬季。杨瑜[5]等统计浦东机场影响航空飞行的 450 米低云与降水的分布特征及相关性，发现低云日和雨日相关性很高，冬季最高，春秋次之。吴亮宏[6]等统计分析成都双流机场的碎雨云与降水量正相关，常伴随降水的生消而生消，多出现在春夏两季。罗璇[7]等统计分析贵阳机场发生 60 米及以下低云时的相对湿度多出现在[95%, 100%]这个区间内，风向为东北风为主，风速在[1, 4]米/秒。王锡东[8]等对海口美兰机场低云低能见度出现时间进行统计分析得出，冬季最易在早晚出现，春秋两季出现时间均集中在早晨，夏季出现时间不稳定。

贵州地貌类型复杂，依托西北高而东南低的云贵高原，山地性显著，是贵阳机场气候主要的自然地理背景。冬半年常受云贵准静止锋的影响，当其维持在贵州中西部时，机场往往会出现低云低能见度[7]。本文将通过对贵阳机场百米及以下低云的数据进行统计和分析，从而为贵阳机场低云天气的预报提供一些参考。

## 2. 资料和方法

本文所使用的资料包括：贵阳机场 2012 年 1 月至 2022 年 12 月月总簿逐时人工观测资料(包括云量、云高、天气现象)，以及月总簿中日平均资料(温度、露点、相对湿度、风场)，只要当日整点记录中云高在百米及以下低云都属于本文分析的低云日。间隔未超过两个小时均算作一次低云过程。文中所有时间均为北京时。

## 3. 低云特征分析

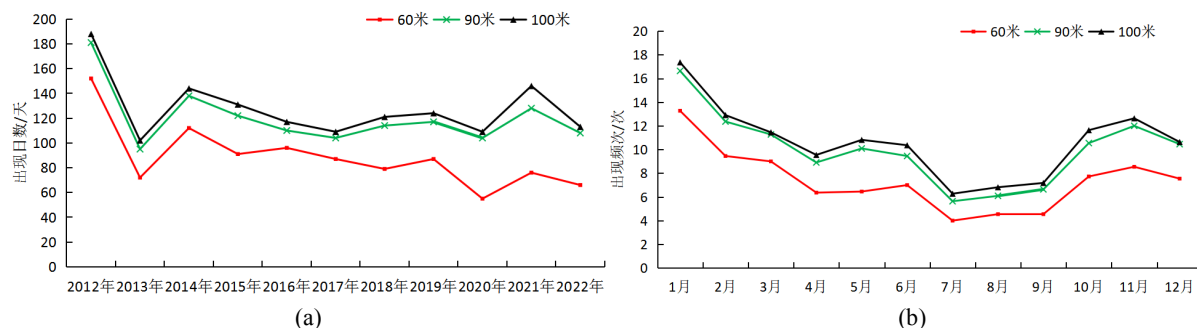
### 3.1. 不同云高的低云日特征分析

#### 3.1.1. 年、月变化

贵阳机场 2012~2022 年期间 60 米(及以下)、90 米(及以下)、100 米(及以下)出现次数分别是 973 次、1321 次、1401 次。即 60 米及以下的低云平均每年出现 88 天，每个月出现频次约为 7 天；90 米及以下

的低云平均每年出现 120 天，即每个月出现频次为 10 天；100 米及以下的低云则平均每年出现 128 天，即每个月出现的频次约为 11 天。从不同云高低云的出现总日数和年平均来看，90 米及以下的低云和 100 米及以下的低云在出现日数上差异不明显。

从逐年的各高度低云日总出现日数统计来看(图 1(a))，各高度的变化趋势基本一致。其中，2012 年是近十年中百米及以下低云出现日数最多的一年，各高度出现日数分别为 152 天、181 天、188 天，分别占全年总日数比为 42%、50%、52%。2013 是 90 米和 100 米低云出现最少的一年，各高度出现日数分别为 95 天、102 天，分别占比 26%、28%；2020 年则是 60 米及以下低云出现最少的一年，出现日数为 55 天，占比 15%。



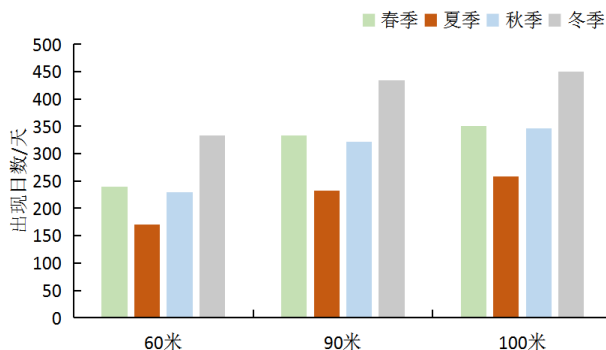
**Figure 1.** The (a) annual variation of the number of days and (b) monthly variation of the frequency of low clouds at each height of 60 meters, 90 meters and 100 meters, from 2012 to 2022

**图 1.** 2012~2022 年期间 60 米、90 米、100 米各高度低云(a) 出现日数的年变化(b) 出现频次的月变化

贵阳机场各高度的月变化明显(图 1(b))，1 月出现的低云次数最多，各高度出现频次分别约为 13 次、17 次、17 次；7 月出现低云的次数最少，各高度出现频次分别约为 4 次、6 次、6 次。从月变化趋势来看，1 月至 4 月低云出现频次稳步减少，5 月到 6 月略微增加，7 月至 9 月低云日明显低于其他月份，10 月至 11 月低云出现频次明显增多，12 月低云出现频次相对有所减少。

### 3.1.2. 季节变化

对比不同高度的月变化和季节变化(图 2)可以得出，在月变化中得峰值与季节变化的峰值基本吻合，即月变化的峰值 1 月包含在季节变化的峰值冬季(12~1 月)中，月变化的谷值 7 月同样包含在季节变化的谷值夏季(6~8 月)中。且各高度的季节变化趋势基本一致：冬季多夏季少、春秋季基本持平。



**Figure 2.** The number of days with low clouds at the height of 60 meters, 90 meters and 100 meters varied seasonally from 2012 to 2022

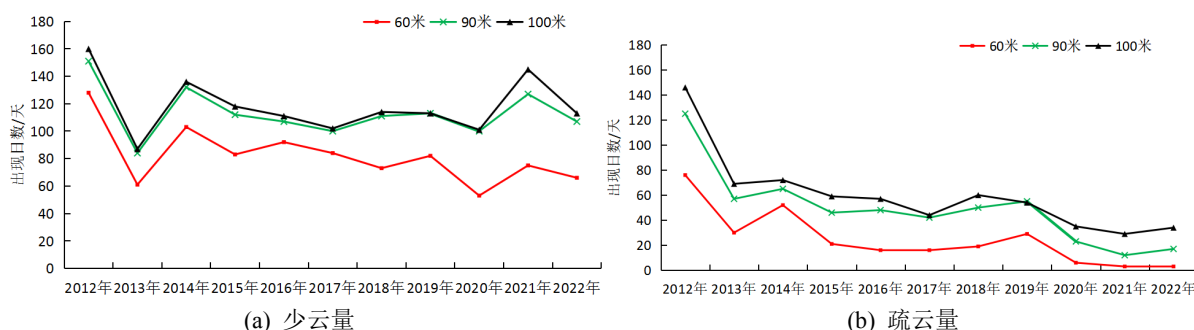
**图 2.** 2012~2022 年期间 60 米、90 米、100 米各高度低云出现日数季节变化

### 3.2. 不同云量的低云日特征分析

在民航气象观测规范中,云量的记录采用八分制,1~2个量为少云量,3~4个量为疏云量,5~7个量为多云量,8个量为阴天[1]。由于在记录中未满足1个量的云出现记为0个量,本文中将其纳入少云量中分析(而当出现8个量600米及以下的云,已经属于垂直能见度,不在本文研究的对象内)。所以将针对少云量、疏云量和多云量的低云在不同高度的年、季、月的变化特征进行分析。

#### 3.2.1. 年变化

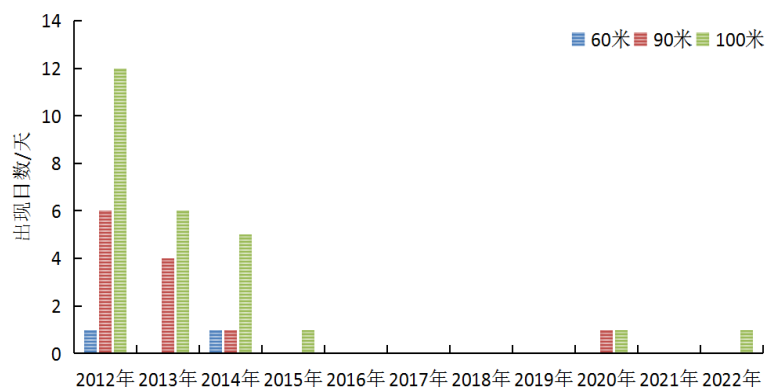
从2012~2022年少云(0~2个)量的年变化(图3(a))来看,各高度的出现日数变化趋势以及峰谷值与低云日总出现日数(图1(a))基本一致。可见,贵阳机场百米及以下低云虽然出现天数较多,但出现低云时的云量与少云量年变化特征相似。



**Figure 3.** The annual variation of the number of days with (a) few clouds and with (b) scattered clouds at the height of 60 meters, 90 meters and 100 meters, from 2012 to 2022

**图 3.** 2012~2022 年 60 米、90 米、100 米各高度(a) 少云量(b) 疏云量出现日数年变化

而从逐年各高度疏云(3~4个)量出现日数变化(图3(b))来看,整体呈明显的逐年下降趋势。其中2012年为各高度出现疏云日数的峰值,分别为76天、125天、146天;2021年为各高度出现疏云日数的谷值,分别为3天(与22年60米及以下疏云出现日数相同)、12天、29天。



**Figure 4.** The annual variation of the number of days with broken clouds at the height of 60 meters, 90 meters and 100 meters, from 2012 to 2022

**图 4.** 2012~2022 年 60 米、90 米、100 米各高度多云量出现日数年变化

多云量的低云出现次数相较于少云量和疏云量时明显减少的。在多云(5~7个)量出现日数年变化(图4)中可以得出,在16年至19年以及21年均未出现百米及以下的5到7个量低云。其中,60米及以下高度的多云量只出现在2012年和2014年,且日数均为1天;90米高度相较60米而言,还出现在2013年

和 2020 年，一年中最多出现了 6 天。

### 3.2.2. 月变化

在近十年各高度少云量出现频次的月变化(图 5(a))中, 同样可以看出各高度的出现频次变化趋势以及峰谷值与低云日出现频次(图 1(b))基本一致。1 月少云量出现的频次最多, 分 12.5、15.6、16.1 次, 7 月出现少云量频率最少, 分别为 3.8、5.5、6.1 次。在疏云量出现频次的月变化(图 5(b))来看, 90 米以及 100 米的峰谷值与少云量的一致, 依旧是峰值出现在 1 月, 谷值出现在 7 月。60 米高度疏云量出现频率最多的月仍是 1 月, 为 5.3 次, 但最少频率出现在 8 月和 10 月, 均为 0.8 次。

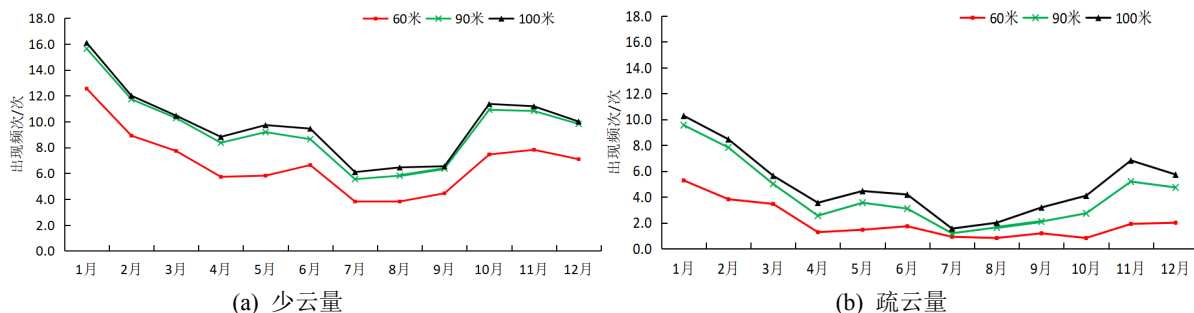


Figure 5. The monthly variation of the frequency with (a) few clouds and with (b) scattered clouds at the height of 60 meters, 90 meters and 100 meters, from 2012 to 2022

图 5. 2012~2022 年 60 米、90 米、100 米各高度(a) 少云量(b) 疏云量出现频次月变化

从云量的年变化已知, 各高度多云量在年出现总日数上是明显少于少云量和疏云量的年出现总日数, 甚至在个别年份未出现过百米及以下 5~7 个量的低云。所以分析多云量出现日数的月变化(图 6)时, 同样有未出现过百米及以下低云的月份, 分别是 5 月、7 月和 10 月, 出现最多的月份仍旧是 1 月, 为 9 天。60 米及以下的低云只出现在 1 月和 4 月, 均只出现 1 天。

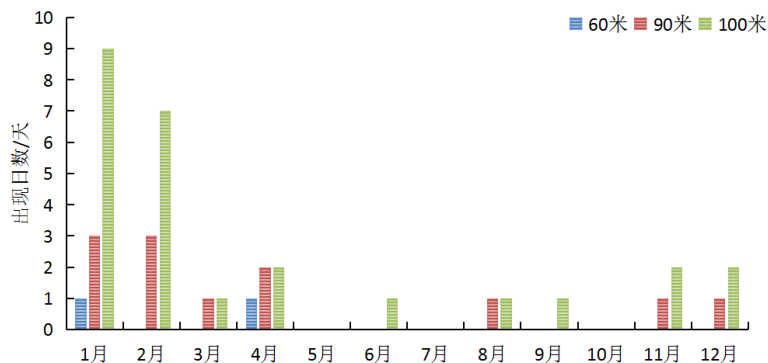


Figure 6. The monthly variation of the frequency with broken clouds at the height of 60 meters, 90 meters and 100 meters, from 2012 to 2022

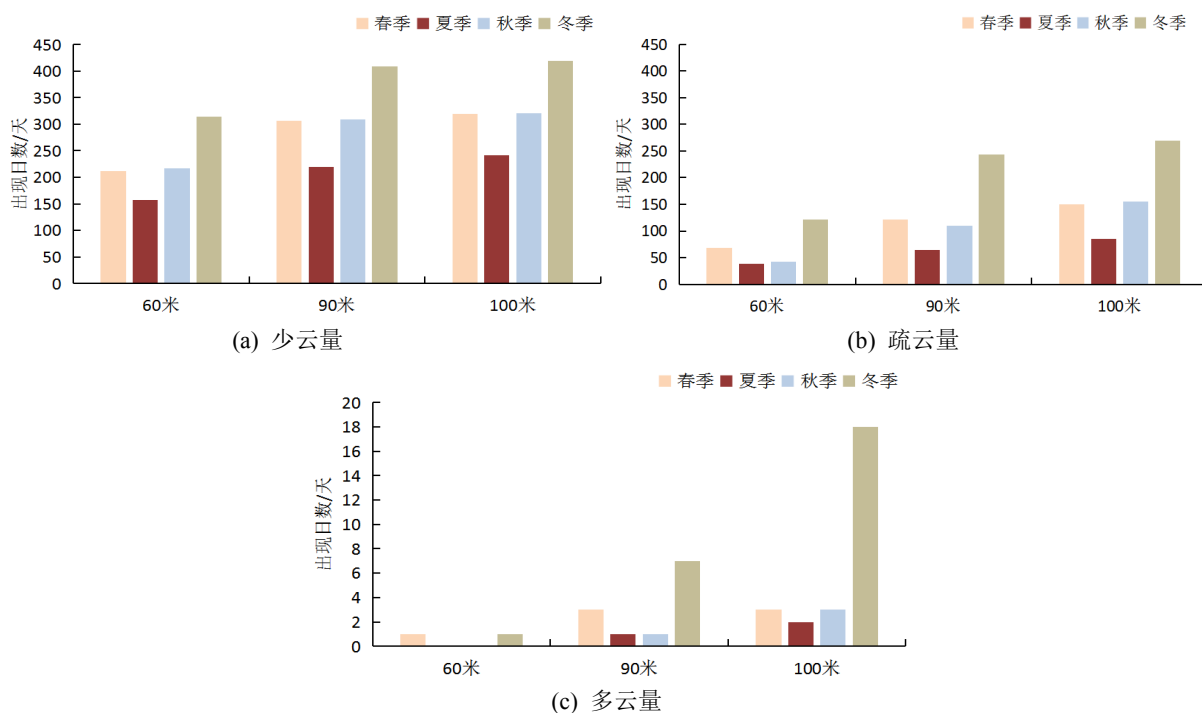
图 6. 2012~2022 年 60 米、90 米、100 米各高度多云量出现日数月变化

### 3.2.3. 季节变化

再统计分析近十年各高度少云、疏云、多云量的季节变化(图 7), 贵阳机场的百米及以下低云呈现冬多夏季少(除 60 米和 90 米多云量季节变化)、春秋基本持平(除 60 米疏云量季节变化)的特征。

在多云量的月变化中, 已得 60 米及以下的低云只出现了两天, 分别在 1 月和 4 月, 对应在季节变化中可得在冬春两个季节出现了 60 米及以下的 5~7 个量的低云, 且出现日数数量持平。而多云量的在 90

米及以下低云的季节变化中, 依旧是冬季出现最多, 夏季和秋季出现最少, 均为 1 天, 此时春季多于秋季。在疏云量 60 米及以下高度的季节变化中, 春季是明显多于秋季的。



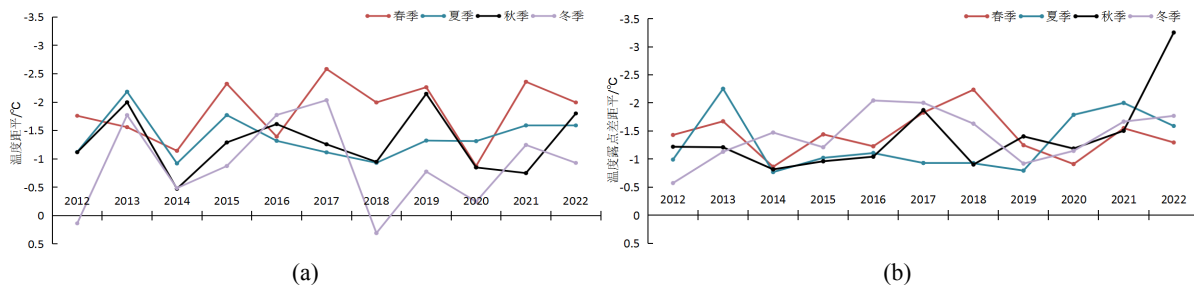
**Figure 7.** The number of days with (a) few clouds and with (b) scattered clouds and with (c) broken clouds at the height of 60 meters, 90 meters and 100 meters varied seasonally, from 2012 to 2022

**图 7.** 2012~2022 年 60 米、90 米、100 米各高度(a) 少云量(b) 疏云量(c) 多云量出现日数季节变化

## 4. 低云与气象要素的关系

### 4.1. 温湿场

通过云高和云量的分析已知, 百米以下低云存在有着冬季多秋季少、春夏则持平季节变化。当从四个季节的温度距平(图 8(a))来看, 基本以负距平为主, 说明百米以下低云日的温度季平均整体比平日温度偏低。但在 2012 年和 2018 年的冬季月出现了正距平, 说明百米以下低云日在这两年的冬季月相对于整个季度平均温度偏暖, 但仅偏暖在  $0.31^{\circ}\text{C}$  以内。春季的温度距平年变化曲线主要集中在  $[-0.87^{\circ}\text{C}, -2.58^{\circ}\text{C}]$ , 年平均为  $-1.84^{\circ}\text{C}$ , 是四个季节中温度距平最大的。而四个季节中温度距平最小的季节为冬季, 年平均为  $-0.89^{\circ}\text{C}$ , 年变化曲线区间集中在  $[0.31^{\circ}\text{C}, -2.07^{\circ}\text{C}]$ 。



**Figure 8.** The annual change of (a) temperature anomaly and (b) temperature dew-point difference for four seasons

**图 8.** 四个季节的(a) 温度距平的年变化(b) 温度露点差距平的年变化

而从四个季节的温度露点差距平的年变化(图 8(b))来看,均为负距平,说明出现百米以下低云日时的水汽明显多于平常日。从图中来看四个季节(除 2022 年的秋季)温度露点差距平年变化曲线主要集中在  $[-0.5^{\circ}\text{C}, -2.5^{\circ}\text{C}]$ 。

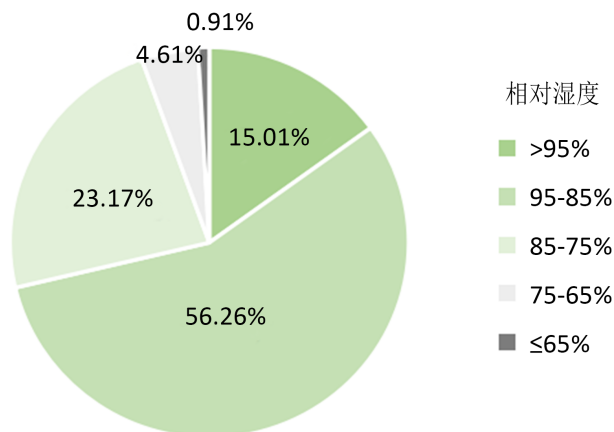


Figure 9. The relative humidity on low cloud days of 100 meters and below

图 9. 百米及以下低云日的相对湿度

在百米及以下低云日的相对湿度(图 9)统计中可以看到,在近十年低云日的相对湿度中有 94%的概率在  $[100\%, 75\%)$  这个区间内。同时也存在相对湿度在 75%及以下的相对较干的低云日,但出现概率极小,仅为 6%。其中出现最多的是相对湿度在  $[95\%, 85\%)$  这个区间内,占比 56.26%;其次是  $[75\%, 65\%)$ ,占比为 23.17%。

#### 4.2. 风场

通过分析四个季节出现百米以下低云日的风向出现频率(图 10(a))来看,低云日的风向主要出现在北北东(NNE)到正东(E)这两个方向之内。其中,春季和秋季的风向出现次数占比曲线基本一致,说明贵阳机场春季和秋季的百米以下低云出现的日数中主导风向一致,均为在北东(NE)和东北东(ENE)方向中,两个方向的占比分别为 39%、38%(春季)和 40%、38%(秋季)。而夏季百米及以下低云日的主导风向是北东(NE)方向,占比为 62%。冬季低云日的主导风向则为东北东(ENE),占比为 44%,次主导风向为北东(NE),占比为 30%。

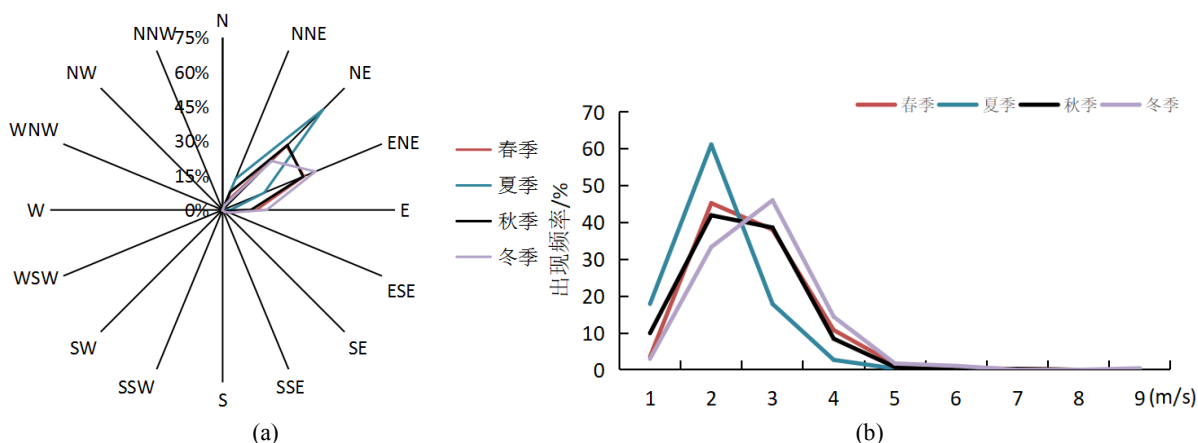


Figure 10. The low cloud days frequency of (a) each wind direction and (b) each wind speed in four seasons

图 10. 四个季节的低云日(a) 各风向出现频率(b) 各风速出现频率

通过分析低云日的风速的出现频率(图 10(b)), 四个季节出现百米及以下低云日时的日平均风速主要在[1, 4]米/秒这个区间内, 与罗璇等[7]统计分析发生 60 米及以下低云时的主要风速区间的结论一致, 但各个季节的低云日的出现最大风速不一致。春夏秋三季的百米及以下低云日的风速均集中在 2 m/s, 分别占比为 45%、61%、42%。与风向出现次数占比相似, 春秋两季的风速出现次数占比曲线也极其相似, 出现最大风速均为 7 m/s。冬季的百米及以下低云日的风速则集中在 3 m/s, 占比为 46%, 出现最大风速为 9 m/s。夏季的最大风速是四个季节中最小的, 为 5 m/s。

## 5. 低云的生消规律

### 5.1. 开始和消散时间

从 2012~2022 年百米及以下每次低云过程开始和消失时间年平均出现日数(图 11)来看(资料为逐小时资料), 百米及以下的低云在一天中任何时间均存在开始和消散的可能, 但出现时段集中在 23:00 至次日 9:00, 而在 7:00 至 11:00 这个时段内消失, 即在午夜及凌晨时是低云出现日数相对较多的时段, 而在日出之后常伴随低云的消散, 并且消散时间点的集中程度更高。

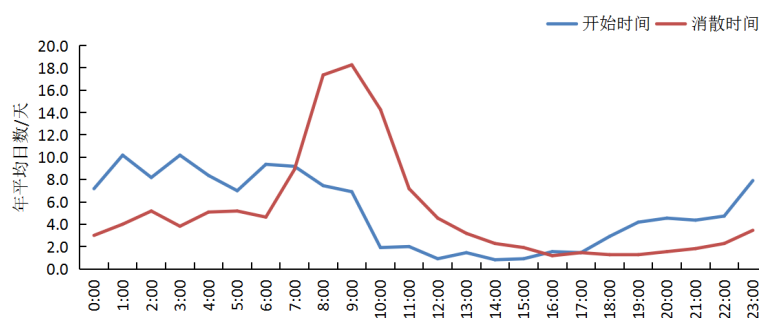


Figure 11. The annual average number of days of occurrence and dissipation time of low clouds of 100 meters and below

图 11. 百米及以下低云开始和消散时间的年平均出现日数

而从季平均出现日数(图 12)来看, 百米以下低云在四个季节出现日数最多的时段仍是午夜至凌晨, 消失的时段也依旧是在日出之后, 但是各季节主要的低云开始时段和消散时段仍存在差别。

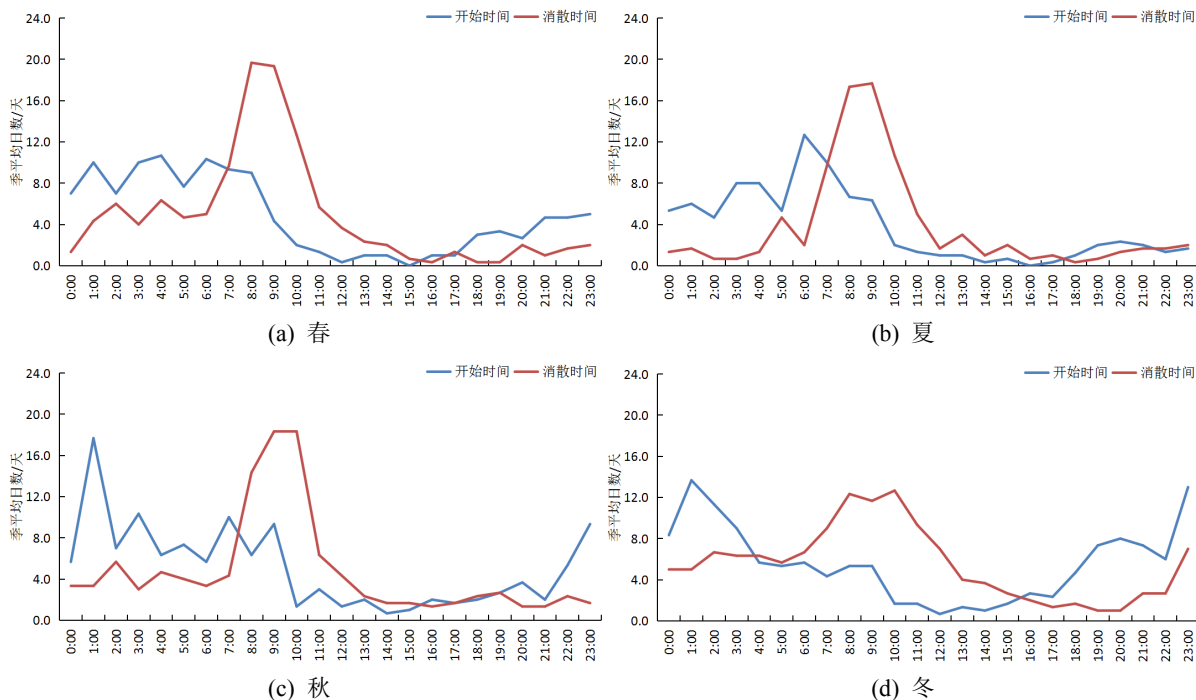
在春季(图 12(a)), 百米及以下低云出主要出现在 0:00 至 8:00 这个时段内, 其中在凌晨 4:00 是春季最常出现百米及以下低云的时间点, 这个时间点出现平均日数为 10.7 天, 是四个季节中开始日数峰值的最小值; 消散时段主要出现在 7:00 到 10:00, 其中早上 8:00 则是春季百米低云最易消散的时间点, 它的消散平均日数为 19.7 天, 是四个季节中消散日数峰值的最大值。

在夏季(图 12(b)), 百米及以下低云出现时段主要集中在 3:00 至 9:00, 其中早上 6:00 是夏季最易出现低云的时间点, 它的出现平均日数为 12.7 天; 消散时段与春季的消散时段相同, 但最常在 9:00 消散, 这个时间点的消散平均日数为 17.7 天。

在秋季(图 12(c)), 百米及以下低云出现时段集中在 23:00 至 8:00, 这个时段是四个季节中最长的出现时段, 其中最易出现低云的时间点为凌晨 1:00, 它的出现平均日数为 17.7 天; 消散时段则为 8:00 至 11:00, 有两个最易消散的时间点, 分别为 9:00 和 10:00, 均为 18.3 天。

而冬季(图 12(d))的消散时间季节变化明显比前三个季节变化更为平滑, 变化的峰值明显少于前三个季节。此时百米及以下低云出现时段为 19:00 至次日凌晨 3:00, 其中最易出现低云的时间点为凌晨 2:00, 它的出现平均日数为 13.7 天; 消散时段为 6:00 至 12:00, 是四个季节中最长的消散时段, 其中最易消散的时间点为 10:00, 它的消散平均日数为 12.7 天, 是四个季节中消散日数峰值的最小值。



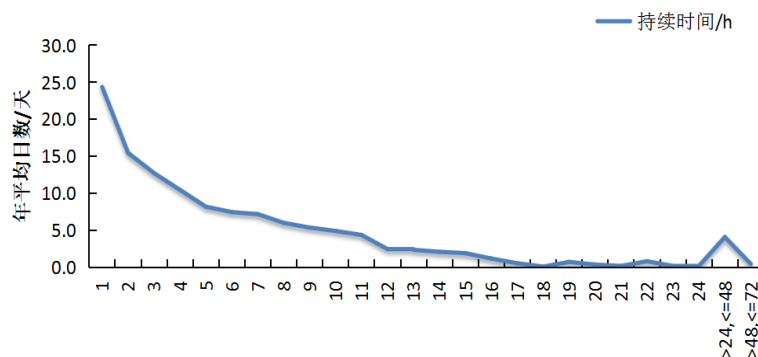


**Figure 12.** The average number of days in the (a) spring (b) summer (c) autumn (d) winter for the occurrence and dissipation time of low clouds 100 meters and below

**图 12.** 百米及以下低云出现和消散时间的(a) 春(b) 夏(c) 秋(d) 冬季四个季节平均日数

### 5.2. 持续时间

通过统计 2012~2022 年百米及以下每次低云过程持续时间的年平均日数(图 13)中可以看出, 在持续时间在 24 小时内是呈递减的趋势, 其中最常出现了 1 个小时就消散, 而绝大多数低云的持续时间在 7 小时以内。在持续时间大于 16 小时且小于等于 24 小时的低云过程的年平均日数明显低于持续时间小于等于 16 小时的低云过程, 且均小于 1 天。

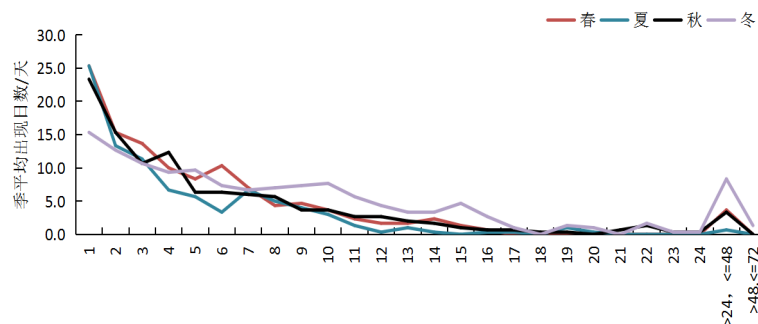


**Figure 13.** The annual average number of days of low cloud duration at 100 meters and below

**图 13.** 百米及以下低云持续时间年平均日数

从持续时间季平均变化(图 14)来看, 四个季节变化与年平均相似均呈递减的趋势, 且持续时间越短对应其出现日数越多, 每个季节的百米及以下低云过程为 1 个小时左右的出现日数最多。春夏秋三个季节在持续时间为一小时左右的低云过程明显多于冬季。但持续时间在 1 至 2 天的低云过程则表现为冬季

明显多于其他三个季节，持续时间大于 2 天的低云过程只出现在冬季，这是由于贵阳机场冬季常受云贵准静止锋的影响，影响的时间越长低云的维持时间也会偏长[7]。



**Figure 14.** The seasonal average number of days of low cloud duration at 100 meters and below

**图 14.** 百米及以下低云持续时间季平均日数

在这近十年大于 24 小时的百米及以下低云过程(表 1)来看，持续时间最长为 2018 年的 62 个小时，持续时间最短在 2021 年的 30 个小时。在持续时间大于 48 小时的低云过程只出现在 2012、2018、2022 年这三年，最多出现了 3 次。近十年每年都会出现持续时间大于 24 小时且小于等于 48 小时的低云过程，其中在 2012 年和 2021 年出现次数最多，为 8 次。同样在(图 13)中可以看出持续时间在 24 至 48 小时为 4.1 日，是明显多于持续时间在 48 至 72 小时的 0.5 日。所以持续时间大于 1 天的百米及以下的低云过程每年均有可能出现，但其持续时间不会超过 3 天，且持续时间在 2 到 3 天的概率是极小的。

**Table 1.** Low cloud process with a duration of more than 24 hours and less than 100 meters from 2012 to 2022

**表 1.** 2012~2022 年持续时间大于 24 小时百米及以下低云过程

年份 \ 时间/h	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
>24, ≤48	8	3	3	3	3	4	2	5	2	8	4
>48, ≤72	3	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
最长持续时间	60	37	31	32	37	33	62	44	30	37	58

### 5.3. 伴随天气

在统计近十年的低云过程的伴随天气时，主要分为两类：一是是否伴随降水，当过程中出现降水时只需判断为稳定性降水(包括稳定性固态降水)、阵性降水(包括阵性固态降水)以及贵阳机场冬季常出现的冻降水；二是是否伴随雾现象，在判断具体为哪种雾现象依据的是民航地面规范中，雾和冻雾是能能见度小于 1000 米的雾现象，而能见度大于 1000 米则是轻雾(可伴随部分雾，但其不影响能见度) [1]。

于是在近十年百米及以下低云过程伴随天气出现次数(表 2)中可以看出，主要的天气的为稳定性降水伴轻雾或部分雾，占比高达 69.93%。其次是仅雾或者冻雾天气导致的出现百米及以下低云，占比为 9.34%，明显少于稳定性降水伴轻雾或部分雾这类伴随天气。在伴随天气中出现降水天气时，伴随轻雾和/或部分雾这类天气出现的次数明显多于伴随雾或冻雾、不伴随雾现象这两类天气出现的次数。在表 2 中同样可以得出，仅是出现云底高度小于百米的低云出现，不伴随任何天气，它出现过 18 次，占比 1.32%。出现冻降水时，百米及以下低云在近十年出现时必伴随雾现象。

**Table 2.** The frequency and proportion of accompanying weather in the process of low cloud of 100 meters or less from 2012 to 2022**表 2.** 2012~2022 年百米及以下的低云过程中伴随天气出现次数及其占比

	稳定性降水	阵性降水	冻降水	无降水
伴随雾或冻雾	54 (3.97%)	1 (0.07%)	1 (0.07%)	127 (9.34%)
伴随轻雾和/或部分雾	951 (69.93%)	77 (5.66%)	23 (1.69%)	104 (7.65%)
不伴随雾现象	2 (0.15%)	2 (0.15%)	0 (0.0%)	18 (1.32%)

## 6. 结论

本文利用 2012 年 1 月~2022 年 12 月贵阳机场月总簿、人工观测资料,对贵阳机场近十年百米及以下低云日的气候和要素特征以及低云过程的时间特征进行统计,主要结论如下:

1) 全年平均有 1/3 概率会出现百米及以下的低云,其中 2012 年是近十年中出现低云日数最多的年份。冬季是百米及以下低云出现频次最高的季节,夏季则是频次最低季节,春秋两季持平。在月变化上,1 月最容易出现低云,7 月最少。

2) 低云的云量主要以少云量为主,疏云量呈逐年递减的特征,多云量出现日数最少,三种云量均在 1 月份出现日数最多。在季节变化中,同样呈现冬季多夏季少、春秋基本持平的特征。

3) 百米及以下低云出现时当日的气温较月平均气温偏冷,温度露点差是比月平均温度露点差偏小。94%的低云日相对湿度在 75%以上。春秋两季相似且主要风向为北东和东北东两个方向,风速为 2~3 m/s;夏季主导风向为北东方向,风速为 2 m/s;冬季的主导风向为东北东,风速为 3 m/s。

4) 百米及以下低云过程在每个时间点均有可能生消,最易在午夜及凌晨时出现次、日出之后常伴随低云的消散。绝大多数低云过程持续七小时,最常维持一小时就消散。低云持续时间大于两天的过程只出现在冬季。

5) 低云过程最常伴随稳定性降水伴轻雾或部分雾,占比高达近 70%,其次是仅雾或冻雾出现,占比明显减少且仅为 9%。

## 参考文献

- [1] 中国民用航空局. 民用航空气象地面观测规范[M]. 北京: 气象出版社, 2003.
- [2] 刘开宇, 张云瑾, 田军. 贵阳机场一次低云天气的诊断分析[J]. 云南大学学报: 自然科学版, 2010(S2): 86-89.
- [3] 金耀廷, 刘海文, 杜梦醒, 等. 1986-2015 年 6 月上海虹桥机场低云日数的年际变化及原因分析[J]. 大气科学学报, 2018, 41(3): 395-403.
- [4] 杨瑜, 傅毅. 2000~2019 年浦东机场低云与降水的变化特征及相关性[J]. 民航学报, 2021, 5(3): 64-66.
- [5] 于佳松, 韩韡. 大连机场冬季危险天气及对飞行的影响[J]. 中国民航飞行学院学报, 2015(5): 28-31.
- [6] 吴亮宏, 彭邦荣. 双流机场低云的分析及预报[J]. 四川气象, 2000, 20(2): 42-44.
- [7] 罗璇, 张宏国, 刘开宇, 等. 贵阳机场低云气候特征分析[J]. 气候变化研究快报, 2022, 11(1): 55-61.
- [8] 王锡东, 曾喜, 王俞萱. 海口美兰机场低云低能见度特征分析[J]. 气象研究与应用, 2011, 32(z2): 121-122.