

# 德宏芒市机场2006~2020年能见度特征分析及气象要素相关性分析

王琳璐, 李世墁

德宏芒市机场, 云南 德宏

收稿日期: 2023年6月25日; 录用日期: 2023年7月24日; 发布日期: 2023年7月28日

## 摘要

本文通过2006~2020年德宏芒市机场地面气象观测资料, 对能见度的年变化、年际变化及日变化等特征分析, 以及低能见度与气温、相对湿度、修正海平面气压和天气现象等气象要素相关性分析。结果表明, 芒市机场平均能见度年际变化不明显, 整体是上升的趋势, 在不同时间段存在震荡波动; 出现低能见度的日数随年际呈逐渐减少趋势; 季节变化特点是低能见度多出现在秋冬季, 春夏季较少主导能见度小于1 KM的天数逐年减少; 能见度小于1 KM时出现的天数与气温的年际变化存在反相关性, 与相对湿度、修正海平面气压存在正相关性; 同时, 年平均能见度与年平均气温存在一定的线性关系。

## 关键词

航空气象, 芒市机场, 能见度, 变化规律, 气候

# Analysis of Visibility Characteristics and Correlation Analysis of Meteorological Elements at Dehong Mangshi Airport during 2006~2020

Linlu Wang, Shiman Li

Dehong Mangshi Airport, Dehong Yunnan

Received: Jun. 25<sup>th</sup>, 2023; accepted: Jul. 24<sup>th</sup>, 2023; published: Jul. 28<sup>th</sup>, 2023

## Abstract

Based on the ground meteorological observation data of Mangshi Airport in Dehong from 2006 to

文章引用: 王琳璐, 李世墁. 德宏芒市机场 2006-2020 年能见度特征分析及气象要素相关性分析[J]. 气候变化研究快报, 2023, 12(4): 811-819. DOI: 10.12677/ccrl.2023.124084

2020, this paper analyzes the characteristics of annual, interannual and daily changes of visibility, as well as the correlation between low visibility and meteorological elements such as temperature, relative humidity, corrected sea level pressure and weather phenomena. The results show that the annual variation of average visibility of Mangshi Airport is not obvious, and the overall trend is upward, with fluctuations in different time periods; the number of days with low visibility shows a gradually decreasing trend over the years; the characteristic of seasonal variation is that low visibility mostly occurs in autumn and winter, less in spring and summer, and the number of days with dominant visibility less than 1 KM decreases year by year; the number of days with visibility less than 1 KM has a negative correlation with the interannual variation of temperature and a positive correlation with relative humidity and corrected sea level pressure. At the same time, there is a linear relationship between annual average visibility and annual average temperature.

## Keywords

Aviation Meteorology, Mangshi Airport, Visibility, Variation Law, Climate

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

作为气象用语,能见度是指:视力正常的人,在当时的天气条件下能从背景中识别出目标物的最大距离。所谓“能见”,是指在白天能辨认出目标物是什么物体和清楚地看出它的轮廓,在夜间能清楚地看见目标物的发光点[1]。此处的能见度为主导能见度,是观测员在观测平台上目测周围一半及以上范围的最大水平能见距离[2]。

能见度对军事、航空、航海以及人类生存环境等方面都有直接影响。对于航空来说尤其重要。它与仪表飞行规则(IPR)和目视飞行规则(VFR)的划分以及机场运行最低标准的制定都有密切的关系。国际民航组织规定:能见度是制定“机场运行最低标准”的要素之一,对起飞最低标准通常只用能见度表示[1]。在低能见度条件下,飞机的起飞和着陆都会变得相当困难,特别是对着陆有很大影响,飞行员往往无法看清跑道或地面标识,下降时无法对准跑道造成飞机复飞。在恶劣的能见度条件下,当能见度低于起飞或着陆标准时,机场将关闭停止飞行活动,给人们的生活、工作的出行带来极大的不便。

## 2. 德宏芒市机场自然概况

德宏芒市机场(后简称芒市机场)位于 24°24'N; 98°32'E, 属云南省西南部,地处青藏高原以南,横断山脉、高黎贡山以西,南亚热带季风气候。

## 3. 统计资料及说明

本文利用芒市机场自动气象观测站 2006 至 2020 年 15 年整点地面气象观测资料,包括气压、温度、相对湿度、主导能见度(后简称能见度)等常规气象要素。本文选用主导能见度的天气资料,通过相关统计分析、曼-肯德尔法,研究芒市机场能见度的各种变化特征与变化规律,以及主导能见度小于 1 KM 时与其他气象要素相关性的讨论。本文中所有时次均为协调世界时。

## 4. 平均能见度的年际变化特征及年变化特征

图 1 为芒市机场 2006~2020 年平均能见度的年际变化图。图 1 中可以看出德宏芒市机场年平均能见

度在 8000 米以上, 年际变化特征不明显, 整体是一个上升的趋势。在不同时间段存在震荡波动, 存在两个谷值, 分别为 2010 年和 2016 年; 2010 年前呈现下降趋势, 2010 年至 2014 年期间上升趋势, 2014 年后急剧下降。2016~2018 年为芒市机场二期改扩建工程时间, 此时间段内由于城市建设导致周边环境的变化, 因此 2016 年至 2017 年上升趋势明显, 而 2018 年相较 2017 年平均能见度轻微下降的趋势。2018 年以后上升的趋势。

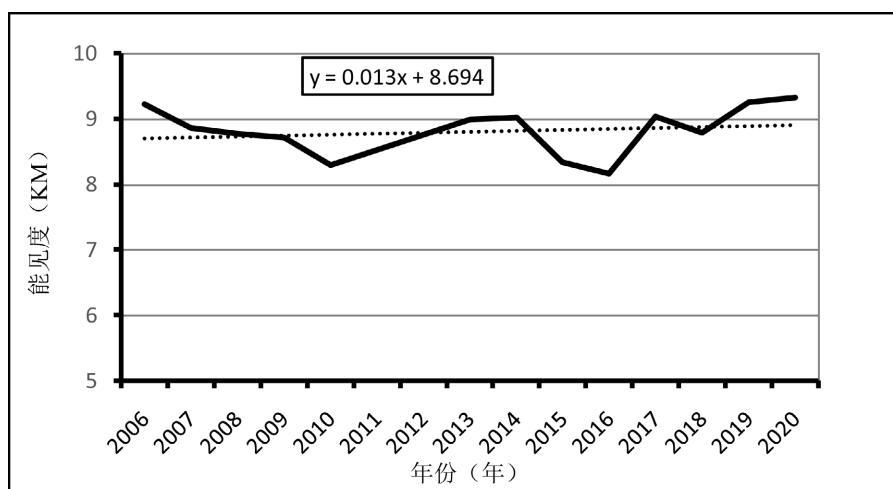


Figure 1. Interannual change in annual average visibility from 2006 to 2020

图 1. 2006~2020 年累年平均能见度的年际变化图

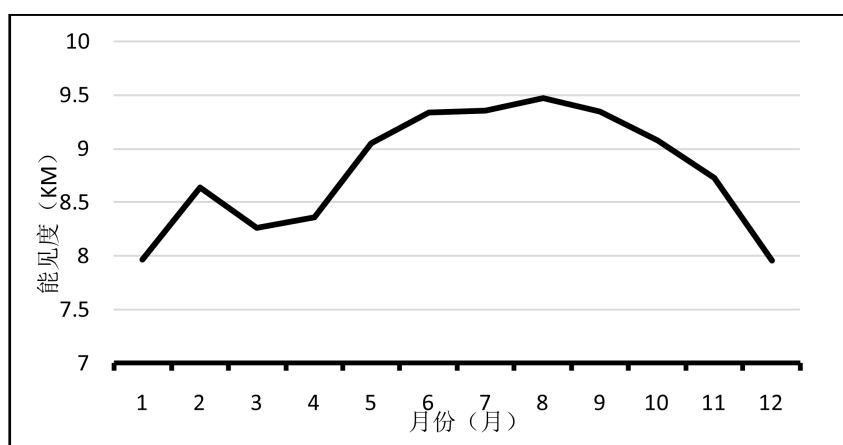


Figure 2. Annual change in annual average visibility over the years

图 2. 累年平均能见度的年变化图

图 2 芒市机场 2006~2020 年平均能见度的年变化图。图中可以看出, 德宏芒市机场全年能见度变化分为 2 个阶段: 1~8 月属于上升阶段; 8~12 月能见度又开始逐步下降。德宏芒市机场冬季多受副热带高压控制, 偶有南支槽波动, 基本为晴空少云天气, 冬季晴空的夜晚, 地面辐射冷却强, 因此芒市机场早晨多辐射雾, 故导致 12 月、1 月能见度偏低。

## 5. 各级能见度的变化特征

### 5.1. 各级能见度的年际变化与年变化特征

根据芒市机场航班起降标准以及气象观测要求, 下面主要分析能见度小于 3000 米、1500 米、1000

米和 800 米四个数据的出现日数的年际变化及年变化特征。如图 3 所示, 总体而言, 能见度小于 3000 米的各级能见度的年际变化趋势大体一致, 出现的日数呈逐渐减少的趋势。各级能见度出现天数最大值均出现 2006 年, 而后开始降低直至 2013 年, 2013~2016 年呈上升趋势, 2016 年后又进一步降低。通过各级能见度的年变化特征(图 4)发现能见度小于 3000 米的各级能见度出现的日数有明显的季节变化, 受冬季辐射雾的影响, 各级能见度出现的日数秋冬季明显高于春夏季。

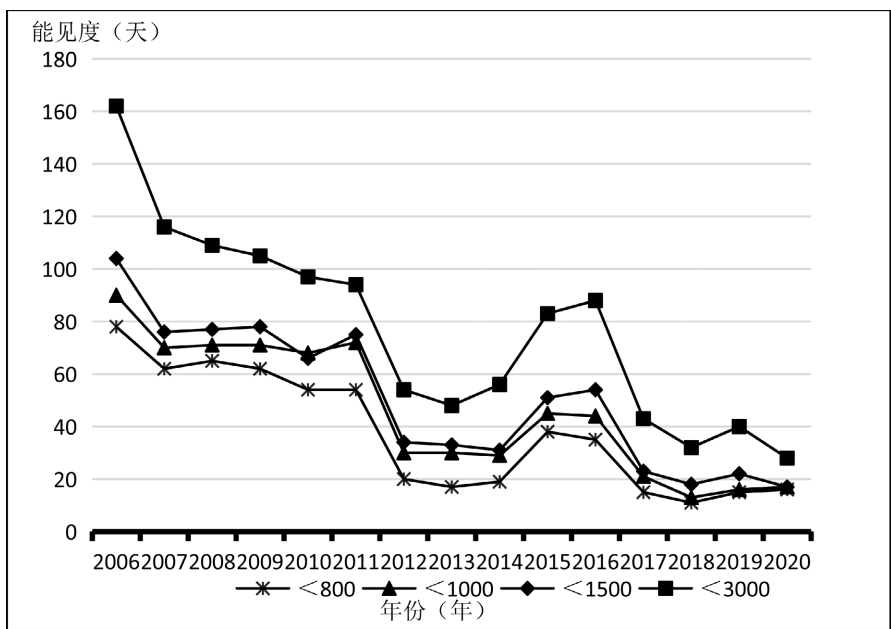


Figure 3. There is an inter-annual variation in the number of days in visibility at all levels  
图 3. 各级能见度出现日数的年际变化

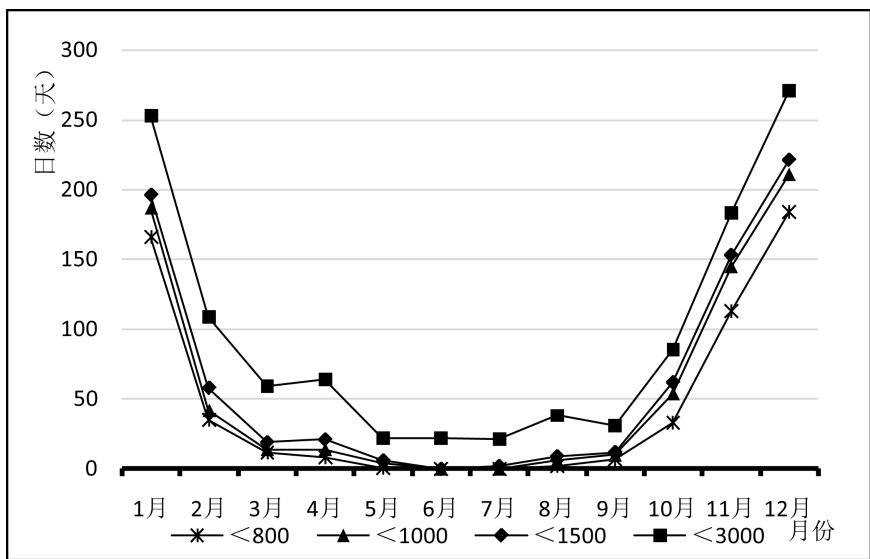
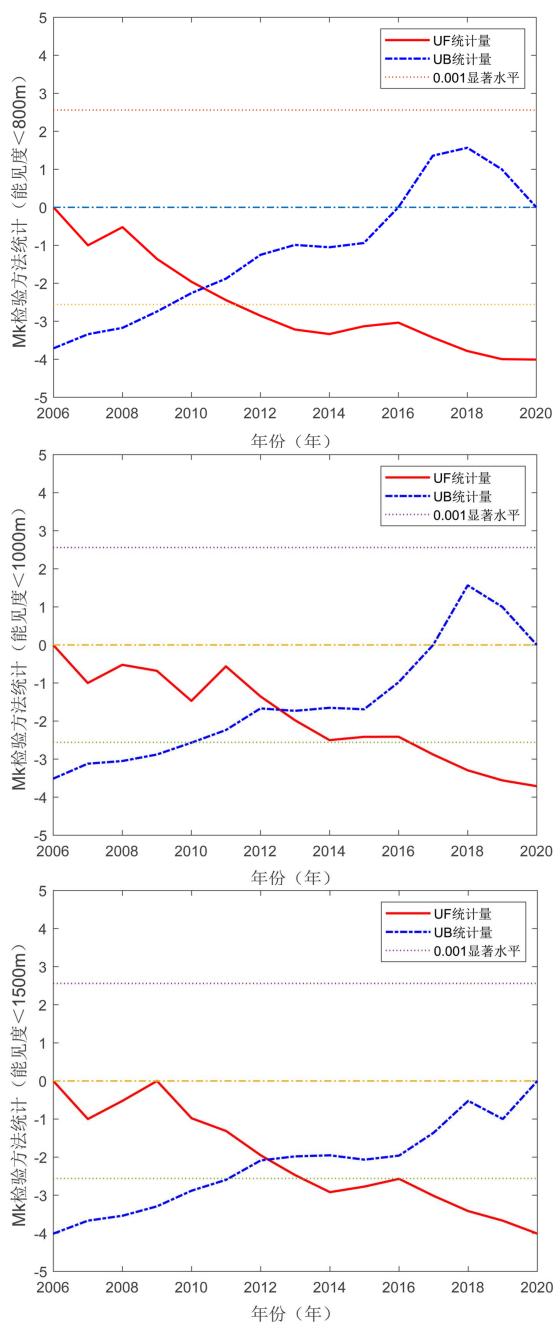


Figure 4. Annual variation in the number of days in visibility at all levels  
图 4. 各级能见度出现日数的年变化

用曼 - 肯德尔法[3]对 2006~2020 年芒市机场各级能见度出现次数的时间序列进行突变检验分析, 给定显著线水平  $\alpha = 0.001$  (图 5)。分析结果表明, 芒市机场各级能见度的 UF 线均在 0 线以下, 且随着年份

增加 UF 线都超过 0.001 显著水平线, 超过 0.001 显著线的趋势都很明显。芒市机场各级能见度等级 UF 线和 UB 线在 $\pm 2.56$  显著性水平线之间均相交与 2010~2013 年之间, 说明芒市机场各等级能见度的次数随年份变化均存在突变, 并且呈下降的趋势, 其中能见度  $< 800\text{ m}$  的等级中下降趋势最为显著。



**Figure 5.** Trends in the number of occurrences of visibility at all levels, 2006~2020

**图 5.** 2006~2020 年各级能见度出现次数变化趋势

## 5.2. 各级能见度的日变化的特征

如图 6 所示, 各级能见度日变化概括而言, 德宏芒市机场的能见度主要受辐射雾的影响, 辐射雾在

日出前最强, 导致低于 3000 米的各级能见度在 00~01 时的频率达到峰值, 在日出气温上升, 大气吸收太阳辐射, 乱流增强破坏逆温层, 因此雾消散非常迅速, 在半小时内能见度可由 1 KM 以下急骤上升到 8 KM 及以上。

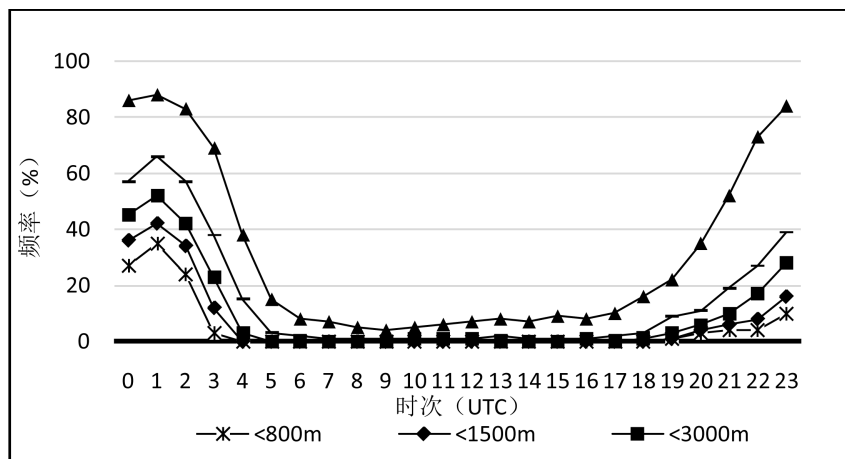


Figure 6. Daily change plot of frequency of visibility at all levels

图 6. 各级能见度出现频率日变化图

### 5.3. 各级能见度不同持续时间的出现次数

能见度的持续时间是影响航班正常运转的一个重要因素。持续时间越长, 出现的次数越多, 受延误和不能正常起降的飞机越多, 给地面服务和运力调配造成困难; 当天气好转时, 还会导致飞行过于集中、指挥困难等问题, 进而影响到飞行的安全。

图 7 对各级能见度不同持续时间的出现次数做多年平均统计, 可以得出 2006~2020 年期间, 芒市机场出现长时间低能见度的频率并不高, 持续时间在 2~4 个小时。由前面讨论可得, 芒市机场在 04 时以后能见度维持在 8 KM 以上, 且持续变好。

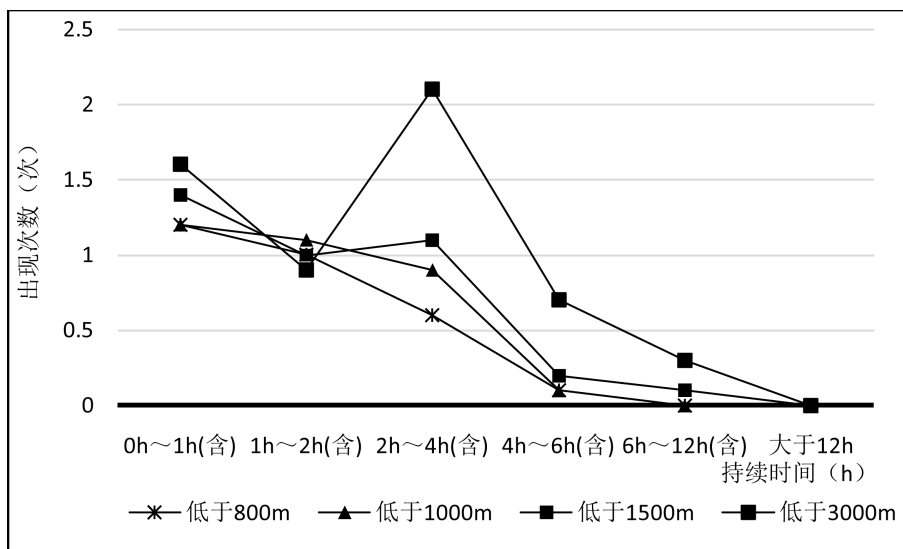


Figure 7. The average number of occurrences over the years with different durations of visibility at all levels of the years

图 7. 累年各级能见度不同持续时间的多年平均出现次数

## 5.4. 能见度小于 1 KM 的日数及其影响原因

能见度对飞行的影响主要在飞机的着陆和起飞阶段。德宏芒市机场的秋冬季, 小于 1000 米能见度日数较多, 从 11 月开始一直持续到次年 1 月, 主要是由于辐射雾引起的低能见度天气, 占比为 99.8%; 由于强降水导致的能见度小于 1000 米的情况极少, 仅占 0.2% (见表 1)。

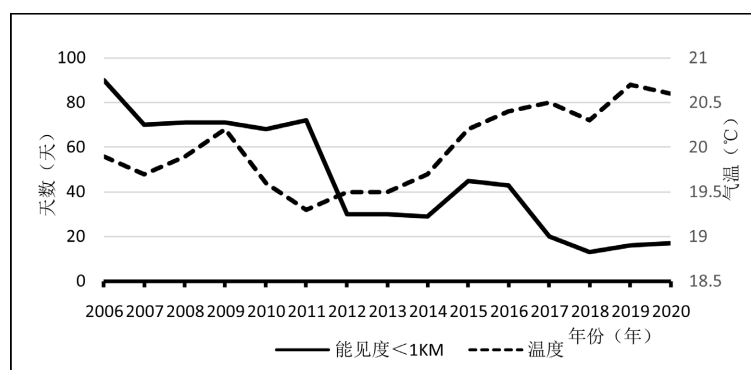
**Table 1.** From 2006 to 2020, the visibility of Mangshi Airport was less than 1000 meter days due to various factors

**表 1.** 芒市机场 2006~2020 年累年各月各因素引起能见度小于 1000 米日数

要素	能见度小于 1000 米日数												全年
	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	
雾	12.5	2.8	0.9	0.9	0.3	-	-	0.4	0.5	3.6	9.7	14.1	45.7
雨	-	-	-	-	-	-	-	-	0.1	-	-	-	0.1
最多天气现象及日数	雾 12.5	雾 2.8	雾 0.9	雾 0.9	雾 0.3	-	-	雾 0.4	雾 0.5	雾 3.6	雾 9.7	雾 14.1	雾 45.7

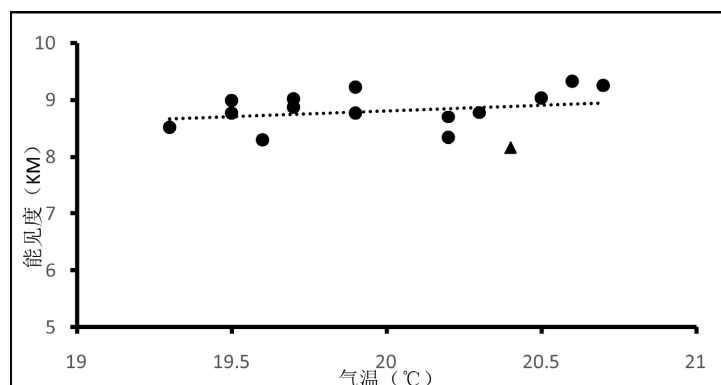
## 6. 能见度小于 1 KM 时与其他气象要素相关性的讨论

### 6.1. 能见度与气温的年际变化的讨论



**Figure 8.** The relationship between the number of days with visibility less than 1 KM and the interannual variation of temperature

**图 8.** 能见度 < 1 KM 的天数与温度的年际变化关系



**Figure 9.** Visibility varies with temperature

**图 9.** 能见度随气温的变化

图8所示,在2006年~2020年分析发现能见度小于1 KM时出现的天数与气温整体呈反相关的关系,特别是2016年之后芒市机场平均气温在20℃以上,反相关更为明显;而2009年之前呈正相关的关系。图9统计了芒市机场年平均能见度与年平均气温,发现能见度与气温具有一定的正相关性,并且存在一定的线性关系。

### 6.2. 能见度与相对湿度年际变化的讨论

雾是近地面空气中水汽凝结或凝华而使主导能见度降低到小于1000米的现象,因此当能见度小于1 KM 时与相对湿度有密切的关系。图10可见能见度小于1 KM 出现的天数曲线与相对湿度年际变化曲线基本一致。2016年至2018年为芒市机场二期改扩建工程时间,此时间段内由于城市建设导致周边环境的改变,小于1 KM 能见度出现的天数下降明显,因此与相对湿度呈反相关性,2018年以后与相对湿度年际变化保持正相关。

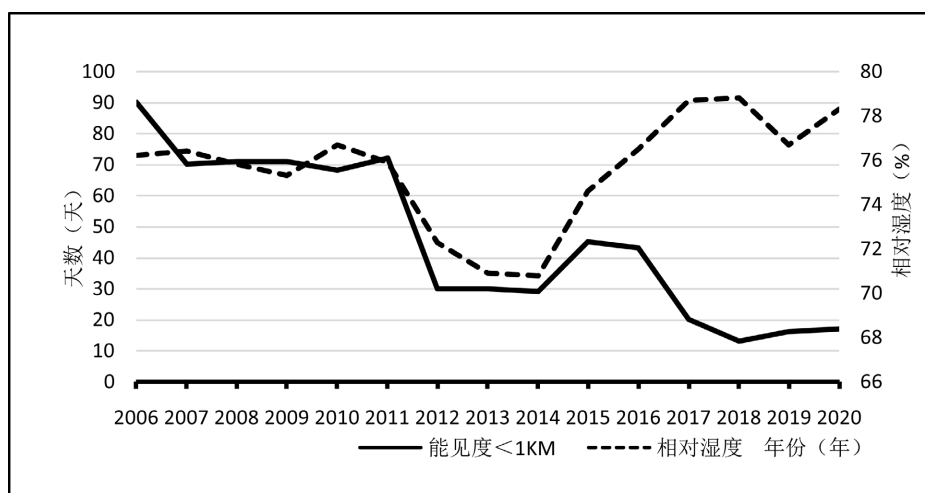


Figure 10. The relationship between the number of days with visibility less than 1 KM and the interannual variation of relative humidity

图 10. 能见度 < 1 KM 的天数与相对湿度的年际变化关系

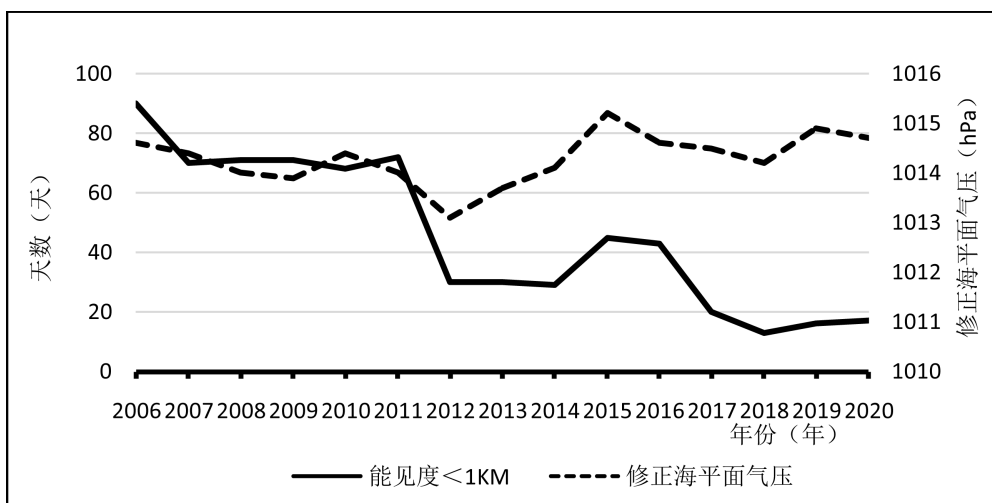


Figure 11. The relationship between the number of days with visibility less than 1 KM and the interannual variation of corrected sea level pressure

图 11. 能见度 < 1 KM 的天数与修正海平面气压的年际变化关系



### 6.3. 能见度与修正海平面气压的年际变化的相关性讨论

图 11 可以看出能见度小于 1 KM 出现的天数曲线与修正海平面气压的年际变化曲线基本一致, 当修正海平面气压下降时, 能见度小于 1 KM 出现的天数也相应的下降, 能见度与近地面层对流活动也有一定的联系。

## 7. 结论

通过对芒市机场 2006 年~2020 年 15 年的能见度统计分析, 芒市机场能见度变化规律如下:

1) 芒市机场平均能见度的年际变化不明显, 平均能见度在 8000 米以上, 整体是上升的趋势, 在不同时间段存在震荡波动。能见度小于 3000 米的各级能见度的年际变化趋势大体一致, 出现的日数呈逐渐减少的趋势。

2) 芒市机场全年能见度变化分为 2 个阶段: 1~8 月属于上升阶段; 8~12 月能见度又开始逐步下降。芒市机场出现低能见度的日数随年际呈逐渐减少趋势。

3) 季节特变化特点是德宏芒市机场低能见度多出现在秋冬季, 春夏季较少, 出现峰值在 12 月。引起的低能见度天气主要是由于辐射雾, 辐射雾在日出前最强, 日变化特征为低能见度出现的峰值时刻为 23 时, 芒市机场出现长时间低能见度的频率并不高, 持续时间在 2~4 个小时。

4) 通过对能见度小于 1 KM 时与各气象要素年际变化的讨论, 能见度与气温具有一定的正相关性, 并且存在一定的线性关系。当能见度小于 1 KM 时出现的天数与气温整体呈反相关的关系。相对湿度对于低能见度有密切的正相关关系。同时, 城市建设导致周边环境的变化, 使局地湍流增强, 影响了大气层结稳定性, 从而降低了辐射雾的生成。

对于未来芒市机场能见度的变化, 尤其是低能见度日变化的预报, 有待于今后进一步的研究。

## 参考文献

- [1] 周建华, 耿家勤, 等. 民用航空气象地面观测技术手册[M]. 北京: 气象出版社, 2007: 46-70.
- [2] 中国民用航空局. 民用航空气象地面观测规范[M]. 北京: 中国民用航空总局, 2022.
- [3] 魏英凤. 现代气候统计诊断与预测技术(第二版) [M]. 北京: 气象出版社, 2007: 63-66.