

2005—2017年白云机场能见度变化特征及其与影响因子关系研究

郭智亮¹ 高聪晖² 谢文锋¹ 陈淑敏³ 黎伟标³

(1 中国民用航空中南地区空中交通管理局气象中心, 广州 510406;

2 福建省气象台, 福州 350001; 3 中山大学大气科学学院, 广州 510275)

摘要: 利用广州白云机场2005—2017年的大气能见度、相对湿度、风速、气温等要素的逐时观测资料, 结合花都花东站2012—2017年PM_{2.5}浓度的逐时观测数据, 分析了近年来白云机场能见度的变化特征, 探究了能见度与气象要素、大气污染物之间的关系。结果表明: 2005—2017年白云机场能见度呈逐年增大趋势, 低能见度出现次数总体呈减少趋势。2—4月是机场低能见度时期, 7月能见度最大。能见度日变化显著, 最低能见度通常出现在清晨, 午后明显好转。白云机场能见度与相对湿度、PM_{2.5}浓度呈负相关关系, 与风速、气温成正相关关系, 其中PM_{2.5}浓度对能见度的影响最明显。当相对湿度小于80%时, 能见度下降得较为缓慢; 而当相对湿度超过80%时, 能见度急剧降低。相对湿度越大, 出现低能见度所需的PM_{2.5}浓度值就越小。地面风速在0~4 m·s⁻¹时, 相对湿度越大, 能见度随风速的增长趋势越显著。

关键词: 能见度, 气象要素, PM_{2.5}浓度, 相关分析

DOI: 10.3969/j.issn.2095-1973.2019.06.006

Temporal Characteristics and Influencing Factors of Visibility in Baiyun Airport from 2005 to 2017

Guo Zhiliang¹, Gao Conghui², Xie Wenfeng¹, Chen Shumin³, Li Weibiao³

(1 Meteorological Center of Middle South Regional Air Traffic Management Bureau of CAAC, Guangzhou 510000

2 Fujian Meteorological Center, Fuzhou 350000

3 School of Atmospheric Sciences, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510275)

Abstract: Based on the automatic observation system data of Guangzhou Baiyun Airport from 2005 to 2017, and the observational data of PM_{2.5} at Huadong Station from 2012 to 2017, this study analyzed the temporal variation and influencing factors of visibility in Baiyun Airport. The results showed that the visibility of Baiyun Airport tended to increase year after year, and the frequency of low visibility < 1000 m trended to decrease. The diurnal and seasonal variation of visibility was significant, and the visibility was usually lowest in the early morning and was improved significantly in the afternoon. Visibility was significantly and positively correlated with wind speed, relative humidity, and temperature, whereas it was negatively correlated with PM_{2.5} and relative humidity. Among all factors, PM_{2.5} had dominant control on visibility. With increase of relative humidity, the visibility decreased slowly and markedly when the relative humidity was below and above 80%, respectively. When the wind speed was less than 4 m/s, the visibility increased with increase of wind speed at a greater rate at higher relative humidity conditions.

Key Words: visibility, meteorological element, PM_{2.5} concentration, correlation analysis

0 引言

大气能见度是指正常视力的人在白天无云天空背景条件下, 辨认出视角大于0.5°的地面黑色目标物的形体或轮廓的最大水平距离。据相关统计^[1], 1951—

1998年我国发生的飞行事故中有245次与气象因子有关, 其中19.2%由低能见度造成。研究机场近地面能见度变化特征及其影响因素, 对于飞机的安全起降具有重要意义^[2-3]。Naegele等^[4]通过分析美国西部和西南部18个城市的机场能见度资料, 总结了影响能见度的4个因素: 硫酸盐、人口增长、测量标准和天气要素(如高压、逆温、静风等)。朱蕾等^[5]发现乌鲁木齐机场近30年低能见度日数增长趋势明显, 雾、浓烟和沙尘暴是造成机场低能见度的主要天气。沈俊等^[6]、周斌斌等^[7]发现, 低云和低能见度造成航空事故占最

收稿日期: 2018年11月1日; 修回日期: 2019年5月13日
第一作者: 郭智亮(1989—), Email: 172673771@qq.com
资助信息: 广州市科技计划项目(201903010036); 高校基本科研业务费青年教师培育项目(20187411031610006); 国家自然科学基金项目(41675043)

大的比例, 每年雾造成的航运经济损失比龙卷还要大。目前, 白云机场日均起降航班1300架次左右, 能见度对机场影响日益加大。1998年冯彦华等^[8], 发现雾和降水是造成白云机场低能见度的主要天气现象。张美平等^[9]统计了搬迁前的旧白云机场低能见度气候特征, 发现低能见度小于1 km的日数有逐年上升的趋势。区志中等^[10]对比新旧白云机场天气的差异性及成因时, 发现新机场搬迁后出现大雾的频率多一倍。

目前, 对白云机场低能见度个例的研究较多^[11-15], 自2003年搬迁、2004年投入使用后, 白云机场能见度的气候统计方面的研究工作比较缺乏。本文利用白云机场2005年1月至2017年12月的逐时观测资料, 对白云机场搬迁后能见度的年、月、日变化特征以及影响能见度的气象因子进行相关分析, 研究能见度和影响因子之间的关系, 填补了白云机场在这方面的研究空白。

1 数据来源

广州白云国际机场跑道上安装VAISALA公司的MIDAS IV气象自动系统, 对常规气象要素进行观测。民航中南空管局气象观测席位半小时一次进行常规观测并发布航空例行天气报告, 例行天气报告中能见度是观测员根据气象自动观测系统采集数据加以人工修订后发布, 相对湿度、风速及气温的数据为自动观测系统采集的数据。本文选取时段为2005—2017年的逐时例行天气报告中观测数据, 另外将能见度小于1 km出现的次数作为低能见度次数。

新白云机场地处广州市区北部白云和花都交界处, 花都区花东自动环境监测站位于白云机场正北面6 km, 是距离白云机场最近的一个自动环境监测站点, 本文选取广州环境保护局提供花都区花东自动环境观测站的PM_{2.5}的逐时观测数据代表新白云机场的PM_{2.5}数值, 目前环保局仅提供2012—2017年逐时PM_{2.5}观测资料供研究使用。

2 能见度变化特征

利用2005年1月—2017年12月白云机场的能见度逐时观测资料, 对能见度和低能见度次数的年、月和日变化趋势进行了分析。从逐年变化趋势来看(图1), 近13年来机场能见度呈逐年增长趋势, 平均每年增大约190 m; 低能见度次数总体是减少的趋势, 2005年低能见度出现次数最多, 之后大幅度减少, 2017年低能见度仅出现1次。从月变化特征曲线来看(图2), 机场能见度呈现明显的峰、谷变化曲线, 3—4月是低能见度时期, 之后能见度不断增大, 至7月份达到最

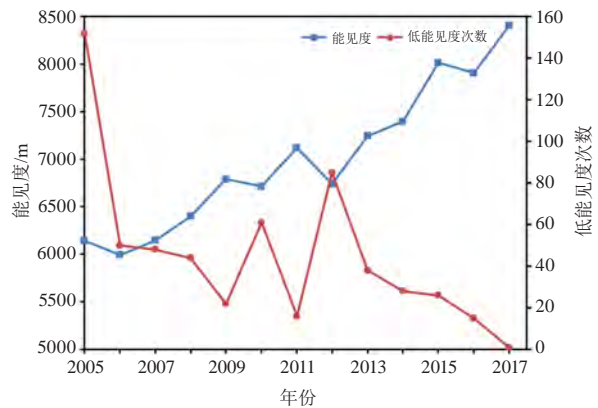


图1 白云机场能见度和低能见度次数的年变化特征
Fig. 1 Annual variation of visibility and low visibility in Baiyun Airport

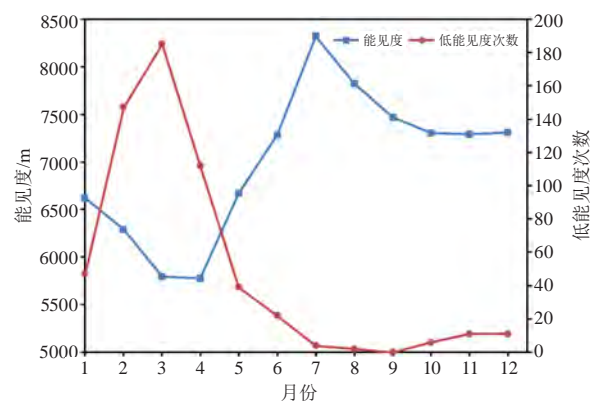


图2 白云机场能见度和低能见度次数的月变化特征
Fig. 2 Monthly variation of visibility and low visibility in Baiyun Airport

高值, 随后再逐渐降低, 季节变化特征显著; 低能见度次数的月变化也表现出类似的特征, 2—4月低能见度出现次数最多, 都在100次以上, 随后低能见度出现次数迅速减少, 7—10月低能见度出现次数基本在10次以下。

图3给出了白云机场能见度和低能见度次数的日

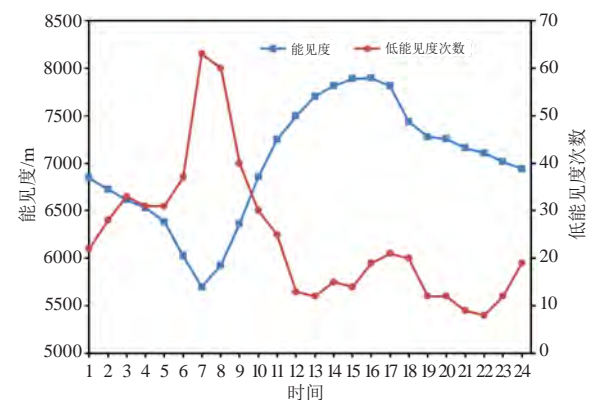


图3 白云机场能见度和低能见度次数的日变化特征
Fig. 3 Diurnal variation of visibility and low visibility in Baiyun Airport

变化特征, 07时机场能见度最低、低能见度出现次数最多, 之后能见度持续增大、低能见度出现次数迅速减少, 15—16时能见度达到最大值, 而低能见度出现次数是在22时最少。朱焱等^[16]在苏州市的能见度研究中得出了类似的日变化特征, 但是其年、月变化特征与白云机场相去甚远, 由此说明各地能见度变化的局地特征非常显著。

3 影响能见度的主要要素及相关关系分析

大气污染物和气象条件是影响大气能见度的主要因素^[17-18]。本文采用相关系数法量化了2012—2017年白云机场风速、相对湿度、气温和PM_{2.5}对能见度的影响, 得到逐时能见度与各气象要素、PM_{2.5}浓度的相关系数(表略)。对比相关系数可知, PM_{2.5}对能见度的影响作用最强, 相对湿度、风速对能见度的影响作用次之, 气温对其影响最小。

3.1 能见度与相对湿度的关系

大气中的水汽含量是影响能见度的一个重要因素^[19]。为了更好地分析相对湿度(RH)对能见度的影响, 利用2012—2017年逐时观测资料, 以1%相对湿度为间隔, 得到各区间相对湿度与平均能见度的散点分布(图4)。可以看出, 能见度与相对湿度呈明显的负相关关系。不同区间的相对湿度, 平均能见度的下降趋势不尽相同。当RH<40%时, 平均能见度基本在9000 m以上, 相对湿度每增加1%, 平均能见度降低37.8 m; 当40%≤RH<80%时, 平均能见度在8000~9000 m, 相对湿度每增加1%, 平均能见度降低26.5 m; 而当RH≥80%时, 平均能见度在8000 m以下, 并且随着相对湿度的增加, 平均能见度迅速降低, 每增加1%的相对湿度, 平均能见度降低216.3 m。由此可见, 环境相对湿度小于80%时, 能见

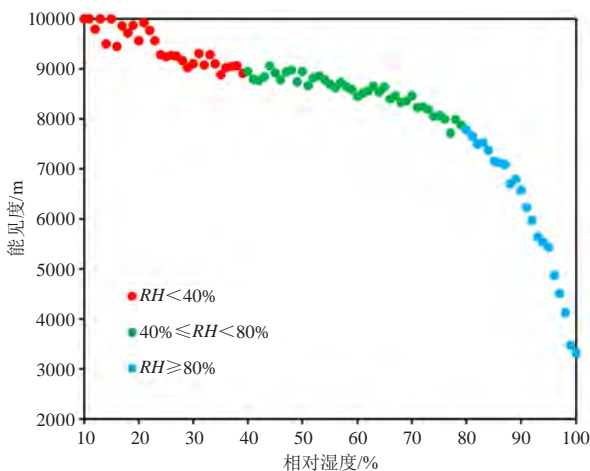


图4 能见度与相对湿度的关系

Fig. 4 Relationship between visibility and relative humidity

度下降得较为缓慢; 当环境相对湿度超过80%时, 能见度才会急剧降低。

3.2 能见度与PM_{2.5}浓度的关系

大气能见度的降低与空气中气溶胶粒子的消光率有密切联系^[20-21]。不同相对湿度下, 大气颗粒物的组成成分不同, 其形成的气溶胶吸湿增长因子也不同^[22]。因此, 根据前文的研究将相对湿度分为RH<40%、40%≤RH<80%、RH≥80%三个区段, 得到不同区段相对湿度下PM_{2.5}浓度与能见度的散点分布(图5)。总体上, 随着PM_{2.5}浓度的增加, 能见度呈下降趋势, 但不同相对湿度下PM_{2.5}浓度对能见度的影响程度不同。环境相对湿度越小, 出现低能见度所需的PM_{2.5}浓度值就越大; 反之, 环境相对湿度较高时, 较小的PM_{2.5}浓度值就可以导致低能见度的出现。此外根据拟合曲线, 在PM_{2.5}浓度为50 μg/m³时, 当RH<40%能见度在9 km左右, 而当RH≥80%能见度不足5 km。由此说明, 在一定的PM_{2.5}浓度下, 环境相对湿度越大, 能见度越低。这是因为空气中相对湿度较高时会促进大气颗粒物的吸湿增长, 造成颗粒物粒径的增长, 使得消光系数增加, 从而导致大气能见度降低^[23]。

3.3 能见度与风速的关系

地面风场一般是通过稀释大气污染物和改变大气的稳定度来影响大气能见度的。利用2012—2017年逐时观测资料, 得到不同级别风速和平均能见度的曲线图(图6)。总体上, 能见度随着地面风速的增大而增大。地面风速不超过4 m·s⁻¹时, 能见度随风速的增长趋势较为显著, 地面风速越大, 越有利于大气污染物的稀释扩散。地面风速大于4 m·s⁻¹, 能见度随风速的增长趋势较为平缓, 能见度基本维持在9 km左右。地面风速大于9 m·s⁻¹, 平均能见度有所降低, 但此时样本数较少, 没有太大参考价值。图7进一步给出了不同相对湿度下能见度与风速的关系, 可以看出, 地面风速在0~4 m·s⁻¹时, 相对湿度越大, 能见度随风速的增长趋势越显著。风速大于4 m·s⁻¹, 能见度随风速的增长趋势都趋于平缓, 此时风速对能见度的影响不大, 但相对湿度越大能见度越低。

4 结论

1) 2005—2017年白云机场能见度呈逐年增大趋势, 低能见度出现次数总体呈减少趋势。其季节变化特征显著, 2—4月是低能见度时期, 之后能见度不断增大, 至7月达到最高值, 随后再逐渐降低。从日变化来看, 最低能见度通常出现在清晨, 午后明显好转, 之后又逐渐降低。

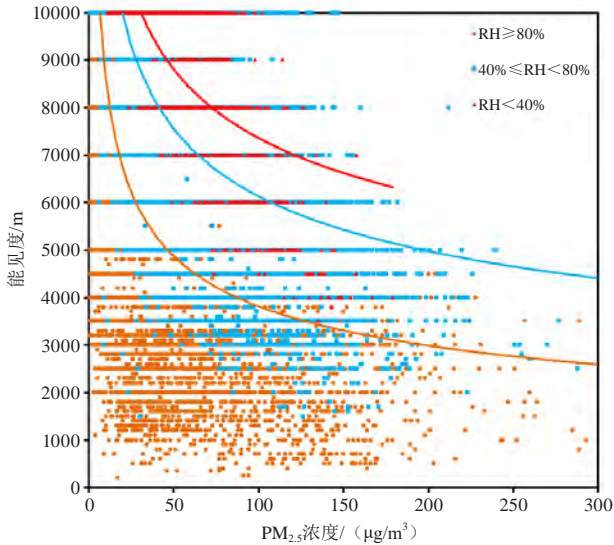


图5 能见度与PM_{2.5}浓度的关系
Fig. 5 Relationship between visibility and PM_{2.5}

2) 白云机场能见度与相对湿度、PM_{2.5}浓度呈负相关关系, 与风速、气温成正相关关系, 其中PM_{2.5}浓度对能见度的影响最明显。

3) 当相对湿度小于80%时, 能见度下降得较为缓慢; 而当相对湿度超过80%时, 能见度急剧降低。不同相对湿度下PM_{2.5}浓度对能见度的影响程度不同, 相对湿度越大, 出现低能见度所需的PM_{2.5}浓度值就越小。地面风速在0~4 m·s⁻¹时, 相对湿度越大, 能见度随风速的增长趋势越显著。

参考文献

[1] 洪全. 重庆市大气能见度变化趋势及影响因子. 重庆大学学报(自然科学版), 2003, 26(5): 151-154.
[2] 陈静, 赵春生. 大气低能见度的影响因子分析及计算方法综述. 气象科技进展, 2014, 4(4): 44-51.
[3] 陈廷良. 现代运输机航空气象学. 北京: 气象出版社, 1992, 162-171.
[4] Naegle P S, Sellers W D. A study of visibility in eighteen cities

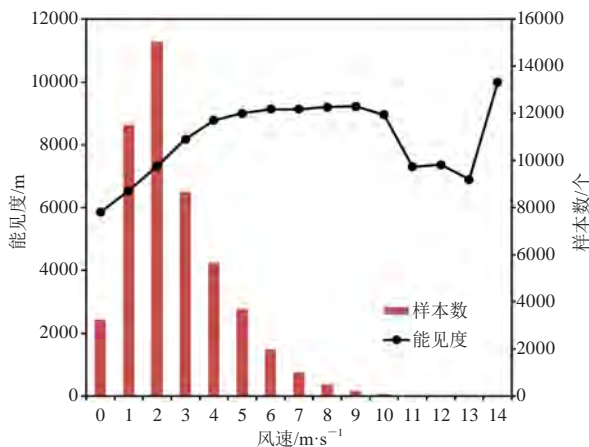


图6 能见度与地面风速的关系
Fig. 6 Relationship between visibility and ground wind speed

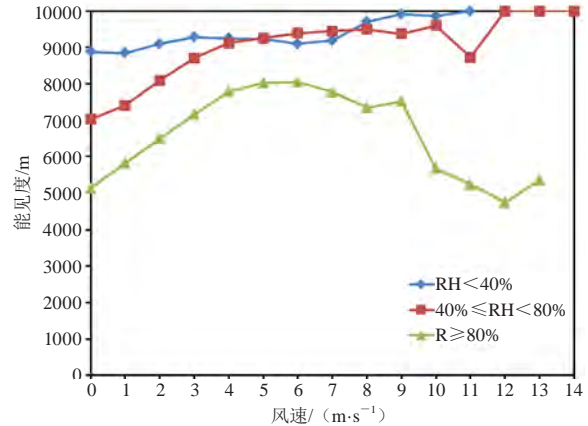


图7 不同相对湿度下能见度与风速的关系
Fig. 7 Relationship between visibility and ground wind speed for different relative humidity conditions

in the western and southwestern United States. Monthly Weather Review, 2009, 109(11): 2394-2400.
[5] 朱蕾, 朱国栋. 乌鲁木齐机场近30年低能见度天气特征分析. 中国民航飞行学院学报, 2012, 23(5): 27-30.
[6] 沈俊, 阎凤霞, 王燕雄. 虹桥机场能见度变化特征分析. 热带气象学报, 2008, 24(1): 99-104.
[7] 周斌斌, 蒋乐, 杜钧. 航空气象要素以及基于数值模式的低能见度和雾的预报. 气象科技进展, 2016, 6(2): 29-41.
[8] 冯彦华, 邓文珍. 白云机场低能见度气候的统计特征. 热带气象学报, 1998, 14(4): 369-373.
[9] 张美平, 敖淑珍. 广州白云机场低能见度气候特征. 2003, 31(3): 163-165.
[10] 区志中, 陈穗军, 黄奕铭, 等. 广州新旧白云机场天气的差异性及成因. 广东气象, 2006, (1): 39-41.
[11] 敖淑珍, 张美平. 近31年广州白云机场低能见度的气候特征. 民航科技, 2003, (4): 2-30.
[12] 楚建杰. 白云机场低云低能见度天气的几个影响因子. 广东气象, 2003, 30(1): 30-32.
[13] 钟家杰, 刘峰. 华南春季一次锋面大雾的边界层特征. 广东气象, 2000, 29 (1): 2-4.
[14] 文丹青, 黄波. 广州白云机场两次低云低能见度对比分析. 气象研究与应用, 2010, 31(S2): 16-17.
[15] 刘峰, 林智, 钟加杰. 广州白云机场一次低云低能见度天气过程的成因. 广东气象, 2007, 29(3): 21-23.
[16] 朱焱, 杨金彪, 朱莲芳, 等. 苏州市能见度与影响因子关系研究. 气象科学, 2011, 31(5): 626-631.
[17] 杨军, 李子华, 黄世鸿. 相对湿度对大气气溶胶粒子短波辐射特性的影响. 大气科学, 1999, 23(2): 239-247.
[18] Cao J Q. PM2.5 and the environment in China. Beijing: Science Press, 2014: 256-261.
[19] Gong S Y, Feng J L. Relationships among relative humidity, PM10 concentration and atmospheric visibility in Shanghai. Research of Environmental Sciences, 2012, 25(6): 628-632.
[20] Schlenker J C, Malinowski A., M S T, et al. Crystals Formed at 293 K by Aqueous Sulfate-Nitrate-Ammonium-Proton Aerosol Particles. Journal of Physical Chemistry A, 2004, 108(43): 9375-9383.
[21] Liu X, Cheng Y, Zhang Y, et al. Influences of relative humidity and particle chemical composition on aerosol scattering properties during the 2006 PRD campaign. Atmospheric Environment, 2008, 42(7): 1525-1536.
[22] 王启元, 曹军骥, 甘小凤, 等. 成都市灰霾与正常天气下大气PM_{2.5}的化学元素特征. 环境化学, 2010, 29(4): 644-648.
[23] Nesslerer R, Weingartner E, Baltensperger U. Effect of humidity on aerosol light absorption and its implications for extinction and the single scattering albedo illustrated for a site in the lower free troposphere. Journal of Aerosol Science, 2005, 36(8): 958-972.