

黄花机场冬季辐射雾消散特征的统计分析及其预报启示

吴佩

民航湖南空管分局, 中国·湖南 长沙 410137

摘要: 本文利用 2010~2022 年黄花机场 12 月—次年 2 月的辐射雾日观测资料和 ERA5 再分析资料, 对黄花机场共 95 个辐射雾消散过程进行气候特征分析。得出以下结论: (1) 雾日变化与东亚冬季风指数呈反比, 辐射雾的持续时间大部集中在 1 至 4 小时内, 且在冬季各月大雾的消散时间呈现出不同的变化规律。(2) 在辐射雾消散期间各气象要素的分布特征分别是: 风速主要集中在 1m/s, 风向占比最多的是 VRB; 低云云量多为 OVC; 气温大部集中在 0~5℃; (3) 大雾消散时气温的变化能在一定程度上指示大雾消散。通常浓雾消散所需升高的温度更大。

关键词: 黄花机场; 东亚冬季风指数; 气象要素; 合成分析

Statistical analysis of the dissipation characteristics of winter radiation fog at Huanghua Airport and its implications for forecasting

Wu Pei

Hunan Sub-bureau of South China Regional Air Traffic Management Bureau.CAAC, China Hunan Changsha 410137

Abstract: This paper utilizes observational data of radiation fog days and ERA5 reanalysis data at Huanghua Airport from December to February of the following year during the period from 2010 to 2022 to analyze the climatic characteristics of 95 radiation fog dissipation processes at Huanghua Airport. The following conclusions were drawn: (1) The variation in fog days is inversely proportional to the East Asian Winter Monsoon Index, with the duration of radiation fog mainly concentrated within the (1, 4] hour range. The dissipation times of dense fog vary for each month of December, January, and February. (2) The distribution characteristics of various meteorological elements during the radiation fog dissipation period are as follows: wind speed is mainly around 1 m/s, with the VRB direction being the most prevalent; low cloud cover is mainly at full sky coverage levels; air temperature is mostly distributed in the [0, 5) °C range; (3) The changes air temperature during the dissipation stage at Huanghua Airport can indicate dense fog dissipation to a certain extent. Denser fog generally requiring a larger increase in temperature for dissipation.

Keywords: Huanghua airport; East Asian winter monsoon index; Meteorological elements; Composite analysis

0 引言

雾会使得机场和跑道区域视程严重下降的天气现象^[1]。其严重危害航空安全。研究发现中国冬季雾在生消过程中受到近地面风、近地面水平风的垂直切变、大气静力稳定性和水汽含量等因素的共同影响^[2-3]。雾的生消也与云况^[4]降水^[5]、地形因素^[6]有关。

雾的生消具有很强的地域特点。吴兑等^[7]研究表明我国雾日存在东南部多西北部少, 冬半年雾日多, 夏半年雾日少的特点。赵欢等^[8]研究了成都雾的气候特征, 发现其雾日分布呈现中心最多, 四周减少的特征。

雾的气候特征、形成原因、演变特征的相关工作取得了一定进展^[9-12], 但辐射雾消散的预报仍存在挑战。黄花机场地处湖南省东部偏北, 冬季雾天气频发, 其中以辐射

雾占比最多, 其持续时间最长。在民用航空气象中, 准确预计辐射雾的消散对飞机的放行和调时有重要的意义。本文统计了黄花机场 2010-2022 年冬季辐射雾的气候特征, 并对雾发生频次的年际变化进行分析, 同时比较了辐射雾消散期间各种气象要素的变化特征, 旨在对黄花机场辐射雾消散的预报提供参考。

1 资料和方法

本文使用的资料主要有: (1) 由黄花机场气象台观测室提供的本场《民用航空气象地面观测月总簿》, 时间精度为一小时一次。从中挑选出 2010-2022 年冬季 (12 月—次年 2 月) 共计 95 个辐射雾的逐小时观测数据, 其中云、能见度、大雾天气现象的观测来自人工观测, 风、湿度、修正海平面气压、温度观测为仪器观测。(2) 2010~2022

年欧洲中期天气预报中心 (ECMWF) 生产的 ERA5 再分析资料。(3) 本文计算的 2010–2022 年逐年东亚冬季风指数的方法使用中华人民共和国气象行业标准规定的东亚冬季风计算指数规定的方式。相关系数计算方法为皮尔逊相关系数, 并计算 t 检验 (4) 本文将大雾期间能见度开始上升的阶段定义为大雾消散阶段。

2 冬季辐射雾结束的时间特性及与冬季风指数的联系

黄花机场 2010–2022 年冬季共发生 95 次辐射雾。黄花机场处于季风显著控制区, 有研究表明, 东亚冬季风环流会影响大雾的生成^[13]。为了明确黄花机场冬季辐射雾的年际变化规律, 本文计算了 2010–2022 年的东亚冬季风指数, 东亚冬季风指数是用来描述东亚冬季风强度的指标, 指数越高, 东亚冬季风越强。根据计算, 雾日数与东亚冬季风指数相关系数为 -0.5 , 通过 90% 的信度检验。即黄花机场冬季辐射雾的发生频率和东亚冬季风的强度呈反比, 东亚冬季风越强, 大雾发生的频率越低。

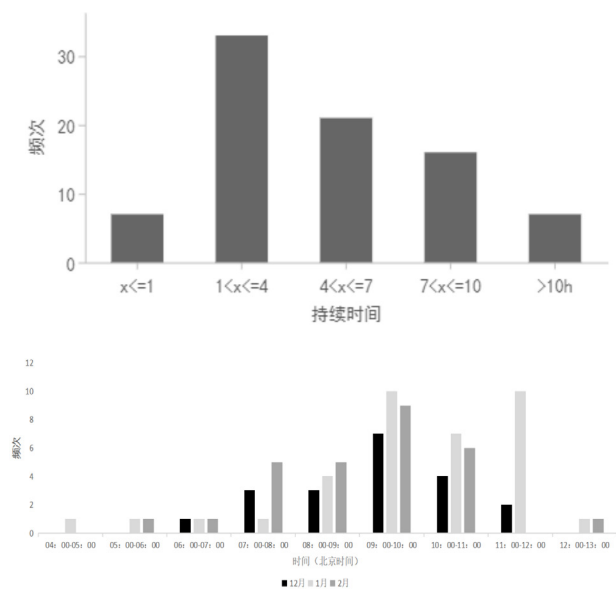


图 1 2010–2022 年黄花机场冬季辐射雾持续时间特征 (上)、各月辐射雾消散的时间 (下)

图 1 左为黄花机场 2010–2022 年辐射雾的持续时间特征, 冬季辐射雾的持续时间在各个区间都有占比, 各个区间占比相差不大, 持续时间主要集中在 (1,4] 这个区间, 频次高达 30 多次, 占比接近 30%。其次是持续时间在 (4,7] 这个区间。其中持续时间小于 1 小时和大于 10 个小时的频次相等, 发生频次相对较少, 但占比也接近 10%。

图 1 右所示, 黄花机场冬季辐射雾消散的时间集中在早上的 4 点到中午的 1 点这个时间段中, 每个月份大雾消散的时间和分布规律都不一样。12 月消散时间集中在

6–12 点, 其中, 大雾主要在 9–10 点这个阶段消散。1 月集中在 4–13 点, 其中, 大雾消散的时间主要集中在 9–12 点这个时间段。1 月份消散时间分布更广, 各个时间段均有分布, 一定程度上可以反映预报黄花机场 1 月份辐射雾消散时间难度更大。2 月集中在 5–11 点和 12–13 点大雾消散, 其中 2 月份的大雾消散时间最集中的是 9–11 点这个时间段。在整个冬季, 6–11 点, 是各个月份都出现的消散时间点, 其中, 9–10 点是消散最集中的时间。

3 气象要素的分布特征

3.1 风速和风向、云

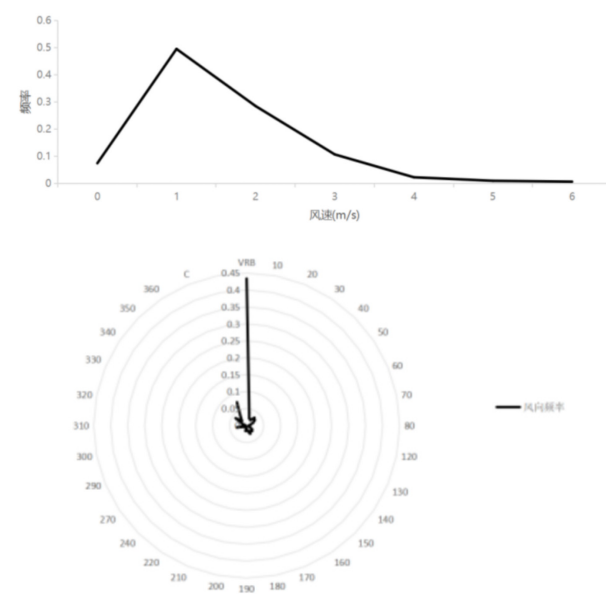


图 2 2010–2022 年冬季辐射雾消散阶段的风速分布 (上)、各个风向分布频率 (下)

辐射雾生成的原理一般是晴夜、微风、逆温层、充沛的水汽。所以, 当逆温层破坏或者风速加大都利于辐射雾的消散。对于黄花机场而言, 风速的增大不是辐射雾消散的主因, 从图 2 左所示, 消散阶段的风速主要集中在 0–3m/s, 其中集中在 1m/s 的风速最多, 占比接近 50%, 风速在 4m/s 及以上, 总占比不到 4%, 大雾消散阶段的风速整体偏低。根据统计消散阶段的平均风速是 1.56m/s (图略), 而大雾生成及维持阶段的风速是 1.29m/s, 相差仅有 0.27m/s。

从图 2 右可以得出, 在消散阶段风向占比最多的是 VRB, 占比为 43%, 其次是静风, 占比接近 7%。从风向的占比也能证明黄花机场冬季辐射雾消散阶段的风速较小。紧接之后的, 就是偏北风和偏南风, 在消散阶段偏北风占比高于偏南风。

本文统计的消散阶段的低云底高为 450 米及以下 (图略)。在消散阶段, 每个量级的低云都有分布, 但主要集

中在 NSC 和 OVC, 其中以 OVC 占比最多, 占比为 45%, FEW 量级占比最少, 仅有 3%。

3.2 温度

雾消散是由于下垫面的增温, 饱和空气变得不饱和, 相对湿度减少。可见, 大雾的消散与温度的升高密切相关。从图 3 左所示, 在消散阶段的温度主要分布在 0 到 10℃ 这个区间, 累计占比 80% 左右, 其中占比最多的是 0 到 5℃ 这个区间, 接近 40%, 之后随着温度的增加频率逐渐减少, 最少的是 15 至 20℃ 这个区间, 占比不到 1%。消散阶段的大雾温度和黄花机场冬季温度分布频率比较一致, 平均态下的温度主要集中在 0~5℃ 这个区间, 这个区间也是大雾消散阶段主要集中的温度区间。

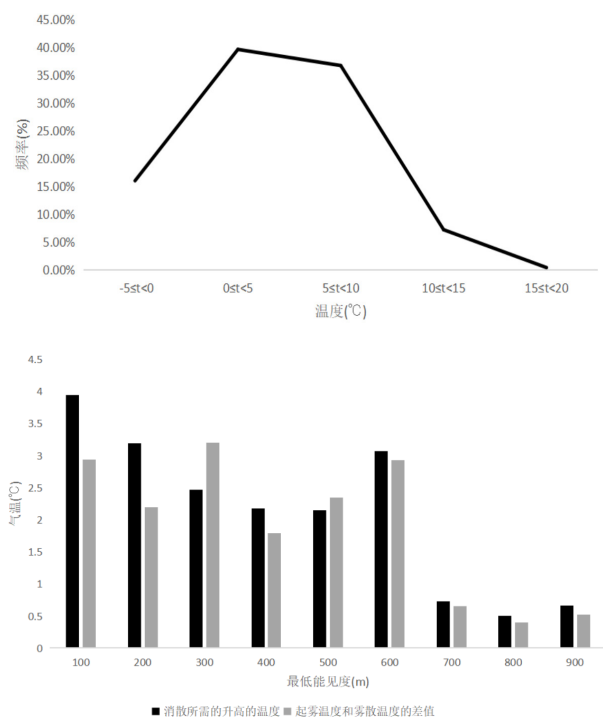


图 3 2010-2022 年冬季辐射雾消散阶段的温度分布(上)、消散阶段温度升高值与最低能见度的关系(下)

为了明晰温度上升程度与大雾消散之间的关系, 本文统计了在大雾期间不同能见度之下大雾消散所需要升高的温度(大雾消散的温度减去最低能见度时的温度)及起雾时的温度和大雾消散的温度之差, 计算的温差为 2010-2022 年的所有大雾个例温差的平均值。从图 3 右所示, 大雾消散所需要的温度和起雾和雾散的温度差值基本随着最低能见度的增大而减小。雾的浓度不同, 消散所需要的温差也不同。当最低能见度在 100 米时, 温度要升高接近 4℃ 大雾才消散, 在最低能见度在 600 米及以下时, 通常大雾消散平均要升高 2.5℃ 以上, 而当最低能见度在 700 米及以上了, 温度上升 1℃ 时, 基本大雾就会消散。起雾温

度和雾散温差的分布规律和大雾消散所需升高的温度是一样的, 同样是在最低能见度大于等于 700 米, 温差缩小在 1℃ 之内。在最低能见度在 100 米、200 米、400 米、600 米、700 米、800 米、900 米时起雾温度和雾散温度之间差值小于大雾消散所需的温度, 一般差值在 1℃ 之内。其中最低能见度在 300、500 米时。从冬季辐射雾消散过程中温度的变化, 可以得出温度的增加是黄花机场冬季辐射雾消散的重要原因。

4 结论与讨论

本文利用 2010~2022 年黄花机场 12 月-次年 2 月的辐射雾日 METAR 和 SPECI 数据和 ERA5 数据, 本文首先探究了黄花机场冬季雾日的年际演变规律, 并揭示了其与东亚冬季风指数的内在联系; 随后, 重点剖析了辐射雾消散阶段各类气象要素的气候学特征, 通过筛选出对雾消散影响最为显著的关键因子, 量化统计了其消散过程的具体关系。研究得出的主要结论如下:

(1) 2010-2022 年冬季共出现 95 次辐射雾。雾日变化与东亚冬季风指数呈反比, 相关系数为 -0.5, 通过 90% 的信度检验。辐射雾的持续时间多集中在 1-4 小时的内。冬季不同月份内的大雾消散时间点分布规律各异。主要集中在 9-12 时, 其中 12 月的结束时间最早, 为 10 点。

(2) 消散期间, 风速大小在 0-3m/s, 以 1m/s 最多, 消散期间风速没有明显增大的特征。其中 VRB 风向占比 43%, 偏北风多于偏南风; 云量主要集中满天云; 气温处于 [0, 5) 摄氏度。

(3) 气温的升高是大雾消散的标志特征, 大雾越浓, 需要升高的温度越高。根据统计, 当主导能见度处于 100-200m 区间时, 温度需要升高 3-4℃, 若 300-600 米, 则需要 2-3℃ 大雾消散, 当主导能见度在 700 米及以上, 则仅需要提高 1℃ 大雾会消散。

参考文献:

- [1] AP-117-TM-2021-01R2, 民用航空气象地面观测规范[S].
- [2] Zhang R H, Li Q, Zhang R N. Meteorological conditions for the persistent severe fog and haze event over eastern China in January 2013 [J]. Science China Earth Sciences, 2014.57(1): 26-35.
- [3] Wang H B, Zhang Z W, Liu D Y, et al.. Study on a large-scale persistent strong dense fog event in central and eastern China [J]. Advances in Meteorology, 2020: 8872334.
- [4] Guo L J, Guo X L, Luan T, et al. Radiative effects of

clouds and fog on long-lasting heavy fog events in northern China [J]. Atmospheric Research, 2021,252:105444.

[5] Kutty S G, Agnihotri G, Dimri A P, et al. Fog occurrence and associated meteorological factors over Kempegowda International Airport, India [J]. Pure Appl. Geophys., 2019, 176(5): 2179–2190.

[6] 吴兑, 赵博, 邓雪娇等. 南岭山地高速公路雾区恶劣能见度研究[J]. 高原气象, 2007, 26(3): 649–654.

[7] 吴兑, 吴晓京, 李菲等. 中国大陆 1951–2005 年雾与轻雾的长期变化[J]. 热带气象学报, 2011, 27(2): 145–151.

[8] 赵欢, 庞轶舒. 成都地区雾的气候时空特征及其与近年空气质量的关系[J]. 高原山地气象研究, 2023, 43(3): 123–128.

[9] 陈潇潇, 郭品文, 罗勇. 中国不同等级雾日的气候特征[J]. 气候变化研究进展, 2008, 4(2): 106–110.

[10] 鲁燕, 肖天贵, 唐钱奎. 成都地区近 30 年大雾的气候特征分析[J]. 高原山地气象研究, 2016, 36(1): 68–74.

[11] 刘德, 周国兵, 向波等. 重庆雾的形成原因分析研究: 全国重大灾害性天气过程总结和预报技术经验交流会论文集[C]. 北京: 中国气象学会, 2003.

[12] 陈英英, 熊洁, 贾文茜等. 近 58 年来长江中游雾和霾的演变特征及其影响因素[J]. 长江流域资源与环境, 2021, 30(9): 2178–2185.

[13] Niu F, Li Z Q, Li C, et al. Increase of wintertime fog in China: Potential impacts of weakening of the eastern Asian monsoon circulation and increasing aerosol loading [J]. J. Geophys. Res. 2010a, 115(D7): D00K20.

作者简介: 吴佩 (1993.05–), 女, 汉族, 福建省晋江市人, 研究生, 主任工程师, 研究方向: 短临预报。