

贵阳机场锋面雾气候特征分析

罗璇¹, 刘辉权², 年艾冰³, 李跃春⁴, 赵夏菁³

¹民航贵州空管分局气象台, 贵州 贵阳

²民航西南空管局气象中心, 四川 成都

³民航云南空管分局气象台, 云南 昆明

⁴民航西南空管局气象部, 四川 成都

收稿日期: 2022年8月20日; 录用日期: 2022年9月20日; 发布日期: 2022年9月29日

摘要

利用2010~2021年的气象资料, 统计分析贵阳机场锋面雾的气候特征以及天气形势特点, 结论如下: 1) 锋面雾年平均3.6日, 2月发生日数最多。2) 4~9时是最易生成, 7~12时最易消散, 持续时间以1~4小时居多。3) 96%的个例有逆温层, 逆温顶平均高度为773 hPa, 温度6.95℃, 厚度为43 hPa。4) 具有低温特点, 并伴有锋面降水。5) 主要影响系统为500 hPa、700 hPa西南气流, 850 hPa切变线和地面静止锋。

关键词

锋面雾, 云贵准静止锋, 逆温层

The Analysis of Climate Characteristics of Frontal Fog at Guiyang Airport

Xuan Luo¹, Huiquan Liu², Aibing Nian³, Yuechun Li⁴, Xiajing Zhao³

¹Guizhou ATC Branch Meteorological Observatory, Guiyang Guizhou

²Southwest ATC Bureau Meteorological Center, Chengdu Sichuan

³Yunnan ATC Branch Meteorological Observatory, Kunming Yunnan

⁴Meteorological Department of Southwest ATC Bureau, Chengdu Sichuan

Received: Aug. 20th, 2022; accepted: Sep. 20th, 2022; published: Sep. 29th, 2022

Abstract

Using the meteorological data from 2010 to 2021, the climatic characteristics and weather situation characteristics of frontal fog at Guiyang Airport were statistically analyzed. The conclusions

are as follows: 1) The annual average of frontal fog is 3.6 days, and the number of days in February is the largest. 2) 4~9 o'clock is the easiest to generate time, 7~12 o'clock is the easiest to dissipate time, and 1~4 hours is mostly duration. 3) 96% of the cases have an inversion layer, the average height of the inversion top is 773 hPa, the temperature is 6.95°C, and the thickness is 43 hPa. 4) It has the characteristics of low temperature and is accompanied by frontal precipitation. 5) The main influencing systems are the southwest airflow at 500 hPa and 700 hPa, the shear line is at 850 hPa and quasi-stationary front is on the ground.

Keywords

Frontal Fog, Yunnan-Guizhou Quasi-Stationary Front, Temperature Inversion Layer

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

贵州位于云贵高原的东南侧，秋冬季影响贵州的冷空气，受地形的阻挡，很难翻越高山，进入云南中部，这使在云贵间经常形成一条准静止锋。贵州大范围锋面雾的出现与云贵静止锋的存在密切相关，暖湿空气爬升到冷的下垫面上，冷暖空气的交汇在近地面形成饱和。

Tardif 等[1]分析纽约雨雾，指出雨雾发生时在近地层强逆温层中有弱的降水出现；杨静等[2]指出，贵州秋冬季雾经常出现在云贵静止锋后冷区一侧。崔庭等[3]分析发现锋面发生时低层空气潮湿，低层有逆温，锋区附近有弱的上升运动。刘开宇等[4]对贵阳机场一次锋面雾的研究表明，锋面雾发生在云贵静止锋减弱阶段。杨静等[5]还研究发现锋面雾伴有低温阴雨现象，云层浅薄。

以上研究主要针对贵州区域内锋面雾的分布特征和发生规律，对于机场单点锋面雾的气候特征研究较少。贵阳机场在秋冬季受静止锋影响常出现低云天气，若低云再配合锋面雾天气出现，对航班的正常性和飞行安全影响极大，为了研究机场锋面雾的生成机制和发生规律，本文对机场 2010~2021 年的资料进行统计分析。标准如下：1) 观测报告中能见度小于 1000 米，且记录有雾；2) 有云贵准静止锋；3) 雾发生前后，机场有弱降水出现，或者周边站点有降水出现；4) 雾发生前后，天空满天云且云高低于 120 米。若上述条件均满足，则判断天气为锋面雾。

2. 锋面雾气候特征分析

2010 年至 2021 年，贵阳机场共出现锋面雾 47 次，如图 1 所示，统计时一日内若出现两次锋面雾天气，则日数记为 1 次，因此共锋面雾出现日数共 44 日，年平均 3.6 日，2018 年到 2021 年未出现锋面雾，2012 年日数最多，为 13 日，从 2013 年至 2017 年发生日数较为接近，为 3~5 日，锋面雾发生的年际变化差异大，与低云日数(年平均 45.5 日[6])相比，其发生次数偏少，这是因为锋面雾发生时的天气系统位置和气象要素配合要求更高。

对锋面雾累年各月出现日数统计，如图 2(a)所示，锋面雾出现在 10 月至次年 5 月之间，2 月发生日数最多，13 日，1 月、12 月次之，为 8 日，6~9 月在近 12 年间从未出现锋面雾。从各季分布看出，如图 2(b)所示，冬季锋面雾发生次数最多，为 32 次，春秋两季发生次数接近，为 8 次、7 次，但与冬季相比明显偏少，可见贵阳机场的锋面雾主要发生在冬季，这与冬季冷空气和静止锋活跃有关。

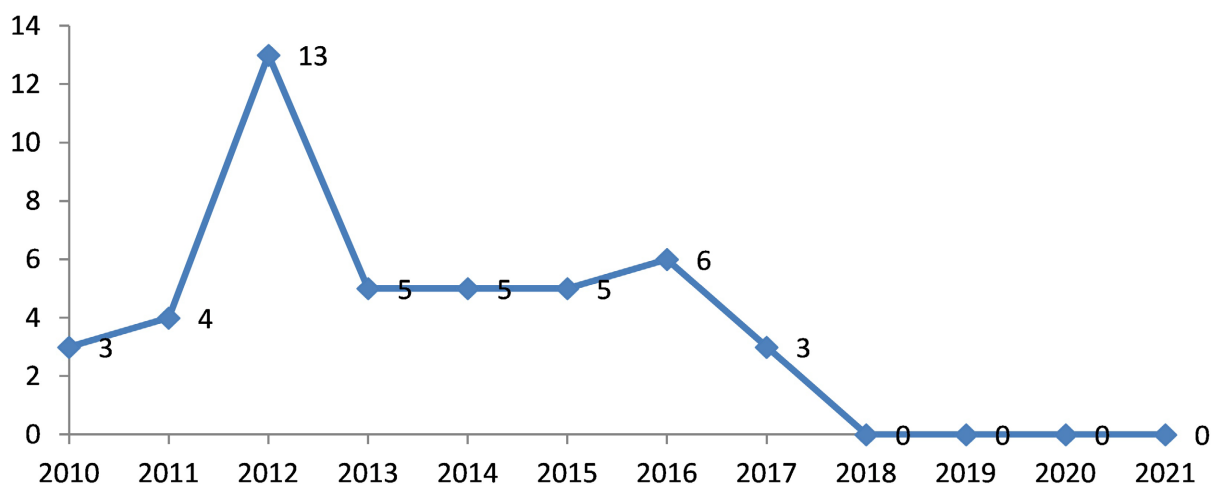


Figure 1. The inter-annual change of front fog days from 2010 to 2021 at Guiyang Airport (unit: day)

图 1. 2010~2021 年贵阳机场锋面雾日数年际变化(单位: 日)

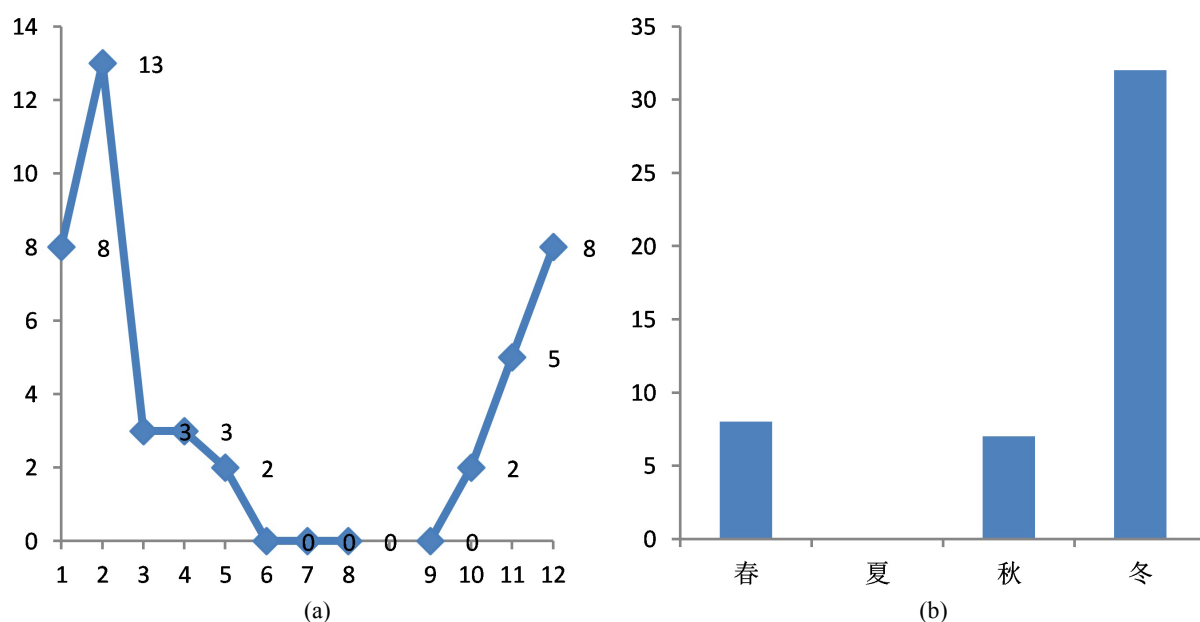


Figure 2. Number of days and times of front fog in each month and season of the year; (a) Number of days of frontal fog occurrence in each month of the year (unit: days); (b) Number of occurrences of frontal fog by season (unit: times)

图 2. 累年各月、各季锋面雾出现日数、次数; (a) 累年各月锋面雾出现日数(单位: 日); (b) 各季锋面雾发生次数(单位: 次)

3. 锋面雾生消及影响时间分析

分析贵阳机场锋面雾生消时间, 统计时每三小时为一个时段计算发生次数(如表 1 所示)。一日内, 锋面雾在 10~12 时从未发生过, 4~9 时其最容易出现, 共有 26 次。13~15 时、16~18 时、19~21 时锋面雾也较容易出现, 这点与辐射雾明显不同, 夜间 22 时之后锋面雾较少发生。

锋面雾消散时间, 与发生时间差异较大, 一日内任何时间均有可能消散。7~9 时、10~12 时是其最易消散的时段, 分别有 11、12 个个例在此时间消散。10~12 时不是锋面雾发生时段, 但却是其最易消散的时段。22 时~06 时消散的个例最少。生消时间的气候特征与造成锋面雾的热低压日变化规律有关, 一般而言, 热低压上午开始增强, 中午后发展最强, 在其发展过程中原本位于贵州西部的静止锋会倒退到贵

阳附近,当静止锋位于机场附近时,云高和能见度均较差,热低压继续发展,静止锋继续东退,贵阳机场受锋前偏南气流影响,天气转好,云高和能见度抬升。而在夜间热低压强度减弱,静止锋会西进,机场受锋面或其后部的冷空气影响,云高和能见度开始降低。因此,贵阳机场的锋面雾最易出现时段一是清晨,二是午后至傍晚,而其消散时间多为中午时分。

Table 1. The statistics on the generation and dissipation period of the frontal fog

表 1. 锋面雾生成、消散发生时段统计

时段(北京时)	0~3	4~6	7~9	10~12	13~15	16~18	19~21	22~24
生成次数(次)	3	13	13	0	6	5	5	2
消散次数(次)	3	2	11	12	4	5	7	3

统计锋面雾持续时间,如图 3 所示,锋面雾持续时间最长为 17 小时,仅出现一次,8 至 8.5 小时出现四次,锋面雾一旦出现只要其影响系统维持,大雾天气就会继续维持。但持续时间以 1~4 小时最多,共 33 次,占样本总数的 70%,其中持续时间 3 小时的个例最多,共出现 8 次。总之,锋面雾有长时间维持的可能性,但大部分个例的持续时间较短,这也是因为机场的锋面雾主要是在静止锋进退时发生的。

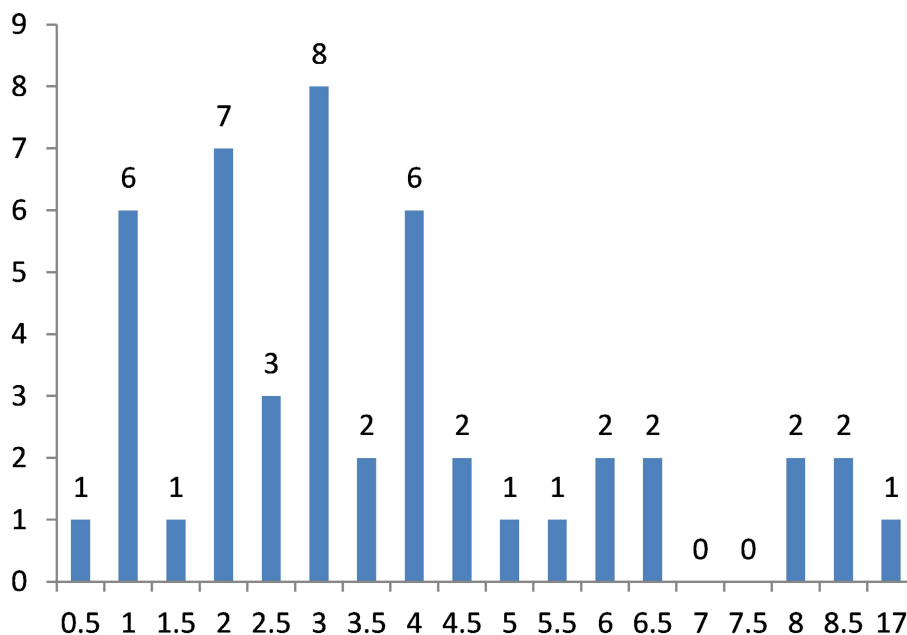


Figure 3. The occurrences number of the duration about the front fog (abscissa is the duration, unit: hours; the ordinate is the number of occurrences, unit: times)

图 3. 锋面雾持续时间出现次数(横坐标为持续时间,单位:小时;纵坐标为出现次数,单位:次)

4. 锋面雾发生时气象要素特征及逆温层分析

贵阳机场发生锋面雾时,气压差在 1~2 hPa 之间(仅有一次个例,气压差 5 hPa),较稳定的气压利于锋面雾的形成和维持。锋面雾形成时场面气压值在 870~890 hPa 之间,年平均 878 hPa,秋季平均为 881 hPa,春季为 875 hPa,冬季为 878 hPa。

为进一步了解机场出现锋面雾的垂直结构,对 47 个个例的贵阳站探空资料进行分析(表 2),分析时将高空温度露点差(T-Td)小于 5℃的高度定云顶高[7],锋面雾发生时,云顶高度总体偏低,云层浅薄,年

平均在 710 hPa, 接近 700 hPa, 秋季高度为 675 hPa, 春季为 655 hPa, 冬季为 730 hPa, 云高各个季节的差异较大, 冬季高度最低。

根据崔庭等人[3]的研究, 认为锋面雾发生时常有逆温层出现, 对 47 个例的逆温层进行分析, 有 45 个个例存在逆温层, 占样本数的 96%, 有 10 个个例有 2~3 层逆温层。

逆温顶平均高度为 773 hPa, 低于平均云顶高度, 其中秋季高度为 746 hPa, 春季为 793 hPa, 冬季为 778 hPa, 与云高相比, 逆温层高度三个季节差异不大, 且其高度均在云顶之下。从逆温厚度看, 平均厚度为 43 hPa, 其中秋季为 29 hPa, 春季为 32 hPa, 冬季为 49 hPa, 冬季逆温层最厚, 春季次之, 秋季最薄。逆温层顶温度均大于 0℃, 平均为 6.95℃, 冬季 6.28℃, 春季 8℃, 秋季 9.14℃。

发生锋面雾时, 地面相对湿度均在 90%以上, 温度露点差 $\leq 1^\circ\text{C}$, 地面水汽充沛饱和。地面气温平均为 6.17℃ (年平均气温 15.1℃), 冬季平均温度为 3.84℃ (平均 5.9℃), 春季为 10.87℃ (平均 15.6℃), 秋季为 11.43℃ (平均 16.1℃), 发生锋面雾时气温偏低。由锋面雾当日的气象报文可知, 天气发生前后均出现了弱降水。结合对垂直层结的分析可知, 在西南低空急流的作用下, 暖湿气流沿着锋面爬升, 使得锋区出现锋面弱降水。综上可知, 锋面雾在垂直结构上具有边界层较强锋面逆温结构, 具有低温特点, 并伴有锋面降水, 表现为雨雾共生特征。

Table 2. The characteristics of inversion layer and cloud height about frontal fog

表 2. 锋面雾逆温层特征及云高

	逆温层温差(℃)	逆温层厚度(hPa)	逆温层顶高度(hPa)	逆温层顶温度(℃)	云顶高度(hPa)
累年平均	3.89	43	773	7.52	710
秋季	2	29	746	9.14	675
冬季	4.5	49	778	6.66	730
春季	3	32	793	11	655

5. 锋面雾发生时天气形势

分析地面和高空资料, 天气系统发生规律如表 3 所示:

Table 3. Statistics of weather system about front fog at all levels at Guiyang Airport from 2010 to 2021

表 3. 2010 年~2021 年贵阳机场锋面雾各层次天气系统统计

500 hPa	700 hPa	850 hPa	地面
槽前西南气流 25 次 偏北气流 8 次 平直西风气流 14 次	西南气流 40 次 偏北气流 4 次 切变过境 3 次	偏南气流 21 次 切变线过境 24 次 偏北气流 2 次	静止锋 40 次 静止锋后地面辐合线 7 次

在 500 hPa 上, 53%的过程在高原南部 80°E~100°E 有南支槽出现, 我省受高空槽前西南气流影响。平直偏西气流影响的有 14 次, 占过程总数的 30%, 受西北气流影响的仅有 8 次, 占过程总数的 17%。

700 hPa 层次上, 85%以上的过程均为西南急流或西南气流, 切变过境和偏北气流影响最少, 仅 3 次和 4 次。可见发生锋面雾时 700 hPa 的主要影响系统是西南急流或西南气流, 有助于暖湿气流的输送, 形成逆温层并提供低层的水汽。

在 850 hPa 主要是偏南气流、切变线影响。切变线影响次数最多, 24 次, 占总数的 51%; 偏南气流 21 次, 占总数的 44%; 仅有 2 次过程出现偏北气流。

地面形势为, 发生锋面雾天气时均有静止锋存在。主要影响是中部静止锋型, 静止锋位于贵州中

部, 出现 40 次, 占总数的 85%。西部静止锋型, 机场受锋后地面辐合线影响, 出现 7 次, 占总数的 15%。

贵阳机场发生锋面雾时的天气形势配置结构如图 4 所示, 500 hPa 上空有南支槽, 贵州主要受槽前西南气流控制, 南支槽距离贵州较远, 上升运动弱; 700 hPa 有西南急流, 贵州受强盛的西南暖湿气流影响; 850 hPa 主要受切变线影响; 地面有静止锋, 冷空气强度弱, 当静止锋或锋后的地面辐合线位于机场附近时云高和能见度均较差。

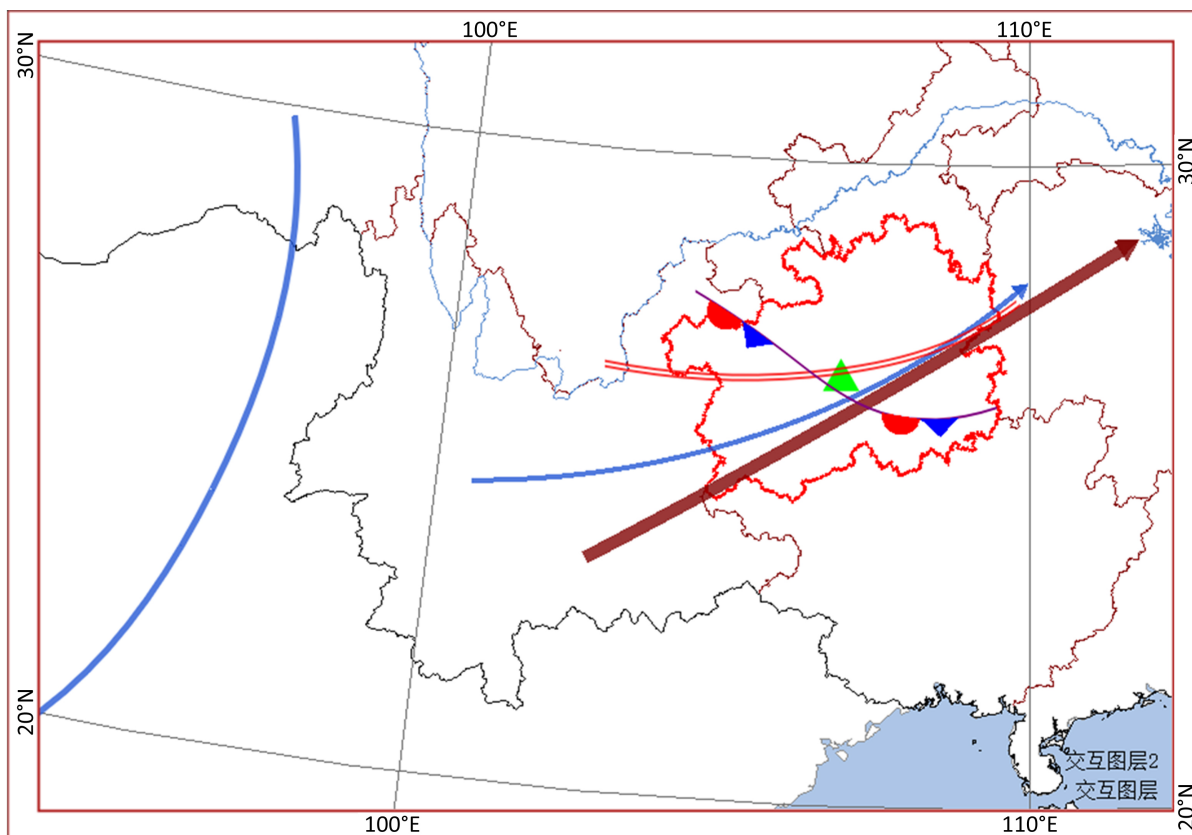


Figure 4. The typical weather system map of front fog at Guiyang Airport

图 4. 贵阳机场锋面雾天气典型天气系统配置图

6. 结论

利用 2010~2021 年的资料, 统计分析了贵阳机场锋面雾的气候特征、气象要素、逆温以及天气形势特点, 结论如下。

- 1) 锋面雾年平均 3.6 日, 出现在 10 月至次年 5 月之间, 2 月发生日数最多。
- 2) 一日内, 4~9 时锋面雾最易生成。在任何时间均有可能消散, 7~12 时最易消散。持续时间以 1~4 小时居多。
- 3) 发生锋面雾时, 气压差在 1~2 hPa 之间, 场面气压平均为 878 hPa。云顶高度平均在 710 hPa。96% 的个例有逆温层, 逆温顶平均高度为 773 hPa, 厚度为 43 hPa, 平均温度为 6.95℃。
- 4) 锋面雾发生时, 地面水汽充沛, 具有低温特点, 并伴有锋面降水。
- 5) 主要影响系统为, 500 hPa、700 hPa 西南气流, 850 hPa 切变线和地面静止锋。当静止锋或地面辐合线位于机场附近时云高和能见度均较差。

参考文献

- [1] Tardif, R. and Rasmussen, R.M. (2008) Process-Oriented Analysis of Environmental Conditions Associated with Precipitation Fog Events in the New York City Region. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, **47**, 1681-1703. <https://doi.org/10.1175/2007JAMC1734.1>
- [2] 杨静, 汪超, 彭芳, 等. 低纬山区一次持续锋面雾特征探讨[J]. 气象科技, 2011, 39(4): 445-451.
- [3] 崔庭, 吴古会, 赵玉金, 等. 滇黔准静止锋锋面雾的结构及成因分析[J]. 干旱气象, 2012, 30(1): 114-118.
- [4] 刘开宇, 高勇, 杨静. 贵阳机场一次云贵静止锋雾的诊断分析[J]. 云南大学学报(自然科学版), 2019, 41(S1): 65-71.
- [5] 杨静, 杜小玲, 朱文达, 等. 贵州锋面雾的基本特征及静止锋进退对其生消的影响分析[J]. 暴雨灾害, 2020, 39(5): 496-507.
- [6] 罗璇, 张宏国, 刘开宇. 贵阳机场低云气候特征分析[J]. 气候变化研究快报, 2022, 11(1): 55-62.
- [7] 甘文强, 蓝伟, 杜小玲, 等. 2018 年 1 月底至 2 月初贵州低温雨雪天气成因初探[J]. 暴雨灾害, 2018, 37(5): 410-420.