

贵阳机场雷暴天气特征分析

宋 媛, 陈义义

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7月17日; 录用日期: 2023年8月11日; 发布日期: 2023年8月23日

摘要

对贵阳机场2012~2022年雷暴天气进行统计分析,发现:(1)雷暴日数年际变化特征显著,年平均为40 d,最多(少)为60 d (30 d);雷暴发生日数夏季 > 春季 > 秋季 > 冬季;1~10月均有雷暴出现,主要集中在4~8月(5月最多),11、12月无雷暴发生;日变化特征明显(多夜雷);初雷(终雷)一般出现在冬末或初春(夏末或秋初),82%的初雷持续时间在2 h内;(2)雷暴在贵阳机场西北方向发生的概率最大,其次为偏西、西南及偏南方向;在偏东方向结束的概率最大,其次为偏南、偏北及东南方向;(3)雷暴持续时间多在2 h(含)内,占73.2%;其次为2~4 h(含),占19.2%;连日雷暴(2 d或以上)出现次数年平均为9.64次,最多(少)13次(7次),每次连日雷暴以连续出现2 d占多数,约67%;连续出现3 d的占22%;(4)雷暴常伴随中阵雨天气。

关键词

贵阳机场, 初雷, 连日雷暴

Analysis of Thunderstorm Weather Characteristics in Guiyang Airport

Yuan Song, Yiyi Chen

Guizhou Sub-Bureau of Southwest Air Traffic Management Bureau of CAAC, Guiyang Guizhou

Received: Jul. 17th, 2023; accepted: Aug. 11th, 2023; published: Aug. 23rd, 2023

Abstract

A statistical analysis was conducted on thunderstorm weather at Guiyang Airport from 2012 to 2022, and it was found that: (1) The interannual variation characteristics of thunderstorm days were significant, with an annual average of 40 days and a maximum (minimum) of 60 days (30 days); The number of thunderstorm occurrence days is summer > spring > autumn > winter;

Thunderstorms occur from January to October, mainly concentrated in April to August (with the highest frequency in May), and there are no thunderstorms in November and December; Distinct diurnal variation characteristics (frequent night thunderstorms); The initial thunder (final thunder) generally occurs in late winter or early spring (late summer or early autumn), with 82% of the initial thunder lasting within 2 hours; (2) The probability of thunderstorms occurring in the northwest direction of Guiyang Airport is the highest, followed by the west, southwest, and south directions; The probability of ending in the easterly direction is the highest, followed by the southerly, northerly, and southeastern directions; (3) The duration of thunderstorms is mostly within 2 hours (inclusive), accounting for 73.2%; Next is 2~4 hours (including), accounting for 19.2%; The average annual occurrence frequency of consecutive thunderstorms (2 days or more) is 9.64, with a maximum (minimum) of 13 (7) occurrences. The majority of consecutive thunderstorms occur for 2 days each time, accounting for about 67%; 22% showed continuous appearance of 3 days; (4) Thunderstorms are often accompanied by moderate showers.

Keywords

Guangzhou Airport, Initial Thunderstorm, Continuous Thunderstorms

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

雷暴是目前公认的严重威胁飞行安全的天气，常伴随闪电、大风、短时强降水、下击暴流、低空风切变、冰雹及龙卷等危险天气，严重威胁飞行安全[1] [2] [3]。闪电和强烈的雷暴电场能严重干扰飞机中、短波无线电通讯，甚至使通信联络暂时中断，还可能造成航空器个别部分磁化，使磁罗盘产生误差。因此，雷暴区一直被视为“空中禁区”，若飞机误入雷暴区后果将不堪设想[4] [5]。机场、航路上出现雷暴会造成飞机复飞、备降、返航或绕飞，也因而造成基于空中交通通行能力的大面积航班延误，给航空公司造成巨大经济损失，给航班正常运行和服务保障工作带来巨大压力[6] [7] [8]。

贵阳龙洞堡国际机场位于贵阳市东郊，经度 106°E、纬度 26°N、机场标高 1139 m，距贵阳市中心 11 km，是中国西南地区重要的航空枢纽。因雷暴天气影响贵阳机场飞机起降、造成航班大面积延误、返航、备降的情况时有发生。因此，做好贵阳机场雷暴的预报及分析总结十分重要。随着贵阳机场双跑道建设及三期工程的扩建，贵阳机场的“小气候”如雷暴年平均发生次数趋势、最多出现月份、最易出现时段、雷暴伴随天气、伴随极大风速、持续时间等也在发生变化。本文利用 2012~2022 年贵阳机场近 11 年最新观测资料，针对贵阳机场雷暴年际变化、年变化、季节变化、日变化、开始和结束方位、持续时间及伴随天气做定量分析，以期为贵阳机场今后的雷暴预报和预警提供新的参考指标。

2. 资料与方法

本文基于 2012~2022 年贵阳机场的实况观测资料，以 1 d 内出现 1 次或 1 次以上雷暴记为 1 个雷暴日。以每个时段自整点前 59 分开始，至 00 分结束为雷暴发生时段统计标准。

采用统计学方法，从年际变化、年变化、季节变化、日变化、开始和结束方位、持续时间及伴随天气等来研究贵阳机场的雷暴天气特征，以期为贵阳机场进行雷电预报预警，实现航班高效安全运行提供科学依据。

3. 贵阳机场雷暴天气特征

3.1. 雷暴日数的年际变化和季节变化特征

由图 1(a)可见, 贵阳机场 2012~2022 年雷暴日数年际变化特征显著, 呈三峰两谷型分布。2014、2016、2018 年为年雷暴日数的峰值年, 2012、2022 年为年雷暴日数的峰谷年。年平均雷暴日数为 40 d, 最多雷暴日数为 60 d, 出现在 2014 年; 最少雷暴日数为 30 d, 出现在 2012、2022 年。

由图 1(b)可见, 贵阳机场不同季节雷暴发生日数为: 夏季 > 春季 > 秋季 > 冬季。春季(3~5 月)累年雷暴日数为 186 d, 占比 41.99%; 夏季(6~8 月)为 211 d, 占比 47.63%; 秋季(9~11 月)为 34 d, 占比 7.67%; 冬季(12 月至次年 2 月)为 12 d, 占比 2.71%。

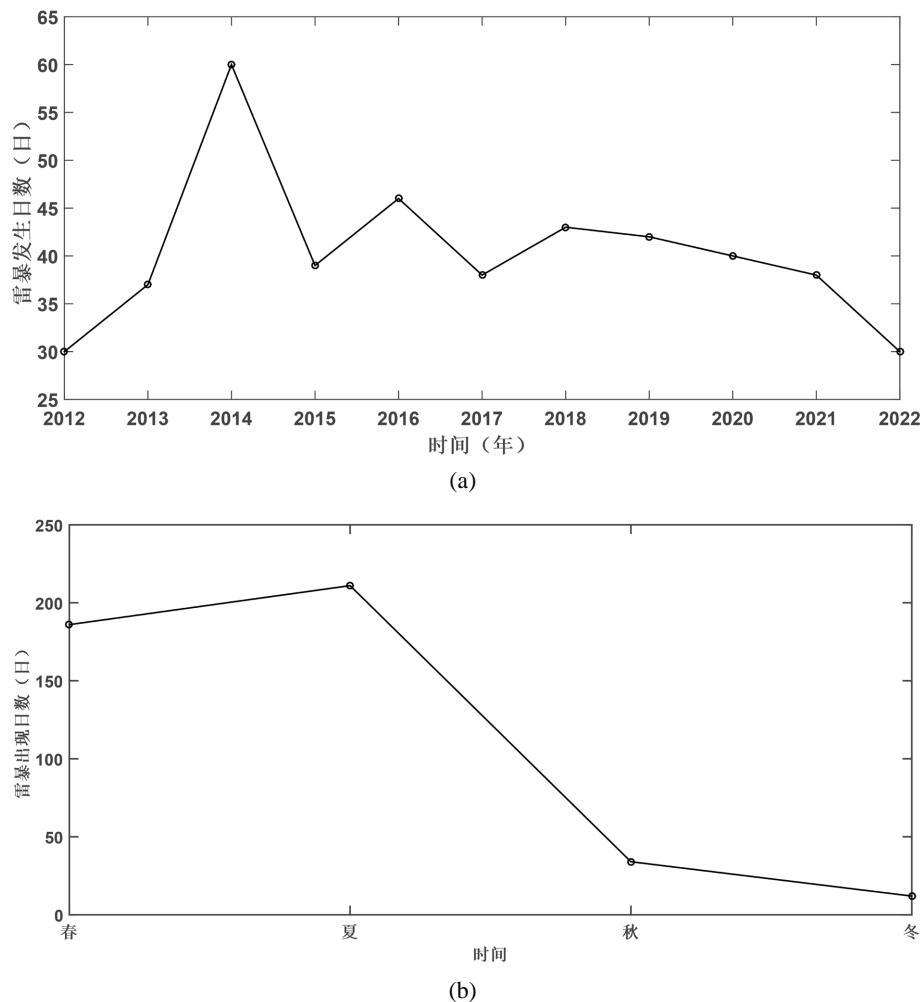


Figure 1. Interannual variation (a) and seasonal variation (b) of thunderstorm occurrence days at Guiyang Airport from 2012 to 2022

图 1. 贵阳机场 2012~2022 年雷暴发生日数年际变化(a)、季节变化(b)

3.2. 雷暴日数的年变化和雷暴次数日变化特征

由图 2(a)可见, 贵阳机场雷暴发生日数年变化呈显著的单峰型分布。1~10 月均有雷暴出现, 主要集中在 4~8 月、雷暴日数均在 55 d 以上, 累计雷暴日数占总雷暴日数的 79.2%。其中, 5 月最多, 出现 84 d,

占比 19%；其次为 7 月，占比 17%；再次是 6 月，占比 16%；11、12 月无雷暴发生。

造成贵阳机场雷暴日数年变化的原因是 3~5 月贵州大部开始从“小季风”向西南季风过渡，机场开始受西南季风影响、空气潮湿、冷暖空气频繁交汇。6~7 月低层气温逐渐升高，盛行西南季风、西太平洋副热带高压开始第一次北跳，贵州大部处于副热带高压西部外围，不稳定能量较强。若有冷锋、切变线活动时易产生雷暴。8 月副高发展强盛，机场位于高压脊南侧，盛行东南季风，为连晴少雨天气，受地形影响，易触发局地热雷暴，当受东风波、台风等影响时易产生雷暴[9]。

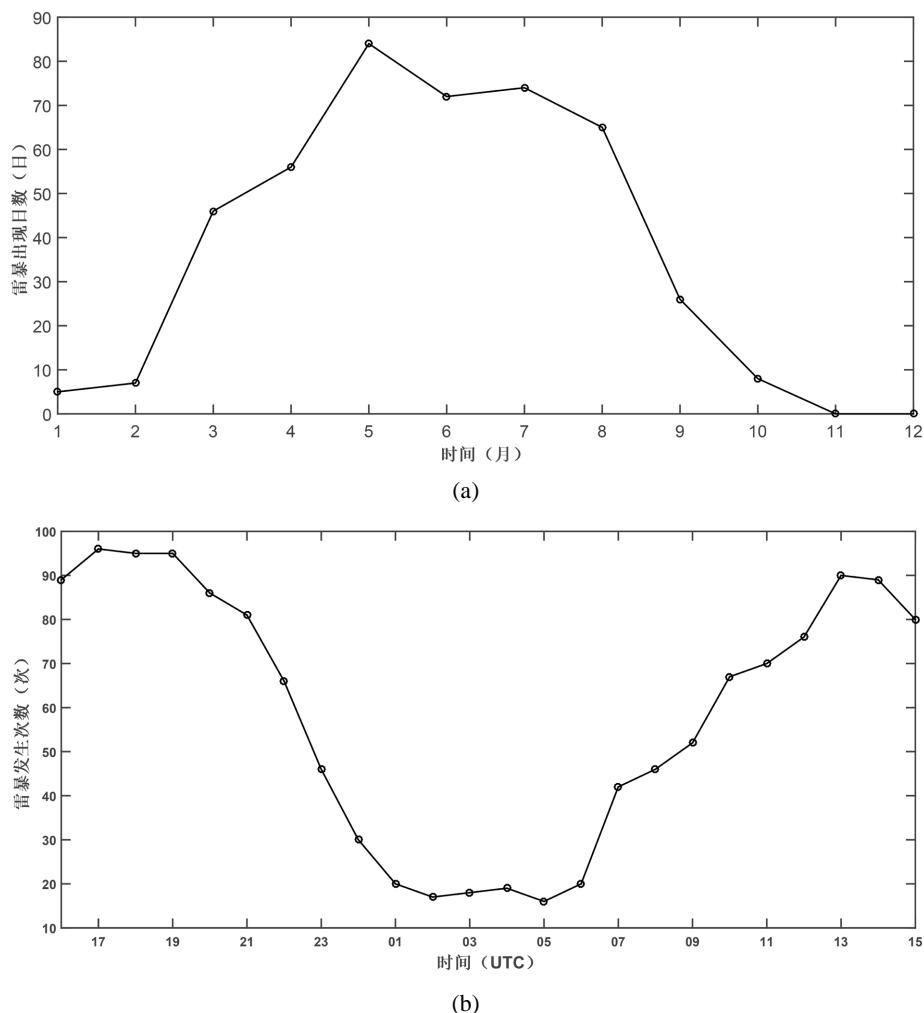


Figure 2. Annual variation of thunderstorm occurrence days and frequency at Guiyang Airport from 2012 to 2022 (a) and (b)

图 2. 贵阳机场 2012~2022 年雷暴发生日数年变化(a)、发生次数日变化(b)

雷暴发生时段统计标准为：每个时段自整点前 59 分开始，至 00 分结束。如 04:01 (含)~05:00 (含) 有雷暴过程发生或雷暴持续，则记 05:00 发生一次雷暴。由图 2(b) 可见，贵阳机场雷暴发生次数日变化特征明显(多夜雷)，呈显著的两峰一谷型分布。雷暴多发生在 11 时(世界时，后同)~次日 21 时，其中 13~14 时、16~19 时最多，累年均在 89 次以上；01~06 时最少，累年均在 20 次以下。

造成贵阳机场多夜雷的原因是：机场地处云贵高原东部斜坡的群山丘陵之中，近地面层空气潮湿，夜间云顶温度因辐射冷却而迅速降低，气层趋于不稳定。夜间山地增温效应消失，锋面、冷槽等低值系

统得到加强。加上副热带高压白天西伸、夜间东退，有利于高原低值系统东移影响本场。另外，在云贵静止锋存在期间，因为夜间云顶辐射冷却降温而形成逆温层，在逆温层下积累了大量的不稳定能量和水汽，一经触发便形成雷暴[9]。

3.3. 雷暴的开始方位和结束方位特征

以贵阳机场为中心，对雷暴过程的开始方位及结束方位进行统计。由开始方位图3(a)可知，雷暴在贵阳机场西北方向发生的概率最大，为21.63%；其次为偏西、西南及偏南方向，分别占比14.19%、13.51%、12.16%。由结束方位图3(b)可知，雷暴在贵阳机场偏东方向结束的概率最大，为22.88%；其次为偏南、偏北及东南方向，分别占比18.31%、12.81%、12.13%。

总体来看，对贵阳机场产生影响的雷暴多发生于机场的西北和偏西方向，这与贵阳机场的地形地势有一定关系。据李丽[9]等研究表明：贵阳机场西北方向有相对机场高度差较大的山峰和水面宽阔的红枫湖，为雷暴的产生提供了动力作用和充足的水汽条件。因此西北方向产生的雷暴多且强度较强。雷暴在贵阳机场上游发生后在引导气流的影响下向东南、偏东或偏南方向移动，影响贵阳机场后远离本场，雷雨天气过程结束。

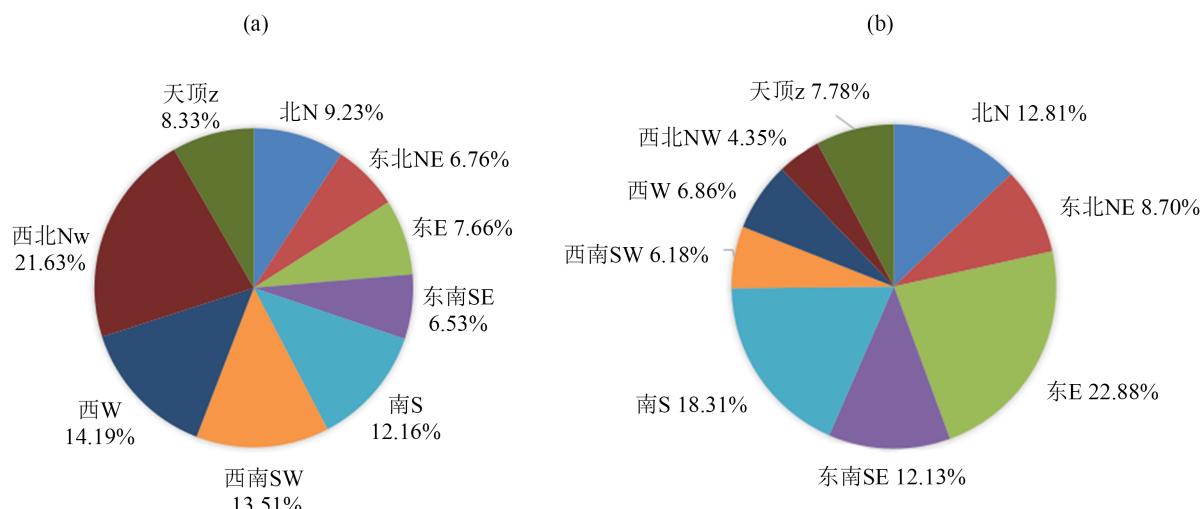


Figure 3. Probability circle chart of thunderstorm starting direction (a) and ending direction (b)
图 3. 雷暴开始方位(a)、结束方位(b)的概率圆环图

3.4. 雷暴的初日和终日

初雷在航空气象预报中意义重大，当机场出现初雷则预示着本场已开始进入雷雨季节，雷暴就成为预报和监视的重点。如表1，贵阳机场初雷一般出现在冬末或初春，最早出现在1月4日(2016、2022年)，最晚出现在3月15日(2014年)，初雷出现在2月中下旬后概率较大(占比73%)。冬季当贵阳机场气温较低时易造成雷暴的漏报，如2017年2月23日最高气温2.8℃、2019年2月17日最高气温1.2℃，但仍出现了雷暴。

终雷日一般出现在夏末或秋初(8月底至10月)，出现在9月概率为55%、10月为36%；终雷最早出现8月31日(2018年)，最晚出现在10月29日(2014年)。

持续时间方面，64%的初雷持续时间在1 h内，18%初雷持续时间在1~2 h。初雷常伴随小到中阵雨，天气并不十分剧烈。

Table 1. Comprehensive table of the beginning and end days of thunderstorms at Guiyang Airport from 2012 to 2022
表 1. 贵阳机场 2012~2022 年雷暴初终日综合表

年份	初日	出现时刻 (UTC)	持续时长 (h m)	当日最高气温 (°C)	终日	初终日 间隔(d)	初雷伴随 天气
2012	03-03	13:12	32 m	12.4	09-12	192	中阵雨
2013	02-18	12:36	31 m	24.4	09-12	205	小阵雨
2014	03-15	14:51	27 m	11.8	10-29	227	干雷或闪电
2015	02-20	11:14	1 h 27 m	26.2	10-01	222	小阵雨
2016	01-04	15:57	48 m	16.4	09-09	248	小阵雨
2017	02-23	11:45	2 h 35 m	2.8	10-03	221	中阵雨
2018	02-27	10:32	1 h 13 m	22.4	08-31	184	小阵雨
2019	02-17	09:46	58 m	1.2	09-17	211	中阵雨
2020	01-06	08:48	3 h 28 m	19.9	10-04	241	小阵雨
2021	03-05	14:37	46 m	12.0	09-28	206	小阵雨
2022	01-04	10:37	58 m	11.9	09-20	258	中阵雨

3.5. 雷暴的持续时间

通过对贵阳机场 2012~2022 年每一次雷暴过程的持续时间进行统计可知, 雷暴发生的次数随雷暴持续时间的增长而减小, 雷暴多持续在 2 小时(含)内, 占总数的 73.2% (图 4)。

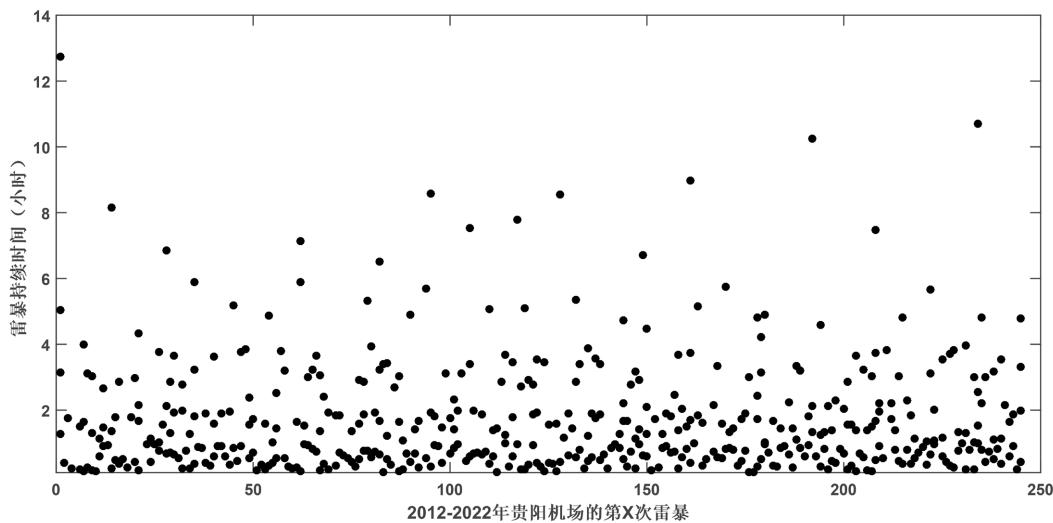


Figure 4. Scattered distribution of thunderstorm duration
图 4. 雷暴持续时间散点分布

Table 2. Number of occurrences of thunderstorm duration in various time periods from 2012 to 2022
表 2. 2012~2022 年累年雷暴持续时间在各时段出现的次数

持续时间 (h)	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	全年
0-1(含)	2	2	35	30	28	30	51	49	12	6	245
1-2(含)	0	4	12	14	20	22	27	13	7	2	121

Continued

2-4(含)	2	1	9	13	25	16	15	8	5	2	96
4-6(含)	0	0	0	2	8	9	3	2	0	0	24
6-12(含)	0	0	1	1	4	6	0	1	0	0	13
>12	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
最长持续时间	3 h 28 m	2 h 35 m	10 h 17 m	6 h 22 m	7 h 52 m	10 h 51 m	5 h 52 m	12 h 4 m	3 h 55 m	2 h 29 m	12 h 4 m
出现时间	2020-01-06	2017-02-23	2022-03-16	2022-04-30	2021-05-15	2022-06-03	2012-07-12	2021-08-24	2020-09-06 2014-09-29	2020-10-04	2021-08-24

如表2, 雷暴持续时间为0~1 h(含)的最多, 累年合计为245次, 占总数的49%; 1~10月均有出现。其中3~4月、6~8月每月均出现30次以上; 其次为5月, 出现28次; 1月、2月、10月较少出现不到10次。

持续时间为1~2 h(含)的合计为121次, 占总数的24.2%; 2~10月均有出现。其中5~7月出现较多, 均在20次以上; 2月、9~10月较少出现。

持续时间为2~4 h(含)的合计为96次, 占总数的19.2%; 1~10月均有出现。其中5月出现最多, 为25次; 1~2月、9~10月很少, 均≤2次。

持续时间为4~6 h(含)的合计为24次, 占总数的4.8%; 仅出现在4~8月。其中6月出现最多, 4月、8月均仅出现2次。

持续时间为6~12 h(含)的合计为13次, 占总数的2.6%; 仅出现在3~6月及8月。其中6月出现最多, 3~4月、8月均仅出现1次。最长持续时间为10 h 51 m, 发生在2022年6月3日。

持续时间在12 h以上仅1次, 发生在2021年8月24日、持续12 h 4 m, 占总数的0.2%。从最长持续时间来看, 较长持续时间的月份主要集中在3~8月, 均为5 h以上。

雷暴的持续时间还表现在雷暴的连续出现日数(以下简称“连日”)现象上。由表3可见, 连日雷暴(2d或以上)出现次数年际变化平均每年约出现9.64次, 多则可出现13次(2014年), 少则也有7次(2022年)。其中, 每次连日雷暴以连续出现2 d占多数, 约占67%; 而连续出现3d的连日雷暴天气占22%; 连续出现4 d、5 d的分别占5%、4%; 连续出现6 d及7 d以上的均占1%。最长连日雷暴为8天, 出现在2018年8月4日至8月11日(表4)。

Table 3. The interannual variation of continuous thunderstorms at Guiyang Airport from 2012 to 2022

表3. 贵阳机场2012~2022年连日雷暴年际变化

年份	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
次数	8	8	13	11	11	11	8	10	10	9	7

Table 4. Number of consecutive days of thunderstorms at Guiyang Airport from 2012 to 2022

表4. 贵阳机场2012~2022年连日雷暴连续出现日数

连续出现日数	2 d	3 d	4 d	5 d	6 d	≥7 d
次数	70	23	6	4	1	1

3.6. 雷暴出现时伴随的天气现象

由表5可见, 当贵阳机场出现雷暴时, 常伴有其他危险天气, 最多的是中阵雨(小阵雨出现次数更多,

未统计)。其中, 冰雹 3 次, 分别为 2014 年 5 月 9 日、2021 年 5 月 10 日、2021 年 5 月 12 日(冰雹最大直径为 mm, 重量为 g); 雷打雪(边打雷边下雪) 1 次, 出现在 2020 年 1 月 24 日; 雷暴大风也常出现, 其中 2020 年 5 月 19 日出现 32 m/s 大风, 其余出现雷暴大风均在 17 m/s 以上。

Table 5. The number of weather phenomena accompanying thunderstorms at Guiyang Airport from 2012 to 2022

表 5. 贵阳机场 2012~2022 年雷暴出现时伴随的天气现象发生次数

伴随天气	中阵雨	中到大雨 伴冰雹	中到大雨伴 大风	中到大雨伴冰雹 大风	干雷或 闪电	大风	雪
发生次数	119	59	2	13	1	21	3

4. 结论

本文利用贵阳机场 2012~2022 年的观测资料, 从雷暴的年际变化、季节变化、年变化、日变化、开始和结束方位、雷暴初终日、持续时间、伴随天气等进行统计分析。发现其年际变化特征显著, 年平均雷暴日数为 40 d, 最多(少)雷暴日数为 60 d (30 d); 雷暴发生日数夏季 > 春季 > 秋季 > 冬季; 年变化特征为 1~10 月均有雷暴出现, 主要集中在 4~8 月(5 月最多), 11、12 月无雷暴发生; 日变化特征明显(多夜雷); 初雷一般出现在冬末或初春, 终雷一般出现在夏末或秋初, 82% 的初雷持续时间在 2 h 内。并定量地分析了雷暴在各方位发生、结束的概率, 在贵阳机场西北方向发生的概率最大, 其次为偏西、西南及偏南方; 在偏东方向结束的概率最大, 其次为偏南、偏北及东南方向。详细统计了雷暴持续时间在各时段的分布情况, 雷暴持续时间多在 2 h (含)内, 占 73.2%; 其次为 2~4 h (含), 占 19.2%; 每次连日雷暴以连续出现 2 d 占多数, 约占 67%; 连续出现 3 d 的占 22%。最后, 统计了贵阳机场雷暴伴随的天气现象, 有中到大雨、冰雹、大风等, 其中伴随中阵雨天气次数最多。

参考文献

- [1] 李典南, 许东蓓. 双流机场雷暴天气特征及天气形势分类研究[J]. 高原气象, 2021, 40(5): 1164-1176.
- [2] 张美平, 敖淑珍, 刘翔, 等. 广州白云国际机场近 46 年来雷暴气候的统计特征[J]. 应用气象学报, 2004, 15(1): 66-73.
- [3] 王静, 高云峰, 邓梦雨, 等. 丽江机场雷暴天气特征分析[J]. 高原山地气象研究, 2017, 37(2): 29-35.
- [4] 李娟, 王建新, 邹德龙. 南宁吴圩国际机场近 30 年雷暴气候特征分析及天气形势概况[J]. 气象研究与应用, 2017, 38(3): 64-67.
- [5] 卓鸿, 王冀, 霍苗, 等. 不同天气影响形势下首都国际机场雷暴的空间分布及移动特征[J]. 暴雨灾害, 2018, 37(1): 57-66.
- [6] 赵润华. 2020 年成都双流机场系统性雷暴天气特征[J]. 高原山地气象研究, 2022, 42(4): 82-87.
- [7] 巩崇水, 曾淑玲, 王嘉媛, 等. 近 30 年中国雷暴天气气候特征分析[J]. 高原气象, 2013, 32(5): 1442-1449.
- [8] 邹琴, 谢屹然, 许迎杰. 昆明长水国际机场雷暴天气特征及其成因[J]. 云南地理环境研究, 2017, 29(4): 17-23.
- [9] 李丽, 刘烈霜, 刘贵萍. 贵阳龙洞堡机场雷暴天气特征分析[J]. 四川气象, 2007(27): 28-32.