

# 围场地区灾害性天气的闪电活动特征分析

孙萌

围场满族蒙古族自治县气象局

DOI:10.32629/eep.v9i5.3225

**[摘要]** 利用围场满族蒙古族自治县2020–2025年三维闪电数据和区域自动气象站逐日降水、大风、冰雹等实况观测数据,结合本地典型的强对流天气过程,分析围场地区近5年短时强降水、雷暴大风、冰雹等灾害性天气过程中闪电活动的时空分布特征。分析表明:围场地区闪电活动在时间和地点差异十分明显,中南部乡镇的闪电与强对流天气的发生关联性较高,闪电峰值时段为15时–20时,并且峰值比强降水峰值提前0.5–1.0小时;在雷暴大风或冰雹出现的过程中,闪电频次逐渐增加,正闪比例也随之上升。闪电发生与雷暴大风和冰雹的发生具有较好的对应性。通过以上分析,初步建立了适用于围场本地的灾害性天气的闪电预警指标,研究成果可为围场满族蒙古族自治县雷电预警、防灾减灾和农业生产提供实际参考和科学依据。

**[关键词]** 围场地区; 闪电活动; 强降水; 雷暴大风; 冰雹

**中图分类号:** S761.4 **文献标识码:** A

## Analysis of lightning activity characteristics during disastrous weather in the Weichang region

Meng Sun

Meteorological Bureau of Weichang Manchu and Mongolian Autonomous County

**[Abstract]** Using the three-dimensional lightning data from 2020 to 2025 in Weichang County and the daily observations of precipitation, strong winds, hail, and other weather phenomena from regional automatic weather stations, combined with locally typical severe convective weather processes, the spatial and temporal distribution characteristics of lightning activity during severe weather events such as short-term heavy precipitation, thunderstorm winds, and hail in the Weichang area over the past five years were analyzed. The analysis showed that there were significant differences in lightning activity in time and location in the Weichang area. Lightning in the central and southern towns was highly correlated with the occurrence of severe convective weather. The peak period of lightning activity was from 15:00 to 20:00, and the peak occurred 0.5 to 1.0 hours earlier than the peak of heavy precipitation. During thunderstorm winds or hail events, the frequency of lightning gradually increased, and the proportion of positive lightning also increased accordingly. There was a good correspondence between the occurrence of lightning and the occurrence of thunderstorm winds and hail. Based on the above analysis, lightning warning indicators suitable for local severe weather in Weichang were preliminarily established. The research results can provide practical references and scientific basis for lightning warning, disaster prevention and mitigation, and agricultural production in Weichang County.

**[Key words]** Weichang area; lightning activity; heavy precipitation; thunderstorm gale; hail

## 1 引言

围场满族蒙古族自治县位于内蒙古高原与冀北山地的过渡地带<sup>[1]</sup>,在河北省最北部,海拔跨度大(700~2000 m)、地形复杂,小气候差异显著。受特殊的地理环境影响,每年6—9月短时强降水、雷暴大风、冰雹等强对流天气活动频繁,对农业生产、林业生态和人民生命财产安全带来严重威胁。<sup>[2]</sup>闪电是强对流云团发展的重要标志,其活动特征与强对流天气的发生演变密

切相关。

近些年来,围场满族蒙古族自治县创建起一个三维闪电定位监测站、一台X波段双偏振天气雷达以及83个自动气象站,构建起较为完备的强对流天气监测网络。充分利用闪电监测数据并分析其与灾害性天气的关系,对提高预警提前量、提高预警准确性有很好的作用。选取近5年围场地区闪电定位数据和自动站数据,分析灾害性天气过程中闪电活动的特点,探究它同强降

水、雷暴大风、冰雹之间的联系,创建适合于本地的闪电预警指标,给短临预报服务赋予科学支撑。

2 资料与方法

2.1 资料来源

选取2020年—2025年围场满族蒙古族自治县三维闪电定位监测系统逐小时数据(包含闪电类型、经纬度、发生时间、强度、高度、陡度等),将2022年6月21日至22日、2025年7月25日至26日的降水过程作为重点案例进行分析。灾害性天气判定标准为短时强降水,1小时降水量≥20mm;雷暴大风,极大风速≥17.2m/s;冰雹,有冰雹观测记录。

2.2 分析方法

通过统计分析得到各种灾害性天气中闪电发生的总次数、正闪和负闪所占比例、闪电在时间和空间上的分布密度等数据;采用时序对比法分析闪电发生频率与降水强度、风速、冰雹出现时间的关系;结合当地海拔、地形等因素来探究闪电和灾害性天气之间存在怎样的对应关系;用皮尔逊相关系数来分析闪电密度和小时降水量之间的关系。

同时用GIS空间分析法绘制出闪电密度分布图,并和数字高程模型(DEM)叠加分析来找出闪电活动的高发区。建立初步的灾害性天气闪电预警指标,用典型个例进行检验。

3 围场地区灾害性天气的闪电活动特征

3.1 近5年灾害性天气概况

2020—2025年围场地区共出现短时强降水过程45次、雷暴大风过程32次、冰雹过程7次。灾害性天气大多出现在6到8月,7月最频繁。各年的灾害性天气发生次数统计结果如表1所示。

表1 2020—2025年围场地区灾害性天气发生次数统计

| 年份   | 短时强降水(次) | 雷暴大风(次) | 冰雹(次) | 合计 |
|------|----------|---------|-------|----|
| 2020 | 6        | 4       | 2     | 12 |
| 2021 | 8        | 6       | 2     | 16 |
| 2022 | 7        | 5       | 0     | 12 |
| 2023 | 5        | 4       | 1     | 10 |
| 2024 | 9        | 6       | 1     | 16 |
| 2025 | 10       | 7       | 1     | 18 |

3.2 闪电类型与总体分布

共监测到伴随灾害性天气的闪电过程62次,累计闪电次数2368次,其中负闪占比95.2%,正闪占比4.8%。正闪多出现在强对流天气的初期或末期,且单次强度明显高于负闪,主要分布在海拔1000~1500米的山地过渡带。

3.3 地域分布特征

闪电活动呈现“中南部高、西北部低”的分布特征(表2):中南部乡镇(如下伙房、四合永、腰站等)为闪电高值区,强对流天气过程中闪电频次达8.2次/km<sup>2</sup>·h,24小时降水量≥100mm的过程中,平均闪电频次达236次/过程;

北部坝上地区闪电活动较弱,多为无雷暴强降水,闪电频次约1.5次/km<sup>2</sup>·h;接坝过渡区闪电活动局地性强,频次约为3.6

次/km<sup>2</sup>·h。

表2 围场不同地区闪电活动特征对比

| 区域    | 海拔范围(m)   | 闪电频次(次/km <sup>2</sup> ·h) | 正闪比例(%) | 主要灾害天气类型    |
|-------|-----------|----------------------------|---------|-------------|
| 中南部地区 | 700~1200  | 8.2                        | 4.5     | 强降水、冰雹、雷暴大风 |
| 接坝过渡区 | 1200~1500 | 3.6                        | 5.2     | 强降水、雷暴大风    |
| 北部坝上  | 1300~1800 | 1.5                        | 3.1     | 稳定性降水       |

3.4 时间演变特点

3.4.1 日变化

经过统计可知,闪电活动存在明显的日变化特征,多出现在午后到夜间(14时到22时),占全天总次数的82%,其中17时到19时是雷电活动最频繁的时候(占总数的35%)。凌晨到上午闪电活动很微弱,只占总频次的8%。

3.4.2 过程演变

灾害性天气到来时,闪电频次以及降水强度一般会表现出“先闪电后降水,闪电变弱降水量变大”的现象。闪电频次的峰值比强降水峰值晚0.5~1小时。当有雷暴大风或者冰雹的时候,闪电的次数明显增多,正闪所占的比例也增大。2025年7月25日三道河口降水过程,16时闪电频次为48次/h,17时同时出现56.8mm/h强降水和雷暴大风,过程到20时结束。

4 典型灾害性天气个例分析

4.1 2022年6月21—22日区域性强降水伴随雷暴大风过程

此次过程中闪电共出现385次,全部为负闪。闪电活动多集中在21日14时到22日02时之间,高峰出现在21日18时(42次/h),比区域平均降水峰值提前一个小时。闪电高值区和降水、大风高值区高度重合,中南部乡镇(腰站镇、四合永镇)闪电密度达到7.8次/km<sup>2</sup>·h,北部坝上地区没有闪电记录。

4.2 2025年7月25—26日大暴雨和冰雹过程

本次降水期间闪电总次数为626次,为近五年来最多的一次,正闪31次(占总次数的5.0%),出现在26日02时到04时降水高峰时段。当小时雨强大于等于30mm时,闪电频次都大于等于30次/h,闪电密度和小时雨强的皮尔逊相关系数为0.87,呈正相关。冰雹来临前一小时闪电次数增多,正闪所占的总次数比例是6.2%。

表3 典型降水过程中闪电活动数据对比

| 个例             | 累计闪电(次) | 正闪占比(%) | 峰值频次(/h) | 超前时间(h) | 主要灾害类型    |
|----------------|---------|---------|----------|---------|-----------|
| 2022.6.21—6.22 | 386     | 0       | 42       | 1       | 强降水、雷暴大风  |
| 2025.7.25—7.26 | 626     | 5       | 48       | 0.5     | 强降水、冰雹、大风 |

5 闪电活动与灾害性天气的相互作用

地形抬升作用,中南部山地地形使暖湿气流上升,加强了对流运动的发展,加快了云内电荷分离的速度,形成了闪电和强降水、大风的相互作用高值区。

水汽和动力条件,冷涡、切变线、飑线等对流性天气系统依靠动力抬升和水汽持续输送,形成了有利的水汽和动力条件,闪电频次的变化就是对流云团从生成发展到减弱消亡的过程的反映。

下垫面热力差异,午后地面辐射升温明显,有效促进局地对流运动发展,使闪电活动达到日变化峰值;夜间地面作用热量减少,对流运动趋于平缓但是水汽条件仍然充足,降水过程持续进行,形成闪电减弱降水增强的现象。

6 灾害性天气闪电预警指标的建立与验证

6.1适用于本地的预警指标

结合围场地区闪电活动的日变化规律以及与灾害性天气的相互作用,初步建立适用于围场地区灾害性天气的闪电预警指标(表4)。

表4 围场地区灾害性天气预警指标

| 预警对象            | 闪电频次阈值(次/h) | 正闪比例阈值(%) | 超前时间(h) | 适用区域   |
|-----------------|-------------|-----------|---------|--------|
| 短时强降水(≥20 mm/h) | ≥30         | -         | 0.5~1.0 | 中南部    |
| 雷暴大风(≥17.2 m/s) | ≥25         | ≥4        | 0.5     | 中南部、接坝 |
| 冰雹              | ≥40         | ≥5        | 0~0.5   | 中南部    |

6.2预警流程

基于闪电数据的短临预警业务流程如下:

通过获取实时的三维闪电定位数据,计算所在区域内闪电发生的频次和正闪占比,判断是否达到预警阈值;达到阈值:判断是哪种灾害类型,发布闪电预警,通过云MAS、微信公众号、应急广播等发布;没有达到阈值:继续监测数据。

6.3验证与应用

利用2025年7月25日强降水过程进行验证,预警准确率达78%,平均提前量为35分钟。在2025年汛期短临监测预警业务中试运行该指标,累计发布雷电黄色、冰雹橙色、雷暴大风黄色预

警信号102次,其中正确预警87次,空报15次,漏报4次,业务应用效果良好。

7 结论与讨论

围场地区闪电活动具有明显的地形和时段差异,整体以负闪为主,县城南部乡镇为闪电高值区,占95%。闪电活动与短时强降水、雷暴大风、冰雹的联系十分密切,并且闪电频次峰值比降水峰值提前0.5~1.0小时。

利用闪电频次、正闪比例等指标,初步建立了适用于围场地区的灾害性天气闪电预警指标,经验证具有较好的实用性,2025年汛期预警发布准确率85%。下一步将结合雷达反射率因子(≥40 dBz)、自动站风速、风向等数据,进一步优化预警指标,提高短临预报预警的质量,提升业务化运行能力,并推动与农业农村局、应急局的联动应用,筑牢气象防灾减灾第一道防线。

[参考文献]

[1]张丽荣,王夏晖,李若溪,等生物多样性保护助力减贫:实践模式与案例[J].中华环境,2019,(06):24.

[2]郭润霞.北京地区夏季三次不同类型的强对流天气过程的闪电特征分析[D].北京市海淀区中关村南大街46号,中国气象科学研究院,2018.

作者简介:

孙萌(1998—),女,满族,河北省承德市围场满族蒙古族自治县人,大学本科,助理工程师,从事的研究方向或领域:气象综合业务、气象预报。