

2017-2023年无锡市地闪时空特征分析

戴民龙

(无锡市气象局,江苏省无锡市,214000)

摘要 本文基于无锡市2017-2023年闪电监测数据,运用最小二乘法和GIS空间技术等方法,研究无锡市地闪时空变化规律。结果表明:2017-2023年无锡市共发生50 941次地闪,呈年际上升趋势,为单峰单谷型,2023年最多,2022年最少。市辖区地闪频次呈年际上升趋势,江阴和宜兴则为下降趋势。地闪主要发生在5~9月,7~8月为高发期,这两月共占61.3%;6~12时发生频次较高,9时最多6 445次。地闪以负地闪为主,正地闪、负地闪和地闪总频次均自北向西南递增。地闪密度由市辖区向北和西递减。负地闪雷电流平均幅值比正地闪高,负地闪由市辖区向北和西逐渐降低,正地闪则相反。正地闪雷电流幅值大多在5~30kA,负地闪主要在10~40kA之间。

关键词 地闪;频次;负地闪;地闪密度;雷电流幅值

中图分类号:S761.5 文献标识码:B

文章编号:1008-0899(2024)12-0006-03

雷电是自然界中一种特殊的、极为壮观的声、光、电现象^[1]。雷电灾害是一种破坏性极强的自然灾害,常造成一定的人员伤亡和重大财产损失^[2],因此雷电灾害被联合国定位为最严重的十种自然灾害之一^[3]。随着经济的快速发展,经济越发达,雷电灾害造成的损失越大,因此了解其时空发生规律对预防和减轻雷电灾害具有非常重要的意义^[4]。目前中国已建成419个雷电观测站,对全国雷电发生情况进行监测。潘宥澄等^[5]研究发现广西地闪中以负地闪为主,多发生在夏秋季节,夏季集中在广西东部及南部,秋季则散布于各地市,午后至傍晚是高发时段。朱涯^[6]、程向阳^[7]等均基于GIS和自然灾害风险评估理论,利用气象资料、地理信息和社会经济数据等,开展本地区雷电灾害风险评估,得到雷电高风险区。王浩^[8]等通过闪电定位数据,研究本地区雷电概率分布,并对同时间节点发生的三起雷击事故进行详细分析,还原雷击过程。

以上研究成果对各地雷电灾害防御和预报预测起到了一定的作用,而无锡地区的雷电活动鲜有学者研究。无锡市地处江苏省南部,是长江三角洲

地区中心城市,雷电灾害是其常见的自然灾害之一,每年均会造成较大的经济损失和一定的人员伤亡。本文根据2017-2023年无锡市闪电监测数据,对无锡市地闪发生频次、雷电流幅值、正负地闪率和发生时间等时空分布特征开展研究,以期能为本地区雷电灾害防御提供科学参考依据。

1 资料来源与研究方法

1.1 资料来源

本文所用的闪电资料来源于天擎大数据云平台国家雷电探测系统闪电定位数据库,包括每次地闪发生的地点(经纬度)、时间、强度(雷电流幅值)等。

1.2 研究方法

1.2.1 地闪密度

地闪密度是指单位面积、单位时间上平均地闪次数,单位为个/(km²·a),计算某年某县(区)地闪频次与该地区面积的商,从而得到该年该县(区)的地闪密度^[9]。地闪密度越大的区域,代表该地区遭受雷电灾害的概率越高。

1.2.2 地闪强度

雷电流幅值是表征地闪强度的重要参数之一,故本文用雷电流幅值的绝对值大小表示地闪强度。地闪强度越强,代表该地区遭受的雷电灾害越强,雷电灾害风险越高。

本文将无锡市划分为宜兴、江阴和市辖区三个区域开展研究,市辖区包括惠山区等5个区,分别运

作者简介:戴民龙(1988~),男,汉族,江苏无锡人,本科,助理工程师,研究方向:防雷技术研究。

用最小二乘法线性趋势和GIS空间分析技术探讨地闪时间和空间变化规律。

2 结果分析

2.1 地闪发生频次

2.1.1 年变化

2017-2023年无锡市闪电定位资料经数据质量控制后,共监测到50941次有效的地闪数据,平均每年出现7277次地闪,发生频次呈年际上升趋势,倾向率为238.5次/年,为单峰单谷型,2023年雷电活动最为频繁,共监测到地闪12474次,最少的年份为2022年,仅2936次,最多年份约为最少年份的4.2倍。统计2017-2023年逐年各县区发生次数(见图1),发现近几年地闪年平均发生频次顺序为宜兴市>市辖区>江阴市,最大值出现在宜兴市的2023年5355次,最小值则在江阴市的2022年,仅690次。运用最小二乘法线性趋势分析各县区年际变化,显示仅市辖区呈年际上升趋势,倾向率为318.2次/年,江阴和宜兴均呈略微下降趋势,说明市辖区是无锡市地闪频次呈年际上升趋势的主要驱动力。

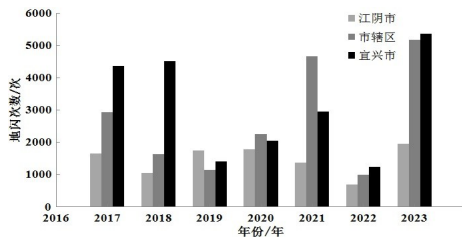


图1 无锡市各县局地闪发生频次年际变化图

2.1.2 月变化

统计无锡市地闪发生频次月变化(见图2),呈单峰型,1~4月为雷电少发月份,占比均不足4%,5月开始地闪发生频次骤增,在7月达到峰值,达15936次,占比高达31.3%,8月之后呈快速下降趋势,12月降至4次。地闪主要发生在5~9月,占全年的91.4%,7~8月是地闪高发期,共占全年的61.3%,这两月也是无锡强对流多发的时段,对流形势旺盛,极易形成正负电荷累积从而产生闪电。

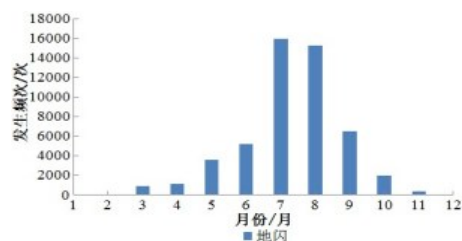


图2 无锡市地闪发生频次月变化分布图

2.1.3 日变化

统计得到无锡市地闪发生频次的日变化(见图3),为单峰单谷型,6~12时发生频次相对较高,基本均在3000次以上,峰值出现在9时6445次,说明6~12时为雷电活动多发时段,此时段较易发生雷电灾害。夜间1~2时和下午13~23时为低值时段,均不足2000次,谷值出现在下午17时,仅355次。夜间4时开始地闪发生频次呈显著增多趋势,在9时达到最大值,之后为波动下降趋势。

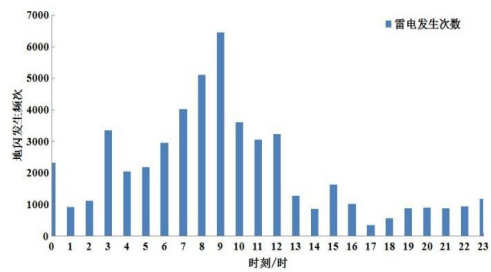


图3 无锡市地闪发生频次日变化分布图

2.1.4 空间分布

宜兴地闪发生次数最多21880次,市辖区次之18808次,江阴最少10253次,通过GIS-IDW计算得到无锡市地闪发生频次指数图(图略),发现地闪发生频次基本呈由北向西南逐渐递增的趋势,发生频次与面积呈正相关关系,宜兴面积最大,频次也最多,而江阴面积最小,相应的地闪频次最少。

2.2 雷电流极性分布

2017-2023年无锡市地闪以负地闪为主,共42844次,贡献率高达84.1%,正地闪较少8097次,贡献率仅为15.9%。正地闪频次呈年际上升趋势,倾向率为583.1次/年,与地闪总频次变化趋势一致,而负地闪则呈年际下降趋势,降幅为344.5次/年。从月变化来看,正地闪和负地闪变化趋势完全一致,均为先升后降,为单峰型,峰值均出现在7月,分别为3564次和13774次。从日变化来看,正地闪和负地闪变化趋势也完全一致,为先升后降,呈单峰型,峰值均出现在9时,分别为1142次和5303次。通过GIS-IDW计算得到无锡市正地闪和负地闪发生频次指数图(图略),可知正地闪和负地闪发生频次与地闪总频次空间分布一致,呈由北向西南逐渐递增的趋势。

2.3 地闪密度和地闪强度

计算近7年无锡市各县(区)的平均地闪密度,

表1 正地闪和负地闪雷电流幅值I概率分布

雷电流幅值区间(kA)	I≤5	5,10	10,20	20,30	30,40	I>40
正地闪概率	1.3%	21.1%	37.0%	15.3%	7.4%	17.9%
负地闪概率	0.3%	4.2%	10.6%	32.5%	26.3%	26.1%

发现各县(区)地闪密度相差不大,市辖区略高,为1.63个/(km²·a),宜兴次之1.57个/(km²·a),江阴最低1.48个/(km²·a),地闪密度呈市辖区向北和西递减的格局。江阴和宜兴地闪密度均呈年际下降趋势,降幅不足0.1个/(km²·a),而市辖区则呈上升趋势,倾向率为0.2个/(km²·a),表明市辖区不仅地闪密度较高且呈升高趋势,遭受雷电灾害侵袭的可能性越来越大。近7年无锡市正地闪雷电流平均幅值为27.2kA,江阴和宜兴略高,分别为31.8kA和28.2kA,市辖区最低,仅为23.8kA;负地闪雷电流平均幅值比正地闪高7.9kA,为35.1kA,市辖区较高,为36.3kA,江阴和宜兴均低于全市平均值,分别为34.8kA和34.2kA。正地闪和负地闪地闪强度空间分布有所不同,正地闪为由市辖区向北和西逐渐增强,而负地闪则为由市辖区向北和西逐渐减弱。从概率上看(见表1),无锡市正地闪雷电流幅值主要集中在5~30kA,占比高达73.4%,超过30kA和低于5kA的概率分别为25.3%和1.3%;负地闪雷电流幅值主要处于10~40kA,约占69.4%,超过40kA和低于10kA的概率分别为26.1%和4.5%。

3 结论

本文基于无锡市2017-2023年闪电监测数据,从地闪发生频次、雷电流极性、地闪密度和地闪强度四个方面出发,通过数理统计法、最小二乘法线性趋势和GIS空间分析技术,研究无锡市地闪时空变化规律,得出:2017-2023年无锡市共出现50941次地闪,呈年际上升趋势,为单峰单谷型,2023年最多,2022年最少。市辖区地闪频次呈年际上升

趋势,江阴和宜兴为下降趋势。地闪主要发生在5~9月,7~8月为地闪高发期,这两月共占全年的61.3%;6~12时发生频次较高,9时最多6445次。地闪以负地闪为主,贡献率为84.1%,正地闪仅15.9%,正地闪、负地闪和地闪总频次空间分布一致,呈由北向西南递增。市辖区地闪密度略高,呈市辖区向北和西递减的格局。负地闪雷电流平均幅值比正地闪高,负地闪为由市辖区向北和西逐渐减小,正地闪则相反。正地闪雷电流幅值集中在5~30kA,占73.4%,负地闪主要处于10~40kA,约占69.4%。

参考文献

- [1] 王娟,湛芸.2009-2012年中国闪电分布特征分析[J].气象,2015,41(2):160-170.
- [2] 童俊.承德市闪电定位系统的闪电活动及特征参数分析[J].科技资讯,2017,15(19):62-64.
- [3] 余蜀豫,任艳,覃彬全.基于模糊数学的重庆地区雷电灾害风险评估方法研究[J].灾害学,2015,30(2):75-78,84.
- [4] 张义军,周秀骥.雷电研究的回顾和进展[J].应用气象学报,2006,17(6):829-834.
- [5] 潘宥澄,李峙,陈生.2014-2018年广西闪电时空分布特征研究[J].南宁师范大学学报(自然科学版),2023,40(2):140-148.
- [6] 朱涯,鲁韦坤,余凌翔,等.玉溪市雷电灾害风险区划研究[J].中国农业资源与区划,2017,38(11):159-164.
- [7] 程向阳,谢五三,王凯,等.雷电灾害风险区划方法研究及其在安徽省的应用[J].气象科学,2012,32(1):80-85.
- [8] 王浩,陈孟涵,沈东波.结合闪电定位数据分析北京市同时间点几起雷击事故[J].科技资讯,2024,22(2):172-177.
- [9] 陈柳彤,龙爽,俞海洋,等.河北省雷电灾害风险区划研究[J].灾害学,2019,34(3):189-195.