

侯安校,周方聪,邓发斌,等. 近 10 年海南省雷电灾情及其对闪电定位性能的评估[J]. 气象研究与应用,2022,43(2):80–86.

Hou Anxiao,Zhou Fangcong,Deng Fabin,et al. Lightning disaster in Hainan in recent 10 years and its evaluation on lightning location performance[J]. Journal of Meteorological Research and Application,2022,43(2):80–86.

近 10 年海南省雷电灾情及其对闪电定位性能的评估

侯安校^{1,2}, 周方聪^{1,3*}, 邓发斌⁴, 王康平⁴

(1.海南省南海气象防灾减灾重点实验室,海口 570203; 2.海南省气象科学研究所,海口 570203;

3.海南省气象灾害防御技术中心,海口 570203; 4.海南祥云雷电防护有限公司,海口 570203)

摘要: 利用 2012—2020 年全国雷电灾害汇编资料和 2021 年海南省雷电调查数据,分析评估了近 10a 海南省雷灾特征及其变化以及采取距离最近法分析海南省 ADTD 闪电定位系统性能。结果表明:(1)与 1999—2011 年相比,近 10a 雷灾时空分布特征均发生了变化。其中,海南省雷灾最多发生在春季的 5 月和午后 15—16 时,主要位于北部的海口、澄迈和东部的琼海、西部的东方等地区;雷击人员伤亡事故主要发生在田野和水边或水中,雷击损坏最频繁是电子电气设备;(2)闪电定位系统对地闪回击的探测效率为 83.3%,回击定位距离误差平均 1602m;80%导致雷灾的回击为负极性,雷灾正、负极性回击电流强度平均 109.4kA 和 47.5kA,陡度平均 $16.6\text{kA}\cdot(\mu\text{s})^{-1}$ 和 $11.2\text{kA}\cdot(\mu\text{s})^{-1}$ 。

关键词: 雷电灾害;闪电定位;探测效率;定位精度;性能评估

中图分类号: P427.3

文献标识码: A

doi: 10.19849/j.cnki.CN45-1356/P.2022.2.14

引言

雷电灾害被联合国国际减灾十年委员会列为“最严重的十种自然灾害之一”,被国际电工委员会称为“电子时代的一大公害”。我国雷电灾害造成的人员伤亡和经济损失十分严重,据统计,1997—2006 年雷灾造成我国 4488 人死亡、4320 人受伤^[1];2012—2017 年全国雷灾事故呈逐年下降趋势,期间仍造成 1495 人伤亡,年平均直接经济损失达到 9600 万元以上^[2]。许多学者对有关省区的雷灾特征进行研究,发现广东雷电伤亡事件最多发生在农田^[3-4],云南雷击人员伤亡主要发生在农村^[5-6],内蒙古地区雷击人员伤亡主要发生在农村牧区的户外环境,雷电灾害造成电子电器设备损坏次数最多^[7],海南岛人员伤亡雷灾事故最多发生在田野和简易工棚,雷灾造成的直接经济损失中酒店类最多^[8],浙江遭受雷灾最多的行业是制造业^[9-10],江苏雷灾经济损失涉及的行业主要是石油化工、制造业等^[11],广西

南宁市雷灾中农村以人员伤亡为主,城市则以经济损失为主^[12],另外,陈丹等^[13]以宾阳县为例,分析了广西农村雷灾特征及其成因。

雷灾是海南省仅次于热带气旋的气象灾害^[14],当考虑人口权重时海南省的雷灾人员死伤率最高^[1]。据统计,1999—2011 年,海南省雷击导致了 405 人伤亡,平均每年雷击伤亡 31.2 人^[8]。陈哲等^[15]从地形、土壤电阻率等方面探讨了海南省雷灾的影响因素。这些研究对做好海南省防雷减灾工作具有很强的指导意义,但是随着经济社会的不断发展和进步,2012 年以来海南省雷灾变化趋势如何?与之前十年相比有无变化?此外,雷灾资料除了用于分析雷灾特征和雷电灾害风险区划^[16-18]外,还可以用于评估闪电定位性能^[19-20]。海南省闪电定位系统自 2007 年投入业务运行,2009 年进行了升级,但升级后未见对其进行性能评估的报道。因此,本文利用 2012—2020 年全国雷电灾害汇编资料和 2021 年海南省雷灾调查数据,统计分析 2012—2021 年海南省雷灾特

收稿日期:2022-03-26

基金项目:海南省自然科学基金项目(422QN428、2019RC361、421MS103)、海南省气象局科研项目(hnqxZC202108)

作者简介:侯安校(1964—),男,工程师,主要从事雷电防护工作。E-mail:huanxiao@163.com

* 通讯作者:周方聪(1988—),男,高级工程师,主要从事雷电监测预警与防护工作。E-mail:576255893@qq.com

征, 并将其与 1999—2011 年雷灾特征进行对比, 同时利用近 10a 雷灾数据信息, 评估海南省地闪定位网对回击的探测效率和定位距离精度, 分析造成雷灾事故的地闪回击的极性、强度和陡度等参数特征, 以期为海南省雷电防御工作提供参考依据。

1 资料和方法

1.1 雷灾资料

2012—2020 年海南省雷灾数据取自《全国雷电灾害汇编》, 2021 年海南雷灾数据来自海南气象部门雷灾调查报告。《全国雷电灾害汇编》每年 1 册, 包含当年全国各省、直辖市、自治区(不含港澳台)雷灾信息, 包括雷灾发生日期、时间、地点、人员伤亡和财产损失情况, 部分雷灾信息还包含雷灾发生地的经纬度和雷灾原因等信息, 但也有一些雷灾信息缺失具体时间、地点或雷灾损失情况等记录。

1.2 地闪定位资料

地闪定位资料来自海南省 ADTD 闪电定位系统, 该系统由海口、琼海、三亚、东方、琼中、永兴岛等 6 个站组成, 有 3 种定位方式, 分别是二站定位、三站定位和四站及以上定位方法^[19], 能监测地闪回击, 并给出回击发生的经纬度和极性、强度、陡度等信息, 回击探测效率为 90%, 探测精度 500m。陈有龙等^[20]利用雷暴人工观测和雷灾等资料, 检验分析了

2007—2008 年海南省闪电定位数据, 结果表明闪电定位数据可信度基本达到应用标准。

1.3 地闪回击与雷灾地点的距离计算

利用百度地图开放平台的坐标拾取器功能, 根据雷灾具体地点获取其经纬度信息。再根据两点的经纬度计算闪电定位的地闪回击与雷灾地点之间的距离, 计算公式如下:

$$d=R\times\cos^{-1}[\cos(lat1)\times\cos(lat2)\times\cos(lon1-lon2)+\sin(lat1)\times\sin(lat2)]$$
 (1)

其中, d 是闪电定位回击与雷灾地点之间的距离; R 是地球半径, 取值 6371km; lon1 和 lat1 是地闪回击的经纬度; lon2 和 lat2 是雷灾地点的经纬度。在实际计算两点经纬度距离时, 需转化为弧度(即: $\times\pi/180$)。

2 结果与分析

2.1 雷灾特征及其变化

2.1.1 雷灾概况

2012—2021 年, 海南省记录到 52 起雷灾事件(见表 1), 其中造成人员伤亡的雷灾数 19 起, 共造成 28 人伤亡, 其中 19 人死亡、9 人受伤; 仅造成经济财产损失的雷灾数 32 起, 直接经济损失 304.53 万元、间接经济损失 194.7 万元。

表 1 2012—2021 年海南省雷灾事故情况

年份	雷灾总数 (起)	人员伤亡 雷灾数(起)	财产损失 雷灾数(起)	人员伤亡 总数(人)	死亡人数 (人)	受伤人数 (人)	直接经济损失 (万元)	间接经济损失 (万元)
2012	5	3	2	5	3	2	15.6	44
2013	13	7	6	10	7	3	81.82	147.5
2014	5	2	3	3	2	1	3.33	1.2
2015	4	1	2	2	1	1	20	2
2016	2	1	1	1	1	0	2.48	0
2017	0	0	0	0	0	0	0	0
2018	8	2	6	2	2	0	23.1	0
2019	6	2	4	4	2	2	1	0
2020	3	0	3	0	0	0	12	0
2021	6	1	5	1	1	0	145.2	0
总数	52	19	32	28	19	9	304.53	194.7

2.2 雷灾时空分布特征及其变化

2.2.1 雷灾时间分布特征及其变化

近 10a 海南省雷灾数比 1999—2011 年^[8]大幅下降(图 1a), 年平均雷灾数由 56 起下降到 5.2 起,

这与浙江^[9]和广西南宁^[12]的雷灾下降趋势是一致的, 可能与防雷科学知识的逐渐普及和防雷设施的不断完善有关。近 10a 海南省雷灾主要发生在春季(占比 55.8%) 和夏季(36.5%), 秋季雷灾很少

(7.7%),冬季没有雷灾记录(图 1b);而 1999—2011 年海南省雷灾最多发生在夏季 (56.4%) 和春季 (31%),其次是秋季 (12.3%),冬季最少 (0.2%)。近 10a 海南省雷灾发生在 3—10 月(图 1c),集中发生在 4—9 月(占比 94.2%),雷灾月分布呈现双峰值特征,雷灾在 5 月发生最多(占比 40.4%),7—8 月为雷灾发生次峰期(占比 30.8%),这与海南省地闪活动月分布的双峰(峰值分别出现于 5 月和 8 月)特征^[21]是

一致的;1999—2011 年雷灾呈单峰值特征,最多发生在 6 月。近 10a 海南省雷灾主要发生在 06—19 时(占比 95.6%,北京时,下同),其中午后(13—19 时)是雷灾高发期(占比 82.2%),并以 14—18 时最为集中(占比 77.8%),雷灾日分布时间峰值为 15—16 时(占比 48.9%),这也与海南省地闪日分布于 16 时左右达到峰值^[21]的特点相对应;近 10a 海南省雷灾日分布特征与 1999—2011 年相比没有变化(图 1d)。

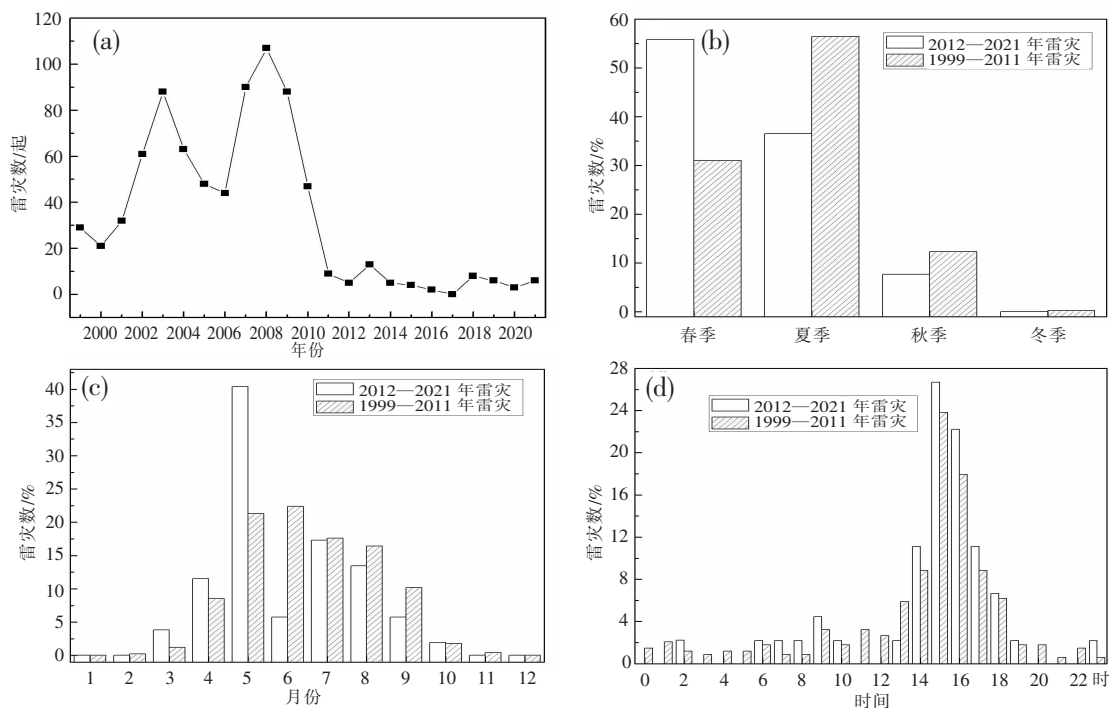


图 1 海南省雷灾时间变化分布图

(a)年;(b)季节;(c)月;(d)日

2.1.2 雷灾空间分布特征及其变化

近 10a 海南省 19 个市县,除三亚、三沙、临高、五指山、保亭等 5 个市县没有雷灾记录外,其余 14 个市县均发生过雷灾事故。由图 2 可见,近 10a 海南省雷灾在空间上主要发生在北部的海口、澄迈和东

北部的琼海、文昌以及西部的东方、中部的琼中。1999—2011 年海南省雷灾主要发生在北部的海口、中部的琼中和五指山以及东部沿海的万宁、琼海、陵水和文昌。

2.2 雷击人员伤亡和财产损失特征

2.2.1 雷击人员伤亡特征

海南省近 10a 记录的 19 起人员死亡雷灾事故大部发生在农村或农场(占比 94.7%),仅有 1 起发生在海口市区的某建筑工地。雷击人员伤亡事故发生场所环境依次主要是田野劳作(5 起)、水边(中)捕鱼或盐田作业(3 起)、农村民居或简易窝棚(2 起)、建筑工地施工(2 起)、大树附近(1 起),另有 6 起发生在农村农场的人员伤亡雷灾事故没有具体场所信息记录。

2.2.2 雷击财产损失特征

财产损失雷灾(表 2)依次主要发生在农村农场

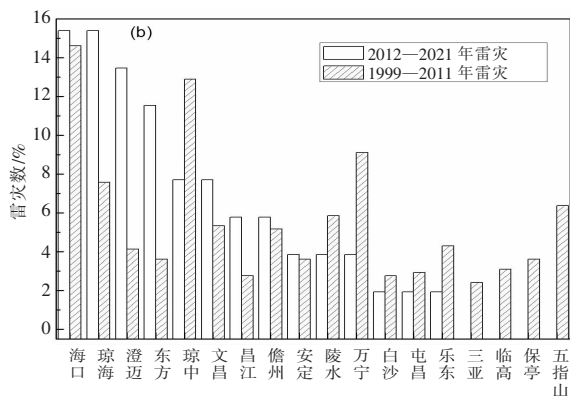


图 2 海南省 2012—2021 年与 1999—2011 年雷灾空间分布对比

表 2 2012—2021 年海南省雷灾行业领域分布情况

行业领域	雷灾数 (百分比%)	经济损失占比 (%)
农村农场	35.5	37.03
城镇小区	22.6	4.84
企业	22.6	40.95
机关单位	16.1	16.94
酒店	3.2	0.24

(35.5%)、城镇小区(22.6%)、企业(22.6%)、机关单位(16.1%)、酒店(3.2%)。在雷击造成的经济损失(含直接经济损失和间接经济损失)中,企业占比最大(40.95%),其次是农村农场(37.03%)和机关单位(16.94%),最后是城镇小区(4.84%)和酒店(0.24%)。雷击最主要导致电子电气设备损坏,其次是造成电梯系统和供配电系统及建筑物受损,此外雷击有时也会导致牲畜死亡和起火(见表 3)。

表 3 2012—2021 年海南省雷灾导致的资产受损情况

资产类别	雷灾数(起)	受损资产件数(件)	受损资产主要内容
室内电子电气设备	16	181	计算机、电话机、洗衣机、空调机、灯具、电视机及机顶盒、热水器、监控系统以及各种专用仪器等
电梯系统	6	26	变频器、控制板、通信板等
供配电系统	6	22	配电箱、电表、线路
建筑物	5	—	屋顶屋脊、门窗等
牲畜	3	49	牛、猪
室外电子电气设备	3	450	光伏板、监控摄像头
雷击起火	2	—	工业园区 6000 吨原料起火,垃圾填埋场堆体着火

2.3 闪电定位性能评估及雷灾回击参数

2.3.1 地闪回击探测效率和定位距离精度评估

近 10a 能获取到具体发生时间和经纬度信息的雷灾事故共 30 起,利用这 30 起雷灾事故对海南闪电定位系统性能进行评估。考虑到雷灾记录时间的不确切性,雷灾实际发生时间和雷灾记录时间之间普遍存在一定的误差,本文分别取雷灾记录时间前后 10min、20min 和 30min 等 3 种情形的闪电定位资料,来判定造成雷灾的回击,并评估其探测效率和定位距离精度。判定标准是:针对某次雷灾事故,在该次雷灾记录时间前后 10min(或 20min、30min)内,若有距离雷灾地点不超过 10km 的回击存在,则判定闪电定位系统对造成该次雷灾的回击进行了有效探测,否则判定为闪电定位系统对此次雷灾事故的回击漏测;若有多个回击距离雷灾地点不超过 10km,则取距离最近的回击为造成该次雷灾事故的回击。判定距离标准参照国家标准 GB/T 37047—2018 的归因距离原则^[22],取值 10km。

从评估结果来看(表 4),时间范围取 10min 计算时,海南省闪电定位系统探测到了 24 次雷灾回击,探测效率 80%(24/30),定位距离误差最小 775m、最大 8058m、平均 2573m,雷灾回击发生时间与雷灾记录时间平均相差 4min,最小相差 0min,最

大相差 10min。时间取 20min 时,雷灾回击探测效率 80%,定位距离误差最小 60m、最大 5619m、平均 1639m,回击时间与雷灾记录时间平均相差 9min,最小相差 0min,最大相差 20min。时间取 30min 时,雷灾回击探测效率 83.3%,定位距离误差最小 60m、最大 5110m、平均 1602m,回击时间与雷灾记录时间平均相差 13min,最小相差 0min,最大相差 27min。由表 4 可知,海南省 ADTD 闪电定位系统的评估结果与其他地区的评估结果是很相近的。海南 ADTD 闪电定位系统对地闪回击的探测效率能达到 80%以上,定位距离精度平均值最小约为 1.6km,与系统升级前(2007—2008 年)相比,回击探测效率几乎没有变化(本文以 10km 范围为标准计算探测效率,而系统升级前的评估没有 10km 的距离限制^[20]),定位距离精度略有提高。

由时间范围取值 30min 计算结果散点图(图 3)可知,回击定位距离精度大部分(80%)小于 2km,其中定位距离精度在 1km 以下的占 36%、在 1~2km 范围的占 44%;回击时间与雷灾时间之差大部分(76%)不超过 20min,其中两者时间差值不超过 10min 的占 44%、在 10~20min 范围的占 32%。从 30min 不同定位方法的定位结果来看,两站定位距离精度为 590m~5110m (13 次雷灾回击),平均

表 4 海南省 ADTD 闪电定位系统性能评估及其与其他地区结果对比

评估 区域	评估资料	时段	回击探测 效率/%	回击定位距离精度/m			回击时间与雷灾时间 之差的平均值/min
				平均值	最小值	最大值	
海南	2012—2021 年 30 起雷灾事故	取 10min 计算	80	2573	775	8058	4
		取 20min 计算	80	1639	60	5619	9
		取 30min 计算	83.3	1602	60	5110	13
海南	2007—2008 年 62 起雷灾事故 ^[20]	—	85.5	2410	0	11820	—
北京	2012—2016 年闪电定位资料 ^[23]	—	85~95	—	—	—	—
广东	2008 年从化一次人工触发闪电 8 次回击数据 ^[24]	—	75	3768	—	—	—
	2016 潮汕一次机场雷击事件 ^[19]	—	—	640	—	—	—
广西	2016—2019 年 18 起典型雷灾案例 ^[25]	取 30min 计算	83	720	50	1930	—
山西	2017 年 6 次雷灾 ^[26]	—	83.3	1380	403	2864	6

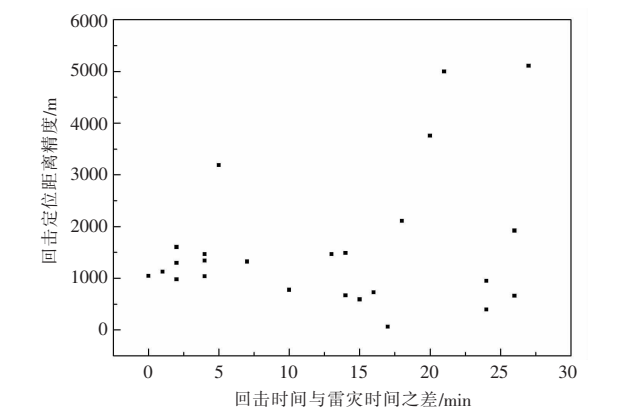


图 3 回击定位精度和回击时间与雷灾时间之差值的散点图

1963m;三站定位距离精度为 395m~1602m(5 次雷灾回击),平均 1140m;四站定位距离精度为 60m~3189m(7 次雷灾回击),平均 1262m。三站及以上的定位距离精度比两站定位的结果要高,但是四站定位精度却比三站定位精度要低,这与包坤等^[19]的研究结论是一致的,他们发现多站定位时可去除较大误差的站,保证定位结果的准确性,但定位结果并不一定是最优结果。

2.3.2 造成雷灾的地闪回击参数特征

取 30min 计算结果分析,闪电定位系统探测到的 25 次雷灾回击中(图 4),负极性占 80%(20 次)、正极性占 20%(5 次),负极性回击电流强度最小为 15.2kA,最大为 196.7kA,平均 47.5kA,大多数(80%)回击电流强度小于 60kA,陡度最小为 4.8kA·(μs)⁻¹,最大为 37.6kA·(μs)⁻¹,平均 11.2kA·(μs)⁻¹;正极性回击电流强度最小为 35.6kA,最大为 156.5kA,平均 109.4kA,

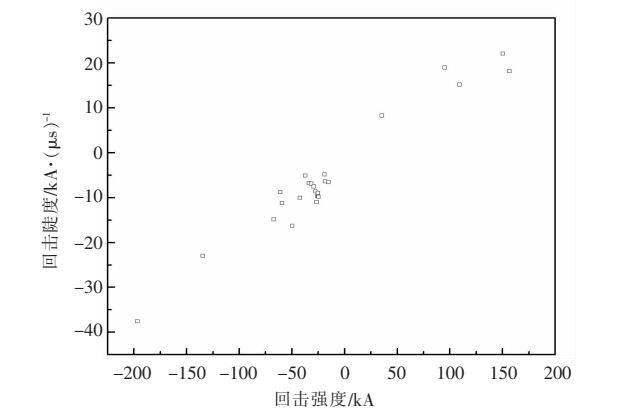


图 4 雷灾回击强度和陡度的散点图

陡度最小为 8.3kA·(μs)⁻¹,最大为 22.1kA·(μs)⁻¹,平均 16.6kA·(μs)⁻¹。造成雷灾的回击平均电流强度要大于海南回击平均电流强度(16.8kA)^[27]。

4 结论与讨论

通过对近 10a 海南省雷灾特征及其变化进行分析,并利用雷灾资料对 ADTD 闪电定位系统性能进行评估,得到以下结论:

(1)雷灾时空分布特征及其变化。近 10a 海南省雷灾数比 1999—2011 年大幅下降;近 10a 雷灾主要发生在春季和夏季,集中发生在 4 至 9 月,5 月最多,午后 13—19 时是雷灾高发期,而 1999—2011 年海南雷灾最多发生在夏季和 6 月。近 10a 雷灾主要发生在北部的海口和澄迈、东部沿海的琼海和文昌、西部的东方以及中部的琼中。与 1999—2011 年相比,近 10a 澄迈和东方雷灾相对变多,万宁、陵水和

五指山雷灾相对变少。

(2)雷击人员伤亡和财产损失特征。人员伤亡雷灾事故基本发生在农村农场(94.7%),依次主要发生在田野、水边(中)、农村民居或简易窝棚;雷击主要导致电子电气设备损坏、电梯系统和供电系统及建筑物受损。

(3)闪电定位系统评估结果及雷灾回击参数。海南省 ADTD 闪电定位系统对回击的探测效率为 83.3%,定位距离精度最小平均值为 1602m,平均雷灾回击时间与雷灾记录时间之差为 13min;三站及以上的定位距离精度要高于两站定位;导致雷灾的回击大多数为负极性,雷灾负极性回击电流强度平均 47.5kA,陡度平均 $11.2\text{kA}\cdot(\mu\text{s})^{-1}$;正极性回击电流强度平均 109.4kA,陡度平均 $16.6\text{kA}\cdot(\mu\text{s})^{-1}$ 。

本文对雷灾特征的分析仅统计了气象部门汇编或调查过的雷灾事故,社会上发生的雷灾事故存在不报告气象部门的情况,且部分雷灾事故信息记录不全,所以雷灾特征为不完全统计。近 10a 海南省雷灾数据样本规模较小,雷灾特征变化还需要持续累积资料统计确认。使用雷灾资料对闪电定位性能进行评估,存在雷灾发生时间和经纬度不准确的问题,评估结果仅供参考。海南省已建成闪电低频电场阵列、全视野闪电通道成像系统、百米通量塔底同轴分流器等闪电观测设备,今后将采用高精度三维全闪探测资料、光学摄像和通量塔的闪电电流数据对海南 ADTD 闪电定位性能进行进一步的评估。

参考文献:

- [1] 马明,吕伟涛,张义军,等.1997—2006 年我国雷电灾情特征[J].应用气象学报,2008,19(4):393—400.
- [2] 田德宝,冯瑜骅,张雪慧,等.2012—2017 年全国雷电灾害事故统计分析[J].科技通报,2020,36(5):42—47.
- [3] 殷启元,范祥鹏,陈绿文,等.广东省雷电伤亡事故特征分析[J].自然灾害学报,2019,28(6):204—213.
- [4] 殷启元,郭泽勇,张义军,等.1995—2018 年广东地区雷灾伤亡特征[J].热带气象学报,2021,37(3):512—520.
- [5] 刘平英,周清倩,胡颖,等.近 12 年云南省云地闪活动变化及雷电灾害时空分布特征[J].气象研究与应用,2018,39(3):86—91.
- [6] 刘雪涛,谢屹然,许迎杰,等.2001—2017 年云南雷电灾害中人员伤亡特征[J].灾害学,2019,34(1):128—134.
- [7] 刘晓东,冯旭宁,宋昊泽,等.内蒙古地区雷电活动及雷灾特征分析[J].灾害学,2016,31(1):60—65.
- [8] 高燚,周方聪,劳小青.1999—2011 年海南岛雷电灾害

特征分析[J].自然灾害学报,2014,23(5):253—262.

- [9] 顾媛,徐震宇,崔雪东.1998—2020 年浙江省雷电灾害特征分析[J].科技通报,2021,37(7):38—43.
- [10] 张祎,李浩,边学文.2007—2013 年浙江省雷电灾害特征统计分析[J].气象与环境科学,2018,41(2):139—143.
- [11] 刘俊,金琼,韩照全.江苏省雷灾特征分析及灾情灰色关联评估[J].气象与环境科学,2019,42(2):97—103.
- [12] 陈小艳,康强,植耀玲.1998—2019 年南宁市雷电灾害特征分析[J].气象研究与应用,2020,41(1):21—25.
- [13] 陈丹,黄梅丽,朱彦.广西农村雷电灾害特征及其成因探析——以宾阳县为例[J].气象研究与应用,2020,41(2):97—100.
- [14] 温克刚,吴岩峻.中国气象灾害大典海南卷[M].北京:气象出版社,2008:176—178.
- [15] 陈哲,吴海,张茂华,等.影响海南岛雷电灾害的因素探讨[J].气象研究与应用,2017,38(2):81—85,114.
- [16] 高燚,蒙小亮,劳小青.基于聚类分析的海南岛雷电灾害易损度风险区划[J].自然灾害学报,2013,22(1):175—182.
- [17] 郭媛,吴量,何宽,等.基于层次分析法的广西雷灾风险区划[J].气象研究与应用,2018,39(2):108—113,145.
- [18] 陈琳,陈彩珠,胡雅君,等.基于熵权综合评价模型的福建省雷灾风险划分[J].气象研究与应用,2021,42(2):46—52.
- [19] 包坤,赖晋科,李庆申,等.基于一次机场雷击事件评估 ADTD 地闪定位性能[J].气象科技,2020,48(4):459—464.
- [20] 陈有龙,郭冬艳,李凡.海南闪电监测定位系统资料检验和分析[J].气象研究与应用,2010,31(1):94—97,114.
- [21] 余海,张廷龙,高燚,等.2010—2013 年海南岛地闪活动的特征分析[J].中国科学院大学学报,2016,33(2):195—203.
- [22] 国家市场监督管理总局,中国国家标准化管理委员会.基于雷电定位系统(LLS)的地闪密度总则:GB/T 37047—2018[S].北京:中国标准出版社,2018.
- [23] 王志超,庞文静,梁丽,等.ADTD 闪电定位网在北京地区定位效率的自评估[J].气象科技,2018,46(4):638—643,664.
- [24] 陈绿文,黄智慧,禹继,等.一次人工触发闪电事件的定位误差分析[J].广东气象,2010,32(1):15—17,21.
- [25] 卢炳火,植耀玲,陈丹,等.广西 VLF/LF 和 ADTD 闪电定位系统对比分析[J].气象研究与应用,2020,41(2):39—44.
- [26] 张华明,钱勇,刘恒毅,等.山西省两套闪电定位系统地闪监测结果对比[J].干旱气象,2020,38(2):346—352.
- [27] 劳小青,高燚,吴海,等.2007 年海南岛闪电特征初步分析[J].气象研究与应用,2009,30(2):90—92.

Lightning disaster in Hainan in recent 10 years and its evaluation on lightning location performance

Hou Anxiao^{1,2}, Zhou Fangcong^{1,3*}, Deng Fabin⁴, Wang Kangping⁴

(1. Hainan Key Laboratory of Meteorological Disaster Prevention and Reduction, Haikou 570203, China;

2. Hainan Institute of Meteorological Sciences, Haikou 570203, China;

3. Hainan Meteorological Disaster Prevention Technology Center, Haikou 570203, China;

4. Hainan Xiangyun Lightning Protection Co., Ltd., Haikou 570203, China)

Abstract: Using the compilation data of lightning disasters in China from 2012 to 2020 and the survey data of lightning disasters in Hainan in 2021, and using the nearest distance method, the characteristics and changes of lightning disasters in Hainan in recent 10 years and the performance of Hainan ADTD lightning location system were analyzed and evaluated. The results show that (1) compared with 1999—2011, the temporal and spatial distribution characteristics of lightning disasters have changed in the past 10 years. Among them, the most frequent thunderstorms in Hainan occur in May in spring and 15–16 p.m., mainly in Haikou and Chengmai in the north, Qionghai in the East and Dongfang in the West. Lightning stroke casualties mainly occur in fields, water edges or in water. The most frequent lightning stroke damage is electronic and electrical equipment. (2) The detection efficiency of lightning location system for ground lightning return stroke is 83.3%, and the average return stroke location distance error is 1602m. (3) 80% of the return strokes leading to lightning disasters are negative. The average return current intensity of positive and negative lightning disasters is 109.4kA and 47.5kA, and the average steepness is $16.6 \text{ kA} \cdot (\mu\text{s})^{-1}$ and $11.2 \text{ kA} \cdot (\mu\text{s})^{-1}$.

Key words: lightning disaster; lightning location; Detection efficiency; positioning accuracy; performance evaluation