

文章编号:2096 - 5389(2020)05 - 0072 - 05

云南墨江 5.9 级地震灾区雷电的危险性 及其应急防御对策

吴永斌, 庄 嘉, 尹磊邦, 刘平英

(云南省气象灾害防御技术中心, 云南 昆明 650034)

摘 要:为了深入认识雷电灾害在地震灾区的危险性,探讨地震灾区雷电灾害应急防御对策,分析了墨江 5.9 级地震灾区雷电活动时空分布特征及其危险性:灾区雷电易发风险呈北高南低,震中处于雷电极高易发区,年平均地闪密度为 1.87 次/($\text{km}^2 \cdot \text{a}$),平均地闪强度为 33.41 kA,7—9 月地闪活动最为频繁,午后至夜间地闪活动活跃,17—19 时地闪次数达到峰值。震中 5 km 范围内震后当月的雷电危险性等级为极高,灾区雷电危险性较大的区域是牛库村、毕库村和丙蚌村等。依据地震灾区雷电危险性等级和特点,确定应急防御对策:①应急安置点的选址避开雷击易发区域;②按照“重点防护、以点带面、示范宣传”的原则和区域防护、滚球法防护的设计理念装设应急避雷装置;③综合防御直击雷、闪电电涌侵入、接触和跨步电压的可能危害;④开展雷电灾害风险隐患排查和科普宣传。

关键词:地震灾区;雷电危险性;防御对策;应急

中图分类号:P315.97 **文献标识码:**B

Risk and Emergency Defense of Lightning in the Stricken Area of Magnitude - 5.9 Earthquake, Mojiang County in Yunnan

WU Yongbin, ZHUANG Jia, YIN Leibang, LIU Pingying

(Yunnan Defense Technology Center of Meteorological Disaster, Kunming 650034, China)

Abstract: In order to deeply understand the danger of lightning disaster in earthquake - stricken areas and discuss the emergency countermeasures of lightning disaster in earthquake - stricken areas, the spatial and temporal distribution characteristics and the danger of lightning activities in the stricken area of Magnitude - 5.9 Earthquake, Mojiang County are analyzed. The results show that the degree for lightning - risk liability was higher in the northern part of the disaster area and lower in the southern part, and the highest lightning risk appeared in the epicentral area. The annual mean ground lightning density was 1.87 times/($\text{km}^2 \cdot \text{a}$) in the locality and the annual mean intensity was 33.41 kA. The activities of lightning is most active from July to September, the most active time interval was afternoon and night with achieving peak value at 17:00—19:00. There was high level of lightning risk included Niuku Village, Biku Village, Bingbang Village and so on. According to the lightning risk level and characteristics of the earthquake - stricken region, the emergency defense countermeasures were determined as following. Firstly, the location of the emergency resettlement site should avoid lightning strike - prone areas. Secondly, according to the principle of “starting from key protection, fanning out from a point to a whole area with demonstrating and propagandizing” and the concept of regional protection and rolling ball protection, emergency lightning protection devices should be designed and installed. Thirdly, comprehensive protective measures should be adopted against direct lightning strikes, lightning surge intrusion, contact and step voltage. Finally, the hidden dangers of

收稿日期:2019 - 04 - 30

第一作者简介:吴永斌(1981—),男,硕士,工程师,主要从事气象灾害防御技术研究工作,E-mail:314762747@qq.com。

资助项目:云南省地方标准(DBZD062-2015):地震过渡安置房防雷技术规范。

lightning disasters should be located and eliminated while relevant scientific popularization should be conducted.

Key words: earthquake stricken area; lightning risk; defense countermeasures; emergency

0 引言

2018年9月8日10时31分云南省墨江县发生5.9级地震,震中位于通关镇丙蚌村,震源深度11 km。此次地震影响范围广,受灾区域位于哀牢山海拔高差1 800 m的贫困山区,村落多零散分布于山区坡地;造成168个村10余万人受灾;救援难度大,灾区交通、水利、电力、通讯等基础设施损毁严重,大型救援设备无法进入灾区,大量民房倒塌,而用于应急安置的活动板房无法在坡地面积占比大的震区多地装设;地震发生正值当地主汛期,次生灾害风险高;震后灾区天气变化反复无常,出现暴雨、雷电等气象灾害,给应急救援工作带来较大困难。根据救灾需要,政府部门在灾区安置了大量的临时帐篷,在雷雨天气条件下,位于山坡安置地的临时帐篷面临雷电安全隐患,极易因雷击造成人员伤亡和财产损失,导致应急救援过程中的二次灾害^[1]。本文分析墨江县5.9级地震灾区雷电活动特征及其危险性,重点介绍地震灾区过渡安置点的雷电防护要点和具体做法,提出科学有效的雷电灾害应急防御对策。

1 地震灾区雷电危险性分析

在雷雨季节的地震应急救援工作中,是否采取防雷措施或者采取何种防雷措施,主要依据当地的雷电活动规律^[2]。通过云南省闪电定位监测系统数据等资料,分析墨江5.9级地震灾区雷电活动时空分布特征^[3],对震中5 km范围内的雷电危险性进行评估分析^[4]。

1.1 墨江县雷电易发区域及防范等级划分

墨江县历年平均年雷暴日数为76 d,属于多雷区。由墨江县雷电易发区域及其防范等级划分^[5](图1)可见,墨江县雷电活动呈北高南低分布,地震灾区大部处于雷电高易发区,震中通关镇处于雷电极高易发区。

1.2 地震灾区雷电的空间分布特征

地闪密度表征雷云对地放电的频繁程度。由图2可见,震中通关镇年平均地闪密度为1.87次/(km²·a),最大地闪密度为6.08次/(km²·a)。地震灾区地闪活动频繁,处于空旷户外区域的建(构)筑物和人员易遭受直击雷侵袭,发生雷电灾害的可能性较大。

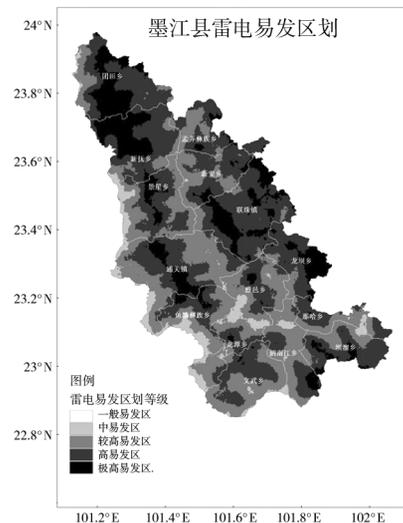


图1 墨江县雷电易发区域及其防范等级划分

Fig. 1 The distribution of lightning-prone areas and their prevention levels in Mojiang County

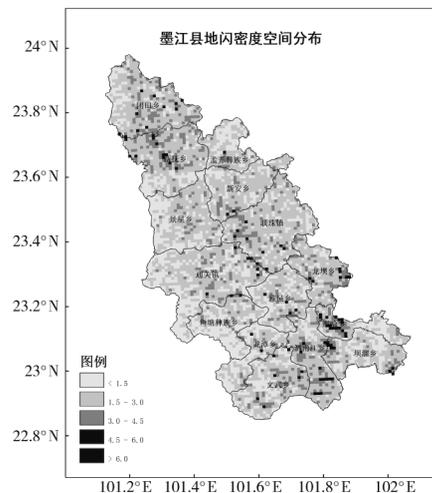


图2 墨江县2008—2017年平均年地闪密度空间分布图

Fig. 2 Spatial distribution of annual average ground flash density in Mojiang County from 2008 to 2017

2008—2017年墨江县共发生地闪活动65 113次,其中正地闪3 133次,负地闪61 980次。地震灾区地闪强度的绝对值主要分布在20~40 kA,该强度范围内的地闪次数占总地闪次数的52.72%,最大正地闪强度293 kA,最大负地闪强度-135.4 kA,灾区历年平均地闪电流强度为33.41 kA(图3)。

1.3 地震灾区雷电的时间分布特征

从地闪次数的逐月变化(图4)来看,5月以后地闪活动逐渐增强,总地闪次数呈现快速跃升的趋势,地闪活动主要集中在6—9月,该时段累计

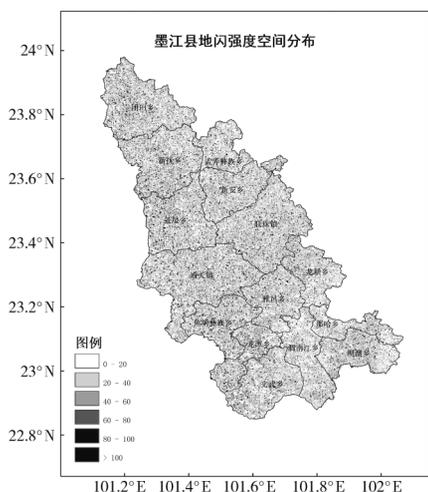


图3 墨江县2008—2017年年平均地闪强度的空间分布
Fig. 3 Spatial distribution of annual average ground flash intensity in Mojiang County from 2008 to 2017

地闪次数占总地闪次数的79.7%；8月地闪活动最为活跃，地闪次数达17646次；10月以后，地闪活动逐渐减弱。地震发生当月为灾区雷电活动频次的次高月，地闪次数达15806次；震后3个月内均有雷电活动，在应急救援和过渡安置过程中存在雷击风险，9月的雷电致灾几率较大。

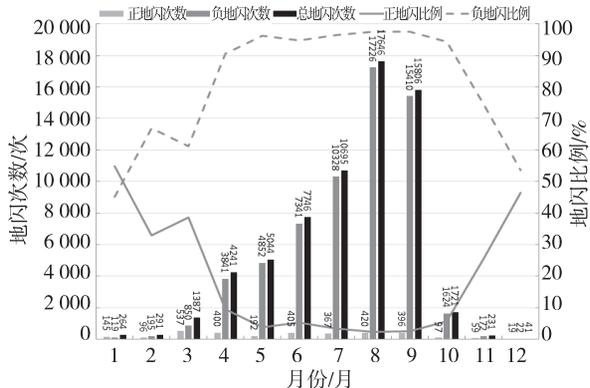


图4 墨江县2008—2017年地闪活动的逐月分布图
Fig. 4 Monthly distribution of lightning activities in Mojiang County from 2008 to 2017

从地闪次数的日变化来看(图5)，地闪活动分布趋势呈双峰一谷形势，地闪活动在13—20时最为活跃，17—19时地闪次数达到峰值；23时—次日05时，地闪活动也较为活跃。

1.4 震中5 km 范围内雷电活动分布和危险性等级评估

2018年1月1日—12月31日，震中5 km 范围内共发生地闪活动118次，其中负地闪发生109次，正地闪发生9次，最强地闪发生在8月29日22时20分，强度为165.8 kA。震后3个月内，震中5 km

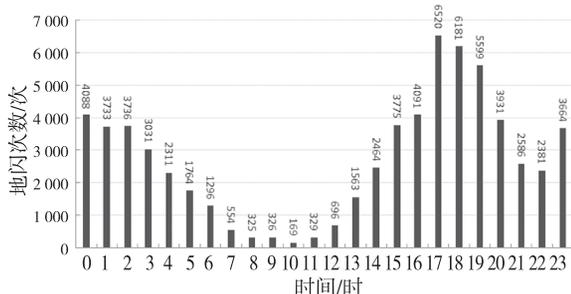


图5 墨江县2008—2017年地闪活动的日变化图
Fig. 5 Daily variation of lightning activity in Mojiang County from 2008 to 2017

范围内发生地闪活动10次，均为负地闪，最强地闪发生在10月27日07时54分，强度为64 kA，位于丙蚌村附近。经过地震灾区雷电易发区域及防范等级划分和雷电活动时空分布特征分析，震中5 km 范围内震后3个月内的雷电危险性评估为较高等级，9月雷电危险性等级为极高，灾区雷电危险性相对较大的是牛库村、毕库村和丙蚌村等区域。

2 地震灾区雷电应急防御对策

根据墨江5.9级地震灾区雷电活动特征和危险性分析，灾区大部区域处于雷电高易发区，震中处于雷电极高易发区；灾区雷电活动频繁且强度较大，震后当月雷电危险性等级为极高，午后至夜间地闪活动最活跃。结合抗震救灾应急需要，本节提出地震灾区雷电应急防御对策，重点介绍过渡安置场所的雷电防护要点和具体措施。

2.1 过渡安置点的雷电防护要点

2.1.1 过渡安置点的选址 地震灾区应急安置房的选址除了应避开地震断裂带、滑坡、崩塌、泥石流、山洪等自然灾害及次生灾害影响地段，避开水源保护区、水库泄洪区、濒险水库下游地段，还应该避开易遭受直击雷的区域，如：山口、山顶、风口、池沼、苇塘、低洼潮湿处、地下水出口处，山区架空线下和转角处，以及大树、铁塔、电杆等易受雷击的物体旁^[6]。

2.1.2 过渡安置点的直击雷防护 应设置独立接闪杆对集中安置点进行保护，综合考虑保护对象规模及现场环境，应用传统的滚球法^[7]和区域防护法^[8]来确定其安装位置和高度。若安置点帐篷数量较少且相对集中，可应用滚球法的防护理念对接闪杆进行布设^[4]，独立接闪杆应将保护的安置帐篷处于直击雷防护区(LPZOB)内，滚球半径取60 m，其冲击接地电阻值不应大于30 Ω，安置点内的电视接收天线、通信天线等设施应置于LPZOB区；当帐

篷数量较多或分布相对分散,则应用区域防护的理念以获取较好的效果,此时独立接闪杆应布设在安置点上风方地理位置较高处。

2.1.3 闪电电涌侵入防护 独立接闪杆的支柱(架)上,不应悬挂电源线、电话线、广播线、电视接收天线和其它信号线,不应利用支柱架设金属线晾晒衣物。进入安置房的各种金属管线,如水管、供电线和电话、电视信号线等,应在入口处与接地装置进行等电位连接,电源输配电系统和弱电系统应安装电涌保护器^[10]。

2.1.4 接触电压和跨步电压防护 为防止人畜发生接触电压和跨步电压的危害,应在独立接闪杆的醒目位置挂设指示标识,用护栏、警告牌等防止人畜进入引下线3 m以内的范围,把接触电压和跨步电压的危害降至最低限度。引下线入地点附近地表的电阻率不应小于50 kΩ·m,或敷设15 cm厚砾石层^[7]。

2.2 雷电应急防护的做法

2.2.1 现场勘查 按照“重点防护、以点带面、示范宣传”的原则开展地震灾区雷电应急防护工作,在应急救援期,首先采取直击雷应急防护措施。依据地震灾区雷电危险性分析结果,深入地震灾区现场勘查后,选择处于雷电极高易发区域内、安置灾民较为集中的和平九冲、田心九房、上鱼塘、老马寨和中寨山顶5个安置点装设应急防雷装置(表1)。

2.2.2 应急防护设计思路 根据现场环境及安置点规模,和平九冲、田心九房、上鱼塘的接闪杆应用区域防护的理念来进行布设。分析墨江站近10 a气象资料绘制的风向占比玫瑰图显示,西风、西南偏西风和南风占比较高,分别为13.6%、16.7%和12.4%。因此,接闪杆的布设位置选择在安置点的西南方且相对位置较高处,对雷暴进行提前接闪和泄放^[7]。老马寨和中寨山顶则应用滚球法防护的理念对接闪杆进行布设。为便于运输和安装,采用的接闪杆为便携式应急接闪杆,其支撑杆为7段伸缩杆,最高高度12 m,支撑杆顶部装设高度为80 cm的提前预放电式避雷针。和平九冲安置点由

于范围较大,采用双支接闪杆保护,其余安置点采用单支接闪杆保护,在5个集中安置点安装6支接闪杆保护临时安置点。根据各安置点的实际情况确定具体的实施方案(表1)。应急接闪杆分别设置人工接地体,接地电阻值不大于30 Ω,老马寨和中寨山顶的接闪杆位置距离安置点较近,为减少旁侧闪落和跨步电压的危害,接地装置采用环形地网进行敷设。

2.2.3 防护措施

①人工接地体

每支应急接闪杆设置1组人工接地体。和平九冲、田心九房、上鱼塘的4支接闪杆在基座下方水平同向或辐射分向开挖深50 cm、宽30 cm的地沟,以5 m间距垂直打下∠30 mm×30 mm×3 mm、长1 m的热镀锌角钢作为垂直接地体,垂直接地体间利用50 mm²多芯铜线螺栓紧固连接作为水平接地体,最后通过2根50 mm²多芯铜线与杆体螺栓紧固连接。老马寨和中寨山顶的接闪杆以杆底为中心,半径为5 m敷设1圈环形地体,使用材料和连接方式相同。

②安装接闪杆

将7段伸缩杆全部升开,接闪杆下段装有三角支撑架进行固定。为确保杆体稳定,保证安全,在支撑杆上、中、下部分别通过3根攀线打桩固定,支撑杆与接闪针通过螺纹扭装。

③测试及检查

敷设人工接地体时同步测试接地电阻,确保接地电阻值符合国家规范要求。测试合格后,对地沟进行覆土夯实,用石块等重物堆垒于接闪杆基座处,确保接闪杆的稳固。最后在接闪杆3 m范围处围绕警戒线,悬挂警示标识。

2.2.4 科普宣传 在深入地震灾区现场勘查、应急防雷装置选点和安装的过程中,广泛开展气象灾害防御知识宣传,在开展墨江5.9级地震雷电应急防护工作中,共发放《云南防雷避险手册》3 000余册,沿途为灾区群众和救援队伍宣传雷电灾害的危险性,讲解雷暴天气发生时自救互救的常识。

表1 墨江5.9级地震灾区应急防雷装置信息表

Tab. 1 Information table of emergency lightning protection devices in the Mojiang 5.9 earthquake area

安置点	所属村	海拔/m	经度/°E	纬度/°N	帐篷数量/顶	防护理念	防雷措施	地网形式	接地电阻/Ω
和平九冲	牛库村	1 497	101.30	23.14	42	区域防护	双针	水平+垂直	12.6/26.0
田心九房	牛库村	1 758	101.28	23.13	22	区域防护	单针	水平+垂直	23.0
老马寨	牛库村	1 079	101.31	23.15	16	滚球法	单针	环形地网	8.0
上鱼塘	毕库村	1 491	101.29	23.14	20	区域防护	单针	水平+垂直	5.2
中寨山顶	丙蚌村	1 674	101.53	23.28	18	滚球法	单针	环形地网	15.8

3 小结

①雷电活动随季节和时段不同有明显变化,墨江5.9级地震灾区雷电活动频繁且强度较大,灾区大部区域处于雷电高易发区,震中通关镇处于雷电极高易发区;震中历年平均年地闪密度为1.87次/($\text{km}^2 \cdot \text{a}$),最大地闪密度为6.08次/($\text{km}^2 \cdot \text{a}$),平均地闪强度为33.41 kA;灾区7—9月地闪活动最为频繁,震后3个月内雷电危险性等级为较高,9月雷电危险性等级为极高;灾区午后至夜间地闪活动最为活跃,17—19时地闪次数达到峰值。处于户外的应急救援人员和灾区群众应及时采取雷电防御避险措施。

②依据墨江5.9级地震灾区雷电活动特征及其危险性分析,结合灾区地理地貌特点和重大突发事件应急救援需要,按照“重点防护、以点带面、示范宣传”的原则,采取“一躲二防三宣传”的措施,尽量避免和减少雷击对地震灾区造成的二次灾害。一是应急安置点的选址应避开雷击易发区域,应急救援和灾后恢复重建应避开雷电活动高发时段。二是应用区域防护和滚球法防护的设计理念装设应急避雷装置,综合考虑直击雷、闪电电涌侵入、接触和跨步电压防护的防护措施。三是宣传,雷电在农村造成的灾害,多是因为群众缺乏防雷常识所致^[11-12]。应当动员和组织有关力量发放宣传材料,讲解科普知识,提高灾区群众的防雷减灾意识,增强雷电灾害安全防范和避险处置能力。

③墨江5.9级地震灾区是雷电灾害防御的薄弱区,基础设施的防雷装置不完善,应急救援和临时安置期雷电危险性较高,救援队伍和灾区群众受雷电危害风险较大。应当做好灾区雷电灾害风险管控和隐患排查,采取有效措施,避免灾区雷电灾害

的发生。一是管控雷电灾害风险,广泛宣传地震灾区雷电活动的特征和危险性,制定雷电灾害应急预案,充分发挥应急防雷装置的防护和示范作用,加强检查巡逻,避免次生灾害。二是排查雷电灾害隐患,开展防雷安全检查,及时排查、及时治理。三是做好强对流天气的预报预警,开展雷电监测分析、雷电落区预报和短临预警,将灾害性天气预报预警信息第一时间传送到灾区群众和救援队伍手中。

参考文献

- [1] 陈家强. 抗震救灾期间的防雷安全问题[J]. 消防科学与技术, 2008, 27(7): 471-473.
- [2] 彭启洋, 刘平英, 张腾飞. 2014年云南昭通鲁甸6.5级地震灾区雷击风险分析及防御措施研究[J]. 灾害学, 2015, 30(2): 120-123.
- [3] 胡颖, 殷娴, 周清倩, 等. 云南省地震活动与雷电活动时空对比分析[J]. 贵州气象, 2017, 41(4): 24-29.
- [4] 殷娴, 胡颖, 周清倩, 等. 云南省地震高发区雷灾风险分析与区划研究[J]. 灾害学, 2017, 32(4): 67-72.
- [5] 云南省气象局. 云南省雷电易发区域及其防范等级划分[R]. 昆明, 2016.
- [6] 四川省质量技术监督局, 四川省气象局. 地震过渡安置房防雷技术规范(DB51/T 851-2016)[S]. 2008.
- [7] 中国机械工业联合会. 建筑物防雷设计规范(GB 50057-2010)[S]. 北京: 中国计划出版社, 2011.
- [8] 杨晖, 杨彦, 陈禄文, 等. 区域防雷的理论和应用技术研究[J]. 广东气象, 2018, 40(4): 69-73.
- [9] 靳小兵, 李一丁, 张同友, 等. 地震过渡安置房接闪杆快速安装方法研究[J]. 灾害学, 2016, 31(2): 95-98.
- [10] 靳小兵, 李一丁, 张同友, 等. 地震过渡安置房防雷关键技术及流程研究[J]. 建筑电气, 2015, 34(5): 58-62.
- [11] 庄嘉, 杨宗凯, 吴永斌. 农村防雷工程实施方案的可行性研究[J]. 农村经济与科技, 2018, 29(15): 251-253.
- [12] 甘孝明, 周文钰, 彭文伟, 等. 农村民居雷电防护现状分析及措施[J]. 贵州气象, 2015, 39(6): 75-78.