

# 大型地质灾害救灾过程防雷技术研究

马俊贵<sup>1,2,3</sup> 王振会<sup>1,3</sup> 肖稳安<sup>1</sup> 刘刚<sup>4</sup>

## 摘要

以5·12汶川地震为例,介绍了大型地质灾害发生后的救灾过程中,灾区建筑、设备和人员的雷电防护技术,阐明了地震灾区的雷电危险性和现代救灾的特殊性,重点研究了灾区过渡性板房和人员的防雷技术,为确保灾区人民的生命和财产安全,提出了科学有效的防范方法。

## 关键词

地震;板房;防雷

中图分类号 TU895;X43

文献标志码 A

## 0 引言

### Introduction

2008年发生的四川汶川“5·12”地震,震级达8.0级,强度超过唐山地震,在四川的地震记录历史上也是第1次。此次地震的特点可归结为震级高、能量大、主震震动持续时间久、余震持续时间长。地震地质灾害的链生特征显著,形成地震—崩塌、地震—滑坡—碎屑流—堰塞湖—堰塞坝溃决—泥石流等典型地质灾害链。地震次生地质灾害具有分布范围广、数量多、种类全、密度大、强度高、致灾重的特点。其中,震后灾区天气变化反复无常,出现了暴雨、雷电等气象灾害,对救灾重建工作带来较多困难。

本文着重对抗震救灾过程中如何做好雷电防护技术进行相关研究,本着安全可靠、应急高效及以人为本的原则,分析了地震灾区雷电灾害概况,结合救灾过程雷电危险性和救灾的特殊性,提出科学有效的雷电灾害防御方法。

## 1 地震灾区雷电危险性分析

### Analysis on lightning risks in earthquake area

四川省是雷电灾害高发区,全年雷暴日数为30~100 d,每年因雷击造成的人员伤亡和财产损失十分严重。据不完全统计,从2003—2007年四川省因雷击引发的火灾和爆炸事故共82起,导致建筑物受损事故146起,造成各种电子电器设备受损事故2 084宗,损坏仪器设备累计34 624件,引发供电故障259起,损坏供电设备累计1 361套,累计造成157人死亡和226人受伤,造成直接经济损失近2亿元。

根据相关统计资料,成都、绵阳、汉中均属雷电多发区域,年平均日数分别为34.0 d、34.9 d和31.4 d。虽然目前积累的观测资料还难以确定地震和雷暴发生有何直接关联,但从地震灾区的雷电活动特征(表1)来看,汶川地震发生后,灾区进入了每年5—9月的雷暴高发期,据不完全统计,2008年5—9月灾区因强对流天气造成人员伤亡事故达数十起。地震发生后,灾区地质、环境及建筑布局发生了极大的变化,灾民各自就近选择在山坳空地和周围有高大构筑物、大树的地方搭建过渡安置房和帐篷临时避难,造成人员过分集中、间距不足、通道堵塞,临时安置房和帐篷没有防雷设施,形成了很大的安全隐患,同时灾区发生的雷电天气会进一步增加救灾援建的困难。因

收稿日期 2009-06-23

资助项目 公益性行业科研专项基金(GYHZ-200806014)

作者简介

马俊贵,男,硕士,助理工程师,主要从事雷电防护相关技术的应用研究。mjpg619@163.com

王振会,男,教授,博导。eiap@nuist.edu.cn

1 南京信息工程大学 气象灾害省部共建教育部重点实验室,南京,210044

2 淄博市气象局,淄博,255048

3 南京信息工程大学 大气物理学院,南京,210044

4 成都市新都区气象局,成都,610500

此,地震灾区的雷电防护工作极其紧迫和重要。

表1 2005—2008年5—9月四川省雷电闪击次数统计  
Table 1 Statistic of lightning strike in Sichuan between 5—9  
annual monthly 2005—2008 次

	雷电闪击次数			
	2005年	2006年	2007年	2008年
5月	3 247	68 549	93 277	69 662
6月	80 572	117 826	171 086	54 318
7月	160 602	133 593	333 491	243 171
8月	12 995	82 355	266 256	164 718
9月	6 348	119 257	36 602	207 301
全年	554 180	576 291	968 485	791 334

## 2 针对地震灾区特点采取的防雷安全技术

Adopt the safe technology of lightning protection aimed at the earthquake area

本节针对地震灾区特点,重点讨论为灾民临时搭建的活动板房应采取的防雷安全措施。

### 2.1 活动板房的结构特征和防雷要求

根据现场勘察,活动板房的结构主要有两种:一种是无骨架的小型房屋,屋面为彩钢夹心板,通过连接件将夹芯板组合成型,夹芯板外层厚度为5 mm,内层为4 mm,屋面板互相搭接长度不小于250 mm,每间长6 m、宽3.6 m、高3 m,夹芯板屋面纵向搭接,基础采用混凝土独立基础、砖条形基础或其他无筋扩展基础,独立基础采用砼强度等级不小于C20,埋置深度不小于0.5 m;另外一种是有骨架的轻型钢结构板房,房屋采用紧固件或连接件将夹芯板固定在檩条或墙梁上,主要是为学校 and 医院等公共场所而建。

根据现行《建筑物防雷设计规范》的要求<sup>[1]</sup>,过渡安置房属三类防雷建筑,应按照三类防雷建筑要求,采取防直击雷措施和防雷电波侵入措施。

安置房的建设要认真勘察震区的地理地质情况,着重考虑到安全要求,规划过渡板房的建设场地。《地震过渡安置房防雷技术规范》<sup>[2]</sup>和国务院发布的《汶川地震灾后恢复重建条例》都强调了过渡性安置地点应当选在交通条件便利、方便受灾群众恢复生产和生活的区域,并且应避开地震活动断层和可能发生洪灾、山体滑坡和崩塌、泥石流、地面塌陷、雷击等灾害的区域以及生产、储存易燃易爆危险品的工厂及仓库的所在地,还应尽量远离大树、铁

塔、电杆等易受雷击的物体。

### 2.2 活动板房的直击雷的防护

2.2.1 要充分利用活动板房的材料和自身的结构特点,做好直击雷防护

活动板房的结构多为轻型简易钢结构,其钢柱、钢屋架、钢檩条等组成了一定的金属网,屋面材料为双层彩钢板,彼此之间有很好的电气连接,这就形成了一个非常好的“法拉第笼”。正如“地震灾区防雷工作在京专家研讨会”上提出的:“若过渡安置房采用双层彩钢板,帐篷是金属骨架结构的,在做好整体良好接地措施的情况下,可减少防护直击雷的相关措施,达到防雷保护的效果”,这才是科学防雷之举。

根据《建筑物防雷设计规范》<sup>[1]</sup>,利用金属屋面作为接闪器,只要金属板之间采用搭接,搭接长度不小于100 mm,金属板下方无易燃物品,其厚度不应小于0.5 mm即可。根据现场勘察及相关板房设计要求,完全可以利用屋面彩钢夹心板作为接闪器,利用板房方钢作为引下线,每个单间有6组方钢,只需增设接地措施。笔者采取的方法为每栋板房增设4根接地极,分布在板房4个角,接地极采用50 mm × 50 mm × 4 mm的角钢或钢管(内径为20 mm,厚度大于3.5 mm),长度为2.0 m,在板房拐角(离开人行道)开阔处将接地极砸入地沟,用扁钢(不小于25 mm × 4 mm)焊接到板房地面钢架槽钢上。从电气安全角度考虑,活动板房的所有金属体都做接地,其接地应与其它接地(如重复接地)共用接地体,其接地电阻均按最小值确定,并将若干间活动板房的接地体连通,形成一个良好的接地网,这样就能保证受灾群众用电的安全和板房的雷电安全。

2.2.2 关于应急活动板房上空架设避雷线、避雷针

根据《地震过渡安置房防雷技术规范》<sup>[2]</sup>及相关规定,为防直击雷,一些地方在活动板房的安置点区域上空架设空中避雷线、避雷针,笔者认为这种防雷措施存在以下几个问题:

- 1) 避雷线、避雷针保护范围有限,有的活动板房在保护范围内,有的在保护范围外;
- 2) 避雷线或避雷针距金属活动板房的间距小;
- 3) 避雷针或避雷线的接地体与固定活动板房的金属体及其它接地体之间,在地下的间距较小。

这些问题很可能造成雷电反击,防雷引下线上电压 $U$ 可按下式计算:

$$U = IR_i + L_0 \cdot h_x \cdot \frac{d_i}{d_i}$$

式中: $I$ 为雷电流强度(A); $R_i$ 为冲击接地电阻( $\Omega$ ); $L_0$ 为引下线单位长度电感( $\mu\text{H}/\text{m}$ ); $h_x$ 为引下线距地高度(m); $\frac{d_i}{d_t}$ 为雷电流陡度( $\text{kA}/\mu\text{s}$ ).

为了防止雷电反击的发生,一般应使防雷装置与建筑物金属体间隔一定距离,使它们之间间隙的闪络电压大于反击电压.即:

$$E \cdot S \geq U_{\text{反击}}$$

式中: $E$ 为介质闪络强度( $\text{kV}/\text{m}$ ); $S$ 为绝缘间隙距离(m).

在受条件限制而无法达到所规定的间隔尺寸时,应把避雷引线与金属体用金属导线连接起来,使它们成为等电位体而避免发生闪击,防止房屋受损而引发火灾,造成人员伤亡.

## 2.3 雷电波侵入防护

### 2.3.1 基本要求

雷电波侵入有3种形式<sup>[3]</sup>.第1种是直击雷击中室外的金属导线,闪电的高电压以脉冲波的形式沿导线侵入室内;第2种是来自间接雷的电磁脉冲,在导线金属体上感应出几千伏到几百千伏的高电压,然后以脉冲波的形式沿着导线传播而侵入室内;第3种是由于闪电击在建筑物上或建筑物附近时,雷电流通过引下线流入接地体,在接地体上会产生几千伏到几百千伏的高电压,通过零线、保护接地和综合布线中的接地线,以脉冲波的形式侵入室内,通过导线传播殃及更大的范围.

汶川灾区大多处于农村地区,过渡性板房的低压配电线路基本就近引入,室外线路采用架空电缆或导线穿钢管敷设方式,根据第三类防雷建筑雷电波侵入要求<sup>[1]</sup>,宜在进出端将电缆的金属外皮、钢管等与电气设备接地相连.当电缆转换为架空线时,应在转换处装设避雷器.避雷器、电缆金属外皮和绝缘子铁脚、金具等应连在一起接地.对低压架空进出线,宜在进出端处装设避雷器并与绝缘子铁脚、金具连在一起接到电气设备的接地装置上.当多回路架空进出线时,可在母线或总配电箱处装设1组避雷器或其它型式的过电压保护器,但绝缘子铁脚、金具仍应接到接地装置上.

帐篷和过渡性板房使用的绝缘子铁脚接地,可在铁脚和导线之间形成一个放电间隙,其放电电压高达40 kV,这对保护人身安全是不可靠的. IEC 标准规定的室内低压电气设备和线路的耐冲击电压最大为6 kV,在绝缘子铁脚放电前,可能室内的电气设

备和线路已被击穿,所以必须在总配电箱增设避雷器来保护室内的电气设备和线路.

### 2.3.2 供电线路防雷电波侵入措施

过渡安置点的供电线路应采取防雷电波侵入的措施,应在总配电箱装设标称放电电流40 kA的电源避雷器.当总配电箱距安置房区架空电源线长度超过50 m时,应再在过渡安置房分配电盘处装设标称放电电流20 kA的电源避雷器;当电源线埋地引入时,则只需要在过渡安置房分配电盘装设一级标称放电电流20 kA的避雷器即可.

### 2.3.3 其他防雷电波侵入措施

灾区有些指挥部等办公地点也使用板房和帐篷,这些设施有电话线等信号线引入,应根据具体情况,在信号设备端口安装信号线避雷器,且避雷器应与电缆金属外皮、绝缘子铁脚、金具连在一起接地.进出过渡板房或帐篷的电话、网络和电视等信号线缆,宜选用有金属屏蔽层的电缆或穿金属管埋地引入,金属屏蔽层或金属管宜在两端就近接地,有条件的可在设备端安装浪涌保护器.

## 2.4 等电位连接及共用接地措施

等电位连接是综合防雷系统中的最重要的一项基本措施,GB50057—94<sup>[1]</sup>里强调了等电位连接在内部防雷中的作用.等电位连接是为减小在需要防雷的空间内发生火灾、爆炸、生命危险的一项很重要的措施,特别是在建筑物防雷空间内防止发生生命危险的最重要的措施.对于灾区板房主要是保证居住人员的安全,板房采取的等电位措施包括总等电位连接和局部等电位连接两种.

### 2.4.1 总等电位连接

IEC 标准和一些技术先进国家的电气规范都将总等电位连接列为接地故障保护的基本条件.总等电位连接以提高地电位和均衡电位来降低接触电压,它不是一项可有可无的电气安全措施.为了防止雷击时设备发生反击和保障人身安全,应在直击雷非防护区(LPZ<sub>0A</sub>)或直击雷防护区(LPZ<sub>0B</sub>)与第1防护区(LPZA)的界面处设置总等电位连接端.

板房的供电系统应采用TN-S接地方式,并进行总等电位联接,并与绝缘子铁脚、配电箱保护地一起接到接地装置上,配电箱接地总线采用25 mm<sup>2</sup>单股铜芯线,穿PC25的管保护.通常,进入室内的各种金属管道都要做等电位连接,电源和信号电缆中各带电导线上的保护元件或保护装置起着暂态均压的作用,当雷电暂态过电压沿电源线或信号线侵入室内

时,这些保护元件和装置动作限压,使得电源线或信号线与其附近金属管道之间不会出现较大的暂态电位差.

#### 2.4.2 局部等电位连接

等电位连接不仅仅是针对雷电暂态过电压的,还包括其它如工作过电压、操作过电压等暂态过电压的防护,特别是在有过电压的瞬间对人身和设备的安全防护.灾区过渡性板房和人员,要特别注意防止电击事故的发生.对于板房,就是在卫生间设置局部等电位连接端子,采用 $10\text{ mm}^2$ 铜芯线就近接至接地极,将澡盆、淋浴盆和马桶等设备用 $10\text{ mm}^2$ 铜芯线接至等电位端子,所有铜芯线均穿PC25的管保护,以加强由于身体电阻降低和身体接触电位而增加电击危险的安全保护.在特殊情况时十几伏的电压也是非常危险的,浴室等电位连接就是保护你不会在洗澡的时候被电伤或电死,尤其是在洗澡时人的身体是湿的,电阻降低,一旦浴室的电器漏电,哪怕是电压很低、电流很小的电压也会危及生命,这时候如果浴室里做了等电位连接,各处电位相等,就可以在很大程度上避免电的伤害.

#### 2.4.3 等电位连接与共用接地

为了消除雷电暂态电流路径与金属物体之间的击穿放电,需要对室内的各种金属构件进行等电位连接,并于建筑物的接地系统相连接,形成一个电气上的整体,这样就可以在发生雷击时避免在不同金属外壳或构架之间出现暂态电位差,使得它们之间等电位,并维持在地电位的水平.在某种意义上说,建筑物的共用接地系统在大范围内即为等电位连接.

板房一般采取集中建设,成组团布置,采用单层双拼、联排、背靠背等多种形式,板房行间距为 $4\sim 5\text{ m}$ .因此,相邻板房也应采取等电位连接和共用接地措施,在考虑防雷措施的时候,应该把这一排或一片房屋作为个单体来设计防护.即将相邻的房屋连接起来,形成一个等电位体.笔者所在地区做法是,在每排板房设置了接地极之后,通过接地干线分别与接地极连接,既扩大了地网的面积,也保证了相邻板房的等电位,较好地防止了雷电反击的发生.

### 3 加强监管和宣传,提高群众自身防雷意识

Strengthening management and propaganda, improving people's cognition of lightning protection

“5·12”地震发生后,党中央、国务院和各级地方政府非常重视抗震救灾工作,中国气象局于2008

年5月23日下发《关于做好地震灾区防雷减灾工作的紧急通知》,要求各地切实做好地震灾区防雷工作.四川省抗震救灾指挥部随后下发了《关于加强地震灾区过渡安置房和防火防雷工作的通知》,四川省质量技术监督局和四川省气象局下发了《地震过渡安置房防雷技术规范》<sup>[2]</sup>,对活动板房、钢管简易房和帐篷等地震临时安置点的防雷防火安全提出了明确规定.这些文件和规范从源头上提出了地震灾区防雷的具体措施和技术要求.

#### 3.1 加强监管,深入开展防雷安全检查

如前所述,由于地震灾区雷电危险性较高,为此各级气象部门应组织各方面的力量,依靠各级政府和抗震救灾指挥部门,采取有效措施,齐抓共管,提高灾区防御雷击火灾灾害的能力.一是科学分配力量,通过工作人员带队,征集志愿者进行分点、分片检查,实行任务到人,责任捆绑;二是做好预报预警及防雷安全检查,充分利用各地雷电检测预报业务系统,积极开展灾区雷电天气、雷电落区和危害等级、大气电场等雷电检测分析和预报预警,及时制作雷电趋势预报、雷电短时临近预警准确预测雷电,并做好前期重点检查工作;三要制定雷电应急预案,要求各种公共场所和各个援建指挥部在雷雨来临时做好各种应急准备,最大限度地减少地震灾害后因雷击等强对流天气带来的灾害.

#### 3.2 广泛宣传,提升群众自防自救素质

大型地质灾害往往范围大,影响面广,还需要各级政府、气象部门和其他组织动员全社会的力量广泛宣传,进行抗灾.各级政府可通过广播、电视、报刊、网络、短信、传单、标语等多种渠道和形式,发布《地震灾区防雷避险手册》等,增强安全防范和灾害避险处置能力;气象部门可召集防雷专业志愿者,向地震灾区受灾群众广泛宣传和普及防雷知识、提高受灾群众的防雷减灾意识;各个指挥部和当地村政府宣传车等可建立移动宣传平台,务必在第一时间警示教育广大民众增强防雷安全意识,自觉做好雷电防范工作.根据国务院发布的《汶川地震灾后恢复重建总体规划》防灾减灾的要求,灾区需要建设省级减灾中心3个、综合减灾宣传教育基地105个,各个援建指挥部可充分利用这些宣传点,加强防雷减灾宣传.

进驻过渡安置房和帐篷前,除了检查是否安装防雷装置之外,还应查看搭建的安置点是否选址在开阔平坦和干燥的地方,是否远离大树、铁塔、电杆等易受雷击的物体.过渡安置房的竖向金属骨架最

好做良好接地,晾晒衣服被褥的铁丝不要拉进帐篷内.在过渡安置房和帐篷内应减少火灾荷载,将生活物品及可燃物堆放在室外,严禁将易燃易爆物品存放在过渡安置房和帐篷内.发生雷电时,群众在防止被雷电击伤的同时,更要注意雷击火灾的发生和蔓延,在扑救火灾时要注意二次雷击伤害.在过渡安置房和帐篷内的群众,发生雷电时要远离门窗、电灯和电线、电话线等金属线,不使用电话,尤其是有线电话,并尽量站到干燥木板等物体上.仍然居住在楼房内的群众要关好门窗,尽量避免使用固定电话和利用太阳能热水器沐浴,并拔掉家用电器的电源插头.

汶川震后灾区的很多建筑物和构筑处于较高地段上,比如各个指挥部、学校等公共场所都树立了较高的旗杆,这些旗杆在雷雨中起到了接闪器的作用,但是很多旗杆仅有一点基础,没有合格的地网,并且没有设置任何警示标志,这就埋下了很严重的雷击隐患,灾区的人民若不注意,极易造成雷击事故.建议至少设置适当的警示标志,以免有人在雷雨期间接近旗杆.

#### 4 小结

Summarize briefly

本文以“5·12”汶川地震为例,研究了大型地质

灾害发生后救灾过程中雷电防护问题.在救灾过程中要特别注意科学防护,既要保证灾区人民的安全,也要保证救灾工作的正常进行.根据过渡性板房和帐篷的特点,对地震灾区采取合理的防雷技术措施和防雷安全管理措施,使震区防雷建设符合国家有关防灾减灾的法律法规和防雷设计技术规范;另一方面,通过深入宣传,增强人民群众的雷电防护意识,保证灾区人民群众的防雷安全,提升地震灾区综合防灾减灾的能力.

#### 参考文献

References

- [1] 国家质量技术监督局,中华人民共和国建设部. GB50057—94 建筑物防雷设计规范[S]. 北京:中国计划出版社,2001  
The Bureau of National Quality Technical Director, The Construction Department of the People's Republic of China. GB50057—94 Design code for protection of structures against lightning[S]. Beijing: China planning press, 2001
- [2] 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[S]. 2008  
Sichuan Quality Technical Director Bureau, Sichuan Meteorological Bureau. The technical specification of lightning protection for the transitional plank of the earthquake[S]. 2008
- [3] 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  
CHEN Jiaqiang. Problems of lightning prevention during earthquake disaster relief[J]. Fire Science and Technology, 2008, 27(7), 471-473

## Research on lightning protection after large-scale geological disasters

MA Jungui<sup>1,2,3</sup> WANG Zhenhui<sup>1,3</sup> XIAO Wenan<sup>3</sup> LIU Gang<sup>4</sup>

1 Key Laboratory of Meteorological Disaster of Ministry of Education, Nanjing University of Information Science & Technology, Nanjing 210044

2 Zibo Meteorological Bureau, Shandong 255048

3 School of Atmospheric Physics, Nanjing University of Information Science & Technology, Nanjing 210044

4 Sichuan Meteorological Bureau, Chengdu 610500

**Abstract** Take Wenchuan 5·12 earthquake in Sichuan Province in 2008 for example, introduced the techniques for lightning protection of the buildings, equipment and personnel in the disaster area after the large-scale geological disasters. First of all, lightning risks and the special nature of the modern disaster relief, and then focus on lightning protection of the transitional board room and the people and requirements, to ensure people's lives in the disaster area and property safety, and to provide scientific and effective preventive measures.

**Key words** earthquake disasters; lightning protection; board houses