

# 栾川老君山中灵索道雷电致灾分析及索道综合防雷工程设计与实践

杨建章<sup>1</sup>, 郭红晨<sup>2,3</sup>

(1. 栾川县气象局, 河南 栾川 471500; 2. 河南省防雷中心, 郑州 450003;  
3. 河南省现代防雷有限公司, 郑州 450003)

**摘要:** 老君山中灵索道, 不但架空线路长, 而且位于雷暴多发区。其控制系统多为弱电设备, 一旦索道的防雷措施不到位, 人员和索道设备很容易遭受雷击。依据当地景区索道的雷灾历史、景区的地形特征、小气候特征、雷暴的气候学特征和2009—2011年的闪电定位资料, 通过对雷电可能对栾川老君山景区索道造成的危害、雷电侵入途径以及致灾原因的分析, 提出了根据景区地理、环境、气象和雷电活动特点, 将外部的直击雷防护与内部的防雷电过电压、等电位、屏蔽以及完善的接地防护技术措施协调统一、进行综合防护的解决方案。该方案在栾川老君山风景区中灵索道防雷工程实施后, 防雷效果良好。

**关键词:** 索道防雷; 直击雷; 雷电过电压; 屏蔽; 等电位; 接地

**中图分类号:** X959

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1673-7148(2012)04-0077-08

## 引言

我国是一个旅游资源非常丰富的国家, 随着社会的发展, 人民生活质量的不断提高, 各地的旅游业也得到了蓬勃发展。为了方便人们的游览观光, 很多景区都相继建成了客运架空索道。架设于洛阳栾川老君山风景区内的老君山中灵索道, 作为景区方便快捷的交通工具, 承担着庞大的游客运量。由于其特殊的地理位置——位于伏牛山顶峰, 特殊的气候条件——老君山风景区属暖温带向亚热带过渡区, 属于雷暴多发区, 雷暴强度也大, 加之其架空线路长, 控制系统多为弱电设备, 一旦索道的防雷措施不到位, 极易发生雷击事故, 轻则损坏设备、重则造成人员伤亡。据相关资料统计, 国内客运索道很多都有雷击历史, 部分山区索道连续多年、多次遭受雷击, 严重的甚至导致索道运行瘫痪、游客被困空中数小时, 每年因雷电造成的直接、间接经济损失超过千万元。景区以前常发生电力设备、房屋及树木被雷电击毁事故。索道建成投入运行后, 也曾发生过因

雷击而造成索道供电设备断电的事故。因此, 景区的客运观光索道防雷工作就显得更加重要, 索道的防雷安全技术措施也是景区保障其设施和人身安全的必不可少的防范措施, 更是景区安全工作的一个重要组成部分。

目前, 国内外尚无关于索道工程如何采取有效的雷电安全防护技术措施的规定和技术标准。对索道工程所采取的防雷保护技术措施多是参照GB50057—2010《建筑物防雷设计规范》和其他相关的技术标准、规范。通过此项索道防雷工程的实施和实际运行检验, 笔者认为风景区的客运索道防雷有其特殊性, 不同于建筑物及电子信息系统的防雷保护。要做好索道的防雷设计和施工, 应在认真调查地理、地质、土壤、环境、气象和雷电活动规律以及被保护对象特点等的基础上, 研究并确定防雷装置的形式及其布置<sup>[1]</sup>, 将外部防雷与内部防雷协调统一, 进行全面规划、综合防治<sup>[2]</sup>。本文旨在为河南省索道防雷行业标准的编研和今后索道防雷工程的设计和施工提供可供借鉴的经验。

收稿日期: 2012-06-15; 修订日期: 2012-08-26

基金项目: 气象行业标准《索道防雷技术规范》(QX/T-2011-12)项目资助

作者简介: 杨建章(1966-), 男, 河南栾川人, 工程师, 学士, 从事气象科技服务工作。E-mail: lcxyjz@126.com

## 1 基本概况

### 1.1 气候概况

老君山景区地处洛阳市栾川县南部伏牛山北麓,属暖温带向亚热带过渡区,为典型的季风气候;是国家级森林公园、AAAAA 级景区、伏牛山世界地质公园,被誉为“中国最美的地方”;地跨长江、黄河、淮河三大流域,平均海拔 1800 m;不但森林覆盖率高,年降水量大,气候湿润,且地下金属矿藏丰富。

### 1.2 索道基本情况

栾川老君山风景区中灵索道全长 2713 m,水平距离 1920.5 m,上下站之间共设 12 个迂回塔架;全线除两个货运箱和检修箱外,共 34 个吊箱,采用奥地利进口拖挂式 8 人吊箱,每小时运送游客 1200 人次;运行速度 0.2~6.0 m/s,设计最高速度 6.75 m/s;垂直高度差 875 m。驱动站房位于海拔高度 1025 m 处,迂回站房位于海拔高度 1900 m 处,房屋均为钢筋混凝土坡屋结构,站房外设有不锈钢护栏的人行通道。中灵索道于 2009 年 3 月 26 日破土动工,2010 年 1 月 20 日完成安装。供电方式采用 TN-C 系统,距驱动站房 200 m 处有专用变压器为景区供电,线路通过铠装电缆埋地引入。上下站房内安装有动力装置驱动系统、控制系统以及其他附属设备,如电脑、电话等。

### 1.3 雷灾历史

由于景区地理位置较高,夏季雷暴活动频繁。2004—2008 年间,景区山顶电视插转台多次遭受雷击,造成损失达数百万元。如 2005 年 7 月,由于电视插转台防雷实施不完善,造成转播设备被雷击坏,直接和间接经济损失 10 多万元。2010 年 4—8 月在索道试运行阶段,多次遭遇雷电侵袭,由于当时其供电电源系统、电源线路屏蔽、防雷接地未采取完善的防雷技术措施,出现因雷击造成跳闸断电和电源控制设备损坏,并致索道停运的事故,直接和间接经济损失达数十万元。

## 2 雷电对索道可能造成的危害、侵入途径和致灾原因分析

### 2.1 特殊小气候和地形对雷电灾害形成的影响

栾川老君山风景区地形特殊。山地迎风坡对气流的抬升作用有利于雷云的垂直发展,山峰的阻碍作用有利于冷暖云团的会合,加强了局部场强;另一方面景区雷云的底部较平原低,增强了雷云底部的

大气静电强度,同时突变的地形又增强了下垫面场强畸变度,从而导致景区雷闪频率较高。

老君山风景区的雷电具有山区雷电放电的普遍特征,即专向某些特定区域放电的选择性:一是区域的地理位置比较突出,其海拔高度与周边区域比较具有最大值或次大值,这些海拔高度高的区域正是雷电放电的选择区;二是选择区的下垫面土壤电阻率与周边的比较具有最小值或次小值,即不同电导土质相接,土壤电阻率容易发生畸变的地方。

### 2.2 雷电气候学特征及雷闪的时空分布特征

老君山景区年平均雷暴日为 28 个,最高雷暴日数可达 47 个,最早雷暴初日出现在 1 月 27 日,最晚雷暴出现在 11 月 9 日,平均初终雷暴间日数 153.1 d。笔者通过查阅和分析老君山风景区及附近闪电定位资料发现,老君山雷闪以 33°44' N、111°39' E 为中心。

#### 2.2.1 雷闪强度极值和频次

表 1 是以老君山景区所在地(33°44' N、111°39' E)为中心、5 km 半径范围内 2009—2011 年闪电频次及强度统计。3 a 共发生地闪 680 次,其中正闪仅有 25 次,占总闪电数的 3.7%。2011 年地闪发生频次最多,为 425 次;2009 年仅有 22 次。正闪的平均强度为 69.9 kA,负闪的平均强度为 -38.6 kA,正闪的平均强度略高于负闪,其原因可能与正地闪产生的物理机制有关,因为正地闪是云中正电荷对地面的放电,而对流云体中的主正电荷区通常在主负电荷区之上,即主正电荷区高度比较高,要产生放电需要的电场强度要大,因此放电时其电流强度也较大。其中负闪的最大强度为 -190.7 kA,正闪的最大强度为 185.6 kA。

表 1 2009—2011 年闪电强度极值和频次统计

年份	负闪			正闪		
	最大/kA	最小/kA	频次/次	最大/kA	最小/kA	频次/次
2009	-138.0	-18.3	18	128.1	37.1	4
2010	-190.7	-16.0	222	185.6	22.8	11
2011	-185.2	-13.9	415	76.9	13.8	10
年均	-171.3	-16.1	218.3	130.2	24.6	8.3

#### 2.2.2 闪电月、季变化

图 1 为 2009—2011 年地闪月、季变化图。从图中可知,闪电次数存在明显的季节性变化。一年中,雷电活动的多发期为 7、8 月,8 月份闪电频次最多,其次为 7 月份,两个月的闪电数占闪电总次数的 85.4%。5、6 月也有闪电活动发生。1—4 月和 9—12 月几乎没有或有极少闪电活动。

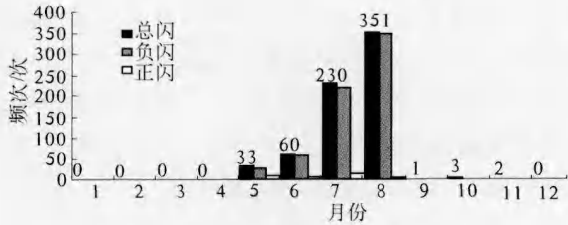


图1 2009—2011年地闪月、季变化图

### 2.2.3 正负闪分布

图2为2009—2011年正负闪分布图,图中“-”为负闪,“+”为正闪。由图可知大部分闪电都为负闪,这主要原因是大多数积雨云上部带正电荷、下部带负电荷,因此,云层与地面之间的放电绝大多数为负闪电,尤其强暴雨过程负闪占绝对优势。

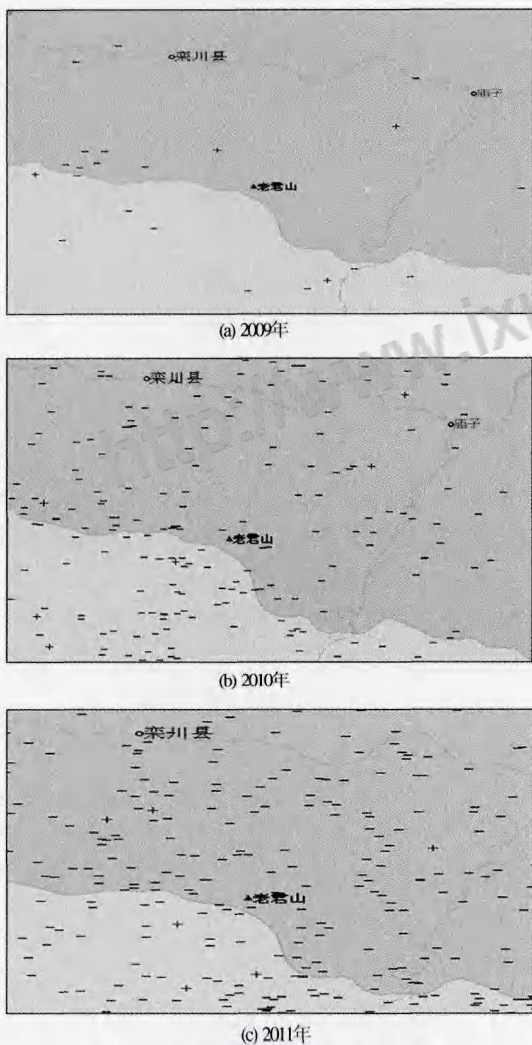


图2 2009—2011年正、负闪分布图

### 2.3 直击雷击的危害

由于索道上下站之间跨度特别大,其站房、索道塔架、钢丝绳、缆车、电力线以及各种信号线路均处于高山之巅,而且景区游客众多,都很容易成为直接

雷击的目标。直击雷一但击中目标,会造成建筑物、设备损坏和人身伤亡,给索道的正常运行和旅客的人身安全造成极大威胁。

### 2.4 雷电感应及电磁脉冲的危害

除直击雷外,最具有破坏作用的是雷电感应及雷电电磁脉冲。雷电具有高电位、强电流、瞬时性的特点,强大的瞬变闪电能够产生静电场、交变电磁场和电磁辐射,使周围的金属物产生感应电势和感应电流。一方面严重地干扰无线、有线通信;另一方面侵入电子设备的信号入口,将使器件击穿、烧毁,而造成人员伤亡。

### 2.5 雷电感应及电磁脉冲侵入的主要途径

(1)直击雷经过索道控制机房的建筑物避雷针、避雷带入地释放雷电流,导致数万伏的地网地电位,通过设备接地线入侵索道的弱电控制设备形成地电位反击,造成设备损坏。

(2)雷电流沿索道控制机房的建筑物避雷引下线入地时,在引下线周围产生强磁场,从而在引下线周围的金属管(线)上经感应而产生过电压,通过索道设备的供电电源或其信号控制线缆侵入,造成设备损坏。

(3)进出索道站房的各种信号线、电力线以及索道钢丝绳等架空线路,在远处遭受雷击时,其线路上加装的雷电过电压及过电流会沿线路窜入,即高电位侵入站房内索道控制系统的核心部件和电脑、电话等弱电设备,致使设备损坏。

## 3 中灵索道的综合防雷措施

由于老君山中灵索道架空载人钢质缆索较长,有2713 m,其控制站房海拔1000多米(驱动站房1025 m、迂回站房1900 m),地理位置特殊,很容易遭受直接雷击和雷电感应及电磁脉冲的侵害。因此,不仅要做好驱动(迂回)站房及设备的防雷,也要做好塔架及载人钢索线缆的防雷,同时还要做好站房设备的均压等电位和屏蔽措施,避免和减少雷击对人员及设备的侵害。

### 3.1 直击雷及接地防护措施

#### 3.1.1 站房的直击雷防护措施

迂回站房位于整个索道设备体系中的最高点,地势很高,驱动站房也处于半山腰上一个地势较突出的小山头,都很容易遭受直接雷击。站房四周有金属围栏,而且周围有大树。由于站房所处位置的特殊性和控制索道正常运行的重要性,其房屋的防雷级别按二类防雷建筑物设计安装。

驱动站房、迂回站房为钢筋混凝土结构的坡屋顶楼房,高度均为 20 m 左右,长 30 m,宽 20 m。房顶避雷带选用  $\Phi 12$  热镀锌圆钢,沿建筑屋脊、屋角、屋檐敷设,热镀锌圆钢避雷带支架间距为 1.0 m 左右,但必须一致,转角处悬空段不大于 1.0 m,并用支撑卡牢固固定,支撑卡高 0.15 m,避雷带高出屋面装饰或女儿墙 0.15 m,房顶金属牌架与避雷带可靠焊接,同时屋面采用  $\Phi 12$  热镀锌圆钢组成  $10 \times 10$  m 或  $12 \times 8$  m 的避雷网格<sup>[1]</sup>。其四周设避雷短针,避雷带与房屋构造柱内圆钢可靠焊接。站房的直击雷接地应利用柱内钢筋做引下线,同时利用基础钢筋网做接地体,接地电阻不大于  $4.0 \Omega$ 。站房的直击雷防护及接地网的具体布设见图 3。

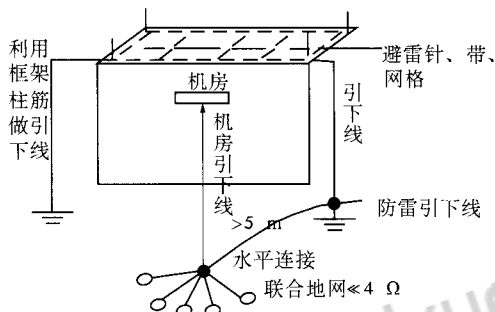


图 3 站房避雷带(针)及接地网布设示意图

### 3.1.2 索道塔架及载人缆车钢缆绳直击雷防护措施

(1) 采取架设避雷针及载人钢索接地的直击雷防护措施

由于此防雷工程项目为改建工程,如若采取架空避雷线的保护措施,一则难度较大,二则成本过高。为了有效保护载人缆车钢缆绳及承载人员的安全,首先在较高的塔架顶端设立避雷针,使较强的雷电流通过钢制塔架直接泄放入地,避免雷闪直接打在接地轮及碳刷组件上。其次是对载人钢缆绳采取防雷保护措施。由于索道的塔架间跨度比较大,钢缆绳高悬于空中,在运行中无法接地,如遇雷电很容易遭到雷击而形成电容电压。当电容电压达到一定程度时,它将就近放电,通过托索轮侧板或驱动轮及迂回轮的轮槽壁放电,造成对钢丝绳的损害,缩短其使用寿命。同时由于这些转动轮的转动部分与地之间通过轴承中的油膜形成绝缘,而油膜很薄,特别是重载侧,耐压并不会很高,很容易被击穿,在油膜被击穿时所形成的放电,会使放电部位退火,影响轴承的强度,导致轴承损坏。考虑到以上情况,采用在塔架上加设接地轮的方法,尽可能在距雷击点最短的

距离内,将雷电引入地下,避免将雷电引入站内而对设备造成危害。黄铜由于导电性能良好,质地较软,并且表面顺滑,很适合做接地轮。其方法是将加工好的接地轮固定在托索轮上,用一弹簧机构将其压到钢丝绳上,使其与钢缆绳直接接触,并随同钢缆绳一起运转,然后再在接地轮的合适位置加装碳刷组件,通过碳刷就近接地。为此,我们现场使用 Keithley 580 型微欧姆计,采用开尔文四线法进行接触电阻的测量<sup>[3]</sup>。

表 2 给出了载人钢缆绳与接地轮、碳刷之间实际在线测试各测点的接触电阻值。经过对 12 个塔架处的接触电阻的在线测试(经多测点对比、计算),其接触电阻均小于  $0.5 \Omega$ 。

表 2 各塔架接触电阻测量数值

塔号	$R/\Omega$	塔号	$R/\Omega$
塔 01	0.3	塔 07	0.4
塔 02	0.4	塔 08	0.5
塔 03	0.3	塔 09	0.4
塔 04	0.4	塔 10	0.3
塔 05	0.5	塔 11	0.4
塔 06	0.3	塔 12	0.2

上述测试表明,接触电阻对其影响不大,载人钢缆绳通过接地轮和碳刷组件接地达到接地技术的要求,能有效地将钢缆绳中感应的雷电在线路中就近导入塔架接地体,避免将其引入站内而对电气设备造成损坏。对于载人缆车的接地,由于载人缆车(吊臂)固定抱索器或脱挂抱索器与钢索通过钳口夹可靠压接(抱索器内钳口夹与钢索呈丝纹接触,压接长度  $\geq 50$  cm),经测试,其接触电阻  $< 0.03 \Omega$ 。因此,载人缆车的金属导体,采取可靠的等电位电气连接措施,并由此通过塔架接地,可满足对人身安全的要求。

(2) 采取架设架空避雷线的技术防护措施

对于建设资金允许情况下的新建或改建客运索道载人缆绳、缆车的直击雷防护措施,宜采取架设架空避雷线的技术防护措施。下面给出架空避雷线架设高度的参考设计要求。

避雷线架设高度的计算:架空避雷线至被保护的索道钢绳或索道上正在运行的乘客之间的距离( $S$ )按

$$S \geq 0.05Ri + 0.06(h + l/2)$$

计算( $S$  须  $\geq 3$  m, 且  $(h + l/2) \geq 5Ri$ )<sup>[1]</sup>。式中, $S$  为避雷线至被保护物在空气中的距离(m); $h$  为避雷线距地高度,即塔架地面到起重架顶部距离加避雷



线支架高度(m); $l$ 为两塔架之间避雷线的水平长度(m); $R_i$ 为架空避雷线接地装置的冲击接地电阻( $\Omega$ )。

例如:当 $R_i = 5\Omega$ , $h = 20\text{ m}$ , $l = 100\text{ m}$ 时,则 $S \geq 0.05 \times 5 + 0.06(20 + 100/2) = 4.45\text{ m} (> 3\text{ m})$ 。

确定架空避雷线的高度时,应考虑其弧垂的影响。在无法确定弧垂的情况下,当两塔架之间的距离小于 $120\text{ m}$ 时,架空避雷线中点的弧垂考虑为 $2\text{ m}$ ;距离为 $120 \sim 150\text{ m}$ 时,弧垂为 $3\text{ m}$ 。

避雷线在 $h_x$ 高度的 $xx'$ 平面上的保护宽度的计算:架空避雷线至被保护的索道钢绳或索道上正在运行的乘客的水平保护范围按公式

$$b_x = \sqrt{h(2h_r - h)} - \sqrt{h_x(2h_r - h_x)}$$

计算<sup>[1]</sup>。式中, $b_x$ 为避雷线在 $h_x$ 高度的 $xx'$ 平面上的保护宽度(m); $h$ 为避雷线的高度,即塔架地面到起重架顶部距离加避雷线的支架高度(m); $h_x$ 为被保护物的高度(m); $h_r$ 为滚球半径。

例如: $h_r = 60\text{ m}$ ,当 $h = 20\text{ m}$ , $h_x = 18\text{ m}$ ( $l = 100\text{ m}$ 时弧垂按 $2\text{ m}$ 计),则 $b_x = 1.87\text{ m}$ 。

因此,如果将单根避雷线设置于塔架中心线上,避雷线两外侧保护宽度可达到 $3.7\text{ m}$ 以上。通常,客运索道线路上的两根钢绳间距大约为 $3.6\text{ m}$ ,所以在索道线路钢绳之间及下方范围内的物体将得到保护。单根避雷线的保护范围计算示意图4。

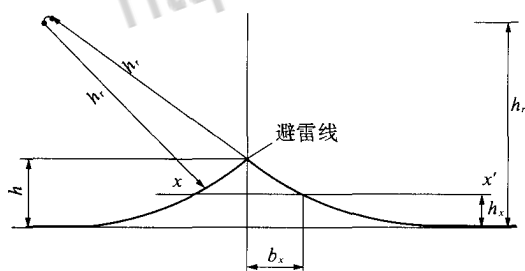


图4 单根避雷线的保护范围计算示意图

安装架空避雷线时,既要考虑架空避雷线及其支撑杆使用的材料、材质规格,还要考虑所架设区域的相关气象因子的影响,如风速(考虑其需承载的风荷载)以及电线结冰(考虑其承重应力),所选材料应须满足特殊气象条件下的技术要求。

## 3.2 接地装置的设计

### 3.2.1 站房内设备的接地和等电位技术措施

因站房所处的土壤电阻率较高,为便于给内部防雷技术措施的实施提供良好的接地基础平台及防跨步电压,在此布设了环形闭合的均压接地网和外引辅助接地网,因受场地环境的影响,垂直接地体的

间距布设为 $4\text{ m}$ 。

由于景区土壤电阻率在 $2000 \sim 3000\ \Omega \cdot \text{m}$ ,采取常规的方法敷设人工接地网很难达到接地电阻不大于 $4.0\ \Omega$ 的技术要求。因此,采用多个放射形接地体,或连续延长接地体。放射形接地体可采用长短结合的方式,其累计长度按照实测接地阻值满足要求为准。

将站房内与站房基础接地体、设备接地体、金属护栏的接地装置、变压器高、低压端的中线接零、避雷器接地装置相连接,形成共用接地网<sup>[4]</sup>。

站房内沿房屋四周敷设一组铜质结构的等电位连接母线(或金属板),站房所有设备通过 $\Phi 10\text{ mm}$ 多芯铜电缆,与等电位汇流排相连接。各种电涌保护器(避雷器)和工控单板机、调数器等设备的可导电部分用接地线以最直和最短的距离分别与等电位连接母排进行电气连接<sup>[5]</sup>。

将整个站房的安全保护接地、直流工作接地、防雷接地与室外共用接地网等电位可靠连接,并且将站房外人行通道边的不锈钢护栏,与其下敷设的人工接地体和房屋基础钢筋就近可靠焊接,接地电阻按最小值确定<sup>[6]</sup>,接地电阻不大于 $4.0\ \Omega$ 。站房内的等电位连接和站房室外共用接地网布设见图5。

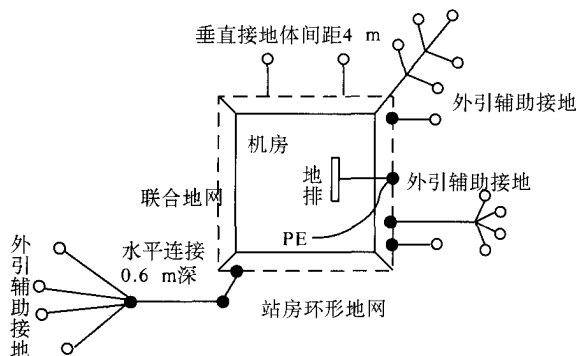


图5 站房共用接地网布设示意图

### 3.2.2 索道线路塔架、钢丝绳、避雷针的接地

索道线路塔架、钢丝绳的接地是通过塔架基础中的接地钢筋网直接与大地连接。塔架基础钢筋网可采用 $\Phi 12$ 的镀锌圆钢水平敷设,间距 $500 \times 500\text{ mm}$ ,垂直接地体可采用 $\Phi 24$ 的镀锌圆钢或者 $\Phi 50$ 镀锌钢管,并将基础钢筋网、垂直接地体与塔架基础钢筋网可靠焊接。塔架可以通过基础法兰紧固螺栓与接地连接,也可通过外引一条 $-40 \times 4\text{ mm}$ 的镀锌扁钢与塔架焊接。按照《客运架空索道安全规范》中相关规定,接地电阻 $\leq 5.0\ \Omega$ <sup>[7]</sup>,否则另外安装人工接地体或采用污染的降阻剂,降低土壤电阻率。

具体做法见图 6。

### 3.3 防雷电波侵入措施

现在的客运索道,现代化程度较高,而这些系统对雷电非常敏感。雷电电压一般是几万伏,有的甚至几十万伏,如此强大的电压,会形成很强的瞬变电流,并在其周围感应出很强的电磁场,磁场将对处于

该环境中的电子元器件和传输导线感应出较高的电压,导致控制系统损坏。整个索道上下站房控制系统中,控制中心的防雷最为重要。所以站房内驱动控制系统、电脑和电话等弱电设备,应考虑采取防雷电波侵入的措施。

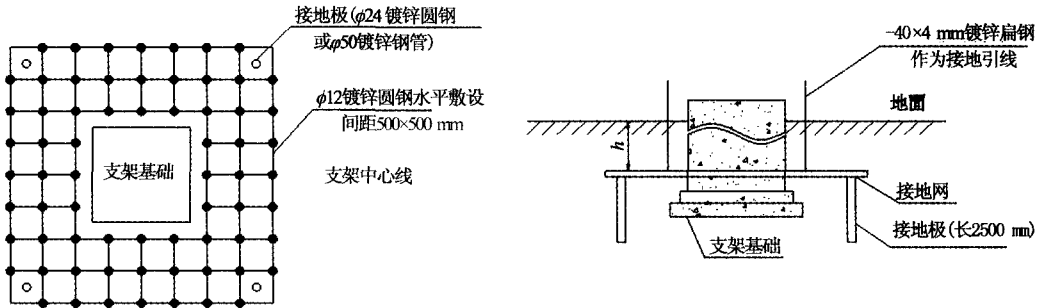


图 6 索道塔架防雷接地具体做法示意图

#### 3.3.1 电源系统的防雷措施

(1) 电力线路直击雷的预防:对于连接下站至上站开闭所(用于将 10 kV 高压转换为 380 V 电压的房间)架空电力线,宜采用避雷线进行防护。进入站房的架空低压线路,宜全线采用铠装电缆。距离站房 100 m 内的架空低压线缆的铠装层,每隔 25 m 左右接地一次,并且在进出站房处与防雷接地装置共地相连。

(2) 考虑到站房所处的特殊雷电环境,使用多级 SPD 可以提高对雷电波侵入的防护效果,提高系统的无雷害运行时间<sup>[8]</sup>。具体配置为:在变压器低压侧即在电源总配电柜处,安装标称通流容量  $\geq 80$  kA (8/20  $\mu$ s 波形)、标称导通电压  $U_n \geq 4U_c$ 、响应时间  $\leq 100$  ns 的电涌保护器作为一级保护。在楼层电

源的分配电箱上,应安装标称通流容量  $\geq 40$  kA (8/20  $\mu$ s 波形)、标称导通电压  $U_n \geq 3U_c$ 、响应时间  $\leq 50$  ns 的电涌保护器作为二级保护。在设备前的 UPS 电源输入端应安装标称通流容量  $\geq 20$  kA (8/20  $\mu$ s 波形)、标称导通电压  $U_n \geq 2.5U_c$ 、响应时间  $\leq 50$  ns 的电涌保护器作为三级保护。信号设备的供电电源,须分别考虑在其传输控制指令的控制信号线进入设备前端安装 24 V 的直流电源避雷器;在监控索道脱轨的 U 型针信号线进入设备的前端安装 12 V 的直流电源避雷器作为第四级电源防雷保护,其标称通流容量  $\geq 10$  kA (8/20  $\mu$ s 波形)、标称导通电压  $U_n \geq 1.5U_c$  ( $U_c$ :直流工作电压)、响应时间  $\leq 50$  ns<sup>[9]</sup>。上述对索道站房供电电源系统采取的四级防雷电过电压保护设计见图 7。

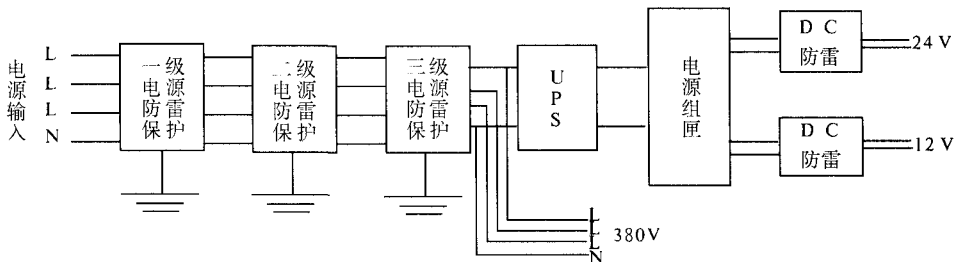


图 7 电源系统防雷保护示意图

通过使用多级电源防雷设施,逐级泄放雷电过电流、限制过电压,从而尽可能地防止雷电通过电力线路损害系统设备。

#### 3.3.2 信号通讯系统的防雷措施

索道的通讯线路很多,按其功能可将其分为控

制信号线和宽带电话线。控制信号线是监控索道运行及操作台(控制索道开/关、加速/减速等功能的装置)、向索道控制系统传输指令的传输线路。为了避免因通信电缆引入造成雷电侵害的可能性,通常采用在电缆接入网络通信设备前,首先在控制信

号线和宽带电话线进入设备的前端链路中串入一个瞬态过电压保护器,以防护电子设备遭受雷电闪击及其他干扰造成的传导电涌过电压,阻断过电压及雷电波的侵入。设计时须根据信号种类、接口、特性

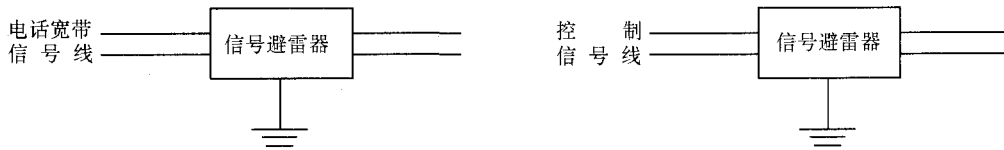


图8 信号系统防雷保护示意图

阻抗、频率、带宽、插入损耗、工作电平性能指标选择合适的避雷器。

索道站房内的宽带电话以及工控信号线路的雷电过电压的保护设计见图8。

### 3.4 屏蔽措施

良好的屏蔽对防御雷电电磁波脉冲是最有效的措施<sup>[10]</sup>。为减少雷电感应及雷电电磁脉冲对站内信息设备的影响,宜采取外部屏蔽措施和内部线路屏蔽。

#### 3.4.1 站房屏蔽

站房的屏蔽应将站房顶层的避雷带、建筑钢筋混凝土内钢筋、金属门窗框架等金属构件等电位连接在一起,并与接地装置相连,构成一个格栅形空间屏蔽<sup>[1]</sup>。

站房顶部的避雷网格尺寸,至少按照二类防雷建筑的规定要求敷设。如有条件,可将站房内的机房室外墙的钢筋适当加密,机房控制室使用金属板门,窗上加设金属网。金属门和网要与建筑物内的主钢筋做电气连接。

站房内设备为金属外壳时,应用最短的导线将其与等电位连接带连接。设备是非金属外壳时,设备所在站房屏蔽未达到设备的要求时,应加装金属网或屏蔽罩对设备屏蔽。金属网或屏蔽罩进行等电位连接和接地处理。

#### 3.4.2 通讯线缆的屏蔽

对于沿架空索道钢缆绳敷设的通讯线缆须采取必要的屏蔽接地技术措施。其通讯线缆采用具有高磁导率的铁质金属屏蔽层的铠装线缆,可以起到良好的屏蔽效果<sup>[10]</sup>。

进入站房的各种电缆的金属外层,均在进入站房前可靠接地。使用含有金属部件的光缆,例如提供抗拉强度的加强金属芯、防啮齿动物的金属外层或修理时用的金属连接设施,光缆沿线的所有金属接头、金属防潮层等,应进行等电位连接和屏蔽接地。

采用屏蔽电缆时,其屏蔽层至少在两端或在雷电防护区交界处做等电位连接。使用非屏蔽电缆时,进入站房前应穿金属管埋地引入,埋地长度满

足: $l \geq 2\sqrt{\rho}$ <sup>[1]</sup>。如受条件限制无法穿金属埋地入站房,则应加长金属屏蔽管长度,其两端以及在雷电防护区交界处要做等电位连接和接地,即接地与索道塔架、站房接地做共地连接。

## 4 结论

(1)栾川老君山风景区地形特殊,地形对气流的抬升作用有利于雷云的垂直发展,增强了雷云底部的大气静电场强度;突变的地形又增强了下垫面场强畸变度,从而导致景区雷闪频率较高。

(2)老君山风景区的雷电具有山区雷电放电的普遍特征,即具有专向某些特定区域放电的选择性。这一特性一是由高度因素决定,海拔高度与周边区域比较具有最大值或次大值的区域为雷电放电的选择区。二是由区域下垫面的土壤电阻率因素决定,不同电导土质相接,土壤电阻率容易发生畸变的地方为雷电放电的选择区。

(3)要做好索道的防雷设计和施工,一是采用索道塔架、载人缆车、供电和通讯线缆的直击雷防护措施;二是采用供电系统、信号系统的雷电波侵入防护措施和设备供电线缆、通讯线缆的屏蔽及等电位技术措施;三是做好接地,为雷电提供良好的泄放通道。只有将外部的直击雷防护与内部的防雷电过电压、等电位、屏蔽、接地技术措施协调统一,进行综合防护,才能防止和减少雷击灾害,为索道的安全运行和人身安全提供可靠保障。

(4)本方案的实施和运行检验,也为河南省索道防雷行业标准的编研工作提供了可供借鉴的经验。

## 参考文献

- [1]中国机械工业联合会. GB 50057-2010 建筑物防雷设计规范[S]. 北京:中国计划出版社,2011.
- [2]中国气象局. QX 3-2000 气象信息系统雷击电磁脉冲防护规范[S]. 北京:中国标准出版社,2000.

- [3] 赵安邦, 谭开洲, 吴国增. 欧姆接触电阻率测量方法的比较研究[J]. 重庆邮电学院学报: 自然科学版, 2006(增刊): 238 - 241.
- [4] 黄声锦, 林溪猛, 陈仁梅, 等. 防雷接地与等电位探讨[J]. 气象与环境科学, 2009, 32(4): 88 - 91.
- [5] 马刚, 郑绍勋, 田金华, 等. 抽水蓄能电站综合防雷设计探讨[J]. 气象与环境科学, 2008, 31(3): 90 - 93.
- [6] 郭魁英, 孙志广, 李忠亮, 等. 计算机机房综合防雷系统工程[J]. 气象与环境科学, 2006(1): 66.
- [7] 北京起重机械研究所、国家客运架空索道安全监督检验中心. GB 12350 - 90 客运架空索道安全规范[S]. 北京: 中国标准出版社, 2011.
- [8] 赵祖强, 高宾永, 褚桂成, 等. 建筑物电子信息系统雷击风险评估方法及应用[J]. 气象与环境科学, 2008, 31(2): 89 - 93.
- [9] 中国建筑标准设计研究院. GB50343 - 2004 建筑物电子信息系统防雷技术规范[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2004.
- [10] 施广全, 王振会. 屏蔽措施在自动气象站雷电防护设计中的应用[J]. 气象与环境科学, 2008, 31(4): 88 - 91.

## Lightning Hazard Analysis of Zhongling Cableway in Luanchuan Laojun Mountain and the Design and Practice of the Integrated Lightning Protection

Yang Jianzhang<sup>1</sup>, Guo Hongchen<sup>2,3</sup>

(1. Luanchuan Weather Station, Luanchuan 471500, China;

2. Henan Provincial Lightning Protection Center, Zhengzhou 450003, China;

3. Henan Modern Lightning Protection Co., Ltd. Zhengzhou 450003, China)

**Abstract:** The Laojun mountain cableway not only has the long overhead lines, but also lies in a thunderstorm-prone area. Most of its control system is weak current equipment, once the cableway is lack of lightning protection measures, personnel and the cableway equipment are easy to be struck by thunder. Based on the local lightning disaster history, terrain, microclimatic characteristic, thunderstorm climatological characteristic and the lightning location from 2009—2011, this paper analyzes the lightning disaster, lightning invasion way and reasons of Laojun mountain scenic spot. According to the local geography, environment, meteorology and the lightning activity characteristic, the external direct lightning protection should keep coordination and comprehensive protection with internal lightning overvoltage, equipotent, screening and perfect grounding protection technology. Through the practical application, the scheme has a good lightning protection effect on cableway lightning engineering in Luanchuan Laojun mountain scenic spot.

**Key words:** cableway lightning protection; direct lightning; lightning overvoltage; screening; equipotent; grounding



论文降重、修改、代写请扫码



免费论文查重，传递门 >> <http://free.paperyy.com>

阅读此文的还阅读了：

- [1. 世界新奇车站\(十四\)](#)
- [2. 轻型座椅式架空单线索道非线性动力分析](#)
- [3. 索道钢丝绳行程记录及运载工具定位系统的设计](#)
- [4. 高山架空客运索道的防雷对策](#)
- [5. 客运索道吊厢室内人-机分析](#)
- [6. JSJX3—15/2架杆索道研制](#)
- [7. 综合通信大楼的防雷设计与工程施工](#)
- [8. 客运架空索道综合防雷工程的设计与施工](#)
- [9. 客运索道防雷分类方法](#)
- [10. 探讨焦作神农山索道防雷设计](#)