

# 起重机与电梯的漏电保护探究

李洪涛

内蒙古自治区特种设备检验研究院通辽分院 内蒙古 通辽 028000

**摘要:** 起重机和电梯作为机电类特种设备,在工业生产与民众生活中扮演着重要角色。然而,漏电问题一直是影响两者安全运行的关键因素。本文深入探究了起重机与电梯漏电故障的常见表现、主要原因以及漏电保护器的基本原理与功能。同时,文章还提出了针对设备老化、装配安装准确性、电源质量及环境因素的改进与优化措施,旨在提升起重机和电梯的漏电保护性能,确保人民生命财产安全。通过综合分析与研究,为机电设备的安全防护提供了重要参考。

**关键词:** 起重机; 电梯; 漏电保护

引言:随着现代化进程的加速,起重机和电梯作为重要的机电设备,在生产生活中发挥着举足轻重的作用。然而,漏电问题一直是制约其安全运行的重大隐患。漏电不仅可能导致设备故障,还可能引发触电事故,严重威胁人员生命财产安全。因此,深入探究起重机和电梯的漏电保护机制,对于预防漏电故障、提升设备安全性具有重要意义。本文将围绕漏电保护的主题,分析漏电故障的原因、表现及影响,并探讨有效的保护措施,以期为保障起重机和电梯的安全运行提供参考。

## 1 起重机和电梯漏电故障概述

### 1.1 起重机漏电故障及其原因

#### 1.1.1 起重机漏电故障的常见表现

起重机漏电故障的常见表现多样。当发生漏电时,操作人员接触金属部件可能会感受到明显的电击感,轻微时仅为麻感,严重则可能导致触电事故。设备运行中,漏电保护器常频繁跳闸,造成起重机突然停机,影响作业进度。部分情况下,电气线路或设备会出现异常发热现象,甚至伴随焦糊味,这是由于漏电导致电流异常流通,使局部温度升高。此外,控制回路可能出现紊乱,如按钮操作失灵、电机运转异常,无法按指令完成起升、变幅等动作。

#### 1.1.2 导致起重机漏电的主要因素

导致起重机漏电的因素众多。工作环境恶劣是重要原因,起重机多在露天或粉尘、潮湿环境中作业,雨水、潮气会侵蚀电气设备的绝缘层,粉尘附着在部件表面也会降低绝缘性能。电气设备绝缘老化也较为常见,长期使用后,电缆、电机绕组等的绝缘材料会因磨损、高温等逐渐老化变质,绝缘电阻下降,进而引发漏电。另外,机械振动和冲击会使电气连接部位松动、接触不良,导致局部电阻增大,产生电火花,破坏绝缘层,造

成漏电;违规操作或维护不当,如乱拉乱接电线、未及时更换损坏部件等,也会增加漏电风险<sup>[1]</sup>。

### 1.2 电梯漏电故障及其原因

#### 1.2.1 电梯漏电故障的常见表现

电梯漏电时,乘客接触轿厢壁、按钮面板等部位可能有触电感觉。漏电会干扰电梯的控制系统,导致电梯运行不稳定,出现突然启停、楼层显示错误等情况,严重时可能造成困梯。电气系统中的元器件可能因漏电而损坏,如继电器、接触器触点烧蚀,影响电梯正常运行。同时,漏电会使电梯的能耗异常增加,电表读数出现不合理的上升。

#### 1.2.2 导致电梯漏电的主要因素

电源载波频率异常可能引发漏电,当载波频率过高时,会使电气线路中的分布电容产生较大的容性电流,若超过漏电保护器的动作阈值,就会导致误动作或漏电现象。容性电流本身也是一个重要因素,电梯线路复杂且长度较长,分布电容较大,在交流电压作用下会产生容性电流,当该电流过大时,会被误认为是漏电电流。开关变压器漏电是常见的硬件故障,变压器绕组绝缘损坏会导致初级与次级之间漏电,进而使电梯电气系统出现漏电问题。此外,电梯长期运行后,接线端子松动、导线绝缘层磨损等也会导致漏电故障的发生。

## 2 漏电保护器在起重机和电梯中的应用

### 2.1 漏电保护器的基本原理和功能

#### 2.1.1 漏电保护器的工作原理

漏电保护器以瞬时电流矢量平衡为核心检测依据。正常运行时,相线与中性线的电流大小相等、方向相反,矢量和为零,零序电流互感器无感应信号。当发生漏电时,部分电流通过人体或接地体分流,导致电流矢量和不为零,互感器铁芯产生交变磁通,次级线圈感应

出互感电压。该电压传递至脱扣器,当数值超过设定阈值(通常为30mA)时,脱扣机构在0.1秒内驱动断路器跳闸,迅速切断电源,避免触电事故。

### 2.1.2 漏电保护器在保障安全方面的重要性

漏电保护器是起重机和电梯不可或缺的安全屏障。对起重机而言,其金属结构与地面直接接触,作业中若电缆磨损、电机绝缘击穿,保护器能立即断电,防止操作人员接触吊臂、操作台等部件时触电。对电梯来说,轿厢、导轨等金属部件密集,漏电可能引发乘客触电或控制系统失效,保护器可快速切断故障电路,降低困梯、坠落等风险,同时减少电气设备因漏电导致的烧毁,保障设备持续稳定运行,是维系公共安全的关键装置。

## 2.2 起重机漏电保护器的选择与使用

### 2.2.1 起重机常用的漏电保护系统

起重机主流采用IT系统(中性点不接地系统),其电源中性点通过高阻抗接地或不接地,设备外露导电部分经保护线独立接地。该系统在发生单相接地故障时,接地电流较小(通常 $\leq 5A$ ),不会立即切断电源,可维持设备短时间运行,配合绝缘监测仪实时监测绝缘电阻,当电阻低于规定值(一般为 $500\Omega$ )时发出报警,兼顾作业连续性与安全性,特别适用于冶金、港口等需连续作业的重型起重机<sup>[2]</sup>。

### 2.2.2 不同漏电保护系统的应用效果及局限性

IT系统在潮湿、多粉尘环境中稳定性突出,能减少瞬时漏电导致的停机,但需定期校准绝缘监测仪,否则长期接地故障可能引发相间短路。TT系统(中性点直接接地,设备单独接地)成本较低,但接地电阻受土壤湿度影响大,在泥泞工地易误动作。TN系统(中性点接地,设备接中性线)因起重机电缆频繁弯曲,中性线易断裂,可靠性较差,仅适用于固定轨道式起重机,且需每月检查中性线连接状态。

## 2.3 电梯漏电保护器的选择与使用

### 2.3.1 电梯常用的漏电保护系统

电梯普遍采用TN-S系统(三相五线制),中性线(N线)与保护线(PE线)严格分离,轿厢、导轨、控制柜等外露导电部分均通过PE线可靠接地。该系统可避免中性线电位偏移导致的设备带电,配合分级保护设计(总进线与轿厢分支回路分别装设保护器),能精准定位故障点,缩短排查时间,广泛应用于住宅、商场等各类电梯。

### 2.3.2 变频器应用中的问题及解决方案

电梯变频器运行时产生的高频谐波会干扰漏电保护器,使其误判为漏电电流而频繁跳闸。解决措施包括:

选用带谐波抑制功能的专用保护器,其内部滤波电路可过滤90%以上的高频谐波;在变频器输出端加装交流电抗器,降低谐波含量至5%以下;采用“延时+瞬时”双级保护方案,主回路保护器设置50ms延时避开瞬时谐波,分支回路保护器保持0.1秒瞬时动作,既保障设备稳定运行,又确保人身安全。此外,定期清洁变频器散热通道,避免因过热加剧谐波干扰。

## 3 起重机和电梯漏电保护措施改进与优化

### 3.1 设备老化与损坏的应对措施

#### 3.1.1 定期检查和维护电气设备的方法

针对起重机和电梯的电气设备,需建立分级定期检查机制。日常检查需每日记录漏电保护器动作次数、电缆外观有无破损、接线端子是否松动,重点关注起重机的滑触线、电梯的随行电缆等易磨损部件。每周进行绝缘电阻检测,使用兆欧表测量电机绕组、电缆线的绝缘值,起重机绝缘电阻需 $\geq 0.5M\Omega$ ,电梯控制回路绝缘电阻需 $\geq 1M\Omega$ 。季度检查应包含漏电保护器的模拟跳闸试验,通过专用测试仪器输入30mA漏电电流,验证保护器能否在0.1秒内可靠动作。此外,每年需进行全面拆机检查,更换老化的接触器触点、电容等易损件,清理电气柜内的粉尘和油污<sup>[3]</sup>。

#### 3.1.2 设备老化预防及维修的技术手段

预防设备老化可采用材料升级技术,如将起重机的橡胶电缆替换为耐候性更强的氯丁橡胶材质,电梯控制柜内的导线采用耐高温的交联聚乙烯绝缘层。对关键部件实施状态监测,通过加装温度传感器实时监测电机、变压器的温升,超过 $60^{\circ}C$ 时自动报警;利用振动分析仪检测断路器的机械磨损,提前预判故障。维修时推广模块化更换技术,将电梯的控制模块、起重机的继电器组设计为标准模块,减少维修时间。对于老化严重的设备,采用局部改造方案,如保留机械结构,更换全套电气系统,平衡安全性与经济性。

## 3.2 装配与安装位置的准确性保障

### 3.2.1 装配不当或安装位置不准确的影响

装配误差会直接削弱漏电保护效果。例如,起重机的零序电流互感器若装配时与电缆间隙过大,会导致磁场检测失真,漏电流检测灵敏度下降30%以上;电梯的漏电保护器若安装在变频器附近,电磁干扰会使其误动作率增加5倍。安装位置不合理同样危害显著:将保护器安装在起重机的振动剧烈部位,会导致脱扣机构松动,动作阈值漂移;电梯井道内的保护器若靠近潮湿区域,绝缘性能会在3个月内下降至标准值的60%,增加误跳闸风险。

### 3.2.2 确保装配与安装准确性的措施

装配过程需执行三级校验制度：初级校验由装配工使用游标卡尺检查互感器与电缆的配合间隙（应 $\leq 0.5\text{mm}$ ）；中级校验通过专用工装模拟漏电场景，验证保护回路动作一致性；终级校验由第三方机构进行精度检测，确保误差在 $\pm 5\%$ 以内。安装位置选择需遵循“三远离”原则：远离强磁场源（如变压器、变频器）、远离振动源（如电机、减速机）、远离潮湿区域（如电梯井道底坑、起重机轨道积水处）。对于必须安装在恶劣位置的保护器，需加装减震支架和防水外壳，外壳防护等级不低于IP65，并在安装后进行48小时连续运行测试。

### 3.3 电源质量的提升策略

#### 3.3.1 电源质量对漏电保护器性能的影响

电源中的谐波、浪涌和电压波动会严重干扰漏电保护器。起重机使用的变频调速系统会产生3次、5次谐波，导致保护器检测的零序电流出现偏差，误动作率上升40%；电梯电源的载波频率若超过50kHz，会使容性电流增大，造成保护器在无漏电时跳闸。电压波动超过 $\pm 10\%$ 时，脱扣器的电磁力不稳定，可能导致漏电时无法及时动作，响应时间从0.1秒延长至0.5秒以上，增加触电风险。

#### 3.3.2 改善电源质量的建议

针对谐波问题，在起重机的变频器输出端加装无源滤波器，可降低谐波畸变率至5%以下；电梯系统采用有源电力滤波器，实时补偿谐波电流，尤其适合高层建筑的多电梯集群。降低电源载波频率至20-30kHz，减少容性电流对保护器的干扰，同时在保护器前端串联电抗器，抑制高频信号。为应对电压波动，安装稳压器使电压稳定在 $220\text{V} \pm 5\%$ 范围内，重要场合配备不间断电源（UPS），确保漏电保护器在断电瞬间仍能可靠动作。定期检测电源质量，每月使用电能质量分析仪记录谐波含量、电压偏差等参数，建立趋势分析模型，提前预警潜在问题<sup>[4]</sup>。

### 3.4 环境因素对漏电保护的影响及应对策略

#### 3.4.1 环境因素对漏电保护器性能的影响

湿度是最关键的影响因素，当相对湿度超过85%时，起重机漏电保护器的绝缘电阻会下降50%，内部金属部件易出现锈蚀，导致脱扣机构卡涩；电梯井道内的高湿度会使保护器的电子元件受潮，引发误动作。温度过高

（超过 $40^{\circ}\text{C}$ ）会加速保护器内绝缘材料老化，寿命缩短至原来的1/3；低温（低于 $-10^{\circ}\text{C}$ ）则会使脱扣器的机械部件僵硬，动作时间延长。此外，粉尘会覆盖在保护器表面，影响散热，同时导电粉尘可能导致内部电路短路<sup>[5]</sup>。

#### 3.4.2 环境适应性和防护措施

针对潮湿环境，起重机的电气柜需安装除湿机，维持内部湿度在40%-60%，并在保护器内部涂抹防潮绝缘漆；电梯的控制柜加装加热装置，当湿度超过75%时自动启动。高温环境中采用宽温型漏电保护器，工作温度范围扩展至 $-30^{\circ}\text{C} \sim 70^{\circ}\text{C}$ ，并在柜体加装散热风扇，确保空气流速 $\geq 0.5\text{m/s}$ 。粉尘较多的场所，如水泥厂的起重机，需使用防尘型保护器，外壳采用迷宫式结构，定期用压缩空气清理散热孔。户外起重机的保护器需加装遮阳棚和防雨罩，避免阳光直射和雨水浸泡，同时选用耐紫外线的外壳材料，增强环境耐受性。建立环境监测系统，实时采集温湿度、粉尘浓度等数据，超标时自动发出报警并启动防护设备。

### 结束语

通过对起重机与电梯漏电保护机制的深入探究，我们不难发现，漏电防护技术的提升对于保障设备安全运行至关重要。本研究从漏电原理、故障排查到保护措施的实施，进行了全面剖析，旨在为提高机电设备的漏电保护水平提供理论依据与实践指导。展望未来，持续的技术创新与管理优化将是提升漏电保护性能的关键。我们期待，通过多方协作与共同努力，能够推动起重机和电梯漏电防护技术的不断进步，为人们的生产生活提供更加安全可靠的保障。

### 参考文献

- [1]孙利剑.起重机与电梯中的漏电保护研究[J].中国设备工程,2020,(06):60-61.
- [2]杨林松,于海征,刘婷,等.起重机与电梯上的漏电保护研究[J].建筑工程技术与设计,2020,(10):103-104.
- [3]李永成.浅论起重机与电梯中的漏电保护[J].南方农机,2020,(05):86-87.
- [4]陶姬.起重机与电梯的漏电保护分析.建筑技术科学,2023,(11):115-116.
- [5]帅勃列.起重机与电梯的漏电保护分析.建筑技术科学,2022,(05):59-60.