

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、提升设备安全性能具有重要意义。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^[1]。

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 500Ω ）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^[2]。

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的改进与优化

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^[3]。

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°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^[4]。

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°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°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^[5]。

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.