

基于红外热成像技术的电梯电气系统检测技术

郭凯特

(江苏省特种设备安全监督检验研究院常州分院, 江苏 常州 213300)

摘要 红外热成像技术在电梯电气系统检测中的应用价值主要体现在其高效性与全面性, 该技术通过红外相机采集电气设备表面的热辐射信息, 生成高分辨率热分布图像, 能够快速定位温度异常区域。在电梯电气系统中, 电缆接头、接线端子、继电器等关键连接点的温度变化, 往往与接触电阻增大或松动有关。通过红外热成像技术, 可以精准识别这些潜在故障点, 红外热成像技术还可用于评估电气系统的散热性能, 识别散热不良的设备, 优化散热设计, 确保系统运行的稳定性与安全性。本文对基于红外热成像技术的电梯电气系统检测技术进行了探讨, 以为相关人员提供参考。

关键词 红外热成像技术; 电梯电气系统; 检测技术; 热辐射信息; 热分布图像

中图分类号: TN21; TU85

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2025.21.004

0 引言

红外热成像技术在电梯电气系统检测中的应用基于其非接触式测温与大面积扫描的优势, 该技术通过捕捉电气设备表面的红外辐射, 生成热分布图像, 从而直观地反映设备的温度分布与异常热点。在电梯电气系统中, 电机、变频器、控制柜等关键部件的温度变化往往与运行状态密切相关。通过红外热成像技术, 可以精准识别电机绕组过热、变频器散热不良、控制柜接触不良等潜在问题, 为维护人员提供科学依据。该技术还可用于评估电气系统的负载均衡性, 识别过载或欠载运行的设备, 优化系统运行效率。

1 红外热成像技术概述

1.1 红外热成像基本原理

红外热成像技术基于物体表面自然发射的红外辐射, 通过探测和转换这些辐射能量, 生成反映物体表面温度分布的热图像。红外热成像设备通过红外探测器接收物体表面的红外辐射, 并将其转换为电信号, 再经过信号处理与图像重建, 生成可视化的热图像。热图像中的颜色或灰度变化直接对应物体表面的温度分布, 从而实现了对目标物体的非接触式测温与分析^[1]。红外热成像技术的核心在于其能够捕捉物体表面的细微温度差异, 并将其转化为高分辨率的图像信息。

1.2 红外热成像系统组成结构

红外热成像系统主要由红外光学系统、红外探测器、信号处理单元和显示单元四部分组成, 并将其聚焦到红外探测器上。红外探测器是系统的核心部件, 通常采用碲镉汞 (HgCdTe) 或氧化钒 (VOx) 等材料制成, 能够将接收到的红外辐射转换为电信号。显示单元将处理后的

图像以灰度或伪彩色的形式呈现, 便于用户直观分析。

2 电梯电气系统分析

2.1 电梯电气系统整体架构

电梯电气系统主要由动力驱动系统、控制调节系统和安全保护系统三部分组成。动力驱动系统负责提供电梯运行所需的机械能, 通常由电机、变频器和传动装置组成。控制调节系统负责电梯的运行控制与状态调节, 包括控制柜、传感器和执行器等部件。安全保护系统负责电梯运行过程中的安全监控与故障保护, 电梯电气系统的整体架构设计需满足高效、稳定和安全的 yêu cầu, 以确保电梯的正常运行与乘客安全。

2.2 电梯动力驱动系统组成

电梯动力驱动系统主要由电机、变频器和传动装置组成。电机是动力驱动系统的核心部件, 负责将电能转换为机械能, 驱动电梯轿厢运行。变频器通过调节电机的工作频率, 实现对电梯运行速度的精确控制。传动装置包括曳引轮、钢丝绳和导向轮等部件, 负责将电机的旋转运动转换为电梯轿厢的垂直运动。动力驱动系统的性能直接影响电梯的运行效率与稳定性, 需定期检测与维护, 以确保其正常运行。

2.3 电梯控制调节系统功能

电梯控制调节系统负责电梯的运行控制与状态调节, 主要包括控制柜、传感器和执行器等部件。控制柜是控制调节系统的核心部件, 负责接收和处理来自传感器的信号, 并根据预设程序控制电梯的运行状态。传感器包括位置传感器、速度传感器和负载传感器等, 负责实时监测电梯的运行状态。执行器包括接触器、继电器和电磁阀等, 负责执行控制柜发出的指令, 调节电梯的运

行状态。控制调节系统的功能设计需满足精确、可靠和高效的要求,以确保电梯的安全运行与乘客舒适度^[2]。

2.4 电梯安全保护系统机制

电梯安全保护系统负责电梯运行过程中的安全监控与故障保护,当速度超过设定阈值时触发安全钳动作,防止电梯超速运行。安全钳通过夹紧导轨,阻止电梯轿厢的进一步运动,确保乘客安全。缓冲器通过吸收电梯轿厢的冲击能量,减轻电梯急停时的冲击力,保护乘客与设备安全。安全保护系统的机制设计需满足快速、可靠和高效的要求。

3 电梯电气系统常见故障

3.1 电机绕组过热故障

电机绕组过热故障通常由绕组绝缘老化、过载运行或散热不良引起。绕组绝缘老化会导致绕组电阻增大,进而产生更多的热量。过载运行会使电机长时间处于高负荷状态,导致绕组温度升高。散热不良会使电机内部热量无法及时散发,进一步加剧绕组过热。绕组过热故障会加速绝缘材料的老化,甚至引发短路或火灾,严重影响电梯的安全运行。

3.2 变频器散热不良故障

变频器散热不良故障通常由散热风扇故障、散热片堵塞或环境温度过高引起。散热风扇故障会使得变频器内部热量无法及时散发,导致温度升高。散热片堵塞会阻碍热量的传导与散发,进一步加剧变频器的温升。环境温度过高会使得变频器散热效果下降,导致内部温度升高。散热不良故障会加速变频器内部元件的老化,甚至引发元件损坏或系统停机,影响电梯的正常运行。

3.3 控制柜接触不良故障

控制柜接触不良故障通常由接线端子松动、接触器触点氧化或继电器触点磨损引起^[3]。接线端子松动会使得电气连接不牢固,接触器触点氧化会使得触点接触面积减小,导致接触不良。继电器触点磨损会使得触点接触压力不足,导致接触不良。接触不良故障会引发局部过热,甚至引发火灾,严重影响电梯的安全运行。

3.4 电缆接头老化故障

电缆接头老化故障通常由接头材料老化、接触电阻增大或环境腐蚀引起。接头材料老化会使得接头绝缘性能下降,导致接触电阻增大。接触电阻增大会使得接头产生更多的热量,进一步加速材料老化。环境腐蚀会使得接头表面氧化或腐蚀,导致接触不良。电缆接头老化故障会引发局部过热,甚至引发短路或火灾,严重影响电梯的安全运行。

4 基于红外热成像技术的电梯电气系统检测技术

4.1 检测前的准备工作

明确检测目标与范围,制定详细的检测计划。检测目标包括电机、变频器、控制柜和电缆接头等关键部件,检测范围需覆盖整个电气系统。检测计划需包括检测时间、检测设备和检测人员等内容,以确保检测工作的顺利进行。检测前需确认设备运行状态,确保检测时处于正常工作负荷。环境条件记录应包括环境温度、湿度和背景辐射等参数。检测区域需清理无关物品,确保检测路径畅通无阻。检测设备需进行预热和功能检查,保证测量精度。检测人员应熟悉设备布局和检测流程,明确各自职责分工。检测方案需考虑安全防护措施,确保检测过程符合安全规范。

4.2 图像采集的操作流程

图像采集是红外热成像检测的关键步骤,需按照标准操作流程进行。首先,需将红外热成像设备对准检测目标,调整焦距与视场角,确保目标物体清晰可见^[4]。其次,需设置合适的温度范围与发射率,以确保图像数据的准确性。再次,需对目标物体进行多角度扫描,确保覆盖整个检测范围。最后,需将采集到的图像数据保存,并记录检测时间与环境条件,以便后续分析。

4.3 图像预处理的技术手段

图像预处理是红外热成像检测的重要环节,旨在提高图像质量与数据准确性。噪声滤波通过去除图像中的随机噪声,提高图像的清晰度。温度校准通过校正设备的温度测量误差,确保图像数据的准确性。图像预处理为后续的故障特征提取与诊断提供了高质量的数据基础。图像配准处理可将多帧热像图进行空间对齐,便于时序分析。边缘增强算法有助于突出设备发热区域的轮廓特征。辐射定标处理确保不同时间采集的图像具有可比性。背景扣除技术能够消除环境辐射对目标温度测量的干扰。图像插值处理可提高低分辨率热像图的空间细节表现力。

4.4 故障特征的提取方法

故障特征提取是红外热成像检测的核心步骤,旨在从图像数据中识别出温度异常区域。常用的故障特征提取方法包括阈值分割、边缘检测和热点识别。阈值分割通过设定温度阈值,将图像中的高温区域与低温区域分离。边缘检测通过识别图像中的温度梯度变化,定位温度异常区域的边界。热点识别通过分析图像中的局部温度分布,定位温度显著高于周围区域的局部热点。故障特征提取为后续的故障诊断与分析提供了关键数据支持。

4.5 故障诊断的算法模型

故障诊断是红外热成像检测的最终目标,旨在根据提取的故障特征,判断目标物体的运行状态。模式

识别通过对比已知故障模式,判断目标物体是否存在故障。机器学习通过训练分类模型,实现对目标物体运行状态的自动分类^[5]。深度学习通过构建神经网络模型,实现对复杂故障的高精度诊断。故障诊断算法为电梯电气系统的状态评估与故障预警提供了科学依据。

4.6 检测结果的评估标准

检测结果的评估是红外热成像检测的重要环节,旨在判断检测结果的准确性与可靠性。常用的评估标准包括温度误差、图像分辨率和故障识别率。温度误差通过对比实际温度与测量温度,评估设备的测温精度。图像分辨率通过分析图像的细节表现,评估设备的成像质量。故障识别率通过统计故障检测的正确率,评估检测方法的有效性。检测结果的评估为后续的检测优化与改进提供了数据支持。

5 红外热成像技术的应用

5.1 在电梯日常维护中的应用

红外热成像技术在电梯日常维护中的应用,主要体现在对电气设备的定期检测与状态评估。通过定期检测,可以及时发现电气设备的温度异常,预防潜在故障的发生。该技术能够捕捉接触器触头氧化导致的接触电阻增大现象,通过温升曲线分析判断触点磨损程度。对曳引机制动器线圈进行热成像扫描可发现绝缘老化引起的局部过热问题。在检测变频器功率模块时,热成像可识别 IGBT 元件散热不均导致的温度分布异常。针对控制柜内接线端子,热成像技术能发现因松动而产生的接触不良发热点。对电梯机房配电系统进行热成像检查可提前发现断路器触点氧化或过载隐患。在检测电梯照明电路时,该技术能识别镇流器或 LED 驱动电源的异常温升。通过建立设备正常运行时的温度基准值,运维人员可快速判断当前状态偏离程度。定期热成像检测形成的温度变化趋势图有助于预测设备剩余使用寿命。该技术对电梯井道电缆接头检测尤为有效,能发现因潮湿导致的绝缘性能下降问题。在检测电梯门机控制系统时,热成像可识别电机驱动芯片的潜在故障风险。

5.2 红外热成像技术在电梯故障预警中的应用

红外热成像技术在电梯故障预警中发挥着重要作用,主要体现在对电气设备的实时监测与故障预测。电梯的电气系统(如电机、控制柜、接线端子等)在运行过程中会产生热量,若温度异常升高,可能预示潜在的故障风险。通过红外热成像技术,生成热像图,从而直观地识别局部过热或异常温升现象^[6]。结合大数据分析 and 人工智能算法,判断设备的劣化程度,预测可能发生的故障类型(如短路、接触不良等)。这种预测性维护方式相比传统的定期检修更具针对性,

可大幅减少突发性故障的发生概率。同时,红外检测属于非接触式测量,不会干扰电梯正常运行,且检测速度快、覆盖范围广,适用于各类电梯场景。

5.3 红外热成像技术在电梯安全评估中的应用

红外热成像技术在电梯安全评估中的应用,主要通过安全状态检测和风险评估两方面保障电梯系统的稳定性。电梯的电气设备(如变频器、制动器、电缆接头等)长期运行后可能出现老化、绝缘劣化或接触电阻增大等问题,这些隐患可能引发过热甚至火灾。红外热成像技术能够全面扫描设备表面温度,生成高分辨率热像图,帮助检测人员发现肉眼不可见的异常热点。例如:若电梯控制柜内某接线端子因松动导致接触不良,其温度会明显高于周围部件,红外检测可精准定位此类隐患^[7]。在风险评估阶段,红外数据可与电梯运行参数(如负载、启停频率等)结合,通过算法模型量化设备的安全风险等级。红外技术还可用于电梯井道和轿厢的安全检查,如检测导轨润滑状态或门机系统的工作温度,确保机械部件无异常摩擦。通过定期红外安全评估,可建立电梯设备的健康档案,为制定维护计划提供科学依据,最终实现电梯的主动安全管理,最大限度保障乘客和设备的双重安全。

6 结束语

红外热成像技术在电梯电气系统检测中的应用,通过非接触式测温与大面积扫描,能够快速定位温度异常区域,识别潜在故障点,为维护人员提供科学依据。在电梯电气系统中,电机、变频器、控制柜等关键部件的温度变化与运行状态密切相关,通过红外热成像技术,可以精准识别这些部件的温度异常。

参考文献:

- [1] 刘奕,宋伟,王泽京.基于红外热成像技术的电梯电气系统检测技术探究[J].中国设备工程,2022(19):168-170.
- [2] 余海璐.红外技术在电梯和自动扶梯上的应用[J].无线互联科技,2022,19(04):80-82.
- [3] 单泉润.浅析基于红外热成像技术的电梯电气系统检测技术[J].中国设备工程,2021(24):151-152.
- [4] 戚海洋,李守恒.电梯电气系统检测中的红外热成像技术应用[J].电子技术,2021,50(06):16-17.
- [5] 郑豪,吴雷,陶琪彬.基于红外热成像技术的防爆电梯检验[J].中国电梯,2021,32(05):33-36.
- [6] 李德山.红外热成像技术在电梯智能化方面的应用[J].大众标准化,2024(13):42-44.
- [7] 孙恒颇.电梯电气系统检测中红外热成像技术分析与应用[J].电子世界,2020(09):161-162.