

# 基于机器视觉的电气自动化智能检测技术探究

周军 陆晓锋 姜佳成  
杭州晨龙智能科技有限公司

DOI:10.12238/jpm.v6i6.8088

**[摘要]** 随着时代发展和电气自动化技术推广，电气设备如何高效、精准检测获得关注。机器视觉契合电子自动化趋势，是当前流行的新兴检测技术，且普及前景良好。本文以机器视觉为切入点，探究电气自动化智能检测技术。首先，结合现有文献和实践经验，表述机器视觉技术的原理及特点。接着，梳理电气自动化面临的问题和困难，归纳当前检测方法的短板所在。最后对电气自动化智能检测的需求和要求进行分析，包括检测的重要性和关键技术要求。在此基础上，提出了基于机器视觉的电气自动化智能检测方法，包括数据采集和预处理技术、特征提取和选择方法、分类和识别算法以及检测结果分析和评估方法。通过总结，强调了基于机器视觉的电气自动化智能检测技术的研究意义和应用前景。

**[关键词]** 机器视觉；电气自动化；智能检测

## Research on intelligent detection technology of electrical automation based on machine vision

Zhou Jun Lu Xiaofeng Jiang Jiacheng

Hangzhou Chenlong Intelligent Technology Co., LTD.

**[Abstract]** With the development of the times and the promotion of electrical automation technology, how to efficiently and accurately inspect electrical equipment has gained attention. Machine vision aligns with the trend of electronic automation and is a popular emerging inspection technology with good prospects for popularization. This paper takes machine vision as the starting point to explore intelligent inspection techniques in electrical automation. First, it combines existing literature and practical experience to describe the principles and characteristics of machine vision technology. Next, it outlines the challenges and difficulties faced by electrical automation, summarizing the shortcomings of current inspection methods. Finally, it analyzes the requirements and demands for intelligent inspection in electrical automation, including the importance of inspection and key technical requirements. Based on this, it proposes an intelligent inspection method for electrical automation based on machine vision, which includes data acquisition and preprocessing techniques, feature extraction and selection methods, classification and recognition algorithms, as well as methods for analyzing and evaluating inspection results. Through a summary, it emphasizes the research significance and application prospects of intelligent inspection technology in electrical automation based on machine vision.

**[Key words]** machine vision; electrical automation; intelligent detection

电气自动化系统近年来快速普及，成为现代工业生产体系的关键系统，其运行效果既关乎生产稳定性，也与产品质量密切相关。目前，人工检测法显现出局限性，无法满足日趋复杂、多元的工业生产要求。机器视觉技术具有工作效率高、精准度高、智能化程度出色等优势，可丰富电气自动化检测方式。依托图像采集、图像分析算法等功能，机器视觉技术可全面、迅速获知设备缺陷所在，及时发现存在的运行异常。

### 一、机器视觉在电气自动化智能检测中的应用优势

#### （一）提高检测精度与效率，实现全面质量管控与追溯

机器视觉技术支持分辨率符合工业检测所需的专业相机，配备现代图像处理算法，可准确、快捷的获知电气设备当前缺陷，检测精度显著超过传统人工检测方式，有针对性地获悉肉眼较难发现的缺陷。从工业生产实际而言，机器视觉系统可全天候不间断高效运行，检测效率显著高于人工。基于机器视觉

技术，生产管理难度明显下降，产品质量稳定性大幅提升，且设备故障分析、原因追溯均有序开展。总体而言，机器视觉技术降低人工成本、提升检测效率，为企业带来更多收益，有助于提升企业竞争力。

### （二）增强设备运行可靠性，降低人为误差与安全隐患

随着工业化程度越发提升，电气自动化系统被运用于诸多方面，其运行状态直接关乎生产安全与生产效率。机器视觉技术全天候参与监测，动态更新监测信息，第一时间察觉设备运行异常，结合智能分析，预测设备运行风险，并提前进行预警，为设备稳定、高效运行提供保障。与传统的人工检测环节比较，可发现机器视觉检测技术针对性强、智能程度高，既大幅减少误差率，也有效避免人员安全风险。这意味着机器视觉技术实用性突出，是电气自动化系统发挥作用的重要支撑。

### （三）实现实时监测与预测性维护，延长设备使用寿命

电气设备所处工业环境趋于复杂，对其进行高质量监测意义重大。机器视觉技术实时收集电气设备运行数据，判断这些数据是否异常，基于数据价值挖掘，获知设备是否健康和正常。机器视觉系统配搭数字孪生模型，涵盖大量现有数据，通过数据比对的方式，预估电气设备剩余的使用寿命，并形成合适的维护方案。机器视觉系统功能齐全、作用丰富，既可预测设备运行风险，以此提出检修、维护建议，尽可能减少不必要的停机时间，也可降低企业检测成本，在低成本的管理模式下保障电气设备运行。

## 二、电气自动化智能检测需求分析

### （一）电气设备检测的重要性和挑战

电气自动化涉及领域丰富，电气设备检测是其中的关键工作，但检测难度往往较大，长期以来成为电气自动化发展的一大阻碍。首先，电气设备检测注重分析系统是否安全，了解电气设备一段时间内的运行状态，获知设备可能面临的风险事故，若发现异常状态，可及时采取针对性地风险处理方案，防止设备故障造成的生产损失和安全风险，为企业稳健发展创造条件。电气设备的检测和运行保障，与设备工作环境有关，应按照服务的领域和实际工作环境，研发出相应的检测方法。从整体层面而言，设备特性、运行要求各不相同，因此检测复杂度高，面临的检测困难较多。

电气设备数量增加、实时运行要求高，对检测工作造成挑战。电气自动化系统包括海量数据，且这些数据变化多、实时性强。检测系统需及时收集、正恶化数据，对比分析数据是否正常，适时反馈设备检测信息，为电气设备监督管理带来正向影响。

除此之外，常规电气设备检测方法均需人工参与，对检测人员从业经验要求较高，因此检测客观性不足。如何引入前沿技术，依托先进算法提升检测效果，是当前的研究热点。

### （二）现有检测方法的局限性和问题

首先，多数传统检测方法技术附加值不高，人工干预要求较高，需专业人员参与检测，借助丰富的从业经验，形成相应的诊断结果，因此检测效率较低、检测质量难以保障。

其次，常规方法以检测规范为基础，参照设备类型和故障种类，运用一定的算法获得检测结果。这意味着设备类型增多、功能存在差异，会造成检测难度上升，检测结果可能出现偏差。

此外，传统检测方法无法满足多变的工作环境，当电气设备工况复杂时，常规检测无法深入发现所有的故障原因，检测结果稳定性不高。从现场检测实践经验来看，传统检测普遍需离线处理，将收集的信息逐步整合，分析出对应的故障模式及解决建议，但不支持实时处理。长期运行的电气自动化系统，关联的作业环节多，积累的数据量十分庞大，不能实时监测必然对系统工作效率造成影响。

### （三）电气自动化智能检测的需求和要求

电气自动化智能检测的需求和要求主要涉及到检测的重要性、关键技术要求和应用需求等方面。

首先，电气设备检测是系统稳定高效运行的基础。标准化的设备检测，既可实时了解设备运行过程中的异常情况，也可分析潜在风险，提前应对设备故障隐患，避免设备故障造成停工或安全事故。智能检测技术可从多个方面出发，为电气自动化系统带来保障。

其次，智能检测匹配系统中的关键技术。随着科技进步，电气自动化系统的技术含量不断增加，对检测技术的专业程度提出要求，而智能检测技术可快速、准确识别故障，实时形成具有针对性的问题处理建议。智能检测技术无需人工过多干预，依托自动程序完成检测任务，因此可扩展性较强。

此外，行业差异和作业环境不同，对电气自动化检测的要求也存在差异。如工业企业电气设备在长时间运转过程中，会出现较多损耗，在日常管理总强调电机、变压器等监测；电网企业关注电力传输线路是否稳定，侧重开关设备检测。电气系统故障时常出现，通常不存在可预知性，自动化检测需加强学习，以满足不同情境下的工作需要。

## 三、基于机器视觉的电气自动化智能检测方法

### （一）数据采集和预处理技术

数据采集和预处理是基于机器视觉的电气自动化智能检测中的重要环节。在数据采集阶段，需要利用传感器、摄像头等设备对电气设备进行数据采集。传感器可以获取电气设备的电流、电压、温度等实时数据，而摄像头则可以采集设备的图像信息。这些采集到的数据是后续检测和分析的基础。

数据预处理环节得到的数据规模大、质量差，需采取合适的处理方式，旨在提升数据质量，尽可能避免噪声干扰，为后阶段的数据分析及价值挖掘提供支持。常见的预处理技术主要

有滤波、降噪以及校正等。如对电气系统进行故障动态监控，获得数据之后，迅速基于滤波算法让数据变得平滑，清除原本数据中的噪声；也可引入降噪算法，降低噪声带来的干扰；或通过数据校正的方法，标定并修正已有数据，提升数据客观性。

此外，可运用先进技术，实施图像增强处理，不仅进一步改善图像质量，让图像涵盖的目标物体更为明显，也可突出凸显重点，便于后续检测算法运用。特征提取近年来运用较多，旨在提取纹理、形状以及整体布局中边缘区域的特征信息，通过测试工具进行直接对比，观察设备数值变化是否正常。

#### （二）特征提取和选择方法

特征提取和选择是基于机器视觉的电气自动化智能检测中的关键步骤。在特征提取阶段，目标是从采集到的数据中提取出最具代表性和区分性的特征，以描述电气设备的状态和故障特征。特征提取方法可以基于传统的图像处理技术，如灰度共生矩阵、小波变换等，从图像中提取纹理、形状、边缘等特征。此外，还可以利用深度学习方法，如卷积神经网络（CNN），通过端到端的学习方式从原始图像中自动学习特征。

特征选择过程中，需注重特征集合，选出最具代表性的信息内容，从而降低整体维度，有针对性地清除冗余。该环节涵盖的专业知识丰富，涉及的选择方法较为多元，可匹配众多场景工作需要。如方差分析、相关系数分析等方法，均可提升特征分类效果，降低特征维度差异造成的计算负担。根据电气系统所反馈回来的相关信息进行分析、检测，可防止过拟合现象和冗余特征造成的影响。

#### （三）分类和识别算法

机器视觉技术专业性强，满足电气自动化智能检测需要，在日常监测的基础上对故障加以预防。分类和识别算法特征提取能力出色，自动与预定义故障进行信息对比，及时把握系统故障，并第一时间形成内部警报。

常见的分类和识别算法支持绝大多数电气自动化智能检测，如向量机、随机森林以及 K 最近邻等。这些算法可确保系统处在安全的状态，基于训练模型，迅速完成特征分析，掌握与故障模式的关联，通过分组排查来找到故障隐患。

深度学习方法近年来得到推广，大量运用于电气自动化智能检测领域。若电气系统存在一定问题，故障预测系统能提前检测出来，并基于主动学习，借助直观检验和经验指引的方式，提出电气系统故障预防建议。如卷积神经网络（CNN）和循环神经网络（RNN）故障动态监控预测能力突出。深度学习算法图像分析效果出色，将序列数据整合，自动覆盖所有原始数据，并基于学习特征，对设备当前运行状态及故障隐患加以研判，识别出可能存在的风险。不同算法的侧重点存在差异，需参照实际需要，选定合适的算法，从而获得合适的分类，并得出最终的检测结果。

#### （四）检测结果分析和评估方法

检测结果分析需要对检测算法输出的结果进行解读和理解。分析过程可以包括对检测到的故障类型、位置和程度进行解释，并与实际情况进行比对。此外，还可以进行故障检测的可视化，以直观展示检测结果和故障特征。

其次，针对检测结果的评估需要使用合适的评估指标和方法。常用的评估指标包括准确率、召回率、精确度、F1 值等，这些指标可以对检测算法的性能进行量化评估。此外，可以使用混淆矩阵、ROC 曲线等方法进行更详细的结果评估和可视化分析。

第三，为提升检测算法实效性，可多次反馈、对比之后加以改进。将检测结果与实际情况进行比较，了解算法存在的局限性，采取参数调整、模型演算、结构优化等策略，逐步提高检测质量。

最后，根据电气自动化系统的运行特点，评价检测结果是否满足预期需要。具体评价指标主要为结果可解释性、可执行性，同时也需衡量检测是否实时处理，探讨不同场景下的检测针对性。

#### 四、结语

机器视觉作用于电气自动化检测领域，显现出广阔的应用空间。既可提升检测效率，保障结果客观性，也能降低成本支出，切实减轻设备管理压力。本文表述机器视觉技术的概念内容，分析电气自动化检测的特点及具体要求，深入分析这一技术的运用方向，以期提升电气自动化检测效果。

#### 【参考文献】

- [1]戈云娇. 机器视觉视域下的电气自动化智能检测技术探析[J]. 中国战略新兴产业, 2024 (36): 126-128.
  - [2]张椿, 邓风超, 王宗宝. 基于计算机视觉技术的采煤工作面电气设备故障检测系统研究[J]. 电气技术与经济, 2025 (2): 137-139.
  - [3]谢杨春. 工业机器人视觉系统在电气自动化中的应用浅析[J]. 信息记录材料, 2023, 24 (8): 183-185.
  - [4]梁振, 吴庆华. 视觉识别技术在工业电气自动化控制中的运用分析[J]. 中国高新科技, 2021 (23): 47-48.
  - [5]刘伟, 朱石荣. 电气工程及其自动化在智能制造领域的关键作用[C]//教育发展与科学研究论坛论文集. 2024: 1-5.
- 作者简介：周军，男，1994 年 2 月出生，杭州晨龙智能科技有限公司电气工程师。
- 陆晓锋，男，1988 年 7 月出生，杭州晨龙智能科技有限公司电气工程师。
- 姜佳成，男，1994 年 12 月出生，杭州晨龙智能科技有限公司电气工程师。