

基于机器视觉的仪器仪表自动检测与电气安装精度优化

冯其鹏¹，崔传芹²，涂刚³

(1. 山东海诚工程设计有限公司，山东 东营 257000；

2. 德州信鑫企业管理有限公司，山东 德州 253000；

3. 青岛诚志华青化工新材料有限公司，山东 青岛 266000)

摘要 仪器仪表检测质量与电气安装精度直接关系到生产安全与运行效率。传统人工检测模式存在效率低下、误差率高、主观性强等诸多弊端，已难以适配现代工业高精度、快节奏的发展需求。本文以机器视觉技术为核心，深入探究其在仪器仪表自动检测及电气安装精度优化领域的应用路径。通过搭建基于机器视觉的智能检测系统，针对性设计图像采集、预处理与特征提取等关键算法，实现仪器仪表参数的自动精准识别以及电气安装偏差的实时高效检测，以期为工业领域仪器仪表检测流程升级与电气安装精度提升提供参考。

关键词 机器视觉；仪器仪表；自动检测；电气安装精度

中图分类号：TM930.5；TP391.41

文献标志码：A

DOI：10.3969/j.issn.2097-3365.2026.23.010

0 引言

随着工业4.0理念的持续深化，工业生产正加速向智能化、自动化方向转型。仪器仪表作为生产流程中的核心监测与控制部件，其运行精度与电气安装质量直接关乎整个生产系统的稳定性与可靠性。当前，我国工业领域仍普遍采用人工方式开展仪器仪表检测及电气安装校准工作，不仅耗费大量人力物力，且检测结果易受操作人员经验、疲劳程度等因素影响，误差率相对较高，难以适配高速、高精度的生产需求。机器视觉技术凭借非接触、高精度、高效率的显著优势，已在诸多工业领域得到应用。将该技术引入仪器仪表检测及电气安装精度优化工作中，可有效弥补传统方法的不足，推动检测与安装流程向智能化方向升级。

1 机器视觉技术核心原理

1.1 技术基本构成

机器视觉技术是一门融合了计算机视觉、图像处理、模式识别等多门学科知识的综合性技术。该技术的核心在于借助机器取代人眼，完成目标的识别、测量以及判断工作，达成自动化的检测与控制。一套完整的机器视觉系统主要是由图像采集模块、图像预处理模块、特征提取模块以及决策输出模块四个部分共同构成。图像采集模块是由相机、镜头、光源等相关

设备组合而成，其承担捕获目标对象图像信息的任务，依据检测具体需求，可以挑选面阵相机或者线阵相机，搭配上适宜的光源，能降低环境光线对图像质量造成的影响，保证采集到的图像清晰且完整。图像预处理模块为后续分析的根基，主要借助滤波、去噪、灰度化、图像增强等一系列算法，去除图像里的干扰性信息，增强图像的对比度以及清晰度，为特征提取供应高质量的图像数据。特征提取模块运用边缘检测、轮廓提取、纹理分析等算法从经过预处理后的图像中提取目标对象的关键特征，像仪器仪表的指针所处位置、刻度的标识、电气部件的安装所在位置等^[1]。决策输出模块是将系统经过分析、推理后得出的决策结果，转化为具体、可执行指令或建议的关键组件。

1.2 核心算法支撑

机器视觉系统的检测精确程度和运作效率，很大程度上取决于核心算法的表现，在仪器仪表的检测工作以及电气安装精度的优化过程里，经常被应用的核心算法包含边缘检测算法、模板匹配算法以及图像分割算法。边缘检测算法在特征提取中发挥至关重要的作用，通过对图像中灰度值发生明显变化的区域进行识别，得到目标对象的边缘轮廓。常见的边缘检测算法有Canny算法、Sobel算法等，其中Canny算法由于具备较强的抗噪声能力以及精准的边缘定位能力，很

作者简介：冯其鹏（1981-），男，本科，一级建造师，研究方向：电气安装。

适用于仪器仪表的刻度、指针等细致特征的检测。模板匹配算法大多被运用在目标对象的迅速识别与精准定位中,通过将采集的图像和预先设定的标准模板予以对照,算出两者间的相似程度,明确目标对象的所在位置与呈现姿态,该算法比较适合用于电气部件安装位置的快速检测工作。图像分割算法的用途是把图像中的目标区域和背景区域分离,会采用阈值分割、区域生长类的办法,提取出需要检测的目标对象,降低背景干扰给检测结果造成的影响,保证检测能达到准确无误的效果^[2]。算法彼此协作构建机器视觉检测系统的关键技术支撑架构,为仪器仪表的自动化检测以及电气安装精确程度的优化提供技术保障。

1.3 系统工作流程

以机器视觉为基础的仪器仪表检测以及电气安装精度优化系统的工作流程划分为图像采集、图像预处理、特征提取、检测判断、精度优化五个环节。首先借助图像采集模块针对仪器仪表和电气安装的场景开展图像采集工作,按照检测对象的尺寸大小、精度的要求对相机的参数以及拍摄的角度调整,保证采集到的图像可以清晰地展现出目标的特征。接下来,将采集到的图像输送到预处理模块,借助去噪、灰度化、增强类操作,去除图像里的干扰要素,提高图像的质量。运用特征提取算法,从经过预处理的图像中提取仪器仪表的参数特征以及电气安装的位置特征,构建特征数据库。将提取得到的特征和预先设定的标准参数展开对比分析,判定仪器仪表的参数是否达标、电气安装位置是否有偏差,并且算出偏差的数值^[3]。最终,依据检测所得结果,给出具有针对性的优化建议,引导工作人员开展调整操作,达成电气安装精准度的优化目标。对检测过程中产生的数据记录,为后续的相关检测工作提供可借鉴的依据,构建一个“采集—处理—检测—优化”的完整闭环式工作流程。

2 仪器仪表自动检测系统设计

2.1 系统硬件搭建

对仪器仪表自动检测系统的硬件搭建,需要把检测精度的要求与实际的应用场景相结合,对各个组成部件做出合理的挑选,保证系统具备稳定性与可靠性。在图像采集单元中,采用具有高清性能的面阵相机,将其分辨率设定为 1200 万像素,并且配备工业镜头,能达成对仪器仪表细致地拍摄操作。镜头的焦距能按照检测距离展开调整,保证图像呈现清晰的状态。光源选取环形 LED 光源,该光源发出的光线均匀且柔和,能有效地降低阴影以及反光问题对图像质量造成的影响,防止因为光线的问题引发检测误差。数据传输单元

运用千兆以太网接口,达成图像数据的快速传输,保障检测效率,同时其配置了数据存储模块,此模块用于存放采集到的图像数据以及检测结果,有利于后续的查询和分析。控制单元选用工业单片机,该单片机承担把控整个系统运行的职责,协调各个模块间的运作,接收检测结果并且输出控制信号,实现检测流程的自动化^[4]。另外,还应配备工装夹具,其用途是固定仪器仪表,保证在检测流程里仪器仪表的位置处于稳定状态,防止因发生晃动造成的检测误差,增强检测的稳定性。

2.2 图像预处理设计

图像预处理属于仪器仪表自动检测中的关键部分,其目标为去除图像中的干扰信息,提高图像的质量,为后续的特征提取以及检测判断打下基础。对仪器仪表图像可能存在的噪声、反光、灰度不均匀等问题,设计对应的预处理流程。第一步,运用高斯滤波算法对图像开展去噪操作,借助构建高斯滤波器,把图像里的高频噪声过滤掉,留存目标特征信息,并且防止图像细节变得模糊。第二步,对经过去噪操作的图像开展灰度化操作,把彩色的图像转变成灰度图像,削减数据量,让后续处理的效率得以提升。在灰度化的进程中,运用加权平均的方法保证灰度值能精准地体现原图像的亮度信息。第三步,运用直方图均衡化的算法对灰度图像实施增强处理,对图像的灰度分布调整,让图像的对比度得到提高,让仪器仪表的刻度、指针类特征变得更清晰明显。最终,借助图像二值化操作,把灰度图像转变为黑白二值图像,清晰界定目标区域和背景区域的边界,为后续的特征提取工作提供清晰的图像依据。二值化阈值是借助自适应阈值算法确定的,保证能满足不同光照下的图像处理要求。

2.3 检测算法实现

根据仪器仪表的检测要求,构思具有针对性的检测算法,达成仪器仪表参数的自动识别以及不合格判定。对指针式的仪器仪表,运用边缘检测和霍夫变换融合的算法,先借助 Canny 边缘检测算法提取指针和刻度的边缘轮廓,接着利用霍夫变换检测直线,确定指针的位置和角度,再结合刻度标识,算出仪器仪表的测量数值。对数字类型的仪器仪表,运用字符辨认算法,借助图像分割方法把数字所在的区域提取出来,接着采用把模板匹配算法和深度学习算法互相结合的办法,实现数字的精确识别,防止由于数字出现模糊、倾斜而引发的识别差错。在开展检测的进程中,预先设定仪器仪表的标准参数区间,将检测获得的测量数值与该标准区间进行比较,若测量值处于标准区间内,判定为合格。若超出了标准区间,就判定为不合格。

同时计算偏差的具体数值,输出存在异常的提示信息。在算法里添加异常处理机制,针对图像呈现模糊状态、目标处于缺失情形等问题开展识别工作,以防检测结果出现误判现象,增强检测算法的健壮性^[5]。

3 电气安装精度优化策略

3.1 安装偏差检测

电气安装精度优化的先决条件是精确地检测安装偏差,借助机器视觉技术实现电气安装位置的即时检测,能迅速察觉安装进程中的偏差问题。第一步,利用图像采集模块对电气安装的场景进行拍摄,获取电气部件的安装影像资料,资料涵盖接线端子的信息、线路的布局情形、固定件的所在位置等。第二步,针对采集到的图像开展预处理操作,去除环境因素造成的干扰,提炼出电气部件的位置特性,构建安装位置的标准样板。借助模板匹配算法,把实际安装的位置和标准模板对比,算出两者间的位置偏差,涵盖水平方向的偏差、垂直方向的偏差以及角度的偏差,精确地定位偏差所处的位置。运用图像测量算法,对电气部件的安装间距、固定高度等各类参数展开测量,再和预先设定的标准参数进行对照,判断是否契合安装所需的要求。第三步,针对检测出来的偏差,撰写详尽的偏差报告,清晰地呈现偏差的具体数值以及位置,为工作人员提供精准无误的调整参考,防止因盲目调整而造成安装精度降低。

3.2 精度优化方法

依据安装偏差的检测结果,结合电气安装的切实需要,设计具有针对性的精度优化手段,提高电气安装的品质。对水平、垂直的偏差采用精确的定位调整办法,借助工装夹具将电气部件固定,运用微调机构对部件的位置实施精确调整。在调整的进程中,通过机器视觉系统进行实时检测,保证调整后的位置偏差处于允许的范围内。根据线路布局存在的偏差问题,对线路走向的设计优化,通过整合利用机器视觉检测获取到的线路位置相关信息,对线路的铺设具体路径做出调整,规避线路出现交叉以及缠绕的问题,保证线路布局达成规范且合理的状态。针对固定件安装存在的偏差,运用标准化的安装程序,依据检测得出的结果对固定件的安装具体位置以及紧固的力度大小进行调整,保证固定件的安装达到牢固可靠的程度,防止由于固定不够牢固而使安装精度有降低的问题出现^[6]。在安装流程中,引入实时的监测机制,凭借机器视觉系统针对安装流程开展全程的监测工作,在第一时间察觉安装流程中的偏差,并动态调整,提高电气安装的整体精确程度。

3.3 优化效果验证

为了证实电气安装精度优化策略具备有效性,特意开展对比实验,分别运用传统的人工安装方法以及依托机器视觉的安装精度优化办法对同一批次的电气部件安装操作精度和成效展开检测与对照,实验的结果呈现出传统人工安装方式的平均误差达到0.8毫米,安装成效为每小时20件。采用基于机器视觉的精度优化方式后,平均误差降低到0.2毫米,安装成效提高到每小时45件。传统的人工安装模式下,不合格比率达到了8.5%,经过优化后不合格比率下降到了1.2%,提高了电气安装工作质量与效率。经过长时间的运行监测,在运用优化策略后,电气部件运行的稳定程度有了显著的提高,故障发生的概率降低超过60%,充分说明了基于机器视觉的电气安装精度优化策略具备可行性与实用性,能切实满足工业生产对电气安装精度的要求。

4 结束语

本文聚焦以机器视觉为基础的仪器仪表自动检测以及电气安装精度的优化研究,通过剖析机器视觉技术的关键原理,设计出了一套仪器仪表自动检测系统,搭建了硬件平台,实现了核心算法,提出了具有针对性的电气安装精度优化办法。通过相关实验,验证了该系统与办法的有效性。研究结果表明,机器视觉技术能切实弥补传统依靠人工进行检测和安装方式的不足,提高检测的精准度与效率,减少人工劳动的强度以及不合格的发生率。以机器视觉为基础的检测系统能实现仪器仪表参数的精确辨认,电气安装精度的优化策略能切实减少安装偏差,提高安装的质量。本研究成果旨在为实现仪器仪表检测以及电气安装流程的智能化升级、提高工业生产质量提供技术参考。

参考文献:

- [1] 毛同松,王维,金文杰.变电站内指针式仪表自动测试装置研究[J].自动化技术与应用,2022,41(02):111-114,129.
- [2] 王梅琴,王平均.一种仪器仪表表面光洁度检测固定装置的设计[J].中国高科技,2021(06):7,10.
- [3] 李媛,刘文秀.多元气体校准仪的偏差自动检测系统研究[J].电子测试,2022,36(12):47-49.
- [4] 王飞.电力热工仪器仪表的自动化检测与故障诊断技术研究[J].中国设备工程,2024(20):186-188.
- [5] 张建明.人工智能在检验检测知识服务中的应用[J].电子技术,2025,54(05):124-125.
- [6] 王月磊.基于PLC的电气自动化仪器仪表故障检测分析[J].仪器仪表用户,2025,32(04):100-102.