

基于机器视觉技术的线缆检储一体化技术研究

徐雨¹, 姜春莹², 高远²

¹宁波永耀电力投资集团有限公司, 浙江 宁波

²宁波经济技术开发区北仑电力实业有限责任公司, 浙江 宁波

收稿日期: 2021年11月13日; 录用日期: 2021年12月15日; 发布日期: 2021年12月23日

摘要

传统的电力物资电缆检测主要以抽样检测为主, 通过随机截取电缆样品送检获取质检数据。随着电网建设运行水平的不断提升, 对于物资供应电缆检测效率要求不断提升。本文突破传统电缆检测模式, 探究基于电缆货架式自动绕线装置中机器视觉检测技术应用方法, 实现电网物资线缆检储一体化的应用思路及技术方案。

关键词

电缆智能检测, 视觉检测, 质量管控, 检储一体化

Research on Integrated Technology of Cable Inspection and Storage Based on Machine Vision Technology

Yu Xu¹, Chunying Jiang², Yuan Gao²

¹Ningbo Yongyao Power Investment Group Co., Ltd., Ningbo Zhejiang

²Beilun Power Industry Co., Ltd. Ningbo Economic and Technological Development Zone, Ningbo Zhejiang

Received: Nov. 13th, 2021; accepted: Dec. 15th, 2021; published: Dec. 23rd, 2021

Abstract

The traditional power supply cable detection is mainly based on sampling detection, and the quality inspection data is obtained by randomly intercepting cable samples for inspection. With the continuous improvement of power grid construction and operation level, the requirements for material supply cable detection efficiency are constantly increasing this paper breaks through the traditional cable inspection mode, discusses the application idea and technical scheme of realizing

the integration of cable inspection and storage of power grid materials based on the application of machine vision inspection technology in cable racking automatic winding device.

Keywords

Intelligent Cable Detection, Visual Inspection, Quality Control, Integration of Storage and Inspection

Copyright © 2021 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

电缆作为电力工程中必要的材料，是电力传输、信号传输的载体。近些年来中国经济迅速发展，极大推动了电线电缆行业蓬勃发展。目前，我国电缆生产过剩，市场竞争激烈，市场集中度较低，生产标准控制较弱。市场需求飞速增长，假冒伪劣产品肆意横行。目前，由于电缆生产产业不少小规模企业，市场竞争中面临越来越激烈的生存压力，往往会出现不同程度、不同类型的偷工减料，以次充好。建设工程对电缆自身质量要求较高，当出现不达标电缆时，往往会带来严重后果。为提高电线电缆的产品质量，确保电力系统的安全运行，加速国民经济的平稳发展，必需有高效的切割技术和科学的检测方法。

电网企业物资供应链作为电网建设和运行的重要支撑保障，需要对电缆作业安全及质量进行严格的把控。目前电力电缆物资供应商都是按照批量整盘到货，仓储现场验收并进行抽检。传统的抽检方式具有长周期性、随机性的弊端，并且造成一定程度上的物资浪费。因此近些年来电网企业在不断推动电缆仓储效率提升及质检的智能化改造，提高作业效率。

电缆货架式自动绕线装置，具备电缆自动切割系统与实时检测系统，运用自动高速变频切割与电缆 CCD 机器视觉检测技术，提升切割合格率与安全性，实现电缆高效切割与截面实时检测，并实现电缆质检数据的收集。

2. 技术背景和发展趋势

2.1. CCD 机器视觉检测技术

CCD 机器视觉尺寸测量是基于相对测量方法，通过可追溯性、放大校准、自动边缘提升和屏幕图像测量来计算实际尺寸。CCD 机器视觉具备定位、测量、识别和检测功能。[1] CCD 视觉检测是一种非接触测量方法，可以避免对被测对象的损伤。适用于高温、高压、流体、环境危害等难以接近被测物的场合，可代替人工操作，保证生产效率和安全生产。其尺寸测量具有良好的连续性和高精度，大大提高了工业在线测量的实时性和准确性，也显著提高了生产效率和质量控制。同时，原流水线多人检测不同项目实现一台设备完成，有效降低人工成本，为企业带来可观效益，未来随着 CCD 技术的发展其应用会越来越广泛。

2.2. 数据化测量

基于中国制造 2025 及智能制造的大背景下，数字化测量已经成为各个企业越来越重视的基础性工作，“基于数据的决策”在质量管理领域是重要的理念之一。数字化测量往往需要与特定的测量场景相适应，

以提高测量效率、确保质量数据的完整性和可追溯性。数字化测量是企业质量管理基础性工作，是测量既是企业进行质量管理和质量控制的必备手段，同时也是数字化的必经之路。在线缆检测中，根据实际情况，采用各种各样的测量仪器、评估方法等对关键质量参数(CTQ)进行测量，即使在很多非结构化数据的分析(比如文本挖掘)中，也通过一定的方法将其量化成可直接处理的结构化表格(如在某个向量空间的计数等)进行处理，这其实也可以看作是一个测量过程。

3. 电力仓储物资管理提升需求

物资供应是电力企业发展的必要条件，电缆作为电力物资重要的工程材料，其质量管控是确保电缆安全稳定运行、实现高效物资供应保障的基础。目前，国网物资电缆质量检测存在效率较低、成效较弱、质检结果片面的问题。随着电网建设运行水平的不断提升，对仓储物资管理水平提出了更高要求，在电缆质量管控方面也提出了新的需求：

一是检测成效保障需求。目前电缆检测多以抽检为主，以抽检地不同分为供应商厂内检测、现场检测与电力物资仓储检测。其中，供应商场内检测成效保障较弱，电力物资仓储质检能够提供更全面、更快捷的质控保障。

二是国网物资检储一体化需求。由于城市电缆化率逐渐提升，电缆采购量递增，国网物资仓储电缆占比与出入库频次较高，加之电缆安装具有时限，对质检效率提出更高要求，线缆检储一体化能够在保障检测成效的同时，大幅提升检测效率，保证仓储作业。

三是打造完整质检链条需求。传统的抽检采取取样检测的方式，虽检测较为详尽，但具有检测周期较长、片面性和原材料损耗的弊端。国网物资需要更加多元、高效的检测方式就部分简单的质检项目对所有电缆进行检测。同时，将质检数据与抽检或其他方式的质检数据进行比对，打造完整的质检链条。

为满足电缆仓储环节随检随用的电缆合规性检测需求，提升质量检测全面性、快速性和安全性，急需探求一种有效的电缆截面质量检测方法，实现快速、全面、无损的完成电缆导体截面质量检测目标。

4. 线缆检储一体化技术方案

根据电力物资在仓储物资管理的提升需求，依靠 CCD 机器视觉检测技术，实现线缆物资在仓储与领用的同时，实现对电缆的快速质检，保障缆线检测效率与检测成效，提升电缆合格率与安全性，推动国网物资检储一体化进程，全面提升国网物资智能仓储管理水平。

4.1. 设计思路

本方案运用 CCD 机器视觉检测技术，构建电缆截面检测系统，并安装至电缆货架式自动绕线装置中，作为智能检测绕线机的核心功能之一，形成收卷、自动排线、放线、切割、检测为一体的电缆自动绕线装置。实现电缆在绕线切割后，迅速采集截面数据并分析得出结论，反馈至电控系统，根据指示灯提示合格情况，并完成相关数据及检测结果的收集，提升检测效率，进一步提升检测成效，完善电缆质检链条。

4.2. 方案设计

1) 整体布局设计

电缆货架式自动绕线装置设计了电缆线盘专用的电缆货架，货架采用后斜式结构，可通过行车或叉车方便地将线盘整体挂在货架上，保证了货架的稳定性，又能大大缩短电缆的存取时间。如图 1 所示，本电缆货架式自动绕线装置由六部分组成，标号 1~6 号分别为收卷电缆盘、放卷电缆盘、排线机构、收卷驱动机构、放卷滑轮、货架基座。其中，智能检测装置系统安装在 4 号收卷驱动机构位置，切割后电缆进行即时的截面检测，采集截面数据，得出结论并反馈至电控系统。

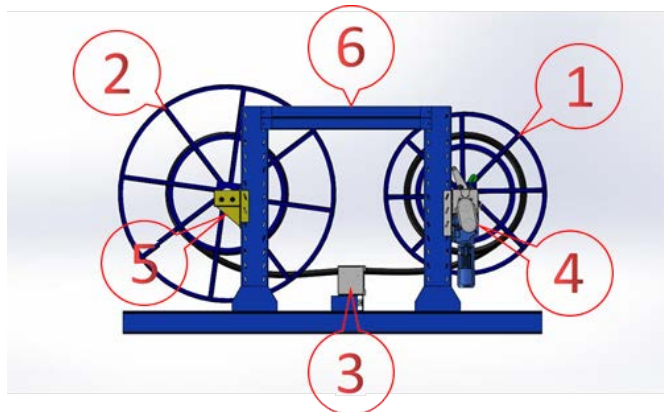


Figure 1. Overall layout of cable rack type automatic winding device
图 1. 电缆货架式自动绕线装置的整体布局图

2) 整体逻辑控制设计

如图 2 所示，将电缆智能分拣绕线机的切割系统与主控系统 PLC 逻辑控制器连接，在主控系统中设置切割速度以保证切割面光洁度。当收卷达到设定长度收卷机即停止运行，切割系统运行，切割完成后电缆放入热缩系统封套密封。同时，启动检测系统，利用 CCD 摄像检测系统检测电缆截面积数据，形成检测结果，并通过 CCD 控制显示器，指示灯显示电缆合格状态，并将反馈截面积检测结果反馈至主控系统。实现对电缆自动切割、封套与质检，及时显示电缆合格状态并完成电缆质检数据的收集，为电控系统的设备急停、故障提供数据支撑。

3) 视觉检测模块设计

电缆智能分拣绕线机的机器视觉检测装置由成像装置、图像处理系统组成。[2]成像装置包括补光系统、摄像头、被测物夹具等结构，完成高质量图像的采集，是导体端面截面积测量的基础。图像处理系统主要由图像处理软件和辅助设备组成，实现导体端面图像处理，获得电缆截面电缆铜芯横截面积或者直径检测数据，[3]实现检测精度 $\pm 0.1 \text{ mm}^2$ 。

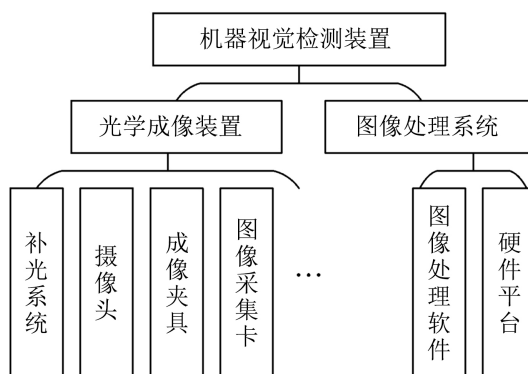


Figure 2. Machine vision inspection device structure
图 2. 机器视觉检测装置结构

CCD 机器视觉检测电缆货架式自动绕线装置的测量场景相适应，具备定位、测量、识别与检测功能，以提高电缆测量效率、确保质量数据的完整性和可追溯性。通过 CCD 相机运用光学成像装置与图像处理系统对检测电缆进行多角度拍摄，可测电缆关键质量参数长宽高等基本数值，量化图像信息转化成数字

指标进行处理,也可根据不同的电缆测量需求通过增加 CCD 相机数量及角度调整可以讲测量精度提高道 0.001 mm。通过数据库运算得出相应尺寸与数据库中固有数据进行对比来判断产品尺寸是否合格[1]。CCD 机器视觉检测装置通过非接触测量方法,避免对电缆检测时对电缆的损伤,具有良好的连续性和高精度,大大提高了缆线在线测量的实时性和准确性,同时显著提高了生产效率和质量控制,有效较低人工成本,为公司带来可观效益[4]。有效提升国网物资电缆质量检测准确度与检测效率,为物资供应提供良好的保障。

5. 总结和建议

5.1. 总结

本文以线缆检储一体化为切入点,通过对 CCD 机器视觉检测、智能检测技术的分析了解,结合国网物资对电缆全面高效质检的需求及仓储管理提升的需求,设计了以电缆货架式自动绕线装置为载体的自动智能检测技术方案,实现自动切割后对电缆导体截面合规性检测,提升检测效率,实现随检随用。同时,促进电缆全面质检,推动线缆检储一体化,推进构建国网物资电缆完整质检链条的构建,大幅提高电缆质量检测成效保障,提升国网物资管理水平。

5.2. 建议

目前该电缆视觉智能检测装置,一方面,对电缆切割截面的检测精度需进一步提升,保障检测精度与效率的同时,进一步探索扩大检测项目范围,获取更详细的检测数据。另一方面,需进一步完善电缆质检体系,采取多元检测方式与检测项目,积极推进多种方式质量检测数据比对,重视质量检测数据的后期维护与校准工作,打造完整电缆质检链条。

参考文献

- [1] 王耀南,陈铁健,贺振东,等. 智能制造装备视觉检测控制方法综述[J]. 控制理论与应用, 2015, 32(3): 273-286.
- [2] 万传建. 电缆导体截面积检测方法研究及应用[J]. 铁道建筑技术, 2021(8): 14-18.
- [3] 程艳新. 电线电缆的检测项目与检测方法研究[J]. 江西建材, 2014(3): 224-226.
- [4] 周富强. 三维在线机器视觉检测关键技术研究[D]: [博士学位论文]. 天津: 天津大学, 2000.