

Research and Application of Intelligent Flexible Detection System for Electric Power Materials

Weijie Shen¹, Hao Ni², Longjiang Bian³, Feng Xiao⁴, Fengna Dong⁴, Minxin Xu⁴, Yongxu Zhang⁴

¹State Grid Shanghai Power Supply Company, Shanghai

²State Grid Shanghai Electric Power Company Material Company, Shanghai

³State Grid Shanghai Power Supply Company Jiading Company, Shanghai

⁴Shanghai JIULONG Enterprise Management Consulting Co. Ltd., Shanghai

Email: fengnadong@126.com

Received: Apr. 4th, 2020; accepted: Apr. 19th, 2020; published: Apr. 26th, 2020

Abstract

Based on the analysis of the current situation of the spot check business of electric power materials, this paper designs the framework of the intelligent flexible inspection system of electric power materials, establishes the strategic model of the flexible inspection of materials and the comprehensive data processing platform, and improves the comprehensive intelligent quality control body of the IOT for the spot check of materials by applying the Internet of things technology and the flexible testing technology to further realize the efficiency and safety of material management.

Keywords

Flexible Testing, Material Sampling, Data Processing, Internet of Things

电力物资智能柔性检测系统研究应用

沈维捷¹, 倪浩², 卞龙江³, 肖锋⁴, 董凤娜⁴, 徐旻欣⁴, 张永旭⁴

¹国网上海市电力公司, 上海

²国网上海市电力公司物资公司, 上海

³国网上海市电力公司嘉定公司, 上海

⁴上海久隆企业管理咨询有限公司, 上海

Email: fengnadong@126.com

收稿日期: 2020年4月4日; 录用日期: 2020年4月19日; 发布日期: 2020年4月26日

摘要

本文通过对电力物资抽检业务现状进行梳理分析,在物资抽检业务需求的基础上,应用物联网技术以及柔性测试技术,设计电力物资智能柔性检测系统框架,建立物资柔性检测的策略模型,以及综合数据处理平台,完善物资抽检的全面智能物联网的质量管控体系,进一步实现物资管理的高效和安全。

关键词

柔性检测, 物资抽检, 数据处理, 物联网

Copyright © 2020 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

随着物联网、大数据等信息技术在工业领域的不断深化应用,以及现代化企业中对于质量管控的精准度要求和智能化标准不断提高,为满足产品检测的高效性、复杂性、可靠性,以组合测量技术和智能传感器为核心的柔性检测系统应运而生,以模块化、智能化的检测系统实现对不同的检测对象的连续性自主检测以及检测结果的自动生成,进一步实现企业的全面高效的质量管理。

在电力物资抽检业务中,由于电力设备的种类繁多,而且针对不同供应商的不同工艺流程有着不同的检测标准,产品抽检需要大量人手,且没有形成量化检测指标体系,物资抽检的效率与可靠性存在很大问题,应用柔性检测技术对电力物资检测指标进行模块化拆解,应用组合测试测量系统进行检测数据整合,根据不同电力物资、不同供应商、不同工艺流程等相应的维度建立柔性检测策略模型,同时建立检测数据处理平台,实现各模块的数据互联以及物资检测报告的智能生成。

2. 文献综述

为解决物资检测中的诸多不便与痛点,于浩和杜福洲在《基于组合测量的大尺度产品柔性检测技术》中针对大型复杂产品检测具有的多尺度特征并存、多源测量数据融合特点,提出一种基于组合测量的大尺度产品柔性检测技术,构建具备广域移动、局域精准执行和末端高精度检测特性的柔性测量单元,以实现柔性化和自动化在线检测[1]。

胡诗尧、周华民、郭飞、刘家欢在《基于迁移学习的塑件外观缺陷柔性检测方法》提出了共享模型中低维特征参数的柔性外观缺陷检测方法,该方法首先通过卷积神经网络提取外观缺陷的抽象特征,训练一个目标检测模型,在需要检测类似缺陷时,将该模型最后一层重新初始化后作为预训练模型,获得识别该缺陷特征的经验知识,最后通过少量样本对重新初始化后的模型进行微调,快速训练得到一个新的检测模型[2]。

张翔、陆永华、李阳在《基于 PLC 的柔性检测线传输与监控系统设计》设计了一套基于 PLC 控制的检测线传输平台与监控系统,并且通过对检测线循环回路的不同设计及论证,确定了整个系统的输送结构与控制策略,整个系统能够稳定运行并拥有良好的人机交互功能[3]。

3. 电力物资抽检业务现状

(1) **物资质量检测能力水平有待提升**: 电力设备种类多, 电压等级和试验项目覆盖面广, 另外还需兼容不同生产厂家、不同制造工艺、不同规格型号和不同重量尺寸等各种差异, 公司抽检物资数量逐年增加, 无法满足“抽检百分百”的数量要求。

(2) **物资质量检测效率低耗时较长**: 现有电气试验设备集成度较低, 设备功能较为单一, 单台试验设备只能开展特定的试验项目, 试验过程中需多次人工手动更换试验设备等工作, 无法实现多个检测项目的依次自动检测, 严重影响了试验检测效率。同时由于电力设备体积较大、质量较重, 当完成某项试验需要更换位置进行下一项试验时, 试品的转场需要多人配合, 采用行吊或叉车才能将试品放置到位, 试品转场耗时较长, 在降低效率的同时还极大的增加了安全隐患。

(3) **物资质量检测报告完成周期较长**: 现有电力设备质量检测模式下, 试验结果的记录、分析、查询以及试验报告的编制均需人工手动完成, 无法实现试验数据的自动采集、分析、查询、以及试验报告的自动生成等, 在耗费大量人力和时间的同时, 无法保证报告的正确性、可靠性。

4. 柔性测试技术

柔性测试技术是多种技术的集大成者, 偏重于满足不同生产应用的需求, 柔性检测技术可以将系统各功能单元进行模块化, 用这些模块化的、可完成某种特定功能的单元构建检测系统, 使系统能够按照检测任务与要求, 快速构建出满足检测要求的自动检测系统; 检测任务改变时, 系统能够根据新的检测要求快速地重新组建出可完成新的检测任务的自动检测系统, 测试完成后可将合格品和不合格品自动分类并出具相应报告[1] [3] [4]。

5. 电力物资智能柔性检测系统

5.1. 柔性检测系统框架

电网设备柔性检测线包含 PC 服务器、数据库小型机、移动终端、智能小车、工位工控机、试验仪器、高清摄像头、PLC 控制器和温湿度测量仪等多种装置。

5.1.1. 柔性检测单元——模块化

柔性测试系统由控制器/数字信号处理器单元、信号调理单元、信号切换接口单元以及波形发生器单元、波形数字化单元等组成。其中测量功能是由激励和测量通路配合数字信号处理单元来实现, 测试功能的实现以及系统的重构是在控制器的控制下完成的[1] [5]。

进行局域自动测量的柔性测量单元及集成管控平台, 在全局范围内实时测量产品和柔性测量单元的位置与姿态, 快速、精准地进行局域高精度检测。系统构成如图 1 所示。

5.1.2. 数据互联传递——物联化

基于物联网的柔性检测系统融合了无线传感器网络技术、无线通信技术和传感技术等物联网技术, 系统整体设计上采用物联网的 3 层架构形式, 由感知层、网络层、应用层组成。感知层应用无线传感器网络技术和传感技术进行数据采集, 采用基于 ZigBee 的无线传感器网络, 实现目标区域各监测点的安全监控, 并通过中间的路由节点向汇聚节点传输数据; 中间网络层采用 GPRS 及 TCP/IP 通信技术进行数据传输, 由感知层中的汇聚节点通过无线通信模块利用公共无线通信平台, 向控制中心发送现场检测的监控数据; 应用层即系统控制中心, 它主要通过软件平台显示监测数据以及对现场危险点进行分析和判断[5]。

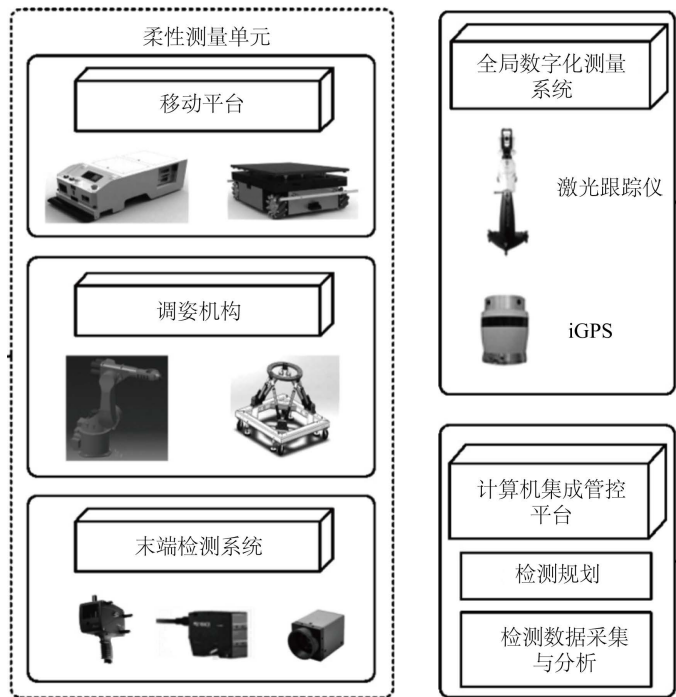


Figure 1. Composition of flexible detection system
图 1. 柔性检测系统构成

5.1.3. 智能控制系统——智能化

信号的切换接口单元由适配器及自适应测试信号接口构成，对应每一种被测设备就需有与之相应的适配器来与测试系统连接。接口适配器上装有辨识电路，当通过测试程序配置测试参数时，程序会自动调用与接口适配器对应的测试参数，防止误操作。信号经过适配器后，再经自适应测试信号接口送至相应的信号调理模块处理。系统的信号处理以及系统的控制等功能均是通过系统的软件来实现的[5] [6]。

5.2. 柔性检测策略与模型

检测系统软件主要划分为六个功能模块，如图 2 所示。

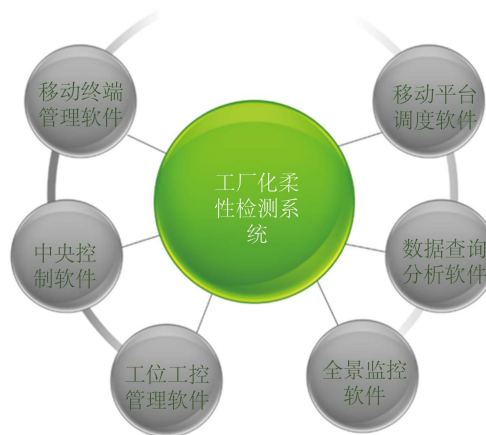


Figure 2. Functional division
图 2. 功能划分图

(1) 移动终端管理软件

移动终端管理软件基于 Android 4.4 开发实现,与主控程序通过 Socket 通信进行交互,实现任务下单、小车状态查询、工位状态查询、任务单查询、托盘管理等功能。

(2) 中央控制软件

中央控制软件是柔性检测线系统运转的枢纽,它与移动终端、工位、智能小车、视频服务器、温湿度测量仪等装置相连,并进行控制命令与数据的交互传输。它包括任务管控、工位管控、呼唱管理、小车管控、环境监视、配置管理和无线安全管理等模块。

(3) 工位工控管理软件

工位工控管理软件部署在工位工控机上,使用 C# 开发,运行硬件环境为研华工控服务器。工控管理软件包括试验检测、数据显示、工位硬件控制、工位通信及任务单编辑等五个功能模块。

(4) 全景监控软件

全景监控软件实现了托盘、小车、门、工位等状态的实时监视,画面上试验数字和报警提示信息 3 秒刷新一次。可显示当前的日期和时间、检测现场的环境温度和湿度。工位中显示工位的状态(等待、准备、进行和结束)和接线门、车门的开关状态。

(5) 数据查询分析软件

数据查询分析模块包括试验任务查询、试验任务一览、检测项目一览及报警信息查询等功能。

5.3. 检测系统技术方案研究

5.3.1. 模块划分方法研究

模块划分方法是指在对一定范围内的不同功能或相同功能不同性能、不同规格的部件进行功能分析的基础上,划分并设计出一系列功能模块,通过对模块的选择和组合重构成具有不同功能的系统,以满足不同需求的设计方法。针对电力设备种类繁多,电压等级和待检试验项目覆盖面广,规格型号和重量尺寸差异大,检测需求动态变化,检测项目间存在多维度相关,检测难度高,且受车间面积、效率及成本约束等难题,提出面向多元需求的电力设备柔性检测模块划分方法,建立检测需求、检测功能及检测时长等相关性矩阵,解决了面向多元需求的电力设备柔性检测模块划分难题。

采用基于模糊聚类的 λ 截矩阵分类法对柔性检测系统工位进行划分,得到工位划分方案如图 3 所示,有效满足工程实际需求。

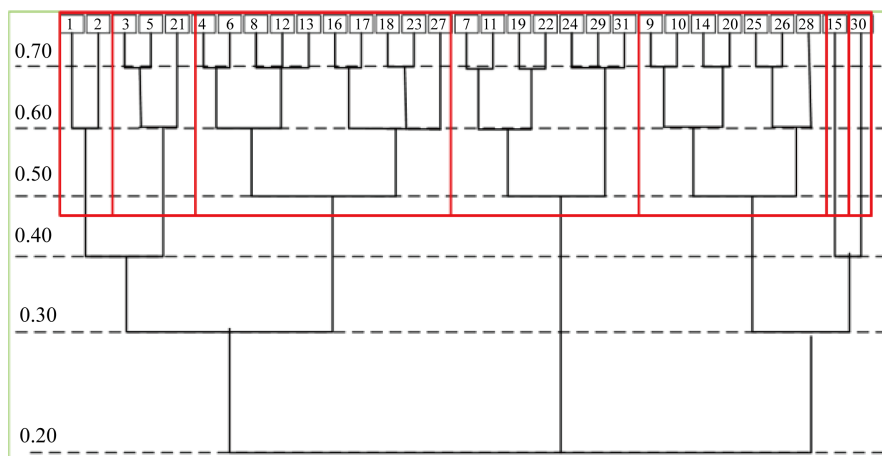


Figure 3. Station division scheme under different λ values

图 3. 不同 λ 值下的工位划分方案

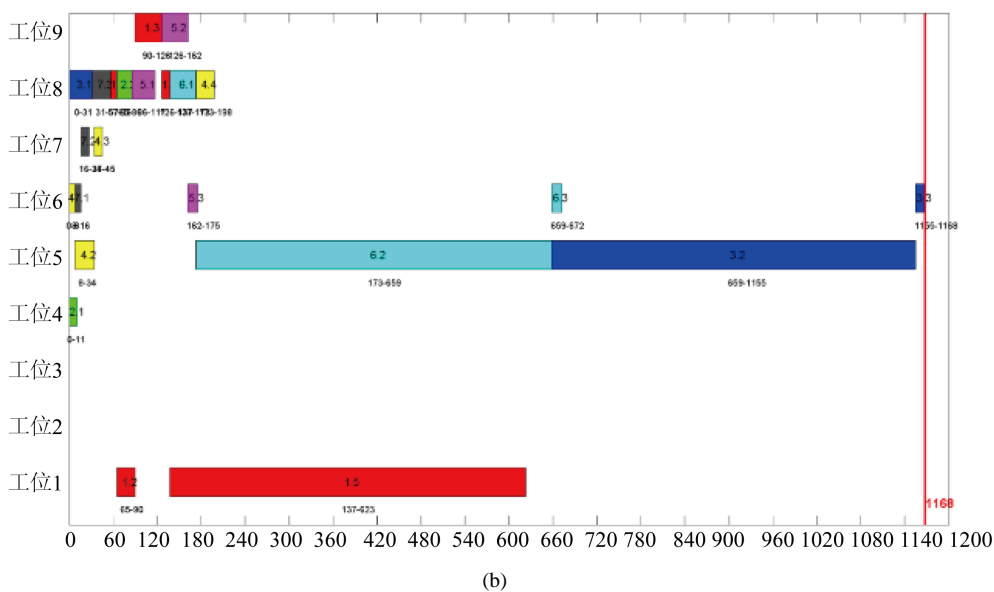
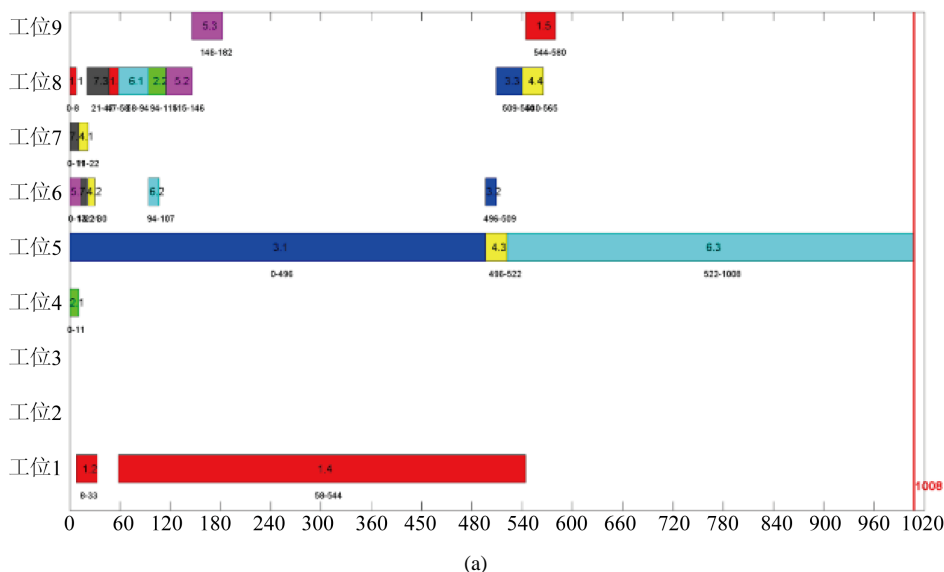
5.3.2. 柔性检测多目标调度优化技术研究

针对电力设备柔性检测调度优化难度高、计算规模大、求解质量差、求解效率低、需考虑多个目标以及以往主要依靠人工调度等难题，建立了以柔性检测最大完工时间最小、检测设备总负荷最小和总延期最小的多目标优化调度方案。

以 7 类试品在 9 个工位上柔性检测调度为例，将提出的柔性检测多目标调度优化方法应用于工厂化柔性检测调度优化，得到不同目标需求下的最优调度方案(图 4)。

5.3.3. 面向柔性检测的智能试验技术研究

为减少人工干预，提高电力设备柔性检测自动化程度，针对试验环节，开展了电力设备一次性接线试验方法研究，在分析不同检测项目试验方法的基础上，研发了基于智能切换线、自动收放线、一线多用试验引线的电力设备一次性接线、一键式操作试验方法及装置；针对转场环节，研制了基于独立驱动全向轮和 Zigbee、RFID 与二维码整合移动定位技术的无轨全向智能移动运输平台及柔性夹具；针对信息



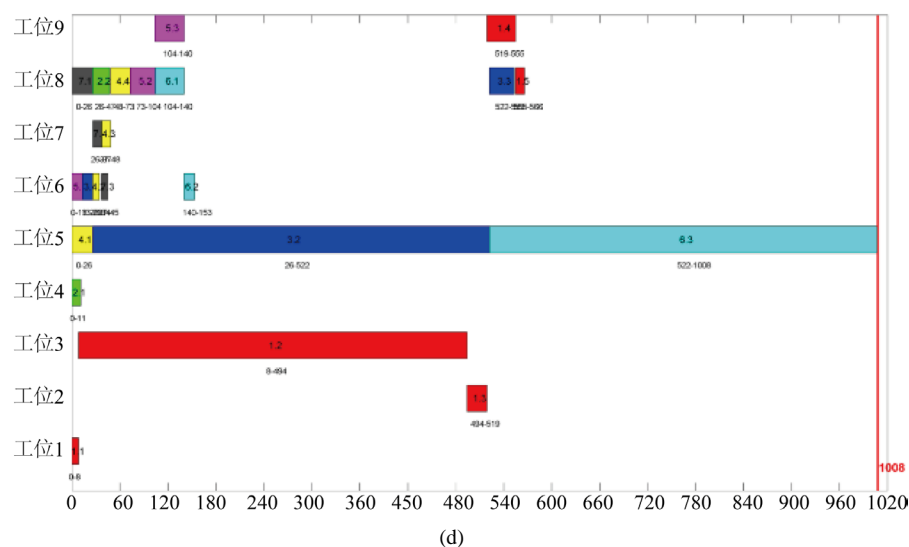
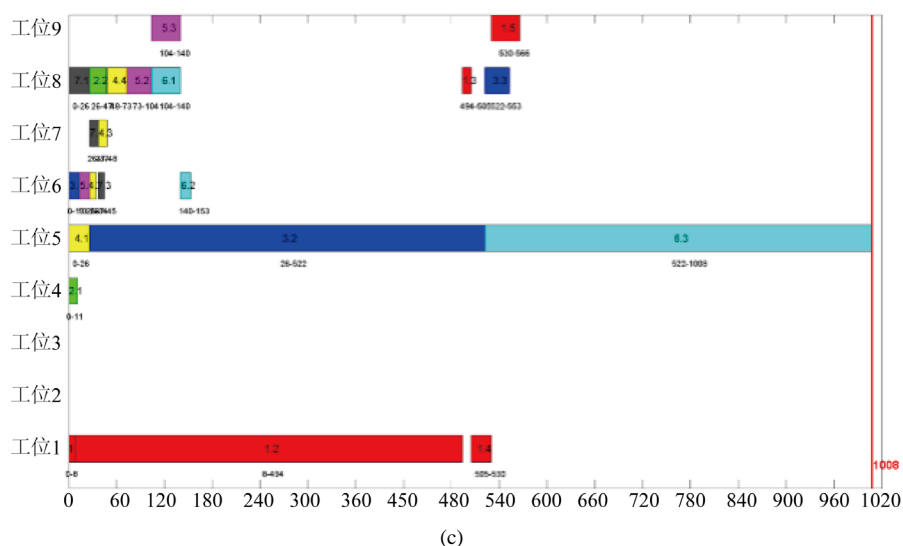


Figure 4. Gantt chart for flexible detection and scheduling of power equipment. (a) Consider only maximum duration; (b) Consider only maximum load; (c) Consider only total delays; (d) Objective consideration
图 4. 电力设备柔性检测调度甘特图。(a) 仅考虑最大工期; (b) 仅考虑最大负荷; (c) 仅考虑总拖期; (d) 多目标同时考虑

管理环节,开发了基于异构互联的电力设备柔性检测管理信息系统,节省人力物力,有效提升电力设备柔性检测智能化水平。

(1) 针对电气试验过程中需要频繁接线、更换线的难题,如图 5 所示提出了电力设备一次性接线试验方法及操作流程。

(2) 研发了用于一次性接线智能试验的自动切换线技术和自动收放线技术及装置,软件图以及实际效果图如图 6 所示,提高了一次性接线试验效率,降低更换线工作量 90%,节省人力资源 90%。

(3) 研发了基于独立驱动全向轮和 Zigbee、RFID 与二维码整合移动定位技术的无轨全向智能移动运输平台及柔性夹具,实现检测样品自动定位及自动转场,定位精度优于 ± 5 mm,实际现场效果图如图 7 所示。

(4) 开发了基于异构互联的电力设备柔性检测管理信息系统,如图 8 所示将操作系统和通信方式各异的设备连接起来,协同完成复杂的电力设备柔性检测工作。

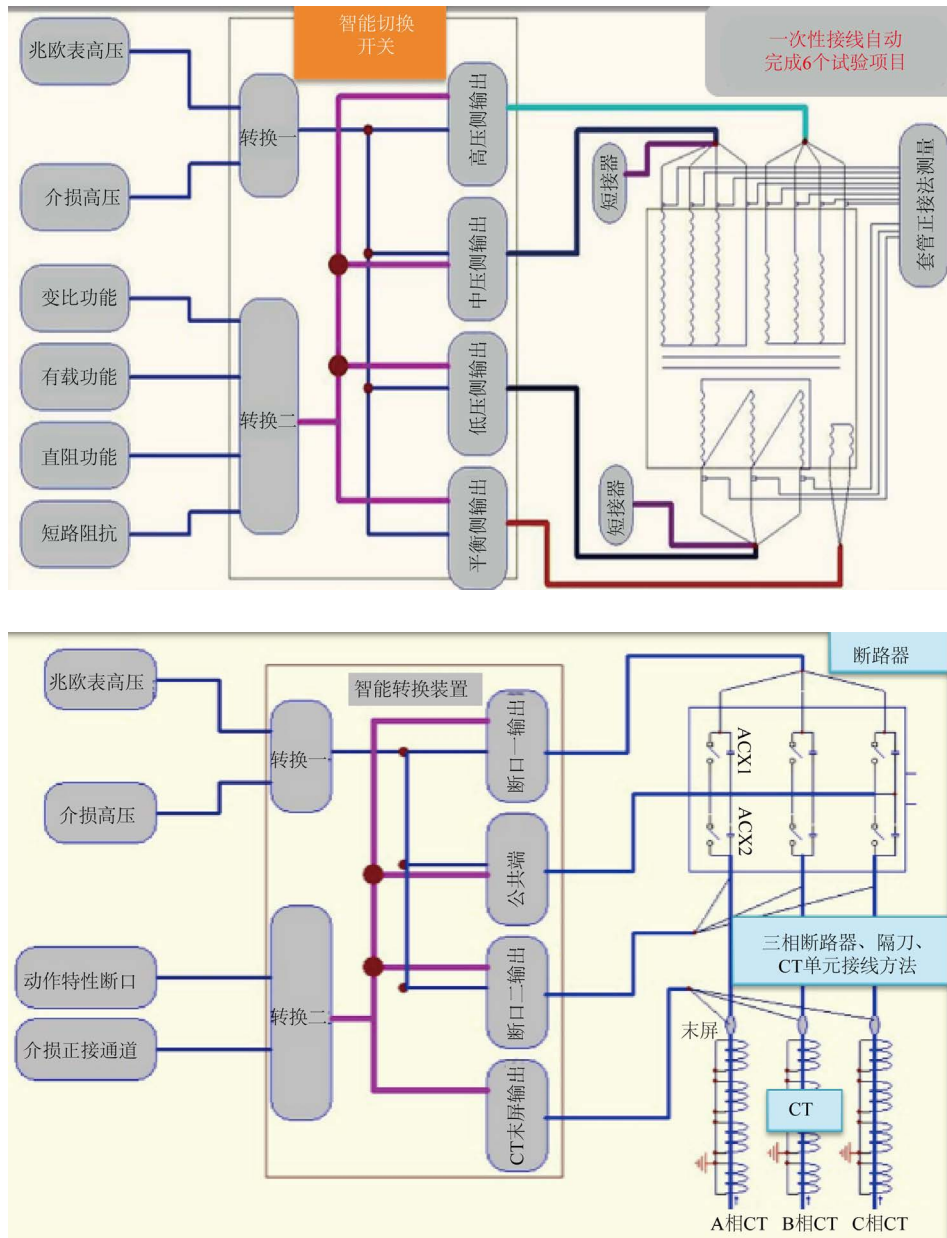


Figure 5. Schematic diagram of one-time wiring test of some power equipment
 图 5. 部分电力设备一次性接线试验原理图

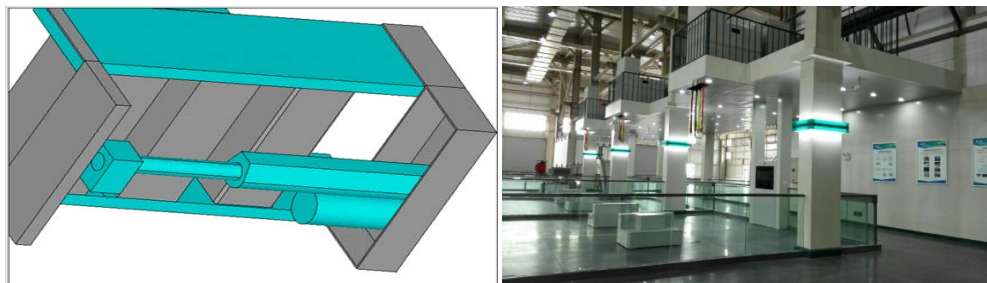


Figure 6. Disposable wiring test device
 图 6. 一次性接线试验装置

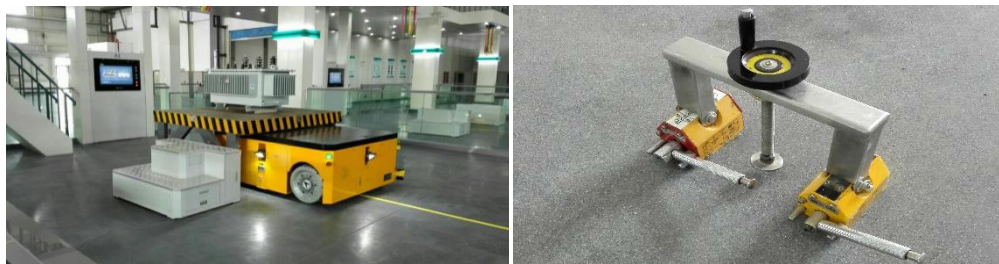


Figure 7. Intelligent transportation platform, pallet and fixture

图 7. 智能运输平台、托盘及夹具

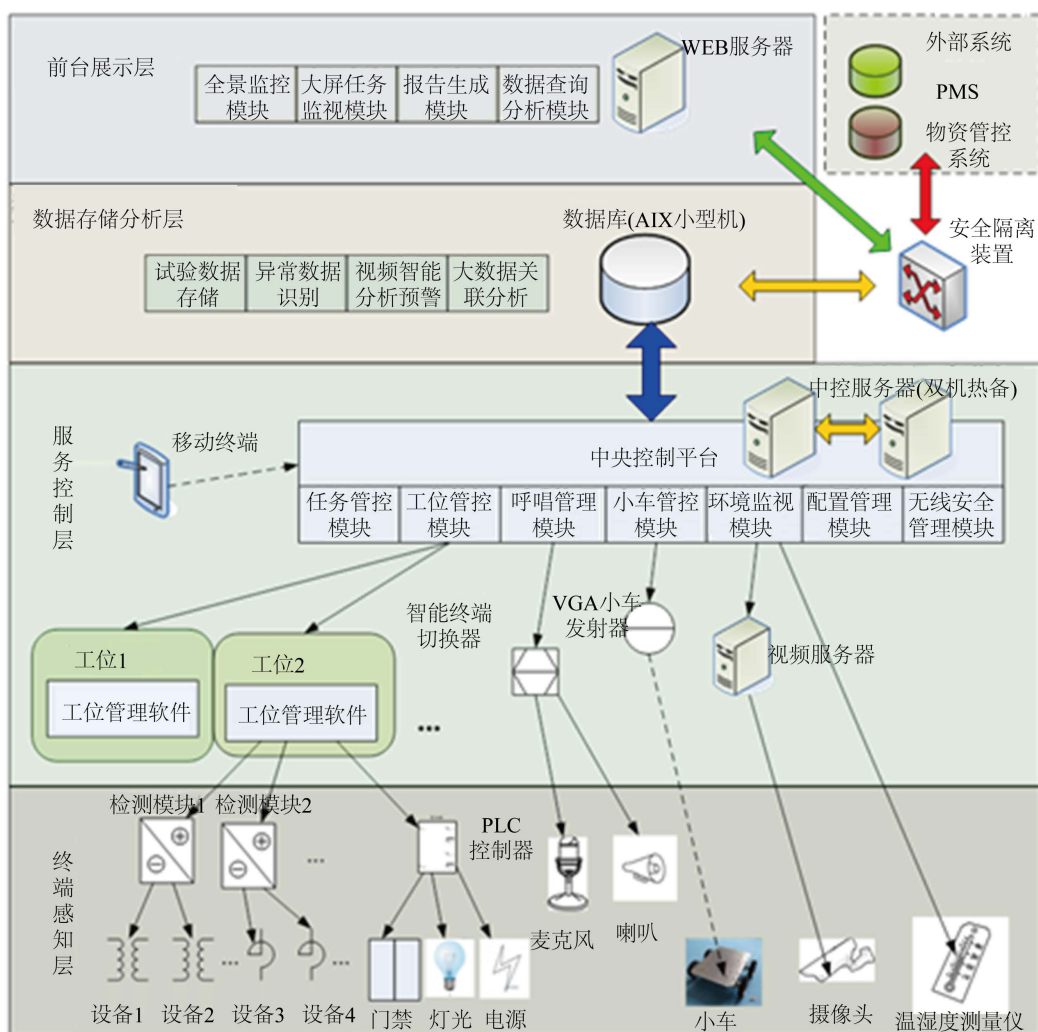


Figure 8. Heterogeneous interconnection management information system architecture

图 8. 异构互联管理信息系统架构

6. 总结与展望

将柔性检测技术引入电力设备质量检测领域，填补了电力行业柔性检测空白，使得有限的试验工位可以柔性化的适应不同的设备种类和检测项目，实现了电力设备柔性检测的高效、灵活、专业、经济以及安全的目的，为我国电力设备自动化检测技术开创了新的思路，积累了丰富的经验，打下坚实的基础。

针对传统电力设备质量检测模式存在工作量大、效率低、安全隐患多、检测成本高等问题,按照理论分析、建模仿真、试验验证、装备研制与现场应用的流程,研发了工厂化柔性检测系统,并用于电力设备的质量检测工作。该系统可以开展配电变压器、断路器等 19 类入网物资的 258 项检测试验,实现了试验检测的智能化、试品运输的自动化、数据管理的信息化和安全保障的系统化。

柔性检测系统大力提升了电力设备质量检测效率,提高了检测机构的物资质量检测能力和物资质量管控水平,随着柔性检测技术的不断推广应用,必将在更大范围内进一步提高入网物资质量管控水平,推动整个电力设备制造行业的工艺改良和产品质量提升,为电力设备零缺陷投运提供了强有力的技术支撑。

参考文献

- [1] 于浩,杜福洲. 基于组合测量的大尺度产品柔性检测技术[J]. 计算机集成制造系统, 2019, 25(5): 1037-1046.
- [2] 颜澎,丛鹏,吴志芳,刘锡明. 基于多周循环步进式插值扫描轨迹的工业 CT 柔性检测技术研究[J]. 原子能科学技术, 2018, 52(4): 737-743.
- [3] 王佳玮,黄莉洁,蒋宇晨,徐弢. 基于物联网技术的柔性管道巡检机器人[J]. 国外电子测量技术, 2017, 36(1): 47-52.
- [4] 张翔,陆永华,李阳. 基于 PLC 的柔性检测线传输与监控系统设计[J]. 自动化与仪器仪表, 2018(12): 80-82.
- [5] 胡诗尧,周华民,郭飞,刘家欢. 基于迁移学习的塑件外观缺陷柔性检测方法[J]. 模具工业, 2019, 45(6): 1-8.
- [6] 李满宏,周文林,吴玉,陈嘉杰,王经天. 核燃料组件自适应柔性检测装置及其误差补偿方法[J]. 仪器仪表学报, 2019, 40(8): 91-101.