

# 基于本质安全的配电网设备质检中心建设

李志<sup>1</sup>, 余绍峰<sup>1</sup>, 劳增江<sup>1</sup>, 毕安<sup>2</sup>, 张莹<sup>2</sup>

(1. 浙江华电器材检测研究所有限公司, 杭州 310015; 2. 国网浙江省电力有限公司, 杭州 310007)

**摘要:** 针对配电网设备质量管控工作中的检测效能不足和信息化程度不高的问题, 依托于“工业 4.0”新思维, 提出全方位的配电网设备质检中心建设方案。介绍配电网设备质检中心建设思路和配电网设备质检中心技术特点; 结合配电网设备具体检测内容对配电网设备质检中心体系建设方案进行了全面阐述。实施结果表明, 所提方案能够大幅提升检测效率, 保证检测时效性, 并且形成有效的信息闭环。

**关键词:** 工业 4.0; 物联网; 配电自动化; 一体化检测; 物流自动化

## Construction of Distribution Network Equipment Quality Inspection Center Based on Intrinsic Safety

LI Zhi<sup>1</sup>, YU Shaofeng<sup>1</sup>, LAO Zenjiang<sup>1</sup>, BI An<sup>2</sup>, ZHANG Ying<sup>2</sup>

(1. Zhejiang Huadian Equipment Testing Institute Co., Ltd., Hangzhou 310015, China;

2. State Grid Zhejiang Electric Power Co., Ltd., Hangzhou 310007, China)

**Abstract:** In view of the problems of insufficient testing efficiency and low information level in the quality control of distribution network equipment, based on the new thinking of "Industry 4.0", this paper puts forward a comprehensive construction scheme for quality inspection center of distribution network equipment. This paper introduces the construction idea of distribution network equipment quality inspection center and the technical characteristics of distribution network equipment quality inspection center, and comprehensively expounds the construction scheme of distribution network equipment quality inspection center system combined with the concrete inspection content of distribution network equipment. The implementation results show that the proposed scheme can greatly improve the detection efficiency, ensure the timeliness of the detection and form an effective information close-loop.

**Key words:** Industry 4.0; IOT; distribution automation; integration testing; logistics automation

## 0 引言

“十三五”期间, 国家大力增加对配电网的投入和升级改造, 每年都有大量的配电网设备入网运行<sup>[1-4]</sup>。以国网浙江省电力公司配电变压器为例, 每年新增数量约在 13 000 台; 以二次设备为例, 浙江 2017 年新增 DTU(数据传输单元)约 8 000 台, 故障指示器约 12 万支。而长期以来, 由于配电网受重视程度不够、设备种类繁多又大小不一、供应商水平参差不齐等客观原因, 配电网设备质量事故引起的电网事故层出不穷, 极大影响了供电可靠性和安全性。据统计, 2016 年配电网设备质量事故占各类事故比例达 57%以上, 因此配电网设备质量管控已经到了刻不容缓的地步。而随着国家电网公司(以下简称国网公司)提出的“坚

固耐用”、“本质安全”理念的深入人心, 结合近期提出的配电网设备质量“两排查一整治”专项活动, 配电网设备质量管控工作必将推到一个新的高度。

然而, 达到配电网设备质量管控的“本质安全”并非易事, 现阶段主要存在以下困难和问题:

(1)配电网设备质量检测能力不足。配电网设备入网质量抽检是考核设备质量最有效直接的方法, 而现阶段全国网质量抽检工作大部分仍由第三方检测机构承担, 因配电网设备数量巨大, 检测效率、结果及时率将是制约抽检工作能否顺利开展的一个长期突出问题。

(2)设备质检和现场工期的协调问题。一旦现场工期紧张, 如无法及时完成检测工作, 就会影响工程施工, 甚至出现检出设备不合格时, 同一批次设备已经安装完毕投入运行, 给电网造成

停电返工、降低整体工作效率的后果。

(3)入网前设备和在运设备质量信息共享不足。现阶段入网前设备质检工作由物资部门负责,而在运设备运维工作由运检部门负责,设备在入网前和在运时的质量信息缺乏共享,配电网设备质量管控工作缺乏延续性。

针对配电网设备质量管控工作中的困难和问题,依托于“工业4.0”新思维,提出一个全方位的配电网设备质检中心建设新模式,旨在系统性地解决以上难题,真正为配电网设备质量管控“本质安全”工作做好服务。首先,介绍配电网设备质检中心建设思路;其次,介绍了配电网设备质检中心技术特点;再次,结合配电网设备具体检测内容对配电网设备质检中心体系建设方案进行了全面阐述;最后,对配电网设备质检中心新模式的发展进行了展望。

## 1 配电网设备质检中心建设思路

当前,配电网设备存在数量庞大、供应商众多、质量参差不齐的问题。做好“本质安全”的配电网设备质量管控工作,必须实现一次设备、二次设备、通信设备的入网检测和故障解体分析全覆盖,打造一个门类齐全、规模作业、高信息化集成、高自动化运行的配电网设备质检中心<sup>[5-10]</sup>。

针对配电网设备特点,配电网设备质检中心应基于“工业4.0”新思维,从优化物流调度、提升质检效率和全寿命周期管控三方面考虑,成为检测集约化、物流自动化和管理信息化的现代质检中心,以进一步推进配电网设备质量管控工作,实现电网资产、效能、成本综合最优。考虑到检测资源合理分配,配电网设备质检中心应开展一次设备、二次设备的常规试验、特殊试验及不合格设备复检工作,通过信息化手段实现检测标准的统一、检测数据的统一和实验室管理体系的统一,以实现检测计划的动态调控和检测资源的合理配置。并且,质检体系应延伸到有条件的制造企业和第三方检测机构,在生产、检测配电网设备物资时,将质检过程中的数据信息通过信息化手段反馈到相应省公司管理部门。

## 2 配电网设备质检中心技术特点

### 2.1 物流自动化

目前国内大部分检测实验室仍采用传统的仓储、流转方式,被试品的入库—流程—出库过程主要依靠试验员手动填写表单来完成。这样的方式很难实时掌握检测平台的检测能力,从而在一定程度上导致了调度的盲目性。

针对以上问题,配电网设备质检中心基于“物联网”技术,利用RFID、二维码结合智能货架实现被试品的信息化管理和主动定位,并设计自动化流水线工艺。通过手持终端的信息采集生成二维码,对被试品进行唯一标识,然后被试品根据自动化流水线及非自动化流水线流程,实现系统对被试品的跟踪。其中自动化流水线通过被试品周转设备的条形码同被试品二维码绑定作为唯一标识,被试品信息由绑定的托盘二维码进行识别;非自动化流水线直接通过被试品在各实验区进出时进行设备二维码扫描来追踪被试品的状态<sup>[11]</sup>。

经过以上设计,检测中心调度人员能够实时准确掌握被试品检测试验项目的进展情况以及各试验区的工作情况,有助于检测资源的合理分配,能有效提高检测效率。

### 2.2 检测集约化

作为一个高效、快速、集约化的检测平台,配电网设备质检中心旨在为检测工作的高效展开奠定坚实基础<sup>[12-13]</sup>。

集约化检测平台的硬件包含:试品区、主控室和试验区3个部分。试品区作为缓存区,实现被试品信息录入收样、信息核查和检入检出功能;主控室是实验室调度中心,配备有数据库服务器、应用服务器和工作机,通过路由器、交换机与其他试验区进行数据传输。试验区则对被试品进行试验并采集数据,并通过物流机接受主控室调度。

针对传统配电设备检测效率低下、自动化能力弱和信息化程度低的缺点,集约化检测平台采用如下3种改进措施:

(1)通过自动化流水线形式,将配电设备的试验内容分割为多个独立工序,每个工位仅完成1个工序,并且采用集成化试验设备,全部试验项目自动化读数、采集结果、部分试验项目自动化接线、自动检测。

(2)针对部分复杂度高、试验时间长的工序,合理增加试验设备,以突破该工序对整体试验效率的限制。

(3)通过检测信息管理系统实时跟踪被试品、试验项目和工位区试验能力,智能调度检测路线(包括被试品转移路线、试验项目流程、所需试验设备和仪器),制定信息化检测方案。

### 2.3 管理信息化

基于“移动互联网”技术,配电网设备质检中心可以实现检测过程中配电网设备的远程调度以及检测试验数据的采集传输、分析统计。

在检测过程中,质检中心应具备试验信息管理和试验数据分析功能。其中,试验信息管理可根据被试品唯一标识二维码,实时跟踪该被试品的检测进度、数据;根据检测能力,制定动态检测方案,根据模板格式自动生成试验报告;试验数据分析基于全寿命周期管理思维对配电网设备进行质量信息管控,主要从4方面入手:

(1)入网前配电网设备质检信息专家库的建设,即统计各类设备、供应商和型号的产品质检数据,为后续故障分析提供样本基础。

(2)运行过程中设备故障解体分析信息库建设,即统计故障设备事故分析、解体数据,为后续质量管控提供指南方向。

(3)年度专项质量管控行动计划编制,即针对在运出故障较多的设备进行专项质量管控和评估工作,为后续设备风险评估和应用决策提供依据。

(4)配电网设备风险评估与决策应用,即运用风险评估思想,针对设备、用户、风险等维度提出相应策略。

## 3 配电网设备质检中心实施方案

配电网设备质检中心的建立是在“互联网+”新形势下适应配电网设备检测全覆盖要求的必然结果。以被试品的检测过程作为典型案例,来分析配电网设备质检中心的具体功能模块。

### 3.1 自动化物流模块

作为配电网设备质量检测的核心功能,被试品的智能化流转是提高检测效率的关键因素,需要各区域和各工作人员各司其职、相互配合。自动化物流模块采用物联网技术,通过信息管理系统为被试品建立唯一可追踪的自动化物流方案。

自动化物流模块采用了智能货柜、机械手、AGV(自动导向车)小车和检测流水线等设备,将被试品信息二维码与设备周转装置上的条形码进

行绑定,被试品可按照设定的路线由周转装置运送依次进行试验,被试品信息可以通过试验区的移动终端识别,以便一次录入、多次绑定。值得注意的是,由于部分被试品(故障指示器)需配套使用、不可分开,故需在物流周转全过程中进行成套关系校验,以保证被试品的对应关系。

如图1所示,自动化物流模块可以实现被试品的拆包入库、检测试验、测试完成出库3个步骤的自动流转。其中,拆包入库步骤对到货的被试品进行信息绑定、录入信息管理系统;检测试验步骤通过机械手、AGV小车将被试品从智能货柜中取出并运送至检测流水线进行各检测项目的试验;测试完成出库步骤则将被试品放入智能货柜的对应储位,集中装箱后完成退样、出库。

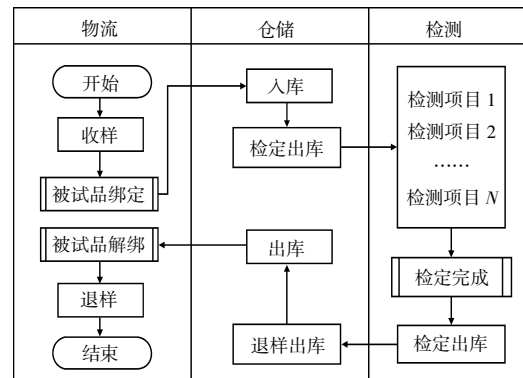


图1 配电网设备自动化物流周转流程

### 3.2 集约化检测模块

集约化检测模块主要针对入库的被试品,自动根据对应类别、需要检测的试验项目和工位区试验能力,制定合理检测方案以提升检测效率。

以检测暂态录波型故障指示器为例,其检测系统包含故障指示器集成测试台和故障指示器耐压测试台。故障指示器集成测试台由故障指示器测试柜和主控柜上位机信息处理系统组成,可实现故障指示器主要功能、基本性能和通信规约等项目的自动测试;可全真模拟实际10 kV配电线路多种运行状况,如短路故障、重合闸、人工投切大负荷、非故障线路重合闸等波形进行闭环自动测试,并可对配电线路波形进行实时录波,对比判断故障指示器录波功能。故障指示器绝缘耐压测试台硬件由控制柜、程控电源柜、接口端子台组成,可实现一次接线,完成十通道测试对象

的全自动绝缘耐压测试。

按照是否使用故障指示器集成测试台，检测试验总体流程分成不带电检测、带电检测准备、带电检测试验3个阶段，各阶段的具体测试项目及流程如图2所示。

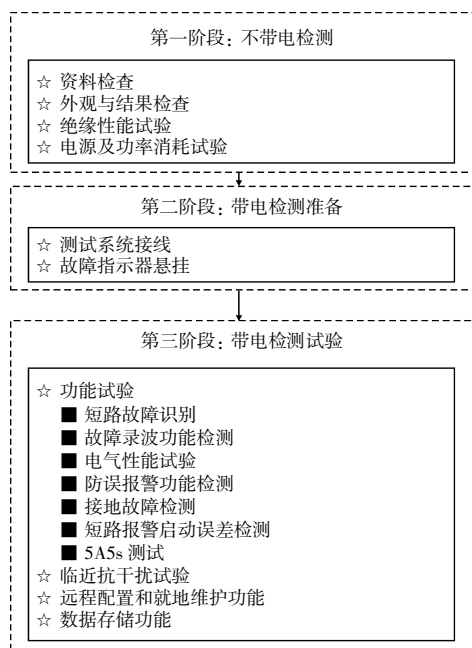


图2 故指测试流程

根据每套故障指示器检测系统每次测试15套暂态录播型故障指示器来分析集约化检测效率：一批录波型故障指示器(A)在进入自动测试的同时，如对下一批录波型故障指示器(B)进行手动测试，可使整个测试周期(15套+15套)缩短为200min(约3.3h)，1d按8h工作时间来算，1d测试72套(30套/3.3h×8h)，1年(按260d)测试18720套，节拍分析如图3所示。

### 3.3 信息化管理模块

信息化管理模块采用信息物理网络模式将体系管理和试验业务融合为一个有机整体，为工作人员提供了试验信息管理和检测数据分析的友好交互平台，该模块的功能架构及与其他模块的交互关系如图4所示。

试验信息管理一方面要对被试品信息、物流信息、检测数据和实验室体系进行统一信息管理；另一方面还需要参与自动化物流模块和集约化检测模块的动态信息调度。

以试验报告管理为例，试验报告自动化生成

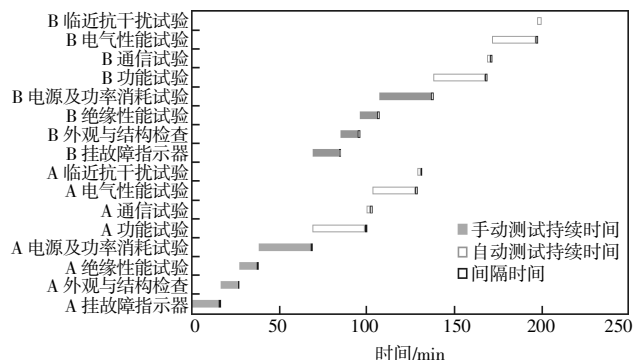


图3 故指集约化检测模块节拍分析

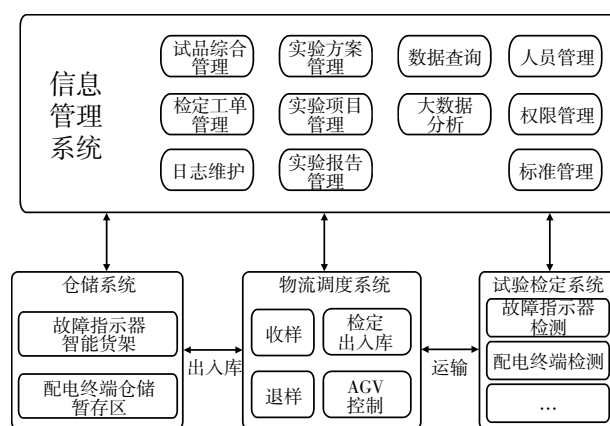


图4 信息管理模块架构

是试验信息管理的主要业务功能之一，系统根据试验报告模板程序以及被试品在实验室所有检测试验数据自动生成格式规范的试验报告，供给用户下载打印。试验报告内容基本要求包括：被试品信息、试验项目、设备和仪器信息、试验数据、判断依据、试验结果和审核批准等。

自动出具试验报告分为以下步骤：首先，读取被试品信息和试验项目信息，包括设备种类、实验方案、报告模板路径等信息；其次，操作员上传试验原始数据，根据系统中预设的试验方案(包括检测项目、检测路线、误差限值、项目参数等)形成报告初稿；再次，试验管理员审核初稿结果，根据审核结果决定是否输出检定证书、检测记录、检点检测情况等统计报表。其中，整个过程中不同试验员服从严格的权限管理，实现对试验流程、试验模板、试验依据和试验报告的规范化管理，与传统手动出具报告的方式相比，可以规避人工抄录错误，大幅度节省时间。

检测数据分析包括试验记录查询和历史数据

统计2个子模块。试验记录查询提供已做过试验的各被试品的试验记录。点击试验数据查询页面左侧设备列表中的设备信息,在右侧“审批记录”和“试验数据”栏目中便可以看到该被试品的操作记录以及详细试验数据,便于试验回溯和监管;历史数据统计模块可自定义试验参数查询范围,查询条件包括:起始时间、终止时间、电压等级、设备类型、额定容量、选择试验参数。通过对历史数据的统计分析,可以从设备供应商、设备薄弱环节和设备种类等不同维度揭示配电网设备质量问题,为后续质量管控(如不良行为通报、专项行动)提供数据支撑。如表1所示,过去15个月配电网设备中心完成了882台变压器和44台开关类设备的检测工作,其突出的检测成效得益于信息化管理模块与物流、检测模块的配合,为“本质安全”的配电网设备质量管控工作打下了坚实的基础。

表1 配电网设备历史检测数据统计

设备	检测项目	检测量/台	不合格数	不合格率/%
变压器	温升试验		41	48.8
	电气参数	882	22	26.2
	绝缘油试验		11	13.1
开关类	机械特性	44	4	57.1
	局放试验		2	28.6

## 4 结语

针对配电网设备质量管控工作“本质安全”的要求,提出一个全方位的配电网设备质检中心建设新模式,旨在解决检测效能不足和信息化程度不高的问题;从物流自动化、检测集约化和信息管理信息化3方面介绍了配电网设备质检中心技术特点,并结合典型案例介绍了具体实施方案。结果表明,配电网设备检测中心能够大幅提升检测效率,保证检测时效性,并且形成有效的信息闭环。

在下一步的工作中,可以针对以下几个方面来进一步发展配电网设备质检中心:

(1)建立更加完备的质检体系,打通管理机构、检测中心、业主单位和供应商间的信息通道。

(2)构建运输物流统一调度平台,基于检测能力统一管控送检路线。

(3)建立大数据分析平台,形成基于风险的差异化检测方案。

## 参考文献:

- [1] 胡列翔,徐谦,张全明,等.电网发展的阶段论[J].浙江电力,2011,30(12):9-11.
- [2] 刘福炎.基于投资关联性分析的配电网投资效益评价体系研究[J].浙江电力,2016,35(3):68-71.
- [3] 柯人观,周金辉,汪东辉.微电网规划体系研究[J].浙江电力,2016,35(2):23-26.
- [4] 宓天洲,李志,毛航银.10 kV 配电网无功补偿的仿真优化方法研究[J].浙江电力,2014,33(5):17-21.
- [5] 陈可硕,吴敏.公用配电房的智能化改造[J].浙江电力,2016,35(6):30-32.
- [6] 栗然,刘会兰,卢云,等.基于交叉熵理论的配电变压器寿命组合预测方法[J].电力系统保护与控制,2014,42(2):97-103.
- [7] 刘兴平,陈民铀.一种配电变压器绕组变形故障的在线监测新方法[J].电力系统保护与控制,2013,41(12):20-26.
- [8] 刘健,张小庆,赵树仁,等.主站与二次同步注入的配电自动化故障处理性能测试方法[J].电力系统自动化,2014,37(7):118-122.
- [9] 徐长宝,庄晨,蒋宏图.智能变电站二次设备状态监测技术研究[J].电力系统保护与控制,2015,43(7):127-131.
- [10] 钟晖,余绍峰.配网设备检测管理的实践与创新[J].企业管理,2016,36(1):134-135.
- [11] 李志强,高大兵,苏盛,等.基于大数据的智能电表入侵检测方法[J].电力科学与技术学报,2016,30(1):121-126.
- [12] 李志,章禹,暴英凯,等.兼顾均匀性的多目标配电网重构方法[J].电力系统保护与控制,2016,44(14):69-75.
- [13] 周明.配电自动化终端在接地故障检测中的应用分析[J].电工技术,2016,36(8):219.
- [14] 高伟中,李玉龙,刘月馨,等.运程资产管理系统架构解析[J].浙江水利水电学院学报,2017,29(1):77-82.

收稿日期:2017-07-20

作者简介:李志(1992),男,工程师,从事配电网设备检测及智能配电网技术方面的研究工作。

(本文编辑:董小兵)