

DOI:10.19651/j.cnki.emt.1802167

自动化检定线智能运维关键技术研究与应用

党三磊^{1,2} 李刚^{1,2} 张永旺^{1,2}

(1.广东电网有限责任公司电力科学研究院 广州 510080; 2.广东电网有限责任公司计量中心 广州 510080)

摘要: 自动化检定线状态影响电能表等计量装置的检测效果,通过自动化检定线的各类检定设备和众多传感器(如温度、湿度、震动、压力、噪声等)搭建的设备生产运行状态全感知网络,进行生产工况数据实时采集和生产过程全景监控。基于自动化检定线的历史状态和当前状态数据,提出一种基于设备故障预测与健康分析的智能化运维方案。解决传统运维因信息互联互通不充分、数据应用不足、技术支撑手段缺乏等造成过度运维或运维不足等问题。

关键词: 全感知网络;全景监控;故障预测;监控分析

中图分类号: TN06 **文献标识码:** A **国家标准学科分类代码:** 510.1099

Research and application of key technologies for intelligent operation and maintenance of automatic calibration lines

Dang Sanlei^{1,2} Li Gang^{1,2} Zhang Yongwang^{1,2}

(1. Electric Power Research Institute of Guangdong Power Grid Co., Ltd., Guangzhou 510080, China;

2. Measurement Center of Guangdong Power Grid Co., Ltd., Guangzhou 510080, China)

Abstract: The status of the automatic verification line affects the detection effect of metering devices such as electric energy meters, through the various types of testing equipment of automated verification line and a large number of sensors (such as temperature, humidity, vibration, pressure, noise, etc.) to build equipment operating state full awareness network, as the result of real-time production data collection and production process monitoring, proposes an intelligent operation and maintenance scheme based on equipment failure prediction and health analysis based on historical status and current status data of automated verification lines, to solve the problems of traditional operation and maintenance due to insufficient information interconnection and interoperability, insufficient application of data, and lack of technical support measures, resulting in excessive operation and maintenance or insufficient operation and maintenance.

Keywords: perceptual network; panoramic monitoring; fault prediction; monitoring analysis

0 引言

随着南方电网公司的不断发展,迫切需要建立省级电能计量检定中心保证计量工作的有效管控。其中保证电能表、互感器、采集终端等计量设备的稳定和精确是计量中心的重点工作,而自动化检定线在计量设备的检测中扮演着重要的角色,自动化检定线的常态化运维是保证计量设备正确检定的基础。传统的设备运维多采用事后维修和计划维修相结合的方式,造成了运维不足和运维过度的问题。本文通过搭建设备运行状态全感知网络,采集各类检定设备的数据,并通过基于3D全景仿真技术的浏览器客户端展示设备的状态,实时监控设备的运行状态,建立设备状态维护机制;并根据设备的历史状态和当前状态计算设备的

评分,评估设备运行可靠性,建立基于关键设备的可靠维护机制。

1 全感知网络架构

本文方案建立两级安全网络机制,保障自动化检定线的安全。自动化检定线处于生产网中,各检测单元的数据通过前置采集器汇总,经过网络防火墙传到设备运维系统中^[1]。网络防火墙保证了数据的安全传输,只有设备运维系统中对自动化检定线的控制数据可通过防火墙下发到自动化检定线,其他处于OA网络的系统和模块数据均不能通过防火墙。具体网络架构如图1所示。

其中,自动化检定线是全感知网络架构的主体,主要由堆垛机、条码扫描、机器人、电机等单元组成。机器人用于

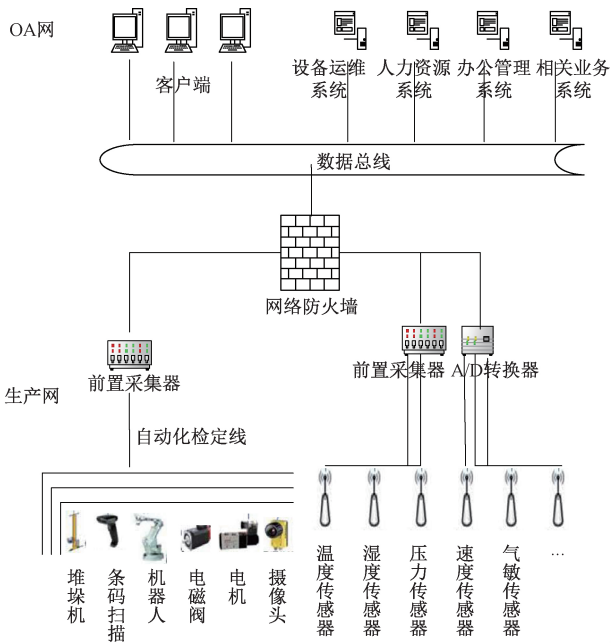


图 1 网络架构

信息提醒用户并自动触发检修工单。综合设备故障率、设备及生产单元寿命等设备健康因素,根据状态评价模型和关键部件寿命周期,对自动化检定线进行可靠性评分,定期输出运维方案策略建议,包含保养计划、巡视计划、备品备件库案等内容。智能运维机制如图 2 所示。

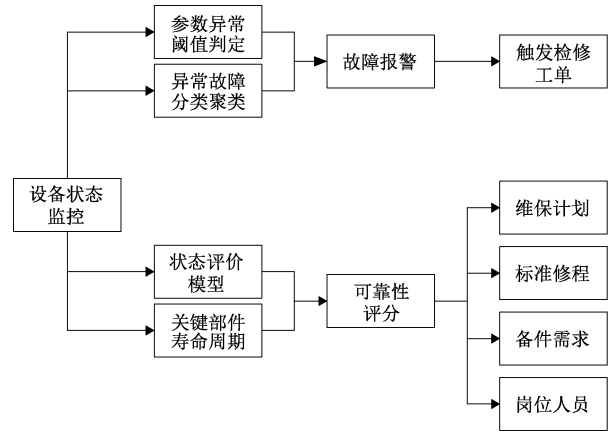


图 2 智能运维机制

计量设备检测业务中上下料分拣、设备传输等环节,电机是传送带运行的驱动,电磁阀是传送带方向、流量、速度等参数调整的执行装置。只有各单元处于可靠状态,自动化检定线才可稳定工作。

2 系统设计

传统的设备运维管理,通常采用人工周期性的现场检测方式,通过移动终端将数据存入设备运维系统中,管理人员根据系统中的数据,安排检修工作。由于现场工作人员的不规范,造成了设备状态数据的错误性和滞后性,导致了检修工作不能正确开展,降低了设备运维的效率,影响了日常生产工作。本文通过自动化的采集装置和各类传感器,采集自动化检定线各类设备的实时状态和环境参数,获取设备运行的精确参数,并通过对设备数据的分析和评估,智能化的开展运维工作。

2.1 设备监控

基于现场数据总线技术构建现场生产设备、传感器全感知网络的基础上,通过数据接口采集各种生产设备运行工况数据、预警告警信息并按照统一的数据模型存入设备运维系统中。设备监控采用基于 3D 全景仿真的技术实现,全景仿真采用 UE4 作为三维引擎,使用基于物理的材质系统,达到真实的三维渲染效果,并通过图元的切换、闪烁等方式显示设备的不同状态,实现实时监测自动化检定线运行状况的目标。

2.2 智能运维

智能运维是本文设计的重点,通过结合设备运行监控,根据设备的实时数据,判断是否超过配置的阈值,通过报警

3 软件实现

3.1 数据接入

采用基于标准化扩展的数据模型和统一接入通信协议,设置前置数据采集接口。前置采集接口通过设计公共接口连接液晶屏底层多种通信协议和通信拓扑,使得在一个前置数据采集接口就可以完成所有的数据采集任务^[2]。设备运维系统在统一的数据通信模型基础上,通过 webservice 接口服务,实现生产监控数据的采集。

采集接口包括告警实时接口、状态变化实时接口以及定时接口。告警实时接口获取设备的告警信息及告警处理信息,状态变化接口采集设备的实时状态信息,定时接口周期性的采集传感器传回来的温度,湿度信息。设备运维系统与前置采集器定义双方交互的数据格式,JSON 数据格式如下:

```
{ "taginfo": " pscada. dyinfo. act ", "status": " 0 ", "value": "01", "style": "0" }
```

其中 taginfo 表示具体的设备连点信息;status 表示设备的状态,是否处于在线或离线状态;value 表示当前设备具体的状态值;style 表示采集的数据是模拟数据还是数字量的数据^[3]。

前置数据采集接口设计了数据预处理功能,支持数据一致性和完整性校验,避免无效数据入库。数据预处理流程如图 3 所示。

数据接收后进行数据格式的初校验,判断数据格式是否正确,如果不正确则记录日志并通知采集接口重新采集数据,如果正确则对数据进行反 JSON 编译^[4],解析 JSON 数据内容,并通过质量校验判断解析后的信息是否

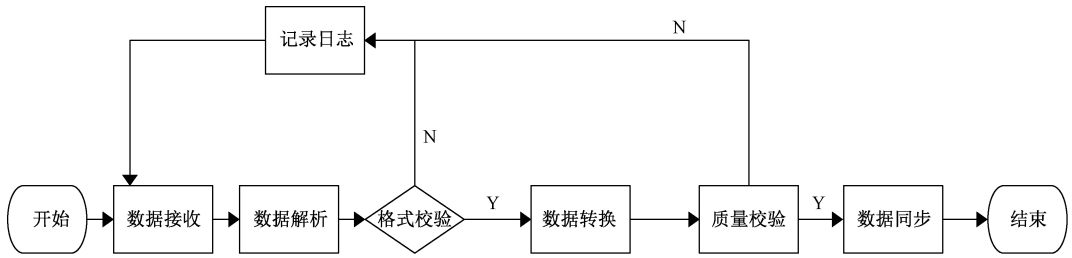


图3 数据处理流程

完整, 如果否则记录日志, 重新采集数据, 数据质量校验合格的数据通过数据总线传递给设备运维系统^[5]。

3.2 设备状态维护

1) 设备状态监控

设备状态监控通过三维仿真技术实现, 具体包括生产对象三维模拟、数据驱动。用户能够在基于真实场景建造的三维生产线场景中任意切换观看视角, 进行视角旋转、平移、推远、拉近等操作。能够看到基于真实情况的自动化检定线传送带的运行、小车的运行、机器人的动作等设备运行情况^[6], 也能够通过各设备上方浮动的状态图标了解设备运行状况。具体效果如图4所示。

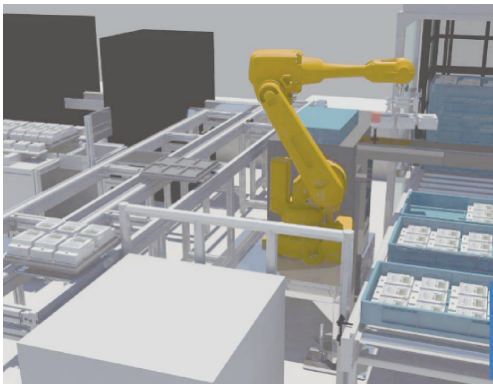


图4 三维效果

(1) 生产对象三维模拟: 采用基于 UE4 的引擎编辑三维视图, UE4 是一家叫 Epic Games 的公司做的一个名叫 unreal engine 的免费游戏引擎^[7]。本文通过 UE4 强大的三维渲染功能和所见即所得的快捷编辑性, 设计自动化检定线的三维仿真模拟图。UE4 包含 Actor、Primitive Component、Pawn 等各类组件。为了实现自动化检定线的现实传输效果, 通过自定义 Movement 组件, 实现抛物线、线性、定点等运动方式, 绑定自动化检定线的运动, 具体步骤包括创建 UCustomMovementComponent 继承 UMovementComponent 类, 作为各种具体轨迹的父类, 完成主要流程的实现, 并提供接口给子类 override 实现具体计算过程; 实现子类轨迹计算。

(2) 数据驱动: 数据驱动保证了三维仿真的实时性^[8], 设备运维系统获取数据的实时数据, 驱动自动化检定线三

维视图中各类对象、载具和生产设备进行动作和行为模拟。具体实现步骤如下: 对仿真引擎进行底层开发, 实现与实时数据库对接^[9]; demo 制作与技术测试, 保证数据接口的通信成功和实时数据的响应速度等; 建立用于反映检定线状态的数据表(包括自动化检定线各流程的单、三相表数量、位置、状态以及数据信息等)并进行数据整合实施开发; 开发三维模型数据驱动行为模块和三维模型数据交互表现模块, 对涉及表现层的前端数据进行开发实施, 支持交互操作。

2) 自动触发运维工单

设备运行出现故障停机、输送异常等严重故障时, 自动触发运维检修工单, 及时将故障信息推送至运维巡检人员^[10], 并借助移动作业终端实现故障快速处理和故障处理过程记录。自动触发运维工单流程如图5所示。

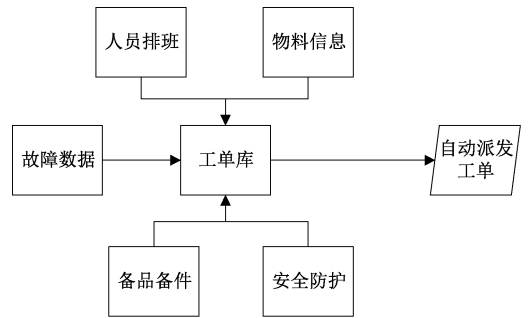


图5 自动派发工单

工单库中包含所有的工单模板, 并建立工单模板与各类故障的对应关系, 当对应的故障数据发生时^[11], 建立工单拉动机制, 根据人员排班信息、物料库存信息、备品备件的库存信息、安全防护资料等, 自动生成维护工单并将工单派给指定人员, 保证故障的快速处理与解决。

3.3 设备可靠性维护

设备可靠性维护是基于自动化检定线整体及各单元的健康指标安排运维计划的机制。确定健康评价指标体系, 包括故障率、寿命值、检定量、生产平滑度、生产时间、环境温湿度、运维质量等, 确定指标层级、制定各层级关键因素的 KPI 标准; 根据各因素的影响程度确定每个评价指标的影响权重^[12]; 对权重进行归一化处理, 建立相对健康指数, 避免各指标之间量纲的不同而影响评价的合

理性;建立设备健康评语集,该健康评语集是对评价对象可能做出的评价结果所组成的集合;通过采用模糊综合评价方法,在综合考虑所有影响因素的基础上,从评语集中得出对评价对象的评价结果。表 1 所示为某设备的评价内容。

表 1 设备评价表

状态量	劣化程度	基本扣分	扣分标准	权重系数	应扣分值
电机	III	8	电机转速不稳定,较强震动	3	24
表位	I	2	表位位置不稳定	2	4
单相标准表	II	4	单相表不精确,表计示值模糊,表盖损毁	2	8
三相标准表	III	8	三相表不精确,表计示值模糊,表盖损毁	3	24
三色灯	I	2	某些颜色不亮或亮度等级不够	3	6
一次压接装置	III	3	装置不稳定,功能不完善	3	9
托盘	IV	2	平衡性不够,方向错误	4	8
气压传感器	III	4	传感器损坏或精度不够	2	8

表 2 风险评估表

项目	1	2	3	4	5
风险程度	可忽略	极小	中等	严重	灾难
财务	<100	100~1 000	1 000~5 000	5 000~10 000	>10 000
检定线停运时间/min	<5	5~10	10~20	20~60	>60
环境	正常	正常	有变坏趋势	严重变化	极大变坏
安全性	正常	轻微危险	中等危险	不可靠	崩溃

确定设备当前的状态是否处于可控范围内,有针对性的采取质量控制措施,提高自动化检定线的运行质量水平^[15]。

4 试点应用

本方案设计基于全感知网络架构的运维方案应用在广东省级计量检定中心,彻底改变当下人工检定效率低、偶然因素大、数据应用分析难等问题,解决了运维质量、技术水平、管理时效等方面的诸多弊端。

通过生产计划智能辅助,针对人工制定计划缺乏数据支撑,效率低、准确度差的问题,在生产计划编制过程中,引入智能化辅助手段,动态地分析展示影响生产计划的诸多因素(如用表需求、检定能力、出入库能力、库存等),为生产调度提供计划数据支撑,通过分析、量化计划制定影响因素,固化计划制定的规则,辅助生成各类生产计划。

系统上线以后,实现了对计量资产的全生命周期管理,包括计量资产状态监控、计量资产质量分析、供应商运行质量评价 3 个部分,以计量生产管理平台为管理载体和展示手段,集成营销管理系统、计量自动化系统等计量资产信息,通过计量资产全生命周期管理质量评价模型、供应商运行质量评价方法等量化评价等手段,实现计量资产全生命周期各环节状态监控、质量分析,达到计量资产全

根据设备的状态评分,计算设备的平均故障率。结合设备基本信息和设备故障案例,量化设备资产和统计发生事故的概[13],计算可能损失的资产。结合设备的平均故障率和可能损失的资产[14]评估设备的风险值,估计的风险评估表如表 2 所示。

生命周期管理要求,提高计量资产管理水平。

建立监控智能化体系,监控智能化技术研究与应用,是在“四线一库”自动化生产作业系统现场生产设备、传感器全感知网络的基础上,进行现场工况数据采集、智能诊断、全景仿真监控,通过数据接口实时查看各种生产设备运行情况、预警告警信息,基于工业化三维仿真技术、结合声光及各种可视化方式进行生产过程“透明工厂”再现,便于对设备运行状况进行评价,及时发现并处理隐患和问题。

智能化运维技术研究与应用,是在监控智能化基础上,进行自动化巡检、健康评价、知识库管理、运维综合管理,具备运维计划智能辅助和移动终端作业功能的智能运维创新模式,达到保障现场设备稳定运行、降低设备故障率、延长设备使用寿命、提高检定生产效率及质量、降低长期运维成本和管理成本的目的,形成基于“生产自动化+管理数字化+决策智能化”的“智能工厂”最佳实践。

广东电网公司基于本系统开展计量装置的智能运维,提高了运维效率,降低了成本,增强了计量设备的准确性。

5 结 论

通过构建全感知网络架构,管理人员可不到现场就可查看自动化检定线的运行状况,实时监控检定线各单元的

状态。建立设备故障数据与运维数据的联动机制,采用分级拉动,根据设备故障,结合人员、物料等信息,自动派发运维工单,实现故障快速解决。并通过对自动化检定线的状态评价,生产风险评估表,优化运维策略,在不降低检定性安全稳定运行的情况下,减少不必要的资源浪费,提高了经济效益。通过搭建的全感知网络,获取计量设备的实时数据和历史数据,实现了计量设备的全寿命周期管理,结合常规的生产计划,基于智能化监控体系,开展计量装置的智能化运维。解决传统运维因信息互联互通不充分、数据应用不足、技术支撑手段缺乏等造成过度运维或运维不足等问题。后续可建立计量设备状态数据中心,存储计量设备的历史数据,基于大数据技术开展研究,挖掘数据的价值,提高计量中心的管理水平和计量设备的稳定性。

参考文献

- [1] 朱东升,张浩,张昆,等.基于综合监控的设备状态修方案研究[J].计算机测量与控制,2017,25(6):64-67.
- [2] 李天阳,郭剑虹.集控中心告警技术处理和方法[J].电力系统自动化,2010,34(22):113-116.
- [3] 陈立.省级计量中心生产调度平台架构设计[J].通讯世界,2014,12(21):166-167.
- [4] 赵成.省级计量中心智能化仓储系统的规划设计[J].电测与仪表,2014,51(12):17-22.
- [5] 张双才,康莉莉.省级计量中心电力物资供应链智能化调度平台方案研究[J].物流技术,2014(10):28-31.
- [6] 高春雷,李天阳,安泰,等.电力计量设备检测系统三维实时仿真与数据可视化方法:2014100778944[P].2016-11-30.
- [7] 陈驰.基于用电信息采集系统的运行电表故障智能分析[J].电测与仪表,2014,51(15):18-22.
- [8] 祝宇楠,徐晴,刘建,等.数据挖掘在智能电能表故障分析中的应用[J].电力工程技术,2016,35(5):19-23.
- [9] 中国石油化工集团公司.石油化工设备维护检修规程:通用设备[S].北京:中国石化出版社,2004.
- [10] 周宏宇,薛友,刘祚宇,等.特高压变电站设备运维检修费用影响因素度量与分析[J].电力建设,2018,39(1):19-29.
- [11] 杨帆.35 kV 变电站二次设备的检修维护及管理[J].电子测试,2018(6):96,98.
- [12] 王金龙.论电气设备的运行维护及故障检修[J].山东工业技术,2018(11):174.
- [13] 徐祥海,杨翔,时锐,等.一种基于输变电设备集中监控信息的试运行变电站风险评估方法[J].高压电器,2018,54(4):245-249.
- [14] 张云飞.一种基于全景的输电线路可视化运维管理技术[J].电气技术,2018,19(1):61-63,67.
- [15] 龚方亮,牟龙华,郭文明,等.基于 D-S 证据理论的配电终端状态诊断[J].电力系统保护与控制,2018(1):30-36.

作者简介

党三磊,硕士研究生,主要研究方向为计量装置检定。

E-mail: dang1020@163.com

李刚,博士研究生,主要研究方向为计量装置检定。

E-mail: 421078005@qq.com

张永旺,硕士研究生,主要研究方向为计量装置检定。

E-mail: gddkzyw@126.com