

# 城市轨道交通变电所智能运维系统浅析

任珮珮 贾博宇 王斗

北京城建设计发展集团股份有限公司长春分公司 吉林 长春 130000

**【摘要】**：城市轨道交通仍处于发展初期阶段，亟待对其进行研究。急需完善与之匹配的组织架构、管理模式、运营制度和安系统，充分发掘全自动操作系统潜能。本文对城市轨道交通项目中变电所的智能运维进行探讨，从变电所运维现状及精细化、智能化管理需求出发，结合大数据、人工智能、物联网、智能传感、软件集成、视频分析、虚拟现实等科学技术，引入预测性、预防性维护理念，构建“前端监控+后台管理+过程控制”智能管理模式，实现城市轨道交通供电系统安全、高效、智能运维。

**【关键词】**：智能巡检；运维；高清视频监控；多维数据监测；智能决策

## 引言

《中国城市轨道交通智慧城轨发展纲要》要求建立中国城市铁路协会发布的智能运维与安全保障体系，不断提升智能安全运维水平。目前，城市轨道交通变电所的巡检方式依然是传统的人工巡检，重复工作多，工作量大，且效率低，容易出现错误和遗漏。变电所日常巡检内容包括机房环境

（温湿度、异物侵入，机房漏水、门窗破损）、设备外观（异常噪音、异味、放电、冒烟）、设备运行状态、异常和故障信息等，对轨道交通供电系统的运行安全至关重要。因此，通过融合大数据、人工智能、物联网、视频分析、智能传感等新技术，开发地铁变电所巡检、运维方式的智能化、数字化、可视化及远程化技术，提高变电所巡检效率与质量，降低维修人员劳动强度，提升系统实用性。

## 1 城市轨道交通智能运维系统建设

目前，工业控制技术、信息技术和通信技术已广泛应用于城市轨道交通供电系统的智能化运维，但仍存在信息数据碎片化且质量不高、数据共享不全面，系统智能化程度低且集成度不足以支撑多专业深度融合应用，没有相应的错误诊断支持、缺少一线生产经营决策支撑等问题。

根据轨道交通供电系统智能运维平台建设工作的推进，编制了设备台账标准、运维系统架构及功能要求标准、数据分析（专家系统）标准、接口规范、智能巡检系统技术规范等六大技术标准规范。城市轨道交通供电系统智能化运维系统实施尚处于起步阶段，随着平台后续的开发和实施，标准体系将进一步完善。

通过对超大型城轨网供电技术特点、管理特点和业务转型需求的深入研究，提出建立供电系统智能化运维的指导框架，打造“无忧经营”，提升生产模式、技术管理和人才能力。以推动“主动医疗、智能劳动力替代、传统运维管理一体化业务支持”、实时动态、智能敏捷的理念为目标，以精准全面的数据、无处不在的感知、协同高效的业务集成和智

能治理为要素，结合CPS集成、EAM、PHM等理论和人工智能、云计算、边缘计算、物联网、大数据、无线通信等技术建立变电所智能运维平台。实现全面的设备识别检测、数据综合分析及深度应用，精准的资产评估管理，和谐流畅的控制与协同业务流程等，形成一套集巡检、管理、分析于一体的智能运维系统。

## 2 城市轨道交通变电所智能运维系统现状分析

在城市轨道交通供电系统中，一般有如下几种类型的变电所，城市主变电所、牵引+降压混合变电所、降压变电所和跟随式降压变电所<sup>[7]</sup>。变电所一般采用无人值守方式，为方便运营检修，在供电系统部署电力监控系统，采集“三遥”（遥控、遥信、遥测）数据对变电所供电系统进行电源的日常监测、控制和管理<sup>[8]</sup>。

遥控监控信号包括断路器、电动隔离开关、自动控制装置、保护定值、保护动作信号的远方复归、有源滤波装置投退等；遥信监控信号包括各种断路器、隔离开关、开关手车的工作/实验/退出位置状态、接触器的合/分状态等位置遥信，出现非正常状态时各保护测控单元、智能电子设备产生的保护动作、重合闸动作的启动、出口、失败等保护遥信；遥测包括测量对象的线/相电压、电流、零序电流，有功/无功功率、有功/无功电度、电源频率、功率因数，直流系统电压、电流，杂散电流泄漏量，牵变谐波、变压器运行温度等。

除此外，变电所日常巡查内容还包括机房环境（异物侵入、温/湿度、墙面漏水、门窗破损），设备外观（异常噪音、异味、打火放电、冒烟），柜面开关位置显示、运行模式、保护运行状态、气压数据及面板指示灯显示状态，设备异常、报警和故障信息等。

随着新建线路的陆续投入、机构配置及人员优化、工作量加大的现实问题，变电巡检人员劳动强度明显增加，但设备巡视准确度却难以完全保证供电系统的安全运行。因此，如何提高设备运行状态数据采集、故障检测和设管管，实

现对供电系统设备的预测性、预防性、全生命周期、全参与的运维管理,降低人员劳动强度,减少人为因素造成的失误,提高设备运维水平和效率,成为迫切需要解决的难题。

### 3 城市轨道交通变电所智能运维系统架构

随着电力系统智能化技术的迅速发展,在推进地铁变电所智能化发展时,可以参考电力系统智能化的经验及方法,全面的学习和分析,推动地铁全智能变电所技术的研发,合理处理一些问题。城市轨道交通变电所智能运维系统架构如下:

中心级智能运维系统负责全线网巡检策略的综合管理和各变电所巡检任务管理,对采集的数据、现场视频、照片等相关信息,进行在线监测数据挖掘及相关图像识别分析,帮助运维人员了解设备健康信息。它主要由各种服务器、数据交换设备、存储设备、网络安全设备等组成。

工区级智能巡检工作站放置在变电所工区内,一线运维人员可以了解所辖变电所设备的运行状态,在辖区可以查看变电所智能巡检系统的权限。

站级智能巡检设备部署在各类变电所内。智能巡检变电所站控层设备主要包括主备监控装置、传输设备、人机界面等,通过这些设备可以实现变电所之间的智能交互,实现数据共享。整个隔层主要采用微机综合保护装置、各类智能采集装置、测量表计等,实现对基础设备“三遥”信息的数据采集。

中心级、工区级、站级系统通过通信通道实现数据传输,运维人员可实时了解供电系统各设备的运行情况,采集数据信息,及时掌握和处理现场的各种报警事件及事故,保证供电系统安全、可靠的运行。

### 4 城市轨道交通变电所智能运维系统功能

城市轨道交通变电所智能运维系统的功能模块由以下几部分组成。

#### 4.1 智能运维管理平台

智能运维管理平台是整个智能运维系统的核心,为应用业务提供全方位的基础数据支撑,实现各类业务的数据共享和深度融合,集成信息管理、站内全景监控、智能控制、智能分析与决策、过程管理、安全管理、与其他系统通讯接口、移动终端应用程序等。供电运维与控制隶属于综合运营管理,与综合监控或其他监控系统实现多数据交互,如从资产管理系统导入设备、账簿信息,设施运维信息回传;向人事系统发送员工绩效报告效率和安全活动记录,并回传批准调度;将平台、重要信息和参数的综合建设、调度和指挥管理,即时上传至全公司数据库和综合信息管理平台、用户网站、

移动平台和其他界面以集成的方式呈现等。各种管理系统和平台接口如图1所示。



图1 供电运维管控与其他综合管理平台的关系

#### 4.2 终端运维管理模块

供电设备运维包括运营管理和维修管理两个部分。

(1) 运营管理是为保障地铁线路的运营生产,对供电设施实施的日常巡检工作,包括设备巡视、视频监控、环境监测等。

(2) 维修管理是指设备特发性出现故障,需要对设备故障进行排查和修复这样的一个过程。包括维修计划、工单、两表管理、人员资质管理、工具管理、备件和材料管理、标准维修、维修作业指导书、数据和证据收集、进度控制、绩效评估等。

开发终端APP应用程序,实现巡检过程全方位的信息化、智能化以及闭环管控。根据不同的设备,制定详细的设备的巡检周期、巡检项目,巡检人员根据巡检对象和巡检方式选择不同的巡检表格进行巡检工作。根据设备运行数据、巡检结果或诊断分析结果,上报设备的状态及缺陷,完成巡检流程及缺陷管理缺陷处理程序,实现运维联动。设备巡检、测试、故障状态、零部件更换、日常大修、设备报废等所有过程与结果记录都记录在设备运行维护台账中,为实施设备预测性、预防性、全生命周期、全参与管理提供数据支持。

#### 4.3 多维数据监测模块

多维度、全方位的数据支撑是做好数据管理的基础与关键。现场部署的各种视频设备、智能传感器及监控保护装置等前端设备,为系统提供了可靠全面的在线监测测量数据、状态信息、视频图像、运行记录、维修记录等,实现对供电设备信息多方位、多视角的采集和监测。

#### 4.4 视频联动模块

视频互通功能主要是指通过网络信息技术实现远程监控,可实时监控操作开关、电路等状态。以视频的形式呈现

在员工面前,为员工操作提供现场信息支持,同时可实现事件追溯,这种可视化操作可以提高整个操作的效率和准确性。

#### 4.5 专家分析诊断模块

相关专家和技术人员可实时在线监控变电所运行状态,在系统运行理论知识、多维度数据采集、全方位全景监控基础上,结合大数据分析、企业知识库、深度自主学习等技术,实现设备状态预测、故障现象智能诊断、故障原因分析及解决方案等智能化应用,提高系统运行效率。

#### 4.6 安全生产智能管理功能

借鉴既有的成熟技术,如“地线管理”、“电气五防”等技术,根据数据分析(专家系统)标准及接口规范,开发供电系统全面化、信息化、智能化的安全生产智能管理功能,并与各模块间的无缝连接和数据交换,实现全作业方式、全作业过程的安全管控,保障作业过程中的人身及设备安全。

除上述监控方式外,还可借助视频智能分析识别、非同源设备状态等创新功能,以及与其他现有的系统数据共享,降低投资成本。

### 5 城市轨道交通变电所智能运维系统发展前景

城市轨道交通变电所智能运维系统仍是一个新的研究课题,仍有许多不足之处需要改进。现有《智能变电站技术导则》《110(66~220 kV 智能变电站设计规范》等规范标准,但仍需要行业内企业运用过往的经验和专业知识,融入当前的一些新情况、新技术,制定新的规范标准,开发新的运维模块。

#### 5.1 新技术

##### (1) 高清视频采集技术、红外检测技术

地铁智能变电所可利用红外热像仪对变电所内电气设

备、设备连接端头及电力线路等进行红外检测,使用高清摄像头对变电设备外观、仪表盘面数据、变电所环境等进行视频图像检测,实现巡检过程的智能化、科学化及规范化。

##### (2) 智能巡检机器人技术

结合机器人技术、远程控制技术、红外检测技术、视频采集技术,开发自主式巡检机器人,通过既定规划路线自主运行模式或遥控跟随模式对变电所设备进行巡检,及时发现设备故障、房间异物等异常现象,从根本上减轻运维管理人员的工作负担,提升系统的实用性和实时性,提高工作效率。

随着第四次工业革命来临,人工智能、智能图像识别技术、多传感器信息融合技术、GPS 导航定位技术得到快速发展,使之未来应用到智能变电所也变成了可能,势必进一步提高变电所的智能化,解放劳动力,为保证变电所安全稳定的运行具有重要的意义。

#### 5.2 应用情况

在上海、青岛、长春等多城市地铁的部分站点进行了城市轨道交通变电所智能运维系统试运行,并取得了业主的认可及肯定,也即将在青岛、长春等城市线路中全面部署。

### 6 结语

截止到 2021 年底,我国内地累计有 50 个城市投运城轨道交通线路约 9192 公里,其中地铁线路约 7253 公里,占比 78.9%。跟随城市轨道交通网络的形成和发展,轨道交通行业开始逐步进入到建设与运营维护并重阶段。预测性维护是未来的主要维护模式的主流,并将逐步替代传统的人工巡检方式。城市轨道交通变电所智能运维系统,符合国家和行业发展战略要求,其借助智能传感、大数据、人工智能、软件集成、图像分析、云计算等先进技术,极大提高了工作效率,保证了变电所安全稳定运行,经济效益显著,具有重要的工程意义及实践意义。

#### 参考文献:

- [1] 张勇.合于道 精于术 深耕城市轨道交通智能运维体系建设——专访上海玖道信息科技股份有限公司董事长王淦斌[J].城市轨道交通研究,2021,24(05):9-14.
- [2] 张春晓,李国玉,葛欢.城市轨道交通变电所智能运维关键技术及其应用[J].电气技术,2021,22(04):86-90.
- [3] 谭文举.轨道交通全自动运行条件下运营场景设计及智能运维研究[D].北京交通大学,2020.
- [4] 李师展.城市轨道交通智能变电所方案研究[J].智能城市,2020,6(11):140-141.
- [5] 李军.城市轨道交通供电设备运维智能管控系统研究[J].都市轨道交通,2021,34(01):149-154.
- [6] 吴伟,罗利平.城市轨道交通牵引变电所智能在线监测方案探讨[J].电气化铁道,2018,29(S1):98-101.
- [7] 刘述芳.城市轨道交通关键设备智能运维系统初步建构[J].设备管理与维修,2018(Z1):22-23.
- [8] 吕文博,刘爱华,程军,程曙光.城市轨道交通智能变电所方案研究[C].中国铁道学会自动化委员会.中国铁道学会电气化委员会 2017 年年会及新技术研讨会论文集.中国铁道学会自动化委员会:中国铁道学会,2017:63-66.