

基于云网边端协同的铁路无人值守牵引-安科瑞变电所运维研究与分析

产品名称	基于云网边端协同的铁路无人值守牵引-安科瑞变电所运维研究与分析
公司名称	安科瑞电气股份有限公司
价格	.00/件
规格参数	品牌:安科瑞 型号:变电所运维研究 产地:江苏江阴
公司地址	上海市嘉定区育绿路253号
联系电话	19821750213 19821750213

产品详情

摘要：为解决当前铁路无人值守牵引变电所运营维护（简称：运维）过程中面临的诸多问题，基于云网边端协同概念架构，研究制定铁路无人值守牵引变电所运维研究，提升无人值守牵引变电所的智能化运维水平。文章介绍了云网边端协同概念，阐述了运维研究的架构设计和数据流向，与前端智能、边缘计算、云计算、人工智能、大数据等技术紧密结合，通过对场景实现的适应性、可用性、流通性、价值性进行分析，证明该方案的可行性，能够满足铁路无人值守牵引变电所的运维需求口

关键词：牵引变电所；云网边端协同；无人值守；运行维护；辅助监控；边缘计算

引言

随着电气化铁路的快速建设，牵引变电所数量相应增加，所需值班人员的数量及工作强度与要求也随之提升。且牵引变电所位置相对分散，较为偏僻，易存在安全隐患。中国国家铁路集团有限公司（简称：国铁集团）于2020年7月发布的《新时代交通强国铁路先行规划纲要》（简称：规划纲要）中指出，安全关键及高危工种岗位探索应用自动化、机械化、智能化技术，在有人值守岗位推行无人值守、远程监控，降低劳动强度，减少劳动用工，防范安全风险。

同期，国铁集团先后下发多个文件

明确无人值守牵引变电所设计标准与工作模式，各铁路局集团公司也加大了对现有牵引变电所的无人化改造力度。构建标准、规范、安全、易维护的无人值守牵引变电所，对提高铁路现代化管理水平，推动铁路高质量发展具有重要意义。

当前，铁路无人值守牵引变电所利用辅助监控系统，可在线实时监测监控牵引变电所设备运行情况和整体环境，及时发现并控制异常情况。现有方案多已实现利用图像视频识别技术判断现场状态，并通过辅助监控系统与相关系统联动，来满足巡视和安全需求。由于设施设备众多且环境复杂多变，现有的无人值守牵引变电所的运行维护（简称：运维）效果还需进一步改善。如何消除日常管理盲区，提供更加智能化的运维方案，是亟待解决的问题。

云网边端协同作为当前先进的架构理念，已在越来越多的行业中落地，其可通过与先进信息化技术的深度融合，构建开放的立体感知、多域协同、判断和持续进化的智能系统。国家铁路局在《“十四五”铁路科技创新规划》中将云网边端协同作为前沿技术与铁路领域深度融合的内容之一进行推动。上述规划文件都为云网边端协同与铁路信息化建设的结合指明了方向。

无人值守牵引变电所现有问题分析

1.1 监控设备性能与运维效果不足

铁路无人值守牵引变电所部署的监控设备涉及室内、室外等多种功能、多种款型的设备，且部署数量大。当前在设备选择上，仍以传统的监控产品为主，在事前预警、事中处理、事后取证上还存在不足。例如，由于清晰度不足，变电所出现保护装置告警时，运维人员只能看到保护面板有指示灯点亮，不能确认所代表的具体含义；断路器分合闸指示灯发生变化时，无法通过进行确认。同时，大量部署的监控设备使得运维工作量和检测难度大，造成故障处理不及时，导致监控的效果未及预期。

1.2 图像智能分析算法的可用性不足

现有的智能识别算法还无法较好地解决对现场获取图像视频的误报、漏报情况，尤其是在雨、雪、雾、霾等恶劣天气下，仍需供电段调度人员通过辅助监控系统提供的“遥视”进行人工干预。牵引变电所需监控的设备设施较多，监控设备提供商往往仅针对单一设备单独开发智能分析算法，且对实际运行过程中产生的误报、漏报等价值样本没有较好的积累措施，未能形成惠及铁路牵引变电所需监控的全部设备的智能化分析能力。另外，各牵引变电所进行算法更新时往往需要单独操作，缺乏统一处理措施。上述情况导致辅助监控系统与其他系统间的联动机制虽已建立，但由于方案智能化能力不足，并未达到预期的效果。

1.3 网络通道带宽难以满足数据传输需求

辅助监控系统通过数据通信网并利用铁路传输系统向线路区间的牵引变电所延伸，相邻牵引变电所之间的牵引所亭均采用以太共享环网方式，通过传输网络接入临近车站或通信站，各站点接入带宽多为20Mbps，各车站、通信站、供电段、铁路局集团公司间信息交互利用承载6C业务的虚拟专用网(VPN, Virtual Private Network)信道，供电段和铁路局集团公司接入数据通信网的带宽多为100Mbps。数据传输通道上资源的不足已成为牵引变电所运维智能化提升的瓶颈之一，铁路专用通信网络也需支持更加丰富、灵活的终端接入方式。

1.4 采集数据缺乏价值挖掘

通过部署机、巡检机器人、传感器、动环测控装置等方式可在一定程度上获取大量的牵引变电所现场数据，但所采集的数据只用于业务处理，并未进行深入分析和价值挖掘。需进一步采用泛在感知、智能监测、增强现实、事故预测及物联网等技术，实现预测性运维、主动性安全防控和智能化经营管理。

2、云网边端协同架构应用

2.1 云网边端协同概述

随着计算、存储和网络技术的持续演进，面向客户和业务的个性化需求，需灵活地支持计算、存储和带宽等资源在各类终端形态、组网模式下，在云网边端的分布和智能协同。云网边端协同主要通过网络在云、边、端的分布和智能协同，实现计算和存

储等资源利用的效率和效益转化，平衡整体的性能和成本四。

2.2无人值守牵引变电所运维设计

2.2.1架构设计

基于云网边端协同的铁路无人值守牵引变电所运维方案整体架构，如图1所示。

端

在牵引变电所部署视频监控摄像机、巡检机器人、环境或设备的传感器、报警器等感知终端，采集牵引变电所的实时运行状态，形成全方位的智能终端感知体系，为整个方案提供数据来源。

图1基于云网边端协同架构的无人值守牵引变电所运维方案整体架构

边

通过部署在边缘计算服务器上的边缘节点管理程序及相应的边缘应用，增强云端交互，通过下沉云侧算力，大幅节省云侧资源和信息化建设成本，并通过缩短传输路径进一步提升计算速度和响应速率，为端侧感知数据提供实时分析和处理能力。

网

通过基于5G的下一代铁路移动通信（5G-R）、数据通信网、分组增强型光传送网（OTN,OpticalTransport Network）、吉比特无源光网络（GPON,Gigabit-CapablePON）及相应业务承载网等多种铁路专用通信网络为端、边、云提供广覆盖、高可靠、低时延的传输通道，加速数据流转。

云

云是整个方案架构的“大脑”和决策系统，是海量数据的汇聚点，不仅提供计算、存储、网络等基础设施资源，同时提供数据使能、应用使能和人工智能（AI,ArtificialIntelligence）使能等服务，构建集数据汇聚、智能分析、场景应用于一体的“数据+AI”的信息集成平台，让数据和AI能力持续积累，不断学习和改进，帮助铁路局集团公司及站段快速构建牵引变电所的数据资产，打破数据孤岛，实现数据汇集，并通过将AI引入业务系统，辅助牵引变电所的智能运维。

（5）智能应用

智能应用是整个方案的价值呈现，基于云所提供的基础使能能力，提升数据采集与监视控制（SCADA,SupervisoryControlAndDataAcquisition）系统、辅助监控、监控等无人值守牵引变电所所需业务系统的智能化程度，持续匹配智能化运维需求，实现牵引变电所运维提质、降本、增效。

2.2.2数据流向分析

云网边端协同实现数据、应用、算法、管理等方面的多维协同，提供分布式算力，匹配不同业务场景对算力、交互时延的需求。基于云网边端协同的无人值守牵引变电所数据流向，如图2所示。

部署在无人值守牵引变电所的摄像机、传感器等设备实时记录变电所设备设施及环境运行状态，部署在牵引变电所的边缘计算设备从端侧获取数据进行智能识别，并进行本地存储。识别后存在异常的结构化数据可利用铁路专用通信网络提交至一体化信息集成平台，由铁路局集团公司/供电段调度中心的供电调度进行响应和处理。其中，在运维过程中发现的漏报、误报数据可由AI训练开发平台进行模型训练并下

发至边缘智能平台，提升对现场数据处理的精度，可利用长期积累的运维大数据对设备运行过程中的异常进行判断，并提供智能化的处理措施。

图2基于云边协同的无人值守牵引变电所数据流向分析

3、场景实现分析

3.1前端智能提升环境适应性

无人值守牵引变电所涉及众多具体场景的监控需求，例如，监控需对牵引变压器油位刻度、户外高压断路器的分/合指示牌、隔离开关运行状态、户内高压开关柜分合指示牌、开关柜指示灯、避雷器动作计数器、气压表等各类仪表读数进行识别；巡检设备需判断被检设备外观是否完好，有无倾斜、破损、膨胀、变形、漏油、冒烟、起火等情况。

随着前端设备芯片计算能力的日趋提升，对监控的智能分析已前移，前端设备的图像处理能力、人工智能程度不断提升，推动了前端设备从“单维数据采集”到“多维数据感知”的转变。

(1) 前端分析可最大化利用摄像机智能算力效能，算力性价比相对纯后端模式提升30%~60%，减轻边缘节点的算力压力。

(2) 前端智能部署可对海量数据进行初步的智能化筛选，把价值数据提取后送到后端，进行判断和综合分析处理，有利于保障业务的实时性，提升系统的响应效率。

(3) 前端智能设备通过轻量化容器技术构建面向多算法的集成框架，让各算法运行，实现算法的快速加载与在线迭代，提供面向行业应用场景的智能能力选择，同时，前端智能算法还可根据现场环境变化实时调节机图像信号处理(ISP,SignalProcessing)参数，增强图像质量，适应牵引变电所复杂的工作环境。

视

频监

控的前端

智能在铁路领域已

得到逐步推广，例如，基于“雷视拟合”算法的周界入侵报警系统

通过端侧和边侧智能实现对轨旁数据的实时感知和分析，实现智能从中间向端侧和边侧的延伸。

3.2边云协同满足算法可用性

牵引变电所监测检测场景众多，无人值守的工作模式要求智能分析算法能够提供更加准确的识别能力，适应各类恶劣天气，满足“零漏报”和“低误报”的运维要求，避免因关键异常信息的漏报、误报导致现场安全事故的发生。

智能分析算法的应用需要海量样本的支持，在无人值守牵引变电所的运维过程中发现的漏报或误报数据，尤其是小概率数据样本，对提升算法能力至关重要，对铁路类似型号设施设备的应用场景也很有价值。部署在云侧的AI训练及边缘推理与开发平台通过对价值样本的训练持续提升既有算法的可用性，并通过该过程的持续迭代，形成统一的知识图谱，惠及铁路牵引变电所的无人值守运维场景，如图3所示。

3.3高速传输信道保障通畅性

基于云网边端协同的无人值守牵引变电所方案对云、边、端的数据传输均有实时、可靠、安全的传输要

求。因此通信网络不仅要提升带宽，也要更新通信网络技术。国铁集团已启动5G-R专网及相应承载网、数据通信网等相关技术规范的制定与更新工作。其中，5G-R专网将会成为铁路无线通信的发展方向，其广泛应用、大连接、多切片的网络特征，符合无人值守牵引变电所的站场覆盖需求，为云网边端协同连接提供更加安全、可靠、高速、畅通的传输信道。

图3边云协同满足算法可用性示意

3.4 “数据+AI”平台挖掘数据的价值性

云网边端的协同需构建“数据+AI”计算平台，统一提供高算力。国铁集团主数据已建成并投入使用，信息集成完成工程建设，铁路大数据和AI应用水平得到显著提高。

无人值守牵引变电所运维研究依托于部署在云侧的大数据和智能算法，通过对牵引变压器、断路器、开关柜、隔离开关、避雷器等供电设备的在线监测数据、离线检测数据及保护动作信息、断路器分合状态进行分析，提供对现场设备的健康评估，判断故障类型、位置、时间、原因等，并分析设备状态变化趋势，及时发现故障隐患，识别可能的故障类型及严重程度，综合判断故障发展变化趋势，及时进行预警，确保现场设备设施持使用状态，实现对运维研究的持续优化。

4、安科瑞AcrelCloud-1000变电所运维云平台

4.1概述

基于互联网+、大数据、移动通讯等技术开发的云端管理平台，满足用户或运维公司监测众多变电所回路运行状态和参数、室内环境温湿度、电缆及母线运行温度、现场设备或环境视频场景等需求，实现数据一个中心，集中存储、统一管理，方便使用，支持具有权限的用户通过电脑、手机、PAD等各类终端链接访问、接收报警，并完成有关设备日常和定期巡检和派单等管理工作。

4.2应用场所

适用于电信、金融、交通、能源、医用卫生、文体、教育科研、农林水利、商业服务、公用事业等行业变配电运行维护系统的新建、扩建和改建。

4.3系统结构

系统可分为四层：即感知层、传输层、应用层和展示层。

感知层：包含变电所安装的多功能仪表、温湿度监测装置、摄像头、开关量采集装置等。除摄像头外，其它设备通过RS485总线接入现场智能网关RS485端口。

传输层：包含现场智能网关和交换机等设备。智能网关主动采集现场设备层设备的数据，并可进行规约转换，数据存储，并通过交换机把数据上传至指定的服务器端口，网络故障时数据可存储在本地，待网络恢复时从中断的位置继续上传数据，保证服务器端数据不丢失。

应用层：包含应用服务器和数据库服务器，若变电所数量小于30个则应服务器和数据库服务器可以合一配置。服务器需要具备固定IP地址，以接收各智能网关主动传送过来的数据。

展示层：用户通过手机、平板、电脑等多终端的方式访问平台信息。

4.4系统功能

4.4.1用能月报

用能月报支持用户按总用电量、变电站名称、变电站编号等查询所管理站所的用电量，查询跨度可设置为月。

4.4.2站点监测

站点监测包括概况、运行状态、当日事件记录、当日逐时用电曲线、用电概况。

4.4.3变压器状态

变压器状态支持用户查询所有或某个站所的变压器功率、负荷率、等运行状态数据，支持按负荷率、功率等升、降序排名。

4.4.4运维

运维展示当前用户管理的有关变电所在地图上位置及总量信息。

4.4.5配电图

配电图展示被选中的变电所的配电信息，配电图显示各回路的开关状态、电流等运行状态及信息，支持电压、电流、功率等详细运行参数查询。

4.4.6视频监控

视频监控展示了当前实时画面（视频直播），选中某一个变配电站，即可查看该变配电站内视频信息。

4.4.7电力运行报表

电力运行报表显示选定站所选定设备各回路指定采集间隔运行参数和电能抄表的实时值及平均值行统计。

4.4.8报警信息

对平台所有报警信息进行分析。

4.4.9任务管理

任务管理页面可以发布巡检或消缺任务，查看巡检或消缺任务的状态和完成情况，可以点击查看任务查看具体的巡检信息。

4.4.10用户报告

用户报告页面主要用于对选定的变配电站自动汇总一个月的运行数据，对变压器负荷、配电回路用电量

、功率因数、报警事件等进行统计分析，并列在该周期内巡检时发现的各类缺失及处理情况。

4.4.11 APP监测

电力运维手机支持“监控系统”、“设备档案”、“待办事项”、“巡检记录”、“缺失记录”、“文档管理”和“用户报告”七大模块，支持一次图、需量、用电量、视频、曲线、温湿度、同比、环比、电能质量、各种事件报警查询，设备档案查询、待办事件处理、巡检记录查询、用户报告、文档管理等。

4.5 系统硬件配置

5、结语

基于云网边端协同的铁路无人值守牵引变电所运维研究可较好地满足无人值守牵引变电所的智能化运维要求，切实保障电气化铁路的安全稳定运行，具备可实施性。可以预见，云网边端协同架构可与包括铁路无人值守牵引变电所在内的更多需求相结合，实现从技术到数据、从数据到应用的多域协同，释放数据价值，赋能铁路及相关产业，推动在模式、业态、产品、服务等方面的联动创新，满足智能铁路建设要求。