

团 体 标 准

T/CCTAS XX—2025

城市轨道交通供电智能运维系统 通用技术规范

Technical specification for intelligent operation and maintenance system
of urban rail transit power supply

（征求意见稿）

（本草案完成时间：2024 年 10 月）

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX – XX – XX 发布

XXXX – XX – XX 实施

中国交通运输协会 发 布

目 次

前 言 III

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 缩略语 1

5 供电智能运维系统组成 3

 5.1 供电智能运维系统结构 3

 5.2 系统组网要求 4

6 系统功能要求 4

 6.1 运行监测 4

 6.2 设备维修 9

 6.3 故障应急 9

 6.4 决策分析 9

7 系统性能要求 11

8 系统硬件要求 11

9 系统软件要求 12

 9.1 操作系统要求 12

 9.2 数据库要求 12

 9.3 应用软件要求 12

10 系统数据采集要求 12

 10.1 数据采集要求及内容 12

 10.2 数据传输通道要求 13

 10.3 数据采集协议要求 13

 10.4 数据采集处理要求 13

 10.5 外部系统接口要求 13

11 系统安全要求 13

 11.1 通信安全要求 13

 11.2 安全等保测评要求 14

 11.3 信息安全要求 14

12 系统环境要求 14

- 12.1 硬件环境要求 14
- 12.2 软件环境要求 14
- 12.3 网络环境要求 15
- 12.4 环境条件要求 15
- 13 系统测试要求 15
 - 13.1 测试方法 15
 - 13.2 测试系统 15
 - 13.3 功能测试 15
 - 13.4 性能测试 15
 - 13.5 安全测试 15

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国交通运输协会交通工程设施分会提出。

本文件由中国交通运输协会标准化技术委员会归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

城市轨道交通供电智能运维系统通用技术规范

1 范围

本文件规定了城市轨道交通供电智能运维系统的系统组成、系统功能要求、系统性能要求、系统软硬件要求、系统数据采集要求、系统安全要求、系统环境要求、系统测试要求等内容。

本文件适用于新建、改扩建的城市轨道交通供电智能运维系统建设。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 15532-2008 计算机软件测试规范

GB/T 22239 信息安全技术网络安全等级保护基本要求

GB/T 22240 信息安全技术网络安全等级保护定级指南

GB/T 24338.5-2018 轨道交通 电磁兼容 第4部分：信号和通信设备的发射与抗扰性

GB/T 25070 信息安全技术网络安全等级保护安全设计技术要求

GB/T 36572 电力监控系统网络安全防护导则

GB/T 37973-2019 信息安全技术大数据安全管理指南

DL/T 1455 电力系统控制类软件安全性及其测评技术要求

TB/T 3498-2018 铁路通通信信号设备雷击试验方法

YD/T 1821-2018 通信局（站）机房环境条件要求与检测方案

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

供电智能运维系统 intelligent operation and maintenance system of power supply

一种利用现代信息技术，对供电系统进行运行监测、管理、预警与诊断的智能化系统。

3.2

设备状态评价 equipment status assessment

为对设备的指标和参数进行测试、分析，判断设备可靠性、稳定性而进行的评价。

3.4

边缘计算终端 edge computing terminal

在数据源头的网络边缘侧，通过融合网络、计算、存储、应用核心能力的平台，提供就近边缘智能服务的计算终端。

4 缩略语

下列缩略语适用于本文件：

BAS: 环境与设备监控系统 (Building Automation System)
BIM: 建筑信息模型 (Building Information Model)
EAM: 企业资产管理系统 (Enterprise Asset Management)
GIS: 气体绝缘金属封闭开关设备 (Gas Insulated Switchgear)
LOD: 多细节层次 (Levels of Detail)
PSCADA: 电力监控系统 (Power System Control and Data Acquisition)
SAN: 存储区域网络 (Storage Area Network)
SVG: 静止无功发生器 (Static Var Generator)
UPS: 不间断电源 (Uninterruptible Power Supply)

5 供电智能运维系统组成

5.1 供电智能运维系统结构

供电智能运维系统（以下简称系统）宜采用两级部署（线网平台层、线路处理层）、三级应用（线网平台层、线路处理层、站段采集层）的结构，系统总体架构如图 1 所示。

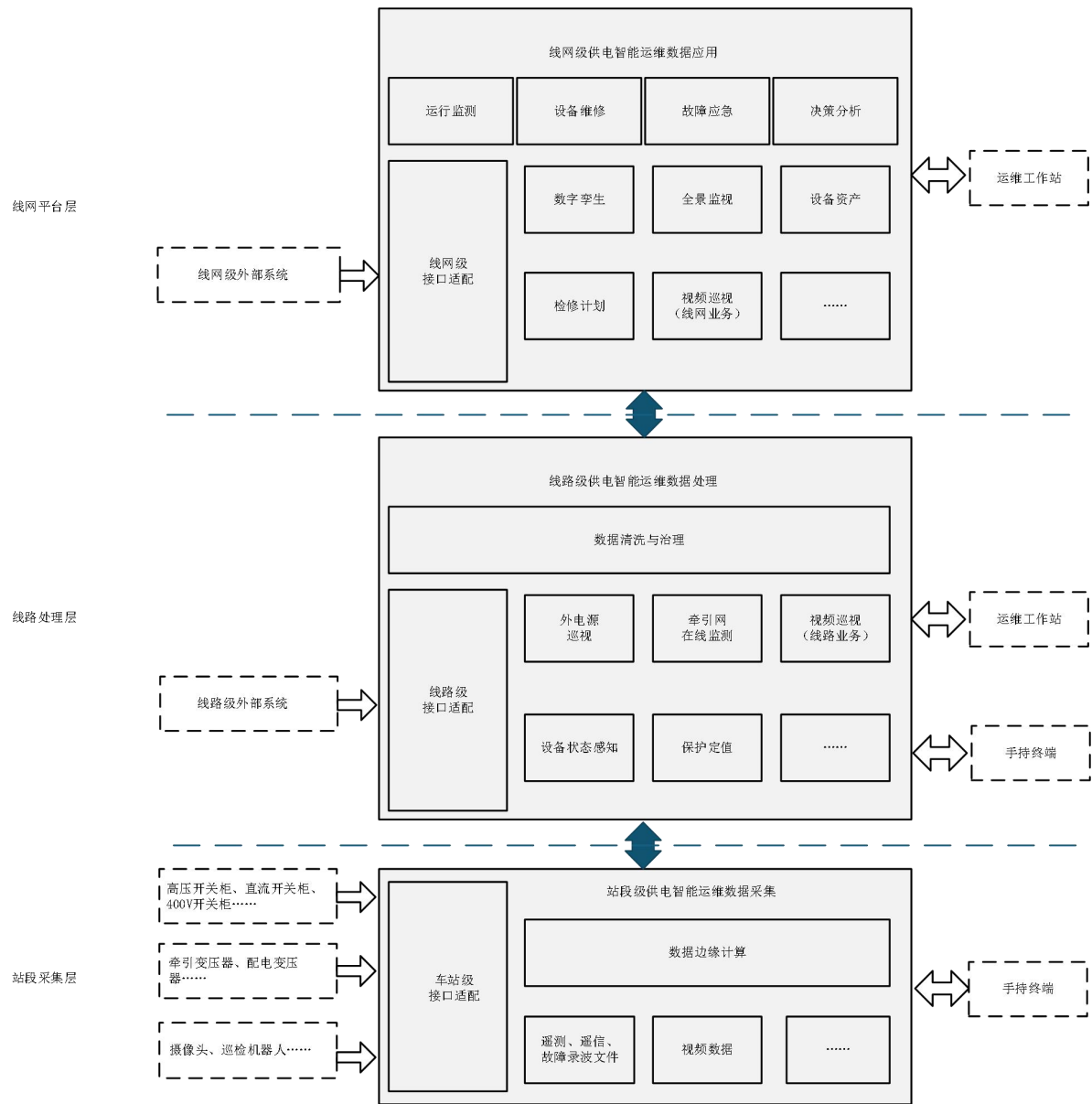


图 1 系统总体架构图

5.1.1 站段采集层

站段采集层用于完成对各车站、车辆段内供电设备遥信、遥测、故障录波文件、保护动作信息、保护整定值、变电所视频信息等数据的采集及边缘计算处理，并按照与线路处理层约定的通信规约上传上述数据。满足以下要求：

- a) 应根据变电所视频巡视业务需求,设置摄像机、巡检机器人等视频采集设备、硬盘录像机等视频存储设备;
- b) 应配置网络通信设备、UPS 电源等,若车站设置集中 UPS 可合用。

5.1.2 线路处理层

线路处理层用于对站段采集层上送的数据进行清洗、治理、转发处理,按照与线网平台层约定的通信规约上传上述数据,实现线路级系统业务功能并与线路级外部系统实现数据交互。满足以下要求:

- a) 应对视频巡视数据进行接收、处理,并将分析结果上传至线网平台层;
- b) 宜实现线路供配电设备状态感知,车站、车辆段视频巡视等线路级系统功能;
- c) 宜配置应用服务器、接口服务器、图像处理服务器、视频服务器、流媒体服务器、存储设备、运维工作站、网络通信设备、网络安全设备、UPS 电源等;
- d) 应用服务器宜采用冗余配置;
- e) 服务器、存储设备可由云平台纳管;
- f) 宜在工区、车间、维修中心、控制中心等处配置运维工作站、移动终端等设备。运维工作站用于访问系统,移动终端用于实现移动巡检等功能。

5.1.3 线网平台层

线网平台层用于集成各线路处理层上传的数据,实现线网级系统业务功能并与线网级外部系统实现数据交互。满足以下要求:

- a) 宜部署在生产网云平台上;
- b) 具备云平台纳管条件的,应配置服务器设备、存储设备、维护工作站、网络通信设备、网络安全设备、UPS 电源等,其中服务器宜包含数据库服务、数字孪生服务、应用服务、运行监测服务、网络与资源管理服务、Web 服务、接口服务、时钟服务、防病毒服务等;
- c) 不具备云平台纳管条件的,相应服务器宜由物理服务器及裸金属服务器代替;
- d) 数据库服务和应用服务应采用冗余配置。

5.2 系统组网要求

系统组网满足以下要求:

- a) 应具备接入云平台的条件;
- b) 系统各功能应根据实际需要分别接入生产网和/或管理网。其中,运行监测、设备维修、故障应急、决策分析等功能模块宜纳入生产网,移动巡检功能宜纳入管理网;
- c) 同时接入生产网和管理网时,应增加网络安全措施。

6 系统功能要求

6.1 运行监测

运行监测模块宜包含全景监视、视频巡视、设备状态感知等功能模块。

6.1.1 全景监视

6.1.1.1 综合展示

6.1.1.1.1 系统宜基于数据驱动和孪生互动过程搭建数字孪生,将供电设备遥信、遥测等数据信息与设备三维模型相互融合抽象为数字实体,并在三维场景下展示数字实体,实现设备状态实时展示,包括以下内容:

- d) 数据驱动:包括数据采集、分析以及基于数据的决策和执行,并在迭代优化中形成设备知识库;虚实结合:设备实体和数字实体之间通过人工智能、物联网等技术手段实现双向映射、动态交互与实时连接,提供可视化漫游、仿真、状态预测等服务应用;

- e) 动态迭代：数字实体实时接收设备实体的数据以实现迭代优化；设备实体实时接收数字实体的反馈以实现辅助决策。

6.1.1.1.2 数字实体颗粒度应达到建设期 LOD400、运营期 LOD500 的精度标准，包括以下内容：

- a) 数字实体准确反映设备实体的几何尺寸、空间位置、装配关系等几何特征；
- b) 数字实体准确反映设备实体的运行规律，包括运检修规程、流程、策略方法等规则；电力监控数据测点与设备三维模型构件宜按实际需求进行映射，测点宜覆盖运检修规程全部巡检点。

6.1.1.1.3 设备实体与数字实体之间应在数据获取、数据传输、数据预处理、信息建模、模型更新、业务响应等方面保持实时性，包括以下内容：

- a) 在规定时间内对多源异构数据进行定频或变频获取；
- b) 在满足同步或异步要求的前提下，不定时进行数字实体 BIM 模型更新。

6.1.1.1.4 系统应在地图上分线网、线路等层级进行综合展示，展示内容宜包含线路走向、各线路变电所位置、各线路外电源线路走向、各线路开闭所及主变电所对应上级变电站位置信息。

6.1.1.1.5 系统应显示各线路供电系统系统图，包括以下内容：

- a) 带电设备、停电设备以及接地设备拓扑着色显示；
- a) 开关分合状态显示；
- b) 接触轨、电缆带电机情况着色显示；
- c) 各线路供电系统潮流功率及负载，主变电所、开闭所进线稳态、暂态、瞬态电能质量分析等。

6.1.1.1.6 系统应具备各线路的各类信息综合展示功能，包括以下内容：

- a) 各线路主所或开闭所进线功率因数、进线电压电流；
- b) 各线路负荷曲线；
- c) 各线路用电量统计；
- d) 各线路故障统计；
- e) 各线路设备状态统计；
- f) 各线路重要告警信息等。

6.1.1.2 变电所数据展示

6.1.1.2.1 系统应综合展示各变电所信息，包括以下内容：

- a) 进线电压、电流信息显示；
- b) 牵引变压器、配电变压器负荷曲线显示；
- c) 牵引、动力照明用电量统计显示；
- d) 电能质量统计显示；
- e) 再生制动能量吸收装置节电量统计；
- f) 故障统计显示；
- g) 告警列表显示等。

6.1.1.2.2 系统应采用图形化形式展示各变电所的平面布局图、一次接线图、网络拓扑图等信息。

6.1.1.2.3 系统应采用趋势曲线和数据表等方式展示变电所供电设备遥测和遥信等数据，依据采集值对应的告警策略进行告警。

6.1.1.2.4 变电所供电设备指标分析数据宜通过绑定指标类型的遥测点和关联遥信点来统计越限报警次数，支持重点设备排序。

6.1.1.3 设备全生命周期数据展示

系统应对主要供配电设备全寿命周期信息进行展示，包括：设备台账、实时运行信息、运维统计信

息、告警信息、故障信息、维修作业信息、视频信息等。系统应支持对录波装置生成的录波文件进行在线解析、展示、文件下载。

6.1.2 视频巡视

视频巡视应对变电所内设备运行环境进行监测识别，可在摄像机视野范围内识别柜门闭合状态、人员倒地、未佩戴安全帽、渗漏水等，发现异常情况应能自动抓拍并推送报警；

视频巡视应根据供电设备运维场景，对摄像机采集的可见光图像进行分析，实现开关刀闸位置、指针类仪表、数字类仪表、指示灯、把手、压板等设备状态识别。

6.1.3 设备状态感知

设备状态感知应利用变电所设备遥信、遥测、故障录波等数据，以动态数据、告警信息、趋势曲线等形式进行展示，对供电设备运行工况进行监视，实现设备状态感知和异常告警。系统应参照表 1 设备分类，结合各地区业务需求合理选择监测范围，监测范围如表 1 所示。

表 1 监测范围一览表

序号	设备分类	应选	宜选
1	110kV 主变压器	√	
2	牵引变压器和配电变压器	√	
3	高压开关柜	√	
4	直流开关柜和钢轨电位限制装置	√	
5	400V 开关柜	√	
6	外电源电缆		√
7	直流电源系统		√
8	整流器	√	
9	再生制动能量吸收装置		√
10	SVG 装置		√
11	可视化接地系统		√
12	杂散电流防护设备		√
13	电能质量		√
14	故障录波		√
15	光伏发电设备		√
16	牵引网在线监测		√

6.1.3.1 110kV 主变压器监测

6.1.3.1.1 系统应监测变压器油中溶解气体的组分含量，包括氢气、乙炔、甲烷、乙烷、乙烯等气体含量。

6.1.3.1.2 系统应监测变压器各相绕组温度，温度越限时发出超温报警信号。

6.1.3.1.3 系统宜监测变压器铁芯、夹件接地电流，监测局部放电能量、放电相位、放电次数，数据异常时报警。

6.1.3.3.4 系统宜设置拾音器，采集变压器在运行过程中的声音信息。

6.1.3.2 牵引变压器和配电变压器监测

6.1.3.2.1 系统宜监测变压器内部局部放电量，识别绝缘异常故障，对异常状态进行告警。

6.1.3.2.2 系统应监测变压器绕组和铁芯温度，温度越限时发出超温报警信号。

6.1.3.2.3 系统宜设置拾音器，采集变压器在运行过程中的声音信息。

6.1.3.3 高压开关柜监测

6.1.3.3.1 系统应监测高压开关柜气室内气体实时压力、气体密度、微水含量、温度。

6.1.3.3.2 系统应监测高压开关柜断路器分闸线圈、合闸线圈、储能电机等二次回路的电流波形及运行时间，实现操作机构机械特性的故障诊断。

6.1.3.3.3 系统应监测三工位电机及储能电机的电压、电流、工作时间。

6.1.3.3.4 系统应监测断路器的三相负载电流和三相开断电流。

6.1.3.3.5 系统应监测避雷器的动作次数和泄露电流。

6.1.3.3.6 系统宜监测气体绝缘封闭金属开关柜内局部放电能量、放电相位、放电次数，局放越限时报警。

6.1.3.2.7 系统宜监测避雷器阻性电流、容性电流。

6.1.3.4 直流开关柜和钢轨电位监测装置

6.1.3.4.1 系统应监测直流开关柜直流馈线电压、直流断路器触头温度、断路器部件振动、分闸线圈电流、合闸线圈电流及分合闸时间等。

6.1.3.4.2 系统应监测钢轨的电压、电流、峰值电压、峰值电流。

6.1.3.5 400V 开关柜监测

6.1.3.5.1 系统应监测 400V 各回路的断路器位置状态、开关分合次数、跳闸次数、短路分断电流。

6.1.3.5.2 系统宜监测柜内关键点及断路器触头的温度。

6.1.3.5.3 系统宜监测各馈线回路剩余电流和电缆头温度。

6.1.3.6 外电源电缆监测

系统应监测线路电力电缆接地环流、运行负荷电流曲线。

6.1.3.7 直流电源系统监测

6.1.3.7.1 系统应监测直流系统母线电压电流、电源组件输出电压电流、直流母线对地电压和电阻、各种异常和故障报警、自诊断报警以及主要断路器、开关位置状态等数据。

6.1.3.7.2 系统应监测蓄电池单体电压、单体电流、单体内阻、温度等数据。

6.1.3.8 整流器监测

6.1.3.8.1 系统应监测各二极管的温度数据。

6.1.3.8.2 系统宜监测各压敏电阻和快速熔断器的正常/故障状态、湿度控制器及加热器状态数据。

6.1.3.9 再生制动能量吸收装置监测

系统应监测交直流侧电压、电流、启动阈值、保护整定值、故障录波等数据。

6.1.3.10 SVG 装置监测

6.1.3.10.1 系统应监测母线电压、输出容量、IGBT 工作状态、温度模拟量信号、超温报警、超高温跳闸等数据。

6.1.3.10.2 SVG 装置采用水冷散热时，应监测冷却水总流量、主泵出口压力、阀组进口温度、阀组出口温度、冷却水电导率、外循环水流量、主循环泵状态、补水泵状态。

6.1.3.11 可视化接地系统监测

6.1.3.11.1 系统应监测检压传感器工作状态。

6.1.3.11.2 系统宜监测接地开关操作机构工作状态。

6.1.3.12 杂散电流防护设备监测

6.1.3.12.1 系统应监测各支路工作电流、二极管状态、熔断器状态。

6.1.3.12.2 系统应监测各监测点极化电位、钢轨绝缘节两端电压数据。

6.1.3.13 电能质量监测

6.1.3.13.1 系统宜监测主变电所及开闭所进线的电压越限告警、电压瞬变、电压暂升、电压暂降、电压中断、事件记录、波形记录。等数据

6.1.3.13.2 系统宜监测电压偏差、频率偏差、三相电压/电流不平衡度、三相电压/电流量序分量、谐波分量、闪变、电压波动、快速电压变动事件捕捉等数据。

6.1.3.14 故障录波监测

系统宜监测终端设备全波/基波数据、电能、需量、开关量、谐波、电压偏差、频率偏差、序分量、电压/电流不平衡度、闪变、电压波动等数据。

6.1.3.15 光伏发电设备监测

6.1.3.15.1 系统应监测光伏逆变器电压、电流、频率、功率、功率因数、发电量、运行状态。

6.1.3.15.2 系统应监测防逆流装置和防孤岛装置运行状态。

6.1.3.16 牵引网在线监测

6.1.3.16.1 系统应监测接触轨导高拉出值、接触力和硬点、燃弧告警等数据。

6.1.3.16.2 系统应监测接触网几何参数、弓网燃弧参数、弓网接触区域温度、接触线磨耗、弓网动态接触力、弓网硬点等数据。

6.1.3.16.3 系统应实现接触网悬挂零部件实时监控、弓网运行过程实时监控、受电弓结构异常监测及自动预警。

6.1.4 外电源管理

6.1.4.1 系统应对外电源巡视数据进行可视化统计分析，宜包含巡视任务查看统计，异常信息查看统计，巡视点位信息查看等功能。

6.1.4.2 系统应包括电缆线路展示、人员定点打卡记录、巡视异常记录、人员巡视轨迹记录、巡视结果

展示等功能。

6.1.4.3. 系统应支持通过移动终端查看地理图上的外电源电缆铺设路径及电缆头位置，运维人员通过对电力电缆井、电力管廊等巡视，确定是否存在异常，系统应支持通过移动终端对异常区域进行拍照并上传。

6.1.5. 变电所环境监测

系统宜监测 GIS 开关柜室 SF6 气体浓度，电缆夹层积水液位，变电所各房间温度、湿度等数据。

6.2 设备维修

6.2.1 设备维修管理应包括设备管理功能与运维管理功能。设备管理应包括设备台账管理等功能；运维管理宜包括资料和业务流程管理、工器具管理、检修计划管理等功能。

6.2.2 设备台账应包括设备基本信息、技术参数信息、备品备件信息等。设备台账中应记录设备类别、设备名称、规格型号、设备编号、使用日期、所属站点、安放位置、使用状态、生产厂家、软件升级记录、设备定值单、各元器件更换记录等信息。

6.2.3 台账管理应提供设备台账信息的录入、删除、更新、查询和统计功能。支持人工录入或批量导入。

6.2.4 资料和业务流程管理宜支持对设备相关资料文件进行存档。系统应具备技术资料管理功能，支持分类分级管理和在线查看。文档资料应与系统中的供电设备、线路、车站等模型对象相关联。

6.2.5 工器具管理包括工器具台账信息管理，系统宜支持定时提示运营人员进行相关工器具、仪器仪表的检验、检测工作。

6.2.6 检修计划管理包括检修计划执行情况统计分析及维修工单管理。

6.2.7 系统应具备外部接口，实现维修信息、故障信息的数据同步。

6.3 故障应急

6.3.1 系统应支持故障信息的分类、分级管理，并能关联基础数据信息。

6.3.2 系统应支持应急预案的管理，根据故障设备、故障类型，推送事先预制的应急方案，在应急处置时能够进行调阅或推送。

6.3.3 系统应支持根据故障信息查找相关关联信息，包含但不限于图像、视频、参数信息、历史维修信息、历史故障、历史处置措施等。

6.3.4 系统应具备应急物资展示功能。对线网、各线路、各站点、各类物资储备量、存放位置、物资状态进行展示，同时在物资储备到达最低保有量时，及时提醒预警。

6.3.5 系统应建立供电专业的知识图谱，将检修规程、历史故障案例等内容转化为知识库。

6.3.6 系统应具备外部接口，实现故障信息、应急物资信息的数据同步。

6.4 决策分析

6.4.1 智能诊断

系统应对变压器、高低压开关柜、直流设备、无功补偿装置、再生制动能量吸收装置、光伏等主要供配电设备配置智能诊断功能，包括以下内容：

- a) 故障诊断；
- b) 运行异常预警；
- c) 设备状态评价。

6.4.1.1 故障诊断

故障诊断功能应基于变电所设备在线监测数据及历史故障数据，构建各类设备的故障诊断模型，实现各设备的故障诊断分析评估及预警提示功能，并根据诊断结果提出维修建议。

6.4.1.2 运行异常预警

设备运行异常预警功能应包括对三相电压不平衡、三相电流不平衡、变压器温度、功率因数、SVG 无功补偿容量等方面的异常预警，包括以下内容：

- a) 三相电压不平衡预警包括高压开关柜、配电变压器、牵引变压器、400V 开关柜三相电压不平衡；
- b) 三相电流不平衡预警包括高压开关柜、配电变压器、牵引变压器、400V 开关柜三相电流不平衡；
- c) 变压器温度预警包括绕组超温、铁芯超温、温度预测等功能；
- d) 功率因数预警包括实时功率因数、累计功率因数预警；
- e) SVG 无功补偿容量预警包括主所 SVG、开闭所 SVG 无功补偿容量预警。

6.4.1.3 设备状态评价

系统宜建立供电系统主要设备的状态评价模型，按站所、设备类型、设备厂家等维度统计故障发生频次。宜结合设备状态评价结果及相关备品备件情况、检修超期情况、重大缺陷整改情况等信息对设备进行综合评价。

6.4.2 智能决策

系统应对变压器、高低压开关柜、直流设备、无功补偿装置、再生制动能量吸收装置、光伏等主要供配电设备配置智能决策功能，包括：运行分析决策、设备检修决策、故障处置决策等。

6.4.2.1 运行分析决策

6.4.2.1.1 系统宜构建供电系统知识图谱。

6.4.2.1.2 系统应支持针对各项指标，组合多个维度查询统计结果。

6.4.2.1.3 系统宜选取指标历史统计数据以及其他测点历史数据进行相关性分析，给出相关性结论。

6.4.2.2 设备检修决策

6.4.2.2.1 系统应通过对设备运行参数、设备维修获取的技术参数、各类零部件寿命，并结合数据变化规律，给出设备检修计划。

6.4.2.2.2 系统应建立数据模型，针对设备历次检修数据，结合设备在线监测数据、运行状态数据、设备寿命预测数据给出检修方案，指导运维人员对设备进行检修。

6.4.2.3 故障处置决策

系统应在故障发生后，以画面推送、语音提示等方式，推送相关故障信息，包括以下内容：

- a) 设备运行情况：设备故障后的相关遥信、遥测、在线监测等数据；
- b) 保护动作信息：根据保护动作元件的情况，展示详细信息，如动作元件名称、动作时间、动作电流、动作电压、故障相位、故障测距等；
- c) 故障录波信息：展示故障时相关保护装置的录波文件；
- d) 视频信息：宜将摄像头定位到故障设备并展示画面；
- e) 应急预案推事先制定的应急预案；
- f) 辅助信息：根据故障设备类型、故障类型，推送故障设备的备品备件、所需运维工器具信息。

6.4.2.4 决策分析应用

6.4.2.4.1 系统应针对故障信息、告警信息设置闭环处置流程。

6.4.2.4.2 故障告警闭环处置流程应根据运营人员权限配置审批复核流程。

6.4.2.4.3 系统应支持根据故障现象、综合告警信息进行分析，进而定位故障设备，匹配相关的处理流程，并结合知识图谱等辅助信息，推荐合理的故障处置方案。

6.4.3 保护定值

6.4.3.1 保护定值在线校核

系统应实现保护定值的在线校核功能。通过召唤高压开关柜、直流开关柜等设备定值，并与定值单进行核对，实时判别系统中保护配置不合理、保护误动隐患、整定错误等问题并给出报警信息。

6.4.3.2 保护动作仿真

系统应实现保护动作仿真功能。以电网模型为基础，建立系统拓扑结构，生成逻辑展示图。输入故障模拟数据，根据保护定值及保护动作逻辑判别故障影响范围，进行保护动作以及开关跳闸逻辑的仿真，并进行图形化展示。

6.4.3.3 定值单管理

系统应实现定值单管理功能，对定值单的编制、审核、执行、归档进行过程管理。

7 系统性能要求

7.1 变电所内设备状态变化实时数据到系统工作站屏幕上变化响应时间应不大于 3s。

7.2 系统线路处理层宜支持不少于单站 20000 数据测点信息接入。

7.3 遥信正确率不应低于 99.9%。

7.4 冗余服务器或虚拟机切换时间应不大于 2s。

7.5 三维可视化数据调用时间应不大于 5s。

7.6 系统故障恢复时间应不大于 60min。

7.7 系统可用性指标应大于 99.5%。

7.8 服务器中央处理器总使用率应不大于 70%。

7.9 系统最大并发数应不小于 100。

7.10 系统应兼容不少于两种主流网页浏览器。

7.11 系统主要设备平均无故障工作时间不应低于 20000h。

8 系统硬件要求

8.1 系统硬件应满足分布式部署要求，可按需调整平台配置，支持横向扩展，具有可靠的安全防护能力等要求。

8.2 交换机应支持主流网络接口和协议标准，支持冗余设计，确保系统的连续性和可用性。系统内交换机应选用工业级交换机。

8.3 运维工作站客户端应支持同时打开 10 个以上的业务处理界面。

8.4 存储设备配置包括以下要求：

- a) 磁盘阵列宜按 SAN 方式配置，可根据需要配置支持 SAN 的统一存储设备；
- b) 磁盘阵列应配置冗余控制器，控制器及后端磁盘应支持在线扩充。

8.5 存储设备容量包括以下要求：

- a) 系统告警数据、诊断数据、分析结果等关键数据应存储不少于 1 年；
- b) 视频数据在站段采集层应存储不少于 30 天；
- c) 系统操作记录应存储不少于 1 年。

8.6 系统硬件选型应考虑城市轨道交通使用环境的特殊性，包括防尘、防腐蚀、防潮、防盐雾、防霉、防振、抗电磁干扰和静电等能力。

9 系统软件要求

9.1 操作系统要求

操作系统应采用具有开放性、高可靠性和安全、通用、成熟的产品，宜采用 64 位操作系统。

9.2 数据库要求

9.2.1 系统应允许不同程序对数据库内的同一数据集进行并发访问，保证在并发方式下数据库的完整性和一致性。

9.2.2 数据库应满足数据规模的不断扩充及应用程序的修改。

9.2.3 系统数据库管理应能保证对数据库访问的实时性、灵活性和数据的一致性，以及数据库的可维护性和可恢复性。

9.2.4 配置数据的生成采用人机交互方式，以允许在增加删除系统的数据点时无需修改现存软件。

9.2.5 系统能完成历史数据的导入导出及备份工作。

9.3 应用软件要求

9.3.1 系统平台应支持微服务和分布式混合架构，在系统扩展时应能够根据需要随时添加服务器/工作站。逻辑上可实现系统容量的无限扩展，可支持站点和智能设备扩展。

9.3.2 系统宜具备代码重用性，该代码重用应通过面向对象设计方式实现。

9.3.3 系统应确保所采用的不同的应用软件之间或应用软件与操作系统之间不会有任何冲突。

9.3.4 历史数据存储宜选用专用的支持高速数据采集和海量数据存储、支持关系型数据查询的实时及历史数据库，或者采用中间件技术将系统的实时数据存储到数据库当中。

9.3.5 系统应采用符合国家相关标准的系统软件平台，提供开放的软件开发和使用环境。

9.3.6 防毒杀毒软件应选用经过国家认证的通用产品，能够保护服务器、工作站、网络设备等免受病毒和其它恶意软件的侵扰。

10 系统数据采集要求

10.1 数据采集要求及内容

10.1.1 系统数据采集要求

10.1.1.1 数据集成应采用纵向直接采集本系统数据、横向交互外部系统的设计模式，结合业务功能进行数据集成设计。

10.1.1.2 线网平台层应与下级各条线路对应的线路处理层采用统一的互联标准，满足相关接入数据标准统一的要求。线网平台层宜与线路处理层宜采用高扩展、低耦合、支持异步处理的消息中间件，由线网平台层制定线路处理层接入线网消息格式内容。

10.1.1.3 站段采集层应实现传感器、供配电设备等设备端与边缘计算终端之间的数据交互；未配置边缘计算终端的，宜采用直接采集设备端数据的方式；不具备直接采集条件的，可采用由其他系统进行数

据转发的方式进行数据采集。

10.1.2 数据采集内容

系统应采集主要供配电设备的遥测、遥信、故障录波等数据，数据应采、宜采相关内容参见 6.1.3 章节。

10.2 数据传输通道要求

10.2.1 被采集数据设备端与边缘计算终端之间宜采用冗余网络通道进行通信。

10.2.2 线路处理层与各车站、车辆段之间宜采用冗余通信通道进行通信。

10.3 数据采集协议要求

10.3.1 站段采集层设备端数据采集应采用 DL/T860、MODBUS、FTP 等电力行业通用规约协议，并支持协议定制开发。

10.3.2 线路处理层上传的数据格式应满足线网平台层的要求，按照线网平台层设备管理的统一设备编号作为唯一识别码，线网级平台宜对接收的信号格式进行调整,以达到供电智能运维应用所有信号具有统一的格式的目的。信号格式宜由以下字段组成：时间、系统、报警组、事件详情、信号状态、信号来源等。

10.4 数据采集处理要求

10.4.1 系统应能检测并处理供电设备遥信、遥测、保护动作信息、保护整定值等数据中的缺失值。

10.4.2 系统应能检测和处理异常值，并采取剔除、转换等措施。

10.4.3 系统应能检测并删除可能存在的重复记录，确保每条数据记录都是唯一的。

10.4.4 系统应能检查供电设备遥信、遥测、保护动作信息、保护整定值等数据的数据类型，确保它们符合预期的数据类型。

10.4.5 系统应能定义合理的供电设备遥信、遥测、保护动作信息、保护整定值等数据范围，并检查数据是否在这个范围内。

10.5 外部系统接口要求

10.5.1 系统支持根据业务需要与其他外部系统通过数据接口进行数据交互，接口内容包括：

- a) 系统应与企业资产管理系统（EAM）进行数据交互，同步设备基本信息、设备位置信息、人员信息、组织机构信息等；
- b) 系统应与电力监控系统（PSCADA）进行数据交互，获取供电设备遥信、遥测、遥脉、故障录波、告警信息等；
- c) 系统应与环境与设备监控系统（BAS）进行数据交互，获取变电所环境温度、湿度信息；
- d) 系统应与施工调度系统进行数据交互，同步检修计划、生产作业计划流程、应急设备信息、维修工器具台账、维修工班组织机构及人员信息等。

10.5.2 系统间信息交互应采用 MQTT、HTTPS 等行业内广泛接受的标准通信协议。数据交换格式应采用 XML、JSON 等标准化通用数据格式。接口应具备足够的安全措施，包括数据加密、身份验证和访问控制等。

11 系统安全要求

11.1 通信安全要求

11.1.1 系统网络部署应符合现行标准 GB/T 36572 的有关规定，采用“安全分区、网络专用、横向隔离、

纵向认证”的基本防护策略。

11.1.2 系统软件不应存在恶意代码及内存泄漏等重要代码缺陷；身份鉴别、访问控制、安全审计、数据完整性、数据保密性、软件容错、信息探测等安全要求应符合现行规范 DL/T 1455 的有关规定；会话管理、安全漏洞等应符合现行标准 GB/T 37973。

11.1.3 系统线网平台层、线路处理层与外部系统进行交互时，应充分考虑系统间信息交互安全防护要求，安全防护应符合现行标准 GB/T 22239、GB/T 25070 等规定。

11.2 安全等保测评要求

系统网络安全应不低于信息安全等保二级标准要求，相关内容应符合现行国标 GB/T 22240 的规定。

11.3 信息安全要求

11.3.1 系统数据库应具备数据备份、灾难恢复、系统错误恢复、人为操作错误恢复等功能。

11.3.2 系统数据库应具备用户标识与鉴权、存取控制、视图机制、审计、数据加密等安全控制机制。

11.3.3 系统应实施严格的身份验证机制，确保用户身份的真实性；使用多因素认证增强安全性；定期更新和维护用户账户信息，包括密码策略和账户锁定机制。

11.3.4 系统应实施最小权限原则，即用户只能访问执行其工作职责所必需的系统和数据。采用角色基础的访问控制，根据用户角色分配权限。定期审查和调整用户权限，确保权限分配的合理性和安全性。

11.3.5 系统应记录所有访问活动，包括成功的和失败的登录尝试；应实施实时监控和告警机制，及时发现和异常访问行为；应定期进行审计，检查访问控制措施的有效性。

11.3.6 系统宜对系统中的数据进行分类，识别敏感数据和关键业务数据，根据数据敏感性评估结果，确定需要加密的数据类型和级别。

11.3.7 系统应在数据传输过程中使用安全的通信协议，确保所有通过网络传输的数据都经过加密，防止数据在传输过程中被截取或篡改。

12 系统环境要求

12.1 硬件环境要求

12.1.1 系统设备电磁兼容应满足 GB/T 24338.5-2018 中 B 类性能判据的要求。

12.1.2 系统设备防雷应满足 TB/T 3498-2018 中 B 类性能判据的要求。

12.1.3 系统地线应利用机房内的综合接地装置。

12.1.4 系统供电电源应与维护设备电源可靠隔离。

12.1.5 系统应采用不间断电源供电，蓄电池后备时间不应小于 1 小时。电源应满足如下要求：

- a) 交流电源电压为单相 220V，电压允许偏差-20%~+15%；
- b) 交流电源频率为 50Hz，允许偏差±5%；
- c) 交流电源波形为正弦波，谐波含有率小于 5%。

12.2 软件环境要求

12.2.1 应为系统正常运行提供标准化的运行和维护环境；包括操作系统、数据库管理系统、服务器软件系统、版本控制系统、监控系统等。

12.2.2 应选用稳定、安全且支持广泛的操作系统，确保系统运行的基础环境可靠。

12.2.3 应采用高性能、高可用的数据库管理系统，以支持大量数据的存储、查询和管理。

12.2.4 应采用支持多种编程语言和操作系统并具有高性能、稳定性强、扩展性好等特点的服务器。

12.2.5 应使用版本控制系统，以管理代码版本和协作开发。

12.2.6 应部署监控系统，以实时监控系统状态和记录运行日志。

12.3 网络环境要求

12.3.1 系统数据网络通道应参照下列参数要求进行规划：

- a) 线网平台层、线路处理层之间网络通道带宽不应小于 1000Mbps；
- b) 各车站、车辆段供电设备宜接入交换机进行汇聚组网, 线路处理层与该交换机之间的网络通道带宽不应小于 100Mbps；
- c) 各车站、车辆段视频采集设备宜接入交换机进行汇聚组网, 线路处理层与该交换机之间的网络通道带宽不应小于 100Mbps。

12.3.2 在有限的带宽情况下，为了保证数据的传输，系统宜支持带宽自动检测、控制功能，保证网络畅通。

12.4 环境条件要求

系统服务器场地环境应满足 YD/T 1821-2018 中 5 的要求。

13 系统测试要求

13.1 测试方法

应按照 GB/T 15532-2008 对系统软件及第三方中间件进行测试，验证系统功能、系统性能、系统安全是否满足要求。

13.2 测试系统

根据第 5 章规定的系统组成，按照以下要求建立测试系统：

- a) 应配置必备的服务器资源，满足系统总体结构层次和功能配置要求；
- b) 对实际工程需要接入的远程设备，可采用计算机软件模拟远程设备；
- c) 对实际工程需要与互联系统通信的，可采用计算机软件模拟互联系统接入测试系统；
- d) 应结合实际工程系统和测试系统需要考虑，配置必要的网络设备建立合适的通信网络。

13.3 功能测试

应按照第六章系统功能要求对运行监测、设备维修、故障应急、决策分析各功能模块等是否满足既定要求进行测试，不包括仅在现场才有效的测试条目。

13.4 性能测试

应按照第 7 章规定的性能要求逐项进行测试，不包括仅在现场才有效的测试条目。

13.5 安全测试

系统安全测试的内容应包括：

- a) 用户身份信息测试：验证系统是否满足登录用户密码输错次数限制；验证系统登录用户是否满足多重安全校验并且不可被绕过；验证系统是否满足用户删除后，应用系统、数据库、磁盘信息、内存中该人员信息同步删除；
- b) 服务对象身份验证：验证系统是否满足服务调用请求数据包中包含身份校验内容；验证系统是否满足禁止使用非法身份调用服务；验证系统是否满足禁止向用户开放服务管理界面；

- c) 服务权限控制：验证系统是否满足内部接口、外部接口调用对接口数据的准确性进行校验；验证系统是否满足服务调用具备权限控制机制；
 - d) 数据处理安全性：验证系统是否满足服务调用时，应用系统能拦截带有恶意脚本输入参数；验证系统是否满足业务功能模块；业务数据处理能防止篡改数据；
 - e) 进程生命周期管理：验证系统是否满足启动应用系统后，为其分配合理的进程；验证系统是否满足结束进程后，删除进程，并回收进程资源；
 - f) 通信数据安全：验证系统是否满足防止通信数据越权访问、错误的业务操作请求等安全防护要求；系统通信防止明文传输、篡改、重放、越权等安全校验；
 - g) 通信通道安全：验证系统是否满足拒绝与未授权通信通道进行通信；
 - h) 文件存储安全：验证系统是否满足访问系统数据文件、数据库相关文件、用户数据文件、应用系统配置文件时，系统对访问者身份进行身份验证；
 - i) 数据库存储要求：验证系统是否满足数据库日志具备存储功能，日志内容完备。
-