

# T/STIC

团 体 标 准

T/STIC 110098—2024

## 城市轨道交通供电设备智能运维平台

Urban rail transit power supply equipment intelligent operation and maintenance  
platform

2024 - 01 - 05 发布

2024 - 01 - 05 实施



## 目 次

前言 .....	II
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	1
4 缩略语 .....	2
5 基本架构 .....	2
6 一般要求 .....	3
6.1 数据接入 .....	3
6.2 数据管理 .....	3
6.3 业务应用 .....	3
6.4 用户服务 .....	4
7 功能要求 .....	4
7.1 状态监视 .....	4
7.2 预警/报警 .....	4
7.3 智能诊断 .....	4
7.4 运维管理 .....	4
7.5 设备管理 .....	4
7.6 分析决策 .....	5
8 性能要求 .....	5
8.1 性能效率 .....	5
8.2 可靠性 .....	5
8.3 信息安全性 .....	5
8.4 兼容性 .....	5
8.5 可移植性 .....	6
9 试验方法 .....	6
9.1 试验环境 .....	6
9.2 功能检查 .....	6
9.3 性能试验 .....	7
参考文献 .....	9

## 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。

本文件由上海市检验检测认证协会提出并归口。

本文件起草单位：上海玖道信息科技股份有限公司、上海地铁维护保障有限公司供电分公司、上海闪马智能科技有限公司、杭州杭途科技有限公司、上海市软件行业协会、北京赛西认证有限责任公司上海分公司。

本文件主要起草人：王淦斌、金熙炜、王瑞收、虞雪林、陈学锋、张磊、贾一帆、曹张保、周鼎、陈仁慧、郭德龙、熊天圣、黄志勇、刘赞、邹爱红。

首批承诺执行单位：上海玖道信息科技股份有限公司、上海地铁维护保障有限公司供电分公司、北京赛西认证有限责任公司上海分公司、上海市检验检测认证协会。

本文件为首次发布。

# 城市轨道交通供电设备智能运维平台

## 1 范围

本文件规定了城市轨道交通供电设备智能运维平台（以下简称“智能运维平台”）的基本架构、一般要求、功能要求、性能要求和试验方法。

本文件适用于地铁、轻轨、中低速磁浮等采用直流牵引供电制式城市轨道交通供电设备智能运维平台。本平台为软件产品，不包含硬件。

## 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 21562—2008/IEC 62278:2002 轨道交通 可靠性、可用性、可维修性和安全性规范及示例

GB/T 22239 信息安全技术 网络安全等级保护基本要求

GB/T 25000.23—2019 系统与软件工程 系统与软件质量要求与评价（SQuaRE） 第23部分：系统与软件产品质量测量

GB/T 37486—2019 城市轨道交通设施设备分类与代码

GB/T 40020—2021 信息物理系统 参考架构

IEC 60870-5（所有部分） 远动设备与系统（Telecontrol equipment and systems - Part 5: Transmission protocols）

IEC 61850（所有部分） 电力自动化通信网络和系统（Communication networks and systems for power utility automation）

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1 城市轨道交通供电设备智能运维平台 urban rail transit power supply equipment intelligent operation and maintenance platform

在多维度数据融合基础上，提供状态监视、预警/报警、智能诊断、运维管理、设备管理、分析决策等核心业务功能，为城市轨道交通供电设备全生命周期管理提供数字化支持的综合管理系统。

### 3.2

#### 在线监测系统 on-line monitoring system

在运行情况下，实现变电所内供电设备在线监测数据连续或周期性地采集、处理、诊断分析及传输的设备状态监测系统。

[来源：DL/T 1430—2015，3.5，有修改]

### 3.3

#### 监测数据 monitoring data

由在线监测系统、监测IED或兼有监测功能的其它IED采集，反映供电设备状态的数据或数据集合。

[来源：DL/T 1411—2015，3.12，有修改]

### 3.4

#### 故障诊断 fault diagnosis

识别变电所内供电设备故障特征，判断故障类型和原因的活动的。

[来源：DL/T 861—2020，6.16，有修改]

### 3.5

#### 数字孪生 digital twin

基于传感器更新、运行历史、物理模型等孪生数据，完成从物理实体到信息虚体的模型映射，以及从信息虚体反馈至物理实体的过程。

[来源：GB/T 40021—2021，2.13]

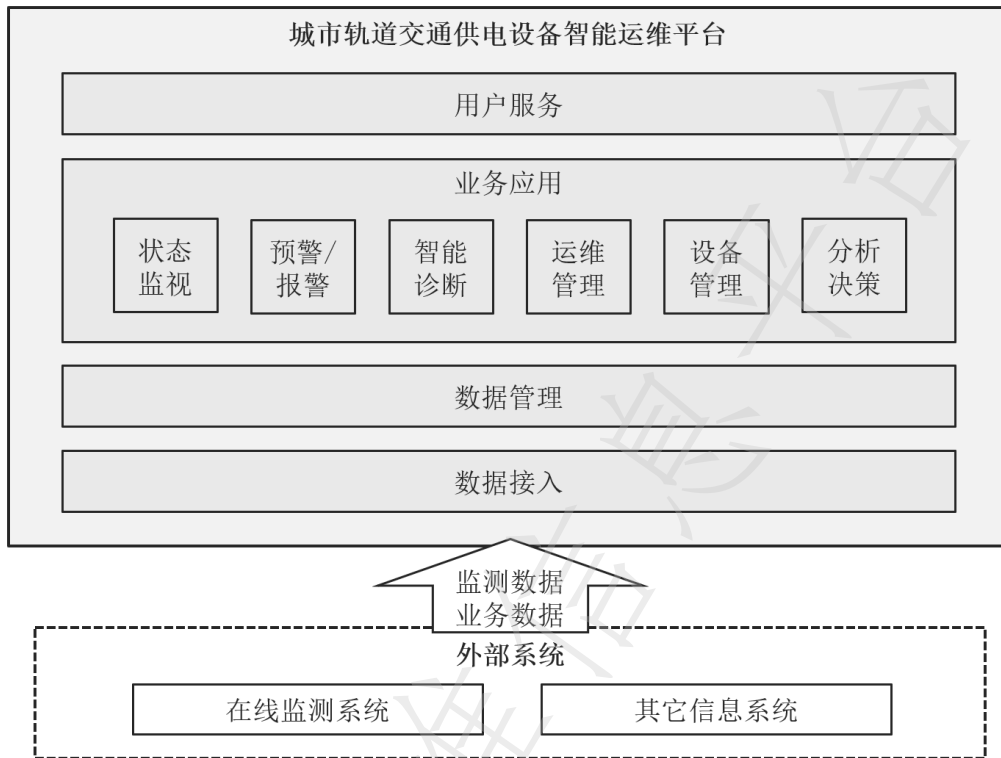
## 4 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

AMQP: 高级消息队列协议 (Advanced Message Queuing Protocol)  
API: 应用程序编程接口 (Application Programming Interface)  
ATRT: 事务平均响应时间 (Average Transactions Response Time)  
CPU: 中央处理器 (Central Processing Unit)  
EAM: 企业资产管理 (Enterprise Asset Management)  
HLS: 基于HTTP的自适应码率流媒体传输协议 (HTTP Live Streaming)  
HTTP: 超文本传输协议 (Hypertext Transfer Protocol)  
HTTPS: 超文本传输安全协议 (Hypertext Transfer Protocol Secure)  
IED: 智能电子装置 (Intelligent Electronic Device)  
IP: 网际互连协议 (Internet Protocol)  
Modbus: 串行通信协议 (Modbus Protocol)  
MQ: 消息队列 (Message Queue)  
MQTT: 消息队列遥测传输 (Message Queuing Telemetry Transport)  
MTBF: 平均失效间隔时间 (Mean Time Between Failure)  
MTTR: 平均修复时间 (Mean Time To Repair)  
OA: 办公自动化 (Office Automation)  
Profibus: 过程现场总线 (Process Field Bus)  
QPS: 每秒查询率 (Queries Per Second)  
RESTful: 网络应用程序开发风格 (Representational State Transfer)  
RTSP: 实时流传输协议 (Real Time Streaming Protocol)  
TPS: 每秒处理事务量 (Transaction Per Second)  
WebRTC: 网页视频语音实时通讯技术 (Web Real-Time Communications)

## 5 基本架构

5.1 智能运维平台由数据接入、数据管理、业务应用、用户服务四部分组成，框架如图 1 所示。智能运维平台通过数据接入功能从外部系统获取设备相关数据，在数据管理功能的支撑下建立设备运维业务应用，以多种方式提供用户服务。



注：图中虚框部分不属于城市轨道交通供电设备智能运维平台，本文件对其功能和性能要求不做规定。

图1 城市轨道交通供电设备智能运维平台框架图

5.2 智能运维平台的运维对象包括但不限于 GB/T 37486—2019 中表 A. 22 给出的设备类。

## 6 一般要求

### 6.1 数据接入

数据接入应符合以下要求：

- 支持多种在线监测系统数据接入，能对多源异构数据进行实时复合处理；
- 支持其它信息系统数据接入，包括但不限于 EAM、OA 等系统；
- 支持相关接口设计与配置，能对多种协议进行解析；
- 数据接入不影响相关系统的完整性、安全性和可用性。

### 6.2 数据管理

数据管理应符合以下要求：

- 支持采用统一数据接口和调用方式管理多种模型数据，如关系型数据、时序数据、缓存数据；
- 支持数据存储、检索、共享功能；
- 支持数据的统一编码和标识管理。

### 6.3 业务应用

业务应用应符合以下要求：

- 支持状态监视、预警/报警、智能诊断、运维管理、设备管理和分析决策的一体化在线处理；
- 支持流程驱动的业务场景化、闭环化管理；
- 支持数据和知识驱动的故障诊断、运维管理、分析决策；
- 支持使用表格、柱状图、饼图、曲线图、折线图、雷达图等图表展示数据；
- 提供电子地图、监控视频、三维模型、原理图、关系图等可视化应用功能。

## 6.4 用户服务

用户服务应符合以下要求：

- a) 具有良好的人机界面，操作简单，便于运用；
- b) 提供驾驶舱应用，支持状态监视、智能诊断、分析决策等应用的信息展示和关联操作；
- c) 提供工作台应用，允许用户自主选择预置模块，综合管理各项工作事务及数据图表；
- d) 提供移动端应用，能执行信息查询、内容记录、数据上传等操作。

## 7 功能要求

### 7.1 状态监视

状态监视应符合以下要求：

- a) 支持设备电流、电压、负荷率、通讯状态数据的实时监测；
- b) 支持设备所处环境温度、湿度、气体浓度、粉尘浓度数据的实时监测；
- c) 支持采用光字牌、接线图、图表三种方式展示监测数据和运行状态；
- d) 支持通过设备分类、安装位置、监测属性中的一项或多项查找监测数据；
- e) 支持根据设备分类增加特定的监测数据，如开关设备母线电压及接口温度、断路器两端温度等；
- f) 支持监测数据的追溯，能图形化展示原始监测数据的变化趋势。

### 7.2 预警/报警

预警/报警应符合以下要求：

- a) 支持配置预警规则，设置内容包括设备分类、监测属性、计算方式、触发条件等；
- b) 支持配置报警规则，设置内容包括报警等级、报警响应时长、报警方式、报警文案等；
- c) 支持监测数据的智能识别和比对，按照规则自动触发预警提醒；
- d) 支持在线监测系统报警信息的采集、处理和发布；
- e) 支持通过智能运维平台内消息、接线图、图表等方式展示预警/报警信息；
- f) 支持报警记录留档，可保存异常信号出现时间、异常信号恢复时间等信息。

### 7.3 智能诊断

智能诊断应符合以下要求：

- a) 支持关联故障知识库进行快速诊断，自动分词并从中检索匹配的记录；
- b) 支持调取现场监控视频辅助故障诊断；
- c) 支持故障录波文件的记录和解析，提取特征数据辅助故障诊断；
- d) 支持基于数字孪生模型的状态映射、故障模拟和分析；
- e) 故障知识库内容应包括故障现象、故障原因、影响范围、处理措施，应支持故障知识批量导入和事件分析结果快速入库。

### 7.4 运维管理

运维管理应符合以下要求：

- a) 支持日常维护工作管理，能根据不同业务类型创建工作计划，生成任务工单并下发，日常维护工作包括但不限于点巡检、智能巡检、清扫保养、设备试验等；
- b) 支持应急处置工作管理，能通过故障预警/报警触发相关流程和操作，包括事件管理、故障确认、工单生成与下发等；
- c) 支持风险与隐患管理，能通过信息台账实现对相关问题的记录和跟踪；
- d) 支持根据不同业务类型配置不同内容的工单；
- e) 支持通过移动端应用完成工单，提交和关闭对应的工作流程。

### 7.5 设备管理

设备管理应符合以下要求：



- a) 支持管理设备基础信息，包括但不限于设备编码、名称、类型、技术参数、位置、组织信息、生产信息、维护履历、额定寿命等；
- b) 支持根据工单完成情况自动更新设备维护履历；
- c) 支持管理部件、工器具、位置、人员等其他基础信息台账；
- d) 支持管理技术文档资料，能通过移动端应用查阅；
- e) 支持为设备批量生成二维码、条码等机器可识读标签。

## 7.6 分析决策

分析决策应符合以下要求：

- a) 支持业务数据统计，包括但不限于设备、报警、事件、故障、工单、能耗等，能定义对象和指标，通过人机界面展示统计结果；
- b) 支持业务专项分析，包括但不限于运行率、负荷率、开关计数等，能按照一定规则配置、采用特定数据和算法进行分析；
- c) 支持主题分析，如直流供电系统故障录波分析、电能质量分析、应急电源分析等；
- d) 支持设备健康评估，提供多维度多指标评价模型，对不同类型设备的健康状况进行综合评估，能给出定性/定量评价结果、措施建议和状态预测；
- e) 支持数字孪生应用，提供符合 GB/T 40020—2021 中 7.3.5 描述的功能服务，并支持根据特定用户需求、针对特定实体对象的功能定制。

## 8 性能要求

### 8.1 性能效率

性能效率应符合以下要求：

- a) 事务平均响应时间 (ATRT)  $\leq 3$  s；
- b) 单数据表 10 万条数据简单查询及统计平均时间  $\leq 5$  s；
- c) 百万条数据查询及统计平均时间  $\leq 15$  s；
- d) 每秒查询率 (QPS)  $\geq 30\ 000$ ；
- e) 每秒事务数 (TPS)  $\geq 25\ 000$ ；
- f) 并发用户数  $\geq 50$ 。

### 8.2 可靠性

可靠性应符合以下要求：

- a) 平均失效间隔时间 (MTBF)  $\geq 8\ 000$  h；
- b) 年可用率  $\geq 99.9\%$ ；
- c) 对重要数据的录入提供有效性检查，对非法数据输入有明确的提示；
- d) 能屏蔽用户常见的误操作，对重要数据的删除/修改有警告或确认提示。

### 8.3 信息安全性

信息安全性应符合以下要求：

- a) 支持对程序和数据设置访问权限，屏蔽未授权用户的非法操作；
- b) 支持设置密码复杂度和有效期，密码不以明码显示、存储和传输；
- c) 支持为用户分配唯一的标识，为设备分配唯一的编码，能对标识和编码的真实性进行验证；
- d) 支持记录操作日志，能对用户的活动进行追溯。

注：适用时，信息安全性应按 GB/T 22239 中的规定执行。

### 8.4 兼容性

兼容性应符合以下要求：

- a) 支持主流的硬件环境和操作系统、数据库、支撑软件、浏览器、云计算平台；
- b) 支持 IEC 60870-5-101、IEC 60870-5-103、IEC 60870-5-104、IEC 61850、Modbus、Profibus、MQTT、AMQP、Socket、HTTP/HTTPS、IP 等通信协议；

- c) 支持 Web Service、RESTful API、MQ、HTTP/HTTPS、RTSP、HLS、WebRTC 等系统接口与协议。  
注：支持的硬件环境和操作系统、数据库、支撑软件、浏览器、云计算平台，应在产品文档集中说明。

## 8.5 可移植性

可移植性应符合以下要求：

- 能够在表 1 规定的配置或更高配置的环境中安装使用；
- 支持对智能运维平台进行升级，能保证相同数据得到继续使用，相似功能得到继承；
- 支持对智能运维平台进行迁移，能保证迁移后的功能完整性和一致性。

## 9 试验方法

### 9.1 试验环境

试验环境应符合表1要求。

表1 试验环境（最低配置）

项目		配置
服务器端	硬件	CPU: 64位, 主频2 GHz, 核心数8个
		内存: 32 GB
		硬盘: 500 GB
	软件	操作系统: 64位服务器操作系统 数据库: 关系型数据库、时序数据库、缓存数据库、搜索引擎 支撑软件: 应用服务器、消息中间件
客户端	硬件	CPU: 64位, 主频2 GHz, 核心数8个
		内存: 16 GB
		硬盘: 500 GB
	软件	操作系统: 64位操作系统 浏览器: 使用Chrome内核的浏览器
网络	10 Gbps以太网	

### 9.2 功能检查

#### 9.2.1 状态监视

状态监视功能检查方法如下：

- 检查监测数据是否包括设备电流、电压、负荷率、通讯状态等；
- 检查是否支持对设备所处环境的监测，包括温度、湿度、气体浓度、粉尘浓度等；
- 检查是否能以光字牌、接线图、图表形式正常显示监测数据且与实际状态一致；
- 检查是否能按照设备分类、安装位置、监测属性查找监测数据；
- 检查是否能根据不同设备分类增加监测数据，如开关设备母线电压及接口温度、断路器两端温度等；
- 检查监测数据是否能按时间查询和追溯，并以图表形式展示变化趋势。

注：若以上测试结果与7.1规定的要求一致，判定为通过，否则为不通过。

#### 9.2.2 预警/报警

预警/报警功能检查方法如下：

- 检查是否能按设备分类、监测属性、计算方式、触发条件（应包括信号累计次数、数值上下限两种触发方式）等内容配置预警规则；
- 检查是否能按报警等级、报警响应时长、报警方式、报警文案等内容配置报警规则；
- 测试发生符合预警规则的监测信号时，智能运维平台是否能正常生成预警信息；
- 测试智能运维平台是否能正常接收到在线监测系统报警信号并发布报警信息；
- 检查是否能以智能运维平台内消息、接线图、图表方式查看预警/报警信息；

f) 检查是否能正常生成可查询的报警记录, 包含报警时间、恢复时间等信息。

注: 若以上测试结果与7.2规定的要求一致, 判定为通过, 否则为不通过。

### 9.2.3 智能诊断

智能诊断功能检查方法如下:

- a) 检查故障报警信息是否能自动分词匹配故障知识库, 获取多维度信息/知识辅助快速诊断;
- b) 检查是否能调取、查看现场监控视频;
- c) 检查是否能记录设备故障录波文件, 并提取特征数据如能量损失值、电压降低值、跳闸时间、电流峰值等;
- d) 检查是否能基于数字孪生模型, 实现对物理实体的状态监测、故障模拟和分析;
- e) 检查故障知识库内容结构是否包括故障现象、故障原因、故障范围和处理措施, 检查故障知识库是否支持故障信息批量导入和事件分析结果快速入库。

注: 若以上测试结果与7.3规定的要求一致, 判定为通过, 否则为不通过。

### 9.2.4 运维管理

运维管理功能检查方法如下:

- a) 检查是否能正常创建点巡检、智能巡检、清扫保养、设备试验等工作计划, 并能生成和下发对应类型的任务工单;
- b) 检查预警/报警发生时, 是否能正常触发相关流程和操作, 包括事件管理、故障确认、工单生成与下发等;
- c) 检查是否提供相关信息台账, 实现对风险、隐患问题的记录和跟踪;
- d) 检查是否支持配置不同业务类型的工单;
- e) 检查工单是否能通过移动端应用执行和正常关闭。

注: 若以上测试结果与7.4规定的要求一致, 判定为通过, 否则为不通过。

### 9.2.5 设备管理

设备管理功能检查方法如下:

- a) 检查是否能正常创建设备台账, 对设备编码、名称、类型、技术参数、位置、组织信息、生产信息、维护履历、额定寿命等信息进行管理;
- b) 检查工单完成后, 对应设备维护履历是否能正常更新;
- c) 检查是否能正常管理部件、工器具、位置、人员等信息台账;
- d) 检查是否能正常管理技术文档资料, 并能通过移动端应用查阅;
- e) 检查是否能批量生成设备二维码、条码标签, 并能在移动端正常扫描识别。

注: 若以上测试结果与7.5规定的要求一致, 判定为通过, 否则为不通过。

### 9.2.6 分析决策

分析决策功能检查方法如下:

- a) 检查是否能对设备、报警、事件、故障、工单、能耗等业务数据定义统计指标, 通过人机界面展示统计结果;
- b) 检查是否能按照规则配置对设备运行率、负荷率、开关计数等业务专项进行分析;
- c) 检查是否能正常提供直流供电系统故障录波分析、电能质量分析、应急电源分析等功能;
- d) 检查是否能对不同类型设备的健康状况进行多维度多指标综合评估, 评估结果包括定性/定量评价、措施建议和状态预测;
- e) 检查数字孪生应用, 判断是否符合 GB/T 40020—2021 中 7.3.5 描述的功能, 并能针对不同设备或系统提供多样化方案。

注: 若以上测试结果与7.6规定的要求一致, 判定为通过, 否则为不通过。

## 9.3 性能试验

### 9.3.1 性能效率

性能效率测试方法如下:

- a) 使用测试工具对普通页面查询进行一定持续时间内的并发压力测试，分别模拟 30、40、50 用户并发使用场景，设置思考时间为 0 秒，观测 ATRT 数值；
- b) 使用测试工具对单数据表 10 万条数据简单查询进行并发压力测试，分别模拟 30、40、50 用户并发使用场景，设置思考时间为 0 秒，观测 ATRT 数值；
- c) 使用测试工具对百万条数据查询及统计进行并发压力测试，分别模拟 30、40、50 用户并发使用场景，设置思考时间为 0 秒，观测 ATRT 数值；
- d) 使用测试工具对遥测数据读取进行并发压力测试，分别模拟 30、40、50 用户并发使用场景，设置思考时间为 0 秒，观测 QPS 数值；
- e) 使用测试工具对遥测数据读取进行并发压力测试，分别模拟 30、40、50 用户并发使用场景，设置思考时间为 0 秒，观测 TPS 数值；
- f) 在以上分组测试过程中，错误率应为 0。

注：若以上测试结果与 8.1 规定的要求一致，判定为通过，否则为不通过。

### 9.3.2 可靠性

可靠性测试方法如下：

- a) 使用测试工具模拟混合业务处理，设定处理时间 $\geq 10\ 000$  h，记录处理时间内发生失效的次数和 MTTR，根据 GB/T 25000.23—2019 中表 19 给出的 MTBF 计算公式，计算出测量结果；
- b) 按照 GB/T 21562—2008 中附录 A 给出的可用性计算公式，计算出测量结果；
- c) 检查是否能对非法数据输入给出明确的提示；
- d) 检查是否能对常见的误操作、重要数据的删除/修改给出警告或确认提示。

注：若以上测试结果与 8.2 规定的要求一致，判定为通过，否则为不通过。

### 9.3.3 信息安全性

信息安全性测试方法如下：

- a) 检查权限管理功能，测试用户对程序和数据的访问是否在授权范围内；
- b) 检查密码设置策略和密码显示、存储、传输方式；
- c) 检查用户标识、产品编码的唯一性和真实性是否能得到有效管理；
- d) 检查操作日志的记录和查询功能。

注：若以上测试结果与 8.3 规定的要求一致，判定为通过，否则为不通过。

### 9.3.4 兼容性

兼容性测试方法如下：

- a) 检查产品文档集中关于硬件环境和操作系统、数据库、支撑软件、浏览器、云计算平台的兼容性说明，适用时，测试智能运维平台是否能在指定的兼容环境中正常运行；
- b) 通过相关测试工具或检查程序功能/代码，判断智能运维平台对通信协议的支持情况；
- c) 通过相关测试工具或检查程序功能/代码，判断智能运维平台对系统接口和协议的支持情况。

注：若以上测试结果与 8.4 规定的要求一致，判定为通过，否则为不通过。

### 9.3.5 可移植性

可移植性测试方法如下：

- a) 测试智能运维平台是否能在表 1 规定的配置或更高配置的环境中正常安装使用；
- b) 对智能运维平台执行升级操作，检查相同数据是否能被继续使用，相似功能是否能被继承；
- c) 对智能运维平台执行迁移操作，检查功能的完整性和一致性是否能得到保证。

注：若以上测试结果与 8.5 规定的要求一致，判定为通过，否则为不通过。

## 参 考 文 献

- [1] GB/T 10411—2005 城市轨道交通直流牵引供电系统
  - [2] GB/T 25000.51—2016 系统与软件工程 系统与软件质量要求和评价(SQuaRE) 第51部分：就绪可用软件产品(RUSP)的质量要求和测试细则
  - [3] GB/T 37546—2019 无人值守变电站监控系统技术规范
  - [4] GB/T 40021—2021 信息物理系统 术语
  - [5] DL/T 861—2020 电力可靠性基本名词术语
  - [6] DL/T 1411—2015 智能高压设备技术导则
  - [7] DL/T 1430—2015 变电设备在线监测系统技术导则
  - [8] DL/T 2176—2020 变电站自动化设备远程运行维护技术规范
  - [9] QSD-KX-J-KS-GD 0415.1—2022 供电智能运维系统建设指导意见 第1部分：总体要求
-