

ICS xx.xxx

Z xx

备案号:

SJ

中华人民共和国电子行业标准

SJ/ XXXX—20xx

电子工业厂务设施数字化运维技术规范

Technical specification for facility digital operation and maintenance of
electronic industry

征求意见稿

202X-XX-XX 发布

202X-XX-XX 实施

中华人民共和国工业和信息化部 发布

前言

根据《工业和信息化部办公厅关于印发 2023 年第三批行业标准制修订和外文版项目计划的通知》（工信厅科函〔2023〕291 号）的要求，由中国电子系统工程第二建设有限公司会同有关单位，共同编制《电子工业厂务设施数字化运维技术规范》2023-1771T-SJ。

在标准编制过程中，编制组经过广泛调查研究，认真总结实践经验，参考有关国内外先进标准，广泛征求了国内有关单位与专家意见，最后经审查定稿。

本标准共分 8 章，主要技术内容包括：总则、术语和缩略语、基本规定、数字化运维系统设计、技术要求、建设、检测与验收、运行与维护。

本标准由工业和信息化部负责管理，由中国电子系统工程第二建设有限公司负责具体技术内容的解释。如有意见或建议，请寄送中国电子系统工程第二建设有限公司（地址：江苏省无锡市新吴区具区路 88 号，邮编：214142）。

本标准主编单位、参编单位、主要起草人和主要审查人：

主编单位：中国电子系统工程第二建设有限公司

参编单位：中国电子技术标准化研究院

中电智维（上海）科技有限公司

亚太建设科技信息研究院有限公司

中国电子工程设计院有限公司

上海集成电路装备材料产业创新中心有限公司

中国电子科技集团公司第五十八研究所

同济大学

深圳市万物梁行物业服务有限公司

施耐德电气（中国）有限公司

西门子股份公司

上海电子工程设计研究院

江苏融科装备科技有限公司

主要起草人： 华来珍 胡昌军 张小敏 张小军

程国军 刘承军 李中原 贾琨

陈玮 乔方天 曾辉 李智远

王文韬 曹琳琳 王政 侯典春 何良平

主要审查人：

目 次

1 总则.....	1
2 术语和缩略语.....	2
2.1 术语.....	2
2.2 缩略语.....	3
3 基本规定.....	4
3.1 概述.....	4
3.2 数字化运维系统建设目标.....	4
3.3 引用的规范清单.....	错误！未定义书签。
4 厂务设施数字化运维系统设计.....	6
4.1 系统设计.....	6
4.2 网络架构设计.....	6
4.3 系统功能设计.....	7
4.4 基本功能设计.....	7
4.5 进阶功能设计.....	13
4.6 软件系统设计.....	15
4.7 硬件系统设计.....	17
5 数字化运维系统技术要求.....	19
5.1 系统安全性技术要求.....	19
5.2 系统稳定性技术要求.....	19
5.3 系统兼容性技术要求.....	20
5.4 系统扩展性技术要求.....	20
5.5 系统集成性技术要求.....	20
6 数字化运维系统建设.....	22
6.1 硬件设备安装技术要求.....	22
6.2 系统硬件调试.....	22
6.3 软件系统安装与调试.....	23
6.4 整体功能测试.....	24
7 数字化运维系统检测与验收.....	25
7.1 验收条件定义.....	25
7.2 测量检验.....	25
7.3 系统验收流程.....	28
7.4 系统验收内容.....	29
8 数字化运维系统运行与维护.....	30
8.1 质保要求.....	30
8.2 仪表设备日常维护及检修标准.....	30
8.3 软件系统运行维护流程及方案.....	30
8.4 硬件设备运行维护流程及方案.....	31
本标准用词说明.....	32

1 总则

1.0.1 随着国家数字化转型、人工智能等政策导向推动，电子工业厂房厂务设施运维模式逐步从传统方式往数字化、智能化方向发展。为提升电子工业厂房运维数字化管理水平，满足安全、可靠、高效、经济等要求，制定本规范。

1.0.2 本规范主要应用在电子工业厂务设施运维全生命周期的各个阶段，指导建立完善的数字化运维管理体系和管理方法。

1.0.3 从电子工业厂务设施数字化运维系统设计、建设、检测与验收、运行与维护等方面综合定义厂务设施数字化运维。

1.0.4 本规范适用于新建、改扩建的电子工业厂务设施数字化运维系统。

1.0.5 电子工业厂房厂务设施运维除应符合本规范外，尚应符合国家现行标准的有关规定。

2 术语和缩略语

2.1 术语

2.1.1 厂务设施 Factory service facilities

电子行业中工厂的支持系统，为生产、办公等提供稳定的、高品质的、高效能的、低成本的设备、设施及大型成套装备系统。

2.1.2 数字化运维 Digital operation and maintenance

采用标准化、自动化、信息化、智能化的方法、手段和技术，实现厂务设施安全可靠、经济高效的一种运维方式。

2.1.3 设施巡检 Facility inspection

指通过巡视和检测等方式，掌握设施运行状况及周围环境的变化，发现设施缺陷和危及安全的隐患，及时采取有效措施，保证设施的安全和系统稳定。

2.1.4 预防性维护 Preventive maintenance

为降低系统或设备失效或功能退化的可能性，按预定的时间间隔或规定的标准实施的维护。

2.1.5 预测性维护 Predictive maintenance

通过技术手段对设备主要部件的状态参数进行定期或连续的监测、分析和诊断，并结合设备全生命周期运行规律，判断设备所处的状态，预测设备未来发展趋势，预先制定有针对性的维护活动，是集设备状态监测、故障诊断、故障预测、维修决策等于一体的维护方式。

2.1.6 微服务架构 Microservice architecture

将整个 Web 应用组织为一系列小的 Web 服务,这些小的 Web 服务可以独立地编译及部署，并通过各自暴露的 API 接口相互通讯。它们彼此相互协作，作为一个整体为用户提供功能，并可以独立地进行扩展。

2.1.7 数字孪生 Digital twin

充分利用物理模型、传感器、运行历史等数据，集成多学科、多物理量、多尺度、多概率的仿真过程，在虚拟空间中完成映射，从而反映相对应的实体装备的全生命周期过程。

2.2 缩略语

AI	Artificial Intelligence	人工智能
B/S	Browser/Server	浏览器/服务器模式
FMCS	Facility Management Control System	设施管理控制
WiFi	Wireless Fidelity	网络、行动热点
NFC	Near Field Communication	近距离通信
SPC	Statistical Process Control	统计过程控制
SCADA	Supervisory Control and Data Acquisition	数据采集与监控系统
MR	Mixed Reality	混合现实
PDA	Personal Digital Assistant	智能手持移动终端
WEB	World Wide Web	万维网
Message Queuing Telemetry Transport		消息队列遥测传输
AP	Access Point	无线接入点
OBJ	Wavefront Object	三维模型文件格式
FBX	Filmbox	用于三维数据交换的文件格式
STL	Stereolithography	立体光刻格式
LOD	Level of Detail	细节层次
CPU	Central Processing Unit	中央处理器
MTTR	Mean Time To Repair	平均修复时间
OPC UA	OPC Unified Architecture	OPC 统一架构
TCP/IP	Transmission Control Protocol/Internet Protocol	传输控制协议/网际协议
BIM	Building Information Modeling	建筑信息模型
UPS	Uninterruptible Power Supply	不间断电源
SNR	Signal - to - Noise Ratio	信噪比
C/S	Client/Server	客户端/服务器模式

3 基本规定

3.1 概述

3.1.1 数字化运维系统应具备清晰的系统架构，并与其它系统具备明确界限。

3.1.2 系统架构应符合下列规定：

- 1 应具有清晰的层级及功能规划；
- 2 应实现各系统的互联互通和信息融合；
- 3 应满足各系统的持续发展；
- 4 应具有安全、适用、可靠的支撑标准及辅助设施。

3.1.3 系统架构的层级宜包括四层，并应符合下列规定：

- 1 应具有实时感知的数据采集与接入层；
- 2 应具有完整可靠的数据传输层；
- 3 宜具有数据处理及资源调度、管理等功能的统一运维管理平台层；
- 4 应具有可视化、人性化、交互良好的数据应用层。

3.1.4 本系统与其它系统的界限，应符合下列规定：

- 1 监控系统为本系统下层系统，为运维管理平台提供实时感知的数据及报警信息；
- 2 数据主要依靠厂务控制系统网络进行实时传输及对接；
- 3 能源管理及 SPC 等厂务管理系统与本数字化运维平台并列，并通过常用通信协议进行能源及报警数据实时交互；
- 4 第三方系统（如库存系统、采购系统等）以常用通信协议进行库存、报警等数据交互。

3.2 数字化运维系统建设目标

3.2.1 本系统建设目标应包括系统稳定性与可靠性保障、效率提升与流程优化、智能化与协同能力提升、成本优化与绿色运维等方面内容。

3.2.2 系统稳定性与可靠性保障应体现以下内容：

1 设备可靠性增强：关键厂务设备平均无故障运行时间有效提升，减少非计划停机次数；

2 故障主动防控：利用大数据分析预测核心厂务设备故障概率，提前干预潜在风险，故障修复时间大幅缩短。

3.2.3 系统效率提升与流程优化应体现以下内容：

1 运维效率提升：通过自动化工具实现设备监控、点巡检等日常运维任务，缩短事件平均处理时间至分钟级，有效提升运维效率；

2 流程优化：构建标准化运维流程，减少冗余环节，实现厂务设备全生命周期管理效率提升。

3.2.4 系统智能化与协同能力提升应体现以下内容：

1 智能决策支持：基于机器学习算法优化运维周期，备品备件等资源利用率有效提升。

2 跨系统协同：打通监控系统、能源管理等系统数据孤岛，构建人机协同网络，实现设备报警状态与响应端实时联动；

3.2.5 系统成本优化与绿色运维应体现以下内容：

1 运维成本控制：采用远程运维与智能巡检机器人等工具，减少现场人力投入，综合节约运维成本；

2 绿色运维：通过可视化平台对接能耗数据，识别高耗能设备并优化运行策略，有效降低能耗成本。

4 厂务设施数字化运维系统设计

4.1 系统设计

4.1.1 系统设计应按需求配置信息技术及基础设施，宜通过统一管理平台及其他信息源的数据接入，并应利用先进的方法、技术及工具发现数据的联系与规律，形成对应用及服务的支持和赋能。

4.1.2 数字化运维系统的通信接口、通信协议应统一、通用、开放。

4.1.3 系统应具有音频、视频和通知功能；无人值守时，应具备音频、视频的联动功能。

4.1.4 系统应设计权限功能，可按照厂务组织架构及管理模式，自定义配置相关数据查看及任务操作权限。

4.1.5 数字化运维系统设计应包括网络架构设计、系统功能设计、软件系统设计及硬件系统设计四个部分内容。

4.2 网络架构设计

4.2.1 数字化运维系统网络架构设计应符合下列规定：

1 数字化运维系统宜采用 B/S 的网络架构，网络数据的传输可在监控系统网络中完成，其中服务器负责数据处理、数据存储、数据集成，客户机负责完成与用户的交互任务，WEB 端完成运维、能源、报警等信息的多人员共享协同管理任务。

2 服务器部署要求应如下：在厂务中控室配置冗余服务器用于实时监控及分析全厂运维数据，在厂务内网范围内可以通过浏览器浏览发布的运维画面及数据等。

4.2.2 数字化运维系统网络架构应具备以下性能：

1 网络安全性：需与控制网、设施局域网，防火墙隔离；支持三级权限配置：页面权限，按钮权限和数据权限，可根据用户需求组合配置成多级（大于 5 级）账户权限；用户信息的 MD5、Salt 加密，用户登录支持多重认证机制；支持密码、IC 卡、指纹、人脸识别等多种权限登录方式；支持权限登录升级，完成单次操作后或定时权限降级（而非直接登出至无权限）功能。

2 系统稳定性：需满足大数据、高并发、服务冗余、数据备份需求；

- 3 服务扩展性：微服务架构，业务和数据中台，适配未来发展支持未来软硬件变更后数据无缝无扰迁移的接口和协议；支持 Web Service、OPC、WEB API、MQTT、自定义接口；
- 4 交互友好性：大屏展示、报表丰富、便捷的移动终端。

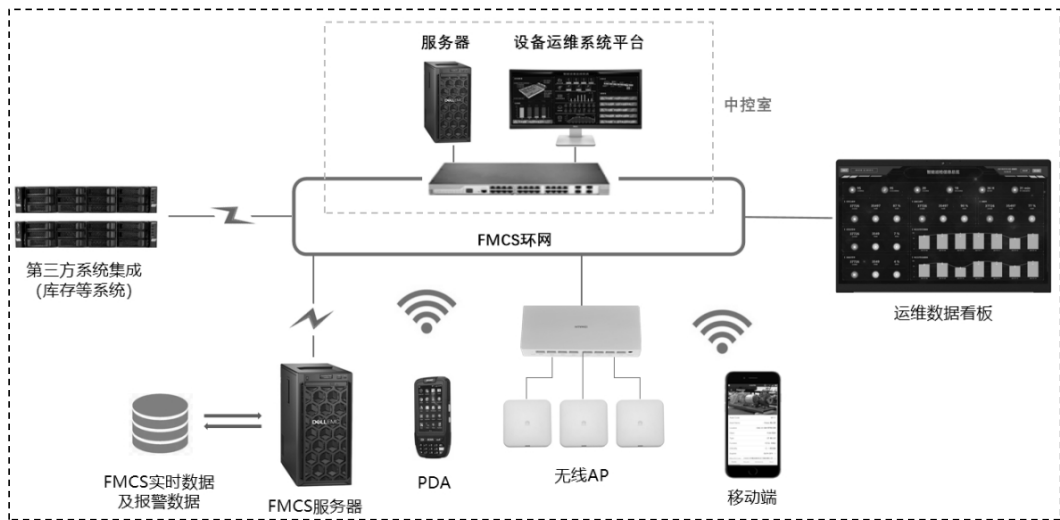


图 1 厂务设施数字化运维系统架构图

4.3 系统功能设计

- 4.3.1 数字化运维系统功能设计应包括基本功能设计及进阶功能设计。
- 4.3.2 基本功能设计宜包括系统驾驶舱、设备信息化管理、点巡检管理、预防性维护管理、报修维修管理、报警管理、备品备件管理、运维知识库管理、移动 APP 管理及运维报表管理。
- 4.3.3 进阶功能设计宜包括预测性维护管理、智能巡检机器人、数字孪生三维可视化、MR+5G 工业智慧巡检及基于大模型的 AI 辅助决策。

4.4 基本功能设计

- 4.4.1 系统驾驶舱功能设计应符合下列规定：
 - 1 应对运维作业核心指标及数据进行形象化、直观化、具体化集中展示；并提供支持在使用中(而非建设时或系统更新时)进行客制化和模块化展示的页面；
 - 2 应包含但不限于展示：日常点巡检信息总览、月度/季度 PM 管理信息总览、日常告警信息总览、月度维修信息总览、设备运行看板等内容
- 4.4.2 设备信息化管理功能设计应符合下列规定：
 - 1 应支持设备的录入、修改、删除、关联、复制等操作；
 - 2 应包含设备基本信息、价值信息、拓展属性、外观图像、设备文档、关联

备件、履历记录等静态信息；

3 应包含本设备的实时状态、点检、预防性维护、维修记录等动态信息；

4 设备应可按照系统、空间、科室维度进行自动归属及分类；

5 应支持设备信息的批量、局部导入导出功能。支持设备运行参数按预设条件自动导入导出或手动一键导入导出功能；

6 支持定期复位参数，或用于适配冬季工况、夏季工况、台风工况等。

4.4.3 点巡检管理功能设计应符合下列规定：

1 应支持进行巡检项配置，包括配置巡检项名称、测量通道、内容或方法、判定标准、填入的值类型、填入的值的单位、上下限、是否报警和紧急程度等信息；

2 应支持进行巡检对象配置，可按照设施用途或者空间排布，将几台或多台设施/空间归集为一个对象或者系统进行管理；

3 应支持进行巡检路线配置，可将不同的巡检对象按照现场实际巡检顺序及路径进行排序，自动生成巡检路线，并应具备配置巡检周期的功能；

4 应支持巡检任务自动生成功能，并可按照巡检任务的状态进行查询，状态应包括未开始、进行中、已暂停、已完成、超时；

5 支持对巡检任务进行操作，应包括接单、处理、挂起、转单；

6 系统应支持查看巡检任务概览，依据权限可对所有巡检任务详情进行查询；

7 系统应支持对所有已完成的巡检任务进行评价，评价维度应包括作业准时情况、作业用时情况、作业内容质量及综合表现；

8 巡检任务超时后应推送报警进行超时提醒；

9 任务评价结果应包括通过与未通过，未通过时需解释原因；

10 系统应支持巡检任务结果查询功能，可按照作业时间、设备/空间名称、任务编码等维度进行查询；

11 系统支持巡检数据异常处理，应支持异常解释或发起报修功能；

12 点巡检管理功能总体逻辑可按照下列流程图进行配置。

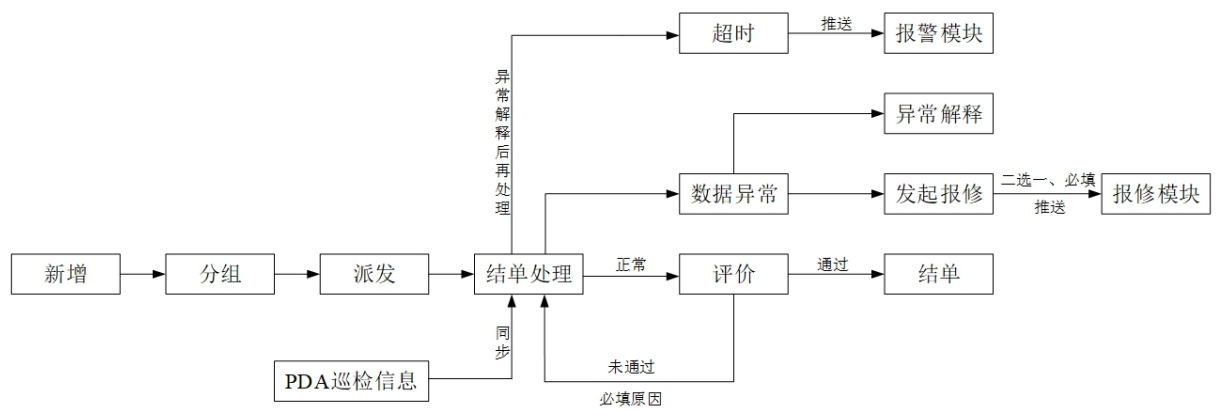


图 2 点巡检逻辑流程图

4.4.4 预防性维护管理功能设计应符合下列规定：

- 1 系统应支持维保项配置，应包括维保基本信息、周期、实施方案、关联的备品备件等信息；
- 2 应支持维保计划创建，可按照科室/专业维度，创建生成月度、季度、年度维保计划；
- 3 应支持对维保计划进行审批，可按照厂务组织架构及管理模式，自定义搭建审批流程及审批节点，并支持审批意见填写；
- 4 系统应支持维保任务生成，可按照审批意见自动生成维保任务。
- 5 支持按照维保任务的状态进行查询，状态应包括未开始、进行中、已完成、超时；
- 6 支持对维保任务进行操作，应包括接单、处理、挂起、转单；
- 7 维保任务超时后应推送报警进行超时提醒；
- 8 超时工单接单后应解释超时原因并进行异常审批，审批通过后可进行任务处理；
- 9 系统应支持维保日历查看功能，可按照日历样式查看每日的维保任务，支持单击后查看维保任务详情；
- 10 系统应支持维保任务实施过程及维保结果的内部数据采集转录、宜支持外部数据导入，以此作为维保记录和评价依据。
- 11 系统应支持对所有已完成的维保任务进行评价，评价维度应包括作业准时情况、作业用时情况、作业内容质量及综合表现；
- 12 任务评价结果应包括通过与未通过，未通过时需解释原因；
- 13 系统应支持维保任务结果查询功能，可按照作业时间、设备/空间名称、

任务编码等维度进行查询；

14 系统支持维保数据异常处理，应支持异常解释或发起报修功能；

15 预防性维护管理功能总体逻辑可按照下列流程图进行配置。

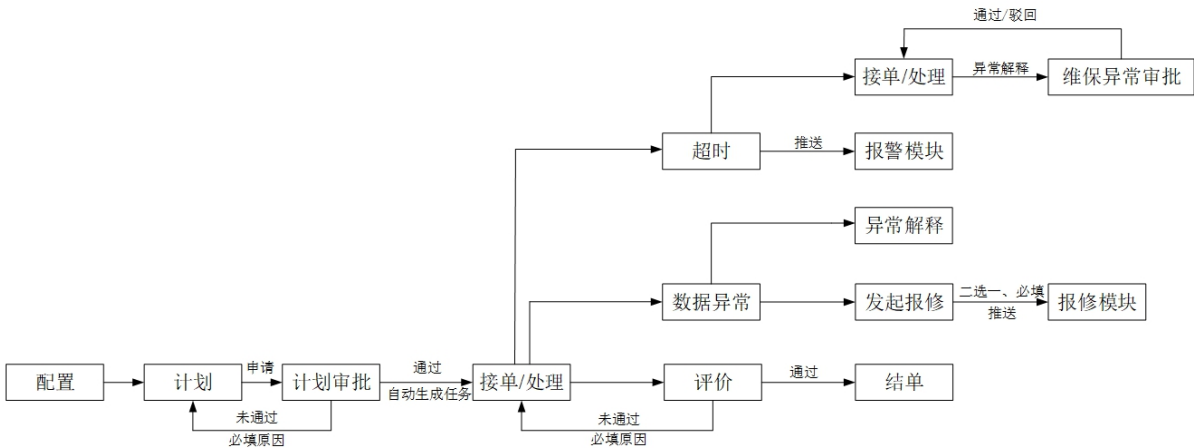


图3 预防性维护逻辑流程图

4.4.5 报修维修管理功能设计应符合下列规定：

- 1 系统应支持报修申请功能，应包括配置报修人名称、部门、联系方式、维修设备及需要维修的内容等信息；
- 2 报修任务申请来源应包含个人报修、点巡检、维保等业务异常报修、其它系统高等级报警触发报修；
- 3 系统应支持查看维修任务概览，依据权限可对所有维修任务详情进行查询；
- 4 系统可根据权限进行接单、处理、挂起、转单等操作；
- 5 系统应支持对所有已完成的维修任务进行评价，评价维度应包括作业准时情况、作业用时情况、作业内容质量及综合表现；
- 6 任务评价结果应包括通过与未通过，未通过时需解释原因；
- 7 系统应支持维修任务结果查询功能，可按照作业时间、设备/空间名称、任务编码等维度进行查询；
- 8 报修维修管理功能总体逻辑可按照下列流程图进行配置。

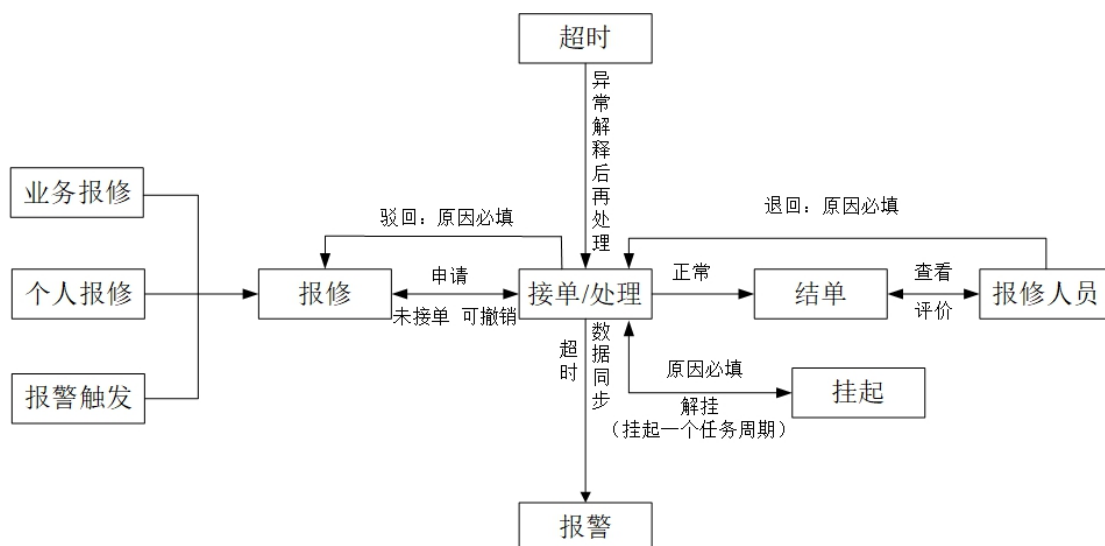


图4 报修维修逻辑流程图

4.4.6 报警管理功能设计应符合下列规定：

- 1 系统应支持接入 FMCS 系统、EAM 系统、SPC 系统及其它厂务管理系统各类报警信息；
- 2 应配置报警总览功能，可按照系统、业务、等级、科室、时间等维度进行自定义筛选和查看；
- 3 报警总览界面应按业务功能、报警等级、报警处置分区域展示，清晰明了，便于操作；
- 4 应支持报警管理功能，查看报警详情的同时，可对报警进行稽核、消除、发起维修等操作；
- 5 应支持报警配置功能，包含点位配置、报警触发条件配置、推送对象配置及操作配置等；
- 6 报警管理功能总体逻辑可按照下列流程图进行配置。

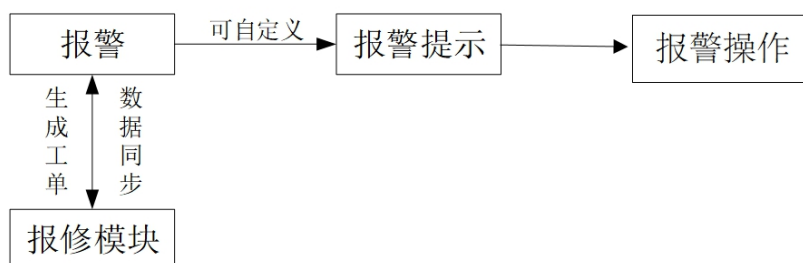


图5 报警逻辑流程图

4.4.7 备品备件功能设计应符合下列规定：

- 1 系统应配置备件分类管理，支持用户自定义任意层级进行备件分类；
- 2 应支持备件信息管理，可查询备件实时库存数量、库房及货架位置、供应商等信息；
- 3 支持查询每一个库存内的备件详细信息，包括备件品牌、型号参数、生产日期、入库时间、保质日期、使用状态、主管人；
- 4 备件使用状态应包括：在库、申请领用中、出库、报废；
- 5 系统应支持备件入库登记；
- 6 入库登记应配置备件名称、类别、数量、供应商、品牌、型号参数、生产日期、入库时间、保质日期、库房及货架位置、主管人等信息；
- 7 系统应支持备件出库申请；
- 8 出库申请时应自动筛选出使用状态为“在库”的备件；
- 9 出库后备件使用状态由“在库”同步为“出库”；
- 10 申请备件出入库应按用户需求配置审批流程，用户可自定义配置、按备件自动生成审批流程及审批节点；
- 11 系统应支持备件出入库记录查询，可按照名称、分类、出入库时间、库房货架位置等信息自定义筛选和查看；
- 12 应支持出入库记录导出功能；
- 13 系统支持货房货架信息管理，可自定义添加货架信息，编辑货架层数、单层面积等信息；
- 14 支持查看货架使用状态，使用状态应包括“已用”、“空置”；
- 15 支持备件报废管理，可发起报废申请流程进行审批；
- 16 报废后备件使用状态由“在库”同步为“报废”。

4.4.8 运维知识库功能设计应符合下列规定：

- 1 系统应支持文件的批量上传及批量下载功能；
- 1 应支持按自定义结构树管理不同部门、不同科室、不同业务的文档资料；
- 2 应支持自定义文件分类管理；
- 3 应支持自定义标签和文件评价管理；
- 4 应支持在维修、维保、设备信息查看等操作中，查询关联的知识条目作为最佳实践和作业指导；

5 应支持将知识条目支持关联到指定设备或设备类型,扫描设备或在执行设备运维相关工作时可快速、自动推荐对应的知识条目;

6 应支持将系统的报警事件、维修工单等业务处理全过程最佳实践记录,一键转换为知识库。

4.4.9 移动 APP 功能设计应符合下列规定:

- 1 移动端 APP 应支持 Andriod 及 IOS 版本;
- 2 移动端 APP 应适配各种主流型号的手持式 PDA;
- 3 应支持手机 App 端扫描条形码或者二维码,支持 NFC 功能;
- 4 应支持拍摄视频及图片上传功能;
- 5 应支持运维端点巡检、维保、维修等运维现场作业,支持数据录入、照片拍摄、文档上传、结果评价、接单转单、信息推送、报警接收等操作;
- 6 应具备本地缓存功能。

4.4.10 运维报表功能设计应符合下列规定:

- 1 应支持报表生成、修改功能,并可设置相应权限;
- 2 应提供常用的、预定义的报表模板,用户可自定义编辑模板;
- 3 统计报表可支持按日、周、月、年或自定义时间段汇总查询、下载,包括日报表、周报表、月报表和年报表等;
- 4 报表应支持同比、环比功能;
- 5 可支持自动生成预定或指定时间段分析报表;
- 6 应支持将系统运维数据以表格、柱状图、饼图、折线图、数值图等表现形式自定义进行展示;
- 7 支持定制各类报表,支持 excel 格式或其他格式文件的导出;
- 8 可设置阈值,电子表格超出限值的数据可高亮显示。

4.5 进阶功能设计

4.5.1 预测性维护管理功能设计应符合下列规定:

- 1 预测性维护系统宜适用于厂务风机、水泵、电机等转动类设备,对设备运行状态进行综合性分析,提前感知、提前预警;
- 2 预测性维护系统应包含底层感知设备、数据传输网络、分析平台及可视化交互界面。

- 3 底层感知设备应包括振动、温度、噪声等传感器、变送器、智能装置；
- 4 数据传输网络可单独搭建，也可借助 FMCS 网络进行数据传输；
- 5 分析平台应包含智能诊断、异常检测、指标预测、设备健康评价及故障预测、故障分析功能；
- 6 智能诊断从事前分析、事中警告、故障定位、事后总结、知识管理等方面辅助运维人员，提高异常事件处理效率；
- 7 异常检测指通过对已有的异常事件进行标注，训练机器学习模型，实现自动判断与检测；
- 8 指标预测指对影响关键指标的多维度参数进行建模，通过实际运行数据的模型训练，对指标未来变化进行预测。
- 9 设备健康评价及故障预测指对设备或系统的运行参数进行监测，对健康状况进行评价，对故障进行预测，主要利用大数据分析技术，基于设备运行的历史数据，借助机器学习算法建立设备预测性分析模型，通过对比设备实时运行数据和预测性分析模型的差异，对设备早期故障异常进行预警；
- 10 故障分析指基于异常事件处理的设备运行状态、故障定位、修复及原因分析，建立同类故障原因排序推荐，缩小故障诊断范围，提高运维人员处理故障的诊断决策效率。

4.5.2 智能巡检机器人功能设计应符合下列规定：

- 1 在环境恶劣、安全性要求高的区域宜设置巡检机器人或固定摄像机并具备实时远程监测和结果查询功能；
- 2 巡检机器人宜具备自动抄表、图文识别、漏液识别、施工监督、环境识别等功能；
- 3 巡检机器人应提前规划好巡检区域、巡检路径、巡检任务、巡检系统/设备、巡检项目、巡检周期、巡检速度等；
- 4 应搭建网络通讯系统，巡检机器人实时将视频流、巡检数据及故障等信号回传；
- 5 巡检机器人宜接入厂务数字化运维系统，自动接收巡检任务，自动上传巡检结果，减少信息断点。

4.5.3 数字孪生三维可视化功能设计应符合下列规定：

- 1 厂务各系统设备、空间结构宜做到与真实物理世界等比例还原；
- 2 系统应支持多系统集成功能，在数字化运维功能基础上，支持集成人员定位、视频监控、门禁管理等安全、安防系统，满足运维场景的跨系统联动；
- 3 三维模型应支持通用格式（如 OBJ、FBX、STL）以实现跨平台兼容；
- 4 支持高性能视觉表现、全面空间管理，支持多细节、多层次(LOD)配置，支持可视化对象管理、属性赋值、坐标匹配；
- 5 支持整体到局部漫游、平移和旋转、高亮显示选中对象、弹框显示选中对象属性、热力点展示、图层开关、图层树展示等。

4.5.4 MR+5G 工业智慧巡检功能设计应符合下列规定：

- 1 应用 MR 智能眼镜或头盔，结合移动终端，辅助运维人员进行设备巡检；
- 2 系统宜支持可视化引导、远程协助、运维知识库、AI 分析、自动记录与报告、虚拟仿真培训等功能；
- 3 MR 界面需实时映射设备运行状态，支持热力图、三维管线等可视化分析工具；
- 4 系统应用宜构建稳定可靠的 5G 网络，支持 4K/8K 视频流传输，远程专家指导、快速响应等功能；
- 5 半导体工厂应采用专享组网模式，确保数据不出园区，实现本地化管控；
- 6 设备身份认证与传输加密应符合工业安全标准；
- 7 系统应支持标准化通讯接口，允许定制化功能扩展。

4.5.5 基于大模型的 AI 辅助决策功能设计应符合下列规定：

- 1 支持构建自优化知识图谱，通过厂务设备运行数据与专家经验的双向反馈，持续修正决策逻辑偏差，确保模型与运维场景同步迭代；
- 2 决策建议需通过可视化呈现，支持人工确认或修正后执行；
- 3 关键决策（如设备更换建议）需输出置信度评估及推理依据，满足工业安全审计要求。

4.6 软件系统设计

4.6.1 软件系统设计应满足以下要求：

- 1 软件系统应采用分层架构，包含数据采集层、数据处理层、业务逻辑层、应用层等，支持模块化扩展；

- 2 软件系统宜采用微服务架构，实现功能模块解耦，易于维护和升级；
- 3 软件系统应提供边缘计算能力，具备低延迟与实时响应能力；
- 4 软件系统应同时提供设备设施监控和运维功能，支持设备点位实时数据和历史数据的存储和查询，支持结构化和非结构化数据的存储和查询；
- 5 软件系统宜采用主流的开发语言（如 Java、C#、Python 等），选用主流的中间件和数据库。

4.6.2 人机交互界面应符合以下设计原则：

- 1 界面应简结，降低用户的使用学习成本；
- 2 界面应尽可能地反映系统的结构和功能；
- 3 界面应与用户的经验和习惯相符合；
- 4 界面应具有可访问性，也就是方便残障用户使用；
- 5 界面应支持用户操作的撤销和重做；
- 6 界面应提供帮助和反馈，以引导用户完成任务。

4.6.3 在人机交互中，图标和按钮是用户与系统进行交互的主要手段之一。设计合适的图标和按钮设计原则应符合：

- 1 功能相似的按钮应有一致的外观和行为；
- 2 图标和按钮应有清晰的标签和提示文字，以帮助用户理解它们的功能；
- 3 图标应尽量避免过于复杂和具体，应该更加符合用户的直觉和经验；
- 4 按钮的颜色和大小应与其重要程度和使用频率相匹配；
- 5 在相同界面中，应尽量避免出现太多的图标和按钮，以免用户感到混乱和困惑。

4.6.4 文本和排版应符合以下原则：

- 1 应符合“4C”原则，即一致性、清晰、准确和简洁；
- 2 应尽量避免使用过多的专业术语和难懂的缩写，应该更加符合用户的语言习惯和口味；
- 3 系统应支持选择不同字体和字号，以方便用户在各种不同的设施上阅读；
- 4 排版应尽量清晰简洁，并且遵循良好的设计风格和结构。

4.6.5 用户界面的布局和组织应符合以下原则：

- 1 应将相似的功能和任务放置在同一个区域内，使得用户可以快速地找到所

需功能；

- 2 提供历史页面跳转功能，以便在紧急监视处置特定事项时的高频快捷切换。
- 3 界面的布局和组织应尽量遵循标准的设计风格 and 结构；
- 4 对于含有大量信息的页面，应适当地进行分组和分类；
- 5 界面应尽量避免出现不必要的滚动条或者弹窗，以避免用户的注意力分散。

4.6.6 交互反馈和操作确认应符合以下原则：

- 1 应在用户完成一个操作之后，通过界面弹出提示框或者其他方式来反馈操作的结果，以使用户确认；
- 2 界面应提供易于理解和明确的错误提示，以帮助用户解决问题；
- 3 应针对不同的操作类型，采用不同的反馈方式。如对于复制和粘贴操作，可以使用不同的颜色或者动画来反馈；
- 4 界面应尽量避免出现鼠标的误操作。

4.7 硬件系统设计

4.7.1 硬件系统设计应包含数字化运维系统基本功能及进阶功能所涉及的所有硬件设备。

4.7.2 基本功能配置的硬件设备宜包括：应用服务器、数据库服务器、交换机、PDA、标签纸、标签打印机、NFC 标签卡、无线 AP、出入库一体机、智能显示屏等。

4.7.3 应用服务器与数据库服务器宜分别冗余设置。

4.7.4 服务器硬件应符合 3C、安全可靠等级等国家强制性认证。

4.7.5 智能手持移动终端 PDA 宜符合以下技术参数：

- 1 防护等级应不低于 IP65；
- 2 电池容量应不低于 5000mA；
- 3 CPU 应不低于 8 核心，2.5GHz 以上；
- 4 宜不低于 4G+32G 大容量存储；
- 5 宜支持安卓 9.0 及以上版本，或同等级版本系统；
- 6 屏幕尺寸应不低于 5.5 英寸；
- 7 摄像头宜不低于 1000W 像素。

4.7.6 智能手持移动终端 PDA 宜支持坐标定位、5G 网络、NFC、拍照、条码扫描、Wifi、蓝牙等功能。

4.7.7 现场应设置无线网络以支持现场运维作业的数据传输与交互,可建立局部内网 WiFi 或全厂 WiFi 以达到最佳移动交互体验。

4.7.8 巡检 NFC 标签点位设计原则应根据规划的巡检路径、巡检点,在作业方便位置或主要设施上设置 NFC 感应标签。

4.7.9 进阶功能配置的硬件设备宜包括:温振一体传感器、智能巡检机器人、MR 眼镜等。

5 数字化运维系统技术要求

5.1 系统安全性技术要求

- 5.1.1** 系统安全性技术要求应包括物理安全、网络安全、应用安全及数据安全。
- 5.1.2** 物理安全性技术要求：服务器机柜应放置在安全、温湿度控制稳定、电源供应稳定的环境中，宜放置在 IT 机房内。服务器应固定稳定，并做好接地措施。
- 5.1.3** 网络安全性技术要求：系统应提供防入侵、防窃取、防篡改等常见的安全功能。应根据业务需要对 IP 地址、端口、协议等进行访问控制配置，以允许/拒绝数据包出入。应对登录服务器的用户进行身份鉴别，依据安全策略控制用户对资源的访问。应支持基于 AI 的异常流量监测和主动防御机制。
- 5.1.4** 应用安全性技术要求：应用软件应对登录用户进行身份标识和鉴别，宜提供限制非法登录次数的措施。应支持自主配置访问控制策略，并将访问控制权限授权给用户/用户组。应用软件需通过漏洞扫描检查，并提供完整报告。
- 5.1.5** 数据安全性技术要求：系统数据传输过程中应支持加密技术，确保数据传输的机密性和完整性。数据应支持压缩存储，并提供数据存储性能告警功能。数据库应采用访问授权机制。系统应具备成熟的备份和恢复机制。

5.2 系统稳定性技术要求

- 5.2.1** 系统稳定性技术要求应包括高可用设计要求、预警与应急要求。
- 5.2.2** 高可用设计要求：
- 1 系统宜以热主备或集群等高可用模式部署，故障恢复时间（MTTR）应控制在 30 分钟以内；
 - 2 系统访问响应时间宜控制在 3 秒以内，且在峰值负载情况下，95%以上的请求响应时间需保持在该范围内；
 - 3 系统数据存储时长应支持配置，应满足不低于 5 年的业务数据连续存储，业务数据查询性能不受存储时长的影响；
 - 4 系统应支持 7×24 小时不间断运行，系统全年可用性不低于 99.9%。
- 5.2.3** 预警与应急要求：
- 1 系统应实时监控 CPU、内存、磁盘、TCP 连接等资源使用率，设定阈值触发告警；
 - 2 日志记录应覆盖系统运行全生命周期，支持故障溯源与根因分析；

3 应制定应急预案，明确硬件故障、网络中断等场景下的快速恢复流程。

5.3 系统兼容性技术要求

5.3.1 系统兼容性技术要求应包括设备接入兼容、跨平台支持、数据格式兼容。

5.3.2 设备接入兼容要求：系统应支持 OPC UA、MQTT、Modbus TCP/IP 等常见的标准工业协议，兼容主流厂商 PLC、传感器、智能仪表等设备。

5.3.3 跨平台支持要求：系统应兼容 Windows、Linux、国产化平台（如麒麟、统信等）等主流操作系统，支持 Chrome、Firefox、Edge 等浏览器。移动端应用宜适配 Android、iOS、HarmonyOS 等系统版本。

5.3.4 数据格式兼容要求：系统应支持 JSON、XML、CSV 等主流数据格式的解析与转换，兼容 SQL Server、MySQL 等关系型数据库及国产信创数据库，宜采用时序数据库存储设备监控的历史数据。

5.4 系统扩展性技术要求

5.4.1 系统扩展性技术要求应包括模块化架构设计、容量弹性扩展、低代码技术能力。

5.4.2 模块化架构设计要求：系统宜采用微服务架构，支持功能模块的独立开发、部署与升级，支持功能模块的独立扩展。

5.4.3 容量弹性扩展要求：系统应支持横向扩展，通过集群模式动态扩展业务节点。

5.4.4 低代码技术能力要求：系统在运维流程和数据展示业务模块应采用低代码模式，通过可视化配置满足不同的业务需求。

5.5 系统集成性技术要求

5.5.1 系统集成性技术要求应包括跨系统集成对接、跨地域集中管理、可视化与集中管控。

5.5.2 跨系统集成对接要求：系统应具备与厂务各子系统的业务/数据集成能力，支持跨系统数据联动与自动化控制。系统应提供标准化 API 接口，接入或开放数据给第三方系统。

5.5.3 跨地域集中管理要求：系统应支持多厂区分布式部署，支持集团化的管理模式，各厂区数据同步周期支持秒级配置。

5.5.4 可视化与集中管控要求：系统应提供统一的运维管理平台，用户交互页面

应采用统一风格。系统应支持 BIM 模型的导入和应用，具备三维可视化应用能力。

6 数字化运维系统建设

6.1 硬件设备安装技术要求

6.1.1 服务器安装要求应符合以下规定：

- 1 服务器需部署在温度、湿度可控的环境中，避免阳光直射和潮湿；
- 2 企业级服务器需符合行业安全标准（如等保要求），并完成相关认证；
- 3 物理空间需预留四周 30cm 散热空间，并采用防静电措施；
- 4 需配备不间断电源（UPS），确保断电时数据安全；
- 5 安装完成后需测试网络连通性，确保服务器可正常接入内外部网络。

6.1.2 无线 AP 安装要求应符合以下标准：

- 1 安装位置必须保证无强电、强磁和强腐蚀性设施的干扰；
- 2 主机安装场所应干燥、灰尘小、且通风良好；
- 3 主机安装位置便于馈线、电源线、地线的布线；
- 4 安装主机的室内不得放置易燃品；
- 5 室内温度、湿度不能超过主机工作温度、湿度的范围；
- 6 AP 设施安装位置必须符合工程设计要求。如有设施的安装位置需要变更，必须征得设计单位和建设单位的同意，并办理设计变更手续；
- 7 无线 AP 安装在天花板上时，必须用固定架固定住，不允许悬空放置或直接扔在天花板上；
- 8 在安装时，要考虑以太网交换机跟 AP 之间的距离限制；
- 9 安装位置要便于工程施工和运行维护；
- 10 设施上的零件、部件齐全，标识正确、清晰。

6.1.3 NFC 标签安装应符合以下原则：

- 1 应避免直接贴在金属上面，以防止干扰 NFC 使用。
- 2 宜设置于巡检人员行走轨迹覆盖设施数量最多的区域。
- 3 应在不影响 NFC 标签牌使用的情况下贴近设施。
- 4 重要设施应单独设置 1 个 NFC 标签牌，一组设施相距较近的情况下可设置 1 个 NFC 标签牌。

6.2 系统硬件调试

6.2.1 无线 AP 调试应符合以下要求：

1 信号覆盖调试: 在目标覆盖区域内通过调试软件进行覆盖电平调试每个区域, 用调试仪在每个 AP 的覆盖区域边缘位置抽测 4 个点, 每个调试点至少观察 10 秒, 目标覆盖区域内 95% 以上的位置, 接收信号电平应 $\geq -75\text{dBm}$;

2 信号质量调试: 在目标覆盖区域内, 用调试仪在每个 AP 的覆盖区域边缘位置抽测 4 个点, 每个调试点至少观察 10 秒, 通过调试软件进行调试, 记录 SNR 值, 目标覆盖区域内 95% 以上位置, 用户终端无线网卡接收到下行信号 SNR 值应大于 10dB。

6.2.2 NFC 标签调试应符合以下要求:

- 1 扫描标签, 可正确显示关联设施信息 (名称、参数、任务信息等);
- 2 标签应具有一定的抗干扰性及稳定性。

6.3 软件系统安装与调试

6.3.1 软件系统安装应符合以下要求:

- 1 支持安装位置指示: 用户能选择软件安装位置;
- 2 升级功能: 用户能在程序运行期间选择更新软件;
- 3 自定义安装: 用户能选择安装组件和功能;
- 4 备份和还原功能: 具有软件备份及在需要时还原的功能;
- 5 日志记录: 能够记录安装时间、组件安装结果等信息供用户查看;
- 6 可靠性: 能够在不同的操作系统、硬件和软件环境下运行;
- 7 易用性: 需要设计良好的用户界面, 易于操作。

6.3.2 软件系统调试应符合以下要求:

1 应根据软件要求, 组织人员编制相应的《调试方案》。方案应包含调试目的、所需人员及相应要求、调试环境、工具和调试软件、调试用例、调试数据和预期的结果等;

2 每个程序单元编码调试通过后, 应及时进行单元调试。内容应包括模块接口调试、局部数据结构调试、路径调试、错误处理调试等;

3 集成调试应着重对各功能模块之间的接口进行调试, 验证各功能模块是否能协调工作, 参数传递及功能调用是否正常;

4 应对软件的性能、可靠性、健壮性、压力承受力等方面分别进行评价, 以验证系统是否满足规定的需要;

5 应对软件的业务功能，包括设施维修、保养、巡检等关键业务流程及逻辑进行测试调试；

6 应对 APP 内的基础功能及业务功能，包括报警推送等功能进行测试调试。

6.4 整体功能测试

6.4.1 数字化运维系统安装、调试的设备、装置种类较多，常见的包括硬件设备、传感器、变送器、仪表、中控室设备装置、网络设备（交换机，路由器，防火墙等）、电脑设备（磁盘阵列、服务器、工作站、客户机、打印机）、移动设备终端等。各个数字化运维项目的实施范围、深度、路径等各不相同，导致涉及的设备、装置差异较大，因此需要结合工作范围等确定调试工作的具体内容。

6.4.2 整体功能调试的项目主要包括系统部署和回收测试、系统备份与恢复测试、系统 C/S 架构测试、冗余架构测试、信息安全测试、工业网络通信调试、系统功能测试、系统性能指标测试、健壮性测试及压力测试、系统数据处理能力的正常值和峰值并发连续测试、宕机恢复测试、数据备份与恢复测试、数据处理速度和响应时间测试、数据自动平衡负载测试、系统报表读取不同数据量的时间连续测试用户验收测试、系统用户管理和权限测试等。

7 数字化运维系统检测与验收

7.1 验收条件定义

7.1.1 系统验收应符合以下要求：

- 1 符合我国现行法律、法规要求；
- 2 符合我国现行工程建设标准；
- 3 符合设计文件要求；
- 4 符合施工合同要求；
- 5 符合实际使用需求；
- 6 验收报告。

7.1.2 工程项目施工完成且质量合格、移交时应编制验收报告资料报最后验收。

验收报告应包含且不限于以下资料：

- 1 项目验收申请；
- 2 系统培训记录；
- 3 系统试运行报告；
- 4 工程软件功能清单；
- 5 工程实施效果图；
- 6 操作指导手册。

7.2 测量检验

7.2.1 计量装置精度检测应满足：

核对系统使用设置的仪表设备，其规格、型号应符合设计要求，现场检验数据传输设备，其安装位置、安装方式、供电和接地，应符合设计要求。利用现场设备核对计量装置采集数据的精确度，采集误差应满足系统仪表的测量精度标准，计量装置精度应满足技术规范要求。

7.2.1.1 仪表设备规格型号核对

在进行计量装置精度检测时，首先要对系统使用设置的仪表设备进行全面且细致的核对工作。对于仪表设备的规格、型号，需依据设计图纸和相关技术文档进行严格比对。设计要求是经过专业人员根据系统功能、性能以及安全等多方面因素综合考量后确定的，所以仪表设备的规格、型号必须与之相符。

7.2.1.2 数据传输设备现场检验

现场检验数据传输设备时，要从多个关键方面进行检查，确保其符合设计要求。

安装位置方面，数据传输设备应安装在设计指定的位置。这是因为设计位置是经过对信号传输距离、干扰因素等进行综合评估后确定的。例如，在一个大型工业厂房的电力监测系统中，数据传输设备通常应安装在靠近计量装置且便于布线的位置，以减少信号传输损耗和干扰。

安装方式也需严格遵循设计规定。不同的数据传输设备可能有不同的安装方式，如壁挂式、机架式等。安装过程中要确保设备安装牢固，避免因振动、摇晃等原因导致设备损坏或信号传输不稳定。

供电方面，要检查数据传输设备的供电电压、功率等参数是否与设计一致。同时，要保证供电线路连接可靠，具备过流、过压保护措施，以防止因供电异常对设备造成损坏。接地也是至关重要的环节，良好的接地可以有效防止设备受到静电、雷击等干扰，保障设备的正常运行。在检验接地时，要检查接地电阻是否符合设计要求，接地线路是否连接良好。

7.2.1.3 采集数据精确度核对

利用现场设备对计量装置采集数据的精确度进行核对是确保计量装置精度的关键步骤。通过现场设备获取的实际测量值与计量装置采集的数据进行对比，以判断采集误差是否满足系统仪表的测量精度标准。

7.2.2 数据采集准确性检测应满足：

核验系统管理服务显示的计量装置编码地址应与计量装置的一致性，核查系统管理服务显示的采集数值、数据库内存储数值与计量装置盘面值的一致性和实时性，应保证各类故障报警信息的实时性和准确性。

7.2.2.1 采集准确性检测

核验系统管理服务显示的计量装置编码地址与计量装置的一致性并确保数据准确采集和传输的基础。计量装置的编码地址是其在系统中的唯一标识，系统通过该编码地址来识别和管理各个计量装置。在核验过程中，要通过系统管理服务界面查看显示的计量装置编码地址，并与计量装置实际的编码地址进行逐一比对。可以采用手动输入编码地址进行查询或扫描二维码等方式获取计量装置的实际编码地址。如果发现系统管理服务显示的编码地址与实际不符，可能会导致数

据采集错误或无法采集到数据，需要及时进行修改。

7.2.2.2 采集数值和存储数值核查

核查系统管理服务显示的采集数值、数据库内存储数值与计量装置盘面值的一致性和实时性是保证数据准确性的重要环节。

采集数值是计量装置实时采集到的数据，通过数据传输设备传输到系统管理服务中进行显示。数据库内存储数值是采集数值经过处理后存储在数据库中的数据。计量装置盘面值是计量装置现场显示的实际测量值。在核查过程中，要在同一时刻获取系统管理服务显示的采集数值、数据库内存储数值和计量装置盘面值，并进行对比。如果三者之间存在差异，要分析差异产生的原因，可能是数据传输过程中的干扰、计量装置故障或系统软件问题等。同时，还要检查数据的实时性，确保系统管理服务能够及时准确地显示采集数值，数据库能够及时更新存储数值。

7.2.2.3 故障报警信息核查

保证各类故障报警信息的实时性和准确性对于系统的安全稳定运行至关重要。系统在运行过程中，当计量装置或其他设备出现故障时，会产生相应的故障报警信息。要对故障报警信息的实时性进行检查，确保当故障发生时，系统能够立即发出报警信息。可以通过模拟故障的方式来测试报警信息的实时性。同时，还要检查报警信息的准确性，确保报警信息能够准确反映故障的类型、位置和严重程度。对于不准确的报警信息，要及时进行修正和完善，避免因误报警或漏报警给系统运行带来安全隐患。

7.2.3 计量装置单点测试

在部署系统的工作站上，应用数据测试软件（OPC CLIENT、modbus TCP 等）应逐一连接计量装置数据输出接口，检查信息采集数据和计量装置盘面数据，应正常显示，两者误差符合设计规定，调试完毕复原计量装置与仪表设备的连接。

7.2.3.1 数据测试软件连接

在部署系统的工作站上，使用数据测试软件（如 OPC CLIENT、modbus TCP 等）逐一连接计量装置数据输出接口。这些数据测试软件具有强大的功能，可以实现与计量装置的数据通信和数据采集。

在连接过程中，要确保数据测试软件的配置参数与计量装置的数据输出接口参数一致，包括通信协议、波特率、数据格式等。如果配置参数不匹配，可能会

导致无法建立连接或数据传输错误。例如，在使用 modbus TCP 协议进行连接时，要设置好计量装置的 IP 地址、端口号和从站地址等参数。

7.2.3.2 信息采集数据和盘面数据检查

连接成功后，检查信息采集数据和计量装置盘面数据。信息采集数据是通过数据测试软件从计量装置数据输出接口采集到的数据，盘面数据是计量装置现场显示的实际测量值。

要观察信息采集数据和盘面数据是否正常显示。正常显示不仅包括数据的数值准确，还包括数据的单位、小数点位数等符合要求。同时，要比较两者之间的误差，确保误差符合设计规定。如果误差超出设计规定范围，可能是计量装置本身存在故障、数据传输过程中出现干扰或数据测试软件配置不正确等原因导致的，需要进一步排查和处理。

7.2.3.3 连接复原

调试完毕后，要将计量装置与仪表设备的连接复原。在调试过程中，可能会临时断开计量装置与仪表设备的连接，以进行数据测试和检查。调试完成后，要按照正确的连接方式将其重新连接好，确保系统能够恢复正常运行。同时，要对连接情况进行再次检查，确保连接牢固、可靠，避免因连接松动导致数据传输异常或设备故障。

7.3 系统验收流程

7.3.1 根据项目验收要求，系统检测应按以下流程进行：

- 1 检测数据处理质量和远程通信稳定性，均应满足技术要求；
- 2 检测数据库备份等系统的冗余和容错功能，应符合设计要求；
- 3 检测各类计量参数报警、通讯报警和设备报警等的存储统计、查询等功能，均应符合设计要求；
- 4 检测系统服务操作便捷性和直观性，图形切换流程清楚易懂，报警信息显示和处理直观、有效，应符合设计要求及用户友好度；
- 5 检测系统功能页面加载响应速度应满足软件标准要求（400ms~2000ms）；
- 6 检测系统平台及各子系统软件功能，并进行试运行测评，软件功能应符合技术要求，运行效果良好且有管理成效，试运行周期不少于 10 天，系统故障率低于 0.1%，连续运行稳定性需满足 99.9%可用性；

- 7 检测系统管理和操作权限,应能保证系统操作的安全性,应符合设计要求;
- 8 检测系统运行日志记录及故障报错及时性,应满足技术要求;
- 9 检测系统安全策略应加载启用,安全策略禁止的数据包应被过滤,非禁止的数据包应正常通过,应符合设计要求。

7.4 系统验收内容

7.4.1 一般要求规定验收时,应与系统设计的基础功能及进阶功能相符。

7.4.2 系统硬件设备的品牌、型号和数量,所标明的硬件设备应与合同一致。

7.4.3 系统安全与性能检查应满足以下要求:

1 系统安全性应满足 GB/T 20271-20066《信息安全技术 信息系统通用安全技术要求》,互联安全、软件安全、冗余备份等方面符合国家、行业相关标准,技术要求和合同约定设计方案要求,满足实际应用需求。系统应通过压力测试与安全评估;

2 系统性能符合文中相关章节要求,系统可靠性、存储要求、显示要求、相应时间等功能和指标,应符合相关国家标准和行业标准,技术要求和合同约定设计方案要求。

7.4.4 系统功能检查应包括系统中设计的基础功能及进阶功能,应符合文中相关章节,国家、行业相关标准,技术要求和合同约定设计方案要求。

7.4.5 系统通信检查应对传输设备、电源设备、接入网设备、数据通信设备及线路分别进行验收,系统通信应符合相关国家标准和行业标准,技术要求和合同约定设计方案要求。

7.4.6 其他项目检查应包括标书、合同等约定设计方案中有其他特殊约定项目的,应逐项进行功能验证与检查。

7.4.7 用户体验与培训验收:

- 1 用户操作满意度调查评分 ≥ 4.5 分(满分 5 分);
- 2 运维人员需通过标准化考核(如理论测试、实操演练),通过率 $\geq 90\%$;
- 3 提供完整的培训记录(包括培训内容、时长、考核结果)。

8 数字化运维系统运行与维护

8.1 质保要求

8.1.1 系统验收后应提供软件系统售后维护服务及升级服务，质保年限应根据工程实际及规范要求执行，宜不少于 2 年以上。

8.2 仪表设备日常维护及检修标准

8.2.1 仪表设备日常维护应包括：

- 1 查看仪表指示、记录是否正常；
- 2 查看仪表电源供应是否正常；
- 3 检查仪表保温、伴热状况；
- 4 检查仪表本体连接件损坏及腐蚀情况；
- 5 查看仪表和工艺接口泄漏情况；
- 6 检查计算机控制系统和仪表完好和运行状况。

8.2.2 检修标准应符合以下要求：

PDA 设备、无线装置等设备的检修维护管理，应定期对上述装置进行检查，标定校正与评估，记录该设备的使用情况，评估其使用年限，对异常故障的设备进行维修与更换，保证设备的可靠性。

8.3 软件系统运行维护流程及方案

8.3.1 软件系统维护服务内容应包括：

- 1 系统日常运行维护应包括系统操作指导、因系统缺陷导致的各种 BUG 的修复、因误操作导致的数据错误维护等；
- 2 系统突发事件的诊断、排除；
- 3 咨询服务帮助解答甲方提出的系统相关的各种业务和技术问题，包括技术咨询、指导和信息提供等；
- 4 数据库数据清理工作，定期清理运维过程中所生成的生产数据库中的临时表，从应用系统角度来优化数据库，如建立并优化索引、优化存储过程、数据库表拆分等，提高应用系统运行速度。

8.3.2 软件系统运行维护流程及方案应满足：

良好的运行维护管理是充分发挥系统作用，保持系统安全稳定运行的关键，也是提高能源利用效率，提升能源管理水平的关键。为提高系统的稳定运行及故

障处理速率，对维护流程做出定义，应包含用户端和技术维护端：

- 1 用户端作为使用者提出维护申请至技术维护端；
- 2 技术负责人及工程师快速响应，应在保证数据完整安全的前提下进行系统技术维护工作，验证确保满足用户需求，技术维护端宜在用户提交申请后 2 小时内响应，24 小时内解决一般性故障；
- 3 由用户端最后确认维护服务结束。

8.4 硬件设备运行维护流程及方案

8.4.1 硬件设备维护服务内容应满足如下要求：

- 1 服务器运行状态监控和问题处理；
- 2 网络设备（交换机和防火墙）运行状态监控和问题处理。

8.4.2 硬件设备运行维护流程及方案应满足：

- 1 系统应提供服务器和网络设备运行监控模块，对硬件设备的主板、处理器、内存、硬盘、数据传输及电源的运行状态进行实时监控，出现异常情况时发送告警信息；
- 2 制定日常巡检方案，对硬件设备的网络状态、运行状态、监控数据等进行日常巡检，发现问题应及时上报和处理；
- 3 制定硬件故障的应急预案，硬件故障后应及时上报问题并快速恢复业务；硬件故障平均修复时间（MTTR）不超过 4 小时。

本标准用词说明

1 为了在执行本标准条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1) 表示严格，在正常情况下均应这样做的：

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；

2) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的：

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；

3) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

2 条文中指定应按其他有关标准、规范执行的写法为“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

- 《信息技术大数据系统运维和管理功能要求》 GB/T 38633-2020
- 《自动化仪表工程施工及质量验收规范》 GB50093-2013
- 《信息技术互连国际标准》 ISO/IEC11801-95
- 《计算机场地安全要求》 GB/T 9361-2011
- 《智能制造 远程运维系统通用要求》 GB/T 42136-2022
- 《产品生命周期管理（PLM）规范》 SJ/T 11729-2018
- 《设备管理体系要求》 T/CAPE 10001-2017
- 《信息安全技术—网络安全等级保护基本要求》 GB/T 22239-2019
- 《电子工业工厂支持系统智能化工程技术规范》 SJ/T11947-2024