|  |  |
| --- | --- |
| ICS | 25.040.01 |
| CCS | |  | | --- | | D:\000000部门项目\09标准化插件开发\程序源代码\StandardEditor_ShanDongKeXieYuan\团标首页面字母T.pngD:\000000部门项目\09标准化插件开发\程序源代码\StandardEditor_ShanDongKeXieYuan\团标首页面字母T后面的反斜杠.png XJBX |   C 78 |

西安市计量标准检测认证协会团体标准

T/XJBX 0043—2025

特种机电设备智能安全监测

与预警技术规范

Technical specification for intelligent safety monitoring and early warning of special electromechanical equipment

2025 - XX - XX发布

2025 - XX - XX实施

西安市计量标准检测认证协会  发布

目次

[前言 III](#_Toc200374544)

[引言 V](#_Toc200374545)

[1 范围 1](#_Toc200374546)

[2 规范性引用文件 1](#_Toc200374547)

[3 术语和定义 1](#_Toc200374548)

[4 总体技术要求 2](#_Toc200374549)

[5 系统构成与功能模块 3](#_Toc200374550)

[6 数据采集与传输 4](#_Toc200374551)

[7 预警模型与响应机制 5](#_Toc200374552)

[8 系统运行与维护管理 6](#_Toc200374553)

[9 应用评价与效果验证 7](#_Toc200374554)

1. 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。

本文件由西安市计量标准检测认证协会提出并归口。

本文件起草单位：浙江工业职业技术学院、山东大学、山西省原平市就业和人才服务中心、西继迅达电梯有限公司、信正聚力(陕西)计量检测有限公司、珠海鑫链科技有限公司、杭州临安东顺机械设备安装有限公司、齐鲁安替制药有限公司、广州市花都区理工职业技术学校、衡水市市政工程管理中心、湖北特种设备检验检测研究院黄冈分院、商洛职业技术学院、连云港太瓦新能源有限公司、公诚管理咨询有限公司、河南冠宝建设工程有限公司、内乡县王店镇人民政府、河南铭鼎建筑工程有限公司。

本文件主要起草人：王卫东、侯嘉瑞、王楠、曹银涛、段江宏、曹康康、石超坤、杨俊伟、聂鹏程、易自强、吴承启、解敏阳、伍升洋、季银、黄俊丽、李凯。

1. 引言

特种机电设备在工业生产、能源运输、建筑施工等领域中广泛应用，其运行状态直接关系到人员生命安全和生产系统稳定性。由于其结构复杂、运行强度高、作业环境苛刻，传统人工巡检方式难以及时、准确发现设备潜在故障，亟需依托智能监测与预警技术实现全过程风险管理。

本文件围绕特种机电设备运行过程中的状态感知、智能判断和风险处置，提出了系统构成、关键参数、采集方法、数据传输、异常识别、预警响应及系统运行保障等方面的技术要求，旨在构建一套科学、高效、实用的智能安全监测与预警体系。

本文件适用于以智能化手段提升特种机电设备运行安全水平的设计、建设、运维和评估全过程，为企业数字化转型与安全管理能力提升提供技术支撑和标准依据。

特种机电设备智能安全监测

与预警技术规范

* 1. 范围

本文件规定了特种机电设备智能安全监测与预警系统的技术要求，包括总体技术要求、系统构成与功能模块、数据采集与传输、预警模型与响应机制、系统运行与维护管理及应用评价与效果验证等方面内容。

本文件适用于对特种机电设备开展基于传感、通信、算法与平台联动的智能化安全监测与预警系统的规划、设计、集成、运行及评价工作。适用设备包括但不限于矿井提升机、轨道运输设备、大型起重机械、电动牵引系统、连续输送设备及其他高风险、高负荷运行的专用机电设备。

* 1. 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 2887—2011 计算机场地通用规范

GB/T 28181—2022 公共安全视频监控联网系统信息传输、交换、控制技术要求

GB/T 22239—2019 信息安全技术 网络安全等级保护基本要求

GB/T 33009.1—2016 工业自动化和控制系统网络安全 集散控制系统（DCS） 第1部分：防护要求

* 1. 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

特种机电设备 special electromechanical equipment

指在高风险、高强度或特殊环境条件下运行的专用机电类设备，具有结构复杂、动力强大、运行连续性高等特点，包括但不限于提升设备、牵引装置、起重机械、输送系统及大型动力机械等。

智能安全监测系统 intelligent security monitoring system

由传感装置、数据采集单元、通信模块、数据处理平台和可视化终端组成的系统，可对特种机电设备运行状态进行实时感知、智能分析和预警响应，实现安全运行全过程管理。

状态感知 status perception

指通过传感器和边缘计算单元，获取设备运行中的关键物理量（如振动、温度、电流、速度等）以判断其运行状态的能力。

* 1. 总体技术要求
     1. 系统功能要求

智能安全监测与预警系统应具备以下核心功能：

1. 实时数据采集与记录：能够对设备关键部件的运行状态参数进行连续、高频采集，并实现完整记录；
2. 状态识别与诊断分析：具备多参数综合分析能力，能对正常、异常、故障状态进行智能识别；
3. 分级预警与联动响应：根据不同风险等级，自动触发本地告警、远程通知或控制联动；
4. 历史数据查询与趋势分析：可对历史运行数据进行分类检索、可视化分析及趋势判断；
5. 权限控制与日志管理：支持多用户分级管理和操作日志追踪，保障数据使用安全与责任可溯。
   * 1. 性能指标要求

系统应满足以下基本性能：

1. 数据采集频率应根据设备特性不低于1Hz；
2. 数据传输延时不应超过500ms；
3. 异常识别准确率应不低于95%，误报率控制在5%以内；
4. 系统整体稳定性运行时间MTBF应不低于10000小时。
   * 1. 环境适应性要求

系统组件应具备良好的防尘、防水、防震、防电磁干扰能力，适用于高温、高湿、多尘、振动等复杂环境条件下的长期稳定运行。

* + 1. 可靠性与冗余性

核心数据处理单元、电源、通信链路等系统关键部位应具备双重冗余设计，防止单点故障导致功能中断。设备掉线或故障应具备自动检测和恢复机制。

* + 1. 信息安全要求

系统应采用多层安全防护措施，包括数据加密传输、用户访问控制、边云隔离机制等，防止非法入侵、数据泄露和远程篡改。系统应符合信息安全等级保护基本要求。

* + 1. 兼容性与可扩展性

系统应支持与常见工业通信协议兼容，具备良好的接口开放性和软硬件扩展能力，满足后续多设备接入与平台集成需求。

* 1. 系统构成与功能模块
     1. 系统结构层级

特种机电设备智能安全监测与预警系统应分为感知层、边缘层、传输层、平台层和应用层五个基本层级，各层级协同工作，实现设备运行数据的采集、传输、处理、分析与应用。

1. 感知层：由各类传感器组成，用于实时采集设备的运行参数，如振动、温度、电压、电流、转速、位移、压力等；
2. 边缘层：配置边缘计算设备，对原始数据进行初步处理、缓存与压缩，具备本地预警与控制联动能力；
3. 传输层：依托有线或无线通信方式，将数据稳定传输至中心平台；
4. 平台层：构建统一的数据管理平台，具备数据清洗、存储、分析、模型运算、预警分级及报表生成等能力；
5. 应用层：包括网页端、移动端、可视化大屏等多种展示与操作方式，服务于调度管理、安全监管、设备运维等场景。
   * 1. 系统功能模块组成

系统应集成以下功能模块：

1. 实时监测模块：用于设备多点参数的同步采集、显示和存储；
2. 智能诊断模块：基于规则引擎或机器学习模型，对设备状态进行分析和故障趋势预测；
3. 预警发布模块：按照预设规则，自动触发预警信息并通过平台、短信、邮件或语音播报等形式通知相关责任人；
4. 联动控制模块：支持与设备控制系统对接，实现特定异常情况下的自动停机、限速、降载等联动控制；
5. 数据管理模块：用于分类管理原始数据、结构化数据、分析结果和历史记录，并保障数据安全性和可追溯性；
6. 可视化与报告模块：将关键指标通过图表、趋势曲线和综合评估报告的方式展示，支持定制化导出与打印；
7. 用户权限与日志模块：实现不同岗位用户的权限划分、行为日志记录及访问审计。
   * 1. 系统集成要求

系统各组成部分应模块化设计，支持软硬件解耦、按需部署、快速升级与第三方平台对接。边缘设备与平台间应具备协议适配能力，平台层应支持API接口或数据中台接入。

* 1. 数据采集与传输
     1. 数据采集内容与关键参数

监测系统应根据特种机电设备的运行特性，选取反映安全状态和工作负载的关键参数，至少应包括以下数据类型：

1. 机械类参数：振动速度、振动加速度、位移、轴承温度、润滑状态、机械冲击值等；
2. 电气类参数：电流、电压、有功功率、无功功率、频率、电能等；
3. 环境类参数：设备所在区域的温度、湿度、粉尘浓度、噪声级等；
4. 控制状态参数：开关状态、制动状态、运行模式、报警信号、动作次数等。
   * 1. 数据采集频率与精度要求

数据采集频率应根据参数类型和设备运行速度合理设定：

1. 对于振动、冲击类高频信号，采样频率不低于1kHz；
2. 对于温度、电流等缓变参数，采样频率不低于1Hz；
3. 系统应支持动态调频机制，在关键状态下提升采样频率；
4. 所有传感器测量精度应不低于±2%，并具备定期标定能力。
   * 1. 采集终端布设要求

传感器布设应覆盖设备主要负荷部位、关键运动节点及潜在故障源，布点应满足以下原则：

1. 分区布控，关键点必测；
2. 安装牢固、防护可靠，具备防尘、防水、防爆能力；
3. 配线整洁，满足电磁兼容要求；
4. 数据采集单元应具备本地缓存、防断电丢失功能。
   * 1. 数据传输方式与接口标准

系统应根据现场条件和平台结构选用稳定、低延迟的通信方式，常见方式包括：

1. 有线通信：工业以太网、RS485、CAN总线等；
2. 无线通信：Wi-Fi、4G/5G、NB-IoT、LoRa等；
3. 所有通信接口应支持Modbus、OPC UA、MQTT、HTTP等主流工业通信协议，确保系统互通互联。
   * 1. 数据完整性与传输安全保障

系统应建立数据完整性校验机制，如采用CRC、时间戳比对、断点续传等方式，避免数据缺失、错序或篡改。对于重要监测数据，应启用加密传输，并建立端到端防篡改机制。

* + 1. 异常传输处理机制

当数据中断、网络故障或采集设备失效时，系统应能自动报警并启动应急机制，如切换备用通道、缓存数据待恢复上传，确保数据连续性和风险可控性。

* 1. 预警模型与响应机制
     1. 预警机制总体要求

系统应具备基于监测数据的智能化预警能力，通过算法识别设备运行中的异常状态、趋势偏离或故障征兆，并实现分级响应、精准定位、及时干预，提升设备安全运行保障能力。

* + 1. 预警等级划分

预警应按风险程度和响应紧急性划分为三级：

1. Ⅰ级预警（红色）：存在立即导致事故或设备损毁的极端风险，系统应立即发出强制停机信号并联动声光报警；
2. Ⅱ级预警（橙色）：存在严重隐患，短期内可能引发故障或人员伤害，应通知管理人员及时干预，并记录日志；
3. Ⅲ级预警（黄色）：监测数据出现波动或早期异常，提示维护人员重点关注或安排检修。
   * 1. 阈值设置与模型构建

系统应根据设备类型和运行特性，结合经验阈值、统计学习、人工智能等方法，建立灵活可调的预警模型。常见模型包括：

1. 阈值比较模型：对关键参数设定上线、下限或速率阈值；
2. 多参数关联模型：通过指标组合判断复合异常状态；
3. 趋势分析模型：基于历史数据拟合趋势曲线，发现偏离行为；
4. AI智能识别模型：利用神经网络、支持向量机等方法学习故障样本，提高预测准确率。

模型应具备在线学习、自动调整和适应新工况能力。

* + 1. 响应流程与信息通报

当系统检测到异常状态并触发预警后，应立即按照以下流程响应：

1. 弹窗提示+声光警报+界面标识突出显示；
2. 自动向指定用户推送预警信息；
3. 自动记录预警编号、时间、参数、部位、持续时间等关键信息；
4. 若达到Ⅱ级以上，应生成初步故障分析报告并标注建议处置方式；
5. 对接设备控制系统，必要时执行减速、限载或停机联动。
   * 1. 误报与漏报控制机制

预警系统应定期评估识别准确率，并引入纠错机制，通过人工反馈、样本学习等方式降低误报率与漏报风险。

* + 1. 预警联动与多系统协同

系统应支持与生产调度系统、设备控制系统、视频监控系统、消防报警系统等多平台联动，构建跨系统预警处置机制，提升整体响应效率和联防能力。

* 1. 系统运行与维护管理
     1. 系统运行状态监控

系统应实时监控自身运行状态，包括数据采集链路、通信通道、存储模块、平台服务和用户终端等关键环节。出现通信中断、数据异常、模块故障等情况时，应自动报警并提示故障类型和位置。

监测平台应设有运行状态面板，展示设备在线率、传感器完好率、预警响应率、系统负载、运行时长等核心指标，供运维人员定期巡查和技术支持使用。

* + 1. 日常维护策略

系统维护应遵循“定期检查+异常响应+日志复审”原则，包含以下内容：

1. 每日例检：检查数据上传是否完整、设备状态是否在线、预警信息是否及时处理；
2. 每周巡检：核查传感器接线、电源、边缘网关运行状态及系统页面显示情况；
3. 每月维护：校验阈值设定是否合理、系统性能是否稳定、接口对接是否正常；
4. 每季度测试：开展模拟预警演练，检验系统整体响应链条的可靠性与协同性。
   * 1. 故障处理与恢复机制

一旦系统模块出现故障，应按以下流程进行处理：

1. 自动记录故障时间、类别与影响范围；
2. 通知指定维护人员限时响应，并提供辅助诊断建议；
3. 故障排除后，系统应支持快速恢复原有配置与数据状态，具备断点续传与冗余切换功能；
4. 所有故障记录应归档管理，便于追溯与分析。
   * 1. 系统升级与兼容保障

系统应具备良好的可升级性，软件平台支持远程在线升级，硬件模块支持模块替换和版本扩展。升级过程应确保系统连续运行，避免业务中断。新版本应通过兼容性测试，保障历史数据与配置无缝迁移。

* + 1. 运维人员职责与权限划分

系统应设立分级运维机制，包括设备管理员、数据管理员、平台管理员和安全管理员等角色。不同角色应具备对应权限，防止越权操作。所有用户操作应自动生成日志，便于后期审计和问责。

* + 1. 运维档案与制度建设

系统使用单位应建立完整的运维档案，包括日常检查记录、故障处理记录、升级记录、预警日志、用户操作日志等。

* 1. 应用评价与效果验证
     1. 应用成效评价原则

系统建成并投入使用后，应开展定期的应用效果评价工作，重点检验其在实际运行过程中对风险预警、隐患治理、运维效率提升等方面的实际贡献。评价应坚持科学性、系统性和实用性原则，结合定量分析与定性判断形成综合评估结论。

* + 1. 评价指标体系

应用效果评价可从以下几个维度进行：

1. 预警准确性指标：评估预警系统识别异常的命中率、误报率和漏报率；
2. 响应及时性指标：测量从异常识别到响应执行的时间间隔，是否满足应急响应要求；
3. 故障率变化指标：对比系统运行前后设备故障次数、故障停机时间及影响范围；
4. 维保效率指标：分析维修周期、排障速度、人工巡检替代率等维度的改善情况；
5. 运行成本指标：衡量系统部署后是否有效降低了因故障带来的停产、维修、保险等综合成本。
   * 1. 验证方法与流程

效果验证应采用“数据监测+现场检查+用户访谈”相结合的方式，具体流程包括：

1. 收集系统运行日志、预警记录、历史故障统计数据；
2. 对比同期人工检修与预警触发结果的一致性；
3. 现场查验系统设备完好率、预警响应情况及维保记录；
4. 组织相关岗位用户填写满意度调查表或参加评估座谈会；
5. 形成综合评估报告，提出系统优化建议或再开发方向。
   * 1. 推广适应性与复制性分析

评价工作还应关注系统的环境适应性、行业通用性及技术可迁移性。具备以下条件的系统建议优先推广：

1. 支持多类型设备接入与跨平台部署；
2. 算法模型具备学习能力并能适应不同工况变化；
3. 运维工具与用户界面简洁，便于非专业人员使用；
4. 数据接口与通信协议开放，易于与现有生产系统对接；
5. 成本合理，技术成熟，具备快速复制与规模化推广条件。
   * 1. 成果转化与持续优化

评价结论应作为系统后续版本迭代、行业案例推广、政策支持申请等重要依据。鼓励将优秀应用实践转化为管理制度、行业标准或产品解决方案，推动形成设备安全智能化管理的长效机制。

