

煤炭行业设备管理信息系统标准化体系构建研究

杨晓文

国能销售集团有限公司煤炭数质量测量站 内蒙古 鄂尔多斯 017200

摘要：新一轮科技革命下，智能化、数字化新型工业化道路是煤炭行业高质量发展必由之路。设备管理现代化水平关乎企业核心竞争力，但当前煤炭行业设备管理信息系统存在标准缺失、数据孤岛等问题，制约设备全生命周期管理效能与智能矿山建设。本文旨在构建科学完整的煤炭行业设备管理信息系统标准化体系。先剖析行业设备管理挑战与信息化现状，阐述构建体系的必要性与紧迫性；提出以“统一数据模型、规范业务流程、开放技术架构”为核心原则的设计思路，规划包含基础通用等五层架构体系；针对实施路径给出分阶段、分层次推进策略。该研究为煤炭企业设备管理信息系统提供理论指导与实践框架，助力行业从“经验驱动”转向“数据驱动”，筑牢智能矿山数字底座。

关键词：煤炭行业；设备管理；信息系统；标准化体系；数据治理

引言

煤炭是我国能源安全的“压舱石”，其健康稳定发展关乎国家经济命脉。在“双碳”目标与安全生产要求下，煤炭行业正转型升级，传统管理模式难以为继，现代管理体系应运而生。设备作为煤矿生产核心要素，其管理水平影响生产效率、成本控制、安全保障及企业可持续发展。设备管理信息系统（EMIS）是连接物理与数字世界桥梁，能实现设备全生命周期智能化管理，为企业创造巨大价值。但当前煤炭行业EMIS应用存在痛点，大型煤炭集团内部多个独立系统形成“信息孤岛”，数据难汇聚共享，协同管理困难，新系统选型、旧系统升级改造及与其他系统集成成本高、技术挑战大。根源在于行业缺乏系统权威的标准化体系，企业信息化建设“各自为政”。因此，构建煤炭行业EMIS标准化体系，是解决信息化困境、引领行业迈向智能化高质量发展的战略基石，本文将就此展开深入研究。

2 煤炭行业设备管理现状与挑战分析

1 煤炭行业设备管理现状与挑战分析

1.1 设备管理的重要性与复杂性

煤矿生产环境极端恶劣，设备长期处于高负荷、高粉尘、高湿度、强振动的工况下，故障风险极高。一旦关键设备（如主通风机、主排水泵、提升机、采煤机等）发生故障，轻则导致停产，重则可能引发重大安全事故。因此，设备管理不仅是保障连续生产的“生命线”，更是守护矿工生命安全的“防护墙”。同时，煤矿设备种类繁多、结构复杂、价值高昂。从地面的洗选、运输设备到井下的综采、掘进、支护、运输、通风、排水等成套装备，构成了一个庞大而精密的系统工

程^[1]。对其进行有效管理，需要覆盖从资产台账、技术参数、运行状态、维修历史、备件消耗到报废处置等全维度的信息，管理链条长、专业性强、协同要求高。

1.2 信息化应用现状与主要问题

尽管多数煤炭企业已意识到信息化重要性，并部署了各类EMIS，但整体应用效果参差不齐，主要存在以下几方面问题：（1）“烟囱式”系统林立，数据孤岛严重：不同矿井、不同部门根据自身需求分别建设系统，导致同一集团内存在多个互不联通的EMIS。设备编码、分类、状态描述等基础数据不统一，使得总部无法进行有效的设备资产盘点、绩效分析和资源调配。（2）业务流程不规范，系统功能碎片化：由于缺乏统一的业务流程标准，各系统在预防性维护、故障报修、工单流转、备件领用等核心业务环节上逻辑各异，功能模块设计也存在较大差异，难以满足标准化、规范化管理的要求。（3）技术架构封闭，集成扩展困难：早期系统多采用封闭式架构，API接口不开放或不规范，与物联网（IoT）传感器、移动终端、AI分析平台等新技术的融合能力弱，难以适应未来智能化发展的需要。（4）数据质量低下，决策支持乏力：数据录入依赖人工，准确性与时效性难以保证；历史数据沉淀不足或格式混乱，无法支撑基于大数据的设备故障预测与健康监测（PHM）、维修策略优化等高级应用。（5）安全与运维标准缺失：在网络安全、数据安全、系统高可用性等方面缺乏统一的安全基线和运维规范，系统稳定性与可靠性面临挑战。这些问题的根本症结在于标准化工作的滞后。没有标准，就无法实现“书同文、车同轨”，信息化建设便只能停留在局部优化的层面，无法形成全局协同的合力。

2 构建标准化体系的设计原则

为确保标准化体系的科学性、先进性与实用性，其构建应遵循以下核心原则：（1）统一性与完整性：体系应覆盖设备管理的全生命周期、全业务场景和全技术栈，确保标准之间的协调一致，避免冲突与遗漏。（2）前瞻性与兼容性：既要立足当前行业实际，又要充分考虑未来技术发展趋势（如5G、边缘计算、AI），确保标准具备一定的前瞻性和良好的向下兼容能力。（3）开放性与可扩展性：采用开放的技术架构和标准协议（如RESTful API、MQTT等），便于与外部系统集成，并能灵活扩展以适应新的业务需求。（4）实用性与可操作性：标准内容应具体、明确、可量化，避免过于抽象或理论化，确保企业能够真正落地执行。（5）分层解耦，模块化设计：将复杂的体系分解为相互关联但又相对独立的层次和模块，便于按需引用、迭代更新和推广应用。

3 煤炭行业设备管理信息系统标准化体系架构

基于上述原则，本文提出一个“五层一体”的标准化体系架构，具体包括：

3.1 基础通用标准层

此层是整个体系的基石，为上层标准提供共性支撑。其核心任务在于建立行业共识，消除沟通障碍。首先，必须制定一套权威的术语与定义标准，对行业内关于设备、资产、工单、备件、故障模式、维修类型等核心概念进行清晰、无歧义的界定，这是所有后续交流与协作的基础。其次，亟需建立统一的分类与编码标准，这包括一个既符合国际惯例（如可参考ISO 14224）又能充分体现煤炭行业特色的设备资产分类体系，并在此基础上制定一套唯一的、贯穿设备从出生到报废全生命周期的资产编码规则^[2]。这套编码将成为设备在数字世界中的“身份证”，是实现数据贯通和资产追踪的前提。最后，还应出台参考架构标准，从宏观上定义EMIS的总体逻辑架构，清晰地划定其与ERP、MES、安全监控系统、IoT平台等周边系统的功能边界与交互关系，为企业的整体信息化蓝图绘制提供指引。

3.2 数据标准层

数据是信息系统的血液，此层旨在解决“数据怎么说”的问题，确保数据的一致性、准确性和可用性。主数据标准是其中的重中之重，它需要对设备主数据（如技术参数、制造商、型号、序列号等）、组织主数据（如矿井、区队、班组的层级结构）、人员主数据以及位置主数据（设备的精确安装地点及其所属的工艺系统）等核心实体，进行统一的数据模型设计、字段定义、格式规范及校验规则设定。在此基础上，业务数据

标准则进一步规范了工单数据（涵盖计划、执行、验收全过程）、维修记录、点检数据、润滑记录、备件出入库流水、故障报告等动态业务数据的结构与内容，确保业务活动能被完整、真实地记录下来。为了衡量管理成效，指标与KPI标准必须统一设备管理关键绩效指标（如设备综合效率OEE、平均故障间隔时间MTBF、平均修复时间MTTR、维修成本占比等）的计算口径与公式，使得不同单位间的绩效评估结果具有公平性和可比性。所有这些数据元素的定义和管理，最终都依赖于一个健全的元数据与数据字典体系，它如同一本数据的“百科全书”，对所有数据资产进行注册、管理和发布，是数据治理工作的核心。

3.3 业务功能标准层

此层聚焦于“系统做什么”，旨在将先进的管理理念固化为可执行的系统功能。它首先需要定义一套覆盖设备全生命周期的标准化管理流程，从最初的规划立项、采购验收，到中间的安装调试、运行使用、维护保养（包括预防性、预测性和纠正性维护），再到后期的技术改造直至最终的报废处置，每个环节都应有清晰的操作指南。围绕这些流程，核心功能模块标准则对系统应具备的具体能力进行了详细规定。例如，资产管理模块需支持完整的资产台账和位置管理；预防性维护模块需能根据预设规则自动生成维护计划；工单管理模块需支撑从创建、审批、派发到执行、关闭的全流程闭环；库存与采购管理模块则要能有效控制备件库存，优化采购行为^[3]。此外，考虑到现场作业的移动化趋势，移动应用标准也应明确现场点检、工单处理、扫码出入库等功能的规范。最后，该层还需定义与其他系统集成的业务标准，明确与财务系统进行成本归集、与人力资源系统核算工时、与IoT平台接入实时数据等跨系统协同的具体业务场景和数据交互内容。

3.4 技术标准层

此层解决“系统怎么做”的问题，确保技术实现的规范、开放与先进。系统架构标准应积极推荐采用微服务、云原生等现代化架构，以提升系统的灵活性、弹性和可维护性，并明确前后端分离、服务治理等关键技术要求。数据交换与接口标准是实现系统互联互通的生命线，必须强制要求所有系统提供标准化的API接口（如遵循OpenAPI 3.0规范），并详细定义与IoT设备、其他业务系统进行数据交换时所使用的消息格式（如JSON/XML Schema）、通信协议（如HTTP/HTTPS, MQTT）以及安全认证机制。针对蓬勃发展的物联网应用，IoT接入标准需要规范各类传感器（如振动、温度、电流传感器）的

数据采集频率、传输协议、边缘计算节点的功能要求,以及如何将海量的实时数据高效、有序地接入EMIS。为了提升用户体验,用户界面(UI/UX)标准也应提供基础的设计指南,确保系统在易用性、视觉一致性以及对不同用户群体的可访问性方面达到基本要求。

3.5 安全与运维标准层

此层是整个体系的守护者,旨在保障系统的“健康”与“安全”。信息安全标准必须严格遵循国家网络安全等级保护的相关要求,从数据加密(无论是传输中还是静态存储)、细粒度的访问控制、多因素身份认证到全面的日志审计和漏洞管理,都应设定明确的安全基线,防止数据泄露和非法入侵。系统可靠性与高可用性标准则着眼于业务连续性,规定系统必须达到的可用性指标(如99.9%),并要求制定完善的灾备方案,明确故障恢复时间目标(RTO)和恢复点目标(RPO),确保在遭遇意外时能快速恢复业务。最后,运维管理标准为系统的日常“保健”提供了操作规程,规范了从实时监控、性能调优、版本平滑升级到配置变更管理等一系列运维活动,确保系统能够长期、稳定、高效地运行。

4 标准化体系的实施路径

整个实施过程应始于顶层设计与标准研制阶段,由行业协会牵头,联合头部煤炭企业、科研机构和主流软件厂商,成立专项工作组,通过深入调研和反复论证,完成前述五层标准的详细编制、评审与正式发布。紧接着,应进入标杆试点与验证环节,精心选择一到两家信息化基础扎实、改革意愿强烈的大型煤炭集团作为试点单位,依据新发布的标准对其现有EMIS进行全面评估,并进行必要的改造或全新建设,以此来验证整套标准的可行性、有效性以及潜在的改进空间。在试点取得初步成效后,便需大规模开展宣贯培训与能力建设,面向全行业举办标准解读会、实操培训班,系统性地提升企业管理层和技术骨干对标准的理解深度与应用能力^[4]。随后,进入分步推广与强制引导阶段,对于新建矿井或重大的信息化投资项目,可以将符合本标准化体系作为

项目立项审批和最终验收的硬性前置条件;而对于庞大的存量系统,则应采取更为柔性的策略,鼓励企业通过开发适配接口、开展数据治理等渐进式手段,逐步向标准体系靠拢。整个过程必须建立一个长效的反馈与迭代机制,设立专门的标准维护委员会,定期收集来自一线用户的反馈意见,并紧密跟踪行业技术的最新发展动态,对标准体系进行周期性的修订和更新,以保持其持久的生命力和时代适应性。

5 结语

本文系统研究并构建了面向煤炭行业的设备管理信息系统标准化体系,该体系以解决行业信息化痛点为出发点、支撑智能矿山长远发展为落脚点,通过“五层一体”架构设计,从基础通用到安全运维,为EMIS的规划、建设、集成与应用提供全方位标准化指引。其建立与推广,将推动煤炭行业设备管理从传统模式向集中、协同、智能的现代化模式跃迁,提升企业设备管理效能与安全生产水平,催生行业级新业态、新模式,形成开放共赢的煤炭工业互联网生态。展望未来,随着人工智能、数字孪生等技术深度融合,设备管理将迈向“自治”“自愈”新阶段,标准化体系也需与时俱进,吸纳新技术、新理念,持续演进完善,筑牢煤炭行业数字化转型根基,为国家能源安全和行业高质量发展贡献核心力量。

参考文献

- [1]魏浩然,胡斌.计算机技术在煤炭设备管理中的应用研究[J].中国设备工程,2023,(15):77-79.
- [2]宋新波,孟峰,阮敏.煤炭行业设备管理信息化建设探讨与价值分析[J].能源科技,2020,18(09):55-59.
- [3]李树睿,李志,田万里.互联网技术在煤炭设备备件管理中的设计实践及优化策略[J].造纸装备及材料,2023,52(05):116-118.
- [4]王慧杰,李鹏.ERP系统实现煤炭行业设备数字化管理[J].能源科技,2020,18(11):72-74.