

轨道交通车辆工艺知识资产体系化管控研究

温 冰

欧特美交通科技股份有限公司 山东 青岛 266100

摘 要：轨道交通工艺文件管理存在知识碎片化、经验复用率低、变更分析依赖人工等瓶颈。本文提出构建结构化工艺知识资产体系，包括工艺参数库、典型工序模板库、变更关联规则库三大底座，并配套数据治理、组织赋能与数字化支撑机制。旨在推动工艺管理从文件管控转向知识资产化运营，缩短新车型工艺准备周期，提升现场响应速度，支撑行业数字化转型。

关键词：轨道交通车辆；工艺知识；资产化管控；结构化数据

引言：轨道交通车辆制造具有多品种、小批量、工艺复杂度高的特征。当前，GB/T、TB/T 等标准已全面覆盖工艺文件格式与审批规范，企业基础管理基本合规。但行业竞争加剧下，仅“管好文件”远不足够：工艺经验难以沉淀，相似工序重复编制，变更影响依赖个人判断。为此，需推动工艺管理从“规范化”向“资产化”跃升，聚焦工艺知识的系统建模、持续积累与智能复用，构建适应轨交制造特点的资产管控体系，助力工艺管理从形式合规走向价值创造。

1 相关概念与轨交车辆工艺知识管理现状分析

1.1 核心相关概念界定

(1) 轨道交通车辆工艺知识定义：支撑工艺设计、现场操作与质量控制的全部技术经验与数据集合，包括工艺参数配对、工序操作要诀、工装选型规则、质量问题处置方案、变更影响关联图谱等，涵盖结构化与非结构化数据。(2) 工艺知识资产化管控内涵：对分散于个人经验、文档、图纸中的工艺知识进行系统性采集、结构化存储、标准化编码与智能化调用，实现从“人带人”向“系统带人”转变，使知识成为可积累、可评价、可增值的企业核心资产^[1]。(3) 轨交车辆工艺知识管理特殊性：呈现知识维度多（焊接、粘接、电气、装配等）、历史数据量大（数万份文件）、变更连锁反应复杂（单工序变动波及上下游）、知识时效性强（车型代际更迭需持续汰换）四大特性，管理要求高。

1.2 轨道交通车辆工艺知识管理现有架构

(1) 工艺知识产生与沉淀现状：新车型开发中参考历史文件进行修改，个人经验留存于本地电脑或纸质笔记，缺乏统一采集通道，隐性知识随人员流动流失。(2) 工艺知识流转与应用模式：现场问题通过电

话咨询或翻阅历史记录解决，效率低、口径不一；新员工依赖师傅“传帮带”，标准化传承体系未建立。(3) 信息化支撑基础：多数企业部署 PLM/PDM 实现文件电子化存储与版本管理，部分引入 MES 推送文件，但系统侧重于流程审批，对数据结构化提取与知识化加工能力有限。

1.3 工艺知识管理现存深层问题

(1) 知识碎片化沉淀，组织记忆断层：成熟方案散落个人文件夹、邮件或口头传授，缺乏条目化整理，同类问题重复研究，组织智慧未有效积累。(2) 经验数据复用率低，重复编制突出：新车型准备时查找历史文件耗时 2-3 天，因未按工艺特征分类索引，实际复用率不足 30%，大量精力浪费。(3) 变更影响依赖人工判断，波及范围难锁定：设计或工艺变更对在制品、库存、后续工序、工装的影响分析依赖个人经验，易遗漏关联工序，造成停工或返工。(4) 知识与质量异常未形成闭环：现场质量异常处置后，原因、措施、预防要点未反向沉淀为知识库，同类问题在不同产线或车型重复发生，“重复交学费”现象普遍。

2 轨道交通车辆工艺知识资产化管控体系设计

2.1 体系设计原则与建设目标

(1) 体系设计核心原则：坚持业务驱动，知识建设须聚焦新车型工艺准备、现场问题处置、变更影响分析三大场景，杜绝为建而建；标准化与柔性结合，统一结构化模板录入，同时预留扩展字段适应不同专业；数出一源，工艺知识与文件版本强关联，确保可追溯；持续运营，设立专职岗位和常态化更新机制，避免一次性项目式建设。(2) 短期建设目标：6 个月内完成焊接、装配、电气三大专业工艺知识分类体系搭建和历史条目化

整理,实现新车型工艺准备关键工序知识检索时间缩至30分钟以内。(3)长期运营目标:逐步完善多维度工艺知识子库建设,持续扩充优质知识条目储备,不断提升系统知识推荐匹配度与精准度,构建成熟的知识迭代运营体系,依托知识资产复用降低工艺工作难度,缩短新员工工艺岗位适配周期,全面赋能工艺管理提质增效。

2.2 工艺知识分类体系与结构化建模

(1)多维度分类架构:按专业(焊接/粘接/装配/电气/涂装)、对象(贯通道/门类/内装类)、工序(下料/成型/组对/焊接/检测)、场景(新编参考/问题处置/变更分析)四维标引,确保知识条目可从多入口精准定位。(2)结构化建模标准:统一元数据模型,包含编号、分类、适用车型、工艺条件(材料/设备/环境)、核心参数、操作要点、质量判定标准、常见异常对策、关联文件编号、录入人、版本、成熟度等级等字段,将经验转化为标准化记录^[2]。(3)三类核心库差异化建模:工艺参数库侧重“条件—参数”配对关系,记录材料牌号、板厚组合、焊接电流/电压/速度、预热温度等推荐值与约束;典型工序模板库固化同类工序最优实践,含步骤、工具、检测节点、安全提示;质量问题库记录问题现象、根因、临时措施、长期方案、预防验证五要素。

2.3 工艺知识采集提炼与入库机制设计

(1)存量工艺知识分级整理:对在产及近五年量产车型的工艺文件全面盘点,按高频引用型、专业标杆型、历史参考型、过期淘汰型四级分类,优先整理前两类,第三类仅提取编号、名称、关键词供检索,第四类直接归档,以控制规模和成本。(2)增量知识常态化采集嵌入流程:在文件编制、变更审批、现场问题处置、质量分析会四个节点设置采集触发点,编制时同步提取参数,变更时填写对既有知识的影响,问题处置后48小时内录入质量问题库,质量分析改进方案关联更新知识,使采集融入日常流程^[3]。(3)新工艺试制知识即时固化:试制阶段每份临时工艺文件须同步生成备忘表单,记录暴露问题、临时调整方案和最终优选参数;试制结束后由工艺部组织评审,确认价值后正式入库,确保新知识及时留存。

2.4 工艺知识应用场景赋能与更新维护

(1)新车型工艺准备知识推荐:输入车型特征,系统基于分类标签与参数相似度匹配,推送同类工序成熟模板、适用参数组合和历史问题警示,帮助工艺人员借鉴已有经验,减少重复劳动。(2)现场异常快速检索:通过工位终端或移动端输入问题关键词或扫描物料

条码,系统推送质量问题库中同类处置方案,并可按时效、操作难度、可靠性排序,辅助现场快速决策。(3)变更影响智能预警:利用知识库中工序关联、工装依赖、在制品流转等结构化数据,工序变更时自动标记受影响上下游工序、工装及在制品,输出影响分析报告初稿,避免人工遗漏。(4)定期评审与动态更新:成立工艺知识标准化评审小组,建立常态化知识库评审机制,定期核对知识条目与现行行业标准、企业设备条件、生产工艺的一致性,核验高频使用知识的准确性与适用性。对长期未调用、内容滞后的知识条目进行降级、归档处理,持续优化知识库内容质量与检索效能,保障知识体系的时效性与实用性。

3 轨道交通车辆工艺知识资产化管控落地保障措施与实施效益分析

3.1 数据治理与标准规范保障

(1)制定企业级工艺数据字典与编码规范:统一定义焊接电流、预热温度、紧固力矩等关键工艺参数的计量单位、精度要求与标准术语表述,消除同一参数在不同专业或文件中表述不一致的数据歧义;同步建立工艺知识条目编码规则(知识类型码2位+专业码2位+流水号6位),确保每一条知识拥有唯一标识并可与对应工艺文件版本关联^[4]。(2)构建工艺知识入库审核与质量评价标准:明确知识条目入库须经专业审核人(验证技术正确性)、标准化审核人(验证格式合规性)、业务主管(验证适用性)三级审核,同时制定知识质量评分卡(含准确性、完整性、清晰度、可操作性四个维度),对不合格知识条目督促整改优化,筑牢知识库质量根基。(3)建立工艺数据安全与权限分级管控机制:将工艺知识按保密等级分为企业级公开、部门级共享、项目级限知、核心机密四级,根据不同岗位职责配置差异化访问权限;涉及核心配方、关键参数的知识条目采取加密存储与操作留痕,离职人员权限即时回收,保障企业核心工艺知识资产安全。

3.2 组织职责与人员能力保障

(1)设立专职工艺知识管理工程师岗位:在工艺部下设知识管理组,配置知识管理工程师,明确其职责涵盖知识条目审核入库、知识库日常维护、知识应用效果分析、运营指标统计通报、知识价值评估等专业工作,确保知识库有人建、有人管、有人评。(2)建立全员知识贡献激励机制:将工艺设计人员、车间工艺员、质检人员、一线生产班组长等全部纳入知识贡献主体范围,构建科学合理的知识贡献积分与考核体系。对主动沉淀优质工艺知识、优化知识库内容、推广知识应用的员

工给予绩效激励与荣誉表彰,充分调动全员参与知识建设、知识复用的积极性^[5]。(3) 分层级实施工艺知识管理专项培训:面向工艺人员开展知识条目编写规范、元数据建模方法、知识库系统操作的深度培训,面向一线班组长开展知识检索与应用、问题上报标准化的基础培训,面向一线生产人员重点开展知识检索、问题上报、知识应用等实操培训,确保各层级在知识管理体系中的角色认知清晰、操作能力到位。

3.3 数字化系统与工具支撑

(1) 构建工艺知识中台打通 PLM-MES 数据链路:在 PLM 与 MES 系统之间部署工艺知识中台,向上承接 PLM 中的工艺文件版本与结构化参数,向下向 MES 推送工位所需的知识条目与操作要点,形成“设计—工艺—制造”全链路的知识流贯通,消除系统间数据孤岛。(2) 开发工艺知识智能检索与推荐功能模块:依托大数据检索与自然语言处理技术,实现工艺知识的多维度模糊检索、同义词扩展检索及语义联想检索;在知识检索结果中嵌入协同过滤推荐算法,根据工艺人员岗位、历史检索偏好、当前车型特征推送最可能相关的知识条目,持续提升检索命中率与用户满意度。(3) 搭建知识应用数据分析看板:设计包含知识总量与增长率、知识调用频次 TOP 榜、入库及时率、知识复用率(新编制文件中引用既有知识的占比)、问题库闭环率等核心指标的数据化看板,实时呈现知识库运营健康度,为管理决策与持续改进提供数据支撑。

3.4 实施效益分析与风险防控

(1) 工艺准备效率优化效益:工艺知识资产化体系落地后,企业成熟工序模板、优质工艺参数、经典解决方案可实现高效复用,有效规避重复性工艺设计与方案编制工作,大幅简化新车型工艺筹备流程,缩减工艺编制与方案打磨周期,显著提升工艺筹备整体效率。(2) 现场生产处置提质增效:依托知识库标准化、可视化的问题处置方案,一线人员可快速应对各类工艺与质量异常,缩短问题研判、方案落地的耗时,减少工艺问题导致的生产停滞与工序延误。同时,常态化的知识沉淀与预警提示,可有效规避同类问题重复发生,持续优化生产质量稳定性。(3) 工艺变更管控精准赋能:通过系

统化的变更影响智能分析与风险预警,可全面排查工艺变更的连锁影响,规避人工排查遗漏问题,减少因变更考虑不周引发的返工、报废、工期延误等问题,提升工艺变更管控的精准性、规范性与高效性,优化整体生产管控水平。(4) 落地实施风险及防控对策:体系落地推进过程中存在四类核心风险,对应防控策略如下:一是一线员工知识录入积极性不足,存在抵触情绪,对此可简化知识录入流程,精简必填字段,降低日常录入工作量,减轻员工工作负担;二是知识库初期资源储备不足,应用价值难以快速凸显,可通过集中梳理核心优质工艺知识,完成基础资源储备后再全面推广应用,保障体系落地即有成效;三是工艺知识存在误用、超范围应用风险,需为每条知识明确标注适用场景、适用条件与应用限制,关键知识应用设置审核校验环节,规范知识使用流程;四是知识内容更新滞后于工艺迭代,需将知识库更新与工艺文件变更流程深度绑定,建立自动提醒、超时督办机制,确保知识内容与现场生产工艺实时同步、动态匹配。

结束语

本次研究提出工艺管理应从“文件符合性管控”向“知识资产化运营”跃升,围绕分类建模、采集提炼、智能应用与持续更新构建系统化体系,有效破解经验碎片化、复用率低、变更分析依赖人工等瓶颈,实现知识增值复用。后续可结合大模型探索自动抽取、智能问答与生成式编制,推动轨道交通工艺管理智能化,为行业数字化转型提供实践范式。

参考文献

- [1] 王磊. 轨道交通车辆制造工艺文件标准化管控体系构建[J]. 铁道机车车辆,2025,45(2):167-171.
- [2] 李浩然. 城轨车辆生产工艺文件现存问题及规范化优化路径[J]. 轨道交通装备与技术,2024,7(3):78-81.
- [3] 陈峰. 基于 ISO22163 体系的轨道车辆工艺文件全生命周期管理[J]. 机械工业标准化与质量,2024,9(8):45-48.
- [4] 马天马. 轨道车辆新造项目工艺文件流程优化与合规管理实践[J]. 设备管理与维修,2025,27(14):122-124.
- [5] 吴佳宁. 轨道交通车体焊接工艺文件标准化改进与落地策略[J]. 电焊机,2023,53(11):112-116.