

智能制造背景下信息系统管理的挑战与对策研究

朱世斌

陕西冠晶信息技术有限公司，陕西省西安市，710000；

摘要：围绕智能制造场景下信息系统管理的复杂性与高频变更特征，提出以对象可见与规则可执行与证据留痕为主线的对策框架。方法从资产图谱、流程编排与数据治理三条路径协同推进，构建稳态秩序与敏捷变更的双轨机制，使计划调度、质量追溯与设备运维在同一语义下联动。框架以可观测为底座，以分域授权与隔离为边界，以度量与看板为反馈，把识别与处置与恢复闭合为可复用节拍，兼顾成本与韧性。

关键词：智能制造；信息系统管理；数据治理；分层控制；韧性工程

DOI：10.69979/3060-8767.25.05.074

引言

智能制造把人机物与数据算法融为一体，生产组织呈现柔性化与并行化，信息系统需要在不确定环境中保持稳定与高效。系统规模扩张与设备多样与软件快速迭代带来接口增生与职责交叠，若缺乏统一语法，流程与数据将出现断裂，风险沿链路放大。为提升确定性，应以对象与关系为轴重塑管理模型，以可观测手段支撑事实判断，以分域边界约束越权扩散，再以小步演进固化成功路径。本文在纯理论边界下，从耦合特征与目标体系、挑战机理与风险图谱、对策与能力建设三方面展开，给出可执行表述与评价坐标。

1 管理场景与总体框架

1.1 智能制造与信息系统耦合特征

智能制造的核心在于将生产资源转化为可编排的服务单元，设备、工艺、物流与质检通过网络与模型相互感知与协同。信息系统需要承载从感知到决策再到执行的闭环，既要适配异构终端与多样协议，又要在变更密集的节拍下维持秩序^[1]。耦合带来的机会与风险并存，机会体现在计划可细化与资源可共享，风险体现在依赖链条拉长与故障传播加速。为降低复杂度，应以对象与关系为基本语法，把设备、配方、工单、物料与人员以统一编码呈现，把连接与依赖与约束以可计算图表达。系统在此基础上设置分域边界，形成现场自治与中心一致的双层结构，现场侧关注实时与安全停机，中心侧关注全局优化与规则一致。节拍管理要求把变更纳入窗口，任何新增版本或参数只能在受控时间与受控范围内启用，旧版本在宽限期内可回退。为避免经验化配置引发漂移，平台提供模板与校核清单，把关键参数与阈值与

证据固定在对象上，减少口头传递与个体差异。观测能力决定治理上限，需要在网关与控制器与平台三处设置可观测点，形成从数据采集到事件记录到决策凭据的连续链路，使问题定位与责任界定不再依赖记忆。在耦合强的生产线上，数字孪生可作为对齐载体，把设备状态与配方参数与工序节拍映射为可视对象，使偏差被及时识别与回溯。为支撑现场自治，时钟与序列号作为统一基准，消息在入库前完成签名与校验，重复与乱序在边缘被收敛。配置基线以版本树管理，任何偏移用差异视图呈现，恢复时只需回到最近稳定节点。变更策略依托灰度与双轨运行，少量单元在受控窗口完成验证，再按梯度扩展覆盖，生产不中断且风险可量化。平台侧维护边界类库与参数词表，新接入对象必须引用，语义漂移被前置阻断。极限工况以演练方式定期验证停机与复位路径，成本与风险可预期。

1.2 控制边界与目标体系构建

控制边界是把灵活性与稳定性对齐的手段，目标体系是把多维指标统一到可执行坐标。边界设计以最小授权与分区隔离为底座，身份、设备与应用在不同层级建立明确范围，任何跨越都需可见与可追^[2]。现场域聚焦生产安全与实时响应，业务域聚焦计划与成本，数据域聚焦质量与合规，三域之间通过网关与接口契约交换最小必要的信息。目标体系包含可用与质量与成本与合规四类主轴，并在每条主轴下设置少量关键指标，用颜色与排序表达优先级。为减少指标内耗，采用权重矩阵与边界条件共同约束，稳定区间内允许小幅波动，越界时触发复核与纠偏。度量口径在项目启动时一次固化并留痕，任何调整先在试运行窗口验证后再推广。边界与目标需要以看板方式同步到一线，让操作与监督共享同一

事实。为支撑长期运行，建立节拍化例会与变更演练，例会围绕对象与数据展开，演练在小范围验证隔离与回滚路径，把应急动作从口头转为手册。通过边界与目标的相互绑定，系统在高频变更与多主体协同条件下仍能保持可控与可证。目标分解遵循自上而下与自下而上的组合路径，上层给出方向与约束，下层反馈可达与代价，二者在有限轮次内收敛。指标之间设置护栏，单项提升不得突破安全与合规边界，优化器以代价函数给出折中方案。为了让目标直达一线，将看板嵌入岗位日常，告警与任务直接绑定到对象，处置状态被自动汇总，例会不再重复汇报而是聚焦偏差修复。周期评审校正权重，随着产线节拍与新品节奏变化，指标的配重适时调整，从而保证体系对外部扰动保持灵敏。滚动目标以季度为节拍，根据产线与供应变化微调阈值与优先级，避免一次设定长期僵化。当外部环境出现突变，临时目标在看板上显著标注，过期自动撤销，减少短期策略对长期秩序的侵蚀。

2 挑战机理与风险图谱

2.1 数据流与业务流断裂的根因

数据在采集与传输与汇聚各环节可能产生语义漂移，字段命名不一与单位换算不清会导致同名不同义或同义不同名。业务在产品变型与工艺切换中不断产生新路径，如果缺乏对象层的继承与约定，新路径常以复制粘贴完成，从而在台账与接口上制造影子。断裂往往先表现为延时上升与重试增多，随时间转化为计划偏离与品质波动^[3]。要识别根因，需要把数据链与业务链并行绘制，把事件以时间轴重建，再以因果图连接设备状态与指令与结果。常见根因包含主数据不一致与接口未解耦与权限跨域，前者导致引用对象缺项，后者导致一次失败拖垮多点，跨域导致责任难以闭合。针对这些根因，应当在发布流程中设置契约校核，任何接口与表结构变更都需在沙箱完成回放与比对，并在灰度窗口观察一段时间。对历史影子通过比对与归并清理，让唯一标识回到唯一绑定。对指标漂移引入两层告警，短窗捕捉突变，长窗观察趋势，避免偶发扰动带来过度处置。通过这些结构性动作，数据与业务得以重新对齐，断裂概率与扩散速度同步下降。为巩固对齐效果，需要建立数据血缘，让每个字段的来源与变换与去向可被追踪。主数据由专责团队维护，新增条目通过校核清单进入主线，避免重名与歧义。流程侧引入断点恢复与幂等保障，重放不会重复计数，下发不会越权覆盖。对跨系统的状态同步采

用事件总线，顺序以逻辑时钟校正，避免不同步导致的相互覆盖。组织侧设立根因专案，每次触发在限时限内完成修复并更新模板，减少同类问题反复出现。当链路出现异常波动时，平台以隔离窗口保护核心交易，缓冲区在窗口结束后按顺序排空，避免状态错位。

2.2 异构平台与遗留系统的协同难题

智能制造往往在既有基础上叠加新平台，现场设备年代跨度大，通信规约、时间基准与数据口径差异显著。直接替换成本高且风险大，强行统一又会牺牲局部能力。协同的难点在于如何在不破坏稳定资产的前提下实现渐进融合^[4]。可行路径是设置中间层，让协议与时钟与编码在边缘完成映射，把异构差异阻断在源头。时间一致性可以通过基准对齐与容差校正实现，事件以带有源标识与版本的格式进入平台，避免不同来源在同一键上发生覆盖。对遗留系统采取包裹策略，在不改动核心逻辑的条件下引入可观测点与只读镜像，让平台得以感知但不强制干预。新旧并行期间需要执行双写与核对，达到稳定后再逐步关停旧通道。为避免依赖反复，接口应以契约文件固化，变更以向后兼容为先，窗口内保留回退路径。在组织层面，将系统所有者与接口维护者与业务负责人放到同一看板，界定边界与时限，减少拉扯。协同并非一次到位，而是在演进中不断获得小确证，小规模验证通过后再扩展覆盖，成本与风险因此可控。在协议映射方面，可将现场常见规约以模块化适配封装，网关加载所需模块即可接入，不再在平台层堆叠特判。为了处理老旧控制器的时序不稳，可在边缘加入缓冲与节拍器，让上行与下行在固定窗口内对齐。对无法升级的设备提供替身节点，通过旁路采集复写关键状态，使平台得以保持全局一致。对不同厂家的边缘网关建立统一诊断语法，日志与指标以同一表述呈现，避免排障时反复翻译。对版本窗口给出清晰日历，新旧组件在窗口内并行并互相校核，窗口结束自动完成切换。备件与替换策略与软件节拍对齐，避免硬件供给成为迁移瓶颈。对于寿命接近尾声的设备建立健康档案与替换时间表，让迁移与停线安排可以被提前协调，避免突发故障打乱节拍。

3 对策体系与能力建设

3.1 架构演进与技术治理路径

架构演进需要兼顾可替换与可扩展与可回退。可替换要求模块边界清晰，接口稳定且带有版本标识，任何

新组件都能在不影响相邻单元的条件下插拔。可扩展要求在容量与功能两个维度预留空间,前者通过弹性资源与队列削峰实现,后者通过插件与策略表扩展实现。可回退要求每次高影响发布都具备回到上一个稳定状态的能力,证据与脚本随发布包同时下发。技术治理聚焦三个方面,一是身份与访问的最小授权与分域验证,让设备与人各自持有独立凭据,敏感操作采用双人确认,凭据在到期时自动回收。二是配置与变更的留痕与审计,所有重要参数在平台上有来源与理由与时限,回溯时可以完整重现。三是数据质量与模型质量的双轨校核,数据侧关注缺项与漂移与异常相关,模型侧关注泛化与稳定与解释,把结果与代价绑定,避免局部优化带来全局损失。为支撑自动化运维,引入策略引擎与运行沙箱,让规则以声明方式表达,并在线上前完成回放与注入测试。运行中以看板呈现健康与风险,值守人员按节拍巡检与复核,把突发事件转化为可练可演的常规动作。观测拼图把关键信号汇成一幅图,异常以空间与时间聚类呈现,定位路径更短。策略生成附带解释与边界,越界时自动降级到保守轨道。灾备架构分层分区,演练以小步频繁为宜,每次只验证一条路径并记录耗时与阻塞点,优先修复最窄瓶颈。能力基线建立后,将常见事故脚本化并以流水线执行,恢复更快也更一致。关键样本片段在触发时自动留存,复盘能够重放现场状态,改进针对证据而非印象。

3.2 组织机制与运行保障

信息系统管理的效果取决于组织能力与运行纪律。机制设计以职责闭合为目标,把资产、规则与工单绑定到对象,任何动作都能追溯到人到时到因。跨部门协同以服务级别与接口契约为依据,争议由中立角色裁决,避免因权属模糊导致决策停滞。能力建设强调三项基本功,方法沉淀把成功路径与失败教训写成模板,训练常态化把关键岗位的演练变为周期任务,复盘体系把事故与应急的证据在会后转化为规则。对于外包与供应,设置准入评估与评分回溯,评分与权重挂钩,低评分对象进入限权通道。现场文化提倡按证据说话,以数据与记录支撑判断,减少情绪对处置的干扰。为应对人力波动,建立替补梯队与轮岗计划,关键时段提前演练,保证窗口内始终有人可用且方法一致。激励与约束与指标挂钩,一次通过与稳定度与响应时长共同参与评价,同时避免单一数字导向带来的偏差。通过这些机制,系统管理从

经验驱动迁移到规则驱动与数据驱动,运行质量与改进速度得到同步提升。文化建设强调对事实负责与对过程透明,任何临时绕行都要在看板上留下痕迹并设置失效时间,避免便利变成常态。绩效以团队为单位评价,鼓励跨域互助与对外共享经验,避免把局部最优变成系统负担。对重要节点实施双岗制与轮换制,降低单点依赖。在知识管理上,采用简短卡片表达方法与陷阱,新成员通过演练快速掌握要点。面向长期发展,建立技术路线与人才梯队储备,让体系具备持续进化的能力。合规协同将隐私与跨境与关键基础项纳入统一口径,数据采集遵循最小必要,统计在边缘完成,平台只保存达成目的所需信息,审计路径以时间轴呈现,越界访问可以被定位与追责。

4 结语

面向智能制造的信息系统管理需要在变化中保持秩序,在复杂中保持可证。以对象可见与边界可控与证据留痕为核心,配合分域授权与契约接口与节拍治理,可以把识别与处置与恢复连成闭环。沿着这一路径,组织能够在不牺牲安全与成本约束的前提下获得更稳的产能与更清晰的责任链,并在持续演进中把成功路径沉淀为模板,把能力转化为习惯,让协同与改进成为常态。后续研究可在可信硬件与状态观测与策略自适应上继续推进,把低成本传感与统一词表融入一线操作,把优化算法与人机协作结合,使改进形成稳定节拍并在更多场景中复用。

参考文献

- [1] 苏焕盛. 基于信息系统集成的智能制造系统维护与升级策略探讨[C]//中国智慧工程研究会. 2024 工程技术应用与施工管理交流会论文集(下). 电联工程技术有限公司;, 2024: 115-117. DOI: 10. 26914/c. cnki hy. 2024. 058699.
- [2] 刘涵宇. 信息系统模式在智能制造中的创新应用与挑战分析[J]. 中国战略新兴产业, 2024, (33): 57-59.
- [3] 刘贵容, 王哲, 耿元芳. “Internet+”下应用型信息管理与信息系统专业建设现状与对策分析[J]. 课程教育研究, 2016, (01): 22-23.
- [4] 潘欢. 浅谈人力资源信息化管理软件在企业实际应用中所面临的挑战和对策[J]. 企业科技与发展, 2015, (07): 90-91.