

烟草企业设备全生命周期数据采集平台建设研究

张军锦 邓江林 沈立东 范 兴 鲁荣乔

红塔烟草（集团）有限责任公司昭通卷烟厂 云南 昭通 657000

【摘 要】：烟草企业在连续化生产体系中依赖多类设备协同运行，数据形态呈现跨品牌、跨协议、跨场景特征，若缺乏统一结构便难以形成可追踪资产链。研究围绕现场采集链路整合、字段组组织方式、事件链构建策略、阶段序列模型设计展开，建立覆盖规划、调试、运行、维保、技改、退役全周期框架。平台以网关插件集获取多源输入，以阶段化结构吸纳动态信号与静态记录，以任务引擎生成运维链条，以可视化组件呈现时间结构与状态特征。试运行结果显示多类设备在高密度工况与低密度工况中均形成稳定序列，各阶段字段填充结构、事件链长度与转换边界表现出规律性模式，为烟草产线构建可扩展数据底座提供可复用路径。

【关键词】：烟草企业；设备管理；数据采集；生命周期模型；阶段序列

DOI:10.12417/2705-0998.25.21.052

前言

在烟草企业生产经营活动中，设备长期处于高负荷、高节奏运行状态，可靠数据基础成为保障质量、效率、成本控制关键因素。随着工业互联网与智能制造深入推进，设备全生命周期管理理念逐渐渗入烟草行业，传统点状采集、分散管理模式已难以支撑精细化运维与资产决策需求^[1]。面对多品牌、多协议、多系统交织情形，如何构建覆盖采购、安装、运行、维护直至报废各阶段之统一数据采集平台，实现运行信息、维修信息、能耗信息协同，已成为企业信息化进程中亟需解决核心问题。本文立足烟草行业场景，以设备全生命周期数据采集为主线，对平台总体思路、关键技术路径以及工程实践成效展开系统研究与分析，期望为行业数字化转型供给可复用架构与方法参考。

1 烟草企业设备全生命周期管理需求分析

烟草制造依赖机械系统稳定运转，设备数量庞大、工艺差异明显，管理压力随产能扩大而持续攀升。日常记录散落在纸质表单与局部系统内，信息链条断裂，难以支撑精细化运维^[2]。行业在推进数字化建设时愈加关注资产运行轨迹、维护投入趋势、风险信号变化等内容，因此迫切期待一套覆盖规划、调试、使用、维护、处置各阶段的管理体系。图1展示典型生命周期结构模型，信息管理模块承担用户管理、基础信息管理、数据库管理任务，设备管理模块串联采购阶段、调试阶段、运行阶段、退役阶段，监测模块聚焦数据采集、状态识别、异常预警。结构呈现由静态信息到动态信号再到风险判断的链式关系。面对多品牌、多型号、多控制模式并存环境，企业亟需具备连续采集、深度关联、可追踪分析能力的管理框架，为智能化运维奠定基础。

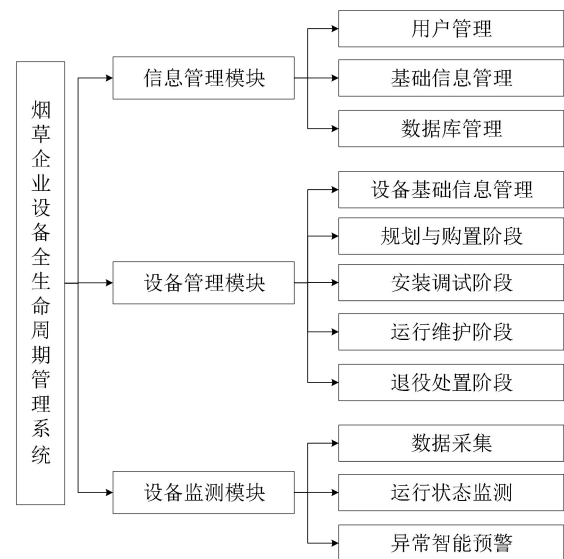


图1 设备全生命周期管理典型结构示意图

2 烟草企业设备全生命周期数据采集平台建设

2.1 协议适配网关管理

烟草设备运行形态呈连续化、节奏紧凑特点，数据来源既有实时信号也有历史记录。图2展示数据结构逻辑，在线链路承载可编程逻辑控制器（Programmable Logic Controller, PLC）控制信号，离线链路承载数据库记录与人工录入信息。网关面向两类链路构建多层采集架构，驱动层按设备品牌加载独立协议插件，面向西门子 S7 系列（Siemens S7 Series, S7）、罗克韦尔 Allen-Bradley 控制系统（Allen-Bradley Control System, AB）、欧姆龙工业自动化系统（Omron Industrial Automation System, OMRON）等控制体系建立指令簇。解析层把实时信号与离线记录拆分为字段组，字段组依生命周期阶段组织，用阶段序列形成统一标签体系。路由层按数据密度动态调节上送频率，实时信号采用高频推送策略，离线记录采用分段汇聚策略。人工录入端口处于弱耦合位置，网关在进入主干流前执行字段

比对与时序校对。整体结构以插槽方式运作,新增设备只需加载对应解析插件即可加入采集任务,三类入口在网关内部收敛后进入生命周期管理系统,形成连续数据链^[3]。

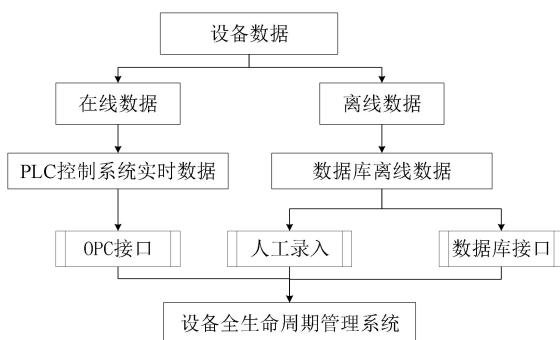


图2 烟草设备数据采集示意图

2.2 数据处理模型构建

生命周期数据呈现多尺度、多来源结构,处理模型以阶段序列作为核心驱动。原始数据记为向量序列 $X(t)$ 其中 t 表示时间片,每个向量按字段簇拆分为五类分量:基础属性信号 B 、运行监测信号 R 、维护记录信号 M 、能耗记录信号 E 、事件记录信号 C 。处理模型以分段算子构建阶段化序列,定义生命周期算子如公式(1)所示:

$$\Phi_k(X(t)) = \alpha_k B(t) + \beta_k R(t) + \gamma_k M(t) + \eta_k E(t) + \xi_k C(t)$$

其中, k 指生命周期阶段索引, $\alpha_k, \beta_k, \gamma_k, \eta_k, \xi_k$ 为阶段权重系数,用于表达在规划阶段、调试阶段、运行阶段、维护阶段、处置阶段中各分量参与度差异。公式(2)为模型输出阶段化向量:

$$Y_k(t) = \Psi(\Phi_k(X(t)), \Delta t)$$

其中,算子 Ψ 用于构建跨时间片的结构化序列, Δt 表示相邻时间片跨度,用以控制阶段窗口长度与过渡规律。处理流程在每个阶段内部构建具有连续性的字段序列,在阶段交接处执行拼接判定,判定规则由向量差分阈值与字段占比变化驱动。模型结构使在线信号与离线记录在统一时序中保留阶段属性,便于后续业务环节直接调用。

2.3 业务配置机制建立

烟草产线节奏紧凑,运维场景涵盖采购建账、安装调试、巡检维保、技改停机等多个环节。业务配置机制面向上述活动构建统一规则框架,平台预置任务模板库,每个模板对应单一业务场景,描述触发条件、执行角色、数据字段、闭环要求。配置过程采用图形化编排界面,管理人员以节点与连线表达逻辑,将信号阈值、状态标签、时间窗口、人工指令组合成流程^[4]。规则引擎接收采集数据流与人工输入流,按时间顺序写入事件队列,随后依据配置脚本匹配相应模板,自动生成任务实

例并推送至移动终端或工作站。任务执行环节产生记录再返回事件队列,与原始触发信息形成关联,平台据此构建设备生命周期业务轨迹,支持对单台设备或设备群组开展精细化运维编排。

2.4 结果输出服务可视化

结果输出服务紧贴烟草企业管理习惯设计多层视图体系。平台在数据层完成清洗建模后,可视化层从中抽取关键指标序列与事件序列,组合成面向角色的可视化界面^[5]。生产管理人员常用总览视图,按产线、工序、班次展示设备运行状态、报警密度、停机分布。设备工程人员更关注单机画像,屏幕中展现生命周期时间轴,轴上标注采购验收、安装调试、故障处理、计划检修、技改实施等关键节点,与对应趋势曲线同屏呈现。能耗管理岗位使用能效专题视图,对比不同设备群组能耗强度、负荷变化、峰谷特性。可视化组件采用配置式开发模式,新增指标只需在元数据中心登记名称、单位、来源字段与展示模板,组件就能自动出现在视图区候选列表,运维人员拖拽即可完成布局调整,形成适应各类岗位需求又保持统一规范结果呈现方式。

3 系统分析

3.1 案例概况

某卷烟厂生产规模约百亿支级别,制丝、卷包、动力、公用工程等系统长期处于多班次连续运行状态,现场设备品牌多样,控制系统既有可编程逻辑控制器 PLC 独立站,也有分布式控制系统(Distributed Control System,DCS)集中站,还存在若干历史遗留单机控制单元。运行数据分散在各类控制站与局部监控站中,能耗数据由能管系统独立保存,点检维保记录主要依靠人工录入企业资产管理系统(Enterprise Asset Management,EAM)与纸质台账并存方式,设备全生命周期形成“采购信息在企业资源计划系统(Enterprise Resource Planning,ERP)、运行信息在现场、维修信息在本地记录、能耗信息在能管平台”的割裂格局。生产技术科、设备科、动力科在编制定检计划、分析故障模式、评估技改成效时,需要反复在多套系统之间切换查询,再由人工进行二次整理,效率较低,数据口径也难以统一。基于这种现状,企业提出建设统一设备全生命周期数据采集平台需求,以网关方式汇聚现场控制信号、能耗记录、点检维保记录与事件信息,在统一模型下支撑后续状态识别、任务编排与分析服务。

3.2 效果分析

表1各项数值在六类阶段呈现梯度结构,与平台采集链路、字段组体系、阶段序列逻辑形成直接对应。信号点位触发次数由规划阶段 12.37 次上升至运行阶段 129.84 次,运行阶段仍保持稳定输入,说明网关插件集在多品牌控制体系下维持顺畅解析,驱动层与解析层在高节奏卷包场景中持续输出稳定字节

流。事件记录数量在运行阶段达到 21.47 条，在维保阶段达到 14.92 条，来源于规则引擎在模板体系中构成的触发链，字段组在参数变更、状态切换、检修过程产生连续事件序列，与平台事件队列写入策略一致。字段组填充率在运行阶段达到 92.68%，在维保阶段与技改阶段保持 87.39%与 82.91%区间，体现字段组在阶段序列结构中形成完整或半完整形态，结构随阶段活动节奏呈现可控变化。阶段序列稳定度在运行阶段达到 0.91，安装调试阶段与维保阶段保持 0.83 至 0.86 区间，说明拼接逻辑在高密度信号条件下保持序列连贯。阶段转换识别准确度在运行阶段达到 96.38%，在安装调试阶段与维保阶段保持 92.57%与 93.74%，反映阶段边界识别策略在不同负荷条件下维持稳定解析能力。整体数值格局体现平台在采集体系、字段组织方式、事件链构建结构与阶段划分策略中形成结构优势，各阶段参数分布与烟草产线工况保持一致关系。

表 1 生命周期阶段数据分布

生命周期阶段	信号点位触发次数（次/天）	事件记录数量（条/天）	字段组填充率（%）	阶段序列稳定度（0-1）	阶段转换识别准确度（%）
规划阶段	12.37	3.28	61.74	0.72	88.43
安装调试阶段	38.91	9.63	78.42	0.83	92.57

参考文献：

[1] 王晓梅.医疗设备全生命周期管理系统的设计与优化[D].安徽医科大学,2025.

[2] 张霓.工业设备数据采集处理一体化平台架构设计及应用研究[J].粘接,2025,52(07):193-196.

[3] 石基伟.面向机载测试的小型网络化数据采集平台研究[D].哈尔滨工业大学,2025.

[4] 王昊鑫,[1]范晨皓.基于多模式数据采集的医疗设备数字化管控平台建设及应用[J].中国新通信,2024,26(09):50-52.

[5] 蒙泳行,丁成波,韦家信,等.基于 Web 应用的设备数据采集平台设计与应用[J].设备管理与维修,2022,(09):11-13.

运行阶段	129.84	21.47	92.68	0.91	96.38
维保阶段	54.73	14.92	87.39	0.86	93.74
技改阶段	31.26	11.57	82.91	0.79	91.62
退役阶段	8.93	2.71	58.46	0.68	87.29

4 结语

平台构建工作围绕烟草设备运行特性、数据来源构成、阶段活动节奏展开，架构设计、采集策略、字段组体系、事件链结构、阶段序列模型在整体框架中形成彼此协同关系，各模块在试运行阶段呈现相对稳定行为。系统落地过程表明多源数据进入统一结构后可形成持续扩展能力，后续阶段可在更宽数据域内构建预测型模型、深度诊断模型、能效关联模型，并将现场特征融入任务引擎与显示端场景。未来研究方向可围绕阶段边界识别算法、图模型关联结构、嵌入式网关自治机制、跨工序数据联动策略展开，以增强平台在复杂工况、长周期运行环境中维持序列稳定性与结构表达能力，同时为烟草产线智能化演进供给更高阶数据基础。