

基于 BOM 管理的单一数据源应用研究

白 杨

(中航沈飞民用飞机有限责任公司, 辽宁 沈阳 110170)

摘 要 在制造业数字化转型背景下, 物料清单 (BOM) 作为贯穿产品全生命周期的核心数据载体, 其一致性与高效管理是企业竞争力的关键。传统分散式 BOM 管理模式导致设计 BOM (EBOM) 与制造 BOM (MBOM) 间数据割裂、转化低效、变更不同步。本文提出以产品数据管理 (PDM) 系统为统一平台, 构建基于 BOM 的单一数据源的解决方案。首先阐述了单一数据源与 BOM 多视图映射的理论基础; 其次设计了一个以 XBOM 为核心、通过映射规则与变更引擎驱动数据自动流转的 PDM 系统架构; 最后结合行业实践, 分析了该模式在提升数据一致性、优化工程变更闭环管理以及支持服务型制造转型方面的关键价值与实施路径。实践表明, 构建基于 BOM 的单一数据源是企业实现研发制造一体化、迈向智能协同的必由之路。

关键词 物料清单; 单一数据源; 产品数据管理; XBOM; 工程变更管理

中图分类号: TP399

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2026.12.021

0 引言

随着全球制造业竞争加剧与客户需求日益个性化, 产品开发与生产模式面临严峻挑战。在汽车、航空等复杂产品制造中, 从 EBOM 向 MBOM 转化的漫长流程中普遍存在“数据孤岛”^[1]。研发、工艺、生产部门常使用独立系统维护各自的 BOM 数据, 导致数据重复录入、一致性差、工程变更响应滞后, 进而引发物料错误、项目延期与成本失控。产业界与学术界均将目光投向以单一数据源为核心的产品数据治理理念, 其核心是在产品全生命周期内, 所有相关方基于一个权威、一致的数据源开展工作。BOM 作为整合产品零部件、工艺、制造、服务等信息的结构化清单, 天然成为构建这一数据源的最佳载体。通过 PDM 系统实现以 BOM 为核心的单一数据源管理, 确保从 EBOM 到 MBOM 的高效、准确、自动流转与协同, 已成为企业数字化建设的核心目标。本文系统研究基于 BOM 的单一数据源构建方法与实践, 解析其理论基础, 提出具体技术架构与实现路径, 并结合案例探讨其实施价值。

1 从 BOM 多视图到单一数据源

1.1 BOM 的多视图本质与流转挑战

在产品生命周期不同阶段, 因业务视角和需求差异, BOM 衍生出多种视图。EBOM 反映设计结构, MBOM 体现制造顺序和资源安排, 以及 PBOM、TBOM 等^[2]。这

些视图本质上是同一产品数据在不同业务语境下的投影。传统“双 BOM”或“多 BOM”模式将不同视图存储于独立系统中, 虽优化了局部视图, 却导致了全局数据断裂与高昂协同成本。

1.2 单一数据源的构建逻辑

构建基于 BOM 的单一数据源, 并非指在整个企业内只存在一个物理上的 BOM 表, 而是建立一个逻辑统一、物理关联的数据管理范式。其核心逻辑包含两个层次: (1) 单一物料项源: 为每个物料分配唯一标识, 在 PDM 系统中管理其属性 (零件号、名称、材料等), 确保物料数据的唯一性。(2) 多视图结构映射与关联: 在单一数据源的基础上, 通过定义明确的映射规则和算法, 在不同业务视图 (EBOM 结构与 MBOM 结构) 间建立可追溯的关联关系。当设计发生变更时, 系统能自动识别影响范围, 并驱动下游视图的同步更新, 从而形成各种“物料项关系源”^[3]。两者共同构成支持全生命周期的单一数据源。

传统 BOM 管理与基于单一数据源的 BOM 管理存在根本性差异, 对比如表 1 所示。

2 核心架构: 基于 PDM 的单一数据源系统构建

核心思想是将 PDM 系统定位为企业产品定义数据的唯一权威来源, 不仅管理 EBOM, 更在统一的平台内拓展 MBOM 的管理能力, 并通过标准服务与下游系统集成, 其总体架构为实现上述逻辑, 需要一个以 PDM 系

作者简介: 白杨 (1983-), 女, 本科, 工程师, 研究方向: 飞机装配、数字化转型。

表1 传统BOM管理与基于单一数据源的BOM管理对比

对比维度	传统分散式BOM管理	基于单一数据源的BOM管理
核心理念	各部门维护“我的BOM”，数据所有权分散	企业维护“XBOM”，数据为共享资产，所有权集中治理
数据存储	多系统、多版本并存（CAD/PDM/ERP/Excel）	统一平台（PDM系统）内逻辑集中管理，物理可分布式
一致性保障	依靠人工定期同步与核对，错误率高	通过系统规则自动映射与同步，实时一致
变更流程	串行、部门间手动传递变更单，周期长，易遗漏	在线协同、集成变更流程，自动影响分析，闭环管理
系统集成	点对点文件接口（Excel导入导出），脆弱且低效	基于服务的API集成，数据实时、单向受控流动
可追溯性	困难，需跨系统人工拼接历史记录	完整，所有操作在统一平台内留有审计追踪

统为核心、具备多视图BOM管理能力的集成平台。其核心架构包含以下关键层次与模块。

2.1 统一数据层：XBOM与主数据管理

这是单一数据源的物理基础。系统引入“XBOM”概念，作为调和设计与制造视角的中间载体^[4]。同时，建立企业级的标准物料库，对所有物料进行规范化、分类编码管理，从根源上杜绝“一物多码”现象，为单一数据源奠定基础。

2.2 核心引擎层：映射、转换与变更驱动

这是实现数据自动流转的“大脑”。多视图映射引擎是基于装配关系等数学模型，预定义EBOM节点到制造工序、工位的转换规则。当EBOM发布后，系统可依据规则半自动或全自动地生成初始的MBOM框架。当EBOM变更时，系统自动创建工程变更请求并基于BOM结构进行影响分析。变更批准后，引擎不仅更新EBOM，还自动触发关联的MBOM、工艺路线等下游数据的同步更新通知，并反馈至采购、计划系统，形成完整的变更闭环。

2.3 应用视图层与集成接口层

基于角色的协同工作台，为设计、工艺、制造、采购等不同部门的用户提供与其职能相匹配的BOM视图和应用界面。所有视图均实时源自底层的统一数据层，确保用户看到的数据始终是最新、一致的。通过标准接口与ERP、MES、WMS等系统集成，确保BOM数据顺畅延伸至产品生命周期各环节^[5]。

2.4 数据集成层

基于PDM的单一数据源架构通过实时共享BOM数据，支持制造执行系统数字化转型，实现设计到生产的全生命周期管理，所有PDM数据通过数据中台进行数据分析与应用，为各部门提供财务分析、成本归集等数据贯通条件（见表2）。

3 实践应用、关键能力与价值分析

基于上述架构的实践，能够显著提升企业在数据一致性、变更管理、工艺集成等维度的能力。成功实施单一数据源BOM管理，能为企业带来可量化的显著价值（见表3）。

表2 基于PDM的单一数据源系统主要集成模式与特点

集成模式	技术特点	适用场景	优点	挑战
点对点文件交换	通过预定义格式（Excel，XML）文件进行导入导出	初期试点、非关键或低频数据交换	实施简单、成本低	手动操作易出错、实时性差、版本管理混乱、无法追溯
中间件/ESB集成	通过企业服务总线（ESB）或中间件平台进行消息路由与格式转换	多系统复杂交互、需要松耦合架构的企业	解耦性强、扩展性好、便于统一监控与管理	初期投入大、需要专门的中间件运维技能
基于服务的API集成	通过Web Service、RESTful API等实现系统间实时服务调用	主流推荐模式，适用于需要实时数据同步的关键业务流程	实时高效、接口标准化、可支持双向有限反馈（状态回写）	对系统API能力和网络稳定性要求高，需精细设计接口协议
基于数据的仓库集成	各系统向统一数据仓库推送数据，消费方从仓库获取	侧重数据分析与报表，对实时性要求不高的场景	数据模型统一，利于历史分析与挖掘	实时性较低，通常作为运营集成的补充

表 3 实施基于 BOM 单一数据源的关键效益指标提升

效益维度	关键绩效指标 (KPI)	传统模式典型水平	实施单一数据源后目标水平	提升机制简述
数据质量与效率	BOM 数据准备时间 (从设计完成到可生产)	数周	数天至数小时	自动化映射与发布替代手工重构
	BOM 数据错误导致的工程更改单数量	高频发生	减少 70% 以上	源头唯一, 避免人工转录错误
工程变更管理	工程变更实施周期	数周至数月	缩短 50% ~ 80%	在线协同、自动影响分析与同步
	变更漏调或失误次数	常见	近乎杜绝	闭环流程与系统强制合规
运营与供应链	新品导入 (NPI) 周期	长, 且不确定	缩短 30% ~ 50%	数据包完整、准确、一键发布
	因 BOM 问题导致的生产线停线时间	时有发生	大幅减少	车间始终基于准确、最新的 MBOM 作业
	供应商因数据延迟或错误导致的交货延迟	常见	显著改善	供应商基于授权视图获取及时准确数据

3.1 集成化变更管理, 缩短产品改进周期

某航空企业部署新一代 PDM 系统后, 实现了设计模型与 BOM 数据的同步管理。工程人员完成 EBOM 录入并进行一致性检查, 随后数据可直接传递至 PDM 系统中 XBOM, 随后以 XBOM 的单一数据源进入 ERP 系统及 WMS 等生产计划系统, 消除了人工整理投产明细的环节。当发生设计变更时, ERP 系统会自动接收受影响的所有 XBOM, 驱动多部门在线协同包括计划和采购等, 实现变更执行周期从数周缩短至数天。

3.2 支持快速订单配置与新品导入

面对个性化配置订单, 在配置器中选择参数, PDM 系统基于配置规则, 从单一数据源中派生出该订单唯一的、准确的 EBOM 与 MBOM, 并自动发布至 ERP 生成生产指令, 大幅提升了订单响应速度和配置准确性。

3.3 提升供应链协同透明度

将 PDM 系统中经过授权的特定产品 BOM 视图通过供应商门户安全地共享给关键供应商。供应商能基于最新、权威的数据进行备料和生产准备, 同时其反馈的物料状态也能回写至 PDM 系统, 形成闭环, 增强了供应链的响应能力与韧性。

3.4 数据安全与合规性管理

通过权限管理确保关键数据仅限授权访问。结合加密技术和审计追踪功能, 有效防止数据泄露和篡改。同时, PDM 系统的整合性使 ERP、WMS 等系统的数据来源更加清晰, 减少了因数据不一致导致的风险。

4 结束语

构建以 PDM 系统为核心、基于 XBOM 的单一数据源, 是制造企业破解数据孤岛、实现高效协同的基石。它通过统一数据模型、智能映射规则和严密变更闭环,

确保了从 EBOM 到 MBOM 数据流转的准确性与一致性。其成功实施依赖于对企业业务流程的深刻理解、对 PDM 系统功能的合理拓展, 以及对跨系统集成的精细设计。未来发展趋势: (1) 与数字孪生结合: 单一数据源将成为构建产品数字孪生的核心输入。通过关联设计、制造 BOM 与运维阶段的“实例 BOM”, 实现产品全维度镜像, 支持预测性维护与产品创新。(2) 向供应链延伸: 通过供应商协同平台实现关键 BOM 数据在供应链网络中的安全共享, 提升整体透明度和韧性。(3) 智能化提升: 引入人工智能技术, 使 BOM 映射规则自我优化, 变更影响分析更加智能精准, 实现从“数据一致”到“智能决策”的跨越。向基于 BOM 的单一数据源演进是一场深刻的数字化转型, 企业应依据成熟度模型评估现状, 制定循序渐进的实施路线, 构建数据核心竞争力。

参考文献:

[1] 刘琳琳. 基于 BOM 的汽车产品数据管理系统的研究与实现 [D]. 太原: 中北大学, 2021.
 [2] 郑小杰, 王建华, 徐刚. 基于 PLM 的产品超级 BOM 研究 [J]. 现代信息科技, 2022, 06(04): 129-131, 136.
 [3] 李波, 王颖, 洪涛, 等. 一种基于工艺流程的 EBOM 到 PBOM 的映射方法: CN202310627919.2 [P]. 2023-05-30.
 [4] 李方义, 刘伟彤, 王黎明, 等. 基于 xBOM 多视图转换的碳物料清单生成方法及系统: CN202510712663.4 [P]. 2025-05-30.
 [5] 李子祥, 王亚飞, 黄晨琪. 一种面向生产制造的部件视图转换方法: CN202511631551.2 [P]. 2025-11-10.