

基于BOM的技术状态管理研究与实践

沈克剑

中国电科第十四研究所

DOI:10.32629/pe.v4i3.21077

[摘要] 针对当前装备研制领域普遍存在的“多品种、小批量、研产交叉、研制周期短”等挑战,传统以文档为核心的技术状态管理模式面临BOM频繁更改、数据一致性差、追溯困难等瓶颈。为解决此问题,本文提出并构建了一种基于BOM的技术状态管理新模式。重点阐述了技术状态四大核心功能的BOM化实现。实践证明,该模式显著提升了技术状态控制的准确性与研制效率,为装备数字化转型提供了有效路径。

[关键词] 技术状态管理; BOM; 多品种; 小批量; 更改控制

中图分类号: C931 **文献标识码:** A

Research and Practice of Technical Status Management Based on BOM

Kejian Shen

China Electronics Technology Group Corporation Fourteenth Research Institute

[Abstract] In response to the common challenges in the current equipment development field, such as "multiple varieties, small batches, cross production, and short development cycles", the traditional document based technical status management model faces bottlenecks such as frequent BOM changes, poor data consistency, and difficult traceability. To address this issue, this article proposes and constructs a new technical status management model based on BOM. The BOM implementation of the four core functions of technical status was emphasized. Practice has proven that this model significantly improves the accuracy and development efficiency of technical state control, providing an effective path for the digital transformation of equipment.

[Key words] technical status management; BOM; Multiple varieties and small batches; change control

引言

随着军用装备向体系化、智能化、快速迭代方向发展,装备研制模式正经历深刻变革。军用电子装备“多品种、小批量”的生产模式日益成为常态,科研项目与批产任务高度交织,形成“研产交叉”的复杂局面,同时市场与军方对研制周期的要求愈发严苛。在这种背景下,作为装备研制“生命线”的技术状态管理,其重要性愈发凸显。

然而,传统的技术状态管理模式严重依赖各类技术文件(如图样、技术条件、更改单等),形成了典型的“文档驱动”模式。当面对频繁的设计迭代和BOM变更时,该模式暴露出诸多弊端:一是数据冗余与不一致,同一信息在不同文件中可能出现差异;二是变更响应迟缓,影响分析依赖人工,效率低下且易出错;三是追溯链条断裂,难以快速、准确地构建任一时刻、任一批次产品的精确技术状态。这些问题已成为制约装备研制质量与效率提升的关键瓶颈。

为应对上述挑战,将技术状态管理的核心从“文档”转向“数据”,构建以BOM为数据载体的新型管理模式成为必然选择。BOM作为产品全生命周期数据的“集大成者”,天然具备了承载技术

状态信息的优势。本文旨在研究并实践一种基于BOM的技术状态管理模式,通过构建统一的数据模型和流程引擎,实现技术状态的精准标识、严格控制和完整追溯,从而有效支撑“多品种、小批量”模式下的敏捷、高效、高质量装备研制。

1 基于BOM的技术状态管理框架

1.1 BOM概述

BOM(Bill of Materials)是一个贯穿产品全生命周期的多视图BOM集合体^[1]。它以客户需求为输入,形成需求BOM(RBOM),并在此基础上开展功能架构设计,形成功能BOM(FBOM)。随后,根据产品实施方案,按物理组成形成设计BOM(EBOM),并衍生出工艺BOM(PBOM)、制造BOM(MBOM)、保障BOM(SBOM)等。这一演变过程确保了数据传递的准确性和可追溯性^[2]。

BOM的演变是产品数据不断丰富和具体化的过程,也是技术状态逐步固化的过程。RBOM定义了“要什么”,FBOM定义了“组成是什么”,EBOM定义了“做什么”,PBOM定义了“怎么做”,MBOM定义了“如何造出来”。这一演变过程在系统中通过严格的流程和规则进行管理,确保数据传递的准确性和可追溯性,构成了技术状态管理的“数字主线”^[3]。

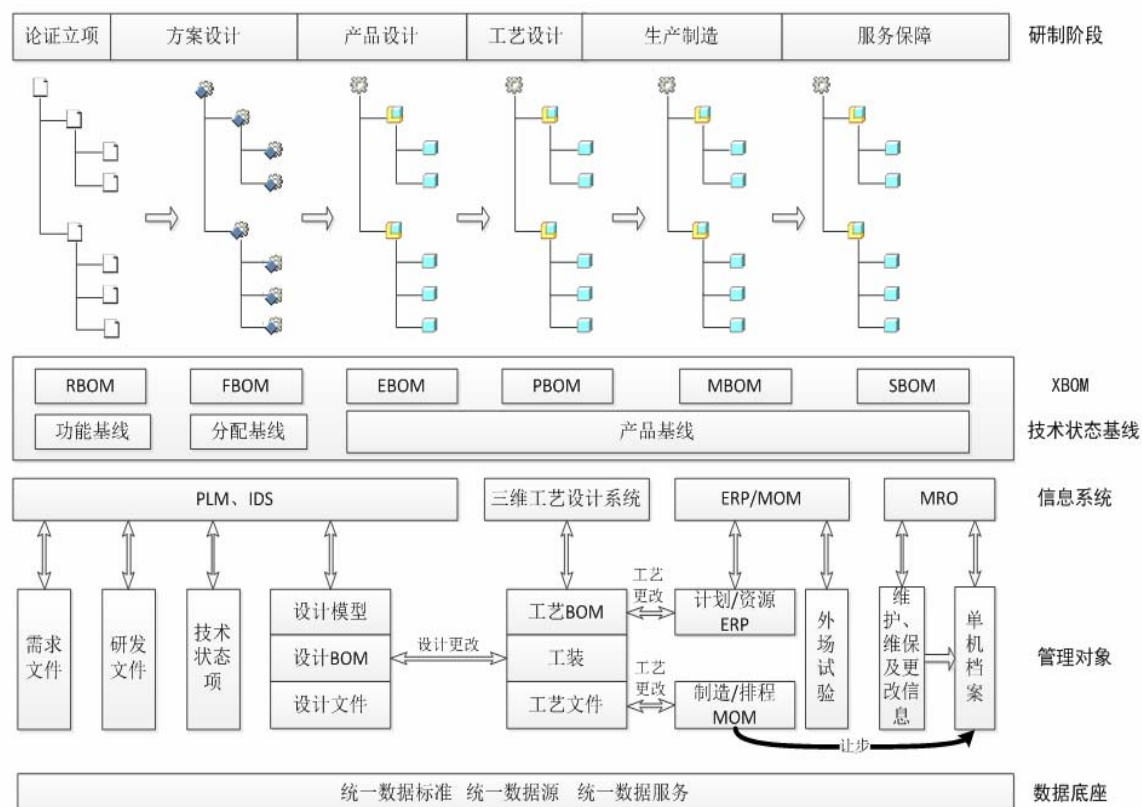


图1 BOM技术状态管理框架

1.2 BOM技术状态管理框架

装备在产品方案阶段中根据研制生产过程、产品结构内容和管理成本,从顶层开始逐级识别技术状态项。并基于BOM的数据组织形式来形成设计、工艺、制造、试验、维护等各个环节的业务管理。通过PLM、ERP、MOM、MRO等专业系统来支撑整个业务环节信息化过程,相关业务环节所产生的技术状态数据,可以通过统一的工程数据中心平台,实现整个业务过程中的技术状态数据记录,形成全过程的技术状态跟踪与纪实。BOM技术状态管理框架见图1。

2 技术状态的BOM化管理分析

技术状态管理核心要求是保证产品需求、技术状态文件和产品实物在产品全生命周期内保持一致。为此,通过建立各类BOM视图之间的强关联关系,使得任何一项变更都能被迅速追踪,并准确分析其对全局的影响。

2.1 基于BOM的技术状态项(CI)和基线标识

2.1.1 技术状态项定义与结构化标识

技术状态标识是技术状态管理的基础,其核心任务是选择技术状态项(CI)并建立技术状态基线。首先根据产品实施方案初步定义产品结构,严格遵循GJB3206B中的技术状态项选择准则,从系统、分系统、设备、组件等层级中,初步确定产品技术

状态项,形成产品技术状态项清单,并在PLM系统中,在EBOM中对相应节点进行技术状态项标识。

技术状态项不是一个个孤立的文件,而是EBOM结构中的节点或节点集合。每个CI(如一个组件、一个配置项)都被赋予唯一的、结构化编码,并与BOM中的相应对象进行绑定。这种绑定关系使得CI的任何变更都能直接、实时、准确地反映在EBOM结构中,实现了标识的精确化、数据化和结构化。

2.1.2 功能基线、分配基线、产品基线的BOM表达

技术状态基线是在生命周期的特定时刻,经正式评审确认的,作为研制、试验、生产、使用、维修和退役报废等活动的基准。GJB3206B要求在相应时机建立功能、分配和产品基线(含性能鉴定试验样机基线、提前投产基线、批次基线等)。技术状态基线确立按GJB3273要求,结合总体技术方案审查(SFR),确立功能基线;初步设计审查(PDR),确立分配基线;状态鉴定审查,确立产品基线。在BOM化模式下,这些基线不再是一堆文档的集合,而是以特定版本的BOM视图来精准表达。

(1) 功能基线(FBL):在方案阶段初期,通过构建系统级、分系统级RBOM来表达,明确系统的各项功能性能指标、接口协议和验证要求,明确了系统“应该实现什么”,是整个研制工作的源头和依据。

一级号	AL1	版本	2.1	查询	导入	生成计划	查看月度计划
□	编号	结构层级	名称	版本	是否生成计划	数量	总数量
□	1	▼ AL2 89	■ 总成	A.19	是	1个	1个
□	1.2	▼ AL2 2814	■ 下部总成	A.5	是	1个	1个
□	1.2.1	▶ AL2 816	■ 备总成	A.19	是	1个	1个
□	1.2.2	▶ AL2 2349	■ 外柜	A.17	是	1个	1个
□	1.2.3	▶ AL2 350	■ 控箱	A.3	是	1个	1个
□	1.2.4	▼ AL2 352	■ 压设备总成	A.10	是	1个	1个
□	1.2.4.3	▶ AL2 187	■ 统	A.6	是	1个	1个
□	1.2.4.4	▶ AL3 2488	■ 集盒	A.8	是	4个	4个
□	1.2.4.5	AL4 634	■ 淳	A.3	是	1个	1个
□	1.2.4.6	▶ AL4 2918	■ 机构总成	A.4	是	1个	1个

图2 BOM计划

方案阶段

样机阶段

研转批阶段

监测信息

项目号

一级号

二级号

是否新工艺验证

图号

名称

是否新研待验证元器件

是否检验风险元器件

是否管控项

是否生产外协检验关注件

产品技术状态

新研数195

产品沿用数60

课题沿用数21

新研待验证元器件

总数: 9 已完成: 7

新工艺验证

总数: 1 已完成: 1

质量管控项

检验风险元器件

总数: 9 已完成: 3

生产外协检验关注件

总数: 11 已完成: 11

EBOM基础信息

导出

刷新

序号	层次号	产品代号	part编号	part名称	技术状态固化等级	总数量	管控项	新研待验证元器件	新研器件管控措施	攻关报告	新工艺验证	新工艺验证特关注点	验证
1	1	AL2 2700	总成	总成	新研	1	否	否			否		
2	1	AL4 1469	总成	总成	新研	1	否	否			否		
3	1.1	AL4 7749	总成	总成	新研	1	否	否			否		
4	1.10	AL4 7761	总成	总成	新研	1	否	否			否		
5	1.10.1	21029 219120	YMB18KT2BN...	YMB18KT2BN...	新研	1	否	否			否		
6	1.11	52200 240500	24 D720	24 D720	新研	20	否	否			否		
7	1.11	AL4 7762	总成	总成	新研	1	否	否			否		

<<

<

1

/ 1022

>

>>

10条/页

共 10214 条记录

检验风险元器件

新研待验证元器件

新工艺验证

生产外协检验关注件

图3 关注项进行标识和跟踪

(2)分配基线(ABL):在方案阶段末期,通过构建FBOM,将功能基线中的各项功能需求,科学地分配到下一级的分系统、子系统或硬件/软件组件上,明确了“由谁来实现什么功能”,是详细设计的直接输入。

(3)产品基线(PBL):在鉴定定型后,通过冻结EBOM的某一有效版本,并基于此生成相应的PBOM和SBOM来建立。产品基线是产品技术状态的最终固化,是后续批生产、技术状态更改和质量审核的标准。

技术状态基线评审确认后,信息系统以BOM形式固化产品技术状态。从而快速获取各技术状态项层级、接口关系,并通过各类BOM的映射关系。当发生技术状态更改时,系统能够基于各

类BOM之间的映射关系,快速完成更改影响分析,确保决策的科学性。

2.2 EBOM阶段控制

当前电子装备更新迭代快、研发周期短,产品设计和生产同步开展成为军工电子行业常态,因而造成EBOM动态迭代、逐步完善。为加强计划管控水平,项目经理应关注产品的新研件、科研外协件及定制器材的技术风险和计划风险。为此提出对EBOM实施分阶段控制:在总体实施方案评审确认后,设计师团队按职责分工对产品结构进行分解至2级整件,建立EBOM1.0;分系统方案评审确认后,设计师团队进一步对EBOM1.0分解至底层整件,建立EBOM2.0;整机验收完成后形成研制样机最终EBOM(EBOM3.0)。

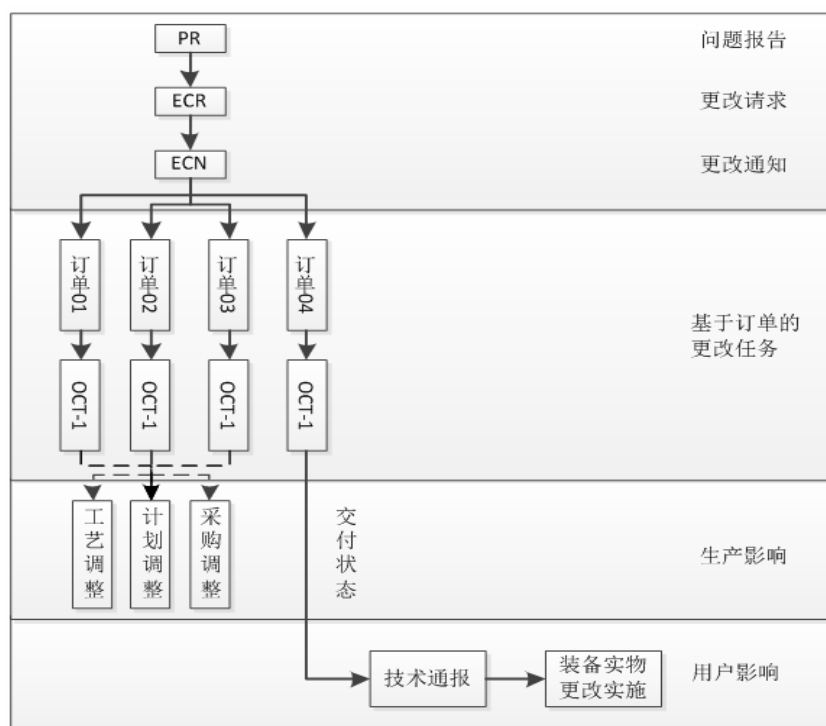


图 4 全过程更改任务管理

	图号	更改单号	更改内容	更改类型	更改单归档日期	更改对象归档日期	制件更改概况	更改对象	制件更改任务详情
21	AL8. 2448	II_000000	基本视图中底部四个螺纹孔无标注:基本	II类变更	2026-03-02	2026-02-24 00:00:00	完成	已归档	制件不更改
22	AL2. 1631	1943_X	:电阻R40 由 07450226235040 电阻 RM	II类变更	2026-03-19	2025-10-25 00:00:00	进行中	已归档	
23	AL4. 5227	_000069	105XT2:10605	III类变更	2026-03-03	2026-02-26 00:00:00	完成	已归档	
24	AL4. 5226	_000068	位号10514:位号10604	III类变更	2026-03-03	2026-02-26 00:00:00	完成	已归档	
25	AL8. 2409	_000014	1,主视图板厚度202,底部视图滑轮座	II类变更	2026-03-13	2026-03-07 00:00:00	进行中	已归档	
26	AL6. 3214	_000015	1,滑轮座居中,AL8.054.1520为滑轮座	II类变更	2026-03-13	2026-02-26 00:00:00	进行中	已归档	
27	AL2. 499	1949_X	:更换光端机物资编码为 058901000261	II类变更	2026-03-06	2026-01-25 00:00:00	进行中	已归档	
28	AL4. 936WX	_000423	1、8.2.2.1最后一项环试要求中高低温	II类变更	2026-03-12	2026-03-09 00:00:00	完成	已归档	制件不更改
29	AL2. 1900	_000006	无验收细则:补充验收细则	III类变更	2026-03-05	2026-02-25 00:00:00	完成	已归档	制件不更改
30	AL2. 1051	I_000065	无机柜二维布线示意图:增加机柜二维	III类变更	2026-03-01	2026-02-25 00:00:00	完成	已归档	制件不更改
31	AL2. 1171	A_251942	:1、U9和U10焊盘加装92胶带2、U9和U1	II类变更	2026-03-20	2026-01-27 00:00:00	进行中	已归档	
32	AL4. 2868	1948_X	:底框AL6.123.3214结构更新,滑轮组位	II类变更	2026-03-13	2026-01-27 00:00:00	完成	已归档	
33	AL6. 3214	1947_X	:1,删除AL8.054.1520和AL8.620.8152	II类变更	2026-03-13	2025-08-20 00:00:00	进行中	已归档	
34	AL8. 2409	1946_X	:1,主视图板厚度20改182,底部视图	II类变更	2026-03-13	2026-01-27 00:00:00	进行中	已归档	
35	AL8. 1051	1944_X	:宽度14改成17	II类变更	2026-03-13	2025-07-21 00:00:00	进行中	已归档	
36	AL8. 1051	_000013	宽度14:宽度14改为宽度17	II类变更	2026-03-13	2026-02-26 00:00:00	进行中	已归档	
37	AL4. 2868	_000016	滑轮组位置居中:底框AL6.123.3214结	II类变更	2026-03-13	2026-03-07 00:00:00	进行中	已归档	
38	ALX2. 1109	941_XK	:结构树中齐套冷却液85459000296000	III类变更	2026-03-01	2026-01-26 00:00:00	完成	已归档	
39	AL2. 499	_000131	更新光端机物资编码:更新光端机物资	II类变更	2026-03-06	2026-02-26 00:00:00	进行中	已归档	

图 5 全过程更改监控视图

为精准掌控项目计划,项目经理可快速的基于EBOM1.0和EBOM2.0下达研制计划,见图2。同时,基于EBOM对新研件、攻关件、科研外协件及长线件等关注项进行标识和跟踪,通过BI可实时从PLM、ERP、MOM、QMS等多个信息化系统抓取数据,从而快速掌握项目研制进展及风险,见图3。

2.3 基于BOM的更改

2.3.1 基于BOM的更改分析

经初步识别需对产品进行更改时,用户在PLM中对更改对象发起变更请求(ECR),并直接定位到EBOM中的具体节点,系统基于EBOM的结构关联和借用关系,自动执行受影响分析:

(1)使用性分析:自动列出更改对象被上级装配件使用的所有位置。

(2)下游影响分析:自动分析更改对象变更对PBOM、MBOM、工艺路线、工装等下游数据的影响。

(3)关联文档分析:自动列出与更改对象相关的图样、技术条件等文件。

以上分析结果以可视化的方式呈现,除基于BOM的分析外,还需对周期、费用、实施风险等方面进行综合分析,为更改控制委员会(CCB)决策提供全面、准确的数据支持。

2.3.2更改任务全过程可视化

为全面管控技术状态更改全过程,确保更改实施到位,需要突破传统更改监控视图。传统更改链由问题报告(PR)、更改请求(ECR)、更改通知(ECN)等环节组成。更改全过程监控视图在传统更改链的基础上通过引入订单更改任务(OCT)来监控生产过程中更改的落实情况,确保技术状态更改在产品实物中实施^{[4][5]}。全过程更改任务管理如图4所示,更改监控视图见图5。

2.4基于BOM的记实与审核

2.4.1技术状态记实自动化

在BOM化模式下,技术状态记实实现了从“人工记录”到“系统自动生成”的飞跃。PLM系统作为BOM的“唯一可信源”,会自动记录每一次对BOM节点的创建、修改、删除、版本升级等操作,并同步记录操作人、时间、原因等信息,形成不可篡改的“数字足迹”。用户可以随时查询任一产品、任一CI的完整变更历史。系统可用时间轴的方式动态展示BOM结构的演变过程,选择任一节点,即可查看其在某一历史时刻的完整版本状态及相关联的变更记录,实现了技术状态记实的自动化和透明化。

2.4.2技术状态审核数字化

技术状态审核(物理审核和功能审核)实现了数字化,审核专家不再需要逐一比对纸质文件和实物,而是:

(1)物理一致性审核:系统可基于特定批次的BOM基线,通过信息化手段与实装BOM进行比对,快速获取实物与BOM数据的一致性。

(2)功能一致性审核:系统可追溯该产品BOM中所有CI的功能基线要求,并与测试报告进行关联,验证产品功能是否满足设计要求。

3 基于BOM的技术状态管理实践

为支撑上述模式的落地,实施基于BOM的技术状态管理功能改进,在现有PLM的基础功能上实现以下核心功能模块。

3.1 BOM快照模块

该模块允许在关键里程碑节点(如总体实施方案评审、分系统方案评审、状态鉴定)为特定产品或项目创建BOM快照。快照是BOM在那一刻的完整、只读副本,作为永久性的技术状态档案。系统提供了快照比对功能,可快速、直观地展示两个不同快照之间的差异(新增、删除、修改),促使BOM在迭代过程中快速收敛。

3.2 BOM驱动的计划管理模块

该模块以BOM快照为基础,实现了从“整机-系统-组件”的多级计划精细化管理。项目经理可以在BOM视图上直接为节点挂接设计、投产、完工等计划任务,并指定责任人。这些计划任务可以与项目管理平台(IDS)双向同步,完工计划作为ERP中生产订单的约束条件,确保生产计划满足产品研制需求。

3.3基于BOM的项目风险模块

该模块可根据产品组成中的新研件、攻关件、科研外协件及长线件等关注项进行标识和跟踪,通过集成PLM、ERP、MOM等多系统数据,能够实时监控这些关注项的试验验证进度、物料齐套状态与生产交付情况。一旦出现技术瓶颈、进度滞后或供应风险,及时触发预警机制,为项目经理提供决策支持,从而实现对潜在风险的早期识别与主动干预,确保研制计划的顺利推进。

3.4更改全过程可视化模块

该模块完整实现了问题报告(PR)一更改请求(ECR)一更改通知(ECN)一订单更改任务(OCT)的流程贯通。用户可以发起问题报告,并基于此创建ECR,ECR审批通过后生成ECN,ECN自动触发下游的OCT,系统根据订单实际状态,将OCT推送至相应责任部门,由责任部门按要求对制件实施更改。模块提供了一个集中的“更改驾驶舱”,跨平台挖掘和展示与更改相关的所有信息,包括制件更改的执行进度、相关的不合格品审理记录,以及由此产生的返工返修任务,确保了更改管理的闭环。

3.5偏离、让步记实模块

对生产过程中出现的偏离原设计或让步接收的情况,该模块提供了线上的申请、审批流程。一旦申请被批准,其结果(如临时替代的物料、放宽的验收标准)会被自动记录并与受影响的特定批次BOM进行强关联。这样,该批次产品的“真实”技术状态被完整记实,为后续的质量追溯和问题分析提供了准确依据。

3.6技术状态基线模块

该模块全面实现了技术状态功能、分配和产品三大基线的数字化建立、动态维护与闭环更改管理。它以特定版本的BOM视图作为基线载体,将产品的技术状态固化为结构化数据。当发生技术状态更改时,系统能依据已批准的更改通知,自动触发并更新所有受影响的下游基线版本,确保基线间的联动性与一致性。这不仅保证了技术状态记录的准确性与权威性,更实现了基线演变的自动化、可追溯管理,为后续的批生产与质量审核提供了可靠依据。

3.7装备单机档案系统

装备单机档案系统以实装BOM(BBOM)为核心数据主线,深度集成并串联起产品设计、生产、装配、调试、试验及售后保障等全生命周期的离散数据。该系统构建了“一雷达一档案”的精细化产品数据,将每一台装备的技术状态、质量记录、物料批次、生产数据等信息与BBOM节点精准关联。实现从顶到底全层级数据抓取与集成,为装备全生命周期保障提供了坚实、高效的数据支撑。

4 结束语

面对“多品种、小批量、研产交叉”的复杂研制环境,传统的文档驱动技术状态管理模式已难以为继。本文提出的基于BOM的技术状态管理模式,通过构建以BOM为核心的数据模型,实现了技术状态四大功能的数字化和自动化。特别是引入EBOM快照和BOM计划管理,为项目的风险管控和计划管理提供了创新性解决方案。

基于该模式构建的系统,经过实践验证,能够显著提升BOM更改的响应速度与准确性,确保技术状态数据的“单一数据源”和全生命周期追溯,有效提升了研制质量和效率。

[参考文献]

[1]刘方,乔元志.产品全生命周期模型中的xBOM映射研究[J].计算机工程与应用,2004,(09):200-202.

[2]阳咏梅,侯涛,张桂成.以XBOM为主线的全生命周期大数据管理方案[J].现代工业经济和信息化,2019,v.9;No.180(06):69-71.

[3]张晓梅.飞机型号研制过程中xBOM的定义和管理[J].智能制造,2021,No.308(06):21-28.

[4]喻甲其,蒋德成,王蓉强.基于构型管理的工程更改在飞机制造环节的控制[J].设备管理与维修,2020,No.477(15):36-38.

[5]李荣强,牛双月,龙斌,等.面向飞机研制生产全局变更的数据集成架构研究[J].现代制造工程,2023,No.512(05):31-37+73.

作者简介:

沈克剑(1978--),男,汉族,江苏新沂人,本科,高级工程师,主要研究方向为科研生产管理、技术状态管理。