

航空发动机燃油控制系统 ABOM 构建分析

雷焕丽,孟银杏,李宏联,阎红,董会波

(中国航发西安动力控制有限责任公司,西安 710077)

[摘要] 为满足 ERP 系统对 BOM (物料清单) 数据的各类业务需求,需对企业内部 BOM 数据进行深入分析研究,按照 ERP 系统要求的数据格式,提供所需的产品数据信息。通过对设计、制造、装配过程不同状态物料清单进行定义与对比分析,结合企业 BOM 现状,从数据特点、业务流程设计, BOM 构建维护等多方面进行论述。着重阐述了基于 PDM (产品数据管理) 系统的装配 BOM 数据分析,建立了 ERP 系统对装配 BOM 数据的需求模型。

关键词: ABOM (装配物料清单); 虚拟件装配; ERP (企业资源规划); 燃油控制系统; 航空发动机

Construction and Analysis of ABOM for Aero-Engine Fuel Control System

LEI Huanli, MENG Yinxing, LI Honglian, YAN Hong, DONG Huibo

(AECC Xi'an Engine Control Co., Ltd., Xi'an 710077, China)

[ABSTRACT] In order to meet the ERP (Enterprise Resource Planning) system of BOM (Bill of Material) data of all kinds of business needs, studying the internal BOM data, product data information is required in accordance with the requirements of the data format of ERP system. Based on the analysis and comparison of different definitions of materials list of design, manufacture, assembly process, combined with the enterprise BOM status, from the characteristics of data, business process design, construction and maintenance of BOM and other aspects were summarized in detail. Based on PDM (Product Data Management) system assembly BOM data analysis, the demand model of ERP system for the assembly BOM data is built.

Keywords: ABOM; Virtual part assembly; ERP (Enterprise Resource Planning); Fuel control system; Aero-engine

DOI:10.16080/j.issn1671-833x.2018.08.085

由于我国航空工业的历史环境,以及作为传统的离散型制造业,人为地造成部分产品研制、生产呈现出参研、参制单位之间“厂所分离”、“一厂多所”、“一所多厂”的格局。各企业在作业环境与成熟度上有较大差异,数据的不同分布和管理水平,导致作为物料清单的基础数据不可避免地出现设计信息属性与制造信息属性不连贯,设计维度和制造维度不一致,严重影响到系统的正常运行。因此,各家制造企业很难找到一个可完全借鉴或复制的 BOM (Bill of Material) 数据标准模式,所以不得不在借鉴与探索中前行。

BOM^[1] 作为支撑 ERP (Enterprise Resource Planning) 系统有效运行的“基石”,实际上是分解企业生产过程资源因子的一个基本手段,ERP 系统识别产品的依据,更是“时间坐标上的产品结构”数据模型的报表形式,说明产品是如何“做出来”的,要为企业众多部门所用,它的准确度必须要达到 100%。如果模型不准确,运行 ERP 的结果会完全失去意义。也就是说,系

统软件功能再强,具备再强的运算能力,最多只能做一些逻辑的判断,也难以分辨数据的真伪。

通过走访与调研同行业及行业外各企业,对 BOM 数据的构建与管理难以有标准模式可参考,而且 BOM 数据作为各企业基础数据的核心,基本是随着业务的发展而逐渐建立与形成, BOM 数据架构实际蕴含了企业业务管理的精髓,都是根据企业自身的业务运作模式而自身开发的,或者在 PDM (产品数据管理) 系统进行二次开发,适合自身企业业务模式的管理体系。有部分企业 BOM 数据构建已 10 年有余,但仍在不断改进或逐步转换升级,如行业外通用的 GPDS; 有的则投入大量资金与资源,开发了全新的系统,如丰田的 SMS。企业中产品 BOM 数据关系产品的总成、价格、生产成本、计划、定额、分工路线、流通等一系列信息,是 ERP 数据的重点。因此,不允许低估精确数据的重要性,产品 BOM 数据的规则设置与模型构建研究更是确保数据信息有效传递的重中之重。

1 企业各类 BOM 定义

BOM 的作用主要是用报表表达时间坐标轴上的产品结构,是联系与沟通企业各项核心业务的纽带,体现了信息集成和共享。BOM 的应用已渗透企业的各个业务环节,从工程设计、工艺到采购/供应、制造、装配、物流、售后和财务,以至 CAE 仿真等,都对 BOM 数据与管理有着不尽相同的需求,要求有不同状态及形态的 BOM 数据来支持各自的业务流畅运作。而作为系统运行基础的产品 BOM 数据又被要求具有高度的准确性与一致性,这些都增加了 BOM 数据构建、维护与管理的难度。因此,从数据源头上分析 BOM 数据,可以帮助更好地理解 BOM 创建的全部流程。

1.1 物料清单

物料清单 BOM,是构成父项装配件的所有子装配、零件和原材料的清单,以及制造一个装配检索需要每种零组件的数量清单。

1.2 设计 BOM

设计 BOM 即 EBOM (Engineering Bill of Material),是产品在工程设计阶段产品结构的 BOM 形式,它主要反映产品的设计结构和物料项的设计属性,是由产品零组件属性和装配结构关系等信息组成的数据列表,它是后续生产制造的最初数据源。

1.3 制造 BOM

制造 BOM 即 MBOM (Manufacture Bill of Material),MBOM 在 EBOM 结构基础上形成工艺路线报表、材料定额报表,包括工艺组件信息、零组件工艺分工、零件材料定额、协作及入库信息等信息,称为制造 BOM。

1.4 装配 BOM

装配 BOM 即 ABOM (Assembling Bill of Material) 是以 EBOM 作为源数据内容,依照 MBOM 的工艺分工,在 EBOM 结构基础上形成具有装配结构关系和实现装配过程的物料清单,包括成台产品配套明细、二次必换件明细、随机备件明细和包装箱等信息,称为 ABOM。

1.5 虚拟件定义

虚拟件^[2]的原始定义:在实际制造过程中并不形成的物料,作为一种过渡件处理。

虚拟件的衍生含义:为适应实际物流过程需要,建立物料清单经常用到的一种说明产品结构的形式,它可以出现在产品结构的任意一层,在工程设计、制造过程、物流过程通过定义物料类型来标识,如图 1 所示(A 为替代件通过设置优先级来保证 ABOM 的配置;B 为选配件,可以是弹簧、喷嘴、调整件、层板、油嘴、选配类锁紧件等零件,可通过优化参数进行初始 ABOM 设置,出库时进行一组默认配置;C 为 *-Y* 工艺组件的上一级父件)。

物理虚拟件见图 1 中 *2Z、*SJ 可展开的物料清单,真实存在,需要配套出库;逻辑虚拟件如图 1 中 V、A、B、W 等,只表示一种逻辑或归属关系或者是一组可选件的统称。

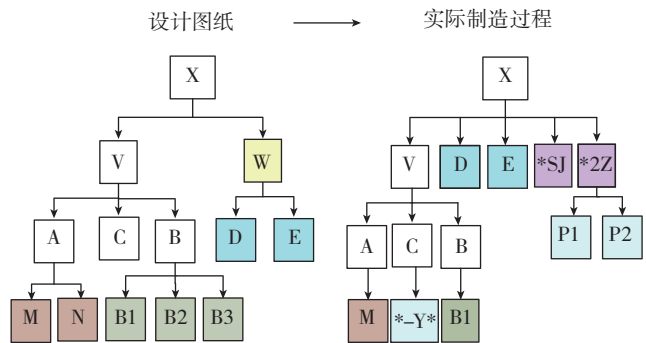


图1 虚拟件定义

Fig.1 Definition of virtual parts

1.5.1 装配虚拟件

装配虚拟件是装配过程中实际不存在但需要展开存在的各类零组件数据。装配过程中包含 6 类虚拟件在 ERP 系统中的处理即:二次必换件(*2Z)、油封件(*YF)/调试件(*TS)、选配件/替代件、部件/组件、随机备件(*SJ)、工艺组件(*-Y*)等,如图 1 所示。其中选配件/替代件、部件/组件、随机备件(*SJ)由 EBOM 设计时产生;工艺组件(*-Y*)由 MBOM 构建时产生;二次必换件(*2Z)、油封件(*YF)/调试件(*TS)由 ABOM 构建时产生。

虚拟件存在的必要性与重要性:航空燃油控制系统具有壳体腔内部空间狭小、密闭,高精度零组件及异形件数量众多,空间机械连接结构复杂、单台产品零组件数量达上千种等特点,导致无法按单台产品的精益模式进行布局。

装配虚拟件的存在主要是明确产品父状结构中各层级组件的隶属关系及解决 ABOM 中的物料清单作为一组物料代表,便于展开后系统能够简化运行与处理等一系列问题。

1.5.2 装配流程中产生的虚拟件

对于复杂产品,装配、调试周期流程长,虚拟件的存在很好地解决了此类问题。图 2 中标示出了源 ABOM 与产品装配流程中各类虚拟件产生的节点位置,为后续各类虚拟件的处理提供参考。选配件/替代件、部件/组件为设计 BOM 固有存在的虚拟件,未进行标注。油封/调试件仅存在于部分批产产品,新品已无此类设置。

2 ERP 系统对 BOM 结构要求

ERP 系统对 BOM 结构的要求如图 3 所示,包括产

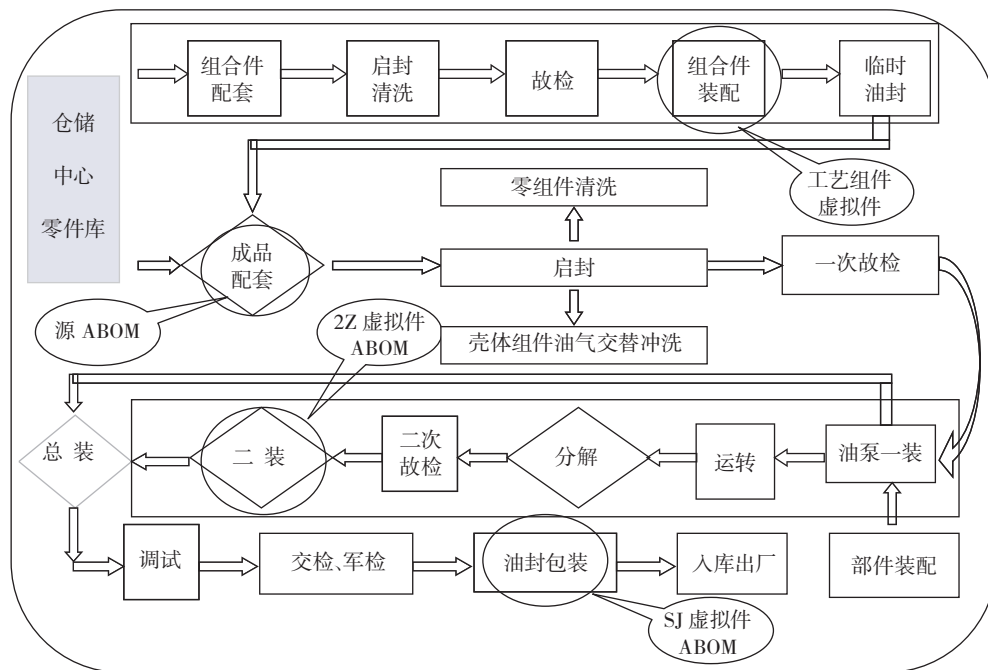


图2 装配流程中虚拟件节点示意图

Fig.2 Schematic diagram of virtual parts node in assembly process

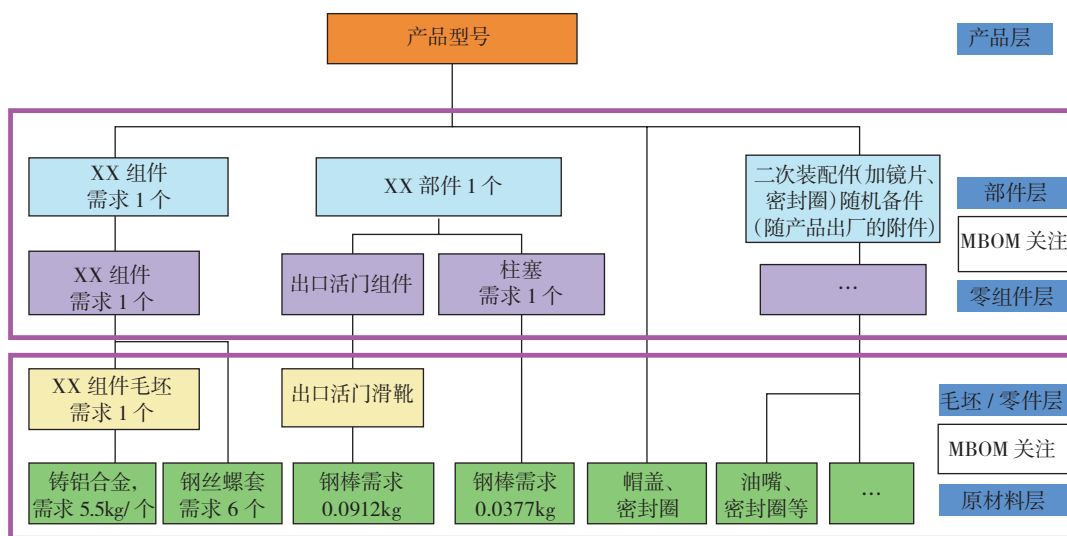


图3 企业ERP系统对BOM结构要求

Fig.3 Requirement of enterprise ERP system to BOM structure

品层、各组件层、零件层、毛坯层及原材料层。

图3的BOM结构从业务层面上可表述为表1所示的关键数据。可以看出企业对产品物料清单中的8类关键数据非常关注,对以虚拟件形式出现的数据类型,ERP系统运行时需进行特殊处理与设置,诸如EBOM构建过程中,独立于EBOM之外的随机备件;MBOM构建过程中的毛坯、工艺组件;ABOM构建过程中的二次装配件。在构建各类BOM的过程中,依据ERP系统对各类BOM数据属性的不同需求,各数据参数构建规则不同。系统中BOM数据可以互相共享信息,也可以根

据不同需要进行数据的分层管理与应用。图4列出了各类BOM的关注点,数据构建取决于各自业务需求。

(1)EBOM描述产品的设计属性和装配层次关系,包括属性信息:图号、数量、借用关系、尺寸、材料、重量;

(2)MBOM在EBOM的基础上,增加了工艺组件和零组件的工艺分工路线、制造协作(热处理、表面处理等)单台装配数量、材料定额等信息属性;

(3)ABOM依据EBOM明细、MBOM的分工路线,并按已有或预布局装配单元生产模式重构局部微调产品装配关系,进行ABOM的构建。

表1 BOM关键数据工作内容

序号	关键数据	工作内容	主要作用
1	设计 BOM (EBOM)	设计在产品工程设计阶段创建出成台产品装机明细,包括零组件号、数量、编码、材料等信息	限于图纸上零件明细表出现的物料,为了管理图纸,也有指导采购和估算报价的功能
2	制造 BOM (MBOM)	定额员在 EBOM 数据基础上,维护工艺路线、材料定额等信息	指导生产制造,所有相关的物料都必须包括在内,且按实际加工流程描述
3	装配 BOM (ABOM)	装配工艺按设计提供的 EBOM 及 MBOM 中工艺分工信息数据,参考内部流程构建	提供成台产品的装机明细,并处理配套出库过程中各类虚拟件的设置,可以指导计划和估算产品报价
4	毛坯	制造工艺按工艺分工、定额等信息,创建零组件毛坯 ITEM 及代码	零组件制造初始阶段,制造用毛坯物料
5	工艺组件 (*-Y*)	部分零组件的组合需两个或多个部门协作完成,定额员根据企业内部业务流程,维护路线分工、定额等属性信息	派生出来的一组具有虚拟件性质的零组件,简化 ERP 系统对 BOM 数据的处理
6	随机备件 (*SJ)	产品出厂时,按照客户 / 技术协议要求,随机附带一批易损件的备用件,设计在 EBOM 的基础上,维护客户需求的备件 BOM 信息	备用件用一个代表件 *SJ (带有虚拟件性质)表达,以简化物料清单,一般隶属于产品型号下面
7	二次装配件 (*2Z)	装配工艺根据相关技术文件,维护二次装配件 BOM 信息	满足新产品或部件测试重要零组件短时寿命试验磨合后消耗件的更换
8	外购件	设计对成件或标准件直接选用,采购按设计提供型号维护外购配套信息	供应商直接提供备件,属于成件的外协

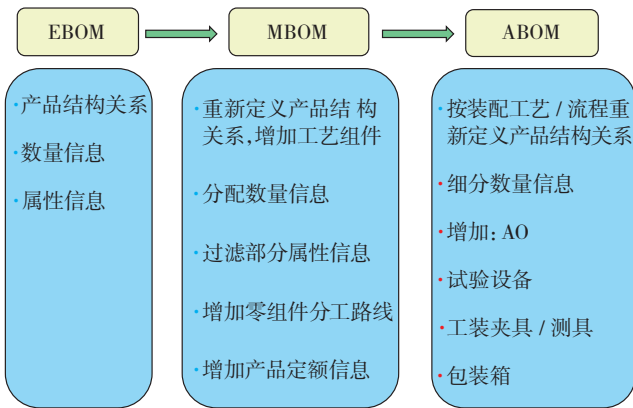


图4 3类BOM关注点分析
Fig.4 Focus analysis of three types of BOM

3 企业各类 BOM 转换路径图

产品装配生产阶段是产品从概念走向实物的主要阶段。为了实现这一目标,需要对生产进行规划,确定生产方式,合理安排车间和单元的布置,制定产品的生产计划,组织原材料和成品采购,组织工人进行生产,监督和控制生产进度,协调企业人力、物力、财力等各方面的资源。因此,在编写 ABOM 时要追加产品的工位、装配单元和生产单元等信息^[3]。

实际的构建过程中,ABOM 是以 EBOM 作为源数据、依据 MBOM 的分工路线为指导,按照生产模式或预布局模式构建 ERP 系统需求输出数据格式,如图 5^[4] 所示。

4 ABOM 数据结构分类

组成 EBOM 的物料清单,零组件分类主要有专用件(即自制件)、借用件、外购件、标准件及随产品出厂的

随机备件 (SJ); 组成 MBOM 的物料清单主要有工艺组件^[5]、其他同 EBOM,毛坯为制造过程中产生的半成品,暂不予考虑。

依据图 5 各类 BOM 的转换关系可以得出,ABOM 物料清单需综合考虑 EBOM 与 ABOM 的相关信息,并增加二装件 (2Z) 等装配流程中产生的数据信息。

综合图 3~6 及表 1 分析,ABOM 始终以统一平台 (PDM),单一数据源,经过适当补充调整,在 PDM 系统将 EBOM 转换为 ABOM,转换成装配用的物料清单,提供 ERP 所需的产品信息,从而减少大量的重复工作,实现基础数据共享与多 BOM 的管理。从各 BOM 的转换关系过程及图 5 中可看出,ABOM 构建过程中对虚拟件的处理与设置是最主要的问题。图 6 给出产品 ABOM 数据结构中包含的零组件数据类型,并简略给出各类零组件在引导产品设计走系列化、标准化方向中

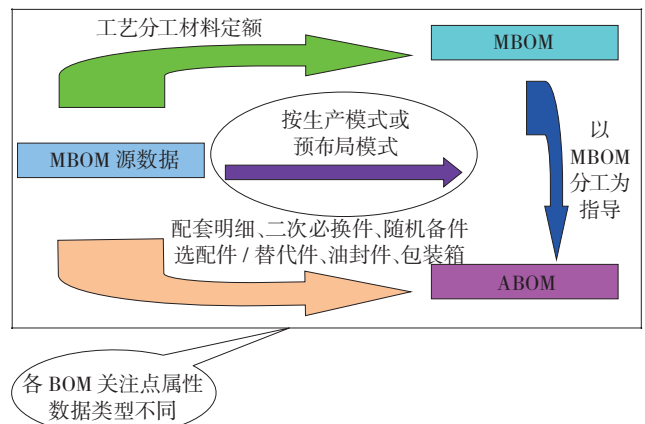


图5 3类BOM转换路径图
Fig.5 Transition path graphs of three types of BOM

的利弊。

5 ABOM 构建条件

(1) 产品型号中各零组件 UG 视图中的 EBOM 明细已结构化,如某型航空发动机型号中的 YY1、YY2 等型号,产品在 UG 模型中的明细已为结构化或使用设计 PSE 结构器可以直接导出零组件明细^[6],如图 7 所示。

(2) ABOM 涉及的所有零组件图号必须被赋码,需赋码零组件包括产品型号、自制件(专用)、外购件、标准件、替换件、选配件,虚拟件包括工艺组件、二次装配件、随机备件、部分型号有油封/调试虚拟件。各类零组件的赋码需涉及零组件管理的各部门通力合作完成。

(3) 所有涉及型号的零组件 BOM 数据已赋码且规范导入 ERP 系统。

(4) 按照 MBOM 的分工路线,装配工艺规划内部装配生产流程,划分各组件/部件装配单元,建立二次更换件等装配产生的虚拟件物料清单信息。

(5) 从 ERP 系统中可以直接导出带赋码的 EBOM 的各类零组件明细及工艺组件明细,通过 VLOOKUP 函数可以进行快速匹配筛选,如图 8 所示。

6 产品结构中 EBOM 到 ABOM 的数据变形

6.1 EBOM到ABOM的差异分析

航空发动机燃油附件装配、检验、调试以全人工方式进行。对于简单产品,装配流程在一个单元内部进行,

不存在产品运转、分解、选配或替换、工艺组件等虚拟件的情况,设计 BOM 与装配 BOM 的构建基本相同。在 ERP 同 PDM 系统集成的情况下,可以在设计明细基础上,只需从源头 EBOM 产品隶属关系开始,直接移植构建 ABOM。对于由上千件/种零组件组成的复杂产品,一旦出现各类虚拟件的设置,ABOM 的构建将会变得非常复杂,设计 EBOM 不能直接形成物料清单。

对于“厂所合一”的制造企业,ERP 系统中使用的出库配套物料清单即 ABOM 针对装配生产流程,而设计 EBOM 通常按产品设计图纸上的各个装配图的零件明细编制而成。两者的用途有根本的区别:前者用于指导进行现场生产装配制造,所有过程中相关的物料都必须包括在内,而且是按照实际的加工装配流程来描述;后者限于图纸上零件明细表出现的物料,是为了管理产品图纸,也有指导采购和估算报价的功能。

ABOM 的变迁过程实际上就是 EBOM 中节点的重组、再造及扩展^[7]。设计零件明细表是编制单层物料单的基础,但又不完全等于单层物料单。因此,基于 EBOM 快速、正确地生成其他 BOM 已成为 PLM (产品生命周期管理) 系统集成中提高系统效率、保证数据正确、确保对 ERP 系统数据进行统一管理的瓶颈所在。两者在变形过程主要区别如图 9 所示(圈出部分表示在 ABOM 结构变化中,装配过程涉及的虚拟件出现的节点,这些虚拟件需要 ABOM 构建时申请代码,仅部分老品结构会出现调试(TS)与油封(YF)类虚拟件,多数产品已无此类虚拟件)。

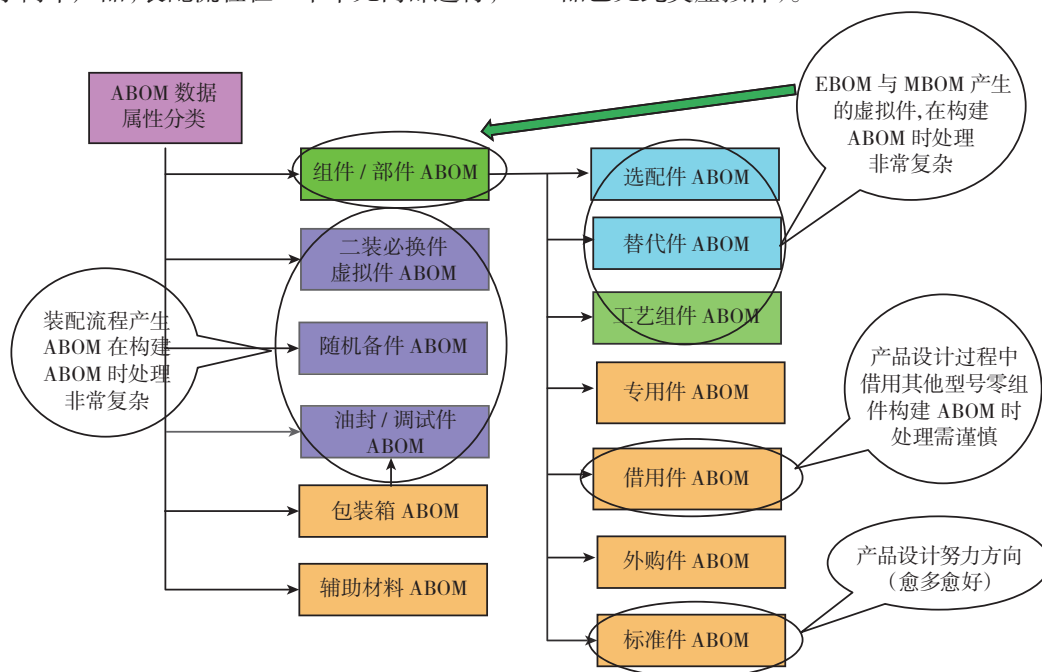


图6 ABOM数据结构分类

Fig.6 ABOM data structure classification

6.2 EBOM到ABOM产品型号构建示例

对较复杂产品,如图10所示某产品型号的树状结构实例,逐级建立各组件/部件的ABOM结构,最终合并为产品型号的ABOM进行数据传输与应用。从设计UG模型中EBOM明细到ABOM^[8],主要考虑产品装配

序号	代号	特性标记	名称	数量
1	[Diagram]		薄膜	2
2			涨圈	2
3			前卸荷活门	1
4			活塞	1
5			后卸荷活门	1
6			薄压板	1
7			厚压板	1
8			花螺母	1
9			开口销	1
10			密封圈	1

图7 UG系统直接导出的EBOM组件

Fig.7 EBOM components directly exported by UG system

子件物料编码	子件图号	子件物料描述	单单位用量
1000715	[Diagram]	压力调节活门	1
1000716		弹簧座	1
1000717		锥弹簧	1
1000718		弹簧座	1
1000721		圈	1
1000720		限动片	1
1000719		卡环	1
1000722		调整钉	1
1000729		锁片	10
1000730		花螺母	1

图8 ERP系统导出的EBOM数据

Fig.8 EBOM data derived from ERP system

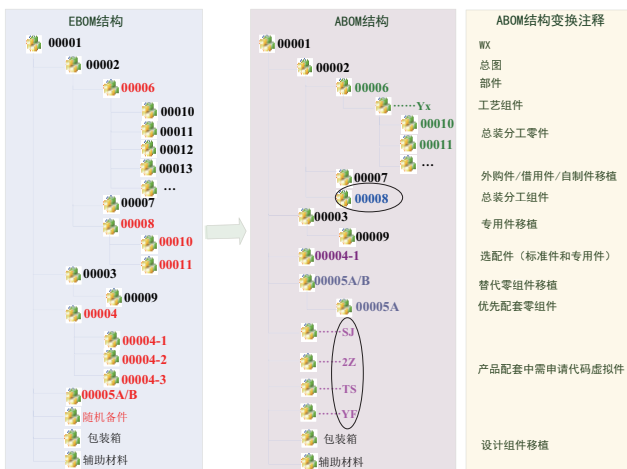


图9 EBOM到ABOM的转换关系

Fig.9 Transition relations from EBOM to ABOM

的工艺性,对设计原始装配结构进行局部微调,实现快速数据变形与转换,以某型号ABOM构建为例,如图10、图11所示。

(1)EBOM到ABOM的直接移植:图11中XX-XX1组件工艺025的ABOM构建后与EBOM完全一致,直接移植,基本属于秒建,便捷、快速且正确率100%,简单产品一般用此类构建方法。

(2)局部零组件的调整:图11中XX-XX2组件工艺026调用XX-XX3组件工艺027中的5项零件进行装配流程的重新规划,构建ABOM时需变换隶属关系,与设计初始划分的产品零组件隶属关系发生变异,但调整后的装配流程工艺性更合理与适用,此类属于ABOM的局部微调。

(3)工艺组件虚拟件的处理:图11中XX-XX4组件(共9项零件)工艺021中,增加工艺组件1项(4项零件由制造部门完成后生成工艺组件,EBOM中无此零件),构建ABOM时仅需构建其余4项及工艺组件。此类属于MBOM构建过程中综合考虑工厂布局、硬件设施进行的工艺分工,某项组件装配进行部门间分工协作完成,可缩短制造周期与提高工艺性。

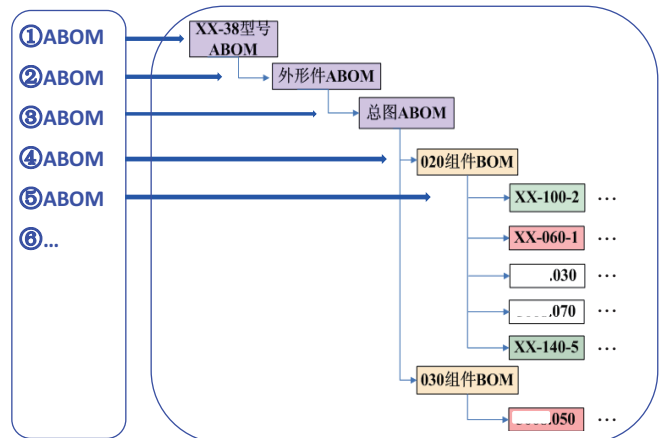


图10 某型号ABOM数据结构树

Fig.10 A ABOM data structure tree

序号	组件名称	组件号	工艺编号	EBOM	ABOM	装配卡	配套结构	EBOM到ABOM变形说明
1	传动壳体上螺栓	XXX-019	3	5	3+2	7、8移入	包含总装中序号10明细、8(标准及螺钉)	
2	活门壳体组件上螺栓	XXX-020	2	2	2	增加1工艺组件		
3	换算转速壳体上螺栓	XXX-021	9	5	9-5=4	增加1工艺组件	组件中的1、2、5、6、9机加完成增加1工艺组件	
4	进气温度传感器接管	XXX-022	3	3	3	无变化		
5	转速传感器接管	XXX-023	3	3	3	无变化		
6	带温度补偿器的螺钉	XXX-024	7	7	7	无变化		
7	活门组件机构	XXX-025	46	46	46	6+20+20		
8	叉形件配置组件	XXX-026	11	14	14	含1工艺组件	其中4-6项包含在XX-5-Y14中,序号9的46-48、77-78移入此	
9	换算转速机构	XXX-027	92-3=89	84	89-5=84	12+42+30	设计明细无14、38、39,其中46-48、77-78移至序号8	
10	一次装配	XXX-028	10+8	8+6+2	8+6		总装7、8(标准/螺钉)移入序号1	
11	二装/总装	XXX-029	21+13+3	37	21+13+3	含WX+2Z	移走WX中6、7(衬射锁紧)至序号12	
12	油封包装	XXX-030	2	2	2	含SJ	WX中6、7,移入油封	

图11 某型号产品ABOM数据结构分析

Fig.11 ABOM data structure analysis of a certain type of product

(4) 装配工艺调整: 产品设计中一般将标牌安排在外形图中, 便于直观可视, 但上标牌类装配工种有研磨或机械加工性质, 为了保证产品装配环境无污染与控制装配过程的清洁度等级要求, 按内部生产流程一般将标牌工艺调整安排在研磨单元进行。图 11 中将 XX-XX5 组件工艺 029 中的 2 项零组件移至 XX-XX6 组件工艺 019 进行装配。相应 ABOM 构建过程隶属关系发生变更。

7 ABOM 构建方法

ABOM 构建流程: 遵循产品设计 BOM 的隶属层级关系自顶向下或自底向上建立, 即零件、组件、部件、总图、外形、产品型号 ABOM 构建, 或者相反流程^[9]。

(1) 利用设计结构化的 EBOM 零组件明细直接导出; 创建 ABOM 与装配配套卡; UG 系统导出后按装配工艺编制规则与要求进行排序与零组件的分类, 删除导出的多余栏目“特性标记”栏, 如图 12 所示。

(2) 通过设计 PSE 结构器导出 EBOM 明细进行排序创建(图 13)^[10]; PSE 结构导出后的 ABOM 零组件明细(XX 型号示例)如图 14 所示。

8 结论

通过对本企业 ERP 系统中 ABOM 数据的详细分析, 解决了系统实施过程中 XXX 种型号产品重要的 ABOM 数据问题, 为企业后期全面应用 ERP 系统, 辅助企业利用信息技术进行现代管理的发展提供了坚实的基础与数据支撑, 同时也为后续产品型号 ABOM 数据的构建提供了构建标准。

BOM 数据质量的提高实际上是一个渐进和求精的过程, 从表面上看似乎会给企业的某些部门增加工作量, 但从企业管理的整体来看, 数据一旦建立准确完整, 将减少各个部门在查询、统计、传递和复制报表等方面的大量工作, 体现了信息的集成和共享。因此要用全局

设计序号	序号	代号	特性标记	名称	数量
5	1		删除此栏	后卸荷活门	1
3	2			前卸荷活门	1
4	3			活塞	1
8	4			花螺母	1
7	5			厚压板	1
6	6			薄压板	1
1	7			薄膜	2
2	8			涨圈	2
9	9			开口销	1
10	10			形橡胶密封圈	1

图12 某型号EBOM-ABOM数据导出表单

Fig.12 Some model EBOM-ABOM data export form

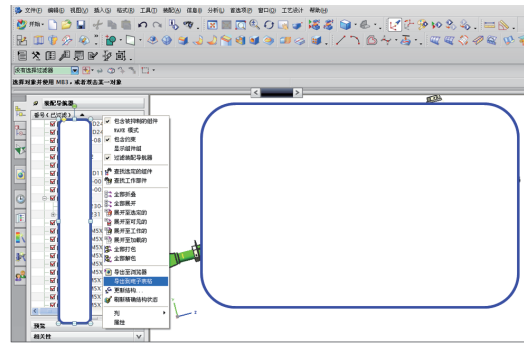


图13 设计PSE结构器导出EBOM明细

Fig.13 Design of the PSE structure for the export of EBOM details

图14 设计PSE结构器导出的ABOM零组件明细示例

Fig.14 A detailed example of ABOM components derived from the design PSE structure

观点来对待物料清单。它不但能够清晰地反映企业的管理流程与业务精髓, 更可透视到企业流程中的异常波动, 及时敲响数据质量的警钟。

参考文献

[1] 程国卿, 吉国力. 企业资源计划 ERP 教程 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2008.
 CHENG Guoqing, JI Guoli. ERP tutorial for enterprise resource planning [M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2008.

[2] 陈启申. ERP—从内部集成起步 [M]. 北京: 电子工业出版社, 2012.
 CHEN Qishen. ERP—starting from internal integration[M]. Beijing: Electronics Industry Press, 2012.

[3] 陆远, 刘洁. 基于产品 BOM 的柔性装配工艺系统 [J]. 南昌大学学报 (工科版), 2015, 37(2): 157-159.
 LU Yuan, LIU Jie. Flexible assembly process system based on product BOM[J]. Journal of Nanchang University (Engineering), 2015, 37(2): 157-159.

[4] 雷焕丽, 阎红, 呼延刚毅, 等. 基于离散型航空制造业 ABOM 数据分析 [J]. 航空制造技术, 2015, 58(21): 78-80.
 LEI Huanli, YAN Hong, HUYAN Gangyi, et al. Based on discrete aviation manufacturing ABOM data analysis[J]. Aeronautical Manufacturing Technology, 2015, 58(21): 78-80.

[5] 雷宁宁, 李文华, 王政, 等. 工程机械行业 PLM & ERP 集成下的 BOM 研究 [J]. 现代制造工程, 2013(8): 28-29.

(下转第96页)