

面向质量的飞机制造过程 BOM 模型*

Quality-Oriented BOM During Aircraft Manufacturing Process

西北工业大学管理学院 胡剑波 梁工谦 程培培

[摘要] 飞机的质量保障能力与质量要求的矛盾日益突出,在其研制过程中迫切需要能够满足飞机产品质量信息传递的数字保障模型。本文依据质量的形成过程,以飞机的设计、工艺、制造步骤为主线,分析 EBOM、PBOM 到 MBOM 的转换过程,提出面向质量的飞机产品制造过程 BOM 模型。

关键词: 飞机 BOM 质量

[ABSTRACT] The inconsistency of quality assurance capability and quality requirement becomes increasingly distinctness, the numerical assurance model or passing aircraft quality information is imminently needed. Based on producing process of quality, this paper makes a main line of designing, process planning, manufacturing of plane, analyzes transforming process from EBOM, PBOM to MBOM. Taking the most representative military plane as example, it puts forward the model of plane manufacturing process BOM quality-oriented.

Keywords: Aircraft BOM Quality

飞机产品具有结构复杂、构型众多、零部件数量庞大、设计更改在试期长等特点,这就使得在飞机制造过程中,对所有制造相关部门数据信息的管理要求变得极高,必须在飞机制造的全寿命周期上采用数字化的设计、制造、管理手段,从设计、工艺、生产制造到装配都必须严格监控,保证产品质量^[1]。在飞机制造过程中,产品的制造工艺数据信息流程实际上是以物料清单(Bill of Materials, BOM)为核心而进行的,它

不仅起着联系工程设计部门和工艺设计部门的作用,而且起着连接工艺设计部门和经营管理部門的重要作用,利用 BOM 能够传递各部门的数据和变更信息,实现产品数据信息的统一。但是,飞机制造过程涉及 BOM 种类多、数据信息量大,因此,必须合理、高效地把飞机的质量信息管理细化到各个阶段 BOM 视图中去,这有利于对质量问题的原因进行追踪查询,实现对飞机制造全过程的质量控制。本文提出的面向质量的飞机制造过程 BOM 管理模型对这些 BOM 数据信息的完整性、正确性和一致性具有重要的意义。

1 飞机制造过程的 BOM 分解

飞机制造过程管理中的计划、设计、采购、制造、库存、成本核算、销售和售后服务等各项目都是围绕物料而展开的。在飞机制造过程的不同阶段,面对不同的生产部门,存在多种不同意义和用途的 BOM 形式,包括^[2]设计 BOM(Engineering BOM, EBOM)、工艺 BOM(Process planning BOM, PBOM)、制造 BOM(Manufacturing BOM, MBOM)、质量 BOM(Quality BOM, QBOM)、成本 BOM(Cost BOM, CBOM)、采购 BOM(Buying BOM, BBOM)和销售 BOM(Sale BOM, SBOM)。各种 BOM 之间的转换关系为:设计工程师根

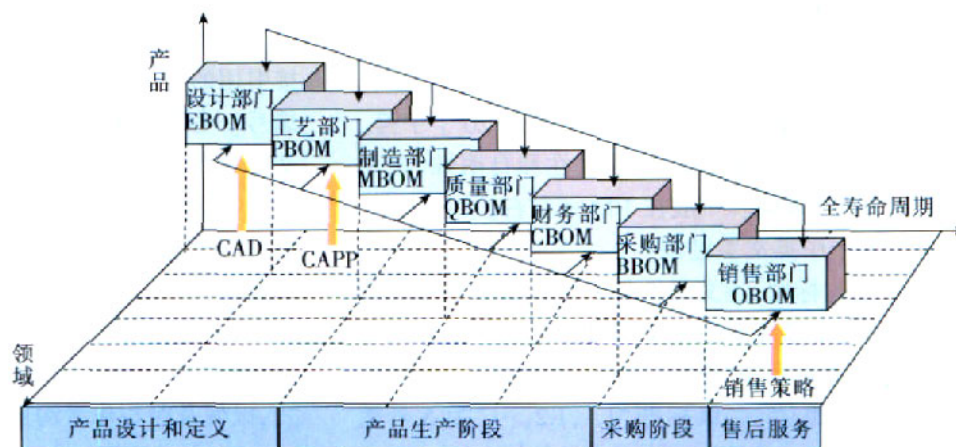


图1 飞机制造过程中各种 BOM 之间的相互关系和转换过程示意图

Fig.1 Diagram of interrelation and transforming process among Boms in aircraft manufacturing process

* 航空科学基金资助项目 (2007ZG53078)。

据客户的需求或者产品的设计要求,通常借助 CAD 工具软件完成产品的设计工作,同时借助 PDM 系统管理产品设计数据,从而获取 EBOM;工艺设计部门根据 EBOM 借助 CAPP 系统(或手工)编制自制零部件的工艺文件,在此过程中,工艺设计工程人员很可能结合企业的工艺装配特点,修改 EBOM 中定义的零部件之间的装配关系和装配过程;生产制造部门或生产车间根据 EBOM 和 PBOM 重新确定用于生产计划编制和物料控制等用途的 MBOM;物资采购部门根据 MBOM 中零部件的加工属性,提取产品的零部件采购物料清单;质量管理部门和生产部门根据 EBOM 和 PBOM,提取产品及其零部件的质量控制和管理数据,形成 QBOM;成本核算部门从 MBOM 和 PBOM 中提取产品及其零部件的与成本相关的数据,形成 CBOM;销售部门根据市场需求信息和客户定单以及产品的 MBOM,生成 SBOM,企业的生产管理部门根据产品定单、SBOM、MBOM 和物料的库存状况,编制企业的生产作业计划。飞机制造过程中涉及的各种 BOM 在产品、部门和制造过程的相互关系和转换过程如图 1 所示^[3]。

2 飞机制造过程 BOM 的转换

飞机质量的形成是一个过程,它与产品的设计、生产、使用和维护都有密切关系,而在这个过程中,质量要受到人、原材料、仪器设备、工艺和环境等因素的影响。飞机的质量与产品的整个设计、生产、使用过程中的各种工作质量有关,涉及到 BOM 的范围也较广,其中 EBOM、PBOM、MBOM 是使用频率最大、涉及层面最广的 3 种确保质量的最重要的 BOM^[4],它们对质量信息的管理可以追踪到各个阶段原材料、零部件、半成品、产品的每一个分支中去,很好地掌握这 3 种 BOM 的数据信息,可以使生产过程的每一个环节都控制在比较理想的状态。

2.1 EBOM 的生成与管理

在各类 BOM 数据形成和转化的过程中,EBOM 是基础。在飞机设计过程中,EBOM 包括零件、装配件、安装件、大部件等,以上下级的形式构成产品结构树,表达了产品的结构和各零部件的组成关系,它会因架次和构型的不同而改变,即对应于每种构型都会有不同的产品结构树。飞机 EBOM 中零部件配置的来源有 3 个方面:

(1)从飞行需求转换的功能定义。由定义的功能结构在基本零部件库的单层 BOM 中,找出对应的零

部件结构,再配置到 EBOM 中。

(2)根据设计需要。从基本零部件库的单层 BOM 中选取符合要求的零部件结构。

(3)从已有机型中引用成熟的零部件,从 CAD 装配模型中读取零部件配置关系。

EBOM 的属性主要有件号、版本号、名称、性能、材料、质量标准、变更次数、发放状态和供应商等信息。数据发布后可供企业各部门使用,EBOM 软件系统应具有记录生成、更改记录库、管理发放、车间浏览使用权限限制等功能。

2.2 PBOM 的生成与管理

PBOM 是在继承了 EBOM 的产品配置等信息的基础上产生的,用来制定工艺计划,划分工场、工位、工序信息,指定简要的装配流程。制造部门的工装、夹具、辅料等使用信息和设备维护、维修记录信息,质量检测部门的质检标准、质检控制,采购部门的材料采购与库存变化信息,应实时的反映到工艺计划中。因此,PBOM 中工艺数据的生成是一个动态的、连续的过程。为实现产品数据的全局一致性控制,PBOM 中数据的修改、删减应能影响相关 BOM 数据的改动,即飞机整个生命周期中数据若有一处改动,相关数据应自动更改。为保证 EBOM 与 PBOM 数据的一致性,在工艺设计过程中,需要严格保证装配工艺树(PBOM 的树状结构)和产品结构树之间节点属性及其个数的一致,即装配工艺树中所有的零部件号及零部件的个数要与原产品结构树相同,但零部件在树中的位置可以不同。由于 EBOM 中的飞机结构组件不能完全满足制造工艺要求,为实现产品设计图纸或功能的最终要求,需由工艺部门根据工艺过程设计的要求来编制工艺组件,即重新定义 EBOM 中部分零、组件的装配结构关系,以代替设计的组件关系。

2.3 MBOM 的生成与管理

MBOM 是企业生产制造部门用来组织和管理在实际制造和生产管理过程中生产某种产品所需零部件的 BOM。MBOM 是根据产品的 EBOM 和 PBOM 制定的。在飞机的制造和装配中,出于工艺方面和生产过程的考虑,需要对原来设计的结构关系和零组件隶属层次进行一定程度的调整,主要是利用虚拟件和中间件来对原来的设计结构进行调整,调整的依据是工艺因素,调整后的数据要能表示出零部件的直接装配关系和装配次序,这就初步形成了装配树。这些调整在 EBOM 的基础上进行,主要表现为节点的移动、增加、删除。采用增加工艺构型、删除工艺构型、修改节

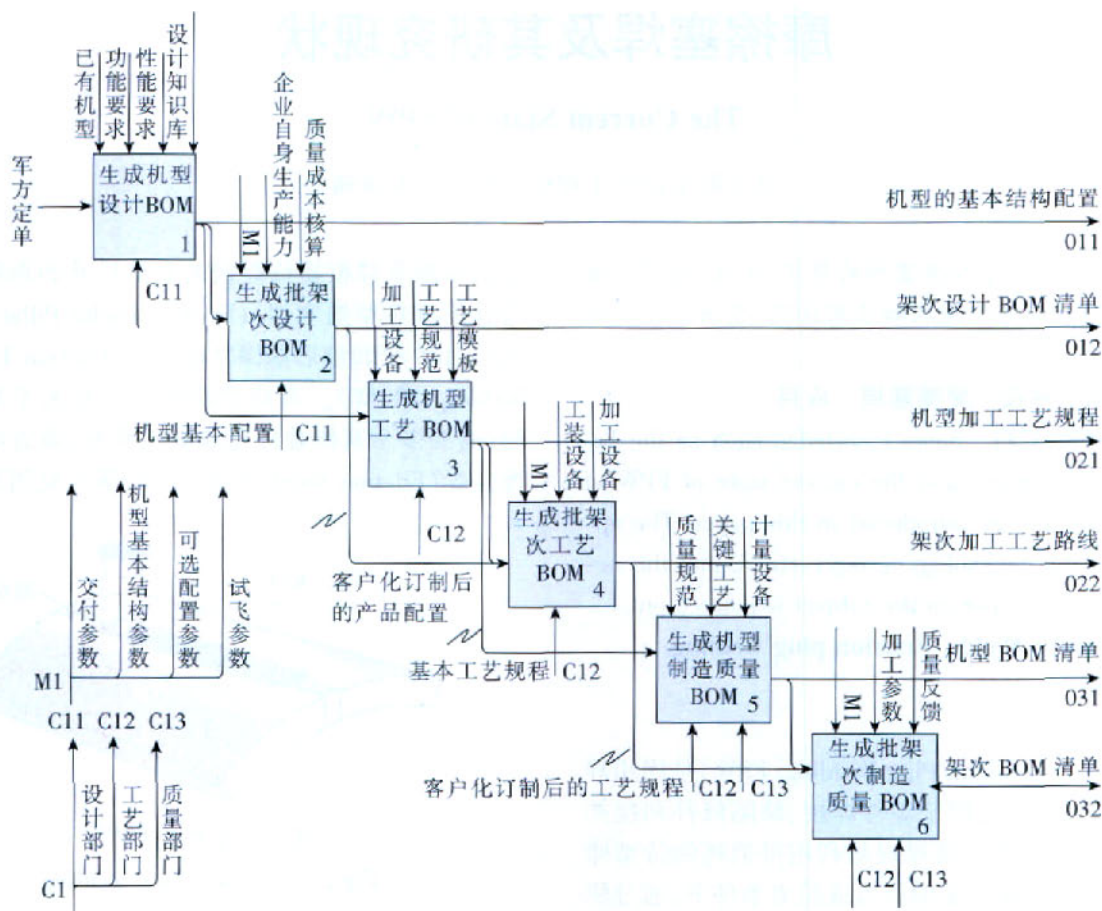


图3 飞机制造过程质量管理 BOM 生成过程模型

Fig.3 Model of BOM generation process form aircraft manufacturing process

到对于每一架飞机每一个零部件所要控制的个性化质量特性指标,也无法使客户实现对同一型号飞机不同架次的均衡性质量把关和评价。

(4)体现了架次与零部件之间的一一对应的装配关系。

单机质量 BOM 将机型 BOM 中体现的装配及装配数量关系实例化、对象化和具体化。如果将设计过程所生成的结构配置看作是各零部件(自变量)和最终飞机(因变量)间的一种映射(函数)的话,那么单机质量 BOM 可以理解为是满足这种映射关系的若干组自变量(零部件)和因变量(成品)的组合,因此在每一架飞机的整个生命周期内,都可以跟踪这架飞机及其所有组成零部件的质量信息,将飞机的质量管理形成可各阶段反馈、追溯和定位的完整的闭环管理系统。

4 结束语

当代飞机的性能复杂程度越来越高,制造过程越

来越精细,所以在产品的管理、保障、维修和使用方面与传统方式相比有了较大的变化。把飞机的质量信息管理细化到各个阶段 BOM 视图里去,有利于对质量问题原因追踪查询,当产品出现质量问题后,可以按照 BOM 结构层层分解查找质量问题原因、相关责任单位、个人、出问题的工艺或工序,因此十分有利于企业改进生产技术,提高生产效率。本文结合产品质量的形成过程,分析 EBOM、PBOM 到 QBOM 的转化过程,提出面向质量的飞机全寿命周期 BOM 分解模型,将飞机制造过程的设计、工艺、制造三个主体阶段设计在飞机 BOM 中,该模型有利于飞机制造全过程内质量信息的传递,可以使制造质量信息的存储和提取更为合理有序,同时,各种 BOM 视图转化方法的应用,保证了这些 BOM 数据的传递性、完整性、正确性和一致性,能够解决各部门的信息集成,为保证飞机制造质量奠定基础。

(下转第 75 页)

Circle Technical Service 公司开发了 HMS3000 摩擦塞焊设备,可实现空气和水中的焊接,可以焊接的塞棒尺寸为 $\phi 12\sim 24\text{mm}$,该设备可以进行多种材料的焊接,如铝-铝、铝-钢、铝-陶瓷、铜-铜以及钢-钢等^[15]。

美国 Lockheed Martin 公司对拉式摩擦塞焊进行的研究表明,塞棒的锥度和形状与待焊孔存在一定的匹配关系,如果参数选择不合适,则会出现塞棒被拉出、塞棒上部分离及未实现有效连接等缺陷,如图 4^[16]所示。

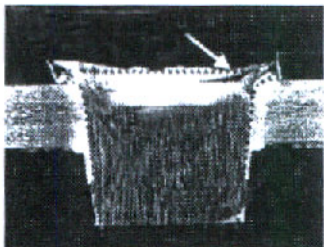
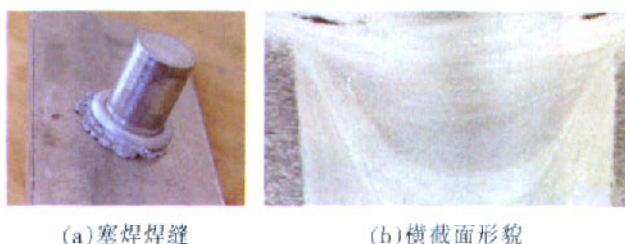


图 4 塞棒缺陷

Fig.4 Plug defects

1.2 国内研究现状

国内进行摩擦塞焊研究的单位比较少。北京航空制造工程研究所对 LY12 的摩擦塞焊进行了研究,发现如果工艺参数合适,可以得到致密的塞焊焊缝,见图 5;反之,则不能实现有效的连接,见图 6。国内还有其他的单位对 2A14 及 2219 铝合金的摩擦塞焊进行了研究,研究结果表明,塞焊接头设计、塞棒和待焊孔的对中度等是塞焊的关键因素。

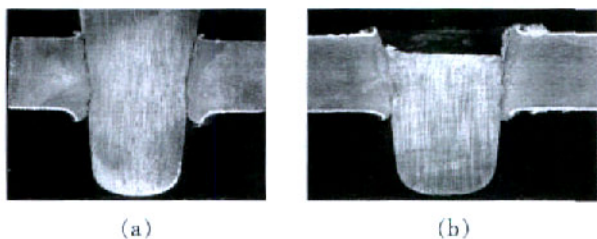


(a)塞焊焊缝

(b)横截面形貌

图 5 塞焊焊缝

Fig.5 Friction plug welding seam



(a)

(b)

图 6 工艺参数选择不当时出现的缺陷形式

Fig.6 Defects due to improper process parameters

2 塞焊应用

塞焊技术是一项固相的连接技术,与熔焊相比具有显著的优点,尤其在焊接熔焊方法不易实现焊接的材料和环境。Circle Technical Service 公司已将 HMS3000 用于试验件的焊接并进一步将该技术用于水下石油管道的修复^[16-17]。TWI 和 Lockheed Martin 公司已将该技术用于搅拌摩擦焊尾孔消除。由于摩擦塞焊技术的优点,该技术在 underwater 石油管道的修复、部分难于用熔焊方法焊接的铝合金缺陷修复以及铝合金搅拌摩擦焊尾孔的消除等方面必然会得到更广泛的应用。

3 结论

- (1)摩擦塞焊是一种固相连接技术,具有许多优点,可以用于缺陷修补和搅拌摩擦焊尾孔消除;
- (2)摩擦塞焊接头的机械性能良好;
- (3)摩擦塞焊对焊接环境要求较低,可在恶劣环境中进行焊接;
- (4)国内进行摩擦塞焊的研究较少,有必要进行更深入的研究该技术。

注:本文有参考文献 17 篇,因篇幅所限,未能一一列出,读者如有需要,请向编辑部索取。

(责编 凌蓝)

(上接第 73 页)

参 考 文 献

- [1] 贾晓亮,田锡天,黄利江,等.飞机制造工艺技术信息系统关键技术研究及实现.航空制造技术,2007(11):86-89.
- [2] 张旭辉,宁汝新,张旭,等.基于 PDM 的动态 BOM 管理技术.航空制造技术,2007(6):86-89.
- [3] 刘晓冰,黄学文,马跃,等.面向产品全生命周期的 xBOM 研究.计算机集成制造系统-CIMS,2002,8(12):983-987.
- [4] 蒋辉,范玉青.面向 BOM 的制造工艺系统.航空制造技术,2003(19):33-35.
- [5] 赵高正,殷茗,梁工谦,等.基于 .NET 的特大型飞机质量评估系统的设计与实现.航空学报,2005,25(90):2 155-2 158.
- [6] 贾晓亮,张振明,朱名铨,等.基于 Web 的飞机产品制造 BOM 管理系统研究与实现.组合机床与自动化加工技术,2003(4):18-20.
- [7] Ji Guoli, Gong Daxin, Freddie Tsui. Analysis and implementation of the BOM of a tree-type structure in MRPII. Journal of Materials Processing Technology, 2003, 17(1): 71-77.

(责编 侧卫)