

DOI:10.19452/j.issn1007-5453.2017.02.043

飞机研制中的产品数据管理研究

邹宁*, 王淑芳, 杜圣超

成都飞机工业(集团)有限责任公司 技术中心, 四川 成都 610092

摘 要: 针对传统数据管理方法无法满足飞机构型管理需求的问题, 分析了飞机产品数据管理的应用需求, 提出了可行的基于PDM系统的飞机产品数据管理方法, 并以某型飞机的应用情况为例, 证明了该方法的实用性, 为飞机研制部门产品数据管理提供参考。

关键词: 飞机; 产品数据; 构型管理; 构型项

中图分类号: V260.5 文献标识码: A 文章编号: 1007-5453 (2017) 02-0043-06

产品数据是指覆盖产品生命周期各阶段用于描述产品对象的实体、属性、过程和技术要求的形式化信息^[1]。飞机研制是一个复杂的系统工程, 涉及到的专业众多, 在设计过程中就包括了总体、气动、结构、强度、机电、航电和综合保障等, 这些专业的设计数据构成了一个非常庞大的飞机产品数据结构。各专业领域通过使用专业软件工具基本实现了专业数据的建模、分析和验证等工作。但这些分散于各专业的数据很难按照统一的逻辑进行组织和管理, 无法满足飞机构型管理中基于飞机批架次的数据管理要求。

目前, 波音公司和空中客车集团在这个领域已开展了较多的研究和应用。波音公司在其构型管理系统(DCAC/MRM)中, 将构型管理工作分为飞机构型生成、产品定义、工艺计划、制造资源管理和客户支持等部分, 建立在产品全生命周期管理(PLM)平台上, 实现了波音公司内产品数据的大规模集成、协同操作和统一管理。波音公司的产品数据采用集中式管理, 所有的产品数据都出自唯一数据源, 从单一的物料清单生成供用户使用的各种视图, 保证飞机数据的准确性和一致性。波音公司的单一产品数据源存储了所有支持面向客户的选项和模块定义的产品数据。在单一产品数据源框架下, 波音公司的信息管理可以做到: 发送正确的版本、使用正确的数据、在正确的时间给正确的人。单一产品数据源创建了单一物料清单(BOM), 解决了过去在BOM重构过程中出现的差错, 为下游

用户提供了符合要求的、一致的BOM^[2]。

空中客车集团在A380的产品数据管理中遇到了许多麻烦。空中客车集团总部在PRIMES系统上定义了产品结构模型, BOM数据一部分来源于空中客车集团总部, 但基于工具包的详细数据来自各供应商, 数据格式不同, 这些异构的产品数据需要进行转换, 变成空中客车集团总部统一的格式, 才能在空中客车集团总部形成完整的工程物料清单/工艺物料清单(EBOM/PBOM)。在全机BOM建立之后, 全机BOM还要分列为BOM视图, BOM视图需要转换为各合作伙伴的格式后, 才能传递给各个供应商。在研制A350时, 空中客车集团吸取了A380的教训, 做出了重大的改革, 形成了有特色的单一数据源系统, 还将研制阶段与生产阶段分开, 采用不同的管理平台。在产品研制阶段, 采用统一的协同架构、统一的设计工具、统一的流程, 达到数据直接共享, 空中客车集团总部和供应商之间不再需要数据的转换(复制)。而在生产阶段, 确认了产品基线以后, 产品数据由PTC公司的PRIMES SSI管理, 与SAP公司的企业资源计划(ERP)连接进行生产管理^[3]。

本文通过对飞机研制过程中产品数据管理的需求开展分析, 探讨了可行的飞机产品数据管理方法。

1 飞机产品数据管理需求分析

飞机研制中产生的数据主要是技术文件和设计数据,

收稿日期: 2016-12-23; 退修日期: 2017-01-17; 录用日期: 2017-01-18

*通讯作者: Tel.: 028-87498834 E-mail: zouning1979@163.com

引用格式: ZOU Ning, WANG Shufang, DU Shengchao. Research on product data management in aircraft development [J]. Aeronautical Science & Technology, 2017, 28(02): 43-48. 邹宁, 王淑芳, 杜圣超. 飞机研制中的产品数据管理研究[J]. 航空科学技术, 2017, 28(02): 43-48.

主要包括零部件、三维模型、二维图样等。对这些数据的管理需求可以归纳如下：

(1)获取和采集产品数据的高效性

传统的飞机型号研制工作涉及的人员众多,同时会产生大量的技术文件(如总体技术方案、各分/子系统设计方案、技术要求,设计技术状态、技术条件等)和各种类型的图纸(如全机外形图、骨架图、总体布置图、电气原理图以及零部件数模图纸等)。在飞机研制过程中如何实现这些产品数据按照最佳的规则进行产生、存储和发放,提高产品数据的共享程度,节省工程技术人员查询产品数据的时间,从而提高工作效率是产品数据管理需要解决的问题。

(2)产品数据的一致性

飞机研制周期较长,期间产品数据会发生大量的更改,同时,不同的飞机型号之间还存在着零部件借用的情况,这使得在飞机研制中形成了复杂的产品数据关系,这就需要确保产品数据的修改信息能够正确地传递到各个有关的环节,实现产品数据的一致性。从而保证产品数据的正确共享和产品数据的唯一性。

(3)产品数据的安全性

飞机研制中需要防止产品数据的丢失和毁坏,同时还要防止技术资料的外泄。因此,在产品数据管理中需要采取有效的管理措施确保产品数据的安全和保密。

(4)数据交换的便捷性

飞机的设计部门和生产部门之间存在着数据交换。生产部门需要访问设计部门的数据,同时要将制造中的信息反馈给设计部门,设计部门的设计更改也要及时通知到生产部门甚至是外包的制造企业。这都需要产品数据管理能够方便快捷地实现在各部门之间的传递和交换。

2 飞机产品数据管理

2.1 概述

飞机产品研制的特点在于:涉及的专业门类众多,产品的组成十分复杂;产品研制周期长,可达10年以上;生产组织复杂,通常涉及多家单位协作完成。传统的图样+明细表管理模式无论在管理质量和管理效率上均存在巨大瓶颈。飞机产品数据需要进行集中、统一的管理,使之成为飞机型号参研各方人员的统一产品数据源。

通过对飞机产品数据管理需求的分析,基于产品数据管理系统(PDM)实现了产品数据的结构化管理,在结构化管理模式下,取消产品组成表、自制件清单、标准件汇总表等表单信息,取而代之的是在系统中通过产品数据的结构化表

达、组成节点的属性描述、文档资料的内容存储等。图1为产品数据结构化化管理示意图。

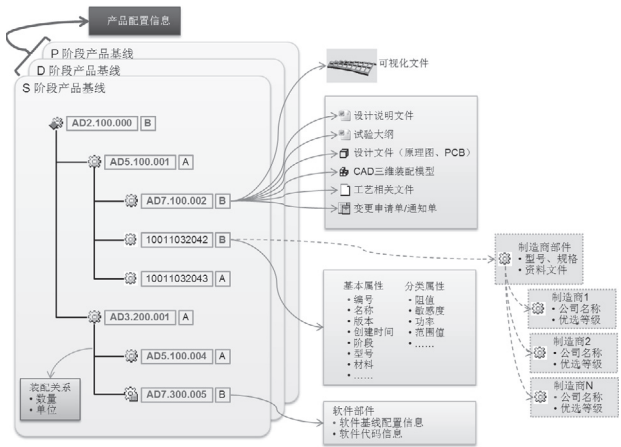


图1 产品数据结构化化管理

Fig.1 Structured product data management

2.2 文档管理

2.2.1 文档分类

在飞机研制过程中,按各专业对文档资料的管理需求进行文档分类,以便在研制过程中对这些资料进行分门别类的管理。分类时可以结合大类、小类的层级隶属形式在系统予以实现。表1为文档分类的示意图。

表1 文档分类

Table 1 Document classification

序号	文档大类	文档小类
1	设计类 文档	技术设计文件
		技术报告
		技术规范
		计算文件
		技术单
		工程更改单
.....		
2	生产用 文档	技术要求
		技术条件
		工程更改指令
.....		
3		

2.2.2 文档编码

文档编码是体现业务逻辑和技术区别的重要手段。PDM系统中必须在文档分类的前提下对文档进行唯一标识,标识时还需要体现业务逻辑。表2示例了一种技术文件的编码规则。

第1~2位为文件种类码,用两位大写字母表示,第3~4位为机型识别码;第5~7位为专业编码,是与产品结构相关的技术文档“专业码”;第8位为单位标识码,当转包设计时,

表2 文档编码规则
Table 2 Rules of document coding

文件 种类码	机型 识别码	专业 编码	单位 标识码	顺序号
1~2	3~4	5~7	8	9~11

用一位大写字母表示承研单位(编制单位);第9~11位为顺序号,用三位数字表示,从001开始编流水号。

在PDM系统中开发了编码取号模块,配合编码页面来支持飞机设计过程中对文档资料的编码标识。

2.2.3 文档属性管理

文档属性是指按照不同的文档类型区别分配相关的属性,以便在创建文档时进行管理信息的维护,同时也便于文档使用过程中的查找和检索。文档属性如表3所示。

表3 文档属性
Table 3 Document attributes

序号	文档属性	属性名称	备注
1	编号	Number	标准属性
2	名称	Name	标准属性
3	密级	SecurityLevel	枚举值,单选
4	摘要	Abstract	
5	关键词	KeyWord	
6	研制阶段	DevPhase	枚举值,多选
7	编制单位	ReleaseUnit	缺省为设计部门
8	设计(责任人)	Provider	默认为创建者,可以修改
9	批准日期	ApprovalDate	文档审批完成后的时间
10	发放日期	ReleaseDate	文档发放完成后的时间
...			

2.2.4 文档创建与维护

文档编制工作完成后,在PDM系统中创建文档对象时,只需在文档管理中选择飞机型号项目相应的文档类型,直接将本地文件导入到PDM系统即可。PDM系统会根据选择的相关信息完成文档编号,并将文档存储到系统中飞机型号的相应位置。图2为PDM系统中文档导入界面,文档需要修改时,只需要将系统中的文件替换即可。

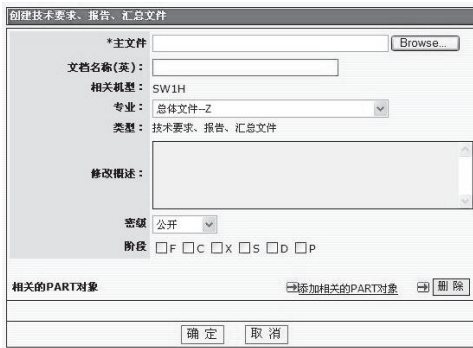


图2 文档导入界面

Fig.2 Interface of document importing

2.2.5 文档检索与使用

通过PDM系统提供的多条件组合查询方式,可以方便快捷的检索到所需的技术文档,并可以将所查找到的文档下载到本地计算机。文档搜索界面如图3所示。



图3 文档搜索界面

Fig.3 Interface of document searching

2.3 设计数据管理

2.3.1 飞机产品结构

PDM系统中的设计数据管理是基于飞机的产品结构开展的。产品结构分解是飞机产品数据和信息组织的核心,是PDM系统实施的依据,也是项目所有信息输出的基础和源头,而项目的构型管理也将以产品结构为核心展开^[4]。飞机产品结构可分为3个主要层次,即顶层产品结构、构型层和底层产品结构。

顶层产品结构主要是按照飞机产品的专业分工等信息进行建立,原则上对产品的设计实现等具体业务并无实际作用,但对飞机产品信息的组织和管理意义重大。构型层是实现飞机产品构型管理最为核心的部分,在产品结构中起到承上启下的作用,体现为顶层结构的“静态”与底层结构“动态”变化过渡的桥梁,可实现按照飞机有效性进行产品数据信息的过滤。底层结构主要是针对设计实例(DSI)需要细分的树形结构表达,是产品设计交付内容的具体体现,提供对DSI的细分表达,关联实际的设计资料,是数据发放的信息提取点。

2.3.2 零部件数模管理

在PDM系统中,将图号(零件号)表述成一个逻辑的概念,产品、组件、部件或零件都有唯一的零件号(传统意义上的图号)。每一个零件可以具有多个不同版本。而且能够关联一份或者多份图纸、设计规范、工艺信息等。

PDM系统提供了零部件定义管理能力,包括零部件编码管理、版本管理、属性管理、生命周期管理等。

(1) 零部件数模编号规则

采用隶属编号制度,即把零件、部件等组成部分按其装配关系编号。每一个数模或图样均有单独编号,不得重复或采用已作废的编号。选用的标准件、成品附件、外购件等均应保

留原编号,不再编新号。表4示例了一种零部件的编码规则。

表4 零部件数模编号规则
Table 4 Rules of components model numbering

产 品 型 号		数 模 种 类		-	系 统 代 号		分 部 件 代 号		组 件 号			-	序 号		左 右 件		构 型 编 号	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	

第1、2位为产品型号,用两位大写字母表示;第3、4位为数模种类代号,如原理图、外形数模、骨架数模等;第6、7位为系统代号,由发图专业选择各专业代号;第8、9位为分部件代号,从01到99,表示系统中的下级分部件;第10~12为组件号,其编号表示构型项(CI)下的组件;第14、15位为序号,序号为00时,表示部(组)件;序号为01~99时表示部(组)件下装配的零件;第16位为左右件标识,左件标识为L,右件标识为R,非左右件标识为N;第17、18位为构型编号,构型编号表示同一CI中不同的技术状态,00表示CI,01表示CI中的第一个DSI,当衍生新DSI时,从02开始编流水号。

(2) 零部件属性管理

为了满足设计、工艺和生产部门对零部件模型使用的需求,需要在PDM系统中给出数模的完整属性。零部件属性示意如表5所示。

表5 零部件属性
Table 5 Components attributes

序号	属性名称	类型	备注
1	零部件号	字符型	零部件的编号
2	零部件名称(中)	字符型	零部件的中文名称
3	零部件名称(英)	字符型	零部件的英文名称
4	版本	字符型	模型更改版本记录
5	设计者	字符型	设计者姓名
6	是否对称件	1或0	1:对称件;0:非对称件
7	零部件类型	字符型	分为:普通件/标准件/成品
8	材料类别	字符型	根据材料库中类别决定
9	材料牌号	字符型	手工填写
10	材料规格	字符型	手工填写
...			

(3) 零部件数模的创建与维护

零部件数模在本地完成后,只需在PDM系统EBOM管理中选择相应的飞机型号,在飞机产品结构树的相应位置通过CATIA中的插件导入数模即可。如果数模是在VPM系统中完成的,也可通过专用软件直接将数模从VPM系统导入到PDM系统中。数模在未审签发布前,设计者可随时更换系统中的数模。

(4) 零部件数模的检索与使用

与文档检索方式类似,零部件数模也可以通过PDM系统提供的查询方式方便的查找到需要的数模。PDM系统同时提供了便捷的批量数模下载方式,可以以每一个CI为单元批量下载数模,如图4所示。

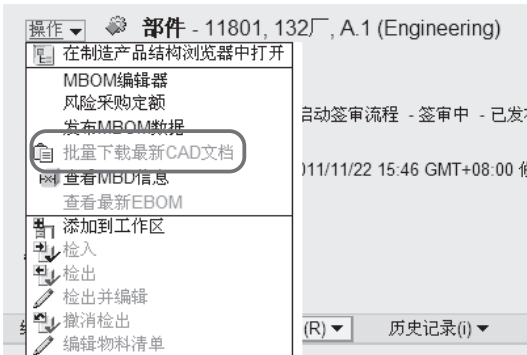


图4 数模下载界面
Fig.4 Interface of model downloading

2.4 产品数据审签发放管理

飞机研制过程中产生的数据必须通过审签发放后才能成为正式有效的数据,并作为设计和制造的唯一数据源。在PDM系统中设置了完备的产品数据发放流程,整个流程都在系统内部进行,确保了产品数据发放的安全性和便捷性。一旦审签流程启动后,系统会自动按照流程模板所规定的业务逻辑(串行、并行、条件分支等)执行任务的自动分配。图5为数据发放流程示意图。

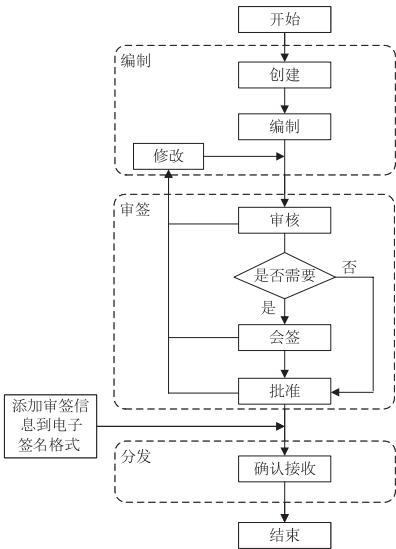


图5 产品数据发放流程
Fig.5 Process of product data transmission

设计者在启动发放流程前,可根据需要选择相关的审签人员。工作流程会将签审任务活动自动推送至活动负责人的工作任务列表中,如图6所示。

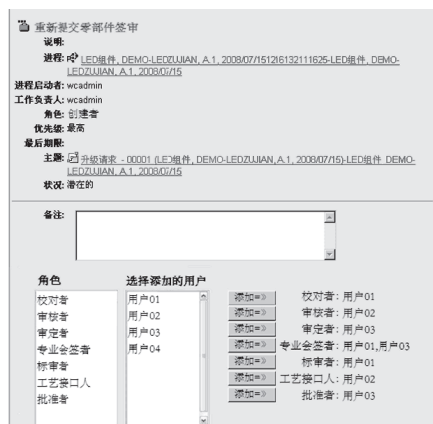


图6 审签人员选择界面
Fig.6 Interface of reviewer choosing

2.5 产品数据更改管理

飞机研制中的产品数据更改均可定义为工程更改。工程更改是对产品数据所做的任何更改。工程更改可以包括对产品、产品信息和相关接口产品的修改。工程更改主要涉及到4种对象：问题报告(PR)、变更请求(ECR)、变更通知单(ECN)、变更任务(CA),变更对象之间紧密联系,同时和改前、改后数据紧密关联。工程更改框架如图7所示。

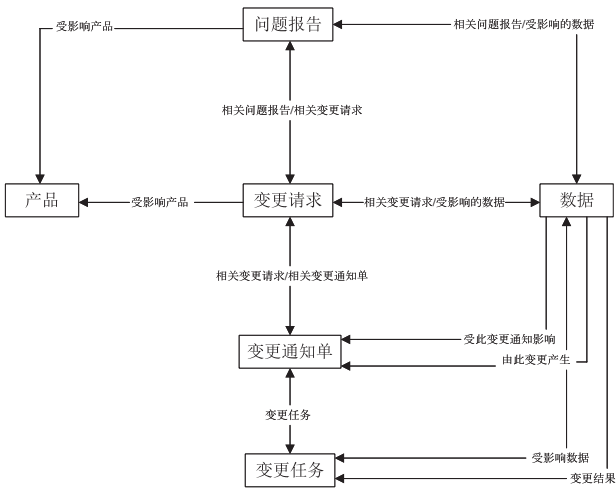


图7 工程更改框架
Fig.7 Structure of engineering change

对于技术文件,由于不涉及EBOM及有效性管理,也不涉及更改影响范围的分析以及强制更改等内容,可采取直接替换的方式,在PDM系统中对文件进行升级换代,按发放流程完成新文件的审签发放后,即可将原文件作废,完成对文档的更改。

对于数模图纸等设计数据,由于涉及EBOM数据的更改,需要由协同平台进行强制更改控制,以保证更改的完备性和一致性。

在PDM系统中,数模的更改都是基于飞机产品结构进行的。在底层产品结构中,所有零部件都是最新版本有效,所以当一零部件发生更改后,如果其有效性也发生了变化,则需要更改该零部件的构型编号,生成新的编号,按照同样的计算原则判断其父件是否需要生成新的构型码,依次向上追溯到CI为止^[4],并通过变更影响分析找到受影响的零部件对象,查找其对应的父装配零部件对象,并一直往上追溯到使用受影响零部件对应的所有的DSI,获取各个DSI的有效性信息,与ECN中填写的有效性范围进行比对,以决定是否需要顶层部件进行强制更改。

ECR批准以后,需要更改的数据就已经确定,PDM系统会向相关人员发送通知,并且由需要更改数据的责任人自动向相关人员分配创建ECN的任务,如果没有创建ECR,有限的用户可以直接对某个数据创建ECN,设计师通过变更影响分析计算出更改结果。当新产生一个DSI后,需要将其发布到整机产品结构中,主要是通过DSI与CI的关联实现。

3 结束语

本文提出的基于PDM系统的飞机产品数据管理方法,已在某型飞机的研制中得到应用。实现了该型飞机产品数据的统一管控和业务协同,以PDM系统中的数据作为型号工程数据的唯一源头,确保了产品数据的一致性,具备了包括飞机有效性管理在内的飞机构型管理能力,保障了飞机型号研制工作的顺利开展,为国内飞机研制部门的产品数据管理提供参考。

AST

参考文献

[1] 丘宏俊,张江. 面向开发过程的产品数据管理技术研究[J].机电产品开发与创新,2009,22(4):66-68.
QIU Hongjun, ZHANG Jiang. Research on development-oriented product data management technology [J]. Development & Innovation of Machinery & Electrical Products, 2009,22(4):66-68. (in Chinese)
[2] 王庆林.飞机构型管理[M].上海:上海科学技术出版社,2012:406-421.
WANG Qinglin. Aircraft configuration management [M]. Shanghai: Shanghai Scientific & Technical Publishers, 2012:406-421. (in Chinese)
[3] 贺璐,许松林,杨道文.飞机构型管理中的产品结构分解研究[J].民用飞机设计与研究,2010(3):34-41.
HE Lu, XU Songlin, YANG Daowen. Study of product

- structure breakdown of aircraft configuration management [J]. Civil Aircraft Design and Research, 2010(3):34-41. (in Chinese)
- [4] 刘雅星,郑晶晶. 飞机产品数据模块化构型管理[J]. 航空制造技术,2010(3):57-60.
- LIU Yaxing, ZHENG Jingjing. Module configuration management of aircraft data [J]. Aeronautical Manufacturing Technology, 2010(3):57-60. (in Chinese)
- 作者简介
- 邹宁(1979—) 男,硕士,高级工程师。主要研究方向:飞机总体设计及技术状态管理。
- 王淑芳(1983—) 女,硕士,工程师。主要研究方向:飞机总体设计及技术状态管理。
- 杜圣超(1987—) 男,硕士,助理工程师。主要研究方向:飞机总体设计。
- Tel: 028-87498834
- E-mail: zouning1979@163.com
- Tel:028-87408201
- E-mail:476484921@qq.com
- Tel:028-87408201
- E-mail:dsc202@163.com

Research on Product Data Management in Aircraft Development

ZOU Ning*, WANG Shufang, DU Shengchao

Technical Center, Chengdu Aircraft Industry (Group) Co., Ltd., Chengdu 610092, China

Abstract: Traditional product data management methods can't meet the requirement of aircraft configuration management. To solve this problem, application requirement of aircraft product data management was analyzed. A feasible aircraft product data management method based on PDM system was proposed. The application of an aircraft was taken as an example. The practicality of this method was confirmed. It would be a good reference for product data management of aircraft development departments.

Key Words: aircraft; product data; configuration management; configuration item