

飞机产品数据模块化构型管理

Module Configuration Management of Aircraft Data

中航工业第一飞机设计研究院 刘雅星 郑晶晶



刘雅星

中航工业第一飞机设计研究院信息系统研究所高级工程师。长期从事 PDM 工程应用、软件总体设计、软件架构设计开发及软件工程方面的研究工作。

在紧张激烈的飞机市场竞争中,用户对飞机的要求呈多样性变化,甚至对同一种型号飞机的每一架次都可能不同要求;而飞机设计需要众多专业,包括总体、气动、结构、强度、机械系统和航电等,这些专业的设计数据统一构成了一个非常庞大的飞机产品数据结构。因此,我国大飞机工程的研制数据量将更加庞大,

目前,我国大飞机工程除了庞大的产品数据外,还要求军、民机技术共享,一机多型。所以对于其产品数据,从设计初期就应考虑其多构型发展,研究其构型控制,这对后续型号的发展有相当深远的意义。

预计 A4 图纸将达 100 多万张,标准件数量近 300 万件。这些庞大的飞机数据加上复杂的飞机研制流程,给产品数据管理提出了新的要求。

如何组织产品结构,定义产品构型组织形式,如何对数以百万的零部件形成简化、准确的有效性定义方法,完成每架飞机的完整定义,是一个非常复杂、难以解决的问题。目前,我国大飞机工程除了庞大的产品数据外,还要求军、民机技术共享、一机多型。所以,对于其产品数据,从设计初期就应考虑其多构型发展,研究其构型控制,这对后续型号的发展有相当深远的意义。

构型与构型管理

1 构型

飞机产品根据市场需求,可以设计成系列产品。随着时间的推移、技术的进步以及客户需求的增长,也

会不断派生新型号。即使是某一具体型号,由于不同客户对飞机内部装饰、各种电子设备和仪表的选择有不同要求,以及飞机使用维护经验的积累、飞机设计的不断改进,也会产生所谓构型的变化。构型是指用技术文件规定,并在产品上体现的设计特征和性能,是一种模块化的特定产品。不同的构型反映不同用户对产品需求状态或同一用户不同时期的需求状态。目前我国称航空领域的民机为构型,军机大多称为技术状态。

从美国军用标准 MIL-STD973 中可以看出,构型/技术状态指的是特性或属性。而在产品研制与生产过程中,构型主要表现为关于这些特性或属性的技术文档,如图样、模型、技术说明等。总之,构型是根据相关的构型规则将全寿命周期各个阶段所产生的各种形式和各种版本的数

据、文档、工作流程等进行选择的结果。

2 构型管理

构型管理就是通过对更改、状态、审核等过程的控制,从而集成和协调各阶段产品数据,保证产品从设计到制造、维护、报废各寿命周期阶段零件、文档和更改数据的一致性,是对产品寿命周期中任何产品的功能、性能和物理特性提供可视化控制的过程。构型管理是一种面向产品全寿命周期,以产品结构为组织方式,将各阶段产品数据关联起来并对其进行管理和控制,从而保证产品数据一致性和有效性的产品数据管理技术。

随着产品数据管理技术的不断发展,构型管理的功能和内涵已经上升到 CMII 的层次。CMII 是由国际构型管理委员会 ICM 所提出的,它延拓了原来构型管理的范围和内涵,将项目管理和质量管理也纳入其中,着重强调构型管理是面向产品全寿命周期的产品数据管理技术。

国内外现状

1 国外现状

波音公司从 1996 年开始构建基于构型控制的数字化制造信息管理系统(Define and Control of Airplane Configuration/Manufacturing Resource Management, DCAC/MRM)^[1],在波音 DCAC/MRM 计划的实施中,简化构型管理是其中的一项重要内容。实施 DCAC/MRM 计划为波音公司带来了巨大的经济利益和社会效益。在波音推出该计划后,空中客车公司和洛克希德·马丁公司也提出了类似计划。

在国外现代飞机项目的研制过程中,构型管理通过引入信息化技术和数字化手段,不断发展和创新,已形成了具有约束力和指导意义的标准体系。国际上颇具代表性的构型

管理标准有 ANSI/EIA-649、EIA-836 和 CMII 等。另外,作为最早实施构型管理的美国军用工业也形成了美军标准的构型管理标准体系,如 MIL-HDBK-61、MIL-STD-2549 和 MIL-PRF-32029 等。国外飞机公司均在以上标准体系的基础上,形成了支持其飞机构型管理的大量企业标准和指导性技术文件,在企业内部形成了庞大的构型管理标准体系。

2 国内现状

我国在民机转包生产中将构型管理的概念引入飞机项目,其目的是为了控制复杂飞机产品的开发和维护,使飞机制造商和开发商能够灵活地应对各种需求变化。我国自主研发的 ARJ21 新支线飞机,在国内飞机型号构型管理与控制方面代表了目前国内的最高水平。ARJ21 飞机工程构型管理与控制采用了 ECMS 系统,控制 ARJ21 工程数据的有效性和状态,以确保工程设计数据的象形一致性、有效性、安全性、完整性和可追溯性,完整实现了构型标识、构型控制、构型纪实和构型审核功能^[2]。

目前,我国飞机的研制过程均未真正实现全面构型管理,尤其是基于 PDM 软件的构型管理。我国航空行业陆续制定了 GJB-3206、HB-7807 以及与构型更改控制有关的 HB-7805,企业内部也制定了支持飞机型号构型管理实施的相关标准和指导性技术文件,但与国外先进飞机公司庞大的构型管理体系相比,还有相当大的差距。

模块化构型管理

1 模块和模块化

目前航空行业内使用的产品数据管理软件 PDM 中的产品结构管理(Product Structure Management)功能,可根据飞机产品的分类和隶属关系建立对应的产品结构树,从而通过 PDM 的应用自动生成相应

的 BOM 表。同时,通过建立产品结构与其他产品信息的关联,对产品结构进行管理,主要包括对产品本身装配结构的管理和对其相关支持数据的管理。产品结构管理是构型控制的基础,它决定了产品结构构型的形成。

模块是指由若干零件组成的部件或若干元素组成的子系统。模块化是指使用模块的概念对产品进行规划和组织,将系统分解为各模块,并进行模块组合的过程。对于模块的划分可与 WBS 定义结构数据保持一致,要考虑飞机装配结构关系,以简化功能界面和物理界面为原则,以精简作业流为目标,以便于工作包的发放、成本管理和风险评估等。

按照图 1 所示飞机产品结构模块化的划分,一个有效性配置项(Effectivity Configuration Item, ECI)可包括多个不同版本和编号的有效性配置方案(Effectivity Configuration Solution, ECS),但在某一架特定的飞机中,只可能有一个确定编号和版本的有效性配置方案(ECI 和 ECS 的概念为大飞机工程首创)。

2 简化有效性定义

在飞机产品数据管理过程中,有效性定义一般有 3 种方式:选项(Option)、架次(Range)和时间(Date)。选项一般用于飞机的选型和产品结构树中模块的管理;架次用于区分设计、生产过程中不同版本的零部件状态;时间一般用于某些型号通用性的技术文件。

传统产品数据管理的有效性管理采用复杂的有效性管理办法,即把图纸作为有效性管理的依据,在各层图纸(相应的物料表中)上标明哪些零部件对应哪一架次飞机有效。飞机的有效性渗透到从顶层到最低层的各层图纸中,其有效性控制十分复杂。

在基于模块的产品数据简化有

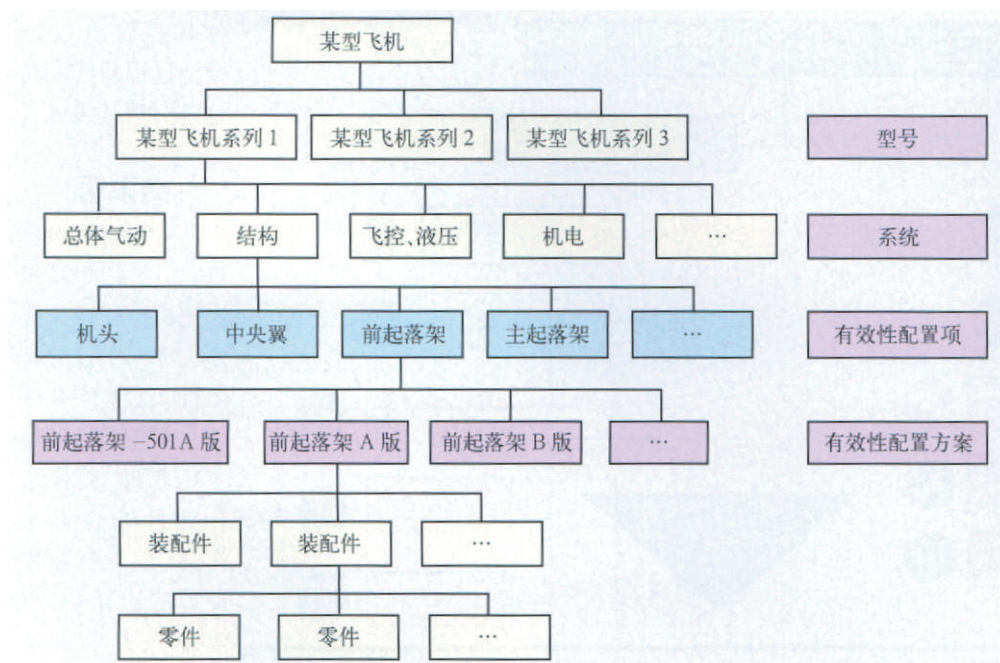


图1 产品结构模块化划分

有效性定义中,通过在ECS上定义有效性,就可以在给定一个具体架次号时,过滤出该架次飞机上使用的各个构型的ECS。ECS以下的产品结构是实际各子系统的产品结构。各个零部件(Part)的有效性将通过其对应ECS顶层件各个构型的有效性计算获得。除了进行上述有效性定义简化以外,和零部件密切相关的数据(3D模型、2D图样和EO等)也不直接定义有效性信息,这些数据的有效性和所关联Part的有效性相同。

简化有效性管理方法,将原来分布于各层的有效性上移至上层的模块级别,即用模块有效性进行构型控制,由于模块由不同的零部件组成,所以零部件继承了模块的有效性。这样,用模块化组织产品单元所产生的产品结构树一般不超过6层,可以大大简化产品结构的定义,并提高结构树中零部件查询统计的速度。

3 零部件版本控制

版本控制是对产品单元不同版本进行标识和跟踪的过程,是全面实行产品数据管理的基础,通过版本控制可以保证产品与最终技术状态的一致性。当零部件发生更改时,其表

现形式有2种:一种是变号,一种是升版。针对飞机产品数据的复杂性,需要建立相应的变号和版本升级规则,以确保飞机产品数据的完整性、一致性、有效性和可跟踪性,使飞机参研人员能够在并行的工作方式下及时获得最新的有效数据以开展研制工作。波音公司零部件的更改和版本控制原则是:经重新设计或者更改以后,如果零部件的外形、装配、功能(即3F: Form, Fit, Fonction)和互换性等发生了改变,则要对零件编号重新指定;如果以上内容不发生变化,零件的更改只是进行完善性设计,则对零部件进行版本升级。

4 工程更改

工程更改是影响飞机构型的重要因素,是对构型基线更改或偏离控制的关键途径。根据工程更改对产品的影响,对更改和受影响的零部件应做出相应的版本变化或换号。基于模块的工程更改应遵循以下原则。

(1) 零部件工程更改的向上追溯只到模块级,并根据更改的3F原

则和有效性控制原则,确定父件和ECS顶层件的更改方式,追溯原则如图2所示。

(2) 自主更改为主,强制更改为辅。

自主更改是指工程更改发生时,由用户根据业务需要判断是否要进行的更改,除ECS顶层件外都由设计师自主更改。例如某一个零部件进行版本升级时,由用户决定其父装配零部件和相关构型文档是否需要发生更改。

强制更改是指不管与零部件相关的数据是否发生更改,从构型控制的角度来看都必须发生的更改,只有ECS顶层件由系统进行强制更改。

例如一个底层零部件更改后的有效性发生改变时,其所在的顶层件必须更改以管理新的有效性,这样的更改就属于强制更改。强制更改可根据一定的规则自动进行判断。

(3) 历史多版本有效,未来最新版本有效。

在实际业务中,零部件版本变化是由于发生了设计更改,而设计更改更多地体现为设计的不断完善,因此改后的新版本一般都会应用在未来架次的生产上,即对于未来批架次最新版本有效。历史版本承担记录历史批架次状态的作用,即对于历史批架次历史版本有效。因此更改管理的原则是否更改只针对最新版本,对

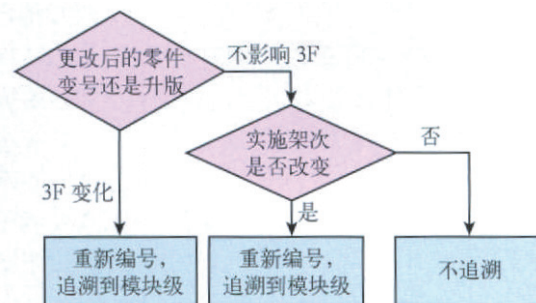


图2 工程更改的追溯原则

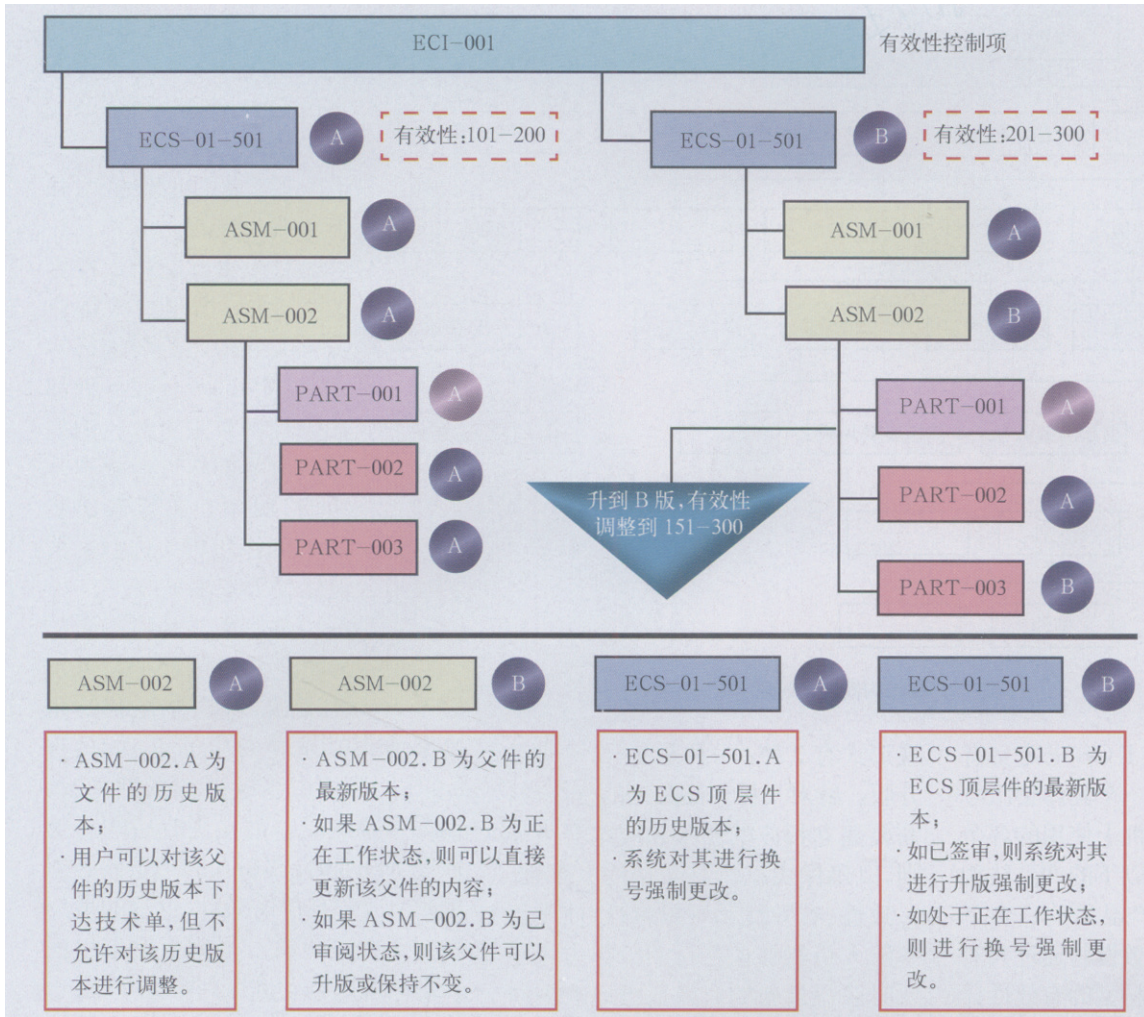


图3 工程更改中有效性变化的情况

有效性为历史批架次的历史版本的更改, 使用其他方式处理。

工程更改中有效性变化对产品结构父件和 ECS 顶层件的影响如图 3 所示。

可以看出, 当根据工程更改中的有效性范围和 ECS 顶层件上定义的有效性范围之间的重叠关系进行强制更改判断时, 存在以下 2 种可能性:

(1) 如果工程更改中的有效性和 ECS 顶层件上定义的有效性范围之间没有重叠, 或者 ECS 顶层件上定义的有效性落在工程更改中的有效性范围之内, 则该 ECS 顶层件不需要变化。

(2) 如果工程更改中的有效性和 ECS 顶层件上定义的有效性范围

之间有重叠, 且 ECS 顶层件上定义的有效性没有落在工程更改中的有效性范围之内, 这时该 ECS 顶层件根据签署状态和是否是历史版本, 需要对 ECS 顶层件进行升版或增加新的构型, 且其有效性需要发生变化。

5 构型基线管理

构型基线是进行项目有效构型管理的核心, 是飞机项目在其研制周期的特定时间点上经认可的技术状态的体现。当确定飞机或者飞机上某分系统的构型文件已经完整准确, 并且有必要从此研制节点起防止未批准的或不受控的更改继续进行, 就要确定一条相应的构型基线。每个构型基线将作为未来完善设计的起始点。

在模块化构型管理中可采用 2

种基线管理方法: 设计过程基线和转阶段归档基线。

结束语

对于飞机设计单位, 飞机产品模块化构型管理只在顶层部件上设置有效性, 实现了有效性的统一化和规范化管理, 简化了有效性的设置工作, 减少了有效性设置的出错率, 有效地保证了批架次 EBOM 配置结果的准确性和完整性。零部件批架次的有效性完全可以自动计算, 简化了设计人员的工作量。每个顶层部件的 BOM 都是最新版本有效, 可以基于顶层部件进行分工设计, 设计过程

和 BOM 管理过程比较清晰。基于该模式构建的 PDM 系统具有良好的可扩展性, 可为未来的模块化设计奠定基础。

对于飞机机体制造单位的模块化构型管理方法, 顶层部件 BOM 始终都是最新版本有效, 保证了按照批架次过滤形成的全机 BOM 和装配模型能够方便地使用, 保证了工艺准备和生产制造的技术状态可控和可追溯。

参考文献

[1] 宁振波. 飞机制造业信息化技术应用与发展. 航空精密制造技术, 2009(1):16-19.

[2] 刘看旺, 吴介琴. ARJ21 新支线飞机研制数字化应用与展望. 北京航空制造技术, 2007(12):58-61. (责编 凌薰)