

民用飞机构型管理系统分析*

Commercial Airplane Configuration Control Systems Analysis

中航工业沈飞民用飞机有限责任公司 崔明慧



崔明慧

中航工业沈飞民用飞机有限责任公司联络工程室主任。高级工程师,长期从事国内外民机生产的工程工作,对世界民用飞机领域的构型控制和制造技术有较深入的研究,参与完成波音737、787、空客320、330、庞巴迪Q400飞机等多个机型的转包生产工作,以及国产ARJ21和C919飞机的研制生产。参与完成国防科工委课题《MBD制造技术研究》、国家863课题《产品数据模型的构建与管理关键技术》,并对其中的制造技术、平台管理、构型管理部分撰写了专题总结。

构型管理(Configuration Control)的概念最早源于美国的军工行业,目的是在飞机零组件的全生命周期过

程中,提供对性能和功能的准确控制。现在已演变为民用飞机行业中重要的管理内容,由于民机行业中由多方共同完成一架飞机的设计和制造已成为趋势,这样构型管理的作用就显得尤为重要,按图1的飞机部件分布图,多家航空企业通过统一的构

型管理方式完成设计和制造。构型管理能力也成为直接反映各大飞机公司能力的关键因素。目前,世界民用飞机行业中领先的两大航空企业:波音公司和空客公司,在各自的构型管理系统上都有其独到的优势。下面通过对两家公司构型管理系统的

型管理方式完成设计和制造。构型管理能力也成为直接反映各大飞机公司能力的关键因素。目前,世界民用飞机行业中领先的两大航空企业:波音公司和空客公司,在各自的构型管理系统上都有其独到的优势。下面通过对两家公司构型管理系统的

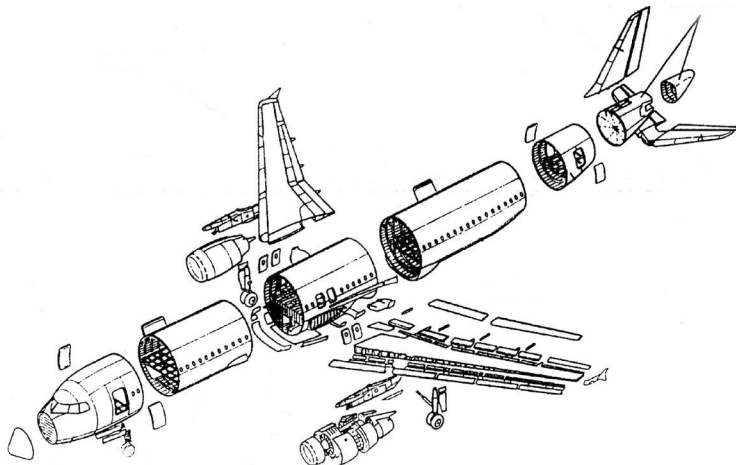


图1 飞机部件分布图

* 出自国家863计划课题(2009AA043307)。

剖析来分析民用飞机的构型管理过程。

空客公司的构型管理特点

首先,从构型管理的机制和宏观控制角度来对空客公司的构型体系加以解读。众所周知空中客车公司每一种型号的飞机都会在欧洲成员国合作伙伴之间分担设计和制造的任务,空客公司的构型管理系统是通过空客的综合构型更改委员会(GMC)做出构型更改的决定。飞机的整个研制和生产过程则是通过不断修改来完成的,对空客飞机来说技术上的任何变化都被称为构型更改,是由构型更改号来识别和控制的,构型更改号为—组数字,表示系列型飞机在某特定时间的构型状态,包括对图纸的更改、在飞机中增加或减小零部件等,例如:20003-UP72,其中20003表示A320系列的飞机。每个系列飞机的构型更改号为,A300/A310:使用00000~19999字段;A319/320/321:使用20000~39999字段;A330/340:使用40000~59999字段。

每个公司在构型更改的过程中都会生成一些代表性的构型文件,构型管理系统的优势就是由这些文件的合理性和有效性来体现的。空客公司在构型更改控制上的几个比较典型的文件有以下几类^[1]:

(1)MP——构型更改建议(Modification Proposal),是构型更改的发起性文件,控制构型更改的产生,它可由空客的设计部门发起的,也可由各个供应商/用户提出更改的意见,其内容包括更改内容、合并点信息、受影响的供应商等。

(2)MIF——更改影响单(Modification Impact Form),反映更改时产生的耗时、材料、费用、具体计划的节点等。

(3)MOD——项目更改说明,是供应商最常收到的关于项目更改情

况的说明性文件,是针对供应商的更改通知。

(4)DFM——工程更改制造数据,其中包括图纸、数模、交付状态及其更改等正式资料。

(5)COS——交付文件(Condition of Supply),列出部件交付时的零组件状态,比如,交界面零组件的分工,关键零件交付时的具体工艺状态等。

空客公司的构型更改的流程:对某个部件产生重大更改的意向后,GMC会使用MP(构型更改建议)对供应商询问意见,同时发出MIF(更改影响单)对更改时产生的耗时、材料、费用等进行表述。供应商的更改委员会对更改进行分析后,对影响生产的更改状态做出评估判断并反馈。已确定的工艺性改进或客户要求的构型更改,会通过MOD文件通知供应商,供应商更改委员会通过对实际生产线的分析,确定更改贯彻架次。同时,空客公司还通过构型更改系统对飞机的交付进行管理,飞机交付后再通过服务通报的形式来进行构型更改。

除了上述的更改文件外,空客为在整个供应链上控制构型,还对下级供应商提供了3个非常重要的构型更改文件^[2]:

(1)工程更改通知ECN。工程更改通知是空客公司制造文件中的指导性构型更改文件,是用于说明和定义零部件发放的引导性文件,主要用于更改后的零件图或装配图的发放,其中包括新构型零件的版次,受影响的零件号、新旧件号的替代,工程更改号、涉及图纸页次、更改描述等工程更改的信息。

(2)材料清单BOM。材料清单在图纸中示出组件及其下级构件的构型和属性的信息,其中包括所有制造必须的信息。材料清单的变更原则如下:加号(+)件是指(从组件到标准件)那些因为更改方案而重新

增加的零件或由于被拆除零件的返工,必须以一个新件号重新安装的零件;减号(-)件是指(从组件到标准件)那些因为更改方案而被拆除,且不再安装的零件或被拆除后,经返工且以一个新的件号重新安装的零件。在材料清单中,减号件在“数量”区域内用减去符号(-)标出。返工件是由于设计协调方案被拆除或返修成另一固定状态,且以一个新的件号重新安装的零件(装配件,单个零件)。返工件是用它们的原有件号按减号(-)件被标出。

(3)让步 CONCESSION。让步文件是书面形式的,对那些不符合要求的零/部件的让步交付使用(即使零件有缺陷,只要设计文件允许,也是可以接受的),这种让步必须是有限数量的,且需给予正规的批准。

空客公司对更改系统生成的所有构型控制文件及提供给供应商的图纸数据的准确性负责。如发现错误,会通过技术询问单答复的形式进行更正,之后更改图纸。更改图纸时,会通过ECN叙述更改的内容以及更改的来源。更正不会改变飞机传统定义上的构型要求。通过数据验证系统保证更改的合理性和准确性。

波音公司的构型管理特点

波音公司从1994年起开始研发DCAC/MRM构型控制系统,在2001年正式开始在全球供应链中运行该系统,其实质的改进就是对构型项进行了重新的调整和划分,通过对原有图纸系统中增加构型指令性文件及对指定供应商实行构型设置,来控制产品的构型。

通常的构型管理过程一般分为4个阶段:选定和标识构型项并建立构型基线(baseline);控制对构型基线的更改;对构型基线的状况及变化进行记录;审核构型基线的符合性。波音公司构型管理系统中,构型

项的划分是以模块(Module)为单位的,模块中采用零件号和零件版次双重控制的方法,对飞机产品的构型进行控制。DCAC的含义是飞机构型的定义和控制,MRM的含义是制造方法管理,DCAC用于简化飞机构型数据的内部处理过程,MRM则用于改进制造过程。DCAC/MRM系统的核心所在,是通过将飞机零件分组成一个一个模块来处理零件的数据流程。根据稳定程度的不同,这些模块可分为以下几类^[3]:

TBS1——基本型和稳定型:适用于每架机型的零件。

TBS2——可选项型:有多类型部件可供选择,例如发动机的选择。

TBS3——特定选择型:根据单一顾客的需要设计的,如单座椅或座舱等。

一架飞机就是以TBS1的模块为基础,加上为客户设计的新模块(TBS2, TBS3)组合在一起构成的。

在DCAC系统使用之前,波音采用的是APL系统和PDM系统,其中包含安装件和主要的大组件信息,在DCAC/MRM系统中则转换成了可重复使用的模块。一个模块代表一个零件组合体,零件组合体由多个零件或小组件组成,能够完整记录飞机的定义要求。对波音公司来说,整架飞机是由多个供应商完成部件制造,最后再组装在一起的,DCAC/MRM系统会评估每一个供应商交付的零部件的特点,选出最合适的构型管理方法,这个过程叫做产品结构确认(PSV)。通过这个过程可以确定该部件构型应按哪种方法管理:是用零件号控制(PNC)还是用供应商定制零件控制(SCP)。判断的原则如下:稳定无变化的零件为PNC零件;零件具有较强的可变性,安装在多个模块上,就定义为SCP零件。

简单地说,向波音公司提供顶层部件的供应商,一般都会采用SCP

构型管理方法,只要数据或信息有更改,就会收到来自设计的更改贯彻要求(CIR),用于承诺更改的贯彻架次。

在DCAC/MRM系统中,主要的构型管理文件有以下4种,它们定义了构型要求以及飞机的架次适用性^[4]。

(1) 供应商定制模块列表(SCML)和模块应用数据表(MADL),是DCAC/MRM系统独创的构型控制文件,其中,记录了供应商提供的部件与将要安装的飞机架次号之间的联系,两者互为可选的替代方法。

(2) 供应商模块零件表(SMPL),是构型控制的关键文件,SMPL中列出了一个模块中的所有零件,其中包含产品设计和制造两方面的信息,不针对特定的架次号,只显示与供应商相关的模块。

(3) 供应商规范计划(SSP), SSP中描述的是制造信息,是对于波音产品部件的制造工程描述。SSP中规定零件或工装对工程设计的偏离,这些偏离的产生通常是由于制造要求

造成的,SSP还包含制造工装和发运要求。

产品架次的有效性由SCML或MADL控制,构型更改也体现在其上,每个模块可能会有一个以上的SMPL,供应商可能同时使用多个版次的SMPL,用于不同的架次。以上文件结合使用,就控制住了产品的构型。

作为波音的部件供应商,更关心产品在设计过程中的更改怎样在生产过程中贯彻,归纳起来更改管理共分3种情况,即常规顺序更改,更改中的更改,补充更改^[5]。供应商模块零件表(SMPL)的版次有工程和制造两种版次,是多版并存的,每次更改不一定取代先前的版次。当工程或制造信息更改时就生成新的SMPL。这3种情况的更改就是基于SMPL的这种特性完成的。以下是更改过程3种情况的详述:

(1) 常规更改:常规更改是按步骤进行的连续更改,工程版次为字母,制造版次为数字,每当工程版次升版时,制造版次都会从1开始。如

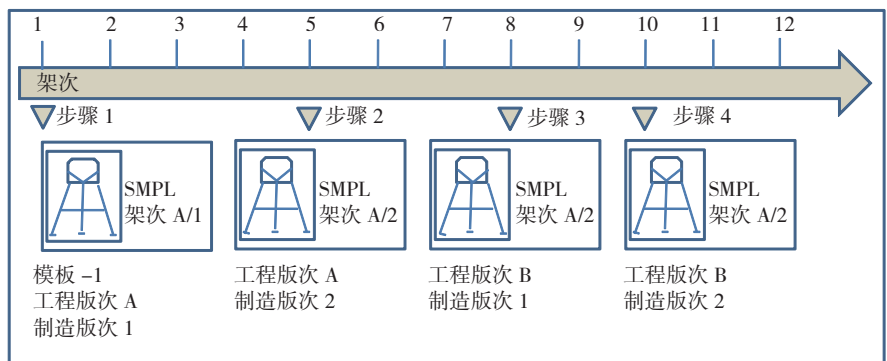


图2 常规更改

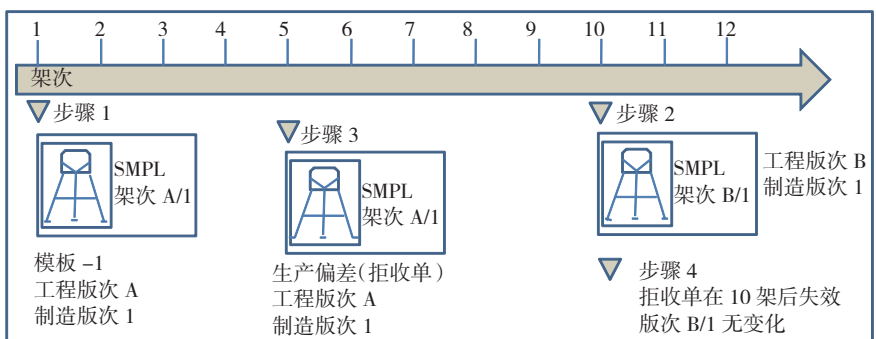


图3 更改中的更改

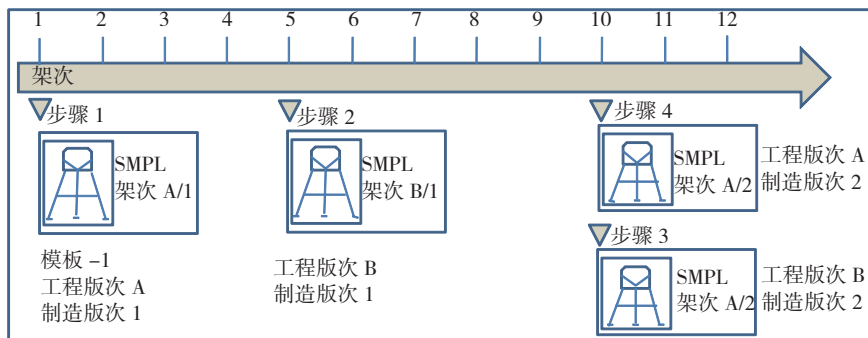


图4 补充更改

图2所示。

步骤1:生成-1模块,工程版次A,制造版次1,从第1架开始执行。

步骤2:在第5架时执行了一个制造更改,导致版次变为A/2,工程版次没变。

步骤3:在第8架时执行了一个工程更改,工程版次变为B,工程版次每次升版,制造版次都会变为1。

步骤4:在第10架时,执行了一次制造更改,版次变为B/2。

(2)更改中的更改:如图3所示。

步骤1:生成-1模块,工程版次A,制造版次1,从第1架开始执行。

步骤2:在第10架时预计要执行一个制造更改,将导致版次变为A/2。

步骤3:在供应商制造A/2版模块前,又执行了一项工程更改,使模块在第5架时版次变为B/1。

步骤4:在第10架时发出一个额外的制造更改说明,以便维持第2项和第3项更改的综合信息意图,版次变为B/2。

结论:A/2版的模块不会被制造或交付,因为在制造版次更改前工程的更改已经贯彻了,供应商将按下列顺序制造零件:模块A/1,1~4架,模块B/1,5~9架,从第十架开始模块B/2。

(3)补充更改:如图4所示。

步骤1:生成-1模块,工程版次A,制造版次1,从第1架开始执行。

步骤2:在第10架时预计要执行一个工程更改,将导致版次变为

B/1。

步骤3:在第5架时,在-1模块A/1版时,为纠正生产偏差而发了一个拒收单,这个拒收单仅影响5~9架,这时-1模块的版次为A/1。

步骤4:在第10架时,由于拒收单的范围是5~9,执行B/1版不变。

结论:在第5架时,构型由于拒收单的缘故而更改,版次A/1仍在使用。为了维持-1模块A/1版的有效性,5~10架的版次变为A/1/1。这种很少但有可能出现的情况被称为“补充更改”。

从上面的分析可以看出,波音公司的DCAC/MRM构型管理系统创造了简化的构型管理过程,通过模块划分来识别所有的飞机零件,还对数据的构成方式进行了改进,创建了单一出口的产品数据报告。数据构成方式的改变,允许使用者以对其最有利的方式提取需要的数据。

两种构型管理系统的特点

目前世界大型民用飞机制造公司大都采用多合作供应商的方法,虽然构型管理的方法各有不同,不过殊途同归,其目的都是要使飞机产品的技术状态可控,保持供应商之间构型同步。波音及空客公司作为世界上最先进的飞机制造企业,其对产品构型的管理有着诸多领先之处,无论是波音还是空客的构型管理系统,都具有鲜明的特色,同时,两者都对原材料采购和销售管理的体系也有着很好的诠释。空客公司的构型管

理系统开创了多合作伙伴设计的先河,给世界各地的供应商带来了诸多的便利,它能有效保证飞机更改的系统性和更改的效率,并最大限度满足客户和制造商不同的构型控制需求,对更改的贯彻起到了很好的控制作用。然而,在工艺性更改和图纸错误更改方面,空客的构型管理特点也存在一定的局限性。由于合作供应商有权更改和完善图纸,使得部段生产和装配十分便利,可以第一时间完成对图纸的修正,但当某个部件更换供应商时,产品信息无法完整准确地传递,因为对这些细微的更改没有纳入到设计系统中。波音的构型管理系统使飞机产品的构型控制简单化、专业化,通过对模块的选型和有效性控制,减少了对下层零组件的逐一标识,使飞机架次的有效性控制在模块级,大大降低了构型工作的复杂性。同时,也使构型控制在图纸中的表达有了全新概念,有效降低了成本,减少了周期、简化了运作过程,达到了提高客户利润价值和整个供应链价值的目的。

结束语

构型管理系统是民用飞机产品管理的核心部分,只有通过构型管理系统才能实现对产品数据的适用性、有效性、追溯性的控制,波音和空客公司的构型管理方法对我国自主研发大型客机也有很好的借鉴作用。

参考文献

[1] BCAG.DCAC/MRM new business processes-release A1.1998.
 [2] BCA DDG . TD-SG0005-01 BCA Technical Design .2008 ECCN:9E991.
 [3] 范玉青 . 现代飞机制造技术 . 北京:北京航空航天大学出版社,2001.
 [4] Airbus drawing system and design change control system TE171 10.85.
 [5] ECD 项目图纸系统 W.MALETZKI, EDKMG 空客德国 .1996.

(责编 日午)