

欧洲空客飞机机构型控制与更改技术

北京航空航天大学 邹冀华 范玉青 蒋建军



邹冀华:

北京航空航天大学本科毕业后保送直博,现北京航空航天大学机械学院飞行器制造工程系博士研究生。主要研究方向为航空宇航制造工程、飞行器数字化装配及先进数字化制造技术。对空客、波音、洛克希德·马丁等世界先进飞机制造公司的数字化设计、制造理念都进行了一定的研究,并参与了国内一些航空企业数字化装配技术的科研课题研究

空中客车工业公司是法、德、英和西班牙4个国家为了打破美国波音飞机公司在世界大型客机市场上的垄断,于1970年12月联合组建的。30多年来,在4个国家政府的大力支持下,公司已先后研制出了14种大型客机,累计销售各型客机2500余架,成为仅次于波音公司的世界第二大民用飞机制造商,并且在最近两年里其

理解和掌握空中客车飞机机构型控制与更改技术的基本原理和构型管理方法,对发展优质、准时、低成本的飞机制造和转包生产,实现飞机项目的客户化交付具有重要的现实意义

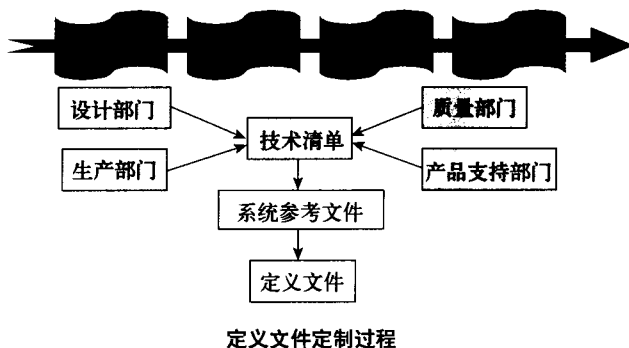
销售额已超过波音公司。为了顺应世界航空市场的瞬息变化,满足客户的不同需求,对抗波音公司的霸主地位,该公司在飞机制造中采用大量先进技术的同时,还形成了一套先进的构型控制技术。理解和掌握空中客车飞机机构型控制与更改技术的基本原理和构型管理方法,对我们发展优质、准时、低成本的飞机制造和转包生产,实现飞机项目的客户化交付具有重要的现实意义。同时,空中客车飞机先进的构型控制技术对我国的大型客机、新支线飞机乃至军机的开发研制也具有一定的学习和借鉴作用。

构型管理使飞机生产商和开发商能够处理各种变化。构型管理有3个基本功能:(1)确定构型的各个项目;(2)通过正规步骤管理构型更改;

(3)记录各版本的各更改项及其附属物的各种状态信息。

空客飞机的相关产品定义

构型是一个设计概念,即在某一确定的时间,由相关文件所描述的某一产品的构成状态,是设计部门确定的某个产品的特定标识,它可以标识零件、小组件、大组件、部件乃至整架飞机。在空客项目中,飞机的构型是通过定义文件来描述的,所谓定义文件,指的是确定飞机或产品构型的一套文件和资料,包括图纸集、技术



标准和规范以及取证要求等。定义文件是一套文件和数据的集合,它使用图纸集、技术标准和规范来定义一架飞机或一个产品的技术参数,并考虑到对检验认证的需要。定义文件的制定过程包括4步:制定临时文件—对文件进行检验、生效试用—在生产中运用—修改、完善、规范化,形成正式文件。在这个过程中,要涉及到设计部门、生产部门、质量部门、产品支持部门等所有部门的共同努力,制定出一套完整的系统的参考文件,即定义文件。

在空客项目中,把按照实际生产分解的飞机的每个大部件称为结构组件(Constituent Assembly, CA),也就是一个模块。CA的分解必须由设计、生产、质量等部门共同决定,并保证这种工业生产的分工更改不影响到飞机的构成。由于一架飞机由若干CA组成,且每个CA只能有一个标识号。若某几个组件具有相同的定义,必须用不同的CA号标识,相当于用不同的模块号来标识。而飞机本身就是这些CA的集合,也就构成了一个最终的CA。

CA是构型管理的基本单元。

定义汇总表(Definition Summary Table, DST)是空客飞机构型管理的一类主要文件体系,是定义文件中图纸集的主要信息集合。它除了使用与细目表相同的表格外,还含有改型清单页。当飞机的某部分结构构型更改时,这部分结构所对应的功能标识号中将增加新的技术解决方案,该功能标识号所在的DST随之更改,同时更改下级受影响的图纸,而该DST以上的结构图纸则不受影响。

另外,与波音相似,空客飞机也都以单架次为单位组织生产,所以当需要更改时,就更新整个细目表的版次,并在最后附有说明(称为更改历史),便于以后查找。在更改历史中包括以往更改的主要内容、版次等,主要记录的是在哪一版次对哪张图纸或哪个零件表中的哪几页进行了更改。

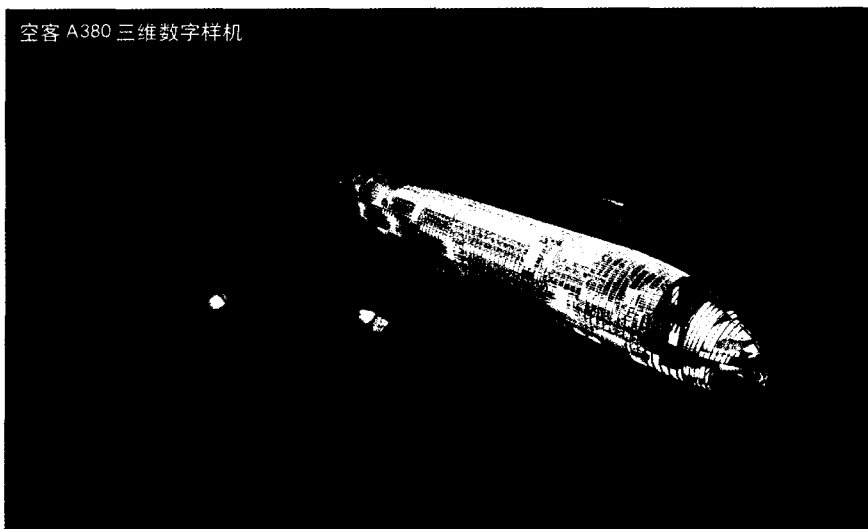
构型的控制管理

构型管理就是用一套持续的、程序化的、经济的方法对产品的状态进行全过程控制,从而使制造出来的产品符合定义文件所要求的构型。构型管理的目的是:

- 为工业过程的每一个阶段确定产品的完整的技术描述;
- 确保产品与技术描述的一致性;
- 在工业文件(包括定义文件、制造文件和检验文件)中对产品的技术描述的改进加以控制;
- 识别和判断产品的制造状态和目标交付状态之间的偏离。

构型管理的最终目的是按照定义文件和合同文件的要求,确定在这架飞机上安装哪些零件和组件,并确保生产出来的产品符合这些文件所规定的状态。构型管理是通过使用工业文件来实施的,工业文件是一套完整的文件体系,包括定义文件、制造文件、检验文件等。因而构型管理涉及了工业过程的所有阶段,包括设计、制造、

空客 A380 三维数字样机



在空客飞机的定义文件中,其主要部分“图纸集”包括以下3部分内容:

(1) 图纸页。用来描绘零组件的几何形状、尺寸、装配关系、公差、制造要求等。

(2) 清单列表。在波音公司中,使用的是其自行开发的自动零件表,而在空客公司中则称为细目表,包含了零组件的有效性、数量、材料、重量、表面处理等信息。

(3) 工程更改通知单(Engineering Change Note, ECN)。描述本版次发放的图纸和细目表相对于前一版次发放的图纸和细目表的差异(更改内容)。ECN不能单独发放,必须伴以图纸(包括新图)的发放、更改和取消。

在飞机设计阶段,为了更方便地描述飞机的结构,空客设计部门将飞机上的构件按其功能分解成许多功能不同的模块,并将这些模块编号,这些编号称为功能标识号(Functional Identifier, FI),不论从一个型号到另一个型号所采取的技术措施怎样,一个功能只能用一个恒定的代码标识,这就是功能标识号。飞机上的任一构件都可能存在多种安装方案,可以有多种可解决的技术方案,将这些方案也统一编号,称为技术解决方案(Technical Solution, TS)。CA本身包含一系列功能标识技术解决方案,这些功能标识技术解决方案确定了CA的构型。由于一架飞机由若干CA组成,因而只要确定了每个CA的构型,便可确定整架飞机的构型,因此,

检验和交付等。

构型管理的基础是改型和功能技术方案解决方 案,这是因为一架飞机从设计阶段的新图发放,到后来的构型更改,都是在改型通知单发放后才能进行的。由于飞机由若干个CA构成,所以在CA的层次上进行构型管理,使CA的装配操作符合其对应的功能技术方案解决方 案,然后将这些CA合在一起组成整机,这样可以减少构型管理的计算工作。实际上,CA就是在飞机的设计分工阶段因构型管理的需要而定义的,并成为了构型管理的基本单元。

构型管理的另一个依据是制造系列号(Manufacturing Serial Number, MSN),它是每架飞机在其所属系列中的确定编号,也是在实施改型时用于确定改型的首架飞机,是制造商在进行生产时对其所有生产的飞机按一定方式进行的编号,例如按生产先后顺序的流水编号。每架飞机都有确定的制造系列号,也有确定的客户系列号。客户系列号与制造系列号类似,只不过由客户提出,而非由制造商定义。飞机的构型与TS、MSN的关系,可以通过右图加以说明。

从图中可以得出如下结论:

1 MSN = 一系列TS的总和。

而在DST的改型清单页中,每个TS都对应着各自有效的一系列改型(Modification, MOD),即:

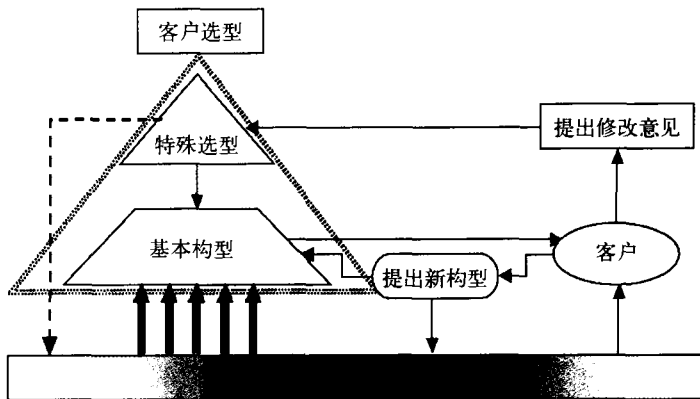
1 TS = 适用的MOD的总和。

所以,一架飞机也就等于所有适用的MOD的总和。因而在CA的交付状态文件中,只需列出所有适用的MOD,就确定了该CA的状态。

一架飞机的构型由基本构型和特定选型组成,它形成了客户选型。客户在选型、生成飞机构型时,首先根

据客户需求从飞机构型库中挑选所提供的飞机产品选项,生成客户基本选型;然后客户根据自己的特殊需求对选中的基本构型提出意见和

建议,进行增加、修改、删除等工作。但对于构型库中没有的选型,即客户特定的选型或者新设计的选型,需要新建一个选型存入选型库中,并对与之相应的模块和零部件进行重新设计,将最终结果加入构型库中,使构型库中的内容不断丰富。这样做的好处是很容易就生成了一架飞机的特定构型,其中只是对新选型所对应的模



飞机选型过程

MSN号确定各自的标准构型和特定构型。然后根据此CA对应的FI,找出涉及此FI的所有MOD,并在改型通知单中得知每项MOD的生效架次(MSN)。最后在DST改型清单页中得到此FI下所包含的各TS与各项MOD的关系。据此就可以推算出各架次飞机(MSN)中该CA所采用的构型(TS)。

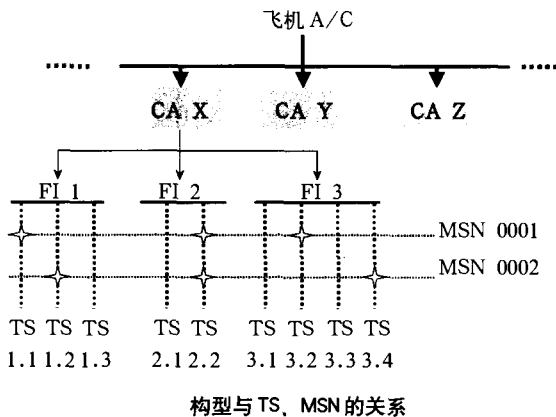
构型更改程序

在飞机的设计制造过程中,随着技术的进步和不同客户的多样性选择要求,通常需要对飞机进行不断的改进,这种改进称为构型更改或改型。新的改进的产生来源于更改需求,对更改需求的处理称作更改管理,它属于构型管理的一部分。空客公司制定了一套严格的构型更改程序,以对飞机的改型进行有效的管理。空客公司的改型系统的监控是从客户对飞机的需求(更改要求)到飞机的设计、制造和符合性证明、交付的全过程,因而实现了对产品构型的管理,相当于实现了产品全生命周期管理(PLM)。空客公司飞机改型过程大体可以分为改型提出、改型调查、设计更改和改型实施4个阶段。

1 改型的提出

改型可由制造商和客户根据生产和使用的需要提出。

由制造商(包括空客公司的合作伙伴和在其控制下的供应商或转包



块和零部件进行重新设计,其他的都采用原来的设计,从而大大减少了重复设计。

由于飞机是由CA组成的,CA又由功能标识号FI组成,而FI中又包含若干技术方案TS,所以在进行构型计算时,应先推算出每个FI中适用的TS,继而可以得出每个CA的构型,最后就可确定整架飞机的构型了。具体说,要想得到某CA在各架次飞机中的构型情况,首先,要根据飞机分配表(AAT)中各架次飞机的

商)提出的改型,旨在改善产品性能,降低生产成本以及改进产品质量。这样提出的改型通常适用于同类型的所有飞机,称之为标准改型。

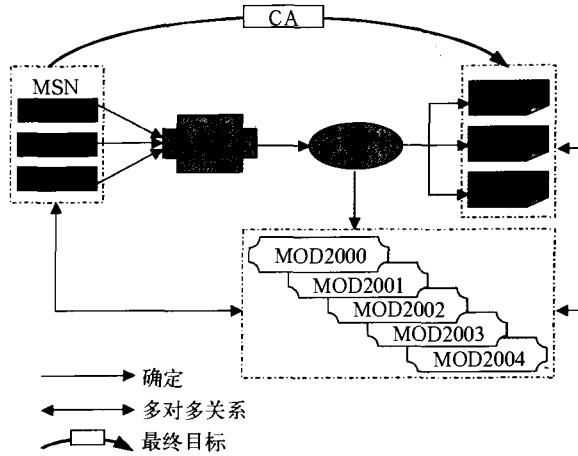
由客户提出的改型是由客户要求或制造商向客户建议的、且在合同范围内的更新,这种改型称为型号改型。型号改型通常只适用于提出改型的客户所订购的飞机。

2 改型的调查

当空客公司或转包商接到制造商或客户提出的改型要求时,应核实:

- (1) 技术设计(图纸等)是否能在与工业限制(供应、生产和试验)协调的最后期限内完成。
- (2) 是否能制造、鉴定和测试设备。
- (3) 是否能修改改型影响的飞机零件。
- (4) 是否能试飞。
- (5) 能否列出影响经济成本的方面。

改型的整个流程可参阅右图。在有关部门经过对技术合理性、制造可行性、设备、试飞、成本等方面的预研后,便向空客公司改型委员会提交改型评估建议书。改型委员会成员应由空客的核心领导集团组成。改型委员会根据预研的结果决定接受或拒绝建议。若接受,则向设计部门和转包商发出改型建议书(MP)并对其编号。设计部门收到后,随即编制技术返回单(TRS),在其上填写相关的技术内容并将 TRS 发放到有关部门(包括转包商),以便详细研究改型的结果和实施的条件。转包商和制造商一样,需要指定一名改型通信员负责协调公司内采取的措施,这名通信员是接收和提供有关 MP 和 / 或改型资料的唯一联系人。转包商在收到 MP 后 15 个工作日内,要编写工业文件,评估改型对生产计划等方面的影响,并填写



构型确定的推算原理图

生产返回单(PRS),同时计算生产费用(含重复性费用和非重复性费用)的影响情况,并填写成本返回单(CRS),然后将 PRS 和 CRS 返回空客公司。另外,转包商将编写的完整的改型文件(工业文件和费用影响情况,TRS, PRS, CRS)发给法宇航飞机分部指定的联系人。法宇航飞机分部指定的联系人做技术校对后,转包商的文件将发给法宇航合同部门经理,以用于可能的费用影响谈判。谈判之后,由转包商提出工商承诺。一旦由改型委员会公开,就成了执行改型的确定的最终承诺。空客公司改型委员会在收到技术部门的 TRS 和转包商返回的 PRS 和 CRS 后,决定改型建议的接受或拒绝。若接受,改型委员会会对改型编号,公布改型通知单,改型随即确定。

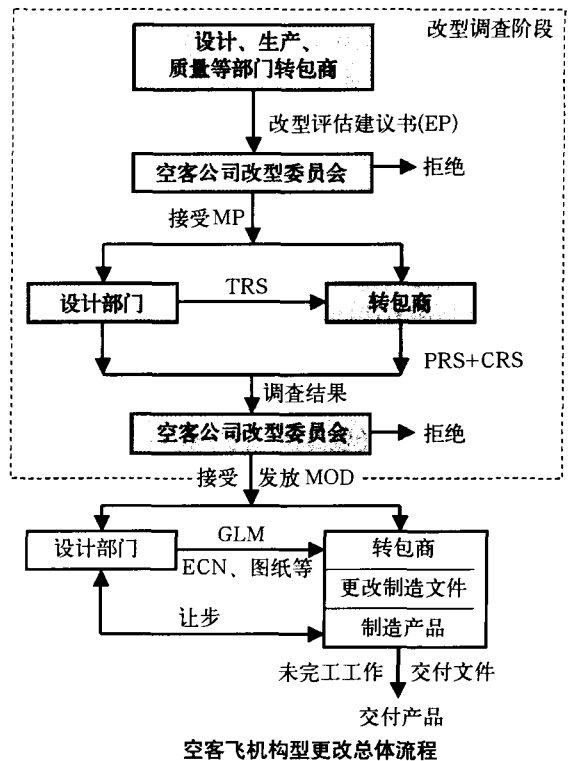
3 设计更改

设计部门必须使用改型的 TRS,并借助于空客公司自己专用的产品数据管理系统——分部图纸集成管理系统(GILDA)对改型进行分析,以明确相应的技术方案,确定改型所涉及的

FI,并在这些 FI 下增加新的 TS,相应地更新定义汇总表。随后,设计部门更改相应的定义文件,包括图纸、细目表、工程更改通知(ECN)、改型清单(GLM)等,同时进行改型取证所要求的全部工作(应力试验等)。

设计部门在更改定义文件的同时,还将随时跟踪改型的进展情况,并公布关闭状态,其目的是提醒设计部门,在接下来的工作中他们必须更改组件的发放。在此过程中应考虑现

行的图纸集管理系统。关闭状态的解锁可以由设计部门与制造商/转包商协商解决。对于每项新的技术方案,设计一完成且符合图纸发放进度,设计部门就将宣布在 GILDA 中关闭这些方案的技术文件。在此阶段后,任何可能改变此设计的“修正”措施需同有关生产部门经理详细协商,这个办法尤其适用于参考评估中的零件和 / 或相应的小组件。主要的几级关闭状态有:





空客 A380 三维结构

· 当所有定义文件的更改和发放完成之后,设计部门即宣布该改型的关闭状态为0级。

· 当地面试验的设计状态完成后,为2级关闭。

· 当飞行试验的设计状态完成后,为2A级关闭。

· 在2A级关闭状态之后,执行3级关闭,冻结将飞机交付给客户的设计状态。

· 若还有修改措施时,为3A级关闭。

发行的最后关闭为2A级和3或3A级。法宇航设计部门的管理部门应根据飞机交付的程序发放关闭指令,改型的全面关闭取决于该部门。改型的关闭状态和ECN清单都存储在GILDA系统的数据库中,各制造商和转包商可从该系统中获得这些信息。若未与该系统联网,则需向法宇航索取这些资料。

4 改型的实施

当制造商或转包商接到法宇航的改型通知单后,就可以开始做改型的准备工作了。通过改型生效架次,再结合交付计划上的架次对照表,即可确定各个制造商或转包商各自的生效架次,以便安排生产计划。然后即要等待法宇航方面的ECN和更改后的新图,并向法宇航索要关闭状态和改型总清单。在收到ECN、新图、关闭

状态和改型总清单后,应对改型总清单上所列的有关的更改通知单是否已经到期,这样做的目的是防止由于资料不全而导致改型内容不能完整实现。接下来的工作就是将改型反映到制造文件中,并按照改型规定的生效架次进行具体的改型工作。

先找出更改前后图纸细目表的差异,以确定

改型所有具体更改的零件、标准件、材料的图号或牌号,这是改型实施中最重要的一环。然后将改型反映到工艺文件中,更改工艺流程,翻修或新制工装、工具,并按照改型规定的生效架次加以实施。在此过程中,质保部门应跟踪改型的实施情况,当每架产品

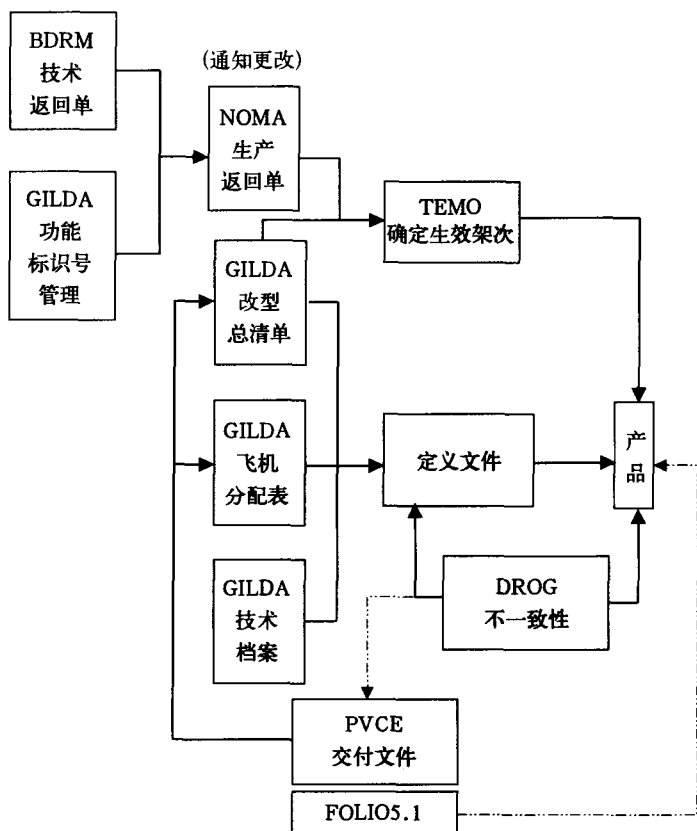
制造完成之后,还应在交付文件中填写该份改型通知单的最新关闭状态。最后,将产品交付给买方,整个改型的4个阶段便宣告结束。

空客产品数据管理系统

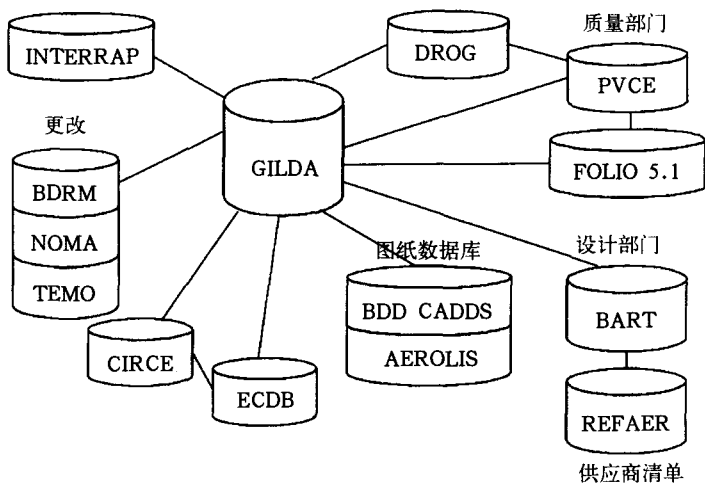
如果采用常规办法进行构型管理,首先,由于空客公司的各合作伙伴及遍布全球的转包商之间相距遥远,必然造成信息交流与传递的滞后;其次,大量的信息和资料无法共享,造成信息资源的浪费;第三,由于飞机的构型复杂,更改频繁,

如用上述制表的方法计算,其工作量极大,且极易出错;另外,面对瞬息万变的市场需求和日益激烈的市场竞争,不采用先进的管理技术和方法,必将威胁企业的生存和发展。

基于上述考虑,空客公司开发了一套计算机管理系统,该系统由若干



空客产品数据管理系统各部分间的一致协调性



空客产品数据管理系统

子系统组成,分别管理图纸、技术规范、构型控制、合同要求、供应商等信息,并在整个系统内实现信息的完全共享。空客公司的产品数据管理系统中各子系统间的关系见上页右下图。

从图中可以看出, GILDA 系统处于空客产品数据管理系统的核心地位,其他子系统都与它有直接的联系。其中,改型返回数据库(BDRM)用于对一个改型建议的技术影响进行控制、管理和咨询。NOMA是执行状态通知,生产和采购部门可以通过它来对改型的执行情况进行检查。改型进展传递(TEMO)用来咨询和跟踪改型的进展情况。TEMO 和 BDRM、NOMA 一起,可以对改型的全过程进行跟踪管理,这 3 部分构成了空客产品数据管理系统的主体。空客产品数据管理系统的各个部分协调一致工作情况可见上图。

结束语

民机生产具有很强的客户观念。构型控制及更改的实施直接关联着客户,若不能及时跟踪执行更改,从某种意义上说也就是失掉了用户,可见构型控制与更改是自行生产飞机及转包生产中的关键和重要环节。空客公司经过30多年的探索和不断的改进,构型管理技术已发展得相当成熟,构型控制与更改程序严谨缜密而不繁

琐,且各个环节都已实现了计算机化和网络化,使得空客公司能对市场需

求做出最快速的反应。空客飞机的市场占有率不断提高,近年来其年订货量已在赶超波音,其中先进的构型控制技术是获得成功的重要原因之一。

通过以上论述,我们对空客飞机的构型控制技术及其基本原理有了一定的认识 and 了解,随着我国飞机制造公司与空客公司合作项目的不断增加,掌握空客飞机的构型控制技术,对于提高我国自行研发、制造飞机能力,扩大转包生产规模,实现优质、准时、低成本的企业目标,提高我国飞机制造公司在国际竞争中的知名度和地位,增加飞机制造公司的经济效益,都具有十分重要的意义。(责编 咏智)



传播现代制造业信息的平台 搭建厂商与用户合作的桥梁



M 航空制造技术杂志社 | 广告预订热线: 010-85700468
传真: 010-85700468
E-mail: ad@mte.net.cn