

# 民用飞机构型标识方法

## Configuration Identification Method for Civil Aircraft

贺璐 张乐 / He Lu Zhang Le

(上海飞机设计研究院, 上海 201210)

(shanghai Aircraft Design and Research Institute, shanghai 201210, China)

### 摘要:

构型标识是构型管理的四要素之一,从 EIA649《national consensus standard for configuration management》中对标识的定义开始,通过解析定义,结合民用飞机全生命周期中构型标识遇到的实际问题及发展瓶颈,给出了全新的构型标识方法,并深入分析了该方法在实际工程应用中的优势。

**关键词:**民用飞机;构型管理;构型标识

**中图分类号:**V221

**文献标识码:**A

[**Abstract**] Configuration identification is one of the four principle elements of configuration management. Beginning with the definition and analysis of configuration identification, this paper presents the brand-new configuration identification method, combined with problems and critical issues which happened in civil airplane whole-life-cycle configuration identification. The method is analyzed deeply in the advantages of the project application.

[**Key words**] civil airplane; configuration management; configuration identification

## 0 前言

民用飞机的设计与制造是一项宏大的系统工程,其研制周期长、技术复杂、多系统交叉、零部件庞杂、研制费用高、适航要求严苛,如何在此基础上建立满足国际通行适航要求的构型管理系统是当前国内民机研制急需突破的重大问题之一。

构型管理活动是保证研制过程中产生的顶层要求能层层分解到最底层产品、确保不同级别产品之间定义的功能和性能不会产生差异和偏离的重要手段,是加强飞机研制管理、确保在预计的经费范围内实现性能指标和进度目标的必要方法和有力保障。

构型管理活动包括构型标识、构型控制、构型纪实和构型审核。构型标识是整个活动的基础,其中对产品的标识是基础的基础,也是一切活动的主要目的。

## 1 构型标识的定义

构型标识就是定义产品,建立产品及其产品构型信息的结构关系,选择、定义、存储和固化产品特

性,为每个产品和产品构型信息提供唯一标识符, EIA649《national consensus standard for configuration management》对构型标识的定义是:

establishes a structure for products and product configuration information; selects, defines, documents, and baselines product attributes; assigns unique identifiers to each product and product configuration information.

对于民用飞机而言,产品可以是一整架飞机、一个部件,也可以是一个零件。通过标识设计文档和产品,能够区分产品特性、功能及产品本身,以确保最初的预期和最终的产品是具有延续性、层层递进、不会混淆的。从最小的零件到整架飞机,均需要进行构型标识,继而接受构型控制、纪实和审核。只有每个零件均进行了合理的标识,才能保证整架飞机的状态清晰可控,从而在管理体系和规则上获得适航当局的认可,取得适航当局的信任。

产品本身不是孤立存在的,需要通过生产信息进行定义,生产信息是产品的理论设计状态,通常通过设计文档记录产品的全部生产信息,设计文档与产品相互关联又有所区别,设计文档是产品的基

础,产品是设计文档的真实体现。因此设计文档的标识与产品标识同样重要,甚至更加复杂,两者不仅需要分别标识,更需要建立关联关系。

## 2 民用飞机构型标识基本原则

民用飞机设计的高度复杂性和严苛的适航条例决定了构型标识的复杂性。需要考虑的因素有:

(1) 零组件数量庞大。支线飞机的装机零组件、成品件加上各类标准件的数量在百万左右;

(2) 研制周期长。新研民用飞机周期从预研到取得适航证交付运营,往往在十年以上;

(3) 数据多样化。设计文档种类呈现多样性,不同类别文件的管理要求也不尽相同;

(4) 更改量大。飞机设计是一项复杂的系统工程,多个系统相互协同配合,在长期的研制过程中,一定会发生大量的更改,更改之间相互交错,情况复杂;

(5) 客户选择度大。为了提高飞机的竞争力,民用飞机通常需要提供一定量的选项供客户挑选,这要求对功能的分解级别合适、功能定义清晰精确;

(6) 更改需综合考虑。更改发生时,不仅要考虑直接受影响的设计专业,还应当考虑制造交付的进度、返工返修报废的情况、经费影响、采购影响、客户服务的影响等。

基于上述因素,民用飞机构型标识至少需要满足以下基本原则:

(1) 产品和设计文档分别编号,对不同用途的设计文档进行划分和区别对待。

(2) 搭建合理的产品结构,不仅要满足飞机层层装配、合理地更改影响层次、工艺活动的要求,还要能满足客户多样化选择的要求;此外,还需要搭建产品与设计文档的关联关系。

(3) 发生更改时,更改前后的产品和设计文档需要既有区别又有关联;需要给产品和设计文档赋予一个唯一的标识号,并能快速找出标识号之间的关联。

## 3 民用飞机构型标识方法

针对上述三条基本原则,民用飞机构型标识方法可以从以下内容中考虑。

### 3.1 设计文档的划分

在飞机研制过程中,会产生大量的技术文件和图

样,统称为技术文档。文档不论是否表述产品构型,每一份文件和图样均需要进行区分标识。不仅初次状态需要标识,还需要对今后的更改持续标识。本文中的设计文档是指用于定义产品信息的全部文件。飞机设计之初只有抽象的概念,经过抽丝剥茧的蜕变,才形成最终产品。在这个过程中,产生的飞机技术文档也同样经过了层层细化、逐渐论证的过程,直到形成最终的设计文档。如图1所示。

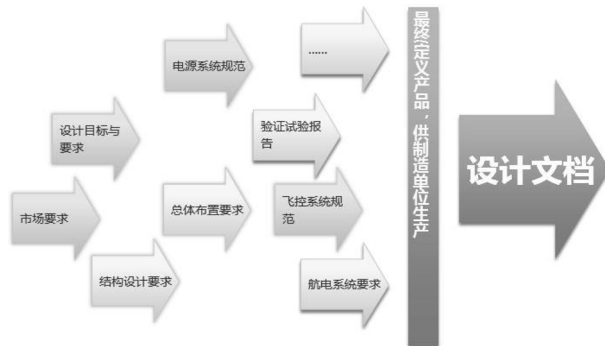


图1 设计文档的定义和范围

设计文档从格式上看应当包括文件和图样,从内容上看应当包括用于生产的文档,例如:图样及其配套、工艺规范、材料规范、技术条件、机上功能试验程序、软件信息等。这些文档的标识可以分成两类。

#### (1) 与产品标识相同的文档

这类文档与产品一一对应,直接相关联。为了避免对应关系混淆,即便在计算机大量使用的今天,在研制过程漫长、更改众多的飞机设计中,也最好能使用同样的标识。这类文档仅限于图样及其配套。图样及其配套可以根据设计方式分成二维图纸、三维数模、更改单、PL表等内容,其关联如图2所示。由于直接用于生产,图样及其配套应当表述适用的架次等信息。

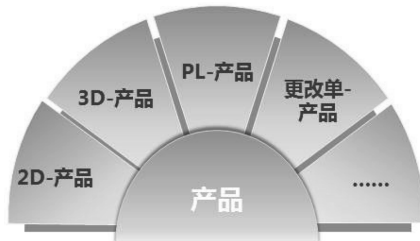


图2 产品标识与图样配套标识的关系

#### (2) 与产品标识有区别的文档

除图样及其配套外,其他的设计文档包括:工艺规范、材料规范、技术条件、机上功能试验程序、软件信息等。这类文件与产品的关联程度次于图

样及其配套,通常是在图样内引用的关系。此类文档的适用范围与架次信息的关联关系也次级重要。

### 3.2 产品结构的搭建

产品结构就是根据产品的装配关系将产品按照树状层次关系进行分解的过程,是将产品及其技术文件建立关联关系的过程。产品结构是组织产品的一般方法。通过展示部件间从上至下的关系,来为关联产品和文件提供基础。产品结构搭建的合理性对产品关系的形象化、构型管理适用的层级以及更改影响评估有着至关重要的影响。

#### 1) 装配关系的结构

典型的装配关系结构如图3所示。

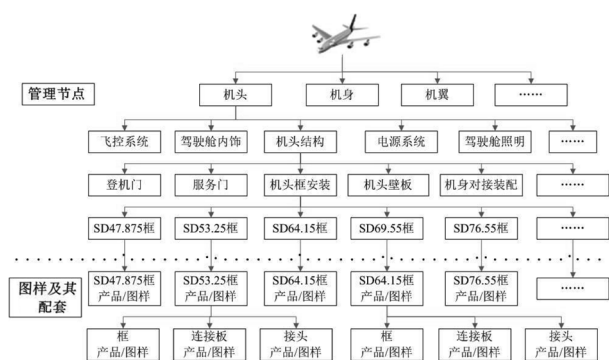


图3 典型的装配关系示意图

如图3所示,产品结构通常是金字塔型,最顶层的产品是整架飞机,需要通过各级的零部件层层组装得到。虚线上面是管理节点,虚线以下是图样及其配套,是直接定义产品的设计文档。管理节点需要综合专业的复杂程度、生产制造过程和管理需要进行划分。

(1)如果划分的颗粒度过细,图样及其配套层的单位过多,会增加更改控制在准备、处理、纪实、报告方面的管理负担,增加项目管理和控制的成本;

(2)如果划分得过粗,结构层次嵌套的过于紧密,图样及其配套层的结构层次就过深,当发生更改时,有可能对该产品的整个结构产生影响,牵一发而动全身,导致更改范围和影响扩大。

#### 2) 产品与技术文件的结构

产品不是凭空创造出来的,是从飞机顶层的设计要求层层分解得出的。在图3的产品结构中,虚线以上的管理节点代表了各层次的要求。为了清楚定义产品,证明飞机的设计过程是可控的、产品指标是定义完整的、输入输出关系是明确的,需要在对应的节点上建立与其对应技术文件的关联关

系。因此,飞机完整的产品结构不应当是二维的,而应该是三维立体的。以图3中最顶层的全机级、次顶层的电源系统级和最底层的产品/图样为例,分别可以关联的技术文件结构如下所示。

(1)顶层全机级的技术文档结构示例如图4所示。

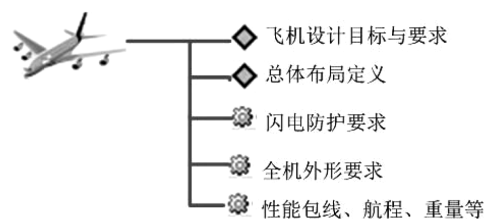


图4 全机级技术文档结构示例

(2)次顶层的技术文档结构示例如图5所示。

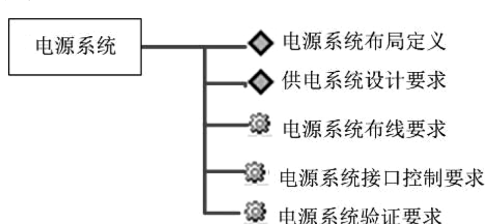


图5 电源系统技术文档结构示例

(3)最底层的产品技术文档结构示例如图6所示。

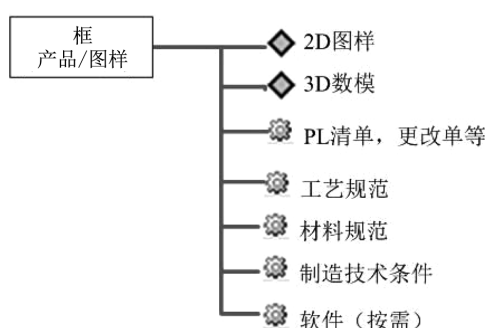


图6 底层产品技术文档结构示例

### 3.3 构型标识的更改

#### 3.3.1 构型标识的元素

在飞机(尤其是新研飞机)漫长的研制、验证过程中,不可避免地会发生各种设计更改。构型标识非常重要的一个环节就是在众多更改发生时,新旧产品标识能够清楚唯一、设计所想和制造所装是一致的,不会产生误解和歧义。另一方面,图样及其配套会发生一些非技术问题的设计更改,这些更改对产品的功能、性能等特性没有很明显的影



要至少由三个元素共同约束。如图 7 所示。

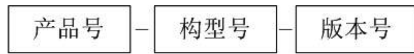


图 7 产品标识的三个元素

(1) 产品号:用于定义系列产品的根编号,该号由一系列的数字和字母组成,通常需要区分飞机型号,并参考 ATA 章节用以区分产品所属的专业、部段等必要的属性,也可以包含零组件类型、对称件等属性;飞机零部件众多,需要留出足够多的字符用于一一区分。

(2) 构型号:该号由一系列的数字和字母组成,其字符的长度和复杂程度远远小于产品号。在产品号相同的前提下,构型号用于区分产品改进的状态。

(3) 版本号:该号可以由几位数字和字母组成,其字符的长度和复杂程度小于构型号。在产品号和构型号相同的前提下,版本号用于区分产品改进的状态。

### 3.3.2 构型标识元素之间的关系

构型标识三个元素之间相辅相成,从不同的等级对产品进行标识。其主要区别和关系包括:

(1) 定义产品的详细等级,按照“产品号-构型号-版本号”依次增强,定义的元素越多,产品的相似度越高。

(2) 对于同一个产品,在发生设计更改时,通常不会更改产品号;产品号相同的产品表示他们之间存在设计更改、系列衍生的关系;产品号不同的产品之间没有直接关联,不能通过工程更改建立关联关系,也不能通过在制品处理方式建立关联关系。

(3) 在发生设计更改时,在产品号不变的前提下,可以通过更改构型号和版本号两种方式实现,具体实现方式可以参考图 8。

### 3.3.3 区分三个元素的必要性

三个元素不仅体现在图样及其配套上,也需要最终标识在产品实物上。每个元素都能在图样及其配套与产品间找到对应关系。通过三个元素的定义能够明确区分产品的大小异同,突出产品的主要特性与次要特性。从图 8 可以看出,产品号和构型号相同、版本号不同的实物产品之间,装配方式、功能特性、维护维修方式、验证方式均一致,能够互换装机。由此可知,版本号标识的是对产品的一些小的更改,例如改善工艺性、完善图样、修正设计、完善注释等,更改虽小、更改量却不会小。构型号控制大的更改、主要

特性;版本号控制小的更改、次要特性。那么版本号是否有存在的必要呢?答案是肯定的:

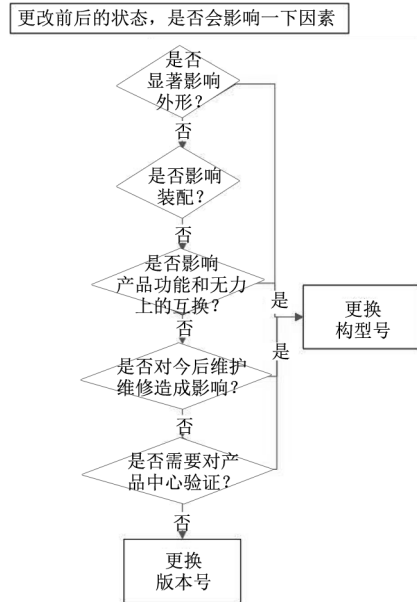


图 8 版本号和构型号的更改原则

(1) 版本号既区分了产品设计状态微小差异,满足了构型标识的唯一性要求,又不会影响批架次飞机的备件准备,减少了维护成本。

(2) 由于版本号不同的产品装配方式相同,因此可以在装配图纸中省略内部零组件的版本号;零组件版本号更改时,其装配图是不需要更新的,减少更改往顶层追溯的工作量。

(3) 版本号不同的产品可以通过返工返修等工作实现,减少已生产产品的报废。

(4) 由于飞机取证前需要进行大量的试验/试飞等验证工作,最初完成的验证工作的产品状态与最后用于取证的产品状态是有差异的,通过版本号区分了小改造成的差异,这部分差异在更改时已经得到判断,对验证结果的有效性是无影响的。这样能够有效减少后期的差异评估工作,确保验证状态与取证状态的一致性,将评估的重点放在构型号不同的状态上。同样,批产之后的单架机与取证构型同样存在差异,同样可以避免对小更改的评估工作。

(5) 如果无论大小、是否影响互换性、是否需要重新验证的更改均换构型号,其结果与均换版本造成的后果是一样的;大小改没有与产品标识建立对应关系,均会导致同样大的后期评估量。

图 8 所示的原则相对简单,可视为民机研制过程中总的换版换号原则,同时,考虑到各生命周期

对构型管控的侧重点不同、各专业更改情况各异等因素,可以将抽象的原则再进一步细化。且在实际的设计中,出现更改的情况会非常复杂,需要将抽象的流程细化,转变成可操作的细节,并取得适航当局的一致认可。这个判断过程是非常复杂的,需要有足够的工程设计和验证经验,当规则制定得不够明朗、有灰色地带的更改无法判断时,建议按照相对严格的方式操作(即更改构型号)。一旦在使用过程中混淆了构型号和版本号的规则,则很可能会前功尽弃,继续回到只有构型号(或者全部版本号)控制的局面。

## 4 结论

构型标识是构型管理的基础,是开展民用飞机设计工作的基础。标识方法在项目之初就需要确

定,除了满足基本的追溯性、唯一性外,还需要考虑飞机组成及组织关系。只有设计文档标识清晰,产品才能标识清晰,才能保证“设计所想”和“制造所产”是一致的,才能保证飞机状态是可信任的。

### 参考文献:

- [1] Government Electronics and Information Technology Association. National Consensus Standard for Configuration Management[S]. USA, 2004.
- [2] 于勇,范玉青. 飞机构型管理研究与应用[J]. 北京航空航天大学学报,2005,31(3):278-283.
- [3] 王庆林,余国华,王睿. 构型管理[M]. 上海:上海科学技术出版社,2010.

(上接第 39 页)

实施过程中进行验证和完善。同时为保证实施的有效性,更好地向局方表明设计保证能力的符合性,将通过信息化的手段把整套实施流程进行固化。

表 1 适航设计保证能力体系文件框架

适航设计保证能力体系文件框架				
过程文件	规程、规范、指南	工作表单	检查单	技术文档模板
XXX 过程	XXX 规范	XXX 表单	XXX 检查单	XXX 文档模板
			XXX 检查单	
			XXX 检查单	
XXX 过程	XXX 指南	XXX 表单	XXX 检查单	XXX 文档模板
		XXX 表单	XXX 检查单	XXX 文档模板
				XXX 文档模板
XXX 过程	XXX 规范	XXX 表单		XXX 文档模板
.....	.....	.....	.....	.....

## 5 总结与展望

适航设计保证能力建设涉及专业面广,需要管理、设计、质量和生产等方面的人员共同参与,需要建设单位站在推动民航产业发展的高度,大力支持并委派有能力的专业人员参与适航保证能力建设

工作,也需要各专业技术人员积极参与、相互配合,共同实践并完善适航设计保证流程。同时,主制造商和局方人员的参与对适航设计保证能力的建设也很重要。

引入国际上合理可行的适航理念,建设满足适航要求的设计保证能力,可以为 TSO 设备的研制生产保驾护航,为设计出满足适航要求的 TSO 设备挤入国际民用航空市场创造条件。同时借鉴国际上先进的管理理念,也有利于从整体上提升单位自身的管理能力。

### 参考文献:

- [1] 中国民用航空局. CCAR-21-R3 民用航空产品和零部件合格审定规定[S]. 北京:中国民用航空局,2007.
- [2] 宋佳珊. 构建满足适航性要求的设计保证系统—供应商管理[Z]. 微信公众平台“适航与安全”,2014,(41).
- [3] 浦传彬,张越梅. 军用飞机定型和民用飞机取证[J]. 航空工业论坛,2010,6:1-17.
- [4] 汤小平. 识别民用航空产业发展特点提高民用航空产品研发水平[J]. 民用飞机设计与研究,2014,1: 6-10.
- [5] 朱凤馥. 对我国民机适航工作的几点思考[J]. 国际航空,2007,5: 16-18.
- [6] 董大为,张学龙. 适航、标准化与民机质量管理体系关系浅析[J]. 航空标准化与质量,2010,3: 18-20.
- [7] 房海涛,刘丹. 基于 ARP4754A 的民用飞机复杂系统研制过程保证方法研究[J]. 航空科学技术,2013,1:52-54.