

DOI: 10.19452/j.issn1007-5453.2017.04.063

通用飞机工艺规范体系建设研究

樊福霞*, 叶聪, 许敏

中航通飞华南飞机工业有限公司, 广东 珠海 519040

摘要: 对于国内民用飞机制造, 规范化、科学化、系统化的工艺标准是保证生产、制造合格航空产品的重要前提, 也是中国民用航空总局适航审定的重要项目之一。通过分析国内外工艺标准体系建设的技术基础、通用飞机选材及工艺特点以及国内民用飞机型号工艺规范体系建设的经验, 总结出适用于通用飞机工艺规范体系构架搭建的方法及工作思路, 对新研通用飞机工艺规范体系建设工作具有一定的指导意义。

关键词: 通用飞机; 工艺规范; 体系建设; ARJ21; C919

中图分类号: V260.1 文献标识码: A 文章编号: 1007-5453 (2017) 04-0063-05

工艺规范是用于规定正确的产品生产、加工、装配方法以及使用适宜的设备和工装, 使生产过程固定、稳定, 从而生产出符合设计图样规定产品的一种工程文件。工艺规范是规定产品加工环节和对象的制造技术及制造要求的一类标准^[1]。生产车间的计划、调度、工人的操作、零部件的加工、质量检验、加工成本的核算都是以工艺规范为依据; 处理生产中的问题也主要以工艺规范作为共同依据。只有具有符合要求的工艺标准和严格执行工艺规范, 才有可能生产出合格的航空产品。因此, 产品质量要靠规范化、科学化的技术标准体系来保证。

按照适航法规的相关要求和民用航空产品型号研制和批生产的特点需要, 系统地建立航空产品制造工艺规范体系, 也是保障研制飞机通过适航审定至关重要的一环。

波音公司与空中客车集团已形成满足其航空产品的工艺规范体系和工程质量保证体系; 国内有国军标和航空行业工艺标准; Y7 (系列)、MA60 (系列)、ARJ21、C919 等也已经建立了相关的型号工艺规范体系。对于通用飞机, 可以利用国内、国外技术资源, 逐步建立具有系统性、通用性、法规性、完整性、先进性、动态性的工艺规范体系。

1 国内外工艺标准现状及分析

1.1 波音公司工艺规范体系

波音公司最主要的工艺规范是波音工艺规范 (BAC), 共有约 1200 项标准。每份工艺规范均包括了范围、分类、引用文件、目录、材料控制、设施控制、定义、制造控制、维护控制、质量控制、要求、测试方法和鉴定 13 个章节的内容^[2]。在每项相关内容中, 都围绕整个工艺过程有着极其明确和严格的要求。

波音转包项目生产工作是以飞机部件制造为转包项目单元, 涉及某个项目单元生产制造时所用的工艺规范, 波音公司都会提供给转包商, 并要求供应商严格按照工艺规范要求生产和制造。当供应商的设施或设备达不到要求时, 供应商必须进行技术改造或改进^[2]。波音公司工艺规范涵盖全机生产制造的各个专业, 具有很高的通用性、完整性、先进性, 并且满足适航要求。

1.2 空中客车集团工艺规范体系

欧洲空中客车系列飞机研制中也建立了包含 12000 多项标准的标准体系。空中客车集团基于多家分工研制的原因, 其早期的工艺规范每个国家都有所不同。工艺规范主要包括工艺通用规范 (ADET/AIPS)、测试标准 (AITM)、检验

收稿日期: 2017-01-17; 退修日期: 2017-02-06 录用日期: 2017-02-15

* 通讯作者: Tel.: 0756-7688416 E-mail: fanfuxia0923@163.com

引用格式: FAN Fuxia, YE Cong, XU Min. Research on establishment of general aircraft process specification system[J]. Aeronautical Science & Technology, 2017, 28 (04): 63-67. 樊福霞, 叶聪, 许敏. 通用飞机工艺规范体系建设研究[J]. 航空科学技术, 2017, 28 (04): 63-67.

规范(IGC)、技术通知(AITNA)等。空中客车集团AIPS体系划分了12个专业大组,每个大组又划分为若干小组。

空中客车集团工艺规范强调工艺鉴定,对于工艺过程的详细要求由各国空客公司自行制定,供应商也自行制定次级工艺规范,但需按AIPS要求完全通过工艺鉴定。由于空中客车集团各供应商对工艺参数、制造控制要求等不同,这就给那些有多重身份的供应商带来了许多制造麻烦,如既是空客法国又是空客英国的供应商在制造同一零部件时就可能面临执行两套标准的情况。目前,空中客车集团正在进行工艺规范的统一协调,计划统一为AIPS。

1.3 ARJ21 工艺规范体系

ARJ21支线飞机工艺规范(ZPS)以参考标准为编制基础,同时消化吸收其他国际先进飞机制造工艺标准,形成一套能满足支线飞机研制和批生产使用、满足CCAR25.605(FAR25.605)适航要求的工艺规范体系。为满足型号要求制定了约600份工艺标准。每份标准包含范围、引用文件、材料与设备、要求、说明/程序、质保条款、目录7个章节。在“要求”章节中主要明确人员、工程、工艺的各种要求;在“说明”程序章节中,对于工艺过程和方法进行了描述和说明。

ZPS是为ARJ21飞机“量身定制”的,作为民用飞机型号研制的工艺规范,在通用性上存在有一定的局限性,还不能涵盖民用飞机制造所需的所有技术领域。

1.4 C919 工艺规范体系

C919飞机有约460项工艺规范(CPS),涵盖了装配技术、连接技术、切削加工技术、成形技术、热加工技术、表面处理技术、复合材料制件制造和非金属材料成形技术、检验检测技术、产品保护和标识技术9个专业。每份工艺规范的正文由范围、引用文件、材料控制、设备控制、定义、技术要求、制造程序/说明、维护控制和质量控制9个章节构成。

1.5 国家军用标准(GJB)、航空行业标准(HB)

国内现行或在编在修的国军标、航标涉及制造工艺的约有640余项,已经基本形成体系,但由于以前主要是为军机研制服务的,虽然大部分技术可以共用、通用,但在技术指标、操作方法等方面与民用飞机研制还有很多差异。大多标准编制于1995年前后,标准的平均使用周期超过了20年。而这20年,民用飞机制造技术飞速发展,大多数工艺随着数字化技术应用和设备的改进有了大幅度提高,现行国军标和航标技术要求大多低于民用飞机研制的实际技术水平,与新技术使用发展方向差距较大。并且民用飞机研制必须要符合适航要求,每种工艺制造方法必须通过工艺验证试验予以

确认并获得适航审查部门的批准。

1.6 工艺标准对比分析

(1) 现行国军标和航空行业工艺标准不能完全适应民用飞机制造与适航要求,在技术要求与文件数量上差距较大。

(2) 目前,我国掌握的国外工艺标准基本来源于转包生产,主要是波音公司的工艺规范BAC和空中客车集团的工艺规范AIPS/ADET等。

转包项目范围较窄,仅仅涉及某个部件生产制造时所用的工艺规范,并且随着转包项目的停止而难以跟踪,所以不能反映国外先进工艺规范的整体情况和技术进展。

(3) ZPS、CPS等国内民用飞机工艺规范体系大都为固定机型“量身定制”,只能满足特定飞机要求。

(4) 新工艺、新材料是适航审定的重点工作,如高效/高速数控加工技术、复合材料等新材料加工技术、电磁铆接等新型连接技术和装配自动化检测技术。各种系列的工艺规范在新工艺、新材料应用方面,处在低潮期,甚至存在一定的技术缺陷。

(5) 工艺管理和工艺基础的标准一般不纳入工艺规范标准体系,而是纳入企业的管理程序体系中。

(6) 通用飞机领域还没有比较完整的工艺规范体系。飞机的设计、制造特点可以借鉴国内外工艺标准体系建设的经验,建立既能满足适航要求,又能满足现代企业生产、体现先进技术、固化科研成果的国产通用飞机工艺规范体系。

2 通用飞机工艺规范体系内容

2.1 参考原则

通用飞机工艺规范体系结构的搭建可以借鉴国内民用飞机工艺规范体系结构搭建的经验,工艺规范体系专业内容范围基本相同,一般包括装配、连接、机械加工、钣金成形、热加工、表面处理、非金属成形、检测检验、标识保护等。由于各机型设计、制造都有其特殊性,大部分专业包含小类别,如连接技术中的自动钻铆、机械加工中的钛合金加工等。

在工艺规范体系建设上,技术资料的借鉴工作不是完全照搬,而且还要有一定的参考原则,按照制造原则、质量要求、适航法规,以下几条可以参考使用:

(1) 当飞机制造选用材料相当、适航要求相近时,可以参考某一工艺规范体系框架开展工艺规范编制工作。

(2) 参考工艺规范文件必须遵循等效质量控制标准、等效产品验收标准、等效工艺过程控制项目、等效材料性能的

标准。

(3) 参考经生产实践考核成熟的技术文件。

(4) 参考国内外有效的新工艺技术成果。

2.2 通用飞机工艺规范体系结构搭建

2.2.1 选材对通用飞机制造的影响

复合材料在飞机结构中的用量越来越多,波音 787 飞机达到了 50%,A350 达到了 53%^[3]。对于轻型通用飞机,有些采用全复合材料机体结构,如钻石公司研制的 DA-40/42、中航通飞华南飞机工业有限公司的 AG300、SR2X 等。但很多通用飞机上的金属零件所占比例很高,如捷克 EVEKOR-AEROTECHNIKAS 公司研制的 EA97 超轻型飞机全金属飞机、哈尔滨飞机工业集团有限责任公司研制的水上飞机 SH5 (水轰 5) 等^[4]。

综上所述,通用飞机材料选用以复合材料和金属材料为主。不同材料决定不同制造工艺,如果飞机选材以复合材料为主,易于整体成型,可大大减少紧固件和零件的数量,简化工序,部件装配的工作量就比较小,对应的装配工艺就以总装为主;如果飞机选材以金属材料为主,零部件的生产工作量会增大。由于复合材料在通用飞机使用量越来越大,所以在工艺规范专业分类时,应该明显体现出飞机选材、制造工艺的特点,故本文将装配工艺专业分为总装工艺、连接技术两大类。

2.2.2 通用飞机工艺规范体系构架

虽然通用飞机材料选用体系不尽相同,甚至差别很大,制造工艺亦各有特点,但是工艺规范体系专业内容范围基本相同,也包括总装工艺、连接技术、机械加工、金属零件成形、热处理工艺、表面处理工艺、非金属零件成形、检测与检验、产品标识保护等 9 个专业。一般来说,飞机维护、试飞专业、工装制造及其检测不包含在工艺规范体系中,通常采用操作程序 / 工艺规程的工艺文件形式。

由于各机型的设计、制造特点不同,新工艺、新材料选用程度不同,故工艺规范各专业细分有所不同,如自动钻铆技术、钛合金的应用,只有产品制造过程选用了这种新工艺、新材料,在连接技术、机械加工专业分类中才分别含有自动钻铆技术、钛合金的加工。通过借鉴国内外民用飞机工艺规范体系建设的经验,构建出通用飞机工艺规范体系构架图,如图 1 所示。图 2 为 5 座单发涡桨轻型公务机 AG300 飞机的工艺规范体系构架图。

综上所述,对于一个新机型工艺规范体系内容来说,在保证专业大类不缺失的情况下,根据飞机的制造特点,将大专业细分为若干小类专业,即可搭建出完整的工艺规范体系结构。

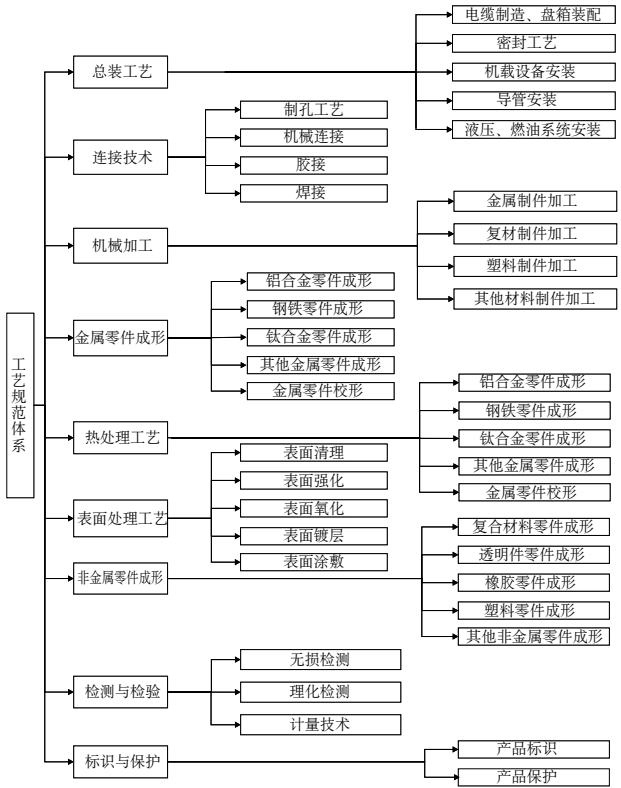


图 1 通用飞机工艺规范体系构架图

Fig.1 Architecture diagram of general aircraft process specifications system

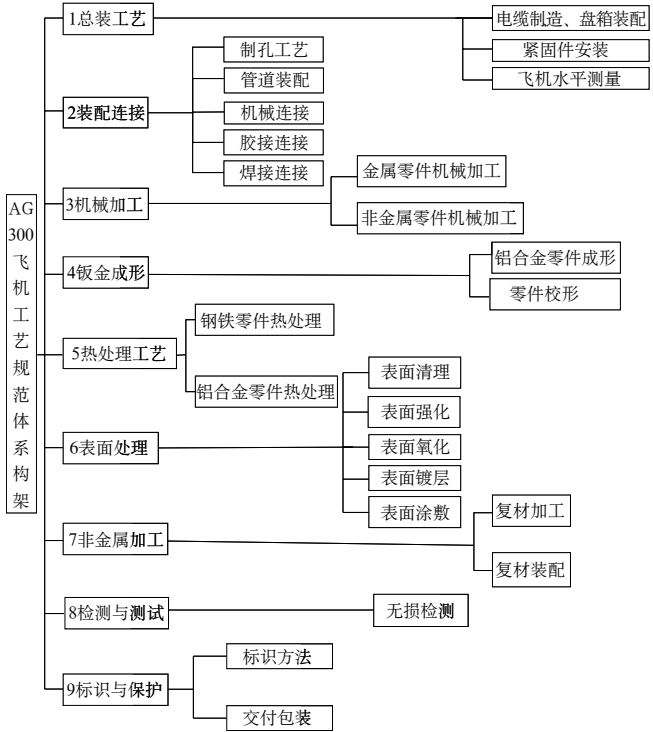


图 2 AG300 飞机工艺规范体系结构图

Fig.2 Architecture diagram of process specifications system for AG300 aircraft

3 工艺规范体系建设工作程序

根据国内民用飞机工艺规范体系建设的工作经验,以及国内现有通用飞机工艺规范体系建设工作的进展,总结出通用飞机工艺规范体系建设的一般工作程序,如图3所示。

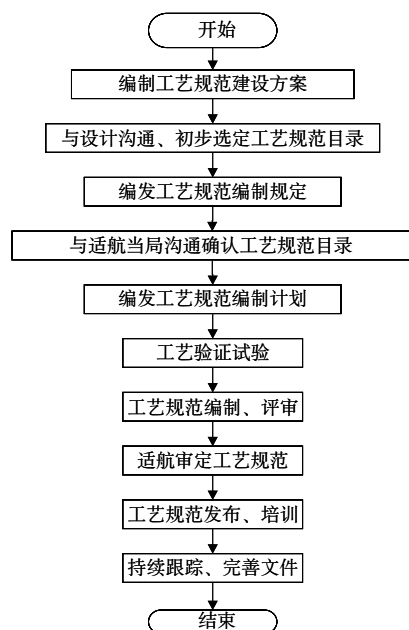


图3 工艺规范体系建设工作流程

Fig.3 Workflow of process specifications system construction

(1) 编制工艺规范体系建设方案

一个完整的体系建设方案应包括体系建设目标、建设原则、体系内容、组织形式及职责、时间节点等几个方面的内容。对于国内主机厂所,在工艺规范体系建设之初并没有编制建设方案,但是作为整个体系建设的策划、指导文件,编制并发布此文件还是非常必要的。

(2) 与设计沟通、初步选定工艺规范目录

工艺规范目录的梳理工作是一项长期而又艰巨的任务,也标志着工艺规范体系建设工作的正式展开。因此,要与设计部门充分协调梳理出比较确定的工艺规范目录,继而开展后续适航当局目录确认等工作。

工艺规范属于工程文件范畴,源头在于设计的选用,因此,设计部门要提前与工艺部门协调此项工作的时间节点,为保证型号研制、工艺规范体系建设正常开展奠定基础。

(3) 编发工艺规范编制规定

工艺规范编制规定是指导工艺规范编制、审批和发布的基础性文件,必须在工艺规范开始编制前完成发布和培训工作。

(4) 与适航当局沟通确认工艺规范目录

将初选工艺规范目录提交适航当局进行确认,根据适

航当局提出的意见对工艺规范目录进行完善,并与适航当局沟通需要适航当局审批的工艺规范及相应的工艺验证的试验项目。

(5) 编发工艺规范编制计划

根据适航当局确认的工艺规范目录,结合型号研制进度和工艺规范的紧急程度制定详细的工艺规范编制计划,指导工艺规范主管部门组织开展工艺规范的编制工作。

(6) 工艺验证试验

根据工艺规范新技术、新材料的应用情况,确定工艺验证试验项目清单,主管单位需要编制试验大纲,经局方批准后组织开展工艺验证试验,并做好原始记录。部分需要适航部门目击的工艺试验需邀请适航检查代表参加,局方目击验证合格后,编写验证报告报批准。

(7) 工艺规范编制、评审

工艺规范主管单位需要组织相关专业技术专家和使用单位代表对工艺规范进行评审,必要时需要邀请适航审查代表参加。

(8) 适航审定工艺规范

主制造商将需要适航当局审批的工艺规范(含编制说明、相关试验材料)提交适航当局审定,并根据适航当局的意见,提交补充材料。

适航审定是飞机研制的重要工作,是型号成功的核心工作,必须按照适航条例要求开展工作。

(9) 工艺规范发布、培训

工艺规范发布后,根据需要组织对工艺规范使用人员进行培训。

(10) 持续跟踪、完善文件

根据设计更改、技术更新、生产实践的验证,完善工艺规范文件,保持工艺规范的先进性、有效性、完整性。更完善的工艺规范必须重新经局方审定批准,才能投入生产应用。

4 结束语

本文在借鉴国内外工艺规范体系建设工作经验基础上,结合个人从事工艺规范体系建设工作的体会,初步构建了通用飞机工艺规范体系结构图以及一般工作流程。所形成的工艺规范体系结构框架内容比较完整,涵盖了飞机制造涉及的各个专业,体系建设的工作流程比较清晰、完整。上述工艺规范体系构架及工作思路,已在中航通飞华南飞机工

业有限公司某轻型公务机研制中得到初步应用,但仍需要在今后的生产实践中予以进一步验证和完善。

AST

参考文献

- [1] 毕国榭. 航空工业标准化基础 [M]. 北京: 航空工业出版社, 2002.
- BI Guoxuan. Aviation industry standardization foundation[M]. Beijing: Aviation Industry Press, 2002. (in Chinese)
- [2] 陈洁. 大型商用飞机工艺规范体系构建 [J]. 航空制造技术, 2012 (22): 32-35.
- CHEN Jie. Establishment of large commercial aircraft process specification system [J]. Aeronautical Manufacturing Technology, 2012 (22): 32-35. (in Chinese)
- [3] 党举红, 郭兆电. 我国大型民用飞机总体技术突破方向研究 [J].

航空制造技术, 2013 (4): 26-31.

DANG Juhong, GUO Zaodian. Research on breakthrough of our large civil aircraft concept and preliminary design [J]. Aeronautical Manufacturing Technology, 2013 (4): 26-31. (in Chinese)

- [4] 胡问鸣. 通用飞机 [M]. 北京: 航空工业出版社, 2008.

HU Wenming. General aircraft [M]. Beijing: Aviation Industry Press, 2008. (in Chinese)

作者简介

樊福霞 (1986—) 女, 硕士, 工程师。主要研究方向: 主要从事飞机装配、技术标准体系建设及项目技术管理工作。

Tel: 0756-39755141

E-mail: fanfuxia0923@163.com

Research on Establishment of General Aircraft Process Specification System

FAN Fuxia*, YE Cong, XU Min

AVIC General Huanan Aircraft Industry Co., Ltd., Zhuhai 519040, China

Abstract: Manufacturing process specifications with standardized, scientific and systematized are not only significant to guarantee qualified aviation product, but also one of airworthiness certification items judged by CAAC. After analyzing technological base of process specification system construction in and out of China, material choosing and technical characteristics of general aircraft and experience of process specifications system construction, the paper extracted, concluded and summary architecture diagram and working idea of process specification system applying to general aircraft. This paper has certain guiding significance to process specification system construction of the new research general aircraft.

Key Words: general aircraft; manufacturing process specification; system construction; ARJ21; C919

Received: 2017-01-17; Revised: 2017-02-06 Accepted: 2017-02-15

*Corresponding author. Tel.: 0756-7688416 E-mail: fanfuxia0923@163.com