

飞机制造工艺技术分类管理框架的搭建浅析

回艳*, 童璨瑜, 刘欢欢

中航通飞华南飞机工业有限公司 广东珠海

【摘要】通过对传统飞机制造工艺技术管理模式和标准体系的分析,结合大型灭火/水上救援水陆两栖飞机全机工艺规范的工艺技术分类管理框架,分析介绍了分类分级框架搭建方法、意义和应用,并对工艺技术分类管理提升挑战和展望进行了阐述。通过飞机制造工艺技术分类管理框架的搭建,可以在型号工艺技术应用成熟度、可扩展性、可预研性、工艺技术标准化以及供应商扩源和精益制造管理方面有所提升,进一步推动大飞机机体结构和机载设备制造向智能化、集约化、标准化发展。

【关键词】飞机; 制造; 工艺技术; 分类; 管理

【收稿日期】2026 年 3 月 12 日

【出刊日期】2026 年 4 月 15 日

【DOI】10.12208/j.jer.20260027

Analysis on the construction of the framework for classification management of aircraft manufacturing process technology

Yan Hui*, Canyu Tong, Huanhuan Liu

AVIC General Huanan Air Craft Industry Co., Ltd, Zhuhai, Guangdong

【Abstract】 Through the analysis of the traditional aircraft manufacturing process technology classification management model and standard system, combined with the process technology classification management framework of the full-configuration process specifications for AG600. This paper analyzes and introduces the methods, significance and application of the establishment of the management. Through the establishment of the aircraft manufacturing process technology classification management framework, it is expected to achieve improvements in the maturity of process technology application in models, scalability, pre-research ability, standardization of process technology, and expansion of suppliers and learn manufacturing management, further promoting the development of large aircraft body structure and onboard equipment manufacturing towards intelligence, intensification, and standardization.

【Keywords】 Aircraft; Manufacturing; Process technology; Classification; Management

航空制造行业是贯穿材料、飞机制造、飞机运营等产业的高科技行业,1951年《关于航空工业建设的决定》的颁布,标志着我国航空制造业的正式诞生^[1]。经过七十多年的发展,我国航空制造业逐步形成了专业门类齐全、科研、试验、生产、试飞、运营相配套的高科技航空制造体系。在国内民用航空制造领域,大型飞机是大国重器,是支撑国民经济发展、保障领土完整的战略性装备。航空工业和中国商飞两大央企在国产民用大飞机AG600和C919的成功取证实践过程中,逐步形成了成熟的主-供模式下,发挥航空工业集团制造优势,联合地方企业、航空高校、科研院所等广泛参与的航空制造产业格局^[2]。AG600飞机是按照CCAR-25

部《运输类飞机适航标准》进行适航审查^[3],并在2025年取得TC证和PC证。众所周知,适航审定对于民用飞机的研制至关重要,是其商业成功的前提^[4]。民机工程验证试验是检验新研民机结构和制造工艺是否满足设计要求最有效的方法^[5-10]。

在飞机研制过程中,为满足多厂所协同研制管理需求,全面应用设计制造数字化技术、提升大飞机生产制造管理水平、推动智能制造在航空制造中的应用普及,一直是航空人不断追求的目标。而飞机制造工艺技术标准化是推行制造数字化、提升生产制造管理水平、推动智能制造的重要基础,是降低型号研制成本的重要途径。工艺标准化是根据企业的生产特点,运用标准化的

*通讯作者: 回艳(1982-)女,本科,高级工程师,研究方向:民机工艺规范管理及适航。

手段把产品的工艺过程、操作方法及加工的工艺要求等进行统一和规范,通过提高工艺文件质量、缩短工艺文件编制周期、加强工艺科学管理来提高产品质量和降低成本的一系列活动^[1]。

1 飞机工艺技术分类管理框架的搭建背景

1.1 飞机工艺技术分类管理理论基础

飞机制造工艺标准化是提升行业整体效能的基石,其核心在于框架构建的系统化。这一过程并非简单的条目罗列,而是深度融合了知识管理从理论到实践的转化。知识管理理论强调知识的获取、存储、共享与创新,在飞机制造领域,这意味着要将分散的、隐性的工艺经验,通过系统化框架转化为可查询、可复用的显性知识资产。模块化设计理念为此提供了关键的结构支撑,它将复杂的飞机产品分解为相对独立的功能模块,相应地,工艺技术分类框架也应围绕这些模块进行层级化、体系化构建。这种以模块化为导向的分类,不仅使工艺知识的管理逻辑更清晰,也确保了设计与制造环节的高度协同,使得知识管理真正从理论概念落地为驱动生产实践的有效工具,为实现真正的工艺标准化奠定了坚实基础。

1.2 传统的飞机制造工艺技术管理模式

传统的飞机制造工艺技术管理模式是主-供模式下按产品进行分类的管理模式。飞机的主要组成部分一般分为发动机、机体结构、起落架、机载设备/机载系统、材料、标准件、电子元器件等。发动机通常为单独取证产品,主机单位无需介入其制造过程管理。主机单位往往更侧重于对飞机结构和系统零件的制造工艺技术的管理。

传统的飞机制造管理模式兼具利弊,优点是机体结构和起落架制造主机统一管理,管理协调更简单可行,在主机单位工艺技术管理人员和精力有限的情况下,突出重点的管理可以加快型号研制进程。缺点是,主机厂的工艺人员专业设置不能完全覆盖机载设备/机载系统,主机单位对机载设备/机载系统的制造管理普遍有待提高。

1.3 传统的飞机制造工艺技术标准体系

对传统的飞机制造工艺技术标准体系进行全面的、立体的分析,可以帮助我们更快速和科学的搭建飞机工艺技术分类管理框架。目前,很多航空企业和研究院所开展了航空制造知识图谱的研究,但是,航空制造知识图谱对于知识的精度和深度要求较高,换句话说,航空制造知识图谱要求具有更细的知识粒度,知识粒度代表着基本知识单元的大小^[12]。民机型号在科研过程

中,发展到一定阶段会形成型号专有的技术体系,但是型号专有技术体系的颗粒度一般都还在某项技术或某种工艺层级,技术体系框架的颗粒度还没有细化到具体的技术标准和设计要求,难以支持知识图谱形成和智能化制造。因此,人们更倾向于将目光集中在那些稀缺材料或设备、高难度加工制造方法、耗时长且高成本的工艺技术。而广泛的一般工艺的技术提升、验收指标交叉重叠的改进、技术管理多重性改善则变成了工艺技术管理的薄弱区域。

AG600 飞机工艺规范体系是在 C919 工艺规范体系基础上建立的,节省了大量的管理和验证成本,缩短了研制周期。但是,这种模式下也存在不足:主机型号工艺规范只覆盖了机体结构部分,机载设备/机载系统制造商采用自编工艺规范,且由于制造单位数量众多,带来的问题就是工艺技术种类多、工艺标准多、验收要求多。主机单位在型号整体工艺技术管理中难下手、难统一、难协调。

2 飞机工艺技术分类管理框架的搭建

随着航空制造业的信息化、智能化水平越来越高,对传统工艺技术标准体系的向下拓展和延伸显得尤为重要。在 AG600 飞机制造管理过程中,为了实现设计制造数字化技术、提升飞机生产制造管理水平、推动智能制造,初步定义为三步走战略:第一步,搭建工艺技术分类管理框架,形成工艺技术体系;第二步,优化工艺技术,并进行标准化提升工程;第三步,形成完整的飞机制造工艺体系和重点工艺的精益制造管理体系。解析 AG600 飞机工艺技术标准,按照三个层级进行分类,初步搭建了工艺技术分类管理框架。

2.1 飞机制造工艺技术一级分类-工艺大类

AG600 飞机工艺规范按照工艺技术专业划分,一共分为 9 个工艺大类: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、复合材料制造和非金属材料成形技术、检验检测技术和产品保护和标识技术。9 个工艺大类的分类基本上覆盖了除发动机、螺旋桨、材料以外的所有飞机产品的制造工艺技术,可以更好的对飞机制造整个工艺技术体系的框架进行构建。

2.2 飞机制造工艺技术二级分类-工艺小类

在 9 个工艺大类的基础上,按照专业再进行二级分类:工艺小类,9 个工艺大类下的工艺小类划分如下:

1) 装配技术

装配技术工艺大类下的工艺小类可分为:密封技术、电缆装配技术、内饰安装技术、机械设备装配技术、

机械结构安装技术、电子元器件装配技术和燃油及液压装配技术。

2) 连接技术

连接技术工艺大类下的工艺小类可分为：粘接技术、胶接技术、焊接技术、轴承安装技术、紧固件安装技术和结构加工连接技术。

3) 切削加工技术

切削加工技术工艺大类下的工艺小类可分为：金属制件机械加工技术、塑料制件机械加工技术、橡胶制件机械加工技术、复材制件的加工技术、滚制螺纹和圆

角的加工技术和其他非金属材料的机械加工技术。

4) 成形技术

成形技术工艺大类下的工艺小类可分为：金属零件成形通用方法和技术、铝合金的成形技术、钢的成形技术、钛的成形技术、增材制造技术、金属粉末成形技术、弹簧类零件加工成形技术和系统支架管的加工成形技术。

5) 热加工技术

热加工技术工艺大类下的工艺小类主要包含各类材料的热处理，具体示例见图 1。

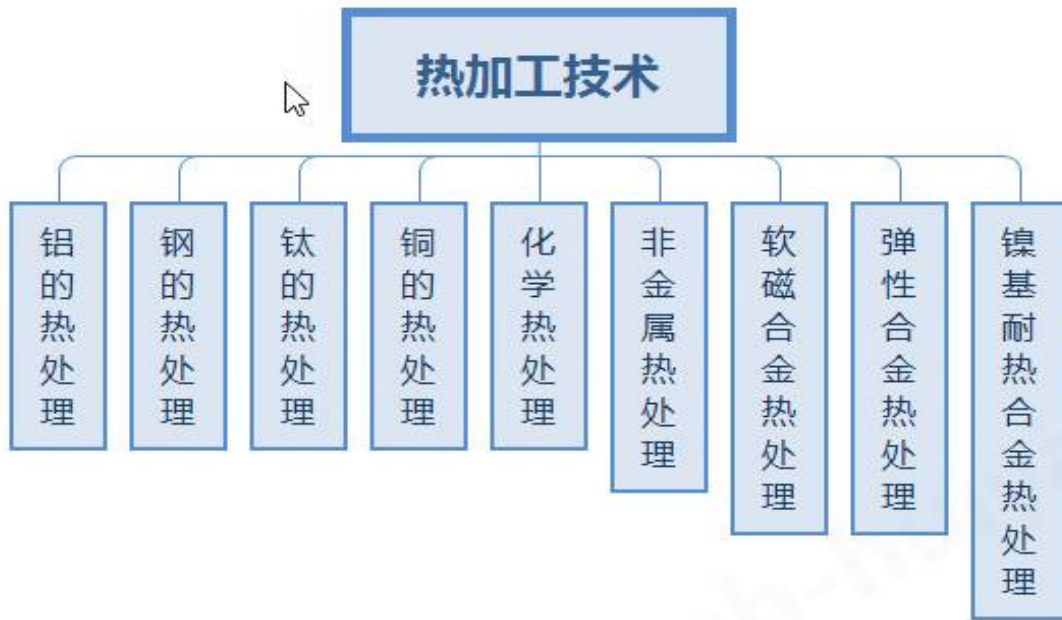


图 1 热加工技术二级分类示意图

6) 表面处理技术

表面处理技术工艺大类下的工艺小类可分为：预处理、金属表面转化膜处理、镀层技术、化学铣切技术、表面强化技术、涂层涂覆技术和表面修复技术。

7) 复合材料制造和非金属材料成形技术

复合材料制造和非金属材料成形技术工艺大类下的工艺小类可分为：复材制造技术、复材制造设备要求和非金属零件制造技术。

8) 检验检测技术

检验检测技术工艺大类下的工艺小类可分为：高温测量技术、无损检测技术、入场验收、现场检验、压力测试技术、硬度计电导率测试技术、化学检查、铸锻件检验技术和清洁度检测技术。

9) 产品保护和标识技术

产品保护和标识技术工艺大类下的工艺小类可分为：标识技术、保护技术、标牌制造技术和温度指示材料应用技术。

以上工艺小类的划分基本上与航空产品制造主管技术部门的对应专业项关联，划分二级分类的最大优点是可以按照工艺小类进行模块划分，可以协调并关联主机与制造商的工艺管理部门及人员。

2.3 飞机制造工艺技术三级分类-工艺子类

对于飞机制造工艺技术二级分类-工艺小类中的技术，如果已经是颗粒度比较细的专业分类，可以不再扩展第三级工艺分类：工艺子类。第三级工艺分类-工艺子类中比较常见的可进一步细化的专业，工艺子类划分示例见表 1。

通过工艺大类、工艺小类、工艺子类的框架搭建，

工艺技术体系框架基本成形。在工艺大类、工艺小类、工艺子类的基础上, 对型号制造的所有工艺技术文件按照三级分类进行分门别类的汇总整理。通过这种分类整理可以对整个型号的工艺技术体系进行全盘统筹, 可以分专业、模块化推进工艺技术标准化。

3 飞机工艺技术分类管理框架的扩充与应用实例

以AG600飞机为例, 型号制造工艺规范 2362 份, 覆盖了全机机体结构、起落架、透明件、机载设备/机载系统等产品。按照工艺技术分类管理框架进行统筹管理, 在专业化技术管理和技术提升改进、标准统一、

供应商扩源和降低管控成本、精益化制造管理提升等方面均将发挥重要的作用。例如, 按照三级分类统计(见表 2), 机体结构工艺规范 312 份, 占比 13.2%; 透明件工艺规范 11 份, 占比 0.4%; 起落架工艺规范 79 份, 占比 3.3%; 定制螺栓制造工艺规范 15 份, 占比 6.3%; 机载设备/机载系统制造工艺规范 1945 份, 占比达到了 69.43%。未来对机载设备/机载系统用到的工艺技术进行重点统筹管理, 可以节省大量的管理成本和验证成本, 缩短研制周期。

表 1 工艺子类划分示例表

		二级分类													
电缆装配工艺	机械设备装配	结构加工工艺	紧固件安装工艺	粘接	胶接	焊接	涂料涂层涂覆工艺	金属表面转化膜处理	镀层技术	预处理工艺	非金属零件制造	无损检测	现场检验	保护	
工艺子类	系列连接器	传感系统	通用要求	特种铆接	金属粘接	结构件的胶接	弧焊	通用要求	铝合金的电化学转化膜处理	镀镉	抛光	内饰件的制造	金属无损检测	现场检验要求	整机储存保护
	特殊连接器	静电放电	制孔工艺	实心铆钉安装	橡胶的粘接	胶粘剂的应用	熔焊	环氧树脂涂料的应用	钢铁表面电化学转化膜处理	镀铜	喷砂处理	塑料层压件的制造	非金属的无损检测	结构专业现场检验	零部件的储存
	电气端子、端头连接	成品	铤窝工艺	螺栓、螺母、螺钉、螺套的安装	泡沫塑料的粘接	插入件的安装	闪光焊	无机涂料的应用	钛合金的表面处理	镀铬	除油	塑料零件的成形	/	系统专业现场检验	金属零件的保护
	电气搭接	安全和逃生	压窝工艺	托板螺母类的安装	热固性塑料的粘接	边缘填充及灌封	电阻焊、点焊/缝焊	聚氨酯树脂涂料的应用	铜合金的表面处理	镀镍	浸蚀	泡沫零件的成形	/	动力专业现场检验	非金属零件的保护
	线束制造与安装	空中用气	孔强化工艺	复材结构紧固件的安装	热塑性塑料的粘接	/	钎焊	热喷涂涂层工艺	铝合金的化学转化膜处理	镀锡	清洗	玻璃及观察窗组件	/	航电专业现场检验	零件的包装、标识
	线束保护	盥洗	/	紧固件的修饰/修整	织物的粘接	/	波峰焊	防腐抑制剂的应用	不锈钢的化学转化膜处理	镀银	去毛刺	橡胶件的制造、安装保护	/	/	其他

表 2 AG600 飞机工艺文件分布统计表

工艺文件分类	工艺文件数量	生产单位数量	占比
机体结构	312	52	13.2%
起落架	79	1	3.3%
透明件	11	1	0.4%
定制螺栓	15	1	6.3%
机载设备/机载系统	1945	274	69.43%

按照专业划分, 钢的热处理工艺规范 255 份, 占比 9.0%, 铝合金电化学转换膜处理工艺规范 141 份, 占比 5.0%, 成品装配工艺规范 108 份, 占比 3.8%; 电子元

器件安装工艺规范 87 份, 占比 3.1%; 线束制造与安装工艺规范 84 份, 占比 3.0%; 标牌制造工艺规范 1 份, 占比<0.1%; 钛的成形工艺规范 1 份, 占比<0.1%; 铈

窝工艺规范 1 份, 占比<0.1%。由以上数据可以看出, 在建立的工艺技术分类管理框架的基础上, 对型号工艺技术进行分类、统计和分析, 可以更客观和直观地发现工艺技术在型号中的应用情况, 对后续的工艺管理提升工作提供方向和支持。在后续工艺管理过程中, 统一标准, 减少特种工艺种类, 可以有效降低制造成本。

4 结束语

工艺技术分类管理框架有利于对分级分类后的工艺数据进行统计和分析, 可以帮助工艺人员充分分析型号工艺技术应用的成熟度、可扩展性和预研方向, 成为实现知识智能应用的关键一步。框架中的分类节点与具体的工艺参数、设备资源、质量案例等实体进行关联, 形成一张可视化的知识网络。在 AG600 飞机研制中, 工艺知识图谱的应用取得了显著成功。这一成功实践验证了飞机工艺技术分类管理框架的有效性。框架的提升与应用, 其意义远超效率优化, 它为构建企业级乃至行业级的工艺知识库、推动航空制造业的数字化转型、实现经验传承与持续创新提供了核心引擎, 未来展望在于构建一个能够自我学习、动态演化的智慧工艺管理体系, 更好的融入智能制造、数字孪生等新维度的工艺技术。通过飞机工艺技术分类管理体系建设, 可以为工艺技术标准化提升和型号管理提升奠定良好的基础, 可以有重点的在供应商扩源、降本提效和精益制造等方面进一步发力, 可以进一步推动飞机产品制造更好的向智能化、集约化、标准化发展。

参考文献

- [1] 陈银. 2024 年中国航空制造行业发展现状及趋势分析[J]. 华经观点, 2024,10.
- [2] 盛永清,王浩军,陈素明.MA700 飞机用工艺规范适航审查方法实践.[J].中国设备工程,2020(01):236-237.
- [3] 中国民用航空局.CCAR-25 运输类飞机适航标准 [M]. 北京:中国民用航空局,2011,58.
- [4] 王志超. 民用飞机防火系统研究[J].民用飞机设计与研

究.2011,(3):11-13,27.

- [5] 王海.何月洲.李翰.穆家琛.民机工程验证试验的制造符合性检查[J].工程与试验.2019,(12):1-2,58.
- [6] COMMISSION DELEGATED REGULATION(EU) No134/2014 of 16 December 2013, supplementing Regulation (EU) No168/2013 of the European Parliament and of the Council with regard to environmental and propulsion unit performance requirements and amending annex V thereof,02014R0134-EN-16.10.2016-001.001-1.
- [7] AGREEMENT CONCERNING THE ESTABLISHING OF GLOBAL TECHNICAL REGULATIONS FOR WHEELED VEHICLES, EQUIPMENT AND PARTS WHICH CAN BE FITTED AND/OR BE USED ON WHEELED VEHICLES, ECE/TRANS/180/Add.2/Appendix1, 2004-12-18.
- [8] Jiun - Horng Tsai,Hung-Lung Chang,Yi-Chun Hsuec.Development of a local real world driving-cycle for motorcycles for emission factor measurements, Atmospheric Environment39(2005)6631-6641.
- [9] Nesamani,K.S.,& Subramanian, K.P. Development of a driving cycle for intra-Saleh city buses in Chennai, India[J].Atmospheric Environment,45(2011),5469-5476.
- [10] 刘鑫. 民机机载电子产品制造符合性检查管理过程研究[J].无线互联科技.2020,4.
- [11] 赵莉.董琼.陈政伯.浅谈工艺标准化与产品可制造性的提升[J].航天标准化.2019,3.
- [12] 邱凌,等. 航空制造知识图谱构建研究综述 [J].计算机应用研究., 2022,39(4):968-977.

版权声明: ©2026 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



OPEN ACCESS