

文章编号: 1674-8190(XXXX)XX-001-07

民用飞机产品分类研究

李慧颖¹, 吴华², 熊俊¹, 孟旭³

(1. 中国商用飞机有限责任公司 系统工程与项目管理部, 上海 200126)

(2. 上海航空工业集团有限责任公司 标准化部, 上海 200126)

(3. 上海飞机设计研究院 构型管理中心, 上海 200126)

摘要: 民用飞机承载的零部件种类繁多、数量庞大, 需要对飞机产品进行明确的分类, 才能建立高效的飞机产品全生命周期技术管控机制。采用系统工程方法识别飞机产品分类相关利益攸关方, 在分析总结关键利益攸关方需求的基础上, 提出一种适用于民用飞机领域的基于产品来源的产品分类方案以及用以区分定制件和设备的判定准则, 实现对民用飞机产品进行统一、规范及多维度的分类和定义, 对某型号飞机产品分类案例进行验证。结果表明: 基于产品来源的民用飞机分类方案, 便于设计人员在实际工作中快速判定产品类别, 保证产品分类的准确性和有效性, 为民用飞机产品设计和技术管理提供了基础, 较好地满足了民用飞机项目应用需求。

关键词: 民用飞机; 产品分类; 成品件; 标准件; 组件; 设备

中图分类号: V221+.91

DOI: 10.16615/j.cnki.1674-8190.XXXX.XX.01

文献标识码: A

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Research on Product Classification of Civil Aircraft

LI Huiying¹, WU Hua², XIONG Jun¹, MENG Xu³

(1. System Engineering & Program Management Department, Commercial Aircraft

Corporation of China, Ltd., Shanghai 200126, China)

(2. Standardization Department, Shanghai Aviation Industry Group Co.Ltd, Shanghai 200126, China)

(3. Configuration Management Center, Shanghai Aircraft Design and Research Institute, Shanghai 200126, China)

Abstract: Civil aircraft is assembled by various and a large number of parts and components, which requires a clear classification of aircraft products in order to establish an efficient technology control mechanism throughout the whole lifecycle. The system engineering methodology is adopted to identify the stakeholders of aircraft products. On the basis of analyzing and summarizing the demand of key stakeholders, a source-based civil aircraft product classification solution and criteria is proposed, which is suitable to distinguish specified parts from equipment. The unified, standardized and multi-dimensional civil aircraft product classification and definition is realized. The case of a certain type aircraft product classification is verified. The results show that the proposed source-based civil aircraft product classification solution is convenient for engineers to quickly determine product categories in practical work, can ensure the accuracy and effectiveness of product classification, and provides a basis for civil aircraft product design and technical management, and satisfies the application requirements of civil aircraft projects.

Key words: civil aircraft; product classification; standard parts; assemblies; equipment

收稿日期: 2022-05-29; 修回日期: 2022-10-28

通信作者: 李慧颖, lihuiying@comac.cc

引用格式: 李慧颖, 吴华, 熊俊, 等. 民用飞机产品分类研究[J]. 航空工程进展, XXXX, XX(XX): 1-7.

LI Huiying, WU Hua, XIONG Jun, et al. Research on Product Classification of Civil Aircraft[J]. Advances in Aeronautical Science and Engineering, XXXX, XX(XX): 1-7. (in Chinese)

0 引言

产品类别的统一、规范是开展设计和定义的前提。飞机由数以百万计的大组件、模块、设备和零部件等组成^[1-2],各层级产品数量庞大,类型庞杂,只有建立合理的飞机产品分类方法,才能将海量的零部件和设备进行有序高效的管理,同时节约成本。

空客公司按照产品组成进行分类^[3-4],主要包括:构造组件/装配单元(Constituent Assemblies)、组件、基本件(Elementary Parts)、定制件(Specified Item)、设备和标准件,针对每种产品类别给出明确定义。例如,定制件是由主机所发布标准规范,外部供应商负责详细定义、设计和完整开发(制造、测试)的项目。主机所通过质量鉴定过程对供应商交付的产品进行控制。常见定制件有:杆、轴承、电缆、橡皮、封条和泡沫等。机载设备的重要特征是可以执行特定的功能,与定制件类似,主机所负责发布设备规范,系统或设备供应商负责详细定义、设计和完整开发(制造、测试)。波音公司与空客公司类似^[4],除此之外,还定义了自制件^[5]/专有件(Proprietary item)的类别。这种产品分类方式更加符合民用飞机的实际应用场景,但是国外民机项目的管控机制和环境与国内存在诸多不同,难以直接使用,因此需要根据国内实际情况,结合各利益攸关方的需求,定义更加符合国内民机现状的产品分类方案。

国内飞机产品主要从产品的功能特性、物理特性、标准化特性、物料清单及维修过程等进行分类^[6-8]。从产品本身的特性出发进行分类,在实际的民用飞机管控中存在诸多不便,难以将民用飞机复杂多样的产品都囊括在内。在某型飞机研制及批产过程中没有统一的产品分类标准,有的按功能划分,有的按来源划分,有的按产品规模和重要性划分。随着型号新需求的出现,又产生了颜色件^[9]、本色件、专利件、规范控制件等说法,不同类型的产品混杂在一起,其属性及数据定义不清晰,设计员按照各自的理解进行产品归类,导致工程设计输出文件不统一、产品定义不完整,供应商交付数据缺失等问题,影响飞机构型定义^[10]完整性及适航取证等工作的开展。另外,国内对于机载设备^[11]或成品件未有统一术语定义,将机载设备称为成品件成为习惯性说法。

本文采用系统工程方法识别关键利益攸关方,并对利益攸关方需求进行分析研究,基于利益攸关方需求和民用飞机研制和批生产实际情况,提出一种产品分类方案和定制件/设备判定准则,并以某型号飞机为例进行案例分析和验证,以期为民用飞机全生命周期技术管理提供基础。

1 产品分类需求分析

1.1 识别利益攸关方

系统工程是一种跨学科的协同方法,能够在全生命周期内整合权衡系统方案,满足利益攸关方期望并获得公众认可^[12-14]。系统工程提供了一种正向设计过程,聚焦于最大限度的满足客户和利益攸关方的需求,强调对全面生命周期中各组成要素的权衡分析,实现全局最优,覆盖民用飞机概念、研制、批生产、运营以及退役各个阶段。在民用飞机研制过程中利益攸关方众多,例如适航、飞标、空管、设计、制造、客服、采购及供应商等。不同的利益攸关方从使用和管理的角度对产品分类的需求各不相同,只有全面捕获各利益攸关方需求,综合考虑各方因素,才能制定出完整的产品分类原则及方案。

本文采用《中国商飞公司系统工程手册》推荐的面向供应链的利益攸关方捕获模型,识别出民用飞机产品分类中的关键利益攸关方,主要包含:局方、设计员、客户服务、供应商、适航管理人员、构型管理人员、产品数据管理人员以及竞争者,具体参如图1所示。通过调查研究及头脑风暴的方法,重点分析适航需求、设计员需求及构型管理需求。

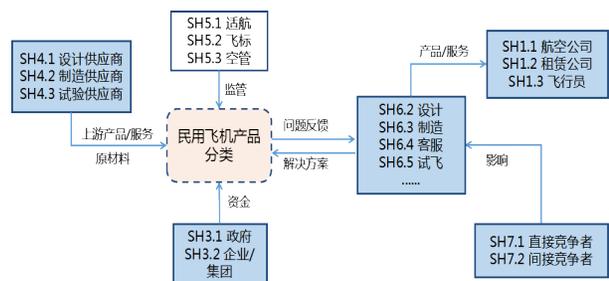


图1 面向供应链的利益攸关方模型

Fig. 1 Supply chain based stakeholder model

1.2 适航需求

适航管理工程师关注产品分类,在项目研制

初期通过合格审定计划规划所负责系统/设备的表明符合性方法,对于不同类的产品给予的关注度和管控手段不同。例如,研制阶段对于“适航标准对其功能有要求的设备”,需通过设备鉴定试验(MOC9: Means of Compliance),同时要确保批产过程中始终按经批准的设计进行生产,任何变更需报主机所进行管控,并按经局方认可的程序按需报局方批准。某型号由于缺乏设备和定制件分类和定义规范,导致其设备清册中包含了设备、设备附件、标准件以及定制件多种类别,从而带来管理过于严格,研制不经济等问题。

1.3 设计员需求

不论是结构工程师,还是系统工程师,工作中无时无刻不与零件打交道。例如,环控工程师负责的产品包括承载系统具体性能的设备,传输气体的管路以及用于设备和管路安装的支架。以往,对于国外供应商产品默认为成品件,要求供应商按照 DO-160 进行设备鉴定,实际上对部分结构性的产品存在过度验证的情况。设计员希望产品分类清晰、明确,特别是针对一些支架、管路或者设备附件等产品有判断准则和依据进行产品归类,同时辅以不同的研制和验证要求,以达到高效设计和勤俭研制的目的。

1.4 构型管理需求

从方便管理构型的角度,构型管理专业需要产品分类的维度是全方面的。例如,从零件、组件、装配、安装的维度进行分类,便于构型管理再标识过程中对不同类别的产品执行换版换号的原则^[15];从结构件、设备、软件等方面进行分类,便于对不同类别的属性进行管理及标识^[16];从货源的角度对规范控制图(Specification Control Drawing: 简称 SCD)件、公司件进行区分,便于匹配多货源构型管理的差异化规则^[17]。另外,还需要对知识产权属性(自制、定制、外购)、标准件属性(是否为标准件)、是否为技术规范规定(Technical Specification Order: 简称 TSO)件、是否为航线可更换单元等属性对产品进行区分,便于利益攸关方根据各自需要查询信息及生成索引。

1.5 利益攸关方需求分析总结

综合分析及权衡上述各利益攸关方需求,最

主要需求可以归纳为3个方面。

(1) 飞机产品组成复杂,急需制定统一、全面的产品分类方案,对产品类别进行清晰、完整的定义,使得相关方可以清楚定位所关注的零部件、设备等位置。

(2) 飞机产品分类需要分层设置,搭建多层次产品分类结构树或矩阵,确保不论从设计、制造、客服、或试飞等角度,对飞机内部各层级产品均可以清楚定位。

(3) 对于难以区分的定制件和设备,需要制定判定准则,辅助利益攸关方对飞机产品进行归类,提高分类准确度。

2 民用飞机产品分类和定义方案

2.1 产品分类方案

本文对组成飞机的物理产品进行分类。考虑到各利益攸关方需求各异,民用飞机项目缺乏统一产品分类规范现状,本文给出分层次的民用飞机产品分类方案,依据飞机产品的来源分为自制件、外购件和标准件三类。其中,自制件按照产品组成大小及复杂度可以向下分解出部段、模块、自制组件、自制设备和零件。外购件按照系统、机体不同用途可以向下分解出外购设备、定制件、外购零件和外购组件,具体如图2所示。这样分类的优点是通用性、扩展性强,可以解决目前民用飞机项目中遇到的大部分产品分类问题,同时便于后续不断优化完善。

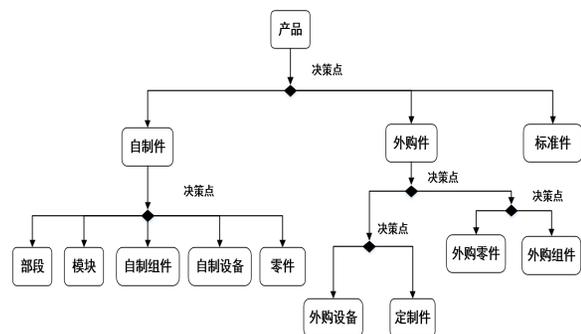


图2 民用飞机产品分类方案

Fig. 2 Civil aircraft product classification solution

于此同时,结合识别利益攸关方使用需求和习惯,尝试给出多维度的产品分类矩阵以便工程师在工作更快、更便捷的对飞机产品进行归类,如表1所示。

表1 多维度产品分类矩阵
Table 1 Multi-dimension product classification matrix

类型	产品来源		
	自制件	成品件	标准件
部段	部段	N/A	N/A
模块	模块	N/A	N/A
组件	自制组件	外购组件	N/A
设备	自制设备	外购设备	N/A
零件	自制零件	定制件外购零件	N/A
标准件	N/A	N/A	标准件

2.2 产品定义

(1) 部段:是指由两个及以上的模块单元装配而成的大装配件。

(2) 模块:是针对飞机产品结构的构成,将飞机产品分解为一个具有独立特性和接口结构的抽象产品结构对象。

(3) 组件:是表示由两个或两个以上零件通过连接件连接而形成的单元。

(4) 零件:是组成机械和机器不可分拆的独立单元,其生产一般不需要装配等工序。

(5) 设备:为一个项目,是飞机系统的一部分,或者是定制模块的一部分,依赖于它的备件等级代码、子组件、带有硬件设备和可能的软件项目。

(6) 定制件:指设计、制造主要由供应商完成,主机所提出接口控制要求并明确部分设计特征的零部件,如规定部分的形状尺寸、加工精度、功能及性能指标等。通常是相对简单的零组件产品。

(7) 标准件^[18]:按照国家(包括外国)标准、国家军用(包括外国)标准、行业及行业协会(包括外国)标准制造、鉴定和验收的通用机械零件或组件。

在民用飞机产品中引入部段类别,满足了构型标识及航材采购等需求,有效解决了此前因缺少部段定义而无法航材采购的问题,通过部段划分使生产工艺规划更加合理,提高生产速率。

2.3 定制件和设备判定方法

在民用飞机具体应用过程中发现,成品件中的定制件和设备较难区分,容易产生混淆,尚且缺乏判定依据,通常由设计员自行判断,容易导致判

断结果有差异。因此制定图3的判定方法,更好指导设计员工作。

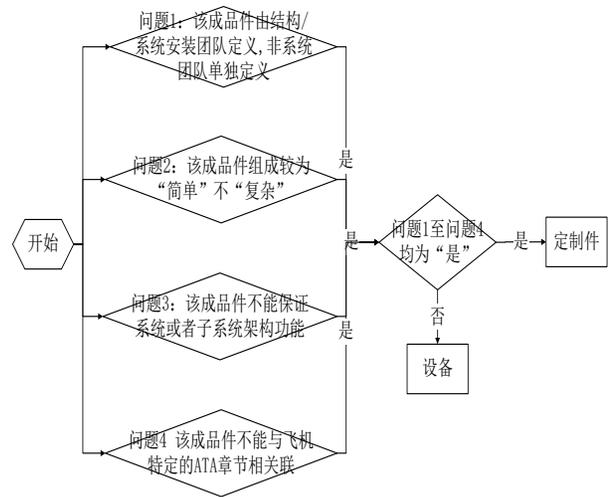


图3 定制件与设备判定方法
Fig. 3 Decision tree of specified part and equipment

3 型号应用案例分析

3.1 型号试点过程

按照民用飞机产品分类方案和设备/定制件判定准则,以某型号飞机液压系统、燃油系统、环控系统、氧气系统和机构专业为例,开展了民用飞机产品分类试点和验证工作。对设备清册进行全面梳理和重新归类,以期解决现存设备、零组件类别混杂,分类不清,管理不便等问题。型号试点过程如图4所示,决策依据为民用飞机产品分类方案和设备/定制件判定准则。自制件主要为结构件,在型号应用中问题较少,因此未包含在此次试点工作范围内。

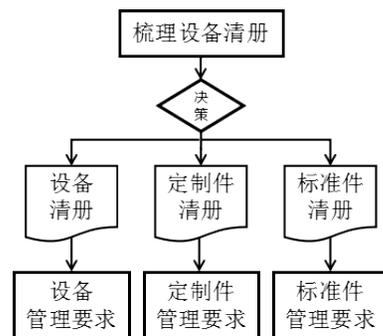


图4 型号试点过程
Fig. 4 Program pilot process

具体过程包括:

(1) 从设备清册中梳理出需按“设备”进行管

理的项目,后续将复查其验证是否充分,供应商相关资料是否齐全。

(2) 从设备清册梳理出定制件,并明确供应商需提交的型号设计资料种类,明确对于供应商的管控要求,形成管理要求和清单纳入定制件清册进行管控。

(3) 从设备清册梳理出供应商“标准件”,通过正式渠道向与供应商确认其是否有额外验证要求,是否可按标准件进行管理。如是,则纳入标准

件清册管理。

3.2 分类结果展示及分析

在未采用分类方案梳理前,供应商提供的外购件统一包含在型号设备清册中,在实际应用过程中因分类不清,带来管理困难。按照民用飞机产品分类方案,将原来混杂在一起的设备、定制件和标准件分层级进行归类,其部分结果如表 2 所示。

表2 设备/定制件/标准件分类结果
Table 2 Equipment/Specified part/Standard part classification table

序号	ATA/层级	中文名称	英文名称	实物件号	供应商	一级分类	二级分类	负责人
1	28	油量测量电缆	Fuel Gauging Harnesses	XXXXXX	XXXXXX	外购件	设备	XXXXXX
2	28	密封直通接头	SEAL_Flareless Coupler	XXXXXX	XXXXXX	外购件	设备	XXXXXX
3	28	转接头		XXXXXX	XXXXXX	外购件	设备	XXXXXX
4	28	垫片	Washer	XXXXXX	XXXXXX	外购件	标准件	XXXXXX
5	28	螺栓	Bolt	XXXXXX	XXXXXX	外购件	标准件	XXXXXX
6	29-14	液压逻辑控制盒	Hydraulic Control Logic Electronics	XXXXXX	XXXXXX	外购件	设备	XXXXXX
7	29-31	能源转换装置压力开关	Power Transfer Unit(PTU)Pressure Switch	XXXXXX	XXXXXX	外购件	设备	XXXXXX
8	36-11	引气温度传感器	SENSOR-TEMPERATURE	XXXXXX	XXXXXX	外购件	设备	XXXXXX
9	36-13	导管	DUCT-FAN AIR PLENUM	XXXXXX	XXXXXX	外购件	设备	XXXXXX
10	36-13	底座	SEAT	XXXXXX	XXXXXX	外购件	定制件	XXXXXX
11	36-13	连接滑套	CONNECTION-SLIDING	XXXXXX	XXXXXX	外购件	定制件	XXXXXX
12	36-13	CBV绝热层	INSULATION	XXXXXX	XXXXXX	外购件	定制件	XXXXXX
13	36-10	中压单向活门	VALVE-NON RETURN	XXXXXX	XXXXXX	外购件	设备	XXXXXX
14	36-13	绝热层	Insulation	XXXXXX	XXXXXX	外购件	定制件	XXXXXX
15	36	连接滑套绝热层	Connection Sliding INSULATION	XXXXXX	XXXXXX	外购件	定制件	XXXXXX

例如,经与供应商确认,垫片、螺栓是按照国家(包括外国)标准、行业及行业协会(包括外国)标准制造、鉴定和验收的通用机械零件,因此判定其归属于标准件,按照标准件管控要求进行管理;对于底座、连接滑套和绝热层,工程师通过判定准

则,回答图 3 所示问题后,判定其为定制件。经梳理,将原有的设备清册根据产品归类不同拆分为设备清册、定制件清册和标准件清册。每本清册管理的产品信息与属性侧重点不同,管理更加清晰与高效,如表 3 所示。

表3 设备/定制件/标准件清册管理要求对比
Table 3 Comparison of management requirement for Equipment/Specified part/Standard part list

产品类别	基本信息			设计规范			图纸/数模		软件信息		接收检验		采购	其他
	ATA	名称	件号	设备规范	定制件规范	标准件规范	二维图号	三维数模	是否含软件	软件标识号	供应商 ATP	接收检验要求	供应商信息	设备鉴定试验
设备	√	√	√	√			√	√	√	√	√	√	√	√
定制件	√	√	√		√		√	√				√	√	
标准件		√	√			√	√	√				√		

对于设备的要求相对较高,需要通过设备鉴定试验证明其符合性;对于定制件和标准件,则无

设备鉴定试验要求,管理上更为合理。有效解决了此前因缺少判定准则,工程师将供应商提供的

成品件划分为设备,要求其完成设备鉴定试验的过度验证问题,同时节约了飞机研制成本,也为适航工程师的分类管控提供了依据。

通过试点项目表明,初步建立了民用飞机产品分类方案,清晰给出各类产品的概念定义,针对型号实际应用中遇到的“设备”与“定制件”较难区分问题,进一步给出判断准则,可以有效支撑设备清册和零组件清册的分类工作,为民用飞机产品技术管理提供了基础。

4 总 结

(1) 本文提出的基于产品来源的民用飞机产品分类方案以及设备/定制件判定准则有助于设计员清晰、准确对所负责的飞机产品进行分类,相应的产品设计、生产、技术管理、采购、运行支持就有了明确的组织和管理依据,对企业的高效管理、标准化管理和节约成本等起到至关重要的影响。

(2) 实际操作过程中,由于每一个利益攸关方的需求各不相同,很难找到一套满足各利益攸关方需要的产品分类方案,只有在实践过程中不断总结经验,才能得到不断的完善。后续将在此方案的基础上,继续向下分解,补充完善颜色件、本色件、专利件、规范控制件、航线可更换单元(Line Replaceable Unit,简称LRU)件、TSO件等更加细致的分类与定义。

(3) 不论产品分类是否完整,清晰、明确、无歧义的产品分类定义及判定准则在实际工作中更为重要,具有可操作性的判定准则才能指导和帮助使用者清楚定位所负责产品的类别。

参 考 文 献

- [1] 温文才. 民用飞机产品结构分解及管理技术研究[J]. 航空工程进展, 2017, 8(1): 115-118.
WEN Wencai. Research on the product breakdown structure and management technology of civil aircraft[J]. Advances in Aeronautical Science and Engineering, 2017, 8(1): 115-118. (in Chinese)
- [2] 张超. 民用飞机产品结构分解方案的研究[J]. 科技创新与应用, 2015, 1(27): 57-58.
ZHANG Chao. Research on product structure breakdown proposal of civil aircraft[J]. Technology Innovation and Application, 2015, 1(27): 57-58. (in Chinese)
- [3] MOCENCO D. Supply chain features of the aerospace industry particular case airbus and Boeing[J]. Scientific Bulletin-Economic Sciences, 2015, 14(2): 17-25.
- [4] ZHANG Yongjie, YANG Zheng, MA Xianchao. Exploration and implementation of commonality valuation method in commercial aircraft family design [J]. Chinese Journal of Aeronautics, 2019, 32(8): 1828-1846.
- [5] 杨瑾, 赵嵩正, 王娟茹. 客户化供应链中自制件动态提前期的一种计算方法[J]. 工业工程, 2004, 7(4): 37-40, 53.
YANG Jin, ZHAO Songzheng, WANG Juanru. Calculating method for dynamic lead-time of homemade parts in customization supply chain [J]. Industrial Engineering Journal, 2004, 7(4): 37-40, 53. (in Chinese)
- [6] 徐阿玲, 龚振平, 刘奎, 等. 特性分类: GJB 190-86[S]. 北京: 国防科学技术工业委员会, 1986.
XU Aling, GONG Zhenping, LIU Kui, et al. Classification of characteristic: GJB 190-86 [S]. Beijing: National Defense Science, Technology and Industry Commission, 1986. (in Chinese)
- [7] 谭茂春, 骆晶妍, 梁险峰, 等. BOM通用要求: HB 7802-2006[S]. 北京: 国防科学技术工业委员会, 2006.
TAN Maochun, LUO Jingyan, LIANG Xianfeng, et al. General requirements for BOM: HB 7802-2006 [S]. Beijing: National Defense Science, Technology and Industry Commission, 2006. (in Chinese)
- [8] 李晓娣, 张小燕, 侯建. 高科技企业技术标准化驱动创新绩效机理: 创新生态系统网络特性视角[J]. 管理评论, 2020, 32(5): 96-108.
LI Xiaodi, ZHANG Xiaoyan, HOU Jian. The mechanism of technical standardization driving innovation performance of high-tech enterprises: the perspective of network characteristics of innovation ecosystem [J]. Management Review, 2020, 32(5): 96-108. (in Chinese)
- [9] 张海桥, 李茂. 汽车企业颜色件数据管理的研究[J]. 新型工业化, 2021, 11(6): 206-207, 210.
ZHANG Haiqiao, LI Mao. Research on data management of color parts in automobile enterprises [J]. The Journal of New Industrialization, 2021, 11(6): 206-207, 210. (in Chinese)
- [10] 蔡安. 民用飞机机型定义应用分析[J]. 西安航空学院学报, 2013, 31(3): 7-12.
CAI An. Analysis on the definition & application of configuration management of civil airplanes [J]. Journal of Xi'an Aeronautical University, 2013, 31(3): 7-12. (in Chinese)
- [11] 李哲, 张浩驰, 王辉, 等. 民用机载系统与设备适航取证研究[J]. 航空科学技术, 2019, 30(12): 30-37.
LI Zhe, ZHANG Haochi, WANG Hui, et al. A study on airworthiness of civil airborne systems and equipment [J]. Aeronautical Science & Technology, 2019, 30(12): 30-37. (in Chinese)
- [12] 贺东风. 中国商用飞机有限责任公司系统工程手册[M]. 5版. 上海: 上海交通大学出版社, 2021.
HE Dongfeng. System engineering handbook of Commercial Aircraft Corporation of China [M]. 2nd ed. Shanghai:

- Shanghai Jiao Tong University Press, 2021. (in Chinese)
- [13] 潘正树, 蒋林初, 辛宏毅, 等. 装备质量管理术语: GJB 1405A-2006[S]. 北京: 中国人民解放军总装备部, 2006.
PAN Zhengshu, JIANG Linchu, XIN Hongyi, et al. Terms for equipment quality management: GJB 1405A-2006 [S]. Beijing: General Armament Department of the Chinese People's Liberation Army, 2006. (in Chinese)
- [14] 赵悦, 罗鹰, 张咏梅. 民用航空器材管理术语: MH/T 0020—2012[S]. 北京: 中国民用航空总局, 2012.
ZHAO Yue, LUO Ying, ZHANG Yongmei. Terminology for civil aviation material management: MH/T 0020-2012 [S]. Beijing: Civil Aviation Administration of China, 2012. (in Chinese)
- [15] 韩祎, 李春荣. 基于模块化的飞机构型和有效性管理研究[J]. 航空标准化与质量, 2020, 1(1): 45-50.
HAN Yi, LI Chunrong. Research on modularized configuration and effectiveness management[J]. Aeronautic Standardization & Quality, 2020, 1(1): 45-50. (in Chinese)
- [16] 张鹏. 产品标识在全球产品分类(GPC)标准体系中的应用[J]. 中国标准化, 2022, 1(9): 143-146.
ZHANG Peng. Application of product identification in global product classification (GPC) standards system[J]. China Standardization, 2022 2022, 1(9): 143-146. (in Chinese)
- [17] 赵国辉. 民用飞机构型控制与更改管理研究[J]. 黑龙江科技信息, 2016, 1(3): 101.
ZHAO Guohui. Research on configuration control and change management of civil aircraft [J]. Heilongjiang Science and Technology Information, 2016, 1(3): 101. (in Chinese)
- [18] 李俊昇, 文放, 张晓静. 民用飞机标准件合格产品目录管理要求: HB 8511-2015[S]. 北京: 中华人民共和国工业和信息化部, 2015.
LI Junsheng, WEN Fang, ZHANG Xiaojing. Requirements of management for qualification product list (QPL) of civil aviation standard part(s): HB 8511-2015[S]. Beijing: Ministry of Industry and Information Technology of the People's Republic of China, 2015. (in Chinese)

作者简介:

李慧颖(1985—),女,硕士,高级工程师。主要研究方向:构型管理、系统工程、项目管理、飞机电磁兼容性设计等。

吴华(1994—),男,硕士,助理工程师。主要研究方向:机械结构、产品数据、产品数字化、数字化工厂等。

熊俊(1967—),男,硕士,高级工程师。主要研究方向:构型管理、系统工程、产品数据管理等。

孟旭(1985—),男,硕士,正高级工程师。主要研究方向:构型管理、并行工程、产品数据管理等。

(编辑:丛艳娟)