

# 共性技术在民机机载系统研发中的应用模式研究



牟明\*, 牛文生

航空工业西安航空计算技术研究所, 陕西 西安 710068

**摘 要:**机载共性技术是机载产业发展的基础,是促进机载产业结构优化升级、增强自主创新能力和核心竞争力的关键。针对共性技术在民机机载系统研发中的应用问题,通过对国内民机机载系统研制现状的分析,明确机载系统研制对共性技术的需求,对共性技术的应用模式进行了深入研究。在此基础上,提出了服务支持模式、产业集群模式、产业社区模式三种在不同发展阶段机载共性技术的应用模式,并对三种模式的应用场景进行了分析和讨论,对存在的问题和工程实际应用的开展提出了建议。

**关键词:**共性技术; 民机产业; 机载系统; 系统工程

中图分类号: V37

文献标识码: A

DOI: 10.19452/j.issn1007-5453.2019.12.007

技术是在所掌握的自然规律基础上,为满足社会发展的需要,在改造和控制自然的实践中所创造的劳动手段、方法、工具等的总和。国际系统工程师协会(INCOSE)在《基于模型的系统工程(MBSE)方法论综述》中指出,技术的本质是过程、方法、工具及环境的组合<sup>[1]</sup>。共性技术是指能够在多个产业或领域广泛应用,并对整个产业或多个产业的发展产生影响和瓶颈制约的技术集合<sup>[2]</sup>。

机载系统是由各相关机载设备组成的某种特定功能的集合或功能部件。按照美国航空运输协会(ATA)的标准,机载系统共包含了ATA 21~ATA 49在内的多个系统<sup>[3]</sup>。机载系统是飞机实现主要功能和确保飞行安全的根本保障,是飞机的“大脑”“神经”和“肌肉”,与飞机机体、发动机一起,是构成飞机的三大组成部分。现代民用航空机载系统成品价值一般占飞机总价值30%以上,机载系统的功能和性能直接关系到民机的飞行安全、执行效率、运营成本,是民机先进性的重要标志。

机载共性技术指应用于机载系统产业的共性技术,一般包括机载系统研制相关的流程及方法等研制体系、机载系统协同研发技术、机载系统集成及验证技术、机载系统研制信息化技术等,是机载产业由实验室研究到产业化发展的关键阶段。对机载共性技术的深入研究将促进机载系统

产业科技创新能力的大幅提升,提高自主保障能力,促进机载系统产业由低端的生产制造向高端知识经济方式转变,为机载系统产业可持续发展奠定基础,为整个民机产业的发展提供动力。

本文旨在探索共性技术在民机机载系统研发中的应用,通过对国内民机机载系统研制现状的分析,明确了机载系统研制对共性技术的需求,对共性技术的应用模式进行了深入研究。在此基础上,提出了服务支持模式、产业集群模式和产业社区模式三种在不同发展阶段共性技术的应用模式,并对三种模式的应用场景进行了分析和讨论。本文研究具有前瞻性,对促进机载产业的转型升级,对提升机载系统研制能力具有重要意义。

## 1 共性技术及其特征

如上所述,技术的本质是过程、方法、工具、环境的组合,技术、人员和项目之间的关系如图1所示。

共性技术是指能够在多个产业或领域广泛应用,并对整个产业或多个产业的发展产生影响和瓶颈制约的一组流程、方法、工具和环境的集合。共性技术的概念是美国国家标准

收稿日期: 2019-09-29; 退修日期: 2019-10-25; 录用日期: 2019-11-10

\*通信作者. Tel.: 029-89186450 E-mail: mmiming@avic.com

引用格式: Mu Ming, Niu Wensheng. Research on the application mode of generic technology in airborne system development [J]. Aeronautical Science & Technology, 2019, 30(12): 45-51. 牟明, 牛文生. 共性技术在民机机载系统研发中的应用模式研究[J]. 航空科学技术, 2019, 30(12): 45-51.

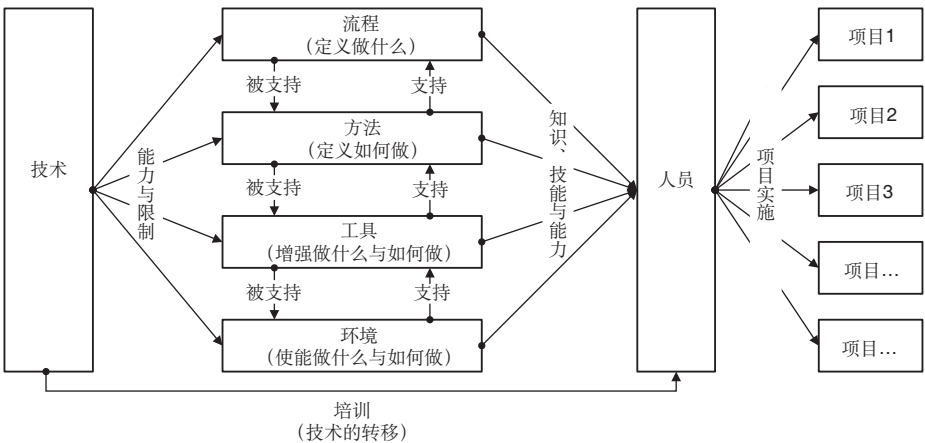


图1 技术、人员和项目之间的关系

Fig.1 Relationship among technology, people and project

与技术研究院(NIST)经济学家 Gregory Tassey 的研究结果。 Gregory Tassey 通过对技术与经济的相互关系的长期调查研

究,于 1992 年提出了以技术为基础的经济增长模型<sup>[4]</sup>, 如图2所示。

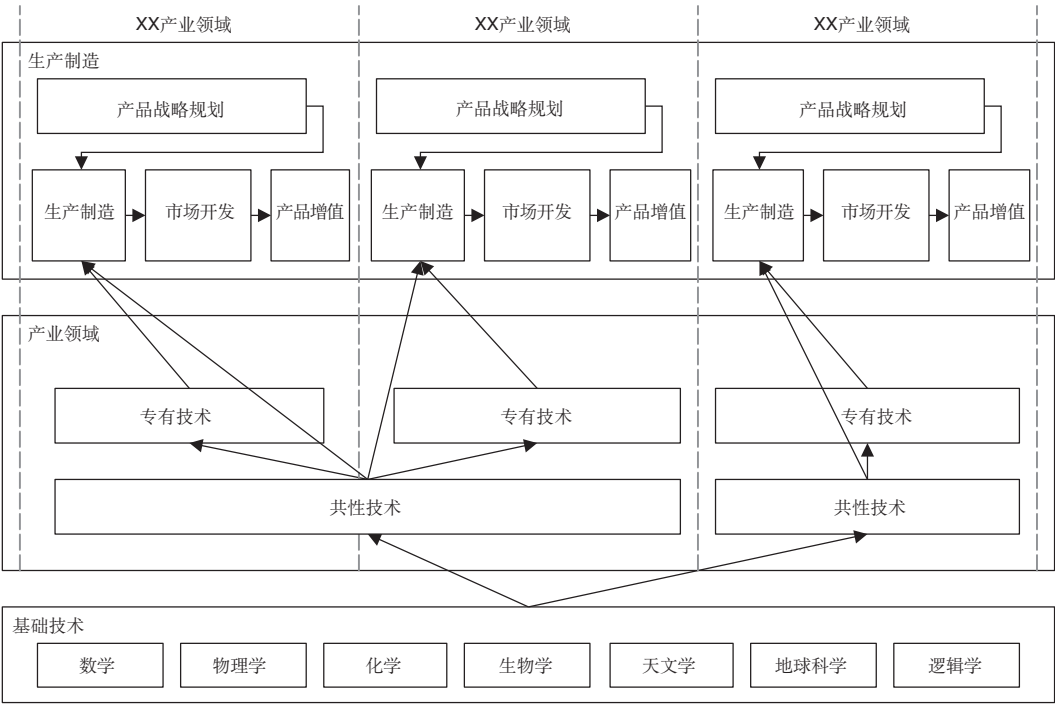


图2 以技术为基础的经济增长模型

Fig.2 Technology based economy development model

Gregory Tassey 等将产业发展中使用的技术区分为基础技术、共性技术和专有技术,从研究主体、投入、目的、作用等方面分析了基础技术、共性技术和专有技术的区别。基础技术、共性技术和专用技术对比分析见表1。

Gregory Tassey 等提出,基础技术研究的作用是从根本上提高国家基础科技能力,是共性技术和专有技术研究的基础;

共性技术研究面向一个或多个产业,是基础技术在一个或多个产业的综合应用,其作用是提升产业技术水平、增强产业竞争力;专有技术研究面向企业特定的产品,是基础技术和共性技术在特定产业的特定领域的应用,其作用是提高企业技术水平、增加企业竞争力。其中,共性技术是连接基础技术和专有技术的中间阶段,是基础技术在产业中应用的入口点。由

表1 基础技术、共性技术与专用技术的区别  
Table 1 Comparison among basic technology, generic technology and application technology

| 区别   | 基础技术                                              | 共性技术                                 | 专用技术                                   |
|------|---------------------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------------|
| 研究主体 | 高校和国家科研院所                                         | 政府及产业主导的产、学、研结合体                     | 企业                                     |
| 研究投入 | 财政资金                                              | 财政资金、社会资金                            | 企业收入                                   |
| 研究目的 | 基础科学、国家利益                                         | 国家利益、产业利益                            | 企业利益                                   |
| 经济属性 | 公共财产                                              | 单一产业或多个产业共享                          | 企业私有                                   |
| 研究作用 | 研究自然现象和物质运动形式,探索自然发展规律,提升国家基本科技能力,是共性技术和专用技术研究的基础 | 研究基础技术在单一产业或多个产业的综合应用,提升产业整体技术水平和竞争力 | 研究基础技术和共性技术在特定产业领域的应用,提高企业技术水平、增加企业竞争力 |
| 研究风险 | 相对较小                                              | 风险较大                                 | 风险较大                                   |

于共性技术面向产业,因此是提升产业整体竞争力的重要基础,是产业由基本研发、生产转向产业链高端的必然需求。

共性技术具有基础性、超前性、共享性、开放性和风险性的典型特征<sup>[5]</sup>,其研究的主要目标包括两个方面:(1)为前沿技术提供实验室原型,通过产业前沿技术研究,对具有潜在市场应用价值的产品或过程概念进行技术验证,提供实验室原型,提升产品技术成熟度,为后续产品产业化发展降低技术风险;(2)为产品研制提供研发技术,包括流程、方法、工具、环境等,保证产品的质量。

共性技术虽然是不直接面向市场的技术,但却经常是跨产业部门的重要技术,为多项其他技术的进步、产业的发展提供支撑。工业和信息化部于2011年11月7日发布的《产业关键共性技术发展指南(2011)》中指出:“产业共性技术是产业跨越式发展的基础,是我国构建现代产业体系,加快转变发展方式,培育和发展战略性新兴产业,促进产业结构优化升级,增强自主创新能力和核心竞争力的关键环节。同时,产业共性技术研究也是一项长期的基础性工作,研究难度大、周期长,已经成为制约我国产业持续健康发展的核心问题。”

2 国内机载系统研制现状及趋势分析

近些年,MA600、MA700、ARJ21、C919、CRJ929等国内民机型号的研制相继开展,航空产业进入快速发展时期。随着飞机功能的不断提升,航空电子系统架构不断更新迭代,由联合式快速向综合化及高度综合化方向发展。在航空电子系统发展的过程中,机载系统以高性能处理器、分区

操作系统、高速数据网络等技术为依托,不再是功能独立的部件,而是综合成为高度综合化的复杂系统,其中,“高度综合”指机载系统一般用于完成或提供多重功能的系统,“复杂”指机载系统的安全性不可能仅通过试验来证明,系统的逻辑如果没有分析手段的帮助很难得到理解<sup>[6]</sup>。

在发展过程中,国内机载系统的研制表现出以下趋势。

(1) 新概念技术不断涌现

近些年来,机载系统中使用的新技术,如机载无线传感网、机载多核处理器、机载触摸控制、北斗卫星导航、机载复杂硬件、人工智能等不断涌现。建立于机载系统之上,为实现节能减排、绿色航空,欧盟提出了欧洲一体化空中交通管理体系(SESAR),美国提出了下一代空中运输系统(NextGen),这些新概念技术能够对机载系统的进一步发展起到拉动式作用,但普遍技术成熟度不高,尚未在机载物理环境中得到验证,不能满足装机使用的要求。

(2) 适航管理更加严格

适航性是指航空器(包括部件及子系统整体性能和操纵特性)在预期运行环境和使用限制下的安全性和物理完整性的一种品质,这种品质要求航空器应始终处于保持符合其型号设计和始终处于安全运行状态<sup>[7]</sup>,是机载系统研制的强制性法律要求,机载系统适航取证过程就是表明机载系统设计符合技术要求以及研制方的管理体系符合管理要求的过程。机载系统的研制不仅要满足中国民航的适航法规要求,还要满足以美国(FAA)和欧洲(EASA)为代表的其他国家的相关要求。适航法规包括技术要求和管管理要求,整个适航体系所包含的各种规章、通告、指令、标准、程序、文件有数千种之多。由于适航过程中各种原因(包括适航法规不完善、理解偏差、执行疏忽)导致的各类隐患是造成民航飞机重大事故的重要诱因,波音737MAX两次坠机事件中造成346人死亡,与美国FAA和波音公司在适航过程中的疏忽密不可分。

(3) 基于模型的系统工程全面推广

模型是对系统给定方面的抽象表述,可用于分析、验证、仿真、代码生成及以上活动的组合<sup>[8]</sup>。基于模型的系统工程是使用模型代表系统研制的各方面,以支持系统开发、验证及确认的一种工程技术。由美国自动机协会(SAE)及美国软件工程化研究所(SEI)联合发布的题为《安全关键嵌入式系统确认的挑战》一文中指出,“基于模型的开发是提高系统工程和嵌入式软件系统工程的关键”<sup>[9]</sup>,基于模型的系统工程是目前公认的解决复杂系统开发效率、开发质量、开发成本问题的最佳工程实践。基于模型的系统工程

在机载系统研制中的应用,需要模型库、MBSE 研制工具链及虚拟集成与仿真验证平台的支持。

#### (4) 向多团队协同研发模式的转换

复杂机载系统研制具有多团队、跨专业、多项目并行的特点。当前,越来越多的机载系统研制单位在产品研制中采用柔性多团队协同研发。复杂机载系统的研发,已不可能依靠单一的团队完成,在多团队异地协同研发过程中,强调团队的相互协同,包括工程技术的相互协同与项目管理的相互协同。复杂机载系统研制要求控制单一的数据来源,要求多团队采用统一的流程、统一的方法、统一的工具链开展研制,而采用基于云平台的协同研发成为一种趋势。如,美国GE公司为保证其研发团队的协同问题,于2012年起研发了基于云平台的协同研发环境 Predix,所有参与研发工程人员采用云端工具,防止了研发数据的外泄,实现了适航数据的统一管理。

### 3 机载产业存在问题及对共性技术的需求

我国机载系统研制目前主要依据的标准均来自国外,美国联邦航空局(FAA)、欧洲航空安全局(EASA)、国际自动机工程师协会(SAE)、美国航空无线电协会(ARINC)、航空无线电技术委员会(RTCA)等是目前全球范围内航空标准主要的制定机构。国内在使用这些标准进行机载产品研制时,必须解决几个核心问题:(1)明确理解标准的要求,解决“是什么”的问题,不仅明确这些标准是什么,还要明确这些标准要求的确切含义;(2)将不同标准的要求相互融合,落实于实际工程研制之中,形成研制体系,解决“如何做好”的问题;(3)引入先进的机载系统研制方法,解决研制效率问题;(4)建立与研制配套的工具环境,解决研制工具支持问题。

第一个问题已基本解决。自20世纪90年代以来,国内对机载设备的研制开展了一些研究工作。中国民用航空局(CAAC)在2000年前后陆续翻译了DO-178B/C、DO-254、ARP 4754/ARP 4754A、ARP 4761等标准,在ARJ21、MA600、C919等项目研制过程中,通过与通用电气公司(GE)、Rockwell、霍尼韦尔公司等国际著名航电企业的合作,学习了国外机载设备研制的一些做法,对机载产品的研制具有一定的认识,基本明确了标准的要求。

对其他问题,国内机载产品研制则面临一系列困难,由于缺乏系统性的研究,国内目前没有切实可行的机载系统研制体系,对新技术、新方法缺乏实施指南,没有完整的研制工具链及环境。这种技术及能力滞后局面已制约了机载系统

的研制和航空工业的发展,而机载共性技术的研究是实现机载系统产业由生产制造型向知识型转型的关键。因此,为保证我国新研民机型号的顺利进行,对机载共性技术进行深入研究是机载产业发展的迫切需求。这种迫切需求体现在几个方面:(1)迫切需要通过共性技术研究突破关键技术;(2)迫切需要通过共性技术研究解决机载系统研制体系问题;(3)迫切需要通过共性技术研究解决机载系统研制方式问题;(4)迫切通过共性技术研究解决团队协同研发模式问题;(5)迫切通过共性技术研究解决机载系统研制环境问题。

### 4 共性技术在机载系统研制中的应用模式

通过以上分析,结合国内机载系统研制的现实情况,本文研究认为机载共性技术在我国机载系统研制中的应用必须经过起步阶段、快速发展阶段和成熟阶段三个阶段,三个阶段中可使用不同的应用模式:(1)机载共性技术的起步阶段,必须明确机载共性技术和基础技术及专有技术的分工界面,建立机载共性技术的服务支持模式;(2)机载共性技术快速发展阶段,为了保证共性技术服务的全面及质量,必须以机载共性技术研究为核心,建立机载共性技术产业集群,开发并完善机载共性技术核心资产;(3)机载共性技术成熟阶段,在机载共性技术已经成熟的基础上,建立机载共性技术的产业社区模式,以机载共性核心资产为基础,形成基于机载共性核心资产的运营模式,实现共性技术的盈利和可持续发展。机载共性技术伴随机载系统发展的应用模式如图3所示。

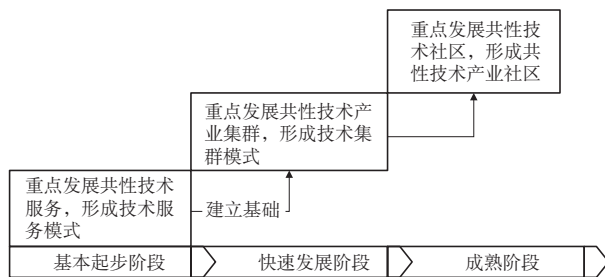


图3 共性技术的应用模式

Fig.3 Application pattern for generic technology

#### 4.1 服务支持模式

在机载共性技术的起步阶段,需要以产业投入为主,建立以机载共性技术研究为基础的机载系统研制体系。可行的方法是首先明确机载系统研制共性技术和专有技术的界限,以机载系统供应商为主解决机载系统研制中的专有技术问题及生产制造问题,以共性技术研究为主解决机载系

统研制中面临的共性问题,包括研制体系、管理平台、协同研发工具、环境及共性关键技术问题,并提供相关服务,形

成以共性技术为支撑,各机载系统供应商相互协同的产业结构,这种产业结构如图4所示。

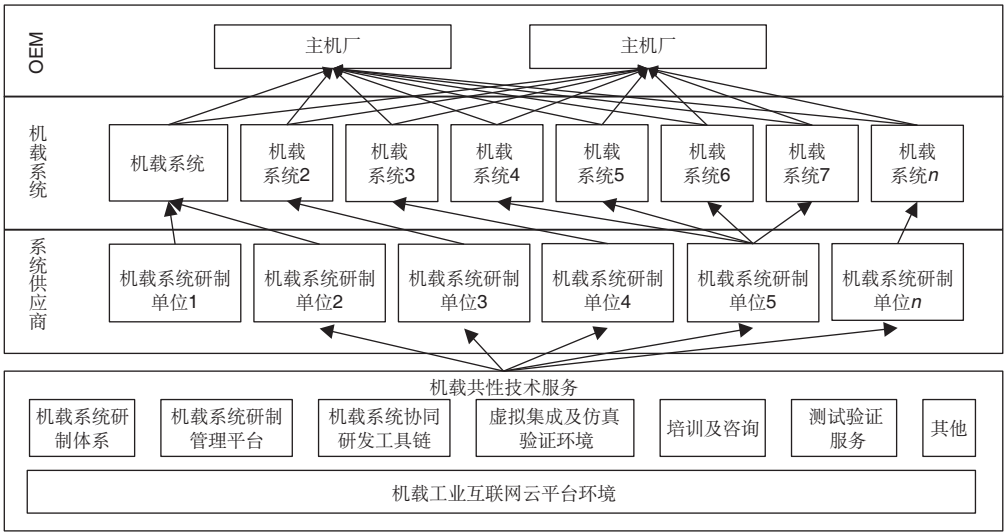


图4 服务支持模式架构  
Fig.4 Architecture for services supporting pattern

4.2 产业集群模式

由于共性技术开发的复杂性、风险性,使机载系统供应商不可能成为机载共性技术研究的主体,因此,机载共性技术研发前期需要政府和产业的扶持。同时,机载共性技术的研究处于基础技术和专有技术的中间环节,需要与承担基础研究的大专院校,承担专有技术研究的机载系统供应商密切合作,实现产业转型升级,因此,在技术服务模式的基础上,必须建立一种协同模式将基础技术、共性技术、专有技术密切结合。

产业集群是指特定领域内相互联系的、研制关系内聚的一组企业和机构的集合<sup>[10]</sup>。机载产业集群就是与机载系统研制相关的商业公司、大专院校、共性技术研究机构、机载系统供应商所形成的产业组织。产业集群从本质上是将基础技术研发机构、机载共性技术研发机构、机载系统供应商进行整合,形成产学研密切结合的产业组织,以统一的方式承担来自主机厂的研制任务及来自合格审定机构的审定任务。产业集群方式可以实现:(1)以集群方式面对国际机载市场,可准确地把握市场和技术发展的动向,为机载共性技术的创新和发展指明方向;(2)可实现机载共性技术与机载系统供应商的紧密结合,形成产业价值链,便于共性技术成果的推广;(3)可快速形成机载产业共性技术的公用资产,从而提高机载产业整体创新能力和核心竞争能力。这种产业集群发展模式如图5所示。

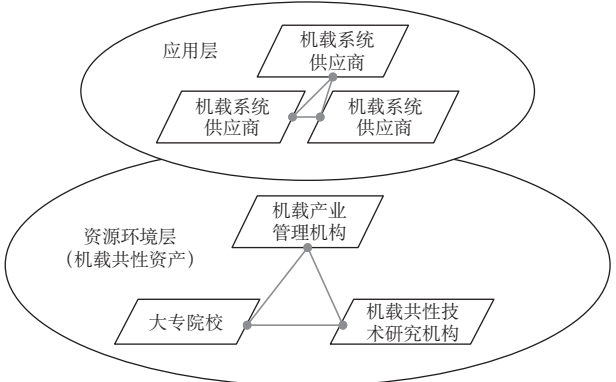


图5 产业集群模式架构  
Fig.5 Architecture for industrial cluster pattern

4.3 产业社区模式

在产业集群模式的基础上,机载共性技术核心资产已极为丰富,机载共性技术必须实现盈利,从而实现可持续发展。产业社区是将可共用核心资产公布在赛博空间(Cyber Space)的一个虚拟社区之中,任何一名社区成员可通过运营模式中提供的一种方式获取、修正、改进或创新核心资产,并将其运用于实际的工程研制之中模式。因此共性技术产业社区可看作基于共用机载核心资产的一种“共享经济”模式,是一种虚拟的机载产业生态系统。这种生态系统的建立,可实现机载共性技术的可持续发展,其架构如图6所示。

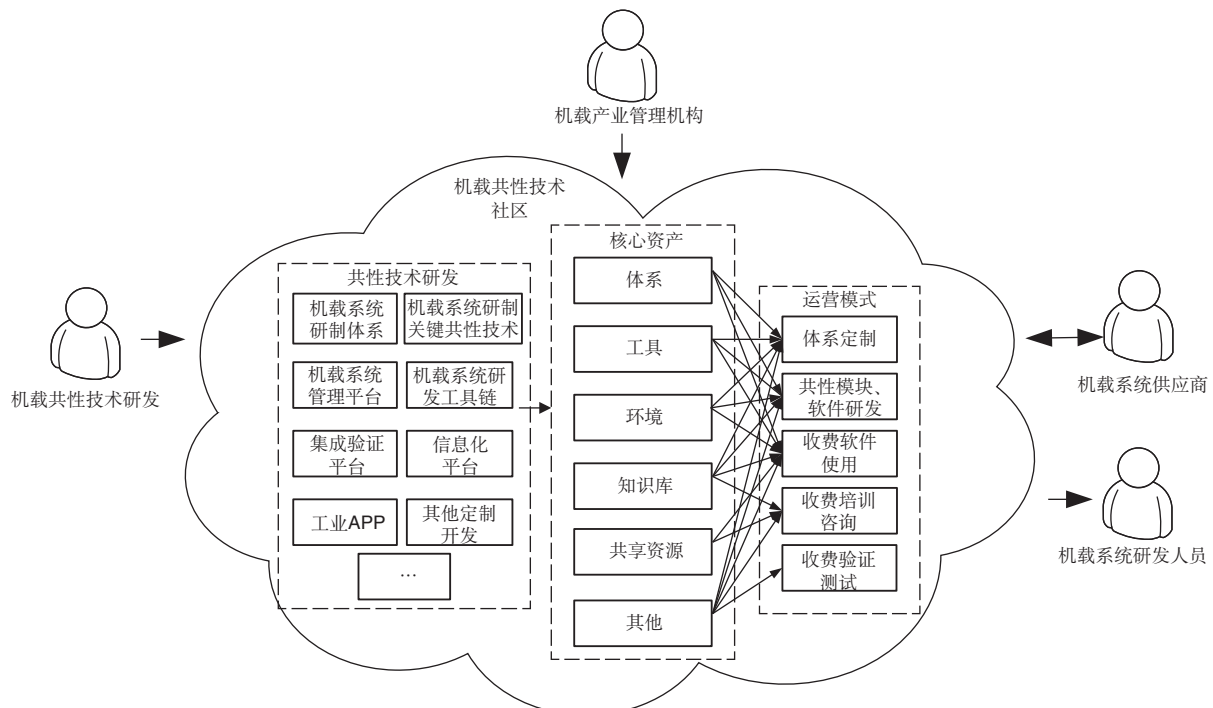


图6 产业社区模式架构

Fig.6 Architecture for industrial community pattern

## 5 结束语

本文针对机载系统产业的发展对机载共性技术研究的迫切需求,结合国内机载产业的现状分析及工程实践,提出了机载共性技术发展的三种模式,即技术服务模式、产业集群模式及产业社区模式,并对每一种模式下机载共性技术的产业架构模式进行了分析。

本文提出的模式具有可操作性,但仍存在改进之处:(1)在建立机载共性技术服务模式时,主机厂、机载供应商、共性技术研制机构的分工需要进一步明确;(2)在建立以机载共性科研为核心的产业集群模式时,资源的整合及机载共性技术核心资产的形成需要进一步探讨;(3)在产业社区模式中实现盈利的运营模式需要进一步完善。

‘AST

## 参考文献

- [1] INCOSE. 系统工程手册:系统生命周期流程和活动指南[M]. 北京:机械工业出版社,2013.  
INCOSE. System engineering handbook: A guide for system life cycle process and activities [M]. Beijing: China Machine Press, 2013(in Chinese)
- [2] 工业和信息化部. 产业关键共性技术发展指南(2011) [S]. 北京:工业和信息化部,2011.
- [3] 航空运输协会. ATA 100 规范[S]. 蒙特利尔:航空运输协会, 1995.  
ATA. ATA Spec 100[S]. Montreal: Air Transport Association, 1995. (in Chinese)
- [4] Tassey Gregory. 长期竞争:以技术为基础的经济发展模式中的研发政策问题[M]. Gaithersburg: NIST,2003.  
Tassey Gregory. Long-term competitiveness: R & D policy issues in a knowledge-based economy[M]. Gaithersburg: NIST, 2003. (in Chinese)
- [5] 李纪珍. 产业共性技术供给体系[M]. 北京:中国金融出版社, 2004.  
Li Jizhen. Industrial generic technology supporting system [M]. Beijing: China Financial Publishing House, 2004. (in Chinese)
- [6] SAE. 民用飞机及系统开发指南[S]. 日内瓦:SAE,2010.  
SAE. Guidelines for development of civil aircraft and systems [S]. Geneva: SAE, 2010. (in Chinese)
- [7] 徐浩军. 航空器适航性概论[M]. 西安:西北工业大学出版社,2012.  
Xu Haojun. Introduction to aircrafts airworthiness [M]. Xi'an: MIIT. Guidelines for the development of key industrial generic technologies (2011) [S]. Beijing: MIIT, 2011. (in Chinese)

- Northwestern Poly technical University Press, 2012. (in Chinese)
- [8] RTCA. DO-331 基于模型的开发及验证[S]. 华盛顿: RTCA, 2012.
- RTCA. DO-331 model-based development and verification for DO-178C and DO-248[S]. Washington: RTCA Inc, 2012.
- [9] SEI. 安全关键系统确认中面临的挑战[R]. Pittsburgh: SEI, 2012.
- SEI. Challenges in validating safety critical embedded systems [R]. Pittsburgh: Software Engineering Institute, 2012. (in Chinese)
- [10] 陈睿. 产业集群共性技术创新系统研究[D]. 重庆: 重庆大学, 2012.

Chen Rui. Research on industrial generic technology innovation clusters [D]. Chongqing: Chongqing University Press, 2012. (in Chinese)

(责任编辑 王昕)

### 作者简介

牟明(1973—)男, 硕士, 研究员。主要研究方向: 机载系统、共性技术、适航技术、机载软件工程技术。

Tel: 029-89186450 E-mail: mming@avic.com

牛文生(1967—)男, 博士, 研究员。主要研究方向: 机载计算机技术、共性技术、适航技术。

Tel: 029-89186012

E-mail: nwsheng@avic.com

## Research on the Application Mode of Generic Technology in Airborne System Development

Mu Ming\*, Niu Wensheng

AVIC Aeronautics Computing Technique Research Institute, Xi'an 710068, China

**Abstract:** Airborne generic technology is the foundation of airbrone system industry development, and the research of generic technology is the key to prompt and maintain the development. The current situation of domestic civil aircraft airborne system market is firstly introduced in this paper, and the request for the development of generic technology is analyzed. Based on this, this paper put forward three different application mode of generic technology in different stages of airborne system industry development, the application scenarios of these three modes, suggestions and problem involved is also discussed.

**Key Words:** generic technology; civil aircraft industry; airborne system; system engineering

Received: 2019-09-29; Revised: 2019-10-25; Accepted: 2019-11-10

\*Corresponding author. Tel. : 029-89186450 E-mail: mming@avic.com