

中欧未来民用航空科技合作方向分析



王元元^{1,*}, 李慧熹²

1. 中国航空工业发展研究中心, 北京 100029

2. 中国航空研究院, 北京 100029

摘要: 中欧航空科技合作是中欧科技合作的典范, 对推动双方航空科技进步、加深航空界了解和互信发挥了积极作用。为深化合作并衔接双方新一轮的科技规划, 中欧加强战略对话, 达成“安全航空、绿色航空、智慧航空”的共同发展愿景, 论证提出面向未来的 18 个合作主题。本文对中欧航空科技合作背景进行介绍, 概述此次联合论证的方法和过程, 重点对每个合作方向的必要性和主要研究内容进行分析, 为中方相关专业人员参与对欧合作提供参考。

关键词: 民用航空; 科技合作; 飞行器技术; 推进技术; 机载系统; 绿色航空材料和结构; 空中交通管理; 航空安全

中图分类号: V271.1

文献标识码: A

DOI: 10.19452/j.issn1007-5453.2020.06.003

中欧双方经过近 20 年的合作逐渐形成了稳定的航空科技合作机制, 开展多个研究项目并取得丰硕成果。在 21 世纪进入第三个 10 年之时, 为共同应对民用航空业的新挑战, 双方进一步加强战略合作, “自顶向下”系统论证提出未来飞行器、未来推进技术、先进机载系统、绿色航空材料、结构与制造技术、空中交通管理、飞行器安全/安保性提升和运营支持 6 大领域的 18 个合作主题。本文将介绍此次论证的思路和过程, 分析合作方向的必要性和主要内容, 为后续推动中方更多优势团队开展对欧合作奠定基础。

1 民用航空未来挑战

业界普遍认为, 未来 20 年, 世界航空客运周转量将以 GDP 增速的近两倍持续增长^[1], 全球航空业面临安全压力陡增、环保标准提高、乘客要求攀升等技术和全方面的挑战。亚太地区, 尤其是中国, 将是未来最具增长潜力的民用航空市场, 国际航空运输协会(IATA)预测中国 2022 年将超过美国成为全球最大航空市场^[2]; 欧盟近年来不断加强各方优势资源的聚合提升, 积极推进欧洲一体化和单一天空计划, 预计其飞行总量将在 2050 年达到 2500 万架次, 为 2017 年的近三倍^[3]。中欧双方在解决空地拥堵问题、保持高水平航空标准、积极推进创新和数字化战略投资等方面具有一致诉求^[4]。

2 中欧航空科技合作背景

从 2002 年开始, 中欧就航空科技的政府间合作进行正式接触和洽谈, 逐渐发展形成“共同论证、共同选题、共同发布、共同申报、共同评审、同步立项、对等资助、共同管理、共同验收、成果共享”的科技合作实践模式。双方“自下而上”提出了一些实质性合作项目, 加深了相互了解, 促进了技术和管理水平的共同进步, 为开展进一步的深化合作奠定了坚实基础。一是推动了双方的技术进步, 部分成果已经开始转化应用。例如, 航空用大型钛合金结构件精铸技术研究(COLTS)项目, 中欧双方共有 15 个单位参加研究, 双方牵头单位分别是北京航空材料研究院和英国伯明翰大学。项目突破了大型钛合金铸件整体成形、冶金质量和尺寸控制等关键技术, 目前已成功应用至 LEAP1-C 航空发动机中介机匣和 A320neo 飞机的发动机吊挂肋板。二是搭建了双方航空业人员深入沟通交流的舞台, 促成了更多的民间航空科技合作。双方科研人员形成了相对固定的每 8 个月一次的会议交流机制, 这不仅有助于项目顺利实施, 同时也加深了双方的了解和互信, 促成了非政府的更多合作。三是中方学习借鉴了欧盟先进项目管理经验, 为提高我国民用航空科研管理水平起到了积极的促进作用。中欧航空科技合作项目隶属于欧盟框架计划, 框架计划从项目指南、立项、实施、验收都有着非常严谨、科学的流程, 中方在合作过程中吸收了非常多的有益经验并成功应用于科

收稿日期: 2020-03-02; 退修日期: 2020-03-17; 录用日期: 2020-04-10

*通信作者. Tel.: 010-57827751 E-mail: wangyuanyuan@cae.ac.cn

引用格式: Wang Yuanyuan, Li Huixi. Analysis on the future direction of China-EU cooperation in civil aviation science and technology[J]. Aeronautical Science & Technology, 2020, 31(06): 14-18. 王元元, 李慧熹. 中欧未来民用航空科技合作方向分析[J]. 航空科学技术, 2020, 31(06): 14-18.

研管理实践^[5-6]。

3 未来合作方向论证方法和过程

为了进一步提高合作层次和水平,中欧双方一致认为应该面向未来长远发展,开展航空发展战略层面对接,从战略高度“自顶向下”科学、系统论证合作方向,而不再局限于此前“自下而上”提出零散项目的论证方式。此外,欧盟地平线 2020 计划即将结束,中方也即将启动“十四五”规划,因此中欧双方决定开展新一轮的航空科技合作战略研究,提出 2021—2027 年(与欧盟即将启动的地平线欧洲计划衔接)合作方向,并积极争取列入政府预算。



图1 未来民用航空科技发展可能的应用场景

Fig.1 Possible application scenarios for future development of civil aviation technology

中欧双方围绕先进飞行器,推进系统,机载系统,绿色航空结构和材料,空中交通管理,安全、安保和运营6个领域组建了覆盖面广的高水平专家团队,成员来自飞机、发动机、机载制造商,航空科研机构,高等院校,中小企业及行业协会,行业管理机构等。欧方专家来自英国BAE系统公司、罗罗公司、霍尼韦尔英国公司,西班牙国际工程数值方法研究中心(CIMNE),法国泰雷兹集团、航空谷产业集群、Edyn咨询公司,德国航空航天研究中心,法国航空航天研究中心,欧洲航空科学研究网络,欧控组织等。中方专家来自中国航空研究院(CAE)、中国航空工业集团有限公司、中国商

飞公司、中国航发集团、清华大学、北航等。中欧专家团队分别由CAE和英国BAE系统公司牵头协调。

双方论证的思路是:专家首先针对各自的战略规划,明确面临的挑战,寻找战略契合点,如欧盟《航空 2050 展望》中提出的五大挑战“满足社会与市场需求,保持并提升行业领导地位,保护环境和能源供应,确保运行安全、提高安保能力,优先重视研究、试验能力与教育”^[7];其次,双方专家基于挑战确定了未来发展的共同愿景,即“安全航空、绿色航空、智慧航空”;在此基础上设想未来航空业可能的运营场景,包括新的运输模式、新产品、新服务等(见图1),进而分解出可能的关键技术;再进一步根据“公众关切、技术可行、互有意愿”等原则筛选出 2021—2027 年间可能的合作主题。对于每个主题,双方专家从必要性、研究范围、与双方战略的契合度、技术成熟度要求、将来可能的应用、需要的资金规模、双方合作的可能性等方面进行了全面分析和论述。

目前,经过三次中欧专家组全体会议形成了 18 个合作主题(每个领域三个),双方正在根据征集的意见情况进行完善,并将于 2020 年 3 月形成最终版,分别提交欧盟议会和中国政府审阅,论证过程如图 2 所示。图 3 展示了中欧专家第二次柏林战略对话会议情况。

4 未来合作方向分析

中欧双方拟定的 18 个合作主题,覆盖了从飞行器平台、动力、系统、材料到运营、空管、安全监管等民用航空的方方面面,很大程度上体现了民用航空科技的发展趋势和方向^[8-9]。下面对合作主题的必要性和主要内容进行分析。

4.1 飞行器领域

(1) 基于湍流边界层和流动分离控制的减阻降噪若干关键技术

减阻和降噪是大型民机设计的长期目标。中欧已成功合作三个相关项目,对一批先进流动控制器件(包括沟槽、等离子体,各种类型的微射流、移动壁、声衬等)开展了数值和试验研究,但距离工程实用仍有许多问题亟待解决,如高雷诺数湍流边界层减阻控制、气动激励噪声特性及其控制、

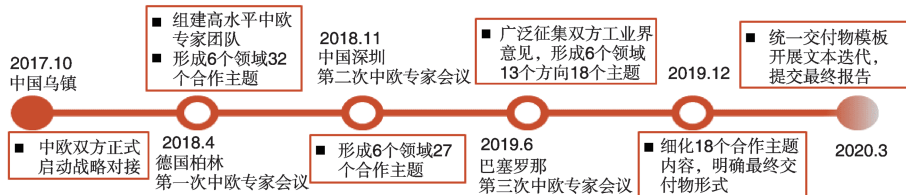


图2 论证过程

Fig.2 The process of argumentation



图3 双方在柏林召开的第一次战略对话会

Fig.3 The 1st ICARe-INNOVATE workshop in Berlin

新型高性能计算机效能挖掘等问题。

(2) 基于深度学习的计算流体力学(CFD)技术和空气动力学优化设计

提高 CFD 计算精度、降低 CFD 计算成本、提高基于 CFD 优化的工程适用性和效率是飞机优化设计中亟待解决的问题之一。将深度神经网络和深度学习技术引入湍流模型构建、试验和模拟数据融合、代理模型构建、流场特征提取等方面是很有前景的发展方向。

(3) 飞机尾流的气动机理与飞行影响评估和飞行安全预测

大型客机起降时产生的尾涡是限制机场容限的最重要因素。欧盟 WakeNet 项目所发展的尾涡控制技术距离工业化应用还有一定差距。需要进一步对不同类型远场尾迹的动力学和不稳定特性进行系统研究,并提出一种加速典型商用飞机远场尾迹衰减的可行办法。

4.2 推进系统领域

(1) 混合电推进系统关键技术与验证

2019年的巴黎航展宣告了电动飞机时代的来临。电动/混合动力推进系统是电动飞机的核心。相比传统燃油动力而言,人们对电推进系统的研究还处于初级阶段,亟须开展系统建模仿真工具、高效高功率密度电机以及控制系统、混合动力系统能量管理控制策略等方面的系统性研究。

(2) 能源和存储系统关键技术

未来的纯电动飞机能否成为现实主要依赖于能源和存储技术的发展。现有锂离子电池能量密度仅为 150~250W·h/kg (用于全电支线飞机至少需 1800W·h/kg)。因此,需要开展燃料电池、锂空气、锂硫磺等新兴能源存储技术及其相应的热管理、安全性设计等问题研究。

(3) 绿色航空能源及其适用的航空发动机关键技术

国际航空界对生物燃料有巨大需求。少量航班已开始使用生物燃料,少数几种制备方法也获得了认证,但成本偏高、对粮食作物产生不利影响、对发动机影响不明确等问题仍然没有很好地得到解决。亟须进一步开展生物燃料最佳

生物质来源研究、生物燃料对发动机工作影响研究以及评估生物燃料的全生命周期碳减排。

4.3 机载系统领域

(1) 多模智能导航及机载、地基通信技术

卫星导航是未来机载导航的主流技术。多系统卫星导航在可用卫星数量、定位连续性和可靠性、定位精度等方面都优于单一系统的卫星导航,是未来发展的必然趋势。但是,如何让机载系统与各种导航源一起工作,并满足规定的完好性风险及其相关的告警限制和告警时间,仍需开展多星座卫星导航完好性检测技术、基于多模式 GNSS 精度的智能导航优化技术和针对多模导航传感器信息的数据融合技术等研究。

(2) 基于无线与电源线的机载网络

飞机上的线束是飞机重量的重要组成部分之一(A380 上线束重量(质量)达 5.7t)。采用机载无线或电源线载波网络具有简化布线设计、降低维护费用、降低飞机重量等优势。航空无线电技术委员会(RTCA)和欧洲民航电子设备组织(EUROCAE)已经发布机载无线操作标准的首份草案。在无线网络大规模应用前,仍需要解决与已有飞机射频系统共存、对抗干扰的韧性、对抗外部干扰威胁等问题。对于电源线载波通信网络,欧盟 TAUPE 项目虽已开展部分研究,后续还需要对飞机电源线分配网络的建模,电源线网络中已调信号传输、衰减、干扰、冲激脉冲压制的效果,载波信号发送器和接收器的接口设计等开展深入研究。

(3) 个人自主飞行器管理与控制技术

随着空域的逐步开放,越来越多的个人飞行器将进入民用市场,飞行员短缺问题会更加明显。因此,提高飞行器自主飞行能力势在必行。然而,开放的空域、不完整的信息和未知的决策边界会增加飞行任务处理和系统运行的不确定性。同时,受限机载计算平台的体积、重量和功耗,人工智能算法的实施和部署也存在一定的难度。本方向的研究将产生一系列智能算法和相应的技术规范/标准,支持个人飞行器更加灵活有效地使用空域。

4.4 绿色航空结构和材料领域

(1) 绿色与多功能航空复合材料技术

植物纤维和生物质树脂等可再生型绿色复合材料的研发已进行多年,但其结构力学性能和稳定性仍然制约其在飞机上应用。另一方面,现有的飞机复合材料结构为了获得安全可靠的电气环境,必须额外构建电网络系统以达到防雷击要求,这进一步增加了飞机重量。因此,研究导电-结构一体化的复合材料被提上议事日程。此外,应用复合材料的飞机由于其价格昂贵、具有一定的污染性,现在亟须开展碳纤维回收技术研究,同时,还应针对选定的飞机复合

材料制件开展全寿命周期评估。

(2) 新型航空材料的测试、表征与仿真及虚拟测试

新的航空材料从设计到认证、应用往往需要较长的时间和较高的成本。本方向主要目标是开发新的表征技术和虚拟设计概念,以减少生物物质复合材料应用的成本和风险。目标是降低25%的成本,将经过验证的虚拟设计模型转换为用户友好的平台,服务航空材料研发企业。

(3) 智能结构健康监测技术

结构健康监测(SHM)可提高飞机检测的可靠性并降低维护成本。虽然SHM的研究已经开展了几十年,但与成功的工程应用仍然存在一定差距。如SHM对飞机结构损伤容限设计的影响研究较少,各个层级的验证严重不足,数据分析和决策高度依赖人的经验等,需要针对这些问题继续开展深入研究。

4.5 空中交通管理领域

(1) 基于智能传感器的空中交通管理性能实时评估

空中流量的增加给空管系统带来巨大压力,提高空中流量实时监测和空管系统绩效评估能力变得至关重要。目前,受限监测的数据范围、实时性、协同决策能力等问题,基于空中流量监测的空管系统绩效和安全性能评估作用有限。随着智能传感器的出现,构建自测试、自验证和自适应的实时绩效评估系统成为可能,这将为理解、预测和管控航空安全风险、提高运行效率发挥重要作用。

(2) 面向编队运行的航空器四维航迹/航迹簇管理

除了提高空中交通管理水平,建立新的运行概念也是应对未来空管挑战的一种必要手段。受军用飞机的飞行编队及鸟类等动物的编队飞行启发,通过民用飞机编队智能动态组建进一步增强四维航迹,可实现在高度拥堵的空域中优化运行,将CNS无线电频率的使用降到最低。需要开展机载航迹预测、冲突探测和解脱、新数据链通信等技术研究。

(3) 高性能和高预测性的机场运行协同管理

目前,机场协同决策系统(A-CDM)的应用大大提高了航路网络或空中交通流量管理的可预测性。为进一步提高机场运行效率、可预测性、安全性/安保等方面性能,引入对机场空侧和陆侧信息集成度更高的全面机场管理(TAM)是未来的发展趋势。同时,探索机器学习、人工智能等在TAM的应用,或将进一步提高基于绩效的机场协同管理水平。

4.6 安全、安保和运营领域

(1) 结冰条件、效果及安全评估方法

过冷大水滴(SLD)结冰条件下飞行风险是航空安全的一个挑战。2015年,欧洲航空安全局(EASA)和美国联邦航空局(FAA)发布针对SLD的新飞机结冰适航条款。目前

针对该适航条款的研究还不充分,全面的符合性验证方法还未获得。还需要开展不同粒径分布SLD影响、结冰的典型特征、SLD结冰机理等研究,完善结冰风险评估方法以及飞行中结冰防护新概念。

(2) 下一代先进航空电子设备安全评估理论与方法

随着计算技术和信息技术的发展,飞机机载系统的范围和深度已显著扩大,系统复杂程度不断提高的同时也引入了新的安全风险。现有手段和标准无法对其进行安全性评估,需要新的安全性分析理论和方法。此外,复杂系统下故障传播机制也是一个需要解决的问题。欧盟SCARLETT项目已经初步研究了可重构的分布式IMA平台概念,后续仍需要对资源共享特性导致的失效、资源深度耦合导致的系统故障检测困难、逻辑映射复杂导致的系统安全分析困难等问题开展深入研究。

(3) 无人机、交通管理和空域一体化

随着民用无人机产业在世界范围内迅速发展,航空主管部门在保障航空运行安全、防范黑飞、制定完整的无人机安全标准等方面面临新的挑战。欧洲通过无人系统规则制定联合体(JARUS)开展了大量的标准制定工作,中国民航局也成立民用无人机管理领导小组,开展了空中交通管制、无人机运行、适航标准、人员执照等方面的研究。后续双方可联合开展基于运行风险的无人机安全标准、支持空域运行的无人机空中交通管理系统等研究。

5 结束语

中欧航空科技合作经历了从无到有、从少到多、从小到大、地位趋于平等、管理逐渐规范、机制逐步完善的发展历程。如今,双方进一步面向未来从战略层面提出新的合作主题,合作的系统性和前瞻性均达到了新的高度。相信双方良好的合作基础和优势互补的创新能力的创新能力必将促成更多合作,希望中方相关方向科研团队抓住机遇,积极参与对欧合作,共同为应对全球航空业挑战做出新的贡献。

AST

参考文献

- [1] 中国航空工业发展研究中心. 民用飞机中国市场预测年报(2018—2037)[R]. 中国航空工业发展研究中心, 2018.
AVIC Development Research Center. Annual report of China civil aircraft market forecast (2018—2037) [R]. AIVC Development Research Center, 2018. (in Chinese)
- [2] 国际航协预测2022年中国将成为全球最大航空市场[EB/OL]. http://www.xinhuanet.com/fortune/2017-10/27/c_1121865266.htm

- IATA predicts that China will become the world's largest aviation market by 2022[EB/OL]. http://www.xinhuanet.com/fortune/2017-10/27/c_1121865266.htm.(in Chinese)
- [3] 2017年航空运输业统计报告[R]. 国际民航组织,2019. Presentation of 2017 air transport statistical results[R]. ICAO, 2019.(in Chinese)
- [4] 全球航空业发展中值得关注的若干问题[EB/OL]. http://caacnews.com.cn/1/88/201811/t20181115_1260738.html. Some issues worthy of attention in the development of global aviation industry [EB/OL].http://caacnews.com.cn/1/88/201811/t20181115_1260738.html.(in Chinese)
- [5] 王元元. 国外民用航空科技规划及其对我国的启示[N]. 中国航空报, 2016-12-20. Wang Yuanyuan. Analysis of foreign civil aviation technology planning and the enlightenment[N]. China Aviation News, 2016-12-20.(in Chinese)
- [6] 孙侠生, 王元元. 欧盟框架计划航空研发项目特点分析及启示[J]. 航空科学技术, 2019(6):1-9. Sun Xiasheng, Wang Yuanyuan. Analysis of EU framework programme aviation R&D projects and the enlightenment[J]. Aeronautical Science & Technology, 2019(6):1-9.(in Chinese)
- [7] Flight path 2050: Europe's vision for aviation[R]. European Commission ACARE, 2011.(in Chinese)
- [8] 郑建华. 民用航空产业战略研究[J]. 机械制造, 2018(12):1-6. Zheng Jianhua. Research on civil aviation industry strategy[J]. Machinery Manufacturing, 2018(12):1-6.(in Chinese)
- [9] 伍赛特. 民用飞机节能技术研究及展望[J]. 节能, 2019(9):38-40. Wu Saite. Research and prospect of energy-saving technology for civil aircraft[J]. Energy Conservation, 2019(9):38-40.(in Chinese)
- (责任编辑 王为)

作者简介

王元元(1982-)男,博士,高级工程师。主要研究方向:民用飞机产业发展战略、航空气动技术。

Tel:010-57827751

E-mail:wangyuanyuan@cae.ac.cn

李慧熹(1986-)女,硕士,工程师。主要研究方向:民用航空科技国际合作、欧洲民用航空战略和情报研究。

Tel:010-57827573 E-mail:lihuixi@cae.ac.cn

Analysis on the Future Direction of China-EU Cooperation in Civil Aviation Science and Technology

Wang Yuanyuan^{1,*}, Li Huixi²

1. AVIC Development Research Center, Beijing 100029, China

2. Chinese Aeronautical Establishment, Beijing 100029, China

Abstract: Being a role model for China-EU Science and Technology cooperation, the China-EU civil aviation science and technology cooperation has played an active role in advancing scientific and technological progress and enhancing understanding and mutual trust. In order to strengthen partnership and better coordinating the new-round of technology planning, China and EU will strengthen the strategic dialogue and achieve a common development vision as "safety aviation, green aviation, and smart aviation". Both have jointly presented 18 cooperative topics for the future. This article will introduce the background of China-EU civil aviation science and technology cooperation, summarizing the argumentation approach and process, with emphasis on the analysis of necessity and main research content of each cooperative direction. It will provide a reference for Chinese stakeholders related to China-EU cooperation.

Key Words: civil aviation; science and technology cooperation; propulsion technology; airborne systems; green aviation material and structure; ATM; aircraft safety

Received: 2020-03-02; Revised: 2020-03-17; Accepted: 2020-04-10

*Corresponding author. Tel.: 010-57827751 E-mail: wangyuanyuan@cae.ac.cn