

我国大型民机复合材料产业的 钻石模型分析

蓝元沛^{1,2*}

(1. 中国商飞上海飞机制造有限公司, 上海, 200123; 2. 中国商飞北京民用飞机技术研究中心, 北京, 102211)

摘要: 复合材料是确立我国大型民机产业竞争优势的重要因素之一。首先, 梳理了大型民机复合材料产业上游、中游和下游的细分行业。随后, 采用钻石模型, 从六个维度对我国大型民机复合材料产业竞争力进行了分析, 包括: 1) 资金、软硬件和人才队伍等生产要素的优势和不足; 2) 我国民航运输业、大型民机制造业的巨大市场需求; 3) 我国大型民机复合材料产业链的健全和快速发展; 4) 国内飞机主制造商的资源整合及国外主制造商的战略举措; 5) 国家和地方的政策支持; 6) 大型民机复合材料应用和产业发展的机遇等。最后, 根据钻石理论, 基于我国大型民机复合材料产业现状分析, 从“政产学研”五方面, 提出提升我国大型民机复合材料产业竞争力的建议措施。钻石模型可以为我国大型民机复合材料产业规划制定和相关研发企业决策提供指导。

关键词: 大型民机; 复合材料产业; 发展战略; 钻石模型

中图分类号: TB33; V258; V257

文献标识码: A

OSID:



0 引言

大型民机产业链涵盖飞机从设计、零部件制造、总装交付、运营、维修, 直至报废回收全生命周期各个环节的生产链。自 2006 年大型飞机被列为《国家中长期科学和技术发展规划纲要(2006—2020)》16 个重大科技专项以来, 国内许多专家学者围绕我国大型民机产业发展进行了研究。文献[1-2]分别分析了美国和俄罗斯民机产业发展战略, 得出我国发展民机产业的启示。文献[3]采用态势分析法(Strength Weakness Opportunity Threat, 简称 SWOT), 从内部优势(Strengths)、内部劣势(Weaknesses)、外部环境机会(Opportunities)和外部环境威胁(Threats)等 4 个方面, 对我国大型飞机产业发展进行了分析。文献[4]从大型民机产业链整合的角度, 提出了我国大型民机产业国际竞争力的建议措施。文献[5]采用钻石模型(又称波特竞争力模

型), 对我国航空产业的竞争力进行了分析。文献[6]采用钻石模型, 分析了上海民机制造业和民航运输业两大产业竞争优势, 提出了“双业融合”发展模式。从上述文献来看, 大型民机产业发展主要采用的分析方法包括: 产业组织理论 SCP 分析方法、SWOT 方法、钻石模型分析方法及这三种方法相结合应用的方法。

由于复合材料在大型民机上应用比例不断攀升, 复合材料产业已经成为国际大型民机产业链重要一环, 也是确立我国大型民机产业竞争优势的重要因素之一^[4]。

与金属材料不同, 复合材料具有材料和结构同时形成的特点, 这也决定了大型民机复合材料产业链涉及的细分行业更多。复合材料种类繁多, 但民机机体结构常用的是碳纤维增强树脂基复合材料(CFRP)。大型民机复合材料产业主要包括: 1) 上游: 纤维(玻璃纤维、碳纤维等)、树脂、预浸料、辅料

* 通信作者. E-mail: lanyuanpei@comac.cc

引用格式: 蓝元沛. 我国大型民机复合材料产业的钻石模型分析[J]. 民用飞机设计与研究, 2022(2):1-6. LAN Y P. Diamond model analysis of composites industry for large commercial aircraft in China[J]. Civil Aircraft Design and Research, 2022(2):1-6(in Chinese).

(密封条、真空袋、透气毡、脱模布及铜网等)、紧固件、新材料(如热塑性材料)等;

2) 中游:自动铺带/自动铺丝机、热压罐、机加设备、无损检测设备、工装、激光定位设备、装配生产线等;

3) 下游:产品集成(壁板、梁、框等)、试验设备(低速冲击、强度等)、维修(如:无损检测设备、热补仪)、回收,咨询(如:数字孪生、试验、CAD/CAE 软件)等。

国内许多专家学者围绕我国大型民机复合材料应用,对国内外大型民机复合材料主承力结构技术发展进行了研究^[7-17]。其中,文献[7]通过分析新一代大型民机复合材料应用、国外飞机结构复合材料技术发展和我国大型民机复合材料技术发展现状,提出了我国大型飞机复合材料技术应用发展策略。复合材料产业发展方面,文献[18-19]分别对我国先进树脂基复合材料、碳纤维和 CFRP 的发展现状和面临的挑战进行了阐述。文献[20]对国内外碳纤维复合材料及结构供应与制造现状进行了分析。文献[21]对 2020 全球和我国 CFRP 的航空航天应用市场进行了统计分析和展望。

本文采用钻石模型,对我国大型民机复合材料产业竞争力进行分析,并提出提升我国大型民机复合材料产业竞争力的相关措施建议。

1 钻石模型简介

钻石模型^[22]由美国哈佛大学迈克尔·波特提出,如图 1 所示。

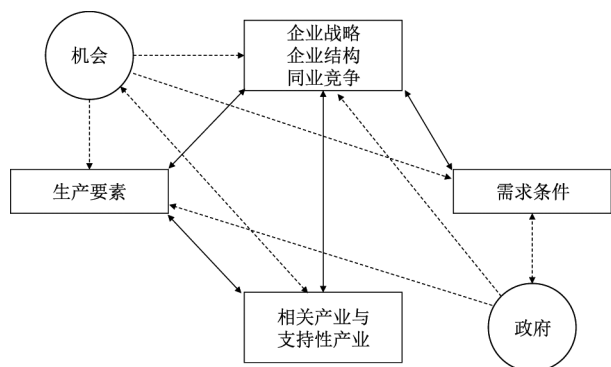


图 1 钻石模型^[22]

根据钻石模型,影响产业竞争力的要素包含两类 6 项:(1)生产要素、需求条件、相关产业和支持性产业以及企业战略、企业结构和同业竞争等四项内生因

素;(2)政府与机会两项外部因素。

上述四项内生要素具有双向强化作用,任何一项因素的效果会影响到另一项的状态。此外,产业发展的机会通常与技术变革、战争、国内外政治环境、国外市场需求等重大事件和重大变革相关;政府的政策、法规甚至教育发展等,也会对钻石体系产生影响力。

2 我国大型民机复合材料产业的钻石模型分析

2.1 生产要素

我国大型民机复合材料机体结构供应商主要包括航空工业、航天科工、中国建材、西子等大型企业下属公司和合资公司,在资金、软硬件和人才队伍方面均有绝对优势。

尽管如此,我国大型民机复合材料产业在资源方面仍然存在以下问题:

(1) 人力资源紧缺。我国民机研制处于多型号并举、多状态并存的状态,人力资源一直紧缺,人力资源结构需进一步优化完善。同时,缺乏关键人才和领军人物,存在骨干科技人才流失的风险,与建成完整的型号团队和能力团队还有很大差距;

(2) 自动化、智能化水平低。目前大量复合材料的生产依赖手工操作,自动化应用能力不足,且智能化刚起步,不能满足产品批生产稳定性及制造效率的要求,离大型民机复合材料 50% 以上用量的目标和批产速率要求还有很大差距;

(3) 缺乏设计-制造-运营一体化理念。未能有效打破集团、单位、部门、专业间的壁垒,实现专业并行、协同以及各层级之间有效沟通;

(4) 缺乏复合材料数据积累和大型主承力结构应用经验。形成的方法、工具、标准规范和手册尚未得到充分验证,未能实现规范化、流程化和数字化。

2.2 需求条件

2020 年,虽然新冠肺炎疫情重挫全球民航运输业和民机制造业,但全球民机碳纤维需求仍然达到 8 700 t,占全球航空航天碳纤维市场需求的 53%。高端、高附加值的航空航天用碳纤维复合材料,一直占据复合材料应用市场的重要地位。2020 年,我国碳纤维复合材料的产值为 489 亿元,航空航天复合材料产值约 183 亿,占据我国复合材料产品销售收

入首位^[21]。

根据《中国商飞市场预测年报(2020-2039年)》,未来20年全球预计交付40664架新机。2039年,预计全球客机机队规模将达44400架,是现有机队(23856架)的1.9倍。未来20年,我国机队规模持续增长,我国航空市场机队年均增长率4.1%,接收50座以上客机8725架。到2039年,我国机队规模将达到9641架。

据报道,我国2019年人均乘机飞行次数为0.47次,处于“人均国民生产总值—人均乘机飞行次数”统计曲线^[3]之下,如图2所示。

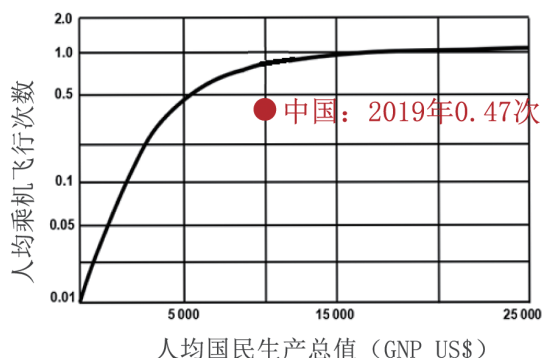


图2 航空客运需求的国际比较^[3]

我国民航运输业的增长速度和潜力,为我国大型民机制造业和大型民机复合材料产业创造了巨大的发展空间。

2.3 相关产业和支持性产业

近十年来,在国产大型飞机对相关产业的“杠杆”作用下,我国大型民机复合材料产业链得到了健全和快速发展。

1)上游:2020年我国碳纤维产业迎来了并购、扩产及投资热潮^[21]。与此同时,国产T300级碳纤维复合材料正在开展验证和装机准备工作,国产T800级碳纤维复合材料验证工作已经启动;

2)中游:带动了一批国内热压罐、自动铺带/自动铺丝、无损检测和多轴加工制孔等设备研发企业的发展。通过成立合资公司,提升了国产殷钢工装设计制造能力;

3)下游:依托大型民机型号项目确定了10余家国内外复合材料机体结构供应商,与多家国内外企业签署了大型民机复合材料专业化零件供应商培育和选择的谅解备忘录。

随着国产民机项目的实施和飞机交付,上海航

空产业正在慢慢集聚。上海临港新片区大飞机园的建立,为大飞机创新要素和产业要素的集聚提供了平台,预期经过十年发展可形成千亿级的产业规模。

2.4 企业战略、企业结构和同业竞争

中国商飞公司作为大型民机产业链的龙头企业,经过十余年的发展,初步建立了“以中国商飞为核心,联合中航工业,辐射全国,面向全球”的国产民机产业体系。

2018年成立的中国商飞复合材料中心,肩负起引领我国大型民机复合材料产业发展的重任。2021年成立的中国商飞大飞机产业链供应链促进中心作为抓手,将进一步发挥主制造商对大型民机产业的牵引和带动作用。我国大型民机产业链龙头企业内部资源整合,为我国大型民机复合材料产业的发展带来了新的契机。

近十年来,国外飞机主制造商通过强化供应商管控、恢复复合材料核心生产能力和本土化等方式,推动全球航空产业链重组。新冠肺炎疫情导致民航客流量锐减,飞机订单大幅减少,国际民机主制造商相应降低了产能。据预测,全球航空航天用碳纤维市场规模在2024年可恢复到2019年的需求水平^[21]。

2.5 政府政策支持

自2007年以来,地方政府积极围绕国家规划和大型飞机重大科技专项,相继出台了多项促进先进制造业发展、航空制造产业链建设和国家科技重大专项资金配套管理等一系列政策^[17],全力支持包括复合材料在内的大型民机制造产业链建设和发展。

如:上海市2021年发布的《上海市先进制造业发展“十四五”规划》,将民用航空列入高端装备产业集群重点领域,以突破核心、集成创新为重点,在推动喷气式支线民机规模化交付、单通道大型民机适航取证和稳定量产、双通道大型民机研制等民机型号产品研制、交付和批产的同时,推进复合材料结构件制造等关键环节技术研发和产品攻关。

2.6 机会

波音787飞机和空客A350 XWB飞机等大型民机复合材料主承力结构的大量应用,表明民机复合材料主承力结构已逐渐得到国际航空市场认可。这也坚定了我国全力发展大型民机复合材料主承力结

构技术的信心。

碳减排不仅仅是为追求经济效益和体现社会责任,更成为了进入航空领域竞争的门槛性指标。我国“碳达峰、碳中和”目标的提出,也将会加速液体成型、非热压罐预浸料成型等低成本技术的发展和运用,为热固性复合材料循环利用技术的产业化发展创造了条件。

与 CFRP 相比,热塑性树脂基复合材料成型周期短、生产效率高,储存环境要求宽松,可重复加工、废旧制品可再生利用,以及损伤容限性能好、设计自由度大等优点,因而在国外民机上的应用已逐渐扩大,在国内也已经成为航空主结构应用的研究热点。我国“创新、协调、绿色、开放、共享”的新发展理念,为热塑性树脂基复合材料及其相关产业的发展创造了新的机遇。

此外,5G、云平台、大数据、人工智能以及物联网等新技术的发展,也为大型民机复合材料应用和产业发展带来了新的契机。

2.7 小结

根据上述分析,总结出我国大型民机复合材料产业竞争力如图 3 所示。从图 3 可以看出,该产业竞争力的短板是生产要素,包括:人力资源紧缺;自动化、智能化水平低;缺乏先进设计理念、数据积累和应用经验等。

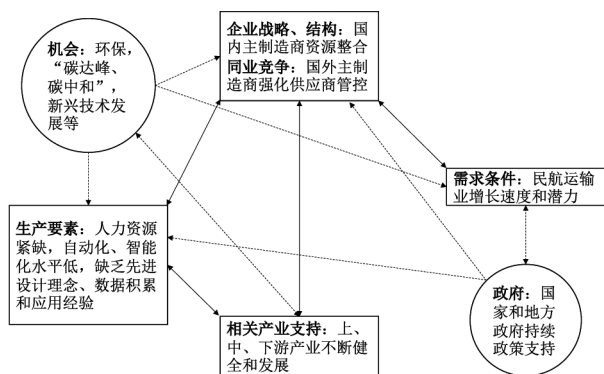


图 3 我国大型民机复合材料产业竞争力

3 提升产业竞争力

基于上述现状分析,根据钻石理论,从“政用产学研”五方面,重点围绕补齐生产要素短板,提出提升我国大型民机复合材料产业竞争力的建议措施。

3.1 政

围绕国产民机主制造商,制定大型民机复合材

料产业规划,进一步推动配套企业聚集。鼓励上游原材料供应商进入下游产业,发挥垂直整合效应提高竞争优势。

制定相关政策,提高投资者、优秀人才投身祖国大飞机事业的民族荣誉感和使命感。

3.2 用

国内航空公司、民机维修公司等潜在客户参与国产大型飞机研发,基于现有机型的运营维修体系和模式,围绕典型运营维护场景,有针对性地开发国产大型飞机复合材料产品相应的航材、工具和设备,有助于降低复合材料产品运营维护成本,为企业创造更多利润,为企业发展创造新的契机,激发大型民机复合材料产业的竞争优势。

3.3 产

深入国内航空公司、民机维修公司,吃透国产大型民机复合材料产品需求。同时,应兼顾国外航空公司、民机维修公司需求,进一步提高大型民机复合材料产业的国际竞争力。

采用自动化技术和数字化手段,实现复合材料产品研发的规范化、流程化和数字化,不断提高生产要素水平。

建立产业联盟,共同研发民机复合材料产品,采用专业化生产的商业模式,形成利益共同体,共担风险,有效降低研发成本。吸引民营企业参与研发,为产业发展创造有利的生产要素。

通过设立奖学金、开设专业课程、开放实验室等方式,加强与高校的合作,鼓励高校为企业培养高素质人才。

依托实验室平台,引导科研院所和高校开展新材料、新结构、新构型航空复合材料技术研究,为企业注入创新的活力;跟踪国际大型民机复合材料产业可能的颠覆性技术变革,为企业的发展寻求新的机会。

通过制定个人激励计划,吸引和激励优秀人才投身国产大型民机复合材料产品研发,提高企业员工忠诚度。重视员工的知识更新,避免人力资源生产要素贬值。

3.4 学

满足大型民机复合材料产业需求,加快培养研发、生产、工艺、测试和适航等专业人才,持续创造人力资源生产要素。

3.5 研

面向“碳达峰、碳中和”需求,结合 5G、人工智

能以及大数据等新一代信息技术,开展航空复合材料基础共性技术攻关和前瞻技术研究,为大型民机复合材料产业可持续发展创造机会。

4 结论

国产大型飞机发展需要复合材料产业的支持,民航运输业的发展和大型民机复合材料用量的增加,为我国大型民机复合材料产业的快速发展创造了有利条件。钻石模型可以为我国大型民机复合材料产业规划的制定和相关研发企业决策提供指导。

参考文献:

- [1] 黄强,杨乃定,王良. 美国民用航空产业发展战略分析及其启示[J]. 航空制造技术,2006(2):62-66.
- [2] 黄强,杨乃定,惠调艳,等. 俄罗斯民用航空产业发展战略分析及其启示[J]. 航空制造技术,2006(4):66-70.
- [3] 景喜双,刘沛清,屈秋林. 我国大型飞机产业发展的SWOT分析[J]. 民用飞机设计与研究,2009(S1):186-190.
- [4] 张近乐,尚涛. 我国大型商用飞机产业链整合与国际竞争力[J]. 北京理工大学学报(社会科学版),2011,13(6):63-67.
- [5] 夏宏. 中国航空产业竞争力:基于钻石模型的分析[J]. 中州大学学报,2014(5):18-22.
- [6] 许佳炜,肖刚,王博. 以上海为例的民机制造业与民航运输业“双业融合”机制研究[J]. 民航学报,2021,5(2):7-14.
- [7] 杜善义,关志东. 我国大型客机先进复合材料技术应对策略思考[J]. 复合材料学报,2008,25(1):1-10.
- [8] 张纪奎,郇正能,程小全,等. 复合材料整体结构在大型民机上的应用[J]. 航空制造技术,2007(9):38-43.
- [9] 曹春晓. 一代材料技术,一代大型飞机[J]. 航空学报,2008,29(3):701-706.
- [10] 崔德刚. 浅谈民用大飞机结构技术的发展[J]. 航空学报,2008,29(3):573-582.
- [11] 陈绍杰. 复合材料技术与大型飞机[J]. 航空学报,2008,29(3):605-610.
- [12] 关志东. 现代大型客机复合材料应用及技术发展[C]//中国力学学会. 第十五届全国复合材料学术会议论文集. 哈尔滨:中国力学学会,2008.
- [13] 范玉青,张丽华. 超大型复合材料机体部件应用技术的最新进展——飞机制造技术的新跨越[J]. 航空学报,2009,30(3):534-543.
- [14] 沈真. 碳纤维复合材料在飞机结构中的应用[J]. 高科技纤维与应用,2010,35(4):1-4,24.
- [15] 蓝元沛,关志东,孟庆春. 复合材料飞机结构技术成熟度评价方法[J]. 复合材料学报,2010,27(3):150-154.
- [16] 马立敏,张嘉振,岳广全,等. 复合材料在新一代大型民用飞机中的应用[J]. 复合材料学报,2015,32(2):317-322.
- [17] 郑晓玲. 复合材料结构的适航符合性分析研究[J]. 民用飞机设计与研究,2017(1):1-6.
- [18] 邢丽英,包建文,礼嵩明,等. 先进树脂基复合材料发展现状和面临的挑战[J]. 复合材料学报,2016,33(7):1327-1338.
- [19] 邢丽英,冯志海,包建文,等. 碳纤维及树脂基复合材料产业发展面临的机遇与挑战[J]. 复合材料学报,2020,37(11):2700-2706.
- [20] 周震,陈少军,黄文俊,等. 国内外碳纤维复合材料及结构供应与制造现状[J]. 高科技纤维与应用,2018(6):22-32.
- [21] 林刚. 碳纤维产业“聚”变发展——2020全球碳纤维复合材料市场报告[J]. 纺织科学研究,2021(5):27-49.
- [22] 迈克尔·波特. 国家竞争优势(上)[M]. 李明轩,邱如美译. 第二版. 北京:中信出版社,2012:63-116.

作者简介

蓝元沛 男,博士,高级工程师。主要研究方向:复合材料结构维修性设计技术、适航符合性验证技术等。E-mail: lanyuanpei@comac.cc

Diamond model analysis of composites industry for large commercial aircraft in China

LAN Yuanpei^{1,2*}

- (1. COMAC Shanghai Aircraft Manufacturing Co. , Ltd. , Shanghai 200123, China;
2. COMAC Beijing Aircraft Technology Research Institute, Beijing 102211, China)

Abstract: Composite materials are one of the important factors to establish the competitive advantage of large commercial aircraft industry in China. Firstly, this paper sorts out the upstream, midstream, and downstream segments of the composites industry for large commercial aircraft. Subsequently, competitiveness of composites industry for large commercial aircraft in China was analyzed based on Diamond Model from six dimensions, including: (1) the advantages and disadvantages of production factors such as capital, software and hardware, and talent team; (2) the huge market demand of civil aviation transportation industry and large commercial aircraft industry in China; (3) the sound and rapid development of large commercial aircraft industry chain in China; (4) the resource integration of domestic OEMs and the strategic measures of foreign OEMs; (5) national and local policy support; (6) large commercial aircraft composite application and industrial development opportunities. Finally, based on the analysis of the diamond model, relevant government, customer, industry, university, and research policy recommendations for the development of composites industry for large commercial aircraft in China were put forward. The Diamond Model can provide guidance for the formulation of large commercial aircraft industry planning and the decision-making of related R&D enterprises in China.

Keywords: large commercial aircraft; composites industry; development strategy; Diamond Model

* Corresponding author. E-mail: lanyuanpei@comac.cc