

复合材料液态成型工艺专利态势分析

曹 敏¹ 张连旺² 赵秀芬^{2*} 刘 刚² 赵 云³ 包建文²

(1.北京系统工程研究所,北京 100101;2.中航工业复合材料技术中心中航复合材料有限责任公司
先进复合材料重点实验室,北京 100095;3.中航工业发展研究中心知识产权部,北京 100007)

摘 要 对全球范围内复合材料液态成型工艺的技术专利进行了较为全面的统计与分析,分别从专利技术构成、专利技术发展趋势、专利竞争格局分析等方面进行了相关数据的整理与分析,梳理了复合材料液态成型工艺技术的发展历程、发展方向与知识产权现状,为我国复合材料液态成型工艺相关技术的发展提供参考信息,启迪行业发展的创新思路。

关键词 复合材料,液态成型,专利分析

Patent situation analysis on liquid composite molding

Cao Min¹ Zhang Lianwang² Zhao Xiufen² Liu Gang² Zhao Yun³ Bao Jianwen²

(1.Beijing System Engineering Research Institute,Beijing 100101;2.AVIC Composites Center,
AVIC Composite Corporation Ltd.,National Key Laboratory of Advanced Composites,
Beijing 100095;3.AVIC Development Research Center,Beijing 100007)

Abstract The comprehensive statistics and the analysis to the technology patent of the composite material liquid molding technology in the global scope were discussed.Respectively from the patent technology constitution,the patent technology development tendency,the patent competition pattern analysis and so on three aspects carried on the reorganization and the analysis of the correlation data.The development course,developing direction and intellectual property status on liquid composite molding were obtained to provide reference information for people concerned,and accelerated the development of technological innovation ideas.

Key words composite,liquid molding,patent analysis

近年来,随着复合材料技术及应用的快速发展,复合材料的低成本问题备受关注,成为复合材料制造领域亟待解决的首要问题。在复合材料总成本中,制造成本占 60%~80%。因此要降低先进树脂基复合材料的成本,必须发展低成本的复合材料成型技术^[1-3]。美国作为复合材料应用技术的领先国家,极为重视复合材料低成本制造工艺技术的研究与应用。为了实现这一目标,先后实施了 ACS(Affordable Composites Structure,即“买得起的复合材料结构”)计划和 ACT(Advanced Composites Technology,即“先进复合材料技术”)计划。

复合材料液态成型(LCM)工艺起源于 20 世纪 80 年代,是继热压罐成型工艺之后开发最为成功的复合材料成型工艺,也是最为成功的非热压罐低成本复合材料成型工艺。在初期阶段,以树脂传递模

塑(RTM)工艺为代表的液态成型工艺并没有引起人们足够的重视。随着复合材料应用范围的扩大,采用热压工艺成型时复合材料的高成本问题逐渐暴露出来,低成本的 RTM 成型工艺获得较快的发展,并在此基础上衍生出一系列 LCM 工艺方法,如树脂膜熔渗(RFI)工艺、真空辅助树脂传递模塑(VARTM)工艺、真空灌注(VARI)工艺等,如今 LCM 工艺已成为 21 世纪颇具发展潜力的一种工艺^[4-8]。

鉴于 LCM 工艺的快速发展及广泛应用,对其专利情况进行态势分析、归纳、总结,为我国 LCM 工艺的发展提供技术创新思路,显得尤为重要。笔者通过对全球 LCM 工艺技术专利的深入研究,进一步梳理了国内外申请人针对该工艺技术的专利布局情况,旨在指导国内树脂基 LCM 工艺技术的发展,防止与相关机构发生知识产权纠纷;并学习国外

作者简介:曹敏(1979-),女,助理研究员,主要从事先进材料技术发展研究与管理工。

联系人:赵秀芬(1986-),女,工程师,主要从事先进复合材料技术发展研究工作。

知识产权保护手段与战略,以保护我国自主知识产权的树脂基复合材料 LCM 工艺技术。

1 检索方法及数据来源

本研究数据来源为欧洲、美国、中国、世界知识产权组织在内的国家或地区公开的官方数据,数据范围从 1984 年至 2016 年,检索工具为 Thomason Innovation 创新平台中的德温特检索系统。根据技术谱系,以检索词为基础,结合国际专利 IPC 分类、主要申请人、发明人等信息,不断调整主题词、检索策略,通过多轮迭代以及人工阅读与机器判断的方式对数据进行筛选和去噪,最终获得与 LCM 技术相关的专利 344 项,其中外文专利 167 项、中文专利 177 项。

2 专利态势分析

2.1 专利技术构成分析

按照 344 项专利内容所涉及的技术领域对专利进行了类别划分,划分包括 6 个类别,每个类别的专利数量分布如表 1 所示。

表 1 LCM 技术专利构成

大类	类别	国外数量	国内数量	全球数量
LCM 技术	成型结构与方法(A)	117	91	208
	模具技术(B)	3	11	14
	预成型技术(C)	17	18	35
	树脂技术(D)	15	16	31
	工业化成型设备与装置(E)	10	40	50
	工艺计算、模拟与监测(F)	5	1	6
	合计	167	177	344

根据表 1 数据,对全球 LCM 技术专利构成进行分析。从专利构成上来看(见图 1),成型结构与方法(A 类)占比最大,达到 60%,其后依次为:工业化成型设备与装置(E 类),占比 15%;预成型技术

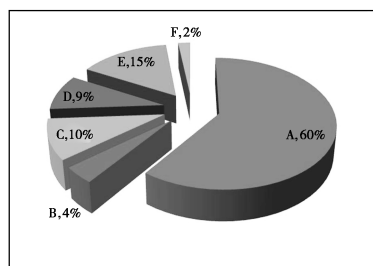


图 1 LCM 技术专利构成

(C 类),占比 10%;树脂技术(D 类),占比 9%;模具技术(B 类),占比为 4%;最后是工艺计算、模拟与监测(F 类),占比 2%。

2.2 技术发展趋势分析

图 2 为不同年份 LCM 技术专利分布情况,从图可以看出,世界范围内该项技术专利申请始于 20 世纪 80 年代。根据专利申请量的变化情况,并结合专利技术构成情况分析,可以将该技术的发展分为 4 个阶段,即萌芽期、技术发展期、应用过渡期和全面发展期。

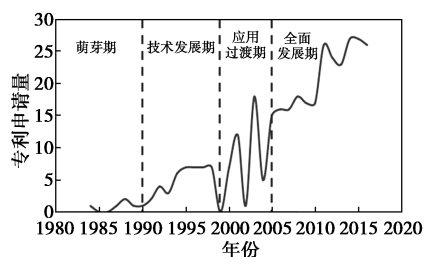


图 2 全球 LCM 技术专利申请量年度变化趋势

2.2.1 萌芽期(1984—1990 年)

LCM 工艺出现于 1984 年,在 1990 年之前,其专利数量总体比较少,所申请专利主要集中在成型结构与方法方面,如 Letterman^[9]提出了 RFI 成型方法,Bruno^[10]申请了 Z-pin 导流工艺专利等。在树脂基体研究方面,Sheppard 等^[11]也申请了一项专利,该专利主要是对树脂基体的性能特点进行了分析与研究,以满足 LCM 工艺的需要。

2.2.2 技术发展期(1991—1998 年)

这段时间专利申请量明显上升,研究机构和研究领域都有所增加。在复合材料成型方法方面,Seemann^[12]提出了树脂浸渍模型(SCRIMP)成型方法和闭模 RTM 成型方法。SCRIMP 是 VARI 工艺的一种形式,目前已广泛应用于各个行业,而闭模 RTM 工艺在制备高质量、高精度复杂复合材料结构方面具有一定的优势^[13]。在复合材料成型结构方面,泡沫夹芯结构、加筋壁板结构等成型工艺的发展为复合材料结构设计提供了新的思路,其中大型泡沫夹芯结构^[14]和大型加筋壁板结构^[15]的成型技术为复合材料的应用打下了良好基础。在树脂基体研究方面,出现了环氧树脂、双马树脂、酚醛树脂、聚酰亚胺树脂等专利,如 JP5320480A^[16]、CA2237331C^[17]和 JP04050458B2^[18]等;在预成型技术方面,相继出现了干法粉末定型技术^[19](US5432010A)和湿法定型技术^[20](AU199717049D)。在模具技术、工业化成型设备与装置方面也陆续有专利出现。这一时期是

LCM 工艺开发的重要阶段,为 LCM 技术的推广应用奠定了基础。

2.2.3 应用过渡期(1999—2005 年)

按年度来看,1999 年至 2005 年间专利申请量出现较大的波动,1999 年、2002 年和 2004 年专利申请量很少,而其他年份则比较多,这一时期主要是对 VARI 工艺和 RTM 工艺进行更为细致的研究,主要集中在改进成型方法、提高复合材料质量方面。

在经历技术发展期之后,LCM 工艺在技术上逐渐成熟,开始向舰船、汽车、航空航天、体育等领域拓展。具体到各个技术领域,复合材料在成型方法上没有大的创新,只是在成型方法上做了比较多的改进,成型结构继续保持一定的增长态势。在树脂基体方面,也主要是针对传统树脂基体,研究性能更加优良的配方体系。工业化成型设备与装置方面,同样是继续保持一定的增长态势。这一时期,由于复合材料渗入各个领域的时间比较短,因此专利申请量出现了比较大的波动。

2.2.4 全面发展期(2006—至今)

2005 年以后,LCM 技术专利申请量大幅增加,这是由于该技术此时已经渗入到了多个行业和领域,研究机构和从业人员数量明显增多,其专利申请量也快速增加。比较有代表性的是风电叶片,随着叶片的尺寸逐渐增大,传统的材料已不能满足叶片的要求,复合材料及 LCM 工艺的发展,采用 VARI 工艺成型的大型风电叶片已成为行业的主流^[21]。这一时期,LCM 工艺在各个行业快速发展,工业化成型设备与方法逐渐为人们所重视,出现了各种操作方便的工业化装备及辅助成型材料。为了便于复合材料结构的制造,预成型技术也受到关注,人们对多种形式的预成型体制备方法,如三维机织织物、无屈曲织物(NCF)、纤维铺缝技术等进行了研究。这一时期,LCM 工艺进入全面发展阶段。

2.3 专利竞争格局分析

2.3.1 国际专利竞争格局分析

图 3 是 LCM 技术领域主要申请人的分布情况。从图可以看出,两大航空巨头波音(Boeing)公司和空客(Airbus)公司专利申请数量占据前两位,遥遥领先于其他申请人,这也与其国际影响力、实际研发实力和技术能力相当。Boeing 公司最新型客机 B787 复合材料使用量已经达到 50%(质量比,下同),而 Airbus 公司的大型客机 A380 复合材料使用量仅为 25%,其正在研发的客机 A350 预计复合材料使用量将提高至 52%,以抗衡 B787 客机。

Boeing 和 Airbus 公司在复合材料使用量方面的相互竞争,大大推动了复合材料技术的发展;其次是美国氰特(CYTEC)、日本东丽(Toray)、美国陶氏(Dow)等国外大型复合材料厂家;我国的中航复合材料有限责任公司/中航工业复合材料技术中心(简称航空工业复材)、西北工业大学(简称西北工大)、北京玻璃钢院复合材料有限公司(简称北京玻璃钢院)、国电联合动力技术有限公司(简称国电联合动力)、中国航发北京航空材料研究院(简称航空 621 所)、中国航空制造技术研究院(简称航空 625 所)等也分别申请了多项 LCM 技术专利。

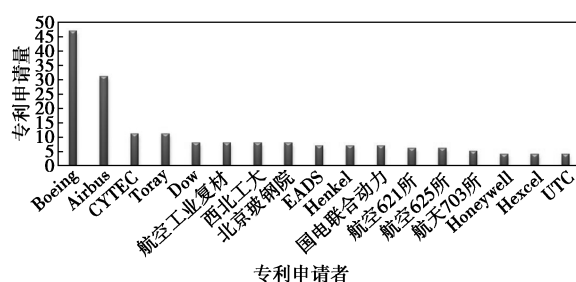


图 3 专利申请人国内外分布情况

(注: EADS 为欧洲宇航防务集团; Henkel 为德国汉高; Honeywell 为美国霍尼韦尔; Hexcel 为美国赫氏; UTC 为美国联合技术公司。)

2.3.2 我国专利竞争格局分析

(1) 我国专利申请人分析

国内外申请人在我国共申请 LCM 技术专利 177 项,具体分布如图 4 所示。从图中可以看出,申请专利最多的是 Airbus 公司,专利申请数量达到 15 项,Airbus 公司对中国市场的重视使其专利申请量也领先于对手 Boeing 公司。其次是 Boeing 公司(9 项)、航空工业复材(8 项)、西北工业大学(8 项)、北京玻璃钢院(8 项)、国电联合动力(共 7 项),航空 621 所和航空 625 所分别申请了 6 项相关专利,航天 703 所和 CYTEC 公司分别申请了 4 项相关专利。除上述单位外,其他研究单位也申请了专利,但专利申请数量均在 3 项及以下,总数量为 94 项,占到 53%。

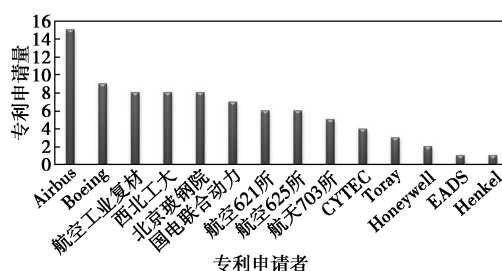


图 4 国内专利申请人我国的分布情况

国内专利申请人中,航空工业复材是 2011 年由航空 621 所和航空 625 所复合材料专业整合而来,相应的研发团队均合并到航空工业复材,虽然此处专利分布未进行合并,但是依然可以确认,目前航空工业复材在国内航空领域 LCM 技术方面处于领先地位。另外,国电联合动力在复合材料风电叶片液态成型方面占据领先地位。值得注意的是,Boeing 和 Airbus 公司在我国申请了大量的专利,其次是 CYTEC、EADS、Henkel、Honeywell、Toray 等国际知名企业也均有专利申请,而我国的企业未能在国外申请 LCM 工艺方面的专利,这也反映出国内企业与国外知名企业在该技术领域中还存在着一定的差距,对国际专利的申请不够重视。

(2) 我国专利申请技术趋势分析

我国专利申请量年度变化趋势如图 5 所示。从图中可以看出,我国 LCM 工艺技术的发展可以分为两个阶段(参考全球专利发展态势):一是技术储备阶段,二是全面发展阶段。

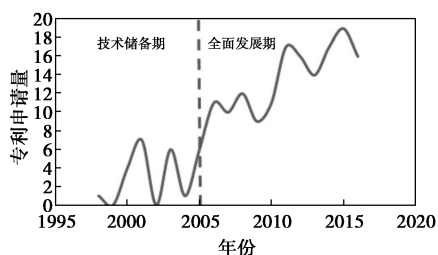


图 5 我国专利申请量年度变化趋势

技术储备阶段(1998—2005 年):从图 5 可以看出,在该阶段专利申请数量出现了较大的波动。我国 LCM 技术专利申请始于 1998 年,专利号为 98811073.3^[22],该专利是美国迪皮埃技术公司(TPI)提出的关于复合材料泡沫夹芯结构的成型方法。对比全球专利发展情况,此时,LCM 工艺在技术层次上已经比较成熟,国外企业看到了 LCM 技术的巨大市场价值,于是在中国申请了这方面的专利技术。随后在 2000 年,北京玻璃钢院也申请了关于 LCM 工艺方面的技术,由此,我国 LCM 技术开始了迅速发展。这一时期,LCM 技术在国外的的发展引起了国内各个相关产业的关注,航空 625 所、航空 621 所等单位均申请了相关专利技术,国外的 Airbus、CYTEC 等公司也相继申请该方面专利技术,展开对中国市场的争夺。这一时期,由于复合材料渗入各个领域的时间比较短,因此专利申请量出现了比较大的波动。

全面发展阶段(2006—至今)。经过技术储备阶

段的发展,各相关产业在 LCM 技术领域都有了一定的基础,因此专利申请量大幅增加,航空工业复材、航空 621 所、航空 625 所、北京玻璃钢院、国电联合动力均产生了大量的专利^[23-25]。在这一时期,需要指出的问题有以下几点:(1)虽然在各相关行业都有了 LCM 技术,但由于我国复合材料技术起步较晚,因此在结构设计方面,液态成型的复合材料与国外相比还有一定的差距,而没有有效的设计,液态成型复合材料就难以发挥其结构优势;(2)我国 LCM 技术辅助材料(尤其是高质量复合材料制造所涉及的辅助材料)多采用国外产品,相关配套设施准备不足,需要继续加强辅助成型材料的研发;(3)虽然我国 LCM 工艺相关专利申请数量很多,但真正引领技术发展的高水平专利较少,这表明我国仍然处在一个对国外技术的借鉴阶段,需要在创新技术方面多做研究工作。

3 结语

(1) LCM 技术始于 20 世纪 80 年代,在国外兴起,并于 90 年代后期逐步被我国所重视。2005 年以后,该技术在国内外都保持了良好的上升势头。

(2) 无论是在全球还是在中国范围内,两大航空巨头 Boeing 和 Airbus 公司专利申请数量都占据前两位。Boeing 和 Airbus 公司在复合材料结构应用上的相互竞争,大大推动了 LCM 技术的发展。

(3) 除 Boeing 和 Airbus 公司外, CYTEC、EADS、Henkel、Honeywell、Toray 等国际知名企业在国内外均申请有专利,而我国的企业未能在国外申请液态成型方面的专利,这也反映出国内企业与国外知名企业在 LCM 技术领域中还存在着一定的差距。

(4) 经过十几年的发展,我国 LCM 技术已进入全面发展阶段,为更好地设计与应用复合材料奠定了基础。

参考文献

- [1] 益小苏.先进树脂基复合材料高性能化理论与实践[M].北京:国防工业出版社,2011.
- [2] 张丽华,范玉青.复合材料构件低成本技术发展趋势[J].航空制造技术,2005(7):61-63.
- [3] 陈绍杰.复合材料技术发展及其对我国航空工业的挑战[J].高科技纤维与应用,2010,35(1):1-7.
- [4] 刘兆麟,程灿灿.复合材料液体模塑成型工艺研究现状[J].山东纺织科技,2011,52(2):50-53.

(下转第 62 页)