

碳纤维技术在不同应用领域中的发展状况研究^①

郑 佳^② 袁学敏^③

(中国科学技术信息研究所 北京 100038)

(**甘肃省科学技术情报研究所 兰州 730000)

摘 要 通过对德温特专利数据库收录的 1963 ~ 2015 年全球范围内申请的碳纤维技术相关专利的分析,从应用的角度研究了碳纤维技术在航空航天、交通、电缆、风力发电以及文体用品等领域的发展状况和趋势。研究表明,我国在文体用品、风力发电领域专利数量巨大,但在航空航天、交通领域的技术实力还比较弱,与国际领先水平差距较大。因技术实力落后,国外企业在中国专利布局也很少。可见,我国打造碳纤维产业还有很长的路要走。

关键词 碳纤维, 专利, 航空航天, 交通, 电缆, 风力发电, 文体用品

0 引 言

碳纤维是一种含碳量超过 90% 的高强度、高模量的纤维状高分子材料。碳纤维在制备过程中,碳以外的其它元素几乎完全被除掉,只留下片状石墨微晶沿纤维轴向方向堆砌,因而它具有碳材料的强抗拉性,又具有纤维材料的柔软可加工性。碳纤维的优良性能使其在多个领域得到了应用,本文运用专利分析方法,研究了碳纤维技术在不同工业领域中的发展状况和趋势。

1 碳纤维技术的应用领域

碳纤维“轻而硬”、“轻而强”的特点使其在航空航天、汽车、电缆、风力发电以及文体用品等领域具有广泛的应用前景。航天飞行器的质量每减少 1kg,就可使运载火箭减轻 500kg。碳纤维增强树脂基复合材料已成为航天飞机的重要材料。2007 年面世的超大型飞机 A380,其复合材料的密度已达 23%。用碳纤维复合材料制造汽车可使汽车轻量化,可降低行驶单位公里的燃油。2014 年德国西格

里公司与宝马集团组建了合资企业,西格里公司专门生产汽车用碳纤维用于新的宝马车型,使其轻量化。碳纤维复合芯电缆关键是芯棒的制造,一般碳纤维占 35%,玻璃纤维占 35%,增韧环氧树脂占 30%。碳纤维复合芯电缆比钢芯铝绞线贵,但随着碳纤维价格的不断降低和生产碳纤维复合芯电缆技术的日趋完善,碳纤维复合芯电缆碳纤维复合芯电缆将逐步占领市场。宁夏、福建的局部地区应用碳纤维电缆输电,不但输电能耗降低 3% 左右,而且减少了输电铁塔 50%,从而节省了大量土地。风电叶片对碳纤维的需求非常大。制造 3 兆瓦以上的大功率风电机组,叶片长度需要在 40m 以上,需要轻而强、刚而硬的碳纤维复合材料制造。当风电叶片的长度达到 40 ~ 50m,也需要采用碳纤维材料大梁。碳纤维增强环氧树脂复合材料的比强度、比模量相当好,是制造文体休闲器材的主要材料。世界碳纤维总量的 1/3 用来制造文体休闲器材。俄罗斯著名撑竿运动员伊辛巴耶娃所用的撑竿是碳纤维复合材料制造的。

碳纤维复合材料是具有巨大市场需求的关键新材料,其应用范围会不断扩大。美国能源部开展的

① 国家科技支撑计划(2013BAH21B05)资助项目。

② 女,1982 年生,博士,副研究员;研究方向:新材料产业研究;E-Mail:zhengji@istic.ac.cn

③ 通讯作者,E-mail: yuanxm2004@126.com

(收稿日期:2015-09-25)

“轻量化材料项目”和“电动汽车项目”等与碳纤维密切相关。欧盟高性能复合材料技术研究项目旨在将先进材料应用于大型交通工具的轻型结构复合构件中,该项目 2011 年研发重点是碳纤维复合材料的批量生产以满足大规模生产汽车的应用。日本实施的“汽车轻量化碳纤维强化复合材料开发”项目,包括汽车用碳纤维增强复合材料联结技术的开发。我国根据《“十三五”碳纤维发展前景及技术创新重点》,将在民用航空、新能源汽车、风力叶片、高压输电线等相关制造领域迅速占领碳纤维市场。

2 研究目的与方法

从应用的角度,对碳纤维技术进行解析,无疑对碳纤维领域技术发展具有非常重要的指导作用。因此,本文将从应用的角度,运用专利分析方法对碳纤维在航空航天、汽车、电缆、风力发电以及文体用品等领域的发展趋势进行深入研究。

专利信息体现了人类科学技术的研发成果,反映了最新的科技发明、创造和设计。通过对专利文献中所包含的科技、经济、法律信息进行加工剖析,并借助各种便于分析解读的可视化图表形式,可以全面揭示专利数据蕴涵的丰富多样和错综复杂的信息。从 1959 年聚丙烯腈基碳纤维被发明以来,研究机构从专利的多个角度对石墨烯技术发展态势进行了详实研究。高霞等从发展趋势、技术领域、专利权人等角度对吉林省碳纤维产业现状、技术水平等进行了分析和评价^[1]。李彩霞等从技术生命周期、地域分布情况、IPC 技术领域情况、申请机构类型情况等对碳纤维技术领域专利情况进行了分析,找到技术壁垒并提出相应的对策建议^[2]。李军等结合国外碳纤维技术的专利授权量、国别分布、主 IPC 分布、专利权人及研究重点等状况,对比了国内外碳纤维发展情况,以期为我国碳纤维技术发展提供有用的情报^[3]。郑佳从专利数量、研发活跃度、技术布局以及东丽公司、三菱公司、东邦公司等主要机构的角度,对比了中美日三国碳纤维技术发展情况,以为我国制定碳纤维发展战略、选择技术发展路线提供参考依据^[4]。

从以前的相关研究中可以看出,国内外学者将专利文献数据作为研究碳纤维技术发展的重要依据,采用的专利分析的方法也是多种多样。本研究仍采用专利数据分析方法,但在细节上、特点上有所不同。

3 数据来源

3.1 碳纤维专利数据检索

本文以 Derwent Innovation Index 数据库为数据来源,用主题:(“carbon fiber”) OR 主题:(“carbon fibers”) OR 主题:(“carbon fibre”) OR 主题:(“carbon fibres”) OR IPC 代码:(C04B-035/83)的检索式在 Derwent Innovations Index 的主题字段中检索,年份选择 1963 年至 2015 年。检索时间是 2015 年 7 月 2 日,检索到专利数据 52912 条,共 34964 个专利族,包含题录、PDF 全文、法律状态等专利信息深加工的数据。

3.2 碳纤维不同应用领域分类检索

本文从应用的角度,对碳纤维在交通、航空航天、电缆、风力发电以及文体用品等领域进行分类检索,检索式如下:

(1) 航空航天,检索到 3813 件专利。

(主题:(“carbon fiber”) OR 主题:(“carbon fibers”) OR 主题:(“carbon fibre”) OR 主题:(“carbon fibres”) OR IPC 代码:(C04B-035/83)) AND 主题:(aviation or aircraft or airplane or plain or airfoil or aerofoil or rocket or warhead or bullet or bomber or “bomb carrier” or missile or cruise ship or GPS or aeroengine or telescope or “space station”)

(2) 文体用品,检索到 3652 件专利。

(主题:(“carbon fiber”) OR 主题:(“carbon fibers”) OR 主题:(“carbon fibre”) OR 主题:(“carbon fibres”) OR IPC 代码:(C04B-035/83)) AND 标题:(rod or pulley or racquet or racket or stick or pole or handle or bat or ski * or bike or bicycle or yacht or rowing or racing or “ice hockey” or puck)

(3) 交通,检索到 5031 件专利。

(主题:(“carbon fiber”) OR 主题:(“carbon fibers”) OR 主题:(“carbon fibre”) OR 主题:

(“carbon fibres”) OR IPC 代码: (C04B-035/83))
AND 标题: (car or auto * or ship or boat or train or motorcycle or autocycle or autobike or vehicle or rudder or hovercraft or propeller or warship or mast or brake or seat or shaft or wheel silencer or helmet)

(4) 电缆,检索到 1015 件专利。

(主题: (“carbon fiber”) OR 主题: (“carbon fibers”) OR 主题: (“carbon fibre”) OR 主题: (“carbon fibres”) OR IPC 代码: (C04B-035/83))
AND 标题: (cable)

(5) 风电,检索到 2911 件专利。

主题: (“carbon fiber”) OR 主题: (“carbon fibers”) OR 主题: (“carbon fibre”) OR 主题: (“carbon fibres”) OR IPC 代码: (C04B-035/83)
AND 标题: (“wind power” or wind turbine or blade or vane or flywheel or grommet or engine or motor)

主题: (“carbon fiber”) OR 主题: (“carbon fibers”) OR 主题: (“carbon fibre”) OR 主题: (“carbon fibres”) OR IPC 代码: (C04B-035/83)
AND IPC 代码: (F03D)

4 结果与讨论

4.1 碳纤维专利数量发展趋势

碳纤维起源可追溯到 19 世纪 60 年代,由英国

人瑟夫·斯旺在制作电灯灯丝中发明并获得专利。它是一种纤维状碳材料,呈黑色,质坚硬,是一种强度比钢大,密度比铝小,比不锈钢还耐腐蚀,比耐热钢还耐高温,又能像铜那样导电的具有电学、热学和力学等综合优异性能的新型材料,因其制造技术难度大、实用价值高,被业界誉为“黑色黄金”。1910 年,库里奇发明了用钨丝取代碳丝作为灯丝,从此碳丝的研制工作停止下来。直到 20 世纪 50 年代,碳丝的研制又重新出现在材料科学的舞台上,主要用于战略武器的耐高温和耐烧蚀材料。1959 年从业于日本大阪工业技术实验所的近藤昭男发明了聚丙烯腈碳纤维。1962 年,日本东丽公司开始研制聚丙烯腈基碳纤维,随着碳纤维的研发工作重新起步,碳纤维专利也陆续出现。到 1973 年,相关专利的数量一直处在极低的水平且增幅很小。从 1974 年开始碳纤维专利申请逐年增多。1991 年突破了 1000 件/年。由于全球碳纤维领域的关键技术一直被日本和美国的公司所垄断,在一定程度上影响了碳纤维领域专利数量的进一步增长,1992~1996 年专利数量出现小幅度的下降。但随着碳纤维在电缆、风力发电、交通用品、航空航天用品等领域的广泛应用,越来越多的国家开始重视碳纤维领域的研究,1997 碳纤维领域专利数量开始逐渐回升,并且增长速度从 2007 年开始大幅提高,于 2014 年超过 6000 件/年,创历史新高(图 1)。

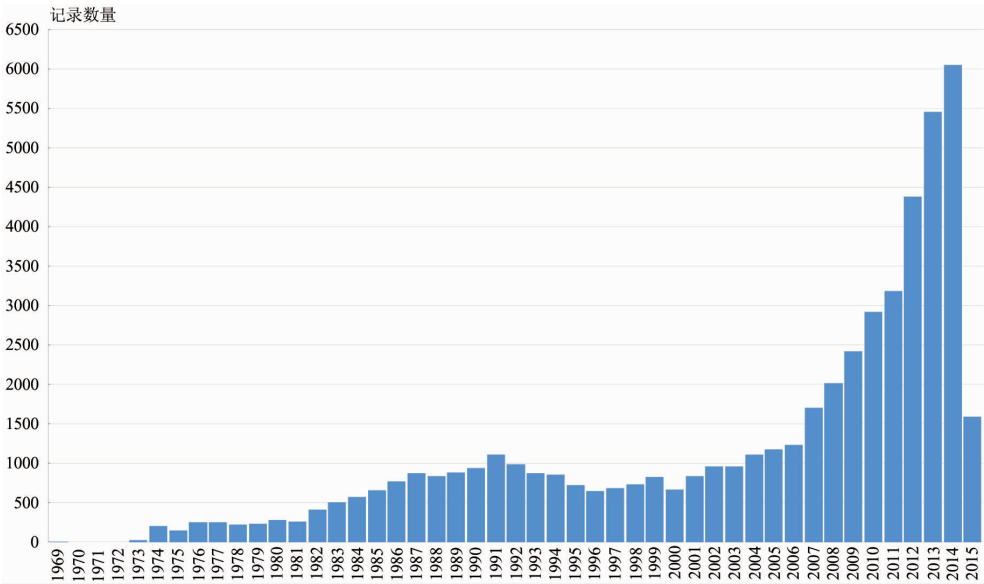


图 1 全球碳纤维专利数量逐年分布情况

4.2 不同应用领域碳纤维专利数量发展趋势

图 2 分析了 1995 年至 2014 年近 20 年碳纤维在不同应用领域的专利申请量逐年变化情况。航空航天是碳纤维最早发展起来的应用领域,也是专利数量增长较快的领域。目前,高档碳纤维复合材料在小型商务飞机和直升飞机上的使用量提高了 70% ~ 80% ,在军用飞机上提高了 30% ~ 40% ,在

大型客机上提高了 15% ~ 50%。碳纤维增强树脂基复合材料已成为航空航天装备的重要材料。文体用品、交通用品以及风力发电方面,发展几乎是同步的,专利数量也呈现不断上升趋势。电缆用碳纤维发展较晚,专利申请在 2010 年后迅速增长,2014 年达 221 件。

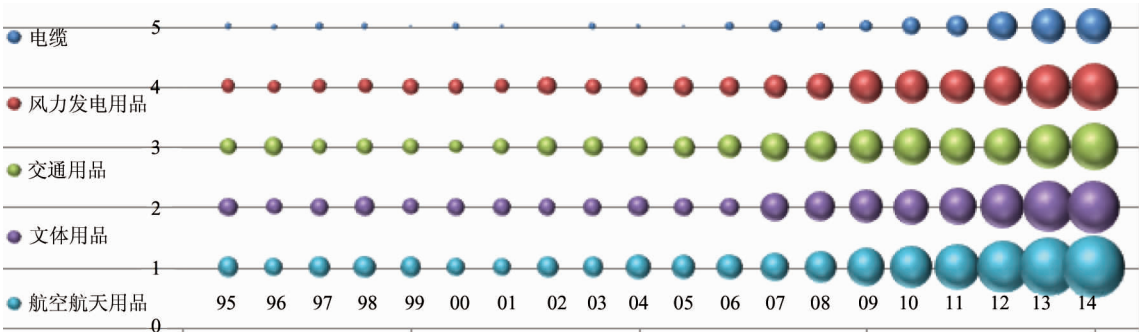


图 2 碳纤维各应用领域专利数量逐年分布情况

4.3 各国/地区在碳纤维不同应用领域技术对比情况

由各国/地区在不同应用领域的专利申请情况可知(图 3),专利主要集中在日本、美国、中国 and 德国等国。在日本,碳纤维在航空航天、风力发电技术等领域的专利量排名第一。以东丽公司为代表的日本企业在全球航空航天用碳纤维领域一直占据霸主地位。2014 年东丽从美国波音获得规模达到 1 万亿日元的飞机用碳纤维订单。在今后 10 多年里,将

向波音的现有机型和下一代大型客机“777X”的主机翼部分独家供货。东丽将投资 1000 亿日元在美国建设世界最大规模的碳纤维工厂,以巩固全球首位宝座。这将是东丽在飞机制造领域的最大规模订单。在中国,碳纤维在电缆、文体用品、交通用品技术分支中的专利量排名第一。美国、德国在各技术分支中的专利分布比较均匀。英国、韩国、法国在各应用领域也有专利申请。其他国家/地区申请量较低,研发强度较弱。

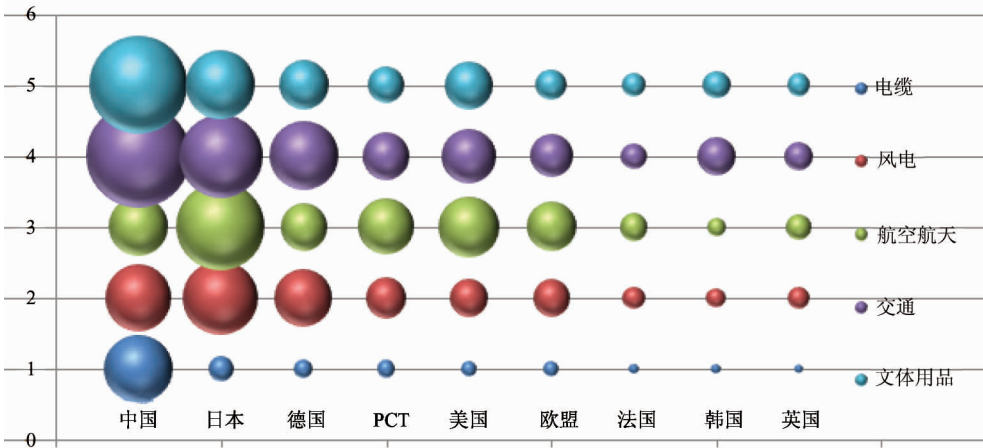


图 3 各国/地区在碳纤维不同应用领域技术对比分析

4.4 企业在碳纤维不同应用领域竞争力分析

碳纤维复合材料可用于制造高速列车、地铁车辆、电车的车身及相关部件。用碳纤维复合材料制造汽车,可使其轻量化,可降低行驶单位公里的燃油。如表 1 所示,碳纤维在交通领域的主要专利权人包括东丽公司、丰田公司和巴伐利亚发动机公司。

东丽公司进行这方面的研究较早,从 1973 年开始进行这方面的研究,但专利主要集中在日本,在美国、欧盟和韩国有少量布局;主要合作单位是丰田公司。丰田公司开展相关研究工作也比较早,在中国、美国和德国进行了布局。巴伐利亚发动机公司进行这方面的研究较晚,但专利数量发展较快。

表 1 交通领域主要专利权人

专利权人	专利申请量	申请活动年份	主要发明人	合作权人	专利布局
东丽公司	93	1973 ~ 2013	TANAKA F ICHIKAWA T KOBAYASHI K	丰田公司(1)	美国(7)、 欧盟(5)、 韩国(4)
丰田公司	65	1979 ~ 2013	YAMADA Y KONDO K OHASHI Y	东丽公司(1)	美国(4)、 德国(3)、 中国(2)
巴伐利亚发动机 厂股份公司	41	1986 ~ 2013	KOPF A ROBERTS R SCHNAUFER T	无	德国(8)

碳纤维增强树脂基复合材料已成为生产武器装备的重要材料。2007 年面世的超大型飞机 A380,复合材料的密度已达 23%。如表 2 所示,航空航天领域的主要专利权人包括东丽公司、三菱公司和空客公司。东丽公司进行这方面的研究较早,从 1970 年开始进行这方面的研究,在美国、欧盟、韩国进行

了专利布局。三菱公司开展相关研究工作也比较早,主要合作单位为日本昭和公司,在美国韩国和欧盟进行了专利布局。美国空客公司进行这方面的研究较晚,在 1991 年开始了该领域的研究。与交通领域明显不同,各公司在航空航天领域对专利进行了积极的海外布局。

表 2 航空航天领域主要专利权人

专利权人	专利申请量	申请活动年份	主要发明人	合作权人	专利布局
东丽公司	337	1970 ~ 2015	TANAKA F SAKATA H ICHIKAWA T	无	美国(39)、 欧盟(38)、 韩国(29)
三菱公司	111	1971 ~ 2015	SUGIURA N KUME M KAMINO Y	昭和公司(1)	美国(35)、 欧盟(27)、 韩国(15)
空客公司	100	1991 ~ 2014	JACOB T PIEPENBROCK J DOLZINSKI W	无	欧盟(99)、 德国(87)、 中国(65)

碳纤维增强环氧树脂复合材料的比强度、比模量相当好,是制造文体休闲器材的主要材料。世界碳纤维总量的 1/3 作用用来制造文体休闲器材。如

表 3 所示,文体用品领域的主要专利权人包括东丽公司、禧玛诺公司和达亿瓦公司。东丽公司进行这方面的研究较早,从 1973 年开始进行这方面的研

究,但专利主要集中在日本。禧玛诺公司开展这方面的研究较晚,但比较注重专利布局,在中国也进行了布局。

表 3 文体用品领域主要专利权人

专利权人	专利申请量	申请活动年份	主要发明人	合作权人	专利布局
东丽公司	81	1973 ~ 2015	ENDO M TANAKA F YOSHIDA T	无	美国(2)、 韩国(2)、 台湾地区(2)
禧马诺公司	56	1990 ~ 2015	MATSUMOTO M TANIGAWA S	无	中国(8)、 德国(8)、 美国(7)
达亿瓦公司	44	1974 ~ 2015	TAKADA N SUZUE H TSURUFUJI T	无	美国(3)、 德国(3)、 欧盟(3)

风电叶片对碳纤维的需求在 2013 年急剧下滑,主要原因是 2013 年国际新增装机容量的下降。2014 年,风电对碳纤维的需求持续走低,2014 年底到 2015 年初,国际原油价格在低位徘徊,这也会对国际风电的新增装机容量形成影响。2014 年,风电叶片有明显回暖趋势。因此,在 2013 ~ 2015 低谷后,风电叶片对碳纤维的需求依然会攀升。如表 4 所示,风力发电技术分支的主要专利权人包括东丽公司、三菱公司和通用电气公司。东丽公司进行这

方面的研究较早,从 1978 年开始进行这方面的研究,但专利主要集中在日本,在中国、美国、欧盟进行了少量布局,主要合作单位为三菱、丰田。三菱公司开展相关研究工作也比较早,比较注重合作,主要合作单位为东丽、丰田、大阪天然气、本田等公司,在中国、美国和德国进行了专利布局。通用电气公司进行这方面的研究较晚,在 1992 年开始了该领域的研究。

表 4 风力发电领域主要专利权人

专利权人	专利申请量	申请活动年份	主要发明人	合作权人	专利布局
东丽公司	89	1978 ~ 2014	KIMOTO Y KIYAMA K TANAKA F	三菱(1)、 丰田(3)	中国(4)、 美国(4)、 欧盟(4)
三菱公司	73	1987 ~ 2014	AKATA M ASO H FUJIOKA H	东丽(1)、丰 田(1)、大阪 天然气(2)、 本田(1)	中国(5)、 美国(5)、 德国(4)
通用电气公司	53	1992 ~ 2014	XIE M LACHAPELLE D G CAIRO R R	无	欧盟(28)、 中国(23)、 日本(21)

碳纤维复合芯电缆关键是芯棒的制造,一般碳纤维占 35%,玻璃纤维占 35%,增韧环氧树脂占 30%。碳纤维复合芯电缆比钢芯铝绞线贵,但随着碳纤维价格的不断降低和生产技术的日趋完善,碳

纤维复合芯电缆将逐步占领市场。如表 5 所示,电缆技术分支的主要专利权人包括河南科信电缆有限公司、江苏藤仓亨通光电有限公司和日本古河电器株式会社。河南科信电缆有限公司从 2010 年开始

进行这方面的研究,但专利主要集中在中国,主要合作单位为国家电网。日本古河电器株式会社进行这

方面的研究较早,早在 1987 年就有相关研究,但从 1992 年开始已经退出了该领域。

表 5 电缆领域主要专利权人

专利权人	专利申请量	申请活动年份	主要发明人	合作权人	专利布局
河南科信电缆有限公司	100	2010 ~ 2013	JIANG X WEI Q ZHU B	国家电网 (6)	中国(100)
江苏藤仓亨通光电有限公司	15	2014	QIU J LIU Y	无	中国(15)
古河电器株式会社(日本)	13	1987 ~ 1992	KOJIMA T SENOO A	无	日本(12) 美国(2)

5 结 语

从 1959 年美国联合碳化物公司(Union Carbide Corporation)以粘胶丝为原料制备碳纤维,到 1961 年日本大阪工业技术实验所和日本东丽公司(Toray)相继开发和改进聚丙烯腈基碳纤维,再到 1965 年以后日本群馬大学和美国联合碳化物公司分别成功开发沥青基碳纤维,几十年来,全球碳纤维领域一直是各国竞争的热点。从最早在航空航天领域的角逐,到汽车用碳纤维材料,再到风力发电叶片、文体用品以及近些年出现的输电缆缆,碳纤维的应用领域不断扩大。以东丽公司、三菱公司、丰田公司为代表的日本企业在碳纤维领域特别是在飞行器和轻量汽车这两个技术含量高、经济效益大的领域独占鳌头。我国由于近些年全社会对碳纤维重视程度不断提升,专利申请呈现快速发展态势,2006 年以后已超过日本和美国,专利数量排名全球第一。我国在文体用品领域、风力发电领域,特别是输用电缆领域专利数量巨大。但与日本相比,我国在航空航天、交通领域的技术实力还比较弱,也没有能与国际上领先的企业相抗衡的实力。从这个方面看,我国打造碳纤维产业还有很长的路要走。从分析中发现,国外领先企业在中国布局还不是很积极,虽然意味着我国的技术可能比较落后,但也不失为一个很好的机遇。只有切实提高碳纤维核心技术,特别是在

航空航天和交通领域的竞争力,才能促进我国碳纤维产业健康顺利发展。

参考文献

[1] 冯志海. 关于我国高性能碳纤维需求和发展的几点想法. 新材料产业,2010(9):19-24

[2] 余黎明. 我国碳纤维行业现状和发展趋势分析. 新材料产业,2011(6):13-21

[3] 周宏. 中国碳纤维产业从幼小走向新兴的路径初探. 新材料产业,2010(9):9-13

[4] 周宏. 促进高性能纤维产业自主创新发展的战略构想. 新材料产业,2008(1):25-30

[5] 钱伯章. 国内外碳纤维应用领域、市场需求以及碳纤维产能的进展. 高科技纤维与应用,2010(4):29-33

[6] 王春净,代云霏. 碳纤维复合材料在航空领域的应用. 玻璃钢,2010(4):12-23

[7] 周嵩林. 国内碳纤维材料的生产现状. 泸天化科技,2011,(3):222-225

[8] 尹小勇,孙宝文. 对我国碳纤维产业发展的几点建议. 石油规划设计,2011,22(4):14-16,56

[9] 高霞,戴磊,孙琳等. 基于专利地图的吉林省碳纤维产业专利情报研究. 科技和产业,2013(1):124-129

[10] 李彩霞,单美玉,宋微等. 我国碳纤维产业专利战略研究. 社科论坛,2013(34):125-128

[11] 李军,唐恒,桂勇. 国内外碳纤维技术专利竞争情报分析. 情报杂志,2011,30(9):14- 19

[12] 郑佳,党蓓. 从专利角度分析国内外碳纤维之发展. 新材料产业,2014,8(8):7- 14

Study of the development of carbon fiber applications in several fields

Zheng Jia, Yuan Xuemin

(Institute of Scientific and Technical Information of China, Beijing 100038)

(Institute of Scientific and Technical Information of Gansu, Lanzhou 730000)

Abstract

Based on the analysis of the carbon fiber related patents of 1963 ~ 2015, which were collected word wide by the Derwent Innovation Index database, the developments and trends of the global carbon fiber application in the five areas of aeronautics and astronautics, automobile, cable, wind turbine and sports goods were studied. The results shows that China holds the leading positions in Wind turbine and Sports goods, but is backward in Aeronautics and Astronautics, Automobile compared to world leading countries. Top external enterprises seldom apply for patents in China because China's carbon fiber technology is not advanced. This shows that there is still a long way for China to enhance its R&D capability in carbon fiber application and improve its carbon fiber industry.

Key words: carbon fiber, patent, aeronautics and astronautics, automobile, cable, wind turbine, sports goods