

# 高性能纤维及复合材料产业概况 暨成都发展建议

成都新材料产业研究院

2017年11月30日

## 一、引言

高性能纤维，是指具有特殊的物理化学结构、性能和用途，或具有特殊功能的化学纤维。按其化学组成来分，可简单地分为有机和无机高性能纤维两大类。以其性能可分为高强度/高模量纤维、耐高温纤维、耐腐蚀纤维、抗燃纤维，以及功能纤维、弹性体纤维等类别；另外，有时也把生物质纤维列为高性能纤维。随着 20 世纪下半叶以来高性能纤维的迅速发展，它继第一代的锦纶、涤纶和腈纶，以及第二代改性纤维之后，被称为第三代合成纤维。

每类高性能纤维都包含有很多具体的纤维品种。其中，当今国际公认的三大高性能纤维是：碳纤维、芳纶纤维和超高分子量聚乙烯纤维，它们不仅具有优良的理化特性，而且均是已经成熟商业化的纤维产品。除此之外，其它的高性能纤维还包括玄武岩纤维、玻璃纤维、碳化硅纤维和聚苯硫醚（PPS）纤维、聚对苯撑苯并双噁唑（PBO）纤维等等。

各种高性能纤维一般是作为增强体，通过与各类树脂、混凝土或金属等基体材料的复合，而制备成具有专门用途与特殊耐受力的一种高性能纤维复合材料。因此，高性能纤维及复合材料与传统材料相比，具有更高的性能与更大的设计灵活性，也具有更为广泛的国防和民生用途。

## 二、主要高性能纤维的综合对比

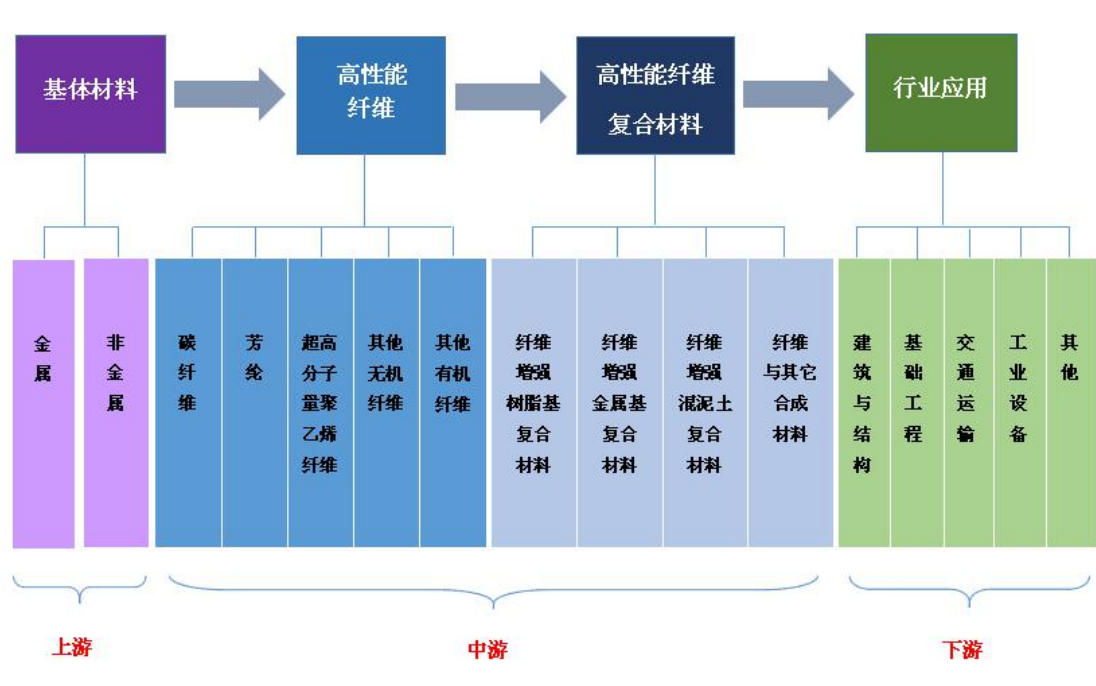
类别	纤维	代表型号	比强度 Mpa	比模量 Gpa	最高使用温度	其它特性	主要应用
无机纤维	碳纤维	T800	5880	294	在空气中 400℃开始氧化	导电导热 电磁屏蔽 (脆性纤维)	国防航空航天 装备、大型客机 等的复合材料
		T300	3500	230	在空气中 400℃开始氧化		高性能汽车、轨 道交通、体育用 品等复合材料
	玄武岩纤维	-	3800	80	650	天然环保 抗氧化/辐射 电绝缘	高温过滤与防 护织物,以及国 防装备、管道、 交通、工程建筑 等的复合材料
	玻璃纤维	S-玻纤	3400	72	350	弹性 介电性 易生产 (脆性纤维)	普通玻纤用于 各类基础的纤 维增强复合材 料,玻纤棉用于 隔热隔音,特种 玻纤用于国防 军工等领域
	碳化硅纤维	-	2500~ 3500	200~250	1200℃	抗氧化 抗蠕变 低热膨胀系数	国防军工、航空 航天、高级运动 器材等的复合 材料
有机纤维	芳纶	芳纶III	5500	145	300	透波 电绝缘	雷达罩、隐身构 件、高级防弹材 料等
		芳纶II	3000	112	300		航天航空装备、 防弹防护制品、 汽车耐用部件、 线缆增强等的 复合材料
	超高分子量 聚乙烯纤维	SK65	3500	110	80	耐冲击性 柔性	防弹装备、绳缆 等的复合材料
	PPS 纤维	-	550	20	280	耐化学腐蚀性 阻燃性	高温滤材、滤布
	PBO 纤维	zylonHM	5800	280	330	柔性	国防军工尖端 材料领域

图表 1 注：表中参数均为典型值，其数据的测试单位（标准）不同，公开的报道数据有差异

### 三、高性能纤维及复合材料的产业概况

#### (一) 高性能纤维及复合材料的产业链共性

高性能纤维及复合材料产业的生产组织过程，一般都是因应某一些行业特殊的高性能结构或功能技术需求，针对不同的需要增强的基体材料，利用专业研发生产合成的具有某类特种性能的纤维，通过专门的工艺技术制备而成的，应用于具体部件装备或工程产品的复合材料。其基本产业链如图 1 所示。



图表 2 高性能纤维及复合材料产业链

#### (二) 不同类型纤维及其复合材料的发展情况

##### 1、碳纤维及复合材料

材料特点：20 世纪 50 年代末，由日本人发明。是一种含碳量在 95%以上的高强度/高模量无机纤维，主要由聚丙烯腈 (PAN) 原丝碳化而成；原丝和碳化的生产设备及工艺

技术复杂高难，投资高、占地大、用电及环保配套要求严；按每束碳纤维中的原丝根数分大、小丝束品类，相同性能的碳纤维一般大丝束产品成本更低，国际先进水平的碳纤维产业化典型型号产品已做到 T1000 以上。碳纤维应用主要是与树脂等基体材料的复合增强，其复合材料具有优异的物理化学综合稳定性能，应用范围广泛。因此碳纤维及复合材料已成为当今全球高性能纤维及复合材料产业领域最具代表性的新材料。

产业情况：全球排名前三的碳纤维生产商是日本的东丽、东邦和三菱丽阳；东丽公司产能为 4.6 万 t/a，品种有近 20 种，拥有从原丝到复合材料的完整产业链，大小丝束产能均居全球之首；日、美垄断与控制了高性能碳纤维及其复合材料的核心技术和产业，德国、韩国、土耳其以及中国台湾，拥有先进的碳纤维及复合材料企业，印度、沙特、伊朗也开始发展碳纤维。国内碳纤维的原丝生产技术是短板，大型碳化设备控温精度不够；纤维产品目前低端的已经能够规模生产，高端小批量可以达到日本 T800 级（限制出口）性能水平的只有个别企业，碳纤维综合产能过千吨的已有多家企业，近年来正在和准备上大规模项目的企业也很多，而实际上行业中更大量的是碳纤维复合材料的生产企业，包括一些中小创新公司。

市场情况：2016 年全球碳纤维产能为 17.8 万吨，预计新能源汽车将成为碳纤维应用新的增长领域，应用规模将与飞机相当。

## 2、玄武岩纤维及复合材料

材料特点：20 世纪 60 年代初，玄武岩纤维由前苏联的乌克兰科学研究院发明。它是由火山岩浆冷却后形成的玄武岩石料为原料，经过高温熔融和漏板高速拉丝制成的天然无机连续纤维。再通过不同的加工工艺，可制成玄武岩纤维的无捻粗纱、纺织纱、短切纱及布（毡）等制品，也可与树脂、混凝土等制成纤维增强复合材料。其最大特点是一种来源广泛的天然环保无机非金属材料，并且是我国“后来居上”已经拥有全面自主知识产权，制造技术及工艺达到了国际领先水平的一种高性能纤维，具有作为其它一些高性能纤维的低价替代品潜力。

产业情况：全球市场的规模与技术应用仍处于初级开发阶段，生产主要集中在俄罗斯、乌克兰和中国，韩国、奥地利、比利时有生产，目前我国产能最大，有企业超过 20 家。

市场情况 2011 年全世界的玄武岩纤维产量约 6500 吨，2015 年末我国的产能达到了约 1.8 万吨，但有学者预测到 2020 年，全球总产量可能将超过 20 万吨。

## 3、玻璃纤维及复合材料

材料特点：玻璃纤维是以玻璃球或废旧玻璃为原料，经高温熔制、拉丝、络纱、织布等工艺制造成的一种无机非金属材料，进一步又分为连续纤维、定长纤维和玻璃棉三大类，品种更是繁多；其中的所谓高性能玻璃纤维是泛指相对普通玻璃纤维而言，具有更高理化或电学性能的玻纤品种，如用

于印制电路覆铜板的电子级 e-玻璃纤维，为无碱玻纤；以及高强度 R-和特种 S-玻璃纤维等等。以玻璃纤维及其制品( 玻璃布、带、毡、纱等 ) 作为增强材料，以环氧、酚醛、聚酯等树脂为基体材料生产的玻璃纤维复合材料( 俗名玻璃钢 )，还有用于混凝土增强的玻纤复合材料等，它们是所有纤维增强复合材料中用量最大、应用最广且价格档次较低的材料。

产业情况：目前全球玻璃纤维及复合材料的产量，中国排第一位。2016 年中国玻璃纤维纱产量 362 万吨，全行业纤维增强塑料制品总产量约为 462.3 万吨，其中巨石、泰山、重庆国际这三大玻纤企业的合计产能规模占据全国 65% 以上，并且随着国家玻璃纤维行业准入政策的深入实施和当前供给侧结构性改革的去产能指引，产业集中度还将提高。

市场情况：2016 年中国玻璃纤维行业规模以上企业实现主营业务收入约 1725 亿元、同比增长 6.2%，利润总额 118.6 亿元、同比增长 9.8%，进出口贸易顺差 12.54 亿美元，行业整体效益较好，其中电子玻纤的贡献率最大，风电应用拉动也很明显，环保绿色的高性能热塑性玻纤复合材料市场的日益扩大。

#### 4、碳化硅纤维复合材料

材料特点：20 世纪 70 年代，日本科学家矢岛首次制得碳化硅 ( SiC ) 纤维。它是一种低密度、高强高模的耐高温抗氧化无机非金属材料，目前是各类高性能纤维中可长期工作温度最高的材料，主要用于金属基体的强度、模量及耐温

复合增强，也是近年来发展较快的高温陶瓷基复合材料的增韧补强纤维，其复合材料已可用于替代航空航天发动机的镍基高温合金叶片，且重量更低、温度特性更高。

产业情况：目前可商业化生产 SiC 纤维材料的只有日本宇部兴产公司和日本碳精电极公司，产量均为 10 吨/年左右；美国通用电气公司 (GE) 从日本进口这类材料，已制造出新一代最新型发动机 GE9X 的主要零部件。我国最早是国防科技大学完成材料研发，随后由其成果转化输出或技术转移演化，目前有几家企业可进行国际中试规模的基本产品生产。

市场情况：除国防军工特殊需求外，根据全球航空市场快速发展的需要，和国际民航组织 (ICAO) 制定的 2021 年后有关飞行减排等规定的迫切压力，采用复合材料制造飞机结构和发动机零部件是必由之路。宇部兴产公司正在投资扩产，计划 2025 年以前产能升到 200 吨/年；碳精电极公司参股 GE 公司，计划在美国建设碳化纤维项目，2019 年产能将大于 100 吨/年。国内航空航天器关键材料生产企业如中铝、魏桥铝电、南山集团、忠旺控股等组建复合材料研究所，并将碳化硅纤维作为头号产品，力争 2020 年前能批量生产叶片碳化硅纤维增强的陶瓷基复合材料。

## 5、芳纶纤维及复合材料

材料特点：20 世纪 60 年代开始出现，始于美国的宇宙开发材料，有多个品种，全称“芳香族聚酰胺纤维”。其中，



我国称为芳纶II的产品，即为由杜邦公司首先实现工业化的Kevlar®芳纶纤维；芳纶III，俗称杂环芳纶,是我国自主研发的可与俄罗斯 APMOC 纤维媲美的芳纶纤维，其综合性能目前在芳香族聚酰胺家庭中排名第一。芳纶是通过化学聚合反应，再进行干法或湿纺纺丝后，得到的一类特种用途的高性能有机纤维，再用不同加工工艺可形成芳纶的短纤维、浆粕、网格布等制品，也可与树脂等进行复合得到芳纶纤维复合材料。

产业情况：全世界芳纶产业主要由美国杜邦公司和日本帝人公司占据，特别是市场应用最多的（对位）芳纶II产品，被这两家企业基本垄断；间位芳纶产量，我国烟台泰和公司进入到这三强；杂环芳纶产量还小，代表性是俄罗斯的企业。

市场情况：芳纶是主要的高性能纤维中应用量最高的一类，2016 年全球年产能达 20.7 万吨。我国 2015 年末的产能只有 2.15 万吨，主要是相对低端的间位芳纶产品，高端的市场缺口很大，但应用又一直没打开。不过，近一年来芳纶II产品开始有些供不应求；芳纶III的需求也在开始提高了。

## **6、超高分子量聚乙烯纤维及复合材料**

材料特点：20 世纪 70 年代末，由荷兰帝斯曼公司专利发明并于 1990 年率先工业化生产。是一类除耐温性相对较差以外，其他性能特性都很突出的有机纤维。特别是其耐冲击性能好、比能量吸收大，而且材料轻柔，现已成为占领美

国防弹背心市场的主要纤维，并且用该纤维增强的树脂复合材料制成的防弹、防暴头盔，在国外已成为钢盔和芳纶增强复合材料头盔的替代品。

产业情况：目前世界上产量最高、质量最佳的制造商仍是帝斯曼公司，另外主要是美国霍尼韦尔、日本东洋纺等公司生产。近年来，我国企业已在此领域逐渐开始了突破，已有千吨级以上生产线能力。

市场情况：2016 年全球年产能为 4.4 万吨。我国 2015 年末的产能是 1.21 万吨，占比世界市场份额相比碳纤维和芳纶都大得多，而且开始站上国际举足轻重的地位。

## **7、PPS 纤维材料**

PPS 是一种具有优良热稳定性，特别是耐化学腐蚀性和阻燃性能优异的有机材料，以前以工程塑料使用为多，被誉为所谓塑料之王。近年来，我国利用在 PPS 的特性及其树脂生产方面积累的技术基础，开始将其开发应用于纤维领域。因为当前节能环保减排的强大压力，PPS 纤维主要用于高温烟气除尘过滤材料方面。

## **8、PBO 纤维及复合材料**

PBO 是 20 世纪 80 年代，美国为发展航天航空事业而开发的复合材料增强用有机纤维，是含有杂环芳香族的聚酰胺家族中最有发展前途的一个成员，被誉为 21 世纪超级纤维。它与芳纶产品及应用方向类似，可以做成长丝、短纤维、

浆粕及纱线，但它比芳纶II的强度、模量都高并兼有间位芳纶耐热阻燃的性能，甚至在强度上还可比无机碳纤维。

目前日本东洋纺公司仍然是世界上唯一一家可以进行商业化生产 PBO 纤维的公司，而我国现在正在投建第一条 380 吨/年生产线。

## 9、新型再生纤维素纤维

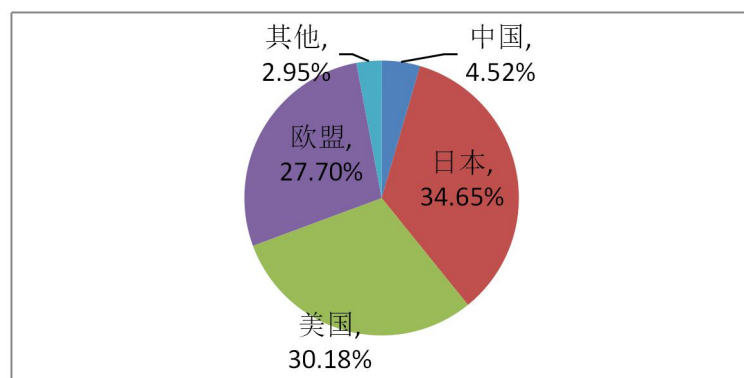
它是一类天然有机纤维，主要是用竹材为原料进行的生产，可降解可再生。纤维素纤维具有良好的皮肤接触性、穿着舒适性、生理安全性、吸湿性和易整理性等一系列合成纤维所无法完全具备的特性，因而以纤维素纤维为原料的非织布在医疗、护理、卫生用品、化妆用品以及其他工业领域有着特殊的用途。

### （三）高性能纤维及复合材料产业发展综述

目前世界高性能纤维与复合材料产业仍处于持续高速发展期，需求量以两位数增长。无机高性能纤维向超高性能、高附加值和较低性能而低成本的两个方向发展，有机高性能纤维向多品种、系列化以及高效、规模化生产方向发展。未来，除国防军工领域外，预计将在新能源汽车、航天航空、风电设施、高端装备制造及高档民生用品等行业市场，得到集中应用而强劲增长发展。

全球市场竞争格局加剧，已形成美、日、欧盟、中国和俄罗斯的五极格局。其中，美国保持在主要高性能纤维与复合材料高端领域的基础创新与市场应用强势，支撑其在军工

领域和航空航天独特优势；日本的高性能纤维产业化品种最全、质量上乘，特别是碳纤维领域继续保持全球市场领先地位，近年来日本的先进复合材料也发展迅猛，形成后起赶超之势；**欧盟**在如大丝束碳纤维和超高分子量聚乙烯纤维等几种高性能纤维领域具有技术领先水平，在特别是大飞机、风电、汽车和部分军工领域的产业应用复合材料规模上保持优势；**中国**整体产业的技术水平和产品附加值虽然不高，但在几乎全部高性能纤维与复合材料领域都在发展，其中碳纤维、超高分子量聚乙烯纤维及其复合材料产业领域已取得很多突破，芳纶纤维及其复合材料各方面正在壮大并有了部分优势，玄武岩纤维产业领域已经具有国际领先水平，玻璃纤维及其复合材料产业更是已居世界市场主导地位，其它纤维和复合材料行业整体也在迅速壮大、迎头赶上；**俄罗斯**的高性能纤维及复合材料基础研究扎实，拥有几种独有的世界领先的高强高模纤维，如芳杂环类有机纤维和数种耐高温纤维，但产业化水平都较低。除这五极以外，还有如韩国和多个发展中国家，也在选择性的主要在碳纤维领域和玻纤复材产业投资追赶。



图表 3 全球高性能纤维及复合材料区域分布格局 (单位：%)

国内多个省市地区在积极布局发展。近年来，我国高性能纤维及复合材料在国民经济和制造业的迅猛发展带动下，取得了全面快速发展。截止“十二五”末，高性能纤维总产能约为 87700 吨，“十二五”期间累计增长达 150.6%；复合材料产量已先后超过德国、日本而居世界第二位，并接近居世界首位的美国水平。随着国家《新材料产业发展指南》和工信部《化纤工业“十三五”发展指导意见》的出台指引，各地方政府和行业企业都在根据本地经济发展现状和自身产业情况特点，瞄准未来规划预测方向，选择和推动高性能纤维及复合材料相关领域的产业及项目实时大发展。其中江苏、浙江、广东、湖南及重庆等地的产业发展值得关注和借鉴。

#### **四、成都市的产业基本情况**

截止 2016 年，全市共有规模以上新材料企业 142 家，实现产值 391.4 亿元，同比增长 22.2%；其中高性能纤维及复合材料领域企业超过 20 家，实现年产值约 50 亿元。现拥有经科技部批准的国家高性能纤维高新技术产业基地，也有在全国范围内比较领先的玻璃纤维产业基地。2017 年，根据市委市政府“东进、南拓、西控、北改、中优”发展战略，所做产业发展及园区规划调整布局，将青白江区确定为“先进材料产业园区”。青白江区是四川自贸试验区之一，已建成保税物流中心（B 型），享有对外出口政策优惠；它也是成都市唯一被纳入国家老工业基地改造规划的区（市）县，2014 年 10 月被省政府纳入“8 市 1 区”老工业区搬迁改造范围，享

有投资、土地等优惠政策。

我市高性能纤维及复合材料产业创新能力较强，拥有行业相关国家高新技术企业 26 家、省创新型企业 14 家、知识产权试点示范企业 8 家。建有国家级技术中心 1 个、省级技术中心 9 个、市级技术中心 9 个，省、市级院士（专家）创新工作站 5 个。企业承担的国家、省、市科技项目共 30 余项，高性能纤维及复合材料类企业专利授权 293 件。

经过多年的产业发展，本市已初步形成了以中蓝晨光院化工公司的芳杂环类纤维、蓝星新材料的芳纶 II 纤维、航天拓鑫的玄武岩纤维、巨石成都的低碱玻璃纤维、台嘉成都的电子级玻璃纤维、瀚江新材的玻纤棉、丽雅纤维的粘胶短纤维，以及中材科技成都、鲁晨新材料、航天五源的先进复合材料等为代表和龙头的高性能纤维及复合材料产业集群。

序号	企业名称	特点优势	备注
1	中蓝晨光化工有限公司	国家级芳纶纤维研发单位	国防应用的小批量生产
2	蓝星（成都）新材料有限公司	国内主要生产芳纶 II 的央企	1000 吨/年
3	四川航天拓鑫玄武岩实业有限公司	国内产业技术水平与生产规模领先的国有控股企业	四川省玄武岩纤维产业牵头企业
4	巨石集团成都有限公司	先进窑池玻纤规模生产	巨石集团子公司
5	台嘉成都玻纤有限公司	电子级玻纤生产	外资企业
6	成都瀚江新材料股份有限公司	国内绝热隔音材料行业标志性企业	新三板挂牌
7	成都丽雅纤维股份有限公司	西部地区唯一的粘胶短纤生产企业	能做纤维素纤维
8	中材科技（成都）有限公司	国内主要生产复合材料气瓶的国有企业	中国建材集团下属
9	成都鲁晨新材料科技有限公司	先进高纤复材及制品生产	本地创新民营企业
10	四川航天五源复合材料有限公司	玄武岩纤维复合材料制品生产	航天拓鑫的子公司

A	成都新晨新材料科技有限公司	国内唯一在建的 PBO 生产线 由上市公司深圳新纶投资	380 吨/年
B	江苏澳盛复合材料科技有限公司	国内知名碳纤维复合材料生产企业 在龙泉驿区新建汽车应用制品基地	计划投资 10 亿元
C	四川得阳化学有限公司	国内领先 PPS 纤维产品生产	已停产多年

图表 4 成都市高性能纤维及复合材料重点企业清单

## 五、成都产业发展方案建议

### (一) 基本思路

聚焦成都高性能纤维及复合材料产业集群中的骨干龙头企业，吸引产业链纵横关联的重点企业，坚持需求牵引和政府引导，以战略性新兴产业重点发展领域需要和本地重点支持产业配套材料为主攻方向，选择性做大做强细分行业领域。同时，创新产业发展管理理念和服务手段，推进产学研用资协同促进的新材料产业生态体系建设，提升成都的产业影响力和竞争力，最终构建成我市具有可持续发展创新动力和强大生命力的高性能纤维及复合材料产业生态圈。

### (二) 建议措施

#### 1、围绕骨干龙头企业，完善产业链，做大存量

选择行业骨干龙头的积极企业，建立政企工作联系制度，准确把握企业的行业地位能力、战略规划布局以及项目发展需求，有效促进其产业链上下游的对接合作与资源整合，有力支持其符合产业发展方向的大上项目和上大项目。

#### 2、围绕各行业产业链，发展产业集群，做大增量

选定重点高纤领域和重大产业链条环节，加强全球行业

调研和关键重点企业跟踪，建立与相关部门地区和行业组织的联合协调机制，搭建产业交流合作平台，推荐我市产业发展潜力优势，支持产业链整合与行业并购，大力开展以商招商、精准招商投促活动，促进产业集聚发展。

### **3、利用战略性和本地配套的应用牵引，加速产业成长发展**

高性能纤维及复合材料作为关键战略材料，决定了其应用发展的颠覆性和创新性，而真正要率先突破用户的应用要求和找到早期应用的客户市场，以利迅速地壮大发展起来，我们认为有两条途径很重要：一是借力我省很有优势的军民融合发展工作，促进我们高纤材料在国防军工上的首批次应用；二是针对我市支柱和优势产业中汽车制造、轨道交通、电子信息、航空航天等领域的应用和我市政府公共工程的建设需求，可以近水楼台做好就地配套发展。

### **4、以科研机构 and 人才优势为支撑，推进产业技术创新发展**

高性能纤维及复合材料作为新材料，其高新技术特性决定了其产业技术发展道路离不开自主创新，而自主创新能力的的基础就在科研机构及其人才的支撑上。在此方面，我市是具有全国和行业的比较优势的，关键是要做好推动有关研发、检测、中试及专业技术中介等载体空间、服务平台、协同创新中心的建设工作与落实措施。

### **5、创新产业发展政策，引导产业生态体系的建立，构筑可持续性发展的产业后劲**

新材料产业发展既有传统材料工业的共性，又有其新的产业发展的特性，因此其产业发展政策也应有所创新。建议



结合上面的具体工作手段措施，优化完善并出台落实有针对性的，高性能纤维及复合材料产业发展可用的系统配套政策文件，包括但不限于有关土地使用、人才专项、产业基金、金融保险、行业联盟组织、展会论坛等方面的明确支持内容。实施这样的政策引导和扶持，鼓励和推动协作和创新，才能营造产业发展良好环境，建成我市的高性能纤维及复合材料产业生态圈。

( 全文完 )

后记：本建议报告是受成都市经济和信息化委员会新材料产业处委托编写。文中部分数据由新材料产业处路远副处长和四川大学化学纤维研究所叶光斗教授提供，全文也得到了叶光斗教授的审稿指导，在此一并表示感谢！

本报告主撰稿人：刘全，成都新材料产业研究院常务副院长。