

# 中国石化碳纤维产品迈入国际领先

成为全球第二家、国内唯一掌握60K大丝束碳纤维技术的企业

阅读提示

碳纤维,被誉为“黑色黄金”,是国家安全和高端制造的基石材料。碳纤维比重不到钢的1/4,强度却是钢的7至9倍,并具有耐腐蚀的特性,广泛应用于风能、太阳能、高铁动车、飞机部件等领域。长期以来,我国发展的是小丝束碳纤维。日前,由中国石化上海石化自主研发的60K大丝束碳纤维新产品正式亮相,填补了国内市场空白,性能达到国际领先水平,成为全球第二家、国内唯一掌握该技术的企业,实现了从“国际一流”到“国际领先”的跨越。由此,上海石化已构建起覆盖通用型与高性能的完整碳纤维产品体系,正全方位助力我国制造业的转型升级。

本版文图由 本报记者 胡拥军 通讯员 万敬李英豪 提供

## 了解碳纤维

### 一、通用型与高性能碳纤维的定义

碳纤维的分类主要有两个维度:一是基于丝束大小的“物理分类”,二是基于性能高低的“性能分类”。

#### ●物理分类

**小丝束:**通常指丝束规格在24K(含)以下的碳纤维,如1K、3K、12K等。

**大丝束:**指丝束规格达到或超过48K的碳纤维,如48K、60K。它在生产过程中单线产出更大,旨在提升复合材料加工效率、显著降低单位成本,是实现碳纤维在工业领域大规模应用的关键。

#### ●性能分类

**通用型碳纤维:**通常指以T300级为代表的碳纤维,其生产工艺成熟稳定,是产业化、规模化的主力。它以满足基本的强度与轻量化需求为目标,是成本与性能均衡的典范。

**高性能碳纤维:**泛指性能显著超越T300级的碳纤维,是一个涵盖多种尖端产品的家族。它主要包括高强型(T系列),如T700、T800、T1000,追求极致的拉伸强度;高模型(M系列),如M40J、M50J,追求极高的拉伸模量;高强高模型,如M55J、M65J,是强度与模量俱佳的顶级产品。

### 二、通用型与高性能碳纤维的性能与价格

**通用型碳纤维:**以T300级为例,其拉伸强度约3530兆帕、拉伸模量约230吉帕。这一性能已远超传统金属材料。其最大的优势在于成本可控,市场价格相对亲民,使其能够渗透到广阔的工业领域,是推动碳纤维“飞入寻常百姓家”的主力。

**高性能碳纤维:**其性能实现飞跃,如T800级强度可达5490兆帕以上。为了实现这种极致的性能,需要超高纯度的原丝和高达2000摄氏度以上的石墨化处理,工艺复杂,能耗巨大,导致其成本急剧上升。其价格通常是通用型碳纤维的数倍甚至数十倍,是名副其实的“奢侈”材料。

### 三、应用场景

性能与成本的分野,直接决定了它们截然不同的应用天地。

#### ●通用型碳纤维的应用场景

**体育休闲:**鱼竿、自行车车架、羽毛球拍等,是碳纤维最早普及的领域。

**新能源与工业:**风电叶片(特别是大丝束产品)、建筑补强、汽车零部件、无人机机架等。在这里,碳纤维是实现轻量化、提升能效和耐久性的主力材料。

#### ●高性能碳纤维的应用场景

**航空航天:**飞机主承力结构(机翼、机身)、方向舵、卫星支架、航天器等。在这里,每减重1克都意义重大,是关乎飞行器性能与安全的“战略材料”。

**顶尖科技与高端装备:**高端赛车(如F1赛车)、精密仪器设备、机器人手臂及高端医疗器械(如CT扫描床板、X射线配件),要求材料在极端条件下保持稳定。

### 四、市场需求

**通用型碳纤维市场:**这是碳纤维市场的销量主力,规模巨大。随着风电、压力容器等新能源领域的需求爆发,其市场需求持续快速增长。目前,通用型碳纤维已完全实现国产化替代,成本有望进一步下探,市场竞争激烈。

**高性能碳纤维市场:**虽然市场规模相对较小,但技术壁垒最高、战略价值最大,是长期被“卡脖子”的关键材料领域。随着商业航天、高端军工及尖端装备的快速发展,需求稳定增长,是国家重点攻关和扶持的产业方向。



## 拥有完整产品矩阵

基于对碳纤维产业的深刻理解与技术积累,上海石化已构建起覆盖通用型与高性能的完整碳纤维产品体系。通过清晰的产品矩阵,上海石化不仅展现了其作为“国家队”在通用领域规模化降本的强大实力,更彰显了其在攻坚高性能碳纤维这一战略高地中的决心与能力,正全方位助力我国制造业的转型升级。

### 一、通用型产品系列:赋能百行千业,推动规模化应用

#### 1.SCF35S系列(3K,12K,24K,48K)

**定位:**基础通用型产品,性能稳定可靠。

**应用:**3K、12K小丝束规格可用于对编织工艺要求高的航空次承力结构内饰件;24K、48K规格则广泛应用于体育休闲用品(如钓具、球拍)和建筑补强材料。

#### 2.SCF40S系列(12K,24K,48K,60K)

**定位:**性能均衡的工业级主力产品,兼顾强度与成本。

**应用:**48K、60K大丝束产品在风电叶片制造中大放异彩,有效降低了新能源成本,同时也用于体育用品和建筑补强,应用面广。

#### 3.SCF45M系列(24K,48K,60K)

**定位:**面向新兴工业领域的专用产品。

**应用:**除传统的风电市场外,重点布局低空经济(无人机结构件)及高端体育用品,展现出强大的市场适应性。

### 二、高性能产品系列:攻坚高端制造,突破技术壁垒

#### 1.SCF50S系列(24K,48K,60K)

**定位:**高性能大丝束的典范,打破了“大丝束只能是通用型”的传统认知。

**应用:**主要用于需要更高性能的工业领域,如高压气瓶(氢能源储运)、电缆芯(特种线缆轻量化)、汽车轻量化结构件,以及高端无人机的主承力部件,实现性能与成本效益的完美结合。

#### 2.SCF55S系列(12K,24K)

**定位:**标准的高强度小丝束碳纤维,性能对标国际先进水平。

**应用:**主要用于航空航天领域的次承力结构件及高端体育用品(如顶级竞赛自行车架、赛车部件),是进军高端市场的主力产品。

#### 3.SCF46J/SCF40X系列(12K)

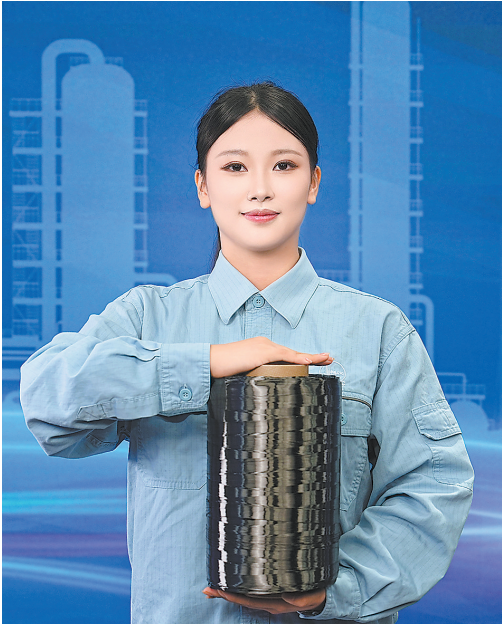
**定位:**尖端攻关产品,代表着上海石化最高的技术水准。SCF40X属于高强高模型碳纤维,技术壁垒极高。

**应用:**专为最苛刻的领域准备,如航空航天主承力结构、卫星部件及高端医疗器械,是解决国家“卡脖子”难题、实现自主保障的关键所在。



上海石化大丝束碳纤维生产线。

## 独门绝技 国际领先



上海石化研发生产的60K大丝束碳纤维。

上海石化成功研发生产60K大丝束碳纤维,标志着我国在高性能碳纤维领域取得了里程碑式的突破。上海石化是国内首家、全球第四家掌握48K大丝束碳纤维技术的企业。而60K大丝束的成功,使其成为全球第二家、国内唯一掌握该技术的企业,实现了从“国际一流”到“国际领先”的跨越。特别是采用硫氰酸钠湿法纺丝路线制备60K大丝束,在全球范围内是独一无二的,堪称“独门绝技”。

60K大丝束碳纤维在性能上实现了全面升级。其单丝含量较市场同类产品提升了25%,力学性能显著增强:强度提升了0.5吉帕,模量增加了20吉帕,丝束拉伸强度成功突破4.9吉帕,弹性模量高达260吉帕以上,具备卓越的断裂延伸性。这意味着,单股丝束即可吊起1吨重物,展现出非凡的承载能力。

60K大丝束碳纤维的研发成功,并非一蹴而就。它采用了全球首创的60K大容量单喷头湿法纺丝工艺,这是一条充满挑战的“正向设计”之路。与国内普遍通过“逆向设计”或仿制不同,上海石化的研发团队从零开始,独立攻关所有核心工艺与装备,过程虽“痛苦”且周期长,但彻底打破了技术天花板。不久的将来,上海石化原丝单线产能可达到国际领先的万吨级,碳化线产能也提升为3000~4000吨/年水平。同时,每吨纤维的耗电量有望降至1万千瓦时以下,实现高性能与绿色生产的结合。

60K大丝束碳纤维的问世,标志着上海石化在大丝束碳纤维领域步入了“自由王国”——能够根据客户需求,快速开发定制化产品。目前,60K大丝束碳纤维部分产品已经进入相关企业,通过制备相关成品进行性能验证。

60K大丝束碳纤维未来应用前景极为广阔。其高性能完美契合了风电行业,尤其是面向深远海的大功率、大叶片发展趋势。丝束容量越大,下游复合材料拉挤等工序的加工效率就越高,最终有助于降低风电叶片的制造成本和海上风电的度电成本,提升我国新能源产业竞争力。

## 新闻会客厅

## 高性能通用型协同共进 提升碳纤维产品竞争力

□上海石油化工研究院高性能碳纤维研发团队

**问:高性能碳纤维是通用型碳纤维的升级产品吗?**

**答:**从产品性能和制备技术上看,高性能碳纤维是在通用型碳纤维的基础上发展而来的。通用型碳纤维通常具备基本的力学性能,能够满足一些常规领域的使用需求。而高性能碳纤维则是通过一系列的技术改进和工艺升级来实现性能大幅提升。

以高模型碳纤维为例,它是在通用型碳纤维的基础上进一步石墨化处理得到的。石墨化处理是一个超高温处理过程,在这个过程中,碳纤维内部的碳原子会进一步重排和结晶,形成更加规整的石墨结构。这种结构的变化使得碳纤维的模量大幅提高,从而满足航天、高端体育器材等对材料模量要求较高的领域。

通用型碳纤维与高性能碳纤维在力学性能、结构、制造工艺、产品价格等方面存在显著差异。从力学性能上看,高性能碳纤维拉伸强度大于4.9吉帕,或者拉伸模量大于350吉帕。高性能碳纤维主要应用于航空航天等高端领域,其尺寸稳定性等应用性能明显优于通用型碳纤维。与通用型碳纤维相比,高性能碳纤维在尺寸稳定性等应用性能方面优势显著。以M55J级高强高模碳纤维为例,其尺寸稳定性可达1微米每米摄氏度。从宏观尺寸上看,通用型碳纤维直径约为7微米,而高性能碳纤维直径仅5微米。从微观结构看,高性能碳纤维结构更为致密,表面和内部的孔洞等缺陷更少,石墨片晶的取向度更高。从制造工艺看,高性能碳纤维的制备工艺更为复杂,过程控制的要求更高,生产成本和产品售价也更高。

**问:高性能碳纤维价格相比通用型碳纤维昂贵得多,贵在哪儿?**

**答:**贵在四个方面。一是原料成本高。高性能碳纤维缺陷少,对碳纤维原丝的品质要求较高,通常需要定制化生产,并且需要严格控制杂质含量、分子链结构和物理性能等指标。相比之下,通用型碳纤维对缺陷的要求相对较低,可使用一般品质的碳纤维原丝,质量和性能要求相对较低,原料成本相对便宜。

二是制备工艺复杂。高性能碳纤维的制造需要经过多道复杂且精细的工序,每道工序都需要精确控制温度、时间、气氛等参数,以确保碳纤维结构精确控制,使其力学性能达到要求。而对于高模量碳纤维的制备,还需要石墨化处理等工序,而通用级碳纤维制备则不需要该工序。

三是生产成本低。高性能碳纤维生产的工艺参数,如处理温度、公用工程消耗量等明显高于通用型碳纤维的工艺要求,需要使用更先进的生产设备,设备投入成本高,且设备关键配件的更新和维护频率明显

高于通用型碳纤维。

四是产品质量要求高。高性能碳纤维的应用场景面向航空航天等高端制造领域,这些领域对产品质量的要求较高。例如,在航空方面,飞行器的结构部件需要承受极端的力学环境,如高速飞行时的空气动力、剧烈的振动及极端的温度变化等。这就要求高性能碳纤维产品具有高度的一致性和可靠性,需要从原料的筛选、生产工艺的优化到质量检测的每一个环节都严格控制,要投入更多的精力和成本来确保质量的稳定性和可靠性。

**问:中国石化未来在碳纤维领域的发展更加侧重通用型产品,还是高性能产品?**

**答:**中国石化未来在碳纤维领域不是通用型碳纤维和高性能碳纤维两者孤立发展,而是相互促进、协同共进;日本东丽、美国赫氏等碳纤维龙头企业也都是通用型和高性能同时发展。

高性能碳纤维作为支撑航空航天、高端制造等战略性领域发展的关键基础材料,对国家重大战略的实现起到至关重要的作用。然而,高性能碳纤维产业具有技术门槛高、生产装置投入大、产品验证流程烦琐且周期漫长、投资回报周期长等显著特征。

鉴于这些特性,多数企业往往倾向于优先布局通用型碳纤维业务,旨在能够在相对较短时间内获取投资回报。这种发展倾向导致我国高性能碳纤维产业发展受限,部分高性能碳纤维产品在当前阶段难以满足产业快速发展的实际需求,对产业链的稳定与安全构成了严峻挑战。

中国石化作为国家战略科技力量的承担者,肩负着推动国家关键领域技术进步和产业升级的重要使命。在高性能碳纤维这一国家亟须攻克的关键领域,中国石化责无旁贷,应加速推动高性能碳纤维的研发与产业化进程,提升高性能碳纤维的生产能力和产品质量,扛稳高性能碳纤维保供的“旗帜”,确保高性能碳纤维产业链的稳定供应和运行,为我国战略性新兴产业的可持续发展提供坚实保障。

通用型碳纤维凭借相对较低的成本和较为广泛的适用性,在体育用品、风电叶片等领域实现了用量的持续提升。通用型碳纤维用量的提升为高性能碳纤维的研发和生产提供了坚实的产业基础和市场支撑。对高性能碳纤维来说,虽然其生产成本较高,但其产品附加值明显高于通用型碳纤维,属于碳纤维产业的高附加值领域。2024年,全球航空航天军工领域用碳纤维产量占比仅为16.9%,但其产值占比达到49%。通用型碳纤维产业发展可以摊薄高性能碳纤维在公用工程、环保处理、人员培训等方面的成本,实现更高效的资源利用,可进一步降低高性能碳纤维的生产成本、提升高性能碳纤维的市场竞争力,二者相互促进。

## 消费

责任编辑:程 雷 蕾

电 话:59963258

邮 箱:

chengq@sinopec.com

审 校:张春燕

版式设计:王 强



周“油”列国  
油事精彩

▲上海石化系列碳纤维产品在第二十五届中国国际工业博览会上展出。