

126

碳纤维材料在纺织行业中的应用研究

沈 协 人

上海市合成纤维研究所
一九九一年九月

一、前 言

七十年代末及八十年代初,我国上海、吉林、辽源、兰州、太原等聚丙烯晴(PAN)基碳纤维(CF)研制单位,先后完成了碳纤维的小试研究,建成了大同小异的碳纤维中试生产线,产品性能达到中强水平(抗张强度 $>180\text{kg/mm}^2$,模量 $>20\text{T/mm}^2$)。经过近十年的努力,目前已能生产高强 I 型(抗张强度 $>250\text{kg/mm}^2$,模量 $>24\text{T/mm}^2$),高强 II 型(抗张强度 $>300\text{kg/mm}^2$,模量 $>30\text{T/mm}^2$)。个别厂还能生产石墨纤维(抗张强度 $>200\text{kg/mm}^2$,模量 $>30\text{T/mm}^2$)。

产品规格也从当初的 1 K 发展到 3 K、6 K、12 K (1 K 系指每束碳纤维复丝中有 1000 根单丝,其它以此类推)。小碳纤维生产群体的总生产能力达到 20~30T/年。

1985 年由国家科委出面,吉化公司从英国 RK 公司引进了一条年生产能力 100 吨的碳纤维生产装置,已开工投产。此外,年产 100 吨通用级沥青基碳纤维(抗张强度 80~100 kg/mm^2 ,模量 $\sim 5\text{T/mm}^2$)正在建设中。因此可以说我国碳纤维的工业化初具规模。

由于长期来我国 CF 均为军工及尖端技术服务,上面下达任务,研制单位就开始研制或小批量生产,生产厂很少走出去推广应用,加之 CF 售价较高,妨碍了 CF 在国民经济中的应用。因此,尽管我国大陆 CF 的总生产能力还不及台湾一个省的生产能力,还出现了生产能力远远过剩的奇异现象。有的厂不得不转产,有的返销国外。由此可见,如何研制开发卓有成效的 CF 产品,特别是民品,已是我国 CF 行业发展、提高、乃至生存的一个重大课题。

本文主要结合本所的应用研究结果,对 CF 应用研究,特别是在纺织行业中的应用研究作一简要评述。

二、碳纤维的主要性能

1. 部分石灰
2. 树脂 约25%
3. 沥青. 经化学改性合成物

CF是一种高强度、高模量的纤维材料。目前国内高性能CF的强度一般为 $250 \sim 350 \text{ kg/mm}^2$ ，模量 $22 \sim 24 \text{ T/mm}^2$ ，相当于国外八十年代前期标准级CF（如东丽T300）水平。中性能CF强度 $180 \sim 200 \text{ kg/mm}^2$ ，模量 20 T/mm^2 。稍差一些的CF强度 $150 \sim 180 \text{ kg/mm}^2$ ，模量 $15 \sim 20 \text{ T/mm}^2$ 。

CF除强度和模量高之外，尚有一些对应用十分有意义的性能，主要是：

1、具有良好的导电性

CF的体积电阻小于 $1 \times 10^3 \Omega \cdot \text{cm}$ ，是电的良导体，复合材料中加入30%的CF，体积电阻小于 $1 \times 10^3 \Omega \cdot \text{cm}$ ，是一种优良的增强剂和抗静电剂。

2、耐腐蚀

对酸、碱、有机溶剂等化学试剂的作用稳定

3、有优良的耐磨性及自润滑性

4、热导率大、尺寸稳定、线膨胀系数小

5、对振动的衰减迅速

6、耐疲劳

由于CF具有上述的综合优异性能，因此应说有广宽的应用市场。

三、CF在纺织行业中的应用研究

（一）、CF静电消除器

如前所述，CF是一种高强度，高模量并兼有导电性能的纤维材料，由于CF单丝直径公 7μ 左右，很易将3K、6K、12K CF排列整齐，再通过导电胶将其粘附嵌入在金属底板中制成导电刷。这种国内由中国纺大首先推出的抗静电刷，使用方便，已批量生产。在纺织、印染厂广泛应用，同时已推广到薄膜生产、复印机等办公用品中。

三根

（二）、刚性剑杆织机剑杆

刚性剑杆织机是八十年代的一种新型织机。剑杆是载剑头运动的载体。由于每分钟要往复运动数百次，而且要保证送纬及接纬剑头交接纬线时的准确性，因此要求剑杆质轻、硬挺。

碳纤维是最理想材料。碳纤维通过缠绕成形（缠绕时浸渍环氧树脂），再经固化、脱模，所得复合管材，比重仅1.5左右，其比强度是钢的6倍，比模量是钢的3倍，质轻而硬挺。同时碳纤维增强环氧消振性优良，完全达到使用要求。如我国沙市二纺机所生产的刚性剑杆织机的剑杆已采用了国产剑杆，由于刚性剑杆织机生产厂的产量不多，进口机器也很少，加上碳纤剑杆使用寿命也较长，因此这一用途的CF需求量不多。估计年需量不会大于100kg。

（三）、挠性剑杆织机剑带

挠性剑杆织机是新型织机中织造范围宽、性能较完善的一种无梭织机，剑带载着剑头，通过剑轮作往复运动，实现交接纬功能。

剑带是采用多层织物，以环氧树脂为基体，通过层压制成板材，再经打孔等工序制成。由于剑带在导钩中作高速运动，同时在剑轮上作弯曲运动，因此关键是耐磨性和疲劳强度。

“七五”期间，各剑带研制单位，对剑带的制作工艺作了摸索，并基本上能满足低速织机（入纬率 $\leq 500\text{m/min}$ ）要求。但一用到中高速机（入纬率 $600\sim 700\text{m/min}$ ）上到寿命很短，其原因除基体复合工艺不完善外，增强基材的选用是一个重要因素。

提高剑带耐磨性的关键之一是材料。碳纤维和Kevlar是一种耐磨材料。根据国外实样分析，每一根高速带中均有CF织物。此外，铺层中还有Kevlar等织物。目前各厂已开始采用CF，性能有所提高。“八五”期间将对高速带攻关。现有资料表明，每年国内耗用剑带4万根。这是CF的一个大市场。对CF生产厂来说，如何对CF进行表面处理，以提高粘结面的强度，从而保证其疲劳强度，已提到议事日程。

（四）、碳纤增强剑杆头

剑头是剑杆织机用于送纬和接纬的高速运动部件，速度达10m/s以上。由于剑头在金属导钩中运动，还要与经纱发生磨擦，因此要求耐磨而导电。目前国外剑杆织机的剑头多数采用碳纤增强尼龙为主体，另镶嵌金属件的剑头。

1986年本所开展了碳纤维增强热塑性塑料，特别是增强尼龙的研究，作了大量的研究工作。89年通过部级鉴定，主要指标接近八十年代初国外同类产品，并已有成吨产品供应市场。

碳纤增强尼龙的主要特点是：

- 1、强度和模量高
- 2、蠕变小
- 3、耐磨
- 4、成形收缩率小 1.5%
- 5、线膨胀系数小
- 6、热导率大
- 7、有优良的抗静电性能
- 8、热变形温度高
- 9、易加工成形

具体的物理机械性能指标见附表

87年来，与有关厂合作，对剑头开始了研制。迄今已研制出适合于Somit SM92、GA731、GA741剑杆织机用的剑头，已有上万付剑头供应市场，质量基本满足用户要求。节汇近100万美元，受到部长等领导好评。目前正在进行VAMATEX剑头的攻关，据部技术装备司91年6月统计，每年我国耗用剑带至少4万根，剑头1.4万付，若全部国产化，可节汇1440万美元，可见搞好剑头，剑带的应用研究不但节汇，而且是CF很大的市场。

250万/付 投资350万，节汇250万，剑杆厂。

(五) 剑轮及其它配件

纺织机械中，还有很多部件需用碳纤增强材料，经我们多年应用研究，目前一些国产和进口机的剑轮、齿轮、涨紧轮、衬套、滚

轮等数十种零件已正式使用。从几年的实车应用情况来看，性能良好，批量逐年增加。

由于各种部件对材料的要求不一，有的以耐磨为主，有的要求强度和模量，因此碳纤增强尼龙也是一个系列化产品。

从国外情况来看，碳纤增强材料已在织机综柜、织轴、片梭等部件上试用或使用。

四、C F 在其它工业中的应用

C F 在其它工业中的应用国外已有大量报导，今年5月在德国法兰克福第三届国际纺织品展览会上，笔者看见有大量的民品参展，如全C F 汽车、自行车车架及钢圈、X光床板、赛艇、桨、球拍等。国内除军工外，也开展了些民品的研制。如上海玻璃钢研究所已研制出全碳纤化网球拍，（上体四厂）碳纤杆羽毛球拍已小批量生产，威海渔具厂已研制出碳纤钓鱼杆，上海材料所耐腐介质用碳纤增强环氧阀已小批量投产，南京玻纤院碳纤增强聚四氟乙烯已用于密封件，上海交大及合肥工大金属基C F已推向民用等，我们已将碳纤增强尼龙用于集成电路装片机芯片的吸嘴材料及录音机磁头壳。用作吸嘴及磁头壳主要用了耐磨和导电性能，如碳纤增强尼龙磁头壳不但防静电，而且比原玻璃纤增强的耐磨性高3倍。 250g

五、碳纤中间产品预氧丝的应用研究

1985年笔者在第三届民用碳纤维及复合材料会上，首次发表了“预氧丝性能及在耐热和消防行业中的应用”论文，并带有少量样品，引起与会代表极大兴趣。

预氧丝的主要特性是：

- 1、具有可纺性；
- 2、不燃、限氧指数高达40%，火焰中不燃不熔，直至碳化

还保持原形；短时间内可经受 1000°C 的高温织物不穿孔：

3、无石棉对人体的危害：

4、可进一步碳化生成碳纤维。

“七五”期间我们与上海纺研院、中国纺大、上海工业用布厂等合作，研制出了高温炉前服、消防服等。由于预氧丝可进一步碳化成碳纤维，碳纤维浸渍四氟的盘根加工工艺简单，耐温、耐磨性优异，价格合理已为用户所接受，因此目前对预氧丝的需求量很大。国内目前除个别厂外，所有碳纤生产厂每年至少有一半时间生产预氧丝。预氧丝 200元/kg 从导电性方面来加以区别。

六、结束语

碳纤维是一种性能优异的增强型和功能型纤维材料。国外年需求量近万吨，国内尽管只有近百吨的生产能力，但目前需求量不到10吨。除质量达不到国外外，关键还在于应用研究没跟上去。虽然近十年来搞了些应用研究的有关课题，但应用面不广或因价格问题推不出去，从而使我国CF工业迟迟发展不起来。

纺织、文体、化工等领域是很大的市场，应该结合我国CF的现有质量水平，积极开展卓有成效的，使用面广量大的应用研究工作。

CF在纺织工业中的应用研究已初见成效，为进一步取代进口和满足国内需要，还应积极开展研究工作，提高材料和产品质量，扩大CF应用范围。

主要文献

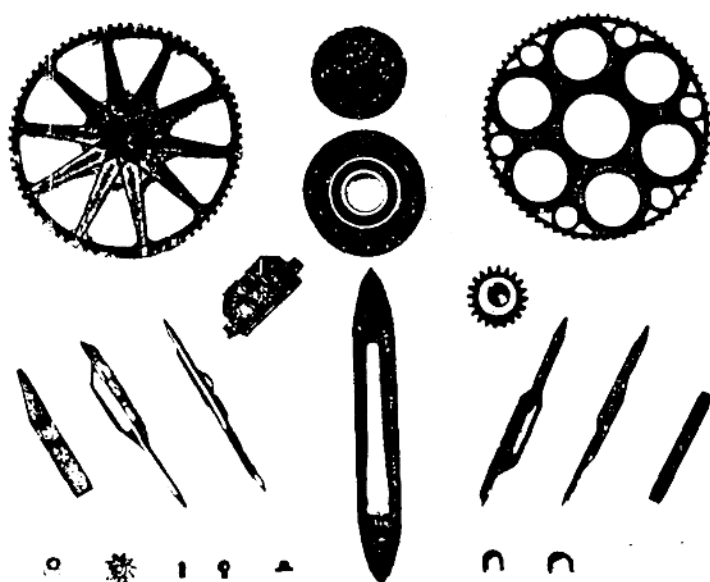
1、罗益锋，碳纤维开发中值得探讨的新技术和新用途（全国碳纤维情报协作组工作会议论文，1987）

2、沈协人等，我国碳纤维生产现状及对策探讨（产业用纺织

品, 1990, 4, P1~5)

3、上海合纤所, 碳纤维应用研究技术报告 (1989)

4、Shen Xieren, Studies on the Use of Carbon Fibre-Reinforced Polyamide Plastics (Techte-Xtil-Symposium, Frsnkfurt, 1991)



碳纤维增强尼龙主要性能

项 目	单 位	PA1010					PA6			PA66		
		0	15	30	30	30	0	15	30	0	15	30
C F 含量	%											
比 重		1.03	1.14	1.22	1.20	1.20	1.13	1.20	1.27	1.14	1.21	1.26
拉伸强度	MPa	46	137	167	87	87	59	143	175	64	147	184
伸 长	%	316	3.5	3	6	6	220	3	2.5	200	3	2
静弯曲强度	MPa	75	208	236	151	151	88	220	247	106	230	257
静弯曲模量	10MPa	1.55	8.05	9.62	5.13	5.13	1.67	6.82	12.15	1.96	9.01	13.24
冲击强度(缺口)	KJ/m ²	23.0	9.8	11.3	7.8	7.8	12.0	10.1	9.5	14.0	10.8	7.2
热变形温度(1.81MPa)	°C	43	185	190	160	160	59	198	205	66	200	235
体积电阻	$\Omega \cdot \text{cm}$	3×10^{15}	1×10^3	1×10^2			2×10^{14}	1×10^3	1×10^2	2×10^{14}	1×10^3	1×10^2
磨擦系数			0.25	0.20				0.26	0.22		0.28	0.22
磨痕宽度	mm		6.5	5.0				6.8	5.5		6.8	5.3
成形收缩率	%	2	0.5	0.4			2	0.5	0.4	2	0.5	0.4

磨碎cf