

超高分子量聚乙烯纤维产业现状及未来趋势

顾金祥 (安徽建马防护用品科技有限公司, 安徽 天长 239300)

摘要: 超高分子量聚乙烯纤维作为高性能纤维材料, 凭借高强度、耐磨损、耐腐蚀等特性, 在航空航天、海洋工程、安全防护等领域占据核心地位。本文从技术持续突破; 市场需求结构性增长; 全球竞争格局演变几个方面进行深入说明并探讨, 旨在揭示超高分子量聚乙烯纤维产业的发展逻辑与未来方向, 为行业参与者提供战略参考。

关键词: 超高分子量; 聚乙烯纤维产业; 现状; 未来趋势

中图分类号: TQ342.6 **文献标识码:** A **文章编号:** 1674-5167 (2025) 024-0001-03

The current situation and future trends of ultra-high molecular weight polyethylene fiber industry

Gu Jinxiang (Anhui Jianma Protective Equipment Technology Co., Ltd., Tianchang Anhui 239300, China)

Abstract: Ultra high molecular weight polyethylene fiber, as a high-performance fiber material, occupies a core position in aerospace, marine engineering, safety protection and other fields due to its high strength, wear resistance, corrosion resistance and other characteristics. This article focuses on continuous technological breakthroughs; Structural growth of market demand; This article provides an in-depth explanation and exploration of several aspects of the evolution of the global competitive landscape, aiming to reveal the development logic and future direction of the ultra-high molecular weight polyethylene fiber industry, and provide strategic references for industry participants.

Keywords: ultra-high molecular weight; Polyethylene fiber industry; present situation; Future Trends

超高分子量聚乙烯纤维作为第三代高性能纤维, 其分子量超百万的特性赋予其卓越力学性能, 成为现代工业不可或缺的战略材料。最近几年, 全球科技升级与产业需求推动行业快速发展, 我国在技术创新与产能扩张方面做出巨大努力, 目前已经跃居全球首位。

然而, 整体来看仍存在着高端产品供给不足、环保压力加剧等问题, 在一定程度上制约行业升级。因此需深入分析超高分子量聚乙烯纤维产业现状及未来趋势, 探寻民用市场拓展与绿色制造的创新要点, 全方位推动产品的智能化生产, 提升行业竞争力水平。

1 超高分子量聚乙烯纤维产业现状

超高分子量聚乙烯纤维, 作为高性能纤维领域的佼佼者, 凭借其卓越的性能在众多行业崭露头角。近年来, 该产业在技术、市场以及企业格局等方面呈现出独特的发展态势。

1.1 技术方面, 成熟工艺主导

现阶段, 超高分子量聚乙烯纤维产业呈现工业化的发展倾向, 其中凝胶纺丝法是比较成熟的一种技术。鉴于超高分子量聚乙烯纤维的分子链有缠结特点, 一般的纺丝模式不能适用^[1]。所以通过凝胶纺丝法, 对超高分子量聚乙烯纤维和特定溶剂进行溶解, 增加了大分子间距, 从而转变为冻胶原丝的形式。接下来以超倍热拉伸的过程增加了分子链高度, 随之生成高性能的超高分子量聚乙烯纤维。

此阶段凸显超高分子量聚乙烯纤维的高强度性, 为工业化建设赋能。对于实际的工艺生产路径, 主要包含干法与湿法两种模式。前者纺丝溶剂主要是十氢化萘, 此物质和超高分子量聚乙烯纤维互相混合的情况下, 若通过双螺杆挤出机高温混炼, 可以充分吹扫脱除溶剂, 在熔体固化过程转变为原纤, 从而转变为高强度纤维。

和传统的工艺进行比较, 不仅存在流程少的优势, 还存在着环保优势。制备的超高分子量聚乙烯纤维有结晶度高、密度大、熔点高等特点, 据调查, 仪征化纤、上海化工研究院有限公司等均采用此工艺路线, 发展前景广泛; 后者需要选择白油、矿物油、煤油等不易挥发溶剂, 因为纺丝加工温度变化程度大, 所以纺丝后期应科学萃取处理, 比如使用二氯甲烷、二甲苯等溶剂。即便面临着环保等压力, 然而湿法工艺有溶剂成本低且相对成熟的特点, 作为国内外众多纤维企业的主流选择^[2]。

另外行业技术发展始终保持着创新态势, 在工艺优化中, 通过升级纺丝设备增强生产稳定性与精度, 从而提升纤维品质的均匀性; 同时开发新型溶剂及添加剂以优化纺丝溶液特性, 实现降本增效。加之创新技术路径的研发持续推进, 增塑熔融纺丝、固态挤出等新兴工艺虽未实现规模化应用, 但其技术优势已初步显现, 未来或将成为突破现有技术体系的关键力量,

推动产业转型升级。

1.2 市场方面，全球稳步扩张

全球范围内，超高分子量聚乙烯纤维市场呈现出稳步增长的良好态势。各个国家均强调了安全保护的重要性，这促进了军事装备、安全防护等行业迅猛发展，从而对超高分子量聚乙烯纤维的需求量也不断增加。截止到2023年，全球超高分子量聚乙烯纤维的需求量已经超过5.0万吨，时间追溯到2018年，在2018—2023年期间，超高分子量聚乙烯纤维年复合增长率超过12.0%。

基于区域分布的情况，主要消费市场包含北美、欧洲、亚太地区。其中北美地区更多注重了高端产品的研发，尤其是航空航天、高端体育器材等研发中应用了超高分子量聚乙烯纤维；欧洲更多注重了安全防护、工业绳缆等领域的市场拓展，高度需求超高分子量聚乙烯纤维；亚太地区比如中国、印度等，这些国家更多注重了新兴经济体制造业的发展，也应用超高分子量聚乙烯纤维加快了产业的转型^[3]。

另外，我国作为超高分子量聚乙烯纤维的第一大消费市场，市场发展经历一定变革。以往市场的发展有高速特点，目前市场的发展趋于平稳。前些年，下游各行业在社会环境因素影响之下，对超高分子量聚乙烯纤维的需求量有一定波动性，增速有所减慢。然而在我国经济稳步提升的过程中，超高分子量聚乙烯纤维市场也增加了一定的活力。

目前，国内超高分子量聚乙烯纤维进口量维持在100~200吨/年，出口量维持在5000~6500吨/年，预计至2028年，中国UHMWPE纤维市场需求规模将突破5.54万吨，年复合增长率预计维持在10.4%左右^[4]。这一增长态势不仅受到军工防务、海洋工程等传统应用领域的持续支撑，更得益于人形机器人腱绳材料、深海装备强化等新兴应用场景的快速崛起，推动高性能纤维需求持续攀升。

1.3 企业方面，竞争格局多元

当前，世界范围内仅有荷兰、美国、日本和中国

四个国家实现了超高分子量聚乙烯纤维规模化生产。截止2024年，世界总超高分子量聚乙烯纤维的产能为6.7万吨/年，其中海外产能约2.2万吨/年，中国为4.5万吨/年，同时日本也有少量超高分子量聚乙烯纤维生产的企业。

在1999年，我国超高分子量聚乙烯纤维行业实现了技术的突破，超过20家生产厂家生产了超高分子量聚乙烯纤维，且绝大多数厂家均实施了湿法工艺，甚至生产出包覆纱等产品^[5]。

从企业性质来看，民营企业在产能占比上优势明显，以80%的占比引领市场发展，如南山智尚、江苏九九久等民营龙头企业凭借灵活的技术转化机制，快速将实验室成果推向市场。

对今后的超高分子量聚乙烯纤维行业发展进行预测，未来五年新增产能会超过4万吨/年。即便国有企业与合资企业的产能占比相对较小，然而两种类型的企业会有技术研发的多元发展倾向，为企业的持续发展助力。

2 超高分子量聚乙烯纤维产业未来趋势

2.1 技术持续突破

超高分子量聚乙烯纤维作为高性能纤维材料，在国防军工、航空航天等领域发挥着关键作用，其产业未来发展呈现出性能提升、工艺优化和绿色制造三大核心趋势。

其一是性能提升，有效突破现有技术的发展瓶颈，试图研发更高性能超高分子量聚乙烯纤维（高强度、高耐温性），发展为高端产品研发的关键。新时期下，可以使用纳米增强材料，以碳纳米管、石墨烯为主，彰显出超高分子量聚乙烯纤维的独特力学性能。并且整合分子链组成结构，通过一系列化学改性方法，比如共聚、接枝等，不单单优化了超高分子量聚乙烯纤维的耐高温性，还可以在特殊环境下保持超高分子量聚乙烯纤维的稳定性。

其二是工艺优化，作为产业发展的重要驱动力。鉴于超高分子量聚乙烯纤维的生产主要使用凝胶纺丝

表1 超高分子量聚乙烯纤维智能化生产工艺

生产环节	监测参数	控制目标	技术手段
溶解混合	温度(±0.5℃)	溶液粘度稳定	红外测温+PID控制
	浓度(±0.3%)	分子量分布	在线光谱分析
凝胶纺丝	纺速(±1m/min)	纤维直径均匀性	激光测径仪+伺服电机
超倍拉伸	张力(±0.5N)	拉伸倍率控制	应变传感器+PLC

法,未来此材料生产的智能化改造也是必然趋势。可以使用在线监测技术,对超高分子量聚乙烯纤维的生产流程进行合理调控,提高生产超高分子量聚乙烯纤维的效率,表1所示为超高分子量聚乙烯纤维智能化生产工艺。或者创新熔融纺丝技术,注重分子链结构设计、加工助剂研发等方案的改进,在减少生产超高分子量聚乙烯纤维成本的同时延伸产业现有规模^[6]。

其三绿色制造的发展,鉴于存在的欧盟《新电池法规》等严苛环保政策,超高分子量聚乙烯纤维未来发展可以选取闭环回收技术,避免出现超高分子量聚乙烯纤维降解效率低的问题。可以通过化学解聚将纤维分解为单体或低聚物,提高原材料的利用率;通过物理回收的方式,比如以机械粉碎的模式对复合型材料进行制备,促进超高分子量聚乙烯纤维产业的绿色化建设。

2.2 市场需求结构性增长

超高分子量聚乙烯纤维有高强度、高模量等优异性能,已经被应用在多领域中,带动着产业扩张与持续建设。

其一在国防的发展中,以中国防弹衣市场为例,仍有巨大增长空间。整体上分析,中国防弹衣渗透率不超过10%,而美军防弹衣渗透率超过70%,彼此之间生成明显反差。在我国预算资金逐步增加阶段,单兵防护装备升级与转型至关重要。今后军用防弹衣、装甲防护材料等需求也会不断上涨,使得超高分子量聚乙烯纤维的军用市场规模有所拓展。

其二海洋经济的发展中,2024年全球海洋绳缆市场规模约为13.9亿美元,海洋绳缆在海洋工程、海洋能源、渔业等领域的应用需求不断增加^[7]。同时在“海上丝绸之路”的建设中,不管是深远海养殖规模,还是海上风电等新能源产业规模,均有扩大趋势,发展成为提高超高分子量聚乙烯纤维增长率的重要引擎。

2.3 全球竞争格局演变

在超高分子量聚乙烯纤维产业领域,全球竞争格局正经历着前所未有的深刻变革,因此需要关注规模化生产,持续拓展新兴市场,从而为超高分子量聚乙烯纤维的发展提供动能。其中产能东移成为行业发展的重要趋势,我国超高分子量聚乙烯纤维产业在持续升级,预计到2030年将突破40%。以宁波大成、同益中等为代表的中国企业为例,将会不断加大研发力度,在提高超高分子量聚乙烯纤维产品性能的同时,保障超高分子量聚乙烯纤维的生产质量。这些企业通过与高校及科研院所构建产学研协同创新体系,实现资源整合与联合攻关,显著提升技术研发效率。在研发能力建设方面,企业持续增加研发经费投入,引进

国际先进仪器设备,打造专业化研发平台,为科研人员创造良好的创新环境^[8]。

同时,企业强化人才队伍建设,通过内培外引相结合的方式,集聚海内外高端人才,不断增强研发团队的综合实力。依托持续的技术创新与工艺改进,企业在高端产品研发领域有望实现重大突破,逐步完成进口产品的国产化替代,促进我国超高分子量聚乙烯纤维产业向高端化发展。

3 结束语

综上所述,超高分子量聚乙烯纤维产业正处于技术迭代与市场扩张的关键期,拥有了良好的发展前景。今后,超高分子量聚乙烯纤维的发展势必会更多地拓展市场空间,积极进行高端产品的国产化与智能化生产,渗透到民用市场中。我国也应加大力度进行品牌的创新,提供超高分子量聚乙烯纤维的绿色经济性材料,稳固我国在国际市场中占据的地位。

参考文献:

- [1] 同益中拟收购超美斯75.8%股份,欲发展“超高分子量聚乙烯纤维+芳纶”双支点[J].高科技纤维与应用,2024,49(06):77.
- [2] 2024年中国化纤协会超高分子量聚乙烯纤维分会年会暨行业高质量发展论坛在南通如东召开[J].高科技纤维与应用,2024,49(05):88-89.
- [3] 一种抗静电阻燃超高分子量聚乙烯纤维及其制备方法[J].高科技纤维与应用,2024,49(04):76-77.
- [4] 董鑫荷,吕晶,刘宇昊,吕学超,朱颐馨,金星爱.超高分子量聚乙烯纤维结合不同树脂修复缺损乳磨牙的断裂载荷及边缘密闭性研究[J].口腔疾病防治,2024,32(08):589-597.
- [5] 严成,李露露,陈天欢,郭帅,俞科静.超高分子量聚乙烯纤维表面纳米ZnO可控生长及其界面性能研究[J].中国塑料,2024,38(05):47-54.
- [6] 胡莉军,毛选之,冯鑫鑫,韩泓炜,胡江涛,吴国忠.胍基抗菌型超高分子量聚乙烯纤维海水提铀吸附材料的制备及其性能[J].辐射研究与辐射工艺学报,2024,42(04):56-67.
- [7] 一种超高分子量聚乙烯纤维的制备方法及其超高分子量聚乙烯纤维[J].高科技纤维与应用,2024,49(01):90.
- [8] 徐建军.超高分子量聚乙烯纤维的工业化制备和构效关系综述[J].高分子通报,2024,37(06):776-791.

作者简介:

顾金祥(1992-),男,汉族,安徽天长人,硕士研究生,中级工程师,研究方向:化工材料。