

2025年中国人形机器人腱绳材料行业概览： 人形机器人量产在即，灵巧手腱绳材料加速 渗透

Humanoid Robot Tendon Material Industry Overview

中国の人型ロボット腱素材産業研究報告

(精华版)

报告标签：腱绳材料、钢丝绳、超高分子量聚乙烯纤维

撰写人：于利蓉

报告提供的任何内容（包括但不限于数据、文字、图表、图像等）均系头豹研究院独有的高度机密性文件（在报告中另行标明出处者除外）。未经头豹研究院事先书面许可，任何人不得以任何方式擅自复制、再造、传播、出版、引用、改编、汇编本报告内容，若有违反上述约定的行为发生，头豹研究院保留采取法律措施、追究相关人员责任的权利。头豹研究院开展的所有商业活动均使用“头豹研究院”或“头豹”的商号、商标，头豹研究院无任何前述名称之外的其他分支机构，也未授权或聘用其他任何第三方代表头豹研究院开展商业活动。

报告要点速览

本报告为2025年中国人形机器人腱绳材料行业概览报告。将梳理中国人形机器人腱绳材料行业发展现状，对该行业的产业链、行业规模作出具体分析。此研究将会回答的关键问题：

- 1. 人形机器人腱绳材料行业现状如何？
- 2. 人形机器人腱绳材料市场的竞争情况？
- 3. 人形机器人腱绳材料的市场规模如何？

观点提炼

人形机器人腱绳材料行业现状如何？

人形机器人腱绳材料是指用于人形机器人模拟生物肌腱功能、传递运动与力的高性能细绳或纤维绳。主要为钢丝绳和超高分子量聚乙烯纤维两大类。目前已知德国卡尔施达、荷兰帝斯曼和美国霍尼韦尔的腱绳材料应用于人形机器人灵巧手。中国人形机器人腱绳材料行业尚处于早期发展阶段，九州星际、千禧龙纤、同益中、南山智尚、恒辉安防、湖南中泰等企业的UHMWPE纤维满足人形机器人的要求。2024年中国人形机器人腱绳材料市场规模约为552万元，预计未来呈现快速增长趋势。

人形机器人腱绳材料市场的竞争情况？

中国人形机器人腱绳材料高端市场主要由国际企业主导，中国国产超高分子量聚乙烯纤维产品性能不断提升。中国人形机器人腱绳材料市场呈现以下梯队分布情况：第一梯队企业有九州星际、埃万特、霍尼韦尔、东洋纺等企业；第二梯队企业有千禧龙纤、同益中、南山智尚、仪征化纤、湖南中泰、恒辉安防等企业；第三梯队有璟邦新材料、康隆达等企业

人形机器人腱绳材料的市场规模如何？

在政策支持背景下，人形机器人赛道持续升温，行业投融资整体向好，人形机器人本体结构、智能感知、驱动控制等领域产业技术不断突破，推动人形机器人行业的发展突破。同时，腱绳材料如钢丝绳、超高分子量聚乙烯纤维的生产技术与产品性能不断优化，为腱绳材料在人形机器人领域的应用打下扎实基础。假设单台人形机器人灵巧手需20根腱绳，单根腱绳价格约60元，由此测算2024年中国人形机器人腱绳材料市场规模约552万元，预计2030年达7.57亿元，期间复合增长率127%，中国人形机器人腱绳材料市场将呈翻倍增长趋势

■ 发展背景——人形机器人灵巧手传动方式

灵巧手指的传动方式可分为腱绳传动、连杆传动、齿轮传动、人工肌肉（液压/气动）。腱绳传动对于空间狭小、传动精密的灵巧手空间设计较为友好，是灵巧手的主流传动方式

人形机器人灵巧手




□ 20世纪70年代

日本“电子技术实验室”的Okada灵巧手，该灵巧手具有3个手指和一个手掌，拇指有3个自由度，另外两个手指各有4个自由度，采用电机驱动和肌腱传动方式



□ 20世纪80年代

美国斯坦福大学研制成功Stanford/JPL灵巧手，该手有3个手指，每指各有3个自由度，采用12个直流伺服电机作为关节驱动器，采用腱驱动系统传递运动和动力



□ 20世纪90年代

美国麻省理工学院和犹他大学联合研制的Utah/MIT灵巧手，该手具有完全相同的4个手指，每个手指有4个自由度，同样采用腱驱动系统传递运动和动力，整手有16个关节，驱动器数量达到了32个



□ 20世纪末

意大利IIT研制的iCub手高度集成12个触觉传感器，48个压力传感器和17个位置传感器以实现灵巧的操作和丰富的感知能力，系统集成度的提高和感知能力的丰富使得多指向灵巧操作的方向更进一步



□ 21世纪

特斯拉Optimus灵巧手有22个自由度，创新性采用“行星齿轮箱+丝杠+腱绳”结构，奠定腱绳材料在灵巧手系统中的核心地位

■ 人形机器人灵巧手

机器人多指灵巧手的研究始于20世纪70年代。20世纪末，随着嵌入式硬件的发展，多指灵巧手的研究向着高系统集成度和丰富的感知能力提升方向发展，进入快速发展阶段。进入21世纪，Optimus新一代灵巧手具备22个自由度，创新性采用“行星齿轮箱+丝杠+腱绳”结构，奠定腱绳材料在灵巧手系统中的核心地位

人形机器人灵巧手传动方式

传动方式	腱绳传动	连杆传动	齿轮/蜗轮蜗杆传动	人工肌肉（液压/气动）			
特点	由腱（钢丝绳、迪力马绳等）加上滑轮或者软管实现传动。腱一般具有很高的抗拉强度和很轻的重量，容易实现多自由度和远距离动力传输，节省空间和成本，是一种柔顺传动方式	采用平面连杆机构传动，刚度高、出力大、负载能力强、加工制造容易、易获得较高的精度，构件之间的接触可以依靠几何封闭来实现，能够较好实现多种运动规律和运动轨迹的要求	驱动器通过齿轮或蜗轮蜗杆将旋转变成直线运动，拉动驱动器和手指之间的弹簧来驱动手指产生动作。手指部分采用金属连接，各个手指动作相互独立，具有多种抓取构形，和别的多指灵巧手相比，驱动更加灵活，但手指的闭合时间较长	液压驱动和气动的驱动方式是近年来兴起的一种重要的驱动方式，是模拟人肌肉的一种驱动方式			
缺点	腱本身的刚度有限，影响位置精度；控制时需要一定的预紧力，容易产生摩擦；腱的布局容易产生力矩和运动的耦合。这些因素都增加手爪抓取控制的难度和复杂性	结构冗余，笨重，柔性不足，抗冲击性能较弱，对手内空间配置要求较高	结构冗余，笨重，柔性不足，抗冲击性能较弱，对手内空间配置要求较高，手指的结构比较复杂，容易出现故障	由于材料和技术的限制，这些“人工肌肉”技术还远远不能满足机器人手爪实现可靠、快速和精确地抓取功能			
典型案例	 Shadow Hand	 PISA/IIT Soft Hand	 BeBionic Hand	 因时机器人-RH56DFX	 Vincent Hand	 i-limb ultra Hand	 浙江工业大学全驱气动灵巧手/Festo OctopusGrabber-i-limb ultra Hand

■ 人形机器人灵巧手传动方式

灵巧手是人形机器人重要部件之一，按灵巧手指的传动方式可分为腱绳传动、连杆传动、齿轮传动、人工肌肉（液压/气动）。传动系统的设计不仅决定灵巧手的机械结构，而且直接影响到灵巧手的抓取稳定性和灵活性。腱绳传动对于空间狭小、传动精密的灵巧手空间设计较为友好，适用于高自由度灵巧手。腱绳传动是机器人灵巧手的主流传动方式

来源：王新威《超高分子量聚乙烯材料的研究进展》、中国化工信息周刊、同益中、大业股份、专家访谈、头豹研究院

产业链图谱

人形机器人腱绳材料产业链上游为原材料，核心原材为UHMWPE；产业链中游为腱绳材料制造商，主要包括钢丝绳制造商和超高分子量聚乙烯纤维制造商；产业链下游为应用环节，主要应用于人形机器人灵巧手

人形机器人腱绳材料产业链图谱



人形机器人腱绳材料产业链图谱

上游超高分子量聚乙烯纤维原材料主要包括乙烯、聚合催化剂、UHMWPE、溶剂、抗氧化剂等；钢丝绳主要原材为高碳钢热轧盘条，其他辅助材料为硫酸铜、硼砂、硫酸亚锡、润滑剂、拉丝粉等

中游超高分子量聚乙烯纤维的制造商主要有美国埃万特、美国霍尼韦尔、日本东洋纺、九州星际、同益中、千禧龙纤等企业

以UHMWPE纤维和钢丝绳下游应用市场为例，用于人形机器人领域的UHMWPE纤维和钢丝绳占比不足1%，市场仍处于早期研发阶段；腱绳材料对应下游企业主要为人形机器人灵巧手生产制造企业。包括因时机器人、傲意机器人、强脑科技、帕西尼感知、灵心巧手、大寰机器人、兆威机电等企业

来源：王新威《超高分子量聚乙烯材料的研究进展》、中国化工信息周刊、同益中、大亚股份、专家访谈头豹研究院

■ 产业链上游——UHMWPE纤维催化剂&聚合技术

UHMWPE催化剂包括Z-N催化剂、茂金属催化剂和非茂金属催化剂等， Z-N催化剂广泛实现工业化生产；聚合工艺主要有淤浆聚合和气相聚合，中国企业集成开发多种淤浆法UHMWPE工艺包，并实现工业转化

UHMWPE纤维催化剂

维度	Z-N催化剂	茂金属催化剂	非茂过渡金属催化剂
结构特征	结构不明确，由卤化钛、活性载体和给电子体等组分构成	结构明确，配体含至少一个Cp及衍生物，金属中心为IV B元素	结构明确，配体由含氧、氮、硫和磷等基团构成，金属中心涵盖所有过渡金属元素
催化机理	多活性中心、机理复杂	单活性中心，乙烯与活性中心生成π-络合物，移位插入，如此重复进行链增长	单活性中心，聚合机理与茂金属催化剂一致
优点	活性较高、成本低、耐杂质	活性高，共聚性能优，树脂分子结构高度均一，组分均匀	活性高，成本较低，催化剂结构灵活可调，可定制树脂性能
缺点	树脂分子量宽分布，共聚性能欠佳，树脂结构不易调控	催化剂合成繁琐，负载后活性降低，树脂分子量难以提高，加工困难	技术壁垒高，负载难度大，体系对杂质敏感
研发机构	北京、上海化工研究所、中科院长春应化所、辽阳石化公司等	中国石油化工研究所等	中科院上海有机化学研究所、武汉工程大学等
应用阶段	工业化阶段	研发到工业化生产的过渡阶段	研发阶段

UHMWPE纤维聚合技术



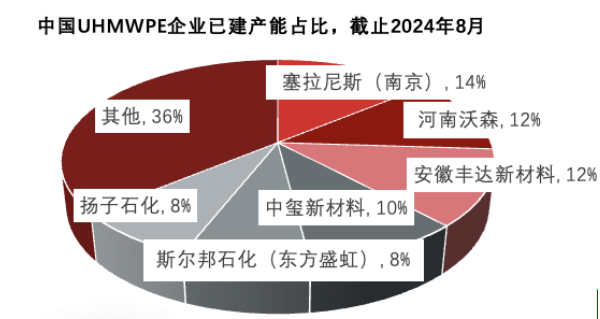
来源：烯烃产业创新与发展研习社、头豹研究院

■ 产业链上游——UHMWPE纤维核心原材：UHMWPE产能

随着中国厂商逐渐掌握UHMWPE生产技术，超高分子量聚乙烯产能迅速扩张，截至2024年8月，国内超高分子量聚乙烯已建产能约25万吨/年，在建产能约34万吨，另有约48万吨/年拟新建产能

UHMWPE行业竞争格局及产能情况（万吨/年）（截止2024年8月）

企业名称	区域	已建产能	在建产能	拟新增产能
河南沃森超高化工科技有限公司	河南	3		
上海联乐化工科技有限公司	上海	1.1		
塞拉尼斯（Celanese）（南京）	江苏	3.5		
中玺新材料（安徽）有限公司	安徽	2.5		
安徽丰达新材料有限公司	安徽	3		
九江中科鑫星新材料有限公司	江西	1	5	
中国石油辽阳石化公司	辽宁	1		
中国石化天津石化	天津	/	10	
联泓化学	山东	/	2	
斯尔邦石化（东方盛虹）	江苏	2		
平原信达化工有限公司	山东	1		
南京金陵塑料化工有限公司	江苏	1		
扬子石化	江苏	2		
大庆石化	黑龙江	1.6		
燕山石化	北京	1.5		
湖北昱泓	湖北	0.8	2	
裕龙石化	山东	/	10	
中国化学	陕西	/	5	
兰州化学	甘肃			11
盛虹石化	浙江			15
卫星化学	江苏			5
蒲洁能化	陕西			4
新加坡桐砚公司	天津			4
诚志股份	山东			4
宝丰能源	新疆			3
袁矿鲁南化工	山东			2
合计	全国	25	34	48



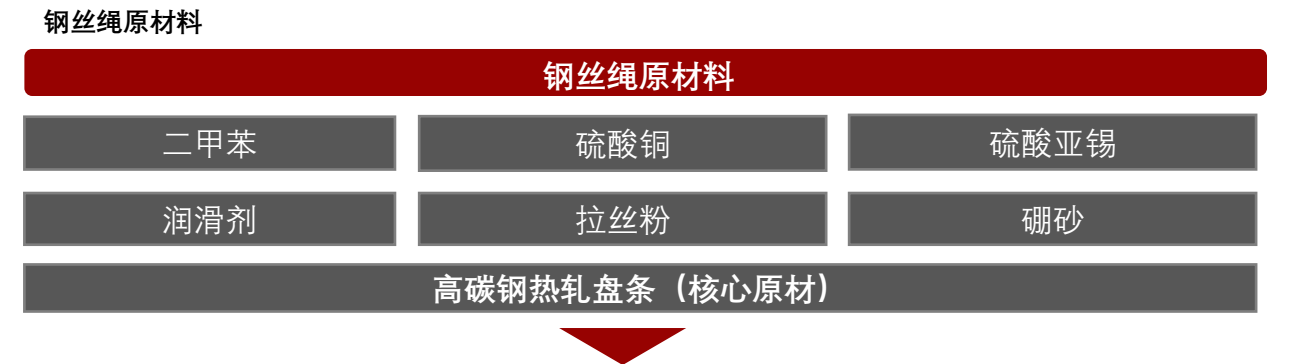
■ UHMWPE产能

中国UHMWPE生产企业主要有塞拉尼斯（南京）公司、河南沃森、安徽丰达新材料、中玺新材料、斯尔邦石化、扬子石化、九江中科鑫星等。中国UHMWPE生产企业已建产能+在建产能+拟新增产能主要分布在山东、浙江、天津、江苏、甘肃等地区

来源：烯烃产业创新与发展研习社、头豹研究院

■ 产业链上游——钢丝绳原材料

钢丝绳主要原材为高碳钢热轧盘条，其他辅助材料为硫酸铜、硼砂、硫酸亚锡、润滑剂、拉丝粉等。盘条价格受中国钢铁行业产能影响，近一年价格整体呈现震荡下行趋势



❑ 高碳钢热轧盘条定义：盘条是指直径比较小的圆钢线材，通常卷成盘交货。
高碳钢热轧盘条是指盘条以热轧状态交货的高碳钢盘条

❑ 供应商



青岛特钢

QINGDAO SPECIAL STEEL



包钢股份

BAO GANG UNITED STEEL



BAOSTEEL



沙钢集团

SHAGANG GROUP



潍坊特钢集团

WEIFANG SPECIAL STEEL GROUP

中国钢铁价格（单位：元/吨），2024-2025年2月



日期	中国钢材综合价格指数
2024-01-01	113.00
2024-01-03	113.50
2024-01-05	113.00
2024-01-07	113.50
2024-01-09	113.00
2024-01-11	113.50
2024-01-13	113.00
2024-01-15	113.50
2024-01-17	113.00
2024-01-19	113.50
2024-01-21	113.00
2024-01-23	113.50
2024-01-25	113.00
2024-01-27	113.50
2024-01-29	113.00
2024-01-31	113.50
2024-02-02	113.00
2024-02-04	113.50
2024-02-06	113.00
2024-02-08	113.50
2024-02-10	113.00
2024-02-12	113.50
2024-02-14	113.00
2024-02-16	113.50
2024-02-18	113.00
2024-02-20	113.50
2024-02-22	113.00
2024-02-24	113.50
2024-02-26	113.00
2024-02-28	113.50
2024-03-01	113.00
2024-03-03	113.50
2024-03-05	113.00
2024-03-07	113.50
2024-03-09	113.00
2024-03-11	113.50
2024-03-13	113.00
2024-03-15	113.50
2024-03-17	113.00
2024-03-19	113.50
2024-03-21	113.00
2024-03-23	113.50
2024-03-25	113.00
2024-03-27	113.50
2024-03-29	113.00
2024-03-31	113.50
2024-04-02	113.00
2024-04-04	113.50
2024-04-06	113.00
2024-04-08	113.50
2024-04-10	113.00
2024-04-12	113.50
2024-04-14	113.00
2024-04-16	113.50
2024-04-18	113.00
2024-04-20	113.50
2024-04-22	113.00
2024-04-24	113.50
2024-04-26	113.00
2024-04-28	113.50
2024-04-30	113.00
2024-05-02	113.50
2024-05-04	113.00
2024-05-06	113.50
2024-05-08	113.00
2024-05-10	113.50
2024-05-12	113.00
2024-05-14	113.50
2024-05-16	113.00
2024-05-18	113.50
2024-05-20	113.00
2024-05-22	113.50
2024-05-24	113.00
2024-05-26	113.50
2024-05-28	113.00
2024-05-30	113.50
2024-05-31	113.00
2024-06-02	113.50
2024-06-04	113.00
2024-06-06	113.50
2024-06-08	113.00
2024-06-10	113.50
2024-06-12	113.00
2024-06-14	113.50
2024-06-16	113.00
2024-06-18	113.50
2024-06-20	113.00
2024-06-22	113.50
2024-06-24	113.00
2024-06-26	113.50
2024-06-28	113.00
2024-06-30	113.50
2024-07-02	113.00
2024-07-04	113.50
2024-07-06	113.00
2024-07-08	113.50
2024-07-10	113.00
2024-07-12	113.50
2024-07-14	113.00
2024-07-16	113.50
2024-07-18	113.00
2024-07-20	113.50
2024-07-22	113.00
2024-07-24	113.50
2024-07-26	113.00
2024-07-28	113.50
2024-07-30	113.00
2024-07-31	113.50
2024-08-02	113.00
2024-08-04	113.50
2024-08-06	113.00
2024-08-08	113.50
2024-08-10	113.00
2024-08-12	113.50
2024-08-14	113.00
2024-08-16	113.50
2024-08-18	113.00
2024-08-20	113.50
2024-08-22	113.00
2024-08-24	113.50
2024-08-26	113.00
2024-08-28	113.50
2024-08-30	113.00
2024-08-31	113.50
2024-09-02	113.00
2024-09-04	113.50
2024-09-06	113.00
2024-09-08	113.50
2024-09-10	113.00
2024-09-12	113.50
2024-09-14	113.00
2024-09-16	113.50
2024-09-18	113.00
2024-09-20	113.50
2024-09-22	113.00
2024-09-24	113.50
2024-09-26	113.00
2024-09-28	113.50
2024-09-30	113.00
2024-10-02	113.50
2024-10-04	113.00
2024-10-06	113.50
2024-10-08	113.00
2024-10-10	113.50
2024-10-12	113.00
2024-10-14	113.50
2024-10-16	113.00
2024-10-18	113.50
2024-10-20	113.00
2024-10-22	113.50
2024-10-24	113.00
2024-10-26	113.50
2024-10-28	113.00
2024-10-30	113.50
2024-10-31	113.00
2024-11-02	113.50
2024-11-04	113.00
2024-11-06	113.50
2024-11-08	113.00
2024-11-10	113.50
2024-11-12	113.00
2024-11-14	113.50
2024-11-16	113.00
2024-11-18	113.50
2024-11-20	113.00
2024-11-22	113.50
2024-11-24	113.00
2024-11-26	113.50
2024-11-28	113.00
2024-11-30	113.50
2024-12-02	113.00
2024-12-04	113.50
2024-12-06	113.00
2024-12-08	113.50
2024-12-10	113.00
2024-12-12	113.50
2024-12-14	113.00
2024-12-16	113.50
2024-12-18	113.00
2024-12-20	113.50
2024-12-22	113.00
2024-12-24	113.50
2024-12-26	113.00
2024-12-28	113.50
2024-12-30	113.00
2024-12-31	113.50
2025-01-02	113.00
2025-01-04	113.50
2025-01-06	113.00
2025-01-08	113.50
2025-01-10	113.00
2025-01-12	113.50
2025-01-14	113.00
2025-01-16	113.50
2025-01-18	113.00
2025-01-20	113.50
2025-01-22	113.00
2025-01-24	113.50
2025-01-26	113.00
2025-01-28	113.50
2025-01-30	113.00
2025-01-31	113.50
2025-02-02	113.00
2025-02-04	113.50
2025-02-06	113.00
2025-02-08	113.50
2025-02-10	113.00
2025-02-12	113.50
2025-02-14	113.00
2025-02-16	113.50
2025-02-18	113.00
2025-02-20	113.50
2025-02-22	113.00
2025-02-24	113.50
2025-02-26	113.00
2025-02-28	113.50
2025-02-29	113.00
2025-03-01	113.50
2025-03-02	113.00
2025-03-03	113.50
2025-03-04	113.00
2025-03-05	113.50
2025-03-06	113.00
2025-03-07	113.50
2025-03-08	113.00
2025-03-09	113.50
2025-03-10	113.00
2025-03-11	113.50
2025-03-12	113.00
2025-03-13	113.50
2025-03-14	113.00
2025-03-15	113.50
2025-03-16	113.00
2025-03-17	113.50
2025-03-18	113.00
2025-03-19	113.50
2025-03-20	113.00
2025-03-21	113.50
2025-03-22	113.00
2025-03-23	113.50
2025-03-24	113.00
2025-03-25	113.50
2025-03-26	113.00
2025-03-27	113.50
2025-03-28	113.00
2025-03-29	113.50
2025-03-30	113.00
2025-03-31	113.50
2025-04-01	113.00
2025-04-02	113.50
2025-04-03	113.00
2025-04-04	113.50
2025-04-05	113.00
2025-04-06	113.50
2025-04-07	113.00
2025-04-08	113.50
2025-04-09	113.00
2025-04-10	113.50
2025-04-11	113.00
2025-04-12	113.50
2025-04-13	113.00
2025-04-14	113.50
2025-04-15	113.00
2025-04-16	113.50
2025-04-17	113.00
2025-04-18	113.50
2025-04-19	113.00
2025-04-20	113.50
2025-04-21	113.00
2025-04-22	113.50
2025-04-23	113.00
2025-04-24	113.50
2025-04-25	113.00
2025-04-26	113.50
2025-04-27	113.00
2025-04-28	113.50
2025-04-29	113.00
2025-04-30	113.50
2025-05-01	113.00
2025-05-02	113.50
2025-05-03	113.00
2025-05-04	113.50
2025-05-05	113.00
2025-05-06	113.50
2025-05-07	113.00
2025-05-08	113.50
2025-05-09	113.00
2025-05-10	113.50
2025-05-11	113.00
2025-05-12	113.50
2025-05-13	113.00
2025-05-14	113.50
2025-05-15	113.00
2025-05-16	113.50
2025-05-17	113.00
2025-05-18	113.50
2025-05-19	113.00
2025-05-20	113.50
2025-05-21	113.00
2025-05-22	113.50
2025-05-23	113.00
2025-05-24	113.50
2025-05-25	113.00
2025-05-26	113.50
2025-05-27	113.00
2025-05-28	113.50
2025-05-29	113.00
2025-05-30	113.50
2025-05-31	113.00
2025-06-01	113.50
2025-06-02	113.00
2025-06-03	113.50
2025-06-04	113.00
2025-06-05	113.50
2025-06-06	113.00
2025-06-07	113.50
2025-06-08	113.00
2025-06-09	113.50
2025-06-10	113.00
2025-06-11	113.50
2025-06-12	113.00
2025-06-13	113.50
2025-06-14	113.00
2025-06-15	113.50
2025-06-16	113.00
2025-06-17	113.50
2025-06-18	113.00
2025-06-19	113.50
2025-06-20	113.00
2025-06-21	113.50
2025-06-22	113.00
2025-06-23	113.50
2025-06-24	113.00
2025-06-25	113.50
2025-06-26	113.00
2025-06-27	113.50
2025-06-28	113.00
2025-06-29	113.50
2025-06-30	113.00
2025-07-01	113.50
2025-07-02	113.00
2025-07-03	113.50
2025-07-04	113.00
2025-07-05	113.50
2025-07-06	113.00
2025-07-07	113.50
2025-07-08	113.00
2025-07-09	113.50
2025-07-10	113.00
2025-07-11	113.50
2025-07-12	113.00
2025-07-13	113.50
2025-07-14	113.00
2025-07-15	113.50
2025-07-16	113.00
2025-07-17	113.50
2025-07-18	113.00
2025-07-19	113.50
2025-07-20	113.00
2025-07-21	113.50
2025-07-22	113.00
2025-07-23	113.50
2025-07-24	113.00
2025-07-25	113.50
2025-07-26	113.00
2025-07-27	113.50
2025-07-28	113.00
2025-07-29	113.50
2025-07-30	113.00
2025-07-31	113.50
2025-08-01	113.00
2025-08-02	113.50
2025-08-03	113.00
2025-08-04	113.50
2025-08-05	113.00
2025-08-06	113.50
2025-08-07	113.00
2025-08-08	113.50
2025-08-09	113.00
2025-08-10	113.50
2025-08-11	113.00
2025-08-12	113.50
2025-08-13	113.00
2025-08-14	113.50
2025-08-15	

■ 产业链中游——超高分子量聚乙烯纤维制备方法及供需量

冻胶纺丝-超倍拉伸法是超高分子量聚乙烯纤维最成熟且实现工业化生产的制备方法。全球范围对超高分子量聚乙烯纤维的需求稳步增长，中国2023年UHMWPE纤维需求量占全球约61%，2024年产量占全球超66%

超高分子量聚乙烯纤维的制备方法

超高分子量聚乙烯纤维

定义

□ 超高分子量聚乙烯纤维（Ultra High Molecular Weight Polyethylene Fiber，简称UHMWPE纤维），又称高强高模聚乙烯纤维，通常指由分子在100万~500万的超高分子量聚乙烯树脂所纺出的纤维

制备方法

增塑熔融纺丝法

超拉伸或局部拉伸法

冻胶纺丝-超倍拉伸法

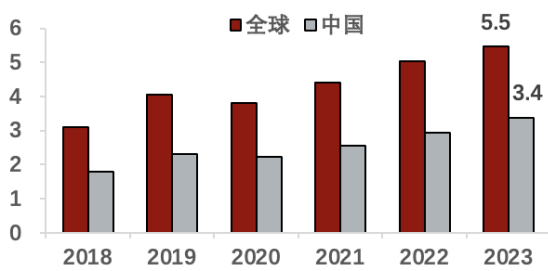
表面结晶生长法

固体挤出法

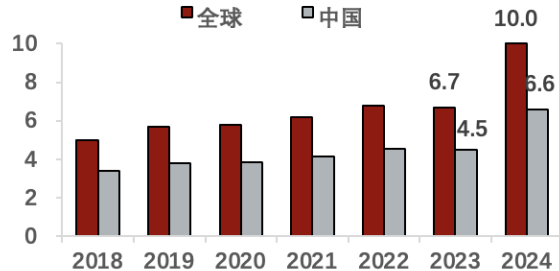
■ 超高分子量聚乙烯纤维的制备方法

超高分子量聚乙烯纤维的制备方法包括增塑熔融纺丝法、固体挤出法、超拉伸或局部拉伸法、表面结晶生长法和冻胶纺丝-超倍拉伸法等，但目前只有冻胶纺丝-超倍拉伸法应用最成熟且实现工业化生产

全球和中国UHMWPE纤维需求量（万吨），2018-2023



全球和中国UHMWPE纤维产量（万吨），2018-2024



■ 全球和中国超高分子量聚乙烯纤维的产量和需求量

全球范围对UHMWPE纤维的需求稳步增长。2023年，全球UHMWPE纤维的需求量约为5.47万吨，2018—2023年CAGR约12.1%。中国是UHMWPE纤维的第一大消费市场，2023年中国UHMWPE纤维需求量达3.38万吨，占全球需求的61%以上，2018—2023年CAGR约14.6%

目前世界上只有荷兰、美国、日本和中国4个国家实现UHMWPE纤维规模化生产。2024年，全球UHMWPE纤维产能为10万吨/年，其中海外产能约3.4万吨/年，中国为6.6万吨/年。美国埃万特、美国霍尼韦尔和日本东洋纺3家企业垄断着全球UHMWPE纤维高端产品技术

来源：中国化工信息周刊、头豹研究院

■ 产业链中游——超高分子量聚乙烯纤维的制作工艺

根据所采用的溶剂不同，超高分子量聚乙烯纤维的冻胶纺丝-超倍热拉伸法可分为干法工艺和湿法工艺两种。湿法工艺强度高、单丝更粗、溶剂成本低、安全，相对简单成熟，成为目前国内外纤维企业主流工艺

超高分子量聚乙烯纤维的冻胶纺丝干法和湿法工艺对比

纺织类型	干法工艺	湿法工艺
典型工序	<ul style="list-style-type: none">• 纺丝液配制——纺丝——吹扫脱溶剂——多级超倍热拉伸	<ul style="list-style-type: none">• 纺丝液配制——纺丝——凝固浴——相分离（盛丝桶）——预拉伸——萃取——干燥——多级超倍热拉伸
纺丝溶剂	<ul style="list-style-type: none">• 高挥发性溶剂（十氢萘等）	<ul style="list-style-type: none">• 低挥发性溶剂（白油、石蜡油等）
脱溶剂	<ul style="list-style-type: none">• 热惰性气体吹扫	<ul style="list-style-type: none">• 静置相分离+萃取+干燥
优点	<ul style="list-style-type: none">• 可直接回收溶剂，无需使用萃取剂，生产工艺流程短• 连续生产，生产速率高• 制备的纤维具备表面平整、缺陷少、柔软、结晶度高、纤维密度大、熔点高、熔程短、溶剂残留低等优点，产品质量更优	<ul style="list-style-type: none">• 纤维强度高、单丝更粗• 技术难度和设备要求相对低
缺点	<ul style="list-style-type: none">• 十氢萘价格昂贵，易燃易爆，生产设备要求更高	<ul style="list-style-type: none">• 通常为非连续生产，需要萃取干燥等工序，生产流程庞大• 溶剂需间接回收
代表生产企业	<ul style="list-style-type: none">• 荷兰DSM、仪征化纤等	<ul style="list-style-type: none">• 美国霍尼韦尔、同益中等

■ 超高分子量聚乙烯纤维的冻胶纺丝干法和湿法工艺对比

根据所采用的溶剂不同，超高分子量聚乙烯纤维的冻胶纺丝-超倍热拉伸法可分为干法工艺和湿法工艺两种：干法工艺路线采用以荷兰DSM公司为代表的高挥发性溶剂干法凝胶纺丝工艺路线；湿法工艺路线采用以美国Honeywell公司为代表的低挥发性溶剂湿法凝胶纺丝工艺路线

相较于湿法路线纺丝，干法路线工艺流程短，其制备的纤维表面平整、缺陷少、柔软、结晶度高、纤维密度大、熔点高、溶剂残留低。但湿法工艺强度高、单丝更粗、溶剂成本低、安全，相对简单成熟，成为目前国内外纤维企业主流工艺

来源：中国化工信息周刊、头豹研究院

■ 产业链中游——超高分子量聚乙烯纤维产能

截止2024年，中国为全球UHMWPE纤维第一大生产国，中国UHMWPE纤维市场集中度较高，九州星际产能占比约48%，CR5企业占比超80%

超高分子量聚乙烯纤维产能情况（吨/年），截止2024年

企业	产能	企业	产能	企业	产能	企业	产能
九州星际	31680	恒辉安防	10000	南山智尚	10000	仪征化纤	10000
同益中	10000	千禧龙纤	10000	湖南中泰	10000	其他	10000
恒辉安防	10000	南山智尚	10000	仪征化纤	10000	其他	10000
同益中	10000	千禧龙纤	10000	湖南中泰	10000	其他	10000
恒辉安防	10000	南山智尚	10000	仪征化纤	10000	其他	10000
同益中	10000	千禧龙纤	10000	湖南中泰	10000	其他	10000
恒辉安防	10000	南山智尚	10000	仪征化纤	10000	其他	10000
同益中	10000	千禧龙纤	10000	湖南中泰	10000	其他	10000
恒辉安防	10000	南山智尚	10000	仪征化纤	10000	其他	10000
同益中	10000	千禧龙纤	10000	湖南中泰	10000	其他	10000

完整版登录www.leadleo.com

搜索《2025年中国人形机器人腱绳材料行业概览：人形机器人量产在即，灵巧手腱绳材料加速渗透》



■ 超高分子量聚乙烯纤维产能情况

截止2024年，海外UHMWPE纤维产能约3.4万吨/年，占比34%；中国UHMWPE纤维为6.6万吨/年，占比66%，中国成为全球UHMWPE纤维第一大生产国

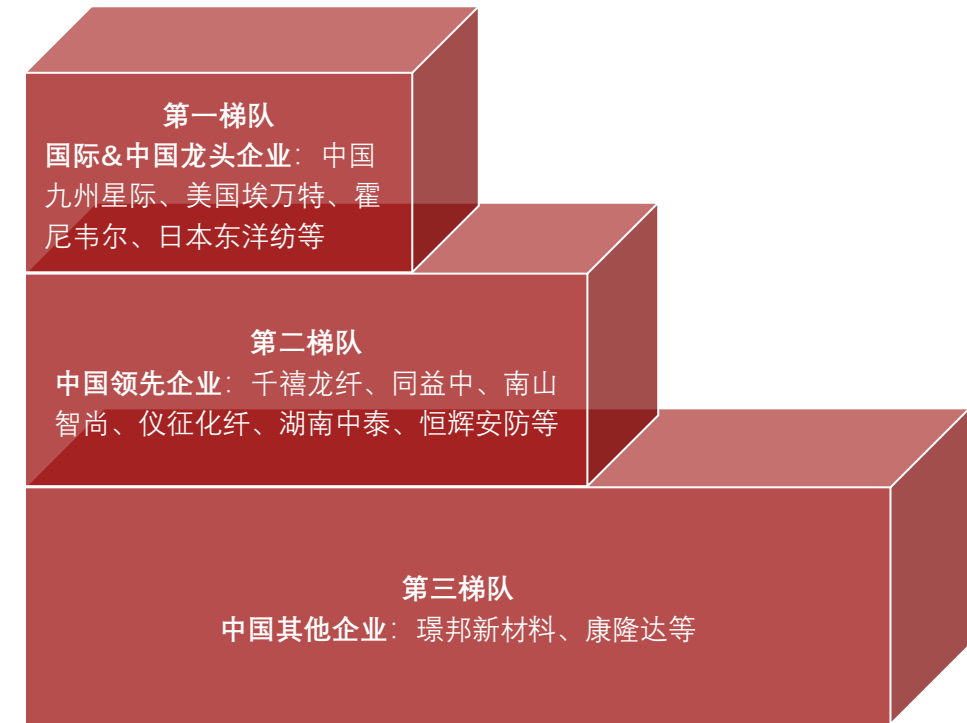
中国UHMWPE纤维市场集中度较高，九州星际产能占比48%，同益中、千禧龙纤占比12%，恒辉安防、南山智尚、仪征化纤、湖南中泰占比约5%，CR5占比超80%

来源：各公司官网、中国化工信息杂志、头豹研究院

■ 产业链中游——超高分子量聚乙烯纤维的竞争格局

超高分子量聚乙烯纤维行业第一梯队企业有九州星际、埃万特、霍尼韦尔、东洋纺等企业；第二梯队企业有千禧龙纤、同益中、南山智尚、仪征化纤、湖南中泰、恒辉安防等企业；第三梯队有璟邦新材料、康隆达等企业

中国超高分子量聚乙烯纤维竞争格局



企业名称	企业介绍
美国埃万特	2022年收购荷兰DSM公司的UHMWPE纤维业务，现产品组合包括着色剂、高级复合材料、功能添加剂、工程材料和Dyneema®
美国霍尼韦尔	霍尼韦尔是一家全球性的高科技企业，其Spectra®纤维是全球最强和最轻的聚乙烯纤维之一，有多个系列，包括Spectra® S-900、Spectra® S-1000、Spectra® MG（医用级）等
日本东洋纺	日本东洋纺是成立于1882年的综合性企业，业务涵盖纤维、树脂、材料和生命科学等领域。1984年进入UHMWPE纤维行业
九州星际	公司是从事超高分子量聚乙烯纤维研发、生产和销售的专业生产企业，截止2024年，公司超高分子量聚乙烯纤维产能达3万吨/年，位居全球和中国第一
千禧龙纤	公司已成为中国超高分子量聚乙烯纤维行业中常规细丝生产规模有色丝品类、产品一致性等方面具有较强竞争力的企业之一，产品远销北美、欧洲、东南亚等众多国际市场
同益中	中国首批掌握全套超高分子量聚乙烯纤维生产技术和较早实现超高分子量聚乙烯纤维产业化的龙头企业，拥有超高分子量聚乙烯纤维全产业链布局
南山智尚	公司是全球为数不多的毛纺织服装产业链一体化公司，拥有从羊毛到成衣完整的毛纺织服饰产业链，公司同时建有3600吨超高分子量聚乙烯产业园区和8万吨高性能差别化锦纶产业园区
仪征化纤	公司是中国石化中高端聚脂生产基地和特种纤维生产基地，中国第一条干法纺丝UHMWPE纤维工业化生产线建成企业
湖南中泰	公司率先产业化生产超高分子量聚乙烯纤维(3,000t/a)、无纬布(2,000t/a)、防弹衣(600,000pcs/a)、缆绳(500t/a)等系列产品，并完全具有自主知识产权
恒辉安防	是一家业务领域覆盖原材料纱线、手部防护产品及全身特种防护产品的研发、生产、销售及智慧化技术服务为一体的综合性集团公司

来源：各公司官网、中国化工信息杂志、头豹研究院

■ 市场规模——人形机器人腱绳材料市场规模

假设单台人形机器人灵巧手需20根腱绳，单根腱绳价格约60元，由此测算2024年中国人形机器人腱绳材料市场规模约552万元，预计2030年达7.57亿元，期间复合增长率127%，呈翻倍增长趋势

中国人形机器人腱绳材料市场规模测算表							
年份	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
单台人形机器人灵巧手需腱绳根数 (根)	20	20	20	20	20	20	20
单根腱绳价格 (元)	60	60	60	60	60	60	60
中国人形机器人腱绳材料市场规模 (万元)	552	1,104	2,208	4,416	8,832	17,664	35,328
中国人形机器人腱绳材料市场规模 (亿元)	0.552	1.104	2.208	4.416	8.832	17.664	35.328
中国人形机器人腱绳材料市场规模 (亿美元)	0.0078	0.0157	0.0314	0.0628	0.1256	0.2512	0.5024
中国人形机器人腱绳材料市场规模 (百万美元)	0.78	1.57	3.14	6.28	12.56	25.12	50.24
中国人形机器人腱绳材料市场规模 (千万美元)	0.078	0.157	0.314	0.628	1.256	2.512	5.024
中国人形机器人腱绳材料市场规模 (十亿美元)	0.00078	0.00157	0.00314	0.00628	0.01256	0.02512	0.05024

完整版登录www.leadleo.com

搜索《2025年中国人形机器人腱绳材料行业概览：
人形机器人量产在即，灵巧手腱绳材料加速渗透》

■ 中国人形机器人腱绳材料市场规模


中国人形机器人市场规模：据2024年首届中国人形机器人产业大会发布的《人形机器人产业研究报告》，预计2025年，中国人形机器人市场规模约53亿元，到2030年，中国人形机器人市场规模将达946亿元

人形机器人灵巧手所需腱绳根数：从特斯拉灵巧手结构看，单手共6个自由度，预计其中5个手指的弯曲自由度均采用线驱动，大拇指的侧摆自由度推测是电机加减速器直驱，预计双手有10个自由度采用线驱动。由于线驱动通常主动绳、连动绳搭配使用，即采用2N传动方案，预计特斯拉灵巧手单指手指使用2根腱绳。则一个人形机器人预计需20根腱绳

单根腱绳价格：由于目前最好的腱绳材料为超高分子量聚乙烯纤维，要应用在机器人身上，UHMWPE纤维纤度要达到800D，断裂强度要达到40cN/dtex。假设单根腱绳价格约为60元

中国人形机器人腱绳材料市场规模：在政策支持背景下，人形机器人赛道持续升温，行业投融资整体向好，人形机器人本体结构、智能感知、驱动控制等领域产业技术不断突破，推动人形机器人行业的发展突破。同时，腱绳材料如钢丝绳、超高分子量聚乙烯纤维的生产技术与产品性能不断优化，为腱绳材料在人形机器人领域的应用打下坚实基础。假设单台人形机器人灵巧手需20根腱绳，单根腱绳价格约60元，由此测算2024年中国人形机器人腱绳材料市场规模约552万元，预计2030年达7.57亿元，期间复合增长率127%，中国人形机器人腱绳材料市场将呈翻倍增长趋势

来源：王新威《超高分子量聚乙烯材料的研究进展》、中国化工信息周刊、同益中、大业股份、专家访谈头豹研究院



未完待续
下篇正在进行中

若您期待尽快看到下篇报告或对下篇报告的内容有独到见解，头豹欢迎您加入到此篇报告的研究中。相关咨询，欢迎联系头豹研究院工业研究团队

邮箱：

sharlin.chen@leadleo.com

18129990784

完整版研究报告阅读渠道：

- 登录www.leadleo.com，搜索《2025年中国人形机器人腱绳材料行业概览：人形机器人量产在即，灵巧手腱绳材料加速渗透》

了解其他人工智能系列课题，登陆头豹研究院官网搜索查阅：

- 2024年中国人形机器人行业研究：关注人形机器人产业链机遇（独占版）
- 2024年中国机器人传感器行业研究报告：商业化启航，人形机器人引领传感器行业新飞跃（独占版）
- 2023年中国机器人灵巧手行业概览：人形机器人加速研究进展，灵巧手迎千亿市场（独占版）
- 2023年中国力传感器行业概览：人形机器人催生六维力传感器需求（独占版）
- 2023年中国人形机器人行业短报告：鸿蒙、开普勒人形机器人发布，国产进程加速（独占版）

方法论

- ◆ 头豹研究院布局中国市场，深入研究19大行业，持续跟踪532个垂直行业的市场变化，已沉淀超过100万行业研究价值数据元素，完成超过1万个独立的研究咨询项目。
- ◆ 研究院依托中国活跃的经济环境，研究内容覆盖整个行业的发展周期，伴随着行业中企业的创立，发展，扩张，到企业走向上市及上市后的成熟期，研究院的各行业研究员探索和评估行业中多变的产业模式，企业的商业模式和运营模式，以专业的视野解读行业的沿革。
- ◆ 研究院融合传统与新型的研究方法，采用自主研发的算法，结合行业交叉的大数据，以多元化的调研方法，挖掘定量数据背后的逻辑，分析定性内容背后的观点，客观和真实地阐述行业的现状，前瞻性地预测行业未来的发展趋势，在研究院的每一份研究报告中，完整地呈现行业的过去，现在和未来。
- ◆ 研究院密切关注行业发展最新动向，报告内容及数据会随着行业发展、技术革新、竞争格局变化、政策法规颁布、市场调研深入，保持不断更新与优化。
- ◆ 研究院秉承匠心研究，砥砺前行的宗旨，从战略的角度分析行业，从执行的层面阅读行业，为每一个行业的报告阅读者提供值得品鉴的研究报告。

法律声明

- ◆ 本报告著作权归头豹所有，未经书面许可，任何机构或个人不得以任何形式翻版、复刻、发表或引用。若征得头豹同意进行引用、刊发的，需在允许的范围内使用，并注明出处为“头豹研究院”，且不得对本报告进行任何有悖原意的引用、删节或修改。
- ◆ 本报告分析师具有专业研究能力，保证报告数据均来自合法合规渠道，观点产出及数据分析基于分析师对行业的客观理解，本报告不受任何第三方授意或影响。
- ◆ 本报告所涉及的观点或信息仅供参考，不构成任何投资建议。本报告仅在相关法律许可的情况下发放，并仅为提供信息而发放，概不构成任何广告。在法律许可的情况下，头豹可能会为报告中提及的企业提供或争取提供投融资或咨询等相关服务。本报告所指的公司或投资标的的价值、价格及投资收入可升可跌。
- ◆ 本报告的部分信息来源于公开资料，头豹对该等信息的准确性、完整性或可靠性不做任何保证。本文所载的资料、意见及推测仅反映头豹于发布本报告当日的判断，过往报告中的描述不应作为日后的表现依据。在不同时期，头豹可发出与本文所载资料、意见及推测不一致的报告和文章。头豹不保证本报告所含信息保持在最新状态。同时，头豹对本报告所含信息可在不发出通知的情形下做出修改，读者应当自行关注相应的更新或修改。任何机构或个人应对其利用本报告的数据、分析、研究、部分或者全部内容所进行的一切活动负责并承担该等活动所导致的任何损失或伤害。

头豹业务合作

数据库/会员账号

可阅读全部原创报告和
百万数据，提供数据库
API接口服务

定制报告

行企研究多模态搜索引
擎及数据库，募投可研、
尽调、IRPR等研究咨询

定制白皮书

对产业及细分行业进行
现状梳理和趋势洞察，
输出全局观深度研究报
告

招股书引用

研究覆盖国民经济19+核
心产业，内容可授权引
用至上市文件、年报

市场地位确认

对客户竞争优势进行评
估和调研确认，助力企
业品牌影响力传播

行研训练营

依托完善行业研究体系，
帮助学生掌握行业研究
能力，丰富简历履历

报告作者



陈夏琳
首席分析师
sharlin.chen@leadleo.com



于利蓉
行业分析师
lirong.yu@leadleo.com

业务咨询

- 客服电话：400-072-5588
- 官方网站：www.leadleo.com

深圳办公室

广东省深圳市南山区粤海街
道华润置地大厦E座4105室

邮编：518057

上海办公室

上海市静安区南京西1717号
会德丰国际广场 2701室

邮编：200040

南京办公室

江苏省南京市栖霞区经济开
发区兴智科技园B栋401

邮编：210046