

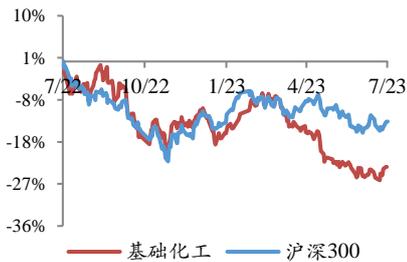
尼龙复材迎千亿市场，生物基尼龙乘势而上

——尼龙深度报告之二

行业评级：增持

报告日期：2023-07-05

行业指数与沪深300走势比较



分析师：王强峰

执业证书号：S0010522110002

电话：13621792701

邮箱：wangqf@hazq.com

联系人：刘天其

执业证书号：S0010122080046

电话：17321190296

邮箱：liutq@hazq.com

相关报告

- 1.定增引入招商局集团，生物基聚酰胺放量在即 2023-06-26
- 2.入股 AI 新秀分子之心，打造合成生物学产品矩阵 2023-02-23
- 3.塑料系列之一：百年尼龙，二次腾飞 2021-06-18

主要观点：

● 核心观点

材料工业的发展历程是高性能、低成本材料创新、迭代的过程。尼龙复合材料兼具高强度、耐腐蚀、耐高温、低成本等综合优势，预计到2025年全球市场空间有望超过2300亿元，下游应用将涵盖汽车、电子电气、工程材料等多个领域，同时尼龙复合材料的规模化应用亦将显著降低材料成本，并进一步拉动尼龙单体的消费需求。此外在双碳政策背景下，石油基尼龙材料未来将面临较大的减碳、降碳压力，而生物基尼龙具有原料可再生、减少碳排放、节约能源等特性，凭借较低的成本和自身性能的优势，行业正经历从1-10，未来渗透率有望逐步提升，我们预计到2025年市场规模将超210亿元。目前凯赛生物是全球首家实现生物基尼龙5X系列产品规模化生产的合成生物学龙头企业，在尼龙复合材料需求不断增长、生物基尼龙渗透率快速提升的产业趋势下，以凯赛生物为代表的国内企业加速布局尼龙复合材料及生物基尼龙产业规划，未来有望受益于双碳政策、国产替代实现快速发展；而生物基尼龙在民用丝、工业丝、工程塑料等领域的大规模应用，亦有望成为材料领域实现双碳目标、减排降碳的重要解决方案之一。

● 尼龙复合材料拥有更好的综合性能，市场空间超2300亿

尼龙是五大工程塑料之首，使用纤维增强可使其获得更好的性能。脂肪族尼龙具有优异的力学、耐腐蚀等性能。但由于酰胺键吸水性较高，尺寸稳定性较弱，做工程材料时需要进行改性或纤维增强。半芳香族尼龙兼具脂肪族和全芳香族尼龙优点，目前商业化的高温尼龙多属于半芳香族尼龙，通常也以复合材料的形式销售。相比全芳香族尼龙分子链更柔顺，结晶度更高，相比脂肪族尼龙又具有更高的熔点，综合性能优异。

汽车轻量化趋势以及工程塑料对耐热性、力学性能标准提升将持续使尼龙复合材料市场稳定增长。汽车和电子电气是尼龙复合材料最主要的应用领域。汽车领域，轻量化趋势叠加新能源汽车需求爆发，预计市场空间可超700亿；电子电气领域，连接器、LED照明设备等工程塑料的性能要求提升，也有望带动尼龙复合材料市场超740亿。除此之外，风电叶片大型化、轻量化趋势下，尼龙相比于环氧树脂拥有更好防腐性、可回收性；集装箱领域，尼龙复合材料能够保证相同力强度下比钢、铝合金轻，能够有效降生产成本和运输成本。预计2025年高温尼龙市场规模将超过200亿，尼龙复合材料市场规模将超2300亿。

● 国内尼龙企业加速研发投产，国产替代进行时

国内企业加速国产替代进程。尼龙复合材料领域由于技术壁垒较高，扩产难度大，目前主要应用于工程领域的尼龙基体 PA66 仍由国外企业垄断，前三企业市场份额超 70%，PA66 重要原材料己二胺目前国内部分企业已经能够实现生产并正在逐步进行国产替代。高温尼龙方面，国外企业占据超 80% 的市场份额，中国高温尼龙的自给率约 24%，目前国内企业正加速研发投产，预计未来自给率将不断提升。

● 生物基尼龙凭借优异的成本和性能优势，渗透率有望提升至 10%

全球日益重视生物制造，生物基尼龙凭借自身优势渗透率有望提升。全球日益重视生物制造产业，各主要国家纷纷布局，能源美国的《生物质技术路线图》中规划到 2023 年美国生物基材料替代 25% 有机化学品和 20% 石油燃料；欧盟的《工程生物技术远景规划》中制定目标，到 2025 年欧洲实现生物基产品替代化石能源和化学品分别为 20% 和 10%-20%。生物基高温尼龙相较于普通石油基高温尼龙具有较高的成本优势和加工性能优势，是能源结构转型大背景下的重要方向之一，预计未来生物基高温尼龙将具有较大的应用潜力，渗透率有望提升至 10%，市场空间超 210 亿元。

● 投资建议

生物基尼龙：全球对生物制造日益重视，能源结构调整大背景下生物基材料是重要的转型方向之一，生物基尼龙相较于传统石油基尼龙具有较强的成本优势和加工性能优势。建议关注生物基尼龙龙头企业凯赛生物。

尼龙复合材料：“以塑代钢、以塑代塑”背景下，尼龙复合材料可以很好的替代金属及其他复合塑料应用于汽车、电子电气、工程材料等领域，目前国内上市公司纷纷加速尼龙复合材料的技术研发，持续扩产以完善其产业布局。建议关注尼龙复合材料领域龙头企业金发科技、新和成、聚合顺等。

● 风险提示

- (1) 项目投产进度不及预期；
- (2) 国家新能源政策变化风险；
- (3) 生物安全风险；
- (4) 下游认证不及预期。

正文目录

1 尼龙复合材料有望成为最主流的工程材料之一	6
2 尼龙复合材料市场空间超 2300 亿，行业复合增速达到 19%	11
2.1 尼龙复合材料兼具高强度和轻量化的性能，广泛用于汽车、电子电气、消费等领域	11
2.2 尼龙复合材料对应千亿级市场，高温尼龙有望达百亿级市场	19
3 国外企业仍占主导，国产替代加速进行	23
4 生物基尼龙性能优势显著，市场渗透率有望逐步提升	30
4.1 生物基尼龙：能源结构调整下的重要转型方向	30
4.2 生物基尼龙性能优势显著，渗透率有望提升，2025 年市场规模预计超过 210 亿	33
5 建议关注尼龙复合材料企业的投资机会	35
风险提示：	36

图表目录

图表 1 不同种类普通尼龙化学结构式	6
图表 2 玻璃纤维是最常见的尼龙增强材料	7
图表 3 玻纤主要应用于建筑交通领域	7
图表 4 碳纤主要应用于航空航天与国防领域	7
图表 5 不同种类高温尼龙化学结构式	8
图表 6 玻纤增强尼龙性能各异, 运用的领域也有所不同	9
图表 7 SMT 生产示意图	10
图表 8 高温尼龙性能各异, 运用的领域也有所不同	10
图表 9 尼龙复合材料运用领域广泛	12
图表 10 汽车、电子电气领域应用占比约 80%	13
图表 11 全球连接器市场规模稳步增长	13
图表 12 全球 LED 照明市场规模稳步增长	13
图表 13 全球智能手机、平板出货量稳步增长	14
图表 14 全球可穿戴市场规模增速迅猛	14
图表 15 全球新能源汽车销量增速迅猛	15
图表 16 玻纤增强尼龙有望替代玻纤环氧树脂成为主流轻量化风电叶片材料	15
图表 17 风电叶片大型化已成趋势	16
图表 18 全球风电装机容量稳步增长	16
图表 19 玻纤增强尼龙有望替代玻纤环氧树脂成为主流轻量化风电叶片材料	16
图表 20 中国集装箱市场规模稳步增长	17
图表 21 全球集装箱市场规模稳步增长	17
图表 22 纤维增强尼龙力学强度可以和金属匹配	17
图表 23 纤维增强尼龙优势显著	17
图表 24 目前全球玻纤增强尼龙市场规模约 90 亿美元	18
图表 25 预计到 2025 年全球尼龙复合材料市场规模达到 153 亿美元	18
图表 26 全球高温尼龙市场规模超 15 亿美元	18
图表 27 全球高温尼龙产量超 16 万吨	18
图表 28 中国高温尼龙市场规模超 20 亿元	19
图表 29 尼龙复合材料行业空间超过 2300 亿	20
图表 30 高温尼龙行业对应百亿级市场	21
图表 31 目前尼龙复合材料主要的产业化工艺包括注塑成型、模压成型和挤出成型	23
图表 32 目前 PA66 产能仍由国外垄断	24
图表 33 全球前三企业 PA66 产能占比超 70%	24
图表 34 高温高压溶液缩聚法是目前工业生产高温尼龙主要采取的方法	24
图表 35 高温高压溶液缩聚法是目前工业生产高温尼龙主要采取的方法	26
图表 36 国内外主要高温尼龙企业介绍	27
图表 37 国内生产高温尼龙企业有序扩产加速国产替代进程	27
图表 38 国际巨头占据全球超 80% 的高温尼龙市场份额	28
图表 39 国际主要高温尼龙厂商产品性能比较	28
图表 40 生物基材料是能源结构调整大背景下的重要转型方向之一	30
图表 41 主要国家及地区纷纷将生物产业作为战略性新兴产业进行部署	31

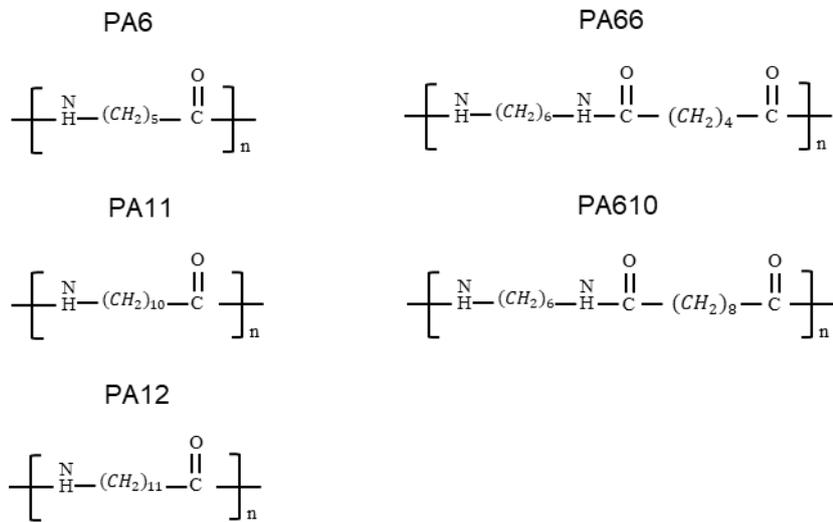


图表 42 国内外尼龙企业均布局生物基尼龙产品.....	32
图表 43 生物基尼龙应用领域广泛.....	33
图表 44 生物基高温尼龙具有更优的可回收性.....	33
图表 45 生物基高温尼龙耐热性优异.....	33
图表 46 生物基高温尼龙和石油基高温尼龙的其他性能基本一致.....	34
图表 47 生物基高温尼龙复合材料性能优势显著.....	34
图表 48 生物基尼龙渗透率逐步提升，2025 年市场规模有望破 210 亿.....	35
图表 49 主要企业盈利预测.....	36

1 尼龙复合材料有望成为最主流的工程材料之一

聚酰胺（Polyamide，简称 PA）又被称为尼龙（Nylon），是分子链重复单元中具有酰胺基团（-NHCO-）的聚合物统称。尼龙是五大工程塑料之首，其按照主链结构中是否含有苯环可以分为脂肪族尼龙、半芳香族尼龙以及全芳香族尼龙，其中脂肪族尼龙较为代表的有 PA6、PA66，PA6 和 PA66 是最早开发并实现产业化的尼龙品种，也是目前产量和消耗量最大分尼龙品种，约占尼龙总产量的 90%，除此之外还有 PA11、PA12、PA610 等。

图表 1 不同种类普通尼龙化学结构式



资料来源：DT 新材料、华安证券研究所

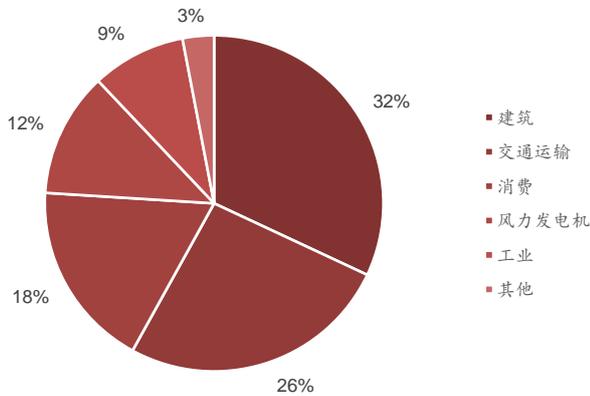
目前玻璃纤维是最常见的尼龙增强材料。脂肪族尼龙具有优异的力学性能、耐腐蚀、较强的润滑性以及耐磨性，但也由于酰胺键的存在吸水性较高，尺寸稳定性较差，因此在用作工程材料时需要对其进行改性，目前工业生产中普遍采用填充改性的工艺，填充改性是指采用各种高性能纤维，同时添加增韧剂、润滑剂、热稳定剂对尼龙进行改性以获得强度高、尺寸稳定性和加工性能好的复合材料，即尼龙复合材料。现尼龙增强纤维有玻璃纤维、碳纤维、芳纶纤维和玄武岩纤维等，碳纤维具有质量轻、高强度、高模量、导电、导热等多种优良性能，但其成本较高、透明性较差，一般应用于航空航天等高端领域；芳纶纤维属于有机高性能纤维，由于芳纶本身也属于聚酰胺品种，它和尼龙的相容性很好，在制作尼龙复合材料时不需要添加偶联剂，但芳纶价格很高，用于一般民用工业品不具备价格优势，目前主要用做航空、军工装备的结构材料；玄武岩纤维具有较好的稳定性、电绝缘性、抗腐蚀性等优异的性能，但是目前国内工艺尚不成熟，生产设备经常会出现断头飞丝或料液漫流的情况，且纤维原料使用粗放，产品质量不高，生产效率也较低；玻璃纤维也具有绝缘性好、耐热性强、抗腐蚀性好、机械强度大等优点，同时玻璃纤维价格低，易于调色，工业工艺成熟，是目前运用最广泛的尼龙增强材料。

图表 2 玻璃纤维是最常见的尼龙增强材料

类别	玻璃纤维	碳纤维	芳纶纤维	玄武岩纤维
密度 (g/cm ³)	2.5-2.6	1.7-2.2	1.49	2.6-2.8
使用温度 (°C)	-60-350	最高 2000	最高 250	-1140
热传导系数 (W/m·k)	0.034-0.040	5-185	0.04-0.13	0.031-0.038
比体积电阻 (Ω·m)	1*10 ¹¹	2*10 ⁻⁵	3*10 ¹³	1*10 ¹²
弹性模量 (GPa)	72.5-75.5	230-600	70-140	79.3-93.1
抗拉强度 (MPa)	3100-3800	3500-6000	2900-3400	3000-4840
单丝直径 (μm)	10-30	5-10	5-15	9-25
断裂伸长率 (%)	2.7-3.0	1.3-2.0	2.8-3.6	1.5-3.2
主要用途	增强材料、电绝缘材料、耐热绝热材料、光导材料、耐蚀材料、过滤材料等	高温隔热材料、密封材料、功能材料、结构材料、建筑材料等	增强材料、补强材料、耐热材料	防火隔热材料、高温过滤材料、增强材料、耐热介电材料
应用领域	常用于制备增强热塑性、热固性塑料	多用于体育休闲用品、航空航天等领域	轮胎帘子线、绳索类、防弹衣、航空航天	消防服阻燃隔热层、防火卷帘、灭火毯等消防材料；房屋、桥梁、飞机跑道等建筑领域的加固补强、防渗抗裂材料

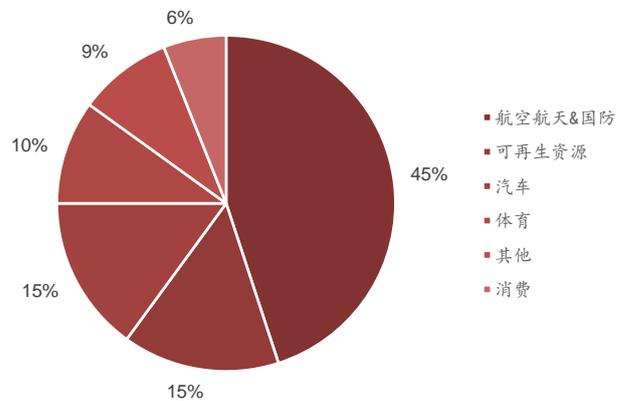
资料来源：《耐高温尼龙的发展与应用》、艾邦高分子、华安证券研究所

图表 3 玻纤主要应用于建筑交通领域



资料来源：MDPI、华安证券研究所

图表 4 碳纤主要应用于航空航天与国防领域

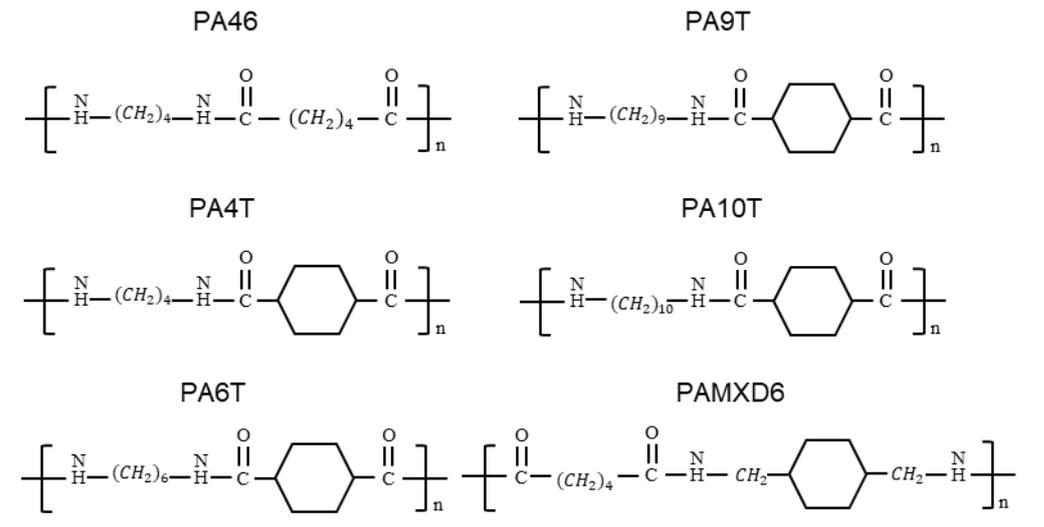


资料来源：MDPI、华安证券研究所

半芳香族尼龙兼具脂肪族和全芳香族尼龙优点，目前商业化的高温尼龙多属于半芳香族尼龙。脂肪族尼龙分子链属于亚甲基组成的柔性分子链，所以 PA6 和 PA66 的耐热性能较差，玻璃化转变温度和熔点较低。PA46 由丁二胺和己二酸缩聚而成，也属于脂肪族尼龙，但其酰胺键密度更高，可形成更多的氢键，能够快速使聚合物结晶，其结晶速度为 PA66 的 5 倍，PA6 的 10 倍，熔点能够到达 295°C，因此也被称为高温尼龙，目前脂肪族只有 PA46 属于高温尼龙；全芳香族尼龙由于高密度的苯环结构和链间强的氢键相互作用使其具有优异的机械性能和耐热性能，但也因为

苯环含量过高使其刚性过强，其熔点过高导致不能进行熔融加工，限制了其在工程塑料方面的应用和推广；半芳香族尼龙兼具脂肪族和全芳香族尼龙的优点，相比全芳香族尼龙分子链更柔顺，结晶度更高，相比脂肪族尼龙又具有更高的熔点，综合性能优异，目前商业化的高温尼龙大多为半芳香族尼龙，如 PA4T、PA6T、PA9T、PA10T、PAMXD6 等。

图表 5 不同种类高温尼龙化学结构式



资料来源：DT 新材料、工程塑料应用、华安证券研究所

在普通的尼龙复合材料中，主要的汽车和工业领域，玻纤增强 PA6 和 PA66 是最常见的尼龙复合材料，拥有优异的力学性能。纯 PA6 和 PA66 材料吸水性大，尺寸稳定性相对较差，经玻纤改性后力学性能得到大幅提升，玻纤增强 PA6 和 PA66 拥有优异的机械强度、耐磨性、抗蠕变性、高冲击强度和机械减震性，因而目前广泛应用于汽车发动机周边部件如进气歧管、发动机盖罩等，电子电气的线圈骨架以及工业领域的齿轮轴承等部件。

在电线电缆及油管等领域，PA11 和 PA12 复合材料吸湿率低，拥有良好的自润滑性和电气绝缘性，被广泛应用。PA11 和 PA12 中都存在着数量较多的非极性亚甲基基团，这使得 PA11 和 PA12 分子链的柔顺性较大，拥有优异自润滑性，同时 PA11 和 PA12 均属于自熄性材料，拥有较好的电气绝缘性，但 PA11 和 PA12 的生产成本较高，目前玻纤增强 PA11 和 PA12 主要应用于汽车油管和电线电缆保护套。

在齿轮轴承及电子电气罩壳中，PA610 复合材料耐冲击性等综合性能突出被广泛应用。PA610 具有良好的耐冲击性、抗疲劳性和耐磨性，其力学强度虽低于 PA6、PA66，但高于 PA11、PA12，PA610 吸水率低于 PA6 和 PA66，耐热性高于 PA11 和 PA12，且也属于自熄性材料，目前玻纤增强 PA610 主要应用于汽车工业领域的齿轮、轴承以及电子电气领域的各种罩壳。

图表 6 玻纤增强尼龙性能各异，运用的领域也有所不同

种类	用于制造尼龙的单体	吸湿率 (%)	熔点 (°C)	特点	下游应用领域
PA6+30%玻纤	己内酰胺	2.99	155	高机械强度、刚度、耐磨性，较高的抗蠕变性，高冲击强度和机械减震性	发动机周边部件，工业轴承、齿轮等
PA66+30%玻纤	己二胺和己二酸	2.02	165	较高的比强度，良好的耐热性、耐磨蚀性、较高的冲击性、抗蠕变性	汽车进气歧管、风扇叶片保护罩、齿轮、线圈骨架等
PA610+30%玻纤	己二胺和癸二酸	1.2	135	良好的力学强度、耐热性、电绝缘性，尺寸稳定性较好	齿轮、轴承、各种电子电气的罩壳等
PA11+30%玻纤	ω -十一氨基酸	0.9	189	吸水性低，尺寸稳定性好，有优异的自润滑性，耐磨性、耐油性良好，成膜性好	汽车油管、薄膜、电线电缆护套等
PA12+30%玻纤	环十二碳三烯 (CDT) 和月桂内酰胺	1.2	179	优异的低磨损，低摩擦性能，自润滑性，良好的抗冲击性，电气绝缘性，气体阻隔性	汽车油管、电线电缆护套、食品包装等

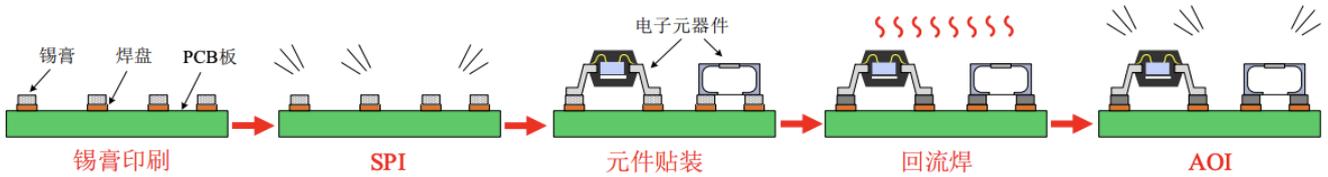
资料来源：《耐高温尼龙的发展与应用》、艾邦高分子、华安证券研究所

高温尼龙复合材料的综合性能更优，尤其在耐高温等方面表现优异，被广泛应用于各类耐高温的应用场景中。

在需耐热性的汽车部件领域，由于 PA46 耐磨性能优异，被用于制造各类汽车部件。PA46 结构对称，结晶速度较快且结晶度高，其耐磨性和耐热性在现有高温尼龙中较为优异，目前主要用于汽车中的电气节气门控制、废气再循环系统、涡轮、可变进气系统以及其他机械中的齿轮、轴承等，但 PA46 的酰胺基密度高，而酰胺基属于亲水基团，所以 PA46 吸水性在现有高温尼龙中相对较高，吸水后的 PA46 的结构稳定性和耐化学性都会受到影响。

在连接器、断路器、开关等电子电气领域，常使用 PA4T 和 PA6T，其熔点和变形温度较高，适合 SMT 工艺且机械强度较高。PA4T 和 PA6T 的链段中重复单元较短，熔点和热变形温度都非常高，两者的熔点 (PA6T 的熔点为 370°C) 均超过自身分解温度 (PA6T 的分解温度为 350°C)，因此纯 PA4T 和 PA6T 不易加工，目前商业化的 PA4T 和 PA6T 的产品都是引入了共聚物 (一般是 PA6 或者 PA66) 以降低自身熔点，目前 PA6T 和 PA4T 的共聚物熔点一般在 320°C 左右。由于 PA4T 和 PA6T 的熔点和热变形温度较高，能够承受 SMT (Surface Mount Technology, 表面组装技术) 工艺中的回流焊接高温 (一般回流焊的峰值温度在 260°C 左右)，同时机械强度也较好，因此广泛应用于电子电气和工业建筑领域，如各种连接器、开关、插座、继电器、断路器、手机笔记本电脑外壳、SMD 元件、电缆保护套等。

图表 7 SMT 生产示意图



资料来源：知网、华安证券研究所

在 LED 领域，由于 PA9T 和 PA10T 吸水率较低且抗黄化较好而被广泛应用。PA9T 和 PA10T 具有较长的碳链，酰胺基浓度较低，所以吸水率也较低，PA9T 的吸水率约为 0.17%，是 PA46 的 1/10，PA6T 的 1/3，PA9T 和 PA10T 的熔点没有 PA4T 和 PA6T 高，因此不需要共聚也可以进行工业化生产，目前 PA9T 和 PA10T 被广泛应用于 LED 领域，如 LED 反射器、LED 支架、LED 照明、LED 光源反射板、液晶电视等，由于酰胺键容易被热氧化断裂分解生成带色的过氧化物，普通尼龙在长期的高温环境下容易变黄，会影响反射架的反射率，而 PA9T 和 PA10T 的酰胺键浓度低，抗黄化较好，且经过多次回流焊后仍能保持较高的白度和反射率，此外，PA9T 和 PA10T 也可以用于 SMT 贴片、水龙头的混水阀和增压管等。

在气体阻隔材料领域，PAMXD6 具有优异的二氧化碳等气体阻隔性而被大量使用。PAMXD6 是由间苯二甲胺和己二酸聚合而成，其耐热性和力学性能稍差于 PA6T，但其具有良好的加工性能和优异的气体阻隔性能，目前可用于塑料包装、保鲜膜、密封罐头等气体阻隔材料领域。

图表 8 高温尼龙性能各异，运用的领域也有所不同

种类	结构	熔点	吸水率	特点	下游领域
PA46	由丁二胺和己二酸缩聚而成的脂肪族 PA	295°C	高	每个给定长度的链上的酰胺组数更多，链段均匀，结晶度高（约为 70%），结晶速度快，热变形温度也高，长期使用温度可达 163°C；比 PA6、PA66 和聚酯在耐热、高温下的机械强度、耐磨等方面具有技术优势，并且成型周期短，加工更经济。	汽车
PA4T	由丁二胺和对苯二甲酸缩聚而成的半芳香族 PA	430°C	较高	具有卓越的空间稳定性、无铅焊接兼容性、高熔点，在温度上升的情况下具有很高的硬度和机械强度。	电子与汽车
PA6T	由对苯二甲酸和己二胺经过缩聚而成的半芳香族 PA	370°C	较高	共聚物具备耐焊接性优异、流动性和成型性好等特点。	汽车零件，机械零件以及电气/电子零件
PA9T	由壬二胺和对苯二甲酸聚合而得的半芳香族 PA	306°C	低	不需改性来降低其熔点，在高温环境下具有良好的韧性，但长期耐热性较差。PA9T 的吸水率约为 0.17%，是 PA46 的 1/10，是 PA6T 的 1/3。	LED、电气电子工业、纤维工业

PA10T	由对苯二甲酸和癸二胺经缩聚而成的半芳香族 PA	316°C	低	耐化学腐蚀性能，吸水率低，尺寸稳定性好，玻纤增强改性后耐无铅焊锡温度超过 280°C，综合性能优异。	LED、水处理、热传输
PAMXD6	由间苯二甲酸和己二酸聚合而成的半芳香族 PA	235°C	低	早期主要用于生产纤维，现在主要用作工程塑料，耐热性能和力学性能稍差于 PA6T 和 PA9T，但其具有良好的加工性能和优异的气体阻隔性能。	电气部件、机械部件、气密性包装材料

资料来源：《耐高温尼龙的发展与应用》、华安证券研究所

2 尼龙复合材料市场空间超 2300 亿，行业复合增速达到 19%

2.1 尼龙复合材料兼具高强度和轻量化的性能，广泛用于汽车、电子电气、消费等领域

尼龙复合材料下游应用领域广泛，2025 年尼龙复合材料市场将超过 2300 亿元。尼龙复合材料拥有优异的尺寸稳定性、自润滑性、耐老化性等性能，其中高温尼龙具有优异的耐高温、高强度和耐化学品性，尼龙复合材料被广泛应用于汽车、电子电气、消费、工业建筑等领域。

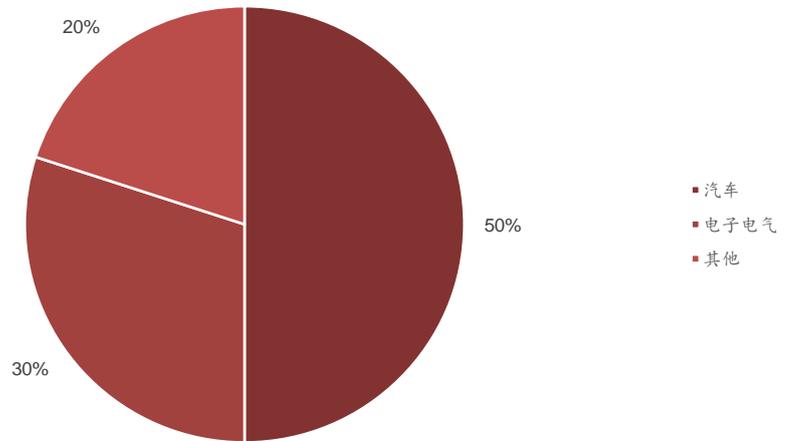
图表 9 尼龙复合材料运用领域广泛



资料来源：帝斯曼官网、金发科技官网、巴斯夫官网、华安证券研究所

尼龙材料在汽车、电子电气领域的应用占比较大，约占 80%。根据新思界产业研究中心数据，目前电子电气和汽车是最大的应用领域，两者合计应用占比约 80%，除此之外，应用领域还包括家庭厨卫、航空航天等领域。

图表 10 汽车、电子电气领域应用占比约 80%

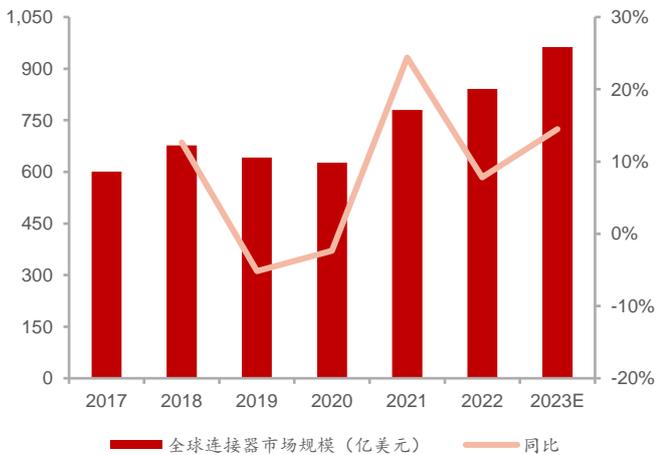


资料来源：新思界产业研究中心、华安证券研究所

2022 年全球连接器市场规模为 841 亿美元，同比增长 7.82%。连接器的主要作用是使电路内被阻断处或孤立不通的电路之间的电流流通，使电路实现预定的功能，目前尼龙复合材料广泛应用于连接器端子，尼龙材质接线端子使用寿命长，连接性好，2022 年全球连接器市场规模为 841 亿美元，同比增长 7.82%。

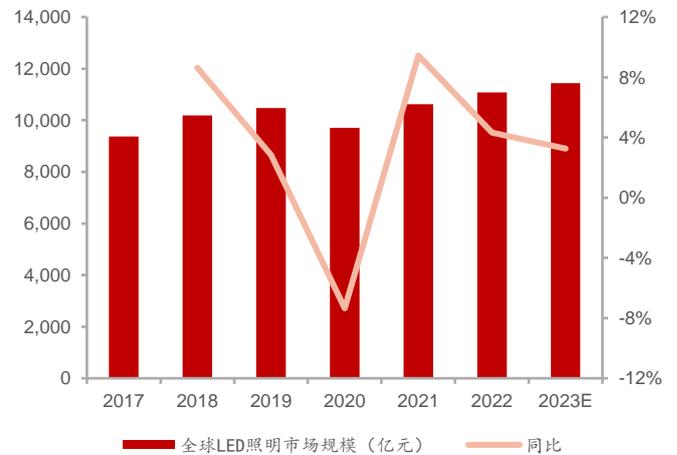
2022 年全球 LED 照明市场规模为 11078 亿元，预计 23 年达到近 11439 亿元。在 LED 照明领域，由于产品在封装制造的过程中会发生局部高热，对于塑料的耐温性提出了一定要求，是高温尼龙的主要应用场景，其主要应用于 LED 支架，主要方式是采用注塑工艺结合到铜支架上，成型后内部为一反射碗型，用于加强聚光及亮度并保护芯片及内部电路，截至 2022 年，全球 LED 照明市场规模为 11078 亿元，同比增长 4.32%。电气领域市场规模的不断增长将带动尼龙复合材料需求同步提升。

图表 11 全球连接器市场规模稳步增长



资料来源：中商情报网、华安证券研究所

图表 12 全球 LED 照明市场规模稳步增长

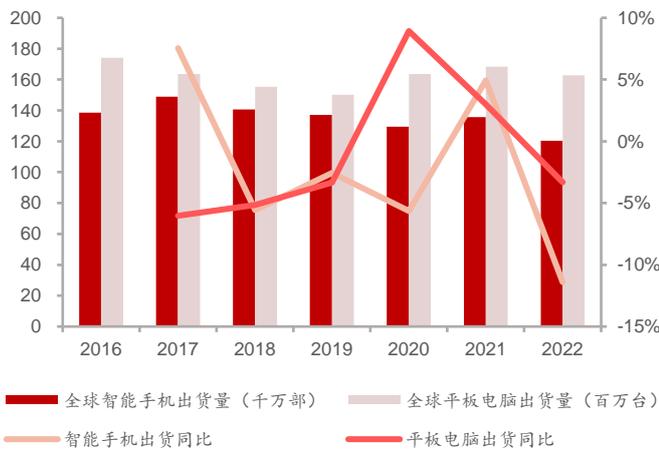


资料来源：中商情报网、华安证券研究所

2022 年全球智能手机、平板出货量近 300 万台，2021 年可穿戴设备市场规模

超 550 亿美元，同比增长 13.55%。尼龙复合材料可应用于手机天线、手机结构件、手机 USB 连接器、电脑外壳、电脑风扇等，疫情影响下大部分高校以及企业均开展线上办公模式，大规模的线上办公带动全球智能手机、平板出货量增长，截至 2022 年，全球智能手机出货量为 12.03 亿部，全球平板电脑出货量为 16280 万台，智能手机及平板需求增长将带动尼龙复合材料及高温尼龙需求基本维持平衡。此外，尼龙复合材料还可以用于智能手表 LDS 立体电路激光镭雕天线以及表壳、内部支架以及后壳等部件，随着移动通信、图像技术、人工智能等技术的不断发展及创新融合，在全球应用和体验式消费的驱动下，可穿戴设备迅速发展，已成为全球增长最快的高科技市场之一。

图表 13 全球智能手机、平板出货量稳步增长



资料来源：iFinD、华安证券研究所

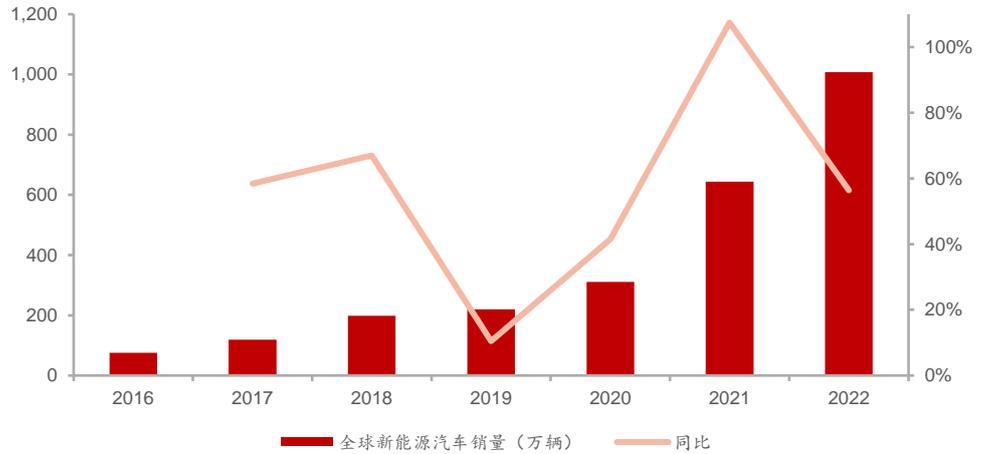
图表 14 全球可穿戴市场规模增速迅猛



资料来源：iFinD、华安证券研究所

汽车领域，2022 年全球新能源汽车销量超 1007 万辆，同比增长 63.2%，尼龙复合材料用量也将提升近 20%。在汽车领域，尼龙复合材料主要应用于汽车的发动机系统、排期控制元件（例如各种传感器、连接器、开关等）、油过滤器外壳等。就新能源汽车而言，冷却液管路是车上的重要零部件，需要满足耐水解、耐油、耐高温等多种要求，而尼龙复合材料重量轻，加工工艺简单，已逐渐成为冷却润滑管路的主要使用材料。截至 2022 年，全球新能源汽车累计销量达 1007 万辆，同比增长 63.20%，新能源汽车的飞速发展将带动尼龙复合材料需求同步增长。就传统汽车而言，一方面，“双碳”背景下，对汽车碳排放的削减和油耗量的减少需要提高发动机的燃烧温度，使其充分燃烧；另一方面，汽车轻量化、“以塑代钢”趋势使得发动机附近的燃料系统、排气系统、冷却系统等金属部件塑料化，传统的通用工程耐热性、耐久性、耐药品性已达不到要求，双方面因素使得尼龙复合材料在汽车领域的用量也将逐步从 82kg/辆提升至 96kg/辆。

图表 15 全球新能源汽车销量增速迅猛



资料来源：iFinD、华安证券研究所

可进入领域来看，风电叶片大型化、轻量化趋势显著。全球风电市场规模稳步增长，2022 年全球风电装机容量为 906.22GW，同比增长 9.27%。风电叶片是风机中成本最高的部件，占风电成本的 20% 甚至以上，随着风电进入平价上网时代，风电招标价格降低，降本最优先的途径就是不断扩大风电机组的单机容量，根据 CWEA 数据，目前陆上风电平均单机功率已由 2016 年的 1.9MW 增长至 2021 年的 3.1MW，海上风电平均单机功率由 2016 年的 3.8MW 增长至 2021 年的 5.6MW，长度的增加也带来风电机组自身重量的增加和成本的推升，因此叶片材料的轻量化也成为了目前产业发展的趋势。目前实现轻量化的主要材料是碳纤/玻纤复合环氧树脂基体，相比于玻纤增强环氧树脂，玻纤增强尼龙能够做到在保证具有相同机械强度的情况下，密度更小（约为 1.58g/cm³），更加满足轻量化的要求，同时还利于回收，也更加适合海上风电更长叶片、更高风速和更高防腐性能的要求。

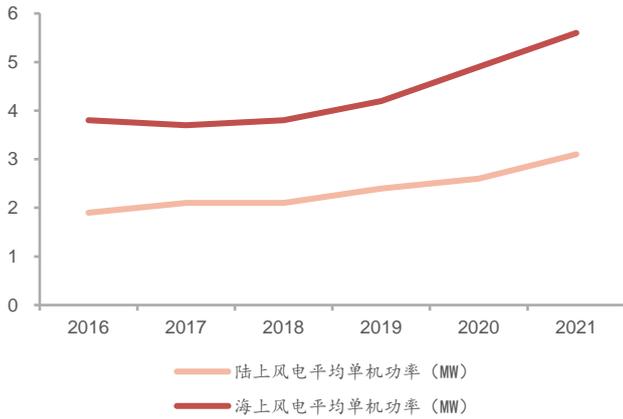
图表 16 玻纤增强尼龙有望替代玻纤环氧树脂成为主流轻量化风电叶片材料

材料	玻纤增强环氧树脂	玻纤增强尼龙
密度 (g/cm ³)	≈2	≈1.58
断裂拉伸强度 (MPa)	263MPa@38100psi	270MPa@39200psi
拉伸模量 (Gpa)	20.3GPa@2940ksi	21.3GPa@3090ksi

资料来源：MATWEB、华安证券研究所

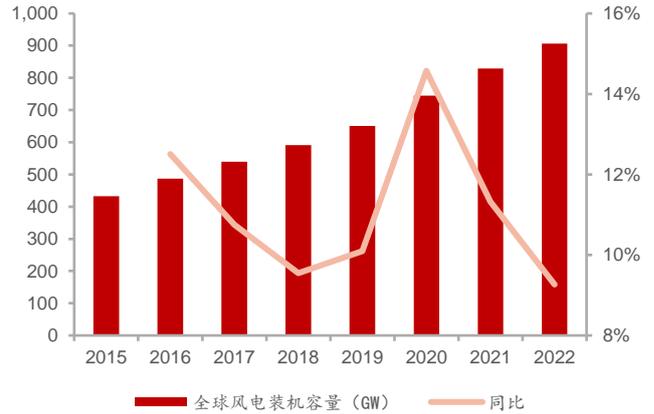
注：psi 是压强单位，全称为 Pounds per square inch，1psi=6.895kPa，下同

图表 17 风电叶片大型化已成趋势



资料来源: CWEA、华安证券研究所

图表 18 全球风电装机容量稳步增长



资料来源: iFinD、华安证券研究所

尼龙复合材料有望替代环氧树脂复合材料成为主流的轻量化风电叶片材料。根据中国能源信息平台数据,碳纤单 MW 用量约为 3 吨,玻纤单 MW 用量约为 10 吨,根据吉林省商务信息中心数据,环氧树脂单 MW 用量约为 4.25 吨,尼龙单 MW 用量约为 3.33 吨,以 2021 年陆上风电平均单机功率 3.1MW 为例,参考百川盈孚价格数据,根据我们的测算,采用尼龙为基体的风电叶片在售价与环氧树脂为基体的风电叶片相差不大的情况下,前者基体用量比后者轻 20%左右。此外,环氧树脂属于热固性材料,目前环氧树脂基体的风电叶片都是一次成型,风电叶片的大型化趋势也会带来其运输成本的增加,而尼龙复合材料属于热塑性材料,利用该性能可实现标准化加工直接拼装从而降低运输成本。在目前尼龙复合材料“以塑代塑”趋势下,尼龙复合材料有望替代环氧树脂复合材料成为主流的轻量化风电叶片材料,预计未来尼龙复合材料市场空间广阔。

图表 19 玻纤增强尼龙有望替代玻纤环氧树脂成为主流轻量化风电叶片材料

	环氧树脂为基体	尼龙为基体
风电平均单机功率 (MW)	3.1	
碳纤单 MW 用量 (吨)	3.0	
碳纤单价 (万元/吨)	15.0	
玻纤单 MW 用量 (吨)	10.0	
玻纤单价 (万元/吨)	0.6	
基体单 MW 用量 (吨)	4.25	3.33
基体单价 (万元/吨)	1.9	2.3
单机叶片价格(万元)	183.1	181.8
单机叶片质量(吨)	53.48	50.62

资料来源: 中国能源信息平台、百川盈孚、吉林省人民政府、华安证券研究所

集装箱市场规模稳步增长,“以塑代钢、以塑代铝”趋势下有望打开尼龙复合材料市场空间。集装箱作为一种标准化的运输工具,在物流行业中的应用越来越广泛,2022 年全球港口集装箱港口总吞吐量达 8.62 亿 TEU,同比增长 0.47%;中国规模以上港口集装箱吞吐量为 2.96 亿 TEU,同比增长 4.65%,其中,上海港集装箱吞吐

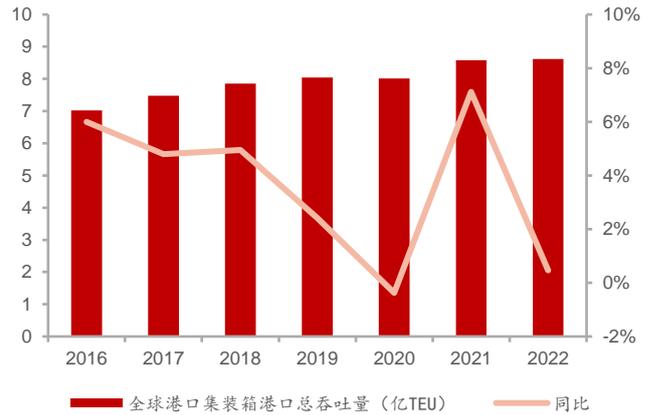
量连续 12 年位居全球第一。目前集装箱的材质多以钢、铝合金为主，减轻集装箱的自重，不仅可以节省材料，而且能够提高集装箱的载重量，尤其在当前海运费较高的情况下，可以大幅减少运输成本，尼龙复合材料质量轻且力学强度大，碳纤增强尼龙密度为 1.39g/cm^3 ，仅为钢材密度的 $1/7$ ，比强度可以和改性金属相匹配，在相同力学强度下替代钢制或铝合金制集装箱等能够保证更薄的厚度，同时也能够降低生产成本，是较为理想的替代材料，随着全球航运事业的发展，集装箱市场需求的增加，以及“以塑代钢、以塑代铝”的大趋势下有望打开尼龙复合材料市场空间。

图表 20 中国集装箱市场规模稳步增长



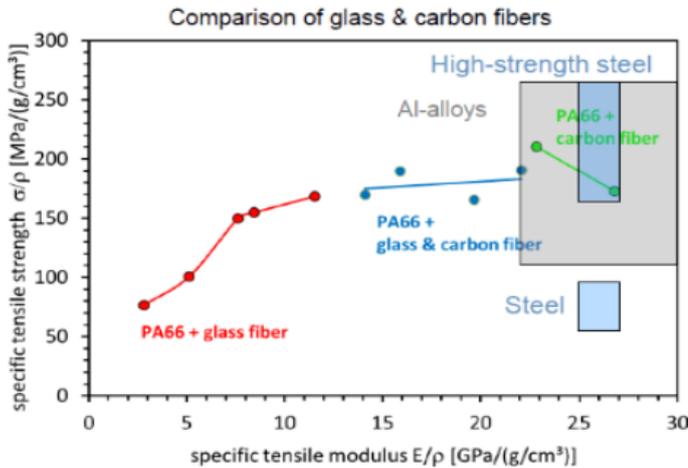
资料来源：中华人民共和国交通运输部、华安证券研究所

图表 21 全球集装箱市场规模稳步增长



资料来源：Statista、华安证券研究所

图表 22 纤维增强尼龙力学强度可以和金属匹配



资料来源：巴斯夫官网、华安证券研究所

图表 23 纤维增强尼龙优势显著

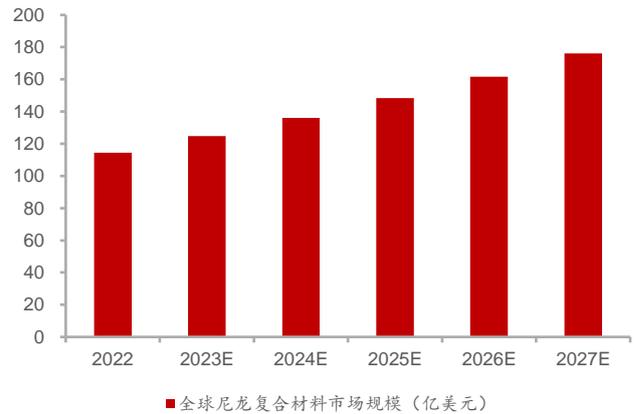
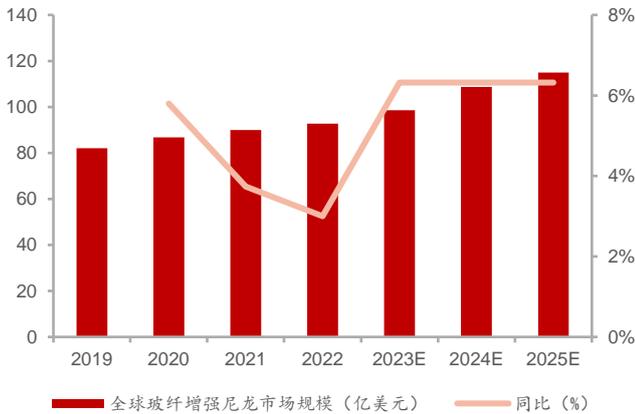
材料	密度 (g/cm ³)	抗拉强度 (Mpa)	比强度 (N*m/g)
40%碳纤维增强 PA	1.39	360	259
40%碳纤维增强 PEEK	1.45	305	210
40%碳纤维增强 PEI	1.43	255	178
40%碳纤维增强 PPS	1.48	260	176
铝合金	2.7	259	115

资料来源：RTP、华安证券研究所

目前全球尼龙复合材料市场规模约为 115 亿美元，其中玻纤增强尼龙占比超 80%。根据 Markets and Markets 数据，目前全球尼龙复合材料市场规模约为 115 亿美元。其中，玻纤增强尼龙市场规模占比最大，2022 年全球玻纤增强尼龙市场约为 92.7 亿美元，同比增长 3%，根据其预测，2025 年全球尼龙复合材料市场规模将达到 153 亿美元，其中玻纤增强尼龙市场规模将达到约 115 亿元。

图表 24 目前全球玻纤增强尼龙市场规模约 90 亿美元

图表 25 预计到 2025 年全球尼龙复合材料市场规模达到 153 亿美元

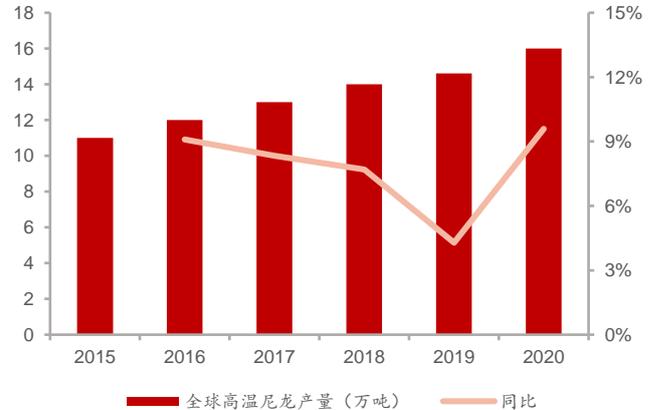
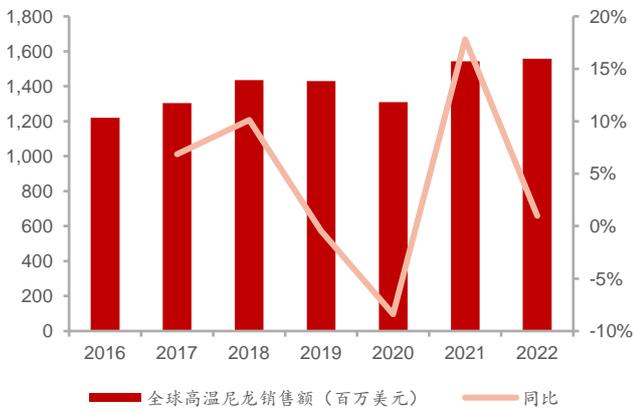


资料来源: Markets and Markets、Market Data Forecast、华安证券研究所

目前全球高温尼龙产量超 16 万吨，市场规模超 15 亿美元。根据 Valuates Reports 数据，截至 2022 年，全球高温尼龙市场规模为 15.57 亿美元，同比增长 0.97%，根据华经产业研究院数据，2020 年全球高温尼龙产量为 16 万吨，预计 2027 年全球高温尼龙市场规模达到 19.45 亿美元。

图表 26 全球高温尼龙市场规模超 15 亿美元

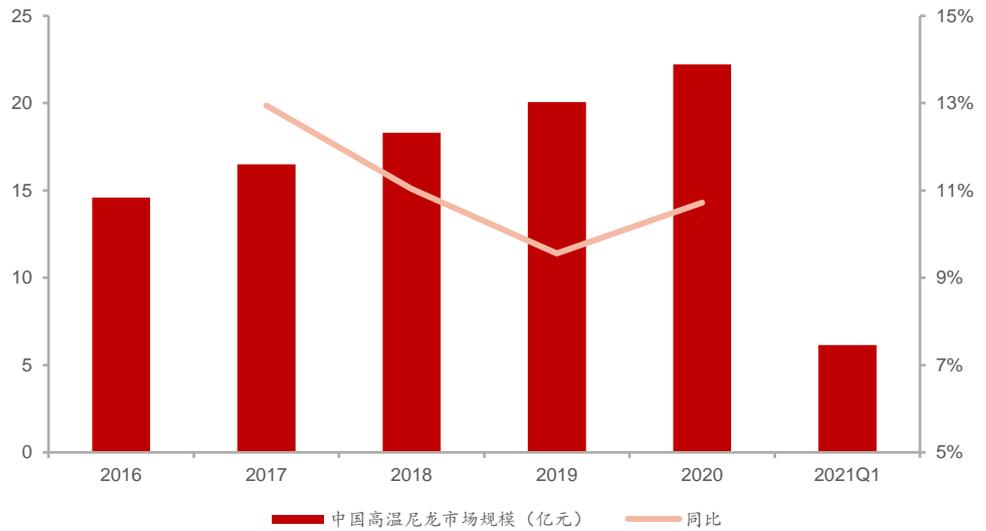
图表 27 全球高温尼龙产量超 16 万吨



资料来源: QYResearch、Valuates Reports、华安证券研究所

中国高温尼龙目前消费量超 20 亿元，自给率约为 24%。根据《中国耐高温尼龙行业现状分析与发展前景展望报告》数据，截至 2021Q1，中国高温尼龙市场规模为 6.14 亿元，2020 年我国高温尼龙行业资产规模为 375.59 亿元，同比增长 13.01%，工业总产值为 8.78 亿元，同比增长 10.08%，目前国内高温尼龙市场仍较依赖进口，2020 年高温尼龙自给率约为 24%。随着电子和汽车业务不断向中国转移，中国高温尼需求量也逐年增长，国内高温尼龙企业也逐步增加，根据化信咨询数据，预计到 2025 年中国高温尼龙总消费将达到 5.6 吨，对应市场规模 30 亿元，自给率有望达到 40%-50%。

图表 28 中国高温尼龙市场规模超 20 亿元



资料来源：《中国耐高温尼龙行业现状分析与发展前景展望报告》、华安证券研究所

2.2 尼龙复合材料对应千亿级市场，高温尼龙有望达百亿级市场

尼龙复合材料方面，2025 年尼龙复合材料市场规模将超过 2300 亿元。存量市场来看，汽车领域，根据中研普华研究院数据，单车改性塑料用量为 150kg/辆，其中尼龙复合材料用量约占 52%，根据腾飞工程塑料改性塑料工程技术研究中心数据，尼龙复合材料主要应用于进气歧管（17%）、发动机盖（10%）、风扇护套（11%）等，根据我们的测算，预计 2025 年全球汽车领域尼龙复合材料市场总需求量将超过 300 万吨；电子电气领域，根据爱采购平台数据，连接器端子平均价格为 4 元/个，断路器平均单价为 8000 元/台，开关平均单价为 8 元/个，预计 2025 年全球电子电气领域尼龙复合材料市场需求量将超过 230 万吨。增量市场来看，风电领域，根据 GWEC 数据，2022 年全球陆上风电装机量为 848.80GW，海上风电装机量为 65.80GW，目前风电叶片主梁一般采用碳纤维进行复合，根据全国能源信息平台数据，单个叶片主梁碳纤维用量在 3 吨左右，环氧树脂基体和碳纤维的占比在 3:7 左右，在风电叶片大型化、轻量化的趋势下，预计尼龙复合材料的渗透率会逐步提升，预计 2025 年风电叶片领域尼龙复合材料的需求量将超过 20 万吨；集装箱领域，根据 Sea-Intelligence 的数据，2022 年全球集装箱量为 5450 万 TEU，一个 20 英尺的国际标准的集装箱大约重 2.3 吨，钢的密度为 7.85g/cm³，尼龙复合材料的密度约为 1.15g/cm³，因此制作相同规格的集装箱，尼龙复合材料比钢轻 7 倍，但是要达到相同的力学强度，尼龙复合材料的板材需约比钢板厚 2 倍，因此单个尼龙复合材料集装箱的自重约为 0.92 吨，“以塑代钢、以塑代铝”趋势下，尼龙复合材料集装箱渗透率将逐步提升，预计到 2025 年集装箱领域尼龙复合材料市场需求量达到 226.91 万吨。此外尼龙复合材料还拥有优异的气体阻隔性，可用于氢气罐等对气体阻隔性要求较高的领域，根据贝哲斯咨询报告数据，2022 年全球 CNG、RNG 和氢气罐市场规模为 154.52 亿元，预计 2025 年该领域尼龙复合材料市场规模将达到 7.81 亿元，

按照尼龙复合材料平均价格为 3 万元/吨计算，根据我们的预测，预计 2025 年全球尼龙复合材料市场规模将达到 2384 亿元。

图表 29 尼龙复合材料行业空间超过 2300 亿

	2022	2023E	2024E	2025E
汽车领域				
全球汽车产量 (万辆)	8501.67	8816.23	9142.44	9480.71
单辆汽车尼龙复合材料用量 (kg/辆)	28.00	29.40	30.87	32.41
进气歧管 (kg/辆)	9.15	9.61	10.09	10.60
发动机盖 (kg/辆)	5.38	5.65	5.94	6.23
风扇护套 (kg/辆)	5.92	6.22	6.53	6.86
其他 (kg/辆)	7.54	7.92	8.31	8.73
汽车领域尼龙复合材料总需求 (万吨)	238.05	259.20	282.23	307.30
电子电气领域				
全球连接器市场规模 (亿美元)	841.00	899.87	962.86	1030.26
连接器平均单价 (元/个)	4.00			
全球连接器总量 (亿个)	1471.75	1574.77	1685.01	1802.96
单个连接器尼龙复合材料平均用量 (g/个)	10.00	10.20	10.40	10.61
全球连接器用尼龙复合材料需求量 (万吨)	147.18	160.63	175.31	191.33
全球断路器市场规模 (亿美元)	180.00	190.26	201.10	212.57
断路器平均单价 (元/台)	8000.00			
全球断路器总量 (万台)	1575.00	1664.78	1759.67	1859.97
单个断路器尼龙复合材料平均用量 (g/个)	300.00	306.00	312.12	318.36
全球断路器用尼龙复合材料需求量 (万吨)	0.47	0.51	0.55	0.59
全球开关总量 (亿元)	1800.83	1927.61	2063.31	2208.57
开关平均单价 (元/个)	8.00			
全球开关总量 (亿个)	225.10	240.95	257.91	276.07
单个开关尼龙复合材料平均用量 (g/个)	15.00	15.30	15.61	15.92
全球开关用尼龙复合材料需求量 (万吨)	33.77	36.87	40.25	43.95
电子电气领域尼龙复合材料总需求 (万吨)	181.41	198.00	216.11	235.87
工程领域				
全球陆上风电装机容量 (GW)	848.80	904.82	964.54	1028.20
全球海上风电装机容量 (GW)	65.80	70.14	74.77	79.71
陆风叶片数 (万个)	101.86	108.58	115.74	123.38
海风叶片数 (万个)	3.29	3.51	3.74	3.99
碳纤维用量 (万吨)	315.44	336.26	358.45	382.11
环氧树脂用量 (万吨)	135.19	144.11	153.62	163.76
尼龙复合材料渗透率 (%)	1%	2%	3%	4%
风电领域尼龙复合材料总需求 (万吨)	4.51	9.61	15.36	21.83
全球集装箱 (万 TEU)	5450	5679	5917	6166
单个钢材/铝合金制集装箱自重 (吨)	2.3			
尼龙复合材料渗透率 (%)	1%	2%	3%	4%

单个尼龙复合材料制集装箱自重 (吨)	0.92			
集装箱领域尼龙复合材料中需求 (万吨)	50.14	104.49	163.32	226.91
气体阻隔领域				
CNG、RNG 和氢气罐市场规模 (亿元)	154.52	167.04	180.57	195.19
尼龙复合材料渗透率 (%)	1%	2%	3%	4%
气体阻隔领域尼龙复合材料市场规模 (亿元)	1.55	3.34	5.42	7.81
尼龙复合材料平均价格 (万元/吨)	3			
全球尼龙复合材料市场规模 (亿元)	1423.86	1717.24	2036.47	2383.55

资料来源: iFinD、中研网、爱采购平台、全国能源信息平台、Markets and Markets、GWEC、Sea-Intelligence、PR Newswire、贝哲斯咨询、华安证券研究所

高温尼龙方面, 2025 年全球高温尼龙市场规模将超过 200 亿元。高温尼龙最主要的应用领域是汽车及电子电气领域, 汽车方面, 根据宏达丹特官网, 目前发达国家平均每辆车的塑料用量约为 140-160kg, 其中 20%左右是尼龙材料, 中国平均每辆汽车尼龙用量为 8kg, 尼龙材料中 PA6 和 PA66 约占整体用量的 90%, 此外汽车用尼龙材料除了高温尼龙外还包括 PA11 和 PA12, 据此计算, 国外每辆汽车高温尼龙用量约为 1.5kg/辆, 中国汽车高温尼龙用量约为 0.45kg/辆, 随着未来汽车高端化、轻量化发展, 预计高温尼龙在汽车领域上的使用量会逐步增加, 预计 2025 年汽车领域高温尼龙需求量为 12.14 万吨; 电子电气领域, 高温尼龙主要应用于连接器端子、继电器内部元件、开关、LED 反射支架等领域, 根据爱采购平台数据, LED 照明设备平均单价为 500 元/套, 根据接插数据网计算, 平均每个连接器端子高温尼龙用量约为 0.6g/个, 单个断路器高温尼龙用量约为 9.5g/台, 单个开关高温尼龙用量约为 0.8g/个, 单个 LED 设备高温尼龙用量约为 9g/套, 随着电子电气设备产品要求逐步提高, 高温尼龙的用量也将逐渐增加, 预计 2025 年电子电气领域高温尼龙需求将达到 18.81 万吨, 假设汽车领域和电子电气领域高温尼龙应用占比保持约 80%, 预计 2025 年全球高温尼龙需求总量将达到 37.71 万吨, 按照高温尼龙 5.5 万元/吨的价格计算, 预计 2025 年全球高温尼龙市场规模将达到 207.56 亿元。

图表 30 高温尼龙行业对应百亿级市场

	2022	2023E	2024E	2025E
汽车领域				
全球汽车总量 (万辆)	8501.67	8816.23	9142.44	9480.71
国外汽车产量 (万辆)	5816.77	6031.99	6255.18	6486.62
中国汽车产量 (万辆)	2684.90	2784.24	2887.26	2994.09
国外汽车高温尼龙用量 (kg/辆)	1.53	1.56	1.59	1.62
中国汽车高温尼龙用量 (kg/辆)	0.48	0.48	0.51	0.54
发动机系统				
进气支管用量 (g/辆)	101.92	103.58	106.17	108.83
增压空气冷却器用量 (g/辆)	20.38	20.72	21.23	21.77
油底壳用量 (g/辆)	33.97	34.53	35.39	36.28
发动机罩用量 (g/辆)	67.94	69.06	70.78	72.55
气缸盖罩用量 (g/辆)	305.75	310.75	318.52	326.49
冷却系统用量 (g/辆)	54.36	55.25	56.63	58.04

其他用量 (g/辆)	115.50	117.40	120.33	123.34
变速器系统				
阀体盖用量 (g/辆)	77.05	78.31	80.27	82.27
变速器控制模块用量 (g/辆)	30.82	31.32	32.11	32.91
垫片用量 (g/辆)	15.41	15.66	16.05	16.45
阀体用量 (g/辆)	123.28	125.29	128.43	131.64
液压蓄能器用量 (g/辆)	36.98	37.59	38.53	39.49
其他用量 (g/辆)	215.73	219.26	224.75	230.37
全球汽车领域高温尼龙需求量 (吨)	101942.36	107445.66	114206.67	121393.13
电子电气及通讯领域				
全球连接器市场规模 (亿美元)	841.00	899.87	962.86	1030.26
连接器平均单价 (元/个)	4			
全球连接器总量 (亿个)	1471.75	1574.77	1685.01	1802.96
单个连接器高温尼龙平均用量 (g/个)	0.64	0.67	0.71	0.76
全球连接器用高温尼龙需求量 (吨)	93603.30	106164.86	120412.19	136571.50
全球断路器市场规模 (亿美元)	180.00	190.26	201.10	212.57
断路器平均单价 (元/台)	8000			
全球断路器总量 (万台)	1575.00	1664.78	1759.67	1859.97
单个断路器高温尼龙平均用量 (g/台)	9.88	10.28	10.69	11.11
全球断路器用高温尼龙需求量 (吨)	155.61	171.06	188.04	206.71
全球开关总量 (亿元)	1800.83	1927.61	2063.31	2208.57
开关平均单价 (元/个)	8			
全球开关总量 (亿个)	225.10	240.95	257.91	276.07
单个开关高温尼龙平均用量 (g/台)	0.82	0.83	0.85	0.87
全球开关用高温尼龙需求量 (吨)	18368.47	20054.84	21896.03	23906.26
全球LED照明市场规模 (亿美元)	11078.00	11439.00	12697.29	14093.99
LED照明设备平均单价 (元/套)	500			
全球LED设备总量 (亿套)	22.16	22.88	25.39	28.19
单个LED设备高温尼龙平均用量 (g/套)	9.18	9.36	9.55	9.74
全球LED领域高温尼龙需求 (吨)	20339.21	21422.04	24254.04	27460.42
电子电气及通信领域高温尼龙需求 (吨)	132466.58	147812.80	166750.30	188144.90
其他领域高温尼龙需求 (吨)	58602.23	61532.35	64608.96	67839.41
全球高温尼龙市场总需求 (万吨)	29.30	31.68	34.56	37.74
高温尼龙单价 (万元/吨)	5.50			
高温尼龙市场规模 (亿元)	161.16	174.23	190.06	207.56

资料来源: iFinD、杜邦官网、爱采购平台、贝哲斯信息咨询、Markets and Markets、Global Market Insights、中商情报网、睿略咨询、华安证券研究所

3 国外企业仍占主导，国产替代加速进行

尼龙复合材料目前主要的产业化工艺包括注塑成型、模压成型和挤出成型。注塑成型工艺能成型形状复杂、尺寸精确、带有金属或非金属嵌件的塑料制品，是目前最主要的尼龙复合材料生产工艺，适用于短纤（3mm 以下）和 12mm 的长纤，25mm 的长纤则适用于模压成型，可以显著提高制品的冲击强度、尺寸稳定性，减少曲翘，但制作成本相对较高。目前工业化生产中以 30%玻纤含量的增强尼龙材料最为常见，在 30%玻纤含量时尼龙材料的拉伸强度和断裂拉伸率最大，玻纤含量太低起不到增强的作用，含量太高也会导致尼龙复合材料流动性差，使制成品出现严重浮纤、粗糙、光泽度差等质量问题，同时由于流动性差，需要将注塑设备的注射压力和注射速度都适当提高，料温和模温也要适度的升高，这也会对注塑机塑化元件如螺杆的磨损加大。挤出成型工艺可以通过改变机头口模可成型各种断面形状的产品或半成品，但挤出成型无法生产形状复杂的制品，主要是用于管材、板材、片材、薄膜等的成型。

图表 31 目前尼龙复合材料主要的产业化工艺包括注塑成型、模压成型和挤出成型

工艺种类	主要工艺流程	工艺装置示意图	特点
注塑成型	将塑料颗粒定量加入到注塑机的料筒内，通过料筒的传热，以及螺旋转动时产生的剪切摩擦作用，使塑料逐步熔化呈粘流状态熔体，在柱塞或螺杆的高压推挤下，以很大的流速通过机筒前端的喷嘴注入到温度较低的闭合模具的型腔中凝固定型。	<p>合模装置 (肘节方式) 模具 注射装置 直角接套 脱模机构 拉杆 汽缸 加热器 螺杆 料斗 马达 止回流阀</p>	<p>优点：生产速度快，操作可自动化，制品尺寸精确。</p> <p>缺点：纤维长度不宜太大</p>
模压成型	将准备好的成型的模具预热，将原料加入模具中，闭模、排气、保压固化，脱模冷却取出，然后进行后处理	<p>预物铺放、合模 高压注胶 压合、固化 开模、产品脱模</p>	<p>优点：原料耗损小，模腔磨损小，制品机械强度高</p> <p>缺点：飞边较厚，需要后处理去除飞边，不适合复杂制品</p>
挤出成型	通过电机带动螺杆旋转，将原料输送进料筒，料筒通过电加热熔融原料，螺杆通过跟炮筒间隙，不停挤压把熔融原料通过定型装置进行冷却，切割。	<p>挤出机 机头口模 定型装置 冷却水槽 牵引装置 切割装置 塑料管</p>	<p>优点：工艺简单；设备成本低；可实现连续化生产</p> <p>缺点：不适用于形状复杂的制品</p>

资料来源：革普丝科技有限公司、睿现 3D 打印、《挤出成型原理及工艺》、《模压成型工艺》、《注塑成型工艺》、HRC、《管状挤出机头主要零件的结构尺寸和工艺参数》、华安证券研究所

目前 PA66 产能仍由国外企业垄断。目前最常见的尼龙复合材料产品是玻纤增强 PA6 和玻纤增强 PA66，就基体而言，PA6 方面，我国是全球 PA6 产能和消费量最大的国家，产能占全球 50% 以上，消费量占全球 60% 以上，根据百川盈孚数据，2021 年我国 PA6 产能约为 569.6 万吨，产量约为 407.83 万吨，表观消费量约为

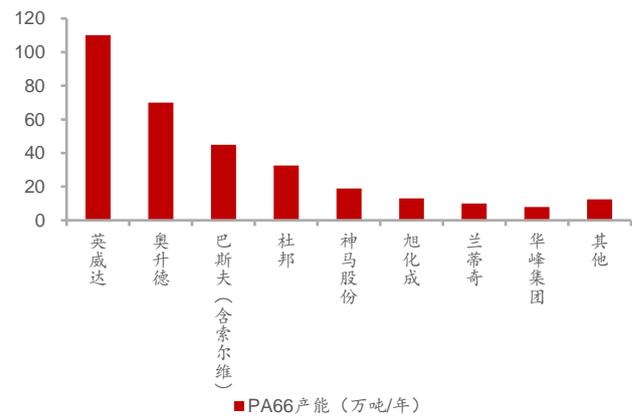
407.57 万吨，但 PA6 主要用于纤维（70%），工程塑料领域用量占比约为 23%，剩余 7% 用于生产薄膜；PA66 方面，作为高端尼龙品种，PA66 比 PA6 有着更加优越的性能，拥有更加优良的耐热性能和更低的吸水率，广泛应用于工业领域，但目前 PA66 的产能仍集中在国外企业如英威达、奥升德、巴斯夫杜邦等手中，行业集中度较高，在全球主要厂商中，英威达生产规模最大，占全球 35% 左右，全球前三公司英威达、奥升德、巴斯夫产能占比超 70%，全球前五家 PA66 生产企业中国内只有神马股份占有一席之地，PA66 的重要原材料己二胺虽然目前国内部分企业已经能够实现生产并正在逐步进行国产替代，但由于整体产品质量与国外成熟产品仍有差距，整体替代进程较为缓慢。

图表 32 目前 PA66 产能仍由国外垄断

企业	所属国家	产品种类	复合填充材料
英威达	美国	PA66	玻纤
奥升德	美国	PA66、PA6	玻纤、矿物
巴斯夫	德国	PA6、PA610	玻纤、矿物
杜邦	美国	PA66、PA1010	玻纤
旭化成	日本	PA66、PA612、PA6、PA610	玻纤、矿物
兰蒂奇	意大利	PA6、PA66、PA610、PA612	玻纤、矿物
神马股份	中国	PA66、PA6	玻纤
华峰集团	中国	PA66	-

资料来源：各公司官网、神马股份年报、华安证券研究所

图表 33 全球前三企业 PA66 产能占比超 70%



资料来源：华经情报网、百川盈孚、华安证券研究所

现有玻纤增强尼龙工艺较为成熟，产品整体性能差异不大。选取主要生产厂商 30% 左右玻纤含量 PA6 和 PA66 复合材料进行比较，整体来看，产品性能差异不大，就物理性质而言，30% 玻纤增强 PA6 吸水率均在 6%-8% 左右，断裂拉伸强度均在 155MPa-190MPa 左右，熔点均在 220°C 左右；30% 玻纤增强 PA66 整体拥有更低的吸水率、更高的机械强度和更优的热性能，其吸水率在 2%-6% 左右，断裂拉伸强度在 270MPa-300MPa 左右，熔点在 260°C 左右。

图表 34 高温高压溶液缩聚法是目前工业生产高温尼龙主要采取的方法

产品型号	产品种类	所属厂家	物理性质		机械性能		热性能	
			密度 (g/cc)	吸水率 (%)	断裂拉伸强度 (Mpa)	抗弯强度 (Mpa)	熔点 (°C)	变形温度 (°C)
TORZEN® G3000HR BK34	PA66+30% 玻纤	英威达	1.37	1.8	195MPa	270MPa	262	255°C @0.46MPa 248°C @1.80MPa
Vydyne® B 30 GF BK G/W PA6-GF30	PA6+30% 玻纤	奥升德	1.35	-	160MPa @23200psi	-	220	215°C @0.46MPa 205°C @1.80MPa

Vydyne® AG6H PA66-GF30	PA66+30 %玻纤		1.37	4.5	170MPa @24700psi	260MPa @37700psi	270- 290	-
BASF Nypel® 6030G HS BK 30% Glass Filled PA6	PA6+30% 玻纤	巴斯夫	1.36	6.7	155MPa @22500psi	-	220	219°C @0.46MPa 205°C @1.80MPa
Ultramid® A3EG6 30% Glass Filled PA66	PA66+30 %玻纤		1.36	5.8	190MPa @27600psi	280MPa @40600psi	280- 300	250°C @0.46MPa 250°C @1.80MPa
Zytel® 73G30HSL BK416 PA6- GF30	PA6+30% 玻纤	杜邦	1.36	6.3	190MPa @27600psi	250MPa @36300psi	221	220°C @0.46MPa 204°C @1.80MPa
Zytel® 70G30HSLR BK186LM PA66- GF30	PA66+30 %玻纤		1.37	-	190MPa @27600psi	280MPa @40600psi	262	253°C @1.80MPa
Leona™ 93G33	PA66+33 %玻纤	旭化成	1.39	-	174MPa	275MPa	-	230°C @0.46MPa 210°C @1.80MPa
Radilon® S RV300K 333 NER	PA6+30% 玻纤	兰蒂奇	1.35	7.5	170MPa	255MPa	220	215°C @0.46MPa 200°C @1.80MPa
Radilon® A RV300RKC 106 NAT	PA66+30 %玻纤		1.35	6.2	190MPa	290MPa	260	255°C @0.46MPa 245°C @1.80MPa
Shenmamid® 1360	PA6+30% 玻纤	神马股份	1.36	-	180MPa	250MPa	220	-
Shenmamid® 2560	PA66+30 %玻纤		1.36	-	190MPa	270MPa	260	-

资料来源：MATWEB、搜料网、华安证券研究所

高温高压溶液缩聚法是目前工业生产高温尼龙主要采取的方法。传统高温尼龙的工艺有 5 种：高温高压溶液缩聚法、低温溶液缩聚法、聚酯缩聚法、界面聚合法和直接熔融缩聚法，由于高温高压溶液缩聚法生产成本低，操作简单，是目前工业生产中主要采取的方法，而其他四种方法因为各种各样的问题均不适合工业化生产：低温溶液缩聚法溶剂成本较高且副产物会对反应容器造成腐蚀，胺酯交换法中所用原料回收聚酯属于高分子聚合物，其作为反应物会导致目标产物分子量无法控制且反应后期产物分子量增长困难，界面聚合法也同样存在溶剂消耗量大的问题且易造

成环境污染，直接熔融缩聚法出料时存在粘釜的问题且在空气中易被氧化。

图表 35 高温高压溶液缩聚法是目前工业生产高温尼龙主要采取的方法

工艺种类	主要工艺流程	工艺特点
高温高压溶液缩聚法	将等物质的量的二元酸和二元胺单体在氮气环境的保护下与适量的水、少量的反应助剂加入到高压聚合反应釜中，在较低温下 (<100°C) 合成尼龙盐；缓慢升高体系温度进行预聚合，得到分子量相对较小的预聚物；将预聚物在真空烘箱中干燥，粉碎成合适粒径的颗粒；通过固相缩聚工艺或者挤出设备经过熔融聚合得到高熔点、高分子量的终聚物。	在水相体系下进行反应；生产成本低；工艺成熟
低温溶液缩聚法	将等物质的量的二元酸和二元胺单体、少量的稳定剂加入到 N- 甲基吡咯烷酮 (NMP) 和吡啶的混合溶液中，加入适量的氯化钙和氯化锂，在一定条件下反应，所得产物在醇类溶剂中洗涤过滤后烘干，最后得到熔点在 310°C 左右，分子量较低的预聚物。	反应体系所用溶剂成本较高；后续处理较为麻烦；反应所得副产物会对反应容器造成腐蚀
胺酯交换法	以回收聚酯作为原料，与脂肪族二胺单体进行酰胺化反应得到半芳香族尼龙。	高分子聚合物作为反应物导致目标产物分子量无法控制，反应后期产物分子量增长困难。
界面聚合法	将含有苯环的酰氯化合物分散在与水不相容的有机溶剂中，将二元胺分散在水相中，聚合反应发生在有机相和水相的界面上，通过搅拌就可得到相对分子量较高的尼龙。	无需高温高压；反应要求简单不可逆；溶剂回收处理麻烦且消耗量大；设备利用率低，成本较高；易造成环境污染；
直接熔融缩聚法	在反应单体和聚合物熔融温度以上保持熔融状态，在减压和氮气保护下，在熔融状态下发生聚合。	操作简单；不需要溶剂；成本较低；出料时存在粘釜问题；在空气中容易被氧化。

资料来源：《耐高温尼龙的发展与应用》、华安证券研究所

国际巨头占据全球超 80% 份额，国内高温尼龙企业加速国产替代。目前主要产能和技术仍集中在国际企业手中，国外巨头如帝斯曼、杜邦、三菱瓦斯、艾曼斯等，占据全球超过 80% 的高温尼龙市场份额，荷兰帝斯曼公司独家拥有 PA46 产品专利权，同时生产 PA4T 的重要原料之一丁二胺由帝斯曼控制，因而 PA4T 也由帝斯曼独家生产，日本可乐丽最先拥有壬二胺的生产技术且在一段时间内一直垄断，是首家开发成功 PA9T 并实现产业化生产的企业，专利到期后巴斯夫也开始生产 PA9T 产品。除了 PA46、PA6T、PA9T、PA10T 外，目前实现产业化生产的高温尼龙品种还包括 PA11T、PA12T、PAMXD6 等，例如日本三菱瓦斯化学以己二酸和间苯二甲胺为原料制备 PAMXD6，主要应用于高阻隔材料领域。目前国内生产高温尼龙的企业较少且产品较为单一，主要以 PA6T 和 PA10T 为主，代表企业有金发科技、新和成等，其中，金发科技是全球率先实现 PA10T 产业化的企业，对于国内企业具有一定带头作用，目前国内企业正在加速研发投产，预计未来将形成 18.5 万吨的新增产能，高温尼龙国产替代加速进行。

图表 36 国内外主要高温尼龙企业介绍

企业名称	所属国家	公司介绍
帝斯曼	荷兰	帝斯曼具备是全球唯一具备丁二胺工业化生产能力的企业，1984 年帝斯曼确定了 PA46 的工艺路线并于第二年开始生产，2008 年帝斯曼实现 PA4T 的工业化生产，受专利、技术等因素限制，在全球范围内尚无其他企业具备 PA4T 和 PA46 量产的能力，商品名为 Stanyl®（PA46 产品）和 ForTii®（PA4T 产品）
杜邦	美国	老牌尼龙制造商，最先推出高温尼龙的无卤阻燃产品，主要生产 PA6T，公司产品名为 Zytel®，公司产品分为 51G、52G、53G、54G，其中 51G、52G 和 54G 属于 PA6T 的改新产品，53G 系列产品分子中苯环含量较少，属于高性能尼龙（HPPA）。
三菱瓦斯	日本	1986 年将 PAMXD6 作为工程塑料使用，产品名为 Reny®，产品主要用于包装材料和代替金属作工程结构材料。
艾斯曼	瑞士	可生产 PA6T、PA10T 及其合金，商品名为 Grivoray®，产品对身体无害，可以应用于直接接触人体的产品上（食品容器、水杯等），公司主要产品有 PA6T/6I、PA6T/66。
索尔维	比利时	1991 年公司实现高温尼龙商业化，主要产品为 PA6T，具有优异的机械特性、突出的尺寸稳定性、卓越的高温性能和良好的加工特征。应用在汽车/交通、工业设备、水处理、电信、电气/电子、涂料和复合材料、食品服务和消费性产品等领域，商品名为 Amodel®。
可乐丽	日本	1998 年公司率先实现 PA9T 的工业化生产，商品名为 Kuraray™。
三井化学	日本	1989 年三井化学率先实现 PA6T 的工业化生产，商品名为 ARLEN™，主要应用于汽车零件、机械零件以及电子电气零件。
巴斯夫	德国	主要生产 PA6/6T 合金产品，商品名为 Ultramid®，具有优异的机械性能和电性能，吸水率低。
金发科技	中国	2009 年公司率先实现 PA10T 的工业化生产，商品名为 Vicnyl®，产品主要应用于 LED 和电子电气领域。
新和成	中国	商品名为 NHU-PPA Resin，产品热变形温度高，韧性和耐摩擦性优异，熔融流动性良好，易于加工，耐酸碱和一般化学品腐蚀，机械性能优异。

资料来源：艾邦高分子、各公司官网、华安证券研究所

图表 37 国内生产高温尼龙企业有序扩产加速国产替代进程

企业名称	产品	现有产能（吨/年）	新增产能
金发科技	PA6T、PA10T	14000	1.1 万吨计划于 2022 年 12 月投产
沃特股份	PA6T、PA10T	5000	0.5 万吨计划于 2024 年投产
三力本诺	PA6T	1197（纯尼龙 7000 吨，玻纤改性尼龙 2500 吨，碳纤改性尼龙 2470 万吨）	-
新和成	PA6T	1000（中试）	0.9 万吨逐步推进
聚合顺	PA6T	-	一期产能 2 万吨，二期产能 8 万吨，预计 2026 年建成投产
江门德众泰	PA6T、PA12T	5000	
君恒生物	PA12T	1000	3 万吨
华盈新材	PA6T、PA10T	1500	3 万吨

资料来源：中国化工信息中心、本松新材料、公司公告、各公司官网、华安证券研究所

图表 38 国际巨头占据全球超 80% 的高温尼龙市场份额

企业名称	生产基地	产品	产能 (万吨/年)
帝斯曼	荷兰	PA46、PA4T	8.5
杜邦	美国、德国、新加坡	PA6T	5
三菱瓦斯	日本、美国	PAMXD6	3.5
艾曼斯	瑞士	PA6T、PA10T	2.5
索尔维	比利时	PA6T、PA10T	1.8
可乐丽	日本	PA9T	1.3
三井化学	日本	PA6T	0.6
巴斯夫	德国	PA6T、PA9T	0.5
赢创	德国	PA6T、PA10T	-
阿科玛	法国	PA11T	-

资料来源：中国化工信息中心、赛瑞研究、本松新材料、华安证券研究所

目前针对不同应用领域，国际巨头开发出不同类型的高温尼龙产品。国际企业的高温尼龙产品均可用于汽车、电子电气、照明、家电、建筑等多个领域，选取国际企业 30%-40% 玻纤增强的复合高温尼龙产品进行比较，吸水性方面，三菱瓦斯的 PAMXD6 产品和可乐丽的 PA9T 产品具有较为优异的低吸湿率，该可乐丽 PA9T 产品主要用于汽车重点齿轮轴承保持架和中冷器水箱和涡轮导管；断裂拉伸强度方面，杜邦的 PA6T 产品抗外力作用性能较为优异，其断裂拉伸强度可达 210MPa-230MPa；断裂伸长率方面，索尔维的 PA6T 产品和帝斯曼的 PA46 产品较为柔软，断裂伸长率分别为 5.5% 和 8.5% (175°C 情况下)；帝斯曼的 PA4T 产品和艾曼斯的 PA6T 产品均具有较高的熔点，熔点均可达 325°C；帝斯曼的 PA4T 产品和三井化学的 PA6T 产品在耐高温方面的性能更为优异，在 1.8MPa 情况下，变性温度分别为 305°C 和 300°C。

图表 39 国际主要高温尼龙厂商产品性能比较

产品种类	产品型号	所属厂家	物理性质		机械性能		热性能	
			密度 (g/cm ³)	吸水性 (%)	断裂拉伸强度 (Mpa)	断裂伸长率 (%)	熔点 (°C)	变形温度 (°C)
PA46	DSM Stanyl® 46HF4130 PA46-GF30	帝斯曼	1.41	2.6	90MPa@200°C 95MPa@180°C 110MPa@160°C 125MPa@120°C	5.5%	295°C	290°C @1.80MPa
PA4T	DSM ForTii® F11 PPA-GF30				70MPa@160°C 90MPa@140°C 100MPa@120°C			

						2.6% @ 120 °C		
PA6T	Zytel® HTN51G35HS L BK083 PA6T/XT-GF35	杜邦	1.47	1.6	210MPa- 230MPa	2.3%-2.4%	300°C	284°C @0.46MP a 264°C @1.80MP a
PAMXD 6	Reny® 1002H Polyamide	三菱 瓦斯	1.46	0.2	148MPa- 181MPa	1.7%-1.8%	-	232°C- 237°C @0.46MP a 212°C- 224°C @1.80MP a
PA6T	Grivory® HT1V-3 FWA nat PA6T/6I- GF30	艾斯曼	1.44	1.8	170MPa- 190MPa	2.00%	325°C	280°C @1.8MPa 140°C @8.0MPa
PA6T	Amodel® A- 1133 HS PPA	索尔维	1.48	0.23	72MPa@175°C 80MPa@150°C 148MPa@100 °C	8.5% @ 175 °C 8.7% @ 150 °C 2.9% @ 100 °C	313°C	297°C @0.46MP a 285°C @1.80MP a
PA9T	Genestar™ G1300A-M41 Nylon	可乐丽	1.37	0.19	190MPa	2.50%	300°C	270°C @1.80MP a
PA6T	Arlen™ C230 Reinforced Modified Nylon 6T	三井 化学	1.42	0.3	170MPa	3.00%	310°C	300°C @1.80MP a
PA6T	Ultramid® T KR 4357 G6 Nylon 6/6T	巴斯夫	1.37	0.80	145MPa- 165MPa@23°C 235MPa- 249MPa@-40°C	3.5% @ 23°C 2.9%- 3.6% @ -40°C	295°C	240°C @1.80MP a
PA10T	VESTAMID® HTplus M3033 PA10T/X	赢创	1.36	-	169MPa	2.40%	285°C	284°C @0.46MP a 263°C @1.80MP a

资料来源：MATWEB、华安证券研究所

4 生物基尼龙性能优势显著，市场渗透率有望逐步提升

4.1 生物基尼龙：能源结构调整下的重要转型方向

生物基材料是能源结构调整大背景下的重要转型方向之一，生物基尼龙市场有望突破 200 亿元。传统尼龙的工艺主要是石化法，以石油为原料进行生产，而当今气候变化能源危机正在引起世界范围内产业格局的重大变革，石油存量日益减少且对石油的过度开采造成了诸多的环境问题，而生物制造因其具有更高效、更绿色环保的特点正在成为能源结构调整的重要方向之一，生物基尼龙复合材料及高温尼龙利用可再生的生物质资源，如葡萄糖、纤维素、植物油（包括蓖麻油、油酸与亚油酸等），通过生物工程方法得到，目前生物基材料及产品受到全球范围内的关注。主要国家及地区纷纷将生物产业作为战略性新兴产业进行部署，根据《中国生物制造产业与科技现状及对策建议》，目前已有超过 20 个国家制定了关于生物制造的国家战略规划，比如英国、美国、欧盟等，很多组织及报告也对生物制造产业进行预测，世界经合组织预测至 2023 年，生物制造在生物经济中的贡献率将达到 39%，美国农业部研究报告预测到 2025 年，生物基产品将占全球总市场 22%。随着尼龙材料需求的逐步提升，在能源结构调整大背景下，生物基尼龙的市场空间广阔，就中国而言，PA66 的重要原材料己二胺，目前国内部分企业已经能够实现生产并正在逐步进行国产替代，但由于整体产品质量与国外成熟产品仍有差距，整体替代进程较为缓慢，生物基戊二胺能够替代己二胺制备生物基尼龙材料，一方面能够有效加速尼龙国产化进程，另一方面也将打开国内生物基尼龙市场空间。

图表 40 生物基材料是能源结构调整大背景下的重要转型方向之一

报告/组织	预测内容
世界经合组织 (OECD)	至 2030 年，生物制造在生物经济中的贡献率将达到 39%，超过生物农业 (36%) 和生物医药 (25%)，且将有 5% 有机化学品和 20% 的化石燃料由生物基化产品取代。
欧盟地平线 2020 计划 (Horizon2020)	到 2030 年生物制造及生物基产品有望实现 10-25 亿吨当量的二氧化碳减排。
英国《IB2025》	到 2025 年，全球生物制造产值保守估计将在 1500-3600 亿英镑。
美国农业部研究报告	到 2025 年，由生物基原料制造的产品将占全球市场总体的 22%。
欧洲生物产业协会 (EuropaBio)	到 2030 年，生物制造将为欧盟提供 90-150 万个工作岗位，并贡献约 1000 亿欧元的直接产值。

资料来源：《中国生物制造产业与科技现状及对策建议》、华安证券研究所

全球主要国家纷纷提前布局生物制造产业，生物基尼龙市场渗透率有望提升。早在 2002 年美国就在《生物质技术路线图》中规划，到 2023 年美国生物基材料替代 25% 有机化学品和 20% 石油燃料；欧盟在 2014 年的《工程生物技术远景规划》中制定目标，到 2025 年欧洲实现生物基产品替代化石能源和化学品分别为 20% 和

10%-20%；中国《“十四五”生物经济发展规划》也重点强调要推动中国生物技术和生物产业的发展，天津市人大常委会副主任、中科院天津工业所所长马延和对其解读，认为预计未来十年，石油化工、煤化工产品的 35% 可被生物制造产品替代，全球主要国家纷纷提前布局生物制造产业，有望带动生物基尼龙市场渗透率进一步提升。

图表 41 主要国家及地区纷纷将生物产业作为战略性新兴产业进行部署

国家/地区	时间	政策/文件名称	主要政策内容
美国	2022	《国家生物技术和生物制造计划》	支持和协调联邦政府在生物技术和生物制造关键研发领域的投资；培育促进生物技术和生物制造创新的生物数据生态系统；改善和扩大国内生物制造生产能力和工艺等。
中国	2022	《“十四五”生物经济发展规划》	大力夯实生物经济创新基础，加快提升生物技术创新能力，推动生物经济创新发展；培育壮大生物经济支柱产业，加快生物技术广泛赋能健康、农业、能源、环保等产业；积极推进生物资源保护利用，加大生物资源保护、开发和综合利用力度。
欧盟	2019	《欧洲化学工业路线图：面向生物经济》	在 2030 年将生物基产品或可再生原料替代份额增加到 25% 的发展目标。
英国	2018	《发展生物经济》	2030 年将进一步释放利用生物科学实现可再生生物资源取代华氏资源开发创新产品、工艺和服务的潜力，创造就业岗位，提高生产效率，产业规模到年产值达 4400 亿英镑。
欧盟	2015	《生物经济之路——面向欧洲不断繁荣的工业生物技术工业路线图》	确定了工业生物技术的主要研究方向，到 2023 年整个化学生产原料的 30% 来源于可再生原料；对于高附加值的化学品和聚合物，该比例超过 50%，大宗商品化学品原料的 10% 来自可再生原料；欧洲运输能源需求的 25% 来自可持续发展的先进生物燃料。
欧盟	2014	《工业生物技术远景规划》	到 2025 年实现生物基产品替代化石能源和化学品分别为 20% 和 10%-20%，其中化学品中基础化工原料替代 6%-12%、精细化学品替代 30%-60%。
德国	2013	《国家生物经济政策战略》	增加可再生资源的生产和供应，加快技术和产品的创新，通过智能化价值链提升产业附加值，切实提高土地资源的利用效率，在全球背景下发展生物经济。
德国	2012	《生物炼制路线图》	大力发展生物炼制，实现生物质原材料可持续利用。
德国	2010	《生物经济 2030：国家研究战略》	使德国成为国际上生物基产品、能源、工艺和服务的动态研究和创新中心，并帮助德国履行其在全球营养和保护气候、资源和环境方面的责任。
美国	2002	《生物质技术路线图》	2020 年实现化学工业的原料、水资源及能量的消耗降低 30%，污染物排放和污染扩散减少 30%；2030 年替代 25% 有机化学品和 20% 石油燃料。
日本	2002	“生物技术产业立国”发展设想	将生物产业纳入国家核心产业范畴；出台了以“基于利用生物机能的循环产业体系创造”计划为代表的政策体系，旨在加速生物技术利用、促进生物产业发展。

资料来源：《中国生物制造产业与科技现状及对策建议》、华安证券研究所

国内外尼龙企业均布局生物基尼龙产品,主要是蓖麻油路线。Rennovia 于 2013 年 10 月以纤维素作为原料生产出世界上第一款 100%生物基尼龙 66。阿科玛是第一家提供生物基透明尼龙的厂商,公司主要是以蓖麻油为原料,其 Rilsan® Clear 产品生物基含量为 45%和 62%,有优异的柔韧性、耐化学性、抗疲劳性且比重轻,可应用于光学眼镜;Rilsan® HT 高温尼龙产品比传统耐高温尼龙更优的耐氧化性和耐化学老化性,且吸湿率更低,尺寸稳定性和抗蠕变性更好,可应用于汽车、电子电气等领域。赢创在 2009 年就开始布局生物基聚酰胺领域,最新发布的透明尼龙 TROGAMID®myCX eCO 含 40%生物基原料,可以用于滑雪和滑雪板护目镜的高级镜片。帝斯曼的 Stanyl® B-MB 系列产品生物基含量可达 100%,可用于汽车、电子电气、工业齿轮等领域。今年 5 月,巴斯夫推出源自蓖麻油的 Ultrasint PA11 系列产品,而用于做 3D 打印粉末。杜邦的 Zytel® RS 系列产品也是蓖麻油路线,其生物基含量在 20%-100%不等,产品具有卓越的耐化学性和耐水解性,可用于汽车零部件。凯赛生物以玉米为原料,公司的 ECOPENT 系列产品具有高强度、高耐热性、尺寸稳定性等优异性能,可应用于汽车、电子电气结构件、工程等领域。

图表 42 国内外尼龙企业均布局生物基尼龙产品

企业	产品种类	型号	生物基含量	原料	主要应用
阿科玛	透明尼龙	Rilsan® Clear G850 Rnew	45%	蓖麻油	光学眼镜
		Rilsan® Clear G820 Rnew	62%		
	高温尼龙	Rilsan® HT	-		汽车: 制动助力器管路; 冷却系统管路; SCR 系统; 曲轴箱通风管路 其他: 气动/液动管路; 电缆保护; 单丝; 纤维等
赢创	透明尼龙	TROGAMID®myCX eCO	40%	蓖麻油	滑雪和滑雪板护目镜的高级镜片
帝斯曼	高温尼龙	Stanyl® B-MB	100%	-	汽车; 电子电气; 齿轮; 户外动力设备
巴斯夫	尼龙 11	Ultrasint PA11	-	蓖麻油	3D 打印粉末
杜邦	尼龙 610	Zytel®RS	20%-100%	蓖麻油	汽车部件
rennovia	尼龙 66	-	100%	纤维素	汽车、纤维
凯赛生物	尼龙 56	ECOPENT®E-1273	45%	玉米	汽车、轨道交通、电子电气等
	中温尼龙	ECOPENT®E-2260	33%-100%		
	高温尼龙	ECOPENT®E-6300	28%		

资料来源: 阿科玛官网、赢创官网、帝斯曼官网、巴斯夫官网、杜邦官网、凯赛生物公告、华安证券研究所

图表 43 生物基尼龙应用领域广泛

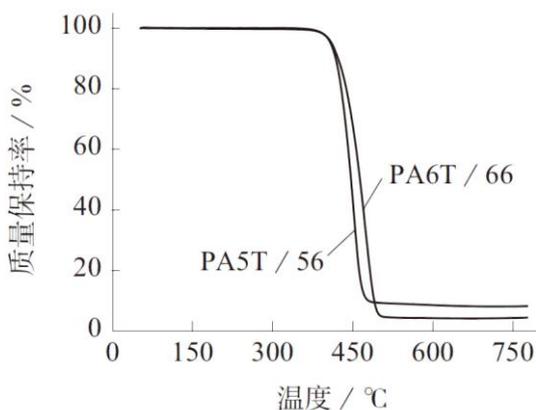


资料来源：阿科玛官网、赢创官网、索尔维官网、华安证券研究所

4.2 生物基尼龙性能优势显著，渗透率有望提升，2025 年市场规模预计超过 210 亿

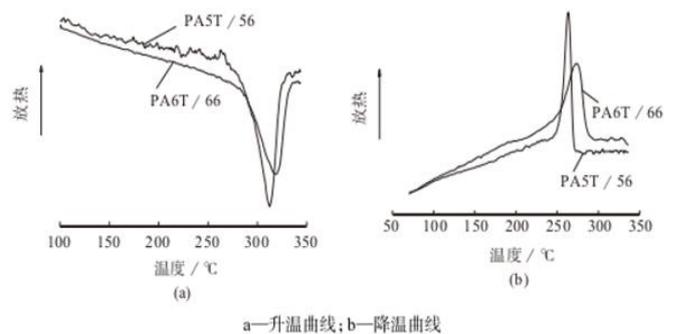
生物基高温尼龙耐热性不输石油基高温尼龙，且具备更优的可回收性，具有显著的应用价值。目前国内上市公司凯赛生物首创生物基戊二胺生物制造技术，生物基戊二胺主要以玉米等作为原材料，其可用于制备多种生物基尼龙，相较于石油基材料具有显著的成本优势。目前生物基高温尼龙仍未实现产业化生产，《半生物基耐高温尼龙 5T/56 制备及性能》采用凯赛生物的工业级生物基戊二胺制备的高温尼龙 5T/56（共聚尼龙，主要成分为 5T），与相同步骤制备出的 PA6T/66 进行对比，其实验结果显示，PA5T/56 的起始热分解（失重 5%）温度为 408℃，最终热分解温度为 521℃，热分解残余量为 9.2%；PA6T/66 的起始分解温度为 410℃，最终分解温度为 523℃，热分解残余量为 4.4%，生物基高温尼龙材料的可回收性是传统石油基高温尼龙材料的 2 倍多。此外，从吸热曲线可以看出 PA5T/56 和 PA6T/66 的熔点分别为 313℃和 319℃，从放热曲线可以看出二者结晶温度分别为 264℃和 272℃，两种材料有相近的熔点和结晶温度，PA5T/56 在电子电气领域可替代 PA6T/66 在 SMT 技术的应用。同时其更优的可回收性使其能够被二次利用，减少环境污染，叠加自身成本优势，未来生物基高温尼龙将具有广阔应用空间。

图表 44 生物基高温尼龙具有更优的可回收性



资料来源：《半生物基耐高温尼龙 5T / 56 制备及性能》、华安证

图表 45 生物基高温尼龙耐热性优异



资料来源：《半生物基耐高温尼龙 5T / 56 制备及性能》、华安证

图表 46 生物基高温尼龙和石油基高温尼龙的其他性能基本一致

性能	PA5T/56	PA6T/66
密度 (g/cm ³)	1.18	1.18
相对黏度	2.15	2.2
拉伸强度 (Mpa)	76.5	72.7
弯曲强度 (Mpa)	131	127
弯曲弹性模量 (Mpa)	3200	2160
简支梁冲击强度 (KJ/m ²)	30	31

资料来源：《半生物基耐高温尼龙 5T / 56 制备及性能》、华安证券研究所

生物基高温尼龙复合材料性能优势显著。目前除了纯高温尼龙外，多个企业或高校还在研究生物基高温尼龙复合材料，但大多处于实验室阶段，由于高温尼龙的应用环境具有高温、高湿等特点，因此研究性能多为阻燃性、耐热性、抗氧化性、结构强度等。从实验室结果来看，生物基高温尼龙复合材料与普通高温尼龙复合材料相比具有更好的阻燃性、耐高温水解性以及优异的综合力学性能，其中，《一种 MXD6、生物基尼龙、聚苯醚合金复合材料及其制备方法》中生物基材料采用凯赛生物生产的 PA56 进行实验，用其所制备的复合材料拉伸强度达 180MPa，断裂伸长率为 1%，弯曲模量为 8000MPa，相比于普通高温尼龙复合材料具有更优异的结构强度，此外，生物基尼龙基体相比于传统石油基尼龙基体可以填充更高含量的玻纤材料。

图表 47 生物基高温尼龙复合材料性能优势显著

专利名称	性能	复合材料	熔融温度	极限氧指数	拉伸强度衰减率
高阻燃耐高温水解多元生物基尼龙复合材料的制备方法 (CN202110091028.0)	高阻燃、耐高温水解	石墨烯 (实验组, 生物基)	370°C	60%	1.30%
		氮磷系阻燃剂 (对照组, 非生物基)	270°C	26%	56%
专利名称	性能	复合材料	熔点	拉伸强度	弯曲强度
生物基耐高温聚酰胺复合材料、其低温预缩聚制法及应用 (CN202010912434.4)	优良的耐高温特性、粘度特性和综合力学性能	芳纶浆粕 (实验组, 生物基)	318°C	125MPa	170MPa
		无芳纶浆粕 (对照组, 生物基)	316°C	90MPa	135MPa
专利名称	性能	复合材料	拉伸强度	断裂伸长率	弯曲模量
一种 MXD6、生物基尼龙、聚苯醚合金复合材料及其制备方法 (CN201811435932.3)	优异的力学性能, 良好的耐热性和抗氧化性, 良好的结构强度	MXD6, 聚苯醚合金 (实验组, 生物基)	180MPa	1%	8000MPa
		MXD6, 聚苯醚合金 (对照组, 非生物基)	130MPa	3%	5000MPa

资料来源：国家知识产权局、华安证券研究所

生物基尼龙渗透率逐步提升，2025 年市场规模有望超过 210 亿元。生物基尼龙相较于传统石油基尼龙材料性能更加优异，未来有望逐步渗透汽车、工程、电子电

气等大应用场景，工程领域和汽车领域技术设备要求相对较低，预计在该领域生物基尼龙材料的渗透率较高且渗透增速较快，而电子电气等领域技术设备要求较高，渗透率相对较低且渗透速度相对较慢，在本报告尼龙复合材料市场空间测算结果的基础上，我们预计 2025 年生物基尼龙市场空间有望达到 215.91 亿元。

图表 48 生物基尼龙渗透率逐步提升，2025 年市场规模有望破 210 亿

	2022	2023E	2024E	2025E
汽车（亿元）	770.21	836.69	909.49	988.67
渗透率（%）	2%	5%	8%	10%
汽车领域市场规模（亿元）	15.40	41.83	72.76	98.87
电子电气（亿元）	617.10	675.30	740.03	811.09
渗透率（%）	1.0%	2.0%	3.0%	5.0%
电子电气领域市场规模（亿元）	6.17	13.51	22.20	40.55
工程（亿元）	163.94	342.30	536.05	746.22
渗透率（%）	2%	5%	8%	10%
工程领域市场规模（亿元）	3.28	17.11	42.88	74.62
气体阻隔（亿元）	1.545	3.341	5.417	7.808
渗透率（%）	0.5%	1.0%	1.5%	2.0%
气体阻隔领域市场规模（亿元）	0.008	0.033	0.081	0.156
其他（亿元）	32.23	33.84	35.53	37.31
渗透率（%）	1.5%	3.0%	4.0%	5.0%
其他领域市场规模（亿元）	0.48	1.02	1.42	1.87
全球生物基尼龙市场规模（亿元）	25.34	73.47	139.27	215.91

资料来源：iFinD、杜邦官网、爱采购平台、贝哲斯信息咨询、Markets and Markets、中商情报网、中研网、全国能源信息平台、GWEC、Sea-Intelligence、PR Newswire、华安证券研究所

5 建议关注尼龙复合材料企业的投资机会

生物基尼龙：全球对生物制造日益重视，能源结构调整大背景下生物基材料是重要的转型方向之一，生物基尼龙相较于传统石油基尼龙具有更优异结构强度、更好的可回收性和更低的成本，未来有望逐步渗透于汽车、电子电气、工程等大应用场景，国内上市公司凯赛生物是全球生物法长链二元酸的主导供应商，目前拥有生物法长链二元酸 7.5 万吨产能，是全球唯一可以量产 DC10-18 的企业，公司生物基聚酰胺产品主要包括 PA56、PA510、PA5X 等，5X 系列产品具有良好的流动性，具有显著的成本优势。公司的生物基聚酰胺与连续玻璃纤维或者碳纤维制成的复合材料，正在多个领域进行应用开发和测试，有望进入“以塑代钢、以塑代铝、以塑代塑”用于替代金属、替代热固型材料的大场景应用阶段。同时公司山西合成生物产业生态园区项目中年产 4 万吨生物法癸二酸项目已于 2022 年四季度底建成并开始生产，年产 50 万吨生物基戊二胺、90 万吨生物基聚酰胺等项目将与下游产业链配套项目一并规划，预计 2023 年年底逐步投产。建议关注生物基尼龙龙头企业【凯赛生物】。

尼龙复合材料：尼龙复合材料具有优异的机械强度、尺寸稳定性、自润滑性、耐高温性等性能，“以塑代钢、以塑代塑”趋势下可以很好的替代金属及其他复合塑料应用于汽车、电子电气、工程等领域，未来市场空间广阔。目前国内上市公司纷纷布局尼龙复合材料领域：金发科技新增年产 1.5 万吨 PA10T/PA6T 合成树脂项目，一阶段 0.4 万吨已投产，二阶段 1.1 万吨装置建设进展顺利，预计将于 2022 年 12 月投产；聚合顺全资子公司山东聚合顺尼龙新材料项目稳步进行，该项目分两期进行建设，一期项目产能 20 万吨，包括 1 条间歇性生产线 PA6T 产能 2 万吨，6 条连续型生产线 PA66 产能 18 万吨，二期项目产能 30 万吨，包括 PA6T 产能 8 万吨，PA66 产能 11.5 万吨以及共聚尼龙 10.5 万吨，项目预计于 2026 年建成投产，预计最终将形成 10 万吨 PA6T 产能；新和成 PPA 产能规划 10000 吨，2021 年中试可产 1000 吨，剩余 9000 吨正在逐步推进。建议关注尼龙复合材料领域龙头企业【金发科技】、【新和成】、【聚合顺】等。

图表 49 主要企业盈利预测

证券代码	证券简称	市盈率 PE(TTM)	股价 (元)	EPS (一致预期)			PE		
				2023E	2024E	2025E	2023E	2024E	2025E
688065.SH	凯赛生物	83.26	62.26	1.10	1.50	2.09	56.73	41.61	29.81
600143.SH	金发科技	12.41	8.73	0.79	0.99	1.21	11.10	8.79	7.23
002001.SZ	新和成	15.56	15.40	1.28	1.55	1.81	12.00	9.92	8.51
605166.SH	聚合顺	12.80	9.32	0.96	1.28	1.47	9.71	7.28	6.35

资料来源：iFinD、华安证券研究所

注：公司盈利预测来自 2023 年 7 月 2 日 iFinD 一致预期

风险提示：

- (1) 项目投产进度不及预期；
- (2) 国家新能源政策变化风险；
- (3) 生物安全风险；
- (4) 下游认证不及预期。

重要声明

分析师声明

本报告署名分析师具有中国证券业协会授予的证券投资咨询执业资格，以勤勉的执业态度、专业审慎的研究方法，使用合法合规的信息，独立、客观地出具本报告，本报告所采用的数据和信息均来自市场公开信息，本人对这些信息的准确性或完整性不做任何保证，也不保证所包含的信息和建议不会发生任何变更。报告中的信息和意见仅供参考。本人过去不曾与、现在不与、未来也将不会因本报告中的具体推荐意见或观点而直接或间接接收任何形式的补偿，分析结论不受任何第三方的授意或影响，特此声明。

免责声明

华安证券股份有限公司经中国证券监督管理委员会批准，已具备证券投资咨询业务资格。本报告由华安证券股份有限公司在中华人民共和国（不包括香港、澳门、台湾）提供。本报告中的信息均来源于合规渠道，华安证券研究所力求准确、可靠，但对这些信息的准确性及完整性均不做任何保证。在任何情况下，本报告中的信息或表述的意见均不构成对任何人的投资建议。在任何情况下，本公司、本公司员工或者关联机构不承诺投资者一定获利，不与投资者分享投资收益，也不对任何人因使用本报告中的任何内容所引致的任何损失负任何责任。投资者务必注意，其据此做出的任何投资决策与本公司、本公司员工或者关联机构无关。华安证券及其所属关联机构可能会持有报告中提到的公司所发行的证券并进行交易，还可能为这些公司提供投资银行服务或其他服务。

本报告仅向特定客户传送，未经华安证券研究所书面授权，本研究报告的任何部分均不得以任何方式制作任何形式的拷贝、复印件或复制品，或再次分发给任何其他人，或以任何侵犯本公司版权的其他方式使用。如欲引用或转载本文内容，务必联络华安证券研究所并获得许可，并需注明出处为华安证券研究所，且不得对本文进行有悖原意的引用和删改。如未经本公司授权，私自转载或者转发本报告，所引起的一切后果及法律责任由私自转载或转发者承担。本公司并保留追究其法律责任的权利。

投资评级说明

以本报告发布之日起 6 个月内，证券（或行业指数）相对于同期相关证券市场代表性指数的涨跌幅作为基准，A 股以沪深 300 指数为基准；新三板市场以三板成指（针对协议转让标的）或三板做市指数（针对做市转让标的）为基准；香港市场以恒生指数为基准；美国市场以纳斯达克指数或标普 500 指数为基准。定义如下：

行业评级体系

- 增持—未来 6 个月的投资收益率领先市场基准指数 5% 以上；
- 中性—未来 6 个月的投资收益率与市场基准指数的变动幅度相差 -5% 至 5%；
- 减持—未来 6 个月的投资收益率落后市场基准指数 5% 以上；

公司评级体系

- 买入—未来 6-12 个月的投资收益率领先市场基准指数 15% 以上；
- 增持—未来 6-12 个月的投资收益率领先市场基准指数 5% 至 15%；
- 中性—未来 6-12 个月的投资收益率与市场基准指数的变动幅度相差 -5% 至 5%；
- 减持—未来 6-12 个月的投资收益率落后市场基准指数 5% 至；
- 卖出—未来 6-12 个月的投资收益率落后市场基准指数 15% 以上；
- 无评级—因无法获取必要的资料，或者公司面临无法预见结果的重大不确定性事件，或者其他原因，致使无法给出明确的投资评级。