

# 工程塑料在人形机器人中的应用与介绍

陶永亮<sup>1</sup>, 邱峰<sup>2</sup>, 王旭丽<sup>3</sup>, 高廷文<sup>1</sup>

(1. 重庆川仪工程塑料有限公司, 重庆 400712;  
2. 重庆科技大学材料与新能源学院, 重庆 401331;  
3. 重庆华数机器人有限公司, 重庆 400714)

**摘要:** 人形机器人行业发展进入快车道, 工程塑料替代传统金属材料实现轻量化量产持续受益。本文介绍了人形机器人发展史与人形机器人上所需工程塑料应用基本情况, 结合一些应用场景讲述了主要几种工程塑料具体性能与应用, 实践验证工程塑料在人形机器人上应用有着较多优势, 将对人形机器人的发展起着至关重要的促进作用, 展望了工程塑料在人形机器人上应用远景。

**关键词:** 工程塑料; 人形机器人; 轻量化量产; 应用介绍

中图分类号: TQ322.3

文献标识码: B

文章编号: 1009-797X(2026)02-0017-06

DOI:10.13520/j.cnki.rpte.2026.02.004

人形机器人(Humanoid Robot)登上2025春晚舞台展现出令人瞩目潜力与魅力, 被认为可能是人类历史上最大规模产业之一, 其产品形态具有极高的适应性和实用性, 能自然适应日常生活环境, 人机互动自然性强, 将在工业、服务、家庭等领域发挥作用, 市场规模未来几年内将快速增长<sup>[1]</sup>。人形机器人实现类人动作能力, 需尽量降低自重, 过大的重量会增加电机负载, 影响运动灵活性、载重及续航表现。人形机器人常用轻量化材料铝合金、镁合金、工程塑料等。工程塑料具有优良的综合性能, 刚性大、蠕变小、机械强度高, 耐热性好, 电绝缘性好, 耐化学性好。可以替代金属作为工程材料使用<sup>[2]</sup>。工程塑料作为高性能高分子材料核心品类, 尤其是特种工程塑料凭借其耐高温、高强度、耐化学腐蚀等特性, 已成为支撑人形机器人等战略产业关键基础材料。

## 1 人形机器人中塑料介绍与应用

### 1.1 人形机器人基本概况

1969年日本早稻田大学加藤一郎实验室研发出第一台以双脚走路的机器人<sup>[3]</sup>, 是最早人形机器人雏形。21世纪人形机器人研究走出实验室, 研发的电驱动ASIMO机器人具备智能交换、灵活操作、灵活走动等功能, 结合视觉、触觉等多个传感器, 可识别物体并进行适当精细操作, 学习能力强, 自主性较强等。2023年, 特斯拉开发Optimus系列人形机器人快速迭

代, 基于AI技术和FDS(full self-driving 全自动驾驶)芯片, 通过端到端神经网络模型, 实现任务级和动作级决策、复杂环境中物体、人脸、手势等识别。其全身压力计算和实现反馈机制, 使机器人四肢运动灵活、流畅和自然。人形机器人经历早期探索阶段、集成发展阶段、高动态发展阶段、直到今天智能化发展阶段的四个阶段。人形机器人作为融合人工智能、机器人学、控制工程和材料科学等多学科前沿技术集成平台, 正迅速成为智能制造和人机协作领域重要研究方向。

### 1.2 人形机器人基本组成

人形机器人是融合机械设计、传感技术、控制算法等多领域技术的复杂系统, 其组成可分为本体硬件、控制系统、感知交互模块三大核心部分, 各部分协同实现类人运动与智能交互能力。

硬件是机器人实现物理动作载体, 包括机械结构、驱动系统及关键零部件, 需满足高自由度、轻量化与耐用性要求。分为头部、躯干、四肢(上肢、下肢)及末端执行器。驱动器采用伺服电机驱动, 高精度场景结合谐波减速器, 确保关节运动精度与扭矩输出。控制系统负责解析环境信息、规划运动路径并驱动执行机构, 是机器人智能化核心。感知模块通过多传感器融合实现环境认知, 交互系统则支持人机协作与远

---

作者简介: 陶永亮(1956-), 男, 教授级高级工程师, 主要从事高分子材料应用与模塑成型工艺研究。

程操作，是机器人适应复杂场景的关键。

### 1.3 人形机器人应用塑料介绍

人形机器人是一门新型产业，工程塑料应用从使用上综合考虑。轻量化与高强度结合：需在降低机器人自重的同时保证结构稳定性，材料满足人形机器人强度需要，且轻量化。耐磨性与耐腐蚀性：关节、齿轮等运动部件耐受长期摩擦，材料适应高温环境下耐磨性好，抗腐蚀好。耐温与绝缘性：电机及电子元件周边材料需耐高温和绝缘，高流动性和尺寸稳定性材料用于精密电器部件，用于高温电绝缘场景。柔性与仿生适配：皮肤及柔性部件需模拟人体触感，有机硅和热塑性弹性体用于柔软触感部件和仿生皮肤。人形机器人常用工程塑料有聚醚醚酮 PEEK、聚酰亚胺 PI、尼龙 PA、聚苯硫醚 PPS、PC/ABS 合金、液晶聚合物 LCP、超高分子量聚乙烯 UHMW-PE 等，其使用按价值比预测 PEEK 及复合材料占 45%，电子级特种塑料 PPS、LCP 占 30%，工程塑料 PA、PC/ABS 占 20%，其他 PI、UHMW-PE 等占 5%。

## 2 人形机器人应用工程塑料情况

### 2.1 PEEK

聚醚醚酮 (Polyetheretherketone, 简称 PEEK) 是在主链结构中含有两个醚键和一个酮键的重复单元所构成的高聚物<sup>[4]</sup>，是聚芳醚酮一个材料系列<sup>[5]</sup>，拥有半结晶态特点，具有耐高温、耐化学腐蚀等特性<sup>[6]</sup>。聚醚醚酮是一种性能优异的特种工程塑料<sup>[7]</sup>，具有耐高温、机械性能优异、自润滑性好、耐化学腐蚀、阻燃、耐剥离性、耐辐照性、绝缘性稳定、耐水解和易加工等<sup>[8]</sup>优势。PEEK 在人形机器人中应用较广，机器人膝关节、肘关节、腕关节等部位，齿轮、齿条、外壳和结构件等都用 PEEK，承受高负载和频繁的冲击，通过添加碳纤维等增强材料进一步提高强度，可以有效减少摩擦和磨损，提高运动精度和寿命。PEEK 重量轻有助于减轻机器人整体负载，降低能耗。PEEK 具有良好的电绝缘性能和化学稳定性<sup>[9]</sup>，能够为传感器提供稳定工作环境，避免电磁干扰和化学腐蚀对传感器性能影响。在压力传感器、触觉传感器等部件封装和固定中，PEEK 得到了广泛应用。

### 2.2 PI

聚酰亚胺 (Polyimide, 简称 PI) 是分子结构主链中含有酰亚胺结构高分子聚合物<sup>[10]</sup>，高性能 PI 主链大多以芳环和杂环为主要结构单元。PI 具有最高阻

燃等级，良好的电气绝缘性能、机械性能、化学稳定性、耐老化性能<sup>[11]</sup>、耐辐照性能，介电常数 3.4，介电损耗仅  $10^{-3}$ ，属 F 至 H 级绝缘，使用温度范围  $-269\sim400$  °C 内不会发生显著变化<sup>[12~13]</sup>，被誉为“21 世纪最有希望工程塑料之一”。

PI 在人体机器人应用较多，PI 在保证强度前提下，密度略高于 PEEK 但强度高出 40%，用于轻量化结构件，使机械臂壁厚减至 0.8 mm，整体减重 25%。PI 作为柔性基底材料，PI 与碳纳米管、石墨烯等结合，用于柔性传感器与电子皮肤，可集成压力、温度、湿度等传感器，提升机器人对环境微弱变化的感知能力。PI 长期使用温度达 300 °C，低摩擦系数 0.17~0.25，即高温负载下磨损量仅为传统 PEEK 材料 1/3，可做关节与齿轮件，关节维护周期从 600 h 延至 2 000 h。

PI 作为柔性电路板 (FPC) 核心材料，用于控制系统与柔性线路，PI 用于机器人关节处，提升信号传输效率和关节响应速度，类似机器人神经系统。PI 可集成多种传感器电路，用于环境感知与多功能集成，检测接触力，震动等环境特性，并通过纳米复合技术赋予导电、自修复等功能。

### 2.3 PA

尼龙，学名聚酰胺 (Polyamide, 简称 PA)，是分子主链上含有重复酰胺基团的热塑性树脂总称<sup>[14]</sup>，包括脂肪族 PA、脂肪-芳香族 PA 和芳香族 PA<sup>[15]</sup>，是五大工程塑料中产量最大、品种最多、用途最广的品种<sup>[16]</sup>。PA 机械强度高，韧性好，抗张强度高，摩擦系数低，耐磨性好，自润性佳，热性能好等特点，满足对人形机器人轻量化、力学性能、耐磨损性等要求，PA 凭借其多样化性能，在关节、结构件、外壳等核心件有应用潜力。

#### 2.3.1 PA66

PA66 (聚酰胺 66) 以优异的力学性能和耐高温特性，成为人形机器人高负荷部件首选材料之一。密度约 1.14 g/cm<sup>3</sup>，可降低整体重量以提升运动灵活性和能效，抗拉强度达 70~120 MPa，确保结构稳定性。PA66 用于频繁运动的关节和机械臂骨架，采用玻纤增强提升耐磨性和寿命。PA66 熔点约 260 °C，热变形温度超 262 °C，适应高温环境，易加工，可用编织尼龙外壳，实现轻量化与抗冲击性结合。

#### 2.3.2 PA612

PA612 具有柔韧性、自润滑性及耐化学性特点，主要用于动态部件和防护结构。用在关节连接件上凭

借低摩擦系数和耐磨性，减少关节活动时的能量损耗，确保运动顺畅，延长部件寿命。可注塑成复杂形状防护外壳，兼具柔韧性与抗冲击性，碰撞时保护内部电子元件。

### 2.3.3 PA12

PA12 具有优异绝缘性、弹性及耐疲劳性特点，用于内部线缆护套，具有高绝缘性能，防止电路短路，保障电子系统稳定运行。用于密封件，利用其弹性和密封性，阻挡灰尘、水分进入机器内部，用于关节轴承、电机接口等需要防护的部位。

PA 覆盖了人形机器人从结构承重到精密防护的多维度需求。随着材料改性技术（玻纤增强、合金化）发展，PA 在机器人轻量化与功能集成中作用将进一步凸显。

### 2.4 PPS

聚苯硫醚 (Polyphenylene Sulfide, 简称 PPS) 是一种综合性能优异的热塑性特种工程塑料。工业化生产中采用在极性溶剂中，使用对二氯苯和无水硫化钠通过缩合反应制得聚苯硫醚，其中极性溶剂选择 N-甲基吡咯烷酮 (NMP)<sup>[17]</sup>、六甲基磷酰三胺 (HMPA) 或 N- 甲基己内酰胺<sup>[18]</sup>。PPS 是含硫芳香族聚合物，线型 PPS 在 350 °C 以上交联后成热固性，而支链型结构 PPS 则为热塑性塑料。PPS 是高结晶度、硬而脆聚合物。纯 PPS 相对密度为 1.3。具有出色的阻燃性，氧指数高达 44% 以上，PPS 属于高阻燃材料。

PPS 被应用于人形机器人结构件、传动系统及防护部件，关节连杆是连接关节并保障运动顺畅性，PPS 高强度、耐磨损，维持长期稳定性；人形机器人机械臂与驱动轮起着承载负荷、高精度传动的重要作用，PPS 优异具有尺寸稳定性，能在高温高湿环境下保持电性能稳定<sup>[19]</sup>。

人形机器人动力中心壳体（电池盒、电机壳）需耐热、阻燃、保护其内部元件，PPS 耐热性与阻燃性能够避免高温风险。人形机器人防护层（外壳、护板等），PPS 相比传统金属减重可达 60%，机械强度接近钢材，对酸、碱等腐蚀性物质耐受性强，且具备优异的电绝缘性，能够很好地保护内部元件免受外界侵蚀。PPS 通过碳纤维增强等改性技术，可用于躯体、四肢骨架，实现减重 40% 以上，提升机器人灵活性。

### 2.5 PC/ABS

PC/ABS 合金是由聚碳酸酯 (Polycarbonate, 简称 PC) 与丙烯腈 – 丁二烯 – 苯乙烯共聚物 (Acryloni-

trile Butadiene Styrene, 简称 ABS) 等采用接枝共聚方法共混改性而成的工程塑料，结合了两种材料优势弥补各自缺陷。具有高冲击强度、加工性能优良、耐候性及尺寸稳定性特征，应用于汽车、家电等领域。为提升 PC 与 ABS 界面相容性，添加相容剂马来酸酐接枝 POE、聚苯乙烯马来酸酐接枝共聚物 (SMA)<sup>[21]</sup> 等，以优化合金综合性能。

PC/ABS 合金常温冲击强度是纯 PC 的 3~4 倍，经 120 °C、140 h 老化处理后仍保持 PC 的 2 倍以上；室外曝露 2 年，拉伸强度和弯曲强度几乎不变。熔融黏度较 PC 降低 1/3，成型温度更低，残余应力小，制品颜色均匀，适用薄壁、流程长件生产。耐候性优于纯 PC，冲击强度在户外暴露后仍显著高于纯 PC。

软银 NAO 机器人采用 PC/ABS 制造外壳及结构部件。PC/ABS 耐热性和加工流动性使其能够满足机器人复杂形状部件成型需求，同时提供可靠的结构支撑和抗冲击保护。深开鸿与乐聚机器人推出教学人形机器人外壳采用铝合金与 PC/ABS 塑胶材质复合设计。PC/ABS 部分主要承担外壳轻量化与造型灵活性需求，配合铝合金增强结构强度，实现 1.73 kg 轻量化机身。PC/ABS 有高冲击强度与刚性，可承受机器人运动中动态载荷，在关节连接件和外壳防护中表现突出。

PC/ABS 熔体流动性优异，适合注塑成型面部外壳、传感器支架，其耐温性（热变形温度 110~135 °C）和耐紫外线，适应室内外场景使用。表面处理兼容性，可直接进行喷涂、电镀等表面装饰工艺，满足机器人外观个性化需求。

### 2.6 LCP

液晶聚合物 (Liquid Crystal Polymer, 简称 LCP) 是一种介于固体结晶和液体之间的中间状态聚合物，其分子排列具有一维或二维有序性，在熔融态时呈现液晶性<sup>[22~23]</sup>，是一种新型热塑性高分子材料。LCP 分子结构中包含刚性苯环结构，具备优异的耐热性、耐化学药品性和机械<sup>[24]</sup> 强度。LCP 具有异常规整纤维状结构特点，用玻璃纤维、碳纤维等增强远远超过其他工程塑料<sup>[25]</sup>。其中介电常数 (10 GHz) 2.9，损耗因数 (10 GHz) 0.002 5，熔化温度 (DSC) 330 °C，吸水率 (23 °C, 24 h) 0.04% 等数据，LCP 凭借高强度、耐热性、低吸水率、优异电绝缘性等综合性能，成为人形机器人核心零件关键材料支撑。

LCP 在人形机器人有着应用场景。LCP 高耐热性（连续使用温度 > 220 °C）适应机器人伺服电机等

部件高温工作环境，避免热变形导致性能衰减。高耐热性和尺寸稳定性使其成为机器人伺服电机连接器首选材料，保障精密电子元件在复杂工况下稳定运行。LCP 电绝缘性与低介电常数，用于高速连接器上为信号与电连接桥梁，在机器人系统内外数据传输中发挥关键作用，保障高频信号传输效率。LCP 满足人工肌肉对轻量化与柔韧性需求，模拟人类肌肉收缩与伸展，助力机器人实现精细自然动作，用于制造电子皮肤，提升机器人环境感知能力。适用于生产高精度、高可靠性的压力传感器、温度传感器等关键感知部件，支撑机器人的精准控制与交互。LCP 低吸水率与尺寸稳定性，确保在潮湿环境或长期运行中部件精度不受影响，LCP 耐气候性、耐辐射性<sup>[26]</sup>，适应露天环境使用，提升机器人运动控制准确性。LCP 熔点较高，具有较好的流动性，能够通过注塑成型，相比金属材料减少机器人本体重量，若用玻璃纤维、碳纤维等增强，性能更远超其他工程塑料，提升续航能力，满足结构承载需求。

## 2.7 UHMW-PE

超高分子量聚乙烯（UHMW-PE）是一种分子量在 100 万以上的线性结构聚乙烯材料，具有超高强度、耐磨损、耐低温等优异性能，被广泛应用于多个领域。其比强度是优质钢材的 15 倍，碳纤维的 2.6 倍，芳纶纤维的 1.7 倍，且断裂伸长率高于碳纤维和芳纶，柔韧性良好，在高应变率和低温环境下仍能保持稳定力学性能。UHMW-PE 还具备耐强酸强碱腐蚀、抗紫外线、低摩擦系数、卫生无毒等特性，使用温度可低至 -70 °C，甚至适用于液氮环境。UHMW-PE 因分子量极高，传统加工难度大。通过专用注塑机及工艺优化，可实现高效成型，生产效率达 10~40 模/h，较传统压制烧结法显著提升。

UHMW-PE 凭借其高强轻质、耐磨耐腐蚀等特性，已成为人形机器人轻量化、提升运动性能关键材料，其独特性能在机器人领域是不可替代，比强度是优质钢丝的 15 倍、碳纤维的 1.8 倍，密度仅为水的 0.97 倍，显著降低机器人自重。特斯拉 Optimus Gen2 采用 UHMW-PE 轻量化材料实现减重 10 kg，步行速度提升 30%。摩擦系数低且具备自润滑特性，适合高频率运动传动部件（如腱绳、关节），可承受长期高负荷运作而不易磨损。其抗化学腐蚀和弯曲性能适用于防护外壳和柔性传动结构。即使在 -200 °C 液氮环境下仍保持韧性，避免普通塑料低温脆化问题。

腱绳传动系统在人形机器人中起到模拟人体肌腱的作用，通过拉动或放松绳索来驱动关节运动。腱绳材料是灵巧手肌腱，牵引手指活动，完成各种动作，是提升灵巧手的精细控制能力和轻量化重要材料。腱绳材料主要分为高分子纤维类和金属类。UHMW-PE 替代钢丝成了腱绳核心材料，其重量仅为钢丝的 1/7~1/8，无需防锈，单台机器人腱绳价值量约 3 520 元，若全球出货量达 1 000 万台，市场规模将突破 350 亿元。UHMW-PE 用于关节部件，集成于灵巧手的传动和支撑结构，模拟人体肌腱实现高灵活度与低惯量，提升运动精度。UHMW-PE 用于轴承、衬套等滑动部件时无需润滑油，物理性能优于金属材料。用于传感器与机身覆盖层：兼具防护性能与轻量化需求，优化人机交互体验。

## 2.8 TPU

热塑性聚氨酯弹性体橡胶（Thermoplastic Polyurethanes，简称 TPU），是由软链段（长链低聚物二醇）和硬链段（二异氰酸酯和扩链剂）组成的线性嵌段聚合物，介于橡胶和塑料之间的高分子材料。其分子结构以线性为主，硬链段强极性，硬链段微相区通过氢键形成物理交联，分布在软链段基体中形成一种物理交联点，从而使弹性体具有硫化橡胶的弹性回复性能。TPU 通过氢键形成物理交联，可加热塑化并溶解于特定溶剂。按成分可分为聚酯型和聚醚型，具有硬度范围宽（60 HA~85 HD）<sup>[27]</sup>、耐磨、耐油、透明、弹性好等特点<sup>[28]</sup>，在 -40~120 °C 温度范围内保持柔性，无需增塑剂。

TPU 复合材料的独特性能在人形机器人中展现应用潜力，尤其在柔性部件、结构材料和电子皮肤等方向备受关注。TPU 复合材料通过融入玻璃纤维、炭黑、二氧化硅等成分，在提升强度和耐热性的同时保持轻量化特性，可降低机器人能耗并提升运动灵活性。TPU 材料兼具橡胶的弹性和塑料的加工性<sup>[29]</sup>，耐磨、耐候性优良，适合制作需要反复形变的部件关节缓冲层、线缆保护套。支持 3D 打印和复杂结构成型，可通过配方调整实现硬度、弹性等性能定制，满足机器人不同部位的功能需求。TPU 柔韧性接近人类皮肤，用于电子皮肤基底集成柔性传感器，实现压力、温度等信号检测。3D 打印 TPU 已被用于研发软质仿生皮肤。TPU 用于机器人骨架、外壳等部件，通过蜂窝状或多孔结构设计，提供可靠支撑减轻整体重量。利用其弹性特性制作膝关节、肘关节等部位缓冲层，降低

运动冲击并提升耐久性。耐磨损、抗老化的 TPU 涂层可延长机器人内部线缆和外露部件使用寿命。

### 3 结束语

人形机器人规模生产离不开新材料技术的突破，工程塑料凭借轻量化、高性能及设计灵活性等优势，已成为人形机器人骨骼、外壳、核心部件的关键材料。工程塑料推动人形机器人性能突破关键路径，使人形机器人在续航能力、运动效率、精密制造、成本优化等取得成效，其技术进步与应用拓展将直接决定机器人产业的发展速度。随着材料性能持续突破和制造成本下降，工程塑料有望在人形机器人骨骼、关节、外壳等部位实现全面替代金属。

### 参考文献：

- 运动冲击并提升耐久性。耐磨损、抗老化的 TPU 涂层可延长机器人内部线缆和外露部件使用寿命。

### 3 结束语

人形机器人规模生产离不开新材料技术的突破，工程塑料凭借轻量化、高性能及设计灵活性等优势，已成为人形机器人骨骼、外壳、核心部件的关键材料。工程塑料推动人形机器人性能突破关键路径，使人形机器人在续航能力、运动效率、精密制造、成本优化等取得成效，其技术进步与应用拓展将直接决定机器人产业的发展速度。随着材料性能持续突破和制造成本下降，工程塑料有望在人形机器人骨骼、关节、外壳等部位实现全面替代金属。

#### 参考文献：

  - [1] 公募开年最高收益接近 40% 选对赛道成关键因素 [N]. 证券时报, 2025-01-27 (A005 版).
  - [2] 充分发挥矿物填料在工程塑料材料中重要作用 [N]. 中国建材报, 2016-09-01 (06 版).
  - [3] 机器人发展简史 [N]. 浙江日报, 2023-03-31 (08 版).
  - [4] 江苏普理新材料有限公司 . 一种聚醚醚酮溶解稳定装置 :CN2020473066.3[P].2020-04-03.
  - [5] 陶永亮, 李彬杰, 杨建京 . 医用塑料应用与介绍 [J]. 橡塑技术与装备, 2022,48(12):1-7.
  - [6] 北京服装学院 . 一种过滤器具用电纺丝基复合纳米纤维材料的制备方法 :CN200910079812.9[P].2009-03-12.
  - [7] 周力, 董自军 . 提高甲铵泵的运行周期 [C]// 第 23 届全国尿素厂技术交流年会论文集 . 杭州 : 中国化工学会全国化肥工业信息总站, 2014:52-58.
  - [8] 学术网文 .peek 的介电常数 peek 材料 .[EB/OL].[2022-01-01].<https://www.bmlink.com/zt/583438/zq3403864.html>.
  - [9] 许勐璠 . 碳系纳米填料 / 聚合物基 PTC 导电复合材料的研究 [D]. 西安理工大学, 2015.
  - [10] 天津利安隆新材料股份有限公司业绩公告 [N]. 中国证券报, 2025-04-22 (B059 版).
  - [11] 2021 年中国聚酰亚胺 (PI) 行业市场现状及发展前景预测分析 [EB/OL].[2021-12-31.<https://new.qq.com/omn/20210208/20210208A073B500.html>.
  - [12] 北京派创石油技术服务有限公司 . 地热闭环工质循环开采方法 :CN202111677999.X[P].2021-12-31.
  - [13] 武海涛, 刘甜甜, 潘丽, 等 . 聚酰亚胺泡沫的研究及应用 [J]. 化工新型材料, 2023,51(10):231-234+238.
  - [14] 张迎增 . 抗菌尼龙的发展趋势 [EB/OL].[2013-02-27].<http://blog.sciencenet.cn/blog-43469-665484.html>.
  - [15] 上海凯赛生物技术股份有限公司, CIBT 美国公司, 凯赛 (上海) 生物科技有限公司 . 一种聚酰胺树脂的连续化生产装置 :CN202321814326.9[P].2023-07-11.
  - [16] 广东顺德顺炎新材料股份有限公司 . 耐候玻纤增强 PA66 高铁轨道套筒材料及其制备方法 :CN201810798388.2[P].2018-07-19.
  - [17] 宋吉亮 . 纳米钯催化 CO<sub>2</sub> 和 CO 合成酯及炔酮的研究 [D]. 大连理工大学, 2017.
  - [18] 牛津大学 (苏州) 科技有限公司 . 一种透明导电聚合物膜的制备方法及其制备的导电聚合物膜 :CN202210010405.8[P].2022-01-06.
  - [19] 绵阳市金华洋电器制造有限公司 . 一种两芯圆形电连接器 :CN201911101445.8[P].2019-11-12.
  - [20] 深圳市冠旭电子股份有限公司 . 耳挂式耳机 :CN202211121390.9[P].2022-09-15.
  - [21] 茂泰 (福建) 鞋材有限公司 . 一种含聚碳酸酯的苯乙烯型热塑性弹性体复合材料及其成型体制备方法 :CN201410326853.4[P].2014-07-10.
  - [22] 艾鑫, 董浩彬, 曾志军 . 热致液晶聚合材料加工研究 [C]//2013 中日电子电路秋季大会暨秋季国际 PCB 技术 / 信息论坛论文集 . 广东东莞 : 2013-11-20:87-94.
  - [23] 余巧玲, 王万卷, 潘永红, 等 . 液晶聚合物在工程塑料领域的研究进展 [J]. 现代化工, 2016,36(11):19-23.
  - [24] 上海维凯光电新材料有限公司, 上海乘鹰新材料有限公司, 江苏乘鹰新材料股份有限公司 . 一种用于太阳能电池组件用透明背板的高耐候粘结涂料 :CN202010470496.4[P].2020-05-28.
  - [25] 郭英鹏 .PPA+60% 玻纤材料零件的注塑工艺及模具设计 [D]. 山东大学, 2013.
  - [26] 苏州威瑞成新材料有限公司 . 一种耐热高结晶增强 PTT/LCP 合金材料的制备方法 :CN201910248196.9[P].2019-03-29.
  - [27] 旭荣电子 (深圳) 有限公司 . 一种保护套 :CN201420578998.9[P].2014-09-30.
  - [28] 广东百卓鞋业有限公司 . 一种具有按摩作用的鞋子 :CN201821900275.0[P].2018-11-16.
  - [29] 朱笑初, 徐新民, 钱志国, 等 . 热塑性弹性体在汽车安全气囊系统中的应用及性能特征 [C]//2007 年中国工程塑料复合材料技术研讨会论文集 . 昆明 : 中国工程塑料工业协会, 工程塑料应用杂志社, 2007-07-01:7-9.

## Application and introduction of engineering plastics in humanoid robots

Tao Yongliang<sup>1</sup>, Qiu Feng<sup>2</sup>, Wang Xuli<sup>3</sup>, Gao Tingwen<sup>1</sup>

(1. Chongqing Chuanyi Engineering Plastic Co. LTD., Chongqing 400712, China;  
2. Chongqing University of Science and Technology, Chongqing 401331, China;

3. Chongqing Huashu Robot Co. LTD., Chongqing 400714, China)

**Abstract:** The development of the humanoid robot industry has entered a fast lane, and engineering plastics continue to benefit from their advantage of replacing traditional metal materials to achieve lightweight mass production. This article reviews the development history of humanoid robots and the application overview of engineering plastics in this field. It elaborates on the performance characteristics and application practices of several major engineering plastics in combination with specific application scenarios, verifying that engineering plastics possess multiple advantages in the application of humanoid robots and play a crucial role in promoting the development of humanoid robots. Furthermore, it provides an outlook on the application prospects of engineering plastics in the field of humanoid robots.

**Key words:** engineering plastics; humanoid robots; lightweight mass production; APP introduction

(R-03)

## 倍耐力轮胎技术获高度认可

Pirelli's tire technology has received high recognition

继获得国际赞誉之后，倍耐力 Cyber™ Tyre 技术持续重新定义汽车安全和互联系统，并荣获三项权威奖项，彰显其变革性影响。这一认可始于法国，在法国汽车大奖颁奖典礼上，由 20 位行业专家组成的评审团授予 Cyber™ Tyre 安全奖，以表彰其提升车辆安全性的卓越能力。这套智能系统采用集成传感器，与车辆的电子控制单元通信，提供实时道路数据。这使得车辆稳定性控制系统能够更精准地做出反应，从而提升制动和操控性能，同时还能与道路基础设施和其他联网车辆共享关键信息，主动发出危险警报。

倍耐力轮胎获得了来自欧洲汽车行业权威机构 Autobest 的赞誉，该机构代表 32 个国家，授予其 2026 年度最佳安全奖。这项荣誉旨在表彰倍耐力 Cyber™ Tyre 的开创性研发，这项技术经过严格评估后被认为对提升道路安全标准具有非凡意义。与此同时，全球市场分析公司 Frost & Sullivan 将倍耐力评为 2025 年度智能汽车轮胎行业最佳公司。该奖项彰显了倍耐力在预测行业趋势和将突破性创新推向市场、创造巨大价值方面的远见卓识。

经过 20 年的研发，Cyber™ Tyre 技术如今正通过与多家汽车制造商的重要合作，从概念走向实际应用。继 2021 年在迈凯伦 Artura 上首次亮相后，该系统已被应用于一款特殊的赛道车型，并已完全集成到帕加尼 Utopia Roadster 的电子系统中。近期宣布与阿斯顿·马丁达成协议，该技术将应用于未来的车型，同时，其研发范围也将扩展到高端大众市场。这些应用都得益于与博世的战略合作，确保与 ESP 和 ABS 等关键车辆系统无缝集成。

从根本上讲，倍耐力 Cyber™ Tyre 是一个集成了硬件和软件的平台。它收集轮胎压力、温度和动态等关键数据，并通过专有算法处理这些信息，并与车辆的驾驶辅助和稳定性控制系统即时通信。这显著提升了安全性、效率和舒适性。其影响远不止于车辆本身，更有助于构建更智能的基础设施。例如，在意大利普利亚大区开展的一个试点项目，将轮胎传感器数据与摄像头图像相结合，生成动态道路地图，用于监测路面状况并辅助制定维护计划。通过车联网技术，Cyber™ Tyre 正在为更智能的道路和城市铺平道路，通过将传统轮胎转变为互联智能组件，标志着迈向未来出行方式的关键一步。

倍耐力首席执行官 Andrea Casaluci 表示：“这些认可证实了轮胎的角色已经发生了变化。一个多世纪以来，轮胎内部的技术不断发展，但其功能始终如一：将力传递到地面，以确保车辆操控。如今，轮胎仍在不断发展，除了其主要功能外，又增添了一项新功能：得益于倍耐力 Cyber™ Tyre，轮胎开始收集和传输数据，并通过倍耐力开发的算法进行处理。这些功能为车辆电子设备和道路基础设施带来了新的功能，其发展潜力着眼于智慧城市和自动驾驶。数字化和互联互通是未来出行设计的关键支柱，而我们的技术——轮胎领域首创——正是融合了这些支柱，这些奖项以及我们与领先汽车制造商的合作都证明了这一点。”

摘编自“橡胶快递”

(R-03)