

中国科学院
宁波材料技术与
工程研究所

植物纤维基可降解复合材料

项目简介

石油基塑料的广泛使用不仅消耗了巨大的石油资源，而且带了日益严峻的环境问题。目前，我国每年需要处理的废旧塑料达到 2000 万吨，而回收处理这些废旧塑料不仅难度大而且成本高。与此同时，我国每年有 7 亿吨农作物秸秆，其中 2 亿吨被焚烧，造成大气污染。

以植物纤维或者农作物秸秆为填料，开发高填充量、高性能的植物纤维基可降解复合材料，不仅能够降低材料的成本使其具有极大的经济效益，而且能够缓解环境压力带来巨大的社会效益，是一种极具发展前途的“绿色、低碳、可循环”材料。

本项目采用新型的加工手段，制备出植物纤维含量高达 80% 的低成本可降解复合材料，使材料的生产成本极大的降低，解决了植物纤维与树脂基体的相容性问题，开发出具有高强度和高模量的植物纤维基可降解复合材料。与传统的挤出机共混的加工方式相比，解决了蓬松的植物纤维和农作物秸秆在挤出机中难以下料的问题，保证其生产效率。此外，还可以将植物纤维与聚乳酸（PLA）、聚丁二酸丁二醇酯（PBS）等降解塑料进行共混，制备全生物基可降解复合材料。

技术优势

该技术明显改善了植物纤维与基体树脂的相容性，极大提高了植物纤维基可降解复合材料的力学性能，见表 1。

名称	拉伸强度 (MPa)	模量 (MPa)	弯曲强度 (MPa)	弯曲模量 (MPa)	冲击强度 KJ/m ²
纯PP	32.5	1310	42.2	1390	3.6
黄麻 (30%)	52.2	4280	67.8	4240	3.9
黄麻 (40%)	57.0	5150	73.5	4950	4.1

应用市场

本项目能够制备出植物纤维含量高达 80% 的植物纤维基复合材料，大大降低材料的生产成本。用玉米秸秆和聚丙烯制备部分可降解复合材料，其生产成本仅为 4000 元/吨；用玉米秸秆和聚乳酸制备全降解复合材料，其生产成本仅为 6500 元/吨，具有极高的利润空间。

该项目开发的植物纤维基可降解复合材料优良的力学性能，并且具有良好的加工性、环境友好性、耐候性等优点，可广泛应用于园林、建筑、包装、装饰、运输等众多领域中，并可以部分代替木材或金属制品。

生物基可降解无纺布产业化项目

项目简介

随着生活水平提高、人口老龄化和公众对医院内感染（HAI）的关注，一次性医用无纺布在我国迎来大好发展机遇。目前，国内产品以聚丙烯（PP）无纺布为主，无法自然降解。开发新一代生物基可降解无纺布，不仅完全满足一次性防护用品对安全性和易用性的要求，还赋予产品新的绿色环保特性。

生物基可降解聚乳酸（PLA）树脂来源的多样化和聚合规模的扩大使其成本已接近通用石油基树脂（PP、PET 等）水平，将来也不会在价格上受油价影响；PLA 纺丝可参照现有 PP、PET 纺丝线生产工艺生产出 PLA 纤维和无纺布，无需增加设备投资和加工成本；PLA 无纺布使用后在堆肥条件下数月内即可完全生物降解，不仅不对环境造成负担，还参与自然循环。

技术优势

在双组分复合熔融纺丝机上验证了 PLA 共聚酯的熔融可纺性，成功制备出力学性能介于低熔点 PET 与 PLA 纤维之间的 PLA 共聚纤维，其生物降解性符合 ASTM D53382 级标准要求；

目前已形成 100 吨/年 PLA 共聚酯及其纤维中试生产能力，与纯 PLA 纤维相比，PLA 共聚纤维的吸湿性和耐热性显著提高，成本下降了约 2000 元/吨。

应用市场

世界医用无纺布市场增长稳健，据 Global Industry Analysts 统计，2017 年全球一次性医用无纺布市场达到 200 亿美元，其中近一半为外科手术用无纺布（如手术衣、手术铺单、洞巾、消毒灭菌包布等）。我国医用无纺布市场潜力巨大。据卫生部统计，截至 2016 年末，全国医疗卫生机构总数达 98.3 万个，全国卫生人员总数达 1117.3 万人，其中：医院 29140 个，基层医疗卫生机构 926518、全国医疗卫生机构床位 741.0 万张，按病床使用率 86.7%、每张病床平均每年用布 150m^2 、每名卫生人员平均每年用布 10m^2 计，则每年用布量约为 10.75亿 m^2 ，约合 5.12 万吨，按每吨 2.5 万元计算，市场价值超 12.8 亿元。

弹性传感器及其应用的产业化项目

项目简介

弹性传感器和弹性导体是柔性智能系统不可或缺的组成部分，其中弹性可拉伸传感器犹如人的眼睛、耳朵等器官，是实现信息探测的关键；弹性可拉伸导体犹如人的神经，是实现信息传输的关键。著名调查公司 IDTechEx 的报告显示，柔性传感器的市场规模到 2018 年将达到百亿美元。项目针对可穿戴设备、游戏互动、医疗健康、体育运动、机器人等领域对柔性传感的需求，以国际领先/并行的传感技术，发展了高电导率的弹性导体、拉伸/触摸敏感的弹性应力传感器，在新型人机交互领域形成应用。拟通过组件/部件销售、应用解决方案提供。

技术优势

1. 弹性应力传感器柔软、可拉伸、可扭转、穿戴舒适，可兼容大量程、高精度以及低模量，实现对关键运动的无感知探测。其详细参数见表 1，同类研究对比见表 3。
2. 弹性导体兼容高电导率、大拉伸范围，拉伸过程中电子变化率小，可实现电信号在拉伸过程中的可靠传输。

参数	EflexSense
功能	拉伸应力探测
传感器类型	电阻式
模量	小于100MPa
电阻	小于1000欧姆，可定制
拉伸范围	100%
非线性度	0.60%
探测极限	0.1%应变

表1

参数	EflexSense
功能	弹性导电连接
类型	导线式、薄膜式
电导率	优于10000 S/cm
拉伸范围	0到800%，可定制

 电阻式	美国 Harvard University	2.5Ω	>100%	—	—
 电阻式	英国 University of Surrey	10 ⁶ Ω	>100%	—	非线性
 电容式	新西兰 StretchSense 【初创公司】	365 pF	>100%	0.2%	电路校正
 电容式	中科院宁波所	100Ω	>100%	0.05%	0.6%

表3 可拉伸应力传感器同类技术指标对比

型号	研发单位	初始电导率	拉伸极限	拉伸稳定性	拉伸次数
	美国北卡罗来纳州立大学	81 S/cm 【半导体】	≥80%	12.0% @ 50%strain	≥40
	韩国科学技术研究所	0.0000002 S/cm 【半导体】	≥100%	12.5% @ 100%strain	≥10
	意大利米兰大学	0.0005 S/cm 【半导体】	≥100%	5000% @ 100%strain	≥50000
	中科院宁波所	1670 S/cm 【导体】	≥100%	0.90% @ 50%strain	≥50000

应用市场

根据 Nanomarkets 的市场预测，到 2030 年柔性电子器件的市场规模将达到千亿美元：一个崭新的电子时代！同时国际印刷电子市场调查公司 IDTechEx 的调研报告显示：柔性传感器占据柔性电子 20%-30% 的市场规模，到 2018 年柔性传感器市场规模将达到 100 亿美元。

本项目聚焦弹性应力传感器、弹性导体及其下游应用，重点发展其柔性化、可拉伸化、无感知化和高性能化的关键技术，并结合下游市场的具体应用开发相应的应用系统。拟通过组件/部件销售、应用解决方案提供和产品合作等方式，与可穿戴设备、游戏互动、医疗健康、体育运动、机器人和 VR 等领域的下游企业达成合作共赢。

相关图片



高效人工光合成太阳能制氢材料 与技术产业化项目

项目简介

绿色氢能技术是世界能源转型的重大战略方向。氢能作为可再生能源的载体，有望逐步替代化石能源在全球能源消费中的占比。大力发展低碳环保的规模化氢能技术是有效应对当今世界两大挑战石油短缺和环境污染的重要战略举措。同时氢燃料电池车产业的蓬勃发展也将依赖并极大的促进低绿色制氢技术的发展。预计到 2030 年，全球氢燃料电池车的存量将超过 500 万辆，对应高品质氢气的年需求量超过 700 万吨。

长远来看，将太阳能高效转化为氢能进行储存、运输和使用将是未来绿色零碳排放制氢的战略选择和主要技术路径。光电解水制氢，相较于其它太阳能制氢技术具有较高的转化效率和较低成本的综合优势，是广泛认可的最有潜力实现产业化应用的太阳能制氢技术。

技术优势

本项目瞄准光电解水制氢技术的产业化应用，开发具有高太阳能转化效率和长寿命的水分解光电极材料、电极与器件制备技术以及规模化低成本合成与制备工艺。取得世界领先水平的代表性技术优势包括：1. 钇酸铋光阳极单电极效率突破 2%；2. 钇酸铋光阳极电极寿命突破 1000 小时；3. 光电解水全水分解器件效率突破 3.5%；4. 开发了一种利用半导体光催化纳米粒子制备高效率光电解水制氢光电极的电极制备技术，具有成本低和易规模化等有点；5. 开发了一种成本低步骤少合成具有理想尺寸高性能半导体光催化纳米粒子的合成方式。

应用市场

本项目所开发的光电解水制氢技术作为我国乃至全球的战略性能源技术，具有重要的战略意义与广阔的市场前景。全球氢气需求庞大，面向传统应用的市场规模约为 1150 亿美元，这一需求仍将保持约 6% 的年增长率。随着新能源产业尤其是氢燃料电池车以及燃料电池分布式发电网络的发展，到 2030 年预计新增氢气市场需求将超过 150 亿美元，到 2050 年预计将达到 3000 至 5000 亿美元。同时随着传统能源企业的转型以及社会资本对太阳能制氢等新能源技术的投入，关键材料与技术开发、转让、许可等也将具有相当可观的市场规模。

相关图片

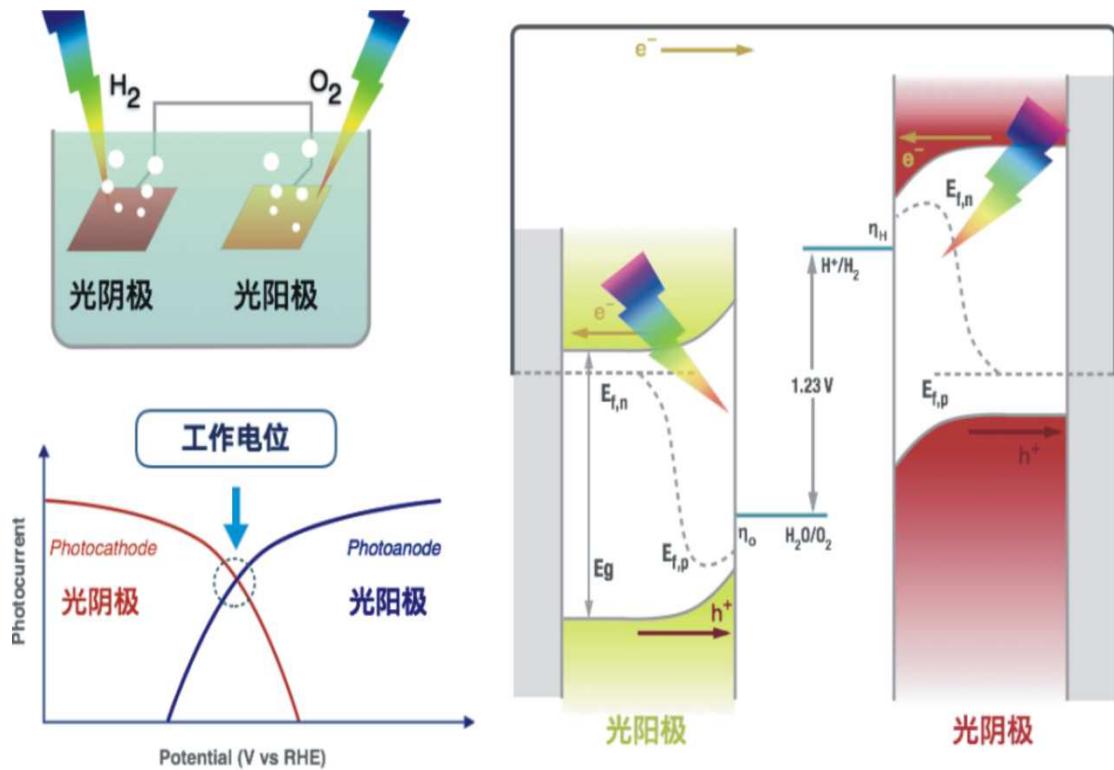


图1 光电解水太阳能制氢原理

先进固态电池/电解池产业化项目

项目简介

先进固态电池(高温燃料电池)是现有已知技术中效率最高的一种发电技术，特别适用于分布式与高温制氢。中国现有高温燃料电池技术主要采用传统超薄不对称结构，这种结构电池强度低，结构不对称，极其易于被破破坏。宁波材料所燃料电池团队基于力学对称性原理，提出了一种中空对称双阴极结构电池，具有强抗氧化还原、高抗破坏载荷、以及易于超大面积制备、工艺简单等特点，能够克服现有传统结构电池不足，易于规模化，大幅度降低了高温燃料电池的技术难度。

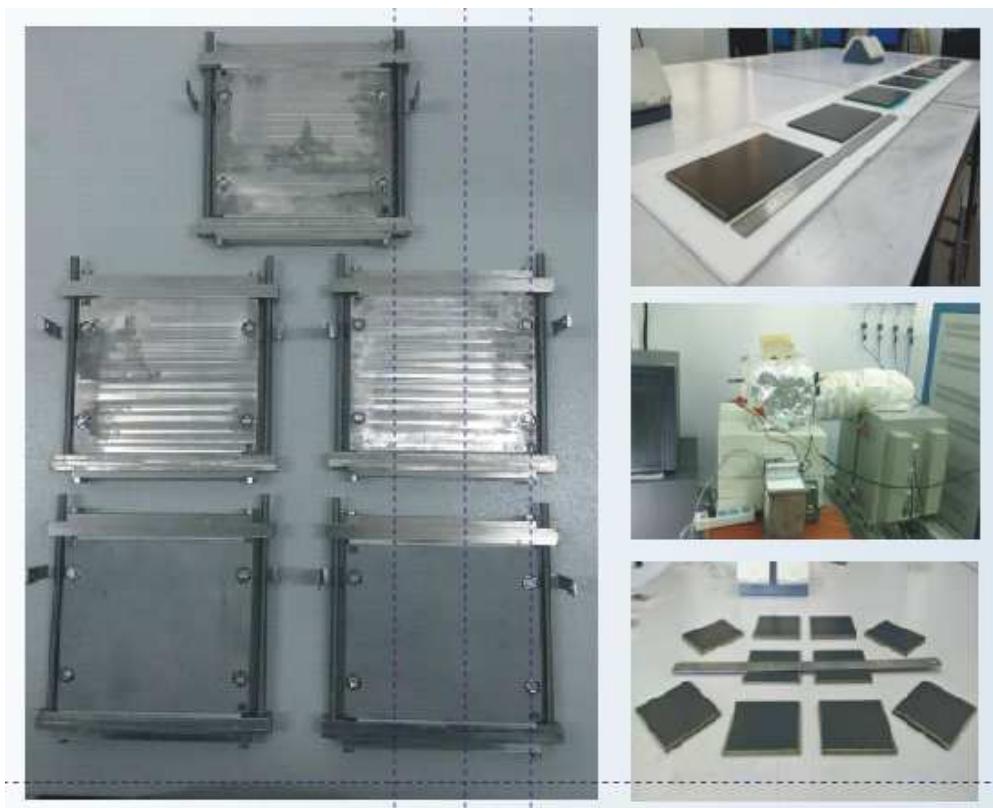
技术优势

我们的技术优势：1. 采用传统陶瓷制备技术，可规模化制备面积超过 1000cm^2 的超大电池；2. 抗破坏载荷强，抗冲击性能优异，不易碎裂，对其电堆制造与系统应用、运输具有较大的优势；3. 抗氧化还原特性好，结构稳定，能够满足一定程度上的燃料暂停进行检修；4. 电堆制造工艺简单，采用单片模块化的方式进行集成，易于复制与建立自动化生产线。

应用市场

分布式发电、可再生能源制氢与 CO₂ 合成燃料以及新能源汽车增程器；市场无限，兆亿级。

相关图片



煤焦油高压两段加氢生产清洁燃料油技术 产业化项目

项目简介

该技术以煤焦油、氢气为原料，采用高压两段加氢工艺，生产汽、柴油产品。煤焦油是煤干馏生产焦炭过程中的液体副产物，氢气可采用源于同工序的焦炉煤气制得。

此技术现已工业化，目前正在运行的工业装置约 40 套以上。2008 年底，煤焦油高压两段生产清洁燃料油技术通过中石化科技部技术鉴定，并在黑龙江宝泰隆集团有限公司进行首套工业应用。

该技术采用固定床加氢精制/加氢裂化两段加氢工艺，通过热低分油循环工艺流程和加氢裂化单元催化剂匹配方案，较好地解决了煤焦油（蒽油）中高氮氧含量和稠环芳烃化合物给加氢技术带来的难题。产品方面，此技术所得汽、柴油产品均符合国 V 排放指标要求，系清洁环保的马达运输燃料油，可作为汽、柴油理想调和组分产品使用；物料平衡方面，1 吨煤焦油与约 0.07 吨的氢气，可产约 0.23 吨的汽油和 0.78 吨的柴油，约 0.02 吨的液化气，其余为干气、H₂S、H₂O、NH₃。

技术优势

在此技术研发成功前，国内煤焦油加氢装置为低压仅加氢精制工艺，只能够加工<350℃煤焦油轻质馏分油。此技术研发成功后，对国内煤焦油加氢工业应用领域起着决定性影响作用，近十年内新建设的煤焦油加氢装置均为本技术的高压两段工艺，一改原低压仅加氢精制工艺。原料也变为可加工更劣质的<560℃煤焦油重质馏分油。此优势提高了煤焦油的利用率，对煤化工行业提升综合经济性有积极意义。本技术具有原料适应性强、转化率高、液体产品收率高、催化剂活性稳定性好等特点。

产品除可作汽、柴油调和组分产品外，汽油馏分产品因芳潜含量高（65%以上），也可作为理想的重整原料油；柴油馏分产品因密度大、凝点低（-55℃以下），很适合极寒地区重型机械使用。

此技术利用煤焦化副产——煤焦油和煤气，采用加氢处理工序，使附加值低又污染环境的煤焦油转化为市场供不应求的清洁燃料油产品，一方面顺应市场清洁燃料油需求旺盛的需要，另一方面对盘活焦化行业资源、保护环境、减轻雾霾应用市场。

应用市场

此技术可将煤焦化行业副产——煤焦油，通过加氢工艺转化为清洁燃料油。

应用领域为煤化工范畴，加工手段及产品属石油化工范畴。本技术应用前景乐观，产品归属成品油市场，市场容量大。

在目前原油价格体系下，经济效益较好。以 10 万吨/年煤焦油加氢装置为例，装置界区内投资约 2.3 亿元，投资回收期约为 3.3 年（包括建设期），项目经济性良好。

目前全国已有四十余套工业运行装置，所产汽、柴油产品作为汽、柴油调合组分，满足成品油市场需要。

此项目技术成熟，无投资风险，是一个投资回收期短、经济性好、产品供不应求、利于环保的煤化工项目，值得上马。

相关图片



黑龙江宝泰隆煤焦油加氢装置



河南宝舜蒽油加氢装置



河南利源葱油加氢装置



河北磁县鑫盛葱油加氢装置

石墨烯基铝空气电池产业化项目

项目简介

铝空气电池是一种将金属铝的化学能直接转化为电能的装置，具有能量密度高(800 Wh/kg, 系统可达400 Wh/kg以上)、价格低廉、资源丰富、绿色无污染、储存时间久(约15年)、放电寿命长、适配温度范围宽(20℃~60℃)及安全系数高等优势，可以满足不断发展的智能电网、移动通讯基站备用电源及电动汽车增程器对高性能电源系统的需求。然而，该技术仍面临还原催化剂催化活性偏低、电功率密度低、空气阴极化电阻较大、金属阳极自腐蚀严重、系统热失控等问题。

动力锂电池工程实验室金属空气电池研究团队首次研发了石墨烯复合催化剂，和新型结构的石墨烯基空气阴极提高了电池功率密度；通过金属阳极合金化提高了燃料利用率；优化了系统集成技术，解决了热失控问题。研发团队成功开发了石墨烯空气阴极的千瓦级铝空气电池发电系统，该电池系统能量密度高达510Wh/kg、容量20 kWh、输出功率1000W，可同时为一台电视机、一台电脑、一台电风扇以及10个60W照明灯泡同时供电。研究团队已建立年产能3000套(5 kW)发电系统的空气阴极实验线，目前正在开发3~5 kW级大功率铝空气电池系统，将在通讯基站作为应急备用电源的应用示范。

技术优势

本项目产品与传统的铅酸电池及锂离子电池等相比，具有如下独特的优势：

1. 比能量高。本项目所开发的石墨烯基铝空气电池的能量密度高于500 Wh/kg，为锂离子电池的3~4倍，铅酸电池的10倍以上。
2. 无毒、资源广泛及成本低廉。本项目所开发的铝空气电池的阳极主要成分为铝合金，电解液为KOH水溶液，空气阴极主要由锰氧化物和石墨烯复合而成，生成的产物为KA1O₂或A1₂O₃。
3. 存储寿命及运行寿命长。本项目所开发的铝空气电池可长期存放(一般可放置约15年)，不会产生自放电现象；其在运行过程中的衰减较小，运行寿命较长。
4. 可回收循环再利用。本项目所开发的铝空气电池的反应产物只需简单处理即可实现回收，回收后的产物可经电解制铝实现循环利用。

应用市场

1. 通讯基站备用应急电源系统。不依赖于外部电网的铝空气电池独立供电电源系统，可为通讯基站提供电力保障。
2. 电动汽车增程器。受限于动力电池技术水平，商业化纯电动汽车续航里程普遍低于 200 公里，消费者对其存在严重的“里程焦虑”；通过铝空气电池与商业锂电池电电耦合技术，可实现纯电动汽车续航大于 500 公里。
3. 社区备用储备电源或智能微电网电源。可作为家庭、医院、学校、超市及军队的备用电源，或智能微电网电源使用，可在干态长时间储存备用。

相关图片



输出功率 1000W 的铝空气电池发电系统样机

五轴激光精密加工系统与精密加工技术 产业化项目

项目简介

五轴激光精密加工系统与精密加工技术产业化项目-张文武项目简介《中国制造 2025》明确指出要重点发展航空装备的核心航空发动机。国产航空发动机的性能与发达国家相比差距明显，大修周期是美国的 1/2-1/3，高端军用发动机依赖俄罗斯，民用航空发动机则受制于欧美。解决航空发动机涡轮叶片极端高温环境下材料的耐热性问题，发展涡轮叶片结构高效先进的冷却技术，成为提高发动机整体性能的迫切需求。高端五轴联动激光精密加工系统，将解决新材料的升华式加工、加工深度与能量协调、在线智能控制与检测、宏微结合等关键技术问题，实现先进涡轮叶片曲面复杂异型孔加工能力，打破目前国内只能制备简单冷却孔的局面，相对直圆孔，提升新型叶片材料上异型孔的单孔冷却效率 50%以上。

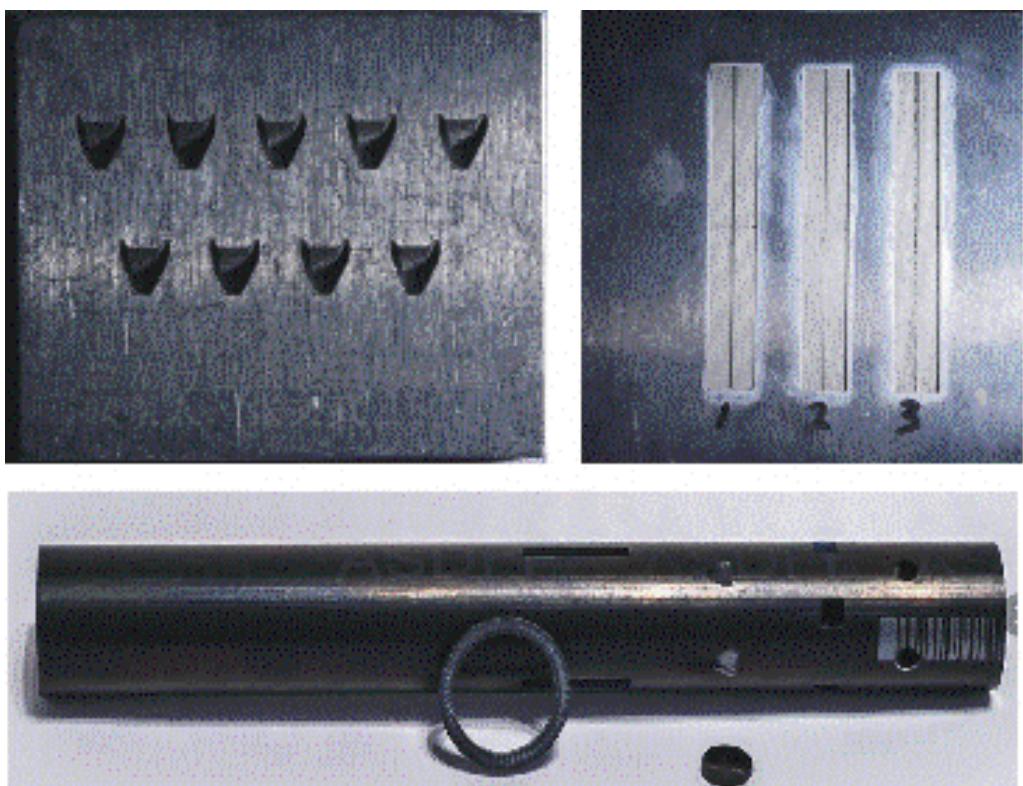
技术优势

五轴激光精密 X/Y/Z 轴有效行程分别为 500mm/500mm/300mm，重复定位精度分别为 $\pm 5 \mu\text{m}/\pm 5 \mu\text{m}/\pm 10 \mu\text{m}$ ，负载分别为 100kg/150kg/50kg，最大速度分别为 2 米每秒/2 米每秒/0.2 米每秒；动力摆头部分 A、C 轴均采用力距电机并配绝对值圆光栅，形成闭环反馈系统，其中 A/C 轴旋转角度分别为 ± 92 度/360 度，重复定位精度分别为 10arcsec/10arcsec，负载分别为 80KG/50KG，该项研发是以普通 PC 为基础，利用 Linux 操作系统的开放性，结合 RTAL 实时扩展，从而使的数控系统精度很高；此外，系统采用了实时总线结构，将 EtherCAT 实时网络通讯协议引入，替代了国内传统开放式数控系统以运动控制卡做插补和运动规划的控制方案，提高了系统的可扩展性和稳定性。解决了五轴的联动以及机械运动系统与激光触发的同步控制的难点。

应用市场

五轴激光精密加工系统与精密加工技术可实现高温合金、单晶金属、陶瓷基复合材料等多种难加工材料的精密孔加工，满足国家对飞机发动机叶片冷却孔加工的要求。同时该系统也是一种通用性很强的激光加工设备，可以应用到新型材料的功能化研究中。

相关图片



基于柔性电子的增材制造装备研发产业化项目

项目简介

传统的柔性电子元器件主要依靠刻蚀加工及印刷工艺完成，工艺复杂且生产周期长，并需在真空环境下进行。而光刻和后续腐蚀过程产生的酸碱溶液严重污染了当地环境。另外，刻蚀工艺受到油墨性能的严重限制，导线厚度较大，图案分辨率过低，无法满足人们对电路板高密度、高效率、高柔性化以及低成本、小批量生产的实际需求，无法实现柔性三维表面电子线路板的生产。

本项目通过将各类墨水进行气动/超声雾化的方式，解决了传统工艺对墨水性能的苛刻要求，实现大粘度范围内超细线宽、超薄厚度柔性电子的增材制造。另外，该技术可以在常态下实现可变分辨率复杂线路的打印，且不受基板材料及表面形状的限制。通过采用阵列式多喷头结构，实现了多材料/多组分混合打印。与传统光刻/刻蚀方法相比，微喷射增材制造技术具有节能环保、无需掩模、制作周期短、原料利用率高等诸多优点。此外，微喷射 3D 打印技术还可以实现智能结构功能部件（生物芯片、燃料电池以及人体传感器等）的嵌入式多维打印，该技术已经在电子工程、生命科学、仿生学、生物组织与器官智能制造等各领域得到日趋广泛的应用。

技术优势

本研究采用柔性电子微喷射成型工艺，与传统制备技术相比，其技术优势主要体现在以下方面：

	柔性电子微喷射成型工艺	传统柔性电子制备工艺
材料粘度范围 (cp)	1-1000	2-30
有效厚度(nm)	<100	>500
有效线宽(um)	5-3000	40-60
工作环境	室温常态	密封恒温环境
适应基板	曲面/平面基板	平面基板
材料种类	各类金属/导体/半导体/绝缘体 墨水与悬浮液	金属墨水
打印尺寸(mm)	297×420	50×100

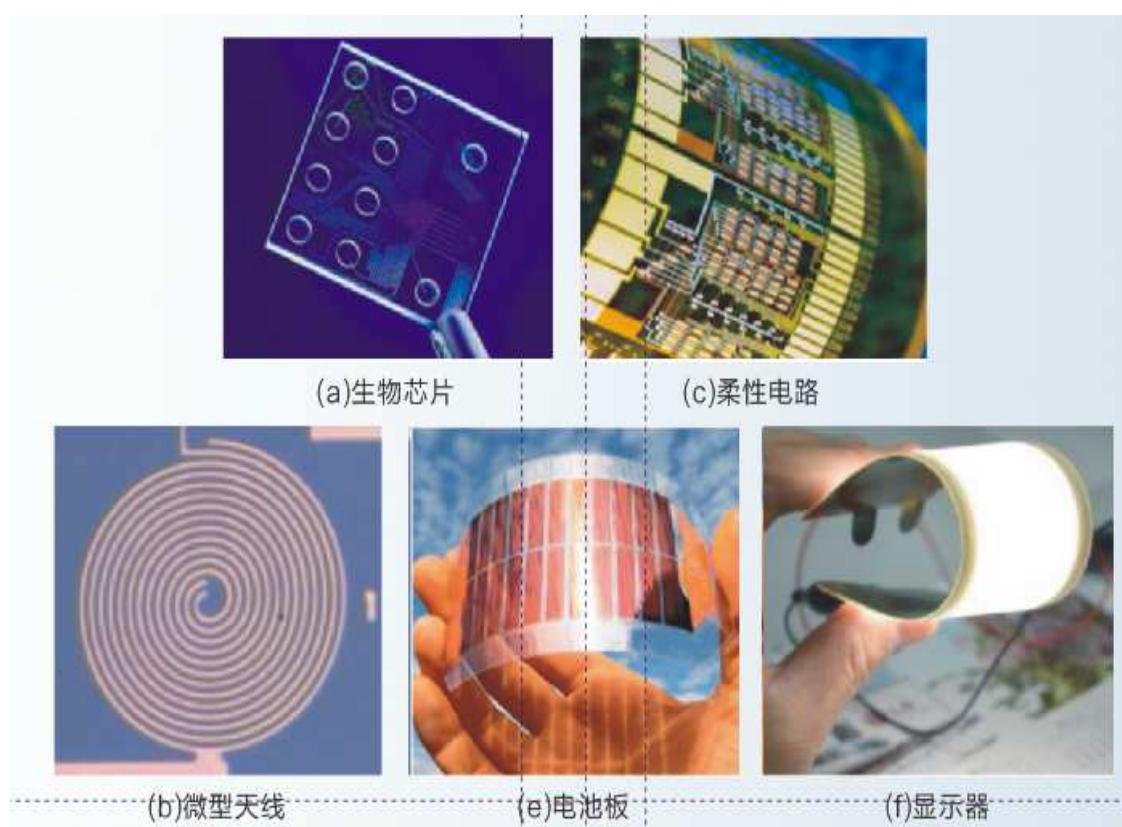
应用市场

本设备不仅可以实现柔性电子元器件（如导线、电容、电阻、电感、电池，

OLED, OTFT 等) 的增材制造, 还可以完成各类型复杂电路及智能结构功能部件的一体化打印成型(生物芯片、燃料电池以及人体传感器等), 可以广泛应用于电子工程、生命科学、仿生学、生物组织与器官智能制造等各领域。

根据英国 IDTechEx 的报告, 全球柔性电子市场到 2022 年将达到 600 亿美元, 到 2030 年将超过 3000 亿美元。本设备是国内首台超细线宽柔性电子微喷射增材制造装备, 市场潜力巨大。

相关图片



高性能低成本碳纤维复合材料产业化项目

项目简介

高性能纤维复合材料轻量化汽车已成为解决能源和环境问题的一个新型战略产品。目前占据市场主导地位的纤维增强热固性复合材料面临成型周期长、生产效率低、自动化程度低、成本较高等问题，加之配套生产线用关键设备昂贵，难以实现量产，严重阻碍了复合材料在汽车工业的应用。

本项目通过复合材料涂装示范线集打磨清洗、烘干、喷涂、烘烤为一体，配备恒压力控制的机器人打磨及优化的机器人喷涂，单件平均生产时间可小于20分钟且性能指标到达工艺标准；复合材料装配线集搬运、胶接、输送、铆接为一体，配合自主研发的高效快速胶接装置及国内首套自动化铆接装配的开发，实现了碳纤维复合材料汽车样件的快速胶接及高效的机器人铆接。同时，为客户提供汽车用复合材料从材料选材、结构和铺层设计、模拟仿真、制造工艺和模具的设计、部件制备、涂装和连接装配等一整套系统解决方案。

技术优势

1. 成型周期短、生产效率高，可实现低成本化、连续化、自动化生产；
2. 性能可设计性强，适合于各种热塑性树脂和纤维的复合材料制备；
3. 性能优异，易于长期储存，工艺过程无 VOC 释放；
4. 可直接进行熔融焊接，有利于维修；
5. 可重复加工成型，废品和边角余料均可回收利用，不会造成环境污染。

应用市场

可广泛应用于交通运输、航空航天、能源、建筑、船舶、化工、电子电器、体育等领域。

相关图片



与奇瑞合作的国内首款炭纤维复合材料电动车

MRIT1 对比剂新药研发产业化项目

项目简介

公认的降低癌症死亡率的方法是早发现、早治疗，在癌细胞扩散前对其进行检测、诊断并进行有效治疗。因此，发展一种既能够早期发现癌症，又能够对癌症进行有效治疗的方法显得尤为迫切。要实现对癌症的早期发现需要各种医学造影剂，要实现对其进行治疗则需要各种治疗试剂。

迄今为止，虽然已有多种造影剂投放市场，但已经商业化的医学造影剂主要为国外大公司开发，中国完全没有自主知识产权。此外，已经商业化的造影剂，功能单一，本身不具有治疗功能。因此，开发具有中国自主知识产权的具有治疗作用的多功能造影剂迫在眉睫。

技术优势

1. 温和水相制备工艺。超精细铁氧体传统制备采用备高温裂解油相法，本项目自主创新研发出温和水相法制备超精细铁氧体，具有更优的生物相容性，以及避免高温以及相转换等繁冗生产过程，后续工艺扩大化更容易实现，有效降低生产成本。

2. 高产出比工艺。本项目自主创新研发的超精细铁氧体制备工艺，一步法实现超精细铁氧体的制备，由于制备工艺简单，避免传统方法繁冗制备过程中铁氧体不必要的损失，具有极高的产出比。

3. 铁氧体基高安全性。铁元素本身就是人体必需元素，铁氧体对比剂具有更高的安全性。

4. 卓越的 MRI T1 增强性能。与临床用钆基相比，本项目自主创新研发制备的超精细铁氧体具有优越的 T1 增强性能，信号强度与之相当甚至更优。

5. 血池造影及实体肿瘤成像性能。本项目自主创新研发的超精细铁氧体，由于其超小粒径效应，其在血液中的血滞时间大大延长，可做为良好的血池对比剂；进一步对其粒径进行调控，即可实现实体肿瘤成像。

应用市场

多功能性造影剂将来主要用于各种恶性肿瘤等的早期检测、诊断与治疗方面。根据现有造影剂的缺陷，利用纳米技术平台，设计和制备的一类集造影和治疗功能于一体的新型试剂，这一技术构想，不存在地域性的特殊限制，对于各种恶性肿瘤等重大疾病均适用，具有潜在普适性和良好的市场前景。2013 年国内

MRI 造影剂市场超 6.5 亿人民币，预计 2017 年将达 14 亿人民币，但市场基本被国外药企所垄断，包括拜耳、通用、博莱科等；全球 MRI 造影剂市场预计在 2017 年可达 21 亿美元。综合而言，本项目具有较大的市场潜力。

本团队计划利用具有自主知识产权的核心技术，打造针对重大疾病，以诊断为基础，辅以治疗的生物诊疗医用材料的产业。根据团队核心材料的物性，首先确定两种制剂类型：适用于心血管疾病的诊断（注射对比剂 20 分钟内造影），以及适用于恶性肿瘤的诊断（注射对比剂后 50–30 分钟造影），以及对其它疾病的诊断，包括骨骼肌肉系统，神经系统等疾病。

计划产品系列包括

1. 心血管疾病的诊断；基于超精细铁氧体对比剂材料的血池造影功能，实现对心血管疾病的诊断，例如动脉粥样硬化易损斑块的早期鉴定，基于条理作用，促使巨噬细胞、炎性细胞等吞噬超精细铁氧体材料，通过信号对比度，实现稳定斑块与易损斑块的早期检测，为临床提供影像技术支持；
2. 实体肿瘤（癌症）的早期诊断；基于超精细铁氧体对比剂材料的 MRI T1 信号增强功能，利用实体瘤的条理作用，即高通透性和滞留效应 (enhanced permeability and retention effect)，使对比剂材料在实体瘤累积并改变其 MRI T1 信号对比度，实现实体瘤的早期诊断；
3. 精准靶向药物的诊疗一体化药物等；基于团队的新型 NPY 靶向分子的新应用，跨越血脑屏障肿，实现肿瘤，脑部疾病等的瘤精准靶向与治疗；
4. 老年痴呆症、骨骼、肌肉系统等疾病的定性诊断。