



北京理工大学
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY

科技成果汇编

北京理工大学技术转移中心

目录

一、宽谱带、高灵敏度光电探测与成像芯片	4
二、水凝胶隔热降温产品	6
三、仿生智能三维感知技术	8
四、智能手机眼底相机	10
五、智能仿生机器鼠	12
六、复杂结构件数控加工精度与稳定性控制	15
七、针对球面的光学测量干涉装置	17
八、消防现场信息智能侦检机器人系统	20
九、工业危险气体泄漏的非制冷红外成像检测技术与装备	22
十、新型多靶标抗耐药菌抗生素	24
十一、透射电子显微镜模拟器 (TEMS)	26
十二、在线激光煤质分析仪	31
十三、涉重危废资源化生物沥浸-循环富集成套设备	34
十四、基于 SPR 和 MIT 的唾液激素检测仪	36
十五、面向人体狭窄空间的刚柔耦合手术机器人	38
十六、高温高能激光防护涂层	40
十七、工程车辆/农业机械用液压机械复合无级变速器	42
十八、肿瘤类器官芯片平台	44
十九、生物法制备医药中间体甘草次酸的绿色生产工艺	46
二十、气/固/液混合多相流流型/流量精准检测系统	48
二十一、人机协同手术操作机器人	50
二十二、新一代高效跨季节储热技术	52
二十三、复合材料三维数字化工艺设计与仿真软件 (CPSD)	54
二十四、产花青素微生物菌株与生产工艺	56
二十五、低散斑噪声光学相干层析成像 (OCT) 系统	58
二十六、单幅无载波牛顿环干涉条纹分析技术	60
二十七、滑雪运动员运动信息采集与分析系统	62
二十八、低成本、单目实时三维地形重建技术	65
二十九、提高学习记忆能力药物	67
三十、低温等离子体高温快速止血消杀微系统	70
三十一、基于差分拉曼便携动态无创血糖监测仪	72
三十二、大场景运动轨迹与动作采集分析系统	74
三十三、木材智能检尺系统	76
三十四、毓旋翼——模块化可变形飞行器	78

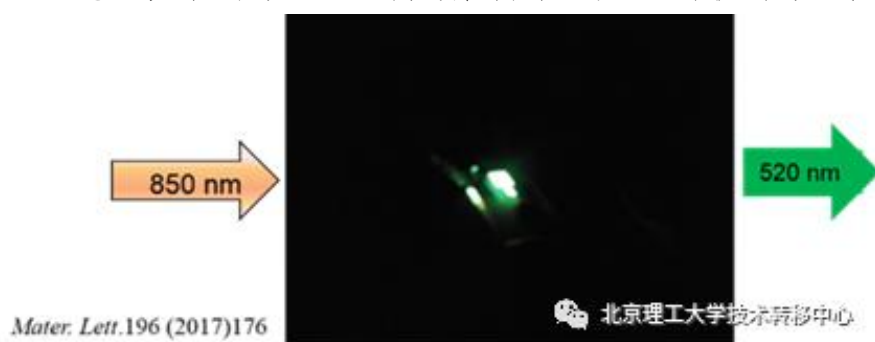
三十五、高性能量子照明雷达的设计与仿真	80
三十六、液态金属薄膜热界面材料	82
三十七、高压轴向柱塞泵马达设计方法	84
三十八、核电机机器人关键技术与智能装备研发及应用	86
三十九、一种凸极式永磁同步电机在线参数辨识方法	88
四十、基于光学超颖表面的多维信息显示技术	90
四十一、精密玻璃模压成形机	92
四十二、多波段红外场景生成装置	94
四十三、机械手无损检测系统	96
四十四、微细刀具技术与系列产品	98
四十五、生化违禁品快检微型质谱仪	100
四十六、光学超颖表面的多维信息复用防伪标识与加密技术 ...	102
四十七、有机磷多面体低聚硅倍半氧烷(P-POSS)阻燃剂	104
四十八、智能手机 3D 曲面玻璃制备用高性能石墨模具	106
四十九、一种防抖、宽视野的仿生眼	107
五十、天然海洋多糖高分子分离及高值化利用清洁技术	109
五十一、多模式可重构超宽带通信及雷达集成收发芯片	111
五十二、微针光动力治疗技术	114
五十三、一种体育训练用加速方法及加速装置	116
五十四、毕业设计论文格式检查系统	118
五十五、球形两栖机器人	120
五十六、警用催泪喷射器内容物的绿色回收技术	122
五十七、高度和角度可调节的双滑块式斜坡实验台	124
五十八、基于中腰辅助运动的四足机器人	125
五十九、计算机辅助装配过程管控系统	126
六十、具有眼动追踪功能的波导式集成成像三维显示系统	127
六十一、基于全息衍射光学元件的消色差的波导显示系统	129
六十二、超轻薄宽光谱全息天线	130
六十三、绿色高效制备纳米纤维素	131
六十四、三维点云与光学影像融合装备	132
六十五、智能高分辨成像光谱装备	134
六十六、大规模集群云工作流分布式调度系统	136
六十七、金花葵花中有效成分的分离与纯化	137
六十八、新一代纳米抗体从头测序技术	138
六十九、血管疾病智能介入诊疗平台	139
七十、增强型人体运动康复泡沫轴	141

七十一、多架构系统建模软件	143
七十二、银杏废弃物的无害化处理	145
七十三、智能样品管理系统	146
七十四、智能水硬度在线监测与控制系统	148
七十五、可再生能源电解水制氢催化剂制备及其应用	150
七十六、鸟嘌呤基珠光颜料	152
七十七、mRNA 疫苗递送的新型可离子化脂质纳米颗粒平台	154
七十八、仿昆虫跃翔机器人	156
七十九、可实时通信的水陆两栖无人巡逻车	158
八十、柴油车排放遥感大数据监测系统及监测方法	160
八十一、改性聚间苯二甲酰间苯二胺超滤膜	161
八十二、微生物高效合成人参皂苷 Ro	164
八十三、旋转对置活塞发动机	165
八十四、高光溢出效果半导体纳米晶器件微结构的构筑	167
八十五、开放空间快速蒸汽技术	169
八十六、抗癌药氨鲁米特的三个新共晶化合物	170
八十七、一种丝素蛋白- NIPAM 光子晶体水凝胶	171
八十八、基于概念信息语义相似度的智能问答系统	173
八十九、复杂结构件数控加工精度与稳定性控制	175
九十、用于塑料激光焊接的 Er:YAG 脉冲激光器	177
九十一、创新微纳包装材料仿真设计技术	179
九十二、过氧化物爆炸物检测技术	181
九十三、缓释型胃内漂浮片	183
九十四、零污染车用空调 CO ₂ 涡旋压缩机	185
九十五、饲料用氨基酸的高效微生物制造	186
九十六、多模式可重构超宽带通信及雷达集成收发芯片	188
九十七、低成本超宽带高精度快起型锁相环	191
九十八、单目视觉测量系统	194
九十九、基于光学超颖表面的光束整形与偏振调控技术	197

一、宽谱带、高灵敏度光电探测与成像芯片

01 成果简介

本项目中，以光电性能优异的新颖窄带隙量子点纳米材料为光敏层、高导电率的石墨烯薄膜为栅极，采用垂直晶体管器件结构，集成光电晶体管结构新型设计、石墨烯的低态密度及其电荷掺杂类型和功函数可由电压调控等特性于一体，实现从紫外到中波红外（4 μm ）的一体化、低成本、超宽谱段的微弱光探测与成像。进一步，与成熟的光学和传输设备相结合，具有无限的应用价值。可应用于夜视、侦察与监视、遥感、火控系统、红外成像制导、光电对抗等领域。



图：将近红外光转换为绿光的实验室验证

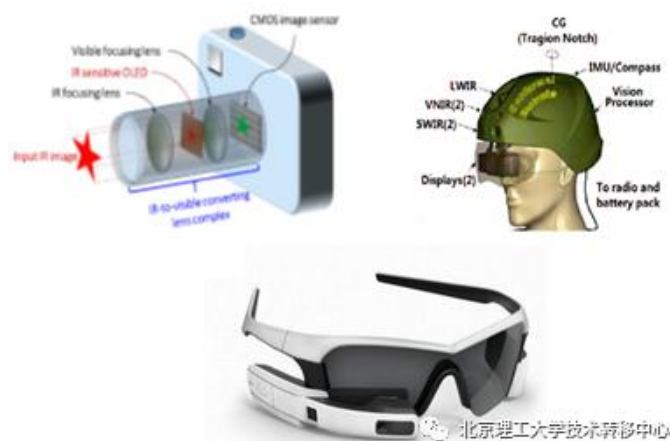
02 应用领域

（1）工业企业关键资产和重大危险源在微弱光条件下的全域监控与防护：构建基于物体（建筑物）自身辐射光波的在微弱光（夜天光）条件下的成像监测，目前市场空白，中国有 10 万家工业企业有需求，市场规模达人民币 100 亿元以上。

（2）特殊行业（国防、国家安全、公共安全）夜视、侦查领域的应用：构建新时代数字场地系统，每年的市场容量达 10 亿元人民币。

（3）智慧园区、智慧社区、智慧城市的应用：构建智慧安防系统，弥补智慧安防系统在微弱光条件下的功能盲区，中国每年的市场机会达人民币 20 亿元。

（4）人工智能和个人消费类应用：自动驾驶的路况自动识别，实现智慧交通，与个人移动终端的应用，将是个蓝海市场。



图：民用和军用可穿戴式夜视仪

03 市场前景



2014-2023 年全球民用红外市场规模及预测

（资料来源：Maxtech International, 2014，北京欧立信咨询中心）

04 知识产权

经过 10 年的经验积累，我们已经掌握相关量子点合成及其光电探测器制备技术，已申请相关发明专利 5 项。

本项目的完成，可形成一套新的成像理论、一种量子点红外成像芯片和一种量子点红外探测芯片、一套量子点红外成像芯片的量产工艺及方案设计等五项以上发明专利和软著权。

05 合作方式

以学校实验室为基础，希望能融资或投资 500 万元，更新陈旧实验设备、购买新材料，实现器件工艺的优化和直视型光电探测与成像系统的应用研究。之后，开设公司或与相关对口企业进行对接，向企业转移科技成果。

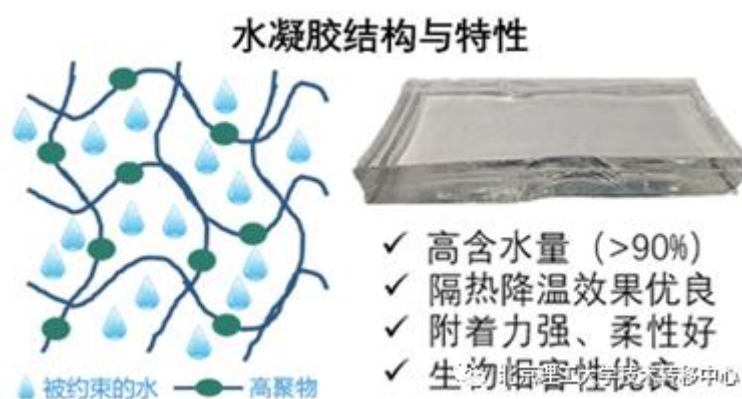
在完成直视型成像器件的基础上。接下来，希望再融资或投资约 4000 万元，进行阵列探测器及成像产品的优化及器件性能的改进和提升。

二、水凝胶隔热降温产品

01 成果简介

水作为世界上比热最高的材料，是最常用的天然降温材料。但因其强流动性，水难以附着在人体表面，因此难以实现对人的有效防护和及时处理。近年发展起来的水凝胶材料，以三维网络状高分子锁定了大量水分子（含水量高达 90% 以上），具有与水几乎相同的比热容，同时体现出非常好的粘附性、较好的生物相容性、更低的成本、优异的隔热效果等优点，有望成为新型的高效隔热降温材料。

针对不同应用场景，团队开发了三款水凝胶隔热降温产品：隔热降温喷剂、贴片类和软膏类高端医用敷料。喷剂可在高温环境下对人直接进行保护，也可对得到有效救治前的烧烫伤进行紧急预处理，属于填补市场空白的一类产品。另外两类产品属于多功能型高端医用敷料，用于对烧烫伤及其它类型伤口的处理。



02 应用领域

（1）烧烫伤预防及紧急预处理

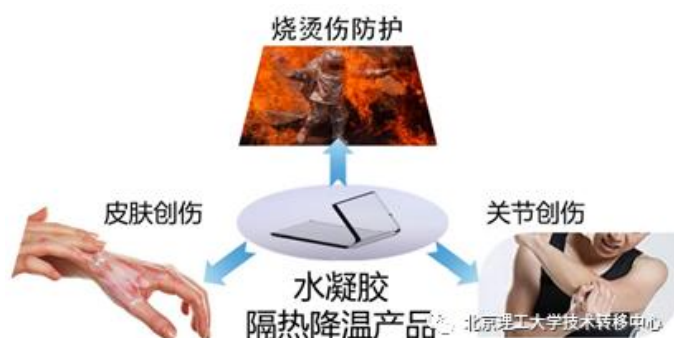
面向烧烫伤预防及紧急预处理，本项目开发了水凝胶复合喷剂。该产品可在高温环境下快速形成大面积的水凝胶膜。该水凝胶膜不仅具有良好的降温效果，还具有优异的粘附和力学强度，可保证在运动过程中不破损并与人体紧密贴合，实现有效快速的保护，帮助危险中人员快速逃生。

（2）皮肤创伤快速、便捷处理

为了实现对烧烫伤等皮肤创伤的快速、便捷处理，开发了贴片类水凝胶高端医用敷料。与市场上同类型产品相比，该款产品具有更强的力学性能，并可增加促进伤口愈合的功能，同时结合 3D 打印技术开发了针对不同部位、含有纳米材料、生物材料、智能材料等复合材料的定制化水凝胶高端医用敷料。

（3）异形部位皮肤创伤处理

为了实现水凝胶在人体异形部位（如肘关节）的皮肤创伤处理，本项目开发了软膏类水凝胶高端医用敷料。通过将不同的粉末混合，涂抹于身体的异形部位，进而快速形成高强度、医用型水凝胶膜。该款产品适用于异形部位的皮肤创伤，同时适用于局部精细处理，并可在运动过程中保持与皮肤良好接触。此外，通过在该款产品中引入抗菌消炎成分，实现多功能化，促进伤口的愈合。



03 市场前景

中国每年有 2600 万人发生烧烫伤。国内每年烧烫伤、创伤治疗及外科手术医疗费用约为千亿人民币，其中医用敷料费用就高达 30 多亿人民币。由于传统医用敷料产品难以满足慢性和复杂伤口的治疗需求，高端敷料已成为推动敷料市场发展的主要驱动力。截止 2017 年，全球高端医用敷料销售收入达 167.3 亿美元，年增长率在 10% 以上。高端医用敷料市场主要集中在欧洲（占 41%）、美国（占 39%）等发达国家。我国高端医用敷料研发方面较为薄弱，主要依靠进口，目前产品研发尚处于市场培育阶段，尤其可实现快速成膜、绿色安全、有效防护的隔热降温敷料尚属空白。基于此现状本项目开发了三类高端医用敷料产品，具有非常广阔的市场应用前景。

04 知识产权

已申请相关发明专利 10 项。

05 合作方式

作价投资、转让许可、股权投资

三、仿生智能三维感知技术

01 成果简介

在科技高速发展的时代，智能无人平台已成为人们生活不可或缺的科技应用之一，其中的智能感知技术是无人平台智能化的先决条件。传统的感知技术通过主动与被动复合的方式，可解决如视场、分辨率、实时性某一方面的问题，但是难以同时兼顾以上需求。鉴于此，本项目的核心在于从成像源头寻求突破，提出一种仿生视网膜的成像感知方法，通过实践的验证，设计了一套基于仿生视觉感知的智能无人平台，从感知方法层面、技术层面、应用平台层面三个方面验证了实际使用的可靠性，旨在为智慧物流、无人驾驶、智能制造等方面提供解决方案。



图：无人平台智能感知技术

02 应用领域

看的广、看得清又同时兼顾实时性是无人平台感知的必要条件，本项目借助仿生视网膜的特性，从成像源头进行突破，解决了传统成像无法兼顾的问题。可应用所有需要对成像质量与成像速度要求比较严格的场所，包括遥感测量、智能交通、智能物流、无人驾驶、智能仓储、智能制造等无人感知平台，应用十分广泛。



03 市场前景

随着人工智能技术概念的不断升温，无人驾驶、智慧物流、智能制造等相关技术的应用也越来越成熟，感知技术的需求也越来越明显。据《Ofweek 产业研究院》报告指出，在 2019 年中国感知市场规模已经达到 396.5 亿元，预测 2020 年和 2021 年市场规模可以达到 735.4 亿和 1054.7 亿元，市场增长迅速，前景十分巨大。



04 知识产权

相关技术已申请发明专利 38 项，其中已获批 14 项，已公开 24 项。

05 合作方式

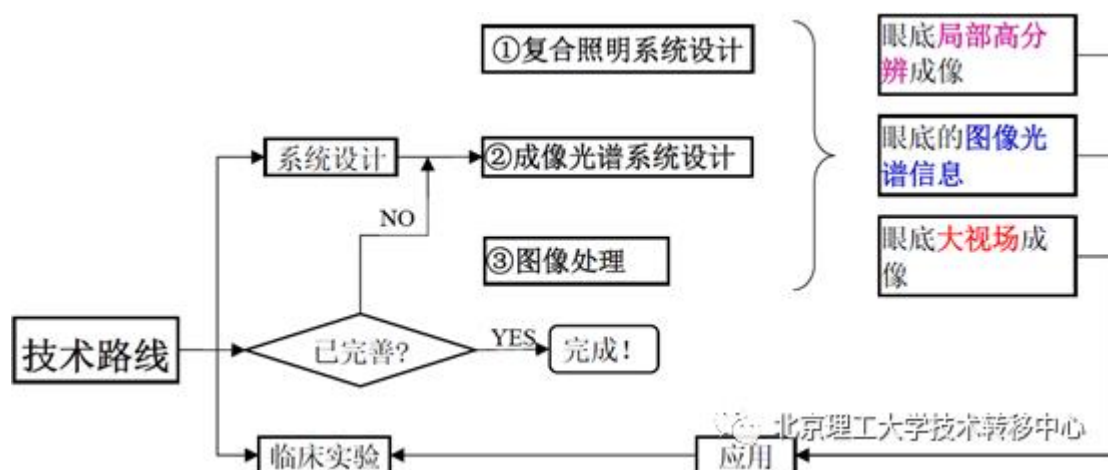
目前，在国家与省部级项目资助下，已经形成具有一定技术积累和转化条件的科技成果，可以采用多种模式合作推进成果转化。项目后期为底层器件研究，届时可采用融资方式开展。

四、智能手机眼底相机

01 成果简介

眼睛是人的重要器官，也是无法替代的器官。随着电子产品的大量普及以及各种慢性病的低龄化，眼科疾病呈高发趋势，因病致盲的人数逐年上升。在眼科专科诊断中，最重要一项就是眼科影像诊断。眼科影像诊断对提升居民健康质量，辅助早期慢性病预防具有重要意义。

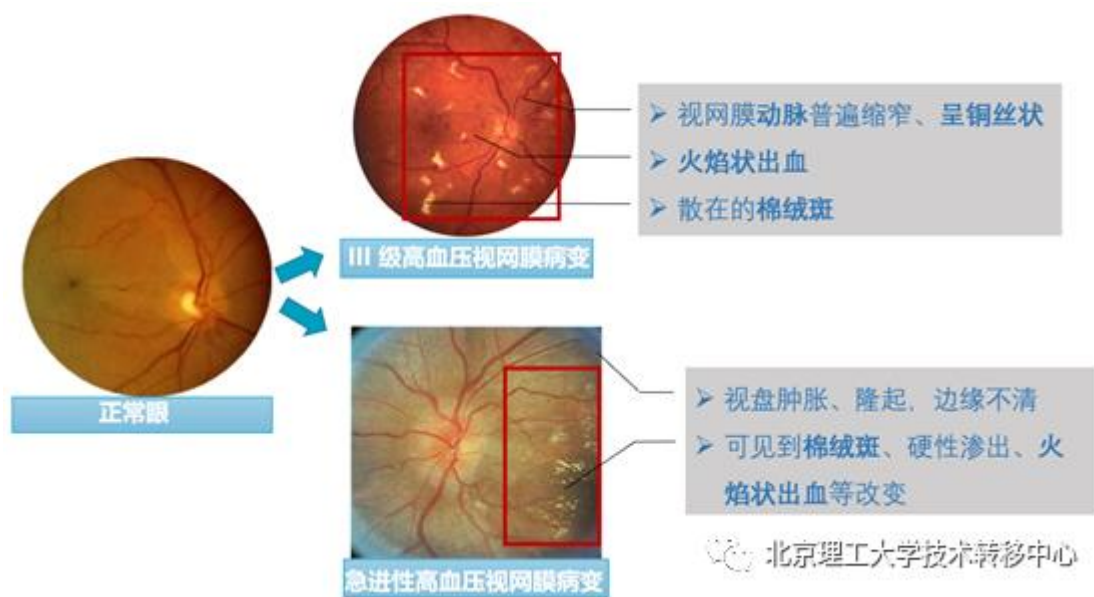
智能手机眼底相机把眼底相机与智能手机相结合，利用智能手机的摄像模组和图像处理芯片，可获得比传统眼底相机更清晰的眼底图像，比传统眼底相机更强的图像处理能力，并且成本远低于传统眼底相机。项目组还研究了结构光超分辨技术、光场技术，后续将应用到智能手机眼底相机之中，进一步提升眼底相机的性能。



图：关键技术路线图

02 应用领域

眼底相机广泛地应用于眼底疾病筛查与眼底疾病诊断，具有操作简单、使用方便的特点。目前市场上的眼底相机以国外产品为主，国内也有不少企业及科研单位开始研发眼底相机。然而市场上还没有推出结合手机使用的智能眼底相机，本课题提出的智能手机眼底相机，可开拓这一新的细分应用领域。智能手机眼底相机具有跟传统眼底相机相当甚至更高的眼底成像性能，并且在成本上优势明显。



图：眼底图像用于高血压的诊断

03 市场前景

据统计，影像诊断占专科疾病诊断依据的 60%-90%。但是，当前我国大部分地区的医疗卫生信息化现状难以适应新医改的要求。各级医疗机构对于眼底相机都有需求，其市场前景广阔。本项目要开发的智能手机眼底相机是把眼底相机与智能手机相结合，一方面能获得超过传统眼底相机的眼底图像，另一方面成本比传统眼底相机更低。当智能手机眼底相机的价格低于人们的心理预期后，不只是医疗机构，眼底病，糖尿病等人群也会有较大的需求。

04 知识产权

已申请相关发明专利 2 项

05 合作方式

作价入股、合作研发、股权投资

五、智能仿生机器鼠

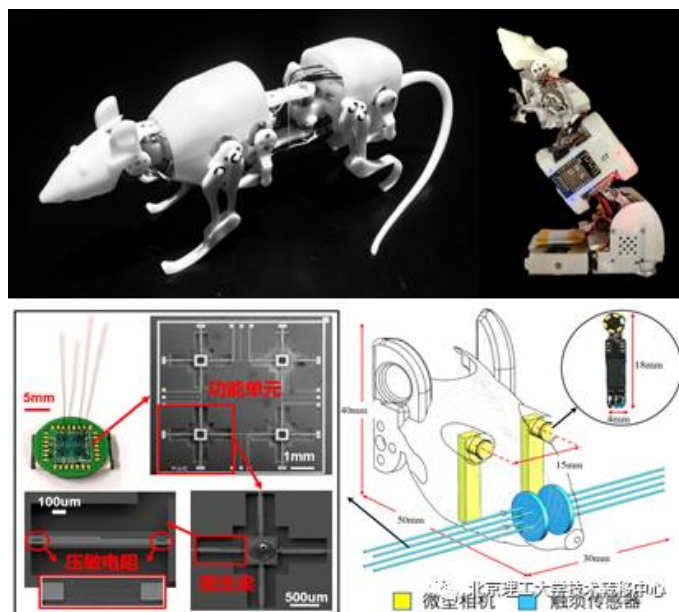
01 成果简介

微小型仿生机器人体型小巧、机动灵活，是执行狭窄空间探测的理想机器人形态，能进入人无法到达的区域执行危险任务，在国家公共安全、国防方面具备很好的应用前景。同时，利用微小型仿生机器人复现动物行为模式，为人类探索生命规律、解决相关科学问题提供了新的技术手段和研究思路，是国际前沿热点。但是，由于受尺度限制，微小型仿生机器人仅能承载有限的硬件和计算资源，在多模态运动、多传感器集成等方面存在诸多挑战。本课题组以鼠类作为仿生对象，突破了微小型仿生机器人多关节灵巧设计与系统集成关键技术，研制成功了集成度高、运动协调能力强的仿生机器鼠。该机器鼠具有以下基本特点：

（1）在形态及尺寸上十分接近真实鼠，拥有类似真实鼠的运动特征，具备多个主动自由度，可实现基于行走、小跑、双足跳跃等步态控制，适应多种复杂地形，可实现从屈膝到站立、直行、扭转、匍匐前进等多种仿生运动模拟；

（2）通过融合多种材料（硅胶、ABS 树脂）及现代加工方法（线切割、激光、MEMS）优化机构设计，高度集成了控制、驱动、无线通讯、感知等模块，实现了系统设计的高度集成化、小型化、轻量化，所有模块加在一块总重量不超过 250 克；

（3）结合视触觉感知系统，研制出了 Rat-Brain 智能系统，利用 AI 技术可识别当下环境中的物体，感知触碰物体表面的粗糙度及纹理特征，以及即时定位与地图重建。利用无线通信技术，在保证控制实时性的同时，可通过多机器鼠集群控制实现大规模在线任务规划。



02 应用领域

(1) 工业应用：可用于管道检测或侦查方面，由于体积小，运动能力强，可以进入狭窄空间检测设备故障，或进入管道检测油气泄露。当前同类产品中，普遍体积大、重量过重，在狭窄空间或管道中难以实现灵活运动控制。

(2)家庭应用:作为一款智能的仿生机器鼠可用于个人/家庭中,如电子宠物去服务大众。智能仿生机器鼠,成本较现有产品低,且更加小巧、可根据用户需求自主定制外形,更易使大众接受。

(3) 教育应用: 随着 2025 中国制造的提出以及国家对机器人领域的重视, 机器人培训机构大量出现, 高校也逐渐重视该领域的研究。然而, 市面上机器人实验平台大多开放程度较低, 科技含量有限, 不能满足大学生等方面的实验和研究。机器鼠可以填补相关方面的空缺, 作为教育机器人使用。



03 市场前景

(1) 管道检测：随着我国出台相关文件，加大对地下管网检查的力度，对应管道检测维修需求市场稳步增长。现有管道机器人技术

成熟各公司产品大同小异，均采用模块化设计。在技术上、外观上都很相似。这些产品针对状况较好的管道可以顺利完成检测，对杂物较多的管道则无能为力。针对大量杂物存在的管道，需研究特殊行走方式。而机器鼠体积小、行动灵活、智能化的特点无需设计多种特制的机器人，成本极大降低；

（2）家庭教育：近几年家庭机器人占比增长迅速，有机构预测2018-2020年累计销售额可达百亿美元。同类产品比如索尼的AIBO，但由于其高昂的售价，并不能大范围普及，相比之下智能仿生机器鼠具有较强的性价比。同时机器鼠可以填补国内高校机器人方面的空缺，作为教育机器人使用，预计市场规模上亿元。

04 知识产权

已申请美国、日本等国际发明专利3项，国家发明专利7项（授权3项）。

05 合作方式

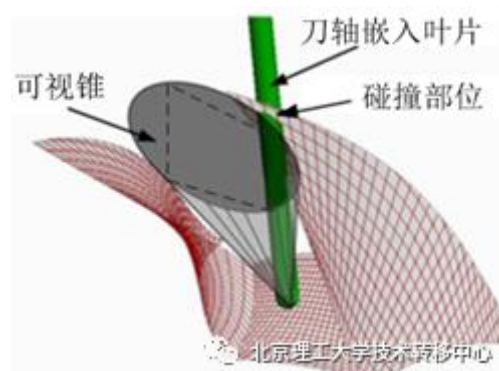
技术转让、技术许可

六、复杂结构件数控加工精度与稳定性控制

01 成果简介

随着航天发动机性能和技术指标不断提升，涌现出叶轮、机匣、舱段、壁板等大量服役于高温、高应力恶劣工况的高性能复杂结构件，此类零件结构整体成形、型腔封闭狭小、型面精度苛刻、薄壁易于变形、材料难于切削、极低损伤要求，迫切需要解决高速切削机理、刀具设计制造、刀具路径规划、加工颤振抑制等制约高速切削加工效率、精度、稳定性的瓶颈问题。

项目在“高档数控机床与基础制造装备”科技重大专项、国家自然科学基金的支持下，系统掌握了航天特种难加工材料高速切削工艺规律，提出了五轴铣削刀具“结构-参数-动态特性”一体化设计与无瞬心包络刃磨方法，提出了多轴铣削刀具路径高阶切触规划和精度控制方法，提出了多轴铣削加工过程稳定性预测与颤振在线抑制方法，掌握了多轴加工的装备工艺交互行为及其动态演变规律，揭示再生效应和过程阻尼对加工稳定性的影响，通过刀具结构模态耦合调整工艺系统阻尼，实现颤振在线抑制，显著扩大了极限稳定区域。



图：基于可视锥的数控加工路径规划

02 应用领域

航天特种难加工材料切削机理、五轴侧铣刀具设计制造、整体复杂异形结构五轴铣削工艺规划、弱刚度薄壁结构加工变形控制、高速铣削稳定性控制与颤振抑制、切削数据库与数据服务等技术成果应用于航天发动机数字化柔性生产线，极大地提升了五轴叶轮加工中心、五轴镗铣加工中心、五轴卧式车铣复合加工中心等国产高端数控装备对于五轴铣削、车铣复合加工的工艺适应能力，显著提高了钛合金、高温合金、金属间化合物等航天特种难加工材料的切削加工效率，加工精度和表面质量全面满足设计要求，为实施航天发动机智能制造工

程打下了坚实基础。

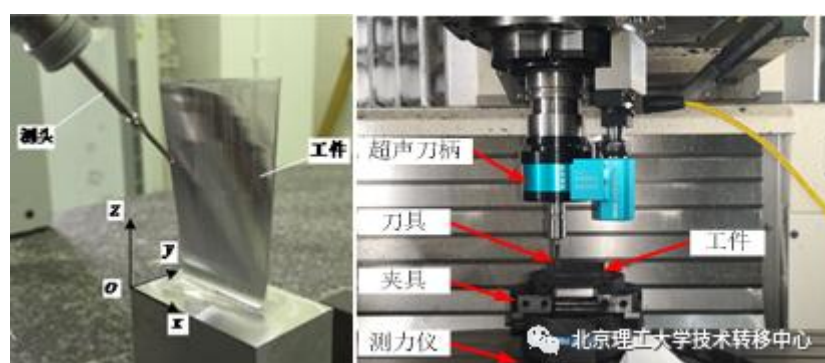


图: 叶片轮廓精度测量与航天结构件超声振动加工

03 市场前景

随着五轴车铣加工中心、五轴铣削加工中心、五轴镗铣加工中心等国产高档数控装备大量应用于航天、航空、兵器、能源动力等国家重点行业企业，项目成果对于广大企业提升数控机床的加工效率、保证大型复杂结构件的加工精度和加工稳定性具有广阔的市场前景。

04 知识产权

已获授权国家发明专利 23 项。

05 合作方式

技术转让、合作研发

七、针对球面的光学测量干涉装置

01 成果简介

干涉测量具有极高的精度,在光学测量中占有重要的地位,它以光波长作为测量尺度和测量基准,在光学材料特性参数测试、光学薄膜厚度测试、光学元件特征参数测量、光学系统成像质量检验、精密测量、精密加工等方面有广泛的应用。

项目提出了一种新型干涉测量法,可测量球形表面(例如透镜)的物理参数,获得曲率半径、顶点位置等信息。其机理是利用现代信号处理和机器学习分析球形表面干涉测量所形成的牛顿环干涉条纹,从条纹中提取物理信息。(如图1)

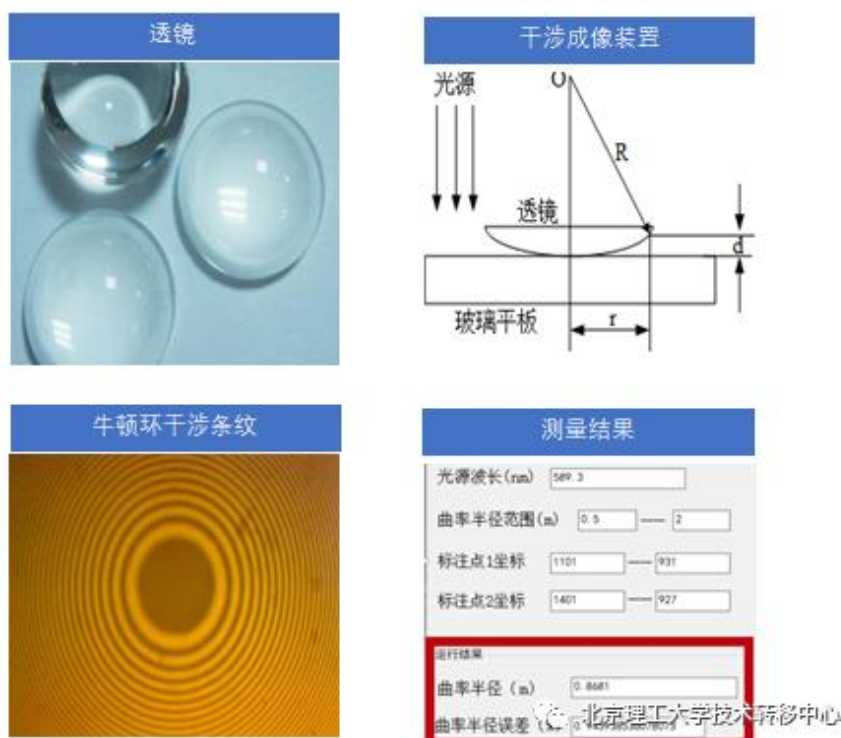


图 1: 干涉测量法测量透镜曲率半径

该干涉测量法区别于时间相移干涉仪,无需压电陶瓷(PZT)产生多个相移帧图进行处理。也区别于其它动态干涉仪,无需多台相机或相位掩膜产生多帧图或空间载波技术来完成测量。该干涉测量法可直接对单幅无载波的牛顿环干涉条纹进行分析,无需额外硬件装置即可完成高精度动态测量,获取球形表面的曲率半径等物理参数。解决当前干涉测量方法对图像需求量大、成像要求高、硬件成本高的问题,同时又具备很好的抗干扰能力,特别是遮挡、灰尘、镜面刮擦、噪声等干扰情况(如图2)。

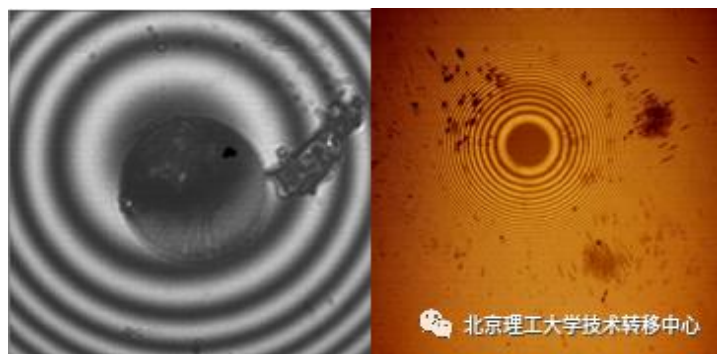


图 2: 遮挡、灰尘、镜面刮擦对于干涉条纹的影响

该干涉测量法无需观测整个干涉条纹的情况,也能完成高精度曲率半径测量。且该方法无需高分辨相机拍摄,甚至低分辨到图像失真,也可完成高精度测量。

02 应用领域

(1) 球面的曲率半径测量

任何球面的曲率半径测量都可用干涉测量法完成,通过分析干涉成像所得的牛顿环干涉条纹,即可测量球面的曲率半径。小到普通透镜、大到天文望远镜、也可扩展到对人眼的曲率测量。

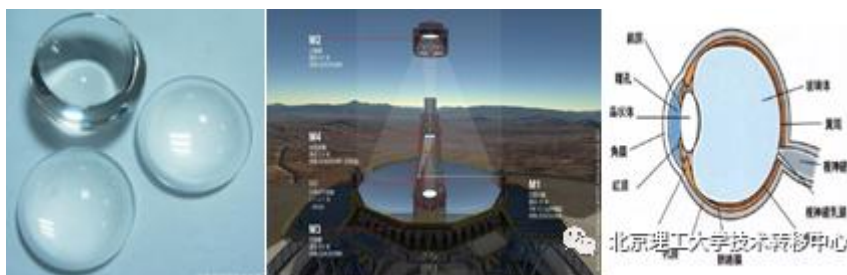


图 3: 普通透镜、天文望远镜、人眼

(2) 光纤端面检测仪

目前业内的光纤端面检测仪绝大部分为时间相移干涉仪,无法进行动态测量。目前只有美国 Norland 的 CC6000 可实现基于单幅条纹图分析的动态测量。但其采用的是空间载波技术,没有很好的挖掘干涉条纹的信息,对外界干扰、振动和噪声敏感。本成果基于所提的新体制干涉测量法开发的原理样机,不仅可以实现基于单幅干涉条纹的动态测量,而且无需载波调制或相位调制,充分挖掘干涉条纹信号的本质,不仅能实现高精度测量,且在抗干扰性能上优于 Norland CC6000。

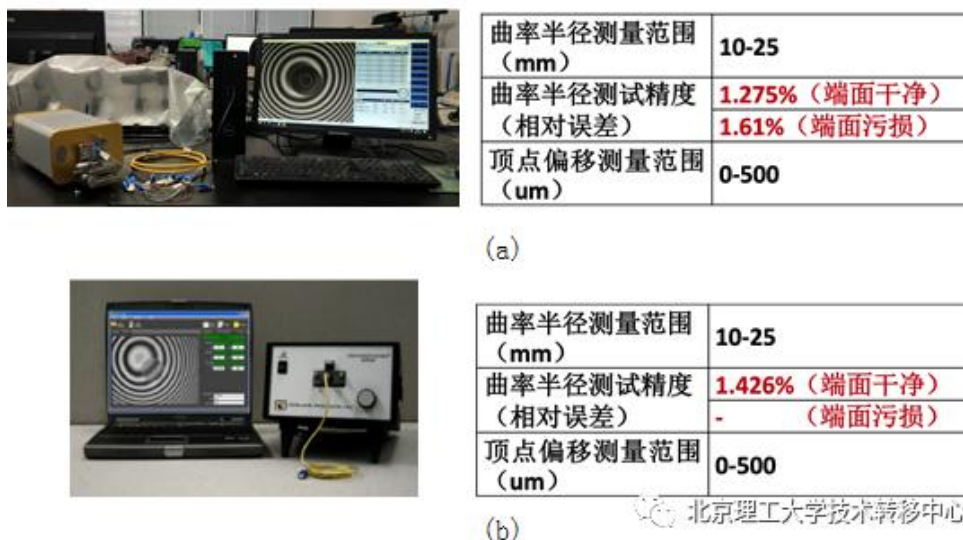


图 4: (a) 原理样机的测试结果 (b)Norland CC6000 的测试结果

03 市场前景

球面测量应用非常广泛，小到眼镜镜片，大到天文望远镜，都需要进行曲率半径等物理参数测量。本成果是专门针对球面测量的新型干涉测量法，核心在于干涉条纹分析算法，既可以自成体系，也可和现有干涉仪结合，即插即用。而且无需当前主流干涉法所需的相移、载波调制、相位掩膜等昂贵的硬件装置。

在不同的应用场景，其市场前景不同。以光纤端面检测为例，随着 5G 技术的发展，核心网、传输网建设对光纤的需求量越来越大，如今我国每年的光纤连接器产量占到全球的 80%以上，光纤头和线缆的生产厂家对相关的光纤检测设备的需求量为每年 500 台以上(2017 年数据)。光纤端面检测仪的售价昂贵，国外公司产品价格大约在 15-30 万元，国内公司的相关设备也有 10 万元左右，这些主流光纤端面检测仪均采用基于 PZT 的时间相移干涉仪，而业内最好的 PZT 为德国 PI 公司所研发，价格高达 5 万元。基于本成果的所开发的原理样机，则无需 PZT 相移，不仅节约硬件成本开销，可以具有更为优异的抗干扰性能。目前正在开发功能更为完善的可以面向市场的原理样机，其推出可成为业内第二款基于单幅条纹动态分析的光纤端面检测仪（第一为美国 Norland CC6000），打破其垄断，填补国内空白。

04 知识产权

授权 3 项发明专利，中国 2 项，美国 1 项；另外有 2 项美国发明专利分别在审和在申请。

05 合作方式

本成果可应用多个领域，不同领域根据其技术成熟度和市场前景，分别可以技术开发、技术转让方式进行合作，具体面议。

八、消防现场信息智能侦检机器人系统

01 成果简介

本项目研发的消防机器人是抛投式微小型智能探测机器人，重量为 2 公斤以内，可以随身携带，能以手抛、炮射、空投等方式进入灾害现场，实现危险环境的无人探测与通讯。

本项目研发的三款机器人都具备对火灾现场温度、气体浓度、可见光或红外图像、视频、声音等环境信息与参数的探测与侦检能力，严格按照消防装备安全规范进行设计，满足消防现场信息探测设施快速部署、所需信息有效侦测等功能要求，特别适用于消防救援现场危险信息的实时探测与搜救任务，可以对起火点的寻找与确认、人员定位与搜救提供重大帮助。根据现场情况的具体需要，可以选择使用不同形态的智能机器人，现场侦检实时传回的信息，可以有效接入消防救援现场信息系统，通过信息的集成应用构建救援现场指挥辅助决策系统，对于保证救援人员自身安全、减少次生灾害、提升救援水平具有显著的技术支撑作用。

本项目研发的机器人技术，主要是填补了现有消防装备在复杂环境下智能化侦查能力的不足，使智能机器人技术应用与消防救援任务相结合，社会效益和经济效益价值凸显，并将进一步促进我国消防应急处理关键技术与发展。

消防现场信息智能侦检机器人系统



图 1. 本项目研发的三款无人机

02 应用领域

在任务环境未知的情况下，如果让救援人员去探测现场情况，不

仅难以获得准确、全面的现场信息，更重要的是可能给探测人员带来危险。采用智能侦检机器人代替人员去探测任务场景，可以通过机器人上装备的多种传感器获得完整的现场信息，还能使得救援人员在侦检过程中远离危险，提高任务执行效率，减少人员伤亡。

本项目形成的产品将主要应用于消防以及应急救援行业，针对火灾现场不明状况的环境条件，尤其是充斥烟气但尚无太高温度的现场环境，使用适合消防救援场景的抛投式微小型智能探测机器人，通过投掷、炮射等快速部署方式布置到现场，侦测并实时回传现场救援所需信息，实现救灾现场信息的应用集成与辅助决策系统构建，切实保证消防战士施救自身安全、提高救援效率的战术目标。

03 市场前景

根据调查报告显示，当前国内消防机器人的需求呈爆发式增长，2016 年装备量为 130 余台，市场规模为 4.6 亿元。到 2019 年国内消防机器人市场规模约为 16.5 亿元，较上年增加了 8.5 亿元。

本项目产品创新性地采用手动抛投、气动抛射、无人机布设和地面行进等多种方式快速灵活部署，可以于各类危险场景下展开智能侦检。填补现有消防机器人在复杂环境下深入现场侦查能力不足的缺陷是本产品的核心竞争力。计划在五年内完成在消防救援队伍的批量化装备和大规模应用。



图 2. 产品样机现场试用测试

04 知识产权

- 1、知识产权为北京理工大学单独持有；
- 2、本项目已经申请了专利及软件著作权；
- 3、已授权实用新型专利 20 项、外观专利 6 项、软件著作权 5 项，已申请发明专利 29 项。

05 合作方式

合作开发或其他方式。

九、工业危险气体泄漏的非制冷红外成像检测技术与装备

01 成果简介

危险气体泄漏是当前工业重大安全隐患之一，迫切需要能够及时发现泄漏隐患、定点预防重大工业危险气体泄漏事故的先进检测技术与装备。基于气体特征吸收峰的红外光谱检测是泄漏气体非接触遥测的有效途径，目前制冷型红外焦平面探测器(IRFPA)因其高昂的价格以及较短的工作寿命难以适应石油天然气与化工行业昼夜连续工作的要求，而近年来非制冷红外焦平面探测器性能的迅速提高，使其用于工业气体泄漏红外成像检测成为可能。

本项目提出基于非制冷 IRFPA 的工业气体泄漏成像检测技术思想，并 2011 年起陆续获得北京市自然基金和首都科技条件平台科学仪器开发培育项目的支持，针对非制冷 IRFPA 灵敏度偏低，长波红外波段偏窄等问题，研究突破了宽波段非制冷 IRFPA、检测波段优选、宽波段红外物镜、微弱气体图像滤波增强、检测系统性能评价等理论和关键技术，实现了对典型工业危险气体(烷烃、烯烃，氨气、六氟化硫、二氧化碳、二氧化硫等)泄漏的远距离成像检测和定位，经过专业检测基地和工业现场检测验证，性能达到国际同类产品的先进水平，现场应用示范效果明显，具备批量生产的基本转化条件。



图 1. 宽波段气体泄漏红外成像检测系统产品样机

02 应用领域

主要用于石油天然气、化工区、煤化产业等领域工业危险气体泄漏的检测、监测和自动报警，防范工业危险气体泄漏的重大事故的发生。

场景：与电视监控兼容的在线式监测、手持式或车载移动式巡查、无人机监测。

用户：石油天然气及其附加产品的生产、运输、储存和应用全工程、化工产品全工程、煤化产品全工程、日常生活相关产品的用户等。

目前已在中石油某罐区、某地石化现场以及 中石化某院等进行了应用示范测试。

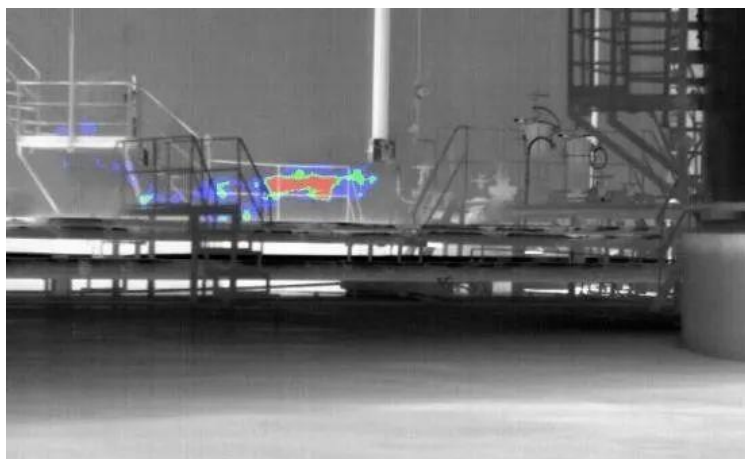


图 2. 中石油应用示范测试

03 市场前景

石油天然气、化工园区以及日常生活领域存在大量工业危险气体的应用，从陆上、海上和矿中，从沿海到内地，到一带一路均与能源密切相关，危险工业气体泄漏检测是人们普遍关注、急需解决的问题，产品市场规模巨大。

基于国产非制冷 IRFPA 及自主知识产权的关键技术，可望将产品价格降低到现行产品的 50%以下，由于市场规模巨大，可望产生显著的经济效益，此外，该技术和产品的应用，可避免或减少工业气体泄漏重大事故的发生，具有重要和广泛的社会效益。



图 2. 产品样机图像处理

04 知识产权

- 1、成果由北京理工大学单独持有；
- 2、已申请了 8 项国家发明专利，其中 7 项授权，1 项受理。

05 合作方式

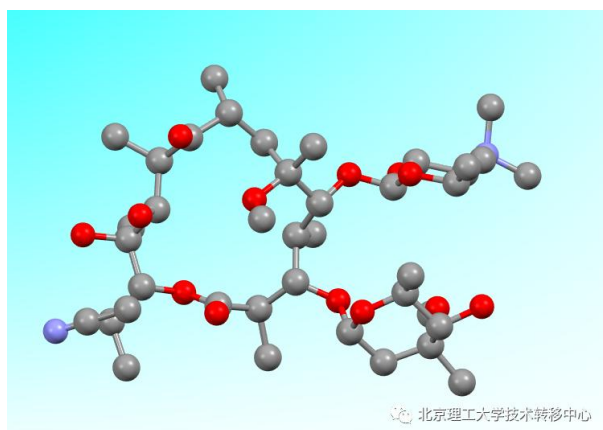
合作开发/技术许可/技术入股。

十、新型多靶标抗耐药菌抗生素

01 成果简介

目前由于抗生素滥用导致的耐药菌问题较为严重，新型抗耐药菌抗生素相对缺乏，预计 2050 年因耐药菌感染死亡的人数将超过“头号杀手”癌症（死亡人数 820 万）。阿奇霉素等抗生素在治疗支原体肺炎和上下呼吸道细菌性感染疗效显著。但临床上耐多药细菌的普遍流行使得该类抗生素疗效降低乃至丧失。我国部分地区重症加强治疗病房（ICU）患者多重耐药菌的感染率已达 36.12%，且因感染而死亡患者占 ICU 总死亡患者 50% 以上。2016 年全球统计显示下呼吸道感染是前五大死因之一，其中主要是社区获得性肺炎。我国抗生素制剂市场中，高端高效抗生素供应严重不足，低端仿制药品过剩，自主知识产权缺乏。

本成果是一种大环内酯抗生素，是临床上很重要的一类抗生素。本成果的优势是双靶标，不仅仅抑制蛋白质合成，还抑制 DNA 复制过程，既提高了抗耐药菌活性，还大大减低了耐药性突变，提高临床使用寿命。该化合物结构不同于临床上国内外使用以及临床在研的各类大环内酯结构，具有较高的结构新颖性和独特的作用机制。



02 应用领域

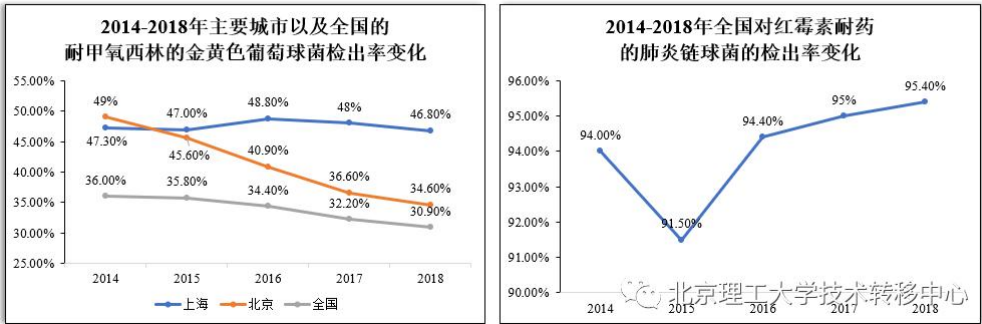
适用于临床治疗耐药性支原体、肺炎链球菌、嗜血流感杆菌等引起的重症肺炎，以及耐药性化脓链球菌等引起的软组织感染。

03 市场前景

大环内酯唯一境外上市的第三代抗耐药菌药物是泰利霉素，泰利霉素 2004 年在美国上市，2005 年的销售额相对于前一年的 6400 万美元翻了 3 倍，高达 1.93 亿美元。而泰利霉素由于代谢不稳定，导致临床使用受限，因此开发具有高稳定性的化合物将获得更好的市场

前景。本成果比泰利霉素具有更好的体内药代动力学性质，包括更高的血药浓度、较低的清除率和更长的半衰期，为国际领先。

——全国细菌耐药监测网监测的高检出率的耐药菌



目前耐药菌检出率居高不下，临床抗耐药菌药物缺乏。

中国上市的红霉素及其第二代克拉霉素、阿奇霉素没有抗耐药菌活性。虽然市场份额占据也较高，不过增长率逐渐下降。产品具有独立的知识产权，一旦投入市场将能迅速获得抗耐药菌市场，并且国内没有相似的竞争者。

04 知识产权

- 1、知识产权为北京理工大学单独持有；
- 2、本项目已经获得了三项专利授权。

05 合作方式

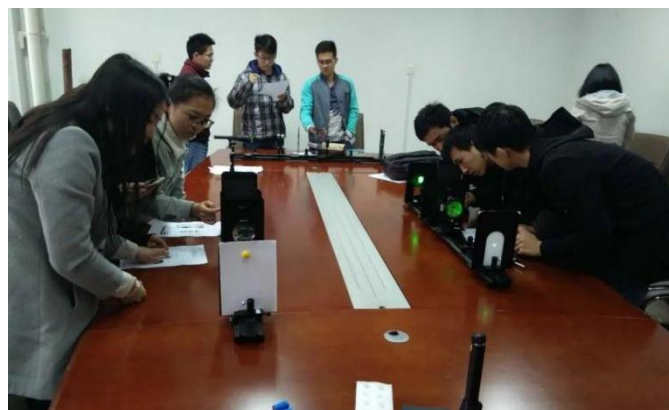
合作开发/技术转让/技术许可/技术入股/学科性公司

十一、透射电子显微镜模拟器（TEMS）

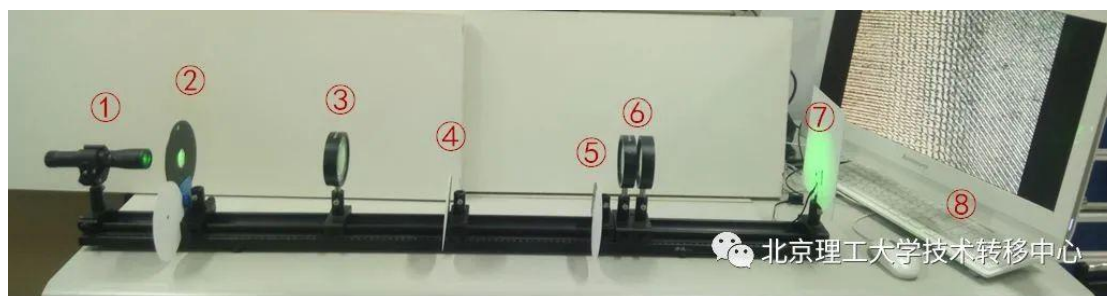
01 成果简介



“材料微观结构分析”是材料学、物理学、化工、地质学、生物学、医学等诸多专业学生需要掌握的重要知识和技能，而透射电子显微分析是其中的重点和难点。透射电子显微镜模拟器（TEMS）以科学的方式、廉价的解决方案、直观而有趣的形式，展示透射电子显微分析的基本工作原理，模拟透射电镜的明场像、暗场像、高分辨晶格像及结构像、选区衍射等各种工作模式，极大促进了学生们对相关抽象理论的理解及材料微结构分析技能的掌握，主要用于教学与培训。TEMS 能够用简单、形象而有趣的方式展示材料的微观结构在正空间与倒空间的结构影像以及两种影像之间的相互关系，也可作为物理光学、摄影技术的科普教学仪器。设备自 2016 年以来在北京理工大学试用，获得老师和同学们好评。该设备获得第九届“挑战杯”首都大学生课外学术科技作品竞赛特等奖，第十五届“挑战杯”全国大学生课外学术科技作品竞赛一等奖。



02 基本结构

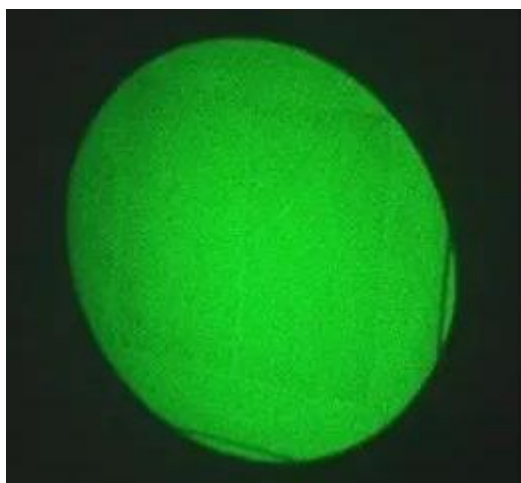


激光器① 光栅样品②物镜③ 物镜光阑④（物镜后焦面） 选区光阑⑤（物镜像平面） 透镜组⑥ 光屏⑦（透镜组像平面） 计算机⑧

03 基本操作

1、成像模式

透镜组的物平面与物镜的像平面重合，在光屏上获得光栅样品在实空间的结构影像。



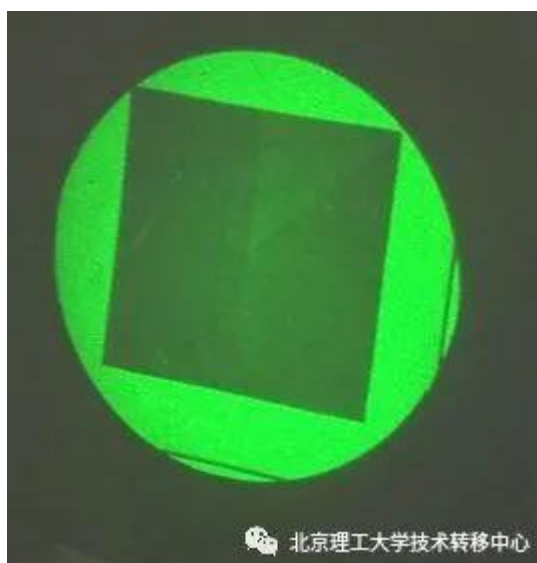
2、衍射模式

透镜组的物平面与物镜的后焦面重合，在光屏上获得光栅样品在倒空间的结构影像。



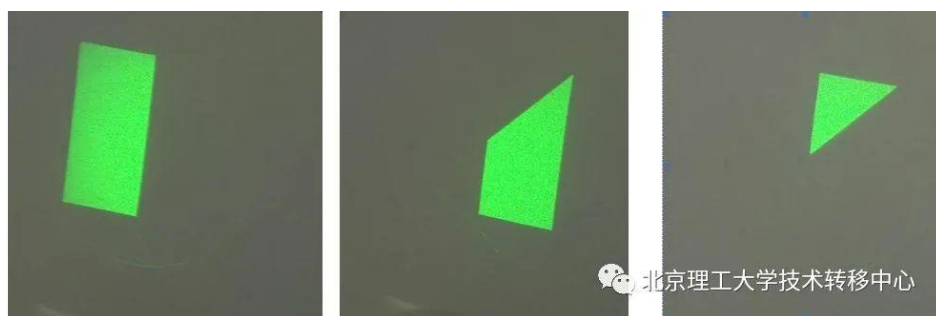
3、明场像模式

在成像模式下，插入物镜光阑，光阑孔选择透射束，在光屏上获得透射束中光栅样品在实空间的结构影像。



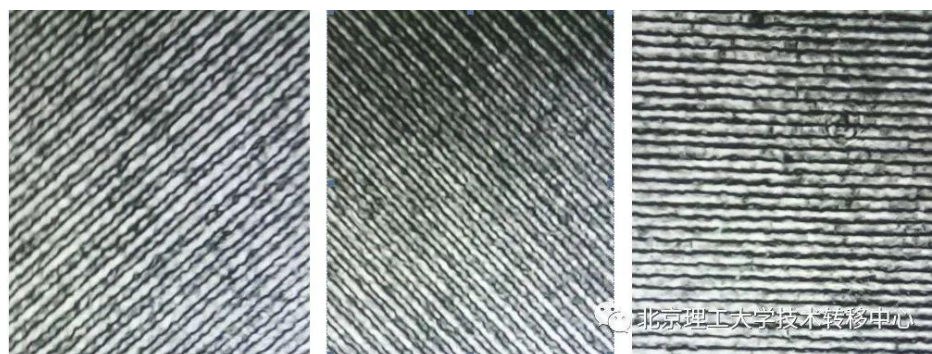
4、暗场像模式

在成像模式下，插入物镜光阑，光阑孔选择某一束或多束衍射束，在光屏上获得衍射束中光栅样品在实空间的结构影像。



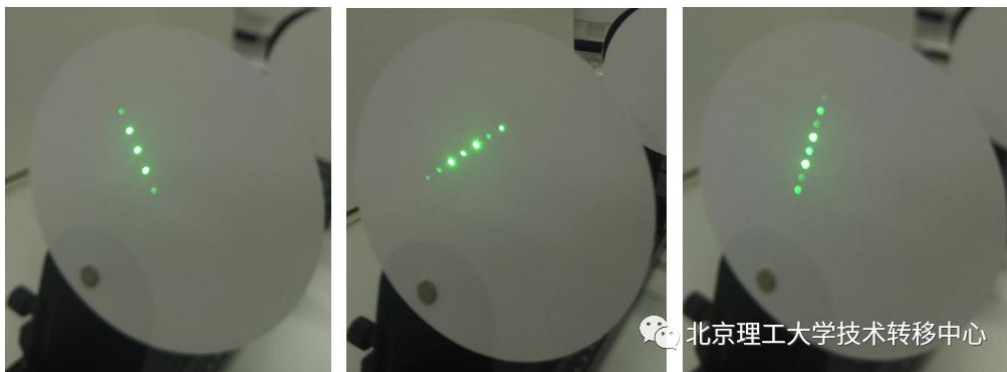
5、高分辨模式

在成像模式下，插入物镜光阑，光阑孔选择透射束和一束或多束衍射束，或者不插入物镜光阑，在光屏上插入高分辨成像器，此时在电脑屏幕或者手机屏幕观察光栅样品的条纹结构。



6. 选区衍射模式

在衍射模式下，插入选区光阑，光阑孔选择光栅样品实空间影像的不同区域，在光屏上观察该区域在倒空间的结构影像（衍射花样）。



7. 二次衍射

两片光栅以一定角度部分重叠，然后采用选区衍射模式，选择不重叠区域和重叠区域进行衍射操作。

04 简化操作

（可用于初学者或者物理光学实验）



基本结构：激光器 光栅样品 物镜 物镜光阑（物镜后焦面） 选区光阑（物镜物平面——光栅样品的附近） 可移动光屏

1. 成像模式

物镜像平面上插入可移动光屏，获得光栅样品在实空间的结构影像。

2. 衍射模式

物镜后焦面上插入可移动光屏，获得光栅样品在倒空间的结构影像。

3. 明场像模式

物镜像平面上插入可移动光屏，物镜后焦面上插入物镜光阑，光

阑孔选择透射束，在光屏上获得透射束中光栅样品在实空间的结构影像。

4. 暗场像模式

物镜像平面上插入可移动光屏，物镜后焦面上插入物镜光阑，光阑孔选择某一束或多束衍射束，在光屏上获得衍射束中光栅样品在实空间的结构影像。

5. 高分辨模式

物镜像平面上插入可移动光屏，物镜后焦面上插入物镜光阑，光阑孔选择透射束和一束或多束衍射束，或者不插入物镜光阑，在光屏上插入高分辨成像器，此时在电脑屏幕或者手机屏幕观察光栅样品的条纹结构。

6. 选区衍射模式

物镜后焦面上插入可移动光屏，物镜的物平面（即光栅样品）之前或者之后附近适当位置物镜后焦面上插入选区光阑，光阑孔选择光栅样品实空间影像的不同区域，在光屏上观察该区域在倒空间的结构影像（衍射花样）。

7. 二次衍射

两片光栅以一定角度部分重叠，然后采用选区衍射模式，选择不重叠区域和重叠区域进行衍射操作。

8. 彩色模式（白色光源+暗场模式）

物镜像平面上插入可移动光屏，物镜后焦面上插入物镜光阑，此时可以看到各个衍射束是彩色的（色散），光阑孔选择衍射束的不同颜色部分，在光屏上获得该衍射束中光栅样品在实空间的不同颜色的结构影像。若采用多个光阑孔，选择不同区域衍射束的不同颜色部分，则不同区域呈现不同颜色。

05 合作方式

本成果可应用多个领域，不同领域根据其技术成熟度和市场前景，分别可以技术转让、技术许可、技术开发等多种方式进行合作，具体面议。

十二、在线激光煤质分析仪

01 成果简介

针对不同行业的不同产品所涉及多种不同元素，特别是轻元素（Z<11）的快速实时定量检测需求，本前沿技术依托脉冲激光诱导原子发射光谱的绿色技术，解决全元素快速检测的技术问题，开发快速全元素定量检测智能光谱技术，从而解决智能制造领域的关键传感器环节的产品需求，将在食品、药品、煤炭、土壤、冶金等领域实现大规模应用，填补相关传感器缺失的技术空白。

本项目瞄准国家智能制造快速全元素检测技术空白，针对煤电企业十三五规划节煤降耗重大需求，注重理工结合，基于微区增强光谱理论及技术研制开发了在线煤质分析仪。利用大介电常数限域理论及放电增强光谱技术部分抑制了基体效应的影响【OE, 2017; OE, 2018】，光谱强度增加近 10 倍，光谱稳定度提高了 57%，实现了高精度光谱测量，解决了煤质检测准确性低、稳定性差的问题，进而完成了高稳定性全元素快速检测光谱系统产业化应用【JAAS, 2020】，建立了产业化基地。该系统可完成 C、H、N、S 在内的 50 余种元素高精度快速定量分析，并给出煤热值、灰分、挥发分、水分四大指标。



图 1. 本项目研发的在线产品

02 应用领域

工业企业在线质量管理，煤电企业节能降耗，燃烧控制，品质鉴定，土壤行业元素快速监测，海关大宗商品有益有害元素快速筛查。

本项目目前已为煤企提供了绿色煤质在线检测解决方案，先后在山东某电厂装机七套，打通煤电企业燃烧控制最后一个技术环节，每个机组可年均节能百万元，总计节能千万余元，并大大降低了元素检

测不当导致的锅炉事故率，将改变煤电行业的粗放式运行方式。该系统还将在海关、土壤、医药等民用领域实现大规模应用，并且在某港口海关完成海关矿石等大宗商品在线监测系统的开发和现场应用，以及土壤快速监测车载系统，为长春光机所和南京土壤所提供技术服务。

03 市场前景

我国全元素快速检测市场潜力巨大，涵盖煤质检测、土壤检测、药品检测等多个行业，市场容量近千亿元。传统元素检测技术采样率低，样品准备和处理过程繁琐，例如电力行业煤质分析需要 4-6 个小时，不能满足实时配煤、燃煤精细化控制、节能增效等大环境需求；现存实时分析技术都是依托于放射性方法，如中子活化技术等，其放射性受到行业抵触；并需要严格的安评和环评检查。全元素快速检测仪，融合了 LIBS 技术实时、绿色环保的优点，并在此基础上首创光谱增强方法，大大提高检测准确性，突破 LIBS 技术产业化难题，真正实现又快又准检测。由此可见，我们的产品具有独一无二的技术优势，解决了检测行业痛点，迎合检测市场需求，发展前景广阔。

设备运行后，全部元素检测准确度均达到行业标准，山东某电厂每年直接节煤效益 106 万元，间接经济效益高达 1500 万元（科学配煤，以标煤 800 元/吨为例，保守估计发电利用小时在 5000 小时左右，每年可节约 1500 万元）事故率为 0，带来安全效益高达 3000 万元。

（以 600MW 机组燃煤电厂为例，全年一般有 2-3 次“熄火”事故，损失 200 万元以上；1-2 次爆燃事故，损失超过 2000 万元；另外，10 多次因“带不上负荷”造成调度局的 AGC 罚款，损失超过 500 万元）2018 年 6 月，基于 LIBS 的土壤实时检测车载系统实验成功。

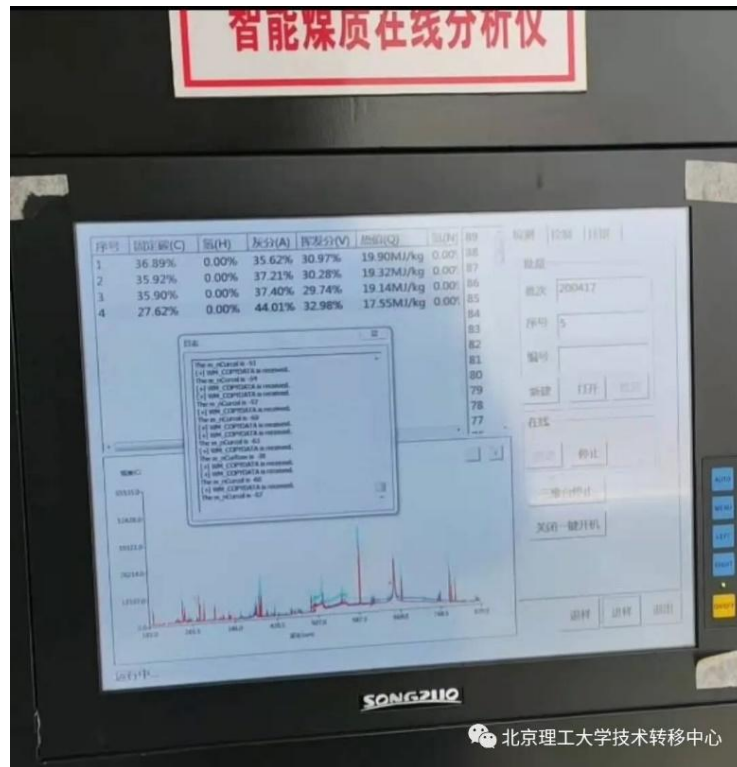


图 2. 在线分析仪运行界面

04 知识产权

- 1、本产品为自主知识产权；
- 2、已授权发明专利多项。

05 合作方式

合作开发或其它方式。

十三、涉重危废资源化生物沥浸-循环富集成套设备

01 成果简介

本项目研发了基于膜生物反应器的生物沥浸和循环富集成套设备，大幅提高了微生物浓度，较之常规的生物冶金/生物沥浸其效率提高了一个数量级，浸提时间由 5-10 天缩短至 6-24 小时。通过专利技术-膜生物反应器实现了沥液的再生循环和金属的循环富集，不但解决了危废中金属含量低、回收困难的问题；而且显著减少了废水的产生和培养液的消耗。该技术在常温常压条件下实现金属的浸提和富集，无需消耗强酸和双氧水等危险化学品，设备无需过度防腐，无需庞大的酸雾处理系统，设备投入低、运行安全。

该技术属平台技术，对于各种材料源危废（废旧电池、失效催化剂、电子线路板）和工业源危废（电镀污泥、酸洗污泥、冶炼废渣）均可实现金属浸提和富集。该技术尤其对于火法和湿法过程产生的低含量烟灰、炉灰、浸出渣都具有很强的适用性、高效性和经济性，可同步实现有价金属最大程度回收和残渣脱毒脱帽。



图 1. 部署于四川某地的生物制酸装备

02 应用领域

可用于涉重危废产废企业、处置企业回收有价金属，去除有毒金属，实现节能环保的目标。

03 市场前景

每处理一吨涉重危废的经济收益为 3000 元，成本约为 1000 元，同时节省了 4000 元每吨的涉重危废处置费用，如果每年处理 3000 吨涉重危废，毛收益为 800 万，可节约处置费 1200 万。

从涉重危废中回收有价金属，去除有毒金属，使涉重危废脱毒脱

帽，不仅避免了金属资源的浪费，也避免了重金属的环境污染。



图 2. 浙江某地 10 立方生物沥浸-循环富集回收工程

04 知识产权

- 1、知识产权为北京理工大学单独持有；
- 2、本项目已申请专利；

05 合作方式

技术许可或其它方式。

十四、基于 SPR 和 MIT 的唾液激素检测仪

01 成果简介

该检测仪属于家用无创的医疗辅助设备，核心传感器基于表面等离子体共振（SPR）和分子印迹（MIT）技术，由北京理工大学开发、研制，此技术处于行业领先地位，具有自主知识产权。目前已研发完成针对雌激素(E2)、睾酮(T)、孕酮(P)等进行检测的手持式样机，正在对样机进行工程化定型。

唾液激素检测仪利用 SPR 和 MIT 灵敏度高、选择性好的技术特点，实现通过唾液检测人体中某些激素，从而诊断某些疾病或对健康状况进行预警。

该产品由激光器及检测器、分子印迹芯片、数据采集及处理电路、液晶显示屏、蓝牙通讯模块、电池等组成。可直观显示也可将检测数据通过专用 APP 传送至手机进行显示、存储。产品具有体积小、重量轻，便于携带，操作简便等优点。



图 1. 本项目研发的功能样机

02 应用领域

产品主要针对不孕不育人群、优生优育人群、儿童性早熟人群、妇女更年期人群、激素依赖治疗人群、关心自身激素水平变化的人群。另外该检测仪可用于部分恶疾的早期预警、人体健康管理等，潜在市场巨大。

03 市场前景

国内外市场上只有供科学实验室和医院检验科室使用的检测仪

器，需采集静脉血进行检测，设备价格昂贵，每次测量都需要对样本进行一定处理，时间周期长、费用比较高（每次 470 元，需多次检测），还没有供最终用户使用的唾液激素检测仪。

样机平均售价定在 2000 元，按国家卫健委权威数据，全国孕育困难人群不低于 4000 万，5% 的人员购买，潜在销售额约为 40 亿元。

04 知识产权

因相关方面考虑，本项目暂未申请专利。

05 合作方式

合作开发或融资。

十五、面向人体狭窄空间的刚柔耦合手术机器人

01 成果简介

微创外科手术具有创口小、出血少、疼痛轻和术后恢复快等优势，该技术目前正在由单孔和多孔手术向经自然腔道的内镜手术方向发展。在人体自然腔道的复杂狭窄空间下，机械臂和人体组织之间极易发生碰撞，导致机器人损坏或患者受到二次伤害。

该成果通过研究系列新型刚柔耦合手术机器人，辅助医生实现良好的人机交互及可视化灵巧操作，提高手术的安全性，应用于咽喉、胃部、脊柱、肺部等人体狭窄空间。研究的手术机器人及其相关技术可推广到其他人体自然腔道中环境下机器人辅助医生灵巧操作的微创手术。

与现有技术相比，该成果能够大幅提高手术操作的灵活性与安全性，拓展了现有手术机器人的应用范围，目前国际上尚未开发出成熟的产品，因此该成果具有广泛的市场应用前景。本成果在前期开发了手术机器人样机，并开展了尸体实验研究，取得了良好效果。



图 1. 基于刚柔耦合机构的喉部手术机器人尸体实验

02 应用领域

- 1) 人体自然腔道手术，包括人体喉部、鼻腔、胃部、气管、直肠、尿道等；
- 2) 单孔手术：脊柱、胸腹腔、脑外科等；
- 3) 其他柔性手术机器人应用场景。

03 市场前景

随着数字化医疗的发展，全球手术机器人发展迅猛、市场规模迅速扩大。预计未来一段时间，全球手术机器人规模将以 19.0% 的年复

合增长率增长，到 2023 年，全球手术机器人可达到 111.7 亿美元的市场规模。未来全球手术机器人市场规模持续高速增长主要有三大原因：（1）全球老龄化趋势加剧；（2）手术总量的增加为手术机器人的普及和应用提供了先决条件；（3）患者对能提供高成功率、创伤更小的机器人手术需求不断增长。

目前国内能够临床应用的手术机器人还是以骨科和神经外科手术机器人为主，面向人体自然腔道的手术机器人都处于研发阶段。本项目研发的产品可用于经自然腔道机器人手术。由于人体的大部分自然腔道都有着狭窄、曲折的解剖学结构，因此对机器人尺寸、自由度、自适应能力、可控性要求高。目前全球掌握该项技术的团队屈指可数。因此，开发拥有自主知识产权的手术机器人系统对于打破国外技术垄断、填补国内技术空白、解决卡脖子问题都有着非常重要的意义。与此同时，作为一款高商业附加值的产品，其成功上市不仅能够满足人们对优质医疗服务快速增长的需求，而且能够缓解医疗资源分配不均的问题，创造更多经济效益。

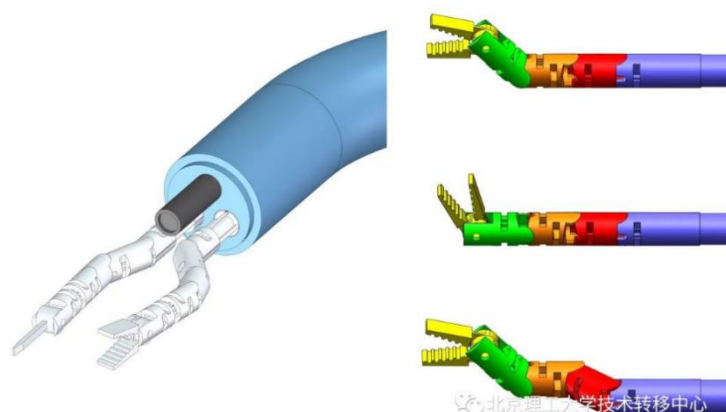


图 2：基于变刚度柔性机构的窥镜手术机器人

04 知识产权

- 1、核心知识产权为北京理工大学持有；
- 2、部分成果已申请专利保护；
- 3、申请发明专利 7 项，其中 PCT 专利 3 项。

05 合作方式

合作开发/技术服务/技术转让/技术许可/技术作价入股

十六、高温高能激光防护涂层

01 成果简介

本项目针对重大装备对高能激光防护涂层材料提出的迫切需求，开展了高能激光防护涂层材料技术研究。本团队掌握了新型高温高能防护涂层原材料设计和制备、涂层结构-功能一体化设计、涂层寿命可靠预测等技术方法，突破了陶瓷涂层强韧化、涂层宏微结构控制、大尺寸薄壁异形件的尺寸稳定性和涂层质量均匀性控制等关键技术，研制的新型涂层实现了 kW/cm^2 量级高功率密度数十秒的激光有效防护。研究成果已成功应用于高空无人机等重要装备的高温高能防护。

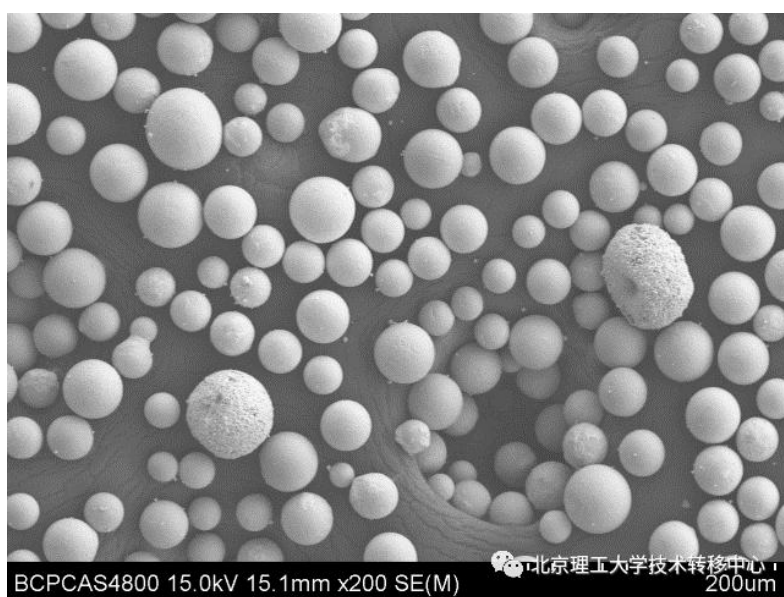


图 1. 本项目研制的喷涂粉体

02 应用领域

本技术具有广阔的市场应用前景，当前，我国装备设计及制造技术快速发展，各装备关键零部件的使用条件更加苛刻，对表面工程技术提出了更加迫切的需求。可广泛应用于陆、海、空、天、火等各种领域，以及生产制造过程中的高温防护。

03 市场前景

提高装备的抗激光辐照及高温防护性能指标，工作寿命和可靠性，都要求大力发展高温高能激光防护材料表面工程技术，本技术通过在材料表面制备涂层，赋予其新的功能，具有显著的经济、军事和社会效益。

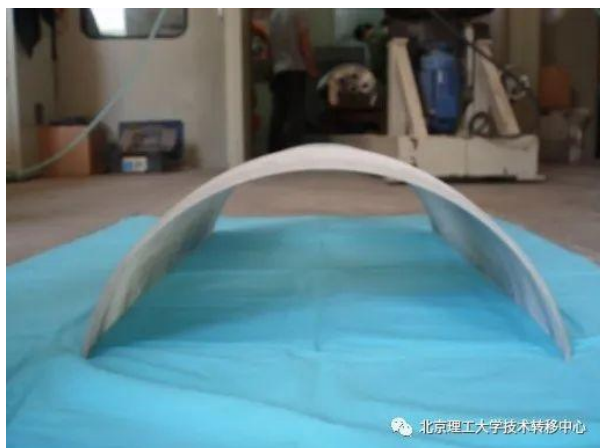


图 2. 大尺寸薄壁异形件构件表面高能激光防护涂层

04 知识产权

- 1、知识产权为北京理工大学单独持有；
- 2、本项目已经申请了专利；
- 3、已申请专利 20 项，当前授权专利 14 项。

05 合作方式

合作开发、技术服务和咨询、技术许可均可。

十七、工程车辆/农业机械用液压机械复合无级变速器

01 成果简介

液压机械复合无级传动（HMT）技术作为新一代复合传动形式，采用功率分流技术，结合液压传动和机械传动的优点，提升了传动效率，提高了发动机的燃油经济性，具备超低稳定车速，满足作业车辆特殊需求。

北京理工大学在液压机械复合无级传动技术方面已进行了 20 多年的研究，建立了一套液压机械复合无级传动的设计分析方法，研发了多种样机，应用于军用车辆和工程机械等非道路车辆上。2017 年，开始研发工程机械车辆用的液压机械复合无级传动变速器，已成功应用于某大型集团的 5 吨装载机。匹配发动机功率 160~200kW，节油率达 20%，最高车速 40km/h，为国内首个工程机械液压机械复合无级传动变速器，填补了国内工程机械领域新一代无级传动技术的空白，达到国际先进水平，并于 2020 年 11 月在上海宝马展（Bauma China）展出。

本成果具备高效、无级传动、无动力中断换段，超低稳定车速、高精度车辆位置控制等优点，具有良好的应用前景。



图 1. 装备本成果的工程机械动力总成

02 应用领域

本成果可应用于装载机、平地机、推土机、压路机、集装箱正面吊等工程机械车辆，也可用于大功率农业拖拉机，林业抓木机，军用工程车辆等领域

03 市场前景

液压机械复合无级传动（HMT）变速器作为工程机械和农业拖拉机新一代的传动技术，欧美工程机械厂家和拖拉机厂家纷纷发展该项技术，如利勃海尔、卡特、斗山、现代等，均完成了液压机械复合无级变速器的技术验证，并且已经开始投放市场；在农业拖拉机的领域，欧美几家著名拖拉机厂家的大功率拖拉机产品中，采用液压机械复合无级变速器的已经达到 50% 的市场分量。

2020 年，我国装载机销量 13 万多台，平地机 4 千多台，压路机 1 万多台，集装箱正面吊 400 多台，大功率拖拉机 10 万多台，液压机械复合无级变速器为上述产品的新一代传动技术，具有广阔的应用前景。例如我国 8 吨以上高端装载机变速器几乎全部依赖进口，单台 15 万元以上；集装箱正面吊的传动系统几乎依赖进口；200 马力以上拖拉机的变速器几乎为手动变速箱，国产液压机械复合无级变速器仍为空白。本成果可作为工程机械领域高端变速器的进口替代产品，可填补国产大功率拖拉机无级变速箱的空白。

经测算，本成果成本约为 8.5 万元，性能与国外产品相当，而进口产品 15 万元以上，因此具有良好的经济效益。

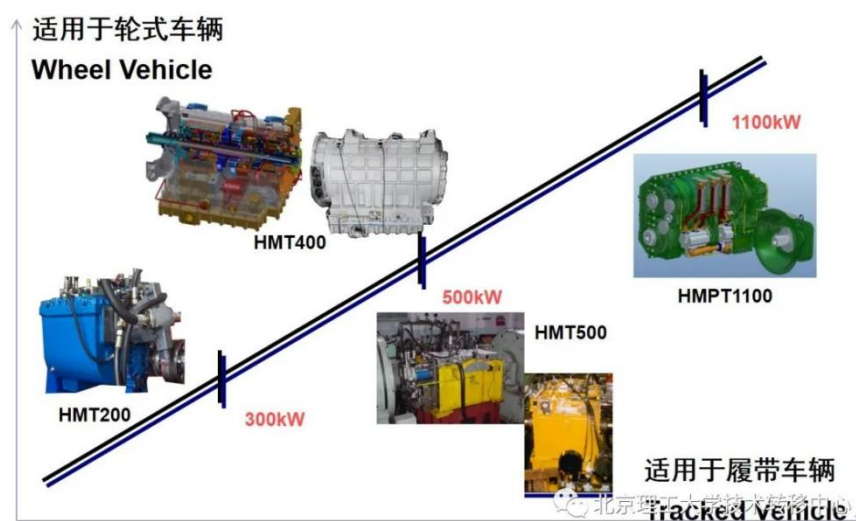


图 2. 北京理工大学研发的液压机械复合无级变速器样机

04 知识产权

- 1、知识产权为北京理工大学单独持有；
- 2、本项目已经申请了专利；
- 3、已授权专利 14 项，其中 PCT 国际专利两项，已进入美国和欧洲。

05 合作方式

合作开发、技术服务、技术转让、技术许可等多种方式。

十八、肿瘤类器官芯片平台

01 成果简介

恶性肿瘤精准治疗亟待建立能反映个体差异、尽量复制患者原始肿瘤组成及其微环境、快速、精准、性价比高的高通量药物筛选体系。类器官是由干细胞在体外 3D 培养条件下分裂分化形成的一种类似器官的生物结构,能够重现器官的功能,提供一个高度相似的生理系统。虽然具有敏感性高、特异性强,预测率高等特点,但当前类器官技术仍面临手动化、欠智能、个体差异大、类器官单体对肿瘤异质性还原度低等不足。

本项目构建高通量自动化智能化类器官芯片诊疗平台,并利用细胞数字模型分析致病分子,为类器官芯片药物验证系统提供肿瘤靶向基因相关药物,从而实现整个平台的自动完善。该平台解决恶性肿瘤药物筛选周期长、费用高、针对性差,已筛选应答率低、治愈率低等问题;在药物投入临床试验前合理规避风险,有效降低临床试验成本和时间;标准化制备过程,建立统一合理的类器官库,方便使用;有效地为病人提供定制化服务,指导临床用药。

从医疗诊断治疗与商业化需求综合维度分析,本平台系统是融合了器官芯片和 3D 肿瘤模型技术双重优势的生物芯片诊疗一体化技术,有望迎来规模化、市场化和应用化。

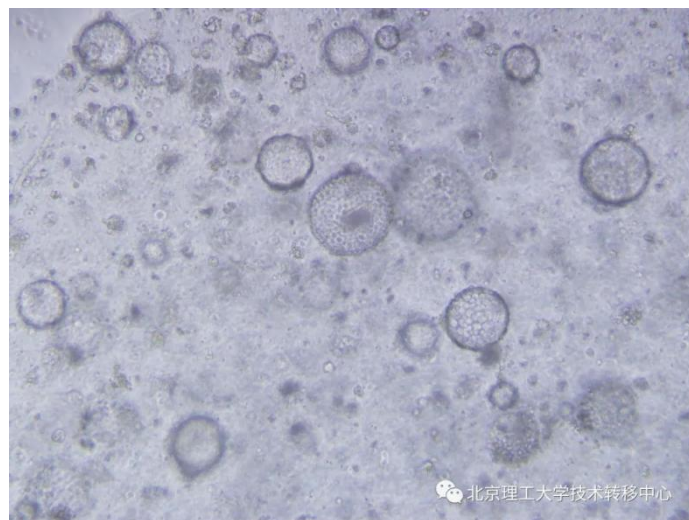


图 1. 肺癌类器官模型

02 应用领域

本项目组目前已经成功建立了肺、肠、舌、喉及头颈癌类器官,并进行多种药物和辐射治疗敏感性分析。

1) 可与大型药企合作，用于药物研发，在药物投入临床试验前合理规避风险，有效降低临床试验成本和时间。

2) 可进驻医院，个性化指导病人临床药物的选择。

03 市场前景

国际上，Emulate、CN Bio、和 CN Bio Innovations 等一批致力于器官芯片研发的初创生物公司陆续涌现，大型制药企业（如默克、欧莱雅、强生、罗氏和赛诺菲等）纷纷介入这一领域，凸显出器官芯片技术在疾病研究、个性化医疗和药物开发中的巨大应用潜力。

本系统核心竞争力为可真实模拟肿瘤环境的类器官芯片和细胞数字模型。


					
产地	美国	美国	中国	中国	中国
平台技术	Organs-on-chips (人体器官芯片)	开创性人工智能 AtomNet技术	人源肿瘤类器官 ViaCyteTM平台	蓓芯安® 蓓芯康™ Accuroid™ 类器官技术	脑胶质瘤高通量芯片 Hypoxia™平台
优势	肺、肠、肝、肾的芯片	/	/	芯片在研	肿瘤芯片 缺氧真实肿瘤生长
人工智能	/	AtomNet算法	/	在研	数学细胞模型
投入	7500万美元融资	1.23亿美元融资 (2020)	2018年8月份完成数千万人民币A轮融资	2019年滨海基金	正在筹备落地
肿瘤放射	/	/	/	/	✓
价格	10-30万美金	10-20万美金	价格待定	价格待定	价格待定 估值2万RMB/人
标准制定	/	/	/	北京理工大学技术转移中心	

图 2. 国内外行业对比

04 知识产权

因相关方面考虑，本项目暂未申请专利。

05 合作方式

合作开发、技术服务、技术咨询等。

十九、生物法制备医药中间体甘草次酸的绿色生产工艺

01 成果简介

甘草酸是甘草的最主要的有效成分之一，是一种美国食品药品监督管理局(FDA)公认的安全物质，在医药、化妆、食品、保健品、烟草等方面都有广泛的应用。甘草次酸是甘草酸的衍生物，具有抗炎、抗肿瘤、抗病毒、保肝降血脂等作用，在国际上产品的应用广泛，年市场需求量超过 200 吨，每年均已 5% 以上的速度在增长，目前甘草次酸的主要生产途径为：以甘草为原料直接萃取或以甘草酸(或其盐)为原料进行酸化裂解、碱化裂解和化学合成制得；存在反应条件剧烈、能耗高、有机溶剂大量使用造成环境污染等弊端。本项目开发了酶法制备甘草次酸的生产工艺及分离纯化工艺，具有反应条件温和、化学键选择性好、收率高等优点。

该生产工艺甘草酸转化率在 95% 以上，产品收率在 90% 以上，甘草次酸 HPLC 纯度可以达 98% 以上，符合欧盟和国家生产标准，酸碱和有机溶剂的用量降低了 90% 以上，解决了甘草加工行业的环境污染问题。



图 1. 甘草次酸制备的工艺流程图

02 应用领域

潜在应用领域：医药中间体，化妆品，具有抗炎、抗肿瘤、抗病毒、保肝降血脂等作用

03 市场前景

甘草次酸年需求量为 200 吨左右，生物法制备甘草次酸具有反应条件温和、化学键选择性好、收率高等优点，符合绿色制造工艺和环

境保护要求。

目前本技术已完成吨级中试生产线的建设和验证，完成小批量生产。

04 知识产权

1、知识产权为北京理工大学单独持有；

2、已授权专利 1 项，1 项正在审查中。

05 合作方式

技术许可或转让。

二十、气/固/液混合多相流流型/流量精准检测系统

01 成果简介

气/固/液多相流混合现象广泛存在于工业生产中，本项目针对当前工业粉尘爆炸、粉尘防护、新冠疫苗低温贮藏装置的冷凝剂高效安全加注，推进国家“公共安全”“节能减排”重大需求，创新性提出超声-压力复合的气/固/液混合多相流流型/流量精准检测微系统的研制。

基于先进材料技术、微纳制造工艺的电容式微机械超声传感器（CMUT）与压阻式 MEMS 压力传感器，信号处理智能算法、无线信号传输及微系统集成等多项研究成果，进行了跨尺度多相流浓度与超声衰减及压力分布的物理场耦合谱图像数值模型，优化超声/压力频率、功率及尺度等多参数设计，构建了阵列式多频谱超声-压力融合 RMF 瞬态浓度计算方法，实现多维、多参数 RMF 流型辨识与流量在线监测能力，设计 RMF 浓度超声-压力融合检测微系统，形成了“气固两相粉尘扩散浓度”“气液两相冷凝剂加注质量”在线监测解决方案。

该方案采用了多项先进的专利技术，具有体积小、功耗低、精度高、响应速度快等特点，当前已有相关实验数据支撑，同时结合无线组网技术及物联网技术，具备构建“粉尘爆炸评估系统”“冷凝剂远程监测”条件。



图 1. 气/固/液混合多相流流型/流量精准检测微系统原理样机

02 应用领域

1. 工业粉尘浓度监测

场景：铝粉、锌粉、硅铁粉、镁粉、铁粉、铝材加工研磨、各种

塑料粉末、有机合成药品的中间体、小麦粉、糖、木屑、染料、胶木灰、奶粉、茶叶粉末、烟草粉末、煤尘等生产过程的粉尘浓度监测。

目前合作对象：北京理工大学爆炸科学重点实验室

2. 冷凝剂加注质量测量

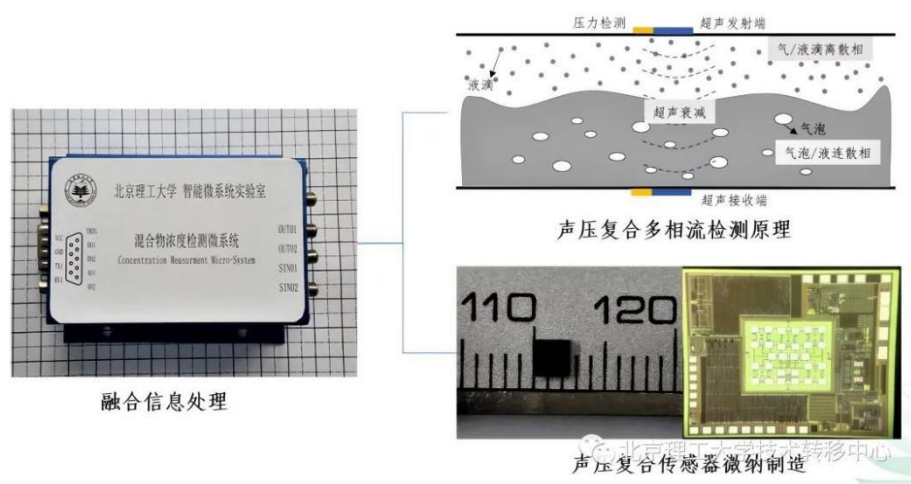
场景：大中型制冷仓储、冷链运输等冷凝剂加注作业环境

目前合作对象：江苏某公司

03 市场前景

1. 工业生产性粉尘具有浓度高、易引发爆燃特点，传统粉尘检测仪对低浓度检测（毫克级）敏感，在粉尘防爆浓度监测及评估具有巨大的潜在市场规模；

2. 冷凝剂加注过程的测量主要依据冷媒秤，每年的需求量达到30-40万台。冷媒秤测量存在实时性差、效率低和安全防护难等难题，研制冷凝剂多相流流型/流量精准检测微系统可以提高冷凝剂的利用效率30%~35%，具备优化传统市场、降低能耗的核心竞争力。



04 知识产权

该成果为北京理工大学单独持有，已申请专利保护，其中申请专利5项，授权专利5项。

05 合作方式

合作开发或技术许可。

二十一、人机协同手术操作机器人

01 成果简介

对比当前的立体定位手术机器人，人机协同手术机器人具有更直观的操作方式、操作过程中更加安全并且可以实现的功能更多。学术界广泛认为人机协同手术机器人将是未来机器人的一个主流方向。另外，人机协同手术机器人更容易被医生、患者接受，推广难度更低。本成果在技术上构建了“医生在环”的融合系统，可发挥医生的经验和监督特性，基于增强导纳的省力操控，同时结合输入力交互与虚拟约束，实现基于阻抗模型的高精度稳定柔顺控制，提高交互过程的稳定性，在以人机协同开颅，人机协同整形场景下设计人机协同开颅手术机器人与人机协同整形机器人，研究成果具有广阔的应用前景。



图 1. 人机协同开颅手术机器人

02 应用领域

除目前应用于开颅手术与整形手术外，该技术也可应用于其他机器人辅助外科手术，如牙科手术、脊柱外科手术、关节外科手术等。

03 市场前景

国产高端医疗设备作为国家扶持的朝阳产业，具备临床条件后可以快速发展，收益也相当可观。传统开颅手术均由医生手持开颅工具完成，通过颅钻与颅铣的联合使用，在颅骨上靠近肿瘤的位置打开一个大小与其相近的骨窗，后续在尽可能不造成重大神经功能损伤的前提下，借助显微镜进行精细的肿瘤血肿等清除手术，做到完全切除或大部切除病变组织。一般开颅需要 1 小时，清除肿瘤需要 2 小时，开颅在神经外科手术中无论是时间还是数量上都占据较大比重，长时间

把持较重的开颅工具消耗医生过多的精力，对后续完成复杂、精细及耗时的手术影响巨大。

当前骨科/神外机器人大多数采用立体定向的方案，这类方案在机器人作业过程中无法可靠地保障安全。在此基础上，引入人类引导的机器人操作，使机器人具有更多功能，能执行更加复杂的任务，如沿轨迹的铣削、切割等。另外，这类机器人也更加为广大医生和患者接受，在伦理性问题上相比于传统定位机器人更易于取得注册证。因此，人机协作机器人具备相当大的潜在市场规模。



图 2. 开颅机器人动物实验

04 知识产权

- 1、知识产权为北京理工大学单独持有；
- 2、本项目已经申请了专利；
- 3、已授权 2 项，申请阶段 3 项。

05 合作方式

合作开发/技术服务/技术咨询/技术转让/技术许可/技术入股。

二十二、新一代高效跨季节储热技术

01 成果简介

太阳能是一种清洁、可再生的能源，但由于其不连续性造成无法高效应用，为解决这一问题，本项目利用储热技术跨季节储存太阳能，实现连续供热。当前熔盐储热已经产业化，但该项技术储热密度低，热能损失高，储热时间小于 10 小时。本项目采用的化学储热技术为新一代储热技术，利用化学反应储热，储热密度高，能长时间储热无损耗，且能够提高热能品位，可用于取暖和工业用热。本技术是授权专利技术，创新性和先进性突出，市场前景广阔，可为碳中和目标保驾。



图 1. 本项目研发的原理样机

02 应用领域

用于太阳能的储存。可将夏季的太阳能储存用于冬季使用。或用于工业废热回收再利用、电网调峰、冬季取暖和工业供热等多个领域。也可用于将谷电转化为热能储存，再进行供热。

合作对象：太阳能技术产品，工业废热回收，供电公司等。

03 市场前景

热能的需求非常广泛，如农产品和食品行业的脱水和干燥、化工行业的生产与产品的干燥处理、日常生活和冬季取暖等等。例如：京津冀区域冬季取暖，2013 年煤炭消耗量为 3.9 亿吨，2018 年煤炭消耗量为 3.0 亿吨。对应的燃料费用分别是 3120 亿元和 2400 亿元；排放的二氧化碳量分别是 12.13 亿吨和 9.33 亿吨。利用太阳能+化学储热技术代替燃煤取暖，京津冀区域每年有大于 3000 亿元的市场需求，减少二氧化碳排放量超过 10 亿吨。

核心竞争力：

1. 长期储热无热能损失，把夏季的太阳能储存冬季使用。
2. 储能密度高，是水储热密度的 5 倍。
3. 无污染物排放。
4. 能够提高热能品位，供热温度可以达到 500 度。

04 知识产权

- 1、知识产权为北京理工大学单独持有；
- 2、本项目已申请专利；
- 3、已授权专利 1 项、申请阶段 3 项。

05 合作方式

合作开发/技术转让/技术许可/技术入股或其它方式。

二十三、复合材料三维数字化工艺设计与仿真软件（CPSD）

01 成果简介

复合材料三维数字化工艺设计与仿真软件（CPSD）是一款集成在全三维数字化环境下的集工艺设计与仿真于一体的软件系统，解决复合材料零件铺层工艺设计模式改进、精细化水平和设计效率提升的问题。该软件集复合材料零件的模具型面生成、铺层工艺设计、仿真分析、工艺验证及可制造性评价等功能于一体，具有高效铺层设计、高精度仿真和全过程三维数字化、可视化、知识化、集成化的特点，为实现复合材料零件的数字化设计制造一体化提供有力支撑。航天、航空、汽车、能源等行业大量采用复合材料零件，需要专业的基于三维模型的复合材料快速设计与制造软件，实现从经验的手工设计到全三维数字化设计的转变，从而提升复材零件的智能制造水平。

该软件已在部分军工单位进行了应用示范，基本是较为成熟的产品。软件已通过中国软件评测中心测试，软件功能、性能、界面等各项指标均符合中国软件测评中心要求。并且已在航天等领域企业进行了试用，效果良好。

复合材料零件工艺设计与仿真软件现阶段处于可试用状态，经过适应性定制即可达到商业化推广要求。



图 1. 软件工艺设计仿真流程

02 应用领域

航天、航空、汽车制造等采用复合材料的行业。产品制造企业、软件技术公司等。

03 市场前景

该软件可以实现国外同类产品的大部分功能，以及有自己的特色

功能,如可制造性评价。该软件可快速高效生成三维复合材料主模型、设计初期对工艺设计进行可制造性评价,实现面向制造的设计、复合材料工艺设计和仿真的一体化,提高了仿真效率、基于材料特性的铺覆工艺仿真(褶皱仿真)和剪口设计,增加完整性、减少复合材料设计的成本和周期。可以直接应用到复合材料零件的工艺设计过程。

04 知识产权

该项成果为北京理工大学单独持有,已申请国家发明专利2项(授权1项)、软件著作权登记2项。

05 合作方式

合作开发、技术服务、技术许可或其它方式。

二十四、产花青素微生物菌株与生产工艺

01 成果简介

花青素是植物花朵和果实等呈现红色或紫色的重要色素，是人体必不可少的重要营养成分。它具有抗氧化、抗突变、预防心脑血管疾病、保护肝脏、抑制肿瘤细胞发生、保护视力、修复肌肤、增强记忆力、抗衰老等多种保健功能，各种富含花青素食品和产品备受关注。

然而，由于植物生长具有周期性，用植物生产花青素，受到季节、环境和植被资源等多重因素限制，而利用微生物生产花青素具有高效、低耗，可一年四季生产等优势。然而，目前有关利用微生物菌株生产花青素的研究和应用国内外尚没有报道。

本实验室成功筛选得到 1 株花青素产生菌株 CJ6，为国际首创。对其生长、代谢规律、提取工艺等进行了研究。成果与技术具有创新性，在化妆品、保健品、色彩产品等领域，市场应用前景广阔。

目前国内外尚没有用微生物生产花青素的报道。与植物花青素生产比较，微生物可周年生产，不受植被资源和季节限制。



图 1. 平板中代谢花青素

02 应用领域

潜在应用领域：食品、化妆品、保健品、颜色玩具等。

03 市场前景

目前，生产花青素的微生物菌株，以及利用微生物生产花青素的技术与成果，仅北理工拥有。

微生物生产花青素与植物原料生产花青素，具有成本低，易控制等优点。



图 2. 固态发酵生产

04 知识产权

- 1、知识产权为北京理工大学单独持有；
- 2、本项目已经申请了专利；
- 3、已授权发明专利 1 项。

05 合作方式

合作开发或其它方式。

二十五、低散斑噪声光学相干层析成像（OCT）系统

01 成果简介

OCT 作为一种利用相干光的干涉来实现对生物组织或工业产品成像的技术，不可避免地会出现散斑噪声现象。散斑作为一种噪声存在于 OCT 图像中，具体表现为强度较高的随机信号，这类散斑会降低图像的分辨率和对比度，严重影响到了成像的质量和后期对图像进行定量分析的准确性。散斑噪声会降低图像信噪比，掩盖图像细节，使得 OCT 图像中原本连续清晰的组织结构变得具有较强颗粒感，导致难以分辨，对后续的图像处理、识别等操作带来不良影响。同时，它也限制了 OCT 系统对疾病诊断或工业检测的能力。因此抑制 OCT 系统中的散斑噪声对提高 OCT 成像质量、临床诊断准确率和工业质检具有重要意义。

针对传统 OCT 所存在的问题，本成果独辟蹊径，利用光学斩波器改变样品光空间分布来抑制 OCT 图像中的散斑噪声。优势如下：光学斩波器改变样品光空间分布所带来不同散斑噪声模式的潜在数量非常多，足够满足任何实际应用中的要求。此外，光学斩波器的结构简单、成本很低，便于实用化。而且，散斑噪声抑制效果对光学斩波器所处位置以及转速的波动极不敏感，将其加入到样品光路中任意位置均可。因此其对系统稳定性要求也低，使用灵活，可适应于长时间、非稳定的工作条件。

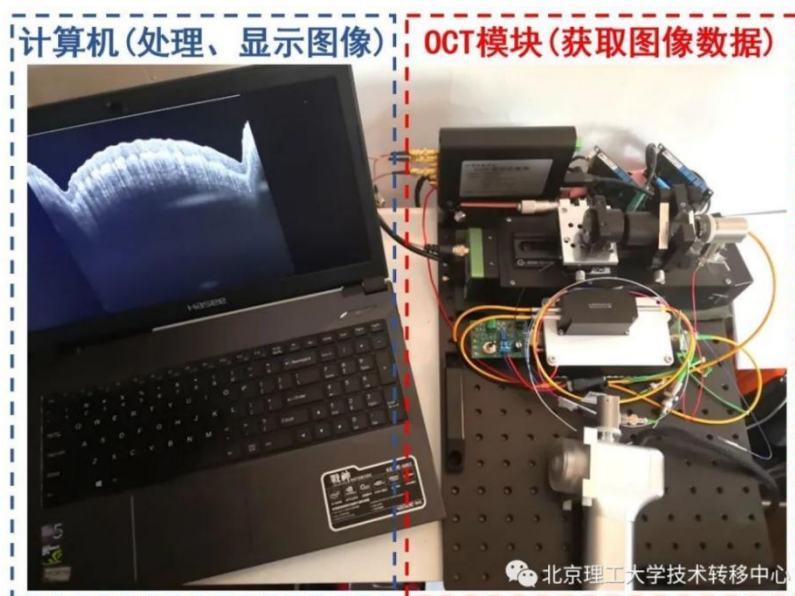


图 1. 本项目研发的 OCT 原理样机

02 应用领域

1. 生物医学应用

- ①眼科成像。
- ②皮肤成像。
- ③牙科成像。
- ④人体的切除组织成像。

2. 工业质检应用

- ①液晶屏幕质检与高精度测量。
- ②油漆、涂层、透明薄膜、医疗导管质检与高精度测量。
- ③集成电路、MEMS 产品、IC 芯片的质检与高精度测量。
- ④塑料零件、微小零件的质检与高精度测量。
- ⑤药品糖衣厚度和质量检测。

03 市场前景

OCT 已经广泛用于眼科成像、冠脉内窥成像、皮肤科成像等生物医学应用。此外，OCT 在工业产品的质检方面也有重要应用，如 LCD 显示器、电子芯片、微机电系统、薄膜、涂层等工业品的精细测量。据估算，OCT 产品的每年国内市场规模在百亿人民币级别。

目前国产化 OCT 产品处于起步阶段，国产 OCT 产品的市场占有率仍然较小。国外 OCT 产品的价格大约是国内生产制造成本的 1/5 至 1/4 左右，所以国产化 OCT 的开发与推广是本领域的必由之路，而且利润空间丰厚。

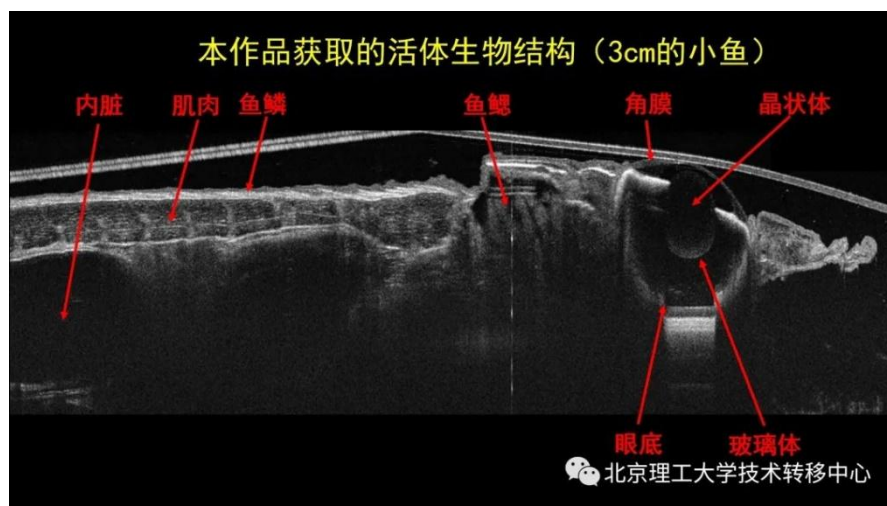


图 2. OCT 样机所获小鱼图像

04 知识产权

知识产权为北京理工大学单独持有；已获得 1 项国家发明专利授权

05 合作方式

合作开发/技术许可/技术转让/技术入股。

二十六、单幅无载波牛顿环干涉条纹分析技术

01 成果简介

成果提出了针对单幅无载波牛顿环干涉条纹的分析技术，可对球面元件进行干涉测量，获取球面曲率半径和顶点位置，也可以用于测量介质折射率和光源波长。相关技术于 2013 年提出，利用现代信号/数据处理方法，从一个新的角度解释了牛顿环现象的本质，直接可以通过单幅牛顿环条纹图即可提取出被测球面曲率半径、顶点位置（牛顿环环心）。相关技术在国内外均为首创，经过 8 年的开发和改进，在科研和教学领域各开发了一个原理样机，具有很好的精度和很低耗时的特点。相较其它技术而言，技术手段非常简洁，无需昂贵的光学硬件（移相器、载波调制），具有更高的抗干扰和抗噪声能力，在低分辨成像和局部条纹中仍然可以获得高精度测量结果（其它同类方法失效）。可以推广到任何球面干涉测量领域，测量对象可以是任何球面元器件（眼镜、光纤连接器、天文望远镜等），也可以用于折射率和波长测量领域，是一个应用面很广的基础技术。

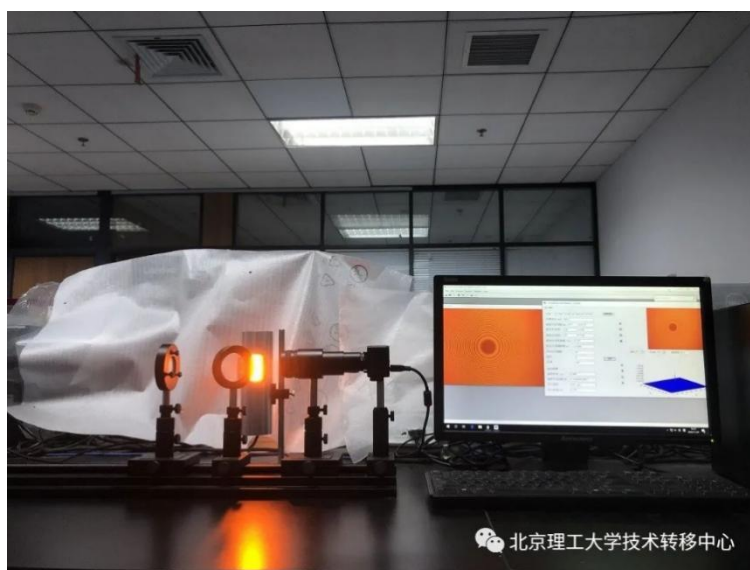


图 1. 本项目研发的牛顿环实验仪

02 应用领域

可以利用光学干涉法，进行球面元件光学测量，包括各类球面透镜（眼镜、天文望远镜、光纤连接器等），也可以用于测量材料折射率、光源波长等测量场景，也可以完成准直度测量。

用户为球面元件生产工厂、质量检测机构、计量单位等。

合作对象为球面元件光学设备制造商。

03 市场前景

以光纤端面检测仪为例，光纤头和线缆的生产工厂对所有线缆都进行检测，再交付给相关运营商，这类设备国内年均需求量 3000 台以上。进口设备价值 35 万元左右，国内设备也在 10 万元以上，成本较高的原因之一在于现有技术对硬件要求较高，需要硬件移相器产生多幅条纹图才能分析测量。成果技术则仅需单幅图就可以完成高精度测量，有很大的市场需求。

在其它球面元件测量领域，则有更为广阔的市场空间，需要挖掘。

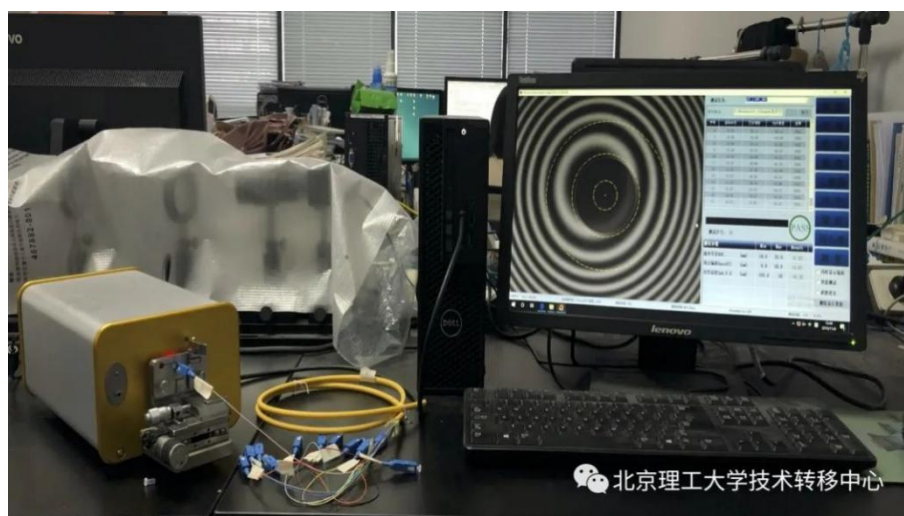


图 2. 本项目研发的光纤端面检测仪

04 知识产权

- 1、知识产权为北京理工大学单独持有；
- 2、已申请 5 项国内外专利保护；
- 3、已授权 4 项（中国 2、美国 2），申请中 1 项（美国）

05 合作方式

合作开发、技术转让、技术许可或其它方式。

二十七、滑雪运动员运动信息采集与分析系统

01 成果简介

2022 年北京冬季奥运会召开在即，在国家重点研发计划“科技冬奥”项目支持下，在雪上项目三维场景获取及重建的基础上，为进一步提升雪上项目运动员的训练效率，需要获取雪上项目运动员实时位置、速度、加速度、滑行姿态等信息，本团队开发了以高精度实时定位、运动参数解算、运动姿态显示、5G 高速传输链路、云计算为特色的滑雪运动员运动信息采集与分析系统。

该系统能够监测运动员运动过程速度信息、加速度信息、起跳高度信息及运动员过旗门、弯道数据信息等，并将三维实景显示、运动员高精度定位、视频采集与显示为一体。通过 5G 网络和云计算技术使教练能够清晰准确的获取每一时刻的运动数据。该系统填补了国内外针对运动员高精度信息采集与分析的技术空白，以厘米级定位精度为冬奥训练保驾护航。

滑雪运动员运动信息采集与分析系统突破传统单一方式定位技术局限，采用北斗/GPS 定位为主要定位手段，UWB 和惯导辅助定位的方式进行高精度定位。采用高精度机载三维扫描 LiDAR 系统对雪场及周边环境进行扫描与重建，获取雪场的真实三维场景，通过 5G 高速数据链路和云计算平台，将滑行轨迹和滑行数据在真实三维场景中进行显示。同时，通过 5G 高速视频采集和传输模块，将由无人机跟拍或定点拍摄的视频进行同步显示，以便教练在观察滑行轨迹的同时观察运动员的滑行姿态。

现阶段，滑雪运动员运动信息采集与分析系统已在国家高山滑雪运动队、自由式滑雪运动队测试使用，并初见成效，获得好评。



图 1. 应用单位使用场景

02 应用领域

滑雪运动员运动信息采集与分析系统具有广阔的潜在应用领域，除雪上比赛项目外，该系统适合所有与运动相关的竞技类项目，如冰上项目、田径比赛、马拉松等。同时该系统也可应用于危险区域作业与搜救工作，保证工作人员的安全，确认人员位置，危险区域远离预警等。

系统功能全面、技术升级使得其拥有更广阔的市场前景与受用人群，能为滑雪场提供详细的三维地形数据，能为运动人员提供精准的位置信息与运动数据，能够为危险地域设置警戒线，保证人员安全。

03 市场前景

市场状况：

滑雪运动员运动信息采集与分析系统是对国内外现有定位技术的发展与延伸，推动了北斗定位技术、UWB 定位技术、惯导运动姿态测量技术、激光雷达三维扫描技术、5G 应用示范、云计算技术等在国内市场的应用，突破传统定位系统方式单一、信号易丢失的弊端，实现多技术融合、高精度测量与分析。

效益分析：

社会效益

滑雪运动员运动信息采集与分析系统为国家雪上项目训练队研制，帮助运动员提高比赛成绩、提升我国冰雪运动的训练水平。同时响应习近平总书记“带动三亿人参与冰雪运动”号召，提高人民群众对冰雪运动的关注度、喜爱度、支持度、参与度。

经济效益

滑雪运动员运动信息采集与分析系统具有三维地形数据、定位位置数据与视频数据相结合的独特优势。受用群体广泛,应用场景宏大,推出的个性化定制服务提高该系统的针对性、专业性,功能自选搭配特色更使该系统具有极高性价比。



图 2. 滑雪运动员运动信息采集与分析系统界面

04 知识产权

- 1、知识产权为北京理工大学单独持有；
- 2、本项目已经申请了专利及软件著作权；
- 3、已授权专利 1 项，申请中专利 1 项、软件著作权 1 项。

05 合作方式

合作开发或技术许可。

二十八、低成本、单目实时三维地形重建技术

01 成果简介

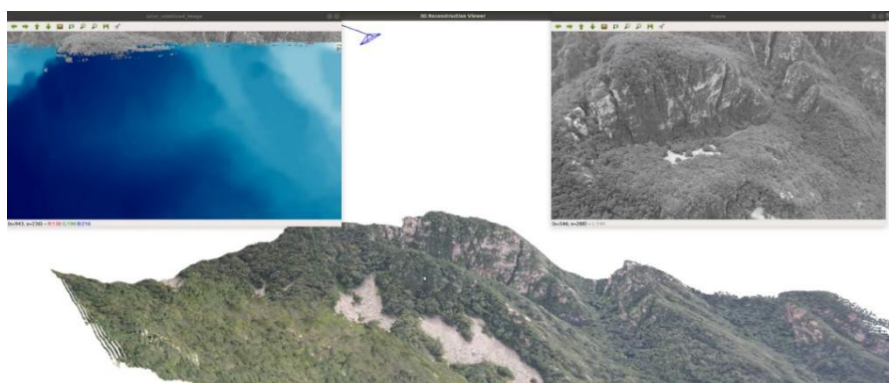
三维地形相比二维平面能提供更多关于场景的信息，具有更广阔的应用场景。现有的三维地形重建系统为了追求更高的重建精度，往往在后端优化上消耗大量时间，使得重建效率难以保证。此外，一些三维重建系统还需要激光雷达、深度相机等传感器来获取额外的信息，使得系统具有高昂的成本。

本成果的特点分述如下：

1. 创新性。本成果创造性地将即时定位与地图构建技术、多传感器融合技术、稠密建图技术进行融合，构建了一个功能完善、应用前景广泛的三维重建系统。

2. 实时性。传统的三维重建技术往往需要大量的优化时间，重建实时性难以保证。本成果针对此问题，平衡了建图时间和建图精度的问题，实时进行三维地形重建。

3. 低成本。本成果基于单目相机和惯性测量单元进行三维地形的重建，搭载在无人机等飞行平台，不需要额外的传感器和设备。



北京理工大学技术转移中心

图 1. 三维地形重建效果图（一）

02 应用领域

本成果主要应用场景如下：

1. 大场景环境重建；
2. 大场景面积计算。如森林植被、矿山等面积计算；
3. 灾情评估。对于塌方、洪水等灾害对地形造成的破坏程度进行评估，对灾后场景进行三维重建。

03 市场前景

本成果相比于同类产品，具有如下优势：

1. 重建实时性。本产品能够结合飞行平台，进行实时三维地形重建；
2. 低成本。本产品不需要激光雷达、深度相机等传感器，所需设备少，同时能保证重建精度；
3. 可移植性。本产品可以在PC端运行，也可以移植到嵌入式平台运行，能够适应各种实际需要。

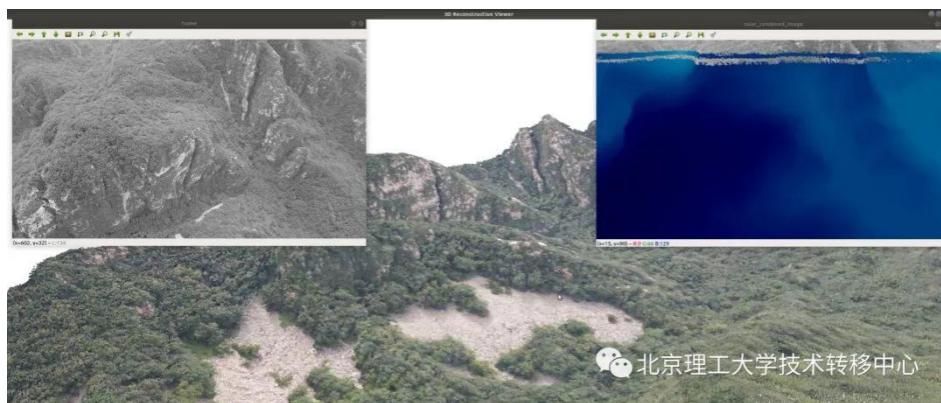


图 2. 三维地形重建效果图（二）

04 知识产权

- 1、知识产权为北京理工大学单独持有；
- 2、本项目已申请发明专利。

05 合作方式

合作开发或其它方式。

二十九、提高学习记忆能力药物

01 成果简介

随着社会的发展，人口老龄化速度正在加快，老年性痴呆症的发病率在 65 岁左右的老年人中约占 10%，或有 6000 多万人患有不同种类的痴呆症。目前治疗阿尔兹海默症的药物均无法延缓痴呆症的进展。任何一个能成功治疗阿尔兹海默疾病的药物至少获取 200 亿的利润。本项目经过多轮反复筛选历时三年最终设计了 100 多种结构化合物，并确定了具有促成体神经发生高活性的新专利骨架。该类化合物在 1mg/kg 仍然有非常高的显著活性，可以通过药物刺激大脑海马区的神经细胞再生，替换死亡的神经元细胞功能，从而增强与海马区相关的学习和记忆能力。

本项目的药物属于小分子，结构稳定，非常易于工业合成。本项目的候选药物是促进患者自身提高大脑区海马神经发生弥补受损神经元的缺失功能，因此在疗效上与单纯抑制或是提高神经递质类水平药物相比存在巨大竞争优势。预估计，随着时间的推移，该候选化合物上市后，可以取代这些药物的总市场的 50%-70%。目前已经获得中国和美国发明专利授权。

02 应用领域

医院治疗、家庭护理

03 市场前景

据 IMS Health Analytics link 数据统计，2014 年全球神经精神疾病治疗药物市场达 1338 亿美元，从全球医药市场规模看，该类药物市场仅次于心脑血管用药，成为能够为全球第二大用药领域，但该类疾病的临床需求却远未满足。神经精神疾病治疗药物的销售目前还集中在欧美市场，美国作为药品消费大国，2014 年该领域药物市场达 653 亿美元，其次为日本、德国、中国及法国。排在前十的国家中，中国该类药物消费增长率为第一，较 2010 年增长了近 40 亿美元。未来上升的空间随着中国人口老龄化的到来还呈现上升趋势。2014 年多发性硬化治疗药物销售额达 200 亿美元，销售额排在其后的为抑郁症、多动症、精神分裂症、阿尔兹海默症、躁郁症、焦虑症、癫痫、帕金森综合征及偏头痛。国际跨国巨头领衔该领域药物销售，排名前十的公司占据了全球销售额的一半份额，其中辉瑞位居首位，2014 年神经精神疾病治疗药物销售额达 111 亿美元，其次为大冢制药、强生、ALLERGAN 及诺华。

随着社会的发展，人口老龄化速度正在加快，老年性痴呆症的发病率在 65 岁左右的老年人中约占 10%，或有 6000 多万人患有不同种类的痴呆症，在 85 岁以上的老年人中约占 47%，已经成为继心脏病、肿瘤和脑卒中之后的第四号杀手。目前，欧洲、日本和美国 60 岁以上的人口中有 20% 以上的人患有此病。据预测，到 2020 年痴呆症病人将增加 50%，使病人的总数翻番。我国近几年此病的发病率也在不断增加。我国 65 岁以上人口 2015 年已达到 1.37 亿人，并以年均 3.2% 的速度递增，大大高于人口增长速度。2050 年可达 4 亿人左右，将成为世界上老龄人口最多的国家。

因而老年痴呆症用药市场容量巨大，该类疾病已越来越受到国家和社会的高度重视，而且由于该类疾病类似于糖尿病一样需要长期服用治疗药物，AD 治疗药物的市场销售额一直在稳步增长。90 年代该类药物已成为畅销药物，1995 年世界销售额已达 50 亿美元。到 21 世纪中期该类药物的销售额有可能超过现在排列在前三位的治疗心血管病药物、治疗胃肠道病药物和抗感染药物市场的份额，其发展势头看好。

AD 治疗用药供应不足，随着治疗 AD 药物临床推广的普及，AD 已越来越受到社会 and 家庭的重视，从调查的医生信息反馈来看，68% 的医生认为社会大众已经开始关心和重视老年痴呆症，与此同时，8.16% 的医生认为市场供给严重不足，63.2% 的医生认为市场供给不足。可见，老年痴呆症用药市场供给不足，市场仍有空间，市场前景较好。

目前治疗阿尔兹海默症的药物市场调查，我国医院里主要抗 AD 药的使用比例大概为：多奈哌齐占 56.7%、石杉碱甲占 25.03%、美金刚占 10.84%。相比之下，在欧美发达国家，美金刚已赶上多奈哌齐的销售量，目前已被包括欧美临床医学界在内的世界多个国家作为一线 AD 治疗常用药，以取代疗效不确切的他克林等药物。美金刚零售价格较高，可能是影响其在国内销量的一个主要原因。

本项目的药物结构稳定，易于工业合成，且存储条件适应性好，因此其未来的市场价格与美金刚相比具有优势。本项目的候选药物是促进患者自身提高大脑区海马神经发生弥补受损神经元的缺失功能，因此在疗效上与单纯抑制或是提高神经递质类水平药物相比存在竞争优势。目前，我国医院里主要抗 AD 药的市场销售比例为：多奈哌齐占 56.7%、石杉碱甲占 25.03%、美金刚占 10.84%。预估计，随着时间的推移，该候选化合物上市后，可以取代这些药物的总市场的 50%-70%。

04 知识产权

- 1、知识产权为北京理工大学单独持有；
- 2、本项目已申请专利；
- 3、已授权中国专利 2 项、美国专利 1 项。

05 合作方式

合作开发、技术转让、技术许可、技术入股。

三十、低温等离子体高温快速止血消杀微系统

01 成果简介

应急医疗条件下伤患者大创面短时失血过多及易感染，死亡率会大幅上升，创伤中有 18% 以上的死亡能够通过有效止血而避免。传统的止血方法如止血带、止血剂、电刺激式止血等存在设备体积重量大、需携带大驱动电源及控制设备，成本高，附带损伤大、止血过程无杀菌消毒功能等问题。本项目创新性的提出低温等离子体高温快速止血消杀柔性微系统，突破了人体靶向目标止血消杀微系统三维异构集成方法及核心工艺，将低温等离子体技术与新医学、微纳米工程及新材料技术交叉融合，应用于快速止血消杀领域。设计出米粒大小、可随腔镜线控或遥控，驱动电压控制在 10V，在人体深腔止血消杀的靶向柔性微系统；并可针对异形创面的形状、大小构成阵列式贴片止血微系统，不仅可实现应急医疗下大创面的快速（微秒级）、精准（十微米级）的止血消杀，还具有生物兼容性好、附带损伤小、高安全高可靠特点。

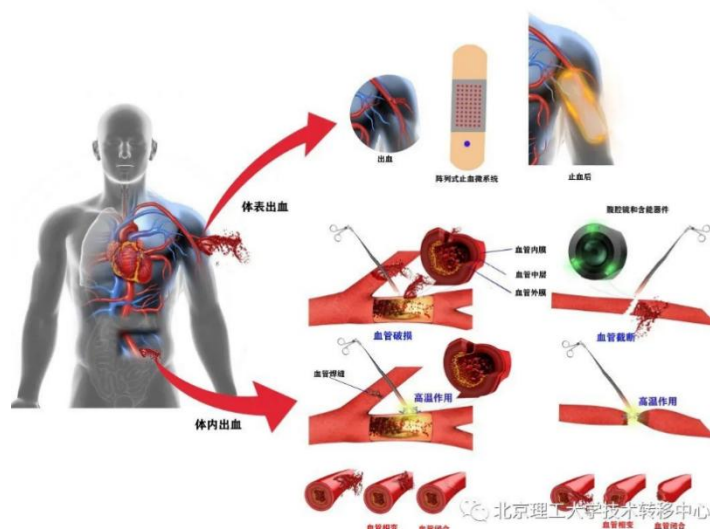


图 1. 低温等离子体高温快速止血消杀微系统应用场景

02 应用领域

本项目可应用在战场或突发公共卫生事件等应急环境下，如车祸、火灾、地震；对象主要为身处恶劣环境中的伤员。此外项目还可用于人体复杂区域术中止血。

03 市场前景

项目潜在的市场规模巨大，主要涉及消防及公共卫生等领域；相比同类产品，本项目相较于同类产品止血快速精准、附带损伤小，功

耗低易携带，提升性能的同时，降低了成本。



04 知识产权

- 1、本项目已申请专利 2 项；
- 2、已授权专利 1 项、在审 1 项。

05 合作方式

合作开发或技术许可。

三十一、基于差分拉曼便携动态无创血糖监测仪

01 成果简介

无创血糖动态检测技术一直是医学工程领域研究热点之一，也是具有挑战性的世界性难题，我国现有近 1.4 亿的糖尿病患者。而糖尿病作为一种慢性疾病，目前还没有有效的治疗方式，血糖监测是其唯一的预防及治疗方式。

本项目解决了常规拉曼无创血糖监测背景噪声影响大，监测准确度低等问题，首次创新性采用指甲上采集血糖拉曼信号，并利用双波长激发差分算法消除背景噪声，极大提升信号信噪比，实现个体病例一天血糖变化趋势监测，解决了利用光学方法实现无创监测血糖在低血糖浓度（4mmol/L）监测不准确的行业难题。首次实现了利用差分拉曼光谱技术在指甲处实现全天动态血糖监测，为国际首创。

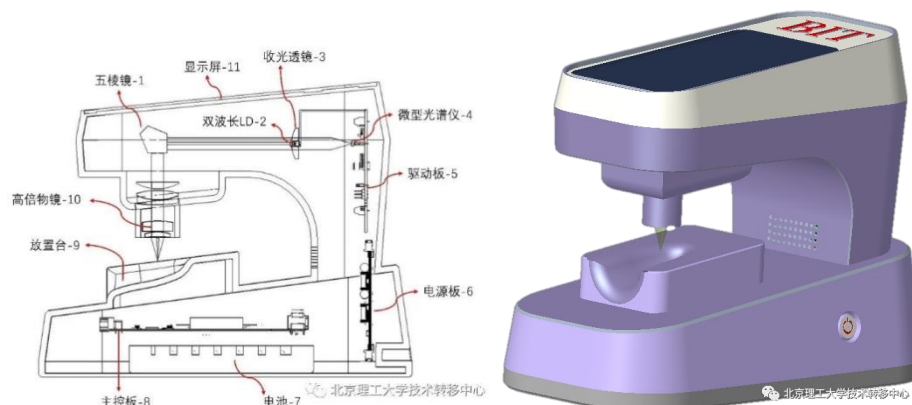


图 1. 本项目研发的原理样机

02 应用领域

本项目主要为广大的糖尿病（I 型&II 型）患者提供无创快速动态的血糖监测，产品定位为家居式无创血糖仪，同时也适用医院、药房等其他场景。

03 市场前景

糖尿病市场空间巨大，我国现糖尿病患者人数约为 1.4 亿，位居世界首位。随着我国经济水平提高和人口的老龄化，我国潜在糖尿病患者增势更为迅猛，未来三年无创血糖监测市场的规模在 180 亿元左右。

目前我国血糖仪使用率仅为 20%，远低于全球平均水平。2021 年国内血糖仪市场规模高达 200 亿元，本项目产品进入市场后，无需一次性试纸、采血针等耗材，无需医院采血，减少患者住院、买药、打针等费用，直接节约医疗成本约 70 亿。

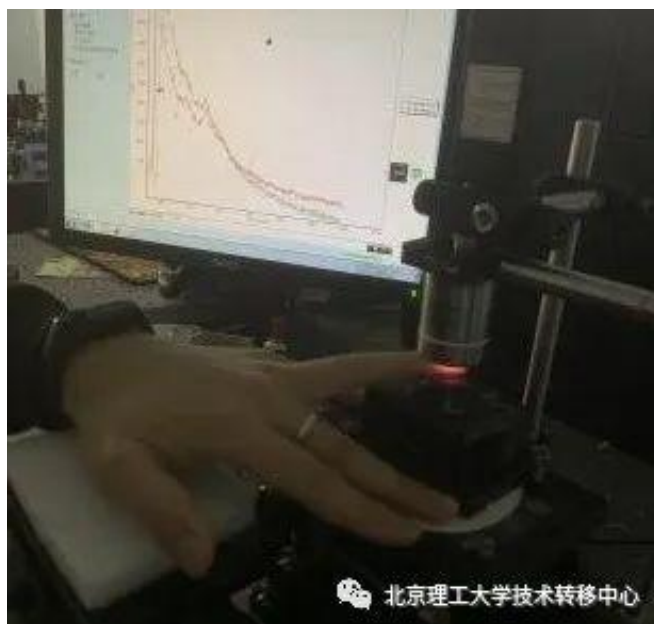


图 2. 原理样机研究测试

04 知识产权

- 1、知识产权为北京理工大学单独持有；
- 2、本项目已申请发明专利 1 项。

05 合作方式

合作开发或其它方式。

三十二、大场景运动轨迹与动作采集分析系统

01 成果简介

在大型运动场景中开展的运动项目，如冰雪运动，体操，田径等，对运动轨迹与动作分析技术有着迫切的需求，现有的运动分析设备通常只适合于在小范围内使用，解决大场景下的动作捕捉与轨迹采集问题主要采用多套系统采集领域拼接来实现，其施工难度和复杂度大，成本高。

所研发的成果具有以下特点：

（1）通过云台变焦跟踪和大视场高分辨采集两种技术分别用于实现大场地下运动员动作特写和全景下运动轨迹的采集，实现动作捕捉和轨迹测量；

（2）可以通过高精度伺服云台光学投影器将记录的轨迹数据以场地投影的形式在场地内进行再现

（3）具有便携性，可在目标场地内一两个小时内完成布置，开始使用，随用随走。

所研发产品除了用于运动员运动过程的动作分析以外，还可拓展用于远程虚拟对抗，远程体育训练教学，运动过程的虚拟全角度数字采集与转播等领域，在数字体育领域具有很大的推广价值。



图 1. 大视场全景拍摄多人运动轨迹采集分析系统

02 应用领域

数据采集分析针对冰雪，田径，体操等，实现基于精确运动数据采集的科学化训练，潜在用户是各专业体育训练队。针对相关项目开

展的体育等级远程考试测试，潜在用户是体育训练考试组织机构。

基于投影轨迹再现实现的远程虚拟对抗训练系统，除专业滑冰训练以外，也可以适合于针对民用冰上场地的滑冰游戏系统，创建虚拟对手，实现对抗竞赛。

针对数字转播领域开展的全角度数字化图像采集与转播，通过在多个角度上进行的同步跟踪拍摄及全景拍摄，实现多角度多方位的数字化三维立体数据采集与转播。

03 市场前景

潜在市场规模，按照每个省级体育训练单位购置 5 套计算，包括冰雪，体操，田径等运动队，每套价格按 300 万元计算，粗算国内市场规模在 3 亿左右。

虚拟对抗领域，按照每个大型滑冰场一套来计算，全国约有符合条件的冰场数量约为 1000 所，按照单套投影系统价格 100 万计算，则国内市场规模为 10 亿左右。

在全角度数字体育转播领域，按照单套设备 1000 万计算，每个省级电视转播机构配备，则视场规模约在 2.3 亿。

国内总体市场规模约为 10~20 亿。



图 2. 云台变焦跟踪拍摄运动采集分析系统样机（双机位）

04 知识产权

- 1、知识产权为北京理工大学单独持有；
- 2、本项目已申请专利权；
- 3、申请发明专利 1 项，处于实质审查阶段。

05 合作方式

合作开发、技术许可或其它方式。

三十三、木材智能检尺系统

01 成果简介

针对我国每年约六千万立方米进口原木检尺过程中存在的人工重复劳动强度大、成本高、数据的客观性和准确性受质疑等问题，突破高速图像采集与处理、基于深度学习的精准识别、高速喷码机构设计、高集成度系统设计等关键技术，研发了木材智能检尺装备和系统，实现了基于人工智能、大数据、互联网等技术的智能木材检尺作业，降低了对专业人员的依赖，提高了工作效率和精度，降低了劳动强度和成本，大大提升了行业的智能化水平，并在某地海关等进行了实际测试和推广应用，在次基础上未来形成一整套涵盖理货、检尺、发货等业务的一体化智能平台，具有重要的社会效益和经济价值。



图 1. 第三代木材智能检尺系统在某地海关现场测试

02 应用领域

针对海关及相关企业的木材检尺需求，为客观、快速确定木材价值及汇总相关数据信息提供智能化技术手段和系统装备。

03 市场前景

我国每年进口原木约六千万立方米，金额高达百亿美元，根据海关检验检疫要求，所有进口原木必须经过检尺测量才能进入市场销售，木材检尺属于特种行业，具有一定的技术和市场壁垒，目前所有检尺工作全部由人工完成，人工检尺收费约 3~3.5 元/方，每年原木检尺市场规模约 2 亿元。采用智能检尺系统装备后，检尺成本可降低至 1~2 元，同时排除人为因素的干扰，具有显著的社会效益和经济价值。目前为止国内外没有发现功能相同或接近的产品，只有一些相关研究

报道。如果未来进一步整合木材理货、发货等环节以及其他类型的木材检尺，效益会更加可观。

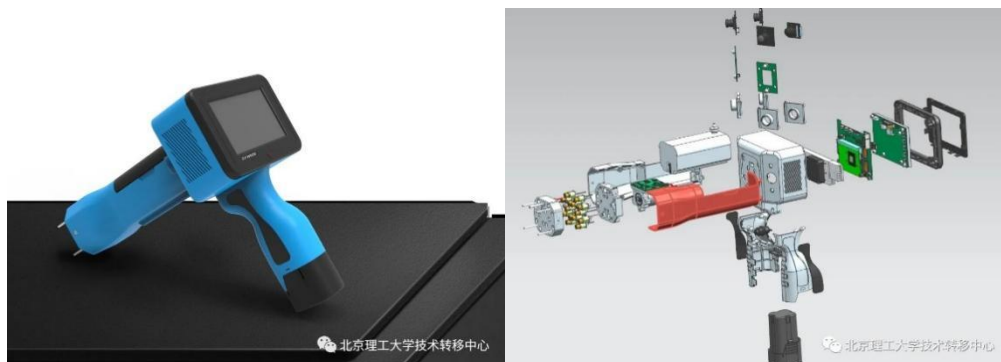


图 2. 木材智能检尺系统主机

04 知识产权

- 1、本产品为自主知识产权；
- 2、因相关方面考虑，本项目暂未申请专利。

05 合作方式

合作开发、技术许可、技术转让或其他方式。

三十四、毓旋翼——模块化可变形飞行器

01 成果简介

“毓”旋翼是一种模块化多旋翼无人机，系统构建了一种新型多旋翼无人飞行平台，设计了简单可靠的连接结构。由于单个飞行模块具有独立的动力系统和控制系统，本项目在此基础上提出了多模块的协同控制算法并给出了区别于常规多旋翼构型的多种模块排布方式。此外，还能够基于冗余传感器数据研究了数据融合算法以提高传感器精度。

“毓”旋翼无人机由多个单旋翼模块组成，每一个单旋翼模块具有独立的结构、飞行控制器、动力系统以及通信设备。飞行控制器用于感知环境，处理数据，实现算法，是飞行器控制的核心。其中包含以下传感器：加速度计（用于测量姿态）、陀螺仪（用于负责测量姿态以及获取角速度）、磁力计（用于获得姿态）以及气压计（用于获得高度）；通信设备用于模块与模块之间以及模块与外部设备之间的通信，由于通信的多对多特性，将会引入通信网络实现组网通信；结构用于组成机体，安装放置元器件，并实现与外部的连接，是飞行的主体部分；动力系统则用于动力输出，包含无刷电机、电子调速器、螺旋桨、电池以及配套供电网络，在这里由于多个模块之间可以采用独立电池供电，为使多个电机之间的供电电压相同引入了并联供电网络，实现多个电池之间的并联供电。



图 1. 四模块实物测试图

02 应用领域

空中智慧物流、无人机教学研究、个人消费产品等多个领域

03 市场前景

相较于传统无人机，“毓”旋翼具有模块化、协同化、多样化等特点，使用者只需稍加注意正反模块的结合，便可根据自身实际需求确定子模块的数量和具体的连接方式，以满足不同的载荷需求或其他

用途；由于模块化，单模块紧密排列本就利于储存，再加上可折叠变形，因此毓旋翼在储存方面极为便利，而且折叠储存方式多样，适合于多种场景，市场前景广阔。



图 2. 八模块实物测试图

04 知识产权

- 1、知识产权为北京理工大学单独持有；
- 2、本项目已申请专利 1 项。

05 合作方式

合作开发或技术转让。

三十五、高性能量子照明雷达的设计与仿真

01 成果简介

量子照明雷达是新兴的研究方向，是量子信息技术与雷达技术相结合的新兴产物。而量子信息技术又是古老的量子力学与信息技术相结合的交叉学科，不少研究者因晦涩的量子力学而望而却步。为了降低量子照明雷达的神秘感，打破抽象壁垒，我们创造性地发展了量子照明雷达的高效仿真技术，对于未来实现量子雷达的普及与推广具有重要意义。

截止目前，尚未见到关于量子照明雷达仿真平台的相关报道。而该成果基于 MATLAB 这一易于上手的计算机数值平台，沟通了抽象的量子力学与具体的量子目标探测之间的桥梁，具有创新性和国内领先的技术先进性。

经过近五年的研究和近两年教学实践的检验，该成果不断丰富和完善，通过可视化的工作界面，可以给出量子信号源的关键物理参数分析、量子态演化过程、多份量子态条件下量子照明雷达的虚警概率分析等多个方面的图形化界面，具有较强的推广应用价值。鉴于量子雷达技术是未来新体制雷达的重要技术途径之一，本成果将有望在空间、水下目标探测方面取得应用，市场应前景广阔。截止到目前，该成果已经应用于高年级本科生的培养与实训和北京某研究所的新体制目标探测项目研发中。

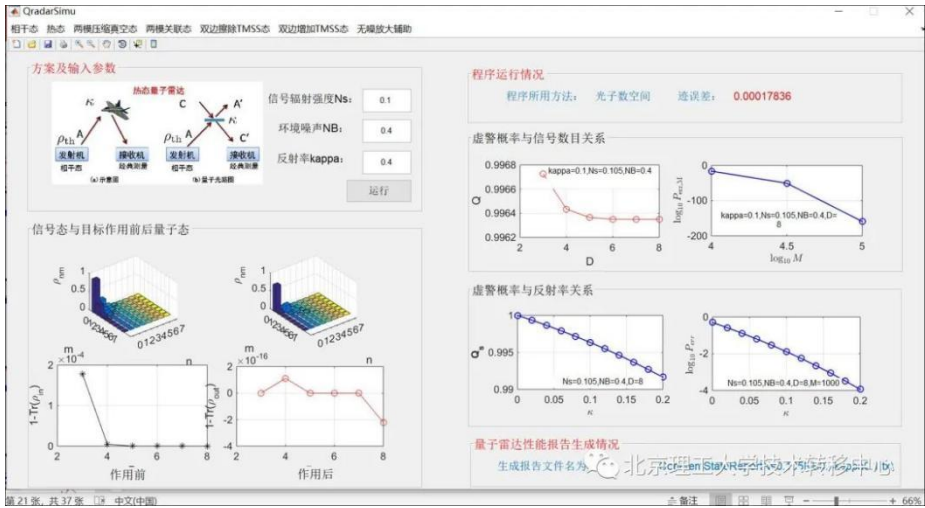


图 1. 仿真平台的运行界面

02 应用领域

该成果可以借助于计算机和易于掌握的 MATLAB 程序，对量子照明雷达在有噪环境中的实际性应用进行分析和仿真。

可以应用在量子照明雷达的性能仿真、优化设计、应用需求分析等场合。在该成果支撑下所做的《局域位移操作下的量子照明雷达》、《非高斯操作下的量子照明雷达》等论文可以支持实际条件下量子雷达的探测性能、探测极限、应用条件等指标分析，支撑新体制雷达的设计与探索，为空间及水下暗弱目标探测、识别提供技术增长点。

03 市场前景

众所周知，美国研发了具有隐身功能的五代机，这一度成为航空界最尖端的前沿技术。五代机采用了先进材料和结构，其反射截面更小，从而达到隐瞒雷达的目的。而许多专家确信，新一代量子雷达技术可以实现隐身目标的探测，把隐身飞机的优势 终结。据有关媒体报道，一款价值两千万元的国产新型量子雷达，可以实现所有五代机的侦测。这给量子雷达的研究注入了新的活力，量子照明雷达的应用前景和市场规模是巨大的，对促进未来的国防实力和经济实力的提升具有不可估量的价值和意义。

本成果是量子雷达基础研究中的一个重要环节，但国内仍没有公开报道的同类型产品，具有较强的核心竞争力。



图 2. 项目荣获中国兵器工业集团第六届创新竞赛三等奖

04 知识产权

- 1、知识产权为北京理工大学单独持有；
- 2、本项目已申请软件著作权；
- 3、已登记软件著作权 3 项。

05 合作方式

合作开发或其它方式。

三十六、液态金属薄膜热界面材料

01 成果简介

液态金属薄膜热界面材料是一种具有超高热导率，能解决极端高热流密度散热难题的低熔点合金热界面材料。基本原理为：填充于发热芯片与散热器之间，起到减小接触热阻，强化传热，降低高功率芯片温度的作用。

液态金属薄膜热界面材料实现途径包括组分调配和物化处理两步骤。通过组分调配设计具有高热导率的合金，然后通过物化处理提升材料的传热性能和稳定性。

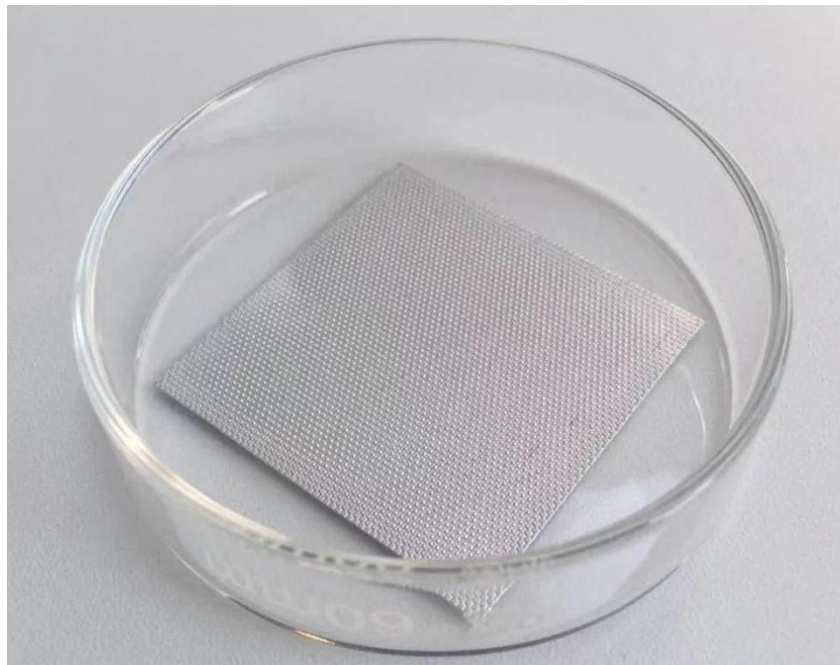


图 1. 本项目研发的液态金属薄膜热界面材料

02 应用领域

高效导热、热控防护、绿色能源等领域

03 市场前景

液态金属薄膜热界面材料不仅可在高性能服务器、台式机、工控机、笔记本电脑以及通讯基站的芯片热管理中获得广泛应用，而且还可先进能源领域（工业余热利用、太阳能热发电）、航空热控领域（卫星、热防护）、光电器件领域（如投影仪、功率电子设备等）、LED 照明等领域发挥重要作用。

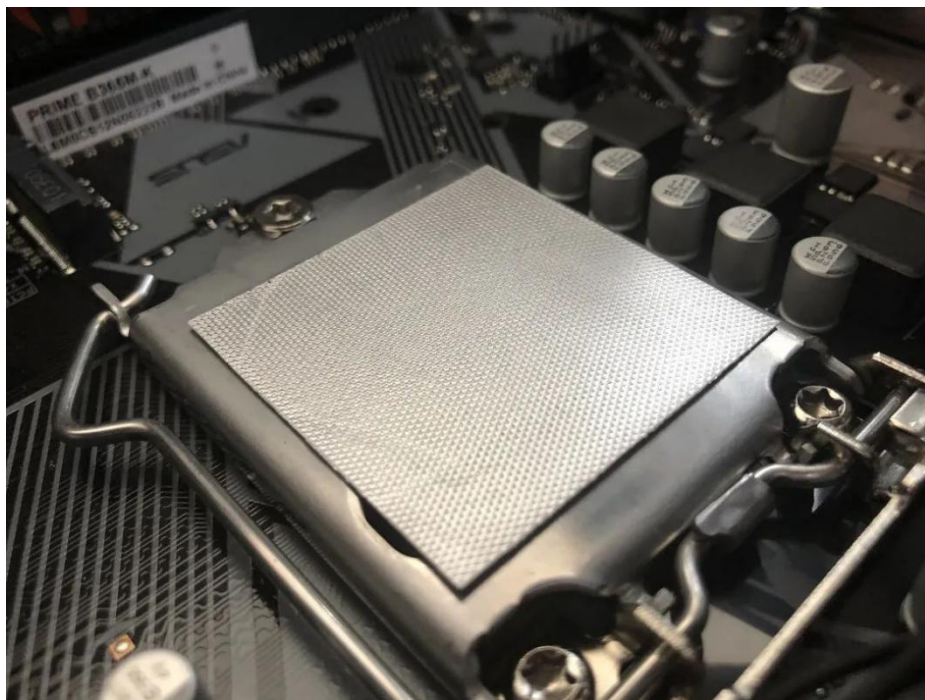


图 2. 产品应用场景

04 知识产权

- 1、本产品为自主知识产权；
- 2、因相关方面考虑，本项目暂未申请专利。

05 合作方式

合作开发或其它方式。

三十七、高压轴向柱塞泵马达设计方法

01 成果简介

针对高端液压原件主要依赖进口的问题，北京理工大学长期致力于高端液压泵马达的基础研究、工程设计及应用研究，承担了多项液压传动相关的国家预研项目，完成了高压轴向柱塞泵马达的集成设计方法与验证、典型材料关键摩擦副设计与验证、变量伺服机构设计和高压联体轴向柱塞泵马达动态设计方法等研究内容，突破了摩擦副的油膜润滑设计和高压联体泵马达高精度动态设计等关键技术，掌握了高压联体泵马达关键摩擦副油膜润滑支承与动力学规律，建立了高压联体泵马达的动态设计方法，利用该方法可以实现对关键摩擦副和变量机构的精确设计，形成了相应的设计规范，揭示了多因素对泵马达流量与压力脉动的影响规律，提出了泵马达振动噪声控制方法，提出了回程盘组件高精度配对加工和柱塞滑靴组件收口新工艺方法。在此基础上研制成功了大功率高压轴向柱塞液压泵马达样机，并形成系列化产品。

项目组掌握了高压轴向柱塞泵马达的设计方法，并形成了具体的设计规范和分析软件，能有效地提液压泵马达的功率密度。针对泵马达关键摩擦副材料摩擦磨损特性、油膜润滑与动态设计的理论和试验研究结论，将有利于完善液压泵马达设计理论，提高我国大功率高压液压元件设计水平。



图 1. 本项目研发的 320 排量泵马达

02 应用领域

可广泛应用于非道路工程机械、农业机械领域、工业液压和军用特种车辆领域

03 市场前景

本成果可打破相关产品依赖国外进口的现状，并且具有高压、高速、高温的特点，能够满足主机在极端工况下的需求，具有功率密度高，温度使用范围大的特点。



图 2. 背对背 285 排量泵马达试验

04 知识产权

- 1、知识产权为北京理工大学单独持有；
- 2、本项目已申请专利 4 项及软件著作权 2 项。

05 合作方式

合作开发、技术许可、技术转让、作价入股。

三十八、核机器人关键技术与智能装备研发及应用

01 成果简介

为保证核电站正常、安全地运作，可利用机器人取代操作人员定期对核设施内部的设备进行检查、维修，以避免设备故障、老化等现象出现。针对不同核电环境内的任务，设计研发了个性化的专用机器人系统，解决核反应堆顶盖上螺栓拉伸量的实时测量、蒸汽发生器内一次侧堵板的自动安装及高放射性核废物的体积最小化回收等多种任务，解放危险环境中的操作人员，提高了操作安全性。

成果一：整体螺栓拉伸机拉伸量自动测量装置实现了对反应堆压力容器顶盖主螺栓拉伸量及残余拉伸量的远程自动测量，降低了人员所受辐射剂量，提高了系统整体工作效率。

成果二：蒸汽发生器一次侧堵板操作机器人完成核电站蒸汽发生器一次侧堵板的安装、紧固、自动充气密封和拆除，利用定位装置可360°旋转的螺栓紧固机械手、力矩反馈传感系统和视频监控系统实现智能定位、自动路径规划、螺栓拧紧力矩的自判断、气压密封和过程监控。

成果三：建立了首套核反应堆探测器组件自主回收作业机器人系统，并进行了误差建模、系统标定、精度测试与实验验证，验证了系统的可靠性和有效性。



图 1. 核反应堆蒸汽发生器堵板操作机器人



图 2. 核电环境整体螺栓拉伸机器人拉伸量测量装置



图 3. 核电堆芯探测器组件回收技术研究

02 应用领域

核电站蒸汽发生器内一侧堵板安装、反应堆顶盖螺栓拉伸量测量、高放射性废物体积最小化回收。

03 市场前景

成果具备个性化功能，针对核电站内不同操作需求完成相应检测、维护与退役等任务，机器人可针对不同堆型进行优化改进。随着核工业飞速发展，新型核反应堆日益增多，同时也面临核反应堆退役等情况，对核电站内多种操作任务的需求增加，成果中的专用机器人具有广泛的应用前景。基于当前研究成果，国内相关产品极少，故成果具有较强核心竞争力，预计收益可达亿级。

04 知识产权

- 1、知识产权为北京理工大学单独持有；
- 2、本项目已经申请了专利及软件著作权；
- 3、授权发明专利 3 项，授权软件著作权 3 项，授权实用新型专利 4 项，申请阶段发明专利 6 项。

05 合作方式

合作开发、技术服务、技术转让、技术许可。

三十九、一种凸极式永磁同步电机在线参数辨识方法

01 成果简介

该成果涉及一种基于递推最小二乘法对凸极式永磁同步电机的多参数同时实现在线辨识的技术。针对电机参数随工况不断变化及参数间存在耦合导致系统谐波含量增加、效率降低的问题，首先推导出电流预测误差模型；利用该模型分别解耦出电机的交直流电感和磁链，能够减少参数间的相互作用；并且通过基于遗忘因子递推最小二乘法对解耦参数进行准确辨识，实时跟踪电机参数的准确变化，使预估值接近于真实值，能够减少电机运行中诸多干扰对电机参数的影响，在很大程度上提高辨识的准确性，算法简便，容易实现，同时遗忘因子的存在避免了因数据量过多导致的数据饱和问题，适用于转速和转矩同时发生变化的情况，从而实现在参数扰动的情况下，降低系统谐波含量并提高系统效率的目的。



图 1. 原理样机

02 应用领域

该成果的潜在应用领域为新能源汽车的车用永磁同步电机，针对参数扰动的情况，该成果可以有效降低系统谐波含量，提高驱动系统效率，并减少振动噪声。

03 市场前景

永磁同步电机由于具有功率密度高、效率高、转矩电流比大等优点是电动化交通工具如电动汽车或电动飞机适用的一类电机。在永磁同步电机驱动控制策略中，比例积分矢量控制应用较为广泛，但为了进一步提高电机的动态响应速度、电流稳态控制精度，选用电流预测控制策略对电机进行控制。电流预测控制需要对被控对象进行预测模型的建立，预测性能过分依赖于电机模型的精度。任何电机模型参数

的不确定性（也称为电机模型参数与实际电机参数失配）引起的扰动都将削弱电流预测控制的性能，增大系统的转矩脉动、电流谐波含量，降低系统的鲁棒性。对此，提出了基于递推最小二乘法的凸极式永磁同步电机参数在线辨识技术。该技术可以准确辨识电感和磁链参数，消除参数失配带来的扰动，从而降低电流谐波含量和转矩脉动，提高系统的驱动效率，减少振动噪声。

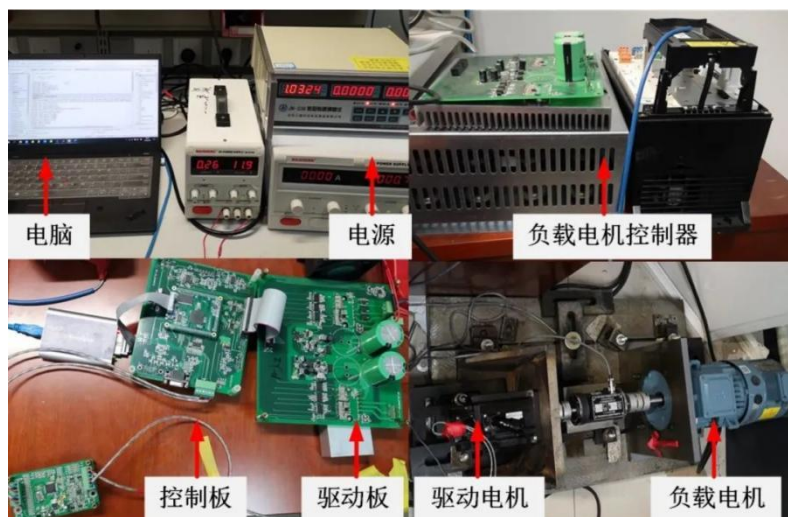


图 2. 实验电机驱动平台图

04 知识产权

- 1、知识产权为北京理工大学单独持有；
- 2、本项目已申请专利；
- 3、已授权发明专利 1 项。

05 合作方式

合作开发、技术转让、技术许可。

四十、基于光学超颖表面的多维信息显示技术

01 成果简介

超颖表面作为一种全新的信息载体在近几年得到迅猛发展，其能够灵活地调控光波前，超薄紧凑的特性能够极大地解决传统设备笨重，灵活性差，应用场地受限的问题。并且，其适合在多维信息显示等领域应用和推广。项目组在超颖表面的多维信息显示领域做出了许多有意义的贡献。将全息技术与超颖表面的三维调制、偏振复用、波长调制、主动相变材料、非线性调制、集成液晶调制显示、算法优化等结合，研究并设计了多种基于超颖表面的多维信息显示技术，为提高信息显示的存储密度、多彩多自由度显示等提供了更高性价比的选择方案，具有极高的应用前景和推广市场。

基于超颖表面的多维信息显示技术的体积小，构造灵活多样，结构特征明显，能够复用多种光学特性，为信息显示，特别是全息显示领域到了创新性变革。因其能够彻底摆脱传统光学的限制，提高信息容量和显示多样性。该技术可在微纳量级达到成像和显示的极佳效果，有望在数据存储，超分辨率显示，光学加密，增强现实，智能设备等领域发挥难以想象的优势。

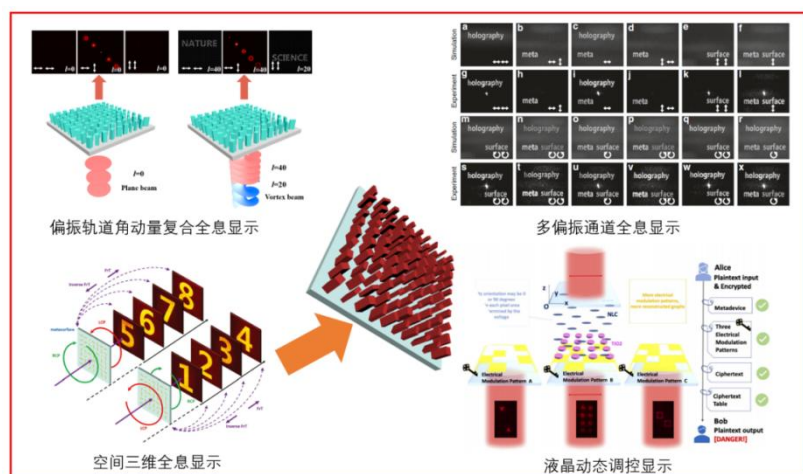


图 1. 超颖表面多维信息显示技术应用场景

02 应用领域

该科技成果提出的基于光学超颖表面的多维信息显示技术的显示质量和信息密度极高，可在多种场景下实现光学信息显示，光场调控、AR/VR、全息等功能。

03 市场前景

首先，从具体的市场需求展开，本项目组的基于超颖表面的多维

信息显示技术形式多样化，显示手段丰富，可复用多种光学维度进行复合全息信息显示。并且其信息存储密度大，容量大，远远高于传统的光学显示器件和方法。并且由于器件小型化的优势，在运输、储藏等方面能够节约极高的成本。结合计算全息的算法优势，该技术还能够结合入射光的波前进行读写动态显示，进一步提高器件的灵活性。

其次，该科技成果中的超颖表面多维信息显示可以小型化制造，微纳量级的设备可以应用在生物医学成像等领域。集成的超颖表面可以组合成多种多样的复合显示设备，如三维全息投影，全彩色动态三维显示等。这种简单小型化的设备就能够替代传统光学笨重大型的器件，提高空间和光能利用率。

再次，在全息三维显示，AR/VR 中，由于设备的穿戴，携带等要求使得显示器件既能够满足真三维高保真多自由度的显示目标，又能够轻量化，无压力感等物理要求。超颖表面的多维信息显示技术就正好满足这些要求。大大提高了用户消费者的体验舒适感。在一定程度上节约了生产成本，加快了市场化的进程。

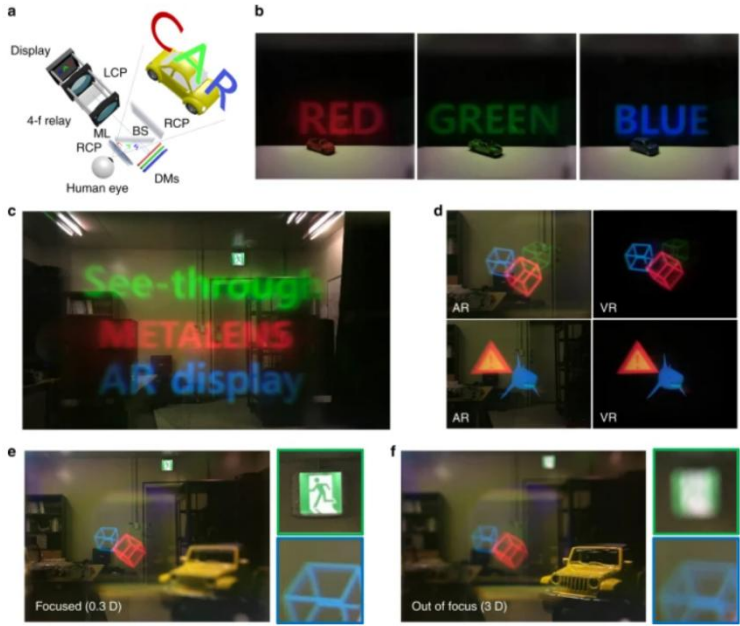


图 2. 超颖表面近眼显示增强显示示例

04 知识产权

- 1、知识产权为北京理工大学单独持有；
- 2、本项目已申请专利；
- 3、申请阶段项数 1 项，授权阶段项数 5 项。

05 合作方式

合作开发、技术服务、技术咨询、技术许可、技术转让。

四十一、精密玻璃模压成形机

01 成果简介

本项目创新性提出利用七台电缸作为模压机构的伺服驱动元件，相比国外气缸驱动的玻璃模压成形设备，更有利于对模压速度、模压位置与成形压力的精密控制。设备使用的工业控制系统，比可编程逻辑控制器更利于对模压成形过程进行工艺调试、条件优化以及对工艺数据的导入导出。此外，设备还对加热模块进行了进一步优化，有更宽的温度调控范围。

课题组通过技术攻关，在模具材料制备、微纳模具超精密加工与微纳光学器件超精密模压成形方面，已经形成了具完全自主知识产权的玻璃模压加工工艺。基于开发的全电机伺服驱动精密模压成形机，可实现在可见光玻璃和红外玻璃材料上加工自由曲面透镜、非球面透镜、微沟槽、微柱面镜阵列、微棱镜阵列、微透镜阵列等光学器件。对于国内微纳光学器件制造意义重大。

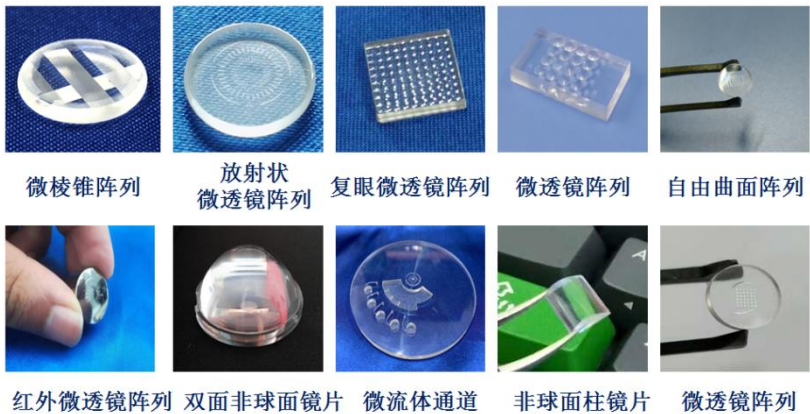


图 1. 本项目可加工的部分光学器件

02 应用领域

可用于手机曲面屏热弯成形，非球面、自由曲面玻璃透镜模压成形，光学微结构、微透镜阵列模压成形，生物医疗微结构玻璃器件成形，光通信微结构成形等。

03 市场前景

本装备具有完全自主知识产权，有更高精度、可靠性及柔性可调节。预计市场规模 10 亿以上。

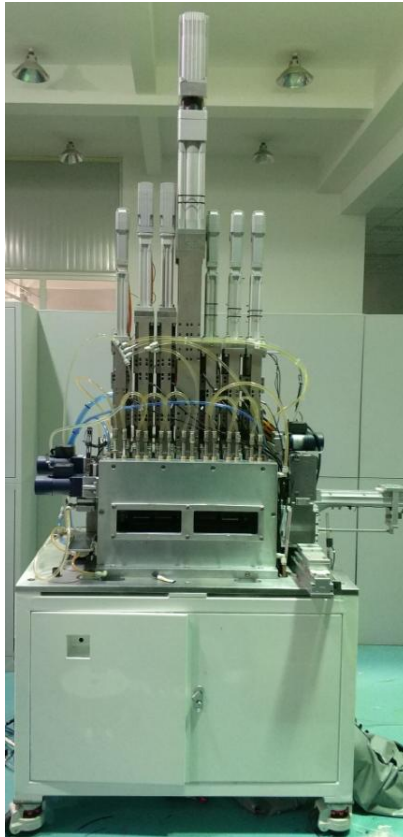


图 2. 产品样机

04 知识产权

- 1、知识产权为北京理工大学单独持有；
- 2、本项目已申请专利；
- 3、已授权专利 3 项。

05 合作方式

合作开发、技术许可或其它方式。

四十二、多波段红外场景生成装置

01 成果简介

红外场景模拟器产品是应用于红外图像探测设备产品的质量检测。目前红外图像产品大量应用于防务和民用，在防务上主要用于目标的全天候探测，民用主要在火灾监控，安防监控，高压输电线路监控，医用疾病诊断，工业生产过程监控等应用领域。所以对红外成像设备的质量检测方面的应用需求也随之大幅度增加。北京理工大学为国内数不多的生产研究厂家之一，研究水平处于领先地位。

红外目标模拟器的核心器件是自主研发的基于 MEMS 技术的可见光/红外动态图像转换装置，利用 MEMS 工艺制作的转换芯片可以将可见光图像转换为红外图像，这种器件在结构和制作工艺等方面都相对简单，而且成本低，尤其是这种方法可以解决导引头探测器与图像生成器之间扫描体制难以匹配的问题。经过三十多年的研发，可见光/红外图像转换芯片的技术已经成熟，可以为红外目标模拟器的研发提供稳定的技术支持。研制的红外动态场景模拟器在国内处于领先地位，技术水平处于国际先进。产品的小量定制生产已经成功，已投入运用。



图 1. 本项目研发的样机

02 应用领域

红外场景模拟器主要用于红外图像探测系统的测试性能评估。

在防务上主要用于目标的全天候探测，导航，制导，目标识别。民用主要在火灾监控，安防监控（重要的行政中心、银行金库、机要室、档案室、军事要地、监狱等），高压输电线路监控（如电气、不平衡负载、过载系统、接线错误或器件故障等；电机、管路、阀门等过程设备），医用疾病诊断，工业生产过程监控，评估建筑的保温性能，可以检测电子产品品质（印制电路板热分布设计、产品可靠性测

试），复合材料检测；建筑物隔热、受潮检测等应用领域。

03 市场前景

预计产品 2025 年市场规模 5 亿元。相关产业 10 亿元。产品的客户和潜在客户包括红外图像探测器的生产企业和使用红外图像探测器的企业，包括军工企业。



图 2. 产品测试系统

04 知识产权

- 1、知识产权为北京理工大学单独持有；
- 2、本项目已申请专利；
- 3、已授权专利 8 项。

05 合作方式

作价入股或其它方式。

四十三、机械手无损检测系统

01 成果简介

机械手无损检测系统由关节式机械手、超声检测仪器、超声换能器和液浸槽等构件组成，采用高性能计算机实现机器人和超声检测仪器的集成控制，采用创新的软硬件接口技术保证扫查点位置坐标数据和超声检测信号的同步采集，实现高检测分辨力和检测重复性。机械手无损检测系统的特点有检测精度高、速度快，灵活性好；位置信息和超声信号同步采集，精准定位缺陷位置；全波数据采集与存储功能，可实现任意深度成像观测；多种成像方式，可实现多种物理特性观测与分析；显示直观，快速扫描显示工件内部缺陷。机械手无损检测系统主要针对复杂曲面的金属和复合材料构件的超声无损检测与评估难题，采用单（双）机械手夹持换能器或工件实现快速准确的自动化无损检测，完成人工无法实现的扫查工作。

机械手无损检测系统目前已经应用在多家央企、研究所等单位；并在 2017 年 11 月由北京理工大学申请，国家质量技术监督局颁布国家标准《无损检测 机械手超声检测方法》（GB/T34892-2017），2018 年 6 月 1 日开始实施。



图 1. 本项目研发的双机械手无损检测系统

02 应用领域

除常见构件的自动化无损检测外，本项目还可实现叶片类小型复杂曲面构件的自动化无损检测、轮毂等复杂回转体构件的无损检测、复合材料回转体构件的无损检测和评估、多层复合材料的无损检测与评估等多项高难度、高精度无损检测。

03 市场前景

机械手无损检测系统采用创新的软硬件接口技术保证扫查点位置坐标数据和超声检测信号的同步采集,实现高检测分辨力和检测重复性。单机械手无损检测系统可实现 0.15mm 宽 X10mm 长的缺陷,厚度测量精度可达到 $\pm 0.03\text{mm}$,单机械手无损检测系统可实现加持小型复杂曲面工件,换能器固定的检测方式,同时也可增加转台实现回转体构件的检测。双机械手检测系统是由两台机械手同步运动,可实现直径为 $\Phi 200\text{--}500\text{mm}$,最大厚度 25mm 的回转体构件的检测,可检测纤维复合材料构件内部最小缺陷当量尺寸为 $\Phi 3\text{mm}$ 的缺陷。相关指标国际领先。

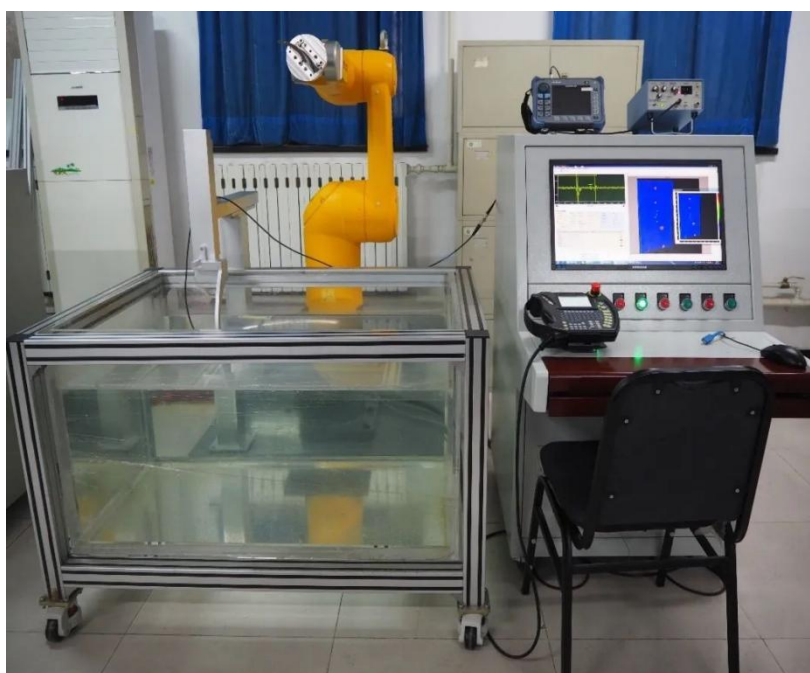


图 2. 本项目研发的单机械手无损检测系统

04 知识产权

- 1、知识产权为北京理工大学单独持有;
- 2、本项目已申请专利;
- 3、已授权专利 3 项、多项专利在申请中。

05 合作方式

合作开发或其它方式。

四十四、微细刀具技术与系列产品

01 成果简介

针对发动机喷油微小孔、微透镜阵列模具、微小叶轮、微流道芯片、骨切削修复等难加工材料微小零件精密加工，开展了微细刀具设计、刃磨制备及切削技术等方面研究。实现超小直径高长径比微细钻头、变芯厚变槽宽硬质合金微细钻头、横刃修磨硬质合金微细钻头、异型结构硬质合金微细铣刀、超小直径超硬微细球头铣刀等微细刀具的设计制造及应用。突破超小直径微细刀具的设计和刃磨关键技术，国内首次实现 12 微米直径纳米颗粒硬质合金铣刀的精密刃磨；形成了直径 50 微米微细铣刀与钻头的精密刃磨制造与批量生产能力；突破了 50 微米超硬材料 PCD/CBN 微细铣钻刀具的精密刃磨制造技术。

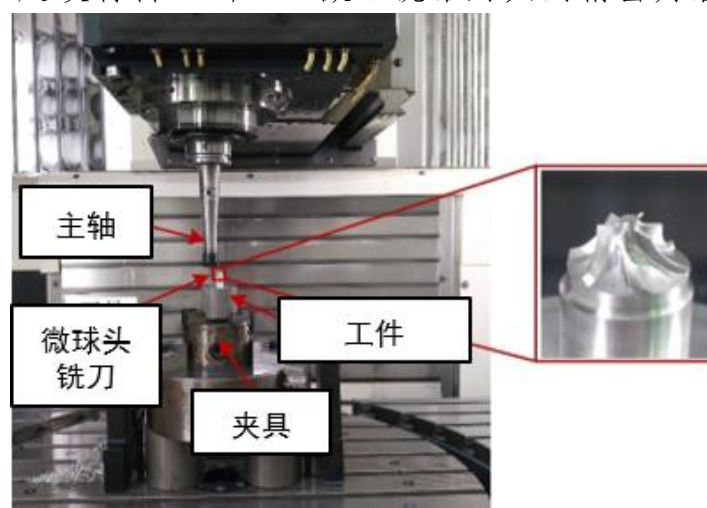


图 1. 通过自研微细球头铣刀实现直径 5mm 微小叶轮精密加工

02 应用领域

应用于高端装备核心微小精密零部件的精密加工。

03 市场前景

本项成果可打破国外对高精度微细刀具的垄断，与进口超硬微铣刀相比，自研单刃 PCD 刀具加工沟槽具有更高的表面质量，且自研刀具磨损较轻，切削刃脆性破坏较少，刀具面型精度和刃口完整性都保持较好；面向航空、航天、汽车等精密零部件的加工需求，建立了系统的微细刀具切削性能评价体系与工具工艺适配方法；已形成技术研发、生产验证、工艺配套推荐等示范应用的产、学、研、用相关条件，具备“理论-技术-工程-产业”一体化优势，市场潜力与价值巨大。

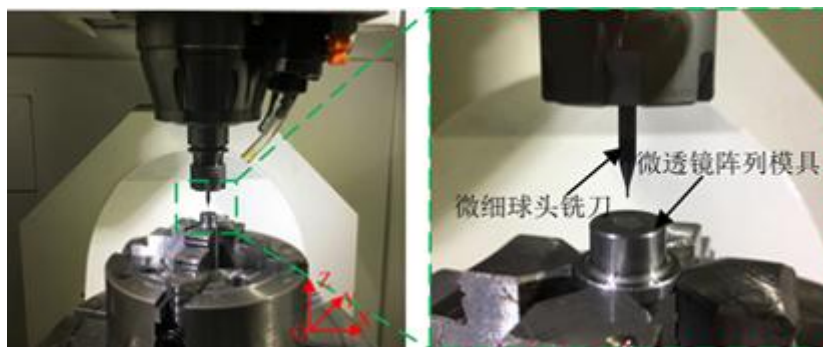


图 2. 通过自研微细球头铣刀实现微透镜阵列模具的精密制造

04 知识产权

- 1、知识产权为北京理工大学单独持有；
- 2、本项目已申请专利；
- 3、已授权发明专利 17 项。

05 合作方式

合作开发、技术许可、技术转让、作价入股或其它方式。

四十五、生化违禁品快检微型质谱仪

01 成果简介

生化（生物及化学）违禁品检查一直以来都是机场、火车站、地铁站等人流密集场所安全检查的重要一环，是保障公共场所安全和社会稳定的重要防范措施。质谱技术是一种高端的生化检测仪器，是实验室生化分析的金标准，但是常规的质谱仪器体积庞大，价格昂贵，不能用于现场检测。

本项目所开发的微型质谱仪创新地采用了高效的连续大气压接口进样模式，在具备高度便携性的同时，可以实现各种形态样品（固、液、气）在大气压条件下的快速分析，技术优势明显。此外，相比于国外类似产品的高昂售价（人民币约 80-120 万元/台），本项目拟开发的产品可以通过技术创新将其售价控制在 40-80 万元/台，更有利于打破国外同类型仪器的价格壁垒，实现小型化质谱仪在国内各机场、火车站等场所的推广，快速占据国内市场。



图 1. 本项目研发的微型质谱仪

02 应用领域

可应用于机场、火车站、大型场馆等人流密集场所的生化违禁品快速检查。

03 市场前景

相比于当前光谱类安检设备，本项目的微型质谱仪在具备高度便携性的基础上，具有更高的检测灵敏度和分析速度，可以实现现场各种违禁品的快速（小于 1 秒）、高灵敏（检测限低于 1ng/mL）、精准检测。

相比于国外类似产品的高昂售价（人民币约 80-120 万元/台），本项目拟开发的产品可以通过技术创新将其售价控制在 40-80 万元/台，更有利于打破国外同类型仪器的价格壁垒，实现小型化质谱仪在国内各机场、火车站等场所的推广，快速占据国内市场。



图 2. 本项目研发的产品样机

04 知识产权

- 1、知识产权为北京理工大学单独持有；
- 2、本项目已申请专利；
- 3、已授权专利 2 项。

05 合作方式

合作开发、技术许可、作价入股或其它方式。

四十六、光学超颖表面的多维信息复用防伪标识与加密技术

01 成果简介

近年来，超颖表面作为一个新兴的研究领域发展迅速，其强大的波前调控能力和与生俱来的超薄、紧凑的性质非常适合应用于光学加密、防伪领域。为了推进超颖表面的实用化发展，增加其信息容量，本项目在超颖表面的多维信息复用领域做出许多努力。将全息技术与位置复用、偏振复用、共形超颖表面、非对称传输、结构色、相变材料、轨道角动量调控等超颖表面相关特性相结合，设计出了多种基于光学超颖表面的多维信息复用防伪标识，为提升光存储技术的存储密度和防伪加密性能提供了新的解决方案，具有极大的设计优势和应用前景。

基于光学超颖表面的多维信息复用防伪标识与加密技术信息容量大，能提供多层次的防伪特征；必须采用电子束刻蚀系统进行加工，设计制造难度高，极难仿制和伪造；面积小，外表精致，不影响产品或证件的外观；具有极高的唯一性，由于全息算法的特性，即使对应的全息再现像完全相同，也可以通过对比 SEM 图来从根源上避免伪造。该技术代表着未来光学加密、防伪技术的发展方向，可作为数据存储、模式识别、信息处理和光学加密的平台，有望在增强现实、智能手机等人机交互领域及防伪、信息加密等信息安全领域发挥关键作用。

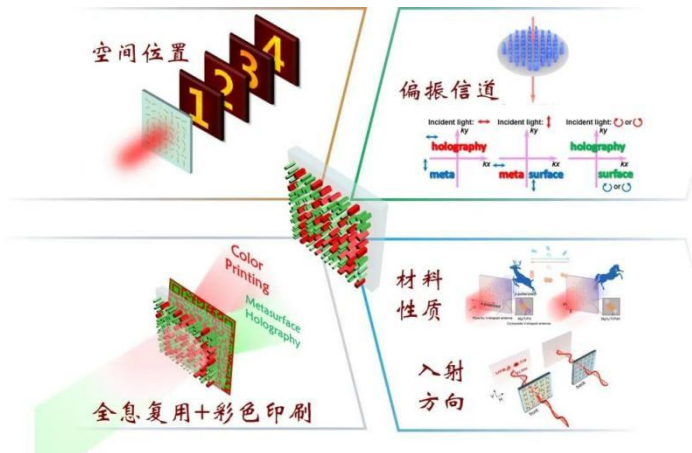


图 1. 基于光学超颖表面的多维信息复用防伪标识与加密技术的常用加密、防伪维度

02 应用领域

该科技成果提出的基于光学超颖表面的多维信息复用防伪标识的防伪水平极高，可为防伪溯源体系、个人或机构的身份及信用认证、文物及收藏品鉴定、医学药品认证、高端奢侈品或高端定制提供最安

全、个性化的身份标识。

03 市场前景

目前防伪标识领域面临如下痛点：对传统激光全息防伪技术来说，由于制作激光全息母版的紫外曝光设备技术门槛变低，伪造者只需要较小成本的投入就能仿造出与正版产品防伪标识相似的标识，这大大降低了相关产品的防伪能力；目前市面上尚且缺少能够提供多维度防伪信道，以及足够的信息容量的新型防伪技术；目前的防伪领域存在综合配套服务缺失，欠缺可定制化、立体化的产品解决方案。

针对以上市场痛点，该成果的超颖表面多维度信息复用防伪标识以极小的面积巧妙而高效地存储了多维度、大容量的防伪信息，同时编码了不同层次的多种密钥，具有超强的隐蔽性和极大的信息容量。同时，得益于超颖表面加工时的精细程度和编码的独特性与唯一性，超颖表面多维度信息复用防伪标识基本没有被破解、复制的可能性。首先，该种超颖表面必须采用高精度的电子束刻蚀系统才能进行加工，其精度要比其它加工技术高出几个数量级，设计和制造的难度高，极难仿制和伪造。其次，由于超颖表面的尺寸极小，且是直接刻蚀加工于基底之上的，故通过撕掉并转移的方式伪造防伪标识几乎是完全不可能的。

04 知识产权

- 1、知识产权为北京理工大学单独持有；
- 2、本项目已申请专利；
- 3、已授权专利 8 项，已申请专利 2 项。

05 合作方式

合作开发、技术许可、技术转让或其它方式。

四十七、有机磷多面体低聚硅倍半氧烷(P-POSS)阻燃剂

01 成果简介

本成果首次成功合成了有机磷多面体低聚硅倍半氧烷(P-POSS)阻燃剂。P-POSS 以硅、磷为主要阻燃元素,以笼型无机 Si-O 结构为内核、含磷有机基团为外壳的独特结构,具有常温下为固体、聚合物材料加工温度下出现玻璃化转变的良好加工性能,同时具有热稳定性高和与聚合物相容性好的特点,指向一类新型高效阻燃剂分子的未来特征。前期研究结果表明,P-POSS 在环氧树脂和聚碳酸酯中均表现出优异的阻燃性能,同时,使聚合物材料保持良好的综合性能,具有广阔的市场应用前景。

在阻燃环氧树脂应用中,低含量的 P-POSS (硅、磷元素含量为 0.1~0.5wt%)即可使阻燃环氧树脂的氧指数达到 30%以上,获得 UL-94 V0 级别。而且 P-POSS 阻燃的环氧树脂表现出独特的“吹熄”现象,即样条点燃后,点燃端明显有气流从炭层燃烧点喷射而出,将火焰吹离聚合物表面并迅速熄灭,正是这种“吹熄”现象实现 P-POSS 的高效阻燃环氧树脂。P-POSS 不但能够提高环氧树脂阻燃性能和热稳定性,还能保持环氧树脂本身的透明性、机械性能和电性能。

在阻燃聚碳酸酯应用中,P-POSS 不但能够保持 POSS 结构热稳定性高的特点,而且还可以有效回避原料磷系阻燃剂的增塑作用。常温下这种 P-POSS 的固体状态使其更容易储存和添加,而它们在 PC 加工温度范围内存在的玻璃化转变现象更是使其分散状态较一般固体阻燃剂有着显著的改善,甚至达到纳米级分散。P-POSS 在 2wt%的添加量下就可以使聚碳酸酯达到 UL-94 V0 级别,同时热变形温度保持在 140℃。

02 应用领域

可应用于高性能电子电器、动车、电动汽车、航空航天、公共安全防火材料等对材料有特殊要求的领域。

03 市场前景

有机磷多面体低聚硅倍半氧烷(P-POSS)是国际首创的新型有机无机杂化阻燃剂,与同类型产品相比,同时具有热稳定性高、阻燃效率高、环境友好等优势,阻燃效率比目前用于阻燃环氧树脂和聚碳酸酯的传统阻燃剂提高超过 50%。该项目产品的预期经济效益巨大,按照拟定的 4000-5000 元/千克计算,年产量 10 吨的直接经济产值约为 4500 万元/年。

04 知识产权

- 1、知识产权为北京理工大学单独持有；
- 2、本项目已申请专利权；
- 3、已授权专利 3 项、在审中 1 项。

05 合作方式

合作开发或其它方式。

四十八、智能手机 3D 曲面玻璃制备用高性能石墨模具

01 成果简介

为了提高智能手机 3D 曲面玻璃制备用石墨模具的寿命，本成果利用非电极式等离子电解专利技术快速实现大批量石墨粉体表面纳米陶瓷改性，并采用传统的模具制备生产线实现高性能长寿命石墨模具的制备。本产品优势有：（1）原材料石墨粉体不需要经过表面处理，这样可以节省大量成本，降低环境负担及其相关费用；（2）非电极式等离子电解专利技术为一站式置换技术，即在石墨粉体进行表面清洗和活化同时实现陶瓷涂层沉积；（3）所制备的陶瓷涂层和石墨粉体具有优异的结合力，远远优于传统的溶胶-凝胶技术；（4）所制备的陶瓷涂层厚度为 20 纳米，避免石墨模具在制备和使用过程中升降温因热不匹配而导致的开裂；（5）所开发的石墨模具中陶瓷组分均匀并量少，降低了原材料成本，避免传统的石墨/陶瓷复合材料在制备和使用过程中升降温因热不匹配而导致的开裂，极大提高感应加热效率；（6）可采用传统的石墨及其模具制备生产线，实现生产线技术的匹配，极大降低成本。

本项目组已经制备出尺寸为 175*110*30mm 的石墨模具单件样品，经深圳某自动化公司考核，在相同条件下该石墨模具寿命提高 3 倍，并且其成本基本不增加，具有巨大的市场前景。

02 应用领域

3D 曲面玻璃制备。

03 市场前景

3D 曲面玻璃是目前智能手机的关键核心零部件，目前这种曲面玻璃主要利用石墨模具热压成型。按现在市场规模，每月使用石墨模具 180 万套，该模具单价为 3500 元，计算表明曲面玻璃制备用高性能石墨模具每月市场 63 亿元，年消耗额为 756 亿元。为了降低成本、提升竞争力和市场占有率，目前各厂家均大力降低石墨模具成本并提高其使用寿命，研究表明若将石墨模具寿命提高 20%，则市场占有率提高一倍。本成果在成本基本不增加的前提下能将石墨模具的寿命提高 3 倍。

04 知识产权

- 1、知识产权为北京理工大学单独持有；
- 2、本项目已申请专利，已授权专利 3 项、在审中 4 项。

05 合作方式

合作开发或其它方式。

四十九、一种防抖、宽视野的仿生眼

01 成果简介

本项目面向室内外环境下对目标和环境的可靠快速感知需求，突破高性能主动适应的混合稳像、动态目标快速搜索追踪、智能探索感知的快速地图创建和定位与场景理解关键技术，研制具有高稳定性、宽视野功能的仿生眼样机一套，可实现快速追踪动态目标，实现环境三维建模与场景理解，成果将为机器人智能化、自主化导航提供主动感知的新途径。重点开展如下研究：

1) 具有高稳定性、宽视野功能的仿生眼研制

研究仿生眼的结构高动态轻量化优化设计及优化的电机驱动方式，提出眼球各自独立运动、眼颈协调的关节配置方案，研究多轴关节的实时同步控制，研究图像传感器、IMU 传感器及 RGBD 传感器的硬件高精度同步方法及 GPU 加速方法，实现对环境的高精度时间同步视觉感知。

2) 高性能主动适应的混合稳像算法

针对图像抖动模糊问题，研究主动适应的机电混合稳像算法；结合姿态反馈信息通过眼颈关节协调进行适应性姿态调整去除低频扰动，通过 IMU 及图像时间序列进行相机 6D 位姿估计与滤波消除高频扰动，实现主动适应混合稳像算法。

3) 动态目标快速搜索追踪算法

针对快速运动的视觉目标，研究基于深度强化学习和注意力机制的目标跟踪算法；同时研究基于眼颈运动神经回路控制机理的眼颈协调优化视觉伺服跟踪算法，使冗余眼颈关节实现优化协调运动，实现时间最优快速目标追踪。

4) 智能快速地图创建和定位与场景理解

针对未知场景，基于双眼 RGB 图像序列及深度传感器信息，生成仿生眼环境观测的序列决策指令，实现更优更快的环境地图创建。实现室外环境三维建模与场景理解。

02 应用领域

本项目研制的仿生眼，作为具有模仿人眼运动和感知的外观人机友好的视觉模块，人类接受程度更高，可应用于协作机器人、家庭服务机器人、教育机器人、医疗机器人、养老陪护机器人作为智能机器人的感知模块，也可以作为无人驾驶汽车的视觉模块，具有非常广阔的市场应用前景和发展潜力。

03 市场前景

1) 促进我国协作机器人的感知技术发展, 推动智能协作机器人工业化应用

协作机器人视觉感知模块既能实现对目标三维感知, 也需要有较高的人机友好外观。本仿生眼模仿人眼功能和外观, 满足协作机器人的特殊需求, 推动智能协作机器人工业化应用, 具有很好的市场应用前景和发展潜力。

2) 促进足式机器人在室内外环境中走向实用进行关键技术储备
多足服务机器人如仿人机器人、四足机器人、六足机器人等, 具有非常强的环境适应性, 将在地面抢险救灾和探险中扮演主角作用, 是机器人重要的发展方向之一。本项目的研究, 将有效解决足式机器人在复杂室外环境中图像抖动和模糊、视野有限、目标追踪速度不够快、室外非结构化路面的三维环境建模较难等瓶颈问题, 有助于提升足式机器人感知野外复杂环境的能力, 助力足式机器人室外自主作业落地应用。

3) 促进我国智能服务机器人产业化进程, 实现较高的商业价值
目前国内机器人的发展主要集中工业应用, 在服务机器人目前仍存在空缺。本课题所研发的高稳定性宽视野仿生眼将有效提升智能服务机器人的智能化水平, 促进我国智能服务机器人产业的蓬勃发展, 社会经济效益巨大。

04 知识产权

1、知识产权为北京理工大学单独持有;

2、本项目已申请专利 17 项。

05 合作方式

合作开发或其它方式。

五十、天然海洋多糖高分子分离及高值化利用清洁技术

01 成果简介

本成果基于廉价易得的功能型离子液体、低共熔溶剂，可从海洋废弃生物质（比如虾蟹壳，海藻，海带等）中高选择性制备甲壳素、壳聚糖、海藻酸等天然多糖高分子化合物，进而实现相应化合物的结构性能提升（如抗菌等）或者转化为高附加值衍生产品（如医药用品或者药物载体等）。该新技术有望解决传统酸碱制备方法中水耗高、污染大等问题，具备水耗低、污染少、能耗低、流程少等潜在优点。此外，新技术具有良好的拓展性和灵活性，可从虾蟹壳直接制备甲壳素敷料、绷带等医疗用品。

主要技术特点如下：

（1）处理的原料来源于当地的虾蟹壳，海带/海藻等，无需特别分级处理。

（2）所得甲壳素收率大于 90%，纯度大于 95%，聚合度可调，介于 400~4000。

（3）所得壳聚糖收率大于 90%，纯度大于 95%，脱乙酰度值大于 85%，符合国家标准 GB 29941-2013。

（4）所得海藻酸收率大于 90%，纯度大于 95%。

（5）可制备得海藻酸基功能材料（膜、纤维、水凝胶、气凝胶等），具备自愈合、阻燃等特点。

02 应用领域

甲壳素、壳聚糖、海藻酸/海藻酸钠等海洋高分子多糖由于良好的生物相容性、生物可降解、抗菌、吸湿性等优点，近年来在医药、纺织、生物医用科技等领域得到了广泛应用。工业级甲壳素可用于纺织、染料、纸张和水处理等，日用级可作为化妆品美容剂、毛发保护、保湿剂等，医疗级可作为隐形眼镜、人工皮肤、缝合线、人工透析膜和人工血管等；壳聚糖来源于甲壳素脱乙酰基，广泛应用于食品添加剂、化妆品、抗菌剂、医疗用品、药物缓释材料、基因转导载体、组织工程载体材料以及药物开发等众多领域；海藻酸钠由褐藻类的海带或马尾藻中提取，可广泛应用于食品、药物制剂、印纺工业、医药行业等。

目前我国海洋生物多糖及其衍生功能产品大多用于医药保健，本技术可根据海洋生物质多糖分子中存在着氨基或者羟基等特点对其进行功能化修饰、改性进而赋予更多的功能，进一步增加产品的附加

值，扩展其应用范围。通过绿色功能介质的引入和过程强化，开发新的有效分离、高效转化绿色工艺路线，研发和生产高纯度生物多糖高分子及其功能化衍生物，不断加强科研成果的产业化，促进色可持续发展。本技术克服了传统工艺污染高、水耗大的问题，符合当前形势下的绿色环保要求，具有广泛的应用潜力。

03 市场前景

中国是全球最大的甲壳素生产国家，占全球总产能的 44.8%。但是，甲壳素、壳聚糖现有制备技术需用到大量的酸碱试剂，污染大、水耗高、流程长，已不符合当下的环保要求，对国内甲壳素企业造成了很大影响，急需绿色新技术替代。在全球范围内，甲壳素在各应用领域的消费比例依次是食品 27.7%、医药 26.1%、农业 5.8%、纺织 18.2%、环保 5.2%、日化 8.9%、造纸 3.6%、其他 4.5%。此外，甲壳素在各个领域应用将持续增长，年增长率保持在 10%左右，应用市场广泛。全球甲壳素的需求稳定增长。2014 年，全球甲壳素的需求量达 4.95 万吨，2015 年达 5.44 万吨，2016 年达 5.98 吨，2018 年达 7.22 万吨，未来五年全球需求年增长率将维持在 10%左右。

海藻酸是一种重要的工业原料，可广泛用于造纸、纺织、化妆品、医药辅料、食品等，具备广泛的市场应用前景，需求量以每年 15% 的速率增长。

目前，国产甲壳素大部分作为原料，主要出口到美国、欧洲、日本和韩国等国家和地区。若实现新技术的更新，国内甲壳素工厂将可实现甲壳素绿色生产，现有关闭工厂可重新开车，实现经济创收。此外，甲壳素的重要产品壳聚糖，亦可实现简单、高效准备，成本将减低约 20%，提升经济效益。

基于离子液体所制备的高纯海藻酸，可大大降低污水排放量，且成本低，符合当下的环保要求。

04 知识产权

- 1、知识产权为北京理工大学单独持有；
- 2、本项目已申请专利。

05 合作方式

技术许可、技术转让或其它方式。

五十一、多模式可重构超宽带通信及雷达集成收发芯片

01 成果简介

面向日益复杂多样的电子产品应用场景，电子设备的小型化进程不断加快，对于高集成、多模式、多功能的芯片需求飞速高涨。本项研究成果针对生物医疗电子、个人无线体域网、近距离无感支付、车载定位、战场实时感知、无人机导航等应用需求，提出一种超宽带无线通信兼具 FMCW 雷达测距的复合型收发机创新性结构。收发机采用超宽带射频调频+可再生型鉴频技术，实现通信及雷达的共架构方案；提出多相中频时差测距机理，将分辨率提高 2 个数量级，达到 mm 级精确测距，动态范围扩大 4 倍；射频前端基于电流共享技术，实现射频振荡器+功放、低噪放+鉴频+混频的一体化实现，系统功耗优化 40%；提出子载波发生器+频率校正环路的数字化复用结构，发射机可半数字化实现，从而得到一款支持无线数据传输、时差/频差/相差雷达测距的极低功耗复用型收发芯片。

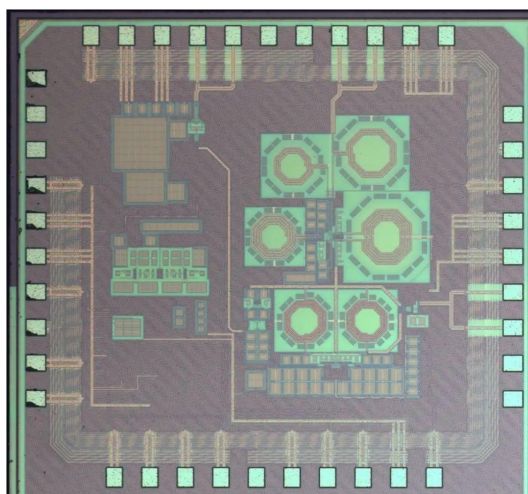


图 1. 研制的通信+雷达集成收发机芯片显微照片

02 应用领域

超宽带系统具有低功耗、探测精度高、穿透性强、安全性高等优势，在防务、雷达、生物探测、短距通信及室内室外高精度定位等场景有着广泛的应用，并且随着半导体技术的发展，基于 CMOS 的 UWB 雷达芯片成为研究热点。本次提出的多模式可重构超宽带通信+雷达收发芯片充分利用了当前紧张的频谱资源，面向民事、军事均存在广泛的应用前景。

在民用方面，该种技术主要可应用于消费类应用、车载应用、医疗类应用等。具体而言，典型的消费类应用场景如手机定位、标签附

件、智能家居、无人机/机器人、移动支付、可穿戴设备、生物医疗电子、VR/AR 等均是当前消费市场的主力；而在车载方面的应用大多集中于无钥匙进入系统、地下车库及停车场导航、远程泊车、V2X 和 ADAS、车辆内部探测、接近感应等；此外，超宽带通信雷达芯片还可广泛应用于工厂车间、医院/养老中心、智能建筑等，实现实时感知，数据赋能。

据 Techno Systems 市场调研预测，UWB 具有与蓝牙和 WiFi 同等市场规模的发展潜力，预计到 2027 年全球 UWB 芯片出货量将超过 12 亿颗，其中占比最高的是智能手机和汽车应用。当前，已有多家公司应用超宽带芯片，如恩智浦（NXP）发布 UWB+SE 芯片，主打汽车无钥匙进入应用市场；3db Access 瑞萨将获得 3db UWB 的技术许可，双方合作共同为智能家居、物联网（IoT）、工业 4.0，以及移动计算和车联网应用提供安全访问解决方案；苹果 U1 芯片为自 iPhone 11 之后的 iPhone 和 iPad 都采用了 UWB 技术。

03 市场前景

近几年来，随着苹果 UWB 功能手机的出现，以及 UWB 行业标准的完善，UWB 受到了业界越来越多的关注。日益增多的无线定位等的应用需求，推动了 UWB 的发展。而各种不同的定位技术（如 Wi-Fi、GNSS、RFID、Bluetooth 等）不断地发展和融合，促进了 UWB 应用更广泛地发展。蜂窝技术（如 5G、4G、NB-IoT 等）和非蜂窝技术（LoRaWAN、Sigfox、ZETA 等）通信技术也助推了 UWB 应用，提供了更多无限的可能。超宽带芯片市场规模的估计取决于应用领域的多少，下面是几个应用领域的概述：

1. 室内定位：超宽带技术可以在室内提供高精度的定位服务，应用场景包括工厂、商场、医院、机场、地铁等。根据市场研究机构 Grand View Research 的报告，室内定位市场规模预计将从 2020 年的 37.6 亿美元增长到 2027 年的 168.2 亿美元，复合年增长率为 22.8%。

2. 物联网：随着物联网的发展，超宽带技术被广泛应用于智能家居、智能工厂、智能物流等领域。据 IDTechEx 的研究，物联网市场规模预计将从 2020 年的 880 亿美元增长到 2027 年的 2380 亿美元，复合年增长率为 14.5%。

3. 汽车安全：超宽带技术可以实现高精度的车内定位和车辆防盗功能，有望成为未来汽车安全领域的关键技术。根据市场研究机构 MarketsandMarkets 的报告，全球汽车安全市场规模预计将从 2020 年的 134 亿美元增长到 2025 年的 238 亿美元，复合年增长率为 12.1%。

此外，根据新思界产业研究中心发布的《2022-2027 年中国超宽

带（UWB）市场可行性研究报告》显示，我国超宽带行业起步较早，随着应用场景不断扩大，超宽带市场规模呈持续增长趋势。2021 年我国超宽带市场规模达 36.7 亿元，同比增长 19.6%。在细分市场方面，受益于超宽带行业景气度不断提升，我国企业级超宽带产品需求量及产量呈稳定增长趋势。2021 年我国企业级超宽带产品需求量达 3120.0 套，产量达 3008.0 套。

本项成果采用 65nm CMOS 工艺，突破了超宽带通信及雷达的核心技术瓶颈，积累了一系列的发明专利，拥有核心技术保护门槛，同时由于本成果在市场中尚未竞品，极具创新性，拥有极高的转化潜力。设计成本已于前期工作中进行了分摊，倘若实现成果转化，其成本集中在制造成本与运营成本，售价将会极具吸引力，在市场中富有竞争性。

04 知识产权

- 1、知识产权为北京理工大学单独持有；
- 2、本项目已申请专利，已获得 6 项国家发明专利授权。

05 合作方式

合作开发、技术许可、技术转让、作价入股或其它方式。

五十二、微针光动力治疗技术

01 成果简介

鲜红斑痣又称葡萄酒样痣是一种常见的先天性真皮乳头层毛细血管扩张畸形，新生儿发病率为 0.3%-0.5%，影响全球约 2500 万人，65%的患者病灶在 30~50 岁前产生明显增生，甚至出现结节且创伤后容易出血，对患者日常活动、社交娱乐和情感方面等生活质量方面可产生轻度到中度的不良影响，并与 Sturge-Weber 综合征、青光眼等疾病相关联。

脉冲染料激光治疗法和血管靶向光动力疗法是目前常用的两种鲜红斑痣治疗方法。脉冲染料激光治疗目前被认为是治疗鲜红斑痣的金标准，但其治愈率仅为 10-30%，约有 20-30%的患者治疗无效，并有较高复发率。血管靶向光动力疗法但存在有效率高、治愈率低、对粉红型及增生型患者治疗效果不佳、避光周期长等问题。

本技术专利体系将解决鲜红斑痣治疗的剂量控制，通过采用微针、进药、新型治疗光源解决治疗过程的精准调控，并获得短避光周期的效果、低光敏剂用量的效果。

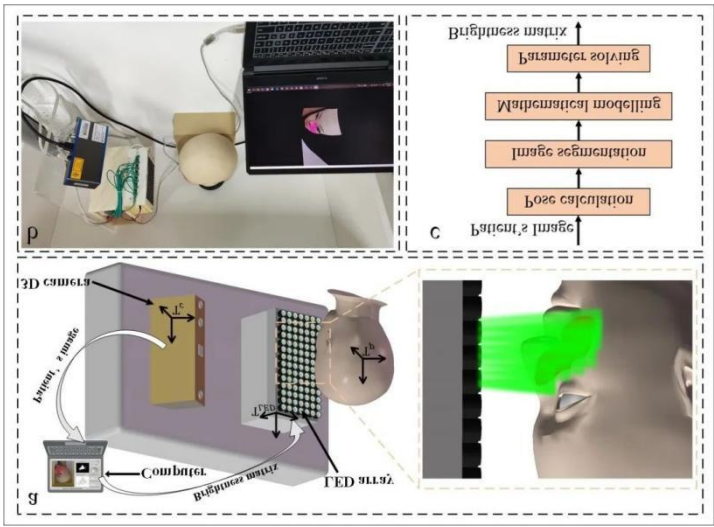


图 1. 阵列光动力治疗系统原理、样机及算法流程

02 应用领域

鲜红斑痣治疗、皮肤疾病及癌症治疗。

03 市场前景

鲜红斑痣新生儿发病率为 0.3%-0.5%，影响全球约 2500 万人，目前国内患者存量约 400 万，与同类光动力治疗避光周期约 2 周产品相比，其核心竞争优势是由传统的静脉注射光敏剂方式改变为皮损局

部给药方式，技术使用的光敏剂剂量可降低至现有技术水平的1/1000~1/200，可大幅缩短避光周期，减小光敏剂对患者肝肾毒性损伤；并通过治疗光源及控制技术的改善提高治疗靶向效果。

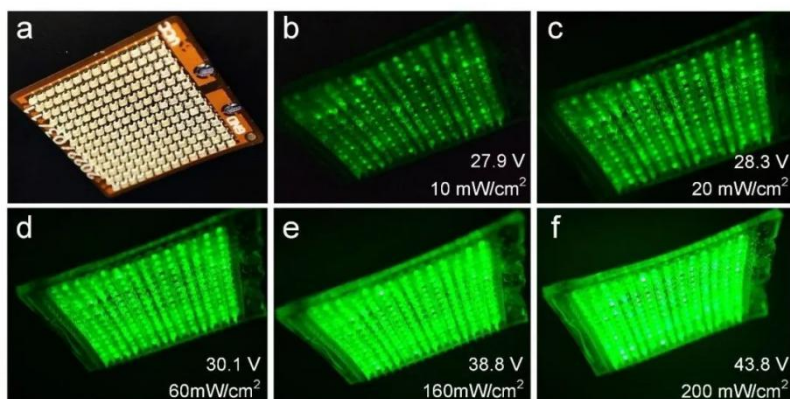


图 2. 微针光动力治疗系统

04 知识产权

- 1、知识产权为北京理工大学单独持有；
- 2、本项目已申请专利；
- 3、已授权发明专利 4 项。

05 联系方式

合作开发、技术许可、技术转让或其他方式。

五十三、一种体育训练用加速方法及加速装置

01 成果简介

在速度滑冰比赛中，掌握弯道处的滑行技术是制胜的关键。但是运动员在进行弯道技术训练时，自己加速到 60km/h 的高速需要耗费大量体力，所以日常训练的次数非常有限，严重制约了训练效果。另外，每次加速的过程，和运动员当时的体力、状态有很大关系，导致每次训练的入弯速度都不一样，这同样严重影响了训练效果。

为解决速滑传统弯道技术训练方法存在的体力消耗大、入弯速度一致性差难题，我们研发了一种运动加速装置，可通过外力将运动员加速至最高 72km/h 的高速，再调整姿态进入弯道，训练以高速通过弯道的滑行技术。本装置从 2020 年 1 月起就成为了速滑国家队弯道技术训练的“加速神器”，大幅降低了运动员在弯道技术训练中的体力消耗，极大提升了训练效率，实现了入弯速度的精准控制，助力提高了运动员以高速过弯的能力。

在 2022 年北京冬奥会上，速滑国家队在多个项目上获得我国历史最好成绩，其中高亭宇破纪录获 500 米冠军，宁忠岩获 1000 米第五名、1500 米第七名等；2021 年，高亭宇、宁忠岩还分别获速滑世界杯 500 米、1000 米和 1500 米冠军等。突出的弯道滑行技术被评价为是获胜的关键因素之一。



图 1. 装置在国家队运行的照片

02 应用领域

可应用于各类需要加速的运动训练、飞行器的起飞发射等。

在运动训练方面，可应用于速度滑冰等冰雪运动、游泳等夏季运动国家队、省市队的训练助力；运用于冬季和夏季运动爱好者训练。

用户包括各种水平的运动员和运动队。合作对象可为各类运动器材公司、体育总局和各省市体育部门。

还可用于各类中小型飞行器的起飞加速、回收等。用户包括各类飞行器的用户。合作对象可为各类飞行器研制生产企业等。

装置为完全自主产权，可根据用户需求进行定制。

03 市场前景

在体育运动训练领域，本装置为国内首台套，尚未见同类产品。装置采用成熟技术，成本可控，随国家和大众对于冰雪运动的重视和喜爱，市场规模预计将稳步上升。

飞行器起飞发射市场也随国内外局势变化而快速增大。

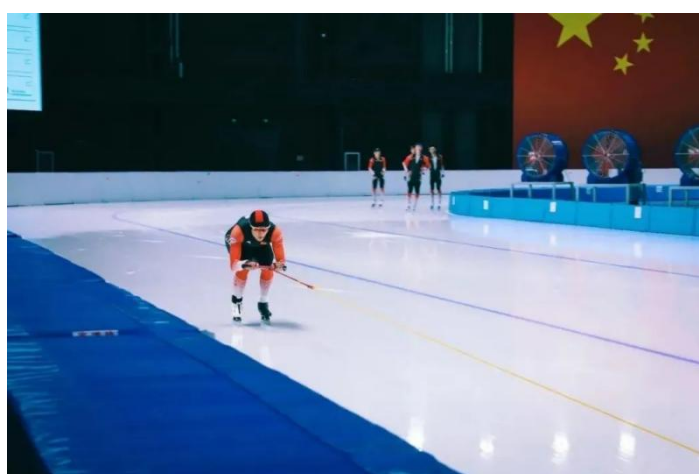


图 2. 国家队运动员使用装置开展训练

04 知识产权

- 1、知识产权为北京理工大学单独持有；
- 2、本项目已申请专利；
- 3、已授权专利 2 项、已受理发明专利申请 2 项。

05 合作方式

合作开发、技术许可、技术转让或其它方式。

03 市场前景

目前全国具有本科以上的院校共有 1272 所，2020 年高校毕业生人数约 874 万；2021 年高校毕业生人数约 909 万。2022 年毕业人数约 1076 万。

目前市场上同类型的产品多采用的是上传论文后进行格式检查，并对论文的免费检查有次数限制。本论文检查采用单机模式，具有更好的安全性，从而避免论文泄露风险；而且不限论文检查次数。

本产品学习使用成本低，并且可根据不同的使用场景和需求制定不同的收费模式，市场价值可观。

04 知识产权

- 1、知识产权为北京理工大学单独持有；
- 2、本项目已经申请软件著作权，并获得登记证书。

05 合作方式

合作开发、技术许可、技术服务或其它方式。

五十五、球形两栖机器人

01 成果简介

本团队面向水下、滨水过渡区域、浅滩等地形环境，在科技部863项目和国家自然科学基金项目的持续资助下，研发了系列小型球形水下机器人，可实现水下三维运动、移动目标跟踪、多机器人编队等功能，定位于水产养殖、水污染检测、市政管道检测和教育娱乐行业等四大领域。球形水下机器人主要技术指标：

质量：6kg

球体直径：0.35m

机器人下潜水深：0 ~100m

水中巡航速度：1Kn

水中定位精度：0.1m

航向角控制精度：0.5°

续航时间：2h

平均功率：64.5W

水中通信范围：0~100 m

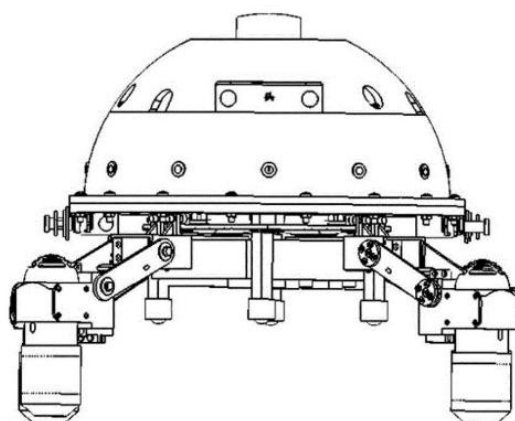


图 1. 本项目研发的机器人原理图

02 应用领域

水产养殖、水污染检测、市政管道检测和教育娱乐行业。

03 市场前景

相比现有的水陆两栖机器人，本技术通过应用球壳浮力补偿、电动喷水式推进器等方案，可以实现自主悬浮，同时减轻机器人自重，减少能量消耗，若成功实现应用，可大幅改善水陆机器人使用现状

04 知识产权

- 1、知识产权为北京理工大学单独持有；
- 2、本项目已经申请专利；
- 3、已授申请发明专利 6 项，授权 6 项。

05 合作方式

合作开发、技术许可或其它方式。

五十六、警用催泪喷射器内容物的绿色回收技术

01 成果简介

警用催泪喷射器作为单警装备之一，大量存在于我国的各级公安机关的库房和民警手中。由于有效期为三年，很多配备的催泪喷射器还没有使用已经进入到报废期限。而催泪喷射器不同于警棍等装备，后者可以简单地再进行再利用，而催泪器外面有金属外壳和聚合物外壳，里面有液体溶液内容物，主要为有刺激性的催泪剂和复杂的溶剂组成，难以简单回收利用。现在通常采用焚烧的手段来处理催泪器内容物。

针对这种复杂情况，尤其是液体内容物，本团队开展了相关研究，针对不同催泪刺激剂的成分，进行了深入研究，取得了具有自主知识产权的处理技术，并且已经申请多项发明专利，并且获得两项专利授权。通过这项技术的应用，我们可以把液体内容物进行有效回收，催泪剂可以再利用，溶剂也可以通过提纯技术，再次进行使用。这是一个变废为宝的过程，减少了污染的排放和降低了库房长时间保存过期催泪器的不安全隐患。



02 应用领域

警用催泪喷射器绿色回收和高效处理

03 市场前景

本技术能够应用于过期警用催泪喷射器的回收和再生，是一个特殊的领域。市场规模巨大，现在全国还没有任何企业进行这方面的工作，公安系统急需本技术应用于实际。据了解现在处理方法，都是通过焚烧来处理催泪器内容物溶液。还未见这方面的技术在实际中应用，不存在同行业竞争。

04 知识产权

- 1、知识产权为北京理工大学单独持有；
- 2、本项目已申请专利 2 项并获得授权。

05 合作方式

合作开发、技术许可、技术转让或其它方式。

五十七、高度和角度可调节的双滑块式斜坡实验台

01 成果简介

本成果是一种高度和角度可调节的双滑块式斜坡实验台，包括平板、斜板、底板、支架、垂直滑块、水平滑块、电机、滚珠丝杠、冗余连杆机构和从动同步轮。本发明能够方便的自动进行高度和角度调节，减少了动物训练过程中器械的拆装工作，提高训练效率。

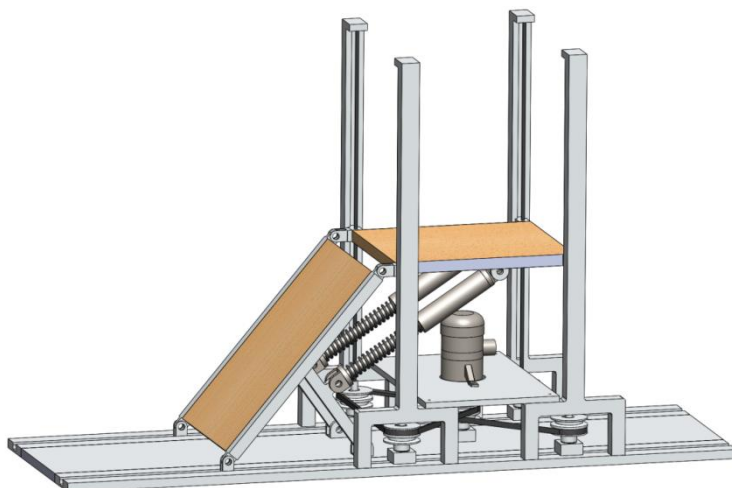


图 1. 本成果的原理结构图

02 应用领域

实验教学

03 市场前景

本成果可大幅减少实验设备装卸及调整时间，提高实验效率。

04 知识产权

- 1、知识产权为北京理工大学单独持有；
- 2、本项目已申请专利并获得授权。

05 合作方式

合作开发或其他方式。

五十八、基于中腰辅助运动的四足机器人

01 成果简介

本成果是一种基于中腰辅助运动的四足机器人，包括左前腿、右前腿、前机身、中腰、后机身、左后腿以及右后腿。采用中腰结构辅助四足机器人运动，能够减少因控制复杂而引入的系统紊乱和低可靠性等问题，提高机器人的运动灵活性和越障能力。同时通过中腰更好地实现四足机器人转向等运动以及四足的步态协调运动。

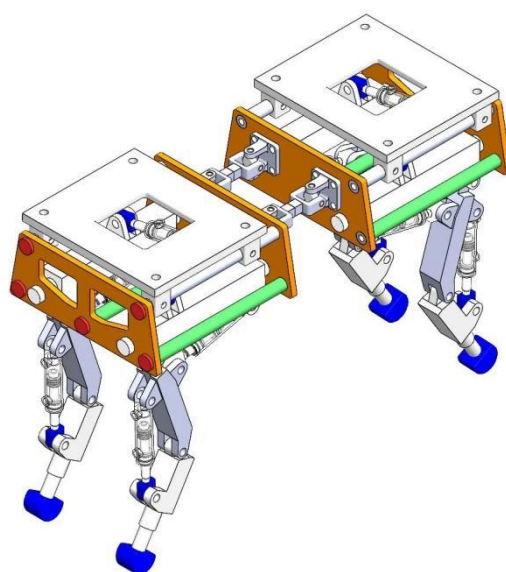


图 1. 本项目研发的机器人结构图

02 应用领域

智能机器人、智能防务、消防救援等

03 市场前景

本项目若成功应用，可大幅减少现有机器人出现故障的可能性，同时提高机器人的灵活性，让智能机器人得到更广泛的应用，具有良好的应用前景。

04 知识产权

- 1、知识产权为北京理工大学单独持有；
- 2、本项目已申请专利。

05 合作方式

合作开发或其它方式。

五十九、计算机辅助装配过程管控系统

01 成果简介

本成果针对复杂产品装配车间存在的数据全面实时采集和管理困难、生产调度困难、装配现场需求响应不及时、完整准确的产品装配数据包的输出难以实现等问题,提出了一种基于工作流的结构化装配工艺设计和装配过程管控技术方案,以及基于数字孪生的复杂产品装配过程同步建模与仿真技术方案,可用于航天、航空、船舶、兵器等复杂产品装配车间的电子化数据采集与管理、运行状态的同步建模和实时监控、现场需求的快速响应与处理、完整准确的产品质量数据包输出以及物料的动态跟踪管理。



图 1. 本项目研发的系统界面

02 应用领域

适用于航天、航空、兵器、船舶、电子等复杂产品装配/机加车间管控、质量数据包输出和结构化工艺设计等方面。

03 市场前景

本项目有效利用了工作流和数字孪生技术,为复杂产品装配车间数字化和智能化管控提供新的方法,并取得良好的应用效果。经部分单位试点应用,相关技术问题处理效率提升 50%以上,车间物料配套效率提升 40%以上,装配综合效能提升 30%以上,具有良好的应用前景。

04 知识产权

- 1、知识产权为北京理工大学单独持有;
- 2、本项目已申请专利及软件著作权;
- 3、已授权专利 4 项、受理 7 项、软件著作权 8 项。

05 合作方式

合作开发或其它方式。

六十、具有眼动追踪功能的波导式集成成像三维显示系统

01 成果简介

集成成像三维显示领域中,传统的集成成像系统是利用微透镜阵列来记录和再现物空间三维信息的一种真三维显示系统,可实现单目立体成像显示,但其存在体积大、重量大、结构复杂等缺点,难以实现一体化的单目立体三维显示;并且现有集成成像三维显示系统不能同时实现高透过率、大系统光瞳的视透型三维显示。更进一步的,目前的三维显示系统功能单一,缺乏人性化设计,无法实时显示人眼动态。

本项目发明了一种性能优化的有眼动追踪功能的波导式集成成像三维显示系统,通过引入衍射光学元件克服技术背景中所述的体积大、重量大、结构复杂等缺点,实现一体化的单目立体三维显示;同时引入波导这一光学元件,实现离轴、高透过率、大系统光瞳的视透型单目立体三维显示。更进一步的,本发明的系统引入红外眼动追踪技术,检测使用者的眼睛动作,再设置相应动作反馈系统,便可以相应实现随着人眼动作切换不同三维显示信息的功能。

本项目的应用,将使得集成成像三维显示系统的整机结构更加轻便、紧凑,且更加符合人眼的观看需求,使得这一技术向着一体化、市场化逐步迈进,有望在未来的三维显示领域占据一席之地。

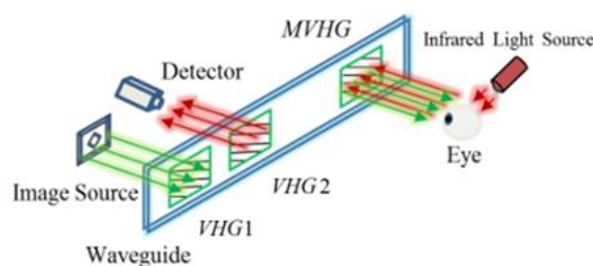


图 1. 本成果实物图

02 应用领域

主要用于显示领域，可以头戴式显示器、电视、电影屏幕等形式进行应用

03 市场前景

与现有的波导显示技术相比较，本发明有效减小了显示系统的体积与重量，更加轻便易携。因此，有望与现有的眼镜式、头戴式显示技术进行市场竞争，以更好地观感吸引更多的用户。相较于分时眼镜，本发明可以通过对眼球的追踪切换相应的三维信息，具有反馈功能，因此更能满足消费者的观看需要，具有更多的吸引力。

04 知识产权

- 1、知识产权为北京理工大学单独持有；
- 2、本项目已申请专利并获得授权权。

05 合作方式

合作开发、技术许可或其它方式。

六十一、基于全息衍射光学元件的消色差的波导显示系统

01 成果简介

本项目发明了一种基于全息衍射光学元件的消色差的波导显示系统。该系统包括输入耦合器、波导、输出耦合器，当彩色光线通过准直透镜后照射到作为输入耦合器的透射式平面光栅时，平面光栅发挥色散特性，将光色三成不同颜色的光波按照不同的角度进入到波导中，然后光继续在波导中传播，当光传播到作为输出耦合器的反射式体积光栅时，光波又被体积光栅调制，使发生色散的光波以同一方向反射出波导，进入到人的眼睛，使得人眼可以看到彩色的图像，从而达到消除色差的目的。

相较于传统方案，本发明设计的基于三次曝光的三层反射式体积光栅的波导显示系统，可以在不降低衍射效率的情况下消除色差，且用平面光栅代替棱镜发挥色散作用，又利用反射式体积光栅进行波导，在不增加波导系统的体积和重量的同时达到消色差的目的，不会带来衍射效率降低、系统的体积和重量增加等负面影响。可以广泛应用到显示系统领域。

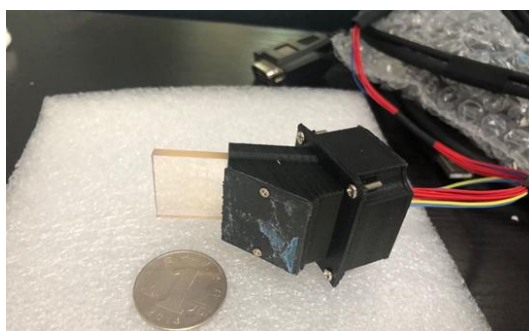


图 1. 本项目研发的装置样机

02 应用领域

防务、医疗、教育、影视娱乐等

03 市场前景

本技术提出的全息衍射光学元件的消色差系统利用平面光栅进行色散，用反射式体积光栅进行波导消色差，整个系统衍射效率高，体积小，重量轻，便于佩戴，易于实现，有很大的应用市场和潜能。

04 知识产权

- 1、知识产权为北京理工大学单独持有；
- 2、本项目已申请专利权并获得授权。

05 合作方式

合作开发、技术许可或其它方式。

六十二、超轻薄宽光谱全息天线

01 成果简介

传统的光学天线通常要求光学天线中的透镜系统具有大口径，大口径的光学透镜制造难度高，配合较高的相对安装精度，引起成本的大幅增加，且大尺寸的光学透镜一般比较笨重，更给装调对准等安装工作带来了难度，也带来一系列的技术难题，大大影响了光学天线的效果，限制了空间光通信技术的发展。

本发明旨在克服现有技术中的问题，提供一种制作简单、可以集成到其他系统中、兼具探测功能的全息天线。本发明的全息天线利用基于同一基底的一系列光栅实现光收集/发送、分光/合光，以及光电转换的功能，不依赖透镜系统，可以同时满足超薄尺寸和大口径的要求，且不带来制作难度和成本的增加，也利于安装定位。

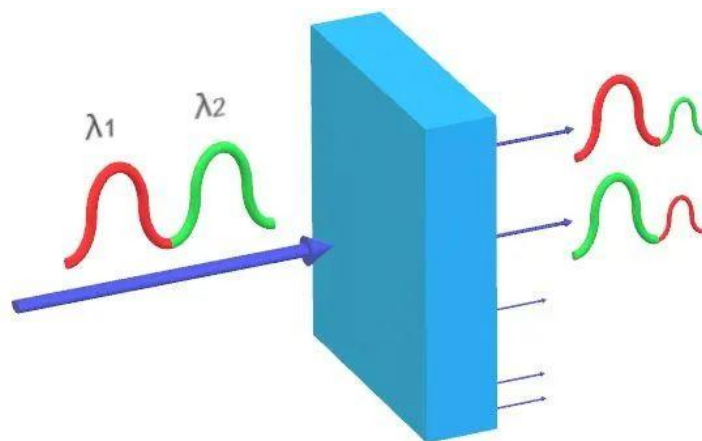


图 1. 本项目的原理结构示意图

02 应用领域

光纤通信技术，空间光通信

03 市场前景

本技术不依赖透镜系统，同时满足超薄尺寸和大口径的要求，且不带来制作难度和成本的增加，也利于安装定位。具有巨大的应用潜能。

04 知识产权

- 1、知识产权为北京理工大学单独持有；
- 2、本项目已申请专利并获得授权。

05 合作方式

合作开发、技术许可或其他方式。

六十三、绿色高效制备纳米纤维素

01 成果简介

纳米纤维素材料是以棉、木浆生物质经过化学或机械等处理技术得到的尺寸在纳米级的纤维素产品。主要分为纳米纤维素晶体 CNWs、纳米纤维素纤维 CNFs 两大类。由于 CNWs、CNFs 二者均具有结晶度高、可降解、高强度、极低的热膨胀系数等优势，可被广泛用于生物医学、汽车制造、航空航天、3D 打印、建筑、军工特殊材料、电子产品、化妆品、涂料、油漆、食品、造纸、复合材料和聚合物增强等领域。

本团队研制了一种新型复合纳米化技术，实现纳米纤维素的量化制备，解决量化制备过程中的酸化、均质化、液体回收与净化循环利用技术，该技术国内外均无文献报道。

02 应用领域

生物医学、汽车制造、航空航天、3D 打印、建筑、高性能复合材料材料、电子产品等领域

03 市场前景

该纳米纤维素材料新工艺，具有“一线两种产品，尺度可控、成本低、得率高”等特性，主要用于高性能复合材料、造纸涂料、3D 打印、食品医药及建材等领域，在这些领域起支撑性作用，为我国新兴产业的发展奠定基础。

产品在军工产品、新能源汽车内饰件、涂料造纸均得到显著的应用效果，未来我国将以每年数百吨的需求增长，未来六年将达到 5000 吨的需求，目前我国市场价格，湿料 30-40 元/g，干粉 70-85 元/g，十分昂贵，本项目的工程化将使产品达到 4-10 元/g，满足我国日益增长的需求。与同类产品相比，本技术过程酸全部回收，具有环保清洁，制备过程短，成本低的优点。

04 知识产权

- 1、知识产权为北京理工大学单独持有；
- 2、本项目已申请专利；
- 3、已授权专利 4 项。

05 合作方式

合作开发或其它方式。

六十四、三维点云与光学影像融合装备

01 成果简介

考虑三维点云缺少颜色信息和光学影像缺少空间信息的互补特性，三维点云与光学影像多光融合装备可以提升数据的信息量，基于三维点云和二维图像融合的可视化结果，能够增强三维场景真实感，相较于可见光图像，融合后的三维点云可以实现多角度观测，能够更好的表达的空间特征。

相较于原始和伪彩色点云数据，融合后的三维点云有了色彩纹理信息，目标的形态和边缘都更加明显，整个三维场景更加的真实，也为后续识别、定位、重建等过程提供更多细节信息；同时克服了单一传感器的局限性，充分发挥两者的互补优势，大幅提升了探测设备的环境适应性，适用于全天时复杂场景的下目标探测，具有很强的实用价值。在无人驾驶领域，譬如智能导航、环境感知、高精度地图的构建等，都依赖于可见光图像和点云的融合处理。大家所熟知的百度 Apollo、谷歌 Waymo 自动驾驶系统均应用视觉相机和激光雷达作为主传感器进行定位和环境感知，目前已经实现 L4 级别的高度自动化驾驶。此外，在医学影像、高精度工程测量、工业生产、虚拟现实等领域，三维点云和可见光图像融合技术也有着广泛应用。

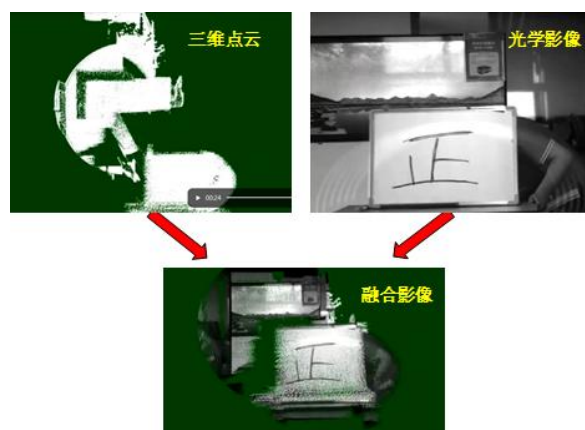


图 1. 三维点云与光学影像融合效果

02 应用领域

无人驾驶、医学影像、高精度工程测量、工业生产、虚拟现实等

03 市场前景

复杂环境下，装备雷达、光学、红外等单一探测设备具有较大局限性，影响目标探测精确度。光学影像和点云的融合结果可以实现三维的真彩色表达，以此表达的三维模型具有更强的真实感，融合后的

点云具备真实的颜色信息和纹理信息，融合结果能够表征更多的细节特征，在一定程度上拓宽了点云的应用范围。在构建三维实体模型，遥感测绘，战时目标监测，以及无人驾驶领域智能导航、环境感知、高精度地图的构建等有着重要作用，三维点云与光学影像融合装备具有重要的现实意义和实用价值。

04 知识产权

- 1、知识产权为北京理工大学单独持有；
- 2、本项目已申请专利。

05 合作方式

合作开发或其它方式。

六十五、智能高分辨成像光谱装备

01 成果简介

我国的高光谱成像技术起步较晚，但受日益增长的并十分迫切的社会、经济需求的激励，光谱成像技术及应用得到快速发展，光谱分析被用来解决物理学、化学、生物学、地质学、地球物理学、医学和其它学科中的基础问题和应用问题。技术团队完成以柱面 C_T 消像差专利结构和 Offner 结构为核心的紫外、可见光、近红外、短波红外、中波红外五型高光谱成像仪产品研发，实现宽波段覆盖、成像性能好、光谱分辨率高于国外同价位产品，竞争力高。同时积极拓展开发成像光谱仪产品的应用，已研发兼具空间成像和光谱分析能力的微细样品成像分析仪器——显微成像光谱仪，用于材料和生物应用。此外配套研制了功能强大的成像光谱数据采集与处理分析软件，提出了全并行处理机制，大大缩短光谱数据获取和光谱重建时间，较国外产品用户体验更便捷友好，便于大面积推广。



图 1. 短波红外成像光谱仪

02 应用领域

可用于工业、生物、航空航天等领域光谱成像和分析。

03 市场前景

成像光谱技术源于遥感技术，是将成像技术和光谱技术相结合的新型多维信息获取技术，相比普通光学成像具有高空间分辨、高光谱分辨、非接触测量的技术优势，在工业、生物以及航空航天等军民领域有着重大的应用需求和广阔的市场空间，未来每年仅国内的潜在销售在几万台以上，年均国内市场可达数十亿元。成像光谱仪产品国内技术不成熟，由国外企业垄断，价格昂贵，同时高分辨产品和特殊波

段产品（紫外、短波红外）受到出口限制，属于卡脖子技术，限制了成像光谱仪的应用推广。



图 2. 紫外成像光谱仪

04 知识产权

- 1、知识产权为北京理工大学单独持有；
- 2、本项目已申请专利。

05 合作方式

技术许可或其它方式。

六十六、大规模集群云 workflow 分布式调度系统

01 成果简介

本系统结合深度学习等智能化算法机理，研究出一套云 workflow 智能管理与调度优化算法，面向复杂工业制造领域云 workflow 实现服务定制与灵活部署需求，达到云计算资源的集约利用和合理优化调度的目的，能够使大规模跨集群云数据中心资源得到充分利用。在不同典型应用场景下，尤其是在用户具有不同程度的偏好时，满足用户隐私安全保护和不同服务质量标准要求，大幅降低执行时间和耗费成本。



图 1. 本项目应用展示

02 应用领域

本成果可应用于智能无人系统，智能制造、智能交通、医疗大数据分析等领域，同时可用于云服务器资源分配、大规模云 workflow 跨集群调度。

03 市场前景

项目解决了当前云 workflow 管理调度方法智能化处理能力低的问题，可实现云计算资源的充分利用，完成云 workflow 的智能、高效调度，提高多任务并行云 workflow 调度的工作能效和服务质量。对比现有软件，本系统率先支持大规模 workflow 请求，支持跨集群部署，支持用户个性化需求，支持优化调度，可大幅提高现有云服务器资源调度效率。

04 知识产权

知识产权为北京理工大学单独持有；本项目已申请专利及软件著作权。

05 合作方式

合作开发、技术许可、作价入股或其它方式。

六十七、金花葵花中有效成分的分离与纯化

01 成果简介

金花葵（学名黄蜀葵）又称菜芙蓉、野芙蓉等，本成果围绕金花葵中的有效成分黄酮等进行了有效分离，目前可高效提取芦丁、金丝桃苷、异槲皮苷、棉皮素-8-O-葡萄糖醛酸苷、杨梅素和槲皮素共六种黄酮类物质，提取纯度均大于 95%，可实现以上 6 种化合物的高效、安全工业化生产。通过优化提取方法和分离纯化方法，建立了高效的提取和分离生产工艺，优化了实验室参数，有待于进一步开展生产规模的试验。

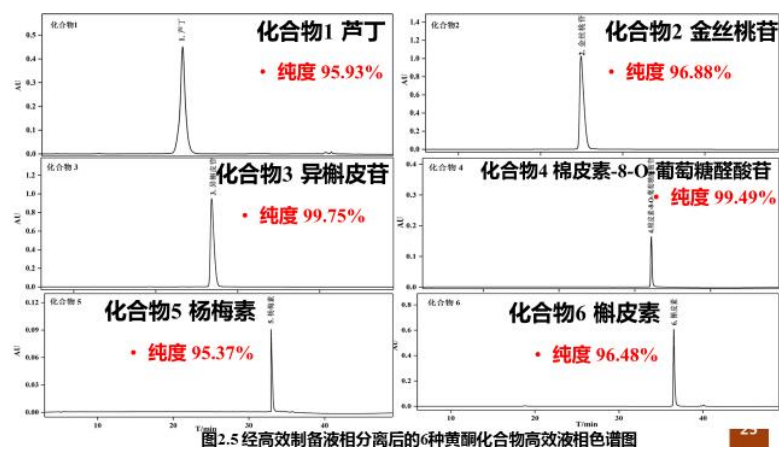


图 1. 本项目获得纯物质鉴定结果

02 应用领域

生物医药、化妆品原料生产加工

03 市场前景

目前金花葵的种植面积越来越大，在河北省、山东省、广东省等地有较大的种植面积。金花葵目前主要以观赏、食品添加剂、直接入药等方式应用。本成果旨在提高金花葵的附加值，通过分离纯化金花葵中的有效成分，使其更方便地用于药品、食品和化妆品等，实现农林业的技术升级。

04 知识产权

知识产权为北京理工大学单独持有，本项目已申请专利，授权发明专利 3 项。

05 合作方式

合作开发、技术许可、技术转让或其他方式。

六十八、新一代纳米抗体从头测序技术

01 成果简介

本技术成果是依托北理工空间生命创新团队，围绕抗体药物研发、抗体工程和个性化诊疗等领域中抗体蛋白测序的迫切需求，将高精度生物质谱仪器与计算生物学算法融合开发了无需细胞系或 DNA 而直接对抗体蛋白进行测序的技术，是具有全链条自主知识产权的新一代抗体测序技术。

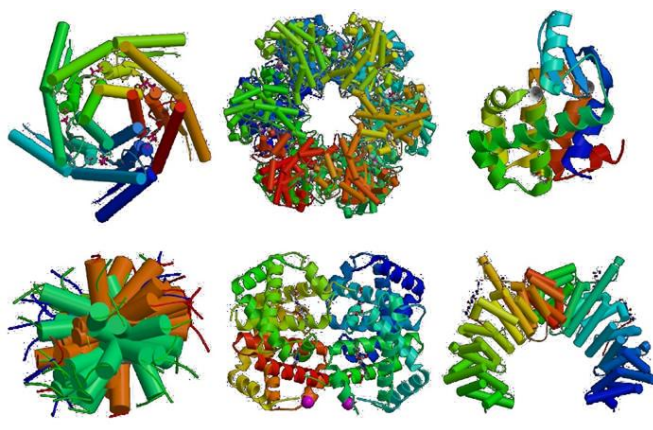


图 1. 蛋白质测序应用

02 应用领域

药物研发、抗体工程、个性化诊疗等

03 市场前景

相较于传统的 DNA 测序方法而言，基于质谱从头测序技术直接在氨基酸水平鉴定抗体序列，可以获得基因测序技术无法获得的重要的序列信息，且测序时间更短，由 4 周缩短至 2 周以内，另外对待检测样本的要求更低，可直接对蛋白样本测序，大幅减少资金与实践成本。

目前，抗体蛋白测序技术被加拿大的两家公司掌握，本项目在样本处理与样本分析环节中可达到或领先国外水平，在质谱数据软件处理环节中，自主开发的软件分析速度较国际同类软件快 10 倍，数据分析准确度提高 50%，综合成本减少 80%。

04 知识产权

- 1、知识产权为北京理工大学单独持有；
- 2、本项目已申请专利及软件著作权。

05 合作方式

技术许可、技术转让、作价入股或其它方式。

六十九、血管疾病智能介入诊疗平台

01 成果简介

心脑血管类疾病是我国居民首要致残致死原因，介入手术已成为其主要治疗手段，但因操作失误或器械植入不当可引发灾难性后果。本项目针对这一重大民生问题开展研究，核心技术包括：1) 基于深度学习的血管疾病医学影像自动分割及三维重建算法，服务于智能诊断；2) 基于生物力学和计算机视觉的虚拟手术算法，服务于术前规划；3) 基于血液动力学的高精度算法，服务于血管疾病功能参数的分析。基于上述技术，本项目构建集合智能诊断、术前规划、术后转归预测及风险评估的诊疗一体化系统，服务于相关疾病的智能临床诊治。

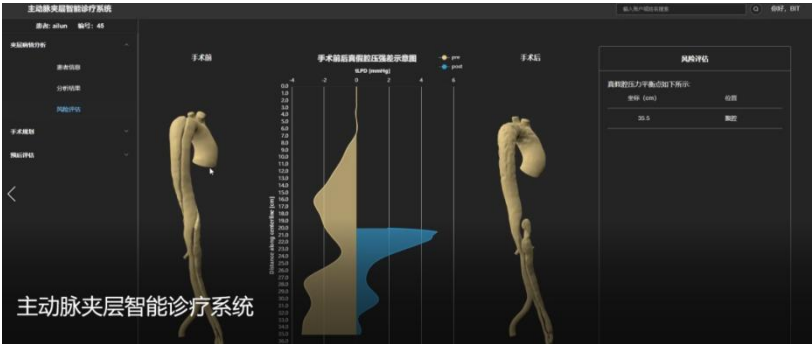


图 1. 主动脉夹层智能诊疗系统

02 应用领域

血管介入手术治疗策略指导

03 市场前景

本项目为血管介入手术提供治疗策略指导，目标血管包括心、脑、外周多类血管，目标疾病包括狭窄类、扩张类血管疾病，介入术式包括支架介入、球囊扩张和溶栓。目前，我国心脑血管疾病患者已超 2.3 亿人，支架使用量增长迅速，但手术必要性有待进一步优化，手术安全性和远期有效性需要进一步提高。随着影像诊断技术、人民健康意识、和升主动脉腔内修复技术的不断提升，疾病检出率和微创治疗可能性将逐渐升高，市场规模具有较好的提升空间。

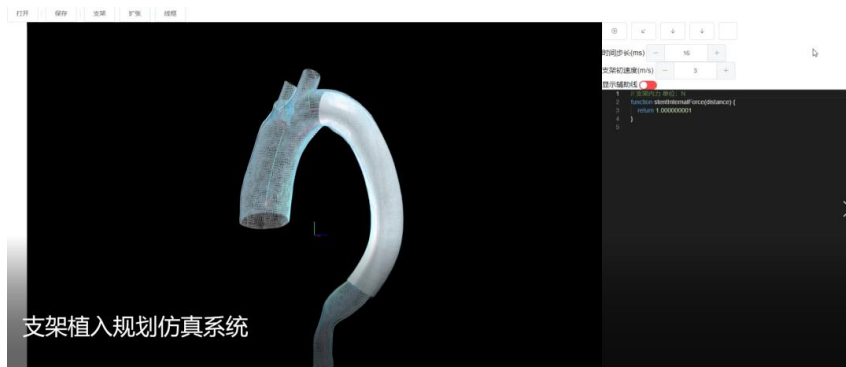


图 2. 支架植入规划仿真系统

04 知识产权

- 1、知识产权为北京理工大学单独持有；
- 2、本项目已申请专利，已授权专利 4 项，申请发明专利 10 项。

05 合作方式

合作开发、技术许可或其它方式。

七十、增强型人体运动康复泡沫轴

01 成果简介

本项目提供了一种具有多次防护功能的吸能结构，用以解决现有溃缩式吸能结构无法多次使用的问题。

该结构具有多次防护功能，将外壳套设在吸能芯子的外周（如图1），将组装好的吸能结构安装于待吸能的设备上，当设备发生碰撞，外壳在外力的作用下发生形变进行吸能，吸能芯子受到外壳的作用力发生形变，与外壳的形变叠加吸能。该吸能结构，既能够将吸能芯子与外壳装配在一起使用，用于交通工具（如汽车）的防撞，可承受多次碰撞；也能够单独使用吸能芯子，如将吸能芯子设在复合材料（如泡沫轴）的内部，即吸能芯子作为泡沫轴的芯子，与刚性内轴的泡沫轴相比，由于吸能芯子形变能够提供额外（泡沫轴自身的形变也产生吸能效果）的吸能效果，增强了泡沫轴的吸能效果，进而与人体产生更多的相互作用，促进人体肌肉及骨骼组织的运动后恢复。该结构既可以与刚性外壳的形变与反弹作用结合增强吸能效果，也可以与软性材料的可回弹形变结合增强吸能效果。该吸能结构的材质由金属或高分子聚合物组成。考虑到吸能芯子由于具有连续交错的剪刀形合页结构，使用传统铸造式成型技术较难实现，使用机械加工方式实现难度也较大，形变单元采用3D打印的方式制作。

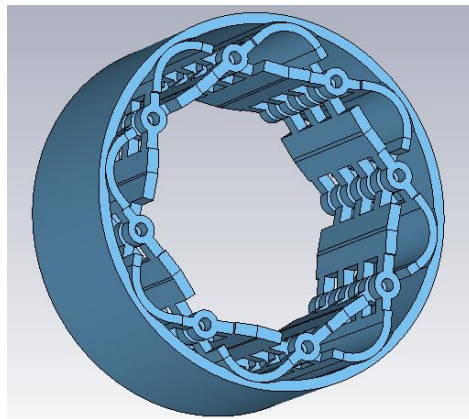


图 1. 整体结构示意图

02 应用领域

应用领域为安全防护技术领域，解决了现有技术中溃缩式吸能结构无法多次使用的问题。此外可应用于泡沫滚轴，在不影响整体大小的前提下提升泡沫滚轴的吸能特性。

03 市场前景

2019 年，全球泡沫轴市场规模达到了 15 亿元，预计 2026 年将达到 31 亿元，年复合增长率(CAGR)为 10.7%。北美占据 36%的主要市场份额，欧洲占据 31%的市场份额，中国约占据 33%。因此，未来泡沫轴市场潜力巨大。

泡沫轴材料有 EVA 和 EPP，从被动按摩到电动主动，价格从几十到几百不等，利润空间巨大。诸如平面泡沫轴、浮点泡沫轴、狼牙棒泡沫轴、混合泡沫轴，电动泡沫轴等，其力学结构几乎不变，新型吸能结构在外壳内设有吸能芯子，吸能芯子与外壳均能够产生形变进行吸能，康复效果更好，如占领军警保障产品市场、高端运动产品市场、大众运动产品市场，经济效益前景显著。



图 2. 泡沫轴单元实物图

04 知识产权

- 1、知识产权为北京理工大学单独持有；
- 2、本项目已申请专利，已授权发明专利 1 项。

05 合作方式

技术许可、技术转让、作价入股或其他方式。

七十一、多架构系统建模软件

01 成果简介

多架构建模软件基于多架构统一建模语言 KARMA 开发。KARMA 语言是一种可读文本式语言，多架构建模指在软件中采用一种建模语言及技术实现多种架构描述及表达的方法。基于 KARMA 语言，可以实现基于模型系统工程相关语言建模，架构驱动，代码生成，系统行为动态描述，指标分析及验证，数值分析，支持数据显示化（表格，甘特图）、二维固定语法展示及三维固定可视化建模，与工业本体的互转化。

本项目可解决航空、航天、防务、船舶等领域复杂装备研制过程中存在的子系统多、不同部门人员专业语言不通、开发沟通过程困难等问题。用户在基于模型的软件工具环境中，高效的建立各种专业模型，进而实现复杂装备产品开发过程中的自动化开发。

使用本项目不仅可以在系统开发的早期阶段形式化其需求、功能、逻辑、架构等视点，还可以在系统方案初步确认前的概念设计阶段检查系统设计是否满足需求规范，从而极大地降低产品开发的成本与风险。

本项目相较目前市场上现有产品，支持更多建模功能，并可兼容十余种建模语言，具有良好的可扩展性。

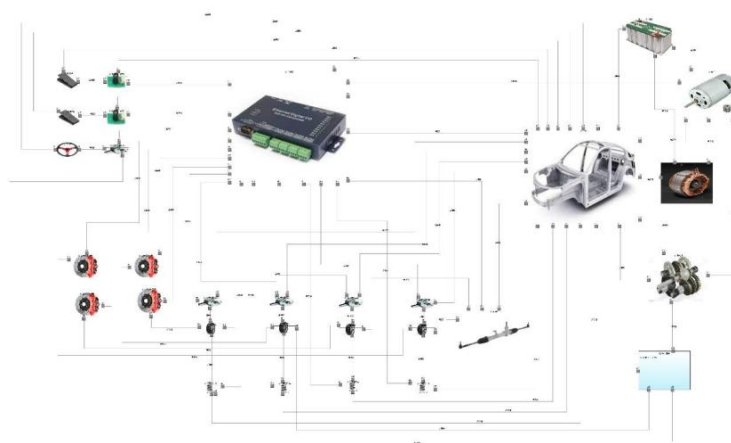


图 1. 图模型示例

02 应用领域

适用于航空、航天、防务、船舶等领域复杂装备制造。

03 市场前景

本项目已在某大型航空企业、高校等单位的复杂系统开发中得到

应用，显著提升开发效率，目前项目总额已超过 2000 万，软件商业化后将得到更加广泛的应用。

04 知识产权

- 1、知识产权为北京理工大学单独持有；
- 2、本项目已申请专利及软件著作权；
- 3、已授权发明专利 3 项、软件著作权 2 项。

05 合作方式

合作开发或其它方式。

七十二、银杏废弃物的无害化处理

01 成果简介

针对城市街道种植大量银杏树所导致的秋季落果、落叶等对环境造成的影响，本成果研究出一套方法可实现对银杏树的废弃物，包括树叶、外果皮等进行无害化处理。并从中获得有价值的各种化合物，进而增加附加值。目前，针对银杏外果皮进行了综合利用工艺的开发，已经从银杏外果皮成功获得了银杏外果皮多糖，银杏黄酮和银杏内酯。银杏多糖可以用于提高人体免疫力，银杏黄酮和内酯可以进一步分离用于药物原料。

02 应用领域

可以用于城市环境的保护，也可以用于农林领域进行增值服务。

03 市场前景

本成果相关设备、溶剂等易于获得，无需重新开发。通过提取分离获得重要的活性化合物，剩余残渣进行植物基碳材料的制备，获得高效的材料，实现节能减排，低碳环保的综合利用。本技术为国内首创。

04 知识产权

- 1、知识产权为北京理工大学单独持有；
- 2、本项目专利正在申请中。

05 合作方式

合作开发、技术许可、技术转让或其它方式。

七十三、智能样品管理系统

01 成果简介

智能样品管理系统是针对实验室样品管理中存在的检测样品种类繁多、形式多样、领取不便等问题研发的一种可实现实验室样品自动化管理的设备，其功能包括样品的自动存入取出、存取样的操作记录、存取人员的权限管理、存样的超期警报。该系统填补了目前检测实验室制备后样品全自动存取方面的技术和装备空白，在检测/校准实验室、能力验证提供机构等领域具有较大的市场前景。



图 1. 智能样品管理系统应用现场

02 应用领域

针对检测/校准实验室、能力验证提供机构等的样品管理需求开发的自动化、智能化设备，为实验室及相关机构的智能化样品管理提供支持。

03 市场前景

我国有数量庞大的检验检测机构，大部分机构现有样品管理方式为人工管理，样品种类繁多、形式多样、领取不便等问题普遍存在，为此，研发一种可实现实验室样品自动化管理的设备，实现样品自动存入取出、存取样的操作记录、存取人员的权限管理、存样的超期警报等功能，可大大提高样品管理的智能化水平，具有显著的社会效益和经济价值。



图 2. 二代智能样品管理系统

04 知识产权

因相关方面考虑，本项目暂未申请专利。

05 合作方式

合作开发、技术许可、技术转让或其它方式。

七十四、智能水硬度在线监测与控制系统

01 成果简介

智能水硬度在线监测与控制系统是针对供暖、制冷等行业研发的一种自动化水质在线监测与控制产品，可以实现对锅炉软化水、供暖软化水等待检测样本的自动定时取样、检测试剂滴定、基于溶液颜色的数据分析与处理、以及数据上传和存储，从而实现对水质硬度参数的自动化在线监测，并对硬度超标的水进行软化处理从而实现对水硬度的自动控制。



图 1. 智能水硬度在线监测与控制系统样机

02 应用领域

针对供暖、制冷等行业研发的一种自动化水质在线监测与控制产品，替代传统的人工取样检测，完全自动化、智能化。

03 市场前景

我国有数量庞大的供暖/制冷站点维护需求，现有人工监测水硬度模式存在数据准确性差、监管不严等诸多问题，由于水质硬度不合格导致锅炉等损失巨大。我们研发的智能水硬度在线监测与控制系统可以完全自动化实现待检测水样的自动定时取样、检测试剂滴定、基于溶液颜色的数据分析与处理、以及数据上传和存储，从而实现对水质硬度参数的自动化在线监测，并对硬度超标的水进行软化处理从而实现对水硬度的自动控制，具有显著的社会效益和经济价值。



图 2. 热力集团换热站应用现场

04 知识产权

因相关方面考虑，本项目暂未申请专利。

05 合作方式

合作开发、技术许可、技术转让或其他方式。

七十五、可再生能源电解水制氢催化剂制备及其应用

01 成果简介

在“双碳”目标的背景下，基于可再生能源电解水制氢是真正实现清洁氢气来源的“绿氢”技术。然而，目前制约电解水制氢产业发展的瓶颈之一是贵金属基电催化剂高昂的价格。近年来，研究者开发了多种廉价、高效的电解水阴极析氢非贵金属电催化剂，其中硫化钼（MoS₂）基催化剂是迄今为止发现的析氢性能最好的非贵金属催化剂之一，其具有类铂活性。然而，这类高活性催化剂往往更易受到复杂催化反应环境因素的影响，导致催化剂表面发生重构并破坏其几何/电子结构，造成催化剂失活。

基于此，本团队提出了具有分子选择性的栅栏工程，解决了高活性 Co 掺杂 MoS₂ 析氢反应催化剂活性与稳定性之间的权衡问题。这一策略为设计高效、稳定的非贵金属基电催化剂的大规模应用提供了新思路。当将该 MoS₂ 基（Co-MoS₂@CoS₂）阴极催化材料与实验室自制的高活性钴镍双金属硒化物析氧反应阳极配对用于实验室自制的碱性电解水（AWE）双电极电解系统时，在电流密度 400 mA/cm² 下持续分解 500 h 没有明显的衰减。

随着我国进一步推进去碳化，电解水制氢有望成为能源变革的核心。在此背景下，只有大力推广电解水制氢，才能满足不断增长的绿氢需求。为此，需要大幅扩大电解水制氢装置规模，让电解水制氢在国民经济去碳化中发挥关键作用。

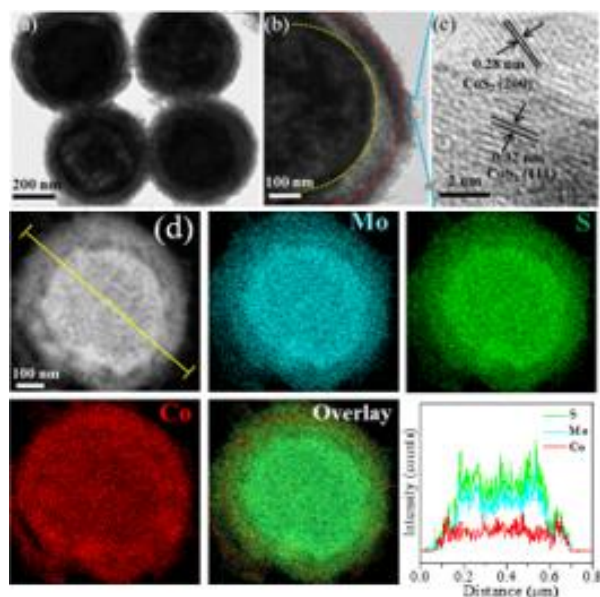


图 1. Co-MoS₂@CoS₂ 催化剂的形貌和结构图

02 应用领域

该催化剂和碱性电解水设备用于基于光伏发电、风力发电等可再生能源催化水分解制氢技术领域。主要面向燃料电池及氢燃料电池汽车场景应用。

03 市场前景

该项目已经通过技术开发、实验室克级产品验证，如果可转化为适合规模化生产，预计可以显著提升该成果的技术创新性、行业竞争力和商业可行性，同时带动本市氢能产业链快速发展，加快制氢、燃料电池以及氢燃料电池汽车产业规模增长。该催化剂制备技术在合成过程中原位构建分子栅栏层，其可以有效避免非贵金属催化剂在生产和存储过程中普遍面临的氧化问题，从而可以大大降低催化剂的运输和存储成本，同时提高催化剂的存储和使用寿命。

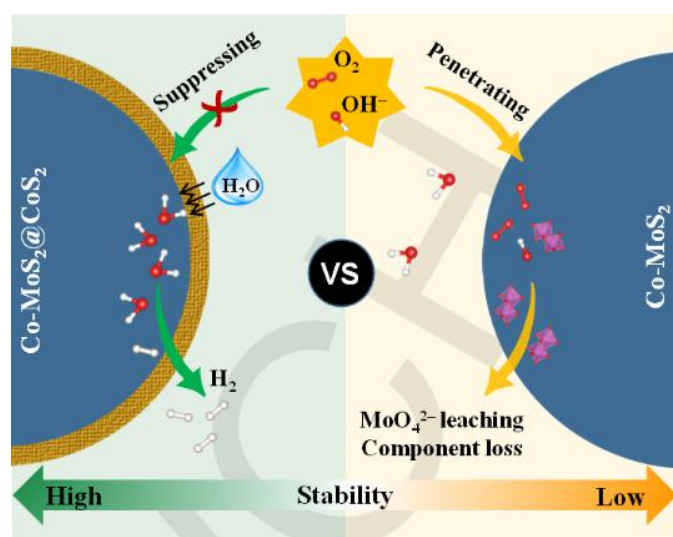


图 2. 分子栅栏策略提高催化剂稳定性作用机制示意图

04 知识产权

- 1、知识产权为北京理工大学单独持有；
- 2、本项目已申请专利 1 项。

05 合作方式

合作开发、技术转让或其它方式。

七十六、鸟嘌呤基珠光颜料

01 成果简介

珠光颜料是一种特性颜料，指具有珍珠光泽、能够产生独特视觉效果的一类颜料。人工合成具有特定暴露面的鸟嘌呤晶体可有效解决鱼鳞鸟嘌呤珠光颜料资源有限、提取工艺复杂、价格昂贵、耐热耐光性差等问题。

本成果突破有机小分子纳米晶在晶化过程、晶型和形貌控制方面的合成难题，首次实现有机小分子鸟嘌呤的晶型、形貌、尺寸及珠光特性的有效调控，实现单一晶型的 β 相无水鸟嘌呤纳米片的批量合成。这是国际上首类人工合成的纳米尺度的有机小分子晶体珠光颜料，性能稳定、无毒、轻质。

此外，我们创新性地将一系列染料分子掺杂到鸟嘌呤纳米片晶体的晶格中。目前已成功将阳离子金黄 X-GL、结晶紫、亚甲基蓝等十余种染料分子嵌入鸟嘌呤纳米片的晶格中，在保有高反射率和珠光色的同时，获得色彩丰富且晶型和形貌可控的彩色 β 相无水鸟嘌呤纳米片。其在分散液中有明亮的珠光色（图 1），干燥的粉末呈现漂亮的颜色，且不会被洗脱，大大丰富鸟嘌呤珠光颜料的应用范围。另外，为降低彩色鸟嘌呤珠光颜料的毒性，我们还将中国化妆品原料清单中的碱性橙等十余种染料掺杂到彩色鸟嘌呤珠光颜料的晶格中，这些彩色鸟嘌呤将可用作护肤品和彩妆等高端化妆品珠光颜料，也可用作对健康和环保性要求高的儿童玩具、环保涂料的珠光颜料。

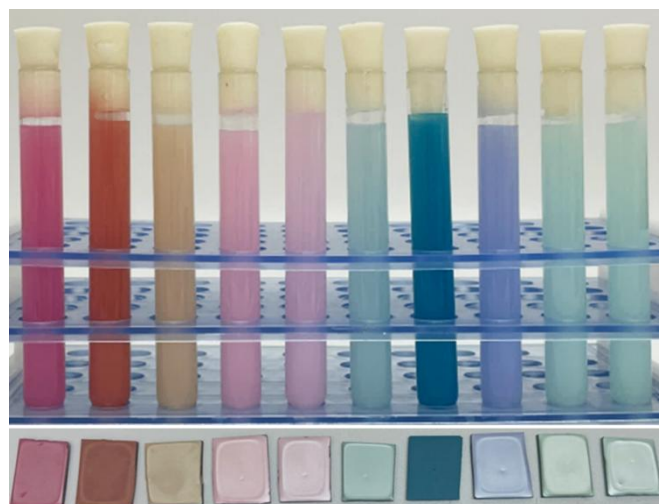


图 1. 彩色鸟嘌呤珠光颜料。上：分散液中，下：干燥粉末。

02 应用领域

此类鸟嘌呤基珠光颜料填补了国内外纳米尺度鸟嘌呤珠光颜料

的技术空白和市场空白,进一步解决了鸟嘌呤晶体资源有限和性能单一的问题,具有重要的应用价值。鸟嘌呤珠光颜料具有无毒性、纳米尺度、高稳定性等优势,预期应用于护肤品、彩妆品、塑料、纸张、橡胶、涂料、汽车油漆等日用化工类民品产品。

03 市场前景

近年来,全球珠光颜料的市场规模迅速增长,2016-2020 年的年复合增长率为 19.2%,预计 2025 年将达到 446 亿元。中国珠光颜料的市场规模也呈现增长态势,且增速高于全球,2020 年,中国珠光颜料的市场规模达到 49 亿元。另外,机构预测,中国珠光颜料产品汽车领域的应用规模在 2025 年将达到 17 亿人民币。



图 2. β 相无水鸟嘌呤纳米片晶的放大化生产及珠光色

04 知识产权

- 1、知识产权为北京理工大学单独持有;
- 2、本项目已申请专利,授权专利 1 项,在申请 4 项。

05 合作方式

合作开发、技术许可、技术转让或其它方式。

七十七、mRNA 疫苗递送的新型可离子化脂质纳米颗粒平台

01 成果简介

对传统疫苗（如灭活疫苗、重组蛋白疫苗等），mRNA 疫苗具有应变能力快、制备简单、免疫效力强等特点，在控制病毒传染性疾病中具有至关重要的作用。脂质纳米颗粒（LNP）是介导 mRNA 在人体内发挥功能的最优解。Pfizer 和 Moderna 公司构建的 LNP 依然被认为是“best-in-class”的 mRNA 疫苗递送技术。其中关键组分双亲性可离子化脂质的合理设计可达到 mRNA 有效递送和释放。但脂质纳米颗粒核心技术专利集中于少数国外公司如 Arbutus、Moderna、CureVac 和 BioNtech，专利壁垒高。目前，我国没有自主研发的高效并安全的用于人体的 mRNA 递送系统，致使欧美可随时限制我国的 mRNA 疫苗生产。

本工作成果构建了新型可离子化脂质分子库，可通过排列组合形成数十个新型可离子化脂质，已掌握脂质纳米颗粒构建的核心技术。目前已成功合成并进行活性验证的新型可离子化脂质 4 个。其中，脂质 A1-D1-5 的活性最佳，基于其制备的 LNP 不但成功地载荷小于干扰 RNA 在小鼠体内有效地治疗了代谢疾病，还实现了高效的 mRNA 负载和体内递送。代谢疾病的治疗成果发表在国际学术期刊 Science Advances 上，mRNA 负载系统已经与多家公司开展合作进行临床前开发工作。



图 1. 本项目相关成果入选北京理工大学十三五科技成果展

02 应用领域

该成果可用于新型 mRNA 疫苗、小干扰 RNA 药物的开发，可预防包括新冠肺炎在内的多种疾病，可治疗核酸表达水平异常引起的疾病。

03 市场前景

如前所述，我国目前尚无获批的自主研发的 mRNA 递送系统，但国内对于新型 mRNA 疫苗的需求同样迫切。据报道，2021 年两个获批的新冠 mRNA 疫苗销售总额超过 400 亿美元，BioNTech 授权复兴医药的新冠 mRNA 疫苗（复必泰）仅在港澳台地区的销售额可能达到 20 亿元。因此，可以预见新冠 mRNA 疫苗在全国范围内的销售额将至少在百亿元级别。截至目前，我国有沃森生物-艾博生物、斯微生物、艾美疫苗、锐博生物-阿格纳生物、国药中生复诺健、瑞科吉生物、威斯津生物、康希诺、石药集团、蓝鹊生物等公司正在研发新冠 mRNA 疫苗，其中艾博生物、康希诺生物、石药集团等都是采用 LNP，与本工作相同。与现有 LNP 相比，本成果的核心竞争力为在不影响高效递送效率的同时保持了 mRNA 的稳定性，一定程度地解决了 mRNA 疫苗储存及运输困难的问题。与其他处于临床开发阶段的 LNP 相比，本成果失去先发优势，因此在市场占有方面不具备优势。但是，本成果如能顺利实现转化，将有可能占有千万元级别的市场规模。

04 知识产权

- 1、知识产权为北京理工大学单独持有；
- 2、本项目已申请 PCT 国际优先权一项，已申请国内发明专利一项。

05 合作方式

合作开发或其它方式。

七十八、仿昆虫跃翔机器人

01 成果简介

跳跃或飞翔等运动形式，可以获得远高于传统行走、爬行步态的运动灵活性，为使机器人具有小尺度、高集成、多模态的特点，本项目在国内首次提出“跃翔一体”的机器人设计理念，创新性将跳跃结构与固定翼飞行思路结合，集飞行模块、驱动模块与仿生弹跳腿于一体。研制的原理样机在微小尺度下实现了 5 倍体长的跳跃高度(0.5m)的同时，可在空中维持良好姿态、滑翔距离达到了 50 倍体长(5m)。

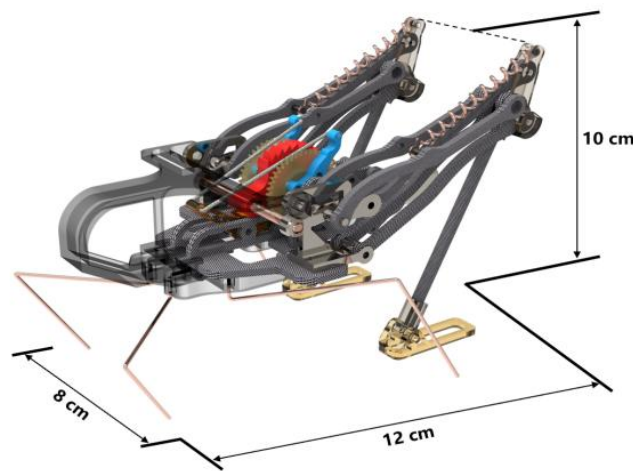


图 1. 跃翔机器人三维模型

02 应用领域

仿昆虫跃翔机器人可在跳跃的基础上进一步滑翔，最大程度提高了能量利用率及环境适应能力，具备灵活、小巧、易于隐蔽等特点。在民用领域可携带相应的任务载荷，在复杂环境完成火灾检测、农田监测、密闭空间巡检等任务。

03 市场前景

仿生特种机器人在军事应用、抢险救灾等场景中可以部分甚至全部替代人工作业，据调研特种机器人产业年均增速 17.8%，预计 2023 年市场规模将超过 200 亿美元。

与同类产品相比，仿昆虫跃翔机器人限制在 10cm 尺度，质量小于 100g，具备两种运动模态。该机器人采用国产元件，制造成本控制在 3000 元以内。产品相关技术及产品本身在现有的营销市场下，收益预计可达 200 万。

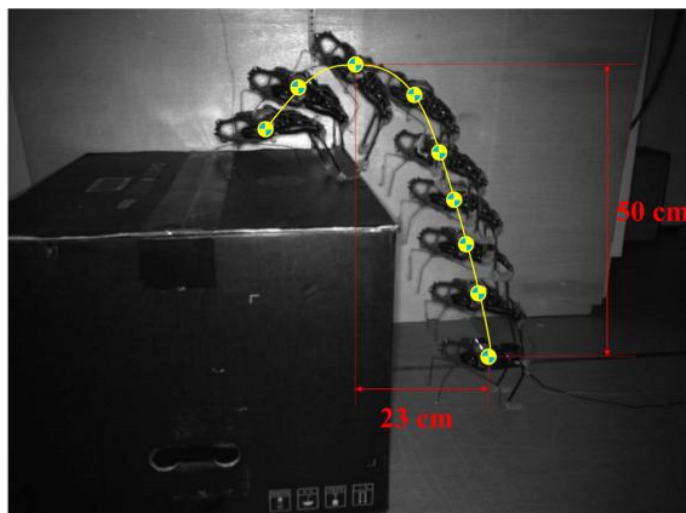


图 2. 跃翔机器人跳跃性能展示

04 知识产权

- 1、知识产权为北京理工大学单独持有；
- 2、本项目已申请专利；
- 3、已授权国家发明专利 3 项，已申请国际发明专利 1 项。

05 合作方式

合作开发、技术服务或其它方式。

七十九、可实时通信的水陆两栖无人巡逻车

01 成果简介

为克服传统的两栖车在水下无法与基站及时通讯的弊端，本项目发明了一种能够实时通信的水陆两栖无人巡逻车，采用配有通信模块和导航定位模块的浮标，通过防水电缆连接水陆两栖无人巡逻车，使浮标—两栖车系统与基站之间实现实时通讯，便于根据工作环境灵活下达指令，对无人两栖巡逻车进行实时控制。本项目采用防水电缆，通过自动收放线装置使其始终处于张紧状态，保证两栖车与浮标的同步运动，便于实时定位两栖车位置，并能够避免因缆线松垮而与障碍物缠绕打结导致影响两栖车工作。该无人车浮标内部空间根据相关零部件功能、体积大小及相互之间的工作关系分层布设，能够在保证工作可靠性的基础上进一步实现紧凑布局。本项目能够应用于水陆两栖车辆技术领域，拓宽水陆两栖无人巡逻车的应用场景。

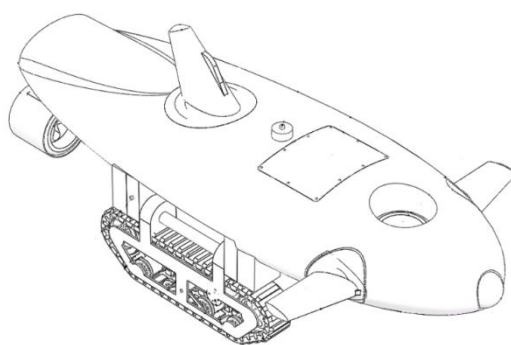


图 1. 本项目研发的可下潜水陆两栖无人巡逻车

02 应用领域

能够实时通信的水陆两栖无人巡逻车由于其高机动、适用性好的特点，应用领域也在持续增加。目前，能够实时通信的水陆两栖无人巡逻车主要应用于军事领域和民用领域两个方面。

在军事领域中，可用于侦察打击一体、近海水下反潜、近海排水雷地雷、弹药医疗补给、水下目标跟踪等方面。

在民用领域中，可用于近海风电维修、野外影视拍摄、复杂地形勘探、新型两栖玩具、水下测绘等方面。

03 市场前景

根据国内商业机构调研结果显示，市场对水下机器人的规模在不断增加，总体规模持续扩大。根据 2017-2019 年中国水下机器人进口

量显示，我国对于水下机器人的需求在不断增加。我国今年不断增加水下机器人的研发投入，尤其是对水陆两栖机器人的投入，市场规模不断扩大，在发展智慧海洋的战略助推下，我国水下机器人的需求仍将扩大，预计至 2025 年还有 2-3 倍的增长空间。

04 知识产权

- 1、知识产权为北京理工大学单独持有；
- 2、正在申请国际专利 1 项。

05 合作方式

合作开发、技术许可、技术服务或其他方式。

八十、柴油车排放遥感大数据监测系统及监测方法

01 成果简介

针对柴油机气态排气污染物遥感检测难题，本项目提出了基于柴油机燃烧过程过量空气系数修正的遥感测试数据反演计算方法，从而实现对柴油车 NO 等气态排放物浓度实时检测，满足了国家遥感标准中对柴油车 NO 排放浓度检测要求。并针对国内遥感大数据提出了遥感大数据处理方法，分工况区域动态确定排放阈值，从而达到动态高精度筛查高排放柴油车的目的。

02 应用领域

汽车排放遥感测试领域，面向遥感测试厂家和环保部门。

03 市场前景

目前，汽车排放遥感测试在汽油车排放测试领域应用较多，而针对柴油车遥感测试误差加大，本项目采用柴油机过量空气系数修正反演计算方法提高柴油车遥感测试准确度，同时采用大数据处理方法提高柴油车排放监管的科学性和准确性。

04 知识产权

- 1、知识产权为北京理工大学单独持有；
- 2、本项目已申请专利，其中申请中国发明专利 3 项，美国发明专利 3 项，英国发明专利 1 项。

05 合作方式

合作开发、技术许可、技术转让、技术服务或其它方式。

八十一、改性聚间苯二甲酰间苯二胺超滤膜

01 成果简介

聚间苯二甲酰间苯二甲酰胺（PMIA）纤维是一种新型的有机耐高温纤维，具有出色的综合特性，包括良好的热稳定性，化学稳定性，亲水性和阻燃性。膜材料的耐压性和耐热性是膜分离工艺长期运行所必需的，这些优异的性能使 PMIA 成为膜制备领域的关键性材料之一。此外，由于该材料易溶于普通有机溶剂中，因此，可以采用非溶剂诱导相转化（NIPS）法制备 PMIA 超滤膜，这为工业化生产提供了可能。

目前我国的膜材料主要还是依赖于进口，并且亲水性差、机械强度低、耐溶剂性能差等诸多问题，而间位芳纶膜材料已经实现了国产化，并且价格便宜，打破了国外垄断的局面。基于间位芳纶材料，本项目通过调控制膜配方以及制膜工艺，所制备的间位芳纶膜具有高的渗透通量、高的机械强度以及良好的耐酸碱性能。依托于本项目组实验室的中试平板刮膜装置，本项目实现了间位芳纶膜的中试化制备，并且进行膜组件、膜设备的进一步放大设计。所开发的 PMIA 膜可以达到甚至高于市场同种类产品，其产业化可大大丰富目前水处理市场。



图 1. 中试平板膜刮制系统

02 应用领域

（1）水的高品质回收利用

随着经济高质量发展，现代工业建设如火如荼，农村改造正在进行时，人民对政府的市政工程要求也越来越高，各行各业的发展以及人们日常生产生活都离不开用水，污水处理的需求量日渐增长。该项目所研究的芳纶平板膜用于污水的高品质回用处理能够达到绿色高效的效果，不仅能解决由生产造成的环保问题，而且能够获得污水中的有效成分，提高资源的利用率。

（2）饮用水净化

中国作为人口大国，饮用水的需求量巨大。对于处理地表水、地下水、海水淡化，从而得到可饮用的纯净水。与传统的净水处理技术相比，膜技术在对水质进行更深入的处理时，效率更高、实用性更强，效果更好。选用平板膜进行水净化技术能够大大节约能耗，达到饮用水的标准。

（3）有机物分离

该项目所制的平板膜也可用于食品、染料、医药等行业的生产工艺，在有机物分离方面高效且方便。近几年的应用实践证明，我国膜分离技术已步入大规模工业应用阶段，市场潜力很大，应用前景广阔。

03 市场前景

（1）市场状况

近年来，随着我国对节能环保、资源回收相关产业的日益重视，各级政府部门相继出台了一系列旨在推动膜技术应用产业发展的政策；化工与石化、生物制药等行业也将膜分离技术作为清洁生产技术加以推广。2021年6月，发改委出台了《“十四五”城镇污水处理及资源化利用发展规划》，提出了关于城市污水处理能力、再生水利用率、工业用水重复利用等污水资源化利用的要求；2021年7月，发改委又出台了《“十四五”循环经济发展规划》，提出了到2025年单位GDP用水量较2020年降低16%，强化清洁生产和推进园区循环化发展等目标。我们认为上述政策会刺激对膜分离工艺的需求，政策的大力支持为膜分离技术的应用带来了广阔空间。

2018年中国膜产业的市场规模达到了1900亿元，预计到2024年中国膜产业市场规模将达到3630亿元(图2)。并且以每年10%~15%的速度增长，规模庞大的膜市场需求使得我们所制备的膜材料有着良好的发展前景。

近年来我国对位芳纶发展迅速，多家企业的产业化技术取得突破，实现了批量生产。2019年，国内芳纶总产量为13800吨，其中对位芳纶产量实现小幅增长，约为2800吨；间位芳纶产量约为11000吨，总体达到国际先进水平。目前国产芳纶产品主要用于高温过滤、防护、密封等材料中。

芳纶纤维最初由美国杜邦公司在20世纪60年代成功开发并率先产业化，经过60年的发展，杜邦芳纶无论是研发水平还是规模化生产都日趋成熟，占据技术和市场上的垄断地位。目前，全球对位芳纶产量达8万吨、间位芳纶产量达4万吨。其中，杜邦对位芳纶和间位

芳纶的市场份额分别占到 51.6%和 67.4%，日本帝人公司在对位芳纶的市场份额达到 38.3%，国内企业泰和新材间位芳纶市场份额占世界第二。

我国芳纶产业起步相对较晚，但最近几年也取得了长足发展，间位芳纶材料有着很多的优势，并且目前已经实现了国产化，价格低廉，打破了国外垄断的局面，这为我们以间位芳纶为材料制备高性能间位芳纶膜奠定了良好的基础。

（2）效益分析

在当前市场，膜技术在污水处理行业推广应用面临的最重要的制约因素是较高的成本。随着膜技术研发和应用的不断推进，加上国产替代趋势愈发明显，膜材料及膜技术应用成本都趋于下降。而膜材料价格不断下探，不仅拓宽了膜法水处理应用范围，膜产品在污水处理领域大规模应用将成为现实。

间位芳纶材料价格约为 100 元/公斤，而进口的间位芳纶价格偏高，如杜邦的约为 360 元/公斤、帝人的约为 340 元/公斤，国产间位芳纶的价格仅为进口的 1/3，大大降低了制膜原料的成本。根据表 1，我们对制膜原料成本进行了预估，每平方米 PMIA 超/微滤膜大概需要 66 元。经过对五家知名膜分离公司调研发现近五年来膜产品的净利润不低于 10%，有很大的市场和发展空间。



图 2. 间位芳纶工业废水分离膜

04 知识产权

- 1、知识产权为北京理工大学单独持有；
- 2、本项目已申请专利，已授权发明专利 1 项。

05 合作方式

技术许可、技术转让、技术入股或其他方式。

八十二、微生物高效合成人参皂苷 Ro

01 成果简介

人参皂苷 Ro 是人参的主要活性成分之一，具有多种药理、生理活性，在人参中含量较低（约 0.4%），无法满足日益增长的市场需求，而利用微生物从头合成人参皂苷 Ro 则可以有效解决该问题，颠覆传统的获取方式，然而合成途径未知，目前尚未有利用微生物从头合成的报道。

本发明解决了人参皂苷 Ro 天然代谢途径未知、异源途径与底盘宿主适配性、已报道相关酶活性低等关键技术问题。本发明达到的技术效果为微生物可实现无需添加异源前体物或底物仅通过培养微生物即可从头合成高效人参皂苷 Ro、竹节参皂苷 IVa、姜状三七苷 R1 等三种齐墩果烷型稀有人参皂苷以及金盏花苷 E。

齐墩果烷型稀有人参皂苷，由于其丰富且具备一定特殊性的药理、生理活性，可作为现有人参皂苷市场的强力补充，应用前景广阔。而其天然含量极低，利用微生物对其进行从头合成可大大降低生产成本与产物分离纯化难度，减少有机试剂用量，不依赖植物种植，周期更短，符合国家绿色环保、可持续发展的硬性要求，微生物绿色制造是当前的政策导向也是发展的必然趋势。

02 应用领域

生物医药，保健品，食品

03 市场前景

人参皂苷因其出色的药理、生理活性而具有很高的市场应用价值，主要应用于保健品、医药、化妆品、医疗美容等领域。初步调研，每年的需求量在 1500 吨左右，近几年的市场需求量呈现逐年上升的趋势，市场规模接近百亿元人民币/年，市场生态良好。本项目的人参皂苷 Ro 产量为目前已报道的最高水平。

04 知识产权

- 1、知识产权为北京理工大学单独持有；
- 2、本项目已申请专利；
- 3、已申请发明专利 1 项，正在申请 PCT 专利 1 项。

05 合作方式

合作开发、技术许可、技术转让或其他方式。

八十三、旋转对置活塞发动机

01 成果简介

旋转对置活塞发动机没有复杂的曲柄连杆机构和配气机构，进、排气门的开启通过活塞的转动控制。由于进、排气门、喷油系统为分开式布置，进、排气门的面积比较大，有利于提高发动机的充量系数。旋转对置活塞发动机的动力输出轴每旋转一周，每个气缸完成一次完整的做功过程，其做功频率为传统四冲程往复式活塞发动机的两倍，且进、排气过程、燃烧过程较二冲程发动机更加完善。旋转对置活塞发动机可以运用于特种车辆、小型无人机、混合动力车辆、农用机械等的主动动力系统。

分析了旋转对置活塞发动机燃烧室内未燃燃料的分布，明确了燃烧室内未燃燃料形成的原因，揭示了特定工况下旋转对置活塞发动机燃烧效率偏低的机理。采用了优化喷油策略、燃烧相位和当量比的方法，改善缸内油气混合、促进缸内燃烧，获得缸内最佳燃烧特性。相关研究取得重要发现，旋转对置活塞发动机最佳燃烧相位随工况的变化较小，有利于降低控制程序和车辆电控系统的复杂性并提高控制系统的鲁棒性。

率先分析了旋转对置活塞发动机的能量分布，阐明了发动机运行参数对能量分布的影响规律，揭示了发动机运行工况影响旋转对置活塞发动机燃油经济性的机理，提出发动机能量回收技术和降低能量损失的燃烧控制措施，有效改善了发动机的燃油经济性。旋转对置活塞发动机通过冷却液损失的热量显著低于传统发动机，极大降低了冷却风扇能量消耗，提高了发动机动力的传递效率。

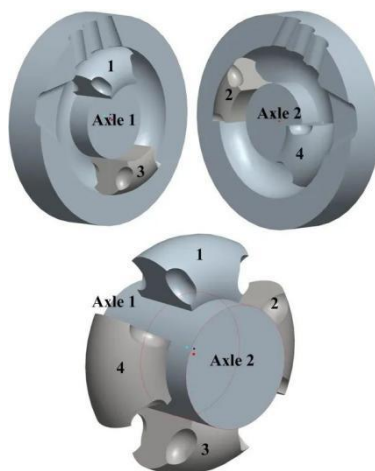


图 1. 旋转对置活塞发动机组装图

02 应用领域

旋转对置活塞发动机可以运用于特种车辆、小型无人机、混合动力车辆、农用机械等的主动动力系统。

03 市场前景

旋转对置活塞发动机功率密度高、结构简单、运转平稳，功率密度为传统四冲程内燃机的 1.4 倍以上，其应用可以显著提高车辆的功能性。

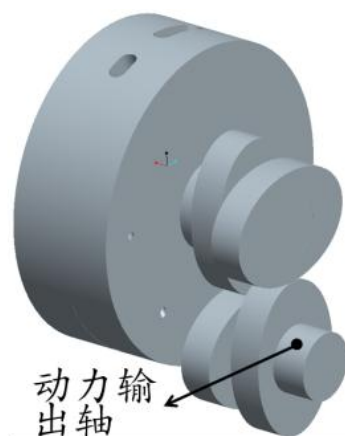


图 2. 旋转对置活塞发动机本体

04 知识产权

- 1、知识产权为北京理工大学单独持有；
- 2、本项目已申请专利；
- 3、已授权专利 1 项、申请阶段 4 项。

05 合作方式

合作开发或其它方式。

八十四、高光溢出效果半导体纳米晶器件微结构的构筑

01 成果简介

本成果以原有的直写型 3D 打印技术为基础，通过对于现有 3D 打印技术的进一步开发，实现简便，高效的微结构构筑技术。实现微结构纳米晶器件的高效构筑，进一步提升器件的光溢出效率。传统发光器件由于器件材料的折射率高于空气，光从器件内部向空气传播时，部分光会在器件的内表面发生全反射，从而无法实现高效的光溢出效果。2017 年，Nature Photonics 上报道的块体荧光器件内部发出的光大量地在器件边缘聚集（75%），正面与背面光溢出量的总和仅仅为 25%(Nature Photonics, 2017,11,177-185.)。本成果以器件内部微结构构筑为基础，通过微结构在器件内部的全反射界面构筑，改变光在材料内部的传输路径，实现器件正面的光溢出效果增强。

本成果的高光溢出效果可以广泛的应用于激光器、LED 照明领域，提升能源利用效率。目前本成果可以将块体材料单侧约为~25%的溢出效率提升至~80%，约为 3.2 倍的提升。保守估计将此技术用于实际器件中，可以实现 2 倍以上的提升，这就意味着对于能源的消耗可以降低至原有的 50%。照明约占全球能源消耗的 15%-19%，全球温室气体排放的 5%-6%。据统计 2021 年，全球照明市场总市值达到 8089 亿元。照明技术是任何一个国家与地区都不可或缺的，高效的照明技术不仅可以为解决全球的能源危机提供有效解决途径，同时为减少碳排放作出巨大贡献，产生巨大的经济效益。

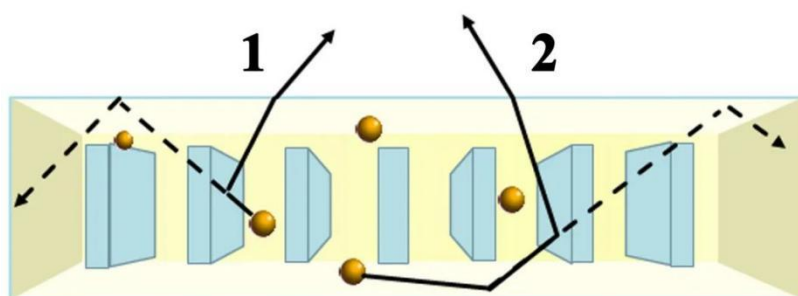


图 1. 微结构设计原理

02 应用领域

高效微结构器件铸造与照明器件开发

03 市场前景

照明约占全球能源消耗的 15%-19%，全球温室气体排放的 5%-6%。据统计 2021 年，全球照明市场总市值达到 8089 亿元，其中 LED 照明

技术占有比例达到 66%。

本技术主体采用有机玻璃，纳米晶约为 20-50PPM 用量极小。整体材料成本低。对于器件制备采用 3D 打印技术，由于我们对于 3D 打印技术的改进，实现了相关器件的高效制备。在现有的 3D 打印机基础上就可以实现高效制备。

在进一步提升 LED 器件技术上，仅需要用本器件代替原有封装玻璃即可，工艺提升几乎没有门槛。



图 2. 普通块体与具有微结构器件的荧光图片对比

04 知识产权

- 1、知识产权为北京理工大学单独持有；
- 2、本项目已申请专利，申请阶段一项。

05 合作方式

合作开发或其它方式。

八十五、开放空间快速蒸汽技术

01 成果简介

最近几年，需要产生蒸汽的产品越来越普遍，因此技术发展开始加速。

随着市场需求的变化，一个重要的技术参数是：产生蒸汽的时间以及如何减少水垢对整个设备运行的影响。为了优化这个参数，很多企业采用了“装置管式”或“水箱式”蒸汽发生器。这些蒸汽发生器确实可以快速产生蒸汽，但是，他们都属于“封闭式”，因此水垢无法解决，一般几个月就会阻塞，整个系统无法运行。在可见的时间内，这个问题很难低成本地解决。也有部分企业采用前置过滤的方式解决，因为涉及耗材，因此也不能被客户接受。

在未来几年，这个产品最终还会使用开放空间加热，并产生蒸汽的方式。但是这种方式当初被抛弃的原因在于，在使用时整个蒸发装置中的水需要整体加热到 100 摄氏度才能开始产生蒸汽，其速度较慢，使用效果较不理想。

为此本发明提出一种开放空间的蒸发装置，该蒸发装置进行分区，把加热部件集中布置于蒸发区，以快速获得蒸汽。

02 应用领域

该技术可以应用于蒸箱、蒸烤箱、微蒸烤设备、集成灶、蒸锅、熨烫装置、洗碗机、消毒柜、电磁炉用锅、蒸汽电熨斗、蒸汽美容护发机、蒸蛋器等需要产生蒸汽的设备。

03 市场前景

该技术工艺简单、成本低、可靠性高，可以大规模应用于家电等产品中。该技术在民用产品领域，能够不出现阻塞且能快速产生蒸汽的技术中具有战略地位，具有大规模应用的潜力。未来该技术会随着“蒸汽产品”的发展而发展，产生较大的经济效益。

04 知识产权

- 1、知识产权为北京理工大学单独持有；
- 2、本项目已申请专利权；
- 3、已申请发明专利 1 项，实用新型专利 1 项。

05 合作方式

技术转让或其它方式。

八十六、抗癌药氨鲁米特的三个新共晶化合物

01 成果简介

氨鲁米特 (Aminoglutethimide, 3-乙基-3-(4-氨基苯基)-2, 6-哌啶二酮) 是一种肾上腺皮质激素抑制药及抗肿瘤药。氨鲁米特的抗癌机理是 P450 芳香化酶的抑制剂, 阻止雄激素转变为雌激素。进而抑制肿瘤细胞的生长。临床适应症是: 用于绝经后或卵巢切除后的晚期乳腺癌, 对雌激素受体或孕激素受体阳性患者疗效较好。用于皮质醇增多症 (柯兴综合征), 抑制肾上腺皮质功能。

而氨鲁米特在水中极微溶解, 溶解度约为 2mg/ml。属于微溶物质。不仅影响了药物的生物利用度, 而且严重影响该药物的新药开发和临床使用效果。

本项目合成了 3 个氨鲁米特新共晶。共晶技术是提高化合物水中溶解度的有效手段, 通过控制分子间相互作用, 在不改变化学结构的情况下, 改变原料药的理化性质。共晶体使活性药物成分 (API) 除了物理化学性质外, 其流动性、化学稳定性、压缩性和吸湿性也发生变化。共晶体成为一种潜在的新药固体形式, 有很好的开发和应用前景。新共晶的水中溶解度与原料相比, 均有明显提高。

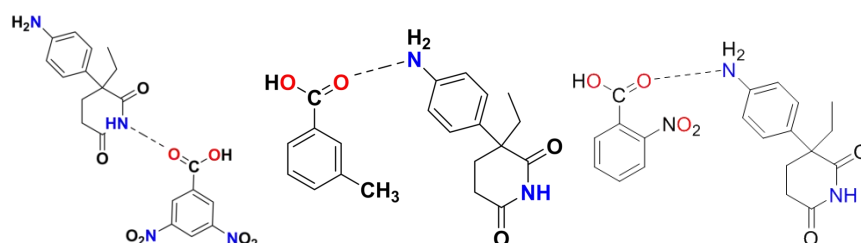


图 1. 本项目研发的三种化合物

02 应用领域

乳腺癌治疗、皮质醇增多症治疗

03 市场前景

提高药物水中溶解度的方法很多, 共晶技术是其中比较有效的一种手段, 该合成技术不需要特殊条件和设备, 成本低、容易实现。具有开发成新药的市场应用前景。

04 知识产权

- 1、知识产权为北京理工大学单独持有;
- 2、本项目已申请专利及软件著作权;
- 3、已授权专利 1 项、已公开 2 项。

05 合作方式

技术转让或其它方式。

八十七、一种丝素蛋白- NIPAM 光子晶体水凝胶

01 成果简介

本项目属于功能材料领域，提供了一种丝素蛋白- NIPAM 光子晶体水凝胶及其制备方法。所述制备方法包括采用物理交联剂将丝素蛋白和 N- 异丙基丙烯酰胺(NIPAM)在常温下共交联，并在交联反应过程中嵌入三维光子晶体阵列。本发明提供的制备方法制备的光子晶体水凝胶具有良好的生物相容性、弹力性能、吸水性能，与皮肤之间具有良好的贴合性，紧贴皮肤表面不易脱落，还同时具有优良的压力传感性和温敏性，可对温度和压力的变化产生颜色变化响应，实现压力和温度变化的裸眼观测。

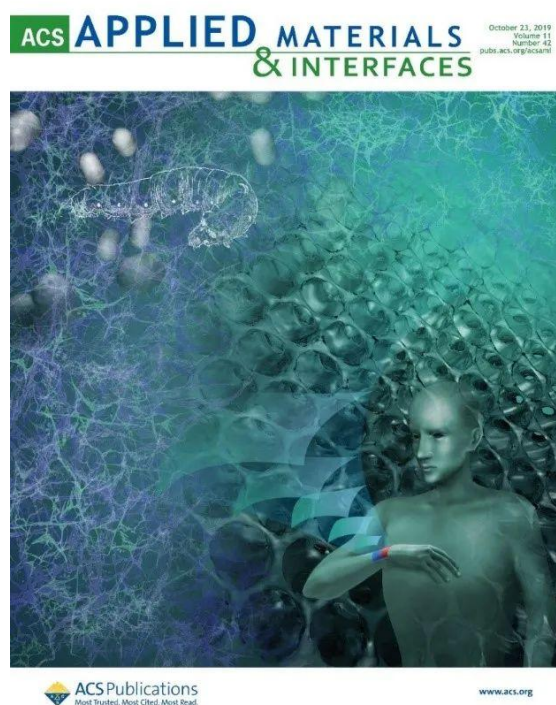


图 1. 相关成果作为封面文章发表于国际权威杂志

02 应用领域

医疗健康、环境监测

03 市场前景

本发明提供的制备方法制备的丝素蛋白- NIPAM 光子晶体水凝胶可用作敷料裸眼检测体温，快速准确地判断体温是否正常；可应用于运动康复监测领域，监测关节的运动灵活性，裸眼观察即可轻松获取运动康复情况；可以用作水溶性药物载体材料。此外，还可用于有机溶剂、固体物料中痕量水分测定，也可用于环境湿度监测。应用范围

广阔，市场前景可观。

04 知识产权

- 1、知识产权为北京理工大学单独持有；
- 2、本项目已申请专利 1 项，目前处于实质审查阶段。

05 合作方式

合作开发、技术许可、技术转让或其它方式。

八十八、基于概念信息语义相似度的智能问答系统

01 成果简介

文本语义相似度是指两个句子或文本片段之间的语义等价程度，其研究在自然语言处理的问答系统、机器翻译、信息抽取、自动摘要等相关领域中有着广泛的应用，具有重要的理论意义和应用价值。现有的文本语义相似度方法主要基于词表面特征，但由于词语间普遍存在概念上的关联，缺乏概念层面的精确计算导致这些方法的准确性提升困难，而实现全文本在概念层面的精确计算尚无有效模型。

项目团队依据单个名词的概念信息量为基础，分别提出了多种模型和方法实现文本在概念级别快速、精确地计算语义相似度：（1）提出一种基于概念信息量的文本语义相似度无监督基本模型；（2）提出一种基于概念信息增益的文本信息量计算方法；（3）提出一种融合信息权重的全文本信息量计算方法。实验结果表明，团队提出方法在 SemEval 2013-2016 STS（文本语义相似度）数据集上均超过了当年最先进系统的总成绩，并且在 SemEval 2017 STS 国际测评中，本系统的总成绩在所有参赛团队中排名第二，其中在 Track 1 数据集上排名第一。相关论文被大会评选为“Best of SemEval 2017”。

02 应用领域

人工智能

03 市场前景

随着人工智能相关技术的发展，智能问答系统应用在许多行业和领域中都有迫切的需求。比如在电话咨询场景中，传统人工座席无法满足日益增加的客户咨询量；在政府业务公开场景中，智能机器人对用户的不准确答复会影响政府形象和公信力。目前业界的做法是人工设计问答系统或者对话系统，而不是使问答系统真正具有人类常识和世界知识，这种系统无法适应提问方法的改变或应用场景的转换。而概念信息方法以认知知识库为基础可以获得大量世界知识，比如概念之间的上下位关系。在特定领域的问答匹配多个测试数据集上的实验结果显示，相对于谷歌最新的深度计算模型 BERT，概念信息语义相似度无监督模型已经比当今最优深度学习模型高出 13%-15%。在问答系统上准确性的优势说明，概念信息语义相似度模型对智能问答系统具有明显的应用落地优势。

文本语义相似度在自然语言处理的问答系统、机器翻译、信息抽取、自动摘要等研究中有着广泛的应用，具有重要的理论意义和应用

价值。随着人工智能相关技术的发展，智能问答系统应用在许多行业和领域中都有迫切的需求。在特定领域的问答匹配多个测试数据集上的实验结果显示，相对于谷歌最新发布的深度计算模型 BERT（该模型已刷榜 11 项自然语言处理传统任务），概念信息语义相似度无监督模型已经比当今最优深度学习模型高出 13%-15%。

04 知识产权

知识产权为北京理工大学单独持有，授权专利 1 项

05 合作方式

合作开发或其它方式。

八十九、复杂结构件数控加工精度与稳定性控制

01 成果简介

随着航天发动机性能和技术指标的不断提升,涌现出叶轮、机匣、舱段、壁板等大量服役于高温、高应力恶劣工况的高性能复杂结构件,此类零件结构整体成形、型腔封闭狭小、型面精度苛刻、薄壁易于变形、材料难于切削、极低损伤要求,迫切需要解决高速切削机理、刀具设计制造、刀具路径规划、加工颤振抑制等制约高速切削加工效率、精度、稳定性的瓶颈问题。

项目在“高档数控机床与基础制造装备”科技重大专项、国家自然科学基金的支持下,系统掌握了航天特种难加工材料高速切削工艺规律,提出了五轴铣削刀具“结构-参数-动态特性”一体化设计与无瞬心包络刃磨方法,提出了多轴铣削刀具路径高阶切触规划和精度控制方法,提出了多轴铣削加工过程稳定性预测与颤振在线抑制方法,掌握了多轴加工的装备工艺交互行为及其动态演变规律,揭示再生效应和过程阻尼对加工稳定性的影响,通过刀具结构模态耦合调整工艺系统阻尼,实现颤振在线抑制,显著扩大了极限稳定区域。

形成了完整和自主可控的多轴加工稳定性控制技术体系,应用于“高档数控机床与基础制造装备”科技重大专项五轴加工中心、车铣复合加工中心和数控系统换脑工程,显著提升了国产高档装备和精密刀具对于航天复杂结构件精密制造的适用性和可靠性,获北京市科技奖二等奖1项、中国专利奖优秀奖1项。

02 应用领域

特种难加工材料的切削加工

03 市场前景

航天特种难加工材料切削机理、五轴侧铣刀具设计制造、整体复杂异形结构五轴铣削工艺规划、弱刚度薄壁结构加工变形控制、高速铣削稳定性控制与颤振抑制、切削数据库与数据服务等技术成果已应用于北京某研究所航天发动机数字化柔性生产线,极大地提升了五轴叶轮加工中心、五轴镗铣加工中心、五轴卧式车铣复合加工中心等国产高端数控装备对于五轴铣削、车铣复合加工的工艺适应能力,显著提高了钛合金、高温合金、金属间化合物等航天特种难加工材料的切削加工效率,加工精度和表面质量全面满足设计要求,为实施航天发动机智能制造工程打下了坚实基础,市场前景广阔。

04 知识产权

知识产权为北京理工大学单独持有，已授权发明专利 23 项。

05 合作方式

合作开发、技术许可、技术转让或其他方式。

九十、用于塑料激光焊接的 Er:YAG 脉冲激光器

01 成果简介

塑料激光焊接技术是通过激光产生高温溶解,对两件产品进行固定的技术。塑料激光焊接技术主要用于连接敏感性的塑料制品,例如 PCB 电路板、精密塑料零件电子感应器、真空塑料制品,以及无菌医疗器械等要求密封及洁净度高的塑料制品。塑料激光焊接的优点是:焊接速度快,适用于精密器件焊接;能产生真空密封结构,防水防尘;焊接牢固,能够制造出超过原材料强度的焊接缝;焊接过程中树脂降解少,热损坏和热变形小,无飞边,焊缝严密,没有残渣。目前已有的塑料激光焊接采用的是 $10.6\ \mu\text{m}$ 的 CO_2 激光器、 1064nm 的 Nd:YAG 激光器的和 808nm 的半导体激光器。但是对于某些材料如聚合物,对 $1\ \mu\text{m}$ 或 $0.8\ \mu\text{m}$ 的光吸收太少,而对 $10\ \mu\text{m}$ 或紫外线 (UV) 的吸收太强, $1.645\ \mu\text{m}$ 是更合适的激光波段。此外, $1.645\ \mu\text{m}$ 属于人眼安全波长,相对其它波长对人眼更安全(视网膜安全)。 $1.645\ \mu\text{m}$ 激光器的应用包括透明塑料焊接,塑料面板的嵌入式或多层打标以及精密的聚合物薄膜焊接和切割。许多塑料材料在可见光中本质上是透明的,在 $1\ \mu\text{m}$ 左右也有很高的透射率,但是在 $1.6\ \mu\text{m}$ 附近的波长却没有。比如聚甲基丙烯酸甲酯 (PMMA),聚碳酸酯 (PC),环烯烃共聚物 (COC) 和丙烯腈丁二烯苯乙烯 (ABS),这四种不同类型的透明塑料透射光谱显示在 $1.645\ \mu\text{m}$ 附近有很强的吸收峰,可以形成更好的焊接。

02 应用领域

可用于制作 PCB 电路板、精密塑料零件电子感应器、真空塑料制品,以及无菌医疗器械等要求密封及洁净度高的塑料制品。

03 市场前景

2017 年,国内塑料激光焊接设备的市场约 3.7 亿,其中 70% 是进口设备。2018 年后国内激光企业开始崛起,国内市场份额不断得以提升,目前占据约 40% 的市场份额。但是国内塑料激光焊接设备企业主要采用的还是进口的激光器,如美国 IPG 公司的光纤激光器,德国 DILAS、美国、QPC 等公司的激光器。因此国产激光器可以体现更高价格优势和更低运维成本,可以为设备厂商更强竞争力,具有较大的市场应用前景和发展潜力。

04 知识产权

知识产权为北京理工大学单独持有,已授权发明专利 3 项。

05 合作方式

合作开发或其它方式。

九十一、创新微纳包装材料仿真设计技术

01 成果简介

包装材料是消费者在接触商品时看到、触摸到的实体物质，与消费者直接接触。包装材料在商品的销售中发挥着承载信息的作用，同时传递情感。新一代消费者在很多商品相对同质化的背景下，将产品的外观和包装作为选购商品的一个重要考虑因素。因此很多高科技公司在设计产品时非常重视包装材料的设计。比如主流的手机生产厂家，包括苹果、华为、三星、小米等，投入大量的人力物力设计和生产新的手机外壳。由于采用纳米制造技术，具有全息效果和可变色的手机外壳的成本甚至高于手机中一些核心部件的成本。但是良好的市场反应证明消费者对产品外观的需求不弱于对产品性能和功能的需求。

新一代的微纳包装材料指材料的特征尺寸在微米甚至纳米级别，与入射光相互作用时，表现出特殊外观的一类包装材料。由于这种材料包含微纳尺度的重复性结构，需要复杂的工艺实现大规模生产。这样的特点对微纳包装材料的设计提出了非常高的要求。从消费者研究的角度出发，要求这些材料具有心理学范畴的属性，包括柔软感、高级感、金属感等；从制造技术的角度出发，需要通过控制工艺参数来调整微米或纳米尺度的材料结构。本研究工作需要解决的核心技术问题是按照消费者心理需求，来实现对生产工艺的控制，得到理想的微纳包装材料。传统的设计方法通常需要经过多次迭代，反复地进行试生产和消费者调查实验。由于试生产成本高且需要大量时间，导致新材料的研究工作缓慢而昂贵。

仿真设计方法综合运用计算材料学、计算光学、计算机图形学、情感计算等方面的研究成果，可以实现对创新微纳包装材料的仿真设计，在不需要进行试生产的情况下，通过计算机模拟具有微纳尺度复杂结构的高分子材料的光学散射特性，生成具有高真实感的产品外观图像，直接用于消费者调查工作，具有非常好的应用前景。

02 应用领域

包装材料设计仿真

03 市场前景

创新微纳包装材料的研发成为近几年国内包装行业提升技术含量和行业水平的一个突破口。近年来，纳米可控加工技术的进展使批量工业生产微纳包装产品成为可能。微纳包装产品既可以单独使用，也可以与其它防伪技术结合使用，具有新奇特色彩效果和特殊的外观

特征，可以大幅提升商品价值。

目前的商业渲染软件无法准确模拟这些创新微纳包装材料的外观，尚不存在与本项目类似的专业化仿真设计工具。因此，本项目开发的技术和工具具有明显的技术优势。

04 知识产权

知识产权为北京理工大学单独持有，已申请多项专利及软著。

05 合作方式

合作开发、技术许可或其它方式。

九十二、过氧化物爆炸物检测技术

01 成果简介

研发团队合成了一种新型化合物作为模型化合物，进行痕量气体状态下荧光点亮机理的研究，在明确的反应机理和优化的分子结构指导之下，制备出具有优异性能的适用于高效率传感器的薄膜功能材料。同时，借鉴已有商业可得的产品，重新设计传感器的结构，制备更加便携、低成本并高效的新型爆炸物传感器。根据荧光效应：当光源照射分子时，分子中电子吸收能量跃迁到第一激发单线态或第二激发单线态，但这些激发态是不稳定的，当电子由第一激发单线态恢复到基态时，能量会以光的形式释放，产生荧光。

根据设计出的新型传感器，团队研究了一种非接触式爆炸物荧光检测技术，主要包括气相物质荧光反应流场成形控制、精密光路结构设计、高稳定度调制光源驱动、微弱荧光信号检测、多路隔离电源设计与系统总控集成等。在建立可靠流场仿真模型的基础上，实现激发光源、荧光探测器等电气与结构设计，完成原理样机的研制。本项目在实现过氧化物爆炸物荧光检测系统的设计中，选用带通滤光片、高通滤光片及各种 K9 光学透镜等光学器件设计精密光路结构；选用 LED 单波长光源，搭配可调制电路，设计高稳定度调制光源；进行万倍增益荧光探测电气设计，噪声极低、探测域值大，可高效采集并处理检测晶片发出的荧光，实现微弱荧光信号检测；荧光检测晶片显示为对特定波长光源敏感，当含有爆炸物物质的气流通过检测设备后发生反应，通过上述内容可知若发生反应，会激发出特定波长的荧光；实时监控模块选用 stm32 系列处理器，实现对系统各模块的工作状态的控制与信号传输；总控电源设计为多路隔离电源，可分别为各模块提供合适的电压，同时受实时监控模块控制。

针对海关、机场、地铁、车站及快递等行业日益增多的流动性临检应用场景，可通过小型化便携式爆炸物检测设备与安检门、安检机等传统安检设备进行集成安装，实现既有安检能力的升级。

同时，过氧化物爆炸物检测仪器工作原理智能高效。当待检物品或人通过时，仪器使用检测试纸采集待检物质，中央处理器模块通过对得到的数据进行分析处理，得出检测结果。若检出爆炸物，仪器报警，复位后进行自清洁；若未检出，仪器恢复待检状态。

02 应用领域

海关、机场、地铁、车站及快递等行业过氧化物爆炸物检测

03 市场前景

随着国际国内恐怖暴力、群体事件的不断发生以及高技术爆炸设备的使用等因素，爆炸物检测作为一种长效和常态的安保工作，及时有效地将隐藏的爆炸物检测出来，已成为国内国际社会的一项紧迫任务，目前在海关、航空、地铁、车站、监狱等部门以及快递等行业均备受关注。

通过调研，可以得知国际国内社会对于快速、高效、便捷的爆炸物检测设备有着极大的市场需求。从美国和欧盟的安检政策上看，港口和航空货物扫描设备需求稳步增长，托运行李安检面临着大量的设备更新换代需求，尤其是液体安检领域，迫切需要精确有效的安检手段，一旦技术成熟，民航液体禁令将解除，而对于易得却很危险的爆炸物检测设备必将占据一席之地。目前多方查询的结果是国内没有类似的产品，因此目前本产品为国内首创，而类似业务在国内相当多的地区都有对本产品的迫切需求，随着国内反恐力度的逐渐加强，爆炸物检测设备越来越炙手可热。本项目组在外考察期间，所有考察对象的经济效益在最近几年都呈倍数增长。

04 知识产权

知识产权为北京理工大学单独持有，相关多项专利及软件著作权正在申请中。

05 合作方式

合作开发或其它方式。

九十三、缓释型胃内漂浮片

01 成果简介

胃漂浮缓释片(floating tablets)是指制剂口服后能保持自身密度小于胃内溶液密度，而在胃液中呈漂浮状态的制剂，是指根据流体动力学平衡体系设计的漂浮制剂。胃漂浮片制剂能在胃液中保持长时间漂浮状态，不会在胃排空时随着胃内药物一起排至小肠，直至所有负荷剂量药物释放完为止。胃漂浮片能延长药物释放时间，改善药物的吸收，提高药物的生物利用度。

普通的缓释给药系统，虽然很好地控制了药物从系统中的释放，但是由于有些药物在胃肠道内的滞留时间太短，即药物具有窄的“吸收窗口”，在通过有效吸收部位时，药物未能完全释放，使得药物的生物利用度不会显著提高。因此，将制剂制成胃漂浮缓释制剂，将优化某些普通的缓控释制剂的“吸收窗口”，使药物在胃内缓慢释放，持久的到达吸收部位，逐渐尽可能多的被吸收，长时间的吸收窗口可确保提高药物的生物利用度。因此，胃漂浮缓释片作为缓控释制剂给药系统，特别适用于在胃部和小肠上端吸收的药物。另外，胃漂浮缓释片长时间滞留于胃中，也特别适用于胃肠液中不稳定或不溶的药物以及胃部治疗的药物，不但增加药物的吸收，提高生物利用度，更能增加药物在胃中的局部治疗作用，更好地发挥药效。

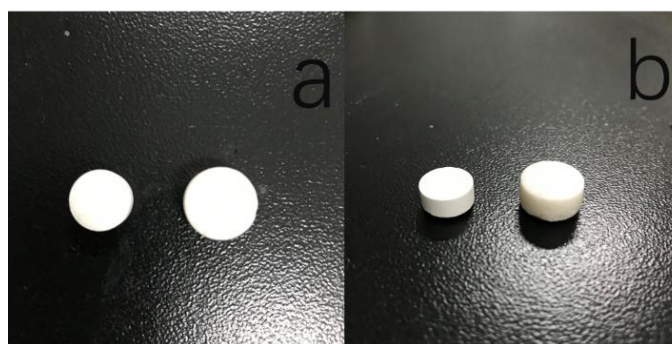


图 1. 片剂溶胀前及溶胀后对比图

02 应用领域

口服用药物生产

03 市场前景

辉瑞 (Pfizer) 公司生产的胃漂浮缓释片 (Lyrica CR) 于 2017 年 12 月在欧美国家上市销售。主要用于治疗包括糖尿病性周围神经性疼痛 (DPN)、带状疱疹神经痛 (PHN)、脊髓损伤相关神经痛、纤

维肌痛等相关的神经痛性疼痛。与传统的阿片类镇痛药相比，胃漂浮缓释片的成瘾性等副作用小。但是该产品市场售价高，辉瑞公司对该产品技术有技术垄断。

该项目属于可以归为仿制药，仿制药的研究方法是药物研究的一种方式 and 手段，也是被新药开发认可的一种形式，我国药品监督管理局是允许进行国外新药的仿制工作，并将此类新药列入新药报批的一个种类。

胃漂浮缓释片如果能够顺利取得新药证书，并在药厂进行生产，成为国内临床用药产品，将会对降低该类药品的医疗成本，提高患者用药舒适度和用药安全性起到很大的作用。

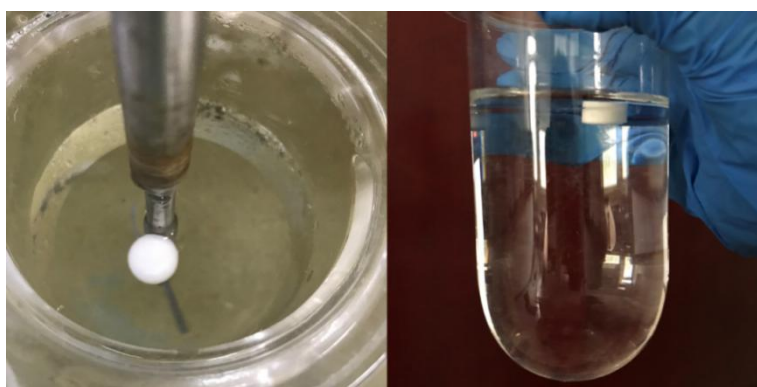


图 2. 片剂在溶出杯中的漂浮状态

04 知识产权

该项目属于可以归为仿制药，仿制药的研究方法是药物研究的一种方式 and 手段，也是被新药开发认可的一种形式，我国药品监督管理局是允许进行国外新药的仿制工作，并将此类新药列入新药报批的一个种类。

另外，国外公开的专利和发表的文章，内容宽泛，关键性技术细节没有披露，本课题组在研制以上胃漂浮缓释片的过程中，是利用专业知识和前期大量的技术积累，从而进行的开发和研究工作。在开发该产品过程中，需要运用大量的专业和技术背景知识，并不是完全的仿制，所以在项目的研究开发进展过程中，会不断产生新的有自主知识产权的成果。

05 合作方式

合作开发或其它方式。

九十四、零污染车用空调 CO₂ 涡旋压缩机

01 成果简介

热泵空调是提升电动汽车冬季续航里程的重要技术途径，本团队近十年来围绕车用热泵空调关键技术，系统深入开展了热泵空调整机及关键设备的性能实验与理论研究工作。分别设计并发展了电动汽车 HFCs 和 CO₂ 热泵空调系统，揭示了循环关键运行参数对热泵空调制冷制热性能的影响规律，并提出了热泵空调冷暖双模式车室温度控制及高效运行控制策略，发展了基于冷凝器出口过冷度的节流阀模糊控制策略，设计了实现 CO₂ 热泵空调系统压缩机自动精确调速的模糊控制器。

基于在车用热泵空调技术方面积累的雄厚理论基础以及丰富设计经验，以突破车用 CO₂ 热泵空调系统关键技术瓶颈、发展 CO₂ 热泵空调系统及设备核心技术为目标，本项目设计研发了零污染高效高可靠性车用空调 CO₂ 涡旋式压缩机。针对 CO₂ 近临界区剧烈物性变化、高循环压力以及大压差工作环境引起的压缩机性能及可靠性下降、泄漏及摩擦损失升高等问题，基于流动控制技术，创新性提出了降低非对称性流动效应的吸气结构设计方法，发展了考虑过压缩效应的齿头修正设计方法，提出了具有高可靠性的涡旋齿结构及齿顶气动密封技术。

02 应用领域

电动汽车车用热泵空调

03 市场前景

与传统工质亚临界循环压缩机相比，CO₂ 跨临界循环压缩机具有整机体积小、效率高及环境适应性强等技术优点，市场前景广阔。

04 知识产权

- 1、知识产权为北京理工大学单独持有；
- 2、本项目已申请专利 3 项。

05 合作方式

合作开发、技术许可、技术转让或其它方式。

九十五、饲料用氨基酸的高效微生物制造

01 成果简介

全球氨基酸市场需求增长势头强劲，年均增长 5.6% 以上。2017 年，全球年产量已达 850 万吨，总销售额超百亿美元。目前，氨基酸的生产主要有三种方法，包括微生物发酵法、化学合成法和酶法水解法等。其中，微生物发酵法因其产能高、成本低等优势，作为最主要的方法，生产了全球总产量 85% 以上的氨基酸。为应对不断升级的市场需求，氨基酸发酵企业亟需提高发酵产量和拓展氨基酸品种，而关键在于获得氨基酸高产菌株。现有的氨基酸高产菌株筛选方法如氨基酸类似物筛选法，存在毒性高、阳性率低及种类受限等问题，无法满足筛选需求。因此，开发全新的氨基酸高产菌株筛选方法具有十分重要的科学意义和应用价值。

项目组通过增加序列中稀有密码子的数量来提高蛋白翻译所需氨基酸浓度的“门槛值”，利用必需基因和颜色蛋白编码基因，建立了氨基酸高产菌株的选择和筛选体系，并证明了该方法在大肠杆菌和谷氨酸棒状杆菌中的可行性。本研究为氨基酸高产菌株的筛选提供了新系统，理论上可用于任何一种天然氨基酸高产菌株的筛选，同时也为氨基酸高产机制的发现提供了新思路，可用于氨基酸发酵生产中优良菌株的构建，进而推动氨基酸市场的增长，促进氨基酸在饲料、食品、医药等民生领域的应用。

目前，微生物细胞工厂的遗传改造已经基本完成，正在进一步的改造。发酵生产的浓度、产率和速率都达到国际先进水平。进一步的提高正在研究进行中。

02 应用领域

饲料、食品、医疗等领域氨基酸制造

03 市场前景

全球氨基酸市场需求增长势头强劲，年均增长 5.6% 以上。2017 年，全球年产量已达 850 万吨，总销售额超百亿美元，其中主要用于饲料。本课题面向这一巨大市场，开发了基于稀有密码子的全新筛选策略，成功避开了现有使用氨基酸类似物进行筛选造成的诸多问题，对菌株的遗传背景和胞内代谢无任何改变，筛选过程不产生毒害。此成功的筛选思路可广泛应用于氨基酸及其高附加值衍生物的生物发酵，从而提高绿色能源生产的商业价值和可推广性，并为减少大气污染和温室气体排放提供解决方案。

04 知识产权

- 1、核心知识产权为北京理工大学单独持有；
- 2、本项目已申请专利 3 项。

05 合作方式

合作开发或其它方式。

九十六、多模式可重构超宽带通信及雷达集成收发芯片

01 成果简介

面向日益复杂多样的电子产品应用场景，电子设备的小型化进程不断加快，对于高集成、多模式、多功能的芯片需求飞速高涨。本项研究成果针对生物医疗电子、个人无线体域网、近距离无感支付、车载定位、战场实时感知、无人机导航等应用需求，提出一种超宽带无线通信兼具 FMCW 雷达测距的复合型收发机创新性结构。收发机采用超宽带射频调频+可再生型鉴频技术，实现通信及雷达的共架构方案；提出多相中频时差测距机理，将分辨率提高 2 个数量级，达到 mm 级精确测距，动态范围扩大 4 倍；射频前端基于电流共享技术，实现射频振荡器+功放、低噪放+鉴频+混频的一体化实现，系统功耗优化 40%；提出子载波发生器+频率校正环路的数字化复用结构，发射机可半数字化实现，从而得到一款支持无线数据传输、时差/频差/相差雷达测距的极低功耗复用型收发芯片。

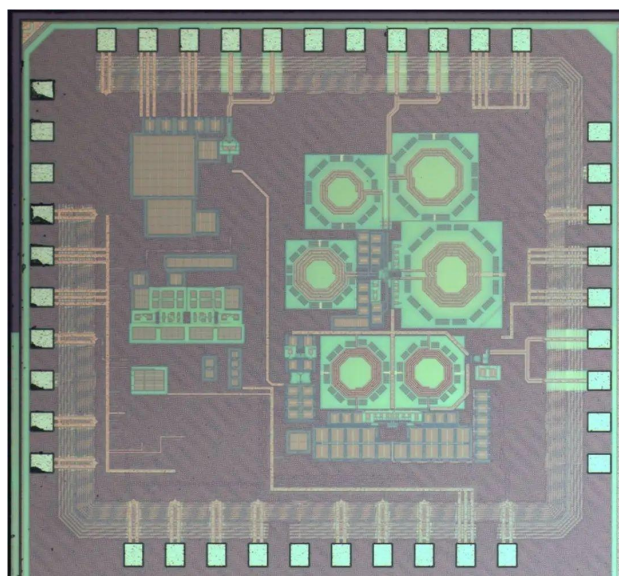


图 1. 研制的通信+雷达集成收发机芯片显微照片

02 应用领域

超宽带系统具有低功耗、探测精度高、穿透性强、安全性高等优势，在防务、雷达、生物探测、短距通信及室内室外高精度定位等场景有着广泛的应用，并且随着半导体技术的发展，基于 CMOS 的 UWB 雷达芯片成为研究热点。本次提出的多模式可重构超宽带通信+雷达收发芯片充分利用了当前紧张的频谱资源，面向民事、军事均存在广泛的应用前景。

在民用方面，该技术主要可应用于消费类应用、车载应用、医疗类应用等。具体而言，典型的消费类应用场景如手机定位、标签附件、智能家居、无人机/机器人、移动支付、可穿戴设备、生物医疗电子、VR/AR 等均是当前消费市场的主力；而在车载方面的应用大多集中于无钥匙进入系统、地下车库及停车场导航、远程泊车、V2X 和 ADAS、车辆内部探测、接近感应等；此外，超宽带通信雷达芯片还可广泛应用于工厂车间、医院/养老中心、智能建筑等，实现实时感知，数据赋能。

据 Techno Systems 市场调研预测，UWB 具有与蓝牙和 WiFi 同等市场规模的发展潜力，预计到 2027 年全球 UWB 芯片出货量将超过 12 亿颗，其中占比最高的是智能手机和汽车应用。当前，已有多家公司应用超宽带芯片，如恩智浦（NXP）发布 UWB+SE 芯片，主打汽车无钥匙进入应用市场；3db Access 瑞萨将获得 3db UWB 的技术许可，双方合作共同为智能家居、物联网（IoT）、工业 4.0，以及移动计算和车联网应用提供安全访问解决方案；苹果 U1 芯片为自 iPhone 11 之后的 iPhone 和 iPad 都采用了 UWB 技术。

03 市场前景

近几年来，随着苹果 UWB 功能手机的出现，以及 UWB 行业标准的完善，UWB 受到了业界越来越多的关注。日益增多的无线定位等的应用需求，推动了 UWB 的发展。而各种不同的定位技术（如 Wi-Fi、GNSS、RFID、Bluetooth 等）不断地发展和融合，促进了 UWB 应用更广泛地发展。蜂窝技术（如 5G、4G、NB-IoT 等）和非蜂窝技术（LoRaWAN、Sigfox、ZETA 等）通信技术也助推了 UWB 应用，提供了更多无限的可能。超宽带芯片市场规模的估计取决于应用领域的多少，下面是几个应用领域的概述：

1. 室内定位：超宽带技术可以在室内提供高精度的定位服务，应用场景包括工厂、商场、医院、机场、地铁等。根据市场研究机构 Grand View Research 的报告，室内定位市场规模预计将从 2020 年的 37.6 亿美元增长到 2027 年的 168.2 亿美元，复合年增长率为 22.8%。
2. 物联网：随着物联网的发展，超宽带技术被广泛应用于智能家居、智能工厂、智能物流等领域。据 IDTechEx 的研究，物联网市场规模预计将从 2020 年的 880 亿美元增长到 2027 年的 2380 亿美元，复合年增长率为 14.5%。
3. 汽车安全：超宽带技术可以实现高精度的车内定位和车辆防盗功能，有望成为未来汽车安全领域的关键技术。根据市场研究机构

MarketsandMarkets 的报告，全球汽车安全市场规模预计将从 2020 年的 134 亿美元增长到 2025 年的 238 亿美元，复合年增长率为 12.1%。

此外，根据新思界产业研究中心发布的《2022-2027 年中国超宽带（UWB）市场可行性研究报告》显示，我国超宽带行业起步较早，随着应用场景不断扩大，超宽带市场规模呈持续增长趋势。2021 年我国超宽带市场规模达 36.7 亿元，同比增长 19.6%。在细分市场方面，受益于超宽带行业景气度不断提升，我国企业级超宽带产品需求量及产量呈稳定增长趋势。2021 年我国企业级超宽带产品需求量达 3120.0 套，产量达 3008.0 套。

本项成果采用 65nm CMOS 工艺，突破了超宽带通信及雷达的核心技术瓶颈，积累了一系列的发明专利，拥有核心技术保护门槛，同时由于本成果在市场中尚未竞品，极具创新性，拥有极高的转化潜力。设计成本已于前期工作中进行了分摊，倘若实现成果转化，其成本集中在制造成本与运营成本，售价将会极具吸引力，在市场中富有竞争性。

04 知识产权

- 1、知识产权为北京理工大学单独持有；
- 2、本项目已申请专利，已获得 6 项国家发明专利授权。

05 合作方式

合作开发、技术许可、技术转让、作价入股或其它方式。

九十七、低成本超宽带高精度快起型锁相环

01 成果简介

稳定精确的频率源是现代电路系统中必不可少的模块，广泛应用于通信、雷达、数据处理等场景。伴随着第五代通信系统的商业化应用，对于多频率、超宽带、低噪声的时钟信号需求愈发高涨。本成果针对不同的频段应用场景需求，提出一种快起快锁的多核超宽带锁相环芯片，内嵌的单核快起、多核切换结构使得该芯片可覆盖 54MHz-6.8GHz 的工作频率，并在全频段内相位噪声优于 $-120\text{dBc}/\text{Hz}@1\text{MHz}$ ，稳定锁定时间低于 $25\mu\text{s}$ 。芯片采用 180nm CMOS 工艺实现，整体性能逼近市面上已有高端锁相环芯片，而生产成本则大幅降低，具备的较高的市场差异化竞争力，可实现多场景下的芯片国产替代。

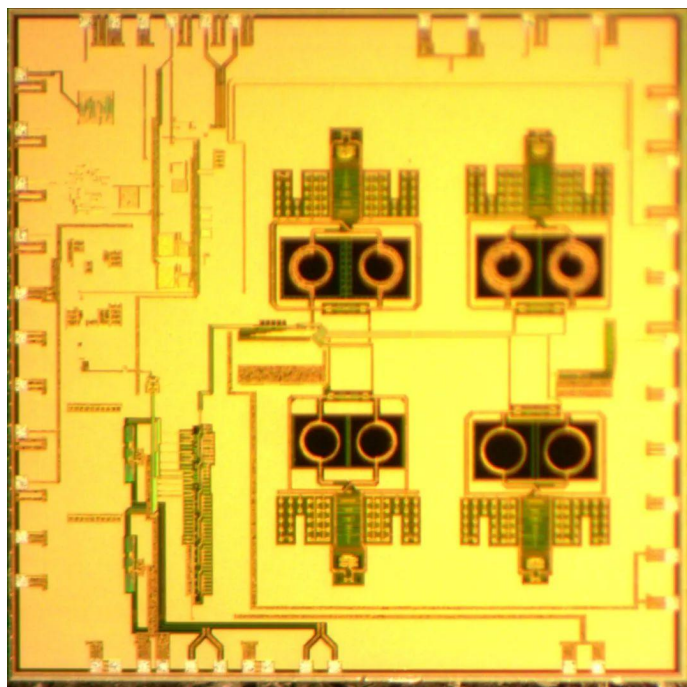


图 1. 低成本超宽带高精度快起锁相环显微照片

02 应用领域

锁相环集成电路芯片在现代社会中具有广泛的应用场景，对以下不同领域的应用情况作简要概述。

1、在通信中主要用于短波、超短波发、收信机中的主振与本振源，有线通信中的载波供给，微波卫星通信中的微波固态源与微波功率放大器，数字通信中的载波同步、码元同步和网同步，以及上述各种通信系统中的调制与解调，电调与天调、自动频率微调等系统中。

2、在雷达中主要用于雷达的微波固态源，微波功率放大器、相共阵雷达的多相激励源、天线自动跟踪与精密辅角偏转测量等系统中。

3、在电视及高保真设备中主要用于电视机同步、门限扩展解调、色差副载波提取与色差信号的同步检波，全国电视台的锁相连播同步系统，高保真度设备中的立体声多路解码（MPX）、频率合成式调谐器、四声道解调器（CD-4）及走带电机速度控制系统中。

4、在测量仪表中主要用于频率合成器、自锁信号发生器、相位振幅仪（矢量电压表、微波网络分析仪）、相位噪声测试仪、频谱分析仪、锁相计数器、阻抗测试仪、电平振荡器、频偏仪、微波固态源、微波功率放大器以及微波相位调整器等仪表中。

5、在计算机中主要用于各种时钟信号的供给、磁盘转速同步与控制等系统中。

以上典型场景中均存在锁相环的使用需求。

03 市场前景

根据市场研究公司的报告和趋势分析，预计未来几年锁相环芯片市场将保持稳定增长。

根据市场研究公司 Technavio 的报告，全球锁相环芯片市场预计将以每年约 8% 的复合年增长率增长，到 2025 年将达到约 26 亿美元的规模。另外，根据市场研究公司 Market Insights Reports 的报告，全球锁相环芯片市场预计将以每年约 6.3% 的复合年增长率增长，到 2026 年将达到约 24.5 亿美元的规模。

本锁相环研究成果是由数字鉴频鉴相、精密电荷泵、多核压控振荡器和可编程分频器等模块组成，最高工作频率可达 6.8GHz 的频率合成器，同时具有整数分频和小数分频功能；基于低成本成熟可靠的 180nm CMOS 工艺技术，可满足高速、高集成度、高性能的超大规模集成电路需求；可支持 LFCSP-32 引脚封装方式，有着良好的电和热性能、体积小、重量轻等优势；所有片内寄存器均可通过简单的三线串行接口进行控制，产品部分性能优于某国际知名品牌（ADI 4355-2/TI LMX2572），可完全兼容上述产品应用场景。

据中国半导体协会发布数据显示，中国的模拟芯片市场已接近 200 亿美金，但目前国内自给率约为 163 亿人民币，仅占比 12% 左右，仍有广阔的成长空间。180nm CMOS 工艺成本约为 60-70 万，良品率 90%，以产量 10 万片估算，单片价格 7 元；考虑测试成本 1 元，封装成本 2 元，晶片成本是 1.12 元，则硬件成本为 $7+1+2+1.12=11.12$ 元。另有运营、人力、渠道等成本，均按照 10 万片产能、软硬件成本 3:7 计算，约为 25.9 元。按照 8:20 定价法，则预估成本为 37 元。所述

成本均会随着销量的大幅提升而降低。相较于当前市面上已有的产品，其性价比更具吸引力。（ADI 4355 ￥72.85 / TI LMX2572 ￥227）

04 知识产权

- 1、知识产权为北京理工大学单独持有；
- 2、本项目已申请专利，已授权专利 3 项。

05 合作方式

合作开发、技术许可或其它方式。

九十八、单目视觉测量系统

01 成果简介

当前智能监控已经开始普及，可以有效对各类目标进行检测识别，但缺乏目标的物理信息，特别是利用单个传统摄像头完成目标的相对距离、速度和位置的方案比较稀缺，业界大部分方案采用传统摄像头辅以雷达、GPS 等装置实现相应功能，或者采用深度摄像头完成测距功能，增加了硬件成本和开发难度。成果提出一种基于单目视觉物理参数测量方法，仅需对单个单目摄像头（即传统摄像头）进行软件升级即可实现相对距离、速度和位置的测量。经过大量实验验证，以道路监控为例，人和汽车相对距离测量相对误差 2.4%（绝对误差 0.16 米），汽车车速测定相对误差 3%（绝对误差 0.39km/h），人员车辆的定位相对误差 2.9%（绝对 0.48 米）。该成果具有很广的应用前景，适用于各类监控领域，诸如交通监控、周界入侵、临边作业、跌倒检测、灾害防范、违规防暴等场景，实现对事故或情况的高智能监控，提供目标距离、速度、位置信息，无需更换现有监控系统，仅需软件升级就可实现物理参数测量功能，即插即用，成本低廉。

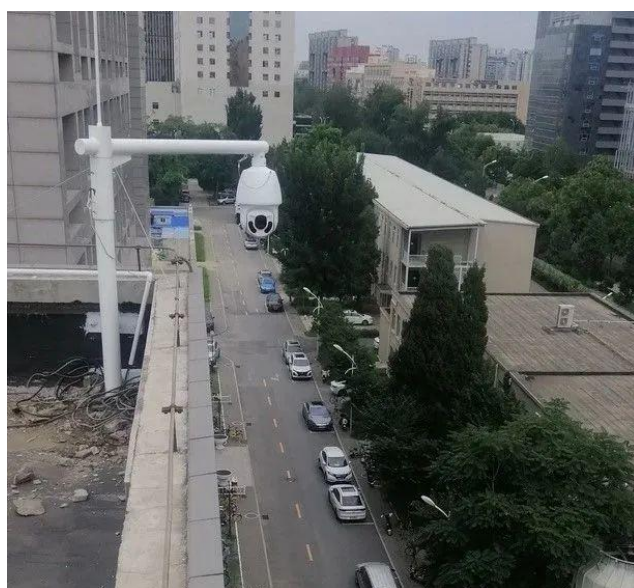


图 1. 本项目研发的单目摄像头

02 应用领域

成果可用于交通监控，目前绝大多数道路监控设备均采用传统的单目摄像头，针对禁限类、违反标志标线类、闯红灯、违法停车、驾车不系安全带、驾车接打电话等各类交通违章进行监控和取证。如果需要对所有路段都增加雷达完成测速，成本高昂，基于本成果则仅需

对现有监控系统进行软件升级，即可实现测速，而且还能实现相对距离、定位等高级智能功能。

项目成果可应用于校园监控，大学校园的安全保障至关重要，需对整个校园进行实时的智能视频监控，有效的预防各类案件的发生，并对各个监控点进行全程的录像，从而为日后的事件取证提供有力的依据，通过智能分析技术对校园各种突发事件要做到事前预警、事中报警、事后分析。而采取本成果，仅需一套软件，无需更换现有监控系统，即可完成升级，使其具有高级智能监控功能，在目标检测的同时，实现物理参数测量，可实现异常现象检测和定位（跌倒、打架、偷窃、周界入侵、火灾等），车辆超速抓拍和定位、人车距离报警。

成果可以用于列车运行状态路侧感知。本成果可对列车、轨道、人员等目标进行高精度检测，并提供目标的相对距离、速度和位置信息，无需加装雷达、GPS 和深度相机，可部署在铁路沿线，用于风险防范化解，应对火灾、泥石流、山体滑坡等险情，识别安全隐患、人员侵线等情况后及时定位报警。可提高管理水平，减少事故发生概率，节约人力成本。

03 市场前景

在交通监控领域，一部常规测速雷达价格大约 5000 元（不含施工费），如果在所有 4 万个路段都加装雷达实现测速功能，则需要 2 亿元的成本。而本而采取本成果，无需更换现有单目摄像头监控系统，即可完成测速功能，而且使其具有高级智能监控功能，在目标检测的同时完成，对任何交通违章目标、现象乃至事故的距离、速度、位置等参数的测量，所需要增加的仅仅是一套软件，软件成本可以定价为 2000 万元，是雷达成本的 1/10。以地级市为例，全国总共约 300 个地级市，总计 60 亿元的市场。

在校园监控领域，若采取雷达方案，以一部雷达 5000 元的价格（不含施工费）来计算的话，需要 500 万元才能完成全校的升级。而本成果视功能可定价为 50 万元，价格是雷达的/10，而全国有 3000 多所高校，若采用本系统，总计 15 亿元。考虑到各大公司、居民社区和中小学校等封闭园区，经济效益更为可观，预估有 30 亿元的市场。

为了防范列车事故，多利用传感器技术和电子信息技术，对非法侵入铁路周界的行为进行监测（阻拦），并产生报警信息的系统。而当前主流的入侵探测技术有脉冲电子围栏、光波对射（红外对射&激光对射）、振动光纤等技术，铺设成本高昂，其中脉冲电子围栏成本最低，100-200 元/米，一个防区 100 米，成本 1-2 万，无法精确定

位。振动光纤成本最高，200-400 元/米，一个防区 40km，精度 ± 2 米。本成果基于视觉，效果直观，而且具有视觉定位功能，精度 0.48 米，一个 3000 元的单目摄像头就可观测 200 米视野，可有效对相关事故进行预警和防范。另外，针对山坡泥石流流的防范和监控，最有效的方案是边坡雷达，但成本动辄上百万，而位移监测、光缆监测、异物侵限监测的铺设成本也相当高昂，且因为不直观无法判断事故原因，容易误报。本成果的视野区域广，高效直观，价格便宜，可以针对各类事故进行周界入侵报警，预估有几百亿元的市场。

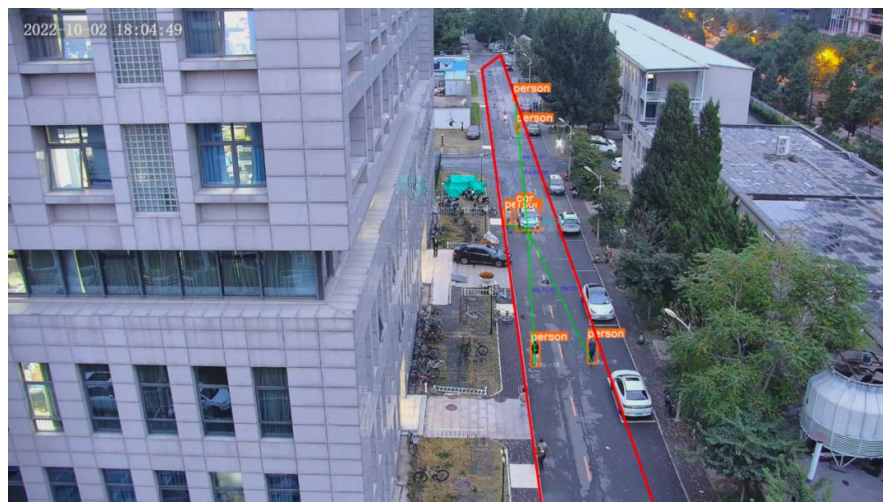


图 2. 视觉测距测速定位效果（道路）

04 知识产权

- 1、知识产权为北京理工大学单独持有；
- 2、本项目已申请发明专利 1 项。

05 合作方式

技术许可、合作实施、作价入股或其他方式。

九十九、基于光学超颖表面的光束整形与偏振调控技术

01 成果简介

由于超颖表面具有在极短距离内，以亚波长分辨率对出射光的波前进行任意调控的能力，使得它有望成为传统光学元件的替代品。超颖表面体积小、重量轻、具有丰富设计自由度的特点能够大大简化传统光场调控装置的体积以及复杂度。近些年来，项目组在超颖表面的光束整形与偏振调控领域做出了许多有意义的工作。通过将达曼光栅原理与超颖表面相结合实现了三维涡旋阵列以及贝塞尔光束阵列的产生。利用相变材料、 Ω 形天线以及介质纳米柱结构实现了对出射光束偏振态的调控，并将其应用于矢量光束的产生之中。同时，基于超颖表面对出射光的复振幅调制实现了近场表面等离激元的操控以及远场衍射级次的选择性激发。

基于光学超颖表面的光束整形与偏振调控技术具有体积小、重量轻的优点，能够解决传统光场调控装置体积较大、复杂度较高的缺点。同时，不同种类超颖原子所提供的丰富设计自由度以及多种波前调控工作机理，为超颖表面对出射光的振幅、相位、偏振、频率以及多物理量的灵活调控提供了保障，丰富了实现光场调控的手段。该技术有望在激光加工、光通信、粒子捕获，超分辨成像、信息存储以及光学防伪和加密等应用之中。

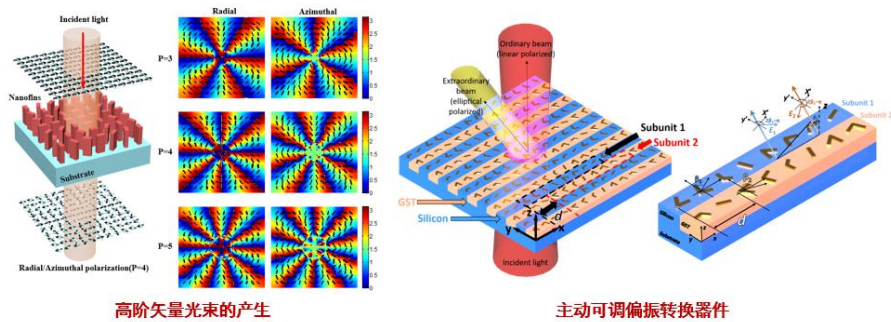


图 1. 基于超颖表面的偏振调控方法示意图

02 应用领域

首先，本技术提供了丰富的光场调控手段。同时，超颖表面体积小、重量轻的优势使其非常适合在小型化、集成化的光学系统中产生涡旋光束，贝塞尔光束以及柱矢量光束等光束。而此类光束是实现光通信、光镊、超分辨成像等应用时不可或缺的元素。所以，利用超颖表面实现此类光束的产生能够起到减小光学系统体积和复杂程度，推动光学系统集成化的作用。

其次，该科技成果中通过将达曼光栅原理与超颖表面设计原理相结合，能够实现涡旋光束或贝塞尔光束阵列的产生。此类光束阵列在激光加工、光学存储、光通信等领域具有广阔的应用前景。

再次，该科技成果中将相变材料与超颖表面设计方法相结合，实现高质量、宽光谱和宽可控范围内的动态可调偏振态输出。有望在可调高性能传感、无线通讯、电磁完美吸收体、电磁感应透明甚至是空间光调制器等领域实现许多新颖的应用。

03 市场前景

目前传统光场调控领域面临如下痛点：用于实现复杂光场调控的光学系统的光路通常较为复杂，所占空间较大。光学系统的移动和运输都较为麻烦。并且传统光场调控方法难以满足在狭小空间内实现光场调控的需求。

针对以上市场痛点，该科技成果提出的基于光学超颖表面的光束整形与偏振调控技术提供了丰富的光场调控手段，能够实现多种结构光束的产生。将达曼光栅原理与超颖表面设计原理相结合，能够实现涡旋光束或贝塞尔光束阵列的产生在激光加工、光学存储、光通信等领域具有广阔的应用前景。将相变材料与超颖表面设计方法，有助于可调偏振器件的设计。同时，超颖表面体积小、重量轻的优势使其非常适合在小型化、集成化的光学系统中实现光场调控。

上述优势是该科技成果与同类产品相比的核心竞争力，这些优势将有利于产品占领市场，相关产品潜在的市场规模及其未来发展不可小觑。

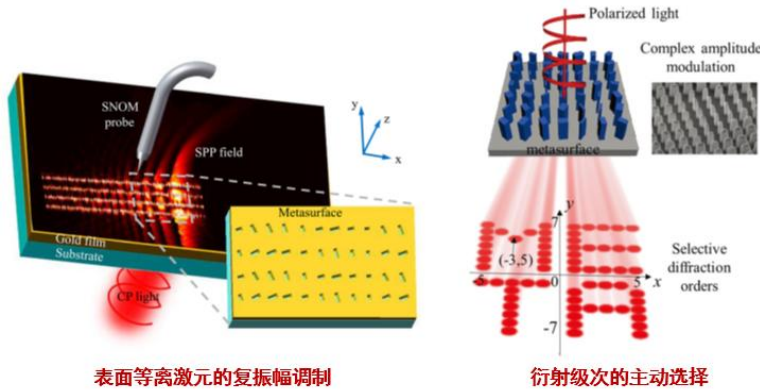


图 2. 基于复振幅调制实现光场调控示意图

04 知识产权

- 1、知识产权为北京理工大学单独持有；
- 2、本项目已经申请专利并获得授权，已授权发明专利 7 项。

05 合作方式

合作开发、技术许可或其它方式。