

## 九、医学工程

### 1. 智能三维肿瘤体外射频热疗机

#### 项目概述

智能三维肿瘤体外射频热疗机是利用射频 15~43MHz 频率的电磁波对人体肿瘤进行加热治疗的一种低风险疗法，是借助高频交变电场在人体内震荡，使生物体内电解质离子或偶极子产生直线和旋转运动，产生互相摩擦而产生热效应，利用正常组织与肿瘤组织血液循环的差异，在持续的射频电磁波的作用下，肿瘤组织的温度可上升至有效治疗温度，要高于人体正常组织 5~7℃，这种局部加热可使肿瘤组织萎缩，使肿瘤细胞发生程序性凋亡，这是一种采用非介入式的物理治疗方式，无副作用，具有高通量，定区准确，平行性强等特点，不但可直接杀灭肿瘤细胞，也可提高放疗及化疗的疗效，并可增强病人免疫功能，是一种绿色治疗肿瘤的方法。该治疗机具有三个不同频率电源同时工作，有效提高加热深度和效率，多电极选通聚焦工作模式，极大提升了射频聚焦加热功能，分布式光纤测温功能实现热疗过程中的在线温度检测，科学地保证了肿瘤的治疗温度，并且实现热疗机的超温闭环控制。在射频电极制造方法、热疗机工作模式、热疗机功能设计等方面有自主知识产权。

#### 项目成熟情况

智能三维肿瘤体外射频热疗机已经完成样机设计制造，系统的体膜试验、仿人体组织的明胶试验、动物组织试验，结果证明智能三维肿瘤体外射频热疗机能够实现对组织深部位置肿瘤高效加热，光纤温度系统的测控精度优于 0.35℃。

#### 应用范围

主治深部肿瘤：胰腺癌、膀胱癌、前列腺癌、胃癌、食道癌、肠癌、肺癌；对浅表肿瘤皮肤癌、乳腺癌较好效果；对晚期癌症的顽固性疼痛、腹水有缓解作用，对放疗及化疗有提高疗效的作用。

### 2. 三维超声肌肉注射导航系统

#### 项目概述

该系统针对具体临床治疗问题：脑中风患者的肌肉痉挛治疗时，超声图像无法准确定位神经肌肉结合处（最佳注射点），难以引导注射针达到最佳注射点。这一问题目前在国际上还没有相应的解决方案。我们团队通过图像处理技术分析肌肉超声图像的特点，研究的独创算法能够准确定位最佳注射点，结合空间定位技术给出其三维空间坐标位置，并引导注射针到达注射点。该项目通过前期国家自然科学基金的资助，验证了该方案的有效性。团队在前期研究成果基础上，开发了适用于临床应用的三维超声肌肉注射导航系统。该系统面向常见痉挛肌肉的治疗，提供自研的注射辅助器械，提供二维图像和三维图像的引导，定位精度在2mm 以内，能够显著缩短肌肉的定位时间，提高定位精度，不依赖医生经验，提升治疗效果，方便医生操作。该系统与手触、电刺激、肌电图和普通二维超声等方法相比较，性能大幅领先，由于针对具体临床治疗问题给出了原创性的解决方案，属世界首创，同时具有方便易用等优点，受到临床医生的欢迎。

#### **项目成熟情况**

该项目已经完成工程原理样机的研发，并验证其临床有效性，已经取得授权发明专利 4 项，正在公开专利 4 项，知识产权明晰。

#### **应用范围**

该系统可应用范围包括：脑卒中肌肉痉挛治疗、活体组织检查、泌尿外科穿刺及治疗、手术局部麻醉、神经封闭治疗等。直接与医院现有超声设备结合，仅需投入少量资金，可应用到二甲以上医院，有实际应用价值，效益显著。

### **3. 脑外科术中超声导航系统**

#### **项目概述**

该系统针对脑外科手术普遍存在的实际问题：手术中二维超声对病灶成像不立体直观、不能精确引导双极电凝镊直达病灶，造成手术时间较长，操作繁琐，治疗效果差，而目前进口的神经外科手术导航系统由于使用术前图像引导，开颅造成的脑漂移将无法准确定位病灶。我们团队在充分调研国内外相关研究和手术导航系统的不足，将空间定位技术、图像处理技术、3D 打印技术及计算机导航算法相融合，开发了具有空间定位功能的脑外科术中超声导航系统。该系统可与医院现有超声无缝整合，借助空间定位技术对皮层下的病灶进行成像，准确定位

病灶。在显示病灶位置的同时，在空间中同时显示双极电凝镊的空间位置，精确引导医生操作双极电凝镊到达病灶，缩短手术时间，提高手术精度。系统定位精度达 1 mm，并提供三维成像功能。对比同类导航系统，该系统具有术中实时成像、立体直观、成本低廉和方便实用等优点，经过脑外科医生验证，能够切实解决医生手术中的病灶不可视的难题，由于不改变现有手术流程，但提供额外定位及引导信息，安全可靠，立竿见影。

### 项目成熟情况

该项目已经完成原理样机的研发，与临床医生验证了有效性，已经取得授权发明专利 4 项，正在公开发明专利 3 项，知识产权明晰。

### 应用范围

该系统面向脑外科手术中常见的皮层下良性及恶性的肿瘤、囊肿等病灶，术中可对双极电凝镊、活检针等任意手术工具进行定位和引导，可应用在二甲以上开设神经外科手术的医院，医生经过简单培训就可使用，并可将现有手术经验迁移到系统中。

## 4. 骨折手术机器人

### 项目概述

骨科手术机器人既是先进制造业的关键支撑装备，也是改善人类健康的重要切入点。目前的骨科手术机器人还具有操作复杂、辐射强度高、额外创伤大等缺点。我们将人工智能、计算机与机械自动化技术相结合，在术前模拟、术中导航及术后评估等方面开展研究，帮助医生完成更精准的骨折整复手术，获得更好的治疗效果。该骨折整复机器人依托黑龙江省科技攻关项目的资助，术前提供断骨的三维重建和 3D 打印，并自动根据断面特点实现预整复，给出整复位置和精度，帮助医生完成手术规划，术中面向外固定和内固定两种整复方式分别提供三维图像无辐射引导，首创接骨、微创、延长、整复、弹性固定于一体。与同类产品比较优势为术中无 X 光辐射，且基于三维图像引导，是安全、直观、精准、方便的骨折手术机器人。该技术可有效解决手术中医生最关心的辐射问题，安全有效，使手术的精度更高、创伤更小，大幅度提高骨折治疗效果，减少对临床经验的依赖，国内多家风险投资机构对该项目给予了很高的评价。该系统获得黑龙江省科

技进步二等奖。

### 项目成熟情况

项目目前已经开发完成原理样机，取得授权发明专利 6 项，其他知识产权 5 项，经哈尔滨医科大学第二附属医院、黑龙江省医院、哈尔滨市第一医院等机构的应用，效果显著。

### 应用范围

该系统适用范围包括：

（1）四肢开放性骨折，特别是广泛软组织损伤，伤口污染严重及难以彻底清创者；

（2）闭合性骨折，尤其是骨折粉碎严重难以用其他方法整复固定的长骨骨折；

（3）多发性骨折、感染性骨折，该系统有利于创口的换药和植皮；

（4）需多次挪动，输送和分期处理的战伤骨折；

（5）陈旧性骨折，骨折畸形愈合，骨不连，可完全矫正的缩短移位，旋转移位或侧方移位；

（6）骨搬移及骨延长增高；

（7）膝内外翻等畸形截骨矫正术后固定；

（8）膝关节融合术后的固定；

（9）各种原因（如慢性骨髓炎术后）导致的骨缺损的截骨牵伸延长。

可应用在三甲级以上开设骨科手术的医院，医生经过简单培训就可使用，并可将现有手术经验迁移到系统中。

## 5. 智能医疗影像综合诊断系统

### 项目概述

人工智能技术在医学影像诊断领域正在发挥越来越大的作用。现有的人工智能医疗影像诊疗系统一般只针对一类疾病影像进行处理。本系统针对各类医疗图像的共性问题，构建了针对多种医疗影像的智能诊断系统，该系统建立了统一的机器学习模型，并将模型合并到一个定制开发的 GUI 平台中，可以由医疗人员轻松操作，进行各类图像和疾病的诊断。在乳腺超声图像、眼科 OCTA 图像、肺

部 CT 图像等多种影像平台进行了测试，取得了较好效果。

在超声科乳腺图像识别上，该系统可以进行乳腺癌病变的良恶性识别，整体识别精度在 92%左右，高于人工识别的准确度，提高诊断的效率，降低进行活检的风险。

在眼科 OCTA 图像识别上，系统将 OCTA 图像分为健康、糖尿病无视网膜病变、糖尿病视网膜病变，共计 3 种类型疾病分类进行识别，整体识别精度达到 87%左右，能够很好的区分糖尿病病人的 OCTA 图像。

在 CT 科肺部图像识别上，系统将肺部 CT 分为正常、肺钙化、肺炎、肺癌、肺结节、肺结核，共计 6 种疾病分类进行识别，整体识别准确率可以达到 90%以上，媲美人工识别的精度，极大减缓医务工作者的负担。

### 项目成熟情况

技术就绪度 6 级，形成原型并验证，形成方法和系统原型并证明可行。

### 应用范围

多种疾病影像诊断。

## 6. 医疗影像云平台

### 项目概述

随着云计算、云存储技术和数字化诊断技术的不断成熟和互联网+理念的不断融入，对医疗影像市场而言，影像云成为一种更具竞争力业务模式。

医疗影像云平台是一套基于 BS/HTML5 技术架构的影像云平台。其集医疗影像的传输、存储、浏览、查询、管理，诊断、报告、打印、远程服务、数据共享、云端服务等于一体。能满足包括普通患者、专业医师、单体医院、影像中心、医联体、科研机构等不同客户需求的综合医疗影像云平台。

医疗影像云平台具备图像智能诊断、远程服务终端、医疗大数据共享三大亮点功能：

（1）平台以医疗知识为基础，结合自主创新的大数据及人工智能技术实现超声图像中的病灶区域自动定位、良恶性诊断，从而提高医生工作效率，降低误诊率和漏诊率，同时为患者用户提供云诊断服务；

（2）用户可通过网络平台或移动终端轻松获取平台提供的影像电子胶片和

诊断检查电子报告单,采用差分隐私保护机制确保未授权的用户不可访问其他用户资料、保证用户得到更优质、便捷、周到的医疗服务;

(3)平台能够实现医疗影像数据共享,不仅能够协助医疗机构之间打破“信息孤岛”的现象,还能帮助医院和医生提高临床服务、科研活动的质量和效率。可有效实现区域各医疗机构之间医疗影像资料认证,对区域内影像检查信息统一管理,实现影像信息共享和业务联动。

### 项目成熟情况

本项目所需终端已研发完成通过测试阶段,并于哈尔滨医科大学附属第一医院等单位建立合作关系。

### 应用范围

主要包括以下三方面:

(1)面向患者用户,使用平台远程终端,可以获得影像云存储、病情云诊断等服务;

(2)面向大型医院及专业医生,可以在平台上实现远程阅片、影像上传、报告下发、诊断收费等功能;

(3)面向科研机构,平台提供用户共享的医学影像数据。

## 7. 微创外科手术机器人及其相关技术

### 项目概述

本项目面向主从式微创外科手术机器人系统,研究相关技术与科学问题,试制了11个自由度的手术机器人实验样机,能较方便的切换为“用于手术操作的器械臂”或“用于提供手术视觉反馈的持镜臂”。围绕医疗手术机器人/手术器械,申请国家发明专利十余项。

主要专利:

微创外科手术用手动微机械手 ZL200810064718.1

外科手术机器人多自由度手指 ZL201010032427.1

微创外科手术用手动三自由度微机械手 ZL201210011813.1

三轴交汇式姿态主手机构 ZL201210216005.9

外科手术用手动多自由度微机械手 ZL201210393706.X

一种机器人辅助微创外科手术多功能器械臂 ZL201310556341.2

具有快换接口功能的外科手术机器人用二自由度机构 ZL201410085461.3

面向外科手术机器人微器械夹持力的测试平台 ZL201410085449.2

微创手术机器人用多自由度微操作手指 ZL201410125839.8

多自由度微创外科手术持械臂机构 ZL201410172288.0

#### 项目成熟情况

有 10 项授权发明专利支撑，技术较成熟，有实验室样机。

#### 应用范围

医疗机器人、服务机器人。

## 8. 磁靶向、氧补偿和癌细胞自激活的类酶催化抗癌治疗剂

#### 项目概述

在国际上率先采用  $\text{MnO}_2$  作为保护壳层的方式同时提供氧补偿效果并避免内部 GOD 的提前泄露和分解，构筑的  $\text{Fe}_5\text{C}_2\text{-GOD@MnO}_2$  展现了优秀的磁靶向、氧补偿和癌细胞自激活的类酶催化抗癌治疗效果。 $\text{MnO}_2$  的氧补偿功能和 GOD 的催化效果共同保证了弱酸性癌细胞微环境中的氧和  $\text{H}_2\text{O}_2$  供给，即保证了大量强氧化性  $\cdot\text{OH}$  治疗物种的生成和治疗效果。而磁靶向性增强了治疗剂在患癌部位的富集能力，进一步提高了疗效，可有效移除小鼠体内的癌细胞。相关研究为开发精准、高效、安全的癌症诊疗方法提供了材料基础。

相关研究在国际上处于领先地位。施剑林院士在美国化学会著名杂志 ACS Nano (2019, 13, 2643) 上发表的论文中以该研究作为典型实例，强调“这种癌细胞微环境响应的纳米催化医学可形成强氧化物质，将成为对抗恶性肿瘤的最有力武器”。

拟解决的实际问题：传统癌症治疗方法，如化学治疗、辐射治疗和手术治疗靶向性差、副作用大和耐药难题。

#### 项目成熟情况

形成原型并验证。技术成熟度 3 级。

#### 应用范围

在癌症诊疗一体化领域应用前景广阔。相关研究为解决化学动力治疗疗效差

的难题提供了新思路，而氧补偿和磁靶向富集的思路同样适用于提高光学治疗、辐射治疗和化学治疗的疗效，因为这些疗法的效果同样依赖氧含量多少。

## 9. 稀土纳米材料的可控合成、性能调变及在医学诊疗领域的应用

### 项目概述

创立了结构和性能可控的多功能稀土发光材料合成方法，有效提高了发光强度，实现了发光颜色的多色调变。率先提出利用多功能稀土材料实现单一粒子的高效上转换发光、核磁和 CT 多模式成像性质。并研发了一类近红外光诱发的、靶向、多模式稀土发光基光学治疗载体，利用不同模式疗效的联合与相互促进作用，大幅提高了肿瘤消除能力。

### 项目成熟情况

前沿探索，基础研究阶段。

### 应用范围

照明、显示及光学治疗。

## 10. 新型高效吸附、促愈合的医用敷料

### 项目概述

随着湿润闭合理论的提出和高分子材料的研究和开发，近年来对创面敷料提出了能保持伤口湿润环境、去除多余的渗液、允许气体交换、隔热、隔离细菌、能除去伤口感染的毒素和微粒、允许躯体移动而不对伤口造成损伤的“理想敷料”的概念。目前，众多体内外研究致力于研发和评估适用于临床应用的新型敷料，其中具有多孔结构的泡沫敷料具有高吸水性，透气可控性，表面柔软和很好的生物相容性，从医用角度，泡沫敷料具有保温，不粘连，使用周期长等特点，深受患者欢迎，但是并不具备对于细菌、毒素、微粒等炎症因素的吸附性，若未能及时更换，会延长伤口愈合时间。因此，研究具有高效溶质吸附性的多孔结构材料对于促进国内新型敷料产品的开发具有重要意义。



本成果来源于黑龙江省应用技术与开发计划重大项目“高效溶质吸附多孔结构材料研究及促愈合医用敷料产品开发”。通过加入具有高效吸附性和促进愈合作用的配方，使得该产品具有高效吸附性和促进愈合作用，在为患者提供湿润环境的同时，能够将渗液中的毒素和微粒等有害物质锁住，减少由于未能及时更换敷料，而造成伤口感染的机率，使伤口愈合更快。本成果主要技术特点和创新点：所用成分及加工过程无毒无害，采用天然物质作为生产中有效成分，采用新型工艺替代传统泡沫中的乳化剂、稳定剂等有害物质，产品对人体无刺激，具有优异的生物相容性；产品具有高效的溶质吸附性，提供湿润环境的同时，能有效锁住渗液中的有害成分，高效清创，减少伤口感染、促进伤口愈合。

### 项目成熟情况

创伤敷料市场规模：2017 年 147 亿美元，预计 2022 年将达到 200 亿美元。已具备批量生产能力，目前正申请二类医疗器械许可。

### 应用范围

作为促愈合伤口产品使用。其应用包括部分皮层和全皮层伤口，浅表伤口，皮肤压力性溃疡，皮肤溃疡，腿部溃疡，皮肤擦伤，糖尿病溃疡，外科引流等。

## 11. 非均质记忆合金个性化脊柱矫形器具

### 项目概述

脊柱畸形是发生于任何年龄的一类常见及多发病，主要包括各种先天性病因引起的侧弯畸形、脊柱退行性变、骨折并发的畸形、强直性脊柱炎导致的强直畸形等。脊柱畸形是一个复杂的三维畸形，不仅包含冠状面的侧向弯曲，也包括横断面的轴向旋转，矢状面的前凸或后凸畸形。脊柱侧凸多发生于胸椎，位于凸侧的肋骨由于发生移位和旋转，导致凸侧胸廓隆起、肋骨成角，进而导致该侧胸腔的冠状径缩短，而凹侧肋骨塌陷，该侧胸腔矢状径缩短。这些骨性结构的畸形改变不仅影响患者的外观体态，危害心、肺等身体机能，严重者可伴脊髓或神经功能障碍致残，因此大多需外科干预来矫正畸形，解除神经压迫，恢复脊柱的稳定性，纠正脊柱失衡等。

本项目成果转化来源于政府间合作项目，本产品利用3D打印与梯度热处理等技术开发非均质的TiNi基形状记忆合金，设计并制备新型可分段恢复的脊柱矫形

器械，满足脊柱畸形患者尤其是青少年患者脊柱矫形的需求。

与国内外同类产品相比，本项目的产品具有如下技术优势：

（1）非均质的 TiNi 基形状记忆合金材料及矫形器械，具有良好的力学性能以及优异的生物相容性。

（2）通过对合金成分的设计，非均质矫形器械可以实现脊柱多维度，分阶段回复的治疗效果，避免了二次创伤，多次手术等对患者造成的伤害，并且回复效果要远远好于同类产品。

（3）采用 3D 打印智能制造，成分控制精度高，产品形状尺寸精度高，可针对患者个体需求，实现个性化设计要求。

### 项目成熟情况

我国患者总量为 200 万至 300 万。国产内置矫形器材的价格在 3000-5000 元，进口的器材价格在 1 万元以上。已具备设计能力，中试生产能力。

### 应用范围

脊柱矫形医疗器械。

## 12. 基于纳米晶材料的口腔医疗器械

### 项目概述

人工种植体的研究和应用中，钛、钛合金及其磷灰石涂层复合材料一直倍受关注。与传统的不锈钢和钴基合金相比，钛及其合金由于具有低密度、低模量、高强度、优异的生物相容性和耐腐蚀性等特点而在生物材料领域获得越来越广泛的应用。60 年代末期，由瑞典 Branemark 教授首先证实并提出了骨组织与钛之间发生的牢固、持久而直接的结合的骨结合概念。最早及最常用医用钛合金是 Ti6Al4V，其含有铝及毒性组元 V，生物相容性较差，耐磨性也较差。80 年代中期开始研制的医用钛合金，如德国 Ti5Al2.5Fe 合金、瑞士 Ti6Al7Nb 合金、日本 Ti15Mo5Zr3Al 合金及我国 Ti75 合金等力学性能有了进一步提高和改进，但均含有对人体有影响的元素铝，且上述合金弹性模量均高出人体硬组织 5 倍以上，易造成人体机械不适性，应力屏蔽效应造成骨质疏松。

本项目成果转化来源于科技部国际合作重点研发计划，采用纳米晶钛作为牙种植体材料，晶粒尺寸为亚微米级（0.1-1  $\mu\text{m}$ ）或纳米级（1-100nm），具有无

毒副作用，良好的机械强度、疲劳极限、耐磨性、耐腐蚀性能以及生物相容性。纳米晶钛的弹性模量远低于钛合金的弹性模量，可以有效的降低人体机械不适应性。研究结果表明种植体表面形貌对骨愈合的速度和质量有很大的影响，纳米晶形貌不仅可以增大骨结合面积、稳定血凝块及细胞外基质蛋白支架，为成骨细胞提供稳定的微环境，并且还能促进蛋白的吸附、成骨细胞附着和分化。动物实验结果也证明了纳米晶钛合金种植体的医疗效果要远优于粗晶种植体。

### 项目成熟情况

国内口腔种植体市场总量约 100 亿元，全球口腔种植体市场约为 70 亿美元。目前该产品已完成花样设计，具备规模化生产条件。

### 应用范围

口腔种植体医疗器械。

## 13. 新型医用钛合金及增材制造技术

### 项目概述

随着人们生活水平的不断上升和交通事故、体育运动等损伤的日益增多，钛合金器械已广泛应用于临床治疗，但是由于人体的差异性、缺损部位形态的随机性，使得标准化植入体常常不能满足临床使用要求。从更高的技术要求来看，最好的治疗手段应该是个性化治疗，最好的植入体应该是个性化植入体。而 3D 打印技术的出现为个性化植入物的制造和广泛应用提供了可靠的技术支撑。3D 打印(3Dprinting)技术是一种融合近净成形和增材制造的新技术。

本项目成果转化来源于科技部国际合作重点研发计划。项目组克服了钛合金 3D 打印过程中存在的结构缺陷，过烧，分层等工艺难题，研发了新型医用 TiNb 合金体系及其增材制造工艺。与传统的医疗器械相比，优势如下：1、本技术具有加工成形能力强、3D 打印生产的器械外形和内部构造不受传统设计限制，使得各种形状和结构的医疗器械的加工成为可能。2、实现个性化定制，在医疗行业，尤其是修复性医学领域，病人存在个人特征差异，个性定制化需求显著，个性化、小批量和高精度恰是 3D 打印技术的优势所在。更重要的是，3D 打印可制造多孔钛及钛合金医疗器械，从而实现器械更好的生物力学适配和结构减重，并通过表面多孔结构使其具有更好的成骨诱导和骨整合性能。3、加工周期短，传

统加工医疗器械零部件时间从几小时到几天，而 3D 打印技术加工一个部件只需要几个小时甚至更短，这对于骨肿瘤等疾病患者具有重要的意义与价值。4、降低成本 3D 打印设备可成型多种钛合金医疗器械，只需要不同数字设计图纸和各种原材料，减少了医疗器械生产设备投入。并且 3D 打印技术生产环节少，且无需使用其它工具，能够最大限度地利用原材料、节约能源、降低库存。

### 项目成熟情况

2016 年全球骨科植入物市场达到 472.61 亿美元，2017-2023 年预测期间，年复合增长率为 6.8%；国内市场 300 亿元。已完成技术开发，具备小试生产条件。

### 应用范围

进行骨科植入物、口腔植入物等器械个性化成形设计与制造。

## 14. 无毒完全可降解医用镁合金

### 项目概述

镁及镁合金具有密度小、重量轻、强度高、良好的生物相容性及可降解特性等优点，使其在骨科器械、介入医疗、吻合器械等医料器械领域展现出巨大的优势和潜力。各类临床应用证实了镁合金作为生物医用的可行性，但其过快的降解速度和析氢现象使其发展受到了极大的限制。

本项目成果转化来源于 863 项目，针对医用镁合金的力学性能、生物相容性及降解速度等方面做了大量的研究工作，开发出新型镁合金合金体系，该体系合金具有无毒、完全可降解和高强韧等优点，适用于血管内支架及骨板、骨钉等骨外科内固定及植入材料等方面。

目前临床上所普遍采用的各种不可降解金属来制备支架，针对这些支架作为异物长期植入血管中容易引起毒性反应等问题，项目组结合近年来国内外学者在血管支架领域的科研积累，提出了设计生物可降解药物洗脱性镁合金支架，使得在植入的最初阶段，通过聚合物携带有药物预防再狭窄，镁合金支架主体在一个理想的时间窗内起足够的机械支撑作用，之后药物释放结束，镁合金主体开始被体液逐渐降解，并且在降解过程中不产生炎症反应和有毒物质。支架材料被降解吸收后，血管壁恢复正常的功能，因此这类支架具有更好的组织相容性和血液相

容性，市场前景也将非常广阔。

项目组围绕着这一核心产品做了大量的研究，目前该产品即将完成动物实验阶段所有试验均证实该产品在无毒、完全可降解方面可以满足使用要求，在血管支架制造技术方面处于国际领先水平。

### 项目成熟情况

全球介入性心血管治疗市场总额 251 亿美元，其中药物洗脱支架市场 128 亿美元；国内冠脉支架销售额 100 亿元。完成产品设计工作，具备批量化生产能力。

### 应用范围

血管内支架、骨板、骨钉等骨外科内固定及植入材料等方面。

## 15. 光纤光镊微操作系统

### 项目概述

光镊是一种基于光辐射压效应的微观微粒操作工具，能够实现对百纳米到几十微米直径的透明粒子的捕获与操纵。光镊能够非接触捕获生物细胞，并且其使用红外光时对生物细胞具有很好的透射性，这大大减少了微粒或细胞在被操纵时受到的伤害，因此光镊技术广泛应用于生物及医学领域。除此之外，光镊还可以应用于微小力测量、传感等领域。随着光镊技术的发展，其应用将会更加广阔。

光纤光镊系统的光路设计是光纤光镊系统设计与开发的基础。首先，为光纤光镊系统提供光源的激光器的光功率要可调，能够产生不同大小的光功率，以实现光纤光镊实验不同的要求；其次，为了实现对激光器功率的实时监测，需要光学器件将激光器产生的光传输出来，并且还不能过大影响光镊捕获粒子所需的光功率；再次，光纤光镊系统还需要观测系统，这个观测系统要求是多视场观测，因此采用多个 CCD 来实现对实验现象的观察以及记录；最后，光纤光镊的实验大多是在液体中进行，而对微粒的捕获或者对光阱刚度的测量需要相对稳定的环境，要尽量避免液体的流动，因而照明光源应在保证照明的前提下，尽量减少热量的产生。

光纤光镊系统的机械结构设计是对光纤光镊系统稳定性与可靠性的保证。机械结构设计主要包括三维微操作系统的设计和四象限探测器固定装置的设计。要

实现对实验现象多视场的观测，仅凭光学设计并不能够实现，还需要结合机械结构。设计机械结构的同时，还需要考虑到光纤光镊很可能在某一视场以外的环境下工作，这就要求机械结构能够按照要求移动，实现多视场观测的目的。另外，对光阱刚度的测量，需要借助于四象限探测器。四象限探测器本身灵敏度很高，这就需要对四象限探测器头稳定的固定装置，以尽量减少外界环境的扰动。

电学系统的设计是光纤光镊系统精度的重要保证。光纤光镊捕获微粒的过程中，如何保证光纤探针稳定和均匀的进行微小位移是要解决的一个重要问题。光纤光镊捕获到微粒时，需要把微粒移动到一个合适的位置，如果光纤探针移动的不稳定，很可能将微粒抖掉，使得之前光镊捕获微粒前功尽弃；另外，为了保证测量的准确性，还要要求光纤探针的移动具有可重复性，因此选用电动微操作位移台；为了实现光功率的实时监测，需要设计光功率计模块，这个模块不仅能够检测光功率，还应能够将检测的光功率发送给上位机，以便于实时观察，利于系统的仪器化；最后，要实现对光阱刚度的测量，需要使用四象限探测器，它是一种常用的位置检测敏感器件，然而其输出信号在毫瓦量级，需要设计合适的放大电路来配合数据采集卡使用。

系统软件设计是光纤光镊系统设计的“灵魂”。设计的系统软件应实现控制、观测等功能。控制程序应主要实现对三维微操作平台的控制以及光功率输出大小的控制。观测程序主要应包括多 CCD 的视频采集程序以及录像程序，将其与光学元件，机械结构相结合，以实现多视场观测及记录的目的。测量程序除了应满足对光功率计模块输出的信号进行采集的要求，还要能够处理四象限探测器的采集数据，进而测出光阱刚度。

## 项目成熟情况

系统集成完备。

## 应用范围

目前，光纤光镊技术的应用主要分为以下几个方面：

(1) 生物大分子静态力学特性研究：使用光镊技术将单分子拉伸、弯曲、打结等，从而评估其静态力学特性。例如：对附着在聚苯乙烯小球上的微管蛋白进行弯曲，对微管蛋白的刚性进行了评估；固定在肌动蛋白上的手柄小球对肌动蛋白的刚性特性进行测量；对红细胞膜的弹性系数进行测量等。

(2) 生物大分子动态力学特性研究：驱动蛋白是利用三磷酸腺苷水解释放出能量驱动自身和携带分子的一种生命原动力，科学家们将其称之为马达蛋白。利用光镊技术对驱动蛋白进行研究是生命科学领域中生物分子动力学这一分支的一项重要成果。科学家们使用光镊技术观察到了马达蛋白步进运动的形态，测量出分子马达的运动步长、单个驱动蛋白分子产生的力和速度，以及它们与ATP浓度的关系。测量出了驱动蛋白产生的力的大小。

(3) 光镊光刀技术：将光镊技术与激光脉冲技术相结合对单个细胞器进行了微加工，用于细胞融合、染色体分离重组、人工授精等研究领域。

(4) 纳米生物器件组装：将光镊技术与光束扫描技术相结合，可以使微粒按照使用者的意志进行排列，用光镊实现了对微粒的稳定俘获和移动，最终排列出需要的图样，将光镊技术引入到了微纳生物器件组装的领域中。