

《中华人民共和国统计法》第七条规定：国家机关、企业事业单位和其他组织以及个体工商户和个人等统计调查对象，必须依照本法和国家有关规定，真实、准确、完整、及时地提供统计调查所需的资料，不得提供不真实或者不完整的统计资料，不得迟报、拒报统计资料。

表号：CG002
制定机关：科学技术部
批准机关：国家统计局
批准文号：国统制（2022）11号
有效期至：2025年1月

科技成果登记表

（应用技术类科技成果）

成果名称：双向神经通路的智能上肢假肢研究

第一完成单位：
（盖章）深圳市罗伯医疗科技有限公司

研究起始日期：2020年04月01日

研究终止日期：2023年04月01日

推荐单位：
（盖章）深圳市科技创新委员会

批准登记单位：广东省未来预测研究会

批准登记号：

批准登记日期： 年 月 日

中华人民共和国科学技术部制定

中华人民共和国国家统计局批准

2022年

应用技术类科技成果

表号：CG002

制定机关：科学技术部

批准机关：国家统计局

批准文号：国统制（2022）11号

批准登记号：

批准登记日期：

推荐单位：深圳市科技创新委员会

2024年

有效期至：2025年1月

一、成果概况

| | | | |
|--------------|-----------------|------|--------|
| 1. 成果名称 | 双向神经通路的智能上肢假肢研究 | | |
| 2. 关键词 | 上肢假肢 | 意图识别 | 柔性信息传感 |
| 3. 成果体现形式 | 其他应用技术 - 论文 | | |
| 4. 成果属性 | 原始性创新 | | |
| 5. 成果所处阶段 | 初期阶段 | | |
| 6. 成果水平 | 未评价 | | |
| 7. 合作形式 | 与科研院所合作 | | |
| 8. 学科分类 | | | |
| 9. 中图分类 | | | |
| 10. 战略性新兴产业 | | | |
| 11. 所属高新技术领域 | 电子信息 | | |
| 12. 成果主要应用行业 | 科学研究和技术服务业 | | |

二、立项情况

| | |
|-----------|-----------------|
| 1. 课题来源 | 地方计划 |
| 2. 课题来源单位 | 广东省科学技术厅 |
| 3. 课题立项名称 | 双向神经通路的智能上肢假肢研究 |
| 4. 课题立项编号 | 2020B0909020004 |

5. 经费实际投入额（万元）

| 总计 | 国家投入 | 部门投入 | 地方投入 | | | | 基金投入 | 自有资金 | 银行贷款 | 国外资金 | 其他 |
|---------|------|------|--------|--------|-------|------|------|--------|------|------|----|
| | | | 合计 | 省级投入 | 地市级投入 | 县级投入 | | | | | |
| 1300.00 | 0 | 0 | 800.00 | 800.00 | 0 | 0 | 0 | 500.00 | 0 | 0 | 0 |

三、评价情况

| | |
|---------|----------|
| 1. 评价方式 | 验收 |
| 2. 评价单位 | 广东省科学技术厅 |

| | | | |
|-----------------|-----------------|-------------------|------------------------------|
| 3. 评价日期 | 2024-01-11 | | |
| 4. 评价报告编号 | 2020B0909020004 | | |
| 四、知识产权状况 | | | |
| 1. 知识产权形式 | 发明专利，外观设计专利 | | |
| 2. 专利状况 | 已受理专利，已授权专利 | | |
| 3. 已受理专利项数 | 10 | | |
| 4. 已授权专利项数 | 10 | | |
| 5. 已授权专利情况 | 专利类型 | 授权公告号 | 名称 |
| | 外观设计专利 | CN 308015825S | 仿生手（仿人） |
| | 发明专利 | CN112998654B | 可分离视觉监督的伸手抓取运动学协调性测试分析系统 |
| | 发明专利 | CN112998698B | 一种基于精确抓握动力学的感知运动功能评估系统 |
| | 发明专利 | CN113040760B | 一种用于评估精细手功能的抓握指力记录分析笔 |
| | 发明专利 | CN113509298B | 一种基于振动的假肢手力位信息反馈系统及方法 |
| | 发明专利 | CN111449813B | 一种用于假肢手运动姿态感觉反馈的穿戴式电刺激系统 |
| | 发明专利 | CN113367862B | 一种反馈关节 |
| | 发明专利 | CN113031771B | 一种穿戴式振动触觉体感装置及控制方法 |
| | 发明专利 | CN113262088B | 一种具有力反馈的多自由度混合控制假肢手及控制方法 |
| 6. 已受理专利情况 | 专利类型 | 专利申请号 | 名称 |
| | 发明专利 | CN202210533648. X | 一种仿生模块化上臂假肢结构 |
| | 发明专利 | CN202210533649. 4 | 一种仿生手指外骨骼机构及其使用方法 |
| | 发明专利 | CN202210365638. X | 一种一体化柔性传感电路系统及其制备方法 |
| | 发明专利 | CN202211592975. 9 | 一种柔性电极及其制备方法和应用 |
| | 发明专利 | CN202111211599. X | 一种超窄高密度多相对独立通道的柔性电极及其制备方法和应用 |
| | 发明专利 | CN202111510097. 7 | 一种柔性导电材料与硬质导电材料间软硬界面的衔接方法 |
| | 发明专利 | CN202111458938. 4 | 一种可拉伸多功能传感器及其制备方法和应用 |

| | | | | | |
|-------------------|-----------|----------------|----------------------------|------|------|
| | 发明专利 | 202211273495.6 | 一种用于仿生手的拟人抓握控制方法及系统 | | |
| | 发明专利 | 202211485274.5 | 前臂假肢控制方法、装置、设备和介质 | | |
| | 发明专利 | 202110584128.7 | 基于自适应增强分类器的多路反馈 肌电控制假肢手及方法 | | |
| 7. 获得软件著作权情况 | 软件著作权登记号 | 软件著作权名称 | | | |
| 五、成果转移转化情况 | | | | | |
| 1. 应用状态 | 试用 | | | | |
| 2. 应用效果 | 填补国内空白 | | | | |
| 3. 转化方式 | 自我转化 | | | | |
| | 合作转化方式 | | | | |
| 4. 转移途径 | | | | | |
| 5. 自我转化效益(万元) | 收入 | 净利润 | 实交税金 | 出口创汇 | 节约资金 |
| | 500.00 | 0 | 26.21 | 0 | 0 |
| 6. 合作转化收入(万元) | | | 其中：技术入股股权折价(万元) | | |
| 7. 技术转让与许可收入(万元) | | | 其中，知识产权技术转让收入(万元) | | |
| 8. 已转让单位数(个) | | | | | |
| 9. 转化的政府支持 | | | | | |
| 10. 单位转化政策支持 | | | | | |
| 11. 转化的奖励和报酬 | | | | | |
| 12. 项目研发人员状态 | 项目组基本完整保持 | | | | |
| 13. 未应用的主要原因 | | | | | |
| 14. 停用的主要原因 | | | | | |

六、成果转化需求

| | | | |
|-------------|----------------------|----|-------------|
| 1. 转化需求意向 | 近期内无转化需求 | | |
| 2. 转化意向与范围 | 可国（境）内外转让 | | |
| 3. 拟采取的转化方式 | 技术转让 | | |
| 4. 成果转化联系人 | 郑悦 | 电话 | 13147040182 |
| 5. 电子邮箱 | yue.zheng@siat.ac.cn | | |

七、成果完成单位情况

| | | | |
|-----------|--|---------|---------------|
| 第一完成单位名称 | 深圳市罗伯医疗科技有限公司 | | |
| 组织机构代码 | 335359816 | | |
| 统一社会信用代码 | 914403003353598166 | | |
| 通讯地址 | 广东省深圳市坪山区深圳市坪山区坑梓街道金沙社区雷柏中城生命科学园第3分园A栋304A | 邮政编码 | 518057 |
| 网址 | www.docrobo.com | 传真 | 0755-86958652 |
| 单位联系人 | 陈艳 | 电话 | 0755-86958652 |
| 电子信箱 | Jennie@docrobo.cn | | |
| 单位属性 | 企业 | 企业所有制属性 | 私营企业 |
| 科研机构转制型企业 | 否 | 其他 | |
| 所在省市 | 广东省 | 上级主管单位 | |

成果转化完成单位情况

| 序号 | 单位代码 | 通讯地址 | 邮政编码 | 联系人 | 联系人电话 |
|----|-----------------|------------------------------|--------|-----|---------------|
| 1 | 中国科学院深圳先进技术研究院 | 深圳市南山区学苑大道1068号 | 518055 | 郑悦 | 0755-86392231 |
| 2 | 上海交通大学 | 中国上海市东川路800号 | 200240 | 郝蔓钊 | 021-54740000 |
| 3 | 重庆大学 | 重庆市沙坪坝区沙正街174号 | 400044 | 吴小鹰 | 021-65106655 |
| 4 | 山东大学 | 中国山东省济南市山大南路27号 | 250100 | 李可 | 0531-88395114 |
| 5 | 深圳市华谊智测科技股份有限公司 | 深圳市龙华区观澜街道桂香社区观澜桂花路340号厂房201 | 000000 | 高超 | 0755-83763285 |

单位负责人：杨嘉林 统计负责人：李光林
 填表人：李光林 联系电话：15920010903 报出日期：2024年09月02日

批准登记单位意见

同意登记

批准登记单位：
(盖章)

负责人：

批准登记日期： 年 月 日

401298294039

附件一：应用技术类成果登记材料一览表

| 评价方式 | 鉴定 | 验收 | 行业准入 | 评估 | 机构评价 | 知识产权 | |
|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------------|----------|
| 材料名称 | | | | | | 专利（发明、实用新型） | 软件著作权 |
| 科技成果登记表 | ★ | ★ | ★ | ★ | ★ | ★ | ★ |
| 客观评价证明文件（复印件） | ★鉴定证书 | ★验收报告 | ★审查证明 | ★评估报告 | ★评价报告 | ★专利授权证书 | ★软件著作权证书 |

注：“★”表示需要提交的材料，提供复印件或者提供原件的PDF文件。

401298294039

附件二：“成果简介”、“成果完成人员名单”和“评价委员会名单”填报格式

成果简介（不少于500字，不超过2000字）

1. 课题来源与背景

近年来上肢假肢技术虽然有了很大发展，但假肢的拒用和弃用率仍然很高。主要原因是缺乏精准的意图识别、安全有效的感知反馈以及兼顾运动相容性与穿戴舒适性的仿人手臂。双向神经通路的智能上肢假肢研究课题，来源于广东省重点领域研发计划项目中的智能机器人与装备制造重点专项。致力于研制具有自主知识产权，可再现人体手臂灵巧运动和感觉功能的假肢系统，突破上肢假肢的模块化仿生机械创成、多源信息融合的运动模式精确识别方法、假肢手接触信息解析及多模态感觉反馈、基于力触觉信息的假肢手自适应闭环调控等多项关键技术，实现智能上肢假肢系统的直觉操控与快速适配。

2. 技术原理及性能指标

在项目执行的三年期间，项目团队在上肢假肢的仿生设计与实现方法、利用运动神经信息实现上肢运动意图的精准识别、感觉信息的柔性传感、假肢感觉信息的神经传入、基于运动学与动力学的假肢控制器设计和具有双向神经通路上肢假肢的人机交互与闭环控制技术六个方面开展了系统的研究，研究总体进展顺利，项目研究团队根据项目任务书的计划目标和各项主要指标要求，按照计划方案开展研究，完成了任务书的技术和成果指标。项目总体研究成果如下：

- 1) 上肢假肢的仿生设计与实现方法：完成仿生设计的模块化假肢原型机（12个自由度（5个主动自由度）假肢手模块、3自由度前臂模块及2自由度大臂模块）。
- 2) 感觉信息柔性传感技术：研发了基于柔性材料的传感阵列，并和商业化传感器一起集成在假肢手上，实现了对触觉、温度觉的多点检测，检测点数8个。
- 3) 上肢运动意图的精准、稳定识别算法：研究了基于神经信息的运动意图识别方法，实现上肢10个动作识别率 $\geq 92\%$ 。
- 4) 基于柔性传感的无创假肢手感觉信息获取及神经传入技术：开发了具备触觉、温觉、本体感觉的多通道便携式电刺激感知反馈系统，通道数6个（5个通道用于触觉和温觉，1个通道用于本体感觉）。
- 5) 基于运动学与动力学的假肢控制器设计：开发前馈控制和反馈控制相结合的混合控制器。
- 6) 具有双向神经通路上肢假肢的人机交互与闭环控制技术：建立人-假肢-环境的完整闭环交互系统，并验证有效性。搭建双向神经通路上肢假肢系统平台，完成了10例上肢截肢患者穿戴实验及示范应用。
- 7) 项目共发表论文21篇，申请专利18项。

3. 技术的创造性与先进性

该项目以上臂截肢者运动-感觉双向神经通路的重建为研究重点，研制兼顾运动相容性与穿戴舒适性的上肢假肢；利用高效解码方法实现运动意图的精准稳定识别；通过感觉信号的检测及编解码，实现上肢假肢触觉和温度等感觉信号的神经传入；研发双向神经通路上肢假肢闭环控制系统，通过假肢系统集成及应用，验证假肢系统的性能。

该项目研发的高性能多通道柔性可拉伸阵列电极能够实现电生理信息的高质量获取，该成果2023年发表于Nature杂志正刊；研发的具有双向神经通路的智能假肢系统原型样机包括12自由度的灵巧假肢手和5自由度的假肢上臂；研发的假肢系统能够实现基于肌电信号的神经假肢操控，并集成了触觉、位置、温度等多模态感觉信息感觉反馈功能。研发的智能假肢技术及系统有望打破国外假肢巨头对高端肌电假肢产品的技术垄断，解决国内高端肌电假肢的“卡脖子”问题，促进我国智能假肢及康复产业的发展。

4. 技术的成熟度，适用范围和安全性

目前项目已完成系统样机的制备，技术就绪度的成熟度为6级，并招募10例程度的上肢截肢患者佩戴假肢系统，开展了假肢系统运动功能、感觉反馈方面的性能验证。未来会进一步加强系统的成熟度，和医院紧密合作，让更多的截肢患者使用假肢。该项目主要用于前臂截肢患者，可居家或者在医院应用。在安全性方面，系统在研发过程中的加入了安全设计。1) 材料选择：选用与人体组织相容性良好的材料，避免引起过敏、排异等不良反应2) 结构设计：平衡性方面，通过合理的假肢长度、关节位置和角度设计，可以使假肢与人体的自然运动相匹配；在关节设计方面，考虑到人体关节的运动范围和力学特性，确保假肢能够实现自然、流畅的运动。同时，关节的锁定和解锁机制安全可靠，防止意外解锁导致使用者受伤；控制系统安全：配备了电子控制系统，用于实现各种功能，如运动控制、力反馈等，防止出现故障导致使用者受伤。

5. 应用情况及存在的问题

项目团队在上肢假肢的仿生设计与实现方法、利用运动神经信息实现上肢运动意图的精准识别、感觉信息的柔性传感、假肢感觉信息的神经传入、基于运动学与动力学的假肢控制器设计和具有双向神经通路上肢假肢的人机交互与闭环控制技术六个方面开展了系统的研究，最终形成具有“运动神经信号传出”与“感觉神经信号传入”功能的上肢假肢系统，能够实现人-假肢-环境的自然交互。该系统以及系统研发过程中开发的技术，将弥补我国在假肢相关行业方面的不足，推动假肢相关技术的进步，有利于我国假肢行业的发展。

6. 历年获奖情况

暂无。

填写内容要求：

- ①课题来源与背景；
- ②技术原理及性能指标；
- ③技术的创造性与先进性；
- ④技术的成熟程度，适用范围和安全性；
- ⑤应用情况及存在的问题；
- ⑥历年获奖情况；
- ⑦成果简介要向社会公开，请不要填写商业秘密内容。

401298294039

成果完成人员名单

（此表涉及到的知识产权问题由填报单位负责）

| 序号 | 姓名 | 性别 | 出生年月 | 技术职称 | 文化程度 | 是否留学 回国 | 工作单位 | 对成果创造性贡献 |
|----|-----|----|---------|------|-------|------------|-----------------|---------------|
| 1 | 李光林 | 男 | 1961-08 | 正高 | 博士研究生 | 是 | 深圳市罗伯医疗科技有限公司 | 项目整体统筹 |
| 2 | 杨嘉林 | 男 | 1982-04 | 中级 | 本科 | 否 | 深圳市罗伯医疗科技有限公司 | 课题1的研发和管理 |
| 3 | 陈世雄 | 男 | 1981-09 | 正高 | 博士研究生 | 是 | 中国科学院深圳先进技术研究院 | 负责课题4的研发和管理 |
| 4 | 耿艳娟 | 女 | 1983-10 | 副高 | 博士研究生 | 否 | 中国科学院深圳先进技术研究院 | 负责课题2的研发和管理 |
| 5 | 吴小鹰 | 女 | 1969-03 | 正高 | 博士研究生 | 否 | 重庆大学 | 负责课题3的研发和管理 |
| 6 | 李可 | 男 | 1980-01 | 副高 | 博士研究生 | 否 | 山东大学 | 负责辅助课题4的研发和管理 |
| 7 | 郝蔓钊 | 女 | 1987-02 | 中级 | 博士研究生 | 否 | 上海交通大学 | 负责课题3的研发 |
| 8 | 郑悦 | 女 | 1989-02 | 中级 | 博士研究生 | 是 | 中国科学院深圳先进技术研究院 | 负责课题5的研发 |
| 9 | 田岚 | 女 | 1984-10 | 中级 | 博士研究生 | 否 | 中国科学院深圳先进技术研究院 | 负责课题5的研发 |
| 10 | 黄邦宇 | 男 | 1978-08 | 副高 | 硕士研究生 | 否 | 深圳市华谊智测科技股份有限公司 | 负责对接产业化 |
| 11 | 胡庆浩 | 男 | 1982-05 | 中级 | 本科 | 否 | 深圳市罗伯医疗科技有限公司 | 负责课题1的研究标准化 |
| 12 | 龙飞 | 男 | 1987-02 | 中级 | 博士研究生 | 否 | 深圳市罗伯医疗科技有限公司 | 负责课题1的研究 |

填写说明：

按贡献大小排序填写（如表格空间不够，可另附纸）。其中：

职称：按正高、副高、中级、初级、其他分别填写。如完成人具有院士资格，加填院士，并写明是中科院院士还是工程院院士。

文化程度：按博士研究生、硕士研究生、本科、大专、中专、其他分别填写。

是否留学归国：按“是”、“否”填写。

工作单位：按本成果研发期间完成人所属的工作单位填写。

对成果创造性贡献：根据完成人在成果研发过程中发挥的主要作用、做出的主要贡献填写，不超过100字。

401298294039

评价委员会名单

| 序号 | 评价委员会职务 | 姓名 | 性别 | 工作单位 | 所学专业 | 从事专业 | 技术职称 |
|----|---------|-----|----|-------------------------|-----------|-----------------------------------|------|
| 1 | 主任委员 | 刘洪海 | 男 | 哈尔滨工业大学（深圳） | 智能机器人 | 机械电子工程 | 正高 |
| 2 | 委员 | 王国利 | 男 | 中山大学 | 模式识别与智能系统 | 模式识别与智能系统 | 正高 |
| 3 | 委员 | 田君 | 男 | 东莞理工学院 | 材料加工，机械电子 | 机械CAD设计、智能机器人、金属基复合材料加工，轻合金及其表面处理 | 正高 |
| 4 | 委员 | 王恒 | 男 | 华南理工大学 | 机械工程 | 机械电子工程 | 副高 |
| 5 | 委员 | 陈漪 | 女 | 中兴财光华会计师事务所（特殊普通合伙）广州分所 | 财务会计 | 财务，审计，咨询 | 副高 |

填写说明：

指在以验收、评审等形式对本成果进行评价过程中发挥咨询、评价作用的专家委员会的成员。

其中：

评价委员会职务：按在评价委员会中担任的职务——主任委员、副主任委员、委员择一填写。

工作单位：指本成果评价时专家所在工作单位。

所学专业：指专家个人获得最高学历学习期间的专业。

从事专业：指专家在现工作单位从事的专业。

职称：按正高、副高、中级、初级、其他分别填写。如评价专家具有院士资格，加填院士，并写明是中科院院士还是工程院院士。