

项目名称：智能机电假手关键技术研发及产业化应用

推荐单位：南开大学

奖励类别：科技进步奖

项目简介：

本项目属于电子、通信与自动控制技术专业的前沿项目。随着科技的发展，以人工智能机器人为代表的助老助残机器人产业是衡量一个国家科技创新和国民幸福指数的重要标志。

手是人的重要器官，在日常生活中发挥着不可替代的作用。据统计，全国各类残疾人高达 8502 万，其中肢体残疾 2472 万，前臂截肢者所占比例较高。这些残疾人士生活自理能力受限，给家庭和社会带来沉重的负担。因此，机电假手的研发具有广阔的市场前景和极高的社会公益价值。

目前机电假手主要由国外厂家垄断，假手动作用有限，没有触觉反馈，价格高昂，产品销售和维修受制于国外，急需自主研发价格低廉、性能稳定的机电假手，这对假手的机械结构、机电识别技术、触觉反馈技术等方面提出了巨大的挑战。

经过多年技术攻关，团队研制出适宜截肢者使用的具有触觉反馈功能的五指独立驱动机电假手。针对截肢者残余肌肉群有限、肌电信号漂移所带来的手部动作识别不稳定问题，将增量式学习方法引入在线学习单元，实时更新肌电信号特征值，解决了肌电信号识别不稳定、使用少传感器长时间稳定识别多个手部动作的问题，提高了肌电信号识别率，相关成果处于国际领先水平。

项目主要研究内容和创新点：

1、突破假手五指独立驱动技术：传统机电假手采用齿轮啮合方式实现三指联动，拇指不能独立运动，无法完成五指独立驱动、人手包络等手部动作。本成果根据人手运动特点，首次采用干涉驱动方式取代齿轮啮合传动方式，实现了五指独立驱动，可以完成类似人手的包络动作，提高了假手动作的灵巧性。

2、攻克手部动作稳定识别技术：截肢者残余肌肉群少，难以贴附多个机电传感器；由于肌肉出汗和疲劳，容易导致肌电信号漂移，因此传统肌电信号识别方法无法长时间识别多个手部动作。本团队首次提出小波神经网络分类算法，使

用少量传感器识别多个手部动作；提出增量式线性判别分析方法，实现了肌电信号的长时间稳定识别，提高了假手的实际应用效果。

3、研制多传感器触觉反馈技术：传统肌电假手没有触觉反馈功能，截肢者无法有效感知被抓握物体状态。本成果采用温度、压力及滑觉传感器感知被抓握物体状态，将假手触觉反馈与肌电信号控制有机结合；通过电刺激装置向截肢者反馈传感器采集的信息，使截肢者感知肌电假手对物体的持握状态，提高了假手的智能程度。

项目执行期间共计发表论文 10 篇，其中 SCI 检索论文 1 篇，EI 检索论文 10 篇。获得授权专利 5 项，其中发明专利 1 项，实用新型专利 3 项。获得第九届“中国技术市场金桥奖”、第六届“华为杯”大学生智能设计竞赛全国总决赛二等奖、第十三届天津市青年科技奖提名奖、2012 年大学生创新科研计划二等奖（共 2 项）。自 2015 年起，与天津市长亭假肢公司及其潍坊、成都、重庆分公司合作进行肌电假手的推广，累计装配假肢三千多例，新增利润 371 万元。此外，先后十余次为经济困难截肢者捐赠假肢，有效提高了截肢者的生活质量，产生了良好的社会效益。

主要完成单位及创新推广贡献：

1. 南开大学是本项目的第一完成单位。“智能肌电假手”是由南开大学自动化与智能科学系段峰教授主持，以南开大学为依托的科研项目。自动化与智能科学系作为南开大学的一部分得到了南开大学在硬件和软件方面的大力支持。首先，南开大学为项目组提供了设施完善、条件齐全的实验场所，为科研项目的顺利开展和进行奠定了坚实的基础。其次，南开大学为该项目提供了优秀的科研人员和项目管理人员，从根本上保证了科研成果的高质量。总之，“智能肌电假手”的顺利完成离不开南开大学在方方面面的大力支持和协助。

2. 天津长亭假肢公司是本项目的第二完成单位。长亭假肢公司为项目组提供了设施完善、条件齐全的实验场所，为科研项目的顺利开展和进行奠定了坚实的基础。同时，长亭假肢公司为该项目提供了实验测试人员和项目管理人员，从而保证了科研成果的高质量。总之，“智能肌电假手”的顺利完成离不开长亭假肢公司在方方面面的大力支持和协助。

推广应用情况：

南开大学与长亭假肢公司从 2015 年开始试行装配“肌电假手”，已在潍坊、成都、重庆的分公司进行推广装配。2015 年新增利润 28 万元；2016 年新增利润 61 万元；2017 年新增利润 115 万元；2018 年新增利润 167 万元；四年来通过应用、推广该产品，为该公司合计创造了 371 万元的新增效益。双方合作为肢体残疾患者装配身体各部位假肢三千多例，先后十余次为经济困难截肢患者捐赠假肢，为贫困患者完成人生梦想。该产品自投入市场以来有效提高了截肢者的工作和生活质量，产生良好的经济效益和社会效益。

曾获科技奖励情况：

1. 第九届“中国技术市场金桥奖”
2. 第六届“华为杯”中国大学生智能设计竞赛全国总决赛二等奖《基于智能手环和安卓平台体感游戏》
3. 第十三届天津市青年科技奖提名奖
4. 2012 年大学生创新科研计划二等奖《人机交互式肌电信号游戏控制器》
5. 2012 年大学生创新科研计划二等奖《一种具有稳定识别功能肌电假手的开发》

主要知识产权证明目录：

1. 名称：五指独立驱动仿真手；权利人：南开大学；发明人：段峰，代莉莉，王春伟；专利号：201330438260.3；授权日期：2014-05-14
2. 名称：一种自适应控制的皮肤表面电刺激装置；权利人：段峰；发明人：段峰、李元吉、高琪、段宸；专利号：ZL 201020264924.X；授权日期：2011 年 04 月 06 日
3. 名称：五指独立驱动的机械仿真手；权利人：段峰；发明人：段峰、高琪、段宸；专利号：201020154779.X；授权日期：2012-09-05
4. 名称：一种表面肌电信号滤波器；权利人：段峰；发明人：段峰，高琪，

高仁魁，段宸；专利号：201020300909.6；授权日期：2010-09-15

5. 名称：五指独立驱动的机械仿真手；权利人：段峰；发明人：段峰，高琪，段宸；专利号：201010143806.8；授权日期：2012-09-05

主要完成人情况：

1. 段峰, 排名 1, 教授, 工作单位: 南开大学, 完成单位: 南开大学, 项目首席科学家, 参与整体方案设计, 提出技术路线。在假手五指独立驱动技术方面, 提出干涉驱动方式; 在手部动作稳定识别技术方面, 提出小波神经网络分类算法和增量式线性判别分析方法; 在多传感器触觉反馈技术方面, 提出应用多模态传感器感知方案及电刺激反馈装置方案; 对项目的各个创新点均做出了重要贡献。曾获科技奖励情况: 第九届“中国技术市场金桥奖”(排名第一), 第六届“华为杯”中国大学生智能设计竞赛全国总决赛二等奖(排名第一), 第十三届天津市青年科技奖提名奖(排名第一), 2012 年大学生创新科研计划二等奖(2 项, 排名第一)

2. 孙长亭, 排名 2, 中级工程师, 工作单位: 天津长亭假肢公司, 完成单位: 天津长亭假肢公司, 项目主要完成人, 负责产品的应用推广和多传感器触觉反馈技术优化, 对于项目创新点 3 做出重要贡献。

3. 吴江, 排名 3, 中级工程师, 工作单位: 天津长亭假肢公司, 完成单位: 天津长亭假肢公司, 项目主要完成人, 负责假手五指独立驱动技术优化及产品应用推广, 对于项目创新点 1 做出重要贡献。

4. 杨怡康, 排名 4, 技术职称: 无, 工作单位: 南开大学, 完成单位: 南开大学, 项目主要完成人, 负责在将小波分析和 BP 神经网络结合, 实现小波神经网络分类算法; 将增量式学习加入线性判别分析方法, 实现肌电信号的长时间稳定识别。对于创新点 2 做出重要贡献。

5. 郑昊思, 排名 5, 技术职称: 无, 工作单位: 南开大学, 完成单位: 南开大学, 项目主要完成人, 负责根据人手骨骼结构设计手指关节, 采用干涉驱动方式取代齿轮啮合传动方式实现五指独立驱动, 设计装配假手的机械结构, 对于创新点 1 做出重要贡献。

6. 薛佳宁，排名 6，技术职称：无，工作单位：南开大学，完成单位：南开大学，项目主要完成人，负责采用温度、压力及滑觉传感器感知被抓握物体状态，将假手触觉反馈与肌电信号控制有机结合，实现通过电刺激装置向使用者反馈传感器信息，对于创新点 3 做出重要贡献。