

江苏省第六届大学生生物医学工程创新设计竞赛 医疗机器人（企业命题）

题目：面向医院护工轻量化可穿戴上肢外骨骼设计与开发

一、背景

随着全球老龄化进程加速和危重症患者比例攀升，医疗机构护理人力资源缺口持续扩大，护理职业负荷问题日益凸显。在重症监护和失能患者护理场景中，护理人员需高频次完成体位调整（平均每 2 小时翻身 1 次）、移动辅助及转运等高强度操作，长期承受超过人体工程学标准的生物力学负荷，导致肌肉骨骼损伤发生率达 62%（据美国职业安全健康研究所数据）。

当前护理辅助设备存在显著的技术断层：传统设备多采用被动式机械结构，缺乏基于护理操作特征的人机交互设计；而医疗外骨骼产品普遍侧重神经康复治疗功能，在质量控制（普遍 $> 8\text{kg}$ ）、穿戴效率（平均穿戴时间 > 5 分钟）及运动自由度（通常 < 3 个关节）等关键指标上难以满足临床护理的动态需求。

基于此，研发面向护理职业保护的轻量化、易穿戴、能有效减轻体力负担的上肢助力外骨骼系统成为行业迫切需求。该创新方案不仅可降低护理人员工作负担，更能提升护理操作效率，具有重要的社会效益和产业化价值。

二、任务

研发一种可穿戴上肢外骨骼系统，通过生物力学补偿技术实现护理作业范式优化。该系统需重点解决重症患者体位管理（翻身角度 $0-90^\circ$ 可调）、病患转运等高频高危操作场景，降低护理人员作业能耗及职业损伤风险（可通过测量肌肉激活度和腰部受力评估）。

该设备可从包括但不限于以下几个技术瓶颈选择突破：1）建立护理动作生物力学模型，利用多模态传感融合控制和位移-力混合控制技术，实现力矩需求与助力输出的动态匹配；2）开发轻量化集成架构，如采用碳纤维-合金复合框架优化载荷分布，采用微型化集成关节模组和绳驱方案，构建绳驱-刚性混合传动系统实现远端驱动，或设计可变刚度执行器实现一定范围的连续力矩调节等 3）

设计可调节快速穿戴机构，确保在较短时间内完成装备的穿戴及调试，如开发磁吸式快速锁紧机构，配备多自由度可调支架，适配不同身高体型等。

三、评分标准

项目	测评点	分数
设计报告	工程问题定义与设计需求分析	10
	模型仿真及结果分析	10
	方案设计与物料选型	10
	算法验证及测试	10
实际运行测试	核心功能验证：完成翻身、辅助搀扶和搬运 3 类指定动作，通过测量肌肉激活度和腰部受力数据辅助评估。	20
	穿戴效率及适应性：统计不同身高范围用户平均穿戴时间。	15
	轻量化：记录整机整体重量。	15
	稳定性及安全性验证：连续 10 次操作无故障，紧急成功制动率 100%。	10
总分		100

江苏省第六届大学生生物医学工程创新设计大赛