

同行专家业内评价意见书编号：20250855107

附件1

浙江工程师学院（浙江大学工程师学院）
同行专家业内评价意见书

姓名：桂梁鸿

学号：22260401

申报工程师职称专业类别（领域）：机械

浙江工程师学院（浙江大学工程师学院）制

2025年03月18日

填表说明

一、本报告中相关的技术或数据如涉及知识产权保护、军工项目保密等内容，请作脱密处理。

二、请用宋体小四字号撰写本报告，可另行附页或增加页数，A4纸双面打印。

三、表中所涉及的签名都必须用蓝、黑色墨水笔，亲笔签名或签字章，不可以打印代替。

四、同行专家业内评价意见书编号由工程师学院填写，编号规则为：年份4位+申报工程师职称专业类别(领域)4位+流水号3位，共11位。

一、个人申报

（一）基本情况【围绕《浙江工程师学院（浙江大学工程师学院）工程类专业学位研究生工程师职称评审参考指标》，结合该专业类别(领域)工程师职称评审相关标准，举例说明】

1. 对本专业基础理论知识和专业技术知识掌握情况(不少于200字)

在机械电子工程专业的学习与研究中，我深入掌握了本专业的基础理论知识和专业技术，能够将其有效应用于工程构思、设计、实现和运作等各个环节。首先，我扎实掌握了数学、物理、力学等自然科学基础知识，能够运用数学建模、力学分析等方法，解决复杂的工程问题。在机械领域，我精通机械基本原理、运动学与动力学等核心课程，能够设计与优化机械系统，并通过机械仿真与分析软件验证设计方案。在电子技术方面，我掌握了电路设计、嵌入式系统、传感器应用以及自动控制原理等专业技术，能够高效地进行信号采集与处理，并实现相关设备的控制。

在行业技术方面，我熟悉当前机械电子领域中的新技术和新工艺，特别是在智能控制、机器人技术、自动化系统等方面，紧跟国内外技术前沿。比如，在康复机器人和步态分析设备中，我深入了解了GRAIL平台的最新发展，并能够结合传感器技术与数据分析方法，提升设备的精度和应用效果。此外，我还了解行业内相关的技术标准和法规，能够严格遵循职业规范，确保设计方案的可行性和安全性。

在实际工程实践中，我积累了丰富的工程知识，尤其是在步态数据采集和康复设备设计中，通过大量的实践操作与问题解决，提升了对工程实际需求的直觉判断与决策能力。结合跨学科的知识学习，我能够将机械电子技术与计算机科学、人工智能等领域的前沿技术相结合，创新性地解决复杂的工程问题，推动项目的顺利实施和技术突破。

2. 工程实践的经历(不少于200字)

我主要在宁波市康复医院进行为期一年的工程实践，我深入参与了基于GRAIL平台的老年人步态数据采集与分析工作，积累了宝贵的工程实践经验。在实践中，我负责了步态数据库构建的多个环节，特别是在老年人步态数据的采集与处理方面，运用了机械电子工程专业的核心技术知识。

首先，我参与了GRAIL平台的调试与优化工作，确保该系统能够高精度地采集老年人的步态数据。通过与医院康复训练师紧密合作，我帮助设计并优化了用于步态分析的传感器系统，确保步态采集设备能够有效地记录下肢关节角度、肌电信号、力矩和步态周期等多维数据。在这一过程中，我还结合嵌入式系统技术，对采集的数据进行实时传输和处理，确保数据的准确性与同步性。

在康复机器人辅助干预的项目中，我协助调试了多种康复设备，包括多款外骨骼机器人，并进行步态数据的预处理与分析，帮助制定个性化的康复方案。通过实际操作，我不仅提升了对设备控制系统的理解，还积累了丰富的现场解决问题的经验。

此外，我还参与了步态数据的分析与模型建立工作，通过机器学习算法，对老年人步态的时空特征进行了深入挖掘，推动了病理步态早期筛查诊疗模型的初步构建。这些经历让我更加熟悉了从数据采集到设备调试，再到分析模型构建的全流程，提升了我在工程实践中的综合能力。

3. 在实际工作中综合运用所学知识解决复杂工程问题的案例(不少于1000字)

在我的工程实践中，我于宁波市康复医院参与了“基于GRAIL的老年人步态数据库构建及诊疗模型研究”项目，这是一个涉及老年人康复治疗 and 步态分析的复杂工程项目。该项目的主要目标是构建一个多维度的老年人步态数据库，并基于该数据库开发早期筛查诊疗模型及康复评估体系。项目的复杂性不仅体现在跨学科的技术融合上，还涉及大量数据采集、处理与

分析，以及人工智能在医疗中的应用。在这个项目中，我综合运用了我在机械电子工程专业所学的各类基础理论知识和专业技术，成功解决了多个工程中的复杂问题。

项目背景与挑战

随着中国老龄化社会的到来，老年人的运动功能障碍，特别是下肢运动障碍问题日益严重，给家庭和社会带来了巨大的负担。传统的康复治疗往往依赖治疗师经验，缺乏量化评定和个性化的治疗方案。而现有的康复机器人系统由于缺乏足够的老年人健康数据，未能实现精准和高效的个性化康复。这为步态分析与数据库构建提出了极高的技术需求。我们需要开发一个高效的步态数据采集平台，建立多维度的老年人步态数据库，并基于该数据库利用深度学习技术构建精准的早期筛查诊疗模型，最终提高康复治疗的效果。

问题分析与解决方案

项目面临的主要技术挑战是如何高效且精准地采集老年人的步态数据，并构建适合老年人的步态数据库。老年人的步态数据受到多种因素的影响，包括身体健康状况、体型差异、步态习惯等。因此，我们需要设计一套适应个体差异的步态采集系统，并确保采集的数据准确且高效。更进一步，在数据采集之后，如何运用人工智能技术对这些数据进行深入分析，提取出具有医学意义的特征，并用于疾病早期筛查和康复评估，是另一个亟待解决的问题。

综合运用所学知识解决问题

作为机械电子工程专业的研究生，我深知机械设计与电子控制系统的紧密结合在步态分析系统中的重要性。首先，我在项目中负责了步态数据采集平台的设计与优化。为了实现老年人步态的精准捕捉，我使用了GRAIL（实时运动分析与训练交互实验室）平台，该平台能够实时采集步态数据，并通过动作捕捉系统获取下肢的关节角度、关节力矩、肌电信号等多维度信息。在此基础上，我应用了传感器技术，设计了适合老年人使用的步态采集装置。由于老年人群体的身体条件与年轻人有所不同，特别是在关节活动度和肌肉力量方面，我们对传感器系统进行了适配调整，确保其能够在保证精度的前提下，避免对老年人身体造成不适。此外，系统的实时性要求非常高，我结合了嵌入式系统技术，确保数据采集系统能够在不间断的运动中，准确同步记录每一个步态周期的数据。

数据处理与特征提取

在步态数据采集完成后，如何从这些复杂的原始数据中提取出有效的医学特征，是我们面临的另一个挑战。为了确保步态数据能够用于精准的疾病筛查和康复效果评估，我运用了数据分析和信号处理技术。

具体而言，运用了运动学和动力学原理，对步态数据进行了深入分析。在这个过程中，我需要计算出步态的时间和空间特征，如步频、步长、步态对称性等。这些特征对老年人是否存在步态异常、下肢运动功能障碍等问题具有重要的判断意义。通过对不同步态数据的时空分布进行统计分析，我能够将其转化为可以输入到机器学习模型中的特征数据，为后续的疾病筛查和康复评估模型提供支持。

深度学习模型的应用

在数据处理和特征提取之后，我参与了基于深度学习技术的步态分析模型的开发。为了能够有效地利用步态数据进行疾病早期筛查，我结合了人工智能中的深度神经网络（DNN）和卷积神经网络（CNN）技术，开发了一个步态异常识别模型。该模型通过对健康老年人和患有下肢运动障碍的老年人步态数据的训练，能够在输入新的步态数据时，自动判断其是否存在异常，并给出相应的诊断建议。

此外，我还结合了迁移学习技术，通过对已标注的大量步态数据进行预训练，并在不同患者的步态数据上进行微调，从而提高模型对不同患者的适应性和准确性。这种深度学习模型不仅能够在实时数据采集过程中进行有效分析，还能够为后续的康复治疗方案提供精准的指导。

个性化康复评估与反馈机制

通过步态数据库和深度学习模型的结合，我们不仅能够为老年人提供精准的疾病筛查，还能

够根据步态数据为其量身定制个性化的康复方案。在这一过程中，我利用控制理论和机器人学的知识，设计了一种基于步态数据的智能反馈系统。该系统通过实时监测患者的步态变化，结合康复专家的治疗建议，自动调整康复设备（如康复机器人）的工作模式和参数，帮助患者在治疗过程中更好地恢复下肢功能。

解决方案的优势与效果

通过以上技术手段的综合应用，我们成功实现了一个精准、高效的老年人步态数据库和疾病筛查模型。该系统不仅能够实时采集和分析老年人的步态数据，还能够为康复治疗提供个性化的反馈，显著提升了老年人康复治疗的效率。患者通过定期评估，能够及时调整治疗方案，避免了过度治疗或治疗不足的问题，最终实现了康复效果的最大化。

(二) 取得的业绩(代表作)【限填3项, 须提交证明原件(包括发表的论文、出版的著作、专利证书、获奖证书、科技项目立项文件或合同、企业证明等)供核实, 并提供复印件一份】

1. 公开成果代表作【论文发表、专利成果、软件著作权、标准规范与行业工法制定、著作编写、科技成果获奖、学位论文等】

成果名称	成果类别 [含论文、授权专利(含发明专利申请)、软件著作权、标准、工法、著作、获奖、学位论文等]	发表时间/ 授权或申请时间等	刊物名称/ 专利授权或申请号等	本人排名/ 总人数	备注
Design and Control of a Novel Underactuated Soft Exosuit	会议论文	2023年10月11日	International Conference on Intelligent Robotics and Applications	2/5	
一种基于串联柔弹性体驱动单元的柔性外骨骼机器人及其控制方法	发明专利申请	2023年01月03日	申请号: 202211193128.5	2/8	
一种基于近红外脑功能成像的下肢康复训练系统及方法	发明专利申请	2023年06月06日	申请号: 202310177518.1	2/8	

2. 其他代表作【主持或参与的课题研究项目、科技成果应用转化推广、企业技术难题解决方案、自主研发设计的产品或样机、技术报告、设计图纸、软课题研究报告、可行性研究报告、规划设计方案、施工或调试报告、工程实验、技术培训教材、推动行业发展中发挥的作用及取得的经济社会效益等】

(三) 在校期间课程、专业实践训练及学位论文相关情况	
课程成绩情况	按课程学分核算的平均成绩： 90 分
专业实践训练时间及考核情况(具有三年及以上工作经历的不作要求)	累计时间： 1 年（要求1年及以上） 考核成绩： 84 分
本人承诺	
个人声明：本人上述所填资料均为真实有效，如有虚假，愿承担一切责任，特此声明！ 申报人签名：桂果鸿	

二、日常表现考核评价及申报材料审核公示结果

日常表现考核评价	非定向生由德育导师考核评价、定向生由所在工作单位考核评价： ☒优秀 ☐良好 ☐合格 ☐不合格 德育导师/定向生所在工作单位分管领导签字（公章）：  年 月 日
申报材料审核公示	根据评审条件，工程师学院已对申报人员进行材料审核（学位课程成绩、专业实践训练时间及考核、学位论文、代表作等情况），并将符合要求的申报材料在学院网站公示不少于5个工作日，具体公示结果如下： ☐通过 ☐不通过（具体原因： ） 工程师学院教学管理办公室审核签字（公章）： 年 月 日

浙 江 大 学 研 究 生 院
攻读硕士学位研究生成绩表

学号：22260401	姓名：桂梁鸿	性别：男	学院：工程师学院			专业：机械				学制：2.5年	
毕业时最低应获：26.0学分			已获得：29.0学分			入学年月：2022-09			毕业年月：		
学位证书号：				毕业证书号：				授予学位：			
学习时间	课程名称	备注	学分	成绩	课程性质	学习时间	课程名称	备注	学分	成绩	课程性质
2022-2023学年秋季学期	创新设计方法		2.0	通过	专业选修课	2022-2023学年冬季学期	智能装备设计制造		2.0	95	专业学位课
2022-2023学年秋季学期	工程伦理		2.0	88	专业学位课	2022-2023学年冬季学期	现代测试与控制技术		2.0	98	专业选修课
2022-2023学年秋季学期	工程技术创新前沿		1.5	93	专业学位课	2022-2023学年冬季学期	自然辩证法概论		1.0	87	公共学位课
2022-2023学年秋季学期	智能物联网与嵌入式应用		1.0	96	专业学位课	2022-2023学年春季学期	新时代中国特色社会主义思想理论与实践		2.0	88	专业学位课
2022-2023学年秋季学期	工程数值分析		2.0	90	专业选修课	2022-2023学年春季学期	研究生论文写作指导		1.0	91	专业选修课
2022-2023学年冬季学期	产业技术发展前沿		1.5	95	专业学位课	2022-2023学年夏季学期	海洋机电装备技术		2.0	93	专业选修课
2022-2023学年秋冬学期	研究生英语		2.0	90	专业学位课	2023-2024学年冬季学期	研究生英语应用能力提升		2.0	86	公共学位课
2022-2023学年秋冬学期	高阶工程认知实践		3.0	86	专业学位课		硕士生读书报告		2.0	通过	

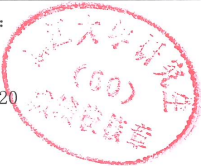
说明：1. 研究生课程按三种方法计分：百分制，两级制（通过、不通过），五级制（优、良、中、及格、不及格）。

2. 备注中“*”表示重修课程。

学院成绩校核章：

成绩校核人：张梦依

打印日期：2025-03-20





Design and Control of a Novel Underactuated Soft Exosuit

Wei Yang¹ , Lianghong Gui¹ , Luying Feng¹, Canjun Yang²,
and Qiaohuan Cao¹

¹ Ningbo Innovation Center, Zhejiang University, Ningbo 315100, China
qh_cao2023@163.com

² College of Mechanical Engineering, Zhejiang University, Hangzhou 310027, China

Abstract. Soft exosuit is widely researched to assist walking. Lacking of physical compliance in hip exosuits restricts wearing comfort of the system. This paper presents design and control of an underactuated hip exosuit with soft series elastic actuator (SSEA) that exhibits customized physical compliance. The actuation module is mounted on the backpack, and each motor is responsible for hip flexion and extension of one side. In high level control, a phase oscillator model was used for assistive force generation. In low level control, PID controllers were applied for flexion and extension forces tracking, respectively. Experimental results indicate the proposed hip exosuit can assist walking with physical compliance and provide suitable force at the accurate timing. This work enables studies of exosuits with underactuated mechanism and actuator with physical compliance to pave the way for application of wearable robots in real-world.

Keywords: Soft exosuit · Soft series elastic actuator · Under-actuated mechanism · Physical compliance · Walking assistance

1 Introduction

Wearable exoskeletons have great potential in enhancing human locomotion and walking efficiency by providing additional assistive forces required by the human body [1]. For a healthy user, portable and lightweight hip joint assistive devices are desirable and effective in reducing energy expenditure during human walking [2]. Current hip exoskeletons can be categorized into two main groups based on their structural design: anthropomorphic rigid structures and soft structures [3], among them, rigid structures are often bulky and face challenges such as mechanical joint limitations and misalignment with biological joints [4]. On the other hand, soft exosuits provide a reliable and comfortable means to enhance user mobility without restricting movement or introducing incompatible degrees

Research supported by Ningbo Science and Technology Innovation 2025 Project (No. 2020Z022 and 2020Z082), Ningbo Public Welfare Project (No. 2021S082), and Key Research and Development Project of Zhejiang Province (No. 2022C03029).

© The Author(s), under exclusive license to Springer Nature Singapore Pte Ltd. 2023
H. Yang et al. (Eds.): ICIRA 2023, LNAI 14269, pp. 564–575, 2023.
https://doi.org/10.1007/978-981-99-6489-5_46



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 115556071 A

(43) 申请公布日 2023. 01. 03

(21) 申请号 202211193128.5 B25J 13/08 (2006.01)

(22) 申请日 2022.09.28

(71) 申请人 浙江大学
地址 310058 浙江省杭州市西湖区余杭塘路866号

(72) 发明人 杨巍 桂梁鸿 杨灿军 余林繁
颜泽皓 冯陆颖 徐铃辉 刘晓健

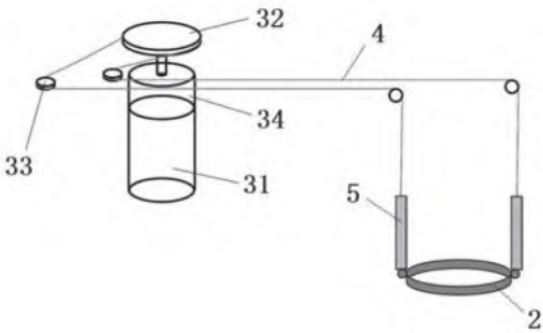
(74) 专利代理机构 杭州天勤知识产权代理有限公司 33224
专利代理师 周涛

(51) Int.Cl.
B25J 9/00 (2006.01)
B25J 9/12 (2006.01)
B25J 9/16 (2006.01)
B25J 13/00 (2006.01)

权利要求书1页 说明书7页 附图5页

(54) 发明名称
一种基于串联柔弹性体驱动单元的柔性外骨骼机器人及其控制方法

(57) 摘要
本发明公开了一种基于串联柔弹性体驱动单元的柔性外骨骼机器人,包括第一固定件和第二固定件,所述第一固定件上设置有驱动组件,所述驱动组件通过牵引拉线与所述第二固定件动力连接;所述驱动组件包括电机、与所述电机动力连接的绕线滑轮以及定滑轮组,所述牵引拉线绕置在所述绕线滑轮及所述定滑轮组上,牵引拉线的两端分别通过柔弹性拉力传感器连接到第二固定件上;本发明还公开了一种柔性外骨骼机器人的控制方法。本发明机器人具有柔软、重量轻、助力舒适的特点,能够很好地提升老年人步行能力,还可以用于存在肌力衰减人群的康复训练,另外还可以用于正常人群的行走助力,从降低肌肉激活程度的方面本质上减少人体在行走方面的肌力和能量消耗。





(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 116211656 A

(43) 申请公布日 2023. 06. 06

(21) 申请号 202310177518.1

(22) 申请日 2023.02.28

(71) 申请人 浙江大学

地址 310058 浙江省杭州市西湖区余杭塘路866号

(72) 发明人 杨巍 桂梁鸿 曹巧欢 颜泽皓
冯陆颖 余林繁 杨灿军 刘晓健

(74) 专利代理机构 杭州天勤知识产权代理有限公司 33224
专利代理师 周涛 胡红娟

(51) Int.Cl.

A61H 3/00 (2006.01)

A61B 5/1455 (2006.01)

权利要求书2页 说明书7页 附图6页

(54) 发明名称

一种基于近红外脑功能成像的下肢康复训练系统及方法

(57) 摘要

本发明公开了一种基于近红外脑功能成像的下肢康复训练系统,特征在于,包括下肢外骨骼机器人、数据采集设备和上位机;所述下肢外骨骼机器人包括腰部绑缚,所述腰部绑缚的两侧分别设置有依次连接的大腿杆、小腿杆和脚踏板,所述大腿杆、小腿杆和脚踏板相互之间均通过电机连接,以实现腿的髋、膝、踝关节的分别驱动;所述数据采集设备包括近红外光发射模块、光电转换接收模块、解调模块和控制模块,所述上位机用于获得康复训练评价指标并且运行人在回路优化算法;本发明还公开了一种基于近红外脑功能成像的下肢康复训练方法。本发明通过使用下肢康复外骨骼机器人来参与基于fNIRS的康复技术,实现康复训练的自动化、智能化。

