

柔性外骨骼机器人的现状及发展趋势

张勇 张松魁 肖陶康 李林 宋定安 齐维伟 冉浩

(贵州航天控制技术有限公司机器人总体部 贵州贵阳 550009)

摘要: 柔性外骨骼是一种人体可穿戴、智能化的机械装置,目的在人们背负、搬移重物时起到助力效果,在医疗、救援、军事等领域中均具有重要的作用。本文阐述了柔性外骨骼机器人的研究意义和国内外发展现状,以及对未来柔性外骨骼发展趋势进行了展望。

关键词: 可穿戴; 柔性外骨骼; 发展现状

1 引言

新时期军事作战环境发生深刻的变化,单兵装备不断融合与增加,单兵作战效能大为提升、负重也随之增加。在沉重负荷下,士兵难以开展灵活的运动,会导致士兵体力下降,身体机能变弱。为解决士兵携行负重问题,从2000年开始,美军开始从事“增强人体机能的外骨骼”(EHPA)项的研究,而后俄罗斯、法国、以色列、日本等国纷纷开展了外骨骼机器人技术研究。

目前,外骨骼技术的研究以刚性外骨骼为主,其可以提供较大的驱动力,但较重的外骨骼通常带来成本的增加,并对穿戴者的关节运动产生影响。随着材料及能源技术的发展,柔性外骨骼技术因其重量轻、轻便灵活的特点逐渐成为研究趋势,可有效提升单兵的搬移托举能力、承载携行能力和快速机动能力。

2 国内外现状

2.1 国外现状

2.1.1 ONYX

2018年美国陆军纳提克士兵研究、开发和工程中心(NSRDEC)投资洛克希德马丁公司690万美元用于开展“未来可增强士兵的体能的ONYX外骨骼”的研究。ONYX外骨骼同时使用了刚性与柔性组件。

ONYX外骨骼主要由大腿支撑杆、胫骨绑带和膝关节助力设备三部分组成。绑带位置选用宽度约3~5mm的柔性材料,可根据不同穿戴者的腿部尺寸进行调整。膝关节助力设备的轴线与人体下肢膝关节的轴线重合,大腿支撑杆与膝关节助力设备固定端相连、胫骨绑带与膝关节助力设备的转动端相连。膝关节电机驱动产生的转矩,可以通过绑带传递至穿戴者的下肢,辅助穿戴者进行膝关节的运动。

2.1.2 Autonomous exoskeleton

2014年,美国Dephy股份有限公司在美国国家科学基金会的支持下开展了自主式脚踝辅助外骨骼(Autonomous exoskeleton)的研究。

该外骨骼主要由三部分组成:一对连接到靴子上的玻璃纤维支撑杆,安装在小腿前端的单向驱动器以及腰带上的电池和控制系统。每个鞋子的两侧都有一个玻璃纤维支撑杆,杆件的两端位于矢状面内小腿的两侧,每根杆件均通过轻质不可伸展的绳索与鞋子的脚跟位置相连。当杆件的顶端受到沿着矢状面向前的拉力时,该作用力可近似等效为在踝关节位置施加一个力矩。

2.1.3 Soft Exosuit

哈佛大学WYSS生物启发工程研究所开发具有生物灵感的智能套装Soft Exosuit, Soft Exosuit将柔软的、功能性强的纺织物编织在智能衣服上,通过髋部和大腿周围的纺织物绑缚在穿戴者身上。穿戴者可以快速轻松地穿戴或脱下这种外骨骼服,并可根椐作战情况在外骨骼服的外面穿戴武器装备。通过生物学的设计,外骨骼服可以模仿人体运动中腿部肌肉与肌腱的运动效果,在不限制关节运动的条件下,提供人体运动所需的关节力矩。

2.1.4 SuperFlex

2016年,SRI International公司设计了柔性外骨骼SuperFlex,可以辅助增强肌肉的发力。SuperFlex与现有外骨骼的技术有所区别,看起来更像是潜水服和运动带的结合,Superflex包括外骨骼支架、外骨骼转化器、能量储存器和控制器。外骨骼支架采用了与肌肉运动相似的驱动方式,轻巧灵活,其产生的驱动力可以通过柔软舒适的外骨骼转化器传递至穿戴者的身体上。SuperFlex的柔性纺织品集成了先进的机器人技术,可以模仿人体的生物力学,减少了体积与质量,并

消除其对穿戴者的关节运动产生的影响。

2.2 国内现状

我国在穿戴式外骨骼研制方面起步较晚,2004年后国内一些院校和科研院所才开始从事类似项目的研制。目前国内的研究方向分两个,一是以军事应用为背景,二是以医疗康复为背景。

北京理工大学联合贵州航天控制技术有限公司研制了一款柔性助力外骨骼机器人,采用的集成化伺服系统仅重2.8kg,基于仿生设计的膝关节机构融合助力与保护功能,搭配了柔性固定织衣,系统重量8kg,连续行走时间4小时,行走速度5.5km/h。

中科院深圳先进技术研究院智能仿生研究中心研制了一款医疗康复柔性外骨骼机器人,系统重量4kg,通过膝盖和髋关节位置的驱动系统带动人体腿部运动,实现行走助力。

浙江大学流体传动与控制国家重点实验室研制了上肢柔性外骨骼系统ZJUESA、下肢运动康复外骨骼以及下肢助力外骨骼。研究人员其采用神经网络控制理论基于人体足部传感器的压力识别人体运动意图,有效实现了外骨骼对人的助力。

电子科技大学机器人研究中心研制了助行外骨骼机器人,该外骨骼机器人由电驱关节、机械连杆、智能鞋、腰部支撑及绑缚附件等组成,通过外骨骼传感器(EEG/EMG/IMU)感知人体运动意图。

4 发展趋势

4.1 向高集成轻量化方向发展

为满足单兵穿戴的舒适性、协调性、能够适应长时/长途负重行军需求,柔性外骨骼系统向基于仿生设计的高集成、轻量化方向发展,通过系统一体化集成设计、轻型复合材料应用、结构功能拓扑优化设计、模块化接口设计,持续提升系统集成度、轻量化、快速穿戴等技术指标。

4.2 运动意图预测向基于数据库的人工智能方向发展

目前大部分外骨骼系统采用经过滤波处理的力/位传感、肌电信号作为人体运动意图识别与预测的依据,由于人体运动与步态特征的差异性,导致穿戴外骨骼行走过程中人机交互力大、穿戴舒适性差等,外骨骼运动预测向基于向基于数据库的人工智能方向发展,建立人体运动模型数据库,基于穿戴者运动特征在线识别匹配最优模板,同时在线持续进行模型修正,最终完成穿戴者独有的、最佳的运动模型,提升运动意图预测准确性。

4.3 伺服驱动与控制向柔顺性方向发展

外骨骼机器人主流驱动方式为液压或电动,在传力过程中存在缓冲较差的问题,造成机械振动,从而影响人机系统的稳定性。为满足人机一体行走过程的柔顺性和穿戴舒适性,许多机构纷纷开展基于串联弹性驱动(SEA)结构设计与柔顺控制技术研究,串联弹性驱动与系统结构集成、基于穿戴者运动特征模型的柔顺控制为主流发展方向。

5 结语

随着人工智能、新材料、生物技术等不断发展,柔性外骨骼机器人的研究将向着智能化、高集成轻量化、穿戴舒适化方向不断创新。目前国外的柔性外骨骼机器人技术已经有了一定的研究结果,而国内研究尚在起步阶段,未来柔性外骨骼机器人将在医疗、消防、军事等领域大有作为。

参考文献:

- [1] 张佳帆 陈鹰 杨灿军 编著. 柔性外骨骼机器人智能系统. 北京: 科学出版社; 2011.
- [2] 李会营 王惠源 张鹏军等. 外骨骼机器人发展趋势研究[J]. 机械工程师, 2011(8):9-10