

关于康复训练及辅助行走外骨骼装置的设计与研究

杨明钦 方涛* 陈正远 李雨涵 田晓娜 艾悦

长春大学机械与车辆工程学院 吉林长春 130022

摘要 社会上腿脚不便的老年人和腿部伤残人士，能够使用腿脚独立出行，已经成了他们内心的奢求。虽然目前市场上出现了一些行走使用的辅助工具，但仍然对使用者的独立性具有很高的要求。该研究以机械外骨骼为主要的的设计模型，通过蜗杆-齿轮组减速机构，在原动件步进电机的驱动下，实现辅助关节部位的转向，带动下肢的自然抬高与行走。同时我们加入了电路控制部分，能够精准的控制外骨骼的运动，进而使使用者出行更加便利，减少危险。

关键词 辅助行走；康复训练；外骨骼；助老；助残

一、项目背景

1. 国家老龄化趋势的增长

2000年，我国65岁及以上人口比重达到7.0%，0—14岁人口比重为22.9%，老年型年龄结构初步形成，中国开始步入老龄化社会。2018年，我国65岁及以上人口比重达到11.9%，0—14岁人口占比降至16.9%，人口老龄化程度持续加深。同时，老年人更加重视健康。相关数据见图1.1-1

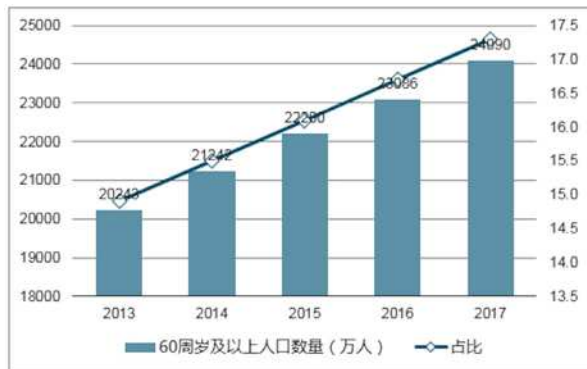


图 1.1-1 中国老龄化数据分析

2. 医疗器械行业的快速发展

伴随着经济的快速发展，我国医疗器械行业发展迅速，中国医疗器械行业正处于快速发展期。就2016年我国医疗仪器及器械出口总额93.63亿美元，年均复合增长率约为23.89%。相关数据见图1.2-2



图 1.2-1 中国医疗器械市场规模图

二、技术与产品

1. 工作原理

如图2.1-1所示的三维样机模型，其以机械外骨骼为主要设计框架，并在此基础上加入了电控调节机构，通过传感器的反馈与调节，以达到人机交互的目的。

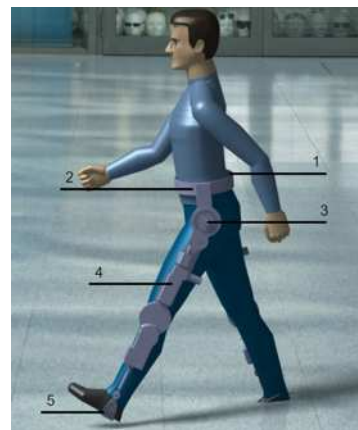


图 2.1-1 样机三维模型图

以下为部分关键结构介绍：

(1) 外骨骼装置关节

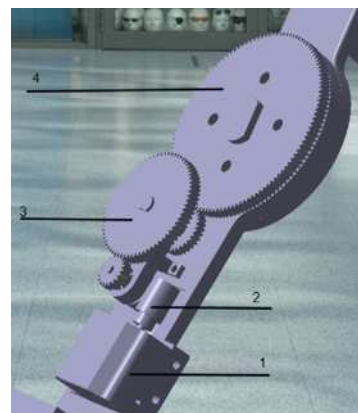


图 2.1-2 外骨骼装置关节

外骨骼装置关节如图 2.1-2 所示。关节处采用步进电机配合压力传感器（位于脚部）进行控制，核心控制板为 stm32 单片机，通过感知老人的抬腿动作，从而驱动步进电机 1 转动。步进电机输出扭矩通过蜗杆减速机构 2 与高、低速齿轮减速机构 3、4 进行调节放大，以达到一定的承重和驱动要求，从而达到辅助行走的目的。

(2) 高度调节器

如图 2.1-3 所示。使用减速电机 4 通过联轴器 3 驱动丝杆调节机构 2 运动，从而实现调节外骨骼的高度，可适合 165-185cm 身高的人群使用。

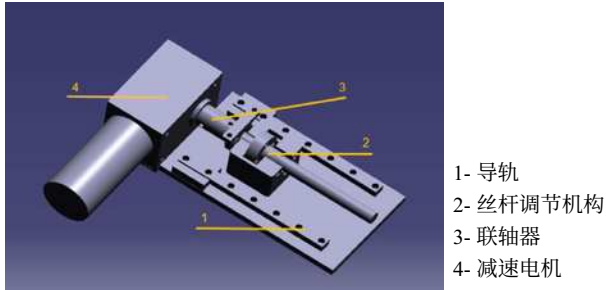


图 2.1-3 高度调节器

(3) 控制单元



图 2.1-4 控制方案示意图

HX711 是一款专为高精度称重而设计的 24 位 A/D 转换器芯片。Hx711 将压力传感器模块采集到的数据转化为电信号传输给 stm32，stm32 分析得到的数据，当压力达到设定值时，stm32 发出控制信号控制步进电机旋转，驱动关节转动。

参考文献

- [1] 国家统计局人口司. 人口总量平稳增长 人口素质显著提升——新中国成立 70 周年经济社会发展成就系列报告之二十 [M]. 国家统计局, 2019.
- [2] 郑晨. 2020 年医疗器械行业现状及前景分析 [M]. 前瞻产业研究院. 2020.
- [3] 罗定吉, 高学山, 李健, 张鹏飞. 下肢外骨骼康复机器人轨迹跟踪控制 [J]. 广西科技大学电气与信息工程学院, 北京理工大学机电学院, 广西科技大学机械与交通工程学院. 兵工自动化. 2020 年 11 期: 87-91.
- [4] 谢哲东, 向美琦, 姜立民. 人体负重下肢助力机械外骨骼结构设计与运动学仿真 [J]. 吉林农业大学工程技术学院. 机械设计与制造. 2020 年 10 期: 21-24.
- [5] 明子微, 干静, 罗文雪, 王名祺. 有源外骨骼绑缚系统安全性与舒适性设计探究 [J]. 四川大学机械工程学院. 设计. 2020 年 18 期: 134-136.

2. 结构材料与加工

主体采用碳纤维材料，在保证整体结构强度和稳定性的要求下，还提供了较为轻便的框架结构，同时条纹化的碳纤维外壳还能提供一定的工艺美感。

由于该外壳表面形状变化多，我们对其模具采用快速原型技术（现多称 3D 打印技术）来进行制造加工，再进行打磨至 Ra3.2，达到所要求的粗糙度。内部零件，对于齿轮，蜗轮蜗杆等受磨损较大的零件，使用 45 号钢铣削加工。而关节部分的防护盖只需使用 3D 打印技术进行制造即可。

3. 项目创新优点

(1) 应用人群及场所广泛。由于有两种模式可调，所以可以应用到腿脚活动不变或老人身上辅助其行走及其康复训练上。该产品可大量投放于养老院、医院等场所。

(2) 产品在保证美观的同时，融入科技元素。本装置研究科目广泛，融合了运动生理学、人机工程学、机械设计、可穿戴计算、通信以及人工智能等学科内容。并且在腿部加入了可收缩的机械结构，达到可以适应不同身高的使用者的使用需求，没有特殊要求，无需定制。

三、结语

对老人的关怀和爱护是一条很漫长的道路，同时科技飞速发展，造福的终将是人类。在这个老龄化进程飞速的今天，辅助类外骨骼设备在养老行业的应用不仅缓解了子女及护理人员的工作负担，在一定程度上还可以及时满足老人的各种自我需求；在助残方面将弥补残疾人的身体缺陷，充当腿脚不便人的双腿，为他们适应生活提供便利和协助。我们团队的理念就是希望所有因腿部原因而无法行走的人们，能够从新迈开步伐，走向美好的明天！

项目来源：吉林省长春大学国家级大学生创新创业项目（编号：2020GJ005）