



## (12)实用新型专利

(10)授权公告号 CN 211066621 U

(45)授权公告日 2020.07.24

(21)申请号 201920712490.6

B25J 9/00(2006.01)

(22)申请日 2019.05.17

B25J 9/16(2006.01)

B25J 19/02(2006.01)

(73)专利权人 浙江大学城市学院

地址 310015 浙江省杭州市拱墅区湖州街  
51号

(ESM)同样的发明创造已同日申请发明专利

(72)发明人 潘树文 李媛媛 李威燃 严建伟  
马徐峰

(74)专利代理机构 杭州求是专利事务所有限公  
司 33200

代理人 应孔月 邱启旺

(51)Int.Cl.

A61B 5/103(2006.01)

A61B 5/11(2006.01)

A61H 1/02(2006.01)

A61H 3/00(2006.01)

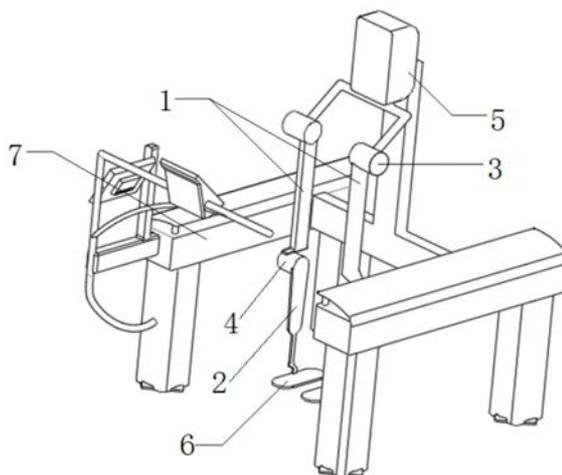
权利要求书1页 说明书5页 附图3页

### (54)实用新型名称

一种用于配合运动辅助下肢外骨骼进行人体位置调整的智能机械架

### (57)摘要

本实用新型公开了一种用于配合运动辅助下肢外骨骼进行人体位置调整的智能机械架。智能机械架包括XYZ三轴运动平台、姿态检测传感器模块、单片机模块，姿态检测传感器模块包括用来检测被穿戴者的脚踩力的左脚脚底压力检测模块与右脚脚底压力检测模块；机械架传感器模块主要由用于获取穿戴者的重心沿Z轴方向高度变化的数据的超声波传感器、用于测量穿戴者的重心沿X轴方向的位移的第一位移传感器和用于测量穿戴者的重心沿Y轴方向的位移的第二位移传感器构成；传感器的数据都传递到单片机模块，XYZ三轴运动平台受控于单片机模块。极大的减轻了患者穿戴外骨骼时的负担，使得患者具有足够空间进行穿戴。



1. 一种用于配合运动辅助下肢外骨骼进行人体位置调整的智能机械架,其特征在于,包括:XYZ三轴运动平台、姿态检测传感器模块、单片机模块,下肢外骨骼的髁部固定在XYZ三轴运动平台上,所述姿态检测传感器模块包括用来检测被穿戴者的左脚踩力的左脚脚底压力检测模块、用来检测被穿戴者的右脚踩力的右脚脚底压力检测模块、机械架传感器模块;单片机模块包括相连的外骨骼单片机与机械架单片机;

所述左脚脚底压力检测模块与右脚脚底压力检测模块均与外骨骼单片机相连;

所述机械架传感器模块主要由用于获取穿戴者的重心沿Z轴方向高度变化数据的超声波传感器、用于测量穿戴者的重心沿X轴方向的位移的第一位移传感器和用于测量穿戴者的重心沿Y轴方向的位移的第二位移传感器构成,超声波传感器、第一位移传感器和第二位移传感器均与外骨骼单片机相连;

XYZ三轴运动平台受控于机械架单片机,机械架单片机与外骨骼单片机相连。

2. 根据权利要求1所述的一种用于配合运动辅助下肢外骨骼进行人体位置调整的智能机械架,其特征在于,所述左脚脚底压力检测模块与右脚脚底压力检测模块均由若干力敏传感器构成。

3. 根据权利要求2所述的一种用于配合运动辅助下肢外骨骼进行人体位置调整的智能机械架,其特征在于,所述力敏传感器布置于前脚掌区域、后足区域两个区域。

## 一种用于配合运动辅助下肢外骨骼进行人体位置调整的智能机械架

### 技术领域

[0001] 本实用新型主要涉及外骨骼机器人等领域,尤其涉及一种用于配合运动辅助下肢外骨骼进行人体位置调整的智能机械架。

### 背景技术

[0002] 多传感器获取信息能够提高系统数据的可靠性,提高信息精度。配合智能机械架使用的外骨骼机器人配备多种传感器,能够更加准确地检测出人体所处的步行状态,配合机械架使用,提高了外骨骼使用的安全性与舒适性。目前大多数外骨骼均配合辅助支撑结构使用,以维持安全性和稳定性,但目前的辅助支撑结构基本采用顶部绳索拉拽结构,舒适性差,稳定性不高,而且无法进行实时自动调整,对患者的康复训练造成了一定的障碍,一定程度上减弱了训练的康复效果。

### 实用新型内容

[0003] 针对上述不足,本实用新型提供了一种用于配合运动辅助下肢外骨骼进行人体位置调整的智能机械架,解决了运动康复训练过程中难以及时准确调整身体位姿的问题。

[0004] 本实用新型协助患者穿戴外骨骼及步态训练过程,减轻患者的训练负担,结构简单,价格低廉,易于推广。

[0005] 本实用新型所采用的技术方案如下:一种用于配合运动辅助下肢外骨骼位置调整的智能机械架,包括:XYZ三轴运动平台、姿态检测传感器模块、单片机模块等,下肢外骨骼的髌部固定在XYZ三轴运动平台上,所述姿态检测传感器模块包括用来检测被穿戴者的左脚踩力的左脚脚底压力检测模块、用来检测被穿戴者的右脚踩力的右脚脚底压力检测模块、机械架传感器模块;单片机模块包括相连的外骨骼单片机与机械架单片机;所述左脚脚底压力检测模块与右脚脚底压力检测模块均与外骨骼单片机相连;所述机械架传感器模块主要由用于获取穿戴者的重心沿Z轴方向高度变化数据的超声波传感器、用于测量穿戴者的重心沿X轴方向的位移的第一位移传感器和用于测量穿戴者的重心沿Y轴方向的位移的第二位移传感器构成,超声波传感器、第一位移传感器和第二位移传感器均与外骨骼单片机相连;XYZ三轴运动平台受控于机械架单片机,机械架单片机与外骨骼单片机相连。

[0006] 进一步的,所述左脚脚底压力检测模块与右脚脚底压力检测模块均由若干力敏传感器构成。

[0007] 进一步的,所述力敏传感器布置于前脚掌区域、后足区域两个区域。

[0008] 相对于现有技术,本实用新型具有以下有益效果:

[0009] (1) 此智能机械架通过足底压力的变化判断步态阶段,此过程可以实时进行,使得患者的姿态可以及时改变,配合外骨骼进行使用,更加接近真实人体步态运动状态,训练效果更佳;

[0010] (2) 此智能机械架并未采用常见的顶部拉拽式结构,而是采用更加稳定的四脚支

撑结构,同时患者的运动康复训练过程更加舒适。

### 附图说明

- [0011] 图1为智能机械架结构图;
- [0012] 图2为使用流程图;
- [0013] 图3为力敏传感器布局图;
- [0014] 图4为重心高度变化曲线图;
- [0015] 图5为重心Y轴方向变化曲线图。

### 具体实施方式

[0016] 这里将详细地对示例性实施例进行说明,其示例表示在附图中。下面的描述及附图时,除非另有表示,不同附图中的相同数字表示相同或相似的要素。以下示例性实施例中所描述的实施方式并不代表与本实用新型相一致的所有的实施方式。相反,它们仅是与如所附中权利要求书中所详述的,本实用新型的一些方面相一致的装置的例子。本说明书的各个实施例均采用递进的方式描述。

[0017] 需要说明,本实用新型实施例中所有方向性指示(诸如上、下、左、右、前、后……)仅用于解释在某一特定姿态(如附图所示)下各部件之间的相对位置关系、运动情况等,如果该特定姿态发生改变时,则该方向性指示也相应地随之改变。

[0018] 另外,在本实用新型中涉及“第一”、“第二”等的描述仅用于描述目的,而不能理解为指示或暗示其相对重要性或者隐含指明所指示的技术特征的数量。由此,限定有“第一”、“第二”的特征可以明示或者隐含地包括至少一个该特征。另外,各个实施例之间的技术方案可以相互结合,但是必须是以本领域普通技术人员能够实现为基础,当技术方案的结合出现相互矛盾或无法实现时应当认为这种技术方案的结合不存在,也不在本实用新型要求的保护范围之内。

[0019] 本实用新型提供一种用于配合运动辅助下肢外骨骼位置调整的智能机械架,包括XYZ三轴运动平台、姿态检测传感器模块和单片机模块,

[0020] 所述XYZ三轴运动平台的机架采用型材框架,呈龙门状,XYZ三轴的移动采用滚珠丝杠传送方式,从而具有良好的结构和传动稳定性。

[0021] 如图1所示,下肢外骨骼的髌部固定在XYZ三轴运动平台7上,实现根据足底压力传感器数据自动调节机械架的高度,从而调整使用者双腿承受的压力功能,同时可以固定在双杠及跑步机等机构上。人体下肢关节主要为踝关节、膝关节、髌关节三个关节,其中,髌关节活动能力强,活动范围大;膝关节是最复杂的关节,主要承担人体重量并进行大量运动,踝关节的主要功能为负担人体整体重量,因此,踝关节处不需要设计自由度与提供动力,而膝关节与髌关节需要设计自由度及提供动力。对人体下肢骨骼进行简化,得到人体下肢的运动模型,采用人体工程学进行外骨骼设计,其内容主要为人体结构尺寸和功能尺寸,操作装置等,主要涉及外骨骼大腿,小腿,关节等处的设计。故外骨骼结构主要包括大腿1、小腿2、髌关节3、膝关节4、背包5和足底6,大腿1和小腿2即代替人体大腿小腿骨骼的连杆结构,髌关节3位于背包5与大腿1连接处,膝关节4位于大腿1与小腿2连接处,足底6固定在小腿2的下端,髌关节3和膝关节4处采用大功率电机实现关节屈曲功能,背包5位于整个外骨

骼结构的最上方,用于放置供电装置等。

[0022] 所述姿态检测传感器模块包括左脚脚底压力检测模块与右脚脚底压力检测模块以及机械架传感器模块;单片机模块包括相连的外骨骼单片机与机械架单片机。

[0023] 所述左脚脚底压力检测模块与右脚脚底压力检测模块用来检测被穿戴者的脚踩力,并将脚踩力传递给外骨骼单片机;

[0024] 所述机械架传感器模块主要由超声波传感器、第一位移传感器、第二位移传感器构成,超声波传感器用于获取穿戴者的重心沿Z轴方向高度变化的数据,并将数据传递给外骨骼单片机;第一位移传感器用于测量穿戴者的重心沿X轴方向的位移,第二位移传感器用于测量穿戴者的重心沿Y轴方向的位移,并将数据传递给外骨骼单片机;

[0025] XYZ三轴运动平台受控于机械架单片机,机械架单片机根据外骨骼单片机传输而来的数字信号驱动XYZ三轴运动平台运动。

[0026] 外骨骼单片机与机械架单片机均选用STM32F103RCT6,其具有1 $\mu$ s的双12位ADC,4兆位/秒的UART,18M/s的SPI,18MHz的I/O翻转速度,并在72MHz时消耗36mA(所有外设处于工作状态),待机时下降到2 $\mu$ A,降低功耗,同时具有复位电路、低电压检测、调压器、精确的RC振荡器等。这里利用STM32来对传感器模拟信号转换成数字信号,最终将来不同部位传感器的数据信息进行融合,综合判断人体的状态,并作出相应动作。

[0027] 所述左脚脚底压力检测模块与右脚脚底压力检测模块均由若干力敏传感器构成,所述力敏传感器布置于前脚掌区域、后足区域两个区域。力敏传感器选择FSR402作为测量元件。当来自于外界的压力作用在力敏传感器的感应区时,FSR402的阻值会发生变化。且随着外界作用力的增大,FSR402的阻值会减少。FSR402提供两个输出引脚,通过外接电路的分压原理将压力值转换为电压值进行测量,压力信号测量电路将足底压力引起的FSR电阻的变化转换为电压信号,输出到外骨骼单片机完成数据采集。

[0028] 第一位移传感器和第二位移传感器是一种金属感应线性器件,能够将位移量转换为电量,位移传感器采用Kyowa DTP-D-S电位器式位移传感器,阻值的变化量反映了位移的量值,阻值的增加或减小则表明了位移的方向,位移传感器将位移变化量转换为电信号,输出到外骨骼单片机完成测量,此种电位器结构简单,输出信号大,使用方便,价格低廉。

[0029] 如图2所示,上述一种用于配合运动辅助下肢外骨骼位置调整的智能机械架的使用方法包括如下步骤:

[0030] 步骤1:姿态检测传感器模块检测到脚底压力值及重心沿Z轴方向高度值;

[0031] 步骤2:外骨骼单片机接收姿态检测传感器模块检测到的数据,判断处于人体步态循环的何种阶段,在判断处于人体步行的何种阶段后,机械架单片机根据外骨骼单片机传输而来的数字信号驱动XYZ三轴运动平台调整重心在XYZ方向的位置;

[0032] 步骤3:调整重心在XYZ方向的位置后,超声波传感器、第一位移传感器和第二位移传感器实时将重心在XYZ方向的位置信息反馈给外骨骼单片机进行反馈控制,从而达到辅助外骨骼平衡的作用,以提高控制精度与准确性。

[0033] 经过大量实验测试与统计分析,大部分人走一步路可分解为七个状态,不断周而复始,通过分析比较可得出各个状态脚底各区域压力值的特征,可通过检测到的脚底压力情况分析人体所处的阶段,这七个阶段和特征分别是:

[0034] 状态1、右脚脚后跟着地,左脚前脚掌着地,左脚准备向前迈:

- [0035] 此时左脚的前脚掌区域检测到明显的压力,右脚的后足区域检测到明显的压力;
- [0036]  $F_{LA}=1 \&\& F_{RB}=1$
- [0037] 状态2、右脚完全着地,左脚即将离地处于摆动状态:
- [0038] 此时右脚的三个区域都检测到明显的压力,左脚的前脚掌区域检测到明显的压力;
- [0039]  $F_{LA}=1 \&\& F_R=1$
- [0040] 状态3、右脚完全着地,左脚脚后跟着地:
- [0041] 此时右脚的三个区域都检测到明显的压力,左脚的后足区域检测到明显的压力;
- [0042]  $F_{LB}=1 \&\& F_R=1$
- [0043] 状态4、左脚脚后跟着地,右脚前脚掌着地,右脚准备向前迈:
- [0044] 此时左脚的后足区域检测到明显的压力,右脚的前脚掌区域检测到明显的压力;
- [0045]  $F_{LB}=1 \&\& F_{RA}=1$
- [0046] 状态5、左脚完全着地,右脚即将离地处于摆动状态:
- [0047] 此时左脚的三个区域检测到明显的压力,右脚的前脚掌区域检测到明显的压力;
- [0048]  $F_L=1 \&\& F_{RA}=1$
- [0049] 状态6、左脚完全着地,右脚完全离地处于摆动状态:
- [0050] 此时左脚的三个区域检测到明显的压力,右脚的三个区域均无检测到明显的压力;
- [0051]  $F_L=1$
- [0052] 状态7、左脚完全着地,右脚脚后跟着地:
- [0053] 此时左脚的三个区域检测到明显的压力,右脚的后足区域检测到明显的压力;
- [0054]  $F_L=1 \&\& F_{RB}=1$
- [0055] 式中,  $F_L$  为人体的左脚脚底所受压力情况,  $F_R$  为人体的右脚脚底所受压力情况,  $F_{LA}$  为人体左脚脚底前脚掌区域所受压力情况,  $F_{LB}$  为人体左脚脚底后足区域所受压力情况,  $F_{RA}$  为人体右脚脚底前脚掌区域所受压力情况,  $F_{RB}$  为人体右脚脚底后足区域所受压力情况。
- [0056] 判断处于人体步态循环的何种阶段具体步骤如下:左脚脚底压力检测模块与右脚脚底压力检测模块将所测压力数据传送至外骨骼单片机中,对两脚之间的压力数据进行融合,用来判断人体脚底检测的压力值,左右两脚共计十个力敏传感器(L1~L5和R1~R5),各分为三个区域,左脚为L<sub>A</sub>、L<sub>B</sub>、L<sub>C</sub>,右脚为R<sub>A</sub>、R<sub>B</sub>、R<sub>C</sub>,如图3所示,力敏传感器接上放大电路后连接到外骨骼单片机上,检测到的为模拟信号,外骨骼单片机通过自带的模数转换器将电信号转换成数字信号,当压力值大于设定阈值P时,人体脚底某区域则接触到地面,当检测到的压力值小于设定阈值P时,则判断人体脚底某区域脱离地面。
- [0057] 所述机械架单片机根据外骨骼单片机传输而来的数字信号驱动XYZ三轴运动平台调整重心在XYZ方向的位置,具体调整如下:
- [0058] 研究表明,人体在步行过程中,在垂直方向,每一个步态周期中身体重心可由两个完整的正弦波描述,重心位置最低点发生于步态周期的5%和55%,最高点发生在步态周期的30%和80%,如图4所示,通过判断处于人体步态周期何种阶段后,人体的重心高度变化  $y_1$  由正弦函数描述,进而由机械架单片机转化为数字信号驱动XYZ三轴运动平台沿Z轴移动;

[0059]  $y_1 = 2.5 \sin[\pi(x-0.05)] + 2.5$  (x为步态周期百分数)；

[0060] 人体重心的Y轴方向转移 $y_2$ 也可由正弦波描述,重心右侧最远点发生在步态周期的30%,左侧最远点发生在步态周期的80%,如图5所示,其中行走过程中,人体重心高度变化约为 5cm,Y轴方向变化约为4cm,外骨骼行走步长约为15cm,进而由机械架单片机转化为数字信号驱动XYZ三轴运动平台沿Z轴移动;

[0061]  $y_2 = 2 \sin[\pi(x-0.3)]$ 。

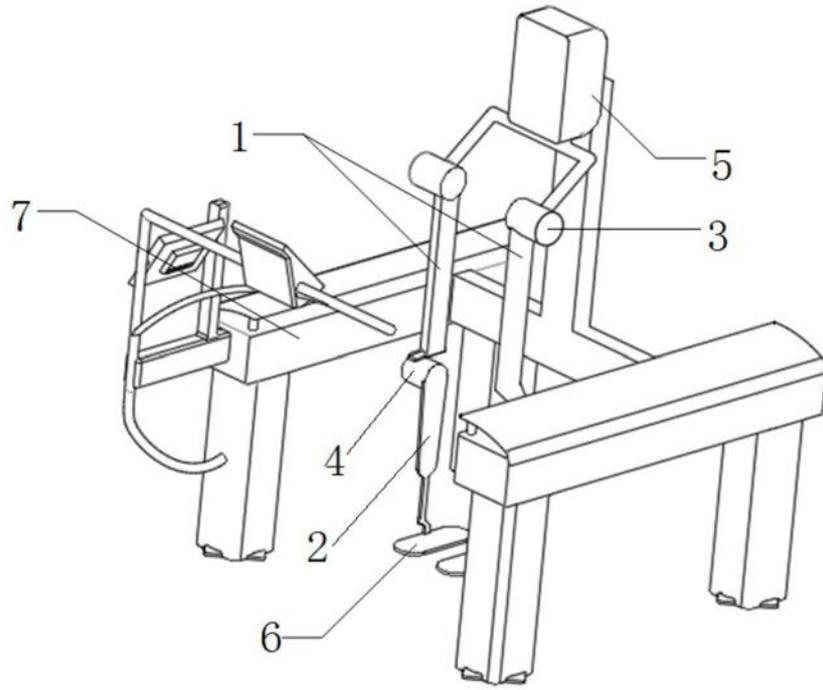


图1

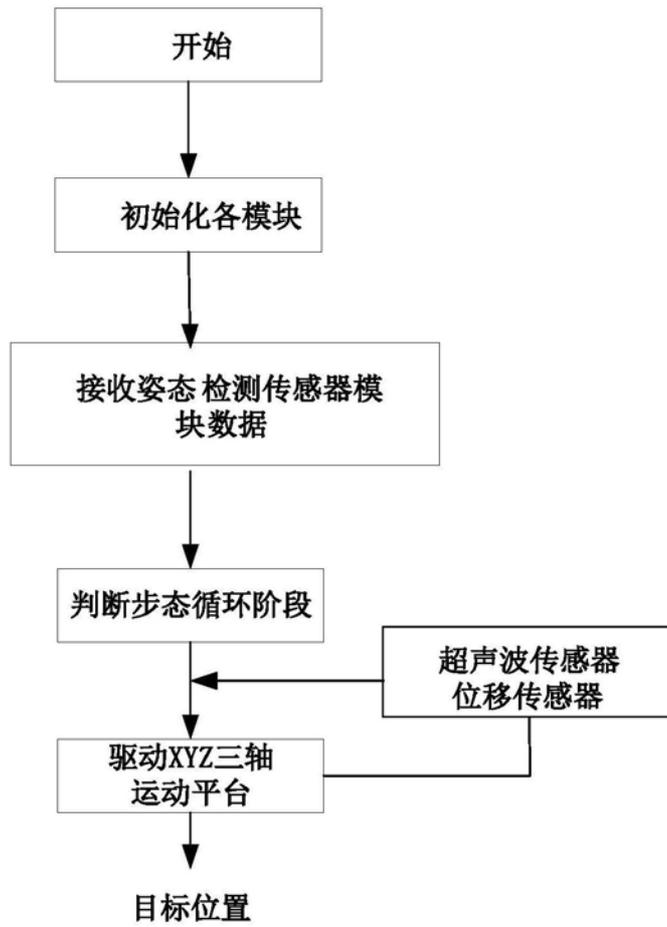


图2

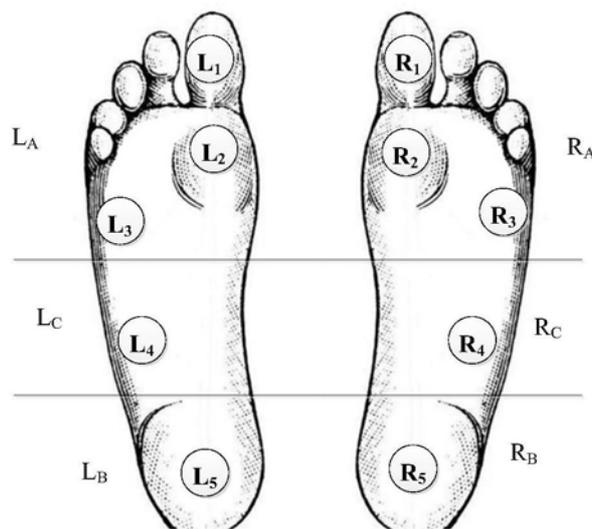


图3

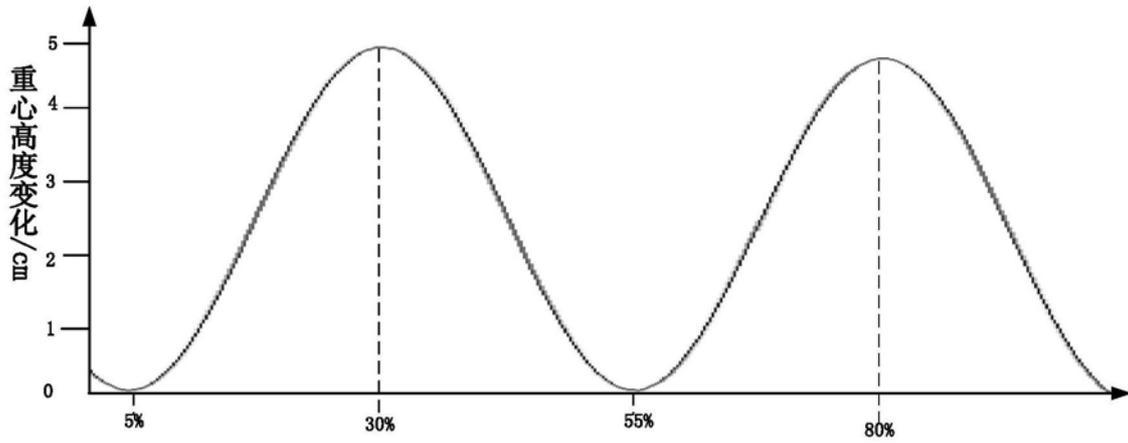


图4

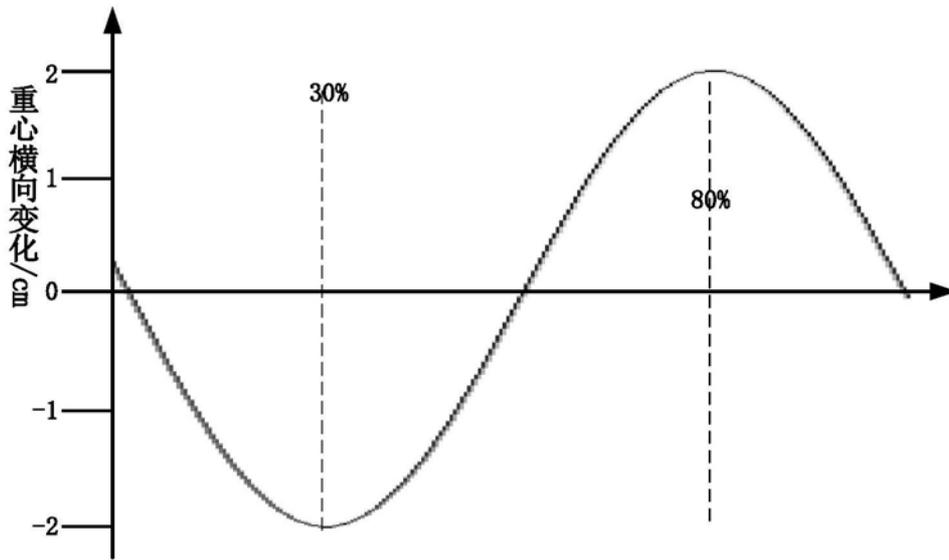


图5