

电动智能脚踏车设计研究

刘 奇 陈艳军 姚 鑫 卢雅倩

(沈阳城市建设学院, 辽宁 沈阳 110167)

摘 要 老年人是一种弱势群体, 在生活中有诸多不便。在人性化设计思想的影响下, 注重“以人为本”的设计理念, 让社会更为广泛的关注到老年人这类弱势群体, 满足他们的生理及心理需求, 从而提高家居生活的质量。因此, 逐步去探索, 去了解他们在家中的生活状况, 同时为他们及其家庭成员设计一款全方位的智能运动设备整合设计的想法应运而生, 以此去改善老年人的生活需求、生活品质, 降低家庭生活的压力。

关键词 老年人 电动智能脚踏车 以人为本 设计计算

中图分类号: U266.2

文献标识码: A

文章编号: 1007-0745(2021)02-0013-03

1 设计的目的和意义

现代社会中, 随着老年人的人口比重的增加, 一些专门给老年人用来身体锻炼的器材也越来越多, 在公园里或者小区中随处可见, 有椭圆机、健骑机、空中漫步等。可这些锻炼器材基本都是在露天环境中, 如果遇到阴天下雨, 就没法再出去进行锻炼, 尤其入冬之后, 会连续几个月低温或昼夜温差大, 这都不适合老年人的外出锻炼。尤其随着时间的推移, 老年人身体机能下降, 能坚持去室外锻炼的机会越来越少, 因此就需要一种专门用于老年人室内锻炼的器材。本产品就是为了解决老年人室内锻炼的问题而设计。

2 工作原理

本产品的工作原理就是用电机驱动脚踏车的脚轮, 并通过链传动带动手轮同步旋转, 用来主动带动老年人手脚同时运动, 达到锻炼身体的目的。在结构上看, 本产品包括脚轮结构设计部分、座椅前后移动结构设计部分、靠椅倾斜角度调节部分和电气控制部分^[1]。

2.1 脚轮部分结构设计

脚轮部分是设备的主要做功部分, 主要包括三部分传动:

1. 减速电机将动力传给脚轮轴: 该部分传动采用的是两个 1:1 的链轮传动完成, 脚轮轴获得的转速约为 30r/min (设备刚启动时, 可由调速器将转速调整到较低起步速度, 待老年人关节运动灵活之后, 在调整至适合运动的转速)。

2. 脚轮轴将动力传给手轮: 该部分传动采用的是两个 1:1 的链轮完成, 保证脚轮和手轮的完全同步。安装时还需要注意手轮和脚轮转动的协调性。

3. 脚轮将动力传给两侧的两个曲柄, 由曲柄带动踏板带动腿部完成椭圆运动。此处为该作品的创新处之一, 由类似椭圆机的踏板 (曲柄摇杆机构) 代替了传统的脚蹬式结构^[2]。现在市面上常见的脚蹬结构为了防止锻炼时打滑需要将老年人的脚步绑在脚蹬上, 这样一旦设备出现故障, 老人无法将脚步拿下, 可能会造成意外的危险。而该踏板结构老人可以将腿部放在踏板的任何位置, 都可以固定达到锻炼身体的目的。结构简图如图 1 所示。

该踏板结构在运动时任意一点的轨迹都是一个椭圆, 运动时竖直方向运动幅度小, 水平方向幅度大, 符合人体结构的运动机理。传统的脚蹬结构因为脚固定在脚蹬上, 脚的轨迹是圆周运动, 在竖直方向幅度过大, 容易造成不舒适感。

除此之外, 运动者可以将脚放在踏板的不同的位置, 踏板不同位置的幅度是不一样的, 越远离曲柄幅度越小, 锻炼者可根据自身情况自己调节脚部所放位置, 也就是运动的幅度。

2.2 座椅部分结构设计

座椅部分要实现的动作是可以调整与脚轮的相对距离, 由于设备使用者的身材各异, 高矮胖瘦都有可能, 这就需要座椅和脚轮的距离可调。传统的调整方法是使用手动调节, 位置的固定全靠螺纹压紧, 操作方便性和运动可靠性较差。

本产品采取的设计方案是电缸推动平行四边形结构带动座椅移动的形式, 动作原理如图 2 所示, 该结构有如下优点:

1. 采用电动推杆推动平行四边形结构, 可以方便、自动、连续地调整。使用者不必走下设备松紧螺栓调整, 只要按动控制箱上的按钮, 就可以使座椅向前或向后缓慢的移动。电缸的伸出速度为 5mm/s, 动作平稳, 自身自锁性能良好, 可靠性更高。

2. 座椅支架的平行四边形结构使得座椅在向后移动的同时也会有些许的升高, 相反, 再向前移动的同时也会有些许的下降。这个同步的变化正好符合人体运动整体的需求。如需要将座椅后移, 必然是因为使用者个子高, 而座椅同时升高的动作也正好符合了使用者个子高的特点, 在水平和数值方向上都符合了使用者的需求。

2.3 靠椅部分结构设计

靠椅倾斜角度可以调节的设计主要是考虑到使用者在同一个姿势运动时可能会感到疲惫, 因此可以将靠背自动的向后倾斜至 45 度左右, 这样可以使得运动时更加舒适。

传统的调节靠椅角度的结构依然是靠手动调节, 找好后位置后用螺栓紧固。操作繁琐, 当螺栓结构有所松动时还

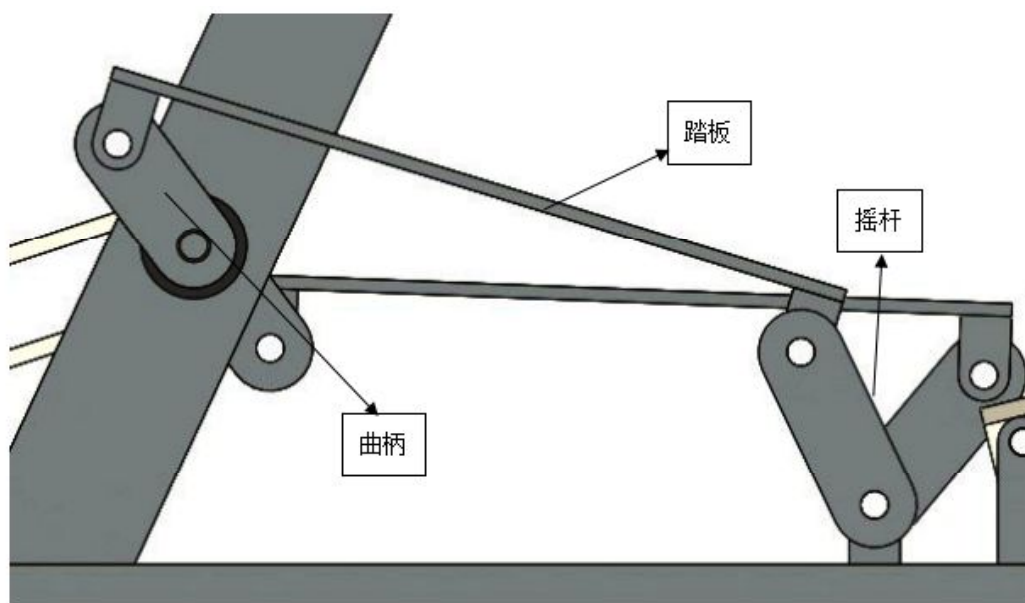


图 1 脚轮踏板原理图

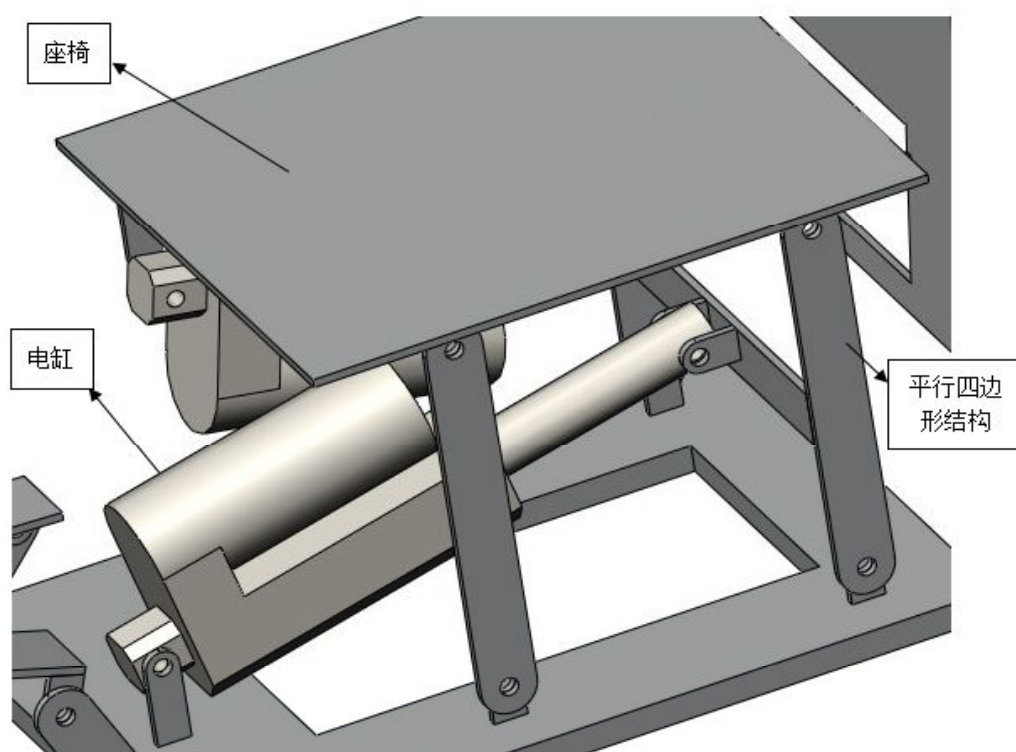


图 2 座椅前后移动原理图

会造成老年人摔倒的危险。本产品靠背向后倾斜的原理采用的是电缸推动杠杆结构来推动一个靠背，依然具备运动平稳、操作方便、可靠性高的优点。

2.4 电气控制部分设计

电气控制部分除了给设备进电和断电之外，还主要包括三个调节和一个保护作用，分别是座椅前后移动的调节、靠背倾斜角度的调节、脚轮转速的调节以及电机的过载保护措施。

2.4.1 座椅前后移动和靠背的倾斜角度调节

二者都是通过两个电动推杆来实现的，这个过程操作很方便，但需要连接一个电源转换器，将 220V 交流电转化为 24V 直流电。因为减速电机驱动脚轮转动需要的是 220V 的交流电源，而两个电动推杆执行元件需要的是 24V 直流电，这需要一个简单的变换电路来实现^[3]。

2.4.2 电机调速的控制

减速电机输出转速的选取是根据正常锻炼所需的转数

所得, 本设备所选取的电机输出转速约为 30r/min。但还需要考虑一个实际问题, 就是随着老年人年龄的增大, 身体机能不断下降, 并不像年轻人那样手脚灵活, 因此需要脚轮转速在刚开机时慢速, 待几分钟后, 老年人身体逐渐适应之后再慢慢加速, 这是一个必须具备的功能。该功能是通过减速电机和调速器配合使用来完成的。减速器可以连续的调节从 0-30r/min 的任意速度, 使得设备得脚轮转动由慢逐渐变快, 以适应老年人身体需要慢速热身的动作过程。

2.4.3 电机的过载保护功能

设备的安全措施主要是考虑到老年人身体协调性差, 为防止在运动时腿部或手部打滑被脚轮或手轮打伤而设计。本产品在使用安全方面做了三重设计:

1. 首先是将传统的脚蹬结构设计成踏板结构, 使用时不再将脚绑在脚蹬上, 而是可以把脚放在踏板的任意位置, 这样运动起来既方便, 又安全, 还能实现运动幅度的调节。

2. 急停按钮, 如果使用者发生腿部或手部打滑, 可以迅速按下手轮中间控制箱上的红色停止按钮, 按下这个按钮, 设备就会自动断电, 电机也就停止了转动。

3. 电机过载保护, 过载保护器是根据电气控制的实际需要设计的电路保护装置, 当接好线路, 闭合开关 QS1, 按下启动按钮 SB2, 线圈 KM 得电, 接触器常开闭合形成自锁, 电动机执行元件工作, 当电动机发生过载时 FR 常闭断开, 使电路断电, 电动机停止或者按下 SB1 电动机停止工作。两个电动推杆控制通过将 220V 交流电转化为 24V 直流电, 通过闭合 QS1, 当闭合 SB1 电动推杆前进, 当按下 SB2 电动推杆后退, 来实现座椅的前后移动和靠椅的倾斜角度^[4]。

过载保护器常用的是热继电器, 它由双金属热元件, 动作机构, 常闭触头, 常开触头, 复位按钮及电流调节旋钮构成。电机过载时电流变大, 双金属热元件长时间通过大电流变形, 通过动作机构使触头动作, 带动开关跳闸, 起到保护作用。过载保护器常用的是热继电器, 它由双金属热元件, 动作机构, 常闭触头, 常开触头, 复位按钮及电流调节旋钮构成。电机过载时电流变大, 双金属热元件长时间通过大电流变形, 通过动作机构使触头动作, 带动开关跳闸, 起到保护作用。可对电气系统, 绕线电机的过电流, 短路, 缺相, 相失衡, 错相及启动过程 (避启动过电流) 等提供有效的保护^[5]。

3 设计计算

本产品设计计算的部分主要有三处: 脚轮驱动电机功率的计算、座椅电缸行程的计算以及靠背电缸行程的计算。

3.1 脚轮电机功率的计算

根据模型材料和形状判断, 脚轮的转矩大概需要 $5N \cdot m$, 脚轮最高转速为 30r/min, 机械效率取 0.9, 因此需要的驱动功率:

$$P = \frac{Mn}{9550\eta} = \frac{5N \cdot m \times 30r/min}{9550 \times 0.9} = 17W$$

查阅减速电机相关样本, 选择电机的驱动功率为 25W。

3.2 座椅电动推杆的行程计算

电动推杆的行程计算问题可以近似认为是一个解三角形问题, 假设初始位置时平行四边形与地面的夹角为 θ , 当座椅向后移动 S 后转过角度为 α , 且正好与地面垂直, 则:

$$\text{电缸原长度: } L_3 = \sqrt{L_1^2 + L_2^2 - 2L_1L_2 \cos \theta}$$

$$\text{电缸最终长度: } L_3^1 = \sqrt{L_1^2 + L_2^2}$$

$$\text{因此电缸的行程: } L = L_3^1 - L_3$$

与此同时, 座椅上升的高度:

$$S^1 = L_2 - L_2 \cos \alpha = L_2 - \sqrt{L_2^2 - S^2}$$

3.3 靠椅电动推杆的行程计算

靠椅电缸的计算也是一个解三角形的问题, 假设座椅初始时与竖直方向夹角为 θ , 转过的终点与竖直方向为 45° , 则:

电缸原长度:

$$L_3 = \sqrt{L_1^2 + L_2^2 - 2L_1L_2 \cos(90^\circ - \theta)}$$

$$\text{电缸最终长度: } L_3^1 = \sqrt{L_1^2 + L_2^2} - \sqrt{2}L_1L_2$$

$$\text{因此电缸的行程: } L = L_3 - L_3^1$$

4 结语

为了不占用家里太大的空间, 本产品还应具备折叠功能, 甚至可以和电气控制部分结合起来, 实现自动折叠和打开, 这样就为使用和放置提供了更大的方便; 本产品三个电机之间都是彼此独立控制的, 缺乏一个系统对它们统一控制, 因此在电气控制方面还可以加入一些程序, 使三个动作彼此配合, 能达到更好的使用体验; 本产品的安全防护措施中, 缺乏最直接方便的语音识别功能; 另外扭矩保护部分是由电流控制, 而不是电机本身自带的功能, 缺乏足够的可靠性, 这方面也有待进一步优化。

参考文献:

- [1] 蒲良贵. 机械设计第九版 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2013.5.
- [2] 陈作模. 机械原理第八版 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2014.12.
- [3] 程宪平. 机电传动与控制第四版 [M]. 武汉: 华中科技大学出版社, 2016.1.
- [4] 成大先. 机械设计手册第五版 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2008.5.
- [5] 王永华. 机床电气与 PLC 控制第四版 [M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2016.8.