

# (12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102579157 A

(43) 申请公布日 2012. 07. 18

(21) 申请号 201210041105. 2

(22) 申请日 2012. 02. 22

(71) 申请人 上海交通大学

地址 200240 上海市闵行区东川路 800 号

(72) 发明人 殷跃红 张健军

(74) 专利代理机构 上海旭诚知识产权代理有限公司

公司 31220

代理人 郑立

(51) Int. Cl.

A61F 2/08 (2006. 01)

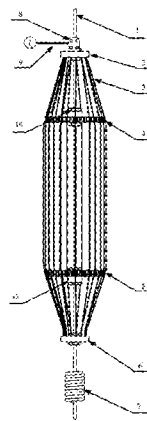
权利要求书 1 页 说明书 4 页 附图 2 页

## (54) 发明名称

基于形状记忆合金驱动的新型仿生骨骼肌

## (57) 摘要

本发明公开了一种仿生骨骼肌,由形状记忆合金丝驱动,包括多个形状记忆合金丝、第一加热电路板、第二加热电路板、至少一个散热绝缘板、柔性绝缘丝和储能弹簧。散热绝缘板在第一加热电路板与第二加热电路板之间,多个形状记忆合金丝的两端分别固定于第一加热电路板和第二加热电路板,并围绕散热绝缘板,形成纺锤形的仿生骨骼肌。柔性绝缘丝纵向穿过仿生骨骼肌并固定于第一加热电路板和第二加热电路板,外界负载力作用在储能弹簧的一端,储能弹簧的另一端与柔性绝缘丝相连。本发明通过将多个形状记忆合金丝连接构成纺锤形仿生骨骼肌,实现了适应可变的大负载力。



1. 一种仿生骨骼肌,由形状记忆合金丝驱动,其特征在于,包括多个形状记忆合金丝、第一加热电路板、第二加热电路板、至少一个散热绝缘板、柔性绝缘丝和储能弹簧;所述散热绝缘板在所述第一加热电路板与所述第二加热电路板之间;所述多个形状记忆合金丝的两端分别固定于所述第一加热电路板和所述第二加热电路板,并围绕所述散热绝缘板,形成所述仿生骨骼肌,所述仿生骨骼肌呈纺锤形;所述柔性绝缘丝纵向穿过所述仿生骨骼肌并固定于所述第一加热电路板和所述第二加热电路板;外界负载力作用在所述储能弹簧的一端,所述储能弹簧的另一端与所述柔性绝缘丝相连。

2. 如权利要求 1 所述的仿生骨骼肌,其中所述散热绝缘板为圆形且具有齿状外缘,所述形状记忆合金丝穿过所述齿状外缘的齿间凹槽。

3. 如权利要求 1 或 2 所述的仿生骨骼肌,其中所述各形状记忆合金丝具有相同的长度和直径。

4. 如权利要求 3 所述的仿生骨骼肌,其中通过所述第一加热电路板上的电路和所述第二加热电路板上的电路,所述多个形状记忆合金丝形成多组彼此并联连接的形状记忆合金丝组。

5. 如权利要求 4 所述的仿生骨骼肌,其中通过所述第一加热电路板上的电路和所述第二加热电路板上的电路,每个所述形状记忆合金丝组内的各个所述形状记忆合金丝串联连接。

6. 如权利要求 5 所述的仿生骨骼肌,其中各所述形状记忆合金丝组内具有数目相同的所述形状记忆合金丝。

7. 如权利要求 7 所述的仿生骨骼肌,其中所述柔性绝缘丝的表面是绝缘的。

8. 如权利要求 1 或 2 所述的仿生骨骼肌,其中所述形状记忆合金丝在通电被加热时收缩。

9. 如权利要求 1 或 2 所述的仿生骨骼肌,其中所述柔性绝缘丝在所述形状记忆合金丝发生的伸长量小于所述形状记忆合金丝的最大可恢复伸长量时处于松弛状态。

## 基于形状记忆合金驱动的新型仿生骨骼肌

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种仿生骨骼肌,尤其涉及一种基于形状记忆合金驱动的仿生骨骼肌。

### 背景技术

[0002] 形状记忆合金(SMA)作为一种智能材料,是一种新型的驱动元件。目前,SMA在航空、医疗等领域都有广泛的应用,很多应用都已经产业化。但是SMA在仿生肌肉的驱动方面发展相对落后。SMA和人体肌肉,尤其是骨骼肌,有很多类似的特性,比如高功率密度、大输出力、柔软性、单向收缩、自感知等功能。此外,SMA驱动简单,电流加热即可实现,从而有条件实现“机构-传感-驱动”于一体的集成仿生骨骼肌的设计。

[0003] 现阶段国内外在利用SMA作为人工肌肉驱动仿生假肢的研究相对较多,比如美国麻省理工学院做的机械手(Kyu-Jin Cho, Harry Asada. Multi-Axis SMA Actuator Array for Driving Anthropomorphic Robot Hand. Proceedings of the 2005 IEEE International Conference on Robotics and Automation Barcelona, Spain, April 2005),利用SMA实现了多自由度仿生手的驱动。然而该设计仅仅实现了手部的动作,并没有真正利用上SMA大输出力的特性。人体肌肉,尤其是骨骼肌不仅仅能够实现关节的运动,更能够适应不同的负载变化。比如人体小腿三头肌在人体正常步态中,需要承载1.2倍的人体自身重量。SMA作为具有高功率密度,大输出力特性的驱动元件,有能力实现大负载下的仿生骨骼肌的设计。然而到目前为止,还没有真正基于SMA驱动的可以适应可变的大负载力的仿生骨骼肌。

### 发明内容

[0004] 有鉴于现有技术的上述缺陷,本发明所要解决的技术问题是提供一种仿生骨骼肌,由形状记忆合金丝驱动,通过将多个形状记忆合金丝连接构成纺锤形仿生骨骼肌,实现了适应可变的大负载力。

[0005] 为实现上述目的,本发明提供了一种仿生骨骼肌,由形状记忆合金丝驱动,其特征在于,包括多个形状记忆合金丝、第一加热电路板、第二加热电路板、至少一个散热绝缘板、柔性绝缘丝和储能弹簧;所述散热绝缘板在所述第一加热电路板与所述第二加热电路板之间;所述多个形状记忆合金丝的两端分别固定于所述第一加热电路板和所述第二加热电路板,并围绕所述散热绝缘板,形成所述仿生骨骼肌,所述仿生骨骼肌呈纺锤形;所述柔性绝缘丝纵向穿过所述仿生骨骼肌并固定于所述第一加热电路板和所述第二加热电路板;外界负载力作用在所述储能弹簧的一端,所述储能弹簧的另一端与所述柔性绝缘丝相连。

[0006] 进一步地,所述散热绝缘板为圆形且具有齿状外缘,所述形状记忆合金丝穿过所述齿状外缘的齿间凹槽。

[0007] 进一步地,所述各形状记忆合金丝具有相同的长度和直径。

[0008] 进一步地,通过所述第一加热电路板上的电路和所述第二加热电路板上的电路,

所述多个形状记忆合金丝形成多组彼此并联连接的形状记忆合金丝组。

[0009] 进一步地,通过所述第一加热电路板上的电路和所述第二加热电路板上的电路,每个所述形状记忆合金丝组内的各个所述形状记忆合金丝串联连接。

[0010] 进一步地,各所述形状记忆合金丝组内具有数目相同的所述形状记忆合金丝。

[0011] 进一步地,所述柔性绝缘丝的表面是绝缘的。

[0012] 进一步地,所述形状记忆合金丝在通电被加热时收缩。

[0013] 进一步地,所述柔性绝缘丝在所述形状记忆合金丝发生的伸长量小于所述形状记忆合金丝的最大可恢复伸长量时处于松弛状态。

[0014] 在本发明的较佳实施方式中,采用了 24 根具有相同的长度和直径形状记忆合金丝,这些形状记忆合金丝固定在第一加热电路板和第二加热电路板之间,两块加热电路板之间具有两块直径较大的散热绝缘板,由此形成了纺锤形的仿生骨骼肌。通过第一加热电路板和第二加热电路板上的电路,这些形状记忆合金丝形成了 6 组彼此并联的形状记忆合金丝组。其中,每组形状记忆合金丝组均具有 4 根形状记忆合金丝。通过第一加热电路板和第二加热电路板上的电路,各组形状记忆合金丝组内的 4 根形状记忆合金丝串联连接。在本发明的较佳实施方式中,还包括柔性绝缘丝,该柔性绝缘丝纵向穿过纺锤形的仿生骨骼肌并固定于第一加热电路板和第二加热电路板,用以在形状记忆合金丝达到最大形变前承受外界负载力。在本发明的较佳实施方式中,还包括储能弹簧,用以模拟人体骨骼肌肌腱的能量存储功能。外界负载力作用在该储能弹簧的一端,该储能弹簧的另一端与柔性绝缘丝相连。外界负载力通过储能弹簧作用在仿生骨骼肌的形状记忆合金丝上,在非通电状态下,使这些形状记忆合金丝被动地伸长;而通电状态下,形状记忆合金丝被加热而发生相变,因而发生主动收缩,产生相应的张力。

[0015] 因此可见,本发明的仿生骨骼肌通过使用直径较大的散热绝缘板,将多个形状记忆合金丝排列构成纺锤形仿生骨骼肌,这样可以使仿生骨骼肌的受力集中,并且保证了形状记忆合金丝的大散热空间。本发明的仿生骨骼肌通过使用柔性绝缘丝,实现了在形状记忆合金发生塑性形变前承受外部负载力,从而大大减小形状记忆合金丝的负载力,因此能够保护本发明的仿生骨骼肌的形状记忆合金丝。本发明的仿生骨骼肌通过使用储能弹簧,模拟人体骨骼肌肌腱的能量存储功能,从而在外界负载力过大的情况下可以减小形状记忆合金丝主动收缩时所做的功。因此,本发明的仿生骨骼肌是一种可以适应可变的大负载力的仿生骨骼肌。

[0016] 以下将结合附图对本发明的构思、具体结构及产生的技术效果作进一步说明,以充分地了解本发明的目的、特征和效果。

#### 附图说明

[0017] 图 1 是本发明的仿生骨骼肌的主视图。

[0018] 图 2 是本发明的仿生骨骼肌的俯视图(显示了第一加热电路板的端面)。

#### 具体实施方式

[0019] 如图 1 所示,本发明的仿生骨骼肌包括 24 根形状记忆合金丝 3、第一加热电路板 2、第二加热电路板 6、两个散热绝缘板 4 和 5、柔性绝缘丝 1 和储能弹簧 7。散热绝缘板 4、5

在第一加热电路板 2 与第二加热电路板 6 之间,形状记忆合金丝 3 的两端分别固定于第一加热电路板 2 和第二加热电路板 6,并围绕散热绝缘板 4、5,形成呈纺锤形的仿生骨骼肌。柔性绝缘丝 1 纵向穿过本发明的仿生骨骼肌,其中依次穿过两个散热绝缘板 4 和 5 的中心孔。柔性绝缘丝 1 固定于第一加热电路板 2 和第二加热电路板 6,可以使用固定螺钉进行固定,如图 2 所示的固定螺钉 11 将柔性绝缘丝 1 与第一加热电路板 2 固定在一起。并通过相同的方式将柔性绝缘丝 1 与第二加热电路板 6 固定。为了保证本发明的仿生骨骼肌的整体稳定性,本实施例中还使用了安装在散热绝缘板 4 的中心孔处的固定螺钉 10,使柔性绝缘丝 1 固定在散热绝缘板 4 上;并且相似地,使用了固定螺钉 12 使柔性绝缘丝 1 固定在散热绝缘板 5 上。外界负载力作用在储能弹簧 7 一端,储能弹簧 7 的另一端与柔性绝缘丝 1 相连。

[0020] 如图 2 的本发明的仿生骨骼肌的俯视图所示,散热绝缘板 4 为圆形且具有齿状外缘,齿状外缘上有均匀分布的齿间凹槽 13。形状记忆合金丝 3 穿过齿状外缘的齿间凹槽 13,均匀地分布以围绕散热绝缘板 4。散热绝缘板 5 与散热绝缘板 4 构造相同,为圆形且具有齿状外缘,形状记忆合金丝 3 穿过散热绝缘板 5 的齿状外缘的齿间凹槽,均匀地分布以围绕散热绝缘板 5。

[0021] 第一加热电路板 2 为圆形,直径小于散热绝缘板 4、5 的直径,其上具有一圈圆孔 14。圆孔 14 为通孔,直径较小(但略大于形状记忆合金丝 3 的直径),呈均匀分布,圆孔 14 的数目和散热绝缘板 4、5 的齿状外缘的齿间凹槽 13 的数目相同。第二加热电路板 6 与第一加热电路板 2 构造相同。在本实施例中,形状记忆合金丝 3 穿过圆孔 14 与第一加热电路板 2 实现机械结构上的固定,并以相同的方式与第二加热电路板 6 实现机械结构上的固定,并且由此分别接入第一加热电路板 2 和第二加热电路板 6 上的电路。

[0022] 第一加热电路板 2 和第二加热电路板 6 上都具有电路,通过第一加热电路板 2 和第二加热电路板 6 上的电路,形状记忆合金丝 3 形成了 6 组彼此并联的形状记忆合金丝组。其中,每组形状记忆合金丝组均具有 4 根形状记忆合金丝。通过第一加热电路板 2 和第二加热电路板 6 上的电路,各组形状记忆合金丝组内的 4 根形状记忆合金丝串联连接。通过导线 9 和置于第一加热电路板 2 之上的电路导引板 8,对这些经过串联及并联的形状记忆合金丝 3 加电。

[0023] 储能弹簧 7 模拟的是人体骨骼肌肌腱的能量存储功能,当外界负载力过大的时候将负载力做的功转化成弹性势能,当负载力变小时,释放弹性势能。

[0024] 外界负载力作用在储能弹簧 7 的一端,并通过储能弹簧 7 作用在本发明的仿生骨骼肌的形状记忆合金丝 3 上。在非通电状态下,形状记忆合金丝 3 被动地伸长,并进入自身的去李马氏体状态(即非李晶马氏体态)。此时,本发明的仿生骨骼肌处于整体被拉伸的状态。需要指出,本发明的仿生骨骼肌并不是随着负载力的增加而无限伸长的。当形状记忆合金丝 3 发生的伸长量小于其最大可恢复伸长量时,柔性绝缘丝 1 处于松弛状态;但是当负载力过大的时候,本发明的仿生骨骼肌的形状记忆合金丝 3 发生的伸长量到达其最大可恢复伸长量(即其伸长状态的最大弹性形变量),仿生骨骼肌中的柔性绝缘丝 1 将受力被拉伸。本发明的仿生骨骼肌的柔性绝缘丝 1 的弹性系数应该足够大,以使柔性绝缘丝 1 起承担负载力的主要作用,从而减少作用在形状记忆合金丝 3 上的拉力。因此,柔性绝缘丝 1 能够起到保护形状记忆合金丝 3 的作用。优选地,可以把使柔性绝缘丝 1 进入受力被拉伸状态的形状记忆合金丝 3 发生的伸长量设定为略小于形状记忆合金丝 3 的最大可恢复伸长

量,以更好地保护形状记忆合金丝 3。

[0025] 通过导线 9、电路导引板 8、第一加热电路板 2 和第二加热电路板 6,对经过串联及并联的形状记忆合金丝 3 加电。在通电状态下,形状记忆合金丝 3 被加热,并由于温度升高而发生马氏体相变,从而产生主动收缩动作。当给形状记忆合金丝 3 提供足够大的电流的时候,形状记忆合金丝 3 会在温度升高到一定温度时,全部进入奥氏体状态,此时本发明的仿生骨骼肌处于最短的状态。在形状记忆合金丝 3 收缩过程中,柔性绝缘丝 1 处于松弛状态,从而不会影响形状记忆合金丝 3 的力学特性。

[0026] 以上详细描述了本发明的较佳具体实施例。应当理解,本领域的普通技术人员无需创造性劳动就可以根据本发明的构思做出诸多修改和变化。因此,凡本技术领域的技术人员依本发明的构思在现有技术的基础上通过逻辑分析、推理或者有限的实验可以得到的技术方案,皆应在由权利要求书所确定的保护范围内。

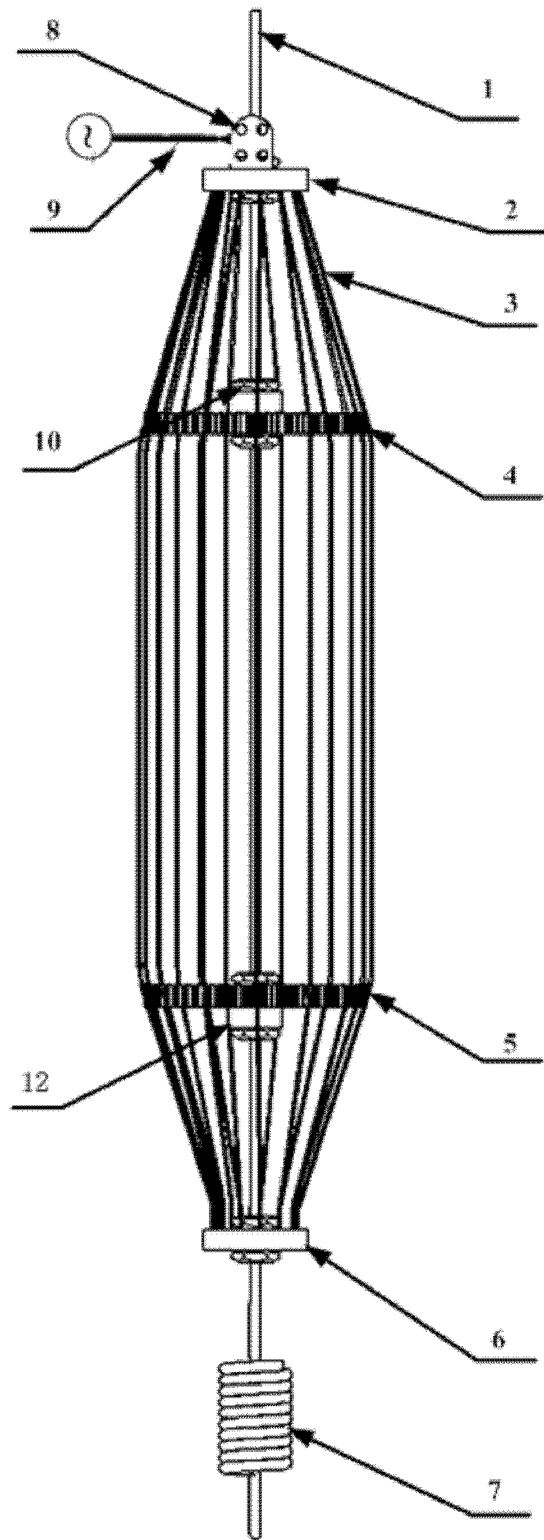


图 1

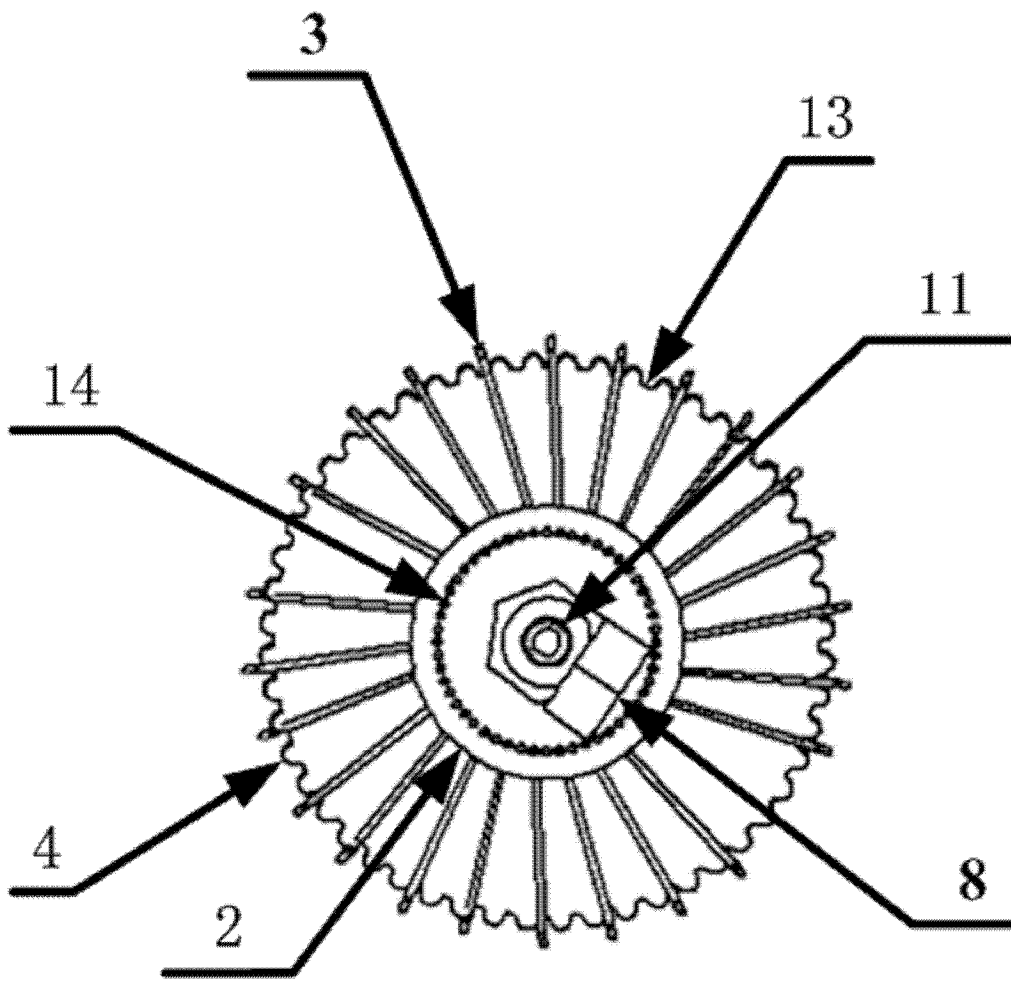


图 2