

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
F03G 7/06 (2006.01)



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200810137229.4

[43] 公开日 2010 年 1 月 13 日

[11] 公开号 CN 101624974A

[22] 申请日 2008.9.28

[21] 申请号 200810137229.4

[71] 申请人 哈尔滨工业大学

地址 150001 黑龙江省哈尔滨市南岗区西大直街 92 号

[72] 发明人 张博明 于东 梁军 戴福洪
赵海涛 解维华

[74] 专利代理机构 哈尔滨市哈科专利事务所有限公司

代理人 刘 娅

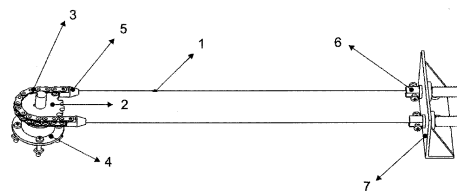
权利要求书 1 页 说明书 4 页 附图 2 页

[54] 发明名称

形状记忆合金驱动扭矩输出结构

[57] 摘要

本发明提供了一种形状记忆合金驱动扭矩输出结构。它包括两根 SMA 丝、链轮、设置在链轮上的链条、轴承座、转轴、三爪夹具和顶丝夹具，SMA 丝的一端通过三爪夹具连接链条，SMA 丝在三爪夹具一端短路连接，SMA 丝的另一端通过顶丝夹具连接固定支架，链轮一端构成两根 SMA 丝的公共电极 C，在固定支架一端的两个顶丝夹具上分别引出电极 A 与 B，A、B 与 C 分别跨过两个继电器触点连接，通过对继电器的分别驱动来实现对两根 SMA 丝的驱动，链轮设置在轴承座上，转轴穿过链轮设置。本发明具有轻质、微型，不会引起结构内部的集中质量问题以及干扰仪器设备运行的电磁场，可靠性高等特点。



- 1、一种形状记忆合金驱动扭矩输出结构，其特征在于它包括两根 SMA 丝、链轮、设置在链轮上的链条、轴承座、转轴、三爪夹具和顶丝夹具，SMA 丝的一端通过三爪夹具连接链条，SMA 丝在三爪夹具一端短路连接，SMA 丝的另一端通过顶丝夹具连接固定支架，链轮一端构成两根 SMA 丝的公共电极 C，在固定支架一端的两个顶丝夹具上分别引出电极 A 与 B，A、B 与 C 分别跨过两个继电器触点连接，通过对继电器的分别驱动来实现对两根 SMA 丝的驱动，链轮设置在轴承座上，转轴穿过链轮设置。
- 2、根据权利要求 1 所述的形状记忆合金驱动扭矩输出结构，其特征在于所述的固定支架使用拉挤工艺制成玻璃纤维/环氧树脂复合材料方盒，固定支架下端与固定平板通过螺钉连接，SMA 夹具通过固定支架侧壁与支架实现固定。
- 3、根据权利要求 1 或 2 所述的形状记忆合金驱动扭矩输出结构，其特征在于所述的夹具采用金属制成，顶丝夹具为带有螺纹的以顶丝固定 SMA 丝的钢质夹具。
- 4、根据权利要求 1 或 2 所述的形状记忆合金驱动扭矩输出结构，其特征在于所述的轴承座采用铝合金加工而成，采用与转轴相匹配的深沟球轴承。
- 5、根据权利要求 3 所述的形状记忆合金驱动扭矩输出结构，其特征在于所述的轴承座采用铝合金加工而成，采用与转轴相匹配的深沟球轴承。
- 6、根据权利要求 1 或 2 所述的形状记忆合金驱动扭矩输出结构，其特征在于所述的三爪夹具采用导电性好的金属铜材料加工，通过带有锥度的三爪依靠螺帽的旋紧产生夹紧力构成夹具。
- 7、根据权利要求 3 所述的形状记忆合金驱动扭矩输出结构，其特征在于所述的三爪夹具采用导电性好的金属铜材料加工，通过带有锥度的三爪依靠螺帽的旋紧产生夹紧力构成夹具。
- 8、根据权利要求 4 所述的形状记忆合金驱动扭矩输出结构，其特征在于所述的三爪夹具采用导电性好的金属铜材料加工，通过带有锥度的三爪依靠螺帽的旋紧产生夹紧力构成夹具。
- 9、根据权利要求 5 所述的形状记忆合金驱动扭矩输出结构，其特征在于所述的三爪夹具采用导电性好的金属铜材料加工，通过带有锥度的三爪依靠螺帽的旋紧产生夹紧力构成夹具。

形状记忆合金驱动扭矩输出结构

(一) 技术领域

本发明涉及驱动器技术，具体涉及一种扭矩输出结构。

(二) 背景技术

形状记忆合金(SMA)作为驱动器使用时，主要利用形状记忆合金的单程记忆效应和双程记忆效应。通常 SMA 以线状型材或弹簧作为驱动器使用，并且这种形态的驱动器仅能输出直线方向的驱动力或位移，限制了 SMA 的使用范围。如果通过机构转换等手段，可以实现转矩或转角的驱动。

(三) 发明内容

本发明的目的在于提供一种轻质、微型，不会引起结构内部的集中质量问题以及干扰仪器设备运行的电磁场，可靠性高的形状记忆合金驱动扭矩输出结构。

本发明的目的是这样实现的：它包括两根 SMA 丝、链轮、设置在链轮上的链条、轴承座、转轴、三爪夹具和顶丝夹具，SMA 丝的一端通过三爪夹具连接链条，SMA 丝在三爪夹具一端短路连接，SMA 丝的另一端通过顶丝夹具连接固定支架，链轮一端构成两根 SMA 丝的公共电极 C，在固定支架一端的两个顶丝夹具上分别引出电极 A 与 B，A、B 与 C 分别跨过两个继电器触点连接，通过对继电器的分别驱动来实现对两根 SMA 丝的驱动，链轮设置在轴承座上，转轴穿过链轮设置。

本发明还有这样一些技术特征：

- 1、所述的固定支架使用拉挤工艺制成玻璃纤维/环氧树脂复合材料方盒，固定支架下端与固定平板通过螺钉连接，SMA 夹具通过固定支架侧壁与支架实现固定；
- 2、所述的夹具采用金属制成，顶丝夹具为带有螺纹的以顶丝固定 SMA 丝的钢质夹具；
- 3、所述的轴承座采用铝合金加工而成，采用与转轴相匹配的深沟球轴承；
- 4、所述的三爪夹具采用导电性好的金属铜材料加工，通过带有锥度的三爪依靠螺帽的旋紧产生夹紧力构成夹具。

本发明的特点有：

1. 链轮、链条使用 ANSI 标准系列，可根据实际的载荷需要选择合适的公称尺寸。
2. 轴承座使用铝合金加工而成，其尺寸系列使用与转轴相匹配的深沟球轴承。
3. 三爪夹具使用导电性好的金属铜材料加工，带有锥度的三爪依靠螺帽的旋紧产生夹紧力。
4. 顶丝夹具是扭矩输出结构的末端夹具，固定长度可调节，以保证 SMA 丝的张紧

本发明涉及利用形状记忆合金的单程记忆效应实现双向驱动的扭矩输出结构。通过链轮链条结构将形状记忆合金丝的直线运动转换为旋转运动实现扭矩的输出。并通过这种结构将形状记忆合金的单程记忆效应的大回复位移充分利用进行双向驱动，是一种轻质、小型、高效的旋转扭矩输出结构，可以用于有翼飞行器后掠角控制、飞机全动式鸭翼的旋转控制等可旋转结构，与电动马达相比，不会引起结构内部的集中质量问题以及干扰仪器设备运行的电磁场；与液压驱动器相比具有更加轻便的结构和可靠性。

（四）附图说明

图 1 为 SMA 丝旋转驱动结构示意图；

图 2 为理想状态下的形状记忆合金转动驱动机构示意图；

图 3 为转矩结构的电路连接示意图。

（五）具体实施方式

下面结合附图和具体实施例对本发明作进一步的说明：

本实施例包括两根 SMA 丝 1、链轮 2、设置在链轮 2 上的链条 3、轴承座 4、转轴、三爪夹具 5 和顶丝夹具 6，SMA 丝 1 的一端通过三爪夹具 5 连接链条 3，SMA 丝 1 在三爪夹具 5 一端短路连接，SMA 丝 1 的另一端通过顶丝夹具 6 连接固定支架 7，链轮 2 一端构成两根 SMA 丝的公共电极 C，在固定支架 7 一端的两个顶丝夹具 6 上分别引出电极 A 与 B，A、B 与 C 分别跨过两个继电器触点连接，通过对继电器的分别驱动来实现对两根 SMA 丝的驱动，链轮 2 设置在轴承座 4 上，转轴穿过链轮 2 设置。

结合图 1，根据形状记忆合金在一定的应变范围内马氏体状态下受拉发生塑性变形的应力小于其受热后发生奥氏体相变产生回复应力的原理，在形状记忆合金处于马氏体开始温度的环境中，可以以互相牵制的方式进行工作。本实施例通过一根围在链轮上的一段链条分别与两根 SMA 丝的一端连接，形状记忆合金的另一端固定不动，这样可以构成一个链轮可以旋转一定角度的驱动机构，与链轮同步的转轴可以作为扭矩输出轴。

在理想状态下，两根 SMA 在固定完成后，如果都具有 $a\%$ 的预应变，并且假设两根 SMA 丝都处于准张紧状态，这时驱动其中一根 SMA 丝使其发生相变产生回复力，在驱动力的作用下通过链条链轮的传动拉动另一根处于马氏体状态弹性模量较低的 SMA，当变形结束时，受激励 SMA 的应变大约恢复为 0，受载 SMA 的变形大约为 $2a\%$ ，同时链轮产生一个 α 的转角。当驱动另外一根 SMA 时，产生相反过程，待驱动结束达到稳定状态时，链轮将发生反方向 2α 的转角（图 3）。亦可以直接将一根具有 $2a\%$ 预应变的 SMA 丝与一根处于原长状态的 SMA 丝固定，会产生相同转角的驱动效果。

对于前一种情况可以根据公式（1）对结构进行设计

$$\frac{L \cdot a\%}{2\pi R} = \frac{\alpha}{360^\circ} \quad (1)$$

其中, L 为 SMA 丝的原长, $a\%$ 为单根 SMA 丝的预应变, R 为链轮的分度圆半径, α 为链轮转动角度, 且 SMA 的可回复应变大于等于 $2a\%$ 。当旋转角度设计完成后, 输出转矩可以通过对 SMA 丝径的设计来达到目标值。输出转矩的最大值 M_{\max} 可以根据式 (2) 进行计算。

$$M_{\max} = P_{\max} \cdot S \cdot R \quad (2)$$

其中 P_{\max} 为 SMA 的最大回复应力与处于马氏体状态下 SMA 抵抗阻力之差, S 为 SMA 型材的横截面积, R 为链轮节圆半径。从扭矩公式中可以得到这种扭矩输出结构的特点, 当 SMA 型材的截面面积越大、链轮半径越大时结构的输出扭矩则越大。

由此摆动机构产生的驱动力矩可由公式 (3) 进行表征:

$$T = (F_1 - F_2) \cdot R \quad (3)$$

其中 F_1 为受激励形状记忆合金产生的回复力, F_2 为未激励处于马氏体状态的形状记忆合金被动变形驱动力, R 为链轮分度圆半径。

使用链条与链轮作为传动机构时, 链轮与链条有较大的间隙, 往复运动中会有一定的空程。使用在纵向可以产生应变变化的形状记忆合金驱动结构旋转时, 恰恰可以消除往复运动的空程, 充分发挥链条链轮传动机构的优势, 但是在设计过程中还要充分考虑这个问题, 因此公式 (1) 可进一步修正为:

$$\frac{L \cdot a\% - \Delta\varepsilon}{2\pi R} = \frac{\alpha}{360^\circ} \quad (4)$$

其中 $\Delta\varepsilon$ 为链轮链条往复运动过程中的间隙。

本实施例在装配的过程中, SMA 丝与链条及固定平板的连接主要靠专用夹具来固定。链条、三爪丝夹具都为金属材质加工而成, 是良好的导体, SMA 丝的在三爪夹具一端短路连接。由于两组 SMA 丝需要进行分别驱动, 所以在 SMA 丝的另一端必须电气隔离。为了保证在另一端也具有良好的夹紧力, 夹具也使用金属制成, 所以另一端的固定支架必须是绝缘材料制成的才能保证电气隔离。为了使固定支架绝缘且具有一定的强度, 固定支架使用拉挤工艺制成玻璃纤维/环氧树脂复合材料方盒。支架下端与固定平板通过螺钉连接, SMA 夹具通过支架侧壁与支架实现固定。

在固定支架一端, SMA 夹具除了要夹紧 SMA 外, 还要在安装时调节长度以保证 SMA

处于张紧状态，因此在固定支架一端的 SMA 夹具使用带有较长螺纹的以顶丝固定 SMA 丝的钢质夹具。

链轮一端构成两根 SMA 丝的公共电极 C（如图 3），在固定支架一端的两个夹具上分别引出电极 A 与 B。A、B 与 C 分别跨过两个继电器触点连接，通过对继电器的分别驱动来实现对两根 SMA 丝的驱动。

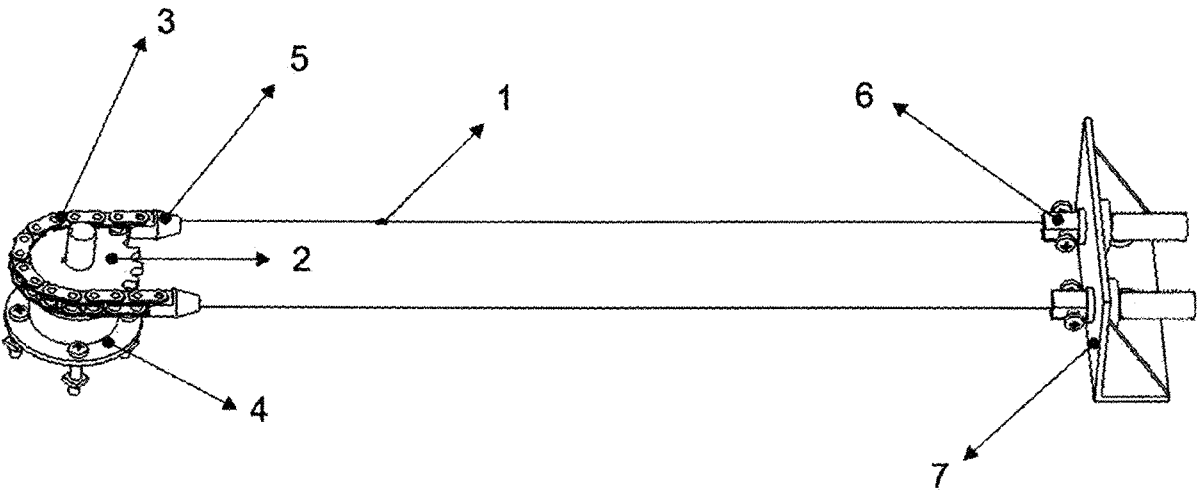


图 1

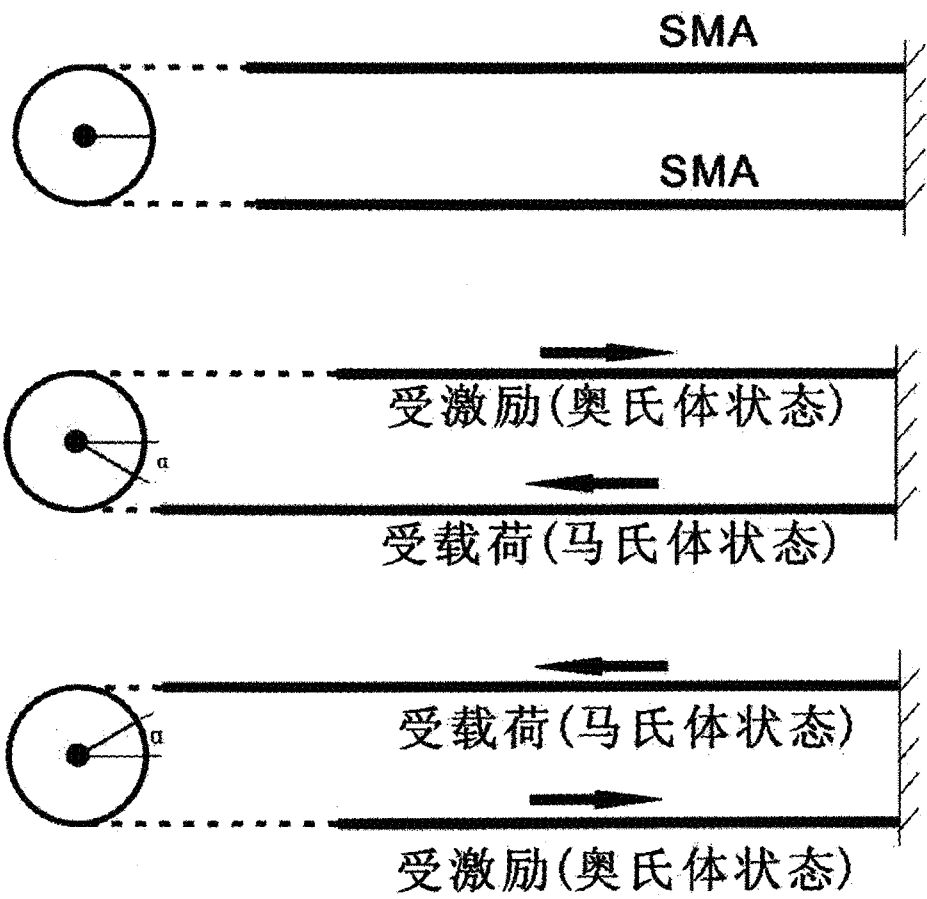


图 2

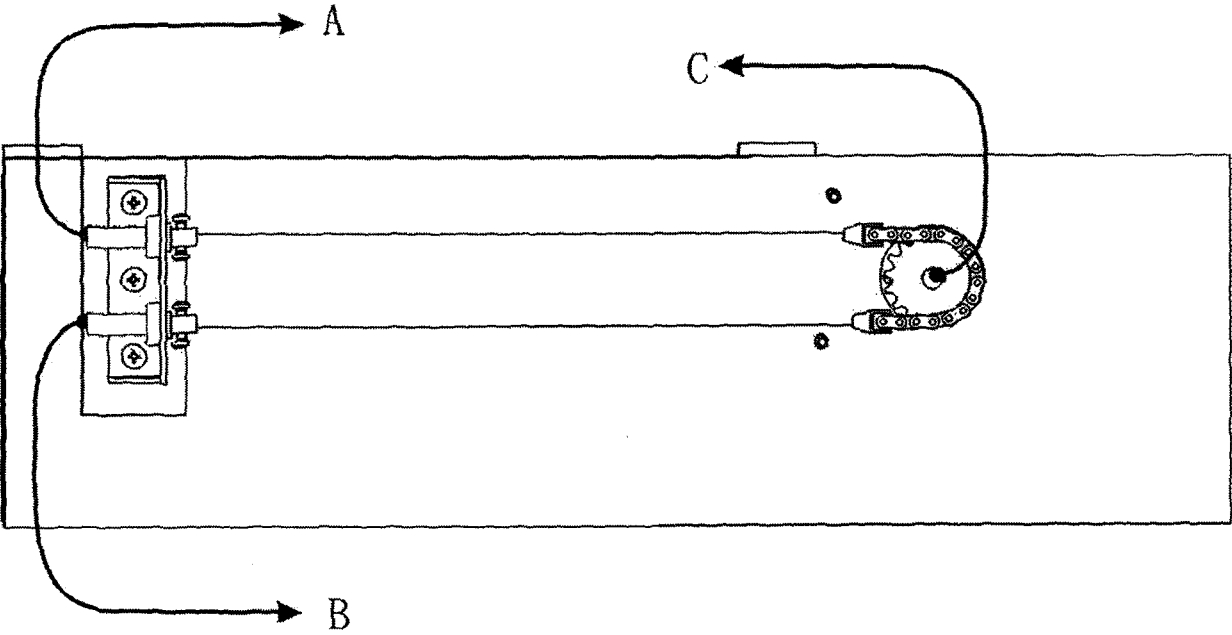


图 3