



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 113859528 A

(43) 申请公布日 2021.12.31

(21) 申请号 202111087841.7

(22) 申请日 2021.09.16

(71) 申请人 西北工业大学太仓长三角研究院
地址 215400 江苏省苏州市太仓市科教新城子冈路27号

(72) 发明人 宣建林 汪亮 孙中超 宋笔锋
杨晓君 张明昊 稂鑫雨 杨驰
刘恒 张弘志

(74) 专利代理机构 北京睿博行远知识产权代理有限公司 11297
代理人 董自亮

(51) Int. Cl.
B64C 33/02 (2006.01)

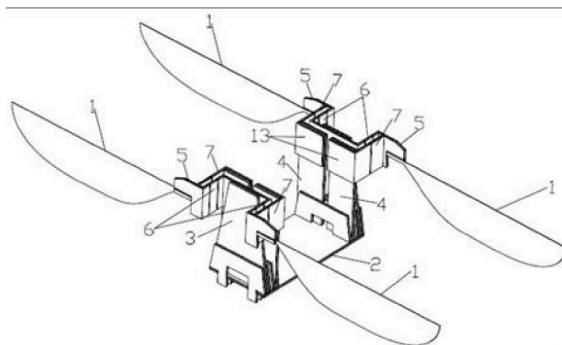
权利要求书2页 说明书5页 附图2页

(54) 发明名称

一种仿蜻蜓扑翼飞行器

(57) 摘要

本发明公开了一种仿蜻蜓扑翼飞行器,属于扑翼飞行器技术领域。包括飞行控制系统,扑翼装置和两对柔性扑动翼,扑翼装置包括前双翼驱动机构,后双翼驱动机构和驱动机构连接架;前双翼驱动机构和后双翼驱动机构结构相同:其包括双翼主动能压电驱动器和一对结构相同的侧翼驱动机构;一对结构相同的侧翼驱动机构包括侧翼辅助动能压电驱动器和侧翼扑动机构,侧翼扑动机构包括侧翼扑动结构和侧翼摇臂;侧翼扑动结构包括主动能驱动连接臂和辅助动能驱动连接臂;柔性扑动翼通过扑动翼连接结构与侧翼摇臂连接;前双翼驱动机构和后双翼驱动机构分别设置在驱动机构连接架的前方和后方。它具有重量轻,结构紧凑,四翼振幅和振频单独控制等特点。



1. 一种仿蜻蜓扑翼飞行器,包括飞行控制系统,扑翼装置和两对柔性扑动翼(1),其特征在于:所述扑翼装置包括前双翼驱动机构,后双翼驱动机构和驱动机构连接架(2);

所述前双翼驱动机构和所述后双翼驱动机构结构相同:其包括双翼主动能压电驱动器(3)和一对结构相同的侧翼驱动机构;

所述双翼主动能压电驱动器(3)的下端与所述驱动机构连接架(2)固定连接,以使所述双翼主动能压电驱动器(3)横向设置在所述驱动机构连接架(2)上;

一对结构相同的所述侧翼驱动机构包括侧翼辅助动能压电驱动器(4)和侧翼扑动机构,两个所述侧翼扑动机构对称设置在所述双翼主动能压电驱动器(3)的左侧和右侧;

所述侧翼辅助动能压电驱动器(4)的下端与所述驱动机构连接架(2)固定连接,以使所述侧翼辅助动能压电驱动器(4)横向设置在所述驱动机构连接架(2)上;

所述侧翼扑动机构包括侧翼扑动结构和侧翼摇臂(5);

所述侧翼扑动结构包括主动能驱动连接臂(6)和辅助动能驱动连接臂(7);所述主动能驱动连接臂(6)和所述辅助动能驱动连接臂(7)前后向并排设置,所述主动能驱动连接臂(6)的一端与所述双翼主动能压电驱动器(3)的上部连接,其另一端与所述侧翼摇臂(5)连接,其在所述侧翼摇臂(5)上的连接部位为侧翼摇臂主动能驱动点(8);所述辅助动能驱动连接臂(7)的一端与所述侧翼辅助动能压电驱动器(4)的上部连接,其另一端与所述侧翼摇臂(5)连接,其在所述侧翼摇臂(5)上的连接部位为侧翼摇臂辅助动能驱动点(9);所述主动能驱动连接臂(6)设有至少一个主臂铰接部(10),所述辅助动能驱动连接臂(7)设有至少一个辅臂铰接部(11),在所述双翼主动能压电驱动器(3)的上部和所述侧翼辅助动能压电驱动器(4)的上部相对往复位移,使所述侧翼摇臂主动能驱动点(8)和所述侧翼摇臂辅助动能驱动点(9)对所述侧翼摇臂(5)产生前后反方向作用力时,所述主臂铰接部(10)和所述辅臂铰接部(11)使所述主动能驱动连接臂(6)和所述辅助动能驱动连接臂(7)分别产生相应折转运动,从而使所述侧翼摇臂(5)产生前后向摆动;设置在所述双翼主动能压电驱动器(3)左侧的所述侧翼扑动机构为左侧翼扑动机构,所述左侧翼扑动机构及其连接的侧翼辅助动能压电驱动器(4)构成左侧翼驱动机构;设置在所述双翼主动能压电驱动器(3)右侧的所述侧翼扑动机构为右侧翼扑动机构,所述右侧翼扑动机构及其连接的侧翼辅助动能压电驱动器(4)构成右侧翼驱动机构;

所述侧翼摇臂(5)整体包括扑动翼连接部和扑动翼驱动部,所述扑动翼连接部设有用于与所述柔性扑动翼(1)连接的扑动翼连接结构;所述扑动翼驱动部为所述侧翼摇臂主动能驱动点(8)与所述侧翼摇臂辅助动能驱动点(9)之间的部分,其形成侧翼摇臂驱动力臂,以将所述侧翼摇臂主动能驱动点(8)和所述侧翼摇臂辅助动能驱动点(9)的前后反方向位移转换成所述侧翼摇臂(5)的前后向摆动;

所述柔性扑动翼(1)通过所述扑动翼连接结构与所述侧翼摇臂(5)连接,以使一对所述柔性扑动翼(1)左右对称设置在所述左侧翼扑动机构和所述右侧翼扑动机构上;

所述前双翼驱动机构和所述后双翼驱动机构分别设置在所述驱动机构连接架(2)的前方和后方,以使两对所述柔性扑动翼(1)分别左右对称设置且前后对称设置。

2. 根据权利要求1所述的一种仿蜻蜓扑翼飞行器,其特征在于:所述左侧翼驱动机构的所述侧翼辅助动能压电驱动器(4)和所述右侧翼驱动机构的所述侧翼辅助动能压电驱动器(4)分别左右对称设置在所述双翼主动能压电驱动器(3)远离所述侧翼摇臂(5)的一侧;所

述侧翼摇臂主动能驱动点(8)位于所述侧翼摇臂辅助动能驱动点(9)的内侧。

3. 根据权利要求1或2所述的一种仿蜻蜓扑翼飞行器,其特征在于:所述主动能驱动连接臂(6)设有两个主臂铰接部(10),两个所述主臂铰接部(10)分别位于所述主动能驱动连接臂(6)长度的1/3处和2/3处;所述辅助动能驱动连接臂(7)设有一个辅臂铰接部(11),所述辅臂铰接部(11)位于所述辅助动能驱动连接臂(7)长度的1/2处。

4. 根据权利要求3所述的一种仿蜻蜓扑翼飞行器,其特征在于:所述主动能驱动连接臂(6)为三段条形竖板通过柔性聚酰亚胺薄膜粘接在一起,所述主动能驱动连接臂(6)的两个柔性聚酰亚胺薄膜部位为两个所述主臂铰接部(10),以形成柔性铰链连接;所述辅助动能驱动连接臂(7)为两段条形竖板通过柔性聚酰亚胺薄膜粘接在一起,所述辅助动能驱动连接臂(7)的柔性聚酰亚胺薄膜部位为所述辅臂铰接部(11),以形成柔性铰链连接。

5. 根据权利要求4所述的一种仿蜻蜓扑翼飞行器,其特征在于:所述左侧翼驱动机构的所述主动能驱动连接臂(6)的端部和所述右侧翼驱动机构的所述主动能驱动连接臂(6)的端部之间连接有双翼主动能压电驱动器粘接板(12),以与所述双翼主动能压电驱动器(3)的上部粘接;所述左侧翼驱动机构的所述辅助动能驱动连接臂(7)的端部和所述右侧翼驱动机构的所述辅助动能驱动连接臂(7)的端部分别设有侧翼辅助动能压电驱动器粘接板(13),以用于与各自的所述侧翼辅助动能压电驱动器(4)的上部粘接。

6. 根据权利要求5所述的一种仿蜻蜓扑翼飞行器,其特征在于:所述柔性扑动翼(1)通过所述扑动翼连接结构与所述侧翼摇臂(5)连接的具体结构为:在所述侧翼摇臂(5)的扑动翼连接部设有扑动翼连接槽,通过柔性聚酰亚胺薄膜将所述柔性扑动翼(1)的连接端连接在所述扑动翼连接槽内,从而使所述柔性扑动翼(1)与所述侧翼摇臂(5)之间形成柔性铰链连接,在气动力和惯性力的作用下使得所述侧翼摇臂(5)的翼面发生被动扭转变形。

一种仿蜻蜓扑翼飞行器

技术领域

[0001] 本发明涉及扑翼飞行器技术领域。

背景技术

[0002] 蜻蜓翅膀的振动频率为30-40Hz,可实现稳定悬停、快速转弯、持续前飞等多种飞行模式,这与蜻蜓本身四翼可独立控制具有很大关系。蜻蜓的这种结构是微型扑翼飞行器设计和开发的最佳模板,然而目前的仿蜻蜓扑翼飞行器多数难以实现机翼的独立控制,或是出现扑动幅度小等问题。

[0003] 尺度较大的扑翼飞行器采用电机驱动,但是在小尺度下电机的驱动力和效率会显著下降,传统的机械结构中的轴和齿轮无法保证高传动效率,且加工难度极大。

[0004] 公开号为CN106081104A、申请号为201610574891.0的中国专利提供了一种昆虫尺度的压电驱动扑翼微飞行器。但是这种形式的扑翼飞行器不能实现对翼的单独控制,无法实现飞行姿态的转换。

[0005] 公开号为CN105366050A,申请号为201510824649.X的中国专利提供了一种压电式仿蜻蜓微型扑翼飞行器。虽然这种压电材料与机翼直接相连的方式可以实现对单个翼的独立控制,但是压电材料的位移有限,限制了扑动翼的振幅。

发明内容

[0006] 本发明要解决的技术问题是提供一种仿蜻蜓扑翼飞行器,它具有重量轻,结构紧凑,四翼振幅和振频单独控制等特点。

[0007] 为解决上述技术问题,本发明所采取的技术方案是:

一种仿蜻蜓扑翼飞行器,包括飞行控制系统,扑翼装置和两对柔性扑动翼,扑翼装置包括前双翼驱动机构,后双翼驱动机构和驱动机构连接架;

前双翼驱动机构和后双翼驱动机构结构相同:其包括双翼主动能压电驱动器和一对结构相同的侧翼驱动机构;

双翼主动能压电驱动器的下端与驱动机构连接架固定连接,以使双翼主动能压电驱动器横向设置在驱动机构连接架上;

一对结构相同的侧翼驱动机构包括侧翼辅助动能压电驱动器和侧翼扑动机构,两个侧翼扑动机构对称设置在双翼主动能压电驱动器的左侧和右侧;

侧翼辅助动能压电驱动器的下端与驱动机构连接架固定连接,以使侧翼辅助动能压电驱动器横向设置在驱动机构连接架上;

侧翼扑动机构包括侧翼扑动结构和侧翼摇臂;

侧翼扑动结构包括主动能驱动连接臂和辅助动能驱动连接臂;主动能驱动连接臂和辅助动能驱动连接臂前后向并排设置,主动能驱动连接臂的一端与双翼主动能压电驱动器的上部连接,其另一端与侧翼摇臂连接,其在侧翼摇臂上的连接部位为侧翼摇臂主动能驱动点;辅助动能驱动连接臂的一端与侧翼辅助动能压电驱动器的上部连接,其另一端与

侧翼摇臂连接,其在侧翼摇臂上的连接部位为侧翼摇臂辅助动能驱动点;主动能驱动连接臂设有至少一个主臂铰接部,辅助动能驱动连接臂设有至少一个辅臂铰接部,在双翼主动能压电驱动器的上部和侧翼辅助动能压电驱动器的上部相对往复位移,使侧翼摇臂主动能驱动点和侧翼摇臂辅助动能驱动点对侧翼摇臂产生前后反方向作用力时,主臂铰接部和辅臂铰接部使主动能驱动连接臂和辅助动能驱动连接臂分别产生相应折转运动,从而使侧翼摇臂产生前后向摆动;设置在双翼主动能压电驱动器左侧的侧翼扑动机构为左侧翼扑动机构,左侧翼扑动机构及其连接的侧翼辅助动能压电驱动器构成左侧翼驱动机构;设置在双翼主动能压电驱动器右侧的侧翼扑动机构为右侧翼扑动机构,右侧翼扑动机构及其连接的侧翼辅助动能压电驱动器构成右侧翼驱动机构;

侧翼摇臂整体包括扑动翼连接部和扑动翼驱动部,扑动翼连接部设有用于与柔性扑动翼连接的扑动翼连接结构;扑动翼驱动部为侧翼摇臂主动能驱动点与侧翼摇臂辅助动能驱动点之间的部分,其形成侧翼摇臂驱动力臂,以将侧翼摇臂主动能驱动点和侧翼摇臂辅助动能驱动点的前后反方向位移转换成侧翼摇臂的前后向摆动,侧翼摇臂驱动力臂的长度与侧翼摇臂的摆动角度反相关;

柔性扑动翼通过扑动翼连接结构与侧翼摇臂连接,以使一对柔性扑动翼左右对称设置在左侧翼扑动机构和右侧翼扑动机构上;

前双翼驱动机构和后双翼驱动机构分别设置在驱动机构连接架的前方和后方,以使两对柔性扑动翼分别左右对称设置且前后对称设置。

[0008] 本发明进一步改进在于:

左侧翼驱动机构的侧翼辅助动能压电驱动器和右侧翼驱动机构的侧翼辅助动能压电驱动器分别左右对称设置在双翼主动能压电驱动器远离侧翼摇臂的一侧;侧翼摇臂主动能驱动点位于侧翼摇臂辅助动能驱动点的内侧。

[0009] 主动能驱动连接臂设有两个主臂铰接部,两个主臂铰接部分别位于主动能驱动连接臂长度的 $1/3$ 处和 $2/3$ 处;辅助动能驱动连接臂设有一个辅臂铰接部,辅臂铰接部位于辅助动能驱动连接臂长度的 $1/2$ 处。

[0010] 主动能驱动连接臂为三段条形竖板通过柔性聚酰亚胺薄膜粘接在一起,主动能驱动连接臂的两个柔性聚酰亚胺薄膜部位为两个主臂铰接部,以形成柔性铰链连接;辅助动能驱动连接臂为两段条形竖板通过柔性聚酰亚胺薄膜粘接在一起,辅助动能驱动连接臂的柔性聚酰亚胺薄膜部位为辅臂铰接部,以形成柔性铰链连接。

[0011] 左侧翼驱动机构的主动能驱动连接臂的端部和右侧翼驱动机构的主动能驱动连接臂的端部之间连接有双翼主动能压电驱动器粘接板,以与双翼主动能压电驱动器的上部粘接;左侧翼驱动机构的辅助动能驱动连接臂的端部和右侧翼驱动机构的辅助动能驱动连接臂的端部分别设有侧翼辅助动能压电驱动器粘接板,以用于与各自的侧翼辅助动能压电驱动器的上部粘接。

[0012] 柔性扑动翼通过扑动翼连接结构与侧翼摇臂连接的具体结构为:在侧翼摇臂的扑动翼连接部设有扑动翼连接槽,通过柔性聚酰亚胺薄膜将柔性扑动翼的连接端连接在扑动翼连接槽内,从而使柔性扑动翼与侧翼摇臂之间形成柔性铰链连接,在气动力和惯性力的作用下使得侧翼摇臂的翼面发生被动扭转变形。

[0013] 采用上述技术方案所产生的有益效果在于:

本发明采用压电驱动器作为动力驱动,前双翼驱动机构和后双翼驱动机构设计结构紧凑,减小了飞行器的体积和重量,不仅可以实现对单个翼振幅及振频的控制,还可以实现双翼振幅及振频的同步控制,使机体产生俯仰、偏航以及滚转动作,另外加上压电驱动器的高频输出,可以实现机体的快速起飞和平稳降落。

[0014] 它具有重量轻,结构紧凑,四翼振幅和振频单独控制等特点。

附图说明

[0015] 图1是本发明中扑翼装置和两对柔性扑动翼的连接结构示意图;

图2是图1中前双翼驱动机构和一对柔性扑动翼的连接结构示意图;

图3是图2中前双翼驱动机构的连接结构示意图;

图4是图3中左侧翼扑动机构和右侧翼扑动机构的结构示意图。

[0016] 在附图中:1. 柔性扑动翼;2. 驱动机构连接架;3. 双翼主动能压电驱动器;4. 侧翼辅助动能压电驱动器;5. 侧翼摇臂;6. 主动能驱动连接臂;7. 辅助动能驱动连接臂;8. 侧翼摇臂主动能驱动点;9. 侧翼摇臂辅助动能驱动点;10. 主臂铰接部;11. 辅臂铰接部;12. 双翼主动能压电驱动器粘接板;13. 侧翼辅助动能压电驱动器粘接板。

[0017] 压电驱动器的简介:

压电驱动器是一种复合结构,该结构由压电陶瓷材料(PZT-5H)和碳纤维预浸料组成。结构共三层,上下两层为压电陶瓷层,中间层为碳纤维预浸料,通过固化方式,碳纤维预浸料层中的树脂将压电陶瓷层紧密的粘接在一起。压电陶瓷在外加电场作用下产生变形,是一种能够实现电能与机械能转化的功能材料。压电陶瓷的变形方向与外加电场的方向有着密切的关系:当外加电场方向与其极化方向平行时,则压电陶瓷会产生垂直于极化方向即压电陶瓷长度方向的伸长变形,反之产生收缩变形,这是利用了压电陶瓷的轴向压电效应(即d31压电效应)。当整个驱动器上下两层的压电陶瓷的变形方向相反时,如上侧陶瓷层伸长,下侧陶瓷层收缩,那么整个驱动器将向下弯曲,反之亦然。

[0018] 在d31模式下,通过改变施加电压的条件,可使得驱动器上下摆动,给传动机构提供力源。

具体实施方式

[0019] 下面将结合附图和具体实施例对本发明进行进一步详细说明。

[0020] 本发明中使用到的标准零件均可以从市场上购买,异形件根据说明书的和附图的记载均可以进行订制,各个零件的具体连接方式均采用现有技术中成熟的螺栓、铆钉、焊接、粘贴等常规手段,在此不再详述。

[0021] 由图1~4所示的实施例可知,本实施例包括飞行控制系统,扑翼装置和两对柔性扑动翼1,扑翼装置包括前双翼驱动机构,后双翼驱动机构和驱动机构连接架2;

前双翼驱动机构和后双翼驱动机构结构相同:其包括双翼主动能压电驱动器3和一对结构相同的侧翼驱动机构;

双翼主动能压电驱动器3的下端与驱动机构连接架2固定连接,以使双翼主动能压电驱动器3横向设置在驱动机构连接架2上;

一对结构相同的侧翼驱动机构包括侧翼辅助动能压电驱动器4和侧翼扑动机构,

两个侧翼扑动机构对称设置在双翼主动能压电驱动器3的左侧和右侧；

侧翼辅助动能压电驱动器4的下端与驱动机构连接架2固定连接，以使侧翼辅助动能压电驱动器4横向设置在驱动机构连接架2上；

侧翼扑动机构包括侧翼扑动结构和侧翼摇臂5；

侧翼扑动结构包括主动能驱动连接臂6和辅助动能驱动连接臂7；主动能驱动连接臂6和辅助动能驱动连接臂7前后向并排设置，主动能驱动连接臂6的一端与双翼主动能压电驱动器3的上部连接，其另一端与侧翼摇臂5连接，其在侧翼摇臂5上的连接部位为侧翼摇臂主动能驱动点8；辅助动能驱动连接臂7的一端与侧翼辅助动能压电驱动器4的上部连接，其另一端与侧翼摇臂5连接，其在侧翼摇臂5上的连接部位为侧翼摇臂辅助动能驱动点9；主动能驱动连接臂6设有至少一个主臂铰接部10，辅助动能驱动连接臂7设有至少一个辅臂铰接部11，在双翼主动能压电驱动器3的上部和侧翼辅助动能压电驱动器4的上部相对往复位移，使侧翼摇臂主动能驱动点8和侧翼摇臂辅助动能驱动点9对侧翼摇臂5产生前后反方向作用力时，主臂铰接部10和辅臂铰接部11使主动能驱动连接臂6和辅助动能驱动连接臂7分别产生相应折转运动，从而使侧翼摇臂5产生前后向摆动；设置在双翼主动能压电驱动器3左侧的侧翼扑动机构为左侧翼扑动机构，左侧翼扑动机构及其连接的侧翼辅助动能压电驱动器4构成左侧翼驱动机构；设置在双翼主动能压电驱动器3右侧的侧翼扑动机构为右侧翼扑动机构，右侧翼扑动机构及其连接的侧翼辅助动能压电驱动器4构成右侧翼驱动机构；

侧翼摇臂5整体包括扑动翼连接部和扑动翼驱动部，扑动翼连接部设有用于与柔性扑动翼1连接的扑动翼连接结构；扑动翼驱动部为侧翼摇臂主动能驱动点8与侧翼摇臂辅助动能驱动点9之间的部分，其形成侧翼摇臂驱动力臂，以将侧翼摇臂主动能驱动点8和侧翼摇臂辅助动能驱动点9的前后反方向位移转换成侧翼摇臂5的前后向摆动，侧翼摇臂驱动力臂的长度与侧翼摇臂5的摆动角度反相关；

柔性扑动翼1通过扑动翼连接结构与侧翼摇臂5连接，以使一对柔性扑动翼1左右对称设置在左侧翼扑动机构和右侧翼扑动机构上；

前双翼驱动机构和后双翼驱动机构分别设置在驱动机构连接架2的前方和后方，以使两对柔性扑动翼1分别左右对称设置且前后对称设置。

[0022] 左侧翼驱动机构的侧翼辅助动能压电驱动器4和右侧翼驱动机构的侧翼辅助动能压电驱动器4分别左右对称设置在双翼主动能压电驱动器3远离侧翼摇臂5的一侧；侧翼摇臂主动能驱动点8位于侧翼摇臂辅助动能驱动点9的内侧。

[0023] 主动能驱动连接臂6设有两个主臂铰接部10，两个主臂铰接部10分别位于主动能驱动连接臂6长度的1/3处和2/3处；辅助动能驱动连接臂7设有一个辅臂铰接部11，辅臂铰接部11位于辅助动能驱动连接臂7长度的1/2处。

[0024] 主动能驱动连接臂6为三段条形竖板通过柔性聚酰亚胺薄膜粘接在一起，主动能驱动连接臂6的两个柔性聚酰亚胺薄膜部位为两个主臂铰接部10，以形成柔性铰链连接；辅助动能驱动连接臂7为两段条形竖板通过柔性聚酰亚胺薄膜粘接在一起，辅助动能驱动连接臂7的柔性聚酰亚胺薄膜部位为辅臂铰接部11，以形成柔性铰链连接。

[0025] 左侧翼驱动机构的主动能驱动连接臂6的端部和右侧翼驱动机构的主动能驱动连接臂6的端部之间连接有双翼主动能压电驱动器粘接板12，以与双翼主动能压电驱动器3的上部粘接；左侧翼驱动机构的辅助动能驱动连接臂7的端部和右侧翼驱动机构的辅助动能

驱动连接臂7的端部分别设有侧翼辅助动能压电驱动器粘接板13,以用于与各自的侧翼辅助动能压电驱动器4的上部粘接。

[0026] 柔性扑动翼1通过扑动翼连接结构与侧翼摇臂5连接的具体结构为:在侧翼摇臂5的扑动翼连接部设有扑动翼连接槽,通过柔性聚酰亚胺薄膜将柔性扑动翼1的连接端连接在扑动翼连接槽内,从而使柔性扑动翼1与侧翼摇臂5之间形成柔性铰链连接,在气动力和惯性力的作用下使得侧翼摇臂5的翼面发生被动扭转变形。

[0027] 工作原理:

主动能压电驱动器3与侧翼辅助动能压电驱动器4之间相对往复位移(以下简称扑动翼驱动运动)的频率及振幅由它们各自的振动频率、振幅及它们之间的相位差共同叠加作用所决定,扑动翼驱动运动通过侧翼扑动机构驱动相应的柔性扑动翼1产生扑翼运动,其扑翼运动的频率与扑动翼驱动运动的频率一致;其扑翼运动的振幅分析如下:主动能压电驱动器3与侧翼辅助动能压电驱动器4的性能参数决定扑动翼驱动运动的振幅范围,由于侧翼摇臂驱动力臂的长度与侧翼摇臂5的摆动角度反相关,通过改变侧翼摇臂驱动力臂的长度即可调整侧翼摇臂5摆动角度,从而确定柔性扑动翼1在扑动翼驱动运动的振幅范围内所产生的扑翼运动振幅。

[0028] 因此,通过飞行控制系统向前双翼驱动机构和后双翼驱动机构的双翼主动能压电驱动器3提供一定频率电压的扑动翼驱动信号,即可控制其产生相应的振幅和振频,向侧翼辅助动能压电驱动器4提供一定频率电压的扑动翼振幅及振频调节信号,即可对扑动翼驱动运动的频率及振幅进行调节控制,从而对各柔性扑动翼1扑翼运动的振幅和振频进行控制。

[0029] 仿蜻蜓扑翼飞行器中,各柔性扑动翼1的扑翼运动频率及振幅的设计要求通过实验即可得出,在此不再赘述。

[0030] 该发明可以实现仿蜻蜓扑翼飞行器的四翼单独控制,当飞行控制系统控制前双翼驱动机构的一对柔性扑动翼1扑翼运动相同频率下的振幅大于或小于后双翼驱动机构的一对柔性扑动翼1扑翼运动相同频率下的振幅时,飞行器机体产生抬头或低头力矩,从而引起俯仰运动;当飞行控制系统控制左侧柔性扑动翼1扑翼运动相同频率下的振幅大于或小于右侧柔性扑动翼1扑翼运动相同频率下的振幅时,飞行器产生相应的滚转力矩;当飞行控制系统控制左侧柔性扑动翼1扑翼运动相同振幅下的频率是右侧柔性扑动翼1的整数倍时,飞行器产生偏航动作;当飞行控制系统控制前双翼驱动机构的一对柔性扑动翼1扑翼运动振幅及振频与后双翼驱动机构的一对柔性扑动翼1扑翼运动振幅及振频同步大幅增大或减小时,可以实现机体的快速起飞和平稳降落。

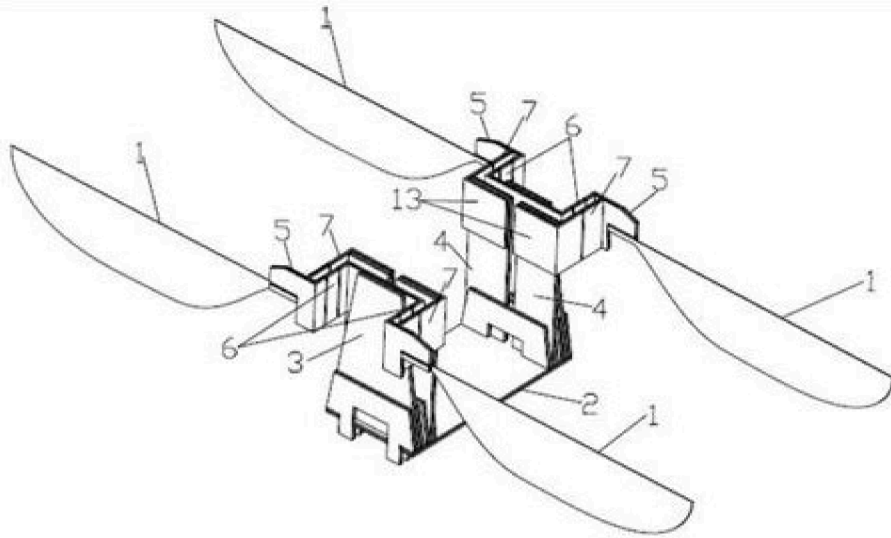


图1

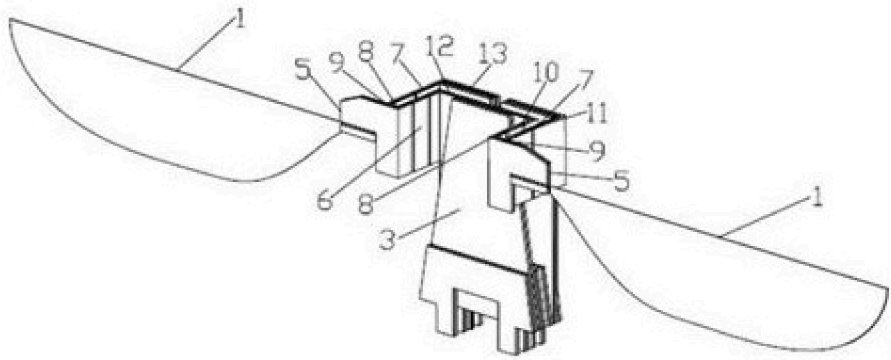


图2

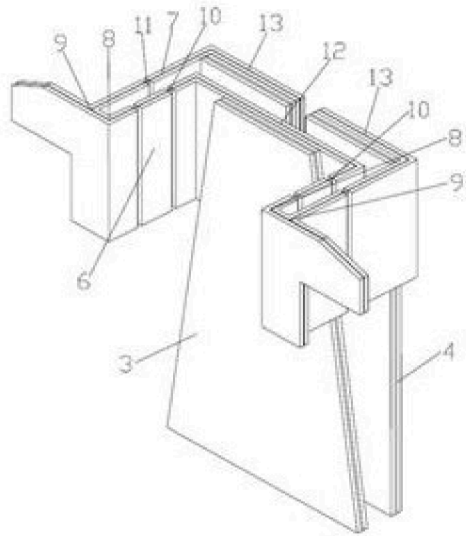


图3

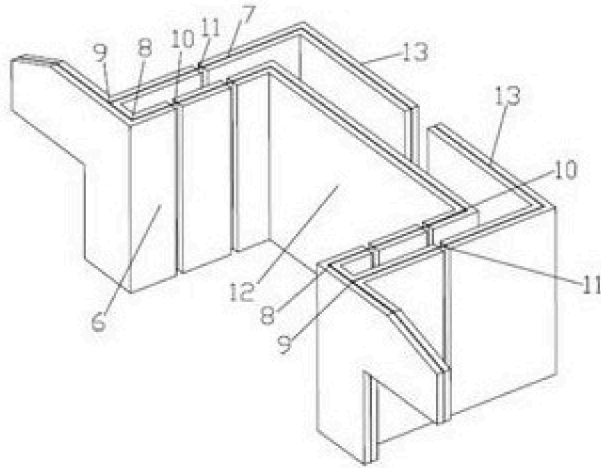


图4