

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

G01M 13/02 (2006.01)

B63H 1/36 (2006.01)



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200710177403.3

[43] 公开日 2009年5月20日

[11] 公开号 CN 101435739A

[22] 申请日 2007.11.15

[21] 申请号 200710177403.3

[71] 申请人 中国科学院自动化研究所

地址 100080 北京市海淀区中关村东路95号

[72] 发明人 王 硕 谭 民 董 翔 曹志强

[74] 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任公
司
代理人 周国城

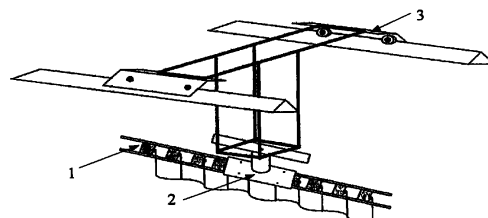
权利要求书3页 说明书7页 附图8页

[54] 发明名称

仿生长鳍波动推进实验装置

[57] 摘要

本发明一种仿生长鳍波动推进实验装置，包括仿生长鳍机构、随动系统和机械连接件。随动系统由吊架和平行导轨构成；功能是作为仿生长鳍机构的托架和运动导向，同时为测量仿生长鳍机构的运动性能提供了方便。仿生长鳍机构由多个舵机通过支撑架和连接块固定在一起，每个舵机转盘上装有细长柱状鳍条，一条宽度与鳍条长度一致的弹性薄膜将所有细长柱状鳍条连接在一起；仿生长鳍机构通过机械连接件与随动系统中的吊架固定在一起。通过协调控制多个舵机可产生推进力，实现前后游动和绕自身中轴的转动运动。用本发明可研究仿生长鳍机构的运动原理和优化控制方法，也可进一步开发成为水下勘查机器人、娱乐机器人等。



1、一种仿生长鳍波动推进实验装置，包括仿生长鳍机构、随动系统和机械连接件，能实现仿生长鳍机构的前后游动和绕轴转动；其特征在于，仿生长鳍机构包括支撑架、多数个舵机、鳍条和鳍面；支撑架有两个结构相同的平行的支撑杆，每一舵机两端分别与平行的两支撑杆内侧正交固接；

在每个支撑杆的上平面中部固设有连接板，由固接件将机械连接件固定在支撑杆的连接板上，将机械连接件与仿生长鳍机构固连；鳍条与舵机的数目相同，每一舵机的输出轴与一鳍条的上端相连接，各鳍条之间由柔性薄膜覆盖连接在一起构成鳍面；

随动系统包括吊架、导轨、滚动轴承、底板；

两条平行的导轨置于水池上方或支撑物体上端；

吊架上端的框形横梁两侧端经滚动轴承与导轨表面动连接；

吊架上端的框形横梁中部向下伸出一立体框架，立体框架底面固设有一底板，底板中心与机械连接件相连，机械连接件相对随动系统可相对旋转；使机械连接件与随动系统连接。

2、如权利要求1所述的仿生长鳍波动推进实验装置，其特征在于，所述每一舵机两端分别与平行的两支撑杆内侧正交固接，是每个支撑杆的侧面设有两排贯通的螺孔，固定螺钉由外侧向内穿过该螺孔将舵机两侧与支撑杆内侧固定，舵机两侧与平行的两支撑杆正交。

3、如权利要求1所述的仿生长鳍波动推进实验装置，其特征在于，所述每一舵机两端分别与平行的两支撑杆内侧正交固接，是舵机外壳呈T形，舵机输出轴所在一端向两侧各延续伸出一凸台，凸台上与舵机输出轴相对的侧面配有连接块，连接块上的至少一个螺孔和凸台上的至少一个螺孔相适配，并以螺钉固连；两连接块与支撑架的两支撑杆相对的一侧面各设有至少两螺孔，两螺孔分别与支撑杆上两排贯通的螺孔中的至少两个通孔相适配，并各以固定螺钉固连，使舵机两侧与支撑杆内侧固定，且舵机两端与平行的两支撑杆正交。

4、如权利要求1所述的仿生长鳍波动推进实验装置，其特征在于，所述每一舵机的输出轴与一鳍条的上端相连接，是每一鳍条上端有一圆

形盘，圆形盘一侧垂直凸设一轴套，轴套筒内壁设有内齿，该内齿与舵机输出轴外圆周上的外齿相适配；

输出轴外端轴向有一螺孔，轴套底部中心，在圆形盘上有一螺孔，两螺孔相适配；将鳍条上端的轴套套在舵机的输出轴上后，用固定螺钉旋过两螺孔将鳍条上端和舵机的输出轴固定在一起。

5、如权利要求1所述的仿生长鳍波动推进实验装置，其特征在于，所述机械连接件，包括连接螺杆、罩盖、连接板、多数个螺孔和螺钉、轴承；

帽形罩盖顶面中心设有通孔，下端侧向延伸有圆环，圆环上均布有多数个螺孔；罩盖的容腔内设有一盘形转动轴承，其上表面与罩盖顶面下侧动贴连，使罩盖可在盘形转动轴承上表面旋转，以一连接螺杆先后穿过转动轴承中心孔、通孔，再与随动系统的底板中心固连接，使机械连接件与随动系统相连；

连接板中部设有多数个螺孔，该多数个螺孔与圆环上的多数个螺孔相适配，以螺钉先后旋过两相对的螺孔将罩盖与连接板固接；连接板的长度与支撑架的宽度等长，其长方向的两端各设有固接件，将机械连接件与仿生长鳍机构相连。

6、如权利要求1所述的仿生长鳍波动推进实验装置，其特征在于，所述吊架上端的框形横梁两侧端经滚动轴承与导轨表面动连接，是吊架上端的方框形横梁两侧端各固接在一长条状支板的中部，支板以中轴线为界向下弯折一角度，折边两端各设一通孔，螺杆穿过各通孔与一滚动轴承固连，滚动轴承与三角形导轨内侧面动连接。

7、如权利要求1或6所述的仿生长鳍波动推进实验装置，其特征在于，

由微控制器实时生成各鳍条舵机的转动角度控制命令，控制命令数据由微控制器发送给现场可编程门阵列，由可编程门阵列将各舵机转动角度控制命令转换成实际控制舵机用的脉宽调制信号，信号经过驱动放大之后输出给各个鳍条控制舵机驱动鳍条摆动；通过微控制器实时给出不同舵机的摆动角度命令，通过可编程门阵列和驱动放大电路，最终形成仿生长鳍机构的鳍条和鳍面的波动运动。

8、如权利要求 1 或 5 所述的仿生长鳍波动推进实验装置，其特征在于，所述吊架的底板中心与机械连接件相连，是底板中心有一螺孔，螺孔与机械连接件的连接螺杆相配合螺接，或用螺母将穿过底板中心螺孔的螺杆固定在吊架底板上，使机械连接件与随动系统相连。

9、如权利要求 1 或 5 所述的仿生长鳍波动推进实验装置，其特征在于，所述固接件，为螺栓、螺孔。

仿生长鳍波动推进实验装置

技术领域

本发明涉及仿生机器鱼技术领域，属于机电一体化装置，具体地说为研究裸背鳗科、鳐科的游动机理和优化控制方法而设计的一种仿生长鳍波动推进实验装置。

背景技术

对于鱼类仿生学的研究在九十年代以前主要是开展理论方面的研究工作。在九十年代以后，随着电子技术、新型材料、机器人技术的快速发展，仿生机器鱼的研究在国内外已逐步开展起来。在这方面取得较好成果的有美国 MIT 大学的研究组为涡流控制和减阻机制研究而开发研制的仿生机器金枪鱼。美国东北大学利用形状记忆合金和连杆机构开发研制的机器鳗鱼。日本名古屋大学 Fukuda 教授开始了微型仿鱼水下推进器的研究，他先后研制出形状记忆合金(SMA)驱动微型身体波动式水下推进器和压电陶瓷(PZT)驱动的双鳍鱼型微机器人。前面这些研究工作主要针对高巡航速度和高游动效率的鱼类开展研究工作，而针对高机动性的鱼类则研究和实验系统研制工作相对较少。以裸背鳗科、鳐科为代表的具有高机动性的鱼类的研究工作具有特别的意义。在国内，国防科技大学针对“尼罗河魔鬼”鱼开展的仿生长鳍游动运动研究最为突出，开发了仿生长鳍游动装置。日本大阪大学在鳐科鱼类研究的基础上研制了双侧长鳍波动推进的机器人系统。美国西北大学也开发了长鳍波动推进实验装置来检测不同控制策略下长鳍产生的推进力。新加坡的 NTU 大学开展了长鳍波动推进的研究工作，研制了相应的长鳍波动推进机构和实验装置。美国专利 US6089178A 中也介绍了一种仿生长鳍的结构，但与本发明提出整套仿生长鳍波动推进实验装置在结构、功能上都有很大的不同。

发明内容

本发明的目的在于提供一种仿生长鳍波动推进实验装置，该实验装置中仿生长鳍机构的控制节点多，实时性强，灵活多变，可以模仿柔性长鳍的自由转动、游动；沿随动系统的导轨可以实现定向游动，绕自身轴心的旋转运动。

本发明的又一目的是，为模仿鱼类运动/研究鱼类运动的水动力学、游动机理、运动控制方法提供实验装置，为制造效率高、机动性好、噪音低、对环境扰动小的水下运输设备提供基本的实验平台。

为实现上述目的，本发明的技术方案是：

一种仿生长鳍波动推进实验装置，包括仿生长鳍机构、随动系统和机械连接件，能实现仿生长鳍机构的前后游动和绕轴转动；其仿生长鳍机构包括支撑架、多数个舵机、鳍条和鳍面；支撑架有两个结构相同的平行的支撑杆，每一舵机两端分别与平行的两支撑杆内侧正交固接；

在每个支撑杆的上平面中部固设有连接板，由固接件将机械连接件固定在支撑杆的连接板上，将机械连接件与仿生长鳍机构固连；鳍条与舵机的数目相同，每一舵机的输出轴与一鳍条的上端相连接，各鳍条之间由柔性薄膜覆盖连接在一起构成鳍面；

随动系统包括吊架、导轨、滚动轴承、底板；

两条平行的导轨置于水池上方或支撑物体上端；

吊架上端的框形横梁两侧端经滚动轴承与导轨表面动连接；

吊架上端的框形横梁中部向下伸出一立体框架，立体框架底面固设有一底板，底板中心与机械连接件相连，机械连接件相对随动系统可相对旋转；使机械连接件与随动系统连接。

所述的仿生长鳍波动推进实验装置，其所述每一舵机两端分别与平行的两支撑杆内侧正交固接，是每个支撑杆的侧面设有两排贯通的螺孔，固定螺钉由外侧向内穿过该螺孔将舵机两侧与支撑杆内侧固定，舵机两侧与平行的两支撑杆正交。

所述的仿生长鳍波动推进实验装置，其所述每一舵机两端分别与平行的两支撑杆内侧正交固接，是舵机外壳呈 T 形，舵机输出轴所在一端

向两侧各延续伸出一凸台，凸台上与舵机输出轴相对的侧面配有连接块，连接块上的至少一个螺孔和凸台上的至少一个螺孔相适配，并以螺钉固连；两连接块与支撑架的两支撑杆相对的一侧面各设有至少两螺孔，两螺孔分别与支撑杆上两排贯通的螺孔中的至少两个通孔相适配，并各以固定螺钉固连，使舵机两侧与支撑杆内侧固定，且舵机两端与平行的两支撑杆正交。

所述的仿生长鳍波动推进实验装置，其所述每一舵机的输出轴与一鳍条的上端相连接，是每一鳍条上端有一圆形盘，圆形盘一侧垂直凸设一轴套，轴套筒内壁设有内齿，该内齿与舵机输出轴外圆周上的外齿相适配；

输出轴外端轴向有一螺孔，轴套底部中心，在圆形盘上有一螺孔，两螺孔相适配；将鳍条上端的轴套套在舵机的输出轴上后，用固定螺钉旋过两螺孔将鳍条上端和舵机的输出轴固定在一起。

所述的仿生长鳍波动推进实验装置，其所述机械连接件，包括连接螺杆、罩盖、连接板、多数个螺孔和螺钉、轴承；

帽形罩盖顶面中心设有通孔，下端侧向延伸有圆环，圆环上均布有多数个螺孔；罩盖的容腔内设有一盘形转动轴承，其上表面与罩盖顶面下侧动贴连，使罩盖可在盘形转动轴承上表面旋转，以一连接螺杆先后穿过转动轴承中心孔、通孔，再与随动系统固连接，使机械连接件与随动系统相连；

连接板中部设有多数个螺孔，该多数个螺孔与圆环上的多数个螺孔相适配，以螺钉先后旋过两相对的螺孔将罩盖与连接板固接；连接板的长度与支撑架的宽度等长，其长方向的两端各设有固接件，将机械连接件与仿生长鳍机构相连。

所述的仿生长鳍波动推进实验装置，其所述吊架上端的框形横梁两侧端经滚动轴承与导轨表面动连接，是吊架上端的方框形横梁两侧端各固接在一长条状支板的中部，支板以中轴线为界向下弯折一角度，折边两端各设一通孔，螺杆穿过各通孔与一滚动轴承固连，滚动轴承与三角形导轨内侧面动连接。

所述的仿生长鳍波动推进实验装置，其由微控制器实时生成各鳍条

舵机的转动角度控制命令，控制命令数据由微控制器发送给现场可编程门阵列，由可编程门阵列将各舵机转动角度控制命令转换成实际控制舵机用的脉宽调制信号，信号经过驱动放大之后输出给各个鳍条控制舵机驱动鳍条摆动；通过微控制器实时给出不同舵机的摆动角度命令，通过可编程门阵列和驱动放大电路，最终形成仿生长鳍机构的鳍条和鳍面的波动运动。

所述的仿生长鳍波动推进实验装置，其所述吊架的底板中心与机械连接件相连，是底板中心有一螺孔，螺孔与机械连接件的连接螺杆相配合螺接，或用螺母将穿过底板中心螺孔的螺杆固定在吊架底板上，使机械连接件与随动系统相连。

所述的仿生长鳍波动推进实验装置，其所述固接件，为螺栓、螺孔。

本发明仿生长鳍波动推进实验装置的仿生长鳍机构通过外部控制可实现前后游动和绕自身中轴的转动运动。用本发明可研究仿生长鳍机构的运动原理和优化控制方法，也可进一步开发成为水下勘察机器人、娱乐机器人等。

附图说明

图 1 是本发明的仿生长鳍波动推进实验装置结构示意图；

图 2 是本发明的仿生长鳍机构结构示意图；

图 3 是本发明的仿生长鳍机构中舵机、支撑架和鳍条的相互连接关系示意图；

图 4 是本发明的仿生长鳍机构与随动系统间的机械连接件结构示意图；其中，图 4 (a) 为机械连接件的立体图，图 4 (b) 为机械连接件内部各零件示意图；

图 5 是本发明的随动系统结构示意图；

图 6 是本发明的控制系统结构示意图；

图 7(a)、图 7(b) 是本发明的控制系统电路图。

具体实施方式

下面结合附图对长鳍和随动系统的机械结构做出说明。

本发明的一种仿生长鳍波动推进实验装置包含仿生长鳍机构、随动系统和机械连接件。

图 1 是本发明的仿生长鳍波动推进实验装置结构示意图。其中，仿生长鳍机构 1，随动系统 3，机械连接件 2 将仿生长鳍机构与随动系统连接在一起。仿生长鳍机构 1 是由多个舵机组成，每个舵机输出轴与鳍条固定在一起，所有的鳍条由一整块弹性薄膜做成的鳍面连接在一起。随动系统由平行导轨对、吊架和滚动轴承组成；吊架通过两侧各二个滚动轴承与平行导轨接触，并可沿导轨运动。机械连接件将仿生长鳍机构和随动系统连接在一起。下面针对仿生长鳍机构、机械连接件和随动系统三部分，通过图 2-5 进一步详细说明其结构。

图 2、图 3 为本发明的仿生长鳍机构 1 结构示意图。其中，支撑架 11；舵机 12；连接块 13；连接块 13 与舵机 12 连接用的固定螺钉 14；连接块 13 与支撑架 11 连接用的固定螺钉 15；鳍条与舵机输出轴的固定螺钉 16；同机械连接件配合的固定用的螺孔 17；鳍条 18；鳍面 19。仿生长鳍机构的支撑架 11 有两个结构相同的平行的支撑杆，每个支撑杆的侧面设有两排贯通的螺孔，固定螺钉 15 由外侧向内穿过该螺孔将舵机 12 两侧与支撑杆内侧固定，舵机 12 两侧与平行的两支撑杆正交。在每个支撑杆的上平面中部各设有数个螺孔，固定螺钉 17 与螺孔相配合将机械连接件 2 固定在支撑杆的上平面。鳍条 18 与舵机 12 的数目相同，每一舵机 12 的输出轴与一鳍条 18 的上端相连接，各鳍条 18 之间由柔性薄膜覆盖连接在一起构成鳍面 19。

图 3 绘出了一个舵机 12、支撑架 11 的支撑杆和鳍条 18 的相互连接关系示意图。图中，支撑架 11；舵机 12；连接块 13；鳍条 18；连接块上与支撑架连接用的螺孔 110；连接块上与舵机连接用的螺孔 111；支撑架上与连接块连接用的螺孔 112；舵机上与连接块连接用的螺孔 113；舵机输出轴 114；舵机输出轴上与鳍条固定用的螺孔 115；鳍条上的与舵机输出轴配合的轴套 116；鳍条上用于与舵机输出轴固定用的螺孔 117。

舵机 12 外壳呈 T 形，舵机输出轴 114 所在一侧向两端各延续伸出一凸台，凸台与舵机输出轴 114 相对的一侧配有连接块 13，连接块 13 上的两个螺孔 111 和凸台上的两个螺孔 113 相适配，并各以螺钉 14 固连（参

照图 2)。两连接块 13 与支撑架 11 的两支撑杆相对的一侧各设有两螺孔 110，两螺孔 110 分别与支撑杆上两排贯通的螺孔中的两个通孔 112 相适配，并各以固定螺钉 15 固连（参照图 2），使舵机 12 两端与支撑杆内侧固定，且舵机 12 两端与平行的两支撑杆正交。

每一鳍条 18 上端有一圆形盘，圆形盘一侧垂直凸设一轴套 116，轴套筒内壁设有内齿，该内齿与舵机输出轴 114 外圆周上的外齿相适配。输出轴 114 外端轴向有一螺孔 115，轴套 116 底部中心，在圆形盘上有一螺孔 117，螺孔 115 和螺孔 117 相适配。将鳍条 18 上端的轴套 116 套在舵机 12 的输出轴 114 上后，用固定螺钉 16（参照图 2）旋过螺孔 117 和螺孔 115 将鳍条 18 上端和舵机 12 的输出轴 114 固定在一起。

图 4 是本发明的仿生长鳍机构 1 与随动系统 3 间的机械连接件 2 的结构示意图；图 4（a）为机械连接件 2 的立体图，图 4（b）为机械连接件 2 内部各零件示意图。其中，连接螺杆 21；罩盖 22；连接板 23；连接板上与仿生长鳍机构支撑架固定用的螺孔 24；连接罩盖与连接板的螺钉 25；罩盖上的通孔 26；罩盖上与连接板固定用的螺孔 27；轴承上的轴孔 28；轴承 29；连接板上与罩盖固定用的螺孔 210。

帽形罩盖 22 顶面中心设有通孔 26，下端侧向延伸有圆环，圆环上均布有四个螺孔 27。罩盖 22 的容腔内设有一盘形转动轴承 29，其上表面与顶面下侧动贴连，使罩盖 22 可在盘形转动轴承 29 上表面旋转，以一连接螺杆 21 先后穿过转动轴承 29 中心孔、通孔 26，再与随动系统 3 旋固连接，使机械连接件 2 与随动系统 3 相连。

长方形连接板 23 中部设有四个螺孔 210，螺孔 210 与螺孔 27 相适配，以螺钉 25 先后旋过螺孔 27、螺孔 210 将罩盖 22 与连接板 23 固接。连接板 23 的长度与支撑架 11 的宽度等长，其长方向的两端各设有四个螺孔 24，螺孔 24 与支撑杆上的螺孔 17（参照图 2）相适配，以螺钉（图未示出）先后穿过螺孔 24、螺孔 17，将机械连接件 2 与仿生长鳍机构 1 相连。

图 5 是本发明的随动系统 3 结构示意图；图 5 中椭圆内为吊架底面底板的放大图。随动系统 3 包括，吊架 31；三角形导轨 32；安放导轨的支撑物体 33；滚动轴承 34；滚动轴承与吊架连接的螺杆 35；固定于吊架上的底板 36；机械连接件与吊架连接用的螺孔 37。

两条平行的三角形导轨 32，置于水池上方或支撑物体 33 上端。

框形吊架 31 上端的方框形横梁两侧端各固接在一长条状支板 38 的中部，支板 38 以中轴线为界向下弯折 60° ，折边两端各设一通孔（参照图 1），螺杆 35 穿过各通孔与一滚动轴承 34 固连，滚动轴承 34 与三角形导轨 32 内侧面动连接。

框形吊架 31 上端的方框形横梁中部向下伸出一立方体框架，立方体框架底面固设有一底板 36，底板 36 中心有一螺孔 37，螺孔 37 与机械连接件 2 的连接螺杆 21 相配合螺接，或用螺母将穿过螺孔 37 的螺杆 21 固定在吊架底板 36 上，使机械连接件 2 与随动系统 3 相连。

图 6 给出了仿生长鳍机构的控制系统结构图。整个系统由微控制器、现场可编程门阵列（FPGA）、驱动发动电路等几部分组成。由微控制器实时生成各鳍条舵机的转动角度控制命令，控制命令数据由微控制器发送给现场可编程门阵列（FPGA），由 FPGA 将各舵机转动角度控制命令转换成实际控制舵机用的脉宽调制信号（PWM 信号），PWM 信号经过驱动放大之后输出给各个鳍条控制舵机驱动鳍条摆动。通过微控制器实时给出不同舵机的摆动角度命令，通过 FPGA 和驱动放大电路，最终形成仿生长鳍机构的鳍条和鳍面的波动运动。

通过控制仿生长鳍机构上电机的运动可以产生推力，推力可以使仿生长鳍机构带动随动系统中的吊架沿导轨运动，也可以使仿生长鳍机构以机械连接件 2 的螺杆 21 为轴自由转动。

实施例

依据本发明所说明的机械结构、控制电路结构，制作了仿生长鳍波动推进实验装置。其主要部分平行导轨 32、吊架 31、支撑架 11 采用不锈钢板材制成。连接块 13 由铝材制成。鳍面 19 采用了 0.5 毫米厚的胶皮制成，鳍面 19 通过粘接剂与鳍条 18 固定在一起。鳍条 18 的驱动舵机 12 采用 FUTABA 的 S3003。控制电路图如图 7 所示，微控制器采用 AVR 系列，选取 FPGA 为电机 PWM 信号产生模块，采用充电电池作为电机、控制电路的电源。

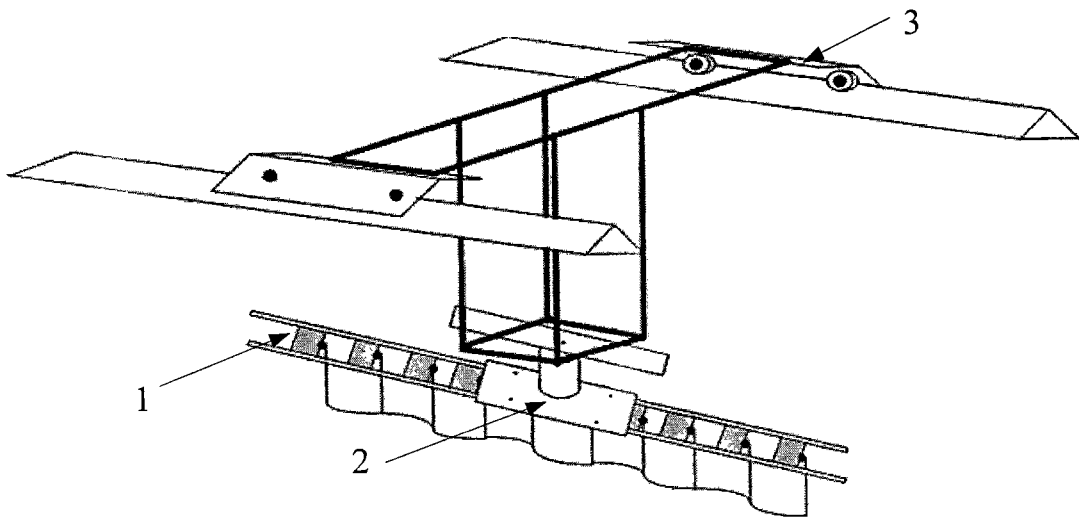


图 1

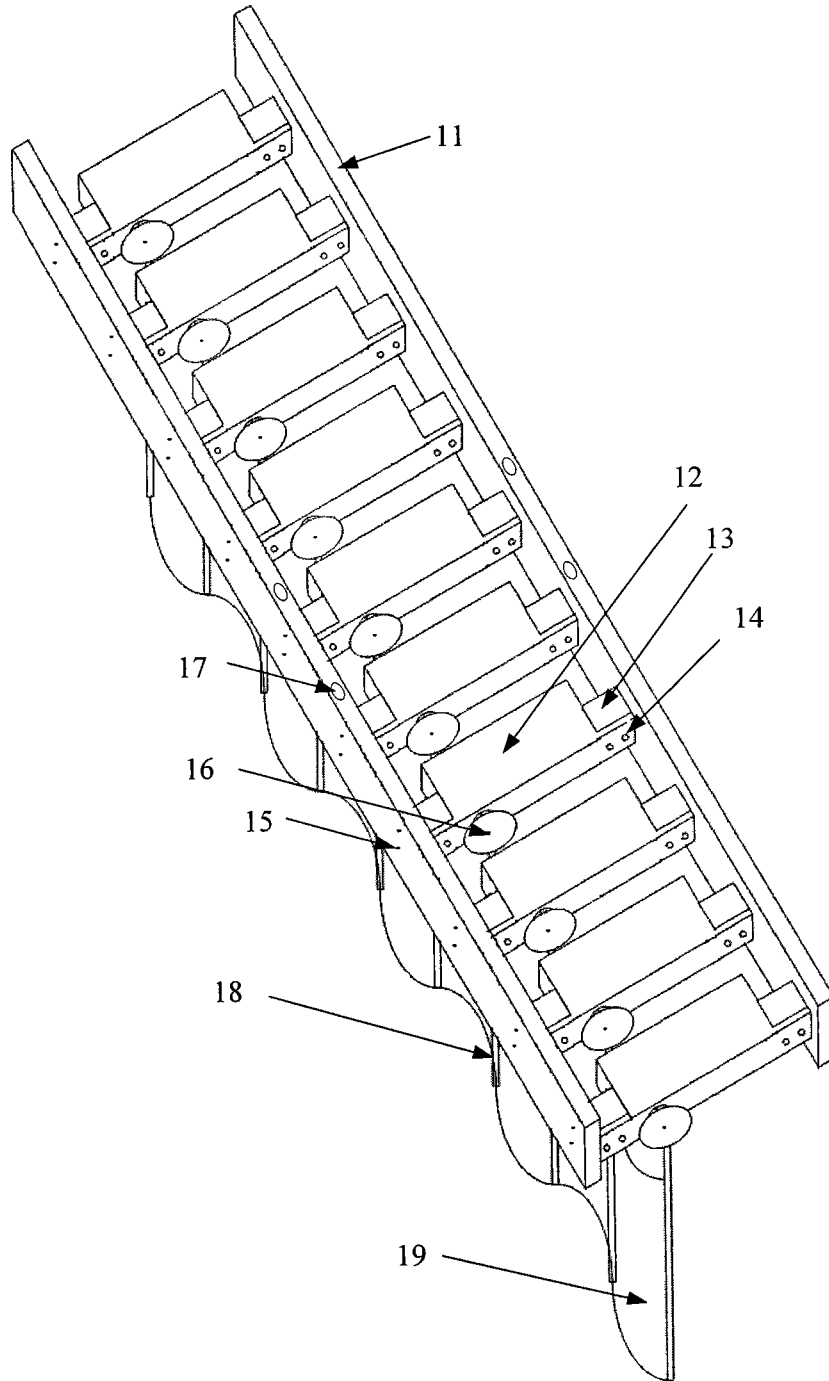


图 2

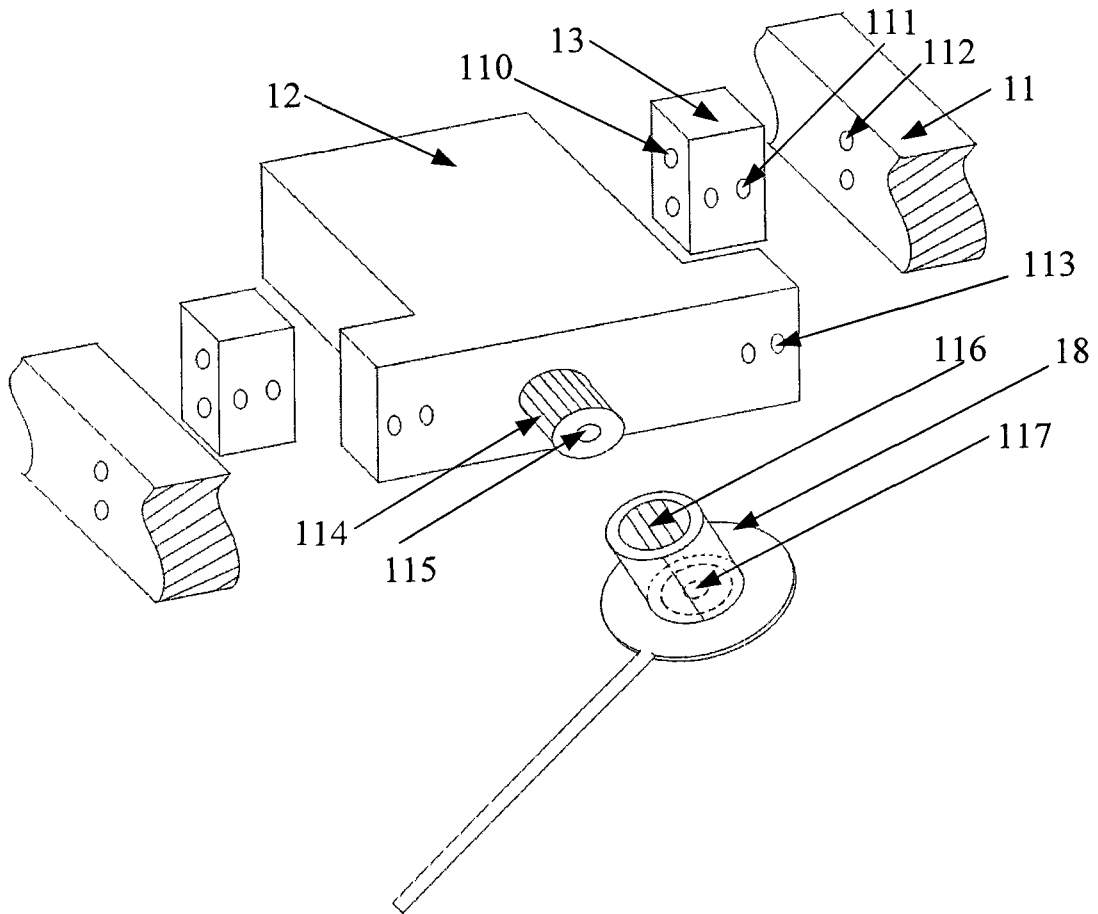


图 3

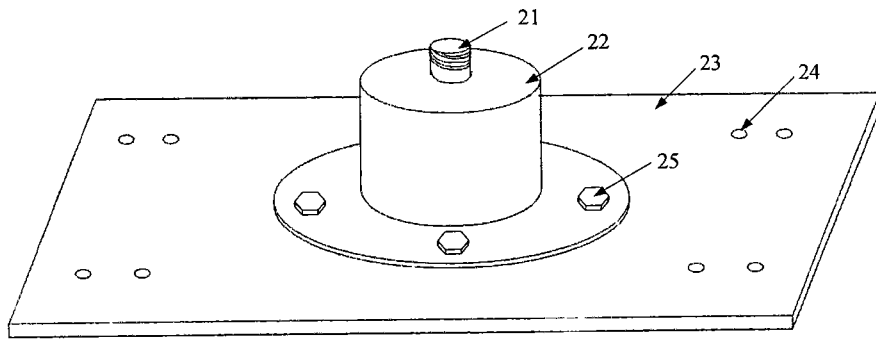


图 4 (a)

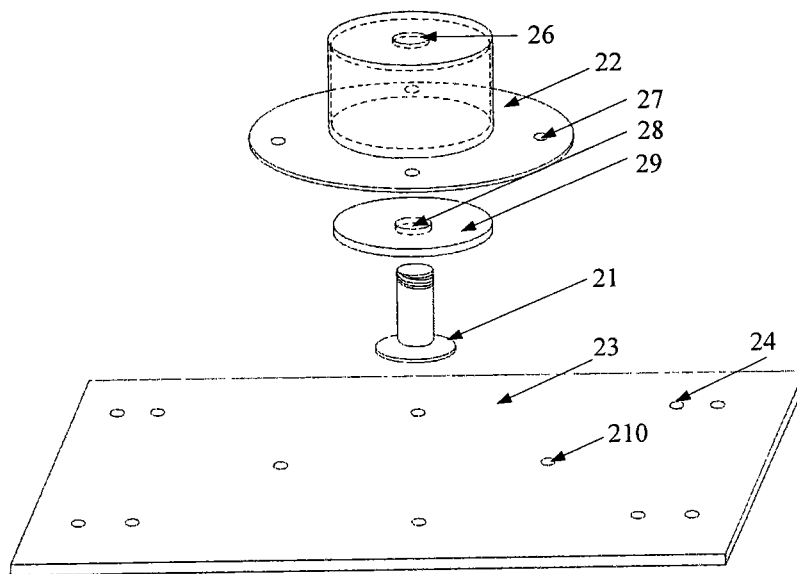


图 4 (b)

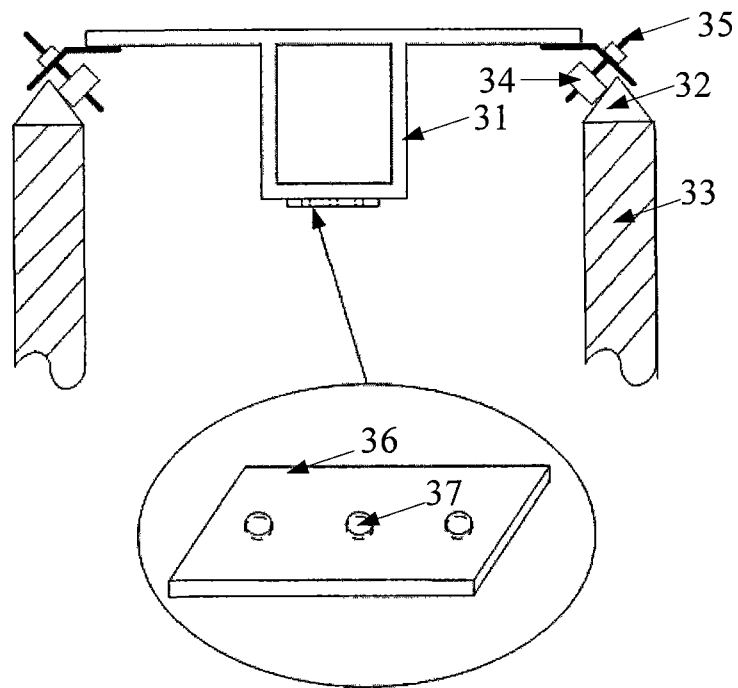


图 5

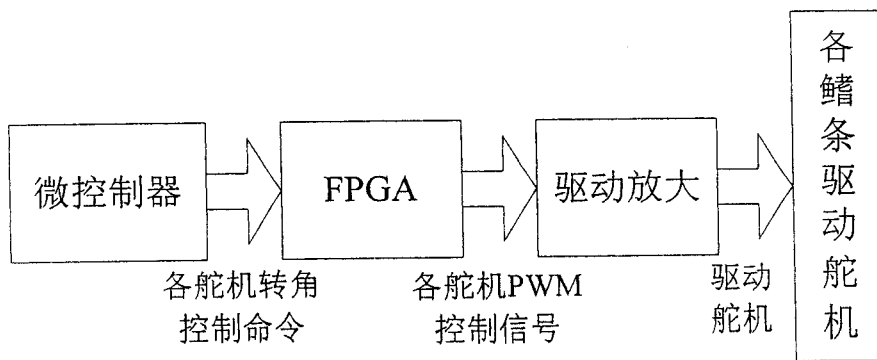


图 6

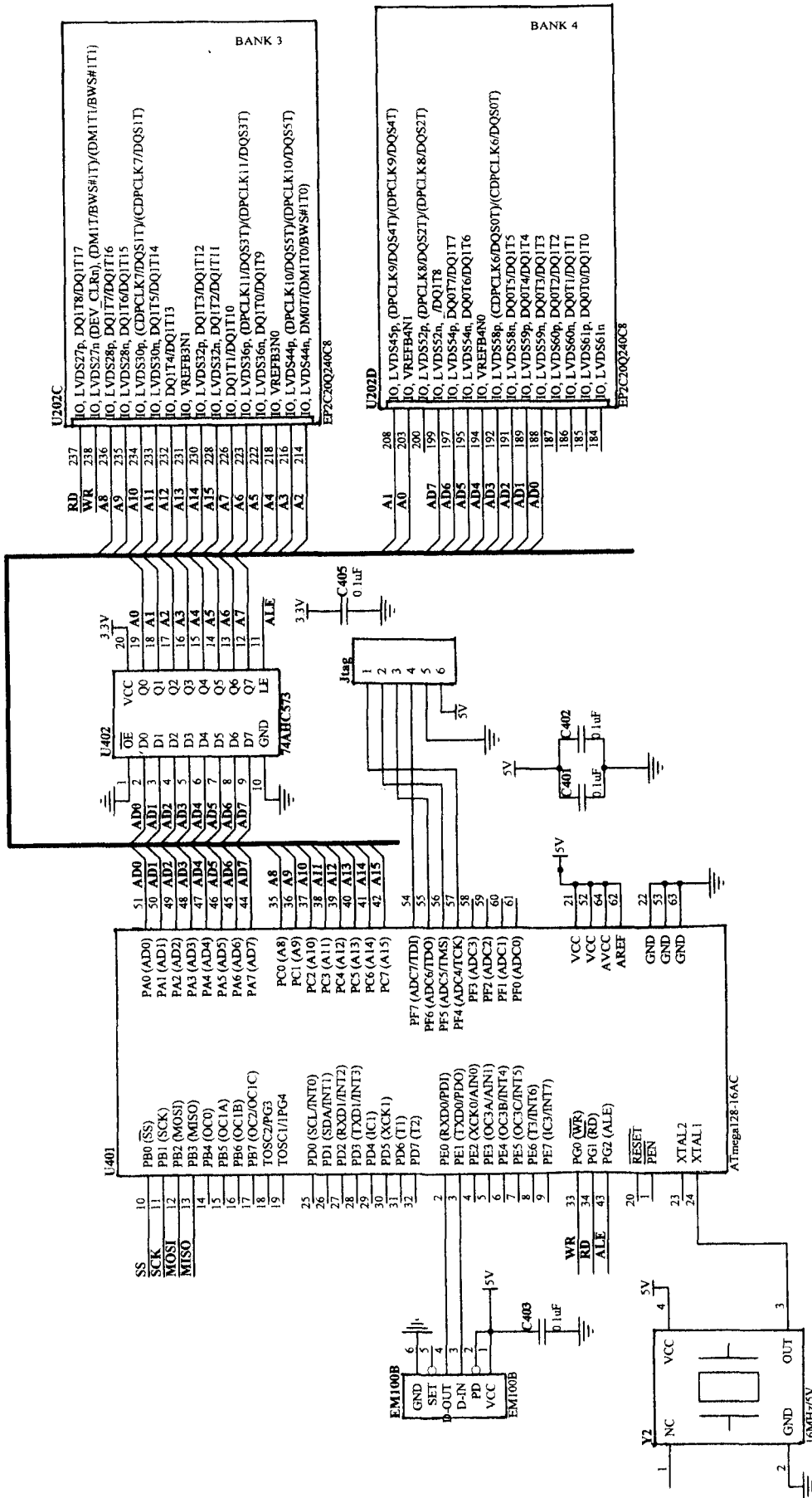


图 7 (a)

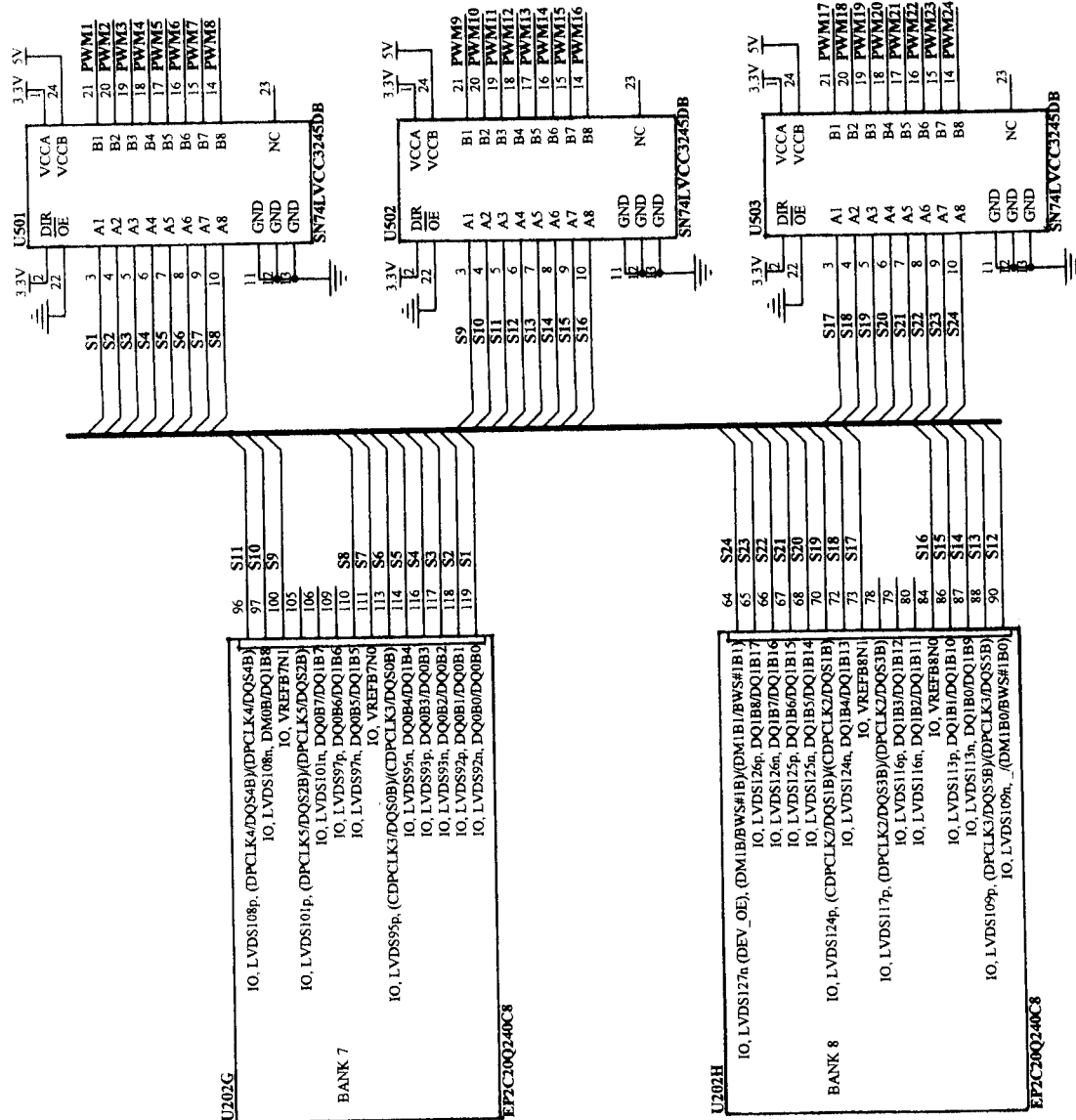


图 7 (b)