

说明书摘要

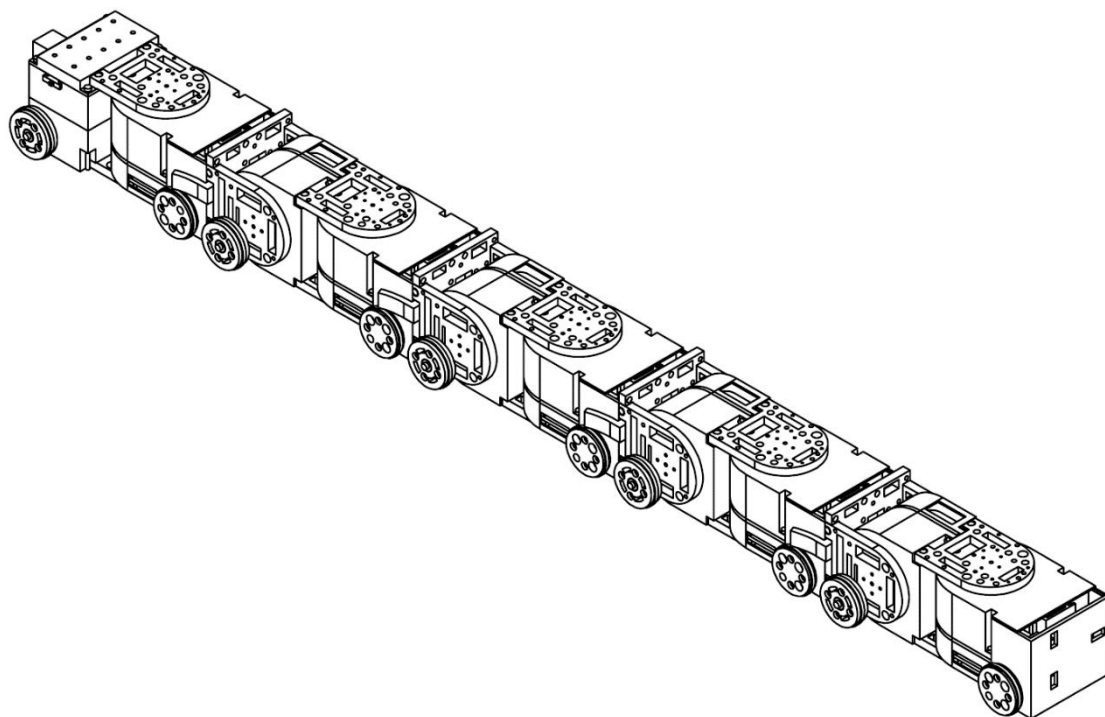
一种自主组装的模块化机器人，包括一个头部模块和可任意增减的相同的身体模块，模块和模块之间通过钩爪-插销机构连接。头部模块主要包括功能舱和偏航关节子模块，身体模块主要包含连接体、俯仰关节以及偏航关节子模块。头部和身体模块均集成了驱动、电源、通信和控制单元，是一个完整的智能体，模块之间能够协同合作构成多智能体系统。多个模块能够自主组装形成一个完整的蛇形机器人，同时该机器人也能够自主拆分形成多智能体系统。本发明是一种新型的模块化机器人，多个模块可以根据实际需要自主组装和拆分，从而具有广泛的用途。

发明人：方勇纯 朱威 郭宪 张学有

第一发明人身份证号码：432321197304139098

联系人：方勇纯；联系电话：13920562825；邮箱：fangyc@nankai.edu.cn

摘要附图



权 利 要 求 书

1、一种自主组装的模块化机器人，其特征是：包括头部模块（1）以及与头部模块（1）相连接的身体模块（2）；其中，

头部模块：用于装载传感器并引导身体模块；包括功能舱子模块（3）、偏航关节子模块（4），所述的功能舱子模块（3）和偏航关节子模块（4）通过上连接板 I（5）、下连接板 I（6）、法兰 I（7）以及轴承 I（8）相连接；

身体模块：用于和头部模块（1）一起彼此连接构成蛇形机器人或者相互分离组成多智能体系统；包括偏航关节子模块（4）、整体俯仰子模块（29）；所述的偏航关节子模块（4）、整体俯仰子模块（29）通过上连接板 II（51）、下连接板 II（61）、法兰 II（71）以及轴承 II（81）相连接。

2、根据权利要求 1 所述的自主组装的模块化机器人，其特征是：功能舱子模块（3）包括相机（9）、相机支架（10）、舱盖（11）、舱身（12）、舱底（13）、电池 I（14）、开关 I（15）、两个同轴被动轮 I（16）以及稳压模块 I（17）；其中相机（9）通过相机支架（10）固定在舱身（12）前端，电池 I（14）和稳压模块 I（17）固定在舱底（13），为偏航关节子模块（4）提供稳定电源输入。

3、根据权利要求 1 所述的自主组装的模块化机器人，其特征是：偏航关节子模块（4）包括偏航外壳（18）、舵机支架 I（19）、偏航舵机（20）、无线通信模块（21）、主控板（22）、偏航底座（23）、同轴电机（24）、电机驱动器（25）、滚转舵机（26）、插销（27）以及两个同轴主动轮（28）；其中偏航舵机（20）固定在舵机支架 I（19）上，无线模块（21）、主控板（22），同轴电机（24）、电机驱动器（25）、滚转舵机（26）固定在偏航底座（23）内，插销（27）和滚转舵机（26）的输出轴相连，偏航外壳（18）、舵机支架 I（19）、偏航底座（23）固定连接。

4、根据权利要求 1 所述的自主组装的模块化机器人，其特征是：整体俯仰子模块（29）包括连接体（30）、俯仰关节子模块（31）、上连接板 II（51）、下连接板 II（61）、法兰 II（71）以及轴承 II（81）；其中连接体（30）包括左连接板（32）、右连接板（33）、连接件（34）、两个同轴被动轮 II（161）、法兰 III（711）以及轴承 III（811）；所述的俯仰关节子模块（31）通过左右连接板（32、33）与连接件（34）相连。

5、根据权利要求 4 所述的自主组装的模块化机器人，其特征是：俯仰关节子

权 利 要 求 书

模块(31)包括俯仰外壳(35)、舵机支架II(191)、俯仰舵机(36)、电池II(141)、电池III(37)、稳压模块II(171)、俯仰底座(38)以及开关II(151);俯仰舵机(36)固定在舵机支架II(191)上,电池II(141)、电池III(37)、稳压模块II(171)固定在俯仰底座(38)内,俯仰外壳(35)、舵机支架II(191)、俯仰底座(38)固定连接。

6、根据权利要求5所述的自主组装的模块化机器人,其特征是:俯仰舵机(36)的输出轴与左连接板(32)、法兰III(711)相连接;俯仰底座(38)的被动轴与右连接板(33)、轴承III(811)相连接。

7、根据权利要求1-6任一项所述的自主组装的模块化机器人,其特征是:所述的模块化机器人包括一个头部模块(1)以及三个或三个以上相同的身体模块(2)组装为一体。

2、根据权利要求1所述的自主组装的模块化机器人,其特征在于各模块是一个完整的智能体,模块之间相互协作构成多智能体系统,模块相互连接构成蛇形机器人。

说明书

自主组装的模块化机器人

技术领域

本发明属于模块化机器人技术领域。

背景技术

模块化机器人因为能够增减自身模块数目同时可以改变自身形态，从而能够适应各种复杂的环境，如沙地草地、树木管道、灾后废墟等。从功能独立性来看，当前最广泛应用的是非独立模块化机器人，机器人各个模块不能独立工作，需要和其他模块彼此连接相互配合才能完成特定任务，每个模块拥有自身的驱动系统，但是所有模块都共用同一个电源、通信以及控制等系统；另一种是独立模块化机器人，机器人的每个模块都集成了自身的驱动、电源、通信以及控制系统，因此每个模块能够独立工作，各个模块之间可以协同合作。

国内外相关领域的学者对模块化机器人的机电设计开展了大量的研究工作，其中一大类是多关节仿生类机器人的研究。针对仿生类蛇形机器人，日本东京工业大学^[1]、日本电气通信大学^[2]、卡内基梅隆大学^[3]、瑞士联邦理工学院^[4]以及中国科学院沈阳自动化所^[5]等研制了多种模块化蛇形机器人，该类机器人俯仰和偏航关节正交相连，能够模仿自然界蛇灵活的运动，但是模块无法独立工作，需要配合其他模块才能运动。瑞士联邦理工学院研制的另一类模块化家庭机器人^[6]以及布鲁塞尔理工大学研制的多模块移动机器人^[7]，这类机器人各模块能够独立工作，模块之间能够相互协作，同时也能够相互连接，但是模块之间的连接强度比较受限，而且连接过程还需要人为参与。

发明内容

本发明的目的在于研制一种完全自主组装的模块化机器人，各模块能够独立工作，模块之间可以相互协作构成多智能体系统，模块相互连接构成蛇形机器人。

本发明搭建的自主组装的模块化机器人，包括头部模块以及与其连接的身体模块；其中，

头部模块：用于装载传感器并引导身体模块；包括功能舱子模块、偏航关节子模块，所述的功能舱子模块和偏航关节子模块通过上连接板 I、下连接板 I、法兰 I 以及轴承 I 相连接；

身体模块：用于和头部模块一起彼此连接构成蛇形机器人或者相互分离组成多智能体系统；包括偏航关节子模块、整体俯仰子模块；所述的偏航关节子模块、整体俯仰子模块通过上连接板 II、下连接板 II、法兰 II 以及轴承 II 相连接。

进一步的，功能舱子模块包括相机、相机支架、舱盖、舱身、舱底、电池 I、开关 I、两个同轴被动轮 I 以及稳压模块 I；其中相机通过相机支架固定在舱身前端，电池 I 和稳压模块 I 固定在舱底，为偏航关节子模块提供稳定电源输入。

进一步的，偏航关节子模块包括偏航外壳、舵机支架 I、偏航舵机、无线通信模块、主控板、偏航底座、同轴电机、电机驱动器、滚转舵机、插销以及两个同轴主动轮；其中偏航舵机固定在舵机支架 I 上，无线模块、主控板，同轴电机、电机驱动器、滚转舵机固定在偏航底座内，插销和滚转舵机的输出轴相连，偏航外壳、舵机支架 I、偏航底座固定连接。

进一步的，整体俯仰子模块包括连接体、俯仰关节子模块、上连接板 II、下连接板 II、法兰 II 以及轴承 II；其中连接体包括左连接板、右连接板、连接件、两个同轴被动轮 II、法兰 III 以及轴承 III；所述的俯仰关节子模块通过左右连接板与连接件相连。

进一步的，俯仰关节子模块包括俯仰外壳、舵机支架 II、俯仰舵机、电池 II、电池 III、稳压模块 II、俯仰底座以及开关 II；俯仰舵机固定在舵机支架 II 上，电池 II、电池 III、稳压模块 II 固定在俯仰底座内，俯仰外壳、舵机支架 II、俯仰底座固定连接。

进一步的，俯仰舵机的输出轴与左连接板、法兰 III 相连接；俯仰底座的被动轴与右连接板、轴承 III 相连接。

进一步的，所述的模块化机器人包括一个头部模块以及三个或三个以上相同的身体模块组装为一体。

本发明的优点

本发明中每个模块集成了驱动、电源、通信以及控制系统，因此每个模块能够独立工作，模块之间能够相互协助，构成多智能体系统；模块相互连接构成蛇

形机器人，能够用于复杂的地形环境中；结合外部控制算法，模块之间能够完全自主对接，不再需要人为参与。

附图说明

图 1 是自主组装的模块化机器人完整体的示意图；

图 2 是自主组装的模块化机器人拆分体的示意图；

图中：1、头部模块；2、身体模块；

图 3 是头部模块完整体的示意图；

图 4 是头部模块拆分体的示意图；

图中：3、功能舱子模块；4、偏航关节子模块；5、上连接板 I；6、下连接板 I；7、法兰 I；8、轴承 I；

图 5 是功能舱子模块完整体的示意图；

图 6 是功能舱子模块拆分体的示意图；

图中：9、相机；10、相机支架；11、舱盖；12、舱身；13、舱底；14、电池 I；15、开关 I；16、同轴被动轮 I；17、稳压模块 I；

图 7 是偏航关节子模块完整体的示意图；

图 8 是偏航关节子模块拆分体的示意图；

图中：18、偏航外壳；19、舵机支架 I；20、偏航舵机；21、无线通信模块；22、主控板；23、偏航底座；24、同轴电机；25、电机驱动器；26、滚转舵机；27、插销；28、同轴主动轮；

图 9 是身体模块完整体的示意图；

图 10 是身体模块拆分体的示意图；

图中：4、偏航关节子模块；29、整体俯仰子模块；

图 11 是整体俯仰子模块完整体的示意图；

图 12 是整体俯仰子模块拆分体的示意图；

图中：30、连接体；31、俯仰关节子模块；51、上连接板 II；61、下连接板 II；71、法兰 II；81、轴承 II；

图 13 是连接体完整体的示意图；

图 14 是连接体拆分体的示意图；

图中：32、左连接板；33、右连接板；34、连接件；161、同轴被动轮Ⅱ；711、法兰Ⅲ；811 轴承Ⅲ；

图 15 是俯仰关节子模块完整体的示意图；

图 16 是俯仰关节子模块拆分体的示意图；

图中：35、俯仰外壳；36、俯仰舵机；37、电池Ⅲ；38、俯仰底座；141、电池Ⅱ；151 开关Ⅱ；171、稳压模块Ⅱ；191、舵机支架Ⅱ。

具体实施方式

下面结合附图对本发明做更详细的描述。

图 1 和图 2 分别表示自主组装的模块机器人的完整体和拆分体，机器人包含一个头部模块 1 和四个身体模块 2，完整体是一个蛇形机器人系统，拆分体是一个多智能体系统，身体模块可任意增减。头部模块、身体模块、以及机器人完整体的三维尺寸为分别为长 x 宽 x 高：204x95x83mm、211x95x83mm、1048x95x83mm。头部模块质量为 578g，身体模块平均质量为 742g，机器人总质量为 3546g。

图 3 和图 4 描述了头部模块 1 的组成结构，上连接板 I 5、法兰 I 7、偏航舵机（20）的输出轴相连，下连接板 I 6、轴承 I 8、偏航底座（23）的被动轴相连，功能舱子模块 3 和偏航关节子模块 4 通过上连接板 I 5 和下连接板 I 6 固定。

图 5 和图 6 描述了功能舱子模块 3 的组成结构，相机 9 通过相机支架 10 固定在舱身 12 前端，电池 I 14 和稳压模块 I 17 固定在舱底 13，为偏航关节子模块 4 提供稳定电源输入。

图 7 和图 8 描述了偏航关节子模块 4 的组成结构，偏航舵机 20 固定在舵机支架 I 19 上，无线模块 21、主控板 22，同轴电机 24、电机驱动器 25、滚转舵机 26 固定在偏航底座 23 内，插销 27 和滚转舵机 26 的输出轴相连，偏航外壳 18、舵机支架 I、偏航底座 23 固定连接。

图 9-图 10 描述了身体模块 2 的组成结构，身体模块 2 包括偏航关节子模块 4 和整体俯仰子模块 29，该两段的连接与头部模块 1 前后两段的连接方式相同：上连接板 II 51、法兰 II 71、偏航舵机 20 的输出轴相连，下连接板 II 61、轴承 II 81、偏航底座 23 的被动轴相连，整体俯仰子模块 29 和偏航关节子模块 4 通

过上连接板 II 51 和下连接板 II 61 固定。

图 11-图 16 描述了整体俯仰子模块 29 的组成结构,左连接板 32、法兰 III 711、俯仰舵机 36 的输出轴相连,右连接板 33、轴承 III 811、俯仰底座 38 的被动轴相连,俯仰关节子模块 31 通过左右连接板(32、33)与连接件 34 相连,俯仰舵机 36 固定在舵机支架 II 191 上,电池 II 141、电池 III 37、稳压模块 II 171 开关 II 151 固定在俯仰底座 38 内,俯仰外壳 35、舵机支架 II 191、俯仰底座 38 固定连接。

偏航舵机 20 额定力矩为 1.7Nm (牛·米),俯仰舵机 36 额定力矩为 3.4Nm,滚转舵机 26 额定力矩为 0.15Nm,同轴电机 24 最大空载转速为 200r/min (转每分钟);电池 I 14 和电池 II 141 容量为 480mah (毫安·时),电池 III 37 容量为 1300mah,电池放电电压均为 7.4V (伏);无线通信模块 21 为无线串口,传输距离超过 200m,用于和主控板 22 以及上位机之间的通信;主控板 22 主要包含 STM32F405 芯片以及板载 IMU (Inertial Measurement Unit, 惯性测量单元),主控板 22 能同时输出多路 PWM (Pulse Width Modulation, 脉宽调制) 控制舵机角度以及同轴电机转速和转向。

参考文献

- [1] Hirose S , Yamada H . Snake-like robots: Machine Design of Biologically Inspired Robots [J]. IEEE Robotics & Automation Magazine, 2009, 16(1):88-98.
- [2] Tanaka M , Nakajima M , Suzuki Y , et al. Development and Control of Articulated Mobile Robot for Climbing Steep Stairs[J]. IEEE/ASME Transactions on Mechatronics, 2018:1-1.
- [3] Gong C , Travers M J , Astley H C , et al. Kinematic gait synthesis for snake robots[J]. International Journal of Robotics Research, 2016, 35(1-3):100-113.
- [4] Crespi A , Ijspeert A J . Online Optimization of Swimming and Crawling in an Amphibious Snake Robot[J]. IEEE Transactions on Robotics, 2008, 24(1):75-87.
- [5] Tian Y , Matsuno T , Ma S . Development of remote robot control system for snake-like robot based on SSH protocol and iOS system[C]// 2016 IEEE International Conference on Robotics and Biomimetics (ROBIO). IEEE, 2017. Davey J , Kwok

N , Yim M .

- [6] Spröwitz, Alexander, Moeckel R , Vespignani M , et al. Roombots: A hardware perspective on 3D self-reconfiguration and locomotion with a homogeneous modular robot.[J]. Robotics & Autonomous Systems, 2014, 62(7):1016-1033.
- [7] O'Grady R , Christensen A L , Dorigo M . SWARMORPH: Multirobot Morphogenesis Using Directional Self-Assembly[J]. IEEE Transactions on Robotics, 2009, 25(3):738-743.

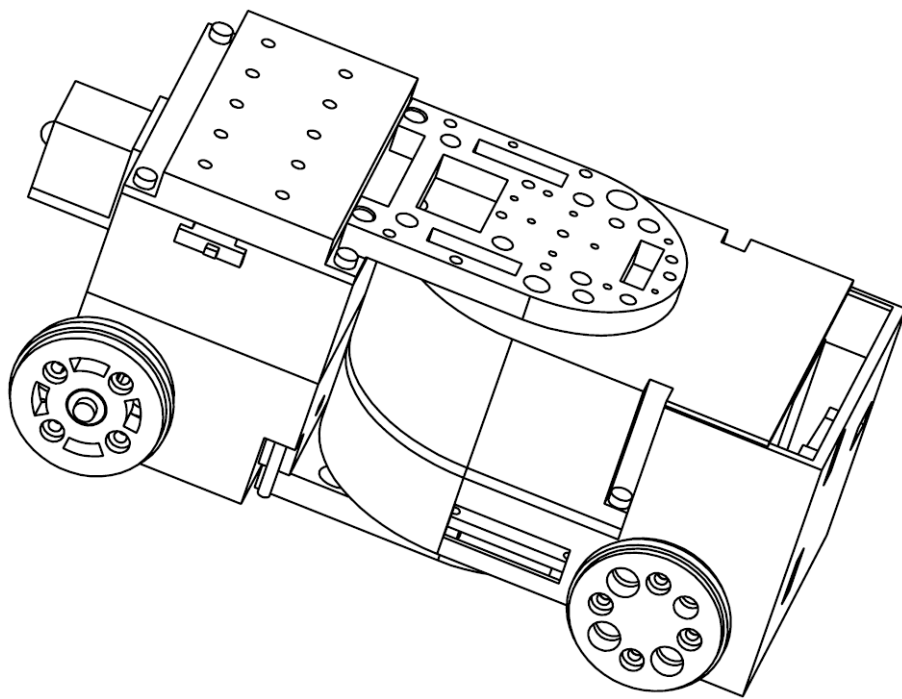


图 3

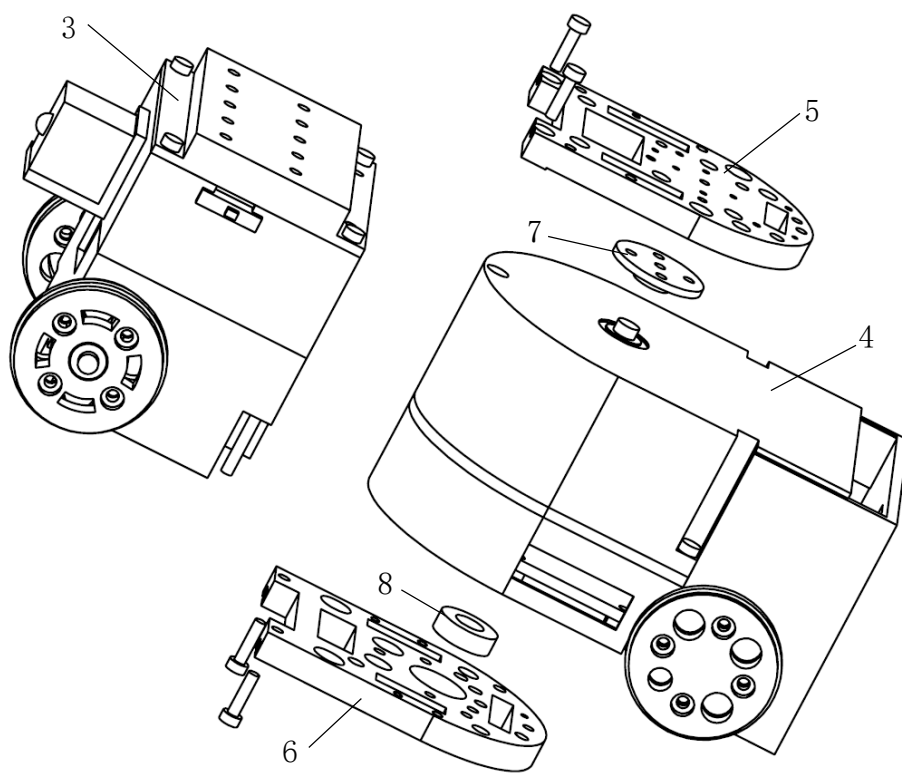


图 4

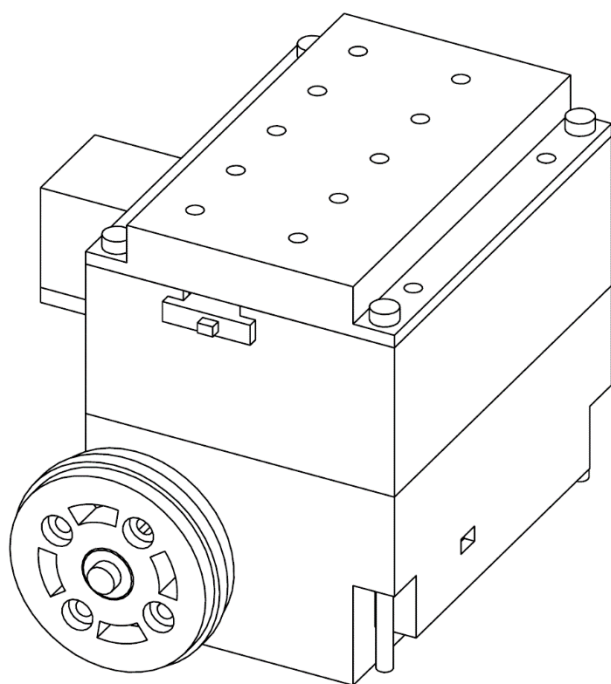


图 5

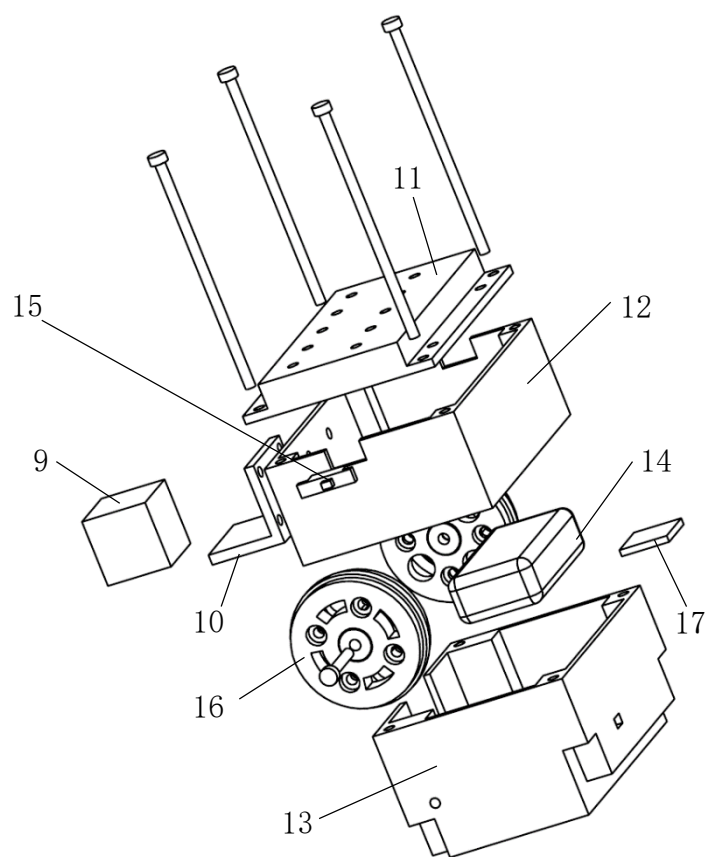


图 6

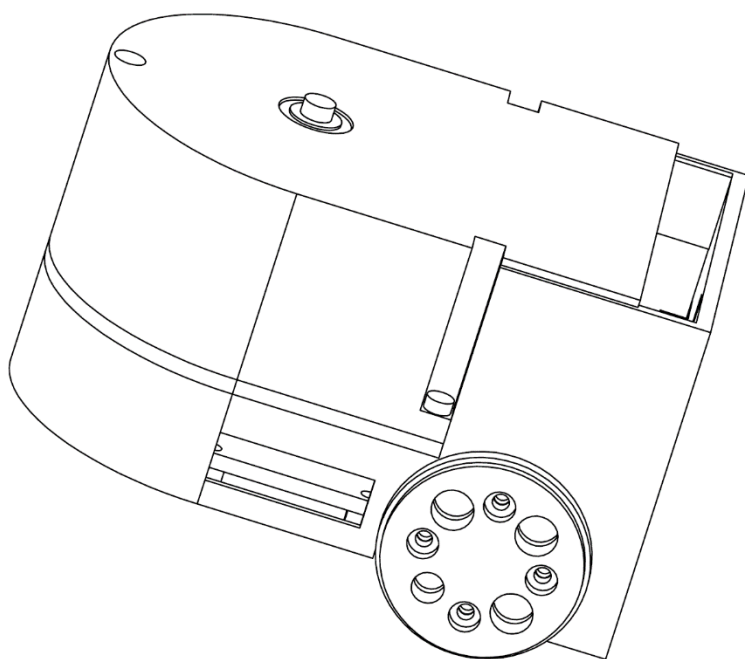


图 7

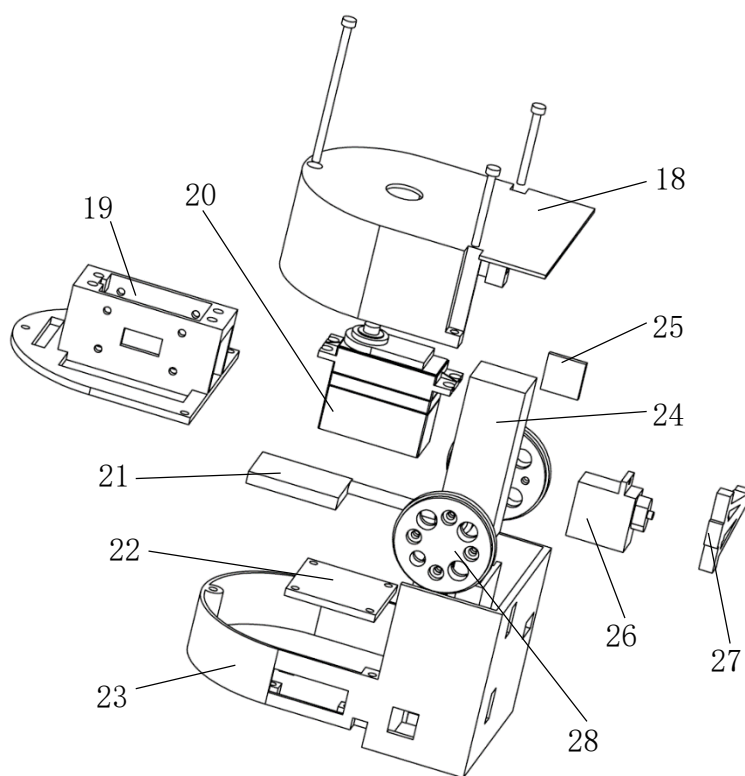


图 8

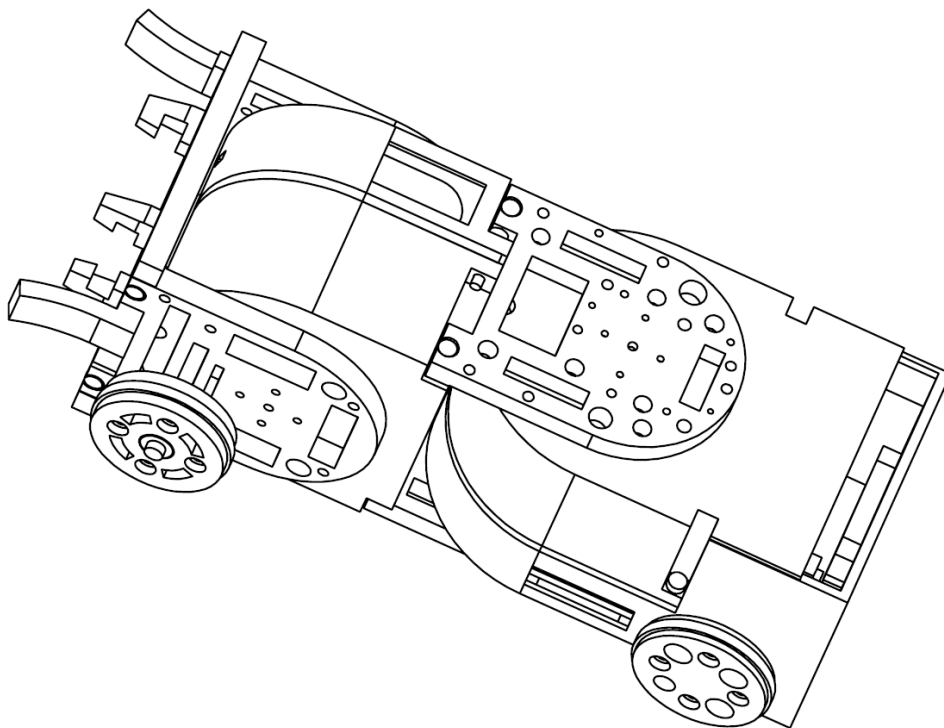


图 9

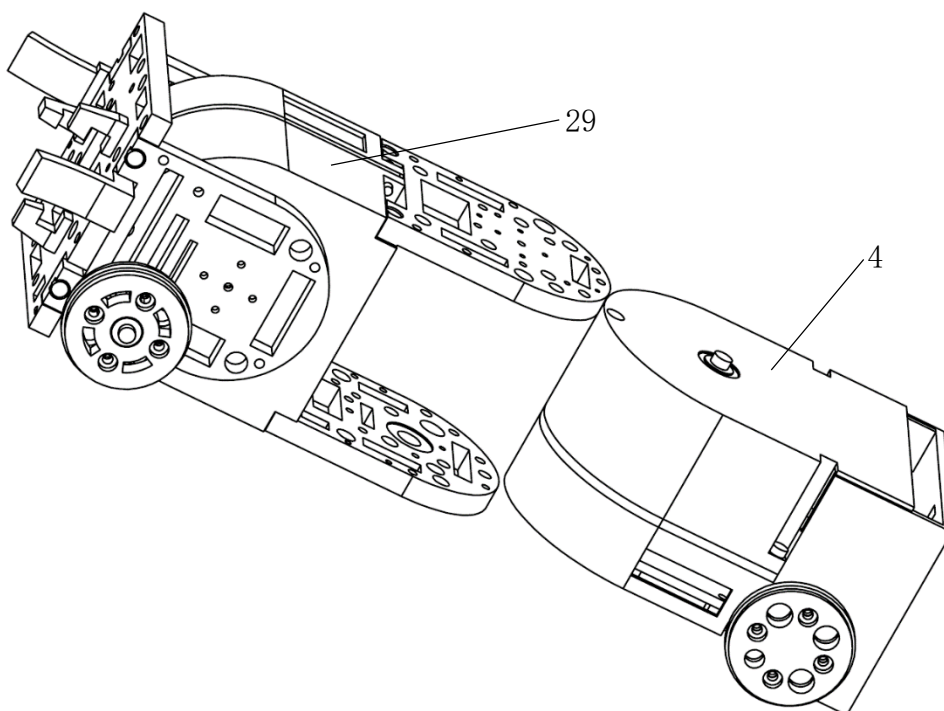


图 10

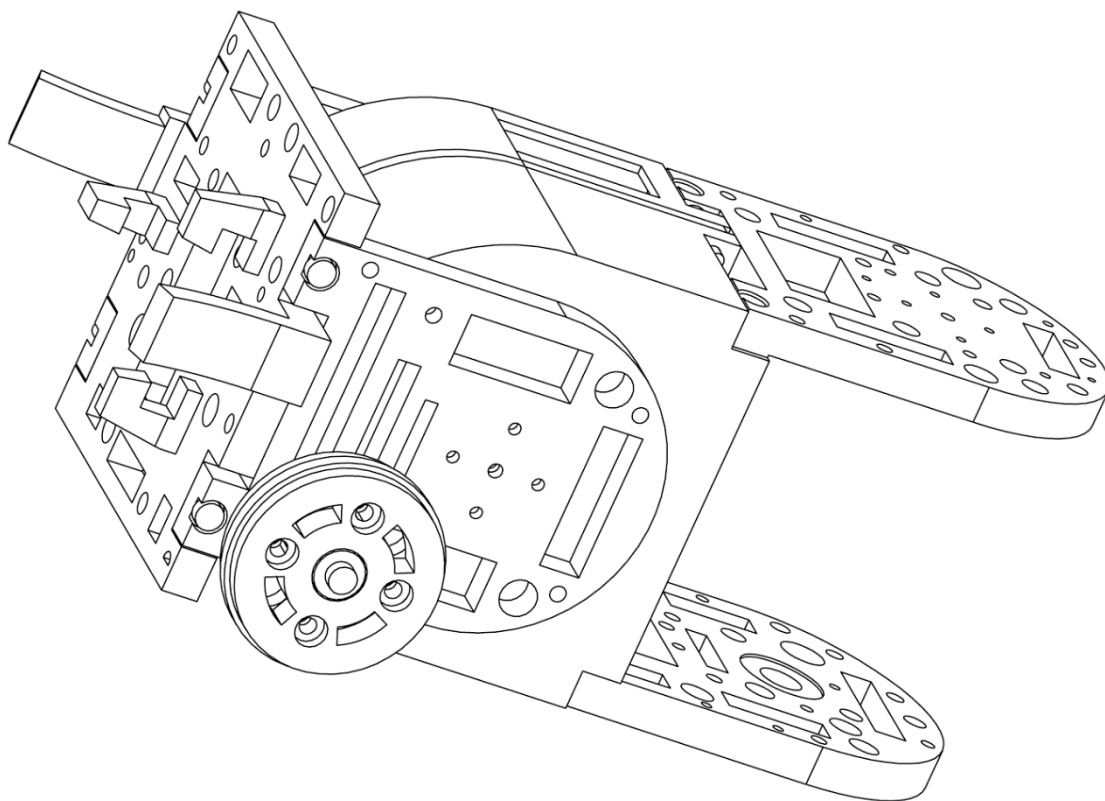


图 11

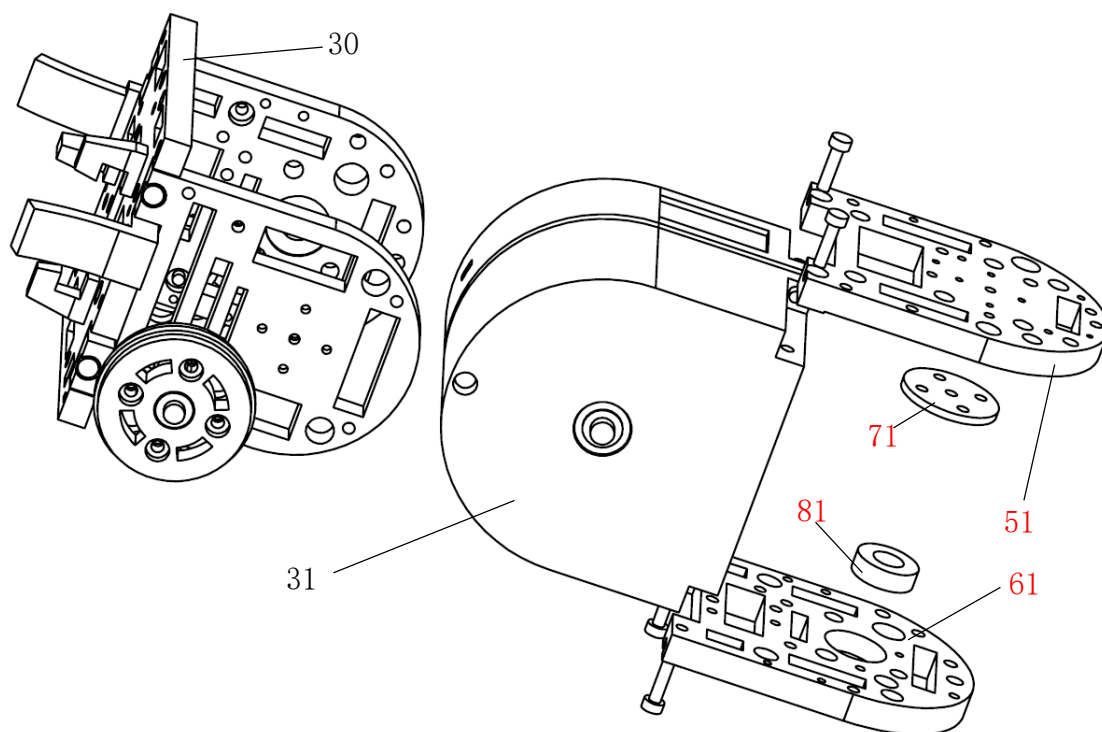


图 12

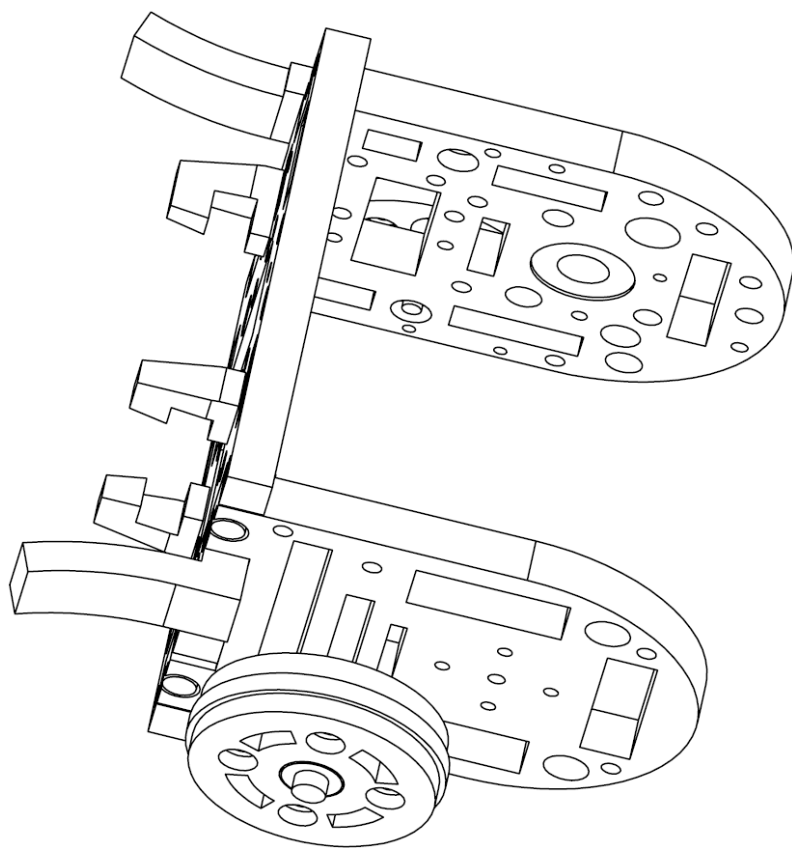


图 13

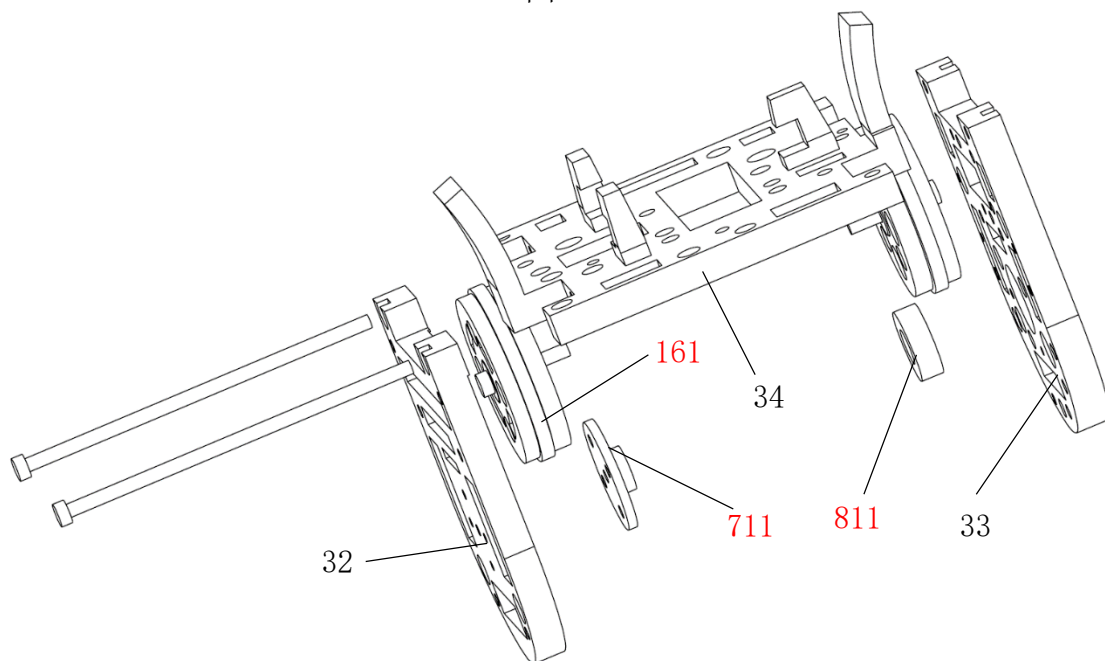


图 14

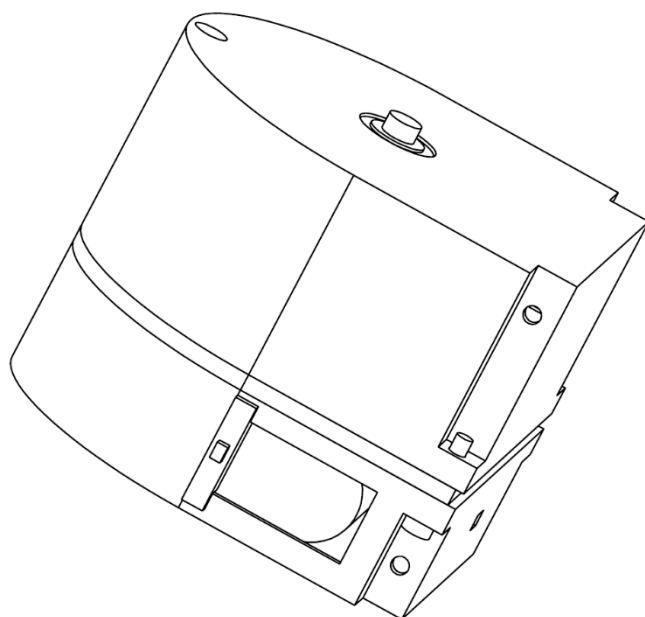


图 15

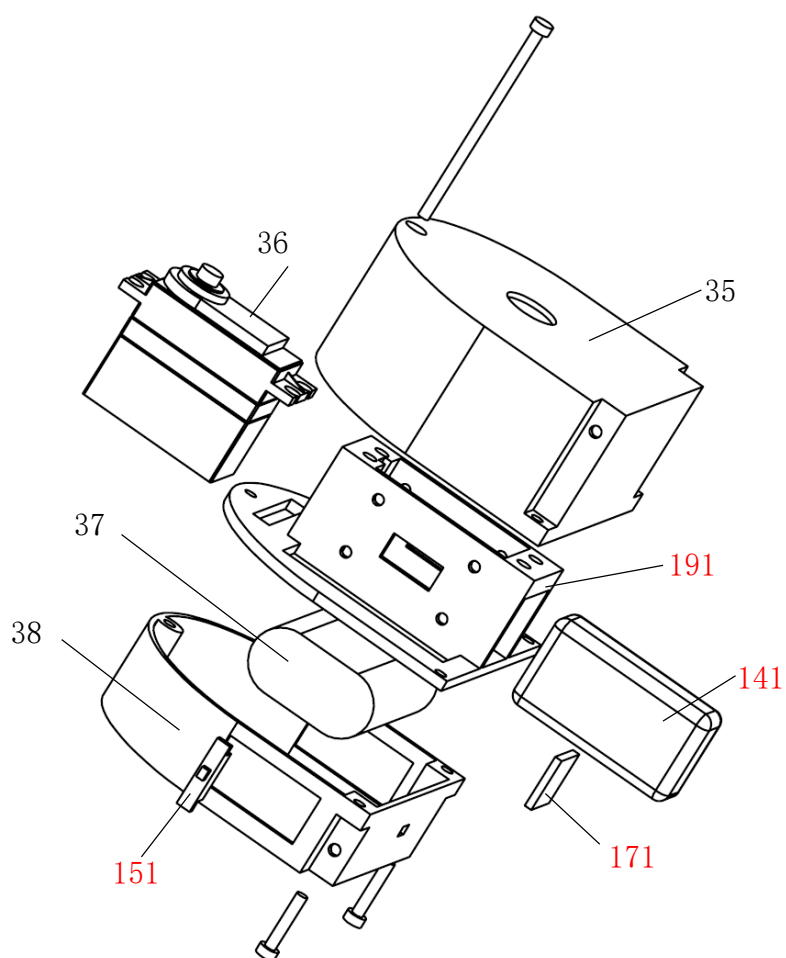


图 16