



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102764166 A

(43) 申请公布日 2012. 11. 07

(21) 申请号 201210267245. 1

(22) 申请日 2012. 07. 20

(71) 申请人 山东科技大学

地址 266590 山东省青岛经济技术开发区前  
湾港路 579 号山东科技大学

(72) 发明人 樊炳辉 纪鹏 赵振爱 李建功  
周凯

(51) Int. Cl.

A61F 2/70 (2006. 01)

B25J 13/08 (2006. 01)

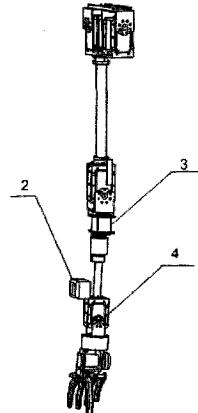
权利要求书 2 页 说明书 4 页 附图 6 页

(54) 发明名称

一种上假肢手部姿态自平衡控制系统及其工  
作方法

(57) 摘要

本发明公开了一种上假肢手部姿态自平衡控  
制系统及其工作方法,它包括手部平衡控制器和  
固定在上假肢前臂上的电压型双轴倾角传感器,  
手部平衡控制器通过串口与上假肢的前臂扭转舵  
机和手腕俯仰舵机连接;所述的手部平衡控制器  
由 MCU、模数转换电路、电源管理模块和串口连接  
组成。在手臂做运动时,传感器将实时检测到的前  
臂姿态变化数据信息通过控制器内部的模数转换  
电路发送到控制器内,控制器可以根据传感器检  
测到的倾斜角度,来自动调节前臂扭转舵机和手  
腕俯仰舵机的旋转方向及转角大小,以使上假肢  
手部的虎口方向保持垂直向上,实现了手臂做任  
意的上下、左右、前后运动时,都能够自动保持上  
假肢或机械手的手部姿态平衡稳定。



1. 一种上假肢手部姿态自平衡控制系统,它包括手部平衡控制器和固定在上假肢前臂上的倾角传感器,手部平衡控制器通过串口与上假肢的前臂扭转舵机和手腕俯仰舵机连接;

所述的手部平衡控制器由 MCU、模数转换电路、电源管理模块和串口连接组成;

上述倾角传感器是一种电压型双轴倾角传感器。

2. 一种如权利要求 1 所述的上假肢手部姿态自平衡控制系统的工作方法,其特征在于:

**第一步:倾角传感器的安装**

将倾角传感器安装在受前臂扭转舵机驱动的前臂的某一个位置上,倾角传感器安装要求如下:倾角传感器在前臂的上下位置允许变化,但是一定要保证倾角传感器的 X 轴和 Y 轴所构成的平面与此时手部虎口所处的平面平行,而且一定要保证倾角传感器的 X 轴的方向与前臂的中轴线平行,Y 轴的方向与前臂的中轴线垂直;

**第二步:控制上假肢手部姿态保持平衡,具体分为以下两个方面:**

**一是控制手腕俯仰舵机保持平衡**

当手部平衡控制器接收到倾角传感器实时测得的倾角传感器的 X 轴向下偏离水平面并和水平面形成一个夹角时,则手部平衡控制器就会控制手腕俯仰舵机上抬相应的角度;

当手部平衡控制器接收到倾角传感器实时测得的倾角传感器的 X 轴向上偏离水平面并和水平面形成一个夹角时,则手部平衡控制器就会控制手腕俯仰舵机下落相应的角度;

当手部平衡控制器接收到倾角传感器实时测得的倾角传感器的 X 轴与水平面平行时,则手部平衡控制器就不需要控制手腕俯仰舵机转动;

**二是控制前臂扭转舵机保持平衡**

当手部平衡控制器接收到倾角传感器实时测得的倾角传感器的 Y 轴向下偏离水平面并和水平面形成一个夹角时,说明假肢手部虎口向身体内侧倾斜,手部平衡控制器就会控制前臂扭转舵机向身体外侧转动,带动前臂及安装在其上面的倾角传感器向身体外侧转动,使倾角传感器的 Y 轴方向由向下偏离水平面逐渐向与水平面平行变化;

当手部平衡控制器接收到倾角传感器实时测得的倾角传感器的 Y 轴向上偏离水平面并和水平面形成一个夹角时,说明假肢手部虎口向身体外侧倾斜,手部平衡控制器就会控制前臂扭转舵机向身体内侧转动,带动前臂及安装在其上面的倾角传感器向身体内侧转动,使倾角传感器的 Y 轴方向由向上偏离水平面逐渐向与水平面平行变化;

当手部平衡控制器接收到倾角传感器的 Y 轴与水平面平行时,说明此时假肢手部的虎口方向垂直向上,这样手部平衡控制器就不需要控制前臂扭转舵机转动。

3. 如权利要求 2 所述的工作方法,其特征在于:

**第一步:倾角传感器(2)的安装要求**

当肘部关节处于自然下垂状态情形下,调整前臂扭转舵机(3)和手腕俯仰舵机(4),使假肢手部与前臂处于自然顺直状态并且虎口方向水平朝向人体的前方;将倾角传感器(2)安装在受前臂扭转舵机(3)驱动的前臂的某一个位置上,其在前臂的上下位置允许变化,但是一定要保证倾角传感器(2)的 X 轴(5)和 Y 轴(6)所构成的平面与此时手部虎口所处的平面平行,而且一定要保证倾角传感器(2)的 X 轴(5)的方向与前臂的中轴线平行,Y 轴(6)的方向与前臂的中轴线垂直;

用倾角传感器(2)感测其本身的X轴(5)和Y轴(6)与水平面的倾斜角度,这里设为 $\alpha$ 和 $\beta$ ,测量范围为 $0^\circ - 180^\circ$ ;

当前臂自然下垂时, $\alpha = 0^\circ$ ,此时倾角传感器(2)的X轴(5)方向处于铅垂状态;

当前臂上抬至水平姿态时, $\alpha = 90^\circ$ ,此时倾角传感器(2)的X轴(5)方向处于水平状态;

当前臂上举至垂直时, $\alpha = 180^\circ$ ,此时倾角传感器(2)的X轴(5)方向处于垂直向上状态;

当前臂端平且假肢手部与前臂处于自然顺直状态,转动前臂扭转舵机(3)使假肢手部的虎口垂直向上时, $\beta = 90^\circ$ ,此时倾角传感器(2)的Y轴(6)方向处于水平状态;

当前臂端平且假肢手部与前臂处于自然顺直状态,转动前臂扭转舵机(3)使假肢手部的虎口方向水平指向身体内侧时 $\beta = 0^\circ$ ,此时倾角传感器(2)的Y轴(6)方向处于箭头向下铅垂状态;

当前臂端平且假肢手部与前臂处于自然顺直状态,转动前臂扭转舵机(3)使假肢手部的虎口方向水平指向身体外侧时, $\beta = 180^\circ$ ,此时倾角传感器(2)的Y轴(6)方向处于箭头垂直向上状态;

第二步:控制上假肢手部姿态保持平衡,具体分为以下两个方面:

一是控制手腕俯仰舵机保持平衡

当手部平衡控制器(1)接收到倾角传感器(2)实时测得的 $\alpha < 90^\circ$ ,则手部平衡控制器(1)就会控制手腕俯仰舵机(4)上抬的角度值为 $|\alpha - 90^\circ|$ ,手腕俯仰舵机(4)运动到位,假肢手部达到平衡姿态;

当手部平衡控制器(1)接收到倾角传感器(2)实时测得的 $\alpha > 90^\circ$ ,则手部平衡控制器(1)就会控制手腕俯仰舵机(4)下落的角度值为 $|\alpha - 90^\circ|$ ,手腕俯仰舵机(4)运动到位,假肢手部达到平衡姿态;

当手部平衡控制器(1)接收到倾角传感器(2)实时测得的 $\alpha = 90^\circ$ ,则手部平衡控制器(1)就会控制手腕俯仰舵机(4)转动的角度值为 $|\alpha - 90^\circ| = 0^\circ$ ,即此时,手腕俯仰舵机(4)不需要转动就能保证假肢手部的虎口方向垂直向上;

二是控制前臂扭转舵机保持平衡

当手部平衡控制器(1)接收到倾角传感器(2)实时测得的 $\beta < 90^\circ$ 时,说明假肢手部虎口向身体内侧倾斜,手部平衡控制器(1)就会控制前臂扭转舵机(3)向身体外侧转动,带动前臂及安装在其上面的倾角传感器(2)向身体外侧转动,使倾角传感器(2)实时测得的 $\beta$ 的值由 $\beta < 90^\circ$ 向 $\beta = 90^\circ$ 变化,使前臂扭转舵机(3)到达 $\beta = 90^\circ$ 的平衡位置;

当手部平衡控制器(1)接收到倾角传感器(2)实时测得的 $\beta > 90^\circ$ 时,说明假肢手部虎口向身体外侧倾斜,手部平衡控制器(1)就会控制前臂扭转舵机(3)向身体内侧转动,带动前臂及安装在其上面的倾角传感器(2)向身体内侧转动,使倾角传感器(2)实时测得的 $\beta$ 的值由 $\beta > 90^\circ$ 向 $\beta = 90^\circ$ 变化,使前臂扭转舵机(3)到达 $\beta = 90^\circ$ 的平衡位置;

当手部平衡控制器(1)接收到倾角传感器(2)实时测得的 $\beta = 90^\circ$ 时,说明此时假肢手部的虎口方向垂直向上,这样手部平衡控制器(1)就不会控制前臂扭转舵机(3)转动。

## 一种上假肢手部姿态自平衡控制系统及其工作方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及残疾人用的上假肢或机器人机械手,尤其涉及上假肢手部在移动中自动维持姿态平衡的控制技术。

### 背景技术

[0002] 通常,人们从桌子上端起一杯水放到嘴边饮用,在移动过程中必须要保持水杯的姿态维持不变,否则水就会洒出。对于人来说这是很简单平常的一个动作,可对于机器人或上假肢来说实现起来就有很大的难度。

[0003] 机器人或上假肢要完成一些抓放作业,事先必须要描述出来手部的起始状态(注:所谓“状态”包含位置与姿态两种信息)和目标状态,以便使得其手部能准确抓取到物体并将其以要求的姿态放到需要的地方。而对于端水杯那样的一些特殊抓放作业,不仅要描述手部的起始状态和目标状态,还需要指明手部移动过程中在起始状态和目标状态之间的若干途径点处的状态,以保证水杯在移动过程中姿态稳定,不至于发生倾斜而洒落杯中水,这就要对机械手的运动进行连续轨迹规划。

[0004] 轨迹规划一般有两种方式,一种是在关节空间进行轨迹规划,一种是在笛卡尔空间进行轨迹规划。

[0005] 在关节空间内的轨迹规划,虽然计算速度快,易于实时进行,但是却往往无法保证移动过程中手部姿态的维持,在端水杯这样的工作中明显不适用。

[0006] 要实现手部移动过程中杯子中的水不洒落,必须要在笛卡尔空间中进行轨迹规划。而在笛卡尔空间的轨迹规划,需要在笛卡尔空间与关节空间之间进行实时映射,这是一个计算量很大的任务,常常导致较长的控制间隔;再者,由笛卡尔空间向关节空间的变换是病态的,它不是一对一的映射;另外,由于假手的工作对象的起始状态和目标状态都是随机的,对于起始状态和目标状态的描述尚且难以实现,而对其途径状态点的描述更是困难重重。所以要保持端水杯移动过程手部姿态的维持不变非常不易。

### 发明内容

[0007] 本发明的目的是公开一种保证上假肢或机械手的手部姿态在运动过程中自动维持平衡的控制系统。通过该系统,可以在手臂做任意的上下、左右、前后运动时,都能够自动保持上假肢或机械手的手部姿态平衡稳定。

[0008] 本发明的技术方案是:一种上假肢手部姿态自平衡控制系统,它包括手部平衡控制器和固定在上假肢前臂上的倾角传感器,手部平衡控制器通过串口与上假肢的前臂扭转舵机和手腕俯仰舵机连接;

[0009] 所述的手部平衡控制器由MCU、模数转换电路、电源管理模块和串口连接组成。

[0010] 上述倾角传感器是一种电压型双轴倾角传感器,为现有结构。

[0011] 本发明的工作方法如下:

[0012] 第一步:倾角传感器的安装

[0013] 将倾角传感器安装在受前臂扭转舵机驱动的前臂的某一个位置上, 倾角传感器安装要求如下: 倾角传感器在前臂的上下位置允许变化, 但是一定要保证倾角传感器的 X 轴和 Y 轴所构成的平面与此时手部虎口所处的平面平行, 而且一定要保证倾角传感器的 X 轴的方向与前臂的中轴线平行, Y 轴的方向与前臂的中轴线垂直;

[0014] 第二步: 控制上假肢手部姿态保持平衡, 具体分为以下两个方面:

[0015] 一: 控制手腕俯仰舵机保持平衡

[0016] 当手部平衡控制器接收到倾角传感器实时测得的倾角传感器的 X 轴向下偏离水平面并和水平面形成一个夹角时, 则手部平衡控制器就会控制手腕俯仰舵机上抬相应的角度; 同理, 手部平衡控制器接收到倾角传感器实时测得的倾角传感器的 X 轴向上偏离水平面并和水平面形成一个夹角时, 则手部平衡控制器就会控制手腕俯仰舵机下落相应的角度; 当手部平衡控制器接收到倾角传感器实时测得的倾角传感器的 X 轴与水平面平行时, 则手部平衡控制器就不需要控制手腕俯仰舵机转动。

[0017] 二: 控制前臂扭转舵机保持平衡

[0018] 当手部平衡控制器接收到倾角传感器实时测得的倾角传感器的 Y 轴向下偏离水平面并和水平面形成一个夹角时, 说明假肢手部虎口向身体内侧倾斜, 手部平衡控制器就会控制前臂扭转舵机向身体外侧转动, 带动前臂及安装在其上面的倾角传感器向身体外侧转动, 使倾角传感器的 Y 轴方向由向下偏离水平面逐渐向与水平面平行变化; 当手部平衡控制器接收到倾角传感器实时测得的倾角传感器的 Y 轴向上偏离水平面并和水平面形成一个夹角时, 说明假肢手部虎口向身体外侧倾斜, 手部平衡控制器就会控制前臂扭转舵机向身体内侧转动, 带动前臂及安装在其上面的倾角传感器向身体内侧转动, 使倾角传感器的 Y 轴方向由向上偏离水平面逐渐向与水平面平行变化; 当手部平衡控制器接收到倾角传感器的 Y 轴与水平面平行时, 说明此时假肢手部的虎口方向垂直向上, 这样手部平衡控制器就不需要控制前臂扭转舵机转动。

[0019] 下面根据工作原理说明本发明的积极效果。

[0020] 本发明的目的主要是控制上假肢或机械手在一些特殊操作过程中手部虎口方向始终保持垂直向上, 基于这一机理, 本发明的工作原理是, 在手臂做上下、左右、前后等运动时, 倾角传感器将实时检测到的前臂姿态变化数据信息通过手部平衡控制器内部的模数转换电路发送到手部平衡控制器内, 手部平衡控制器可以根据倾角传感器的 X 轴和 Y 轴分别相对于水平面的倾斜角度, 来自动调节前臂扭转舵机和手腕俯仰舵机的旋转方向及转角大小, 以使上假肢手部的虎口方向保持垂直向上, 来保持手部姿态的平衡维持; 上述的前臂姿态变化数据信息包括两个倾斜角度, 一是倾角传感器的 X 轴相对于水平面的倾斜角度, 即人体的前后方向, 二是倾角传感器的 Y 轴相对于水平面的倾斜角度, 即人体的左右方向。因此通过该系统, 实现了手臂做任意的上下、左右、前后运动时, 都能够自动保持上假肢或机械手的手部姿态平衡稳定, 解决了人们长期以来无法解决的难题。

## 附图说明

[0021] 下面以右侧上假肢为例说明本发明的实施例。

[0022] 图 1 是上假肢手部姿态自平衡控制原理框图;

[0023] 图 2 是上假肢自然下垂时倾角传感器与上假肢的安装位置关系图;

- [0024] 图 3 是前臂向上抬起到水平位置时,手部虎口朝上示意图 ;
- [0025] 图 4 是前臂向上抬起到水平位置时,手部虎口朝内示意图 ;
- [0026] 图 5 是前臂向上抬起到水平位置时,手部虎口朝外示意图 ;
- [0027] 图 6 是前臂上抬一个角度但是还未到达水平位置时,手腕俯仰舵机未做平衡调整前手部姿态示意图 ;
- [0028] 图 7 是前臂上抬一个角度但是还未到达水平位置时,手腕俯仰舵机做平衡调整后手部姿态示意图 ;
- [0029] 图 8 是前臂上抬一个角度并且超过水平位置时,手腕俯仰舵机未做平衡调整前手部姿态示意图 ;
- [0030] 图 9 是前臂上抬一个角度并且超过水平位置时,手腕俯仰舵机做平衡调整后手部姿态示意图 ;
- [0031] 图 10 是倾角传感器上的 X 轴和 Y 轴方向示意图 ;
- [0032] 图 11 是手部平衡控制器的电路框图。
- [0033] 图中 :1- 手部平衡控制器,2- 倾角传感器,3- 前臂扭转舵机,4- 手腕俯仰舵机,5- 倾角传感器的 X 轴,6- 倾角传感器的 Y 轴,7-MCU,8- 电源管理模块,9- 串口,10- 模数转换电路。

## 具体实施方式

- [0034] 下面根据附图对本发明的实施例进一步说明。
- [0035] 如图 1、图 2 所示,本发明上假肢手部姿态自平衡控制系统,是在上假肢的前臂上固定有倾角传感器 2,它还包括有手部平衡控制器 1,手部平衡控制器 1 通过串口 9 与上假肢的前臂扭转舵机 3 和手腕俯仰舵机 4 连接 ;倾角传感器 2 将实时检测到的前臂姿态变化数据信息通过手部平衡控制器 1 内部的模数转换电路 10 发送到手部平衡控制器 1 内,手部平衡控制器 1 实时控制调整前臂扭转舵机 3 和手腕俯仰舵机 4 的运动方向和角度,从而使手部虎口方向保持垂直向上 ;上述的前臂姿态变化数据信息包括两个倾斜角度,如图 10 所示,一是倾角传感器 2 的 X 轴 5 相对于水平面的倾斜角度,即人体的前后方向,二是倾角传感器 2 的 Y 轴 6 相对于水平面的倾斜角度,即人体的左右方向 ;其中 :
- [0036] 如图 11 所示,所述的手部平衡控制器 1 由 MCU 7、电源管理模块 8、串口 9 和模数转换电路 10 连接组成。
- [0037] 为了便于实施,根据图 2-10 再描述实施例的工作原理。
- [0038] 一、倾角传感器 2 的安装要求
- [0039] 当肘部关节处于自然下垂状态情形下,调整前臂扭转舵机 3 和手腕俯仰舵机 4,使假肢手部与前臂处于自然顺直状态并且虎口方向水平朝向人体的前方。将倾角传感器 2 安装在受前臂扭转舵机 3 驱动的前臂的某一个位置上,其在前臂的上下位置可以变化,但是一定要保证倾角传感器 2 的 X 轴 5 和 Y 轴 6 所构成的平面与此时手部虎口所处的平面平行,而且一定要保证倾角传感器 2 的 X 轴 5 的方向与前臂的中轴线平行, Y 轴 6 的方向与前臂的中轴线垂直,如图 2 所示。
- [0040] 用倾角传感器 2 可以感测其本身的 X 轴 5 和 Y 轴 6 与水平面的倾斜角度 (其表达的是前臂的空间姿态),这里设为  $\alpha$  和  $\beta$ ,测量范围为  $0^\circ - 180^\circ$ 。当前臂自然下垂时,如

图 2 所示,  $\alpha = 0^\circ$  (此时倾角传感器 2 的 X 轴 5 方向处于铅垂状态); 当前臂上抬至水平姿态时, 如图 3 所示,  $\alpha = 90^\circ$  (此时倾角传感器 2 的 X 轴 5 方向处于水平状态); 当前臂上举至垂直时,  $\alpha = 180^\circ$  (此时倾角传感器 2 的 X 轴 5 方向处于垂直向上状态); 当前臂端平且假肢手部与前臂处于自然顺直状态, 转动前臂扭转舵机 3 使假肢手部的虎口垂直向上时, 如图 3 所示,  $\beta = 90^\circ$  (此时倾角传感器 2 的 Y 轴 6 方向处于水平状态); 当前臂端平且假肢手部与前臂处于自然顺直状态, 转动前臂扭转舵机 3 使假肢手部的虎口方向水平指向身体内侧时, 如图 4 所示,  $\beta = 0^\circ$  (此时倾角传感器 2 的 Y 轴 6 方向处于箭头向下铅垂状态); 当前臂端平且假肢手部与前臂处于自然顺直状态, 转动前臂扭转舵机 3 使假肢手部的虎口方向水平指向身体外侧时, 如图 5 所示,  $\beta = 180^\circ$  (此时倾角传感器 2 的 Y 轴 6 方向处于箭头垂直向上状态)。

[0041] 二、手腕俯仰舵机 4 保持平衡原理

[0042] 当手部平衡控制器 1 接收到倾角传感器 2 实时测得的  $\alpha < 90^\circ$  (如图 6 所示), 则手部平衡控制器 1 就会控制手腕俯仰舵机 4 上抬的角度值为  $|\alpha - 90^\circ|$ , 手腕俯仰舵机 4 运动到位后, 假肢手部的姿态将如图 7 所示;

[0043] 当手部平衡控制器 1 接收到倾角传感器 2 实时测得的  $\alpha > 90^\circ$  (如图 8 所示), 则手部平衡控制器 1 就会控制手腕俯仰舵机 4 下落的角度值为  $|\alpha - 90^\circ|$ , 手腕俯仰舵机 4 运动到位后, 假肢手部的姿态将如图 9 所示;

[0044] 当手部平衡控制器 1 接收到倾角传感器 2 实时测得的  $\alpha = 90^\circ$  (如图 3 所示), 则手部平衡控制器 1 就会控制手腕俯仰舵机 4 转动的角度值为  $|\alpha - 90^\circ| = 0^\circ$ , 即此时, 手腕俯仰舵机 4 不需要转动就能保证假肢手部的虎口方向垂直向上。

[0045] 一、前臂扭转舵机 3 保持平衡原理

[0046] 当手部平衡控制器 1 接收到倾角传感器 2 实时测得的  $\beta < 90^\circ$  时 (如图 4 所示), 说明假肢手部虎口向身体内侧倾斜, 手部平衡控制器 1 就会控制前臂扭转舵机 3 向身体外侧转动, 带动前臂及安装在其上面的倾角传感器 2 向身体外侧转动, 使倾角传感器 2 实时测得的  $\beta$  的值由  $\beta < 90^\circ$  向  $\beta = 90^\circ$  变化;

[0047] 当前臂扭转舵机 2 到达平衡位置 ( $\beta = 90^\circ$ ) 时, 假肢手部姿态将如图 3 所示; 当手部平衡控制器 1 接收到倾角传感器 2 实时测得的  $\beta > 90^\circ$  时 (如图 5 所示), 说明假肢手部虎口向身体外侧倾斜, 手部平衡控制器 1 就会控制前臂扭转舵机 3 向身体内侧转动, 带动前臂及安装在其上面的倾角传感器 2 向身体内侧转动, 使倾角传感器 2 实时测得的  $\beta$  的值由  $\beta > 90^\circ$  向  $\beta = 90^\circ$  变化;

[0048] 当前臂扭转舵机 3 到达平衡位置 ( $\beta = 90^\circ$ ) 时, 假肢手部姿态将如图 3 所示; 当手部平衡控制器 1 接收到倾角传感器 2 实时测得的  $\beta = 90^\circ$  时, 如图 3 所示, 说明此时假肢手部的虎口方向垂直向上, 这样手部平衡控制器 1 就不会控制前臂扭转舵机 3 转动。

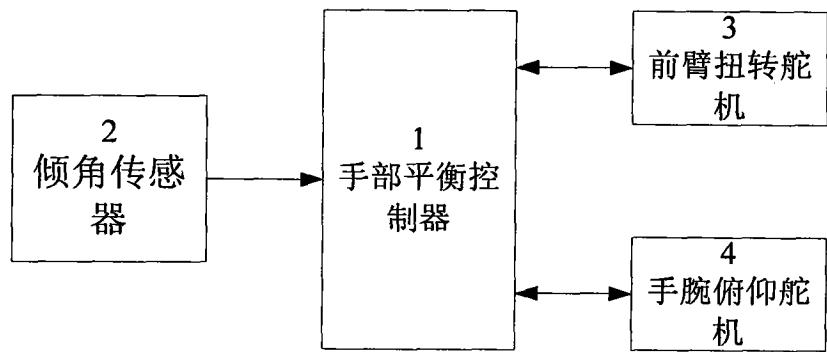


图 1

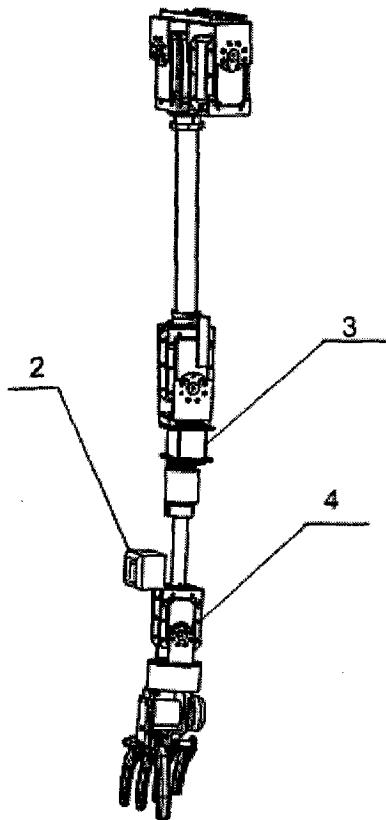


图 2

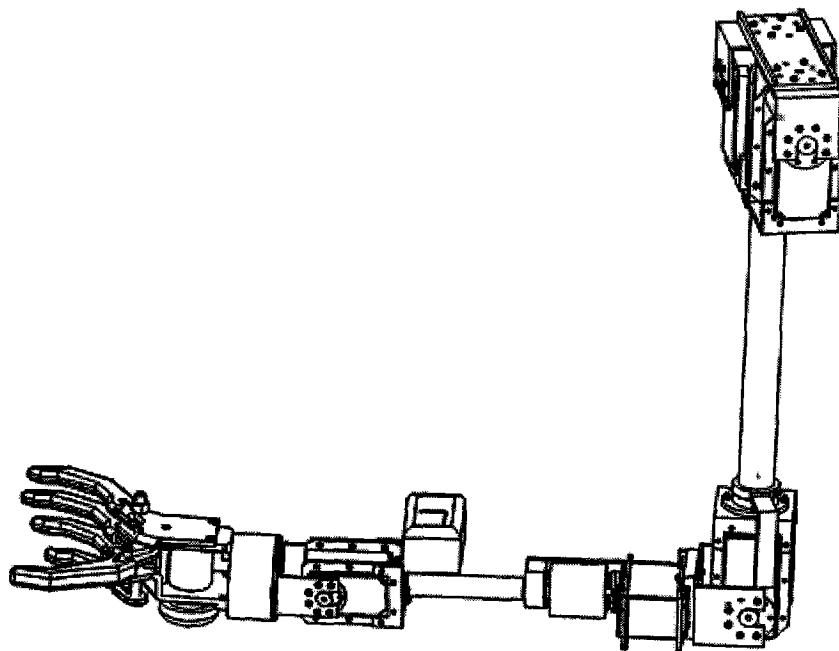


图 3

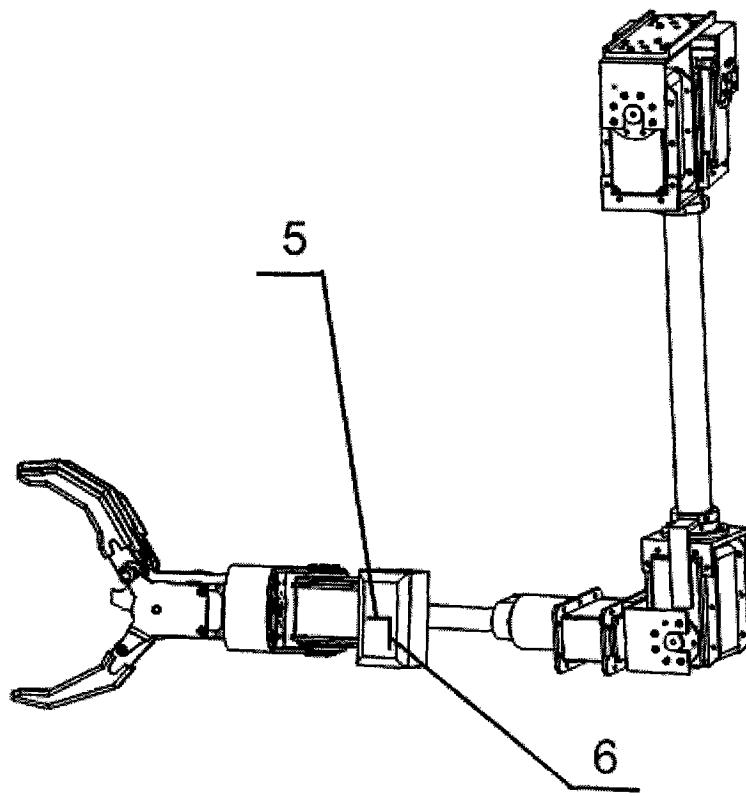


图 4

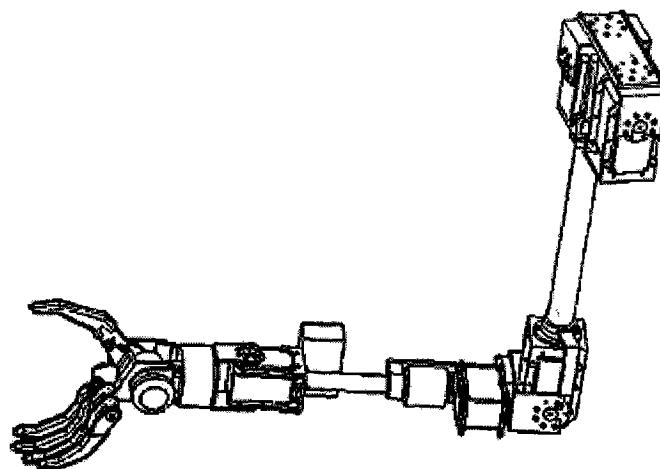


图 5

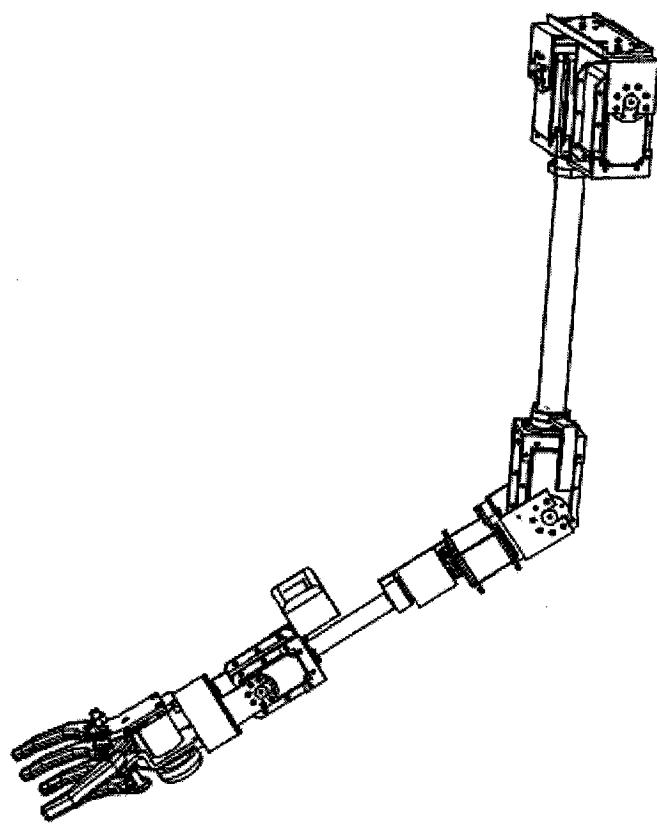


图 6

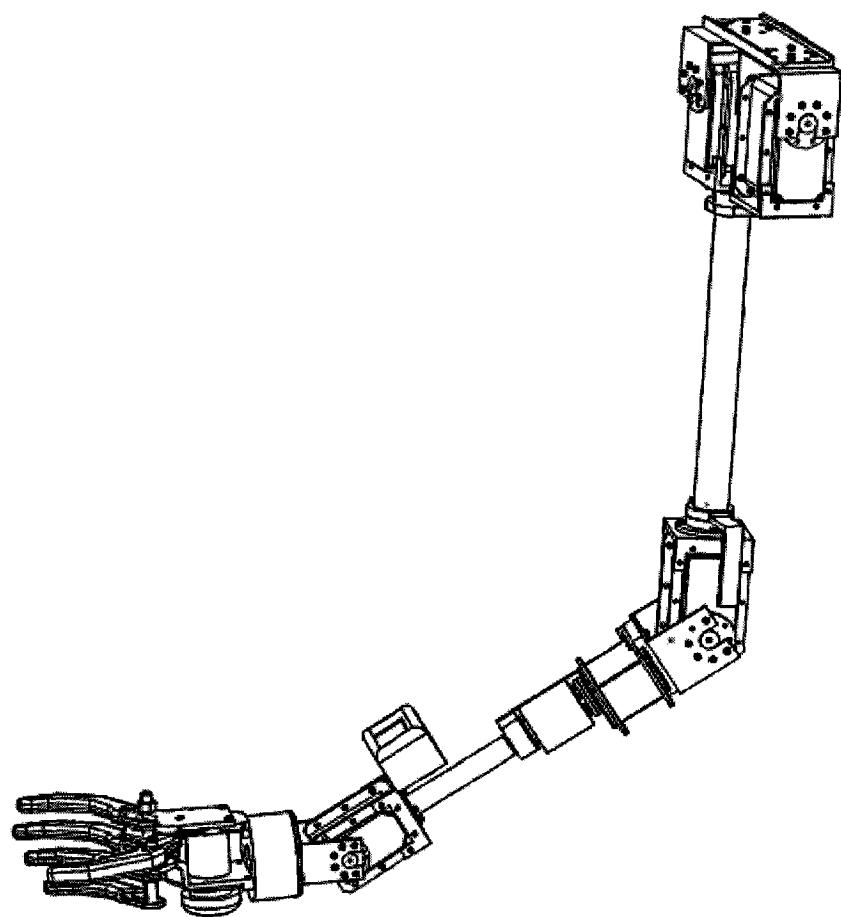


图 7

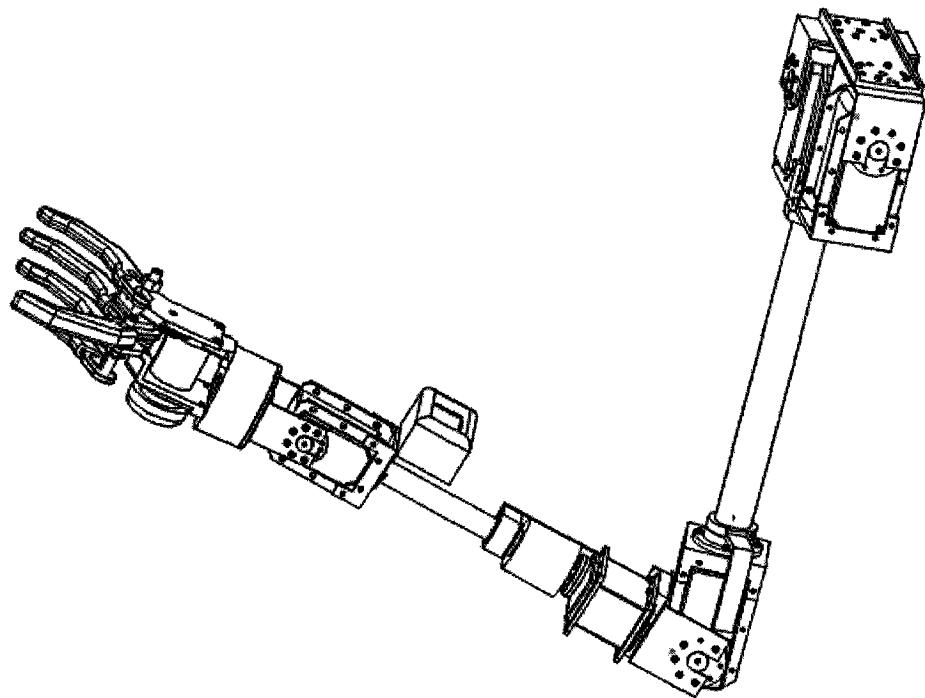


图 8

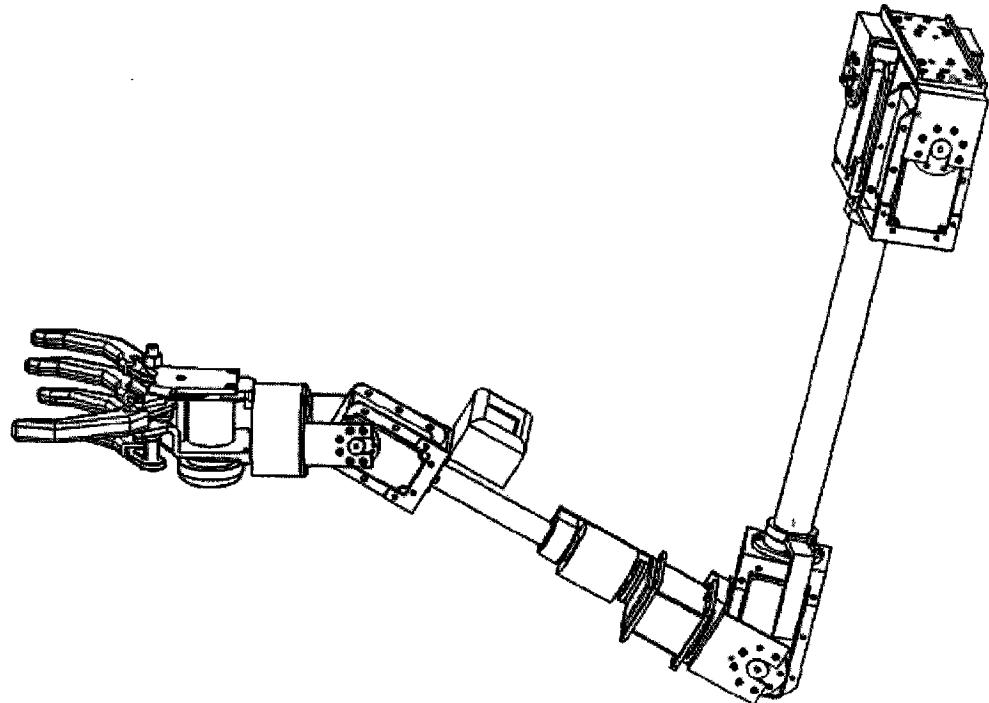


图 9

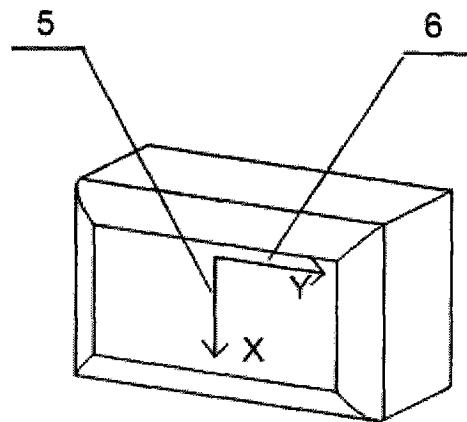


图 10

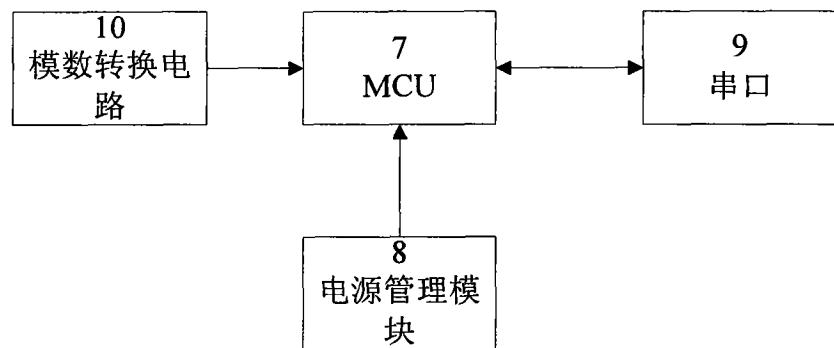


图 11