

# (12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102000970 A

(43) 申请公布日 2011.04.06

(21) 申请号 201010282313.2

(22) 申请日 2010.09.10

(71) 申请人 中国科学院合肥物质科学研究院  
地址 230031 安徽省合肥市西郊董铺 1130 号  
信箱智能所

(72) 发明人 孙恒辉 骆敏舟 朱德泉

(74) 专利代理机构 合肥天明专利事务所 34115  
代理人 奚华保

(51) Int. Cl.  
B23P 19/06 (2006.01)

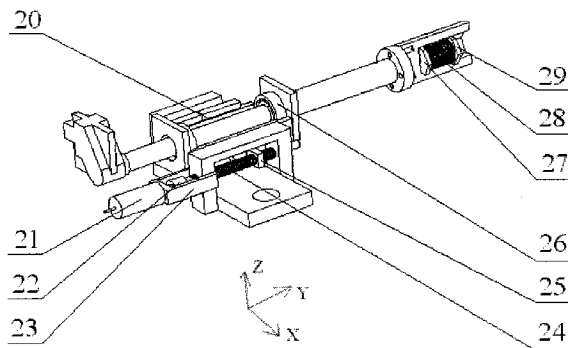
权利要求书 1 页 说明书 5 页 附图 4 页

## (54) 发明名称

可三自由度运动的螺栓装卸机械手

## (57) 摘要

本发明公开了可三自由度运动的螺栓装卸机械手，躯干、肩、臂三个运动部件彼此通过导轨滑块的方式联接，限定各部件在指定的方向运动，并通过丝杠螺母传递电机的运动。扳手头的弹簧和挡板用以限定螺栓位置，压力传感器用于测量螺栓的轴向力，测得的轴向力值是进行下一步操作的依据。在拆卸或装配螺栓的过程中，以扳手头内置的压力传感器检测的压力值为判断依据，驱动三个运动部件来保证扳手头的精确定位，并且联接电机和丝杠的弹性联轴器能够保证手臂在对接具有一定误差的情况下，顺利实现一定柔性地导向和定位。本发明具有结构紧凑、适用范围广的特点，机械手对螺栓位置较低的定位要求，减少了设备的复杂性，拓展了自动应用的空间。



1. 可三自由度运动的螺栓装卸机械手,包括支撑整个机械手的底座(2)、躯干部件(3)、肩部件(4)、臂部件(5)和拧螺栓的扳手头(6),其特征在于:所述底座(2)、躯干部件(3)、肩部件(4)和臂部件(5)之间均采用滑块导轨组合的方式依次连接,并通过各自的电机丝杠螺母机构实现各自运动。

2. 根据权利要求1所述的可三自由度运动的螺栓装卸机械手,其特征在于:

a)、所述肩部件(4)包括一个L型钢块,通过滑块导轨组合分别与上面的臂部件以及下面的躯干部件机械联接,通过其电机丝杠螺母机构实现机械手扳手头(6)的上下移动;

b)、所述躯干部件(3)包括两个长方块和一个L型钢块,每个长方块通过滑块导轨组合与下面的底座机械联接,通过其电机丝杠螺母机构驱动实现机械手的左右移动;

c)、所述臂部件(5)包括一个箱型体和一根转轴,箱型体通过滑块导轨组合与下面的肩部件机械联接,通过轴承及端盖和旋转轴连接,旋转轴连接扳手头和液压驱动的旋转马达,臂部件(5)通过其电机丝杠螺母机构驱动实现机械手的前后移动。

3. 根据权利要求1或2所述的可三自由度运动的螺栓装卸机械手,其特征在于:所述滑块导轨组合包括滑块和导轨两部分,滑块呈凹字型,导轨呈口字型,滑块通过钢珠与导轨接触并被限制在导轨上滑动。

4. 根据权利要求1或2所述的可三自由度运动的螺栓装卸机械手,其特征在于:所述电机丝杠螺母机构包括电机、弹性联轴器、丝杠、电机支架和弹性联轴器,电机支架呈U字型,电机固定于电机支架上,电机通过弹性联轴器与丝杠联接起来,丝杠螺母结构将电机的旋转运动转化为直线运动来实现机械手扳手头(6)在空间中的左右、上下、前后的三自由度运动。

5. 根据权利要求1或2所述的可三自由度运动的螺栓装卸机械手,其特征在于:所述的扳手头(6),包括压力传感器(27)、弹簧(28)和挡板(29);所述弹簧(28)和挡板(29)用以限定螺栓位置,压力传感器(27)用于测量螺栓的轴向力,测得的轴向力值作为进行下一步操作的依据。

6. 根据权利要求1或2所述的可三自由度运动的螺栓装卸机械手,其特征在于:所述的电机丝杠螺母结构中,电机与丝杆通过弹性联轴器相互联接,弹性联轴器结构上可发生的微小转动通过丝杆转化为直线运动后,使扳手头(6)在进行拆卸和装配时能够有一定的柔性,以补偿扳手头(6)和螺栓(30)两者之间的微小位置误差。

7. 根据权利要求4所述的可三自由度运动的螺栓装卸机械手,其特征在于:所述的电机丝杠螺母结构中,电机与丝杆通过弹性联轴器相互联接,弹性联轴器结构上可发生的微小转动通过丝杆转化为直线运动后,使扳手头(6)在进行拆卸和装配时能够有一定的柔性,以补偿扳手头(6)和螺栓(30)两者之间的微小位置误差。

## 可三自由度运动的螺栓装卸机械手

[0001] 所属领域

[0002] 本发明属于机器人应用领域,特别涉及一种可以实现三自由度运动、大扭矩装卸螺栓的机械手。

### 技术背景

[0003] 核能是目前唯一达到工业应用、可以大规模替代化石燃料的能源,也是实现能源可持续发展的重要手段之一。然而核辐射对人体的致命伤害,使得可以进行远距离控制的自动化机械成为核电站不可缺少的工具。发明和设计各种具有一定自主能力的自动化机械,已为各国核工业界高度重视,对发展我国核环境机器人也大有裨益。

[0004] 国外发达国家研制成功的某些核机器人,已在当地的核电站进行了验证,取得了一定的成果。其中具有代表性的机器人有:在美国,四十年代末阿贡实验室研制的第一台用于核工业的机械手,取名 M1,后期研制出 Odex 系列核环境机器人;在欧洲,法国已研制出了用于核反应堆检查的机器人。更有一些机器人真正实现了远距离控制,如美国的 SAMSIN 型,德国的 EMSM 系列,法国的 MA23-SD 系列等。这些机器人在电脑的操控下,不仅可以行走,转弯,还可以爬梯子,甚至可以翻越 45cm 高的障碍物,主要用于放射性泄漏、系统零件失灵检测,以及去污和拆卸废弃的核装置等。

[0005] 本发明在核环境的背景下,以螺栓装卸机械手的本体机械结构为侧重点,设计了一种可拆卸或拧紧螺栓的机械手。该机械手具有三个自由度,同时机械手的操作末端上装载了可拆卸或拧紧螺栓的液压螺栓扳手头。机械手通过自身的三个自由度可驱动液压螺栓扳手头在三维空间中实现左右、上下、前后的三自由度运动,以此完成指定的任务。

[0006] 在现有公开的技术中,螺栓装卸主要涉及的内容基本上是电动或液压扳手驱动螺栓旋转运动以实现装卸的具体方法,或者是对电动或液压扳手系统本身的应用研究等。

[0007] 但是用于核环境下装卸螺栓的机械手,在完成驱动螺栓旋转运动以实现装卸的任务之前,需要具有精确定位所需装卸螺栓位置的功能。而在定位所需装卸螺栓位置的过程中,螺栓装卸机械手与外部环境的联系最大,受到外部环境的影响也最大,其不仅需要依靠丝杆转化电机旋转运动到直线运动的方式将装卸螺栓的扳手头驱动到指定位置,更需要依靠连接电机和丝杆的联轴器补偿扳手头和螺栓之间的微小对接位置误差。其可装卸三维空间中三自由度位置内的任意螺栓和可以自动精确对准螺栓的两个主要特点,是相对于传统螺栓拆卸工具的主要区别,也是本发明的意义所在。本发明所解决的问题是螺栓装卸机械手应用于核环境作业中的一个主要难点,本发明根据螺栓作业要求,尽可能发明出具有足够自由度的机械手,以满足作业过程中对机械手关节自由度的要求,而又不存在过多的自由度,增加控制系统的负担。

[0008] 在现有公开的技术中,经关键词“螺栓装卸”和“自动机械手”检索,比较相关的只有专利公开号 CN1185199“快速装卸的螺栓及其制造方法和拆卸工具”(公开日 1998.06.17,申请号 96193859.5),主要解决一种快速装卸的螺栓及其拆卸工具的问题,其需要人工的手动操作,并不是独立自主的自动化工具。而专利公开号 CN1365876“机器人拟

人手变抓取力机械手指装置”，其不能完成螺栓的装卸任务。

## 发明内容

[0009] 本发明的目的是：针对核环境下人类难以接近任务场合的问题，发明和设计了一种可以实现三自由度运动、可装卸一定数量螺栓、具有一定自主能力的机械手装置。该发明具有结构紧凑、成本较低、适用范围广、可输出大扭矩装卸螺栓、对螺栓位置的定位精度要求低的特点。

[0010] 本发明的技术方案是：设计了一种在核环境下装卸螺栓的机械手，其可实现三自由度运动。机械手通过自身的三个自由度驱动末端执行器运动，从而驱动末端执行器上的液压旋转马达和螺栓扳手头实现左右、上下、前后的三自由度运动。该机械手通过丝杆螺母结合滑块导轨将电机的旋转运动转化为各部件的直线运动，采用液压旋转马达用来驱动扳手头旋转，以安装和拆卸螺栓。

[0011] 可三自由度运动的螺栓装卸机械手，包括支撑整个机械手的底座、躯干部件、肩部件、臂部件和拧螺栓的扳手头，所述底座、躯干部件、肩部件和臂部件之间均采用滑块导轨组合的方式依次连接，并通过各自的电机丝杠螺母机构实现各自运动。

[0012] 所述装置中的躯干部件负责机械手的左右移动，同时作为下一级部件肩、臂和扳手头的承载体与上面的肩部件机械联接。其由两个长方块和一个 L 型钢块组成，每个长方块通过滑块导轨组合与下面的底座机械联接，并由电机驱动的丝杠螺母的方式驱动其运动。

[0013] 所述装置中的肩部件负责机械手的上下移动，同时作为下一级部件臂和扳手头的承载体与下面的躯干部件机械联接。其包括一个 L 型钢块，通过滑块导轨组合分别与上面的臂部件以及下面的躯干部件机械联接。丝杆在此部件中还起到对肩、臂和扳手头施加向上运动和平衡重力的作用，其与滑块导轨组合形成一个支撑体系。机械手的上下运动由丝杠螺母的方式实现。

[0014] 所述装置中的臂部件负责机械手的前后移动，同时作为扳手头的承载体通过滑块导轨组合与下面的肩部件机械联接。主要由一个箱型体和一根转轴组成，箱型体通过滑块导轨组合与下面的肩部件机械联接，通过轴承及端盖和旋转轴连接。旋转轴起到连接扳手头和液压旋转马达的作用，使得液压旋转马达产生的力矩可以传递到扳手头上，以实现装卸螺栓的功能。

[0015] 所述的电机固定部件用来将电机固定在指定的位置，并保证电机、联轴器、丝杆三者的合理联接，保证电机的运行不受其他方向上力和力矩的干扰。固定部件主要包括电机支架、轴承、电机固定螺栓、弹性联轴器及其他弹性器件、压力传感器、电路板。其中，电机支架呈 U 字型，装置中要用到的三个电机采用四个螺栓固定于电机支架上，采用电机螺母和弹性联轴器将电机的轴与丝杆联接起来，用于传递电机的运动来实现机械手的左右、上下、前后的三自由度运动。压力传感器用来检测扳手头与被拆卸螺栓之间的接触力，以判断两者之间的工作状态。

[0016] 螺栓装卸机械手实现三自由度工作的方法，包括扳手头与螺栓的对准和螺栓的装卸两个工作过程。机械手的设计目的是为了在无人操作的情况下，能自动驱动螺栓扳手头运动到指定的位置上，实现将要求的螺栓进行安装和拆卸的功能。扳手头与螺栓的对准过

程在得到螺栓的初步位置后,需根据运动学方程反解出各个电机的输出量,机械手再通过三个电机与丝杆分别将躯干部件、肩部件、臂部件驱动到的指定位置。丝杆螺母的主要功能是结合滑块导轨将电机的旋转运动转化为各部件的直线运动。机械手的躯干部件负责驱动液压旋转马达与螺栓扳手头沿底座上导轨方向(X方向)运动到左右的指定位置,肩部件负责驱动液压旋转马达与螺栓扳手头沿与导轨的竖直方向(Z方向)运动到上下的指定位置,臂部件负责驱动液压旋转马达与螺栓扳手头沿与导轨的水平垂直方向(Y方向)运动到前后的指定位置。通过躯干与肩两部件的运动,使得液压旋转马达与螺栓扳手头得以在某一平面内自由运动,臂部件的运动则提供液压旋转马达与螺栓扳手头在垂直于该平面的直线上运动的能力,因此扳手头可以随螺栓拧入或拧出的旋转运动而前后运动。以这三部分的运动来实现扳手运动到指定位置和拆卸螺栓的功能。

[0017] 所述的螺栓装卸的工作过程是:设定扳手头与螺栓初步对准,通过压力传感器检测到的信号来确定扳手头是否处于需要的位置上,如果否,则驱动躯干、肩、臂继续精确运动;如果是,则液压旋转马达开始旋转并带动扳手头和螺栓转动,螺栓的安装或拆卸动作完成后,马达停转,机械手的躯干、肩、臂带动扳手头离开螺栓,完成一个装卸过程。

[0018] 所述的电机联轴器采用弹性联轴器,是为了补偿丝杆相对电机轴发生的微小旋转变形。扳手头与螺栓对接过程中,两者之间存在的微小位置误差,将造成扳手头的套筒部分不能完全包络螺栓头,而由于此类微小的位置误差一般小于1mm,不能通过电机驱动机械手躯干、肩、臂部件沿X、Y、Z方向移动的方法来解决。因此本发明中,以扳手头向螺栓移动对准时,其套筒部分与螺栓头之间的作用力经滑块导轨传递到各部件的丝杆上。因为丝杆螺母的主要功能是结合滑块导轨将电机的旋转运动转化为各部件的直线运动,因此反之,各部件因套筒部分与螺栓头之间的作用力而产生的直线运动将迫使丝杆相对电机轴发生的微小旋转变形,该微小旋转变形通过弹性联轴器中弹性材料模块的变形来补偿。机械手的躯干、肩、臂三个部件各自负责了扳手头在X、Y、Z方向上的运动,各部件的电机均附带了一个弹性联轴器,可对X、Y、Z三个方向上的微小位置误差实现补偿,使得扳手头在对准螺栓具有一定误差时能够柔性地适应螺栓的位置。

[0019] 本发明的有益效果是:相对于现有技术而言,可实现三自由度运动的螺栓装卸机械手是一种由电机驱动的、具有一定柔性的三自由度机械手对接装置,具有结构紧凑、成本较低、适用范围广、较低的定位要求的特点。该装置在一定程度上降低了对螺栓装卸机械手安放位置的要求,增加了扳手头的实际工作空间及独立性,拓展了机械手、机器人的应用范围。其针对核环境应用的特性,也可应用于真空、太空、水下等特殊的环境中。

#### 附图说明

- [0020] 图1为机械手在使用中总体模型展示的立体图。
- [0021] 图2为机械手在使用中底座和躯干部件的立体组成图。
- [0022] 图3为机械手在使用中躯干和肩部件的立体组成图。
- [0023] 图4为机械手在使用中肩和臂部件的立体组成图。
- [0024] 图5为机械手中采用的滑块导轨组成正视示意图。
- [0025] 图6为机械手中采用的滑块导轨组成侧视示意图。
- [0026] 图7为机械手躯干部件驱动扳手头沿X方向运动的示意图。

- [0027] 图 8 为机械手肩部驱动扳手头沿 Z 方向运动的示意图。
- [0028] 图 9 为机械手臂部件驱动扳手头沿 Y 方向运动的示意图。
- [0029] 图 10 为扳手头与螺栓对接完毕后装卸螺栓的示意图。
- [0030] 图 11 为机械手工作过程中拆卸螺栓的流程图。
- [0031] 图 12 为机械手工作过程中装配螺栓的流程图。

## 具体实施方式

[0032] 下面结合附图对本发明的实施作进一步解释：

[0033] 图 1 为机械手在使用中总体模型展示的立体图。在图 1 中：1 为液压旋转马达，2 为机械手底座，3 为机械手躯干部件，4 为机械手肩部，5 为机械手臂部件，6 为套筒扳手头。

[0034] 机械手的底座、躯干、肩、臂部件之间均采用滑块导轨组合的方式连接，一方面限制了部件之间不需要的移动，另一方面保证了在指定方向上可以灵活的运动。各部件的电机用四个螺栓固定于电机支架上，丝杆则由两端的轴承支撑，螺母和滑块用于传递电机的运动。

[0035] 图 2 为机械手在使用中底座和躯干部件的立体组成图。在图 2 中：7 为连接底座和躯干的滑块导轨组合，8 为底座电机，9 为底座电机支架，10 为底座电机弹性联轴器，11 为底座丝杆，12 为丝杆螺母。底座电机和丝杆用来驱动躯干部件沿 X 方向运动。

[0036] 图 3 为机械手在使用中躯干和肩部件的立体组成图。在图 3 中：13 为连接躯干和肩部件的滑块导轨组合，14 为肩部件主要组成部分 L 型构件，15 为躯干部件丝杆支架，16 为躯干部件丝杆，17 为躯干部件丝杆联接轴承，18 为躯干部件电机联轴器，19 为躯干部件电机。躯干部件的电机、联轴器和丝杆用于驱动肩部件沿 Z 方向运动。

[0037] 图 4 为机械手在使用中肩和臂部件的立体组成图。在图 4 中：20 为连接肩和臂部件的滑块导轨组合，21 为肩部件电机，22 为肩部件电机联轴器，23 为肩部件电机支架，24 为肩部件丝杆，25 为肩部件丝杆螺母，26 为支撑轴杆的轴承，27 为压力传感器，28 为弹簧，29 为弹簧挡板。肩部件电机、丝杆和螺母用于驱动臂部件沿 Y 方向运动。压力传感器 27 用来检测弹簧的压力，判断扳手与螺栓是否对准，螺栓头是否在扳手头套筒内某一位置。

[0038] 图 5 为机械手中用于联接各部件的滑块导轨组合正视示意图。图 6 为滑块导轨组合侧视示意图。在图 5 和图 6 中：31 为滑块导轨组合中的滑块部件，32 为滑块导轨组合中的导轨部件，33 为小钢珠，滑块呈凹字型，导轨呈口字型，滑块通过很多小钢珠与导轨接触，使得滑块被限制只能在导轨上滑动，小钢珠的另一个作用是均匀地把滑块承受的载荷传递到导轨上，使得通过电机丝杠螺母机构驱动躯干部件 3、肩部件 4 和臂部件 5 运动更为容易。

[0039] 图 7 为机械手躯干部件驱动扳手头沿 X 方向运动的示意图。在图 7 中：电机 8 和丝杆 11 起到驱动躯干部件 3 和其他下一级部件运动的作用，滑块 7 则起到限制躯干部件 3 在指定方向运动的作用。它们的联合作用最终使扳手头沿 X 方向运动。

[0040] 图 8 为机械手肩部驱动扳手头沿 Z 方向运动的示意图，图 9 为机械手臂部件驱动扳手头沿 Y 方向运动的示意图，其与图 7 采用的工作方式相同。图 10 为扳手头与螺栓对接完毕后装卸螺栓的示意图。当机械手通过图 7-9 示意的过程将扳手头 6 和螺栓 30 对准后，扳手头 6 中的挡板 29 将与螺栓 30 首先相接触，通过弹簧 28 进一步将力传递到压力传感器 27 上，并检测出此时该力的大小。如果扳手头与螺栓没有对接上，那么明显地此时检

测到压力的值为 0,因此可以以此力的大小判断对接是否到位。若准确对接过程结束,则液压旋转马达 1 开始运转,带动扳手头 6 拆卸螺栓 30。螺栓 30 在扳手头的作用下,一边旋转,一边沿扳手头的轴线方向移动。在此阶段,螺栓 30 进一步压缩弹簧 28,压力传感器 27 测得的压力值逐步增大,当压力值稳定在某一值时,可认为螺栓已拆卸完毕。在装配螺栓时,正是上一过程的方向操作,而测得的压力值应是稳定在某一最小值附近。

[0041] 图 11 为机械手工作过程中拆卸螺栓的流程图。其流程是:初步确定螺栓的位置 --- 步骤 100,结合电机,采用躯干、肩、臂沿三维空间三自由度运动的办法将扳手头驱动到需要的位置 --- 步骤 110;通过扳手头内的压力传感器检测到的信号来确定扳手头是否精确定位 --- 步骤 120? 如果否,则机械手继续定位 --- 步骤 110,如果是,则液压旋转马达开始带动扳手头套筒和螺栓正转 --- 步骤 130,并根据压力传感器检测到力的大小判断螺栓头是否运动到指定位置,是否拆卸完毕 --- 步骤 140,拆卸完毕后,液压旋转马达停止转动 --- 步骤 160,臂部件的电机和丝杆驱动扳手头套筒沿 Y 方向向后运动,使扳手头套筒与螺栓分离 --- 步骤 170,完成一个拆卸螺栓的过程。

[0042] 图 12 为机械手工作过程中装配螺栓的流程图。其流程是:螺栓 30 放置在扳手头套筒 6 中,初步确定螺栓孔的位置 --- 步骤 100,结合电机内码盘,采用躯干、肩、臂沿三维空间三自由度运动的办法将扳手头驱动到需要的位置 --- 步骤 110;通过扳手头内的压力传感器检测到的信号来确定扳手头是否精确定位 --- 步骤 120? 如果否,则机械手继续定位 --- 步骤 110,如果是,则液压旋转马达开始带动扳手头套筒和螺栓反转 --- 步骤 130,并根据压力传感器检测到力的大小判断螺栓头是否运动到指定位置,是否装配完毕 --- 步骤 140,装配完毕后,液压旋转马达停止转动 --- 步骤 160,臂部件的电机和丝杆驱动扳手头套筒沿 Y 方向向后运动,使扳手头套筒与螺栓分离 --- 步骤 170,完成一个装配螺栓的过程。

[0043] 显然,本领域的技术人员可以对本发明的:可三自由度运动的螺栓装卸机械手,进行各种改动和变型而不脱离本发明的精神和范围,如增加其他相应的自由度。这样,倘若本发明的这些修改和变型属于本发明权利要求及其等同技术的范围之内,则本发明也意图包含这些改动和变型在内。

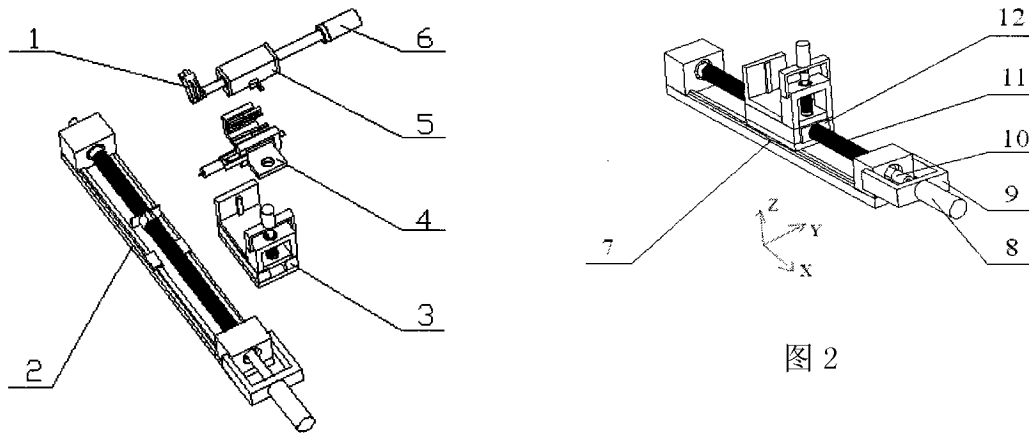


图 1

图 2

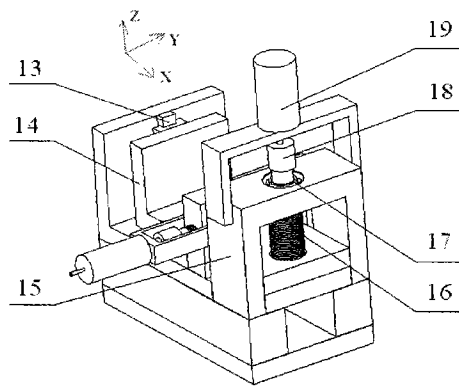


图 3

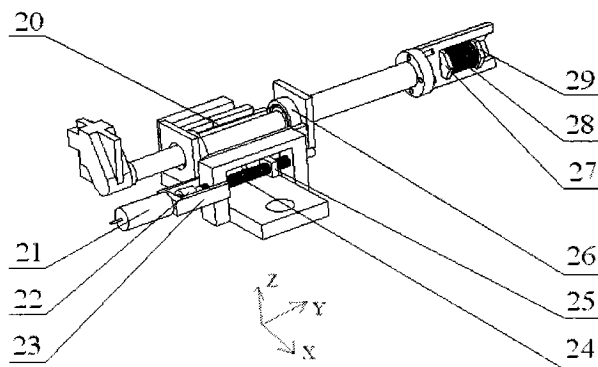


图 4



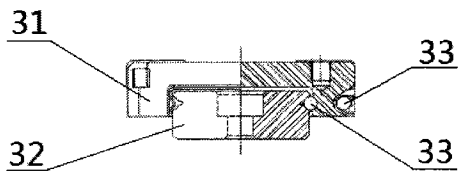


图 5

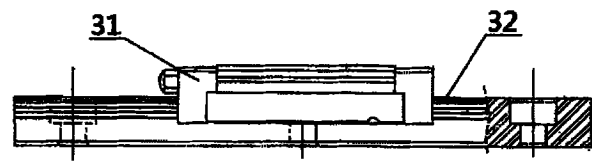


图 6

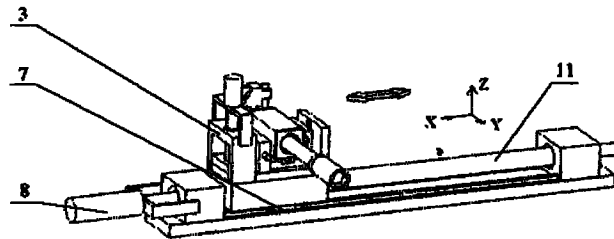


图 7

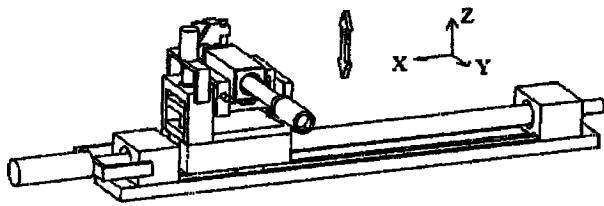


图 8

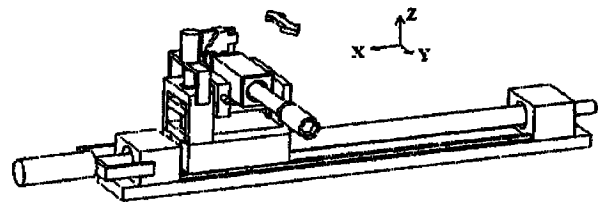


图 9

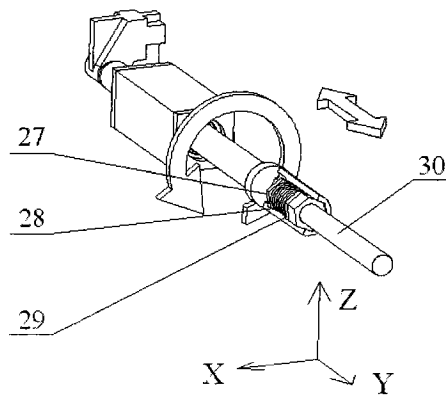


图 10

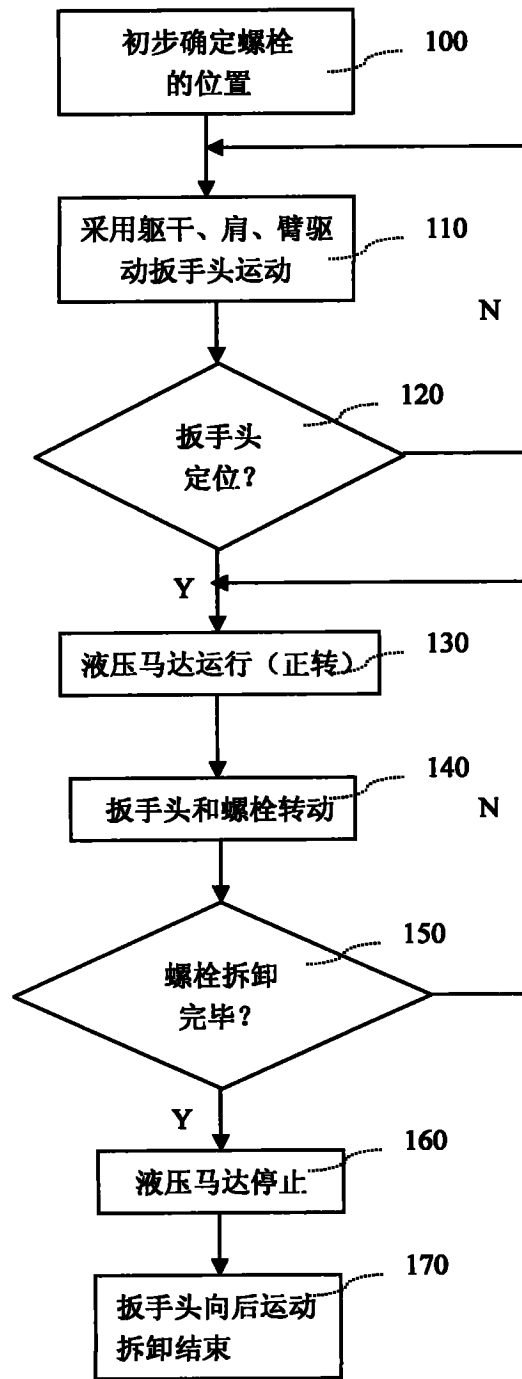


图 11

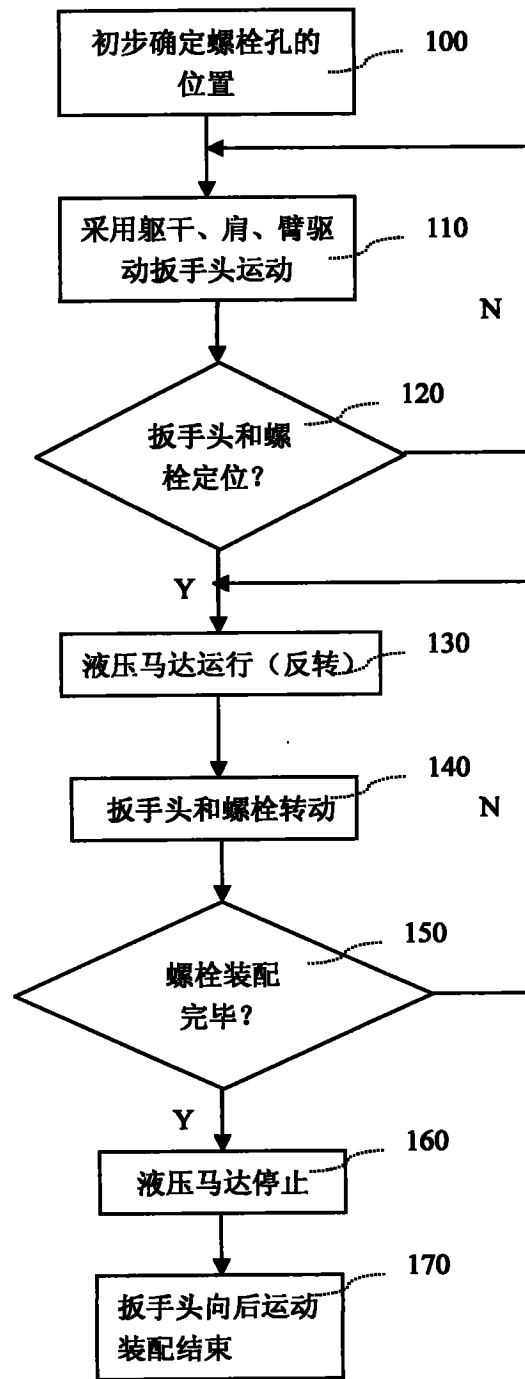


图 12