(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 113386015 A
(43)申请公布日 2021.09.14

(21)申请号 202110690352.4

(22)申请日 2021.06.22

(71)申请人 吉林大学
地址 130012 吉林省长春市长春高新技术产业开发区前进大街2699号

(72)发明人 冀世军 李佳航 赵继 胡志清 代汉达

(74)专利代理机构 长春吉大专利代理有限责任公司 22201
代理人 杜森垚

(51)Int.Cl.
B24B 13/00(2006.01)
B24B 13/005(2006.01)
B24B 41/00(2006.01)
B24B 41/02(2006.01)
B24B 47/12(2006.01)
B24B 51/00(2006.01)
B25J 11/00(2006.01)
B25J 5/02(2006.01)
B25J 17/02(2006.01)
B25J 18/00(2006.01)

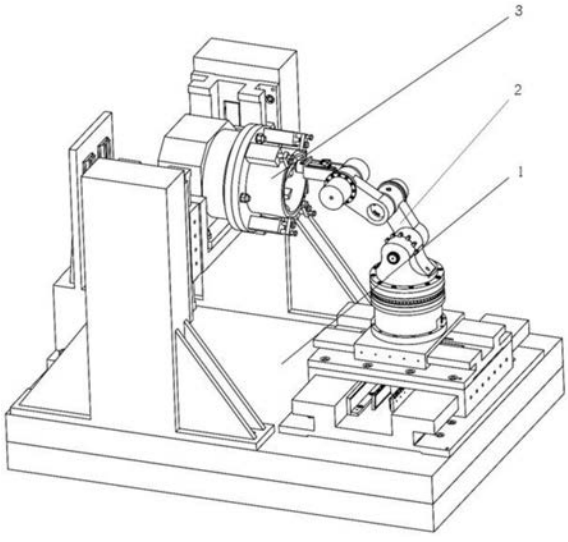
权利要求书2页 说明书8页 附图9页

(54)发明名称

一种多轴运动与串联机械手复合驱动四反镜抛光机床

(57)摘要

本发明公开了一种多轴运动与串联机械手复合驱动四反镜抛光机床，包括X向线性模组、Y向线性模组、Z向线性模组、B向旋转平台组件、C向旋转平台组件、床身组件、气缸配重装置、移动工作平台；X向线性模组固定在床身组件的底板上，Z向线性模组固定在X向线性模组上；C向旋转平台组件固定在Z向线性模组上；Y向线性模组固定在床身组件的立柱上，移动工作平台固定在Y向线性模组上，B向旋转平台组件固定在移动工作平台上；工件夹具装置固定在所述B向旋转平台组件上；串联机械臂工具一端固定在C向旋转平台组件上，另一端设有抛光工具头，与工件夹具装置配合，对工件的光学曲面实施抛光加工。



CN 113386015 A

1.一种多轴运动与串联机械手复合驱动四反镜抛光机床,其特征在于,包括五轴运动机床、串联机械臂工具、工件夹具装置,所述五轴运动机床包括X向线性模组、Y向线性模组、Z向线性模组、B向旋转平台组件、C向旋转平台组件、床身组件、气缸配重装置、移动工作平台;所述X向线性模组固定在床身组件的底板上,Z向线性模组固定在X向线性模组上并由X向线性模组驱动其沿X向的往复运动;C向旋转平台组件固定在Z向线性模组上并由Z向线性模组驱动其沿Z向的往复运动;Y向线性模组固定在床身组件的立柱上,移动工作平台固定在Y向线性模组上并由Y向线性模组驱动其沿Y向的往复运动,B向旋转平台组件固定在移动工作平台上;所述工件夹具装置固定在所述B向旋转平台组件上;所述串联机械臂工具一端固定在所述C向旋转平台组件上,串联机械臂工具另一端设有抛光工具头,串联机械臂工具与所述工件夹具装置配合,对工件的光学曲面实施抛光加工。

2.如权利要求1所述的一种多轴运动与串联机械手复合驱动四反镜抛光机床,其特征在于,所述X向线性模组、Y向线性模组以及Z向线性模组均包括直线电机、光栅尺、气浮导轨移动平台、气浮导轨底座、限位开关、读数头;直线电机固定在气浮导轨底座上,光栅尺固定在气浮导轨底座的内侧,气浮导轨移动平台滑动连接在气浮导轨底座的滑轨上,限位开关固定在光栅尺上,读数头固定在气浮导轨移动平台上;Y向线性模组的气浮导轨底座固定在所述床身组件的立柱上;X向线性模组的气浮导轨底座固定在床身组件的底板上;Z向线性模组的气浮导轨底座固定在X向线性模组的气浮导轨移动平台上。

3.如权利要求1所述的一种多轴运动与串联机械手复合驱动四反镜抛光机床,其特征在于,所述B向旋转平台组件包括旋转平台支架、转台、连接盘;旋转平台支架固定在移动工作平台上,转台与旋转平台支架连接,连接盘固定转台上,连接盘与所述工件夹具装置连接。

4.如权利要求1所述的一种多轴运动与串联机械手复合驱动四反镜抛光机床,其特征在于,所述C向旋转平台组件包括支撑座、转台、旋转盘、行星减速器、减速器支架、支撑盘;所述支撑座固定在所述Z向线性模组上,转台安装在支撑座内部,支撑盘固定在支撑座上,减速器支架定位在支撑盘的表面,行星减速器与减速器支架连接,转台通过连接轴与行星减速器输入端连接,旋转盘安装在行星减速器的输出盘上,所述串联机械臂工具固定在旋转盘上。

5.如权利要求1所述的一种多轴运动与串联机械手复合驱动四反镜抛光机床,其特征在于,所述串联机械臂工具包括基座、关节一、关节二、关节三、臂一、臂二、抛光工具头,所述基座固定在所述C向旋转平台组件上,关节一固定连接在基座上,关节一的转动输出端与臂一一端固定连接,臂一另一端与关节二外壳固定连接,关节二的转动输出端与臂二一端固定连接,臂二另一端与关节三外壳固定连接,关节三的转动输出端与抛光工具头固定连接。

6.如权利要求5所述的一种多轴运动与串联机械手复合驱动四反镜抛光机床,其特征在于,所述关节一、关节二以及关节三均包括关节电机外壳、旋转编码器、KBM无框电机动子、KBM无框电机定子、行星减速器、关节轴系;所述旋转编码器转动连接在关节电机外壳上,KBM无框电机定子固定在关节电机外壳内部,关节轴系与KBM无框电机动子过盈安装;关节一的行星减速器固定在基座外壳上,关节一的的关节电机外壳与基座内的圆柱孔间隙配合,行星减速器的输出盘与所述臂一固定连接;关节二的关节电机外壳与臂一的圆柱孔间

隙配合在并与臂一的侧壁固定连接，关节二的行星减速器的输出盘与所述臂二固定连接；关节三的关节电机外壳与臂二的圆柱孔间隙配合并与臂二的侧壁固定连接，关节三的行星减速器的输出盘与所述抛光工具头固定连接。

7.如权利要求5所述的一种多轴运动与串联机械手复合驱动四反镜抛光机床，其特征在于，所述抛光工具头包括抛光头外壳、抛光头、联轴器、伺服电机；所述伺服电机固定在抛光头外壳内，所述抛光头通过联轴器与伺服电机输出轴连接，抛光头外壳与所述关节三的转动输出端固定连接。

一种多轴运动与串联机械手复合驱动四反镜抛光机床

技术领域

[0001] 本发明属于机械制造领域，具体为一种多轴运动与串联机械手复合驱动四反镜抛光机床。

背景技术

[0002] 当今社会，随着加工技术的不断提高，越来越多的复杂曲面元件被广泛的应用在航空航天，国防，生物医学等领域。在光学上的应用方面，光学复杂曲面元件与传统光学元件相比较而言，具有非常大的优势。在许多与航天相关的课题中，高精度的复杂曲面元件发挥着越来越重要的作用。现代光学零件的制造水平是影响我国核心竞争力的关键因素。而这一领域也恰恰是西方国家对我国进行技术封锁的关键领域，这严重限制了我国的发展，因此对复杂光学曲面加工技术的研究，对加速我国发展，提高核心竞争力具有重要意义。

[0003] 伴随我国工业水平的不断发展，我们对零件的加工质量提出了更高的要求，于是便产生了超光滑表面这一概念。有一些高精度光学元件对精度要求非常之高，粗糙度要求甚至达到看5nm以下，面型精度要求渐渐提高到几十分之一波长。所以随着我们对零件精度要求的不断提升，大力发展超精加工技术是十分必要的。而对于复杂曲面的抛光技术已经成为在超精加工领域里应用最为广泛最重要的一项技术。

[0004] 抛光加工主要作用是去除加工表面损伤、表面光整和修正面型。但由于光学曲面的复杂性，手动抛光仍然是现在主要的抛光方式，但这样便伴随着周期长以及增加了表面质量的不确定性等问题。虽然伴随着技术的发展，出现许多不同类型的抛光方式，但都没有做到对光学复杂曲面的普适性。

[0005] 超精密加工技术相关研究已经涉及到了许多领域，而不只是加工方法和工艺性问题。现代工业发展的必然朝着智能制造的方向发展，而要实现这些则与先进的工业机器人和精密加工设备是分不开的。

发明内容

[0006] 为了解决现有抛光加工中存在的加工灵活性较差，表面质量不确定，对光学复杂曲面适应性较差等问题，本发明提供了一种多轴运动与串联机械手复合驱动四反镜抛光机床，其结构稳定，结合了机械臂和运动机床，通过将机床的多轴运动与串联机械臂运动的合理分配增加抛光加工的工作空间，灵活性高，能够适用更多场合的抛光加工，具有良好的应用价值。

[0007] 本发明的目的是通过以下技术方案实现的：

[0008] 一种多轴运动与串联机械手复合驱动四反镜抛光机床，包括五轴运动机床、串联机械臂工具、工件夹具装置，所述五轴运动机床包括X向线性模组、Y向线性模组、Z向线性模组、B向旋转平台组件、C向旋转平台组件、床身组件、气缸配重装置、移动工作平台；所述X向线性模组固定在床身组件的底板上，Z向线性模组固定在X向线性模组上并由X向线性模组驱动其沿X向的往复运动；C向旋转平台组件固定在Z向线性模组上并由Z向线性模组驱动

其沿Z向的往复运动;Y向线性模组固定在床身组件的立柱上,移动工作平台固定在Y向线性模组上并由Y向线性模组驱动其沿Y向的往复运动,B向旋转平台组件固定在移动工作平台上;所述工件夹具装置固定在所述B向旋转平台组件上;所述串联机械臂工具一端固定在所述C向旋转平台组件上,串联机械臂工具另一端设有抛光工具头,串联机械臂工具与所述工件夹具装置配合,对工件的光学曲面实施抛光加工。

[0009] 进一步地,所述X向线性模组、Y向线性模组以及Z向线性模组均包括直线电机、光栅尺、气浮导轨移动平台、气浮导轨底座、限位开关、读数头;直线电机固定在气浮导轨底座上,光栅尺固定在气浮导轨底座的内侧,气浮导轨移动平台滑动连接在气浮导轨底座的滑轨上,限位开关固定在光栅尺上,读数头固定在气浮导轨移动平台上;Y向线性模组的气浮导轨底座固定在所述床身组件的立柱上;X向线性模组的气浮导轨底座固定在床身组件的底板上;Z向线性模组的气浮导轨底座固定在X向线性模组的气浮导轨移动平台上。

[0010] 进一步地,所述B向旋转平台组件包括旋转平台支架、转台、连接盘;旋转平台支架固定在移动工作平台上,转台与旋转平台支架连接,连接盘固定转台上,连接盘与所述工件夹具装置连接。

[0011] 进一步地,所述C向旋转平台组件包括支撑座、转台、旋转盘、行星减速器、减速器支架、支撑盘;所述支撑座固定在所述Z向线性模组上,转台安装在支撑座内部,支撑盘固定在支撑座上,减速器支架定位在支撑盘的表面,行星减速器与减速器支架连接,转台通过连接轴与行星减速器输入端连接,旋转盘安装在行星减速器的输出盘上,所述串联机械臂工具固定在旋转盘上。

[0012] 进一步地,所述串联机械臂工具包括基座、关节一、关节二、关节三、臂一、臂二、抛光工具头,所述基座固定在所述C向旋转平台组件上,关节一固定连接在基座上,关节一的转动输出端与臂一一端固定连接,臂一另一端与关节二外壳固定连接,关节二的转动输出端与臂二一端固定连接,臂二另一端与关节三外壳固定连接,关节三的转动输出端与抛光工具头固定连接。

[0013] 更进一步地,所述关节一、关节二以及关节三均包括关节电机外壳、旋转编码器、KBM 无框电机动子、KBM无框电机定子、行星减速器、关节轴系;所述旋转编码器转动连接在关节电机外壳上,KBM无框电机定子固定在关节电机外壳内部,关节轴系与KBM无框电机动子过盈安装;关节一的行星减速器固定在基座外壳上,关节一的的关节电机外壳与基座内的圆柱孔间隙配合,行星减速器的输出盘与所述臂一固定连接;关节二的关节电机外壳与臂一的圆柱孔间隙配合在并与臂一的侧壁固定连接,关节二的行星减速器的输出盘与所述臂二固定连接;关节三的关节电机外壳与臂二的圆柱孔间隙配合并与臂二的侧壁固定连接,关节三的行星减速器的输出盘与所述抛光工具头固定连接。

[0014] 进一步地,所述抛光工具头包括抛光头外壳、抛光头、联轴器、伺服电机;所述伺服电机固定在抛光头外壳内,所述抛光头通过联轴器与伺服电机输出轴连接,抛光头外壳与所述关节三的转动输出端固定连接。

[0015] 本发明的有益效果是:

[0016] 1.本发明通过将五轴运动机床和串联机械臂结合使得增大了工作空间,同时提高了灵活性和效率,并且解决了加工灵活性较差,表面质量不确定,对光学复杂曲面适应性较差等问题。

[0017] 2.采用气缸配重装置来抵消一部分重力引起的负载,同时可以在加工过程中,保证工件运动的稳定性,保障了被加工工件表面质量的稳定性。

[0018] 3.串联机械臂工具驱动动力形式为无框电机通过行星减速器进行减速增扭驱动,串联机械臂有多个关节结构,可以保证运动的灵活性和足够的工作范围。并且运动精度高,响应速度快。

[0019] 4.通过气浮导轨、直线电机和光栅尺构成的线性模组,实现了高精度的闭环反馈,并使工件和串联机械臂工具有较高的位置精度保证了加工质量。

[0020] 5.本发明可以实现对复杂光学曲面的抛光加工,提高精度和工作效率。采用行星减速器作为减速装置,可以实现较高的精度保持。五轴运动机床采用X/Y/Z向线性模组实现高精度的平动,并且具有光栅尺实现闭环反馈,采用B/C向高精度转台实现高精度转动。工件通过夹具装置固定在转台上,串联机械臂末端抛光工具头提供抛光的动力,通过不同类型的抛光工具实现了对复杂光学曲面的适应性。本发明结构稳定,工作空间大,灵活性高,对光学曲面的适应性好,具有较高的应用价值及前景

附图说明

[0021] 图1是本发明一种多轴运动与串联机械手复合驱动四反镜抛光机床结构示意图;

[0022] 图2是本发明所述五轴运动机床结构示意图;

[0023] 图3(a)是本发明所述Y向线性模组半剖视图及局部剖视图;

[0024] 图3(b)是本发明所述Z向线性模组半剖视图及局部剖视图;

[0025] 图3(c)是本发明所述X向线性模组半剖视图及局部剖视图;

[0026] 图4是本发明所述B向旋转平台组件局部剖视图;

[0027] 图5是本发明所述C向旋转平台组件全剖视图;

[0028] 图6是本发明所述串联机械臂工具结构示意图;

[0029] 图7是本发明所述关节一剖视图;

[0030] 图8是本发明所述关节二剖视图;

[0031] 图9是本发明所述关节三剖视图;

[0032] 图10是本发明所述抛光工具头局部视图及局部剖视图;

[0033] 图11是串联机械臂控制系统框图;

[0034] 图12是五轴运动机床控制框图;

[0035] 图中:

[0036] 1-五轴运动机床;2-串联机械臂工具;3-工件夹具;

[0037] 110-X向线性模组;111-Y向线性模组;112-Z向线性模组;120-B向旋转平台组件;121-C 向旋转平台组件;130-机床组件;140-大理石底板;150-气缸配重装置;160-移动工作台;

[0038] 1101-Y向直线电机;1102-Y向光栅尺;1103-Y向气浮导轨移动平台;1104-Y向气浮导轨底座;1105-Y向限位开关;1106-Y向读数头;1107-Z向直线电机;1108-Z向光栅尺;1109-Z 向气浮导轨移动平台;1110-Z向气浮导轨底座;1111-Z向限位开关;1112-Z向读数头;1113-X 向直线电机;1114-X向光栅尺;1115-X向气浮导轨移动平台;1116-X向气浮导轨底座;1117-X 向限位开关;1118-X向读数头;

[0039] 1201-旋转平台支架;1202-ABRT400 High-Accuracy转台;1203-推力滚子轴承;1204- 密封圈一;1205-轴承盖一;1206-连接盘;1207-支撑座;1208-ABRS转台;1209-推力圆柱轴承;1210-密封圈二;1211-轴承盖二;1212-菱形销一;1213-旋转盘;1214-RV-E行星减速器;1215-深沟球轴承一;1216-连接轴;1217-减速器支架;1218-圆柱销一;1219-支撑盘; 1220-内六角花型圆柱头螺钉一;

[0040] 210-基座;220-关节一;230-臂一;240-关节二;250-关节三;260-臂二;270-抛光工具头;

[0041] 2201-关节一电机外壳;2202-旋转编码器一;2203-旋转编码器支架一;2204-耦合器一; 2205-轴承盖三;2206-深沟球轴承二;2207-挡油环一;2208-轴套一;2209-KBM无框电机动子一;2210-KBM无框电机定子一;2211-定子夹固套一;2212-RV-N行星减速器一;2213-关节一轴系;2214-密封圈三;

[0042] 2401-关节二电机外壳;2402-旋转编码器二;2403-旋转编码器支架二;2404-耦合器二; 2405-轴承盖四;2406-深沟球轴承三;2407-挡油环二;2408-轴套二;2409-KBM无框电机动子二;2410-KBM无框电机定子二;2411-定子夹固套二;2412-RV-N行星减速器二;2413-关节二轴系;2414-关节二外壳;2415-密封圈四;

[0043] 2601-关节三电机外壳;2602-旋转编码器三;2603-旋转编码器支架三;2604-耦合器三; 2605-轴承盖五;2606-深沟球轴承四;2607-挡油环三;2608-轴套三;2609-KBM无框电机动子三;2610-KBM无框电机定子三;2611-定子夹固套三;2612-RV-N行星减速器三;2613-关节三轴系;2614-关节三外壳;2615-密封圈五;

[0044] 2701-抛光头外壳;2702-抛光头;2703-轴承盖六;2704-密封圈六;2705-深沟球轴承五; 2706-键一;2707-键二;2708-梅花型联轴器;2709-AKM伺服电机。

具体实施方式

[0045] 以下结合附图及实施例对本发明的技术方案做进一步介绍:

[0046] 一种多轴运动与串联机械手复合驱动四反镜抛光机床,包括五轴运动机床1、串联机械臂工具2、工件夹具装置3,所述五轴运动机床包括X向线性模组110、Y向线性模组111、Z向线性模组112、B向旋转平台组件120、C向旋转平台组件121、床身组件130、气缸配重装置150、移动工作平台160;所述X向线性模组110固定在床身组件130的底板上,Z向线性模组112固定在X向线性模组上并由X向线性模组驱动其沿X向的往复运动;C向旋转平台组件120固定在Z向线性模组112上并由Z向线性模组112驱动其沿Z向的往复运动;Y向线性模组111固定在床身组件130的立柱上,移动工作平台160固定在Y向线性模组上并由 Y向线性模组驱动其沿Y向的往复运动,B向旋转平台组件121固定在移动工作平台160上;所述工件夹具装置3固定在所述B向旋转平台组件120上;所述串联机械臂工具2一端固定在所述C向旋转平台组件121上,串联机械臂工具2另一端设有抛光工具头270,串联机械臂工具2与所述工件夹具装置3配合,对工件的光学曲面实施抛光加工。

[0047] 进一步地,所述X向线性模组110、Y向线性模组111以及Z向线性模组112均包括直线电机、光栅尺、气浮导轨移动平台、气浮导轨底座、限位开关、读数头;直线电机固定在气浮导轨底座上,光栅尺固定在气浮导轨底座的内侧,气浮导轨移动平台滑动连接在气浮导轨底座的滑轨上,限位开关固定在光栅尺上,读数头固定在气浮导轨移动平台上;Y向线性

模组111的气浮导轨底座固定在所述床身组件的立柱上;X向线性模组110的气浮导轨底座固定在床身组件的底板上;Z向线性模组112的气浮导轨底座固定在X向线性模组110的气浮导轨移动平台上。

[0048] 进一步地,所述B向旋转平台组件120包括旋转平台支架、转台、连接盘;旋转平台支架固定在移动工作平台160上,转台与旋转平台支架连接,连接盘固定转台上,连接盘与所述工件夹具装置3连接。

[0049] 进一步地,所述C向旋转平台组件121包括支撑座、转台、旋转盘、行星减速器、减速器支架、支撑盘;所述支撑座固定在所述Z向线性模组112上,转台安装在支撑座内部,支撑盘固定在支撑座上,减速器支架定位在支撑盘的表面,行星减速器与减速器支架连接,转台通过连接轴与行星减速器输入端连接,旋转盘安装在行星减速器的输出盘上,所述串联机械臂工具2固定在旋转盘上。

[0050] 进一步地,所述串联机械臂工具2包括基座210、关节一220、关节二240、关节三260、臂一230、臂二250、抛光工具头270,所述基座210固定在C向旋转平台组件121上,关节一220通过螺钉固定连接在基座210上,关节一220的转动输出端与臂一230一端固定连接,臂一230另一端与关节二240外壳固定连接,关节二240的转动输出端与臂二250一端固定连接,臂二250另一端与关节三260外壳固定连接,关节三260的转动输出端与抛光工具头 270固定连接。

[0051] 更进一步地,所述关节一220、关节二240以及关节三260均包括关节电机外壳、旋转编码器、KBM无框电机动子、KBM无框电机定子、行星减速器、关节轴系;所述旋转编码器转动连接在关节电机外壳上,KBM无框电机定子固定在关节电机外壳内部,关节轴系与KBM无框电机动子过盈安装;关节一220的行星减速器固定在基座210外壳上,关节一220的的关节电机外壳与基座210内的圆柱孔间隙配合,行星减速器的输出盘与所述臂一230固定连接;关节二的关节电机外壳与臂一230的圆柱孔间隙配合在并与臂一230的侧壁固定连接,关节二的行星减速器的输出盘与所述臂二250固定连接;关节三的关节电机外壳与臂二的圆柱孔间隙配合并与臂二250的侧壁固定连接,关节三的行星减速器的输出盘与所述抛光工具头 270固定连接。

[0052] 进一步地,所述抛光工具头270包括抛光头外壳、抛光头、联轴器、伺服电机;所述伺服电机固定在抛光头外壳内,所述抛光头通过联轴器与伺服电机输出轴连接,抛光头外壳与所述关节三260的转动输出端固定连接。

[0053] 实施例1

[0054] 参见如图1,一种多轴运动与串联机械手复合驱动四反镜抛光机床,包括五轴运动机床1、串联机械臂工具2、工件夹具装置3,其中,五轴运动机床1包含五个自由度其中有三个平动自由度和两个旋转自由度,水平布置。

[0055] 所述工件夹具装置3通过螺钉或螺栓固定安装在所述运动机床的B向旋转平台组件120 上;所述串联机械臂工具2一端通过螺钉或螺栓固定安装在所述运动机床的C向旋转平台组件121上,串联机械臂工具2另一端设有抛光工具头270,串联机械臂工具2与所述工件夹具装置3配合,对工件的光学曲面实施抛光加工。

[0056] 如图2所示,所述五轴运动机床包括X向线性模组110、Y向线性模组111、Z向线性模组112、B向旋转平台组件120、C向旋转平台组件121、床身组件130、大理石底板140、气缸配

重装置150、移动工作平台160。所述X向线性模组110固定安装在床身组件130的底板上，Z向线性模组112固定安装在X向线性模组的X向气浮导轨移动平台1116上，Y向线性模组111固定安装在床身组件130的立柱上，C向旋转平台组件120固定安装在Z向线性模组112的Z向气浮导轨移动平台1103上，B向旋转平台组件121固定安装在移动工作平台160 上，所述床身组件130固定安装于大理石底座140上，移动工作平台160固定安装在Y向线性模组的Y向气浮导轨移动平台1109上。

[0057] 所述床身组件130包括底板及立柱，一对立柱固定在底板上，床身底板固定在所述大理石底板140上。

[0058] 如图3(a)示，所述Y三向线性模组111包括Y向直线电机1101、Y向光栅尺1102、Y 向气浮导轨移动平台1103、Y向气浮导轨底座1104、Y向限位开关1105，Y向读数头1106，其中Y向直线电机1101固定安装在Y向气浮导轨底座1104上，所述Y向光栅尺1102固定安装在Y向气浮导轨底座1104的内侧，所述Y向气浮导轨移动平台1103滑动连接在Y向气浮导轨底座1104的滑轨上，所述Y向限位开关1105固定安装在Y向光栅尺1102上，所述Y向读数头1106固定安装在Y向气浮导轨移动平台1103。Y向气浮导轨底座1104与所述床身组件130中的立柱通过螺钉固定连接在一起。

[0059] 如图3(b)示，所述Z三向线性模组112包括Z向直线电机1107、Z向光栅尺1108、Z 向气浮导轨移动平台1109、Z向气浮导轨底座1110、Z限位开关1111，Z向读数头1112，其中Z向直线电机1107固定安装在Z向气浮导轨底座1110上，所述Z向光栅尺1108固定安装在Z向气浮导轨底座1110的内侧，所述Z向气浮导轨移动平台1109滑动配合在Z向气浮导轨底座1110的滑轨上，所述Z限位开关1111固定安装在Z向光栅尺1108上，所述Z向读数头1112固定安装在Z向气浮导轨移动平台1109上。Z向气浮导轨底座1110通过螺钉连接固定在X向线性模组110中的X向气浮导轨移动平台1115上。

[0060] 如图3(c)示，所述X三向线性模组110包括X向直线电机1113、X向光栅尺1114、X 向气浮导轨移动平台1115、X向气浮导轨底座1116、X限位开关1117，X向读数头1118，其中X向直线电机1113固定安装在X向气浮导轨底座1116上，所述X向光栅尺1114固定安装在X向气浮导轨底座1116的内侧，所述X向气浮导轨移动平台1115滑动配合在X向气浮导轨底座1116的滑轨上，所述X限位开关1117固定安装在X向光栅尺1114上，所述X向读数头1118固定安装在X向气浮导轨移动平台1115上。X向气浮导轨底座1116通过螺钉固定在所述床身组件130中的床身底板上。

[0061] 如图4所示，所述B向旋转平台组件120包括旋转平台支架1201、ABRT400 High-Accuracy 转台1202、推力滚子轴承1203、密封圈一1204、轴承盖一1205、连接盘1206，所述旋转平台支架1201固定安装在移动工作平台160上，所述ABRT400 High-Accuracy转台1202安装在所述旋转平台支架1201上，所述推力滚子轴承1203配合安装在ABRT400 High-Accuracy 转台1202与旋转平台支架1201之间，所述轴承盖一1205固定安装在所述的旋转平台支架 1201上，所述连接盘1206固定安装在ABRT400 High-Accuracy转台1202表面上。

[0062] 如图5所示，所述C向旋转平台组件121包括支撑座1207、ABRS转台1208、推力圆柱轴承1209、密封圈二1210、轴承盖二1211、菱形销一1212、旋转盘1213、RV-E行星减速器1214、深沟球轴承一1215、连接轴1216、减速器支架1217、圆柱销一1218、支撑盘1219、内六角花型圆柱头螺钉一1220，所述支撑座1207固定安装在Z向气浮导轨移动平台1109上，所述

ABRS转台1208通过内六角花型圆柱头螺钉一1220固定安装在支撑座1207内部，所述连接轴1216固定安装在所述的ABRS转台1208面上，所述支撑盘1219固定安装在所述的支撑座1207上，所述减速器支架1217通过所述的圆柱销一1218和所述的菱形销一1212定位在所述的支撑盘1219的表面，所述推力圆柱轴承1209与所述减速器支1217架配合安装定位，所述轴承盖二1211固定在所述的支撑盘1219上，所述的RV-E行星减速器1214固定安装在所述的减速器支架1217上，所述的旋转盘1213固定安装在所述RV-E行星减速器1214输出盘上。

[0063] 如图6所示，串联机械臂工具2包括基座210、关节一220、关节二240、关节三260、臂一230、臂二250、抛光工具头270，所述基座210通过螺钉固定安装在C向旋转平台组件的旋转盘1213上，关节一220通过螺钉固定连接在基座210上，关节一220的转动输出端与臂一230一端固定连接，臂一230另一端与关节二240外壳固定连接，关节二240的转动输出端与臂二250一端固定连接，臂二250另一端与关节三260外壳固定连接，关节三260的转动输出端与抛光工具头270固定连接。

[0064] 关节一220包括关节一电机外壳2201、旋转编码器一2202、旋转编码器支架一2203、耦合器一2204、轴承盖三2205、深沟球轴承二2206、挡油环一2207、轴套一2208、KBM无框电机动子一2209、KBM无框电机定子一2210、定子夹固套一2211、RV-N行星减速器一2212、关节一轴系2213、密封圈三2214，其中所述旋转编码器一2202固定安装在所述旋转编码器支架一2203上，旋转编码器支架2203固定安装在所述轴承盖三2205上，所述轴承盖三2205固定安装在关节一电机外壳2201上，所述KBM无框电机定子一2209通过所述定子加固套一2211固定安装在关节一电机外壳2201内部，所述关节一轴系2213与所述KBM无框电机动子一2209为过盈安装。RV-N行星减速器一2212通过螺钉固定连接在基座210外壳上，关节一电机外壳2201与基座210内的圆柱孔间隙配合在一起，RV-N行星减速器一2212的输出盘与臂一230通过螺钉固定安装。

[0065] 关节二包括关节二电机外壳2401、旋转编码器二2402、旋转编码器支架二2403、耦合器二2404、轴承盖四2405、深沟球轴承三2406、挡油环二2407、轴套二2408、KBM无框电机动子二2409、KBM无框电机定子二2410、定子夹固套二2411、RV-N行星减速器二2412、关节二轴系2413、关节二外壳2414、密封圈四2415，其中所述旋转编码器二2402固定安装在所述旋转编码器支架二2403上，旋转编码器支架2403固定安装在所述轴承盖四2405上，所述轴承盖四2405固定安装在关节二电机外壳2401上，所述KBM无框电机定子二2410通过所述定子加固套二2411固定安装在关节二电机外壳2401内部，所述关节二轴系2413与所述 KBM无框电机动子二2412为过盈安装。关节二电机外壳2401与臂一230中的圆柱孔间隙配合在并与臂一230的侧壁通过螺钉固定连接在一起;RV-N行星减速器二2412的输出盘与臂二250通过螺钉固定安装。

[0066] 关节三260包括关节三电机外壳2601、旋转编码器三2602、旋转编码器支架三2603、耦合器三2604、轴承盖五2605、深沟球轴承四2606、挡油环三2607、轴套三2608、KBM无框电机动子三2609、KBM无框电机定子三2610、定子夹固套三2611、RV-N行星减速器三2612、关节三轴系2613、关节三外壳2614、密封圈五2615，其中所述旋转编码器三2602通固定安装在所述旋转编码器支架三2603上，旋转编码器支架2603固定安装在所述轴承盖五2605上，所述轴承盖五2605固定安装在关节三电机外壳2601上，所述KBM无框电机定子三2609通过所述定子加固套三2611固定安装在关节三电机外壳2601内部，所述关节三轴系2613与所述

KBM无框电机动子三2609过盈安装。关节三电机外壳2601与臂二250中的圆柱孔间隙配合并与臂二250的侧壁通过螺钉固定连接在一起，RV-N行星减速器二2612的输出盘与抛光工具头270的抛光头外壳2071通过螺钉固定连接。

[0067] 抛光工具头270包括抛光头外壳2701、抛光头2702、轴承盖六2703、密封圈六2704、深沟球轴承五2705、键一2706、键二2707、梅花型联轴器2708、AKM伺服电机2709，其中所述AKM伺服电机2709固定安装在抛光头外壳2701上，所述抛光头2702通过键一2706与所述梅花型联轴器2708连接，所述轴承盖六2703固定安装在所述抛光头外壳2701上，所述 AKM伺服电机2709固定安装在所述抛光头外壳2701上，所述梅花型联轴器2708通过键二2707 与所述AKM伺服电机2709的输出轴连接。抛光头外壳2071与关节三260的RV-N行星减速器二2612的输出盘通过螺钉固定连接。

[0068] 以下简要介绍本发明的工作原理:

[0069] 如图11及图12所示，串联机械臂工具和五轴运动机床通过运动控制器来实现多轴的控制，PC机与运动控制器连接，运动控制器通过伺服驱动器控制电机的运动，部分驱动器可以接受反馈信号，所以在驱动器位置实现闭环和控制器位置实现闭环控制，使运动精确度得到提高。

[0070] 串联机械臂工具通过五轴运动机床运动到工位，由串联机械臂工具将抛光工具头置于指定位置，夹具装置旋转至指定位置，保证抛光工具与光学曲面可以稳定接触，开始实施抛光加工。

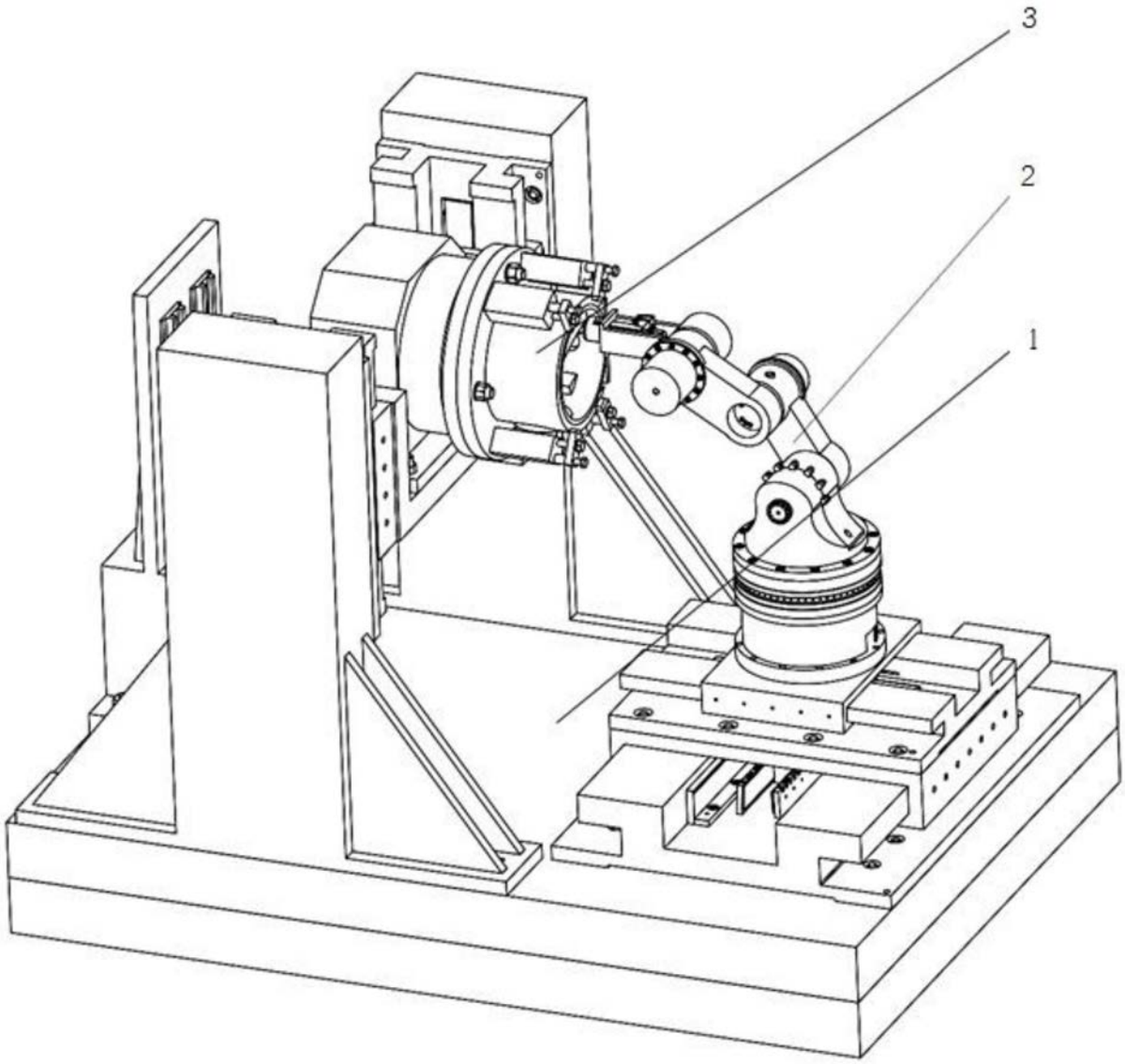


图1

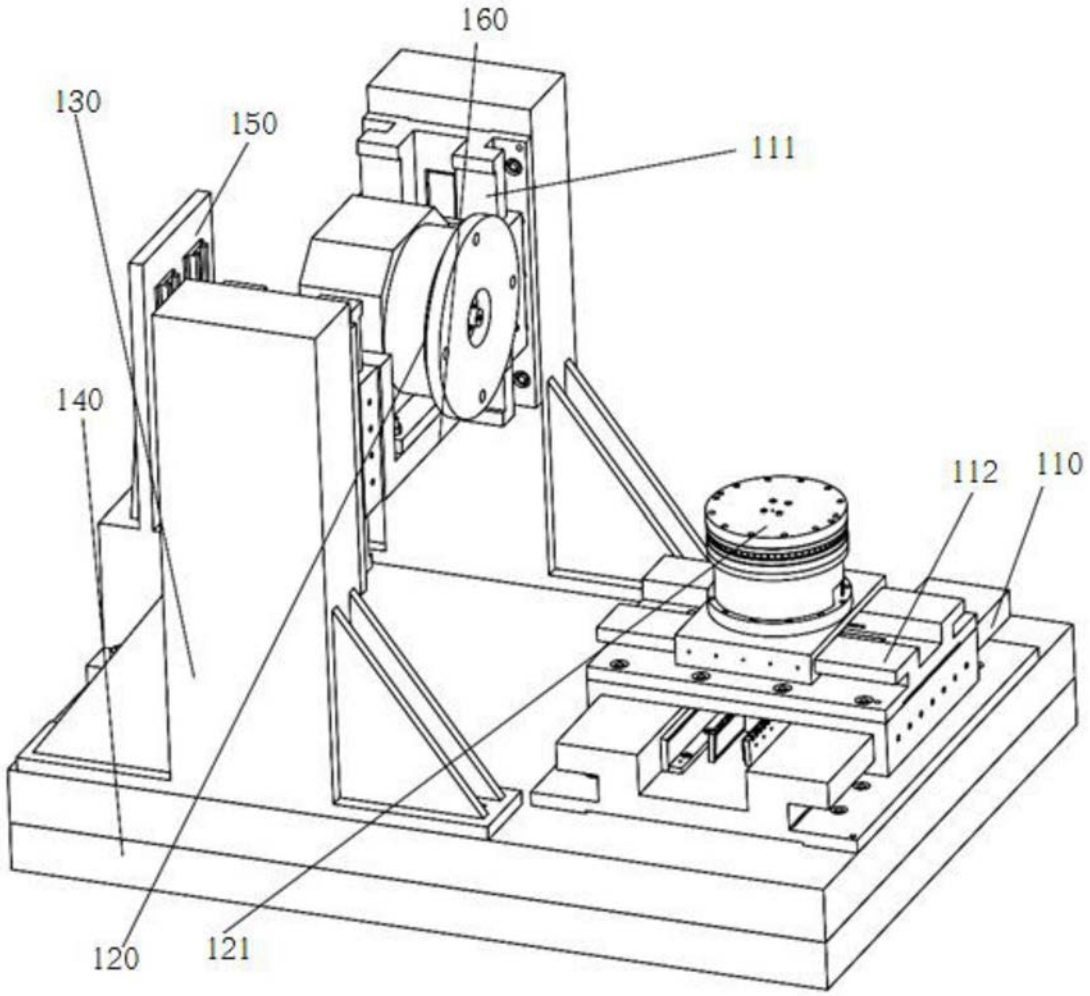

160
130
150
111
140
112
110
120
121

图2

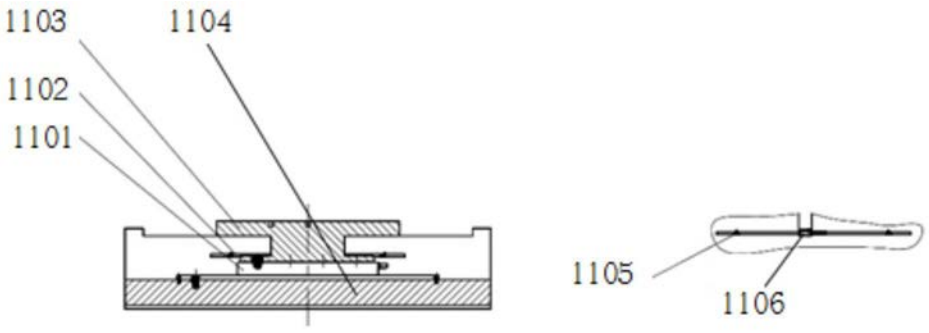

1103
1104
1102
1101
1105
1106

图3(a)

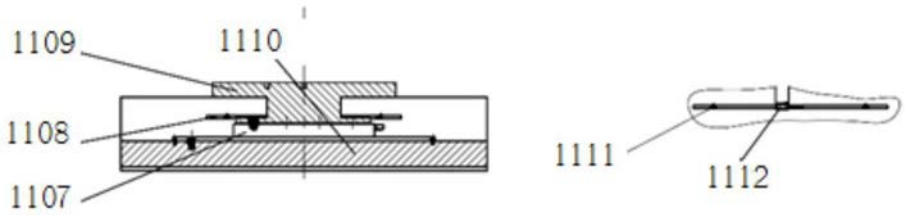

1109
1110
1108
1107
1111
1112

图3(b)

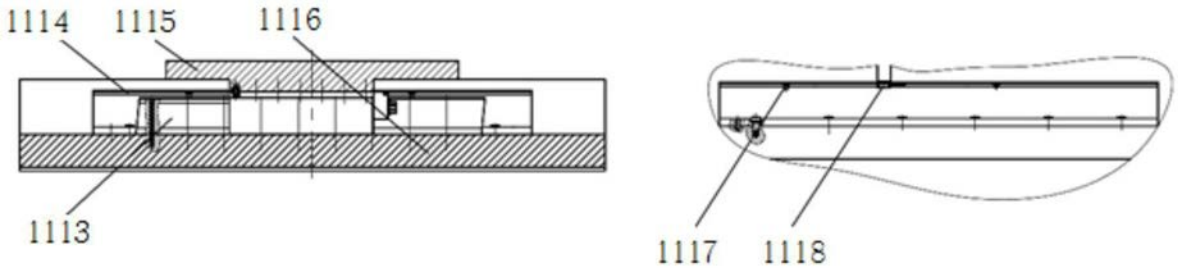

1114
1115
1116
1113
1117
1118

图3(c)

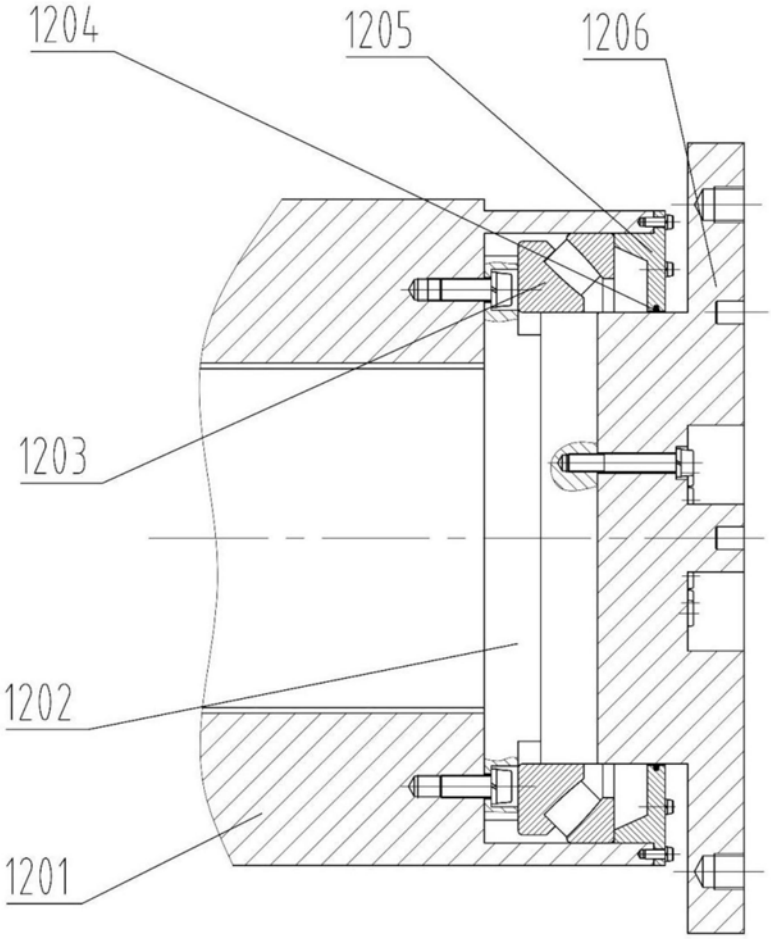

1204
1205
1206
1203
1202
1201

图4

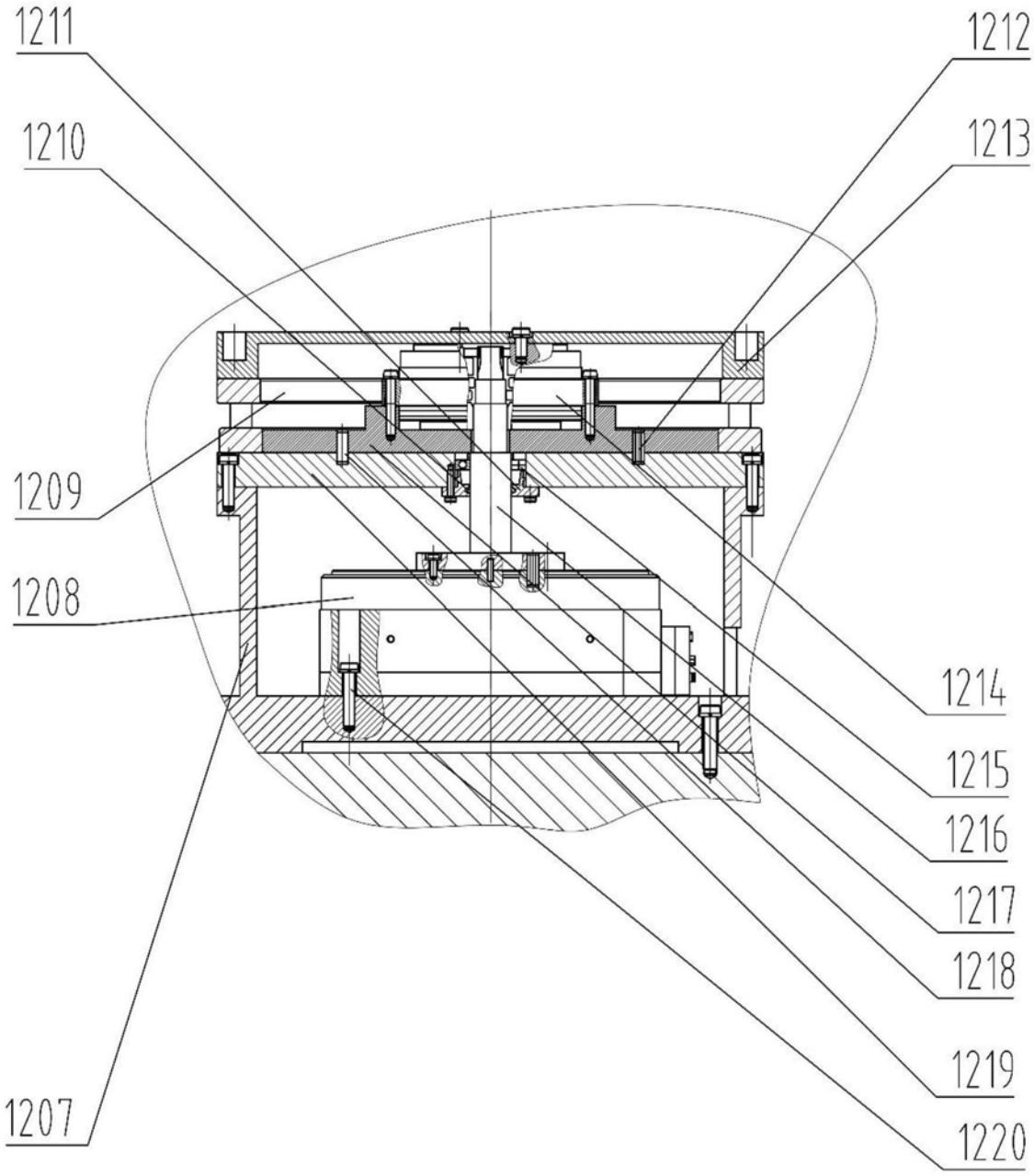

1211
1212
1210
1213
1209
1208
1214
1215
1216
1217
1218
1219
1207
1220

图5

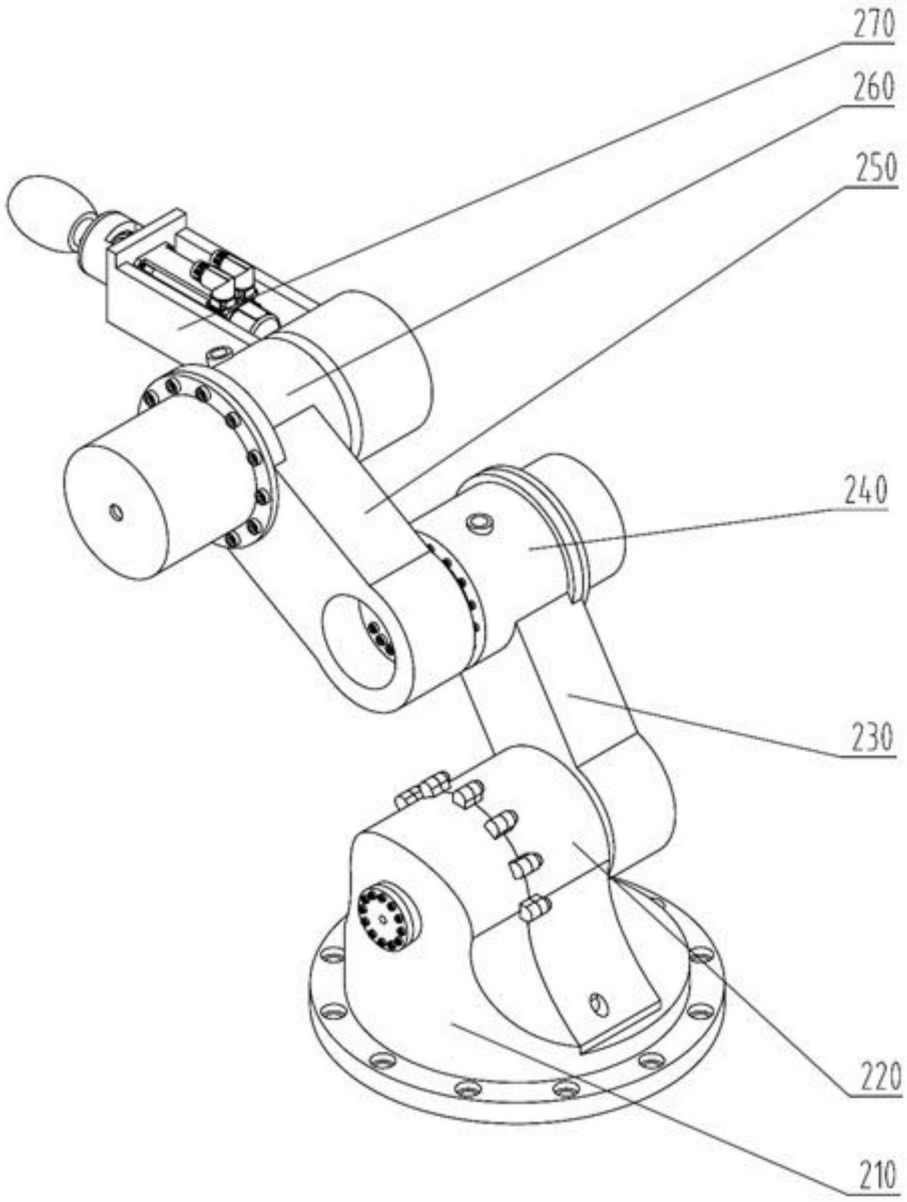


图6

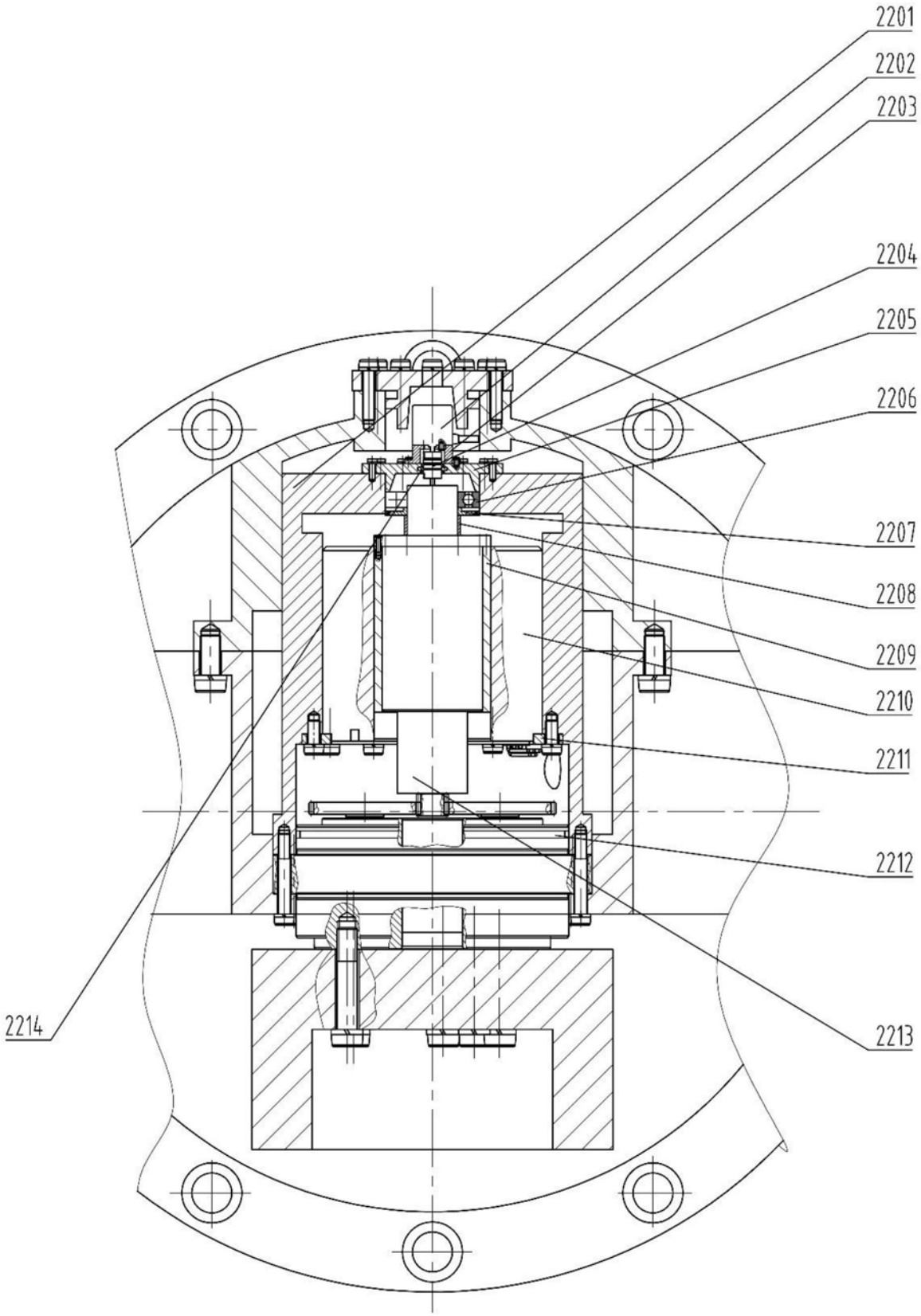

2201
2202
2203
2204
2205
2206
2207
2208
2209
2210
2211
2212
2213
2214

图7

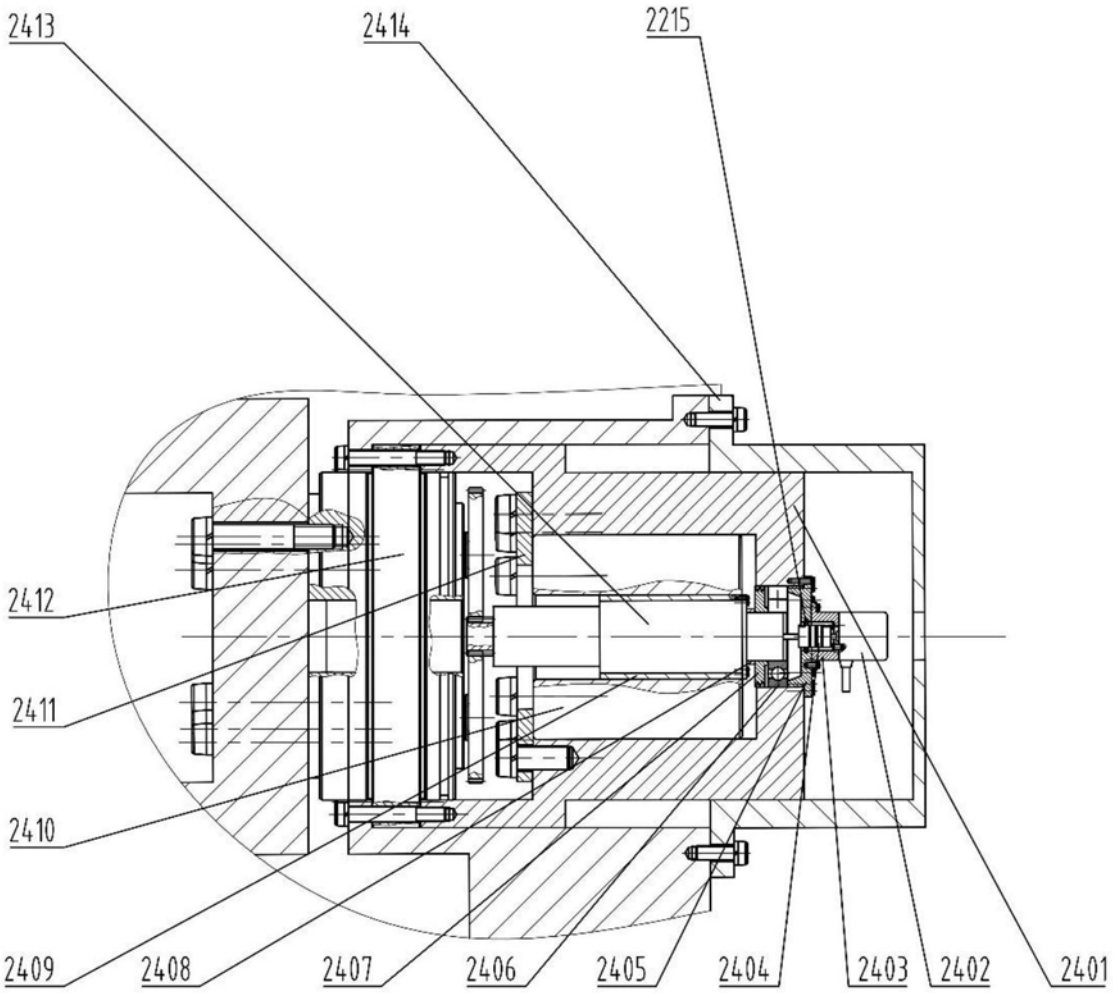

2413
2414
2215
2412
2411
2410
2409
2408
2407
2406
2405
2404
2403
2402
2401

图8

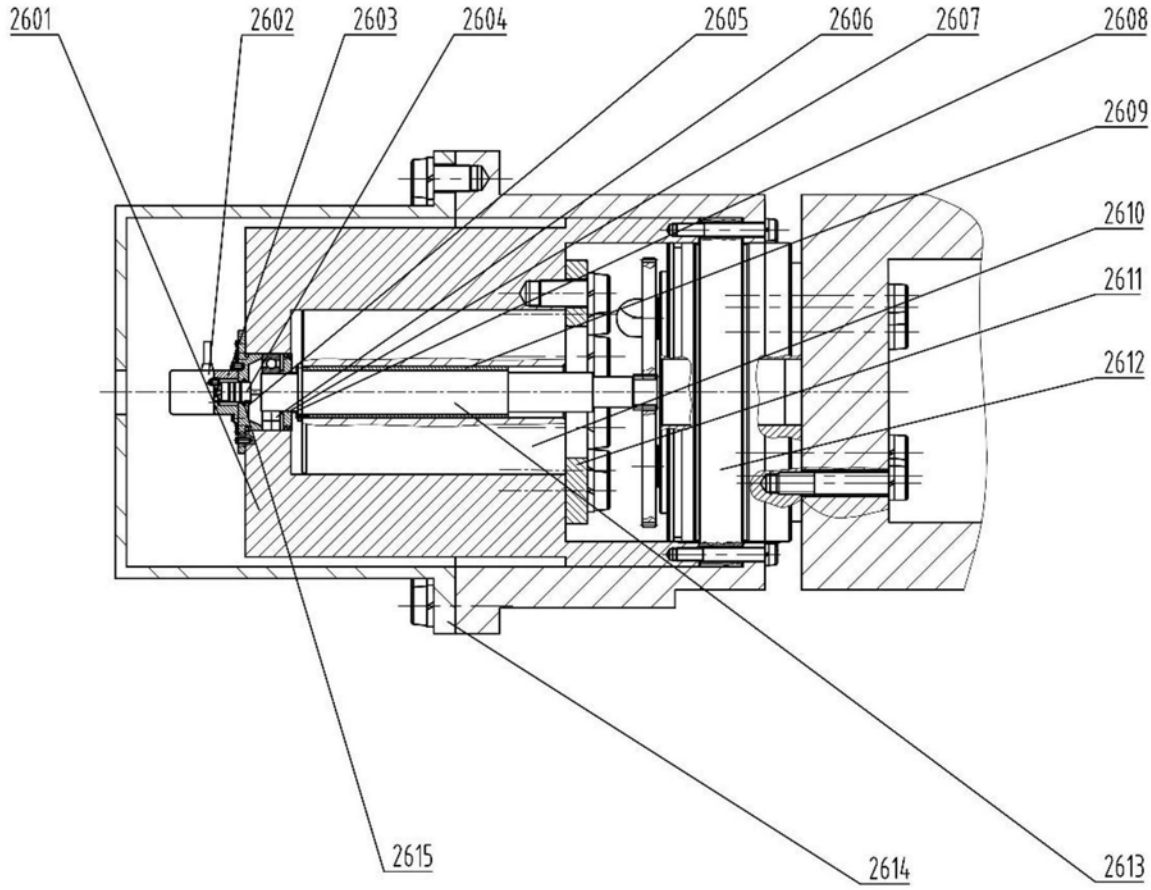

2601
2602
2603
2604
2605
2606
2607
2608
2609
2610
2611
2612
2613
2614
2615

图9

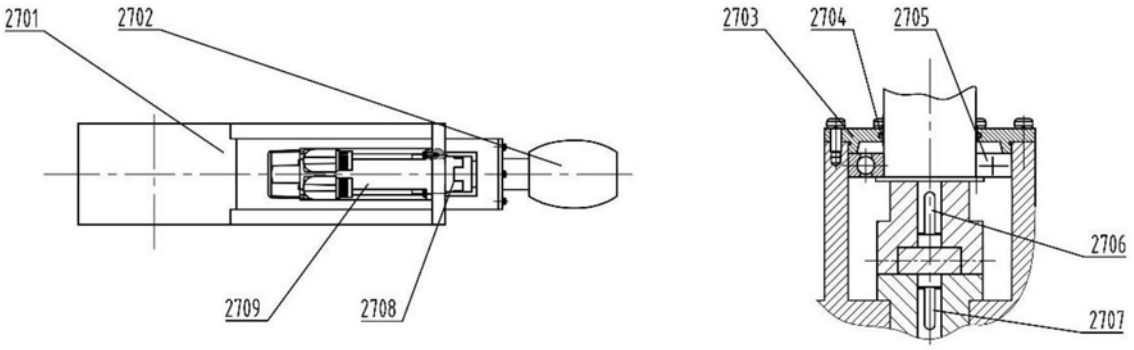

2701
2702
2703
2704
2705
2706
2707
2708
2709

图10

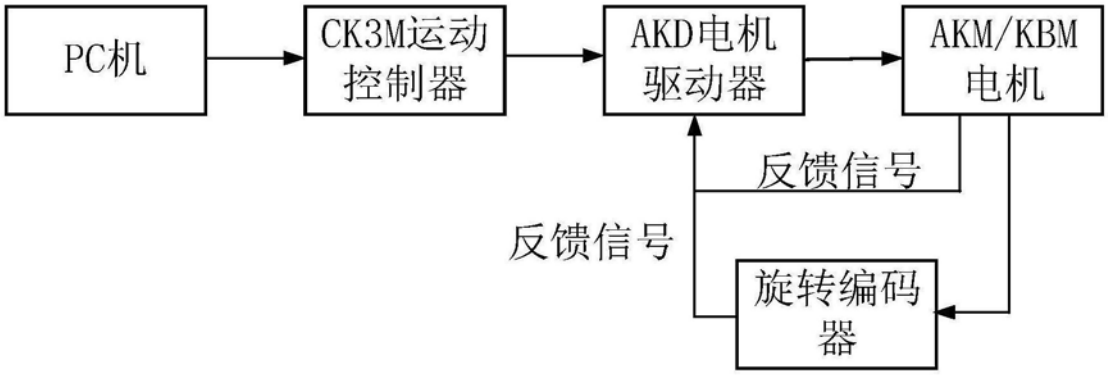

PC机
CK3M运动控制器
AKD电机驱动器
AKM/KBM电机
反馈信号
反馈信号
旋转编码器

图11

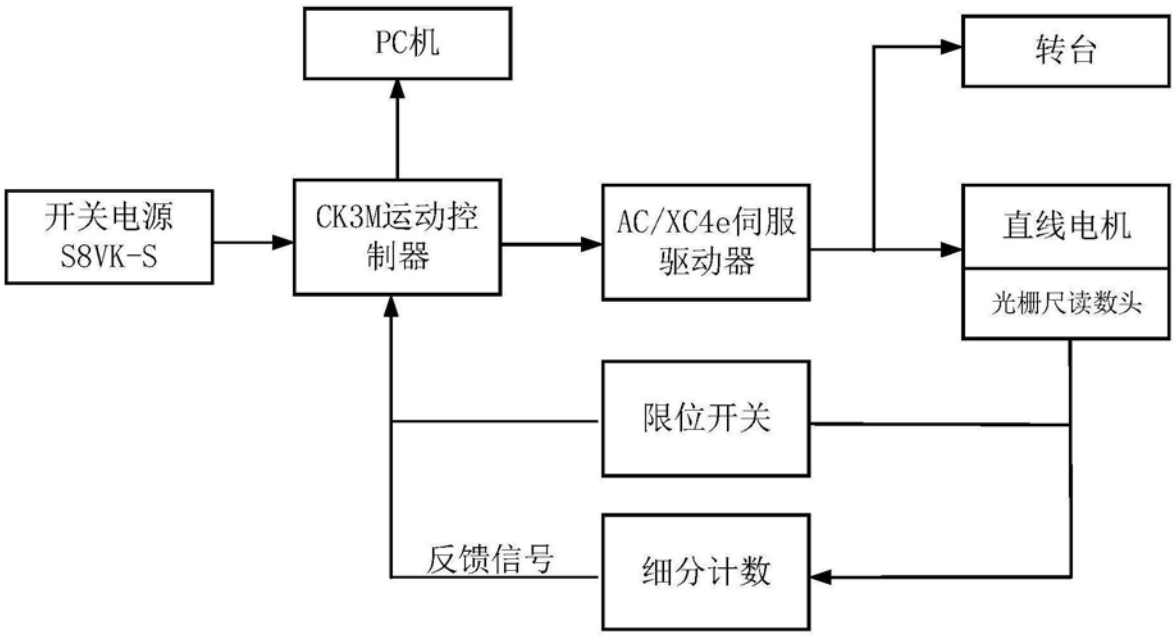

PC机
转台
开关电源S8VK-S
CK3M运动控制器
AC/XC4e伺服驱动器
直线电机
光栅尺读数头
限位开关
反馈信号
细分计数

图12