(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 113319827 A
(43)申请公布日 2021.08.31

(21)申请号 202110769060.X

(22)申请日 2021.07.07

(71)申请人 天津大学
地址 300350 天津市津南区海河教育园雅观路135号天津大学北洋园校区

(72)发明人 孙涛 王攀峰 赵学满 宋轶民 连宾宾 王猛

(74)专利代理机构 天津市北洋有限责任专利代理事务所 12201
代理人 琪琛

(51)Int.Cl.
B25J 9/00(2006.01)
B23Q 1/64(2006.01)

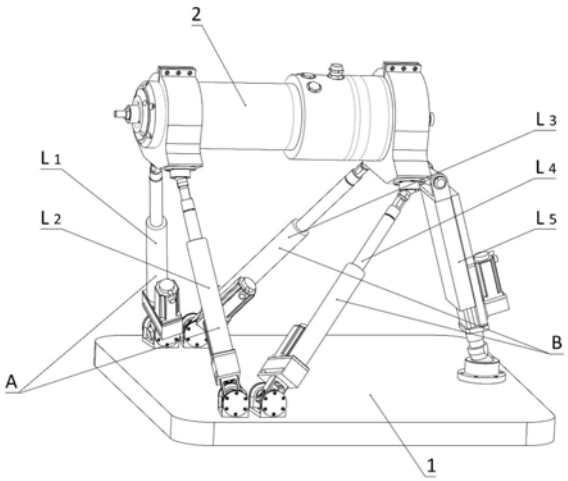
权利要求书1页 说明书5页 附图7页

(54)发明名称

一种五自由度完全并联加工机器人

(57)摘要

本发明公开了一种五自由度完全并联加工机器人，包括静平台、动平台(电主轴)以及连接于两者之间的第一支链、第二支链、第三支链、第四支链和第五支链；所述第一、第二、第三、第四支链结构完全相同，一端通过虎克铰与所述静平台或所述动平台(电主轴)相连，另一端通过第一球铰与所述动平台(电主轴)或所述静平台相连；所述第五支链一端通过第二球铰与所述静平台相连，另一端通过转动副与所述动平台(电主轴)连接。所述五条支链在电机或液压独立驱动下，通过控制每条支链中移动副的长度，实现五自由度运动的能力。本发明所述五自由度完全并联加工机器人具有高刚度、高精度的优点，可实现对高端装备中关键零部件智能化加工。



CN 113319827 A

1.一种五自由度并联加工机器人,其特征在于:包括静平台、动平台及连接静平台和动平台的第一支链、第二支链、第三支链、第四支链和第五支链,五条支链均为驱动支链;第一支链、第二支链、第三支链、第四支链为结构完全相同的无约束支链,每条支链的一端通过虎克铰与所述静平台或所述动平台连接,另一端通过第一球铰与所述动平台或所述静平台连接,所述虎克铰与所述第一球铰之间设置第一移动副;第五支链为约束支链,其一端通过第二球铰与所述静平台或与所述动平台连接,另一端通过转动副与所述动平台或所述静平台连接,在所述第二球铰与所述转动副之间或一侧设置第二移动副。

2.根据权利要求1所述的一种五自由度并联加工机器人,其特征在于,所述四条支链分为两组A和B,A组支链由第一支链和第二支链组成,B组支链由第三支链和第四支链组成;A组支链中两个与所述动平台连接的所述第一球铰或所述虎克铰临近布置,A组支链中与所述静平台连接的所述虎克铰或所述第一球铰远离布置;B组支链中与所述动平台连接的所述第一球铰或所述虎克铰临近布置,B组支链中与所述静平台连接的所述虎克铰或所述第一球铰远离布置;且所述A组支链中与所述静平台连接的所述虎克铰或所述第一球铰和所述B组支链中与所述静平台连接的所述虎克铰或所述第一球铰分别临近布置,而且所述A组支链中与所述动平台连接的所述第一球铰或所述虎克铰和所述B组支链中与所述动平台连接的所述第一球铰或所述虎克铰远离布置;即按上述要求布置的相邻支链均构成三角形状;所述第五支链中与所述动平台通过所述转动副或所述第一球铰连接的一端与所述A组支链的铰接点临近布置或与所述B组支链的铰接点临近布置,另一端同时与所述A、B两组支链和所述静平台的铰接点均远离布置,三组铰接点间构成三角形状。

3.根据权利要求1或2所述的一种五自由度并联加工机器人,其特征在于:所述五条支链中的所述第一移动副和第二移动副分别由丝杆或液压缸独立驱动,通过控制所述五条支链的长度,实现所述动平台的五自由度运动。

4.一种五自由度并联加工机器人双并联机构,其特征在于:将权利要求3所述五自由度并联加工机器人静平台与多自由度机构动平台固连,形成两种五自由度机器人上置或下置的双并联机构。

5.根据权利要求4所述五自由度并联加工机器人双并联机构,其特征在于:多自由度机构为Stewart机构。

6.一种五轴/六轴并联加工机床,其特征在于:将权利要求3所述五自由度并联加工机器人固定安装于机床基座上,且在所述机床基座上固定安装工件转台,共同组成五轴/六轴并联加工机床;其中所述静平台与所述机床基座呈角度布置,且该角度根据实际工况进行选取或调整。

7.根据权利要求3所述的一种五自由度并联加工机器人,其特征在于:将其安装于长行程滑轨上,所述长行程滑轨为纵向滑轨或横向滑轨,或所述横向滑轨和所述纵向滑轨的组合形式。

一种五自由度完全并联加工机器人

技术领域

[0001] 本发明涉及加工机器人技术领域，特别涉及五自由度完全并联加工机器人。

背景技术

[0002] 目前，加工机器人在制造业起着重要作用，尤其在先进装备及核心部件、高性能材料以及高技术制造工艺等方面，并联机器人有着举足轻重的地位。伴随着国家重大工程的开展，高端装备产业对其核心零部件的加工精度、效率和质量的要求更高，为满足高端装备核心零部件高精度智能化的全周加工，设计一款具有五轴联动加工能力的机器人是一种有效解决途径。

[0003] 目前大部分五自由度加工机器人主要存在以下不足：1)加工精度不够，如专利CN111604884A所述的五自由度混联加工机器人，末端两摆头减速器存在的齿轮间隙降低了机器人的加工精度；2)机构刚度低，如专利CN110216658A所述的五自由度并联加工机器人，末端执行机构为两摆头加工装备，使机构的整体刚度降低；3)工作空间小，如专利CN101491899A所述的五自由度并联加工机器人机构，由于机构布置形式的特点，限制其末端执行机构的摆动范围，难以满足大型结构件的高效加工。

[0004] 为解决上述五自由度并联加工机器人存在的不足，更好地满足对大型复杂零部件的加工需求，亟需发明一种具有高刚度、高精度性能的五自由度并联加工机器人，并提出面向重大高端装备高效智能化加工解决方案。

发明内容

[0005] 本发明的目的在于克服现有技术的不足，为重大高端装备中复杂零部件和大型结构件等关键零部件的智能化加工提供更好的解决方案，提出一种具有高刚度、高精度的五自由度并联加工机器人，解决现有技术中机加工的效率、质量和精度不够的问题。

[0006] 本发明技术方案是：一种五自由度完全并联加工机器人，包括静平台、动平台(电主轴)及连接静平台和动平台(电主轴)的第一支链、第二支链、第三支链、第四支链和第五支链。

[0007] 所述第一支链、第二支链、第三支链、第四支链均包括：第一移动副、虎克铰、第一球铰。所述第五支链包括：第二移动副、第二球铰、转动副。所述第一支链、第二支链、第三支链、第四支链、第五支链均为驱动支链，第一支链、第二支链、第三支链、第四支链结构完全相同，每条支链的一端通过虎克铰与所述静平台或所述动平台(电主轴)连接，另一端通过第一球铰与所述动平台(电主轴)或所述静平台连接；第五支链一端通过第二球铰与所述静平台或与所述动平台(电主轴)，另一端通过所述转动副与所述动平台(电主轴)或所述静平台连接；在所述第二球铰与所述转动副之间或一侧设置第二移动副。

[0008] 另外，本发明所述五自由度完全并联加工机器人还应具有如下技术特征：

[0009] 所述四条支链分为两组A和B，A组支链由第一支链和第二支链组成，B组支链由第三支链和第四支链组成；A组支链中两个与所述动平台连接的所述第一球铰或所述虎克铰

临近布置，A组支链中与所述静平台连接的所述虎克铰或所述第一球铰$_1$远离布置；B组支链中与所述动平台连接的所述第一球铰或所述虎克铰临近布置，B组支链中与所述静平台连接的所述虎克铰或所述第一球铰远离布置；且所述A组支链中与所述静平台连接的所述虎克铰或所述第一球铰和所述B组支链中与所述静平台连接的所述虎克铰或所述第一球铰分别临近布置，而且所述A组支链中与所述动平台连接的所述第一球铰或所述虎克铰和所述B组支链中与所述动平台连接的所述第一球铰或所述虎克铰远离布置；即按上述要求布置的相邻支链均构成三角形状；所述第五支链中与所述动平台(电主轴)通过所述转动副或所述第一球铰连接的一端与所述A组支链的铰接点临近布置或与所述B组支链的铰接点临近布置，另一端同时与所述A、B两组支链和所述静平台的铰接点均远离布置，三组铰接点间构成三角形状。

[0010] 所述五条支链中的所述第一移动副和第二移动副分别由丝杆或液压缸独立驱动，通过控制所述五条支链的长度，实现所述动平台的五自由度运动。

[0011] 本发明还提供了一种五自由度并联加工机器人双并联机构，将所述五自由度并联加工机器人静平台与多自由度机构动平台固连，形成两种五自由度机器人上置或下置的双并联机构。多自由度机构可以为Stewart机构。

[0012] 本发明还提供了一种五轴/六轴并联加工机床，将所述五自由度并联加工机器人固定安装于机床基座上，且在所述机床基座上固定安装工件转台，共同组成五轴/六轴并联加工机床；其中所述静平台与所述机床基座呈角度布置，且该角度根据实际工况进行选取或调整。

[0013] 本发明还提供了一种五自由度并联加工机器人，将其安装于长行程滑轨上，可扩大机器人的工作空间，实现大型构件的精密加工，所述长行程滑轨为纵向滑轨或横向滑轨，或所述横向滑轨和所述纵向滑轨的组合形式，用于增大所述五自由度机器人的纵向移动距离和横向移动距离。

[0014] 本发明与现有技术相比具有如下有益效果：

[0015] 所述五自由度并联加工机器人由五条支链环抱而成，且所述五条支链与动静平台的布置方式促使与动静平台连接的五个点皆形成三角形几何结构，故而所述五自由度并联加工机器人具有高刚度和高精度的优势。

附图说明

[0016] 图1是本发明所述五自由度并联机器人的结构示意图；

[0017] 图2是本发明所述第一支链的结构示意图；

[0018] 图3是本发明所述第五支链的结构示意图；

[0019] 图4是本发明所述五自由度并联机器人实施例2的结构示意图；

[0020] 图5是本发明所述实施例3双并联结构上置布局的示意图；

[0021] 图6是本发明所述实施例3双并联结构下置布局的示意图；

[0022] 图7是本发明所述实施例4机床内部斜置布局的示意图；

[0023] 图8是本发明所述实施例5长行程导轨布局的示意图；

[0024] 附图标号：

[0025] 1-静平台；2-动平台(电主轴)；3-虎克铰；4-转动副；5-Stewart机构静平台；6-

Stewart机构动平台；

[0026] L_1-第一支链；L_2-第二支链；L_3-第三支链；L_4-第四支链；L_5-第五支链；L_6-第六支链；L_7-第七支链；L_8-第八支链；L_9-第九支链；L_{10}-第十支链；L_{11}-第十一支链；

[0027] P_1-第一移动副；P_2-第二移动副；S_1-第一球铰；S_2-第二球铰；

[0028] K_1-机床壳体；Z_1-转台；D_1-底座；G_1-纵向导轨；G_2-横向导轨。

具体实施方式

[0029] 以下结合附图实例对本发明作进一步详细描述，描述是示例性的，仅用于解释本发明，而不能理解为对本发明的限制。

[0030] 实施例1

[0031] 如图1至图3所示，根据本发明实施所述五自由度完全并联加工机器人包括：静平台1、动平台(电主轴)2、第一支链L_1、第二支链L_2、第三支链L_3、第四支链L_4和第五支链L_5。

[0032] 如图1至图3所示，所述第一支链L_1、所述第二支链L_2、所述第三支链L_3、所述第四支链L_4和所述第五支链L_5两端分别连接所述静平台1和所述动平台(电主轴)2，共同构成了所述五自由度完全并联加工机器人。

[0033] 如图1和图2所示，所述第一支链L_1、所述第二支链L_2、所述第三支链L_3、所述第四支链L_4均包括：所述第一移动副P_1、所述虎克铰3和所述第一球铰S_1。其中所述第一移动副P_1布置在所述虎克铰3和所述第一球铰S_1中间。

[0034] 如图1和图3所示，所述第五支链L_5包括所述第二移动副P_2、所述第二球铰S_2和所述转动副4。其中，所述第二移动副P_2布置在所述第二球铰S_2和所述转动副4中间。

[0035] 如图1至图3所示，所述五条支链中有四条结构完全相同的无约束支链L_1、L_2、L_3、L_4，且每条支链的一端通过虎克铰3与所述静平台1或所述动平台(电主轴)2连接，另一端通过第一球铰S_1与所述动平台(电主轴)2或所述静平台1连接，所述虎克铰3与所述第一球铰S_1之间设置第一移动副P_1；所述第五支链L_5一端通过第二球铰S_2与所述静平台1或所述动平台(电主轴)2连接，另一端通过转动副4与所述动平台(电主轴)2或所述静平台1连接。

[0036] 如图1至图3所示，所述四条支链L_1、L_2、L_3、L_4分为两组A和B，A组支链由第一支链L_1和第二支链L_2组成，B组支链由第三支链L_3和第四支链L_4组成；A组支链中两个与所述动平台2连接的所述第一球铰S_1或所述虎克铰3临近布置，A组支链中与所述静平台1连接的所述虎克铰3或所述第一球铰S_1远离布置；B组支链中与所述动平台2连接的所述第一球铰S_1或所述虎克铰3临近布置，B组支链中与所述静平台1连接的所述虎克铰3或所述第一球铰S_1远离布置；且所述A组支链中与所述静平台1连接的所述虎克铰3或所述第一球铰S_1和所述B组支链中与所述静平台1连接的所述虎克铰3或所述第一球铰S_1分别临近布置，而且所述A组支链中与所述动平台2连接的所述第一球铰S_1或所述虎克铰3和所述B组支链中与所述动平台2连接的所述第一球铰S_1或所述虎克铰3远离布置；即按上述要求布置的相邻支链均构成三角形状；所述第五支链L_5中与所述动平台(电主轴)2通过所述转动副4或所述第一球铰S_1连接的一端与所述A组支链的铰接点临近布置或与所述B组支链的铰接点临近布置，另一端同时与所述A、B两组支链和所述静平台1的铰接点均远离布置，三组铰接点间构成三角形状。

[0037] 如图1至图3所示，本发明所述五自由度完全并联加工机器人中所述五条支链L_1、L_2、L_3、L_4、L_5可分别由电机或液压独立驱动。所述第一支链L_1、所述第二支链L_2、所述第三支

链L_3、所述第四支链L_4包含的所述第一移动副P_1通过电机或液压独立驱动完成伸缩运动，所述第一移动副P_1两端连接的所述虎克铰3和所述第一球铰S_1配合其完成所述动平台(电主轴)2的预定位姿下所述四条支链L_1、L_2、L_3、L_4中运动副间的几何关系；不失一般性，所述第五支链L_5包含的所述第二移动副P_2通过电机或液压独立驱动完成伸缩运动，所述第二移动副P_2两端的所述第二球铰S_2和所述转动副4亦配合使其满足所述动平台(电主轴)2的预定位姿下所述第五支链L_5中运动副间的几何关系。从而使所述动平台(电主轴)2实现五自由度运动。

[0038] 实施例2

[0039] 如图4所示，本实施例中五自由度并联加工机器人与实施例1中所述五自由度完全并联加工机器人的运动形式相同，各运动副、支链等组成形式完全相同。不同之处在于：本实施例中所述第五支链L_5中所述第二移动副P_2在所述第二球铰S_2与所述转动副4一侧设置。即所述第五支链L_5一端通过第二移动副P_2与所述静平台1或所述动平台(电主轴)2连接，另一端通过所述第二球铰S_2或转动副4与所述动平台(电主轴)2或所述静平台1连接。

[0040] 另外，所述第五支链L_5中与所述动平台(电主轴)2通过所述第二球铰S_2或转动副4与所述A组支链的铰接点临近布置或与所述B组支链的铰接点临近布置，另一端通过所述第二移动副P_2同时与所述A、B两组支链和所述静平台1的铰接点均远离布置，三组铰接点间构成三角形状。

[0041] 此外，所述第五支链L_5与所述静平台1所成角度可根据具体需求调整。

[0042] 所述第二移动副P_2由电机或液压独立驱动，进行伸缩运动。所述第二球铰S_2和所述转动副4配合运动，使其满足所述动平台(电主轴)2的预定位姿下所述第五支链L5中运动副间的几何关系。

[0043] 如图5至图8所示，为进一步提升本发明五自由度完全并联加工机器人的工作空间和调姿能力，满足不同形貌、不同尺寸零部件的加工需求，提出了几种以本发明五自由度完全并联加工机器人为核心的实施例。

[0044] 实施例3

[0045] 如图5与图6所示，将所述五自由度完全并联加工机器人中所述静平台1与六自由度Stewart机构动平台6固连，形成两种所述五自由度机器人上置或下置的双并联布局形式。其中，所述Stewart机构的六条无约束支链L_6、L_7、L_8、L_9、L_{10}、L_{11}与所述五自由度机器人中所述无约束支链L_1、L_2、L_3、L_4结构、驱动方式完全相同。所述每条支链的一端通过所述虎克铰3与所述Stewart机构静平台5或所述Stewart机构动平台6连接，另一端通过所述第一球铰S_1与所述Stewart机构动平台6或所述Stewart机构静平台5连接。通过控制所述六条支链L_6、L_7、L_8、L_9、L_{10}、L_{11}中所述第一移动副P_1的伸缩尺寸，调整所述Stewart机构动平台6的位姿；然后通过控制所述五自由度完全并联加工机器人中所述五条支链L_1、L_2、L_3、L_4、L_5的所述第一移动副P_1与所述第二移动副P_2伸缩尺寸，进一步调整所述动平台(电主轴)2的位姿。

[0046] 实施例4

[0047] 如图7所示，将所述五自由度完全并联加工机器人固定安装于机床基座D_1上，且在所述机床基座D_1上固定安装工件转台Z_1，共同组成五轴/六轴并联加工机床；其中所述静平台1与所述机床基座D_1可呈一定角度布置，且该角度可根据实际工况进行选取或调整。通过控制转台Z_1的转动角度调整工件与所述动平台(电主轴)2的相对关系；同时通过控制所述

五自由度完全并联加工机器人的所述五条支链L_1、L_2、L_3、L_4、L_5中所述第一移动副P_1与所述第二移动副P_2的伸缩尺寸，实现所述动平台(电主轴)2与所述工件转台Z_1的多轴联动。

[0048] 实施例5

[0049] 如图8所示，将所述五自由度并联加工机器人安装于长行程滑轨上，可扩大机器人的工作空间，实现大型构件的精密加工；所述长行程滑轨可为纵向滑轨G_1和横向滑轨G_2或所述横向滑轨G_2和所述纵向滑轨G_1的组合形式，用于增大所述五自由度机器人的纵向移动距离和横向移动距离。通过控制所述纵向导轨G_1或所述横向导轨G_2使所述五自由度完全并联加工机器人到达特定位置；然后通过控制所述五自由度完全并联加工机器人的所述五条支链L_1、L_2、L_3、L_4、L_5中所述第一移动副P_1与所述第二移动副P_2的伸缩尺寸，进一步调整所述动平台(电主轴)2的作业位姿。

[0050] 以上描述了本发明的基本原理、主要特征和有益效果，也已经示出和描述本发明的几种具体实施方式，在不脱离本发明的原理和宗旨的情况下，对这些实施进行的任何变化、修改、替换和变型，皆属于本发明的权利要求范围。

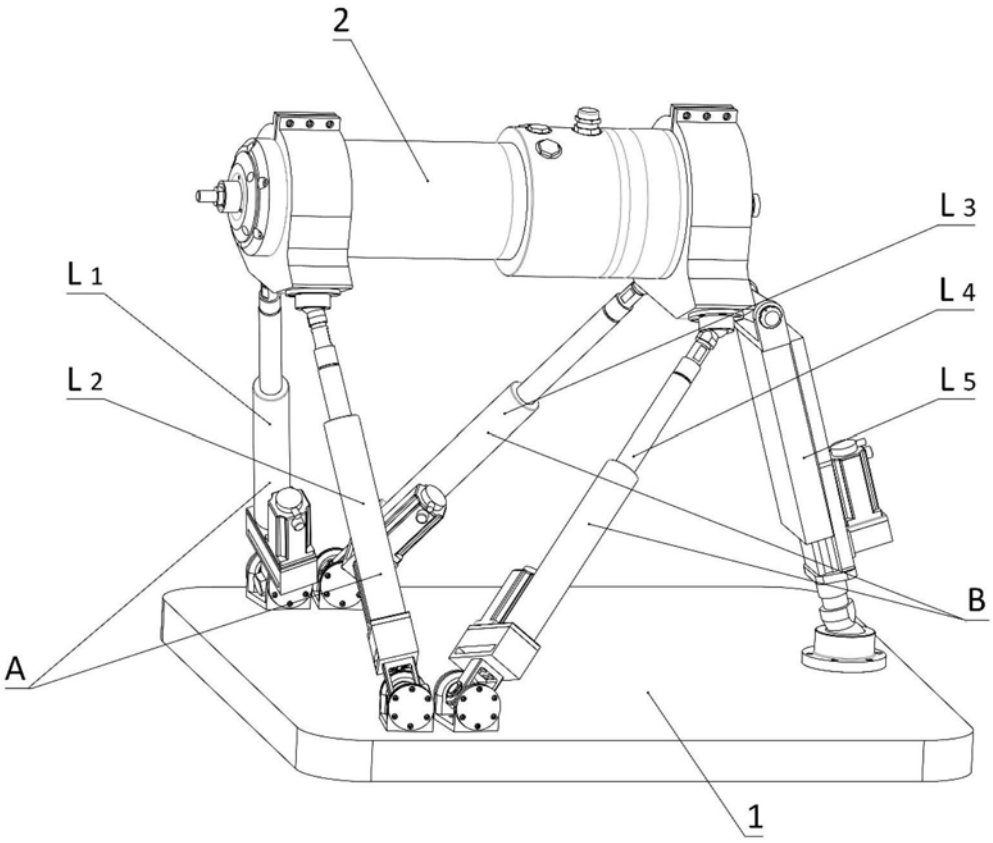


图1

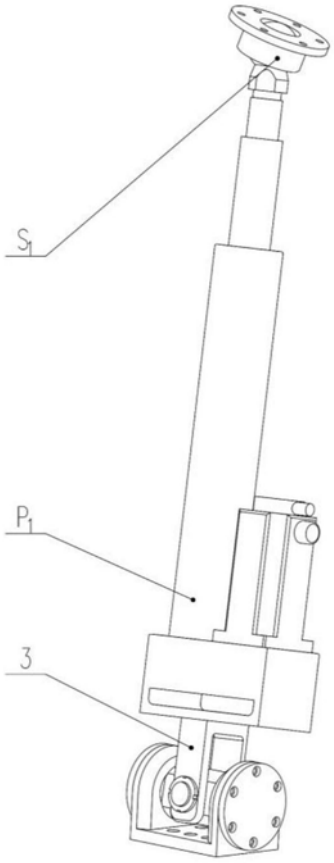


图2

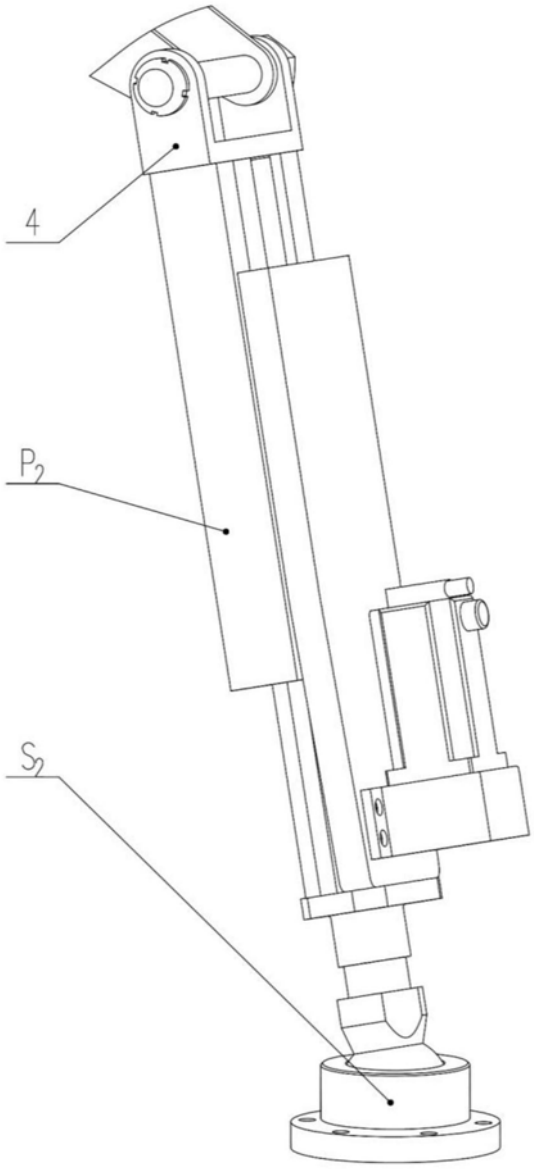


图3

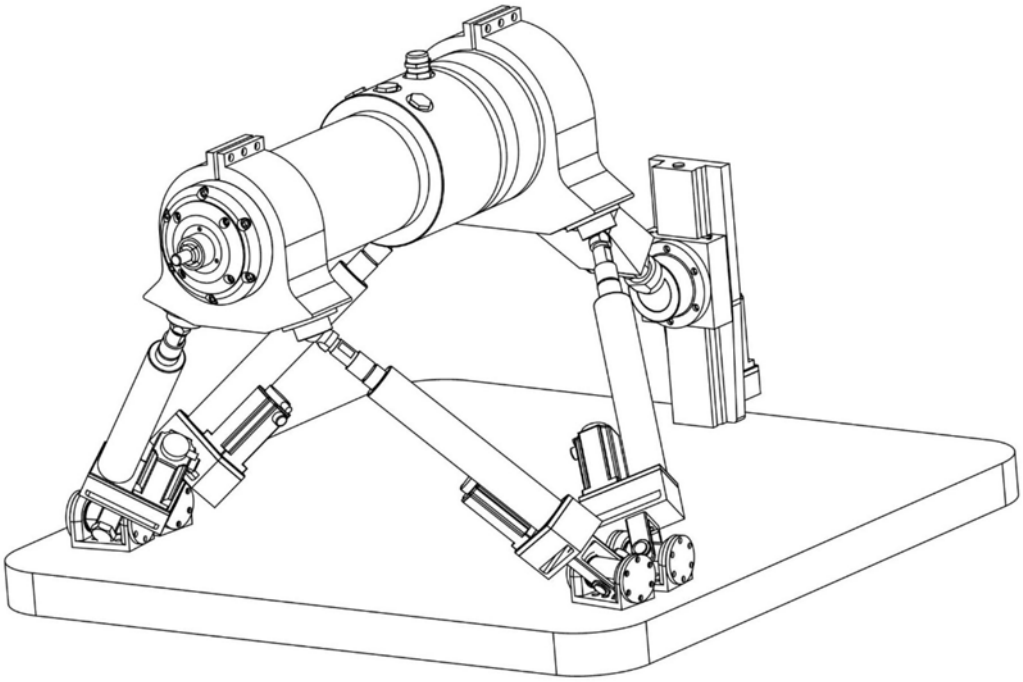


图4

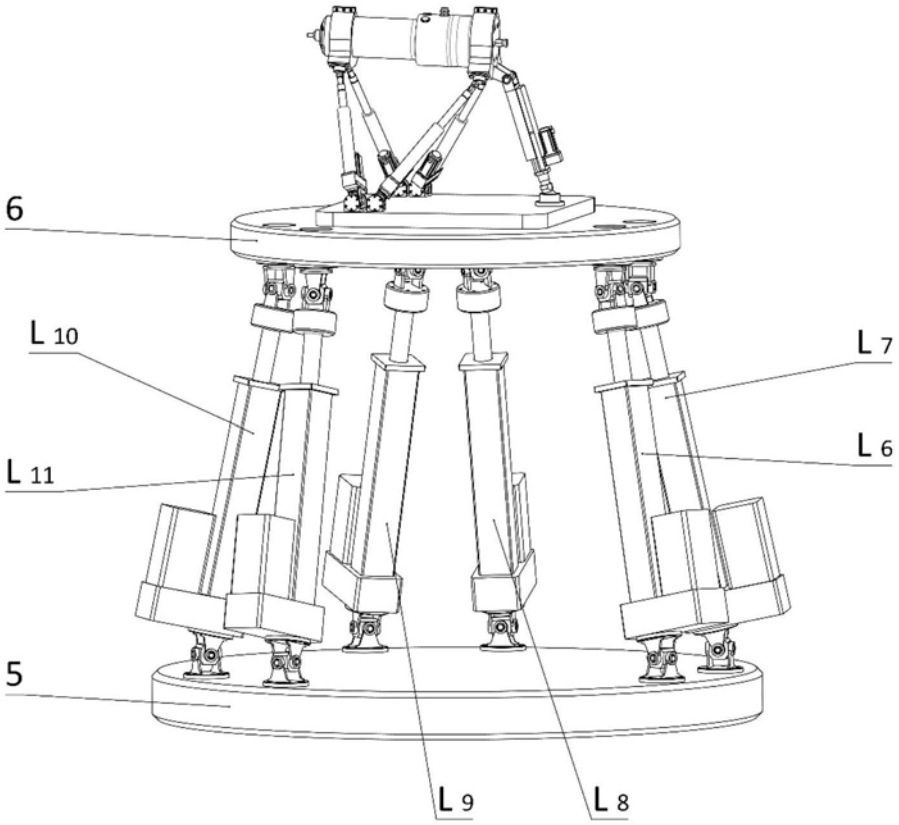


图5

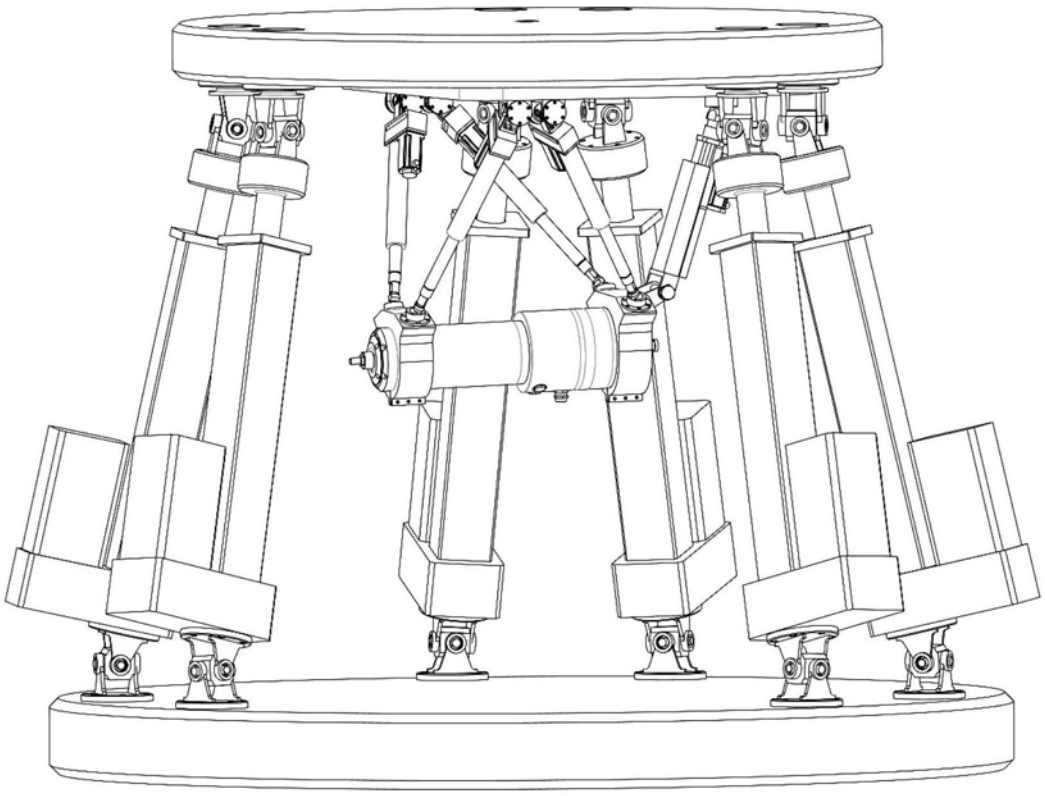


图6

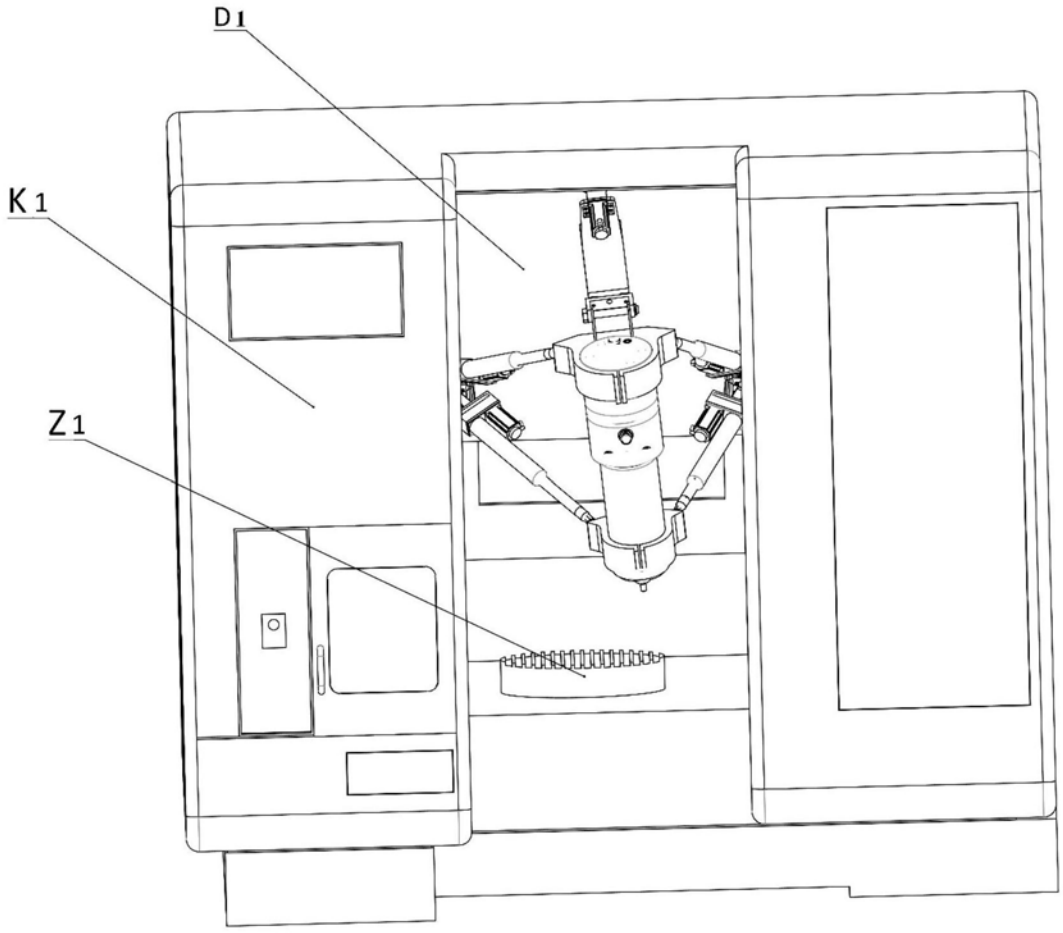


图7

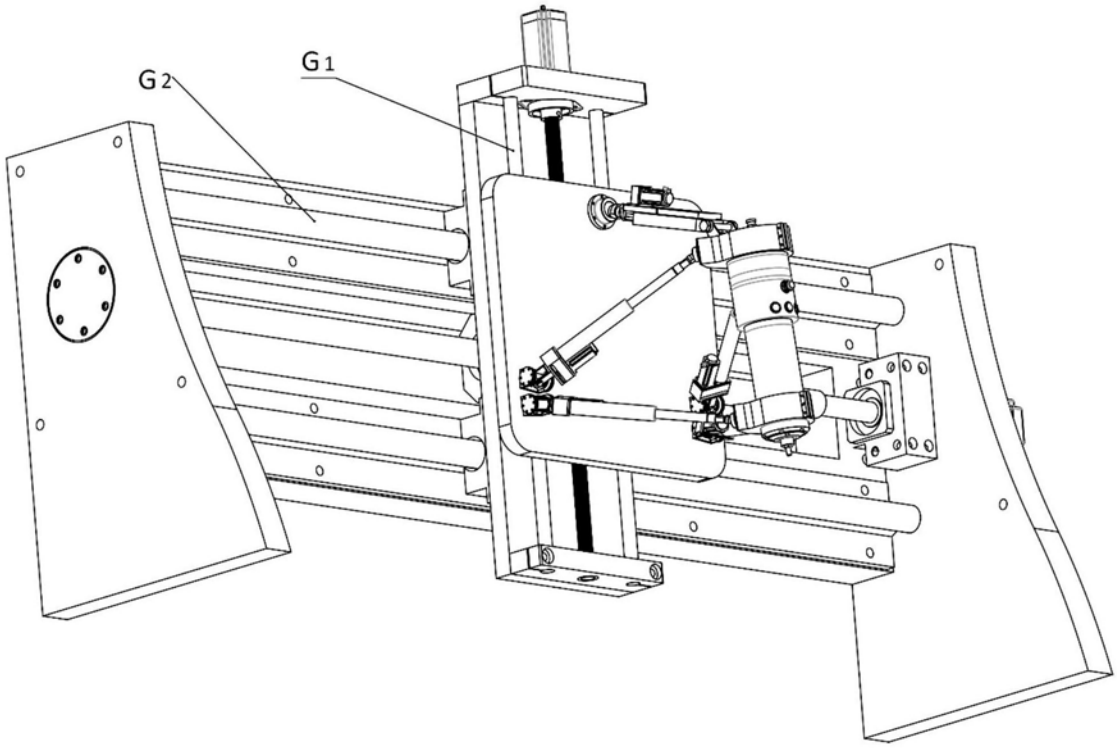


图8