(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 105269102 A
(43)申请公布日 2016.01.27

(21)申请号 201510840353.7

(22)申请日 2015.11.27

(71)申请人 扬州大学
地址 225009 江苏省扬州市大学南路88号

(72)发明人 朱永伟 杨大师 孙继欣 张宇 邓正泉

(74)专利代理机构 扬州苏中专利事务所(普通合伙) 32222
代理人 许必元

(51)Int.Cl.
B23H 7/38(2006.01)

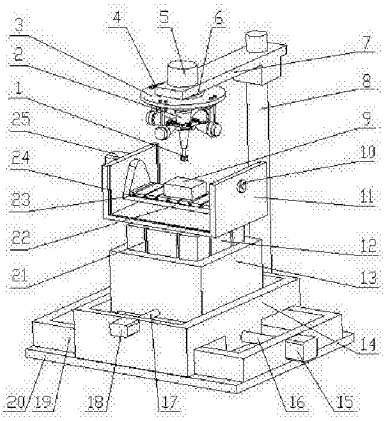
权利要求书2页 说明书4页 附图5页

(54)发明名称

五轴联动超声复合电火花微精加工数控机床

(57)摘要

本发明涉及一种五轴联动超声复合电火花微精加工数控机床，包括工具电极、变幅杆、法兰盘、压电换能器、支架盘、支撑架、立柱、底座、A向旋转工作台机构、C向旋转液槽机构、Z轴升降台机构、Y轴滑动机构、X轴滑鞍机构。本发明在工具电极横向增加了振动激励，使得工具电极可以横向加工工件，去除了机床工件成形机理的限制，实现工件的多方向加工。本发明的工作台机构由五轴联动驱动进给，进给方向稳定，进给速度由伺服电机控制调节，实现工件在复杂线路上微细进给加工，为工具电极加工复杂异形面增加了可能性。机床加工中，工作台移动促进了工作液流动，利于排除加工热量与加工产物，实现工作液更新，提高工件加工的效率与精度。



CN 105269102 A

1.一种五轴联动超声复合电火花微精加工数控机床，包括工具电极(1)、变幅杆(2)、法兰盘(116)、压电换能器(5)、支架盘(3)、支撑架(7)、立柱(8)、底座(20)、A向旋转工作台机构(22)、C向旋转液槽机构(11)、Z轴升降台机构(12)、Y轴滑动机构(13)、X轴滑鞍机构(14)；

所述工具电极(1)安装连接在变幅杆(2)底部，变幅杆(2)外侧套有法兰盘(116)；所述支架盘(3)位于变幅杆(2)正上方，固定装于支撑架(7)圆孔端下方；所述压电换能器(5)设置于变幅杆(2)上方，并支撑在支撑架(7)上；

所述支撑架(7)一端与支架盘(3)安装固定，另一端与立柱(8)安装固定；所述立柱(8)下端设置有支座(27)，支座(27)与底座(20)固定，在底座(20)上还设有X轴导轨滑座(19)，X轴导轨滑座(19)上方设有可在其上滑动的X轴滑鞍机构(14)，X轴滑鞍机构(14)上方设有Y轴方向移动的Y轴滑动机构(13)，Y轴滑动机构(13)内部装有Z轴升降台机构(12)，Z轴升降台机构(12)上设有C向转动的C向支撑圆台(26)，C向支撑圆台(26)上固定安装有C向旋转液槽机构(11)，C向旋转液槽机构(11)内装有A向旋转工作台机构(22)。

2.根据权利要求1所述的五轴联动超声复合电火花微精加工数控机床，其特征是：所述工具电极(1)上端通过螺钉安装在变幅杆(2)底部的螺纹孔内。

3.根据权利要求1所述的五轴联动超声复合电火花微精加工数控机床，其特征是：所述法兰盘(116)为带颈对焊法兰，装于变幅杆(2)的振动节点处，法兰盘(116)四周对称分布连接有四个夹持固定件(114)，四个夹持固定件(114)与法兰盘(116)经螺栓固定，每个夹持固定件(114)装配有振动辐射头，每个振动辐射头后端设有换能器，振动辐射头与换能器通过夹持架与所述支架盘(3)螺栓连接固定。

4.根据权利要求3所述的五轴联动超声复合电火花微精加工数控机床，其特征是：所述夹持固定件(114)一侧呈凹形，与法兰盘(116)间隙配合安装；夹持固定件(114)另一侧为螺纹钉，与振动辐射头内螺纹孔配合安装。

5.根据权利要求3所述的五轴联动超声复合电火花微精加工数控机床，其特征是：所述振动辐射头相对于所述法兰盘均匀对称，分布位置分别与所述X轴滑鞍机构(14)以及所述Y轴滑动机构(13)进给方向一致。

6.根据权利要求1所述的五轴联动超声复合电火花微精加工数控机床，其特征是：所述支撑架(7)与所述支架盘(3)之间装有起到减震与减噪的作用的垫圈(6)。

7. 根据权利要求1所述的五轴联动超声复合电火花微精加工数控机床，其特征是：所述五轴联动超声复合电火花微精加工数控机床中，X轴滑鞍机构(14)、X轴导轨滑座(19)与所述Y轴滑动机构(13)内均设有滚珠丝杠，滚珠丝杠由伺服电机驱动转动分别带动X轴滑鞍机构(14)X轴向移动进给、Y轴滑动机构(13)Y轴向移动进给、Z轴升降台机构(12)Z轴向升降进给；所述C向旋转液槽机构(11)、A向旋转工作台机构(22)分别由伺服电机驱动分别相对于Z轴升降台机构(12)和C向旋转液槽机构(11)转动，可转动角度范围分别为-180~180°、-90~90 °。

8.根据权利要求1所述的五轴联动超声复合电火花微精加工数控机床，其特征是：所述C向旋转液槽机构(11)呈凹形，其内壁与A向旋转工作台机构(22)两侧间隙配合，C向旋转液槽机构(11)的凹形槽两端设有板槽(24)。

9.根据权利要求1所述的五轴联动超声复合电火花微精加工数控机床，其特征是：所

述 A 向旋转工作台机构(22)呈凹形,A 向旋转工作台机构(22)的凹形底面设置有 T 型槽装夹板(23)。

10. 根据权利要求 1 所述的五轴联动超声复合电火花微精加工数控机床,其特征是 :所述支撑架(7)在立柱(8)上能手动定位,可在立柱(8)上做升降移动或者绕立柱(8)转动。

五轴联动超声复合电火花微精加工数控机床

技术领域

[0001] 本发明涉及一种五轴联动超声复合电火花微精加工数控机床，属于复合、微细特种加工技术领域。

背景技术

[0002] 现代制造科学中，精密微细与复杂曲面加工技术集合、交叉了多学科的内容，难加工材料(如电子陶瓷、高温合金、硬质合金等)、复杂异形面(如：三维曲面、异型孔槽等)零部件的制造已成为研究的热点，也是促进各类工艺竞相发展的重要手段。

[0003] 在复合、微细特种加工技术领域，有许多复合加工方法，如超声复合微细电火花加工、超声复合微细电解加工、超声复合微细高能束流加工等。这些加工方法具有不受工件硬度影响、加工作用力小、工具损耗很小等优点，在零部件微精加工中发挥重要作用，解决了难加工材料切削加工难以实现的精密、微细加工难题。

[0004] 现有超声复合电火花加工机床可将微电流放电与超声频振动同频、同步有机复合，解决了在加工材料硬度及韧性高、加工深经比大的工件时微精加工精度低的问题。然而，此类机床加工工件过程时，工具电极与工件间不存在横向切削力，又由于机床受到成形机理的限制，一般难以实现对复杂异形面的加工。同时，这类机床的加工区工作液可流动性小，极容易被加工产物堵塞，进而造成加工效率、加工精度下降，难以获得精密加工的效果。

发明内容

[0005] 为了解决上述问题，本发明的目的是提供一种五轴联动超声复合电火花微精加工数控机床，将超声频振动与工具电极振动有效复合，由五轴联动工作台带动微细进给的加工工件，解决了难加工材料、复杂异形面难以加工的问题，本发明又可实现加工产物的有效排除，促进工作液的循环更新、改善加工间隙，提高工件的加工效率、精度。

[0006] 本发明的技术方案是，一种五轴联动超声复合电火花微精加工数控机床，包括工具电极、变幅杆、法兰盘、压电换能器、支架盘、支撑架、立柱、底座、A 向旋转工作台机构、C 向旋转液槽机构、Z 轴升降台机构、Y 轴滑动机构、X 轴滑鞍机构；

所述工具电极安装连接在变幅杆底部，变幅杆外侧套有法兰盘；所述支架盘位于变幅杆正上方，固定装于支撑架圆孔端下方；所述压电换能器设置于变幅杆上方，并支撑在支撑架上；

所述支撑架一端与支架盘安装固定，另一端与立柱安装固定；所述立柱下端设置有支座，支座与底座固定，在底座上还设有 X 轴导轨滑座，X 轴导轨滑座上方设有可在其上滑动的 X 轴滑鞍机构，X 轴滑鞍机构上方设有 Y 轴方向移动的 Y 轴滑动机构，Y 轴滑动机构内部装有 Z 轴升降台机构，Z 轴升降台机构上设有 C 向转动的 C 向支撑圆台，C 向支撑圆台上固定安装有 C 向旋转液槽机构，C 向旋转液槽机构内装有 A 向旋转工作台机构。

[0007] 所述工具电极上端通过螺钉安装在变幅杆底部的螺纹孔内。

[0008] 所述法兰盘为带颈对焊法兰，装于变幅杆的振动节点处，法兰盘四周对称分布连

接有四个夹持固定件，四个夹持固定件与法兰盘经螺栓固定，每个夹持固定件装配有振动辐射头，每个振动辐射头后端设有换能器，振动辐射头与换能器通过夹持架与所述支架盘螺栓连接固定。

[0009] 所述夹持固定件一侧呈凹形，与法兰盘间隙配合安装；夹持固定件另一侧为螺纹钉，与振动辐射头内螺纹孔配合安装。

[0010] 所述振动辐射头相对于所述法兰盘均匀对称，分布位置分别与所述 X 轴滑鞍机构以及所述 Y 轴滑动机构进给方向一致。

[0011] 所述支撑架与所述支架盘之间装有起到减震与减噪的作用的垫圈。

[0012] 所述五轴联动超声复合电火花微精加工数控机床中，X 轴滑鞍机构、X 轴导轨滑座与所述 Y 轴滑动机构内均设有滚珠丝杠，滚珠丝杠由伺服电机驱动转动分别带动 X 轴滑鞍机构 X 轴向移动进给、Y 轴滑动机构 Y 轴向移动进给、Z 轴升降台机构 Z 轴向升降进给，所述 C 向旋转液槽机构、A 向旋转工作台机构分别由伺服电机驱动分别相对于 Z 轴升降台机构和 C 向旋转液槽机构转动，可转动角度范围分别为 -180~180°、-90~90 °。

[0013] 所述 C 向旋转液槽机构呈凹形，其内壁与 A 向旋转工作台机构两侧间隙配合，C 向旋转液槽机构的凹形槽两端设有板槽。可装夹高强度、防腐、防漏的夹板，用于盛放工作液。

[0014] 所述 A 向旋转工作台机构呈凹形，A 向旋转工作台机构的凹形底面设置有 T 型槽装夹板。工件装夹稳固，利于工作液流动、加工产物的排除。

[0015] 所述支撑架在立柱上能手动定位，可在立柱上做升降移动或者绕立柱转动。

[0016] 本发明的有益效果是：在工具电极横向增加了振动激励，使得工具电极可以横向加工工件，去除了机床工件成形机理的限制，实现工件的多方向加工。本发明的工作台机构由五轴联动驱动进给，进给方向稳定，进给速度由伺服电机控制调节，实现了工件在复杂线路上微细进给加工，为工具电极加工复杂异形面增加了可能性。机床加工过程中，工作台移动促进了工作液的流动，利于排除加工热量与加工产物，实现工作液的更新，有效提高工件加工的效率与精度。

[0017] 本发明提供一种五轴联动超声复合电火花微精加工数控机床，结构新颖，解决了难加工材料、复杂异形面难以加工的问题，工件加工效率高、精度高，具有广泛的应用市场。

附图说明

[0018] 图 1 五轴联动超声复合电火花微精加工数控机床结构示意图。

[0019] 图 2 五轴联动超声复合电火花微精加工数控机床法兰盘装配结构、局部剖视图。

[0020] 图 3 五轴联动超声复合电火花微精加工数控机床主视图。

[0021] 图 4 五轴联动超声复合电火花微精加工数控机床右视图。

[0022] 图 5 五轴联动超声复合电火花微精加工数控机床俯视图。

[0023] 图中：1 工具电极、2 变幅杆、3 支架盘、4 螺栓、5 压电换能器、6 垫圈、7 支撑架、8 立柱、9 工件、10 支撑轴、11C 向旋转液槽机构、12Z 轴升降台机构、13Y 轴滑动机构、14X 轴滑鞍机构、15X 轴伺服电机、16X 轴滚珠丝杠、17Y 轴滚珠丝杠、18Y 轴伺服电机、19X 轴导轨滑座、20 底座、21Z 轴滑动槽、22A 向旋转工作台机构、23T 型槽装夹板、24 板槽、25A 向伺服电机、26C 向支撑圆台、27 支座、101 夹持架、104 夹持架、107 夹持架、110 夹持架、102 换能器、105 换能器、108 换能器、111 换能器、103 振动辐射头、106 振动辐射头、109 振动辐射头、112 振

动辐射头、113 螺纹孔、114 夹持固定件、115 螺栓孔、116 法兰盘。

具体实施方式

[0024] 下面结合附图和附图说明对本发明作进一步说明。

[0025] 下面结合附图，对本发明作进一步详细说明。

[0026] 五轴联动超声复合电火花微精加工数控机床，包括工具电极 1、变幅杆 2、法兰盘 116、压电换能器 5、支架盘 3、支撑架 7、立柱 8、底座 20、A 向旋转工作台机构 22、C 向旋转液槽机构 11、Z 轴升降台机构 12、Y 轴滑动机构 17、X 轴滑鞍机构 14。工具电极 1 上端通过螺钉安装在其正上方变幅杆 2 底部的螺纹孔内，变幅杆 2 的振动节点处套有颈对焊法兰盘 116。

[0027] 在变幅杆 2 上方设置压电换能器 5，支架盘 3 位于变幅杆 2 正上方，固定装于支撑架 7 圆孔端下方，支撑架 7 另一端安装于立柱 8 上，支撑架 7 能手动定位，可在所述立柱 8 上做升降移动或者绕立柱 8 转动；所述立柱 8 下端设置有支座 27，支座 27 与底座 20 后端固定，在底座 20 上还设置 X 轴导轨滑座 19，X 轴导轨滑座 19 上方设置可在其上滑动的 X 轴滑鞍机构 14，在 X 轴滑鞍机构 14 上方设置 Y 轴方向移动的 Y 轴滑动机构 13，Y 轴滑动机构 13 内部装有 Z 轴升降台机构 12，该 Z 轴升降台机构 12 上设置 C 向转动的 C 向支撑圆台 26，该 C 向支撑圆台 26 上固定安装有 C 向旋转液槽机构 11，C 向旋转液槽机构 11 内装有 A 向旋转工作台机构 22。

[0028] 变幅杆 2 上端接有压电换能器 5，当压电换能器 5 接入超声电源时，超声电源产生连续可调的超声频交变电信号，经过所述压电换能器 5 和变幅杆 2 转换放大后连接所述工具电极 1，所述工具电极 1 下端面将产生同频超声频机械振动。

[0029] 本发明中，法兰盘 116 优选为带颈对焊法兰，装于所述变幅杆 2 的振动节点处，法兰盘 116 四周对称分布连接有四个夹持固定件 114，法兰盘 116 通过螺栓固定四周对称分布的四个夹持固定件 114，每个夹持固定件 114 装配有振动辐射头 103、106、109、112，振动辐射头 103、106、109、112 后端分别设置有换能器 102、105、108、111，振动辐射头与换能器通过夹持架 101、104、107、110 与支架盘 3 螺栓连接固定。

[0030] 进一步的，夹持固定件 114 一侧呈凹形与法兰盘 116 间隙配合安装，另一侧为螺纹钉，可与振动辐射头 103、106、109、112 内螺纹孔配合安装。

[0031] 振动辐射头 103、106、109、112 相对于法兰盘 116 均匀对称，分布位置分别与所述 X 轴滑鞍机构 14 以及所述 Y 轴滑动机构 13 进给方向一致，其中，振动辐射头 103、109 位置分布方向与所述 Y 轴滑动机构 13 进给方向一致，振动辐射头 106、112 位置分布方向与所述 X 轴滑鞍机构 14 进给方向一致。当所述换能器 102、105、108、111 通电后，振动信号经过振动辐射头 103、109 放大后，工具电极 1 将产生 Y 轴方向的振动激励，振动信号经过振动辐射头 105、111 放大后，工具电极 1 将产生 X 轴方向的振动激励。

[0032] 支架盘 3 穿过变幅杆 2 固定装于支撑架 7 圆孔端下方，支架盘 3 上设置对称分布的螺栓通孔，支撑架 7 与支架盘 3 间装有垫圈 6，可以起到减震与减噪的作用。

[0033] X 轴滑鞍机构 14、X 轴导轨滑座 19 与 Y 轴滑动机构 13 内均设置有滚珠丝杠，滚珠丝杠由伺服电机驱动转动分别带动 X 轴滑鞍机构 14X 轴向移动进给、Y 轴滑动机构 13Y 轴向移动进给、Z 轴升降台机构 Z 轴向升降进给；所述 C 向旋转液槽机构 11、A 向旋转工作台

机构 22 分别由伺服电机驱动分别相对于 Z 轴升降台机构 12 和 C 向旋转液槽机构 11 转动，可转动角度范围分别为 -180~180°、-90~90 °。具体为：(1) 所述 X 轴滑鞍机构 14 内设有 X 轴方向的 X 轴滚珠丝杠 16，滚珠丝杠 16 由 X 轴伺服电机 15 驱动转动带动 X 轴滑鞍机构 14 在所述 X 轴导轨滑座 19 上做 X 轴向移动进给。(2)所述 Y 轴滑动机构 13 底端设有 Y 轴方向的 Y 轴滚珠丝杠 17，Y 轴滚珠丝杠 17 由 Y 轴伺服电机 18 驱动转动带动 Y 轴滑动机构 13 在所述 X 轴滑鞍机构 14 上做 Y 轴向移动进给。(3) 所述 Y 轴滑动机构 13 内部也设有 Z 轴伺服电机与 Z 轴滚珠丝杠，所述 Z 轴升降台机构 12 每边设置有 2 个 Z 轴滑动槽 21，通过 Z 轴伺服电机转动带动 Z 轴升降台机构 12 沿着四周对称的 Z 轴滑动槽 21 在 Z 轴方向升降移动。Z 轴升降台机构 12 上端安装有与 C 向伺服电机连接的 C 向支撑圆台 26，在伺服电机的驱动下，C 向支撑圆台 26 绕 Z 轴向转动，转动角度范围为 -180 ° ~180 °。

[0034] 所述 C 向旋转液槽机构 11 呈凹形，其内壁与所述 A 向旋转工作台机构 22 两侧间隙配合，其底部安装固定在所述 C 向支撑圆台 26 上，C 向支撑圆台 26 在装于 Z 轴升降台机构 12 内 C 向伺服电机的驱动下做旋转运动。C 向旋转液槽机构 11 的凹形槽两端设置有板槽 24，可装夹高强度、防腐、防漏的夹板，用于盛放工作液。

[0035] 所述 A 向旋转工作台机构 22 呈凹形，凹形底面设置有 T 型槽装夹板 23，用于装夹稳固工件，利于工作液流动、加工产物的排除。

[0036] 所述 A 向旋转工作台机构 22 由所述 C 向旋转液槽机构 11 两端的支撑轴 10 与 A 向伺服电机 25 定向安装放置，在 A 向伺服电机 25 驱动下绕 X 轴向转动，转动角度范围为 -90°~90°。

[0037] 图中：1 工具电极、2 变幅杆、3 支架盘、4 螺栓、5 压电换能器、6 垫圈、7 支撑架、8 立柱、9 工件、10 支撑轴、11C 向旋转液槽机构、12Z 轴升降台机构、13Y 轴滑动机构、14X 轴滑鞍机构、15X 轴伺服电机、16X 轴滚珠丝杠、17Y 轴滚珠丝杠、18Y 轴伺服电机、19X 轴导轨滑座、20 底座、21Z 轴滑动槽、22A 向旋转工作台机构、23T 型槽装夹板、24 板槽、25A 向伺服电机、26C 向支撑圆台、27 支座、101 夹持架、104 夹持架、107 夹持架、110 夹持架、102 换能器、105 换能器、108 换能器、111 换能器、103 振动辐射头、106 振动辐射头、109 振动辐射头、112 振动辐射头、113 螺纹孔、114 夹持固定件、115 螺栓孔、116 法兰盘。

[0038] 所述伺服电机(X 轴伺服电机 15、Y 轴伺服电机 18、Z 轴伺服电机、A 向伺服电机 25、C 向伺服电机)经驱动器后连接到可编程控制器，可编程控制器又与计算机连接，将加工程序输送进计算机控制执行，实现工件 9 的五轴联动微精加工。

[0039] 加工过程中，所述工作液选用质量分数 15% 无水乙醇悬浮液，同时加入 W10 碳化硼磨粒，防止加工中的频繁短路；同时，在与工件 9 和变幅杆 2 连接的高频脉冲电源回路中设置电流传感器与紧急开关，有效检测加工区短路以及计算机控制停止所述进给机构进给运行，减少因短路造成工件 9 与工具电极 1 烧毁的情况。

[0040] 以上所述实施方式仅用对本发明技术方案的详细说明，并未限制本发明的具体实施方式，本领域的普通技术人员应当理解，在不脱离本发明构思的前提下，可以对本发明的技术方案的简单修改或替换，均属于本发明技术方案的保护范围。

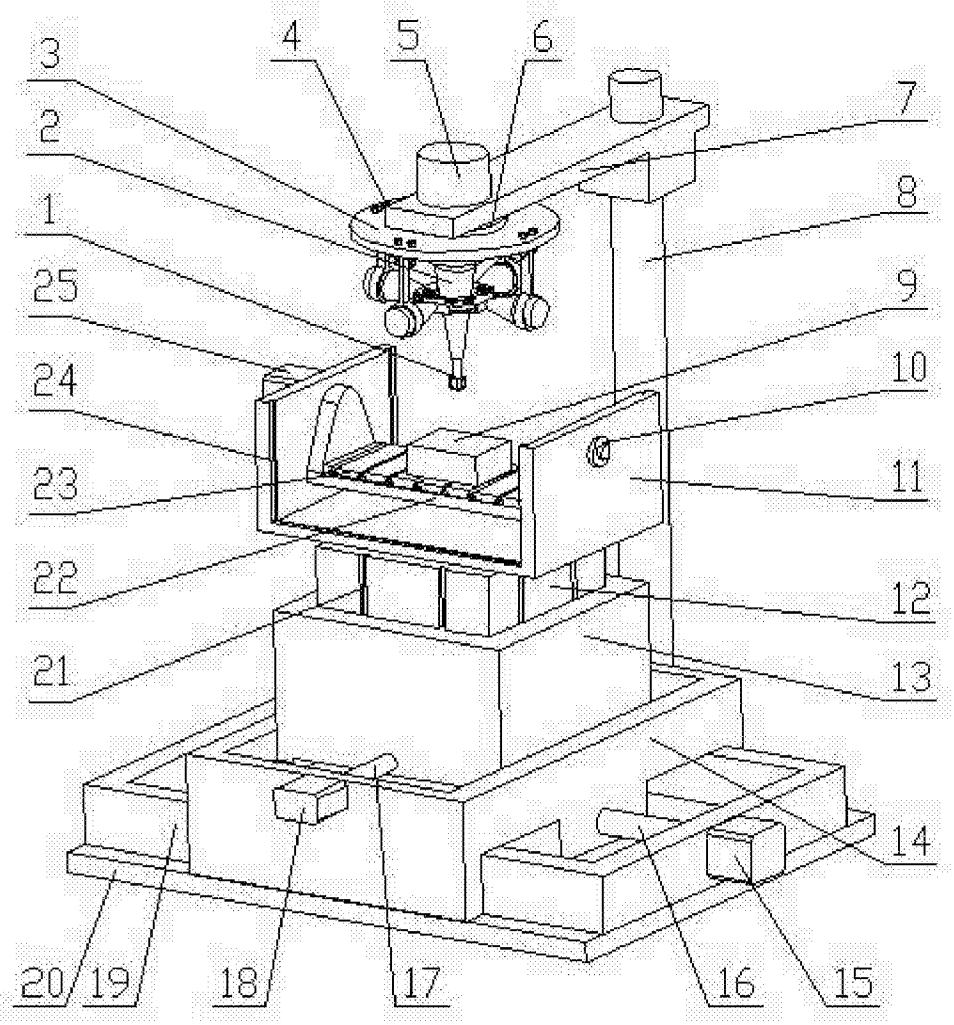


图 1

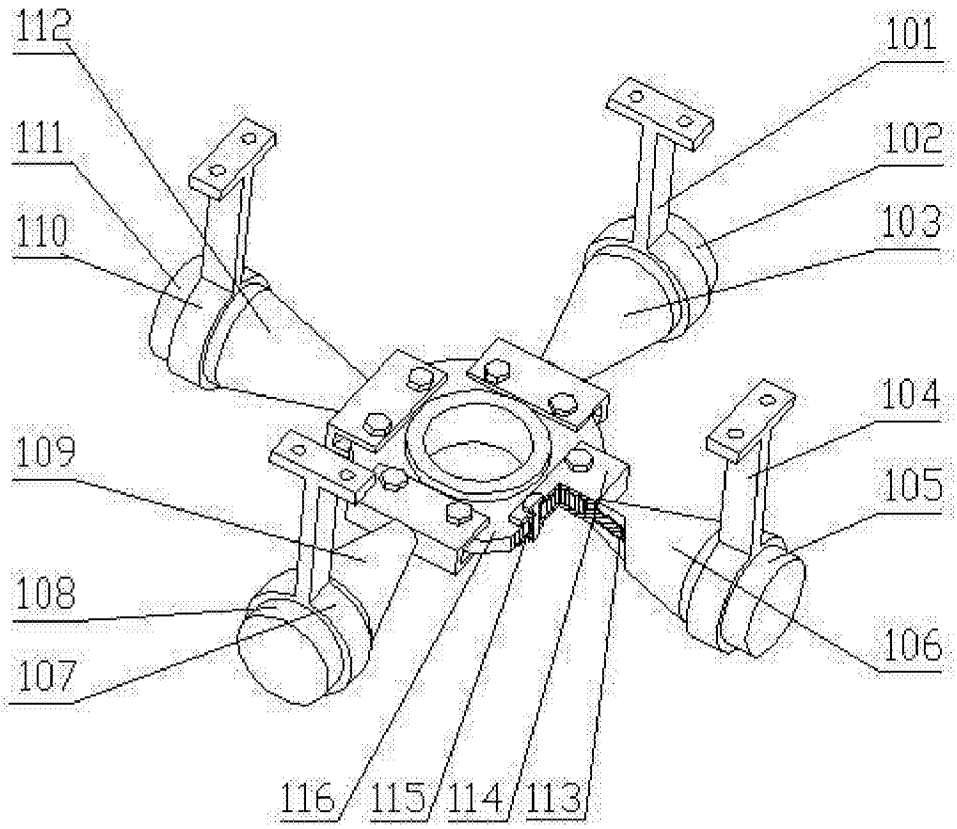


图 2

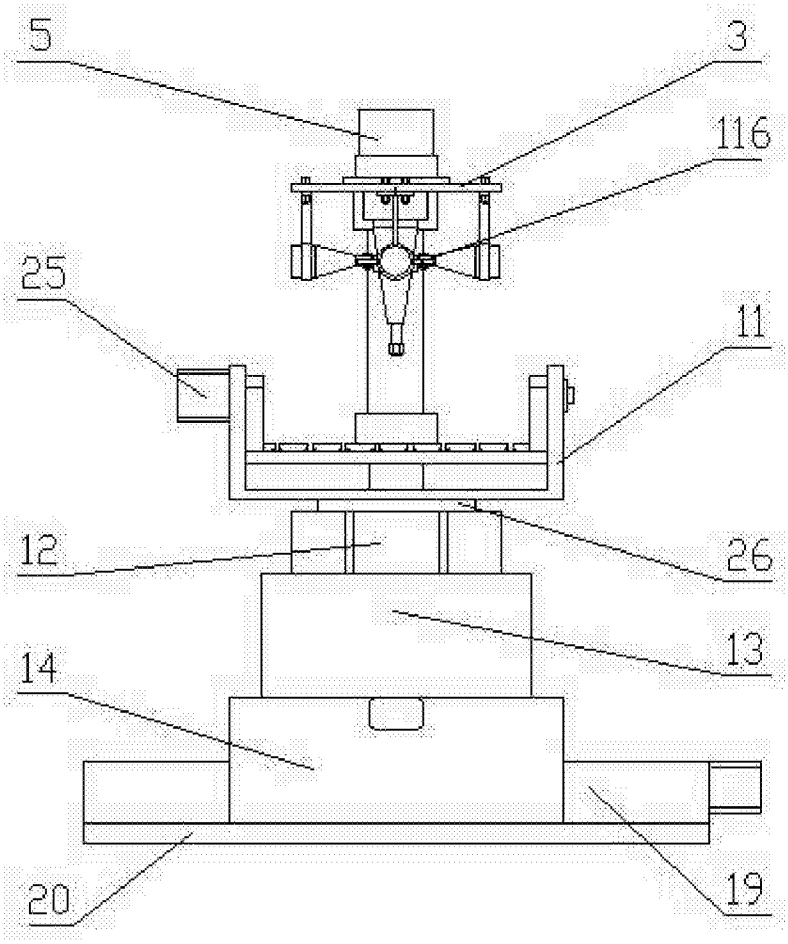


图 3

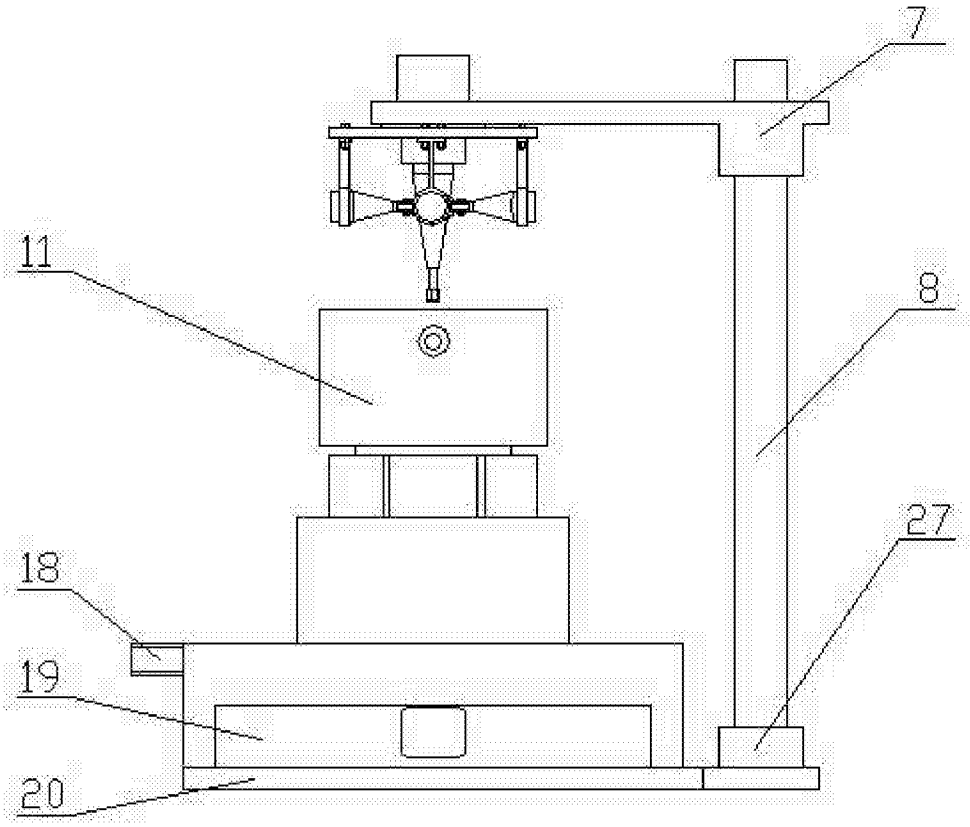


图 4

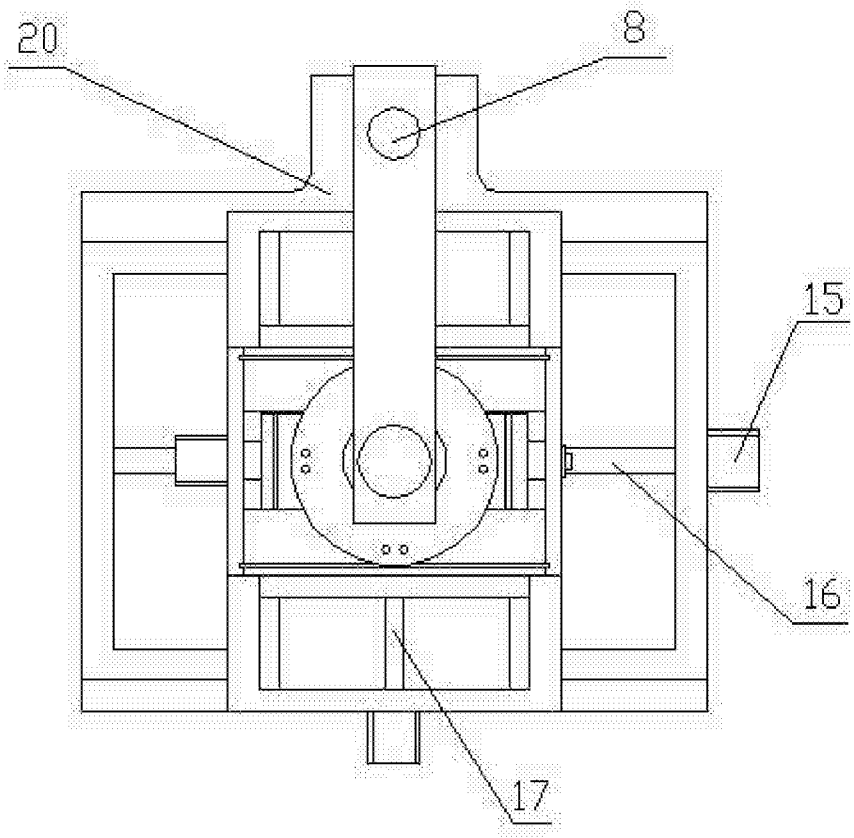


图 5