

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200710144867.4

B23C 1/00 (2006.01)
B23Q 1/01 (2006.01)
B23Q 5/04 (2006.01)
B23Q 1/25 (2006.01)
B23Q 11/00 (2006.01)

[43] 公开日 2008年6月11日

[11] 公开号 CN 101195178A

[22] 申请日 2007.12.19

[21] 申请号 200710144867.4

[71] 申请人 哈尔滨工业大学

地址 150001 黑龙江省哈尔滨市南岗区西大直街92号

[72] 发明人 梁迎春 张飞虎 张龙江 张景和
许 乔

[74] 专利代理机构 哈尔滨市松花江专利商标事务所
代理人 毕志铭

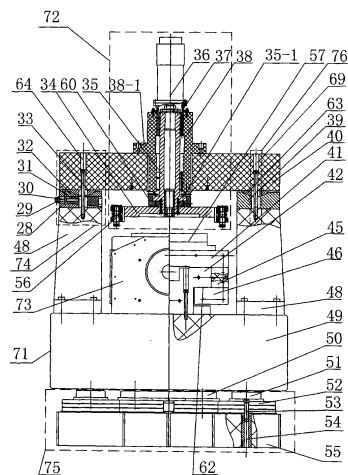
权利要求书3页 说明书6页 附图4页

[54] 发明名称

龙门式超精密飞切铣床

[57] 摘要

龙门式超精密飞切铣床，它涉及一种铣床。本发明解决了现有技术中没能提供用于平面超精密加工的专用设备来加工非线性光学领域所急需的KDP晶体等功能材料的问题。所述主轴套(38)套装在气体静压主轴(35)上，飞刀盘(34)安装在气体静压主轴(35)的下端上，上溜板(41)的两端通过两个中间溜板(45)与两个下溜板(46)分别固接并形成凹槽(62)，所述导轨(42)的上端安装在凹槽(62)内，真空吸盘(57)安装在上溜板(41)上，丝母(58)套装在丝杠(11)上，丝杠(11)的两端安装在导轨(42)的上端。本发明实现了高精度的直线进给运动和刀盘的回转运动，而且导轨和主轴均采用了空气静压的控制方式，具有精度高、无污染等优点。



1、一种龙门式超精密飞切铣床,它包括龙门架式床身(71)、主轴系统(72)、直线导轨系统(73)、高压气体管路装置(61);其特征在于所述龙门架式床身(71)由横梁(40)、两个立柱(48)、基座(49)组成,所述主轴系统(72)包括主轴电机(36)、气体静压主轴(35)、主轴套(38)、气体静压轴承(60)、飞刀盘(34)、刀具总成(56),所述直线导轨系统(73)包括导轨(42)、上溜板(41)、两个下溜板(46)、两个中间溜板(45)、真空吸盘(57)、电机(3)、柔性联轴节(6)、丝杠(11)、丝母(58)、气体静压联轴节(59)、丝杠座(4)、丝杠后座(20)、丝杠轴承(10)、后轴承(21)、丝母气浮座(12)、锁紧装置(8);所述两个立柱(48)位于横梁(40)和基座(49)之间的左右两侧,横梁(40)和基座(49)通过两个两个立柱(48)固接在一起,主轴电机(36)的输出轴与主轴套(38)固接,主轴套(38)套装在气体静压主轴(35)上,气体静压主轴(35)的轴肩(35-1)处装有气体静压轴承(60),飞刀盘(34)安装在气体静压主轴(35)的下端上,刀具总成(56)安装在飞刀盘(34)上,主轴套(38)位于横梁(40)中间,主轴套(38)的台肩(38-1)与横梁(40)固接,上溜板(41)的两端通过两个中间溜板(45)与两个下溜板(46)分别固接并形成凹槽(62),所述导轨(42)的上端安装在凹槽(62)内,导轨(42)的下端与基座(49)连接,真空吸盘(57)安装在上溜板(41)上,丝母(58)套装在丝杠(11)上,丝杠(11)的两端通过丝杠座(4)和丝杠后座(20)安装在导轨(42)的上端,丝杠轴承(10)安装在丝杠座(4)与丝杠(11)之间,后轴承(21)安装在丝杠后座(20)与丝杠(11)之间,丝母气浮座(12)安装在丝母(58)上,气体静压联轴节(59)位于丝母(58)的上方且安装在上溜板(41)上,电机(3)通过柔性联轴节(6)与丝杠(11)转动连接,锁紧装置(8)位于丝杠座(4)的上方并安装在丝杠(11)上,高压气体管路装置(61)与真空吸盘(57)上和气体静压联轴节(59)分别连通。

2、根据权利要求1所述的龙门式超精密飞切铣床,其特征在于所述真空吸盘(57)由上吸盘(18)和下吸盘(19)组成,上吸盘(18)叠放在下吸盘(19)上并与下吸盘(19)固接。

3、根据权利要求1所述的龙门式超精密飞切铣床,其特征在于所述气体

静压联轴节(59)由气浮推板座(13)、气浮推板(15)、两个气浮止推板(14)、气浮止推板支座(16)组成,所述气浮推板座(13)与气浮推板(15)的下端固接,两个气浮止推板(14)位于气浮推板(15)的两侧端面上,两个气浮止推板(14)的上端与气浮止推板支座(16)固接。

4、根据权利要求1所述的龙门式超精密飞切铣床,其特征在于所述主轴系统(72)还包括主轴电机座(37),所述主轴电机座(37)安装在主轴电机(36)和气体静压主轴(35)之间。

5、根据权利要求1所述的龙门式超精密飞切铣床,其特征在于所述直线导轨系统(73)还包括丝杠螺母(5)、前端盖(9)、后端盖(22),所述丝杠螺母(5)位于锁紧装置(8)和丝杠轴承(10)之间且安装在丝杠(11)上,前端盖(9)安装在丝杠螺母(5)上;所述后端盖(22)安装在后轴承(21)上。

6、根据权利要求1所述的龙门式超精密飞切铣床,其特征在于它还包括水平垂直调整机构(74)、垂直调整机构(76);所述水平垂直调整机构(74)位于横梁(40)与立柱(48)之间的左侧,所述水平垂直调整机构(74)由调整垫铁(28)、调整垫铁凹垫(32)、调整垫铁凸垫(33)、调整垫铁斜垫(31)、调整垫铁丝杆(30)、调整垫铁丝帽(29)、调整连接件(64)组成,所述调整垫铁(28)设置在立柱(48)的上端,调整垫铁斜垫(31)设置在调整垫铁(28)的斜面上,调整垫铁凹垫(32)设置在调整垫铁(28)的上端,调整垫铁凸垫(33)放置在横梁(40)和调整垫铁凹垫(32)之间,所述调整垫铁(28)、调整垫铁凹垫(32)、调整垫铁凸垫(33)、调整垫铁斜垫(31)通过调整连接件(64)与横梁(40)的左端及立柱(48)连接;所述垂直调整机构(76)位于横梁(40)与立柱(48)之间的右侧,所述垂直调整机构(76)由垫铁凹座(39)、垂直调整垫铁凸垫(63)、垂直调整连接件(69)组成,所述垂直调整垫铁凸垫(63)设置在垫铁凹座(39)上且二者通过垂直调整连接件(69)与横梁(40)的右端及立柱(48)连接。

7、根据权利要求1所述的龙门式超精密飞切铣床,其特征在于它还包括隔振系统(75),所述隔振系统(75)设置在基座(49)的底端,隔振系统(75)由气垫连接板(50)、气垫板(51)、隔震气垫(52)、支撑螺杆(53)、支撑螺

母（54）、支撑底座（55）组成，气垫连接板（50）和气垫板（51）设置在隔震气垫（52）的上端，隔震气垫（52）通过支撑螺杆（53）、支撑螺母（54）与支撑底座（55）连接。

龙门式超精密飞切铣床

技术领域

本发明涉及一种铣床。

背景技术

随着现代高新技术的不断发展，出现了大量的功能材料，如 KDP 晶体等，它是高功率固体激光器所用的关键元器件，由于其功能和材料性质的特殊性，对它的加工只能是采用超精密飞刀铣削的工艺方法加工，为了获得超光滑的表面，除了要研究刀具和超精密加工工艺技术以外，对于超精密加工设备必须要认真研究。在实际工作中，对一些功能材料的加工精度和表面质量要求很高，对于 KDP 晶体而言，往往要求其几何尺寸为 $320\text{mm} \times 320\text{mm} \times 10\text{mm}$ ；面形精度为 $0.125\mu\text{m}$ ；表面粗糙度小于 $5\text{nm}(\text{RMS})$ ；双面表面平行度： $\leq 10''$ 。对于平面类的软脆功能材料零件，由于其面型简单，即仅为平面，加工工艺固定，即仅为单刀飞切铣削加工。但是现有的技术中没能提供专门用于平面超精密加工的专用设备，本发明就是在这样的技术背景下完成的。

发明内容

本发明为了解决现有技术中没能提供用于平面超精密加工的专用设备来加工非线性光学领域（如高功率固体激光器）所急需的 KDP 晶体等功能材料的问题，进而提供了一种龙门式超精密飞切铣床。

本发明的技术方案是：龙门式超精密飞切铣床包括龙门架式床身、主轴系统、直线导轨系统、高压气体管路装置；所述龙门架式床身由横梁、两个立柱、基座组成，所述主轴系统包括主轴电机、气体静压主轴、主轴套、气体静压轴承、飞刀盘、刀具总成，所述直线导轨系统包括导轨、上溜板、两个下溜板、两个中间溜板、真空吸盘、电机、柔性联轴节、丝杠、丝母、气体静压联轴节、丝杠座、丝杠后座、丝杠轴承、后轴承、丝母气浮座、锁紧装置；所述两个立柱位于横梁和基座之间的左右两侧，横梁和基座通过两个两个立柱固接在一起，主轴电机的输出轴与主轴套固接，主轴套套装在气体静压主轴上，气体静压主轴的轴肩处装有气体静压轴承，飞刀盘安装在气体静压主轴的下端上，刀

具总成安装在飞刀盘上，主轴套位于横梁中间，主轴套的台肩与横梁固接，上溜板的两端通过两个中间溜板与两个下溜板分别固接并形成凹槽，所述导轨的上端安装在凹槽内，导轨的下端与基座连接，真空吸盘安装在上溜板上，丝母套装在丝杠上，丝杠的两端通过丝杠座和丝杠后座安装在导轨的上端，丝杠轴承安装在丝杠座与丝杠之间，后轴承安装在丝杠后座与丝杠之间，丝母气浮座安装在丝母上，气体静压联轴节位于丝母的上方且安装在上溜板上，电机通过柔性联轴节与丝杠转动连接，锁紧装置位于丝杠座的上方并安装在丝杠上，高压气体管路装置与真空吸盘上和气体静压联轴节分别连通。

本发明具有以下有益效果：本发明实现了高精度的直线进给运动和刀盘的回转运动，而且导轨和主轴均采用了空气静压的控制方式，具有精度高、无污染等优点。本发明的加工精度指标高，完全适合 KDP 晶体等功能材料的超精度加工。实验结果表明，机床的主要精度指标为气体静压主轴跳动量 $0.016\ \mu\text{m}$ ，其轴向刚度 $\geq 525\text{N}/\mu\text{m}$ ，角刚度 $40\text{Nm}/\text{角秒}$ ，导轨运动直线度误差为 $0.1\ \mu\text{m}/450\text{mm}$ 和 $0.2\ \mu\text{m}/600\text{mm}$ ，导轨刚度 $\geq 2000\text{N}/\mu\text{m}$ 。本发明的铣床进行了铝镜的加工试验，对直径 130mm 的铝镜，加工表面平面度达到 $\lambda/4$ 左右 ($p-v$ 值)。加工 $300\text{mm}\times 300\text{mm}$ 的方形大口径铝反射镜，面形精度达到 $1.6\lambda(P-V)$ ，优于美国晶体加工机床的面形精度要求 (5λ)。此外，本发明还具有以下优点：机床整体采用龙门架式的立式结构来支撑主轴系统，结构对称，布局简单，对提高主轴回转精度有利；主轴和刀盘的重量由较大刚度的止推轴承支撑，避免了卧式结构中由刀盘重量引起的主轴轴线的偏移；沿切深方向的进给由刀具调整机构保证，无需采用专用进给导轨，从而避免引入更多的误差源；真空吸盘水平放置，有利于工件因自重和夹紧而产生的变形的一致性；工作中工件水平放置，便于操作，有利于工件装夹和安全；选择变频电机作为主轴的驱动元件，实现主轴的高精度回转，本机床拟采用单点金刚石刀具飞刀铣削方式来加工 KDP 晶体。

附图说明

图 1 是本发明的整体结构主视图，图 2 是图 1 的左视剖视图，图 3 是图 2 的 A 部放大图，图 4 是图 2 的 B 部放大图。

具体实施方式

具体实施方式一：如图 1~4 所示，本实施方式的龙门式超精密飞切铣床由龙门架式床身 71、主轴系统 72、直线导轨系统 73、高压气体管路装置 61 组成；所述龙门架式床身 71 由横梁 40、两个立柱 48、基座 49 组成，所述主轴系统 72 由主轴电机 36、气体静压主轴 35、主轴套 38、气体静压轴承 60、飞刀盘 34、刀具总成 56 组成，所述直线导轨系统 73 由导轨 42、上溜板 41、两个下溜板 46、两个中间溜板 45、真空吸盘 57、电机 3、柔性联轴节 6、丝杠 11、丝母 58、气体静压联轴节 59、丝杠座 4、丝杠后座 20、丝杠轴承 10、后轴承 21、丝母气浮座 12、锁紧装置 8 组成；所述两个立柱 48 位于横梁 40 和基座 49 之间的左右两侧，横梁 40 和基座 49 通过两个两个立柱 48 固接在一起，主轴电机 36 的输出轴与主轴套 38 固接，主轴套 38 套装在气体静压主轴 35 上，气体静压主轴 35 的轴肩 35-1 处装有气体静压轴承 60，飞刀盘 34 安装在气体静压主轴 35 的下端上，刀具总成 56 安装在飞刀盘 34 上，主轴套 38 位于横梁 40 中间，主轴套 38 的台肩 38-1 与横梁 40 固接，上溜板 41 的两端通过两个中间溜板 45 与两个下溜板 46 分别固接并形成凹槽 62，所述导轨 42 的上端安装在凹槽 62 内，导轨 42 的下端与基座 49 连接，真空吸盘 57 安装在上溜板 41 上，丝母 58 套装在丝杠 11 上，丝杠 11 的两端通过丝杠座 4 和丝杠后座 20 安装在导轨 42 的上端，丝杠轴承 10 安装在丝杠座 4 与丝杠 11 之间，后轴承 21 安装在丝杠后座 20 与丝杠 11 之间，丝母气浮座 12 安装在丝母 58 上，气体静压联轴节 59 位于丝母 58 的上方且安装在上溜板 41 上，电机 3 通过柔性联轴节 6 与丝杠 11 转动连接，锁紧装置 8 位于丝杠座 4 的上方并安装在丝杠 11 上，高压气体管路装置 61 与真空吸盘 57 上和气体静压联轴节 59 分别连通。

龙门架式床身主要用来支撑整个机床其它功能部件的重量，并保证各部件静态位置不变动，同时具有隔离外部振源和减振的功能。由于床身结构相对一般机床比较简单，整体可选用大块花岗岩材料。花岗岩材料属于石材类，比铸铁稳定性好，热膨胀系数低，对振动的衰减能力强，硬度高、耐磨并且不会生锈、耐腐蚀。因为加工后不需要进行时效应力处理，可以缩短整机的制造周期。

主轴系统是该超精密机床的关键部件之一。它的回转精度、刚度及其结构尺寸都直接影响到机床的加工精度。主轴要求达到极高的回转精度，转动平稳，

无振动，承载能力大，刚度高，其关键在于所用的精密轴承的制造精度。由于加工时切削力很小，该机床主轴选用空气静压轴承作为支撑。空气静压轴承回转精度高，在主轴高速转动时温升非常小，因此造成的热变形误差也小，同时工作介质（空气）的泄露对周围环境不造成污染。但是其主要的缺点是刚度相对较低，这可以通过加大轴承直径等方法来解决。经过详细的计算，得到了气体静压主轴的相关参数，主轴直径选为 120mm，两轴套之间的距离为 360mm，主轴的长度定为 500mm，在供气压力为 0.5Mpa 时，径向轴承的静态刚度为 182N/ μm ，初步估算角刚度为 49 Nm/sec。

基座上的直线导轨系统是该超精密机床的关键部件。直线导轨系统是实现工件进给的运动部件，不仅要求静态直线度精度高，而且要求动态直线度精度高，在运动速度极低的情况下要求运动平稳、无波动。由于 KDP 晶体宽度尺寸大（410mm \times 410mm），与主轴回转精度的影响相比较，直线导轨的直线度误差对 KDP 晶体加工精度影响更大。本超精密机床的直线导轨采用闭式结构，通过结构设计和参数优化用以提高导轨刚度和承受的载荷。由于工作台的导轨面的上下、左右均在静压作用下，移动导轨浮在中间，基本没有摩擦力，不发热，没有温升很小。该机床工作导轨采用花岗岩材料，与床身的材质一样。经过详细的计算，得到了本气体静压导轨的相关参数，上导轨的有效面积为 1920cm²，下导轨的有效面积 1440cm²，有效面积差为 480 cm²，上下导轨的静态刚度与间隙有关，当间隙为 18 μm 时，刚度为 2835N/ μm ，间隙为 16 μm 时，刚度为 3648N/ μm 。

具体实施方式二：如图 1~4 所示，本实施方式所述真空吸盘 57 由上吸盘 18 和下吸盘 19 组成，上吸盘 18 叠放在下吸盘 19 上并与下吸盘 19 固接。如此设计，便于加工真空吸盘内气孔。其它组成和连接关系与具体实施方式一相同。

具体实施方式三：如图 1~4 所示，本实施方式所述气体静压联轴节 59 由气浮推板座 13、气浮推板 15、两个气浮止推板 14、气浮止推板支座 16 组成，所述气浮推板座 13 与气浮推板 15 的下端固接，两个气浮止推板 14 位于气浮推板 15 的两侧端面上，两个气浮止推板 14 的上端与气浮止推板支座 16 固接。如此设计，便于加工并能提高运动精度。其它组成和连接关系与具体实

施方式一相同。

具体实施方式四：如图 1~4 所示，本实施方式所述主轴系统 72 还包括主轴电机座 37，所述主轴电机座 37 安装在主轴电机 36 和气体静压主轴 35 之间。如此设计，便于安装。其它组成和连接关系与具体实施方式一相同。

具体实施方式五：如图 1~4 所示，本实施方式所述直线导轨系统 73 还包括丝杠螺母 5、前端盖 9、后端盖 22，所述丝杠螺母 5 位于锁紧装置 8 和丝杠轴承 10 之间且安装在丝杠 11 上，前端盖 9 安装在丝杠螺母 5 上；所述后端盖 22 安装在后轴承 21 上。如此设计，使丝杠 11 运行更平稳。其它组成和连接关系与具体实施方式一相同。

具体实施方式六：如图 1~4 所示，本实施方式还包括水平垂直调整机构 74、垂直调整机构 76；所述水平垂直调整机构 74 位于横梁 40 与立柱 48 之间的左侧，所述水平垂直调整机构 74 由调整垫铁 28、调整垫铁凹垫 32、调整垫铁凸垫 33、调整垫铁斜垫 31、调整垫铁丝杆 30、调整垫铁丝帽 29、调整连接件 64 组成，所述调整垫铁 28 设置在立柱 48 的上端，调整垫铁斜垫 31 设置在调整垫铁 28 的斜面上，调整垫铁凹垫 32 设置在调整垫铁 28 的上端，调整垫铁凸垫 33 放置在横梁 40 和调整垫铁凹垫 32 之间，所述调整垫铁 28、调整垫铁凹垫 32、调整垫铁凸垫 33、调整垫铁斜垫 31 通过调整连接件 64 与横梁 40 的左端及立柱 48 连接；所述垂直调整机构 76 位于横梁 40 与立柱 48 之间的右侧，所述垂直调整机构 76 由垫铁凹座 39、垂直调整垫铁凸垫 63、垂直调整连接件 69 组成，所述垂直调整垫铁凸垫 63 设置在垫铁凹座 39 上且二者通过垂直调整连接件 69 与横梁 40 的右端及立柱 48 连接。如此设计，便于调整机床上的主轴系统 72 和直线导轨系统 73 相对位置以及横梁 40 的水平度，进一步提高加工精度。其它组成和连接关系与具体实施方式一相同。

具体实施方式七：如图 1~4 所示，本实施方式还包括隔振系统 75，所述隔振系统 75 设置在基座 49 的底端，隔振系统 75 由气垫连接板 50、气垫板 51、隔震气垫 52、支撑螺杆 53、支撑螺母 54、支撑底座 55 组成，气垫连接板 50 和气垫板 51 设置在隔震气垫 52 的上端，隔震气垫 52 通过支撑螺杆 53、支撑螺母 54 与支撑底座 55 连接。如此设计，减小床身的振动以提高加工精度。其它组成和连接关系与具体实施方式一相同。

工作原理

本发明研究的是一种单刀飞切专用铣床，采用高精度直流力矩电机 3 作为溜板（由上溜板 41、两个下溜板 46、两个中间溜板 45 组成）的驱动元件，电机 3 的回转运动通过高精度滚珠丝杠副（丝杠 11、丝母 58）将回转运动转换成直线运动，丝母 58 沿丝杠 11 作直线运动，丝母 58 通过气体静压联轴节 59 推动溜板，使溜板沿导轨 42 作直线运动，这样就将电机 3 的运动和动力传递到溜板上，驱动溜板作超精密的低速移动，实现机床的超精密直线进给运动。整个导轨溜板系统固联在花岗石床身上；主轴电机 36（变频电机）驱动气体静压主轴 35，实现气体静压主轴 35 的高精度回转运动，飞刀盘 34 绕气体静压主轴 35 作超精密高速回转，飞刀盘 34 带动其上的金刚石刀具高速回转，高精度直流电机 3 通过滚珠丝杠副驱动溜板作直线进给运动，实现了对被加工零件的超精密飞刀铣削加工。

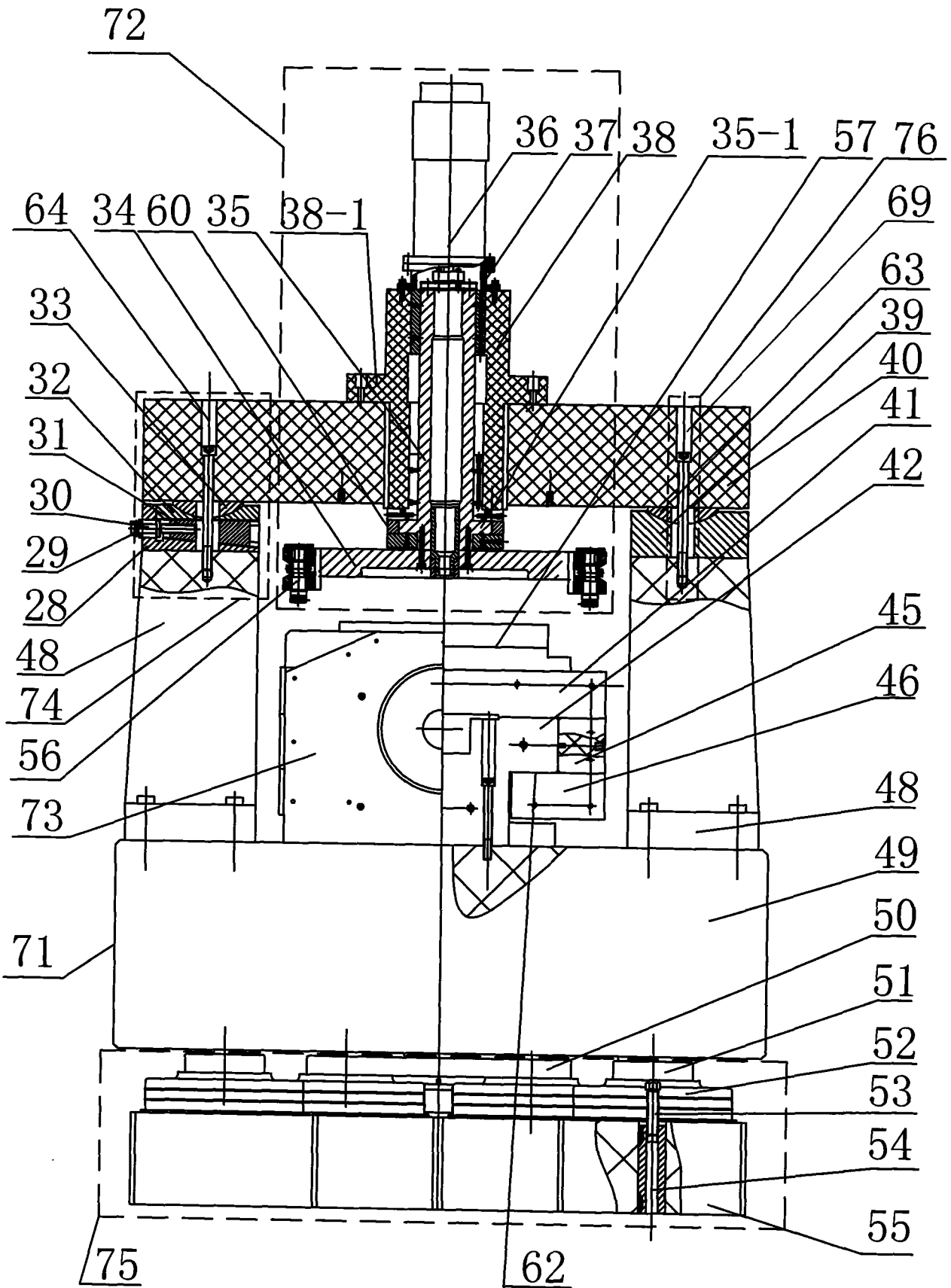


图1

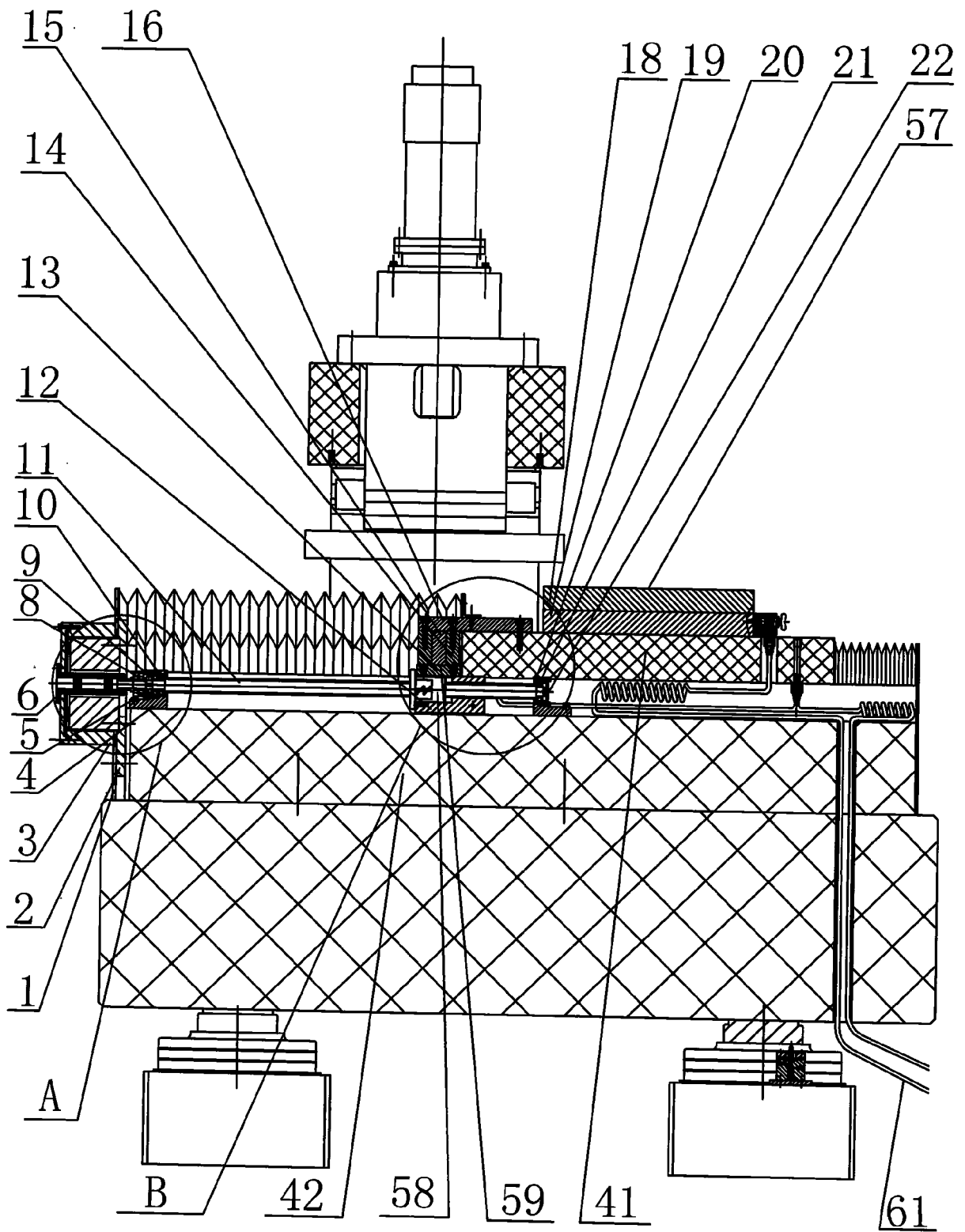


图2

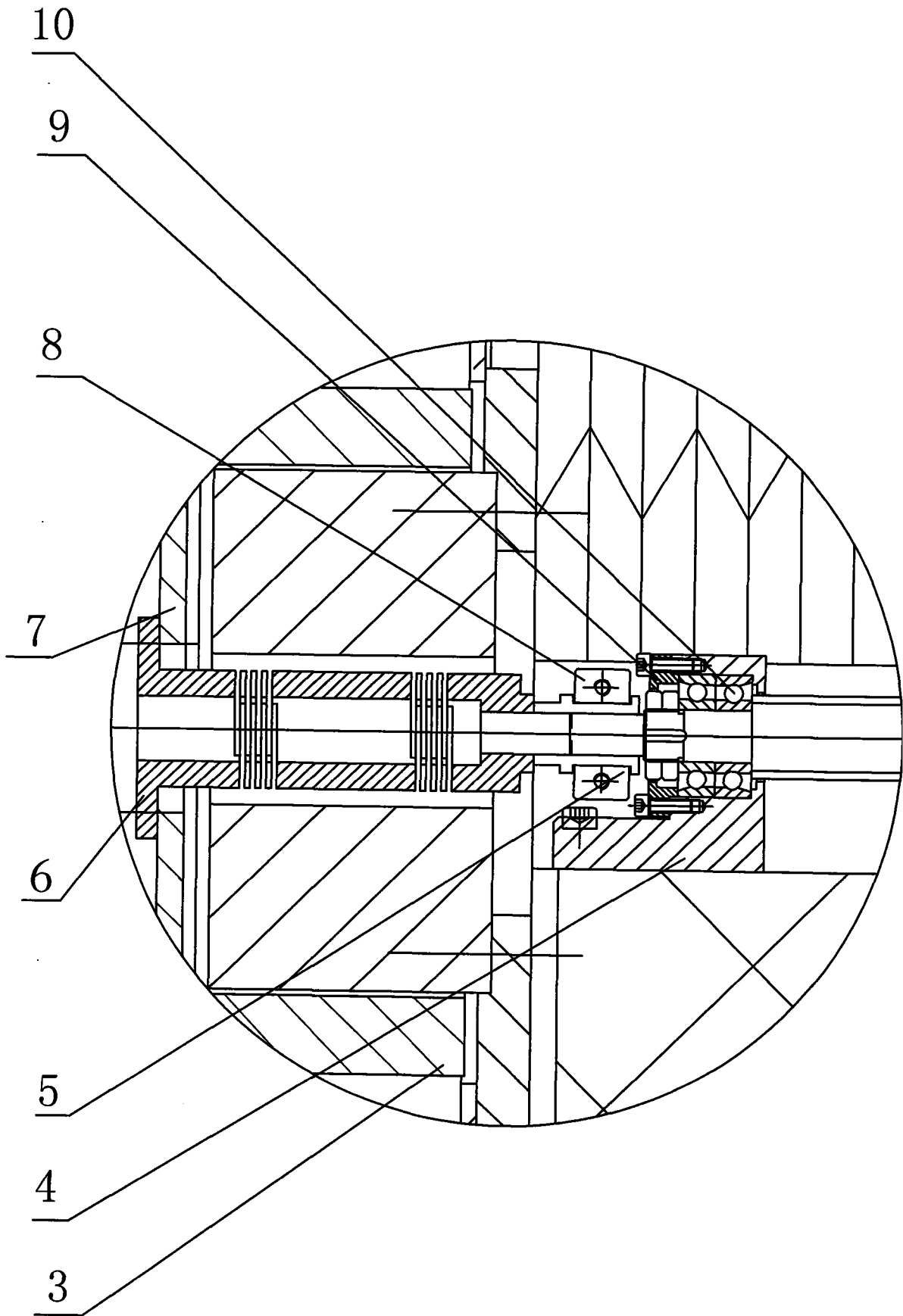


图3

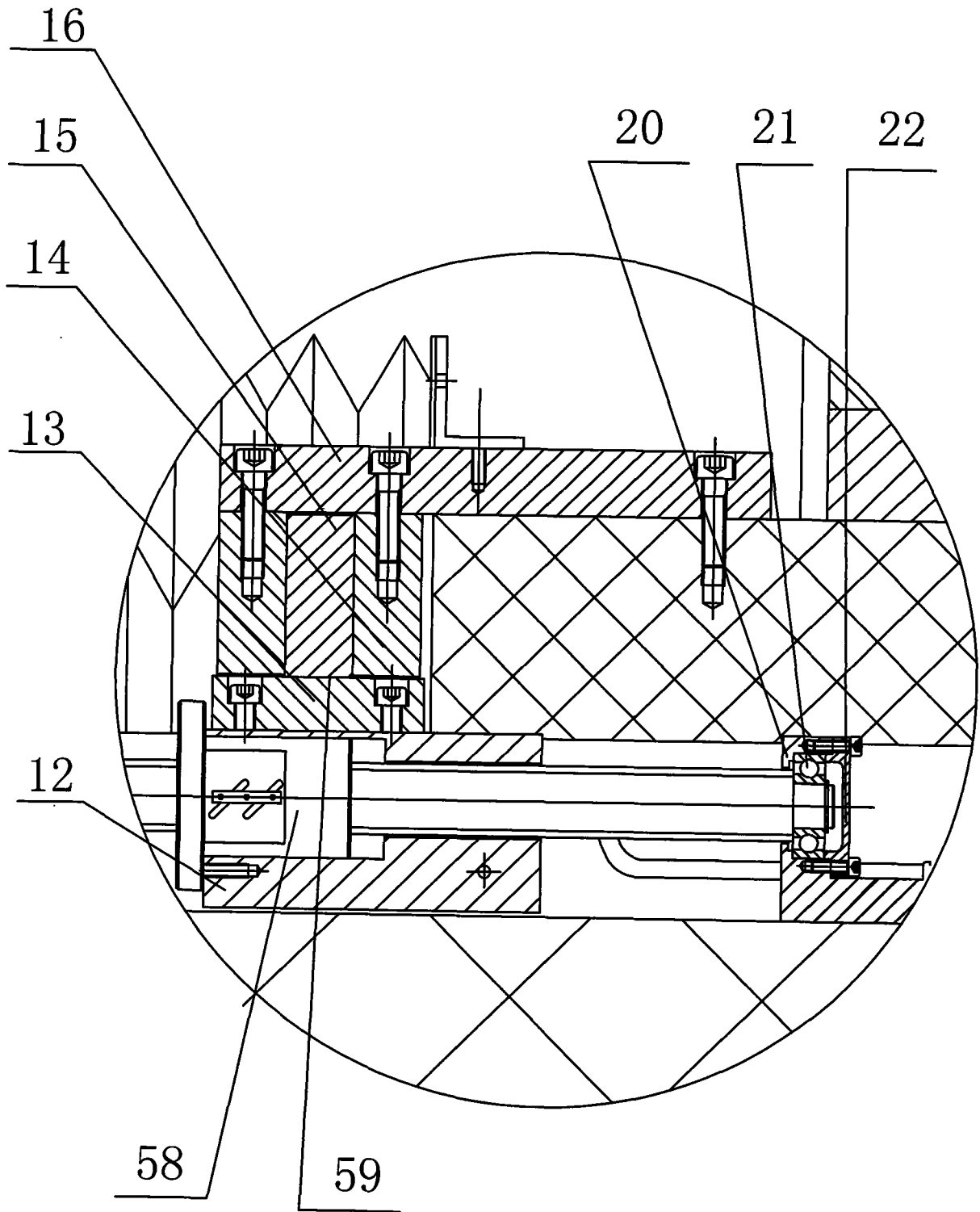


图4