



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102935525 B

(45) 授权公告日 2014. 11. 19

(21) 申请号 201210486506. 9

B23Q 5/34 (2006. 01)

(22) 申请日 2012. 11. 26

B23B 19/02 (2006. 01)

(73) 专利权人 哈尔滨工业大学

审查员 王泽莹

地址 150001 黑龙江省哈尔滨市南岗区西大直街 92 号

(72) 发明人 张飞虎 梁迎春 孙雅洲 刘海涛
张勇 许乔 孙付仲

(74) 专利代理机构 哈尔滨市松花江专利商标事
务所 23109

代理人 高媛

(51) Int. Cl.

B23C 1/04 (2006. 01)

B23Q 1/38 (2006. 01)

B23Q 3/12 (2006. 01)

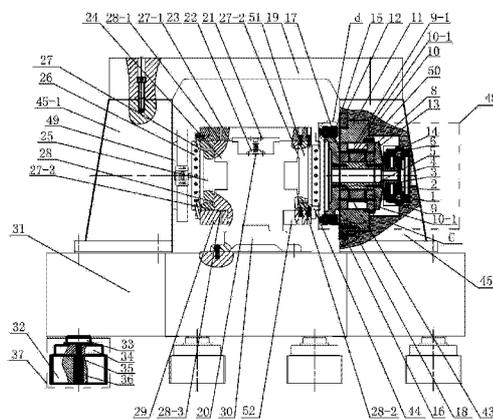
权利要求书2页 说明书4页 附图9页

(54) 发明名称

一种双主轴式超精密飞切铣床

(57) 摘要

一种双主轴式超精密飞切铣床, 涉及一种铣床。为解决现有的 KDP 超精密加工机床的主轴系统的刚度低、加工效率低的问题。所述铣床包括龙门式床身、纵向直线导轨系统、卧式电主轴系统左、卧式电主轴系统右及空气隔振支撑系统; 纵向直线导轨系统位于龙门式床身的中部并固定在基座上; 卧式电主轴系统左设置在左立柱上, 卧式电主轴系统右设置在右立柱上, 纵向直线导轨系统位于卧式电主轴系统左和卧式电主轴系统右之间, 真空吸盘左和卧式电主轴系统左相对设置, 真空吸盘右和卧式电主轴系统右相对设置。本发明实现了高精度的直线进给运动和刀盘的回转运动及双工件的同时切削, 而且导轨和主轴均采用了液体静压的控制方式, 具有高精度、高刚度的优点。



1. 一种双主轴式超精密飞切铣床,所述铣床包括龙门式床身(46)、纵向直线导轨系统(38)、两个卧式电主轴系统及多个空气隔振支撑系统(37),其特征在于:两个卧式电主轴系统分别是卧式电主轴系统左(49)和卧式电主轴系统右(48),龙门式床身(46)包括横梁(19)、立柱左(45-1)、立柱右(45)及基座(31),立柱左(45-1)和立柱右(45)相对设置并均固定在基座(31)上,立柱左(45-1)位于基座(31)的左端,立柱右(45)位于基座(31)的右端,横梁(19)与立柱左(45-1)和立柱右(45)的上端固接,多个空气隔振支撑系统(37)固定在龙门式床身(46)的下面,纵向直线导轨系统(38)包括纵导轨(24)、纵导轨支撑板(30)、纵上溜板(23)、溜板左(25)、溜板右(51)、真空吸盘左(26)、真空吸盘右(44)、直线电机(20)、电机连接座(21)、电机固定座(22)及两个纵下溜板,两个纵下溜板分别是纵下溜板左(29)和纵下溜板右(52),纵上溜板(23)的左端固定在溜板左(25)上,纵上溜板(23)的右端固定在溜板右(51)上,溜板左(25)固定在纵下溜板左(29)上,溜板右(51)固定在纵下溜板右(52)上,由纵上溜板(23)、溜板左(25)、溜板右(51)、纵下溜板左(29)和纵下溜板右(52)五者之间形成凹槽,纵导轨(24)安装在凹槽内并与所述凹槽之间形成封闭的导轨腔,纵导轨(24)的下端通过纵导轨支撑板(30)与基座(31)固接,纵上溜板(23)的下端与电机连接座(21)连接,纵导轨(24)的上端与电机固定座(22)连接,直线电机(20)固定在电机连接座(21)与电机固定座(22)之间,纵向直线导轨系统(38)与两个卧式电主轴系统垂直布置,真空吸盘左(26)与卧式电主轴系统左(49)相对设置,真空吸盘左(26)与溜板左(25)固接,真空吸盘右(44)与卧式电主轴系统右(48)相对设置,真空吸盘右(44)与溜板右(51)固接。

2. 根据权利要求1所述一种双主轴式超精密飞切铣床,其特征在于:所述真空吸盘左(26)包括吸盘底座左(39)、调节阀门左(41)、进气控制盒左(42)和进气管路左(40);吸盘底座左(39)与进气控制盒左(42)固接,进气控制盒左(42)上设有进气管路左(40),进气控制盒左(42)上设有调节阀门左(41),通过进气管路左(40)进入进气控制盒左(42)内的进气量通过调节阀门左(41)的开度调节,进气控制盒左(42)与吸盘底座左(39)连通;真空吸盘右(44)包括吸盘底座右(55)、调节阀门右(56)、进气控制盒右(53)和进气管路右(54);吸盘底座右(55)与进气控制盒右(53)固接,进气控制盒右(53)上设有进气管路右(54),进气控制盒右(53)上设有调节阀门右(56),通过进气管路右(54)进入进气控制盒右(53)内的进气量通过调节阀门右(56)的开度调节,进气控制盒右(53)与吸盘底座右(55)连通。

3. 根据权利要求1所述一种双主轴式超精密飞切铣床,其特征在于:所述卧式电主轴系统左(49)与卧式电主轴系统右(48)结构相同且相对于龙门式床身(46)竖向中心线对称设置,卧式电主轴系统右(48)包括固定挡板右(12)、主轴右(14)、电机支架右(6)、止推板右(5)、刀盘右(16)、刀具总成右(15)、轴套右(9)、轴系支架右(11)、油室套右(10)及直流输出电机右(4),立柱右(45)设有内腔,轴系支架右(11)位于立柱右(45)内腔的一端并固接,轴系支架右(11)通过固定挡板右(12)与立柱右(45)固接,直流输出电机右(4)位于立柱右(45)内腔中并通过电机支架右(6)固装在立柱右(45)上,直流输出电机右(4)的输出轴(3)通过止推板右(5)与主轴右(14)的一端固接,主轴右(14)的另一端与刀盘右(16)固接,轴套右(9)与止推板右(5)之间留有第一间隙(D),轴套右(9)与刀盘右(16)之间留有第二间隙(E),轴套右(9)套装在主轴右(14)上,轴套右(9)与主轴右(14)之间

留有第三间隙(F),轴套右(9)固装在轴系支架右(11)上,轴套右(9)的外壁上沿圆周方向加工有环形凹槽右(9-1),轴套右(9)上加工有多个轴向通孔右(17)和多个径向通孔右(43),油室套右(10)包括两个半环(10-1),两个半环(10-1)相对套装在轴套右(9)上且位于环形凹槽右(9-1)内,两个半环(10-1)对接构成油室套右(10),主轴右(14)与油室套右(10)之间形成油室右(50),多个轴向通孔右(17)与多个径向通孔右(43)均与油室右(50)连通。

4. 根据权利要求1、2或3所述一种双主轴式超精密飞切铣床,其特征在于:所述空气隔振支撑系统(37)包括气垫板(33)、隔振气垫(34)、支撑螺杆(35)、支撑螺母(36)和支撑底座(32);气垫板(33)固定设置在隔振气垫(34)的上端,隔振气垫(34)通过支撑螺杆(35)与支撑螺母(36)连接,支撑底座(32)的中心处设有连接孔,支撑螺母(36)固定设置在支撑底座(32)的连接孔内。

5. 根据权利要求1所述一种双主轴式超精密飞切铣床,其特征在于:所述溜板左(25)上沿其厚度方向设有第一油腔(28),纵上溜板(23)上沿其厚度方向设有第二油腔(28-1),纵下溜板左(29)和纵下溜板右(52)上沿各自的厚度方向分别设有一个第三油腔(28-3),溜板右(51)上沿其厚度方向设有第四油腔(28-2);纵导轨(24)与溜板左(25)相邻表面之间形成第一封油面(27),纵导轨(24)与纵上溜板(23)相邻表面之间形成第二封油面(27-1),纵导轨(24)与纵下溜板左(29)和纵下溜板右(52)相邻表面之间分别形成第三封油面(27-3),纵导轨(24)与溜板右(51)相邻表面之间形成第四封油面(27-2)。

6. 根据权利要求1或5所述一种双主轴式超精密飞切铣床,其特征在于:所述基座(31)的上边缘处设有凸台(47)。

一种双主轴式超精密飞切铣床

技术领域

[0001] 本发明涉及一种铣床,具体涉及一种双主轴式超精密飞切铣床。

背景技术

[0002] 大径厚比的功能性 KDP 晶体光学元件广泛应用于国防、航空和航天等行业,由于其特有的功能和材料性质的特殊性,目前对它的加工只能是采用超精密飞切铣削的工艺方法加工,为了获得超光滑的表面和精度以及提高晶体的加工效率,专用的超精密加工设备已经成为必须研究的内容。在实际工作中,对 KDP 晶体功能材料的加工精度和表面质量要求很高,要求其长×宽×高为 430mm×430mm×10mm;面形精度小于 0.125 μm;表面粗糙度小于 5nm(RMS),双面表面平行度小于 10"。目前,我国的 KDP 晶体加工超精密机床广泛地使用气体静压的方式,如专利号 ZL200710144867.4、申请日为 2007 年 12 月 19 日、名称为《龙门式超精密飞切铣床》。机床系统的刚度越高,越有利于获得较高的加工精度和表面质量,并且提高刚度的同时还要考虑提高加工效率。但是现有的 KDP 晶体加工超精密机床刚度和加工效率均较低,无法加工出高精度和高表面质量的 KDP 晶体光学元件。

发明内容

[0003] 本发明为了解决现有的 KDP 超精密加工机床的系统刚度、解决超精密机床加工效率低的问题,进而提供一种双主轴式超精密飞切铣床。

[0004] 本发明为解决上述技术问题采取的技术方案是:一种双主轴式超精密飞切铣床,所述铣床包括龙门式床身、纵向直线导轨系统、两个卧式电主轴系统及多个空气隔振支撑系统,两个卧式电主轴系统分别是卧式电主轴系统左和卧式电主轴系统右,龙门式床身包括横梁、立柱左、立柱右及基座,立柱左和立柱右相对设置并均固定在基座上,立柱左位于基座的左端,立柱右位于基座的右端,横梁与立柱左和立柱右的上端固接,多个空气隔振支撑系统固定在龙门式床身的下面,纵向直线导轨系统包括纵导轨、纵导轨支撑板、纵上溜板、溜板左、溜板右、真空吸盘左、真空吸盘右、直线电机、电机连接座、电机固定座及两个纵下溜板,两个纵下溜板分别是纵下溜板左和纵下溜板右,纵上溜板的左端固定在溜板左上,纵上溜板的右端固定在溜板右上,溜板左固定在纵下溜板左上,溜板右固定在纵下溜板右上,由纵上溜板、溜板左、溜板右、纵下溜板左和纵下溜板右五者之间形成凹槽,纵导轨安装在凹槽内并与所述凹槽之间形成封闭的导轨腔,纵导轨的下端通过纵导轨支撑板与基座固接,纵上溜板的下端与电机连接座连接,纵导轨的上端与电机固定座连接,直线电机固定在电机连接座与电机固定座之间,纵向直线导轨系统与两个卧式电主轴系统垂直布置,真空吸盘左与卧式电主轴系统左相对设置,真空吸盘左与溜板左固接,真空吸盘右与卧式电主轴系统右相对设置,真空吸盘右与溜板右固接。

[0005] 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液体静压的控制方式,具有精度高、刚度高等优点。本发明的加工精度指标高、加工效率高,完全适合硬脆性功能材料的超精密加工。实验结果表明,机

床的主要精度指标为液体静压主轴的跳动量 $0.02\ \mu\text{m}$, 其轴向刚度可达到 $4000\text{N}/\mu\text{m}$, 导轨运动直线度误差为 $0.1\ \mu\text{m}/300$ 和 $0.2\ \mu\text{m}/600\text{mm}$, 导轨刚度 $\geq 4000\text{N}/\mu\text{m}$ 。此外, 本发明还具有以下优点: 机床整体采用龙门式对称结构布置, 结构对称, 布局简单, 双主轴同时切削可以抵消轴向力的作用, 对提高加工精度有利; 主轴采用卧式结构, 并采用较大刚度的轴承支承, 避免了由于刀盘重量引起主轴回转精度的变化; 真空吸盘竖直放置, 有利于克服工件自重产生的变形, 并且便于操作, 有利于工件的装夹; 双主轴同时转动, 实现了两轴上的刀盘同时加工工件, 与现有的 KDP 超精密加工机床的主轴系统采用单刀盘相比, 加工效率提高了一倍。

附图说明

[0006] 图 1 是本发明的整体结构主视图, 图 2 是图 1 的俯视图, 图 3 是图 1 的左视图, 图 4 是图 1 在 C 处的局部放大图, 图 5 是图 1 的右视图, 图 6 是图 1 直流输出电机右的放大图, 图 7 是图 1 中空气隔振支撑系统的放大图, 图 8 是图 3 的 a 部放大图, 图 9 是图 5 的 b 部放大图, 图 10 是图 1 的 d 部放大图。

具体实施方式

[0007] 具体实施方式一: 如图 1~图 10 所示, 本实施方式的双主轴式超精密飞切铣床, 所述铣床包括龙门式床身 46、纵向直线导轨系统 38、两个卧式电主轴系统及多个空气隔振支撑系统 37, 两个卧式电主轴系统分别是卧式电主轴系统左 49 和卧式电主轴系统右 48, 龙门式床身 46 包括横梁 19、立柱左 45-1、立柱右 45 及基座 31, 立柱左 45-1 和立柱右 45 相对设置并均固定在基座 31 上, 立柱左 45-1 位于基座 31 的左端, 立柱右 45 位于基座 31 的右端, 横梁 19 与立柱左 45-1 和立柱右 45 的上端固接, 多个空气隔振支撑系统 37 固定在龙门式床身 46 的下面, 纵向直线导轨系统 38 包括纵导轨 24、纵导轨支撑板 30、纵上溜板 23、溜板左 25、溜板右 51、真空吸盘左 26、真空吸盘右 44、直线电机 20、电机连接座 21、电机固定座 22 及两个纵下溜板, 两个纵下溜板分别是纵下溜板左 29 和纵下溜板右 52, 纵上溜板 23 的左端固定在溜板左 25 上, 纵上溜板 23 的右端固定在溜板右 51 上, 溜板左 25 固定在纵下溜板左 29 上, 溜板右 51 固定在纵下溜板右 52 上, 由纵上溜板 23、溜板左 25、溜板右 51、纵下溜板左 29 和纵下溜板右 52 五者之间形成凹槽, 纵导轨 24 安装在凹槽内并与所述凹槽之间形成封闭的导轨腔, 纵导轨 24 的下端通过纵导轨支撑板 30 与基座 31 固接, 纵上溜板 23 的下端与电机连接座 21 连接, 纵导轨 24 的上端与电机固定座 22 连接, 直线电机 20 固定在电机连接座 21 与电机固定座 22 之间 (即纵上溜板 23 与纵导轨 24 之间通过电机连接座 21、电机固定座 22 和直线电机 20 连接实现相对运动), 纵向直线导轨系统 38 位于龙门式床身 46 的中间且设置在基座 31 上, 纵向直线导轨系统 38 与两个卧式电主轴系统垂直布置, 真空吸盘左 26 与卧式电主轴系统左 49 相对设置, 真空吸盘左 26 与溜板左 25 固接, 真空吸盘右 44 与卧式电主轴系统右 48 相对设置, 真空吸盘右 44 与溜板右 51 固接。两个卧式电主轴系统可同时安装两个工件, 实现双工件的同时切削。

[0008] 龙门式床身 46 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。由于龙门式床身结构相对一般机床比较简单, 整体可选用大块大理石材料。大理石材料属于石材类, 比铸铁稳定好, 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。

[0009] 卧式电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,运转平稳,无振动,承载能力大,刚度高,其关键在于所使用的轴承,本机床选用液体静压轴承,即由止推板右 5、刀盘右 16、主轴右 14、轴套右 9 四个零件及其接触缝隙在通有高压液压油的时候构成液体静压和止推轴承,同理,第主轴左、止推板左、刀盘左、轴套左四个零件及其接触缝隙在通有高压液压油的时候构成液体静压和止推轴承(主轴左、止推板左、刀盘左、轴套左在图 1 中未表示)作为支撑,刚度高、精度高、运行平稳。

[0010] 具体实施方式二:结合图 1、图 3 及图 5 说明,本实施方式所述真空吸盘左 26 包括吸盘底座左 39、调节阀门左 41、进气控制盒左 42 和进气管路左 40;吸盘底座左 39 与进气控制盒左 42 固接,进气控制盒左 42 上设有进气管路左 40,进气控制盒左 42 上设有调节阀门左 41,通过进气管路左 40 进入进气控制盒左 42 内的进气量通过调节阀门左 41 的开度调节,进气控制盒左 42 与吸盘底座左 39 连通;真空吸盘右 44 包括吸盘底座右 55、调节阀门右 56、进气控制盒右 53 和进气管路右 54;吸盘底座右 55 与进气控制盒右 53 固接,进气控制盒右 53 上设有进气管路右 54,进气控制盒右 53 上设有调节阀门右 56,通过进气管路右 54 进入进气控制盒右 53 内的进气量通过调节阀门右 56 的开度调节,进气控制盒右 53 与吸盘底座右 55 连通。如此设计,便于加工真空吸盘左和真空吸盘右内气孔。本实施方式中未公开的技术特征与具体实施方式一相同。

[0011] 具体实施方式三:结合图 1 和图 4 说明,本实施方式所述卧式电主轴系统左 49 与卧式电主轴系统右 48 结构相同且相对于龙门式床身 46 竖向中心线对称设置,卧式电主轴系统右 48 包括固定挡板右 12、主轴右 14、电机支架右 6、止推板右 5、刀盘右 16、刀具总成右 15、轴套右 9、轴系支架右 11、油室套右 10 及直流输出电机右 4,立柱右 45 设有内腔,轴系支架右 11 位于立柱右 45 内腔的一端并固接,轴系支架右 11 通过固定挡板右 12 与立柱右 45 固接,直流输电机右 4 位于立柱右 45 内腔中并通过电机支架右 6 固装在立柱右 45 上,直流输电机右 4 的输出轴 3 通过止推板右 5 与主轴右 14 的一端固接,主轴右 14 的另一端与刀盘右 16 固接,轴套右 9 与止推板右 5 之间留有第一间隙 D,轴套右 9 与刀盘右 16 之间留有第二间隙 E,轴套右 9 套装在主轴右 14 上,轴套右 9 与主轴右 14 之间留有第三间隙 F,轴套右 9 固装在轴系支架右 11 上,轴套右 9 的外壁上沿圆周方向加工有环形凹槽右 9-1,轴套右 9 上加工有多个轴向通孔右 17 和多个径向通孔右 43,油室套右 10 包括两个半环 10-1,两个半环 10-1 相对套装在轴套右 9 上且位于环形凹槽右 9-1 内,两个半环 10-1 对接构成油室套右 10,主轴右 14 与油室套右 10 之间形成油室右 50,多个轴向通孔右 17 与多个径向通孔右 43 均与油室右 50 连通。本实施方式中未公开的技术特征与具体实施方式一相同。

[0012] 直流输出电机右 4 包括定子 1 和转子 2,直流输出电机右 4 的转子 2 同时与直流输出电机右 4 的输出轴 3 及止推板右 5 固接,采用直流输出电机右 4(无刷驱动电机)作为驱动元件,由于没有电刷,因此这种电机的定子 1 与转子 2 之间没有摩擦力矩,直接可以产生旋转扭矩驱动直流输出电机右 4 的输出轴 3 旋转并进行切削。直流输出电机左的结构和工作原理与直流输出电机右 4 相同。

[0013] 具体实施方式四:结合图 1 说明,本实施方式所述空气隔振支撑系统 37 包括气垫板 33、隔振气垫 34、支撑螺杆 35、支撑螺母 36 和支撑底座 32;气垫板 33 固定设置在隔振气

垫 34 的上端,隔振气垫 34 通过支撑螺杆 35 与支撑螺母 36 连接,支撑底座 32 的中心处设有连接孔,支撑螺母 36 固定设置在支撑底座 32 的连接孔内。如此设计,减小床身的振动以提高加工精度。本实施方式中未公开的技术特征与具体实施方式一、二或三相同。

[0014] 具体实施方式五:结合图 1 说明,本实施方式所述溜板左 25 上沿其厚度方向设有第一油腔 28,纵上溜板 23 上沿其厚度方向设有第二油腔 28-1,纵下溜板左 29 和纵下溜板右 52 上沿各自的厚度方向分别设有一个第三油腔 28-3,溜板右 51 上沿其厚度方向设有第四油腔 28-2;纵导轨 24 与溜板左 25 相邻表面之间形成第一封油面 27,纵导轨 24 与纵上溜板 23 相邻表面之间形成第二封油面 27-1,纵导轨 24 与纵下溜板左 29 和纵下溜板右 52 相邻表面之间分别形成第三封油面 27-3,纵导轨 24 与溜板右 51 相邻表面之间形成第四封油面 27-2。从而形成静压油膜。本实施方式中未公开的技术特征与具体实施方式一相同。

[0015] 具体实施方式六:结合图 2 说明,本实施方式所述基座 31 的上边缘处设有凸台 47。便于液压油回收。本实施方式中未公开的技术特征与具体实施方式一或五相同。

[0016] 工作原理:

[0017] 本发明采用高精度的直线电机 20 作为纵上溜板 23 的驱动元件,使纵上溜板 23 沿纵导轨 24 作直线运动,这样就将直线电机 20 的运动和动力传递到溜板上,驱动左右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。纵向直线导轨系统 38 固联在基座 31(采用大理石基座)上;左电主轴系统 49 和右电主轴系统 48 上各自的直流输出电机分别驱动相应的液体静压主轴,实现液体静压主轴的高精度回转运动,刀盘绕液体静压主轴作超精密高速回转,刀盘带动其上的金刚石刀具高速回转,刀盘右 16 上的刀具总成右 15 可以用来调节切削的深度。刀盘左上的刀具总成左可以用来调节切削的深度(图 1 未表示),真空吸盘右 44 与真空吸盘左 26 通入高压气体,实现工件的固定。纵导轨系统及主轴系统的联合运动,实现了对被加工零件的超精密飞刀铣削加工,纵向直线导轨系统上安装两个工件以及两个主轴同时工作,可以实现双工件的同时切削。

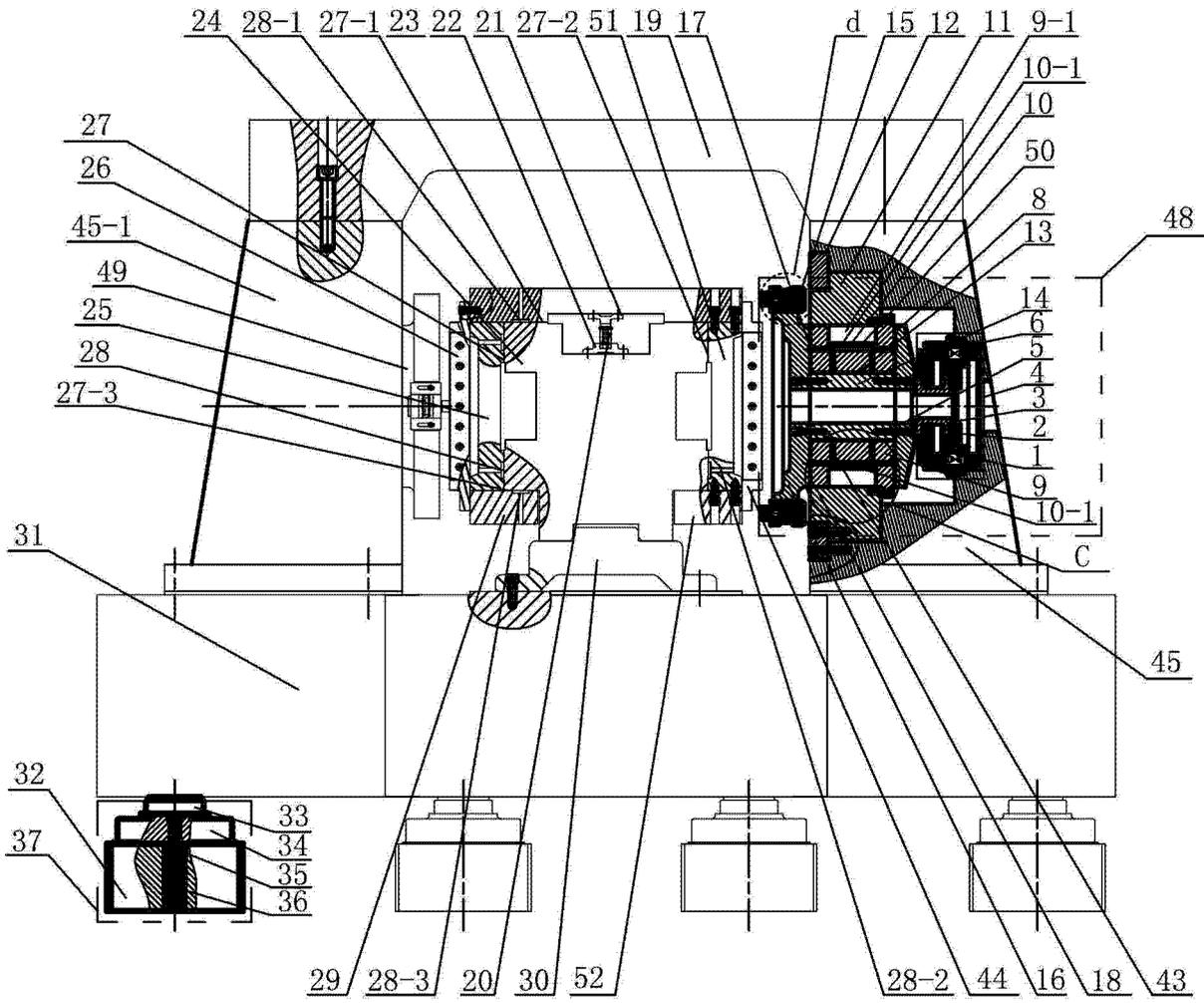


图 1

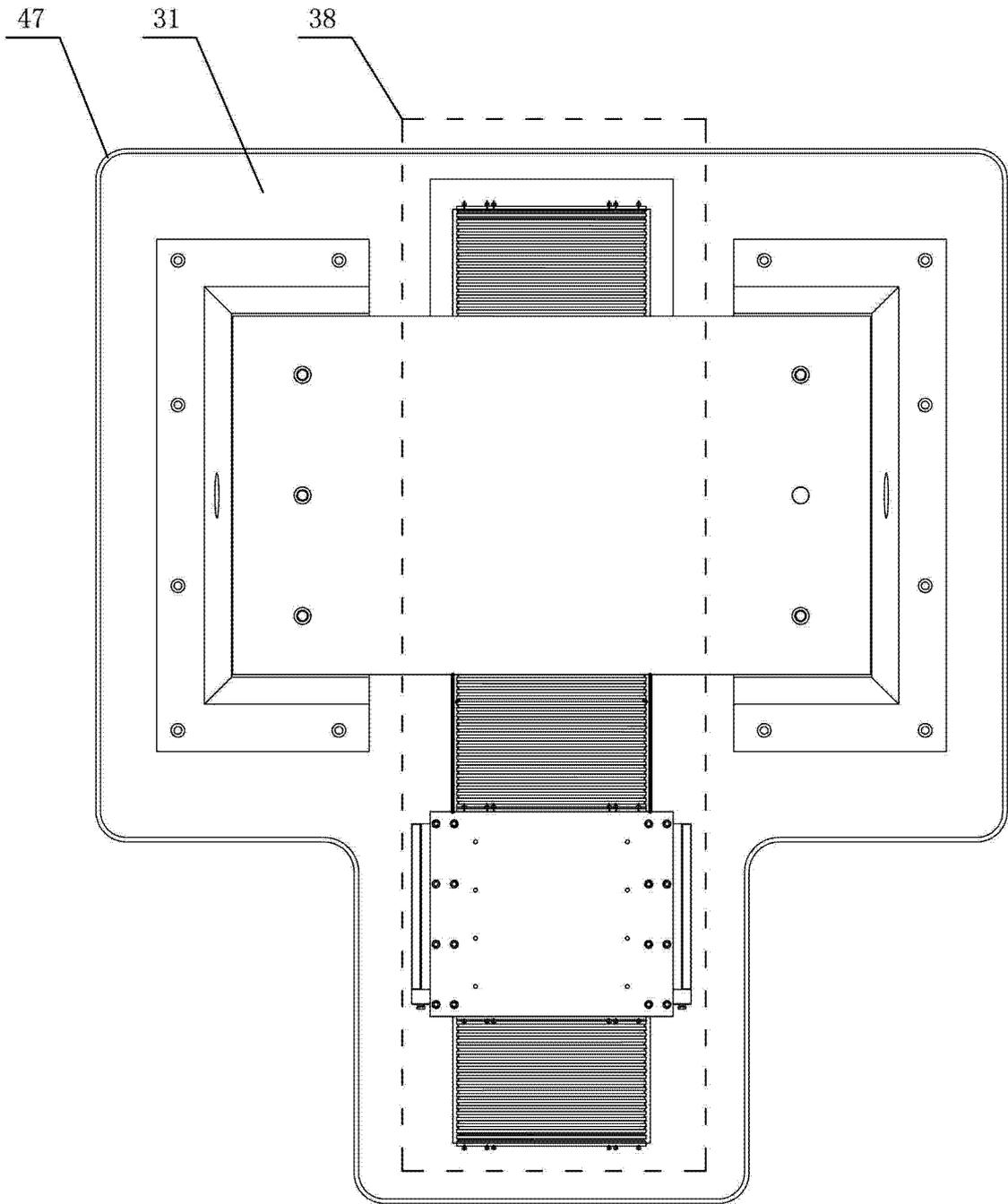


图 2

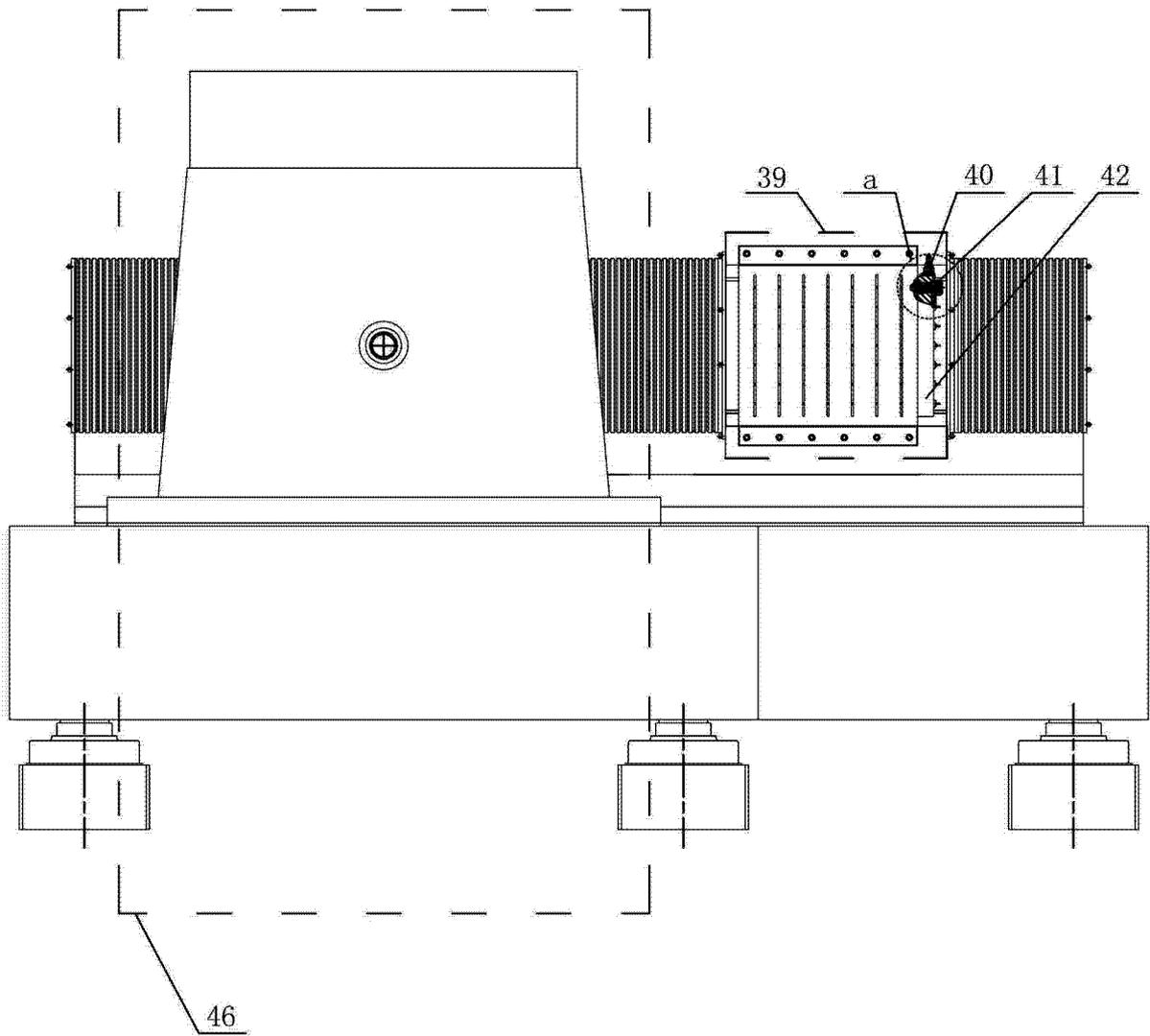


图 3

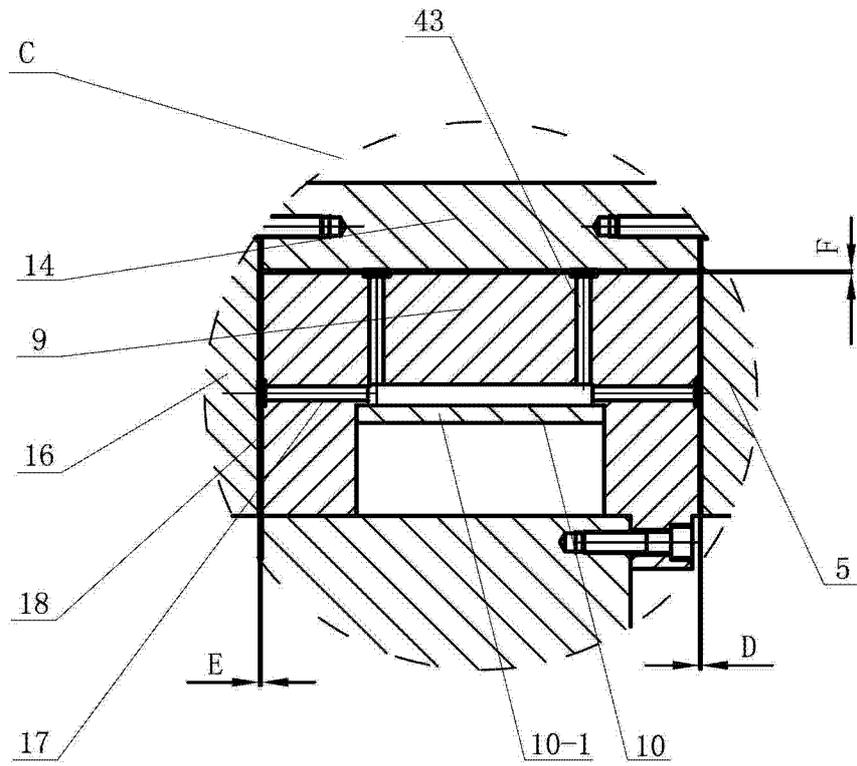


图 4

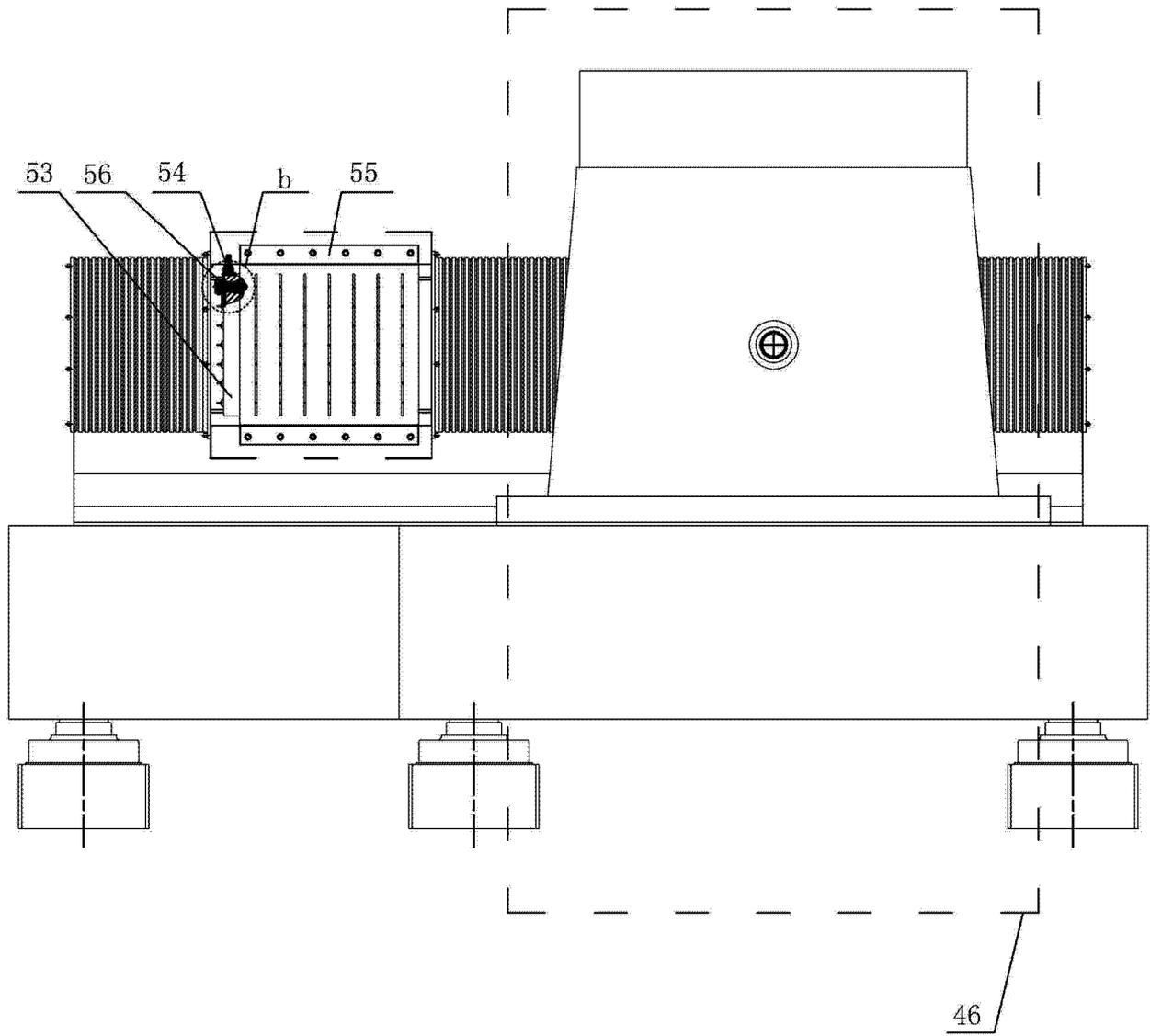


图 5

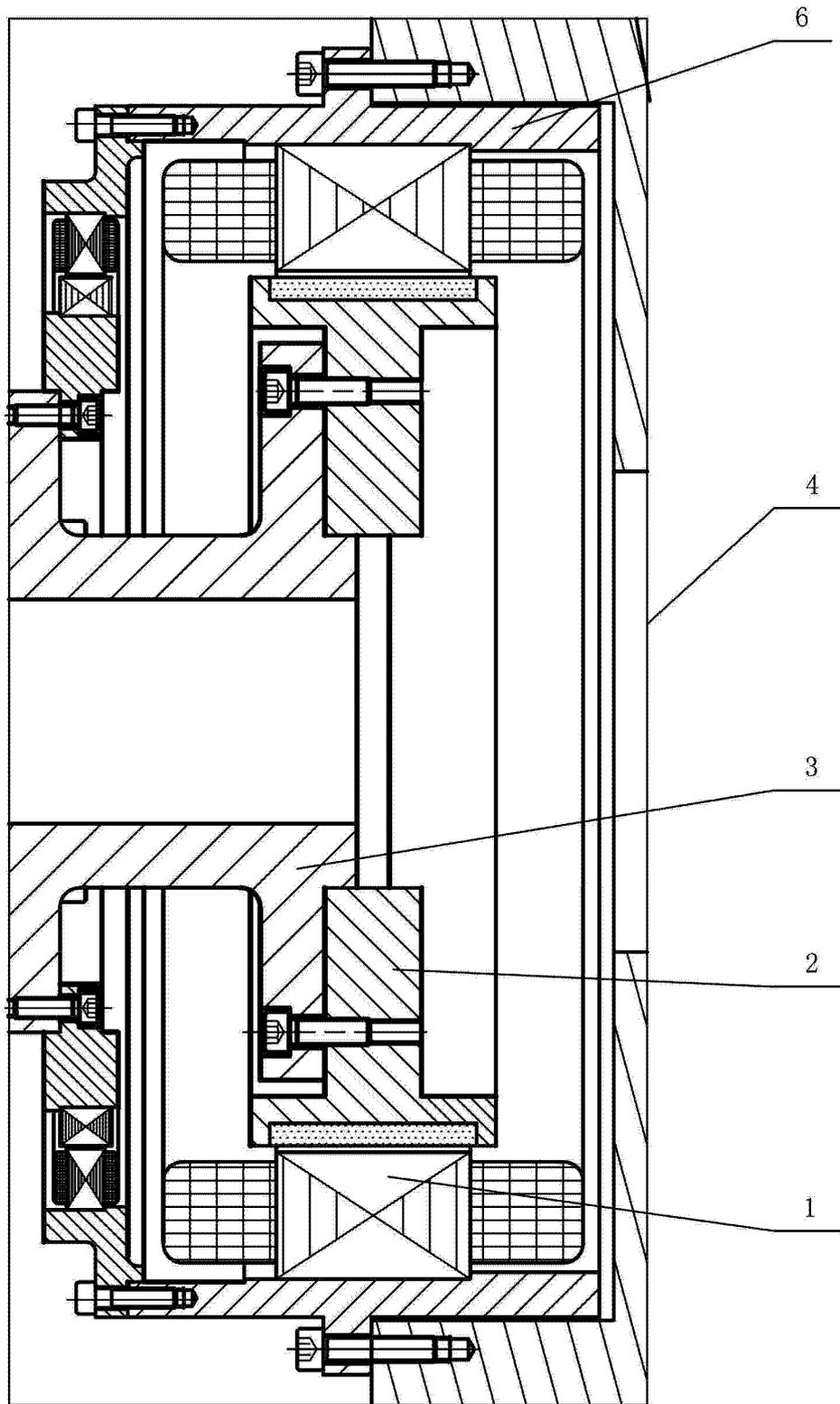


图 6

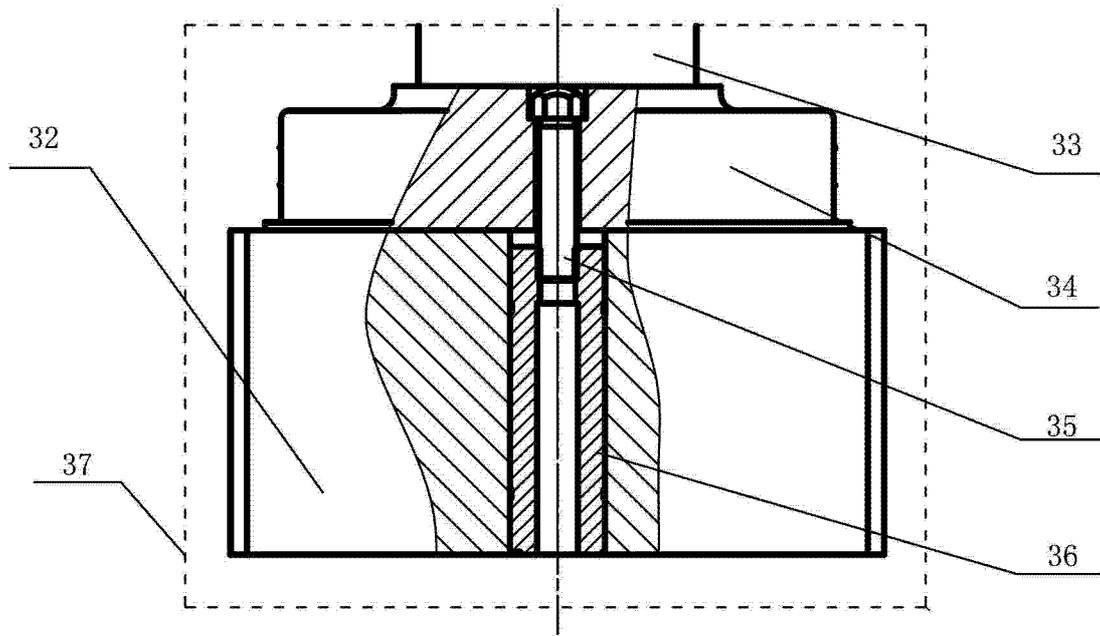


图 7

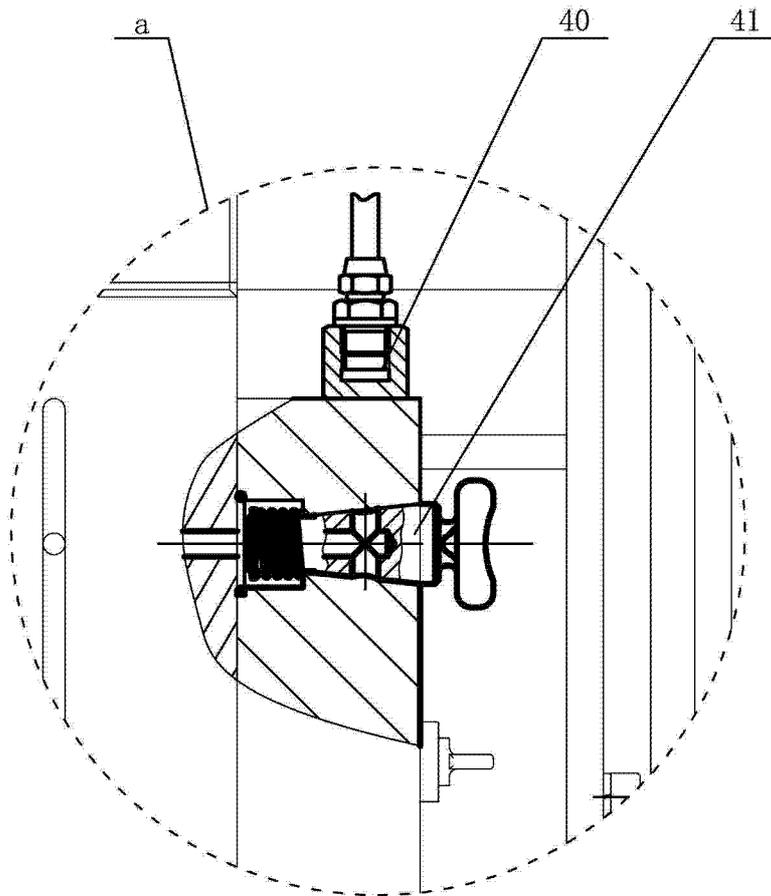


图 8

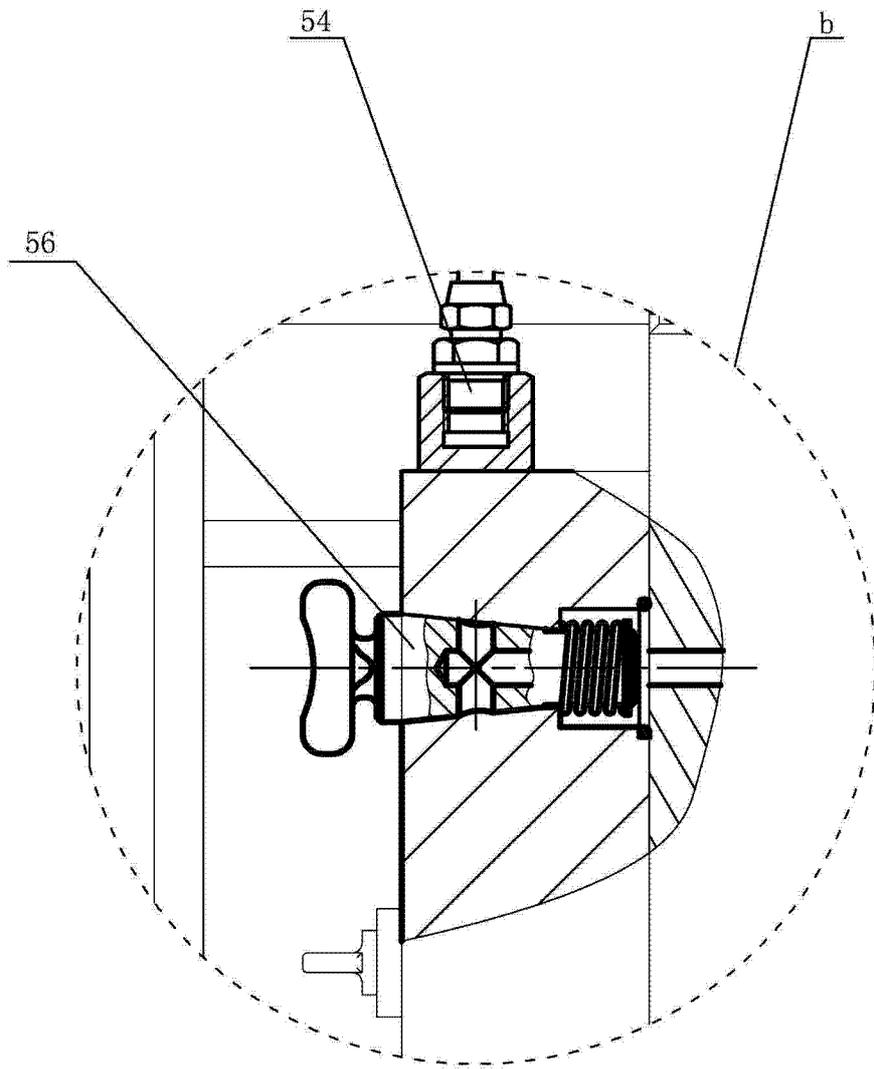


图 9

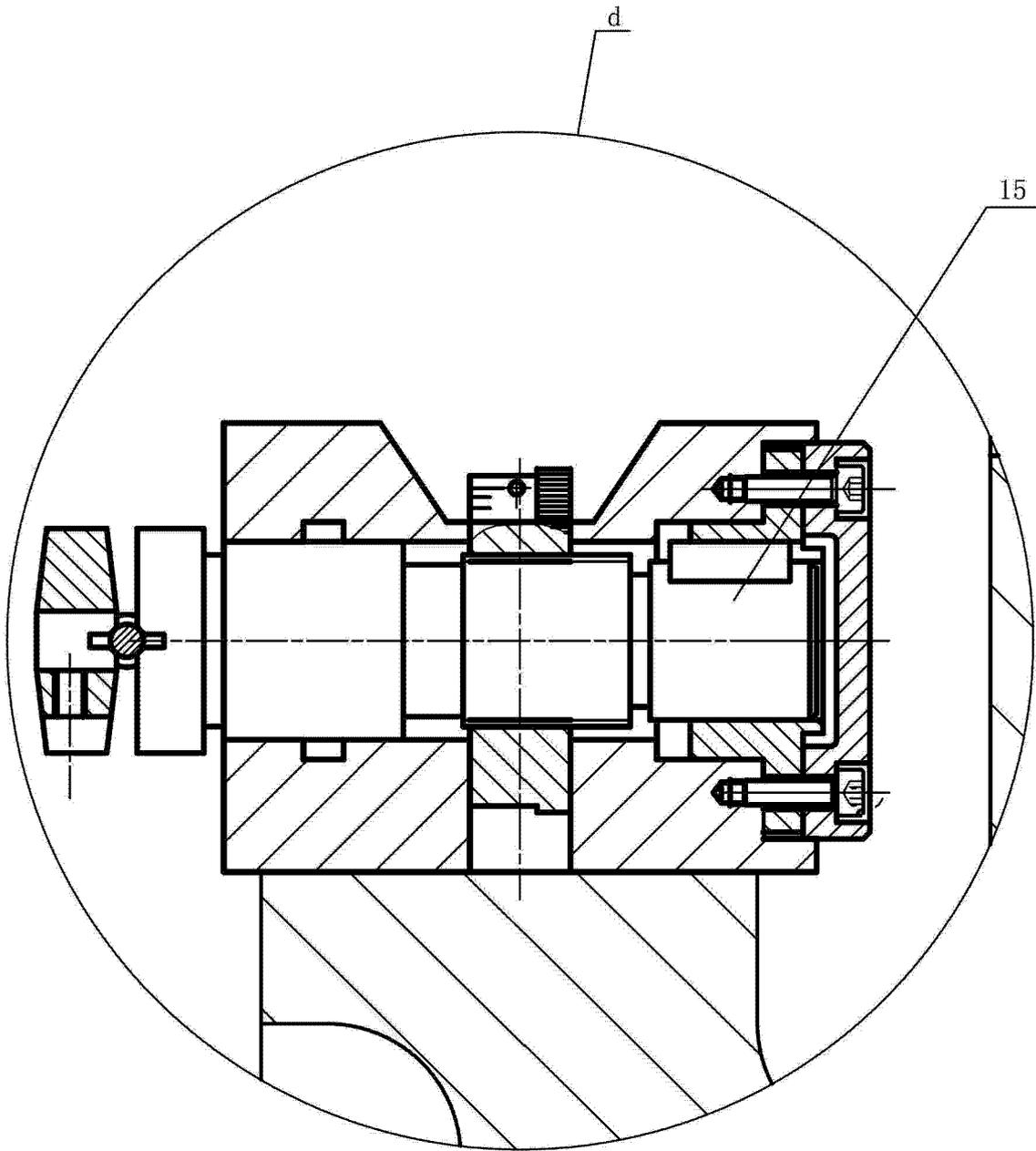


图 10