



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 107843481 B

(45)授权公告日 2019.08.02

(21)申请号 201710980225.1

审查员 桂洁

(22)申请日 2017.10.19

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 107843481 A

(43)申请公布日 2018.03.27

(73)专利权人 武汉大学

地址 430072 湖北省武汉市武昌区珞珈山
武汉大学

(72)发明人 张晓平 唐少辉 吴坚

(74)专利代理机构 武汉科皓知识产权代理事务
所(特殊普通合伙) 42222

代理人 俞琳娟

(51)Int.Cl.

G01N 3/02(2006.01)

G01N 3/56(2006.01)

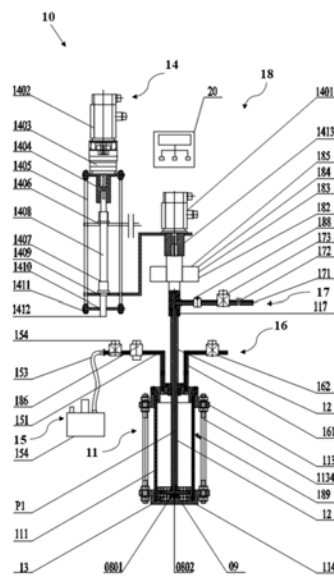
权利要求书2页 说明书11页 附图11页

(54)发明名称

盾构刀具磨损试验装置及试验方法

(57)摘要

本发明提供了一种盾构刀具磨损试验装置及试验方法。本发明所提供的盾构刀具磨损试验装置,其特征在于,包括:试验舱体;转动轴,内部设有沿着轴向延伸的第一通道;刀具,安装在转动轴的底端,内部设有与第一通道相密封连通的第二通道,表面设有开孔;驱动部,驱动转动轴进行旋转运动和轴向运动;加压部,向密封舱内提供压缩空气;泄压部,为密封舱进行排气泄压;进浆部,将浆料注入第一通道中;传感部,包含:刀具位置传感器,推力传感器、扭矩传感器、转速传感器、和推进速度传感器,气压力传感器,土压力传感器,液压传感器,以及高速微型摄像机,控制部,基于传感部的信息监控驱动部、加压部、泄压部、以及进浆部的运行。



1. 一种盾构刀具磨损试验装置,其特征在于,包括:

试验舱体,包含:舱体顶盖、舱体侧壁、以及可拆卸地安装在所述舱体侧壁底端的舱体底座,所述舱体顶盖、所述舱体侧壁和所述舱体底座共同围成中空的密封舱;

转动轴,下部伸入所述密封舱内,内部设有沿着轴向延伸的第一通道;

刀具,位于所述密封舱内,并且安装在所述转动轴的底端,对放置在所述舱体底座上的土样进行切削,内部设有与所述第一通道相密封连通的第二通道,表面设有开孔;

驱动部,与所述转动轴相连,驱动所述转动轴进行旋转运动和轴向运动;

加压部,与所述密封舱相密封连通,向所述密封舱内提供压缩空气;

泄压部,与所述密封舱相密封连通,为所述密封舱进行排气泄压;

进浆部,与所述转动轴的所述第一通道相密封连通,将浆料注入所述第一通道中;

传感部,包含:安装在刀具内的刀具位置传感器,安装在所述驱动部与所述转动轴的连接部位的推力传感器、扭矩传感器、转速传感器、和推进速度传感器,与所述密封舱相连、用于测量所述土样的上覆水土压力的气压力传感器,安装在所述舱体底座上、用于测量所述刀具对所述土样施加的挤压力的土压力传感器,安装在所述进浆部上的液压传感器,以及监测刀具磨损试验整个过程的高速微型摄像机,

控制部,与所述驱动部、所述加压部、所述泄压部、所述进浆部、以及所述传感部相通信连接,并且能够基于所述传感部的信息监控所述驱动部、所述加压部、所述泄压部、以及所述进浆部的运行,

其中,所述舱体侧壁为透明的空心圆柱体形状,

所述舱体顶盖包含:由下至上依次套装叠放的:支撑板、密封板、以及双重高压密封法兰,

所述支撑板的截面呈中空倒T字形,通过环绕其外圈设置的异形拉杆螺丝将所述舱体顶盖和所述舱体侧壁以及所述舱体底座固定连接在一起,

所述密封板的截面呈中空T字形,设有:与所述加压部相连通的进气孔,和与所述泄压部相连通的排气孔,

所述双重高压密封法兰的截面呈中空T字形,具有让所述转动轴通过并进行动态密封的中空纵向密封槽,该纵向密封槽与所述转动轴之间设有两个中心法兰密封圈,两个所述中心法兰密封圈一上一下布置于所述纵向密封槽内,所述纵向密封槽与所述密封板的套合处也设有多个密封圈。

2. 根据权利要求1所述的盾构刀具磨损试验装置,其特征在于:

其中,所述控制部还能够:让试验员输入所要模拟的刀具推进速度、转速、试验时间、上覆水土压力值、以及浆料注入信息,并基于这些信息控制所述驱动部、所述加压部、所述泄压部、所述进浆部进行相应运行。

3. 根据权利要求1所述的盾构刀具磨损试验装置,其特征在于:

其中,所述刀具包含:两根上刀管、和两根下刀管,

所述两根上刀管同轴固定在所述转动轴上,所述上刀管的内部中空,内端与所述转动轴的所述第一通道相密封连通,外端闭合,四棱开刃,呈 45° 角倾斜放置,表面设有所述开孔,

所述两根下刀管同轴固定在所述转动轴的底端,并且位于所述上刀管的下方,所述下

刀管的内部中空,内端与所述转动轴的所述第一通道相密封连通,外端闭合,四棱开刃,呈 45° 角倾斜放置,并且表面设有所述开孔,

所述上刀管和所述下刀管之间呈 90° 垂直摆放,且上下错位,整体呈等边十字形状。

4. 根据权利要求1所述的盾构刀具磨损试验装置,其特征在于,还包括:

辅助支承部,用于支撑所述试验舱体,包含:平台板、六个平台支撑柱、四个滑动块、以及两个转动块,

所述平台板上表面用于安装所述试验舱体,

六个所述平台支撑柱匀分成两组分别设置在所述平台板的两侧,用于支撑所述平台板,每个所述平台支撑柱上都设有沿轴向延伸的滑槽,

四个所述滑动块固定在所述平台板的两侧,并且分别对应每组中位于外侧的两个所述平台支撑柱的所述滑槽,能够沿着所述滑槽上下滑动并进行定位,

两个所述转动块固定在所述平台板的两侧,并且与位于每组中间的所述平台支撑柱相对应,能够沿着所述滑槽上下滑动进行定位、和绕着水平方向进行转向。

5. 一种盾构刀具磨损试验方法,采用权利要求1至4中任意一项所述的盾构刀具磨损试验装置进行试验,其特征在于,包括如下步骤:

取试验所需的刀具,在进行编号后分别称取各部分的质量;

将已进行编号的各刀具部件安装于转动轴的底端;

取合适规格的土体样本将其装放在密封舱内;

通过控制部控制加压部对密封舱内部施加与测试试验所要模拟的土体上覆水土压力同等大小的气压;

待密封舱内部气压值达到稳定状态后,通过控制部控制所述刀具的推进速度,转速,推力,扭矩以及试验需要的测试时间,使所述刀具依设定参数在所述土体中进行掘进试验;

达到规定测试时间后,泄压部进行排气泄压,待试验舱内部气压达到常压后打开舱体顶盖,并倒出试验后的土样;

取下所述刀具,拆分后分别清洗各部件并进行严格干燥处理;

称取试验后对应各编号刀具部件的质量,通过与测试前质量比照即可得到对应刀具磨损量大小。

盾构刀具磨损试验装置及试验方法

技术领域

[0001] 本发明涉及盾构刀具磨损试验装置和相应的试验方法。

背景技术

[0002] 高度机械化的盾构隧道技术施工法以其安全性能好、施工进度快、对各类地质环境适应能力强等诸多优点而成为目前土层隧道施工中的主流方法。然而,近些年来随着应用领域的日益扩大,超高水压,长距离盾构施工所带来的刀具磨损问题越来越突出,由于刀具过度磨损而引发的刀具频繁检修与更换等一系列技术问题大幅度降低施工效率,提高施工成本。

[0003] 盾构施工过程中的刀具磨损是指因刀盘硬质合金刀具与掌子面岩土材料之间直接接触而导致刀具表面在摩擦过程中自身质量流失、体积减小的现象。当磨损量达到规定值时,刀具就会因达到其削掘距离寿命极限而无法正常使用。较之于普通软粘土地层,盾构隧道掘进机在长距离穿越高石英含量密实砂质地层条件下,刀具磨损问题异常突出。施工经验显示:当高石英含量致密复合砂层范围少于半断面的区段约每500m换刀一次,超过半断面的区段,约每300m就需要进行一次刀具更换。磨损机理方面的研究表明:发生在刀具切削土体直接接触过程中所产生的初次磨损和渣土沿金属刀具流动而带来的二次磨损是造成盾构刀具磨损的2种主要磨损形式。与硬岩隧道掘进机(简称TBM)不同,盾构隧道掘进机在砂质地层中掘进二次磨损扮演着极为重要的角色,这一结论已经被大量的研究和工程实例所证实,例如:陈鹏. 南京长江隧道泥水盾构刀具磨损分析[J]. 企业技术开发, 2009, 28(4):7-8. 黄清飞. 砂卵石地层盾构刀盘刀具与土相互作用及其选型设计研究[D]. 北京交通大学,2010。

[0004] 盾构刀具磨损是土体-刀具之间相互作用的结果,受到诸如:土体原位条件,刀具材质、刀具-土体接触应力以及泥浆/润滑剂掺入等众多因素的影响。包括土体所处上覆水土压力环境,干湿条件及其本身物理力学性能指标在内的土体原位条件是盾构刀具磨损的决定性因素之一。其中,如何做到最大限度的模拟原状土体所处上覆水土压力环境与泥浆/润滑剂掺入环境已经成为目前刀具磨损室内试验研究领域普遍关注的问题。

[0005] 文献调研结果表明,目前关于盾构刀具磨损模拟试验装置的研发相对较少,已有装置都存在较为明显的缺陷,例如:中国发明专利(公开号CN 102901685 A)和中国实用新型专利(公开号CN 202956319 U)提出的一种模拟盾构施工工况的刀具摩擦磨损试验机、试验刀具及其试验方法,该方法不仅无法真实的反演原状土体所处的上覆水土压力环境与干湿环境状态,而且还存在无法有效地评估实际盾构施工过程中泥浆/润滑剂掺入对刀具磨损的减缓效应等固有缺陷;再如:中国发明专利(公开号 CN 106441751 A)公开号提出的一种用于上软下硬地层的盾构机刀具磨损模拟试验设备及方法,该设备和方法与上一种方法类似,存在无法还原原状土体所处的应力与干湿环境状态以及无法有效地评估实际盾构施工过程中泥浆/润滑剂掺入对刀具磨损的减缓效应等缺陷。此外,该方法还存在仅能模拟固定的盾构刀盘转速与掘进速度,无法模拟不同盾构施工工况,以及无法对装置刀具实际工

作情况进行实时动态智能化监测等明显不足之处。

[0006] 鉴于现存的盾构刀具磨损模拟试验设备及方法存在上述缺陷,难以模拟超高上覆水土压力环境下盾构在砂层中掘进刀具磨损试验的需要。因此,开发出具有普适性并能够准确模拟土体原位条件的全过程智能化动态控制高压密封刀具磨损试验装置及试验方法显得尤为必要。

发明内容

[0007] 本发明是为了解决上述课题而进行的,目的在于提供盾构刀具磨损试验装置和相应的试验方法。

[0008] 本发明为了实现上述目的,采用了以下方案:

[0009] <盾构刀具磨损试验装置>

[0010] 本发明提供一种盾构刀具磨损试验装置,其特征在于,包括:试验舱体,包含:舱体顶盖、舱体侧壁、以及可拆卸地安装在舱体侧壁底端的舱体底座,舱体顶盖、舱体侧壁和舱体底座共同围成中空的高压密封透明试验舱;转动轴,下部伸入高压密封透明试验舱内,内部设有沿着轴向延伸的第一通道;刀具,位于高压密封透明试验舱内,并且安装在转动轴的底端,对放置在舱体底座上的土样进行切削,内部设有与第一通道相密封连通的第二通道,表面设有开孔;驱动部,与转动轴相连,驱动转动轴进行旋转运动和轴向运动;加压部,与高压密封透明试验舱相密封连通,向高压密封透明试验舱内提供压缩空气;泄压部,与高压密封透明试验舱相密封连通,为高压密封透明试验舱进行排气泄压;进浆部,与转动轴的第一通道相密封连通,将浆料注入第一通道中;传感部,包含:安装在刀具内的刀具位置传感器,安装在驱动部与转动轴的连接部位的推力传感器、扭矩传感器、转速传感器、和推进速度传感器,与高压密封透明试验舱相连、用于测量土样的上覆水土压力的气压力传感器,安装在舱体底座上、用于测量刀具对土样施加的挤压力的土压力传感器,安装在进浆部上的液压传感器,以及监测刀具磨损试验整个过程的高速微型摄像机,控制部,与驱动部、加压部、泄压部、进浆部、以及传感部相通信连接,并且能够基于传感部的信息监控驱动部、加压部、泄压部、以及进浆部的运行。

[0011] 本发明所涉及的盾构刀具磨损试验装置,还可以具有这样的特征:控制部还能够:让试验员输入所要模拟的刀具推进速度、转速、试验时间、上覆水土压力值、以及浆料注入信息,并基于这些信息控制驱动部、加压部、泄压部、进浆部进行相应运行。

[0012] 本发明所涉及的盾构刀具磨损试验装置,还可以具有这样的特征:舱体侧壁为透明的空心圆柱体形状,试验舱体还包含连接构件,该连接构件包含由下至上依次套装叠放的:支撑板、密封板、以及双重高压密封法兰,支撑板的截面呈中空倒T字形,通过环绕其外圈设置的异形拉杆螺丝将舱体顶盖和舱体侧壁以及舱体底座固定连接在一起,密封板的截面呈中空T字形,设有:与加压部相连通的进气孔,和与泄压部相连通的排气孔,双重高压密封法兰的截面呈中空T字形,具有让转动轴通过并进行动态密封的中空纵向密封槽,该纵向密封槽与转动轴之间设有多个密封圈,纵向密封槽与密封板的套合处也设有多个密封圈。

[0013] 本发明所涉及的盾构刀具磨损试验装置,还可以具有这样的特征:刀具包含:刀具连接盒、上刀管、以及下刀管,刀具连接盒的上部通过构造螺纹与转动轴端部固定相连,下部与所述下刀管相连,上刀管和下刀管的内部中空作为第二通道,两端闭合,四棱开刃,呈

45°角倾斜放置,并且表面均设有开孔,上刀管和下刀管之间呈90°垂直摆放,且上下错位,整体呈等边十字形状。

[0014] 本发明所涉及的盾构刀具磨损试验装置,还可以具有这样的特征:刀具包含:两根上刀管、和两根下刀管,两根上刀管同轴固定在转动轴上,上刀管的内部中空,内端与转动轴的第一通道相密封连通,外端闭合,四棱开刃,呈45°角倾斜放置,表面设有开孔,两根下刀管同轴固定在转动轴的底端,并且位于上刀管的下方,下刀管的内部中空,内端与转动轴的第一通道相密封连通,外端闭合,四棱开刃,呈45°角倾斜放置,并且表面设有开孔,上刀管和下刀管之间呈90°垂直摆放,且上下错位,整体呈等边十字形状。

[0015] 本发明所涉及的盾构刀具磨损试验装置,其特征在于,还包括:辅助支承部,用于支撑试验舱体,主要包含:平台板、六个平台支撑柱、四个滑动块、以及两个转动块,平台板上表面用于安装试验舱体,六个平台支撑柱匀分成两组分别设置在平台板的两侧,用于支撑平台板,每隔平台支撑柱上都设有沿轴向延伸的滑槽,四个滑动块固定在平台板的两侧,并且分别对应每组中位于外侧的两个平台支撑柱的滑槽,能够沿着滑槽上下滑动并进行定位,两个转动块固定在平台板的两侧,并且与位于每组中间的平台支撑柱相对应,能够沿着滑槽上下滑动进行定位、和绕着水平方向进行转向。

[0016] <盾构刀具磨损试验方法>

[0017] 本发明还提供了一种盾构刀具磨损试验方法,采用上述<盾构刀具磨损试验装置>中任意一项所描述的盾构刀具磨损试验装置进行试验,其特征在于,包括如下步骤:取试验所需的刀具,在进行编号后分别称取各部分的质量;将已进行编号的各刀具部件安装于转动轴的底端;取合适规格的土体样本将其装放在高压密封透明试验舱内;通过控制部控制加压部对高压密封透明试验舱内部施加与测试试验所要模拟的土体上覆水土压力同等大小的气压;待高压密封透明试验舱内部气压值达到稳定状态后,通过控制部控制刀具的推进速度,转速,推力,扭矩以及试验需要的测试时间,使刀具依设定参数在土体中进行掘进试验;达到规定测试时间后,泄压部进行排气泄压,待试验舱内部气压达到常压后打开舱体顶盖,并倒出试验后的土样;取下刀具,拆分后分别清洗各部件并进行严格干燥处理;称取试验后对应各编号刀具部件的质量,通过与测试前质量比照即可得到对应刀具磨损量大小。

[0018] 发明的作用与效果

[0019] ①本发明以高水土压力环境条件下盾构在致密复合砂土中掘进为研究背景提供了一种新型的全过程智能化动态控制高压密封刀具磨损试验研究装置及试验方法。通过该试验装置和试验方法能够针对盾构施工过程中的刀具磨损现象进行精准的模拟,借助定量测量的手段可以实现对刀具磨损问题进行量化评估。

[0020] ②本发明提出的试验装置具有能够有效还原包括上覆水土压力等多种土体原位条件的能力。

[0021] ③通过转动轴以及刀具的中空设计为泥浆/润滑剂掺入提供了有效的通道,使得该装置具备评估泥浆/润滑剂掺入对刀具磨损影响的能力。

[0022] ④基于自动控制理念的全过程智能化量测与动态控制系统不仅科学地解决了试验参数的测量问题,提高了试验数据的准确性,而且节约试验时间,提高试验效率,为试验安全提供了有力保障。

[0023] ⑤中空刀具不仅质量轻,便于降低刀具质量的测量误差而且分上下两个平面的布置方式为区分因刀具切削土体直接接触过程中所产生的初次磨损和因渣土沿金属刀具流动而带来的二次磨损提供了有利条件。

[0024] ⑥转动轴运动参数的可控性,驱动部的可变频特性,测试土体样本的广泛性以及薄壁硬质合金矩形管刀具,透明薄壁试验舱体的可拆卸性均为全过程智能化动态控制高压密封盾构刀具磨损试验研究装置的普适性奠定了坚实基础。

附图说明

[0025] 图1是本发明实施例中涉及的盾构刀具磨损试验装置的结构示意图;

[0026] 图2是本发明实施例中涉及的试验舱体的结构示意图;

[0027] 图3是本发明实施例中涉及的盾构刀具磨损试验装置的部分结构示意图;

[0028] 图4是本发明实施例中涉及的舱体顶盖的结构示意图;

[0029] 图5是本发明实施例中涉及的舱体顶盖的剖视图;

[0030] 图6是本发明实施例中涉及的试验舱体中舱体顶盖的部分结构分解图;

[0031] 图7是本发明实施例中涉及的三体连接件和转动轴对应关系的示意图,其中,(a)为三体连接件的分解图,(b)为转动轴的局部放大图,(c)为三体连接件的俯视图,(d)为三体连接件的内部结构示意图;

[0032] 图8是本发明实施例中涉及的刀具的结构示意图;

[0033] 图9是本发明实施例中涉及的刀具连接盒的结构示意图;

[0034] 图10是本发明实施例中涉及的倒“Z”字形连接件的结构示意图;

[0035] 图11是本发明实施例中涉及的辅助支承部的结构示意图;

[0036] 图12是本发明实施例中涉及的辅助支承部的俯视图;

[0037] 图13是本发明涉及的另一一种刀具的结构示意图。

[0038] 上述图1至10中,各部件标号如下:

[0039] 10.盾构刀具磨损试验装置;11.试验舱体、12.转动轴、13.刀具、14.驱动部、15.加压部、16.泄压部、17.进浆部、18.传感部、19.辅助支承部、20.控制部;

[0040] 111.舱体侧壁、112.转动轴、112a.进液槽、112b.侧向孔、113.舱体顶盖、1131.支撑板、1132.密封板、1132a.进气孔、1132b.排气孔、1132c.中圈密封螺栓、1132d.起吊孔、1132e.内圈密封螺栓、1133.双重高压密封法兰、1133a.纵向密封槽、1134.异形拉杆螺丝、1135.中圈螺栓孔、1136.内圈螺栓孔、1137.中心法兰密封圈、1138.密封板专用密封圈、1139.橡胶密封条、114.舱体底座、115.刀具、116.异形螺栓拉杆、117.三体连接件、117a.连接块、117b.密封压板、117c.进液孔、117d.轴心孔、117e.三体连接件密封圈、117f.连接螺栓、118.平台连接件、P1.第一通道、S.土样;

[0041] 131.上刀管、132.下刀管、133.刀具连接盒、133a.上部连接盒、133b.下部连接盒、134.镂空孔、135.连接盒密封槽、136.下部连接盒螺栓孔、137.螺纹接头、138.螺栓孔、P2.第二通道、H.表面设有开孔;

[0042] 1401.转速控制电机、1402.推进速度控制电机、1403.减速器、1404.连轴器、1405.导向轴、1406.丝杆螺母、1407.丝杆螺母、1408.丝杆、1409.倒“Z”字形连接件、1409a.驱动电机安装孔、1409b.侧向加固板、1409c.丝杆连接板、1409d.导向轴安装孔、1409e.丝杆安

装孔、1409f. 驱动电机安装平台、1409g. 驱动电机固定螺栓、1410. 导向轴连接板、1411. 控制电机主轴、1412. 导向轴端部螺丝、1413. 连轴器；

[0043] 151. 进气管道、152. 常开型两通电磁阀、153. 连接用弯管、154. 高压气泵；

[0044] 161. 排气管、162. 常闭型两位两通电磁阀；

[0045] 171. 进液管、172. 球阀、173. 常开型两位两通电磁阀；

[0046] 181. 刀具位置传感器、182. 推力传感器、183. 扭矩传感器、184. 转速传感器、185. 推进速度传感器、186. 气压力传感器、187. 土压力传感器、188. 液压及流量传感器、189. 高速微型摄像机；

[0047] 191. 平台板、192. 六个平台支撑柱、192a. 滑槽、193. “凸”字形滑动块、194. 转动块、195. 端部方形支撑杆、196. 端部圆形支撑杆、197. 中间圆形支撑杆、198. 套箍；

[0048] 刀具13'：上刀管131'、下刀管132'、连接件133'。

具体实施方式

[0049] 以下参照附图对本发明所涉及的盾构刀具磨损试验装置及试验方法作详细阐述。

[0050] <实施例>

[0051] 如图1和2所示，本实施例中，盾构刀具磨损试验装置100包括：试验舱体11、转动轴12、刀具13、驱动部14、加压部15、泄压部16、进浆部17、传感部18、辅助支承部（图1中未显示）、以及控制部20。

[0052] 如图2和3所示，试验舱体11包含：舱体侧壁111、转动轴112、舱体顶盖113、舱体底座114、刀具115、异形螺栓拉杆116以及三体连接件117。舱体侧壁111为透明圆柱体形状。异形螺栓拉杆116将舱体侧壁111、舱体顶盖113、以及舱体底座114连接形成一个完整的圆柱体状高压密封透明试验舱，为试验刀具提供了良好的工作环境空间。位于试验舱体11顶盖中心位置的转动轴112通过三体连接件117与泥浆/润滑剂掺入通道及固定支撑架相连，底部与刀具13衔接，成为密封试验舱体11与外部系统联系的基本纽带。

[0053] 转动轴112下部伸入高压密封透明试验舱内，内部设有沿着轴向延伸的第一通道P1。

[0054] 考虑到实验测试期间舱体内部的气压值最高可达20bar，且转动轴112需要在密封高压环境下依规定参数同时做旋转和推进运动，因此，转动轴112与舱体顶盖113之间的密封成为全过程智能化动态控制高压密封刀具磨损试验装置的关键技术之一。本装置综合考虑上述因素的影响，在转动轴112与舱体顶盖113之间设计了适用于本装置的专用双重高压密封法兰1133，通过双重高压密封法兰1133及其内部密封圈的隔断作用顺利实现了转动轴112运动过程中的高压密封处理。

[0055] 如图4至6所示，舱体顶盖113包含由下至上依次套装叠放的：支撑板1131、密封板1132、以及双重高压密封法兰1133。支撑板1131的截面呈中空倒T字形，通过环绕其外圈设置的异形拉杆螺丝1134将舱体顶盖113和舱体侧壁111以及舱体底座114固定连接在一起。密封板1132的截面呈中空T字形，设有：与加压部15相连通的进气孔1132a，和与泄压部16相连通的排气孔1132b。双重高压密封法兰1133的截面呈中空T字形，具有让转动轴12通过并进行动态密封的中空纵向密封槽1133a，该纵向密封槽1133a与转动轴12之间设有2道密封圈，纵向密封槽1133a与密封板1132的套合处也设有2道密封圈。

[0056] 上述舱体顶盖113的结构设计采用的是“空间三层叠合面板”的创新型设计理念,首先通过支撑板1131和异形拉杆螺丝1134实现了舱体顶盖113、舱体侧壁111以及舱体底座114之间的连接;其次借助于中圈密封板1132上的进气孔1132a与排气孔1132b解决了气体输入和排出舱体内部的路径问题;最后采用双重高压密封法兰1133有效的与转动轴112实现过渡衔接。空间逐层叠放的概念设计为中圈密封螺栓1132c和内圈密封螺栓1132e的安装提供了空间,三重面板的组合设计确保了装置的可拆卸性,为后续装置的保养维修提供了充足的便利。

[0057] 如图5和6所示,在舱体顶盖113中,两个中心法兰密封圈1137一上一下布置于纵向密封槽1133a内,截面直径2.5mm,主要用于运动状态下的转动轴112和双重高压密封法兰1133之间的动态密封。上下各布置一道的双重密封方式有效地保障了转动轴112与双重高压密封法兰1133在20bar高压条件下具有良好的密封效果。而布置于双重高压密封法兰1133外周部的两个密封板专用密封圈1138则主要用于解决双重高压密封法兰1133和密封板1132之间的密封问题,截面直径3.1mm。与中心法兰密封圈1137的布置方式相类似,为确保密封效果,密封板专用密封圈1138亦采取了双重密封的布置方式。

[0058] 另外,在支撑板1131的下表面和舱体侧壁111的顶部之间设有橡胶密封条1139,宽11mm,厚3mm,绕支撑板1131与舱体侧壁111顶部呈环形布置。

[0059] 诸如舱体侧壁111与舱体顶盖113,支撑板1131、密封板1132以及双重高压密封法兰1133之间的橡胶密封条1139、中心法兰密封圈1137、密封板专用密封圈1138等局部密封构件的布设确保了装置整体良好的密封效果,为原位水土压力环境的模拟创造了有利条件。

[0060] 如图7所示,三体连接件117包括:连接块117a、两块密封压板117b、进液孔117c、轴心孔117d、三体连接件密封圈117e以及连接螺栓117f。通过轴心孔117d转动轴112能够贯穿整个三体连接件117,并且,转动轴112在与进液孔117c对应位置处开有进液槽112a和侧向孔112b,其具体位置关系如图7(b)所示。当装置处于正常工作状态时,进液管内的泥浆/润滑剂首先借助进液孔117c流入三体连接件117,而后通过进液槽112a最终从侧向孔112b处进入转动轴112内部。进液槽112a的设计解决了转动轴旋转过程中的泥浆/润滑剂流入问题,为建立畅通的液压通道奠定了基础。与此同时,为有效防止试验过程中泥浆/润滑剂的渗漏,本方案在三体连接件117上下端面的轴心孔117d周围设计了如图7(a)所示的截面直径2.5mm的三体连接件密封圈117e。通过拧紧相应的密封压板117b即可对三体连接件117的轴心孔117d进行有效的密封处理。如图7(c)所示,整个三体连接件117通过连接螺栓117f固定于相应的支撑板1131上,可在一定程度上降低转动轴112在运动过程中的摆动,确保装置运行的稳定性。

[0061] 如图1和2所示,刀具13位于高压密封透明试验舱内,并且安装在转动轴12的底端,对放置在舱体底座114上的土样S进行切削,内部设有与第一通道P1相密封连通的第二通道P2,表面设有开孔H。

[0062] 如图8所示,刀具13包含:上刀管131、下刀管132、和刀具连接盒133。

[0063] 上刀管131和下刀管132都为薄壁硬质合金矩形管,内部中空作为第二通道P2,两端闭合,表面设有开孔H,四棱开刃,呈45°角倾斜放置。中空的设计方式不仅为实现泥浆/润滑剂随刀具实时动态掺入提供了有效的通道,而且大幅度的减轻了刀具13整体质量,为减

少刀具13质量测量误差、充分保证磨损量的测量精度提供了可靠保障。四棱开刃,呈45°角倾斜放置的布设理念则为实现工作状态下刀具13在试验舱体11内顺利向下掘进提供了足够的便利。

[0064] 上刀管131和下刀管132之间呈90°垂直摆放,且上下错位,整体呈“等边十字”形状。当螺旋桨型的刀具13在原状土体样本S中掘进时,下刀管132与原状土体样本S直接接触,偏于刀具13切削土体直接接触过程中所产生的初次磨损;上刀管131则更多的与经下刀管132切削后的流动渣土接触,更偏于因切削土渣沿刀具13表面流动而带来的二次磨损。

[0065] 此外,上刀管131和下刀管132中间部位都设计成中心圆盘结构,通过该结构可以很方便的实现上下刀管之间的连接。刀具连接盒133通体采用镂空设计,这样不仅节约耗材、减轻了刀具13整体质量,而且还为构建一条连续贯通的泥浆/润滑剂掺入通道提供了充足的空间。上刀管131、下刀管132以及转动轴112之间的连接圆盘内部车有螺纹,通过构造螺纹有效的解决了三者之间的衔接问题。

[0066] 如图9所示,该连接圆盘主要由:四个镂空孔134、连接盒密封槽135、下部连接盒螺栓孔136、上部连接盒133a、下部连接盒133b以及螺纹接头137构成。其中,转动轴112与上部连接盒133a之间通过螺纹接头137连接;上部连接盒133a与下部连接盒133b之间则采用标准螺栓进行连接。螺栓孔138绕圆盘外周部每90°布置一个,共计4个。镂空孔134为非贯穿孔,孔壁光滑,孔径大于螺栓头外径,其底端为下部连接盒螺栓孔136。下刀管132和中心圆盘的下半部分是浇筑成一体的,通过四个镂空孔134中的螺栓连在一起。

[0067] 刀具13组装过程中,螺栓经由上部连接盒133a的镂空孔134抵达下部连接盒133b的螺栓孔138中,通过相应的螺丝刀拧紧后,头部位于镂空孔134中,底部则位于螺栓孔138内,由此实现了两个连接盒之间的衔接。镂空孔134的设计不仅缩短了螺栓连接的长度,减小了上部连接盒133a加工过程中的攻丝难度,而且还大幅度的降低了连接盒133的重量。这对试验过程中刀具13质量称量精度的提升存在较为显著的帮助。此外,考虑到试验过程中泥浆/润滑剂会通过舱体侧壁111抵达位于刀具13表面的开孔H,因此本方案在上部连接盒133a与下部连接盒133b之间进行了针对性的连接盒密封槽135设计,通过在连接盒密封槽135内加设截面直径2.5mm的标准密封圈有效地防止了泥浆/润滑剂的渗漏。

[0068] 如图3所示,驱动部14与转动轴12相连,驱动转动轴12进行旋转运动和轴向运动(上下往复运动)。驱动部14包含:转速控制电机1401、推进速度控制电机1402、减速器1403、联轴器1404、导向轴 1405、丝杠螺母1406和1407、丝杠1408、倒“Z”字形连接件1409、导向轴连接板1410、控制电机主轴1411、导向轴端部螺丝1412、以及联轴器1413。考虑到转动轴12的运动由旋转运动和轴向运动这两种运动方式复合而成,仅通过一台普通标准电机进行控制难以实现,因此本方案通过设置推进速度控制电机1402和转速控制电机1401两台标准变频驱动电机对转动轴12的运动方式进行控制。其中,推进速度控制电机1402首先借助丝杠螺母1407与底部倒“Z”字形构件1409固定相连,而后再通过倒“Z”字形构件1409与转速控制电机1401之间进行固定连接。当装置处于正常工作状态时:推进速度控制电机1402可借助丝杠1408和丝杠螺母1407带动底部自主设计的倒“Z”字形构件1409、转速控制电机1401及其底部连接的转动轴12进行轴向运动。与此同时,在转速控制电机1401的直接驱动之下,转动轴12亦可进行旋转。如此即顺利实现了对转动轴112和刀具115运动方式的有效控制。考虑到推进速度控制电机1402和转速控制电机1401分别位于倒“Z”字形构件1409的两端,具

有相对独立性因此能有效避免彼此之间的相互干扰。

[0069] 如图10所示,倒“Z”字形构件1409主要由:驱动电机安装孔1409a、侧向加固板1409b、丝杆连接板1409c、导向轴安装孔1409d、丝杆安装孔1409e、驱动电机安装平台1409f、以及驱动电机固定螺栓1409g构成。转速控制电机1401通过驱动电机固定螺栓1409g安装于驱动电机安装平台1409f之上,丝杆1408贯穿丝杆安装孔1409e,并通过丝杆螺母1407与倒“Z”字形构件1409相连。鉴于丝杆连接板1409c长度较大,为有效增大其连接刚度,本方案进行了针对性的侧向加固板1409b设计。这种基于倒“Z”字形的独特设计理念使得由转速控制电机1401控制的旋转运动是在由推进速度控制电机1402控制的轴向运动的基础上进行,不仅确保了装置整体运转的协调性,而且有效的降低了推进速度控制电机1402的安装高度,既便于装置的装配又能够节约存放空间。

[0070] 如图1所示,加压部15与高压密封透明试验舱相密封连通,向高压密封透明试验舱内提供压缩空气。加压部15包含:进气管道151、常开型两通电磁阀152、连接用弯管153、以及高压气泵154。

[0071] 泄压部16与高压密封透明试验舱相密封连通,为高压密封透明试验舱进行排气泄压。泄压部16包含:排气管161、和设置在排气管161上的常闭型两位两通电磁阀162。

[0072] 进浆部17与高压密封透明试验舱相密封连通,将浆料注入转动轴12的第一通道P1内。进浆部17包含:将泥浆/润滑剂导入第一通道P1中的进液管171、球阀172、以及常开型两位两通电磁阀173。

[0073] 传感部18包含:安装在刀具13内的刀具位置传感器181,安装在驱动部14与转动轴12的连接部位的推力传感器182、扭矩传感器183、转速传感器184、和推进速度传感器185,与高压密封透明试验舱相连、用于测量试验舱内压力值的气压力传感器186,安装在舱体底座114上、用于测量刀具13对土样S施加的挤压力的土压力传感器187,安装在进浆部17上的液压及流量传感器188,以及监测刀具磨损试验整个过程的高速微型摄像机189。通过土压力传感器187能有效监测刀具13在掘进过程中与原状土体S之间产生的接触压力值大小,借助于刀具位置传感器181则能实时感知刀具115的位置,当刀具13掘进至近乎试验舱体11底座时,刀具位置传感器181能将信息迅速反馈给控制部20,从而及时停止电机运转,确保实验安全。

[0074] 如图11和12所示,辅助支承部19用于支撑试验舱体11,它包含:平台板191、六个平台支撑柱192、四个“凸”字形滑动块193、两个转动块194、端部方形支撑杆195和196、中间圆形支撑杆197、螺栓套筒、以及套箍198。

[0075] 以平台板191为中心,试验舱体11通过舱体底座114和平台连接件118固定在平台板191中央,两端各均匀布设三根平台支撑柱192,平台支撑柱192与平台板191之间通过板底外侧的端部方形支撑杆195和196以及中间圆形支撑杆197相连接。

[0076] 平台板191上表面用于安装试验舱体11。六个平台支撑柱192分成两组分别设置在平台板191的两侧,用于支撑平台板191,每个平台支撑柱192上都设有沿轴向延伸的滑槽192a。四个滑动块193固定在平台板191的两侧,并且分别对应每组中位于外侧的两个平台支撑柱192的滑槽192a,能够沿着滑槽192a上下滑动并进行定位。两个转动块194固定在平台板191的两侧,并且与位于每组中间的平台支撑柱192相对应,能够沿着滑槽192a上下滑动进行定位、和绕着水平方向进行转向。

[0077] 位于外侧的端部方形支撑杆195和196通过螺栓套筒与位于两侧平台支撑柱192的滑槽192a内的“凸”字形滑动块193进行连接;类似的,中间圆形支撑杆197通过螺栓套筒与位于中间平台支撑柱192的滑槽192a内的转动块194进行连接。在进行土体样本更换时,通过控制双向液压千斤顶,滑动块193与转动块194可沿滑槽192a以一定速度带动借助套箍198与平台板191固定的中间圆形支撑杆197进行运动。当平台板191运动到预设位置时,通过按下相应的卡位器开启控制按钮,“凸”字型滑动块193与转动块194内部的卡位器通过弹簧可将定位销弹射至平台支撑柱192对应位置的预留孔内,从而使平台板191停留在需要的位置。其中,整个辅助支承部19由位于平台板底部的双向液压千斤顶提供动力,所选双向液压千斤顶最大行程超过300mm。

[0078] 控制部20与驱动部14、加压部15、泄压部16、进浆部17、传感部18以及辅助支承部19相通信连接,并且能够基于传感部18的信息监控驱动部14、加压部15、泄压部16、进浆部17、以及辅助支承部19的运行。并且,控制部20还能够让试验员输入所要模拟的刀具推进速度、转速、试验时间、上覆水土压力值、以及浆料注入信息,并基于这些信息控制驱动部14、加压部15、泄压部16、进浆部17、以及辅助支承部19进行相应运行。

[0079] 基于以上结构,本实施例中,盾构刀具磨损试验装置100是通过施加同等大小的气压力值来模拟原状土体上覆水土压力。首先,高压气泵154产生的压缩空气将经由进气管道151从试验舱舱体顶盖113的表面进气孔1132a进入试验舱内。安装在进气管道151上的气压力传感器186可以随时监测高压密封透明试验舱内部气压值的大小,待其达到目标值且维持一定时间以后即可进行后续的刀具磨损测试。当因故障舱内压力超过20bar时,进气管道151上的常开型两位两通电磁阀152自动关闭,排气管161上的常闭型两位两通电磁阀162自动打开,舱内压缩空气将经由排气管161自动排出,以确保实验人员及试验装置的安全。

[0080] 在气压值达到稳定状态后,通过在控制部20输入转动轴12的推力P,扭矩T,转速N及运动速度V等参数并确认以后即可进行刀具13的磨损测试试验。在转速控制电机1401和推进速度控制电机1402的作用下转动轴112将带动底部刀具115依上述参数在原状土体样本S中运动。其中,安装于电机与转动轴112连接部位,由推力传感器182、扭矩传感器183、转动轴转速传感器184、推进速度传感器185构成的集成型多功能高效综合型传感器不仅是高压密封刀具磨损试验装置实现智能化动态监测的基础,也为试验过程参数化处理提供了重要依据。

[0081] 为进一步考虑实际施工过程中泥浆/润滑剂掺入对盾构刀具磨损的影响,试验测试过程中试验员可根据需要进行诸如泥浆膨润土,泡沫材料等各种土壤调理剂的添加:首先,添加剂将经由进液管171依次通过:球阀172、常开型两位两通电磁阀173、液压及流量传感器188、转动轴12进入到刀具13内部通道P2中,最后由刀具13开孔H喷出。该泥浆/润滑剂掺入通道能将添加剂输送到刀具13表面,真实地还原了实际施工过程中泥浆/润滑剂掺入材料随盾构刀盘运动实时喷涌的动态过程。

[0082] 这里,当需要进行刀具13或是土体样本S的更换时,首先需要将舱内气压降至常压,拧开中圈密封螺栓1132c,通过起吊孔1132d吊起密封板1132以及双重高压密封法兰1133;然后上升双向液压千斤顶至平台板191底部,并按下相应的卡位器关闭按钮,使得定位销缩回卡位器内部,滑动块193和转动块194处于可滑动状态;再通过控制双向液压千斤顶使得平台板191沿滑槽192a缓缓下降。当降至合适位置时,“凸”字型滑动块193与转动块

194将同时打开内部的卡位器,平台板191停留在需要的位置;最后通过拧开端部方形支撑杆195和196两端的螺栓套筒及对应杆件的套箍螺栓即可取下相应的方形支撑杆195和196。此时,通过绕中间圆形支撑杆197转动平台板191即可实现试验舱体11的倒置,也即完成了残余土体样本S的排除与试验舱体11的清理工序;在完成上述操作之后,通过控制双向液压千斤顶使得平台板191沿滑槽192a上升至合适的位置,最后再次拧紧中圈密封螺栓1132c即完成舱体顶盖113的复位。

[0083] 具体地,利用该试验装置进行实验室模拟盾构刀具磨损试验主要的操作包括以下几个步骤:

[0084] ①拧开舱体顶盖13上的中圈螺栓,打开高压密封透明试验舱,而后通过双向液压千斤顶控制试验舱体11沿辅助支承部19下降到规定位置并固定;

[0085] ②取试验所需的刀具13,在进行编号后分别称取各部分的质量;

[0086] ③将已进行编号的各刀具部件将安装于转动轴12的底端,进而组装成装置所需要的“等边十字”形刀具13;

[0087] ④在调整好高压密封透明试验舱底部土压力传感器187的位置后,取合适规格的土体样本S将其装放在高压密封透明试验舱内,注意土样取放时需格外小心,尽量避免损坏。如所用土样为原状样,则为原状土试验。

[0088] ⑤检查高压密封透明试验舱内部情况,确认状况良好以后,调节双向液压千斤顶上升试验舱至合适位置,而后通过拧紧螺栓封闭高压密封透明试验舱;

[0089] ⑥通过控制部20输入测试试验所要模拟的原状土体上覆水土压力值大小,确认后控制部20将会通过高压气泵154自动给高压密封透明试验舱内部施加同等大小的压力值;

[0090] ⑦待高压密封透明试验舱内部气压值达到稳定状态后,在控制部20输入刀具13的推进速度,转速以及试验需要的测试时间,确认后电机开始试验,刀具13即依设定参数在土体中进行掘进试验;

[0091] ⑧待达到规定测试时间后,打开常闭型两位两通电磁阀162排放高压密封透明试验舱内的压缩空气,待高压密封透明试验舱内部气压达到常压后打开舱体顶盖113并固定,下降高压密封透明试验舱至合适位置;

[0092] ⑨取出高压密封透明试验舱平台两端方形支撑杆195和196,倒出试验后的土样S,并对舱体进行细致清理。

[0093] ⑩取下刀具13,拆分后分别清洗各部件并进行严格干燥处理;

[0094] ⑪称取试验后对应各编号刀具部件的质量,通过与测试前质量比照即可得到对应刀具磨损量大小;

[0095] ⑫上升高压密封透明试验舱至初始位置,盖上舱体顶盖113,拧紧密封螺栓,关闭控制部19。

[0096] 如上所述,本实施例所提供的盾构刀具磨损试验装置和相应的试验方法是一套能有效解决诸如:①原状土体上覆水土压力有效模拟;②刀盘表面泥浆/润滑剂掺入动态添加反演;③刀具初次磨损与二次磨损的定量区分;④磨损测试过程智能化动态实时监测与控制;⑤实验设备的普适性等一系列技术难题的全过程智能化动态控制高压密封刀具磨损试验装置及试验方法,为超高水压长距离盾构掘进过程中的刀具磨损问题的实验研究开辟了一种新的途径。同时,对于盾构高效施工关键技术问题的探索也极具参考价值。

[0097] 以上实施例仅仅是对本发明技术方案所做的举例说明。本发明所涉及的盾构刀具磨损试验装置及试验方法并不仅仅限定于在以上实施例中所描述的结构,而是以权利要求所限定的范围为准。本发明所属领域技术人员在该实施例的基础上所做的任何修改或补充或等效替换,都在本发明所要求保护的范围内。

[0098] 在上述实施例中,刀具包含一个上刀管和一个下刀管,本发明所采用的刀具并不限于此,还可以是如图13所示的结构:不同之处在于该刀具13' 包含两根上刀管131' 和两根下刀管132' 共四根薄壁硬质合金矩形刀管,并且这四根刀管相对独立,通过连接件133' 直接与转动轴12相固定连接,便于拆卸,其工作原理与布置方式与实施例所提及的刀具相类似,因此这里不再赘述。这样的结构设计使得刀管的长度相对实施例中更短,实施例中:刀具的长度=刀具的总长度,而本设计中:刀具的长度=(刀具总长度-转动轴外直径-连接件厚度*2)/2。鉴于高精度的天平量程往往十分有限,而该设计方式可适当降低对称量天平的精度要求,因此这对于提高刀具磨损量的测量精度十分有益。

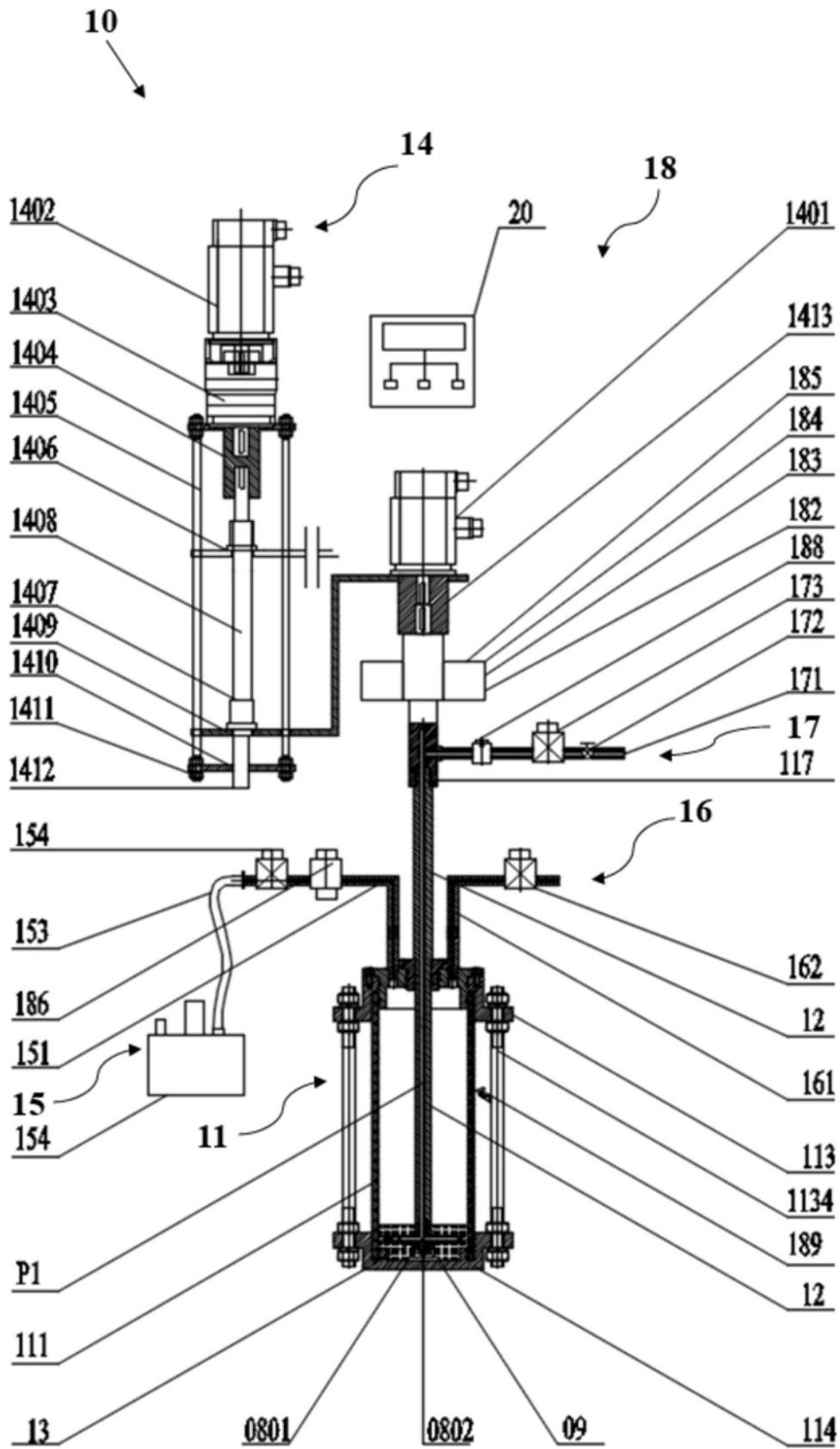


图1

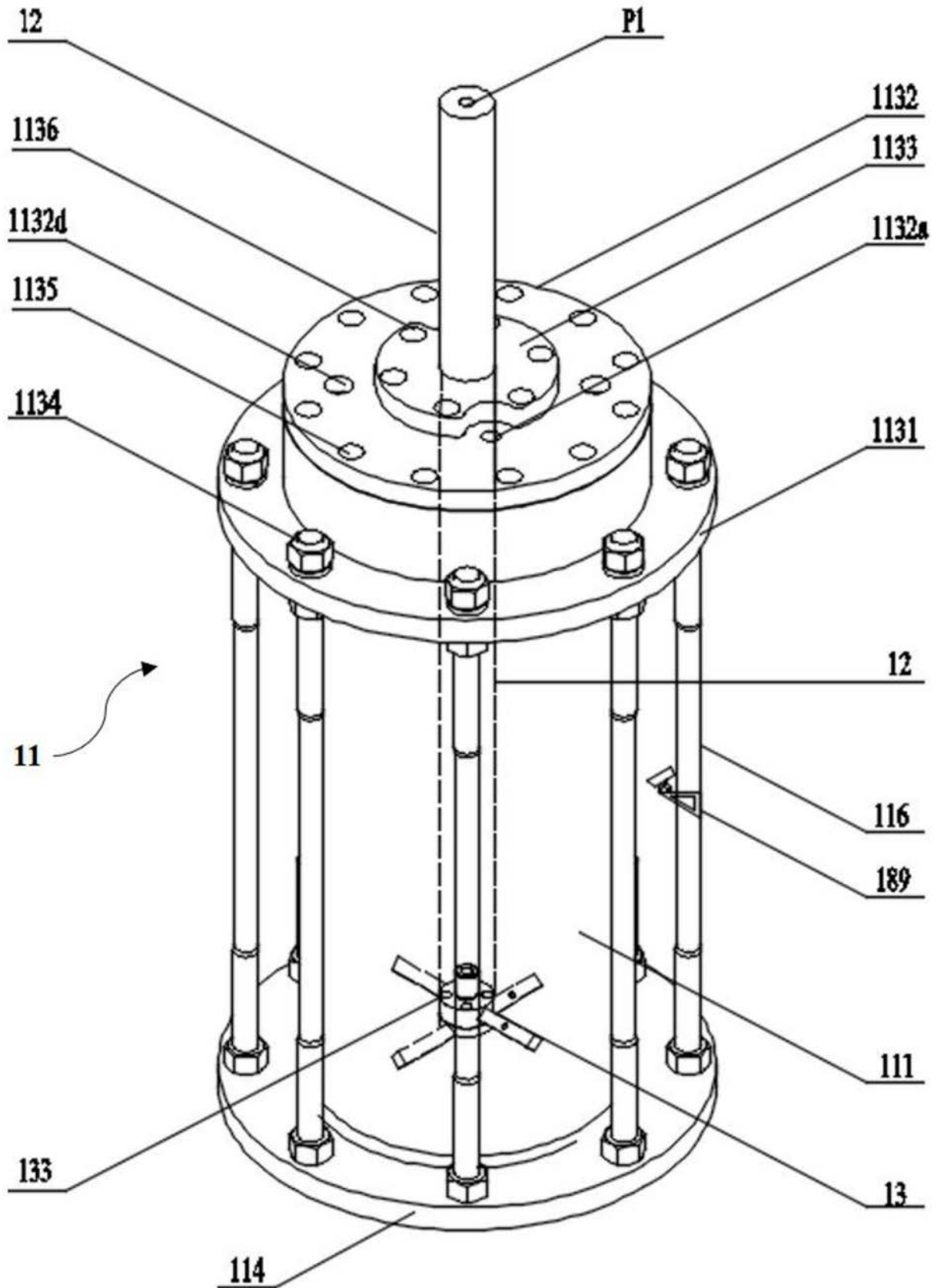


图2

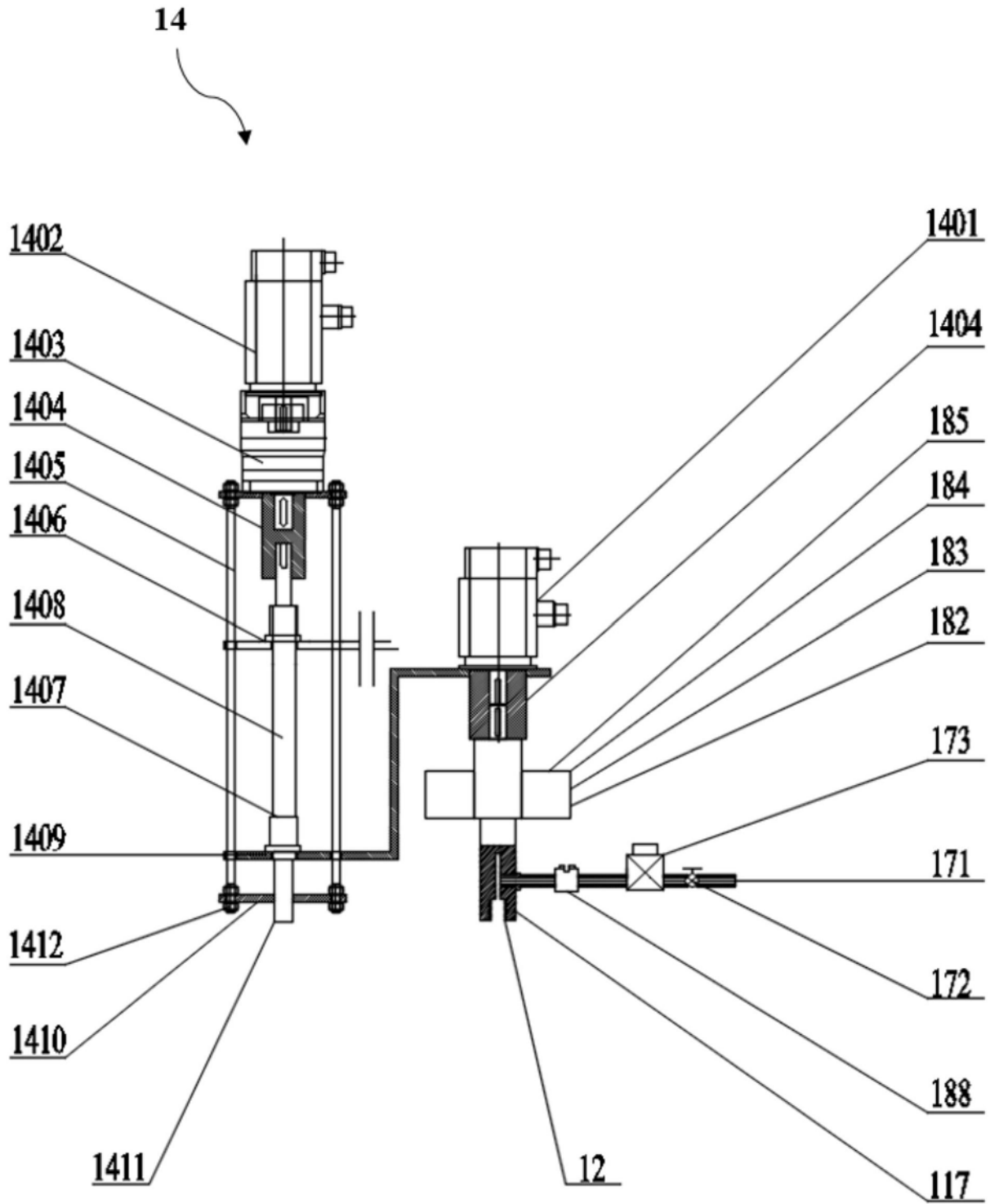


图3

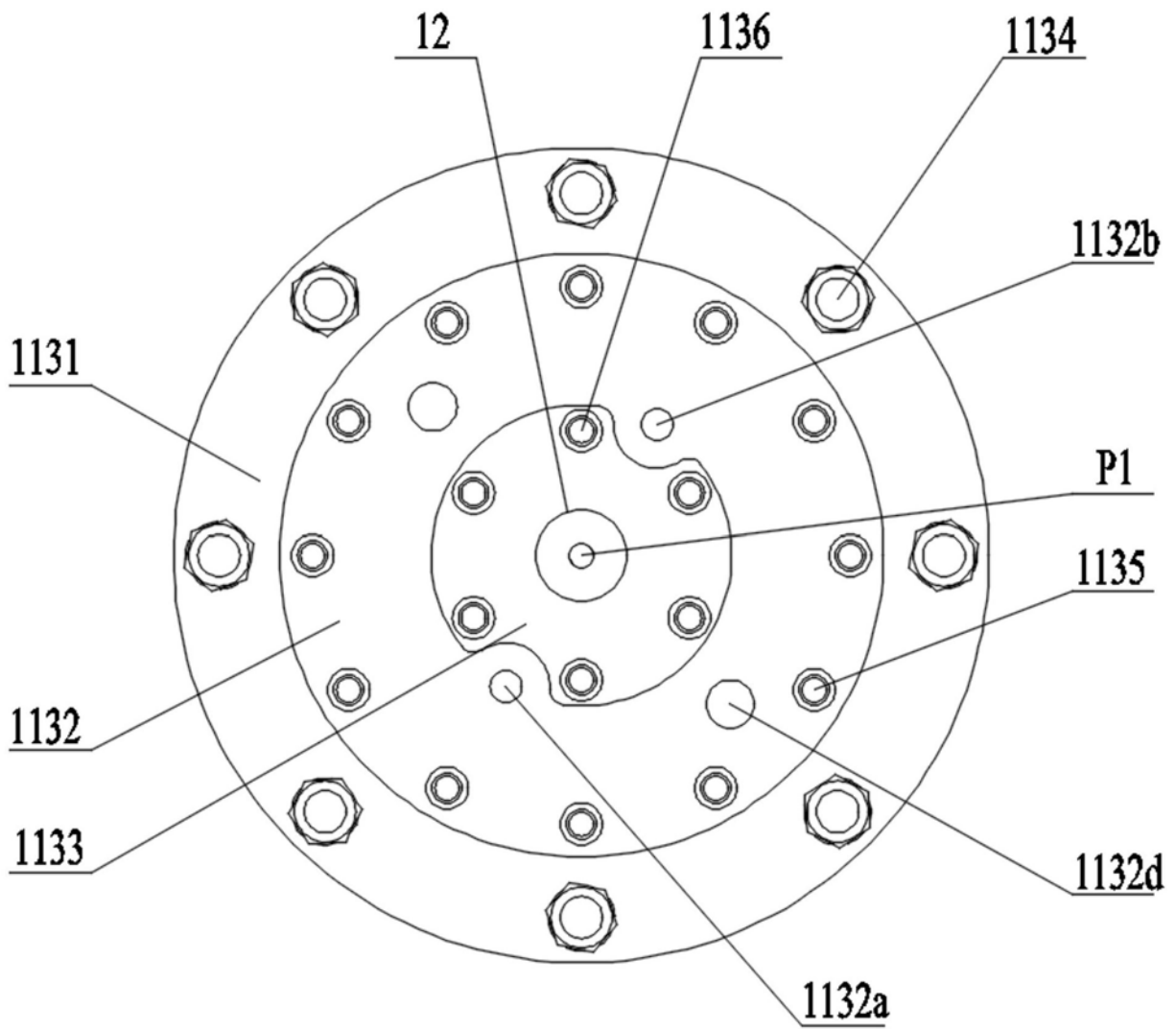


图4

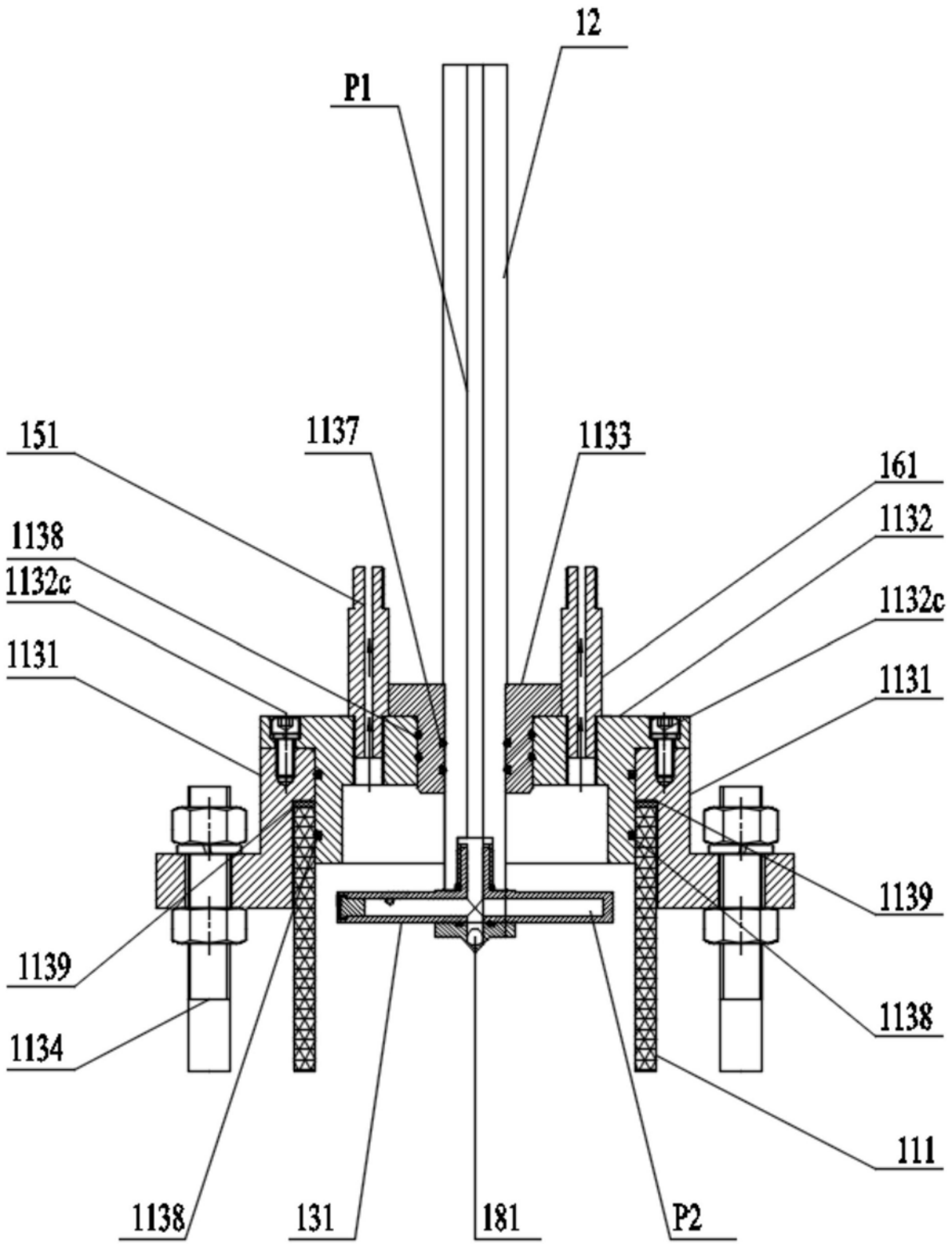


图5

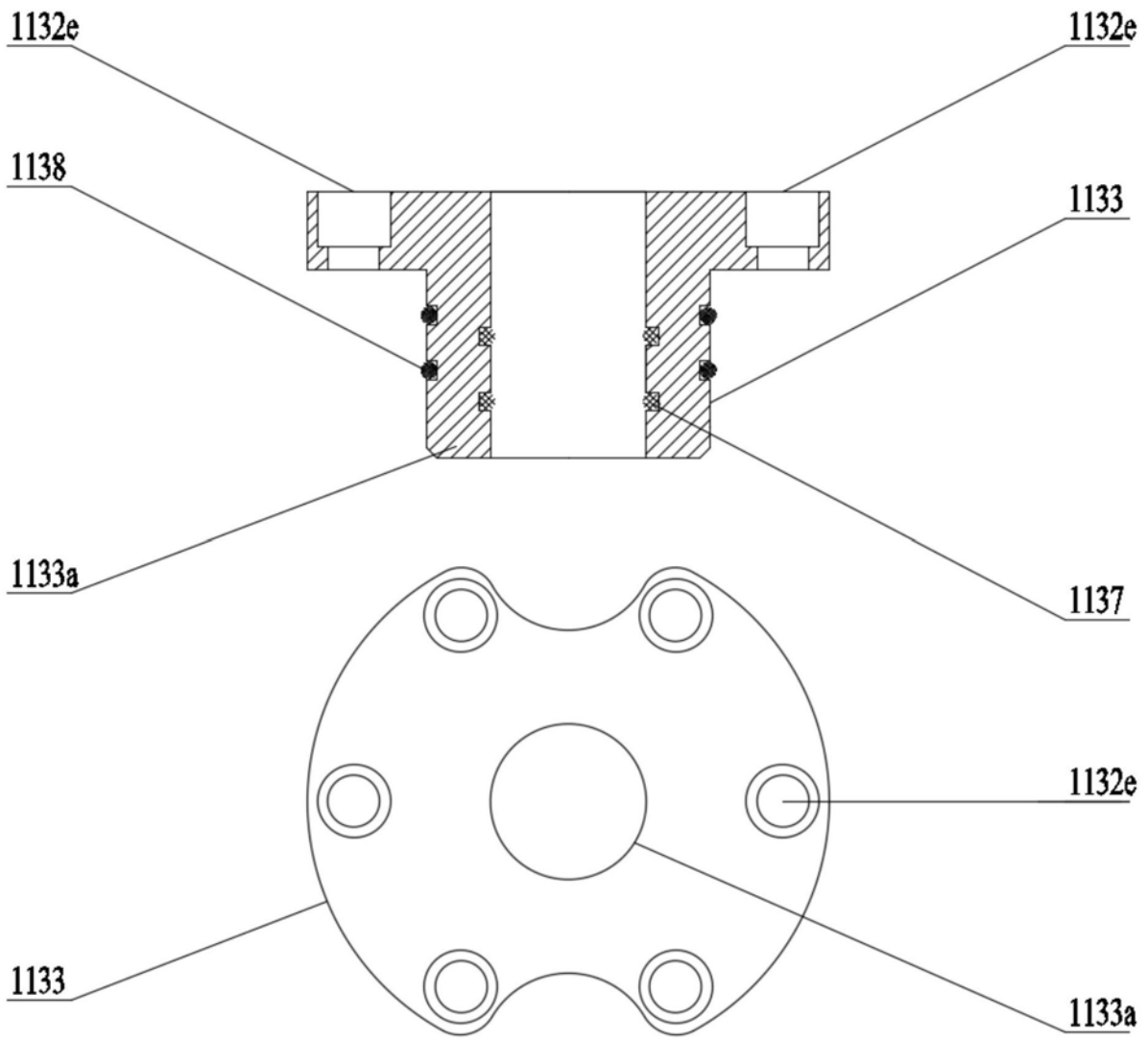


图6

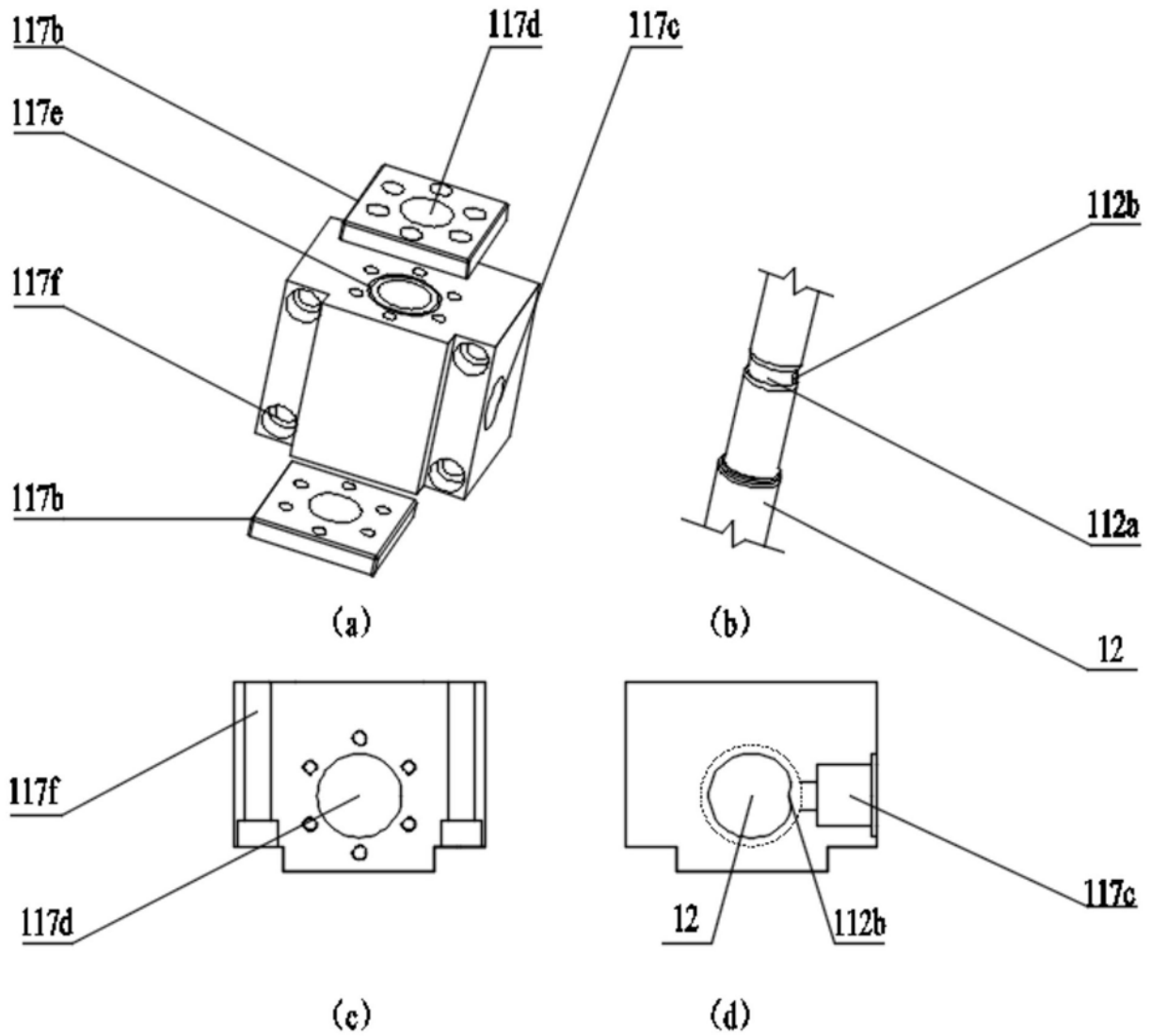


图7

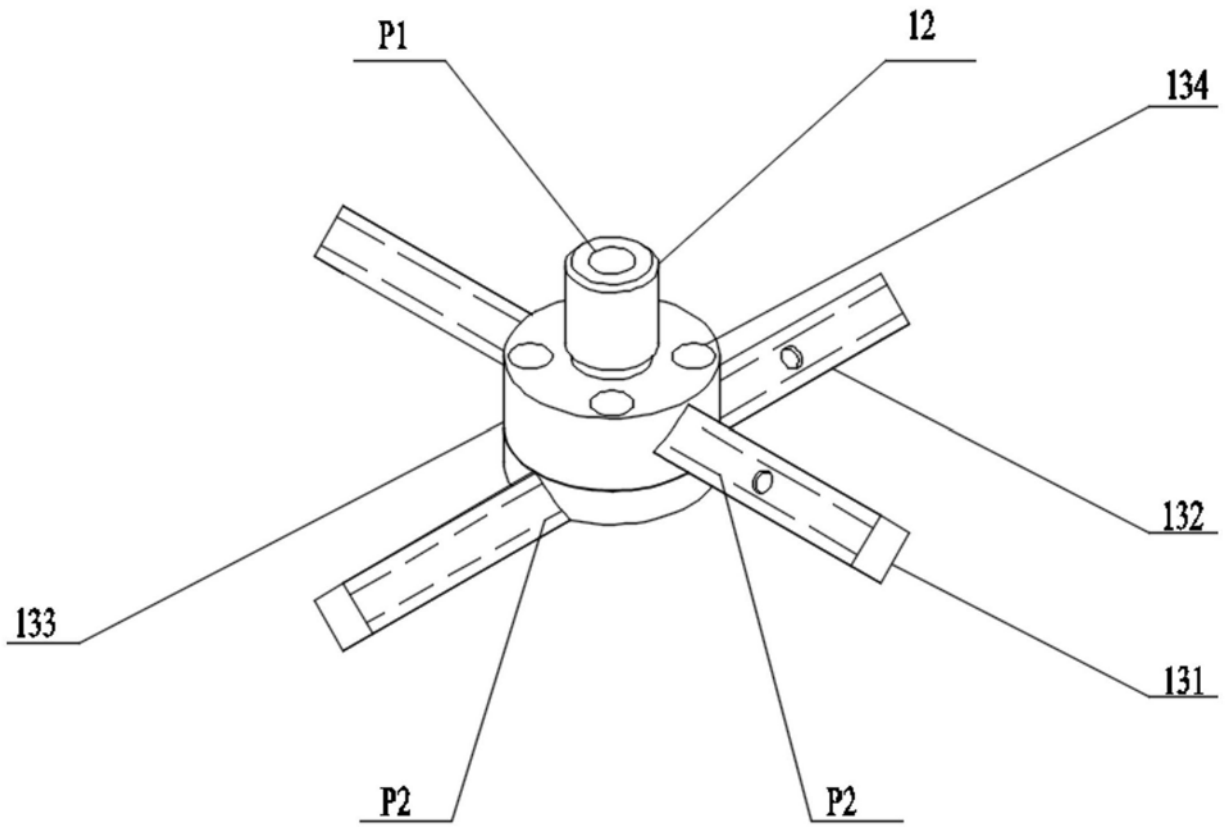


图8

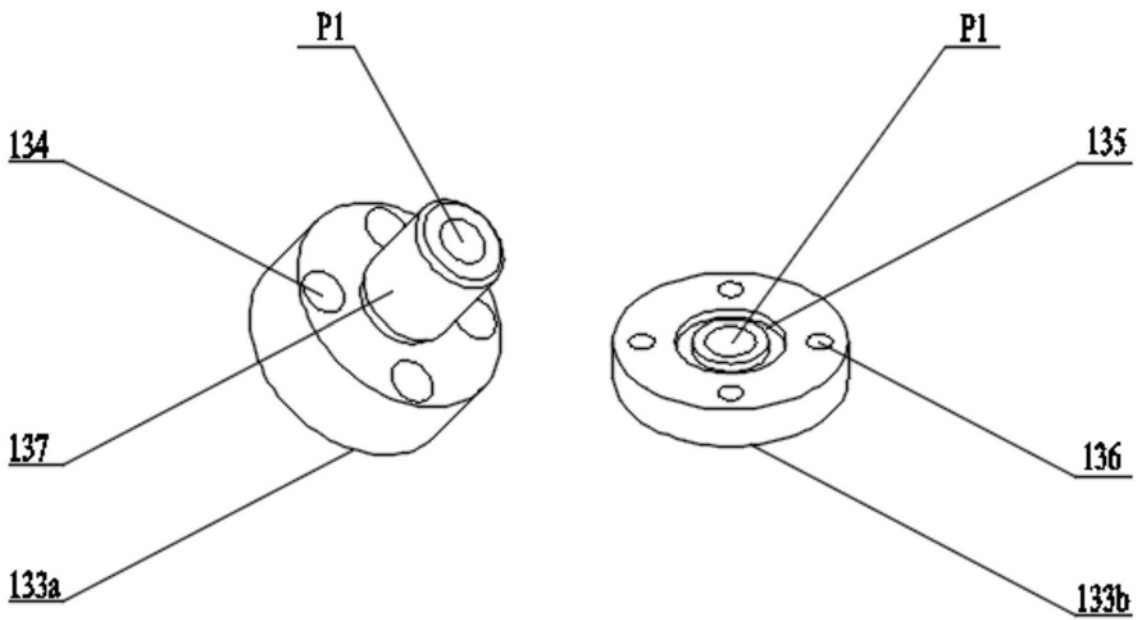


图9

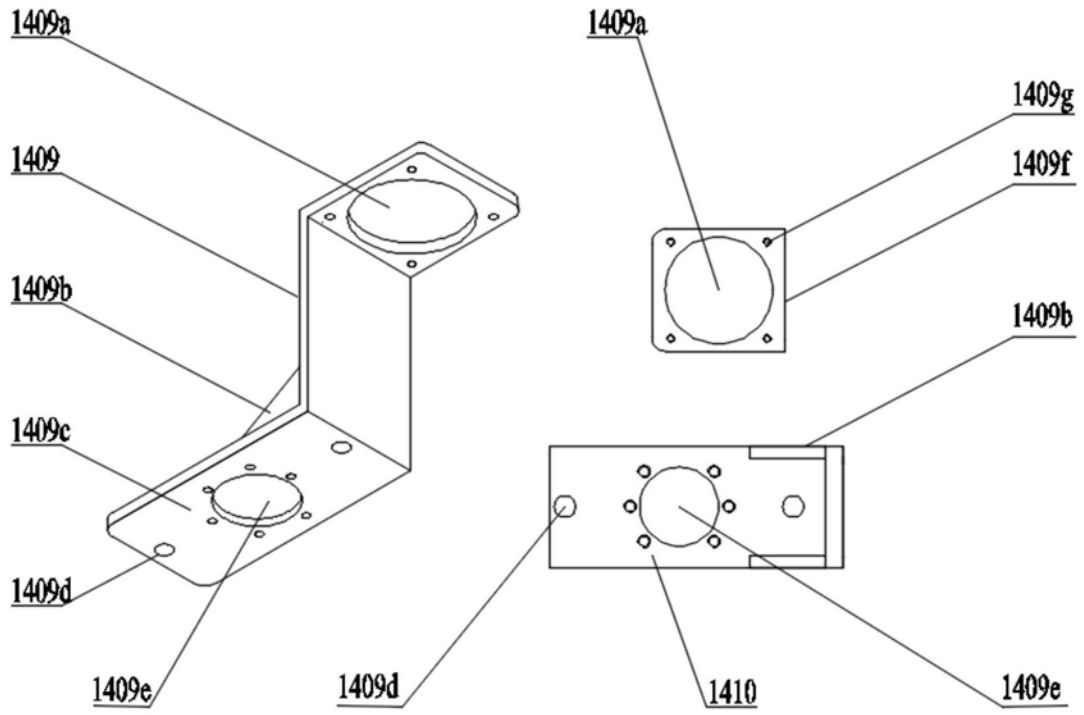


图10

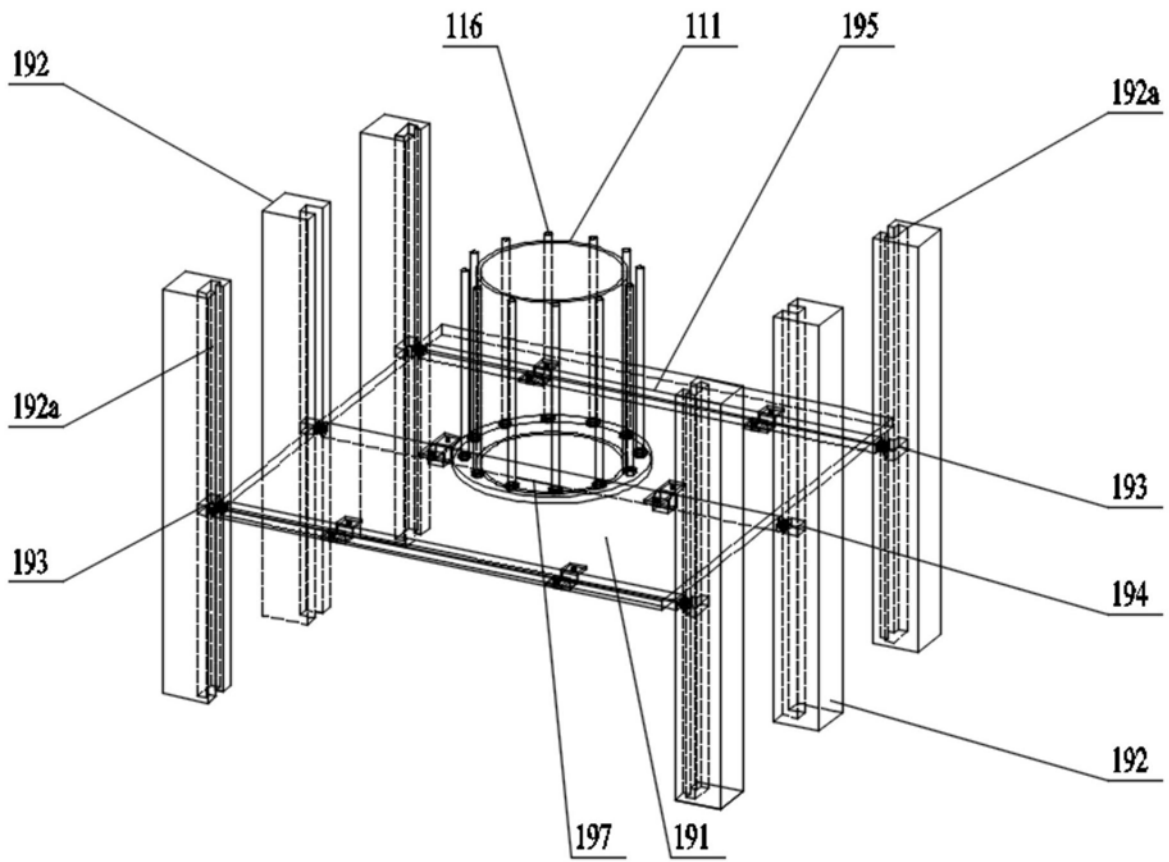


图11

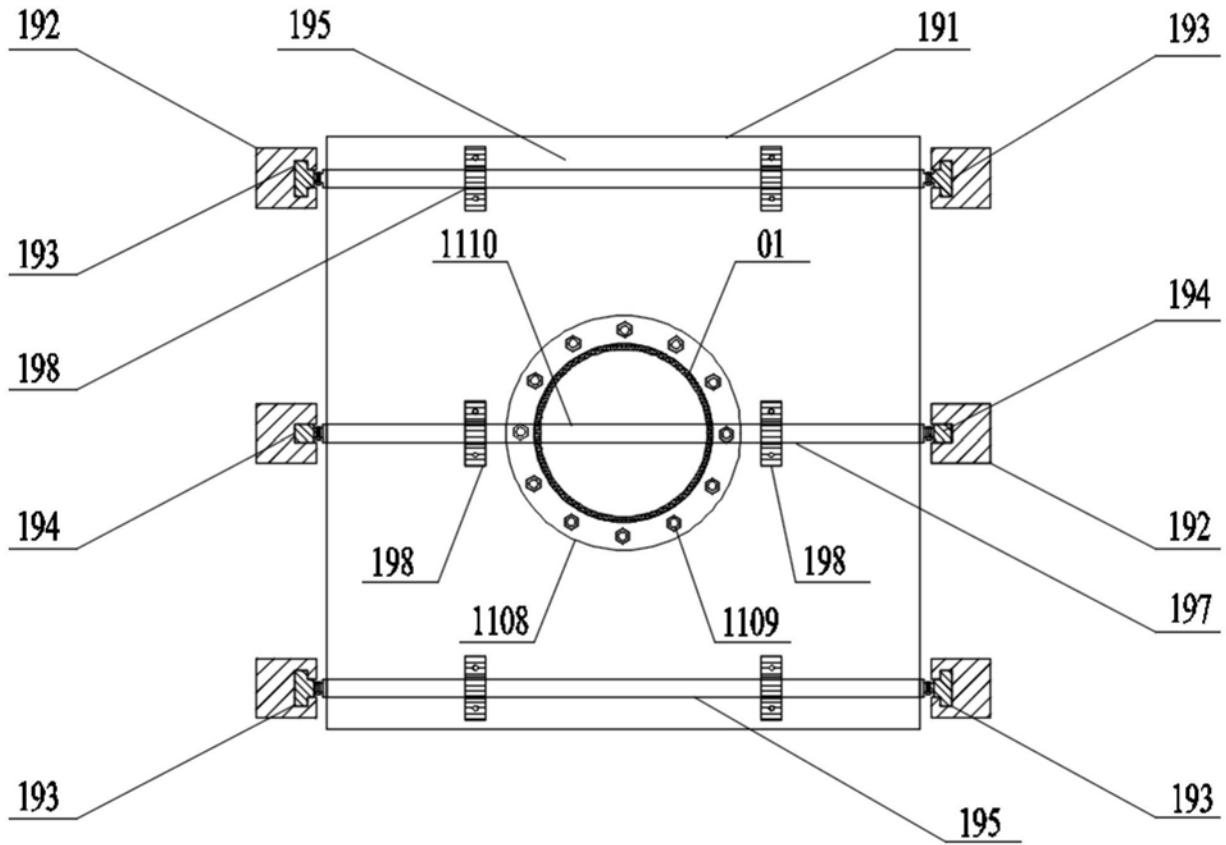


图12

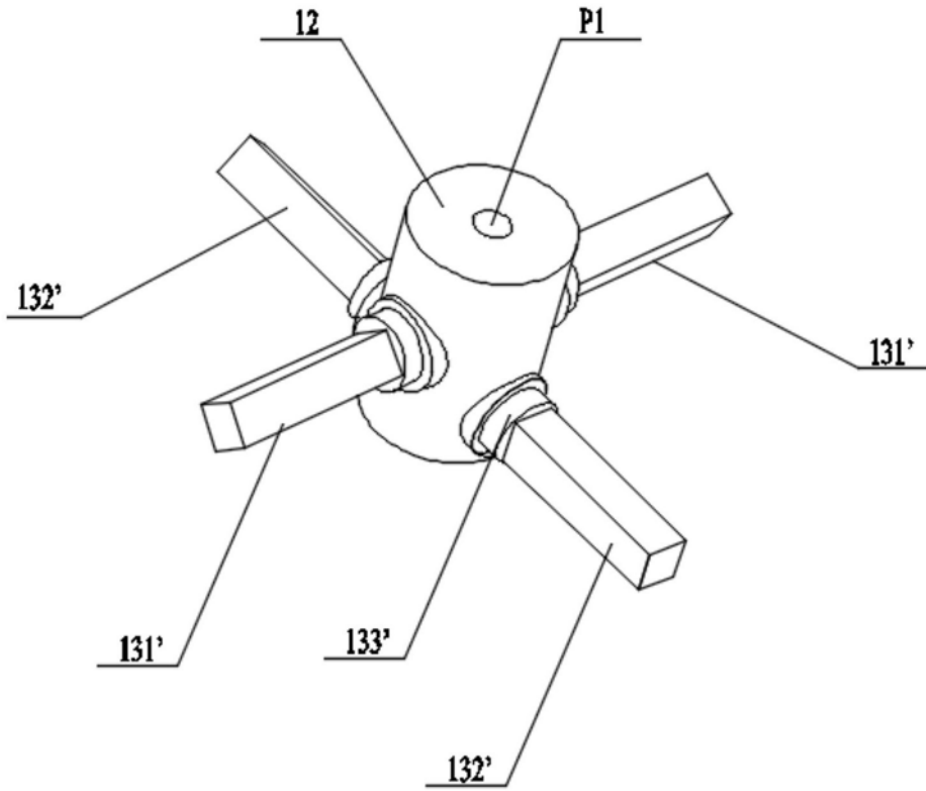


图13