



# (12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 107917841 A

(43)申请公布日 2018.04.17

(21)申请号 201810003543.7

(22)申请日 2018.01.03

(71)申请人 重庆交通大学

地址 400074 重庆市南岸区学府大道66号  
重庆交通大学

申请人 陈洪凯 张金浩

(72)发明人 陈洪凯 张金浩

(74)专利代理机构 重庆蕴博君晟知识产权代理  
事务所(普通合伙) 50223

代理人 王玉芝

(51)Int.Cl.

G01N 3/02(2006.01)

G01N 3/12(2006.01)

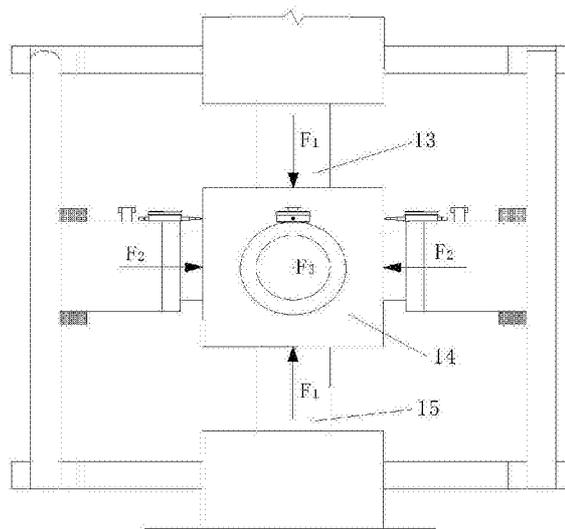
权利要求书1页 说明书4页 附图3页

## (54)发明名称

一种模拟高应力区地下工程开挖岩爆试验装置及方法

## (57)摘要

本发明公开了一种模拟高应力区地下工程开挖岩爆试验装置及方法,岩爆试验装置可以模拟隧道开挖前以及隧道开挖过程中,围岩的受力情况。装置包括顶部垫板、底部垫板、I型竖向支撑平板、II型竖向支撑平板,I型竖向支撑平板的内壁固定有第一圆形圈套,第一圆形圈套内安装有第一液压千斤顶,II型竖向支撑平板的内壁固定有第二圆形圈套,第二圆形圈套内安装有第二液压千斤顶,第一液压千斤顶、第二液压千斤顶的施力端之间为岩样容纳空间,第一液压千斤顶、第二液压千斤顶的侧壁上分别固定有用于实时监测试验过程中试件轴向变形值的百分表。



1. 一种模拟高应力区地下工程开挖岩爆试验装置,其特征在于,包括基架,所述基架由顶部垫板、底部垫板、I型竖向支撑平板、II型竖向支撑平板构成,所述顶部垫板包括呈“L”型的凹板以及“一”字型搭接板,所述搭接板搭接于凹板的两端,形成“口”字型,所述凹板的三个侧板以及搭接板上均设置有上卡接槽;所述底部垫板呈“口”字型,其四个侧板上均设置有下卡接槽,与顶部垫板上的上卡接槽对应;所述I型竖向支撑平板为长方形板,I型竖向支撑平板的数量为三个,三个I型竖向支撑平板卡接于凹板的三个侧板上的上卡接槽以及对应的下卡接槽内,所述II型竖向支撑平板呈“凸”字型,其上端突出部卡接于“一”字型搭接板上的上卡接槽内,其下端卡接于对应的下卡接槽内;

所述II型竖向支撑平板的内壁中部固定有第一圆形圈套,所述第一圆形圈套内安装有第一液压千斤顶,所述三个I型竖向支撑平板的内壁中部固定有第二圆形圈套,所述第二圆形圈套内安装有第二液压千斤顶,所述第一液压千斤顶、第二液压千斤顶位于同一水平面上,形成水平载荷输出系统,第一液压千斤顶、第二液压千斤顶的施力端之间为岩样容纳空间,所述第一液压千斤顶、第二液压千斤顶的侧壁上分别固定有用于实时监测试验过程中试件轴向变形值的百分表。

2. 根据权利要求1所述的一种模拟高应力区地下工程开挖岩爆试验装置,其特征在于,所述第一圆形圈套焊接在II型竖向支撑平板的内壁中部;所述第二圆形圈套焊接在对应I型竖向支撑平板的内壁中部。

3. 根据权利要求1所述的一种模拟高应力区地下工程开挖岩爆试验装置,其特征在于,所述凹板两端侧板的卡接槽内固定有盖帽,用于对对应的I型竖向支撑平板限位。

4. 根据权利要求3所述的一种模拟高应力区地下工程开挖岩爆试验装置,其特征在于,所述盖帽焊接固定于对应的卡接槽内。

5. 根据权利要求1所述的一种模拟高应力区地下工程开挖岩爆试验装置,其特征在于,所述凹板的两端分别设有向下凹陷的搭接槽,所述搭接板的两端设置宽度变小的搭接凸起与对应的搭接槽搭接,形成搭接板的限位。

6. 一种模拟高应力区地下工程开挖岩爆试验方法,其特征在于,取权利要求1-5任一所述的一种模拟高应力区地下工程开挖岩爆试验装置,本方法包括以下步骤:

S1. 将岩爆试验装置安装在岩石力学试验机上,在装置内放入立方体状的岩样,试验前制定好试验所要施加的载荷值,在岩石力学试验机施加竖向载荷的同时,利用岩爆装置施加水平方向载荷,以此实现三向应力的施加,模拟隧道开挖前围岩的受力情况;

S2. 加载到试验所制定的载荷后,记录岩样所受的压力值以及对应的变形量;

S3. 待试件变形稳定后,拆除搭接板和II型竖向支撑平板,实现模拟隧道开挖过程中围岩一面临空五面受力的情况,同时记录岩样的变形以及岩爆发生的时间。

## 一种模拟高应力区地下工程开挖岩爆试验装置及方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及山地高应力区隧道建设和煤矿开采领域,特别是涉及一种模拟高应力区地下工程开挖岩爆试验装置及方法。

### 背景技术

[0002] 21世纪以来,随着国民经济的发展,人们对资源和能源的依赖程度越来越高。目前我国浅部资源利用率极高,而深部资源开采已经成为弥补资源短缺的重要手段。山区隧道工程作为我国公路网的重要组成部分,在促进山区资源开发、改善山区出行条件等方面发挥了重要作用。然而近年来随着隧道埋置深度的逐渐加深,导致地质灾害频发,严重威胁了通行安全。在煤炭开采方面,我国每年开采深度以10-25m的速度增加,平均开采深度达700m左右。随着煤炭开采和隧道工程等人类活动的不断向地球内部的深入,人们发现深部岩石有着不同与浅部岩石的特点,这些特点利用现有知识无法很好的描述。尤其是岩爆现象给工程造成极大的损害,阻碍了我国工程建设的发展。

[0003] 岩爆是深埋地下工程在施工过程中常见的动力破坏现象,当岩体中聚积的高弹性应变能大于岩石破坏所消耗的能量时,破坏了岩体结构的平衡,多余的能量导致岩石爆裂,使岩石碎片从岩体中剥离、崩出。岩爆往往造成开挖工作面的严重破坏、设备损坏和人员伤亡。岩爆现象已成为岩石地下工程和岩石力学领域的世界性难题,对其采取预防研究已经迫在眉睫。

[0004] 当前,涉及岩爆的预防技术主要有两种。一种是现场监测,在隧道开挖过程中,监测围岩的变形情况,提出合理的支护手段,如撒水、注浆、支撑等;另一种是室内试验,采取岩样制作成试验标准试件,在力学试验机上加 载得到岩石力学指标(强度、模量、变形等)。但在试验过程中,常常遇到对 试样施加三向应力非常困难,尤其是模拟隧道开挖过程中,围岩一面临空五面受力的情况。

### 发明内容

[0005] 本发明的目的在于克服现有技术的不足,提供一种模拟高应力区地下工程开挖岩爆试验装置及方法,岩爆试验装置不仅可以模拟隧道开挖前围岩的受力情况,还可以模拟隧道开挖过程中,围岩一面临空五面受力的情况。试验装置结构简单,方法容易操作,可以实时观测试样的应力和变形,为岩爆灾害的预防提供有效的基础信息。

[0006] 本发明的目的是这样实现的:

[0007] 一种模拟高应力区地下工程开挖岩爆试验装置,包括基架,所述基架由 顶部垫板、底部垫板、I型竖向支撑平板、II型竖向支撑平板构成,所述顶部垫板包括呈“L”型的凹板以及“一”字型搭接板,所述搭接板搭接于凹板的两端,形成“口”字型,所述凹板的三个侧板以及搭接板上均设置有上卡接槽;所述底部垫板呈“口”字型,其四个侧板上均设置有下卡接槽,与 顶部垫板上的上卡接槽对应;所述I型竖向支撑平板为长方形板,I型竖向支撑平板的数量为三个,三个I型竖向支撑平板卡接于凹板的三个侧板上的上卡接槽以

及对应的下卡接槽内,所述II型竖向支撑平板呈“凸”字型,其上端突出部卡接于“一”字型搭接板上的上卡接槽内,其下端卡接于对应的下卡接槽内;

[0008] 所述II型竖向支撑平板的内壁中部固定有第一圆形圈套,所述第一圆形圈套内安装有第一液压千斤顶,所述三个I型竖向支撑平板的内壁中部固定有第二圆形圈套,所述第二圆形圈套内安装有第二液压千斤顶,所述第一液压千斤顶、第二液压千斤顶位于同一水平面上,形成水平载荷输出系统,第一液压千斤顶、第二液压千斤顶的施力端之间为岩样容纳空间,所述第一液压千斤顶、第二液压千斤顶的侧壁上分别固定有用于实时监测试验过程中试件轴向变形值的百分表。

[0009] 进一步地,所述第一圆形圈套焊接在II型竖向支撑平板的内壁中部;所述第二圆形圈套焊接在对应I型竖向支撑平板的内壁中部。

[0010] 进一步地,所述凹板两端侧板的卡接槽内固定有盖帽,用于对对应的I型竖向支撑平板限位。

[0011] 进一步地,所述盖帽焊接固定于对应的卡接槽内。

[0012] 进一步地,所述凹板的两端分别设有向下凹陷的搭接槽,所述搭接板的两端设置宽度变小的搭接凸起与对应的搭接槽搭接,形成搭接板的限位。

[0013] 一种模拟高应力区地下工程开挖岩爆试验方法,取一种模拟高应力区地下工程开挖岩爆试验装置,本方法包括以下步骤:

[0014] S1.将岩爆试验装置安装在岩石力学试验机上,在装置内放入立方体状的岩样,试验前制定好试验所要施加的载荷值,在岩石力学试验机施加竖向载荷的同时,利用岩爆装置施加水平方向载荷,以此实现三向应力的施加,模拟隧道开挖前围岩的受力情况;

[0015] S2.加载到试验所制定的载荷后,记录岩样所受的压力值以及对应的变形量;

[0016] S3.待试件变形稳定后,拆除搭接板和II型竖向支撑平板,实现模拟隧道开挖过程中围岩一面临空五面受力的情况,同时记录岩样的变形以及岩爆发生的时间。

[0017] 由于采用了上述技术方案,本发明具有如下有益效果:

[0018] 将装置安装在岩石力学试验机上,在装置内放入岩样,通过试验机施加竖向载荷和岩爆装置施加水平方向载荷(包含两个相互垂直的方向的载荷)实现三向应力的施加。该岩爆试验装置不仅可以模拟隧道开挖前围岩的受力情况,还可以模拟隧道开挖过程中,围岩一面临空五面受力的情况。试验装置简单,容易操作,可以实时观测试样的应力和变形,为岩爆灾害的预防提供有效的基础信息。

## 附图说明

[0019] 图1:岩爆试验装置顶部垫板示意图;

[0020] 图2:岩爆试验装置底部垫板示意图;

[0021] 图3:岩爆试验装置的I型竖向支撑平板、II型竖向支撑平板的示意图;

[0022] 图4:百分表示意图;

[0023] 图5:岩爆试验装置剖面示意图;

[0024] 图6:岩爆试验岩样受力示意图。

[0025] 附图标记

[0026] 附图中,1为凹板,2为搭接板,3为盖帽,4为沟槽,5为卡接槽,6为底部垫板,7为百

分表,8为液压千斤顶,9为液压输入阀门,10为圆形圈套,11为I型竖向支撑平板,12为II型竖向支撑平板,13为力学试验机垂直液压 出力传感器,14为岩样,15为力学试验机底座,F<sub>1</sub>为力学试验机施加的竖向 载荷,F<sub>2</sub>、F<sub>3</sub>为岩爆试验装置施加的水平方向载荷。

### 具体实施方式

[0027] 参见图1-图6,一种模拟高应力区地下工程开挖岩爆试验装置,包括基架,所述基架由顶部垫板、底部垫板、I型竖向支撑平板、II型竖向支撑平板构成,所述顶部垫板包括呈“L”型的凹板以及“一”字型搭接板,所述搭接板搭 接于凹板的两端,形成“口”字型,本实施例中,所述凹板的两端分别设有 向下凹陷的搭接槽,所述搭接板的两端设置宽度变小的搭接凸起与对应的搭 接槽搭接,形成搭接板沿纵向移动的限位。所述凹板的三个侧板以及搭接板 上均设置有上卡接槽;所述底部垫板呈“口”字型,其四个侧板上均设置有 下卡接槽,与顶部垫板上的上卡接槽对应;所述I型竖向支撑平板为长方形板, I型竖向支撑平板的数量为三个,三个I型竖向支撑平板卡接于凹板的三个侧 板上的上卡接槽以及对应的下卡接槽内,所述II型竖向支撑平板呈“凸”字 型,其上端突出部卡接于“一”字型搭接板上的上卡接槽内,其下端卡接于 对应的下卡接槽内。

[0028] 所述II型竖向支撑平板的内壁中部固定有第一圆形圈套,所述第一圆形 圈套内安装有第一液压千斤顶,所述三个I型竖向支撑平板的内壁中部固定 有第二圆形圈套,所述第二圆形圈套内安装有第二液压千斤顶,所述第一液 压千斤顶、第二液压千斤顶位于同一水平面上,形成水平载荷输出系统,第 一液压千斤顶、第二液压千斤顶的施力端之间为岩样容纳空间,所述第一液 压千斤顶、第二液压千斤顶的侧壁上分别固定有用于实时监测 试验过程中试 件轴向变形值的百分表。

[0029] 所述凹板的与端部相邻的两个侧板的卡接槽内焊接固定有盖帽,用于对 应的I型竖向支撑平板限位。当然,也可以直接设置盲孔来支撑,而不需要 设置盖帽。

[0030] 一种模拟高应力区地下工程开挖岩爆试验方法,取一种模拟高应力区地 下工程开挖岩爆试验装置,本方法包括以下步骤:

[0031] S1.将岩爆试验装置安装在岩石力学试验机上,在装置内放入立方体状的 岩样,试验前制定好试验所要施加的载荷值,在岩石力学试验机施加竖向载 荷的同时,利用岩爆装置施加水平方向载荷,以此实现三向应力的施加,模 拟隧道开挖前围岩的受力情况;

[0032] S2.加载到试验所制定的载荷后,记录岩样所受的压力值以及对应的变形 量;

[0033] S3.待试件变形稳定后,拆除搭接板和II型竖向支撑平板,实现模拟隧道 开挖过程中围岩一面临空五面受力的情况,同时记录岩样的变形以及岩爆发 生的时间。

[0034] 实施具体步骤:

[0035] (1)根据高应力区岩石所受的应力条件,拟定试验方案,选定合适的钢 板材料,确定装置的结构尺寸。先确定顶部垫板中“凹字型”钢板的尺寸为L ×L×H,凹型左右两端的 宽度为c,内部卡槽的宽度和厚度同时确定为H(c >H),其长度为:

[0036]  $a=L-2c$  (1)

[0037] 其中[a]:内部卡槽的长度(cm)

[0038] [L]:“凹字型”钢板的长度(cm)

[0039] [c]:凹型左右两端的宽度(cm)

[0040] (2) 沟槽的高度为 $\frac{H}{2}$ , 宽度d为:

[0041]  $d=c-e$  (2)

[0042] 其中[d]:沟槽的宽度(cm)

[0043] [e]:确定沟槽距“凹字型”钢板两头的长度(cm)

[0044] [c]:凹型左右两端的宽度(cm)

[0045] (3) 盖帽的长度f为 $\frac{a}{4}$ , 宽度为H, 高度为 $\frac{H}{2}$ 。

[0046] (4) 根据顶部垫板各结构尺寸确定“一字型”钢板, 其长度为L, 宽度为d, 高度为 $\frac{H}{2}$ , 两端突出部分的宽度为c, 内部卡槽的宽度为H, 高度为 $\frac{H}{2}$ , 长度为:

[0047]  $h=a-2e$  (3)

[0048] 其中[h]:“一字型”钢板内部卡槽的长度(cm), 其余符号同前。

[0049] (5) 根据顶部垫板各结构尺寸确定竖向支撑平板的尺寸, I型平板的尺寸为 $G \times a \times H$ , G的大小由试验方案确定, 中间焊接圆形圈套, 圆形圈套的直径视液压千斤顶的直径而定。选用合适的钢板制作成3个I型平板分别安装在“凹字型”钢板的卡槽内。根据“一字型”钢板各结构尺寸确定II型平板的尺寸为 $g \times a \times h$  (其中 $g=G-k$ ), 凸起部分的尺寸为 $h \times k \times H$  (制作时k的尺寸最好与H相等), 中间焊接圆形圈套连接液压千斤顶, 将II型平板安装在“一字型”钢板内部的卡槽内。

[0050] (6) 根据顶部垫板和竖向支撑平板各结构尺寸确定底部垫板的尺寸为 $L \times L \times H$ , 内部卡槽的尺寸为 $a \times H \times H$ , 将其安装在竖向支撑平板的底部。

[0051] (7) 根据试验方案选择合适的液压千斤顶和百分表, 液压千斤顶的压力由手动泵体提供, 将手动泵体连接液压千斤顶输入阀门, 给装置提供足够的轴向荷载, 百分表链接在千斤顶上实时监测试件的轴向变形。

[0052] (8) 将安装好的岩爆试验装置安放在岩石力学试验机上, 在装置内放入立方体岩样, 根据试验方案, 在岩石力学试验机施加制定的轴向荷载的同时, 利用手动泵体给装置提供横向荷载, 加载到试验所制定的荷载后, 观测试件, 记录所受的压力和变形。待试件变形稳定后 (通过百分表观测), 拆除“一字型”钢板和II型平板实现试件一面临空五面受力的情况, 同时记录试件的变形以及岩爆发生的时间。

[0053] 最后说明的是, 以上优选实施例仅用以说明本发明的技术方案而非限制, 尽管通过上述优选实施例已经对本发明进行了详细的描述, 但本领域技术人员应当理解, 可以在形式上和细节上对其作出各种各样的改变, 而不偏离本发明权利要求书所限定的范围。

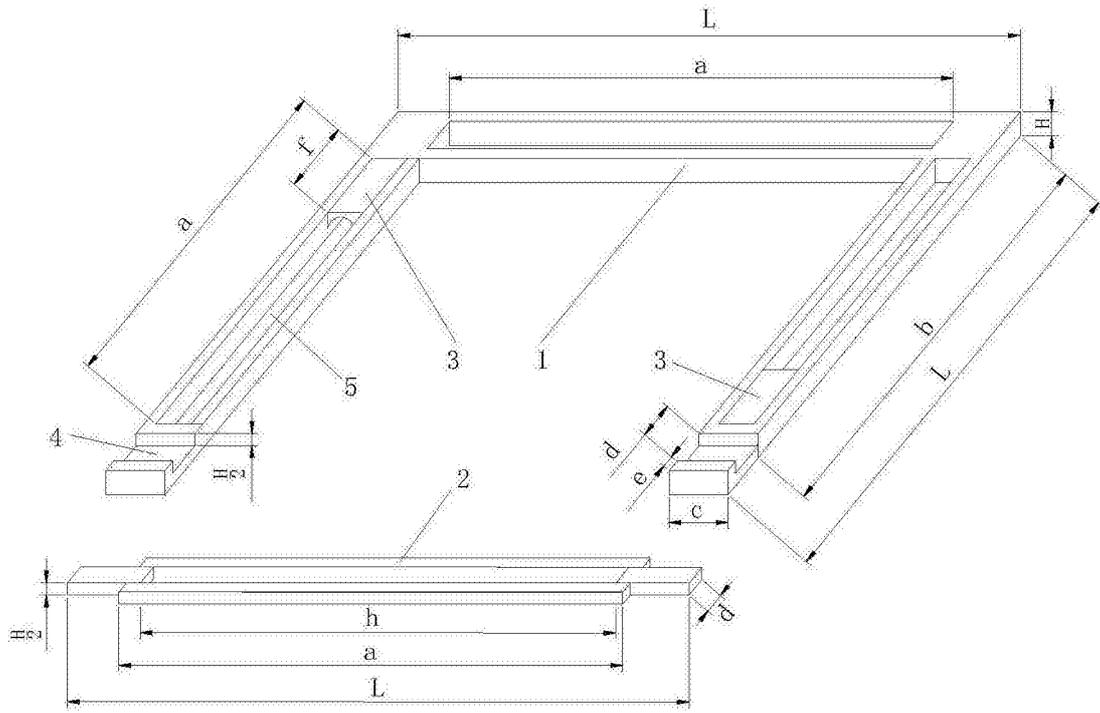


图1

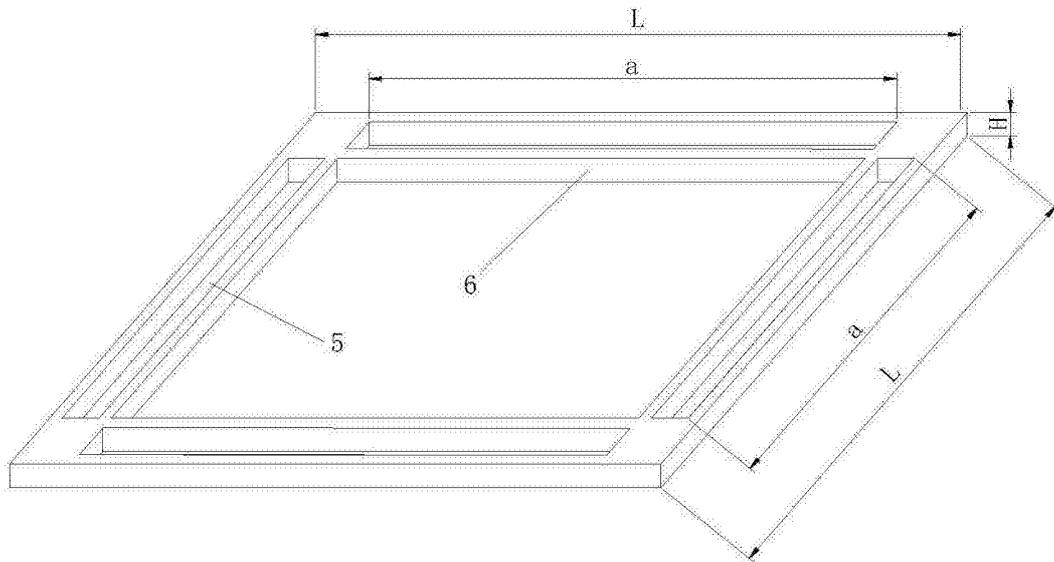


图2

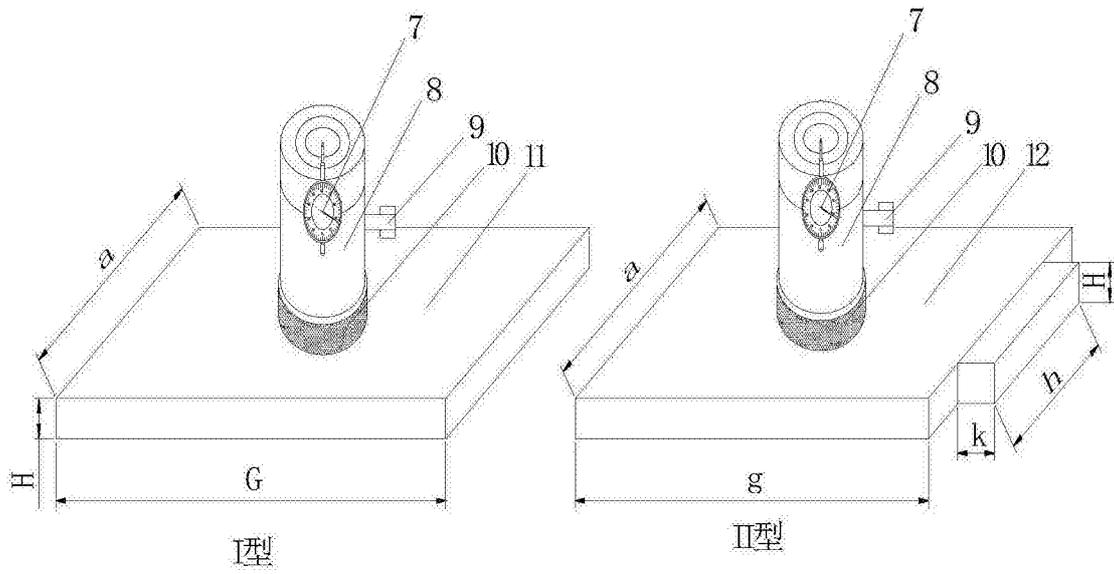


图3

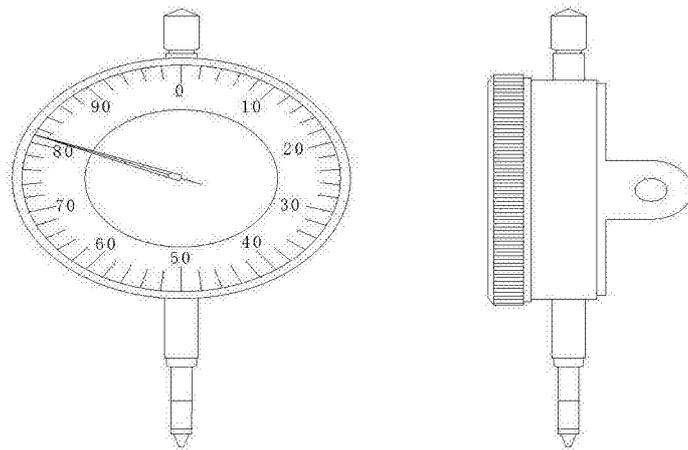


图4

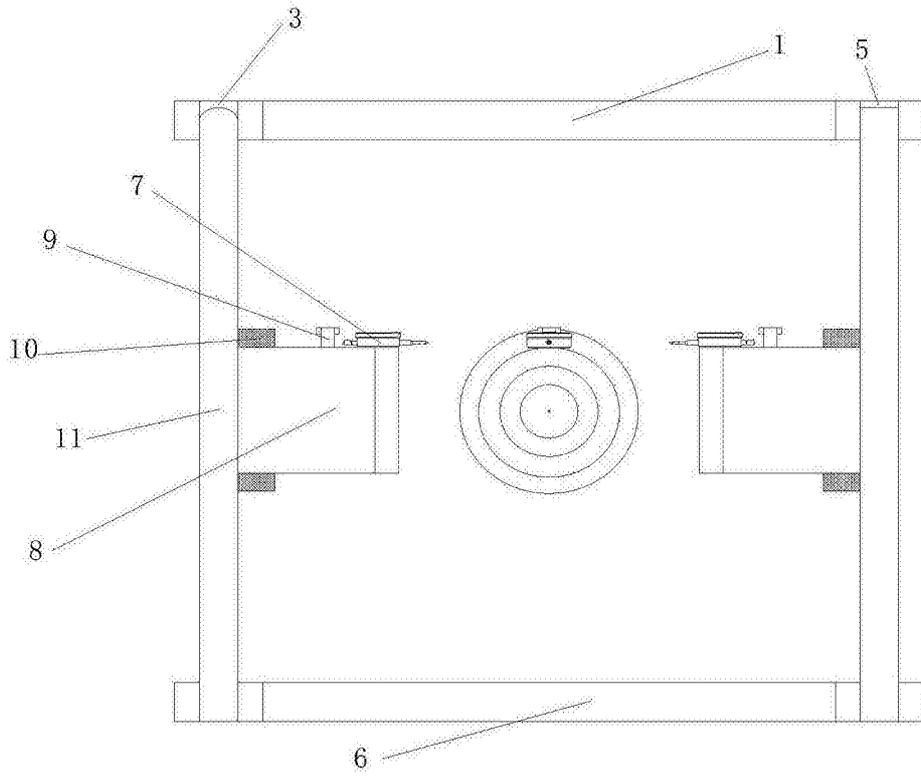


图5

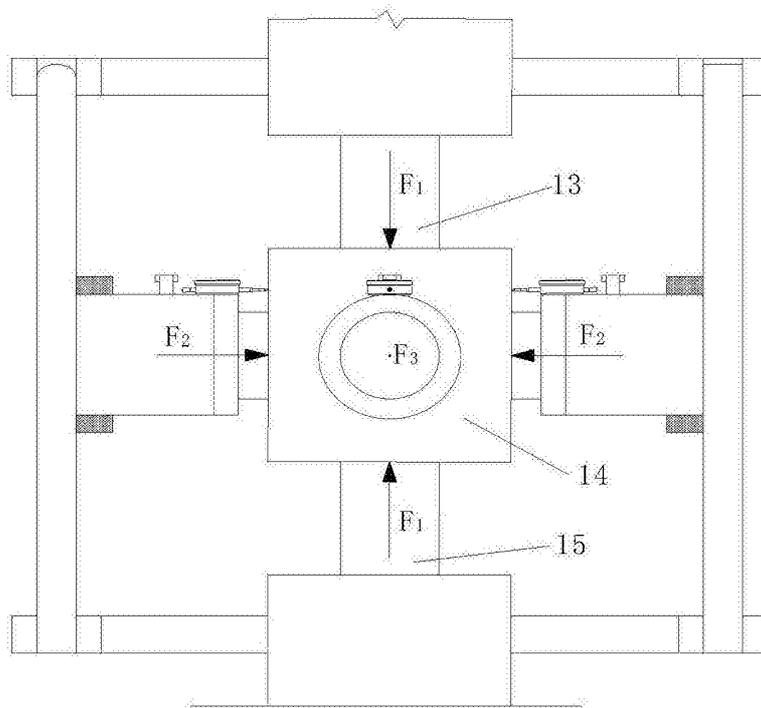


图6