



# (12)发明专利

(10)授权公告号 CN 110308047 B

(45)授权公告日 2020.09.15

(21)申请号 201910589991.4

G01N 33/22(2006.01)

(22)申请日 2019.07.02

审查员 陈云龙

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 110308047 A

(43)申请公布日 2019.10.08

(73)专利权人 中国矿业大学

地址 221116 江苏省徐州市大学路1号中国矿业大学科研院

(72)发明人 张超林 刘晓斐 王恩元 沈荣喜 赵恩来

(74)专利代理机构 南京瑞弘专利商标事务所

(普通合伙) 32249

代理人 李悦声

(51)Int.Cl.

G01N 3/12(2006.01)

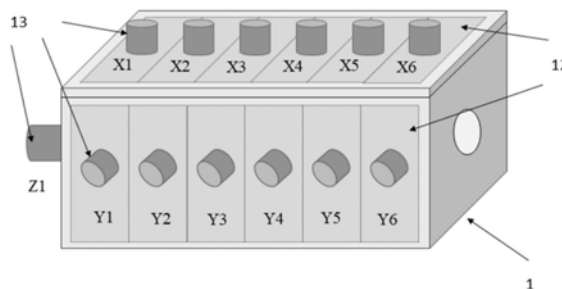
权利要求书2页 说明书5页 附图2页

## (54)发明名称

一种突出煤层应力卸载防突措施及卸载范围优化方法

## (57)摘要

一种突出煤层应力卸载防突措施及卸载范围优化方法,适用于实验室中模拟突出煤层应力卸载防突措施及优化卸载范围使用。实验室中对于煤矿井下模拟使用。前期准备阶段、延期突出孕育阶段、延期突出诱发阶段、延期突出结束和后续工作;向煤样实施三轴应力加载后向密封的煤样进行瓦斯吸附,之后利用瞬间突出门模拟瓦斯突出的工况,调整卸载应力从而测试最优卸载方式。其步骤简单,检测效果好,模拟不同应力卸载范围条件下煤与瓦斯突出过程,从而基于试验结果分析应力卸载防突效果并优化应力卸载范围。



1. 一种突出煤层应力卸载防突措施及卸载范围优化方法,其特征在于,包括:前期准备阶段、延期突出孕育阶段、延期突出诱发阶段、延期突出结束和后续工作;

详细步骤为:

1a) 从待测煤矿区域突出煤层的煤块取样进行现场调研,利用现场采集的煤块取样测定突出煤层的相关参数,确定试验方案;

1b) 使用破碎筛将采集的煤块取样筛分成0-1 mm粒径的煤粒,向煤粒中加水搅拌制成6%含水率煤样备用;

1c) 将6%含水率煤样装入可视化箱体,可视化箱体的底部设有充气口a右侧开有突出出口,可视化箱体上设有加载系统,所述加载系统为分别设置在可视化箱体顶部以及可视化箱体的左侧壁上和前侧壁上设有多个透明加载板,可视化箱体顶部的透明加载板有六个序号分别为X1-X6,可视化箱体前侧壁上的透明加载板有六个序号分别为Y1-Y6,可视化箱体的左侧壁上的透明加载板为Z1,每个透明加载板上设有加载活塞,加载活塞穿过箱体壁连通加压油缸;在可视化箱体距离突出出口0.75 m的断面内利用可视化箱体背部开设的传感器安装孔向可视化箱体中的6%含水率煤样分别埋入气压传感器,最后使用加载活塞驱动透明加载板使6%含水率煤样在20 MPa条件下成型,成型1 h后解除所有透明加载板对煤样的加压;

1d) 在可视化箱体的右侧开有的突出出口中安装瞬间突出门,所述瞬间突出门包括爆破片夹持器,爆破片夹持器一端设有安装法兰,爆破片夹持器内部分别设有相互串联的一级爆破片和二级爆破片,一级爆破片的爆破压力为0.4MPa,二级爆破片的爆破压力为0.6MPa,其中一级爆破片和二级爆破片之间的爆破片夹持器上设有充气口b,通过气源系统向一级爆破片和二级爆破片之间空间充气打开二级爆破片,同时瞬间诱爆一级爆破片,实现突出出口瞬间打开,以模拟石门揭煤剧烈诱发因素诱导的突出工况;

1e) 将高压气瓶出气口、真空泵抽气口和可视化箱体的充气口a气路顺序连接,然后将高压气瓶出气口与瞬间突出门的充气口b连接,检测可视化箱体、延期突出门及气管管路密封效果,确保密封压力不低于6 MPa;

1f) 在可视化箱体外侧和瞬间突出门处分别设置高速摄像机;

2a) 利用埋入煤样中的气压传感器采集可视化箱体中煤样的气压数据;

2b) 按照试验方案对煤样进行三轴应力加载操作,其中煤样上部6个透明加载板应力大小均为10 MPa,前侧6个透明加载板应力大小均为12 MPa;左侧1个透明加载板应力大小为8 MPa;

2c) 启动真空泵对煤样进行抽真空操作,直到煤体内部气压小于100 Pa关闭真空泵,用时12 h;

2d) 打开高压气瓶对煤样进行充瓦斯操作,共分为三个阶段保证煤样吸附平衡气压为0.74 MPa,第一阶段充气12 h、充气压力至0.4 MPa,然后关闭气瓶,稳定6 h,同时向两级爆破片内部充气至0.3MPa;第二阶段充气12 h、充气压力至0.8 MPa,然后关闭气瓶,稳定6 h;第三阶段充气6 h、充气压力至0.74 MPa,然后关闭气瓶;用时共计38 h;

3a) 在透明箱体外侧以及瞬间突出门外侧设置高速摄像机,按照试验方案进行不同范围条件下应力卸载操作;充气至0.4MPa以上,瞬间诱爆一级爆破片,同时导致二级爆破片起爆,实现突出出口瞬间打开,以模拟石门揭煤剧烈诱发因素诱导的突出工况,突出发生的条件

必须具有三方面：压力、地应力、煤体；本方法是研究卸载地应力以避免突出，如果该步骤测试发生了突出，表明卸载地应力的方式仍不足以避免突出，需要进一步调整卸载方案以进一步避免突出；当不发生突出时，说明卸载方式有效；

3b) 利用高速摄像机采集模拟瓦斯延期突出中煤粉喷出的图像，当模拟的瓦斯延期突出结束后，停止透明加载板的应力加载，收集突出口抛出的煤粉并称重；

4a) 根据试验方案进一步改变地应力卸载条件进行后续试验；

5a) 根据突出口抛出煤粉质量与装煤总质量计算模拟突出强度；

5b) 若通过应力卸载操作后，突出口无突出发生，即突出强度为0，则判断当前卸压范围为较优范围，同时进一步对比不同应力卸载范围大小，范围最小条件为最优卸载范围；

5c) 若通过应力卸载操作后，突出口仍发生突出，则对比不同应力卸载范围条件下突出强度大小，最小突出强度对应的卸载范围为最优卸载范围。

2. 根据权利要求1所述的突出煤层应力卸载防突措施及卸载范围优化方法，其特征在于改变地应力卸载条件为：首先对煤样施加的模拟瓦斯压力为0.74MPa，序号为X1-X6的透明加载板的应力均为10.0MPa，序号为Y1-Y6的透明加载板的应力均为12.0MPa，序号为Z1的透明加载板的应力为8.0MPa；

第1组方案为对照组，即直接打开突出口以诱发突出；

第2-10组为不同应力卸载范围条件下突出试验组，即在加载地应力、充瓦斯基础上，进一步卸载指定范围内地应力，然后再利用瞬间突出门进行突出测试；

其中，第2-4组卸载条件为单一加载板应力卸载，位置分别是序号为X6、X5、X4透明加载板，面积均为 $0.125\text{m}^2$ ；第5-7组卸载条件为两块相邻透明加载板应力卸载，位置分别是序号为X6+X5、X5+X4、X4+X3透明加载板，面积均为 $0.25\text{m}^2$ ；第8-10组卸载条件为三块相邻加载板应力卸载，位置分别是序号为X6+X5+X4、X5+X4+X3、X4+X3+X2透明加载板，面积均为 $0.375\text{m}^2$ 。

## 一种突出煤层应力卸载防突措施及卸载范围优化方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种优化方法,尤其适用于一种实验室中对于煤矿井下模拟使用的突出煤层 应力卸载防突措施及卸载范围优化方法

### 背景技术

[0002] 煤与瓦斯突出是指在压力作用下,破碎的煤与瓦斯由煤体内突然向采掘空间大量喷出,并形成一定的动力效应,如推倒矿车、破坏支架等,喷出的煤粉可以充填数百米长的巷道,喷出的瓦斯-粉煤流有时带有暴风般的性质,瓦斯可以逆风流运行,充满数千米长的巷道。煤与瓦斯突出是一种具有极其复杂动力现象的工程地质灾害。

[0003] 随着煤矿开采深度及开采强度的加大,原来一些没有突出动力灾害或征兆不明显的矿井 现在也逐渐显现,严重威胁着井下工人的生命安全和矿井的正常生产。

[0004] 根据煤与瓦斯突出综合作用假说,突出是由地应力、包含在煤体中的瓦斯及煤体自身物 理力学性质等综合作用的结果。因此,针对突出煤层,通过应力卸载在理论上能有效防止突 出的发生。为此,提出一种室内开展的一种突出煤层应力卸载防突技术及卸载参数优化方法, 对于煤矿现场煤与瓦斯突出灾害的预防和治理提供参考和借鉴。

### 发明内容

[0005] 针对上述技术的不足之处,提供一种方法简单,检测效果好,可以模拟不同应力卸 载范 围条件下煤与瓦斯突出过程的突出煤层应力卸载防突措施及卸载范围优化方法。

[0006] 为实现上述技术目的,本发明的突出煤层应力卸载防突措施及卸载范围优化方 法,前期 准备阶段、延期突出孕育阶段、延期突出诱发阶段、延期突出结束和后续工作;

[0007] 详细步骤为:

[0008] 1a) 从待测煤矿区域突出煤层中取样并进行现场调研,利用现场采集的煤块取样 测定突出 煤层的相关参数,确定试验方案;

[0009] 1b) 使用破碎筛将采集的煤块取样筛分成0-1mm粒径的煤粒,向煤粒中加水搅拌制 成6% 含水率煤样备用;

[0010] 1c) 将6%含水率煤样装入可视化箱体,可视化箱体的底部设有充气口a右侧开有 突出口, 可视化箱体上设有加载系统,所述加载系统为分别设置在可视化箱体顶部以及可 视化箱体 的 左侧壁上和前侧壁上设有多个透明加载板,可视化箱体顶部的透明加载板有 六个序号分别为 X1-X6,可视化箱体前侧壁上的透明加载板有六个序号分别为Y1-Y6,可视 化箱体的左侧壁 上的透明加载板为Z1,每个透明加载板上设有加载活塞,加载活塞穿过箱 体壁连通加压油缸; 在可视化箱体距离突出口0.75m的断面内利用可视化箱体背部开设 的传感器安装孔向可视化 箱体中的6%含水率煤样分别埋入气压传感器,最后使用加载活塞 驱动透明加载板使6%含水 率煤样在20MPa条件下成型,成型1h后解除所有透明加载板对 煤样的加压;

[0011] 1d) 在可视化箱体的右侧开有的突出口中安装瞬间突出门,所述瞬间突出门包括

爆破片夹持器,爆破片夹持器一端设有安装法兰,爆破片夹持器内部分别设有相互串联的一级爆破片和二级爆破片,一级爆破片的爆破压力为0.4/MPa,二级爆破片的爆破压力为0.6/MPa,其中一级爆破片和二级爆破片之间的爆破片夹持器上设有充气口b,通过气源系统向一级爆破片和二级爆破片之间空间充气打开二级爆破片,同时瞬间诱爆一级爆破片,实现突出口瞬间打口,以模拟石门揭煤等剧烈诱发因素诱导的突出工况;

[0012] 1e) 将高压气瓶出气口、真空泵抽气口和可视化箱体的充气口a气路顺序连接,然后将高压气瓶出气口与延期突出门的充气口b连接,检测可视化箱体、延期突出门及气管管路密封效果,确保密封压力不低于6MPa;

[0013] 1f) 在可视化箱体外侧和瞬间突出门处分别设置高速摄像机;

[0014] 2a) 利用埋入煤样中的气压传感器采集可视化箱体中煤样的气压数据;

[0015] 2b) 按照试验方案对煤样进行三轴应力加载操作,其中煤样上部6个压板应力大小均为10MPa,前侧6个压板应力大小均为12MPa;左侧1个压板应力大小为8MPa;

[0016] 2c) 启动真空泵对煤样进行抽真空操作,直到煤体内部气压小于100Pa关闭真空泵,用时约12h;

[0017] 2d) 打开高压气瓶对煤样进行充瓦斯操作,共分为四阶段保证煤样吸附平衡气压为0.74 MPa,第一阶段充气12h、充气压力至0.4MPa,然后关闭气瓶,稳定6h,同时向两级爆破片内部充气至0.3/MPa;第二阶段充气12h、充气压力至0.8MPa,然后关闭气瓶,稳定6h;第三阶段充气6h、充气压力至0.74MPa,然后关闭气瓶;用时共计约38h;

[0018] 3a) 在透明箱体外侧以及瞬间突出门外侧设置高速摄像机,按照试验方案进行不同范围条件下应力卸载操作;充气至0.4/MPa以上,瞬间诱爆一级爆破片,同时导致二级爆破片起爆,实现突出口瞬间打口,以模拟石门揭煤等剧烈诱发因素诱导的突出工况,突出发生的条件必须具有三方面:压力、地应力、煤体;本方法是研究卸载地应力以避免突出,如果该步骤测试发生了突出,表明卸载地应力的方式仍不足以避免突出,需要进一步调整卸载方案以进一步避免突出;当不发生突出时,说明卸载方式有效;

[0019] 3b) 利用高速摄像机采集模拟瓦斯延期突出中煤粉喷出的图像,当模拟的瓦斯延期突出结束后,停止透明加载板的应力加载,收集突出口抛出的煤粉并称重;

[0020] 4a) 根据试验方案进一步改变地应力卸载条件进行后续试验;

[0021] 5a) 根据突出口抛出煤粉质量比装煤总质量计算模拟突出强度;

[0022] 5b) 若通过应力卸载操作后,突出口无突出发生,即突出强度为0,则判断当前卸压范围为较优范围,同时进一步对比不同应力卸载范围大小,范围最小条件为最优卸载范围;

[0023] 5c) 若通过应力卸载操作后,突出口仍发生突出,则对比不同应力卸载范围条件下突出强度大小,突出强度最小对应卸载范围件为最优卸载范围。

[0024] 改变地应力卸载条件为:首先对煤样施加的模拟瓦斯压力为0.74/MPa,序号为X1-X6的透明加载板的应力均为10.0/MPa,序号为Y1-Y6的透明加载板的应力均为12.0/MPa,序号为Z1的透明加载板的应力为8.0/MPa;

[0025] 第1组方案为对照组,即直接打开突出口以诱发突出;

[0026] 第2-10组为不同应力卸载范围条件下突出试验组,即在加载地应力、充瓦斯基础上,进一步卸载指定范围内地应力,然后再利用瞬间突出门进行突出测试;

[0027] 其中,第2-4组卸载条件为单一加载板应力卸载,位置分别是序号为X6、X5、X4透明加载板,面积均为 $0.125/\text{m}^2$ ;第5-7组卸载条件为两块相邻透明加载板应力卸载,位置分别是序号为X6+X5、X5+X4、X4+X3透明加载板,面积均为 $0.25/\text{m}^2$ ;第8-10组卸载条件为三块相邻加载板应力卸载,位置分别是序号为X6+X5+X4、X5+X4+X3、X4+X3+X2透明加载板,面积均为 $0.375/\text{m}^2$ 。

[0028] 有益效果:

[0029] 可在室内模拟不同真三轴应力、瓦斯压力、煤层温度多场耦合条件下煤与瓦斯延期突出过程,同时可同步监测并采集箱体内存层瓦斯压力、温度、表面裂纹形态以及突出煤粉运动过程,进一步实现了箱体煤层渗流场、温度场、表面裂隙场以及突出煤粉运移轨迹场多场全程可视化,为研究煤与瓦斯突出致灾特征及其防治奠定基础。

[0030] 优点:(1)可以模拟煤矿现场真实条件下的真三维采动应力;(2)可以模拟不同应力卸载范围条件下煤与瓦斯突出过程;(3)基于试验结果分析应力卸载防突效果并优化应力卸载范围。

#### 附图说明:

[0031] 图1为本发明突出煤层应力卸载防突措施及卸载范围优化方法使用的透明箱体结构示意图。

[0032] 图2为本发明突出煤层应力卸载防突措施及卸载范围优化方法使用的透明箱体俯视图。

[0033] 图3为本发明突出煤层应力卸载防突措施及卸载范围优化方法使用的透明箱体后视图。

[0034] 图4为本发明突出煤层应力卸载防突措施及卸载范围优化方法使用的瞬间突出门结构示意图。

[0035] 图5为本发明突出煤层应力卸载防突措施及卸载范围优化方法使用的加载系统结构示意图。

[0036] 图6为本发明突出煤层应力卸载防突措施及卸载范围优化方法使用的高速摄像机安装示意图。

[0037] 图中:1-可视化箱体,2-突出口,3-密封圈,4-密封螺栓,5-充气口a,6-传感器安装孔,7-安装法兰,8-一级爆破片,9-二级爆破片,10-充气口b,11-爆破片夹持器,12-透明加载板,13-加载活塞,14-高速摄像机。

#### 具体实施方式

[0038] 下面结合附图对本发明的实施例做进一步说明:

[0039] 本发明的突出煤层应力卸载防突措施及卸载范围优化方法,其特征在于包括:前期准备阶段、延期突出孕育阶段、延期突出诱发阶段、延期突出结束和后续工作;

[0040] 详细步骤为:

[0041] 1a)从待测煤矿区域突出煤层的煤块取样进行现场调研,利用现场采集的煤块取样测定突出煤层的相关参数,确定试验方案;

[0042] 1b)使用破碎筛将采集的煤块取样筛分成 $0-1\text{mm}$ 粒径的煤粒,向煤粒中加水搅拌制

成6% 含水率煤样备用；

[0043] 1c) 将6% 含水率煤样装入可视化箱体1,如图1、图2和图3所示,可视化箱体1包括箱体和箱盖,箱体和箱盖之间设有密封圈3,两者通过密封螺栓4紧密连接,可视化箱体1的底部设有充气口a5右侧开有突出口2,可视化箱体1上设有加载系统,加载系统为设置在可视化箱体1顶部以及可视化箱体1的左侧壁上和前侧壁上设有多个透明加载板12,可视化箱体1顶部的透明加载板12有六个序号分别为X1-X6,可视化箱体1前侧壁上的透明加载板12有六个序号分别为Y1-Y6,可视化箱体1的左侧壁上的透明加载板12为Z1,每个透明加载板12上设有加载活塞13,加载活塞13穿过箱体壁连通加压油缸;在可视化箱体1距离突出口2为0.75m的断面内利用可视化箱体1背部开设的传感器安装孔6向可视化箱体1中的6%含水率煤样分别埋入气压传感器,最后使用加载活塞13驱动透明加载板12使6%含水率煤样在20MPa条件下成型,成型1h后解除所有透明加载板12对煤样的加压;

[0044] 1d) 如图4所示,在可视化箱体1的右侧开有的突出口2中安装瞬间突出门,所述瞬间突出门包括爆破片夹持器11,爆破片夹持器11一端设有安装法兰7,爆破片夹持器11内部分别设有相互串联的一级爆破片8和二级爆破片9,一级爆破片8的爆破压力为0.4/MPa,二级爆破片9的爆破压力为0.6/MPa,其中一级爆破片8和二级爆破片9之间的爆破片夹持器11上设有充气口b10,通过气源系统向一级爆破片8和二级爆破片9之间空间充气打开二级爆破片9,同时瞬间诱爆一级爆破片8,实现突出口2瞬间打口,以模拟石门揭煤等剧烈诱发因素诱导的突出工况;

[0045] 1e) 将高压气瓶出气口、真空泵抽气口和可视化箱体1的充气口a5气路顺序连接,然后将高压气瓶出气口与延期突出门的充气口b10连接,检测可视化箱体1、延期突出门及气管管路密封效果,确保密封压力不低于6MPa;

[0046] 1f) 如图6所示,在可视化箱体1外侧和瞬间突出门处分别设置高速摄像机14;

[0047] 2a) 利用埋入煤样中的气压传感器采集可视化箱体1中煤样的气压数据;

[0048] 2b) 按照试验方案对煤样进行三轴应力加载操作,其中煤样上部6个压板应力大小均为10MPa,前侧6个压板应力大小均为12MPa;左侧1个压板应力大小为8MPa;

[0049] 2c) 启动真空泵对煤样进行抽真空操作,直到煤体内部气压小于100Pa关闭真空泵,用时约12h;

[0050] 2d) 打开高压气瓶对煤样进行充瓦斯操作,共分为四阶段保证煤样吸附平衡气压为0.74 MPa,第一阶段充气12h、充气压力至0.4MPa,然后关闭气瓶,稳定6h,同时向两级爆破片内部充气至0.3/MPa;第二阶段充气12h、充气压力至0.8MPa,然后关闭气瓶,稳定6h;第三阶段充气6h、充气压力至0.74MPa,然后关闭气瓶;用时共计约38h;

[0051] 3a) 在透明箱体外侧以及瞬间突出门外侧设置高速摄像机14,按照试验方案进行不同范围条件下应力卸载操作;充气至0.4/MPa以上,瞬间诱爆一级爆破片8,同时导致二级爆破片9起爆,实现突出口2瞬间打口,以模拟石门揭煤等剧烈诱发因素诱导的突出工况,突出发生的条件必须具有三方面:压力、地应力、煤体;本方法是研究卸载地应力以避免突出,如果该步骤测试发生了突出,表明卸载地应力的方式仍不足以避免突出,需要进一步调整卸载方案以进一步避免突出;当不发生突出时,说明卸载方式有效;

[0052] 3b) 如图6所示,利用高速摄像机14采集模拟瓦斯延期突出中煤粉喷出的图像,当模拟的瓦斯延期突出结束后,停止透明加载板12的应力加载,收集突出口2抛出的煤粉并

称重；

[0053] 4a) 根据试验方案进一步改变地应力卸载条件进行后续试验；

[0054] 改变地应力卸载条件为：首先对煤样施加的模拟瓦斯压力为0.74/MPa,序号为X1-X6的透明加载板12的应力均为10.0/MPa,序号为Y1-Y6的透明加载板12的应力均为12.0/MPa,序号为Z1的透明加载板12的应力为8.0/MPa；

[0055] 第1组方案为对照组,即直接打开突出口2以诱发突出；

[0056] 第2-10组为不同应力卸载范围条件下突出试验组,即在加载地应力、充瓦斯基础上,进一步卸载指定范围内地应力,然后再利用瞬间突出门进行突出测试；

[0057] 其中,第2-4组卸载条件为单一加载板应力卸载,位置分别是序号为X6、X5、X4透明加载板12,面积均为0.125/m<sup>2</sup>；第5-7组卸载条件为两块相邻透明加载板12应力卸载,位置分别是序号为X6+X5、X5+X4、X4+X3透明加载板12,面积均为0.25/m<sup>2</sup>；第8-10组卸载条件为三块相邻加载板应力卸载,位置分别是序号为X6+X5+X4、X5+X4+X3、X4+X3+X2透明加载板12,面积均为0.375/m<sup>2</sup>；详见下表：

试验编号	地应力/MPa			瓦斯压力/MPa	应力卸载范围
	X1-X6	Y1-Y6	Z1		
1	10.0	12.0	8.0	0.74	对照组, 无卸载操作
2					X6
3					X5
4					X4
5					X6+X5
6					X5+X4
7					X4+X3
8					X6+X5+X4
9					X5+X4+X3
10					

[0060] 5a) 根据突出口2抛出煤粉质量比装煤总质量计算模拟突出强度；

[0061] 5b) 若通过应力卸载操作后,突出口2无突出发生,即突出强度为0,则判断当前卸压范围为较优范围,同时进一步对比不同应力卸载范围大小,范围最小条件为最优卸载范围；

[0062] 5c) 若通过应力卸载操作后,突出口2仍发生突出,则对比不同应力卸载范围条件下突出强度大小,突出强度最小对应卸载范围件为最优卸载范围。



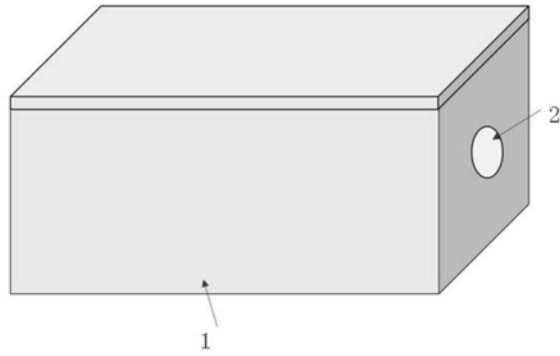


图1

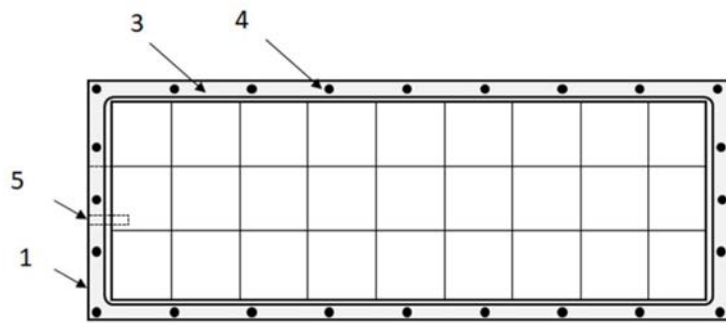


图2

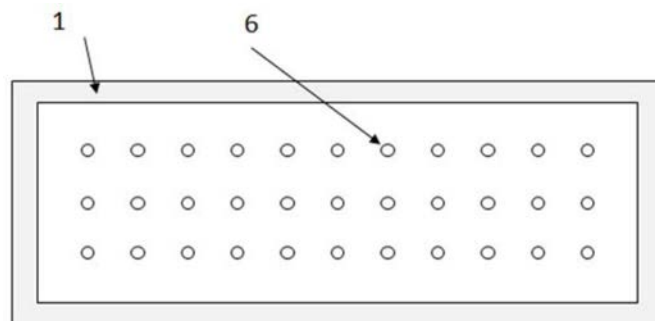


图3

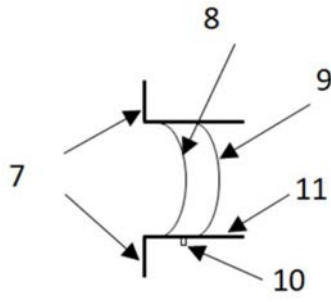


图4

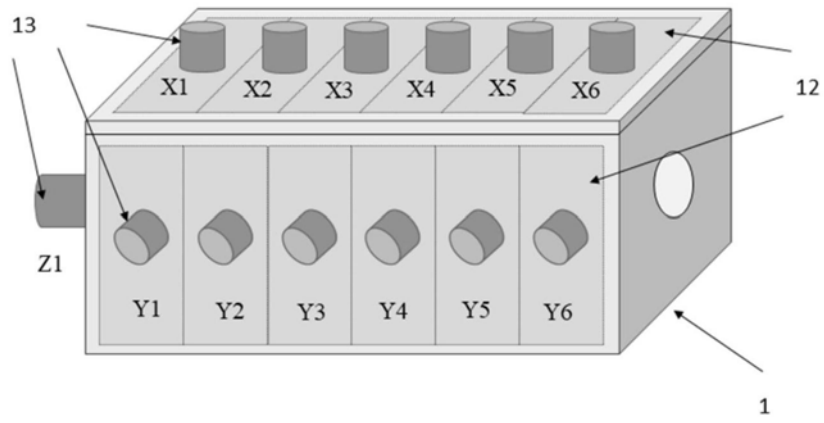


图5

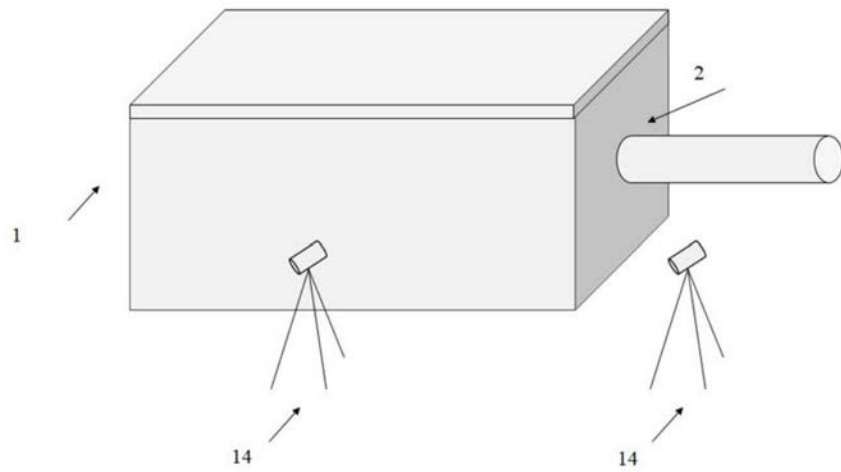


图6