



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 114397233 B

(45) 授权公告日 2023. 12. 29

(21) 申请号 202111656164.6

G01N 1/28 (2006.01)

(22) 申请日 2021.12.30

G01N 13/00 (2006.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

G01N 13/04 (2006.01)

申请公布号 CN 114397233 A

B33Y 80/00 (2015.01)

(43) 申请公布日 2022.04.26

(56) 对比文件

(73) 专利权人 山东科技大学

CN 104568595 A, 2015.04.29

地址 266590 山东省青岛市黄岛区前湾港
路579号山东科技大学

CN 108519308 A, 2018.09.11

CN 110108838 A, 2019.08.09

CN 210180995 U, 2020.03.24

(72) 发明人 陈军涛 朱君 张毅 尹英文

程斌斌 王其芳 贾东秀 刘磊

郭洪运

武善元 等. 黄河北煤田定向钻进精准注浆防治水技术研究.《煤炭科学技术》.2019, 第47卷(第5期), 第34-40页.

陈军涛 等. 黄河北煤田顶底板定向注浆关键技术.《煤矿安全》.2021, 第52卷(第5期), 第104-111页.

(74) 专利代理机构 青岛众智源知识产权代理事
务所(普通合伙) 37355

专利代理师 张红凤

审查员 何诚

(51) Int. Cl.

G01N 15/08 (2006.01)

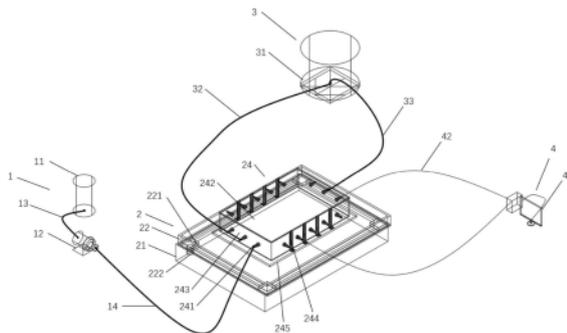
权利要求书2页 说明书6页 附图4页

(54) 发明名称

一种定向钻孔注浆的三维模拟试验方法

(57) 摘要

本发明公开了一种定向钻孔注浆的三维模拟试验方法, 涉及矿井水害注浆治理的技术领域。其所采用的试验系统包括试验台、注浆装置、承压水仓装置和数据监测装置, 其中, 注浆装置为试验台提供实验所需的注浆条件, 承压水仓装置为试验台提供实验所需的动水条件, 数据监测装置实现对实验过程的动态监测和信息处理功能。通过在试样的铺设过程中预设注浆支管, 待注浆支管铺设后, 所有注浆口位置形成的整体形状为羽状或扇形状, 可以实现定向钻孔三维注浆的试验模拟。本发明试验方法可以研究浆液在导水、储水空间的扩散、贮留机制, 探究动水条件采用不同注浆分支孔布设方式下对目标岩层的注浆改造机理、以及浆液驱水扩散的规律。



1. 一种定向钻孔注浆的三维模拟试验方法,其特征在于,依次包括以下步骤:

a、安装所需试验系统

所述的试验系统包括试验台、注浆装置、承压水仓装置及数据监测装置,所述的试验台包括试验台主体,所述的试验台主体是由底板、前、后、左、右侧板及顶板所组成的一长方体结构,在前、后、左、右侧板上均布置有若干个开孔,在每个开孔上安装对应的接口转接器,在不同的开孔上通过其对应的接口转接器来分别连接注浆装置、承压水仓装置及数据监测装置;

b、制备灰岩相似材料或3D打印的裂隙岩体模拟材料作为试验所需的试样;

c、铺设

对灰岩相似材料的铺设包括以下子步骤:

c11、对步骤b制作得到的灰岩相似材料进行分层铺设,首先将第一层灰岩相似材料铺设在试验台主体内;

c12、在第二层灰岩相似材料中埋设若干根一定长度的注浆支管,若干根注浆支管铺设后,所有注浆口位置形成的整体形状为羽状或扇形状;

c13、将第三层灰岩相似材料铺设在第二层灰岩相似材料之上;

对3D打印的裂隙岩体模拟材料进行铺设,包括以下子步骤:

c21、对步骤b制作得到的3D打印的裂隙岩体模拟材料进行分层铺设,首先将第一层裂隙岩体模拟材料铺设在试验台主体内;

c22、在第二层裂隙岩体模拟材料铺设时,先使用钻孔设备在第二层裂隙岩体模拟材料内部进行钻孔,钻孔位置与试验台主体上用于与注浆装置连接的开孔的高度齐平,在第二层裂隙岩体模拟材料内部经过钻孔形成的所有注浆口位置,形成的整体形状为羽状或扇形状;

c23、将第三层裂隙岩体模拟材料铺设在第二层裂隙岩体模拟材料之上;

d、铺设完成后,在试验台主体的顶部盖上顶板;

e、开启承压水仓装置,向试验台主体内注入水,并通过调节流速和水压,达到试验所需动流条件;

f、在步骤e中动流条件设定好后,开启注浆装置,向试验台主体提供试验所需的注浆条件;

g、通过数据监测装置进行监测并记录注浆压力表和流量表数值,并根据所获得的试验数据结合理论知识,展开分析浆液在试样孔隙中的扩散特点。

2. 根据权利要求1所述的一种定向钻孔注浆的三维模拟试验方法,其特征在于:所述的试验台还包括试验台底座和位于所述试验台底座上的水槽,所述的试验台主体位于所述的水槽内,所述的水槽的底面面积大于所述的试验台主体的底面面积,在所述的水槽的侧部设置有滤渣口和排水口。

3. 根据权利要求1所述的一种定向钻孔注浆的三维模拟试验方法,其特征在于:在所述的前、后、左、右侧板上相邻的开孔之间设置有竖向的固定夹板,每个开孔的大小及形状均相同,通过安装在每个开孔上的接口转接器来实现对应开孔处的注浆/注水功能。

4. 根据权利要求3所述的一种定向钻孔注浆的三维模拟试验方法,其特征在于:每个开孔与其连接的接口转接器处通过设置密封胶条来进一步密封。

5. 根据权利要求1所述的一种定向钻孔注浆的三维模拟试验方法,其特征在于:所述的注浆装置包括浆液储存罐、注浆机、胶管及注浆管,所述的胶管连接在浆液储存罐和注浆机之间,所述的注浆机通过注浆管连接在试验台主体的开孔连接的接口转接器上。

6. 根据权利要求1所述的一种定向钻孔注浆的三维模拟试验方法,其特征在于:所述的承压水仓装置包括水仓、进水管和出水管,进水管一端和出水管的一端分别与水仓连接,进水管的另一端连接在试验台主体的前侧板上,所述的出水管的另一端连接在所述的试验台主体的后侧板上。

7. 根据权利要求1所述的一种定向钻孔注浆的三维模拟试验方法,其特征在于:所述的数据监测装置包括高清相机、压力传感器和计算机,所述的压力传感器埋设在灰岩相似材料或3D打印的裂隙岩体模拟材料中。

8. 根据权利要求1所述的一种定向钻孔注浆的三维模拟试验方法,其特征在于,所述的3D打印的裂隙岩体模拟材料的制作步骤为:以粉末性石膏和PLA材料为打印材料,分别利用石膏粉末层喷头型打印技术和熔融沉积打印技术,打印和制作含不同裂隙程度特征的岩体模拟材料。

9. 根据权利要求1所述的一种定向钻孔注浆的三维模拟试验方法,其特征在于:所述的前、后、左、右侧板通过固定夹板固定在底板上;所述的底板固定在试验台底座上,所述的前、后、左、右侧板、底板均采用钢板制成,所述的顶板采用透明亚克力板材制成。

10. 根据权利要求1~9任一项所述的一种定向钻孔注浆的三维模拟试验方法在定向钻孔注浆的三维模拟试验中的应用。

一种定向钻孔注浆的三维模拟试验方法

技术领域

[0001] 本发明涉及矿井水害注浆治理的技术领域,具体涉及一种定向钻孔注浆的三维模拟试验方法。

背景技术

[0002] “富煤、贫油、少气”的能源结构决定了煤炭是我国的主体能源,担负着国家能源安全、经济持续健康发展的重任。目前随着我国对深部煤炭资源开采深度的逐年增加,由此产生的安全隐患问题也随之增多,比如开采深度的增加会导致地下水渗透压力的提升,在承压水位以及水头压力的作用下,矿井巷道也会出现围岩变形等问题,在采掘过程中,断层受到影响,继而出现裂隙活化等情况,最终导致涌水通道变窄、渗流通道集中等问题的发生,引发突水灾害等等,这诸多问题都会影响到煤矿的安全生产。

[0003] 针对上述存在的问题,目前主要是通过采用注浆加固的技术进行处理。注浆加固是一种适用于强含水层且对地面资源和环境的破坏小的技术措施。目前煤矿采用该方法通过施工底板常规钻孔进行注浆,改造煤层底板。但其还存在一些技术问题,比如:常规钻孔存在钻孔轨迹不可控,容易存在注浆盲区,有效孔段短,单孔注浆加固范围小,钻孔利用率低,钻探工程量大,劳动强度高,不能精确定位出水点位置,循环超前加固距离短等问题,导致开采准备时间过长。定向钻探注浆按照预定的轨迹钻达预定目标。在钻探施工中,利用自然造斜规律或采取人工造斜手段,或者两者并用,达到造斜的目的。由于定向钻孔能更好地保证钻探质量,节省钻探进尺,并能解决一些工程难题,所以得到了日益广泛的应用。定向钻探注浆能够实现对断层和裂隙的超前探测和注浆治理,具有提前治理、增加钻孔遇水的有效孔段、提高钻遇裂隙率等优点,减少了注浆盲区,提高了注浆改造效率,大幅缩短了注浆改造工期,减少了井下注浆对工作面准备的影响。

[0004] 目前定向钻探注浆中分支孔的布设方式,不同分支孔之间的间隔距离,和不同分支孔之间的相对倾斜角度,注浆压力,浆液扩散规律等方面往往根据现场工程实践的经验确定,现有技术中对于定向钻孔浆液扩散规律及其影响因素的研究主要有:申请号202010624595.3公开了一种模拟含裂缝岩体注浆、渗流过程的可视化试验系统,旨在解决模拟试验中不能实现高低温条件下岩体注浆、渗流运移过程可视化检测的问题。申请号201711191692.2公开了一种松散体渗透注浆模拟试验装置,通过瓣膜胶套包裹松散体,借助水囊胶套对松散体加压模拟地应力环境;调节恒压围压泵和注浆泵压力使围压大于注浆压力,能够模拟松散体渗透注浆过程。

[0005] 上述现有技术所采用的注浆试验模拟装置,虽然对定向钻孔浆液扩散规律做了相关研究,但未能模拟出在裂隙中存在的动水条件,不能确定动水对浆液扩散的影响,也不具备任意调节注浆管长度和角度的条件。

发明内容

[0006] 本发明的目的在于提供一种定向钻孔注浆的三维模拟试验方法,其可以通过调节

注浆口的不同深度,构造扇形分支孔或羽状分支孔,来模拟研究不同分支孔注浆的浆液扩散形态及规律,深入分析动水条件不同分支孔布置方式下浆液沿岩体裂隙扩散的规律。

[0007] 为了实现上述目的,本发明采用了以下技术方案:

[0008] 一种定向钻孔注浆的三维模拟试验方法,依次包括以下步骤:

[0009] a、安装所需试验系统

[0010] 所述的试验系统包括试验台、注浆装置、承压水仓装置及数据监测装置,所述的试验台包括试验台主体,所述的试验台主体是由底板、前、后、左、右侧板及顶板所组成的一长方体结构,在前、后、左、右侧板上均布置有若干个开孔,在每个开孔上安装对应的接口转接器,在不同的开孔上通过其对应的接口转接器来分别连接注浆装置、承压水仓装置及数据监测装置;

[0011] b、制备灰岩相似材料或3D打印的裂隙岩体模拟材料作为试验所需的试样;

[0012] c、铺设

[0013] 对灰岩相似材料的铺设包括以下子步骤:

[0014] c11、对步骤b制作得到的灰岩相似材料进行分层铺设,首先将第一层灰岩相似材料铺设在试验台主体内;

[0015] c12、在第二层灰岩相似材料中埋设若干根一定长度的注浆支管,若干根注浆支管铺设后,所有注浆口位置形成的整体形状为羽状或扇形状;

[0016] c13、将第三层灰岩相似材料铺设在第二层灰岩相似材料之上;

[0017] 对3D打印的裂隙岩体模拟材料进行铺设,包括以下子步骤:

[0018] c21、对步骤b制作得到的3D打印的裂隙岩体模拟材料进行分层铺设,首先将第一层裂隙岩体模拟材料铺设在试验台主体内;

[0019] c22、在第二层裂隙岩体模拟材料铺设时,先使用钻孔设备在第二层裂隙岩体模拟材料内部进行钻孔,钻孔位置与试验台主体上用于与注浆装置连接的开孔的高度齐平,在第二层裂隙岩体模拟材料内部经过钻孔形成的所有注浆口位置,形成的整体形状为羽状或扇形状;

[0020] c23、将第三层裂隙岩体模拟材料铺设在第二层裂隙岩体模拟材料之上;

[0021] d、铺设完成后,在试验台主体的顶部盖上顶板;

[0022] e、开启承压水仓装置,向试验台主体内注入水,并通过调节流速和水压,达到试验所需动流条件;

[0023] f、在步骤e中动流条件设定好后,开启注浆装置,向试验台主体提供试验所需的注浆条件;

[0024] g、通过数据监测装置进行监测并记录注浆压力表和流量表数值,并根据所获得的试验数据结合理论知识,展开分析浆液在试样孔隙中的扩散特点。

[0025] 上述技术方案直接带来的有益技术效果为:

[0026] 通过在对灰岩相似材料的铺设时进行注浆支管的布置,或对3D打印的裂隙岩体模拟材料铺设时对钻孔位置的布置,来达到所有注浆口位置形成的整体形状羽状或扇形状的效果,这一创新性的布置方式,可以模拟不同分支孔注浆的浆液扩散形态及规律,深入分析动水条件下和不同分支孔布置方式下浆液沿岩体裂隙扩散的规律。

[0027] 上述分支孔的布置方式与试验台、注浆装置、承压水仓装置和数据监测装置相互

配合,可研究浆液在导水、储水空间的扩散、贮留机制,探究动水条件采用不同注浆分支孔布置方式下对目标岩层的注浆改造机理、以及浆液驱水扩散的规律。

[0028] 作为本发明的一个优选方案,所述的试验台还包括试验台底座和位于所述试验台底座上的水槽,所述的试验台主体位于所述的水槽内,所述的水槽的底面面积大于所述的试验台主体的底面面积,在所述的水槽的侧部设置有滤渣口和排水口。

[0029] 作为本发明的另一个优选方案,在所述的前、后、左、右侧板上相邻的开孔之间设置有竖向的固定夹板,每个开孔的大小及形状均相同,通过安装在每个开孔上的接口转接器来实现对应开孔处的注浆/注水功能。

[0030] 进一步优选,所述的开孔与其连接的接口转接器处通过设置密封胶条来进一步密封。

[0031] 进一步优选,所述的注浆装置包括浆液储存罐、注浆机、胶管及注浆管,所述的胶管连接在浆液储存罐和注浆机之间,所述的注浆机通过注浆管连接在试验台主体的开孔连接的接口转接器上。

[0032] 优选的,所述的承压水仓装置包括水仓、进水管和出水管,进水管一端和出水管的一端分别与水仓连接,进水管的另一端连接在试验台主体的前侧板上,所述的出水管的另一端连接在所述的试验台主体的后侧板上。

[0033] 优选的,所述的数据监测装置包括高清相机、压力传感器和计算机,所述的压力传感器埋设在灰岩相似材料或3D打印的裂隙岩体模拟材料中。

[0034] 优选的,所述的3D打印的裂隙岩体模拟材料的制作步骤为:以粉末性石膏和PLA材料为打印材料,分别利用石膏粉末层喷头型打印技术和熔融沉积打印技术,打印和制作含不同裂隙程度特征的岩体模拟材料。

[0035] 优选的,所述的前、后、左、右侧板通过固定夹板固定在底板上;所述的底板固定在试验台底座上,所述的前、后、左、右侧板、底板均采用钢板制成,顶板采用透明亚克力板材制成。

[0036] 本发明的另一目的在于提供上述一种定向钻孔注浆的三维模拟试验方法在定向钻孔注浆的三维模拟试验中的应用。

[0037] 与现有技术相比,本发明带来了以下有益技术效果:

[0038] (1) 本发明可以通过调节注浆口的不同深度,形成扇形分支孔及羽状分支孔的布置方式,来模拟研究不同分支孔注浆的浆液扩散形态及规律。

[0039] (2) 本发明可与3D打印技术结合,实现含水层不同裂隙程度的定向注浆过程的相似模拟。

[0040] (3) 本发明可研究浆液在导水、储水空间的扩散、贮留机制,探究动水条件下和采用不同注浆分支孔布置方式下对目标岩层的注浆改造机理、以及浆液驱水扩散的规律。

附图说明

[0041] 下面结合附图对本发明做进一步说明:

[0042] 图1为本发明方法所采用的试验系统的整体结构示意图;

[0043] 图2为本发明试验系统整体结构主视图;

[0044] 图3为本发明试验系统整体结构俯视图;

[0045] 图4为本发明试验系统整体结构左视图;

[0046] 图5为本发明试验系统扇形分支孔布设演示图;

[0047] 图6为本发明羽状分支孔布设演示图;

[0048] 图7为本发明试验台主体的细节图;

[0049] 图中:

[0050] 1、注浆装置,2、试验台,3、承压水仓装置,4、监测装置,11、浆液储存罐,12、注浆机,13、胶管,14、注浆管,21、试验台底座,22、水槽,221、滤渣口,222、排水口,24、试验台主体,241、接口转接器,242、顶板,243、前侧板,244、固定夹板,245、底板,31、水仓,32、出水管,33、进水管,41、计算机,42、线路。

具体实施方式

[0051] 本发明提出了一种定向钻孔注浆的三维模拟试验方法,为了使本发明的优点、技术方案更加清楚、明确,下面结合具体实施例对本发明做详细说明。

[0052] 除非另有其他明确表示,否则在整个说明书和权利要求书中,术语“包括”或其变换如“包含”等等将被理解为包括所陈述的部件或组成部分,而并未排除其他部件或其他组成部分。

[0053] 在本文中,为了描述的方便,可以使用空间相对术语,诸如“下面”、“下方”、“下”、“上面”、“上方”、“上”等,来描述一个部件或特征与另一部件或特征在附图中的关系。应理解的是,空间相对术语旨在包含除了在图中所绘的方向之外物件在使用或操作中的不同方向。例如,如果在图中的物件被翻转,则被描述为在其他部件或特征“下方”或“下”的部件将取向在所述部件或特征的“上方”。因此,示范性术语“下方”可以包含下方和上方两个方向。部件也可以有其他取向(旋转90度或其他取向)且应对本文使用的空间相对术语作出相应的解释。

[0054] 本发明一种定向钻孔注浆的三维模拟试验方法,其所采用的试验系统结合图1至图4所示,包括注浆装置1、试验台2、承压水仓装置3及监测装置4,其中,注浆装置1主要向试验台提供试验所需的注浆条件,承压水仓装置3主要向试验台提供试验所需的动水条件,监测装置4主要作用是实现对试验过程的动态监测和信息处理。因此,对于注浆装置1、承压水仓装置3和监测装置4,其是作为试验台的辅助装置,并且与试验台2共同来完成三维注浆模拟。

[0055] 需要说明的是,本发明中的三维注浆模拟试验方法,其模拟条件是动水流场,即模拟动水对浆液扩散的影响,因此在注入注浆液之前,需先通入水,并设定好流速和水压,达到试验所需动流条件。

[0056] 作为本发明的主要创新点,试验台2包括试验台主体、试验台底座21及水槽22,试验台主体24是由底板245、前侧板243、后侧板、左侧板、右侧板及顶板242所组成的一长方体结构,在前、后、左、右侧板上均布置有若干个开孔,在每个开孔处连接有接口转接器241,在前、后、左、右侧板上相邻的开孔之间设置有竖向的固定夹板244,每个开孔的大小及形状均相同,通过安装在每个开孔上的接口转接器来实现对应开孔处的注浆/注水功能。

[0057] 若前、后侧板的长度小于左、右侧板的长度时,优选在前侧板和后侧板上各设置有三个开孔,在左侧板和右侧板上各设置五个开孔,在前侧板的开孔上通过安装有注水功能

的接口转接器与承压水仓装置的进水管连接,在后侧板的开孔上通过安装有注水功能的接口转接器与承压水仓装置的出水管连接。在前侧板上的其它开孔通过安装有注浆功能的接口转接器与注浆装置连接。

[0058] 上述的试验台主体的底板,其面积也可以大于顶板的面积,通过固定夹板将前、后、左、右侧板与底板连接在一起,底板与试验台底座之间通过螺栓连接。

[0059] 为了方便排水,在水槽22上设置有滤渣口221和排水口222,通过排水口将水槽内的水排出,通过滤渣口起到过滤的目的。

[0060] 注浆装置1的主要部件为:浆液储存罐11、注浆机12、胶管13、注浆管14,其中,浆液储存罐11通过胶管13与注浆机连接,注浆机12通过注浆管14与试验台主体的前/后/左/右侧板连接,浆液储存罐11中配置好的浆液依次经胶管13、注浆机12、注浆管14进入试验台主体。

[0061] 承压水仓装置3,包括水仓31、进水管33和出水管32,进水管33的一端与水仓31连接,出水管32的一端与水仓31连接,进水管33的另一端与试验台主体上开孔的接口转接器连接,出水管32的另一端与试验台主体上其它开孔的接口转接器连接。

[0062] 监测装置4如通过数码摄像机进行摄像并将数据通过线路42传输给计算机41。

[0063] 在试验台主体前、后、左、右侧板上的开孔,某些开孔在不使用时,通过阀门对其进行密封。

[0064] 下面结合上述试验系统对本发明三维注浆模拟试验方法做具体说明。

[0065] 步骤一、灰岩相似材料制备;或者使用3D打印技术制作裂隙岩体模拟材料,以粉末性石膏和PLA材料为打印材料,分别利用石膏粉末层喷头型打印技术和熔融沉积打印技术,打印和制作含不同裂隙程度特征的岩体模拟材料;

[0066] 步骤二、将灰岩相似材料或者3D打印的裂隙岩体模拟材料铺设在试验台主体内;

[0067] 步骤三、灰岩相似材料铺设:材料共铺设三层,在底部铺设第一层灰岩相似模拟材料,在铺设第二层灰岩相似模拟材料时,将注浆支管按照实验方案设计的长度埋在第二层灰岩相似模拟材料内,将第三层灰岩相似模拟材料覆盖在最上层;3D打印的裂隙岩体模拟材料铺设:材料共铺设三层,在底部铺设第一层裂隙岩体模拟材料,再铺设第二层裂隙岩体模拟材料时,使用钻孔设备按照实验方案设计的长度在裂隙岩体模拟材料内部进行钻孔,钻孔位置与承载试验台注浆口高度齐平,将注浆管放置在第二层相似模拟材料的钻孔内,将第三层裂隙岩体模拟材料覆盖在最上层,注浆管道铺设模拟扇形分支孔或羽状分支孔,扇形分支孔模拟布设方式如图5所示,羽状分支孔模拟布设方式如图6所示。

[0068] 步骤四、打开进水阀,使水仓内的水通过进水管进入受注体的容腔内,调节流速和水压,达到实验所需动流条件;

[0069] 步骤五、配置试验所需浆液,将浆液倒入浆液储存罐;

[0070] 步骤六、开启注浆机,按照实验数据要求控制注浆量与注浆压力;

[0071] 步骤七、利用数码摄像机进行图像的采集,并记录注浆压力表和流量表数值;

[0072] 步骤八、注浆完成后,清理实验装置,整理试验数据,分析浆液在试样孔隙中的扩散特点。

[0073] 综上所述,本发明通过在试样的铺设过程中预设注浆支管/钻孔,若干根注浆支管铺设后,所有注浆口位置形成的整体形状为羽状或扇形状,即:铺设的注浆管的末端的注浆

口的分部形状是扇形状或羽状。

[0074] 本发明中未述及的部分采用或借鉴已有技术即可实现。

[0075] 尽管本文中较多的使用了诸如注浆装置1、试验台2、承压水仓装置3、监测装置4等术语,但并不排除使用其它术语的可能性。使用这些术语仅仅是为了更方便地描述和解释本发明的本质;把它们解释成任何一种附加的限制都是与本发明精神相违背的。

[0076] 需要进一步说明的是,本文中所描述的具体实施例仅仅是对本发明的精神所作的举例说明。本发明所属技术领域的技术人员可以对所描述的具体实施例做各种各样的修改或补充或采用类似的方式替代,但并不会偏离本发明的精神或者超越所附权利要求书所定义的范围。

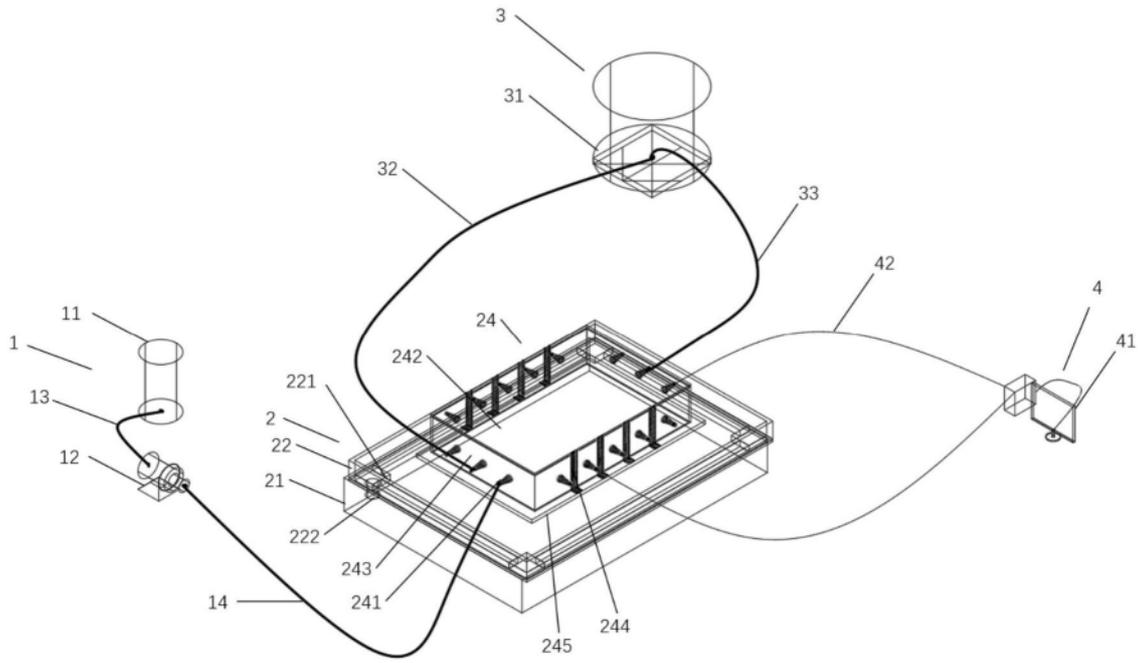


图1

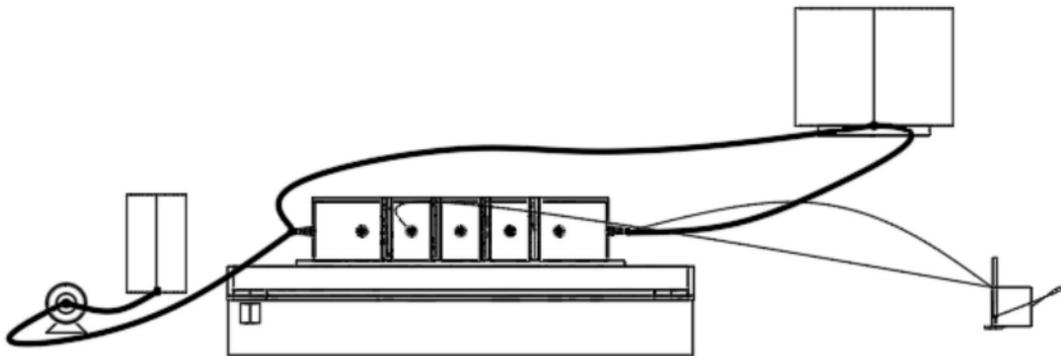


图2

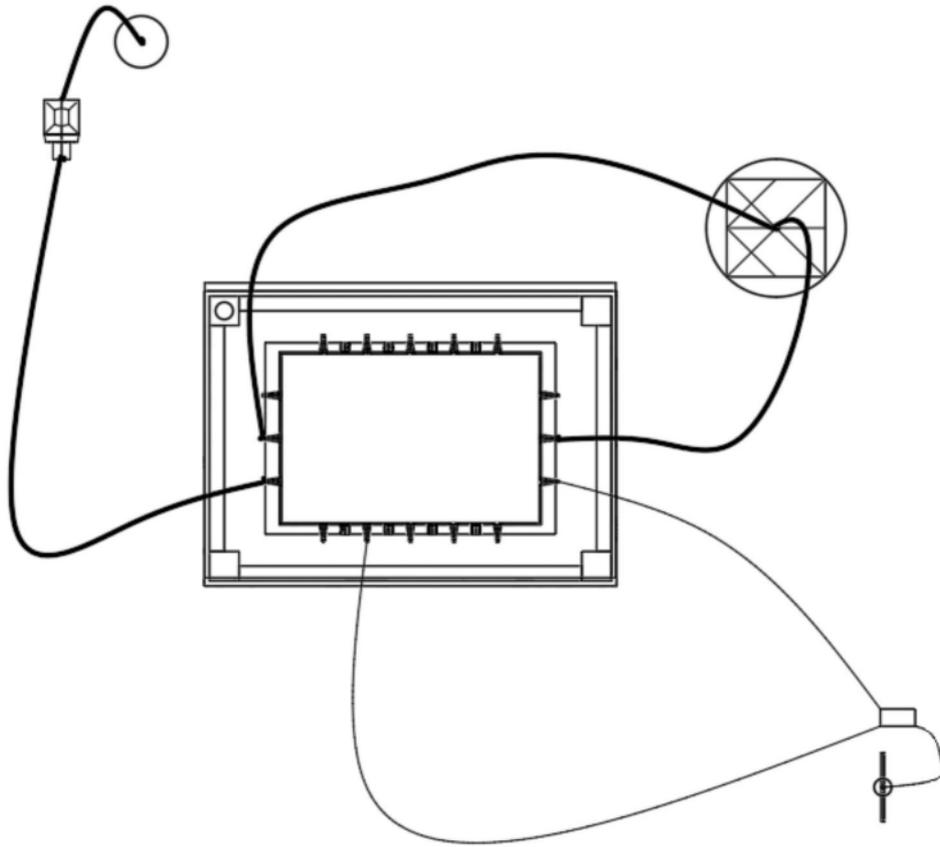


图3

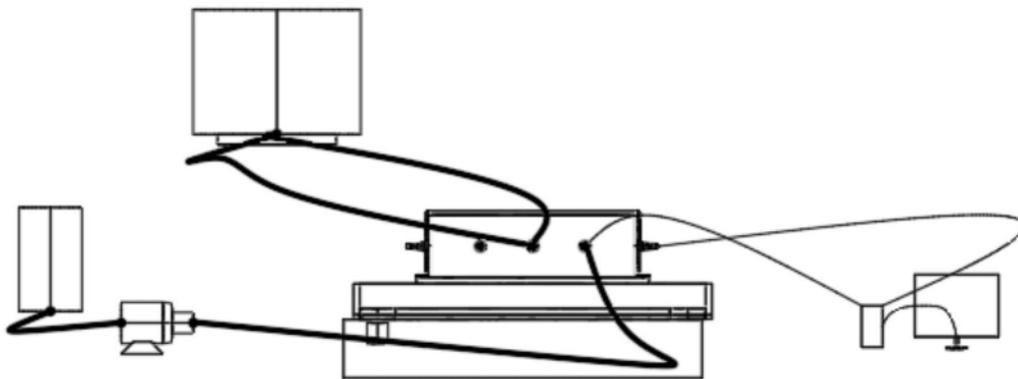


图4

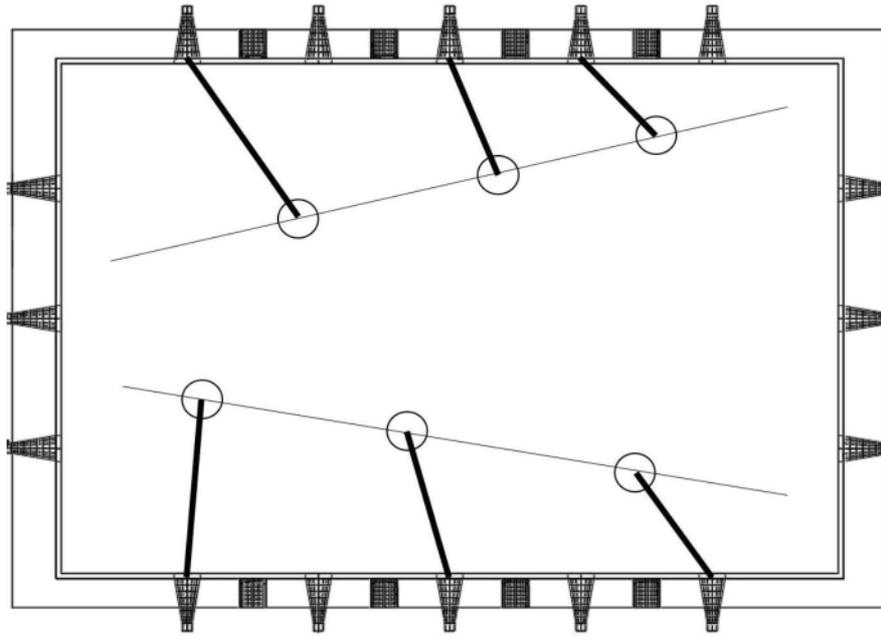


图5

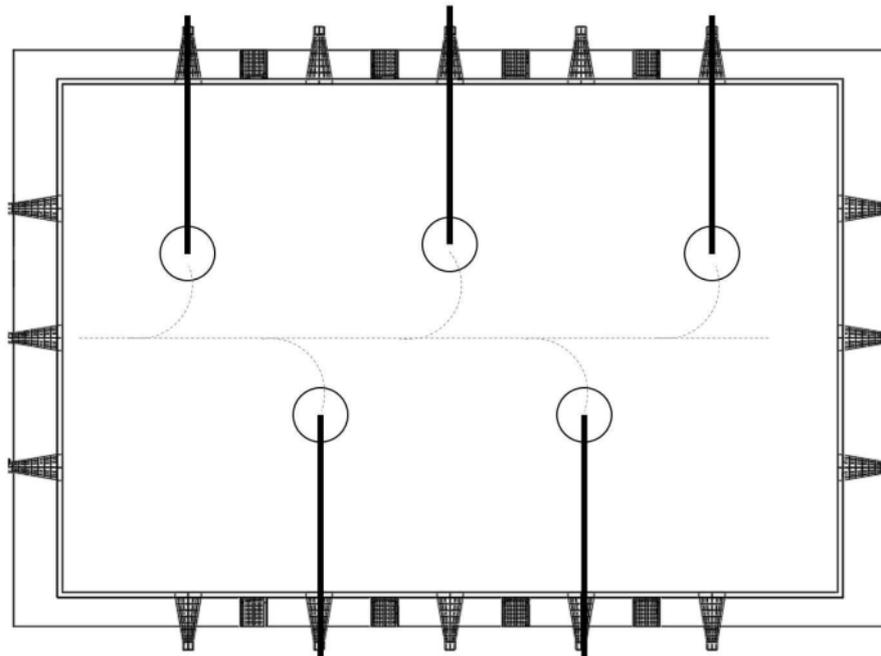


图6

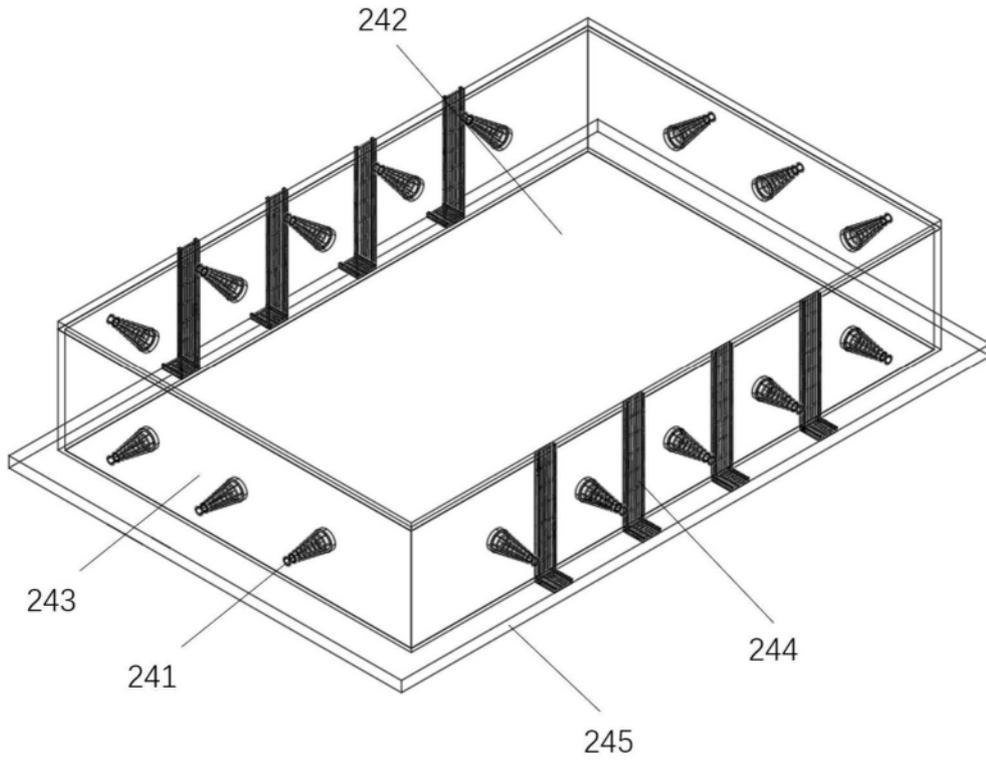


图7