



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106198753 A

(43)申请公布日 2016.12.07

(21)申请号 201610755731.6

(22)申请日 2016.08.29

(71)申请人 中国科学院武汉岩土力学研究所

地址 430000 湖北省武汉市武昌区水果湖
街小洪山2号

(72)发明人 张国凯 李海波 刘博 夏祥
刘亚群

(74)专利代理机构 北京科亿知识产权代理事务
所(普通合伙) 11350

代理人 傅海鹏

(51)Int.Cl.

G01N 29/14(2006.01)

G01N 29/44(2006.01)

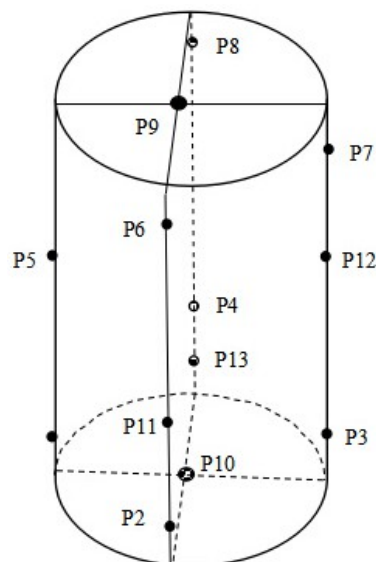
权利要求书1页 说明书4页 附图6页

(54)发明名称

一种提高声发射定位时空演化过程精度的
方法

(57)摘要

本发明提供一种提高声发射定位时空演化过程精度的方法,具体步骤包括:高强高刚度承压超声波探头的安装,声波、声发射探头的合理布置,岩石加载实验,全过程声发射的监测及超声波波速测试,超声波数据的处理得出波速变化规律,依据波速变化对声发射信号进行分阶段处理,将分阶段处理后的声发射定位信息输出并汇总,采用第三方软件进行定位图绘制得出最终三维定位图,引入声发射事件对应的时间与震源能量信息,得出声发射定位的时空及震源能量演化过程。本发明提出的声发射定位的方法解决了传统声发射定位采用恒定波速误差大的难题,提高了声发射定位精度,同时结合声波、声发射从宏-细角度量化岩石损伤演化过程,具有较强的经济效益和社会效益。



1. 一种提高声发射定位时空演化过程精度的方法,其特征在于包括如下步骤:

步骤一、在制作好的标准岩样的两端放置高强承压型超声纵波探头,在岩样侧面布置多个探头,探头与岩样接触位置涂抹耦合剂;

步骤二、将超声激发探头与声波、声发射一体化装置的高压信号发射卡端口相连,接收探头通过前置放大器与相应通道接收卡端口相连;

步骤三、采用断铅法测试探头耦合情况,测试岩石加载全过程中的声波和声发射信息,直至岩石最终发生破坏;

步骤四、从采集到的信号中识别并提取主动激发的超声波波形信息,后处理得到波速变化规律,同时将主动激发的超声波信息从初始声发射信息中滤除,得到岩石自身破坏的声发射信息;

步骤五、依据步骤四所得实测波速变化,对波速变化规律进行分阶段细化处理,同时基于波速划分阶段对声发射信号进行分阶段滤波处理,得到以波速变化为依据的不同阶段声发射定位信息;

步骤六、根据步骤五得到的各不同阶段声发射定位信息,汇总处理得到加载全过程的声发射定位信息,同时依据后处理声发射震源能量和对应时间得到岩石破坏过程中声发射事件的时空及震源能量演化分布。

2. 根据权利要求1所述的一种提高声发射定位时空演化过程精度的方法,其特征在于:所述高强承压型超声纵波探头包括承压外壳(1)、透声胶(4)、压电陶瓷换能器(3)、销钉(7)、下端承载板(8)、吸声材料(2)及探头端口(6),承压外壳(1)内部设置一个凹槽用来放置压电陶瓷换能器(3),压电陶瓷换能器(3)上部设置有吸声材料(2),采用透声胶(4)将压电陶瓷换能器(3)与下端承载板(8)上部耦合接触,压电陶瓷换能器的连接导线(5)由探头端口(6)接出,承压外壳(1)底部通过销钉(7)与下端承载板(8)对接,同时采用特制密封胶将承压外壳(1)底部与下端承载板(8)粘结牢固。

3. 根据权利要求1所述的一种提高声发射定位时空演化过程精度的方法,其特征在于:所述步骤一中高强承压型超声纵波探头截面尺寸与岩样一致,并保证探头中心与岩样中心对齐。

4. 根据权利要求1所述的一种提高声发射定位时空演化过程精度的方法,其特征在于:所述步骤一中岩样侧面布置10个探头,其中靠近中部位置布置4个探头。

5. 根据权利要求1所述的一种提高声发射定位时空演化过程精度的方法,其特征在于:所述步骤二中探头合理布置妥当后,超声激发通道为4个,声发射接收通道为9个,超声脉冲同步通道为1个。

一种提高声发射定位时空演化过程精度的方法

[0001]

技术领域

[0002] 本发明涉岩石类材料声发射演化规律研究领域,特别是涉及一种提高声发射定位时空演化过程精度的方法。

[0003]

背景技术

[0004] 随着我国大型土建工程规模的逐步增大,如核电站、大型水利工程、矿山工程、地下硐室和隧道等,岩石力学理论及相应更加精细的破坏规律研究已滞后于工程发展速度,岩石宏观力学特性的劣化及破坏是细观损伤发展的结果,因此研究岩石宏观破坏特性与细观损伤演化规律的对应变化关系十分重要。声发射是岩石材料在外荷载作用下由于自身变形断裂导致储存的应变能以应力波的形式快速释放出的一种现象,声发射现象作为材料加载破坏过程中的一种伴生现象,反映了岩石微裂纹萌生扩展、汇聚丛集及最终贯通破坏过程,可以作为岩石裂纹扩展或破坏的一种监测和预报手段,声发射的三维时空演化过程对深入研究和理解岩石力学特性及损伤发展分布随加载的演化过程至关重要。

[0005] 通过声发射信号对岩样的微缺陷及微破裂进行追踪和定位,常用的声发射定位算法是时差定位法,该方法需要设定纵/横波在试样中的传播速度,常用的方法是在实验开始前测试岩样的波速,并假定在加载过程中波速保持不变,但由于岩样的波速随着外荷载的变化而变化,因此采用恒定波速变化研究岩石加载破坏过程中的声发射定位分布存在较大的误差,不能准确的反应和追踪裂纹的扩展路径,同时随着声发射监测技术在工程应用及科学研究中逐渐推广开来,因此如何提高声发射定位精度亟待解决。

[0006]

发明内容

[0007] 本发明为了克服现有技术中存在的上述缺陷,提供了一种提高声发射定位时空演化过程精度的方法。

[0008] 本发明采用以下技术方案:一种提高声发射定位时空演化过程精度的方法,其特征是,包括以下步骤:

步骤一、在制作好的标准岩样的两端放置高强承压型超声纵波探头,在岩样侧面布置多个声发射探头,探头与岩样接触位置涂抹耦合剂;

步骤二、将超声激发探头与声波、声发射一体化装置的高压信号发射卡端口相连,接收探头通过前置放大器与相应通道接收卡端口相连;

步骤三、采用断铅法测试探头耦合情况,设置超声波激发间隔时间与激发电压幅值,同时根据实验测试设置声发射采集参数,测试岩石加载全过程中的声波和声发射信息,直至岩石最终发生破坏;

步骤四、从采集到的信号中识别并提取主动激发的超声波波形信息,后处理得到波速

变化规律,同时将主动激发的超声波信息从初始声发射信息中滤除,得到岩石自身破坏的声发射信息;

步骤五、依据步骤四所得实测波速,对波速变化规律进行分阶段细化处理,同时基于波速划分阶段对声发射信号进行分阶段滤波处理,得到以波速变化为依据的不同阶段声发射定位信息;

步骤六、根据步骤五得到的各不同阶段声发射定位信息,汇总处理得到加载全过程的声发射定位信息,同时依据后处理所得声发射震源能量和对应时间得到岩石破坏过程中声发射事件的时空及震源能量演化分布。

[0009] 进一步,所述高强承压型超声纵波探头包括承压外壳、下端承载板、压电陶瓷换能器、连接导线、透声胶、销钉、吸声材料及探头端口,承压壳内部设置一个凹槽用来放置压电陶瓷换能器,压电陶瓷换能器上部设置有吸声材料,采用特制耦合剂透声胶将压电陶瓷换能器与下端承载板上部耦合接触,压电陶瓷换能器的连接导线由探头端口接出,承压外壳底部通过销钉与下端承载板对接,采用特制密封胶将承压外壳底部与下端承载板粘结密封牢固。

[0010] 进一步,所述步骤一中高强承压型超声纵波探头截面尺寸与岩样一致,并保证探头中心与岩样中心对齐。

[0011] 进一步,所述步骤一中岩样侧面布置10个探头,其中靠近中部位置布置4个探头。

[0012] 进一步,所述步骤二中探头合理布置妥当后,超声激发通道为4个,声发射接收通道为9个,超声脉冲同步通道为1个。

[0013] 本发明与现有技术方案相比具有以下有益效果和优点:本发明采用声波、声发射一体化装置,依据加载作用下岩石波速变化的实际值来进行声发射定位分析,同时通过探头合理布置测试不同位置、与最大主应力呈不同夹角方向波速变化,从宏观角度研究岩石裂纹扩展及损伤演化规律;该方法一方面在很大程度上提高了声发射定位的时空演化过程精度;相比传统声发射定位,通过对汇总数据后处理,可以直观的反应出每个声发射震源的能量大小,能进一步细化声发射事件与岩石损伤对应关系;通过引入声发射事件对应的时间变量,可以更加直观清晰的得出声发射定位事件随时间变化的分布规律;另一方面综合超声波和声发射监测,从宏-细观角度分别研究岩石的损伤演化过程,建立宏-细观力学参数变化的对应关系,更加深入和清晰的认识岩石的损伤及破坏过程,具有较强的科研研究价值,同时能带来较好的经济效益和社会效益。

[0014]

附图说明

[0015] 图1是本发明设计的钢制高强承压探头结构简图。

[0016] 图2是本发明实验实例探头分布简图。

[0017] 图3是本发明岩样及承压探头简图。

[0018] 图4是本发明实施例实测不同方向波速随应力-应变曲线的变化图。

[0019] 图5是本发明实施例按波速恒定假设分析的声发射定位图。

[0020] 图6是本发明实施例发明方法所得声发射定位图。

[0021] 图7是本发明实施例采用MATLAB绘制的AE事件随时间分布图。

[0022] 图8是发明实施例采用MATLAB绘制的AE事件随能量等级分布图。

[0023] 图中,1、承压外壳;2、吸声材料;3、压电陶瓷换能器;4、透声胶;5、连接导线;6、探头端口;7、销钉;8、下端承载板;9、轴向超声波激发探头;10、轴向超声波接收探头。

[0024]

具体实施方式

[0025] 以下结合附图和具体实施例对本发明作进一步的详细描述:

本实施例选取花岗岩为实验岩样,岩样取自一采石场,采用声波、声发射一体化装置同步测试岩石压缩过程中超声波波速及声发射信号,利用实测波速变化进行声发射空间定位的追踪。

[0026] 该方法主要操作步骤如下:

1)声波及声发射探头的固定与安装,首先按照图1制作两个高强承压超声纵波探头,所述高强承压型超声纵波探头包括承压外壳1、透声胶4、压电陶瓷换能器3、销钉7、下端承载板8、吸声材料2及探头端口6,承压外壳1内部设计一个凹槽用来放置压电陶瓷换能器3,压电陶瓷换能器3上部设置有吸声材料2,采用特制耦合剂透声胶4将压电陶瓷换能器3与下端承载板8上部耦合接触,压电陶瓷换能器的连接导线5由探头端口6接出,承压外壳1底部通过销钉7与下端承载板8对接,采用特制密封胶将承压外壳1底部与下端承载板8粘结牢固。

[0027] 在制作好的标准岩样的两端放置高强承压声波探头,其中一端作为轴向超声波激发探头9,另一端作为轴向超声波信号接收探头10,两个探头截面尺寸与岩样尺寸一致,并保证探头中心与岩样中心对齐,探头与岩样接触面涂抹高真空硅脂进行耦合;根据实验方案在岩样侧面布置10个Nano30探头,其中靠近试样中部布置四个Nano30探头分别测试试样两个侧向波速和与轴向呈不同夹角方向波速,为了快速固定并且保护探头,采用特制铜片包裹声发射探头,在探头与岩样接触位置涂抹耦合剂,通过502胶水将铜片两侧与岩样侧面粘接,以此来固定探头,探头的最终分布见图2所示;

2)通道探头连接,采用超声透射直达波法测试波速,通过多通道作为激发超声通道,以此来测试不同方向波速变化规律。选取一端承压超声波探头作为轴向激发探头测试轴向波速,侧向及与轴向呈不同方向波速变化由位于靠近端部和中部的3个激发通道测试,超声激发探头(岩样端部一个,侧面三个)直接与声波、声发射一体化装置的高压信号发射卡端口相连,每个接收探头与可调的(20/40/60db)前置放大器相连,然后与相应通道接收卡端口相连;将岩样上下端部及侧面探头合理布置妥当后,共计4个超声激发通道、9个声发射接收通道和1个超声脉冲激发同步通道,该9个探头可同时作为声波及声发射接收通道,记录测试过程中的超声波及声发射波形信息。

[0028] 3)实验测试过程,采用断铅法测试每个探头耦合情况,并检验定位效果,一切正常后启动高压信号发射卡系统控制软件,依据需要设置高压电脉冲信号的发射参数,如发射周期、电压幅值、电压频率、电压脉冲波形等;一切正常后同时启动MTS岩石力学实验机和声波、声发射一体化装置,开启声发射采集和超声脉冲发射软件,测试岩石加载全过程中的声波和声发射信息,直至岩石最终发生破坏停止;

4)通过声发射后处理软件对采集信号进行处理分析,首先通过与高压信号发射卡相连的同步通道找到相应超声脉冲激发时刻,然后从采集到的信号中将与激发时刻对应的各通

道信号进行识别和提取,采用互相关分析对波形信息进行处理,得到岩石不同方向波速变化规律,同时在上述将发射卡激发信号识别提取的基础上,将该信号从声发射接收信号中滤除,得到岩石自身破坏的所有声发射信息;

5)依据上述中得出的波速随时间(应力)变化信息,将全过程中记录到的声发射信息进行分阶段处理,将其按照波速变化转折点以时间为参量进行滤波处理,得到以波速变化为依据的各不同阶段声发射数据信息;

6)根据波速变化将声发射信号进行分阶段处理,依据不同阶段实测波速的变化,采用后处理定位软件得到不同阶段声发射定位点信息,包括声发射事件坐标、源幅值、对应时刻、定位点对应的接收通道及信息等,将各阶段所得声发射定位点信息输出汇总并导入第三方绘图软件,为区分声发射事件发生的时间顺序和能量大小,采用定位标志点大小代表能量大小,颜色代表时间顺序,得到岩石破坏过程中声发射分布及对应信息,如图5~8所示。

[0029] 图5为本发明实施例采用传统恒定波速假设所得声发射定位图,定位点不包含时间与震源能量演化规律,存在一定局限性。图6为Origin绘制的声发射的时空及震源能量演化分布规律,定位点的大小代表能量大小,点越大,震源能量越大,颜色越深代表出现的时间越晚;图7为MATLAB绘制的声发射的时空演化分布规律,颜色越浅代表声发射出现的越晚;图8为MATLAB绘制的声发射震源能量随空间的演化分布规律,颜色越浅代表声发射震源的能量震级越大。因此,采用本发明提供的一种提高声发射定位时空演化过程精度的方法能够解决传统声发射定位采用恒定波速误差大的难题,提高了声发射定位的精度。

[0030] 最后说明的是,以上实施例仅用以说明本发明的技术方案而非限制,尽管参照较佳实施例对本发明进行了详细说明,本领域的普通技术人员应当理解,可以对本发明的技术方案进行修改或者等同替换,而不脱离本发明技术方案的宗旨和范围,其均应涵盖在本发明的权利要求范围中。

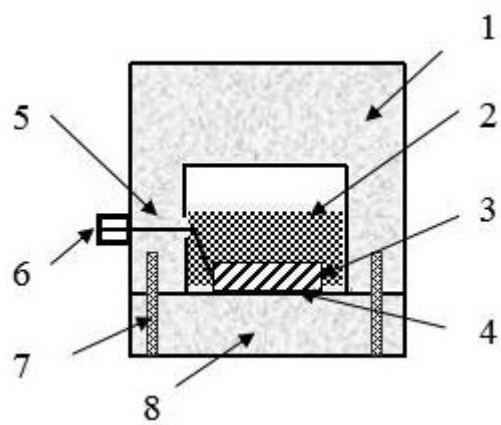


图1

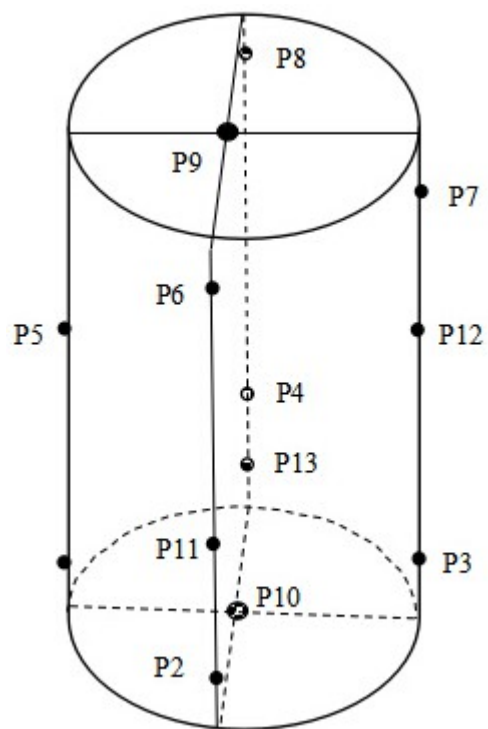


图2

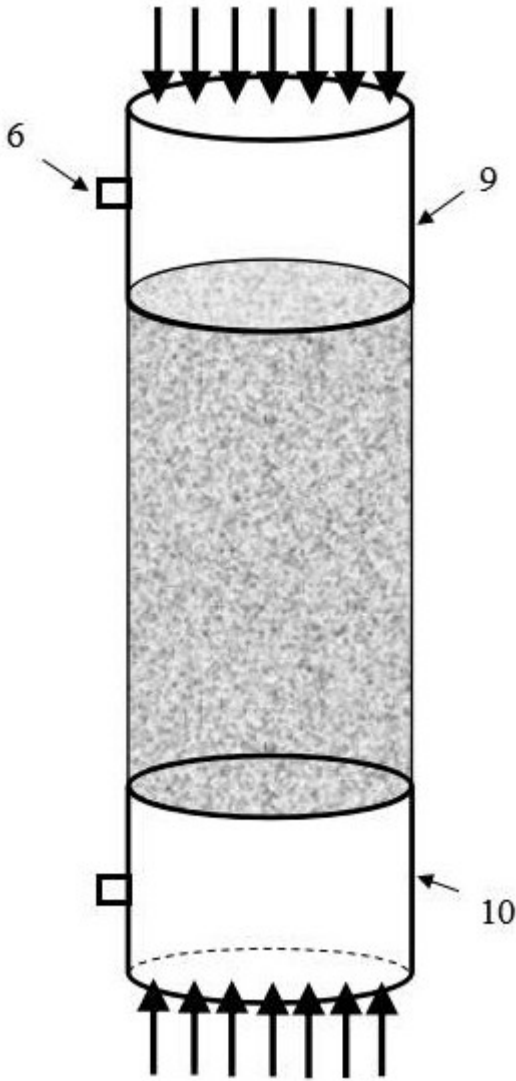


图3

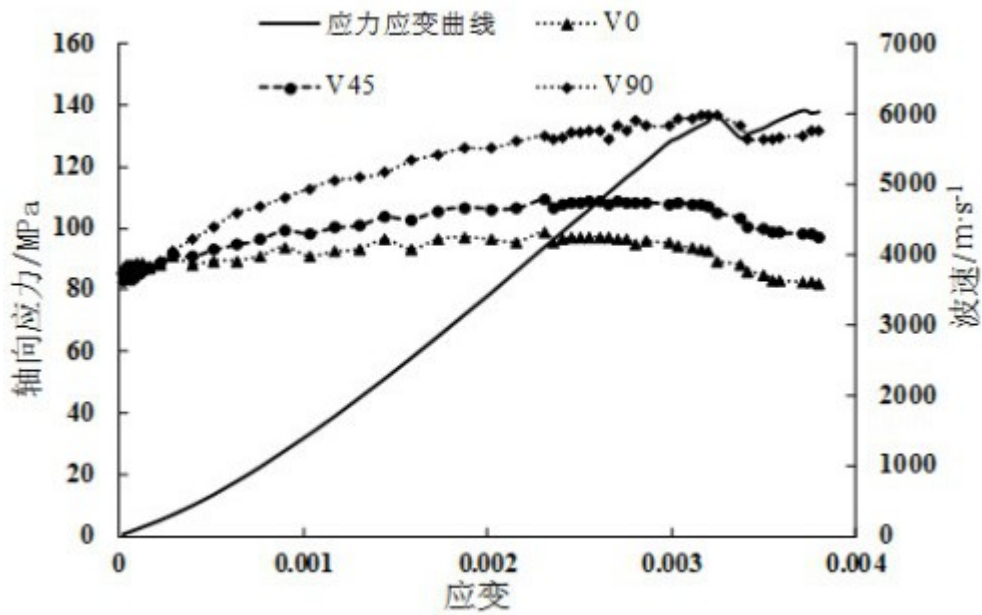


图4

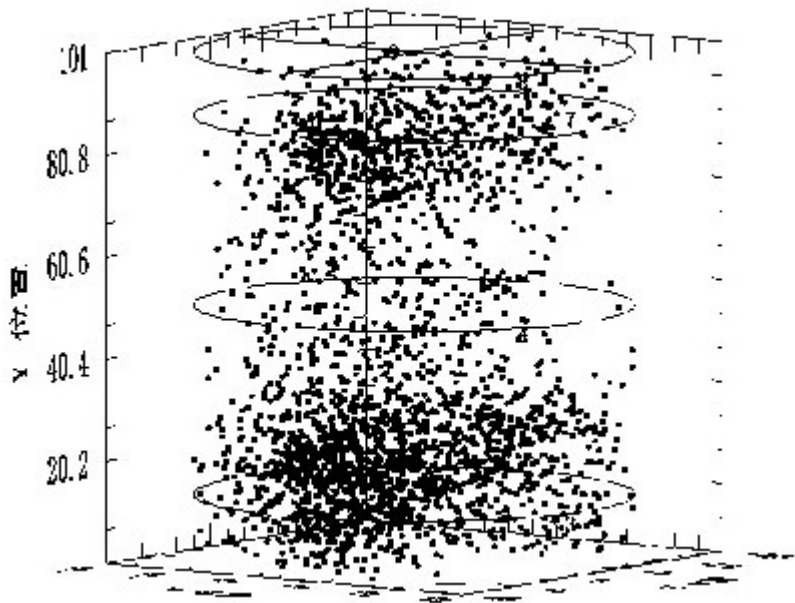


图5

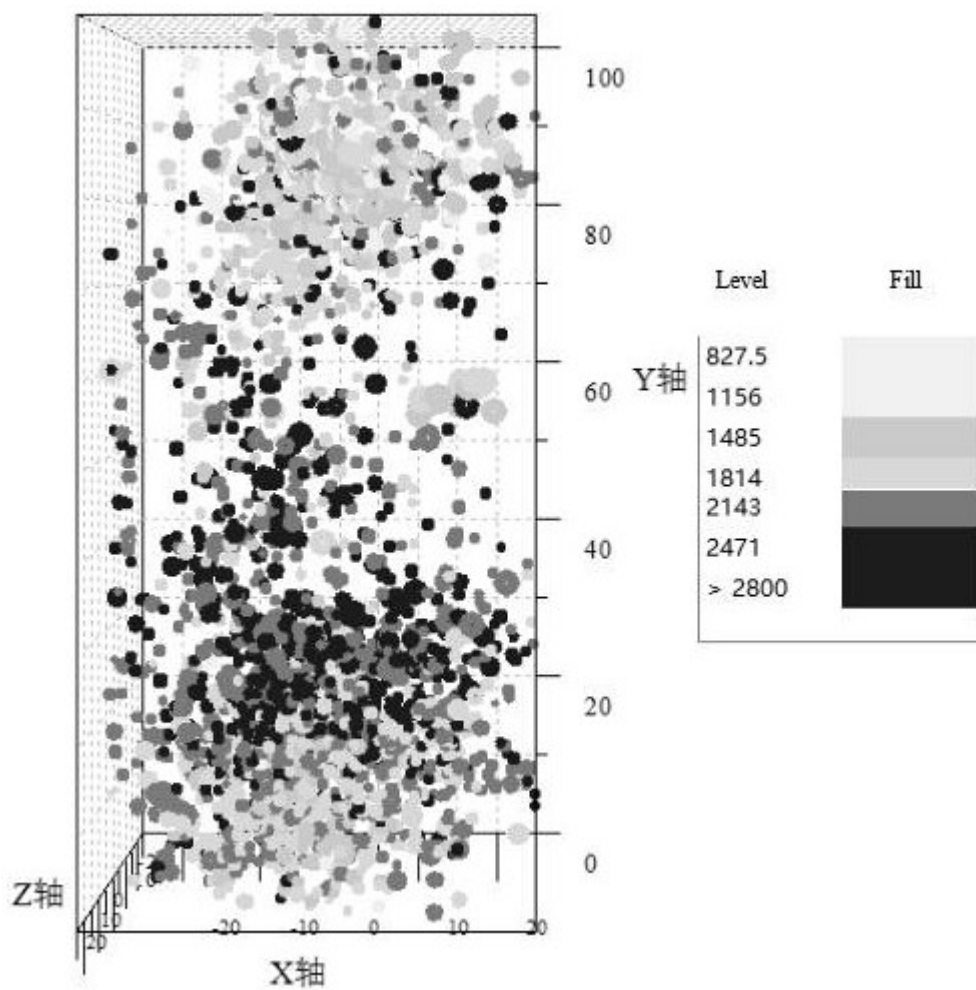


图6

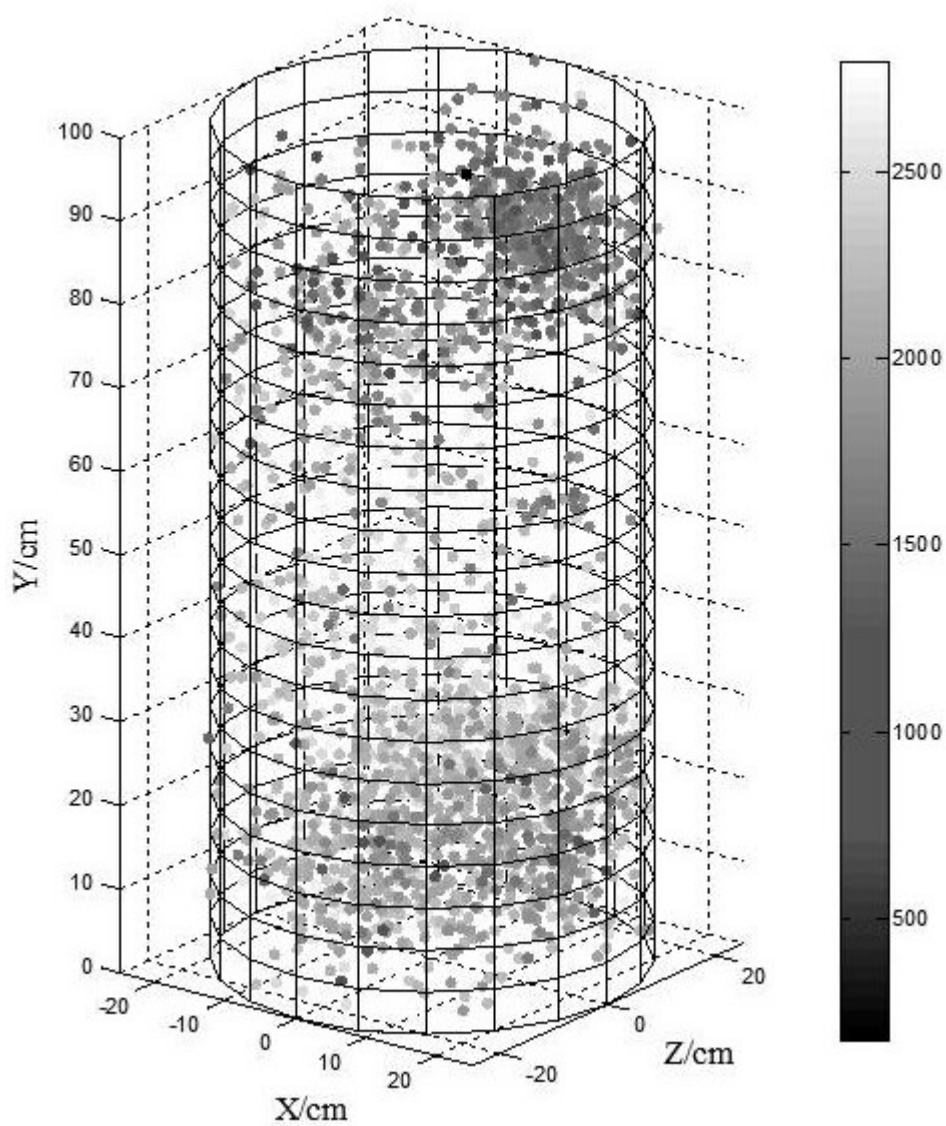


图7

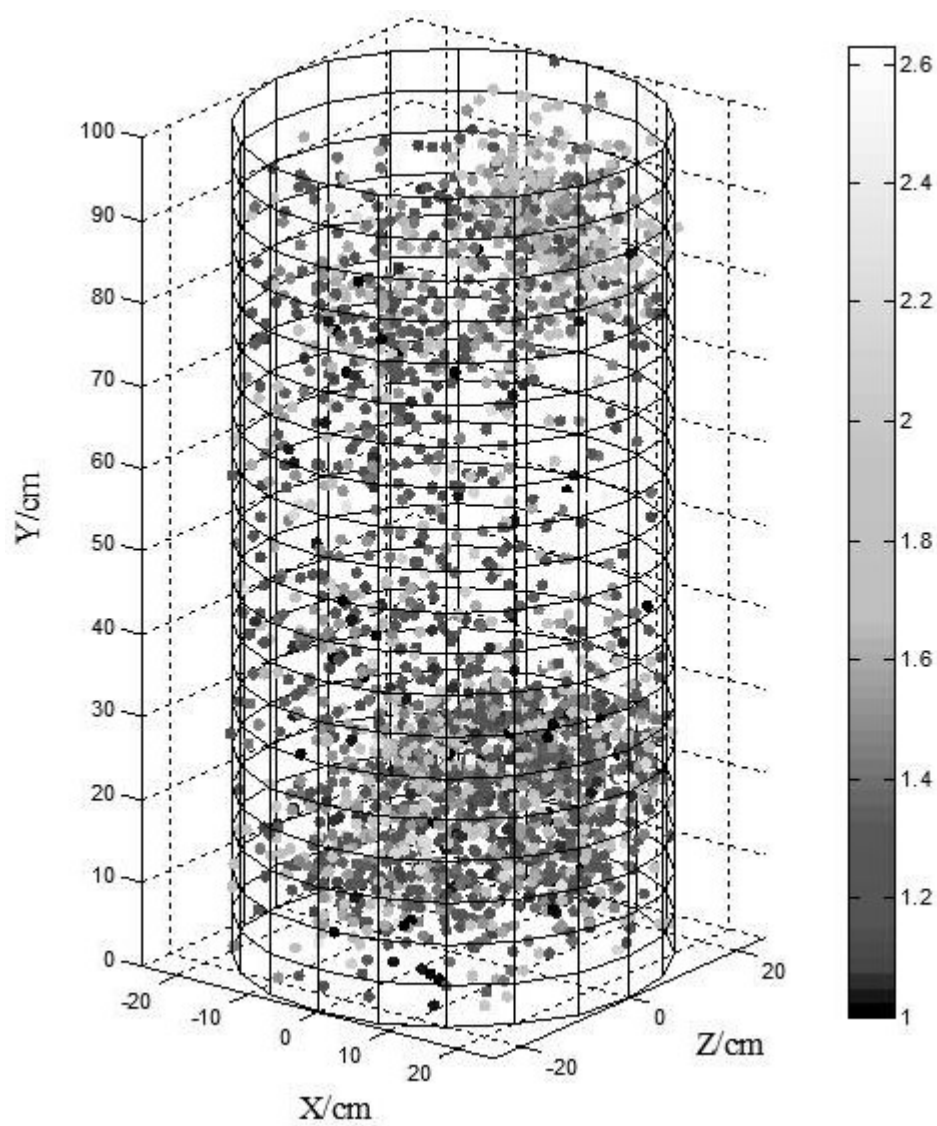


图8