



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 114547880 A

(43) 申请公布日 2022.05.27

(21) 申请号 202210149592.8

(22) 申请日 2022.02.18

(71) 申请人 中冶长天国际工程有限责任公司
地址 410006 湖南省长沙市岳麓区节庆路7号

(72) 发明人 张有乾 喻明军 蒋江晨 邓星良 王宝山

(74) 专利代理机构 北京弘权知识产权代理有限公司 11363
专利代理师 逯长明 许伟群

(51) Int. Cl.
G06F 30/20 (2020.01)
E21B 49/00 (2006.01)
G06F 119/14 (2020.01)

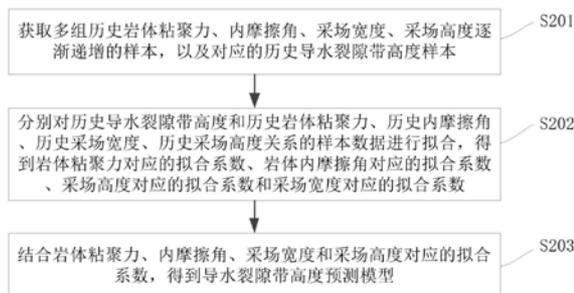
权利要求书2页 说明书8页 附图9页

(54) 发明名称

一种金属矿开采中导水裂隙带高度的获取方法及系统

(57) 摘要

本申请涉及矿山岩体安全领域,提供一种金属矿开采中导水裂隙带高度的获取方法及系统,通过获取岩体的内摩擦角和粘聚力,以及采场的宽度和高度。将所述岩体的内摩擦角和粘聚力,以及采场的宽度和高度输入预先建立的导水裂隙带高度预测模型,得到导水裂隙带高度。可实现准确获取金属矿开采中导水裂隙带高度,以对后续开采过程进行预警。



1. 一种金属矿开采中导水裂隙带高度的获取方法,其特征在于,包括:

获取岩体的内摩擦角和粘聚力,以及采场的宽度和高度;

将所述岩体的内摩擦角和粘聚力,以及采场的宽度和高度输入预先建立的导水裂隙带高度预测模型,得到导水裂隙带高度;

所述导水裂隙带高度预测模型的获取步骤包括:

获取多组历史岩体粘聚力、内摩擦角、采场宽度、采场高度逐渐递增的样本,以及对应的历史导水裂隙带高度样本;

分别对历史导水裂隙带高度和历史岩体粘聚力、历史内摩擦角、历史采场宽度、历史采场高度关系的样本数据进行拟合,得到岩体粘聚力对应的拟合系数、岩体内摩擦角对应的拟合系数、采场高度对应的拟合系数和采场宽度对应的拟合系数;

结合岩体粘聚力、内摩擦角、采场宽度和采场高度对应的拟合系数,得到导水裂隙带高度预测模型,所述导水裂隙带高度预测模型为:

$$H = k_1 \ln c + k_2 \ln(\tan \varphi) + k_3 h + k_4 B + k_5$$

φ 为岩体内摩擦角, c 为岩体粘聚力, B 为采场宽度, h 为采场高度, H 为导水裂隙带高度, k_1 为岩体粘聚力对应的拟合系数, k_2 为岩体内摩擦角对应的拟合系数, k_3 为采场高度对应的拟合系数, k_4 为采场宽度对应的拟合系数, k_5 为常数。

2. 根据权利要求1所述的一种金属矿开采中导水裂隙带高度的获取方法,其特征在于,在所述分别对历史导水裂隙带高度和历史岩体粘聚力、历史内摩擦角、历史采场宽度、历史采场高度关系的样本数据进行拟合的过程中采用莱文贝格—马夸特方法。

3. 根据权利要求1所述的一种金属矿开采中导水裂隙带高度的获取方法,其特征在于,所述导水裂隙带高度预测模型具体为:

$$H = -20.787 \ln c - 63.555 \ln(\tan \varphi) + 0.638h + 0.825B - 49.836$$

拟合优度为0.958。

4. 根据权利要求1所述的一种金属矿开采中导水裂隙带高度的获取方法,其特征在于,对所述历史导水裂隙带高度和历史岩体粘聚力的样本数据拟合步骤包括:

采用最小二乘法进行指数拟合、线性拟合、对数拟合、多项式关系拟合、幂函数拟合,取其中拟合优度最高的,为最终拟合关系;

随着岩体粘聚力的提高,导水裂隙带高度逐渐减小,得到历史导水裂隙带高度和历史岩体粘聚力为对数关系,具体为:

$$y_1 = -20.66 \ln(x_1) + 37.211$$

y_1 为单一变量为历史粘聚力的情况下对应的历史导水裂隙带高度, x_1 为历史岩体粘聚力,拟合优度为0.9921。

5. 根据权利要求1所述的一种金属矿开采中导水裂隙带高度的获取方法,其特征在于,对所述历史导水裂隙带高度和历史内摩擦角的样本数据拟合步骤包括:

采用最小二乘法进行指数拟合、线性拟合、对数拟合、多项式关系拟合、幂函数拟合,取其中拟合优度最高的,为最终拟合关系;

历史内摩擦角以正切值的形式影响历史导水裂隙带高度,随着岩体摩擦角的提高,导水裂隙带高度逐渐减小,拟合得到历史导水裂隙带高度和历史内摩擦角为对数关系,具体

为:

$$y_2 = -64.56 \ln(x_2) + 32.622$$

y_2 为单一变量为历史内摩擦角的情况下对应的历史导水裂隙带高度, x_2 为历史内摩擦角,拟合优度为0.9735。

6. 根据权利要求1所述的一种金属矿开采中导水裂隙带高度的获取方法,其特征在于,对所述历史导水裂隙带高度和历史采场宽度的样本数据拟合步骤包括:

采用最小二乘法进行指数拟合、线性拟合、对数拟合、多项式关系拟合、幂函数拟合,取其中拟合优度最高的,为最终拟合关系;

随着采场宽度的增加,导水裂隙带高度逐渐增大,得到历史导水裂隙带高度和历史采场宽度的样本数据为线性关系,具体为:

$$y_3 = 0.904x_3 + 22.067$$

y_3 为单一变量为历史采场宽度的情况下对应的历史导水裂隙带高度, x_3 为历史采场宽度,优度为0.9778。

7. 根据权利要求1所述的一种金属矿开采中导水裂隙带高度的获取方法,其特征在于,对所述历史导水裂隙带高度和历史采场高度的样本数据拟合步骤包括:

采用最小二乘法进行指数拟合、线性拟合、对数拟合、多项式关系拟合、幂函数拟合,取其中拟合优度最高的,为最终拟合关系;

随着采场高度的增加,导水裂隙带高度逐渐增大,得到历史导水裂隙带高度和历史采场高度的样本数据为线性关系,具体为:

$$y_4 = 0.6317x_4 + 54.067$$

y_4 为单一变量为历史采场高度的情况下对应的历史导水裂隙带高度, x_4 为历史采场高度,优度为0.9647。

8. 一种金属矿开采中导水裂隙带高度的获取系统,其特征在于,所述一种金属矿开采中导水裂隙带高度的获取系统,用于执行权利要求1-7任一项所述的一种金属矿开采中导水裂隙带高度的获取方法,包括:获取模块、处理模块和输出模块;

所述获取模块,用于获取岩体的内摩擦角和粘聚力,以及采场的宽度和高度;

所述处理模块,用于将所述岩体的内摩擦角和粘聚力,以及采场的宽度和高度输入导水裂隙带高度预测模型;

所述输出模块,用于输出导水裂隙带高度。

一种金属矿开采中导水裂隙带高度的获取方法及系统

技术领域

[0001] 本申请涉及矿山岩体安全领域,尤其涉及一种金属矿开采中导水裂隙带高度的获取方法及系统。

背景技术

[0002] 矿体开采后,采场(地下采矿区)顶板发生破坏,其破坏区域从下而上,参见图3,可分为冒落带,裂隙发育带和弯曲下沉带,合称为三带。在三带中,由于在冒落带和裂隙发育带中,岩石在外力作用下产生的变形量超过其最大弹性变形量后,会产生塑性破坏,而在进入塑性破坏状态时的一个显著特点就是岩石内部裂隙显著发育。当外力继续增大或变形继续增大,超过岩石承受极限(应力极限或变形极限),岩石会发生破断,继而发生塑性破坏或断裂破坏,形成贯通裂隙,裂隙成为导水通道,因此又将冒落带和裂隙发育带统称为导水裂隙带。

[0003] 因导水裂隙带可将采场空间和地下水系通过贯通裂隙联通,随着地下开采面积的增大,采场上的岩体发生破坏(塑性破坏或断裂破坏)的范围也会随之增加,导水裂隙带高度也会随之增大,随着开采的继续,甚至会发展到地表。当裂隙发育带发育至地表时,会将地表水体引入地下采掘空间,对生产安全造成极大影响。

[0004] 因此,将采场开采后,导水裂隙带的发育高度作为研究对象进行研究。可作为预警作用。亦可作为设计参考,通过研究导水裂隙带的发育高度,若导水裂隙带发育到地表。则要限制地下开采,使导水裂隙带不能发育至地表。

[0005] 导水裂隙带高度受多因素共同作用,目前很难建立起准确的力学模型用以求解,且导水裂隙带高度是一个由下而上逐步发育的过程,是一个动态过程,更增加了力学模型直接求解的难度。目前,针对金属矿山导水裂隙带高度预测的模型有利用冒落拱理论进行预测,但其仅考虑了岩石的普式模量,参数太少,不够准确;或引用煤炭行业经验公式,但煤炭开采和金属矿山差异很大,煤炭是大面积层状开采,金属矿多是局部开采,采场尺寸有限,引用煤炭行业经验公式存在诸多问题。因此如何准确获取导水裂隙带高度,成为亟待解决的问题。

发明内容

[0006] 为了准确获取金属矿开采中导水裂隙带高度,以对开采过程进行预警,本申请提供一种金属矿开采中导水裂隙带高度的获取方法及系统。

[0007] 本申请第一方面,提供一种金属矿开采中导水裂隙带高度的获取方法,包括:

[0008] 获取岩体的内摩擦角和粘聚力,以及采场的宽度和高度。

[0009] 将所述岩体的内摩擦角和粘聚力,以及采场的宽度和高度输入预先建立的导水裂隙带高度预测模型,得到导水裂隙带高度。

[0010] 所述导水裂隙带高度预测模型的获取步骤包括:

[0011] 获取多组历史岩体粘聚力、内摩擦角、采场宽度、采场高度逐渐递增的样本,以及

对应的历史导水裂隙带高度样本。

[0012] 分别对历史导水裂隙带高度和历史岩体粘聚力、历史内摩擦角、历史采场宽度、历史采场高度关系的样本数据进行拟合,得到岩体粘聚力对应的拟合系数、岩体内摩擦角对应的拟合系数、采场高度对应的拟合系数和采场宽度对应的拟合系数。

[0013] 结合岩体粘聚力、内摩擦角、采场宽度和采场高度对应的拟合系数,得到导水裂隙带高度预测模型,所述导水裂隙带高度预测模型为:

$$[0014] \quad H = k_1 \ln c + k_2 \ln(\tan \varphi) + k_3 h + k_4 B + k_5$$

[0015] φ 为岩体内摩擦角, c 为岩体粘聚力, B 为采场宽度, h 为采场高度, H 为导水裂隙带高度, k_1 为岩体粘聚力对应的拟合系数, k_2 为岩体内摩擦角对应的拟合系数, k_3 为采场高度对应的拟合系数, k_4 为采场宽度对应的拟合系数, k_5 为常数。

[0016] 可选的,在所述分别对历史导水裂隙带高度和历史岩体粘聚力、历史内摩擦角、历史采场宽度、历史采场高度关系的样本数据进行拟合的过程中采用莱文贝格—马夸特方法。

[0017] 可选的,所述导水裂隙带高度预测模型具体为:

$$[0018] \quad H = -20.787 \ln c - 63.555 \ln(\tan \varphi) + 0.638h + 0.825B - 49.836$$

[0019] 拟合优度为0.958。

[0020] 可选的,对所述历史导水裂隙带高度和历史岩体粘聚力的样本数据拟合步骤包括:

[0021] 采用最小二乘法进行指数拟合、线性拟合、对数拟合、多项式关系拟合、幂函数拟合,取其中拟合优度最高的,为最终拟合关系。

[0022] 随着岩体粘聚力的提高,导水裂隙带高度逐渐减小,得到历史导水裂隙带高度和历史粘聚力为对数关系,具体为:

$$[0023] \quad y_1 = -20.661 \ln(x_1) + 37.211$$

[0024] y_1 为单一变量为历史岩体粘聚力的情况下对应的历史导水裂隙带高度, x_1 为历史粘聚力,拟合优度为0.9921。

[0025] 可选的,对所述历史导水裂隙带高度和历史内摩擦角的样本数据拟合步骤包括:

[0026] 采用最小二乘法进行指数拟合、线性拟合、对数拟合、多项式关系拟合、幂函数拟合,取其中拟合优度最高的,为最终拟合关系。

[0027] 历史内摩擦角以正切值的形式影响历史导水裂隙带高度,随着岩体摩擦角的提高,导水裂隙带高度逐渐减小,拟合得到历史导水裂隙带高度和历史内摩擦角为对数关系,具体为:

$$[0028] \quad y_2 = -64.561 \ln(x_2) + 32.622$$

[0029] y_2 为单一变量为历史内摩擦角的情况下对应的历史导水裂隙带高度, x_2 为历史内摩擦角,拟合优度为0.9735。

[0030] 可选的,对所述历史导水裂隙带高度和历史采场宽度的样本数据拟合步骤包括:

[0031] 采用最小二乘法进行指数拟合、线性拟合、对数拟合、多项式关系拟合、幂函数拟合,取其中拟合优度最高的,为最终拟合关系。

[0032] 随着采场宽度的增加,导水裂隙带高度逐渐增大,得到历史导水裂隙带高度和历史采场宽度的样本数据为线性关系,具体为:

[0033] $y_3=0.904x_3+22.067$

[0034] y_3 为单一变量为历史采场宽度的情况下对应的历史导水裂隙带高度, x_3 为历史采场宽度,优度为0.9778。

[0035] 可选的,对所述历史导水裂隙带高度和历史采场高度的样本数据拟合步骤包括:

[0036] 采用最小二乘法进行指数拟合、线性拟合、对数拟合、多项式关系拟合、幂函数拟合,取其中拟合优度最高的,为最终拟合关系。

[0037] 随着采场高度的增加,导水裂隙带高度逐渐增大,得到历史导水裂隙带高度和历史采场高度的样本数据为线性关系,具体为:

[0038] $y_4=0.6317x_4+54.067$

[0039] y_4 为单一变量为历史采场高度的情况下对应的历史导水裂隙带高度, x_4 为历史采场高度,优度为0.9647。

[0040] 本申请第二方面,提供一种金属矿开采中导水裂隙带高度的获取系统,包括:获取模块、处理模块和输出模块。

[0041] 所述获取模块,用于获取岩体的内摩擦角和粘聚力,以及采场的宽度和高度。

[0042] 所述处理模块,用于将所述岩体的内摩擦角和粘聚力,以及采场的宽度和高度输入导水裂隙带高度预测模型。

[0043] 所述输出模块,用于输出导水裂隙带高。

[0044] 由以上技术方案可知,本申请提供的一种金属矿开采中导水裂隙带高度的获取方法及系统,通过获取岩体的内摩擦角和粘聚力,以及采场的宽度和高度。将所述岩体的内摩擦角和粘聚力,以及采场的宽度和高度输入预先建立的导水裂隙带高度预测模型,得到导水裂隙带高度。可实现准确获取金属矿开采中导水裂隙带高度,以对后续开采过程进行预警。

附图说明

[0045] 为了更清楚地说明本申请的技术方案,下面将对实施例中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,对于本领域普通技术人员而言,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0046] 图1为本申请实施例提供的金属矿开采中导水裂隙带高度的获取方法流程图;

[0047] 图2为本申请实施例提供的导水裂隙带高度预测模型的获取流程图;

[0048] 图3为三带示意图;

[0049] 图4为本申请实施例中数值模拟模型图;

[0050] 图5为本申请实施例中历史导水裂隙带高度和历史岩体粘聚力的关系图;

[0051] 图6为本申请实施例中历史导水裂隙带高度和历史岩体内摩擦角正切值的关系图;

[0052] 图7为本申请实施例中历史导水裂隙带高度和历史采场宽度的关系图;

[0053] 图8为本申请实施例中历史导水裂隙带高度和历史采场高度的关系图;

[0054] 图9为本申请实施例中不同历史岩体粘聚力下裂隙发育带高度示意图;

[0055] 图10为本申请实施例中不同历史内摩擦角下裂隙发育带高度示意图;

[0056] 图11为本申请实施例中不同历史采场宽度下裂隙发育带高度示意图;

[0057] 图12为本申请实施例中不同历史采场高度下裂隙发育带高度示意图；

[0058] 图13为本申请实施例提供的金属矿开采中导水裂隙带高度的获取系统的框架图。

具体实施方式

[0059] 下面将详细地对实施例进行说明,其示例表示在附图中。下面的描述涉及附图时,除非另有表示,不同附图中的相同数字表示相同或相似的要素。以下实施例中描述的实施方式并不代表与本申请相一致的所有实施方式。仅是与权利要求书中所详述的、本申请的一些方面相一致的系统和方法的示例。

[0060] 参见图1为本申请实施例提供的金属矿开采中导水裂隙带高度的获取方法流程图。

[0061] 本申请实施例第一方面,提供一种金属矿开采中导水裂隙带高度的获取方法,包括:

[0062] S1,获取岩体的内摩擦角和粘聚力,以及采场的宽度和高度。

[0063] S2,将所述岩体的内摩擦角和粘聚力,以及采场的宽度和高度输入预先建立的导水裂隙带高度预测模型,得到导水裂隙带高度。

[0064] 参见图2,为本申请实施例提供的导水裂隙带高度预测模型的获取流程图。

[0065] 所述导水裂隙带高度预测模型的获取步骤包括:

[0066] S201,获取多组历史岩体粘聚力、内摩擦角、采场宽度、采场高度逐渐递增的样本,以及对应的历史导水裂隙带高度样本。

[0067] S202,分别对历史导水裂隙带高度和历史岩体粘聚力、历史内摩擦角、历史采场宽度、历史采场高度关系的样本数据进行拟合,得到岩体粘聚力对应的拟合系数、岩体内摩擦角对应的拟合系数、采场高度对应的拟合系数和采场宽度对应的拟合系数。

[0068] S203,结合岩体粘聚力、内摩擦角、采场宽度和采场高度对应的拟合系数,得到导水裂隙带高度预测模型,所述导水裂隙带高度预测模型为:

$$[0069] \quad H = k_1 \ln c + k_2 \ln(\tan \varphi) + k_3 h + k_4 B + k_5$$

[0070] φ 为岩体内摩擦角, c 为岩体粘聚力, B 为采场宽度, h 为采场高度, H 为导水裂隙带高度, k_1 为岩体粘聚力对应的拟合系数, k_2 为岩体内摩擦角对应的拟合系数, k_3 为采场高度对应的拟合系数, k_4 为采场宽度对应的拟合系数, k_5 为常数。

[0071] 采用数值模拟的方式进行“三下开采”导水裂隙带高度的研究。基本岩体参数采用IV级岩体参数:内摩擦角 27° ,粘聚力 0.2MPa ,变形模量 1.3GPa ,泊松 0.35 。

[0072] 岩体抗拉强度根据下式计算: $\sigma_t = \frac{2 \cos \varphi}{1 + \sin \varphi} c = \frac{2 \cos 27}{1 + \sin 27} \times 0.2 = 0.24\text{MPa}$; 体积刚度:

$$G = \frac{E}{2(1+\nu)} = \frac{1.3}{2(1+0.35)} = 0.48\text{GPa}; \text{剪切刚度: } K = \frac{E}{3(1-2\nu)} = \frac{1.3}{3(1-2 \times 0.35)} = 1.44\text{GPa};$$

[0073] 其中: E 为弹性模量, GPa ; ν 为泊松比; φ 为岩体内摩擦角; c 为岩体粘聚力,单位 MPa 。

[0074] 冒落带和裂隙发育带的主要特点是其中岩体发生塑性破坏或塑性破坏后进而发生断裂破坏。因此,采用数值模拟确定不同方案下塑性发育带高度,以塑性发育带高度作为

导水裂隙带高度,进而得到导水裂隙带高度和不同参数之间的规律。

[0075] 建立二维平面应变模型,如图4所示为本申请实施例中数值模拟模型图,模型尺寸为300m×400m,岩体破坏准则采用摩尔-库伦破坏准则。模型底部和两侧采用位移约束,顶部施加1.25MPa应力约束。图中空白处为开采点(采场),离开采点越近网格越密,越远网格越稀疏,数值模拟过程分为两个步骤:模型初始平衡、矿体开挖后导水裂隙带高度分析。

[0076] 不同参数影响下导水裂隙带高度分析:

[0077] 参见图5,为本申请实施例中历史导水裂隙带高度和历史岩体粘聚力的关系图。

[0078] 参见图9,为本申请实施例中不同历史岩体粘聚力下裂隙发育带高度示意图。图中,横坐标和纵坐标均为模型尺寸,单位为m;另外,图中*、×代表塑性破坏点,○代表塑性破坏后而发生断裂破坏。

[0079] 对历史导水裂隙带高度和历史岩体粘聚力的样本数据拟合步骤包括:

[0080] 采用最小二乘法进行指数拟合、线性拟合、对数拟合、多项式关系拟合、幂函数拟合,取其中拟合优度最高的,为最终拟合关系。

[0081] 随着岩体粘聚力的提高,导水裂隙带高度逐渐减小,得到历史导水裂隙带高度和历史粘聚力为对数关系,具体为:

$$[0082] \quad y_1 = -20.661 \ln(x_1) + 37.211$$

[0083] y_1 为单一变量为历史岩体粘聚力的情况下对应的历史导水裂隙带高度, x_1 为历史粘聚力,拟合优度为0.9921。

[0084] 在其他参数不变的情形下,研究历史岩体粘聚力分别为0.05MPa、0.1MPa、0.2MPa、0.4MPa、0.8MPa、1.6MPa、3.2MPa条件下,导水裂隙带高度。得到结果参见表1,表1为不同历史岩体粘聚力条件下导水裂隙带高度表。

[0085] 表-1-不同历史岩体粘聚力条件下导水裂隙带高度

	内摩擦角/ $^{\circ}$	粘聚力 /MPa	采场高度 /m	采场宽度 /m	导水裂隙 带高度/m
方案1	27	0.05	5	50	103
方案2	27	0.1	5	50	80
[0086] 方案3	27	0.2	5	50	71
方案4	27	0.4	5	50	57
方案5	27	0.8	5	50	40
方案6	27	1.6	5	50	27
方案7	27	3.2	5	50	15

[0087] 由表1可知,随着岩体粘聚力的提高,导水裂隙带高度逐渐减小。通过试拟合,导水裂隙带高度和粘聚力呈对数关系。对两者进行拟合,得到导水裂隙带高度和粘聚力的关系: $y_1 = -20.661 \ln(x_1) + 37.211$, $R^2 = 0.9921$, R^2 为拟合优度,其拟合程度较高。其中拟合优度 R^2 最高的,即最接近1的关系为最终拟合关系。

[0088] 参见图6,为本申请实施例中历史导水裂隙带高度和历史岩体内摩擦角正切值的关系图。

[0089] 参见图10,为本申请实施例中不同历史内摩擦角下裂隙发育带高度示意图。

[0090] 对历史导水裂隙带高度和历史内摩擦角的样本数据拟合步骤包括:

[0091] 采用最小二乘法进行指数拟合、线性拟合、对数拟合、多项式关系拟合、幂函数拟合,取其中拟合优度最高的,为最终拟合关系。历史内摩擦角以正切值的形式影响历史导水裂隙带高度,随着岩体内摩擦角的提高,导水裂隙带高度逐渐减小,拟合得到历史导水裂隙带高度和历史内摩擦角为对数关系,具体为:

$$[0092] \quad y_2 = -64.561 \ln(x_2) + 32.622$$

[0093] y_2 为单一变量为历史内摩擦角的情况下对应的历史导水裂隙带高度, x_2 为历史内摩擦角,拟合优度为0.9735。

[0094] 在其他参数不变的情形下,研究岩体内摩擦角分别为 12° 、 17° 、 22° 、 27° 、 32° 、 37° 、 42° 、 52° 条件下,导水裂隙带高度。得到结果参见表2,表2为不同岩层内摩擦角条件下导水裂隙带高度表。

[0095] 表-2-不同岩层内摩擦角条件下导水裂隙带高度

	内摩擦角 $\varphi/^\circ$	$\tan\varphi$	粘聚力 /MPa	采场高 度/m	采场宽 度/m	导水裂隙 带高度/m
方案 1	12	0.213	0.2	5	50	139
方案 2	17	0.306	0.2	5	50	111
[0096] 方案 3	22	0.404	0.2	5	50	90
方案 4	27	0.510	0.2	5	50	71
方案 5	32	0.625	0.2	5	50	56
方案 6	37	0.754	0.2	5	50	46
方案 7	42	0.900	0.2	5	50	38
[0097] 方案 8	52	1.280	0.2	5	50	28

[0098] 由表2可知,随着岩体摩擦角的提高,导水裂隙带高度逐渐减小。岩体破坏服从摩尔库仑破坏准则: $\tau_n = \sigma_n \tan\varphi + C$,其中: τ_n 为破裂面上的剪应力,MPa。 σ_n 为破裂面上的正应力,MPa。由摩尔库仑破坏准则可见,内摩擦角以正切值 $\tan\varphi$ 的形式对岩体破坏起作用。因此,研究导水裂隙带高度和岩体内摩擦角正切值 $\tan\varphi$ 之间关系,通过试拟合发现呈对数关系,对两者进行拟合,得到 $y_2 = -64.561 \ln(x_2) + 32.622$, $R^2 = 0.9735$,拟合程度较高。

[0099] 参见图7,为本申请实施例中历史导水裂隙带高度和历史采场宽度的关系图。

[0100] 参见图11,为本申请实施例中不同历史采场宽度下裂隙发育带高度示意图。

[0101] 对历史导水裂隙带高度和历史采场宽度的样本数据拟合步骤包括:

[0102] 采用最小二乘法进行指数拟合、线性拟合、对数拟合、多项式关系拟合、幂函数拟合,取其中拟合优度最高的,为最终拟合关系。

[0103] 随着采场宽度的增加,导水裂隙带高度逐渐增大,得到历史导水裂隙带高度和历史采场宽度的样本数据为线性关系,具体为:

$$[0104] \quad y_3 = 0.904x_3 + 22.067$$

[0105] y_3 为单一变量为历史采场宽度的情况下对应的历史导水裂隙带高度, x_3 为历史采场宽度,优度为0.9778。

[0106] 在其他参数不变的情形下,研究采场宽度分别为25m、50m、75m、100m、125m、150m条件下,导水裂隙带高度。得到结果参见表3,表3为不同采场宽度条件下导水裂隙带高度表。

[0107] 表-3-不同采场宽度条件下导水裂隙带高度

	内摩擦角/ $^{\circ}$	粘聚力 /MPa	采场高度 /m	采场宽度 /m	导水裂隙带高度/m
方案 1	27	0.2	10	25	36
方案 2	27	0.2	10	50	71
方案 3	27	0.2	10	75	95
方案 4	27	0.2	10	100	119
方案 5	27	0.2	10	125	135
方案 6	27	0.2	10	150	151

[0109] 由表3可知,随着采场宽度的增加,导水裂隙带高度逐渐增大。通过试拟合,导水裂隙带高度和采场宽度呈线性关系。对两者进行拟合,得到导水裂隙带高度和采场宽度的关系: $y_3=0.904x_3+22.067$, $R^2=0.9778$,拟合程度较高。

[0110] 参见图8,为本申请实施例中历史导水裂隙带高度和历史采场高度的关系图。

[0111] 参见图12,为本申请实施例中不同历史采场高度下裂隙发育带高度示意图。

[0112] 对历史导水裂隙带高度和历史采场高度的样本数据拟合步骤包括:

[0113] 采用最小二乘法进行指数拟合、线性拟合、对数拟合、多项式关系拟合、幂函数拟合,取其中拟合优度最高的,为最终拟合关系。

[0114] 随着采场高度的增加,导水裂隙带高度逐渐增大,得到历史导水裂隙带高度和历史采场高度的样本数据为线性关系,具体为:

$$[0115] \quad y_4=0.6317x_4+54.067$$

[0116] y_4 为单一变量为历史采场高度的情况下对应的历史导水裂隙带高度, x_4 为历史采场高度,优度为0.9647。

[0117] 在其他参数不变的情形下,研究采场高度分别为2.5m、5.0m、10m、15m、20m条件下,导水裂隙带高度。得到结果参见表4,表4为不同采场高度条件下导水裂隙带高度。

[0118] 表-4-不同采场高度条件下导水裂隙带高度

	内摩擦角/ $^{\circ}$	粘聚力 /MPa	采场高度 /m	采场宽度 /m	导水裂隙带高度/m
方案 1	27	0.2	2.5	50	57
方案 2	27	0.2	5.0	50	63
方案 3	27	0.2	10	50	71
方案 4	27	0.2	15	50	79
方案 5	27	0.2	20	50	86

[0120] 由表4可知,随着采场高度的增加,导水裂隙带高度逐渐增大。通过试拟合,导水裂隙带高度和采场高度呈线性关系。对两者进行拟合,得到导水裂隙带高度和采场高度的关系: $y_4=0.6317x_4+54.067$, $R^2=0.9647$,拟合程度较高。

[0121] 在分别对历史导水裂隙带高度和历史岩体粘聚力、历史内摩擦角、历史采场宽度、历史采场高度关系的样本数据进行拟合的过程中采用莱文贝格-马夸特方法。其中莱文贝格-马夸特方法(Levenberg-Marquardt algorithm)能提供数非线性最小化(局部最小)的数值解。每种拟合都是采用最小二乘法拟合。

[0122] 通过对上述数据的整理分析,初步得到导水裂隙带高度H和岩体粘聚力c、内摩擦角正切值 $\tan\varphi$ 呈对数关系,和采场高度h和宽度B呈线性关系。即:

$$[0123] \quad H = k_1 \ln c + k_2 \ln(\tan \varphi) + k_3 h + k_4 B + k_5$$

[0124] 其中, k_1 、 k_2 、 k_3 、 k_4 、 k_5 为拟合系数。

[0125] 通过多参数拟合得到相应系数值,得到:

$$[0126] \quad H = -20.787 \ln c - 63.555 \ln(\tan \varphi) + 0.638h + 0.825B - 49.836。$$

[0127] 由以上技术方案可知,本申请实施例提供的一种金属矿开采中导水裂隙带高度的获取方法,通过获取岩体的内摩擦角和粘聚力,以及采场的宽度和高度。将所述岩体的内摩擦角和粘聚力,以及采场的宽度和高度输入预先建立的导水裂隙带高度预测模型,得到导水裂隙带高度。可实现准确获取金属矿开采中导水裂隙带高度,以对后续开采过程进行预警。

[0128] 参见图13,为本申请实施例提供的金属矿开采中导水裂隙带高度的获取系统的框架图。

[0129] 本申请实施例第二方面,提供一种金属矿开采中导水裂隙带高度的获取系统,包括:获取模块、处理模块和输出模块。所述获取模块,用于获取岩体的内摩擦角和粘聚力,以及采场的宽度和高度。所述处理模块,用于将所述岩体的内摩擦角和粘聚力,以及采场的宽度和高度输入导水裂隙带高度预测模型。所述输出模块,用于输出导水裂隙带高。

[0130] 将岩体的内摩擦角和粘聚力,以及采场的宽度和高度输入所述获取模块,所述获取模块将所述岩体的内摩擦角和粘聚力,以及采场的宽度和高度传递至所述处理模块,所述处理模块将所述岩体的内摩擦角和粘聚力,以及采场的宽度和高度输入导水裂隙带高度预测模型,得到导水裂隙带高,所述处理模块将导水裂隙带高传递至所述输出模块,所述输出模块输出导水裂隙带高。

[0131] 由以上技术方案可知,本申请提供的一种金属矿开采中导水裂隙带高度的获取方法及系统,通过获取岩体的内摩擦角和粘聚力,以及采场的宽度和高度。将所述岩体的内摩擦角和粘聚力,以及采场的宽度和高度输入预先建立的导水裂隙带高度预测模型,得到导水裂隙带高度。可实现准确获取金属矿开采中导水裂隙带高度,以对后续开采过程进行预警。

[0132] 本申请提供的实施例之间的相似部分相互参见即可,以上提供的具体实施方式只是本申请总的构思下的几个示例,并不构成本申请保护范围的限定。对于本领域的技术人员而言,在不付出创造性劳动的前提下依据本申请方案所扩展出的任何其他实施方式都属于本申请的保护范围。

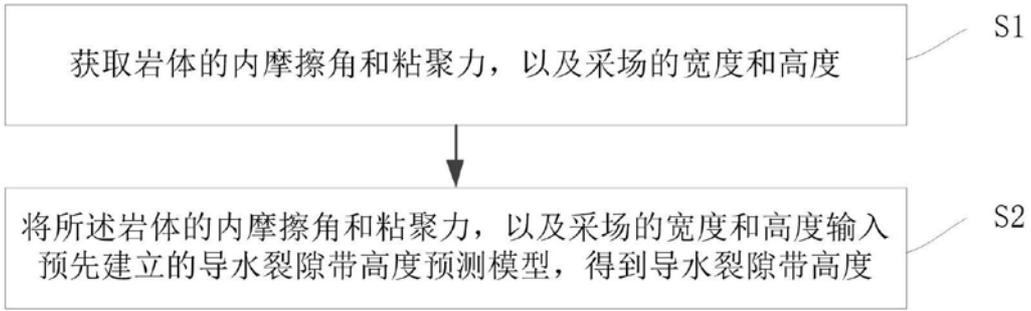


图1

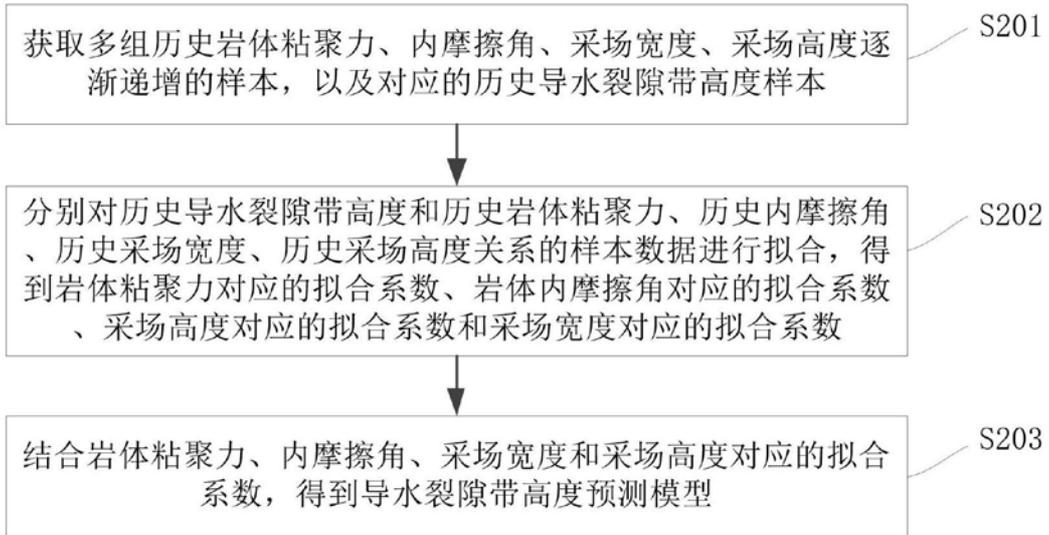


图2

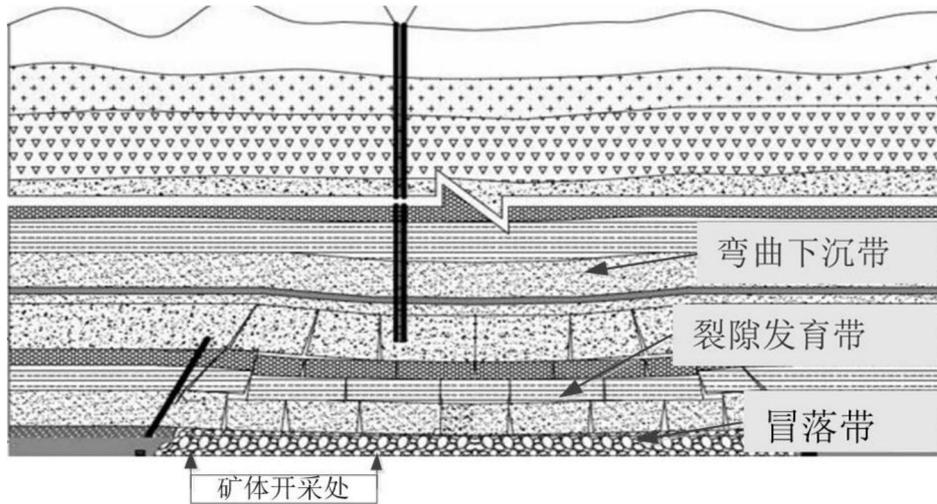


图3

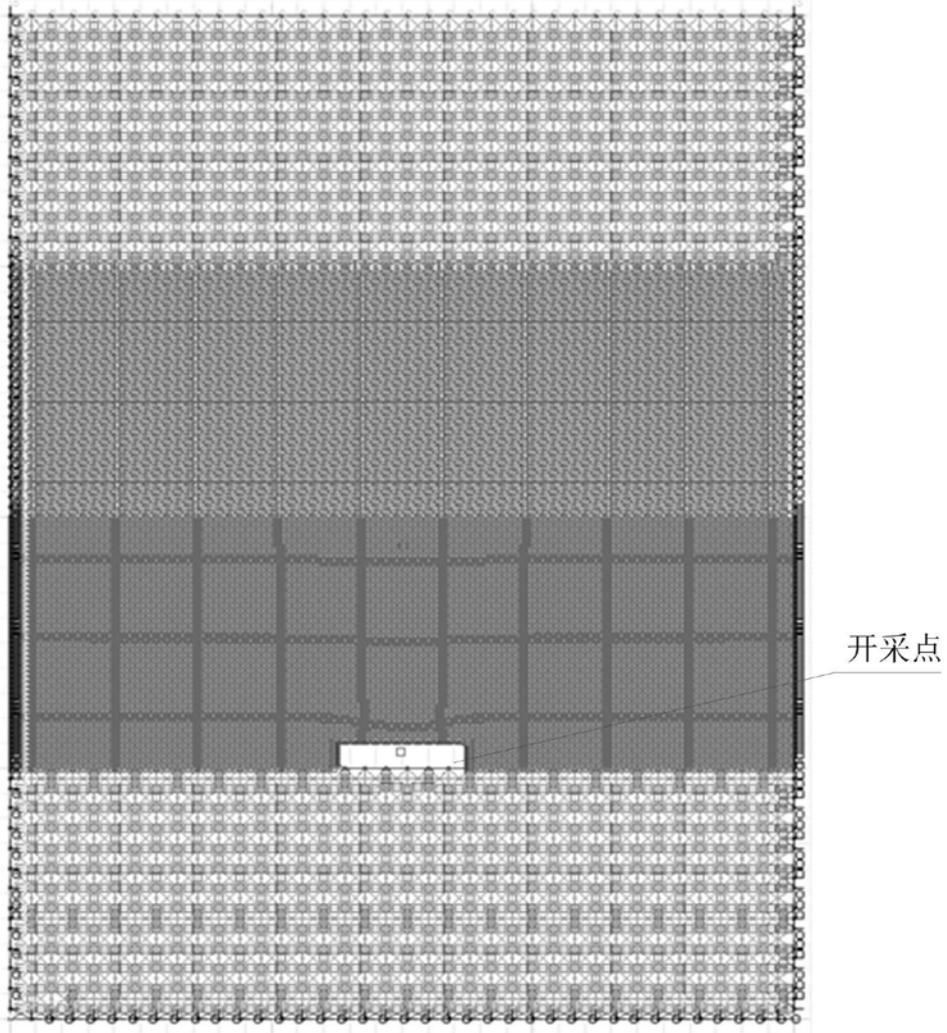


图4

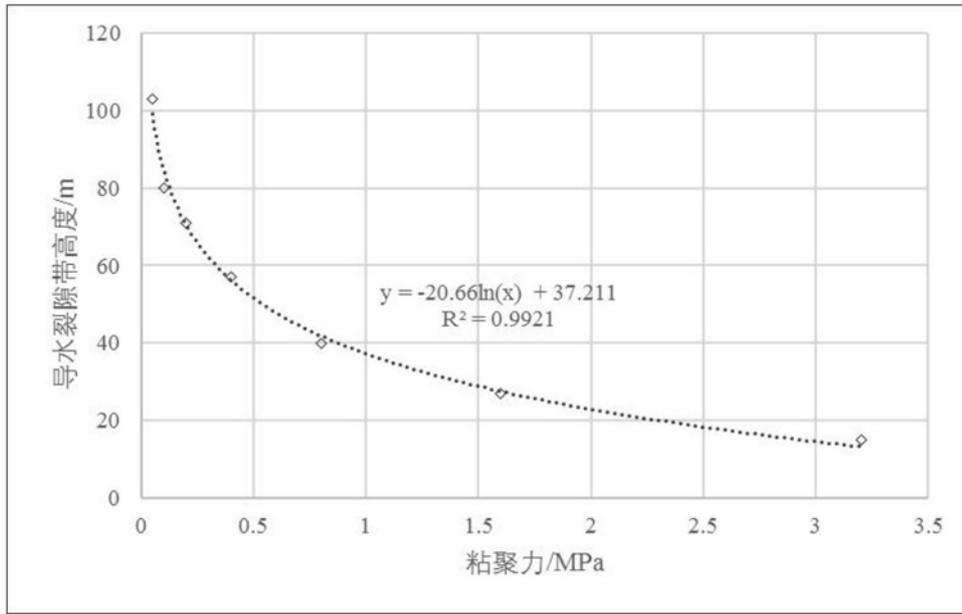


图5

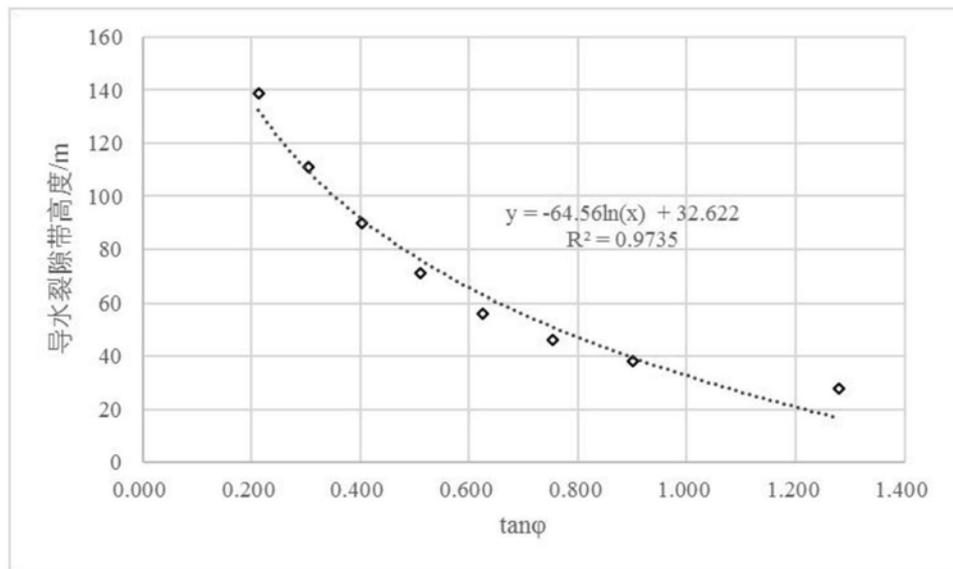


图6

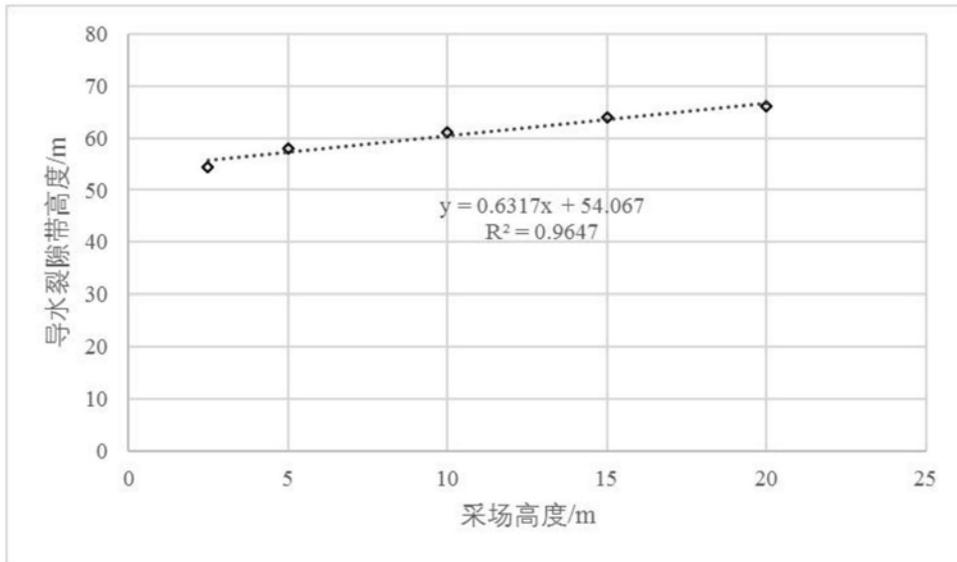


图7

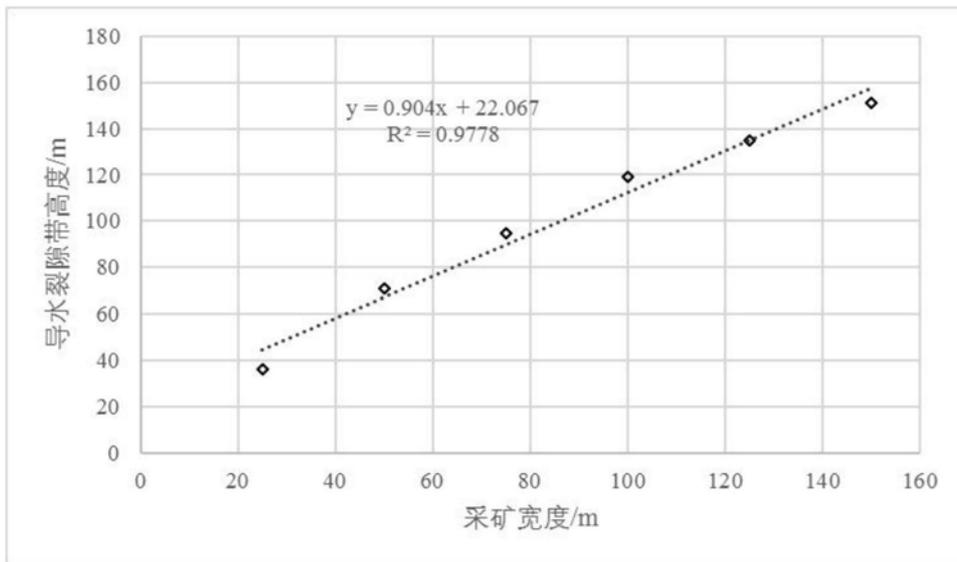
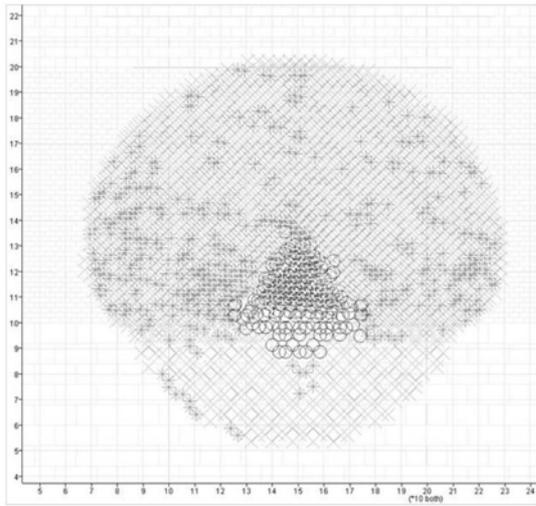
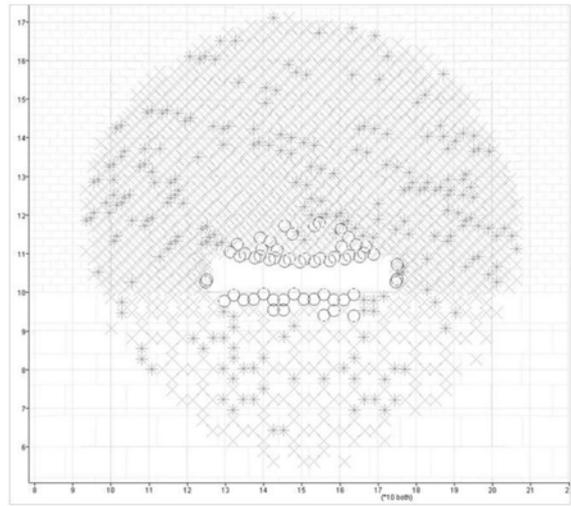


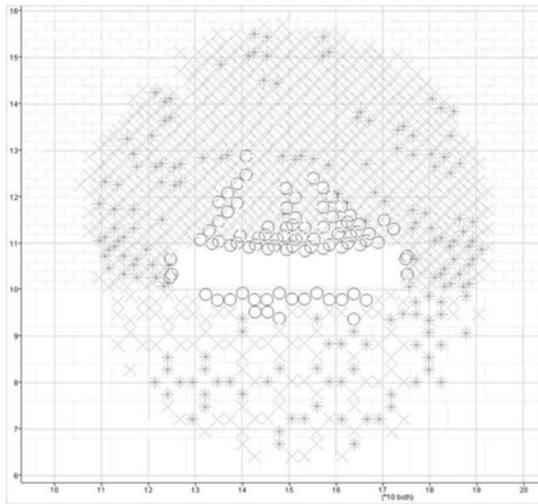
图8



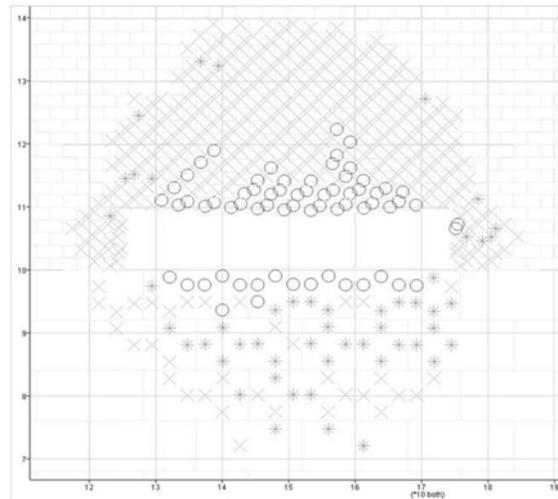
(a) 0.05 MPa



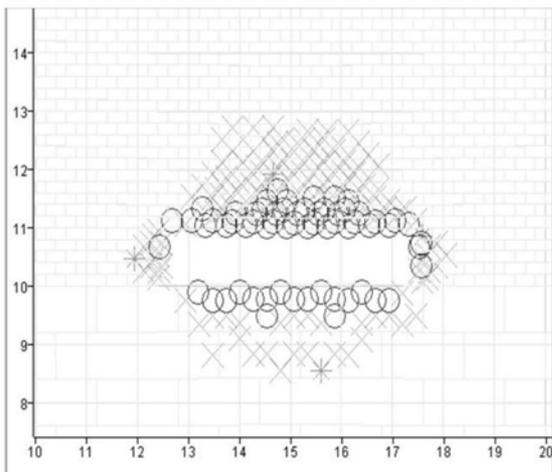
(b) 0.2 MPa



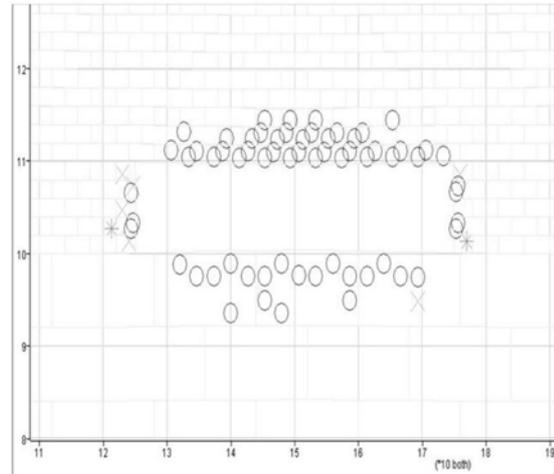
(c) 0.4 MPa



(d) 0.8 MPa



(e) 1.6 MPa



(f) 3.2 MPa

图9

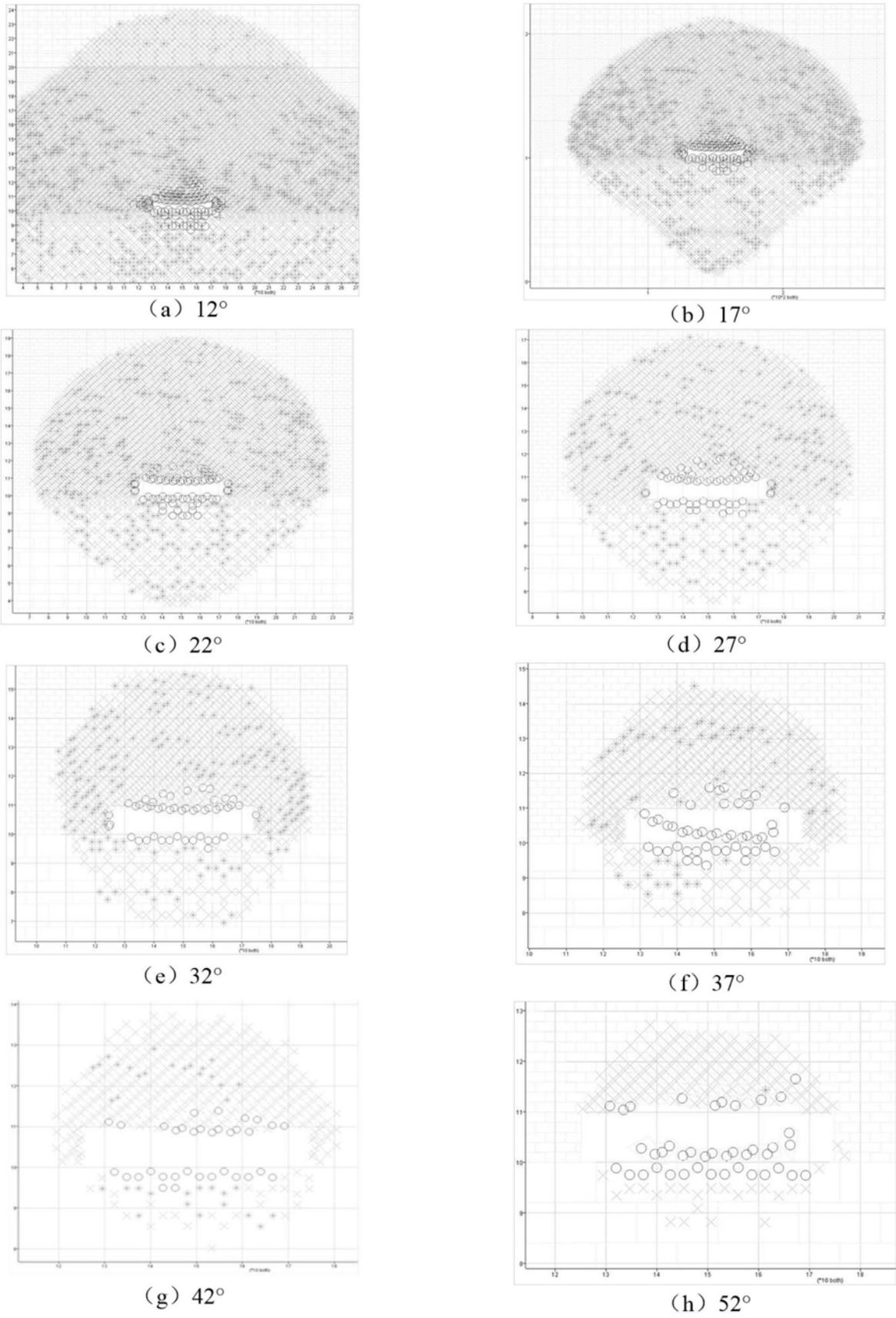
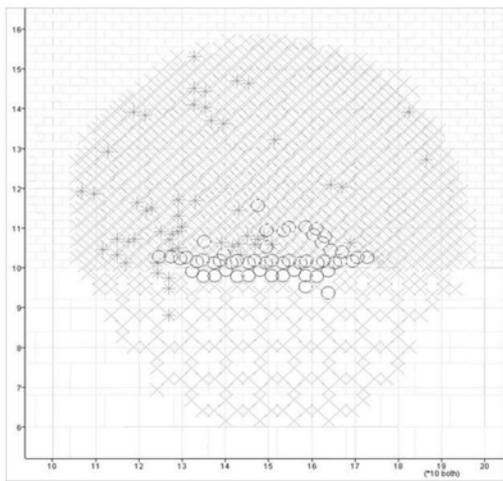
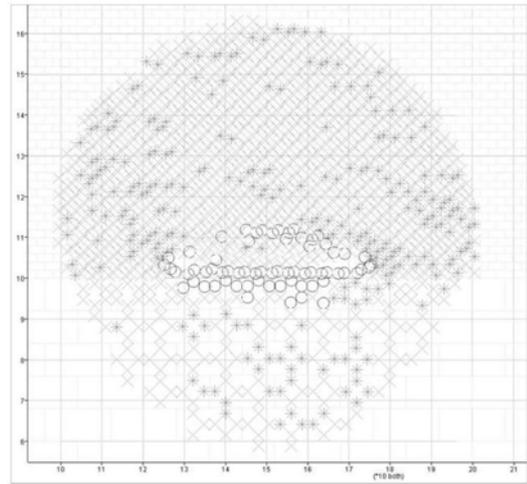


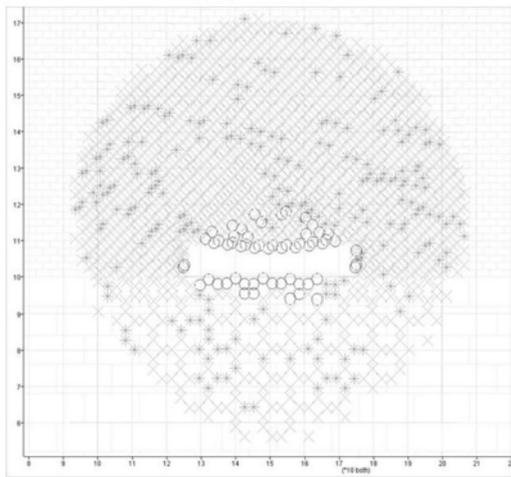
图10



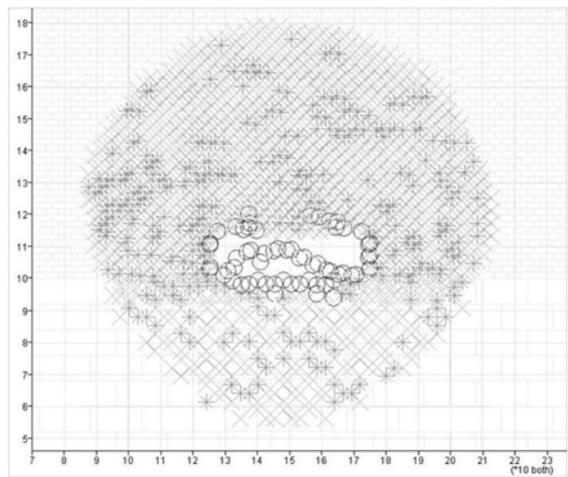
(a) 2.5 m



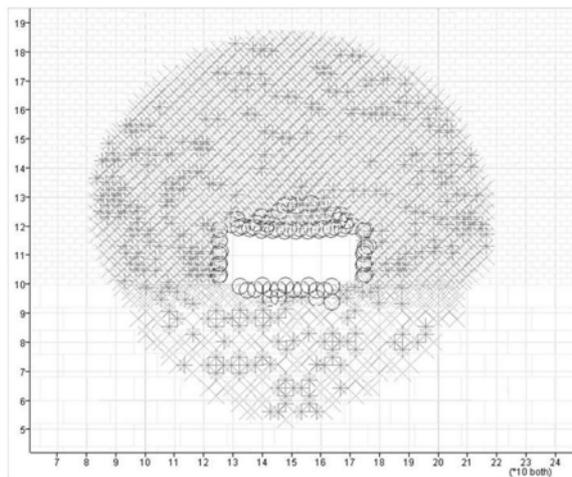
(b) 5 m



(c) 10 m

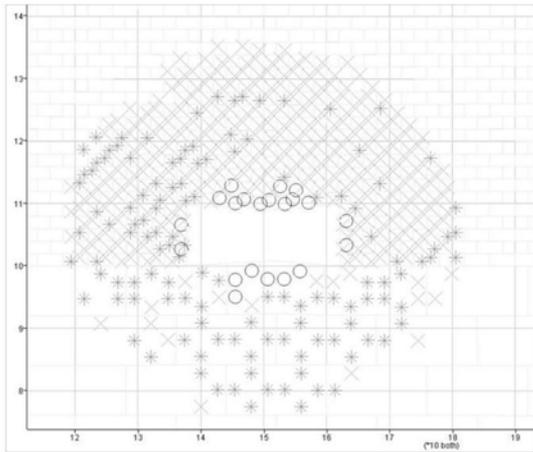


(d) 15 m

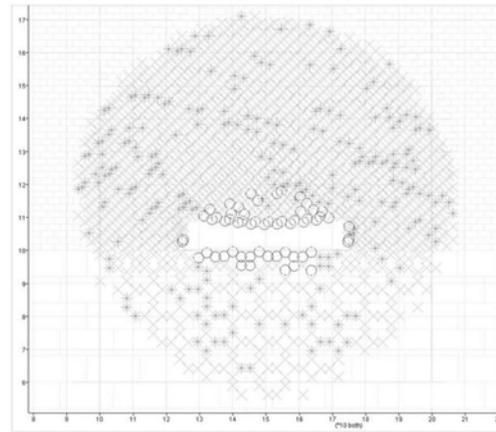


(e) 20 m

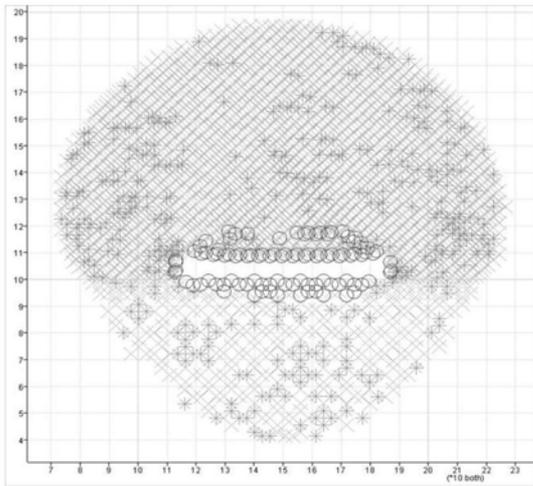
图11



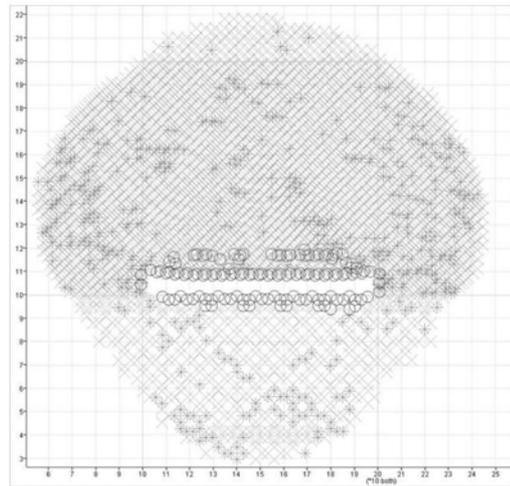
(a) 25 m



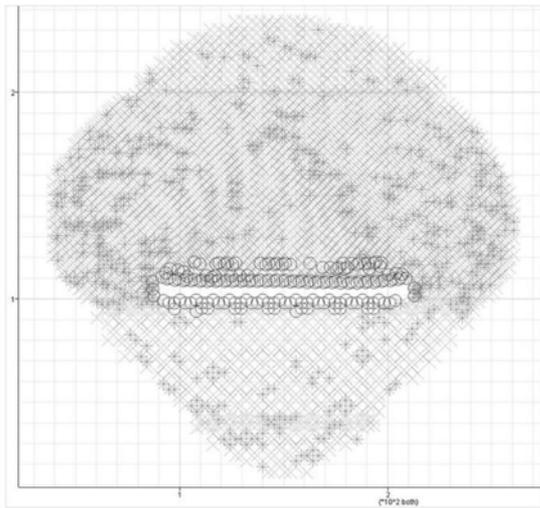
(b) 50 m



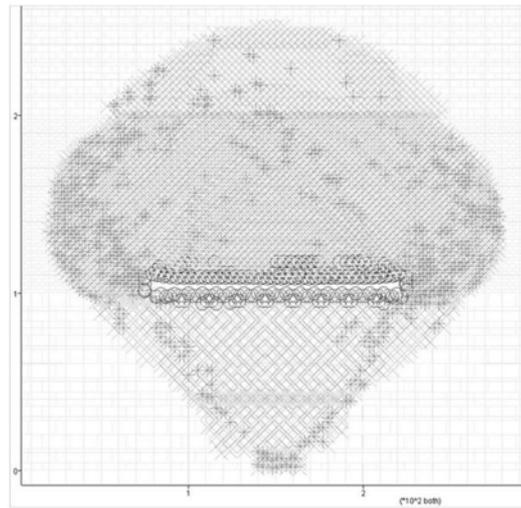
(c) 75 m



(d) 100 m



(e) 125 m



(f) 150 m

图12

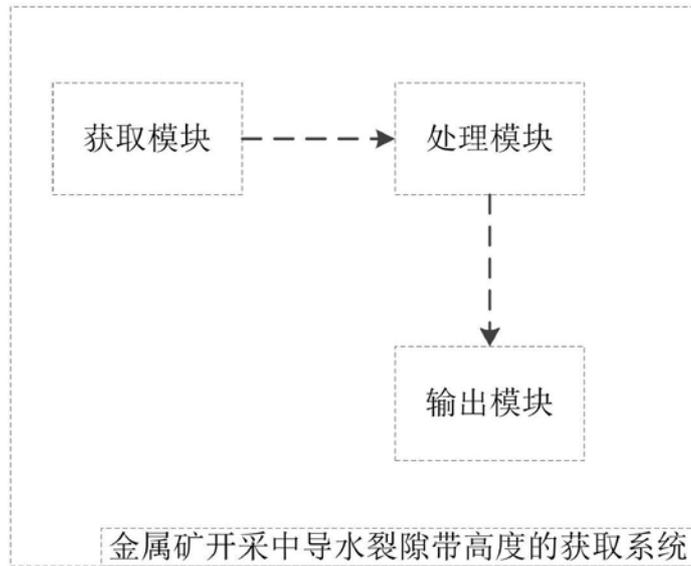


图13