



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109001809 A

(43)申请公布日 2018.12.14

(21)申请号 201810799282.4

(22)申请日 2018.07.19

(71)申请人 四川大学

地址 610065 四川省成都市武侯区一环路
南一段24号

(72)发明人 徐奴文 蒋雄 戴峰 周家文

(74)专利代理机构 成都科海专利事务有限责任
公司 51202

代理人 郭萍

(51) Int. Cl.

G01V 1/30(2006.01)

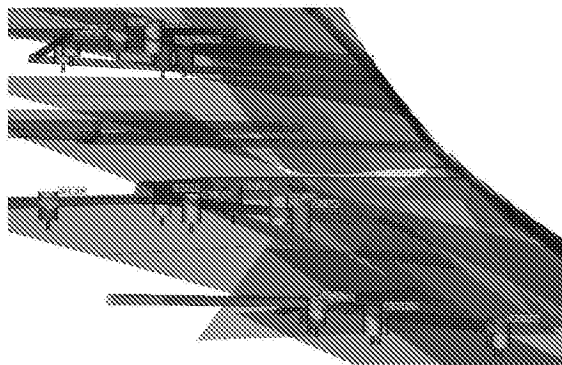
权利要求书2页 说明书6页 附图3页

(54)发明名称

基于微震监测的大坝坝肩潜在渗流通道识别方法

(57)摘要

本发明提供了一种基于微震监测的大坝坝肩潜在渗流通道识别方法,步骤如下:①圈定监测区域,布置传感器和爆破孔;②于不同时间点分别在各爆破孔中进行爆破,记录各次爆破产生的弹性波的起跳时刻,计算岩体平均等效波速;③通过微震监测系统对监测区域进行监测,测定监测区域产生的微震事件的震源位置及微震发生时刻,作出震源位置空间分布图,当微震事件的震源位置在监测区域的某一或某些局部区域聚集且呈现条带状或面状分布时,则相应的局部区域中即存在潜在渗流通道。本发明的方法可更准确地识别水电站蓄水过程中和蓄水期间出现的潜在渗流通道,有利于更好地保障水电站的安全建设与安全运营。



1. 基于微震监测的大坝坝肩潜在渗流通道识别方法,其特征在于步骤如下:

①圈定大坝坝肩围岩作为监测区域,将微震监测系统的传感器安装在监测区域的岩体上,传感器至少为4个,各传感器异面安装于不同高程,将各传感器与微震监测系统的采集仪相连,然后将所述采集仪与微震监测系统的主机部分连接;建立三维直角坐标系,测量各传感器的坐标,将第*i*个传感器的坐标记作 (x_i, y_i, z_i) ;在隧道内的岩体上设置至少1个爆破孔,测量各爆破孔孔底中心处的坐标,将第*j*个爆破孔孔底中心处的坐标记作 (X_j, Y_j, Z_j) ;

②在各爆破孔的孔底安装炸药,于不同时间点分别在各爆破孔中进行一次爆破,通过传感器记录各次爆破产生的弹性波的起跳时刻,将第*j*个爆破孔的爆破时刻记作 t_j ,将第*j*个爆破孔爆破后第*i*个传感器接收到爆破产生的弹性波的起跳时刻记作 t_{ji} ;

根据第*j*个爆破孔与各传感器之间的距离,以及速度和时间的关系,对应于每一个爆破孔,根据两点距离公式列出下列方程式(1-1)~(1-i):

$$\sqrt{(X_j - x_1)^2 + (Y_j - y_1)^2 + (Z_j - z_1)^2} = (t_{j1} - t_j) * v_j \quad (1-1)$$

$$\sqrt{(X_j - x_2)^2 + (Y_j - y_2)^2 + (Z_j - z_2)^2} = (t_{j2} - t_j) * v_j \quad (1-2)$$

$$\sqrt{(X_j - x_3)^2 + (Y_j - y_3)^2 + (Z_j - z_3)^2} = (t_{j3} - t_j) * v_j \quad (1-3)$$

...

$$\sqrt{(X_j - x_i)^2 + (Y_j - y_i)^2 + (Z_j - z_i)^2} = (t_{ji} - t_j) * v_j \quad (1-i)$$

分别将第1, 2, ..., *j*个爆破孔的坐标、相应的爆破孔爆破的爆破时刻、以及相应的爆破孔爆破后第*i*个传感器接收到爆破产生的弹性波的起跳时刻的值代入式(1-1)~(1-i)之一,即可分别求解出岩体等效波速,记作 v_1, v_2, \dots, v_j ,然后计算岩体平均等效波速 v , $v = \frac{v_1 + v_2 + \dots + v_j}{j}$;

③通过微震监测系统对监测区域进行监测,测定监测区域产生的微震事件的震源位置及微震发生时刻,实时统计监测区域发生的微震事件的震源位置并将震源位置标示于三维直角坐标系中,得到震源位置空间分布图,当微震事件的震源位置在监测区域的某一或某些局部区域聚集且呈现条带状或面状分布时,则相应的局部区域中即存在潜在渗流通道;

测定监测区域产生的微震事件的震源位置及微震发生时刻的方法如下:

假设微震事件的震源的坐标为 (X_k, Y_k, Z_k) ,微震发生的时刻为 t_k ,定义 t_{ki} 为第*i*个传感器接收到微震事件产生的弹性波的起跳时刻,根据微震事件的震源与各传感器之间的距离,以及速度和时间的关系,根据两点距离公式列出下列方程式(2-1)~(2-i):

$$\sqrt{(X_k - x_1)^2 + (Y_k - y_1)^2 + (Z_k - z_1)^2} = (t_{k1} - t_k) * v \quad (2-1)$$

$$\sqrt{(X_k - x_2)^2 + (Y_k - y_2)^2 + (Z_k - z_2)^2} = (t_{k2} - t_k) * v \quad (2-2)$$

$$\sqrt{(X_k - x_3)^2 + (Y_k - y_3)^2 + (Z_k - z_3)^2} = (t_{k3} - t_k) * v \quad (2-3)$$

...

$$\sqrt{(X_k - x_i)^2 + (Y_k - y_i)^2 + (Z_k - z_i)^2} = (t_{ki} - t_k) * v \quad (2-i)$$

联立式(2-1)~(2-i)中的至少4个方程,代入岩体平均等效波速 v 、各传感器的坐标、以

及各传感器接收到微震事件产生的弹性波的起跳时刻的值,即可解出微震事件的震源的坐标 (X_k, Y_k, Z_k) 和微震发生的时刻 t_k 。

2. 根据权利要求1所述基于微震监测的大坝坝肩潜在渗流通道识别方法,其特征在于,所述微震监测系统为ESG微震监测系统。

3. 根据权利要求1或2所述基于微震监测的大坝坝肩潜在渗流通道识别方法,其特征在于,爆破孔的数量为2~5个。

4. 根据权利要求1或2所述基于微震监测的大坝坝肩潜在渗流通道识别方法,其特征在于,所述大坝为拱坝。

基于微震监测的大坝坝肩潜在渗流通道识别方法

技术领域

[0001] 本发明属于岩土工程领域,特别涉及一种基于微震监测的大坝坝肩潜在渗流通道识别方法。

背景技术

[0002] 水电站是将水能转化为电能的综合工程设施,水电站枢纽包括挡水建筑物、泄水建筑物、进水建筑物、引水建筑物、平水建筑物、厂房枢纽建筑物等,其中挡水建筑物和厂房枢纽是水电站重要组成部分。据统计,国内外的水电站事故大多是拦水建筑物事故,也就是拦水大坝系统出现了问题。拦水大坝包括混凝土重力坝、拱坝、土石坝、堆石坝、拦河闸等。拱坝作为一种经济性和安全性都很好的大坝,在国内外得到了广泛地应用,例如国内的白鹤滩拱坝、二滩拱坝,国外的拉西瓦坝等。目前,中国西部越来越多的水电站采用大型特高拱坝作为拦水建筑物,这也对拱坝坝肩围岩的稳定性提出了很高的要求。

[0003] 建设在深山峡谷中的拱坝坝肩多为裂隙岩体,国内外针对裂隙岩体的渗流特性和加固处理有许多研究成果。对于裂隙岩体渗流的估计和计算,大多通过实验模型和数值计算模拟出裂隙岩体中的渗流情况,但是大多数情况下难以与实际工程情况吻合。对于裂隙岩体的加固处理,多通过帷幕灌浆、弱层置换、开挖浮土等工程处理措施。这些大多是针对大坝建设时的坝肩裂隙岩体的数值计算及加固处理,而大坝在蓄水过程中以及蓄水期坝肩裂隙岩体的裂隙的发展情况并不能得到有效监测。

[0004] 在工程建设中,帷幕灌浆和弱层置换是针对在边坡开挖前已经探明的节理裂隙的处理措施,在坝肩边坡开挖过程中,由于卸荷作用存在,坝肩内部会萌生许多微裂隙。由于探测手段的局限性,它们经常被忽略,这成为拱坝的一大安全隐患。在水电站蓄水过程中和蓄水期间,坝肩承受着拱坝的全部推力,巨大的推力将使得坝肩围岩微裂隙萌生发育,也将激活原生裂隙扩张贯通。水电站大坝蓄水后,地下水位陡升,地下水渗透压力随之增大。地下水渗透压力的增大和微裂隙的广泛发育将会在坝肩围岩中形成许多渗流通道,弱化坝肩围岩,极易引发安全事故。因此,大坝坝肩的潜在渗流通道的准确、有效地识别对于水电站安全建设与运营举足轻重。

发明内容

[0005] 本发明的目的在于克服现有技术的不足,提供一种基于微震监测的大坝坝肩潜在渗流通道识别方法,以更准确和有效地识别水电站蓄水过程中和蓄水期间出现的潜在渗流通道,从而更好地保障水电站的安全建设与安全运营。

[0006] 本发明提供的基于微震监测的大坝坝肩潜在渗流通道识别方法,步骤如下:

[0007] ①圈定大坝坝肩围岩作为监测区域,将微震监测系统的传感器安装在监测区域的岩体上,传感器至少为4个,各传感器异面安装于不同高程,将各传感器与微震监测系统的采集仪相连,然后将所述采集仪与微震监测系统的主机部分连接;建立三维直角坐标系,测量各传感器的坐标,将第*i*个传感器的坐标记作 (x_i, y_i, z_i) ;在隧道内的岩体上设置至少1个

爆破孔,测量各爆破孔孔底中心处的坐标,将第j个爆破孔孔底中心处的坐标记作 (X_j, Y_j, Z_j) ;

[0008] ②在各爆破孔的孔底安装炸药,于不同时间点分别在各爆破孔中进行一次爆破,通过传感器记录各次爆破产生的弹性波的起跳时刻,将第j个爆破孔的爆破时刻记作 t_j ,将第j个爆破孔爆破后第i个传感器接收到爆破产生的弹性波的起跳时刻记作 t_{ji} ;

[0009] 根据第j个爆破孔与各传感器之间的距离,以及速度和时间的关系,对应于每一个爆破孔,根据两点距离公式列出下列方程式(1-1)~(1-i),此处1-i中的i是指传感器的总数:

$$[0010] \quad \sqrt{(X_j - x_1)^2 + (Y_j - y_1)^2 + (Z_j - z_1)^2} = (t_{j1} - t_j) * v_j \quad (1-1)$$

$$[0011] \quad \sqrt{(X_j - x_2)^2 + (Y_j - y_2)^2 + (Z_j - z_2)^2} = (t_{j2} - t_j) * v_j \quad (1-2)$$

$$[0012] \quad \sqrt{(X_j - x_3)^2 + (Y_j - y_3)^2 + (Z_j - z_3)^2} = (t_{j3} - t_j) * v_j \quad (1-3)$$

[0013] ...

$$[0014] \quad \sqrt{(X_j - x_i)^2 + (Y_j - y_i)^2 + (Z_j - z_i)^2} = (t_{ji} - t_j) * v_j \quad (1-i)$$

[0015] 分别将第1,2,...,j个爆破孔的坐标、相应的爆破孔爆破的爆破时刻、以及相应的爆破孔爆破后第i个传感器接收到爆破产生的弹性波的起跳时刻的值代入式(1-1)~(1-i)之一,即可分别求解出岩体等效波速,记作 v_1, v_2, \dots, v_j ,然后计算岩体平均等效波速 $v, v = \frac{v_1 + v_2 + \dots + v_j}{j}$;

[0016] ③通过微震监测系统监测对监测区域进行监测,测定监测区域产生的微震事件的震源位置及微震发生时刻,实时统计监测区域发生的微震事件的震源位置并将震源位置标示于三维直角坐标系中,得到震源位置空间分布图,当微震事件的震源位置在监测区域的某一或某些局部区域聚集且呈现条带状或面状分布时,则相应的局部区域中即存在潜在渗流通道;若微震事件的震源位置在监测区域的某一或某些局部区域离散分布,未出现聚集现象,则说明相应的局部区域中无潜在渗流通道;

[0017] 测定监测区域产生的微震事件的震源位置及微震发生时刻的方法如下:

[0018] 假设微震事件的震源的坐标为 (X_k, Y_k, Z_k) ,微震发生的时刻为 t_k ,定义 t_{ki} 为第i个传感器接收到微震事件产生的弹性波的起跳时刻,根据微震事件的震源与各传感器之间的距离,以及速度和时间的关系,根据两点距离公式列出下列方程式(2-1)~(2-i),此处2-i中的i是指传感器的总数:

$$[0019] \quad \sqrt{(X_k - x_1)^2 + (Y_k - y_1)^2 + (Z_k - z_1)^2} = (t_{k1} - t_k) * v \quad (2-1)$$

$$[0020] \quad \sqrt{(X_k - x_2)^2 + (Y_k - y_2)^2 + (Z_k - z_2)^2} = (t_{k2} - t_k) * v \quad (2-2)$$

$$[0021] \quad \sqrt{(X_k - x_3)^2 + (Y_k - y_3)^2 + (Z_k - z_3)^2} = (t_{k3} - t_k) * v \quad (2-3)$$

[0022] ...

$$[0023] \quad \sqrt{(X_k - x_i)^2 + (Y_k - y_i)^2 + (Z_k - z_i)^2} = (t_{ki} - t_k) * v \quad (2-i)$$

[0024] 联立式(2-1)~(2-i)中的至少4个方程,代入岩体平均等效波速 v 、各传感器的坐

标、以及各传感器接收到微震事件产生的弹性波的起跳时刻的值,即可解出微震事件的震源的坐标 (X_k, Y_k, Z_k) 和微震发生的时刻 t_k 。

[0025] 上述基于微震监测的大坝坝肩潜在渗流通道识别方法的技术方案中,所述微震监测系统为ESG微震监测系统,也可采用其他的微震监测系统。

[0026] 上述基于微震监测的大坝坝肩潜在渗流通道识别方法的技术方案中,设置1个爆破孔、进行一次爆破即可测定和计算得到岩体等效波速,为了增加岩体等效波速计算的准确性,优选采用一个以上的爆破孔,更优选地,爆破孔的数量为2~5个。

[0027] 上述基于微震监测的大坝坝肩潜在渗流通道识别方法的技术方案中,所述大坝可为重力坝、拱坝、土石坝等类型的大坝,尤其适用于拱坝。

[0028] 本发明提供的基于微震监测的大坝坝肩潜在渗流通道识别方法,

[0029] 利用微震监测技术来获取微监测区域中震事件的震源位置的聚集情况,依据微震事件的震源位置的聚集情况来判断监测区域中岩体内微裂隙的发育情况:若震源位置在监测区域的某一或某些局部区域聚集,表明这些局部区域中裂隙广泛发育;当震源位置在监测区域的某一或某些局部区域聚集并且呈现条带状或面状分布时,则表明相应的局部区域内的裂隙呈带状或者面状发育,即相应的局部区域中存在潜在渗流通道,若该局部区域赋存在地下水中,或者说如果该局部区域中存在水腔,广泛发育的裂隙可作为地下水潜在的渗流通道,那么该局部区域就是一个潜在失稳区域,在施工过程中需要及时采取措施对该潜在失稳区域进行防护,以保障施工安全。

[0030] 与现有技术相比,本发明产生了以下有益效果:

[0031] 1. 本发明提供的基于微震监测的大坝坝肩潜在渗流通道识别方法,该方法利用微震监测技术来获取微震事件的震源的聚集情况,并依据震源的聚集情况来判断监测区域的岩体中微裂隙的发育情况,进而识别岩坝肩的潜在渗流通道。解决了现有通过实验模型和数值计算模拟出裂隙岩体中的渗流情况的方法存在的难以准确识别坝肩潜在渗流通道的问题,与现有方法相比,本发明的方法具有超前预报及便利性,能准确有效地识别出潜在渗流通道,特别是能为水电站在蓄水过程中和蓄水期间的安全运营提供有价值的参考。

[0032] 2. 本发明提供的方法是一种空间范围内无损监测方法,特别是能够实时监测在大坝坝肩在水电站蓄水过程中及蓄水期间由于大坝蓄水造成坝肩承受大坝的推力、以及大坝蓄水后地下水位陡增引起的地下水渗透压力增大等原因造成的坝肩围岩微破裂及原生裂隙的扩张,进而判断微破裂聚集或原生节理裂隙扩张是否能形成潜在渗流通道。

[0033] 3. 本发明所述方法能实时获取监测区域中的微裂隙的发育情况,及时判断出坝肩围岩中是否存在贯通的微裂隙及原生裂隙扩张引起的潜在渗流通道。

附图说明

[0034] 图1的本发明所述方法对拱坝坝肩进行潜在渗流通道识别的示意图,其中(B)图为(A)图中虚线框住的部分的放大图。

[0035] 图2是实施例的监测区域中传感器布置侧视图。

[0036] 图3是实施例的监测区域中传感器布置的俯视图。

[0037] 图4是实施例中作出的震源位置空间分布图,其中(A)图和(B)图分别为俯视图和正视图。

具体实施方式

[0038] 下面通过具体的实施例并结合附图对本发明所述基于微震监测的大坝坝肩潜在渗流通道识别方法作进一步说明。有必要指出的是,以下实施例只用于对本发明作进一步说明,不能理解为对本发明保护范围的限制,所属领域的技术人员根据上述发明内容,对本发明做出一些非本质的改进和调整进行具体实施,仍属于本发明的保护范围。

[0039] 实施例1

[0040] 本实施例以某大型水电站拱坝左岸坝肩为例,具体说明基于微震监测的大坝坝肩潜在渗流通道识别方法,本发明所述方法对拱坝坝肩进行潜在渗流通道识别的示意图见图1。

[0041] 本实施例中采用的微震监测系统为ESG微震监测系统(加拿大ESG公司),ESG微震监测系统主要包括加速度传感器、Paladin数字信号采集系统(即采集仪)和Hyperion数字信号处理系统(即ESG微震监测系统的主机部分)。各加速度传感器通过电缆线与Paladin数字信号采集系统连接,Paladin数字信号采集系统通过网线与Hyperion数字信号处理系统连接,Hyperion数字信号处理系统通过网线与服务器连接后通过无线传播的方式与营地中心的计算机连接。所述传感器的灵敏度为 30V/g ,频率响应范围 $50\text{Hz}\sim 5\text{kHz}$,Paladin数字信号采集系统的采样频率为 20kHz ,传感器将接收到的应力波转变为电信号,并通过Paladin数字信号采集系统转换为数字信号后储存在Hyperion数字信号处理系统中。本实施例中,传感器采集的弹性波的起跳时刻均为P波的起跳时刻。

[0042] 本实施例的具体步骤如下:

[0043] ①圈定该大型水电站拱坝左岸坝肩围岩大约 $300\text{m}\times 300\text{m}\times 300\text{m}$ (分别为沿着水流方向、垂直水流方向和竖直方向三个方向)的区域作为监测区域,将ESG微震监测系统的传感器安装在监测区域的第一层、第二层、第四层的排水廊道中,各层排水廊道均布置6个传感器,共安装18个传感器,各传感器的高程不同且形成空间网状结构,传感器的布置避免了任意三个传感器位于同一直线上、任意四个传感器位于同一平面上,如图2、3所示。将各传感器与微震监测系统的采集仪相连,然后将所述采集仪与微震监测系统的主机部分连接。

[0044] 以沿着水流方向为N方位的正方向(x轴)、以垂直水流方向为E方位的正方向(y轴)、以绝对高程为D方位的正方向(z轴),作为坐标基准,以该大型水电站的左岸边坡中的某点为坐标原点建立三维直角坐标系,测量各传感器的坐标,将第*i*个传感器的坐标记作 (x_i, y_i, z_i) , $i=1, 2, \dots, 18$;在左岸坝肩的岩体上设置2个爆破孔,测量各爆破孔孔底中心处的坐标,将第*j*个爆破孔孔底中心处的坐标记作 (X_j, Y_j, Z_j) , $j=1, 2$ 。测量各传感器的坐标以及各爆破孔孔底中心处的坐标,分别记录于表1和表2中。

[0045] 表1各传感器的坐标

| 传感器 | x(m) | y(m) | z(m) |
|-----|---------|--------|------|
| 1 | 3012872 | 588977 | 756 |
| 2 | 3012938 | 589078 | 747 |
| 3 | 3012965 | 589025 | 750 |
| 4 | 3012910 | 589030 | 753 |
| 5 | 3012873 | 589055 | 756 |
| 6 | 3012837 | 589074 | 755 |
| 7 | 3012821 | 589094 | 666 |
| 8 | 3012872 | 589019 | 668 |
| 9 | 3012844 | 589044 | 667 |
| 10 | 3012831 | 589116 | 666 |
| 11 | 3012912 | 589078 | 670 |
| 12 | 3012963 | 589115 | 670 |
| 13 | 3012764 | 589199 | 608 |
| 14 | 3012758 | 589187 | 609 |
| 15 | 3012785 | 589158 | 613 |
| 16 | 3012784 | 589139 | 614 |
| 17 | 3012821 | 589155 | 614 |
| 18 | 3012870 | 589140 | 611 |

[0048] 表2各爆破孔孔底中心处的坐标

[0049]

| 爆破孔 | X (m) | Y (m) | Z (m) |
|-----|------------|-----------|--------|
| 1 | 3012848.36 | 589030.94 | 618.06 |
| 2 | 3012793.06 | 589166.74 | 612.98 |

[0050] ②在各爆破孔的孔底安装乳化炸药,连接导爆线和高压静电起爆器,将各爆破孔的孔口用现场松散的土粒封堵以减少爆破时的能量损失。依次在第1个爆破孔和第2个爆破孔中进行一次爆破,两次爆破之间间隔15小时,通过传感器记录各次爆破产生的弹性波的起跳时刻,将第j个爆破孔的爆破时刻记作 t_j ,将第j个爆破孔爆破后第i个传感器接收到爆破产生的弹性波的起跳时刻记作 t_{ji} 。

[0051] 根据第j个爆破孔与各传感器之间的距离,以及速度和时间的关系,对应于每一个爆破孔,根据两点距离公式列出方程式(1-1):

$$[0052] \quad \sqrt{(X_j - x_1)^2 + (Y_j - y_1)^2 + (Z_j - z_1)^2} = (t_{j1} - t_j) * v_j \quad (1-1)$$

[0053] 分别将第1个爆破孔和第2个爆破孔的坐标、相应的爆破孔爆破的爆破时刻、以及相应的爆破孔爆破后第*i*个传感器接收到爆破产生的弹性波的起跳时刻的值代入式(1-1)，分别求解出岩体等效波速 $v_1 = 4695\text{m/s}$ ， $v_2 = 4701\text{m/s}$ ，然后计算岩体平均等效波速 v ， $v = \frac{v_1 + v_2}{2} = 4698\text{m/s}$ 。

[0054] ③在该大型水电站蓄水期间采用ESG微震监测系统对监测区域进行监测，测定监测区域产生的微震事件的震源位置及微震发生时刻。测定监测区域产生的微震事件的震源位置及微震发生时刻的方法如下：

[0055] 假设微震事件的震源的坐标为 (X_k, Y_k, Z_k) ，微震发生的时刻为 t_k ，定义 t_{ki} 为第*i*个传感器接收到微震事件产生的弹性波的起跳时刻，根据微震事件的震源与各传感器之间的距离，以及速度和时间的关系，根据两点距离公式列出下列18个方程式：

$$[0056] \quad \sqrt{(X_k - x_1)^2 + (Y_k - y_1)^2 + (Z_k - z_1)^2} = (t_{k1} - t_k) * v \quad (2-1)$$

$$[0057] \quad \sqrt{(X_k - x_2)^2 + (Y_k - y_2)^2 + (Z_k - z_2)^2} = (t_{k2} - t_k) * v \quad (2-2)$$

$$[0058] \quad \sqrt{(X_k - x_3)^2 + (Y_k - y_3)^2 + (Z_k - z_3)^2} = (t_{k3} - t_k) * v \quad (2-3)$$

[0059] ...

$$[0060] \quad \sqrt{(X_k - x_{18})^2 + (Y_k - y_{18})^2 + (Z_k - z_{18})^2} = (t_{k18} - t_k) * v \quad (2-18)$$

[0061] 联立上述18个方程，代入岩体平均等效波速 v 、各传感器的坐标、以及各传感器接收到微震事件产生的弹性波的起跳时刻的值，即可求解出微震事件的震源的坐标 (X_k, Y_k, Z_k) 和微震发生的时刻 t_k 。

[0062] 在微震监测期间，实时统计监测区域发生的微震事件的震源位置，实时将震源位置标示于三维直角坐标系中，得到震源位置空间分布图，结合震源位置空间分布图中震源位置的分布情况进行判断：当微震事件的震源位置在监测区域的某一或某些局部区域聚集且呈现条带状或面状分布时，则相应的局部区域中存在潜在渗流通道；若微震事件的震源位置在监测区域的某一或某些局部区域离散分布，未出现聚集现象，则说明相应的局部区域中无探明控制性断层等结构面，即相应的局部区域中无潜在渗流通道存在。

[0063] 在本实施例的监测过程中，作出的震源位置空间分布图(图4)显示，出现了微震事件在左岸坝肩第一层排水廊道至第三层排水廊道之间、垂直坝肩朝向河谷的某一局部区域(图4中直线框出的局部区域)聚集且呈现条带状分布的情况，表明该大型水电站蓄水期间对坝肩围岩产生了相对较大的扰动，诱发了围岩微裂隙萌生发育并激活围岩原生裂隙，说明该局部区域中存在潜在渗流通道。提示应当对该局部区域采取防护措施，以保障水电站的安全运营。

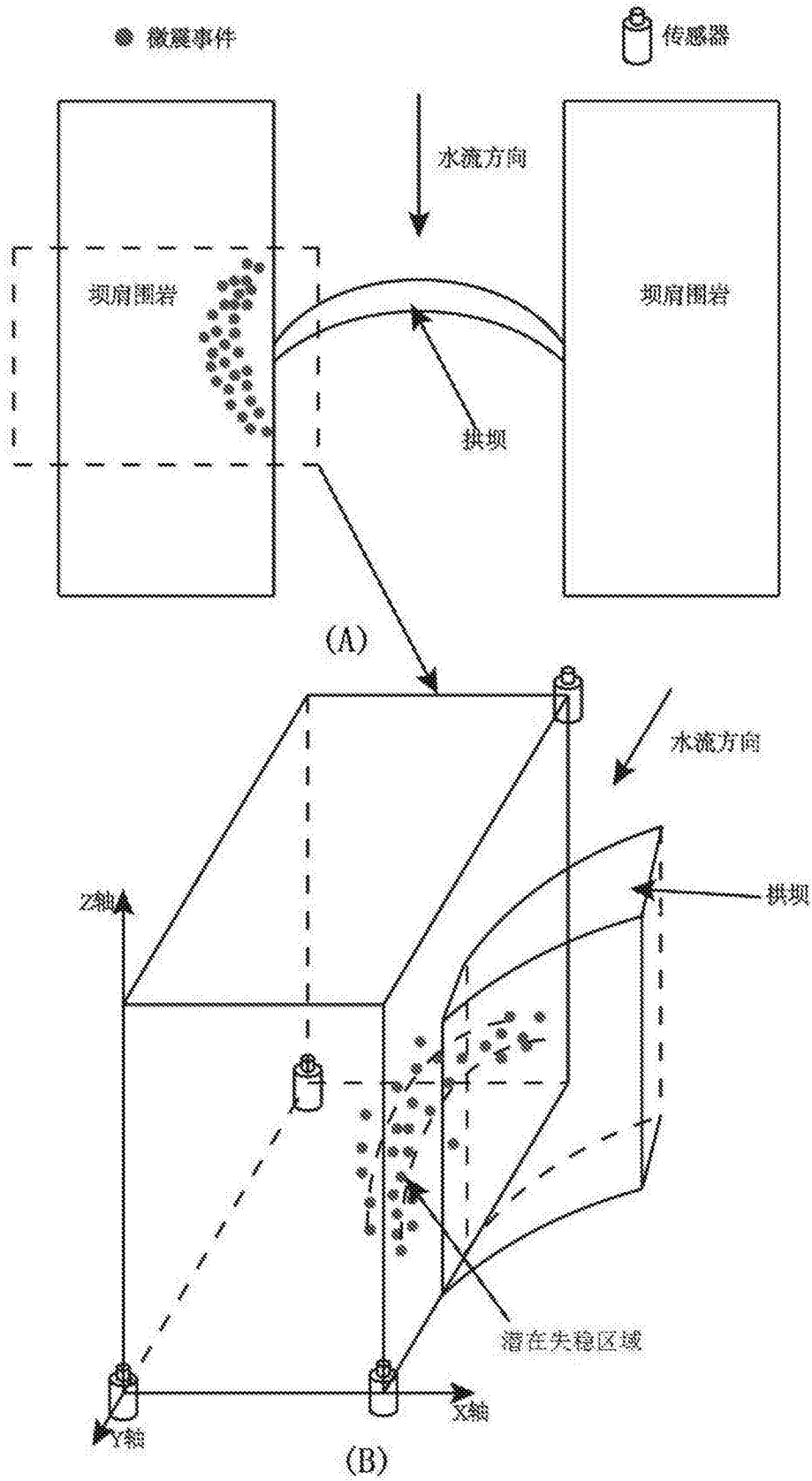


图1

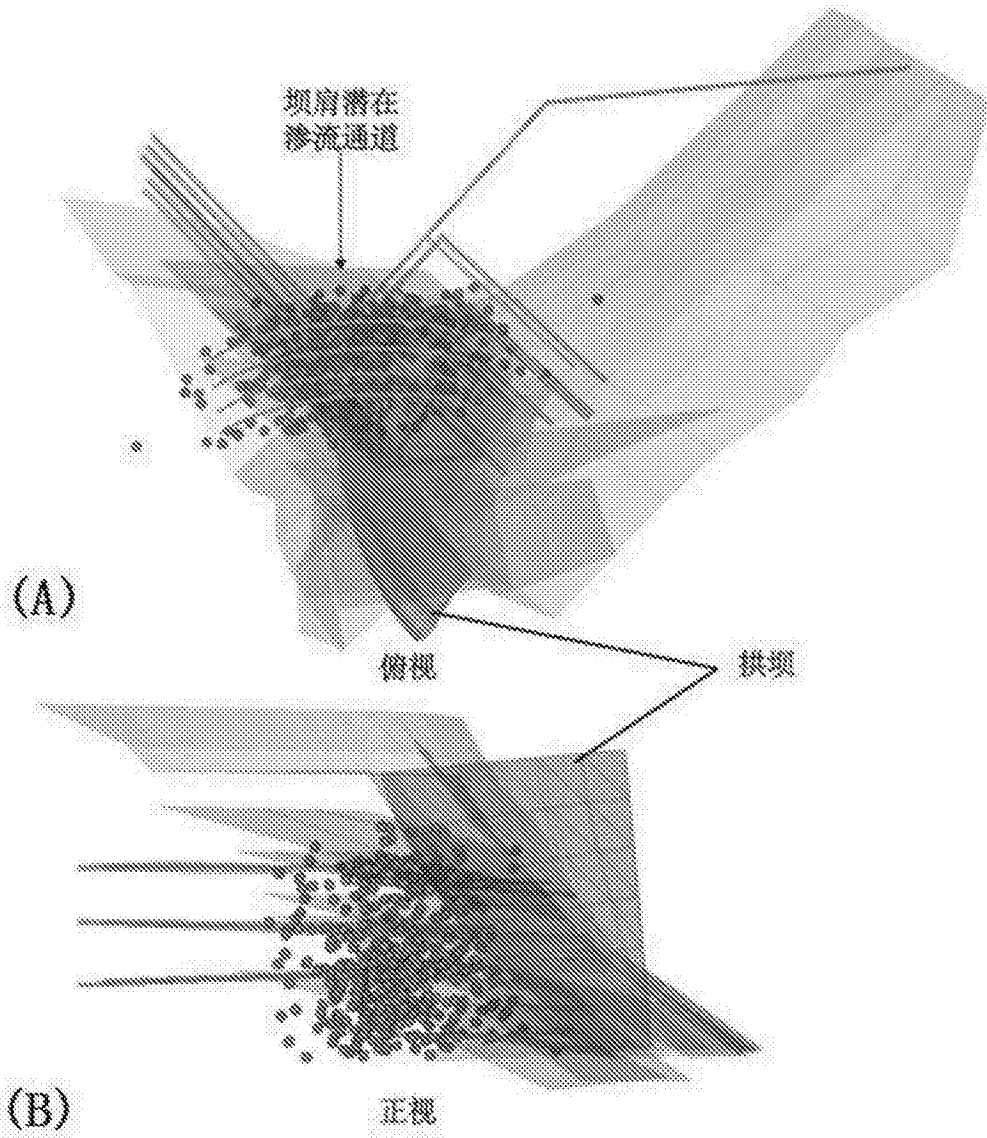


图4