



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101251498 B

(45) 授权公告日 2010.07.07

(21) 申请号 200810023237.6

(22) 申请日 2008.04.03

(73) 专利权人 中国矿业大学

地址 221116 江苏省徐州市中国矿业大学科学技术处

(72) 发明人 王恩元 李忠辉 刘晓斐

(74) 专利代理机构 南京经纬专利商标代理有限公司 32200

代理人 叶连生

(51) Int. Cl.

G01N 23/00(2006.01)

G01N 27/00(2006.01)

G01V 3/12(2006.01)

(56) 对比文件

US 4755944 A, 1988.07.05, 全文.

WO 86/04154 A1, 1986.07.17, 全文.

CN 101021570 A, 2007.08.22, 全文.

李忠辉等. 掘进工作面前方电磁辐射分布规律研究. 中国矿业大学学报 36 2. 2007, 36(2), 142-147.

何俊等. 煤体应力状态电磁辐射测试研究. 采矿与安全工程学报 23 1. 2006, 23(1), 111-114.

窦林名等. 煤样变形破坏峰值前后电磁辐射特征研究. 岩石力学与工程学报 26 5. 2007, 26(5), 908-914.

刘晓斐等. 回采工作面应力分布的电磁辐射规律. 煤炭学报 32 10. 2007, 32(10), 1019-1022.

审查员 刘婷婷

权利要求书 1 页 说明书 5 页 附图 4 页

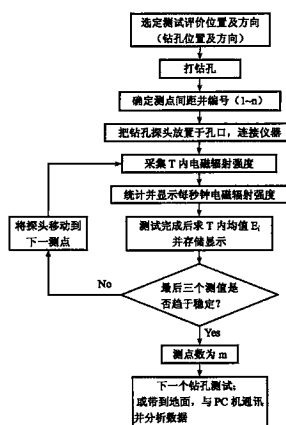
(54) 发明名称

一种基于电磁辐射原理的围岩松动圈测试及评价方法

(57) 摘要

基于电磁辐射原理的围岩松动圈测试及评价方法涉及一种通过在围岩钻孔内测试煤岩体的电磁辐射信息来测试与评价围岩应力状态或松动圈(或卸压带)的技术,观测方法:首先要选定需要测试的巷道或隧道区域,按要求方向钻孔,用钻孔电磁辐射天线测试孔内不同位置处的电磁辐射信息,测试完成得到 E_i,直至所有测点测试完成.评价方法为:评价指标采用煤岩电磁辐射强度的平均值 E_i,计算所有测点电磁辐射强度 E_i的平均值 E_{avg};把测试结果 E_i在图中显示出来,对于连续两个以上测点的电磁辐射强度值都大于 E_{avg}的区域,评价为高应力区,最高应力区是应力集中区(带),如存在次高应力区,则为内应力区(圈);孔口到应力集中区边界之间为松动圈.

CN 101251498 B



1. 一种基于煤岩电磁辐射原理的围岩松动圈测试方法,其特征在于测试的方法为:
 - a. 首先要选定需要进行测试的巷道或隧道围岩位置,按需要的方向钻进 $\Phi 42\text{mm}$ 以上的钻孔,钻孔深度为 $L = 7 \sim 15\text{m}$,退出钻杆;
 - b. 在钻孔内从孔口到孔底设置 $1 \sim n$ 个测点,测点间距为 $L_1 = L/n \approx 0.3 \sim 0.5\text{m}$,其中 n 为自然数;
 - c. 将钻孔的径向电磁辐射探头放置在钻孔的孔口,与电磁辐射监测仪连接,稳定 5s 后开始测试;
 - d. 每个测点测试时间为 $T = 0.5 \sim 3\text{min}$,测试过程中监测仪实时采集电磁辐射强度数据,统计每秒钟的电磁辐射强度最大值或平均值,然后计算 T 时间内的平均值 E_i 作为第 i 个测点的最终测试结果,作为评价该测点地应力大小的依据并存储,其中 $i = 1 \sim n$;
 - e. 测试完成第 i 个测点后,移动到下一测点 $i+1$ 继续进行测试,得到 E_{i+1} ,直到出现较大峰值区并衰减后,最后测试的 3 个测试结果 E_{m-2} 、 E_{m-1} 、 E_m 基本趋于稳定,相邻数据差值小于其均值的 15% 时,测试完成,此时测点数为 m ;其中 $m \leq n$;
 - f. 如果钻孔测试过程没有出现上述稳定条件,则需要退出电磁辐射探头,继续钻进,钻进距离可根据前面测试结果中峰值区的情况估算,应穿过峰值区二个测点以上,钻进完成后,从新测点开始继续进行电磁辐射测试,重复步骤 e,直到满足衰减稳定条件,测试完成。

一种基于电磁辐射原理的围岩松动圈测试及评价方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种通过测试巷道或隧道围岩钻孔内不同深度处电磁辐射信息来测试与评价围岩应力状态或松动圈大小的技术,属矿山压力测试和评价的技术领域。

背景技术

[0002] 在人类进行采矿过程中,开采活动破坏了原岩应力平衡状态,引起采动空间周围的煤岩体结构发生变化,地应力重新分布。在采场和回采巷道周围,由于围岩应力的作用促使围岩发生变形、破坏和移动,出现顶板冒落与来压、顶底板移近、两帮变形、支架受载和下缩、折损等矿压显现,也可能会出现煤与瓦斯突出、突水、冲击地压等动力现象。

[0003] 通常认为,在巷道或隧道围岩内,从壁面开始依次存在三个带:卸压带(或松动圈)、应力集中带和原始应力区,即应力分布曲线为单峰型。近期的测试及研究表明,从壁面开始,也可能存在一个次应力集中带,即应力分布呈双峰型,但次应力集中带的最大应力低于应力集中带的最大应力。三带的划分、测试及评价,直接影响巷道或隧道的稳定性评价、支护设计和煤岩动力灾害的预防。

[0004] 因此,测试和评价围岩内应力状态的分布及松动圈的大小是围岩观测的主要内容,是解决受采动影响的巷道矿压控制、开采程序设计、巷道合理位置选择与维护、冲击地压和煤与瓦斯突出预测和防治、承压水上煤体安全开采等重大技术问题的依据。

[0005] 工程上,测试和评价围岩内应力状态分布及松动圈大小的仪表不多,适用性好的技术或仪表是空白。

[0006] 直接测定围岩浅部或受采动影响范围的应力比较困难。目前,测试围岩内应力状态的分布及松动圈的大小主要采用超声波法。利用超声波信号在钻孔内不同位置段传播的波速大小来反映煤岩体松动圈的大小。但该方法需要超声波发射传感器和接收传感器与孔壁煤岩体进行良好耦合,需要在钻孔内充满水,这在裂隙比较发育的煤岩体或倾向钻孔中测试时非常困难。另外,该法的测试结果也受传感器布置方向有关,当孔壁周围不同方向上完整程度不同时,不能反映整体应力分布及裂隙的整体情况。

[0007] 近些年来,煤岩电磁辐射特性及其应用研究方面取得了较大的进展。发明专利“预测含气煤岩砗灾害的方法及装置,(ZL98111185.8)”通过非接触监测受载煤岩体变形破裂时产生的电磁辐射信号及其短时(数分钟)变化规律,预报煤与瓦斯突出和冲击地压等煤岩动力灾害的危险性,其反映的是煤岩动力灾害演化过程中某一阶段的瞬时状态,没有实现真正的连续不间断监测和预报,也不能共享 KJ 煤矿安全监测系统的资源。

[0008] 实用新型专利“煤岩动力灾害电磁辐射监测装置,专利号为 ZL012 72808.X”在外接电源的情况下可进行连续监测预警煤岩动力灾害危险性,但不能与 KJ 系列煤矿安全监测系统联接,不能共享安全监测系统的电源和传输通道,要实现远程监测需要单独布线和单独电源,并且预报功能较弱。

[0009] 发明专利“煤岩动力灾害实时监测预报装置及预报方法,专利号为 ZL200410065793.1”,其主要用途是对煤岩动力灾害进行连续实时监测和预警。

[0010] 发明专利“一种非接触式矿山压力观测及评价方法,专利公开号为CN200710020549.7”采用定向电磁辐射接收天线,通过非接触式监测受载煤岩体产生的电磁辐射信息来监测与评价矿山采掘空间或隧道围岩的相对应力状态的技术,用于对采掘空间、巷道或隧道的空间压力进行测试及评价。

发明内容

[0011] 技术问题:本发明的目的是提供一种基于电磁辐射原理的围岩松动圈测试及评价方法,即是一种非接触式测试围岩内应力状态的分布及松动圈大小的技术方法,这种观测方法的优点是安装及操作方便、快捷,不需要传感器或探头与煤岩体进行良好耦合,费用低;评价方法简便,更加具体,易于实施。

[0012] 技术方案:本发明方法的主要监测指标为受载煤岩体产生的电磁辐射信号,通过该方法能够对采掘空间、巷道或隧道围岩内的应力状态分布进行测试,可对应力状态的钻孔轴向分布规律进行评价,确定出松动圈(或卸压带)、应力集中带等。受载煤岩体能够产生电磁辐射已被大量的实验观测和理论分析所证明,电磁辐射强度与载荷及煤体的变形破裂过程呈正相关,即:载荷越大,电磁辐射强度(EMR)越强,反之亦然。因此,电磁辐射强度能较好地反映煤岩体的应力状态。

[0013] 本发明的围岩应力状态或松动圈大小的测试方法为:

[0014] a. 首先要选定需要进行测试的巷道或隧道围岩位置,按需要的方向钻进 $\Phi 42\text{mm}$ 以上的钻孔,钻孔深度为 $L = 7 \sim 15\text{m}$ (根据围岩性质、煤岩层厚度及稳定时间等初步判定或根据经验数据估算),退出钻杆;

[0015] b. 在钻孔内从孔口到孔底设置 $1 \sim n$ 个测点,测点间距为 $L_1 = L/n = 0.3 \sim 0.5\text{m}$;

[0016] c. 将钻孔径向电磁辐射探头放置在孔口,与电磁辐射监测仪连接,稳定 5s 后开始测试;

[0017] d. 每个测点测试时间为 $T = 0.5 \sim 3\text{min}$,测试过程中监测仪实时采集电磁辐射(EMR)强度数据,统计每秒钟的电磁辐射强度最大值或平均值,然后计算 T 时间内的平均值 $E_i (i = 1 \sim n)$ 作为第 i 个测点的最终测试结果,作为评价该测点地应力大小的依据并存储;

[0018] e. 测试完成第 i 个测点后,移动到下一测点 $i+1$ 继续进行测试,得到 E_{i+1} ,直到出现较大峰值区并衰减后,最后测试的 3 个测试结果 E_{m-2} 、 E_{m-1} 、 $E_m (m \leq n)$ 基本趋于稳定,相邻数据的差值小于其均值的 15% 时,测试完成,此时测点数为 m ;

[0019] f. 如果钻孔测试过程没有出现上述稳定条件,则需要退出电磁辐射探头,继续钻进,钻进距离可根据前面测试结果中峰值区的情况估算,应穿过峰值区二个测点以上。钻进完成后,从新测点开始继续进行电磁辐射测试,重复步骤 e,直到满足衰减稳定条件,测试完成。

[0020] 本发明的围岩应力状态或松动圈大小评价方法为:

[0021] a. 围岩内应力分布及松动圈评价的指标采用煤岩电磁辐射强度的平均值 E_i ,某测点电磁辐射强度越大,则表明该测点的地应力越大;

[0022] b. 把该钻孔内不同测点的电磁辐射测试结果 $E_i (i = 1 \sim m)$ 在图中显示出来,形成折线 A,横坐标为测点距孔口距离,纵坐标为测点的电磁辐射强度 E_i ,在图中也标出

$$E = E_{avg} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m E_i \text{的横线 B ;}$$

[0023] c. 从图中直接可以看出钻孔内不同测点地应力的分布规律,测点的电磁辐射强度 E_i 越大,表明该点地应力越大;

[0024] d. 当所测电磁辐射强度小于 E_{avg} 时,该测点被评价为低应力点,说明该测点附近的地应力较小,如果某个局部区域连续两个以上测点的电磁辐射强度值都小于 E_{avg} ,则该区域为低应力区;

[0025] e. 当所测电磁辐射强度大于 E_{avg} 时,该测点被评价为高应力点,说明该测点附近的地应力较大,如果某个局部区域连续两个以上测点的电磁辐射强度值都大于 E_{avg} ,则该区域为高应力区或应力集中带;

[0026] f. 对于相邻两个或两个以上测点的电磁辐射强度呈现急剧增大 30% 以上或急剧降低 30% 以上的区域,评价为高应力梯度带;

[0027] g. 在图上,折线 A 与横线 B 在最高应力区边界的交点为 D1 和 D2,其对应的位置分别为 L_{D1} 和 L_{D2} ($L_{D1} < L_{D2}$);如果还存在第二个高应力区,则该高应力区的边界点分别为 D3 和 D4,其对应的位置分别为 L_{D3} 和 L_{D4} ($L_{D3} < L_{D4}$);

[0028] h. L_{D1} 为巷道或隧道的松动圈(或卸压区)大小, L_{D3} 为内松动圈大小, L_{D4} 深部为原始应力区, L_{D1} 和 L_{D2} 之间为高应力集中区(带), L_{D3} 和 L_{D4} 之间为次高应力集中区(带)或内应力圈;

[0029] i. 松动圈(或卸压区)是发生煤岩动力灾害的屏障,也可作为支护设计、灾害预防等工程决策的依据,支护锚杆的长度必须大于松动圈(或卸压带)的长度,深入到应力集中带中才能发挥锚固作用。

[0030] 本发明能够实现对围岩内不同深度处应力状态进行有效、非接触、区域性测试和评价,填补了矿山井下煤岩体内不同深度处的应力状态的非接触式、区域性测试与评价的空白。

[0031] 有益效果:基于煤岩电磁辐射原理的围岩应力状态或松动圈大小测试技术采用了非接触式钻孔径向接收探头,测试结果不受探头与钻孔孔壁煤岩体接触程度的影响,测试及评价指标为电磁辐射强度。实现了真正的非接触式、径向及区域性测试,反映的是钻孔径向全空间内围岩应力状态的总体情况,对高应力区、高应力梯度区或高应力活动区反映更为灵敏。本发明与现行的松动圈测试技术相比:更有效快捷,大大减少了工作量,不受人工等外界干扰,测试结果反映的是测点周向区域煤岩体的整体应力响应(局部区域应力),特别适合于在煤矿生产过程中的超前探测和地质构造或应力异常区围岩内应力状态分布、巷道卸压带或应力集中带的测试,也可广泛应用于土木、水利、隧道、地下工程等围岩应力状态或松动圈测试及评价等。

附图说明

[0032] 图 1 是本发明围岩应力状态或松动圈大小测试流程图。

[0033] 图 2 是本发明围岩应力状态或松动圈大小评价流程图。

[0034] 图 3 是本发明围岩应力状态或松动圈大小测试测点及仪器布置示意图。

[0035] 图 4 是本发明围岩应力状态或松动圈大小分析示意图。图中有:折线 A、横线 B、第

一交点 D1、第二交点 D2、第三交点 D3、第四交点 D4。

[0036] 图 5 是某矿工作面皮带道 20m 处右帮煤体钻孔测试结果。

[0037] 图 6 是某矿工作面皮带道 40m 处左帮煤体钻孔测试结果。

[0038] 图 7 是某矿工作面皮带道 60m 处右帮煤体钻孔测试结果。

具体实施方式

[0039] 围岩内煤岩体应力状态或围岩松动圈测试流程见附图 1 所示。在采用电磁辐射法测定煤岩应力状态或围岩松动圈前,首先要根据需要选定进行测试及评价的巷道或隧道围岩位置,估计钻孔深度 L(一般为 7 ~ 15m,根据围岩性质、煤岩层厚度及稳定时间等初步判定或根据经验数据估算,如对于中厚煤层巷道,巷道已经基本稳定,那么钻孔深度一般在要 10m 以上),确定测点间距 L_1 (一般取 0.3 ~ 0.5m 即可满足精度要求),确定每个测点的测试时间 T(一般取 $T = 0.5 \sim 3\text{min}$),并且在电磁辐射监测仪设置好测点测试时间 T。准备工作做好后,用手电钻或煤电钻等钻机在需要的位置按需要的方向钻进 $\Phi 42\text{mm}$ 以上的钻孔,钻进到设计的位置后退出钻杆。

[0040] 测点及仪器布置如附图 3 所示。测试时,将钻孔径向电磁辐射探头放置在孔口第一个测点,与电磁辐射监测仪连接,稳定 5s 后开始测试,测试过程中监测仪实时采集电磁辐射 (EMR) 强度数据,统计每秒钟的电磁辐射强度最大值或平均值,测试到预定 T 时间后计算 T 时间内的平均值 E_1 作为第 1 个测点的最终测试结果,作为评价该测点地应力大小的依据并存储。测试完成第 i 个测点后,移动到下一测点 i+1 继续进行测试,得到 E_{i+1} ,直到出现较大峰值区并衰减后,最后测试的 3 个测试结果 E_{m-2} 、 E_{m-1} 、 E_m 基本趋于稳定,相邻数据差值小于其均值的 15% 时,测试完成,此时测点数为 m。特殊地,如果所有测点测完后没有出现上述稳定条件,则需要退出电磁辐射探头,继续钻进,钻进距离可根据前面测试结果中峰值区的情况估算,应穿过峰值区二个测点以上。钻进完成后,从新测点开始继续进行电磁辐射测试,重复上述测试过程直到满足衰减稳定条件,测试完成。

[0041] 也可再进行其它钻孔的测试。本次测试测试完成后,将电磁辐射仪带到地面,与计算机连接后,用专用软件将数据通讯到计算机中。

[0042] 围岩内煤岩体应力状态或围岩松动圈评价流程见附图 2 所示。围岩应力状态或松动圈的评价指标为煤岩电磁辐射强度的平均值 E_i ,某测点电磁辐射强度越大,则表明该测点的地应力越大。在计算机中把评价钻孔内不同测点的电磁辐射测试结果 E_i ($i = 1 \sim m$) 在图中显示出来,形成折线 A,横坐标为测点距孔口距离,纵坐标为测点的电磁辐射强度 E_i ,在图中也标出 $E = E_{\text{avg}} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m E_i$ 的横线 B,见附图 4 所示。从图中直接可以看出钻孔内

不同测点地应力的分布规律,测点的电磁辐射强度 E_i 越大,表明该点地应力越大。当所测电磁辐射强度小于 E_{avg} 时,该测点被评价为低应力点,说明该测点附近的地应力较小,如果某个局部区域连续两个以上测点的电磁辐射强度值都小于 E_{avg} ,则该区域为低应力区。当所测电磁辐射强度大于 E_{avg} 时,该测点被评价为高应力点,说明该测点附近的地应力较大,如果某个局部区域连续两个以上测点的电磁辐射强度值都大于 E_{avg} ,则该区域为高应力区或应力集中带。对于相邻两个或两个以上测点的电磁辐射强度呈现急剧增大 30% 以上或急剧降低 30% 以上的区域,评价为高应力梯度带。在图上,折线 A 与横线 B 在最高应力

区边界的交点为 D1 和 D2, 其对应的位置分别为 L_{D1} 和 L_{D2} ($L_{D1} < L_{D2}$); 如果还存在第二个高应力区, 则该高应力区的边界点分别为 D3 和 D4, 其对应的位置分别为 L_{D3} 和 L_{D4} ($L_{D3} < L_{D4}$)。 L_{D1} 为巷道或隧道的松动圈 (或卸压区) 大小, L_{D3} 为内松动圈大小, L_{D4} 深部为原始应力区, L_{D1} 和 L_{D2} 之间为高应力集中区 (带), L_{D3} 和 L_{D4} 之间为次高应力集中区 (带) 或内应力圈。

[0043] 根据围岩应力状态或松动圈 (或卸压区) 测试结果, 可对此处发生煤岩动力灾害的可能性等做出提示, 也可为支护设计、灾害预防等工程提出参考数据。

[0044] 图 5 是某矿皮带道距工作面 20m 处右帮钻孔电磁辐射测试结果, 从图上可以看出, 此处巷帮煤体内有一个高应力区, 在 3.0 ~ 6.3m 之间, 卸压带宽度约 3.0m。图 6 是某矿皮带道距工作面 40m 处左帮煤体钻孔电磁辐射测试结果, 从图上可以看出, 此处巷帮煤体内存在两个高应力区, 应力集中带在 3.5 ~ 4.9m 之间, 次应力集中带 (或内应力圈) 在 0.6 ~ 1.6m 之间, 煤体卸压带宽度为 3.5m。

[0045] 图 7 是某矿皮带道距工作面 37m 处右帮煤体钻孔电磁辐射测试结果, 从图上可以看出, 此次巷帮煤体内存在三个高应力区, 应力集中带在 4.75 ~ 8.8m 之间, 次应力集中带 (或内应力圈) 有两个, 在 1.5 ~ 2.3m 和 3.4 ~ 4.7m 之间, 煤体卸压带宽度为 4.75m。

[0046] 该矿是在采取松动爆破预防冲击地压措施后, 测得的煤体内应力状态分布和松动圈大小, 测得的松动圈较大, 对于预防冲击地压是非常有利的。

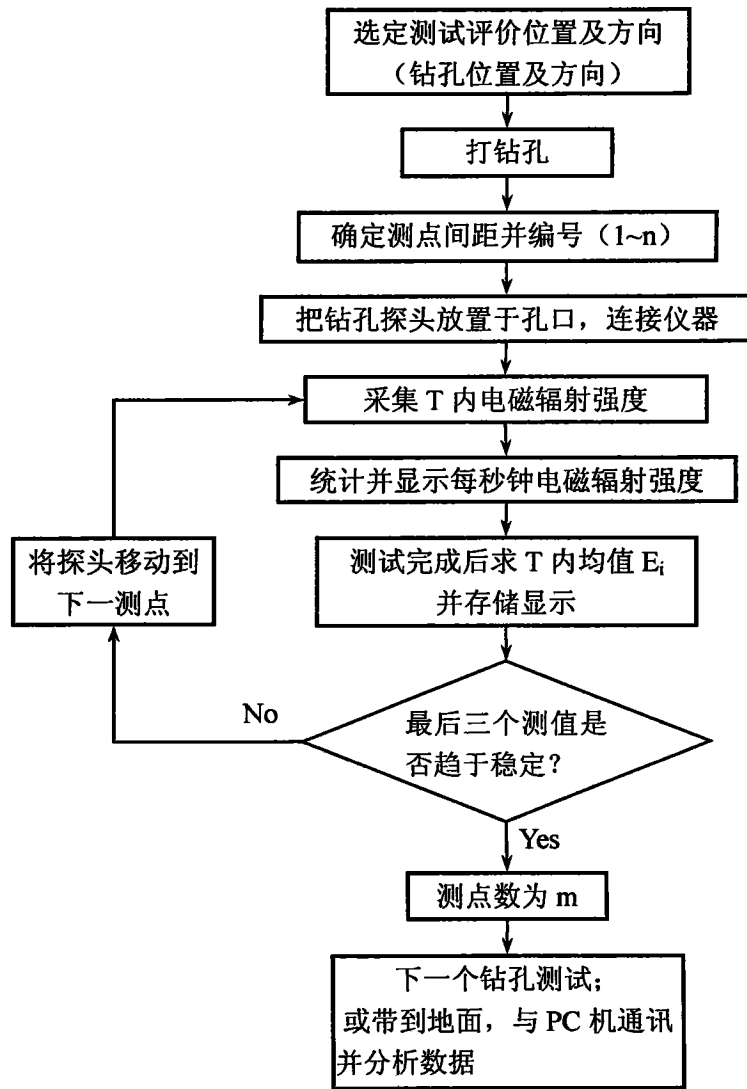


图 1

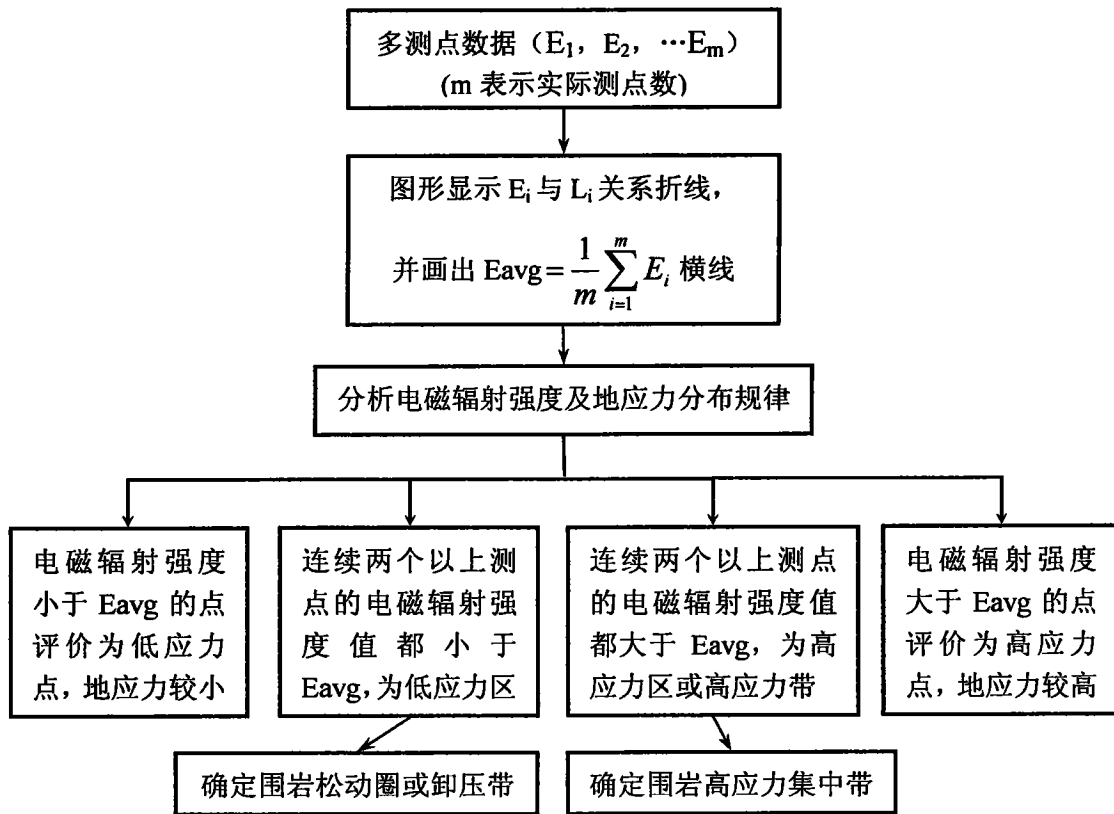


图 2

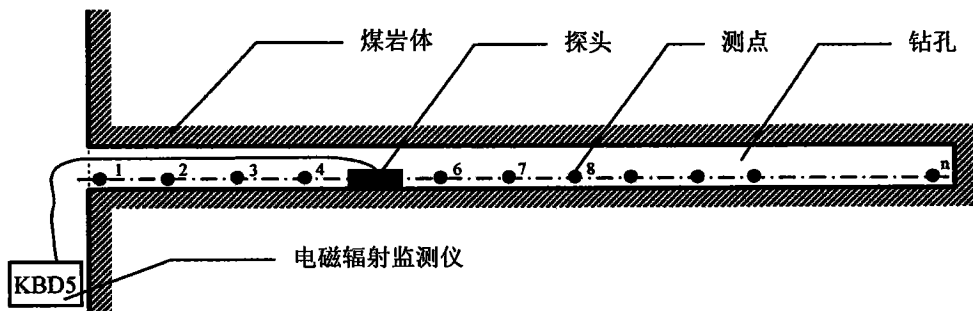


图 3

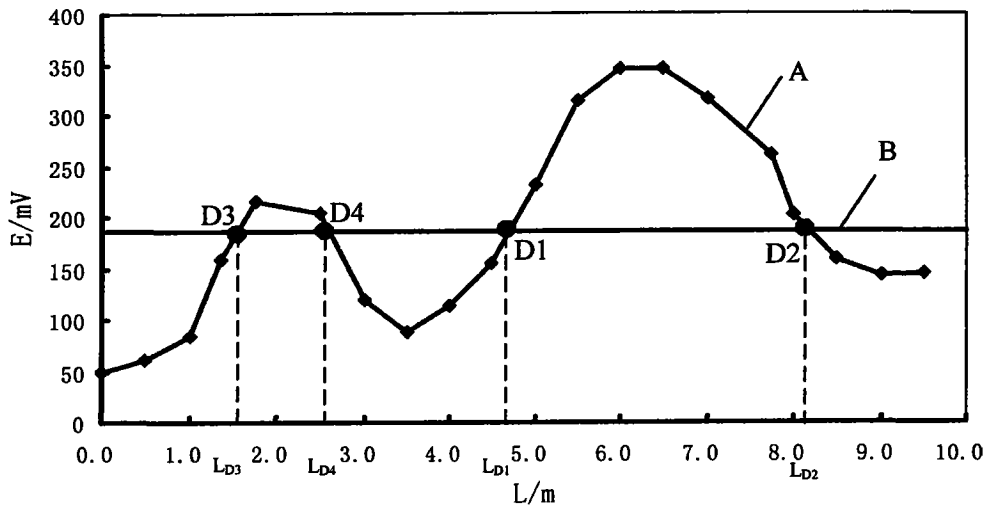


图 4

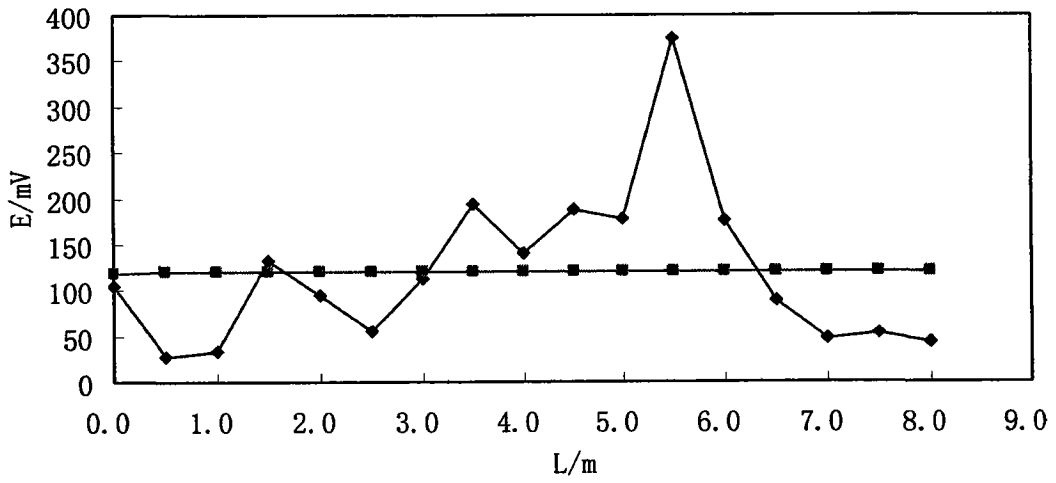


图 5

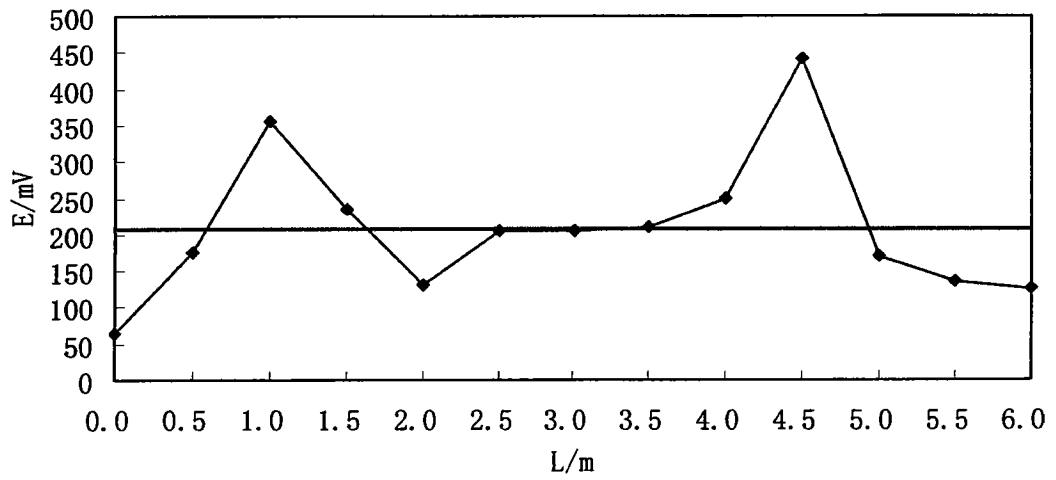


图 6

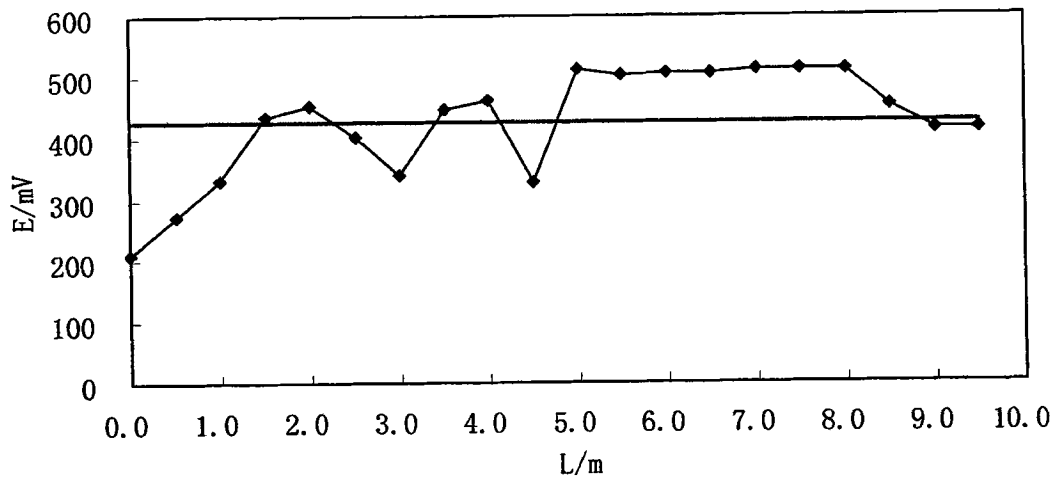


图 7