



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103630938 A

(43) 申请公布日 2014. 03. 12

(21) 申请号 201310657827. 5

(22) 申请日 2013. 12. 09

(71) 申请人 铁道第三勘察设计院集团有限公司
地址 300142 天津市河北区中山路 10 号

(72) 发明人 赵广茂

(74) 专利代理机构 天津市宗欣专利商标代理有限公司 12103

代理人 王宁宁

(51) Int. Cl.

G01V 1/42(2006. 01)

G01V 1/02(2006. 01)

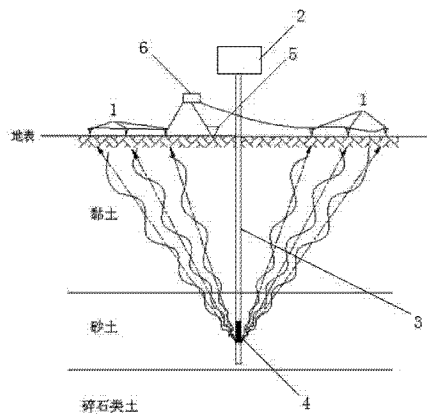
权利要求书2页 说明书5页 附图3页

(54) 发明名称

以潜孔锤锤头为震源的井地地震成像系统及成像方法

(57) 摘要

本发明公开了一种以潜孔锤锤头为震源的井地地震成像系统及成像方法,属于工程地震勘探技术领域,本发明利用潜孔锤锤头的高能量激发,代替电火花等能量较小的震源,保证接收到更远距离的地震信号;其次,地震成像方法中震源越接近目标体,对目标体反映的准确度越高,潜孔锤逐渐向下钻进,锤头相对地面更接近目标体,因此这种孔内震源激发的地震方法分辨率更高;更重要的是随着潜孔锤的钻进,同时获得了钻孔周围介质的弹性波速度分布情况,根据地面情况可以任意布置检波器,对钻孔周围覆盖面积更大,且可形成三维图像,表达更直观。



1. 一种以潜孔锤锤头为震源的井地地震成像系统,包括设置在地表的地震检波器(1)和地震信号触发器(5),与地震检波器(1)和地震信号触发器(5)连接的地震记录仪(6);其特征在于:该系统还包括潜孔锤钻机(2)以及与潜孔锤钻机连接用于钻孔的钻杆(3)和连接在钻杆(3)端部的潜孔锤锤头(4)。

2. 根据权利要求1所述的以潜孔锤锤头为震源的井地地震成像系统,其特征在于:钻杆(3)和潜孔锤锤头(4)在勘察区域的中心处钻孔,地震检波器(1)以钻孔为中心,成排地布置,形成多条测线。

3. 根据权利要求1所述的以潜孔锤锤头为震源的井地地震成像系统,其特征在于:地震信号触发器(5)设置在钻孔周围半径1m的范围内。

4. 一种以潜孔锤锤头为震源的井地地震成像方法,其特征在于,该方法包括如下步骤:

S₁、随潜孔锤钻进获取地震信号数据

以潜孔锤锤头为震源,地面接收地震信号,随着潜孔锤的向下钻进,采集不同深度震源激发信号,最后形成不同深度震源激发下的地震信号数据;

S₂、构建场地弹性波速度模型

依据潜孔锤取芯结果,分析层位深度,判断不同层位的弹性波速度,进而建立场地内的弹性波速度模型;

S₃、对地震信号数据进行反演

在S₂中的弹性波速度模型基础上对S₁中采集的地震信号数据进行反演,获取场地弹性波速度分布情况;

S₄、输出场地弹性波速度分布图像

依据S₃中场地弹性波速度分布数据进行场地弹性波速度图像的绘制,添加工程、位置、高程等工程信息;

S₅、依据弹性波速度图像进行场地评价

依据S₄中生成的弹性波速度分布图像进行地质分层以及场地评价工作。

5. 根据权利要求4所述的以潜孔锤锤头为震源的井地地震成像方法,其特征在于,随潜孔锤钻进获取地震信号数据步骤的具体实现方法为:

S₁₁、潜孔锤机具安装,开始钻孔

在选定场地之后,进行潜孔锤钻机、钻杆及潜孔锤锤头的安装,开始进行钻孔工作;

S₁₂、孔口地震信号触发器埋设

在钻孔孔口周围1m范围内埋设地震信号触发器,以提示地震记录仪何时开始接收地震信号;

S₁₃、孔周围地震检波器布设

在钻孔周围成排地布设地震检波器,形成多条测线;

S₁₄、将地震记录仪与地震检波器、地震信号触发器连接;

S₁₅、随潜孔锤钻进采集地震信号

随着潜孔锤的钻进,利用地震信号触发器计时,利用地震记录仪采集地震信号;

S₁₆、依据地震信号形成初至时间数据文件

依据S₁₅中采集的地震信号读取初至时间,最终形成初至时间数据文件。

6. 根据权利要求4所述的以潜孔锤锤头为震源的井地地震成像方法,其特征在于,构建场地弹性波速度模型步骤的具体实现方法为:

将勘察区域的地下介质离散成一系列矩形单元,矩形单元的弹性波速度通过节点速度值的双线性插值函数来描述,节点速度值依据潜孔锤取芯情况确定及反演自动修正。

7. 根据权利要求4所述的以潜孔锤锤头为震源的井地地震成像方法,其特征在于,对地震信号数据进行反演步骤的具体实现方法为:

(1) 基于 S_2 中构建的弹性波速度模型,进行正演计算,计算射线路径和旅行时 t_c ;

(2) 利用 S_{16} 中的初至时间数据 t_m 和上一步计算的旅行时 t_c 建立旅行时反演方程组 $A\delta v = \delta t$, 其中, δv 是介质弹性波速度的修正量, δt 为拾取的旅行时与计算的旅行时之差 $\delta t = t_m - t_c$, A 为雅可比矩阵,其元素为一条射线的旅行时对某个网格节点速度的偏导数;

(3) 之后该旅行时反演方程,并判断是否收敛,如收敛则进入 S_4 , 输出场地弹性波速度 v 分布,如不收敛,则进入 S_2 修正速度模型 $v = v_0 + \delta v$, 然后再次反演计算,直至 δt 满足条件。

以潜孔锤锤头为震源的井地地震成像系统及成像方法

技术领域

[0001] 本发明属于工程地震勘探技术领域,涉及一种井地地震层析成像方法,具体涉及一种以潜孔锤锤头为震源的井地地震成像系统及层析成像方法。

背景技术

[0002] 目前,工程勘察中对于地层的划分、岩体软弱程度的识别多是采用地震勘探的方法,地震勘探方法可以反映出地下介质的分层及岩体软弱程度,在工程勘察中用来解决地质分层、不良地质体识别等问题,但在实际应用中存在两点问题:①工程地震勘察受造价及安全的考虑,很少采用炸药震源,多采用大锤敲击或电火花,因此能量较弱,故而探测距离较小;②地面地震成像方法震源离目标体较远,相对井中震源方式这种方式分辨率较低。

发明内容

[0003] 本发明就是为了解决上述现有技术中的问题,提供了一种以潜孔锤锤头为震源的井地地震成像系统及成像方法。

[0004] 为了达到上述目的,本发明采用如下技术方案:

本发明的以潜孔锤锤头为震源的井地地震成像系统,包括设置在地表的地震检波器和地震信号触发器,与地震检波器和地震信号触发器连接的地震记录仪;该系统还包括潜孔锤钻机以及与潜孔锤钻机连接用于钻孔的钻杆和连接在钻杆端部的潜孔锤锤头。

[0005] 所述的钻杆和潜孔锤锤头在勘察区域的中心处钻孔,地震检波器以钻孔为中心,成排地布置,形成多条测线。

[0006] 所述的地震信号触发器设置在钻孔周围半径 1m 的范围内。

[0007] 一种以潜孔锤锤头为震源的井地地震成像方法,包括如下步骤:

S₁、随潜孔锤钻进获取地震信号数据

以潜孔锤锤头为震源,地面接收地震信号,随着潜孔锤的向下钻进,采集不同深度震源激发信号,最后形成不同深度震源激发下的地震信号数据;

S₂、构建场地弹性波速度模型

依据潜孔锤取芯结果,分析层位深度,判断不同层位的弹性波速度,进而建立场地内的弹性波速度模型;

S₃、对地震信号数据进行反演

在 S₂ 中的弹性波速度模型基础上对 S₁ 中采集的地震信号数据进行反演,获取场地弹性波速度分布情况;

S₄、输出场地弹性波速度分布图像

依据 S₃ 中场地弹性波速度分布数据进行场地弹性波速度图像的绘制,添加工程、位置、高程等工程信息;

S₅、依据弹性波速度图像进行场地评价

依据 S₄ 中生成的弹性波速度分布图像进行地质分层以及场地评价工作。

[0008] 其中,随潜孔锤钻进获取地震信号数据步骤的具体实现方法为:

S₁₁、潜孔锤机具安装,开始钻孔

在选定场地之后,进行潜孔锤钻机、钻杆及潜孔锤锤头的安装,开始进行钻孔工作;

S₁₂、孔口地震信号触发器埋设

在钻孔孔口周围 1m 范围内埋设地震信号触发器,以提示地震记录仪何时开始接收地震信号;

S₁₃、孔周围地震检波器布设

在钻孔周围成排地布设地震检波器,形成多条测线;

S₁₄、将地震记录仪与地震检波器、地震信号触发器连接;

S₁₅、随潜孔锤钻进采集地震信号

随着潜孔锤的钻进,利用地震信号触发器计时,利用地震记录仪采集地震信号;

S₁₆、依据地震信号形成初至时间数据文件

依据 S₁₅ 中采集的地震信号读取初至时间,最终形成初至时间数据文件。

[0009] 其中,构建场地弹性波速度模型步骤的具体实现方法为:

将勘察区域的地下介质离散成一系列矩形单元,矩形单元的弹性波速度通过节点速度值的双线性插值函数来描述,节点速度值依据潜孔锤取芯情况确定及反演自动修正。

[0010] 对地震信号数据进行反演步骤的具体实现方法为:

(1) 基于 S₂ 中构建的弹性波速度模型,进行正演计算,计算射线路径和旅行时 t_c ;

(2) 利用 S₁₆ 中的初至时间数据 t_m 和上一步计算的旅行时 t_c 建立旅行时反演方程组 $A\delta v = \delta t$, 其中, δv 是介质弹性波速度的修正量, δt 为拾取的旅行时与计算的旅行时之差 $\delta t = t_m - t_c$, A 为雅可比矩阵,其元素为一条射线的旅行时对某个网格节点速度的偏导数;

(3) 之后该旅行时反演方程,并判断是否收敛,如收敛则进入 S₄, 输出场地弹性波速度 v 分布,如不收敛,则进入 S₂ 修正速度模型 $v = v_0 + \delta v$, 然后再次反演计算,直至 δt 满足条件。

[0011] 本发明具有的优点和积极效果是:

本发明利用潜孔锤锤头的高能量激发,代替电火花等能量较小的震源,保证接收到更远距离的地震信号;其次,地震成像方法中震源越接近目标体,对目标体反映的准确度越高,潜孔锤逐渐向下钻进,锤头相对地面更接近目标体,因此这种孔内震源激发的地震方法分辨率更高;更重要的是随着潜孔锤的钻进,同时获得了钻孔周围介质的弹性波速度分布情况,根据地面情况可以任意布置检波器,对钻孔周围覆盖面积更大,且可形成三维图像,表达更直观。

附图说明

[0012] 图 1 是本发明的以潜孔锤锤头为震源的井地地震成像系统的连接结构示意图;

图 2 是本发明的以潜孔锤锤头为震源的井地地震成像系统的俯视图;

图 3 是本发明的以潜孔锤锤头为震源的井地地震成像方法的流程图;

图 4 是本发明的以潜孔锤锤头为震源的井地地震成像方法的具体实施流程图。

[0013] 附图中主要部件符号说明:

- | | |
|------------|-----------|
| 1 :地震检波器 | 2 :潜孔锤钻机 |
| 3 :钻杆 | 4 :潜孔锤锤头 |
| 5 :地震信号触发器 | 6 :地震记录仪。 |

具体实施方式

[0014] 下面结合附图和具体实施例对本发明的聚合砂隧道专用吸声板做进一步说明。下述各实施例仅用于说明本发明而并非对本发明的限制。

[0015] 图 1 是本发明的以潜孔锤锤头为震源的井地地震成像系统的连接结构示意图；图 2 是本发明的以潜孔锤锤头为震源的井地地震成像系统的俯视图。如图 1 和图 2 所示，本发明的以潜孔锤锤头为震源的井地地震成像系统，包括设置在地表的地震检波器和地震信号触发器，与地震检波器和地震信号触发器连接的地震记录仪；该系统还包括潜孔锤钻机以及与潜孔锤钻机连接用于钻孔的钻杆和连接在钻杆端部的潜孔锤锤头。

[0016] 所述的钻杆和潜孔锤锤头在勘察区域的中心处钻孔，地震检波器以钻孔为中心，成排地布置，形成多条测线。

[0017] 所述的地震信号触发器设置在钻孔周围半径 1m 的范围内。

[0018] 本发明的具体实现思路如下：①以潜孔锤在孔中向下锤击的能量为震源，在激发的时候准确记录锤头激发深度，作为井地地震反演中炮点的深度数据；②以钻孔为中心在地面布置多条测线，根据勘察目的和要求配置测线长度和地震检波器间距；③在潜孔锤钻进的后完成井地地震数据的观测，室内进行初至时间拾取及反演成像，沿钻孔形成三维速度分布图像，反映钻孔周边一定范围内介质的软弱程度，然后进行地质分层、评价等工作。

[0019] 图 3 是本发明的以潜孔锤锤头为震源的井地地震成像方法的流程图。如图 3 所示，本发明的以潜孔锤锤头为震源的井地地震层析成像方法，包括：随潜孔锤钻进获取地震信号数据，构建场地弹性波速度模型，对地震信号数据进行反演，输出场地弹性波速度分布图像，依据弹性波速度图像进行场地评价。

[0020] S₁、随潜孔锤钻进获取地震信号数据

以潜孔锤锤头为震源，地面接收地震信号，随着潜孔锤的向下钻进，采集不同深度震源激发信号，最后形成不同深度震源激发下的地震信号数据；

S₂、构建场地弹性波速度模型

依据潜孔锤取芯结果，分析层位深度，判断不同层位大致的弹性波速度，进而建立场地内的弹性波速度模型；

S₃、对地震信号数据进行反演

在 S₂ 中的弹性波速度模型基础上对 S₁ 中采集的地震信号数据进行反演，获取场地弹性波速度分布情况；

S₄、输出场地弹性波速度分布图像

依据 S₃ 中场地弹性波速度分布数据进行场地弹性波速度图像的绘制，添加工程、位置、高程等工程信息；

S₅、依据弹性波速度图像进行场地评价

依据 S₄ 中生成的弹性波速度分布图像进行地质分层以及场地评价工作。

[0021] 图 4 是本发明的以潜孔锤锤头为震源的井地地震成像方法的具体实施流程图。如

图 4 所示,本发明的井地地震成像方法,具体技术步骤包括:

潜孔锤机具安装,开始钻孔、孔口地震信号触发器埋设、孔周围地震检波器布设、地震仪与检波器、触发器连接、随潜孔锤钻进采集地震信号、依据地震信号形成初至时间数据文件、构建场地弹性波速度模型、利用初至时间数据反演、判断是否收敛、输出场地弹性波速度分布图像、依据速度图像进行场地评价。

[0022] S₁₁、潜孔锤机具安装,开始钻孔

在选定场地之后,进行潜孔锤钻机、钻杆及潜孔锤锤头的安装,开始进行钻孔工作;

S₁₂、孔口地震信号触发器埋设

在钻孔孔口周围 1m 范围内埋设地震信号触发器,以提示地震记录仪何时开始接收地震信号;

S₁₃、孔周围地震检波器布设

在钻孔周围成排地布设地震检波器,形成多条测线;

S₁₄、地震仪与检波器、触发器连接

将地震记录仪与地震检波器、地震信号触发器连接;

S₁₅、随潜孔锤钻进采集地震信号

随着潜孔锤的钻进,利用地震信号触发器计时,利用地震记录仪采集地震信号;

S₁₆、依据地震信号形成初至时间数据文件

依据 S₁₅ 中采集的地震信号读取初至时间,最终形成初至时间数据文件。

[0023] S₂、构建场地弹性波速度模型

根据潜孔锤取芯结果,分析层位深度,判断不同层位大致的弹性波速度,进而构建场地内的弹性波速度模型;

S₃、利用初至时间数据反演

根据 S₁₆ 中形成的初至时间数据文件和 S₂ 中的场地弹性波速度模型,进行反演;

S₂₃、判断是否收敛

判断 S₃ 中反演是否收敛,如不收敛,则返回 S₂ 中,修改模型之后,重新进行 S₃ 中的反演,直至收敛,收敛后则进入 S₄。

[0024] S₄、输出场地弹性波速度分布图像

根据 S₂₃ 中的结果,输出围绕钻孔的弹性波速度分布图像,并添加工程、位置、高程等工程信息,为后续地质分层及场地评价工作使用。

[0025] S₅、依据速度图像进行场地评价

依据 S₄ 中输出的弹性波速度分布图像进行地质分层以及场地评价工作。

[0026] 其中,构建场地弹性波速度模型步骤的具体实现方法为:

首先,将地下介质离散成一系列小单元,如图 5 所示,用由 M 条横向直线和 N 条竖向直线组成的网络把勘察区域划分成 $(N-1) \times (M-1)$ 个矩形单元,网格节点坐标为 (x_j, z_i) 、速度为 v_j ,其中, $i=1, 2, \dots, N, j=1, 2, \dots, M$ 。

[0027] 矩形单元的弹性波速度通过节点速度值 v_j 的双线性插值函数来描述,节点速度值可依据潜孔锤取芯情况给定及反演自动修正。

[0028] 对地震信号数据进行反演步骤的具体实现方法为:

(1) 基于 S_2 中构建的弹性波速度模型, 进行正演计算, 计算射线路径和旅行时 t_c ;

(2) 利用 S_{16} 中的初至时间数据 t_m 和上一步计算的旅行时 t_c 建立旅行时反演方程组 $A\delta v = \delta t$, 其中, δv 是介质弹性波速度的修正量, δt 为拾取的旅行时与计算的旅行时之差 $\delta t = t_m - t_c$, A 为雅可比矩阵, 其元素为一条射线的旅行时对某个网格节点速度的偏导数;

(3) 之后该旅行时反演方程, 并通过 S_{23} 判断是否满足条件, 如满足进入 S_4 , 输出场地弹性波速度 v 分布, 如不满足条件, 则进入 S_2 修正速度模型 $v = v_0 + \delta v$, 然后再次反演计算, 直至 δt 满足条件。

[0029] 依据 S_3 中场地弹性波速度分布数据绘制场地弹性波速度图像, 包括二维切片图像和围绕钻孔的三维图像, 并添加工程名称、坐标、高程等信息。

[0030] 依据 S_4 中生成的弹性波速度分布图像进行地质分层、溶洞等不良地质体圈定。

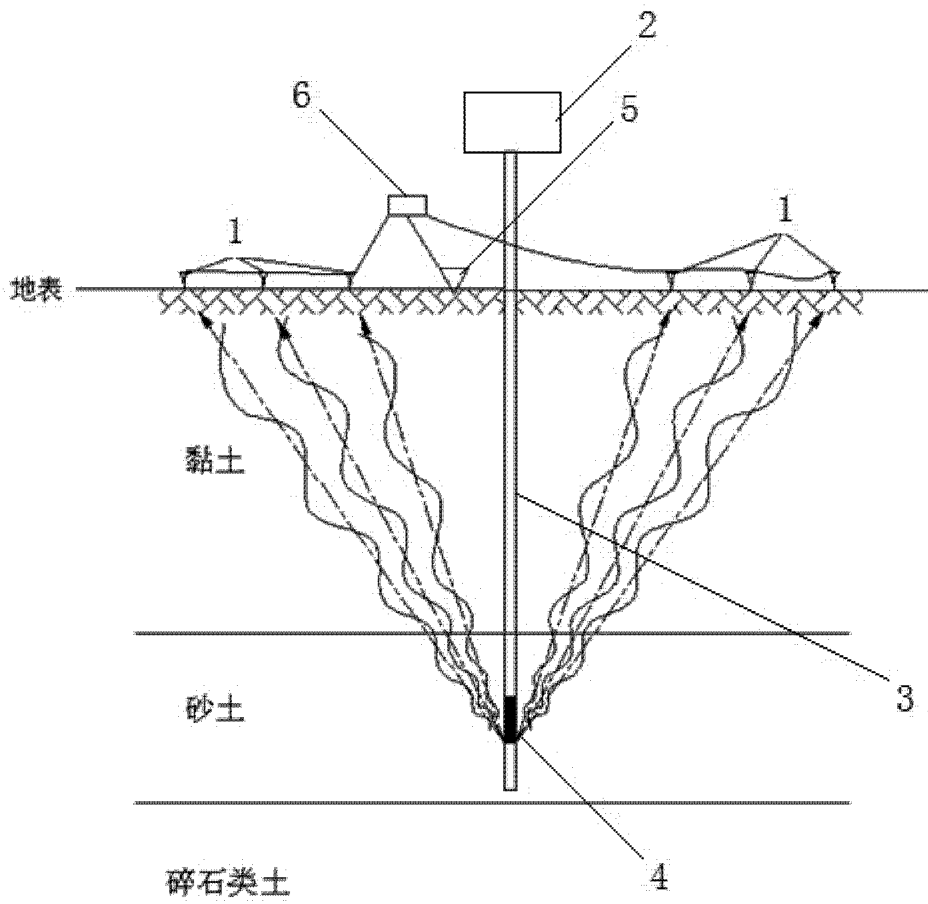


图 1

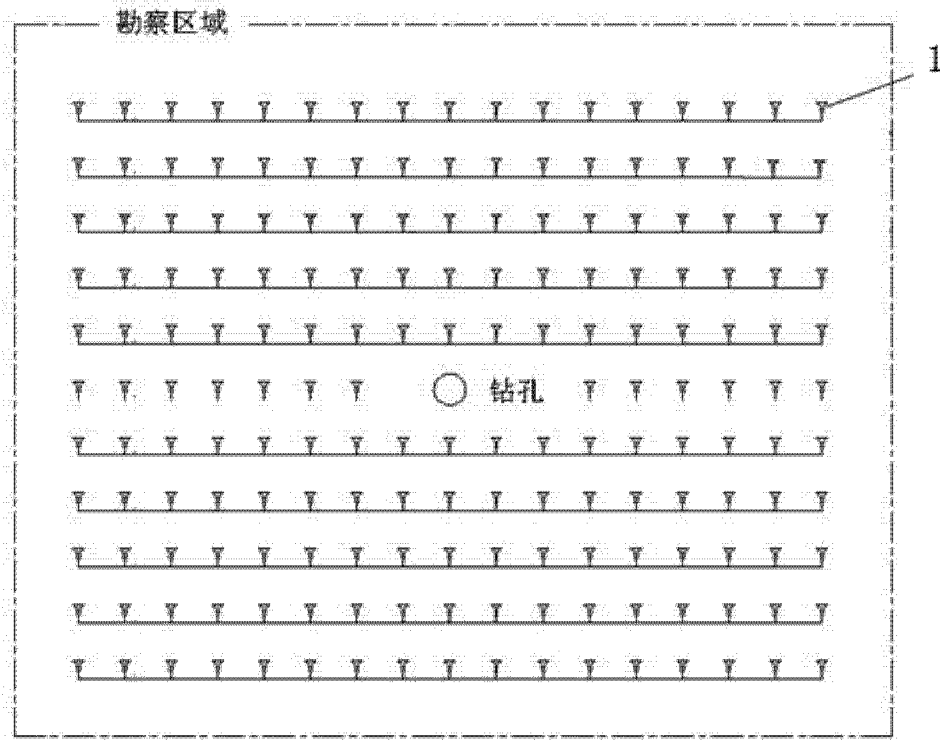


图 2

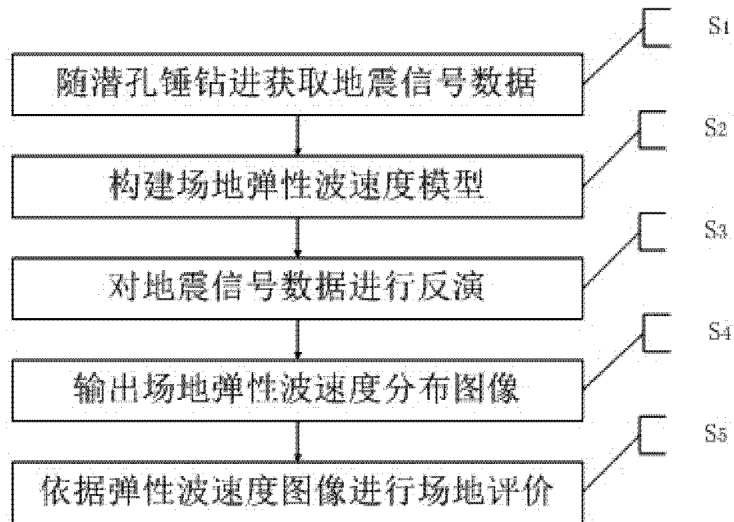


图 3

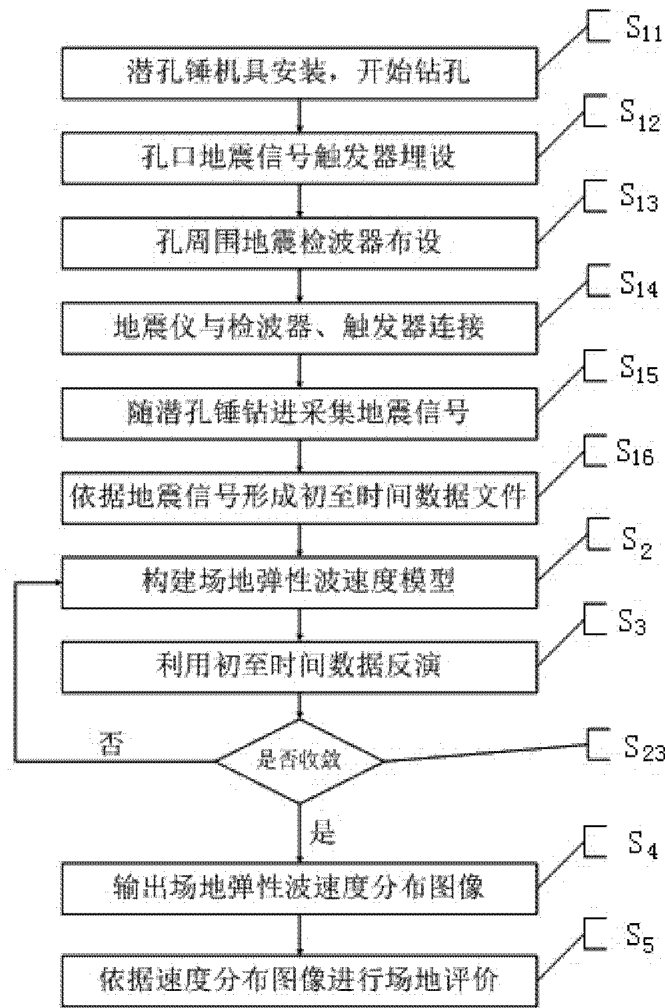


图 4