



(10) 授权公告号 CN 111551927 B

(45) 授权公告日 2023. 01. 31

(21) 申请号 202010426342.5
(22) 申请日 2020.05.19
(65) 同一申请的已公布的文献号
 申请公布号 CN 111551927 A
(43) 申请公布日 2020.08.18
(73) 专利权人 上海圭目机器人有限公司
 地址 200000 上海市杨浦区国康路100号
 1301E室
(72) 发明人 邓勇军 刘斐 张中杰 胡冬平
 桂仲成
(74) 专利代理机构 成都佳划信知识产权代理有
 限公司 51266
 专利代理师 史姣姣
(51) Int. Cl.
 G01S 13/88 (2006.01)
 G01B 7/12 (2006.01)
 G01V 3/12 (2006.01)
(56) 对比文件
 CN 111142104 A, 2020.05.12
 CN 103675922 A, 2014.03.26
 CN 109239788 A, 2019.01.18
 CN 104020495 A, 2014.09.03

CN 110376584 A, 2019.10.25
CN 109632822 A, 2019.04.16
CN 111123271 A, 2020.05.08
CN 108227012 A, 2018.06.29
CN 108153306 A, 2018.06.12
CN 104155635 A, 2014.11.19
CN 110346791 A, 2019.10.18
US 2015233242 A1, 2015.08.20
JP 2012229931 A, 2012.11.22
US 2018172866 A1, 2018.06.21
JP H1010238 A, 1998.01.16
US 10234552 B1, 2019.03.19
US 2007024489 A1, 2007.02.01
张汉春. RIS-K2探地雷达的地下管线图像特征.《数字测绘与GIS技术应用研讨交流论文集》.2008,第5卷(第4期),第460-465页.
周义铨 等. 探地雷达在地下管线探测中的应用.《机电信息》.2018,第102-103页.
廖旭涛 等. 非金属管道内堵塞的探地雷达识别与数值仿真.《合肥工业大学学报(自然科学版)》.2017,第40卷(第3期),第396-402页. (续)

审查员 孟佳帅

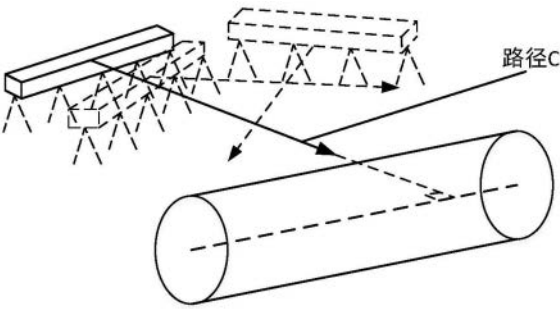
权利要求书1页 说明书4页 附图2页

(54) 发明名称
一种基于三维探地雷达的地下管道管径测量方法

(57) 摘要

本发明公开了一种基于三维探地雷达的地下管道管径测量方法,包括:沿任一方向的路径A采集获得第一三维探地雷达数据;沿垂直于路径A方向的路径B采集获得第二三维探地雷达数据;提取双曲线特征信号所在部位的水平切片图上管道方位角 θ_1 和方位角 θ_2 ;根据 θ_1 和 θ_2 的最大值作为管道与路径A的夹角 θ ,设置与路径A的夹角为 $\theta+90^\circ$ 的路径C,采集获得第三三维探地雷达数据;提取第三三维探地雷达数据中各通道中的管道电磁波反射双曲线坐标;对管道电磁波

反射双曲线坐标进行最小二乘法拟合,求得任一通道的反演管径,求得反演管径的平均值。



CN 111551927 B

[接上页]

(56) 对比文件

Evert Slob 等.Surface and borehole ground-penetrating-radar developments.《GEOPHYSICS》.2020,第103-120页.

杨德梅.基于探地雷达的地下管网信号处理技术研究.《中国优秀博硕士学位论文全文数据库(硕士)工程科技II辑》.2018,第1-65页.

1. 一种基于三维探地雷达的地下管道管径测量方法,其特征在于,包括以下步骤:

步骤S1,在地下管道区域内,沿任一方向的路径A采集获得第一三维探地雷达数据;

步骤S2,沿垂直于路径A方向的路径B采集获得第二三维探地雷达数据;

步骤S3,绘制并得到第一三维探地雷达数据对应的第一三维切片图,并绘制并得到第二三维探地雷达数据对应的第二三维切片图;

步骤S4,根据第一三维切片图的横向切片图,判断第一三维切片图中是否含有双曲线特征信号;若有,则提取双曲线特征信号所在部位的水平切片图上管道方位角 θ_1 ,所述方位角 θ_1 为管道轴线与路径A的测量角度,并进入步骤S5;否则,进入步骤S6;

步骤S5,判断双曲线特征信号所在部位的水平切片图上管道方位角 θ_1 是否大于等于 50° ,若是,则进入步骤S7,否则进入步骤S6;

步骤S6,根据第二深度三维切片图的横向切片图,提取双曲线特征信号所在部位的水平切片图上管道方位角 θ_2 ,所述方位角 θ_2 为管道轴线与路径A的测量角度;

步骤S7,根据第一三维探地雷达数据水平切片图的双曲线特征信号所在部位的水平切片图上管道方位角 θ_1 和第二三维探地雷达数据水平切片图的双曲线特征信号所在部位的水平切片图上管道方位角 θ_2 的最大值作为管道轴向与路径A的夹角 θ ,设置与路径A的夹角为 $\theta+90^\circ$ 的路径C,沿路径C采集获得第三三维探地雷达数据;

步骤S8,提取第三三维探地雷达数据中任一通道提取管道电磁波反射双曲线坐标 $(x_{i,j}, t_{i,j})$;所述j表示剖面号,其为自然整数,所述i表示单剖面的采样点号,所述x表示三维探地雷达距测线起点的行进距离,所述t表示地面与管壁之间的电磁波单程走时;

步骤S9,根据电磁波反射模型公式:

$$\frac{(vt_{i,j}+r)^2}{(vt_{0,j}+r)^2} - \frac{(x_{i,j}-x_{0,j})^2}{(vt_{0,j}+r)^2} = 1$$

$$x_{i,j}^2 - 2x_{i,j}x_{0,j} - v^2t_{i,j}^2 - 2rvt_{i,j} + v^2t_{0,j}^2 + 2rvt_{0,j} + x_{0,j}^2 = 0$$

其中,v表示电磁波波速,r表示管道半径, $x_{0,j}$ 表示双曲线顶点所在位置的行进距离, $t_{0,j}$ 表示双曲线顶点所在位置的电磁波单程走时;

对管道电磁波反射双曲线坐标 $(x_{i,j}, t_{i,j})$ 进行最小二乘法拟合,其表达式为:

$$x^2 + a_j x + b_j y^2 + c_j y + d_j = 0$$

步骤S10,求得任一通道的反演管径,其表达式为:

$$r_j = -c_j / 2\sqrt{-b_j}$$

步骤S11,求得全部通道反演管径的平均值,即为地下管道管径。

2. 根据权利要求1所述的一种基于三维探地雷达的地下管道管径测量方法,其特征在于,还包括第一三维探地雷达数据、第二三维探地雷达数据、第三三维探地雷达数据进行去除零偏、去除零点、数字滤波、背景消除、自动增益处理。

一种基于三维探地雷达的地下管道管径测量方法

技术领域

[0001] 本发明涉及地下管线探测技术领域,尤其是一种基于三维探地雷达的地下管道管径测量方法。

背景技术

[0002] 随着城市建设得不断发展,城市预埋管道的数量逐渐增多,管线的布设较为凌乱;另外,城市地下管线的图纸管理工作较为分散,城市地下管线通常因图纸缺失而无法准确掌握管径信息,在维修、改造等业务中须通过开挖实体测量,其不仅仅增加的检修维护的工作量,还容易挖伤或挖断其他管道。

[0003] 近年来,随探地雷达技术的快速发展而采用电磁波无损估算管径方法逐渐应用于工程实践。例如申请号为“201310684886.1”、专利名称为“基于探地雷达的运营期地下管道管径测定方法”的中国发明专利,其利用基于探地雷达电磁波反射机理以及管道特殊圆形形状,实现在地下管道运营阶段管道内充满有耗介质时还能够非开挖、无扰动下探测与解译地下管道管径的新方法。实现步骤为:①在确定地下管道走向、埋深、对应地表位置与合适雷达频谱参数的基础上,开展探地雷达探测并测得管道上方雷达测线方向3个测点的雷达图像;②在对雷达图像去噪处理基础上,提取3个测点坐标对应电磁波单道波形图;③从单道波形曲线峰谷值确定从3个测点到管壁的电磁波传播时间;④确定场地电磁波波速基础上,得到3个测点到管壁的传播距离;⑤利用3个测点坐标与其到管壁的电磁波传播距离,计算管道管径。但是,该技术的精度受电磁波波速标定精度影响较大,且仅利用3个测点信息,误差较大,现场应用较为麻烦。

[0004] 另外,专利申请号为“201410283348.6”、名称为“一种基于探地雷达的地下管线参数自识别方法”中国发明专利,其实现步骤为:1.预处理:利用SVD对探地雷达接收的原始剖面图像进行变换分析,分离背景和目标信号;2.类双曲线边缘提取,对预处理图像进行边缘检测,提取管线反射形成的类双曲线同相轴的位置及形状;3.目标初始特征参数提取,对步骤2产生的类双曲线同相轴图像,进行管线空间位置、上覆地层介质平均速度和管径等参数进行提取,获得管径反演计算的初始参数;4.速度扫描及管线参数反演迭代;5.Hough变换提取管线参数。该技术在非标定电磁波波速情况下利用Hough圆变换方法估算电磁波波速、管径、管线位置,但是,其要求数据采集时探地雷达移动方向须严格垂直管线轴线,因现场作业中大多数情况无法事先掌握管线分布情况,无法保证数据采集方向与管线轴线的垂直度,在管线参数估计中引入较大误差源,适用性不强。由此可见,目前,现有技术均采用单通道剖面探地雷达数据进行管径参数估计,存在固有误差。

[0005] 因此,急需要提出一种检测简单、准确率高的基于三维探地雷达的地下管道管径测量方法。

发明内容

[0006] 针对上述问题,本发明的目的在于提供一种基于三维探地雷达的地下管道管径测

量方法,本发明采用的技术方案如下:

[0007] 一种基于三维探地雷达的地下管道管径测量方法,包括以下步骤:

[0008] 步骤S1,在地下管道区域内,沿任一方向的路径A采集获得第一三维探地雷达数据;

[0009] 步骤S2,沿垂直于路径A方向的路径B采集获得第二三维探地雷达数据;

[0010] 步骤S3,绘制并得到第一三维探地雷达数据对应的第一三维切片图,并绘制并得到第二三维探地雷达数据对应的第二三维切片图;

[0011] 步骤S4,根据第一三维切片图的横向切片图,判断第一三维切片图中是否含有双曲线特征信号;若有,则提取双曲线特征信号所在部位的水平切片图上管道方位角 θ_1 ,所述方位角 θ_1 为管道轴线与路径A的测量角度,并进入步骤S5;否则,进入步骤S6;

[0012] 步骤S5,判断双曲线特征信号所在部位的水平切片图上管道方位角 θ_1 是否大于等于 50° ,若是,则进入步骤S7,否则进入步骤S6;

[0013] 步骤S6,根据第二三维切片图的横向切片图,提取双曲线特征信号所在部位的水平切片图上管道方位角 θ_2 ,所述方位角 θ_2 为管道轴线与路径A的测量角度,;

[0014] 步骤S7,根据第一三维探地雷达数据水平切片的双曲线特征信号所在部位的水平切片图上管道方位角 θ_1 和第二三维探地雷达数据水平切片图的双曲线特征信号所在部位的水平切片图上管道方位角 θ_2 的最大值作为与路径A的夹角 θ ,设置与路径A的夹角为 $\theta+90^\circ$ 的路径C,沿路径C采集获得第三三维探地雷达数据;

[0015] 步骤S8,提取第三三维探地雷达数据中任一通道提取管道电磁波反射双曲线坐标 $(x_{i,j}, t_{i,j})$;所述j表示剖面号,其为自然整数,所述i表示单剖面的采样点号,所述x表示三维探地雷达距测线起点的行进距离,所述t表示地面与管壁之间的电磁波单程走时;

[0016] 步骤S9,根据电磁波反射模型公式:

$$[0017] \quad \frac{(vt_{i,j}+r)^2}{(vt_{0,j}+r)^2} - \frac{(x_{i,j}-x_{0,j})^2}{(vt_{0,j}+r)^2} = 1$$

$$[0018] \quad x_{i,j}^2 - 2x_{i,j}x_{0,j} - v^2t_{i,j}^2 - 2rvt_{i,j} + v^2t_{0,j}^2 + 2rvt_{0,j} + x_{0,j}^2 = 0$$

[0019] 其中,v表示电磁波波速,r表示管道半径, $x_{v,j}$ 表示双曲线顶点所在位置的行进距离, $t_{0,j}$ 表示双曲线顶点所在位置的电磁波单程走时;

[0020] 对管道电磁波反射双曲线坐标 $(x_{i,j}, t_{i,j})$ 进行最小二乘法拟合,其表达式为:

$$[0021] \quad x^2 + a_jx + b_jy^2 + c_jy + d_j = 0$$

[0022] 步骤S10,求得任一通道的反演管径,其表达式为:

$$[0023] \quad r_j = -c_j / 2\sqrt{-b_j}$$

[0024] 步骤S11,求得全部通道反演管径的平均值,即为地下管道管径。

[0025] 进一步地,基于三维探地雷达的地下管道管径测量方法,其特征在于,还包括第一三维探地雷达数据、第二三维探地雷达数据、第三三维探地雷达数据进行去除零偏、去除零点、数字滤波、背景消除、自动增益处理。

[0026] 与现有技术相比,本发明具有以下有益效果:

[0027] (1) 本发明采用三维探地雷达通过多组发射与接收天线形成探地雷达阵列,单幅

测线可以同时获取数个探地雷达剖面数据,每个探地雷达剖面数据间隔一致。将探地雷达置于距离触发模式,操作者在目标测量区域按直线路径牵引三维探地雷达,各通道按固定距离触发采集探地雷达数据。采集结束后,将各通道探地雷达数据按位置组合拼接,通过滑动查看横向、纵向、水平三维切片图可获取管线的电磁波反射三维特征;

[0028] (2) 本发明利用三维探地雷达对管道的三维成像确定管道走向,设置与管道严格垂直的采集路径,确保探地雷达对管道垂直成像,避免因倾斜采集导致的参数计算误差。在严格保证垂直管道采集数据前提下,可利用简易管道双曲线成像模型进行管径参数提取。

[0029] (3) 本发明利用同时采集的三维探地雷达多个剖面数据提取管道管径参数平均值,其鲁棒性高,降低单剖面分析引入的误差。

[0030] 综上所述,本发明具有操作简单、精简可靠等优点,在城市管道管径现场无损测量领域具有很高的实用价值和推广价值。

附图说明

[0031] 为了更清楚地说明本发明实施例的技术方案,下面将对实施例中所需使用的附图作简单介绍,应当理解,以下附图仅示出了本发明的某些实施例,因此不应被看作是对保护范围的限定,对于本领域技术人员来说,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相关的附图。

[0032] 图1为本发明的路径A的规划图。

[0033] 图2为本发明的路径A和路径B的规划图。

[0034] 图3为本发明的路径A、路径B和路径C的规划图。

[0035] 图4为本发明的三维探地雷达垂直管道轴线多通道同时采集数据示意图。

[0036] 图5为本发明的单剖面探地雷达管道电磁波反射模型示意图。

具体实施方式

[0037] 为使本申请的目的、技术方案和优点更为清楚,下面结合附图和实施例对本发明作进一步说明,本发明的实施方式包括但不限于下列实施例。基于本申请中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动的前提下所获得的所有其他实施例,都属于本申请保护的范围。

[0038] 实施例

[0039] 如图1至图5所示,本实施例提供了一种基于三维探地雷达的地下管道管径测量方法,其包括以下步骤:

[0040] 第一步,在地下管道区域内,沿任一方向的路径A采集获得第一三维探地雷达数据;在本实施例中,该路径A可能与地下管道呈任意夹角。

[0041] 第二步,沿垂直于路径A方向的路径B采集获得第二三维探地雷达数据。

[0042] 第三步,对第一三维探地雷达数据和第二三维探地雷达数据进行去除零偏、去除零点、数字滤波、背景消除、自动增益处理,其保证横向切片图和纵向切片图中的双曲线特征信号更加清晰准确。

[0043] 第四步,绘制并得到第一三维探地雷达数据对应的第一三维切片图,并绘制并得到第二三维探地雷达数据对应的第二三维切片图;

[0044] 第五步,根据第一三维切片图的横向切片图,判断第一三维探地雷达数据中是否含有双曲线特征信号;若有,则提取双曲线特征信号所在部位的水平切片图上管道方位角 θ_1 ,并进入步骤第六步;否则,进入步骤第七步。其中,所述方位角 θ_1 为管道轴线与数据采集路径A的夹角。

[0045] 第六步,判断双曲线特征信号所在部位的水平切片图上管道方位角 θ_1 是否大于等于 50° ,若是,则进入第八步,否则进入第七步;

[0046] 第七步,根据第二三维切片图的横向切片图,提取双曲线特征信号所在部位的水平切片图上管道方位角 θ_2 ;所述方位角 θ_2 为管道轴线与数据采集路径A的夹角。

[0047] 第八步,根据第一三维探地雷达数据水平切片的双曲线特征信号所在部位的水平切片图上管道方位角 θ_1 和第二三维探地雷达水平切片图的双曲线特征信号所在部位的水平切片图上管道方位角 θ_2 的最大值作为与路径A的夹角 θ ,设置与路径A的夹角为 $\theta+90^\circ$ 的路径C。

[0048] 第九步,沿路径C采集获得第三三维探地雷达数据,并对第三三维探地雷达数据进行去除零偏、去除零点、数字滤波、背景消除、自动增益处理。

[0049] 第十步,提取第三三维探地雷达数据中任一通道提取管道电磁波反射双曲线坐标 $(x_{i,j}, t_{i,j})$;所述j表示剖面号,其为自然整数,所述i表示单剖面的采样点号,所述x表示三维探地雷达距测线起点的行进距离,所述t表示地面与管壁之间的电磁波单程走时。

[0050] 第十一步,根据电磁波反射模型公式,求得地下管道管径;

$$[0051] \quad \frac{(vt_{i,j}+r)^2}{(vt_{0,j}+r)^2} - \frac{(x_{i,j}-x_{0,j})^2}{(vt_{0,j}+r)^2} = 1$$

$$[0052] \quad x_{i,j}^2 - 2x_{i,j}x_{0,j} - v^2t_{i,j}^2 - 2rvt_{i,j} + v^2t_{0,j}^2 + 2rvt_{0,j} + x_{0,j}^2 = 0$$

[0053] 其中,v表示电磁波波速,r表示管道半径, $x_{v,j}$ 表示双曲线顶点所在位置的行进距离, $t_{0,j}$ 表示双曲线顶点所在位置的电磁波单程走时;

[0054] 对管道电磁波反射双曲线坐标 $(x_{i,j}, t_{i,j})$ 进行最小二乘法拟合,其表达式为:

$$[0055] \quad x^2 + a_j x + b_j y^2 + c_j y + d_j = 0$$

[0056] 第十二步,求得任一通道的反演管径,其表达式为:

$$[0057] \quad r_j = -c_j / 2\sqrt{-b_j}$$

[0058] 第十三步,求得反演管径的平均值, $r = \Sigma r_j / n$,即为地下管道管径。

[0059] 上述实施例仅为本发明的优选实施例,并非对本发明保护范围的限制,但凡采用本发明的设计原理,以及在此基础上进行非创造性劳动而作出的变化,均应属于本发明的保护范围之内。

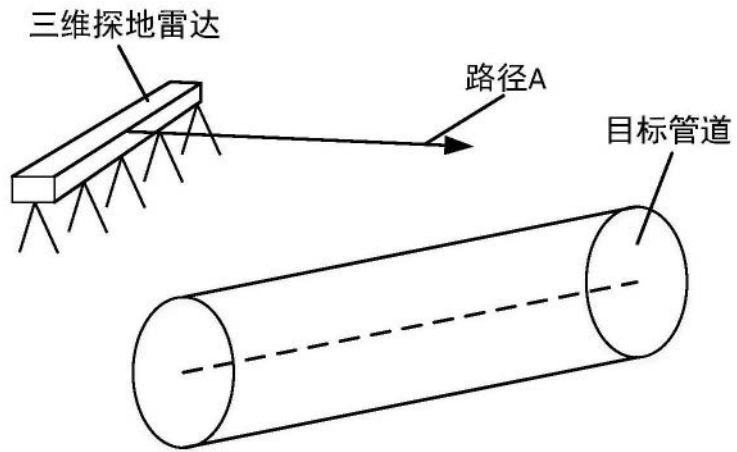


图1

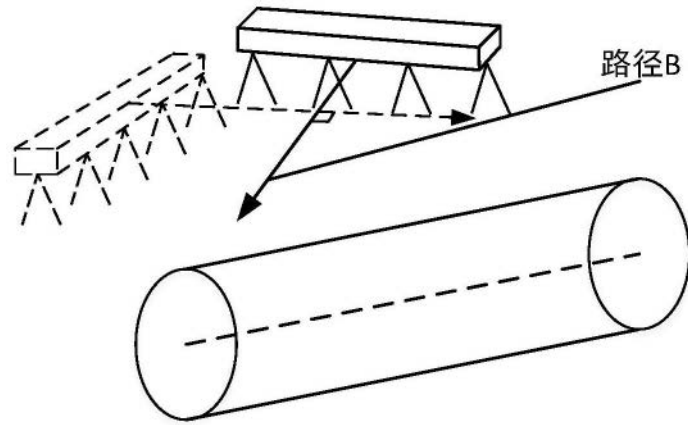


图2

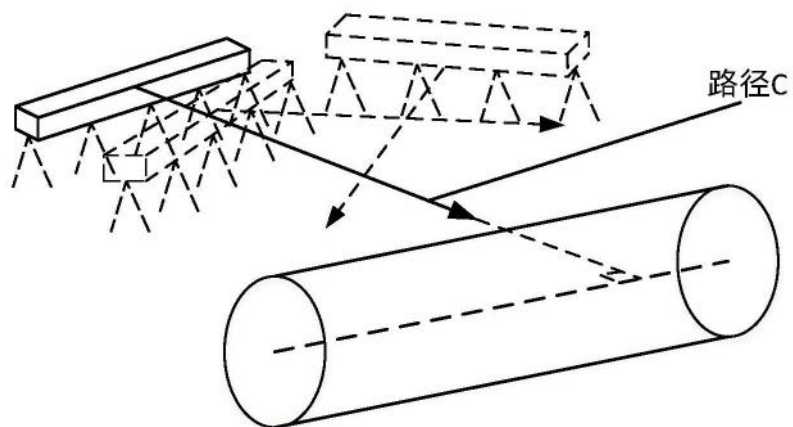


图3

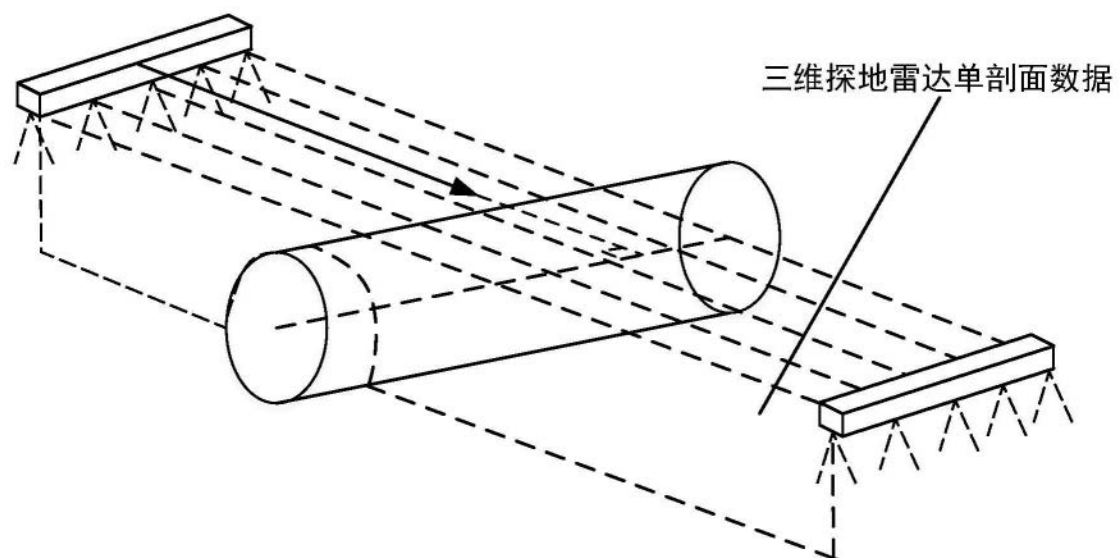


图4

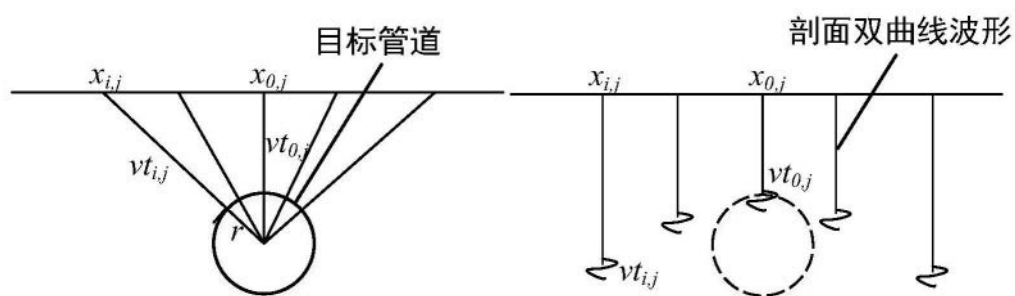


图5