

浅析城市地下管线疑难探测的方法及应用

苏小玉

(山东中实勘察测绘有限公司, 山东 济南 250011)

摘要: 地下管道是城市基础设施的重要组成部分, 它就像人体内的“神经”和“血管”, 负责信息和能量的传递, 是生存和发展的物质基础。在城市中被称作是“生命线”。因此, 掌握地下管道现状, 提供准确的管道数据信息, 是城市规划建设、工程建设、管道运维、应急救援等城市管理发展亟需的基础数据。本文从地下管线探测基础理论方法方面, 对现有的管线探测方法进行分析与总结, 进一步结合乌鲁木齐市的地下管线探测工程实例, 探讨电磁法、雷达法在地下管线探测中的应用。

关键词: 城市地下管线; 疑难问题; 探测方法

地下管线是城市重要的基础设施之一, 担负着城市的资源与能量输送, 是当今社会信息的重要运输方式。准确的地下管线数据, 已成为满足城市规划、建设发展的重要基础信息。随着地下可利用空间的减少以及管线施工铺设方式、管道材质的变化, 疑难管线的探测已成为工作中的难点。本文结合管线自身的特点, 通过选择合适的探测方法, 能够尽可能地探查清地下管线的现状, 为城市地下空间的合理开发利用, 为城市规划建设、工程施工、管线运维、应急抢险提供准确的数据支撑。

1 测区地理特征概况

测区地处丘陵, 多以红壤和水稻为主, 次生土为多种填料土。路面以混凝土和沥青层为主。区内地下管道主要分为金属管道、电缆和非金属管道。其中, 水、气管多为金属管, 材质主要为钢和铸铁。一些管道由混凝土、PE和PVC制成。通讯、电力管道以金属材料为主, 雨水、污水等排水管道为非金属管道, 材料以混凝土、PE、PVC为主。计量区金属管道、电缆分布于市区主要、次要、支路下的红壤、沙土及各种土壤中^[1]。

2 管线的探测难点

地下管道具有种类多、材料多、铺设时间不定、施工方法不同等特点。因此, 管道经常垂直相交, 上下重叠。同时, 受到地面干预的影响。导致准确披露每个方向、埋藏深度和管道连接关系等信息存在一定困难。归根结底, 难点管道检测通常是指对非金属材料管道、无渠道结构、长距离大埋深、维修井等可见点、管道铺设空间小、干预高的管道进行准确检测。

3 疑难管线的探测方法

3.1 选择合适的探测方法

管道探测器的主要操作方法分为无源法和有源法, 无源法分为工频法和甚低频法, 有源法包括直接连接法、钳位法、电偶极子感应法和磁偶极感应法和电磁跟踪法。由于检测仪器发射的信号与计算出的参数存在一定的差异, 因此在检测管道时, 可以根据管道材料和周围环境的不同物理特性, 选择合适的检测方法和工作频率, 可有效提高检测精度。管道探测器常用工作频率的分离: 低频(10kHz以下的频率)、中频(10kHz至40kHz的频率)和高频(40kHz以上的频率)^[2]。

3.2 密集管线的探测方法

对于密集重叠管道管道的检测, 应优先选择直连检测或卡箍检测, 以减少与目标管道相邻的管道的信号干扰。但在目前的发现中, 目标管道修井、裸露点等可见点往往缺失, 且没有良好的接地条件。直连法和钳位法不能用于检测, 所以只能用感应法进行检测。通过放置发射器和接收器的发射线圈, 结合密集的管道, 可以采用以下感应方法检测目标管道, 以获得目标的方向、埋藏深度甚至连接关系。

3.2.1 水平压线法

根据发射线圈的垂直偶极子在施加信号时不激发其发射管线, 而是激发相邻管线的特点, 将发射机水平放置在相邻的干预管线中, 从而抑制干预管线信号。这种方法可以有效地检测密集的并行管道, 工作示意图如图1所示。

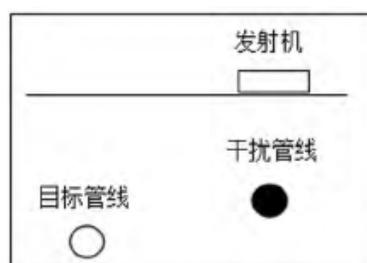


图1 水平压线法

3.2.2 垂直压线法

根据发射线圈水平偶极子施加信号时线圈正下方管道连接最佳状态的特点, 将发射器直接放置在目标管道上, 明确相邻干预管道的信号并突出显示管道信号。该方法适用于检测埋深浅、空间大的平行管道, 工作示意图如图2所示。

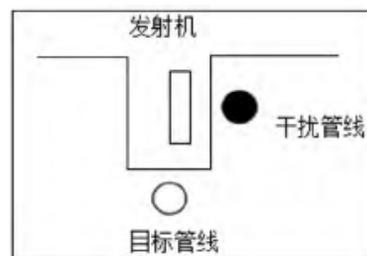


图2 垂直压线法

3.2.3 倾斜压线法

当紧密叠加的管道之间的距离较小时, 水平和垂直压力线法的检测效果不佳, 难以检测到目标管道信号。可采用斜压线法进行检测, 该方法根据目标管道和干预管道的空间分布, 结合位置条件, 选择正确的安放位置和发射机的倾斜角度, 调整发射机安放位置, 使发射机线圈转入轴。将发射器尽量放在目标管道上, 保证发射器有效激发目标管道, 抑制入侵管道, 从而有效检测目标管道, 工作示意图如图3所示。

3.3 非金属及深埋管线探测的方法

随着城市建设的快速发展, 随着地铁、人行道、地下建筑的建设以及管道施工技术的发展, 深埋管道的数量不断增加。通常定义上层深度大于3.0m为深埋管道。同时, 由于非金属管道无毒、不生锈、使用寿命长, 应用比较广泛。因此, 在地下管道的检测中, 经常会遇到深埋管道或非金属管道, 由于此类管道的电流传输衰减迅速或缺乏导通条件, 无法使用电磁感应方法

进行检测。如果需要探测此类管道，目前主要采用探地雷达法。

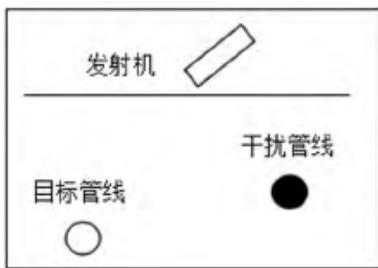


图3 倾斜压线法

3.3.1 探地雷达探测原理

探地雷达是近几年迅速发展起来的高分辨、高效率的无损探测技术，是目前解决非金属管线探测难题最为活跃的技术方法之一。探地雷达一般由便携式计算机、主机、天线、电源及其他附件组成，采用高频广谱的电磁探测技术，通过向地下发送脉冲形式的高频宽带电磁波，电磁波在地下介质传播过程中，当遇到存在电性差异的地下目标时，如空洞、地下管线时，电磁波便发生反射，地面天线对反射回的电磁波进行信号处理和分析，根据信号的波形、幅度、强度等参数推断地下目标的位置、结构和几何形态，从而达到对地下管线的探测。因为不同的介质内有不同的电磁波传播特点，电磁波会出现反射、透射或折射的现象，探地雷达正是利用这样的电磁波特点进行工作的。

3.3.2 天线频率的选择

一般情况下，将检测天线的中心频率定义为检测频率，当前工作频率范围为检测频率集中的频段。检测频段主要影响检测深度和分辨率。探地雷达工作在介电极限状态时，高频电磁波的衰减不受探测频率的影响。例如，电磁波在空气中传播，由于没有传导电流，电磁波不会衰减。但实际上，由于大地电阻一般比较低，高频电磁波在传播过程中会感应传导电流，引起振幅衰减，衰减率随着电磁波频率的增加而增加。

雷达的发射传输频率从十兆到几千兆不等。雷达天线的频率与天线发射的波的波长直接相关。雷达天线穿透地面的频率越高，电磁波波长越小，探测目标管道时的深度越大。浅但分辨率更高，适用于检测小型管道。相比之下，天线频率越低，电磁波波长越长，探测深度越大，分辨率越低，适用于大管径、大埋深管道的探测。

3.3.3 探测结果

以雷达波的探测远离来分析，倘若两种介质的介电常数差异很大时，雷达波会经历不同的反射和衍射现象。实时的探测发现，当雷达穿透地面并直接在目标管上方探测时，介质中电磁波的方向发生了显著变化。对雷达数据进行处理后，可以清楚地看到目标线的雷达图。

3.4 非开挖管线探测的方法

根据非开挖技术的施工特点，非开挖技术主要应用于新建管线穿越道路、铁路、河流以及地表受保护的区域，以减少因地下管线施工对地表建筑物造成的影响及损坏。非开挖施工的管线一般为非金属管线，且具有埋设较深、管线水平走向及埋深变化灵活等特点，常规的探测方法无法对其进行准确地定位、定深。因此，非开挖施工管线的探测目前已成为探测的难点，对于此类管线一般采用探地雷达法、陀螺仪定位法、导向仪探测法、穿线法（示踪探测法）等补充探测手段。根据各种探测方法所需的仪器设备成本及工作效率，通过北京同创达勘

测有限公司实施的项目案例重点分析导向仪探测法、穿线法在非开挖施工管线探测中的应用。

4 疑难探测方法的应用

4.1 探测施工环境下干扰压制

(1) 对于连续性电磁干扰体、浅埋信号灯线、路灯线及金属水管等的干扰，采用由已知到未知、先易后难的循序进行探测。采用直接法、夹钳法等方法先对强电磁信号、易激发线缆等进行探测，而后对受干扰严重、埋藏较深管线进行探测，部分出露情况较好区域可使用感应法，将发射机直接放置于目标管线上进行激发，以达到精准探测管线深度、位置的目的。

(2) 尽可能避免变压器、铁门、金属镀层板等非连续电磁干扰。然后进行了额外的探测分析。对于连续的扰动，如混凝土路面下的钢接头，在探测过程中将接收器提高到一定的高度，以避免盔甲发出的扰动信号，前提是探测深度是正确的。

(3) 对于车辆等造成的脉冲型电磁干扰。可选择避免车辆高峰时间，进行探测工作，安装照明设备，并在安全条件下建造，以及在夜间进行工作。

(4) 在高压电网扰动的情况下，检测是在切实可行的情况下，以增加功率和接收器之间的距离。

4.2 近间距平行管线探测

对管线探测作业中，通常情况下的间距都是平行的，因为相互感应，并形成相互重叠，所产生的电磁场的干扰，磁场探测平面定位发生错误，对这种情况采取的方法有：直接或夹钳的检测、减弱对相邻管线造成影响。如果在一个明显的位置遇到，或者在地面上遇到。根据感应法，水平压线法，倾斜压线法，旁侧感应法，受感应法(差异激发法)的影响，探测目标管线，并根据建筑工地地下管道的不同特性，选择灵活的方式，精确区分不同的管道，以获得目标线产生的最大电流流量，并减少接近目标线的电流可能对目标线产生的干扰效应。

4.3 纵横交叉管线探测

电磁法中：采用主动法和被动法，直接法和感应法相互配合进行检测。可以传输一定频率信号的管道采用无源方式。对于与其他管道平行和交叉的管道，如通信管道，使用其自身的50HZ的频率信号来确定平面内的位置并埋入电流。对于与其他管道平行和交叉的通讯管道，利用电信发送的通讯信号确定通讯管道在平面内的位置和深度；对于不能发出特殊信号的管道，如供水、供气等，采用有源法，并以此对激发方式进行选择，在对此类管线进行探测的过程中，要选择合适的激发方式进行。

5 结语

随着城市建设的不断发展，地下管线网络在数量和规模上不断加大，分布情况更加复杂，通过综合各种行之有效的物探方法进行探测，保证地下管线信息数据的精准性、有效性，既可提高工作效率、又可简化操作、降低成本。因此，研究和完善物探方法与技术，对于我国城市社会主义革命和建设发展具有重要意义。

参考文献

- [1] 杜朋卫. 浅析城市地下管线疑难探测的方法及应用[J]. 城市勘测, 2021(1):176-181.
- [2] 郝树宾, 戚远军. 浅析城市地下管线疑难探测的方法及应用[J]. 汽车博览, 2020(27):140.
- [3] 赵松坡. 市政工程施工中地下管线施工技术应用分析[J]. IT 经理世界, 2021(5):43.