

复杂条件下地下的管线探测方法

陈穗生, 梁瑜萍

(广东省地质物探工程勘察院, 广东 广州 510800)

摘要: 比较系统地分析了近间距并行管线和多电缆管道的探测方法, 包括选择激发法、压线法、直接法、夹钳法和计算机反演解释方法, 总结了探测要点, 通过实例说明只要方法恰当, 探测精度可满足要求。

关键词: 地下管线; 探测误差; 压线法; 夹钳法

中图分类号: P631

文献标识码: A

文章编号: 1000-8918(2008)01-0096-05

地下管线探测的复杂条件, 通常是指管线密集。由于常用的管线探测仪是针对理想条件(自由空间中的单条载流无限长导体)设计的, 当探测对象是单条管线或虽有多条管线但间距较大时, 观测参数不论是磁场水平分量 H_x , 还是磁场水平分量垂直梯度 ΔH_x , 它们的异常形态都较为规则, 1 条管线只对应 1 个单峰对称的异常, 此时探测精度较高。但实际作业中, 往往遇到的是沿道路两边多条管线并行且间距较小, 由于磁场的叠加, 致使异常形态畸变, 多条管线可能只对应 1 个单峰异常, 峰值也可能偏离管线中心位置, 造成探测误差较大, 甚至会带来错误的结果。因此, 只有掌握复杂条件下的管线探测方法, 才能达到提高探测精度的目的。

1 探测方法

管线密集条件下的探测主要有 2 类情况: 一是近间距并行管线, 二是多电缆管道。下面分别讨论。

1.1 近间距并行管线

1.1.1 异常特征

据理论正演计算的结果, 地下多条近间距并行管线异常主要特征为^[1]: ① H_x 和 ΔH_x 异常往往不是多峰而是单峰, 因此不能简单地利用多少个峰来判断是否存在多少条管线; ② 除特殊情况外, H_x 、 ΔH_x 一般具有不对称性, 这也是判断是否单一管线的主要依据; ③ 当管线的电流为同向时, 受干扰影响的半边异常相对变宽变缓, 异常峰值向干扰一侧位移, 干扰异常愈强, 位移愈大; ④ 当各管线的电流方向为反向时, 受干扰影响的半边异常相对变窄变陡, 峰值往受干扰的反方向位移, 干扰异常愈强, 位移也愈大; ⑤ 相邻管线电磁异常的相互影响, H_x 相对 ΔH_x

要大些, 如峰值偏离管线中心位置要大些, 次级异常弱些, 异常的分异性也差些。

1.1.2 探测方法

对于近间距并行管线, 常用的探测方法有选择激发法、压线法、直接法、夹钳法等。

选择激发法就是利用发射线圈面与干扰管线正交不激发、发射线圈面与干扰管线斜交弱激发、发射线圈远离干扰管线而无激发等特点, 达到只选择目标管线激发的目的。

压线法是通过改变发射线圈与管线的相对位置, 达到既能抑制干扰信号, 又能增强目标信号的目的, 包括水平压线法、倾斜压线法和垂直压线法。其中, 后 2 种方法是 1996 年在广州市地下管线普查过程中研究总结的成果^[2]。水平压线法: 发射线圈水平位于干扰管线的正上方, 此时干扰管线不激发或激发最弱, 可起到抑制干扰信号, 探出目标管线的目的。倾斜压线法: 选择在靠近目标管线的上方, 通过倾斜发射线圈并使其与干扰管线不激发或激发最弱, 就可以达到既抑制干扰信号, 又增强目标信号的目的。垂直压线法: 发射线圈垂直放在干扰管线的水平方向, 此时干扰管线不激发或激发最弱, 可起到抑制干扰信号的目的。

直接法也即充电法, 就是利用管线出露部分, 直接向管线充电, 并通过改变接地或充电方式, 尽量让电流沿目标管线流动, 包括单端充电、双端充电等。此方法的探测深度较大。

夹钳法就是利用专门的感应钳, 使被钳管线产生感应磁场。

1.1.3 计算机正反演解释方法

计算机反演解释方法就是利用整条观测剖面的

信息,通过计算使得理论曲线和实测曲线充分拟合,达到提高复杂管线条件下的探测精度^[3]。进行反演解释时,根据观测剖面数据和人为给定的初始参数(包括初始模型参数和各种附加条件),用最小二乘法迭代计算模型参数的修正量,使得理论曲线和实测曲线之间的拟合误差达到最小,从而求解出地下管线的分布参数。

1.1.4 探测要点

探测前,要认真收集和分析探测地段的地下管线现况资料。即使是盲测,也要先对将要探测地区分段进行踏勘、粗扫,以求对地下管线分布有所了解,便于灵活进行有效方法的选择。同时,还需掌握各种方法的应用条件。

选择激发法需要有分叉、拐弯、三通等可供选择激发之处(图 1)。如采用远距离激发,则要求发射线圈的有效磁矩要足够大,工作频率要低。

水平压线法(图 2a)适用于间距稍大的并行管线,如果间距较小,水平压线虽可压制干扰信号,但

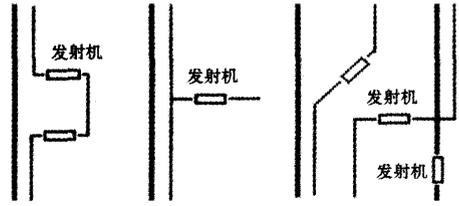


图 1 选择激发法示意

目标信号往往亦较弱,此方法的探测深度较小。

倾斜压线法(图 2b)适用于近间距的并行管线,往往在水平压线法效果不好时使用,但在探测近于上下并行的管线时不宜使用。操作步骤如下:首先,发射机直立激发,接收机在干扰管线上方测得极大值;然后,接收机不动,发射机往目标管线移动(不用确切位置,大致在干扰管线和目标管线之间,稍靠近目标管线效果好些),倾斜摆动发射机,直至观测干扰管线上方的接收机出现极小值,用小方木条或砖块撑住发射机;最后,发射机不动,接收机往目标管线移动,就可测得目标管线的位置和埋深。

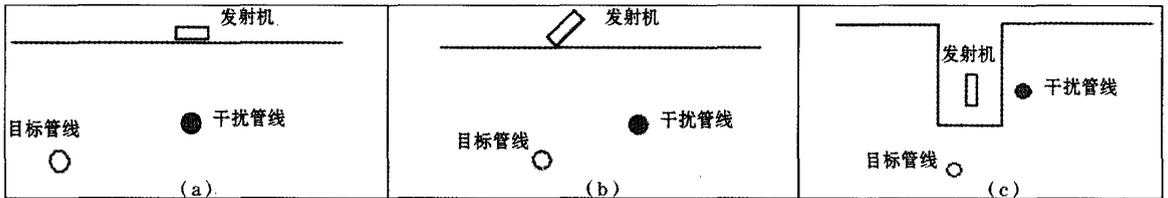


图 2 水平压线法(a)、倾斜压线法(b)和垂直压线法(c)示意

垂直压线法(图 2c)适用于近于上下并行的管线,但必须要有可供垂直压线的条件。

直接法需要有管线的露点或其他可直接充电的条件,注意电力、电信管线禁用,易燃易爆的管线禁用。影响其探测效果的因素还有充电电流的大小(包括电极接地电阻的大小)、充电位置的选择及无穷远极的布置。

夹钳法一般多用于电力、电信电缆的探测,使用时要有可供夹钳之处。

计算机反演解释需要高精度的原始观测数据和具有一定理论基础的专业人员,需要对所探测地段的地下管线分布有比较可靠的了解,对组合管线的位置、相互关系及埋深有比较准确的了解,要最大限度地限制多解性的问题。

1.1.5 电流方向的影响

在电磁场激发下,各条近间距并行管线都产生感应电流,但各条管线中的电流有时是同向,有时是反向。压线法和直接法比较容易产生反向电流。因为压线法是采用磁偶极子感应方法激发,当并行管线分别受到不同方向的磁场激发时,就会产生反向

电流;直接法由于充电位置、方法或接地位置等原因,使并行管线构成电流回路,也会产生反向电流;夹钳法有时也会遇到反向电流问题。

反向电流形成的异常一般有如下特征:峰值往受干扰反方向位移(同向电流的峰值往干扰方向位移),异常曲线形态在受干扰的一侧变窄变陡(同向电流的异常形态是在受干扰的一侧变宽变缓);如果按异常的峰值或宽度直接判定目的物的位置和埋深,结果相对于实际偏浅(同向电流则偏深)。因此,无论是同向电流还是反向电流形成的异常,在对地下多条并行管线进行定深时,只能采用没有受到干扰或干扰较小的半边异常为依据,否则难以满足精度要求。

1.2 多电缆管道的探测

(1)夹钳法。在地下多电缆管道的探测中,如电信管道探测,大部分人习惯用夹钳法,往往是根据所钳电缆的相对位置推断电信管道的埋深和位置。必须提醒的是,当电缆数量较少时,夹钳法可作为首选的探测方法,但如果电缆数量较多时,由于电缆数量和排列等因素的变化,这时若仅仅根据所钳电缆

的相对位置推断电信管道的埋深和位置,有时探测误差较大。

(2)等效中心修正法。正演结果表明^[1],当管道内紧密排列有多条电缆时,如果工作频率较低,叠加后的 H_x 和 ΔH_x 的异常,可等效作单一管线,采用单一管线的探测方法定位和定深,其结果与管道内电缆的大致几何中心(即等效中心)的误差不大。不过,当管道内多条电缆排列分散时,其误差会大些。因此,我院在 1997 年提出了等效中心修正法^[1]:利用电信窰井,将管道内电缆的大致几何中心作为等效中心,与感应方式的探测结果作比较,依此标定修正系数,再对邻近隐蔽点进行探测。经大量实践证明此方法是有效的。

2 应用实例

2.1 直接法和夹钳法

探测区位于广州越秀北路,电信管道和给水管斜交并行(图 3),电信管道是 8 孔 400 mm × 200 mm 5 条电缆, h(埋深) 85 cm; 给水 Φ (直径/mm) 200, h108 cm。

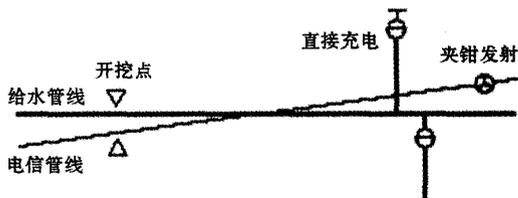


图 3 电信管道和给水管斜交并行示意

RD432-PDL 用 2 种方式的探测结果为:①夹钳法测电信管道,夹钳于窰井内激发,经开挖验证:定位误差 2 cm,定深 75 cm,误差 10 cm;②直接法测给水管,利用消防栓充电,受电信的干扰较少,经开挖验证:定位误差为 0,定深为 120 cm,误差 12 cm。

2.2 选择激发法和倾斜压线法

广州素社新村,煤气管线与给水官并行(图 4),间距约 40 cm,煤气管 Φ 59, h57 cm; 给水管 Φ 150, h46 cm。

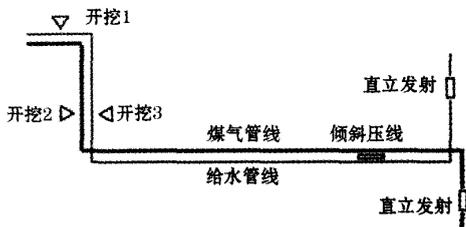


图 4 煤气管线与给水管线并行示意

RD400-PL 用 3 种方式的探测结果为:①采用选择激发法测给水管线,在旁侧无煤气管干扰之处激

发,经开挖点 1 验证:定位误差 5 cm,定深 48 cm,误差 2 cm;②采用选择激发法测煤气管线,在旁侧无给水管干扰之处激发,经开挖点 2 验证:定位误差 5 cm,定深为 47 cm,误差 1 cm;③采用倾斜压线法再测煤气管线,给水管干扰完全消除,经开挖点 3 验证:定位误差为 0,定深 52 cm,误差为 6 cm。倾斜压线法的精度同样较高。

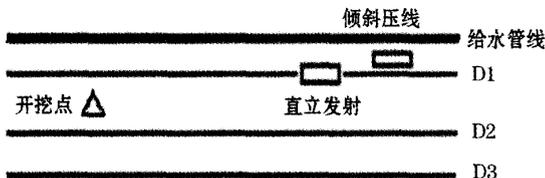


图 5 3 条电信管道与 1 条给水管并行示意

广州麓湖路工区有 3 条电信管道(D1 ~ D3)与 1 条给水管并行(图 5),其中:D1 为 4 孔 200 mm × 200 mm 2 条电缆, h70 cm; D2 为 600 mm × 600 mm 11 条电缆, h80 cm; D3 为 600 mm × 400 mm 4 条电缆, h90 cm。D1 与给水管间距只有 15 ~ 40 cm, D1 与 D2 的间距为 95 cm。而且 D1 手孔井被埋,因此探测 D1 的难度较大。

RD400-PL 用 2 种激发方式探测并经开挖验证,结果为:①在 D1 上方直立激发,由于受到旁侧给水管和电信管道的影响,定位误差 15 cm,定深 58 cm,误差 12 cm。;②倾斜压线测 D1,定位误差 4 cm,定深 61 cm,误差 9 cm。可见定位与定深精度都有所提高。

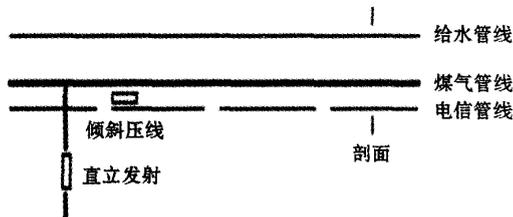


图 6 煤气、电信和给水管线并行示意

图 6 所示为广州前进路工区,煤气管、电信和给水管线并行,煤气管 Φ 89, h43 cm; 电信管道 18 孔 600 mm × 300 mm 共 11 条电缆, h102 cm; 给水管 Φ 400, h68 cm。煤气管与电信管道的间距为 55 cm, 与给水管的间距为 90 cm。探测的难点是煤气和电信管线。根据管线分布情况,首先利用煤气管的分支,采用 RD400-PL 选择激发进行煤气管探测,再应用倾斜压线探测电信管道,效果良好:①选择激发法测煤气管,经开挖验证:定位误差为 2,定深 44 cm,误差为 1 cm;②倾斜压线测电信管道,经开挖验证:定位误差为 5 cm,定深 90 cm,误差为 12 cm。

2.3 选择激发法和垂直压线法

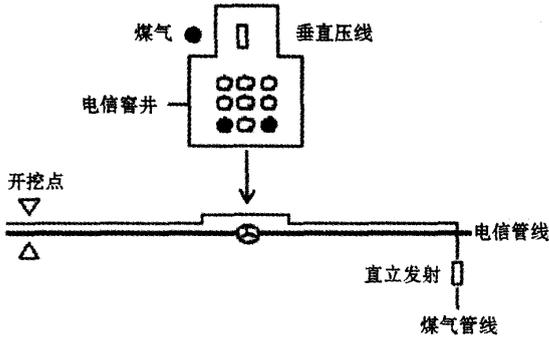


图7 广州淘金路工区示意

图7为广州淘金路工区电信与煤气管线并行,电信管道为9孔300 mm×300 mm2条电缆,h190 cm;煤气管Φ57,h61 cm,两管的水平间距只有30 cm,几乎是上下并行。根据管线分布情况,对于煤气管道,采用选择激发进行探测,对于电信管道,则利用电信窰井,采用垂直压线法。RD400-PL的探测结果如下:①选择激发测煤气管,经开挖验证:定位误差0 cm,定深61 cm,误差0 cm;②垂直压线测电信管道,经开挖验证:定位误差8 cm,定深197 cm,误差7 cm。

本例提示我们,遇到近于上下垂直的并行管线,要充分利用现场的窰井、陡坎等条件,采用垂直压线技术进行探测。

2.4 计算机反演解释

图8所示为广州塞坝路给水管与2条电信线并行及计算机反演解释剖面,给水管为Φ200,h71 cm;2条电信线都是直埋电缆,一条深74 cm,另一条深110 cm。于电信线外侧水平激发, H_x 异常呈双峰,经开挖验证,反演效果良好。其中,电信1:定位误差

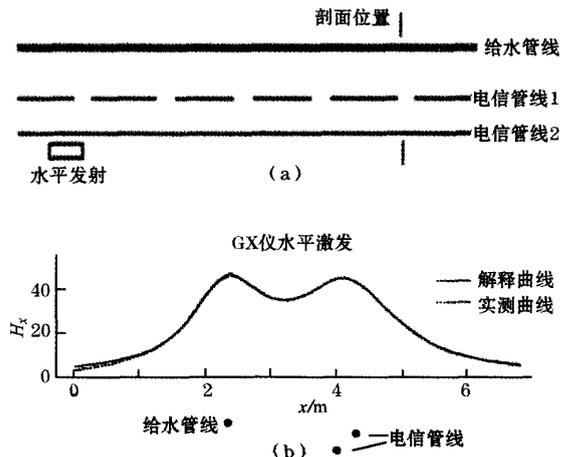


图8 3条管线并行(a)及其计算机反演解释(b)

差0,定深误差7 cm;电信2:定位误差3 cm,定深误差8 cm;给水管:定位误差4 cm,定深误差5 cm。

2.5 多电缆电信管道的探测

广州滨江路,电信6孔200 mm×200 mm6条电缆,顶深83 cm,被钳电缆中心埋深88 cm,等效中心埋深93 cm。RD400-PXL几种方法探测结果如图9所示,其中,夹钳法:直读57 cm,误差31 cm;70%定深75 cm,误差13 cm;等效中心修正法:直读103 cm,误差10 cm;70%定等效中心92 cm,误差1 cm,不用修正;被动源(P):70%定深102 cm,误差9 cm。

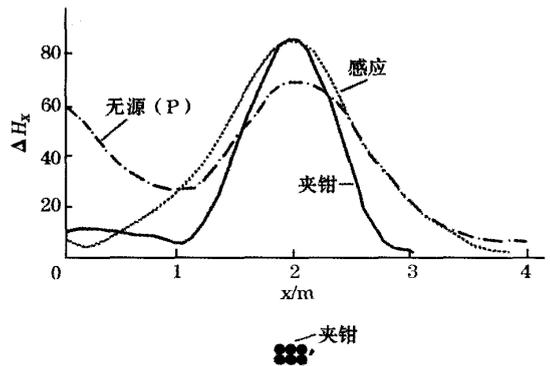


图9 6孔6缆电信管道探测曲线

图10所示为广州芳村大道12孔12缆电信管道探测曲线,电信管道12孔400 mm×300 mm12条电缆,顶深85 cm,1号被钳电缆中心埋深100 cm,2号被钳电缆中心埋深90 cm,等效中心埋深100 cm。RD400-PXL几种方法探测结果为:①夹钳法1:直读73 cm,误差27 cm;70%定深82 cm,误差18 cm。②夹钳法2:直读84 cm,误差6 cm;70%定深82 cm,误差8 cm。③等效中心修正法:直读126 cm,误差26 cm;70%定等效中心109 cm,误差9 cm;不用修正。④被动源(P):70%定深108 cm,误差8 cm。

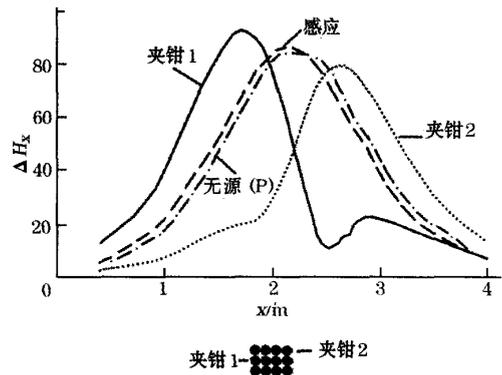


图10 12孔12缆电信探测曲线

本例夹钳法有一个值得注意的现象,钳深的电缆测的结果比钳浅的测得浅,这是由于旁侧电缆同

样受感应,当它比被钳电缆浅时,对探测结果的影响较大,当它比被钳电缆深时,影响较小。

3 结语

复杂条件下的管线探测,归结起来主要是近间距并行管线探测和多电缆管道探测,只要方法恰当,注意以下探测要点,探测精度可满足要求。

(1)对于近间距并行的管线,可以通过改变激发方式或解释方式来进行探测,不同的方法各有所长,亦有局限之处,在操作时应结合现场条件和仪器情况灵活运用。相比之下,倾斜压线法受条件限制最少,效果也比较好,非常简便实用。而选择激发法也是很实用有效的技术。

(2)近间距并行管线的 H_x 和 ΔH_x 异常形态,往往不太复杂,但对应的管线组合是很复杂的,不能简单地用异常有多少个峰来判断有多少条管线。

(3)盲测时,在峰值的 65% ~ 85% 段,要多测几个等值点,看是否对称,以此判断是否为单一管线或受干扰的程度。

(4)探测时,除了利用现场管线条件外,还要考虑应用仪器的类型,同时必须注意,不论那种方法,都不宜采用直读定深。定深宜采用百分比定深法、

70%定深法、80%或50%定深法等。注意不同类型的仪器有与其相适应的定深方法。

(5)近间距并行管线的条件下,用旁侧感应激发精度不易保证,慎用。

(6)使用直立感应激发,并行管线的水平间距相对于较深的管线埋深应大于 1.5 倍(测 ΔH_x)或 2 倍(测 H_x)。

(7)对多电缆管道的探测,当电缆条数较少时,夹钳法作首选;当管道内紧密排列有多条电缆时应使用等效中心修正法。

(8)管线密集条件下的探测,还要重视反向电流的影响。

参考文献:

- [1] 区福邦. 城市地下管线普查技术研究与应用[M]. 南京:东南大学出版社,1998.
- [2] 陈穗生. 管线密集条件下的压线探测新技术[C]//全国地下目的物探测方法技术研讨会论文集. 上海:中国纺织大学出版社,1996.
- [3] 杨旭,许洪海,杨辉,等. 多管线组合异常的计算机解释[C]//全国地下目的物探测方法技术研讨会论文集. 上海:中国纺大出版社,1996.

THE DETECTION OF UNDERGROUND PIPELINES UNDER COMPLEX CONDITIONS

CHEN Sui-sheng, LIANG Yu-ping

(Guangdong Academy of Geology and Geophysical Engineering Exploration, Guangzhou 510800, China)

Abstract: This paper makes a systematic analysis of the methods for detecting close-interval parallel pipelines and multi-able pipelines, which include selected excitation method, line ball method, direct method, grab method and computer inversion interpretation method. The key points for detection are summed up in this paper. It is pointed out with practical examples that the detection precision can meet the need if proper methods are used.

Key words: underground pipeline; detection error; line ball method; grab method

作者简介: 陈穗生(1960 -),男,物探高级工程师,已发表论文十多篇。