

燃气 PE 管道示踪线方法及其探测技术

曹震峰

(广州市城市规划勘测设计研究院 广州市 510060)

提 要 示踪线法是解决 PE 管道定位探测问题的普遍方法。该文从示踪线的选材、施工工艺、探测技术以及影响探测的因素和解决途径等方面进行了讨论。该文为示踪线法在地下管网中的正确运用提供了一套完整的解决方案。

关键词 管线探测 示踪线 PE 管道

Tracing Line Method of Gas PE Pipelines and Its Detection Technique

Cao Zhenfeng

(Guangzhou Urban Planning & Survey Design Research Institute)

Abstract The tracing line method is a common method that solves the orientation detection of PE pipelines. This article discusses the selection of tracing line materials, the construction technology, the detection technique, and the factors of influencing detection and the solving way etc. It provides a set of complete solution scheme for the correct application of tracing line method in the underground pipelines detection.

Keywords pipelines detection; tracing line; PE pipelines

1 前言

我国从 80 年代初期开始着手聚乙烯(PE)燃气管的研究及应用工作。由于 PE 管道具有耐低温、韧性好、刚柔相济、施工方便、造价低(直径小于 DN300)、不易腐蚀泄漏、污染小等优点,而广泛应用于燃气和自来水行业,大有取代小口径钢管之趋势。PE 管道虽然有很多优点,但其缺点是管道本身不导电、不导磁,至今仍没有一种十分有效的方法可在地面直接探测其在地下的空间位置。在过去的市政建设施工中,由于此类管道的位置不易查明,经常发生施工机械挖漏、挖断燃气管道情况,而由此造成的燃气泄漏和爆炸事故也时有发生。因此,如何实现地下 PE 管道的位置探测标定是十分必要的。为解决此问题,比较有效的办法是在铺设过程中将 1 (或 2)条导线(简称示踪线)与 PE 管道一起埋入,为间接探测 PE 管道位置提供物理前提。示踪线法在国内外是比较普遍的做法,但如何使示踪线在施工

中得到正确、完整的铺设,使其以后能够很好的起到示踪作用,示踪线的施工方法和探测方法就显得十分重要了。

2 示踪线的选择和铺设

为保证示踪线的导电性、强度、耐腐蚀和耐久性,一般宜选择截面积大于 2.5mm^2 的多股(或单股)铜质电线。铺设时尽量让示踪线保持在管道的顶部位置,在三通等分支处应将导线接头的绝缘层剥掉,把铜芯绞在一起数圈,然后用绝缘胶布裹好接头,以保持良好的导电性。在示踪线的出露点(如窨井、出地点)应留有一定的线头余量,并避免导线头被泥土或杂物覆盖。为减少无法出地的示踪线末端的接地电阻,需采取剥掉绝缘层裸露芯线 30cm 的良好接地措施。对于采取定向钻方式铺设的 PE 管道,应选用强度更大的导线,以避免在施工中被拉断,导致无法探测定位。

3 探测原理和方法

当导线直径远小于埋深并忽略地介质和空气的介质变化时,示踪线可视为均匀介质中的一条无限

作者简介:曹震峰(1962-),男,高级工程师,从事地下管线探测、工程及矿产物探工作。

收稿日期:2009-10-09

长直导线。将交变电流 $I_0 e^{-i\omega t}$ 加载到示踪线上时, 根据毕奥——萨伐尔定律, 其总电磁场强度和分布规律符合下面公式:

$$H = \frac{I_0}{2\pi r} e^{-i\omega t} \quad (1)$$

式中: H 为磁场感应强度; I_0 为导线中的电流幅值; r 为距离导线中心的垂直距离。

磁场的水平分量 H_x 和垂直分量 H_z 分别为:

$$H_x = \frac{I_0}{2\pi} \frac{h}{h^2 + x^2} e^{-i\omega t} \quad (2)$$

$$H_z = \frac{I_0}{2\pi} \frac{h}{h^2 + x^2} e^{-i\omega t} \quad (3)$$

式中: h 为导线的埋深; x 为观测点到导线在地面投影的垂直距离。

通常情况下以观测 H_x 或 ΔH_x (峰值法) 进行管线的探测定位。 ΔH_x 、 ΔH_z 曲线形态见图 1。以下的讨论和案例均为峰值法的 ΔH_x 。

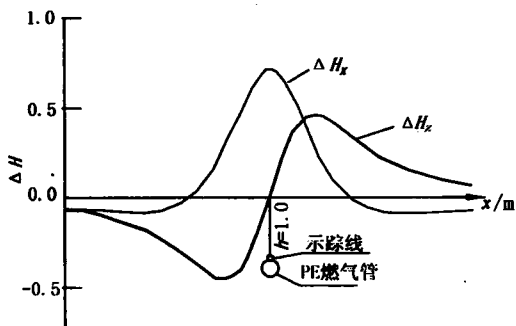


图 1 示踪线电磁场异常 ΔH_x 、 ΔH_z 曲线

目前所有金属管线仪的工作原理都是建立在电磁场理论上。其探测方法均基于上述原理和公式, 它们均可用于 PE 管道示踪线的探测定位。探测 PE 管道的具体方法是给示踪线加上一定强度的交变电流信号, 通过探测电磁场中心位置来确定示踪导线的位置, 从而达到确定埋地 PE 管道位置的目的。

实际探测时给示踪线施加电信号的方法有两种: 一种是直接把探测电流信号施加在示踪线上(工作方法如图 2 所示, 被称为直连法), 发射机将信号电流直接加载在示踪线上产生一个电磁场(称之为一次场)信号, 通过探测一次场的中心位置来确定示踪线的位置和埋深。该方法的优点是信噪比高, 不易受临近管线干扰, 探测结果比较准确; 缺点是探测时需要示踪线有裸露点来施加信号。另一种探测示踪线的方法是通过发射机产生一个交流电磁场, 以感应的方式在示踪线上产生电流, 感应电流再以示

踪线为中心形成另一个电磁场(称之为二次场), 通过接收机探测二次场的中心位置, 确定出示踪线的空间位置(工作方法如图 3 所示, 称之为感应法)。这种方法的优点是操作简便, 不需要示踪线有裸露点; 缺点是感应信号弱, 易被干扰, 如示踪线附近有其它金属管线干扰时则探测结果不准确。

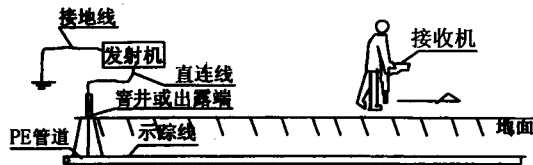


图 2 直连法工作示意

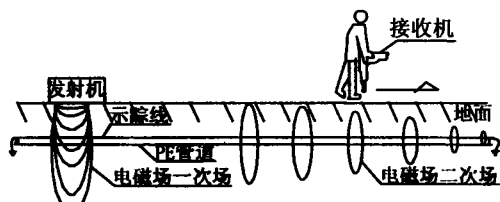


图 3 感应法工作示意

4 探测技术和影响因素分析

从理论计算公式可以看出, 示踪线在地面产生的磁场强度 H 大小与流经示踪线的信号电流强度 I_0 成正比, 与该点距离示踪线的垂直距离 r 成反比。当选用的探测方法确定之后, 示踪线中信号电流强度大小的主要影响因素是示踪线和大地之间构成的回路电阻, 回路电阻越大信号越弱, 反之就越强。回路电阻大小和示踪线施工方法密切相关, 施工方法不同时回路电阻有很大的差别, 故示踪线施工方法会直接影响探测结果的有效性和准确度。还有, 探测示踪线时选用的探测方法不同(如选择直连法, 或选择感应法施加信号), 对探测结果的准确度也会有较大的影响。

4.1 埋设方式的影响

在实际探测中发现, 有以下几种情况影响示踪线探测结果的有效性和准确性。一是当主管道较长而分支管较短(长度小于 10m)时, 分支管示踪线末端悬空或没有采取良好接地措施(只是直接把示踪线剪断掩埋, 而没去掉一段绝缘层裸露芯线与地构成导电回路), 这样导致分支管示踪线和大地之间的回路电阻过大, 基本无分支电流, 信号就非常弱, 根本无法探测到分支管示踪线; 二是示踪线的加载信号端接地良好(如示踪线焊接在阀门上、入户钢管或供电端接头落在泥水里等), 而末端却没有采取良好

接地措施,导致目标管线段回路的接地电阻较大,使得施加探测信号时,绝大部分信号电流没经过示踪线就直接流向了大地,造成探测距离短,管道的后半部分示踪线没信号的情况;三是示踪线虽然完整,但没有预留出露端点(信号端子),若被测PE管道附近有其它金属管线时,感应法就可能把探测信号感应到非目标管线上,造成无法正确探测的结果;四是示踪线中间有断点,施加的信号电流无法传导到整条示踪线上,导致断点之后的管线无法探测到。

4.2 探测方法影响

一般情况下,采用直连法探测可获得比较好的探测效果,但是当工作频率较高(大于65kHz)且示踪线的末端接地不好时,发射机的电磁信号极易感应到邻近的其它金属管线上,造成非目标管线的电磁场信号大于示踪线的信号,导致错误的探测结果。

在示踪线周围有其它金属管线存在又选用感应法探测示踪线时,非目标金属管线的位置不同,将对探测结果产生不同的影响。图4、5和6列出了常见的几种情况。

图4描述的是其它管线与示踪线平行埋设的情况。假设两条管线的间距和埋深均为1m,而非目标管道的截面积大且裸露埋地,其接地电阻要比示踪线小很多,因此它上面的感应电流要比示踪线上的大很多(假设为3倍)。它的二次感应电磁场会掩盖示踪线的电磁场,使探测时找不到示踪线的电磁场峰值点。

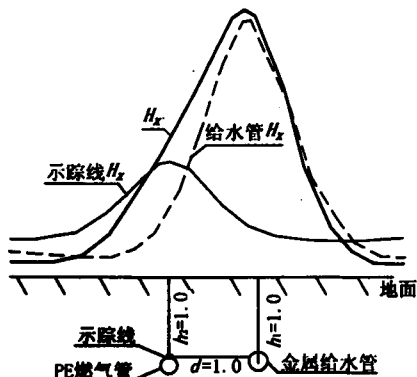


图4 存在平行金属管线的感应法异常曲线

图5描述的是其它金属管线埋深比示踪线浅的情况。由于非目标管线距离发射机近,自然感应电流大,产生的二次电磁场比示踪线强很多,基本掩盖了示踪线的二次电磁场信号,导致无法探测到示踪线的异常峰值点。

图6描述的是示踪线的正上方有金属管线的情况。它对示踪线会起到屏蔽作用,使发射机信号不

能够感应到示踪线上,导致无法正常探测。

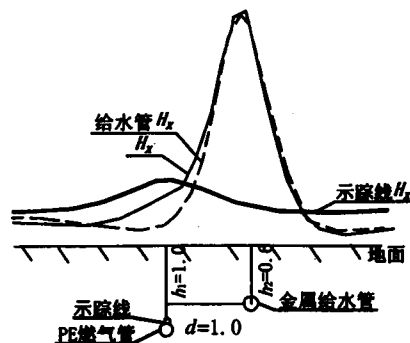


图5 浅埋平行金属管线的感应法异常曲线

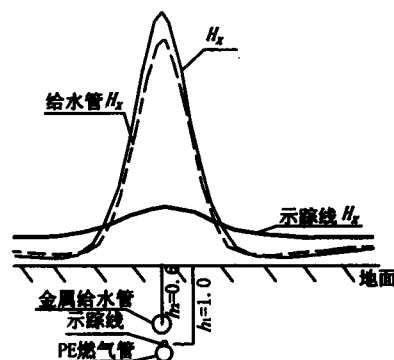


图6 正上方有金属管线的感应法异常曲线

对于图4、图5的两种情况,若改用直连法探测则基本可以避免其它管线的干扰,获得准确的探测结果。图6这种情况下,使用直连法进行探测时,工作频率不能太高,否则易在其上方的金属管线中产生与示踪线供电电流相位反向的二次场,当该电流达到一定强度时,可能导致接收信号的峰值曲线畸变。假设二次场电流是一次场的40%,其影响如图7所示。

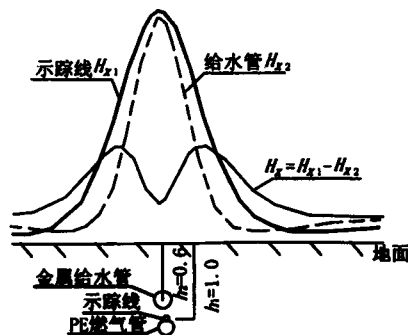


图7 金属管线二次场对直连法的影响

5 总结与建议

5.1 示踪线材料的选择

选择有塑料绝缘层截面面积在2.0~2.5mm²的

多股铜芯导线较好。其探测信号比较强、施工方便,工程中亦较少出现断线问题。截面积太小的示踪线,一些带有警示标志的塑料薄膜示踪带也不能够使用。这种示踪带的结构,是里面夹带的非常细小的导线(或是铝箔、导电涂料层等),在施工时很难将衔接位置的两端连接成良导体,因此会使整个管网的示踪带断断续续难以构成一个完整的导电网络。

5.2 示踪线的铺设

1) 示踪线埋设时应紧贴 PE 管道呈直线状,并位于管道的顶面为好。请勿以螺旋状缠绕在 PE 管道上埋设,这样易导致探测结果不准确。

2) 在窨井或出地处示踪线应该预留出一定长度的导线(1m 以上为宜),供探测施加信号所用。这样可提高探测效率和精度。

3) 示踪线接头或分支点一定要连接牢固,保持良好导电,并用绝缘胶布包好,防止地下潮湿而造成腐蚀断线情况,使探测信号中断。管道的钢塑转换接头处示踪线可以焊接在法兰上,接点处做好防腐处理,防止日久后腐蚀断线。

4) 为增加示踪线的信号强度并让信号分布均匀,施工时须尽量减小示踪线埋地末端的接地电阻,采取剥掉绝缘层裸露芯线 30cm 的良好接地措施。特别是对于长度较短的分支管的末端,一定要接地良好,否则分支上的信号会非常弱而探测不到。

5) 若管道埋地长度超过 1km,中间又没有窨井等设施供预留示踪线头满足探测之需,则建议每公里处设一个测试桩并预留示踪线接头供探测时使用。

6) 在非开挖工程施工中,PE 管道外面的示踪线在拖管过程中容易被扯断,简便的办法是选择截面积更大、强度更高的导线或钢丝绳,或者在管道的内部预穿一条示踪线即可避免断线,其探测效果如同在外面一样,但这样做时需处理好内部示踪线头与外面示踪线连接的问题。

7) 在某些特殊情况下,对 PE 管道无法应用示踪线,这时可采用预埋示踪球(Marker)的方法满足今后的探测定位需要。其方法是在埋设 PE 管道时

把示踪球放在管道的特征点(如弯头、分支或起止点等),探测时无需另加信号,仅通过专用的接收机即可探测定位。埋设的示踪球可免维护、长期有效的供探测定位使用。

5.3 探测技术

1) 探测示踪线的首选方法为直连法,它信噪比高、干扰少、易探测,探测结果比较准确可靠。

2) 市区内的 PE 管道示踪线不宜选用感应法探测。城市区域内的管线密集,而示踪线相对细小,其接地回路电阻一般情况下比其它管线大很多,因此产生的感应电流信号往往要比非目标管线弱很多,示踪线信号容易被掩盖而造成误测。

3) 在探测短分支管道示踪线时,施加信号点宜选择分支示踪线的末端(或出地端),这样分支示踪线上的信号强,不会漏测分支点。

4) 用直连法探测示踪线时,尽量选择较低的工作频率,发射机的接地线也尽量不要跨接其它管线,以减少信号感应或串扰到其它管线。

5) 感应法的工作频率不宜太高或过低,一般选择 33kHz ~ 100kHz 之间,发射功率控制在 50% ~ 75%。

6) 探测时应根据实际情况,改变供电点位置后再重复探测,检查两次探测结果的吻合情况,以提高探测的准确性和精度。

7) 对于定向钻方式铺设的 PE 管道,由于示踪线的埋深较大(可能大于 10m),除选择较低的工作频率以减少电磁场感应到其它管线上,还应尽量设法改善接地条件,增加示踪线上的供电电流,提高信噪比,这样可获得较好的探测效果。

参考文献

- 1 周凤林,洪立波.城市地下管线探测技术手册.北京:中国建设工业出版社,1998
- 2 区福邦.城市地下管线普查技术研究与应用.南京:东南大学出版社,1998
- 3 张正禄等.地下管线探测和管网信息系统.北京:测绘出版社,2007