

综合物探方法在非开挖工艺敷设地下 管线探测中的应用

王 勇^{1,2}, 王 永³

(1. 吉林大学 地球探测科学与技术学院, 吉林 长春 130026 2 山东正元地理信息工程有限
责任公司, 山东 济南 250101; 3 上海地质调查研究院, 上海 200072)

Application of Integrated Geophysical Method in Detection of Underground Pipeline Laid by Trenchless Technology

WANG Yong WANG Yong

摘要: 非开挖技术的出现极大地促进了城市管网的建设, 在很大程度上弥补了传统的开挖施工方法的不足。但是, 非开挖工艺敷设的地下管线大多数集中了管线探测的难点, 这给城市地下管线的探测提出新的挑战。采用综合物探方法, 结合工程实例对非开挖敷设的地下管线的探测方法进行分析与研究, 具有一定的借鉴意义。

关键词: 综合物探方法; 非开挖工艺; 管线探测

一、引言

随着城市高层建筑、铁路、公路、输配电工程以及水利工程设施的不断兴建, 地下工程的建设 and 应用日益广泛。传统的开挖施工方法表现出很大的局限性, 非开挖施工工艺得到了广泛的应用。非开挖工艺地下管线敷设技术的出现, 是传统管线施工技术的一次革命, 是城市地下管网建设的新宠^[1]。

非开挖技术又称水平定向钻探 (horizontal directional drilling), 即非开挖敷设地下管线施工技术, 是在微开挖或不开挖地表的情况下, 利用相关技术手段对地下公用设施 (管道、电缆等) 进行探测、检查、修复、更换和铺设的一种高科技实用环保技术^[1-2]。与传统的开挖施工方法相比, 非开挖技术经济、环保、安全^[3-5]。目前, 非开挖工艺以其特有的先进性、适应性, 广泛应用于城市地下工程和地下管线建设等相关领域中^[6]。但是, 非开挖工艺敷设的地下管线集中了多种管线探测的难点, 且埋深较大, 管线多为非金属材料^[7], 这使得非开挖工艺敷设的地下管线的探测工作难度加大, 因此加强对非开挖工艺敷设地下管线探测方法的研究大有必要。本文采用综合物探方法对非开挖工艺敷设地下管线探测技术进行了研究与探讨。

二、地球物理方法与原理

1 物探方法的地球物理前提

随着科学技术的发展, 各种物探技术发展日趋

成熟, 新的技术方法也不断涌现, 综合物探方法已成为地质科学中的一门重要学科, 在工程物探、石油物探等相关领域得到了较快发展。物探方法的地球物理前提是根据所要探测的地质体与其周围介质的物性差异, 来进行地质体的探测^[8]。

非开挖工艺敷设地下管线探测是通过分析地下管线的材质和敷设方法, 利用地下管线与其周围介质 (即土层) 在电性、磁性、密度、导热性等方面存在的物理性质差异, 以及地下管线与其周围土层在导电性、导磁性、介电常数、波阻抗等物理参数方面的差异, 选择适当的地球物理方法测量各种物理场分布的特征来确定地下管线的存在和位置。常用的物探方法有电磁感应法、地质雷达法、高密度电法及高精度磁测等方法。

2 电磁感应法

电磁感应法是探查地下管线的主要方法, 是以地下管线与周围介质的导电性及导磁性差异为主要物性, 根据电磁感应原理观测和研究电磁场空间与时间分布规律, 从而达到寻找地下金属管线或解决其他地质问题的目的。应用电磁法探测地下管线的方式有: 工频法、甚低频法、电偶极感应法、磁偶极感应法、示踪法电磁法和夹钳法^[9]。

3 地质雷达法

地质雷达 (ground penetrating/probing radar GPR), 是通过对地下目的物及地质现象进行高频电磁波扫描来确定其结构形态及位置的地球物理探

测方法。当目标体或者掩埋物与周围介质间存在着一定的电磁物性差异时,使用本方法可以很好地解决工程及地质问题^[10]。

4 高密度电法

在高密度电法中,为了揭示土层及地下管线的存在和分布,通常要在地下半空间建立人工电流场,然后研究由于土层及管线的存在所产生的电场变化。把直流电源通过电极向地下供电形成人工直流电场,由于直流电场中电荷的分布不随时间而变化,所以也称稳定电流场,其具有较强的抗干扰性,如在城市道路中进行测量,则电极和道路的耦合需要作特殊处理^[11]。

5 高精度磁测法

高精度磁测法是根据物体磁场原理,通过探测地下介质(土、石、砂及人工物质)磁场的空间分布特征,根据其空间磁力线分布图像的不同,输入计算机分析,判别地下隐蔽物是否存在及其形状。由于地下隐蔽物中的金属管线、水泥管道的磁性与周围介质存在磁性差异,因此,可以采用高精度磁测法进行地下管道的探测^[12]。

三、综合物探方法在管线探测中的应用

1 实例 1:电磁感应法

探测对象为上海某地非开挖工艺敷设的上水、煤气、电力等管线,测线布置示意图如图 1 所示。通过对管线敷设方式及管材质质的分析,选用 RD4000 型管线仪用夹钳法进行管线探测,探测过程中采用了不同频率、功率及增益等参数进行试验,并对试验结果进行了正演分析,测试结果如表 1 所示。图 2 为测线 1 实测剖面曲线与正演曲线归一化结果,测线 2 处有多条并行管线,实测曲线和正演结果如图 3 图 4 所示。

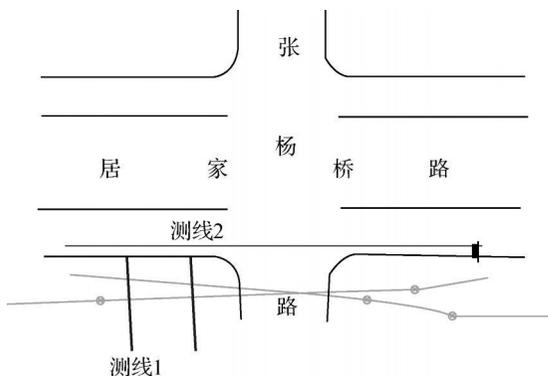


图 1 居家桥路测线布置示意图

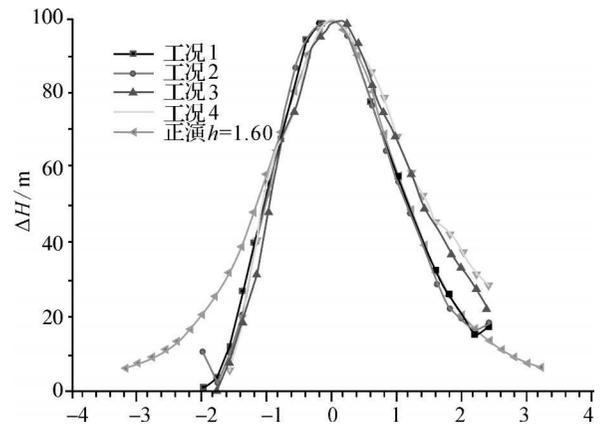


图 2 测线 1 剖面正演结果(归一化)

表 1 实测剖面结果

测线号	工况	频率 /kHz	增益值	功率 I(%)	测深值 (70%法) /m	正演深度 /m
测线 1	1	32.8	62	50	1.50	1.60
	2	32.8	62	75	1.49	
	3	65.5	70	50	1.62	
	4	65.5	70	75	1.64	
测线 2	1	65.5	80	50	—	5.86
	2	65.5	70	50	—	
	3	32.8	72	50	—	

从图 2 可见测线 1 实测归一化曲线与正演曲线吻合较好,深度基本一致。从图 3 图 4 可见测线 2 处有多条并行管线,受并行管线影响,剖面曲线均表现出三峰异常,经分析应为管道方向电流引起该异常。通过两根平行管道模型对工况 1 及工况 4 正演分析的结果可以看出两条测试剖面正演曲线与实测曲线形态一致,其中工况 4 曲线吻合更好。两个正演模型中管线深度一样,平面位置相差 0.2m,两条管线间距离相同,只是电流值系数 K 不同,正演深度与资料基本一致。

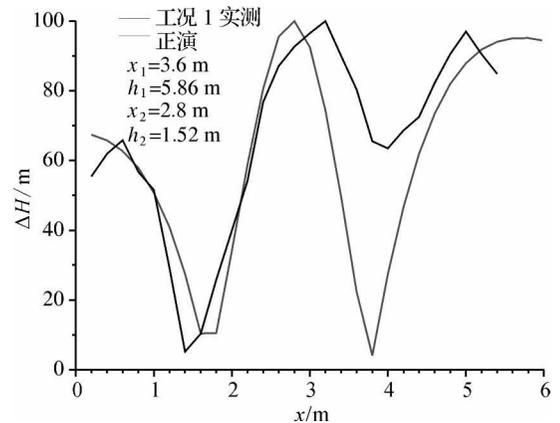


图 3 测线 2 工况 1 正演曲线

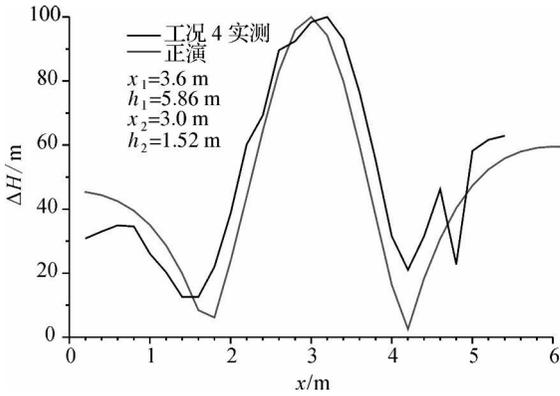


图 4 测线 2 工况 4 正演曲线

由此可以看出,对近间距并行管线,管线中电流值系数对磁场影响很大;同时,实测曲线为三峰异常,实际是由两条管线引起的,而不是 3 条管线,因此需通过全曲线计算才能进行准确的判断。

2 实例 2 地质雷达法

图 5 图 6 为地质雷达法探测两条预知的并行管线的雷达图谱,管线类型分别为煤气管线和电力电缆,间距 2.2m。其中,煤气管线的管径为 400 埋深为 0.8m;电力电缆 6 孔,埋深 0.6m。图 5 测线为东西向,图 6 测线为西东向。由于管线埋深较浅,地质雷达探测效果非常明显,从图 5 图 6 的雷达图谱中很容易对管线进行定位和定深。

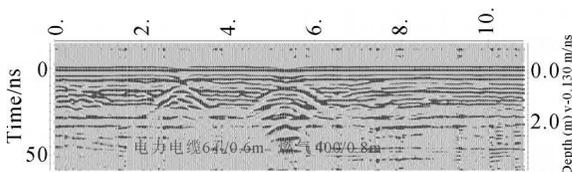


图 5 测线 28 地质雷达图谱

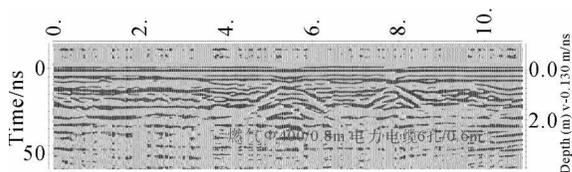


图 6 测线 29 地质雷达图谱

由此可见,地质雷达对埋设较浅的管道有较好的探测效果,但对非开挖工艺敷设的较深管线探测效果不明显,在实际探测过程中应结合当地土体的工程地质、水文地质条件及地质雷达仪器本身的一些特点来分析造成探测效果不明显的原因,进而选取恰当的探测方法。

3 实例 3 高密度电法

采用高密度电法对非开挖燃气管线进行了探

测,沿测线方向垂直布置了两条测线,测试结果见图 7 高密度电法测试断面图,其中图 7(a)为测线 1 结果,图 7(b)为测线 2 结果。

探测时采用温拿装置,电极 60 个,极距 1m,剖面数 16。根据资料显示在测线 1 位置信息管大约在测线 31m 处,埋深较深。由于探测对象(燃气管)为铸铁,其导电性良好,为低阻体,从图 7(a)中可见在水平位置约 30m,埋深 6m 位置处表现了低阻异常,为煤气管的图上反映。根据资料在测线 2 位置信息管大约在测线 30m 处且埋深较深。但是由于该处电极与地面耦合情况不佳,图 7(b)上未能有该管线的有效反映。

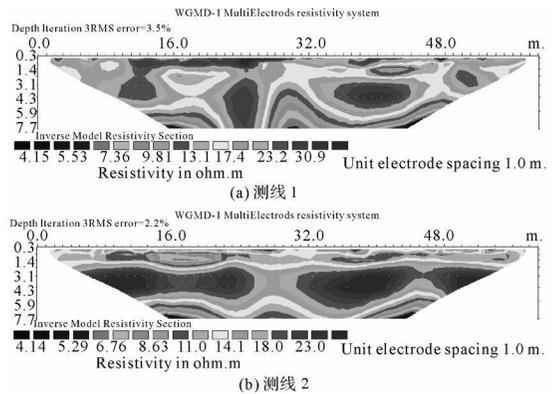


图 7 高密度电法测试断面图

由此可见,高密度电法能够较为准确地测出地下非开挖管线的平面位置及埋深。但是对于中心城区管线而言,高密度电法测线布置受到很大限制,尤其是对埋深较大的非开挖管道,测线长度须更大,往往因为现场作业条件的限制而得不出理想的结果。同时,对于中心城区,电极与地面尤其是道路的耦合效果是影响测试效果的重要因素。

4 实例 4 高精度磁测法

探测对象为上海某地非开挖信息管线,采用磁棒穿入管道,用磁法仪进行磁场强度探测,共布置 10 条测试剖面,测线布置示意图如图 8 所示,图 9 图 10 分别为区域 1 和区域 2 磁法测试等值线图。

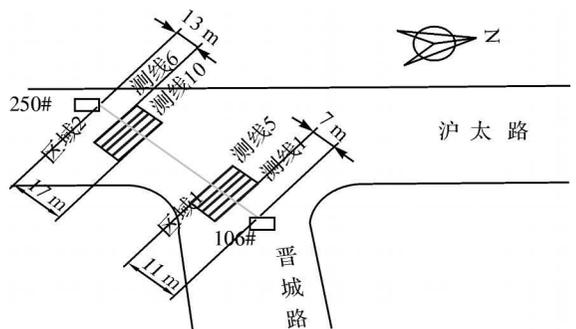


图 8 高精度磁测法测线布置示意图

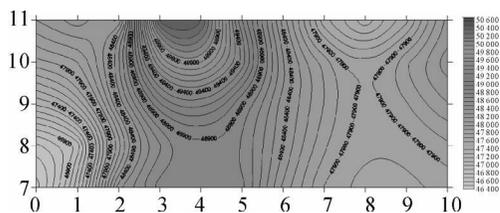


图9 区域1磁法测试等值线图

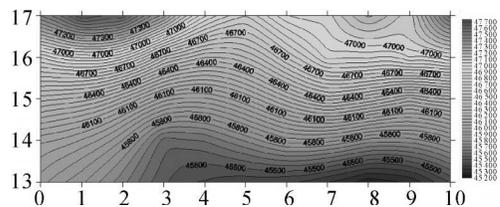


图10 区域2磁法测试等值线图

探测结果中测线1~5磁异常曲线表现为峰值异常,峰值对应于图9中磁场强度高值区域。测线6~10磁异常曲线表现为谷值异常,谷值对应于图10中磁场强度低值区域。峰值位置与谷值位置均为磁棒位置,这是因为在两个区域中管道内磁棒方向相反。试验结果表明通过将磁棒导入被测管道,用高精度磁测能够测出明显的磁场异常区域,从而确定出地下管道平面位置。

高精度磁测法测试结果表明,将磁棒导入非开挖非金属管道,利用高精度磁力仪测试地表上方一定区域内的磁场异常,能够有效地判断出管道位置。但是该方法受环境的影响较大,当有车辆通过时,磁场值会出现明显的变化,因此,当采用该方法在道路附近测试时宜在夜间车辆较少时进行,以排除干扰。同时,此方法受其他并行管线的干扰较小,为近间距并行管线探测的一种新的思路。

四、结束语

非开挖技术是一把双刃剑,在给城市管理和综

合资源的有效应用带来福音的同时,也给城市地下管线的维护与管理提出了新的挑战。在非开挖工艺敷设地下管线的探测过程中,应该结合实际情况,综合使用多种物探方法来对地下管线的定位和定深作出科学的判定,为施工方提供科学可靠的依据。

参考文献:

- [1] 侯树刚,陈静.非开挖技术的发展研究[J].科技进步与对策,2003(80):232-233.
- [2] 马宏辉,张理河.以服务意识整合非开挖技术资源的实践[J].非开挖技术,2008,25(4):21-24.
- [3] 姚海波.非开挖铺设地下管线施工技术在罗泾工程的应用[J].化工装备技术,2009,30(1):60-63.
- [4] 靖向党.非开挖地下管线施工技术的发展现状与对策[J].长春工程学院学报:自然科学版,2001,2(3):8-11.
- [5] 李恒.非开挖铺设工程在城市环境中的施工风险分析及规避[J].非开挖技术,2009,26(3):43-46.
- [6] 余佳嵩.综合物探技术在非开挖铺管工程中的应用[J].广东科技,2007,168(6):131-132.
- [7] 陈穗生.管线探测四大难题的探测要点[J].工程勘察,2007(7):62-67.
- [8] 张胜业,潘玉玲.应用地球物理学原理[M].武汉:中国地质大学出版社,2004:1-2.
- [9] 杨志军,吉小军.电磁法探测地下金属管线的理论与误差分析[J].地质测量技术,2009,32(6):8-11.
- [10] 丁海超,王万顺,吕莉.探地雷达探测地下管线技术与应用实例[J].中国煤田地质,2006,18(1):60-63.
- [11] 王峰,阮斌,沈秋平.物理探测技术在非开挖技术领域中的应用[C]//上海市岩土工程检测中心论文集.上海:[s.n.],1995:141-145.
- [12] 张汉春.非开挖特深管线的探测技术分析及其展望[J].地球物理学进展,2010,25(3):1092-1097.

(上接第48页)

需人工干预,可以直接进行成果归档和提交。通过对本系统的测试和具体应用,结合具体生产需要和本程序自身存在的不足,计划在今后的学习和生产中,不断对本系统进行升级和改进。

参考文献:

- [1] RUDOLPH D. Mastering AutoCAD Objects[M].北京:电子工业出版社,2000.

- [2] 水利部长江水利委员会水文局.SL 257—2000水道观测规范[S].北京:中国水利水电出版社,2000.
- [3] 中华人民共和国水利部.SL 197—1997水利水电工程测量规范[S].北京:中国水利水电出版社,1997.