

近间距平行地下管线探测方法研究

王勇^{1,2}, 陈伟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公司, 山东 济南 250101; 3. 北京中勘国检工程技术有限公司, 北京 100084)

Research on Detection of Parallel Underground Pipeline with Small Intervals

WANG Yong, CHEN Wei

摘要: 近间距平行地下管线的探测是当今管线探测的四大难点之一。结合工程实例, 利用夹钳法和压线法对近间距平行地下管线进行探测与分析, 并结合直读法和特征点法(70%法)对管线的定位和定深进行讨论与总结。

关键词: 近间距; 平行地下管线; 压线法; 特征点法

一、引言

城市地下管线是城市的重要基础设施, 是现代城市化高质量、高效率运转的基本保证^[1-2]。随着城市化进程的不断加快, 地下管线建设也突飞猛进, 这给地下管线的建设、管理、维护等工作提出了新的要求, 也给地下管线的探测工作提出了新的挑战。

由于城市化进程的推进, 城市地下管线的布设越来越密集、多样, 并且因管线所处的地段、空间越来越复杂及布设时间的不同, 很多地段多种管线密集并行、交叉分布甚至重叠。这给城市管线的探测工作造成了极大的干扰, 再加之城市交通环境、空间电磁以及工业电流和离散电流等诸多因素的影响^[3], 使得城市管线探测工作的难度进一步增大, 所以加强对城市地下管线探测方法的研究大有必要。

近间距平行地下管线的探测是管线探测的四大难题之一^[4], 本文结合压线法、夹钳法等方法对近间距平行地下管线实测资料进行了分析与研究, 同时对由于多条密集平行管线干扰造成的测深误差及平面定位错误进行了分析, 具有一定的实用价值。

二、基本方法与原理

地下管线探测的基本原理主要是以地下管线与其周围介质的物理性质差异(如密度、速度、电性、磁性、导热性等)为物质基础, 采用适当的地球物理方法测量各种物理场的特征, 进而达到对地下

管线的定位和定深等目的^[5]。

地下管线的精确定位与定深是城市地下管线探测的核心问题, 目前定位的方法有直接法、夹钳法和感应法。定深的方法有直读法、精确定深法^[6]。

1. 直接法

直接法也叫充电法, 是将发射信号的输出端直接连接在被测管线上, 通过改变接地或充电方向尽量让电流沿目标管线流动, 利用接收机接收产生的交变电磁场。根据连接的方式可以分为单端充电法和双端充电法^[6-8]。

2. 夹钳法

夹钳法是将备用的环形夹钳套在被测金属管线上, 通过夹钳形成的环形磁场直接耦合到被测管线上, 并产生感生电流, 用接收机接收被测管线的信号(如图1所示)。

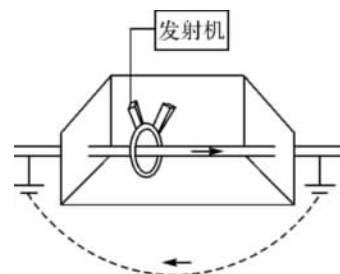


图1 夹钳法示意图

3. 感应法

感应法是通过发射机发射线圈产生一次电磁场, 被测管线受一次电磁场感应产生二次电磁场, 利用接收机接收被测管线产生的二次场信号来进

收稿日期: 2011-01-21

作者简介: 王勇(1965—), 男, 山东肥城人, 博士生, 教授级高级工程师, 研究方向为城市地理信息工程技术及其应用。

行管线探查(如图2所示)。根据压制干扰管线的方式不同,有垂直压线法、水平压线法和倾斜压线法^[8-9]。

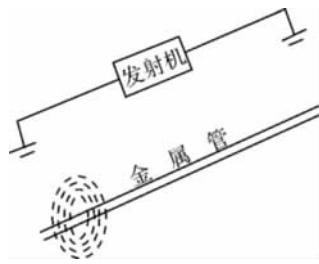


图2 感应法示意图

(1) 直压线法(水平偶极子)

将发射机呈直立状态,置于管线的正上方,可突出目标管线的异常,但当两管线的间距较近时效果不好。

(2) 平压线法(垂直偶极子)

将发射机呈平卧状态,置于管线的正上方,可压制地下管线的干扰,是区分平行管线的有效手段。

(3) 斜压线法(倾斜偶极子)

当相邻管线间距较小时,不宜采用垂直压线法,而采用水平压线法探测效果也不一定理想。此时采用倾斜压线法能取得较好的效果,即发射机线圈倾斜使其与干扰管线不耦合,可达到既能抑制干扰管线的信号,又能增强目标管线的异常。

4. 直读法和精确定深法

直读法是利用接收机中上、下两个垂直线圈(线圈面垂直)分别接收管线正上方产生的磁场水平分量值,根据深度计算公式经仪器计算电路,求得管线埋深,由显示器直接显示深度值。精确定深法常用的有45°法、特征点法。

(1) 45°法

仪器极小值定位后,使接收探头与地面成45°角沿垂直管线走向的方向移动,当仪器出现零值(或极小)点后,零值点到管线在地面投影位置的距离就是管线的埋深(如图3所示)。

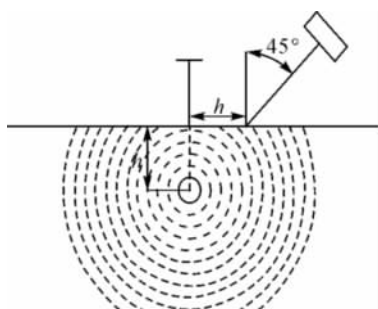


图3 45°法测深示意图

(2) 特征点法

特征点法基于探测设备不同而不同,较常见的有80%法、70%法、50%法、25%法等。70%法是一种经验求深法(如图4所示),即峰值点两侧70%极大值处两点之间的距离为管线的埋深。

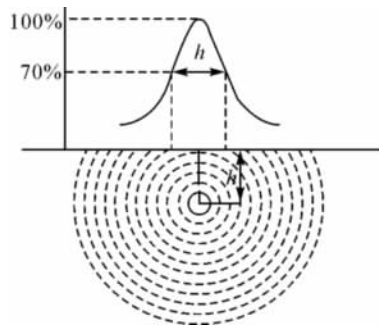


图4 特征点法(70%法)示意图

三、工程实例分析

本文结合工程实例,采用压线法和夹钳法,利用不同的发射频率,对近间距平行地下管线的探测效果进行了分析与比较。同时利用直读法和特征点法(70%法)对管线埋深的探测误差进行了分析。

1. 管线埋设基本情况

试验对象为上海某地间距为1.0 m的并行给水管道和电力直埋电缆。其中,给水管道的管径为300 mm,材质为铸铁,埋深1.1 m;电力直埋电缆埋深0.76 m,如图5所示。

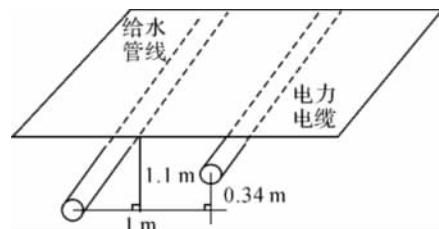


图5 管线平面示意图

2. 压线法与夹钳法结果分析

图6和图7为水平压线法所测得的管线异常曲线,发射器分别水平放在电力直埋电缆和给水管道正上方,分别用80 kHz、38 kHz、9.5 kHz的发射频率发射信号。根据图6的异常曲线可以清晰地分辨出电力直埋电缆的位置,而未观察到给水管线的异常,当发射频率越高时,异常越明显。从图7的异常曲线中虽然能分辨出两个异常,但异常的位置偏离两条管线的实际位置,即不能根据异常的位置来识别管线的位置。

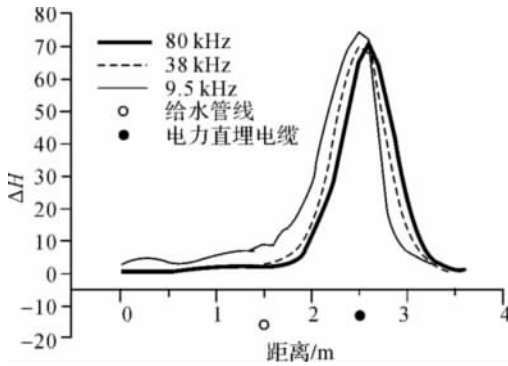


图6 管线异常曲线(水平压线法)

法探测电力直埋电缆时,从异常曲线中能够分辨出其异常,但采用38 kHz的发射频率探测的结果,探测的平面误差要小于80 kHz和9.5 kHz。

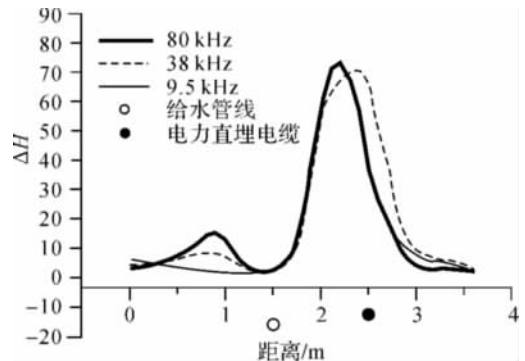


图9 管线异常曲线(垂直压线法)

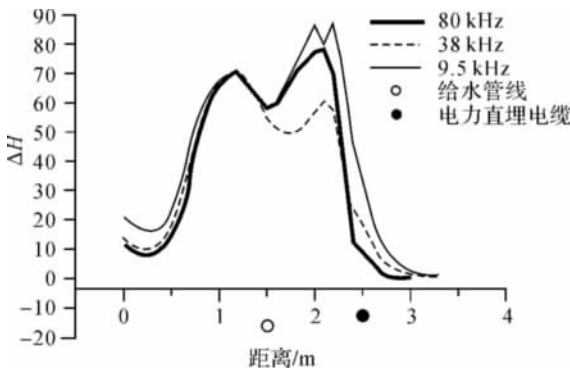


图7 管线异常曲线(水平压线法)

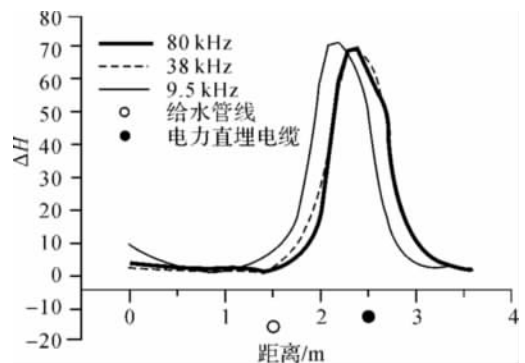


图10 管线异常曲线(倾斜压线法)

图8和图9为垂直压线法所测得的管线异常曲线,发射器分别垂直放在电力直埋电缆和给水管道正上方,分别用80 kHz、38 kHz、9.5 kHz的发射频率发射信号。从异常曲线中可以看到,采用垂直压线法,无论是压制给水管线的信号,还是压制电力直埋电缆的信号,异常曲线图上显示的基本是单峰异常,且异常位置并不位于目标管线的正上方,而是位于两条管线之间靠近电力直埋电缆一侧。

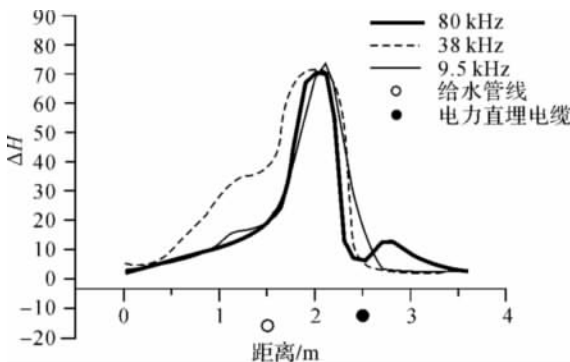


图8 管线异常曲线(垂直压线法)

图11为夹钳法所测的管线异常曲线,夹钳夹在给水管线上,发射器发射频率为38 kHz。采用夹钳法探测时,可以对目标管线——给水管线施以非常容易识别的信号,且信号对并行的电力电缆耦合很少。从异常曲线图中,可比较清晰地分辨出给水管线的位置,而电力电缆未见异常反映。

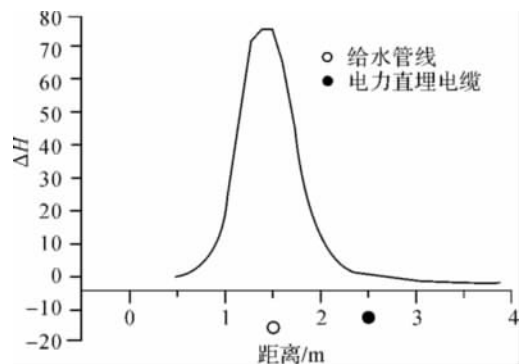


图11 管线异常曲线(夹钳法)

图10为倾斜压线法所测得的管线异常曲线,发射器位于电力直埋电缆和给水管道之间,分别用80 kHz、38 kHz、9.5 kHz的发射频率发射信号。从三种发射频率的异常曲线可以看到,采用倾斜压线

3. 埋深测量结果分析

本文采用了直读法和特征点法(70%法)对管线的埋深进行了测量,计算并分析了不同的激发方

式下所测得的管线埋深,具体结果如表1所示。

表1 管线埋深测量试验结果

管线类型	中心实际埋深/m	激发方式	激发频率/kHz	中心直读埋深/m	直读较差	70%法中心埋深/m	70%法较差		
给水管线	1.1	水平压线	80	1.44	0.31 <i>h</i>	1.0	0.09 <i>h</i>		
			38	1.40	0.27 <i>h</i>	1.0	0.09 <i>h</i>		
			9.5	1.18	0.07 <i>h</i>	1.0	0.09 <i>h</i>		
		垂直压线	1.1	垂直压线	80	1.16	0.05 <i>h</i>	—	—
					38	1.48	0.35 <i>h</i>	—	—
					9.5	1.38	0.25 <i>h</i>	—	—
				夹钳法	38	0.88	0.2 <i>h</i>	—	—
					80	0.72	0.04 <i>h</i>	0.8	0.04 <i>h</i>
					38	0.77	0.01 <i>h</i>	0.7	0.06 <i>h</i>
直埋电缆	0.76	水平压线	9.5	0.77	0.01 <i>h</i>	0.7	0.06 <i>h</i>		
			80	1.38	0.62 <i>h</i>	—	—		
			38	0.91	0.15 <i>h</i>	0.8	0.04 <i>h</i>		
		垂直压线	0.76	垂直压线	9.5	0.89	0.13 <i>h</i>	—	—
					80	0.82	0.06 <i>h</i>	0.8	0.04 <i>h</i>
					38	0.87	0.11 <i>h</i>	0.8	0.04 <i>h</i>
				倾斜压线	9.5	0.91	0.15 <i>h</i>	0.8	0.04 <i>h</i>

注: *h* 为地下管线的中心埋深。

分析表1可以看到:

1) 采用70%法测量的精度要高于直读方法。所有70%法测量的结果其精度均符合现行行业标准《城市地下管线探测技术规程》(CJJ61—2003)^[10]的规定要求;而直读法测量的大部分结果都不能符合规定的精度要求。

2) 直读测量直埋电缆的埋深时,水平压线法的测量结果均符合现行行业标准规定的精度要求;倾斜压线法的测量结果基本符合现行行业标准规定的精度要求;而垂直压线法的测量结果则都不符合现行行业标准规定的精度要求。

3) 给水管线的埋深不宜采用直读测量方法。

四、结 论

通过实例分析,综合所有的试验结果,可以得出如下结论:

1) 近间距并行管线所对应的管线组合比较复杂,不能简单地根据异常峰值的数量来判断有多少条管线。对于近间距并行的管线,可通过改变激发方式来进行探测。各种探测方法各有所长,亦有局限之处,使用时应注意方法的应用条件。

2) 如果现场管线有出露,或有管线的附属物时,应该优先选择夹钳法探测该管线,然后根据现场条件选择相应的探测方法探测其他管线。

3) 与其他压线方法相比,倾斜压线法受现场条

件的限制少,操作简单,取得的探测效果也比较好的,是一种很有效的实用探测方法,可作为近间距并行管线探测的主要方法之一。采用倾斜压线法探测时,适宜选择较高的工作频率进行激发。

4) 采用水平压线法探测时,如果目标管线上有窨井,应优先选择将发射机放在窨井中,并选择较高的发射频率进行信号激发;探测电缆时,适宜选用较低的发射频率。

5) 大多数情况下,采用垂直压线法探测,基本都能够分辨出两条并行的地下管线。

6) 在测量管线埋深时,应优先选择70%法来测量管线的深度,其测量精度一般高于直读法,尤其当测量的对象是管道时更应如此。

总之,加强对近间距平行地下管线探测方法的研究,有利于城市管线探测工作的开展,在进行复杂情况下的管线探测时,应结合与之相应的方法技术进行探测,确保地下管线探测的精确定位。

参考文献:

- [1] 闫振宁,于会山,宋审宇. 地下非金属管线探测方法分析[J]. 聊城大学学报:自然科学版,2009,22(1): 44-46.
- [2] 章剑峰,钱强强,俞杰,等. 复杂情况下城市地下管线探测体会[J]. 城市勘测,2010(3): 148-150.

(下转第40页)

济效益高。

4) 建立土地利用数据库: 采集好空间信息之后, 现场录入属性, 经过系统后台处理、数据格式之间的转换, 更新土地利用数据库。

四、技术的完善和应用前景展望

1) 基于嵌入式系统的多功能 DGPS, 是 3S 集成技术运用的典型成功范例, 是土地调查中的一项新技术, 并且是土地调查技术未来发展的重要趋势。GPS-PDA 的出现就是很好的证明, 它可以将高分辨率的数字栅格地图以及矢量数据叠加, 实现图形显示, 很方便地判读土地使用变更情况, 方便外业测绘工作; 它与 DGPS 技术的结合, 实现了边界的高精度测量, 提高了土地调查成果的质量。另外, 随着计算机技术的发展, 嵌入式设备存储容量得到提高, 系统运行更加稳定, 基于嵌入式系统的多功能 DGPS 在土地调查中的应用定会越来越广泛。

2) 多功能 DGPS, 以嵌入式系统为平台, 以 GPRS、网络通信为支撑, 可以提供从十几厘米、亚米到 2~5 m 的不同层次精度, 能够满足不同测量目的的需要。鉴于此, 它不仅可以在广泛应用于土地调查, 还可以应用到土地执法、矿产资源调查、精细农业、林业、环境监测等各种高精度地理信息空间位置与属性数据的采集行业。

3) 目前, 应用于嵌入式系统的软件功能不够完善, 程序操作较为复杂, 进行空间信息采集和属性信息采集时集成化程度不高, 用实时差分进行测量时, 软件也显得不够成熟。这些是限制其得以推广

应用在其他领域的重要因素。设计开发一款集成化、自动化程度高、操作简易、功能完善的嵌入式 GIS 系统, 仍然是今后很长一段时间的研究热点。

五、结束语

应用基于嵌入式系统的多功能 DGPS 进行土地调查, 能够满足亚米级的精度要求, 并且可以利用遥感图像作为背景, 直接在外业中进行实地测量测绘, 数据可以和土地利用数据库无缝链接, 给土地调查工作带来了很大的方便, 提高了工作效率。随着嵌入式设备的发展和嵌入式 GIS 的进一步完善, 多功能 DGPS 将满足各种层次的精度要求, 可以应用于各种地理空间信息和属性信息采集的行业。

参考文献:

- [1] 刘基余. GPS 卫星导航定位原理与方法 [M]. 北京: 科学出版社, 2003: 206-213.
- [2] 李德仁. 数字省、市在国土规划与城镇建设中的作用 [J]. 测绘学报, 2002, 31(S1): 16-21.
- [3] 何群, 马洪滨, 何蓉花, 等. 基于 3S 与 3G 技术的 GPS-PDA 在全国第二次土地调查中的应用研究 [J]. 测绘通报, 2010(3): 43-46.
- [4] 桂德竹, 李钢, 张成成. 基于 GPRS 的土地变更调查一体化系统应用探讨 [J]. 测绘信息与工程, 2006, 31(5): 26-27.
- [5] 付丽莉, 王志杰, 李刚. 移动 GIS 技术在土地变更调查中的应用 [J]. 海洋测绘, 2005, 26(5): 23-28.
- [6] 余丰华, 吴冲龙, 刘刚. 基于移动 GIS 的野外地质数据采集系统的设计 [J]. 计算机应用, 2004, 24(6): 83-84.
- [7] 杜良法, 李先军. 复杂条件下城市地下管线探测技术的应用 [J]. 地质与勘探, 2007, 43(3): 116-120.
- [8] 赵献军, 伍卓鹤. 近间距并行管线探测方法的效果对比 [J]. 物探与化探, 2004, 28(2): 133-135.
- [9] 成江明. 平行地下管线探测技术与方法的研究 [J]. 中国煤田地质, 2005(17): 89-90.
- [10] 中华人民共和国建设部. CJJ 61—2003 城市地下管线探测技术规程 [S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2003.

(上接第 25 页)

- [3] 余向东. 浅谈城市地下管线探测 [J]. 资源环境与工程, 2008, 22(U12): 102-104.
- [4] 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.
- [5] 张胜业, 潘玉玲. 应用地球物理学原理 [M]. 北京: 中国地质大学出版社, 2004: 1-2.
- [6] 刘忠新, 范士杰. 地下管线探测技术的论述及应用 [J]. 城市勘测, 2003(4): 23-25.