

Application of Integrated Geophysical Methods in Urban Sewage Pipe Exploration

Shalayiding Shadike¹, Peng Yu^{2*}

¹Department of Mechanical and Electronic Engineering, Aksu Vocational and Technical College, Aksu Xinjiang

²State Key Laboratory of Marine Geology, School of Ocean and Earth Science, Tongji University, Shanghai

Email: *yupeng@tongji.edu.cn

Received: Sep. 21st, 2016; accepted: Oct. 5th, 2016; published: Oct. 10th, 2016

Copyright © 2016 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

Abstract

With the development of urban modernization, the detection of underground pipeline is increasingly difficult. The complex urban pipeline network, signal jamming and the limitation of fieldwork sites make the problem of urban engineering geophysical prospecting become unresolved with single geophysical methods. The integrated geophysical methods are therefore becoming the trend of urban geophysical prospecting. In this paper, we apply the integrated geophysical methods to a project of urban sewage pipe exploration in a site of Shanghai. The fieldwork site is limited, and the ground environment drastically changes. In this situation, the single geophysical method is not able to precisely track and locate the position of pipelines. Considering the ground condition and the features of geophysical methods, we combine the GPR with the high-density electrical method to locate the pipelines. The excavated underground situation coincides with detected result which suggests that the integrated geophysical methods are effective in the urban detection of pipeline.

Keywords

High-Density Electrical Method, GPR, Integrated Detection, Underground Pipeline

综合探测方法在城市污水管探查中的应用

沙拉依丁·沙地克¹, 于鹏^{2*}

¹阿克苏职业技术学院机电工程系, 新疆 阿克苏

²同济大学海洋与地球科学学院, 海洋地质国家重点实验室, 上海

*通讯作者。

Email: yupeng@tongji.edu.cn

收稿日期：2016年9月21日；录用日期：2016年10月5日；发布日期：2016年10月10日

摘要

随着城市现代化的发展，地下管线探测难度不断增加。日趋复杂的城市管网，越来越多的信号干扰以及场地施工条件限制等，使得单一物探方法越来越难解决城市工程物探问题，而采用多种物探方法相结合的方式已经成为城市物探的发展趋势。本文通过阐述上海某工地污水管排查项目，由于施工场地限制较大，地表环境变化剧烈，采用单一方法无法对管线进行精确追踪定位，结合现场场地与物探手段特点，采用地质雷达和高密度电法相结合方式探测，经开挖验证无误，体现了综合物探探测法在城市探测管线方面的优势。

关键词

高密度电法，地质雷达，综合探测，地下管线

1. 引言

近年来，综合物探方法以其快速、高效、成本低的特点被广泛应用于探测地下障碍物工作，并取得了较好的物探效果[1] [2]。地质雷达通过向所探测地面下方发射高频电磁波，并接受地下介质界面的反射波来探测地下介质分布，以其分辨率高、定位准确、快速经济等优点被广泛应用于岩土工程勘察、工程质量无损检测、矿产资源研究、城市地下管网普查等众多领域，取得了显著的探测效果。高密度电法是以地下各种地质体的电性差异为基础，通过人工场源建立地下稳定电场，并研究电场的分布规律来解决地质问题的方法。它提高了探测效率，同时作为有效的勘察手段在工程地质、水文地质等方面得到了广泛的运用[3]。在实际工程中，随着城市现代化的发展，地下管线探测难度不断增加。日趋复杂的城市管网，越来越多的信号干扰以及场地施工条件限制等，使得单一物探方法越来越难解决城市工程物探问题，而采用多种物探方法相结合的方式已经成为城市物探的发展趋势。

上海某工地污水管探查项目，前期资料匮乏，管线位置不明，场地类型变化剧烈，前半部分为水泥路面，后半部分为绿化带。根据探测目标体的地球物理特征，地质雷达与高密度电法都能解决工程问题，但由于场地条件限制，水泥路面无法布置高密度测线，而绿化带上由于表层土质过于疏松及有花草的影响，地质雷达波衰减剧烈，反射曲线杂乱，探测效果不理想。而己知绿化带内有一口井，改变了管线方向，但井位置未知，结合现场实际情况，靠单一物探方法不能解决问题。作者在本文中采用高密度电法与地质雷达相组合的方法，结合现场实际施工条件，来探讨综合地球物理方法在工程场地变化剧烈情况时的应用。

2. 综合探测方法原理

2.1. 地质雷达法勘探工作原理

地质雷达(GPR)是通过电磁波在地下介质中传播规律的研究与波场特点的分析，查明介质结构、属性、几何形态及其空间分布特征。地质雷达由地面上的发射天线将高频电磁波以宽频带短脉冲形式送入地下，经地下目标体或不同电磁性质的介质分界面反射后返回地面，为接收天线接收，其余电磁能量穿

过界面继续向下传播，在更深的界面上继续反射和折射过程，直至电磁能量被地下介质全部吸收[4]-[6]。

地质雷达资料解释,包括数据处理与图像解释两个内容[4]-[7]。由于电磁波在传播过程中的存在衰减,地下介质存在不均匀性,使得接收到的波形与原波形存在差异,而在采集过程中存在的各种信号干扰和随机噪音也对采集结果存在影响,因此必须对接收到的信号进行恰当处理,从而得到准确图像,进行准确的地质解释。

2.2. 高密度电法勘探工作原理

高密度电法勘探是利用地下各种介质的电性差异为前提,通过观测和研究人工建立的地下稳定电流场的分布规律来解决地下地质问题。供电电极向地下供电,测量得到不同测点的电位差,通过换算得出每一个测点的视电阻率[8]-[11]。

高密度电阻率法实际上是一种阵列勘探方法,野外测量时只需将全部电极置于测点上、然后利用程控电极转换开关和微机工程电测仪便可实现数据的快速和自动采集,当将测量结果送入微机后,还可对数据进行处理并结出关于地电断面分布的各种图示结果。

3. 工程应用

3.1. 工程概况及方法选取

根据施工单位要求,为保证规划、设计及施工阶段的顺利进行,需要对上海某工区内一根污水管的具体位置进行探明。探测区域位于小区门口非机动车道,人行道及绿化带内,累计面积约 874 m²,四周为住宅小区及绿化园林,不适宜采用大面积开挖的方式进行探明。

本工程工期紧,场地条件变化大。结合现场环境与物探方法特点,先在工区外采用地质雷达确定管线大体方位,后在工区内采用高密度电法确定管线具体位置与埋深。两种方法的测线布置如下图 1。测量区域内布置了 4 条地质雷达测线(蓝色), 4 条高密度电法测线(绿色)。

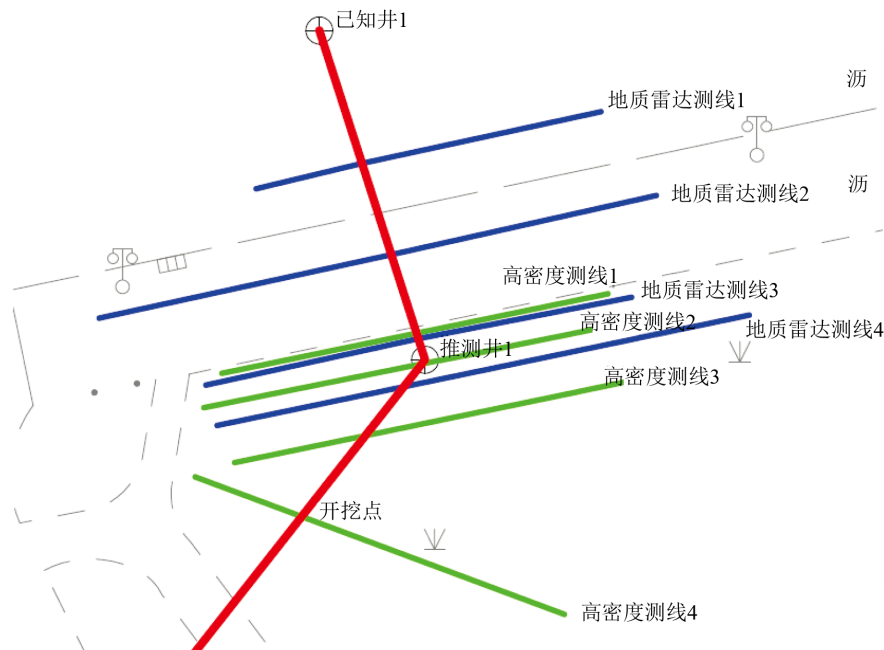


Figure 1. Line plane location map

图 1. 测线平面位置图

地质雷达测线(蓝色)在沥青路面时(测线 1, 2), 探测结果清晰, 在绿化带时(测线 3, 4)结果较差。通过地质雷达探测的结果, 在绿化带上合理布置高密度测线, 通过图像特征分析, 探测目标区域内的管线位置。最后开挖进行结果验证。

3.2. 探测结果处理分析

3.2.1. 地质雷达法

该工程采用俄罗斯 OKO-2 地质雷达进行采集, 频率 150 KMHZ, 采用测距测量的方式进行采集。布置了 4 条地质雷达测线, 其中测线一、测线二布置在水泥路面, 测线三、测线四布置在绿化带。采集结果使用 Hilbert 全通滤波器处理, 使得原信号经过变换后可得出相应的解析信号, 只含正频率成分, 从而更有效、真实地获取信号信息, 有利于分析地下特征, 做出准确判断[12]。

地质雷达测线一(图 2), 测线二(图 3)布置在沥青路面, 地表结构紧密, 成层性较好, 电磁波向下传输信号好, 衰减少。通过数据处理, 发现疑似管线的图像特征(图中白框), 分别位于测线一 4 m 位置, 顶部埋深 2.3 m; 测线二 11 m 位置, 顶部埋深 2.6 m。

测线三、测线四布置在绿化带时, 探测区域内花草茂密, 测线布置困难, 且绿化带地表松散, 电磁波向下传输信号较差, 信号能量衰减大, 反射结果模糊不清, 得不到管线的具体埋藏信息(如图 4, 图 5)。绿化带上无法使用地质雷达进行管线定位。

3.2.2. 高密度电法

针对污水管道与周边地质环境的电性差异, 结合现场施工条件, 采用地质雷达水泥路面的结果做先验信息, 在绿化带上使用高密度电法进行探测。使用的仪器是重庆奔腾地质仪器场生产的 wgm-4, 使用 30 个电极, 电极距 0.5 m。

在测线一(图 6)中 7~8 m 的位置有明显的高阻反应, 异常反应与管线异常反应相一致, 电阻率值约为 $50 \Omega \cdot \text{m}$ 。其位置与地质雷达探测的位置在一条直线上, 深度约为 1.3 m, 推测为所探测管线。

测线二(图 7)与测线一平行, 在 7~8 m 位置有明显的高阻反应, 异常反应与管线反应相一致, 电阻率值约为 $50 \Omega \cdot \text{m}$ 。深度约为 1 m。

在测线三(图 8)中异常高阻体位于测线 5 m 附近位置(图中白框), 高阻异常埋深约 1.3 m, 电阻率值约为 $50 \Omega \cdot \text{m}$, 管线位置与地质雷达的管线位置结果对比发生偏转。

在测线四(图 9)中异常高阻体位于测线 5 m 附近位置(图中白框), 高阻异常埋深约 1.5 m, 电阻率值约为 $50 \Omega \cdot \text{m}$, 管线位置与地质雷达的管线位置结果对比发生偏转。推测为原管道入绿化带内井后, 出井管道方向发生偏转。分别将地质雷达测线一、测线二, 高密度电法测线三、测线四所得到的管线方向延伸, 得到交点为绿化带内未知井的位置。根据施工需要, 在高密度电法测线四 5 m 位置人工开挖, 在埋深 1.6 m 处挖出污水管道, 与探测结果相一致, 得到印证。

3.3. 探测方法对比分析

由测区平面位置图可知, 地质雷达测线一(图 2)、测线二(图 3)位于水泥路面上, 地表成层性较好, 地下介质紧密, 电磁波衰减慢, 地下管线与周围介质介电常数差异大, 有较好的反射信息。高密度电法在水泥路面上由于导电性差, 电极布设困难, 难以发挥探测作用[13]。

高密度测线一(图 6)与地质雷达测线三(图 3)位置及其相近, 探测环境为地表有干扰的绿化带路面。探测区域内花草茂密, 测线布置困难, 且绿化带地表松散, 电磁波向下传输信号被松散的土壤所吸收, 信号能量衰减大, 反射结果模糊不清。高密度电法通过人工场源构建地下稳定电场, 绿化带的土壤导电性能好, 给予高密度电法探测前提, 结合图像分析, 管线位置探测清楚[14]。

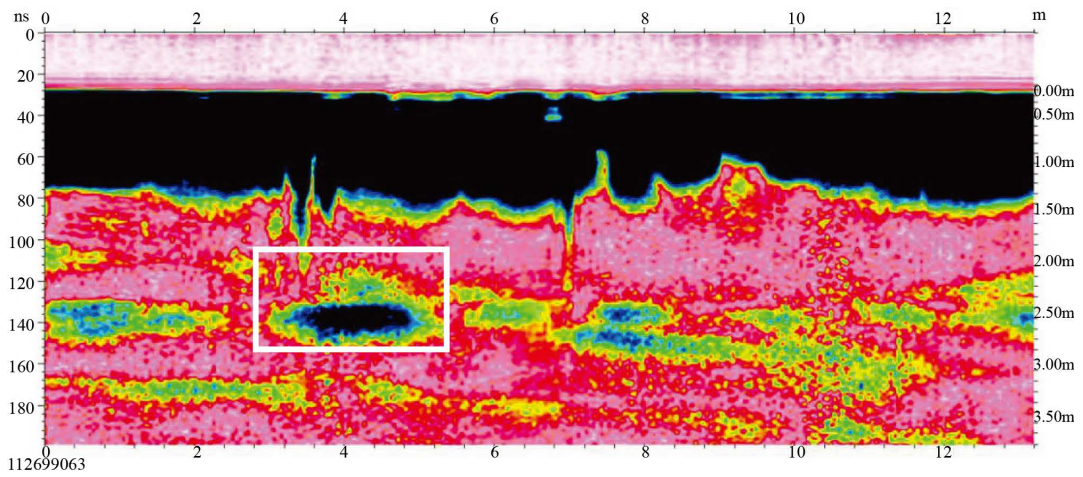


Figure 2. Geological radar line 1
图 2. 地质雷达测线 1

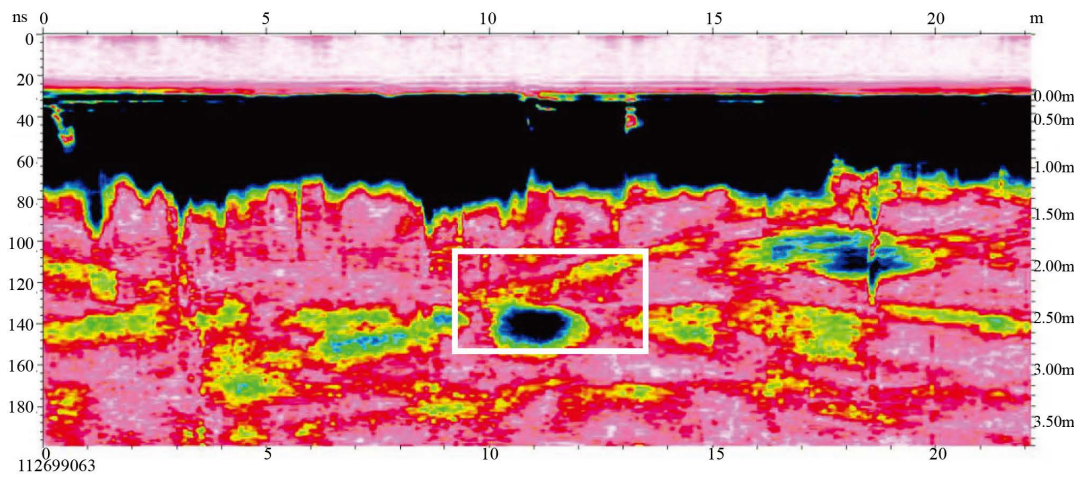


Figure 3. Geological radar line 2
图 3. 地质雷达测线 2

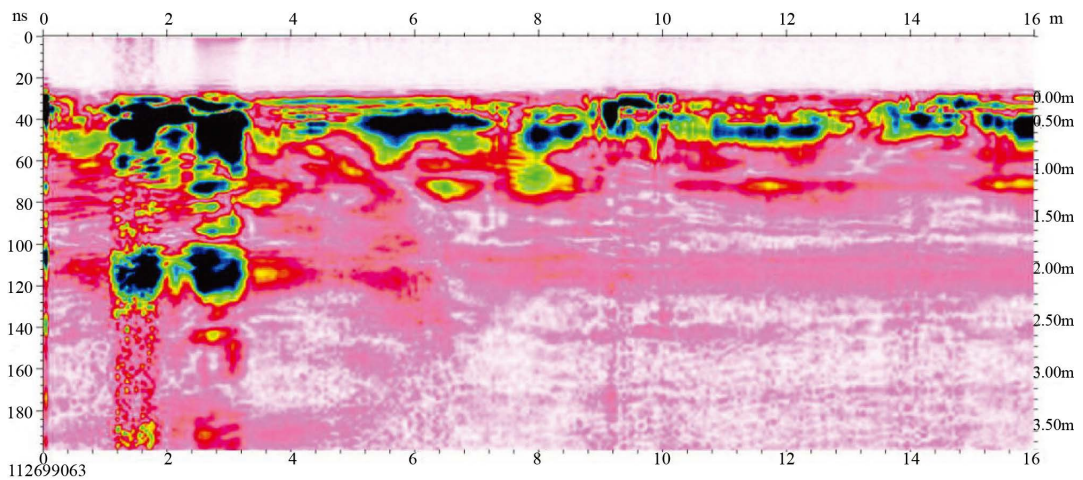


Figure 4. Geological radar line 3
图 4. 地质雷达测线 3

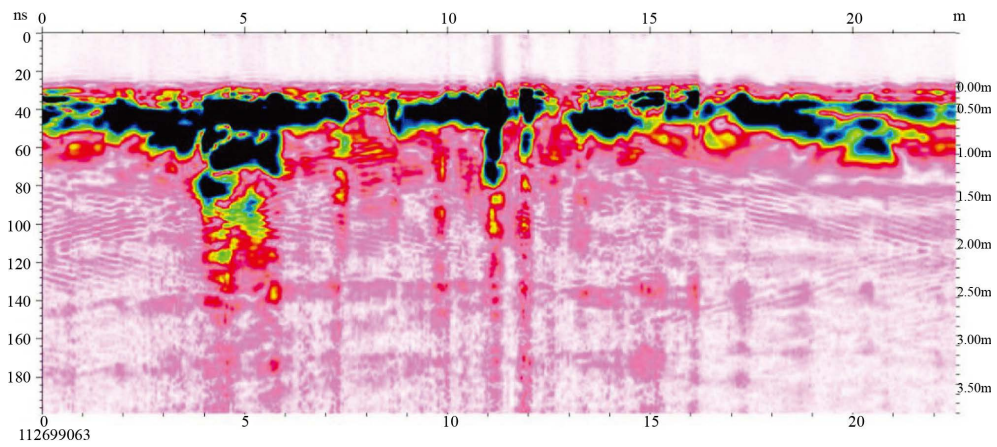


Figure 5. Geological radar line 4
图 5. 地质雷达测线 4

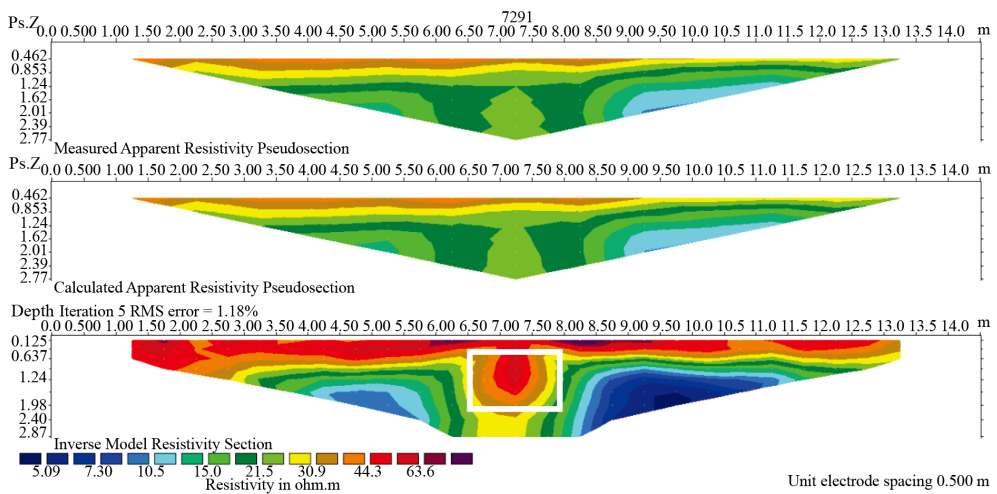


Figure 6. High density electrical method of line 1
图 6. 高密度电法测线 1

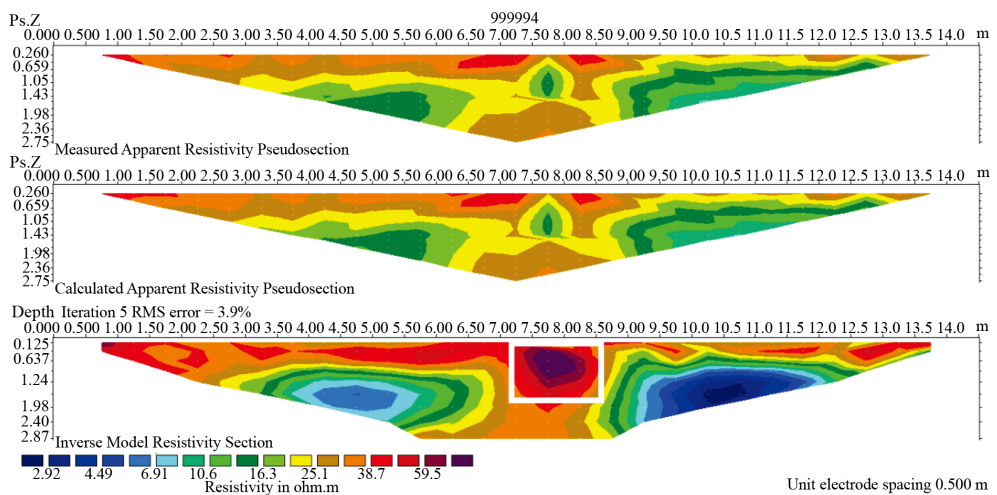


Figure 7. High density electrical method of line 2
图 7. 高密度电法测线 2

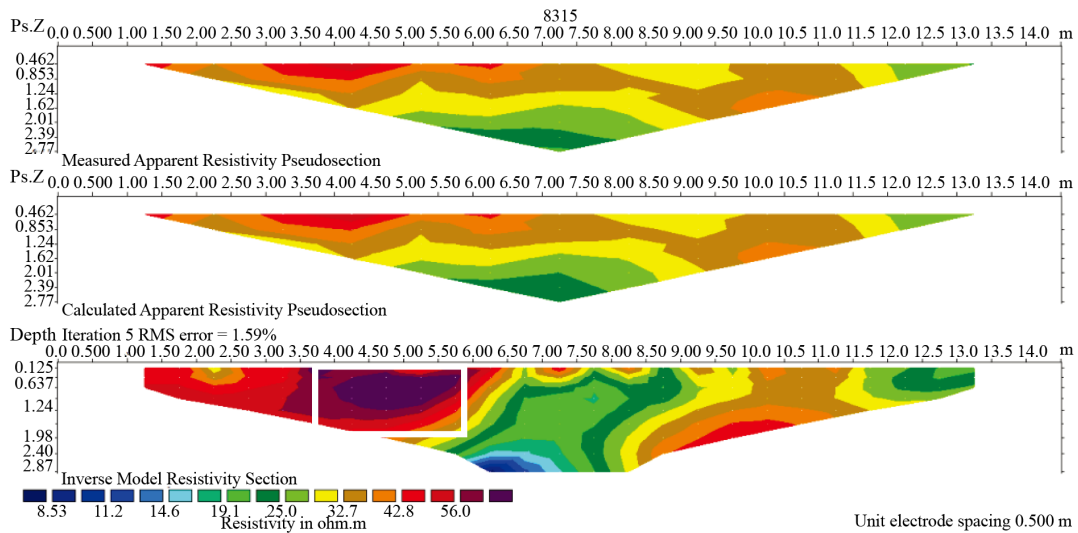


Figure 8. High density electrical method of line 3
图 8. 高密度电法测线 3

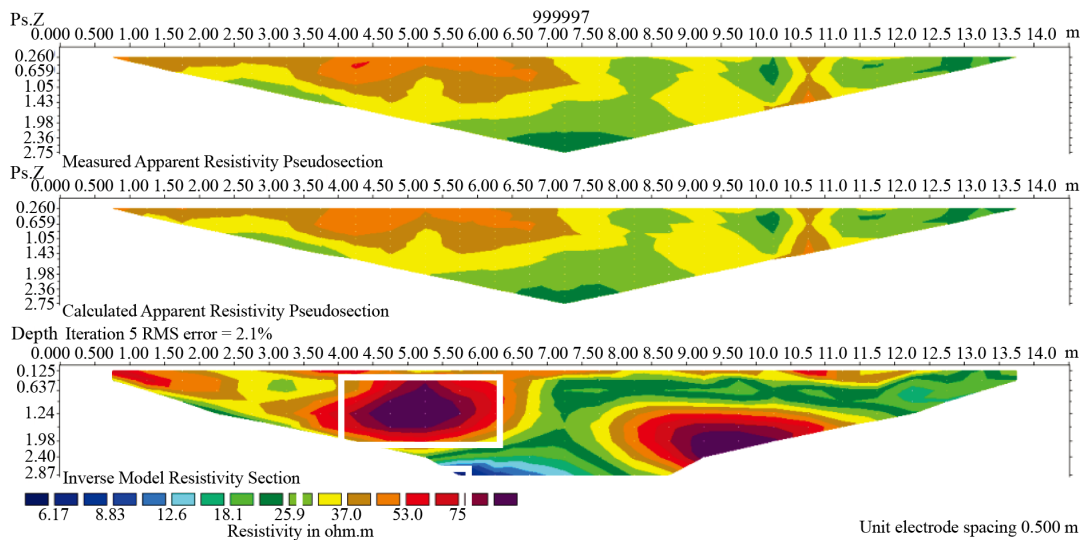


Figure 9. High density electrical method of line 4
图 9. 高密度电法测线 4

4. 结语

1) 地下管线的探测是物探工程中的一项内容，物探的前提是地下介质在某种物理性质上存在差异，比如密度、导磁率、电阻率等。任何一种探测方法的能力都是有限的，只能在一定的条件和范围内适用。多种探测方法的综合运用，相互验证，才能避免单一方法的局限性，充分发挥各种方法的优势。

2) 探测时，需要充分利用现场已知管线条件，则可以节省探测时间和探测工作量。同时也要根据施工区域的地层分布特点，合理的选择探测方法，有必要时要进行多种探测方法的综合运用以达到比较理想的探测目的。

3) 通过实例验证，地质雷达适用于较为平整的路面条件，表层介质致密均匀，探测物体与周围介质存在介电常数的差异。高密度电法适用于表层导电性好，探测目标体与周围介质存在电阻率差异的情况。

综合考虑目标体的物理特性与探测环境, 采用合适的地球物理方法组合解决工程问题, 是综合地球物理发展的趋势。

参考文献 (References)

- [1] 张继伟. 综合探测方法在隧洞塌方体调查中的应用[J]. 工程地球物理学报, 2015, 12(4): 489-494.
- [2] 邵奎, 黄宁. 综合物探方法在广东某区铅锌多金属矿勘查中的应用[J]. 工程地球物理学报, 2015, 12(4): 484-488.
- [3] 田玉杰, 张晓东. 高密度电法在工程勘察中的应用[J]. 西部探矿工程, 2014(9): 88-90.
- [4] 李勃. 地质雷达在工程中的应用[J]. 西部探矿工程, 2013, 25(9): 151-156.
- [5] 陈穗生, 梁瑜萍. 复杂条件下地下的管线探测方法[J]. 物探与化探, 2008, 32(1): 96-100.
- [6] 陈光荣, 董栋. 地质雷达探测地下管线技术要点[J]. 工程技术, 2014(13): 87-88.
- [7] 许国礼, 徐洪苗. 高密度电法在工程勘察及检测中的应用[J]. 中国非金属矿工业导刊, 2014(6): 53-55.
- [8] 邓世坤. 探地雷达野外工作参数选择的基本原则[J]. 工程地球物理学报, 2005, 2(5): 323-329.
- [9] 刘彦华, 熊章强, 方根显, 谢尚平, 张志勇. 综合物探方法在泰井高速公路滑坡调查中的应用[J]. 工程地球物理学报, 2007, 4(4): 295-298.
- [10] 许锡昌, 陈晓东, 刘伟. 地质雷达和高密度电法在废弃矿井探测中的应用[J]. 岩土力学, 2002, 23(s1): 126-128.
- [11] 何伟, 于鹏, 张罗磊, 王家林, 吴建生. 高密度电法在探测地下金属与非金属组合管线中的应用[J]. 工程地球物理学报, 2008, 5(1): 95-98.
- [12] 向阳, 李玉冰, 易利, 王腾飞, 王晨龙. 排列方式及电极距对高密度电法异常响应的影响分析[J]. 工程地球物理学报, 2011, 8(4): 426-432.
- [13] 王皓, 于鹏, 向阳. 突出尖锐边界的高密度电阻率反演方法[J]. 工程地球物理学报, 2012, 9(5): 516-521.
- [14] 张英德, 刘江平, 刘良琼. Hilbert 变换在地质雷达数据处理中的应用[J]. 工程地球物理学报, 2004, 1(4): 349-352.

期刊投稿者将享受如下服务:

1. 投稿前咨询服务 (QQ、微信、邮箱皆可)
2. 为您匹配最合适的期刊
3. 24 小时以内解答您的所有疑问
4. 友好的在线投稿界面
5. 专业的同行评审
6. 知网检索
7. 全网络覆盖式推广您的研究

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: me@hanspub.org