

探地雷达在地下障碍物探测中的应用

薛飞¹ 吴赛钢² 吴宝杰³¹杭州市城市基础设施建设发展中心 浙江 杭州 ²浙江省建筑科学设计研究院有限公司 浙江 杭州 ³

摘要介绍了探地雷达探测技术 结合工程实例中场地情况和探测任务阐述了野外数据采集参数的设置和测线的布置 通过对采集的数据进行一系列的处理 得出目标物较为突出的雷达剖面图 采用曲线拟合法求取电磁波传播速度 最终精准地定出地下管线的位置和埋深 并开挖验证了探测结果

关键词探地雷达 地下障碍物 定位 速度

中图分类号 838 文献标识码 F 文章编号 1674-8441/2018/04-0083-04

f

a

F

在工程建设中 当基础采用桩基时 对桩基施工影响最大的是地下的不明障碍物 地下废旧的混凝土构件 管线等不明障碍物 因年代久远 无资料查询 难以预测 地下存在的不明障碍物导致无法正常进行桩基施工 不但影响了工程进度 而且还会带来严重的经济损失^[1] 因此在桩基施工之前应查明地下不明障碍物 以保证桩基施工的顺利进行

探地雷达有高分辨率 快捷 无损并能实时显示地下图像等特点 能够探明施工区地下管线的敷设情况 确保施工安全 减少由于不明地下管线的分布而造成的经济损失^[2-4] 因此越来越得到工程界的青睐

1 探地雷达技术原理

探地雷达是利用超高频 $n/10^8$ o 脉冲电磁波探测地下介质分布的一种地球物理勘探方法 探地雷达在地下管线探测中的应用前提是 目标管线体与周围介质的电磁性参数存在明显差异 金属管线与周围介质存在明显的电磁性差异 电磁波在金属管道界面上几乎全部被反射回来 非金属管线除管线本身材质与周围介质存在一定差异外 更主要的是管道内如水 气体等介质与周围介质电磁性差异更大

电磁波在介质中的传播特性反映了地下界面上下介质的物理性差异 该差异越大 反射波越强 振幅越大 通过对在地面上接收到的反射波同相轴的几何形态 反射波振幅及波形等特征的对比分析 便能确定地下管线的空间位置 从而对地下管线进行精准定位

管线的平面位置可根据里程计现场定位 目标到测线的垂直距离为

$$d = \frac{s^2}{4s}$$

式中 d 为目标体到测线的垂直距离 s 为电磁波在介质中的传播速度 m c 为光速 $3 \times 10^8 m/s$

ϵ_r 为介质相对介电常数 可以通过经验值或测定获得 t 为记录的反射电磁波双程走时 L 为发射天线与接收天线之间的距离

2 工程实例

某工程位于杭州半山 工程基础正在打桩施工 附近有半山发电厂 该发电厂通过地下管线为某村提供热水 由于管线铺设历史悠久 无资料可查 已知管线材料为铸铁 为确保桩基正常施工 避免民事纠纷 有必要探明管线的具体走向和埋深

2.1 数据采集

因为桩基施工区域位于田间 土质为淤泥质黏土 且水位埋深约为 $1.5m$ 电磁波衰减厉害 介电常数较大 考虑一般情况下管线埋深在 $1m$ 以内 因此选择中心频率 $100MHz$ 的天线 电磁波在探测范围内的传播速度初步拟定为 $150m/ms$ 时窗取值 $10ns$ 根据选定的天线主频 采样率取 $100MHz$ 天线收发距 $1m$ 步距 $0.5m$ 施工地势较为平坦 为了提高探测速度 采用里程计进行触发 这样也有利于现场准确定位管线 测

线围绕桩基施工区域边界布置

数据处理与解释

对原始数据进行如下处理 6(原始数据的编辑 根据目标物的反射时间切除冗余时间 =(滤波 滤掉与仪器自身感应现象和动态范围限制有关的极低频成分数据 +(低通滤波 消除高频噪声 提高信噪比 /(增益 使雷达波的信号得到适当补偿 增强信号能量 通过一系列数据处理 得到雷达剖面图 见图 6

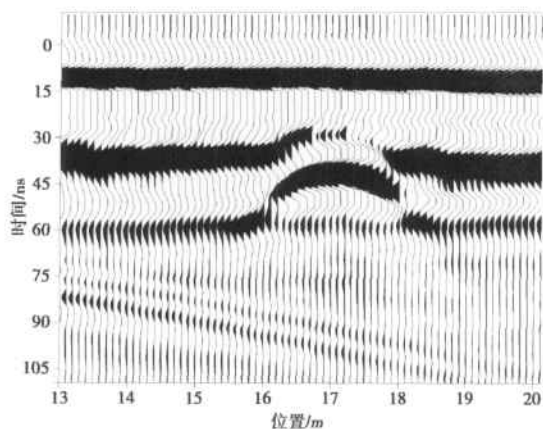


图1 雷达剖面

由于金属管壁与淤泥质黏土的介电常数相差很大 电磁波在金属管道的上管壁发生了全反射^[10] 从图 6 可以看到 圆形管线作为孤立的埋设物其反射波同相轴为开口向下的抛物线 管线顶部反射能量最强

图 = 和图 + 为未通过增益处理的单道波形

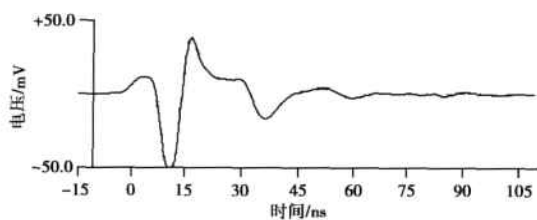


图2 测线 14 m 位置的波形

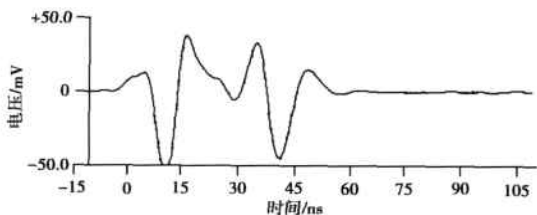


图3 测线 17 m 位置的波形

图 = 为测线 6/ 位置的单道波形图 从波形上看 无管顶反射信息 只有层位反射信息 图 + 为测线 68 位置的单道波形图 时间轴在 =0 处开始出现负相位 与入射波的相位相反 这是由于金属的介电常数

比淤泥质黏土大 管顶反射出现极性反转 一般金属管壁的介电常数比周围介质大很多 电磁波在金属管道的上管壁发生了全反射后 反射能量与入射波相当 但是由于信号衰减缘故略低于入射能量

雷达仪器记录的只是电磁波的双程走时)见图 6(要想知道目标物的埋深 就必须进行信号的时深转换 而时深转换的关键是确定电磁波在介质中的传播速度

速度的求取方法如下 6(利用地层参数计算 =(由已知深度的目标标定 +(用双曲线拟合 /(用宽角法或共中心点法确定 0(利用反射系数确定

双曲线拟合适合圆形状长轴物体的探测 速度求取精准 由于目标物是圆形管线 采用双曲线拟合的方法 根据图 / 所示得出下面的公式^[18]

$$=) = 5 = (6\pi$$

式中 为天线)收发天线看成整体(与目标物的水平距离 见前文

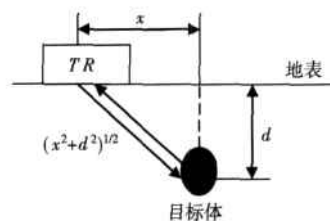


图4 双曲线拟合原理

由上式可知 与 为双曲线关系 因此可以用双曲线拟合的方法推断速度值

由图 0 对图 6 的雷达剖面图进行双曲线拟合可知 管线和天线之间的电磁波叠加速度值约为 s 7.09 n 通过时深转换可知管顶埋深约 s 7. 管线中心位置大致位于距离该测线 68 76= 处 从而在该测线的雷达剖面图上精准地定位了管线的位置和埋深 同理 在另一测线的雷达剖面图上也精准地定位了管线的位置和埋深 由于打桩区域较小 且地势较为平坦 根

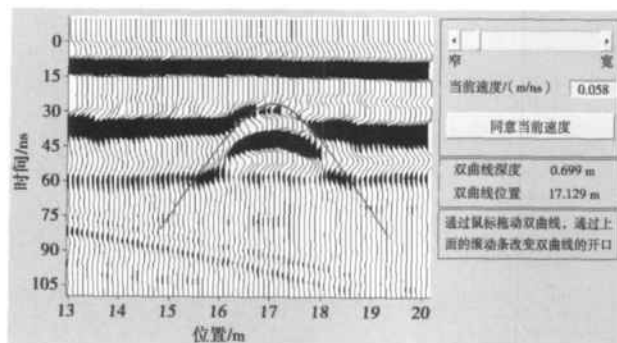


图5 速度拾取

据现场调查判断管线通过此区域的形态必是直线 因此通过已探测出的两点位置便可定出管线的走向 雷达剖面在现场探测时可实时显示 通过现场定位 避免了盲目布置测线 提高了工作效率

为了避免打桩时破坏到管线 应该根据雷达所探测的管线位置和埋深指导开挖 以便施工时避开管线 现场开挖照片见图 P 由于水位较浅 管顶距水面约 m8 通过开挖可知 管线走向与探测结果相符 管顶埋深约为 mG 与探测结果也一致



图 6 现场开挖照片

结 语

探地雷达方法具有速度快 探测精度高 实时显示等优点 其应用领域在不断扩展 但是要充分发挥这一技术手段的优势 必须将实际工程问题与探地雷达技术的自身特点结合起来加以考虑 采用合适的工作方法 选择正确的工作参数 才能取得理想的探测效果

在野外探测时尽可能采用里程计触发 这样可快速采集数据 且里程计有后退功能 若现场发现异常 可通过里程计及时后退 精准定出目标物在测线的位置 同时通过现场观察可排除干扰 异常 便于室内资

上接第 Jnm页

双重意义

S 地下水对工程施工影响的本质是 地下水遵循达西定律等基本规律在岩土固相结构空隙中运动 并与岩土固相结构发生交互作用 从而改变岩土三相结构 使岩土三相结构及其工程力学特性发生变化 在施工扰动的作用下 一方面岩土宏观结构发生破坏 失衡 另一方面三相结构发生进一步变化和失衡 这些变化 失衡历经复杂发展 异化过程 并以降低承载力 渗透破坏等形式宏观地表现出来 其直接后果就是影响工程施工活动 最终影响工程施工目标体系的实现

料处理解释

杭州地区淤泥质黏土较厚 水位较浅 电磁波衰减厉害 传播速度低 这大大限制了探地雷达的探测深度 因此天线的选择至关重要 而且探测前应根据探测目的进行可行性分析

对于圆形状长轴目标物 曲线拟合法可以较为准确地求取电磁波在经过的介质中的叠加速度 从而准确地求出目标物的具体埋深

探地雷达在地下管线障碍物探测方面是一种十分有效的高分辨率的地球物理探测工具 准确率较高 得到的雷达剖面可精准地反映地下管线的位置及埋深 也因此 在市政施工领域中被广泛应用 MET

参考文献

- J 韦宏鸽 高文 杨顺安7浅层旧房基障碍物雷达定位探测 7工程勘察 Jo oo J PGPr7
- S 袁明德7探地雷达探测地下管线的能力 7物探与化探 SmmS SP S JaS9JPS7
- A 战玉宝 张利民 尤春安7探地雷达探测地下管线的研究 7岩土力学 Smm Sa JAA9JAP7
- n 吴宝杰 张莉 杨桦 等7探地雷达在基坑流砂掏空区探测中的应用 7工程地球物理学报 SmmG n a nSa9nSo7
- a 张汉春 曹震峰7探地雷达在地下管线竣工测量中的应用 7工程地球物理学报 SmmG n a Ao a9Aoo7
- P p p f p [p c [I SmmA aa9Jr A7
- G 吴宝杰 都彤宇 姜贤斌7探地雷达在路基病害检测中的应用 7市政技术 Smmr SP a nSn9nSS7

收稿日期 Sml n9 ml9SP

作者简介薛飞 JoGo9 男 浙江杭州人 工程师 学士 主要从事城市基础设施建设工作

A 针对地下水对工程施工的影响 我们应在三大原则的指导下 通过科学 民主 系统化的程序 综合采用管理性 技术性对策 把地下水对工程施工的影响控制在可行的程度 从而实现整个问题的最佳解决 MET

参考文献

- J 王成华7土力学 [武汉 华中科技大学出版社 Smlm ra7

收稿日期 Sml n9 ml9Sm

作者简介李水平 JoCJ9 男 陕西白水人 高级工程师 一级建造师 注册安全工程师 主要从事工程技术以及企业与项目管理工作