

# 地质雷达在非金属管线探测中的应用与研究

## Application and Research of Ground Penetrating Radar in Non-metallic Pipeline Detection

张黎黎 张广博 毛秋胜

Lili Zhang Guangbo Zhang Qiusheng Mao

湖北省电力勘测设计院有限公司 中国·湖北 武汉 430027

Hubei Electric Power Survey and Design Institute Co., Ltd., Wuhan, Hubei, 430027, China

**摘要:** 由于传统的金属管线因造价较高、消耗大量金属资源、安装麻烦、容易腐蚀等诸多缺点正被渐渐淘汰,现在地下管线的铺设多采用造价相对较低、容易铺设、易维修的非金属管线,特别是给水和燃气管道。但是,因非金属管线本身不具备导电、导磁的性质,使得现今在探测非金属管线的准确探测成为管线探测项目中的一大难题。论文围绕非金属管线探测问题,采用地质雷达方法,结合实验数据,提出了最佳探测效果参数,并取得了较好的探测效果和探测精度,具有很好的实际应用价值。

**Abstract:** Due to the high cost, consumption of a large amount of metal resources, installation difficulties, and easy corrosion of traditional metal pipelines, they are gradually being phased out. Nowadays, underground pipelines are mostly laid using relatively low cost, easy to lay, and easy to maintain non-metallic pipelines, especially water and gas pipelines. However, due to the lack of conductive and magnetic properties of non-metallic pipelines themselves, accurate detection of non-metallic pipelines has become a major challenge in pipeline detection projects. This paper focuses on the detection of non-metallic pipelines, using the geological radar method and combining experimental data to propose the optimal detection effect parameters, and has achieved good detection results and accuracy, which has great practical application value.

**关键词:** 非金属管线探测; 地质雷达; 介电常数

**Keywords:** detection of non-metallic pipelines; ground penetrating radar; dielectric constant

**DOI:** 10.12346/etr.v5i6.8195

### 1 地质雷达工作原理

地质雷达通过雷达天线对隐蔽目标体进行全断面扫描的方式获得断面的垂直二维剖面图像,具体工作原理是:当雷达系统利用天线向地下发射宽频带高频电磁波,电磁波信号在介质内部传播时遇到介电差异较大的介质界面时,就会发生反射、透射和折射<sup>[1]</sup>,详见图1。两种介质的介电常数差异越大,反射的电磁波能量也越大<sup>[2]</sup>,反射回的电磁波被与发射天线同步移动的接收天线接收后,由雷达主机精确记录下反射回的电磁波的运动特征,再通过信号技术处理,形成全断面的扫描图,工程技术人员通过对雷达图像的判读,判断出地下目标物的实际结构情况。电磁波的传播取决于介质的电性,介质的电性主要有电导率 $\mu$ 和介电常数 $\varepsilon$ ,前者主要影响电磁波的穿透(探测)深度,在电导率适中的情况

下,后者决定电磁波在该物体中的传播速度<sup>[3]</sup>,因此,所谓电性介面也就是电磁波传播的速度介面。不同的地质体(物体)具有不同的电性,因此,在不同电性的地质体的分界面上,都会产生回波。探地雷达记录时间和勘查深度的关系如下<sup>[4]</sup>:

$$z = \frac{1}{2}vt = \frac{1}{2} \cdot \frac{c}{\sqrt{\varepsilon_r}} \cdot t$$

式中,  $Z$  为目标体的深度;  $t$  为雷达记录时间。

### 2 非金属管线探测

论文采用加拿大 SSI 公司生产的 PulseEKKO PRO 地质雷达进行探测实验,采用 100MHz、250MHz 两种天线进行

【作者简介】张黎黎(1988-),男,中国湖南衡阳人,硕士,工程师,从事城市地下管线探测、工程测量等方面的研究。

实验, 通过采用不同天线间距、不同管径、不同埋深等参数分析得到最佳的探测效果。

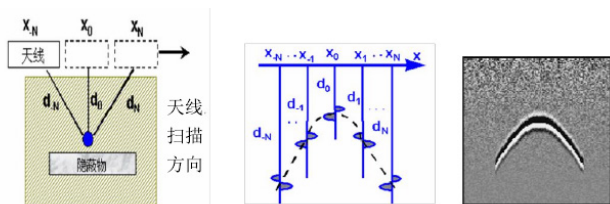


图 1 地质雷达示意图

### 2.1 不同天线中心频率

实验选用 100MHz、250MHz 天线, 分别探测埋深 0.72m 的雨水管线材质为砼, 管径为 200mm。

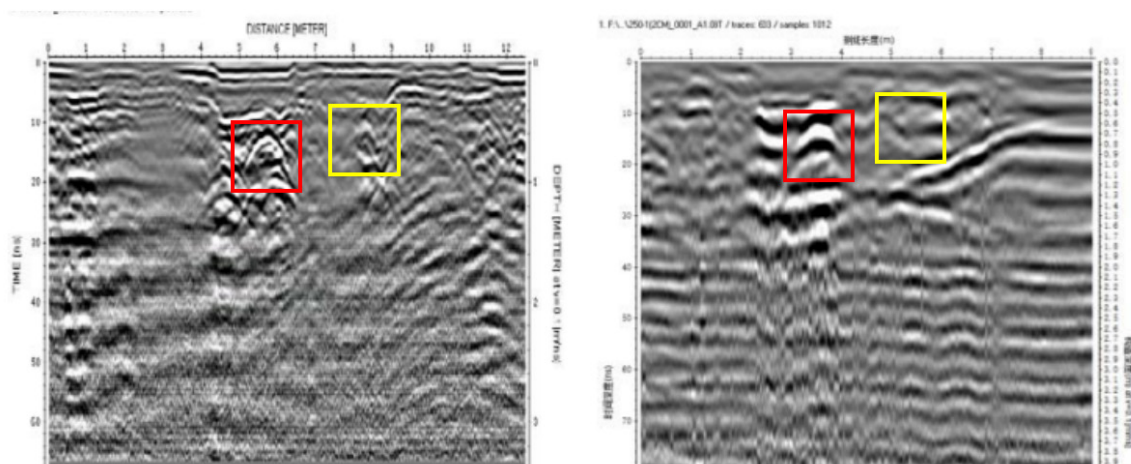
图 2 为 100MHz、250MHz 天线探测管径为 200mm。埋深为 0.72m 的成果图, 两个雷达图对比, 可以发现 250MHz 的图像反映的雨水轮廓更为清楚, 且在浅部还有其他地下管

线, 黄色方框内的异常, 而 100MHz 天线没有异常。

采用非屏蔽天线探测管线时, 不同的天线间距会影响目标管线的反射信号。本次实验采用 100MHz 非屏蔽天线, 对已知的给水管线进行探测, 给水管线埋深 1m, 管径为 200mm, 分别采用 0.8m、1m 和 1.2m 的间距进行探测。从图 3 可以得出, 随着天线间距的增加, 探测效果越差, 其中天线间距为 0.8m 时, 探测效果最佳。

### 2.2 不同的埋深

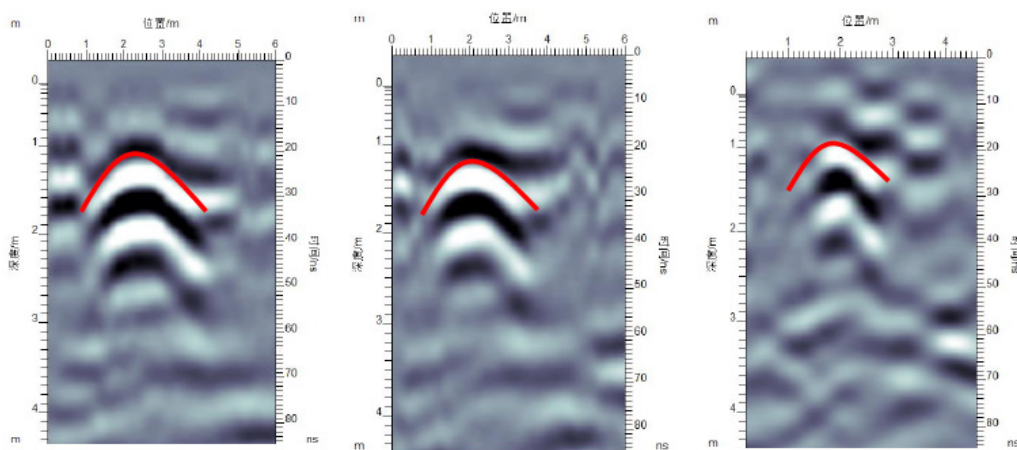
实验选择 100MHz 天线对一组已知的污水管线进行探测, 污水管线的管径均为 300mm, 埋深分别为 1.1m、1.5m、1.85m。从图 4 中可以得出, 污水管埋深 1.1m 时, 探测双曲线成果清晰, 尾部轮廓同样清楚, 能够探明埋深和管径; 污水管埋深 1.5m 时, 管顶异常明显, 但尾部轮廓已经不清楚, 只能探明埋深, 管径无法探测; 污水管埋深 1.85m 时, 地质雷达成果图上已经没有异常, 说明已经超出地质雷达探测范围。



(a) 250MHz 地质雷达成果图

(b) 100MHz 地质雷达成果图

图 2 雨水管线地质雷达成果图



(a) 0.8m 间距成果图

(b) 1m 间距成果图

(c) 1.2m 间距成果图

图 3 不同间距地质雷达成果图

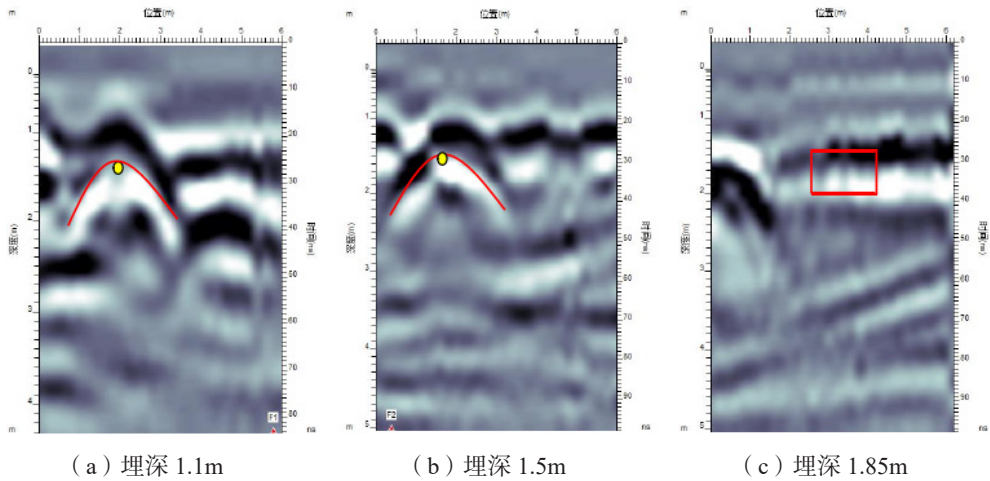


图4 不同埋深地质雷达成果图

### 2.3 不同的管径

实验选择 250MHz 天线对埋深为 1m, 管径分别为 100mm、150mm、200mm、300mm 的污水管进行探测。从图 5 可以看出, 当污水管线管径为 100mm 时, 地质雷达无法识别, 污水管径为 150mm 时, 地质雷达探测双曲线异常不明显, 容易被忽略, 当管径为 200mm 时, 双曲线异常明显, 尾部轮廓清楚, 当污水管径为 300mm, 图像异常最明显, 尾部轮廓清楚。

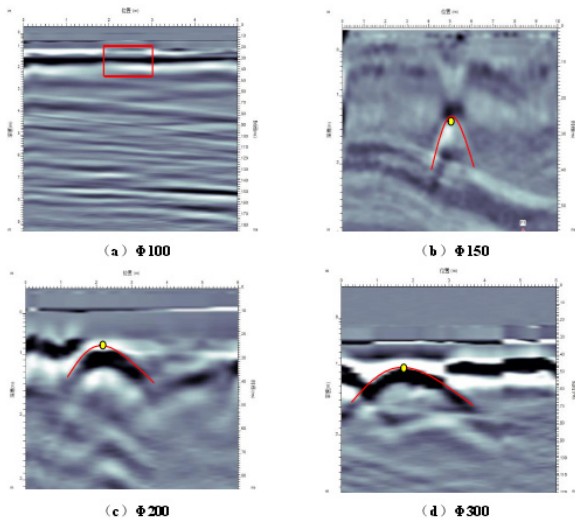


图5 不同管径地质雷达成果图

### 3 结论

论文采用地质雷达方法对非金属管线进行研究, 分别选择不同天线频率、不同的埋深和不同的管径进行实验, 取得了较好的探测效果, 总结了针对不同情况下非金属管线探测的经验, 得到结论如下:

①在非金属管线探测中, 地质雷达的中心频率越大, 管线探测的分辨率越高, 但探测深度就越浅, 地质雷达的中心频率越小, 管线探测的分辨率越低, 但探测深度就越深。

②当地质雷达的接收与发射天线间距为 0.8m 时, 非金属管线探测效果较好。

③地质雷达中心频率为 250MHz 天线的最小探测非金属管线管径为 150mm, 地质雷达中心频率为 100MHz 天线的最大探测深度为 1.5m。

### 参考文献

- [1] 任卫波.探地雷达在地下管线探测中的应用[J].城市建设理论研究(电子版),2017(4):166-168.
- [2] 陈军,赵永辉,万明浩.地质雷达在地下管线探测中的应用[J].工程地球物理学报,2005(4):260-263.
- [3] 范亚男.地下管线探测中探地雷达技术应用研究[J].测绘通报,2015(S1):46-48+53.
- [4] 张鹏,董韬,马彬,等.基于探地雷达的地下管线管径探测与判别方法[J].地下空间与工程学报,2015,11(4):1023-1032.