

地质雷达探测过程中干扰物的图像识别

鲁建邦

(中铁三局集团有限公司, 太原 030001)

摘要: 为了保证施工安全与质量,采用地质雷达进行施工前期地质情况调查和施工质量无损检测。通过对探测过程中外界干扰因素形成的图像进行识别,提高地质雷达探测图像识别的准确率。对地质雷达探测过程中地面高压输电线、隧道衬砌台车、避车洞等干扰物形成的雷达图像进行了分析判别,研究确定了高压输电线、隧道衬砌台车、避车洞等干扰物在雷达图像上的表现形式。该研究成果可为地质雷达、地质勘察和无损检测图像解释提供参考,能有效提高地质雷达探测图像识别的分析效率和准确率。

关键词: 地质雷达; 图像识别; 干扰物

中图分类号: P 631.3; U 45

文献标志码: A

文章编号: 1672-741X(2011)06-0686-04

Interpretation of Interfering Factors in Detection by Geological Radar

LU Jianbang

(China Railway No. 3 Engineering Group Co., Ltd., Taiyuan 030001, China)

Abstract: In order to guarantee the safety and quality of the construction, geological radar is used to detect the geological conditions and the construction quality. The accuracy of the geological radar detection can be improved by means of interpretation on the interfering images. In the paper, analysis is made on the images of the geological radar detection induced by the high-voltage power line, lining formwork trolley and niches. The paper can provide reference for the image interpretation in geological radar detection in the future.

Key words: geological radar; image interpretation; interfering factor

0 引言

地质雷达作为一种快速、高分辨率、连续的无损检测技术已经广泛地应用于工程地质勘测、灾害地质调查以及工程施工质量检测、隧道衬砌质量检测、超前地质预报、岩溶普查等诸多领域^[1-7]。赵玉良等^[2]、窦顺等^[3]认为雷达探测可以较准确地查明溶洞、地下水、断层及不良地质体的位置和分布情况,并对探测的距离进行探讨;郭有劲^[4]、李江林等^[5]认为采用地质雷达对隧道衬砌质量检测具有较好的效果;钟世航等^[6-7]在溶洞和溶隙的探测方面通过陆地声纳技术与地质雷达技术的综合应用,证明这2种方法可互证、互补;兰樟松等^[8]、陈辉光^[9]对地质雷达探测过程中部分干扰因素进行了研究和分析。

业内有人曾就干扰物对雷达图像的影响进行了一些分析和研究,但在实际的工程探测过程中会出现众多的外界干扰物,且作业的环境也不尽相同。如在进行外业工作时遇到垂直经过或者斜交经过高压线路、在进行隧底检测中遇到模板台车和台架、隧道衬砌检测过程中邻近避车洞等均会对探测数据的采集造成影

响,并在采集图像上留下很明显的干扰信号。识别这些干扰,对提高地质雷达图像识别的准确性、丰富干扰物图像库等方面都大有裨益。本文正是基于以上考虑,结合现场工程实例对地质雷达在上述领域使用过程中的干扰物图像识别进行阐述。

1 地质雷达技术

1.1 地质雷达工作原理

地质雷达检测方法是利用主频电磁波($10^6 \sim 10^9$ Hz)探测介质电性分布的一种地球物理方法。高频电磁波以宽频带短脉冲的形式在介质表面通过发射天线将信号传入介质内部,其路径、波形将随所通过介质的电性质及几何形态变化,经地下目标体或地层反射界面反射后返回地面,由接收天线接收,通过对所接收的雷达信号进行分析处理,达到探测地下或者隐蔽处目标体的目的^[10]。

1.2 地质雷达测试过程中的干扰因素

雷达设备的干扰因素主要有仪器内部干扰和外界干扰2种。仪器内部干扰主要表现为天线盒震荡信号干扰、天线控制电路之间干扰、发射与接收天线的直接

收稿日期: 2011-07-29; 修回日期: 2011-09-16

作者简介: 鲁建邦(1964—),男,陕西蒲城人,1988年毕业于兰州铁道学院铁道工程专业,本科,高级工程师,现从事安全管理工作。

耦合干扰等。仪器的内部干扰相对稳定,在气候发生变化时内部干扰也会产生不稳定的变化。仪器的外界干扰主要有现场的金属台车和台架、检测用的台车、工程勘测过程中外界高压输电线路、外界的电磁波等,同时由于干扰因素的存在,在进行数据分析的过程中很容易将干扰因素作为异常情况进行处理;另外,由于干扰信号在雷达测试图像上形成的结果也会覆盖实际地质情况信号反映的缺失,给施工安全和质量保证留下隐患。

2 有关干扰物的干扰图像特征分析

2.1 高压输电线的干扰图像特征

2.1.1 孤立地物在地质雷达剖面的反射

地质雷达发射的电磁波为三维空间球面波。目前使用的地质雷达天线多数为屏蔽式天线,实际天线在发射和接收过程中仍然会接收到来自周围空间的干扰物及空间电磁波的干扰信号,进而在图像上留下干扰物的电磁波反射图像。

地质雷达测线附近地面存在孤立的物体,电磁波就会通过空气传播到该物体,并产生反射波。电磁波在空气中传播时能量衰减几乎为零,反射波的能量很强,当天线从这些孤立的物体旁通过时会在雷达剖面上形成一个双曲线异常^[9],见图1。

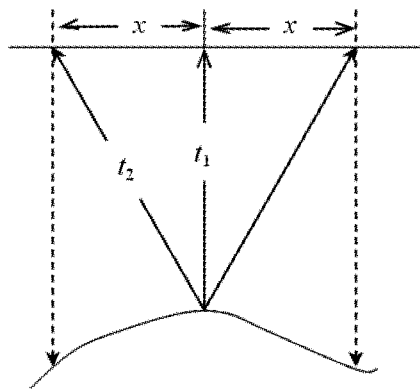


图1 孤立物体在雷达图像上形成的双曲线

Fig. 1 Hyperbola in radar image caused by isolated objects

由图1可得到双曲线方程

$$t_1^2 c^2 + x^2 = t_2^2 c^2。$$

孤立地物在地质雷达剖面上的完整反映同向轴应为双曲线形状,与地下介质中孤立目标的反映类似,通过现场检测证明了此类情况的存在。

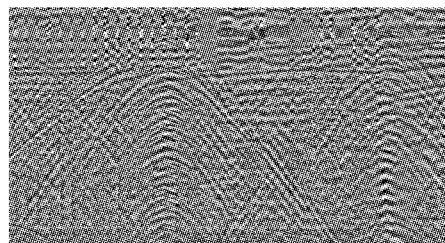
2.1.2 高压输电线路在雷达剖面的成像

兰樟松等^[8]认为当雷达测线垂直通过输电线,天线的极化方向与输电线方向平行时,输电线引起的干扰呈双曲线型,其顶点正对于输电线的下方,尤其是高压输电线,其影响范围达50~80m。

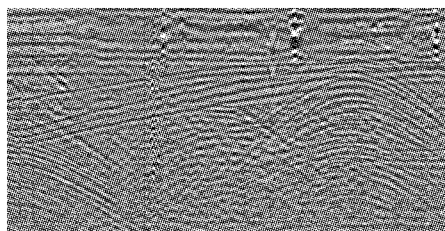
在进行工程地质勘测过程中,尤其是一些市政工程施工前的管线调查时,地面有与测线垂直的高压输

电线,高压输电线在雷达图像上产生的反射图像具有同向轴的反射弧,与管线的反射图像存在很大的相似之处。因此,在进行图像分析过程中需结合现场的实际地质地貌进行有针对性的分析筛选,逐一排除干扰因素。

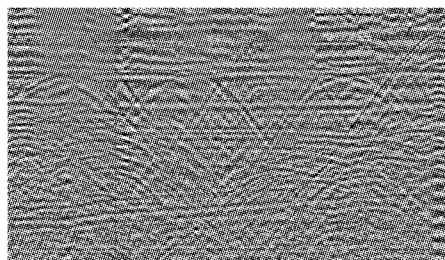
图2为某城市道路地质雷达探测图。从图2可看出在雷达图上存在比较明显的双曲线反射信号。根据前期的施工地质勘察报告得知在该区域不存在地下管道,且该双曲线的深度和跨度均已大大超过一般地下管道的尺寸大小,个别影响范围已达100m左右,初步判断不可能是来自于地下目标体的反射图,应为地上物的反射。根据现场记录,发现在测线经过范围内存在高压输电线,如图3所示。综合以上分析判断:在图2上明显的双曲线反射信号为高压输电线的干扰反射信号,此信号可作为干扰信号进行处理。



(a) 雷达图1



(b) 雷达图2



(c) 雷达图3

图2 高压线干扰的雷达图

Fig. 2 Radar images interfered by high-voltage power line

2.2 隧道内台车和台架的干扰图像特征

电磁波在金属表面会产生全反射,反射系数接近1,反射波能量强,电磁波中心频率不会降低,应用高频天线探测隧道中的钢筋时,钢筋形成清晰的反射弧,呈半张开的伞形。地质雷达天线通过地表金属物时会产生强反射,在地质雷达剖面上反映为强能量同向轴出现,并且反射波会在金属物和天线之间产生多次反射,在剖面上表现为强能量同向轴垂向延续时间长的特点^[11]。



图3 测线上方的 高压线

Fig. 3 High-voltage power line above survey line

图4为隧道内仰拱质量检测雷达图,由于现场条件限制,存在1部衬砌台车和1部台架,在探测过程中考虑到台车和台架可能对采集信号产生干扰,故结合现场的具体条件,分2种工况分别对该区域进行探测,以判断台车和台架对雷达探测是否存在干扰和形成干扰反射图像。需要说明的是,由于采集过程中隧道仰拱表面平整度较差,天线与接触面的耦合不完全,图像上存在一些干扰。

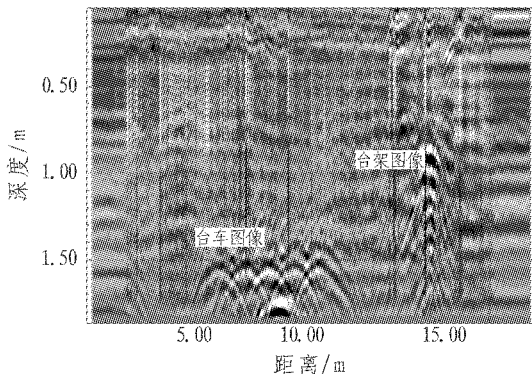


图4 台车和台架干扰的雷达图

Fig. 4 Radar image interfered by formwork trolley and platform

1)第1种工况(测线方向背离隧道出口)。在台车和台架位置均不改变的情况下进行仰拱检测。图4的下部存在2处明显的弧形反射,2处图像的中间距离与台车和台架的中心点距离基本吻合。

2)第2种工况(测线方向朝向隧道出口)。改变台车和台架之间的距离,保持台车的位置不变,移动台架。测线沿与第1种工况相反的方向重新进行检测,发现图像中只存在1处明显的弧形反射,且位置与第1种工况一致,见图5。

综合判断,图4中明显的双曲线反射信号是台车和台架产生的干扰信号。

2.3 隧道内避车洞图像特征

在左右边墙的检测中,天线需要经过避车洞,图6

为经过避车洞时的反射图像,从图6中可看出避车洞的反射图像类似于双曲线形状。

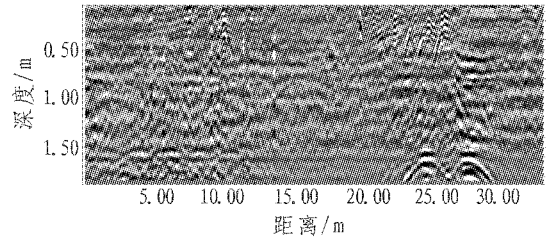


图5 台车干扰的雷达图

Fig. 5 Radar image interfered by formwork trolley

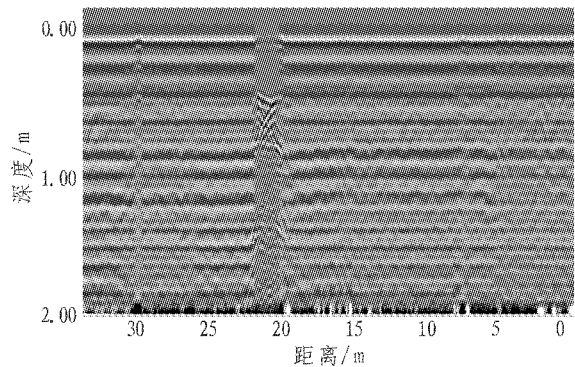


图6 避车洞的雷达图

Fig. 6 Radar image interfered by niche

3 结论与讨论

1)在采用地质雷达进行地质勘探及无损检测时,周围介质中存在诸多干扰因素,这些干扰因素会产生很强的干扰信号,但这些信号均存在明显的特征。比如:信号的影响范围远超过一般的地下目标体大小;反射信号的波速接近于电磁波在空气中的传播速度以及反射图像呈现明显的双曲线等。

2)在实际的雷达数据采集过程中,需要及时准确地记录各种可能存在的干扰因素,总结各种干扰信号的图像特征,排除干扰图像,提高地质雷达探测的准确性。

3)地质雷达无损探测中的干扰信号可以通过选择一定的数字处理技术进行抑制,比如对于绕射波可采取信号压制技术进行处理等,有针对性地提高信噪比,使得雷达图像质量得以提高。但同时也应注意,在采用信号压制技术的过程中,应保证其他信号的完整性和真实性。在地下管线等的探测过程中,一般的管线直径均小于高压线的干扰图像大小,可通过尺寸比较进行识别;同时在实际的检测过程中,需要认真做好现场记录,尤其是在地面存在诸多干扰物时,需对干扰物的大小、位置、材质进行记录,便于图像分析过程中参考比对。

4)地质雷达作为一种快速、经济的无损检测手段,在地质勘探、隧道无损检测等方面发挥着越来越重

要的作用,应该大力推广和使用。本文的目的也在于通过对地质雷达使用过程中一些常见干扰物图像的解析,提高雷达信号处理的准确性和工作效率。

参考文献(References):

- [1] 李大心. 探地雷达方法与应用[M]. 北京:地质出版社, 1994. (LI Daxin. Methods and application of ground penetrating radar [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1994. (in Chinese))
- [2] 赵玉良,李建华. 地质雷达探测溶洞等地质体机理研究及实例分析[J]. 隧道建设, 2007, 27(3): 12-15. (ZHAO Yuliang, LI Jianhua. Mechanisms study and case analysis on detection of geological body (karst cave) by means of geological radar[J]. Tunnel Construction, 2007, 27(3): 12-15. (in Chinese))
- [3] 窦顺,侯殿英. 瓦窑坡隧道岩溶地质超前预报[J]. 铁道工程学报, 2011(5): 7-10. (DOU Shun, HOU Dianying. Advanced karst geological forecast area for Wayaopo tunnel [J]. Journal of Railway Engineering Society, 2011(5): 7-10. (in Chinese))
- [4] 郭有劲. 地质雷达在铁路隧道衬砌质量检测中的应用[J]. 铁道工程学报, 2002(2): 75-78. (GUO Youjin. Exploration and application of geology radar for quality examination of railway tunnel lining[J]. Journal of Railway Engineering Society, 2002(2): 75-78. (in Chinese))
- [5] 李江林,关淑萍. 探地雷达在隧洞衬砌质量检测中的应用[J]. 隧道建设, 2010, 30(1): 7-11, 49. (LI Jianglin, GUAN Shuping. Application of ground penetrating radar in quality inspection of tunnel lining[J]. Tunnel Construction, 2010, 30(1): 7-11, 49. (in Chinese))
- [6] 钟世航,孙宏志,李术才,等. 隧道施工时探查、预报断层、岩溶、地下水的技术新进展:将隐患变成明示,将危险消灭在发生之前[J]. 隧道建设, 2008, 28(5): 22-30. (ZHONG Shihang, SUN Hongzhi, LI Shucui, et al. New progress in detection and forecasting of faults, karst caves and ground water during tunnel construction: Making hidden danger clearly and preventing danger from happening[J]. Tunnel Construction, 2008, 28(5): 22-30. (in Chinese))
- [7] 钟世航,孙宏志,王荣,等. 隧道掌子面前方地质预报的进展[J]. 隧道建设, 2007, 27(4): 12-16. (ZHONG Shihang, SUN Hongzhi, WANG Rong, et al. Progress of geology forecasting ahead of tunnel face by means of geophysical technology[J]. Tunnel Construction, 2007, 27(4): 12-16. (in Chinese))
- [8] 兰樟松,张虎生,张炎孙,等. 浅淡地质雷达在工程勘察中的干扰因素及图像特征[J]. 物探与化探, 2000(5): 68-71. (LAN Zhangsong, ZHANG Husheng, ZHANG Yansun, et al. A tentative discussion on interference factors and image characteristics in the application of geological radar to engineering exploration [J]. Geophysical and Geochemical Exploration, 2000(5): 68-71. (in Chinese))
- [9] 陈辉光. RAMAC 地质雷达无损探测图像识别技术研究[J]. 华东公路, 2009(1): 84-86.
- [10] 薄会申. 铁路隧道衬砌质量检测与评价地质雷达技术实用手册[M]. 北京:地质出版社, 2006. (BO Huishen. User's guide of quality examination of railway tunnel lining and estimate of ground penetrating radar technique [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2006. (in Chinese))
- [11] 许新刚,李党民,周杰. 地质雷达探测中干扰波的识别及处理对策[J]. 工程地球物理学报, 2006(2): 36-40. (XU Xingang, LI Dangmin, ZHOU Jie. Identifying interference wave in GPR and its counter measure [J]. Chinese Journal of Engineering Geophysics, 2006(2): 36-40. (in Chinese))

西秦岭左线隧道正洞掘进突破 20 000 m 大关

截至 11 月 8 日,中铁隧道集团二处有限公司施工的兰渝铁路西秦岭隧道 XQLS2 标,在隧道地质复杂多变,第 2 掘进工序转换难度大、转换时间长及施工运输距离长等诸多困难的情况下,隧道出口 TBM 掘进 6 534.8 m,正洞掘进达到 20 767.8 m,拱墙衬砌完成 12 075.4 m,突破万 m 大关,施工总产值达到 11.42 亿元。

2011 年 9 月 TBM 第 2 掘进段开始掘进后,项目部通过精心策划、优化斜井施工方案,为确保节点工序的完成,加强斜井皮带 3 次转载运输同步技术攻关,按照 TBM 施工特点,进一步优化掘进施工方案,抓安全,抓质量,合理调配出口及斜井人力资源和各种机械设备,克服了斜井和出口管理跨度大、交通运输紧张、雨水多、资金紧张等多种困难,按期完成中铁隧道集团有限公司兰渝指挥部下达的阶段性掘进任务。

(本刊记者 2011-11-10)