

铁路隧道工程质量检测中地质雷达的应用研究

Study on the Application of Ground Penetrating Radar in Quality Inspection of Railway Tunnels

袁清强

Qingqiang Yuan

中铁二十局集团第四工程有限公司, 中国·山东 青岛 266061

China Railway Twenty Bureau Group Fourth Engineering Co., Ltd., Qingdao, Shandong, 266061, China

【摘要】论文针对铁路隧道工程质量检测中地质雷达的应用,在简要阐述地质雷达检测相关设备和原理的基础上,结合实例分析了地质雷达在铁路隧道工程质量检测中的具体应用。最后得出应用地质雷达检测技术可大幅度提升检测精确性的结论,希望对相关单位有一定帮助。

【Abstract】In view of the application of the geological radar in the quality inspection of railway tunnel engineering, the specific application of GPR in the quality detection of railway tunnel engineering is analyzed on the basis of a brief description of the related equipment and principles of GPR detection. Finally, it is concluded that the application of GPR technology can greatly improve the accuracy of the test. Hoping to provide some help to the relevant units.

【关键词】铁路隧道; 工程质量; 地质雷达; 具体应用

【Keywords】railway tunnel; construction quality; geological radar; specific application

【DOI】<http://dx.doi.org/10.26549/gcjsygl.v2i4.762>

1 引言

大量应用实例表明,在铁路隧道工程质量检测中应用地质雷达检测技术,既能实现无损检测,还能提高检测的效率和准确性,可以为地铁隧道工程施工提供真实有效的依据。但我国对此方面的研究还不够深入,因此,论文基于实例,对铁路隧道工程质量检测中地质雷达的应用做了如下分析。

2 案例分析

某铁路隧道施工中,为判定衬砌施工质量,采用地质雷达探测技术进行检测,该铁路隧道拱顶衬砌厚度为50cm,围岩为IV级,在具体探测中,采用了美国生产的SIR3000型地质雷达作为主要探测工具,天线频率为400MHz,采样点数为510

个,采样方式为连续采样,检测时的波速标定为 0.1m/n s ,在拱顶下方月30cm的位置,发生了二级混凝土脱空雷达反射信号,并为达到设计标准,需要返工处理,具体隧道衬砌拱顶检测雷达图像如图1所示。

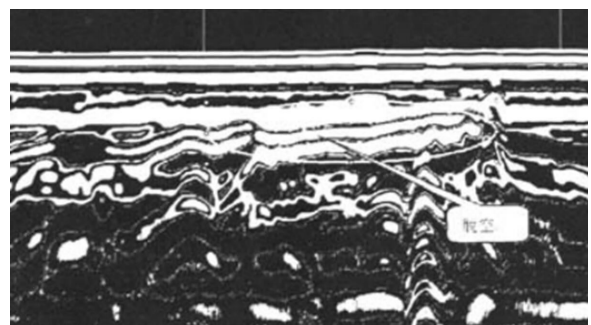


图1 隧道衬砌拱顶检测雷达图像

3 地质雷达检测项目和设备仪器的选择

通过地质雷达检测技术,可以实现对铁路隧道工程的衬砌、混凝土厚度、密度、隧道底部钢筋分布情况的全方位检测。就案例工程而言,地质雷达采用了美国 GSSI 公司生产的 SIR3000 型号雷达,和其他地质雷达相比,SIR3000 采用了全球最先进的控制器和数字化处理软件,具有体积小、重量轻、耗能低、检测数据清晰、抗干扰性强等特点,检测深度可达 3.2m,可有效满足铁路隧道工程质量检测各个方面的要求。

4 地质雷达检测原理

地质雷达技术在国际上被称之为 GPR,可以发出 12.5~2500MHz 的脉冲电磁波信号,具体的检测原理如图 2 所示。

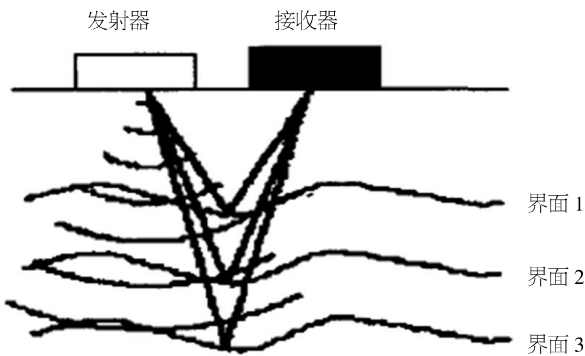


图 2 地质雷达检测简易图

从图 1 中可以看出,当电磁波信号遇到不同界面时,就会折射或者投射,接收器可以接收到反射回来的电磁波信号,然后根据接收器接收到的时间、振幅强度等参数,就可以推断出被测物体的具体位置、形状、结构等^[4]。在铁路隧道工程质量检测中,地质雷达检测技术可以被良好地应用在衬砌厚度、衬砌回填密度、内部钢架、钢筋等检测中。当电磁波从一种介质进入到另一种介质时,由于不同介质之间的电常数、波阻抗等存在较大差异,就会在这两种介质的界面上产生反射电磁波,然后根据电磁波反射的实际情况,就可以分析发生变化的位置。物体的电导率和介电常数是影响电磁波传播的主要参数,其中电导率会影响电磁波探测的深度,而介电常数则会对电磁波传递的速度造成影响。

在铁路隧道工程质量检测中应用地质雷达时,天线主频比较大大约在 400~1000MHz 之间,在具体检测中,所遇到的介质多为无磁性介质,所以,在分析计算机电磁波传播速度时,只需要对介电常数进行分析计算即可,地质雷达电磁波传播速度和介质分界面深度计算公式为:

$$v = \frac{c}{\sqrt{\epsilon r}}$$

$$h = \frac{c \times t}{2 \times \sqrt{\epsilon r}}$$

上述公式中 h 表示介质分界面深度 (m);t 表示地质雷达发出和接收到电磁波的时间 (n s);c 表示电磁波正常空气中的传播速度(0.3m/n s);v 表示电磁波在衬砌混凝土中的传播速度(m/n s); ϵr 则表示介质的相对介电常数^[4]。

5 铁路隧道工程质量检测中地质雷达的应用

5.1 地质雷达检测布置方式

布置地质雷达是铁路隧道工程质量检测的首要工序,在布置时要最大限度地保证检测的精确性,需要根据检测对象的不同,合理布置检测线。在进行场地和空洞检测时,要在二维空间上布置覆盖目标体测线,简而言之,就是在二维坐标 x 轴和 y 轴两个方向上进行测线布置,就案例工程而言,为保地质雷达检测的精度和效率,要在隧道环向上布置多条检测部位纵向测线,然后再沿着隧道纵向铺设一定间隔的环向测线作为补偿^[4]。

多数情况下,铁路隧道测线主要布置方法为:在隧道拱顶布置 1 条测线,在隧道左右拱腰位置分别布置 1 条测线,在隧道两个边墙上各布置 1 条测线,隧道仰拱位置同样布置 1 条测线。总共布置 6 条测线,各条测线之间的间隔控制在 8m~12m 为最佳。如果采用点测的方式对铁路隧道工程质量进行检测,则每个断面上的测点不能少于 8 个,如果在检测中发现了不合格的地段,则要适当增加测线和测点,以保证检测的精度。

5.2 天线和采用时窗的应用

在案例工程检测中,采用了 400MHz 天线,在具体检测时要把检测的重点放在混凝土回填检测和衬砌厚度检测这两个环节中,采用时窗要根据情况选择,本次检测中采用了 20n s~40n s 采样时窗,采样的深度控制在 1.8~2.0m。如果在钢支撑、钢筋分布情况检测时则要采用 900~1200MHz 天线进行检测,采样时窗要控制在 20~25n s 之间,采样的深度则要控制在 0.8~1.0m^[4]。

5.3 现场检测

现场检测是土质雷达检测铁路隧道工程质量的主要环节,需要着重控制现场检测方式方法,才能最大限度保证检测质量。具体而言可以从以下几个方面入手。

第一,在进行现场检测时,要保证雷达天线贴近混凝土衬砌表面,并保证打码标记位置的精确性。

第二,为最大限度保证地质雷达检测的质量,在实际检测过程中,要尽量保证天线移动的均匀性和平稳性,同时,还要对仪器扫描的速度和现场实际条件进行充分考虑,地质雷达

天线移动的速度要控制在 $3\sim 5\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ 为最佳。

第三,边检测边记录,现场要对每条测线的编号、检测的方向、间隔、选择天线的种类等参数进行全面记录,为保持检测质量,要及时清理干扰电磁波传播物体。比如:照明电缆、铁支架等。

5.4 检测数据处理和分析

在采用地质雷达来检测铁路隧道工程质量时,地下介质可以作为一个相对比较复杂的低通滤波器,而地质雷达发射出的电磁波是一种拉长或者衰减的雷达子波,电磁波经过各层介质反射和叠加后,就会导致各层反射波的出现时间、能量、极性参数变得模糊不清,需要通过一系列处理才能使用。开展数据处理的主要目的是降低随机和有规律的干扰,提高雷达剖面的分辨能力,从大量电磁反射波中提取出有用参数,以便更加清楚直观地展示不同介质的物理特性。雷达检测数据处理的主要步骤为^[9]:先进行背景去噪声,以便最大限度地抑制随机干扰噪声,从而提升相关信息和数据的清晰度;然后通过自动增益处理技术或者手动增益处理技术,补偿被测介质吸收和抑制杂波;最后,进行全方位的滤波处理,去除高

频或者不符合检测目标的数据。

6 结语

综上所述,论文结合实际案例,深入研究了铁路隧道工程质量检测中地质雷达的应用,研究表明,把地质雷达检测技术科学合理地应用到铁路隧道工程质量检测中,不但可以实现无损检测,而且还能有效提升检测的效率和准确性,值得大范围推广应用。

参考文献:

- [1]崔景亮.地质雷达法在铁路隧道施工质量检测中的应用[J].山东交通科技,2015(4):72-75.
- [2]杨文.地质雷达在铁路隧道工程衬砌质量检测中的应用探讨[J].甘肃科技纵横,2015,44(2):55-57.
- [3]景胜.地质雷达在铁路隧道检测中的应用及典型图像分析[J].西部探矿工程,2015,27(4):188-191.
- [4]谢迎春.地质雷达在铁路隧道衬砌质量检测中的应用[J].西部探矿工程,2017,29(1):183-184.
- [5]李超.应用地质雷达的隧道工程质量检测流程与方法研究[J].科技资讯,2015,13(20):77.