

doi: 10.11720/wtyht.2017.4.30

卢贤锥.探地雷达在铁路隧道检测中的应用[J].物探与化探,2017,41(4):775-778.http://doi.org/10.11720/wtyht.2017.4.30

Lu X Z.Application of ground penetrating radar in railway tunnel inspection[J].Geophysical and Geochemical Exploration, 2017, 41(4):775-778.http://doi.org/10.11720/wtyht.2017.4.30

探地雷达在铁路隧道检测中的应用

卢 贤 锥^{1,2}

(1.福建省地质工程勘察院,福建福州 350002; 2.福建省地质灾害重点实验室,福建福州 350002)

摘要: 基于铁路隧道衬砌质量检测项目,结合探地雷达检测过程中发现的一些问题,列举了不同地质情况下,隧道衬砌检测、衬砌背后回填密实程度检测、钢筋检测、钢架检测的典型雷达图像特征。

关键词: 探地雷达;隧道;衬砌检测

中图分类号: P631 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-8918(2017)04-0775-04

0 引言

探地雷达(ground penetrating radar,简称 GPR)是一种利用高频电磁波的反射原理探测目标体的一种高频脉冲的电磁方法。探地雷达技术是一种无损检测技术,广泛地应用于岩土工程勘察和工程质量检测之中^[1-4]。福建省物探工程勘察院采用美国 GSSI 公司的 SIR-10H 型探地雷达,开展了福建公路、铁路的隧道衬砌质量检测,路面、路基工程的质量检测,二衬厚度的质量检测,钢筋和钢架分布情况的检测及衬砌体与围岩结合情况的检测等,取得了较好的应用效果。

1 探地雷达仪器参数的选择

工作参数包括天线中心频率、时窗、测点点距等。

天线中心频率选择应兼顾目标体尺寸大小和天线尺寸是否符合现场场所的需要。根据经验,一般情况下,若衬砌厚度小于 30 cm 时宜采用 900 MHz 天线,衬砌厚度 30 cm~100 cm 时可采用 400 MHz 或 500 MHz 天线,衬砌厚度大于 100 cm 应考虑 250 MHz 或更加低频率的天线。衬砌检测中,由于隧道内存在台车、机械等各种干扰,应尽可能采用屏蔽天线。

时窗的选择要根据最大探测深度与电磁波的传播速度来决定。通常时窗的大小要比计算值增加 1/3,这样能将主要目标层的反射波图放在图幅的中间位置^[2]。

进行现场数据采集时,按设计的测点进行测量,连续测量时需在不同的测点位置打(里程)标记。

2 探地雷达在铁路隧道中检测实例

2.1 衬砌厚度的检测

图 1 为隧道二衬界面雷达反射图像,衬砌混凝土由于介质比较均匀,反映为反射波较为单一、界面起伏不定;图中二衬混凝土界面较为清晰。图 2 在中间一带隧道欠挖,厚度明显不足,二衬界面反射明显。根据雷达反射波形可识别出混凝土衬砌界面,并利用电磁波在不同介质中的传播时间和传播速度,可以计算得出混凝土衬砌厚度,为隧道工程的质量验收提供数据。

2.2 衬砌背后回填密实程度的检测

隧道衬砌在喷射混凝土或浇注混凝土施工中,由于各种不可预料的原因,常常在隧道衬砌内部或衬砌与围岩结合部形成脱空、回填不密实或排水不利形成局部水囊等质量缺陷,这些缺陷降低了隧道衬砌的承载能力,并可能对衬砌造成破坏,直接影响隧道的使用寿命^[3-5]。

图 3 是 DK500+055~500+070 测线拱顶脱空的

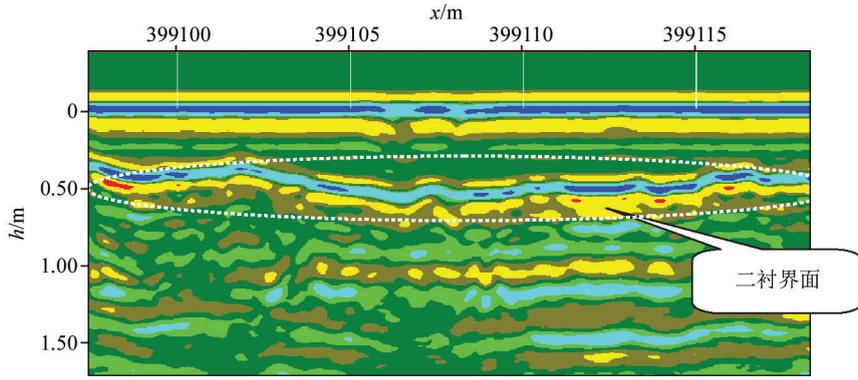


图 1 隧道二衬雷达反射剖面图像

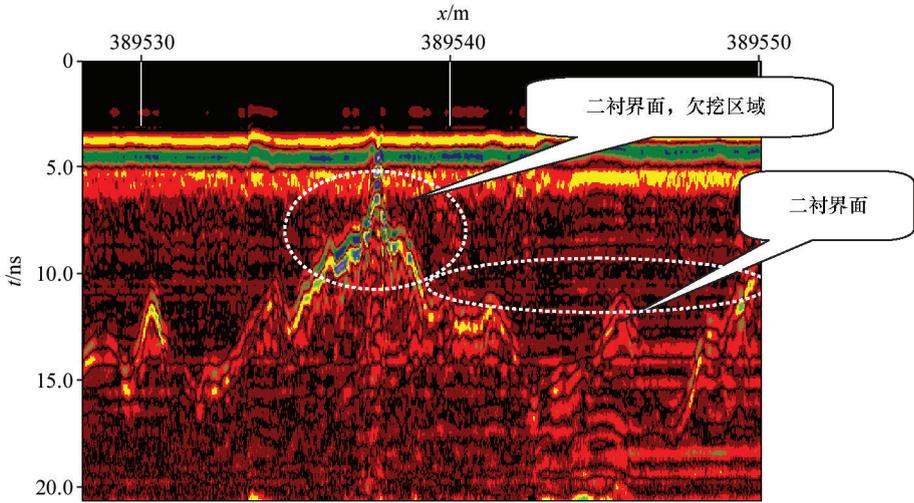


图 2 隧道二衬雷达界面反射剖面图像(欠挖)

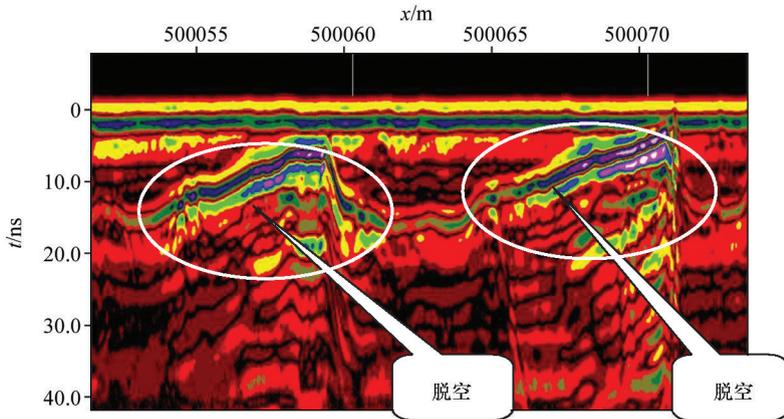


图 3 DK500+055~500+070 拱顶脱空雷达图像

雷达图像,图中衬砌混凝土与空洞中的空气为两种不同的介质,其相对介电常数的差异较大,形成了较强的反射波。

图 4 是 YDK512+689~512+693 测线左拱腰二衬 30~40 cm 后混凝土不密实雷达反射剖面。图中雷达波反射较凌乱,波幅较大,同相轴变化较大,反映出回填不密实。

目前隧道主要采用模板泵送混凝土施工技术进

行二次衬砌施工,这种施工工艺若方法不当,容易在拱顶施工接缝处出现呈三角形的空洞。图 5 为 DK490+294~490+295 测线拱顶(右)脱空雷达反射剖面,反映出(拱顶施工缝)拱顶三角形施工空洞。

2.3 钢筋检测

图 6 是钢筋混凝土衬砌的雷达图像。图像左侧衬砌混凝土中由于存在钢筋造成反射强烈,信号反映明显。图像右侧为混凝土衬砌(设计厚度为

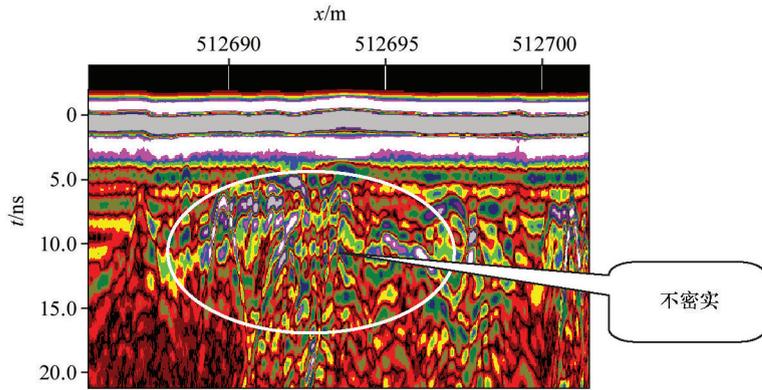


图 4 YDK512+689~512+693 测线左拱腰二衬混凝土不密实雷达反射剖面图像

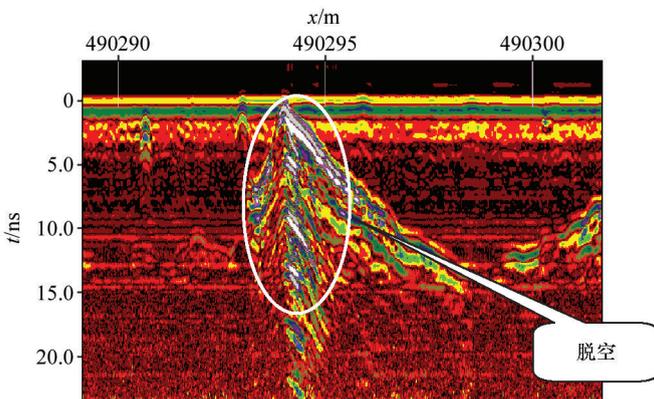


图 5 DK490+294~490+295 拱顶脱空雷达反射剖面(拱顶脱空)

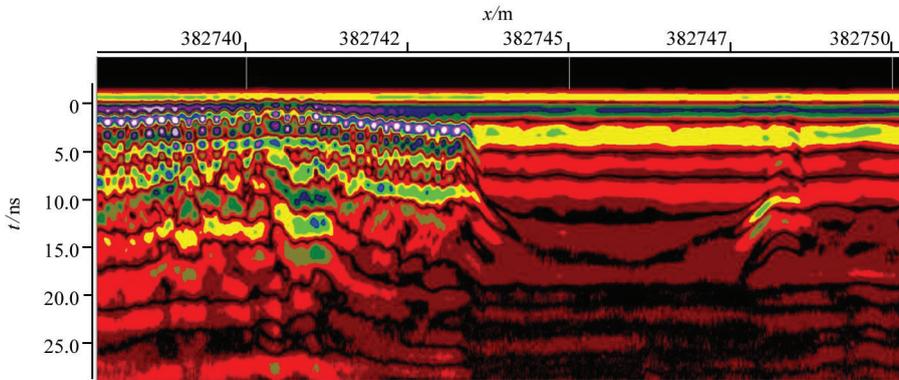


图 6 钢筋混凝土的雷达图像

40 cm) 的反映。图像左右两侧不同衬砌的分界面在雷达图像上反映较为明显。

图 7 是二衬中钢筋雷达图像,钢筋反射表现为比较尖锐的抛物线形态,反射信号强度较大,可以直观地数出钢筋数量,从而比较精确计算出钢筋间距。图中二衬钢筋在模板施工缝处钢筋缺失。

2.4 钢架检测

图 8 是型钢钢架雷达检测图像。钢架间距 1.5 m,排列整齐,表现为抛物线形式。图像中衬砌混凝土厚度可根据安放混凝土后的钢架埋深来间接

计算。

3 结论

铁路隧道施工过程中不可避免地存在衬砌厚度、衬砌背后回填密实度、二衬钢筋和钢架、裂纹等质量问题,给铁路交通带来了较大的隐患。探地雷达可有效地探测衬砌的厚度、衬砌背后回填密实度、二衬钢筋和钢架分布,且图像清晰,反映直观。

这些应用实例说明了探地雷达可用于铁路隧道

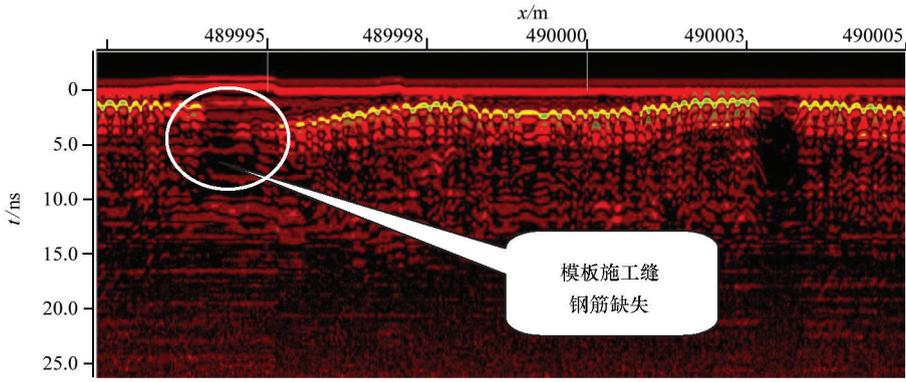


图 7 二衬钢筋中间没有搭接的雷达图像

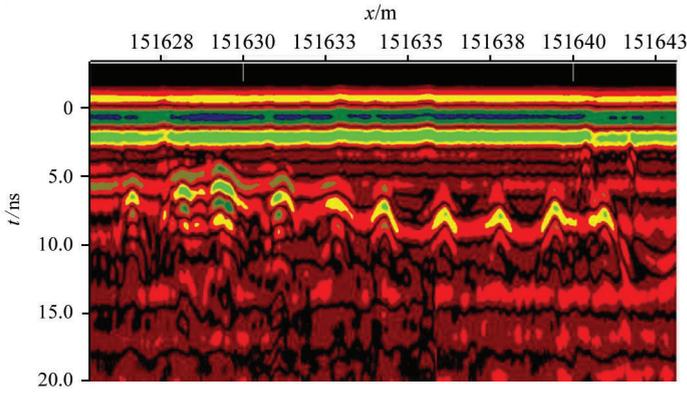


图 8 型钢钢架雷达检测图像

施工中的质量检测,为中国铁路隧道的快速发展提供了技术保障,并为公路隧道、水利隧洞等工程的质量检测提供了参考依据。

参考文献:

[1] 李大心.探地雷达方法与应用[M].北京:地质出版社,1994,64-94.

[2] 于景兰.国内探地雷达的应用与发展[J].地质与勘探,2003,39(增刊):80-86.

[3] 吴波鸿,白雪冰,孔祥春.探地雷达在隧道衬砌质量检测中的应用[J].物探与化探,2008,30(2):229-231.

[4] Jol H M, Smith D G. Ground penetrating radar of northern lacustrine deltas[J]. Canadian Journal of Earth Sciences, 1991, (28): 1939-1947.

[5] 李孟娟,李川.探地雷达检测隧道衬砌厚度的研究[J].物探化探计算技术,2008,30(3):231-234.

[6] 李豪,文安邦,张信宝,等.地质雷达技术及其在侵蚀产沙中的应用初探[J].水土保持研究,2006,13(5):272-275.

[7] 王森,郭秀军,等.快速探测水库库容和淤积量的探地雷达技术[J].人民长江,2009,40(15):26-29.

[8] 刘敦文,徐国元,黄仁东.探地雷达技术在古墓完整性探测中的应用[J].地球物理学进展,2002,17(1):96.

[9] 薄会申.地质雷达技术实用手册[M].北京:地质出版社,2006.

Application of ground penetrating radar in railway tunnel inspection

LU Xian-Zhui^{1,2}

(1. Fujian Institute of geological Engineering Exploration, Fuzhou 350002, China; 2. Key Laboratory of Geological Disaster, Fujian Province, Fuzhou 350002, China)

Abstract: The quality inspection of tunnel lining based on the project, with some of the problems found in the process of GPR detection, lists the different geological conditions, the detection of tunnel lining, lining backfill compaction degree detection, steel detection, the typical radar image feature frame detection.

Key words: Ground penetrating radar; tunnel; lining detection