

探地雷达在输水渠道混凝土面板厚度检测中的应用分析

闫超

新疆水利水电勘测设计研究院有限责任公司

DOI:10.32629/hwr.v10i4.6963

[摘要] 为探明某输水渠道混凝土面板厚度,为后续的混凝土面板裂隙修复或治理提供支撑,采用探地雷达进行检测。介绍探地雷达的工作方法与技术、资料解释,通过已知混凝土面板裂隙实测厚度,进行试验检测得出误差均在1cm以内,再进行实例分析检测成果资料、完成混凝土面板厚度的检测工作。结果表明,采用探地雷达在输水渠道混凝土面板厚度的检测中效果明显、效率较高,具有工程实用价值。

[关键词] 探地雷达; 输水渠道; 混凝土面板厚度; 电磁波

中图分类号: TV331 **文献标识码:** A

Application Analysis of Ground-Penetrating Radar in Detecting Concrete Panel Thickness of Water Conveyance Channels

Chao Yan

Xinjiang water resources and Hydropower Survey and Design Institute Co., Ltd.

[Abstract] To determine the thickness of the concrete lining in a water conveyance channel and provide support for subsequent crack repair or treatment, ground-penetrating radar (GPR) was employed for inspection. The working methods, techniques, and data interpretation of GPR were introduced. Through measured thickness data of known concrete lining cracks, experimental testing confirmed that the error remained within 1 cm. Subsequently, an example analysis was conducted to examine the inspection results, completing the concrete lining thickness assessment. The results demonstrated that GPR is highly effective and efficient in detecting the thickness of concrete linings in water conveyance channels, offering practical value for engineering applications.

[Key words] Ground-penetrating radar; water conveyance channel; concrete panel thickness; electromagnetic wave

引言

随着水利事业的高速发展,部分渠道在长期的运营中出现了问题,例如渠道垮塌、开裂等问题。高定能^[1]进行渠道混凝土衬砌板裂缝成因分析为基础出现不均匀沉降、外部环境导致混凝土表面冻胀破坏、地下水等。刘瑾亮等^[2]分析了混凝土裂缝为渠基土壤不密实、大体积混凝土缺乏分缝、高渠基土壤含水率等,导致现浇混凝土在自重、冻胀、融沉过程中,产生不均匀沉降、应力集中。马克^[3]针对项目中出现的温度裂缝、干缩、施工及伸缩缝附近4类裂缝,通过分析裂缝特征,从材料、施工工艺、环境与地基等方面剖析成因,提出防治措施。郭士礼等^[4]通过探地雷达对道路裂缝的属性特征进行了研究,可以精准检测和定量分析道路裂缝。探地雷达对混凝土路面裂缝^[5-6]、沥青路面裂缝^[7]的检测较多,应用较为广泛,本文主要是针对输水渠道混凝土面板厚度进行探地雷达检测^[8-10],以便后续的面板裂缝修复和防治提供数据支撑。

1 工程概况

新疆某引水式电站,主要由拦河引水枢纽(混凝土坝、泄洪建筑物、鱼道、生态电站、引水闸)、输水建筑物(输水隧洞、输水渠道)、前池、压力管道及电站厂房等主要建筑物组成。输水渠道桩号段为3+600.000~8+605.305m,该段渠道混凝土面板施工方法分为人工打板及机械打板,因机械打板处混凝土面板厚度相对不均匀,经过多年的运行,裂缝较集中段主要在5+015~8+550.7m桩号段的渠道距底部0.6m左右,出现不连续的裂缝,宽度厚度不一。本次检测主要对机械打板处混凝土面板5+015~8+550.7m桩号段的厚度进行检测,该桩号段内渠底个别部位有砂石土堆积及台阶,无法检测。

2 探地雷达工作方法与技术

2.1 探地雷达基本原理

探地雷达技术实质是一种高频电磁波发射与接收技术,通过发射天线直接向地下介质发射高频电磁波,接收天线接收反

射回来的电磁波,来探测介质结构的方法。不同的介质其电磁性质存在差异,介电常数不同,这种电磁性质的差异决定了在不同介质中电磁波的传播速度不同。电磁波在介质内传播过程中,存在电性差异的介质时,便发生反射,通过对接收到的电磁波进行处理,根据波形、强度、双程走时等参数,即可推断介质的空间位置、结构、电性特征及几何形态。

2.2 探地雷达工作布置与资料解释

2.2.1 输水渠道渠底工作布置

现场查看渠道的裂隙分布后,针对裂隙出现的位置,根据委托方要求在输水渠道渠底左岸面板距渠底0.2m、0.3m、0.6m处及右岸面板距渠底0.2m、0.3m、0.6m处分别布置平行于渠道方向的雷达检测剖面。在输水渠道左岸面板、右岸面板上分别布置垂直于渠道方向的雷达检测横剖面,以面板底部记为横剖面起点,面板顶部记为横剖面终点。因面板高度渐变,故横剖面实际检测长度在22.5m~24.5m不等。

2.2.2 输水渠道裂缝处工作布置

在输水渠道左岸面板多条裂缝处分别布置沿裂缝方向的雷达检测剖面,与渠道方向垂直、近垂直的剖面以面板底部为桩号起点,与渠道方向平行的剖面其桩号与渠道桩号一致。

2.3 探地雷达资料分析与解释

探地雷达所接收的是来自地下不同电性界面的反射波,其正确解释取决于检测参数选择是否合理、数据处理是否得当、模拟实验类比及读图经验等因素。探地雷达数据处理包括预处理和处理分析,其目的在于压制规则和随机干扰,以尽可能高的分辨率在探地雷达图像剖面上显示反射波,突出有用的异常信息(包括电磁波速度,振幅和波形等)来帮助解释。

在进行混凝土面板厚度检测时,探地雷达天线发射的高频电磁波在接触到混凝土面板表层及混凝土底界面土石层时会产生对应层面的反射波,通过雷达资料处理软件对不同层面反射波相位的读取及相位差所对应深度的计算,进而可得出对应位置的混凝土面板厚度。

2.4 探地雷达试验检测

在进行输水渠道混凝土面板厚度检测前,为验证雷达检测有效性及选择合适的介电常数,对输水渠道面板已切割段进行试验检测,试验检测结果如下:

渠道桩号8+532.7m处渠底左岸最底部混凝土面板边缝已切割,面板厚度均匀易测量,故选择在边缝旁由上向下进行检测,检测天线主频率为900MHz,介电常数为8.5,采样点数1024点/道,时窗选择7。该试验检测段混凝土底界面反射波形清晰、层位明显,检测结果见图1、表1。

表1 渠道桩号8+532.7处地质雷达有效性验证成果表

桩号(m)	0.0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0
实测厚度(cm)	15.0	15.0	15.0	14.0	16.0	15.0	15.5	14.0	13.0
雷达检测厚度(cm)	15.5	15.0	16.0	15.0	15.0	14.0	15.9	14.0	13.5
误差率(%)	3.3	0	6.7	7.1	6.3	6.7	2.6	0	3.8

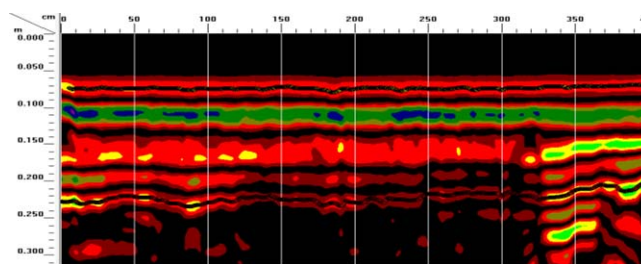


图1 渠道地质雷达有效性验证成果图

以上雷达试验检测结果误差在1cm以内,说明雷达检测参数选择合理,方法有效,结果满足规程规范要求,能够准确的探明混凝土面板的厚度。

3 探地雷达检测成果

由于本次检测工作量较大,就不依次进行分析,选取渠道左岸8+236.7~8+261.7m段0.2、0.6m处平行渠道,左岸8+452.2~8+468.3m段裂缝9、10处检测成果进行实例分析。

3.1 渠道左岸8+236.7~8+261.7m段0.2、0.6m探地雷达检测成果

由表2可知,渠底左岸桩号8+236.7~8+261.7.7m段距渠底0.2m、0.6m处混凝土面板厚度在8.0~14.5cm。

表2 左岸桩号8+236.7~8+261.7m段0.6m处混凝土面板厚度检测成果表

桩号	0.2m 厚度 (cm)	0.6m 厚度 (cm)	桩号	0.2m 厚度 (cm)	0.6m 厚度 (cm)	桩号	0.2m 厚度 (cm)	0.6m 厚度 (cm)
8236.7	10.0	10.0	8245.2	10.2	9.7	8253.7	10.3	11.9
8237.2	9.5	10.3	8245.7	9.5	10.1	8254.2	12.7	12.5
8237.7	9.8	11.5	8246.2	9.1	8.9	8254.7	10.9	11.7
8238.2	10.1	9.9	8246.7	8.5	8.8	8255.2	9.5	13.0
8238.7	10.0	11.5	8247.2	9.0	8.6	8255.7	10.1	10.2
8239.2	9.9	10.7	8247.7	9.2	8.8	8256.2	9.0	12.4
8239.7	9.2	9.8	8248.2	8.4	8.7	8256.7	9.0	11.1
8240.2	9.0	10.3	8248.7	9.0	0.1	8257.2	9.9	10.7
8240.7	9.2	10.2	8249.2	9.6	8.2	8257.7	9.0	11.5
8241.2	8.5	8.2	8249.7	8.6	8.3	8258.2	9.3	13.3
8241.7	8.9	8.6	8250.2	8.3	9.8	8258.7	9.0	14.2
8242.2	8.0	8.5	8250.7	8.5	8.4	8259.2	9.5	14.5
8242.7	8.5	9.1	8251.2	8.5	8.9	8259.7	11.3	10.6
8243.2	9.2	8.5	8251.7	8.8	10.0	8260.2	8.5	11.2
8243.7	8.9	8.9	8252.2	8.5	11.2	8260.7	8.9	10.4
8244.2	9.0	9.2	8252.7	9.2	11.2	8261.2	9.9	11.7
8244.7	10.7	11.5	8253.2	10.0	10.0	8261.7	9.4	13.0

3.2 渠道左岸8+452.2~8+468.3m段9、10处裂缝处探地雷达检测成果

渠道裂缝处检测桩号以委托方提供的裂缝桩号为准,裂缝处剖面方向与渠道方向垂直或近垂直时,剖面桩号以渠道底部为起点,以渠道顶部为终点。裂缝处剖面方向与渠道方向平行时,剖面桩号与渠道桩号一致。

表3 输水渠道裂缝9、10处混凝土面板厚度雷达检测成果表

位置	裂缝9、裂缝10,左岸8+452.2~8+468.3m,高程1605m处,横向裂缝,横剖面长16m									
桩号(m)	8452.2	8452.7	8453.2	8453.7	8454.2	8454.7	8455.2	8455.7	8456.2	8456.7
厚度(cm)	8.5	13.0	10.5	10.4	9.2	9.5	9.4	10.8	10.7	10.2
桩号(m)	8457.2	8457.7	8458.2	8458.7	8459.2	8459.7	8460.2	8460.7	8461.2	8461.7
厚度(cm)	10.0	10.7	11.7	12.1	11.4	10.8	11.6	12.9	12.1	12.3
桩号(m)	8462.2	8462.7	8463.2	8463.7	8464.2	8464.7	8465.2	8465.7	8466.2	8466.7
厚度(cm)	11.3	11.1	10.9	12.9	13.2	12.4	13.3	11.9	9.4	8.9
桩号(m)	8467.2	8467.7	8468.2	/	/	/	/	/	/	/
厚度(cm)	11.1	10.3	11.2	/	/	/	/	/	/	/

由表3可知,渠道左岸8+452.2~8+468.3m段9、10处裂缝输水渠道裂缝处混凝土面板厚度在8.5~12.9cm。

4 结论

本文通过探地雷达在输水渠道混凝土面板厚度的试验测试及检测工作,探明了检测段混凝土面板的厚度。根据输水渠道雷达检测成果,渠道左岸桩号5+015.5~8+532.7m段面板底部所测试处混凝土面板厚度在7.0~14.5cm,渠道垂直的横剖面测试处混凝土面板厚度在7.3~14.8cm;渠道右岸桩号4+763.5~8+550.7m段面板底部所测试处混凝土面板厚度在6.8~14.6cm,渠道垂直的横剖面测试处混凝土面板厚度在7.2~14.5cm;渠道裂缝所测试处混凝土面板厚度在8.2~14.4cm。探地雷达在输水渠道混凝土面板检测的方法可行、数据可靠,能够为后续的渠道混凝土面板修复或治理提供准确的资料。

[参考文献]

[1]高定能.渠道混凝土衬砌板裂缝成因[J].中国科技信息,2024(12):57-59.

[2]刘瑾亮,刘学军,陆立国,等.水文地质调查与物探在岩浆岩地区找水中的应用——以田黄镇律庄村地下水勘查为例[J].水利规划与设计,2024(05):135-138.

[3]马克.七星渠渠道混凝土衬砌裂缝成因及防治措施[J].工程建设与设计,2025(22):166-168.

[4]郭士礼,梁栋,张鸿彦,等.道路裂缝属性特征探地雷达检测方法综述[J].地球物理学进展,2025,40(05):2172-2186.

[5]张晓磊,安明远,易溪等.探地雷达技术在混凝土结构裂缝检测与完整性评价中的应用[J].实验技术与管理,2025,42(09):71-82.

[6]田辉,汤雷,李坡等.基于示踪指示剂的混凝土裂缝深度雷达检测及其性能研究[J].水电能源科学,2025,43(01):57-60+29.

[7]董明书,陈俐企,马川义等.沥青路面内部裂缝雷达图像智能判识算法研究[J].山东大学学报(工学版),2025,55(03):72-79+87.

[8]何孝万.基于三维雷达技术的横向裂缝快速检测[J].四川建材,2025,51(03):200-203.

[9]刘震,顾兴宇,李骏等.探地雷达数值模拟与道路裂缝图像检测的深度学习增强方法[J].地球物理学报,2024,67(06):2455-2471.

[10]陶学红,赵少鹏,刘军.无损检测技术在运营地铁隧道结构病害检测中的应用[J].地基处理,2023,5(S1):126-130.

作者简介:

闫超(1993—),男,汉族,甘肃酒泉人,本科,工程师,从事地质勘探工作。