

综合物探在水利工程隧洞衬砌质量检测中的应用分析

王文峰

珠江水利委员会珠江水利科学研究院

摘要: 本文对综合物探工作原理进行分析,并通过实例分析的方式,将探地雷达与超声波成像技术综合起来进行衬砌质量检测。检测结果表明,在孔深范围41—42cm处为见空腔,与超声波检测结果相一致;孔底深65cm左右为见空洞,与雷达检测结果相一致,两项技术的综合应用可使隧洞质检效果得到显著提升。

关键词: 综合物探; 隧洞衬砌; 质量检测

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2021.01.132

引言

在水利工程隧洞施工中,因受到地质情况、工艺水平等因素影响,衬砌质量可能会出现缺陷。对此,应采取综合物探技术进行隧洞衬砌施工,对施工后的衬砌结构进行检测,及时发现质量问题并采取措施解决,使施工质量得到切实保障,有效防止重大安全事故发生。

一、综合物探工作原理

(一) 探地雷达

该技术的主要原理是利用高频电磁波以脉冲方式将发射天线送入地面。当雷达波在地下介质中传播时,如果遇到有电差的目標体,电磁波就会反射回来,由接收天线进行接收,在对接收信号进行处理和分析后,对其波形、时间、强度等进行综合分析,推导了地下介质的空间位置、电性、结构和几何特征,实现了对地下目标体的有效检测。在特定介质中,电磁波的传播速度是恒定的,根据雷达记录的地面反射波与地下反射波的时差可通过以下公式计算,即:

$$H = \frac{V \cdot \Delta T}{2}$$

式中,H代表的是埋藏深度,即目标层厚度;V代表的是电磁波传播速度; ΔT 代表的是地面与地下反射波的时间差。

(二) 超声波反射技术

该方法采用超声反射成像仪,主要采用干耦合单晶DPC换能器阵列发射,采用合成孔径聚焦技术对信号和图像进行处理和重构。传感器阵列由4×12个dpc48传感器组成。任何传感器都具有双向收发功能。在实践中,采集控制单元可以使用一排四个传感器作为发射器,其余作为接收器,直到前11个被列为发射器,采集结束并采集下一个点。最后,将单点采集结果以直线方向组合成二维切片结果,如下图1所示^[1]。

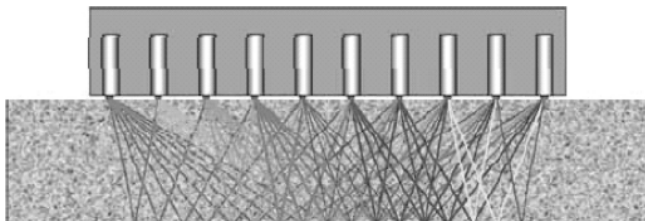


图1 横波全波束路径图

二、物探技术在隧道衬砌质量检测中的应用方法

某水利工程的功能众多,可为农业、工业与居民生活用水提供极大便利。主要包括水源、灌区等多项子项目。长度约800公里,在干渠的四周还带有一些支渠。在该项工程中,重点在于开挖半径为3 m,衬砌混凝土设计厚度为400 mm、加固保护层厚度为50 mm的干渠隧道衬砌质量进行校核。

(一) 场地布置

在这个项目中,有三条线在项目中流动,编号分别为1—3,其中一号测线设置在顶拱中心线上方,二号与三号线设置在中心线的左右两侧,距拱顶中心线1.5米的距离,桩数为3m,彼此相隔特定距离设置断面测线,测线编号分别为L3、L6与L9。测线横断面的弧长为4m,断面中心与拱顶中心的两个测线相交,左右弧长均为2m。探地雷达的频率分别为400和900MHz,发射率为100kHz;利用超声波反射法采集电锯为20cm,频率范围为40—50kHz;二者均采用连续扫测的方式进行检测。

(二) 检测结果

1. 探地雷达扫描结果

通过400MHz雷达效果图中能够初步体现钢筋位置,但是显示器分辨率很低。埋深45至60厘米,由此可见二次衬砌与初期支护之间存在脱空现象,也可能是初期支护后方存在空洞。通过900MHz效果图可知,对于双曲反射信号,曲率半径不大,反射信号振幅从首层开始逐渐削弱。电磁波信号衰减严重,缺乏有价值的检测信息。

2. 超声波反射成像结果

由于表层钢筋与第二层钢筋之间存在强烈的反作用力,钢筋位置清晰,在埋深40—60cm的部分区域出现连续横波强反射现象。根据本工程资料,本断面混凝土厚度约为40cm,可推断界面为二次衬砌混凝土的上底面,检测结果为:隧洞的衬砌混凝土厚度在35—60cm之间;钢筋保护层厚度在4—15cm之间,厚度均值在于9cm;钢筋间距处于16—21cm之间,均值为20cm之间;钢筋排距范围为21—28cm,均值为26cm;二次衬砌与初期支护结构之间脱空。

(三) 钻孔验证

为了对检测结果的准确度进行验证,从北干渠中随机选取两段进行钻井检查。其中北根二段设置4个钻孔,第四段设置4个钻孔。在试验结果为无空洞、微空洞和严重空洞的三种不同程度的位置选择位置。高清晰度孔用于观察孔内情况。从钻孔结果来看,8个钻孔的验证结果与试验结果一致,随机选出3个验证成果进行分析^[2]。

位置一中钻孔编号为BZK4,根据这一事实,没有明显的反射横波在目标区域,推断,衬砌混凝土的胶结程度和基岩强,而且没有防水板之间的第二个衬里和最初的支持,因此有必要验证衬里结构的完整性。结果表明:混凝土与基岩之间的胶结程度较好;二衬与初支护之间无防水板;位置二的钻孔编号为BZK5,根据该区域超声波强弱,推断部分区域存在轻微空洞,回填灌浆不紧,衬砌混凝土厚度在38cm左右。衬砌混凝土厚度为通过钻孔的方式对以下两点进行检测,分别判断回填灌浆密实度与混凝土厚度是否满足检测要求;验证结果显示,在深度为39—40cm的孔洞中,二衬与初支的个别部位不够密实,混凝土的厚度范围在39—40cm之间。位置三的编号为BZK6,主要对二衬与初支之间的脱空情况、衬砌厚度与实际相符度、是否存在初支外孔洞进行验证。根据检验结果可知,在孔深范围41—42cm处为见空腔,与超声波检测结果相一致;孔底深65cm左右为见空洞,与雷达检测结果相一致。

三、物探技术在隧道衬砌质量检测中的效果检验

(一) 岩溶注浆检测

在探测过程中,采用探地雷达+高密度电法的方式。在岩溶基地注浆后,利用探地雷达进行探测,此种方式不受接地条件制约,可有的放矢的快速扫描注浆区域,取得理想的检验效

(下转第208页)

(3) 固定在模板上的预埋件、预留孔、预留洞的安装允许偏差应符合下表的规定。

检查数量: 在同一检验批内, 对梁, 应抽查构件数量的10%, 且不少于3件。对墙和板, 应按有代表性的自然间抽查10%, 且不少于3间。对大空间结构, 墙可按相邻轴线间高度5m左右划分检查面, 板可按纵横轴线划分检查面, 抽查10%, 且均不少于3面。

检查方法: 钢尺检查。

(4) 模板安装垂直度、平整度、轴线位置等允许偏差应符合下表要求。早拆头及可调钢支撑的轴线偏差不应大于15mm, 可调钢支撑垂直度偏差不应大于层高的1/300。

检查数量: 同一检验批内, 抽查构件数量不少于10%, 且不少于3件。

(四) 质量保证措施

1、保证模板有足够的刚度、承载能力和稳定性。我们所选用的各种模板系列是已经使用成熟的模板工程系列, 能够保证施工成品质量符合现行钢筋混凝土质量标准。对于个别部位使用的非系列模板工程, 需经技术人员设计计算方可使用。

2、严格控制模板加工质量, 要求模板制作质量比现行国家规范有所提高, 并派专人负责检验模板产品, 凡质量不达标的产品不得进入施工现场。

3、拼装和安装过程要选用合格的铝塑模板和合格的配件, 保证模板使用安全, 拼装可靠性。

4、完成拼装和安装模板后, 首先工人要进行自检, 自检合格后, 报经相应的质检员检查认可后方可进行下一道工序施工。

5、模板拆除时间要达到规范要求的混凝土强度。

6、墙、柱大模板及梁侧、梁底模板等预先制作的模板, 应进行编号管理, 模板宜分类堆放, 以便于使用。

7、模板安装及拆除时, 应轻起轻放, 不准碰撞, 不得使劲敲砸模板, 以免模板变形。

8、拆下的模板应及时清理, 如发现翘曲、变形、应及时修理, 损坏的板面应及时进行修补。

9、预组拼的模板要有存放场地, 场地要平整夯实。模板

平放时, 要有木方垫架。立放时, 要搭设分类模板架, 模板触地处要垫木方, 以此保证模板不扭曲不变形。不可乱堆乱放或在组拼的模板上堆放分散模板和配件。

10、工作面已安装完毕的墙、柱模板, 不准在吊运其他模板时碰撞, 不准在预拼装模板就位前作为临时倚靠, 以防止模板变形或产生垂直偏差。工作面已安装完毕的平面模板, 不可做临时堆料和作业平台, 以保证支架的稳定, 防止平面模板标高和平整产生偏差。

11、模板垂直度控制

1) 对模板垂直度严格控制, 在模板安装就位前, 必须对每一块模板线进行复测, 无误后, 方可模板安装。

2) 模板拼装配合, 要逐一检查模板垂直度, 确保垂直度不超过5mm, 平整度不超过5mm;

3) 模板就位前, 检查顶模棍位置、间距是否满足要求。

12、顶板模板标高控制

在每层墙体竖向钢筋上抄测标高控制点, 用红油漆标识, 以控制模板标高。

13、模板的拼缝、接头

模板拼缝、接头应严密, 并用密封条堵塞, 避免漏浆。

四、结语

铝合金模板属于环保建筑辅材, 具有较高的回收价值。使用铝合金模板除前期投入较高外, 后期投入几乎为零。即节约了成本又提高了工程整体观感质量, 因此铝合金模板会被广泛应用, 促进建筑行业健康发展。

参考文献

[1] 李龙. 建筑工程中的模板工程探讨[J]. 民营科技, 2012, (1). 286-286.

[2] 王永好, 李奇志. 全铝合金模板在某超高层建筑施工中的应用[J]. 施工技术, 2011, (22). 35-37, 75.

[3] 刘广文, 付学勇. 从结构动力学角度看高大模板施工安全[J]. 住宅产业, 2011, (12). 70-72.

[4] 高新宇. 超重结构多层模板支撑体系设计探讨[J]. 福建建材, 2011, (9). 42-44.

(上接第161页)

果。根据雷达波形图可知, 在LK0+180—188段, 雷达探测到异常信号, 主要特征为同相轴与四周区域不连续, 波形混乱, 反射波振幅较强, 且含有大量高频信号。根据现场记录, 排除地面干扰因素, 判断为地下含水溶蚀洞穴, 顶板深度位于5米以下, 通过钻孔对该推测进行验证。根据岩溶水泥注浆后雷达剖面图可知, 该段地下介质较为均匀单一, 无杂乱信号。将上述两项检测结果对比可知, 在注浆前后异常区域内雷达波存在明显区别, 意味着注浆效果较为理想。

(二) 隧道衬砌检测

在以往的水利工程隧洞衬砌中, 主要采用开挖取样、钻芯法等等, 工作效率较低, 且可能使隧道衬砌结构受损。对此, 可采用探地雷达技术, 具有使用灵活、分辨率高等特点, 不会对衬砌结构造成损害。在本项目中采用SIR-3000型地质雷达, 配备400MHz天线, 对某段隧道衬砌进行图像扫描。该衬砌为混凝土结构, 与围岩之间存在一定电性差异, 当其围岩相结合时, 可将反射波组的连续性充分体现出来, 能量较强。但是, 当二者的紧密性不足时, 便会出现异常雷达波形。根据异常波形进行推断, 异常1为密实度不足, 深度在0.4—0.6m之间; 异常2可能是空洞, 深度在0.3—0.5m之间。衬砌与围岩间的不密实区域、空洞区中含有空气, 与混凝土、围岩等存在显著的电性差异, 可在雷达剖面上体现为反射波振幅正反相对, 具有较

强的反射能量, 在空洞区也可断续蜿蜒, 位置准确, 辨识度较高。

(三) 施工期突涌水检测

采用红外线技术进行辅助探水, 在掌子面钻孔对岩体内部温度进行检测, 当前方存在大量水体时, 局部岩体温度会受到地下水的影响。因该项目隧洞岩体温度与地下水温度的差距较大, 超过2℃, 且受到破碎带、溶洞等因素的影响较小, 可用该方法对突涌水进行检测。

四、结论

综上所述, 通过本文研究, 采用探地雷达与超声波成像两种物探方式, 对水利工程隧洞衬砌质量进行检验。根据检测结果可知, 两项物探技术的综合应用在脱空深度、衬砌缺陷等方面具有较大应用优势, 可为缺陷处理提供有力依据, 使工程质量得到切实保障, 为水利工程的可持续发展打下坚实的理论与技术基础。

参考文献

[1] 汪旭, 孟露, 程德胜, 等. TBM施工隧道管片衬砌段回填注浆质量检测综合物探方法研究及应用[J]. 隧道建设: 中英文, 2019, 39 (z1).

[2] 余敏, 张新, 唐齐许. 探地雷达在水工隧洞衬砌质量检测中的应用[J]. 湖南水利水电, 2019, 000 (002): 5-7, 20.