

城市大直径管道多维联合检测方法研究

胡丹枫¹,何国峰¹,于哲¹,程维敬¹,陈人杰²,郭宏智³,余景坤⁴

(1.中国建设基础设施有限公司,北京市 100029; 2.中国建筑第七工程局有限公司,河南 郑州 450048;

3.中建交通建设集团有限公司,北京市 100166; 4.中国建筑第二工程局有限公司,北京市 101101)

摘要: 探明地下污水管线运营的实际情况是后期维护的重要依据,而目前的探测方法不能全面掌握地下管线的精确探测问题。针对郑州地铁下穿污水管的运营情况,采用高密度电法、地质雷达检测技术,结合自行研发的浮于水面的彩色成像系统探测技术对其进行了间接探测和直观探测,找到了污水管渗漏、空洞及错位等问题,实现了对管道的多维立体监测,为地下管线的保护、修复和加固提供了技术支撑。

关键词: 管线检测;高密度电法;地质雷达;成像系统;渗漏

中图分类号: P631

文献标志码: A

文章编号: 1009-7716(2023)08-0246-04

0 引言

地下管线探测技术在国内外已应用多年,发展研究了电法、电磁法、探地雷达法、人工地震法等多种物探方法^[1-6]。此外,还有机械法,如根据管线资料开挖地面,采用钢钎、小螺纹钻机等工具直接探查、验证管线,或采用钻芯方法对地下管线的材料进行测试等。由于早期建设的污水管已经使用多年,普遍老化^[7],且开挖检测对地下的扰动较大,存在一定的安全风险,成本也相对较高,因此,物探方法仍是最主要的地下管线检测方法。

在物探检测方面,赵培龙^[8]通过超高密度电阻率CT成像方法对围护结构的渗漏进行检测,可准确判断出渗漏部位。王战军^[9]通过充电法和高密度电法探测地下暗河和渗流通道,并通过观察染色剂在下游的流出来确定通道的连通。吴锋^[10]通过高密度电阻率法和电阻率CT法检测大口径排水箱涵渗漏情况,经实例验证渗漏位置与低电阻率异常现象基本吻合。黄浩然等^[11]采用高密度电法和地质雷达法探测了某堤塘的渗漏,发现这2种方法可以相互验证和补充。马丽娜等^[12]针对有砟隧道先采用高密度电法检测渗漏,再结合地质资料挖探。李德智等^[13]通过高密度电法、自然电场法和井下成像技术等综合检测手段查明了污水管内渗漏位置,并提出了合理的治理方案。林希仲等^[14]通过小极距高密度电法检查了管道漏水点的位置。还有很多学者采用物探方法

来检测管线渗漏等问题。但这些间接探测方法都具有多解性,容易受干扰源的制约,导致数据干扰严重。

在直观检测方面,宋子龙等^[15]采用管道机器人进行全景检测;李清泉等^[16]在地下管线检测中使用漂流式胶囊机器人,目前已在多地进行了实际应用。还有一些学者使用了闭路电视监测技术、电子潜望镜监测技术等^[17],对管道渗漏、空洞进行检测。但将间接探测与直观检测相结合的方法在管道检测方面仍然很少。鉴于此,本文以郑州市轨道交通拟下穿的一处大直径污水管的检测为研究对象,首先采用高密度电法、地质雷达探测方法确定异常区域;其次采用一种自主研发的浮于水面的彩色成像装置对异常区域进行直观检测,实现了对污水干管破损、周边空洞情况的多维立体检测。

1 研究概况

研究对象为轨道交通区间拟下穿的一段大直径污水管线。首先采取前期勘察的方法对污水管线的渗漏破损情况进行核查。经调查,区间下穿的污水管建造年代为1986—1987年,1987年竣工。污水干管设计为单D2600管施工(直径2600mm),污水管的接口形式为平口接头,明挖法采用砂浆抹带。为减少地下水位高于污水管上方时对管子外壁的吸附力,在管外皮刷沥青,接口油毡加厚。污水管是钢筋混凝土管,每节长2m,壁厚20cm,φ5B钢筋,混凝土标号300#(早期混凝土标号);管线底部有厚25cm干砌片石+厚30cm混凝土(标号150#,早期混凝土标号)及高90cm混凝土(标号150#,早期混凝土标号)围座。污水管顶部埋深约7.5m,处于粉质黏土层和素填土中,

收稿日期:2022-09-13

作者简介:胡丹枫(1987—),男,学士,工程师,项目副总工程师,主要从事轨道交通设计工作。

如图 1 所示。检测范围内的地层为第四系中更新统冲洪积层,表面为素填土,其下以粉质黏土、粉土、粉细砂等地层为主,厚度约为 25.7~35 m。该污水管的设计流速 $V=1.36$ m/s(从西往东流),管线排水能力 38.56×10^4 m³/d。经实测,流速 $V=0.9$ m/s,排水能力约 25×10^4 m³/d。

2 高密度电法检测

对重点区域的污水干管周围进行检测,布线为直线,由西向东依次排列(与污水管走向一致),电极间距 2.5 m,布线总长 38 m。检测采用常规偶极-偶极式和诗伦贝谢尔式排列,反演参数均为常规设置。经检测,反演电阻率等值线图如图 2 所示。

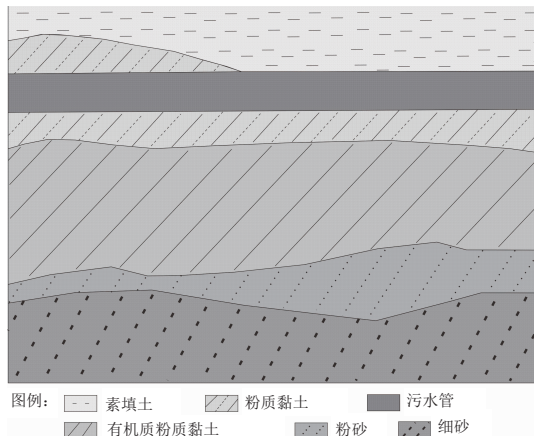


图 1 污水管位置示意图

图 2 中,RMS 为均方根误差。由图 2 可见:在布线长度 25 m 左右、地下 3 m 的位置,存在一明显小范围的高电阻区域,疑似为土体松散或者存在疑似脱空空洞区域;在布线长度 20 m 左右范围内,地下 5~8 m 之间,存在大范围高电阻区域,疑似为土体松散或者存在脱空区域,此处在施工中应加强观察。

3 地质雷达空洞检测

对疑似有土体松散或脱空区域的污水干管前后各 10 环(1.5 m/环)相应位置进行地质雷达探测。沿污水管设置了 2 条测线,地质雷达探测典型成像如图 3 所示。

通过地质雷达探测成像后,在探测范围区域内未发现不密实与地下空洞,污水管线上方及周围土体无明显空洞。

4 基于浮于水面的彩色成像系统的污水管线探测

以上间接探测方法均存在不确定性的问题,为了对异常点进行直观检测,本文研发了一种可浮于

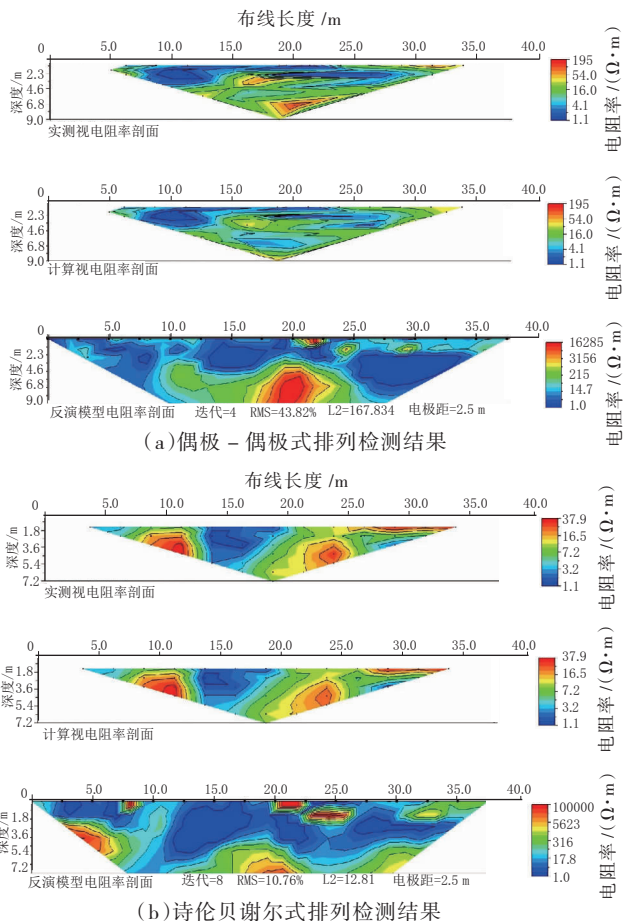


图 2 电阻率等值线图

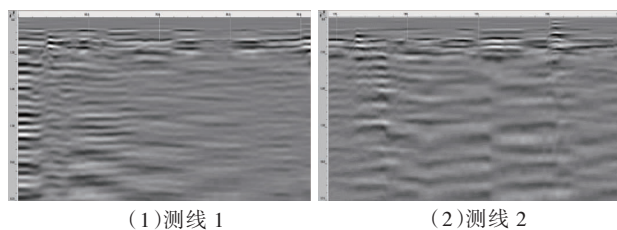


图 3 地质雷达探测成像图

水面的彩色成像装置,对上述方法的缺陷进行补充。

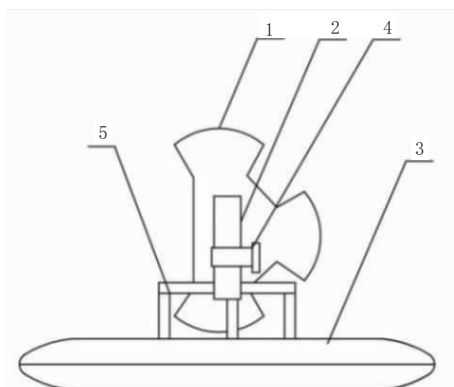
4.1 理论依据

在可见光源的照明下,井内成像仪(井下成像装置)的摄像头对套管内壁和井筒进行摄像,井内成像仪(井下成像装置)的电子线路对图像进行信号放大处理,产生频率脉冲信号,再通过单芯电缆或多芯电缆将脉冲信号传送到地面接收器对其进行放大解码,产生与井下摄像一样的图像。

4.2 仪器组成及测试

浮于水面的彩色成像系统(见图 4)包括处理模块、显示终端、监控模块和漂浮机构。监控模块通过安装框架安装于漂浮机构上方,处理模块通讯端分别连接显示终端和图像采集模块。其中,监控模块包括水深传感器、防水外壳、旋转摄像头 105 和环形照明灯。水深传感器通过连接件与防水外壳固定连接

为一体,连接件优选采用卡箍,旋转摄像头 105 则设于防水外壳内;防水外壳上设有与旋转摄像头对应的可视窗口,工作时摄像头能够灵活查看运营管道内的环境状况,直观发现井室内部构造破损情况及管道内壁破损情况,实用性强,且能够在平面 360°及垂直面 180°范围内旋转查看周边环境,提高环境监测的灵活度和覆盖面,结构简单、使用便捷、适用范围广。



1- 防水外壳;2- 水深传感器;3- 漂浮机构;
4- 卡箍连接件;5- 安装框架

图 4 浮于水面的彩色成像装置结构示意图

该彩色成像装置连接至控制器,控制器将彩色摄像图和水深信号传至电脑。用吊装设备将密封筒徐徐放入管线中,同时接通水深传感器、监视器、录像机的电源以及水下冷光灯电源,并严密观察监视器上的图像,以免管线附着异物碰撞或缠绕密封筒。打开旋转电机开关,调整水平旋转电机转速,此时管线实况被反射收集起来并折射到镜头上,经摄像机电路转换成为视频图像,再经电缆传输到地面监视器和录像机内。若图像模糊不清时,可不断调整变焦按钮,调整镜头焦距,使图像清晰为止。通过录像机和监视器,便可以观测或录下管线的情况。当发现管线病害之处时,可将调速开关停止在静止状态,以便通过图像仔细观察和分析病害。当密封筒一进入水面,水深传感器便开始显示潜下的实际深度,经电缆传输到地面显示器,直观地将数值显示在二次仪表上。

4.3 地下污水管线水下成像渗漏检测

通过水下成像系统对污水管进行检测,对污水管是否存在破裂、渗漏、变形、错口等危险情况进行排查,对发现的问题可以有针对性的、高效地制定盾构施工方案,保证盾构施工安全。

经对重点部位即井室及周边检测、管中内窥检测后发现,竖井井壁情况良好;水平管线的管壁局部

存在错台和接缝问题;局部管段存在渗水剥蚀情况,如图 5 所示。

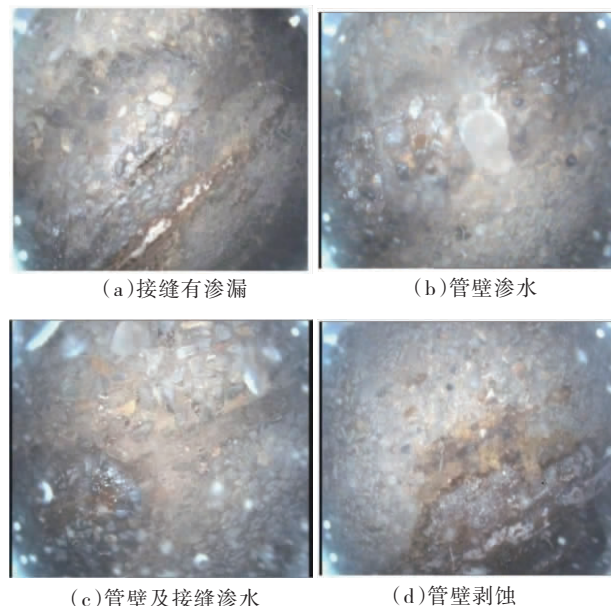


图 5 渗水剥蚀情况

另外在一处井室发现一直径约 50 cm 的脱空较大空洞,如图 6 所示。宜加强空洞处的沉降监测和地面巡视,对明显缺陷部位采取加固处理措施。



图 6 空洞情况

通过以上直观检测方法,弥补了高密度电法和地质雷达探测的不足,避免了众多信号源的干扰,精准地找到了污水管存在的渗漏、空洞、错台、接缝问题。

5 结 语

(1)高密度电法及地质雷达方法仅能近似探出地表下某个范围的空洞情况,间接反映污水管线的渗漏情况,但针对污水管线渗漏的具体位置、损伤轻重情况没有办法直接进行探测,需结合其他直观检测手段做精确检测。

(2)本文提出的间接检测技术和直观检测技术相结合的手段,可有效排查管线是否存在破裂、渗漏、变形及错口等危险情况,以及综合判断污水管线

上方及周围土体有无明显空洞。先采用间接检测手段确定范围,再结合直观成像系统检测,就能准确找到污水管存在的实际问题,为下一步对污水管采取加固、修补等措施奠定基础。

参考文献:

[1] 王勇.城市地下管线探测技术方法研究与应用[D].长春:吉林大学,2012.

[2] 李杰.城市地下管线探测技术及质量控制研究[D].北京:中国地质大学(北京),2013.

[3] 曹震峰,张汉春,葛如冰.城市新型地下管线的探测方法及其应用[J].勘察科学技术,2009(4):58-60.

[4] 王强,王小雷.浅谈城市地下管线探测与精度评定[J].中国勘察设计,2010(4):52-55.

[5] 李勇,狄方贤.城市地下管线探测分析[J].城市地质,2008,3(1):37-40.

[6] 高琳,曹建国.管道泄漏检测方法研究综述[J].现代制造工程,2022(2):154-162.

[7] 刘刚,孙逸文,刘金星.玻璃钢管用于大直径污水管非开挖修复[J].中国给水排水,2021,37(16):89-93.

[8] 赵培龙,侯海芳,程瀚翔,等.超高密度电阻率 CT 成像方法在地下连续墙渗漏检测中的应用[J].施工技术,2016,45(增刊 1):208-210.

[9] 王战军.电法在追索水库坝区地下暗河中的应用[J].物探与化探,2019,43(5):1157-1162.

[10] 吴锋.电阻率法在大口径排水箱涵渗漏检测中的应用[J].工程地球物理学报,2018,15(3):357-363.

[11] 黄浩然,荣鑫,郭佳豪,等.高密度电法和地质雷达法在堤塘渗漏检测中的应用[J].水利技术监督,2022(7):38-41.

[12] 马丽娜,段晓华,张戎令,等.既有铁路有砟隧道渗漏水检测技术研究[J].铁道建筑,2012(7):66-68.

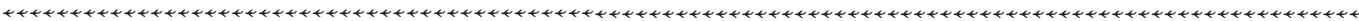
[13] 李德智,温孝林,牛苏杰,等.污水管道内渗漏综合检测技术[J].工程勘察,2015,43(12):87-93.

[14] 林希仲,张永命,姚学虎.小极距高密度电法在城镇供水管漏水检测中的应用[J].地质学刊,2018,42(4):681-685.

[15] 宋子龙,梁经纬,祝志恒,等.CCTV 视觉图像处理方法在土石坝涵管病害诊断中的应用[J].水利水运工程学报,2019(2):99-103.

[16] 李清泉,朱家松,李虹,等.基于漂流式胶囊机器人的管道快速检测系统[J].中国给水排水,2021,37(10):126-132.

[17] 龙甜甜.城市排水管道检测技术应用与适用性分析[J].城镇供水,2020(6):79-84.



《城市道桥与防洪》杂志

是您合作的伙伴,为您提供平台,携手共同发展!

欢迎新老读者订阅期刊 欢迎新老客户刊登广告

投稿网站: <http://www.csdqyfh.com> 电话: 021-55008850 联系邮箱: cdq@smedi.com