

DOI:10.16799/j.cnki.esdqyfh.2022.08.062

“声呐+电法测漏”组合技术对满水末端干管的内窥检测研究

黄浩华

[上海市政工程设计研究总院(集团)有限公司,上海市 200092]

摘要:污水管网的末端干管通常在高水位或满水位状态下运行,需要通过封堵、导排以降低管道水位后方可采用 CCTV、QV 的手段进行内窥检测,这种方法存在效率低、成本高的缺点,因此探索在满水状态下的末端干管内窥检测技术具有十分重要的意义。采用“声呐+电法测漏”组合技术开展满水末端干管的内窥检测工作,并通过 CCTV 检测进行平行验证,以判断该组合技术的准确性和适用性,为污水管网的管养维护提供技术支持。通过实地试验,“声呐+电法测漏”组合技术可对满水末端干管内存在的主要结构性缺陷及功能性缺陷进行有效识别,最小目标分辨能力为 0.1 m,理论误差为 0.02 m;对于较小尺寸的异物穿入,“声呐+电法测漏”组合技术无法有效识别;对于穿入异物的材质,该组合技术无法识别,需要辅助其他手段予以确认。

关键词:声呐;电法测漏;末端干管;电视检测(CCTV)

中图分类号:TU992.4

文献标志码:A

文章编号:1009-7716(2022)08-0228-04

0 引言

污水管网的末端干管是污水处理厂的进水主通道,是污水收集和转输系统的重要组成部分,定期巡检、掌握管道内部缺陷、及时修复、确保管道健康运行是管道养护单位的一项重要工作。一般情况下,采用电视检测(以下称“CCTV”)、管道潜望镜检测(以下称“QV”)等手段对管道进行内部缺陷检测^[1]。然而,末端干管通常在高水位或满水位状态下运行,需要通过封堵、导排以降低管道水位后方可进行 CCTV、QV 检测,这种检测方法直观、可靠,但也存在效率低、成本高的缺点,部分末端干管由于管径大、水量大等因素难以实施封堵导排。因此,探索在满水状态下的末端干管内窥检测技术具有十分重要的意义。

目前针对在满水状态下的末端干管内窥检测技术在行业内还处于起步阶段,本研究拟采用“声呐+电法测漏”组合技术开展满水末端干管的内窥检测工作,并通过平行的 CCTV 检测手段予以验证,以判断该组合技术的准确性和适用性,为污水管网的管养维护提供技术支持。声呐采用实时成像声呐和水下断面声呐两种,并用水下无人潜航器进行搭载。

1 技术方法与原理

1.1 水下无人潜航器系统

水下无人潜航器作为满水管道检测的载体工具,其功能是搭载管道声呐、实时成像声呐开展管道内窥检测工作,在潜水员无法承担的高强度水下作业、尤其是不能到达的深度等危险条件下更显现其优势。

1.2 闭路电视(CCTV)检测

闭路电视系统(CCTV)是以运动机构作为载体,搭载高分辨率的彩色摄像系统,通过控制台可调整摄像头的高度、照明、焦距和爬行速度,同时可以操纵爬行器行进方向,绕过管道内的障碍物。爬行器与镜头采用了特殊的结构设计,密封性能良好,防水设计可至水下 10 m;最大爬行坡度 30°,可输出管道坡度曲线;前置摄像头可 360°观察,传输线缆最长支持 120 m,检测管径范围从 400 mm 延伸到 1 500 mm。需要说明的是,若管道为半充满状态,CCTV 检测的载体应由轮式调整为浮筏式。

1.3 实时成像声呐

实时成像声呐是将水下声学换能器浸入水中进行管道内壁表面检测的另一种水声学设备,声呐系统通过向隧洞内壁表面激发声学脉冲,并接收来自目标的反射,根据水声学原理来进行目标表面检测。

实时成像声呐设备如图 1 所示,声呐工作原理如图 2 所示,主要技术指标见表 1。

收稿日期:2021-11-16

作者简介:黄浩华(1982—),男,硕士,高级工程师,从事给排水设计工作。



图1 实时成像声呐检测设备示意图

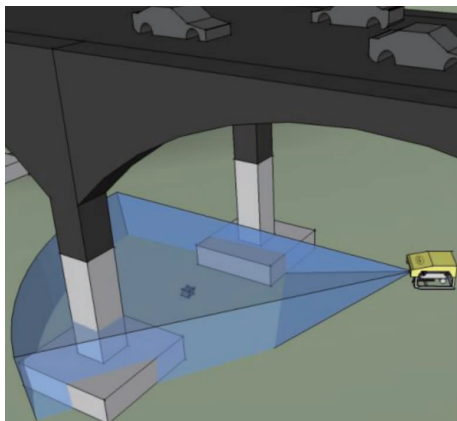


图2 实时成像声呐工作原理示意图

表1 实时成像声呐主要技术指标

技术参数	技术指标
工作主频 /MHz	2.25
量程分辨率 /mm	0.25 m : 1 0.5 m : 2 0.75 m : 3 1~6 m : 5
最小探测范围 /mm	50
重量 /kg	空气中 1.4, 水中 0.5

1.4 水下断面声呐

水下断面声呐是将水下声学换能器浸入水中进行管道截面检测的一种水声学设备，声呐系统通过向管道内壁截面激发声学脉冲，并接收来自目标的反射，根据水声学原理来进行目标表观轮廓检测。

水下断面声呐设备如图3所示，主要技术指标见表2。



图3 水下断面声呐检测设备示意图

1.5 管道电法测漏仪

管道电法测漏仪采用聚焦电流快速检测技术，通过实时测量聚焦式电极阵列探头在管道内连续移动时透过漏点的电流，精确定位管道漏点。检测原理示意如图4所示，仪器设备如图5所示。

表2 水下断面声呐主要技术指标

技术参数	技术指标
工作主频	900 kHz/2.25 MHz
量程分辨率 /cm	2.5
最小探测范围 /mm	50
重量 /kg	空气中 1.8, 水中 0.8

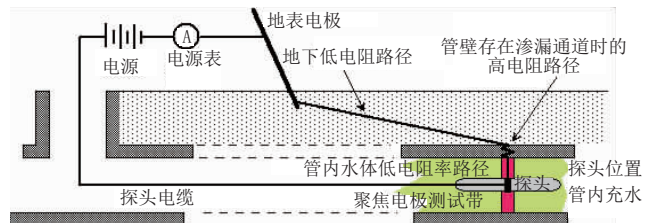


图4 管道渗漏检测原理示意图

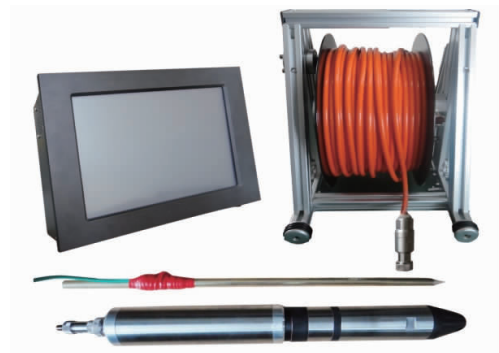


图5 管道电法测漏仪

聚焦式电极阵列探头主要由一个中心电极和两个辅助电极组成，产生一个径向的聚焦式交流电流场，分布在20~80 cm的有限范围内，因此只有当聚焦式电极阵列探头接近管道缺陷点时才会产生泄漏电流，各个漏点呈现独立的电流峰值。

聚焦式电极阵列探头在管道内以10 m/min速度连续移动，实时测量并显示穿透管壁的泄漏电流。泄漏电流曲线表征了管内的聚焦式电极阵列探头与地面的接地棒之间泄漏电流的变化。当管壁不存在缺陷时，穿透绝缘性管壁的泄漏电流非常小；如果管壁存在结构性、侵蚀性或接头缺陷，当探头接近缺陷点时，信号电流流出管壁。电流曲线的峰值通常与渗入或渗出漏水的管道缺陷有关，泄漏电流峰值越高，管道缺陷越大，而完好的管壁不会产生泄漏电流。

2 试验思路与现场实施

2.1 试验思路

试验思路及步骤如下：

(1) 选定试验管段。选择试验条件良好的满水末端管段，掌握干管位置、长度、材质、直径、运行水位等基本情况。

(2) 独立开展声呐检测、电法测漏检测(下称“声

学组”)。在选定试验管段后,分别开展满水状态下的实时成像声呐检测、水下断面声呐检测和电法渗漏检测。声学组作业人员在管段满水运行状态下分别采用水下无人潜航器搭载实时成像声呐、水下水下断面声呐、电法测漏设备对管段开展缺陷检测,获取3组实测数据,包含:2组声学检测数据,1组电法测漏数据。完成检测后,作业人员离开作业面,开展实测资料的独立解析工作。

(3)独立开展 CCTV 检测工作(下称“光学组”)。在声学组离开作业面后,光学组作业人员进场,对该管段上下游进行封堵,并对上游来水进行导排,之后采用清淤作业车抽空管内积水,并将管内水位稳定控制在 0.3 m 以下,然后对试验管段进行 CCTV 检测,获取 1 组光学检测数据。完成检测后,光学组离开作业面,开展实测资料的独立解析工作。

(4)数据综合分析。结合声学组、光学组的实测资料和分析结果,评价“声呐+电法测漏”组合技术的准确性和适用性。

3.2 现场实施

试验管段为深圳市某水质净化厂的进厂干管“2A17WS00047-1HEWS1088 管段”,该管段位于龙岗区凤凰大道 146 号附近。试验管段长度约 140 m,管道直径 DN1000,管材为 HDPE 双壁波纹管。试验时间为 2020 年 3 月 30 日。通过检测管段两端的检查井水位发现,试验管段运行水位介于 0.8~1.2 m,判定管道处于满管状态。

3 检测成果与分析

3.1 水下声呐检测成果与分析

试验管段长约 140 m,试验进行到第 32 段 99~103 m 处,检测设备无法前行,终止试验。对 0~103 m 试验管段的水下声呐(包含水下实时图像声呐和水下断面声呐)检测结果进行分段解析,详见表 3。经水下断面声呐检测,管内淤积为 0.1~0.3 m。

3.2 电法测漏检测成果与分析

试验管段的电法测漏检测的典型结果如下图 6 所示。沿程的泄漏电流均在 400~410 mA 附近,曲线未有明显峰值,未见异常,故判断试验管段无明显渗漏缺陷。

3.3 CCTV 检测成果与分析

由管道 CCTV 检测作业组完成比对试验干管段的封堵导排,将管内水深降低至 0.3 m 以下,布设引导缆牵引浮筏式 CCTV 设备完成进厂干管中游

表 3 2A17WS00047-1HEWS1088 管段的水下声呐检测成果统计表

管节编号	水下实时图像声呐 解译描述	水下断面声呐 解译描述
1 段(0~4 m)	无异常	断面正常 淤积 0.1 m
2 段(4~8 m)	无异常	断面正常 淤积 0.1 m
3 段(8~10 m)	无异常	断面正常 淤积 0.1 m
4 段(10~13 m)	无异常	断面正常 淤积 0.1 m
5 段(13~16 m)	无异常	断面正常 淤积 0.2 m
6 段(16~20 m)	无异常	断面环向 0203 一级 变形淤积 0.2 m
7 段(20~23 m)	无异常	断面正常 淤积 0.1 m
8 段(23~26 m)	无异常	断面正常 淤积 0.1 m
9 段(26~30 m)	无异常	断面正常 淤积 0.3 m
10 段(30~33 m)	无异常	断面正常 淤积 0.1 m
11 段(33~36 m)	34 m 异物横穿	33 m 环向 0903 三级 变形
12 段(36~40 m)	无异常	36 m 环向 0903 一级 变形淤积 0.1 m
13 段(40~44 m)	无异常	断面正常 淤积 0.1 m
14 段(44~46 m)	无异常	断面正常 淤积 0.1 m
15 段(46~50 m)	无异常	断面正常 淤积 0.1 m
16 段(50~53 m)	无异常	断面正常 淤积 0.1 m
17 段(53~56 m)	54 m 暗井(纵向长 2 m)	53~56 m 暗井
18 段(56~60 m)	无异常	断面正常 淤积 0.2
19 段(60~63 m)	无异常	断面正常 淤积 0.1 m
20 段(63~66 m)	无异常	断面正常 淤积 0.1 m
21 段(66~70 m)	无异常	断面正常 淤积 0.1 m
22 段(70~73 m)	无异常	断面正常 淤积 0.1 m
23 段(73~75 m)	无异常	断面正常 淤积 0.1 m
24 段(75~78 m)	无异常	断面正常 淤积 0.1 m
25 段(78~80 m)	无异常	断面正常 淤积 0.1 m
26 段(80~83 m)	无异常	断面正常 淤积 0.1 m
27 段(83~86 m)	无异常	断面正常 淤积 0.1 m
28 段(86~90 m)	无异常	断面正常 淤积 0.1 m
29 段(90~94 m)	无异常	断面正常 淤积 0.1 m
30 段(94~96 m)	无异常	95 m 环向 1106 一级 变形,淤积 0.2
31 段(96~99 m)	前方 103 m~105 m 顶部 变形垂向高度为 0.4 m	99 m 环向 0903 二级 变形,淤积 0.2
32 段(99~103 m)	设备无法前行, 检测停止	101 m 环向 0903 三 级变形,淤积 0.2

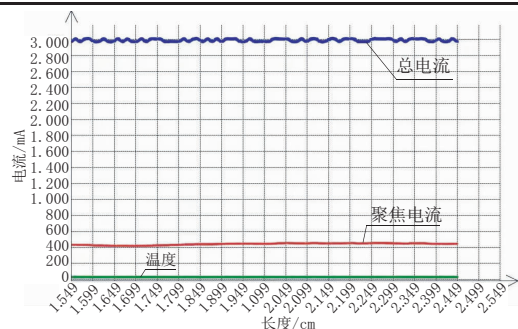


图 6 电法测漏检测实测典型截图

2A17WS00047-1HEWS1088 管段缺陷检测,独立检测形成成果统计见表4。

表4 2A17WS00047-1HEWS1088 管段 CCTV 复核成果统计表

距离 /m	缺陷名称 代码	分值	等级	管道内部状况描述	照片
33	(CR)异物 穿入	5	3	结构性缺陷,环向 0803 位置,纵向长度 1 m	1
55	井盖埋没			特殊结构及附属设施,纵向长度 2 m	2
56	(CR)异物 穿入	0.5	1	结构性缺陷,环向 0507 位置,纵向长度 1 m	3
106	(BX)变形	10	4	结构性缺陷,环向 0903 位置,纵向长度 2 m	4

3.4 一致性复核结果分析

通过对试验管段的实时成像声呐检测、水下断面声呐检测、电法渗漏检测和 CCTV 检测,并通过检测成果的独立解析,可以得到如下结论:

(1)水下实时成像声呐识别到管内 33 m 处,0803 方向,存在异物穿入缺陷 1 处,但无法判定其材质;水下断面声呐也在该位置识别到了顶部异常,但无法判读其缺陷类型;经管道 CCTV 复核,确认管内 33 m 处存在异物(暗管)横穿 3 级缺陷,0803 方向。通过比对,水下图像声呐解译成果(位置、部位、异常类型、尺寸)与管道 CCTV 复核成果一致性良好。

(2)水下实时成像声呐识别到管内 54~56 m 处,存在暗井 1 处;水下断面声呐也在该位置识别到了暗井异常 1 处;经管道 CCTV 复核,确认管内 55 m 处存在暗井,0803 方向。通过比对,水下图像声呐解译成果(位置、部位、异常类型)与管道 CCTV 复核成果一致性良好。

(3)CCTV 复核发现管内 56 m 处,0507 方向,存在异物穿入(钢筋)缺陷,在水下实时声呐实测数据中均未有效识别。

(4)水下实时成像声呐识别到管内 103~105 m 处,0903 方向,存在顶部变形缺陷 1 处,顶部变形垂直高度为 0.4 m;水下断面声呐也在该位置识别到顶部变形异常;经管道 CCTV 复核,确认管内 106 m 处存在顶部变形 4 级缺陷,0903 方向。通过比对,水下图像声呐解译成果(位置、部位、异常类型、尺寸)与管道 CCTV 复核成果一致性良好。

(5)电法渗漏检测成果反馈在检测范围内未见明显渗漏异常,经管道 CCTV 复核,确认管内未见明显渗漏缺陷。通过比对,电法渗漏检测解译成果与管道 CCTV 复核成果一致性良好。

4 结论

(1)“声呐+电法测漏”组合技术可对满水末端干管内存在的主要结构性缺陷(脱节、支管暗接、错位、异物穿入、起伏)及功能性缺陷(沉积、障碍物、树根、残墙坝根)进行有效识别,最小目标分辨能力为 0.1 m,理论误差为 0.02 m。

(2)对于较小尺寸的异物穿入,“声呐+电法测漏”组合技术无法有效识别。

(3)对于穿入异物的材质,“声呐+电法测漏”组合技术无法识别,需要借助资料查询、产权单位走访、降水位后进行 CCTV 检测等方式予以确认。

参考文献:

[1] CJJ 181—2012,城镇排水管道检测与评估技术规程[S].

(上接第 221 页)

市内部快速出行需求催生了快速有轨电车的发展需要。快速有轨电车在国内外部分城市已得到应用,在我国中小城市市域层面和大城市区域层面具有一定的建设需求,在其规划建设过程中应在车辆选型、站点设置、交叉口设计等方面加强针对性的分析,以满足实际运营需求,在行业及以上层面应尽快启动相关标准的研究和编制工作,为快速有轨电车的规划建设提供技术支持。

参考文献:

[1] T/CAMET 00001—2020,城市轨道交通分类[S].

[2] 中国城市轨道交通协会.城市轨道交通 2020 年统计和分析报告[R].北京:中国城市轨道交通协会,2021.

[3] 李连成.市域(郊)铁路概念辨析及其定位[J].综合运输,2020,42(5):62-67.

[4] 唐森.快速有轨电车系统特征及适应性分析[J].城市轨道交通研究,2020,23(S1):5-8.

[5] 何肖,顾保南.我国大陆各城市轨道交通线路旅行速度统计分析——基于中国城市轨道交通协会数据分析的研究报告之七[J].城市轨道交通研究,2020,23(1):1-5.

[6] 甘元佳,易思蓉.现代有轨电车合理站间距研究[J].铁道标准设计,2018,62(2):81-88.

[7] 李猛,徐成永,贺鹏,等.国外快速有轨电车系统特征[J].都市快轨交通,2015,28(4):129-133.

[8] 秦舒.快速有轨电车在我国的适应性分析[J].城市轨道交通研究,2019,22(S1):21-23.