

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2022.10.024

# 污水收集系统过河管检测技术、案例及分析

齐国辅<sup>1,2</sup>, 沈小华<sup>1,2</sup>, 封汇川<sup>1,2</sup>, 严小明<sup>3</sup>, 周蕾<sup>3</sup>, 王耀增<sup>1,2</sup>,  
董羿凡<sup>1,2</sup>

(1. 中机国际工程设计研究院有限责任公司 华东分院, 江苏 南京 210023; 2. 湖南省水处理过程与装备工程技术研究中心, 湖南 长沙 410007; 3. 南京水务集团有限公司, 江苏 南京 210000)

**摘要:** 过河管的缺陷情况对污水收集系统的健康程度评估至关重要。以南京市某污水收集系统排水管网清疏、检测、排查、设计、施工一体化项目为例,分析过河管的各种检测方法,明确项目中过河管检测的技术路线,针对各种检测方法列举典型案例,并对系统收集范围内58条过河管进行结构性缺陷评估。结果表明,电法测漏和水下机器人检测技术能够在管道满水条件下对管道缺陷进行有效检测;过河管存在结构性缺陷问题的比例远大于普通管道;塑料管存在结构性缺陷问题比例远大于其他管材。

**关键词:** 过河管; 检测; 电法测漏; 水下机器人

**中图分类号:** TU992 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2022)10-0141-06

## Detection Technology, Case and Analysis of River Crossing Pipe in Sewage Collection System

QI Guo-fu<sup>1,2</sup>, SHEN Xiao-hua<sup>1,2</sup>, FENG Hui-chuan<sup>1,2</sup>, YAN Xiao-ming<sup>3</sup>,  
ZHOU Lei<sup>3</sup>, WANG Yao-zeng<sup>1,2</sup>, DONG Yi-fan<sup>1,2</sup>

(1. East China Branch, China Machinery International Engineering Design & Research Institute Co. Ltd., Nanjing 210023, China; 2. Hunan Engineering Research Center for Water Treatment Process & Equipment, Changsha 410007, China; 3. Nanjing Water Group Co. Ltd., Nanjing 210000, China)

**Abstract:** The defect of river crossing pipes is crucial to the health assessment of sewage collection system. Taking the integrated project of drainage pipe network dredging, inspection, design and construction of a sewage collection system in Nanjing as an example, various detection methods of river crossing pipes are analyzed, the technical route is clarified, typical detection methods cases are listed, and the structural defects of 58 river crossing pipes within the scope of the system are evaluated. The results show that leak detection by electric method and underwater robot detection technology can effectively detect pipeline defects under the condition of full water. The proportion of structural defects in river crossing pipes is far greater than that of ordinary pipelines and the proportion of structural defects in plastic pipes is far greater than other pipes.

**Key words:** river crossing pipe; detection; leak measure by electric method; underwater robot

随着近年来城市黑臭水体治理、城镇污水处理提质增效、城镇生活污水处理设施“补短板、强弱项”等工作的开展,城市排水管网问题得到越来越多的关注,各地排水管网排查和修复工作正在有序推进,深圳、南京、扬州、珠海等城市的污水管网检测已基本完成<sup>[1-4]</sup>。

## 1 项目概况

南京市某污水收集系统排水管网疏通、检测、排查、设计、施工一体化项目,需排查 54 km<sup>2</sup> 内的市政污水管线,总长约 280 km<sup>[2]</sup>。通过前期基础管线

资料的梳理和物探测绘的全面修测,该污水收集系统共有过河管 58 条,管径范围为  $d300\sim 2\,200$  mm,管材为实壁 PE、HDPE、Ⅱ级钢筋混凝土、钢、球墨铸铁等。由于过河管一旦发生问题就会造成河水与污水互通,因此项目要求对所有过河管应检尽检。

## 2 管道检测方法

常用的管道检测方法有潜望镜(QV)、闭路电视(CCTV)、声呐(Sonar)、电法测漏、水下机器人等方法<sup>[5-7]</sup>。各排水管道检测方法的适用范围、缺点及本项目使用条件见表 1。

表 1 各排水管道检测方法的适用范围、缺点及本项目使用条件

Tab.1 Scope of application, disadvantages of each drainage pipeline detection method and use conditions of the project

检测方法	适用条件	缺点	本项目使用条件
潜望镜	管径 $d150\sim 2\,000$ mm,管道内水位较低	一侧有效检测距离偏短;对细微的结构性问题,不能提供很好的成果	管径 $\leq d300$ mm 或者检查井偏小, CCTV 设备无法进入
闭路电视	管径 $d400\sim 2\,000$ mm,能够封堵调排且满足设备放置和爬行条件	水位不能超过管道内径的 30%,淤泥深度不能大于管道内径的 20%	满足适用条件时,推荐采用此方法
声呐	管道内为满水状态	仅能判断管道断面的管径、沉积物形状及其变形范围	近期已修复管道的功能性缺陷检测
电法测漏	管道内为满水状态	仅能检测非金属管道的破裂和渗漏缺陷	无法封堵调排且管材为非金属
水下机器人	管道内为满水状态且管径 $\geq d800$ mm	费用较高且无法检测 HDPE 管	无法封堵调排、管径 $\geq d800$ mm 且管材为非 HDPE

注: 同时具备电法测漏和水下机器人检测条件时,优先选择水下机器人检测。

除常规的管道检测方法外,也可通过调整污水管道内液位和河道水位之间的关系,结合水质检测,判断污水与河水之间有无互通。

## 3 技术路线

过河管检测技术路线见图 1。

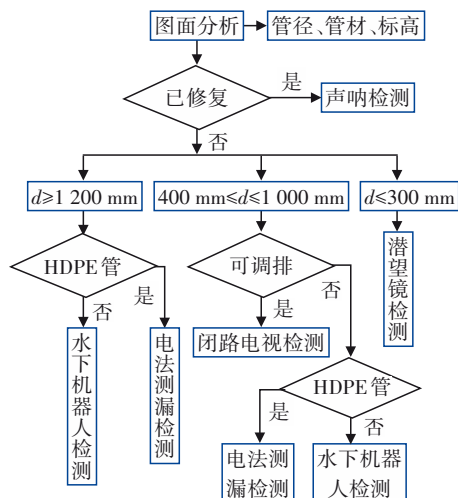


图 1 过河管检测技术路线

Fig.1 Technical route of river crossing pipe inspection

图 1 所示的技术路线是综合考虑过河管应检尽检的要求、施工单位调排能力(无法实现管径  $\geq d1\,200$  mm 的管道封堵调排)以及各排水管道检测方法的适用范围、缺点及本项目使用条件而确定的。

## 4 检测案例

### 4.1 闭路电视检测

#### 4.1.1 检测原理

闭路电视检测系统主要包括 CCD 摄像机、光源、爬行器和电缆卷盘等。CCD 摄像机和光源装载在爬行器上,控制器可控制爬行器在管道中行走,摄像机采集的管道 24 位真彩图像可通过电缆传到操作器上<sup>[6]</sup>。

#### 4.1.2 过河管

第 28 号过河管位于西北护城河和金川河老主流交汇处西侧(见图 2),为西北护城河过河管,管径  $d500$  mm,管材为钢筋混凝土,长 34 m,地面标高 7.35 m,上游井底标高 3.49 m,下游井底标高 3.20 m。



图2 第28号过河管位置

Fig.2 Location of No.28 river crossing pipe

4.1.3 排查结果

本段管道存在4处缺陷(见图3):纵向4.3 m处,环向1212位置存在Ⅲ级脱节1处;纵向6.8 m处,环向0911位置存在Ⅳ级渗漏1处;纵向13.2 m处,环向0309位置存在Ⅳ级起伏1处;纵向22.8 m处,环向0309位置存在Ⅱ级异物穿入1处。

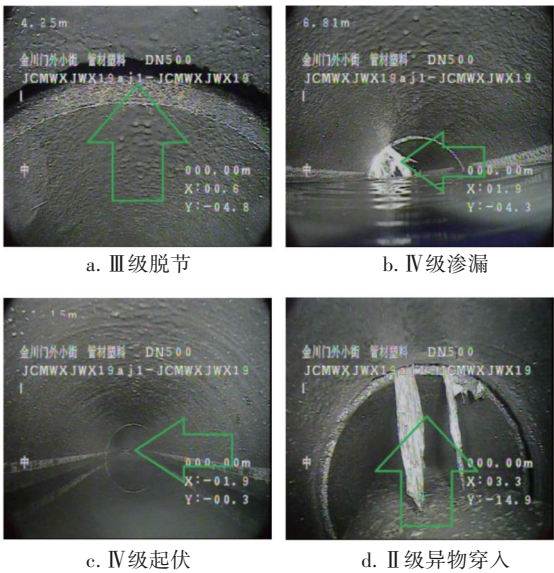


图3 第28号过河管 CCTV 检测

Fig.3 CCTV inspection diagram of No.28 river crossing pipe

4.1.4 修复建议

由于本段管道缺陷较多且多为结构性缺陷,建议对该过河管进行开挖更换。

4.2 声呐检测

4.2.1 检测原理

利用探头向水中发射声波并接收水下物体的反射回波从而发现目标,目标距离根据发射声波和

回波到达的时间差测算得到。声呐系统在计算机和专用软件的支持下对接收到的回波信号进行自动处理,测定目标的各种参量,达到检测排水设施运行状况的目的<sup>[8]</sup>。

4.2.2 过河管

第10号过河管位于北护城河中央路桥下(见图4),为北护城河过河管,管径 $d$ 1 500 mm,管材为钢筋混凝土,长度为127 m,地面标高10.95 m,上游井底标高3.25 m,下游井底标高3.22 m。

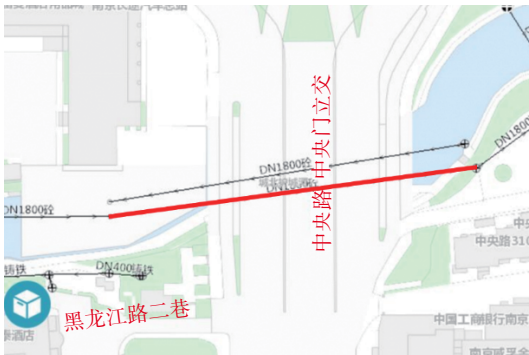


图4 第10号过河管位置

Fig.4 Location of No.10 river crossing pipe

4.2.3 排查结果

本段管道检测结果见图5。由图5可知,平均积泥深度44.41 mm,占管道直径的2.96%,最大积泥深度226 mm,积泥深度较低。

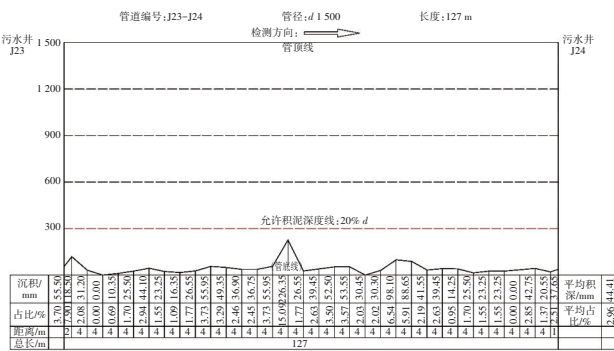


图5 第10号过河管声呐检测

Fig.5 Sonar inspection diagram of No.10 river crossing pipe

4.2.4 修复建议

沉积物厚度小于管径的20%,未构成功能性缺陷,无需处理。

4.3 电法测漏检测

4.3.1 检测原理

管道电法测漏仪由控制系统、电缆盘、聚焦式



电极阵列探头三部分构成,将其中一个电极探头置于管道内部,通过不断移动管道内部电极位置,测量管道内部电极与管道外部地面电极回路电流大小来判断管道是否存在渗漏<sup>[7]</sup>。

#### 4.3.2 过河管

第30号过河管位于内金川河中支与主流交汇处(见图6),为内金川河东支过河管,管径 $d1\ 200\text{ mm}$ ,管材为钢筋混凝土,长 $18.5\text{ m}$ ,地面标高 $7.88\text{ m}$ ,上游井底标高 $2.58\text{ m}$ ,下游井底标高 $2.53\text{ m}$ 。该过河管为片区污水收集主管,满管流状态,流速快,流量大,难以封堵调排水。



图6 第30号过河管位置

Fig.6 Location of No.30 river crossing pipe

#### 4.3.3 排查结果

经检测,该过河管共5处渗漏(见图7),渗漏点与西侧井口距离依次为 $5.24$ 、 $5.46$ 、 $8.69$ 、 $10.38$ 、 $16.10\text{ m}$ 。

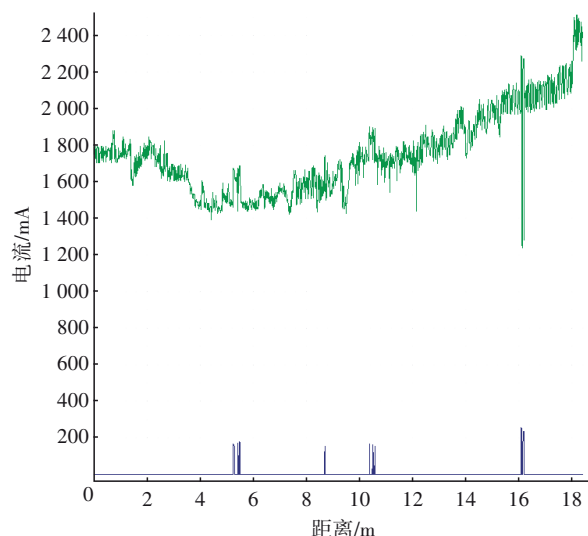


图7 第30号过河管电法测漏检测

Fig.7 Electric method leak measure inspection of No.30 river crossing pipe

#### 4.3.4 修复建议

建议对管段进行CIPP紫外线光固化内衬修复。

#### 4.4 水下机器人检测

##### 4.4.1 检测原理

机器人包括管道视频、管道声呐、搭载器、控制箱、线盘,通过旋转的发射机和接收器来扫描其周围的环境,根据固定的分辨率通过中央处理器将形成的伪图像绘制到显示器上,图像可以实时更新,以供观察者实时观看。管道声呐显示器上目标和纹理的亮度代表了它们反射的强度(高密度的物质反射的效果比泥浆、沙子和淤泥更强烈),而其阴影可以反映物体的几何形状。

##### 4.4.2 过河管

第31号过河管位置见图8。



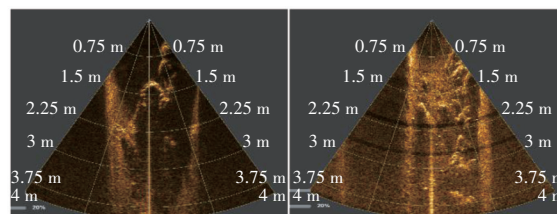
图8 第31号过河管位置

Fig.8 Location of No.31 river crossing pipe

该过河管位于安怀村路路口东侧,为南十里沟主流过河管,管径 $d1\ 500\text{ mm}$ ,管材为钢筋混凝土,长 $41\text{ m}$ ,地面标高 $10.56\text{ m}$ ,上游井管内底标高 $2.75\text{ m}$ ,下游井管内底标高 $2.67\text{ m}$ 。

##### 4.4.3 排查结果

本段管道存在4处缺陷(见图9):纵向 $41.2\text{ m}$ 处,环向 $1101$ 位置存在Ⅲ级破裂;纵向 $3\sim 6\text{ m}$ 处,环向 $0408$ 位置存在Ⅲ级沉积;纵向 $15\sim 30\text{ m}$ 处,环向 $0408$ 位置存在Ⅲ级沉积;纵向 $39.5\sim 41.5\text{ m}$ 处,环向 $0408$ 位置存在Ⅳ级沉积。



a. Ⅲ级破裂

b. Ⅲ级沉积(纵向 $3\sim 6\text{ m}$ 处)

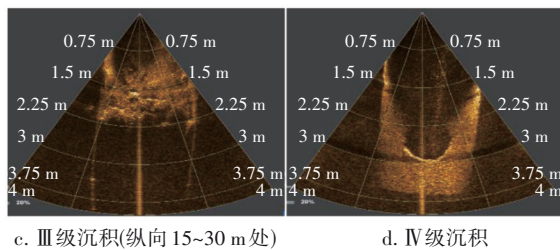


图9 第31号过河管水下机器人检测

Fig.9 Robot under water inspection of No. 31 river crossing pipe

#### 4.4.4 修复建议

对该过河管进行清疏,Ⅲ级破裂处采用不锈钢套环点修。

### 5 检测结果分析

经过检测发现,58条过河管中有结构性缺陷的28条,有Ⅲ级和Ⅳ级结构性缺陷的共24条,其中塑料管13条(共17条,缺陷率76.5%),混凝土管8条(共32条,缺陷率25.0%),钢管0条(共3条,缺陷率0),铸铁管3条(共6条,缺陷率50.0%)。过河管不同管材结构性缺陷程度见图10,过河管不同管材结构性缺陷种类见图11。

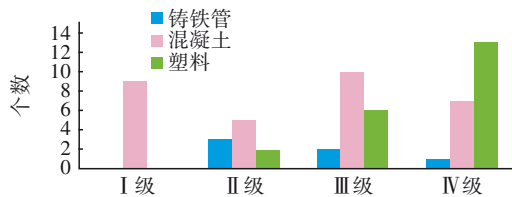


图10 过河管不同管材结构性缺陷程度

Fig.10 Structural defects degree of different pipe materials of the river crossing pipe

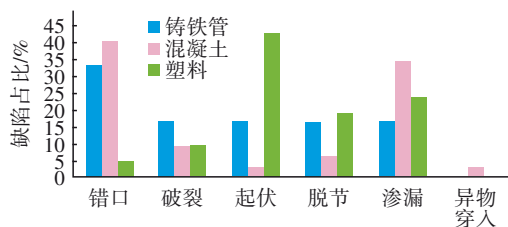


图11 过河管不同管材结构性缺陷种类

Fig.11 Structural defects of different pipe materials of the river crossing pipe

塑料管易发生结构性缺陷为起伏、脱节和渗漏;混凝土管易发生结构性缺陷为错口和渗漏;球墨铸铁管易发生结构性缺陷为起伏。过河管易发生结构性缺陷的主要原因有:

① 管材选择。管材质量不合格造成管材破

损和管材变形,这主要发生在塑料管材上;混凝土管承插接口较多,也容易发生接口问题。

② 地基沉降。过河管前期施工时地基未做处理,地基淤泥层压缩性较大,造成不均匀沉降;原先过河管与河道挡墙可能同时施工,挡墙后期沉降较大,河道中部过河管沉降较小,从而造成不均匀沉降;原过河管埋深较浅,河道水流对管道地基土的浸泡和扰动,造成不均匀沉降。

③ 长效养护。日常养护不到位,未按照要求进行清疏等日常养护;部分过河管两侧检查井位于河道两侧绿化带、老旧片区围墙、景观步道内,部分检查井被埋或者养护车辆难以靠近。

### 6 结论和建议

#### 6.1 结论

① 过河管存在结构性缺陷问题比例远大于普通管道;塑料管存在结构性缺陷问题比例远大于其他管材。

② 电法测漏和水下机器人检测技术能够在管道满水条件下对管道缺陷进行有效检测。

#### 6.2 建议

① 过河管的缺陷情况对污水收集系统的健康程度评估至关重要,在排查项目中需优先排查检测和应检尽检。

② 过河管设计时,采用双管过河,相互备用,过河管两侧检查井尽量远离河道。

③ 过河管开挖施工时推荐采用实壁PE管、钢管和球墨铸铁管,顶管施工时推荐采用混凝土管。

④ 提高过河管的养护等级,定期进行清疏检测。

#### 参考文献:

- [1] 肖倩,王俊然,陈辉,等. 深圳市某片区排水管道CCTV检测评估与修复方案[J]. 给水排水,2019,45(9):109-114.  
XIAO Qian, WANG Junran, CHEN Hui, et al. The detection and evaluation by CCTV and rehabilitation analysis of sewer pipeline in an area of Shenzhen City[J] Water & Wastewater Engineering, 2019, 45(9): 109-114(in Chinese).
- [2] 沈小华,齐国辅,严小明,等. 南京市某排水管网检测工程实例分析[J]. 给水排水,2020,46(4):134-138.  
SHEN Xiaohua, QI Guofu, YAN Xiaoming, et al.

- Analysis of a drainage pipe network inspection project in Nanjing[J]. *Water & Wastewater Engineering*, 2020, 46(4):134-138(in Chinese).
- [3] 郭翔. CCTV管道检测在扬州污水提质增效行动中的应用[J]. *中国给水排水*, 2020, 36(20):67-70, 76.
- GUO Xiang. Application of CCTV pipeline inspection in Yangzhou sewage quality improvement and efficiency enhancement action [J]. *China Water & Wastewater*, 2020, 36(20):67-70, 76(in Chinese).
- [4] 齐利华, 祖士卿, 马骥. 珠海市某区域污水管网CCTV检测结果与建议[J]. *中国给水排水*, 2017, 33(22):135-138.
- QI Lihua, ZU Shiqing, MA Ji. CCTV inspection and thinking of a regional sewage networks in Zhuhai [J]. *China Water & Wastewater*, 2017, 33(22):135-138(in Chinese).
- [5] 李田, 郑瑞东, 朱军. 排水管道检测技术的发展现状[J]. *中国给水排水*, 2006, 22(12):11-13.
- LI Tian, ZHENG Ruidong, ZHU Jun. Development of sewer inspection and assessment technologies[J]. *China Water & Wastewater*, 2006, 22(12):11-13(in Chinese).
- [6] 王新妍. 城市排水管道缺陷检测方法与发展现状探析[J]. *铁道建筑技术*, 2020(2):50-53, 58.
- WANG Xinyan. Review on defect detection methods and development status of urban drainage pipeline [J]. *Railway Construction Technology*, 2020(2):50-53, 58(in Chinese).
- [7] 贺超, 孟钦伟, 袁培骏, 等. 电法测漏定位仪在排水管网检测中的探索应用[J]. *市政技术*, 2020, 38(4):180-182, 188.
- HE Chao, MENG Qinwei, YUAN Peijun, *et al.* Application of electrical leak locator in sewage pipe network detection [J]. *Municipal Engineering Technology*, 2020, 38(4):180-182, 188(in Chinese).
- [8] 彭艺艺, 陈勇民, 周永潮. 基于声呐技术的截流深井淤积研究[J]. *中国给水排水*, 2011, 27(5):6-8.
- PENG Yiyi, CHEN Yongmin, ZHOU Yongchao. Research on siltation condition of deep intercepting wells based on sonar [J]. *China Water & Wastewater*, 2011, 27(5):6-8(in Chinese).

作者简介: 齐国辅(1982- ), 男, 内蒙古赤峰人, 大学本科, 高级工程师, 主要研究方向为市政给水排水规划、咨询设计等。

E-mail: 54524334@qq.com

收稿日期: 2021-04-25

修回日期: 2021-05-10

(编辑: 衣春敏)

像保护眼睛一样保护生态环境,  
像对待生命一样对待生态环境