

城市更新背景下排水管网检测经验总结与思考

王卫刚^{1,2,3}

[1. 上海市市政工程设计研究总院(集团)有限公司, 上海市 200092; 2. 上海城市排水系统工程技术研究中心, 上海市 200092; 3. 超大城市基础设施韧性设计工程技术创新中心, 上海市 200092]

摘要: 为了更好地摸清城市更新背景下排水管网检测修复的工程经验, 以华东某城市排水管网检测与修复项目为案例, 归纳了排水管网 CCTV 检测过程中存在的共性问题并提出相应的解决方案, 针对该城市 A 片区管道缺陷类型进行了归纳与统计分析, 同时给出针对性的修复措施。结果表明, 结构性缺陷中管道变形和功能性缺陷的内部障碍物等占比相对较高, 对排水管道结构稳定性和输水能力造成明显影响, 需要及时开展修复与养护工作, 保障管网系统安全稳定运行。成果可为城市排水管网检测与修复工程提供实践参考与技术指导。

关键词: 城市更新; 排水管网; 管道检测; 缺陷; 排水管修复

中图分类号: TU992.4

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2026)07-0319-05

Summary and Reflection on Drainage Pipe Network Inspection Experience under Background of Urban Renewal

WANG Weigang

[1. Shanghai Municipal Engineering Design Institute (Group) Co., Ltd., Shanghai 200092, China; 2. Shanghai Urban Drainage System Engineering Technology Research Center, Shanghai 200092, China; 3. Engineering Technology Innovation Center for Megacity Infrastructure Resilience Design, Shanghai 200092, China]

Abstract: In order to better understand the engineering experience of drainage pipe network inspection and repair under the background of urban renewal, taking an urban drainage pipe network inspection and repair project in East China as an example, the common issues during CCTV inspection of drainage pipe network are summarized and the corresponding solutions are proposed. The types of pipeline defects in Area A of the city are categorized and statistically analyzed. At the same time, the targeted repair measures are given. The results indicate that the proportion of structural defects such as pipeline deformation and internal obstacles caused by functional defects is relatively high, significantly impacting the structural stability and water conveyance capacity of drainage pipelines. It is necessary to timely conduct the repair and maintenance, ensuring the safe and stable operation of the pipeline network system. These findings provide practical references and technical guidance for inspection and repair engineering of urban drainage pipe network.

Keywords: urban renewal; drainage pipe network; pipeline inspection; defects; repair of drainage pipe

0 引言

目前,我国城市发展已进入一个崭新的高质量发展阶段,中央和地方也陆续出台了一系列、多层面对城市更新方面的政策法规作为顶层设计和实践基础^[1]。

城市排水管网对于城市的正常运转和居民的生活发挥了必不可少的支撑作用^[2]。城市水环境质量

能否实现根本性改善,关键在于排水管网。但排水管道长期埋设于地下,具有隐蔽性强、检测困难、维护不便等特点。在排水管线出现腐蚀、淤积、渗漏、变形等缺陷时,若不能及时发现并整治修复,当暴雨来临时,雨污混接、溢流不仅加重了水体黑臭的风险,更易导致城市内涝发生,造成巨大经济损失。因此,及时检查排水管网的健康状况,发现管网存在的病害问题并及时修复缺陷管道,十分必要^[3]。

常见的管道检测方法有传统检测法、CCTV 检测、声呐检测、管道潜望镜检测等^[4]。由于传统检测方法在检查管道结构和功能状况时需满足管径 >0.8 m,

收稿日期: 2026-03-13

作者简介: 王卫刚(1981—),男,工学博士,高级工程师,从事给排水设计研究工作。

具有受制因素多、检测效果差、检测成本高的特点,很难在工程实践中大范围应用。CCTV检测是国内外用于管道检测的最常用手段,适用于雨污水主管或管段长度大于15 m的支管、预留管检测,它利用机器人在排水管道中进行摄像,从而查明排水管道健康状况,为后续管道修复提供详实的基础资料^[5]。

1 项目概况

本项目位于长江流域华东某市,管网总长度约2 000 km,其中雨水管网1 300 km,污水管网700 km。项目内容主要包括市政雨污水管网检测、管道运行状况检测与评估,以及后续的管道修复等,通过本项目实现管网系统的提质增效及城市水环境质量的全面改善。

2 检测方法

管网检测主要采用CCTV检测法。管道CCTV(closed-circuit television, CCTV)检测是一种通过爬行机器人搭载高清摄像头进入管道内部,对管道状况进行拍照和摄影,形成视频文件,然后对照相应的技术规程对管道状况进行评估,为后续的管道修复提供基础数据。该方法在给排水及工业管道等检测领域被广泛使用^[6-8]。

在CCTV检测过程中,为保证管网检测质量,应注意以下技术要点:一是检测前应进行现场调研,对待检测的所有检查井进行编号,勘察管道的材质、管径、管长等基本属性,绘制排水管网物探图,做到待检测范围内的检查井及管道不重复、不遗漏;二是在爬行机器人下井检测前应对待检测管道进行疏通和清洗,确保清洗后的管道内壁无污物或杂物覆盖;三是CCTV检测必须编写视频片头,片头中应注明检测管道位置名称、起止检查井编号、管径、管材、检测方向、管道类型、检测人员、检测单位及检测日期等;四是爬行机器人放入检查井后,应先初始化归零,管道直径较大时时,应进行补偿校准;五是爬行机器人运行速度不宜过快,应控制在0.15 m/s左右,最大不超过0.2 m/s,在缺陷处或接口处,爬行机器人均应先停止,然后旋转摄像头拍摄(时长约10 s),同时应使爬行机器人与水流保持同方向行驶,以保证影像资料的清晰、可靠;六是检测时应尽量避免带水作业,若管道无法排空,积水深度与淤积厚度均不得超过管径的20%;七是当管道形状是圆形和矩形时,爬行机器人应沿管道中线行进,检测完毕后,应及时修正爬行机器人上的显示数值与实际检测长度;八是正向拍摄时,摄像头应保持水平正向,行进过程中不得旋

转镜头或调整焦距,侧向拍摄时,需先停止行进,然后调整拍摄角度与焦距^[9]。

3 存在问题与解决方案

在管网检测项目中,由于前期物探资料不完善、道路临时施工挤占路面、工期紧、技术交底要求不统一等原因,常存在检查井井盖标识不清、视频拍摄不规范、检测困难段及管道缺陷等级判读不一等问题,这无形中加大了CCTV检测的工程量,部分管段甚至需要重复检测,影响了工程进度。

3.1 井盖信息标识不清

在CCTV检测前,物探人员在实际分段勘察时,由于不同班组对检查井各自编号,易出现井号混乱、一井多号、井盖破损、井号缺失、井盖缺失和井盖错盖等问题(见图1)。



图1 编号混乱

解决方案:一是源头整治,在排水管道新建及改造过程中,应在相关部门的指导下建立统一的检查井标识牌(铭牌)制度,标识牌(铭牌)内容应包括检查井编号、类型、规格尺寸、井深、所属片区、建设日期、建管单位等信息,新型井盖应逐步替换老旧检查井井盖;二是技术交底,在管道新建或改造前应对施工人员进行技术交底,规范施工过程,杜绝因疏忽导致的井盖错盖等问题;三是定期巡视,建管单位应建立检查井定期巡视制度,安排部门专员负责检查井的日常巡视与报备,发现问题及时解决。

3.2 视频拍摄不规范

在CCTV检测时,由于工期紧、检测员粗心疏忽、检测仪器不统一等原因,视频拍摄时存在未拍摄片头、爬行器下井后检测距离未清零、高水位作业、逆流检测、爬行器爬行过快等问题,致使视频拍摄质量不能满足设计要求(见图2)。

解决方案:一是技术交底,检测前应统一管道检测标准和视频质量要求,确保每一个检测班组成员



图2 距离未清零

均能合格上岗;二是边检测边审核,实行“边检测边审核”制度,及时安排各班组长资料员审核当天视频的检测质量,不合格的视频及时补测,确保视频质量达到设计要求;三是统一 CCTV 检测仪型号,尽可能使用型号一致的 CCTV 检测仪,避免由于使用进口仪器导致视频中汉字不能输入、片头拍摄不符合要求、仪器参数不能匹配、检测报告形式不一等不适宜问题。

3.3 困难段

在 CCTV 检测过程中,常由于多种原因致使部分管段无法检测或未完全检测,形成难检测的困难段。困难段主要包括以下几类:一是道路施工、井盖填埋导致的管道无法检测;二是管道内部淤积严重,导致上游管段水位过高难以降水检测;三是邻近污水处理厂的污水主干管,受限于污水处理厂的处理能力和上游传输的污水量累积,造成难检测段;四是受地下水渗入或河湖水倒灌等不明水源灌入导致大量外水挤占污水管道的空间,形成难降水管段;五是管道坍塌、变形、错口等原因导致的某段管段中间部分无法检测(见图3)。



图3 管道淤积

解决方案:一是统筹协商,对因道路施工、路面被侵占等基础设施建设施工改造导致的困难段,应提前

协调有关部门及施工单位协商解决;二是高压清淤,联合调度,机械强排,对因管道淤积、邻近泵站及污水厂等原因导致污水管道高水位运行,应采用高压水流清洗管道,在污水排放低谷期采用多水泵联调强排降水等措施,以达到 CCTV 检测要求;三是溯源封堵,对由于不明来水造成的难降水段,应溯源追踪,找到混接点或倒灌口,对其封堵,另行检测;四是井室新建,对于管道坍塌、变形、错口等导致的困难段,应考虑在坍塌处新建检查井,采用 CCTV 另行检测。

3.4 管道缺陷判读水平不一

现阶段,管道缺陷按性质分为结构性缺陷和功能性缺陷,其中结构性缺陷 10 种,功能性缺陷 6 种^[10]。每类缺陷均有 2~4 个评判等级。设计人员依据 CCTV 检测视频、报告进行管道修复方案设计时,由于主观评判影响因素较大,常存在与检测人员判读管道缺陷类型不统一、界定管道缺陷等级难等问题,为此,检测人员、设计人员对缺陷类型及等级判断不应“各抒己见”,应充分考虑项目所在地管网整体运行状况、经济因素、社会因素等,通过召开专家评议会等方式建立适合项目所在地管网缺陷类型、缺陷等级界定的评价体系,并及时进行技术交底,统一检测标准。

4 案例分析

以华东某市 A 片区污水系统为例,如表 1 所示,现状污水管道总长 149 km,管径范围为 DN300~DN2000,其中管道以 DN400~DN600 为主,管径过大或过小的管道数量均较少(见表 1)。

表 1 A 片区污水管网管径统计表

序号	管径/mm	管长/m	占比
1	DN300	3 960	2.7%
2	DN400	39 900	26.8%
3	DN500	19 380	13.0%
4	DN600	21 065	14.1%
5	DN800	16 608	11.1%
6	DN1000	22 458	15.1%
7	DN1200	12 989	8.7%
8	DN1350	3 160	2.1%
9	DN1500	2 657	1.8%
10	DN1650	2 655	1.8%
11	DN1800	3 500	2.3%
12	DN2000	786	0.5%
合计		149 118	100.0%

A 片区污水管 CCTV 检测结果见表 2。结果可见 CCTV 实际检测长度 85 km,已检测的污水管道发现

缺陷点7 557处,包括6 557处结构性缺陷,1 000处功能性缺陷(见表2)。

表2 A片区污水管网CCTV检测结果					
项目	类型	1级	2级	3级	4级
管道结构性缺陷	(AJ)支管暗接	31	6	1	—
	(BX)变形	376	149	93	144
	(CK)错口	1 903	451	84	53
	(CR)异物穿入	35	15	3	—
	(FS)腐蚀	69	178	2	—
	(PL)破裂	309	293	141	48
	(QF)起伏	37	47	43	27
	(SL)渗漏	84	95	28	10
	(TJ)脱节	239	1 210	158	87
	(TL)接口材料脱落	66	42	—	—
合计		3 149	2 486	553	369
管道功能性缺陷	(CJ)沉积	60	23	6	4
	(CQ)残墙、坝根	3	1	6	18
	(FZ)浮渣	28	13	7	—
	(JG)结垢	35	7	2	0
	(SG)树根	145	61	24	36
	(ZW)障碍物	204	132	60	125
	合计	475	237	105	183

4.1 管道结构性缺陷分析

对管道的结构性缺陷进行统计分析(见表3),A片区污水管道结构性缺陷类型主要是错口(38.0%)、脱节(25.8%)、破裂(12.1%)、变形(11.6%),4类缺陷累计占比87.5%。

表3 结构性缺陷比例统计表		
类型	数量	比例
(AJ)支管暗接	38	0.6%
(BX)变形	762	11.6%
(CK)错口	2 491	38.0%
(CR)异物穿入	53	0.8%
(FS)腐蚀	249	3.8%
(PL)破裂	791	12.1%
(QF)起伏	154	2.3%
(SL)渗漏	217	3.3%
(TJ)脱节	1 694	25.8%
(TL)接口材料脱落	108	1.6%
合计	6 557	100.0%

对错口、脱节、破裂、变形四类管道结构性缺陷及缺陷等级进行趋势分析(见图4)。由此可见:管道错口、脱节、破裂缺陷主要集中在1级和2级,占比分别为94.5%、85.5%、76.1%,多表现为轻微中度缺陷,对管网运行影响较小,但有变坏加重的趋势。而对于管道变形缺陷,4级缺陷占比18.9%,3级和4级缺陷累计占比高达31.1%,表现为严重或重大缺陷,因此管道结构状况受到严重影响,破坏风险较大,需及

时采取有效措施修复。

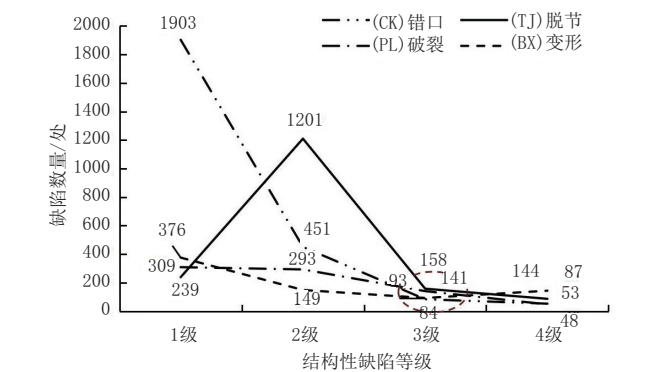


图4 结构性缺陷统计图

分析A片区污水管道结构性缺陷主要表现在变形。主要原因是HDPE双壁波纹管应用较多,而HDPE管为柔性管道,其对管道回填施工质量要求较高,施工后回填质量不达标极易造成管道施工完成后变形、破裂等结构性损坏事故;另一方面,HDPE管道长期受地面负荷影响,管道横向、竖向受力不均匀,致使管道发生变形缺陷的风险加大;再者,地下水位较高,污水具有一定的腐蚀性,加剧了管道变形的风险^[11-12]。

4.2 管道功能性缺陷分析

对管道的功能性缺陷进行统计分析(见表4),污水管道的功能性缺陷主要是障碍物(52.1%)、树根(26.6%)、沉积(9.3%),三类缺陷累计占比88%。

表4 功能性缺陷比例统计表		
类型	数量	比例
(CJ)沉积	93	9.3%
(CQ)残墙、坝根	28	2.8%
(FZ)浮渣	48	4.8%
(JG)结垢	44	4.4%
(SG)树根	266	26.6%
(ZW)障碍物	521	52.1%
合计	1 000	100.0%

对障碍物、树根、沉积三类管道功能性缺陷及缺陷等级进行趋势分析(见图5),管道障碍物、树根、沉积缺陷主要集中在1级和2级,占比分别为64.5%、77.4%、89.2%,多表现为轻微中度缺陷,且有变坏的趋势;对于管道障碍物缺陷,4级缺陷占比高达24%,3级和4级缺陷累计占比35.5%,障碍物严重影响管道的过流能力,可能已导致部分污水管网运行瘫痪。管道沉积缺陷3级和4级累计占比10.8%,部分管道沉积严重,降低管道过流能力,应采取清淤措施消除管内障碍物和沉积物,恢复管道输水能力。

4.3 管道修复建议措施

根据以上分析结果,建议对该片区污水管网开

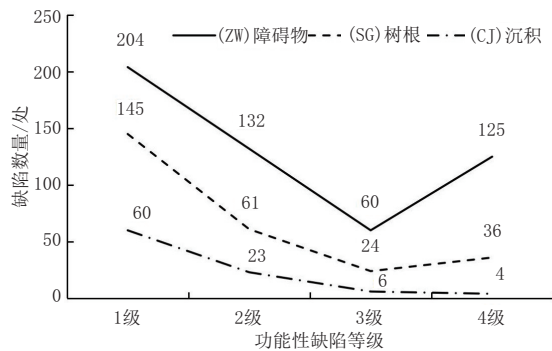


图5 功能性缺陷统计图

展以下具体修复建议。

(1)对1级的结构性缺陷管段可暂不修复^[7],对2级以上的管段,应做修复计划,为减少工程投资和修复对道路周边环境的影响,本工程建议采用局部现场固化法、CIPP 翻转法、紫外光固化法、短管内衬焊接、裂管法等非开挖修复技术^[13]。

(2)对功能性缺陷等级为2级及以上的管道应采取人工清淤或机械疏通的方式,清除管内障碍物和管底沉积物,保持管道内水流通畅;对功能性缺陷等级为1级的管道可以暂不养护;对功能性缺陷等级为2级的管道可暂不养护,但宜安排处理计划;对功能性缺陷等级为3级的管道应尽快采取养护措施;对功能性缺陷等级为4级的管道应立即进行养护运维作业^[14-15]。

5 结 语

排水管网是城市的一条重要生命线,越来越受到人们关注。结合本项目排水管网排查检测经验,笔者认为 CCTV 检测技术在管网排查检测方面具有一定的优势,建议在管网排查中应遵循“先排查、后整治,全面排查、系统整治”的总体思路,秉持客观真

实、全面系统、科学标准、因地制宜地原则,合理确定管道缺陷等级,及时开展检查井改造、管道修复及养护工作,恢复管道输水能力,逐步完善排水管网建设,进而推动城市水环境全面改善。

参考文献:

[1] 宋昆,景琬淇,赵迪,等.从城市更新到城市更新行动:政策解读与路径探索[J].城市学报,2023(5):19-30.

[2] 杨锐,马丁山,雷文书,等.城市地下管网参数化建模关键技术研究及应用[J].城市勘测,2023(5):51-55.

[3] 唐建国,王家卓,马洪涛.完善城市排水系统,巩固和提升黑臭水体整治成效[J].给水排水,2018,54(1):1-7.

[4] 麦家明.CCTV 检测技术在排水管网中的应用现状与未来发展[J].广东建材,2025,41(6):181-184.

[5] 曹淑上,贺建旺.CCTV 检测技术在新建排水管道竣工验收中的应用[J].科技创新与应用,2016(34):149-150.

[6] 王朝建.内衬非开挖管道修复技术及其应用分析[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2008(3):54-56.

[7] 张智伟.CCTV 管道检测技术管道缺陷研究[J].城市勘测,2022(2):175-178.

[8] 王东辉.排水管道检测与非开挖修复技术的应用[J].城市道桥与防洪,2013(1):67-71.

[9] 李海军.管道 CCTV 检测技术在城市排水项目中的应用[J].中小企业管理与科技(下旬刊),2018(2):170-171.

[10] CJJ/T 210—2014 城镇排水管道非开挖修复更新工程技术规程[S].

[11] 杨利伟,邢雯雯,张莉平,等.基于 GA 优化 BP 神经网络模型的污水管道系统健康状况评估[J].给水排水,2021,57(9):123-131.

[12] 龚红君.基于 CCTV 检测的排水管道病害及原因分析[J].重庆建筑,2024,23(10):72-74;88.

[13] 张学慧,宋国勇,刘存辉,等.管道修复工艺的选择与应用[J].城市道桥与防洪,2023(9):225-229.

[14] 谷俊鹏,曹玉梅,潘铁津.城市排水管网运维效能提升策略研究[J].中国给水排水,2024,40(16):29-36.

[15] 穆浩男,熊佳丽,胡继宗,等.珠三角某城市污水管网健康状况评估与修复方案[J].市政技术,2024,42(9):169-175.