

# 排水管道 CCTV 内窥检测工程质量控制方法

文 / 刘 威 广州开发区建设工程检测中心有限公司

**摘要：**随着我国城镇化进程的加速，城市排水管网规模持续扩大，但管道服役年限、运行环境复杂化导致结构性与功能性缺陷问题日益突出。为及时发现并解决管道问题，就可以合理应用 CCTV 内窥检测 (Closed Circuit Television) 技术，做好排水管道状态评估工作。本文结合近年多地排水管道 CCTV 检测项目的实际案例，系统分析工程质量控制的关键环节，总结淤积、水流干扰、光照不足、设备卡顿等现场常见问题的成因与解决对策，旨在为管网检测与评估工作提供可操作、可复制的质量管理经验，推动城市排水系统精细化、科学化管理。

**关键词：**排水管道；CCTV 内窥检测；工程质量

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.22.063

## 引言

城市排水系统是保障城市公共安全与生态环境的重要基础设施，但使用年限增加后，排水管道普遍存在接口错位、结构裂缝、壁厚磨损、腐蚀穿孔、变形塌陷、沉积淤堵及树根侵入等问题。若不能及时发现并修复，可能引发地面塌陷、污水外溢、雨季内涝等城市安全事故，增加运维成本、缩短管网寿命。这时就要合理应用 CCTV 内窥检测技术，凭借高清摄像头直观呈现管道内部状况、快速定位病害位置、采集多维度检测数据，加强管道普查、养护评估、修复设计等环节。

### 一、管道 CCTV 内窥检测概述

排水管道 CCTV 内窥检测 (Closed Circuit Television Inspection) 是利用带有高清摄像装置的管道爬行者、潜望镜或可旋转镜头的机器人进入管道内部，记录管道结构状况、功能状态以及运行环境的一种非开挖检测技术。核心优势在于能在不破坏地表、不影响管道正常结构的前提下，获取直观、连续的影像资料，并进行缺陷位置、类型、程度的准确分析，为管网运行评估、修复设计与养护决策提供可靠依据。

CCTV 检测系统通常由管道爬行者主体、高清摄像头、照明灯组、缆线卷盘、控制台与记录系统构成。爬行者

通过电机驱动在管道内行进，摄像头可实现水平 360° 旋转与垂直一定角度调节，以便多角度观察管道内壁状况。影像通过数据线或无线信号实时传输至地面控制台，并由操作员进行实时监控、记录和标注。为保证不同管径与材质管道的成像效果，照明系统通常采用可调光源，部分系统还配备激光测距或倾角传感器，以便同步测量管道内径变化与坡度异常情况。

### 二、排水管道 CCTV 内窥检测工程质量控制的有效方法

#### (一) 仔细核对技术资料

排水管道 CCTV 内窥检测项目实践表明，若前期管道资料遗漏或有偏差，检测时极易发生井位定位错误、管段漏检、重复检测甚至全段返工等问题，不仅增加成本与工期，还会长期影响管网数据库更新。

工程人员核对技术资料时，需要全面审查管网的基础信息，了解管道的管径、管材、管长、埋深、坡度、建设年代等基本参数，并通过比对竣工图与 GIS 系统数据验证信息一致性。管径数据还要结合历史记录和现场实测，利用通球器或激光测径装置抽检，确保误差不超过《城镇排水管渠检测与评估技术规程》(CJJ 181-2012) 规定的允许范围<sup>[1]</sup>。

核对完成后，需结合竣工图、卫星影像及地面踏勘成果多源比对确认交叉口位置、接入支管数量与位置准确性。之后收集近五年疏通、养护、修复和事故处理记录，将其中的高频故障管段或易淤积段列入重点关注清单。地面交通与周边环境条件也要同步纳入核对范围，如城市主干道、学校、医院等区域管道检测，并在计划中增加相关交通疏导与安全防护措施。

具体核实时，可采用“图纸核查—现场踏勘—仪器复核”三步法。第一步，室内完成图纸资料与电子数据的对比整合，让数据结构统一；第二步，由技术人员携带井盖探测仪、测距仪、手持 GPS 现场勘探井位，逐一记录与图纸的差异；第三步，存在争议的井位和管段利用金属探测仪、管线探测雷达或声波定位仪精确测量，以最终确定位置。所有核对结果形成《技术资料核对表》，主要记录发现的问题、修正方案、责任人及复核日期。

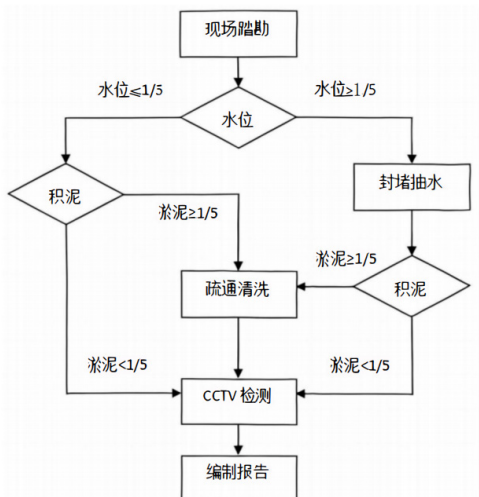


图 1 管道 CCTV 检测流程

由某市政服务公司（应保密要求匿名）提供的 2023 年开展管网普查项目显示，初期阶段由于竣工图与实际井位偏差超过 5 米的情况占总井数 4.7%，造成 22 段管道返工，累计浪费工时约 48 小时。该项目引入三步核对法并辅以 GIS 实时更新机制后，漏检率由 3.1% 降至 0.5%，返工率降低 76%，项目总工期缩短 8 天。

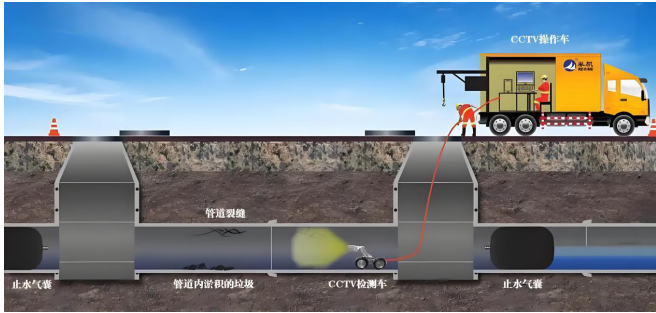


图 2 CCTV 管道检测情况示意

**（二）做好前期设备调试检测**

排水管道 CCTV 内窥检测前若设备调试不到位，容易出现画面模糊、曝光过度、视角偏移或设备中途故障等问题，进而影响缺陷判读的精度和检测效率，所以正式管道检测作业之前要开展全面、细致的设备调试工作。

检测前，管道爬行器的行进速度通常应控制在 0.10 ~ 0.15m/s 之间，保证视频画面稳定且具备足够的停留时间观察细节。摄像系统需检查镜头的水平与

垂直旋转角度是否正常，水平旋转应达到 360°，垂直调节不低于 ±45°，且需要保证旋转过程平稳无卡滞。照明系统则需结合管径大小和材质特性进行亮度调节，混凝土管建议光源功率控制在 60 ~ 100W 范围内，PVC 管因反光率高，光源亮度应适当降低以避免过曝。配备激光测径或倾角传感器的设备还需进行校准，确保测量精度符合 CJJ 181-2012 规定的 ±1% 管径误差要求。

其次，现场正式作业前通常选择一段结构完整、内壁干净的标准管段作为测试区，检验影像清晰度、照明均匀性、焦距调整灵敏度及录像文件存储质量。试运行阶段主要记录视频文件并回放检查 [2]。

再次，检测作业期间可能遇到常见突发问题包括电缆损坏、摄像头进水、照明失效及爬行器卡阻等情况，现场应准备备用摄像头、照明灯组、可更换电池、防水接头以及工具箱等物资，以便在设备发生故障时快速更换，减少停工时间。

由某市政服务公司（应保密要求匿名）提供的数据显示，2022 年进行 28 公里排水管网普查时因前期调试环节未针对性调整照明系统，导致直径 1000 mm 的混凝土管段视频出现光照不均问题，返工长度占到总检测长度的 6.2%。该公司后续项目引入“设备调试—试运行—影像回放”三步法，并增加光照分级调整方案，结果返工率降至 1.4%，整体检测效率提升约 15%。具体优化效果见表 1。

表 1 调试流程优化前后检测效果对比

指标	改革前（2022 年项目）	改革后（2023 年项目）	改善幅度
重复检测率	6.2%	1.4%	↓ 77%
平均检测效率	约 420m/ 天	约 480m/ 天	↑ 15%
平均返工工时	48 小时	11 小时	↓ 77%
直接检测成本（万元）	约 135	约 120	↓ 11%
总工期	预定 +8 天延误	按计划提前 3 天完成	-

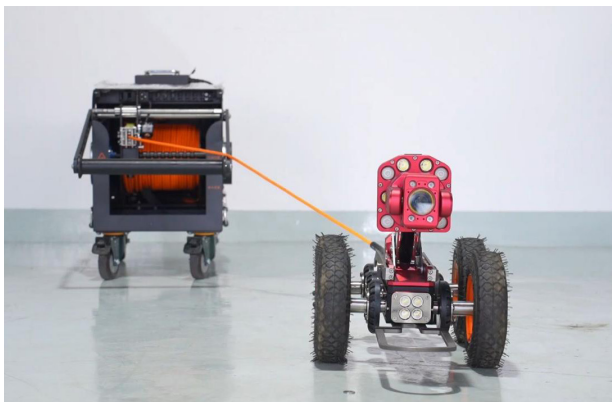


图 3 CCTV 管道检测设备

**（三）注重检测过程控制**

即便前期资料核对与设备调试阶段工作到位，如果

检测过程操作不够规范，仍可能出现缺陷漏判、位置定位错误、画面清晰度不足等问题。所以检测期间，要结合《城镇排水管道检测与评估技术规程》（CJJ 181-2012）的要求，将爬行器的行进速度保持在 0.10 ~ 0.15 m/s，以此保证画面的稳定性。

其次，检测时应持续关注摄像头的成像质量，镜头应保持水平状态，避免画面倾斜造成判读失真；遇到管道坡度变化、内壁附着物或接口处台阶时及时调整摄像头俯仰角度，让缺陷呈现在最佳视野范围内，且光照要根据管径大小和管道材质动态调整。

再次，操作员执行检测操作时可以边拍摄边口述描述缺陷位置、类型、严重程度等信息，并由记录员同步填写《检测记录表》。所有口述信息需与视频时间码一致，以便后期分析定位 [3]。

此外，项目质检人员应在检测当天随机抽查已完成的管段，复核视频画面、定位精度与缺陷判读一致性。

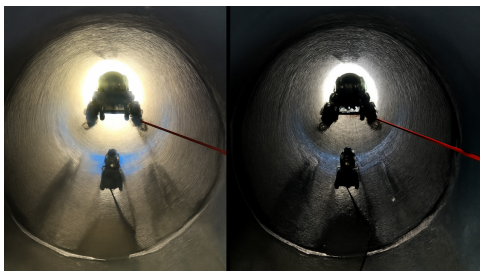


图4 同一病害在正确/错误光照参数下的影像差异

#### (四) 完善配套技术操作制度

首先制定标准化作业流程(SOP)，流程应涵盖检测前准备、设备调试、现场检测、数据记录、成果输出等环节，期间明确每一步的操作参数与判定标准。如规定不同管径的照明亮度范围、摄像机旋转角度调节方法、行进速度控制值，并以图文形式固化为操作手册，便于培训与执行。

其次，原始视频、缺陷截图、检测记录表和分析报告应分目录存放，并采用包含项目编号、管段编号、检测日期、操作者姓名等关键信息的命名格式。如“2024\GX01\DN800\20240315\0P03.mp4”即表示2024年某项目GX01管段DN800管径在2024年3月15日由操作员03拍摄的原始视频<sup>[4]</sup>。

再次，每段检测视频、照片及数据表格都应附带元数据，明确设备编号、标定日期、操作员、记录员等信息并存入项目数据库。后期如发现缺陷判读错误或数据丢失等情况可借助相关信息迅速定位责任环节和责任人，及时采取针对性改进措施。

此外，还应明确质量检查与复核制度，实行“自检—互检—专检”的三级检查机制，由操作员完成自检，团队内其他技术员交叉复核，最后由专职质检人员重点抽查。由某市政服务公司(应保密要求匿名)提供的信息显示，2022年推行配套技术操作制度改革，将原有的松散作业方式升级为全流程SOP管理，引入统一的数据存储命名规则。

#### (五) 加强技术团队建设

一个成熟的CCTV检测项目通常需要由操作员、记录员、数据分析员和质量监督员等角色组成，由操作员负责设备操控与现场影像采集，记录员同步完成口述信息记录与时间码标注，数据分析员在检测结束后进行缺陷判读与编码，质量监督员则负责过程抽查和成果复核。

其次，建议采用“理论学习+模拟演练+现场实操”的三阶段培训模式进行人员培训，主要培训设备使用、故障排查、缺陷判读标准、数据录入规范以及安全作业要求等内容，以使团队成员既理解规范要求，又具备在现场复杂条件下灵活应对的能力。

再次，可以通过建立内部缺陷案例库，将各类典型病害影像、成因分析、修复集中整理，供新老员工参考学习，也可定期组织技术交流会分享新型检测技术的应用经验与操作技巧，以提升团队整体水平。

此外，可将判读准确率、返工率、数据完整性等指标纳入绩效考核体系，并给予表现优异的成员奖励或晋升机会。

#### (六) 落实“三检一审”模式

“三检一审”模式，即自检、互检、专检和终审四个环节的质量管理方法，该模式应用后可以有效提升成果准确性和一致性，保障CCTV检测工程质量。

首先，自检环节要求由检测操作员完成单段作业后，立即自我复核视频、缺陷标注和记录表内容，自检时要注意重点核查画面清晰度、缺陷位置与时间码匹配、口述与书面记录一致性，以及检测视频的连续性。

其次，互检时需借助不同人员的经验和观察角度发现操作员本人可能忽略的细节。如裂缝宽度、腐蚀面积等细微病害应对照缺陷判读标准(如CJJ 181-2012)重新评估，以确认缺陷等级是否判定准确。

再次，专检可以采用抽检与重点复核相结合的方式，抽检比例不少于总检测段数的10%，重点复核存在争议、病害密集或质量风险较高的管段，注意核查管段定位精度、数据完整性以及视频文件命名与存储规范。

最后，由项目总工或技术负责人进行终审，主要分析全项目成果的完整性、规范性，并签发检测报告，终审人员可以结合抽检结果和质量统计数据判断项目整体质量水平，必要时提出补检或重检要求。

#### 结语

排水管道CCTV内窥检测是保障城市排水系统安全运行的核心手段，其工程质量取决于技术资料准确性、设备调试精细度、过程控制规范性及团队协作效率。其中“三步核对法”“设备调试—试运行—影像回放三步法”“三检一审”等质量控制方法，通过案例验证可显著降低重复检测率、提升数据完整性及判读准确率。未来研究可结合AI图像识别技术，实现缺陷自动分类与风险预警，进一步推动排水管网检测向智能化、精细化方向发展。

#### 参考文献

- [1] 牛孝龙, 王伟, 邱施宇. 城市污水管网工程管道CCTV检测缺陷处理的应用[J]. 云南水力发电, 2022, 38(09): 36-39.
- [2] 刘奇. 应用CCTV检测技术进行排水管道检测评估[J]. 福建建材, 2022, (08): 74-77.
- [3] 杨芳芳, 龚丽影, 朱光灿. 居民小区雨污分流工程质量评估方法的构建与应用[J]. 净水技术, 2022, 41(04): 100-107.
- [4] 方俊杰. 市政道路雨污水管道施工质量控制在研究[J]. 建筑与预算, 2021, (10): 53-55.
- [5] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 城镇排水管道检测与评估技术规程(CJJ 181-2012)[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2012.

作者简介: 刘威(1989年9月-)男, 汉, 湖南省宁乡市, 本科, 助理工程师, 研究方向为建筑工程检测。