

山东省工程建设标准



DB37/T 5107—2018

J 14193—2018

城镇排水管道检测与评估技术规程

Technical specification for inspection and evaluation
of urban sewer

2018-03-09 发布

2018-06-01 实施



统一书号: 155160 · 1285

定 价: 50.00 元

山东省住房和城乡建设厅
山东省质量技术监督局

联合发布

山东省工程建设标准

城镇排水管道检测与评估技术规程

Technical specification for inspection and evaluation
of urban sewer

DB37/T 5107—2018

住房和城乡建设部备案号：J 14193—2018

主编单位：山东省建筑科学研究院
中建八局第一建设有限公司

批准部门：山东省住房和城乡建设厅
山东省质量技术监督局

实施日期：2018 年 6 月 1 日

2018 济南

前 言

为贯彻落实国务院办公厅《关于做好城市排水防涝设施建设工作的通知》（国办发〔2013〕23号）及住房城乡建设部《城市排水防涝设施普查数据采集与管理技术导则（试行）》的要求，全面提高山东省城镇排水管道设施建设、管理及养护技术水平，加强城镇排水管道设施检测管理，规范检测技术，保证检测质量，统一评估标准，经过深入调查研究和广泛征求意见，认真总结近年来工程实践经验，在参考有关国内外研究成果和其他省市相关规程的基础上，编制本规程。

本规程的主要技术内容分为：1. 总则；2. 术语和符号；3. 基本规定；4. 管道潜望镜检测；5. 电法测漏仪检测；6. 电视检测；7. 声呐检测；8. 传统方法检查；9. 地质雷达检测；10. 管道状况综合评估；11. 检查井和雨水口检查；12. 成果资料；附录。

本规程由山东省住房和城乡建设厅负责管理，由山东省建筑科学研究院负责具体技术内容的解释。

各单位在实施过程中如有意见和建议，请寄送山东省建筑科学研究院（地址：山东省济南市无影山路29号，邮编：250031，电话：0531-85595352）。

主 编 单 位：山东省建筑科学研究院

中建八局第一建设有限公司

参 编 单 位：山东省城乡规划设计研究院

山东正元地球物理信息技术有限公司

济南市市政工程质量监督站

济南市排水管理服务中心
临沂市政集团有限公司
济南市勘察测绘研究院
济南市中控股集团有限公司
济南银河路桥试验检测有限公司
江苏合纵连横工程技术有限公司
深圳市施罗德工业测控设备有限公司
武汉中仪物联技术股份有限公司
武汉特瑞升电子科技有限公司
山东建科特种建筑工程技术中心
山东建科建筑设计有限责任公司
山东北斗检测科技有限公司

主要起草人员：刘 治 连 峰 哈小平 张广龙 李奕德
丁尚辉 姜向东 李 云 邢方亮 檀继猛
翟午琛 赵华富 胡现虎 李乾龙 刘 恒
陈路滨 巩宪超 庞玉坤 赵振华 李海柱
宋有聚 郑洪标 时彦宁 徐光铭 朱 峰
周 勇 孙瑞举 贾瑞强 马士玉 刘瑞利
主要审查人员：武道吉 刘俊岩 邵玉振 崔新壮 亓兴军
刘正银 贾 雍 辛公锋 崔忠英

目 次

1	总则	1
2	术语和符号	2
2.1	术语	2
2.2	符号	4
3	基本规定	6
4	管道潜望镜检测	10
4.1	一般规定	10
4.2	检测设备	10
4.3	检测方法	11
4.4	影像判读	11
5	电法测漏仪检测	13
5.1	一般规定	13
5.2	检测设备	13
5.3	检测方法	14
5.4	曲线判读	14
6	电视检测	15
6.1	一般规定	15
6.2	检测设备	15
6.3	检测方法	16
6.4	影像判读	17
7	声呐检测	19
7.1	一般规定	19

7.2	检测设备	19
7.3	检测方法	20
7.4	轮廓判读	21
8	传统方法检查	22
8.1	一般规定	22
8.2	目视检查	22
8.3	简易工具检查	24
8.4	潜水检查	25
9	地质雷达检测	26
9.1	一般规定	26
9.2	检测设备	26
9.3	检测方法	27
9.4	图谱判读	28
10	管道状况综合评估	30
10.1	一般规定	30
10.2	检测项目名称、代码及等级	30
10.3	管道结构性状况评估	37
10.4	管道功能性状况评估	41
10.5	管道周边环境状况评估	43
11	检查井和雨水口检查	46
12	成果资料	48
附录 A	检测影像资料版头格式和基本内容	50
附录 B	现场记录表	51
附录 C	排水管道沉积状况纵断面图格式	55
附录 D	排水管道渗漏状况纵断面图格式	56
附录 E	检测成果表	57

本规程用词说明	63
引用标准名录	64
附：条文说明	65

1 总 则

1.0.1 为加强山东省城镇排水管道检测管理，规范检测技术，保证检测质量，统一评估标准，为城镇排水规划、设计、施工、维护、抢险提供科学准确的技术资料，为工程建设和管理决策提供可靠依据，制定本规程。

1.0.2 本规程适用于山东省城镇排水管道及其附属构筑物的检测与评估。城市地下综合管廊、海绵城市建设、城市防涝设施普查、黑臭水体治理及控源截污项目中排水管道检测评估适用本规程。

1.0.3 城镇排水管道检测采用新技术、新方法时，管道评估也应符合本规程的要求。

1.0.4 城镇排水管道的检测与评估，除应符合本规程的要求外，尚应符合国家和山东省现行有关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术 语

2.1.1 管道潜望镜检测 pipe quick view inspection (QV)

采用管道潜望镜在检查井内对管道进行检测的方法，简称 QV 检测。

2.1.2 电法测漏仪检测 electrical-method leak inspection

通过测量两个电极与大地之间构成的回路电流的变化来判定管道渗漏位置的方法。

2.1.3 电视检测 closed circuit television inspection (CCTV)

采用闭路电视系统进行管道检测的方法，简称 CCTV 检测。

2.1.4 声呐检测 sonar inspection

采用声波探测技术对管道内水面以下的状况进行检测的方法。

2.1.5 传统方法检查 traditional method inspection

人员在地面巡视检查、进入管内检查、反光镜检查、量泥斗检查、量泥杆检查、潜水检查等检查方法的统称。

2.1.6 地质雷达检测 ground penetrating radar inspection

通过发射高频电磁波并分析其在地下介质中的传播、吸收以及反射等物理特性，查明相对介电常数存在较大差异的目标体（或地质体）的一种电磁波探测方法。

2.1.7 时钟表示法 clock description

采用时钟的指针位置描述缺陷出现在管道内环向位置的表示方法。

2.1.8 直向摄影 forward-view inspection

电视摄像机取景方向与管道轴向一致，在摄像头随爬行器行进过程中通过控制器显示和记录管道内影像的拍摄方式。

2.1.9 侧向摄影 lateral inspection

电视摄像机取景方向偏离管道轴向，通过电视摄像机镜头和灯光的旋转/仰俯以及变焦，重点显示和记录管道一侧内壁状况的拍摄方式。

2.1.10 结构性缺陷 structural defect

管道结构本体遭受损伤，影响强度、刚度和使用寿命的缺陷。

2.1.11 功能性缺陷 functional defect

导致管道过水断面发生变化，影响畅通性能的缺陷。

2.1.12 土体病害 soil disease

土体中存在的土质疏松、空洞、富水异常等构造性缺陷。

2.1.13 结构性缺陷密度 structural defect density

根据管段结构性缺陷的类型、严重程度和数量，基于平均分值得到的管段结构性缺陷长度的相对值。

2.1.14 功能性缺陷密度 functional defect density

根据管段功能性缺陷的类型、严重程度和数量，基于平均分值得到的管段功能性缺陷长度的相对值。

2.1.15 土体病害密度 soil disease density

根据管段周边土体病害的类型、严重程度和数量，基于平均分值得到的管段周边土体病害长度的相对值。

2.1.16 修复指数 rehabilitation index

依据管道结构性缺陷的类型、严重程度、数量以及影响因素计算得到的数值。数值越大，表明管道修复的紧迫性越大。

2.1.17 养护指数 maintenance index

依据管道功能性缺陷的类型、严重程度、数量以及影响因素

计算得到的数值。数值越大，表明管道养护的紧迫性越大。

2.1.18 环境指数 environment index

依据管道周边土体病害的类型、严重程度、数量以及影响因素计算得到的数值。数值越大，表明管道周边环境越差，管道运行及发生次生灾害的风险越大。

2.1.19 管段 pipe section

两座相邻检查井之间的管道。

2.1.20 检查井 manhole

排水管道系统中连接管道以及供维护工人检查、清通和出入管道的附属设施的统称，包括跌水井、水封井、冲洗井、溢流井、闸门井、潮门井、沉泥井等。

2.2 符 号

- E ——管道重要性参数；
- EI ——管道环境指数；
- F ——管段结构性缺陷参数；
- G ——管段功能性缺陷参数；
- J ——管道结构影响参数；
- K ——地区重要性参数；
- H ——管段周边土体病害参数；
- L ——管段长度；
- L_i ——第 i 处结构性缺陷的长度；
- L_j ——第 j 处功能性缺陷的长度；
- L_k ——第 k 处土体病害的长度；
- l ——管段周边土体病害数量；
- M ——管道接口类型影响参数；
- MI ——管道养护指数；

- m ——管段的功能性缺陷数量；
- n ——管段的结构性缺陷数量；
- P_i ——第 i 处结构性缺陷分值；
- P_j ——第 j 处功能性缺陷分值；
- P_k ——第 k 处土体病害分值；
- R ——管段周边土体状况参数，按病害点数计算的平均分值；
- R_M ——管段周边土体病害密度；
- $R_{\max}$ ——管段周边土体病害状况参数，管段周边土体病害最严重处的分值；
- RI ——管道修复指数；
- S ——管段损坏状况参数，按缺陷点数计算的平均分值；
- S_M ——管段结构性缺陷密度；
- $S_{\max}$ ——管段损坏状况参数，管段结构性缺陷中损坏最严重处的分值；
- T ——土质影响参数；
- Y ——管段运行状况参数，按缺陷点数计算的功能性缺陷平均分；
- $Y_{\max}$ ——管段运行状况参数，管段功能性缺陷中最严重处的分值；
- Y_M ——管段功能性缺陷密度；
- α ——结构性缺陷影响系数；
- β ——功能性缺陷影响系数；
- γ ——周边土体病害影响系数。

3 基本规定

3.0.1 从事城镇排水管道检测和评估的单位应具备相应检测能力，检测项目通过国家计量认证，证书在有效期内。

3.0.2 所用检测设备应有产品合格证、检定机构的有效检定（校准）证书或自校及比对检验记录。新购置的、经过大修或长期停用后重新启用的设备，检测前应进行检定和校准，状态正常方可投入使用。

3.0.3 管道检测可分为普查、紧急应对、竣工验收、交接验收和其他检测等五类。

3.0.4 管道检测内容宜包括管道结构性状况、功能性状况、管道周边土体病害状况、附属构筑物状况等。

3.0.5 管道检测方法应根据检测任务种类、检测对象、现场条件、检测设备能力进行选择，当一种检测方法不能全面反映管道状况时，可采用多种方法联合检测。

3.0.6 排水管道结构性状况检测和管道周边土体病害检测周期宜为 5~10 年，功能性状况检测周期宜为 1~2 年。当遇到下列情况之一时，检测周期可相应缩短：

- 1 位于地质条件复杂、土层软硬不均、流砂易发、湿陷性土、膨胀土等特殊地区的管道；
- 2 管龄 30 年以上的管道；
- 3 施工质量差或多次修复改造的管道；
- 4 重要管道；
- 5 有特殊要求管道；
- 6 埋设环境受到影响的管道。

3.0.7 管道检测评估应按下列基本程序进行：

- 1 接受委托；
 - 2 现场踏勘；
 - 3 制定检测方案；
 - 4 检测准备工作；
 - 5 现场检测；
 - 6 内业资料整理、缺陷判读、管道评估；
 - 7 编制检测评估报告。
- 3.0.8 管道检测前应搜集下列资料：**
- 1 待检排水管线图等技术资料；
 - 2 已有的管道检测资料；
 - 3 待检测管道区域内相关的管线资料；
 - 4 待检测管道区域内的工程地质、水文地质资料；
 - 5 评估所需的其他相关资料。
- 3.0.9 现场踏勘应包括下列内容：**
- 1 察看待检测管道区域内的地物、地貌、交通状况等周边环境条件；
 - 2 检查管道口的水位、淤积和检查井内构造等情况；
 - 3 核对检查井位置、管道埋深、管径、管材等资料。
- 3.0.10 检测方案应包括下列内容：**
- 1 检测的任务、目的、依据、范围和工期；
 - 2 待检测管道的概况（包括现场交通条件及对历史资料的分析）；
 - 3 检测方法的选择及实施过程的控制；
 - 4 作业质量、健康、安全、交通组织、环保等保证体系与具体措施；
 - 5 可能存在的问题和对策；
 - 6 工作量估算及工作进度计划；

- 7 人员组织、设备、材料计划；
- 8 拟提交的成果资料。
- 3.0.11** 现场检测应包括下列内容：
 - 1 根据当地规定办理相关手续；
 - 2 检查仪器设备功能是否正常；
 - 3 进行管道检测与初步判读；
 - 4 检测完成后应及时清理现场、保养设备。
- 3.0.12** 管道缺陷的环向位置应采用时钟表示法。缺陷描述应按照顺时针方向的钟点数采用 4 位阿拉伯数字表示起止位置，前两位数字应表示缺陷起点位置，后两位数字应表示缺陷终止位置。如当缺陷位于某一点上时，前两位数字应采用 00 表示，后两位数字表示缺陷点位。管道缺陷环向位置描述应与缺陷图片一致。
- 3.0.13** 管道缺陷位置的纵向起算点应为起始井管道口，缺陷位置纵向定位误差应小于 0.5m。
- 3.0.14** 检测系统设置的长度计量单位应为米，电缆长度计数的计量单位不应小于 0.1m。
- 3.0.15** 每段管道检测前，应按本规程附录 A 的规定编写并录制版头。
- 3.0.16** 管道检测影像记录应连续、完整、清晰，录像画面上方应含有“任务名称、起始井及终止井编号、管径、管道材质、检测时间”等内容，并宜采用中文显示。当地如有排水管线普查资料或地理信息系统，管道检测影像信息宜与原普查资料或信息系统一致。
- 3.0.17** 现场检测时，应避免对管体结构造成损伤。
- 3.0.18** 现场检测过程中宜采取监督机制，监督人员应全程监督检测过程，并签名确认检测记录。
- 3.0.19** 管道检测工作宜与卫星定位系统配合进行。当采用 RTK

等测绘手段测定地下管线点和检查井的平面位置时，应符合行业标准《城市地下管线探测技术规程》CJJ 61、《卫星定位城市测量技术规范》CJJ/T 73 及《城市测量规范》CJJ/T 8 的有关规定。

3.0.20 排水管道检测时的现场作业应符合现行行业标准《城镇排水管道维护安全技术规程》CJJ 6、《城镇排水管渠与泵站运行、维护及安全技术规程》CJJ 68、《山东省城市市政公用管网有限空间作业安全操作规程》及《山东省城市市政公用管网下井作业安全操作规程》（试行）的有关规定。现场使用的检测设备，其安全性能应符合现行国家标准《爆炸性环境》GB 3836 的有关规定。现场检测人员的数量不得少于 2 人。

3.0.21 检测设备应做到定期检验和校准，并应经常维护保养。

3.0.22 当检测单位采用自行开发或引进的检测仪器及检测方法时，应符合下列规定：

1 该仪器或方法应通过技术鉴定，并具有一定的工程检测实践经验；

2 该方法应与已有成熟方法进行比对试验；

3 检测单位应制定相应的检测细则；

4 在检测方案中应予以说明，必要时应向委托方提供检测细则。

3.0.23 现场检测完毕后，应由相关人员对检测资料进行复核并签名确认。

3.0.24 管道检测成果归档应按国家现行的档案管理的相关标准执行，并宜纳入排水管网信息管理系统，建立动态管理机制。

4 管道潜望镜检测

4.1 一般规定

4.1.1 管道潜望镜检测适用于对管道内部状况进行快速初步判定，可用于既有管道日常巡查、大范围管网普查及新建管道复核性检查。

4.1.2 管道潜望镜检测时，管道充满度不宜大于0.5，管段长度不宜大于50m。

4.1.3 当无法清晰地记录管段末端状况时，应对该管段进行双向检测。

4.1.4 有下列情形之一时应中止检测：

- 1 管道潜望镜检测仪器的光源不能够保证影像清晰度时；
- 2 镜头沾有泥浆、水沫或其他杂物等影响图像质量时；
- 3 镜头浸入水中，无法看清管道状况时；
- 4 管道充满雾气，影响图像质量时；
- 5 其他原因无法正常检测时。

4.1.5 管道潜望镜检测的结果仅作为管道初步评估的依据。

4.2 检测设备

4.2.1 管道潜望镜检测设备应坚固、抗碰撞、耐腐蚀、防水密封良好，应可以快速、牢固地安装与拆卸，应能够在0℃~+50℃的工况条件下和潮湿、恶劣的排水管道环境中正常工作。

4.2.2 管道潜望镜检测设备的主要技术指标应符合表4.2.2的规定。

表 4.2.2 管道潜望镜检测设备主要技术指标

项 目	技术指标
图像传感器	≥1/3" CCD, 彩色
灵敏度 (最低感光度)	≤0.01 勒克斯 (lx)
视角	≥45°
分辨率	≥1920 × 1080
照明灯光	聚光≥8500 坎德拉 (cd); 泛光≥1500 坎德拉 (cd)
图像变形	≤ ±5%
变焦范围	光学变焦≥30 倍, 数字变焦≥10 倍
存储	录像编码格式: MPEG4、AVI; 照片格式: JPEG
测距精度	≤0.1 (m)

4.2.3 录制的影像资料应能够在计算机上进行存储、回放和截图等操作。

4.3 检测方法

4.3.1 镜头中心应保持在管道竖向中心线的水面以上。

4.3.2 拍摄管道时, 变动焦距不宜过快。拍摄缺陷时, 应保持摄像头静止, 调节镜头的焦距, 并连续、清晰地拍摄 10s 以上。

4.3.3 拍摄检查井内壁时, 应保持摄像头无盲点慢速均匀移动。拍摄缺陷时, 应保持摄像头静止, 并连续拍摄 10s 以上。

4.3.4 对各种缺陷、特殊结构和检测状况应做详细判读和记录, 并按本规程附录 B 的格式填写现场记录表。

4.4 影像判读

4.4.1 影像资料及截图应能清晰准确地反映管道缺陷及其边界。

4.4.2 缺陷的类型、等级应在现场初步判读并记录。现场检测完毕后, 应由复核人员对检测资料进行复核。

- 4.4.3** 缺陷尺寸可依据管径或相关物体的尺寸进行判定。
- 4.4.4** 无法确定的缺陷类型或等级应在评估报告中加以说明。
- 4.4.5** 缺陷图片宜采用现场抓取最佳角度和最清晰图片的方式，特殊情况下也可采用观看录像截图的方式。

5 电法测漏仪检测

5.1 一般规定

- 5.1.1 电法测漏仪适用于检测排水管道的渗漏点位置。
- 5.1.2 电法测漏仪检测时，管道内水深应大于 300mm。
- 5.1.3 当有下列情形之一时应中止检测：
 - 1 探头受阻无法正常前行工作时；
 - 2 探头因被水中异物或泥沙托垫露出水面，致使电流曲线陡然升降时；
 - 3 其他原因无法正常检测时。
- 5.1.4 被检测管道应为非金属管道或包有绝缘材料的金属管道。
- 5.1.5 电法测漏仪检测的结果仅作为管道初步评估的依据。

5.2 检测设备

- 5.2.1 检测设备应与管径相适应，调节探头的承载设备，使探头基本居于水下中部。
- 5.2.2 电法测漏系统的主要技术参数应符合下列规定：
 - 1 电极的感应范围应大于所需检测管道的规格；
 - 2 设备感知探头移动的最小距离不大于 5mm；
 - 3 设备在每个最小移动距离内不少于 1 个采用电流值；
 - 4 能够通过调节设备来屏蔽不同土质、岩层等的阻抗干扰，确保检测结果的准确性。
- 5.2.3 检测设备应结构坚固、密封良好，能在 0℃ ~ +40℃ 的工作条件下正常工作。

5.3 检测方法

- 5.3.1 检测前应从被检管道中取水样通过实测导电性对系统进行校准。
- 5.3.2 电法测漏仪探头推进方向宜与水流方向一致，并宜与管道轴线一致，设备应浸没于水下。
- 5.3.3 电法测漏仪探头安放在检测起始位置后，通过调节设备旋钮将电流值调节到合理范围内，并使其稳定在该范围内。
- 5.3.4 设备电流值稳定在适宜范围后，在开始检测前，应将计数器归零，并应调整电缆处于自然绷紧状态。
- 5.3.5 在电法测漏探头前进或后退时，电缆应保持自然绷紧状态。
- 5.3.6 探头行进速度不宜超过 0.1m/s 。在检测过程中应根据被检测管道的规格，在规定采样间隔和管道变异处适度减速。
- 5.3.7 以普查为目的的采样点间距不宜大于 1m ，其他检测采样点间距不宜大于 0.1m ，存在异常的管段应加密采样。检测结果应按本规程附录 B 的格式填写排水管道检测现场记录表，并按本规程附录 D 的格式绘制纵断面图。

5.4 曲线判读

- 5.4.1 检测结果数据应连续、真实、全面，确保无漏检情况发生。
- 5.4.2 曲线图中距离和电流峰值应一一对应，曲线峰值越高、起伏越大表示漏点级别越高，管道没有漏点的曲线电流值应趋近于稳定电流值。
- 5.4.3 漏点曲线截图应包括：曲线截图、漏点处相对于起始位置距离、漏点级别、漏点说明等信息。
- 5.4.4 电法测漏仪检测曲线图不应作为结构性缺陷的最终评判依据，应采用电视检测方法予以核实或以其他方式检测评估。

6 电视检测

6.1 一般规定

- 6.1.1 电视检测适用于对管道内部状况进行详细检查。
- 6.1.2 电视检测不应带水作业。当现场条件无法满足时，应采取降低水位措施，确保管道充满度不大于 0.2 且水深不宜大于 300mm。
- 6.1.3 当管道内水位不符合本规程第 6.1.2 条的要求时，检测前应对管道实施封堵、导流，使管内水位满足检测要求。
- 6.1.4 在进行结构性检测前应对被检测管道做疏通、清洗。
- 6.1.5 当有下列情形之一时应中止检测：
 - 1 爬行器在管道内无法行走或推杆在管道内无法推进时；
 - 2 镜头沾有污物时；
 - 3 镜头浸入水中时；
 - 4 管道内充满雾气，影响图像质量时；
 - 5 其他原因无法正常检测时。

6.2 检测设备

- 6.2.1 检测设备的基本性能应符合下列规定：
 - 1 摄像镜头应具有平扫与旋转、仰俯与旋转、变焦功能，摄像镜头高度应可以自由调整；
 - 2 爬行器应具有前进、后退、空档、变速、防侧翻等功能，轮径大小、轮间距应可以根据被检测管道的大小进行更换或调整；
 - 3 主控制器应具有在监视器上同步显示日期、时间、管径、

在管道内行进距离等信息的功能，并应可以进行数据处理；

4 灯光强度应能调节。

6.2.2 电视检测设备的主要技术指标应符合表 6.2.2 的规定。

表 6.2.2 电视检测设备主要技术指标

项目	技术指标
图像传感器	$\geq 1/3"$ CCD, 彩色
灵敏度（最低感光度）	≤ 0.1 勒克斯 (lx)
视角	$\geq 45^\circ$, 平扫 $\geq 180^\circ$, 旋转 $\geq 180^\circ$
分辨率	$\geq 2592 \times 1520$
照明灯光	≥ 1500 坎德拉 (cd), 可根据管径的大小调节光源强度
图像变形	$\leq \pm 5\%$
爬行器	电缆长度为 120m 时, 爬坡能力应大于 5°
电缆抗拉力	$\geq 2\text{kN}$
存储	录像编码格式: MPEG4、AVI; 照片格式: JPEG

6.2.3 检测设备应结构坚固、密封良好、耐腐蚀，能在 $0^\circ\text{C} \sim +50^\circ\text{C}$ 的工况条件下和潮湿的环境中正常工作。

6.2.4 检测设备应具备稳定的测距功能，电缆计数器的计量单位不应大于 0.1m。

6.3 检测方法

6.3.1 爬行器的行进方向宜与水流方向一致。

6.3.2 管径不大于 200mm 时，直向摄影的行进速度不宜超过 0.1m/s；管径大于 200mm 时，直向摄影的行进速度不宜超过 0.15m/s。

6.3.3 检测时摄像镜头移动轨迹应在管道中轴线上，偏离度不应大于管径的 10%。当对特殊形状的管道进行检测时，应适当

调整摄像头位置并获得最佳图像。

6.3.4 将载有摄像镜头的爬行器安放在检测起始位置后，在开始检测前，应将计数器归零。当检测起点与管段起点位置不一致时，应做补偿设置。

6.3.5 每一管段检测完成后，应根据电缆上的标记长度对计数器显示数值进行修正。

6.3.6 直向摄影过程中，图像应保持正向水平，中途不应改变拍摄角度和焦距。

6.3.7 在爬行器行进过程中，不应使用摄像镜头的变焦功能，当使用变焦功能时，爬行器应保持在静止状态。当需要爬行器继续行进时，应先将镜头的焦距恢复到最短焦距位置。

6.3.8 侧向摄影时，爬行器宜停止行进，变动拍摄角度和焦距以获得最佳图像。

6.3.9 管道检测过程中，录像资料不应产生画面暂停、间断记录、画面剪接的现象。

6.3.10 在检测过程中发现缺陷时，应将爬行器在完全能够解析缺陷的位置至少停止 10s，确保所拍摄的图像清晰完整。

6.3.11 对各种缺陷、特殊结构和检测状况应做详细判读和量测，并填写现场记录表，记录表的内容和格式应符合本规程附录 B 的规定。

6.4 影像判读

6.4.1 影像资料及截图应能清晰准确地反映管道缺陷及其边界。

6.4.2 缺陷的类型、等级应在现场初步判读并记录。现场检测完毕后，应由复核人员对检测资料进行复核。

6.4.3 缺陷尺寸的判定可依据管径或相关物体的尺寸。

6.4.4 无法确定的缺陷类型或等级应在评估报告中加以说明。

6.4.5 缺陷图片宜采用现场抓取最佳角度和最清晰图片的方式，特殊情况下也可采用观看录像截图的方式。

6.4.6 对直向摄影和侧向摄影，每一处结构性缺陷抓取的图片数量不应少于 1 张。

7 声呐检测

7.1 一般规定

- 7.1.1 声呐检测适用于对运行中管道过水断面状况进行检查。
- 7.1.2 声呐检测时，管道内水深应大于 300mm。
- 7.1.3 当有下列情形之一时应中止检测：
 - 1 探头受阻无法正常前行工作时；
 - 2 探头被水中异物缠绕或遮盖，无法显示完整的检测断面时；
 - 3 探头埋入泥沙致使图像变异时；
 - 4 其他原因无法正常检测时。

7.2 检测设备

- 7.2.1 检测设备应与管径相适应，探头的承载设备负重后不易滚动或倾斜。
- 7.2.2 声呐系统的主要技术参数应符合下列规定：
 - 1 扫描范围应大于所需检测的管道规格；
 - 2 125mm 范围的分辨率应小于 0.5mm；
 - 3 每密位均匀采样点数量不应小于 250 个。
- 7.2.3 设备的倾斜传感器、滚动传感器应具备在 $\pm 45^\circ$ 内的自动补偿功能。
- 7.2.4 设备结构应坚固、密封良好，应能在 $0^\circ\text{C} \sim +40^\circ\text{C}$ 的工况条件下正常工作。

7.3 检测方法

7.3.1 检测前应从被检管道中取水样通过实测声波速度对系统进行校准。

7.3.2 声呐探头的推进方向宜与水流方向一致，并应与管道轴线一致，滚动传感器标志应朝正上方。

7.3.3 声呐探头安放在检测起始位置后，在开始检测前，应将计数器归零，并应调整电缆处于自然绷紧状态。

7.3.4 声呐检测时，在距管段起始、终止检查井处应进行 2m ~ 3m 长度的重复检测。

7.3.5 承载工具宜采用在声呐探头位置镂空的漂浮器。

7.3.6 在声呐探头前进或后退时，电缆应保持自然绷紧状态。

7.3.7 根据管径的不同，应按表 7.3.7 选择不同的脉冲频率和环扫周期。

表 7.3.7 脉冲频率和环扫周期选择标准

管径范围 (mm)	脉冲频率 (MHz)	环扫周期 (s)
300 ~ 500	2.25 ~ 2.75	1
500 ~ 1000	2.0 ~ 2.5	1
1000 ~ 1500	2.0 ~ 2.25	1.5
1500 ~ 2000	1.75 ~ 2.25	2
2000 ~ 3000	1.75 ~ 2.25	3

7.3.8 探头行进速度不宜超过 0.1m/s。检测过程中应根据被检测管道的规格，在规定采样间隔和管道变异处，探头应停止行进，定点采集数据，停顿时间应大于一个扫描周期。

7.3.9 以普查为目的的采样点间距不宜大于 5m，其他检查采样点间距不宜大于 2m，存在异常的管段应加密采样。检测结果应按本规程附录 B 的格式填写排水管道检测现场记录表，并应按本

规程附录 C 的格式绘制沉积状况纵断面图。

7.4 轮廓判读

7.4.1 规定采样间隔和图形变异处的轮廓图应现场捕捉并进行数据保存。

7.4.2 经校准后的检测断面线状测量误差应小于 3%。

7.4.3 声呐检测截取的轮廓图应标明管道轮廓线、管径、管道积泥深度线等信息。宜绘制管道三维轮廓图。

7.4.4 管道沉积状况纵断面图中应包括：路名（或路段名）、井号、管径、长度、流向、图像截取点纵距及对应的积泥深度、积泥百分比等文字说明。纵断面线应包括：管内底、管顶线、积泥高度线和管径的 1/5 高度线（虚线）。

7.4.5 声呐轮廓图不应作为结构性缺陷的最终评判依据，应采用电视检测方式予以核实或以其他方式检测评估。

8 传统方法检查

8.1 一般规定

- 8.1.1** 传统方法适用于管道养护时的日常性检查。
- 8.1.2** 人员进入排水管道内部检查时，应同时符合下列各项规定：
- 1** 管径不得小于 800mm；
 - 2** 管内流速不得大于 0.5m/s；
 - 3** 水深不得大于 0.5m；
 - 4** 充满度不得大于 0.5。
- 8.1.3** 当具备直接量测条件时，应根据需要对缺陷进行测量并予以记录。
- 8.1.4** 当采用传统方法检查不能判别或不能准确判别管道各类缺陷时，应采用仪器设备辅助检查确认。
- 8.1.5** 当检查需要抽空的过河倒虹吸管时，应进行管道抗浮验算。
- 8.1.6** 在检查过程中宜采集沉积物的泥样，并判断管道的异常运行状况。
- 8.1.7** 检查人员进入管内检查时，应拴有带距离刻度的安全绳，地面人员应及时记录缺陷的位置。

8.2 目视检查

- 8.2.1** 地面巡视应符合下列规定：
- 1** 地面巡视主要内容应包括：
 - 1)** 管道上方路面沉降、裂缝和积水情况；

- 2) 检查井冒溢和雨水口积水情况;
- 3) 井盖、盖框完好程度;
- 4) 检查井和雨水口周围的异味;
- 5) 其他异常情况。

2 地面巡视检查应按本规程附录 B 的规定填写检查井检查记录表和雨水口检查记录表。

8.2.2 人员进入管内检查时,应采用摄像或摄影的记录方式,并应符合下列规定:

1 应制作检查管段的标示牌,标示牌的尺寸不宜小于 210 mm×147mm。标示牌应注明检查地点、起始井编号、结束井编号、检查日期。

2 当发现缺陷时,应在标示牌上注明距离,将标示牌靠近缺陷拍摄照片,记录人应按本规程附录 B 的要求填写现场记录表。

3 照片分辨率不应低于 300 万像素,录像的分辨率不应低于 30 万像素。

4 检测后应整理照片,每一处结构性缺陷应配正向和侧向照片各不少于 1 张,并对应附注文字说明。

8.2.3 进入管道的检查人员应使用隔离式防毒面具,携带防爆照明灯具和通讯设备。在管道检查过程中,管内人员应随时与地面人员保持通讯联系。

8.2.4 检查人员自进入检查井开始,在管道内连续工作时间不得超过 1h。当进入管道的人员遇到难以穿越的障碍时,不得强行通过,应立即停止检测。

8.2.5 进入管内检查宜 2 人同时进行,地面辅助、监护人员不应少于 3 人。

8.2.6 当待检管道邻近基坑或水体时,应根据现场情况对管道进行安全性鉴定后,检查人员方可进入管道。

8.3 简易工具检查

8.3.1 应根据检查的目的和管道运行状况选择合适的简易工具。各种简易工具的适用范围宜符合表 8.3.1 的要求。

表 8.3.1 简易工具适用范围

适用范围 简易工具	中小型管道	大型以上管道	倒虹管	检查井
竹片或钢带	适用	不适用	适用	不适用
反光镜	适用	适用	不适用	不适用
Z 字型量泥斗	适用	适用	适用	不适用
直杆型量泥斗	不适用	不适用	不适用	适用
通沟球（环）	适用	不适用	适用	不适用
激光笔	适用	适用	不适用	不适用

8.3.2 当检查小型管道阻塞情况或连接状况时，可采用竹片或钢带由井口送入管道内的方式进行，人员不宜下井送递竹片或钢带。

8.3.3 在管内无水或水位很低的情况下，可采用反光镜检查。

8.3.4 量泥斗可用于检测管口或检查井内的淤泥和积沙厚度。当采用量泥斗检测时，应符合下列规定：

1 量泥斗用于检查井底或离管口 500mm 以内的管道内软性积泥量测；

2 当使用 Z 字型量泥斗检查管道时，应将全部泥斗伸入管口取样；

3 量泥斗的取泥斗间隔宜为 25mm，量测积泥深度的误差应小于 50mm。

8.3.5 当采用激光笔检测时，管内水位不宜超过管径的三分之一。

8.4 潜水检查

8.4.1 采用潜水方式检查的管道，其管径不得小于 1200mm，流速不得大于 0.5m/s。

8.4.2 潜水检查仅可作为初步判断重度淤积、异物、树根侵入、塌陷、错口、脱节、胶圈脱落等缺陷的依据。当需确认时，应排空管道并采用电视检测。

8.4.3 潜水检查应按下列步骤进行：

1 获取管径、水深、流速数据，当流速超过本规程第 8.4.1 条的规定时，应做减速处理；

2 穿戴潜水服和负重压铅，拴安全信号绳并通气做呼吸检查；

3 调试通讯装置使之畅通；

4 缓慢下井；

5 管道接口处逐一触摸；

6 地面人员及时记录缺陷的位置。

8.4.4 当遇下列情形之一时，应中止潜水检查并立即出水回到地面：

1 遭遇障碍或管道变形难以通过；

2 流速突然加快或水位突然升高；

3 潜水检查员身体突然感觉不适；

4 潜水检查员接地面指挥员或信绳员停止作业的警报信号。

8.4.5 潜水检查员在水下进行检查工作时，应保持头部高于脚部。

9 地质雷达检测

9.1 一般规定

- 9.1.1 地质雷达检测适用于管道周边土体病害及管道走向检测。
- 9.1.2 检测前应进行管道现场调查和资料收集。
- 9.1.3 地质雷达检测宜与电视检测同时进行，检测结果应进行对比分析。
- 9.1.4 当雨、雪天气或场地内有大量积水时，不应进行地质雷达检测。

9.2 检测设备

- 9.2.1 地质雷达设备应性能稳定、结构牢固可靠、防潮、抗震、绝缘性能良好。
- 9.2.2 地质雷达主机的性能指标应符合下列规定：
 - 1 系统增益不应低于 150dB；
 - 2 信噪比不应低于 120dB，最大动态范围不应低于 150 dB；
 - 3 系统应具有可选的信号叠加、时窗、实时滤波、增益、点测或连续测量、位置标记等功能；
 - 4 计时误差不应大于 1.0ns；
 - 5 最小采样间隔应达到 0.5ns，A/D 转换不应低于 16bit；
 - 6 工作温度：-10℃ ~40℃；
 - 7 具有现场数据处理和实时显示功能，并包含多种可供选择的方式。
- 9.2.3 地质雷达天线应具有屏蔽功能，其中心频率、探测深度、精度及配置要求应按表 9.2.3 选用。当多个频率的天线均能满足

探测深度要求时，应选择频率相对较高的天线。

表 9.2.3 地质雷达天线中心频率、探测深度、精度及配置要求

天线中心频率 (MHz)	探测深度 (m)	探测精度 (m)	配置要求
100 ~ 200	10	0.40	不少于 1 种
400 ~ 500	5	0.25	不少于 1 种
600 ~ 1000	2	0.10	不少于 1 种

9.3 检测方法

9.3.1 地质雷达检测前，应根据任务要求进行参数设置和介电常数标定。

9.3.2 采用测距轮模式时，应对测距轮进行现场标定。

9.3.3 单个数据记录长度不宜大于 200m，宜以检查井位置进行划分。

9.3.4 地质雷达现场检测工作分为普查和详查两种工作方式，应根据不同的检测对象和不同检测阶段采用相应的检测方式。测线布设应覆盖整个探测区域，普查时应以平行管道走向布置测线，详查时应布置测线网格。测线间距要求见表 9.3.4。

表 9.3.4 测线间距要求

天线中心频率 (MHz)	普查测线间距 (m)	详查测线间距 (m)
100 ~ 200	≤4	≤2
400 ~ 500	≤2	≤1
600 ~ 1000	—	≤0.5

9.3.5 应对检测范围内管线点、地质雷达测线位置进行坐标定位。坐标定位应在满足测量精度要求的基础上，宜采用以 RTK 为主、全站仪为辅的综合方法进行坐标定位。测线定位时应符合下列规定：

1 地质雷达检测工作测线起止点、基点、转折点、异常点、地形突变点以及其他重要点位，应进行位置的测量；测量工作应根据需要提供所探测点的坐标；

2 可根据地形图中与实际情况一致的地形、地物进行测量定位；

3 可利用探测区域内电磁波的已知明显反射对地质雷达测线进行定位。

9.3.6 车载检测宜采用空气耦合天线，天线移动速度不宜大于10km/h。

9.3.7 应对探测到的异常区域进行统一编号和现场标记，并对周边环境状况进行影像记录。

9.3.8 应对检测到的异常区域进行详查，对严重异常区域，应采用钻探、标贯等其他方法进行验证。

9.3.9 地质雷达探测时遇到干扰影响应在记录中予以标记，重点区域应重复观测，重复性较差时，应查明原因。

9.4 图谱判读

9.4.1 适合地质雷达检测的土体病害应符合下列条件：

1 土体病害的几何尺寸与其埋藏深度或探测距离之比不小于1/5；

2 土体病害激发的异常场能够从干扰背景场中分辨。

9.4.2 参与图谱判读的雷达图像应符合下列条件：

1 雷达图谱信号清晰，无明显噪声干扰；

2 雷达信号有效段满足探测深度要求，并可识别主要目的层反射。

9.4.3 地质雷达检测成果应包含土体病害属性、平面位置坐标、埋深、大小、与管道的距离等情况，按本规程附录 B 的格式填写

现场记录。

9.4.4 土体病害属性及雷达图谱特征判读可参考表 9.4.4。

表 9.4.4 土体病害属性名称及雷达图谱特征

分类	土体病害属性	雷达图谱特征
1	轻微疏松	反射信号能量有变化，同相轴较不连续，波形结构较为杂乱、不规则
2	中等疏松	反射信号能量变化较大，同相轴较不连续，波形较为杂乱、不规则
3	严重疏松	反射信号能量变化大，同相轴不连续，波形杂乱、不规则
4	一般富水异常	顶面反射信号能量较强、下部信号衰减较明显；同相轴不连续、频率变化不明显
5	严重富水异常	顶面反射信号能量强、下部信号衰减明显；同相轴不连续、频率变化不明显
6	空洞	反射信号能量强，反射信号的频率、振幅、相位变化异常明显，下部多次反射波明显，边界可能伴随绕射现象

10 管道状况综合评估

10.1 一般规定

10.1.1 管道状况综合评估应包括管道结构性状况评估、管道功能性状况评估、管道周边环境状况评估等。

10.1.2 管道状况综合评估应依据检测资料、设计资料或调查资料进行。

10.1.3 管道状况综合评估工作应以人工判断为主，计算机处理为辅。

10.1.4 管道周边土体病害分值按多因素加权法进行计算。

10.1.5 当管道缺陷或管道周边土体病害沿管道纵向的尺寸不大于 1m 时，长度应按 1m 计算。

10.1.6 当管道纵向 1m 范围内两个以上缺陷或土体病害同时出现时，分值应叠加计算；当叠加计算的结果超过 10 分时，应按 10 分计。

10.1.7 管道评估应以管段为最小评估单位。当对多个管段或区域管道进行检测时，应列出各评估等级管段数量占全部管段数量的比例。当连续检测长度超过 5km 时，应做总体评估。

10.2 检测项目名称、代码及等级

10.2.1 本规程已规定的代码应采用两个汉字拼音首字母组合表示，未规定的代码应采用与此相同的确定原则，但不得与已规定的代码重名。

10.2.2 管道缺陷等级及周边土体病害等级应按表 10.2.2 的规定分类。

表 10.2.2 缺陷（病害）等级分类表

等级 缺陷 (病害) 性质	1	2	3	4
结构性缺陷程度	轻微缺陷	中等缺陷	严重缺陷	重大缺陷
功能性缺陷程度	轻微缺陷	中等缺陷	严重缺陷	重大缺陷
周边土体病害程度	轻微病害	中等病害	严重病害	重大病害

10.2.3 结构性缺陷的名称、代码、等级划分及分值应符合表 10.2.3 的规定。

表 10.2.3 结构性缺陷的名称、代码、等级划分及分值

缺陷名称	缺陷代码	定义	等级	缺陷描述	分值
破裂	PL	管道的 外部压力 超过自身 的承受力 致使管子 发生破裂。 其形式有 纵向、环 向和复合 三种	1	裂痕——当下列一个或多个情况存在时： 1) 在管壁上可见细裂痕； 2) 在管壁上由细裂缝处冒出少量沉积物； 3) 轻度剥落	0.5
			2	裂口——破裂处已形成明显间隙，但管道的形状未受影响且破裂无脱落	2
			3	破碎——管壁破裂或脱落处所剩碎片的环向覆盖范围不大于弧长 60°	5
			4	坍塌——当下列一个或多个情况存在时： 1) 管道材料裂痕、裂口或破碎处边缘环向覆盖范围大于弧长 60°； 2) 管壁材料发生脱落的环向范围大于弧长 60°	10
变形	BX	管道受 外力挤压 造成形状 变异	1	变形不大于管道直径的 5%	1
			2	变形为管道直径的 5% ~ 15%	2
			3	变形为管道直径的 15% ~ 25%	5
			4	变形大于管道直径的 25%	10

续表 10.2.3

缺陷名称	缺陷代码	定义	等级	缺陷描述	分值
腐蚀	FS	管道内壁受侵蚀而流失或剥落, 出现麻面或露出钢筋	1	轻度腐蚀——表面轻微剥落, 管壁出现凹凸面	0.5
			2	中度腐蚀——表面剥落, 显露粗骨料或钢筋	2
			3	重度腐蚀——粗骨料或钢筋完全显露	5
错口	CK	同一接口的两个管口产生横向偏差, 未处于管道的正确位置	1	轻度错口——相接的两个管口偏差 不大于管壁厚度的 1/2	0.5
			2	中度错口——相接的两个管口偏差 为管壁厚度的 1/2 ~ 1 之间	2
			3	重度错口——相接的两个管口偏差 为管壁厚度的 1 ~ 2 倍之间	5
			4	严重错口——相接的两个管口偏差 为管壁厚度的 2 倍以上	10
起伏	QF	接口位置偏移, 管道竖向位置发生变化, 在低处形成注水	1	起伏高/管径 $\leq 20\%$	0.5
			2	$20\% < \text{起伏高/管径} \leq 35\%$	2
			3	$35\% < \text{起伏高/管径} \leq 50\%$	5
			4	起伏高/管径 $> 50\%$	10
脱节	TJ	两根管道的端部未充分接合或接口脱离	1	轻度脱节——管道端部有少量泥土挤入	1
			2	中度脱节——脱节距离不大于 20mm	3
			3	重度脱节——脱节距离为 20mm ~ 50mm	5
			4	严重脱节——脱节距离为 50mm 以上	10
接口材料脱落	TL	橡胶圈、沥青、水泥等类似的接口材料进入管道	1	接口材料在管道内水平方向中心线上部可见	1
			2	接口材料在管道内水平方向中心线下部可见	3

续表 10.2.3

缺陷名称	缺陷代码	定义	等级	缺陷描述	分值
支管暗接	AJ	支管未通过检查井直接侧向接入主管	1	支管进入主管内的长度不大于主管直径的 10%	0.5
			2	支管进入主管内的长度在主管直径的 10% ~ 20% 之间	2
			3	支管进入主管内的长度大于主管直径的 20%	5
异物穿入	CR	非管道系统附属设施的物体穿透管壁进入管内	1	异物在管道内且占用过水断面面积不大于 10%	0.5
			2	异物在管道内且占用过水断面面积为 10% ~ 30%	2
			3	异物在管道内且占用过水断面面积大于 30%	5
渗漏	SL	管外的水流入管道	1	滴漏——水持续从缺陷点滴出, 沿管壁流动	0.5
			2	线漏——水持续从缺陷点流出, 并脱离管壁流动	2
			3	涌漏——水从缺陷点涌出, 涌漏水面的面积不大于管道断面的 1/3	5
			4	喷漏——水从缺陷点大量涌出或喷出, 涌漏水面的面积大于管道断面的 1/3	10

注: 表中缺陷等级定义区域 X 的范围为 $x \sim y$ 时, 其界限的意义是 $x < X \leq y$ 。

10.2.4 功能性缺陷的名称、代码、等级划分和分值应符合表 10.2.4 的规定。

表 10.2.4 功能性缺陷的名称、代码、等级划分及分值

缺陷名称	缺陷代码	定义	缺陷等级	缺陷描述	分值
沉积	CJ	杂质在管道底部沉淀淤积	1	沉积物厚度为管径的 20% ~ 30%	0.5
			2	沉积物厚度在管径的 30% ~ 40% 之间	2
			3	沉积物厚度在管径的 40% ~ 50% 之间	5
			4	沉积物厚度大于管径的 50%	10
结垢	JC	管道内壁上的附着物	1	硬质结垢造成的过水断面损失不大于 15% ; 软质结垢造成的过水断面损失在 15% ~ 25% 之间	0.5
			2	硬质结垢造成的过水断面损失在 15% ~ 25% 之间; 软质结垢造成的过水断面损失在 25% ~ 50% 之间	2
			3	硬质结垢造成的过水断面损失在 25% ~ 50% 之间; 软质结垢造成的过水断面损失在 50% ~ 80% 之间	5
			4	硬质结垢造成的过水断面损失大于 50% ; 软质结垢造成的过水断面损失大于 80%	10
障碍物	ZW	管道内影响过流的阻挡物	1	过水断面损失不大于 15%	0.1
			2	过水断面损失在 15% ~ 25% 之间	2
			3	过水断面损失在 25% ~ 50% 之间	5
			4	过水断面损失大于 50%	10
残墙、坝根	CQ	管道闭水试验时砌筑的临时砖墙封堵, 试验后未拆除或拆除不彻底的遗留物	1	过水断面损失不大于 15%	1
			2	过水断面损失在 15% ~ 25% 之间	3
			3	过水断面损失在 25% ~ 50% 之间	5
			4	过水断面损失大于 50%	10

续表 10.2.4

缺陷名称	缺陷代码	定义	缺陷等级	缺陷描述	分值
树根	SG	单根树根或是树根群自然生长进入管道	1	过水断面损失不大于 15%	0.5
			2	过水断面损失在 15% ~ 25% 之间	2
			3	过水断面损失在 25% ~ 50% 之间	5
			4	过水断面损失大于 50%	10
浮渣	FZ	管道内水面上的漂浮物 (该缺陷需记入检测记录表, 不参与计算)	1	零星的漂浮物, 漂浮物占水面面积不大于 30%	—
			2	较多的漂浮物, 漂浮物占水面面积为 30% ~ 60%	—
			3	大量的漂浮物, 漂浮物占水面面积大于 60%	—

注: 表中缺陷等级定义的区域 X 的范围为 $x \sim y$ 时, 其界限的意义是 $x < X \leq y$ 。

10.2.5 土体病害代码、分值计算及等级划分应符合表 10.2.5 的规定。

表 10.2.5 土体病害代码、分值计算及等级划分

名称	代码	病害因素	病害因素分类	因素分值	权重	病害分值		病害等级
土体病害	TB	属性	轻微疏松	1	0.35	$= \sum (\text{因素分值} \times \text{权重})$	分值 ≤ 1	1
			中等疏松	2				
			一般富水异常					
			严重疏松	5				
			严重富水异常					
			空洞	10				
		埋深	$H > 5\text{m}$	1	0.20		$1 < \text{分值} \leq 3$	2
			$2\text{m} < H \leq 5\text{m}$	2				
			$1\text{m} < H \leq 2\text{m}$	5				
			$H \leq 1\text{m}$	10				

续表 10.2.5

名称	代码	病害因素	病害因素分类	因素分值	权重	病害分值		病害等级	
土体病害	TB	面积	$S \leq 2\text{m}^2$	1	0.16	$= \sum (\text{因素分值} \times \text{权重})$	$1 < \text{分值} \leq 3$	2	
			$2\text{m}^2 < S \leq 4\text{m}^2$	2					
			$4\text{m}^2 < S \leq 10\text{m}^2$	5					
			$S > 10\text{m}^2$	10					
		高度	$H \leq 1\text{m}$	1	0.14		3 < 分值 ≤ 6	3	
			$1\text{m} < H \leq 2\text{m}$	2					
			$2\text{m} < H \leq 4\text{m}$	5					
			$H > 4\text{m}$	10					
		相对管道距离	$L > 3D$ (D 为管径)	1	0.10	分值 > 6			4
			$2D < L \leq 3D$	2					
			$D < L \leq 2D$	5					
			$L \leq D$	10					
		地下水影响	地下水位很低	1	0.05				
			地下水位低于管道	2					
			地下水位偶尔超过管道	5					
			地下水位常年超过管道	10					

10.2.6 特殊结构及附属设施的代码应符合表 10.2.6 的规定。

表 10.2.6 特殊结构及附属设施名称、代码和定义

名称	代码	定 义
修复	XF	检测前已修复的位置
变径	BJ	两检查井之间不同直径管道相接处
倒虹管	DH	管道遇到河道、铁路等障碍物，不能按原有高程埋设，而从障碍物下面绕过时采用的一种倒虹型管段
检查井（窨井）	YJ	管道上连接其他管道以及供维护工人检查、清通和出入管道的附属设施

续表 10.2.6

名称	代码	定 义
暗井	MJ	用于管道连接,有井室而无井筒的暗埋构筑物
井盖埋没	JM	检查井盖被埋没
雨水口	YK	用于收集地面雨水的设施

10.2.7 操作状态名称和代码应符合表 10.2.7 的规定。

表 10.2.7 操作状态名称和代码

名称	代码编号	定 义
缺陷开始及编号	KS × ×	纵向缺陷长度大于 1m 时的缺陷开始位置,其编号应与结束编号对应
缺陷结束及编号	JS × ×	纵向缺陷长度大于 1m 时的缺陷结束位置,其编号应与开始编号对应
入水	RS	摄像镜头部分或全部被水淹
中止	ZZ	在两附属设施之间进行检测时,由于各种原因造成检测中止

10.3 管道结构性状况评估

10.3.1 管段结构性缺陷参数应按下列公式计算:

$$\text{当 } S_{\max} \geq S \text{ 时, } F = S_{\max} \quad (10.3.1-1)$$

$$\text{当 } S_{\max} < S \text{ 时, } F = S \quad (10.3.1-2)$$

式中: F ——管段结构性缺陷参数;

$S_{\max}$ ——管段损坏状况参数,管段结构性缺陷中损坏最严重处的分值;

S ——管段损坏状况参数,按缺陷点数计算的平均分。

10.3.2 管段损坏状况参数 S 的确定应符合下列规定:

1 管段损坏状况参数应按下列公式计算:

$$S = \frac{1}{n} \left(\sum_{i_1=1}^{n_1} P_{i_1} + \alpha \sum_{i_2=1}^{n_2} P_{i_2} \right) \quad (10.3.2-1)$$

$$S_{\max} = \max \{ P_i \} \quad (10.3.2-2)$$

$$n = n_1 + n_2 \quad (10.3.2-3)$$

式中： n ——管段的结构性缺陷数量；

n_1 ——纵向净距大于 1.5m 的缺陷数量；

n_2 ——纵向净距大于 1.0m 且不大于 1.5m 的缺陷数量；

P_{i_1} ——纵向净距大于 1.5m 的缺陷分值，按表 10.2.3 取值；

P_{i_2} ——纵向净距大于 1.0m 且不大于 1.5m 的缺陷分值，按表 10.2.3 取值；

α ——结构性缺陷影响系数，与缺陷间距有关。当缺陷的纵向净距大于 1.0m 且不大于 1.5m 时， $\alpha = 1.1$ 。

2 当管段存在结构性缺陷时，结构性缺陷密度应按下式计算：

$$S_M = \frac{1}{SL} \left(\sum_{i_1=1}^{n_1} P_{i_1} L_{i_1} + \alpha \sum_{i_2=1}^{n_2} P_{i_2} L_{i_2} \right) \quad (10.3.2-4)$$

式中： S_M ——管段结构性缺陷密度；

L ——管段长度（m）；

L_{i_1} ——纵向净距大于 1.5m 的结构性缺陷长度（m）；

L_{i_2} ——纵向净距大于 1.0m 且不大于 1.5m 的结构性缺陷长度（m）。

10.3.3 管段结构性缺陷等级的确定应符合表 10.3.3-1 的规定。
管段结构性缺陷类型评估可按表 10.3.3-2 确定。

表 10.3.3-1 管段结构性缺陷等级评定对照表

等级	缺陷参数 F	损坏状况描述
I	$F \leq 1$	无或有轻微缺陷，结构状况基本不受影响，但具有潜在变坏的可能

续表 10.3.3-1

等级	缺陷参数 F	损坏状况描述
II	$1 < F \leq 3$	管段缺陷明显超过一级, 具有变坏的趋势
III	$3 < F \leq 6$	管段缺陷严重, 结构状况受到影响
IV	$F > 6$	管段存在重大缺陷, 损坏严重或即将导致破坏

表 10.3.3-2 管段结构性缺陷类型评估

缺陷密度 S_M	< 0.1	$0.1 \sim 0.5$	> 0.5
管段结构性缺陷类型	局部缺陷	部分或整体缺陷	整体缺陷

10.3.4 管段修复指数应按下式计算:

$$RI = 0.7 \times F + 0.1 \times K + 0.05 \times E + 0.05 \times T + 0.05 \times J + 0.05 \times M \quad (10.3.4)$$

式中: RI ——管段修复指数;

K ——地区重要性参数, 可按表 10.3.4-1 的规定确定;

E ——管道重要性参数, 可按表 10.3.4-2 的规定确定;

T ——土质影响参数, 可按表 10.3.4-3 的规定确定;

J ——管道结构影响参数, 可按表 10.3.4-4 的规定确定;

M ——管道接口类型影响参数, 可按表 10.3.4-5 的规定确定。

表 10.3.4-1 地区重要性参数 K

地区类别	K 值
中心商业、附近具有甲类民用建筑工程的区域	10
交通干道、附近具有乙类民用建筑工程的区域	6
其他行车道路、附近具有丙类民用建筑工程的区域	3
所有其他区域或 $F < 4$ 或 $H < 4$ 时	0

表 10.3.4-2 管道重要性参数 E

管径 D	E 值
$D > 1500\text{mm}$	10
$1000\text{mm} < D \leq 1500\text{mm}$	6
$600\text{mm} \leq D \leq 1000\text{mm}$	3
$D < 600\text{mm}$ 或 $F < 4$ 或 $H < 4$	0

表 10.3.4-3 土质影响参数 T

土质	一般 土层 或 $F=0$ 或 $H=0$	粉、 细砂	粉 土	软土		湿陷性土			膨胀土			污染土			红 黏 土
				淤泥	淤泥 质土	Ⅳ 级	Ⅲ 级	Ⅰ、 Ⅱ 级	强	中	弱	强	中	弱	
T 值	0	10	8	10	8	10	8	6	10	8	6	10	8	6	8

表 10.3.4-4 管道结构影响参数 J

管道类型	柔性	刚性	
基础类型	柔性	柔性	刚性
J 值	1.4 T	1.2 T	T
若 $J > 10$ 则取 10			

表 10.3.4-5 管道接口类型影响参数 M

管道接口类型	刚性	柔性
M 值	1.4 T	T
若 $M > 10$ 则取 10		

10.3.5 管段的修复等级应符合表 10.3.5 的规定。

表 10.3.5 管段修复等级划分

等级	修复指数 RI	修复建议及说明
Ⅰ	$RI \leq 1$	结构条件基本完好，不修复
Ⅱ	$1 < RI \leq 4$	结构在短期内不会发生破坏现象，但应做修复计划

续表 10.3.5

等级	修复指数 RI	修复建议及说明
Ⅲ	$4 < RI \leq 7$	结构在短期内可能会发生破坏, 应尽快修复
Ⅳ	$RI > 7$	结构已经发生或即将发生破坏, 应立即修复

10.4 管道功能性状况评估

10.4.1 管段功能性缺陷参数应按下列公式计算:

$$\text{当 } Y_{\max} \geq Y \text{ 时, } G = Y_{\max} \quad (10.4.1-1)$$

$$\text{当 } Y_{\max} < Y \text{ 时, } G = Y \quad (10.4.1-2)$$

式中: G ——管段功能性缺陷参数;

$Y_{\max}$ ——管段运行状况参数, 功能性缺陷中最严重处的分值;

Y ——管段运行状况参数, 按缺陷点数计算的功能性缺陷
平均分。

10.4.2 运行状况参数的确定应符合下列规定:

1 管段运行状况参数应按下列公式计算:

$$Y = \frac{1}{m} \left(\sum_{j_1=1}^{m_1} P_{j_1} + \beta \sum_{j_2=1}^{m_2} P_{j_2} \right) \quad (10.4.2-1)$$

$$Y_{\max} = \max \{ P_j \} \quad (10.4.2-2)$$

$$m = m_1 + m_2 \quad (10.4.2-3)$$

式中: m ——管段的功能性缺陷数量;

m_1 ——纵向净距大于 1.5m 的缺陷数量;

m_2 ——纵向净距大于 1.0m 且不大于 1.5m 的缺陷数量;

P_{j_1} ——纵向净距大于 1.5m 的缺陷分值, 按表 10.2.4 取值;

P_{j_2} ——纵向净距大于 1.0m 且不大于 1.5m 的缺陷分值, 按
表 10.2.4 取值;

β ——功能性缺陷影响系数, 与缺陷间距有关; 当缺陷的
纵向净距大于 1.0m 且不大于 1.5m 时, $\beta = 1.1$ 。

2 当管段存在功能性缺陷时,功能性缺陷密度应按下式计算:

$$Y_M = \frac{1}{YL} \left(\sum_{j_1=1}^{m_1} P_{j_1} L_{j_1} + \beta \sum_{j_2=1}^{m_2} P_{j_2} L_{j_2} \right) \quad (10.4.2-4)$$

式中: Y_M ——管段功能性缺陷密度;

L ——管段长度;

L_{j_1} ——纵向净距大于 1.5m 的功能性缺陷长度;

L_{j_2} ——纵向净距大于 1.0m 且不大于 1.5m 的功能性缺陷长度。

10.4.3 管段功能性缺陷等级评定应符合表 10.4.3-1 的规定。管段功能性缺陷类型评估可按表 10.4.3-2 确定。

表 10.4.3-1 功能性缺陷等级评定

等级	缺陷参数	运行状况说明
I	$G \leq 1$	无或有轻微影响,管道运行基本不受影响
II	$1 < G \leq 3$	管道过流有一定的受阻,运行受影响不大
III	$3 < G \leq 6$	管道过流受阻比较严重,运行受到明显影响
IV	$G > 6$	管道过流受阻很严重,即将或已经导致运行瘫痪

表 10.4.3-2 管段功能性缺陷类型评估

缺陷密度 Y_M	< 0.1	$0.1 \sim 0.5$	> 0.5
管段功能性缺陷类型	局部缺陷	部分或整体缺陷	整体缺陷

10.4.4 管段养护指数应按下式计算:

$$MI = 0.8 \times G + 0.15 \times K + 0.05 \times E \quad (10.4.4)$$

式中: MI ——管段养护指数;

K ——地区重要性参数,可按表 10.3.4-1 的规定确定;

E ——管道重要性参数,可按表 10.3.4-2 的规定确定。

10.4.5 管段的养护等级应符合表 10.4.5 的规定。

表 10.4.5 管段养护等级划分

养护等级	养护指数 MI	养护建议及说明
I	$MI \leq 1$	没有明显需要处理的缺陷
II	$1 < MI \leq 4$	没有立即进行处理的必要, 但宜安排处理计划
III	$4 < MI \leq 7$	根据基础数据进行全面的考虑, 应尽快处理
IV	$MI > 7$	输水功能受到严重影响, 应立即进行处理

10.5 管道周边环境状况评估

10.5.1 管段周边土体病害参数应按下列公式计算:

$$\text{当 } R_{\max} \geq R \text{ 时, } H = R_{\max} \quad (10.5.1-1)$$

$$\text{当 } R_{\max} < R \text{ 时, } H = R \quad (10.5.1-2)$$

式中: H ——管段周边土体病害参数;

$R_{\max}$ ——管段周边土体病害状况参数, 管段周边土体病害最严重处的分值;

R ——管段周边土体病害状况参数, 按病害点数计算的平均分。

10.5.2 管段周边土体病害状况参数 R 的确定应符合下列规定:

1 管段周边土体病害状况参数应按下列公式计算:

$$R = \frac{1}{l} \left(\sum_{k_1=1}^{l_1} P_{k_1} + \gamma \sum_{k_2=1}^{l_2} P_{k_2} \right) \quad (10.5.2-1)$$

$$R_{\max} = \max \{ P_k \} \quad (10.5.2-2)$$

$$l = l_1 + l_2 \quad (10.5.2-3)$$

式中: l ——管段周边土体病害数量;

l_1 ——纵向净距大于 1.5m 的病害数量;

l_2 ——纵向净距大于 1.0m 且不大于 1.5m 的病害数量;

P_{k_1} ——纵向净距大于 1.5m 的病害分值, 按表 10.2.5 取值;

P_{k_2} ——纵向净距大于 1.0m 且不大于 1.5m 的病害分值, 按

表 10.2.5 取值;

γ ——周边土体病害影响系数,与病害间距有关。当病害的纵向净距大于 1.0m 且不大于 1.5m 时, $\gamma = 1.1$ 。

2 当管段周边存在土体病害时,土体病害密度应按下式计算:

$$R_M = \frac{1}{RL} \left(\sum_{k_1=1}^{l_1} P_{k_1} L_{k_1} + \gamma \sum_{k_2=1}^{l_2} P_{k_2} L_{k_2} \right) \quad (10.5.2-4)$$

式中: R_M ——管段周边土体病害密度;

L ——管段长度 (m);

L_{k_1} ——纵向净距大于 1.5m 的土体病害长度 (m);

L_{k_2} ——纵向净距大于 1.0m 且不大于 1.5m 的土体病害长度 (m)。

10.5.3 管道周边土体病害等级的评定应符合表 10.5.3-1 的规定。管道周边土体病害类型评估可按表 10.5.3-2 确定。

表 10.5.3-1 管段周边土体病害等级评定

等级	病害参数	周边土体状况描述
I	$H \leq 1$	无或有轻微病害,对管道安全运行影响较小
II	$1 < H \leq 3$	土体病害程度中等,对管道安全运行构成一定影响
III	$3 < H \leq 6$	土体病害比较严重,对管道安全运行构成较大影响
IV	$H > 6$	土体病害很严重,对管道安全运行构成严重影响

表 10.5.3-2 管段周边土体病害类型评估

病害密度 R_M	< 0.1	$0.1 \sim 0.5$	> 0.5
管段周边土体病害类型	局部病害	部分或整体病害	整体病害

10.5.4 管段环境指数应按下式计算:

$$EI = 0.7 \times H + 0.1 \times K + 0.05 \times E + 0.05 \times T + 0.05 \times J + 0.05 \times M \quad (10.5.4)$$

式中： EI ——管段环境指数；

K ——地区重要性参数，可按表 10.3.4-1 的规定确定；

E ——管道重要性参数，可按表 10.3.4-2 的规定确定；

T ——土质影响参数，可按表 10.3.4-3 的规定确定；

J ——管道结构影响参数，可按表 10.3.4-4 的规定确定；

M ——管道接口类型影响参数，可按表 10.3.4-5 的规定确定。

表 10.5.4 管段环境等级划分

等级	环境指数 EI	处理建议及说明
I	$EI \leq 1$	对管道安全运行无影响或影响较小，应定期巡查
II	$1 < EI \leq 4$	对管道安全运行构成一定影响，应加强重点巡查
III	$4 < EI \leq 7$	对管道安全运行构成较大影响，可能引发次生灾害，应制定处置计划并加强监测
IV	$EI > 7$	对管道安全运行构成严重影响，易引发严重次生灾害，应立即进行处置

11 检查井和雨水口检查

11.0.1 检查井检查应在管道检测之前进行。

11.0.2 检查井检查的基本内容应符合表 11.0.2-1 的规定，雨水口检查的基本内容应符合表 11.0.2-2 的规定。检查井和雨水口检查时应现场填写记录表格，并应符合本规程附录 B 的规定。

表 11.0.2-1 检查井检查的基本项目

	外部检查	内部检查
检查项目	井盖埋没	链条或锁具
	井盖丢失	防坠网
	井盖破损	爬梯松动、锈蚀或缺损
	井框破损	井壁泥垢
	盖框间隙	井壁裂缝
	盖框高差	井壁渗漏
	盖框突出或凹陷	抹面脱落
	跳动和声响	管口孔洞、雨污混接点
	周边路面破损、沉降	流槽破损
	井盖标示错误	井底积泥、杂物
	道路上的井室盖是否为重型井盖	水流不畅
	其他	浮渣
	—	其他

表 11.0.2-2 雨水口检查的基本项目

	外部检查	内部检查
检查项目	雨水算丢失	铰或链条损坏
	雨水算破损	裂缝或渗漏
	雨水口框破损	抹面剥落

续表 11.0.2-2

	外部检查	内部检查
检查项目	盖框间隙	积泥或杂物
	盖框高差	水流受阻
	孔眼堵塞	私接连管
	雨水口框突出	井体倾斜
	异臭	连管异常
	路面沉降或积水	防坠网
	其他	其他

11.0.3 塑料检查井检查的内容除应符合本规程第 11.0.2 条的规定以外，还应检查井筒变形、接口密封状况。

11.0.4 当对检查井内两条及以上的进水管或出水管进行排序时，应符合下列规定：

1 检查井内出水管应采用罗马数字 I、II……按逆时针顺序分别表示；

2 检查井内进水管应以出水管 I 为起点，按顺时针方向采用大写英文字母 A、B、C……顺序分别表示；

3 当在垂直方向有重叠管道时，应按其投影到井底平面的先后顺序进行排序；

4 各流向的管道编号应采用与之相连的下游井或上游井的编号标注。

12 成果资料

12.0.1 检测工作结束后应编写检测与评估报告。

12.0.2 检测与评估报告的基本内容应符合下列规定：

1 应描述任务及管道概况，包括任务来源、检测与评估的目的和要求、被检管段的平面位置图、被检管段的地理位置、地质条件、检测时的天气和环境、检测日期、主要参与人员的基本情况、实际完成的工作量等；

2 应记录现场踏勘成果，应按本规程附录 C 的要求绘制排水管道沉积状况纵断面图，应按本规程附录 D 的要求填写排水管道渗漏状况纵断面图，应按附录 E 的要求填写排水管道缺陷统计表、排水管道周边土体病害统计表、管段状况评估表、检查井检查情况汇总表；

3 应按本规程附录 E 的要求填写排水管道检测成果表和排水管道周边土体病害检测成果表；

4 应说明现场作业和管道评估的标准依据、采用的仪器和技术方法，以及其他应说明的问题及处理措施；

5 应提出检测与评估的结论与建议。

12.0.3 提交的检测与评估资料应包括下列内容：

1 任务书、技术设计书。

2 所利用的已有成果资料。

3 现场工作记录资料，包括：

1) 检测单位、监督单位等代表签字的证明资料；

2) 排水管道现场踏勘记录、检测现场记录表、检查井检查记录表、雨水口检查记录表、工作地点示意图、现场照片。

4 检测与评估报告。

检测与评估报告内容一般包括：管道基本信息表、检测内容、检测依据、检测设备信息表、检测流程图、附属构筑物质量检测记录表、管道缺陷评价详表、管道缺陷统计表、管道周边土体病害检测成果表、检测结论及处理建议。

- 1) 管道基本信息表包括：路名、路段、管道类型、尺寸、附近单位名称或门牌号、指北针等，并附相邻标识物照片。
 - 2) 检测设备信息表包括：检测设备名称、型号、状态、编号等。
 - 3) 检测流程图包括：准备工作、检测过程等。
 - 4) 附属构筑物质量检测记录参照《给水排水管道工程施工及验收规范》GB 50268 的相关条文进行。
 - 5) 管道缺陷评价详表内容包括：试验编号、视频编号、检查井号、管道位置、类型、埋深、尺寸、管道病害图片、图片信息编号、病害名称、病害位置、病害等级、详细描述等。
 - 6) 管道缺陷统计表内容包括：管段编号、缺陷类型、等级、位置、说明。
 - 7) 管道周边土体病害检测成果表内容包括：管段编号、病害属性、病害区域位置、病害区域情况、评估结论。
- 5 影像资料。

附录 A 检测影像资料版头格式和基本内容

当对每一管段摄影前，检测录像资料开始时，应编写并录制检测影像资料版头对被检测管段进行文字标注，检测影像资料版头格式和基本内容应按图 A 编制。当软件为中文显示时，可不录入代码。

任务名称/编号 (RWMC/XX):
检测地点 (JCDD):
检测日期 (JCRQ): 年 月 日
起始井编号 - 结束井编号: (X 号井 - Y 号井)
检测方向 (JCFX): 顺流 (SL), 逆流 (NL)
管道类型 (GDLX): 雨水 (Y), 污水 (W), 雨污合流 (H)
管材 (GC):
管径 (GJ/mm):
检测单位:
检测员:

图 A 检测影像资料版头格式和基本内容

B.0.3 检查井检查记录应按表 B.0.3 填写。

表 B.0.3 检查井检查记录表

任务名称：

第 页 共 页

检测单位名称								检查井编号	
埋设 年代		性质		井材质		井盖 形状		井盖 材质	
检查内容									
	外部检查				内部检查				
1	井盖埋没				链条或锁具				
2	井盖丢失				防坠网				
3	井盖破损				爬梯松动、锈蚀或缺损				
4	井框破损				井壁泥垢				
5	盖框间隙				井壁裂缝				
6	盖框高差				井壁渗漏				
7	盖框突出或凹陷				抹面脱落				
8	跳动和声响				管口孔洞、雨污混接点				
9	周边路面破损、沉降				流槽破损				
10	井盖标示错误				井底积泥、杂物				
11	是否为重型井盖 (道路上)				水流不畅				
12	其他				浮渣				
13	—				其他				
备注									

检测员：

记录员：

校核员：

检查日期：

年 月 日

B.0.4 雨水口检查记录应按表 B.0.4 填写。

表 B.0.4 雨水口检查记录表

任务名称：

第 页 共 页

检测单位名称						雨水口编号			
埋设 年代		材质		雨水算 形式		雨水算 材质		下游井 编号	
检查内容									
	外部检查				内部检查				
1	雨水算丢失				铰或链条损坏				
2	雨水算破损				裂缝或渗漏				
3	雨水口框破损				抹面剥落				
4	盖框间隙				积泥或杂物				
5	盖框高差				水流受阻				
6	孔眼堵塞				私接连管				
7	雨水口框突出				井体倾斜				
8	异臭				连管异常				
9	路面沉降或积水				防坠网				
10	其他				其他				

检测员： 记录员： 校核员： 检查日期： 年 月 日

附录 C 排水管道沉积状况纵断面图格式

管段编号		管段直径		检测地点	

55

检测单位：

检测员：

绘图员：

日期： 年 月 日

附录 D 排水管道渗漏状况纵断面图格式

管段编号		管段直径		管段长度		管道类型	
管道埋深		管道材质		检测长度		检测地点	
检测方向		————→					
	(截图粘贴区)						
缺陷等级						均值	
间距(cm)						均值	
裂隙占比(%)						均占比	
距离(cm)						总长(cm)	

检测单位:

检测员:

绘图员:

日期: 年 月 日

附录 E 检测成果表

E. 0.1 排水管道缺陷统计应按表 E. 0.1 填写。

表 E. 0.1 排水管道缺陷统计表
(结构性缺陷/功能性缺陷)

序号	管段 编号	管径	材质	检测 长度 (m)	缺陷 距离 (m)	缺陷名称及位置	缺陷等级

E.0.4 检查井检查情况汇总按表 E.0.4 填写。

表 E.0.4 检查井检查情况汇总表

任务名称：

第 页 共 页

序号	检查井类型	材质	单位	数量	其中非道路下数量	完好数量	井盖井座缺失数量	井内有杂物数量	井内有缺损数量	盖框突出或凹陷数量	井室周围填土有沉降数量	备注
1	雨水口											
2	检查井											
3	连接暗井											
4	溢流井											
5	跌水井											
6	水封井											
7	冲洗井											
8	沉泥井											
9	闸门井											
10	潮门井											
11	倒虹管											
12	其他											

检测单位：

E. 0.5 排水管道检测成果应按表 E. 0.5 填写。

表 E. 0.5 排水管道检测成果表

序号：

检测方法：

录像文件		起始井号		终止井号	
敷设年代		起点埋深		终点埋深	
管段类型		管段材质		管段直径	
管段基础		管段接口		周边土质	
管段长度		检测长度		检测方向	
修复指数		养护指数			
检测地点				检测日期	
距离 (m)	缺陷名称 代码	分值	等级	管道内部 状况描述	照片序号 或说明
备 注					
照片 1：				照片 2：	

检测单位：

本规程用词说明

1 为便于在执行本规程条文时区别对待，对于要求严格程度不同的用词说明如下：

1) 表示很严格，非这样做不可的用词：

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；

2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的用词：

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；

3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的用词：

正面词采用“宜”或“可”，反面词采用“不宜”；

4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的用词，采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为“应按……执行”或“应符合……的规定”。

引用标准名录

- 《城市测量规范》CJJ/T 8
- 《城市地下管线探测技术规程》CJJ 61
- 《卫星定位城市测量技术规范》CJJ/T 73
- 《城镇排水管道检测与评估技术规程》CJJ 181
- 《爆炸性环境》GB 3836
- 《城镇排水管道维护安全技术规程》CJJ 6
- 《城镇排水管渠与泵站运行、维护及安全技术规程》CJJ 68
- 《岩土工程勘察规范》GB 50021
- 《城市工程地球物理探测标准》CJJ/T 7
- 《给水排水工程管道结构设计规范》GB 50332
- 《山东省城市市政公用管网有限空间作业安全操作规程》
- 《山东省城市市政公用管网下井作业安全操作规程》（试行）

山东省工程建设标准

城镇排水管道检测与评估技术规程

DB37/T 5107—2018

条文说明

目 次

1	总则	69
2	术语和符号	71
2.1	术语	71
3	基本规定	73
4	管道潜望镜检测	78
4.1	一般规定	78
4.2	检测设备	78
4.3	检测方法	79
4.4	影像判读	79
5	电法测漏仪检测	81
5.1	一般规定	81
5.2	检测设备	82
5.3	检测方法	82
5.4	曲线判读	83
6	电视检测	85
6.1	一般规定	85
6.2	检测设备	86
6.3	检测方法	86
6.4	影像判读	88
7	声呐检测	89
7.1	一般规定	89
7.2	检测设备	89
7.3	检测方法	90
7.4	轮廓判读	91

8	传统方法检查	92
8.1	一般规定	92
8.2	目视检查	94
8.3	简易工具检查	96
8.4	潜水检查	97
9	地质雷达检测	99
9.1	一般规定	99
9.2	检测设备	102
9.3	检测方法	103
9.4	图谱判读	103
10	管道状况综合评估	106
10.1	一般规定	106
10.2	检测项目名称、代码及等级	107
10.3	管道结构性状况评估	130
10.4	管道功能性状况评估	136
10.5	管道周边环境状况评估	136
11	检查井和雨水口检查	139
12	成果资料	141

1 总 则

1.0.1 城市排水管网是重要的基础设施，它的运营安全直接影响到城市发展和人民群众的生产生活。2010 年建设部对城市排涝能力及内涝情况调查结果显示，在城镇化快速推进的过程中，城市排水排涝设施建设相对滞后，导致了 200 多个城市发生严重内涝。造成这种现象的原因之一是排水管道在施工和运营过程中，管道破坏和变形的情况时有发生，不均匀沉降和环境因素引起的管道结构性缺陷和功能性缺陷，致使排水管道不能发挥应有的作用。基于此，国务院办公厅于 2013 年 3 月 25 日发布第 23 号文件，提出总体工作要求：2014 年底前，要在摸清现状基础上，编制完成城市排水防涝设施建设工程规划，力争用 5 年时间完成排水管网的雨污分流改造，用 10 年左右的时间，建成较为完善的城市排水防涝工程体系。

为了最大限度地发挥现有管道的排水能力，延长管道的使用寿命，对现有的排水管道进行定期和专门性的检测，是及时发现排水管道安全隐患的有效措施，是制定管网养护计划和修复计划的依据。传统的排水管道结构状况和功能状况的检查方法所受制约因素多，检查效果差，成本高。闭路电视（CCTV）等仪器检测技术，无需人员下井，能准确地检测出管道结构状况和功能状况，不仅在旧管道状况普查中广泛使用，在新建排水管道移交验收检查中也得到了应用。总体而言，目前国内管道检测技术呈现新老并存、综合应用的局面。

随着排水管道检测业务的增加，越来越多的单位进入了排水管道检测行业。不同单位的检测水平差别较大，同样的管道，不同单位的检测结果和评估结论存在较大差别；南北不同地区的管

道因水文地质条件差异而出现不同缺陷；同样的缺陷对不同管材、不同接口形式影响也不同；由于缺乏统一标准，很难对管道的技术现状进行合理的评估。2013年6月8日，住房城乡建设部发布清查排水设施的技术导则《城市排水防涝设施普查数据采集与管理技术导则（试行）》。该导则指出，排水防涝设施普查的方法、检测评估等应符合《城镇管渠与泵站维护技术规程》CJJ 68、《城市地下管线探测技术规程》CJJ 61、《城镇排水管道检测与评估技术规程》CJJ 181等规定。但这些规程主要是规定了管道检测工作的一般原则，并不完全适用于各地实际情况，为此，上海、广东、浙江等地结合本地实际出台了地方性规程，较好地规范了检测行为，推动了检测工作开展。

为加强山东省城镇排水管道设施检测管理，规范检测技术，保证检测质量，统一评估标准并突出地域特点，为山东城镇排水规划、设计、施工、维护、抢险以及建设和管理提供科学准确的技术资料和决策依据，制定本规程。

1.0.2 本规程适用于公共排水管道的检测和评估，企事业单位、居住小区内部的排水管道可参照执行。近年来在城市地下综合管廊、海绵城市建设、城市防涝设施普查、黑臭水体治理及控源截污项目中，新建管网验收、既有管网信息收集、管网设施现状调查、雨污混接调查改造等牵涉到排水管道检测评估，故应一并执行本规程。

1.0.4 排水管道检测和评估是排水管道管理与维护的重要组成部分。检测和评估工作在实施的过程中，涉及施工、管理、检测、修复和养护，另外还涉及道路、交通、航运等相关行业。因此，排水管道的检测和评估除遵守本规程外，还应遵守现行国家有关标准。

2 术语和符号

2.1 术 语

2.1.1 管道潜望镜也叫电子潜望镜，它通过操纵杆将高放大倍数的摄像头放入检查井或隐蔽空间，能够清晰地显示管道裂纹、堵塞等内部状况。设备由探照灯、摄像头、控制器、伸缩杆、视频成像和存储单元组成。

2.1.2 电法测漏仪检测是通过测量两个电极与大地之间构成的回路电流的变化来判定管道渗漏位置的方法，一般用于非金属管道或包有绝缘材料的金属管道。电法测漏仪一般由主机、电缆盘、探头三部分构成，探头置于管道内部连续移动，通过实时采集监测电流值的曲线变化来分析定位管道漏点。

2.1.3 闭路电视系统是指通过闭路电视录像的形式，将摄像设备置于排水管道内，拍摄影像数据传输至计算机后，在终端电视屏幕上直观影像显示和影像记录存储的图像通信检测系统。闭路电视系统一般包括摄像系统、灯光系统、爬行器、线缆卷盘、控制器、计算机及相关软件。

2.1.4 声呐检测是通过声呐设备以水为介质对管道内壁进行扫描，扫描结果以计算机进行处理得出管道内部的过水断面状况。声呐检测系统包括水下扫描单元（安装在漂浮、爬行器上）、声学处理单元、高分辨率彩色监视器和计算机。

2.1.6 地质雷达检测是通过发射高频电磁波并分析其在地下介质中的传播、吸收以及反射等物理特性，查明相对介电常数存在较大差异的目标体（或地质体）的一种电磁波探测方法。地质雷达一般由主机、连接线、天线三部分组成。

2.1.7 排水管道检测主要是针对管道内部的检查，管道的缺陷位置定位描述是检测工作的成果体现，缺陷的环向位置定位描述是检测评估工作的重要内容之一，是管道修复和养护设计方案的重要依据。本条规定缺陷的环向位置采用时钟表示法。

2.1.9 当检测过程中发现疑点，此时摄像机的取景方向需偏离轴向观察管壁，即爬行器停止行进，定点拍摄的方式。

2.1.10 管道的结构性缺陷是指管体结构本身出现损伤，如变形、破裂、错口等。结构性缺陷需要通过修复才能消除。

2.1.11 管道的功能性缺陷是指影响排水管道过流能力的缺陷，如沉积、障碍物、树根等。功能性缺陷可以通过管道养护得到改善。

2.1.12 管道周边土体病害是指土体中存在的土质疏松、空洞、富水异常等构造性缺陷。这些土体病害往往与管道自身缺陷并存且有所关联。

2.1.20 检查井又称窨井，是排水管道附属构筑物。为了与习惯称呼一致，本规程所指的检查井是排水管道上井类的附属构筑物，不仅指最常见的排水管道检查井，还包括排水管道上各种类型和用途的井。

3 基本规定

3.0.1 鉴于检测与评估的技术含量较高，具有一定的风险性，本规程依据相关的法律法规，对从事检测的单位资质和人员资格进行规定，这既是规范行业秩序的需要，也是保证检测成果质量的需要。

3.0.3 本条是对检测任务种类的划分。检测任务的划分有利于根据检测目的直接确定具体检测内容、检测手段及检测重点。管道普查包括管道基本信息调查及管道现状调查两个方面，主要是为管道养护管理修复及构建管网数字化管理平台提供技术依据。紧急应对检测主要是针对突发情况如道路塌陷、管道淤堵时管道的应急检测。竣工验收及交接验收主要是针对新建、改建、扩建管道中常见的结构性缺陷及功能性缺陷进行检查，评定施工质量。管道附近工程建设、水文地质条件改变、地质灾害等对管道的检测等包含在其他检测之内。每一类检测任务的检测重点不同，如调查水文地质条件改变对管道的影响不仅需要对管道内部进行检测，也需对管道周边土体病害进行检测，检测重点为管道结构状况。

3.0.4 近年来因排水管道渗漏引发的路面塌陷事故越来越多，造成了严重的人员伤亡和财产损失，排水管道与周边土体环境的相互影响成为行业内比较关注的问题，特别是对于柔性管材来讲，其受力状况受埋设环境影响更大。为保证排水管道安全计，将管道周边土体病害状况也列为管道检测内容之一。

3.0.5 排水管道检查有多种方式，每种方式有一定的适用性。

管道潜望镜检测主要适用于设备安放在管道口位置进行的快速检测，对于较短的排水管可以得到较为清晰的影像资料，其优

点是速度快、成本低，影像既可以现场观看、分析，也便于计算机储存。

电视检测主要适用于管道内水位较低状态下的检测，能够全面检查排水管道结构性和功能性状况。

声呐检测只能用于水下物体的检测，可以检测积泥、管内异物，对结构性缺陷检测有局限性，不宜作为缺陷准确判定和修复的依据。

电法测漏仪适用于检测排水管道的渗漏点位置，管道内水深应大于 300mm。被检测管道应为非金属管道或包有绝缘材料的金属管道。

传统方法检查中，人员进入管道内检测主要适用于管径大于 800mm 以上的管道。存在作业环境恶劣、劳动强度大、安全性差的缺点。

当需要时采用两种以上的方法可以互相取长补短。例如采用声呐检测和电视检测互相配合可以同时测得水面以上和水面以下的管道状况。

3.0.6 管道功能性状况检查的方法相对简单，加上管道积泥情况变化较快，所以功能性状况的普查周期较短；管道结构状况及埋设环境变化相对较慢，检查技术复杂、费用较高，故检查周期较长。本条规定参考了《城镇排水管渠与泵站运行、维护及安全技术规程》CJJ 68—2016 第 3.5.4 条。

管道埋设环境受到影响的具体情况有：管道周边实施穿越施工；管道沿线道路发生沉陷；汛期及汛期后、地下水位突然变化、道路荷载增加、地震影响；管道上方既有道路进行拓宽、改建及大修；管道周边基坑开挖等。

3.0.8 本条所规定的现场踏勘内容是管道检测前现场调查的基本内容，是制定检测技术方案的基础资料。第 3 款所规定的内

容，是管道内窥检测工作进行时对管网信息的核实和补充，是城市数字化管理必备的基础资料。

3.0.10 检测方案是检测任务实施的指导性文件，其中包括人员组成方案（负责人、检测人员、资料分析人员等）、技术方案（检测方法、封堵导流的措施、管道清洗方法、进度安排等）、安全方案（安全总体要求、现场危险因素分析、安全措施预案等）等。此外，根据任务大小还有现场保护方案、后勤保障方案等。对有些任务简单、时间短的管道检测可不制订复杂的方案。

3.0.11 本条列出了现场检测工作基本内容。一般来讲，检测前，需要按照当地规定办理现场作业许可手续，如需封闭道路，应事先征得交管部门同意，对检测现场也要视交通安全情况进行规划布置。其次，应根据检测目的、踏勘结果采取降低水位、封堵疏通、清除障碍等预处理措施，使待检管道具备检测条件。管道结构性状况检测要求管道内水位不大于管道直径的 20% 且不超过 300mm，障碍物少，不得影响缺陷观察；功能性状况检测要求如实反映管道内部实际情况，一般不做处理或视需要降低管道内水位；新建、改建、扩建和加固维修管道设施的竣工验收检查一般要求管道内部干净、通畅；管道周边土体病害检测要求检查现场无积水、障碍物。

3.0.12 管道缺陷所在环向位置用时钟表示的方法。前两位数字表示从几点（正点小时）位置开始，后两位表示到几点（正点小时）位置结束。如果缺陷处在某一点上就用 00 代替前两位，后两位数字表示缺陷点位，示例参见图 1。管道缺陷位置描述应与缺陷图片一致，相互验证。

3.0.13 为了管道修复时在地面上对缺陷进行准确定位，误差不超过 $\pm 0.5\text{m}$ ，能够保证在 1m 的修复范围内找到缺陷。

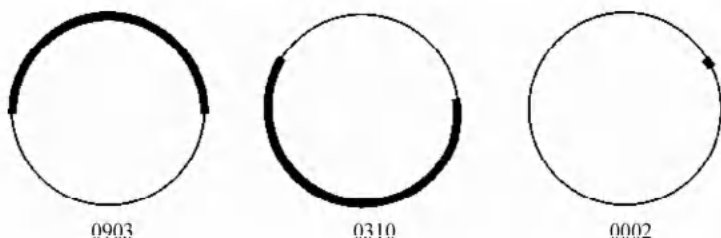


图 1 缺陷环向位置时钟表示法示例

3.0.14 检测时，缺陷纵向距离定位所用的计量单位应为米。对于进口仪器，原仪器的长度单位可能是英尺、码等，本条规定统一采用米为纵向距离的计量单位。电缆长度计数最低计量单位为 0.1m 的规定是保证缺陷定位精度的要求。

3.0.15 影像资料版头是指在每一管段采用电视检测或管道潜望镜检测等摄影之前，检测录像资料开始时，对被检测管段的文字标注。如果软件是中文显示，则无需录入代码。版头应录制在被检测管道影像资料的最前端，并与被检测管道的影像资料连续，保证被检测管道原始资料的真实性和可追溯性。

3.0.16 管道检测的影像记录应该连续、完整，不应有连接、剪辑的处理过程。在全部的影像记录画面上应始终含有本条所规定的同步镶嵌的文字内容，这是保证资料真实性的有效措施之一。如果不是中文操作系统，则应显示状态代码，例如检测结束时，应在画面上明显位置输入简写代码“JCJS”，检测中止时应在画面上明显位置输入简写代码“JCZZ”，并注明无法完成检测的原因。

3.0.18 为了保证管道检测成果的真实性和有效性，有条件的地方应该实行监督机制。监督方可以是业主监督，也可以是委托第三方监督。

3.0.20 管道检测时，除了检测工作以外，现场还有大量的准备

性和辅助性的作业，例如堵截、吸污、清洗、抽水等。由于排水管道内部环境恶劣，气体成分复杂，常常存在有毒和易燃、易爆气体，稍有不慎或检测设备防爆性差，容易造成人员中毒或爆炸伤人事故；管道检测现场作业应符合行业标准及地方规定。现场检测工作人员的数量不得少于两人，一是为了保证安全，二是为了工作方便，互相校核，保证资料的正确性和完整性。

3.0.24 检测成果资料属于技术档案，是国家技术档案的重要组成部分。《建设工程文件归档规范》GB/T 50328、《城镇排水管道与泵站运行、维护及安全技术规程》CJJ 68—2016 和《城市地下管线探测技术规程》CJJ 61—2017 等国家相关标准中对档案管理的技术要求都是排水管道检测资料归档管理的依据。

4 管道潜望镜检测

4.1 一般规定

4.1.2 管道潜望镜只能检测管内水面以上的情况，管内水位越深，可视的空间越小，能发现的问题也就越少。光照的距离一般能达到 30m ~ 40m，一侧有效的观察距离大约仅为 20m ~ 30m，通过两侧的检测便能对管道内部情况进行了解，所以规定管道长度不宜大于 50m。

4.1.5 管道潜望镜检测是利用电子摄像高倍变焦的技术，加上高质量的聚光、散光灯配合进行管道内窥检测，其优点是携带方便、操作简单。由于设备的局限，这种检测主要用来观察管道是否存在严重的堵塞、错口、渗漏等问题。对细微的结构性问题，不能提供很好的成果。如果对管道封堵后采用这种检测方法，能迅速得知管道的主要结构问题。对于管道里面有疑点的、看不清楚的缺陷，需要采用闭路电视在管道内部进行检测，管道潜望镜不能代替闭路电视解决管道检测的全部问题。

4.2 检测设备

4.2.1 由于排水管道和检查井内的环境恶劣，设备受水淹、有害气体侵蚀、碰撞的事情随时发生，如果设备不具备良好的性能，则常常会使检测工作中断或无法进行。

4.2.3 管道潜望镜技术与传统的管道检查方法相比，安全性高，图像清晰、直观并可反复播放供业内人士研究，及时了解管道内部状况。因此，对于管道潜望镜检测依然要求录制影像资料，并且能够在计算机上对该资料进行操作。

4.3 检测方法

4.3.1 镜头保持在竖向中心线是为了在变焦过程中能比较清晰地看清楚管道内的整个情况，镜头保持在水面以上是观察的必要条件。

4.3.2 管道潜望镜检测的方法：将镜头摆放在管口并对准被检测管道的延伸方向，镜头中心应保持在被检测管道圆周中心（水位低于管道直径 $1/3$ 位置或无水时）或位于管道圆周中心的上部（水位不超过管道直径 $1/2$ 位置时），调节镜头清晰度，根据管道的实际情况，对灯光亮度进行必要的调节，对管道内部的状况进行拍摄。

拍摄管道内部状况时通过拉伸镜头的焦距，连续、清晰地记录镜头能够捕捉的最大长度，如果变焦过快看不清楚管道状况，容易晃过缺陷，造成缺陷遗漏；当发现缺陷后，镜头对准缺陷调节焦距直至清晰显示时保持静止 10s 以上，给准确判读留有充分的资料。

4.3.3 拍摄检查井内壁时，由于镜头距井壁的距离短，镜头移动速度对观察的效果影响很大，故应保持缓慢、连续、均匀地移动镜头，才能得到井内的清晰图像。

4.4 影像判读

4.4.1 实际检测中发现部分影像资料及截图因检测人员熟练程度、现场条件、后期剪辑等各种原因不能全面反映管道缺陷及其边界，影响到后面病害评估，故本条特别说明。

4.4.2 排水管道检测应保证资料的准确性和真实性，由复核人员对检测资料和记录进行复核，以免由于记录、标记不合格或影像资料因设备故障缺失等导致外业返工的情况发生。

4.4.3 管道缺陷根据图像进行观察确定，缺陷尺寸无法直接测量。因此对于管道缺陷尺寸的判定，主要是根据参照物的尺寸采用比照的方法确定。

4.4.4 无法确定的缺陷类型主要是指本规程第 10 章所列缺陷没有包括或在同一处具有 2 种以上管道缺陷特征且又难以定论时，应在评估报告中加以说明。

4.4.5 由于在评估报告中需附缺陷图片，采用现场抓取时可以即时进行调节，直至获得最佳的图片，保证检测结果的质量。

5 电法测漏仪检测

5.1 一般规定

5.1.1 电法测漏仪的工作原理为：管道内壁为绝缘材料，对电流来说表现为高阻抗，管道内的水和埋设管道的大地为低阻抗。当电法测漏仪工作时，探头在管道内匀速前进。当管道内壁完好时，接地电极和探头电极之间的电阻很大，电流很小；当管道内壁存在缺陷时，电极之间存在低阻抗通路，电极之间的电流因此增加。工作原理见图 2。

图 2 电法测漏仪的工作原理

5.1.2 管道内的水和埋设管道的大地对电流来说表现为低阻抗，当绝缘的管道内壁完好时，接地电极和探棒电极之间的电阻很大，电流很小。当管道内壁存在缺陷时（例如污水的漏进/漏出），电极之间存在低阻抗通路，电极之间的电流因此增加，通过判断电流的变化曲线可直观了解管道漏点位置。电法测漏仪检测的必要条件是管道内应有足够的水深，管道漏点检测的范围即为充满水体的部分。300mm 的水深是设备淹没在水下的最低要求。

5.1.4 管道内壁材料对电流来说应表现为高阻抗，非金属管或者包有绝缘材料的金属管道都应是电的不良导体，在管道结构状况完好的情况下保障电流值在较低的区间范围内。

5.2 检测设备

5.2.1 为了保证电法测漏检测设备的检测效果，检测时应根据被检测管道的管径选用合适的探头尺寸。探头的承载设备是指可以搭载探头或者固定在探头上用来调节探头在水中悬浮位置的设备。探头露出水面或一直与管道摩擦均对检测造成影响。

5.2.2 电法测漏系统包括水下探头、连接电缆、处理器和接地负极设备。探头可安装在爬行器、牵引车或漂浮筏上，使其在管道内移动，连续采集电流信号。

电法测漏检测系统需要与大地连接构成回路，管道周边不同的土质、岩层条件会对检测的电流值造成影响，因此，需要采用特定算法来对检测电流值进行处理，以尽量减小不同的管道外环境对检测结果的干扰，保证检测结果的可靠性与准确性。

5.3 检测方法

5.3.2 探头的推进方向与水流方向一致时受到的阻力最小，便于检测工作的开展，同时还有利于探头的中轴线与管道的中轴线平行，有利于准确测算探头行进的具体位置，故规定“宜与水流方向一致”。

5.3.3 不同地区的土质、岩层等管道外环境各不相同，在检测之前，应首先调节电法测漏仪的电流值，使其处于合适的范围内，保持检测到的电流值稳定有利于检测结果的判读。

5.3.4 由于探头的电场形成于探头中部，因此探头检测的起始位置应设置在管口，即将探头中部与管口对齐，同时将计数器归零。如果管道检测中途停止后需继续检测，则距离应该与中止前距离保持一致，不应重新将计数器归零。

如果受限于实际工作环境而导致探头摆放位置不佳时，可以通过设置偏移值来对初始位置进行调整。

在遇到检查井较深或水体浑浊等视线被遮蔽的情况下，往往无法准确地将探头放置于准确位置。此种情况下，可以将检测曲线整体增减一个偏移量，保持起始位置与实际管口位置一致。

5.3.6 探头推进时，应保持适宜的速度。总体要求是缓慢均匀地行进。探头行进过快会导致采样值的丢失，从而影响到检测精度。

5.3.7 普查是为了某种特定的目的而专门组织的一次性全面调查，工作量大、费用高。根据实践，电法用于管道渗漏检查时，普查的采样点间隔宜为 0.1m，其他检测采样点间距宜为 5mm，存在异常的管段应加密采样。

5.4 曲线判读

5.4.4 电法测漏仪检测除了能够提供渗漏位置外，还能够判断渗漏点的级别，评价管道的破损程度，为后续修复提供依据。这种方法适用于水位较深的管道，优势在于可以连续不间断地对管道进行检测，而且能够对检测结果直观展示，而缺点在于非常依赖于水位，对于水面上的管道部分渗漏情况无法检测到。因此，还需要配合电视检测方法来达到最佳检测效果。如某工程电法测漏检测结果与电视检测结果对比如图 3 所示。

图3 电法测漏仪检测与电视检测结果对比

6 电视检测

6.1 一般规定

6.1.1 电视检测适用于对管道内部状况进行详细检查，可用于新建管道验收、既有管道维修改造等需要对缺陷精确定位的检测。

6.1.2 管道内水位是指管内底以上水面的高度。电视检测应具备的条件是管道内无水或者管道内水位很低。所以电视检测时，管道内的水位越低越好。但是水位降的越低，难度越大。经过大量的案例实践，规定管道充满度不大于 0.2 且水深不大于 300mm，能够解决 90% 以上的管道缺陷检查问题，相关费用也可以接受。

6.1.3 管道内水位太高，水面下部检测不到，检测效果大打折扣，检测前应对管道实施封堵和导流，使管内水位达到第 6.1.2 条规定的要求，主要是为了最大限度露出管道结构。管道检测前，封堵、吸污、清洗、导流等准备性和辅助性的作业都应该遵守《城镇排水管道维护安全技术规程》CJJ 6 和《城镇排水管道与泵站运行、维护及安全技术规程》CJJ 68 的有关规定。

6.1.4 结构性检测是在管道内壁无污物遮盖的情况下拍摄管道内水面以上的内壁状况，疏通的目的是保证“爬行器”在管段全程内正常行走，无障碍物阻挡；清洗的目的是露出管道内壁结构，以便观察到结构缺陷。

6.1.5 管道在检测过程中可能遇到各种各样的问题，致使检测工作难以进行，如果强行进行则不能保证检测质量。因此，当碰到本条列举的现象（不局限于这几种现象）时，应中止检测，

待排除故障后再继续进行。

6.2 检测设备

6.2.2 根据目前检测市场的状况,存在检测设备不能满足检测质量的基本要求,并且设备存在一定的操作危险性。所以本条对电视检测设备规定了基本要求。

电缆的抗拉力要求是为防止电视检测设备进入管道内部后不能自动退回,要求电缆线具备最小的收缩拉力,根据实际的作业情况,规定最小的收缩拉力为 2kN,以保证电视检测设备在必要时手动收回。

6.2.4 缺陷距管口的距离是描述管道缺陷的基本参数,也是制定管道修复和养护计划的依据。因此管道检测设备的距离测量功能和精度是基本的要求。

6.3 检测方法

6.3.1 爬行器的行进方向与水流方向一致,可以减少行进阻力,也可以消除爬行器前方的壅水现象,有利于检测进行,提高检测效果。

6.3.2 检测大管径时,镜头的可视范围大,行进速度可以大一些;但是速度过快可能导致检测人员无法及时发现管道缺陷,故规定管径 $\leq 200\text{mm}$ 时行进速度不宜超过 0.1m/s ,管径 $> 200\text{mm}$ 时行进速度不宜超过 0.15m/s 。

6.3.3 我国的排水管道断面形状主要为圆形和矩形,蛋形管道国内少有,本条没有特别强调管道断面形状;圆形管道为“偏离应不大于管径的 10%”,矩形管渠为“偏离应不大于短边的 10%”。

6.3.4 由于视角误差,爬行器在管口存在位置差,补偿设置应

按管径不同而异，视角不同时差别不同。如果某段管道检测因故中途停止，排除故障后接着检测，则距离应该与中止前检测距离一致，不应重新将计数器归零。

将载有镜头的爬行器摆放在检测起始位置后，在开始检测前，将计数器归零。对于大口径管道检测，应对镜头视角造成的检测起点与管道起始点的位置差做补偿设置。

摄像头从起始检查井进入管道，摄像头的中线与管道的轴线重合。计数器的距离设置为从管道在检查井的入口点到摄像头聚焦点的长度，这个距离随镜头的类型和排水管道的直径不同而异。

计数器归零的补偿设置方法示意参见图4。

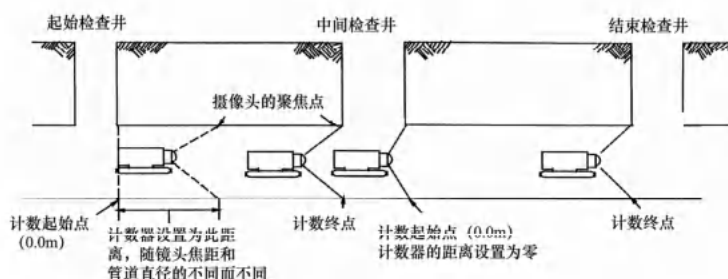


图4 计数器归零的补偿设置方法示意图

6.3.5 一段管道检测完毕后，计数器显示的距离数值可能与电缆上的标记长度有差异，为此应该进行修正，以减少距离误差。

6.3.6 在检测过程中，由于设备调整不当，会发生摄影的图像位置反向或变位，致使判读困难，故本条予以规定。

6.3.7 摄像镜头变焦时，图像则变得模糊不清。如果在爬行器行进过程中，使用镜头的变焦功能，则由于图像模糊，看不清缺陷情况，很可能将存在的缺陷遗漏而不能记录下来。所以当需要使用变焦功能协助操作员看清管道缺陷时，爬行器应保持在静止

状态。镜头的焦距恢复到最短焦距位置是指需要爬行器继续行进时，应先将焦距恢复到正常状态。

6.3.9 本条规定检测的录像资料应连续完整，不能有画面暂停、间断记录、画面剪接的现象，防止发生资料置换、代用行为。

6.3.10 检测过程中发现缺陷时，爬行器应停止行进，停留 10s 以上拍摄图像，以确保图像的清晰和完整，为以后的判读和研究提供可靠资料。

6.3.11 现场检测工作应该填写记录表，这既是检测工作的需要，也是检测过程可追溯的依据之一。本规程规定了现场记录表的基本内容，以免由于记录的检测信息不完整或不合格而导致外业返工的情况发生。

6.4 影像判读

6.4.1 实际检测中发现部分影像资料及截图因检测人员熟练程度、现场条件、后期剪辑等各种原因不能全面反映管道缺陷及其边界，影响到后面病害评估，故本条特别说明。

6.4.2 排水管道检测应保证资料的准确性和真实性，由复核人员对检测资料和记录进行复核，以免由于记录、标记不合格或影像资料因设备故障缺失等导致外业返工的情况发生。

6.4.3 管道缺陷根据图像进行观察确定，缺陷尺寸无法直接测量。因此对于管道缺陷尺寸的判定，主要是根据参照物的尺寸采用比照的方法确定。

6.4.4 无法确定的缺陷类型主要是指本规程第 10 章所列缺陷没有包括或在同一处具有 2 种以上管道缺陷特征且又难以定论时，应在评估报告中加以说明。

6.4.5 由于在评估报告中需附缺陷图片，采用现场抓取时可以即时进行调节，直至获得最佳的图片，保证检测结果的质量。

7 声呐检测

7.1 一般规定

7.1.2 水吸收声呐波的能力很差，利用水和其他物质对声波的吸收能力不同，主动声呐装置向水中发射声波，通过接收水下物体的反射回波发现目标，目标距离可通过发射脉冲和回波到达的时间差进行测算，经计算机处理后，形成管道的横断面图，可直观了解管道内壁及沉积的概况。声呐检测的必要条件是管道内应有足够的水深，300mm 的水深是设备淹没在水下的最低要求。《城镇排水管渠与泵站运行、维护及安全技术规程》CJJ 68 第 3.5.9 条也规定，“采用声呐检测时，管内水深不宜小于 300mm”。

7.2 检测设备

7.2.1 为了保证声呐设备的检测效果，检测时设备应保持正确的方位。“不易滚动或倾斜”是指探头的承载设备应具有足够的稳定性。

7.2.2 声呐系统包括水下探头、连接电缆和带显示器声呐处理器。探头可安装在爬行器、牵引车或漂浮筏上，使其在管道内移动，连续采集信号。每一个发射/接收周期采样 250 点，每一个 360°旋转执行 400 个周期。探头的行进速度不宜超过 0.1m/s。

用于管道检测的声呐解析能力强，检测系统的角解析度为 0.9°（1 密位），即该系统将一次检测的一个循环（圆周）分为 400 密位；而每密位又可分解成 250 个单位；因此，在 125mm 的管径上，解析度为 0.5mm，而在直径达 3m 的上限也可测得

12mm 的解析度。

7.2.3 倾斜和滚动传感器校准在 $\pm 45^\circ$ 范围内，如果超过这个范围，所得读数将不可靠。在安装声呐设备时应严格按照要求，否则会造成被检测管道的图像颠倒。

7.3 检测方法

7.3.1 声呐检测是以水为介质，声波在不同的水质中传播速度不同，反射回来所显示的距离也不同。故在检测前，应从被检管道中取水样，根据测得的实际声波速度对系统进行校准。

7.3.2 探头的推进方向除了行进阻力有差别外，顺流行进与逆流行进相比，更易于使探头处于中间位置，故规定“宜与水流方向一致”。

7.3.3 探头扫描的起始位置应设置在管口，将计数器归零。如果管道检测中途停止后需继续检测，则距离应该与中止前检测距离一致，不应重新将计数器归零。

7.3.4 在距管段起始、终止检查井处应进行 2m ~ 3m 长度的重复检测，其目的是消除扫描盲区。

7.3.5 声呐探头的位置处采用镂空的漂浮器避免声波受阻的做法目前在国内外被普遍采用并取得良好效果。

7.3.7 脉冲频率和环扫周期是目前声呐设备通用技术参数，本条列出其选择范围，供参考使用。

7.3.9 普查是为了某种特定的目的而专门组织的一次性全面调查，工作量大、费用高。根据实践，声呐用于管道沉积状况的检查时，普查的采样点间隔距离定为 5m，其他检查采样点的间距为 2m，一般情况下可以完整地反映管段的沉积状况。当遇到污泥堵塞等异常情况时，则应加密采样。排水管道沉积状况纵断面图示例参见图 5。

管段编号		管段直径		检测地点	
------	--	------	--	------	--

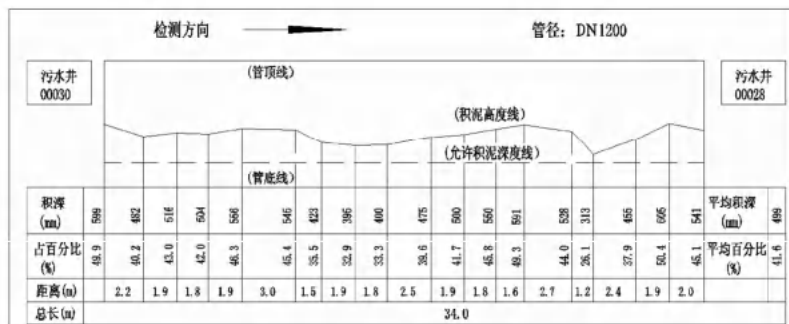


图 5 排水管道沉积状况纵断面图示例

7.4 轮廓判读

7.4.1 声呐检测图形应现场捕捉，并进行数据保存，其目的是为了后续的内业进一步解读。规定的采样间隔应按本规程第 7.3.9 条设置，它是保证沉积纵断面图绘制质量的基本要求。

7.4.2 本条规定当绘制检测成果图时，图形表示的线性长度与实际物体线性长度的误差不应超过 3%。

7.4.4 用虚线表示的管径 1/5 高度线即管内淤积的允许深度线，又称及格线。

7.4.5 声呐检测除了能够提供专业的扫描图像对管道断面进行量化外，还能结合计算确定管道淤积程度、淤泥体积、淤积位置，计算清淤工程量。这种方法用于检测管道内部过水断面，从而了解管道功能性缺陷。声呐检测的优势在于可不断流进行检测，不足之处在于其仅能检测水面以下的管道状况，不能检测管道的裂缝等细节的结构性问题，故声呐轮廓图不应作为结构性缺陷的最终评判依据。

8 传统方法检查

8.1 一般规定

8.1.1 排水管道检测已有很长的历史,传统的管道检查方法有很多,这些方法适用范围窄,局限性大,很难适应管道内水位很高的情况,几种传统检查方法的特点见表1。

表1 排水管道传统检测方法及其特点

检测方法	适用范围和局限性
人员进入管道检查	管径较大、管内无水、通风良好,优点是直观,且能精确测量;但检测条件较苛刻,安全性差。
潜水员进入管道检查	管径较大,管内有水,且要求低流速,优点是直观;但无影像资料,准确性差。
量泥杆(斗)法	检测井和管道口处淤积情况,优点是直观、速度快;但无法测量管道内部情况,无法检测管道结构损坏情况。
反光镜法	管内无水,仅能检查管道顺直和垃圾堆集情况,优点是直观、快速、安全;但无法检测管道结构损坏情况,有垃圾堆集或障碍物时,则视线受阻。

传统的排水管道养护检查的主要方法为打开井盖,用量泥杆(或量泥斗)等简易工具检查排水管道检查口处的积泥深度,以此判定整个管道的积泥情况。该方法不能检测管道内部的结构和功能性状况,如管道内部结垢、障碍物、破裂等。显然,传统方法已不能满足排水管道内部状况的检查。

新的管道检测技术与传统的管道检查技术相比,主要有安全性高、图像清晰、直观并可反复播放供业内人士研究的特点,为管道修复方案的科学决策提供了有力的帮助。但电视检测技术对

环境要求很高，特别是在做管道结构完好性检查时，应是在低水位条件下，且要求在检测前需对管道进行清洗，这需要相应的配合工作。

本条规定结构性检查“宜”采用电视检测方法，主要是考虑人员进入管内检查的安全性差和工作条件恶劣等情况，有条件时尽量不采用人员进入管内检查。当采用人员进入管道内检查时，则检查所测的数据和拍摄的照片同样是结构性检查的可靠成果。

8.1.2 由于维护作业人员躬身高度一般在 1m 左右，直径 800mm 是人员能够在管道内躬身行走的最小尺寸，且作业人员长时间在小于 800mm 的管道中躬身，行动不便、呼吸不畅，操作困难；流速大于 0.5m/s 时，作业人员无法站稳，行走困难，作业难度和危险性随之增加，作业人员的人身安全没有保障。本条引用《城镇排水管道维护安全技术规程》CJJ 6—2009 第 3.0.12 条。

8.1.3 人工进入管内检查时，主要是凭眼睛观察并对管道缺陷进行描述，但是对裂缝宽度等缺陷尺寸的确定，应直接量测，定量化描述。

8.1.4 有些传统检查方法仅能得到粗略的结果，例如观察同一管段两端检查井内的水位，可以确定管道是否堵塞；观察检查井内的水质成分变化，如上游检查井中为正常的雨污水，下游检查井内如流出的是黄泥浆水，说明管道中间有断裂或塌陷，但是断裂和塌陷的具体状况仅通过这种观察法不能确定，需另外采用仪器设备（如闭路电视、管道潜望镜等）进行确认检查。

8.1.5 过河管道在水面以下，受到水的浮力作用。由于过河管道上部的覆盖层厚度经过河水的冲刷可能变化较大，覆盖层厚度

不足，一旦管道被抽空后，管顶覆土的下压力不足以抵抗浮力时，管道将会上浮，造成事故。因此，水下管道需要抽空进行检测时，首先应对现场的管道埋设情况进行调查，抗浮验算满足要求后才能进行抽空作业。

8.1.7 检查人员进入管内检查，应该拴有距离刻度的安全绳，一方面是在发生意外的情况下，帮助检查人员撤离管道，保障检查人员的安全；另一方面是检查人员发现管道缺陷向地面记录人员报告情况时，地面人员确定缺陷的距离。

8.2 目视检查

8.2.1 地面巡视可以观察沿线路面是否有凹陷或裂缝及检查井地面以上的外观情况。第1款中“检查井和雨水口周围的异味”是指是否存在有毒和可燃性气体。

8.2.2 人员进入管道内观察检查时，要求采用摄影或摄像的方式记录缺陷状况。距离标示（包括垂直标线、距离数字）与标示牌相结合，所拍摄的影像资料才具有可追溯性的价值，才能对缺陷反复研究、判读，为制定修复方案提供真实可靠的依据。文字说明应按照现场检测记录表的内容详细记录缺陷位置、属性、代码、等级和数量。

8.2.3 隔离式防毒面具是一种使呼吸器官可以完全与外界空气隔绝，面具内的储氧瓶或产氧装置产生的氧气供人呼吸的个人防护器材。这种供氧面具可以提供充足的氧气，通过面罩保持了人体呼吸器官及眼面部与环境危险空气之间较好的隔绝效果，具备较高的防护系数，多用于环境空气中污染物毒性强、浓度高、性质不明或氧含量不足等高危险性场所和受作业环境限制而不易达到充分通风换气的场所以及特殊危险场所作业或救援作业。当使用供压缩空气的隔离式防护装具时，应由专人负责检查压力表，

并做好记录。

氧气呼吸器也称储氧式防毒面具，以压缩气体钢瓶为气源，钢瓶中盛装压缩氧气。根据呼出气体是否排放到外界，可分为开路式和闭路式氧气呼吸器两大类。前者呼出气体直接经呼气活门排放到外界，由于使用氧气呼吸装具时呼出的气体中氧气含量较高，造成排水管道内的氧含量增加，当管道内存在易燃易爆气体时，氧含量的增加导致发生燃烧和爆炸的可能性加大。基于以上因素，《城镇排水管道维护安全技术规程》CJJ 6—2009 第 6.0.1 条规定“井下作业时，应使用隔离式防护面具，不应使用过滤式防毒面具和半隔离式防护面具以及氧气呼吸设备”。

在管道检查过程中，地面人员应密切注意井下情况，不得擅自离开，随时使用有线或无线通讯设备进行联系。当管道内人员发生不测时，及时救助，确保管内人员的安全。

8.2.4 下井作业工作环境恶劣，工作面狭窄，通气性差，作业难度大，工作时间长，危险性高，有的存有一定浓度的有毒有害气体，作业稍有不慎或疏忽大意，极易造成操作人员中毒的死亡事故。因此，井下作业如需时间较长，应轮流下井，如井下作业人员有头晕、腿软、憋气、恶心等不适感，应立即上井休息。本条规定管内检查人员的连续工作时间不超过 1 小时，既是保障检查人员身心健康和安全的需要，也是保障检测工作质量的需要。如果遇到难以穿越的障碍时强行通过，发生险情时则难以及时撤出和施救，对检查人员没有安全保障。

8.2.5 管内检查要求 2 人一组同时进行，主要是控制灯光、测量距离、画标示线、举标示牌和拍照需要互相配合，另外对于不安全因素能够及时发现，互相提醒；地面配备的人员应由联系观察人员、记录人员和安全监护人员组成。

8.2.6 基坑工程特别是深基坑工程，坑壁变形、坑壁裂缝、坑壁坍塌的事情时有发生，如果管道敷设在影响区域内或毗邻水体，存在安全隐患，在未进行管道安全性鉴定的情况下，检查人员不得进入管内作业。

8.3 简易工具检查

8.3.2 用人力将竹片、钢条等工具推入管道内，顶推淤积阻塞部位或扰动沉积淤泥，既可以检查管道阻塞情况，又可达到疏通的目的。竹片至今还是我国疏通小型管道的主要工具。竹片（玻璃钢竹片）检查或疏通适用于管径为 200mm ~ 800mm 且管顶距地面不超过 2m 的管道。

8.3.3 通过反光镜把日光折射到管道内，观察管道的堵塞、错口等情况。采用反光镜检查时，打开两端井盖，保持管内足够的自然光照度，宜在晴朗的天气时进行。反光镜检查适用于直管，较长管段则不适合使用。镜检用于判断管道是否需要清洗和清洗后的评价，能发现管道的错口、径流受阻和塌陷等情况。

8.3.4 量泥斗在上海应用大约始于上世纪 50 年代，适用于检查稀薄的污泥。量泥斗主要由操作手柄、小漏斗组成；漏斗滤水小口的孔径大约 3mm，过小来不及漏水，过大会使污泥流失；漏斗上口离管底的高度依次为 5cm、7.5cm、10cm、12.5cm、15cm、17.5cm、20cm、22.5cm、25cm，参见图 6。量泥斗按照使用部位可分为直杆型和 Z 字型两种，前者用于检查井积泥检测，后者用于管内积泥检测；Z 字型量斗的圆钢被弯折成 Z 字形，其水平段伸入管内的长度约为 50cm；使用时漏斗上口应保持水平，参见图 7。

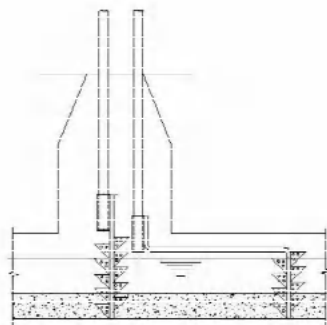


图 6 Z 字型量泥斗构造图

图 7 量泥斗检查示意图

8.3.5 激光笔是利用激光穿透性强的特点，在一端检查井内沿管道射出光线，另一端检查井内能否接收到激光点，可以检查管道内部的通透性情况。该工具可定性检查管道严重沉积、塌陷、错口等堵塞性的缺陷。

8.4 潜水检查

8.4.1 引用《城镇排水管渠与泵站运行、维护及安全技术规程》CJJ 68—2016 第 3.5.11 条。

8.4.2 大管径排水管道由于封堵、导流困难，检测前的预处理工作难度大，特别是满水时为了急于了解管道是否出现问题，有时采用潜水员触摸的方式进行检测。潜水检查一般是潜水员沿着管壁逐步向管道深处摸去，检查管道是否出现裂缝、脱节、异物等状况，待返回地面后凭借回忆报告自己检查的结果，主观判断占有很大的因素，具有一定的盲目性，不但费用高，而且无法对管道内的状况进行正确、系统的评估。故本条规定，当发现缺陷后应采用电视检测方法进行确认。

8.4.3 每次潜水作业前，潜水员应明确了解自己的潜水深度、

工作内容及作业部位。在潜水作业前，须对潜水员进行体格检查，并仔细询问饮食、睡眠、情绪、体力等情况。

潜水员在潜水前应扣好安全信号绳，并向信绳员讲清操作方法和注意事项。潜水员发现情况时，应及时通过安全信号绳或对讲机向地面人员报告，并由地面记录员当场记录。

当采用空气饱和模式潜水时，潜水员宜穿着轻装式潜水服，潜水员呼吸应由地面储气装置通过脐带管供给，气压表在潜水员下井前应进行调校。在潜水员下潜作业中，应由专人观察气压表。

当采用自携式呼吸器进行空气饱和潜水时，潜水员本人在下水前应佩带后仔细检查呼吸设备。

潜水员发现问题及时向地面报告并当场记录，目的是避免回到地面凭记忆讲述时会忘记许多细节，也便于地面指挥人员及时向潜水员询问情况。

8.4.4 本条所列的几种情况将影响到潜水员的生命安全，故规定出现这些情况时应中止检测，回到地面。

9 地质雷达检测

9.1 一般规定

9.1.1 近年来我国城市路面塌陷现象日趋严重,仅北京一地2009年就发生了129起,其他城市如大连、哈尔滨、兰州、南京、深圳、广州、南宁等地也事故频发,其中哈尔滨在9天内连续发生7起路面塌陷事件,2死2伤,2车坠坑,引起了市民恐慌。国土资源部、水利部于2012年3月印发了《全国地面沉降防治规划(2011—2020年)》指出:目前全国遭受地面沉降灾害的城市超过50个,分布于北京、天津、上海等20个省区市,需要统筹规划,综合治理。关于路面塌陷的原因,目前公认的有两个:一是城市地下空间资源短时间大规模开发利用,改变了原有的水文地质条件;二是既有排水管线设计标准低,城市规模扩张导致排水压力剧增,加之受到交通荷载、施工荷载、水文地质条件变化的影响,管道开裂渗漏,附近土体被水流掏空。总之,城市规模越大,建设速度越快,出现路面塌陷的概率就越大。

表2 2007—2014年全国各大城市道路塌陷不完全统计

城市	北京	上海	深圳	南京	广州	杭州	西安	郑州	天津	哈尔滨	合肥	其他
次数	37	12	13	8	17	8	10	2	8	3	4	17
年份	2014	2013	2012	2011	2010	2009	2008	2007	其他			
次数	13	26	32	31	7	12	7	5	6			

表 3 典型路面塌陷事故

事故	广州市荔湾区康王南路与杉木栏路交接处路面塌陷	南京市江西路路面塌陷	西安太华路北延伸段发生路面塌陷	北京大望桥西的建国路主路路面塌陷	郑州市秦岭路路面塌陷	北京通州区北苑地铁站附近高架桥下的辅路南向北方路面塌陷	郑州中原路西三环路路口路面塌陷
次数	2	2	3	4	多次	2	15

表 4 塌陷事故诱因、次数

事故诱因	地下管线渗水	地下水渗漏	地铁施工	其他在建工程	未知
次数	32	40	22	22	22

从排水管道检测手段上来讲，目前仍以管道内窥为主，它仅能通过管道内流砂、沉积现象来判断周边土体是否有掏空的现象，对空洞的发展程度、规模没有直观的反映。另外在水流速度较大时，管道内观察不到泥沙沉积而周边土体已被水流逐渐掏空，仅通过内窥不能检测出此类情况，因此需要引进物探手段对周边土体进行补充检测。

地质雷达（GPR）是通过雷达天线发射高频电磁脉冲来探测地下目标体。雷达发射的脉冲遇到地下各种界面产生反射，返回到地面被雷达接收机接收。反射界面可以是地下空洞顶面、土岩分界面、人工物体或者任何其他具有介电性对比特性的界面。

雷达信号通过贴近地表的天线传递到地面，发射天线或另一个单独的接收天线都可以接收到反射信号。图形记录器会对接收的信号进行处理，然后显示出来。由于天线（或者天线对）沿着表面移动，所以图形记录器显示结果为截面记录或地面雷达图像。由于在地质雷达相对大多数土层物质表现短波长，所以对界面和独立目标体的分辨率极佳。然而，由于在土层中信号衰减很

快，所以穿透深度很少超过 20m。

目前国内各单位多采用地质雷达法对管道周边土体病害进行检测，有一定的工程经验积累，对病害图像解读及评估相对来说比较成熟，因此本规程采用地质雷达法作为管道周边土体病害的主要检测方法。

9.1.3 该条是从目前管道修复实际需要提出的，目前地质雷达检测和管道内窥检测的有机结合，可对地下雨污水管的外部土体扰动情况及管道内部的完整性情况进行准确判断，确保管道内衬修复施工的针对性，在保证质量的前提下提高效率和缩短工期。同时，由于对管道外部土体扰动范围及规模有所掌握，可以使用压密注浆等方法对土体进行加固，确保内部修复后的管道不会因为外部土体的不稳定而引起再次断裂。因此两种方法是缺一不可的。

某地雨、污水管理设于地下 5m 的黏质粉土层中，该层具中压缩性，含水量为 32%（湿～很湿），是该区的主要潜水层，是易产生流砂现象的土层。雨、污水管运行三年后发现窖井下沉、管道上方的路面下凹。为有目的地进行修复、加固，采用了地质雷达+管道内窥的方法进行综合探查。

一般含水的疏松区内介质（水）相对周围土质介电常数高、导电率高，对电磁波能量吸收大，电磁波传播速度慢（ $v_{\pm} \approx 3v_{\text{水}}$ ），使得雷达反射波在频率、能量、相位等特征上产生较大差异，反射波能量较弱，同相轴呈凹型。疏松区四周土体充填使得土体疏松和上部土层下沉、疏松，在地质雷达剖面上同样也反映出同相轴下凹、杂乱的形态，形象地表征出疏松区的形态。图 8 为某路上 R～Q 井段间地质雷达探测时间剖面图，从图上可以看出，R 井西侧 0～2.5m 深度 3～4.1m、3.5～7m 深度 2.9～3.9m 和 17.5～23m 深度 2.4～3.9m 三处地质雷达反射波同相轴

呈凹型，且相对杂乱，频率相对低，从而分析判断为疏松区。

图8 R~Q井段地质雷达检测时间剖面图

对管道进行电视内窥，结果发现，在R井西0.66m处缝隙较大；5.80m处有裂缝；6.50m、8.90m、11.3m、14.9m、16.1m、17.3m、18.5m、20.9m、22.1m位置接头拉开；19.7m处接头受损。内窥结果显示管道有损坏的位置与地质雷达检测发现的异常区域基本吻合。

9.1.4 雨、雪天气或场地内有大量积水时，对地质雷达检测结果的准确度有所影响，为保证检测质量，不应进行地质雷达检测。若现场检测时，测线上部分地段有积水，需对其位置进行记录说明。

9.2 检测设备

9.2.2 本条规定了地质雷达主机的主要技术指标要求。

- 1 为了保证足够的信噪比，系统增益宜在150dB以上；
- 2 保证足够的信噪比；

- 3 为了消除随机电磁干扰,系统应具有叠加功能;
- 4 由于同步信号精度与计时精度影响解释深度,根据解释深度的精度要求,其计时误差应在 $0.1\text{ns} \sim 1.0\text{ns}$ 之间;
- 5 工作温度范围规定显示了设备对环境的适应性;
- 6 为了改善信号质量,实时监测与显示应具有多种增益可供选择;
- 7 数据显示应有曲线、色阶与灰阶等多种形式可供选择。

9.2.3 为了减少旁侧与顶部的反射,应使用带屏蔽天线。本条列出了地质雷达天线中心频率、探测深度、精度及配置要求。

9.3 检测方法

- 9.3.4** 本条规定了地质雷达现场检测工作方式与测线布置要求。
- 9.3.5** 本条中已明显反射指的是金属井盖或已知金属管线等信号比较明显的标志物。
- 9.3.8** 对判定的严重异常区域,应采用钻探、标贯、浅层地震法、高密度电法等一种或多种方法进行综合验证,优先采用能定量反映土体密实程度的验证方法。

9.4 图谱判读

- 9.4.1** 本条是地质雷达法应用的基本条件。
- 9.4.4** 根据普查分析结果,经过现场雷达详查,在分析综合资料的基础上,充分考虑探测结果的内在联系与可能存在的干扰因素,充分考虑地球物理方法的多解性造成的干扰异常,正确、有效识别异常。对地质雷达图谱异常体特征的识别,应从地球物理特征、波组形态、振幅和相位特性、吸收衰减特性等方面进行识别判定。异常属性划分为:疏松、富水。

疏松一般理解为在含水量一致的土体中密实度小于周边土体

的区域，分为：轻微疏松、中等疏松、严重疏松、空洞。其识别特征为：

1. 地球物理特征：疏松土体的介电常数要小于周边密实土体的介电常数，疏松程度越严重，其与周边土体的电性差异越大。

2. 波组形态：疏松异常在地质雷达图谱上的形态特征主要取决于疏松的形状、大小以及疏松程度，若疏松内部介质不均匀，会造成波组的杂乱，波组杂乱程度随疏松程度的加大而加剧。

3. 振幅和相位特性：电磁波从介电常数大（波速小）的土体进入介电常数小（波速大）的土体时，反射系数为正，疏松顶面反射波与入射波同相，地面反射波与入射波反相，反射波的振幅大小与介电常数差异成正比、与深度成反比。

4. 吸收衰减特性：疏松程度越严重，表明疏松土体中孔隙比越大，反射波的能量随着疏松程度的加剧而增强。

富水一般理解为土体中含水量高于周边土体的区域，分为：一般富水、严重富水。其识别特征为：

1. 地球物理特征：富水异常土体中的含水量大于周边土体的含水量，即富水异常的介电常数要大于周边土体的介电常数，且富水异常中含水量越高，其电性差异就越大。

2. 波组形态：富水异常在地质雷达图谱上的形态特征主要取决于异常的形状和大小，因为电磁波在水中的快速衰减，导致富水异常的波组显示主要为顶面的反射波形态，顶面下部反射波由于快速衰减，显示较弱。

3. 振幅和相位特性：电磁波从介电常数小（波速大）的土体进入介电常数大（波速小）的土体时，反射系数为负，富水异常顶面反射波与入射波反相，底面反射波与入射波同相；反射

波的振幅大小与介电常数差异成正比、与深度成反比。

4. 吸收衰减特性：水会造成电磁波能量的迅速衰减，随着富水异常中含水量的增大，电磁波吸收衰减越明显。

10 管道状况综合评估

10.1 一般规定

10.1.1 排水管道检测与评估是为养护和修复提供技术依据，目前国内各种排水管道检测评估规程仅包含管道结构性评估和功能性评估，对于管道周边土体病害对管道影响状况评估未有涉及。管道的实际修复过程中，不仅需要对管道内部状况有所了解，对管道埋设位置的周边状况也要有所了解，才能采用相应的施工工艺，而仅仅采用管道内窥检测不能满足管道修复要求。基于此，本规程提出应对排水管道进行综合评估，也即应把管道周边土体病害对管道影响状况评估纳入管道评估之内。

10.1.3 由于管道评估是根据检测资料对缺陷进行判读打分，填写相应的表格，计算相关的参数，工作烦琐。为了提高效率，提倡采用计算机软件进行管道的评估工作，但是对缺陷种类、程度及其影响的判断和评估与人本身的专业知识背景、实际经验有密切关系，对于一些复杂问题，计算机处理仅能减少重复工作量，并不能完全代替人工判断，否则会产生较大偏差，造成隐患，故本规程提出管道评估工作应以人工判断为主、计算机处理为辅。

10.1.4 管道周边土体病害状况不同于管道缺陷，它受多种因素影响，每种因素的影响程度不一，较为复杂，如大面积的土体疏松可能比小面积的空洞危害性更大。为了全面反映各因素的影响，合理评估管道周边土体病害危害程度，本规程对管道土体病害分值采用多因素加权法进行计算。

10.1.6 当缺陷是连续性缺陷（纵向破裂、变形、纵向腐蚀、起伏、纵向渗漏、沉积、结垢）且长度大于1m时，按实际长度计

算；当缺陷是局部性缺陷（环向破裂、环向腐蚀、错口、脱节、接口材料脱落、支管暗接、异物穿入、环向渗漏、障碍物、残墙、坝根、树根）且纵向长度不大于1m时，长度按1m计算。当在1m长度内存在两个及以上的缺陷时，该1m长度内各缺陷分值叠加，如果叠加值大于10分，按10分计算，叠加后该1m长度的缺陷按一个缺陷计算（相当于一个综合性缺陷）。土体病害参照上述办法处理。

10.2 检测项目名称、代码及等级

10.2.1 本规程的代码根据缺陷、结构或附属设施名称的两个关键字的汉语拼音字头组合表示，已规定的代码在本规程中列出。由于我国地域辽阔，情况复杂，当出现本规程未包括的项目时，代码的确定原则应符合本条的规定。代码主要用于国外进口仪器的操作软件不是中文显示时使用，如软件是中文显示时则可不采用代码。

10.2.2 本规程规定的缺陷或病害等级主要分为4级，根据缺陷和病害的危害程度给予不同的分值和相应的等级。分值和等级的确定原则是：具有相同严重程度的缺陷或病害具有相同的等级。

10.2.3 结构性缺陷中，管道腐蚀的缺陷等级数量定为3个等级，接口材料脱落的缺陷等级数量定为2个等级。当腐蚀已经形成了空洞，钢筋变形，这种程度已经达到4级破裂，即将坍塌，此时该缺陷在判读上和4级破裂难以区分，故将第4级腐蚀缺陷纳入第4级破裂，不再设第4级腐蚀缺陷。接口材料脱落的缺陷，细微差别在实际工作中不易区别，胶圈接口材料的脱落在管内占的面积比例不高，为了方便判读，仅区分水面以上和水面以下胶圈脱落两种情况，分为两个等级，结构性缺陷说明见表5。

表 5 结构性缺陷说明

缺陷名称	代码	缺陷说明	等级数量
破裂	PL	管道的外部压力超过自身的承受力致使管材发生破裂，其形式有纵向、环向和复合三种。	4
变形	BX	管道受外力挤压造成形状变异，管道的原样被改变（只适用于柔性管）。 变形率 = (管内径 - 变形后最小内径) ÷ 管内径 × 100% 《给水排水管道工程施工及验收规范》GB 50268—2008 第 4.5.12 条第 2 款“钢管或球墨铸铁管道的变形率超过 3% 时，化学建材管道的变形率超过 5% 时，应挖出管道，并会同设计单位研究处理”。这是新建管道变形控制的规定。对于已经运行的管道，如按照这个规定则很难实施，且费用也难以保证。为此，本规程规定的变形率不适用于新建管道的接管验收，只适用于运行管道的检测评估。	4
腐蚀	FS	管道内壁受侵蚀而流失或剥落，出现麻面或露出钢筋。管道内壁受到有害物质的腐蚀或管道内壁受到磨损。管道水面上部的腐蚀主要来自于排水管道中的硫化氢气体所造成的腐蚀。管道底部的腐蚀主要是由于腐蚀性液体和冲刷的复合性的影响造成。	3
错口	CK	同一接口的两个管口产生横向偏离，未处于管道的正确位置。两根管道的套口接头偏离，邻近的管道看似“半月形”。	4
起伏	QF	接口位下沉，使管道坡度发生明显的变化，形成洼水。造成弯曲起伏的原因既包括管道不均匀沉降引起，也包含施工不当造成的。管道因沉降等因素形成洼水（积水）现象，按实际水深占管道内径的百分比记入检测记录表。	3
脱节	TJ	两根管道的端部未充分接合或接口脱离。由于沉降，两根管道的套口接头未充分推进或接口脱离。邻近的管道看似“全月形”。	4
接口材料脱落	TL	橡胶圈、沥青、水泥等类似的接口材料进入管道。进入管道底部的橡胶圈会影响管道的过流能力。	2
支管暗接	AJ	支管未通过检查井而直接侧向接入主管。	3

续表 5

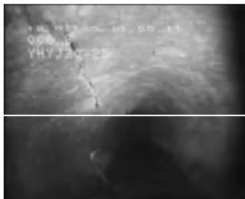
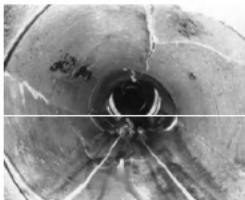
缺陷名称	代码	缺陷说明	等级数量
异物穿入	CR	非管道附属设施的物体穿透管壁进入管内。侵入的异物包括回填土中的块石等压破管道、其他结构物穿过管道、其他管线穿越管道等现象。与支管暗接不同。	3
渗漏	SL	管道外的水流入管道或管道内的水漏出管道。由于管内水漏出管道的现象在管道内窥检测中不易发现,故渗漏主要指来源于地下的(按照不同的季节)或来自于邻近漏水管的水从管壁、接口及检查井壁流入。	4

10.2.4 功能性缺陷的有关说明见表 6。管道结构性缺陷等级划分及样图见表 7,管道功能性缺陷等级划分及样图见表 8。

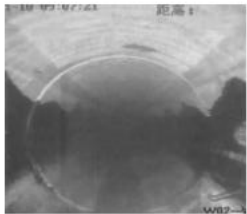
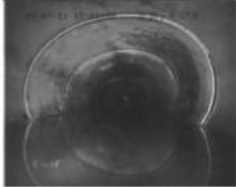
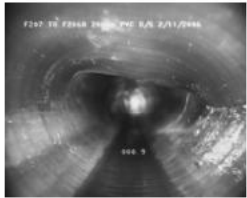
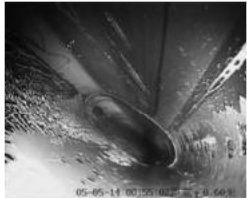
表 6 功能性缺陷说明

缺陷名称	代码	缺陷说明	等级数量
沉积	CJ	杂质在管道底部沉淀淤积。水中的有机或无机物在管道底部沉积,形成了减少管道横截面面积的沉积物。沉积物包括泥沙、碎砖石、固结的水泥砂浆等。	4
结垢	JG	管道内壁上的附着物。水中的污物附着在管道内壁上,形成了减少管道横截面面积的附着堆积物。	4
障碍物	ZW	管道内影响过流的阻挡物,包括管道内坚硬的杂物,如石头、柴板、树枝、遗弃的工具、破损管道的碎片等。障碍物是外部物体进入管道内,单体具有明显的、占据一定空间尺寸的特点。	4
残墙、坝根	CQ	管道闭水试验时砌筑的临时砖墙封堵,试验后未拆除或拆除不彻底的遗留物。	4
树根	SG	单个树根或树根群自然生长进入管道。树根进入管道必然伴随着管道结构的破坏,进入管道后又影响管道的过流能力。对过流能力的影响按照功能性缺陷计算,对管道结构的破坏按照结构性缺陷计算。	4
浮渣	FZ	管道内水面上的漂浮物。该缺陷须记入检测记录表,不参与 MI 计算。	3

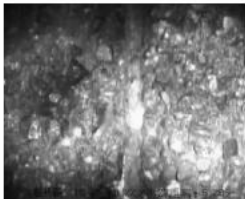
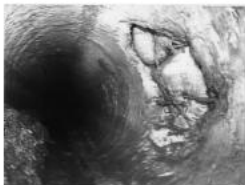
表 7 管道结构性缺陷等级划分及样图

缺陷名称：破裂		缺陷代码：PL	缺陷类型：结构性
定义：管道的外部压力超过自身的承受力致使管子发生破裂，其形式有纵向、环向和复合三种。			
等级	定义	分值	样图
1	裂痕：当下列一个或多个情况存在时： 1) 在管壁上可见细裂痕； 2) 在管壁上由细裂缝处冒出少量沉积物； 3) 轻度剥落	0.5	
2	裂口：破裂处已形成明显间隙，但管道的形状未受影响且破裂无脱落	2	
3	破碎：管壁破裂或脱落处所剩碎片的环向覆盖范围小于弧长 60°	5	
4	坍塌：当下列一个或多个情况存在时： 1) 管道材料裂痕、裂口或破碎处边缘环向覆盖范围大于弧长 60°； 2) 管壁材料发生脱落的环向范围大于弧长 60°； 3) 变形大于管道直径的 25%	10	

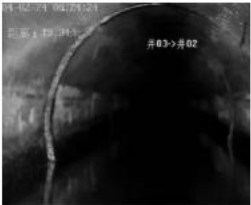
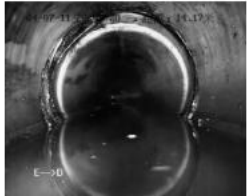
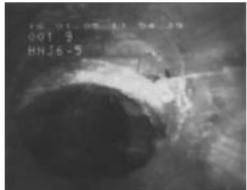
续表 7

缺陷名称: 变形		缺陷代码: BX	缺陷类型: 结构性
定义: 管道受外力挤压造成形状变异。			
等级	定义	分值	样图
1	变形小于管道直径的 5%	1	
2	变形为管道直径的 5% ~ 15%	2	
3	变形为管道直径的 15% ~ 25%	5	
4	变形大于管道直径的 25%	10	
缺陷描述	1. 此类型的缺陷只适用于柔性管; 2. 变形的百分比确认需以实际测量为基础; 3. 变形率 = (管内径 - 变形后最小内径) ÷ 管内径 × 100%		

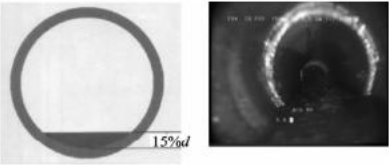
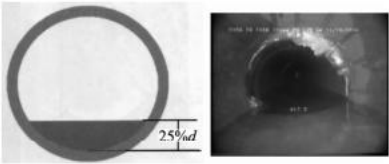
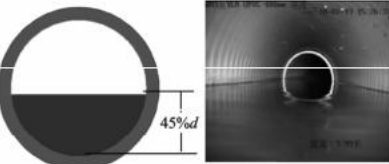
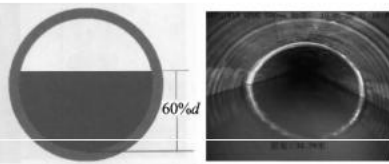
续表 7

缺陷名称：腐蚀		缺陷代码：FS	缺陷类型：结构性
定义：管道内壁受侵蚀而流失或剥落，出现麻面或露出钢筋。			
等级	定义	分值	样图
1	轻度腐蚀：表面轻微剥落，管壁出现凹凸面	0.5	
2	中度腐蚀：表面剥落，显露粗骨料或钢筋	2	
3	重度腐蚀：粗骨料或钢筋完全显露	5	

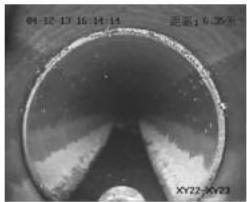
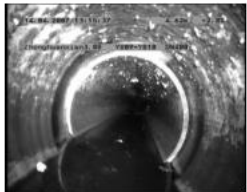
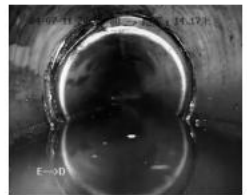
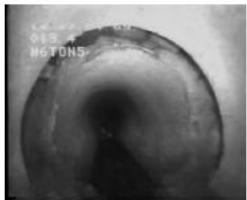
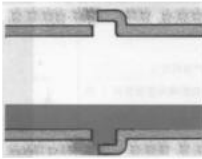
续表 7

缺陷名称: 错口		缺陷代码: CK	缺陷类型: 结构性
定义: 同一接口的两个管口产生横向偏离, 未处于管道的正确位置。邻近的管道看似“半月形”。			
等级	定义	分值	样图
1	轻度错口: 相接的两个管口偏差小于管壁厚度的 1/2	0.5	
2	中度错口: 相接的两个管口偏差为管壁厚度的 1/2 ~ 1 之间	2	
3	重度错口: 相接的两个管口偏差为管壁厚度的 1 ~ 2 倍之间	5	
4	严重错口: 相接的两个管口偏差为管壁厚度的 2 倍以上	10	

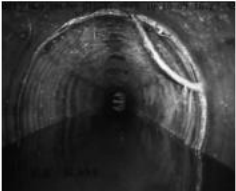
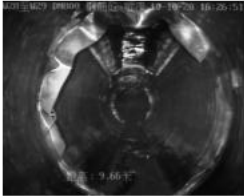
续表 7

缺陷名称: 起伏		缺陷代码: QF	缺陷类型: 结构性
定义: 接口位置偏移, 管道竖向位置发生变化, 在低处形成洼水。			
等级	定义	分值	样图
1	起伏高/管径 $\leq 20\%$	0.5	
2	$20\% < \text{起伏高/管径} \leq 35\%$	2	
3	$35\% < \text{起伏高/管径} \leq 50\%$	5	
4	起伏高/管径 $> 50\%$	10	
缺陷描述	H 为起伏高, 即管道偏离设计高度位置的大小		

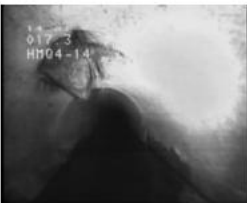
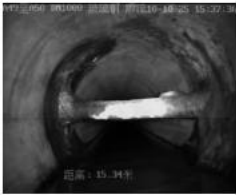
续表 7

缺陷名称: 脱节		缺陷代码: TJ	缺陷类型: 结构性
定义: 两根管道的端部未充分接合或接口脱离。邻近的管道看似“全月形”。			
等级	定义	分值	样图
1	轻度脱节: 管道端部已有少量泥土挤入	1	
2	中度脱节: 脱节距离为 2cm	3	
3	重度脱节: 脱节距离 2cm ~ 5cm	5	
4	严重脱节: 脱节距离为 5cm 以上	10	
缺陷描述	 管道脱节示意图		

续表 7

缺陷名称: 接口材料脱落		缺陷代码: TL	缺陷类型: 结构性
定义: 橡胶圈、沥青、水泥等类似的接口材料进入管道。			
等级	定义	分值	样图
1	接口材料在管道内水平方向中心线上部可见	1	
2	接口材料在管道内水平方向中心线下部可见	3	
缺陷名称: 支管暗接		缺陷代码: AJ	缺陷类型: 结构性
定义: 支管未通过检查井直接侧向接入主管。			
等级	定义	分值	样图
1	支管进入主管内的长度小于主管直径的 10%	0.5	
2	支管进入主管内的长度在主管直径的 10% ~ 20% 之间	2	

续表 7

等级	定义	分值	样图
3	支管进入主管内的长度大于主管直径的 20%	5	
缺陷名称: 异物穿入		缺陷代码: CR	缺陷类型: 结构性
定义: 非管道系统附属设施的物体穿透管壁进入管内。			
等级	定义	分值	样图
1	异物在管道内占用过水断面小于 10%	0.5	
2	异物在管道内占用过水断面为 10% ~ 30%	2	
3	异物在管道内占用过水断面大于 30%	5	

续表 7

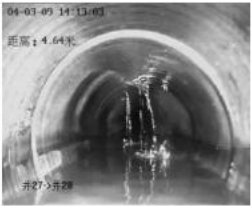
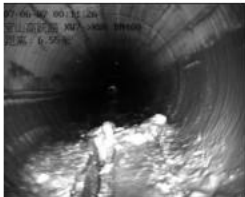
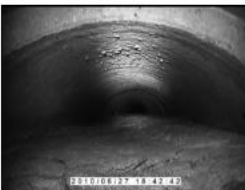
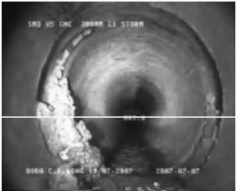
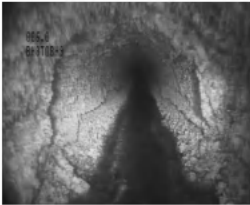
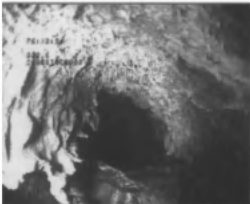
缺陷名称: 渗漏		缺陷代码: SL	缺陷类型: 结构性
定义: 管道外的水流入管道或是管道内的水漏出管外。			
等级	定义	分值	样图
1	滴漏: 水持续从缺陷点滴出, 沿管壁流动	0.5	
2	线漏: 水持续从缺陷点流出, 并脱离管壁流动	2	
3	涌漏: 水从缺陷点涌出或大量喷出, 涌漏水面的面积小于管道断面的 1/3	5	
4	喷漏: 水从缺陷点涌出或大量喷出, 涌漏水面的面积大于管道断面的 1/3	10	

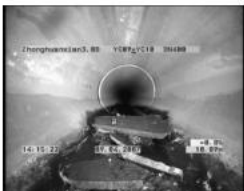
表 8 管道功能性缺陷等级划分及样图

缺陷名称: 沉积		缺陷代码: CJ	缺陷类型: 功能性
定义: 杂质在管道底部沉淀淤积。			
等级	定义	分值	样图
1	沉积物厚度为管径的 20% ~ 30%	0.5	
2	沉积物厚度在管径的 30% ~ 40% 之间	2	
3	沉积物厚度在管径的 40% ~ 50% 之间	5	
4	沉积物厚度大于管径的 50%	10	
缺陷描述	1. 用时钟表示法指明沉积的范围; 2. 应注明软质或硬质; 3. 声呐图像应量取沉积最大值		

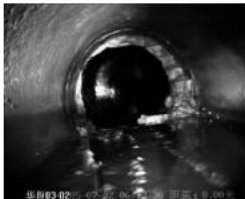
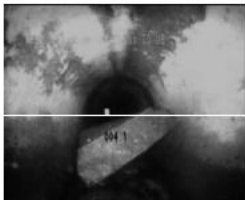
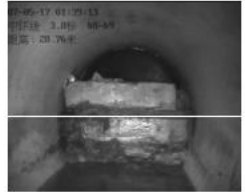
续表 8

缺陷名称：结垢		缺陷代码：JG	缺陷类型：功能性
定义：管道内壁上的附着物。			
等级	定义	分值	样图
1	硬质结垢造成的过水断面损失小于 15%； 软质结垢造成的过水断面损失在 15% ~ 25% 之间	0.5	
2	硬质结垢造成的过水断面损失在 15% ~ 25% 之间； 软质结垢造成的过水断面损失在 25% ~ 50% 之间	2	
3	硬质结垢造成的过水断面损失在 25% ~ 50% 之间； 软质结垢造成的过水断面损失在 50% ~ 80% 之间	5	
4	硬质结垢造成的过水断面损失大于 50%； 软质结垢造成的过水断面损失在 80% 以上	10	
缺陷描述	1. 用时钟表示法指明结垢的范围； 2. 应计算并注明过水断面损失的百分比； 3. 应注明软质或硬质		

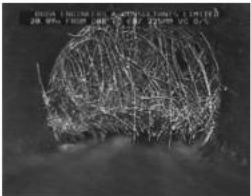
续表 8

缺陷名称: 障碍物		缺陷代码: ZW	缺陷类型: 功能性
定义: 管道内影响过流的阻挡物。			
等级	定义	分值	样图
1	断面损失小于 15%	0.1	
2	断面损失为 15% ~ 25%	2	
3	断面损失为 25% ~ 50%	5	
4	断面损失大于 50%	10	
缺陷描述	应记录障碍物的类型及过水断面的损失率		

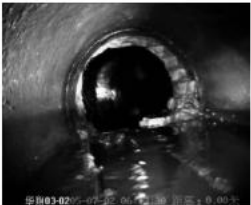
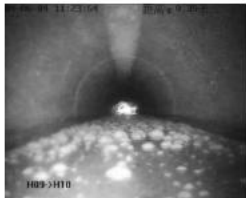
续表 8

缺陷名称：残墙、坝根		缺陷代码：CQ	缺陷类型：功能性
定义：管道闭水试验时砌筑的临时砖墙封堵，试验后未拆除或拆除不彻底的遗留物。			
等级	定义	分值	样图
1	断面损失小于 15%	1	
2	断面损失为 15% ~25%	3	
3	断面损失为 25% ~50%	5	
4	断面损失大于 50%	10	

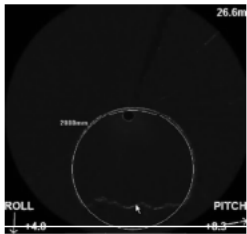
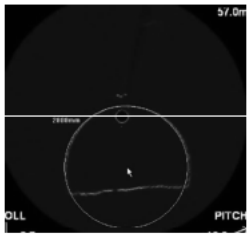
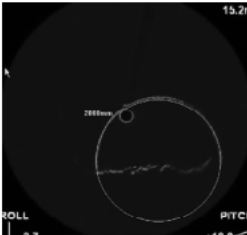
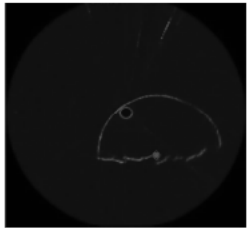
续表 8

缺陷名称: 树根		缺陷代码: SG	缺陷类型: 功能性
定义: 单根树根或是树根群自然生长进入管道。			
等级	定义	分值	样图
1	断面损失量小于 15%	0.5	
2	断面损失量在 15% ~ 25% 之间	2	
3	断面损失量在 25% ~ 50% 之间	5	
4	断面损失量大于 50%	10	

续表 8

缺陷名称: 浮渣		缺陷代码: FZ	缺陷类型: 功能性
定义: 管道内水面上的漂浮物 (该缺陷须记入检测记录表, 不参与计算)。			
等级	定义	分值	样图
1	零星的漂浮物, 漂浮物占水面面积小于 30%		
2	较多的漂浮物, 漂浮物占水面面积为 30% ~ 60%		
3	大量的漂浮物, 漂浮物占水面面积大于 60%		
缺陷描述	管道内水面上的漂浮物 (该缺陷须记入检测记录表, 不参与计算)		

续表 8

缺陷名称: 沉积		缺陷代码: CJ	缺陷类型: 功能性
定义: 杂质在管道底部沉淀淤积。			
等级	定义	分值	声纳检测样图
1	沉积物厚度在管径的 20% ~ 30% 之间	0.5	
2	沉积物厚度在管径的 30% ~ 40% 之间	2	
3	沉积物厚度在管径的 40% ~ 50% 之间	5	
4	沉积物厚度大于管径的 50%	10	

10.2.5 管道周边土体病害状况不同于管道缺陷，它受多种因素影响，每种因素的影响程度不一，较为复杂，因此对于管道土体病害分值采用了多因素加权法进行计算。表 10.2.5 中土体病害因素分值及权重是结合工程经验，在专家多次探讨的基础上确定的。

交通荷载的影响深度问题，一直存在较大的争议。根据日本道路规程，交通荷载当量（相当于路堤静荷载引起的地基的沉降值）随路堤填筑高度的增加而减小（见图 9），在地基中的影响则随路堤填筑高度的增大而降低（见图 10）。研究表明，当路堤高度小于 5m 时，工后沉降计算应考虑交通荷载的影响。

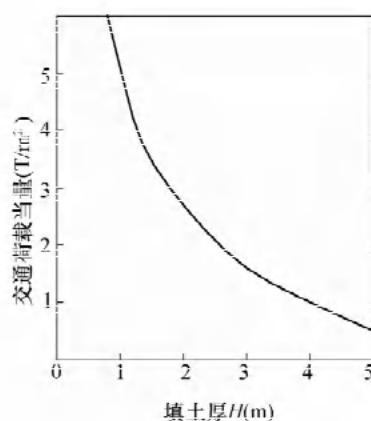


图 9 交通荷载当量与路堤填筑高度的关系

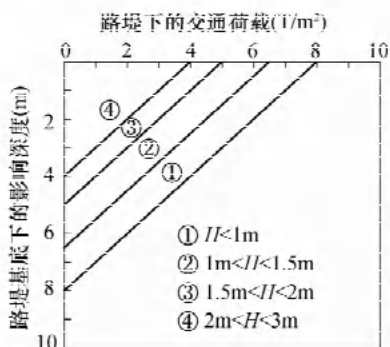


图 10 交通荷载当量随地基深度的变化

交通部公路工程检测中心的专项研究报告指出，道路表面下方 3m 以内是路基载荷分布区，当空洞等病害进入这个深度范围内时，才会影响道路结构和受力。连峰、刘吉福（2006）等在广东佛山一环试验段路基不同深度处埋设了动土压力盒，如图

11、图 12，研究不同车重的车辆以一定的速度经过时，在不同深度处土（砂）层产生的应力变化情况。研究结论如下：车辆动荷载的影响深度约为 3m，与车重、车速及传递介质等有关；车重越大，动土压力越大，影响深度越大；随着填砂厚度的增加，动应力不断减小，尤其是在填砂厚度小于 1m 以内时，动应力衰减的速率很快。如图 13、图 14。

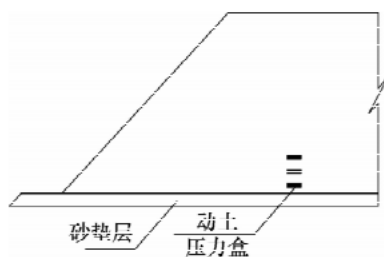


图 11 动土压力盒埋设示意图
(横剖面)

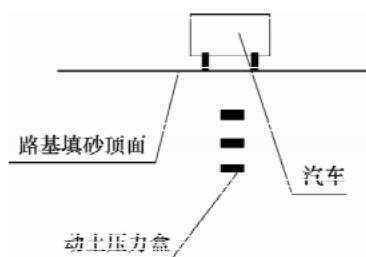


图 12 汽车动荷载测试示意图

图 13 实测动应力与计算动应力对比图（塑料排水板区）

图 14 实测动应力与计算动应力对比图（袋装砂井区）

北京市 2010—2013 年塌陷深度的统计数据如表 9 所示，从中可归纳道路空洞的如下分布特点：

引发道路塌陷的病源深度集中 12 m 之内，其中 0~5 m 范围内占 80%。可见，塌陷与人工设施扰动是密切相关的，管网密集分布的深度范围恰是塌陷病源的集中区域，绝大多数引起城市道路塌陷的空洞均与地下管线相伴生，是最严重的管线次生灾害。

因此，本规程土体病害覆盖深度重点考虑 5m 以内。

表 9 路面塌陷深度分布表（北京市 2010—2013 年数据统计）

塌陷深度范围 (m)	(0~1)	(1~2)	(2~3)	(3~4)	(4~5)	(5~6)	(6~7)	(7~8)	(8~12)
百分比 (%)	23	35	13	6	3	3	3	10	3
累计百分比 (%)	23	58	71	77	81	84	87	97	100

关于病害尺寸，对路基下 8 种空洞尺寸进行了数值模拟，结果见表 10。

表 10 空洞尺寸及塌陷临界时顶板厚度和脱空范围

编号	空洞尺寸 直径×高度 (m)	空洞主体 临界埋深 (m)	临界空洞顶板 厚度 (m)	路基顶面 脱空范围 (m)
1	2×1	2.4	1.15	2.75
2	3×1	3.55	1.89	5.25
3	4×1	4.78	2.75	8.50
4	5×1	6.0	3.2	11.99
5	3×2	3.4	1.84	5.00
6	3×3	3.17	1.71	5.00
7	3×4	3.09	1.67	5.00
8	5×3	5.6	3.02	11.99

表 10 列举了若干尺寸的空洞临界塌陷时空洞顶板的厚度及其脱空范围，可以看出：

1. 不同规模的地下空洞向上发展到相应深度才具有塌陷的可能，即只有规模足够大且距离道路地表足够近的空洞才具塌陷风险；
2. 空洞规模越小，其塌陷临界顶板厚度越薄；
3. 在塌陷临界状态，洞顶部的脱空范围会明显增大；
4. 空洞横向尺寸对空洞顶板厚度影响比竖向尺寸影响要大，这也与采空区巷道顶板临界厚度的理论分析一致。

以上分析在表 10.2.5 各因素权重的分配上有所体现。

相对管线距离数值设置主要是依据弹性力学中半无限空间体中圆形空洞对其周边影响范围的理论确定。一般来讲，这个影响范围约在 $1.5D$ （管径），且影响程度衰减很快。上述结论见徐芝纶的《弹性力学》，为便于分析，将土体空洞也视为等径圆形，

则管道与土体空洞的距离影响主要考虑 $3D$ 以内。表 10.2.5 中 L 指的是净距。

地下水对土体病害的影响是显而易见的，特别是粉砂土中一旦形成疏松、空洞，在地下水的影响下发展迅速，不但使大量泥沙进入管道，形成淤堵，而且在管道周边引起塌陷等次生灾害。在土体病害的评分中，应考虑地下水的影响。

10.2.6 特殊结构及附属设施的代码主要用于检测记录表和影像资料录制时录像画面嵌入的内容表达。

10.2.7 操作状态名称和代码用于影像资料录制时设备工作的状态等关键点的位置记录。

10.3 管道结构性状况评估

10.3.1 管段结构性缺陷参数 F 的确定，是对管段损坏状况参数经比较取大值而得。本规程的管段结构性参数的确定是依据排水管道缺陷的开关效应原理，即一处受阻，全线不通。因此，管段的损坏状况等级取决于该管段中最严重的缺陷。

10.3.2 管段损坏状况参数是缺陷分值的计算结果， S 是管段各缺陷分值的算术平均值， $S_{\max}$ 是管段各缺陷分值中的最高分值。

管段结构性缺陷密度是基于管段缺陷平均值 S 时，对应 S 的缺陷总长度占管段长度的比值。该缺陷总长度是计算值，并不是管段的实际缺陷长度。缺陷密度值越大，表示该管段的缺陷数量越多。

管段的缺陷密度与管段损坏状况参数的平均值 S 配套使用。平均值 S 表示缺陷的严重程度，缺陷密度表示缺陷量的程度。

10.3.3 在进行管段的结构性缺陷评估时应确定缺陷等级，结构性缺陷参数 F 是比较了管段缺陷最高分和平均分后的缺陷分值，该参数的等级与缺陷分值对应的等级一致。管段的结构性缺陷等

级仅是管体结构本身的病害状况，没有结合外界环境的影响因素。管段结构性缺陷类型指的是对管段评估给予局部缺陷还是整体缺陷进行综合性定义的参考值。

10.3.4 管段的修复指数是在确定管段本体结构缺陷等级后，再综合管道自身、管道重要性与环境因素，表示管段修复紧迫性的指标。管道只要有缺陷，就需要修复。但是如果需要修复的管道多，在修复力量有限、修复队伍任务繁重的情况下，制定管道的修复计划就应该根据缺陷的严重程度和缺陷对周围的影响程度，根据缺陷的轻重缓急制定。修复指数是制定修复计划的依据。

地区重要性参数中考虑了管道敷设区域附近建筑物的重要性，如果管道堵塞或者管道破坏，建筑物的重要性不同，影响也不同。建筑类别参考了《建筑工程抗震设防分类标准》GB 50223—2008。该标准中第 3.0.1 条，建筑抗震设防类别划分考虑的因素：“1 建筑破坏造成的人员伤亡、直接和间接经济损失及社会影响的大小；2 城镇的大小、行业的特点、工矿企业的规模；3 建筑使用功能失效后，对全局的影响范围大小”。由于建筑抗震设防分类标准划分和本规程地区重要性参数中的建筑重要性具有部分相同的因素，所以本规程关于地区重要性参数的确定，考虑了管道附近建筑物的重要性因素。

管径大小基本可以反映管道的重要性，目前各国没有统一的大、中、小排水管道划分标准，本规程采用《城镇排水管道与泵站运行、维护及安全技术规程》CJJ 68—2016 第 3.1.6 条关于排水管道按管径划分为小型管、中型管、大型管和特大型管的标准。

本规程中土的分类及名称是依据《岩土工程勘察规范》GB 50021 提出的。

处于粉、细砂层的管道，如果管道存在漏水，则在水流的作

用下产生流砂现象，掏空管道基础，加速管道破坏。

粒径大于0.075mm的颗粒质量不超过总质量的50%，且塑性指数等于或小于10的土，定名为粉土。山东省黄河下游冲积粉土分布量大面广，沿黄一带地市如菏泽、聊城、济南、德州、滨州、东营等地市多为粉土、粉质黏土互层地质，粉土细小颗粒在地下水作用下通过管道接口进入管内，逐渐掏空周边土体，导致路面塌陷，管道损毁。

天然孔隙比大于或等于1.0，且天然含水量大于液限的细粒土定名为软土，包括淤泥、淤泥质土、泥炭、泥炭土等。该类土是在静水或缓慢的流水（海滨、湖泊、沼泽、河滩）环境中沉积，经生物化学作用形成的含有较多有机物、欠固结的饱和软弱黏性土，其特点是透水性弱、强度低、压缩性高，状态为软塑状态，一经扰动，结构破坏，处于流动状态。当管道存在破裂、错口、脱节时，淤泥被挤入管道，造成地基沉降，地面塌陷，破坏管道。

湿陷性土在我国分布广泛，除常见的湿陷性黄土外，在我国干旱和半干旱地区，特别是在山前洪、坡积扇（裙）中常遇到湿陷性碎石土、湿陷性砂土等。这种土在一定压力下浸水也常呈现出强烈的湿陷性。管道存在漏水现象时，地基迅速下沉，造成管道因不均匀沉降导致破坏。

在工程建设中，经常会遇到一种具有特殊变形性质的黏性土，其土中含有较多的黏粒及亲水性较强的蒙脱石或伊利石等黏土矿物成分，它遇水膨胀，失水收缩，并且这种作用循环可逆。具有这种膨胀和收缩性的土，称为膨胀土。管道存在漏水现象时，将会引起此种地基土变形，造成管道破坏。

污染土是指由于致污物质的侵入，使土的成分、结构和性质发生了显著变异的土。工业生产废水废渣污染，因生产或存储中

废水、废渣和油脂的泄漏,造成地下水和土中酸碱度的改变,重金属、油脂及其他有害物质含量增加,导致管道严重腐蚀,地基土的强度急剧降低或产生过大变形,影响管道的安全及正常使用。本规程中污染土土质影响系数取值是从管道地基土体的工程特性指标变化和对管道材料的腐蚀性两方面来考虑的,详细内容参见《岩土工程勘察规范》GB 50021。这类污染土对排水管道的长期影响是很明显的。

红黏土是指碳酸盐类岩石(石灰岩、白云岩、泥质泥岩等)在亚热带温湿气候条件下,经风化而成的残积、坡积或残-坡的褐红色、棕红色或黄褐色的高塑性黏土,主要分布在云南、贵州、广西、安徽、四川东部、山东南部等。有些地区的红黏土受水浸湿后体积膨胀,干燥失水后体积收缩,具有胀缩性。当管道存在漏水现象时,将会引起地基变形,造成管道破坏。

关于管段修复指数计算公式中引入管道结构影响参数 J 和管道接口类型影响参数 M ,说明如下:在行业标准《城镇排水管道检测与评估技术规程》CJJ 181 中,管道修复指数的计算方法是在参考上海标准和国外相关标准基础上提出的,此计算方法中综合考虑了管道的管径、土质和位置等重要性,相对来说比较全面,但近十年来由于施工方法和管道材料等发生了巨大变化,管道结构的主要影响因素除了考虑土质和位置外,还应考虑管道类型、基础形式、接口形式等。在评估管道缺陷时需要了解管道类型、接口形式及基础形式等进行了解。此类观点可参考王和平、安关峰等的《城镇排水管道检测与评估技术规程》(CJJ 181—2012)解读〔给水排水,2014,40(2):124-127〕及周勇的《依据影像资料进行市政排水管道的结构状况评估》(2011 international conference on electric technology and civil engineering: 5591-5594)。

按照《给水排水工程管道结构设计规范》GB 50332 的规定,应根据管道结构刚度与管周土体刚度的比值以及管道的承载机理来判别刚性管道和柔性管道。一般情况下,金属和化学管材属于柔性管范畴,钢筋混凝土管、预应力钢筋混凝土管和配有加劲肋构造的管材通常属于刚性管一类。混凝土基础为刚性基础,砂石基础或土基(顶管)为柔性基础。

从结构受力机理上来讲,柔性管道需考虑管道承受荷载发生变形时管周土体产生足够的抗力,抗力约束管道的变形,起到与管道共同承担荷载的作用;柔性管道失效通常由管道的环向变形过大造成;而刚性管道则不考虑土的水平抗力。柔性管道对回填土及槽侧原状土性质比较敏感,特别是回填土的性质和压实质量,对于柔性管道的承载能力影响显著。另外,覆土荷载对柔性管道的环柔性和抗裂能力也提出较高的要求。国内如山东、浙江、上海等地已有多例事故表明在高覆土、地质条件差、施工质量难控制的情况下应慎用化学管材等柔性管道,相比而言,刚性管及刚性基础对不良地质的适应性更强一些。因此,地下排水管道的结构设计应包括管体、管座(管道基础)、连接构造以及管周各部位回填土的压实度设计要求。管道结构影响参数 J 实际上是上述因素的综合体现。

根据山东、广东、上海、北京等地的统计,由管道接口渗漏及错位引起的管道破坏事故占到事故总数的 70% 以上,管道接口形式的选择对管道正常运行有重要影响。根据管道接口的弹性不同,一般将排水管道的接口分为柔性接口、刚性接口和半刚性接口。刚性接口不允许管道轴向交错,但由于造价低且施工方便,也得到广泛应用,许多既有管道都是采用这种接口。柔性接口允许管道纵向轴线交错 3mm ~ 5mm 或交错一个较小的角度而不致引起渗漏,所以非常适合用于地基不均匀沉陷较严重地段的

污水管道和雨水管道的连接。橡胶圈接口弹性好，因此使用范围广泛；特别是橡胶圈接口抗震作用明显，所以在地震区采用有其独特的优越性。柔性接口的缺点在于施工复杂、造价较高。半刚性接口介于前两者之间，目前使用较少，本规程仅考虑刚性接口和柔性接口，其影响综合体现在管道接口类型影响参数 M 上。

实际工程应用中，埋地塑料排水管道的接口连接形式分为承插式、熔接式、粘接式和机械式四种，其中承插式连接（橡胶圈密封）属于柔性连接。熔接式、粘接式和机械式连接属于刚性连接。混凝土管接口类型及基础形式见表 11。

表 11 管道基础及接口选用表

施工方法		开槽法施工						顶进法施工		
管口形式		平口管、企口管			企口管	承插口管		双插口管	钢承口管	企口管
接口形式		钢丝网水泥砂浆抹带接口	现浇混凝土套环接口		橡胶圈	刚性填料	橡胶圈	橡胶圈	橡胶圈	橡胶圈
			整体混凝土	加止水带						
接口类型	柔性接口	—	—	√	√	—	√	√	√	√
	刚性接口	√	√	—	—	√	—	—	—	—
基础形式	混凝土基础	√	√		—	√	—	—	—	—
	砂石（土弧）基础	—	—		√	—	√	√	√	√

注：表中“√”为通常使用的情况。

10.3.5 本条是根据修复指数确定修复等级，等级越高，修复的紧迫性越大。表 10.3.5 与本规程 10.3.3 条配合使用。

10.4 管道功能性状况评估

10.4.2 管段运行状况参数是缺陷分值的计算结果, Y 是管段各缺陷分值的算术平均值, $Y_{\max}$ 是管段各缺陷分值中的最高分。

管段功能性缺陷密度是基于管段平均缺陷值 Y 时的缺陷总长度占管段长度的比值, 该缺陷密度是计算值, 并不是管段缺陷的实际密度。缺陷密度值越大, 表示该管段的缺陷数量越多。

管段的缺陷密度与管段损坏状况参数的平均值 Y 配套使用。平均值 Y 表示缺陷的严重程度, 缺陷密度表示缺陷量的程度。

10.4.4 在进行管段的功能性缺陷评估时应确定缺陷等级, 功能性缺陷参数 G 是比較了管段缺陷最高分和平均分后的缺陷分值, 该参数的等级与缺陷分值对应的等级一致。管段的功能性缺陷等级仅是管段内部运行状况的受影响程度, 没有结合外界环境的影响因素。

管段的养护指数是在确定管段功能性缺陷等级后, 再综合考虑管道重要性与环境因素, 表示管段养护紧迫性的指标。由于管道功能性缺陷仅涉及管道内部运行状况的受影响程度, 与管道埋设的土质条件无关, 故养护指数的计算没有将土质影响参数考虑在内。如果管道存在缺陷, 且需要养护的管道多, 在养护力量有限、养护队伍任务繁重的情况下, 制定管道的养护计划就应该根据缺陷的严重程度和缺陷发生后对服务区域内的影响程度, 根据缺陷的轻重缓急制定。养护指数是制定养护计划的依据。

10.5 管道周边环境状况评估

10.5.1 管段周边土体病害参数 H 的确定, 是对管段周边土体病害状况参数经比较取大值而得, 其原理仍是依据排水管道缺陷的开关效应原理。

10.5.2 管段周边土体病害状况参数是管段周边土体病害分值的计算结果, R 是管段周边土体病害分值的算术平均值, $R_{\max}$ 是管段周边土体病害分值中的最高分值。

管段土体病害密度是基于管段土体病害平均值 R 时, 对应 R 的土体病害总长度占管段长度的比值。该总长度是计算值, 并不是管段的实际土体病害长度。缺陷密度值越大, 表示该管段的土体病害数量越多。

管段的土体病害密度与管段周边土体病害分值的平均值 R 配套使用。平均值 R 表示土体病害的严重程度, 病害密度表示土体病害量的程度。

10.5.3 在进行管段周边土体病害评估时应确定土体病害等级, 周边土体病害参数 H 是比较了管段缺陷最高分和平均分后得出的分值, 该参数的等级与病害分值对应的等级一致。管段周边土体病害等级仅是管体周边本身土体病害状况, 没有结合外界环境的影响因素。管段周边土体病害类型指的是对管段周边土体评估给予局部病害还是整体病害进行综合性定义的参考值。

10.5.4 管段的环境指数是在确定管段周边土体病害等级后, 再综合管道自身、管道重要性与环境因素, 表示周边土体环境对管段运行安全影响程度的指标。管道周边土体只要有风险隐患, 就需要排查处置。应根据管段风险隐患大小和对周边环境的危害程度, 本着“统筹安排、先重后轻、抢险在先、修复在后”的原则制定土体病害处置计划。环境指数是制定管道周边土体病害处置计划的依据。

为了深入探查、准确识别地下排水管道及其埋设环境中的风险因素, 消除其运行过程中的安全隐患, 山东省建筑科学研究院依托多年来在地下排水管道缺陷及周边土体病害探查方面的技术优势, 提出了考虑管道自身因素、管道工作环境和周边土体病害

情况及其影响的综合评估方法。经过一定范围内的工程应用，证明该方法可以取得良好的效果。

影响排水管道的安全状态因素有很多，如：管材、接口形式、埋设方法、同一断面管道数量和距离、地面活荷载情况、周边土体病害、病害区域大小、病害区域和管道的距离等。上述因素可以大体归纳为管道运行环境、管道自身技术状态、管道周边土体病害状况和周边土体病害与管道的相对位置等四大影响方面。环境指数计算式（10.5.4）综合考虑了以上四个影响方面的因素。

管道周边土体病害影响因素多，其分值计算采用了多因素加权法，对于管道运行环境等其他影响方面，则考虑了主要影响因素，这样处理的优点在于一方面突出了主项，简化评估计算过程；另一方面也与管道结构性评估、功能性评估保持整体一致。

11 检查井和雨水口检查

11.0.1 检查井主要作为管线运行情况检查和疏通的操作空间，管线改变高程、改变坡度、改变管径、改变方向的衔接位置。同时，排水支管汇入主干管道也通过检查井完成连接。检查井是管道检测的出入口，在进行管道检测前，首先应对检查井进行检查，这不仅是因为检查井是管道系统检查的内容之一，还因为先对检查井进行检查是管道检测准备工作、安全工作和有效工作的基础条件。

11.0.3 塑料检查井采用工业化生产，产品尺寸精确，施工安装较砖砌检查井简便，从基础施工到井体安装、连管安装的施工周期较砖砌检查井大为缩短，解决了塑料排水管道施工中普遍存在的“管道施工快，检查井施工慢”的问题，只有当检查井的施工速度也相应提高，才能充分体现塑料排水管道施工方便快速的优越性。随着塑料检查井的推广应用，塑料检查井的产品质量和施工安装工艺已基本成熟。建设部 2007 年第 659 号公告《建设事业“十一五”推广应用和限制禁止使用技术（第一批）》第 124 项规定，要优先采用塑料检查井。随着塑料检查井的大量使用，应该将其纳入检查的范围。根据塑料检查井的特点，井周围的回填材料和密实度对塑料检查井的安全使用有重要影响，具体表现为井筒变形、井筒与管道连接处破裂或密封胶圈脱落。

11.0.4 一个检查井连接的进水管或出水管如果超过两条，当需要对管道排序时，排序方法见图 15。

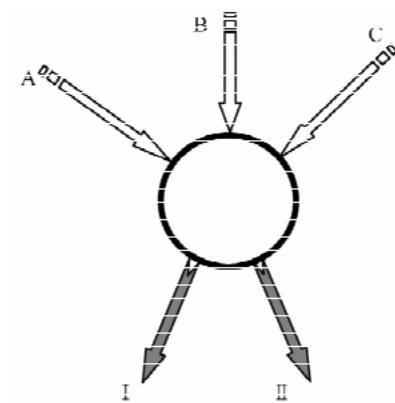


图 15 检查井内管道排序方法

12 成果资料

12.0.1 检测与评估报告是管道检测工作的成果体现。检测报告应根据检测的实际情况，文字应尽量做到简洁清晰、重点突出、文理通顺、结论明确。

12.0.2 检测与评估报告内容包括四个主要内容：

1. 管道概况。包括检测任务的基本情况、检测实施的基本情况、检测环境的基本情况。

2. 检测成果汇总情况。管段状况评估表是管道检测后基本状况汇总表，既包括管段的基本信息，这些信息有些是检测前已有的信息，有些可能是检测过程中补充的信息，也包括对结构性状况、功能性状况、周边土体病害状况的综合评价，其信息内容包括最大缺陷值、平均缺陷值、缺陷等级、缺陷密度、修复指数、养护指数、环境指数等。

3. 排水管道检测成果表是经过对管段影像资料的判读，结合现场记录对缺陷的诊断结果，并配有缺陷图片，是管段修复或养护的最基本依据。

4. 技术措施是管道检测和评估所依据的标准、检测方法、采用仪器设备和技术方法。检测方法包括采用哪种检测方法。技术方法包括管道的封堵方法、临时排水方案、清洗方法，如采用仪器检测，还应包括设备在管道内移动的方法（例如声纳探头可安装在爬行器、牵引车或漂浮筏上）等。采用的仪器设备是对影像资料和工作质量的间接佐证，所以应在报告中体现。技术措施应该在检测前的技术方案中确定，但是现场的实际情况不同时可能有所调整，故报告中的技术措施应为实施的技术措施。

管道评估所采用的标准依据不同，则结论也不同。所以管道

评估依据的标准是检测报告的内容之一。

12.0.3 检测资料是在管道检测过程中直接形成的具有归档保存价值的文字、图表、声像等各种形式的资料。管道检测过程的真实记录是管道检测后运行、管理、维修、改扩建、技改、恢复等工作的重要资料，只有真实准确、齐全完整、标准规范的资料才能为管道的维修、保养等提供不可替代的技术支持。

资料主要包括依据性文件、凭证资料、检测资料、成果资料等。任务书是接收委托、进行检测的依据性文件；技术设计书是检测设计方案，检测单位编制的检测方案经过委托单位审核认可后，即成为检测工作操作的依据性文件；凭证资料即检测的基础性资料，是指收集到的管线图、工程地质等现场自然状况资料。

影像资料（保存于录像光盘或其他外存储器）是检测结果的重要资料之一，根据拍摄的实际情况制作。在光盘（或其他外存储器）封面上应写明任务名称、管段编号及检测单位等相关信息。

检测与评估报告、检测记录表和影像资料是反映管道检测的主要资料，是管道检测任务验收和日常养护的重要依据。因此，检测工作结束后，检测资料应同检测与评估报告一并提交。