

团 体 标 准

T/ CUWA XXXXXX—2027

供水管线健康评估技术规程

Technical specification for Health Assessment of Water Supply
Pipelines

（征求意见稿）

20XX-XX-XX发布

20XX-XX-XX实施

中国城镇供水排水协会 发布

团 体 标 准

供水管线健康评估技术规程

Technical specification for Health Assessment of Water Supply
Pipelines

T/CUWA *****—20**

（征求意见稿）

批准部门：中国城镇供水排水协会

施行日期：20**年 **月 **日

××出版社

20** 北 京

前 言

根据中国城镇供水排水协会《关于印发<2026年中国城镇供水排水协会团体标准制订计划>的通知》（中水协 [2026]7号）的要求，规程编制组经过深入调查研究，认真总结工程实践经验，参考有关国际标准和国外先进标准，并在广泛征求意见的基础上，编制本规程。

本规程主要技术内容是：总则、术语与符号、基本规定、健康状态评估、健康状态评估体系、更新改造方案遴选、更新改造策略、管网安全维护等。

本规程的某些内容可能直接或间接地涉及专利，本规程的发布机构不承担识别这些专利的责任，对所涉专利的真实性、有效性和范围无任何立场。

本规程可能涉及必不可少的专利，编制单位承诺已确保专利权人或者专利申请人同意在公平、合理、无歧视基础上，免费许可任何组织或者个人在实施该规程时实施其专利。

本规程由中国城镇供水排水协会标准化工作委员会归口管理，由浙江大学、中国建筑设计研究院有限公司负责具体技术内容的解释。执行过程中，如有意见或建议，请寄送中国建筑设计研究院有限公司（地址：北京市西城区车公庄大街19号，邮政编码：100044）

本规程主编单位：

本规程参编单位：

本规程主要起草人员：

本规程主要审查人员：

目 次

1	总 则	1
2	术语和符号	2
2.1	术语	2
2.2	符号	2
3	基本规定	4
4	数据资料	5
4.1	一般规定	5
4.2	管线属性数据	5
4.3	环境数据	5
4.4	运维记录	6
4.5	数据管理	6
5	评估准备	8
5.1	一般规定	8
5.2	评估单元	8
5.3	健康检测	9
6	评估内容	11
6.1	一般规定	11
6.2	管线缺陷评估	11
6.3	附属设施评估	12
7	评估分析	13
7.1	一般规定	13
7.2	评估方法	13
7.3	动态评估	15

7.4 综合评定	17
7.5 风险评估	18
7.6 评估成果	19
8 健康维护	20
8.1 一般规定	20
8.2 定期评估	20
8.3 分级处置	21
8.4 技术遴选	22
8.5 应急抢修	23
9 档案管理	24
附录 A 供水管线健康评估报告编制大纲	25
附录 B 缺陷类型与等级对照表	26
附录 C 动态监测声信号法	错误！未定义书签。
附录 D 常见缺陷类型与修复技术对照表	28
用词说明	32
引用标准名录	33

Contents

1	General Provisions	1
2	Terms and Symbols	2
2.1	Terms	2
2.2	Symbols	2
3	Basic Requirements	4
4	Data and Information	5
4.1	General Requirements	5
4.2	Pipeline Attribute Data	5
4.3	Environmental Data	5
4.4	Operation and Maintenance Records	6
4.5	Data Information Management	6
5	Assessment Preparation	8
5.1	General Requirements	8
5.2	Assessment Units	8
5.3	Health Inspection	9
6	Assessment Contents	11
6.1	General Requirements	11
6.2	Pipeline defect assessment	11
6.3	Appurtenant facilities assessment	12
7	Assessment Analysis	13
7.1	General Requirements	13
7.2	Assessment methods	13
7.3	Dynamic assessment	15
7.4	Comprehensive evaluation	16
7.5	Risk assessment	18
7.6	Assessment outcomes	19
8	Health maintenance	20
8.1	General Requirements	20
8.2	Periodic assessment.....	20
8.3	Graded Disposal	21
8.4	Technology Selection	22

8.5 Emergency Repair	23
9 Record Management	24
Appendix A Outline for Compilation of Water Supply Pipeline Health Assessment Report	25
Appendix B Defect Types and Rating Comparison Table	27
Appendix C Common Defect Types and Repair Technologies Comparison Table	29
Appendix D Dynamic Monitoring Acoustic Signal Method	31
Explanation of Wording	32
List of Referenced Standards	33

1 总 则

- 1.0.1** 为规范城镇供水管线的健康状况评估，遴选更新改造技术流程，提升供水系统安全性和可靠性，制定本规程。
- 1.0.2** 本规程适用于城镇供水系统中有压输水管道和配水管道的健康状态评估与维护管理。
- 1.0.3** 供水管线健康评估除应符合本规程规定外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术语

2.1.1 供水管线 water supply pipeline

城镇供水系统中用于输送原水或饮用水的埋地管道及其附属设施。

2.1.2 健康评估 health assessment

通过数据采集、检测、分析与综合评价，确定供水管线健康状态等级并预测其剩余使用寿命的系统性过程。

2.1.3 健康状态 health status

供水管线在特定时间点，其结构完整性、功能性能及运行可靠性满足设计要求和安全运行标准的综合状态。

2.1.4 健康状态等级 health state grade

根据评估指标将供水管线的健康水平划分为不同级别，用于指导维护更新改造决策的分类。

2.1.5 结构性缺陷 structural defect

影响管道本体或其接口结构完整性的缺陷，如腐蚀、裂缝、断裂、变形、接口脱开等。

2.1.6 功能性缺陷 functional defect

影响管道水力输送性能或附属设施正常功能的缺陷，如结垢、沉积、异物侵入、流量或压力不足等。

2.1.7 动态声信号监测 dynamic acoustic signal monitoring

通过安装在管道或附属设施上的传感器，连续或定期采集管道运行过程中产生的声波信号，用于分析泄漏、气穴、异常摩擦等状态的技术。

2.1.8 评估周期 assessment period

相邻两次系统性健康评估之间的时间间隔。

2.1.9 地理信息系统（GIS） geographic information system

用于采集、存储、管理、分析、显示和应用地理空间数据，用于管理供水管网空间拓扑、属性及运行状态信息的专业系统。

2.2 符号

2.2.1 管道几何与水力参数

DN —— 管道公称直径；

d —— 管道实际内径；

L —— 管段长度；

t —— 壁厚；

v —— 管内流速；

λ —— 管道摩阻系数。

2.2.2 运行状态与性能参数

H —— 供水压力；

P —— 管道运行压力；

Q —— 供水流量；

η —— 水泵运行效率（%）；

2.2.3 其他参数

ρ —— 土壤电阻率；

φ —— 管道变形率（%）；

3 基本规定

3.0.1 供水管线健康评估应遵循系统性、科学性、连续性原则，并宜采用定性分析与定量评估相结合的方法，评估结果应能真实反映管线实际状态。

3.0.2 评估工作应由具备相应资质的专业机构或经培训合格的技术人员承担，评估所用仪器设备应经计量检定或校准且在有效期内。

3.0.3 应积极推动新技术、新材料、新工艺的应用，并宜采用信息化、智能化手段，提升评估的准确性，促进供水行业的绿色低碳转型。

3.0.4 评估对象应为投入运行一年以上的供水管线，并应包括管道本体、管道接口、防腐层、管基环境及管道附属设施。

3.0.5 健康状态等级划分应清晰，便于健康维护决策。

4 数据资料

4.1 一般规定

- 4.1.1 管线属性与环境数据是健康评估的基础信息，收集时应确保数据完整、准确。
- 4.1.2 数据来源应包括设计资料、竣工资料、管网GIS系统及现场勘察记录。
- 4.1.3 当数据资料与现场实际情况不符，或现有资料无法满足设计要求时，应对缺失、矛盾或存疑的数据进行核实与补充，并可根据需要采用物探、开挖等方式进行现场确认。
- 4.1.4 数据应采用统一格式和计量单位，并宜纳入信息化管理系统进行动态更新。

4.2 管线属性数据

- 4.2.1 管线基本信息应包括管线名称、编号、起止点、建设年代及使用年限。
- 4.2.2 管线的物理特性信息应包括材质、管径、壁厚、长度及接口形式。
- 4.2.3 管线结构特性信息应包括埋深、覆土厚度、防腐层类型及状况、内衬类型及状况、管道连接方式、弯头及变径位置。
- 4.2.4 管线附属设施信息应包括检修阀门、消火栓、空气阀、泄水阀、仪器仪表及阀门井等的位置、型号及状态。
- 4.2.5 管线空间位置信息应符合下列规定：
 - 1 管线起始端点的平面坐标、终止端点的平面坐标（X、Y）及高程（Z），宜采用国家统一坐标系（CGCS2000）进行标注，高程基准应采用黄海高程系，当有特殊要求时，可注明所采用的本地基准；
 - 2 在管线路径发生方向变化或连接节点处应设置转折点坐标；
 - 3 管线埋深测量精度应控制在 ± 10 cm以内。

4.3 环境数据

- 4.3.1 土壤条件应包括土壤类型、电阻率、pH值、含水率、腐蚀性等级、含盐量及有机质含量。
- 4.3.2 地下水位应包括常年最高水位、最低水位、变化幅度及对管道的浸泡情况。
- 4.3.3 地质条件应包括地基承载力、液化等级、断层分布及不良地质现象，不良地质现象应包括塌陷、滑坡等。

4.3.4 气候与地表荷载应包括降水情况、冻土深度、交通荷载等级及地面堆积荷载。

4.3.5 周边环境应包括与建（构）筑物的间距、穿越道路、铁路及河流的情况，以及邻近地下管线或设施的情况。

4.3.6 第三方影响应包括施工活动、振动及杂散电流干扰。

4.4 运维记录

4.4.1 应建立给水管线运行与维修记录的完整档案，记录内容应真实、准确、连续，并应按本规程第4.5节的要求纳入信息化管理系统。

4.4.2 运行记录应包括下列主要内容：

- 1 管线投运日期、设计参数、实际运行参数；
- 2 运行压力、流量、水温、水质等日常监测数据；
- 3 阀门、排气阀、消火栓等附属设施的操作记录；
- 4 异常事件的发生时间、位置、原因及处置情况，异常事件应包括爆管、渗漏、水压骤降等；
- 5 管线沿线环境变化的观察记录，环境变化应包括施工活动及路面荷载变化等。

4.4.3 维修记录应包括下列主要内容：

- 1 维修时间、部位、原因及维修方式；
- 2 维修使用的材料、设备及施工工艺；
- 3 维修前后的检测数据及修复效果；
- 4 维修单位、人员及验收情况。

4.4.4 运行与维修记录的保存期限不应低于管线的设计使用年限，重要管线的记录应长期保存。

4.5 数据管理

4.5.1 给水管线基础数据应采用信息化系统进行统一管理，系统应具备数据采集、存储、查询、统计分析及数据导出等功能。

4.5.2 应建立统一的供水管线编码体系，并应遵循唯一性、可扩展性、可读性及可解析性原则。

4.5.3 宜采用支持空间数据存储与查询的关系型数据库；时间字段应统一采用现行国家标准《数据元和交换格式 信息交换 日期和时间表示法》GB/T 7408规定的格式，坐标系统应统一采用国家或地方标准坐标系。

4.5.4 数据库应包含以下主要数据表：

- 1 供水管线属性表；**
- 2 供水管线环境数据表；**
- 3 附属设施属性表；**
- 4 运维记录表；**
- 5 检测数据表；**
- 6 变更记录表。**

4.5.5 宜采用大数据、物联网等技术实现数据的自动采集与智能分析，为健康评估提供信息化支持。

5 评估准备

5.1 一般规定

5.1.1 进行给水管线健康评估前，应完成评估准备阶段的全部工作，包括数据与资料收集、现场查勘、检测方案编制及审批等。

5.1.2 依据评估目的和现场条件，合理确定评估范围、评估对象及检测方法。

5.1.3 重点管线的筛选应以给水管网系统安全运行为目标，结合管线自身属性、运行环境及历史数据等因素综合确定。

5.2 评估单元

5.2.1 评估单元划分应符合下列规定：

- 1 评估单元宜以相邻检修阀门之间的管段为基本划分单位；
- 2 同一评估单元内的管道应具备相同的管材、管径及接口形式；
- 3 评估单元内长度不宜大于 1000 m，当管段长度超过 1000 m 时，宜按每 500m~1000 m 划分为若干评估单元；
- 4 穿越河流、铁路、重要道路等特殊地段的管段应单独划分为评估单元；
- 5 管材、管径或敷设条件发生变化时，应分别划分评估单元。

5.2.2 评估准备阶段应明确评估单元，并筛选确定重点评估管线。重点评估管线应包括下列内容：

- 1 运行年限超过设计寿命或接近老化临界点的管线；
- 2 历史故障频发区域、水压波动频繁区域、地质条件复杂区域的管线；
- 3 连接重要用户及主干管网关键段落的管线；
- 4 近一年内多次发生泄漏、爆管或进行维修的管线。

5.2.3 符合下列条件之一的管线宜列入重点管线：

- 1 运行压力高于 0.6 MPa；
- 2 管径大于或等于 DN1000；
- 3 供水主干管或区域输水干管；
- 4 运行维修记录显示腐蚀速率异常或频繁维修；
- 5 土壤腐蚀性强或存在杂散电流干扰区域。

5.2.4 评估单元确定后应形成清单，并明确每段管线的筛选依据、优先级及评估建议。清单内容应包括管线编号、位置、管材、管径、管龄等内容。

5.3 健康检测

5.3.1 应全面掌握评估范围内供水管线的历史运行状态和当前状况，并按本规程第4章的规定系统收集并整理管线设计资料、运行记录、维修记录与周边环境资料。

5.3.2 现场踏勘应符合下列规定：

1 应结合市政供水管网图纸、历史维修记录及相关数据分析，合理划分勘查区域，并确定具有代表性的勘查路线和关键勘查点，勘察范围应涵盖主干管、支管、老旧管段及易发故障区域等；

2 应针对不同类型的管线和设施制定勘查内容和技术要求，应包括外观检查、功能测试及数据采集等；

3 应对供水管线外露部分及附属设施进行现场检查，检查内容应包括下列内容：

1) 管线外露部分的破损、变形、腐蚀及渗漏等异常现象；

2) 阀门、消火栓及水表等附属设施的完好性、启闭灵活性及运行状态。

5.3.3 评估准备阶段应准备并调试检测设备，检测设备可包括管道泄漏检测仪、壁厚检测仪、腐蚀检测设备、管道内检测设备、地面探测设备及数据采集与处理终端。

5.3.4 采用流量法、压力法、噪声法、听音法、相关分析法、管道内窥法、探地雷达法、地表温度测量法及气体示踪法时，应符合现行行业标准《城镇供水管网漏水探测技术规程》CJJ 159—2011 的有关规定。

5.3.5 动态监测声信号法应包括声信号数据预处理、声信号特征提取、声信号识别与泄漏概率预测及单管量化等内容，其原理和优缺点应符合附录A的规定。

5.3.6 动态监测声信号法应符合下列规定：

1 应根据评估需求和数据条件选择声信号识别方法；

2 声信号识别方法输出的泄漏概率值范围应为0~1；

3 输出声信号的泄漏概率时，应提供关键决策依据；

4 声信号识别模型应根据在线声信号的变化实时更新输出的泄漏概率；

5 声信号识别模型应定期进行复核，并根据复核结果进行调整。

5.3.7 声信号监测应符合下列规定：

1 声信号监测设备的型号及运行参数应统一，并应同步采集和上传数据；

2 设备采样频率不宜低于 8192Hz，灵敏度不宜低于 1200pC/g；

3 声信号监测设备的有效监测范围应符合下列规定：

1) 金属管道不应大于 150m；

- 2) 非金属管道不应大于 100m。
 - 4 声信号单次采集时长不应低于 5s；
 - 5 监测频带应避让主干频段干扰，宜采用 4kHz~40kHz 高频段。
- 5.3.8 声信号数据库应符合下列规定：**
- 1 声信号数据库应包括泄漏信号和环境干扰信号（无漏信号），两类信号的数据量比例宜控制在1:1~1:2之间；
 - 2 数据库样本应覆盖多种场景条件，应包括不同地表环境、气象干扰及管网条件；
 - 3 声信号数据应进行规范标注，标注内容应包括泄漏位置、泄漏流量及背景噪声干扰源类型。
- 5.3.9 声信号特征提取应根据实际需求选择时域特征、频域特征或时频域特征；必要时可采用多种特征组合。**
- 5.3.10 声信号预处理应符合下列规定：**
- 1 声信号预处理应包括降噪、滤波及归一化处理；
 - 2 声信号样本宜按等时间间隔切分，切分间隔宜为 1s。
- 5.3.11 声信号对管道健康影响的量化评价应符合下列规定：**
- 1 单台声信号监测设备的影响域应为以设备为中心、以有效监测范围为半径的圆形区域；
 - 2 声信号监测设备坐标误差应为 $\pm 0.5\text{m}$ ，并应采用管网 GIS 映射校准；
 - 3 评估域内管道拓扑数据的精度应符合现行行业标准《城镇供水管网地理信息系统技术规范》CJJ/T 226 的有关规定；
 - 4 单声信号在单根管道上量化影响的计算宜采用管道中心到声信号监测设备的距离反比与声信号泄漏概率的乘积；
 - 5 当单根管道处于多个声信号监测设备的有效范围内时，应将多个设备对该管道的量化影响进行叠加。

6 评估内容

6.1 一般规定

6.1.1 给水管线健康评估内容应包括缺陷评估和风险评估。缺陷评估应包括结构性缺陷评估、功能性缺陷评估及附属设施评估。

6.1.2 评估前应根据检测数据、运行记录和基础资料，对管线进行分类分级，并确定各评估项目的权重。

6.1.3 缺陷等级分类宜采用四级分级制，从轻到重依次为：

- 1 I级（轻微缺陷）：存在轻微损伤，不影响管线正常运行；
- 2 II级（中等缺陷）：存在明显损伤，需列入维修计划；
- 3 III级（严重缺陷）：损伤较严重，短期内可能影响运行，需及时修复；
- 4 IV级（重大缺陷）：损伤严重，管线功能受限或存在安全隐患，应立即采取应急措施。

6.1.4 评估所依据的检测数据应符合下列规定：

- 1 数据采集应覆盖评估对象的全部管段；
- 2 检测数据应真实、完整，并应符合本规程第5章的规定；
- 3 数据应具有可追溯性。

6.2 管线缺陷评估

6.2.1 结构性缺陷的评估应以CCTV检测、超声波检测、电磁检测及漏磁检测等直接检测方法获得的缺陷数据为主要依据，并结合管线属性、运行历史及环境条件进行综合分析。

6.2.2 结构性缺陷应包括下列类型：

- 1 裂缝：管道壁出现的纵向、环向或斜向裂纹；
- 2 变形：管道截面几何形状发生改变，包括椭圆化及塌陷等；
- 3 腐蚀：金属管道内壁或外壁因化学或电化学作用产生的材料损失；
- 4 穿孔：管道壁因局部破损形成的孔洞；
- 5 接口错位：管道接口处轴向或径向位移超过允许值；
- 6 脱节：管道接口完全脱离；
- 7 腐蚀瘤：因腐蚀产物堆积形成的局部凸起；
- 8 其他结构性缺陷：包括起泡、分层、磨损等。

6.2.3 功能性缺陷评估应针对影响给水管线输水能力、水质安全及运行效率的缺陷进行综合评价。

6.2.4 功能性缺陷应包括下列类型：

- 1 沉积：管道内底部淤积泥沙及杂物等；
- 2 结垢：管道内壁附着硬质水垢或化学沉积物；
- 3 堵塞：管道内异物或沉积物造成水流截面显著减小或完全阻断；
- 3 树根侵入：植物根系通过接口或裂缝进入管内；
- 4 障碍物：管道内存在的建筑垃圾、工具及动物尸体等；
- 5 渗漏：管道内水体渗入或渗出，可通过影像或流量变化识别。

6.3 附属设施评估

6.3.1 附属设施评估应包括与给水管线直接相关的检修阀门、消火栓、空气阀、泄水阀、仪器仪表及阀门井的评估。

6.3.2 阀门评估应包括下列内容：

- 1 阀门的启闭灵活性、密封性能及操作力矩；
- 2 阀门井的完好程度、井盖平整度及排水情况；
- 3 阀门的锈蚀、磨损及润滑状况；
- 4 阀门位置标识的清晰度及可操作性。

6.3.3 消火栓评估应包括下列内容：

- 1 消火栓的外观完整性、有无渗漏或损坏；
- 2 消火栓的开启与关闭功能、出水压力及流量；
- 3 消火栓的接口规格是否符合当地消防要求；
- 4 消火栓周边的净空及标志牌设置情况。

6.3.4 空气阀与泄水阀评估应包括下列内容：

- 1 空气阀的排气功能、密封性及防冻措施；
- 2 泄水阀的开启状态、排水能力及淤泥沉积情况；
- 3 空气阀与泄水阀的阀井通风、排水及防淹措施。

6.3.5 仪器仪表评估应包括下列内容：

- 1 测压点的位置合理性、压力传感器精度及数据采集情况；
- 2 流量计的安装位置、工作状态及计量准确性；
- 3 仪器仪表及其连接线路的防护与防潮措施。

6.3.6 附属构筑物评估应包括下列内容：

- 1 附属构筑物的结构完好性、井盖与井座配合情况及防坠落装置；

- 2 井内积泥、积水及有害气体浓度；
- 3 爬梯及护笼等安全设施的牢固性；
- 4 支墩、管卡等固定构件的锈蚀及变形情况。

7 评估分析

7.1 一般规定

7.1.1 给水管线健康评估结论应在完成本规程第5章规定的评估准备工作后，针对本规程第6章规定的评估内容进行综合分析，并应形成评估结论。

7.1.2 健康状态评估应以保障供水安全、提升供水水质、降低管网漏损、优化运行能耗为目标。

7.1.3 健康状态评估应综合采用静态数据与动态数据，并宜结合物联网、大数据、人工智能等技术手段。

7.1.4 评估结论应包括下列主要内容：

- 1 管线健康状态等级；
- 2 结构性缺陷与功能性缺陷的严重程度；
- 3 存在的安全隐患与风险等级；
- 4 处置建议；
- 5 下次评估的建议周期。

7.1.5 评估结论应以量化数据为基础，结合专家经验进行综合判定。当检测数据不足以支撑判定时，宜补充检测或采用现场复核。

7.2 评估方法

7.2.1 结构性缺陷评估应按下列步骤进行：

- 1 应收集管线结构设计资料、竣工资料、历史维修记录及运行环境数据；
- 2 应对管道本体及接口进行直接检测，常用检测方法与技术要求宜按表 7.2.1 的要求执行；

表 7.2.1 结构性缺陷常用检测方法与技术要求

检测技术	适用范围	技术要求
探地雷达（GPR）检测	埋地供水管线，尤其适用于无法直接开挖或进入的区域。	应用于地表非开挖方式检测管道周围介质变化、结构异常及周边空洞情况；探测深度应 ≥ 3 m，水平分辨率 ≤ 5 cm，垂直分辨率 ≤ 2 cm；检测

表 7.2.1 结构性缺陷常用检测方法与技术要求

		时应避免地表积水、金属障碍物或强电磁干扰。
闭水/闭气试验	重力流或压力较低的供水管道系统(闭水试验)；无法实施闭水试验的压力管道系统(闭气试验)。	必须用于检测管道系统的密封性能，以评估是否存在渗漏问题；环境温度应在5℃~35℃之间；闭水试验时应确保测试段完全封闭，无泄漏点；闭气试验应确保测试系统内部达到预定压力后保持稳定。
管道机器人检测	管径≥150mm，适应弯头、变径、分支等复杂结构。	应采用具备自主导航、多传感器融合功能的管道机器人系统；定位精度误差≤0.5%，图像分辨率≥1080P；能够提供三维建模与分析功能，确保对复杂管道环境下的高精度检测。
人工巡检与开挖验证	地面可见异常（如塌陷、渗水、冒水等）区域；作为辅助手段，用于验证其他检测结果或排查疑似缺陷点。	应作为辅助检测手段，结合局部开挖确认管道实际状况；对于地面异常现象应及时记录并分析原因；开挖验证过程应遵循相关施工安全规范，确保操作人员的安全。

3 应根据检测结果识别结构性缺陷类型，并应按附录B中结构性缺陷等级对照表对各项缺陷进行分级。

7.2.2 功能性缺陷评估应按下列步骤进行：

- 1 应收集管网运行数据，包括流量、压力、水质检测记录及用户投诉信息；
- 2 应对管道内壁状况进行目视检查或辅助仪器仪表检测，常用检测方法与技术要求宜按表 7.2.2 的要求执行；
- 3 应根据检测结果识别功能性缺陷类型，并应按附录B中功能性缺陷等级对照表对各项缺陷进行分级。

表 7.2.2 功能性缺陷常用检测方法与技术要求

检测技术	适用范围	技术要求
流量计检测	适用于各类压力输水管道系统，尤其适用于需实时监测流量变化的主干管网及关键节点。	应采用超声波多普勒流量计、电磁流量计或插入式涡轮流量计等非侵入式或插入式流量检测设备；测量精度应不低于±1.0%；量程应覆盖管道正常运行流量范围，响应时间≤1s；安装位置应避开弯头、阀门等扰流部件前后至少10倍管径的直管段。
压力监测系统	适用于压力输水管道系统的压力波动分析，尤其适用	应采用高精度压力变送器，测量精度应不低于±0.5%FS，采样频率≥1Hz，量程应覆盖系统设计

表 7.2.2 功能性缺陷常用检测方法与技术要求

	于评估水力稳定性与爆管风险。	压力的1.2倍；应定期校准，校准周期不应超过6个月；安装点应设于管道关键节点（如泵站出口、分区控制阀前后等）。
水力模型反演分析	适用于大中型供水管网系统的整体过流能力评估，尤其适用于无法直接检测的复杂管网系统。	应基于SCADA系统实时数据（流量、压力、泵站运行参数）构建水力模型，模型误差应控制在±5%以内；应采用EPANET或其他符合《城镇供水管网水力模型技术导则》的建模软件；模型应定期更新并校核，更新周期不应超过1年。

7.2.3 当一个评估单元内存在多种类型结构性或功能性缺陷时，应取各缺陷的单项最高等级作为该单元的相应缺陷的评定等级。

7.2.4 结构性缺陷评估结果为Ⅲ级及以上的单元，应在其评估结论中注明缺陷位置、类型、尺寸及建议的复测或修复时限。

7.2.5 功能性缺陷评估记录应包含管线区段号、缺陷位置、缺陷类型、缺陷等级、检测方法、评估人员签名及评估日期。

7.2.6 附属设施的评估等级应根据各类设施的完好程度、功能符合性及安全性综合判定，并应按附录B中缺陷类型与等级对照表执行。

7.2.7 风险等级宜划分为高、中、低三个等级，并应符合下列规定：

- 1 高风险管线：失效可能性高且失效后果严重，应列为重点监控和优先改造对象；
- 2 中风险管线：失效可能性与失效后果中等，应纳入常规监测与计划维护；
- 3 低风险管线：失效可能性低且失效后果不严重，可维持定期检测。

7.2.8 风险评估结果应记录在评估报告中，包括风险等级评定依据、各因素得分及综合风险等级。

7.3 动态评估

7.3.1 动态健康状态评估宜以动态声信号特征为核心，结合数据处理与分析结果，构建多维度评估指标体系，并应符合下列规定：

- 1 静态数据：应整合设计资料、维修记录、结构性能数据、水力性能数据及环境数据，构建管线基础数据库；
- 2 动态数据：健康状态评价体系应耦合实时监测数据流，应包括声信号泄漏对单根管道的量化影响。

7.3.2 采用以动态声信号分析为核心的综合评估方法,对供水管线健康状态进行动态研判,应符合下列规定:

1 应采用信号处理技术对采集的动态声信号进行处理,并应提取特征参数;应建立正常运行声信号数据库,并应构建声信号模式评估模型对声信号进行分类识别,计算泄漏概率,推导其对单根管道的量化影响。

2 应将动态声信号量化结果与历史故障数据、维修记录、环境数据及水力运行参数等多源数据进行融合,并应通过健康评估方法全面评估管线健康状态。

3 应结合评估单元内的具体情况选择健康评估方法,并宜按表 7.3.2 的要求执行。

表 7.3.2 动态健康状态评估方法列表

健康状态评估方法	性质	优点	局限
权重赋值法	通过数理统计或专家打分确定各影响因素权重	计算简单	依赖经验和主观判断,不同区域适用性差异大
预测模型法	需较长时序的高质量历史数据,用于估计管网当前及未来状态	适应性强,可处理复杂高维数据	受数据质量和样本量制约,可解释性较弱
生存模型法	基于管道历史故障记录与协变量,预测生存时间与失效概率	可量化特定条件下的失效概率或剩余寿命分布	左右删失问题突出,预测不确定性高

4 应基于连续监测的声信号数据及其他状态参数建立健康失效预测模型,预测管线健康状态的发展趋势,并应预估管线的剩余使用寿命。

7.3.3 应根据动态评估结果对供水管线健康状态进行等级划分,并应明确不同等级对应的管道状态及处置建议,等级划分应符合表7.3.3的规定。

表 7.3.3 不同等级对应的管道状态与处置建议表

健康等级	管道状态	处置建议
I级	无异常信号;结构完整,无明显缺陷;功能性能良好,输水能力满足要求	无风险预警,维持常规监测
II级	动态声信号出现一定频率的异常信号,且有逐渐增强的趋势;结构存在一定程度的腐蚀、结垢或轻微缺陷;功能性能略有下降,输水能力轻微衰减	触发低级别风险预警,应加强监测
III级	动态声信号存在明显、持续的异常信号;结构存在较严重的腐蚀、裂缝或接口问题;功能性能下降明显,输水能力受到一定影响;	触发中级别风险预警,应制定定期维护计划。

表 7.3.3 不同等级对应的管道状态与处置建议表

IV级	动态声信号出现强烈、频繁异常信号；结构完整性受到严重破坏，可能发生泄漏或爆管等严重事故；功能性能严重受损	触发高级别风险预警，应立即维护或更新
-----	--	--------------------

7.3.4 应结合管道健康状态评估结果，关联管网GIS拓扑图进行可视化分析。

7.3.5 应对健康状态评估结果为III级和IV级的管道进行现场核查，并应主动采取干预措施。

7.3.6 应采用可解释性分析方法识别影响管道健康状态的关键因素，并应指导管线更新改造维护工作。

7.4 综合评定

7.4.1 给水管线的综合健康等级应在完成结构性缺陷评估、功能性缺陷评估、附属设施评估及风险评估的基础上，按本规程7.2节、7.3节规定的评定方法进行综合评定。

7.4.2 综合等级评定采用权重赋值法时应按下列步骤进行：

- 1 应按附录B的规定分别对结构性缺陷评估结果和功能性缺陷评估结果进行赋分；
- 2 应按本规程第6.3节的规定对附属设施评估结果进行赋分；
- 3 应将各项得分与对应的权重系数相乘后进行加权求和，权重系数应根据评估目的、指标重要性和工程实际确定，各权重系数应在0~1之间，且各项权重系数之和应等于1。
- 4 应根据加权总分确定综合等级：

7.4.3 综合等级应划分为四个级别，分别用I级、II级、III级、IV级表示，各等级对应的管线健康状态应符合下列规定：

- 1 I级（优秀）：管线结构完整，功能正常，附属设施完好，运行风险极低，可维持正常运行；
- 2 II级（良好）：管线存在轻微缺陷，但不影响正常运行，附属设施基本完好，运行风险较低，宜在下一个评估周期内安排维修；
- 3 III级（一般）：管线存在中等缺陷，功能受到一定影响，附属设施存在损坏或锈蚀，运行风险中等，应在评估后一年内安排修复；
- 4 IV级（较差）：管线存在严重缺陷，功能显著下降或丧失，附属设施严重失效，运行风险高，应立即采取抢修或改造措施。

7.4.4 当管线存在下列任一情形时，综合等级应直接判定为IV级：

- 1 结构性缺陷中存在断裂、坍塌或穿孔等严重等级缺陷；
- 2 功能性缺陷导致供水能力下降超过50%；
- 3 经风险评估认定为重大风险；
- 4 附属设施中关键部件失效，导致管网运行不可控。

7.4.5 综合等级评定结果应作为制定维护、改造或更新计划的依据，并应纳入管线健康评估报告。

7.5 风险评估

7.5.1 健康评估应在结构性缺陷、功能性缺陷和附属设施评估的基础上，综合考虑管线失效可能性及失效后果，确定管线风险等级。

7.5.2 失效可能性评估应包括下列内容：

- 1 结构安全风险：应根据结构性缺陷等级、管道材质、使用年限及腐蚀状况等评定；
- 2 功能失效风险：应根据功能性缺陷等级、淤积、堵塞及过流能力衰减等评定；
- 3 附属设施失效风险：应根据阀门、排气阀、消火栓、阀门井等设施的完好程度评定。

7.5.3 失效后果评估应考虑下列因素：

- 1 管线所处位置的重要性，包括主干道及重要用户区域等；
- 2 管线规格，包括直径及压力等级；
- 3 对周边环境、交通及公共安全的影响；
- 4 停水影响范围及用户数量；
- 5 修复难度及费用。

7.6 评估成果

7.6.1 给水管线健康评估工作完成后，应编制评估报告。评估报告应内容完整、数据准确、结论清晰。

7.6.2 评估报告应包括下列主要内容：

- 1** 工程概况，应包括评估目的、评估范围、评估依据、评估时间等；
- 2** 管线基本信息，应包括管线属性、运行历史、环境条件等；
- 3** 检测方法与过程，应包括采用的检测技术、设备参数、检测方案及实施情况；
- 4** 评估结果，应包括缺陷类型与等级、结构性评估结论、功能性评估结论、附属设施评估结论；
- 5** 综合等级评定及风险评估结果；
- 6** 维护与改造建议，应包括技术遴选、分级处置方案、应急抢修预案等；
- 7** 评估人员签署及日期。

7.6.3 评估报告格式应符合附录C的规定。

7.6.4 评估过程中形成的原始数据、检测图像及记录表格等应作为附件存档，并按档案管理规定进行保存。

8 健康维护

8.1 一般规定

8.1.1 给水管线维护与改造应遵循安全可靠、技术先进、经济合理、节能环保的原则，并结合评估结论和管线实际情况制定方案。

8.1.2 供水管线的维护更新策略应根据健康状态评估结果、缺陷类型、管线重要性、资金条件及社会影响等因素综合制定，并应形成从预防性维护到紧急更换的差异化策略体系。

8.1.3 维护改造前应收集管线的基础数据、评估结论、运行维修记录及周边环境条件等资料，并应编制专项施工方案。

8.1.4 维护改造所用材料、设备及施工工艺应符合国家现行有关标准的规定，并应具有质量合格证明文件。

8.1.5 维护改造过程中应采取安全防护、环境保护及文明施工措施；施工完成后应进行功能性检验和验收。

8.2 定期评估

8.2.1 给水管线健康评估周期应根据管线综合等级、运行年限、管材特性、环境条件及历史检测结果等因素综合确定。

8.2.2 综合等级为I级的管线，评估周期不宜超过5年；综合等级为II级的管线，评估周期不宜超过3年；综合等级为III级的管线，评估周期不宜超过2年；综合等级为IV级的管线，评估周期不宜超过1年，或应实时监测。

8.2.3 当管线存在下列情形之一时，应缩短评估周期，且缩短后的周期不应超过原定周期的一半：

- 1 运行年限超过设计使用年限的70%；
- 2 近三年内发生过重大事故或出现严重结构性缺陷；
- 3 穿越重要基础设施或环境敏感区；
- 4 所在区域地质活动频繁或地面沉降明显；
- 5 输送水质或运行压力发生重大变化。

8.2.4 当管线经过全面维护或更新后，经复核确认达到I级标准的，评估周期可延长，但最长不应超过8年。

8.2.5 评估周期应自上一次健康评估完成之日起计算。因应急抢修或突发事故进行检测的，不应改变原定评估周期，但应将检测数据纳入下一次评估依据。

8.2.6 评估单位应根据实际情况动态调整评估周期，并应在报告中说明调整理由。

8.3 分级处置

8.3.1 对于健康状态评估为 I级 的管线，应以监测和预防性维护为主，并宜采取下列措施：

- 1 应按本规程第8.2节确定的评估周期进行常规复检；
- 2 应定期进行管道清洗，防止沉积物累积；
- 3 对金属管道，应检查并维护其阴极保护系统的有效性；
- 4 应持续监测运行压力、流量及关键节点的动态声信号，并应建立运行基线；
- 5 应将管线信息及状态录入健康档案，无需安排专项修复或改造工程。

8.3.2 对于健康状态评估为 II级的管线，应以预防性修复和加强监测为主，并宜采取下列措施：

- 1 应缩短评估周期，并应加强监测频率；
- 2 应对已识别的轻微缺陷实施局部修复；
- 3 应评估并实施延缓劣化的措施；
- 4 应将其纳入中短期更新改造规划；
- 5 应在GIS系统中进行黄色预警标识。

8.3.3 对于健康状态评估为 III级的管线，应以计划性修复或局部更换为主，并宜采取下列措施：

- 1 应立即触发中级别风险预警，并应在1年内制定并实施修复或改造计划；
- 2 应根据缺陷类型、范围及严重程度选择修复技术，可采用非开挖整体内衬或管段更换等方法进行工程干预；
- 3 施工前应进行勘察和设计，应评估施工对供水服务的影响，并应制定供水保障预案；
- 4 修复工程完成后应进行验收测试，应包括压力试验及CCTV检测等，并应确认修复效果；
- 5 修复后应重新评估该管段的健康等级，并应根据评定结果调整后续管理策略。

8.3.4 对于健康状态评估为 IV级的管线，应以紧急抢修或立即更换为主，并应采取下列措施：

- 1 立即触发高级别风险预警，并应启动应急预案；

- 2 应根据现场情况，立即采取降压运行、隔离关阀或设置临时旁通等措施控制风险，并应保障区域基本供水；
- 3 应优先安排紧急工程，对危险管段进行开挖更换或采用快速非开挖技术进行抢险修复；
- 4 应将此类管线改造作为最高优先级项目，并应优先保障资金和资源；
- 5 更换完成后，应将新管段按新建管道标准纳入管理，并应分析旧管失效原因，用于优化同类管线的评估模型。

8.4 技术遴选

8.4.1 维护更新方案的遴选应建立覆盖技术、经济、环境、社会及管理等多维度的综合评价指标体系。该体系应能全面反映不同方案的长期综合效益，满足不同项目在安全性、经济性、时效性等方面的差异化需求。

8.4.2 供水管线更新改造技术应根据复杂度级别和使用场景选择合适的遴选方法。

表 8.4.2 供水管线修复技术遴选的决策方法

复杂度级别	方法类型	适用场景
一级	专家经验法	常规运行管道、单管段简易修复、紧急抢修项目
二级	规范流程法	标准化工程、一般规模管网改造、常规工况项目
三级	加权评分法	中小规模改造项目、多方案初步比选、常规管网更新工程
四级	层次分析法 (AHP)	中等复杂度管网决策、多约束条件项目、技术经济综合比选
五级	多目标优化法	大规模管网系统性规划、多目标协同优化项目、复杂工况下的中长期改造规划

8.4.3 给水管道修复工艺应根据管径、管材、运行压力、弯头数量、周边环境及工期要求综合比选。

8.4.4 对于复合型缺陷或管段存在多处缺陷的情况，宜采用能同时解决多重问题的综合性技术，或采用组合技术方案。

8.4.5 用于给水管道的修复内衬材料应取得饮用水卫生安全认证。内衬管壁采用多层复合结构时，应确保饮用水接触安全性及结构可靠性。

8.4.6 给水管道全结构内衬管应能独立承压，且不应依赖旧管承压。设计承压能力不宜低于1.0 MPa。内衬管应具备抗正压和抗负压能力，在负压工况下不应出现挤压变形。

8.4.7 修复完成后应进行水压试验、管道冲洗消毒及水质检测，水压试验压力不应低于运行压力的1.5倍；并应对修复后管道的内径及过流能力进行复核，确认其满足供水水力条件。

8.4.8 特殊工况的修复应符合下列规定：

- 1 穿越敏感区域时，应优先选用非开挖修复工艺；
- 2 应急抢修且停水时间受限时，可采用IH穿插法或CIPP快速修复；
- 3 二次修复时，应分析首次修复失效的原因，并应重新选择相适应的修复材料及工艺。

8.5 应急抢修

8.5.1 应急抢修应遵循安全第一、快速响应、减少停水、避免次生灾害的原则；抢修完成后的供水恢复应经水质检测合格后方可通水。

8.5.2 管网应急抢修应符合现行行业标准《城镇供水管网抢修技术规程》CJJ/T 226—2014 的有关规定。

8.5.3 应急抢修完成后，应对故障原因进行分析，并应更新该段管线的健康状态评估结果。

8.5.4 同一管线在一年内发生两次及以上应急抢修事件时，应将该管线健康等级下调一级，并应优先安排更新改造。

9 档案管理

9.0.1 给水管线健康评估的全过程资料应归档管理，并宜包括下列内容：

- 1 管线基础属性数据及环境数据；
- 2 历年运行记录、维修记录及事故记录；
- 3 检测与评估方案、现场原始记录、检测信号及图像数据；
- 4 评估报告、风险评估结论及综合等级评定结果；
- 5 维护与改造设计文件、施工记录及验收资料；
- 6 其他与评估相关的技术文件、会议纪要及审批文件。

9.0.2 档案应有唯一编号，并按管线编码和评估批次进行分类。纸质档案与电子档案应同步保存，电子档案格式应符合国家相关标准。

9.0.3 档案的查阅、复制及借出应建立审批制度；涉及管网的敏感信息应设置访问权限。

9.0.4 每次维护、更新改造及应急抢修后，应在15个工作日内将相关资料录入管线管理信息系统。

9.0.5 档案内容应包含维护更新改造的记录、施工图纸、检测报告及验收文件等，保存期限不应低于管线使用年限。

9.0.6 档案管理宜采用信息化系统，实现数据动态更新、查询及共享。信息化系统应具备数据备份与恢复功能。

附录 A 动态监测声信号法

A.0.1 动态监测声信号识别方法的原理和特点应符合表C.0.1的规定。

表 A.0.1 声信号评估方法原理和特点

维度	传统信号处理模型	机器学习模型	深度学习模型
代表算法	阈值检测法； 互相关定位法； 频带能量分析法	支持向量机； 高斯混合模型； 随机森林	一维卷积神经网络 长短期记忆神经网络； 残差卷积神经网络
原理	阈值：声压级超限报警； 互相关：时延差定位；频带能量： 特定频段能量突变	支持向量机：高维空间 分类；高斯混合模型： 梅尔倒谱系数特征聚 类；随机森林：多域特 征融合决策	一维卷积神经网络：原始 信号卷积特征提取；长短 期记忆神经网络：时序依 赖建模；残差卷积神经网 络：时频谱图像识别
数据需求	低（无需训练）	中（百级标注样本）	高（千级标注样本）
优势	低成本简单系统	中等数据规模下的平 衡方案	高精度、强抗噪复杂环境
局限	环境噪声敏感	特征工程依赖经验；非 线性信号处理弱	需大量标注数据；模型可 解释性差

附录 B 缺陷类型与等级表

B.0.1 结构性缺陷类型与等级

表B.0.1给出了给水管线结构性缺陷的类型、等级划分及典型特征。

表 B.0.1 结构性缺陷类型与等级

缺陷类型	缺陷代码	I级（轻微）	II级（中等）	III级（严重）	IV级（危急）
裂缝	F	宽度 $\leq 0.5\text{mm}$ ， 单条， 长度 $<$ 管径20%	宽度 $0.5\text{mm} \sim 1.0\text{mm}$ ， 单条或多条， 长度 $<$ 管径50%	宽度 $1.0\text{mm} \sim 2.0\text{mm}$ ， 多条， 长度 $\geq$ 管径50%	宽度 $> 2.0\text{mm}$ ， 呈网状或环向贯通
断裂	B	管壁局部细小断裂，未错位	管壁断裂，错位 $<$ 管壁厚度50%	管壁断裂，错位 $\geq$ 管壁厚度50%	管壁完全断裂，管节脱开
腐蚀	C	表面轻微腐蚀， 深度 $<$ 管壁厚度10%	腐蚀深度10% $\sim$ 30%， 面积 $<$ 管壁面积30%	腐蚀深度30% $\sim$ 50%， 面积30% $\sim$ 60%	腐蚀深度 $> 50\%$ 或穿孔，面积 $> 60\%$
变形	D	变形率 $< 5\%$	变形率5% $\sim$ 10%	变形率10% $\sim$ 15%	变形率 $> 15\%$
孔洞	H	孔径 $\leq 10\text{mm}$	孔径 $10\text{mm} \sim 30\text{mm}$	孔径 $30\text{mm} \sim 60\text{mm}$	孔径 $> 60\text{mm}$
接头缺陷	J	接头轻微渗漏， 未见明显位移	接头明显渗漏， 位移 $< 10\text{mm}$	接头严重渗漏， 位移 $10\text{mm} \sim 20\text{mm}$	接头漏水，位移 $> 20\text{mm}$ 或脱开
内衬脱落	L	内衬局部起泡、鼓包，面积 $< 5\%$	内衬剥离， 面积5% $\sim$ 20%	内衬脱落， 面积20% $\sim$ 50%	内衬大面积脱落，面积 $> 50\%$

B.0.2 功能性缺陷类型与等级

表B.0.2给出了给水管线功能性缺陷的类型、等级划分及典型特征。

表 B.0.2 功能性缺陷类型与等级

缺陷类型	缺陷代码	I级（轻微）	II级（中等）	III级（严重）	IV级（危急）
沉积物	S	沉积物厚度 $<$ 管径10%	沉积物厚度10% $\sim$ 25%	沉积物厚度25% $\sim$ 50%	沉积物厚度 $> 50\%$ 或完全堵塞
结垢	G	结垢厚度 $< 3\text{mm}$ ， 面积 $< 20\%$	结垢厚度 $3\text{mm} \sim 6\text{mm}$ ， 面积20% $\sim$ 50%	结垢厚度 $6\text{mm} \sim 10\text{mm}$ ， 面积50% $\sim$ 80%	结垢厚度 $> 10\text{mm}$ ， 面积 $> 80\%$

表 B.0.2 功能性缺陷类型与等级

缺陷类型	缺陷代码	I级（轻微）	II级（中等）	III级（严重）	IV级（危急）
			0%	0%	
生物附着	W	附着层薄，生物膜覆盖面积<20%	附着层较厚，覆盖面积20%~50%	附着层厚，覆盖面积50%~80%	附着层致密，覆盖面积>80%
堵塞	Q	局部堵塞，过流面积减少<15%	过流面积减少15%~30%	过流面积减少30%~50%	过流面积减少>50%或完全堵塞
水垢/锈瘤	R	锈瘤直径<20mm，数量少	锈瘤直径20mm~50mm，数量较多	锈瘤直径50mm~100mm，分布广泛	锈瘤直径>100mm，或形成连片

B.0.3 附属设施缺陷类型与等级

表B.0.3给出了给水管线附属设施缺陷的类型、等级划分及典型特征。

表 B.0.3 附属设施缺陷类型与等级

缺陷类型	缺陷代码	I级（轻微）	II级（中等）	III级（严重）	IV级（危急）
阀门失效	V1	启闭轻微卡涩	启闭困难，密封轻微渗漏	启闭严重卡涩，渗漏严重	阀门完全失效，无法启闭或大量漏水
排气阀失效	V2	轻微漏气或排气不畅	漏气明显，排气功能下降50%	排气阀堵塞或大量漏水	排气阀完全失效，影响管线运行
消火栓失效	V3	外观锈蚀，功能正常	部分漏水或启闭困难	大量漏水或无法开启	消火栓完全损坏
伸缩器失效	E	轻微渗漏	明显渗漏，伸缩量减小	严重渗漏，伸缩量丧失	伸缩器脱开或断裂
支墩/镇墩损坏	A	表面轻微裂缝	结构明显裂缝，尚未位移	结构位移，稳定度下降	支墩/镇墩倒塌或完全失效

附录 C 供水管线健康评估报告编制大纲

C.0.1 封面

报告名称、报告编号、委托单位名称、评估单位名称（盖章）、报告日期。

C.0.2 声明

评估依据、评估范围与对象、检测数据的真实性与有效性说明、报告使用的限制条件。

C.0.3 项目基本信息

项目名称、项目地点、管线概况、评估任务来源。

C.0.4 评估依据

列出本规程及其他引用的标准规范、设计文件、竣工资料等。

C.0.5 评估范围与对象

明确评估管线的具体路段、节点编号、评估长度、重点筛选结果。

C.0.6 基础数据汇总

管线属性与环境数据：管径、材质、埋深、防腐层类型、土壤腐蚀性、地下水情况、周边荷载等。

运行与维修记录：运行压力、流量、水质数据，维修历史、爆管记录、改造记录等。

数据信息化管理情况：数据来源、数据完整性、数据存储方式等。

C.0.7 检测与评估方法

检测方法选用：列出采用的检测方法及选用的理由。

检测设备与人员：设备名称、型号、校准状态；人员资质、从业年限。

检测实施过程：测日期、检测条件、检测覆盖率、特殊处理措施（如临时排泥、辅助光源等）。

C.0.8 评估内容与结果

缺陷判读与分类：缺陷类型汇总表；缺陷等级分布。

结构性缺陷评估：管壁损伤、接口错位、腐蚀、裂缝、变形等缺陷的统计与分析。

功能性缺陷评估：沉积、结垢、堵塞、水锤影响、过流能力等分析。

附属设施评估：阀门、排气阀、排泥阀、检查井、消火栓等状态评估。

C.0.9 评估结论

风险评估：各管段风险等级（高、中、低），风险因素分析。

综合等级评定：管线健康综合等级（I、II、III、IV级），各管段等级分布图或表。

评估周期建议：下次评估建议时间及依据。

C.0.10 维护与改造建议

技术遴选：针对不同缺陷推荐的修复技术。

分级处置：按综合等级的处置措施建议（紧急抢修、计划修复、日常维护等）。

应急抢修预案：对高风险管段提出应急响应建议。

C.0.11 档案管理要求

评估成果归档要求、数据更新维护机制。

检测影像与图表资料：缺陷照片、CCTV视频截图、超声波图谱、声呐云图、管段位置图、综合等级分布图等。

附件：检测原始记录、设备校准证书、人员资质证书、相关图纸等。

附录 D 常见缺陷类型与修复技术对照表

D.0.1 本附录列出了城镇供水管线常见的缺陷类型及其适用的更新改造技术，旨在为健康评估后的技术方案初步筛选提供快速参考。实际工程中，具体技术的选择仍需结合管线详细状况、现场条件并依据第7章进行综合比选。

D.0.2 常见缺陷类型与修复技术对照见表D.0.1。

表 D.0.1 供水管线常见缺陷类型与适用修复技术对照表

缺陷大类	缺陷子类	典型表现或成因	健康状态等级	适用的更新改造技术（示例）	技术要点简述
结构性缺陷	局部腐蚀/孔洞	管壁因电化学或微生物腐蚀形成局部减薄、锈蚀甚至穿孔。金属管道常见。	III级（较差） IV级（危险）	1. 局部修复技术： a) 不锈钢发泡筒/卡箍 b) 环氧树脂局部注浆 c) 机器人焊接补板 2. 整体修复技术： d) 穿插法（缩径/非缩径） e) 原位固化法（CIPP）	适用于点状缺陷。快速止漏，恢复局部强度。需预处理腐蚀区域。适用于多点或连续腐蚀。形成连续新管，全面提升结构性能。
	纵向/环向裂缝	因地基沉降、温度应力、外部荷载等导致管体开裂。混凝土管、铸铁管常见。	III级（较差） IV级（危险）	1. 局部修复技术： a) 不锈钢套筒 b) 纤维复合材料缠绕 2. 整体修复技术： c) 原位固化法（CIPP） d) 碎管法+穿插新管	套筒需跨越裂缝两端。缠绕需清洁干燥基面。CIPP内衬可封闭裂缝并承受部分内压。碎管法适用于更换。
	接口渗漏/脱开	承插接口胶圈老化、焊接缺陷、法兰密封失效等导致接口处漏水。	II级（一般） III级（较差）	1. 局部修复技术： a) 不锈钢卡箍（针对承插口） b) 机器人焊接修复（针对焊缝） c) 注浆止漏（化学浆液） 2. 整体修复技术： d) 穿插法 e) 原位固化法（CIPP）	针对接口部位的专用止漏。注浆需考虑对水质的影响。整体内衬可密封所有接口，一劳永逸解决多个接口问题。

表 D.0.1 供水管线常见缺陷类型与适用修复技术对照表

缺陷大类	缺陷子类	典型表现或成因	健康状态等级	适用的更新改造技术（示例）	技术要点简述
	变形/坍塌	管体受外部超载挤压导致椭圆度超标或局部塌陷。	IV级（危险）	1. 预处理+修复： a) 内胀法恢复圆度 + CIPP内衬 2. 更换技术： b) 开挖更换 c) 顶管/定向钻更换	先使用气囊或机械装置将管道恢复至可接受圆度，再进行整体内衬。 适用于严重变形或坍塌，无法恢复的情况。
功能性缺陷	内部结垢/沉积	水中矿物质沉淀、铁锰沉积、生物膜附着导致过水断面缩小，摩阻增加。	II级（一般） III级（较差）	1. 清洗技术： a) 高压水射流清洗 b) 机械刮管（Poly-Pig） c) 化学清洗 2. 清洗+修复技术： d) 清洗后+ CIPP内衬（防复发）	恢复过流能力，属维护性措施。化学清洗需评估药剂残留及对管材影响。 在清洗基础上增加光滑内衬，可长期防止结垢，提升水力性能。
	异物侵入/树根	树根从接口或裂缝长入管内，或施工遗留物等。	II级（一般） III级（较差）	1. 清除技术： a) 高压水射流切割清除 b) 机器人机械清除 2. 清除+修复： c) 清除后对侵入点进行局部/整体修复	首先彻底清除侵入物。然后必须修复侵入通道（裂缝、接口），防止复发。
复合型缺陷	腐蚀伴生结垢	腐蚀产物与水中沉淀物混合形成坚硬瘤状物，兼具结构破坏与水力阻碍。	III级（较差） IV级（危险）	1. 组合技术： a) 高压水+机械联合清垢 + 局部/整体修复 2. 更换技术： b) 开挖或非开挖更换	需先彻底清理，暴露出真实的腐蚀缺陷，再根据腐蚀严重程度选择修复方式。
	裂缝伴生渗漏与沉积	裂缝导致漏水，同时漏水中泥沙在裂缝处沉积。	III级（较差） IV级（危险）	1. 组合技术： a) 清洗裂缝区域 + 裂缝修复（套筒、CIPP等）	修复前需清理沉积物，确保修复材料与管壁有效粘结。

注：缺陷等级按本规程附录B确定；修复技术的具体实施应符合相关技术规范及材料标准。

用词说明

为便于在执行本规程条款时区别对待，对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：
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：
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：
正面词采用“宜”，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，采用“可”。

引用标准名录

本工程引用下列标准。其中，注日期的，仅对该日期对应的版本适用本规程；不注日期的，其最新版适用于本规程。

GB 50013 室外给水设计标准

GB 50268 给水排水管道工程施工及验收规范

GB 50332 给水排水工程管道结构设计规范

GB/T 19000 质量管理体系 基础和术语

CJJ 92 城镇供水管网漏水探测技术规程

CJJ 159—2011 城镇供水管网漏水探测技术规程

CJJ 181 城镇排水管道检测与评估技术规程

CJJ 207 城镇供水管网运行、维护及安全技术规程

CJJ/T 226—2014 城镇供水管网抢修技术规程

T/CECS 10019—2019 城镇供水管道检测与评估技术标准

