

团 体 标 准

T/SWSTA XXXX—XXXX

供水管道健康状态与剩余寿命评估 技术导则

（送审稿）

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX—XX—XX 发布

XXXX—XX—XX 实施

上海市供水行业协会 发 布

目 次

前言 II

引言 III

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 基本要求 2

 4.1 一般要求 2

 4.2 评估对象确定 2

 4.3 评估技术方案 2

 4.4 评估流程 2

 4.5 在线辅助评估平台 3

5 数据整理与分析 3

 5.1 数据管理 3

 5.2 管道基础资料 3

 5.3 检测/监测数据 3

 5.4 实验数据资料 3

6 管道健康状态与剩余寿命评估 3

 6.1 管道健康状态评估 3

 6.2 管道剩余寿命评估 4

 6.3 监测/检测与评估周期 4

7 管道修复策略及延寿效率评估 4

 7.1 一般要求 4

 7.2 修复与更新建议 4

 7.3 延寿效率评估 4

8 管道维护策略 5

 8.1 维护策略制定 5

 8.2 维护技术要求 5

9 报告编制与成果资料 5

 9.1 报告编制内容 5

 9.2 存档要求 6

附录 A（资料性） 供水管道健康状态与剩余寿命评估模型说明 7

附录 B（资料性） 管道风险评估表 10

附录 C（资料性） 管道检测方法 11

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由上海市供水行业协会提出、归口并组织实施。

本文件起草单位：上海城市环境集团有限公司、上海城投水务（集团）有限公司供水分公司、上海浦东威立雅自来水有限公司、上海市自来水奉贤有限公司、上海城建水务工程有限公司、同济大学、上海城市水资源开发利用国家工程中心有限公司、上海浦东供排水建设工程有限公司、深圳市博铭维技术股份有限公司、上海市城市建设设计研究总院（集团）有限公司、上海水务建设有限公司、上海管康技术有限公司、上海宇联给水工程有限公司、浙江宁水水务科技有限公司、上海汇晟管线技术工程有限公司。

本文件主要起草人：××××。

首批承诺执行单位：

引 言

供水管道作为城市生命线工程的核心组成部分，其健康状况直接影响供水系统的安全运行与公共服务质量。供水管网系统具有规模大、服役年限跨度大、材质类型复杂等特点，在长期运行过程中普遍面临管道结构性缺陷、水质二次污染风险、漏损率控制等突出问题。

本文件编制遵循“预防为主、防治结合、科学评估、精准施策”的基本原则，旨在为供水管道的健康状况评估、剩余寿命评估以及修复决策提供统一、规范化的指导，确保供水管道修复工作的质量、安全和效率，提高供水系统的可靠性和稳定性，提升供水管网全生命周期管理水平。

供水管道健康状态与剩余寿命评估技术导则

1 范围

本文件规定了供水管道健康状态与剩余寿命评估的技术要求，涵盖数据整理与分析、管道健康状态评估、管道剩余寿命评估、管道修复策略及延寿效率评估、管道维护策略、报告编制与成果资料等。

本文件适用于城镇公共供水管道及由供水企业管理的居民小区室外供水管道的健康状态与剩余寿命评估，以及相关修复、更新与维护决策。对于已开展检测、监测或具备相关运行数据的管道，可依据本文件开展定量或半定量评估。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB 5749 生活饮用水卫生标准
- GB 50268 给水排水管道工程施工及验收规范
- CJJ 207 城镇供水管网运行、维护及安全技术规程
- CJJ/T 244 城镇给水管道的非开挖修复更新工程技术规程
- DB31/T 926 城镇供水管道水力冲洗技术规范
- DB31/T 1332 城市供水管网安全风险评估技术规范
- DB31/T 1333 城市供水管网运行安全风险监测技术规范
- T/SWSTA 0008 城镇供水管道带压内检测及评估技术规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

管道健康状态评估 evaluation of pipe health status

基于管道基础资料及检测/监测数据，对管道结构状态、运行状态及失效风险进行综合分析，并形成等级判定的过程。

3.2

评估基准日 assessment reference date

开展城镇供水管道健康状态与剩余寿命评估时确定的日期，用于数据截点、状态判定和剩余寿命起算。

3.3

管道健康概率 pipe health probability

在既定评估基准日和评估条件下，基于供水管道健康状态评估模型计算得到的、表征管道保持正常使用功能或处于健康状态的概率值，其取值范围为0~1。

3.4

管道延寿效率 efficiency of pipe lifespan extension

实施修复措施后，管道修复后剩余寿命与修复前剩余寿命之差同修复前剩余寿命的比值，以百分率表示。

3.5

管道剩余寿命 remaining life of pipe

在既定服役条件下，基于管道当前健康状态，预测其从评估基准日起至其功能失效的持续使用时间。

3.6

管道自然损坏 pipeline degradation due to natural causes

因管道自身结构或材料老化、腐蚀、疲劳、土壤环境、地质沉降、水力和运行条件等非人为外力因素导致的管道开裂、断裂、渗漏等损伤或功能失效事件。

4 基本要求

4.1 一般要求

4.1.1 供水管道健康状态与剩余寿命评估应以单根管段为基本数据归集和评估单元。同一项目建设的、连续的、管径与材质一致且无附属构筑物分隔的管段可作为单根管段进行评价，一般情况下，单根管段不宜超过 100 m。

4.1.2 评估所采用的数据应真实、可追溯、完整，并与评估目的相适应。

4.1.3 评估结论应作为管道维护、修复、更新等管理决策的重要依据，并与管网资产管理和运行维护计划相衔接。

4.1.4 开展定量评估时，应具备必要的管道基础资料以及检测、监测或运行数据；资料不足时，应先开展补充调查或采用定性、半定量方式进行预评估。

4.2 评估对象确定

符合下列情形之一的管道，宜优先开展健康状态评估：

- a) 近三年同一管材的管段（DN300 mm 及以上）发生 2 次及以上自然损坏事件；
- b) 管龄达到或超过设计使用年限，或设计使用年限不明且服役年限超过 30 年；
- c) 采用已明确限制使用、淘汰使用管材的管道；
- d) 位于地质条件复杂、外部扰动较大或重要敏感区域的管道；
- e) 其他有必要优先开展评估的管道。

4.3 评估技术方案

评估技术方案应包括以下内容：

- a) 评估对象、目标和范围；
- b) 数据获取方式及数据质量；
- c) 评估方法、评估指标和评估结果；
- d) 修复、延寿与维护策略及技术经济比选；
- e) 质量控制与成果资料归档。

4.4 评估流程

评估流程应包括准备、实施、修复和后评估四个阶段。具体流程可参考图 1。

- a) 准备阶段：资料收集、对象确定、技术方案编制。
- b) 实施阶段：数据整理与分析、管道健康状态与剩余寿命评估。
- c) 修复阶段：管道修复策略及延寿效率评估。
- d) 后评估阶段：管道维护策略、报告编制与成果资料归档。

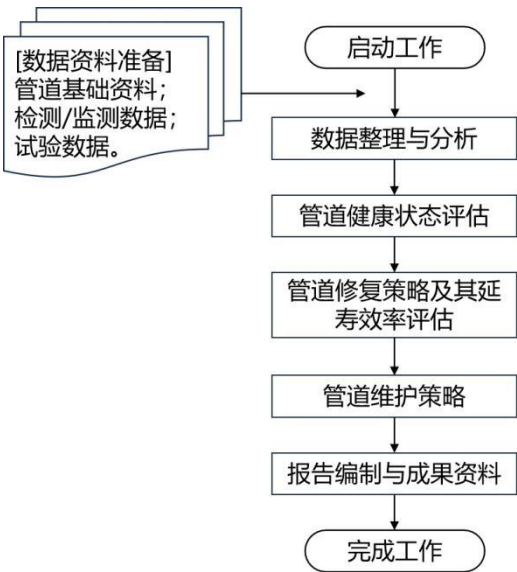


图1 供水管道健康状态与剩余寿命评估流程

4.5 在线辅助评估平台

在具备条件时，可依托在线辅助评估平台开展数据录入、计算分析和结果展示。平台展示结果宜与附录A规定的模型输入、数据校核、计算过程、结果表达和复核说明保持一致。平台功能及结果表达说明见附录A。

5 数据整理与分析

5.1 数据管理

供水管道检测/监测数据的采集、测量、存储及使用应符合国家、地方及运营方的数据安全要求，应建立数据质量控制程序，确保数据的准确性、完整性和时效性。

5.2 管道基础资料

应采集管道属性数据及环境参数并建立数字档案。推荐采集内容可参见附录B中表B.1。

5.3 检测/监测数据

- 5.3.1 音频、视频、图像数据应包含管道内部结构及沉积状况的检测结果。宜使用带压内检测设备或其他适宜设备采集相关数据。具体检测内容和数据采集要求可参见附录 B、附录 C 和 T/SWSTA 0008。
- 5.3.2 管道运行监测数据应包括管道压力、流量、流速、水质等。

5.4 实验数据资料

对于具备取样条件的管道，宜针对管道取样开展实验室检测，实验内容可包括管道结构力学检测、管道内部物质分析及表征检测等，具体见附录 C。

6 管道健康状态与剩余寿命评估

6.1 管道健康状态评估

- 6.1.1 管道健康状态评估应结合资料条件选择适宜的评价指标，指标宜包括管材、管龄、管径、连接方式、管道位置、历史漏/爆情况、运行压力、流量或流速、结构性缺陷、功能性缺陷、地质及水文条件等（参见附录 B）。
- 6.1.2 应结合历史运行数据、检测监测数据及影响因素信息，构建管道健康状态评估模型，计算管道生存概率。模型应说明样本来源、变量选取、数据处理、训练与验证方法。具体要求见附录 A。

6.1.3 管道健康状态评估以模型输出的结果进行管道安全风险等级判定。参考 DB31/T 1332 的风险分级思路，按表 1 将管道安全风险等级划分为五级。

表1 供水管道健康状态评估等级划分

管道健康概率	管道安全风险等级	评价与处置建议
[0.0, 0.2]	I级	管道安全风险十分严重，需立刻进行抢修或更新改造
(0.2, 0.4]	II级	管道安全风险较为严重，需尽快安排检修及加频巡检
(0.4, 0.6]	III级	管道安全风险中等，应加强跟踪并安排定期巡检
(0.6, 0.8]	IV级	管道安全风险较小，维持常规巡视
(0.8, 1.0]	V级	管道安全，维持常规巡视

6.2 管道剩余寿命评估

应基于构建的供水管道健康状态评估模型，结合管道基础资料、检测监测数据及历史失效信息，对目标管段剩余寿命进行预测。评估结果宜采用剩余寿命曲线等形式表示，并说明适用条件和不确定性。

6.3 监测/检测与评估周期

6.3.1 应根据管道重要性、风险水平、运行条件及数据更新情况，合理确定评估周期。下列检测/复核周期可作为推荐值，并结合供水企业运行管理能力、历史故障统计及新增检测数据动态调整：

- a) I级：实时在线监测；
- b) II级：每年一次全面检测；
- c) III级：每2年一次全面检测；
- d) IV级：每5年一次全面检测；
- e) V级：每10年一次全面检测。

注：对于承担水源输送、核心区域供水或位于重要敏感区域的关键管段，可在对应等级周期基础上适当缩短检测/复核周期，宜缩短约50%。

6.3.2 出现下列情形之一时，应及时复核评估结果；必要时可对模型参数或模型版本进行复核更新：

- a) 主要运行工况或水质条件发生显著变化；
- b) 管道结构、材质或关键运行参数发生较大变化；
- c) 新增检测、监测或失效事件数据对原评估结论有明显影响。

7 管道修复策略及延寿效率评估

7.1 一般要求

管道修复策略及延寿效率评估结果可用于支撑管道维护、修复、更新、监测和投资决策。

7.2 修复与更新建议

7.2.1 应结合健康状态评估结果、剩余寿命评估结果、运行条件及施工条件，提出修复、更新或继续运行建议。管道修复与更新的施工过程应符合 GB 50268 的规定。

7.2.2 应根据管道材质/口径、缺陷类型、运行流量、施工条件、修复技术经济性等因素综合选择开挖修复或者非开挖修复工艺。

7.2.3 当采用非开挖修复工艺时，宜结合管材、口径、缺陷类型、运行条件、停水条件、施工环境及经济性等因素进行比选。修复工艺分类及技术要求应符合 CJJ/T 244 的规定。

7.3 延寿效率评估

7.3.1 修复后，应综合考虑修复前后风险等级变化和剩余寿命变化，进行管道的延寿效率评估。

7.3.2 延寿效率评估流程应包括修复效果分析、修复后使用寿命预测、延寿效率评估，按以下实施：

- a) 修复效果分析：应确保修复后的管道可有效地防止水的泄漏，能承受正常的运行压力、温度、荷载等；
- b) 修复后剩余寿命预测：基于修复后管道数据，利用管道剩余寿命评估方法（参考附录 A）进行修复后剩余寿命预测；

- c) 延寿效率评估：将同一管段修复后剩余寿命预测值与修复前剩余寿命预测值进行比较，按照公式（1）计算延寿效率。

$$E = (Y_r - Y_p) / Y_p \times 100\%$$
 (1)

式中：
E——延寿效率；
Y_p——修复前供水管道的剩余寿命，单位为年；
Y_r——修复后供水管道的剩余寿命，单位为年。

7.3.3 评估结果应纳入管网资产管理系统，用于指导供水企业的固定资产投资计划及管网更新优先级安排。

8 管道维护策略

8.1 维护策略制定

- 8.1.1 应基于健康状态与剩余寿命评估结果，结合运行管理要求制定相应的维护策略。
8.1.2 管道维护策略应包括定期巡检、清洁、冲洗、监测、内检测和修复等措施，且应符合 CJJ 207 的规定。

8.2 维护技术要求

- 8.2.1 管道内检测应符合 T/SWSTA 0008 的规定。
8.2.2 管网冲洗和末端水排放符合以下要求：
a) 应通过清除管内沉积物减缓内壁腐蚀，辅助延长管道实际使用寿命，保障用水水质；
b) 管道冲洗应符合 DB31/T 926 的规定，冲洗后水质应满足 GB 5749 的要求；
c) 应根据管网流速、人工水质检测结果、在线水质检测数据、水质投诉情况确定管网冲洗周期。
d) 应建立管网冲洗电子或纸质台账，通过在线水质监测仪或人工便携式仪器记录冲洗前后的浊度、余氯数据，确保管道冲洗效果；
e) 管网末梢水应定期排放，每半年不宜少于 1 次，根据管道安全风险等级缩短周期。
8.2.3 日常巡检符合以下要求：
a) 管道巡检内容应符合 CJJ 207 的规定；
b) 应基于管径开展周期性分区巡检，具体巡检频次宜按照表 2 的推荐值执行，并结合健康状态评估等级动态调整；I 级、II 级管段宜在表 2 基础上增加巡检次数；
c) 汛期应加大过河过江管道巡检，寒潮期间应加强冰冻线以上管道巡检；
d) 穿越地铁、高铁线路等关键管道宜开展持续性风险监测，并满足 DB31/T 1333 的要求。

表2 管网巡检频次推荐值

管径范围（mm）	巡检频次
≥DN500	每季度一次
<DN500	每半年一次

- 8.2.4 维护策略评估应符合以下要求：
a) 应定期评估维护策略实施效果，并根据评估结果调整维护计划；
b) 评估内容宜包括维护成本、故障事件变化、供水服务影响和水质保障效果等；
c) 当出现故障事件集中、水质异常、运行工况显著变化或维护效果不达预期等情形时，应及时开展专项评估。

9 报告编制与成果资料

9.1 报告编制内容

报告内容宜包括以下内容：

- a) 概况和依据;
- b) 评估对象、范围、评估基准日和方法;
- c) 数据来源、质量控制与样本构建说明;
- d) 健康状况评估结果;
- e) 剩余寿命评估结果及必要的结果复核说明;
- f) 结果应用建议, 包括更新改造优先级清单、运维策略建议等;
- g) 结论及适用说明。

9.2 存档要求

供水管道健康状态、剩余寿命、修复策略与延寿效率评估报告应作为技术文档存档。存档资料宜包括原始数据、数据处理记录、模型名称及版本、主要参数、计算结果和复核记录, 数据安全应符合国家及地方要求。

附录 A

(资料性)

供水管道健康状态与剩余寿命评估模型说明

A.1 总则

本附录规定了供水管道健康状态与剩余寿命评估模型说明,包括基本过程、模型输入与原始数据数字化映射、数据集构建、训练与验证、数据质量核查与结果复核、输出结果、示例案例剩余寿命分析过程和在线辅助评估平台说明。

为增强模型评估过程的透明性,本附录对模型输入内容、原始数据数字化处理方式、模型训练与验证、数据质量核查、结果复核、输出结果与评价等级的对应关系、示范案例过程以及结果表达形式作出说明。

A.2 基本过程

本导则采用的供水管道健康状态评估模型,是基于供水管道历史运行、检测、维护和失效等数据构建形成的评估模型,用于对管道健康状态进行综合分析,并为剩余寿命预测提供基础。

使用单位按照本导则要求提供评估对象的相关数据后,即可调用本导则采用的评估模型完成预测分析,形成健康状态评估结果和剩余寿命预测结果。

本附录示例采用随机生存森林模型(Random Survival Forest, RSF)进行管道健康状态和剩余寿命分析。模型选择综合考虑了供水管道运行数据中删失数据、多变量影响及非线性关系等特征。

A.3 模型输入与原始数据数字化映射

模型输入宜包括基础属性、运行工况、检测监测结果、历史事件和外部环境等,具体指标可参见附录A和附录B。

原始数据映射为模型输入时,应建立统一的数据字典并在同一批次评估中保持一致。类别变量的示例编码如下方式处理:

- a) 管材:采用编码时,设置为镀锌=1,钢塑=2,铝塑=3,PPR=4,PE=5,UPVC=6,铸铁=7,预应力=8,自应力=9,玻璃钢夹砂=10,钢管=11,钢套混凝土管=12,球墨铸铁=13,其他=14;
- b) 管道直径(D): $D < 200\text{mm}$ 为1, $200 \leq D < 400\text{mm}$ 为2, $400 \leq D < 600\text{mm}$ 为3, $600 \leq D < 800\text{mm}$ 为4, $800 \leq D < 1000\text{mm}$ 为5, $D \geq 1000\text{mm}$ 为6;
- c) 管道位置:绿化带=1,人行道=2,非机动车道=3,小区内=4,建筑旁=5,市政道路=6,桥管=7。

上述编号仅作为数据字典示例,不表示类别变量具有大小或顺序关系。模型应用时应根据算法特性采用适宜的编码方式,并保证训练、验证和实际应用阶段的数据编码一致。

连续变量宜保持实测值或经标准化后输入模型,例如管龄(年)、埋深(m)、压力(MPa)、流速(m/s)、温度(°C)、降雨量(mm)、漏失次数(次/10a)等;结构性缺陷和功能性缺陷等指标应采用统一的分级或量化规则。缺失值、异常值宜通过数据统计方法如阈值法、箱线图法或工程复核等方式识别并留痕。

检测图像、音频、视频等非结构化数据用于建模时,说明其转化为数值特征的方法,例如内壁腐蚀面积占比、沉积厚度等级、裂纹长度、漏点声学特征值等;无法稳定量化的资料可作为人工复核依据,不宜直接作为模型输入。

A.4 数据集构建、训练与验证

本导则所采用的评估模型基于既有管道运行、检测、维护及失效样本数据构建形成,并经训练、验证和测试后用于供水管道健康状态评估及剩余寿命预测。导则使用单位原则上无需自行开展模型训练,仅需按要求提供评估对象相关数据,即可调用模型完成预测分析。

为保证模型的适用性和稳定性,样本选取过程中综合考虑了管材、口径、埋设年限、运行工况、环境条件、缺陷特征及失效情况等因素,使训练样本能够较为全面地覆盖供水管道常见运行场景和风险特征。

模型建模过程中，对样本数据进行了清洗、整理与标准化处理，形成用于模型训练的数据集。结合样本规模与模型泛化需求，数据集原则上按训练集、验证集和测试集进行划分，其中训练集、验证集和测试集占比分别约为70%、20%、10%。

模型形成依据宜结合前期研究和结果稳定性分析进行说明。模型性能可采用一致性指数等指标评估生存模型对样本风险排序的准确性，并观察不同样本量、变量完整性等条件下结果的稳定性。对于数据量较小或变量不完整的样本，应结合变量重要性、典型样本和工程经验进行复核，不宜仅依据单一指标判断模型可靠性。

A.5 数据质量核查与结果复核

数据质量核查宜贯穿评估对象数据整理、样本构建、模型计算和成果输出全过程。核查内容宜包括数据完整性、一致性、合理性和可追溯性。

完整性核查主要核查评估所需基础资料、检测监测数据、历史运行事件和外部环境信息是否满足评估要求；一致性核查主要核查同一批次评估中数据口径、编码规则、单位换算和时间基准是否一致；合理性核查主要核查异常值、缺失值、重复值及明显不符合工程实际的数据，并按既定规则进行识别、修正、剔除或留痕说明。

模型输出后，宜对输入条件、健康状态评估结果、剩余寿命曲线及风险等级对应关系进行复核，必要时结合工程经验、历史运行情况和典型样本开展人工复核。复核结果应作为成果表达和报告编制的重要依据。

A.6 输出结果

模型输出结果包括供水管道健康状态评估结果和剩余寿命预测结果，并分别以表格和图形形式表达。

健康状态评估模型输出值可表达为健康概率，并按照预先确定的映射规则转换为相应风险等级。映射规则应与表1保持一致（参见表A.1）。

剩余寿命预测结果以单根管段生存概率曲线形式表达，用于反映不同预测时点管段保持使用功能的概率变化趋势（参见图A.1）。

A.7 示例剩余寿命分析过程说明

示例用于说明本导则中供水管道健康状态与剩余寿命评估的实施步骤、结果形成逻辑和成果表达方式。

示例分析过程一般包括：收集评估对象基础资料、检测监测数据、历史运行事件和外部环境信息；依据统一数据字典进行数字化映射和样本整理；对样本数据开展完整性、一致性和合理性核查；采用随机生存森林模型进行建模分析；参考前期研究中基于一致性指数对不同数据量和变量数量等条件下模型结果变化情况的分析，并结合结果稳定性观察，对模型适用性和数据条件合理性进行综合判断；根据模型输出形成目标管段在不同时间点保持使用功能的概率曲线，并结合健康概率和风险等级映射关系进行结果表达和解读。

示例结果可采用表格与图形相结合的方式表达。表格用于展示典型预测时点或典型管段的健康状态评估结果及等级。图形用于展示单根或多根管段在不同预测时点的剩余寿命曲线。示例案例主要用于帮助使用单位理解本导则的评估流程和成果表达方式，不作为统一阈值、固定参数或单一技术路线的强制要求。

A.8 在线辅助评估平台说明

本导则可配套在线辅助评估平台使用。使用单位上传管道相关数据后，平台调用本导则采用的评估模型完成预测分析，并生成评估结果。平台宜具备数据录入、数据校核、计算分析、结果展示和必要复核说明等功能。平台输出内容主要包括：

- a) 表 A.1：示例管段健康状态评估结果及风险等级；
- b) 图 A.1：示例管段剩余寿命预测曲线。

附 录 B
(资料性)
管道风险评估表

表B. 1给出了管道健康状态与剩余寿命评估需要采集的数据。

表B. 1 管道健康状态影响因素及数据记录表样式

序号	填写类型	影响因素	备注
1	必填	管材	—
2		管龄	—
3		埋深	—
4		连接方式	—
5		历史漏/爆情况	1) 漏/爆类型：暗漏、明漏、人为挖爆、自然爆管、其他； 2) 漏/爆位置：管侧、管底、管顶、接口、管道开叉位、阀门处、其他； 3) 漏/爆方式：管道开裂、管道穿孔、管道断裂、承插口漏、水泥老化、水泥脱落、胶圈脱落、腐蚀、人为挖爆、其他； 4) 漏/爆口尺寸。
6		管道位置	管道位置、绿化带下、人行道下、慢车道下、快车道下、交通道口下、高速路面下、其他。
7	选填	管道内部特征	1) 物理化学内部分析数据； 2) 内检测数据，如结构性缺陷（腐蚀、破裂、变形、断丝、内衬脱落）等。
8		运行压力条件	1) 管道平均压力：通过压力传感器采集的 24 小时管道平均压力，若无压力传感器采集数据，可采用管网水力模型模拟计算的平均压力结果； 2) 流量、流速、温度等运行数据。
9		荷载应力	管道结构性力学性能数据
注：以上为推荐影响因素及数据情况记录，可根据实际工程情况调整。其中基础属性和历史运行事件信息宜作为必填项；内部检测及实验分析数据在具备条件时补充采集。对于高风险、重要或疑难管段，宜优先补充内部检测数据。			

附录 C
(资料性)
管道检测方法

C.1 实验数据资料概述

编制单位在导则编制过程中开展了实地取样检测与分析。使用单位可结合运维需求确定评估方式。常规评估可依据检测/监测数据开展；在具备停水、取样和安全条件时，针对重要管段或高风险区域可进行管段取样开展结构性实验分析。

C.2 管道结构性力学实验分析

管道结构性力学实验分析包括以下内容：

- a) 准备工作。取样及运送过程中确保管道的完整性；
- b) 样本采集。针对待检测的目标管道，应根据检测项目采集满足试验要求的代表性样段，样段长度不宜小于 30 cm；具体尺寸应按相应试验方法确定；
- c) 检测分析。利用专业的力学检测设备进行管道力学分析，分析指标宜包括管道结构强度、耐压能力等。

C.3 管道内壁分析及表征检测

管道内壁分析及表征检测包括以下内容：

- a) 样本采集。选择具有代表性的管道，采集管道内壁样本，确保采样过程无污染；
 - b) 管道内壁物质化学分析。将采集到的样本送至专业实验室进行处理和分析，利用化学分析方法对样本进行成分鉴定和含量测定；
 - c) 管道内壁物理表征检测。宜采用扫描电子显微镜、透射电子显微镜等技术分析管道内部物质的微观结构和形貌。
-