

中华人民共和国国家标准

油气输送用非金属管道完整性管理

Integrity management of non-metallic pipeline for oil and gas transmission

(征求意见稿)

(本稿完成时间 2024-4-23)

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。

××××-××-××发布

××××-××-××实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会

发布

目 次

前 言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 完整性管理体系	2
4.1 一般要求	2
4.2 完整性管理体系的流程	2
5 建设期完整性管理	3
5.1 一般要求	3
5.2 设计专篇（章）	3
5.3 专项施工方案	5
5.4 专项监理方案	5
5.5 专项验收方案	6
6 运行期完整性管理	7
6.1 一般要求	7
6.2 数据采集与集成	7
6.3 潜在风险识别与分析	9
6.4 基于风险监控检测与评价	12
6.5 维修维护与隐患治理	13
6.6 效能评价	15
7 报废处置与重复利用	15
7.1 报废处置	15
7.2 重复利用	16
8 管理要素	16
8.1 范围和目标	16
8.2 组织结构、岗位和职责	16
8.3 记录和文件管理	16
8.4 沟通	17
8.5 变更管理	17
8.6 应急管理	17

8.7 失效管理.....	18
8.8 培训与技能.....	18
附录 A（规范性） 复合管 1 000 h 存活试验压力计算.....	19
A.1 获取基础数据.....	19
A.2 建立线性方程.....	19
A.3 计算存活试验压力.....	19
附录 B（资料性） 非金属集输管道定性风险评价打分表.....	20
附录 C（资料性） 非金属管道监测技术	23
C.1 内置式.....	23
C.2 外置式.....	23
附录 D（资料性） 非金属管道无损检测技术	25
D.1 概述.....	25
D.2 数字射线.....	25
D.3 超声相控阵.....	25
D.4 微波.....	25
D.5 探地雷达.....	26
附录 E（资料性） 非金属管道寿命预测技术	27
E.1 概述.....	27
E.2 程序.....	27
参 考 文 献.....	28

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这些专利的责任。

本文件由全国石油天然气标准化技术委员会（SAC/TC355）提出并归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

油气输送用非金属管道完整性管理

1 范围

本文件规定了油气输送用非金属管道完整性管理的完整性管理体系、建设期完整性管理、运行期完整性管理、报废处置与重复利用和管理要素。

本文件适用于输送油气水介质的陆上非金属管道（玻璃纤维管线管、柔性复合高压输送管、热塑性塑料内衬玻璃钢复合管、钢骨架增强聚乙烯复合管及聚乙烯管等）的完整性管理，城镇燃气非金属管和海上非金属管参照使用。

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（包括所有的修订单）适用于本文件。

GB/T 15558 燃气用埋地聚乙烯（PE）管道系统

SY/T 6662.1 石油天然气工业用非金属复合管 第1部分：钢骨架增强聚乙烯复合管

SY/T 6662.2 石油天然气工业用非金属复合管 第2部分：柔性复合高压输送管

SY/T 6662.7 石油天然气工业用非金属复合管 第7部分：热塑性塑料内衬玻璃钢复合管

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

潜在风险 potential risk

非金属管道运行过程中，尚未发生但是可以预计的风险。

3.2

回归特性 regression characteristic

具有依据一系列长期（最长试验时间通常超过 10 000 h）压力试验结果得出设计压力等级的特征。

3.3

重复利用 reuse

服役完成后的管道应用于其他场景。

3.4

存活试验 survival test

用以表明非金属管产品性能至少可以达到合格产品要求的恒定内压试验。

3.5

基体材料 matrix material

非金属管道中与介质直接接触的材料，一般包括热塑性塑料和热塑性树脂。

3.6

增强材料 reinforced material

非金属管道中起到重要承压作用的材料，一般包括无机、有机或金属增强材料。

3.7

连接件 connector

连接非金属管道的接头，包括接头、法兰及配套的密封件。

3.8

全尺寸实物管道 full size pipe

包含具体材料、增强材料及连接件，且与现场应用一致的完整非金属管道系统。

4 完整性管理体系

4.1 一般要求

4.1.1 非金属管道完整性管理应贯穿非金属管道全生命周期，包括设计、制造、施工、运行和报废处置与重复利用等各阶段，并应符合国家法律法规的规定。

4.1.2 数据采集与集成工作应从设计阶段开始，并在完整性管理全过程中持续更新。

4.1.3 建设期应开展潜在高风险因素识别，优化路由选择，必要时采取技术措施降低潜在风险。

4.1.4 运行期应周期性进行高后果区识别，识别时间间隔最长不超过1年。当管道及周边环境发生变化，及时进行潜在风险更新。

4.1.5 管道建设、管理单位应明确管道完整性管理的负责部门及职责要求，并对完整性管理从业人员进行培训。

4.2 完整性管理体系的流程

4.2.1 非金属管道完整性管理体系基本要素与流程如图1所示。

4.2.2 非金属管道完整性管理体系基本要素包括技术要素和管理要素。管道运行管理单位应设定规范的流程，将技术要素和管理要素涵盖到设计选材、产品制造、运输与贮存、到场验收、施工安装、竣工验收、运行、维护维修、报废处置与重复利用等非金属管道的各个环节。

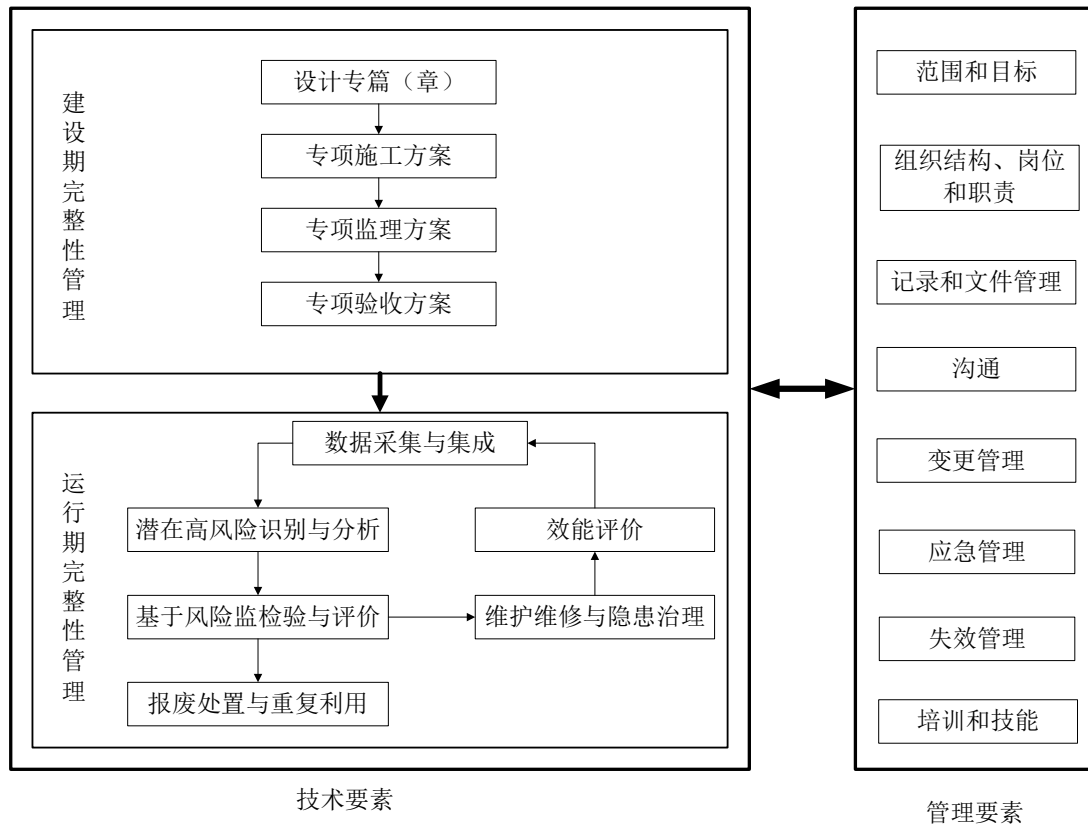


图 1 非金属管道完整性管理体系基本要素与流程

5 建设期完整性管理

5.1 一般要求

5.1.1 非金属管道建设期完整性管理目标是提升管道本质安全，降低管道运行阶段失效率。设计单位和施工单位应以非金属管道安全运行为目标，识别运行阶段的可能风险因素，在建设期采取相应技术对策以降低运行风险。

5.1.2 非金属管道建设期可分为设计阶段和施工安装阶段，设计阶段可分为预可行性研究、可行性研究、初步设计、施工图设计四个阶段。

5.1.3 非金属管道建设期应编制完整性管理设计专篇（章）、专项施工方案、专项监理方案、专项验收方案。

5.2 设计专篇（章）

5.2.1 预可行性研究和可行性研究阶段应编制完整性管理专篇（章），其包括非金属管道高后果区识别、潜在风险因素分析、基线检测或全面检测、数据采集与移交、完整性管理工程量及费用测算等。

5.2.2 建设期完整性管理专篇（章）应编写非金属管道基本情况，包括但不限于管道名称、起止

点、输送介质、温度、最大冻土深度、管道途经地区行政区划、人口状况统计分析、交通状况统计分析、仓库工厂统计分析、河流水源统计分析、地上设施统计分析、埋地设施统计分析、外部油气管道统计分析等。

5.2.3 建设期完整性管理专篇（章）中应明确非金属管道数据采集、信息化建设及移交方式等内容。

5.2.4 预可行性和可行性研究报告中应开展非金属管道高后果区识别，优先考虑避让高后果区，对无法避让的高后果区管段提出减缓措施。初步设计阶段应基于可行性研究阶段识别结果进行更新、再识别，并将其结果作为路由走向优选的重要条件，制定详细的减缓措施。施工图设计阶段涉及标准更新、周边环境变化、参数变更、线路路由设计变更时，应对变更的相关内容进行调整。

5.2.5 设计阶段应分析非金属管道面临的自然与地质灾害、制造与施工缺陷、第三方损坏、误操作及泄漏后果等。非金属管道面临的自然与地质灾害一般包括管道所在地极端天气、边坡移动、滑坡、泥石流、地表沉降、地震带、风蚀沙埋、地面塌陷及冻胀等内容。制造与施工缺陷一般包括管材、连接方式、安装回填等内容。第三方损坏一般包括开挖施工破坏、打孔盗油（气）、农业活动等。误操作一般包括运行阶段的误操作。泄漏后果一般包括管道失效产生的后果。

5.2.6 在工程交工验收前，应由建设单位组织开展基线检测，对于基线检测中发现的缺陷，应及时修复。基线检测前在管道设计和施工安装资料中提取收集静态数据。基线检测过程中采集管道的动态数据，作为首次完整性管理数据入库。首次采集完整性数据开展风险评价，以获得管道风险信息，制定整改措施和下次检验时间，不同管段的安全状况等级。

5.2.7 建设期完整性管理专篇（章）应编制涉及完整性管理的工程量及费用，主要包括高后果区管控措施、管道风险减缓措施、基线检测、数据采集及管道信息化建设等。

5.2.8 非金属管道的水力计算、热力计算、管道设计应符合 SY/T6769 系列标准的规定。

5.2.9 增强材料不存在回归特性的非金属管道，应通过管体最小爆破压力值确定公称压力等级，并且采用爆破压力试验进行验证；增强材料具有显著的回归特性的非金属管道，应通过系列长期静液压力试验确定的公称压力等级，采用附录 A 中的 1000h 存活试验进行验证。

5.2.10 输送油气介质的非金属管道性能受温度及压力影响较为明显，应综合考虑后期服役温度和压力变化，选材时进行裕量设计。针对不同工况条件，最大工作压力的确定应在公称压力等级的基础上乘以对应的温度折减系数及介质折减系数。

5.2.11 输送油气两相或气相输送的非金属管应充分考虑气体渗透对服役性能的影响，优先选用耐气体阻隔性能较好的基体材料。

5.2.12 非金属管道选材评价主要针对基体材料、增强材料、连接件和全尺寸实物管道进行，不同管道的评价应依据对应的相关标准开展。

5.2.13 现行标准对特定工况非金属选材无明确指导的，应提供至少持续 5 年验证的现场应用经验，

并包括至少一个现场使用之后的实验室性能评价意见，评价方法参照使用前评价，仍满足设计要求的可作为选材推荐。

5.3 专项施工方案

5.3.1 施工单位在开工前应编制非金属管道完整性管理专项施工方案，明确从开工准备至交工验收的整个施工阶段工作内容及要求。

5.3.2 施工单位应根据实际情况及工作要求，制定施工阶段完整性管理工作目标，目标应量化，注重过程控制。

5.3.3 施工阶段关键节点应包括非金属管道到货质量检验管理、存储管理、高后果区管段风险减缓措施落实计划、非金属管道连接管理、在建管道保护、隐蔽工程验收、清管试压管理、基线检测管理等。

5.3.4 根据建设期完整性管理专篇（章）中数据采集要求，编制施工阶段数据采集方案，方案中应明确数据采集要求、内容及计划。

5.3.5 完整性管理专项施工方案应明确施工阶段非金属管道完整性管理数据移交的具体要求，移交内容，包括建设期管道完整性管理数据、施工记录、投产试运记录、评估报告、相关协议及事件记录等资料。

5.3.6 非金属管道完整性管理相关数据移交应在交工验收前完成。

5.4 专项监理方案

5.4.1 非金属管道完整性管理专项监理方案应以施工阶段完整性管理设计文件、专项施工方案、施工文件及相关技术标准规范等为依据。

5.4.2 建设单位组织监理单位和工程质量监督部门开展施工阶段的专项监理和质量监督工作。

5.4.3 监理规划、监理实施细则和工程质量监督计划中应包含专项监理和质量监督要求的内容。

5.4.4 监理单位负责专项监理、监督内容应包括不限于以下内容：

- 施工单位质量行为；
- 高后果区管段施工；
- 数据采集方案；
- 管道安装工程；
- 单出图的大型穿跨越工程；
- 施工阶段完整性管理专项方案；
- 完整性管理组织及人员；
- 检测检验；
- 在建管道保护。

5.4.5 施工单位质量监督应包含但不限于以下内容：

- 原材料及构（配）件的使用和安装记录情况；
- 管道元件存放及记录情况；
- 标准和设计文件执行情况；
- 现场配合情况。

- 5.4.6 非金属管道高后果区管段施工监督内容应包含高后果区管段的风险减缓措施落实。
- 5.4.7 非金属管道数据采集方案监督内容应包含数据采集方案的审批及执行。
- 5.4.8 非金属管道施工阶段完整性管理专项方案监督应包含编制要点、审查、审批。
- 5.4.9 非金属管道完整性管理组织及人员监督应包含专（兼）完整性管理人员设置、人员分工。
- 5.4.10 非金属管道检测检验监督应包含基线检测开展、基线检测问题整改、安装监督检验和使用登记办理。
- 5.4.11 非金属管道与已建管道保护监督应包含签订《施工期管道管理协议》、已建管道保护方案审批、管道日常巡护、管道目视化标识。
- 5.4.12 非金属管道管材检查应包含管道和设备材质、产品质量证明文件等。
- 5.4.13 施工单位质量行为监督应包含质量问题整改、基线检测记录。
- 5.4.14 专项监理和质量监督应形成专项监理和质量监督问题记录，过程文件应纳入监理报告和工程质量监督报告。

5.5 专项验收方案

- 5.5.1 非金属管道施工阶段完整性管理专项验收应为交工验收的一部分，在项目投产前完成。
- 5.5.2 非金属管道专项验收程序可按照验收申请、验收准备、实施验收、做出验收结论、编制专项验收意见等流程开展。
- 5.5.3 申请专项验收应具备下列条件：
 - 管道基础数据表单已编制完成；
 - 工艺安全信息移交清单已收集完成；
 - 管道安装监督检验已完成；
 - 管道使用登记已完成或已开展；
 - 管道基线检测及问题整改已完成或已开展；
 - 管道专项风险管控设施调试及问题整改已完成；
 - 管道信息化建设已完成或已开展；
 - 完整性管理数据采集和移交已完成。
- 5.5.4 建设单位应提前5个工作日向验收组织部门提出书面验收申请。
- 5.5.5 建设单位应准备好相关资料并召集运行、设计、施工、监理等单位人员参加现场验收。

- 5.5.6 专项验收内容应包括非金属管道高后果区识别及风险评价、检测检验、完整性管理数据采集与移交、专项质量监督、投运前安全检查、完整性管理专项检查等。
- 5.5.7 高后果区识别及风险评价验收内容应包含高后果区管道风险减缓措施的落实。
- 5.5.8 检测检验验收应包含基线检测结果、基线检测问题整改、安装监督检验和使用登记办理。
- 5.5.9 完整性管理数据采集与移交验收应包含数据采集与整合结果、数据采集审查问题整改、数据移交、数据移交审查问题整改、数据入库、管道信息化建设。
- 5.5.10 专项质量监督验收应包含专项质量监督记录、专项质量监督问题整改。
- 5.5.11 投运前安全审查验收应包含必改项整改结果、遗留项整改结果。
- 5.5.12 完整性管理专项检查验收内容应包含最后一次完整性管理专项检查问题整改结果。
- 5.5.13 在专项验收通过后，应出具专项验收意见。专项验收意见书中不符合项整改由建设单位负责组织完成，并由使用单位复核整改结果。
- 5.5.14 有下列情况之一的，专项验收不应通过：
- 发现重大生产安全隐患；
 - 未开展压力管道安装监督检验；
 - 未开展管道基线检测；
 - 未开展管道信息化建设和完整性管理数据采集；
 - 未开展管道专项风险管控设施调试及问题整改。
- 5.5.15 专项验收未通过的，由建设单位负责组织整改，整改完成后重新提报验收申请。

6 运行期完整性管理

6.1 一般要求

运行期非金属管道完整性管理是持续循环的过程，包括数据采集与集成、潜在高风险识别与分析、基于风险监控与评价、维护维修与隐患治理、效能评价五个环节，见图 1。

6.2 数据采集与集成

6.2.1 数据采集流程

6.2.1.1 应明确非金属管道运行期阶段采集数据的执行标准、精度、数据要素等。

6.2.1.2 数据采集包括设计、制造、采购、运输贮存、到场检验、施工安装、竣工验收、运行、废弃等过程中产生的数据，还包括管道测绘记录、路由数据、环境数据、社会资源数据、失效记录及分析和应急预案等。

6.2.2 数据采集内容

6.2.2.1 新建非金属管道路由测量应在管道下沟后回填前完成。管道中心线数据应包括地理坐标、高程、埋深。测量数据应与桩、拐角点等信息对应。公路、铁路、管道、河流、建筑物等交叉点的

坐标数据应标注。

6.2.2.2 运行期数据采集内容应包含管道环境数据、管道输送介质数据、管道运行工况数据和管道检测维护管理数据。

6.2.3 数据采集方法

6.2.3.1 新建管道路由测量应在管道施工阶段进行，并在回填之前完成。测量的管道中心线数据应包括地理坐标、高程、埋深。测量数据应与桩、拐角点等信息对应。公路、铁路、管道、河流、建筑物等交叉点的坐标数据应标注。

6.2.3.2 在管道运行阶段，应根据管理要求和规定维护和更新测绘数据。宜通过卫星定位系统或埋地管道金属线探测确定管道坐标。对采用管线探测仪或探地雷达不能确定位置的管段，应采用开挖确认、走访调查、资料分析或其他有效方法确定其路由位置。

6.2.3.3 管道改线时，应测量新的路由，并及时进行数据更新。

6.2.3.4 管道设施数据宜在管道建设期从设计资料、施工记录和评估报告中采集，并在管道测绘同时采集基础地理数据及管道周边人口、行政等数据。

6.2.3.5 数据采集宜包括建设和运行阶段产生的施工记录和评价报告等。这些记录应至少包括：施工记录、质量检验记录、运行记录、维修和检测记录等。

6.2.4 数据对齐

6.2.4.1 管道附属设施数据和周边环境数据应基于非金属管道里程对齐。

6.2.4.2 管道路由对齐应以测绘数据为基准。

6.2.5 数据移交

6.2.5.1 在试运行之前，管道建设单位应将管道设计资料、产品制造资料、路由数据、运输与贮存数据、到场检验数据、施工记录、评估报告、相关协议等管道数据提交给运营单位。

6.2.5.2 数据形式应为电子数据和纸质数据。施工过程产生的数据可按工程竣工资料要求的格式和内容提交。

6.2.5.3 移交方应确保移交数据的准确性、完整性，要求如下：

- a) 建设期的数据应按 5.4 的要求进行对齐整合，并建立数据之间的线性关联关系；
- b) 建设期管道路由及沿线地物坐标精度应达到亚米级精度。在人口密集区应适当提高数据精度。

6.2.6 数据存储与更新

6.2.6.1 宜采用线性参考系统对管道类性等数据进行组织和维护，对无法纳入线性系统的数据基于坐标进行保存。

6.2.6.2 应采用结构化的实体数据模型，实现全生命周期数据的管理和有效维护。

6.2.6.3 文档、图片、视频等非结构化数据的存储应建立文件清单。非结构数据应保证提交数据与文件清单相一致。

6.2.6.4 应采取管理措施确保数据精度和时效性。

6.2.6.5 应具备数据内容更新方式和数据校验方法，宜使用更新过的或校验过的数据。

6.2.6.6 数据更新应符合下述要求：

- a) 存储的数据宜进行例行性检查确保其一致性和完整性；
- b) 设施信息更新，例如管段更换都应被采集并存储；
- c) 更新应标识版本详细信息，并能通过历史数据和当前数据的比较反映管道及周边环境的变化；
- d) 管道数据的更新应按照数据变更管理流程进行，并做好相应记录；
- e) 宜保留历史数据。

6.3 潜在风险识别与分析

6.3.1 潜在风险识别与高后果区识别

6.3.1.1 非金属管道潜在风险识别应依据造成非金属管道失效的危害因素进行，主要包括与时间相关、固有因素和与时间无关三大类开展工作。

6.3.1.2 非金属管道高后果区识别准则和要求参照 GB 32167 执行，针对陆上油气长输用非金属管道的人员密集型高后果区安全管理应参照《油气长输管道人员密集型高后果区安全风险排查评估指南》（应急危化二〔2024〕5号）执行。

6.3.2 风险评价

6.3.2.1 目标

- a) 识别影响管道完整性的危害因素，分析管道失效的可能性及后果，判定风险水平；
- b) 对管段进行排序，确定完整性评价和实施风险消减措施的优先顺序；
- c) 综合比较完整性评价、风险消减措施的风险降低效果和所需投入；
- d) 在完整性评价和风险消减措施完成后再评价，反映管道最新风险状况，确定措施有效性。

6.3.2.2 方法

可采用一种或多种管道风险评价方法来实现评价目标。风险评价方法包括但不限于专家评价法、安全检查表法、风险矩阵法、指标体系法、场景模型评价法和概率评价法等。常用的风险评价方法有风险矩阵法和指标体系法。风险矩阵法参考 GB 32167-2015 附录 E。指标体系法参考 SY/T 6891.1 或 GB/T 27512，但具体指标需结合非金属管道特性，去除钢制管道腐蚀影响和焊缝影响指标。非金属管道风险评价指标宜参照附录 B 执行。

6.3.2.3 流程

风险评价流程包含以下步骤，详细流程图见图 3。

- a) 确定评价对象；
- b) 识别危害因素；
- c) 数据采集与管段划分；
- d) 失效可能性分析；

- e) 失效后果分析；
- f) 风险评价结果分析；
- g) 提出风险消减措施建议。

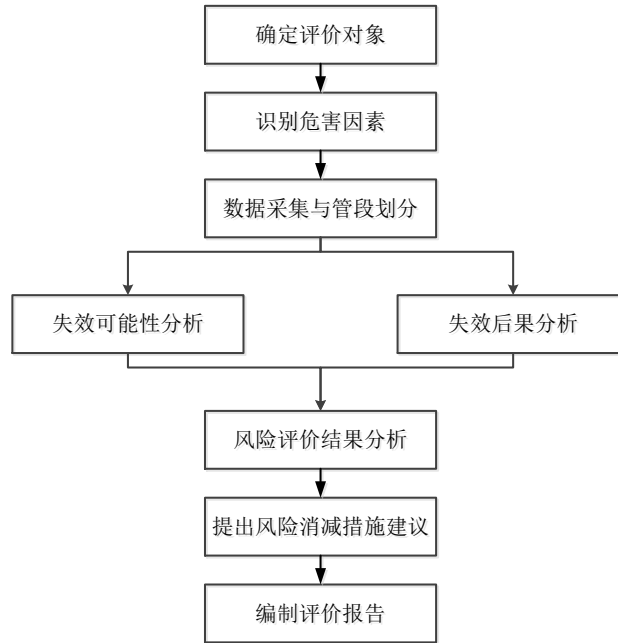


图 3 非金属管道风险评价流程

6.3.2.4 确定评价对象

根据非金属管道的类型以及关注的问题，确定风险评价对象。

6.3.2.5 识别危害因素

应系统全面识别管道运行历史上已导致管道失效的危害因素，并参考类似管道的失效因素。非金属管道的危害因素识别及分类见表 2。

表 2 非金属管道危害因素

分类	危害因素	子因素
时间相关	管材老化	材料老化降解
		管体蠕变
		金属接头腐蚀
固有因素	与制管有关的缺陷	管道壁厚设计过小/接头密封设计不合理
		管道固化度偏低
		使用回收料
		密封圈质量不合格
		接头螺纹加工精度低
		内衬 PE 损伤

	与施工有关的因素	运输、装卸、存储不规范
		敷设操作不规范（管道扭转、长距离沟上连接等）
		管道连接不规范（密封脂涂覆不全、螺纹损伤、接头压制力不足、螺纹未上紧等）
		试压过程不规范
		附加配件缺失（O形圈缺失等）
		维护维修不及时
	配件因素	密封垫片失效
		转换接头失效
与时间无关的因素	第三方/机械损伤	第三方造成损坏
		管子旧伤
		故意破坏
		二次施工破坏
	误操作	超温运行
		未考虑压力修正系数超压运行
		输送介质改变
	自然灾害和外力因素	高低温
		暴雨或洪水
		地表沉降
保护套管长度不足		

6.3.2.6 数据采集与管段划分

数据采集包括管道基础数据采集、管道及周边环境数据采集和管道检测数据采集。当现有数据不足时，宜通过管道沿线环境调查和现场检测，以获得实际调查和检测数据。

管道风险计算以管段为单元进行，可采用关键属性分段或全部属性分段两种方式。

关键属性分段是指考虑高后果区、地区等级、站场位置等管道关键属性数据，比较一致时划分为一个管段；全部属性分段是指收集所有管道属性数据后，当任何一个管道属性沿管道里程发生变化时，插入一个分段点。

6.3.2.7 失效可能性分析

根据识别出的每一种危害因素，结合风险评价模型，进行失效可能性分析与评价。

6.3.2.8 失效后果分析

a) 应根据安全环境后果和生产后果评价失效后果，涵盖要素包括人员、环境、经济等类型。

6.4.1.4 监测管理和预警

按监测方案实施监测系统的运行和管理。重点检查监测点的布置、监测方法的选择是否符合要求，是否按监测频次实施监测。对于监测异常的预警，应及时安排专人处理。每个监测点的位置都应在监测运行图中标识，安装有监测点的管道线路和站场应安排人员负责监测系统日常维护，发现问题应及时预警向上级主管部门汇报。

6.4.2 基于风险的无损检测

6.4.2.1 检测区域

非金属管道的无损检测区域需基于风险评价结果与主要风险因素确定，优先在高后果区和高风险管段进行检测。

6.4.2.2 检测方法

针对不同类型的非金属管道，选取适宜的无损检测技术，开展非金属管道的检测工作。相关无损检测技术见附录 D。

6.4.2.3 检测内容

非金属管道的无损检测内容包括路由、连接完整性和本体性能。

6.4.3 基于风险的评价

6.4.3.1 评价方法

采用压力试验对在役管道进行评价。管道长期低于设计压力运行，需要提高压力运行但压力仍然低于设计压力，在确保风险可控条件下，可采用输送介质进行压力试验。

采取开挖短管的取样评价方式对非金属管道的服役性能进行进一步评价，评价项目主要包括承压性能变化、老化分析及寿命预测等，寿命预测方法宜参考附录 D 进行。

6.4.3.2 评价周期

6.4.3.2.1 非金属管道基于风险评价的最大时间间隔不超过 5 年。

6.4.3.2.2 宜通过压力试验和管材性能的综合分析、所需要的实际运行压力和最高试压压力的差值大小、随时间增长的缺陷增长速率等提出压力试验的再评价周期。

6.4.3.2.3 无法确定缺陷增长速率的管道，最长不应超过 3 年。

6.4.3.2.4 允许有其他被证实为科学可信的方法来确定再评价周期，对特殊危害因素应适当缩短再评价周期。

6.5 维修维护与隐患治理

6.5.1 日常巡护

6.5.1.1 根据风险评价和基于风险监控与评价结果，制定非金属管道日常巡护方案，明确巡护的内容、频次和重点位置，高风险非金属管道应作为巡护的重点。

6.5.1.2 非金属管道日常巡护发现的异常和变化应及时记录和上报，并跟踪处理结果。

6.5.2 维修方法

6.5.2.1 玻璃纤维管线管维修

维修方法主要包括手糊维修、粘接现场螺纹维修、法兰连接维修和金属修补器维修（打卡子维修），使用范围见表 3。

表 3 玻璃纤维管线管维修方法适用范围

序号	维修方法		适用范围
1	手糊维修	管体/接头手糊维修	管体穿孔、接头渗漏，渗漏部位直径不超过 5cm
		短管连接手糊维修	管体穿孔、断裂，接头渗漏、拔脱
2	粘接现场螺纹维修（承插）	玻璃钢管箍连接维修	管体穿孔、断裂，接头渗漏、拔脱
		钢制转换接头连接维修	管体穿孔、断裂，接头渗漏、拔脱
3	法兰连接维修		管体穿孔、断裂，接头渗漏、拔脱
4	金属修补器维修（打卡子维修）		管体穿孔、渗漏，穿孔直径不超过 1cm，适用于设计压力不高于 1.6MPa 的管道

6.5.2.2 柔性复合高压输送管维修

维修方法为断管安装金属接头法，主要程序包括对失效部位切割断管、将接头扣压在待连接的复合管两端，金属接头连接等，接头形式应符合 ST/Y 6662.2 要求。

6.5.2.3 热塑性塑料内衬玻璃钢复合管维修

针对局部缺陷，采用断管后重新制作接方法维修，接头形式应符合 ST/Y 6662.7 要求；针对整根管线失效问题，如内衬塌陷，增强层超过 20%面积损伤等，进行整管更换。

6.5.2.4 钢骨架增强聚乙烯复合管维修

常用的维修方法为断管重新制作接头后连接。针对不同的钢骨架增强聚乙烯复合管，采用的接头制作方法宜与产品标准中接头方式一致，接头形式应符合 ST/Y 6662.1 要求。

6.5.2.5 聚乙烯管维修

6.5.2.5.1 针对缺陷类型的大小及现场应用需求，采用不断管和断管两种方式维修。

6.5.2.5.2 当缺陷几何尺寸小于 $\phi 2\text{mm}$ 时，或用于临时抢维修时，采用不断管维修方式，在缺陷位置处采用金属修补器维修（打卡子维修）；当缺陷几何尺寸不小于 $\phi 2\text{mm}$ 时，采用断管方式维修，

连接方式为电熔连接，接头形式应符合 GB/T 15558.2 要求。

6.5.3 隐患治理

建立隐患治理方案，并采取相关措施，例如维修维护或更换管线等方式开展治理工作。完成治理后的管道同样采取运行期完整性管理措施。

6.6 效能评价

6.6.1 应定期开展效能评价确定完整性管理的有效性，可采用管理审核、指标评价和对标等方法。

6.6.2 管理审核可采用内部审核或外部审核的方式，发现并改进管理存在的不足。

6.6.3 效能评价应考虑针对具体危害因素的专项效能和完整性管理项目的整体效能设定评价指标，包括但不限于管道完整性管理覆盖率、潜在风险识别率、风险控制率及缺陷修复情况。

6.6.4 应通过对标，查找与行业先进水平的差距。

6.6.5 效能评价活动结束后，应出具效能评价报告。

7 报废处置与重复利用

7.1 报废处置

7.1.1 国家法律法规、规范等明令禁止继续使用。

7.1.2 经过检测或试压等手段技术评定，不符合技术、安全、环保规范，不能继续使用或无修复价值。

7.1.3 因自然灾害等不可抗拒因素、事故或人为破坏，致使管道遭严重损坏，存在危及使用安全的缺陷，不具备修复条件或无修复价值的。

7.1.4 管道使用年限小于5年，仅在局部地段发生多次失效的管段，宜采取分段判废。因介质流向调整、运行条件改变，管道不能满足使用工况时，非金属管道应优先停运封存、临时停用，若无启用可能再永久停用。

7.1.5 弃置前准备

7.1.5.1 非金属管道报废前，应充分了解管道运行历史、输送介质的成分、管道维修、维护记录和异常记录。

7.1.5.2 非金属管道主管部门和施工单位应根据弃置方案共同确认工作内容。包括但不限于管道（设备）状况、打开位置、隔离位置、介质风险告知、介质清理流程、确认清理合格的方法等。

7.1.5.3 应针对管道内介质的特性建立安全预案和应急处置程序。

7.1.5.4 应结合现场实际采用适宜方式对弃置管道进行清洗，并对管道残留物浓度及管道清洁度进行测试，要求管道打开处未见残留固体、堆积物及沉积积液，并满足可燃气体检测要求，预防火灾爆炸事故。

7.1.5.5 管道弃置要求

1) 报废管道每个出口应永久性封闭，并在管道靠近水域、长距离下坡等适当位置分段截断并设置管塞密封堵。管塞可以选择水泥、聚氨酯泡沫体等能够附着在管道内壁的材料，敏感区域管道宜采用灌注水泥浆后封存，管道注浆充填度不小于95%。若具备回收条件的，可进行拆除回收。

2) 地上管段、跨越段、裸露段等所有位于地表的报废管道应拆除回收。

3) 报废管道应与其他生产系统硬性脱离，报废管道内的介质应全部回收，杜绝次生灾害发生。管道清洗时产生的有毒有害物质应进行集中处理，所有排放应满足相关环保法律法规要求。

4) 管道弃置环境清理工作包括临时征地、绿化补偿、河务补偿、管沟开挖、拆除及回填、污染物处理、地貌恢复等，管道弃置后由责任主体单位组织弃置专项验收。

5) 在地方政府部门已登记备案的管道报废时，应在管道弃置处理后按规定到原登记部门注销。

7.1.5.6 应综合考虑法律法规、标准规范、安全环保、处置成本、土地规划等因素，制定报废管道处置方案。就地处置管道应将残留物清理至规定要求，再根据需要进行分段隔离或注浆填充处置。

7.1.5.7 拆除管道应先进行残留物清理，再进行拆除。

7.1.5.8 对于已达到报废条件的管道，报审后可先进行残留物清理。

7.2 重复利用

7.2.1 封存管道启用时，应评估管道安全状况，宜进行管道承压性能评估，可采用压力试验、基于风险的监检测与评价等手段进行。

7.2.2 评估合格后的管道按照新建管道投产要求进行启用。

8 管理要素

8.1 范围和目标

非金属管道运行管理单位应确定本单位的非金属管道完整性管理总体目标，风险可接受水平、失效事件控制程序等完整性管理规定。设定的目标应与非金属管道现状和现有技术条件相适应。

8.2 组织结构、岗位和职责

非金属管道运行管理单位应确定完整性管理组织机构。组织机构应由明确的部门和人员组成，人员应有明确的职责分工。

8.3 记录和文件管理

8.3.1 非金属管道完整性管理体系中的重要内容应记录和管理，内容包括：

- a) 完整性管理规范 and 目标的陈述；
- b) 实施完整性管理的流程；
- c) 确保完整性管理有效实施和进行过程控制的相关文件和记录。

8.3.2 记录与文档管理应保存：

- a) 全生命周期管道安全运行与维护所需的历史信息；
- b) 管道管理有效性和合规性的客观证据；
- c) 决策制定和允许的相关资料。

8.3.3 应建立管理计划以识别、收集、储存和废弃以下记录和文档：

- a) 与管道管理相关；
- b) 其他完整性管理方案相关文档。

8.3.4 管理计划应包含电子和纸质记录与文档的管理流程。

8.3.5 应建立和管理涉及管道设计、采购、施工、运行、维护和废弃阶段的记录和文档。

8.3.6 各阶段的报告等应通过专业评审，并对报送备案的情况进行记录。

8.4 沟通

8.4.1 应制定和实施沟通计划以保证内外部有关人员能够获知完整性管理相关信息。

8.4.2 管道企业与各外部相关方的沟通应考虑以下内容：

- a) 政府部门
 - 1) 管道企业联系方式；
 - 2) 管道走向图；
 - 3) 应急预案。
- b) 管道沿线居民
 - 1) 管道企业联系方式；
 - 2) 管道位置；
 - 3) 管输介质；
 - 4) 识别、报告和应对泄漏的方式。

8.4.3 内部相关部门沟通内容应包括：

- a) 完整性管理的关键要素及其相关情况；
- b) 必要的内部报告及其效果和结果；
- c) 及时有效的完整性管理实施的相关信息。

8.5 变更管理

8.5.1 应制定变更管理程序，以规范变更管理。

8.5.2 对于工艺调整、改线、修复等变更，应及时更新数据，变更完整性管理方案。

8.5.3 运行管理单位应建立变更管理计划，以保证在非金属管道变更实施前，有效识别变更对非金属管道安全运行的潜在影响，并对变更内容进行记录和评估。

8.6 应急管理

使用单位应依照相关法律法规的要求做好应急各阶段的工作，并将完整性管理的结论建议应用于应急响应计划的全过程。应急管理包括预防与应急制备，应急响应，应急状态的解除。其中：

- a) 预防与应急制备包括应急预案编制，应急措施制备，应急资源制备，应急数据制备；
- b) 应急响应包括应急预案启动，应急响应等级预判，和应急响应措施。

8.7 失效管理

8.7.1 应对失效进行分析，包括泄漏、管体不可接受缺陷、对管道安全造成影响的周边环境变化或附属设施损坏以及其他造成重大经济损失的情况等。

8.7.2 应根据现场调查结果及收集到的背景资料，结合试验分析结果等，综合分析判断失效模式，找出失效的直接原因与根本原因等，并根据具体情况建立相应的纠正或预防措施，有效控制同类事故的发生。

8.7.3 应针对失效原因分析复核完整性管理方案和执行情况，查找管理制度和管理活动中存在不足。

8.7.4 应由具有相关能力的人员负责事件调查并编写调查报告。事件调查报告应在管道企业内部进行发布和宣贯。

8.7.5 应建立非金属管道失效管理的信息数据档案和调查处理程序。数据档案包括失效预测和历史失效记录两部分。

8.8 培训与技能

8.8.1 运行管理单位应规定非金属管道完整性管理各岗位人员的技能要求，包括管理人员、专业技术人员及其他相关人员。

8.8.2 非金属管道使用单位应明确非金属管道完整性管理各岗位的培训要求并制定培训计划。

8.8.3 从事非金属管道完整性管理的相关人员应进行完整性管理相关内容的培训，具体包括：

- a) 完整性管理规定；
- b) 数据管理；
- c) 损伤模式识别与风险评估；
- d) 非金属管道检验与结果评价；
- e) 非金属管道缺陷修复管理；
- f) 非金属管道日常管理。

8.8.4 运行管理单位应编制并执行完整性管理人员的培训大纲，定期修订培训计划。当新标准、法规发布，新设备、新工艺或新管理制度实施时，应对培训大纲进行审查，并根据需要予以修订。

8.8.5 完整性管理人员在掌握理论知识，具备相应的技能后，还需对其能力进行必要的考核。

8.8.6 完整性管理人员应定期接受知识更新培训，以更新其岗位知识和技能。

附录 A
(规范性)

复合管 1 000 h 存活试验压力计算

A.1 获取基础数据

A.1.1 复合管的公称压力等级 (NPR) 应由制造商提供。

A.1.2 在认证试验温度下开展水压爆破压力测试, 记录复合管的爆破压力 P_{burst} 及水压爆破时间 t_{burst} 。宜选取 3 根样品取平均值。

A.2 建立线性方程

A.2.1 取复合管 20 a (175 200 h) 时间对应的置信下限 (LCL) 压力 = 公称压力等级 (NPR) × 温度折减系数 (f_t) / 设计系数 (F_d)。缺省 F_d 值为 0.67。

A.2.2 建立拟合直线方程式为:

$$Y = aX + b \dots\dots\dots (A.1)$$

式中:

X —— 试验时间对数值;

Y —— 试验压力对数值;

a 、 b —— 常数。

A.2.3 将 A.1.2 和 A.2.1 得到的两组数据 (175 200, LCL) 和 (t_{burst} , P_{burst}) 分别取对数并代入式 (A.1), 得出 a 、 b 值。

A.3 计算存活试验压力

将 1 000 h 取对数并代入式 (A.1), 得到 1 000 h 存活试验压力 P_{1000h} 。

附录 B

(资料性)

非金属集输管道定性风险评价打分表

非金属集输管道定性风险评价打分参见表B.1。

表B.1 非金属集输管道定性风险评价打分表

A.1		失效可能性等级 (5)					
		失效可能性指标	属性项	等级 (P)	修正系数		
失效可能性 否定项	1	近五年内管道出现 2 次及以上失效事件		5	1		
	2	管道运行工况存在超设计情况, 如压力 (考虑温度折减系数)、温度等		5			
失效可能性 风险项	1	管道上方的活动水平		低 (沙漠、戈壁等无人区, 几乎没有车辆通行, 无其他施工等作业活动)	1	0.06	
				中 (农田, 巡线公路 (乡道、县道), 偶有施工等作业活动)	3		
				高 (人员活动频繁, 车辆密集 (省级及以上公路), 施工作业活动多)	5		
	2	管道埋深情况		不低于 1.2 米	1	0.06	
				小于 1.2 米, 且无管道露头	3		
				管道露头	5		
	3	管道巡线情况		不超过 3 天	1	0.08	
				3 天以上, 10 天以下	3		
				不低于 10 天	5		
	4	管道本体情况	玻璃钢管最小壁厚		大于 3mm	1	0.1
					不大于 3mm	5	
		柔性复合管正常运行压力		10MPa 以下	1		
				不低于 10MPa	5		
	5	管道接头情况	大口径 (DN200 以上) 玻璃钢管接头密封措施 注: DN200 及以下管道此项取 1		双密封等新设计、施工质量高	1	0.08
					非双密封设计但采取了外加强等措施	3	
单密封等普通接头, 未采取其他加强措施					5		

		柔性复合管接头材质情况	耐蚀合金	1		
			碳钢+防腐层（涂层、衬层等）	3		
			碳钢	5		
	6	同一工程项目管道管体缺陷情况（根据运营历史经验和检测维修结果等确定）		无或已及时修复	1	0.1
				有管体缺陷	3	
				有严重管体缺陷	5	
	7	同一工程项目管道接头缺陷情况（根据运营历史经验和检测维修结果等确定）		无或已及时修复	1	0.2
				有接头缺陷	3	
				有严重接头缺陷	5	
	8	管道清管情况		已清管或无需清管	1	0.06
宜清管但不具备条件				3		
宜清管且具备条件但未开展				5		
9	管道检测情况		已开展基于风险的检测	1	0.16	
			同期建设服役工况接近管道开展了在役管段的取样室内检测	3		
			随机进行了管道检测，如开挖检测等	4		
			从未开展检测	5		
10	管道是否经过地质灾害敏感区，如洪水、泥石流、滑坡、沉降等		否	1	0.1	
			是，但采取预防措施	3		
			是，且未采取预防措施	5		
A.2		失效后果等级（5）				
		失效后果指标	属性项	等级（P）		
失效后果风险项	1	介质危害性	成分	原油管道（气液比小于等于 200 Nm ³ /t）或者天然气管道	1	
				油气混输管道	2	
		硫化氢	不含硫化氢（不高于 20 mg/m ³ ）	0		
			含硫化氢（20 mg/m ³ 及以上）	1		
		运行压力	运行压力<2.5 MPa	0		
			2.5 MPa≤运行压力<10 MPa	1		
			运行压力≥10 MPa	2		
	2	管道穿越环境特征	处于沙漠戈壁等无永久性人员居住的区域	0		

		户数在 15 以下、农田、县道、乡道等影响较小区域	1	
		处于 15 户以上 50 户以下村庄城镇等影响较大区域	2	
		管道高后果区	3	
	3	基于管线支干线的重要程度	对生产影响较小管道，如单井管线；	0
			对生产影响较大，如集输支干线；	1
			对生产影响重大管线，如集输干线。	2
	4	防范措施的修正系数	设置有泄漏监测系统、紧急关断系统以及高后果区泄漏防护措施	0.4
			泄漏监测系统、紧急关断系统、高后果区泄漏防护措施中的任意两种	0.6
			泄漏监测系统、紧急关断系统、高后果区泄漏防护措施中的任意一种	0.8
			无以上任意一种措施	1

附录 C
(资料性)
非金属管道监测技术

C.1 内置式

C.1.1 非金属管道内置式监测是基于非金属管道可设计性强特点而制备的，实现监测装置与管道一体化结构，产品结构示意图 C.1。

C.1.2 通过内置式监测装置的安装，可以实现对非金属管道运行参数的全面感知、监测、数据收集分析以及反馈控制等操作。

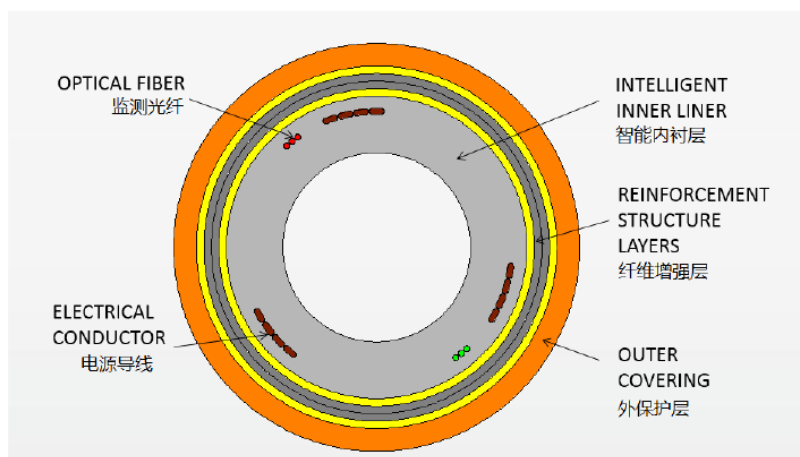


图 C.1 非金属管道内置式监测示意图

C.2 外置式

C.2.1 外置式的监测类型包括分布式光纤（产品安装示意及工作原理见图 C.2 和图 C.3）、外置式智能监测系统（产品安装示意及工作原理见图 C.4 和图 C.5）等。

C.2.2 在非金属管道敷设的同时，同时进行外置式监测装置的安装，可以实现第三方破坏、管道泄漏、地势沉降等监测。

C.2.3 外置式监测装置基于对管道沿线任一点的温度、应变、振动信息获取，实现实时监测效果。



图 C.2 分布式光纤安装示意图

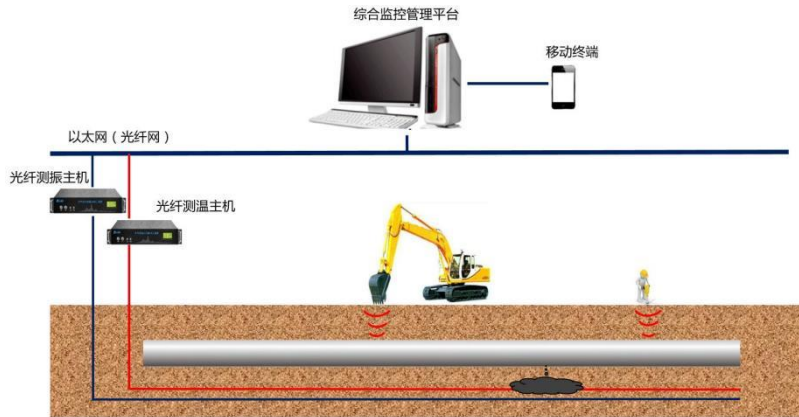


图 C.3 分布式光纤监测工作原理图



图 C.4 产品安装示意图

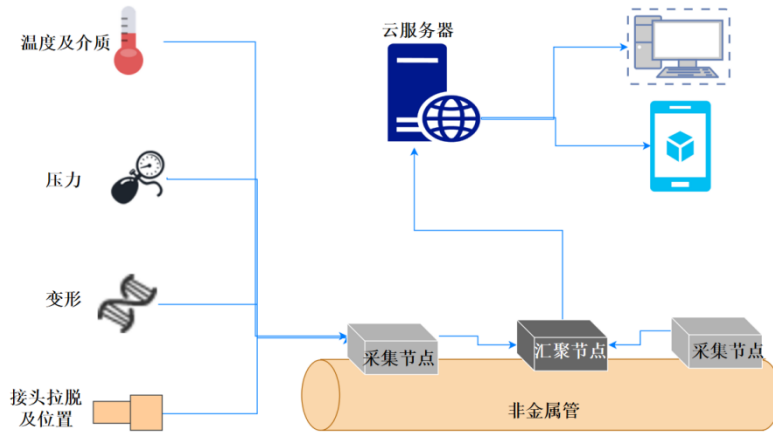


图 C.5 外置式智能监测系统工作原理图

附录 D

(资料性)

非金属管道无损检测技术

D.1 概述

D.1.1 非金属管道无损检测技术可用于非金属管道开挖不断管检测，可以实现管体缺陷及损伤、接头质量检测以及找管定位等。

D.1.2 目前可供选择的无损检测技术包括数字射线、超声相控阵、微波和探地雷达等。

D.1.3 针对管体缺陷及损伤检测，现有的检测技术对于连续结构的非金属管道（例如玻璃钢管）具有较好的适用性，对于多层结构的复合管（例如柔性复合管）适用性较差。

D.2 数字射线

D.2.1 数字化X射线照相检测技术采用高频射线机，搭配电子阵列探测器，直接数字化X射线成像，检测人员可以直接在电脑显示器上观察图片，进而发现试件的损伤情况。

D.2.2 数字射线检测技术获得的检测图像，与常规（胶片）射线照相检验技术获得的检测图像比较，其特点是曝光时间短、一次扫描动态范围大、图像数据利于存档、结果便于记录报告、可以共享信息、可作数字增强处理、可实现对缺陷的自动识别、易于实现检测自动化、无需消耗品和化学药品，且更容易与机械系统集成，实现自动化检测。

D.2.3 数字射线可探测的主要缺陷有：

- a) 冲击损伤；
- b) 表面损伤；
- c) 内部夹杂；
- d) 粘结接头缺陷。

D.3 超声相控阵

D.3.1 超声相控阵是由多个独立的压电晶片组成阵列，用电子系统按一定的激励时序控制激发各个晶片单元，来调节控制焦点的位置、聚焦的方向和偏转的角度，再通过电子扫描的方式来实现缺陷成像。超声相控阵技术对被检工件内部具有很好的实时成像能力，可准确检出工件中的缺陷，并确定其位置、大小，通过特定的扫查方式可实现形状复杂工件的检测。

D.3.2 超声相控阵可探测的主要缺陷有：

- a) 冲击损伤；
- b) 表面损伤；
- c) 内部夹杂；
- d) 管体结合部位缺陷。

D.4 微波

D.4.1 微波检测是一个发展相对较新，但具有潜力的非金属管道系统无损检测技术。这项技术还需要进一步发展，才能成为一种可靠的无损检测技术。

D.4.2 微波可探测的主要缺陷有：

- a) 冲击损伤；
- b) 表面损伤；
- c) 分层；
- d) 粘结接头缺陷。

D.4.3 由于超声波的应用受到高信号衰减和探头表面耦合不良的限制。微波无损检测设备最近已成为商业上可用于测量非金属材料介电性能的设备，并且有可能检测厚截面中的缺陷。

D.5 探地雷达

D.5.1 探地雷达检测是当雷达发射的电磁波在传播过程中遇到存在电性差异的分界面或物体时会发生反射，根据接收到的电磁波的波形、振幅强度和时间变化等特征可推断地下介质的空间位置、结构、形态和深度。埋地非金属管道与其周边介质存在电性差异，可以利用探地雷达进行管道埋深、位置、及发布情况进行探测，具有获取信息快速、成本较低、非开挖接触和效率高等特点。

D.5.2 也可以通过检测由泄漏引起局部土体空洞或者土体浸润造成雷达反射波出现异常来辨识漏损位置。但是，目前该技术在泄漏检测方面尚未得到规模化应用，其可靠性仍需进一步验证。

附录 E

(资料性)

非金属管道寿命预测技术

E.1 概述

E.1.1 该方法利用静水压与爆破试验所得数据，通过剩余爆破强度值的对数和静水压时间的对数线性回归，得出拟合直线，代入寿命耐压强度值后得出该管材的寿命时间。

E.1.2 该方法适用于增强材料为非金属，且具有显著回归特性的非金属复合管，例如柔性复合管高压输送管。

E.2 程序

E.2.1 随机选取同批次中的多根柔性复合管管材，分成多组并进行编号；

E.2.2 对每组管材进行静水压试验，静水压压力值为该批管材的2倍公称压力，静水压时间选取多个分散的离散点；

E.2.3 对静水压试验后的管材进行爆破试验，测试其静水压剩余强度，取得每组管材的静水压剩余强度数值，利用相对偏差来判定数值是否符合要求，相对偏差=[(单次测定值-平均值)/平均值]×100%，当每组测试数据的相对偏差范围为-20%~20%即为合格数据，最终拟合数据取平均值；反之，则重复E.2.1至E.2.3。

E.2.4 分别以静水压时间的对数和静水压剩余强度值的对数作为横纵坐标，利用线性回归法进行数值拟合，得出拟合方程 $y=ax+b$ ；

E.2.5 在对于已得回归直线与测试点进行观测，如果出现偏移较大的测试点应进行舍弃并补做试验，重复步骤一至步骤五，确定最终拟合方程 $y=a_1x+b_1$ ，若各点分布符合线性回归要求不执行此步骤。

E.2.6 寿命压力值定义为管材在长期服役后静水压达到公称压力的1.5倍时爆裂或泄露至失效时对应的压力值，记为 δ_{end} ，其值大小为 $\delta_{end}=1.5*$ 公称压力，最后通过方程中已知寿命压力值得到对应的时间值，此值即为该批次复合管的寿命时间。

参 考 文 献

- [1] GB 32167-2015 油气输送管道完整性管理规范
 - [2] GB/T 27512 埋地钢质管道风险评估方法
 - [3] SY/T 6891.1 油气管道风险评价方法 第1部分：半定量评价法
-