

ICS 75.200

CCS E98

团 体 标 准

T/ZAWS 003—2024

城镇燃气输配管道完整性管理规范

Integrity management specification of city gas distribution pipeline



2024 - 05 - 31 发布

2024 - 06 - 01 实施

浙江省安全生产协会 发 布

目 次

前言 II

1 范围..... 1

2 规范性引用文件..... 1

3 术语和定义..... 2

4 总则..... 3

5 数据采集与管理..... 4

6 关键区域识别..... 9

7 风险评价..... 10

8 完整性评价..... 13

9 风险消减与维修维护..... 18

10 效能评价..... 23

11 失效管理..... 23

12 改造、停用与废弃管理..... 25

13 沟通和变更管理..... 27

14 培训和能力要求..... 28

附录 A （资料性） 完整性管理体系建设与审核 29

附录 B （资料性） 完整性管理数据采集清单 31

附录 C （资料性） 提交数据表结构 33

附录 D （资料性） 管道风险矩阵法 42

附录 E （资料性） 肯特管道风险评价法..... 44

附录 F （资料性） 管道建设期风险评价内容..... 45

附录 G （规范性） 管道危害因素 46

附录 H （资料性） 管道风险评价报告 49

附录 I （资料性） 管道失效事件信息统计表..... 50

附录 J （资料性） 管道完整性管理培训大纲 52

前 言

本标准按照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。

请注意本标准的某些内容可能涉及专利。本标准的发布机构不承担识别专利的责任。

本标准由浙江省安全生产协会提出并归口。

本标准起草单位：浙江能源天然气集团有限公司，浙江省能源集团有限公司，浙江浙能燃气股份有限公司，中国石油大学（华东），浙江城建煤气热电设计院股份有限公司，杭州萧山管道燃气发展有限公司，杭州天然气有限公司。

本标准主要起草人：胡国华，吕海舟，王涛，吴昀，周凯，牟文彪，刘亚静，肖方雄，陈方正，周东辉，董志，徐小峰，王武昌，周夏汀，赖书敏，唐恒荣，陈刚，沈晓东。

本标准为首次发布。



城镇燃气输配管道完整性管理规范

1 范围

本标准规定了城镇燃气输配管道全生命周期完整性管理内容、方法和要求，包括数据采集与管理、关键区域识别、风险评价、完整性评价、风险消减与维修维护、效能评价、失效管理、改造停用与废弃、沟通和变更管理、培训和能力要求等技术内容。

本标准适用于遵循GB 50028设计，用于输送天然气介质的城镇燃气输配管道及其附属设施的完整性管理。附属设施包括线路阀门（阀井）、调压站（含调压柜、调压箱）、凝水井（缸）、阴极保护装置、标志标识等。

本标准不适用于城镇燃气门站之前的长输天然气管道，以及城镇燃气输配系统中的庭院燃气管道及其附属设施的完整性管理。

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/T 15558.1 燃气用埋地聚乙烯（PE）管道系统第1部分：总则

GB/T 15558.2 燃气用埋地聚乙烯（PE）管道系统第2部分：管材

GB/T 15558.3 燃气用埋地聚乙烯（PE）管道系统第3部分：管件

GB/T 15558.4 燃气用埋地聚乙烯（PE）管道系统第4部分：阀门

GB/T 17391 聚乙烯管材与管件热稳定性试验方法

GB/T 18476 流体输送用聚烯烃管材耐裂纹扩展的测定慢速裂纹增长的试验方法（切口试验）

GB/T 19285 埋地钢质管道腐蚀防护工程检验

GB/T 19466.6 塑料 差示扫描量热法（DSC）第6部分：氧化诱导时间（等温OIT）和氧化诱导温度（动态OIT）的测定

GB/T 19624 在用含缺陷压力容器安全评定

GB/T 27512 埋地钢质管道风险评估方法

GB/T 29461 聚乙烯管道电熔接头超声检测

GB/T 29639 生产经营单位生产安全事故应急预案编制导则

GB/T 30582 基于风险的埋地钢质管道外损伤检验与评价

GB 32167 油气输送管道完整性管理规范

GB/T 35013 承压设备合于使用评价

GB/T 36676 埋地钢质管道应力腐蚀开裂(SCC)外检测方法

GB 50026 工程测量标准

GB 50028 城镇燃气设计规范

GB 50251 输气管道工程设计规范

GB/T 50811 燃气系统运行安全评价标准

GB/T 51455 城镇燃气输配工程施工及验收标准
GB 55009 燃气工程项目规范
GB/T 6111 流体输送用热塑性塑料管道系统耐内压性能的测定
GB/T 8804.3 热塑性塑料管材拉伸性能测定 第3部分
CJ/T 125 燃气用钢骨架聚乙烯塑料复合管及管件
CJJ/T 153 城镇燃气标志标准
CJJ 33 城镇燃气输配工程施工及验收规范
CJJ 51 城镇燃气设施运行、维护和抢修安全技术规程
CJJ 61 城市地下管线探测技术规程
CJJ 63 聚乙烯燃气管道工程技术标准
SY/T 0087.1 钢质管道及储罐腐蚀评价标准 第1部分：埋地钢质管道外腐蚀直接评价
SY/T 0087.2 钢质管道及储罐腐蚀评价标准 第2部分：埋地钢质管道内腐蚀直接评价
SY/T 6713 管道公众警示程序
T/ZJASE 008 聚乙烯管道热熔对接接头相控阵超声检测

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1

管道完整性 pipeline integrity

管道处于安全可靠的服役状态，主要包括管道在结构和功能上是完整的；管道处于风险受控状态；管道的安全状态可满足当前运行要求。

3.2

管道完整性管理 pipeline integrity management

对管道面临的风险因素不断进行识别和评价，持续消除识别到的不利影响因素，采取各种风险消减措施，将风险控制在合理、可接受的范围内，最终实现安全、可靠、经济地运行管道的目的。

3.3

完整性管理方案 integrity management program

对管道完整性管理活动做出针对性计划和安排的文件，系统地指导数据采集与整合、关键区域识别、风险评价、完整性评价、风险消减与维修维护、效能评价等完整性管理工作。

3.4

庭院燃气管道 courtyard gas pipeline

城镇燃气输配系统中用户红线范围内的中低压燃气管道。

注：如果没有划定用户红线范围，则以用户室外配气支管第一道阀门为界。

3.5

管道管理企业 pipeline management firms

从事城镇燃气输配管道建设、运维、管理的企业。

3.6

数据对齐 data aligning

通过阀门、短节、环焊缝等易于识别的特征将多来源或多批次管道数据按照线性参考系统进行位置校准。

3.7

关键区域 key areas

管道失效后可能导致严重人员伤亡或环境破坏，需要重点巡查和风险控制区域。

3.8

风险评价 risk assessment

运用定性或定量的统计分析方法对管道安全风险进行分析，确定其严重程度，对现有控制措施的充分性、可靠性加以考虑，以及对其是否可接受予以确定的过程。

3.9

风险管理 risk management

根据风险评价的结果，确定安全风险控制的优先顺序和安全风险控制措施，以达到改善安全运行条件、减少和避免管道安全事故的目标。

3.10

完整性评价 integrity assessment

采用适用的检测或测试技术，获取管道本体状况信息，结合材料与结构可靠性等分析，对管道的安全状态进行全面评价，从而确定管道适用性的过程。

3.11

失效 failure

管道或相关设施等失去原有设计所规定的功能或造成一定的物理变化，包括泄漏、损坏或性能下降。

3.12

第三方损坏 third-party damage

管道管理企业及其有合同关系的承包商之外的个人或组织无意或蓄意损坏管道系统的行为。

4 总则

4.1 完整性管理应贯穿管道全生命周期，包括设计、采购、施工、投产、运行和废弃等各阶段，并应符合国家法律法规的规定。检验检测机构资质要求应满足特种设备相关法律法规规定。

4.2 新建管道的设计、施工和投产应满足完整性管理要求。

4.3 数据采集与管理工作应从设计期开始，并在完整性管理全过程持续进行。

4.4 应建立可操作的管道完整性管理体系，参见附录 A。

4.5 应根据管道及周边环境变化情况，及时动态调整完整性管理体系内容。

4.6 明确完整性管理负责部门及其职责要求，并对完整性管理从业人员进行培训。

4.7 积极采用新技术新理念。

4.8 完整性管理是持续循环的过程，应包括但不局限于以下环节：

- a) 数据采集与管理；
- b) 关键区域识别；
- c) 风险评价；
- d) 完整性评价；
- e) 风险消减与维修维护；
- f) 效能评价与失效管理；

- g) 持续改进。

5 数据采集与管理

5.1 管段划分

数据采集前应对管道进行划分，遵循“相同属性、类似特征”原则，将具有相似周边环境、相同规格和材质等因素的管道划分为同一管段，可按管道工程项目或参考GB 32167、GB/T 27512进行划分，也可根据实际情况选择下列因素：

- a) 自然环境因素：
 - 1) 土壤腐蚀性，
 - 2) 杂散电流，
 - 3) 地质灾害，
 - 4) 潜在泄漏量，
 - 5) 最小覆土厚度，
 - 6) 地形地貌；
- b) 社会环境因素：
 - 1) 管道沿线人口密度、建筑物密度、交通情况，
 - 2) 监测监督能力，
 - 3) 使用性质，例如工业、商业、居民等不同用户类型需划分不同管段；
- c) 管道自身因素：
 - 1) 管道压力等级，可参考 GB 55009，
 - 2) 管龄，
 - 3) 规格和材质，
 - 4) 敷设方式，
 - 5) 调压设备及相关安全附件、安全设施，
 - 6) 防腐方式（防腐层类型、阴极保护方式）。

5.2 数据采集

5.2.1 数据采集流程

5.2.1.1 明确管道全生命周期不同阶段需采集的数据种类和属性，按照源头原则进行收集。

5.2.1.2 数据来源包括设计、采购、施工、投产、运行、废弃等阶段产生的数据，还包括管道测绘记录、环境数据、社会资源数据、失效分析、应急预案等。

5.2.2 数据采集内容

5.2.2.1 数据采集范围应包括但不限于管道属性、测绘数据、环境数据、运行维护数据、失效统计与分析数据以及社会资源数据等。

5.2.2.2 管道建设期的数据采集内容应至少包括：

- a) 设计文件及其变更记录；
- b) 管道元件、安全附件制造质量证明文件和监督检验证书；
- c) 管道属性、施工过程记录、焊接工艺文件、无损检测文件、阴极保护等数据；
- d) 管道中心线测量数据，包括管道（开挖埋地管道和非开挖敷设管道）地理坐标、高程、埋深数据，管道环焊缝、管件、附属设施、拐角点、边界点等中心坐标数

据，沿线地上公路、铁路、河流、建（构）筑物等交汇点坐标数据以及沿线地下管线和基础设施等交汇点坐标数据等；

- e) 管道安装竣工验收资料、安装监督检验报告、隐蔽工程验收记录及相关资料、工程质量检验和评定报告等。

5.2.2.3 管道日常运行维护数据采集内容至少应包括：

- a) 运行日志（含日排查报告）及工艺记录，异常及处理情况记录、重要监测数据（压力、流量等）、日常维护资料等；
- b) 改造或修理资料，包括设计和施工方案、竣工验收资料，改造、修理记录及检验资料等；
- c) 地区等级、人口现状、地形地貌变化、历史调查记录等；
- d) 运行管理制度及程序文件等相关文档。

5.2.2.4 管道定期检测与评价数据采集内容至少应包括：

- a) 安全附件的校准、校验资料；
- b) 日常检查记录；
- c) 年度检查报告；
- d) 关键区域识别与风险评价报告；
- e) 定期检验、专项检测报告。

5.2.2.5 管道失效数据采集内容至少应包括：

- a) 腐蚀、误操作等原因导致的管道泄漏失效数据；
- b) 自然灾害损坏数据；
- c) 第三方损坏数据；
- d) 燃气安全事故统计和分析报告等数据；
- e) 其他失效数据。

5.2.2.6 停用和废弃管道数据采集内容至少应包括：

- a) 管道属性；
- b) 停用的时间和原因；
- c) 废弃处置方法等其他报告。

5.2.2.7 管道完整性管理数据采集清单参见附录 B。

5.2.3 数据采集方法

5.2.3.1 中心线测量

5.2.3.1.1 新建管道中心线测量应在管道施工阶段进行，并在回填之前完成。通过工程测量、现场调查、检测监测等方法采集管道中心线、管道本身属性和周围环境数据。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、环焊缝、拐角点等信息对应。与公路、铁路、管道、河流、建筑物等交叉点的坐标数据应标注。

5.2.3.1.2 中心线测量坐标数据应符合 GB 50026 或 CJJ 61 的规定，采用 CGCS 2000 国家大地坐标和 1985 国家高程基准，坐标精度应满足测绘标准要求。如果采用其他基准，必须建立相应的换算关系。

5.2.3.1.3 管道运行阶段，应根据管理要求的规定，维护和更新测绘数据。宜通过卫星定位系统和埋地管道探测确定中心线坐标，也可采用内检测技术结合惯性测绘获得。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，确定其中心线位置。

5.2.3.1.4 管道改线时，应测量新的中心线，并及时进行数据更新。

5.2.3.1.5 管道中心线测量坐标精度应达到亚米级。

5.2.3.2 管道设施数据、基础地理等环境数据采集

5.2.3.2.1 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，并同时采集基础地理数据及管道周边人口、行政等数据。

5.2.3.2.2 根据 GB 50026 的相关规定，应采用工程测量方法绘制地下管线图和带状地形图等数据，严格遵守测量要素和内容、数据格式、精度要求以及成图比例尺等标准。

5.2.3.2.3 宜通过现场调查或影像数字化来开展管道沿线属性数据采集工作。

5.2.3.2.4 数据采集包括建设和运行阶段产生的施工记录和专项检测评价报告等，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。

5.2.3.2.5 合理利用已有的数字化设备，实现相关设施、管道数据和基础地理数据自动化采集。

5.2.4 数据对齐

5.2.4.1 管道附属设施数据和周边环境数据应基于环焊缝信息或其他拥有唯一地理空间坐标的实体信息对齐，应以精度较高的数据为基准对齐。

5.2.4.2 施工阶段和运行阶段的管道中心线对齐宜遵循如下要求：

- a) 钢质管道中心线对齐应以测绘数据或内检测提供的环焊缝信息为基准，聚乙烯管道以测绘数据为基准。测绘数据精度不能满足要求时，宜根据外检测和补充测绘结果更新中心线坐标；
- b) 当测绘数据与内检测数据均出现偏差时，应进行开挖测量校准。

5.3 数据移交

5.3.1 在试运行之前，管道建设单位应与运营单位进行数据移交，涉及的资料和文件如下：

- a) 项目建设程序文件，见表 1；

表1 项目建设程序文件

文件类型	具体文件名称
立项文件	发改部门批准的立项文件
	初步设计审批文件
工程开工文件	建设工程规划许可证、附件及附图等
	建设工程施工许可证
工程竣工验收及备案文件	消防、住建、应急管理等部门出具的认可文件或准许使用文件

- b) 项目勘察设计文件，见表 2；

表2 项目勘察设计文件

文件类型	具体文件名称
勘察文件	验线合格文件等
设计文件	初步设计图及说明等
	施工图设计及说明等

- c) 项目建设监理文件，见表 3；

表3 项目建设监理文件

文件类型	具体文件名称
监理文件	监理月报、工作日志、会议纪要、工作总结等
	工程进度检查、施工质量检验文件等

d) 项目建设采购资料，见表 4；

表4 项目建设采购资料

文件类型	具体文件名称
采购资料	采购清单、采购发货单、采购质量证明等
物资资料	物资验收表等

e) 项目建设和竣工验收资料，见表 5；

表5 项目建设和竣工验收资料

文件类型	具体文件名称
建设资料	管道走向图、中心线数据、施工管理、施工记录等
竣工验收资料	工程竣工验收文件、施工质量证明文件等

5.3.2 数据形式应为电子数据和纸质数据。管道工程资料可按工程竣工资料要求的格式和内容提交。管道中心线等电子数据宜采用标准格式，数据表结构参见附录 C。

5.4 数据管理

5.4.1 数据录入与存储

- 5.4.1.1 数据录入应遵循数据库建设标准，确保数据的一致性。
- 5.4.1.2 管道属性、中心坐标等结构化数据应建立三维实体数据模型进行录入和存储。非结构化数据如文档、图片、视频等应建立文件清单，并确保提交数据与文件清单相符。
- 5.4.1.3 在数据录入和存储之前，应进行数据校验，去除过期、来源错误或精度不满足要求的数据。录入和存储后，还应进行数据有效性测试。
- 5.4.1.4 管道管理企业应及时将日常管理数据录入数据库。如果条件不允许，应当保存纸质记录或电子版记录。
- 5.4.1.5 管道管理企业应采取加密、安全存储、访问控制、安全审计等安全措施，确保数据存储的安全性。

5.4.2 数据维护与更新

- 5.4.2.1 应采取有效的管理措施，不断更新数据，并实时更新燃气管道设施基础信息底图，以满足趋势分析和可视化的需求。
- 5.4.2.2 宜采用线性参考系统对管道属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。
- 5.4.2.3 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。
- 5.4.2.4 应具备数据内容更新方式和数据校验方法，并使用更新过的或校验过的数据。
- 5.4.2.5 执行数据更新时应遵守严格的完整性管理流程，并详细记录操作过程。历史数据的保留应根据数据属性和对比分析需求等因素进行仔细评估和决策。

5.4.2.6 应制定有效的数据恢复管理措施，确保数据在发生失效或丢失情况时，能够及时恢复，采用有效的复测和更新等途径。

5.4.2.7 下列情况应进行数据更新：

- a) 当管道周边环境发生明显变化时；
- b) 再次进行检验检测时；
- c) 进行改线、换管或重大维修改造时；
- d) 在周期性评估、修复、预防和风险控制措施后进行更新；
- e) 由管理人员根据实际情况认为需要进行数据更新时。

5.4.2.8 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，例如设备或管段修理、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) 实时监测的数据应动态更新，周期性采集的数据应定期更新，其他变动的信息应及时更新，确保数据采集和整合及时有效；
- f) 宜保留需回溯、分析的历史数据。

5.4.3 数据共享

5.4.3.1 管道管理企业应积极推进管道和设施的信息化和智能化建设，还应结合完整性管理制度，建立管网智能监管等信息系统，以便对管道和设施进行动态监管，实现数据互联互通和共享。

5.4.3.2 应根据数据分级分类以及业务需求建立数据流程，方便不同节点之间的数据互通和追踪，提高数据应用效率。

5.4.3.3 应根据管道的材质、敷设方式、属性、使用状态、附属设施等信息编制数据字典。

5.4.3.4 基于完整性管理体系，应建立数据共享机制、数据互通与应用权限。在数据交换时，双方应通过合同等形式明确数据安全保护的责任和义务，采取加密、脱敏等措施保障数据安全。

5.4.3.5 应按照统一的数据传输接口规范和数据交换格式，实现管道智能感知数据的规范传输和交互共享，包括智能阴极保护监测、自然灾害监测、光纤预警、泄漏检测、可燃气体监测、视频监控等。

5.4.4 数据信息化与智能化管理

5.4.4.1 在数字化完整性管理建设的过程中，管道管理企业应设计并建立一致的数据库模型、结构框架、要素集和关联关系，确保系统的可靠性和一致性。

5.4.4.2 管道管理企业应对 GIS 图档、设施台账等数据信息进行动态管理，及时更新标注新建工程的测绘图档、停用管道或废弃管道的相关信息，保证信息的时效性和准确性。

5.4.4.3 管道及其附属设施的数据管理应通过唯一代码关联，实现各种属性、日常管理、失效管理等信息联动更新，确保 GIS、工程管理、巡查等多个系统信息同步，提高信息处理的效率和准确性。

5.4.4.4 鼓励管道管理企业积极建设信息化平台，提升燃气设施智能化水平和管理效率。

6 关键区域识别

6.1 一般准则

6.1.1 应根据管道所处的自然环境和社会环境进行分类识别，重点关注公众聚集、易燃易爆等危险系数高、人流量大的场所。

6.1.2 应根据管道压力等级、管龄、规格和材质等多项自身特性进行分类和分区域识别。识别完成后进行分类排序，制定针对性的管理策略。

6.1.3 选拔关键区域识别负责人员时，应注重参选人员的专业能力和工作熟悉度，并对关键区域识别的负责人员开展培训。

6.1.4 管道的识别统计结果应按照统一的格式填写。

6.1.5 管道管理企业应自行进行关键区域识别排查，间隔周期不得超过 12 个月。

6.2 识别标准

6.2.1 管道管理企业应根据 5.1 所列的划分标准将管道划分为多个管段多种类型进行识别。

6.2.2 关键区域应按后果的严重程度进行分级，可以采取 I、II、III 级的分级标准。其中 I 级表示最小严重程度，III 级表示最大严重程度，见表 6。

表6 管道关键区域识别分级表

管道类型	识别项	分级
1.6MPa 以上燃气管道	a) 管道经过的四级地区。 b) 在管道最小保护范围内从事可能危及管道安全的活动。	III级
	c) 管道经过的三级地区。 d) 管道 50m 控制范围内有加油站、油库、瓶装供应站等场所易燃易爆设施。 e) 管道利用专用隧道、地下管廊等地下空间敷设的。	II级
	f) 管道经过的二级地区。 g) 在管道控制范围内且满足 GB 50028 中 6.4 要求，有人员居住的建（构）筑物区域。 h) 在管道控制范围内从事可能危及管道安全的活动。	I级
1.6MPa 及以下燃气管道	a) 管道最小保护范围内有医院、学校、商场等人员密集场所的进出口通道和商业街、步行街等人员密集场所。 b) 在管道最小保护范围内从事可能危及管道安全的活动。	III级
	c) 管道控制范围内有公众聚集场所。 d) 管道控制范围内有加油站、油库、瓶装供应站等场所易燃易爆设施。 e) 管道利用专用隧道、地下管廊等地下空间敷设的。 f) 管道敷设有以下情况的：不良地质条件敷设、非定向钻穿越公路铁路、无套管长距离敷设在车行道下、重型车辆频繁进出口、沿桥敷设。	II级
	g) 在管道控制范围内从事可能危及管道安全的活动。 h) 与其他铁路、公路等建（构）筑物、相邻管道间距不满足 GB 55009 和 GB 50028 要求的管段。 i) 在管道控制范围内存在轨道交通、油气管线、自然灾害频繁等情况的区域。	I级
注1：压力大于1.6MPa的燃气管道，地区等级按照GB 50028中相关规定执行。 注2：压力不大于1.6MPa的次高压、中压和低压管道，巡线人员可快速定性识别关键区域。 注3：管道最小保护和控制范围应符合GB 55009的相关规定。		

6.2.3 针对不同管段和不同类型的管道应采取相适应的识别方法，同时在管道的关键区域识别报告中要明确说明所采用的方法。

6.3 关键区域管理

6.3.1 针对严重程度等级不同的关键区域，应制定相应的管理措施。对于Ⅲ级关键区域，应制定专项应急预案。

6.3.2 管道关键区域的识别与管理，应采取动态管理方式。管道及周边环境变化可能带来新风险时，重新识别；关键区域消除时，及时消项。对于关键区域的识别管理，应制定统一的清单，进行动态跟踪、记录和存档。

6.3.3 因土地使用性质变更、人口密度增加或城镇区域发展等原因，导致某一区域等级升高管段，应根据升级后的区域等级重新进行关键区域识别和管理。

7 风险评价

7.1 评价目标

7.1.1 管道风险评价主要目标如下：

- 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) 确定管段完整性评价和实施风险消减措施的优先顺序，为管道安全控制和风险管理决策提供可靠依据；
- c) 根据损伤模式和风险评价结果，制定和优化检测方案；
- d) 确定完整性评价、风险消减措施中的资源分配，降低风险的同时，获取最大的经济和社会效益；
- e) 完成完整性评价和风险消减措施后，开展再评价，反映管道最新风险状况，确保措施有效性。

7.1.2 风险评价工作要求

7.1.2.1 管道开始运营后，应在1年内完成首次风险评价，根据评价结论，确定下一次评价的时间。

7.1.2.2 风险评价工作应由专业人员完成。可以委托第三方检测评价机构，或者自行培养专业的风险评价人员，并定期进行技术培训。

7.1.2.3 对于风险评价等级较高的管段进行周期性风险评价，其他管段可依据具体情况确定是否开展评价。

7.1.2.4 根据管道风险评价的目标选择合适的评价方法。

7.1.2.5 应在设计和施工阶段进行危害识别和风险评价，根据风险评价结果进行设计、施工和投产优化。

7.1.2.6 设计与施工阶段的风险评价宜参考或模拟运行条件进行。

7.2 评价方法

7.2.1 风险评价方法分定性、半定量和定量三种，包括但不限于作业条件危险性评价法（LEC法）、预先危险分析（PHA）、量化风险评价（QRA）、肯特管道风险评价法以及风险矩阵法（见附录D）等，可采用一种或多种风险评价方法。

7.2.2 本标准推荐使用肯特法（见附录E）划分风险等级。

7.2.3 在选择评价方法时，应将管道和相关设施的本体安全状况作为重要考虑因素。在确定评价方法时，需综合考虑评价目的、经济投入、现有数据和方法可行性等因素。

7.2.4 钢质管道和聚乙烯管道的风险评价方法应符合 GB/T 27512 和《在役聚乙烯燃气管

道检验与评价》相关要求，同时鼓励管道管理企业采用经过验证的其他评价方法。

7.2.5 风险评价方法确定后，评价人员应确定评价模型的输入和输出参数、适用条件，并列入实施方案中。数据采集的过程中，应确保数据充分、足够和准确。评价完成后，评价报告应记录详细信息。

7.3 评价流程

7.3.1 评价步骤

风险评价流程应包含但不限于以下步骤：

- a) 确定评价对象；
- b) 数据采集与管段划分；
- c) 危害因素识别；
- d) 失效可能性分析；
- e) 失效后果分析；
- f) 判定风险等级；
- g) 提出风险消减措施建议；
- h) 编制评价报告。

7.3.2 确定评价对象

应根据开展风险评价的原因和关注的问题，确定管道风险评价的对象。

7.3.3 数据采集与管段划分

7.3.3.1 依据 5.1 方法对管段进行划分。

7.3.3.2 应对每个管段进行数据采集和状况描述，具体包括但不限于：

- a) 管材、管径、管道附属设施及其起止里程；
- b) 管体和附属设施状况的评价；
- c) 管道运行参数，包括输送介质、运行压力和温度等；
- d) 管道防腐类型及阴极保护方式；
- e) 管道沿线自然环境。

7.3.4 危害因素识别

7.3.4.1 应定期进行危害因素识别。

7.3.4.2 危害因素常用识别方法包括但不限于：

- a) 安全检查表法；
- b) 头脑风暴法；
- c) 因果分析图法（鱼骨图法）；
- d) 情景分析法；
- e) 预先危险性分析法；
- f) 事故树分析法；
- g) 故障类型及影响分析法；
- h) 危险与可操作性研究法；
- i) 作业活动风险评价法；
- j) 作业条件危险性分析法；
- k) 人员可靠性分析方法；

l) 危险度评价法。

7.3.4.3 可综合运用两种或两种以上方法，保证识别的全面性。

7.3.4.4 在管道建设期进行风险评价宜考虑的因素参见附录 F。应识别出在运行过程可能出现的风险源、发生事故的可能性以及发生事故的可能后果和在这些威胁存在情况下所采取措施需投入的安全成本，对可能发生的运行风险提出预防措施或优化设计，规避风险。

7.3.4.5 建设期的风险评价宜作为各阶段工作成果的评估依据之一。在风险评价报告所提出的风险消减措施应得到有效落实。

7.3.4.6 在条件具备情况下，试运投产阶段应开展定性或定量风险评价，并对识别出的风险因素逐一评价，并检查风险点的风险控制措施是否满足运行要求。

7.3.4.7 应从管道历史失效原因总结分析管道常见危险因素，危险因素分类见附录 G。

7.3.5 失效可能性分析

7.3.5.1 应对 7.3.3 中划分的每个管段确定失效可能性，可使用定性或定量表示。

7.3.5.2 应对 7.3.4 中的危险因素进行失效可能性分析。

7.3.5.3 应考虑第三方损坏、设计、腐蚀、误操作和自然灾害等方面因素。

7.3.5.4 应考虑已经采取的风险消减措施的效果，如检测、修复、第三方损坏防护等。

7.3.5.5 失效可能性分析采用的方法应以评价对象、可用的数据和模型而定。可利用历史失效数据对评价结果进行验证。

7.3.5.6 如直接采用历史失效数据进行失效可能性分析，或用来对失效可能性分析结果进行验证，需对历史数据的适用性和与被评价管道的可比性进行分析。

7.3.6 失效后果分析

7.3.6.1 失效后果分析用于确定管道失效对周边人员、财产和环境潜在不利影响的严重程度。这些不利影响可能由毒性、可燃性介质从管道中的意外泄漏、扩散引起。同时可考虑管道失效造成的停输及对管道管理企业声誉的影响。

7.3.6.2 失效后果分析应考虑以下因素：

- a) 输送介质的特性，如介质危害性、是否加臭等；
- b) 周边环境，如人口密度、沿线财产密度、供应中断、污染、城市影响力等；
- c) 扩散范围，如泄漏量、地形评分、风速评分等；
- d) 应急响应。

7.3.6.3 应对 7.3.3 中划分的每个管段确定失效后果，可定性或定量表示。

7.3.7 风险等级判定

7.3.7.1 风险等级判定是综合失效发生的可能性与失效后果两个因素，利用风险矩阵法确定各管段风险是否可以接受。

7.3.7.2 制定适用的风险可接受标准，确定各管段的风险可接受性。

7.3.7.3 任何情况不能存在高风险管段，对不能接受的风险应采取以下措施：

- a) 继续更深入的风险分析，降低之前评价过程中的不确定性；
- b) 采用有效风险消减措施降低风险。

7.3.8 提出风险消减措施建议

7.3.8.1 消减风险的措施应包括降低失效可能性的措施和降低失效后果的措施。

7.3.8.2 应对提出的风险消减措施建议的经济性、有效性以及可操作性进行分析。

7.3.8.3 风险消减措施应满足消除、预防、减弱和隔离危害的各项要求。

7.4 风险可接受性

7.4.1 确定风险可接受性标准应考虑以下因素：

- a) 国家法律法规和标准相关要求；
- b) 管道的重要性；
- c) 管道状况；
- d) 降低风险的成本。

7.4.2 可通过以下几个途径来确定风险的可接受性标准：

- a) 参照国内外同行业或其他行业已经确立的风险可接受标准；
- b) 根据以往经验判断认为可接受的情况；
- c) 利用风险矩阵确定风险值，根据风险值确定风险的可接受标准；
- d) 与其他已经认可的活动和事件相比较。

7.4.3 如未满足风险可接受标准，应改进完整性管理活动或改进管道设计施工管理活动。

7.5 风险再评价

7.5.1 管道风险评价的时间间隔应根据风险评价的结论来确定，且不宜超过3年，并及时更新数据。

7.5.2 当管道存在以下情况时，应进行风险再评价：

- a) 上一次风险评价周期到期；
- b) 进行管道的大规模修理或更新改造；
- c) 操作条件发生重大变化；
- d) 管理制度发生重大变革；
- e) 沿线环境发生重大改变；
- f) 在自然灾害、运营事故或外部力量损害后需继续使用。

7.6 报告

7.6.1 应在风险评价报告中对管道风险评价过程和结果进行描述。

7.6.2 应说明所采用评价方法的局限性和评价因素的不确定性，并针对评价目标向报告使用者描述评价结果。

7.6.3 管道风险评价报告内容参见附录H。

8 完整性评价

8.1 评价方法

8.1.1 聚乙烯管道的评价方法主要有压力试验、直接评价方法等。

8.1.2 钢质管道的评价方法主要有压力试验、直接评价方法、内检测等。

8.1.3 GB1-III级（ $0.8\text{MPa} < P \leq 1.6\text{MPa}$ ）及以上的钢质管道，评价方法参考GB 32167的相关规定。

8.1.4 根据管道的复杂性，可同时选取多种评价方法。

8.2 压力试验

8.2.1 一般规定

- 8.2.1.1 该方法适用于聚乙烯管道和钢质管道。
- 8.2.1.2 该方法仅限于在役燃气管道。
- 8.2.1.3 管道压力试验分为强度试验和严密性试验。
- 8.2.1.4 新建管道安装完成后应依次进行管道吹扫、强度试验和严密性试验。
- 8.2.1.5 管道压力试验宜分段实施，并根据周边环境、输送介质、输送压力、管道历史运行状态及失效记录等，确定试压介质、试验压力和稳压时间，试验过程可根据管材类型参考 GB/T 51455、GB 32167、CJJ 33、CJJ 63 的相关规定。

8.2.2 试压风险

- 8.2.2.1 试压前应根据风险评价和缺陷严重程度，确定压力试验的时间。
- 8.2.2.2 试压前应对压力试验方法及过程进行风险评价，且应在风险可控的条件下实施。
- 8.2.2.3 试压前应进行风险识别，内容包括但不限于：
 - a) 工艺参数变化的风险；
 - b) 管道泄漏风险及其引起的人员伤亡风险；
 - c) 试压过程中对整个系统扰动的风险；
 - d) 压力试验后管材屈服及应力变化、材料退化、缺陷增长的风险。

8.2.3 试压过程监控

- 8.2.3.1 试压过程中，应监控试压管道的压力变化情况，分析是否发生泄漏等特殊情况。
- 8.2.3.2 试压过程中，应安排线路巡护人员对试压管道进行沿线观察，查看是否发生泄漏或者其他异常情况。

8.2.4 泄漏点处置

- 8.2.4.1 若在试压过程中出现泄漏点，应进行开挖验证，分析泄漏原因并采取修复措施。
- 8.2.4.2 泄漏点处置完毕后，应重新进行系统试压直至达到预定要求。

8.2.5 压力试验结束后，应形成相应的压力试验报告，包括但不限于以下内容：

- a) 工程情况；
- b) 试压方案；
- c) 发现的缺陷与异常；
- d) 修复情况；
- e) 结论与建议。

8.3 直接评价法

8.3.1 一般规定

- 8.3.1.1 该方法适用于聚乙烯管道和钢质管道。
- 8.3.1.2 直接评价法一般在管道处于如下状况选用：
 - a) 不具备压力试验实施条件的管道；
 - b) 不能确认是否能够实施压力试验的管道；
 - c) 确认直接评价法更有效，能够取代压力试验的管道。

8.3.2 聚乙烯管道直接评价法

- 8.3.2.1 聚乙烯管道直接评价法主要包括管道状况检验、焊接接头检测、力学性能测试、物理性能测试等。

8.3.2.2 管道状况检验

8.3.2.2.1 检查管道焊接接头表面有无鼓胀、气泡、槽痕或凹痕等缺陷，检查有无老化降解的迹象。

8.3.2.2.2 测量管道壁厚，测量值应符合 GB 15558.1-4、CJ/T 125 相关要求。

8.3.2.3 焊接接头检测

8.3.2.3.1 电熔焊接接头的超声相控阵检测按照 GB/T 29461 执行。

8.3.2.3.2 热熔焊接接头的超声相控阵检测按照 T/ZJASE 008 执行。

8.3.2.4 力学性能测试

8.3.2.4.1 静液压强度测试按照 GB/T 6111 执行。

8.3.2.4.2 断裂伸长率测试按照 GB/T 8804.3 执行。

8.3.2.4.3 耐慢速裂纹增长测试按照 GB/T 18476 执行。

8.3.2.4.4 测试结果应满足 GB 15558.1-4 的规定。

8.3.2.5 物理性能测试

8.3.2.5.1 热稳定性测试按照 GB/T 19466.6、GB/T 17391 执行。

8.3.2.5.2 测试结果应满足 GB 15558.1-4 的规定。

8.3.3 钢质管道直接评价方法主要内容

8.3.3.1 钢质管道直接评价方法主要包括外腐蚀直接评价（ECDA）、内腐蚀直接评价（ICDA）、应力腐蚀裂纹直接评价（SCCDA）等。直接评价的过程和方法可参照表 7 执行。

表7 直接评价主要类型及其相关标准

直接评价方法	相关标准	
	国内	国外
外腐蚀直接评价（ECDA）	SY/T 0087.1	NACE SP0502
内腐蚀直接评价（ICDA）	SY/T 0087.2	NACE SP0206
		NACE SP0110
		NACE SP0208
应力腐蚀裂纹直接评价（SCCDA）	GB/T 36676	NACE SP0204

8.3.3.2 若管道不具备开展直接评价条件，也可以参考外腐蚀直接评价法，检测管道的防腐层状况、阴极保护效果、杂散电流严重程度等。

8.3.4 评价报告

直接评价结束后，应形成相应的评价报告，包括但不限于以下内容：

- a) 管道概况；
- b) 评价方法；
- c) 检测内容；
- d) 检测结果；
- e) 结论与建议。

8.4 其他评价方法

可采用其他经过验证的城镇燃气输配管道完整性评价方法。

8.5 适用性评价

8.5.1 适用性评价内容

- 8.5.1.1 应对管道缺陷进行评估，确定其可接受度。
- 8.5.1.2 适用性评价内容主要包括评价数据采集，缺陷数据统计与致因分析、评价方法选择、剩余强度评价、剩余寿命预测、再检测周期、措施与建议等。
- 8.5.1.3 当管道的运行工艺条件发生重大变化时，应重新进行评价。
- 8.5.1.4 缺陷评价应确定管道在规定的安全极限范围内是否有足够的结构强度承载运行过程中的载荷。对于报告的管道缺陷，应调查其性质、范围和原因，评价缺陷是否可以接受，确定当前安全运行压力。
- 8.5.1.5 安全运行建议和维修建议的制定应考虑输送介质、介质温度、压力变化等综合情况，不应只依据静压评估给出相应的结论或建议。

8.5.2 评价数据采集

- 8.5.2.1 适用性评价所需采集的数据宜包括管道属性、缺陷参数、母材及焊缝力学性能、载荷参数，建设数据、运行数据、历史数据、地理及环境信息、风险评价结果等。
- 8.5.2.2 应对所采集数据的可靠性进行分析。
- 8.5.2.3 缺陷数据统计与致因分析。

8.5.3 评价方法选择

- 8.5.3.1 评价方法应根据缺陷类型，载荷状况、评价目标以及评价数据的质量和类型等因素进行选择。
- 8.5.3.2 聚乙烯管道的缺陷评价方法可参照表 8。

表8 聚乙烯管道缺陷评价方法选择表

缺陷类型		推荐测试方法	测试标准	评价结果
老化		热稳定性测试	GB/T 19466.6 GB/T 17391	GB 15558.1-4
材料损失/凹陷		断裂伸长率测试	GB/T 8804.3	
裂纹		静液压强度测试	GB/ T6111	
		断裂伸长率测试	GB/T 8804.3	
		耐慢速裂纹增长测试	GB/T 18476	
焊接接头缺陷	电熔焊接	超声相控阵技术	GB/T 29461	
	热熔焊接		T/ZJASE 008	

- 8.5.3.3 钢质管道的缺陷评价方法可参照表 9。

表9 钢质管道缺陷评价方法选择表

缺陷类型	推荐标准	
	国内	国外
腐蚀	SY/T 6151 SY/T 6477 SY/T 10048 GB/T 19285 GB/T 19624	ASME B31G DNV-RP-F101 API 579 BS 7910

表9 钢质管道缺陷评价方法选择表（续）

缺陷类型	推荐标准	
	国内	国外
划痕	—	API 579 BS 7910 Shannon 方法
管体制造缺陷	—	API 579 BS 7910 Shannon 方法
凹陷	SY/T 6996	API 1156 API 1160 ASME B31.4 ASME B31.8 CSA Z662
焊缝缺陷	SY/T 6477 GB/T 19624	API 579 BS 7910
裂纹	SY/T 6477 GB/T 19624	API 579 BS 7910
注1：“管体制造缺陷”涵盖管体缺陷范围很大，评价时宜进一步区分为平面型、体积型或其他类型。 注2：“焊缝缺陷”评价应首先明确缺陷类型（平面型、体积型），类型不明的宜结合历史失效事故或现场检测进一步验证，或按照平面性缺陷进行评价。碰死口、返修口处的环焊缝缺陷通常承受较大的装配应力或残余应力，评价时应重点考虑。		

8.5.4 剩余强度评价与剩余寿命预测

- 8.5.4.1 聚乙烯管道不考虑剩余强度评价。
- 8.5.4.2 钢质管道剩余强度评价可参考 GB/T 30582、GB/T 19624 和 GB/T 35013 等标准。
- 8.5.4.3 聚乙烯管道剩余寿命预测方法可参考《在役聚乙烯燃气管道检验与评价》等标准。
- 8.5.4.4 钢质管道剩余寿命预测方法可参考 GB/T 30582 等标准。
- 8.5.4.5 也可采用其他经过验证的管道剩余强度评价与剩余寿命预测方法。
- 8.5.4.6 与时间相关的缺陷，应建立缺陷增长模型，预测缺陷增长趋势。

8.5.5 其他内容

- 8.5.5.1 针对不同的缺陷类型，给出缺陷修复方法以及修复时间。
- 8.5.5.2 管道修复前，应给出管道安全运行压力建议。
- 8.5.5.3 管道修复后，给出再检测评价的时间间隔和再检测评价的方法建议。

8.5.6 评价报告

- 8.5.6.1 适用性评价结束后，应形成相应的评价报告，应包括但不限于以下内容：

- a) 管道概况；
- b) 评价参照的法规标准；
- c) 评价使用的管道相关参数；
- d) 检测数据的统计分析；
- e) 不同类型缺陷的完整性评价；
- f) 评价结论及维修维护建议；
- g) 再检测计划建议和管道安全运行建议。

8.5.6.2 对与时间有关的缺陷，再评价周期内，宜结合修复或开挖测量修正评价报告。

8.6 评价周期及管道继续使用评估

8.6.1 新建管道在投用后 3 年内完成完整性评价。

8.6.2 管道的下次评价周期可根据检测结果，同时结合专家建议确定。

8.6.3 对于已停用的管道，在重新启用前应进行完整性评价。

8.6.4 若出现下列情况之一的管道，再检测周期应缩短：

- a) 1 年内发生 2 次及以上影响管道安全运行的泄漏事故的；
- b) 存在占压、安全距离不足等较大隐患的；
- c) 承受交变载荷，可能导致疲劳失效的；
- d) 风险评价发现风险值较高的；
- e) 使用过程中或年度检查中发现除前几项以外危及管道本体安全的；
- f) 使用单位没有按照规定进行年度检查的；
- g) 检验人员和使用单位认为应缩短全面检验周期的。

8.6.5 若出现下列情况之一的管道，如超出风险可接受程度，应立即进行再检测：

- a) 运行工况发生显著改变从而导致运行风险提高的；
- b) 停用超过 1 年再启用的，且停用期间未采取有效保护措施；
- c) 年度检查结论要求进行全面检验的；
- d) 所在地发生滑坡、泥石流等地质灾害的；
- e) 有重大改造修理的；
- f) 其他可能影响管道安全运行的重大隐患的。

8.6.6 若管道评估结果表明可继续使用，应根据完整性评价建议进行相应的维护措施，并确定再评估周期。

8.6.7 若管道评估结果表明不适宜使用，应停用并报废处理。

9 风险消减与维修维护

9.1 日常巡护与管理

9.1.1 管道管理企业应制定管道日常管理的相关制度和作业程序，并严格按照法律法规和企业制度履行日常巡护管理责任。

9.1.2 应根据隐患排查、风险评价和完整性评价等结论与建议制定管道巡护方案，明确巡护、频次和重点关注位置。

9.1.3 日常管理和巡护过程中，发现运行期间管道、附属设施及沿线环境存在异常和变化信息，应及时上报并跟踪，实现闭环管理。

9.1.4 在管道埋入地下至投产前应制定巡护方案实施巡护管理。

9.1.5 管道巡护的方式可根据完整性管理方案，选择人工巡护、飞行器巡护或机器监测等。日常管理内容与方法应根据管道完整性管理方案确定。

9.1.6 应定期对日常管理、巡查、维修维护等人员进行专业培训，包括管道安全生产、现场施工、维修维护、检测仪器等，相关人员应熟练掌握工作技能，并配备上岗证。

9.1.7 管道管理企业应建立日常管理内容的质量考核体系，定期对燃气设施巡查、维修维护、记录与文件控制、沟通、变更、培训等工作进行检查。

9.2 缺陷修复

9.2.1 管道企业应根据运营管理和历史检测情况，对管道和附属设施制定维修维护计划。

9.2.2 对完整性评价结果为不可接受的缺陷应进行修复或其他应对措施。

9.2.3 对临时修复的缺陷应及时进行永久修复。

9.2.4 聚乙烯常见的缺陷类型为划伤、裂纹、变形以及焊缝缺陷等，对于不同的缺陷应采用相匹配的修复方法。

9.2.5 管道沿线标志毁损或标志不清的，应及时修复或更新。

9.3 风险消减准备工作

9.3.1 消减流程

对目标管道进行风险评价之后，应对风险进行消减处置，保证管道处于风险可控状态，风险消减流程见图 1。

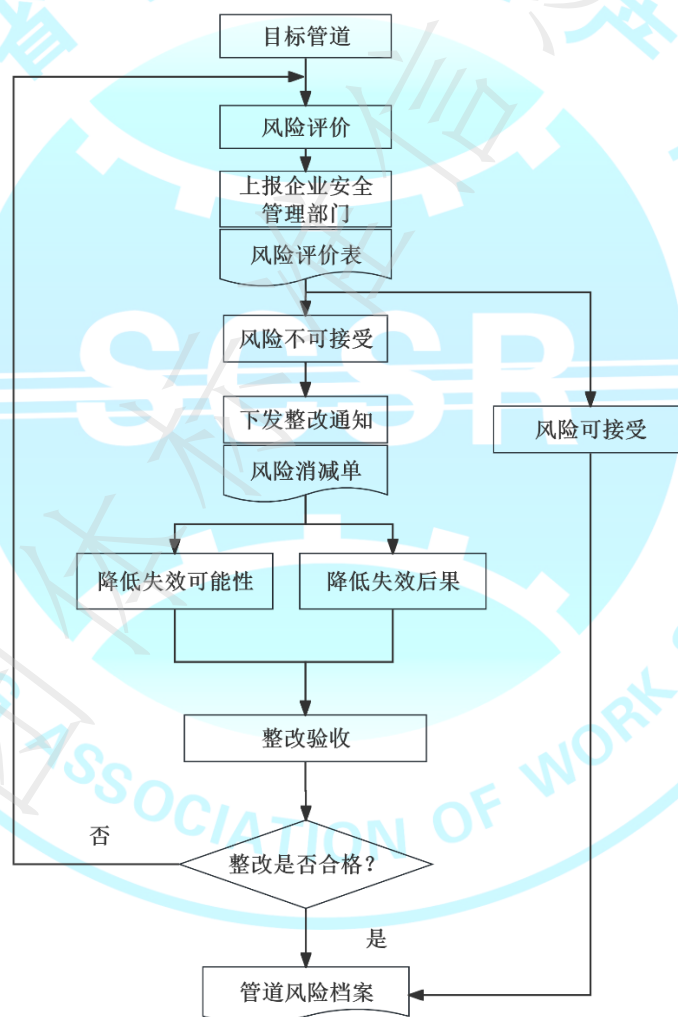


图1 风险消减流程图

9.3.2 措施分类

9.3.2.1 根据风险和事故的关系，可将风险削减措施分为三个部分：预防事故措施、控制事故措施、风险恢复措施。

9.3.2.2 根据风险的等级可将风险消减措施按相应等级分为 5 个阶段。

- a) 消除措施。采用本质安全设计和科学的管理,从根本上消除危害因素,如采用无害工艺及工具、机械化、自动化或遥控作业代替手工或人工作业等。
- b) 预防措施。当难以消除危害因素时,需采用预防性措施防止事故发生,教育和激励职工严格按照安全操作规程作业。
- c) 减弱措施。无法消除危害因素又难以预防时,应减弱危害的程度,如局部通风排毒,对排放的污水进行处理,减少有害物质的浓度,使用减震、消声装置,制定各种应急计划等。
- d) 隔离。当出现无法消除、预防和减弱危害因素的情况时,应将人员与危害点源隔开及将不能共存一处的物质分开,如放射性或高温场合采用遥控作业、保持安全距离以及穿戴防护用品等。
- e) 警告。在易发生事故和危险性较大的场合和位置配置醒目的安全色、安全标志、安装监测报警系统。

9.3.3 措施制定要求

9.3.3.1 措施应满足消除、预防、减弱和隔离危害的各项要求,特别是针对发生事故的应急计划、逃生路线和自救措施,确保有效并进行必要的演练。

9.3.3.2 措施应具有针对性、操作性和经济合理性。根据行业特点及识别出的危害因素,制定出准确、完整、系统的措施,同时,还应简便易行,为员工所能实施和掌握。此外,不应超过现有的经济技术条件,盲目追求过高的标准。

9.3.3.3 应符合《城镇燃气管理条例》、GB 50028、GB 50251、GB/T 50811、GB 55009 等相关法规和标准要求。

9.4 风险快速消减措施

9.4.1 第三方施工防护

9.4.1.1 应建立第三方施工管理程序。对管道交叉处或管道中心线两侧的施工活动应按照有关要求办理相关手续,对可能影响管道的施工也应密切关注。应根据 CJJ/T 153 严格设置管道警示标识,并在施工活动损坏或覆盖标识后及时维护,直到施工活动结束。

9.4.1.2 应建立对第三方施工工地的巡查监护和管道设施保护协调程序,与施工活动方建立联系,并签署管道保护协议。施工时管道管理企业应派人现场监护。

9.4.1.3 应通过巡线、管道周边信息排查及其他可能的方式预防故意损坏的发生,具体参考《浙江省城镇燃气管道巡查管理导则(试行)》。

9.4.1.4 应参照风险评价报告的风险信息进行公众宣传,参考 SY/T 6713 执行。应向公众提供管道管理企业联系方式,如电话号码、电子邮箱等。

9.4.1.5 宜采用管道泄漏监测或安全预警系统等防范措施。

9.4.2 合理设计

9.4.2.1 建立多层次的设计方案优化校核机制,在设计期由不同的部门对设计方案进行校核和分析,确保设计方案满足 GB 50028 的要求。

9.4.2.2 应建立完善的外部单位资质审查制度和流程,严格确定审查标准并由各相关部门在设计阶段、采购阶段、施工阶段执行。

9.4.2.3 应在材料采购阶段按设计要求选购、接收和验收,并进行现场监督。

9.4.2.4 应建立管道输配监控及数据采集系统,进行调度优化和泄漏检测定位等。

9.4.3 规范操作

- 9.4.3.1 应根据 GB/T 51455 编制工程验收规范，明确材料和工程验收的标准。
- 9.4.3.2 在管道埋入地下至投产前应制定巡护方案实施巡护管理。
- 9.4.3.3 应依据 CJJ 51 出台设施的维护工作文件，提供详细的操作和指导方案。
- 9.4.3.4 应制定燃气管道及设施的定期检测（包括年检和全检）规程和制度，并派专人监督检测人员按规范执行。
- 9.4.3.5 应对巡检工作的每一个环节制定详细的技术标准和操作步骤，如详细规定巡检路线、巡检顺序等，并利用各种手段（奖惩制度、专人监督等）监督落实。
- 9.4.3.6 应落实职工培训制度，定期对职工进行技能培训和安全教育。

9.4.4 自然灾害预防

- 9.4.4.1 应在管道设计阶段依据地区特点进行防灾设计，并由专业技术人员进行审查。
- 9.4.4.2 建立监测预警体系，准确、及时、有效地对自然灾害风险进行分析评估、预报。
- 9.4.4.3 应建立预防和减缓方案防止天气和地质灾害等损伤管道。
- 9.4.4.4 应对管网蚁害多发区进行综合评估，确定多发区、高风险区域，发现白蚁危害痕迹，及时进行灭治。
- 9.4.4.5 应对风险等级较高的地质灾害点，采取针对性监测和工程治理。

9.5 应急支持

9.5.1 应急预案体系

- 9.5.1.1 建立综合应急预案体系，针对各级各类可能发生的突发事件和所有危险源编制专项应急预案和现场应急处置方案。
- 9.5.1.2 风险评价和完整性评价结论所提出的高风险段、高风险因素和缺陷情况应作为应急预案编制过程中重点预控对象，具体编制工作按照 GB/T 29639 规定执行。

9.5.2 应急准备

- 9.5.2.1 应根据风险评价的结果，确定管段一旦发生失效，潜在后果的种类和影响范围，并依据分析结果制定管道在紧急状态下应采取的应急措施。
- 9.5.2.2 管道泄漏后火灾、爆炸事故应作为安全防范的重点。可利用量化风险评价技术，确定不同泄漏模式下的泄漏速率和泄漏量，并计算介质泄漏后的影响。
- 9.5.2.3 应将管道泄漏后潜在的环境影响作为应急抢险防范的重点。可通过环境敏感性分析技术确定管道泄漏后燃气的扩散轨迹以及扩散速率。
- 9.5.2.4 应根据风险分析结果和缺陷分布情况，合理评估应急资源配备的有效性，包括人员、物资、机具等，确保应急措施顺利实施。
- 9.5.2.5 应将应急抢险所需的资料进行整理，配发给应急指挥中心、维抢修中心等相关单位或个人，确保应急管理人员能够获取所需的资料，包括但不限于：

- a) 图纸：

- 1) 管道走向图，
- 2) 管道路由影像图，
- 3) 管道高程图等；

- b) 管道基本信息：

- 1) 材质，

- 2) 管径,
- 3) 壁厚,
- 4) 焊接工艺,
- 5) 管道埋深,
- 6) 压力等级等;
- c) 管道周边设施信息:
 - 1) 管道中心线两侧各 50m 范围内与之平行或交叉的第三方管道等地下设施、地上构筑物,
 - 2) 管道中心线各 200m 范围内的人口、水体、公路、铁路等信息,
 - 3) 管道所经区域内或附近的道路上消防、医院、派出所等应急资源信息,
 - 4) 管道所经区域内重要场所情况,
 - 5) 管道途经城市的地下排水排污等设施信息。

9.5.3 应急响应

- 9.5.3.1 应设置 24 小时应急值守机构，及时收集、发布事故信息，调度应急抢险队伍。
- 9.5.3.2 应依据完整性管理获取的管道信息为抢修方案制定提供支持。
- 9.5.3.3 应急响应流程见图 2。

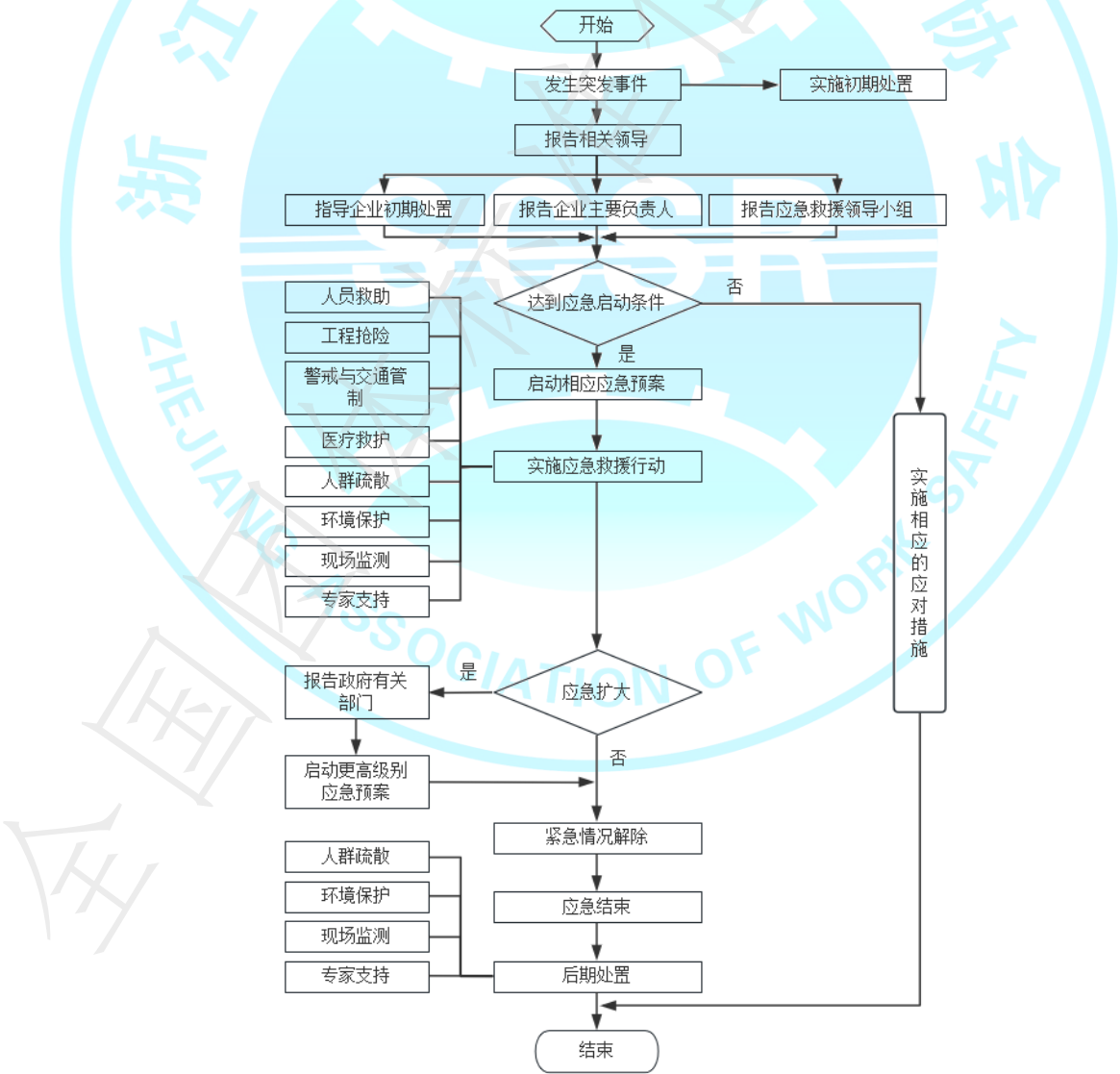


图2 应急响应流程图

10 效能评价

10.1 效能评价要求

管道管理企业应定期开展效能评价，确定完整性管理的效果，包括有效性、效益、执行效率、风险受控程度等，找出完整性管理执行过程存在的不足，并持续改进。

10.2 效能评价方法与流程

效能评价重点考虑管道完整性管理实施的效果，宜在管道完整性管理实施初级阶段开展。效能测试应根据管道完整性管理单位或部门实施管道完整性管理的相关文件记录及效能测试指标历年数据变化情况，分析不同责任部门对于各种危害因素风险消减、预控效果情况，发现可提升空间，并提出改进建议。效能评价流程见图3。

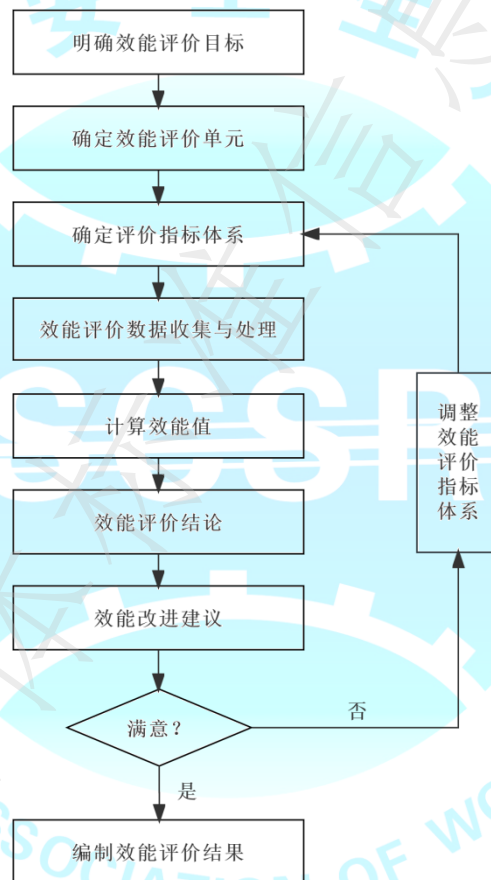


图3 效能评价流程图

10.3 效能改进

应利用效能评价结果，对完整性管理程序进行修改，使其不断完善。

11 失效管理

11.1 失效管理目标

通过对管道失效事故进行科学管理，支撑管道完整性管理持续改进，通过对管道失效事件的信息收集、记录、调查和分析，及早发现潜在风险，避免类似失效事件再次发生。

11.2 失效应急管理

管道管理企业应根据管道可能的失效原因和失效情景制定应急响应方案，包括应急物资准备、应急流程等。对一些重要的管道，应急响应方案中还应包括不停输修复等内容。对管道故障进行分析，包括管道泄漏、管道不能接受的缺陷、对管道安全产生影响的周边环境和附属设备的损坏，并对其他重大的经济损失进行分析。

11.3 泄漏管理

11.3.1 管道管理企业应制定有效的泄漏管理方案，并定期对检测人员进行培训。检测人员应具有以下基本能力：

- a) 使用泄漏检测仪器，定位燃气管道的泄漏位置；
- b) 评估燃气泄漏量、扩散情况，以及潜在的危险；
- c) 判断是否需要采取具体措施以保护人员和财产安全；
- d) 采取适当行动和处置措施以降低或消除危险。

11.3.2 管道管理企业应定期排查与市政管网、地下空间交叉或邻近管段。重点排查没有采取保护或隔离措施、燃气泄漏后容易窜/漏进入市政管网，形成密闭空间燃气聚集的管段，包括封闭性的城镇雨（污）水排水管沟、管涵、管道、沟渠，未填实的热力、电力、通讯管涵、管沟等。

11.3.3 采用仪器检测时，应沿管道走向在下列部位进行检测：

- a) 管道附近的道路接缝、路面裂痕等；
- b) 管道附属设施及泄漏检测孔、检查井等；
- c) 管道附近的其他市政管道井、管沟、地下建（构）筑物等。

11.3.4 在使用仪器检测的同时，应注意查找燃气异味，并观察燃气管道周围植被、水面及积水等环境变化情况。当发现有下列情况时，应判定是否存在燃气泄漏：

- a) 检测仪器有浓度显示；
- b) 空气中有异味或有气体泄漏声响；
- c) 植被枯萎、积雪表面有黄斑、水面冒泡等。

11.3.5 必要时，应对泄漏检测结果异常点进行钻孔泄漏检查或开挖验证。

11.3.6 应对管道泄漏和处置过程进行记录和保存，不同途径发现的泄漏事件应在统一的管理部门备案。

11.4 第三方施工管理

11.4.1 管道管理企业应加强对管道沿线第三方施工活动的巡查力度，及时发现并跟踪监督第三方施工活动，内容包括：

- a) 除 9.1 的日常巡查外，建立管道管理企业、城市综合管理部门等联合巡查机制，鼓励第三方施工活动信息共享；
- b) 发现管道安全保护或最小控制范围内的第三方施工活动后，应及时了解项目内容，包含项目建设单位、施工单位、联系人、建设内容和规模、施工周期、施工区域等信息；
- c) 制定管道沿线第三方施工活动举报有奖措施。

11.4.2 管道管理企业需明确对燃气设施进行巡查、检查的周期，配备必要的巡查工具，对燃气设施定期进行巡查，及时维修保养，巡线路径需全面覆盖，复杂地段、交叉作业施工区域应重点巡查。

11.4.3 在第三方施工前，管道管理企业应根据相关规定明确界定燃气设施安全保护范围，人员巡检所及地点应至少包括已经界定的安全保护范围。燃气设施的安全保护范围应由管道管理企业按照国家燃气设计规范的要求，结合所在地实际情况，与当地燃气主管部门予以明确，在没有确定前，可参考 GB 55009 有关规定执行。

11.4.4 管道管理企业应建立第三方施工沟通渠道，并加强对施工单位保护燃气管道安全的宣传，具体内容包括：

- a) 施工单位在施工前应主动与管道管理企业联系，采取措施保证管道安全；
- b) 告知施工单位管道走向、安全保护范围，并设立显著标志，保留影像资料；
- c) 建立管道管理企业、施工单位、重点工程项目等的信息沟通平台，及时掌握施工信息；
- d) 巡线人员与施工单位进行面对面沟通，发放安全宣传单或海报。

11.4.5 管道管理企业应对保护范围内的第三方施工活动制定应急处置预案，内容包括：

- a) 管道走向和安全保护区域、周围环境描述，发生事故时应急控制阀门位置以及影响用户范围；
- b) 施工单位、责任人、计划施工时间、施工活动范围和安全防护措施；
- c) 应急处置措施和操作步骤，应急处置小组、分工及职责；
- d) 检查控制阀门的运行状况，落实应急处置车辆、工机具和材料是否完好齐全，勘查施工现场是否有箱涵、沟槽、排水渠等，是否连通到建筑物或密闭空间。

11.4.6 管道管理企业应安排人员对管道沿线第三方施工活动进行现场监护，内容包括：

- a) 熟悉施工方案内容及保护措施，并对现场管道安全防护措施进行检查；
- b) 现场监护施工单位是否存在影响管道安全的作业行为；
- c) 当施工方案发生变更时，应重新评估原保护方案，必要时重新制定保护方案；
- d) 做好现场监护记录。

11.5 失效事件调查

11.5.1 在实际调研和所收集的背景数据的基础上，结合实验分析的结果，对故障类型进行全面的分析，并找出故障的直接原因和根源。

11.5.2 要根据缺陷原因，对项目的完整性管理计划和实施进行分析，并发现管理体系和管理工作中的缺陷。

11.5.3 事件调查和编制调查报告应由具备相应资质的人承担。事件调查报告应当在管道管理企业内部公布。

11.5.4 制定有关失效事件资料的统一标准，事件信息统计表参见附录 I。

11.6 失效管理实施

11.6.1 管道管理企业应建立失效调查分析流程，确保采取规范的调查流程分析失效的各类信息。

11.6.2 失效调查应分析造成管道失效的根本原因，并提出防止类似失效的建议措施，包括对一些相互关联的风险因素的风险管理方案。

11.6.3 管道管理企业宜建立一个失效信息数据库。

12 改造、停用与废弃管理

12.1 基本要求

管道管理企业应明确停用或废弃燃气设施的归口管理部门，建立企业内改造、停用或废弃燃气设施管理制度，制订业务流程和作业指导书，相关的运行管理记录应归档留存。

12.2 改造

12.2.1 全面摸清管道老化更新改造底数的基础上，健全适应更新改造需要的工作体系和机制，开展城市燃气管道等老化更新改造工作。

12.2.2 具有材质落后、使用年限较长、运行环境存在安全隐患、不符合相关标准规范要求与使用需求等特征的管道应纳入改造范围，具体包括以下管道：

- a) 经评估无法满足安全运行要求的管道；
- b) 运行年限满 20 年，且存在安全隐患的燃气管道；
- c) 风险评价结果显示无法通过落实管控措施保障安全的管道；
- d) 其他被建构筑物占压、敷设于密闭空间的管道；
- e) 埋深、间距等不符合现行标准要求的老旧管道；
- f) 管径、输气量不能满足现有城市发展需求的局部地区管道。

12.2.3 立足本地实际情况，合理确定更新改造标准，宜遵循以下原则：

- a) 全面解决安全隐患、防范化解管道运行风险；
- b) 老化管道和设施更新改造所选用材料、规格、技术等应符合相关规范标准要求；
- c) 结合更新改造同步在管道重要节点安装智能化感知设备，完善智能监控系统。

12.2.4 进行全面的管道隐患排查后，应根据隐患排查和风险评价结果制定改造计划，包括：

- a) 改造依据及必要性；
- b) 明确待改造的管道和设施种类、权属、构成、规模，摸清位置关系、运行安全状况及环境等信息；
- c) 改造设计方案及其审批程序；
- d) 建立更新改造台账。

12.2.5 改造计划应区分轻重缓急，优先对安全隐患突出的管道实施改造。对于还未实施改造的管道应采取加密泄漏检测频次、追加钢管阴极保护及腐蚀控制等措施，必要时对管道附近的其他设施，如阀门（井）设置远传泄漏报警等加强监控。

12.2.6 鼓励改造实施时同步推进数字化、网络化、智能化建设：

- a) 结合更新改造工作，完善燃气监管信息系统；
- b) 及时纳入城市燃气管道老化更新改造信息；
- c) 实现城市燃气管道和设施动态监管、互联互通、数据共享。

12.3 停用

12.3.1 长期停用管段应与运行管道采取有效隔断，对停用管段内气体进行置换，降低停用管段的安全和环境风险到预定的可接受水平。置换完成后，应对所有开口做好密封措施。

12.3.2 周期性供气 and 临时停用的燃气管道不属于停用管道，应按运行管道进行运维管理。

12.3.3 短期停用的管道应定期进行巡查和泄漏检测，钢质管道还应进行阴极保护系统的腐蚀控制监测。

12.3.4 管道管理企业应对停用或废弃燃气设施编制管理制度和处置流程。

12.3.5 当某段管道处于停用状态时，应详细登记停用状态信息，至少包括：

- a) 详细位置信息，包括起始点坐标、周围环境信息等；

- b) 停用原因；
- c) 管道基本信息：
 - 1) 材质，
 - 2) 工作压力，
 - 3) 使用年限，
 - 4) 连接方式，
 - 5) 防腐形式等；
- d) 历史检测情况；
- e) 重新启用的可能性；
- f) 曾发生过泄漏、第三方损坏等失效情况。

12.3.6 停用的管道拟重新启用时，应进行气密性试验，核实管道情况，确保管道未受到损伤、占压等。

12.3.7 管道阀门（阀井）等工艺设施存在损坏或失效时，应及时进行停用修复或更换。

12.3.8 管道管理企业应建立停用或废弃燃气设施的图档资料，鼓励利用信息化技术提高管理的科学性和有效性，在 GIS 系统中建立专门的停用或废弃燃气设施管理图层。

12.4 废弃

12.4.1 废弃的管道及附属设施应及时拆除。不能立即拆除的，应采取保压、惰性气体置换等有效措施密封，管道内不应存留燃气介质，并应设置明显的标识或采取有效封堵。

12.4.2 管道废弃工程施工前要做好准备工作，并依据周围环境情况制定施工方案，使施工成本 and 环境影响程度降到最低。

12.4.3 废弃管道的处置方式如下：

- a) 对废弃管道的资料进行核对并进行必要的实地检查，确保废弃管道与上下游完全断开；
- b) 废弃管道的处置方式包括拆除和就地弃置两种，裸露管段应拆除，其他管段可就地弃置。对伴随道路改造而进行的管道改线，以及老管改造时新管与老管同沟开挖的，可将废弃旧管置换后从地下移出；
- c) 废弃管道应与运行管道物理隔离，并对废弃管道采用氮气或惰性气体置换，置换完成后，须对所有开口做好密封措施；
- d) 废弃管道设置警示标识，以免误操作。

12.4.4 废弃管道处理完毕后，需进行定期检查维护，保障已废除管道不会对地面造成沉陷或是产生新的污染物质。

12.4.5 应建立废弃管道的资料库，并对每条废弃管道进行登记。

13 沟通和变更管理

13.1 沟通

13.1.1 应建立并实施信息沟通管理计划，健全信息沟通体系，确保内外部相关方信息有效沟通。

13.1.2 加强与各相关利益方的沟通，主要包括如下方面：

- a) 政府部门：
 - 1) 管道管理企业的联络资料，

- 2) 管线走向图,
- 3) 应急预案;
- b) 管道沿线居民:
 - 1) 管道管理企业的联络资料,
 - 2) 管道输送介质,
 - 3) 管道位置,
 - 4) 识别、报告和应对泄漏的方法。
- c) 内部相关部门:
 - 1) 完整性管理要素及相关情况,
 - 2) 内部报告及效果,
 - 3) 有效的完整性管理实施信息。

13.2 变更管理

13.2.1 应制定变更管理程序,记录变更信息,规范变更管理。

13.2.2 对工艺调整、改线、修复等变更,应及时更新数据,评估该变化对管道安全方面的影响,并变更完整性管理方案。

14 培训和能力要求

14.1 从事管道完整性管理的相关人员应掌握以下相应技能,并通过培训和考核:

- a) 数据采集与管理;
- b) 关键区域识别;
- c) 风险评价;
- d) 管道完整性检测与适应性评价;
- e) 管体风险消减及缺陷修复管理;
- f) 效能评价与管理;
- g) 管道失效管理方法;
- h) 沟通与变更管理。

14.2 管道完整性管理培训与能力应分级管理。

14.3 应编制并执行完整性管理人员培训大纲,定期审查培训计划,根据需要进行修订。培训大纲可参照附录J制定实施。

14.4 需对培训人员能力进行考核。考核内容包括理论知识、工程实践考核,可通过书面、计算机或答辩等方式实施。

14.5 完整性管理人员应至少每3年再接受一次知识更新培训,以更新其岗位知识和技能。

14.6 依据工作范围,参加管道完整性管理相关人员应通过相应的培训,达到能力水平要求后从事相应的业务工作。

附录 A

(资料性)

完整性管理体系建设与审核

A.1 体系建设

A.1.1 管道管理企业应根据自身特点和管理需求,结合完整性管理流程、模式以及具体要求和关键环节,建立完整性管理体系。

A.1.2 完整性管理体系应包括完整性管理体系框架设计、完整性管理流程、完整性管理体系文件、完整性管理体系实施标准规范等内容。

A.1.3 完整性管理体系的建立应遵循以下原则:

- a) 以企业自身特点和现行管理体系为基础;
- b) 体系要素贯穿完整性管理全过程,支持决策;
- c) 以隐患排查与风险控制作为体系建设重点;
- d) 以“计划-实施-检查-改进”(PDCA)循环模式持续优化;
- e) 采用新方法、新理念。

A.1.4 管道管理企业应制定完整性管理体系文件,包括管理体系要素(管理手册、管理程序文件、管理作业文件)和技术体系要素(技术标准、技术专利、技术成果)。文件应满足法律法规和标准规范的要求,符合完整性管理方法要求,应包括完整性管理方针与政策,以及各项管理工作要求、管道运行的风险等内容。

A.1.5 管道管理企业应根据实际情况每年更新完整性管理计划。

A.1.6 管道管理企业应综合考虑管道生产经营情况,制定基于管道压力等级、材质、失效模式和风险水平的完整性管理计划。计划内容应包括但不限于:

- a) 明确目标和范围;
- b) 遵守的法律法规和标准规范;
- c) 管道风险和完整性管理工作需求分析;
- d) 工作计划应包括数据采集和整合、关键区域识别、风险评价、检测监测和评价、风险控制、组织机构建设、体系文件建设、人员培训、效能评价、变更管理、质量控制、合规性管理、沟通、记录和文档等。

A.1.7 完整性管理计划应由专门的完整性管理小组负责编制。必要时,可邀请本领域内的专家参与编制工作。最终由完整性管理工作负责人进行确认。

A.1.8 管道管理企业应持续组织全员开展完整性管理体系的教育培训。

A.1.9 完整性管理计划执行过程中产生的各项记录应及时归档。必要时,可建立相应的管理信息系统。

A.2 体系审核

A.2.1 管道管理企业应定期开展完整性管理体系审核工作,审核重点关注:

- a) 体系的有效性;
- b) 与政策法规的吻合性;
- c) 改进措施及实施效果。

A.2.2 完整性管理体系审核应由管道管理企业的最高管理者主持,根据自身需求选择审核方式,包括内部审核和外部审核。

A. 2. 3 内部审核应由管道管理企业内具备相应能力的人员执行，外部审核可委托具有体系审核资质的第三方认证机构执行。

A. 2. 4 管道管理企业应规范内部审核程序，包括：

- a) 审核目的、准则、范围、频次；
- b) 实施审核的责任部门和责任人；
- c) 制定审核方案；
- d) 制定内部审核计划，并按计划执行，必要时可增加审核频次；
- e) 对审核中发现的问题采取针对性的纠正和预防措施；
- f) 跟踪并验证纠正和预防措施的有效性；
- g) 记录审核结果，编制审核报告；
- h) 向企业最高管理者报告审核结果。

A. 2. 5 管道管理企业开展外部审核时，应检查：

- a) 审核计划的安排是否全面合理，是否覆盖全部核心要素；
- b) 外部审核人员与企业部门和员工是否存在利益纠葛；
- c) 审核报告的结论是否合理有效。

A. 2. 6 发生安全生产事故时，应根据事故原因对相应要素开展专项审核。

A. 2. 7 完整性管理体系审核周期不宜超过3年，内部审核应每年至少1次。

A. 2. 8 出现下列情况之一时，应立即开展体系审核：

- a) 组织机构和职能分配有重大调整；
- b) 完整性管理体系文件发生重大变更。

附录 B

(资料性)

完整性管理数据采集清单

管道完整性管理数据应包括用于定位所有设备的全部必要数据。表B.1给出了一系列能够提升管道完整性管理的数据采集类目和对应的数据采集阶段。

表B.1 完整性管理数据采集类目

序号	分类	数据子类名称	数据采集源头阶段
1	中心线	测量控制点	建设期
		中心线控制点	建设期，运行期
		标段	建设期
		埋深	建设期，运行期
2	管道设施	站场边界	建设期
		标桩	建设期，运行期
		埋地标识	建设期，运行期
		附属物	建设期，运行期
		套管	建设期，运行期
		防腐层（钢质）	建设期，运行期
		穿跨越	建设期，运行期
		弯管	建设期，运行期
		收发球筒	建设期，运行期
		非焊缝连接方式	建设期，运行期
		开孔	建设期，运行期
		阀门	建设期，运行期
		环焊缝	建设期，运行期
		三通	建设期，运行期
		水工保护	建设期，运行期
		隧道	建设期，运行期
3	第三方设施	第三方管道	建设期，运行期
		公共设施	建设期，运行期
		地下障碍物	建设期，运行期
4	检测维护	外检测记录	运行期
		内检测记录（钢质）	运行期
		适用性评价	运行期
		管体开挖单	运行期
		焊缝检测结果	建设期
		试压	建设期
		管道维修	运行期

表B.1 完整性管理数据采集类目（续）

序号	分类	数据子类名称	数据采集源头阶段
5	基础地理	建筑物	建设期，运行期
		河流	建设期
		土地利用	建设期
		行政区	建设期
		铁路	建设期
		公路	建设期
		土壤	建设期
		地质灾害	建设期，运行期
		面状水域	建设期
6	设计建设	设计资料	建设期
		管道走向图	建设期
		系统总图	建设期
		管道设计使用压力	建设期
		管道设计使用温度（钢质管道）	建设期
		安装日期	建设期
		连接方法	建设期
		穿越/套管	建设期
		管道埋深	建设期
		工程进度检查文件	建设期
		工程竣工文件	建设期
		工程竣工图纸	建设期
		竣工验收技术资料	建设期
		施工质量检验	建设期
		施工安装其他情况	建设期
7	运行	输送介质	运行期
		运行压力	运行期
		流量	运行期
		失效记录	运行期
		巡线记录	运行期
		泄漏监测系统	建设期、运行期
		清管	建设期、运行期
8	管道风险	隐患等级识别结果	建设期，运行期
		管道风险评价结果	建设期，运行期
		地质灾害评价结果	建设期，运行期
9	应急管理	单位联系人	建设期，运行期
		应急组织机构	建设期，运行期
		应急组织人员	建设期，运行期
		应急抢修设备	建设期，运行期
		应急预案	建设期，运行期
		应急抢修记录	建设期，运行期
		储备物资	建设期，运行期

附 录 C
(资料性)
提交数据表结构

提交数据表结构格式见表C.1—表C.8。

表C.1 管道中心线位置表

数据项名称	计量单位	域值名称	填写说明
管道ID			
控制点ID			
路由控制点坐标X	度：分：秒		投影坐标应备注投影信息
路由控制点坐标Y	度：分：秒		投影坐标应备注投影信息
埋深	m		
高程	m		
备注			
注1：管道管理企业应给所属的每个管道分配唯一的名称及编号，每条管道的空间数据坐标系应保持一致。 注2：路由控制点坐标X、坐标Y为经纬度坐标或投影坐标。具体投影信息应在“管道中心线元数据表”中描述。 注3：埋深为地表到管顶的垂直距离。 注4：高程为管顶高程。			

表C.2 管道中心线属性表

数据项名称	计量单位	域值名称	填写说明
管道管理企业ID			
管道管理企业名称			
管道ID			
管道名称			
管道长度	m		
输送介质		产品类型	
投产时间			
设计单位名称			
建设单位名称			
备注			
注1：管道管理企业ID为管道系统实际运营者的唯一编号。 注2：应给每个管道分配唯一的名称及编号。 注3：“管道长度”字段填写该管道长度，单位m，保留两位小数。 注4：产品类型管道系统运输的产品性质，字段提供了域值。 注5：“投产时间”按照年/月/日（YYYYMMDD）格式数字序列填写。			

表C.3 管段属性表

数据项名称	计量单位	域值名称	填写说明
管道ID			
管段ID			
管段长度	m		
直径	mm		
壁厚	mm		
设计压力	MPa		
运行状态			
位置数据质量			
属性外键			
更新说明			
备注			

注1：管段是管道的子区域，管段ID由管道管理企业分配。原则上管段在位置上不存在重叠和空隙。每个管段仅有两个端点，不允许有分支，管道应划分尽量少的管段，仅在如下情况下划分管段：

a) 管道相交（指物理连通），例如一个支线和干线；

b) 管道相关属性（如直径，壁厚）变化。

注2：“属性外键”字段填写连接地理空间要素（管道）与其属性记录之间的外键。

注3：“直径”和“壁厚”字段分别填写管段公称直径和壁厚，单位mm，保留两位小数。

注4：“位置数据质量”字段的阈值具体含义为：“优”表示空间坐标数据的误差小于1m；“良”表示误差在1m~10m之间；“中”表示误差大于10m~50m之间；“差”表示误差在大于50m。

注5：“更新说明”标识自上次提交数据以来此次数据的修改方式，阈值包括：

a) 新增管道；

b) 空间数据修改；

c) 属性数据修改；

d) 空间和属性数据修改；

e) 删除；

f) 无变更。

表C.4 站场表

数据项名称	计量单位	域值名称	填写说明
管道管理企业ID			
管网ID			
管道ID			
站场ID			
站场名称			
所在城市名			
所在省名			
业主			
投影方式			
坐标系			
X坐标			
Y坐标			
度量单位			
备注			
注1：管道ID为该站场所属管道的唯一编号，管网ID为该站场所属的管网的唯一编号；管道管理企业ID为该管网所属的管道管理企业的唯一编号。 注2：坐标系要求：至少应提交CGCS2000坐标系成果，对其他坐标系成果应提交原始坐标系成果和转换后CGCS2000坐标系成果。 注3：“城市名”、“省名”为该站场所在的城市名称、省份名称。 注4：“X坐标”、“Y坐标”为站场区中心位置坐标；保留后面三位小数。 注5：度量单位为X、Y坐标采用的单位，如度（°）、分（′）、秒（″）、米（m）或千米（km）。			

表C.5 管道占压表

数据项名称	计量单位	域值名称	填写说明
管道ID			
行政区划			
里程	m		
桩号			
与桩的距离	m		
占压方位			
占压物类型			
占压危害程度			
占压物所在详细地址			
占压长度	m		
占压面积	m ²		
占压开始时间			
目前主要对策及保护措施			
计划清理完成时间			
备注			

注1：有里程数据时优先提交里程信息，没有里程数据可提交桩加偏移量数据。

注2：行政区划填写占压位置所在县级行政区划，可填写多个，以半角逗号分隔。

注3：占压危害程度分为A、B、C三级，“A级”指公众聚集场所、居民楼和易燃易爆场所等建、构筑物；“B级”指有人口居住、活动且可能引发人员伤亡，或影响管道安全运行的建、构筑物；“C级”是指“A级”和“B级”以外的建、构筑物。

注4：“占压长度”单位为米（m），“占压面积”单位为平方米（m²）。

注5：“占压开始时间”和“计划清理完成时间”按照年/月/日（YYYYMMDD）格式数字序列填写。

表C.6 管段风险隐患记录表

数据项名称	计量单位	域值名称	填写说明
管道ID			
管段编号			
起始里程	m		
终止里程	m		
起始桩号			
与起始桩的距离	m		
终止桩号			
与终止桩的距离	m		
主要隐患		主要危害因素	
风险评价时间			
管段风险描述			
风险评价单位名称			
备注			

注1：两种位置提交方式：一种是该管段的起始里程和终止里程；二是提交桩加偏移量数据。单位都为米（m）。

注2：高风险管段编号：由管道管理企业进行编号，在一个风险识别工作周期内应保证同一管网内高风险管段编号唯一，并可采用数字顺序编号。

注3：“风险评价时间”按照年/月/日（YYYYMMDD）格式数字序列填写。

表C.7 管道中心线元数据表

数据项名称	计量单位	域值名称	填写说明
元数据ID			自动生成
管道管理企业ID			
管道ID			
提交日期			
覆盖省列表			
坐标系			
度量单位			
投影方式			
备注			
注1：元数据ID为系统自动生成，不需填写。 注2：管道管理企业ID为管道系统实际运营者的唯一编号。 注3：“提交日期”按照年/月/日（YYYYMMDD）格式数字序列填写。 注4：“覆盖省列表”字段为提交管道中线数据覆盖的省级行政区列表。 注5：坐标系要求：至少应提交CGCS2000坐标系成果，对其他坐标系成果应提交原始坐标系成果和转换后CGCS2000坐标系成果。 注6：提交的数据跨多个分带时须在备注字段中说明所跨的各分带号。			

表C.8 域值表

域值名称	域值代码	域值含义
产品类型	1	液化石油气
	2	天然气
	3	煤制气
	4	人工燃气
	5	沼气
运行状态	1	在用的
	2	损坏
	3	修复中
	4	建设中
	5	已废弃
位置数据质量	1	优
	2	良
	3	中
	4	差
	5	未知
更新说明	1	新增管道
	2	空间数据修改
	3	属性数据修改
	4	空间和属性数据修改
	5	删除
	6	无变更
投影方式	1	西安80坐标系6度分带
	2	西安80坐标系3度分带
	3	北京54坐标系3度分带
	4	北京54坐标系6度分带
	5	其他
坐标系	1	CGCS2000大地坐标系
	2	WGS84世界大地坐标系
	3	54北京坐标系
	4	80西安坐标系
	5	城市坐标系
	6	其他
度量单位	1	十进制度
	2	米
	3	千米
	4	其他

表C.8 域值表（续）

域值名称	域值代码	域值含义
地区等级	1	未知
	2	等级1——在规定面积内少于15户
	3	等级2——在规定面积内多于15户少于100户
	4	等级3——在规定面积内多于100户
	5	等级4——交通发达的城镇商业区
	6	其他
占压方位	1	管道正上方
	2	管道两侧各5m范围内
占压物类型	1	建构筑物
	2	圈占
	3	深根植物
	4	重物
	5	堆积物
	6	其他
危害程度	1	A级
	2	B级
	3	C级
主要危害因素	1	未知
	2	腐蚀
	3	误操作
	4	制造与施工缺陷
	5	地质灾害
	6	第三方损坏
	7	其他
注1：本表中域值名称对应表C.1~C.8中域值名称。 注2：每种域值含义对应一个域值代码，域值代码用于设计数据库字段时使用；域值含义表示该域值名称所含有类型。		

附 录 D

（资料性）

管道风险矩阵法

风险矩阵法（简称LS）， $R=L \times S$ ，其中R是危险性（也称风险度），事故发生的可能性与事件后果的结合，L是事故发生的可能性。S是事故后果严重性。R值越大，说明该系统危险性大、风险大。其中：

$$L = 400 - \text{失效可能性分值}$$

$$S = \text{泄漏影响系数}$$

上述分析，针对管道整体事故发生概率以及失效的后果进行了打分。其中事故发生概率得分从0~400，失效后果严重性得分0~40分，得分越高事故发生可能性越高，事故失效后果越严重。

按照程度不同将事故发生概率和失效后果由低到高划分1~5等级，结合事故发生概率打分结果，半定量分析事故发生概率和失效后果得分如表D.1和表D.2所示，风险分级见图D.1。

表D.1 失效可能性等级

失效可能性分级	描述	事故发生概率得分区间
1	企业内曾每年发生多次类似失效，或预计1年内发生失效	[0, 10)
2	企业内曾每年发生类似失效，或预计1年~3年内发生失效	[10, 40)
3	企业内曾发生过类似失效，或预计3年~5年内发生失效	[40, 100)
4	行业中发生过类似失效，或预计5年~10年内发生失效	[100, 200)
5	行业中没有发生类似失效，或预计超过10年后发生失效	[200, 400)

表D.2 失效后果等级

失效后果等级	失效后果严重程度	失效后果得分区间
1	无害	[0, 1)
2	轻微伤害	[1, 4)
3	一般伤害	[4, 10)
4	严重伤害	[10, 20)
5	人员伤亡	[20, 40)

事故发生概率等级	5					
	4					
	3					
	2					
	1					
风险矩阵		1	2	3	4	5
		失效后果严重程度等级				

图D.1 风险矩阵

其中风险等级的具体含义如下表D.3所示：

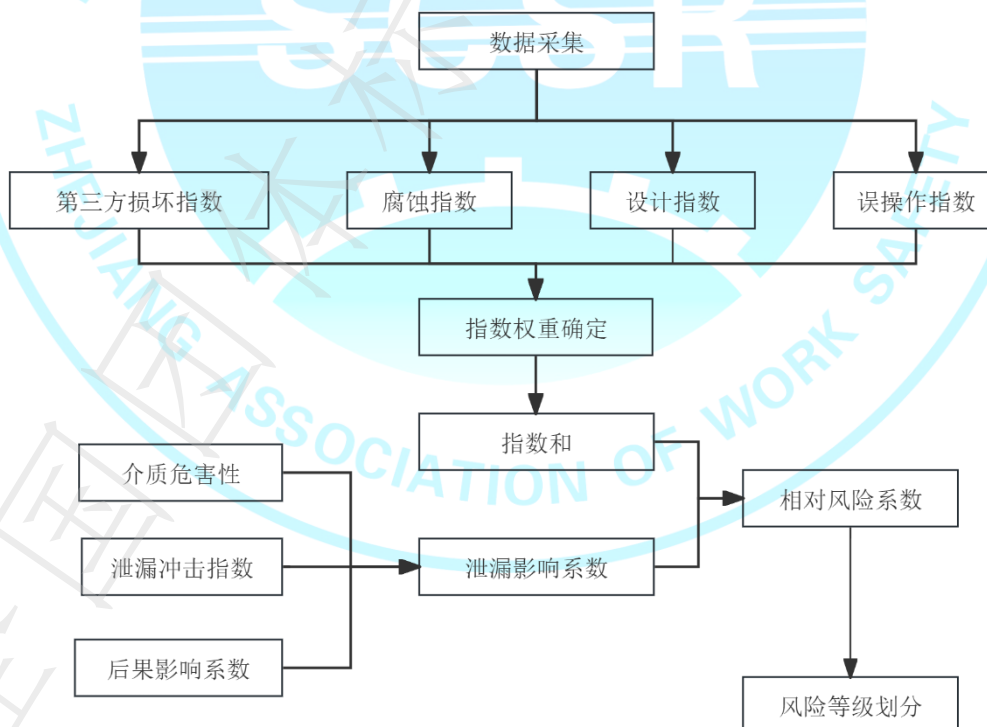
表D. 3 风险等级划分

颜色	类别	得分	描述
绿色	低 (I)	10~200	风险水平可以接受，当前应对措施有效，可不采取额外技术、管理方面的预防措施
黄色	中 (II)	200~800	时刻持续关注，采取对策降低风险接受水平
红色	高 (III)	800~1600	风险水平不可接受，立即采取有效措施以降低风险，以免造成事故，损失惨重

附 录 E
(资料性)
肯特管道风险评价法

肯特法基本步骤：

- a) 收集管道沿线状况、第三方损坏、设计、误操作、自然灾害等方面数据和资料；
- b) 对每一段管道根据第三方损坏、设计、误操作、自然灾害因素逐项评分，计算各因素相应指数；
- c) 确定各指数权重，通常利用熵权法确定指数权重，步骤如下：
 - 1) 评价矩阵的建立，
 - 2) 矩阵归一化处理，
 - 3) 确定评价指标的熵值，
 - 4) 计算差异性系数，
 - 5) 确定指标权重；
- d) 根据指数权重，求取 4 个方面因素的指数和；
- e) 根据介质危害性、泄漏冲击指数、后果影响系数等，计算泄漏影响系数；
- f) 将计算所得的指数和除以泄漏影响系数，得到相对风险系数大小；
- g) 风险等级划分。



图E.1 肯特法管道风险评价基本流程

附录 F

(资料性)

管道建设期风险评价内容

在管道建设期进行的风险评价，应考虑以下因素：

- a) 根据管道沿线的地方政府规划，考虑现有设计是否能满足规划要求。
- b) 根据沿线土地的使用情况及规划用地情况分析可能存在的第三方损坏、占压等情况。避免投产后引起的占地纠纷、交叉施工过多带来的第三方损坏风险、短期内改线等情况。
- c) 应充分考虑腐蚀、疲劳、热应力等风险因素，在满足输量的情况下，合理选择管道材质、管径、壁厚等参数，并依据设计的正常工况及可能出现的紧急情况，对管道材质及壁厚选取进行校核；调研材质及焊接工艺对环境温度、湿度、土质等的敏感性，使管材及焊缝在运行环境中不产生异常失效速率。
- d) 根据沿线土壤腐蚀性、岩土类型、沿线电气化设施等分析可能出现的防腐层损坏、杂散电流和腐蚀易发区等风险。对局部腐蚀环境、杂散电流等腐蚀控制措施的有效性进行评价。防腐层及补口材料的选择应考虑具体的管径、壁厚、施工温度、土壤类型等因素。
- e) 应对管道穿跨越（含隧道）位置、活动断裂带及特殊不良地质地段的风险进行评价，管道应选择在稳定的缓坡地带、灾害地质较少的地段通过，避免通过滑坡、崩塌、泥石流、陡坡、陡坎等易造成管道破坏的地带；通过活动断裂带可选用应变能力强的钢管，宜适当加大壁厚，并尽量减少使用弯头等管件，断裂带两侧的过渡段范围内管道宜采用弹性敷设方式。
- f) 考虑施工阶段可能对周围环境和地形、地貌造成的扰动和破坏，依据地貌、土壤类型、降雨等信息，分析可能存在的地质灾害类型及危险程度。对于可能存在的山体滑坡、冻胀融沉等灾害，审核其监测设施运行有效性。管道铺设应尽量避免横坡铺设。
- g) 应识别施工可能对管道本体产生的危害，并给出评价结论。使用特殊的施工工艺应考虑对将来完整性评价的影响。
- h) 考虑工程变更时的风险，识别出由于变更对今后运行可能产生的危害，并提出消除危害和预防风险的措施。

附 录 G
(规范性)
管道危害因素

表G.1 管道危害因素

危害因素	二级因素	三级因素
第三方损坏	管线情况	附加保护层
		覆土层性质
		管道埋深
		管材等级
		管道运行年限
		安全距离
		资料完整性
	巡线	巡线规程
		巡线频率
	报警应急处置装置	
	安全预警与监控系统	
	管道线路标识	线路标识完好程度
		线路标识与实际情况的符合程度
	地面活动情况	地区级别
		建设活动频繁程度
		交通繁忙程度
		违章占压
		其他设施交叉
	公众教育与法制观念	公众管道安全常识
		经济发达程度
		社会治安状况
		关系处理
		宣传教育力度
	处置与防范	处置方案
		处置效果
	事件响应	
设计因素	管道安全系数	
	系统安全系数	
	系统水压试验	
	选线选址	管路线路设计
		地质条件

表G.1 管道危害因素（续）

危害因素	二级因素	三级因素
设计因素	管材选取	材料选取
		材料质量
	安全系统	安全装置设计
		安全系统设计
		超压设计
	设计单位及人员	
	危险因素识别	
	设计方案审查	
操作因素	施工因素	检验
		施工监督
		施工管理措施
		施工人员资质
		管件预处理
		材料
		包覆层
		施工验收
		管道回填质量
		管体缺陷
		焊接质量
		工艺规程
	运行因素	机械防错装置
		管理程序
		检测频率
		检测人员资质
		检测项目
		安全措施
		运行监督
		职工培训
		隐患排查治理
		数据采集系统/通讯
	维护因素	维修工作的文件编制
		维护人员技术水平
		日常维护的正式计划
		维护规程
		修复方式

表G.1 管道危害因素（续）

危害因素	二级因素	三级因素
自然灾害	地质灾害	生物侵蚀
		发生地质灾害的可能性
		管道有无相应防护措施
		地质灾害的猛烈程度
	气象灾害	预警不足
		管道有无相应防护措施
		发生气象灾害的可能性
		气象灾害的猛烈程度
		预警不足

附录 H
(资料性)
管道风险评价报告

管道风险评价报告包括如下内容：

- a) 评价概述；
- b) 管道系统概述；
- c) 评价方法；
- d) 评价的假设和局限性；
- e) 危害因素识别结果；
- f) 失效可能性分析结果；
- g) 失效后果分析结果；
- h) 风险判定结果及风险消减措施建议；
- i) 风险因素敏感性和不确定性分析；
- j) 问题讨论；
- k) 结论和建议。



附 录 I
(资料性)

管道失效事件信息统计表

管道失效事件信息统计表格格式见表 I.1。

表 I.1 管道失效事件信息统计表

序号	分类	信息
1	事件基础信息	管道名称
		管道失效日期
		失效发生地点
		桩号
		偏移量, m
		失效发生部位
		失效位置管径, mm
		失效处壁厚, mm
		失效处埋深, m
		失效时压力, MPa
		失效位置环境
		区域等级
		是否高后果区
2	失效模式及原因	失效直接原因
		失效根本原因
		失效事件等级
		失效模式
		失效发现途径
		调查人员信息
		损伤类别
		损伤尺寸
3	事件损失	是否发生爆炸
		是否发生着火
		泄漏量
		泄漏量单位
		死亡人数
		重伤人数

表I.1 管道失效事件信息统计表（续）

序号	分类	信息
3	事件损失	轻伤人数
		停输时间, h
		停输损失, 元
		维抢修费用, 元
		油（气）损失, 元
		环境污染损失, 元
		其他损失, 元
		总经济损失, 元
4	管道维护信息	是否进行过压力试验
		压力试验日期
		压力试验介质
		压力试验压力, MPa
		压力试验保压时间, h
		压力试验是否发现异常
		压力试验异常描述
		是否进行过内检测
		内检测日期
		内检测类型
		是否发生内检测异常
		内检测异常描述
		其他检测描述
5	管道抢修信息	维抢修队伍名称
		路上时间, h
		抢修时间, h
		更换管道长度, m
		更换防腐层面积, m ²
		重新焊接长度, m
		更换阀门数量, 个
		其他（文字描述）
		备注

附录 J

(资料性)

管道完整性管理培训大纲

J.1 初级管道完整性管理能力培训

J.1.1 掌握管道完整性管理的基本理念及基础知识，能够依照标准或体系文件实施完整性管理的各项要求。

J.1.2 熟悉管道数据的类型，能够编制数据采集方案，并能够配合数据采集项目的开展；正确使用高后果区识别的相关规程。

J.1.3 了解检测管道作业的风险及控制措施，能够配合检测作业的开展；了解管体缺陷常见修复方法的具体工序及要求，能够对管体缺陷修复施工进行监管与配合；能够依照标准或体系要求进行巡线和阴极保护系统测试；能够对巡线或测试过程中发现的风险依照流程进行处理。

J.2 中级管道完整性管理能力培训

J.2.1 掌握完整性管理的基本理念，能够依照标准或体系文件实施完整性的各项要求；能够依据评价结果制定合理的完整性管理决策，能够编制完整性管理方案。

J.2.2 熟悉管道数据的类型；能够依据完整性管理的要求对数据采集项目提出具体要求，并能够编制和审核数据采集方案；了解完整性管理数据流程；正确使用隐患识别分级及处置的相关规程；了解多种风险评价方法优缺点，能从事基础风险评价，并能正确解读评价结果；了解完整性管理作业的流程、风险及控制措施，能够配合检测作业的开展，熟练掌握检测报告的应用；掌握管体缺陷常见修复方法的具体工序及要求，能够对管体缺陷修复施工进行监管；能够依照标准或体系要求进行巡线；能够对巡线或测试过程中发现的风险依照流程进行处理；能够对问题进行原因分析，通过类比发现其他管道的潜在问题。

J.3 高级管道完整性管理能力培训

J.3.1 培训要求

通过中级管道完整性管理能力培训要求的高级管理人员，应按照不同专业方向进行专业、系统的培训。

J.3.2 完整性综合管理、体系管理方向

培训所达要求：掌握完整性管理的基本理念和知识，能够依照标准或体系文件实施完整性管理的各项要求；能够依据评价结果制定合理的完整性管理决策，能够编制完整性管理方案；能够独立开展或者指导团队开展管道完整性管理工作。

J.3.3 数据管理方向

培训所达要求：能够准确读取、分析数据；熟悉管道数据的类型；能够依据完整性管理的要求对数据采集项目提出具体要求，并能够编制和审核数据采集方案；依据完整性管理数据现状优化数据流程。

J.3.4 风险评价管理方向

培训所达要求：正确使用隐患辨识分级的相关规程；能够依据管道不同特点选择评价方法；熟悉不同的评价方法并根据管道特点选择适合的评价方法；能够开展管道综合风险评价，编制和审核风险评价报告。

J.3.5 管道完整性检测与评价管理方向

培训所达要求：掌握完整性检测技术的基本原理与缺陷评价方法；掌握现场检测作业的风险识别及控制措施；选择缺陷评价方法开展完整性评价并掌握检测报告的应用；熟悉目前通用的缺陷评价方法；能够组织内外检测作业；能够组织并编写管道完整性评价报告。

J.3.6 管体缺陷修复管理方向

培训所达要求：了解管体缺陷修复相关标准具体条款的制定原则；管体缺陷修复程序和标准制定的原则；提供推荐性的缺陷修复计划，其中包括能够参考管体缺陷施工管理的经验和修复方法；在实际情况无法满足标准规定时需要以管体缺陷修复相关标准为准则制定，对施工方案提出建议，以满足管体缺陷修复相关标准具体条款的制定原则及原因；能够根据管体缺陷的程度及标准规定选择适用的修复方法；以及现场开挖及修复报告。

J.3.7 管道日常管理方向

培训所达要求：

- a) 能够掌握管道腐蚀以及防腐措施所涉及的相关标准；
- b) 能够依照标准或体系要求进行巡线和阴极保护系统测试；
- c) 能够对巡线或测试过程中发现的风险依照流程进行处理；
- d) 能够对问题进行原因分析，通过类比发现其他管道的潜在问题；
- e) 能够对存在的问题提出治理措施，对潜在问题提出预防措施。

J.4 培训和认证要求

各级能力要求和培训大纲明细例表见表J.1。

表J.1 管道完整性管理培训能力大纲明细例表

项目	资格要求	专业能力	培训大纲	要求
初级	从事管道完整性相关工作1年以上或2年以上相关工作经验	风险评价识别管理	风险识别与评价基础； 隐患识别技术； 地质灾害风险管理概述及调查识别	相关岗位工作满2年的人员直接通过确认；不足2年的人员参加完相关培训后通过考试认证
		管道完整性检测与评价管理	完整性检测技术及适用场景	相关岗位工作满2年的人员直接通过确认；不足2年的人员参加完相关培训后通过考试认证

表J.1 管道完整性管理培训能力大纲明细例表（续）

项目	资格要求	专业能力	培训大纲	要求
中级	具有相关知识背景，从事完整性管理工作2年以上或从事管道管理工作5年以上	风险评价与隐患识别管理	管道风险评价技术； 管道风险评价相关法规及标准规范； 风险评价方法应用； 地质灾害调查与识别	参加完相关培训后通过考试确认
		管道检测与评价管理	管道检测基本原理及应用； 缺陷评价技术基础	参加完相关培训后通过考试确认
高级	具有相关技术背景的高级管理人员。管道从事完整性管理工作3年以上	风险评价与隐患分级识别管理	管道风险评价； 地质灾害调查与识别； 隐患识别与分级	参加完相关培训后通过面谈进行相关确认
		管道完整性检测与评价管理	完整性检测技术； 管道剩余寿命预估； 管道工程适用性评价	参加完相关培训后通过面谈进行相关确认

J.5 培训师的要求

培训师的要求如下：

- a) 一般培训师应满足其中之一：
- 1) 在管道完整性领域具备5年以上工作经验，具备工程师及以上资质；
 - 2) 编制过完整性技术与管理相关的行业标准或参与过国家标准编写；
 - 3) 在培训机构具有管道完整性管理方向3年以上培训经验；
 - 4) 达到完整性高级培训要求的可培训初级、中级课程。
- b) 高级培训师应满足其中之一：
- 1) 在管道完整性领域具备10年以上工作经验，具有高级工程师及以上资质，研究成果在工程上应用；
 - 2) 编制过完整性技术与管理相关的国家标准或参与过国际标准、出版完整性类的中英文专著；
 - 3) 开展过一般水平培训5年以上，并经高级培训师3人以上推荐。