

 CECS -XXX-2020

中国工程建设协会标准

燃气管网健康诊断和修复技术指南

Technical Guidelines for Health Diagnosis and Repair of Gas Pipeline Network

（征求意见稿）

中 国 工 程 建 设 协 会 标 准

燃气管网健康诊断和修复技术指南

Technical Guidelines for Health Diagnosis and Repair of Gas Pipeline Network

CECS ×××: ×××

主编部门：同济大学

批准部门：中国工程建设标准化协会

实施日期：20××年××月××日

前 言

根据中国工程建设标准化协会《关于印发<2019年第二批工程建设协会标准制订、修订计划>的通知》（建标协字[2019]022号）的要求，编制组经广泛调查研究，认真总结实践经验，并在充分征求意见的基础上，制订本指南。

本指南的主要内容包括：总则、术语、基本规定、燃气管道检测、燃气管道在线监测、燃气管网安全评价、燃气管道修复。

本指南由中国工程建设标准化协会建筑与市政工程产品应用分会归口管理，由同济大学负责具体内容的解释（地址：上海市嘉定区曹安公路4800号；邮政编码：201804）。在使用过程中如发现需要修改或补充之处，请将意见和资料直接寄与解释单位。

主编单位：同济大学

参编单位：中国城市规划设计研究院；

上海燃气工程设计研究有限公司；

北京市煤气热力工程设计院有限公司；

上海市燃气管理处；

上海防灾救灾研究所；

天津城建大学；

上海航天智慧能源技术有限公司；

上海燃气市北销售有限公司；

上海煤气第一管线工程有限公司；

上海煤气第二管线工程有限公司；

正元地理信息集团股份有限公司；

北京北燃环能工程科技有限公司；

上海山南勘测设计有限公司

主要起草人：陈志光 秦朝葵 周杨军 郑茂辉 李素贞 胡周海 刘 军

胡群芳 莫 非 方建平 郭甲生 李 军 王敏敏 张 帆

张鲁冰 向素萍 李学军 马迎秋 曹国权 徐四一 宁超列

刘 威 刘世光 宋 源 杨 哲 陶为翔 陈 凡

主要审查人：

**目 次**

1 总则 6

2 术语 6

3 基本规定 7

4 燃气管道检测 7

4.1一般规定 7

4.2内检测 8

4.3外检测 8

5 燃气管道在线监测 9

5.1一般规定 9

5.2管道周边环境监测 9

5.3管道应力监测 10

6 燃气管道安全评价 10

6.1一般规定 10

6.2管道适用性评价 10

6.3管道直接评价 11

7 燃气管道修复 11

7.1一般规定 11

7.2 管道应急修复 12

7.3 管道常规修复 13

本规程用词说明 13

引用标准名录 13

**Contents**

1 General provisions 6

2 Terms 6

3 Basic requirements 7

4 Gas pipeline inspection 7

4.1 General requirements 7

4.2 in-line inspection 8

4.3 external inspection 8

5 Gas pipeline online monitoring 9

5.1 General requirements 9

5.2 Environmental monitoring around pipelines 9

5.3 Pipeline stress monitoring 10

6 Gas pipeline safety evaluation 10

6.1 General requirements 10

6.2 Pipeline fitness for service assessment 10

6.3 Pipeline direct assessment 11

7 Gas pipeline repair 11

7.1 General requirements 11

7.2 Pipeline emergency repair 12

7.3 Pipeline rutine repair 13

Explanation of wording in this specification 13

List of quoted standards 13

## 1 总则

1.0.1 为规范城镇燃气管网的检测、评价与修复技术，做到技术先进、经济合理、保护环境，提高管网安全运行水平，制定本指南。

1.0.2 本指南适用于既有城市燃气管道及管道附属设施的检测、评价与修复，亦可为新建燃气管网的检测与评价提供参考。

1.0.3 城镇燃气管网的检测及修复应做到技术先进、安全可靠，并应积极采用新技术、新方法和新设备。

1.0.4 城镇燃气经营企业应建立、健全安全生产管理制度及运行、维护、抢修操作规程。

1.0.5 城镇燃气管道的检测、评价与修复技术应符合国家现行有关标准的规定。

1.0.6 城镇燃气管道修复更新工程使用的材料应符合国家现行的相关产品标准的规定。

## 2 术语

2.0.1 城镇燃气管网设施 city gas piping system facilities

从城镇燃气供气点至用户引入管之间的管道、管道附属设施、厂站内工艺管道及管网工艺设备的总称。本指南只适用于供气点至用户引入管之前的管网设施，即包括市政燃气设施和建筑区划内业主专有部分以外的燃气设施。

2.0.2 管道健康诊断 pipeline health diagnosis

运用相关技术手段对管道进行定位、检测与监测、评价的过程，分析威胁管道安全运行的现存问题，并提出解决方案。

2.0.3 探地雷达 ground penetration radar

向被探测管道发射高频电磁波束，通过观测反射电磁波的时间滞后及强弱特征研究管道埋设状况，对管道进行定位。

2.0.4 内检测 in-line inspection

利用在管道内运行的可实时采集并记录管道信息的检测器所完成的检测。

2.0.5 漏磁检测 magnetic flux leakage (MFL) testing

通过检测与评价金属体内泄漏到金属体外磁场的一种无损检测方法。

2.0.6 超声导波ultrasonic guided wave

导波是以超声或声频率在波导中平行于边界传播的弹性波，与传统超声检测的恒定波速相比，导波检测中波速会随着波的频率和构件几何尺寸变化发生显著变化。超声导波是指频率高于20 kHz声波频率的导波。

2.0.7 外检测 external inspection

通过仪器设备从外部对管道本体、腐蚀防护系统等进行的检测。

2.0.8 泄漏检测 leak detection

使用检测仪器确定被检对象是否有燃气泄漏并进行泄漏点定位的活动。

2.0.9 干扰防护 interference mitigation

为使埋地钢质管道免受干扰腐蚀，采取排流、增设阴极保护、修复防腐层和电屏蔽等方式对干扰进行治理和控制的过程。

2.0.10 管道应力监测 pipeline stress monitoring

对受多种荷载影响的管道应力进行在线监测，判断管道运作情况，预测管道损伤未来发展趋势，对管道进行安全预警。

2.0.11 适用性评价 fitness for service assessment

对含有缺陷或损伤的管道进行的一种评价,以确定在预期的工作条件下是否可以继续安全运行。

2.0.12 应急修复 emergency repair

燃气设施发生危及安全的泄漏以及引起停气、中毒、火灾、爆炸等事故时，采取紧急措施的作业。

## 3 基本规定

3.0.1燃气管网的健康诊断过程应包括管道定位、管道检测及在线监测、管道安全评价等阶段，并应及时对存在问题的管道作出修复。

3.0.2确定管道破损点的位置以及整条管道的位置是管网安全运行的前提，燃气管道定位是保证管网信息准确完整不可或缺的技术手段，尤其是对没有档案资料或档案资料不齐全的埋地管道。应不断改进燃气管道定位技术，准确把握管网信息，燃气管道定位技术的选用应符合CJJ 61的规定。

3.0.3探地雷达是最为常用检测技术，采用电磁波进行地下探测，由发射器、接收器、控制处理器、供电系统、信号传输系统、显示器组成，其有效性由反射差异决定。工作时天线应紧贴地面，宜建立城市道路土壤介电常数计算模型，为探地雷达的使用提供参数，消除由于从业人员人为经验导致的误差。

3.0.4 无线射频定位利用无线电信号通过非接触模式的识别和读写方式获得位置信息，也宜应用于燃气管道的定位。射频定位系统通常由读写器、标识器和数据管理系统等组成，标识器应与管道及设施同步安装。

3.0.5 燃气管道的检测应根据管道的直径、长度、连接方式、使用时间及位置，合理地选用检测工具。检测周期应根据材质、设计使用年限及环境腐蚀条件等因素确定。

3.0.6 燃气管道在线监测主要涉及管道周边环境监测和管道应力监测，应借助于监控及数据采集系统，逐步实现故障判断、作业指挥及事故统计分析的智能化。

3.0.7 不同地区等级及环境、不同运行压力、不同介质、不同运行年限的管段应分别进行评价，并应根据实际情况分配各管段权重后得出综合评价结论。

3.0.8 定期对管道年限、等级位置、应力水平、泄漏历史、阴极保护、涂层状况、输送介质和环境因素的影响进行评价，确定管道修理类型和使用寿命。

3.0.9 修复应把有缺陷或损伤之处恢复到预期的管道完整性，且修复更新后管道的输配能力及使用年限必须满足使用要求。

## 4 燃气管道检测

### 4.1一般规定

4.1.1 管道检测根据检测位置应分为内检测与外检测。内检测可准确检测管道运行过程中产生的各种缺陷，外检测通常是指对管道外防护系统的检测，一般包括管道外防腐层检测、阴极保护有效性测试、缺陷尺寸检测以及管道泄漏检测。

4.1.2 管道检测所选定的检测位置应固定并能长期连续使用。在随后周期性的检测中也可增加或合并检测位置。

4.1.3 对埋地钢质燃气管道的阴极保护系统及其防腐层应定期进行检查；检查周期和内容应符合CJJ 95的有关规定；在土体情况复杂、杂散电流强、腐蚀严重或人工检查困难的地方，对阴极保护系统的检测宜采用自动远传检测的方式。

4.1.4 应对沿聚乙烯管道敷设的可探示踪线及信号源进行检测。

4.1.5 埋地管道因腐蚀发生泄漏后，应对管道的腐蚀控制系统进行检查，并应根据检查结果对该区域内腐蚀因素近似的管道原有的检测周期进行调整，加大检测频率。

4.1.6 埋地管道的常规泄漏检测宜按泄漏初检、泄漏判定和泄漏点定位的程序进行。常规的泄漏初检周期应符合下列规定：

 1 聚乙烯管道和设有阴极保护的钢质管道，检测周期不应超过1年；

 2 铸铁管道和未设阴极保护的钢质管道，检测周期不应超过半年；

3 管道运行时间超过设计使用年限的1/2，检测周期应缩短至原周期的1/2。

### 4.2内检测

4.2.1 应定期进行清管作业，保持管道的可检测性。管道内检测前应进行清管。

4.2.2 内检测装置宜选用定点进行测量的超声波测厚仪、超声波扫描成像仪，以及沿管道各部位进行的超声波/漏磁能检测器、机械测径器和超声导波测量仪等。

4.2.3 漏磁检测技术应按GB/T 31212的相关规定执行，应至少包括电源、磁化器、磁场传感器、扫查装置、信号处理单元等，必要时还应有退磁装置和位置记录装置。

4.2.4 应用漏磁检测若是仅以发现腐蚀或机械损伤等体积型缺陷为目的，检测时使仪器沿一个方向扫查即可；若需发现裂纹，应对被检测部位采用90°交叉方向进行两次扫查检测。

4.2.5 扫查检测中应确认相邻扫查带之间的有效重叠，确保不引起漏检，以免影响检测结果。

4.2.6 超声导波检测应符合GB/T 31211的规定，应用该技术对燃气管线的结构内部或材料缺陷的发展趋势、状态变化位置及程度进行科学判断。检测仪器设备包括传感器、传感器夹具、信号线、前置放大器、电缆线、仪器主机、检测数据采集和分析软件等。

4.2.7 应用超声导波检测技术应先根据被检构件计算其频散曲线，选择导波模态和激励信号频率。

4.2.8 应根据被检管道需检测的缺陷类型及形状，选择不同的检测波形模式，主要考虑非频散频率区间；一次检测长度；对于横向缺陷，选择纵向模态；对于纵向缺陷，选择扭转或弯曲模态。

4.2.9 对于管道内腐蚀，检测仪记录应显示管道内腐蚀与地面实际位置之间的相互关系，准确地确定腐蚀部位。

### 4.3外检测

4.3.1 钢质管道防腐层缺陷可采用直流电位梯度法、交流电位梯度法、交流电流衰减法、密间隔电位法等进行检测。对一种检测方法检出和评价为“重”的点应采用另一种检测方法进行再检加以校验。

4.3.2 管道防腐层的绝缘性能可用电流电位法定量检测或交流电流衰减法定性检测。

4.3.3 阴极保护系统检测应包括阴极保护效果检测和阴极保护设施状况检测。检测对象包括外加电流阴极保护系统和牺牲阳极阴极保护系统，检测评价方法应按GB/T 19285执行：

1 针对外加电流阴极保护系统，当管道风险等级为高或较高等级时，应进行100%密间隔断电电位检测；当管道风险等级为中或低风险等级时，应在电位测试桩处进行管地电位检测；发现异常时，应对该处前后管段进行100%密间隔断电电位检测；

2 针对牺牲阳极阴极保护系统、外加电流与牺牲阳极联合保护系统，当管道风险等级为高或较高等级时，应进行100%密间隔电位检测；当管道风险等级为中或低风险等级时，应在电位测试桩处进行管地电位检测；发现异常时，应对该处前后管段进行密间隔电位检测；

3 检测管道无阴极保护电位测试桩时，应开挖进行管地电位检测，开挖间隔不宜大于1km；

4 阴极保护设施检测时，针对外加电流阴极保护系统，可对恒电位仪、辅助阳极床、绝缘装置及电连接装置等设施性能状况进行检测；针对牺牲阳极阴极保护系统，可对电位测试桩、牺牲阳极等设施性能状况进行检测。

4.3.4 缺陷尺寸检测包括由外腐蚀及机械破坏所造成的损伤深度和损伤面积检测，应检测损伤位置、损伤程度及形貌，检测方法应按GB/T 30582执行。

4.3.5 对于聚乙烯燃气管道，应注意检测管道表面有无气泡、槽痕、凿痕或凹痕等缺陷以及管道有无老化降解（如表面粉化）等情况。

4.3.6 燃气管道泄漏检测方法应根据检测项目和检测程序进行选择。应用声发射技术进行泄漏检测应符合GB/T 33643的规定。

4.3.7 声发射泄漏检测系统应包括传感器，前量放大器、系统主机、显示和存储等单元。应在传感器不同的位置直接测量有效值电压RMS值或平均信号电平ASL值，在发现存在泄漏的位置，可通过采用升高或降低压力的方法测量RMS或ASL值的变化来验证泄漏的发生。

4.3.8 声发射检测对于管道泄漏难以确认的情况，应增加到达时间、波形、频率、其他输入参数（如温度）等特征参数的测量。

4.3.9 经声发射技术所测得的数据，宜基于波形和频谱显示、分析和模式识别的方式来识别背景噪声下的泄漏信号。应按被检件可能发生的泄漏信号频率对检测频率范围进行设置，并宜采用模拟或数字滤波、小波分析方法提高检测信号的信噪比。

## 5 燃气管道在线监测

### 5.1一般规定

5.1.1 燃气管道在线监测可使燃气经营企业能时刻了解管道运行状态，及时发现管道设施故障、管道泄漏等问题，保障管道安全运行。燃气经营企业应建立管道在线监测系统，对管道本身、附属设施、输送介质以及周边环境等进行监测。

5.1.2 管道在线监测系统宜包括以下四个部分：

1 传感器系统：包括感知元件和传感器以及其在管道及其周边中的布置；

2 数据采集和分析系统：主要由计算机系统组成；

3 监控中心：能够及时对管道内燃气压力、流量等参数及管道周边环境异常做出反馈并发出预警；

4 实现诊断功能的软件和硬件：提供管道损伤位置、损伤程度、损伤模式的结论及其判据。

5.1.3 监测系统设备外观应保持完好。在爆炸危险区域内的仪器仪表应有良好的防爆性能，不得有漏电、漏气和堵塞状况。机箱、机柜和仪器仪表应有良好的接地。

5.1.4 采集点和传输系统的仪器仪表应按国家有关规定定期进行检定和校准。

5.1.5 燃气经营企业应建立管道在线仿真模型，与管道地理信息系统无缝连接。定期进行维护，与管道新建、修复和更新改造保持同步。通过管道在线监测，及时发现管道运行的异常情况，对安全事故进行预警。

### 5.2管道周边环境监测

5.2.1 周边环境监测包括土壤腐蚀性监测和杂散电流监测，监测时宜使用由自动数据采集系统，采集电压、电流等信号。

5.2.2 土壤腐蚀性监测采用抽样监测，必要时可根据腐蚀活性增加土壤腐蚀抽样监测点。

5.2.3 土壤腐蚀性监测包括土壤质地、土壤电阻率、氧化还原电位、管地电位、土壤pH值、土壤的含水率、土壤含盐量，土壤Cl—含量等参数的测试，监测方法及要求应符合GB/T 19285、 GB/T 30582的规定。

5.2.4 应对日常巡检、年度检查或外损伤检验过程中发现的杂散电流干扰区域进行监测。受杂散电流影响的管道宜设置测试探头或检查片。

5.2.5 杂散电流监测包括直流杂散电流监测和交流杂散电流监测，直流杂散电流主要源于高压直流输电系统、直流电气化铁路、电解装置和阴极保护装置等，交流杂散电流则主要源于高压交流输电线路和交流电气化铁路。应通过甄别与测试，确定干扰的来源、形态和范围，分析干扰的分布规律，评价干扰的严重程度。

5.2.6 直流杂散电流监测方法应符合GB 50991的规定。根据监测结果，对干扰状况进行分析评价，确定是否需要采取干扰防护措施。受直流干扰的管道同时存在交流干扰时，应防止交流干扰对直流干扰测试和防护的影响。

5.2.7 交流杂散电流监测方法应符合GB/T 50698的规定。当确认管道受交流干扰影响和危害时，必须采取与干扰程度相适应的防护措施。

5.2.8 排流系统监测应包括排流效果监测和排流设施监测。监测对象包括直流排流和交流排流系统，监测内容评价方法应按GB/T 19285执行。

### 5.3管道应力监测

5.3.1 燃气管道受管内燃气压力及埋管环境条件下外部的动荷载和静荷载，其应力应控制在管材屈服强度的一定范围内，受力集中或存在不均匀沉降区域的管道，宜建立管道应力监测系统。

5.3.2 应力监测系统宜实时监测关键部位是否超过警戒值而发出警告信息，并具有通过已存储的长期、大量应力数据进行管道损伤累积识别及地基沉降趋势分析的能力。

5.3.3 应力监测。应力测点位置、测量范围、灵敏度和数量，应根据设计单位的要求、有限元仿真分析结果以及历史损伤数据分析来确定，并应符合GB/T 33213的规定。

5.3.4 应力监测可采用光纤监测系统，光纤应变传感器包括点式光纤应变传感器和连续式光纤应变传感器。基于点式光纤应变传感器的应力监测系统包括传感器、解调仪、传输光缆、二次仪表和计算机等部分，系统使用时应具有温度补偿功能。

5.3.5 基于连续式光纤传感技术的应力监测系统应由连续式光纤应变传感器、传输光缆和分布式光纤测量仪组成。应根据被测对象特点，选择合适的传输光缆。

5.3.6 宜采用敏感性分析法计算各影响因素对管道应力的敏感度系数，分析影响因素变化对管道最高应力的影响。

## 6 燃气管道安全评价

### 6.1一般规定

6.1.1 管道安全评价宜采用定量安全评价方法，当采用定性安全评价方法时，应以安全检查表法为主，其他安全评价方法为辅，具体实施方式应符合GB/T 50811的规定。

6.1.2 管道安全评价工作中，应根据评估对象的实际情况划分评估单元。城镇燃气输配管道较长，管网和沿线环境情况差异较大，将整个输配管网作为一个评价对象进行评价，难以确定隐患所处的位置，应合理划分评价单元。

6.1.3钢质燃气管道的评价单元宜划分为：管道敷设、管道附件、日常运行维护、管道泄漏检查、管道防腐蚀等。聚乙烯管道的评价单元宜划分为：管道敷设、管道附件、日常运行维护、管道泄漏检查等，在管道敷设评价时，还须考虑与热力管道的间距、管位示踪等问题。

6.1.4 管道安全评价需基于历史数据，找出可能的薄弱环节，进行检测，再按照评价流程进行评价，得出结论。

6.1.5 对于钢质燃气管道，除基本的安全评价外，还应进行管道适用性评价及管道直接评价。

6.1.6 管道适用性评价是对含有缺陷的管道是否继续使用以及如何使用的定量评价，应对有缺陷管道的未来发展、管道的检测周期以及维修周期等重要参数做出定量评价。

6.1.7 管道直接评价分为外腐蚀直接评价（ECDA）、内腐蚀直接评价（ICDA）和应力腐蚀直接评价（SCCDA）等。一般以外腐蚀直接评价（ECDA）为主，宜交由第三方实施，也可根据实际情况需要采取内腐蚀直接评价（ICDA）、应力腐蚀直接评价（SCCDA）等。

6.1.8 评价工作结束后，评估人员应出具评价报告，报告格式应满足相关标准的要求。

### 6.2管道适用性评价

6.2.1 检测工作结束后，对发现问题的管道应及时进行适用性评价，确定管道许用工作参数、维修计划及下次定期检验时间，分为应力分析、强度评估、剩余寿命预测和材料适用性评价。

6.2.2 开展适用性评价时，应对缺陷类型、载荷类型、失效模式、材料性能、环境变化、管道建造及运行历史等因素进行综合考虑，合理选择评价方法和可接受准则。

6.2.3 应力分析计算应结合管道实际工况，采用数值模拟或应力测试方法，分析管道的应力状态。

6.2.4 强度评估应包括管道耐压强度校核和含缺陷管道剩余强度评估。耐压强度校核应依据GB 50028的规定进行。剩余强度评估适用于含体积型缺陷和凹陷的在役埋地钢质管道的评估，应按GB/T 30582的要求执行，以确定管道最大允许工作压力。

6.2.5 对检测发现的与时间有关的缺陷管道，应考虑管道投用时间、缺陷致因等内容，建立管道缺陷增长预测模型，对管道进行剩余寿命预测。并根据寿命预测结果，确定下次检验时间。腐蚀管道的剩余寿命预测方法应按GB/T 30582执行。对裂纹类缺陷的剩余寿命预测应符合GB/T 19624等相关标准的规定。

6.2.6 对材质不明，以及有可能发生H2S等应力腐蚀，或者使用年限已经超过15年并且发生过与应力腐蚀、焊接缺陷有关的修理改造的管道，应当进行管道材料适用性评价。

6.2.7材料适用性评价应在材料性能试验的基础上，开展化学成分、金相组织、力学性能特殊服役条件评价等工作，具体评价方式应按GB/T 30582执行。

### 6.3管道外腐蚀直接评价

6.4.1管道外腐蚀直接评价（ECDA）过程一般包括预评价、间接检测、直接检测和再评价四个部分。

6.4.2 ECDA预评价需要收集的数据资料包括：

1 与管道本身有关的数据：管体材料、直径、壁厚、生产日期、焊缝类型、是否有裸管；

2 与管道施工有关数据：安装日期、埋深、线路改变和变更、线路图、施工质量、阀门套管弯头位置、穿跨越部分；

3 与土壤有关的数据：土壤性质、排水状况、土地使用、地形地貌、是否有冻土；与控制腐蚀有关的数据：阴保类型、杂散电流位置、阴保维修历史、涂层类型、涂层状态、阴保历史操作记录；

4 与操作有关的数据有：管道运行温度、操作压力、监测计划、维修历史记录、泄漏/破裂纪录、水压试验记录、第三方破坏和记录等。

6.4.3 ECDA的间接检测宜采用2种或2种以上的地面外防腐层腐蚀检测技术，如皮尔逊法（Pearson）、密间隔电位测量法（CIPS）、电压梯度法（ACVG、DCVG）、电流衰减法、变频选频法等。

6.4.4 ECDA直接检测包括对土壤的理化分析和挖坑检测两部分内容。土壤理化分析主要对埋地管道土壤的含盐量、含水量、电阻率土壤pH值进行理化检验。挖坑检测主要包括：管体外壁腐蚀检测和防腐层检漏。

6.4.5 ECDA再评价步骤是分析以上三步所得数据来验证ECDA的有效性，并确定下一次评价的间隔时间，以便指导将来的管道安全维护，具体步骤如下：

1 缺陷的剩余寿命计算和最大残余尺寸的确定；

2 腐蚀增长速度确定和评价剩余寿命的方法；

3 再评价时间的确定；

4 评价ECDA有效性的准则和评价结果；

5 各种反馈过程。

## 7 燃气管道修复

### 7.1一般规定

7.1.1 燃气管道修复可分为应急修复与常规修复。应急修复是针对燃气管道发生危及安全的泄漏以及引起停气、中毒、火灾、爆炸等事故时，采取紧急措施的作业。常规修复则针对根据评价结果认定的具有潜在危险性的非泄漏管道缺陷。

7.1.2 燃气管道修复应符合CJJ 51的规定。对应急修复宜在降压或停气后进行，当修复中暂时无法消除漏气现象或不能切断气源时，应及时通知有关部门，并做好事故现场的安全防护工作。

7.1.3 修复方法的选择应取决于需要修复的缺陷类型，不同类型的缺陷对修复方法有相应的限制。

7.1.4 钢质管道防腐层发生损伤时，必须进行更换或修补，且应符合相应国家现行有关标准的规定。进行更换或修补的防腐层应与原防腐层有良好的相容性，且不应低于原防腐层性能。

7.1.5 当聚乙烯管道发生断管、开裂等意外损坏时，应急修复作业应符合下列规定：

1应急修复作业中应采取措施防止静电的产生和聚积；

2应在采取有效措施阻断气源后进行抢修；

3进行聚乙烯管道焊接应急修复作业时，当环境温度低于-5℃或风力大于5级时，应采取防风保温措施；

4使用夹管器夹扁后的管道应复原并标注位置，同一个位置不得夹2次。

7.1.6 因基础沉降、温度和外部荷载变化等原因造成的管道损坏，在进行修复的同时，还应采取措施，消除各种隐患。

7.1.7 管道和设备修复后，应对夹层、窨井、烟道、地下管线和建（构）筑物等场所进行全面检查。

### 7.2 管道应急修复

7.2.1 管道应急修复方法主要有机械夹具、带压开孔、磁力带压堵漏、B型套筒、补板和换管等，应按GB/T 36701 执行。

7.2.2 机械夹具主要包括螺栓紧固夹具和堵漏夹具两种。螺栓紧固夹具适用于除褶皱或屈曲外大多数缺陷的修复，堵漏夹具主要用于临时修复腐蚀穿孔引起的泄漏。应根据管径及漏点的大小设计夹具，必须保证强度、刚性及夹具的密封性。

7.2.3 夹具安装后应持续监护，发现泄漏应重新紧固、加压。紧固过程中，应使用软管将泄漏介质引流到作业区外，紧固完成并检测无泄漏后应将引流孔封堵。

7.2.4 带压开孔适用于局部机械损伤、外腐蚀、沟槽、电弧烧伤、裂纹等缺陷及泄漏的修复。采用带压开孔的方法修复在役管道上的缺陷，应按GB/T 28055执行，并同时满足以下要求：

1 缺陷的位置、方向、几何尺寸等数据已准确测量并记录；

2 开孔机的尺寸符合缺陷范围需求，即带压开孔切割下来的鞍形板包含整个缺陷；

3 开孔管件的在役焊接应符合GB/T 36701的规定；

4 带压开孔工艺应严格设计、规范施工，以确保管道能够承受开孔过程中产生的各种应力。

7.2.5 管道磁力带压堵漏适用于亲磁性管道的泄漏封堵，使用时应根据不同形状的泄漏部位预制形状相吻合的铁片，借助磁铁吸力，使涂有胶粘剂或堵漏胶的非磁性材料与泄漏部位粘合，达到止漏密封的目的。

7.2.6 B型套筒适用于多种类型缺陷的修复，包括泄漏和环向缺陷。套筒的厚度应不小于待修复管道的公称壁厚。B型套筒的设计、安装应符合GB/T 36701的规定。

7.2.7 补板适用于小面积腐蚀或直径小于8mm的腐蚀穿孔、浅裂纹等缺陷修复，不适用于修复焊接缺陷、高应力管线上的缺陷和高压管线上的泄漏。燃气管道宜停气泄压后再进行补板修复。补板修复存在焊穿、氢致开裂和爆管等风险，且易产生应力集中，应谨慎采用。

7.2.8 换管适用于所有缺陷类型及泄漏的修复。替换管段的承压能力应不低于待修复管道的设计压力，并预先进行水压试验，试验压力值、稳压时间及合格标准应符合GB 50369的规定。

7.2.9 换管修复施工时应满足以下要求：

1 不停输换管或作业环境有可燃气体时应采用机械方法断管；

2 断管后，应对管内和管口进行清理，并采用气囊、黄油墙等隔离措施；

3 为防止隔离管段内压力积聚，应在隔离管段上开排气孔，并在修复过程中持续检查。

### 7.3 管道常规修复

7.3.1 在管道应急修复中使用的螺栓紧固夹具、带压开孔、B型套筒、补板和换管等方法也可用于管道常规修复。此外，还可以选择复合材料补强、A型套筒、钢质环氧套筒及内衬管道等手段，并应按GB/T 36701和CJJ 51执行。

7.3.2 复合材料补强适用于腐蚀、电弧烧伤、裂纹、沟槽、管体或直焊缝上的凹陷等非泄漏缺陷的修复，不适用于修复环向缺陷、深度大于80%公称壁厚的缺陷和会继续发展的内腐蚀缺陷。复合材料补强的设计、材料、施工、现场检验和防腐等要求见GB/T 36701。

7.3.3 A型套筒适用于管体金属损失、电弧烧伤、管体或直焊缝上的凹陷、裂纹等缺陷修复，不适用于修复环向缺陷、泄漏和会继续发展的缺陷。套筒与管壁之间可能存在间隙，有腐蚀和阴极保护失效风险，宜采取适当措施密封套筒两端并确保套筒与管道之间电连续性。

7.3.4 钢质环氧套筒适用于腐蚀、沟槽、裂纹、凹陷、焊接缺陷（环焊缝除外）、褶皱、屈曲等非泄漏缺陷的修复。钢质护板的厚度和材料等级应使其具有不低于待修复管道设计压力的承压能力。

7.3.5 内衬管道适用于工作压力不大于0.4MPa的燃气管道修复，宜采用插入法、折叠管内衬法、缩径内衬法、静压裂管法和翻转内衬法进行，翻转内衬法采用复合筒状材料进行内衬，其余方式采用聚乙烯管内衬，具体修复过程应按CJJ 51执行。

## 本规程用词说明

1 为便于在执行本指南条文时区别对待，对于要求严格程度不同的用词说明如下：

1. 表示很严格，非这样做不可的：

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；

1. 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”；

1. 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”。

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

## 引用标准名录

1. 《城镇燃气工程基本术语标准》 GB/T 50680
2. 《油气管道运行规范》 GB/T 35068
3. 《钢质管道内检测技术规范》 GB/T 27699
4. 《钢质管道内腐蚀控制规范》 GB/T 23258
5. 《在役油气管道工程检测技术规范》 GB/T 51172
6. 《无损检测 漏磁检测 总则》 GBT 31212
7. 《无损检测 超声导波检测 总则》 GBT 31211
8. 《无损检测 基于光纤传感技术的应力监测方法》 GB/T 33213
9. 《无损检测 声发射泄漏检测方法》 GB/T 33643
10. 《埋地钢质管道腐蚀防护工程检验》 GB/T 19285
11. 《钢质管道外腐蚀控制规范》 GB/T 21447
12. 《埋地钢质管道阴极保护技术规范》 GB/T 21448
13. 《埋地钢质管道直流干扰防护技术标准》 GB 50991
14. 《埋地钢质管道交流干扰防护技术标准》 GB/T 50698
15. 《燃气系统运行安全评价标准》 GB/T 50811
16. 《基于风险的埋地钢质管道外损伤检验与评价》 GB/T 30582
17. 《在用含缺陷压力容器安全评定》 GB/T 19624
18. 《钢质管道带压封堵技术规范》 GB/T 28055
19. 《埋地钢质管道管体缺陷修复指南》 GB/T 36701
20. 《城镇燃气设施运行、维护和抢修安全技术规程》 CJJ 51
21. 《城市地下管线探测技术规程》 CJJ 61
22. 《城镇燃气埋地钢质管道腐蚀控制技术规程》 CJJ 95
23. 《城镇燃气管道非开挖修复更新工程技术规程》 CJJ/T 147
24. 《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 0087.1
25. 《钢质油气管道失效抢修技术规范》 SY/T 7033