、T



国家市场监督管理总局

国家标准化管理委员会

发布

××××-××-××实施

××××-××-××发布

在役聚乙烯燃气管道检验与评价

**Inspection and evaluation of in-service polyethylene gas pipeline**

（征求意见稿）

**GB/T** ××××—××××

中华人民共和国国家标准

**ICS 75.200**

**E20/29**

目 次

[1 范围 1](#_Toc120719735)

[2 规范性引用文件 1](#_Toc120719736)

[3 术语、定义和缩略语 1](#_Toc120719737)

[4 总则 2](#_Toc120719738)

[5 数据收集与资料审查 3](#_Toc120719739)

[6 危害辨识与风险预评估 6](#_Toc120719744)

[7 检验策略与检验方案制定 6](#_Toc120719745)

[8 检验实施 7](#_Toc120719746)

[9 合于使用评价 9](#_Toc120719752)

[10 压力（耐压）试验 9](#_Toc120719756)

[11 安全等级评定及问题处理 9](#_Toc120719757)

[12 确定检验周期 12](#_Toc120719761)

[附 录 A （规范性） 在役聚乙烯燃气管道年度检查 14](#_Toc120719762)

[附 录 B （规范性） 在役聚乙烯燃气管道风险评估方法 18](#_Toc120719763)

[附 录 C （规范性） 聚乙烯燃气管道位置与埋深检测方法 26](#_Toc120719768)

[附 录 D （规范性） 气体泄漏检测方法及分级 30](#_Toc120719769)

[附 录 E （规范性） 聚乙烯燃气管道热熔接头相控阵超声检测方法 33](#_Toc120719770)

[附 录 F （规范性） 聚乙烯燃气管道剩余寿命预测方法 38](#_Toc120719771)

[附 录 G （资料性） 热熔接头相控阵检测特征图谱 43](#_Toc120719772)

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。

本文件由中华人民共和国住房和城乡建设部与全国锅炉压力容器标准化技术委员会（SAC/TC 262）共同提出并归口。

本文件草单位：

本文件主要起草人：

在役聚乙烯燃气管道检验与评价

# 1 范围

本文件规定了在役聚乙烯燃气管道检验与评价工作的流程、主要内容及基本要求。

本文件适用于工作温度在-20℃~40℃，工作压力不大于0.8MPa，公称外径不大于630mm的在役聚乙烯燃气管道的检验与评价。

# 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 50028 城镇燃气设计规范

GB 55009 燃气工程项目规范

GB/T 15558.1 燃气用埋地聚乙烯（PE）管道系统第1部分：管材

GB/T 15558.2 燃气用埋地聚乙烯（PE）管道系统第2部分：管件

GB/T 15558.3 燃气用埋地聚乙烯（PE）管道系统第3部分：阀门

GB/T 29302 无损检测仪器 相控阵超声检测系统的性能与检验

CJJ 63 聚乙烯燃气管道工程技术标准

[NB/T 47013.11](http://www.baidu.com/link?url=9C40AoCTrSNIfGCVB3nwTpM_7hKQsSNEv0jS39OunV7AxNuQMGOmftLGAzhWyrPwq_SNrJlPEsR-ICBRJ6jPO56lbkXdh6kxYZiMzDlk5ra) 承压设备无损检测 第11部分：X射线数字成像检测

[NB/T 47013.15](http://www.baidu.com/link?url=9C40AoCTrSNIfGCVB3nwTpM_7hKQsSNEv0jS39OunV7AxNuQMGOmftLGAzhWyrPwq_SNrJlPEsR-ICBRJ6jPO56lbkXdh6kxYZiMzDlk5ra) 承压设备无损检测 第15部分：相控阵超声检测

# 3 术语、定义和缩略语

3.1 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1.1

定期检验 **periodic inspection**

按照一定的时间周期，由燃气管道检验机构根据有关安全技术规范及相应标准的规定，对管道安全状况进行的符合性验证活动。

3.1.2

年度检查 **annual inspection**

年度检查，是指使用单位在管道运行条件下，每年对影响管道安全运行的异常情况进行1次检查。

3.1.3

使用单位 **use unit**

具有管道使用管理权的单位。

3.1.4

示踪装置 **locating device**

沿管道铺设用来探测确定管道位置的装置。

3.1.5

警示装置 **warning device**

敷设在埋地燃气管道上方，以提示地下有城镇燃气管道的标识装置。

3.1.6

深根植物 **deep rooted plants**

根系生长深度超过管道埋深的乔木。

3.2 缩略语

PE：聚乙烯（Polyethylene）

QHSE：[质量、健康、安全、环境](http://www.baidu.com/baidu.php?url=af0000KpxzUee8WytK8iqNF6EiRazdNXcVOgxNPi0VDRmfRKNRDfJnD6d09glmxyMNQfQkR1zQUo1zfqzb_SFeeggsVYGwDGfTn6uJWXZr6eaIqZL0R8zha1Eqdie6OcKFEOGbqdFybJ2ux9e7HiHtH_TbrtF_lnLawBjd261Yu8YO4RynXIDjwoHgtbvtVTc_IEqYxAYsGyosmJ-CZv2CytidRO.7R_NR2Ar5Od663rj6toCECdRRffkfwGhS9t2m3nUrGrXEFvyIt7jHzk8sHfGmEukmnrH3Tri1A1Bs4QcY_1fdIT7jHzlRL5spycTT5gKfYt_QrMAzORXgZW9l1FBqhaQ-YrsNmAy2qMZWElpdBmLyyyyyu2SyG-LQWdQjPakboL4PB6.U1Yk0ZDqRR9HwfKspynqn0KsTv-MUWYsuHDsmyDkPWDYmynsnjIBujfYmH9-PHDvmH04PjF-u0KY5g7CTvR0pyYqnW0Y0ATquhN8uvPCmyqxpgKvP6KdpHdBmy-bIfKspyfqnfKWpyfqn16Y0AdY5HDsnHIxnH0krNtznjmzg1nvnjD0pvbqn0KzIjYLrjT0uy-b5fKBpHYkPHNxnHR3g1csP7tznHT0UynqnH61nWmvnjf4rNtknj0kg1DkPjcdP1f4rjT4g100TgKGujYs0Z7Wpyfqn0KzuLw9u1Ys0A7B5HKxn0K-ThTqn0KsTjY3P1c1nHn1njT0UMus5H08nj0snj0snj00Ugws5H00uAwETjYs0ZFJ5H00uANv5gKW0AuY5H00TA6qn0KET1Ys0AFL5HDs0A4Y5H00TLCq0A71gv-bm1dsTzdWI0KGuAnqNDn0IZN15HczP1nsPj6krHbkPWm1PWD3rjc0ThNkIjYkPH6znjb1nWckrH6d0ZPGujdBnjRYPhubn10snjn1Pvu-0AP1UHYLPW9KfHKDPYm1nRD3f1Dk0A7W5HD0TA3qn0KkUgfqn0KkUgnqn0KlIjYz0AdWgvuzUvYqn7tsg1Kxn0Kbmy4dmhNxTAk9Uh-bT1Ysg1Kxn7ts0ZK9I7qhUA7M5H00uAPGujYs0ANYpyfqQHD0mgPsmvnqn0KdTA-8mvnqn0KkUymqn0KhmLNY5H00pgPWUjYs0ZGsUZN15H00mywhUA7M5HD0UAuW5H00uAPWujY0mhwGujY1f10snHN7wDNAfRR4wW7jfHFAPj-AwDuDfbw7fHFaf6KBIjYs0AqY5H00ULFsIjYsc10Wc10Wnansc108nj0snj0sc10Wc100TNqv5H08rHwxna3sn7tsQW0sg108njFxna3sn-tsQWc40AN3IjYs0APzm1YYnWnLPs&word=QHSE&ck=5627.11.1582093232606.0.0.650.203.0&shh=www.baidu.com&sht=50000021_hao_pg)（Quality、Health、Safety、Environment）

# 4 总则

4.1 本文件规定的检验按性质分为定期检验和年度检查两种类型。定期检验应在年度检查的基础上进行，进行定期检验的年度可不进行年度检查。

4.2 定期检验主要内容包括数据收集与资料审查、危害辨识与风险预评估、检验策略与检验方案制定、检验实施与风险再评估、安全状况等级评定及问题处理、确定检验周期、记录和报告，必要时应进行合于使用评价。检验流程见图1。

数据收集与资料审查

危害辨识与风险预评估

检验策略与检验方案制定

检验实施与风险再评估

材料性能评价

安全状况等级评定及问题处理

确定检验周期

合于使用评价

剩余寿命预测

记录和报告

图1 定期检验流程图

4.3 压力管道的定期检验由特种设备安全监督管理部门核准的具有公用管道定期检验资质的检验机构负责实施，非压力管道的定期检验机构由使用单位自主选择。

4.4 年度检查应至少包括对管道安全管理情况和管道运行状况的检查。年度检查由管道使用单位安全管理人员组织进行或委托特种设备安全监督管理部门核准的具有公用管道定期检验资质的检验机构负责实施。年度检查的方法按照附录A进行。

4.5 管道使用单位应为定期检验的顺利开展提供必要的条件，并协助完成定期检验工作。

4.6 鼓励采取本文件中未列出的检测新技术，但应对新技术的应用效果进行有效验证。压力管道检验中应用新技术时，应按照相关法律法规要求开展新技术评审。

4.7 检验过程所使用的设备、仪器和测量工具应在有效的检定或者校准期内。

4.8 检验机构和检验人员应具有相应的检验资质，检验机构应对检验报告的真实性、准确性和有效性负责。

4.9 使用单位应开展管道检验数据信息化工作，建立信息化管理平台，规范并归档历次检验数据。

# 5 数据收集与资料审查

5.1 数据收集

5.1.1 收集的数据应真实有效。必要时，可对收集到的各类数据进行对比、分析及整理，保证数据质量。

5.1.2 在数据收集过程中，当检验人员发现检验过程必要的数据不完整时，可通过现场检测对必要数据进行补充。

5.1.3 检验前，需要收集的基本数据如下：

a） 管道原始数据（设计、制造、安装与竣工等相关信息），见表1；

b） 管道使用及运行管理数据，见表2。

表1 管道原始数据

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 分类 | 数据子类名称 | 数据收集信息 |
| 1 | 设计资料 | 设计单位资质 | 设计单位名称 |
| 2 | 设计许可证编号 |
| 3 | 设计许可范围 |
| 4 | 设计图纸 | 盖章情况 |
| 5 | 审批情况 |
| 6 | 设计说明书 | 设计标准规范 |
| 7 | 设计条件、地区等级 |
| 8 | 设计压力/设计温度 |
| 9 | 设计介质 |
| 10 | 管道材料 |
| 11 | 管道规格 |
| 12 | 设计材料表 | 材料清单 |
| 13 | 设计变更单 | 变更单手续 |
| 14 | 设计变更内容 |
| 15 | 制造资料 | 制造单位资质 | 制造单位名称 |
| 16 | 制造许可证编号 |
| 17 | 制造许可范围 |
| 18 | 型式试验证书 |
| 19 | 出厂资料 | 产品质量证明文件 |
| 20 | 制造监督检验证书 |
| 21 | 安装竣工资料 | 安装单位资质 | 安装单位名称 |
| 22 | 安装许可证号 |
| 23 | 安装许可范围 |
| 24 | 竣工资料 | 施工组织设计/施工方案 |
| 25 | 材料验收 |
| 26 | 沟槽开挖 |
| 27 | 焊接操作人员资质 |
| 28 | 焊接工艺及焊接工艺评定 |
| 29 | 焊接记录 |
| 30 | 焊缝检测 |
| 31 | 焊缝翻边切除比例 |
| 32 | 回填质量 |
| 33 | 管道吹扫 |
| 34 | 强度试验 |
| 35 | 严密性试验 |
| 36 | 竣工图 |
| 37 | 竣工验收 |
| 38 | 监理 | 监理单位 | 平检、旁站记录资料 |
| 39 | 监理过程确认情况、质量评估报告 |
| 40 | 监督检验 | 监督检验 | 监督检验证书和报告 |

 表2 管道使用及运行管理数据

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 分类 | 数据子类名称 | 数据收集信息 |
| 1 | 运行管理制度、程序文件 | 安全管理制度 | 安全责任制 |
| 2 | 安全机构和人员 |
| 3 | 巡线规程 | — |
| 4 | 设备维护规程 | — |
| 5 | 人员培训与考核记录 | 培训制度 | — |
| 6 | 培训内容 | — |
| 7 | 培训材料 | — |
| 8 | 培训及考核方式 | — |
| 9 | 培训记录 | — |
| 10 | 运行日志及工艺记录 | 管道运行记录 | 记录和日志 |
| 11 | 相关操作人员专业水平及工作经验 |
| 12 | 介质组分 | 气质分析报告 |
| 13 | 切断系统 | 是否设置切断系统 |
| 14 | 介质组分分析报告 | — |
| 15 | 巡线 | 巡线频率 |
| 16 | 巡线方式 |
| 17 | 巡线人员的能力 |
| 18 | 阀门等设施维护 | 维护保养计划 |
| 19 | 维护保养方式 |
| 20 | 维护保养记录 |
| 21 | 管道占压、安全间距不足、埋深不足 | 占压、安全间距不足记录 |
| 22 | 处理记录 |
| 23 | 管道保护范围及控制范围内的第三方施工活动记录 | 施工活动位置 |
| 24 | 施工活动类别 |
| 25 | 对建设活动施工单位的技术交底 |
| 26 | 第三方施工活动记录 |
| 27 | 隐患监护措施实施情况记录 | 隐患及重点巡查位置汇总 |
| 28 | 监护措施 |
| 29 | 实施情况记录 |
| 30 | 泄漏检测情况 | 泄漏检测记录 |
| 31 | 故障处理记录 | 故障位置 |
| 32 | 故障类别 |
| 33 | 处理记录 |
| 34 | 事故调查记录 | 事故位置 |
| 35 | 事故类别 |
| 36 | 调查记录 |
| 37 | 修理改造资料 | 修理改造单位资质 | 修理改造单位名称 |
| 38 | 修理改造单位许可证号 |
| 39 | 修理改造单位许可范围 |
| 40 | 竣工资料 | — |
| 41 | 监督检验 | 监督检验证书和报告 |
| 42 | 应急预案及演练 | 应急预案 | — |
| 43 | 应急演练记录 | 应急演练频次 |
| 44 | 演练记录 |
| 45 | 变更记录 | 变更记录 | — |

c） 当检验人员认为有必要时，可收集表1和表2之外的其他数据。

5.2 资料审查

检验人员应根据使用单位提供的管道原始资料开展资料审查，重点审查资料的真实性、有效性和准确性。

5.2.1 设计、制造、安装与竣工资料，其中包括：

a） 设计文件（包括设计图纸、设计说明书、设计材料表、设计变更单等）；

b） 管道元件质量证明文件、制造监督检验证书；

c） 管道安装竣工验收资料、管道安装监督检验证书、工程质量检验与评定报告。

5.2.2 使用及运行管理资料，其中包括：

a） 运行管理制度、程序文件；

b） 人员培训与考核记录；

c） 运行日志及工艺记录（包括管道运行记录、切断系统、介质组分分析报告、巡线记录、设备维护记录、管道沿线占压情况记录、管道周围第三方施工活动记录、隐患监护措施实施情况记录、故障处理记录、事故调查记录等）；

d） 修理改造资料，包括修理改造施工方案和竣工资料，以及修理改造监督检验资料；

e） 应急预案及演练记录；

f） 管理变更记录。

5.2.3 检测与评价资料，其中包括：

a） 管道使用年限；

b） 历次年度检查报告；

c） 历次定期检验报告；

d） 其它企业自主检验、检测及评价报告和记录。

 5.2.4 失效数据文件，其中包括：

a） 泄漏记录；

b） 第三方破坏记录；

c） 自然灾害记录；

d） 其他灾害记录。

5.3 数据质量

5.3.1 影响数据有效性的主要因素

应考虑下列影响数据有效性的主要因素：

1. 数据的真实性；
2. 图纸及文件的有效性；
3. 检测偏差；
4. 笔误；
5. 检测设备和工具的准确性不足。

5.3.2 规范及标准更新

应考虑管道设计、安装时采用的规范标准的现行有效性，并考虑版本变化对检验结果的影响。

5.4  数据更新

检验后，管道使用单位应对管道数据进行完善和更新，并补充到管道数据库中。

# 6 危害辨识与风险预评估

6.1 检验人员应在数据收集分析基础上，辨识影响管道结构完整性的危害。危害可分为以下几种：

a） 固有危害，如设计、制造与安装、改造、维修施工过程中存在的缺陷；

b） 运行过程中与时间有关的危害，如老化；

c） 运行过程中与时间无关的危害，如第三方破坏、误操作、生物损坏及不良地质条件的影响等。

6.2 检验人员应根据附录B开展风险预评估，辨识危害管道结构完整性的潜在风险，并确认能否应用本文件开展检验，否则应采取其他检验与评价方法。

# 7 检验策略与检验方案制定

7.1 检验人员在检验实施前，应结合资料审查和危害辨识结果制定检验策略。

7.2 检验策略制定应综合考虑安全技术规范及相应标准的要求、使用单位管理制度、安全管理或检验目标、待检管道特征、服役工况和环境条件、检验有效性及资源投入等因素，一般包括以下内容：

a） 潜在危险及损伤模式；

b） 检验时间；

c） 检验管道范围；

d） 检验项目、方法及比例；

e） 设定风险可接受水平；

f） 管道检验前风险水平；

g） 实施检验后预期可达到的风险水平。

7.3 检验项目及检验方法的选择，应符合以下要求：

a） 应根据管道主要损伤模式确定检验项目，对缺乏历史数据的重要项目开展检测，应重点关注可能造成管道失效的风险因素；

b） 选择适当的检验方法，且应保证被选用的检验方法能够满足检验目标要求；

c） 应结合各种检测方法的局限性，对检测难点提出有效的质量控制措施。必要时，应组合多种检测技术进行综合检测；

d） 针对老旧、资料缺失、监管不到位的管道，宜采用基于风险的检验。

7.4 现场检验工作开展前，检验人员应在数据收集的基础上，根据检验策略以及相关安全技术规范和标准的要求，制定检验方案，检验方案至少包括以下内容：

a） 管道基本情况及检验范围；

b） 依据规范、标准；

c） 参与人员要求与分工；

d） 检验流程；

e） 检验项目、内容、检测方法、检测比例或数量等；

f） 记录与报告要求；

g） 管道使用单位配合项目；

h） QHSE要求。

7.5 检验方案应征询管道使用单位意见，并经过检验机构授权审批人批准后，方可实施。检验方案修改，应经过检验机构授权审批人批准。

# 8 检验实施

8.1 基本要求

8.1.1 管道现场检验内容主要包括宏观检验、泄漏检测、开挖检验，必要时，进行压力试验以及对管道钢塑转换接头等连接部位进行专项检测。

8.1.2 检验实施前，管道使用单位应配合做好检验前的准备工作，确保管道处于适宜待检状态。

8.1.3 检验实施过程中应严格按照法规、标准和检验方案要求执行，并做好记录。

8.2 宏观检验

8.2.1 主要检查内容

主要检查内容如下：

a） 位置与埋深检查：结合管道资料和现场巡线检查情况，对管道位置与埋深进行抽查，抽查比例应不少于2处/公里。对管道位置与埋深的抽查可结合开挖检验进行，也可按附录C所列方法进行。抽查验证中发现管道的位置不明的，应由使用单位组织开展管道位置专项检测；

b） 管线敷设环境检查：主要检查管道与其他建(构)筑物或相邻管道的水平或垂直净距、占压状况、密闭空间、深根植物或者管道裸露、土壤扰动等情况，管道最小保护范围应满足GB 55009的要求；

c） 穿越管道检查：主要检查穿越管道保护设施的完整性和稳固性，套管检查孔的完好情况等；

d） 地面设施检查：标志桩、标志牌（贴）、阀门（井）、放散管等的完好情况；

e） 检验人员认为有必要的其他检查。

8.2.2 宏观检验重点部位

对以下位置管段进行重点检查：

a） 穿越段；

b） 管道阀门（井）、管道分支处；

c） 与热力、蒸汽等高温管道相邻，排污或其他液体管道下方的位置；

d） 影响管道安全运行，曾经发生过严重泄漏和严重事故的位置；

e） 曾经为非机动车道或者绿化带改为机动车道的或承受交变载荷的位置；

f） 易发生第三方破坏的位置；

g） 经过空穴（地下室）、管道占压位置；

h） 位于边坡、地质不稳等位置；

i） 可能存在白蚁、老鼠等生物侵害的位置；

j） 根系发达植物周边位置；

k） 检验人员认为其他重要的位置。

8.3 泄漏检测

定期检验应在年度检查的基础上对管道沿线进行泄漏检测，重点检测阀门（井）、有管道敷设的密闭空间等；必要时对燃气可能泄漏扩散到的地沟、窨井、地下构筑物内进行检测；对疑似泄漏点可进行地面钻孔检测。

气体泄漏检测方法及分级按照附录D进行。

8.4 开挖检验

8.4.1 管道开挖点的选择

开挖位置的选取应重点考虑以下因素：

a） 与热力、电力、污水管道交叉、并行的净距不满足相关标准规范要求的；

b） 发生过泄漏、沉降、承受交变载荷和第三方破坏的；

c） 埋深不足的；

d） 管道支线分支的；

e） 选择管线中焊接碰口部位、电熔焊接弯头部位、曾经发生过压扁截气操作的、安装鞍型三通的部位；

f） 钢塑转换接头；

g） 易发生生物侵害的；

h） 检验人员认为需要开挖的。

8.4.2 管道开挖数量原则

根据风险评估的结果，按照一定比例选择开挖检验点，开挖点数量的确定原则见表3。当开挖点计算数量不为整数时，应对计算数量的小数向上进位圆整；当检验发现4级缺陷时，应增加抽查检验数量，增加数量由检验人员与使用单位协商确定。

表3 开挖点数量确定原则

 (处/km)

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 管道风险等级 | 低 | 中 | 较高 | 高 |
| 开挖数量 | 不开挖 | 0.1 | 0.2 | 0.4 |

8.4.3 开挖检验

a） 管道埋深测量：聚乙烯燃气管道埋设的最小覆土厚度（地面至管顶）应符合GB 50028的规定；

b） 示踪装置检查：管道开挖时应检查示踪装置有无断裂、腐蚀等导致示踪装置失效的情况；

c） 敷设环境检查：检查土壤中是否有白蚁、老鼠、深根植物等生物侵害和土壤温度异常（低于-20℃或高于40℃）；

d） 管体检查：检查开挖处管体标志，有无变形、划伤、气泡、凹陷、杂质、颜色不均、生物损伤等缺陷；有无老化降解等情况；钢塑接头损坏情况；

e） 焊口无损检测：对开挖处的焊接接头进行外观检查，必要时进行无损检测，电熔接头超声检测按照NB/T 47013.15附录A进行，热熔接头的超声相控阵检测按照附录E和附录G进行，PE管焊接接头的数字射线检测按照NB/T 47013.11进行；

f） 警示装置完好情况检查；

g） 聚乙烯管道与周边其他建构筑物及其他管线间距，不应小于GB 50028、CJJ 63的有关规定；

h） 钢塑转换接头的外观、防腐质量、泄漏情况等；

i） 附属设备的检查：阀门、法兰等设施的完好情况。

8.5 风险再评估

检验人员应根据直接检验的结果，重新对风险预评估结果进行修正。

# 9 合于使用评价

9.1 一般规定

9.1.1 存在下列条件之一的管道应进行合于使用评价：

a） 运行时间达到设计工作年限以上的；

b） 发生地质灾害、运行事故或外力损害后需要继续使用的；

c） 检验人员认为需要进行合于使用评价的。

9.1.2 合于使用评价包括材料性能评价、剩余寿命预测及其他损伤评价。

9.2 材料性能评价

材料性能评价一般采用现场取样的方式进行，截取样品长度至少1米并包含焊接接头。评价项目包括氧化诱导时间和熔体质量流动速率测试，检测方法按照GB/T 15558.1进行。当以上两项中任一项检测不合格时，还需进行力学性能测试。

9.3 剩余寿命预测

当发现存在明显材料老化现象时，应考虑管道投用时间、运行工况、老化程度，建立材料老化的预测模型，开展管道剩余寿命预测，并根据预测结果，确定下次检验时间。管道的剩余寿命预测按照附录F进行。

# 10 压力（耐压）试验

现场直接检测不可实施时，可以采用压力(耐压)试验的方法进行检验。当采用压力(耐压)试验的方法进行检验时，其下次检验周期最长不超过3年。压力(耐压)试验按照CJJ 63进行。

# 11 安全等级评定及问题处理

11.1 管体安全状况等级评定

11.1.1 管体安全状况等级评定要求

检验与评价完成之后，主要从管道位置或结构、管道组成件材质、管道损伤情况、裂纹、焊接缺陷、管道组成件缺陷、附属设施、管道压力试验等方面评定管道安全状况等级。管道定期检验的安全状况分为1级，2级，3级和4级，共4个级别。

11.1.2 管道位置或结构

管道位置或结构缺陷的安全状况等级评定如下：

a） 位置不当

当聚乙烯燃气管道的位置不满足标准规范相关要求，且已采取相关保护措施的，不影响定级；当聚乙烯燃气管道的位置不满足标准规范相关要求，但未采取相关保护措施的，定为3级，如对管道安全运行影响较大，定为4级。

b） 不合理结构

当聚乙烯燃气管道有不符合安全技术规范或者设计、安装标准的不合理结构时，应进行调整或修复，调整或修复完好后，不影响定级；如一时无法进行调整或修复，对于不承受明显交变载荷并且经定期检验未发现新生缺陷的，可定为3级，否则，定为4级。

11.1.3 管道组成件材质

管道组成件材质，应符合设计和使用要求，若与原设计不符，材质不明或材质劣化，则会影响管道的安全运行，其管道组成件材质缺陷的安全状况等级评定如下：

a） 材质与原设计不符

如果材质清楚，强度等性能校核合格，在使用中未发生安全问题，经检验可以满足使用要求，则不影响定级，否则定为4级。

b） 材质劣化和损伤

在对管道进行理化检验时，发现材质劣化、损伤，如管材外观缺陷（气泡、划伤、凹陷、杂质、颜色不均）、老化降解与疲劳损伤，应根据其劣化程度进行安全状况等级评定。

1） 管材外观存在缺陷，经确认能够满足使用要求，根据使用情况可定为2级或3级；否则定为4级。

2） 材料老化降解，定为4级。

3） 对蠕变损伤，当存在蠕变孔洞时，可定为3级；当存在蠕变裂纹时，评为4级。

4） 管道存在热损伤、疲劳损伤的，经检验不影响使用要求时，评为3级；若存在裂纹，则评为4级。

c） 钢塑转换接头的腐蚀缺陷

经检验存在腐蚀，但在下一个检验周期内不影响使用，可定为3级；否则定为4级。

11.1.4 管体损伤

管道在埋地环境中会受到管周介质的摩擦、外力损伤等，造成管道的壁厚损失降低管道的承载能力。当发现管体损伤超过壁厚10%时，应按照GB/T 15558.1进行耐压强度校验，校核通过的，则不影响管道定级；如果管道不能通过耐压强度校验，则定为4级。

11.1.5 裂纹

若管道组成件的内外表面或管壁中存在裂纹，则定为4级。

11.1.6 焊接缺陷

燃气聚乙烯管材、管件的连接一般采用热熔对接或电熔连接，焊接温度、压力、时间、周围环境等与焊接质量有很大关联。根据试验情况，焊接缺陷的安全状况等级评定如下：

a） 熔合面夹杂

焊口附近的泥土、油污等清理不干净，会造成焊接接口的夹杂情况。当与内冷焊区贯通的融合面夹杂缺陷超过L/10或与内冷焊区不贯通的融合面夹杂缺陷超过L/5，则不可接受定为4级；否则根据夹杂情况定为2级或3级。

L—标称熔合区长度，单位为毫米（mm）。

b） 孔洞

管材中含有的炭黑具有吸湿作用，如果水分过多，会产生孔洞。单个孔洞缺陷计算尺寸X/L≥10%且h≥10%T，组合孔洞缺陷累计尺寸X/L≥15%且h≥10%T或内冷焊区贯通的孔洞定为4级；否则，根据孔洞情况定为2级或3级。

X—缺陷在熔合面轴向方向上的尺寸，单位为毫米（mm）；

L—标称熔合区长度，单位为毫米（mm）；

T—电熔结构管材壁厚，单位为毫米（mm）；

h—孔洞自身高度，单位为毫米（mm）。

c） 结构畸变

聚乙烯燃气管道结构畸变主要是电阻丝错位。错位量超过电阻丝间距、相邻电阻丝间存在连贯性孔洞或相互接触的电阻丝错位，不可接受的定为4级；否则，根据错位情况定为2级或3级。

d） 冷焊

焊接接头受热不足、套筒与管材间隙过大等，造成冷焊。在电熔管件的承插端口尺寸和公差满足GB/T 15558.2规定的前提下：当冷焊程度H≥30%时，不可接受定为4级；否则根据情况定为2级或3级。

H—电熔接头冷焊表征量。

e） 过焊

焊接接头受热过大容易造成过焊。过焊引起孔洞或电阻丝错位缺陷的，分别按照11.1.5中b）和c）评定；过焊按照过焊程度分级评定时，当过焊程度H’≥40%时，不可接受定为4级；否则根据情况定为2级或3级。

H’—电熔接头过焊表征量。

f） 承插不到位

焊接接头存在承插不到位的，不可接受定为4级；否则根据情况定为2级或3级。

g） 焊缝过短

焊缝过短接头表现形式为卷边过大。卷边底部若有杂质、小孔、偏移或损坏，则不合格定为4级；当有开裂、裂缝缺陷时，不合格定为4级；当卷边宽度B=0.35~0.45T，卷边高度L=0.2~0.25T，处于可接受范围，安全状况等级可定为2级或3级。其中T为管材壁厚，并且实际值应不超过规定值的±20%。

11.1.7 管道组成件缺陷

管道组成件缺陷的安全状况等级评定如下：

a） 管道组成件的变形，不影响管道安全使用的，则可定为2级；否则根据变形情况可定为3级或4级；

b） 阀门应满足GB/T 15558.3的要求，当阀门损坏时，应更换，更换后不影响定级；否则定为4级；

c） 安全保护装置及仪器仪表损坏或超期未检定的，应更换，更换后不影响定级；否则定为4级。

11.1.8 附属设施

管道的检漏管、凝水缸的排水管不满足设计要求，应进行调整，不影响使用，则可定为2级，否则定为3级。

11.1.8 管道压力（耐压）试验

管道压力（耐压）试验不合格，属于本身原因的，定为4级。

11.2 问题处理

对于非压力管道，检验机构完成检验后，根据检验结果出具检验报告。

对于压力管道检验发现存在需要处理的缺陷，检验机构可以出具检验意见通知书，将检验情况通知使用单位。由使用单位负责委托有相应资质的单位处理缺陷，缺陷处理完成并且经过检验机构确认处理结果合于使用要求之后，再出具检验报告。使用单位在约定的时间内未完成缺陷处理工作的，检验机构可以按照实际检验情况出具定期检验报告，处理完成并且经检验机构确认后再次出具报告。

11.3 安全状况综合评价等级

在役聚乙烯燃气管道的安全状况等级分为四级。管体安全状况综合评价等级，以所有评价等级最低的为准：安全状况等级综合评定为1级和2级的，检验结论为符合要求，可以继续使用；安全状况等级综合评定为3级的，检验结论为基本符合要求，有条件的监控使用；安全状况等级综合评定为4级的，检验结论为不符合要求，不得继续使用。聚乙烯燃气管道安全状况综合评价等级按照表4执行。

表4 聚乙烯燃气管道安全状况综合评价等级

|  |  |
| --- | --- |
| 风险评估等级 | 管体安全状况等级 |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 低风险 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 中风险 | 2 | 2 | 3 | 4 |
| 较高风险 | 3 | 3 | 3 | 4 |
| 高风险 | 3 | 3 | 4 | 4 |

# 12 确定检验周期

12.1 一般规定

管道首次定期检验时间按照表5规定执行。以后的检验周期由检验机构根据管道的安全状况等级，按照以下要求确定：

a） 安全状况等级为1级或2级，其检验周期不超过6年，使用单位采取相应管理措施并经检验机构认可的，最长不超过9年；

b） 安全状况等级为3级，有条件监控使用，其检验周期不超过3年，使用单位应采取有效的监控措施；

c） 安全状况等级为4级，应对问题进行处理，否则不得继续使用；

d） 需按照9.1节评估管道剩余寿命的，检验周期最长不超过管道剩余寿命的一半，最长不超过9年。

表5 聚乙烯燃气管道首次定期检验时间

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 设计压力（MPa） | 0.4＜P≤0.8 | 0.1≤P≤0.4 | P＜0.1 |
| 管道建成投产年限（年） | 3 | 5 | 8 |

12.2 特殊规定

有下列情况之一的管道，定期检验周期应适当缩短：

a）介质或环境对管道材料的影响情况不明的；

b）发生泄漏、第三方损坏频繁的；

c）材质劣化现象比较明显的；

d）管道埋深不满足相关标准规范、设计文件要求的；

e）使用单位未进行自行检查的；

f）检验中对其他影响安全的因素有怀疑的。

# 附 录 **A**（规范性）在役聚乙烯燃气管道年度检查

**A**.1 基本要求

**A**.1.1 聚乙烯燃气管道使用单位应建立年度检查制度，并严格按照制度要求开展年度检查工作。

**A**.1.2 年度检查通常由聚乙烯燃气管道使用单位巡检维护人员进行实施，也可委托具备相关检验能力的检验机构进行实施。实施年度检查的人员，需进行专业技术培训，经考核合格后方可上岗。

**A**.1.3 年度检查每年至少进行一次，进行定期检验的年度可不进行年度检查。

**A**.2 重点检查部位

实施年度检查时，应对下列管道或位置进行重点检查：

1. 穿越段管道；
2. 管道阀门（井）、与周边建构筑物或其他管线的水平净距或垂直净距不满足GB50028和CJJ63要求的位置；
3. 埋深不满足设计或验收规范要求的管道；
4. 曾经发生过泄漏，影响管道安全运行的管道；
5. 存在第三方损害的管道，地质灾害频发地段敷设的管道；
6. 位于边坡等位置的管道；
7. 曾经为非机动车道或绿化带改后为机动车道的管道；
8. 有证据表明白蚁活动密集区域的管道；
9. 检验人员认为有必要检查的部位。

**A**.3 检查项目与要求

**A**.3.1 检查项目

年度检查项目包括：资料审查、宏观检查、敷设环境调查、泄漏检测。

**A**.3.2 资料审查

1. 安全管理制度和操作规程是否齐全有效；
2. 相关安全技术规范规定的设计资料、安装竣工资料、监理资料、质量证明文件、监督检验证书及改造、修理资料等是否完整；
3. 日常巡检、维护、运行记录，定期安全检查记录是否符合要求；
4. 年度检查、定期检验报告是否齐全，检查、检验报告中所提出的问题是否得到解决；
5. 是否按照相关要求制定了专项应急预案，并且有演练记录；
6. 是否对事故、故障以及处理情况进行了记录。

检查人员应对管道资料进行审查，在管道投入使用后的首次年度检查时，必须审查本款第a）、b）项的资料，以后的年度检查视需要进行审查。

**A**.3.3 宏观检查

**A**.3.3.1 管道位置与埋深检查

主要检查周围地表、周边环境发生较大变动、管道沉降等情况下，管道位置与埋深是否符合设计及验收规范的要求。

**A**.3.3.2 示踪系统检查

检查管道上方敷设的示踪线、可探测示踪带、电子标识器等示踪和定位系统的完整性和有效性。

**A**.3.3.3 地面标志检查

检查管道地面标志是否存在缺失、损坏等情况。

**A**.3.3.4 穿越段检查

主要检查管道穿越处保护工程的完整性、稳固性、河道变迁、水工保护等情况。

**A**.3.3.5 阀门井（室）检查

检查阀门井（室）内有无积水、沉降、泄漏等情况；检查阀门是否出现破损、卡死等情况。

**A**.3.4 敷设环境调查

1. 检查管道与其他建（构）筑物的净距以及管道上方占压变化情况；
2. 与热力管道伴行或交叉敷设时，通过查阅数据资料或实际测量得出聚乙烯燃气管道与热力管道的水平净距或垂直净距。必要时，测试聚乙烯燃气管道外壁温度；
3. 与其他管线伴行或交叉敷设时，通过查阅数据资料或实际测量得出聚乙烯燃气管道与其他管线的水平净距或垂直净距。
4. 检查管道周边是否存在白蚁、老鼠啃咬等生物侵害情况；
5. 检查管道上方是否存在容易对管道造成破坏的榕树、乔木等深根植物；
6. 检查管道上方是否存在第三方施工活动；
7. 不良地质条件调查，检查管道沿线是否有地面沉降、冻土、滑坡、断层、洪水等不良地质条件。

**A**.3.5 泄漏检测

**A**.3.5.1 对管道沿线利用检测设备及工具定期进行泄漏检测排查，重点抽查管道阀门（井）、法兰、调压装置、钢塑转换接头以及距管道比较近的地沟、窖井等部位的泄漏情况。

**A**.3.5.2 对可疑泄漏点应进行进一步精确的定位检测或地位钻孔检测。

**A**.3.5.3 必要时对管道泄漏异常点进行开挖验证。

**A**.3.6 安全保护装置检查

对管道上设置的安全保护装置的完好性进行检查。

**A**.4 年度检查结论与报告

**A**.4.1 结论

年度检查工作完成后，检查人员应根据实际情况作出以下检查结论：

1. 符合要求，指未发现影响安全使用的问题或者只发现轻度的、不影响安全使用的问题，可以在允许的工作参数范围内继续使用；
2. 基本符合要求，指发现一般问题，经过使用单位采取措施后能够保证管道安全运行，可以在监控条件下使用，并且在检查结论中应注明监控条件、监控运行需要解决的问题及其完成期限；
3. 不符合要求，指发现严重问题，不能保证管道安全运行的情况，不允许继续使用，必须停止运行或者由具备相关检验能力的检验机构进行定期检验。

A.4.2 报告

年度检查由使用单位自行实施时，按照本标准的检查项目、要求进行记录，并出具年度检查报告，年度检查报告应由使用单位安全管理负责人或授权的安全管理人员审查批准。

表A.1 年度检查结论报告

|  |  |
| --- | --- |
| 使用单位 |  |
| 单位地址 |  |
| 安全管理人员 |  | 联系电话 |  |
| 邮政编码 |  | 压力管道代码 |  |
| 管道名称 |  |
| 管道编号 |  | 投用日期 |  |
| 性能参数 | 管道长度 | km | 管道规格 |  |
| 设计压力 | MPa | 设计温度 | ℃ |
| 设计介质 |  | 管道材质 |  |
| 操作压力 | MPa | 操作温度 | ℃ |
| 主要依据 | 《在役聚乙烯燃气管道检验与评价》 |
| 问题与处理 | ｛注明检查发现的缺陷位置、程度、性质及其处理意见（必要时附图或者附页），不印制｝ |
| 检查结论 | □允许使用□进行定期检验 | 许用参数 | 压力： MPa温度： ℃介质：其他： |
| 检查： 日期： |  （检查单位盖章） 年 月 日 |
| 审批： 日期： |

# 附 录 **B**（规范性）在役聚乙烯燃气管道风险评估方法

**B.1** 风险评估模型

**B.1.1** 风险评估模型的组成

风险评估模型包括失效可能性评分模型和失效后果评分模型。

**B.1.2** 失效可能性评分模型

按照表B.1规定的在役聚乙烯燃气管道失效可能性评分模型分别确定资料审查得分S1、宏观检查得分S2、敷设环境调查得分S3、管道示踪系统完整性检查得分S4、直接检验得分S5、安装及验收得分S6、使用年限得分S7、安全管理得分S8。在役聚乙烯燃气管道失效可能性得分S的计算按照公式（B.1）：

  ....................（B.1）

如果所评估的管道中存在以下情况，应将失效可能性得分S调整为100分：

a）管道组成件不满足设计要求；

b）工作压力超过设计压力；

c）含有不可接受的缺陷；

d）安全保护装置和措施不满足设计要求。

**B.1.3** 失效后果评分模型

按照表B.2规定的在役聚乙烯燃气管道失效后果评分模型分别确定介质燃烧性C1、介质毒性C2、最高工作压力C3、最大泄漏量C4、地形C5、风速C6、人口密度C7、沿线环境(财产密度)C8、泄漏原因C9、抢修时间C10、供应中断的影响范围和程度C11、用户对管道所输送介质的依赖性C12,在役聚乙烯燃气管道失效后果得分的计算按照公式（B.2）：

  ....................（B.2）

 如果所评估的管道中存在以下情况，应将失效后果得分C调整为150分：

a） 未避开GB 50028所规定的不宜进入或通过的区域，并且与建筑物外墙的水平净距小于GB 50028的规定或不满GB 50028对分段阀门的规定；

b） 未避开GB 50028所规定的不应通过的区域或设施，并且未采取安全保护措施。

表B.1 在役聚乙烯燃气管道失效可能性评分模型

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 编号 | 分类 | 评分项目 | 分值 | 评分内容 | 失效可能性分数 |
| 有/是 | 无/否 |
|  | 资料审查 | 安全管理资料 | 2 | 有无安全管理规章制度与安全操作规则 | 0 | 2 |
| 技术档案及运行状况资料 | 4 | 作业人员是否持证上岗 | 0 | 1 |
| 有无定期检验报告 | 0 | 1 |
| 有无设计文件资料 | 0 | 1 |
| 日常运行及维修维护记录齐全、无或欠缺 | 0 | 1 |
|  | 宏观检查 | 位置与走向 | 2 | 管道位置与走向是否清晰 | 0 | 2 |
| 地面标志 | 2 | 地面标志齐全、无或欠缺 | 0 | 2 |
| 管道裸露或变形 | 1 | 是否存在地表滑坡、沉降、洪涝水毁等造成管道裸露或变形 | 1 | 0 |
| 管道元件 | 1 | 阀门、法兰、钢塑转换接头等管道元件的是否完好 | 0 | 1 |
| 穿越管道 | 2 | 穿越管道符合要求或存在隐患 | 0 | 2 |
| 阀门井 | 1 | 是否定期排放积水以及护盖、排水装置是否完好 | 0 | 1 |
| 管道埋深 | 4 | ＜0.4 米 | 4 | / |
| ∈[0.4米，1.0米] | 2 | / |
| ＞1.0米 | 1 | / |
| 地面泄漏检查 | 4 | 发现一级泄漏 | 4 | / |
| 发现二级泄漏 | 3 | / |
| 发现三级泄漏 | 2 | / |
| 发现四级泄漏 | 1 | / |
| 未发现泄漏 | 0 | / |
| 安全保护装置 | 2 | 安全保护装置是否完好 | 0 | 2 |
| 地面保护设施 | 1 | 地面保护设施是否完好 | 0 | 1 |
|  | 敷设环境调查 | 地面活动频繁程度 | 4 | 铁路或公路主干道 | 4 | / |
| 普通公路 | 3 | / |
| 人行路 | 2 | / |
| 绿化带、小区 | 1 | / |
| 管道裸露 | 2 | 是否存在管道裸露情况 | 2 | 0 |
| 与构筑物或相邻管道的净距 | 4 | 与构筑物或相邻管道的净距是否符合要求 | 0 | 4 |
| 第三方施工活动 | 2 | 管道上方是否有第三方施工活动 | 2 | 0 |
| 地质条件 | 2 | 是否经过不良地质条件 | 2 | 0 |
|  | 管道示踪系统完整性检查 | 管道示踪系统完整性 | 4 | 完整有效、无或部分缺失  | 0 | 4 |
|  | 直接检验 | 生物及深根植物 | 2 | 是否存在生物侵害情况 | 1 | 0 |
| 是否存在深根植物破坏情况 | 1 | 0 |
| 管体状况 | 3 | 管道表面有无鼓胀、气泡、槽痕或凹痕等缺陷 | 1 | 0 |
| 管道有无老化降解、表面粉化等迹象 | 2 | 0 |
| 管道敷设质量 | 2 | 示踪线(带)、警示带、管道的敷设质量是否符合要求  | 0 | 2 |
| 管道地下敷设环境温度 | 3 | ＜-20℃ | 3 | / |
| ∈[-20℃，0℃] | 2 | / |
| ∈[0℃，30℃] | 0 | / |
| ∈[30℃，40℃] | 2 | / |
| ＞40℃ | 3 | / |
| 焊接接头无损检测 | 2 | 开挖检验时是否进行了焊接接头无损检测 | 0 | 2 |
|  | 安装及验收 | 安装单位资质 | 2 | 安装单位资质有无资质 | 0 | 2 |
| 管道元件控制 | 4 | 管道元件制造单位有无资质 | 0 | 2 |
| 管道元件有无质量证明文件 | 0 | 1 |
| 管道元件有无进货检验 | 0 | 1 |
| 焊接及其检验 | 3 | 焊接操作人员有无资质 | 0 | 1 |
| 有无焊接工艺评定 | 0 | 1 |
| 是否进行了焊接质量检验 | 0 | 1 |
| 强度试验 | 2 | 合格、无试验或不合格 | 0 | 2 |
| 严密性试验 | 2 | 合格、无试验或不合格 | 0 | 2 |
| 监理 | 2 | 监理单位及人员有无资质 | 0 | 1 |
| 监理结论是否合格 | 0 | 1 |
| 监督检验 | 2 | 是否经有资质的单位监督检验 | 0 | 2 |
| 竣工资料 | 2 | 竣工资料齐全、无或不齐全 | 0 | 2 |
| 验收报告 | 1 | 有无验收报告 | 0 | 1 |
|  | 使用年限 | 管道使用年限 | 6 | ∈（0年，10年] | 2 | / |
| ∈（10年，30年] | 4 | / |
| ∈（30年，50年] | 6 | / |
|  | 安全管理 | 巡线频率 | 3 | 周期性巡线 | 0 | / |
| 不定期 | 1 | / |
| 不巡线 | 3 | / |
| 巡线方式 | 2 | 沿线逐步 | 0 | / |
| 只巡检建设挖掘频繁的管段 | 1 | / |
| 不巡线 | 2 | / |
| 巡线人员的能力 | 1 | 是否能够胜任 | 0 | 1 |
| 公众教育 | 2 | 有资料且经常组织宣传管道安全知识 | 0 | / |
| 有资料但较少组织宣传管道安全知识 | 1 | / |
| 没有宣传资料、不组织宣传 | 2 | / |
| 安全责任制 | 2 | 有无安全机构和人员 | 0 | 1 |
| 是否落实到人 | 0 | 1 |
| 年度检查和定期检验 | 3 | 按规范要求实施 | 0 | / |
| 发现问题才实施 | 2 | / |
| 不实施 | 3 | / |
| 设备装置的维护保养 | 3 | 有无维护保养计划 | 0 | 1 |
| 是否定期维护保养及更换部件 | 0 | 2 |
| 信息管理系统 | 2 | 有无 GIS、PIMS等信息管理系统 | 0 | 2 |
|  | 合计 | 100 | / |

表B.2 在役聚乙烯燃气管道失效后果评分模型

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 编号 | 评分项目 | 分值 | 评分内容 | 失效后果分数 |
|  | 介质燃烧性 | 20 | 介质是天然气、人工煤气、液化石油气 | 20 |
|  | 介质毒性 | 10 | 介质是天然气 | 4 |
| 介质是人工煤气 | 10 |
| 介质是液化石油气 | 4 |
|  | 最高工作压力 | 6 | ＜0.1MPa | 2 |
| ∈[0.1MPa，0.4MPa] | 4 |
| ∈[0.4MPa，0.8MPa] | 6 |
|  | 最大泄漏量 | 20 | ≤1m3 | 1 |
| ∈（1m3，10m3] | 8 |
| ∈（10m3，100m3] | 12 |
| ∈（100m3，500m3] | 16 |
| ＞500m3 | 20 |
|  | 地形 | 6 | 泄漏处地形闭塞 | 1 |
| 泄漏处地形开阔 | 6 |
|  | 风速 | 9 | 泄漏处年平均风速低 | 2 |
| 泄漏处年平均风速中等 | 6 |
| 泄漏处年平均风速高 | 9 |
|  | 人口密度 | 20 | 泄漏处是荒芜人烟地区 | 0 |
| 泄漏处1.6km长度范围内，管道区段两侧各200m的范围内，人口数量∈[1，100) | 6 |
| 泄漏处1.6km长度范围内，管道区段两侧各200m的范围内，人口数量 ∈[100，300) | 12 |
| 泄漏处1.6km长度范围内，管道区段两侧各200m的范围内，人口数量 ∈[300，500) | 16 |
| 泄漏处1.6km长度范围内，管道区段两侧各200m的范围内，人口数量≥500 | 20 |
|  | 沿线环境(财产密度) | 15 | 泄漏处是荒芜人烟地区 | 0 |
| 泄漏处1.6km长度范围内，管道区段两侧各200m的范围内，大多为农业生产区 | 3 |
| 泄漏处1.6km长度范围内，管道区段两侧各200m的范围内，大多为住宅、宾馆、娱乐休闲地 | 6 |
| 泄漏处1.6km长度范围内，管道区段两侧各200m的范围内，大多为商业区 | 9 |
| 泄漏处1.6km长度范围内，管道区段两侧各200m的范围内，大多为仓库、码头、车站等 | 12 |
| 泄漏处1.6km长度范围内，管道区段两侧各200m的范围内，大多为工业生产、住宅区 | 15 |
|  | 泄漏原因 | 8 | 泄漏原因是操作失误 | 1 |
| 泄漏原因是焊接质量 | 5 |
| 泄漏原因是第三方破坏或自然灾害 | 8 |
|  | 抢修时间 | 9 | <1 天 | 1 |
| ∈[1 天，2 天) | 3 |
| ∈[2 天，4 天) | 5 |
| ∈[4 天，7 天) | 7 |
| ≥7 天 | 9 |
|  | 供应中断的影响范围和程度 | 15 | <1000户 | 3 |
| ∈[1000户，2500户) | 6 |
| ∈[2500户，5000户) | 9 |
| ∈[5000户，10000户) | 12 |
| ≥10000户 | 15 |
|  | 用户对管道所输送介质的依赖性 | 12 | 供应中断的影响很小 | 3 |
| 有代替介质可用 | 6 |
| 有自备储存设施 | 9 |
| 用户对管道所输送介质绝对依赖 | 12 |
|  | 合计 | 150 | / |

**B.2** 风险值与风险等级

**B.2.1** 管道的运行风险值等于管道失效可能性得分与失效后果得分的乘积，风险值R的计算按照公式（B.3）:

  ...............（B.3）

**B.2.2** 风险等级划分见表B.3。

表B.3 风险等级划分

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 风险值R | R∈[0，3600) | R∈[3600，7800) | R∈[7800，12600) | R∈[12600，15000] |
| 风险等级 | 低风险 | 中风险 | 较高风险 | 高风险 |

**B.3** 风险评估数据收集

风险评估所需数据的收集主要来源于以下四个方面：

a） 历次定期检验数据；

b） 运行期数据：包括管道属性数据、管道环境数据和管道检测管理维护数据；

c） 建设期数据：包括管道属性数据、管道环境数据、施工过程中的重要过程及事件记录、设计文件、施工记录及评价报告等；

d） 社会资源数据。

# 附 录 **C**（规范性）聚乙烯燃气管道位置与埋深检测方法

* 1. 探管仪定位法
		1. 方法介绍

发射机发射固定频率的信号施加到待测管线上，接收机以相同频率接收此信号，利用电磁信号的原理来探测地下管线的精确位置和埋深。

* + 1. 检测设备

检测设备包括发射机、接收机，以及配套的电源设备、连接线等。

* + 1. 检测步骤

探管仪定位法检测步骤如下：

1. 利用阀井、开挖点等能够接触到管道示踪线的位置将发射机与待测管道示踪线进行连接；
2. 设定电流强度，调节发射机输出电流，尽量大地稳定输出；
3. 设定接收机探测频率，确保与发射机工作在同一频率上；
4. 利用峰值法或者谷值法对管道定位，配合GNSS定位仪，记录管线的埋深及坐标，绘制管线路由图。
	1. 固定信标定位法
		1. 适用范围

本方法适用于埋设有电子标识器的聚乙烯燃气管道的检测。

* + 1. 方法介绍

信标探测器通过发送可使地下信标感应的特定低频脉冲信号，并接收地下信标感应信号，定位布设于地下管线上方的电子标识器，确定管线的位置和埋深。

* + 1. 检测设备

检测设备包括信标探测仪接收机、电子标识器等。

* + 1. 检测步骤

固定信标定位法检测步骤如下：

1. 架设信标探测器，设定探测频率，不同埋设深度的信标对应不同的频率；
2. 探测管线位置上方布设的信标对管道定位，配合GNSS定位仪，记录管线的埋深及坐标，绘制管线路由图。
	1. 探地雷达定位法
		1. 适用范围

本方法适用于未敷设示踪线或示踪线失效的聚乙烯燃气管道的检测。

* + 1. 方法介绍

利用超高频短脉冲电磁波在介质中传播时其路径、电磁场强度与波形随通过介质的电性质和几何形态的不同而变化的特点，根据接收到波的行程时间、幅度与波形资料来判断管线的位置和埋深。

* + 1. 检测设备

检测设备包括管线探地雷达发射天线、接收天线等。

* + 1. 测量步骤

探地雷达收集方式一般采用剖面法探测，以阀井、开挖点等作为坐标原点，将发射、接收天线以固定的分离距摆放，沿检测方向以等步长同步移动，所有单道反射信息构成了雷达图像剖面，其中横坐标表示天线在水平方向的位置，纵坐标记录的是反射波的行程时间。该剖面常以脉冲反冲波的波形记录，波形的正负峰分别以黒、白表示，或者以灰阶或色彩表示，这样，同相轴或等灰、等色线即可形象地表征出地下反射界面或目标体。

* 1. 多频声波探测法
		1. 适用范围

本方法适用于未敷设示踪线或示踪线失效的聚乙烯燃气管道的检测。

* + 1. 方法介绍

利用发射控制机驱动气体振动器，通过放散阀或调压箱和管道连接，来驱动管道中的燃气以施加多频复合声波震动信号，使管道中的燃气产生特殊调制的振荡波信号，接收并跟踪仪器信号源发出的声波信号，从而精确定位管道的位置与走向。

* + 1. 检测设备

检测设备包括发射机部分和地面接收机部分，发射机部分分为动力控制部分和发声腔气体驱动部分；接收机部分分为拾音器和手簿分析输出部分。

* + 1. 检测步骤

多频声波探测法检测步骤如下：

1. 连接前检查接口气密性，确保放散阀门是关闭的，打开放散阀保护堵头，清理里面的杂物和水；
2. 架设发射控制机，选择合适的接头将发射控制机接头连接到放散阀或者调压箱放散阀，通过快速接头将共振腔连接发射机共振腔，尽量安装在待测管道的上游；
3. 通过拾音器及手簿分析软件，接收声波信号并分析，确定定位管道的位置与走向。
	1. 静电探测法
		1. 适用范围

本方法适用于未敷设示踪线或示踪线失效的聚乙烯燃气管道的检测。

* + 1. 方法介绍

燃气主要成份氢原子核中的质子是一种带有正电荷的粒子，其本身在不停的无规则自旋，具有一定磁性，在外磁场作用下自旋质子将按一定方向排列，称为核子顺磁性，使用弱磁感应探测仪可以将被探测物的弱磁场放大，双手持金属杆的操作使用者在运动状态下通过人体静电、大地磁场、弱磁场的相互作用下可以探测出被探测物的位置与埋深。

* + 1. 检测设备

检测设备包括主机、探测天线，配套的电源充电设备、背包等。

* + 1. 检测步骤

静电探测法检测步骤如下：

1. 打开设备开关，取出可旋转伸缩探测天线，并将探测天线拉伸至最长，保持天线可旋转，天线水平且平行指向前方，与检测人员肩部宽即可；
2. 初步判断管道大致走向，以及管道所在范围，垂直管道方向进行走动探测，当两根天线相互吸引并旋转至交叉平行状态，天线正下方即为探测管道所在位置，人体走过目标管道后，天线可由平行状态缓慢打开，最终恢复到预备状态；
3. 从天线交叉点平稳向前开始记录，走到天线打开之间距离可得到管道埋深；
4. 天线在目标管道上方沿管道走向平行，后仰身体至两杆欲改变平行状态时，一杆静止，另一标向前错开至再次改变平行状态，两杆错开的距离即为管道管径；
5. 单手操作时，天线的指向与正下方目标管道的走向一致，可用于管道追踪和弯头、三通的识别。
	1. 冲击棒检测定位法
		1. 适用范围

本方法适用于土质较为疏松、单一的土壤环境中的聚乙烯燃气管道的检测。

* + 1. 方法介绍

通过冲击棒探针上部的配重块向下的冲击力使探针竖直插入土壤中至到探针端部与聚乙烯燃气管道接触，通过探针与管道不断的撞击将声音及震动传递到地面，由检测人员来辨认是否为待测管道。通过探针插入土壤深度来判断管道埋深。

* + 1. 检测设备

检测设备包括冲击棒含配重块、探针。

* + 1. 检测步骤

冲击棒检测定位法检测步骤如下：

1. 阀井处检测方法。通过阀井判断管道走向、埋深是否符合冲击棒量程，之后在管道敷设方向地面上划定若干横截面、间距根据现场情况确定，在横截面上使用冲击棒进行探测至到找出管线准确位置；
2. 管道出、入土端检测方法。以管道出入、土处为圆心在地面画出圆形截面、直径根据现场情况确定，之后在圆形截面上使用冲击棒进行探测至到找出管道位置，若探测不出管道位置则证明管道埋深超出冲击棒探测量程需选择量程更大的冲击棒。若探测出管道位置，则此位置与圆心连线则为管道敷设方向，重复a）步骤；
3. 冲击棒使用方法。将探针竖直放置于待测位置地面上，手持配种块将其尽可能的远离地面，之后用力向下释放，重复操作该过程，使探针不断的插入土壤中至到接触到待测管道；
4. 冲击棒在横截面上使用时，冲击孔的间距应尽可能的小，并且保证探针竖直向下运行；
5. 探测出管道后，配合GNSS定位仪，记录管线的埋深及坐标，绘制管线路由图。
	1. APL法
		1. 适用范围

本方法适用于土质较为紧实、单一的土壤环境中的聚乙烯燃气管道的检测。

* + 1. 方法介绍

仪器向地下发出超声波，采集反射波的频率，延时及信号强度。操作者重复进行等间距探测至少三次，合起来称为一次界面扫描。如果APL探测到空腔，信号将反馈空腔反射信号，多次截面扫描的结果汇总起来才能完成一次管道定位。

* + 1. 检测设备

一体式APL检测仪、钢卷尺。

* + 1. 检测步骤

APL法检测步骤如下：

1. 启动电源按键，推动APL检测仪至目标管道上方；
2. 按仪器扫描键，采集该位置反射声波信号；
3. 用钢卷尺测量出APL检测仪两侧间距1米的位置，分别将APL检测仪移动至上述两处位置，分别采集该位置反射声波信号；
4. 根据反射声波信号判定管道位置并进行标记。

# 附 录 **D**（规范性）气体泄漏检测方法及分级

**D.1** 基本要求

**D.1.1** 泄漏检测可用气体泄漏检测仪、气体泄漏检测车（甲烷、乙烷）、声学成像仪、激光甲烷检测仪、燃气嗅探犬等一种或多种技术组合的方式对聚乙烯燃气管道沿线进行泄漏检测，精度不低于ppm级。

**D.1.2** 泄漏检测应按照NB/T 47013.8《承压设备无损检测 第8部分:泄漏检测》的相关规定执行。

**D.1.3** 可燃气体泄漏检测仪报警装置的报警浓度不高于可燃气体爆炸极限下限的20%。

**D.2** 检测

**D.2.1** 检验前应充分查阅管道相关资料，掌握管道位置、走向等信息。

**D.2.2** 选择重点检测区域和位置，重点检查管道阀门、阀井、法兰、套管、非金属管道熔接接口（含钢塑转换接口）等组成件，及燃气可能泄漏扩散到的地沟、窨井、地下构筑物内的泄漏情况；对疑似泄漏点可进行地面钻孔检测。

**D.2.3** 根据检测区域、对象，选择D.2.1中规定的合适检测方法。

**D.2.4** 应沿管道附近的道路接缝、路面裂痕、土质地面或草地进行检测。

**D.2.5** 对阀门井、地下阀室等地下位置，宜将检测仪器探头插入井盖开气孔内或沿井盖边缘缝隙等处进行检测。

**D.2.6** 由于各区域大气中甲烷背景浓度不同，当整个检测过程中存在甲烷浓度突变或显著高于正常大气浓度范围时，应认为存在疑似泄漏区域。

**D.2.7** 当空气中异味或气体泄漏声响时，也应认为存在疑似泄漏区域。

**D.2.8** 当发现疑似泄漏点时，应在周围多个点进行采样检测，寻找到泄漏气体浓度最大的位置。

**D.2.9** 在气体浓度最大的位置，一般应通过测量是否有一定浓度的乙烷气体来判断是否为燃气泄漏。

**D.2.10** 对于疑似的泄漏，应按照可能扩散过程选择检测孔或开挖的方式，确定管道泄漏位置。

**D.3** 气体泄漏分级

燃气泄漏按下列原则分为4个等级：

**D.3.1** 一级泄漏

符合下列条件之一的，为一级泄漏：

1. 明显可见到、听到或者闻到有燃气泄漏的；
2. 建筑物内或之下有燃气泄漏的；
3. 密闭空间(如阀井等)有燃气泄漏的；
4. 燃气泄漏源于压力大于0.1MPa的燃气管道的；
5. 燃气泄漏源于建筑物0.5m之内的燃气管道，且检测仪器显示数值大于80％LEL的。

**D.3.2** 二级泄漏

符合下列条件之一的，为二级泄漏：

1. 燃气泄漏源于建筑物0.5m之内的燃气管道，且检测仪器显示数值小于80％LEL的；
2. 燃气泄漏源于建筑物0.5m之外的燃气管道，且检测仪器显示数值大于80％LEL的。

**D.3.3** 三级泄漏

燃气泄漏源于建筑物0.5m之外的燃气管道，且检测仪器显示数值为3001ppm～80％LEL的。

**D.3.4** 四级泄漏

检测仪器显示数值≤3000ppm的。

燃气泄漏分级识别见图D.1。



图**D**.1燃气泄漏分级识别流程图

# 附 录 **E**（规范性）聚乙烯燃气管道热熔接头相控阵超声检测方法

**E.1** 人员要求

**E.1.1** 按本方法实施检测的人员，应接受专业培训，具备相应资质，方可开展检测工作。

**E.1.2** 该专业培训科目应包括相控阵超声检测技术和聚乙烯热熔接头检测技术。

**E.2** 检测设备

**E.2.1** 相控阵超声检测系统应按GB/T 29302进行测试并符合其要求。

**E.2.2** 相控阵超声检测系统还应进行本方法规定的测试并满足要求。

**E.2.3** 仪器

相控阵超声仪器应按照GB/T 29302测试并符合其要求。

**E.2.4** 探头

**E.2.4.1** 聚乙烯燃气管道热熔接头相控阵超声检测用探头采用一元线阵斜探头。

**E.2.4.2** 探头声束汇聚区范围应能满足检测聚乙烯燃气管道热熔接头内缺陷深度的要求。

**E.2.4.3** 探头折射角通常为45°或60°，探头楔块应选用声学性能与聚乙烯相近的材料制作，推荐采用聚枫材料。

**E.2.4.4** 探头频率应根据管材厚度选定。不同管材厚度范围推荐的探头频率见表E.1。

表 E.1 不同管材厚度适用的探头频率

|  |  |
| --- | --- |
| PE管材厚度e（mm） | 频率f（MHz） |
| 4＜e≤8 | f＞5 |
| 8＜e≤30 | 2.5＜f≤5 |
| e＞30 | 2＜f≤2.5 |

**E.2.5** 检测系统

**E.2.5.1** 组合仪器、探头和特殊楔块的相控阵检测系统应按GB/T 29302进行测试并符合其要求。

**E.2.5.2** 系统在检测项目的聚乙烯燃气管道校准试块上最远和最近人工反射体信号的灵敏度余量和信噪比均应超过12dB；横向分辨率小于2mm；纵向分辨率小于1mm。

**E.2.6** 扫查器

**E.2.6.1** 应能夹持探头并贴合管道沿焊缝进行平行扫查。

**E.2.6.2**  检测前应对扫查器进行校准，位移误差应小于1%，最大不超过10mm。

**E.2.6.3** 位置分辨率应小于1mm。

**E.2.7** 耦合剂

应使用对聚乙烯材料没有任何腐蚀、溶解作用的耦合剂，耦合剂应易于附着和清除。

**E.3** 校准试块

**E.3.1** 应采用与被热熔接头管件材料声学性能相同或近似的材料制成，该材料不得有大于或等于φ1mm平底孔当量直径的缺陷。

**E.3.2** 应选择图E.1所示校准试块图纸进行制作，试块的检测面为平面或带有一定曲率半径的曲面，在试块的不同深度位置上含有6个排列不均匀的预埋金属丝。



图 E.1 校准试块图纸

**E.3.3** 试块的型号、相应的曲率半径和适用的热熔接头范围见表E.2的规定。

表 E.2 试块圆弧曲率半径

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 试块型号 | 试块圆弧曲率半径R（mm） | 适用的热熔接头范围（公称直径）（mm） |
| PE-Ⅰ-1 | 30 | 75～110 |
| PE-Ⅰ-2 | 60 | 110～200 |
| PE-Ⅰ-3 | 平面 | ＞200 |

**E.4** 检测准备

**E.4.1** 检测时机

使用单位应按照检验机构的要求及时组织开挖，以保证焊接接头检测正常开展。

**E.4.2** 表面要求

被检测的热熔焊接接头应在焊缝两边一倍壁厚再加50mm范围内整圈清除表面异物。

**E.4.3** 检测区域

检测区域应包括焊缝中心线两侧一倍壁厚。

**E.4.4** 灵敏度校准

**E.4.4.1** 灵敏度校准应在校准试块上进行。

**E.4.4.2** 灵敏度校准后不同深度处相同反射体回波波幅应基本一致，且经最大补偿的声束回波的信噪比不应小于6dB，记录此时的增益和波高为参考幅度。

**E.4.4.3** 扫查灵敏度由工艺验证试验确定，一般将φ1×25-4dB设置为满屏高度的80～95%，作为扫查灵敏度。

**E.5** 检测

**E.5.1** 应使用经校准的检测系统对待测热熔接头进行检测。

**E.5.2** 检测方式应采用扇扫描，探头平行于焊缝周向移动做沿线扫查，如图E.2所示。



图 E.2 热熔接头检测示意图

**E.5.3** 焊缝长度方向重叠应大于20mm。

**E.5.4** 在完成扫描之后，应自动存储原始数据。

**E.6** 结果解释和评价

**E.6.1** 缺陷的判定

当反射波幅高于或等于20%满屏幕波高时，应记录并测定。

**E.6.2** 缺陷的尺寸

以S显示和B显示的图像中缺陷成像尺寸作为缺陷尺寸。

**E.6.3** 缺陷的定性

**E.6.3.1** 热熔接头缺陷性质

a）接头中的孔洞；

b）熔合面夹杂，如夹砂、灰尘、金属等；

c）未熔合；

d）裂纹。

**E.6.3.2** 熔合面夹杂

熔合面夹杂缺陷为面积型缺陷，将其表征为由其外接矩形之长和宽围成的矩形。图 中缺陷所在的面为聚乙烯热熔接头的熔合面（B显示图像），X为缺陷径向的矩形边长即缺陷高度，Y为缺陷周向的矩形边长即缺陷长度。

当相邻缺陷间距小于等于较短缺陷尺寸时，应视为单个缺陷，缺陷长度应计入间距。



图 E.3 熔接面缺陷的表征

**E.6.3.3** 孔洞

孔洞缺陷为体积型缺陷，应表征其X、Y,其表征方法与E.7.3.2相同。

**E.7** 质量分级

**E.7.1** 聚乙烯燃气管道对接接头相控阵超声检测质量分级

根据接头中存在的缺陷性质、数量和密集程度，其质量等级可划分为Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ级。

Ⅰ、Ⅱ级焊接接头内不允许有裂纹和未熔合缺陷。

**E.7.2** 熔合面夹杂的质量分级

熔合面夹杂缺陷按表E.3的规定进行分级评定。

表 E.3 熔合面夹杂缺陷的质量分级

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 级别 | 与内外壁贯通的熔合面夹杂 | 在接头熔合面中间的熔合面夹杂 |
| Ⅰ | X＜5%T，Y＜10%T | X＜10%T，，且在任何连续300mm的焊缝长度中，当Y累计长度不超过20mm |
| Ⅱ | X＜10%T，Y＜20%T | X＜15%T，且在任何连续300mm的焊缝长度中，当Y累计长度不超过50mm |
| Ⅲ | 大于Ⅱ级者 |
| 注：T为管材壁厚。 |

**E.7.3** 孔洞的质量分级

Ⅰ、Ⅱ级热熔接头中不应存在尖锐端角的孔洞缺陷。

孔洞缺陷按表E.4规定进行分级评定。

表 E.4孔洞缺陷的质量分级

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 级别 | 单个孔洞 | 组合孔洞 |
| Ⅰ | X＜5%T、Y＜10%T | X＜5%T且在任何连续300mm的焊缝长度中，当缺陷累计长度Y不超过20mm。 |
| Ⅱ | X＜10%T、Y＜20%T | X＜10%T且在任何连续300mm的焊缝长度中，当缺陷累计长度Y不超过50mm。 |
| Ⅲ | 大于Ⅱ级者 |
| 注：T为热熔接头管材壁厚。 |

**E.8** 检测报告

聚乙烯燃气管道相控阵超声检测后，应由相应检测资质Ⅱ级或以上人员编写检测报告，内容至少包括：

a）聚乙烯燃气管道型号，直径，配套工程名称及地点，焊缝数量，验收标准；

b）材料型号，直径，壁厚；

c）相控阵超声仪器型号，检测技术，探头规格型号；

d）检测记录和结果，焊缝评级；

e）检测人员，资格；审核人员，资格；报告日期。

# 附 录 **F**（规范性）聚乙烯燃气管道剩余寿命预测方法

**F.1** 寿命预测方法原理

埋地聚乙烯燃气管道在服役期间，引起性能变化的主要因素包括温度、机械应力、燃气介质和土壤环境等。在一定温度范围内，烘箱加速老化与埋地条件下的老化机理相同。利用承压高温烘箱加速老化试验数据，可外推计算环境温度下聚乙烯燃气管道的寿命。

**F.2** 寿命预测试验

**F.2.1** 试验仪器

F.2.1.1 高温烘箱。

F.2.1.2 拉伸试验机。

F.2.1.3 诱导期试验仪。

**F.2.2** 试验条件

F.2.2.1 老化试验温度至少应不少于三个，相邻温度间隔不低于10 K。试验温度上限因管材不同而异，但热老化试验温度不低于聚乙烯管材熔点20℃。

F.2.2.2 老化试验时间因温度不同而异，对于较高温度试验，性能变化需要达到临界值后才可结束；对于最低温度的试验结束时，性能变化不得低于80%。

F.2.2.3 老化试验中聚乙烯管道内压应等于实际服役工况下的燃气输送压力。

**F.2.3** 试验步骤

F.2.3.1 将一截待老化聚乙烯管道内充入一定压力气体，用封堵头密封，长度不短于40cm。按照GB/T 3512，在烘箱中进行加速老化试验。

F.2.3.2 聚乙烯管材拉伸试验按照GB8804.2进行。

F.2.3.3 聚乙烯管材管件诱导期检测试验按照GB/T17391进行。

F.2.3.4 所有试验必须采用检测的埋地聚乙烯燃气管道的同一批次管材，优先推荐采用聚乙烯管材拉伸试验。

**F.3** 结果处理

**F.3.1** 寿命预测模型

聚乙烯燃气管道老化性能变化指标*P*与老化时间*t*的关系可用经验公式(F.1)描述：

 (F.1)

式中：

*P* 老化性能变化指标。对拉伸性能试验为任意老化时间的断裂伸长率*L*t与老化前断裂伸长率*L*0的比值。对于诱导期试验为任意老化时间的氧化诱导期*S*t与老化前氧化诱导期*S*0的比值；

*A* 试验常数；

*K* 老化速率常数，单位为每天（d-1）；

*t* 老化时间，单位为天（d）。

**F.3.2** 老化速率

老化速率常数*K*与老化温度*T*之间关系服从Arrhenius（阿伦尼乌斯）公式，见公式(F.2)：

 (F.2)

式中：

*K* 老化速率常数，单位为每天（d-1）；

*B* 频率因子，单位为每天（d-1）；

*E* 表观活化能，单位为焦耳每摩尔J·mol-1；

*R* 气体常数，8.314焦耳1每摩尔每开尔文（J·mol-1·K-1）；

*T* 老化温度，开尔文（K）。

**F.3.3** 统计分析

由热老化试验结果，对每个老化试验温度可获得一组（n个）老化时间t与性能变化指标P的数据，可计算m个老化试验温度下的老化速率K。



式(F.1)经自然对数变换后可用下式表示，

*Y*=*a*+*bX* (F.3)

式中：*Y=*ln*P*，*a*=ln*A*，*b=-K*，*X=t*。用最小二乘法求得系数*a*、*b*和相关系数*r*1。

 (F.4)

 (F.5)

 (F.6)

由此可求得公式(F.1)中参数值

*K*=-*b* *A*= (F.7)

则参数*A*的估计值

 (F.8)

进行相关系数检查，参考表F.1中显著性水平为0.01（即置信度99%），自由度=n-2的表值，如果计算值大于表值，则X与Y相关显著，否则方程不成立，查找原因，重新试验或补做试验。

表F.1 相关系数检查表

|  |  |
| --- | --- |
| 自由度 | 0.01显著性水平 |
| 1 | 1.000 |
| 2 | 0.990 |
| 3 | 0.959 |
| 4 | 0.917 |
| 5 | 0.874 |

由老化速率计算结果，可得老化速率*K*与温度*T*的关系，



式(F.2)经对数变换后可用下式表示，

*W*=*C*+*DZ* (F.9)

式中：*W=*ln*K*，*C*=ln*B*，*D=-E/R*，*Z=1/T*。用最小二乘法求得系数*C*、*D*和相关系数*r*2。

 (F.10)

 (F.11)

 (F.12)

进行相关系数检查，根据表(F.1)中显著性水平为0.05，自由度=m-2的表值，如果计算值大于表值，则W与Z相关显著，否则方程不成立，查找原因，重新试验或补做试验。

**F.3.4** 寿命计算

将公式(F.10)和公式(F.11)代入公式(F.2)求得埋地聚乙烯燃气管道温度*T*埋地下的老化速率为：

 (F.13)

现场可以割管的条件下，优先推荐按照GB8804.2-1988获得埋地燃气聚乙烯管道的拉伸试样，测得埋地燃气聚乙烯管道的断裂伸长率*L*实际，得到实际的老化性能变化指标*P*实际=*L*实际/*L*0。不允许割管的条件下，根据GB/T17391在埋地燃气聚乙烯管道外壁取约15 mg的聚乙烯试样进行热分析试验，测得埋地燃气聚乙烯管道的氧化诱导期*S*实际，得到实际的老化性能变化指标*P*实际=*S*实际/*S*0。

代入公式(F.1)得到埋地聚乙烯燃气管道的实际寿命*t*实际预测计算式为：

 (F.14)

根据GB15558规定埋地燃气聚乙烯管道的使用寿命不得低于50年，如果*t*实际≦50年，则该燃气聚乙烯管道可以安全运行，否则该燃气聚乙烯管道必须进行安全评估。

**F.4** 算例

以某燃气用PE80级别管材为例说明，管径为DN40×4，在内压0.4 MPa和老化温度353K、363K、373K和383K下进行不同老化时间的老化试验。试件拉伸性能变化测试结果如表F.2所示。

表F.2 聚乙烯管材试验数据

|  |  |
| --- | --- |
| 老化时间（*t*）h | *P* |
| 353K | 363K | 373K | 383K |
| 72 | 0.964906189 | 0.964885586 | 0.964871851 | 0.964858116 |
| 156 | 0.923963411 | 0.923918771 | 0.923889011 | 0.923859251 |
| 356 | 0.826480604 | 0.826378733 | 0.826310819 | 0.826242906 |
| 456 | 0.7777392 | 0.777608714 | 0.777521724 | 0.777434733 |
| 504 | 0.754343326 | 0.754199105 | 0.754102958 | 0.75400681 |

根据公式(F.3)至公式(F.5)，采用最小二乘法计算线性方程*a*、*b*、相关系数*r*1和老化速率常数*K*的系数，如表F.3所示。因为有5个不同的老化时间，自由度为3，查表F.1可得到0.01显著性水平为0.959，上述*r*1值均大于该值，表示方程均线性相关。

表F.3 不同老化温度下聚乙烯管材线性方程常数值

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *T*/K | 1/*T* | *a* | *b* |  | ln*K* | *r*1 |
| 353 | 0.002833 | -0.167831635 | 3.24118E-07 | 0.845496175 | -14.94215734 | 0.999605929 |
| 363 | 0.002755 | -0.167942159 | 3.24565E-07 | 0.845402732 | -14.94077996 | 0.999605381 |
| 373 | 0.002681 | -0.16801585 | 3.24863E-07 | 0.845340436 | -14.93986207 | 0.999605015 |
| 383 | 0.002611 | -0.16808955 | 3.25161E-07 | 0.845278137 | -14.93894448 | 0.999604649 |

将表F.2中的数据*A*代入公式F.8，可计算*A*的估计值：

= 0.84537937 (F.15)

根据线性拟合提供的计算值，可求得公式*W*=*C*+*DZ*中的系数*C*，*D*和相关系数*r*2，如表F.4所示。由于4个不同老化温度，自由度为2，查表F.1可得到0.01显著性水准为0.990，值大于该值，表示方程线性相关。将ln*K*和1/*T*进行作图，如图F.1所示。



图F.1 聚乙烯管材老化速度常数与温度1/*T*的关系

表F.4 聚乙烯管材拉伸性能变化数学模型主要参数

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| *C* | *D* | *m* |  |
| -15.50060993 | 205.9536301 | 4 | 0.996438568 |

查文献可知，河北地区土壤恒温层温度为286 K，代入公式(F.13)求得

=

=-14.78049234 (F.16)

通过工程现场开挖割管，获得埋地燃气管道服役一定年限后的拉伸试样，得到实际拉伸性能变化率*P*实际=0.8。因此该埋地聚乙烯燃气管道的实际寿命*t*实际预测值为：

≈ 16.53 a (F.17)

*t*实际约等于16.53年，远小于国标规定的50年，因此该燃气聚乙烯管道可以安全运行。

#

# 附 录 **G**（资料性）热熔接头相控阵检测特征图谱

**G**.1 正常焊接



图 G.1 正常焊接接头超声图谱

正常焊接热熔接头超声图像有清晰的内外表面信号显示，在内外表面显示的信号之间，除探头本身的干扰信号外，无明显的其他信号显示，如图G.1。

**G**.2 熔合面夹杂



图 G.2 含有夹杂物的超声图谱

熔合面夹杂属于面积型缺陷，位置在熔合线上，如图G.2。常见熔合面夹杂缺陷有：金属夹杂、非金属夹杂等。在内外表面显示的信号之间，有明显的信号显示。金属夹杂显示较亮，非金属夹杂显示较暗。

**G**.3 孔洞



图 G.3 含孔洞的超声图谱

孔洞属体积型缺陷，图像较为清淅，在内外表面显示的信号之间，有明显的信号显示，如图G.3。孔洞主要由于管材潮湿或端面污染物气化造成。出现严重孔洞时，在孔洞缺陷下方常会出现管材内壁信号缺失。

**G**.4 未熔合



图 G.4 未熔合超声图谱

未熔合属面积型缺陷，出现在熔合面上。图像不太清淅，通常在内外表面显示的信号之间产生贯穿型的显示，如图G.4。未熔合缺陷极为严重，检测时典型的未熔合必须检出。

**G**.5 边界信号和干扰信号



图 G.5 焊接中的边界信号和干扰信号

热熔接头相控阵检测图像总不是完美的，在热熔接头内、外表面会形成边界信号，如图G.5；由于相控阵探头本身的原因，也会在图像中产生一些干扰信号。这些信号显示在移动探头时，不会随着探头的移动，显示位置发生改变，而缺陷信号显示会发生改变。边界信号和干扰信号等这些信号不应该被包括在判定信号里。