

# 团 体 标 准

T/CASEI XXX-XXXX

## 聚乙烯管道及热熔接头微波检测方法

Non-destructive testing — Microwave test method for polyethylene pipes and hot melt joints

(征求意见稿)

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

中国特种设备检验协会 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	1
4 人员资格	2
5 检测工艺规程	2
6 设备要求	3
7 试块	3
8 检测程序	4
9 相关技术记录报告	6

## 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》给出的规则起草。

本文件由中国特种设备检验协会提出并归口。

本文件起草单位：XXXX。

本文件主要起草人：XXXX。

本文件为首次发布。

# 聚乙烯管道及热熔接头微波检测方法

## 1 范围

本文件适用于管道外径 100mm~630mm、公称壁厚 12mm~100mm 的聚乙烯管道本体及热熔接头检测。

本文件不适用于聚乙烯管道电熔接头的检测。

对于其他非金属材料和非极性复合材料，可参照执行，但应考虑微波介电常数变化。

## 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 6111	《流体输送用热塑性塑料管道系统耐内压性能的测定》
GB 11533	《标准对数视力表》
GB 15558.2	《燃气用埋地聚乙烯管道系统 第 2 部分:管件》
GB/T 19278	《热塑性塑料管材、管件与阀门通用术语及其定义》
ASME D3350	《聚乙烯塑料管及配件材料规范》

## 3 术语和定义

### 3.1 GB 15558.2、GB/T 19278 界定的术语和定义适用于本文件

### 3.2 冷焊 cold welding

由于焊接输入热量不足使得热熔接头中管材和管件界面上的分子未能扩散编结成充分地扩散缠结面导致强度不足的缺陷。

### 3.3 过焊 over welding

由于焊接输入热量过多，导致接头材料降解等，并使得熔合区域粘结性能下降的缺陷。

### 3.4 E 平面 E plane

线性极向天线中，平行于电场的平面，与 H 平面垂直。

### 3.5 H 平面 H plane

线性极向天线中，平行于磁场的平面，与 E 平面垂直。

### 3.6 Z 方向 Z direction

同电场和磁场振动方向垂直的方向。

### 3.7 微波换能器 microwave transducer

产生在微波频率范围（1 - 100 GHz）内的电磁场的电子器件。

### 3.8 微波探头 microwave probe

一个带有波导或其他微波天线的微波传感器。

### 3.9 信噪比 signal to noise ratio(SNR)

信号与噪声平均强度的比值。

### 3.10 电子校准件 electronic calibrator

一种用于校准微波电路和仪器的设备，由一组精确的电路元件组成。一般包括：开路、短路、负载和传输线等。

## 4 人员资格

4.1 从事聚乙烯管道微波检测的人员必须经过培训，掌握微波检测相关基础知识，熟悉微波检测的基本原理，熟悉检测设备的操作、校准，掌握检测数据的分析方法，具有实际现场检测经验。

4.2 检测人员未经矫正或经矫正的近（距）视力和远（距）视力应不低于 5.0（小数记录值为 1.0），测试方法应符合 GB/T 11533 的规定且一年检查一次，不得有色盲。

4.3 检测人员有责任保证检测方法有效实施，有权拒绝不符合本标准规定的工况条件下的检测工作。

## 5 检测工艺规程

### 5.1 通用检测工艺规程

从事聚乙烯管道及热熔接头微波检测的单位，应按本标准的要求制定通用检测工艺规程，其内容至少应包括如下要素：

- a. 工艺规程版本号；
- b. 适用范围；
- c. 依据的标准、法规或其他技术文件；
- d. 检测人员资格要求；
- e. 检测设备和器材；
- f. 被检产品信息及检测前的准备要求；
- g. 检测时机；
- h. 检测方法和检测步骤；
- i. 检测的标记和原始数据记录要求；
- j. 检测结果的评价及处理方式；
- k. 检测记录、报告和资料存档；
- l. 编制(级别)、审核(级别)和批准人
- m. 制定日期

## 5.2 检测作业指导书或工艺卡

对于每个检测工程或每个被检构件,应根据使用的仪器和现场实际情况,按照通用检测工艺流程来编制微波检测作业指导书或工艺卡,确定微波检测的部位和表面条件。检测部位应避免内部或外部附件的影响,同时对每个被检构件进行测绘,画出被检构件结构示意图。

## 6 设备要求

6.1 检测仪器应至少包括:微波检测仪、探头和扫描装置

### 6.2 微波检测仪

应使用单频或扫频微波检测仪,所选的频率范围应能够满足标准试样检测需求。

### 6.3 探头

6.3.1 探头到被测材料的距离和方向应能够调整以适应表面不平整、倾斜等产生的噪声,达到合适的信噪比(S/N),用于检测所需的缺陷。

6.3.2 探头带宽应覆盖微波检测仪所需频带。

### 6.4 微波检测仪、探头和扫描装置的综合性能

6.4.1 仪器和探头的组合性能应可检测标准试样最小缺陷,检测的信噪比不低于 1.5;

6.4.2 应确保扫描方向沿管道轴向(Y方向),步进方向为周向(X方向);



图 1 管道扫描示意图

6.4.3 根据探头聚焦面积、所用微波频段,选择合适的步进速度和步长,在不牺牲信噪比的情况下保证合理的总扫描时间。

*注:通常情况下,扫描步长为2-15mm;步进步长2.5-15mm,最大步长不超过15mm。*

6.4.4 定期校准扫描装置编码器位置,并在检测开始前对其进行验证,校准和验证的结果应精确到总扫描长度的1%或10 mm(取较低值)。

6.5 根据检测方法需求,必要时,应使用表面处理设备,保证被测材料表面平整。

## 7 试块

7.1 试块包括:标准试块和对比试块

### 7.2 标准试块

带有人工缺陷的标准聚乙烯直管段,用于校准微波检测设备。

7.2.1 采用与待检查直管段具有相同公称直径、壁厚、材料和表面光洁度的直管段制备。

7.2.2 标准试块的长度应不低于 600 mm，便于安装扫描装置。

7.2.3 标准试块可以被纵向剖开，在内表面制备预制缺陷，然后使用机械连接。

7.2.4 标准试块上预制的人工缺陷应充分分隔，间隔不少于四个管壁标称厚度(t)。

7.2.5 预制的人工缺陷尺寸(包括半径和深度)可根据实际工况预估，至少应包括一组深度不超过壁厚的 50%，最小尺寸为  $\Phi 3$  mm 的钻孔；

7.2.6 标准试块应无不连续或其他可能产生干扰检测的缺陷。

### 7.3 对比试块

带有人工缺陷的标准对接熔焊接头，用于评定微波检测设备和工艺是否符合本次检测需求。

7.3.1 应与被检对象具有相同材料、公称直径、标准尺寸以及表面光洁度的试块。如果被检试块是一系列尺寸和厚度的管道，则需要多个对比试块。每个对比试块厚度必须与被检试块厚度偏差为 $\pm 10\%$ 以内。

7.3.2 拉伸试样应包括无缺陷接头和包含模拟冷焊、过焊、接头污染、夹杂以及可能会影响熔接质量的其他缺陷的接头。

7.3.3 对比试块应采用与被检接头相同的熔合程序和方法，可以修改熔合程序来制备各类缺陷。

7.3.4 对比试块中心线两侧的长度不低于 450 mm。

7.3.5 对比试块中应包括至少一种标准工艺制备的样本。

7.3.6 同一种缺陷应有多个对比试块，其中一部分用于确定验收标准的要求，另一部分用于验证检测工艺。

## 8 检测程序

8.1 资料审查：了解被检工件检测部位材质、公称直径、标准尺寸比和熔接程序。

8.2 现场实测被检工件检测部位壁厚，确定其形态和位置。必要时，应使用专用工具从被检接头外表面去除焊道。避免在接头和/或管道中产生划痕或凿痕。

*注：采用宽频扫描检测时，可不去除外焊道。*

8.3 检测面探头移动区应清除凸起或杂物、污垢、油脂、油漆或其他可能影响微波传播的杂质。

8.4 根据检测方法需要，必要时，应保持检测表面平整，如：去除焊道。不对表面不规则形貌进行处理时，表面的不规则状态不应影响检测结果的有效性。表面处理工艺应符合业主方要求。

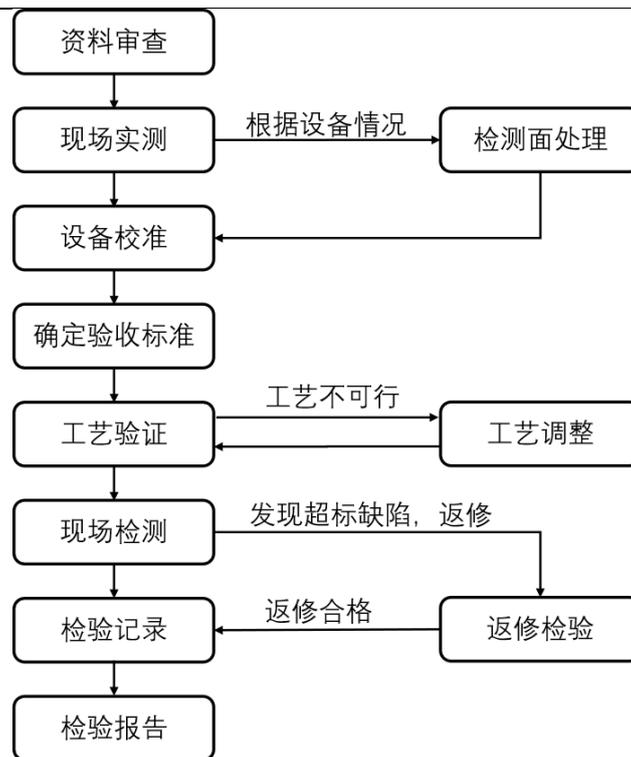


图 2 检测程序示意图

## 8.5 仪器校准

8.5.1 每次检测开始前、检测完成后、以及设备连续运行至少每 4 小时都应对设备进行校准。

8.5.2 设备校准可使用 7.2 节中规定的标准试块,也可使用设备自带的电子校准件进行校准。

8.5.3 当使用电子校准件校准时,应至少半年一次使用标准试块进行校准。

8.5.4 使用标准试块进行校准时,宜首先使用电子校准件校准。

8.5.5 使用标准试块进行校准时,校准过程应调整设备参数,使熔合区域的信噪比满足检测需求。校准后的仪器应能够从所有试块中鉴别出标准工艺试块,并检测到所有人工缺陷,虚假报警不超过 5%。如果设备校准后无法达到使用要求,则必须停止使用。

## 8.6 确定验收标准

8.6.1 在确定检测工艺前应首先确定验收标准,并保证检测工艺验证的试块覆盖验收评价的最低要求。

8.6.2 使用 7.3 节中所述用于确定验收标准的对比试块,进行力学测试;并根据其力学性能将用于检测工艺验证分为缺陷可接受试块和不可接受试块。力学测试应至少包括静液压强度试验和拉伸试验,拉伸试验参考 GB/T 19810 标准执行,静液压强度实验参考 GB/T 6111 标准执行。

8.6.3 应根据 8.6.2 结果,针对不同规格管道中不同的损伤类型、损伤程度和损伤尺寸等,由多方统一商定验收标准。

## 8.7 检测工艺的制定

8.7.1 微波检测程序在使用前应进行工艺验证，验证方式可使用 8.6 节中确定的不可接受缺陷作为对比试块，进行“盲检”。如果能够检测到所有不可接受缺陷，且虚假报警不超过 5%，则检测程序应被认为满足需求。

8.7.2 记录并保存含有缺陷对比试块和无缺陷对比试块的仪器响应水平，用于检测结果的评价。

8.7.3 需要对部分或全部检测样品进行拉伸试验，根据拉伸试验结果、结构分析提出检测结果评价方法。

## 8.8 检测程序

### 8.8.1 仪器

采用 7.5 节校准后的仪器设置和机械运动对被检件进行检测。

### 8.8.2 接头检测

8.8.2.1 选择合适的提高高度，通过 360 度圆周检查接头，分别沿管道轴向（Y 方向）、圆周方向（X 方向）进行二维扫描。

8.8.2.2 选择合适的扫描区域，应使熔合中心线大约位于整个扫描路线的中间位置，总扫描长度应不低于 4 倍壁厚，或者熔合中心线两侧扫描长度应不低于 2 倍壁厚。

8.8.2.3 选择合适的扫描速度，在不牺牲信噪比的情况下保证合理的总扫描时间。

8.8.2.4 检测完成后，应将数据保存并记录；生成的图像应以灰度图和彩色图显示。如果某些区域无法扫描，则应记录下来。

### 8.8.3 缺陷评定

8.8.3.1 根据工艺制定过程中记录的含有缺陷接头和标准接头的仪器响应水平，对检测接头进行分析。发现的任何缺陷都应在检测报告中注明。

8.8.3.2 应根据 8.6.3 确定的验收标准进行评价，超过验收标准的接头应被记录为“失效”接头。

## 9 相关技术记录报告

### 9.1 检测记录

应按检测工艺规程的要求记录检测数据和有关信息，除此之外，还应至少包括检测报告中的内容；所有记录的保存应符合有关法规、标准和（或）合同的要求。

### 9.2 检测报告

检测报告至少应包括以下内容：

- a. 委托单位、报告编号；
- b. 检测单位；

- 
- c. 被检测管道规格、几何尺寸、介质和使用年限、材料牌号、公称厚度、表面状态、制造单位；
  - d. 检测位置；
  - e. 执行标准、对比标准；
  - f. 检测仪器名称、型号；
  - g. 校准和对比试件的材料、尺寸、缺陷的形状；
  - h. 校准和对比试件结果；
  - i. 检测结果；
  - j. 验收准则和检测结论；
  - k. 可能影响检测结果的任何表面缺陷细节。
  - l. 检测日期、检测人员和审核人签字及资质。

# 《聚乙烯管道及热熔接头微波检测方法》编制说明

## 1 工作简况

### 1.1 任务来源

《聚乙烯管道及热熔接头微波检测方法》团体标准以质检公益性行业科研专项项目“特种设备用典型非金属材料太赫兹响应特性研究”的相关成果为基础，结合现场检测实践经验制定。由中国特种设备检验协会批准立项，立项号 2023009。该标准由中国特种设备检测研究院牵头起草。

### 1.2 起草单位

略。

### 1.3 主要起草人及其所承担工作的简要说明

略。

## 2 编制原则和主要内容

### 2.1 编制原则

1) 标准的编写格式按国家标准 GB/T1.1-2009《标准化工作导则第一部分：标准的结构和编写规则》和 GB/T 20001.4《标准编写规则 第4部分：试验方法标准》的规定和要求进行编写；

2) 本标准以中国特种设备检测研究院科研成果为基础，进行综合凝练，以保证标准的先进水平。

3) 以科研成果为基础，充分考虑工程应用的结果，以保证标准的适用性；

4) 充分考虑我国对聚乙烯燃气管道安全监察的总体要求、我国当代社会价值取向、管道失效模式及特点、我国企业技术、经济、管理水平和人员素质；

5) 为政府安全监察和企业安全管理提供技术支撑；

6) 满足标准的科学性、先进性、有效性原则，为我国聚乙烯燃气管道及热熔接头的探测方法提供新方法新技术的选择。

### 2.2 标准主要内容说明

本标准给出聚乙烯管道及热熔接头微波检测方法，由 9 个章节组成，包括：范围、依据和对比标准、术语、人员资格、检测工艺规程、设备要求、试块、检测程序和相关技术记录报告。

本标准是首次制订，核心的技术内容包括：微波检测工艺规程、设备要求、校准试块要求、检测程序、缺陷判定。

#### 1) 确定本标准的适用范围

1.1 本文件规定了聚乙烯燃气管道本体及热熔接头的管道外径和公称壁厚要求。

1.2 本文件不适用于聚乙烯管道电熔接头的检测。

1.3 其他非金属材料和非极性复合材料，可参照执行，但应考虑微波介电常数变化。

#### 2) 人员资格

主要规定了微波检测人员资格的基本要求。

#### 3) 检测工艺规程

规定了聚乙烯燃气管道及热熔接头通用检测工艺规程和检测作业指导书的基本要求。

#### 4) 设备要求

规定了微波检测仪器的具体要求。

#### 5) 试块

规定了标准试块和对比试块的具体要求。

#### 6) 检测程序

本章规定了微波检测程序、验收标准和缺陷评定的要求。

#### 7) 相关技术记录报告

对记录和报告进行了要求。

### 3 综述报告及预期经济效果

我国对 PE 管材的开发和推广应用始于 20 世纪 80 年代，目前产品主要用于农田排灌管、带电线电缆套管、工业用水管、燃气管等，进入 90 年代又相继开发生产出一些特殊用途的聚乙烯管材，如交联聚乙烯管、铝塑复合管等，并于 2000 年通讯行业开始大力推广使用高密度聚乙烯硅管。1998 年我国 PE 管材的总消费量约为 20 万吨/年，其中室外给水管材占 35% 左右，其余为农业水管以及工业水管等。

我国最早使用管输送燃气的城市是上海，1982~1983年进行了部分区域性试验，总长度为440m，1992年把运行10年的PE管挖出，进行性能测定，得出“使用10年的PE管材的力学性能、耐化学药品性及短期静水压性能都变化不大，其有关指标仍能满足对新管材的要求”这一结论。1991~1993年由无锡、深圳、成都广州和上海对外径32~160mm的PE管进行了应用试点，积累了PE管的实际应用经验。而后几年间，全国各地许多城市都不同程度地采用了PE管道输送燃气，工程运行情况良好。有关PE燃气管道规范的推出，更使PE管材的应用得到较快发展，已呈现出取代金属管道的趋势。

目前PE燃气管道已作为压力管道的一种普遍应用在城镇燃气建设中。然而城镇PE燃气管输送的介质易燃易爆，且安装在城镇下面，影响安全因素众多，稍有不慎，可能导致人员伤亡和财产损失，甚至引发二次灾害，对社会经济和居民人身安全造成严重的损失和伤害。如何确保PE管道系统的安全有效运行至关重要。国内对于PE燃气管道检验与评价技术研究也才刚刚起步，经验极其匮乏，目前针对PE管道的检验检测仍然存在漏点排查困难、管线定位困难、失效机理不明等常见的技术难点，尚无对PE燃气管道检验与评价的技术方法进行系统性分析与总结的研究。对于在役PE燃气管道的全面检验，虽然部分地区已出台地方标准，但目前尚未形成一套完整的标准体系。鉴于这种情况下，开展对PE管及其接头检测方法和缺陷评定准则的研究，对于减少和防范管道焊缝失效安全事故的发生具有重要意义。

本标准适应国家有关法规、规章中关于聚乙烯燃气管道焊缝无损检测要求和评判依据，提出对聚乙烯管道及热熔接头微波检测方法的应用。解决了长期困扰燃气管道政府安全监察、企业安全生产的瓶颈性技术难题，为我国实施科学、合理、经济、有效的安全监管措施，从根本上扭转聚乙烯热熔接头无法检测和评判的被动局面，提供了必不可少的急需技术和方法手段。本标准中的聚乙烯热熔接头检测方法，已成功应用于浙江省、广东省等地城市部分燃气管道的检测，为企业掌握所辖管道的焊缝安全评判，提供了科学依据和技术指导，并通过减少焊缝失效破坏几率，降低事故风险。

#### 4 标准水平

目前，与本标准相关的标准为T/CASEI006-2022《在役聚乙烯燃气管道检验与评价》中接头检测提供了新的检测方法。当前管道焊缝的检测常采用超声、射线等方法进行，适用于金属管道常见的气孔、夹渣、未熔合、未焊透等损伤，而无法对聚乙烯热熔接头中冷焊、过焊等损伤进行有效检测。

本标准给出了聚乙烯燃气管道热熔接头的检测和评判方法，是《压力管道定期检验规则

——公用管道》(TSGD7004-2010)和团体标准 T/CASEI006-2022 的有效补充,是根据我国聚乙烯燃气管道的建设条件和运行管理的工程实际,在对前期研究成果的凝练与整合、工程适用性研究的基础上,充分考虑国内外管道制造、安装、维护、管理、检验水平的差距,充分考虑我国特种设备安全监察的总体要求,与我国的经济水平、社会保障条件以及有关安全技术法规相适宜,是国内外同类方法不能替代的。

## 5 与有关的现行法律、法规和强制性国家标准的关系

《压力管道定期检验规则-公用管道》(TSGD7004-2010)提出了聚乙烯燃气管道接头检测的要求,但未明确方法和要求。针对聚乙烯燃气管道可能出现的热熔接头缺陷,非常迫切的需要开展相关检测方法的研究,制定定期检验标准,保障城镇燃气管道的安全运行。本标准是这个安全技术规范的支撑标准。

## 6 重大分歧意见的处理经过和依据

无。

## 7 贯彻团体标准的要求和措施建议

- 1) 标准发布后,应组织对实施标准的单位和技术人员进行宣贯培训;
- 2) 主管部门对标准的实施情况进行检查,发现问题及时反馈,确保本标准的贯彻实施。

## 8 废止现行有关标准的建议

无。

## 9 其他应予说明的事项

无。

《聚乙烯管道及热熔接头微波检测方法》  
工作组