

聚乙烯管道热熔对接接头微波检测 质量控制要求

Quality control requirements for microwave non-destructive testing
of polyethylene pipe butt fusion joints

地方标准信息服务平台

2023-09-25 发布

2024-01-01 实施

目 次

前言.....	11
1 范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语和定义.....	1
4 基本要求.....	2
5 质量要求.....	3
6 记录与报告控制.....	7
附录 A（资料性） 聚乙烯管道热熔对接接头微波检测特征图谱示例.....	9
附录 B（资料性） 聚乙烯管道热熔对接接头微波检测报告示例.....	11
参考文献.....	12

地方标准信息服务平台

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。

本文件由北京市市场监督管理局提出并归口。

本文件由北京市市场监督管理局组织实施。

本文件起草单位：北京市特种设备检验检测研究院，北京西管安通检测技术有限责任公司，北京燃气集团特种设备检验所。

本文件主要起草人：牛小驰、车飞、陈克、李宏雷、王世宏、朱丽丽、王一帆、郭全海、高海霞、陈斯、刘清泉、赵军、汪罗、朱尘宇、张雨、刘晗。

地方标准信息服务平台

聚乙烯管道热熔对接接头微波检测质量控制要求

1 范围

本文件规定了聚乙烯管道热熔对接接头微波检测的基本要求、质量要求、记录和报告控制。本文件适用于公称外径为90mm~630mm的在制及在役聚乙烯管道热熔对接接头。

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：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

CJJ 63—2018 聚乙烯燃气管道工程技术标准

TSG D2002—2006 燃气用聚乙烯管道焊接技术规则

3 术语和定义

GB/T 15558.1、GB/T 15558.2 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

聚乙烯管道热熔对接接头 polyethylene pipe butt fusion joint

在焊接程序合格的条件下，将两个聚乙烯管道或管道与配件的端口对齐固定在加热板上，使端口适当熔合后结合在一起，然后在适当保压条件下冷却形成的接头。

3.2

微波检测 microwave non-destructive testing

利用微波可以穿透介电材料（非金属材料）的特性，采用微波频率扫描被检部件，通过采集和分析材料内部缺陷处的介电特征值，以此识别被检部件中缺陷的无损检测方法。

3.3

微波传感器 microwave transducer

微波探头

由波导和微波天线组成，在微波频率范围（300MHz - 300GHz）内产生电磁场的电子设备，利用微波的反射特性来测量材料的介电特征值。

3.4

提离高度 standoff distance

微波传感器与被检部件之间的距离，可调整该距离以满足不同检测需求。

3.5

增益值 gain

微波传感器输出信号被放大的幅值量。

3.6

零偏值 null

微波传感器输出信号偏移的幅值量。

3.7

介电特征值 dielectric characteristic value

G

表征熔接质量，体现介电材料微观属性的综合参数。

注：介电特征值越低，焊缝抗拉强度越高。

3.8

冷焊缺陷 cold fusion flaws

由于聚乙烯管道热熔对接接头焊缝熔接界面未形成聚乙烯高分子长链而导致热熔对接接头强度不足的缺陷。

注：冷焊缺陷会引起介电特征值（G）的变化。

3.9

异物缺陷 inclusion flaws

由于聚乙烯管道热熔对接接头焊缝熔接界面存在异物污染（如灰尘，污垢，油脂等外来杂质），导致热熔对接接头强度不足的缺陷。

注：异物缺陷会引起介电特征值（G）的变化。

4 基本条件

4.1 检测人员

检测人员应了解燃气用聚乙烯管道的特性、制造工艺和焊接工艺，通过相关机构的聚乙烯管道热熔对接接头微波检测专业技术培训及认可，并能独立进行聚乙烯管道热熔焊接接头微波检测。

4.2 仪器设备

4.2.1 微波检测设备包括主机系统、微波传感器、管道扫查装置、连接电缆和附件。

4.2.2 聚乙烯管道热熔对接接头的微波检测频率范围为 1GHz~50GHz。

4.2.3 管道扫查装置的编码器扫查步进精度应不大于 0.25mm。

4.2.4 微波传感器的输出功率应小于 10mW。

4.3 试样

4.3.1 合格试样应按照经焊接工艺评定合格的工艺和规范制作。

4.3.2 冷焊缺陷试样的制作可通过改变主要焊接工艺参数来实现，如调整界面压力或延迟时间。

4.3.3 异物缺陷试样的制作可通过在管道截面即将熔合前快速添加滑石粉实现。

4.4 环境

4.4.1 现场检测空间应满足设备的安装及运行。

4.4.2 聚乙烯管道热熔对接接头的微波检测环境温度宜在-5℃~40℃范围内。

5 质量控制

5.1 系统调校

检测工作前，应使用 4.3 中指定的试样对检测仪器进行调校。当合格试样和冷焊缺陷试样或异物缺陷试样的检测结果正常时，则仪器系统及相关设置满足检测需求，可开展检测工作。

5.2 检测准备

5.2.1 检测时机

5.2.1.1 在制聚乙烯管道热熔对接接头检测应在焊接工作完成后、宏观检查合格后进行。

5.2.1.2 在役聚乙烯管道热熔对接接头检测应在表面清理、宏观检查合格后进行。

5.2.1.3 宏观检查应符合 TSG D2002-2006 中 G1.1 对几何形状、卷边中心高度和焊接处错边量的要求。

5.2.2 表面清理

5.2.2.1 检测前应对被检聚乙烯管表面进行清洁，确保检测部位无污垢、油脂、水分、油漆或其它污染物。

5.2.2.2 被检聚乙烯管表面应是光滑的，如有肉眼可见的划痕等表面损伤，应进行拍照和记录。

5.2.3 标记

5.2.3.1 应对被测接头进行编号与标记，应与管体上已有的其它表面标识不同。

5.2.3.2 应在管体表面对扫描起始点及扫描方向进行标记。

5.3 检测过程控制

5.3.1 卷边检验

5.3.1.1 外卷边完好的在制及在役聚乙烯管道热熔对接接头应按照 CJJ 63—2018 中 5.2.3.4 进行外卷边切除及检验，检验后的聚乙烯管道热熔对接接头处理程序如下：

a) 对于外卷边检验合格的聚乙烯管道热熔对接接头，应使用专业工具修整热熔对接接头表面残余卷边，在表面达到平整状态后再进行微波检测；

b) 对于外卷边检验不合格的聚乙烯管道热熔对接接头，则直接判定为质量不合格且后续无需进行微波检测。

5.3.1.2 外卷边缺失的在役聚乙烯管道热熔对接接头，应使用专业工具修整热熔对接接头表面残余卷边，在表面达到平整状态后再进行微波检测。

5.3.1.3 针对外卷边完好的在制及在役聚乙烯管道热熔对接接头和外卷边缺失的在役聚乙烯管道热熔对接接头实施的卷边检验程序参见图 1。

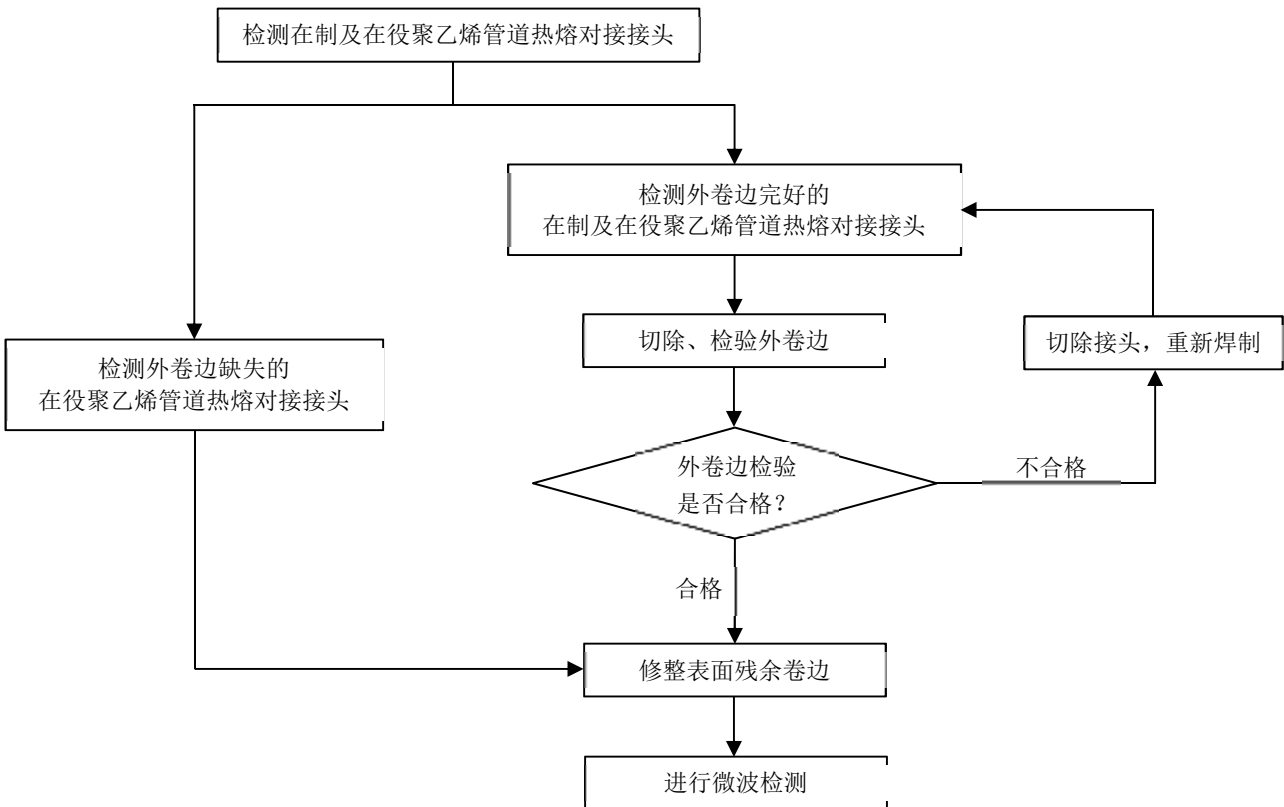


图 1 卷边检验流程

5.3.2 检测方向与范围

5.3.2.1 应对聚乙烯管道热熔对接接头进行全周向检测，周向检测长度需大于被检聚乙烯管道热熔对接接头的周向长度且应有一定的重叠部分，重叠部分的长度至少为接头周长的2%。

5.3.2.2 聚乙烯管道热熔对接接头的轴向检测区域应包含一定的母材区域，轴向检测长度应满足如下要求：

a) 对于厚度小于 50mm 的管道，轴向检测长度应至少为 150mm 或焊缝两侧各 2 倍壁厚，两者以较大者为准；

b) 对于厚度大于或等于 50mm 的管道，轴向检测长度应至少为焊缝两侧各 2 倍壁厚，但总长不应超过 250mm。

5.3.2.3 对于无法满足全周向检测的接头，可根据需要或需求将被检区域划分为几个小面积区域进行检测，此类划分应清楚明确，且需在检测报告中进行记录。

5.3.3 微波传感器安装

5.3.3.1 将聚乙烯专用微波传感器安装至微波传感器底座中，调节底座的轴向及周向角度，以使微波传感器与管道轴向及周向均垂直。

5.3.3.2 对于管体表面无法达到平整的情况，微波传感器的轴向偏差角（ α ）和周向偏差角（ β ）均应在 5° 以内，参见图 2。

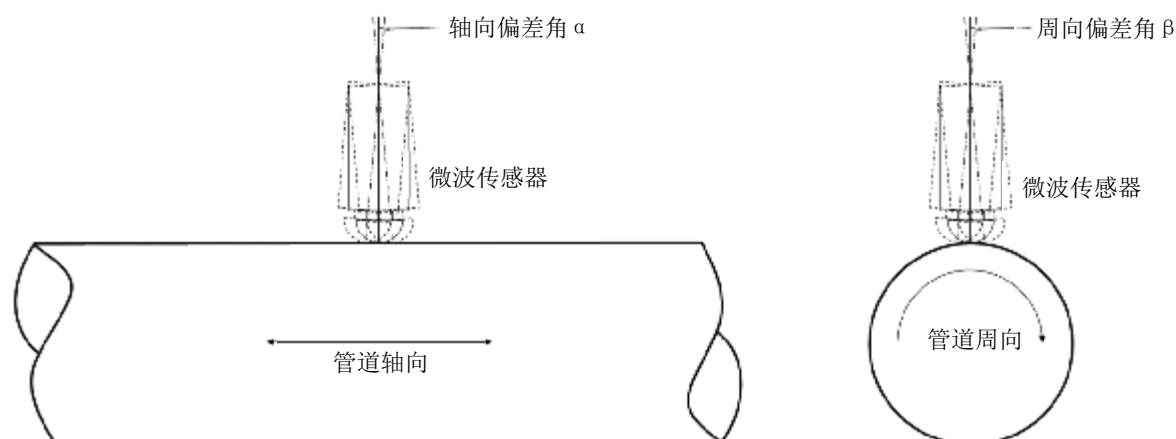


图2 微波传感器轴向偏差角（ α ）及周向偏差角（ β ）示意图

5.3.4 系统设置

- 5.3.4.1 按照 5.3.2 要求设置周向及轴向检测长度。
- 5.3.4.2 调整微波传感器的提高高度，使实时信号幅值在仪器的幅值范围内。
- 5.3.4.3 系统增益值应达到总幅值的 80%以上，零偏值应小于总幅值的 20%。
- 5.3.4.4 将安装好的微波传感器移动至选定的起始位置，并将该位置设置为“起点”。

5.3.5 检测

- 5.3.5.1 微波检测的工作方式为穿透法。
- 5.3.5.2 检测时应保证周向检测速度不大于 1mm/s，轴向检测速度不大于 85mm/s。
- 5.3.5.3 检测过程中应观察实时信号，如发现信号下降幅值超过 20%，则应中止检测，并调整系统设置重新检测。
- 5.3.5.4 检测完成后，应评价数据有效性。

5.4 检测数据分析与评价

5.4.1 检测数据的有效性评价

- 5.4.1.1 分析数据之前应对所采集的数据进行评估以确定其有效性，数据应满足但不限于以下要求：
 - a) 数据采集应基于 5.3.4 中系统设置的增益值及零偏值；
 - b) 采集的数据与 5.3.2 中要求的检测范围应一致；
 - c) 数据丢失量不应超过整个扫查数据量的 2%。
- 5.4.1.2 若数据不满足 5.4.1.1 要求，应重新进行检测。

5.4.2 数据分析与评判

5.4.2.1 聚乙烯管道热熔对接接头微波检测图谱表征

采用微波检测技术检测聚乙烯管道热熔对接接头会形成包含母材与焊缝介电特征值的二维图谱，图谱中管道周向检测长度应用 X 表示，轴向检测长度应用 Y 表示，如图 3 所示。

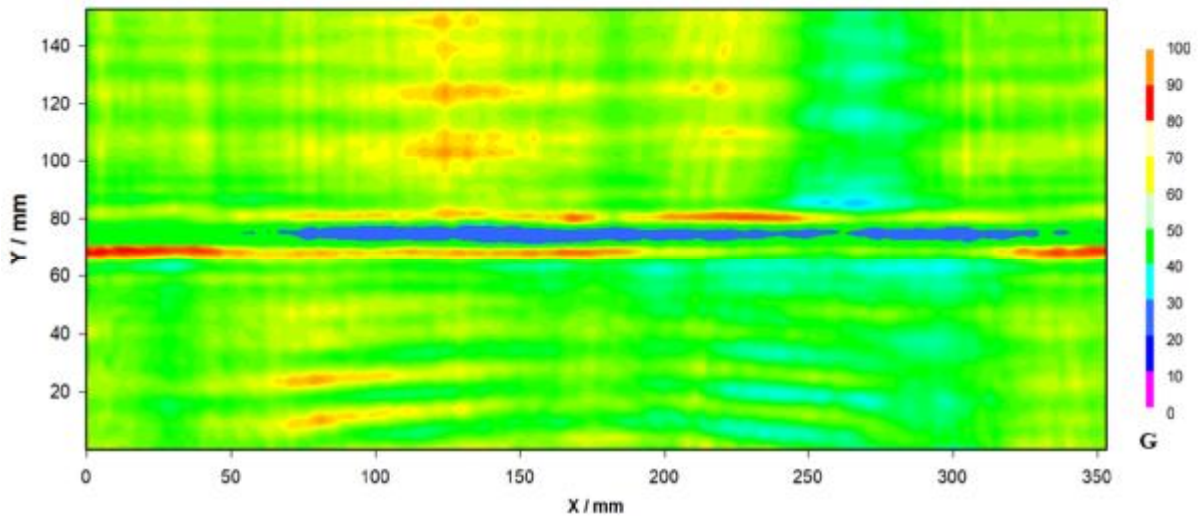


图3 聚乙烯管道热熔对接接头微波检测图谱示例

5.4.2.2 聚乙烯管道热熔焊缝类型及表征

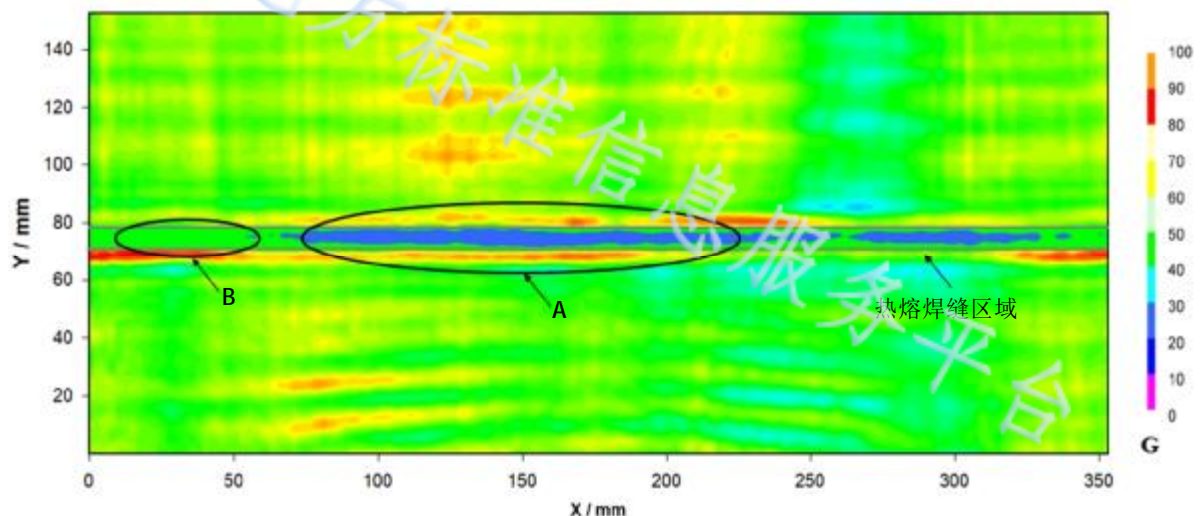
读取微波检测图谱的介电特征值 (G)，并根据介电特征值 (G) 的大小将聚乙烯管道热熔焊缝分为韧性与非韧性两类，其中：

- a) 韧性热熔焊缝的拉伸断口一般呈韧性破坏形式；
- b) 非韧性热熔焊缝的拉伸断口一般呈脆性或兼具韧性、脆性特征的“混合型”破坏形式，该类特征一般由冷焊缺陷或异物缺陷引起。

两类热熔焊缝与介电特征值 (G) 的具体对应关系见表 1，两类焊缝的图谱表征见图 4。

表 1 聚乙烯管道热熔焊缝类型与介电特征值 (G) 对应关系表

焊缝类型	介电特征值 (G)
韧性热熔焊缝	$0 \leq G \leq 30$
非韧性热熔焊缝	$30 < G \leq 100$



A-韧性热熔焊缝 B-非韧性热熔焊缝

图4 聚乙烯管道热熔焊缝类型图谱示例

5.4.2.3 质量分级

根据韧性热熔焊缝在管道周向上的连续长度比例及非韧性热熔焊缝在管道周向上的累计长度比例对聚乙烯管道热熔对接接头质量进行等级划分，韧性热熔焊缝连续长度比例计算方式见公式(1)，非韧性热熔焊缝累计长度比例计算方式见公式(2)。

$$R = \frac{L}{X} \times 100\% \dots\dots\dots (1)$$

式中：

L — 韧性热熔焊缝最长连续长度；

X — 管道周向检测长度（含叠加）；

R — 韧性热熔焊缝连续长度比例。

$$R' = \frac{l}{X} \times 100\% \dots\dots\dots (2)$$

式中：

l — 非韧性热熔焊缝累计长度；

X — 管道周向检测长度（含叠加）；

R' — 非韧性热熔焊缝累计长度比例。

质量等级划分需同时满足 R 和 R' 的比例要求，具体的质量等级划分情况见表2，对应质量等级图谱见附录A。

表2 聚乙烯管道热熔对接接头质量等级划分表

质量等级	韧性热熔焊缝连续长度比例 (R)	非韧性热熔焊缝累计长度比例 (R')
I	$R \geq 70\%$	$R' < 10\%$
II	$R \geq 70\%$	$10\% \leq R' \leq 30\%$
III	$R < 70\%$	/

6 记录与报告控制

6.1 记录控制

6.1.1 应确保检测过程中技术活动记录信息的完整性、充分性和可追溯性，电子记录和纸质记录均应安全储存。

6.1.2 采用计算机或自动设备对检测数据进行采集、处理时，对于人工录入数据，应加以核查；对于保存在仪器中的数据记录，需定期备份。

6.1.3 原始记录应有技术人员复核，签署意见后作为编写检测报告的依据。

6.1.4 原始记录应存档备查，保存时间至少为5年。

6.2 报告控制

6.2.1 聚乙烯管道热熔对接接头微波检测报告应包括但不限于以下内容（报告样式参见附录B）：

- a) 单位信息：委托单位、焊接单位、检测单位；
- b) 执行标准：焊接标准、检测标准；
- c) 编号：报告编号、焊口编号、检测编号；
- d) 设备型号：焊接设备型号、检测设备型号；

- e) 接头信息：管材/管件型号及厂家、规格及标准尺寸比、检测部位表面状况、管道状态、运行压力、检测地点；
 - f) 检测数据：数据文件名称、缺陷类型、位置与尺寸及缺陷部位的图像；
 - g) 检测结果；
 - h) 检测人员和责任人员签字及其技术资格等级；
 - i) 检测日期。
- 6.2.2 检测报告单应以原始记录为准，如实填写，不应随意更改或涂写。
- 6.2.3 检测报告单应打印清晰，内容完整，结论确切，全部数据单位均应采用法定计量单位。
- 6.2.4 审核后的检测报告单应存档备查，保存时间至少为5年。

地方标准信息服务平台

附录 A

(资料性)

聚乙烯管道热熔对接接头微波检测特征图谱示例

A.1 I级聚乙烯管道热熔对接接头微波检测图谱见图A.1, 图中 $X=360\text{mm}$, $L=360\text{mm}$, $R=100\%$, $l=0\text{mm}$, $R'=0$ 。

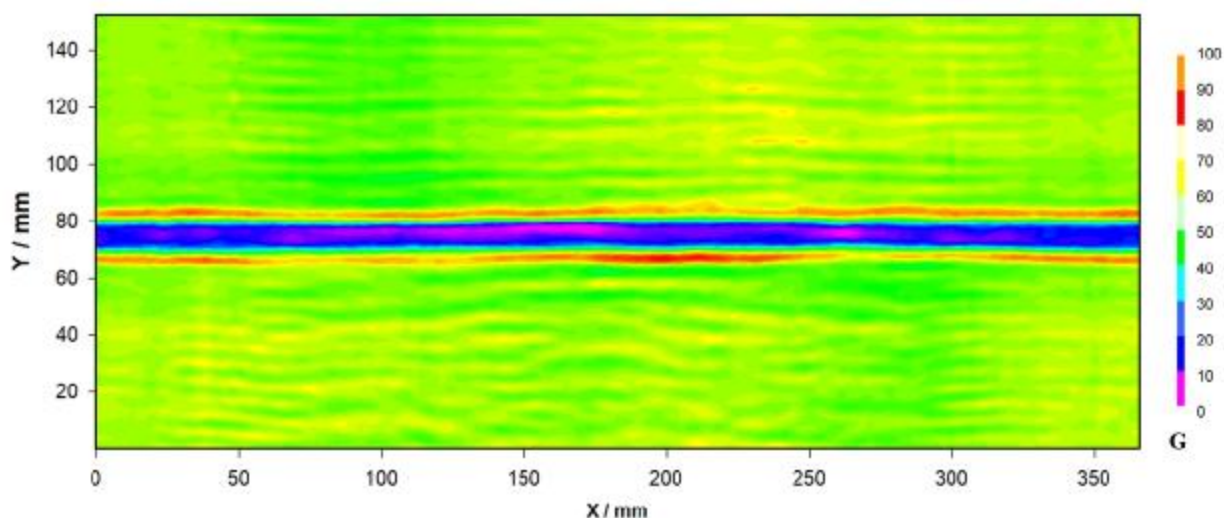


图 A.1 I级聚乙烯管道热熔对接接头微波检测图谱

A.2 II级聚乙烯管道热熔对接接头微波检测图谱见图A.2, 图中 $X=360\text{mm}$, $L=300\text{mm}$, $R=83\%$, $l=45\text{mm}$, $R'=13\%$ 。

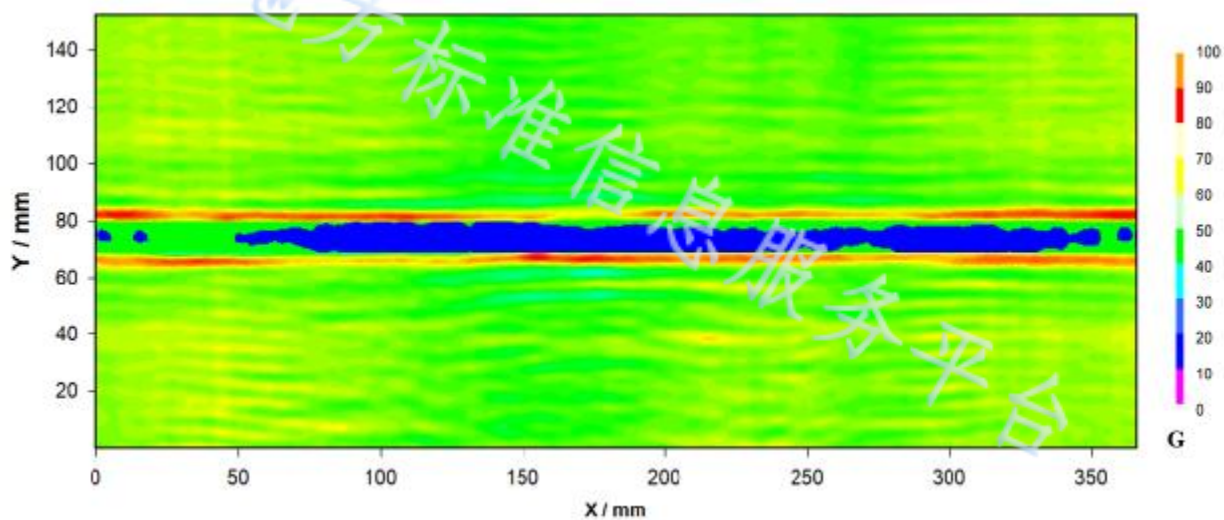


图 A.2 II级聚乙烯管道热熔对接接头微波检测图谱

A.3 III级聚乙烯管道热熔对接接头微波检测图谱见图A.3, 图中 $X=360\text{mm}$, $L=140\text{mm}$, $R=39\%$ 。

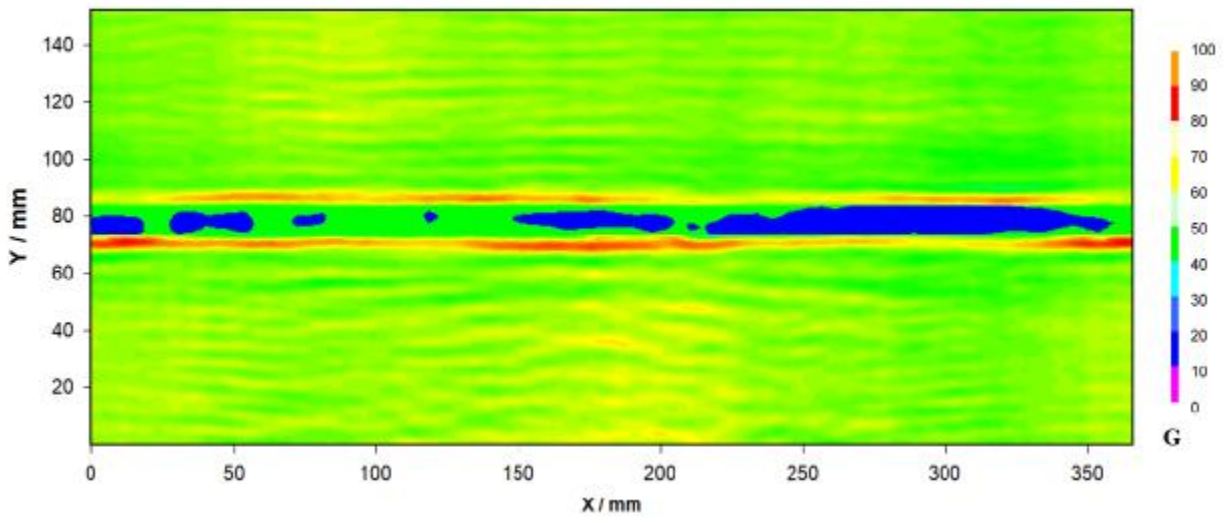


图 A.3 III级聚乙烯管道热熔对接接头微波检测图谱

地方标准信息服务平台

附 录 B

(资料性)

聚乙烯管道热熔对接接头微波检测报告示例

B.1 聚乙烯管道热熔对接接头微波检测报告样式见表B.1。

表B.1 聚乙烯管道热熔对接接头微波检测报告

使用单位:	报告编号:
焊口编号:	检测编号:
焊接标准:	检测标准:
焊接单位:	检测单位:
焊接设备型号:	检测设备型号:
管材/管件型号及厂家:	检测部位表面状况:
规格及标准尺寸比:	检测地点:
在制/在役:	运行压力:
聚乙烯管道热熔对接接头外观形貌	
卷边情况记录	
微波检测图谱	
数据分析	
结论	
检测:	日期:
审核:	日期:

参 考 文 献

- [1] TSG Z8001 特种设备无损检测人员考核规则
 - [2] GB 8702 电磁环境控制限值
 - [3] GB/T 19810 聚乙烯（PE）管材和管件 热熔对接接头拉伸强度和破坏形式的测定
-

地方标准信息服务平台