

团体标准

T/GDASE 0055 -2024

带包覆层设备局部腐蚀脉冲涡流检测规范

Specification for pulsed eddy current testing of local corrosion of equipment with
Insulation layer

2024-12-23 发布

2024-12-23 实施

广东省特种设备行业协会 发布

目 次

前言.....	1
1 范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语和定义.....	1
4 检测原理.....	2
5 一般要求.....	3
6 现场检测.....	5
7 检测结果显示与验证.....	7
8 检测报告.....	7
附录 A（资料性附录） 脉冲涡流检测记录示例.....	9
附录 B（资料性附录） 脉冲涡流检测报告示例.....	10
附录 C（资料性附录） 局部腐蚀典型的归一化电压幅值衰减曲线剖面图.....	11

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。

本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不应承担识别这些专利的责任。

本文件由广东省特种设备行业协会提出并归口。

本文件负责起草单位：广东省特种设备检测研究院（广东省特种设备事故调查中心）。

本文件参加起草单位：南昌航空大学、广东省特种设备检测研究院惠州检测院、广东省特种设备检测研究院珠海检测院、珠海市安粤科技有限公司、广东省特种设备检测研究院东莞检测院、东莞市特种设备检测与节能技术服务中心有限公司、广东省特种设备检测研究院茂名检测院、中海油惠州石化有限公司、中海壳牌石油化工有限公司、中国石油广东石化分公司、中科（广东）炼化有限公司、巴斯夫一体化基地（广东）有限公司、广东捷勋机电技术开发有限公司。

本文件主要起草人：李绪丰、罗伟坚、胡华胜、孙杰、陈俊仰、付跃文、王亚星、陈英红、韦中悬、王磊、邓聪、季鹏、张瑞达、陆盛资、朱鹏安、傅如闻、郑俊辉、元达惠、刘嘉玥、杨超、杨宁祥、杨金龙、薛建虹、李冬如、汪华、胡玉平、李小斌、孙国庆、李增强、黄余、郑明光、侯文富、周默、杨瑞增、靳万兵、张思阳、王才香、程剑锋、潘志浩、朱君君、何孝参、陈铭铭、曾甘露、李承庚、蔡琼珂、徐俊桥。

本文件为首次发布。

带包覆层设备局部腐蚀脉冲涡流检测规范

1 范围

本文件规定了带包覆层设备局部腐蚀脉冲涡流检测的术语和定义、检测原理、一般要求、现场检测、检测结果显示与验证、检测报告的基本要求。

本文件适用于同时具备下列条件的带有包覆层的设备本体母材局部小体积腐蚀减薄的检测：

a) 铝皮等非铁磁性金属保护层下包覆层厚度小于等于200mm，镀锌铁皮等铁磁性金属保护层下包覆层厚度小于等于100mm，碳钢、低合金钢等铁磁性材料制成的壁厚范围为2mm~100mm；

b) 温度范围为-196℃~500℃的工件；

c) 曲率半径不小于50mm的管件。

本文件适用于带包覆层条件下的设备工件由面积不小于50mm×50mm的局部小体积型腐蚀等引起的金属本体壁厚损失的检测。对于面积小于50mm×50mm的局部小体积型腐蚀减薄缺陷检测，经过工艺验证后，可参照本文件使用。

本文件不适用于针孔状点蚀、麻点状腐蚀、裂纹类缺陷的检测。

本文件不规定表征缺陷严重程度的等级分类，具体的评价分级原则由合同各方协商确定。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是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 9445	无损检测人员资格鉴定与认证
GB/T 11344	无损检测 超声测厚
GB/T 12604.6	无损检测 术语 涡流检测
GB/T 26610.1	承压设备系统基于风险的检验实施导则 第1部分：基本要求和实施程序
GB/T 28705-2012	无损检测 脉冲涡流检测方法
GB/T 40730	无损检测 电磁超声脉冲回波式测厚方法
GB/T 41120	无损检测 非铁磁性金属材料脉冲涡流检测
NB/T 47013.1	承压设备无损检测 第1部分：通用要求
NB/T 47013.3	承压设备无损检测 第3部分：超声检测
NB/T 47013.12	承压设备无损检测 第12部分：漏磁检测
NB/T 47013.13	承压设备无损检测 第13部分：脉冲涡流检测
NB/T 47013.15	承压设备无损检测 第15部分：相控阵超声检测

3 术语和定义

GB/T 28705、GB/T 12604.6、NB/T 47013.1、NB/T 47013.13界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

包覆层 Insulation layer

采用包裹或缠绕等方式覆盖于待检工件金属表面的物质，如玻璃棉、岩棉、硅酸铝、复合硅酸盐、硬质聚氨酯泡沫塑料、聚苯乙烯泡沫塑料、泡沫玻璃、泡沫橡胶、细丝金属网等。石油化工、电力等领域设备常用的包覆层一般是由保温层（保冷层）和外部金属保护层等组成。

3.2

归一化电压幅值衰减曲线剖面图 Normalized voltage amplitude attenuation curve profile

指的是电压幅值衰减曲线在不同的检测点下的切片剖面矢量。

3.3

扫描成像显示 Scanning imaging display

被检工件腐蚀区域态势直观的显示，单路径成像表示中横坐标一般表示检测点或检测长度，纵坐标一般表示剩余壁厚当量值。平面成像中可将检测面划分为网格，在网格中标示剩余壁厚当量值。

3.4

点式扫查 Point scanning

采用逐点采集的模式进行工件腐蚀扫查。

3.5

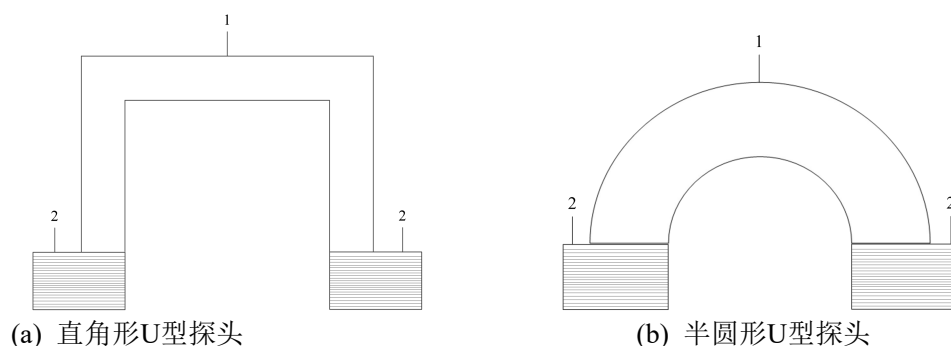
连续扫查 Continuous scanning

采用安装编码器的连续采集模式进行工件腐蚀扫查。

3.6

U型聚焦探头 U-shaped focusing probe

采用直角形或半圆形U型磁芯作为激励线圈骨架的一种聚焦式脉冲涡流检测探头，如图1所示。



标引序号说明：

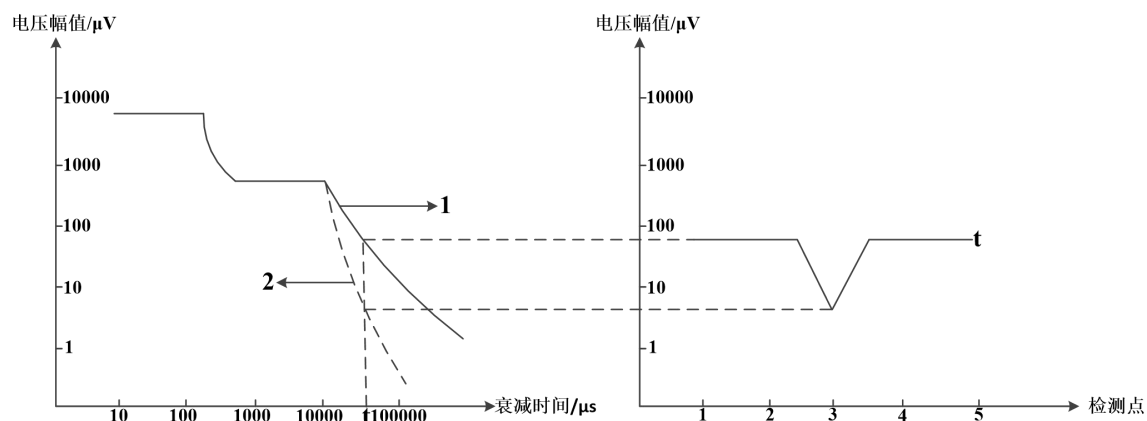
1—U型磁芯激励线圈； 2—接收线圈。

图 1. U型聚焦探头基本结构示意图

4 检测原理

带包覆层设备局部腐蚀的脉冲涡流检测基本原理也可参照GB/T 28705。

由于涡流随时间衰减变化的过程与被检工件自身厚度有关，所以当脉冲涡流检测探头发现带包覆层设备存在腐蚀减薄缺陷时，其接收线圈采集到的电压信号转折时间与经过工件完好部位时将有所区别，通过对数坐标域下表示，可直观看出检测探头置于带包覆层设备完好位置与存在局部腐蚀减薄位置处的转折时间区别，若检测探头附近存在局部腐蚀减薄缺陷，电压幅值衰减将会更快。因此通过观察归一化电压幅值衰减曲线剖面图中可以看到，有缺陷的检测点附近（即经过缺陷的 t 时刻）电压幅值曲线会出现下“V”型突变，无缺陷部位电压幅值曲线相对水平，详见图2。典型局部腐蚀减薄缺陷图谱见附录C。



(a) 对数坐标域下的检测电压信号衰减示意 (b) 归一化电压幅值衰减曲线剖面图

说明：1—无缺陷部位的电压幅值衰减曲线；2—有缺陷部位部位的电压幅值衰减曲线。

图2 脉冲涡流检测原理示意图

5 一般要求

5.1 检测人员

5.1.1 实施脉冲涡流检测人员的一般要求应符合GB/T 9445检测人员的有关规定。

5.1.2 脉冲涡流检测人员应具有一定的电磁学、损伤模式识别和风险评估等方面的基本知识，能对带包覆层设备实施脉冲涡流检测中出现的问题做出分析、判断和处理。

5.1.3 从事脉冲涡流检测人员应持有相应资格等级证书，且证书应在有效期内，并通过带包覆层设备脉冲涡流检测技术培训取得相关操作能力证书。

5.1.4 从事脉冲涡流检测的人员应定期参加专业培训活动，熟悉所使用的检测设备，具备熟练的操作技能才能独立进行带包覆层设备腐蚀的脉冲涡流检测工作。

5.2 检测设备及器材

5.2.1 脉冲涡流检测设备主要包括：仪器主机、电缆、探头、延长杆以及其它必要附件等，上述设备需具备成套产品出厂合格证或单独设备产品质量合格证明文件。

5.2.2 脉冲涡流检测主机

采用的脉冲涡流检测仪器应具有信号激励、信号采集、数据处理、数据显示、数据分析与存储、防爆等功能，且至少满足以下等要求：

- 信号的激励频率可调范围应至少包括0.1Hz~16.0Hz，激励电流可调范围应至少包括0.5A~3.0A；
- 数据采集硬件的位数至少16位及以上，且具有与信号激励同步的功能。对于选定的探头，在有效检测范围内设定参考值时，其检测信号特征明显；
- 仪器应具备点式扫查和连续扫查的功能；
- 应能够显示双对数显示功能，同时显示参考信号和检测信号，并具有局部波形放大功能，且应能显示归一化电压幅值衰减曲线剖面图；
- 应能以百分比的形式给出被检工件的相对壁厚值；
- 能够检出5.2.6规定的对比试件表面面积为50mm×50mm的局部腐蚀减薄缺陷；
- 应能连续存储120个以上检测点的电压幅值及对应检测信号波形的原始数据；
- 可在-10℃~45℃的环境中使用，具有现场防尘、防振等性能。

5.2.3 脉冲涡流检测探头

- 应给出每个探头适用于被检工件的材质、壁厚、直径大小、包覆层厚度、金属保护层材质种类、适用温度范围等性能参数；
- 在保证系统检测灵敏度、分辨力情况下，可采用长线缆连接探头与仪器主机；
- 探头宜配有延长杆，以便实现不搭建脚手架的情况下直接实施高处检测；

e) 宜选用U型聚焦探头。

5.2.4 内置电池

仪器内置可拆卸电池的连续供电时间不少于8h。

5.2.5 检测系统性能

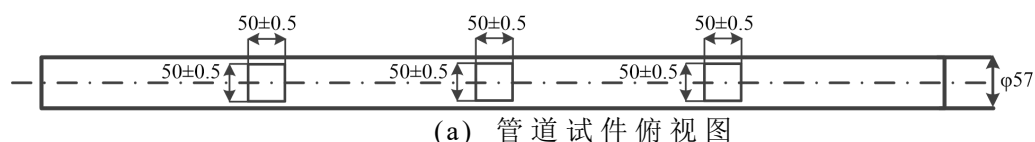
检测系统性能应满足NB/T 47013.13的规定。

5.2.6 试件

5.2.6.1 对比试件

制作模拟被检工件不连续状况的对比试件,用于测试仪器主机和探头在其量程范围内的性能参数和检测误差。对于检测局部小体积型腐蚀减薄缺陷,碳钢、低合金钢等铁磁性材料的对比试件至少采用2个带有不同深度凹坑的管道试件和1个带有不同深度凹坑的平板试件,应在管道试件上分别加工出 $50\text{mm}\times 50\text{mm}\times 0.8\text{mm}$ 、 $50\text{mm}\times 50\text{mm}\times 1.2\text{mm}$ 、 $50\text{mm}\times 50\text{mm}\times 2.0\text{mm}$ 的局部凹坑,平板试件上分别加工出 $50\text{mm}\times 50\text{mm}\times 2.0\text{mm}$ 、 $50\text{mm}\times 50\text{mm}\times 3.0\text{mm}$ 、 $50\text{mm}\times 50\text{mm}\times 5.0\text{mm}$ 的局部凹坑,试件厚度公差为 $\pm 0.3\text{mm}$,凹坑的(弧)长、宽公差为 $\pm 0.5\text{mm}$,深度公差为 $\pm 0.05\text{mm}$ 。试件推荐的尺寸见图4及图6。

单位: mm



单位: mm

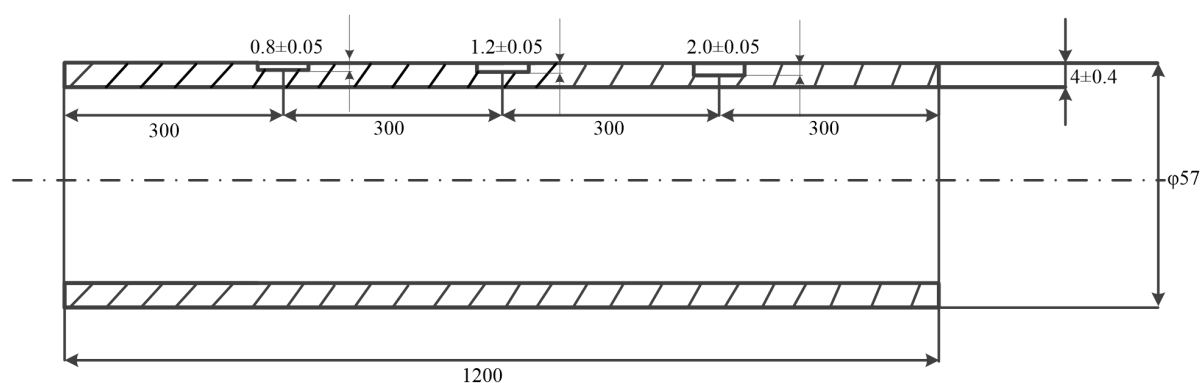
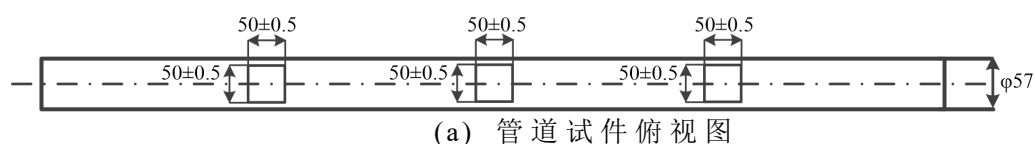
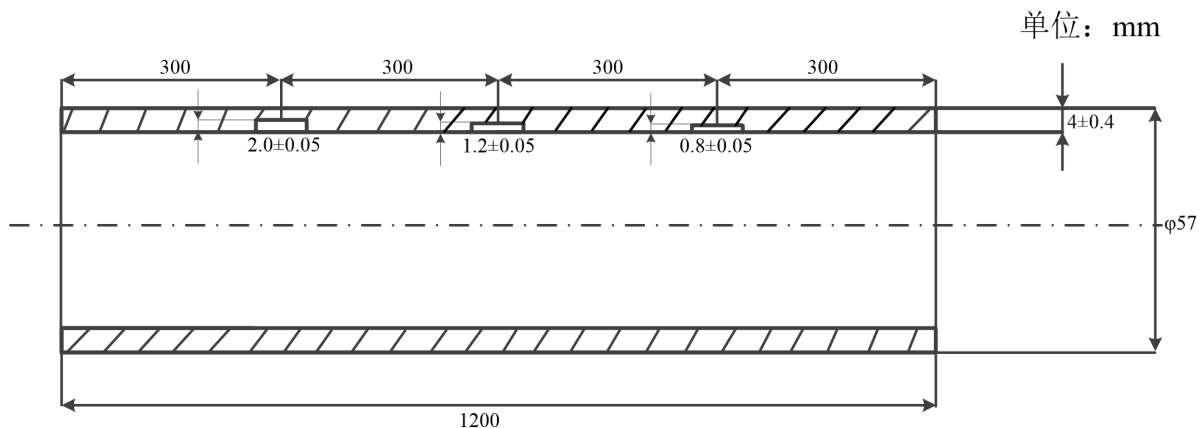


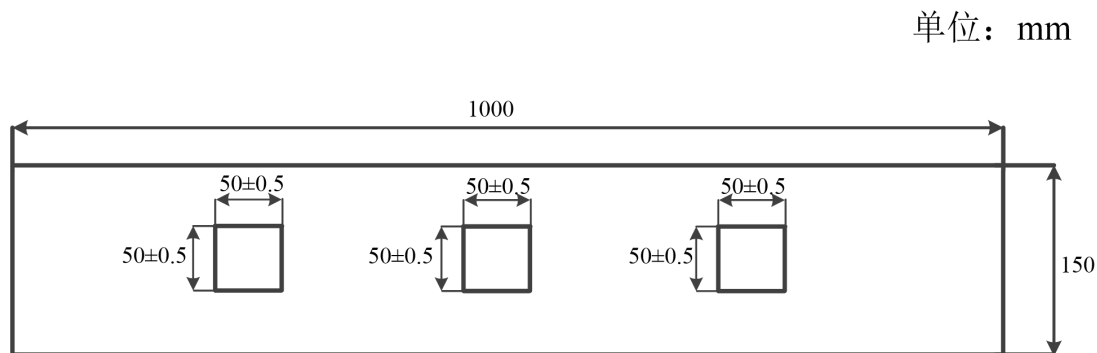
图4 管道试件(外壁局部腐蚀)

单位: mm

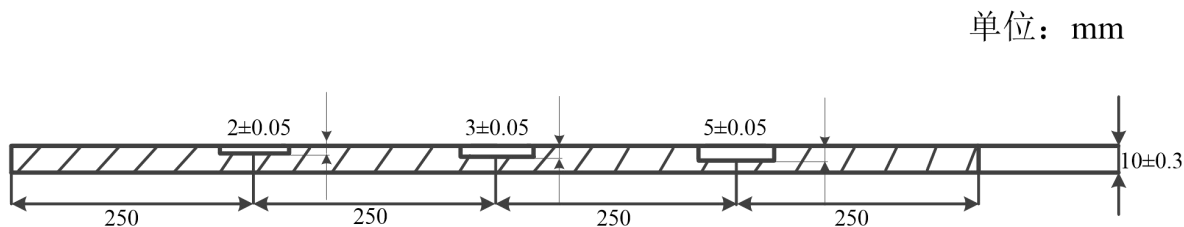




(b) 管道试件截面结构示意图
图 5 管道试件（内壁局部腐蚀）



(a) 平板试件俯视图



(b) 平板试件截面结构示意图
图 5 平板试件

5.2.6.2 非导体垫块

可采用一个或者多个已知厚度的非导体垫块用以模拟不同厚度的保温（保冷）层，推荐垫块的厚度一般为30mm、50mm、80mm、100mm等10mm的整数倍。

5.2.6.3 金属薄板

可采用已知厚度的铝、不锈钢、镀锌铁皮薄板用以模拟包覆层的外部金属保护层。推荐的铝、不锈钢材质的金属薄板厚度不超过1.0mm，镀锌铁皮材质的金属薄板厚度不超过0.8mm。

5.2.7 仪器的校准与维护

脉冲涡流检测仪器的校准与维护应满足NB/T 47013.13第4.2.7条规定。

5.3 检测工艺文件

对于每个腐蚀检测工程或每套待检设备，根据使用的仪器种类和资料审查及现场交底情况，应制定完整的检测工艺文件；脉冲涡流检测工艺文件制定可参照NB/T 47013.13第4.3条内容进行编制。

6 现场检测

6.1 检测流程

本文件推荐的脉冲涡流检测流程参照GB/T 28705-2012附录A执行。

6.2 检测前准备

6.2.1 资料审查

实施脉冲涡流检测前的资料审查应包括以下内容：

- a) 被检设备设计、制造出厂资料：产品数据表、竣工图、管道单线图、PID图等；
- b) 被检设备日常运行记录资料：开停车记录、运行波动曲线、腐蚀挂片监测情况等；
- c) 相关检验资料：年度检查报告、腐蚀调查报告、参照GB/T 26610.1实施的风险评估报告、定期检验报告（首次检验前除外）等；
- d) 其他资料：维修和改造技术资料等。

6.2.2 现场交底

应对被检工件进行现场交底，找出被检设备的具体位置，观察发现所有可能影响现场检测的因素，如：被检工件附近600mm范围内的导体构件、包覆层完整性、设备振动、温差区域范围等情况；并在现场检测时尽量避免这些因素的干扰。

6.3 包覆层表面条件要求

被检工件的包覆层应连续且厚度相对均匀。当出现包覆层厚度变化超过20%时，以及对于镀锌铁皮材质的金属保护层，在其搭接位置应选择拆卸局部包覆层进行检测。对于已经选择好的参照点，当显示结果提示因包覆层厚度变化异常造成检测数据失真时，应重新设置参考点。当包覆层的外部金属保护层存在破损点时，应对破损位置进行局部拆卸包覆层。

6.4 检测实施

6.4.1 检测方法

对于重点检测局部小体积型腐蚀减薄缺陷，宜选用U型聚焦探头，宜按照点式扫查或连续扫查的方法进行。

对于带包覆层管道的脉冲涡流检测，直管段部位宜按照点式扫查或连续扫查的方法进行，弯头部位宜按照点式扫查的方法进行。

对于采用延长杆进行高处检测，宜按照点式扫查的方法进行。

对于带包覆层容器本体等平板工件检测，应保持检测探头面与被检区域平行；对于带包覆层管道等曲面工件检测，应保持检测探头面与被检区域对正相切。

6.4.2 参考点的选取原则

采取点式扫查或连续扫查的方法进行检测时，应选择检测信号特征明显的区域作为参考点，参考点应已知被检工件的名义壁厚或可进行常规超声测厚和电磁超声测厚，常规超声测厚和电磁超声测厚分别按照GB/T 11344和GB/T 40730执行。管道弯头部位应单独进行参考点标定，应分别在弯头的外侧及侧面进行参考点选取。

6.4.3 参考点位置的修正

参考点位置修正的原则参照GB/T 41120第9.3.2.2条执行。

6.4.4 记录参考点位置

参考点的具体位置、选取原则、正常壁厚部位归一化电压幅值衰减曲线剖面图等相关信息应作出详细记录。

6.4.5 连续扫查

采用连续扫查方式扫查缺陷时，检测设备应配置有自动记录检测距离的功能。连续扫查分为圆周扫查和直线扫查两种方式，实施圆周扫查时推荐的最大圆周步进为10°或350mm弧长，两者取最小值；实施直线扫查时推荐的最大直线步进距离为350mm；推荐的最大扫查速度为150mm/s。

6.4.6 检测记录

检测记录的主要内容应至少包括第8章列出的内容，检测记录和脉冲涡流检测数据（如：归一化电压幅值衰减曲线剖面图、扫描成像显示图等）应按合同/协议约定进行保存，附录A为推荐的记录格式。

6.4.7 影响检测结果的因素

6.4.7.1 包覆层

包覆层的结构完整性情况会影响检测数据的有效性；包覆层厚度越均匀且内部固定的金属网越规则

检测效果越好。

6.4.7.2 被检工件

温度会影响金属材料的电导率和磁导率，进而会影响被检工件的检测结果；被检工件温度变化超过50°C时，应对检测结果进行适当的修正或补偿处理。

被检工件结构、壁厚的不连续变化以及自身振动会对检测结果造成影响。

被检工件材质与所选择的参考点部位材质差异过大时，会对检测结果造成影响。

6.4.7.3 探头

检测时，探头扫查速度过快会造成检测结果不准确。

检测过程中应确保探头面与被检工件表面平行或与被检工件表面的切面平行，否则会影响检测结果。

采用大尺寸的探头可以提高穿透包覆层的能力，增强壁厚的检测范围，但会降低局部小体积型腐蚀缺陷的检测灵敏度和分辨力；因此在保证检测灵敏度和足够的分辨力的条件下，尽可能选择小尺寸探头。

检测过程中在探头附近600mm范围内不应有其他电磁导体或电磁场，否则可能对检测结果有影响。

6.5 安全要求

使用本文件的检测人员应在实施腐蚀检测前建立必要的安全和防护准则，其基本要求如下：

- a) 实施检测的作业人员须严格按照现场的HSE有关要求，按规定穿戴工作服、安全头盔、手套、安全带等一系列劳动防护用品；
- b) 在线检测时，应注意被检工件表面温度，以免检测人员出现烫伤或冻伤和防止检测探头表面出现过热损坏；
- c) 在夜间实施检测作业时，需注意佩戴头灯，同时注意避免与现场实施的射线检测进行交叉作业。

7 检测结果显示与验证

7.1 检测结果显示

现场检测完成后，检测结果应以归一化电压幅值衰减曲线剖面图给出检测结果，必要时能够给出扫描成像显示的腐蚀区域态势示意图。

7.2 检测结果的验证

脉冲涡流检测给出的结果是探头覆盖区域下的剩余金属壁厚当量，由于实际的腐蚀缺陷大小和形状与人工缺陷存在差异，且被检部位的实际状况也可能与参考点部位存在不同，因此检测结果显示的剩余金属壁厚当量与其真实情况会存在一定的差异；检测过程中一旦发现局部的壁厚减薄当量大于20%时，应选择拆除包覆层，然后用以下一种或几种方法进行验证：

- a) 采用目视结合锤击的方法进行检测，判断腐蚀缺陷是位于内表面或外表面；
- b) 用常规超声测厚或电磁超声测厚方式测量该部位的剩余金属壁厚，常规超声测厚和电磁超声测厚分别遵照GB/T 11344和GB/T 40730的规定；
- c) 对于位于外表面的腐蚀缺陷可采用焊缝尺、数显式游标卡尺等直接测量腐蚀深度；对于怀疑内表面存在腐蚀缺陷，应进行超声检测或相控阵超声检测，精确测量腐蚀深度及区域范围，超声检测和相控阵超声检测分别按NB/T 47013.3和NB/T 47013.15执行；
- d) 可采用漏磁检测等方法进行验证性检测，应按NB/T 47013.12执行；必要时，经合同/协议各方同意，可采取局部切割样件的方式进行验证。

8 检测记录和报告（附录 A，附录 B）

检测记录和报告应依据现场实际的检测工作内容进行出具，应至少包括以下内容：

- a) 委托单位；
- b) 报告编号；
- c) 工件编号；
- d) 工件类型；

- e) 工件材质;
 - f) 工件名义厚度;
 - g) 包覆层厚度;
 - h) 金属保护层材质;
 - i) 设计压力、使用压力、使用温度;
 - j) 表面状态;
 - k) 检测文件;
 - l) 验收文件;
 - m) 仪器型号;
 - n) 扫查方式;
 - o) 探头类型;
 - p) 检测结果;
 - q) 检测结论;
 - r) 检测与审核、批准人员资格、签字及日期。
- 附录A/B分别为推荐的记录格式和报告格式。

附录 A
(资料性)
脉冲涡流检测记录 (示例)

记录编号:

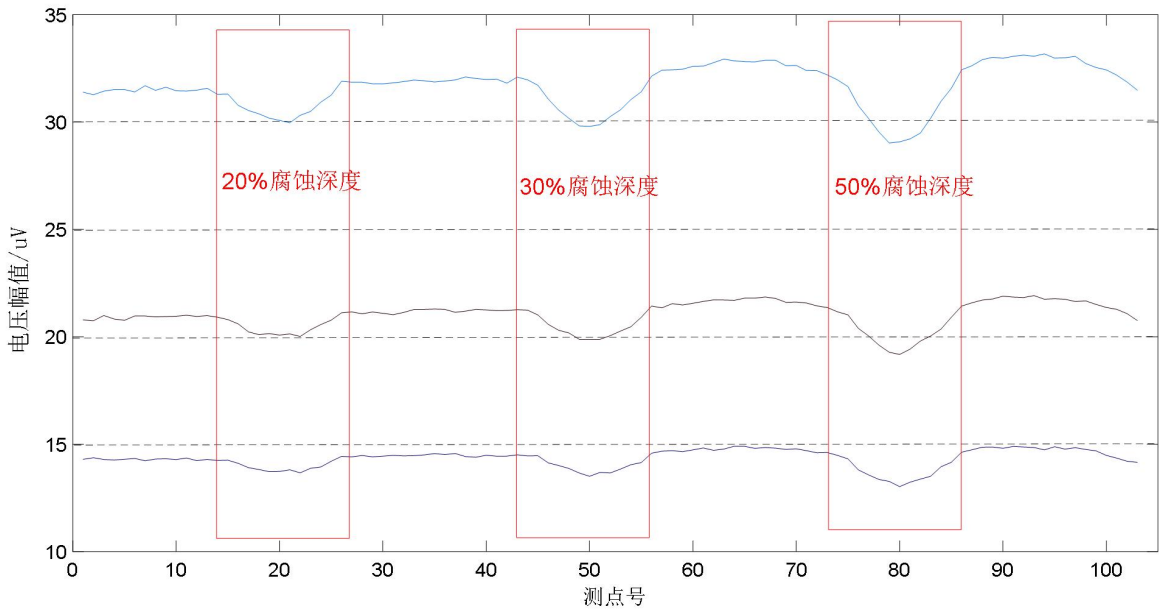
委托单位		工程名称			
工件编号		投用时间	年 月		
工件类型	<input type="checkbox"/> 板件 <input type="checkbox"/> 直管 <input type="checkbox"/> 弯头	工件规格			
包覆层厚度		金属保护层材质			
设计压力	MPa	工作压力	MPa	工作温度	℃
主体材质		介质			
表面状态		试块类型			
仪器型号		试块尺寸			
探头型号		探头附件	<input type="checkbox"/> 延长杆 <input type="checkbox"/> 其他 () <input type="checkbox"/> 无		
扫查类型	<input type="checkbox"/> 点式扫查; <input type="checkbox"/> 连续扫查	检测长度/面积	(m/m ²)		
检测文件		验收文件			
检测内容					
1) 检测位置, 给出检测容器部位或管道单线图、弯头示意图等 2) 参考点选择 3) 检测工作量描述					
检测结果					
1) 归一化电压幅值衰减曲线剖面图 2) 扫描成像显示的腐蚀态势示意图 (必要时)					
其他说明					
检测人员		日期	年 月 日	校核人员	

附录 B
(资料性)
脉冲涡流检测报告 (示例)

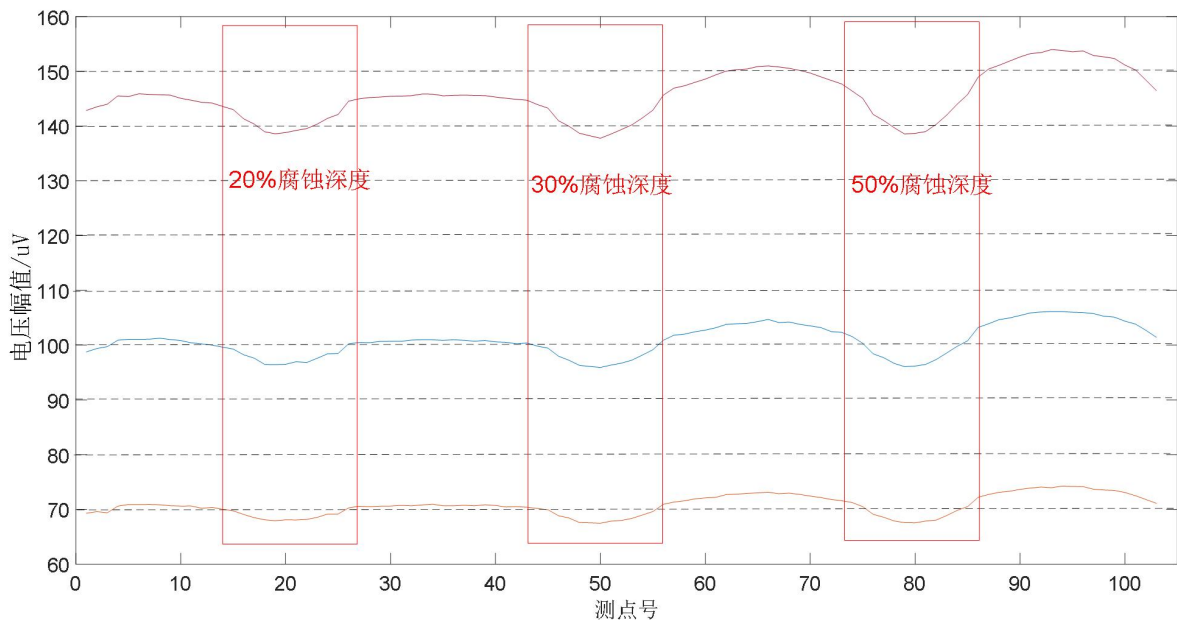
报告编号:

委托单位				工程名称			
工件编号			投用时间	年 月			
工件类型	<input type="checkbox"/> 板件 <input type="checkbox"/> 直管 <input type="checkbox"/> 弯头		工件规格				
包覆层厚度			金属保护层材质				
设计压力	MPa		工作压力	MPa	工作温度	℃	
主体材质			介质				
表面状态			试块类型				
仪器型号			试块尺寸				
探头型号			探头附件	<input type="checkbox"/> 延长杆 <input type="checkbox"/> 其他 () <input type="checkbox"/> 无			
扫查类型	<input type="checkbox"/> 点式扫查; <input type="checkbox"/> 连续扫查		检测长度/面积	(m/m ²)			
检测文件			验收文件				
检测内容							
1) 检测位置, 给出检测容器部位或管道单线图、弯头示意图等 2) 参考点选择 3) 检测工作量描述							
检测结果							
1) 归一化电压幅值衰减曲线剖面图 2) 扫描成像显示的腐蚀态势示意图 (必要时)							
其他说明							
检测人员				检测机构核准证编号:			
编制人员		日期	年 月 日	(检测专用章或者单位公章)			
审核人员		日期	年 月 日				

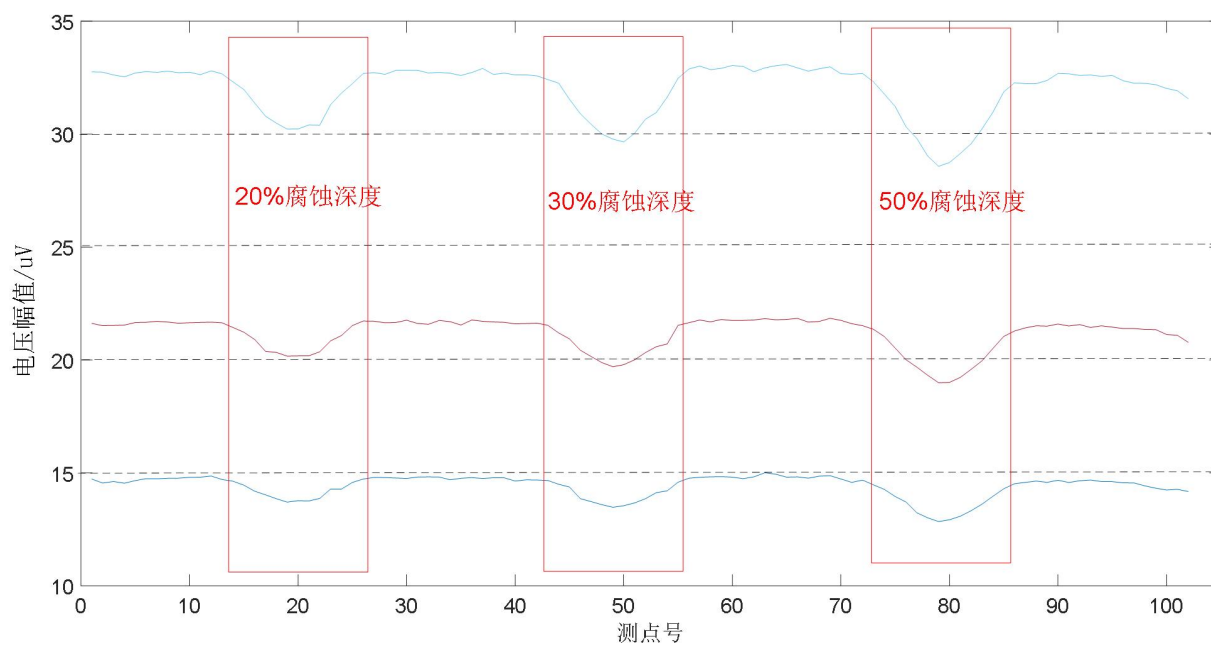
附录 C
(资料性)
局部腐蚀典型的归一化电压幅值衰减曲线剖面图



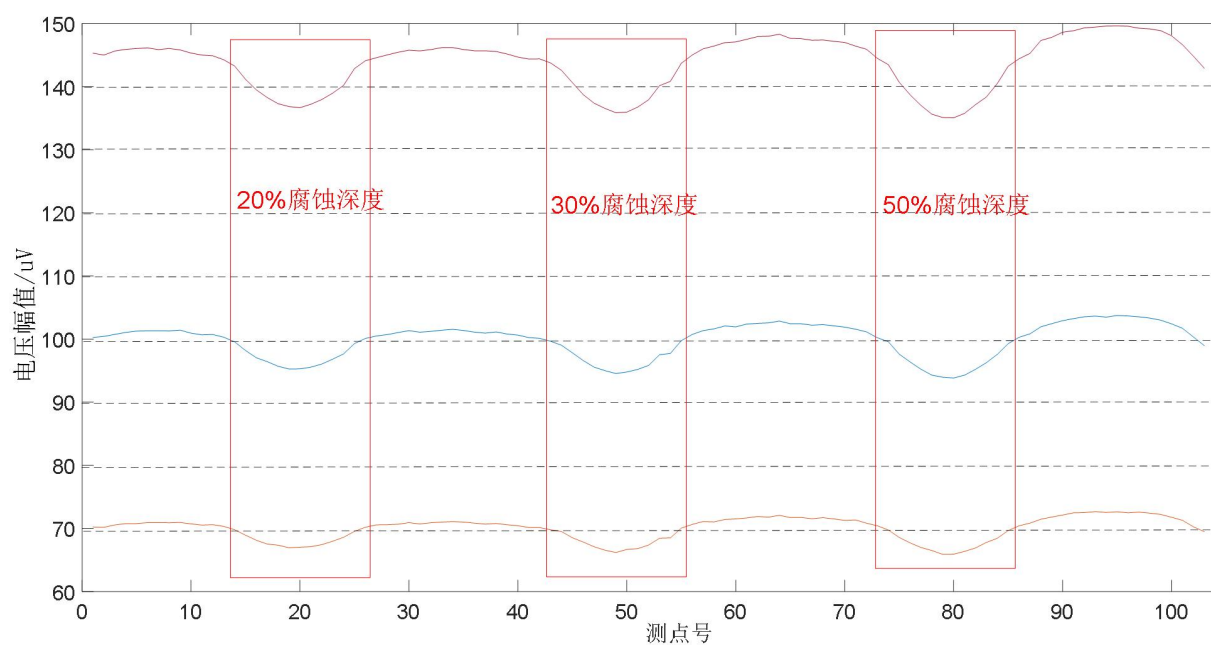
图C.1 包覆层厚度50mm, 铝皮保护层的20#碳钢管道对比试件检测结果



图C.2 包覆层厚度50mm, 白铁皮保护层的20#碳钢管道对比试件检测结果



图C.3 包覆层厚度50mm, 铝皮保护层的CrMo钢管道对比试件检测结果



图C.4 包覆层厚度50mm, 白铁皮保护层的CrMo钢管道对比试件检测结果