



中华人民共和国国家标准

GB/T 38882—2020

无损检测 铁磁性管件壁厚变化漏磁 检测方法

Non-destructive testing—Testing method for wall-thickness loss of ferromagnetic
tubes using magnetic flux leakage

2020-06-02 发布

2020-12-01 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会 发布

目 次

前言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 方法概要	1
5 安全要求	2
6 人员要求	3
7 检测工艺规程	3
8 检测系统和器材	3
9 检测程序	5
10 检测结果的评价和处理	8
11 检测记录和报告	8
附录 A（规范性附录） 校准试样和对比试样	9
参考文献	12

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准由全国无损检测标准化技术委员会(SAC/TC 56)提出并归口。

本标准起草单位:合肥中大检测技术有限公司、中国特种设备检测研究院、上海材料研究所、瓦卢瑞克天大(安徽)股份有限公司。

本标准主要起草人:何胜兵、丁克勤、陈彬、丁杰、何箭、张春祥、毕天辉、张义凤、马君。

无损检测 铁磁性管件壁厚变化漏磁检测方法

1 范围

本标准规定了对铁磁性管件壁厚损失采用外置磁化方式进行漏磁检测的方法。

本标准适用于外径不小于 10 mm 且壁厚不大于 20 mm 的铁磁性管件(焊管除外)在制造、加工和修复的过程中,对管件壁厚损失的在线检测。本标准也适用于石油用管、端头加厚钢管壁厚损失的自动检测。

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 12604.5 无损检测 术语 磁粉检测

GB/T 12604.6 无损检测 术语 涡流检测

GB/T 34357 无损检测 术语 漏磁检测

3 术语和定义

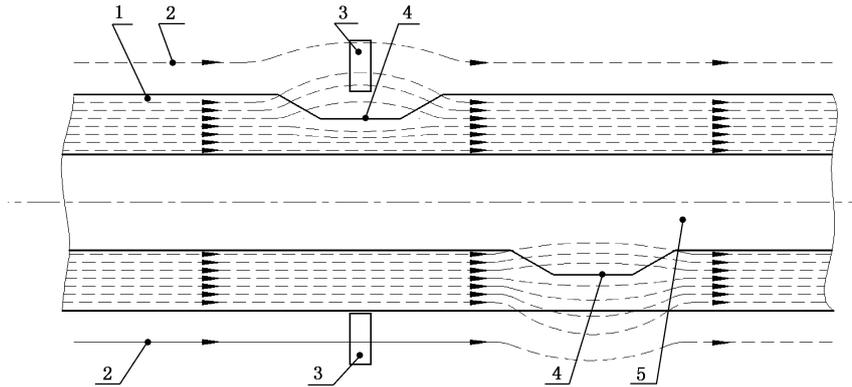
GB/T 12604.5、GB/T 12604.6 和 GB/T 34357 界定的术语和定义适用于本文件。

4 方法概要

4.1 检测原理

管件壁厚损失漏磁检测原理如图 1 所示,被检管件受到外置直流磁场的磁化作用,壁厚损失的位置磁阻增大,磁力线相应发生畸变,部分磁力线泄漏到管件外部空间,形成漏磁场。由于该漏磁场与壁厚损失的深度和大小有关,因此壁厚损失漏磁检测系统通过壁厚检测探头(内部通常采用霍尔元件、隧道磁阻元件、巨磁阻元件等磁场传感器)与被检管件的相对运动,探测到该漏磁场信号,经信号处理和数据分析后形成管件壁厚检测图形曲线。

壁厚损失漏磁检测系统通过被检管件与对比试样所得信号相比较,检出壁厚损失超差的管件,对该管件触发报警并做出标记。



说明：

- 1——管件；
- 2——外置磁场；
- 3——探头；
- 4——壁厚损失；
- 5——管件内腔。

图 1 壁厚损失漏磁检测原理示意图

4.2 方法的特点

本方法有如下特点：

- a) 不需要耦合剂；
- b) 检测速度快，操作简便；
- c) 常用于在线检测，易形成自动化检测系统。

4.3 方法的局限性

本方法有如下局限性：

- a) 不适用于非铁磁性管件检测；
- b) 本方法不是测量管件壁厚的数值，而是采用被检管件与对比试样所得信号相比较的检测方式；
- c) 在进行自动检测时，管件两端会存在壁厚损失检测盲区。

注：可按照相应产品标准要求，采用其他方法对管端盲区进行补充检测。

5 安全要求

本章没有列出所有的安全要求，在检测过程中的安全要求至少包括如下要素：

- a) 在进行检测前，应制定安全操作规程，落实安全措施；
- b) 在进行检测前，应对检测过程中可能造成人员伤害的各种危险源加以标识，并对检测人员进行培训和采取必要的保护措施（例如，夹持驱动管件的机械装置可能对人员造成挤压损伤，在输送线上快速运行的管件可能造成人身伤害）；
- c) 检测设备使用时，应注意磁场吸引力导致的人员受伤和设备损坏以及对其他电子设备的影响；
- d) 检测人员应遵守管件检测现场的安全要求，穿着防护工作服和劳保鞋、佩戴安全帽；
- e) 使用的电源、磁化装置等电子设备应进行安全性能检测，并采取漏电保护和金属外壳可靠接地等安全防护措施。

6 人员要求

采用本标准进行检测的人员,应按照 GB/T 9445 或合同各方同意的体系进行资格鉴定与认证,并由雇主或代理对其进行岗位培训和操作授权。

7 检测工艺流程

7.1 通用检测工艺流程

管件壁厚漏磁检测的应用单位应按本标准的要求制定通用工艺流程,其内容至少包括以下要素:

- a) 工艺流程的版本号;
- b) 适用范围;
- c) 依据的标准或其他法规文件;
- d) 检测人员的资格要求;
- e) 检测设备和器材;
- f) 被检管件的规格等详细产品信息及检测前准备要求;
- g) 检测时机;
- h) 检测方法和检测步骤;
- i) 对检测标记和数据记录的要求;
- j) 检测后的操作要求;
- k) 检测结果的评价和处理方式;
- l) 检测记录、报告和资料存档;
- m) 编制人(级别)、审核人(级别)和批准人;
- n) 制定日期。

7.2 检测作业指导书或工艺卡

应用单位根据管件壁厚漏磁检测设备和检测现场的实际情况,按照通用工艺流程来编制管件壁厚漏磁检测作业指导书或工艺卡。

8 检测系统和器材

8.1 组成

管件壁厚损失漏磁自动检测系统包括电源、磁化装置、检测探头装置、信号处理装置、计算机系统、报警器、标记装置等;辅机包括上下料机构、夹紧驱动机构、输送线、分选机构等。

8.2 电源

工业检测现场宜采用充足功率的稳压电源给信号处理装置、计算机系统、报警器、标记装置等电子设备供电,以保证其稳定可靠地工作。

8.3 磁化装置

磁化装置通常由磁化电源、励磁线圈和聚磁铁芯(或极靴)组成。

磁化电源应采用功率充足的直流电源,输出电流应连续可调,并配有电流显示仪表。在检测过程

中,应保持输出电流恒定,波动率小于1%,以保证磁化场的稳定。为获得充足的磁化强度,励磁线圈依据被检管件的材质、直径和壁厚等参数确定线圈匝数和电磁线直径;聚磁铁芯(或极靴)宜选用高磁导率的材料制作。

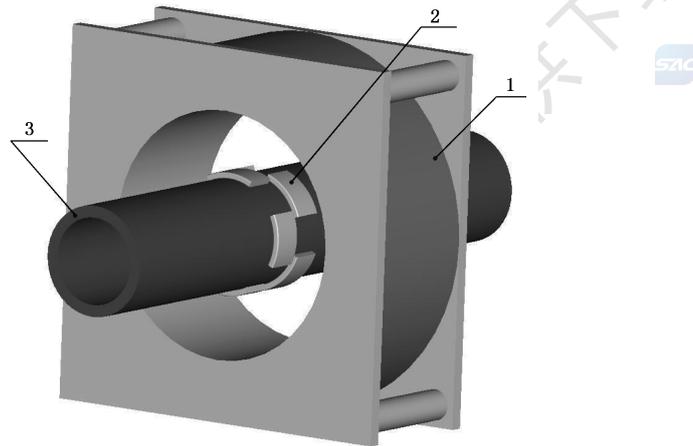
8.4 检测探头装置

壁厚损失检测探头是磁场传感器的载体,具有将漏磁场转化成电信号的功能。

穿过线圈式管件壁厚损失检测探头装置结构如图2所示,多只壁厚损失检测探头按照被检管件的外圆弧度排列,构成能覆盖管件全圆周表面的检测装置,同时,还应保证相邻探头之间交错覆盖率不低于10%。检测探头装置应保证检测过程中各检测探头提离值的一致性。

被检管件可以直线前进,也可以螺旋前进。

与管件周向磁化方式相比,采用管件穿过磁化线圈的轴向磁化方式,检测设备的结构简单、快捷可靠、易实现管件圆周表面的全覆盖检测。



说明:

- 1——直流通圈轴向磁化装置;
- 2——壁厚损失检测探头;
- 3——被检管件。

图2 穿过线圈式管件壁厚损失漏磁检测结构示意图

8.5 信号处理装置

用于分析处理壁厚漏磁检测信号。将检测探头输出的电信号进行放大、滤波等处理后,经A/D转换后输入到计算机。

8.6 计算机系统

计算机系统以图形曲线方式显示并存储每只管件的壁厚检测结果。显示和存储内容包括管件直径、公称壁厚、材质、原料厂家、批次、检测时间、检测等级和检测人员等。

专用检测软件通常具有信号采集、运算、分析、显示检测过程、存储和查询检测结果等功能。

计算机系统对超过报警电平的信号触发报警器并向标记装置发出指令。

8.7 报警器

在检测过程中对超过报警电平的信号发出警报。

8.8 标记装置

标记装置接受计算机系统指令在管件壁厚损失超差位置做出明显的标记。

8.9 辅机

8.9.1 概述

辅机主要用于在线壁厚漏磁检测系统中,实现管件的自动上下料、夹紧驱动、输送、分选等功能。

8.9.2 上下料机构

用于实现被检管件在料架和输送线之间搬运。要求该机构运行可靠、低噪声、不损伤管件。

8.9.3 夹紧驱动机构

用于夹持管件沿检测中心平稳通过检测主机。该机构通常布置在靠近检测主机的入端和出端。

8.9.4 输送线

由输入线和输出线组成,用于将管件平稳输送通过检测设备。输送线中心宜与夹紧驱动机构、检测探头装置的中心在一条直线上。输送线速度与夹紧驱动机构运行速度应匹配,保证管件在检测过程中速度的变化小于10%。

8.9.5 分选机构

用于将检测过程中触发报警的管件拨离输出线。

8.10 试样

8.10.1 校准试样

校准试样用于将壁厚漏磁检测设备的多个独立检测通道灵敏度调整至同一起点。校准试样的相关要求见附录A。

8.10.2 对比试样

对比试样用于对壁厚损失人工不连续当量和检测等级的评定,是对检测设备校验和设定的基准。壁厚损失漏磁检测设备通过被检管件和对比试样产生的信号相互比较,判定管件壁厚损失在该检测等级上是否超标。对比试样的具体要求见附录A。

9 检测程序

9.1 检测前的准备

9.1.1 资料查验

查验原材料的产品合格证、质量证明文件和工艺流程图等产品制造文件资料,以了解被检管件的类型、结构特征和材质特性等资料。

查验被检管件的运行时间、运行参数、工作环境、载荷变化以及运行中出现的异常记录、维修/保养/改造的文件和历次检验记录等资料。

9.1.2 检测作业指导书或工艺卡的编制

按照 7.2 执行。

9.1.3 检测条件

壁厚损失检测宜安排在管件检测和缺陷修磨工序之后进行。

被检管件应按照相关产品标准的要求,具备合格的平直度和外径偏差以保证检测的有效性(例如:油井管产品标准要求其总长范围的弯曲度不大于 0.2%;对外径小于 114.3 mm 的产品,要求其外径公差 ± 0.79 mm)。

被检管件内外表面不应有影响检测的毛刺、氧化皮等异物。

被检管件温度不高于 80 °C。

信号处理装置、计算机系统等电子设备宜安置在检测控制室内,控制室环境条件:温度:0 °C ~ 40 °C,相对湿度:0%~80%。

9.2 灵敏度校准和设备校验

9.2.1 灵敏度校准

由多个独立检测通道构成的检测系统,每次实施检测前应采用校准试样调整所有检测通道为相同灵敏度,以保证检测结果的准确性和多次检测的一致性。

灵敏度校准的简要步骤如下:

- a) 按校准试样的直径调整检测主机、夹紧驱动机构的中心高,使其与输送线中心偏差小于 1 mm。
- b) 调整夹紧驱动机构和输送线的速度,保证校准试样在检测过程中运行速度变化小于 10%。
- c) 按校准试样的外径规格调整每个检测探头,使其提离值保持一致。
- d) 启动检测设备,预运转至稳定的工作状态。设定调试基准电平,通常选取范围是检测信号饱和幅值的 60%~90%。
- e) 校准试样按正常生产的检测速度重复通过检测设备,调整磁化电流,使每个通道对校准试样上人工不连续产生的检测信号清晰可辨,其中信号幅值最大的通道为刚刚达到调试基准电平。
- f) 采用硬件调试方式的检测设备,手动调整其他各通道的增益,使其信号幅值和调试基准电平相同;采用专用软件调试的检测设备,选定信号幅值最大的通道作为基准通道,修改其他各通道的增益(或补偿系数)等参数使其与基准通道信号幅值相同,实现灵敏度调整。
- g) 校准试样验证调试的结果,直至各通道对校准试样的检测信号幅值相同。
- h) 记录并保存相关的技术参数。

检测系统进行灵敏度校准后,表明磁化装置、检测探头装置、信号处理装置、计算机系统、报警和标记装置等功能正常。

9.2.2 设备校验

如果发生以下情况,应进行设备校验:

- a) 检测开始前;
- b) 检测设备连续运行满 4 h;
- c) 轮换设备操作班次时;
- d) 更换规格时;
- e) 合同各方对检测结果有争议或认为有必要时。

9.3 设备调整

根据用户要求的检测等级,采用与被检管件的直径、公称壁厚、材质、表面状态等参数相同的对比试样,进行设备校验和调整。

设备校验和调整主要步骤如下:

- a) 按对比试样的直径调整检测主机、夹紧驱动机构的中心高,使其与输送线中心偏差小于 1 mm。
- b) 调整夹紧驱动机构和输送线的速度,保证对比试样在检测过程中,运行速度变化小于 10%。
- c) 按对比试样的外径规格,调整检测探头装置,使每只提离值保持一致。
- d) 启动壁厚损失漏磁检测设备,预运转至稳定工作状态。
- e) 在计算机界面上输入被检管件的直径、公称壁厚、材质、批次、检测等级、检测时间和检测人员等信息。
- f) 设定报警电平。参考检测等级和管件壁厚实际情况设定报警电平,选取范围为信号饱和幅值的 50%~80%。
- g) 设定检测软件显示界面的参数,使计算机显示的图形曲线简洁直观、易于分辨。例如,检测专用软件可以结合被检管件质量和表面粗糙度等实际情况,设定记录电平(低于此电平值的数据不予记录,起到滤除检测曲线底部小噪声的作用)、切割电平(将输入的数据减去这个电平值,提升显示界面信噪比)、信号带宽(排除不在这一频带范围的干扰)等参数。
- h) 调整直流磁化装置的电流,对比试样按正常生产的检测速度重复通过检测设备,使对比试样上人工不连续产生的信号相对于管件噪声在显示界面上清晰可辨。
- i) 调整检测系统的增益,使对比试样上人工不连续产生的信号达到刚刚触发报警电平的状态。记录下系统增益数值,在此基础上提高 3 dB。对比试样重复 3 次通过检测设备,每次人工不连续产生的信号应高于报警电平。
- j) 对比试样的检测信号触发报警,检查报警器和分选机构的功能。
- k) 按检测速度调整喷标间隔时间,确保标记装置能在管件壁厚损失超差位置做出明显的标记。
- l) 记录检测速度、软件界面参数、报警电平、磁化电流和系统增益等参数。

9.4 检测过程

设备校验和调整结束进入稳定运行状态后,设备切换至自动模式,即可进行管件壁厚损失自动检测。

被检管件通过上料机构拨入输入线,受到夹紧驱动机构作用,沿检测中心线匀速平稳地穿过检测设备。在检测主机内部,管件受到外加直流磁场的磁化,由多只壁厚漏磁检测探头构成的检测探头装置在管件外表面进行全覆盖扫查,管件壁厚损失产生的漏磁场被检测探头拾取,转化为电信号;信号处理装置对信号进行放大、滤波等处理,经 A/D 转换后输入到计算机;计算机系统经过信号采集、运算、分析,以图形曲线方式显示检测过程并存储检测数据;检测设备对达到或超过报警电平信号的管件触发报警和做出标记,并向分选机构发出指令将该管件拨离输出线,待后续处理;未达到报警电平信号的管件沿输出线进入下道工序。

9.5 退磁

对剩磁有要求的管件,检测后应进行退磁处理。

10 检测结果的评价和处理

10.1 检测结果评价

根据用户要求,采用相应检测等级的对比试样,通过壁厚损失漏磁检测设备在线检测,被检管件区分为合格品和可疑品。

被检管件产生的信号低于报警电平幅值,判定为合格品;被检管件产生的信号幅值大于或等于报警电平,判定为可疑品。

10.2 对可疑品的处置

对可疑品的壁厚损失超差区域,可采用其他无损检测方式复测。复测的数据没有超出规定值,此管件应判为合格品;复测的数据超出规定值,此管件应判为不合格品。

11 检测记录和报告

11.1 检测记录

按检测工艺规程的要求记录检测数据、参数和有关信息。

11.2 检测报告

检测报告应包括以下内容:

- a) 检测单位;
- b) 检测标准;
- c) 被检管件规格、材质和批次等信息;
- d) 检测条件;
- e) 校准试样和对比试样的说明;
- f) 使用的检测设备信息及校验方法;
- g) 检测设备的状态参数的设定值;
- h) 被检管件编号及检测图形档案;
- i) 检测等级和检测结论;
- j) 检测日期、检测人员和审核人签字及资格。

附录 A
(规范性附录)
校准试样和对比试样

A.1 校准试样

A.1.1 一般要求

校准试样根据设备检测管件的直径范围,宜选择上限规格的管件。
校准试样长度应满足能正常通过检测设备,弯曲度不大于 1.5 mm/m。

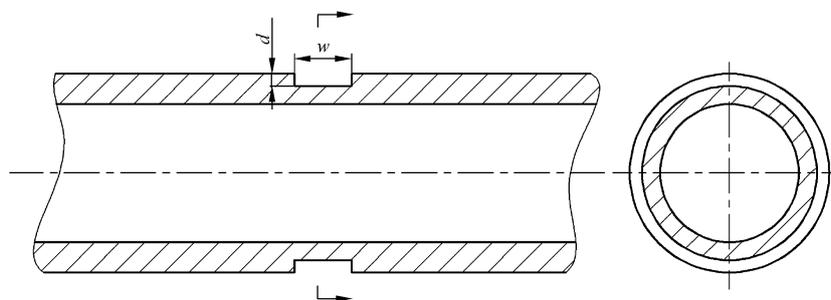
A.1.2 校准试样表面处理

为了使校准试样圆周截面的壁厚相同,可采用机械加工方式对管件内外表面进行处理。

A.1.3 人工不连续的形式

校准试样上的人工不连续推荐采用在管件外表面沿圆周方向加工的等深圆环带形式(见图 A.1)。

注:环带的底角可以是圆弧形的。



说明:

w —— 宽度;

d —— 深度。

图 A.1 校准试样人工不连续示意图

A.1.4 人工不连续的尺寸

深度 d 推荐值为:管件厚度的 12.5%,深度偏差为 $\pm 10\% d$ 。

宽度 w 推荐值为:25 mm,宽度偏差 ± 1 mm。

A.2 对比试样

A.2.1 一般要求

对比试样应符合以下要求:

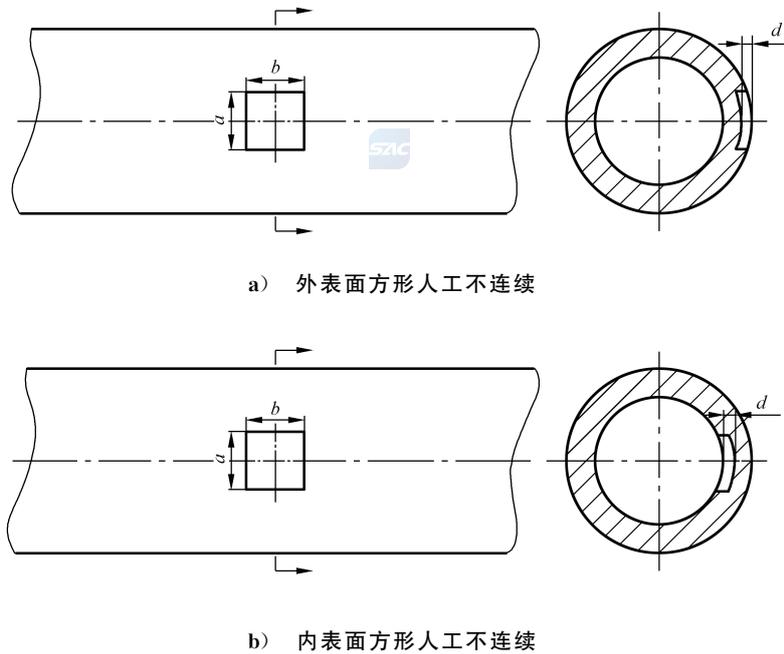
- a) 试样的直径、公称壁厚、材质、表面状态等与被检管件相同;
- b) 试样长度满足能正常通过检测设备,弯曲度不大于 1.5 mm/m;
- c) 试样内、外表面不应有干扰壁厚检测的异物,不得有影响设备检测的缺陷。

A.2.2 对比试样上的人工不连续

A.2.2.1 人工不连续的形式

对比试样上的人工不连续推荐采用在管件外表面或内表面加工沿圆周方向等深的壁厚损失方形槽的形式(见图 A.2)。

注：方形槽的底角可以是圆弧形的。



说明：

a ——垂直于管件主轴的边长；

b ——平行于管件主轴的边长；

d ——深度。

图 A.2 对比试样方形人工不连续示意图

A.2.2.2 制作方法

人工不连续可采用电火花、机械加工等方法制作。

A.2.2.3 人工不连续的尺寸

A.2.2.3.1 边长

垂直于管件主轴的边长 a ，平行于管件主轴的边长 b ，除非产品标准另有规定， a 和 b 的推荐值为： $25\text{ mm} \leq a \leq 50\text{ mm}$ ， $25\text{ mm} \leq b \leq 50\text{ mm}$ ，边长偏差 $\pm 1\text{ mm}$ 。

A.2.2.3.2 深度

深度 d 可从表 A.1 中选取。槽深偏差为 $\pm 10\% d$ 或 $\pm 0.05\text{ mm}$ ，取其中较大者。

当对比试样内径较小或壁厚较厚时，经各方协商一致，可不使用内表面人工不连续。

表 A.1 壁厚损失方形槽深度 d

检测等级	槽深占管件公称壁厚的百分比	槽深最小值 mm
T3	10%	0.3
T4	12.5%	0.5
T5	15%	0.5

注：检测等级的数值部分参照了其他检测标准的要求，但由于采用的人工不连续形式不同，检测目的也不同，因此，采用检测等级前缀 T(厚度)加以区别。

A.2.3 对比试样的检测

对比试样制作完毕后，应选择有能力的检测机构核查试样形状和尺寸满足要求后方可使用。

A.2.4 管件壁厚损失漏磁检测内表面和外表面的差异

管件通过外置磁场进行壁厚损失漏磁检测时，内表面壁厚损失比外表面壁厚损失的有效磁通量小，外表面贴近探头处的检测灵敏度高，随着壁厚的增加而降低，当管件壁厚超过 8 mm 时，对于同样参数的壁厚损失内表面的响应信号小于外表面的响应信号，因此，不宜在同一对比试样上同时加工内表面人工不连续与外表面人工不连续。

参 考 文 献

- [1] GB/T 12606—2016 无缝和焊管(埋弧焊除外)铁磁性钢管纵向和/或横向缺欠的全圆周自动漏磁检测
- [2] GB/T 25757—2010 无损检测 钢管自动漏磁检测系统综合性能测试方法
- [3] GB/T 31212—2014 无损检测 漏磁检测 总则
- [4] ISO 11960 Petroleum and natural gas industries—Steel pipes for use as casing or tubing for wells
- [5] ISO 11961 Petroleum and natural gas industries—Steel drill pipe
-

