

ICS 77.040.20

H 26

备案号: 22078—2007

SY

中华人民共和国石油天然气行业标准

SY/T 6699—2007

管材缺欠超声波评价推荐作法

Recommended practice for ultrasonic evaluation of pipe imperfections

(API RP 5UE; 2005, IDT)

2007—10—08 发布

2008—03—01 实施

国家发展和改革委员会 发布

目 次

前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 定义	1
4 应用	7
4.1 基本原则	7
4.2 检测应用	7
4.3 结果的不确定性	7
5 无损检测人员的认证	7
6 检测评价技术概述	8
6.1 波幅对比技术 (ACT)	8
6.2 波幅距离时差技术 (ADDT)	8
7 检测规范通则	8
7.1 仪器	8
7.2 仪器和探头—仪器校准/认证	8
7.3 参考试块	8
7.4 探头、斜楔和耦合剂要求	9
7.5 仪器要求	10
8 校准	10
8.1 通则	10
8.2 横波标定	10
8.3 标定检查	11
9 检验程序	12
9.1 总则	12
9.2 程序	12
10 验收标准和处置	13
11 记录	13
附录 A (资料性附录) ADDT 技术	14
附录 B (资料性附录) 内表面缺欠确定方法	21
附录 C (资料性附录) 焊缝扫查	24

SY/T 6699—2007

前 言

本标准等同采用 API RP 5UE: 2005 《管材缺欠超声波评价推荐作法》(英文版, 第 2 版), (*Recommended practice for ultrasonic evaluation of pipe imperfections*)。

本标准等同翻译 API RP 5UE: 2005。

本标准删去了与标准主题内容和适用范围等无关的部分, 其中包括标准的扉页、特别声明、API 会标的使用。

根据 GB/T 1.1—2000 《标准化工作导则 第 1 部分: 标准的结构和编写规则》中的规定, 增加了本标准“前言”部分。

本标准的附录 A、附录 B、附录 C 均为资料性附录。

本标准由石油管材专业标准化委员会提出并归口。

本标准起草单位: 中国石油天然气集团公司管材研究所。

本标准主要起草人: 巨西民、王晓香、卢强、赵洪臣、莫润阳。

管材缺欠超声波评价推荐作法

1 范围

1.1 本标准阐述了检测评价缺欠深度或大小的方法步骤，其中包括使用超声波波幅比较法和波幅—距离时差法评价新管子缺欠的作法。进行评价的缺欠包括：

- a) 管体上的表面开口缺欠；
- b) 电阻焊、电感焊、激光焊等管材焊接区的表面开口和近表面开口缺欠；
- c) 电弧焊管材焊接区的表面开口和近表面开口缺欠。

本标准中管材包括套管、平端尾管、油管、平端钻杆、管线管、连续管线管、短节、接箍和接头材料。

1.2 检测评定是使用自动检测设备或其他无损检测技术检测评价缺欠径向深度的一种方法，进而确定管材是否符合相应钢管规范验收准则。

1.3 本标准只是作为一种指南，允许代理或业主用其它技术或拓展的现有技术作为该指南的补充。

1.4 本标准包括了检测评价方法、校准及校准程序以及对检测人员的要求。

1.5 附录 A 为用户提供了本标准的基本技术概要。

1.6 附录 B 提供了确定缺欠是否为表面开口的程序、对曲面工件做圆周或轴向检测扫查时声程的计算公式及样品数据表。

1.7 附录 C 为用户提供了评价带填充金属焊缝的步骤。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款，通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单（不包括勘误的内容）或修订版均不适用于本标准，然而，鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本标准。

API RP 5A5 新套管、油管及平端钻杆现场检验推荐做法

API RP 5L8 新管线管现场检验推荐作法

API Spec 5CT 套管和油管规范

API Spec 5D 钻杆规范

API Spec 5L 管线管规范

API Std 5T1 缺欠术语

ASNT SNT-TC-1A 无损检测人员的资格和认证

ASTM E317 不使用电子测量仪器来评定脉冲回波式超声检测系统性能特征的标准作法

ASTM E1065 用于评价超声探头性能的标准指南

3 定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1

A-扫描 A-scan

一种利用水平时基线表示距离或时间，以相对时基线的垂直偏离表示幅度信息的一种显示方法。

SY/T 6699—2007

3.2

有效峰值记忆 active peak memory

在仪器控制功能有效的情况下，仪器保持 A - 扫描显示的能力。

3.3

代理 agency

能够采用规定的方法和标准检测新管材的合同签订单位。

3.4

波幅比较法 amplitude comparison technique (ACT)

一种将已知径向深度参考反射体回波信号与缺陷回波信号相比较的检测评定方法。

3.5

波幅距离时差技术 amplitude distance differential technique (ADDT)

一种将已知径向深度参考反射体的距离以及峰值的半波幅度与缺陷回波信号相比较的探测方法。

3.6

斜射声束 angle beam

一种入射角或折射角与被检测样品表面不垂直的超声波检测方法，包括横波和纵波（压缩波）。

3.7

斜射声束试块 angle beam block

一种用于斜射法所特定的参考标块。

3.8

入射角 angle of incidence

入射波声束轴线与经过入射点垂直于试件表面的直线（法线）之间的夹角。

3.9

折射角 angle of refraction

折射波声束轴线与经过入射点垂直于试件表面的直线（法线）之间的夹角。

3.10

API

美国石油学会的缩写，总部在华盛顿哥伦比亚特区。

3.11

人工不连续性 artificial discontinuity

见参考指示体 (3.56)。

3.12

ASNT

美国无损检测协会的缩写，总部在俄亥俄州的哥伦布 (Columbus, Ohio)。

3.13

ASTM

美国材料试验协会的缩写，总部在宾夕法尼亚 (West Conshohocken, Pennsylvania)。

3.14

轴向扫查 axial scanning

探头沿着管材轴线方向扫查横向缺陷的一种扫查方法。

3.15

校准 calibration

用国家标准技术学会认可的参考标样对仪器进行对比或调整。

3.16

认证 certification

一种叙述适应资格规范状态的书面文件。

3.17

周向扫查 circumferential scanning

探头沿垂直于管材轴线方向的扫查方式，主要检测纵向缺陷。

3.18

耦合剂 couplant

一种用于探头和检测样品之间进行超声波能量传播的介质，通常是液体。

3.19

回波扫描线时间差 differential time of flight

从信号包络线前沿到信号包络线后沿的时间差 ($T_2 - T_1$)。

3.20

数字显示 digital readout

超声波数据的数字显示。

3.21

处置 disposition

针对新管材上的缺欠，按照适当的标准规范所采取的行为。

3.22

扫描速度调节 distance standardization

调整 A-扫描线，使已知距离的反射波精确显示在时间基线的特定位置上。

3.23

评价 evaluation

根据缺欠严重程度决定管子在适用的规范下是接收或拒收的过程。

3.24

频率 frequency

每秒钟内波动完整循环的次数，单位是赫兹 (Hz)。

3.25

FSH

荧光屏全屏高度的缩写。

3.26

增益 gain

可以控制调节显示信号的幅度，以分贝为单位。

3.27

闸门 gate

在 A-扫描显示中，用于监测选定扫描线区域内踪迹信号的一种电子设置。

3.28

闸门起始 gate start

在 A-扫描显示中闸门开始的位置，可用英寸或微秒显示。

3.29

闸门宽度 gate width

在 A-扫描显示中，从闸门开始位置到结束位置的宽度，可用英寸或微秒显示。

SY/T 6699—2007

3.30

IIW 试块 (国际焊接学会) IIW block (International Institute of Welding)

见斜射声束试块 (3.7)。

3.31

缺欠 imperfection

产品中的不连续性或不规则性,对特殊缺欠的确切定义和图示见 API Std 5T1。

3.32

指示 indication

来自无损检测的响应,需要分析以确定其意义。

3.33

仪器延迟控制 instrument delay control

用于调整时基线开始的电路,也可指零位控制。

3.34

仪器材料速度控制 instrument material velocity control

用于调整与被检测材料速度相关的时间基线长度的电路,也可指范围控制或刻度标定控制。

3.35

检测 inspection

对可能含有缺陷或与现定标准不一致的管材进行检查的过程。

3.36

检测人员 inspector

有资格和责任对本标准中一项或多项检验项目进行检测或实验的人。

3.37

k 因子 k factor

采用波幅距离时差技术 (ADDT) 时,为计算缺陷深度的参数。

3.38

纵向缺欠 longitudinal imperfection

方向或尺寸大致与管材纵轴平行的缺欠。

3.39

标记 marking

管材上的各种分类记号,包括使用油漆笔、钢印、喷涂做的检验记号。

3.40

无损检测 nondestructive testing (NDT)

在不损伤被检工件的情况下对材料中各种缺陷或缺欠进行的检验。

3.41

刻槽 notch

见参考指示体 (3.56)。

3.42

倾斜缺欠 oblique imperfection

与管材轴线既不平行也不垂直的缺欠。

3.43

操作人员 operator

在整个检测或测试过程中负责超声波检测仪器的操作控制以及对缺欠信号观察的人员。

3.44

业主 owner

在签订合同、确定和认可检验或实验类型期间，对管材拥有所有权的实体，业主可能是购买方。

3.45

视差 parallax

由于观察点的实际改变，引起物体的明显位移，或表观位置的差异。

3.46

峰值记忆模式 peak memory mode

仪器捕获、存储 A-扫描显示的能力。

3.47

管材 pipe

包括油田用套管、平端尾管、油管、平端钻杆、管线管、连续管线管、短节、接箍毛坯以及接头材料。

3.48

平端 plain - end

没有螺纹或工具接头的管端。

3.49

平面型缺欠 planar

该术语是指处在一个几何平面内，通常与试件内、外表面平行且位于试件内部的缺欠。

3.50

优质管 prime pipe

满足所有检验和试验技术规范要求的管材。

3.51

检测评定 prove - up

本标准阐述了测量和评价缺欠的超声波检测评定过程。

3.52

脉冲 pulse

机械振动的一系列短波。

3.53

脉冲回波法 pulse - echo method

一种既产生超声脉冲又接收脉冲回波的超声波检测方法。

3.54

质量体系 quality program

一种保证产品质量的文件化体系。

3.55

推荐作法 recommended practice (RP)

对经过验证有效的检测评定技术和操作方法进行推广使用的一种标准。

3.56

参考反射体 reference indicator

参考试块上自然的或人工的不连续，它可再现超声波检测仪器的灵敏度水平，人工指示体可以是孔、刻槽、沟槽或窄缝。

3.57

参考试块 reference standard

SY/T 6699—2007

管体或管体的一段, 包含一个或多个参考指示体。用于对比或校准检测仪器的状态。

3.58

反射 reflection

声波到达工件表面, 在工件表面被折回。

3.59

灵敏度 sensitivity

在可接受的信噪比条件下, 无损检测方法能探测到的最小缺欠尺寸。

3.60

应 Shall

用于说明该条款是强制性的。

3.61

宜 Should

用来说明该条款不是强制性的, 但作为好的作法推荐采用。

3.62

信号 signal

无损检测设备对各种缺欠或不连续的电子响应。

3.63

信号包络线 signal envelope

一条沿着 A-扫描时基线显示被扫描缺欠的连续包围的返回信号的曲线。

3.64

信噪比 signal-to-noise ratio

缺欠或缺陷回波信号与噪声信号之比。

3.65

6dB 法 6dB drop technique

一种用于测量板中分层缺陷尺寸和径向缺陷长度的传统超声波检测方法。

3.66

跨距 skip distance

在超声斜入射检测中, 沿着试件表面, 从声波入射点到声波在同一表面折回点的距离。可以认为声波在检测材料中沿 V 字型路径行进的两上顶点之间的距离。

3.67

跨距位置 skip position

给定的反射体在 A-扫描显示时基线上的位置, 它与跨距有关。

3.68

声程 sound path distance

在给定反射体中, 超声波从入射点至该给定反射体之间的距离。

3.69

标定 standardization

调整仪器到合适参考值。

3.70

标定检查 standardization check

对已标定的仪器进行检查, 确保仪器处于正确状态。

3.71

时基 time - base

A—扫描显示器中的水平线，它代表时间或距离。

3.72

探头 transducer

能将电能量与声能量互相转换的电声器件。

3.73

横向缺欠 transverse imperfection

缺欠的主要方向或尺寸大约与管体纵轴垂直。

3.74

超声波束 ultrasonic beam

通过材料传播的振动脉冲波列。

3.75

楔块 wedge

用于引导超声波能量以锐角进入检测物体的器件。

3.76

填充金属焊缝 weld with filler metal

埋弧焊、熔化气体保护焊或由此组合产生的焊缝。

3.77

无填充金属焊缝 weld without filler metal

连续焊 (continuous welding)、电阻焊或激光焊产生的焊缝。

4 应用

4.1 基本原则

检测的基本原则应符合相应钢管技术规范或补充技术规范或合同。技术规范或合同应以测定缺欠的类型和位置为基础，通过检测评价，按标准确定缺欠接受或拒收。

4.2 检测应用

本标准所包含技术可以应用于不同尺寸及不同类型的管材。

4.3 结果的不确定性

每次检测评价过程都以结果的固有不确定性来表征。本标准中无损检测的结果取决于所采用技术的本身不确定性，部分归因于以下因素：

- 相应钢管技术规范中允许使用的参考试块。
- 不同无损检测仪器制造商采用的机械、电子设计不同。
- 探头频率、直径、聚焦以及斜楔块曲率。
- 温度。
- 耦合剂。
- 检测人员的技能。
- 参考标准与被测材料表面状况的差异。
- 焊缝的形状。

5 无损检测人员的认证

ASNT (美国无损检测学会) SNT-TC-1A (或者等同或相当的标准) 是超声波检测人员的最低认证要求，超声波检测应由具有 I 级、II 级、III 级资格的人员操作评定。检测人员还应接受和具有本标准所涉及技术的培训和技能，同时熟悉相应管材技术规范。

SY/T 6699—2007

6 检测评价技术概述

6.1 波幅对比技术 (ACT)

ACT 技术基于以下前提：来自材料缺欠中的超声波反射的幅度大小与缺欠的能反射的表面积成正比，将来自缺欠的波幅峰值的信号与已知尺寸或深度的参考指示体的信号进行的比较。

注：经验数据证明，运用 ACT 技术检测管材产品中径向缺欠的尺寸时，精度可能因为若干因素而改变，这些因素包括材料表面状况、缺欠的形状、位置取向及表面粗糙度。

6.2 波幅距离时差技术 (ADDT)

ADDT 技术的基本原理是：缺欠的径向深度不仅影响到回波信号的幅度，而且影响到超声波在工件中的传播时间。

当超声波束扫过缺欠时，ADDT 技术与信号振幅的降低和时间（距离）相关。缺欠的深度用回波信号幅度下降 50% 的时间（距离）值来描述。ADDT 方法的讨论详述在 A.1 中。

7 检测规范通则

7.1 仪器

7.1.1 超声检测评定仪器。

7.1.2 探头和有适当入射角的斜楔，取决于管材直径、壁厚和待评价缺欠的类型。

7.1.3 参考标准。

7.2 仪器和探头—仪器校准/认证

用于评价缺欠的仪器和探头，应按 ASTM E317（仪器）及 ASTM E1065（探头）或相关的国家标准，在制造商或者代理商提供的质量大纲文件的规定下进行校验。

7.3 参考试块

检测材料时，应使用与被检管材直径和厚度相同规格的参考试块。这些参考试块材料的声速及衰减特性应与不含缺欠的被检管材相似。

参考试块的表面状态与被检测评价区域的表面状态应相似，可以通过在同批管材中选取，或通过修整（如抛光）的办法，使参考试块和被检测评价区域的表面状态相似。参考试块可以从任意合适长度的管材上截取，也可以从管材的任意部分截取。

7.3.1 参考指示体

所有参考指示体应在管材的某个可实施检测的部位。该部位的壁厚尺寸与实际被检管材的规定壁厚相比或与被检管材的标称壁厚相比，误差均应在 $\pm 0.13\text{mm}$ ($\pm 0.005\text{in}$) 内。

a) 刻槽尺度和公差：

- 1) 刻槽最小长度应是指定探头宽度（或直径）的两倍。
- 2) 每种规格刻槽深度的公差，应为刻槽规定深度的 $\pm 10\%$ 或 $\pm 0.05\text{mm}$ ($\pm 0.002\text{in}$)，取较大者。刻槽深度应且至少在槽口全深度处的四个等距处测量。四个值应全部在上述公差范围内。刻槽深度的报告值是四个测量结果的平均值。
- 3) 刻槽宽度不得超过 1.02mm (0.040in)。
- 4) 刻槽方向与规定的相关管轴的刻槽方向的误差应在 2° 之内。
- 5) 径向方位应满足：在刻槽长度的中心处的两侧，超声回波幅度差异不超过 1dB ，并由以下公式决定：

$$\text{dB} = 20\lg(A_1/A_2)$$

式中：

A_1 ——来自侧面 1 的反射波幅值；

A_2 ——来自侧面 2 的反射波幅值。

b) 通孔尺度和公差:

- 1) 通孔直径应是以钻头尺寸为基础确定的。
- 2) 通孔应在参考试块的管壁上径向钻透。
- 3) 径向方向应满足: 在钻孔的两相对面上, 超声波回波信号幅度的偏差不超过 1dB。由以下公式决定:

$$dB = 20\lg(A_1/A_2)$$

式中:

A_1 ——来自侧面 1 的反射波幅值;

A_2 ——来自侧面 2 的反射波幅值。

7.3.2 参考指示体的核查

参考试块文件应包括满足 7.3.1 中所叙条件的证明资料。每个参考试块记录的信息宜包括生产厂家、直径、名义壁厚和实际测定的壁厚、人工参考指示体的尺寸和编号。

7.3.3 鉴定

所有长期性的参考试块都应鉴定。这些鉴定文件被用于跟踪相关的参考指示体的记录信息。

7.4 探头、斜楔和耦合剂要求

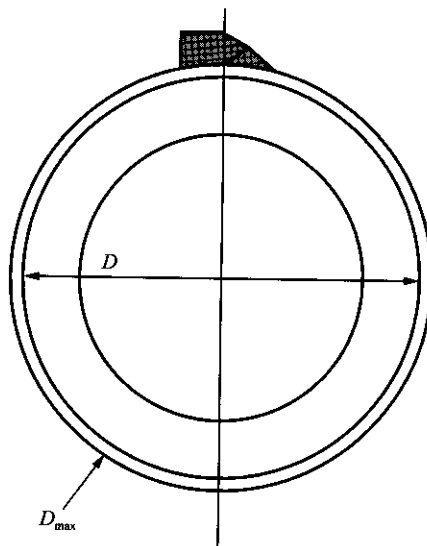
7.4.1 所用探头频率范围应以壁厚为基础, 按下列规定选用:

- a) 测定的壁厚尺寸等于或大于 6.35mm (0.250in) 时, 探头频率为 2.0MHz~5.0MHz。
- b) 测定的壁厚尺寸小于 6.35mm (0.250in) 时, 探头频率为 3.5MHz 或更高。

7.4.2 斜楔块的宽度 (或直径) 应为 6.35mm~12.7mm (0.250in~0.500in)。

7.4.3 斜楔块可用作在被检测材料中产生横波。

- a) 斜楔块是机加仿形的还是平面形的, 取决于扫描方向和管子直径。当检测直径小于 244.48mm (9.625in) 管子的纵向缺欠或外径小于 127mm (5in) 的管子的横向缺陷时, 应依据管子的轮廓仿形加工斜楔块, 直角楔块可用于检测倾斜的缺欠。
- b) 机加仿形时, 声束的入射点应在楔块宽度方向的中心, 见图 1。



D —管子直径; D_{max} —最大允许的管材直径

图 1 超声波声束的入射点位置

SY/T 6699—2007

斜楔块机加仿形时, 径向尺寸必须以规定的最大管径为基础。声束入射点位于楔块纵向宽度的中心, 通过该入射点的径线垂直于管的轴线, 楔块半径等于 $D_{\max}/2$ 。

7.4.4 耦合剂用于消除晶片和斜楔块之间的空气, 同时也用于消除楔块与管子表面之间的空气。缺欠评定时, 应使用相同类型的耦合剂。

7.5 仪器要求**7.5.1 通则**

- a) 超声波检测仪器应为脉冲一回波型, 它具有 A-扫描显示仪器, 并能按 7.4.1 的规定进行频率选择。
- b) 通过外接电源可进行系统操作, 其电压和频率宜在制造商的规定要求内调节。

7.5.2 非强制性条款

对于 ADDT 技术, 仪器宜为数字型并且具备有效的峰值记忆功能。

8 校准**8.1 通则**

8.1.1 在校准和检测时, 为消除视差错误, 在观察 A-扫描显示的全部时间内, 应垂直观察。

8.1.2 超声波的最大幅值应从校准(参考)试块上的参考指示体中心的两侧获得, 并以较高的幅值作为检测参考。

8.1.3 非线性的抑制旋钮宜处于关闭位置。

8.1.4 参考指示体的选择基于以下几条原则:

- a) 如果缺欠的长度为探头标定宽度(或直径)的 1/2 或更大, 则宜使用校准试块上的刻槽为参考指示体。
- b) 如果缺欠的长度小于探头标定宽度(或直径)的 1/2, 或者在焊缝近表面出现线性缺欠的情况下, 则宜使用校准试块上的通孔为参考指示体。当表面开口缺欠与管体表面有小的角度时, 应当引起注意。

8.2 横波标定**8.2.1 波幅对比技术 (ACT)**

- a) 评价管材产品时, 采用斜角声束试块、IIW 试块或其他可用的试块, 核实折射角的符合性。
- b) 斜声束楔块的底面出现明显的不均匀磨损时, 禁止使用。
- c) 用典型的斜角距离标准试块或其他可用的试块对仪器的水平时基扫描线或数字显示进行标定。为了提高水平距离测量的精确性, 宜使用 A-扫描显示的最小量程, 但是应包含评价区域。
- d) 选择参考标准及特定参考指示体, 见 7.3。
- e) 当在参考试块平板面上进行距离校准后, 采用仿形斜角试块进行评价操作时, 需对零位及延时进行调整, 以补偿楔块上不同的耦合剂引起扫描时间的差异。调整时必须使用已知的参考指示体内 1/2 跨距位置的声程距离来进行。声程距离可以使用 B.3 中公式确定。
- f) 找到内壁参考指示体反射信号, 将其峰值调整到 1/2 跨距位置 ($A_{\max}/2$), 参见图 A.3e); 如果界面信号和参考信号没有分开, 则使用 1½ 跨距位置, 按使用 1½ 跨距的所述条款操作。调整增益使信号为全屏高度 (FSH) 的 80%, 注意参考增益值和信号沿着时间基线的位置。
- g) 找到外壁参考指示体反射信号, 将其峰值调整到 1 倍跨距位置 (A_{\max}), 参见图 A.3e), 调整增益使信号为全屏高度 (FSH) 的 80%, 注意参考增益值和信号沿着时间基线的位置。

8.2.2 波幅距离时差技术 (ADDT)

注: 8.2.1 必须先于 8.2.2 完成校准。

- a) 从 A_{max} 位置开始, 向前移动探头, 直到信号回落到 $1/2A_{max}$ 处, 记下这个信号的距离 (T_1)。向后移动探头, 通过信号峰值点, 直到振幅再次回落到 $1/2A_{max}$ 处, 再记下这个信号所对应的距离 (T_2), 见图 2。

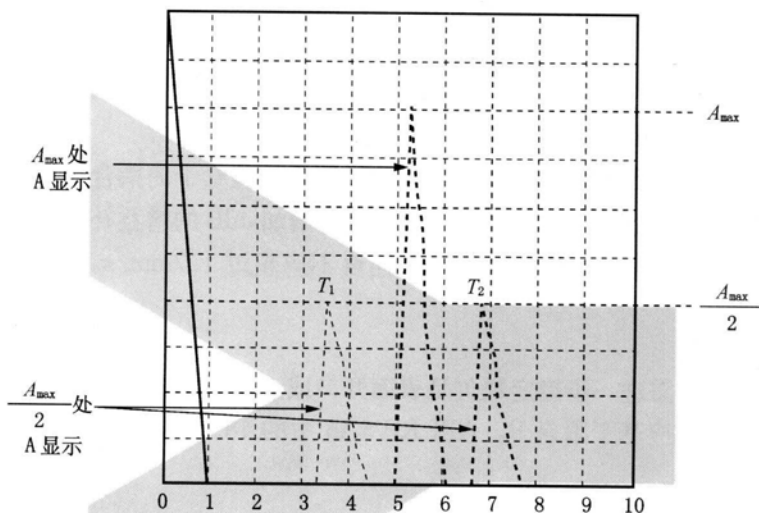


图 2 波幅距离时差法

- b) 计算管材中缺欠的深度, 使用 A_{max} , $T_2 - T_1$ 和 K 因子。

K 因子由下式计算:

$$K = d_r / [A_{max}(T_2 - T_1)]$$

式中:

K ——计算深度的导出因子;

d_r ——参考指示体的深度;

A_{max} ——峰值信号振幅;

T_1 ——前移时 $1/2$ 峰值信号的时间或距离;

T_2 ——后移时 $1/2$ 峰值信号的时间或距离。

- c) 完成标定过程, 重复 8.2.2a) 获得 A_{max} , T_1 , T_2 的数值, 使用 8.2.2b) 中的导出因子 K 及下式来计算深度 d_c :

$$d_c = A_{max}(T_2 - T_1)K$$

从至少两个连续读数中计算的深度与实际刻槽的深度相比, 如果误差在 $\pm 0.05\text{mm}$ (0.002in) 以内, 则该校准结果是可接受的。

8.3 标定检查

在不符合要求检测操作与最近一次符合要求检测操作之间的所有检测过的管材, 应重新检测或拒收, 标定检查应按如下执行。

- 8.3.1 在每个检测工作班的开始。
- 8.3.2 每 25 个检测区域或一个连续检测之后, 至少一次。
- 8.3.3 任何一次电源断路或电源改变 (电池充电) 之后。
- 8.3.4 当更换操作工 (检验员) 时。
- 8.3.5 工作期间, 仪器关闭之前。
- 8.3.6 仪器检修之后, 重新运行之前。
- 8.3.7 任何探头、电缆线、斜声束楔块或耦合剂类型的改变。

SY/T 6699—2007

9 检验程序

9.1 总则

如果缺欠不能用机械方法测量, 则应使用超声波方法检测。

9.2 程序

9.2.1 概述

- a) 按第 8 章叙述, 对横波检测系统进行标定。
- b) 清洗管子表面, 并准备统一的、一定数量的、用于检验管子的耦合剂。
- c) 当对缺欠进行定位扫查时, 在基准增益值上至少增加 4dB 的增益补偿。
- d) 扫描方向宜尽可能垂直于缺欠方向, 扫描速度不应超过 127mm/s (5in/s)。两次扫描之间应有所重叠。

9.2.2 表面或近表面测定

- a) 缺欠一经确认, 还需进一步确定缺欠是表面开口或近表面开口。
- b) 该测定技术的基础应基于附录 B, API RP 5A5 中的 18.6.3, API RP 5L8 中的 16.5.2.1 或其他可用的方法。

9.2.3 超声纵波评价

- a) 按 9.2.2 的规定, 如果确定缺欠为表面开口, 则对于 API Spec 5CT 和 API Spec 5D 规定的产品, 可按照 API RP 5A5 中 18.6.1f) 测定剩余壁厚, 根据剩余壁厚划分缺欠的级别。如果剩余壁厚小于适用规范中规定的最小壁厚, 则该缺欠的级别为缺陷。
- b) 对表面线性开口缺欠, 用缺欠的径向深度对缺欠进行分级。用缺欠周围的平均壁厚减去剩余壁厚 [按 9.2.3a) 测定], 如果径向深度超过适用规范中规定的允许深度, 则该缺欠的级别为缺陷。

9.2.4 缺欠长度的确定

用 6dB 法确定缺欠的端点位置, 缺欠的长度宜使用附录 A 叙述的两端点间的距离来测定。

9.2.5 使用 ACT 技术评价缺欠深度

- a) 当按照 9.2.2 将内部缺欠确定为表面开口时, ACT 技术可以使用。
- b) 确定缺欠位置时, 探头围绕怀疑的区域旋转扫描, 直到用于评价的缺欠峰值波幅出现。
- c) 改变声束的方向, 观察显示回波的变化 (光滑缺欠的回波要比粗糙缺欠的回波更狭窄。声束围绕线性缺欠移动, 引起的波幅衰减比圆形缺欠引起的波幅衰减更大)。
- d) 前后移动探头, 使声束在缺欠深度方向上、下移动。观察回波在 A-扫描显示屏上从左到右、从右到左的水平移动 (假定深度为径向方向, 则回波移动越大, 表示深度越大。如果水平移动距离超过参考指示体的移动距离, 即使波幅较低, 宜采用 ADDT 技术或其他适合的方法对缺欠显示进行评价)。
- e) 反回到信号波幅峰值的位置。
- f) 调整增益, 使峰值信号波幅为全屏高度 (FSH) 的 80%, 并注意参考增益值的改变。当增益值比参考增益值低, 表明波幅比参考波幅高。

注: ADDT 技术可以优先用于边界区域。例如, 使用 ACT 技术横波指示边界区域, 结果在 3dB 参考增益值以内。对不规则形状或定向但不是垂直于管表面的缺欠, 这是特别准确的。

9.2.6 使用 ADDT 技术评价缺欠深度

- a) 假定声束轴线对准缺欠边缘, 缺欠反射波幅为峰值波幅的一半时, 在该点, 超声能量的一半反射回到探头, 另一半继续通过材料。
- b) 沿着缺欠前后移动探头, 确定缺欠的边缘。
- c) 使用下式计算缺欠的深度:

$$d_i = K(T_2 - T_1)A$$

式中:

d_i ——缺欠深度;

K ——计算深度的导出因子;

$T_2 - T_1$ ——从位移包络线前缘到位移包络线后缘的时间差;

A ——波幅。

9.2.7 填充金属焊缝的评价

填充金属焊缝的评价方法参见附录 C。

10 验收标准和处置

相应钢管规范 (如 API)、补充规范或合同构成验收标准的基础,检测管材的处置按本标准执行。

11 记录

11.1 保存的记录至少应包括以下几点内容。

11.1.1 管子标识。

11.1.2 所采用本标准中的检测评定技术。

11.1.3 检测评定所使用的参考标准尺寸和追溯资料。

11.1.4 检测评定结果。

11.1.5 管子的处置。

附录 A (资料性附录) ADDT 技术

A.1 波幅距离时间差技术 (ADDT)

ADDT 技术组合使用波幅比较法和 6dB 衰减方法来确定缺欠的径向深度。该方法的基本原理是，缺欠的径向深度不仅影响回波信号的幅度，而且对超声波穿越缺欠时的传播时间也会产生影响。

6dB 衰减法一般用于测定板中分层缺欠的空间尺寸和测量径向缺欠的长度。测定分层缺欠的尺寸时（如图 A.1 所示），当探头处于位置 A 时，出现最大幅值，然后移动探头，直到信号幅度减少为峰值的 50%，探头处于 B 位置，此时探头的中心正好位于缺欠边缘的上方。在探头中心所在位置处的工件表面作记号。然后在相反方向和其他空间重复该过程，这样就绘制出了缺欠的大小，确定了缺欠位置。这是一种相对简单又精确的确定缺欠大小的方法。当被测量缺欠的尺寸大于超声波波束的有效宽度时，该方法是较精确的。

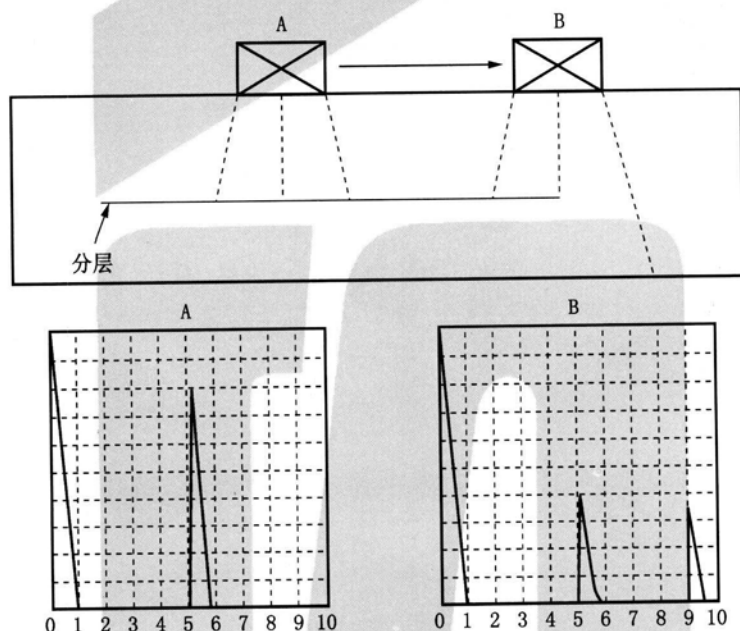


图 A.1 6dB 衰减法测分层尺寸

使用 ADDT 技术时，必须使用为计算深度而导出的 K 因子，以结合测试变量进行补偿。这些变量包括但不限于以下几项：声束角、声束有效宽度、管子直径、壁厚以及缺欠位置。

ADDT 技术能够使用任何一种基本型超声波缺欠检测仪，但若使用一台具有动态峰值记忆功能的数字仪器，就能更加简单、精确、省时。

必须使用已知深度的刻槽或通孔为参考指示体进行标定校准。当使用刻槽时，实际的刻槽深度是校准的基准，当使用通孔时，材料的壁厚是校准的基准。下面将介绍使用带峰值记忆功能和不带峰值记忆功能的超声仪器，进行缺欠测量时典型的标定过程。

A.2 不带峰值记忆功能的超声波探伤仪

调节仪器的水平时间基线或数字读数，首先必须使用角声束试块、IIW 试块或其他能用的试块来

进行金属传播距离的标定校准。应使分辨率达到最高，使 A-扫描显示的范围最小，但应完全显示全部的信号包络线。

当使用仿形角束楔块在曲面参考试块进行标定校验时，必须进行零位和延迟的调整，以补偿角束楔块在管体表面耦合剂厚度的差别。

如图 A. 2a) 所示，使用峰值波幅为参考信号，调整增益为 80%FSH ($A_{max} = 0.80$)，然后将探头向前移动，直至信号下降为 A_{max} 的 1/2，并记录下该信号 (T_1) 的距离。然后将探头向后移动，直至信号下降为 A_{max} 的 1/2，并记录下该信号 (T_2) 的距离。

如图 A. 2b) 所示，使用 ID (内壁) 参考指示体，采用相同步骤对通孔或管壁端部扫描，记录 $1/2A_{max}$ 的 T_1 的距离。然后采用相同增益，扫描 OD (外壁) 参考指示体，使用 ID 包络线的 $1/2A_{max}$ 参考水平，记录 T_2 ，计算的缺欠深度是 A_{max} 、 $T_2 - T_1$ 和 K 因子的乘积。K 因子可用下式推导：

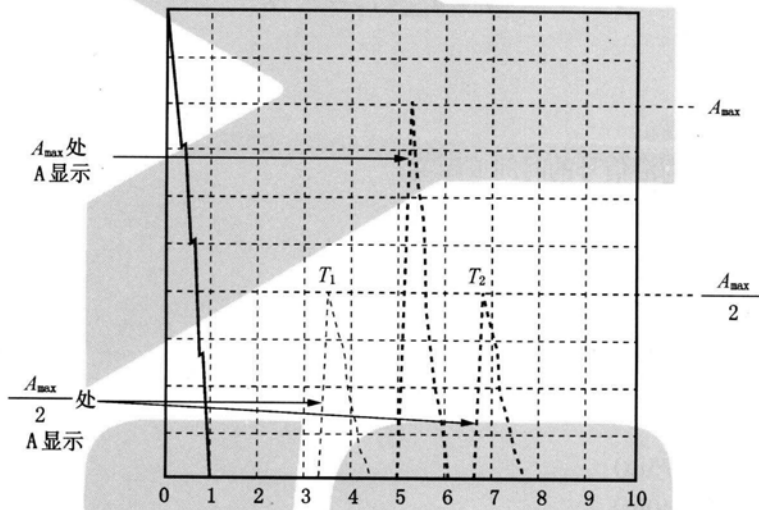


图 A. 2 a) 峰值波幅为参考信号确定缺陷深度原理

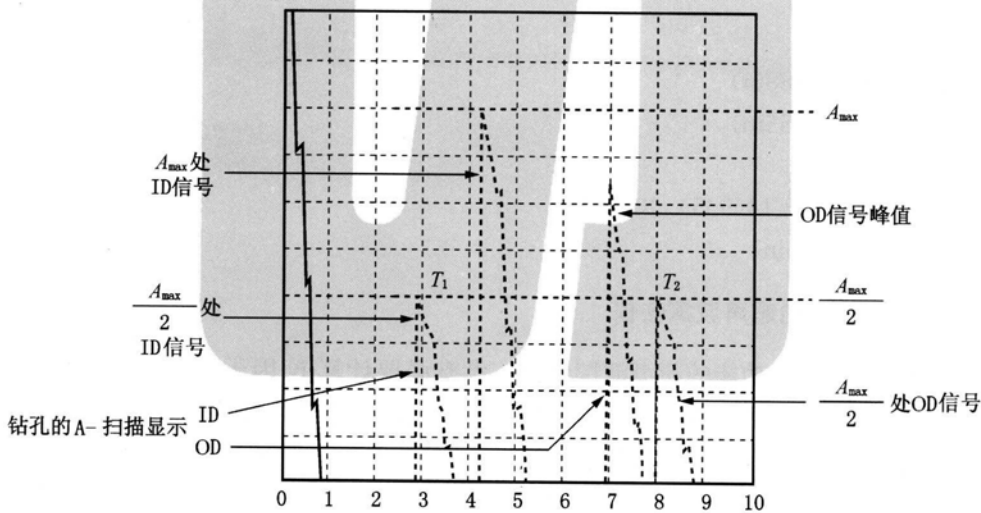


图 A. 2 b) ID (内壁) 为参考反射体确定缺陷深度原理

$$K = d_r / [A_{max}(T_2 - T_1)]$$

式中：

SY/T 6699—2007

K —— K 因子, 计算深度的导出因子;

d_r ——参考反射体的深度;

A_{\max} ——峰值信号幅度;

T_1 ——1/2 波幅峰值前沿信号的时间或距离;

T_2 ——1/2 波幅峰值后沿信号的时间或距离。

参考增益值的建立和 K 因子构成了仪器对被测材料和特定探头的校准。用于校准的增益值, 在进行缺欠深度检测时, 必须保持恒定。

在检测缺欠径向深度时, 使用最大缺欠回波信号、使用校准标定的相同方式, 操作探头前后移动来确定 A_{\max} , T_1 , T_2 。

用下式计算缺欠的深度:

$$d_i = A_{\max}(T_2 - T_1)K$$

式中:

d_i ——缺欠深度;

A_{\max} ——峰值信号振幅;

T_1 ——1/2 波幅峰值前沿信号的时间或距离;

T_2 ——1/2 波幅峰值后沿信号的时间或距离;

K —— K 因子, 计算深度的导出因子。

A. 2. 1 标定实例

确定 K 因子, 其中:

$$d_r = 0.8128\text{mm} (0.032\text{in})$$

$$A_{\max} = 80\% \text{FSH}$$

$$T_1 = 17.145\text{mm} (0.675\text{in})$$

$$T_2 = 18.796\text{mm} (0.740\text{in})$$

$$K = 0.8128 / [0.80 (18.796 - 17.145)]$$

$$K = 0.615 \text{ 或 } 0.62$$

A. 2. 2 缺欠测量实例

$$A_{\max} = 84\% \text{FSH}$$

$$T_1 = 14.935\text{mm} (0.588\text{in})$$

$$T_2 = 16.637\text{mm} (0.655\text{in})$$

$$K = 0.62$$

$$d_i = 0.84 \times (16.637 - 14.935) \times 0.62$$

$$d_i = 0.889\text{mm} (0.035\text{in})$$

A. 3 带有峰值记忆功能的超声波探伤仪

使用具有动态峰值记忆功能的超声波探伤仪, 没有必要计算 K 因子。在峰值记忆模式下, 调整闸门使它包含显示信号包络线的 $50\%A_{\max}$, 画出缺欠信号的包络线, 闸门被用于确定 $T_2 - T_1$ 值。照此办理, 闸门的宽度值即为 $T_2 - T_1$ 。该值可通过调节仪器的材料声速控制来操作 (结果值并不一定是被检测材料的真实声速)。

应注意, 多数数字仪器的最小声速值为 $0.64\text{mm}/\mu\text{s}$ ($0.025\text{in}/\mu\text{s}$) 或更大, 在很多情况下, 该值不够小。因此, 在编写公式时, 需要使用 $1/2A_{\max}$ 或 A_{\max} 的其他分数式。

使用具有峰值记忆模式的仪器, A-扫描 [如图 A. 3 a) 所示] 的信号包络线, 是通过如图 A. 3 b) 所示的越过缺欠扫描而捕捉到的。

在仪器的峰值记忆模式下, 标定校准是通过扫描参考反射物实现的, 调整闸门水平为 $50\%A_{\max}$;

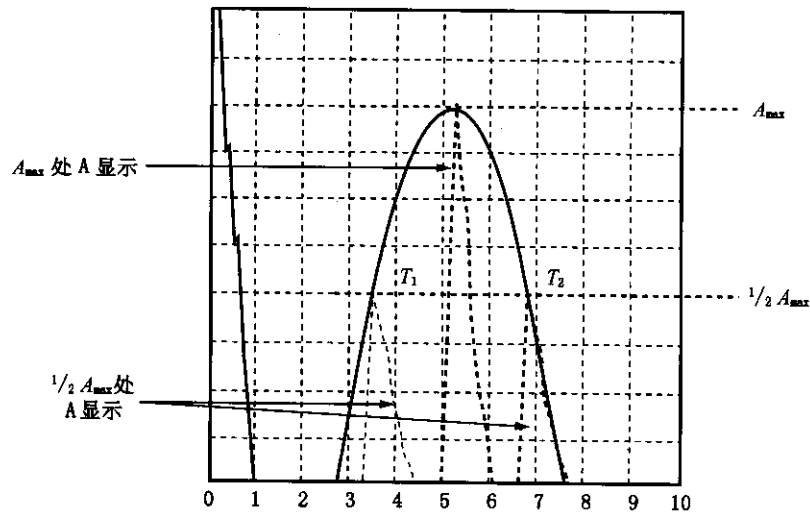


图 A.3 a) A-扫描信号包络线

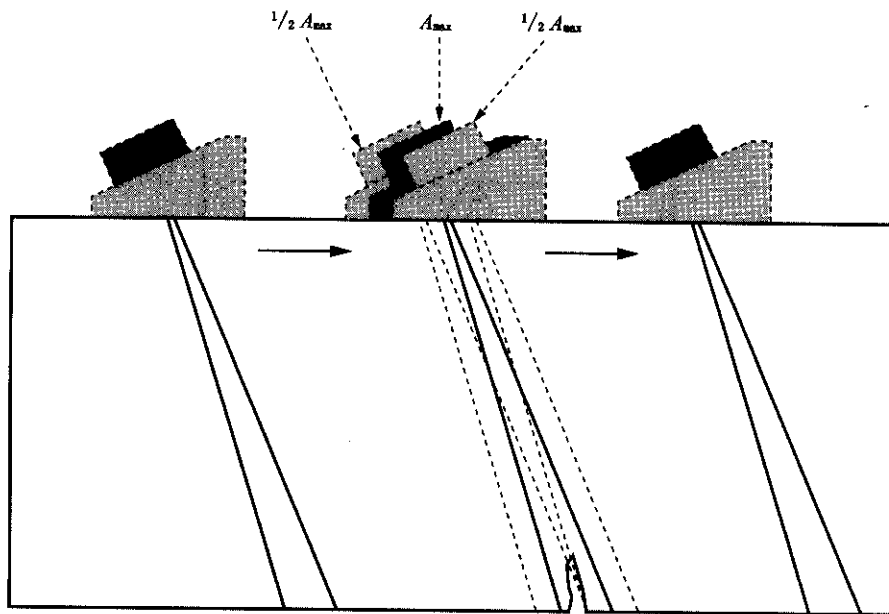


图 A.3 b) 越过缺欠的 A-扫描

调整闸门起始位置和宽度，使其横跨显示在如图 A.3 c) 所示信号包络线的宽度。

如图 A.3 d) 所示，使用通孔进行标定校准时，信号包络线将包括探头越过通孔扫描时的 ID 和 OD 信号 [如图 A.3 e)]。记录 ID 反射指示体的振幅为 $1/2 A_{max}$ 的 T_1 位置、OD 反射指示体的 T_2 位置。然后，用下述方程式来计算标定校准所要求的闸门宽度值。

$$GW = d_r / (A_{max} / 2)$$

式中：

GW ——闸门宽度；

d_r ——参考反射体的深度；

A_{max} ——峰值信号振幅。

然后，调节仪器材料声速值，直至获得合适的闸门宽度值。设定仪器对被测材料和所用特定探头

SY/T 6699—2007

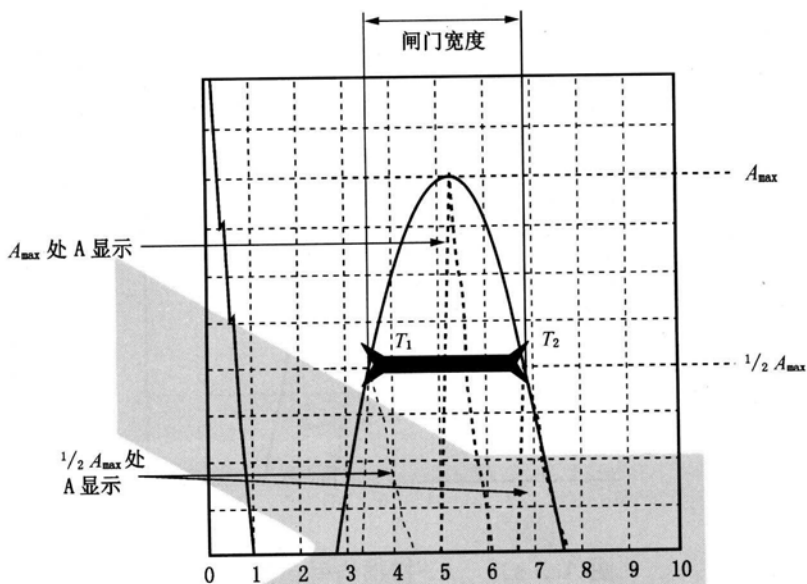


图 A.3 c) 通过扫描参考反射体进行标定校准

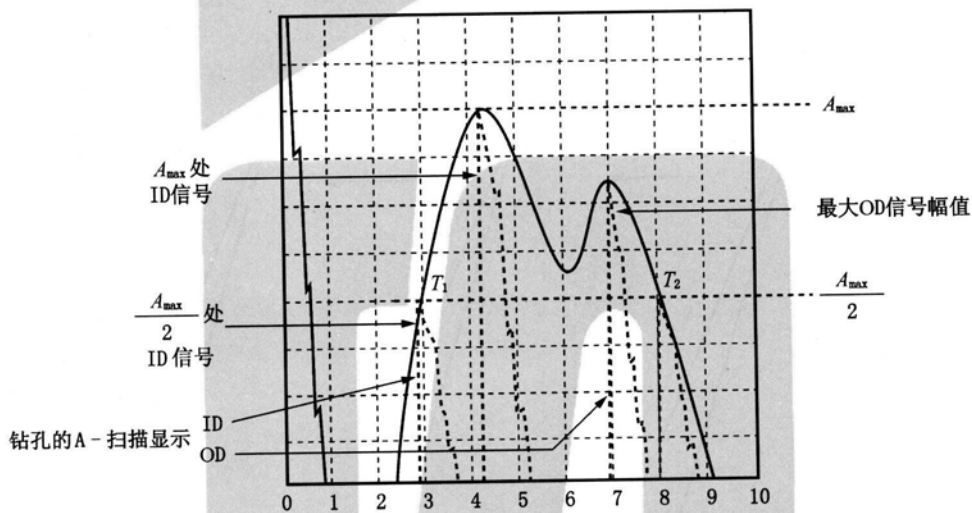


图 A.3 d) 用通孔进行标定校准

为标定校准状态，确定参考增益值和仪器材料声速值等两个常量。进行缺欠深度测量时，使用的标定校准的增益值必须保持恒定。

画出信号包络线并按图 A.3 c) 所示调整闸门，可进行径向深度测量。用下式进行径向深度的计算：

$$d_i = (A_{max}/2)GW$$

式中：

d_i ——缺欠深度；

A_{max} ——峰值信号振幅；

GW ——闸门宽度。

A.3.1 标定校准实例

确定闸门宽度值：

其中：

$$d_r = 0.7112\text{mm} (0.028\text{in})$$

$$A_{\max} = 80\% \text{FSH}$$

$$A_{\max}/2 = 40\% \text{FSH}$$

$$GW = 0.7112 / (0.80/2)$$

$$GW = 0.7112 / 0.40$$

$$GW = 1.778\text{mm} (0.070\text{in})$$

A.3.2 缺欠测量实例 [图 A.3 f) 所示]

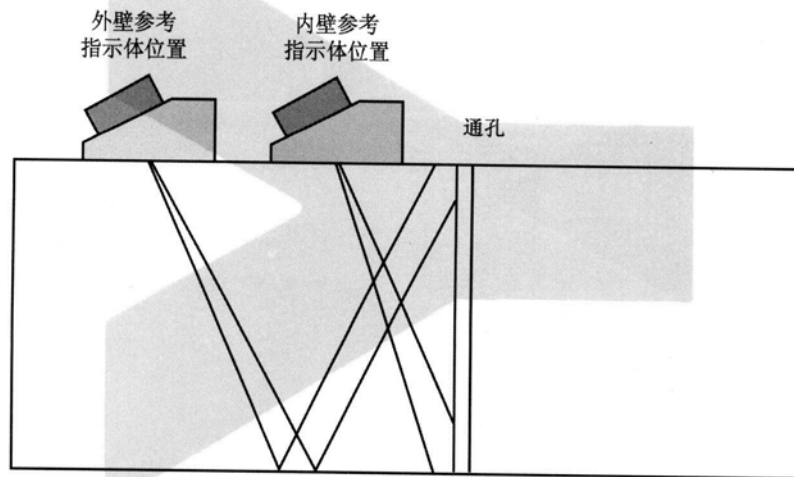


图 A.3 e) 通孔扫查示意图

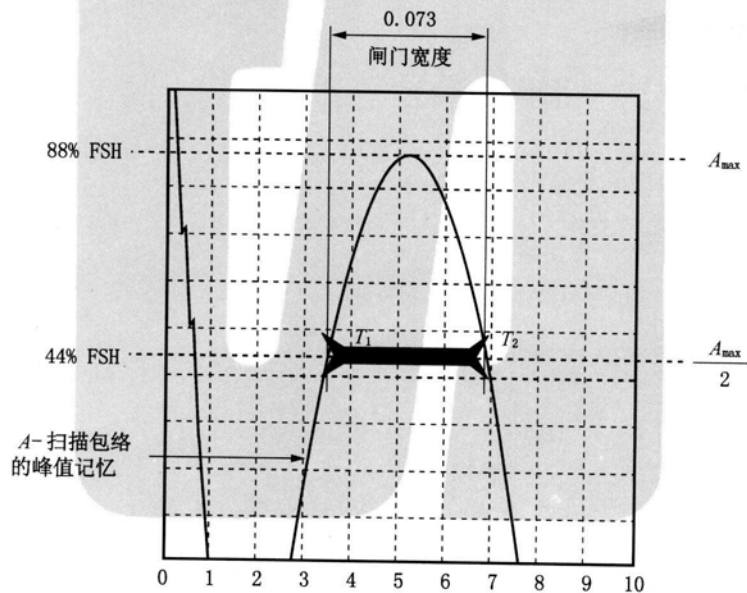


图 A.3 f) 缺欠测量实例

$$A_{\max} = 88\% \text{FSH}$$

$$A_{\max}/2 = 44\% \text{FSH}$$

$$GW = 1.854\text{mm} (0.073\text{in})$$

SY/T 6699—2007

$$d_i = (0.88/2) \times 1.854$$

$$d_i = 0.44 \times 1.854$$

$$d_i = 0.812\text{mm} (0.032\text{in})$$

由于缺陷与时间相关的衰减特性，其深度的最终状况无法用其他方法确定，且 ACT 技术的结果在参考振幅的 3dB 以内，则可推荐用 ADDT 技术来确定。不考虑波幅，当扫描测量缺欠的时间超过参考指示体的扫描测量时间时，也推荐使用 ADDT 技术。

SY/T 6699—2007

附录 B
(资料性附录)
内表面缺欠确定方法

B.1 表面或近表面测定

由于作为本标准参考的 API 等钢管规范, 仅对表面开口位置和深度进行确定, 除了焊接产品的焊接区域外, 任何评价过程应包括确定该缺欠是表面开口还是近表面开口缺欠的方法。近表面缺陷, 除了焊接产品的焊接区以外, 并不需要作评价。

如果被检缺欠开口在管子内表面, 下面程序将给出一种确定方法。该程序的基础是: 声束到相应壁厚的内表面的路径距离为已知, 该相应壁厚误差在允许范围内, 折射角是给定的。

B.2 确定了该缺欠的位置后, 直接在斜楔前沿、管子表面上划线 (使用峰值指示——见图 B.1 位置 A)。

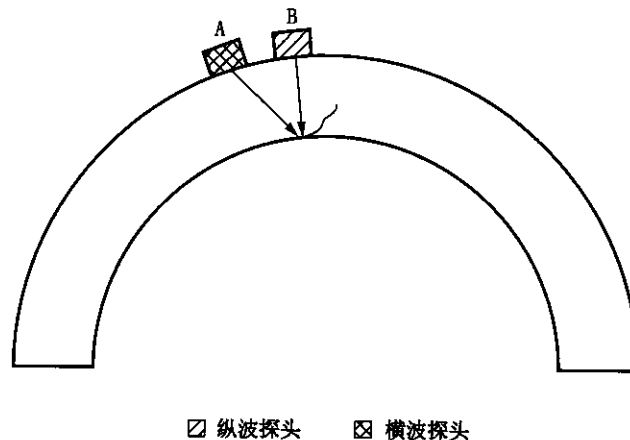


图 B.1 内表面缺欠确定方法示意图

B.2.1 在缺欠的另一侧, 重复 B.2 过程。

B.2.2 确定显示区域周围的平均壁厚 (见图 B.1 中的位置 B)。

B.2.3 采用横波方法, 使声波峰值指示出来后, 调整增益值, 使最大信号约为全屏高度 (FSH) 的 80%。记录 A—扫描显示或数字读数中的增益值和声波路径距离。

注: 大多数模拟或某些数字超声波检测仪, 提供的声程数值是在示波屏上计算“深度”的基础。在进行轴向扫描时, 该计算需要校正, 某些曲率的管子除外; 在进行周向扫描时, 该计算不需要校正。但是, 某些数字超声波检测仪, 包含有曲率校正软件, 因而提供的是校正的计算“深度”。

当使用的超声波检测仪没有曲率校正软件或数字显示装置时, 利用由 B.3 中的公式推导的“一览表”, 通过校正深度值, 可以得到基本壁厚值。

B.2.4 对带有曲率校正软件数字或任何带有数字显示的超声波检测仪, 在进行轴向扫描时, 应调节仪器控制旋钮, 使“深度”模式显示深度读数和记录读数状态。

B.2.5 对于没有数字显示的仪器, 查阅“一览表” (以 B.3 中的公式为基础), 注意壁厚值应与 B.2.3 中的周向声程相对应。

B.2.6 从指示的两侧, 通过 B.2.5 重复应用 B.2.3 中的相关内容。

B.2.7 与 B.2.4 或 B.2.5 中记录的壁厚值相比, 若实际壁厚相差 0.254mm (0.010in) 或更少, 则

SY/T 6699—2007

该指示表示该缺欠可能是表面开口。

B. 2. 8 与 B. 2. 4 或 B. 2. 5 中记录的壁厚值相比, 若实际壁厚相差大于 0. 254mm (0. 010in), 但小于 0. 508mm (0. 020in), 则应使用管道内窥镜进行目视检查以确定该缺欠是否为表面开口, 还可以用磁粉检测管道内窥镜来提高检测效果。

B. 2. 9 若缺欠被确定为表面开口, 可按 9. 2. 3 的程序进行操作。

B. 3 声程方程

周向扫描:

$$a^2 = R_2^2 + R_1^2 - 2R_2R_1 \cos[\sin^{-1}(R_2/R_1) \sin\beta - \beta]$$

轴向扫描:

$$a = t / \cos\beta$$

式中:

a ——声程的一支 (1/2 跨距);

R_2 ——半径 ($R_2 = \Phi/2$);

R_1 ——半径 ($R_1 = R_2 - t$);

t ——壁厚;

β ——折射角。

B. 4 “一览表” 表实例

上面的方程可以用于推导“一览表”, 该表通过管子尺寸和相应壁厚建立。表 B. 1 是一个实例——超声波传播路径及距离: 外径为 244. 5mm (9. 625in); 折射角: 45°。

表 B. 1 外径为 244. 5mm 钢管不同壁厚对应的周向声程和周向声程一览表

单位为毫米 (英寸)

壁 厚	周向声程 1/2 跨距	轴向声程 1/2 跨距
11. 938 (0. 470)	17. 907 (0. 705)	16. 891 (0. 665)
12. 065 (0. 475)	18. 110 (0. 713)	17. 069 (0. 672)
12. 192 (0. 480)	18. 313 (0. 721)	17. 247 (0. 679)
12. 319 (0. 485)	18. 542 (0. 730)	17. 424 (0. 686)
12. 446 (0. 490)	18. 745 (0. 738)	17. 602 (0. 693)
12. 573 (0. 495)	18. 948 (0. 746)	17. 780 (0. 700)
12. 700 (0. 500)	19. 152 (0. 754)	17. 958 (0. 707)
12. 827 (0. 505)	19. 355 (0. 762)	18. 136 (0. 714)
12. 954 (0. 510)	19. 558 (0. 770)	18. 313 (0. 721)
13. 081 (0. 515)	19. 761 (0. 778)	18. 491 (0. 728)
13. 208 (0. 520)	19. 990 (0. 787)	18. 669 (0. 735)
13. 335 (0. 525)	20. 193 (0. 795)	18. 847 (0. 742)
13. 462 (0. 530)	20. 396 (0. 803)	19. 050 (0. 750)
13. 589 (0. 535)	20. 599 (0. 811)	19. 228 (0. 757)

SY/T 6699—2007

表 B.1 (续)

壁 厚	周向声程 1/2 跨距	轴向声程 1/2 跨距
13.716 (0.540)	20.828 (0.820)	19.406 (0.764)
13.843 (0.545)	21.031 (0.828)	19.583 (0.771)
13.970 (0.550)	21.234 (0.836)	19.761 (0.778)
14.097 (0.555)	21.438 (0.8440)	19.939 (0.785)
14.224 (0.560)	21.666 (0.853)	20.117 (0.792)

SY/T 6699—2007

附录 C
(资料性附录)
焊缝扫查

C.1 填充金属焊缝的评价

检测的最佳角度是 β_{max} 减 5° ，以使检测内、外表面焊缝余高的信号最小 (β_{max} 声束中心线在 OD 表面和 ID 表面相切面上的折射角)。相应地，利用缺欠的特定位置的角度来进行缺欠的评价，从焊脚开始，以 Z 字形前后移动斜角探头确保覆盖整个跨距，如图 C.1 所示。

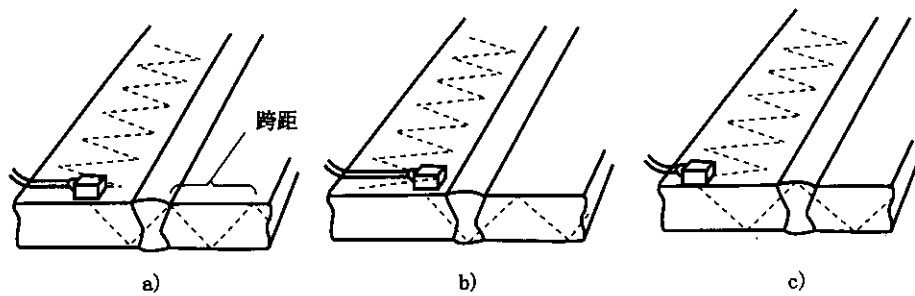


图 C.1 焊缝“Z”字形扫查

如图 C.2 所示，利用三角方程式，验证缺欠位置，证实接收到的信号不是来自焊缝余高。声程显示在仪器的校正屏上，表面距离的计算是用声程乘以检测角的正弦函数，深度的计算是用声程乘以检测角的余弦函数。

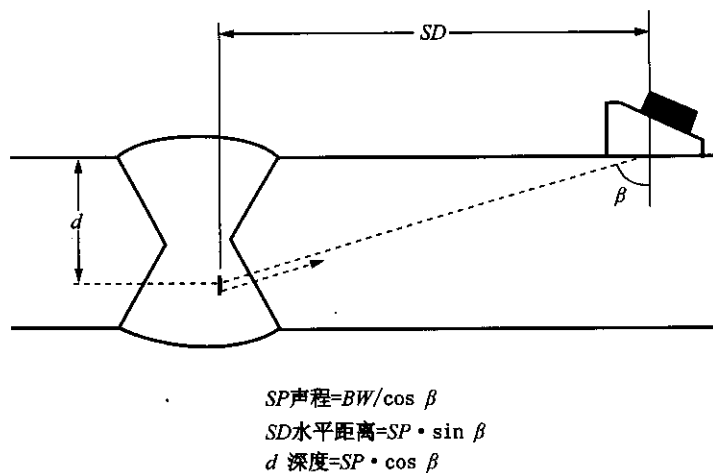


图 C.2 验证缺陷位置的计算方法

对于横向反射指示体，声束方向近可能平行于焊缝（如图 C.3 所示），在焊道磨平的情况下，应将探头在焊缝的正上方操作（如图 C.4 所示）。

C.2 观察和考虑

必须小心地确保“第一个跨距”出现在母材的表面而不在焊接区域，防止错误地将焊缝余高信号

SY/T 6699—2007

做为缺欠信号。当指示出现时，利用 C.1 中给出的关于表面距离和深度的三角方程来证实缺欠的位置。

检测焊缝内外余高的跨距和检测焊缝中部的跨距分别见图 C.5 和图 C.6。

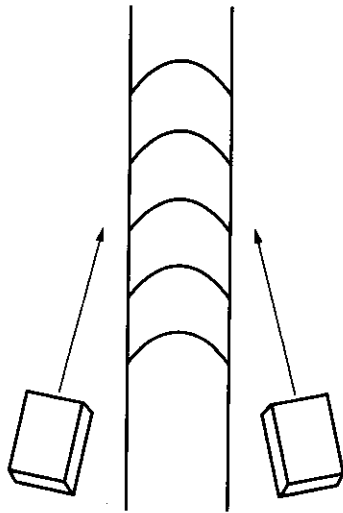


图 C.3 扫查焊缝横向缺欠

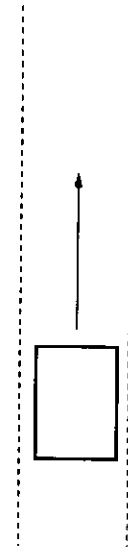


图 C.4 焊道磨平时的扫查

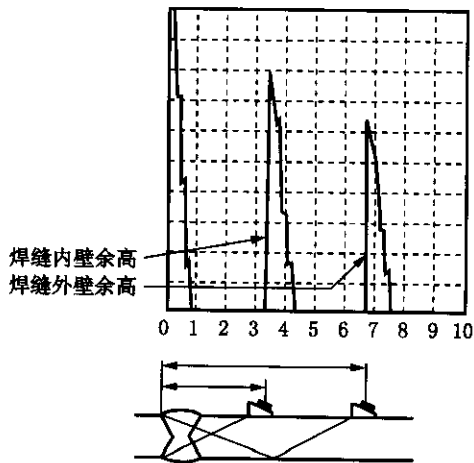


图 C.5 检测焊缝内外余高的跨距

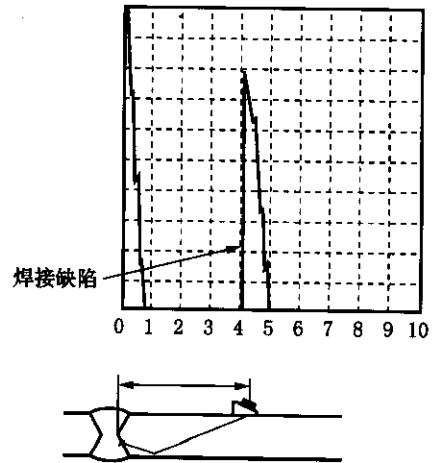


图 C.6 检测焊缝中部的跨距

中华人民共和国
石油天然气行业标准
管材缺欠超声波评价推荐作法
SY/T 6699—2007

*

石油工业出版社出版
(北京安定门外安华里二区一号楼)
石油工业出版社印刷厂排版印刷
新华书店北京发行所发行

*

880×1230 毫米 16 开本 2 印张 55 千字 印 1—800
2008 年 3 月北京第 1 版 2008 年 3 月北京第 1 次印刷
书号：155021·6088 定价：16.00 元

版权专有 不得翻印