

ICS

点击此处添加中国标准文献分类号

DB

江西省地方标准

DB XX/ XXXXX—2014

## 压力管道超声导波检测方法

点击此处添加标准英文译名

点击此处添加与国际标准一致性程度的标识

(征求意见稿)

(本稿完成日期: 2013. 12. 31)

2014 - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

江西省质量技术监督局 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 检测方法概要 .....	2
5 检测人员 .....	3
6 检测设备 .....	3
7 对比试样 .....	4
8 检测准备 .....	4
9 检测设置和校准 .....	5
10 距离-波幅曲线 .....	6
11 检测 .....	7
12 检测数据记录、分析 .....	7
13 检测结果分级及复验 .....	7
14 检测报告 .....	8
附录 A（规范性附录） 对比试样 .....	9
附录 B（资料性附录） 压力管道超声导波检测报告 .....	11

## 前 言

本标准编写规则符合GB/T 1.1—2009《标准化工作导则 第1部分：标准的结构和编写》的规定。

本标准由江西江西省质量技术监督局提出。

本标准负责起草单位：江西省锅炉压力容器检验检测研究院。

本标准主要起草人：张路根、胡智、刘伟成、郑冬明、汤新文、曾毅平、漆赣平、刘文斌、黄长辉、赵洪波、单旭昇、张琦、胡冀轩、韩艳。

本标准为首次发布。

# 压力管道超声导波检测方法

## 1 范围

本标准适用于材料为碳素钢或低合金钢、直径大于等于32mm且工件厚度小于等于30mm的压力管道超声导波检测。

本标准采用公称频率大于等于0.5MHz的单斜探头导波对压力管道母材表面及内部缺陷进行检测，主要发现存在的体积型缺陷和面状缺陷。

在规定范围之外的金属材料或金属构件（例如压力容器）可参照执行。

本标准不建立评价判据，具体的判据由检测方和用户双方协商确定。

本标准没有给出进行检测时的安全要求，使用本标准的各方有义务在检测前建立适当的安全和健康准则。

## 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（包括所有的修改单）适用于本标准。

GB/T 9445 无损检测 人员资格鉴定与认证

GB/T 12604.1 无损检测术语 超声检测

JB/T 4730.3 承压设备无损检测 第3部分：超声检测

## 3 术语和定义

GB/T 12604.1 确立的以及下列术语和定义适用于本标准。

### 3.1

#### **超声导波** Ultrasonic guided wave

在管状金属材料或构件中能够较长距离传播的某些特定频率范围的超声波，管中超声导波通常包括纵向模态、扭转模态、弯曲模态和周向模态导波四种波形。

### 3.2

#### **单斜探头导波** Guided wave of single angle probe

超声导波产生的一种方式，即利用基于压电效应、带有合适角度楔块的接触式超声斜射单晶探头，在金属构件中产生超声导波。用单斜探头在管中激发的超声导波模式主要为对称型和反对称型的兰姆波以及周向导波。

### 3.3

### 超声导波B扫图像 Ultrasonic guided wave B-scan image

超声导波数据的二维显示，是将扫查过程中采集的A扫描信号连续拼接而成。一个轴代表探头移动距离，另一个轴代表有效检测长度。

#### 3.4

### A扫描信号 A-Scan

超声波信号的波形显示，水平轴表示超声波的传播时间，纵轴表示波幅。

#### 3.5

### 有效导波信号 Effective guided wave signal

由缺陷引起的导波信号为有效导波信号。

#### 3.6

### 端部反射 Reflected by the end

构件端部对传播的超声导波进行全反射的现象。

## 4 检测方法概要

### 4.1 超声导波检测原理

导波是一种由于介质边界存在而产生的机械波，它可以在有边界的介质中传播，如管子，平板，棒等，传播方向平行于介质的边界面。由于它的传播受制于介质的几何边界形状，因此定义为导波。导波具有频散特性，传声介质的材料特性对导波有着直接的影响。导波的速率受到导波的频率、介质的几何形状和尺寸大小的影响。通常需要根据被检测管道设计和选择适当的超声换能器，发射和接受导波。

理论上，目前已有许多产生导波的方法，如声-超声法向入射，电磁声换能器，梳状换能器（换能器阵列）和纵波斜换能器（入射角为纵波）斜面入射转换。纵波斜换能器为产生导波提供了一种精确有效的方法，且从物理学上深入洞察了导波的产生。纵波在有机玻璃楔块中以某入射角及速度入射到钢界面，按Snell定理，波在界面处要发生波型转换、反射、折射。距换能器一定距离处，各波不再清晰可辨而是叠加成波包，从而产生被限制的导波束，沿着介质传播。导波的传播行为较为复杂，在管子中，导波以纵波、扭转波和弯曲波等多种波形存在，如图1所示；在平板中，导波以兰姆波、平面剪波SH两种波形存在，如图2所示。

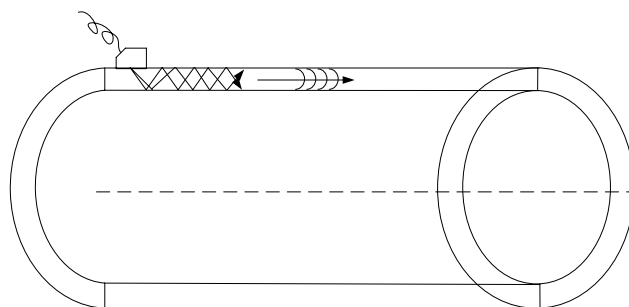


图1 压力管道中导波传播方式

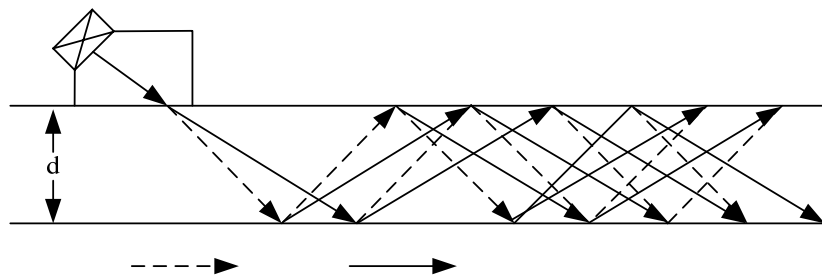


图2 平板中导波传播方式

## 4.2 压力管道超声导波检测

单斜探头超声导波技术是高频导波检测，探头公称频率在0.5MHz以上，相对低频导波（探头公称频率在数十至数百kHz）而言，检测灵敏度高，一次检测距离较短。其检测原理如图3所示，探头发出一束超声脉冲波，此脉冲波充斥着管壁厚度，沿着管道轴向远处传播，导波传输过程中遇到缺陷时，由于缺陷在径向截面上有一定的反射面积，产生一个缺陷回波，当缺陷回波被探头接收时，就可确定缺陷位置。管壁厚度中的任何变化，无论内壁或外壁，都会产生反射信号，被探头接收，因此可以检出管子内外壁由腐蚀或侵蚀引起的缺陷。

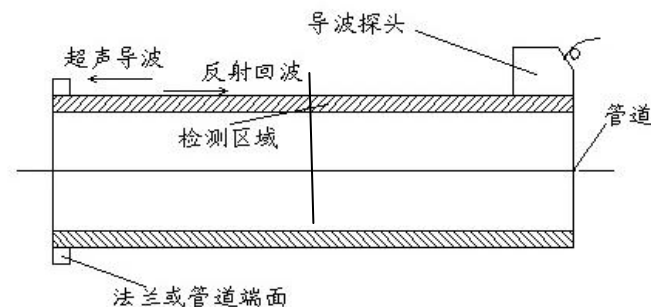


图3 管道的超声导波检测图

超声导波检测到的回波信号是脉冲回波信号，检测时以法兰或管道端面回波作为基准波，在始脉冲与基准波之间出现的回波信号就是缺陷回波信号，根据回波的幅度和距离基准波的长度来确定缺陷的位置和大小。

## 5 检测人员

5.1 从事压力管道超声导波检测的人员应按 GB/T 9445 的要求或被检测对象有关主管部门的规定取得超声检测资格证书，并经超声导波专业技术培训合格后，方可从事超声导波检测工作，并负相应的技术责任。

5.2 检测人员应熟悉所使用的超声导波设备。

5.3 检测人员应具有实际检测经验并掌握一定的承压设备结构及制造基础知识。

## 6 检测设备

6.1 检测设备包括仪器、探头、扫查装置、分析软件和附件。

6.2 检测设备至少应具有超声导波发射、接收、放大、数据自动采集、记录、显示、分析和报警功能。

- 6.3 超声导波探头应与被检管道材质、规格相匹配，以便于激发最佳检测模式超声导波。
- 6.4 采用对比试样时，在合适的检测设置下，距离最小目标反射体 1~1.5m 时，能有效检出。

## 7 对比试样

- 7.1 对比试样是指用于检测校准的试样。
- 7.2 对比试样应采用与工件声学性能相同或相近的材料制成。对比试样材料中超声波波束可能通过的区域用超声直探头检测时，不得有 $\geq \Phi 2$ 平底孔当量直径的缺陷。
- 7.3 对比试样的外形尺寸应能代表工件特征。
- 7.4 对比试样中反射体为 V 型槽或平底孔，其形状、尺寸和数量见附录 A。检测需要时，对比试样中也可添加其他形状和尺寸的反射体。

## 8 检测准备

### 8.1 基本信息的获取

在进行检测前，需要通过资料审查和现场实地考察获取相应的基本信息，至少应包括如下的要素：

- 检测人员资格；
- 检测仪器设备；
- 仪器校准状态；
- 对比试样；
- 验收准则；
- 信号记录；
- 记录表格和报告格式；
- 被检压力管道制造、安装和检验资料；
- 被检压力管道使用记录；
- 被检压力管道规格、标称厚度、材料成分或等级；
- 表面状态；
- 涂层、防腐层或保温层类型和厚度；
- 其它有助于缺陷判断的信息。

### 8.2 检测设备的维护

应制定书面程序对检测设备进行周期性维护、检查和校准，以保证仪器功能。在现场进行检测时，如怀疑设备的检测结果，应对设备进行功能检查和调整，并对每次维护检查的结果进行记录。

### 8.3 检测区域

检测区域为超声导波一次检测的压力管道有效长度。对压力管道，一次检测有效长度一般不大于 2m，一次检测有效长度应以现场实测为准，现场可用管道对接环缝、管道端部反射或其他结构测定。

### 8.4 探头选取

8.4.1 合理的选择探头，可以得到较好的一次检测有效长度以及检测灵敏度。选择这些探头不是特定的，而是根据被检压力管道材质、直径、壁厚选择相应超声导波探头。推荐按表 1 选择探头，如果选择的探头参数与表 1 不一致，则一次检测有效长度以及检测灵敏度需要用对比试样核实。

表1 推荐采用的探头

序号	被检工件厚度(mm)	公称频率(MHz)	折射角(°)	晶片尺寸(mm)
1	≤12	≥0.5	68~76	23×28
2	10~18	≥0.5	62~70	23×28
3	16~30	≥0.5	52~60	23×28

8.4.2 探头选择原则为在保证检测灵敏度情况下，一次检测有效长度尽量大。

8.4.3 检测前应测量探头前沿、探头延时、导波声速。

### 8.5 扫查方式的选择

8.5.1 扫查方式分为周向扫查和轴向扫查。周向扫查主要是检测管道的横向缺陷，轴向扫查主要是检测管道的纵向缺陷。

8.5.2 一般情况下，周向扫查能满足压力管道检测要求，用于缺陷的快速检测和位置确定。当用户要求或检测人员认为有必要时，应增加轴向扫查。这时，应选择适合于轴向检测的导波探头进行检测，并在对比试样上调节检测灵敏度，确定一次检测有效长度。

8.5.3 在满足检测目的的前提下，根据需要的不同，也可采用其他适合的扫查方式。

#### 8.5.4 扫查面准备

探头移动区应拆除保温层，清除焊接飞溅、铁屑、油垢及其他杂质，如防腐层对声衰减较大时，应清除防腐层。探头移动区一般应进行修磨，检测表面应平整，便于探头的扫查，对在制管道，其表面粗糙度Ra值应不低于6.3μm。

### 8.6 耦合剂

8.6.1 应采用有效且适合于工件的介质作为超声耦合剂。

8.6.2 选用的耦合剂应在一定的温度范围内保证稳定可靠的检测。

8.6.3 实际检测采用的耦合剂应与检测系统设置和校准时的耦合剂相同。

### 8.7 温度

8.7.1 应保证在规定的温度范围内进行检测。

8.7.2 若温度过高或过低，应采用有效措施避免，若无法避免，应评价其对检测结果的影响。

8.7.3 检测校准和实际检测间的温差宜控制在20℃之内。

8.7.4 采用常规探头和耦合剂时，工件表面温度范围为0℃~80℃。超出该温度范围，可采用特殊探头或耦合剂，或采用其他有效措施，但应在实际检测温度下进行设置和校准。

## 9 检测设置和校准

### 9.1 检测仪器调节

9.1.1 打开电源开关，按仪器操作作业指导书要求输入有关参数。使脉冲回波波幅最高且回波宽度适当，探头公称频率与仪器频带宽度相宜。

#### 9.1.2 声速测量

在CSK-ⅠA试块上，利用R100弧面测量探头前沿。在对比试样上利用人工反射体和试件端部测量声速。现场条件允许时，可利用管道对接焊缝、端部回波调节仪器，测量声速。

### 9.2 灵敏度设置



9.2.1 检测前应设置检测通道灵敏度。

9.2.2 灵敏度设置一般应采用对比试样。按本方法第10条要求制作距离-波幅曲线，在评定线基础上再提高6dB作为检测灵敏度。现场检测时，宜设置两个检测灵敏度。当检测长度 $\leq 500\text{mm}$ 时，确定一个检测灵敏度；检测长度 $> 500\text{mm}$ 时，确定另一个检测灵敏度，以避免缺陷回波被噪声信号湮没。并在被检工件表面扫查时进行表面耦合补偿。

9.2.3 也可直接在被检工件上进行灵敏度设置，利用管道环向对接焊缝或管道端部制作距离-波幅曲线，此时再提高12dB作为检测灵敏度，建议采用对比试样进行验证。

### 9.3 位置传感器的校准

9.3.1 如果使用轮式编码器等位置传感器，则检测前应对位置传感器进行校准。

9.3.2 校准方式是使扫查装置移动一定距离时对检测设备所显示的位移与实际位移进行比较，其误差应小于1%。

### 9.4 检测系统复核

9.4.1 在下列情况时应进行复核：

- a) 检测过程中检测设备开停机或更换部件时；
- b) 检测人员有怀疑时；
- c) 检测结束时。

9.4.2 若检测设置和校准时采用了对比试样，则复核时采用同一试样；若为直接在工件上进行灵敏度设置，则应在工件上同一部位复核。

9.4.3 若复核时发现初始设置和校准的参数偏离，则按下列规定执行：

- a) 每次检测结束前，应对扫描量程进行复核。如果任意一点在扫描线上的偏移超过扫描线读数的10%，则扫描量程应重新调整，并对上一次复核以来所有的检测部位进行复检；
- b) 每次检测结束前，应对扫查灵敏度进行复核。一般对距离-波幅曲线的校核不应少于3点。如曲线上任何一点幅度下降2dB，则应对上一次复核以来所有的检测部位进行复检；如幅度上升2dB，则应对所有的记录信号进行重新评定。

## 10 距离-波幅曲线

距离—波幅曲线应采用对比试样实测绘制。该曲线族由评定线和判废线组成，判废线由深度为50%V型槽或 $\Phi 10$ 通孔的人工缺陷反射波幅绘制而成。评定线为判废线高度的一半，即减6dB。评定线以下（包括评定线）为I区，评定线与判废线之间为II区，判废线及其以上区域为III区，如图4所示。

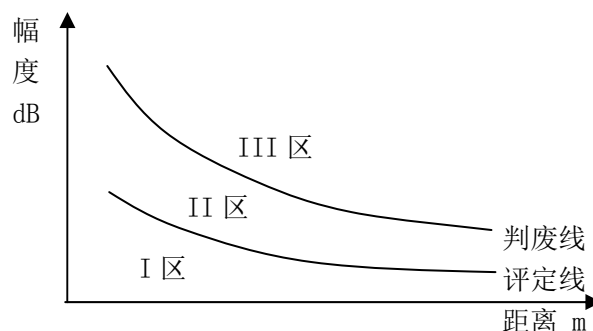


图4 距离—波幅曲线示意图

## 11 检测

### 11.1 检测时机

在压力管道外观检查合格后进行超声导波检测。

### 11.2 扫查速度

探头的扫查速度不应超过150mm/s。当采用自动报警装置扫查时，不受此限。

### 11.3 初探

为提高超声导波检测效率，在A超界面完成管道初扫查，当发现存在有效导波信号时，进行精扫查，即进行导波成像。

### 11.4 精探

在进行导波成像时，首先应确定探头移动起始位置，并详细标注。如果是分段成像，则相邻两段应有15%重叠区。

### 11.5 信号识别

11.5.1 当发现导波信号时，应把探头置于导波信号部位两端相等位置探测，如果反射回波出现位置相近或相等，则相对信号部位前后移动探头，观察回波是否随探头游动，是则为有效导波信号，不游动则为伪信号。

11.5.2 当工件某一区域发现大面积导波信号时，不排除存在内部分层类缺陷可能，这时，应采用其他有效方法复验，以确定缺陷位置、大小及性质。

11.5.3 当探头位于工件外壁，此处其内部液态流体快速流动，可能会产生很强脉冲回波，此时探头保持不动，观察回波变化，若反射回波高低起伏变化不断，则为流体产生信号。

11.5.4 应当注意，工件结构，例如对接焊缝、接管、内壁折流板角焊缝等，都会产生很强回波信号。此时，应增加探头扫查方式，例如转动、环绕扫查，观察动态波形加以区分。

11.5.5 因超声导波不能区分表面、内部缺陷，发现有效导波信号时，应采用目视检查、超声检测、表面无损检测等方法复核，确定缺陷位置和大小。

## 12 检测数据记录、分析

12.1 所有有效导波信号都应记录。

12.2 所有有效导波信号都应成像，并通过专用软件分析，确定缺陷部位，测量缺陷长度、宽度，并在工件上标注其位置和范围。

12.3 当有效导波信号波幅在Ⅱ区以上，必须采用其他检测方法进行复验；当有效导波信号波幅达到评定线的50%波高及其以上区域时，宜采用其他检测方法复验；低于评定线的50%波高时，不需复验。

## 13 检测结果分级及复验

### 13.1 检测结果分级

超声导波检测发现的缺陷信号，按有效导波信号的波幅与距离—波幅曲线进行比对分级，反射波幅在Ⅰ区的为Ⅰ级，在Ⅱ区的为Ⅱ级，在Ⅲ区的为Ⅲ级。

### 13.2 复验

当有效导波信号需复验时，可采用目视检查、超声检测、表面无损检测或解剖验证等方法进行。

## 14 检测报告

压力管道超声导波检测报告应至少包括如下内容：

- a) 被检管道使用单位、编号；
- b) 管道规格、级别及使用年限；
- c) 材料牌号、壁厚、敷设方式、表面状态；
- d) 执行标准；
- e) 检测仪器名称、型号、编号、探头晶片尺寸、频率；
- f) 对比试样；
- g) 灵敏度设置、扫查方式；
- h) 检测部位及缺陷分布图；
- i) 检测软件名称、数据文件及数据文件名；
- j) 检测情况说明；
- k) 检测日期、参加检测人员、编制、审核、批准人员签字。

附 录 A  
(规范性附录)  
对比试样

### A.1 对比试样厚度

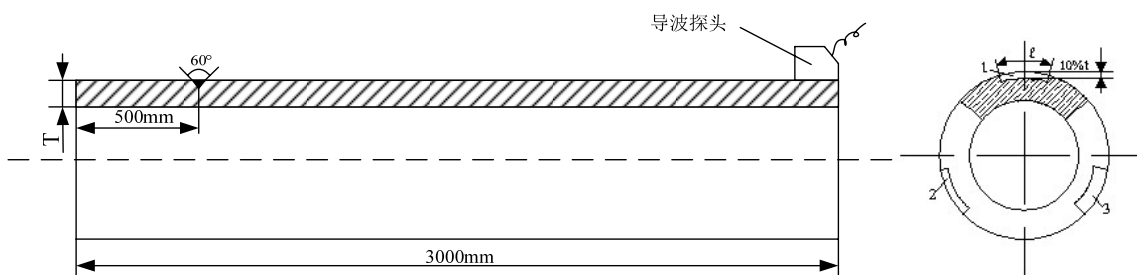
当检测工件厚度 $t \leq 12\text{mm}$ 范围时，推荐采用壁厚为6mm的相同外径、材质相同或相近的对比试样；当检测工件厚度 $t$ 为10~18mm范围时，推荐采用壁厚为14mm的相同外径、材质相同或相近的对比试样；当检测工件厚度 $t$ 为16~30mm范围时，推荐采用壁厚为24mm的相同外径、材质相同或相近的对比试样。

### A.2 对比试样中人工反射体形状、尺寸、数量

A.2.1 对比试块中反射体为V型槽时，其形状、尺寸和数量如图A.1所示。

A.2.2 对比试块中反射体为平底孔时，其形状、尺寸和数量如图A.2所示。

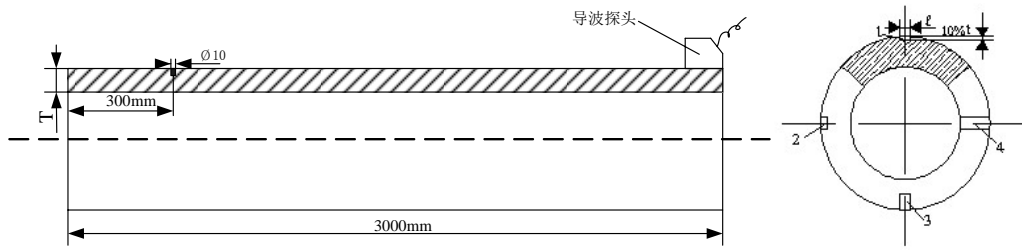
A.2.3 检测需要时，对比试样中也可添加其他形状和尺寸的反射体。



图A.1 对比试样样管V型槽图

表A.1 对比试样V型槽参数

序号	长度( $l$ )	深度( $t$ )
1	40mm	10%t
2	40mm	25%t
3	40mm	50%t



图A.2 对比试样平底孔图

表A.2 对比试样平底孔参数

序号	孔径( $\phi$ )	深度
1	10mm	10%t
2	10mm	25%t
3	10mm	50%t
4	10mm	100%t

附 录 B  
（资料性附录）  
压力管道超声导波检测报告

一、被检设备基本情况								
使用单位				装置名称				
管道名称			管道编号				管道规格	
管道材质			管道长度				工作介质	
防腐层材料			检测部位				检测比例	
二、检测设备及器材								
仪器型号			仪器编号			探头型号		
晶片尺寸			探头频率			位置编码器		
对比试样			扫查装置			耦合剂		
三、检测条件								
执行标准				表面状况				
耦合补偿				灵敏度设置				
扫查方式								
四、检测结果								
检测软件名、数据文件								
序号	管道壁厚	缺陷位置 X	缺陷位置 Y	缺陷长度 L	缺陷面积 S	波幅 dB、区域	评定级别	数据文件名

