

ICS 77.040.20
H 26
备案号：50095-2015

DL

中华人民共和国电力行业标准

DL / T 1452 — 2015

火力发电厂管道超声导波检测

Ultrasonic guided waves testing for pipes in power plant

2015-04-02 发布

2015-09-01 实施

国家能源局 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 一般要求..... 2

5 检测工艺..... 4

6 检测..... 4

7 安全要求..... 6

8 检测记录及报告..... 6

附录 A（资料性附录） 超声导波的激励和传播..... 7

附录 B（资料性附录） 超声导波探头性能测试方法..... 8

附录 C（资料性附录） 超声导波检测报告示例..... 10

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009《标准化工作导则 第 1 部分：标准的结构和编写》给出的规则起草。

本标准由中国电力企业联合会提出。

本标准由中电联标准化技术委员会归口。

本标准起草单位：神华国华（北京）电力研究院有限公司、中国电力投资集团公司东北分公司、黑龙江省电力科学研究院、华北电力研究院有限公司、广东电网公司电力科学研究院有限公司、河北省电力研究院有限公司、西安热工研究院有限公司。

本标准主要起草人：梁军、池永斌、孙永莹、胡先龙、牛晓光、王宝臣、张春雷、蔡晖、杨超、吉建兵、李跃奇、刘恒波。

本标准在执行过程中的意见或建议反馈至中国电力企业联合会标准化管理中心（北京市白广路二条一号，100761）。

火力发电厂管道超声导波检测

1 范围

本标准规定了手动接触方式进行管道周向压电超声导波检测的一般要求、检测方法等。

本标准适用于外径为 25mm~1020mm，壁厚为 3mm~80mm 的钢制管道母材及内外表面缺陷的检测。

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 5777 无缝钢管超声波探伤检验方法
- GB/T 12604.1 无损检测 术语 超声检测
- GB/T 12604.6 无损检测 术语 涡流检测
- DL/T 675 电力行业无损检测人员资格考核规则
- DL 5009.1 电力建设安全工作规程 第 1 部分：火力发电

3 术语和定义

GB/T 12604.1 和 GB/T 12604.6 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

超声导波 ultrasonic guided wave

受部件边界条件约束的、能够较长距离传播的某些特定频率范围的超声波。

3.2

模态 mode

导波在传播过程中的特定运动形式，在管、棒等介质中有纵向、扭转和弯曲三种模态。

3.3

截面损失 cross sectional area loss

被检部件缺陷处横截面减少的面积。

3.4

截面损失率 ratio of cross sectional area loss

被检部件缺陷处横截面减少的面积与其公称横截面总面积的比值。

3.5

频散 dispersion

波速随频率而变化的现象。

3.6

群速度 group velocity

波包传播的速度，表征能量的传播速度。

3.7

相速度 phase velocity

波的相位在空间中的传播速度。

3.8

频散方程 **dispersive equation**

根据特定边界条件，满足弹性动力学特解的方程。

3.9

频散曲线 **dispersion curve**

求解频散方程得到的波速与频率的关系曲线。一般横坐标表示波的频率、波长或周期，纵坐标表示群速度或相速度。

4 一般要求

4.1 人员

检测人员应按 DL/T 675 的要求取得超声导波检测专项资格证书，方可从事相应的超声导波检测工作。

4.2 检测仪器

检测仪器应具有信号激励、数据采集、信号波形显示、分析与存储的功能，且至少满足以下要求：

- a) 信号显示：具有时基和距离显示两种方式，且可实现波形局部放大。
- b) 信号激励：激励信号的频率、幅值、周期数、重复频率可调。超声导波的激励和传播参见附录 A。
- c) 数据采集：数据采集频率不低于激励信号最高频率的 10 倍，应与信号激励具有同步功能。
- d) 信号存储：检测信号应能实时存储，以备后续处理和分析，且应具有绘制和存储距离-波幅曲线的功能。
- e) 信号分析：能够分析缺陷的位置和截面损失率当量，缺陷位置的最小分辨率应达 10mm，截面损失率的最小分辨率应达到 5%。

4.3 探头

4.3.1 根据管道的材料和规格选择探头，主要包括检测频率选择、探头入射角度选择以及超声导波选用模态。探头性能测试方法参见附录 B。

4.3.2 选用原则：

- a) 管道切割端面的反射信号上升沿和下降沿应陡峭、频散小、无杂波；
- b) 对比试块切槽反射波信号较高，且反射波高度满足灵敏度要求。

4.3.3 探头频率的选择：检测频率一般为 0.3MHz~1MHz。原则上优先选择 1MHz 的探头，对于外径大于 273mm、壁厚大于 30mm，且内、外壁腐蚀较严重的管道宜选择较低频率的探头。对于奥氏体材料管道宜选择较低频率的探头。

4.3.4 探头角度的选择：探头的入射角应根据模态、探头频率、被检管道壁厚等因素选择，所激励的超声导波应是单一模态。

4.3.5 探头晶片尺寸的选择：对于外径小于等于 89mm 的管道，应选择 8mm×12mm 的晶片；对于外径大于 89mm 的管道，应选择 20mm×20mm 的晶片。

4.3.6 探头声速轴线水平偏离角应不大于 2°。

4.3.7 相同型号的探头灵敏度误差应不大于±2dB。

4.3.8 检测时应应对探头接触面进行修磨（如图 1 所示）。探头接触面的曲率半径和被检测管道曲率半径的差值与检测管道曲率半径之比应小于 10%。探头接触面修磨后，探头入射点和折射角的变化应保证导波模态不发生变化。对于外径大于 500mm 的管道，检测时可不修磨探头接触面。

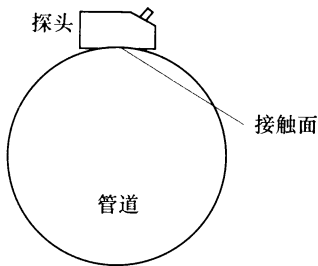


图 1 探头接触面的修磨

4.4 对比试块

4.4.1 材料

对比试块应使用与被检管道具有相同规格并具有相近表面状况和声学性能的管道。对比试块用管道上不应有影响检测的自然缺陷。

4.4.2 人工缺陷形状

检验轴向缺陷所用的人工缺陷应为平行于管轴的纵向槽口，其断面形状为矩形或 V 形，如图 2、图 3 所示。

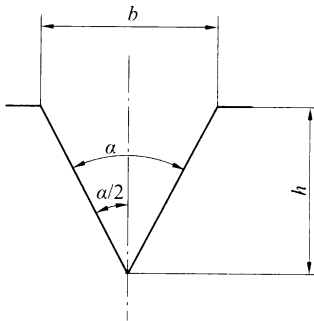


图 2 V 形槽口人工缺陷

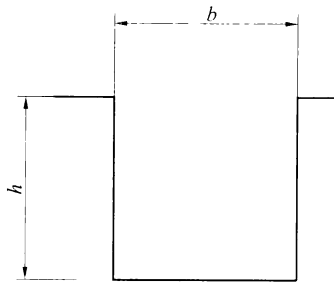


图 3 矩形槽口人工缺陷

当采用电蚀法加工时，允许槽口底面和底面角部略呈圆形。V 形槽的夹角应为 60°。人工缺陷尺寸见表 1。

表 1 人 工 缺 陷 尺 寸

级别	人工缺陷深度 h			人工缺陷宽度 b	人工缺陷长度 l	
	h/t %	最小 mm	允许 公差		规定值 mm	允许偏差 mm
C5	5	0.2	±15%	不大于深度的 2 倍，最大 1.5mm	40	±2.0
C8	8	0.4	±15%		40	±2.0
注 1：各级别的最大深度为 1.5mm，当管壁厚度大于 50mm 时经供需双方同意，最大深度可增加到 3.0mm。C5、C8 级别见 GB/T 5777 的规定。						
注 2： t 为管道壁厚。						

4.4.3 人工缺陷位置

在试块两端的内外表面各加工一个 V 形槽或矩形槽，如图 4 所示。

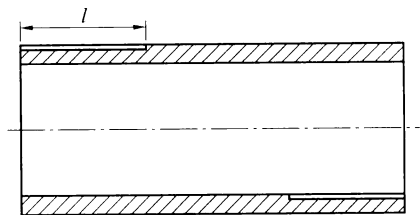


图4 人工缺陷加工位置

4.4.4 检测设备的维护和校准

应对检测设备进行周期性维护和检查，以保证检测设备功能正常。检测前，选择相应规格的对比试块对检测仪器进行校准，若检测结果与已知试件缺陷分布相符，则表明仪器正常。检测过程中，如对检测结果怀疑，应重新对检测设备进行校准，并对每次校准结果进行记录。

4.5 耦合剂

可采用机油、变压器油等作耦合剂。

5 检测工艺

5.1 通用检测工艺

通用检测工艺规程，其内容应至少包括如下要素：

- a) 适用范围；
- b) 引用标准、法规；
- c) 检测人员资格；
- d) 检测设备：耦合剂、探头、探头夹具、信号线、前置放大器、电缆线、仪器主机、检测数据采集和分析软件等；
- e) 被检部件信息：规格、材质、设计与运行参数；
- f) 检测覆盖范围；
- g) 被检部件表面状态；
- h) 检测时机；
- i) 灵敏度测量、距离-波幅曲线绘制；
- j) 检测过程 and 数据分析解释；
- k) 检测结果的评定；
- l) 检测记录、报告和资料存档；
- m) 编制、审核和批准人员；
- n) 编制日期。

5.2 检测方案或工艺卡

对于每个检测工程或每套被检设备，应按照通用检测工艺规程制定超声导波检测方案或检测工艺卡。

6 检测

6.1 检测前的准备

6.1.1 资料查阅

资料查阅应包括下列内容：

- a) 被检部件制造文件资料：产品合格证、质量证明文件、竣工图等；
- b) 被检部件运行记录资料：机组启停情况、运行参数、工作介质、载荷变化情况以及运行中出现的异常情况；
- c) 检验资料：历次检验与检测报告；

d) 其他资料：修理和改造的文件资料等。

6.1.2 表面处理

先将管道外表面耦合区 1.5 倍区域的油漆、氧化皮去除，如图 5 所示。

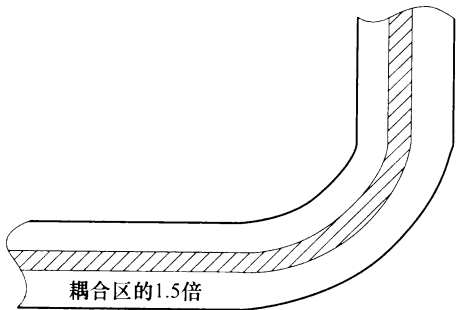


图 5 探头移动区

探头接触面应无液体或污垢等固体残留物以及可能影响检测的其他障碍物，可以保留 5mm 厚度以下的涂层、防腐层或保温层。

6.2 扫查方式

探头在管道上沿轴向移动，可不作周向移动。探头移动到达指定位置后，将探头翻转 180°向回移动到起始位置，即完成扫查，如图 6 所示。

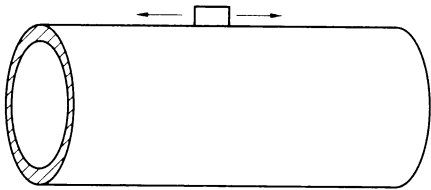


图 6 扫查方式

6.3 距离-波幅曲线的绘制

应根据被检部件的材料和规格，选用符合 4.4 规定的对比试块绘制距离-波幅曲线。该曲线族由评定线和判废线组成，判废线由人工缺陷反射波幅直接绘制而成，评定线为判废线高度的一半。评定线及其以下区域为 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 7 所示。

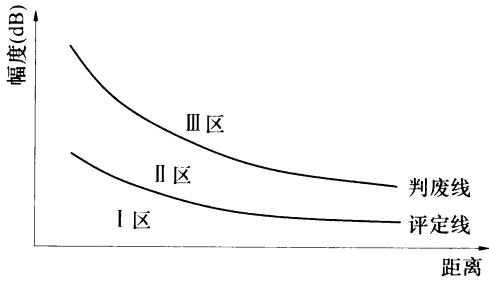


图 7 距离-波幅曲线示意图

6.4 检测仪器系统的调试

根据管道规格对应的频散曲线，选取频散较小或非频散区域对应的频率作为激励频率。

6.5 检测灵敏度

扫查灵敏度由判废线增益 12dB 进行检测。

6.6 缺陷识别

6.6.1 在扫查灵敏度下，对于屏幕上始波之后出现的明显高于正常杂波的反射波（排除油污、耦合剂等引起的干扰后）应视为缺陷指示信号。

6.6.2 探头沿管道周向前后移动，随之移动的反射波视为缺陷信号；或采用试块标定超声导波的声速确定缺陷的位置。

6.7 缺陷判定

6.7.1 以下缺陷不允许存在：

- a) 检验人员判定为危害缺陷；
- b) 反射波幅位于判废线及Ⅲ区信号的缺陷。

6.7.2 以下缺陷需进行记录：

- a) 反射波幅位于评定线及Ⅱ区信号的缺陷；
- b) 50mm 范围内出现 3 个以上的Ⅰ区反射信号。

7 安全要求

检测时应符合 DL 5009.1 的安全要求。

8 检测记录及报告

超声导波检测记录及报告（参见附录 C）应至少包括如下内容：

- a) 被检部件使用单位、编号；
- b) 规格、几何尺寸、工作环境及使用年限；
- c) 材料牌号、公称几何尺寸、涂层厚度、表面状态；
- d) 执行标准、参考标准；
- e) 检测仪器名称、型号、检测频率；
- f) 对比试块的材料、尺寸、缺陷的形状；
- g) 对比试块的距离-波幅曲线；
- h) 仪器检测状态参数的设置值；
- i) 被检部件及其缺陷位置示意图；
- j) 检测软件名称、检测设置文件名称及数据文件名称；
- k) 结论；
- l) 报告日期、检测人员、编制和审核人签字。

附录 A
(资料性附录)
超声导波的激励和传播

A.1 超声导波的激励

当超声波入射到各向同性的管道边界上，波源处的机械振动在管道中传播时，超声波在管壁的内外表面连续产生反射并且向前传播，波运动变为轴向运动和径向运动的合成，使得超声波被约束在管状的边界内而形成导波。管道的内外表面制约着超声波在管壁内的传播，导波激励和传播过程如图 A.1、图 A.2 所示。管道超声导波检测分为压电激励法和电磁（EMAT）激励法两种。

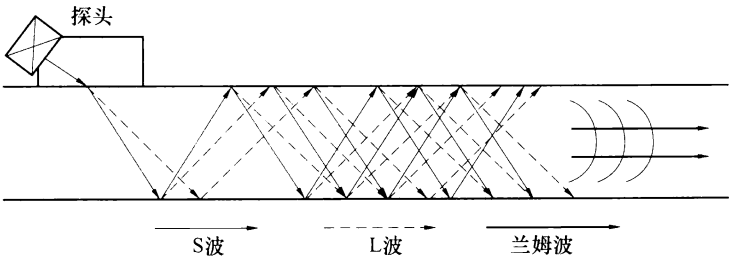


图 A.1 斜射激励

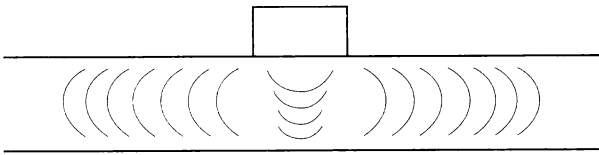


图 A.2 直射激励

A.2 管道中导波的传播方式

管道中传播的超声导波为沿管道环向传播的周向导波，如图 A.3 所示。

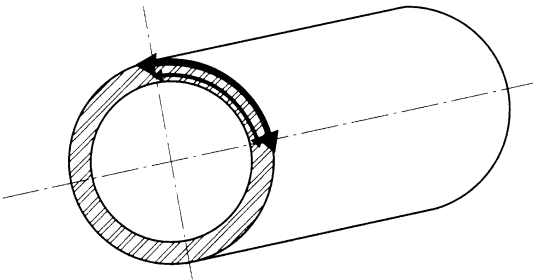


图 A.3 沿管道环向传播的周向导波

附 录 B
(资料性附录)
超声导波探头性能测试方法

B.1 距离-波幅特性曲线

采用图 2 所示试块，在管道外壁沿周长 12 等分，探头依次置于各个位置上，分别将其回波高度调至仪器满刻度的 80%，记下波幅（dB），然后以横坐标表示反射体到探头的距离，纵坐标表示回波高度做出如图 B.1 所示的特性曲线。

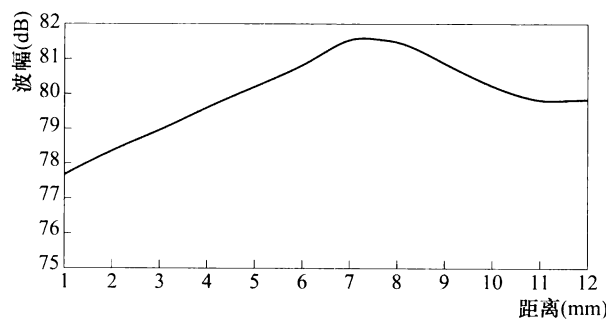


图 B.1 超声导波探头距离-波幅特性曲线

B.2 灵敏度

将探头置于图 2 所示的试块上，测定最大声程处 V 形槽的反射回波高度，当 V 形槽反射回波高度达到满刻度的 80% 时，记下波幅（dB）。此回波高度与最大回波高度的差应在 (6 ± 2) dB 范围内。

B.3 超声导波声速的测量

将探头置于图 B.2 所示位置，利用两个 V 形槽的反射回波来测定声速，如图 B.3 所示，反射波 B1 至 B2 距离按管道外壁周长的一半计算。

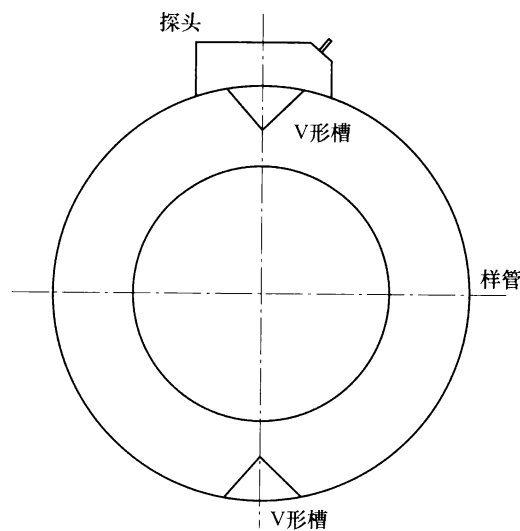


图 B.2 声速测定示意图

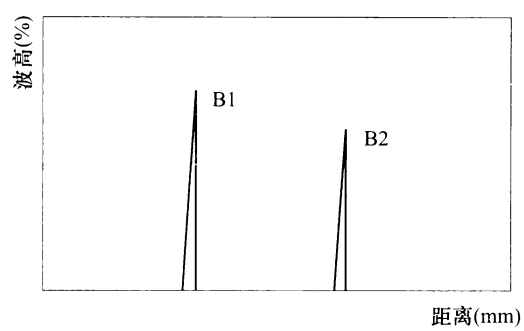


图 B.3 两个 V 形槽的反射回波

附 录 C
(资料性附录)
超声导波检测报告示例
超 声 导 波 检 测 报 告

报告编号:

委托单位		执行标准		
部件名称		部件规格		
部件材质		表面状况		
内部介质				
仪器名称型号		仪器编号		
仪器参数设置				
检测频率		检测灵敏度		
探头规格				
校准试块		校准试块材料		
距离-波幅曲线:				
检测结果示意图:				
编号	信号位置 m	信号幅值	信号分级	检测信号图形
结论				
检测人员:		检测日期:		
编制: 年 月 日		审核: 年 月 日		

中 华 人 民 共 和 国
电 力 行 业 标 准
火力发电厂管道超声导波检测
DL/T 1452 — 2015

*

中国电力出版社出版、发行
(北京市东城区北京站西街19号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

北京博图彩色印刷有限公司印刷

*

2015年12月第一版 2015年12月北京第一次印刷
880毫米×1230毫米 16开本 0.75印张 22千字
印数 0001—3000册

*

统一书号 155123·2667 定价 9.00元

敬告读者

本书封底贴有防伪标签，刮开涂层可查询真伪
本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换

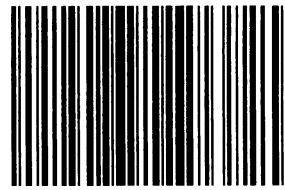
版 权 专 有 翻 印 必 究



中国电力出版社官方微信



掌上电力书屋



155123.2667