

ICS 19.100

CCS H 26

团 体 标 准

T/CSEE 0335—2022

电站密集管排小径管超声表面波检测 技术导则

**Technical guidelines for ultrasonic surface wave testing of
small diameter and dense tubes in power station**



2022-12-05 发布

2023-03-01 实施

中国电机工程学会 发布

团 体 标 准
电站密集管排小径管超声表面波检测
技术导则

T/CSEE 0335—2022

*

中国电力出版社出版、印刷、发行

(北京市东城区北京站西街19号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

*

2023年5月第一版 2023年5月北京第一次印刷
880毫米×1230毫米 16开本 0.75印张 22千字

*

统一书号 155198·4785 定价 19.00元

版 权 专 有 侵 权 必 究

本书如有印装质量问题，我社营销中心负责退换



中国电机工程学会官方微信



155198.4785

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
4.1 检测人员	2
4.2 检测设备和器材	2
5 检测方法	5
5.1 检测准备	5
5.2 超声检测仪、探头及系统复核	5
5.3 水平线性校准	5
5.4 距离-波幅曲线的绘制	5
5.5 探头位置和扫查方式	5
6 缺陷评定	6
6.1 缺陷判别	6
6.2 缺陷定量	6
6.3 缺陷记录	6
7 检测报告	6

前 言

本文件按照《中国电机工程学会标准管理办法（暂行）》的要求，依据 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。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国电机工程学会提出。

本文件由中国电机工程学会金属材料专业委员会技术归口并解释。

本文件起草单位：西安热工研究院有限公司、国网辽宁省电力有限公司电力科学研究院、大唐锅炉压力容器检验中心有限公司、国家电投集团江西电力有限公司景德镇发电厂、东方电气集团东方锅炉股份有限公司、西安热工院锅炉压力容器检验检测研究所有限公司。

本文件主要起草人：殷尊、张红军、孟永乐、侯召堂、吕一楠、蔡晖、王鹏、肖少阳、倪满生、程鸿、吴涛、谭云华、高磊、高延忠、李佼佼、孙璞杰、林琳、朱婷、吕游、张福祥。

本文件为首次发布。

本文件在执行过程中的意见或建议反馈至中国电机工程学会标准执行办公室（地址：北京市西城区白广路二条 1 号，100761，网址：<http://www.csee.org.cn>，邮箱：cseebz@csee.org.cn）。

电站密集管排小径管超声表面波检测 技术导则

1 范围

本文件规定了电站密集管排小径管外表面缺陷的超声表面波检测方法和缺陷评定原则。
本文件适用于外径大于或等于 45 mm、小于或等于 89 mm 的电站密集管排小径管。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；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 11259 无损检测 超声检测用钢参考试块的制作和控制方法

GB/T 12604.1 无损检测 术语 超声检测

GB/T 27664.1 无损检测 超声检测设备的性能与检验 第 1 部分：仪器

GB/T 27664.2 无损检测 超声检测设备的性能与检验 第 2 部分：探头

JB/T 8428 无损检测 超声试块通用规范

JB/T 9214 无损检测 A 型脉冲反射式超声检测系统工作性能测试方法

NB/T 47013.3—2015 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 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

密集管排 dense tubes

电站锅炉省煤器（非翅片管）、过热器和再热器管屏等结构紧凑、排布密集、节距小的管排的统称。

3.2

周向缺陷 circumferential flaw

方向与小径管轴向的夹角大于或等于 30°时的缺陷。

3.3

纵向缺陷 longitudinal flaw

方向与小径管轴向的夹角小于 30°时的缺陷。

3.4

周向检测 circumferential test

探头产生的表面波传播方向垂直于管子轴向的检测，表面波探头周向检测电站密集管排小径管纵向缺陷示意图如图 1 所示。

3.5

纵向检测 longitudinal test

探头产生的表面波传播方向平行于管子轴向的检测，表面波探头纵向检测电站密集管排小径管周向缺陷示意图如图 2 所示。

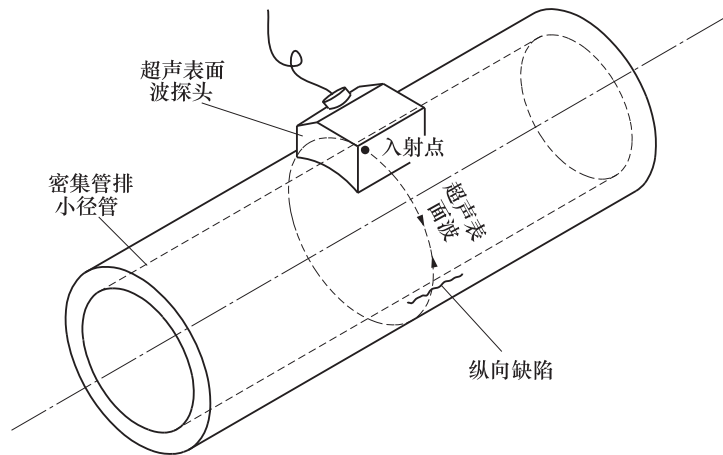


图 1 表面波探头周向检测电站密集管排小径管纵向缺陷示意图

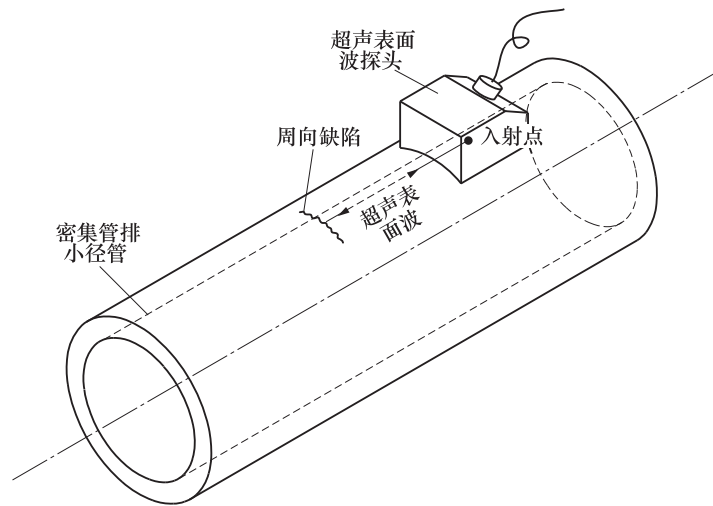


图 2 表面波探头纵向检测电站密集管排小径管周向缺陷示意图

4 一般要求

4.1 检测人员

4.1.1 按本文件从事检测的人员应取得超声检测 II 级及以上资格证书，检测报告应由具有 II 级及以上的超声检测人员签发。

4.1.2 检测人员应熟悉本文件的各项规定，并按照本文件的规定进行检测。

4.2 检测设备和器材

4.2.1 超声检测仪

采用具有 A 型脉冲反射式超声检测功能的仪器，其工作频率按照 -3 dB 测量应至少包括 $0.5\text{ MHz}\sim 10\text{ MHz}$ 频率范围，超声仪器各性能的测试条件和指标应满足 NB/T 47013.3—2015 中附录 A 的要求，并提供证明文件，测试方法符合 GB/T 27664.1 和 JB/T 9214 的规定。

4.2.2 探头

4.2.2.1 本文件根据管子规格制作曲面透声楔表面波探头。

4.2.2.2 探头性能按照 GB/T 27664.2 的规定进行测定。

4.2.2.3 探头选择应满足下列要求：

- a) 频率为 2.5 MHz~5.0 MHz，晶片形状为矩形，晶片尺寸应为 6 mm×6 mm，晶片面积不宜大于 40 mm²，晶片在有机玻璃透声楔中声束入射角为 61°~65°，其他透声材料按表面波产生原则制作。
- b) 周向检测时，曲面顶点位于探头晶片入射声束中心线上，如图 3 所示，确保检测具有足够的灵敏度余量。探头激发的表面波沿管子外壁圆周方向，且垂直于管子轴向，探头透声楔耦合接触面为圆柱面，圆柱面的半径与被检管子外壁的曲率半径 r 相吻合，探头与管子接触部位的边缘间隙不应大于 0.5 mm。

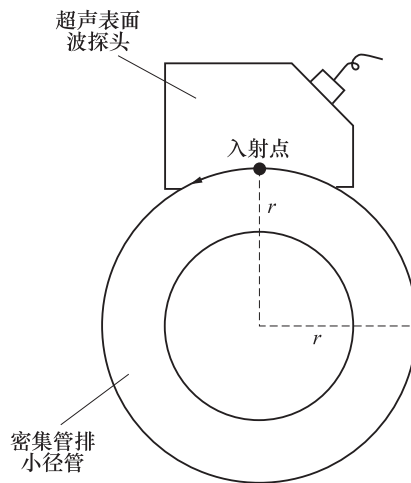


图 3 周向检测时曲面透声楔的尺寸示意图

- c) 纵向检测时，曲面顶点位于探头晶片入射声束中心线上，如图 4 所示，确保检测具有足够的灵敏度余量。探头激发的表面波平行于管子轴向，探头透声楔耦合接触面为圆柱面，圆柱面的半径与被检管子外表面的曲率半径 r 相吻合，探头与管子接触部位的边缘间隙不应大于 0.5 mm。

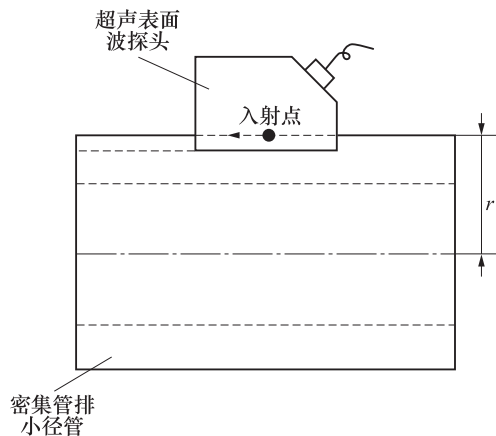


图 4 纵向检测时曲面透声楔的尺寸示意图

4.2.3 超声检测仪和探头组合系统性能

4.2.3.1 水平线性偏差不大于 1%，垂直线性偏差不大于 5%。

4.2.3.2 灵敏度余量：在达到所检小径管的界定最大检测声程时，其有效灵敏度余量不应小于 10 dB，周向检测时的最大声程为 3/4 管子周长，纵向检测时的最大声程为 200 mm。

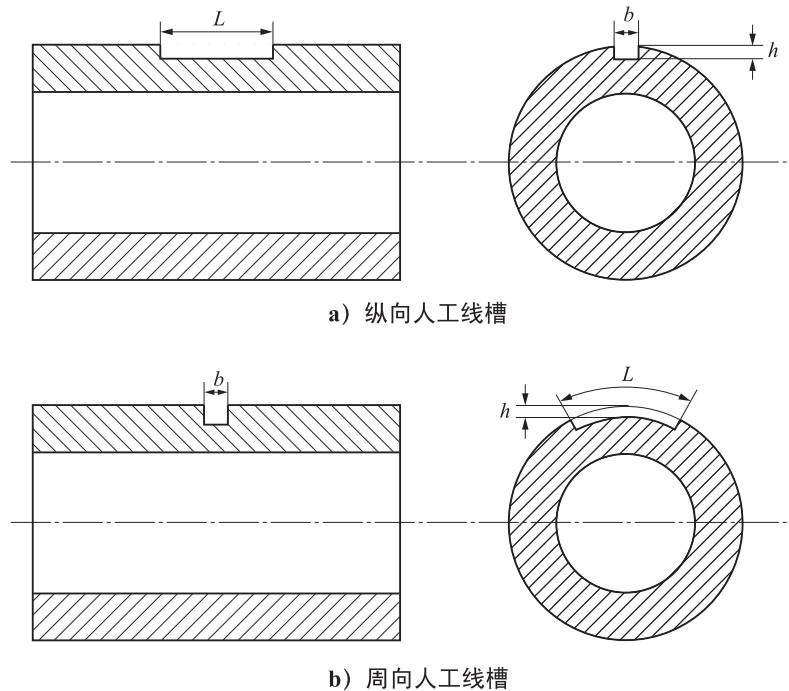
4.2.3.3 检测仪和探头的组合频率与探头标称频率之间偏差不应超过 $\pm 10\%$ 。

4.2.4 对比试块

4.2.4.1 对比试块应与被检小径管有相同的规格、表面粗糙度、热处理状态，且具有相同的材质或相似的声学性能，宜从符合上述条件的被检小径管上制取。

4.2.4.2 对比试块的制作要求应符合 GB/T 11259 和 JB/T 8428 的规定。

4.2.4.3 对比试块采用表面开口深度为 0.2 mm 的纵向/周向人工线槽为标准反射体，人工线槽横截面形状为矩形，纵向/周向人工线槽长度为 5 mm，槽宽不超过 0.2 mm，人工线槽为等深槽。纵向/周向人工线槽示意图如图 5 所示。



说明：

h ——槽深；

L ——槽长；

b ——槽宽。

图 5 纵向/周向人工线槽示意图

4.2.5 耦合剂

耦合剂应具有良好的透声性能、润湿性能和垂直壁体保持性，且对被检工件和检测操作人员无损害，可选择凡士林、黄油或专用耦合剂等。实际检测工作中采用的耦合剂应与检测系统设置、校准所用耦合剂相同。

5 检测方法

5.1 检测准备

5.1.1 检测前应查阅被检测电站密集管排小径管的相关资料，主要包括小径管的名称、规格、材质、热处理状态。

5.1.2 电站密集管排小径管检测区域为小径管外表面，检测前电站密集管排小径管应做好编号标识。

5.1.3 表面准备：检测前应对被检小径管表面进行目视检查，不应存在影响检测的异物，表面粗糙度 Ra 不大于 $25\ \mu\text{m}$ 。

5.2 超声检测仪、探头及系统复核

5.2.1 每次检测前，应进行灵敏度复核。若回波幅值下降 $2\ \text{dB}$ 或 20% ，则应对上一次复核以来所有检测区域进行复检；若幅值上升 $2\ \text{dB}$ 或 20% ，则应对所有记录信号重新评定。

5.2.2 每次检测结束前，应进行扫描时基线比例复核，如发现任意一点在扫描时基线上的偏移超过时基刻度度数 2% ，扫描比例应重新调整，前次校准后检测的所有区域应重新检测。

5.3 水平线性校准

5.3.1 利用小径管对比试块对检测仪进行水平线性校准，检测范围一般不大于 $200\ \text{mm}$ 。

5.3.2 针对周向检测的水平线性校准：表面波探头前端与纵向人工线槽反射体距离分别为 $1/4$ 管子周长、 $1/2$ 管子周长时，采用距离为 $1/4$ 管子周长纵向人工线槽反射回波和距离为 $1/2$ 管子周长纵向人工线槽反射回波进行水平线性校准。

5.3.3 针对纵向检测的水平线性校准：表面波探头前端与周向人工线槽反射体距离为 $100\ \text{mm}$ 、 $150\ \text{mm}$ 时，采用距离为 $100\ \text{mm}$ 的周向人工线槽反射回波和距离为 $150\ \text{mm}$ 的周向人工线槽反射回波进行水平线性校准。

5.4 距离-波幅曲线的绘制

5.4.1 通过小径管对比试块表面开口深度为 $0.2\ \text{mm}$ 的纵向/周向人工线槽反射体的实测数据来绘制距离-波幅曲线。

5.4.2 检测灵敏度相关内容如下：

- a) 周向检测灵敏度，按表面波探头前端与纵向人工线槽反射体距离为 $1/4$ 管子周长所得 80% 满屏反射波为第 1 点，然后将表面波探头前端分别置于 $1/2$ 管子周长、 $3/4$ 管子周长位置（即第 2、3 点），分别测得这两个位置的最大反射波幅值。将这 3 个位置的最大反射波幅值高点连成一平滑曲线，即为表面波水平距离-波幅（DAC）曲线，曲线示意图如图 6 所示。在检测范围内曲线任一点高度不低于显示屏满刻度的 20% 。
- b) 纵向检测灵敏度，按表面波探头前端与周向人工线槽反射体距离为 $100\ \text{mm}$ 所得 80% 满屏反射波为第 1 点，然后将表面波探头前端分别置于 $150\ \text{mm}$ 、 $200\ \text{mm}$ 位置（即第 2、3 点），分别测得这两个位置的最大反射波幅值。将这 3 个位置的最大反射波幅值高点连成一平滑曲线，即为表面波水平距离-波幅（DAC）曲线，如图 6 所示。在检测范围内曲线任一点高度不低于显示屏满刻度的 20% 。

5.4.3 扫查灵敏度按 $\text{DAC}+0\ \text{dB}$ 执行。

5.5 探头位置和扫查方式

5.5.1 将表面波探头放置在被检电站密集管排小径管上，使探头透声楔曲面与小径管耦合良好。

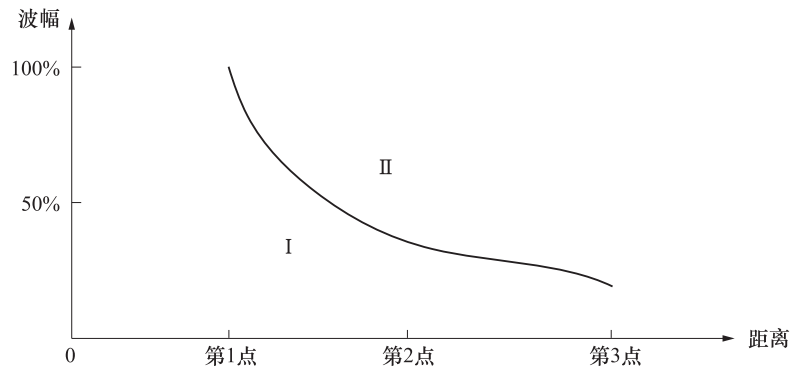


图6 利用表面开口深度为 0.2 mm 的纵向/周向人工线槽反射体绘制的距离-波幅曲线示意图

5.5.2 周向检测时，表面波探头产生表面波的传播方向与小径管轴向垂直。纵向检测时，表面波探头产生表面波的传播方向与小径管轴向平行。

5.5.3 周向检测时，首先表面波探头沿小径管一侧轴向移动扫查，然后表面波探头沿周向移动 180° 到小径管对侧，再进行轴向移动扫查。两次扫查应确保管子整个圆周区域均能被表面波有效声束覆盖，且注意扫查覆盖区应包括两次表面波探头周向检测时扫查路径所覆盖的部分。在另一侧扫查前，应去除对侧扫查所施加在工件表面的耦合剂，防止耦合剂导致表面波声能衰减和干扰误判。

5.5.4 纵向检测时，将表面波探头沿小径管周向移动扫查一周，并沿长度方向进行分段扫查，确保表面波声束能扫查到被检小径管的检测区域，注意扫查覆盖区应包括每次表面波探头纵向检测时扫查路径所覆盖的部分。在下次扫查前，应去除相邻扫查区域残留的耦合剂，防止耦合剂导致表面波声能衰减和干扰误判。

5.5.5 手动检测的探头扫查速度不宜超过 100 mm/s。

5.5.6 探头前端有效检测区域范围应满足校验后信噪比不低于 6 dB 的要求，若 200 mm 位置处校验无法满足此信噪比要求，可减小 DAC 校验范围，并减小相邻扫查间距，以确保整个被检区域均被满足信噪比要求的声束区域所覆盖。

6 缺陷评定

6.1 缺陷判别

除能确认反射波是由外表面锈蚀、杂质、油污、油漆等异物引起的表面波之外，其他达到或超过图 6 所示的距离-波幅曲线位于 II 区的反射波均应作为危害性缺陷处理；位于 I 区内且波幅高于 10% 满屏刻度的反射波应予以记录缺陷位置分布图和缺陷方向，同时辅以其他检测方法综合判别。

6.2 缺陷定量

危害性缺陷除记录缺陷位置分布图和缺陷方向外，还应记录缺陷指示长度。当缺陷反射波只有一个高点，且位于 II 区时，用 -6 dB 法测量其指示长度；当缺陷反射波峰值起伏变化，有多个高点，且均位于 II 区时，应以端点 -6 dB 法测量其指示长度。

6.3 缺陷记录

记录内容应包括缺陷位置分布图、缺陷方向、缺陷指示长度。

7 检测报告

应根据检测记录出具检测报告。检测报告应至少包括以下内容：

- a) 委托单位。
 - b) 依据标准。
 - c) 被检电站密集管排小径管的名称、编号、规格、材质、表面状态。
 - d) 检测工艺参数，包括检测部位、探头、对比试块、耦合剂、单次扫查范围、扫查灵敏度及扫查方式等。
 - e) 检测示意图。
 - f) 缺陷记录和评定。
 - g) 检测人员和审核人员。
 - h) 检测日期。
-