

ICS 27.100
F 23
备案号: 50094-2015

DL

中华人民共和国电力行业标准

DL/T 1451 — 2015

在役冷凝器非铁磁性管涡流 检测技术导则

Technical guide for in situ eddy-current testing of
nonferromagnetic condenser tubes

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 一般要求 1

4 对比试样 1

5 检测系统校准 3

6 检测 4

7 评定 5

8 检测报告 5

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。

本标准由电力行业电站金属材料标准化技术委员会归口。

本标准起草单位：爱德森（厦门）电子有限公司，国电科学技术研究院，山东电力科学研究院，上海市电力公司电力科学研究院，安徽省电力科学研究院。

本标准主要起草人：林俊明，胡先龙，肖世荣，季献武，张涛。

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）。

在役冷凝器非铁磁性管涡流检测技术导则

1 范围

本标准规定了在役冷凝器非铁磁性管涡流检测（使用内穿过式探头）的检测方法、检测系统、对比试样及检测结果评定方法。

本标准适用于在役冷凝器非铁磁性管的涡流检测。

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。

DL/T 675 电力工业无损检测人员资格考核规则

3 一般要求

3.1 无损检测人员

3.1.1 按本标准从事检测的人员，应按 DL/T 675 的规定进行考核，并取得资格证书，方可从事与该方法和该资格级别相应工作。

3.1.2 检测人员应熟悉本标准的各项规定，并按规定的检测方法实施检测。

3.1.3 从事检测的人员应遵守电力安全工作有关规定，检测条件符合安全作业条件及本标准的工艺要求方可进行检测。

3.2 前期准备工作

3.2.1 确定被检管的尺寸、材质和结构。

3.2.2 确定检测范围，如长度、管板区域、直线长度及弯曲度等。

3.2.3 确定设备校准检查的最大时间间隔。

3.3 检测系统

3.3.1 仪器

3.3.1.1 仪器的激励频率应与检测探头相匹配，并能够检测到该检测探头电磁反应的变化。

3.3.1.2 仪器应能提供电子信号的幅度或相位的相对定量信息方法，包括校准灵敏度、信号衰减控制、设置多个报警域、数模显示或多种方式组合的方法等。

3.3.1.3 仪器应具有两个或两个以上的独立可选、同时激励的频率，并具有混频功能。

3.3.1.4 仪器应具有阻抗平面显示功能。

3.3.2 检测探头

3.3.2.1 检测探头应能在管子内部感生出电流，并且感应到管子电磁特性的变化。

3.3.2.2 选择合适的检测探头直径，使其在管中的填充系数达到最佳，填充系数宜不小于 0.8。

3.3.2.3 差动式检测探头用于检测轴向突变短小缺陷，绝对式检测探头用于检测轴向上的缓变伤或管与管间距的缓慢变化。

4 对比试样

4.1 基本要求

4.1.1 对比试样在材质、规格和形状上应与冷凝器中的被检管一致。

4.1.2 对比试样中人工缺陷的形状和尺寸的选择，应能反映实际情况下涡流仪器能够检测到的可能会出现的所有缺陷类型。人工缺陷的尺寸不应解释为检测设备可以探测到的缺陷的最小尺寸。

4.1.3 人工缺陷的形状一般为通孔、平底孔和周向切槽，所有人工缺陷的轴向间隔及与管端的距离，应在检验条件下能清楚地分辨为准（距离端头宜为 200mm，相互间隔宜为 100mm~300mm）。

4.1.4 人工缺陷中平底孔中心或刻槽的深度，其误差不超过规定深度的 $\pm 20\%$ 或 $\pm 0.08\text{mm}$ ，取两者中的较小值。其他所有人工缺陷的加工尺寸误差都应小于 $\pm 0.25\text{mm}$ 。

4.1.5 人工缺陷中应至少有三个规格渐增的类似缺陷用于建立标定曲线。

4.1.6 当加工硬化影响材料的磁导率时，应采用电火花或研磨等技术来制作人工缺陷。

4.1.7 对在支撑板区域经常会出现一些特定类型的缺陷，应提供一个模拟支撑板。采用与被检冷凝器管的支撑板材质相同的圆环（通常为普通碳钢）来模拟该支撑板，圆环的厚度（即当圆环套在管子上时与管子纵向轴方向平行的尺寸）应与实际支撑板的标称厚度一致，圆环的内径应与支撑板孔的标称内径相同，而圆环的最小外径应等于圆环内径加上 2 倍的圆环厚度。

4.2 校准检测系统的对比试样

采用如图 1 所示的对比试样校准检测系统，对比试样上人工缺陷的位置和尺寸如下：

- A 是 1 个贯穿管壁的通孔，对外径小于等于 20mm 的管子，孔径为 1.3mm；对外径大于 20mm 的管子，孔径为 1.7mm。
- B 是 4 个平底孔，孔径为 4.8mm，环绕管子的圆周并在同一横截面上成 90° 分布，从外壁面钻入，深度为壁厚的 20%。
- C 是 1 个 360° 的周向切槽，槽宽为 3.2mm，深度为壁厚的 20%，从管子的外壁面切入（供绝对式探头校正用，可选用）。
- D 是 1 个 360° 的周向切槽，槽宽为 1.6mm，深度为壁厚的 10%，从管子的内壁面切入（供绝对式探头校正用，可选用）。

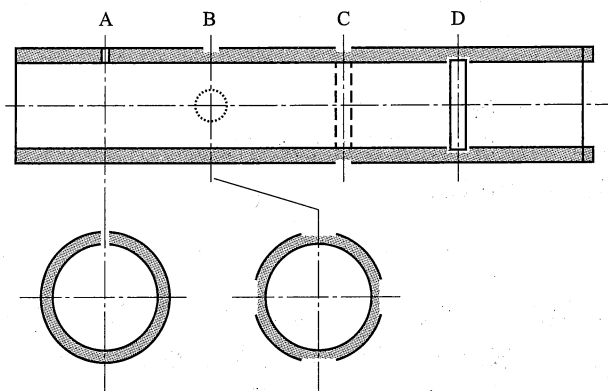


图 1 校准检测系统的对比试样

4.3 缺陷深度标定曲线的对比试样

采用图 2 所示的对比试样测试并建立缺陷深度与信号相位的关系标定曲线，对比试样上人工缺陷的位置和尺寸如下：

- A 是 1 个穿透壁厚的孔，管子外径小于等于 20.0mm，孔径为 1.3mm；管子外径大于 20.0mm，孔径为 1.7mm。
- B 是 1 个外壁面平底孔，孔径为 2.0mm，深度为壁厚的 80%。
- C 是 1 个外壁面平底孔，孔径为 2.8mm，深度为壁厚的 60%。
- D 是 1 个外壁面平底孔，孔径为 4.8mm，深度为壁厚的 40%。
- E 是 4 个外壁面平底孔，孔径为 4.8mm，环绕管子的圆周并在同一横截面上成 $90^\circ \pm 5^\circ$ 分

布，深度为壁厚的 20%，从外壁面钻入。

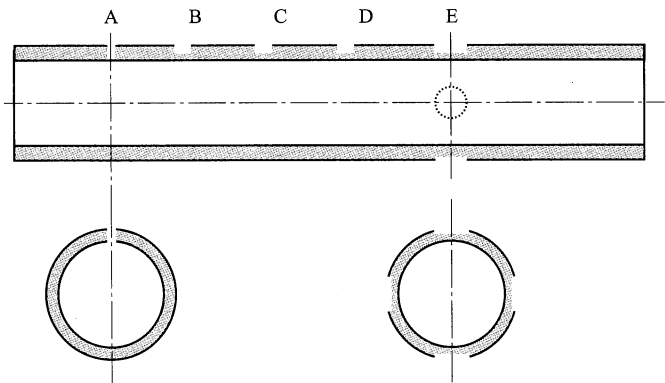


图 2 缺陷深度标定曲线的对比试样

5 检测系统校准

5.1 差动式检测系统校准

5.1.1 选定一个主检频率（一般为 10kHz~400kHz），使对比试样上的深度为 20%壁厚的 4 个平底孔的涡流信号的相位角，比穿透管壁的通孔的涡流信号的相位角沿顺时针方向相差 50°~120°（见图 3）。

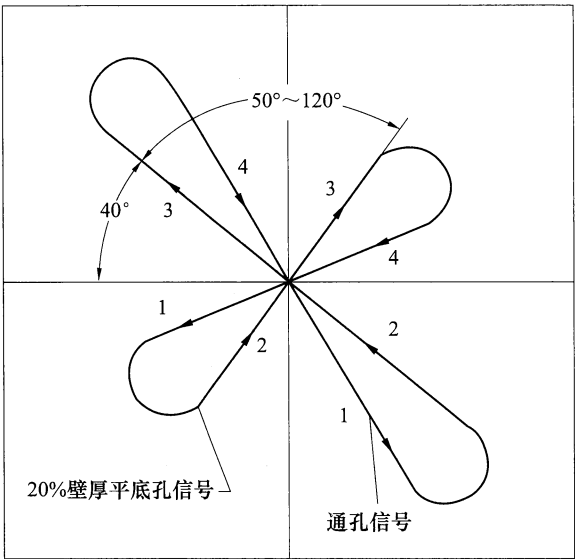


图 3 正确校准过的差动式检测系统所得到的典型信号响应

5.1.2 拉出探头时，深度为 20%壁厚的平底孔的涡流信号轨迹见图 3，1 朝下向左，2、3 朝上向右，4 向下回到原点。

5.1.3 调节仪器的相位，使通孔信号的相位角在 40° ± 5°，拉出探头时，信号轨迹如图 3 所示。

5.1.4 调节仪器的增益，使通孔信号幅值相当于水平满刻度的 40%左右，在此灵敏度下，应能清晰地分辨出每一个人工缺陷信号的相位和幅值。

5.2 绝对式检测系统校准

5.2.1 选定一个主检频率（一般为 10kHz~100kHz），使从原点到通孔信号顶点的连线和水平之间的相

位角约为 40° ，同时使从原点到来自 4 个平底孔（深度为壁厚的 20%）的信号顶点的连线与上述通孔信号相应连线间相位角为 $50^\circ \sim 120^\circ$ （见图 4），可在阻抗平面图上旋转 180° 观测。

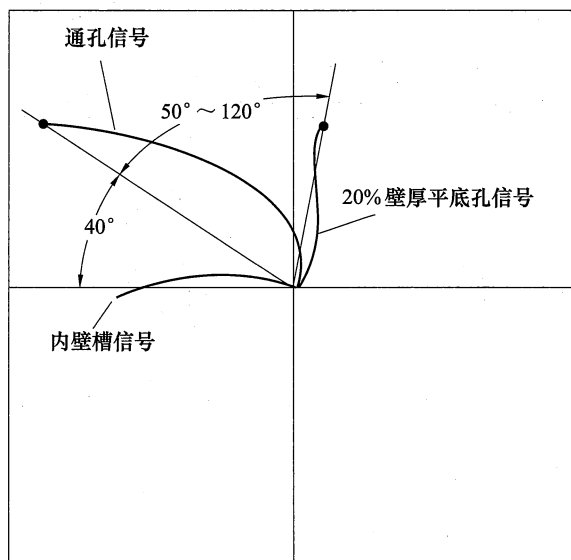


图 4 正确校准过的绝对式检测系统所得到的典型信号响应

5.2.2 将绝对式探头置于对比试样管无人工缺陷的部位，调节仪器使光点在平衡位置。

5.2.3 调节仪器的增益，使通孔信号的幅值相当于水平满刻度的 40% 左右。

5.2.4 调节仪器的相位，使内壁切槽的涡流信号的相位角位于与显示屏水平线成 $\pm 5^\circ$ 范围内。

6 检测

6.1 检测前应先对被检管进行清洗，以达到检测要求。

6.2 每次检验之前都应对检测系统进行校准，并按一定的时间间隔或者在系统运行不当时例行检查。当系统不正常运行而导致仪器灵敏度被破坏时，应按第 5 章对系统进行重新校准，并对上次检测结果进行复检。

6.3 根据检测灵敏度要求，采用相应的标准缺陷信号制定报警域。

6.4 探头送进、拉出可采用手动方式，也可采用机械传动方式，两者都应能识别探头在管子中的位置，并保持速度均匀。

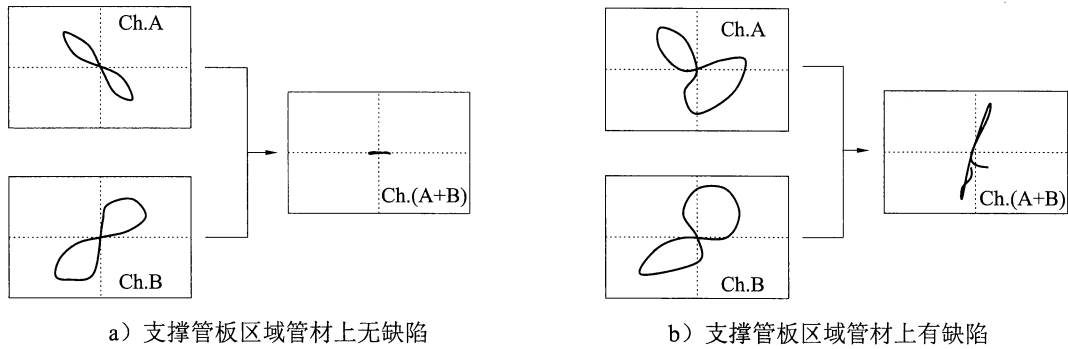
6.5 检验时探头最大拉出速度根据所用仪器和选择的参数而定，宜小于 20m/min。

6.6 对所有缺陷信号和可疑信号的数据均应记录。

6.7 在检测支撑板区域管子时，应采用混频方法滤除支撑板的干扰信号，混频方法如下：

- 设 f_1 为某一检测通道的工作主检频率， f_2 为另一检测通道的工作辅检频率，且 $f_2 = f_1/2$ 或 $f_2 = f_1/4$ 。
- 两个频率的激励信号同时作用于同一探头，然后从这一探头同时拾取两个频率的响应信号，分别注入各自的检测信号通道。
- 在标准样管的无缺陷位置外面套一个模拟支撑板的钢圆环，使内穿式探头扫查标准样管上的人工通孔和外面的钢环，在两个检测通道分别获得响应信号。
- 分别调节两个检测通道的增益和相位参数，使两个通道上的模拟支撑管板的钢环信号幅度相同，相位角相差一个确定的角度。
- 对两个通道的涡流响应信号进行混频处理，削弱了支撑管板干扰，得到人工通孔的涡流响应

信号，如图 5 所示。



注：Ch. A—通道 A；Ch. B—通道 B；Ch. (A+B)—混频 (A+B)。

图 5 涡流信号的混频处理示意图

7 评定

7.1 缺陷深度曲线标定

应基于图 2 所示的对比试样或其他经鉴定合格的对比试样，来建立信号相位与缺陷深度的关系标定曲线，如图 6 所示。

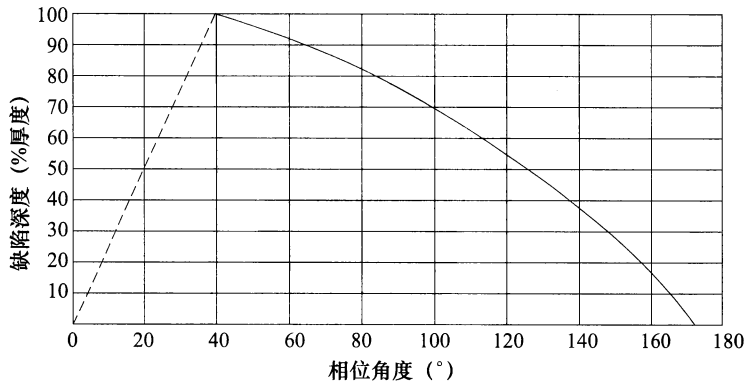


图 6 相位与缺陷深度的关系图

7.2 综合评定

7.2.1 根据缺陷响应信号的幅值和相位对检测结果进行综合评定。

7.2.2 质量验收等级的规定应按供需双方合同，或按有关产品标准要求。

7.2.3 未发现超过验收标准缺陷当量的管材为合格品。

7.2.4 发现超过验收标准缺陷当量的管材，可复探或应用其他检测方法加以验证，若仍发现有超过验收标准的缺陷，则该管材为涡流检测不合格品。

7.2.5 不合格的管材，可在缺陷部位进行清除或修补后重新检测，如满足 7.2.2 的要求可作为检测合格品，否则为检测不合格品。

8 检测报告

检测报告中应包含以下信息：

- a) 冷凝器的制造商、序列号、使用单位及其具体位置。
- b) 被检管：名称、编号、规格、材质、坡口型式、焊接方法和热处理状况。

- c) 检测设备：涡流检测仪型号及探头类型（差动、绝对）、型号和尺寸。
 - d) 检测规范：检测使用的参数（频率、速度），对比试样的牌号、规格和编号。
 - e) 被检管检测部位应在草图上予以标明，如有因检测方法或几何形状限制而检测不到的部位，也应加以说明。
 - f) 检测结果：质量分级、检测标准名称和验收等级。
 - g) 检测人员和责任人员签字及其技术资格说明。
 - h) 检测日期。
-

中 华 人 民 共 和 国
电 力 行 业 标 准
在役冷凝器非铁磁性管涡流
检 测 技 术 导 则
DL/T 1451—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>)
北京九天众诚印刷有限公司印刷

*

2015年10月第一版 2015年10月北京第一次印刷
880毫米×1230毫米 16开本 0.5印张 14千字
印数 0001—3000册

*

统一书号 155123·2668 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

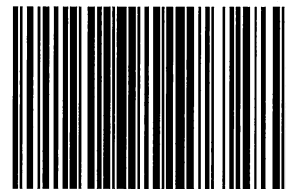
版 权 专 有 翻 印 必 究



中国电力出版社官方微信



掌上电力书屋



155123.2668