

77. 040. 20

H26

备案号：

DL

中华人民共和国电力行业标准

DL/T 1423-2015

在役发电机护环超声波检测技术导则

Technical guide of the ultrasonic testing for retaining ring of the service generators

2015-04-02 发布

2015-09-01 实施

国家能源局 发布

目 次

前言

1. 范围5

2. 规范性引用文件5

3. 一般要求5

4. 检测方法6

5. 缺陷评定7

6. 记录7

7. 报告8

附录 A(规范性附录)护环超声波检测对比试块9

附录 B（资料性附录）晶界回波测定护环声速方法10

前 言

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。

本标准主要起草单位：西安热工研究院有限公司。

本标准起草单位：国网河北省电力公司电力科学研究院、徐州电力试验中心、粤电沙角 C 电厂、华能武汉发电有限责任公司、山东瑞祥模具有限公司、常州超声电子有限公司、宁夏大坝发电有限责任公司。

本标准主要起草人：李建民 牛晓光 王维东 刘长福 李树军 徐少波 欧阳微 万骥 王雄华 刘锴 张红军 魏忠瑞 潘振新 李昌 夏福庆 孟永乐

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)

引 言

本标准是根据国家能源局《关于下达 2011 年第一批能源领域行业标准制（修）订计划的通知》（国能科技[2011]号文）的安排进行制订的。

护环是汽轮发电机的重要部件，其材料多采用整体合金锻钢（奥氏体无磁钢）。处于运行工况中的发电机护环，不仅承受旋转应力，同时存在着应力腐蚀及电烧伤等因素，易诱发裂纹类缺陷。

由于奥氏体无磁钢具有晶粒粗大的特点，超声波在其内部传播时，因晶界散射和吸收引起的衰减严重，使超声波检验变得困难。为保障机组的安全经济运行，在广泛征求有关专家意见的基础上制定了本标准。

本标准的附录 A 为规范性附录，附录 B 为资料性附录。

1. 范围

本标准规定了在役奥氏体发电机护环超声波检测工艺和评定方法。

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。凡是不注明日期的引用文件，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 超声波检测用钢参考试块的制作与检验方法

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

DL/T 675 电力工业无损检测人员资格考核规则

JB/T 8428 无损检测 超声检测用试块

JB/T 9214 A型脉冲反射式超声探伤系统工作性能测试方法

JB/T 10063 超声探伤用 I 号标准试块技术条件

JB/T 7030 300MW-600MW汽轮发电机无磁性护环锻件技术条件

3. 一般要求

3.1 检测人员

应按 DL/T 675 的规定进行培训考核，并取得资格证书。

3.1.1 检测人员应熟悉本标准各项规定，并按规定的检测方法实施检测。

3.1.2 从事检测的人员应遵守电力安全工作有关规定，检测条件应符合安全作业条件及本标准的工艺要求。

3.2 检测设备

3.2.1 超声波探伤仪

a) 采用校准有效期内的 A 型脉冲反射式超声波探伤仪。

b) 探伤仪的性能指标和测试方法应符合 GB/T 27664.1 的规定。

3.2.2 超声波探头

a) 宜使用小角度纵波双晶斜探头或横波斜探头。

b) 圆形晶片直径不大于 40mm，矩形晶片任一边长一般不大于 40mm，其性能指标和测试方法应符合 GB/T 27664.2 的规定。

3.2.3 探伤仪和探头组合系统性能

a) 探伤仪和探头组合系统性能按 JB/T 9214 的规定测试。

b) 灵敏度余量应不小于 42dB，在达到被检工件的最大声程时，其有效灵敏度余量应不小于 10dB。

c) 分辨率：小角度纵波双晶斜探头远场分辨率应不小于 30dB；横波斜探头远场分辨率应不小于 6dB。

d) 探伤仪与探头的组合频率与公称频率误差应小于 $\pm 10\%$ 。

3.3 探伤仪、探头及系统校准和复核

3.3.1 校验和复核应在对比试块上进行，影响仪器垂直线性的控制器（如抑制器或滤波开关等）均应处于关闭状态。

3.3.2 每次检测结束前，应对扫描时基线比例进行复核。如发现任意一点在扫描时基线上的偏移超过时基线刻度读数的 2% 时，扫描比例应重新调整，已经检测的试件应重新检测。

3.3.3 每次检测结束前,应对检测灵敏度进行复核。如幅度下降大于等于 2dB,则应对检测结果进行复检;如幅度上升大于等于 2dB,则应对所有的记录信号进行重新评定。

3.4 对比试块

对比试块用于超声波检测仪器校验、仪器时基线调整、确定检测灵敏度以及缺陷当量。

本标准规定采用 HH-I 型对比试块,见附录 A(规范性附录)。

3.5 耦合剂

耦合剂应且有良好的透声性能和润湿能力,且对工件、环境无害,易清除。

3.6 检测前的准备

3.6.1 检测前应查阅被检护环的相关资料,主要包括:

- a) 护环规格、材质及结构型式等;
- b) 护环历次检测资料。

3.6.2 声速测量

检测前应对护环声速进行测定,如无法准确测定护环声速,可根据晶界回波平均高度确定护环声速范围。

3.6.3 检测前应编制检测工艺卡

4. 检测方法

4.1 检测方法的选择

宜采用小角度纵波、横波两种检测方法。当一种检测方法无法作出正确判定时,可采用另一种方法进行验证。不限制其他有效检测方法的应用。

4.2 扫查方式

应对护环进行 100%的周向和轴向检测,扫查覆盖率应大于探头直径的 10%。探头移动速度应小于 150mm/s。

4.3 扫描比例调整

采用 HH-I 型对比试块,按深度调整扫描比例,用 $\Phi 1$ 横孔进行校验。

4.4 小角度纵波双晶斜探头检测法

4.4.1 小角度纵波双晶斜探头应根据受检护环的厚度选取探头交距 (Fmm), 探头其余参数见表1。

表 1: 小角度纵波双晶斜探头参数

护环声速 (m/s)	探头频率 (MHz)	晶片尺寸 (mm)	入射角 (α)	折射角范围 (β) _L
≤ 5650	1.25	20×20	13.5°	27° ~ 31°
> 5650	2.5	20×20	13.5°	27° ~ 31°

4.4.2 检测灵敏度

依据测定的护环纵波声速确定检测灵敏度。检测灵敏度可用 $\Phi 1$ 横孔调整,也可用护环最大厚度的端角反射波调整,调整方法见表 2。

表 2: 小角度纵波检测灵敏度的选择

护环声速 (m/s)	$\Phi 1$ 横孔 80%波高	护环端角反射波 80%波高
≤ 5650	增益 18dB	增益 6dB
> 5650	增益 12dB	增益 4dB

4.5 横波斜探头检测法

4.5.1 横波斜探头应参考被检护环的声速进行选择,见表3。

表 3：横波斜探头参数选择

护环声速 (m/s)	探头频率 (MHz)	晶片尺寸 (mm)	K 值
≤5650	1.25	20×20	0.8
>5650	2.5	20×20	0.8~1.0

4.5.3 检测灵敏度

依据测定的护环纵波声速确定横波检测灵敏度。检测灵敏度可用 $\phi 1$ 横孔调整，也可用护环最大厚度的端角反射波调整，调整方法见表 4。

表 4：横波灵敏度

护环声速 (m/s)	$\phi 1$ 横孔 80%波高时	护环端角反射波 80%波高时
≤5650	增益 12dB	增益 9dB
>5650	增益 6dB	增益 6dB

4.5.4 缺陷实际位置的确定

发现缺陷时，读出缺陷波的刻度值乘以被检护环声速值对应的修正系数，即为声波在护环中的实际声程。修正方法见表 5。

表 5 声速不同时扫描比例修正系数值

护环声速 (m/s)	5450	5500	5600	5650	5700
修正系数	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96

4.5.5 波型分析

- a) 等于壁厚声程的信号，一般为树枝或龟裂状应力腐蚀裂纹、电灼伤裂纹或压痕波反射波，应从对称侧核实并进行指示长度测定。
- b) 大于壁厚声程的信号，多为声波透射入护环绝缘材料产生的反射波。
- c) 小于护环壁厚声程的信号，多为齿槽结构反射波，系有规律、等间距出现的固有反射信号，亦或为护环内部的冶金缺陷、粗大晶粒等异常反射信号。

5. 缺陷评定

5.1 护环内表面不允许存在裂纹。

5.2 当缺陷反射波高与晶界回波高度关系如表6且指示长度大于等于10mm，应作波型分析，并在排除异常反射、透入波等反射信号后，可判为裂纹。

表 6 缺陷评定

护环声速 (m/s)	缺陷反射波相对于晶界波 (dB)	裂纹当量 (mm)
≤5650	≥10	≥1
>5650	≥18	≥1

6. 记录

每次检测应详细记录检测结果。记录内容至少应包括下列信息：

- A) 使用单位；
- b) 受检部件：名称、编号、材质、规格等；
- c) 检测设备：探伤仪、探头、试块；
- d) 采用工艺参数：执行标准、表面状况和检测方法、检测灵敏度等；
- e) 缺陷的详细参数：缺陷的大小，位置及分布示意图；
- f) 检测人员的签名及日期；

7. 检测报告

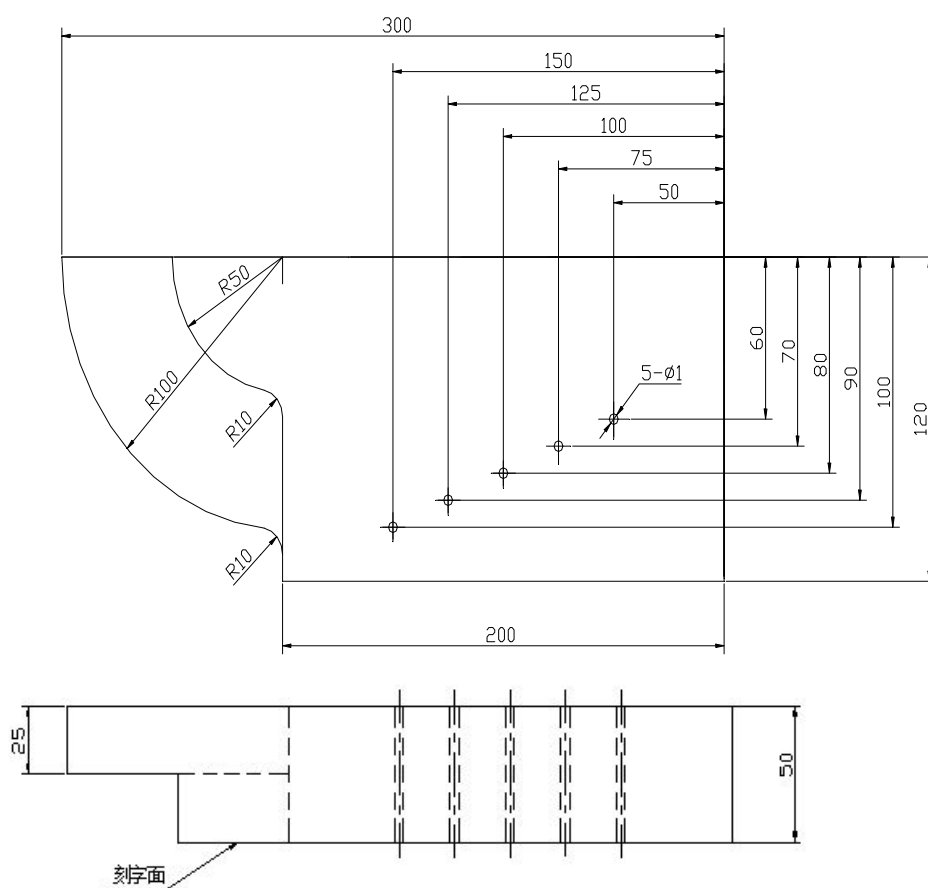
检测报告应包括如下内容：

- a) 依据的标准；
- b) 使用单位名称、机组号、发电机额定功率、制造厂、运行时间；
- c) 护环规格和材料，声速范围；
- d) 超声波探伤仪型号和编号、探头规格；
- e) 检测灵敏度和检测范围；
- f) 缺陷状况和缺陷评定；
- g) 检测人员和检测日期。

附录 A (规范性附录)

发电机护环对比试块

A.1 用于发电机护环检测的HH- I 试块, 其形状和尺寸如图A所示。



A.2 技术要求

- 1) 试块材料为 20 号优质碳素结构钢，内部应无缺陷；
- 2) 试块外形垂直度、平行度不大于 0.05mm，探测面粗糙度 $Ra \leq 1.6\mu m$ ，其余面粗糙度 $Ra \leq 3.2\mu m$ ；
- 3) 试块尺寸及横通孔位置尺寸公差 $\pm 0.05mm$ ；
- 4) 对比试块的其它制作要求应符合 JB/T 8428 的规定。
- 5) 试块经计量部门检定合格；
- 6) 试块声速范围为 $5930m/s \sim 5950m/s$ 。

附录 B（资料性附录）
晶界回波测定护环声速方法

1 小角度纵波双晶斜探头测定晶界回波高度方法

采用声交距（Fmm）与受检护环厚度相近的附录B中所述小角度纵波双晶斜探头，用下述（a）、（b）中任一种方法调整检测系统灵敏度，测定晶界回波平均高度。

- a) 用HH-1试块，将与受检护环厚度相应深度的Φ1横孔反射波调整为80%波高时增益18dB；
- b) 将探头轴向对准护环心环侧，找出护环最大厚度的端角反射波，将端角反射波调整至满屏80%波高时增益6dB。

用调整好灵敏度的检测系统测定护环晶界回波平均高度，晶界回波平均高度与护环声速的对应关系见表1

2 横波斜探头测定晶界回波平均高度方法

采用标称1.25P20×20K0.7横波斜探头，用下述c)、d)中任一种方法调整检测系统灵敏度，测定晶界回波平均高度。

- c) 用HH-1试块，将与被探护环厚度相应深度的Φ1横孔调整为80%波高，增益12dB；
- d) 将探头轴向对准护环心环侧，找出护环最大厚度的端角反射波，将端角回波调整至满屏80%高度时增益6dB。

用调整好灵敏度的检测系统测定护环晶界回波平均高度，晶界回波平均高度与护环声速的对应关系见表1

表 1：晶界回波平均高度与护环纵波声速的对应关系

晶界回波平均高度 (%)	对应纵波 (m/s)
25~11	≤5650
10-0	>5650