

ICS 77.140.85

J 32

备案号: 19336—2007

# JB

## 中华人民共和国机械行业标准

JB/T 4010—2006

代替 JB/T 4010—1985

### 汽轮发电机钢质护环超声波探伤

Ultrasonic examination standard for the steel retaining rings  
of turbine — Generator



2006-11-27 发布

2007-05-01 实施

中华人民共和国国家发展和改革委员会 发布

# 目 次

前言 .....	III
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	1
4 检测人员 .....	1
5 一般要求 .....	1
6 设备 .....	1
7 耦合剂 .....	2
8 横波探伤 .....	2
8.1 校准基准 .....	2
8.2 接触法的仪器校准 .....	2
8.3 液浸法的仪器校准 .....	2
8.4 扫查 .....	3
8.5 记录 .....	3
9 纵波探伤 .....	3
9.1 径向探伤用参考试块 .....	3
9.2 校准 .....	3
9.3 扫查 .....	4
9.4 记录 .....	4
10 报告 .....	4
11 验收 .....	4
11.1 一类护环 .....	4
11.2 二类护环 .....	5
11.3 三类护环 .....	5
附录 A (规范性附录) 参考试块技术要求 .....	6
附录 B (资料性附录) 验收条款的选用原则 .....	7
图 A.1 参考试块外形尺寸和公差图 .....	6

## 前 言

本标准代替 JB/T 4010—1985 《汽轮发电机用钢质护环超声探伤方法》。

本标准与 JB/T 4010—1985 相比，主要变化如下：

- 修改了标准名称；
- 扩大了适用范围；
- 增加了护环锻件的液浸法超声波探伤方法；
- 增加了护环锻件的超声波探伤验收条款；
- 修改了参考试块的技术要求及仪器的调节方法；
- 增加了规范性附录“参考试块技术要求”（见附录 A）；
- 增加了资料性附录“验收条款的选用原则”（见附录 B）。

本标准的附录 A 为规范性附录，附录 B 为资料性附录。

本标准由中国机械工业联合会提出。

本标准由机械工业大型铸锻件标准化技术委员会归口。

本标准起草单位：中国第二重型机械集团公司。

本标准主要起草人：赵晓辉、范吕慧、王世云。

本标准所代替标准的历次版本发布情况：

- JB/T 4010—1985。

# 汽轮发电机钢质护环超声波探伤

## 1 范围

本标准适用于壁厚 25mm~120mm, 内径与壁厚之比大于或等于 5:1 的汽轮发电机钢质护环的超声波纵波和横波探伤。

本标准包含超声波探伤的接触法和液浸法, 同时也不限制采用本标准规定之外的其他更好的方法对护环进行超声波探伤。

本标准还给出护环超声波探伤的常用验收条款。

## 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, 其最新版本适用于本标准。

GB/T 12604.1 无损检测术语 超声检测 (GB/T 12604.1—2005, ISO 5577: 2000, IDT)

JB/T 10061 A 型脉冲反射式超声波探伤仪 通用技术条件

JB/T 10062 超声探伤用探头性能测试方法

## 3 术语和定义

GB/T 12604.1 中确立的术语和定义适用于本标准。

## 4 检测人员

从事护环锻件检测的人员, 应持有国家相关部门颁发的相应资格证书, 并能正确理解和使用本标准。

## 5 一般要求

5.1 除供需双方另有规定外, 最终超声波探伤应在可能产生缺陷的工序, 如冷扩孔、性能热处理等之后的粗加工状态下进行。

5.2 要进行超声波探伤的护环锻件, 其内外表面及两端面应为机加面, 表面粗糙度  $R_a$  不大于  $3.2\mu\text{m}$ , 且表面不应有影响探伤的异物。

5.3 除特殊规定外, 应对护环进行横波周向探伤、横波轴向探伤和纵波径向探伤。若规定从两端面进行纵波探伤, 则供需双方应商定验收条款。

5.4 护环既可在静止状态下, 也可在旋转状态下进行检测。制造厂可以任选一种方法, 但在旋转状态下检出的缺陷, 应在静止状态下进行复验。

5.5 应尽可能使探头声束扫查到护环整个体积。探头每次扫查的重叠宽度应不小于探头晶片尺寸的 15%; 采用液浸法时, 应利用探头移动调节装置进行调整, 保证探头扫查有足够的重叠。

5.6 手工检测时, 探头移动速度不应大于 150mm/s。

5.7 为便于发现缺陷, 可适当提高灵敏度进行扫查。但缺陷的判定应在规定灵敏度下进行。

## 6 设备

6.1 应采用 A 型脉冲反射式超声波探伤仪或其他能满足要求的设备。A 型脉冲反射式超声波探伤仪的工作频率范围为 1MHz~5MHz。探伤仪应具有 80dB 以上的连续可调衰减器, 步进级每档不大于 2dB,

## JB/T 4010—2006

其精度为在任意相邻的 12dB 内误差不大于  $\pm 1$ dB, 最大累计误差不超过 1dB。水平线性误差不大于 1%, 在荧光屏满刻度的 80% 范围内垂直线性误差不大于 5%。探伤仪的其他性能应符合 JB/T 10061 的规定。探头性能应按 JB/T 10062 的规定进行测定。

6.2 当采用液浸法时, 须配备能保证耦合良好的装置, 以便使探头与工件能有效地耦合。必要时还须配备能使工件或探头在扫查过程中能平稳转动的装置。

6.3 接触法纵波探伤应采用频率为 4MHz 或 5MHz、2MHz~2.5MHz 或 1MHz, 晶片直径为 20mm~30mm 的直探头; 接触法横波探伤应采用  $K=1$  (折射角  $45^\circ$ ), 2MHz~2.5MHz 或 1.0MHz 斜探头 (除非材料衰减, 必须采用 1MHz 的探头之外, 原则上应采用 2MHz~2.5MHz 的探头)。为改善耦合条件, 可以使用磨成与护环探测面相吻合的有机玻璃接触块。

6.4 液浸法探伤应采用频率为 4MHz 或 5MHz, 2MHz~2.5MHz 或 1MHz, 晶片直径 20mm~30mm, 且适合作液浸探伤的探头。探头夹持和操作装置应能调节探头的角度, 以达到发现内部缺陷的最佳灵敏度。操作器移动和横向递进的误差或间隙不应过大, 以免影响检测灵敏度。可使用能修正声束形状的准直器作为辅助设备。

6.5 探伤仪、探头的性能与组合性能应定期检定并应符合要求。

## 7 耦合剂

7.1 接触法探伤时, 通常采用机油、浆糊或其他性能相当的耦合剂。

7.2 液浸法探伤时, 应选用耦合性能良好的液体, 如水、油等。水作为耦合剂时, 应适当添加防锈剂、软化剂和润湿剂, 但应对工件无害。耦合剂在工作条件下应不起泡。

## 8 横波探伤

### 8.1 校准基准

8.1.1 在护环外圆表面刻一条轴向 V 形槽和一条周向 V 形槽, 用作横波周向扫查和轴向扫查的校准基准。V 形槽的夹角为  $60^\circ$ 、长度为 6 mm、深度为壁厚的 1% 或 0.5mm, 两者之中选较大值。去除刻槽附近的翻边后, 测定槽深。

8.1.2 刻槽位置应离护环或试块端部有足够的距离, 以避免侧壁干扰。且周向槽的回波能与外径端角的反射波清晰分辨。轴向槽与周向槽应有足够的距离, 其回波不得相互干扰。

8.1.3 先对护环进行整体扫查后, 选择材料均匀性具有代表性的部位作为刻槽位置。

8.1.4 对于必须在精加工后进行超声波探伤的护环, 可以采用与受检护环具有相同合金材料、相同壁厚、相同曲率的参考试块。试块宽度至少应为 100mm, 长度应满足三次全声程能探测到基准槽, 其表面粗糙度为  $R_a 3.2\mu\text{m}$  的要求。

### 8.2 接触法的仪器校准

8.2.1 使 2MHz~2.5MHz 或 1MHz 斜探头的声束对准轴向槽 (圆周方向扫查) 或周向槽 (轴向扫查), 移动探头, 找出槽的第一次和第二次最大反射信号。

8.2.2 调节扫描范围, 使刻槽的第一次和第二次回波按一定比例出现在荧光屏上。在扫描线上标明第一次和第二次回波的位置。

8.2.3 调节增益, 使第一次反射波幅为 80% 屏高。标出该回波全波高和半波高的位置。从相反方向校核刻槽; 如果发现幅度差  $> 2$ dB, 则需重新刻槽。

8.2.4 保持灵敏度不变, 定出刻槽第二次反射波全波高和半波高的位置。分别画出刻槽第一次和第二次反射波的全波高连线和半波高连线。这两条线被称为波高参考线和半波高参考线。

### 8.3 液浸法的仪器校准

#### 8.3.1 周向

8.3.1.1 将探头对准护环外圆表面, 使之得到合适的水声程, 调节扫描延迟和扫描范围, 以便在示波

屏上至少能看到护环的两次斜声程。将探头对准轴向校准槽，调节探头角度和水平位置，使校准槽的回波信号最大。从相反方向校核校准槽，如果发现在幅度上有明显差别，则需重新刻槽。

8.3.1.2 调节增益，使第一次反射波幅为 80% 屏高。标出该回波波高和半波高的位置。

8.3.1.3 保持灵敏度不变，定出刻槽第二次反射波波高和半波高的位置。分别画出刻槽第一次和第二次反射波的全波高连线和半波高连线。这两条线被称为波高参考线和半波高参考线。

### 8.3.2 轴向

8.3.2.1 参照 8.3.1.1 所述，将探头对准周向校准槽，调节探头角度和水平位置，使校准槽的回波信号最大。

8.3.2.2 调节增益，直至第一次反射波高为 80% 屏幅。标出该回波波高和半波高的位置。

8.3.2.3 保持灵敏度不变，定出刻槽第二次反射波波高和半波高的位置。分别画出刻槽第一次和第二次反射波的全波高连线和半波高连线。这两条线被称为波高参考线和半波高参考线。

## 8.4 扫查

### 8.4.1 接触法

8.4.1.1 周向——将探头放在护环的外圆面上，沿周向正反两个方向进行扫查，探头扫查时应保持与灵敏度调节相同的状态，扫查线逐次平行，每相邻两次的扫查线至少应有探头晶片尺寸 15% 的重叠。扫查可用手工或机械装置完成。

8.4.1.2 轴向——将探头放在护环的外圆面上，沿轴向正反两个方向进行扫查，扫查时探头应保持与灵敏度调节相同的状态，扫查线逐次平行，每相邻两次的扫查线至少应有探头晶片宽度 15% 的重叠。扫查可用手工或机械装置完成。

### 8.4.2 液浸法

8.4.2.1 周向——按 8.3.1 所述放置探头，沿圆周方向旋转工件或探头（或沿轴向横移探头），并保持在校准时确定的适当角度。扫查线逐次平行，每相邻两次的扫查至少应有晶片直径 15% 的重叠，直至护环的整个表面被全部扫查。重新调整探头，沿相反的圆周方向进行扫查。

8.4.2.2 轴向——按 8.3.2 所述校准仪器，沿圆周方向旋转护环或探头（或沿轴向横移探头），并保持在校准时确定的角度。逐次平行地扫查，直至护环的整个表面都被扫查到。重新调整探头，沿相反的轴向进行扫查。

## 8.5 记录

记录达到或超过各自相应波高参考线的所有信号的数量、幅度和位置（轴向、径向和相对于钟面 12 点的位置）。

## 9 纵波探伤

### 9.1 径向探伤用参考试块

9.1.1 采用一组共五件  $\Phi 3\text{mm}$  平底孔的参考试块，其金属声程分别为 25mm、50mm、75mm、100mm 和 125mm。详见附录 A。

9.1.2 超声波参考试块应有与受检材料相似的超声特性，如衰减、噪声水平和声速，否则，应作适当修正。

9.1.3 在试块上，至少应调出两次底波。

### 9.2 校准

#### 9.2.1 接触法（径向探伤）

9.2.1.1 采用纵波探头（合金钢护环为 4MHz 或 5MHz，非磁性钢护环为 2MHz~2.5MHz 或 1MHz），选择声学特性与护环相当的参考试块。

9.2.1.2 用 9.1.1 所述的一组参考试块制作 DAC 曲线。制作 DAC 曲线时，将其中反射波幅最高的  $\Phi 3\text{mm}$  平底孔的反射波调到 80% 屏高，并在示波屏上作出标记。然后标记其余试块上  $\Phi 3\text{mm}$  平底孔的

## JB/T 4010—2006

反射波峰值,连接标记出的各峰值点,即制成 DAC 曲线。外表面至 25mm 深度范围,以 1 号试块的  $\Phi 3$ mm 平底孔反射波峰值点向左作一条水平线至水平轴的 0 点。

9.2.1.3 在护环上,至少应调出两次底波。

## 9.2.2 液浸法(径向探伤)

9.2.2.1 采用纵波探头(合金钢护环为 4MHz 或 5MHz,非磁性钢护环为 2MHz~2.5MHz 或 1MHz),选择声学特性与护环相当的参考试块。

9.2.2.2 先调节液层深度,使液体-工件表面的第二次回波与工件的第二次底波重合,并将液体-工件表面的第一次回波移至水平轴的 0 点。然后保持液层深度不变,参照 9.2.1.2 所述方法制作 DAC 曲线。

9.2.3 本标准不排除采用其他等效方法进行纵波径向探伤校准,如 DGS 曲线法。

## 9.2.4 轴向探伤校准

若规定进行轴向纵波探伤,则仅采用接触法。调节扫描长度,使护环底波位于示波屏合适的位置。然后把护环的底波调到 80%屏高。

## 9.3 扫查

## 9.3.1 接触法

9.3.1.1 径向——将探头用手或夹持在机械装置上,置于护环的外圆表面,沿圆周方向移动探头,并保持在校准时确定的适当接触角度。扫查线逐次平行,每相邻两次的扫查至少应有晶片直径 15%的重叠,直至护环的整个表面都被扫查到。

9.3.1.2 轴向——将探头放在护环热装端的表面,沿周向移动探头。扫查线逐次平行,每相邻两次的扫查至少应有晶片直径 15%的重叠,直至护环的整个端面都被扫查到。

## 9.3.2 液浸法

径向——旋转护环或探头(或沿轴向横移探头),对护环的整个外表面进行扫查,每相邻两次的扫查至少应有晶片直径 15%的重叠。

## 9.4 记录

9.4.1 径向探伤——将检验刻槽或其他标记规定为钟面 12 点位置,记录所有幅度超过 25%DAC 线的信号的数量、幅度和位置(轴向、径向和钟面位置),并在护环的外圆表面作出标记。

9.4.2 轴向探伤——仅适用于接触法。将检验刻槽或其他标记规定为钟面 12 点位置,记录所有幅度超过第一次底波的 10%信号数量、幅度和位置(轴向、径向和钟面位置)以及底波降低 50%的区域,并在护环端面作出标记。

## 10 报告

10.1 应在一份书面报告中记录和描述超声波探伤结果。

10.2 报告应包括如下内容:

- 锻件名称、图号、材料、尺寸简图、热处理状态;
- 锻件炉号、锻件识别号、合同号;
- 探伤方法和扫查位置简图;
- 刻槽的尺寸,包括宽度和深度;
- 应记录信号的数量、幅度、延伸尺寸和位置。

10.3 检测人员认为应记录的其他异常信号应在报告中加以说明。

## 11 验收

供需双方可按护环的使用情况选择以下其中一类作为验收要求,也可另行商定。

## 11.1 一类护环

11.1.1 锻件不得有裂纹、折叠。

## 11.1.2 其余缺陷:

- a) 横波探伤时, 不允许有超过 1/2 波高参考线的任何缺陷信号;
- b) 横波探伤时, 任意 100mm 宽度的全圆周内, 幅度在 1/2 波高参考线和 1/4 波高参考线之间的缺陷信号不得超过八个, 且任意相邻两缺陷之间的距离不得小于 50mm;
- c) 横波探伤时, 由于锻件的粗晶或显微组织使 V 形槽反射信号不能从噪声电平中区别出来的护环应予拒收;
- d) 径向纵波探伤时, 不允许有幅度大于 45%DAC 线 (当量直径约 2mm) 的缺陷, 在任意 100mm 宽的全圆周内幅度在 25%DAC 线~45%DAC 线 (当量直径约 1.6mm~2mm) 之间的缺陷不允许超过四个;
- e) 缺陷部位与材料完好部位底波比较, 底波下降幅度大于 6dB 的护环应予拒收。

## 11.2 二类护环

## 11.2.1 锻件不应有裂纹、折叠。

## 11.2.2 其余缺陷:

- a) 横波探伤时, 不允许有超过参考线的任何缺陷信号;
- b) 横波探伤时, 任意 100mm 宽度的全圆周内, 幅度在全波高参考线和 1/2 波高参考线之间的缺陷信号不得超过四个, 且任意相邻两缺陷的距离不得小于 50mm;
- c) 横波探伤时, 由于护环的粗晶或显微组织使 V 形槽反射信号不能从噪声电平中区别出来的护环应予拒收;
- d) 纵波探伤时, 不允许有幅度大于 100%DAC 线 (当量直径约 3mm) 的缺陷, 在任意 100mm 宽度的全圆周内幅度在 45%DAC 线~100%DAC 线 (当量直径约 2mm~3mm) 之间的缺陷不允许超过四个;
- e) 纵波探伤时, 因缺陷存在造成底波消失时, 锻件应为不合格品。

## 11.3 三类护环

## 11.3.1 锻件应无裂纹、折叠。

## 11.3.2 其余缺陷:

- a) 横波探伤时, 不允许有超过参考线的任何缺陷信号;
- b) 横波探伤时, 任意 100mm 宽度的全圆周内, 幅度在全波高参考线和 1/2 波高参考线之间的缺陷信号不得超过八个, 且任意相邻两缺陷之间的距离不得小于 50mm;
- c) 横波探伤时, 由于护环的粗晶或显微组织使 V 形槽反射信号不能从噪声电平中区别出来的护环应予拒收;
- d) 纵波探伤时, 不允许有幅度大于 100%DAC 线 (当量直径约 3mm) 的缺陷, 在任意 100mm 宽度的全圆周内幅度在 45%DAC 线~100%DAC 线 (当量直径约 2mm~3mm) 之间的缺陷不允许超过四个;
- e) 纵波探伤时, 因缺陷存在而造成底波消失时, 锻件应为不合格品。



附录 A  
(规范性附录)  
参考试块技术要求

参考试块的尺寸和公差要求见图 A.1。

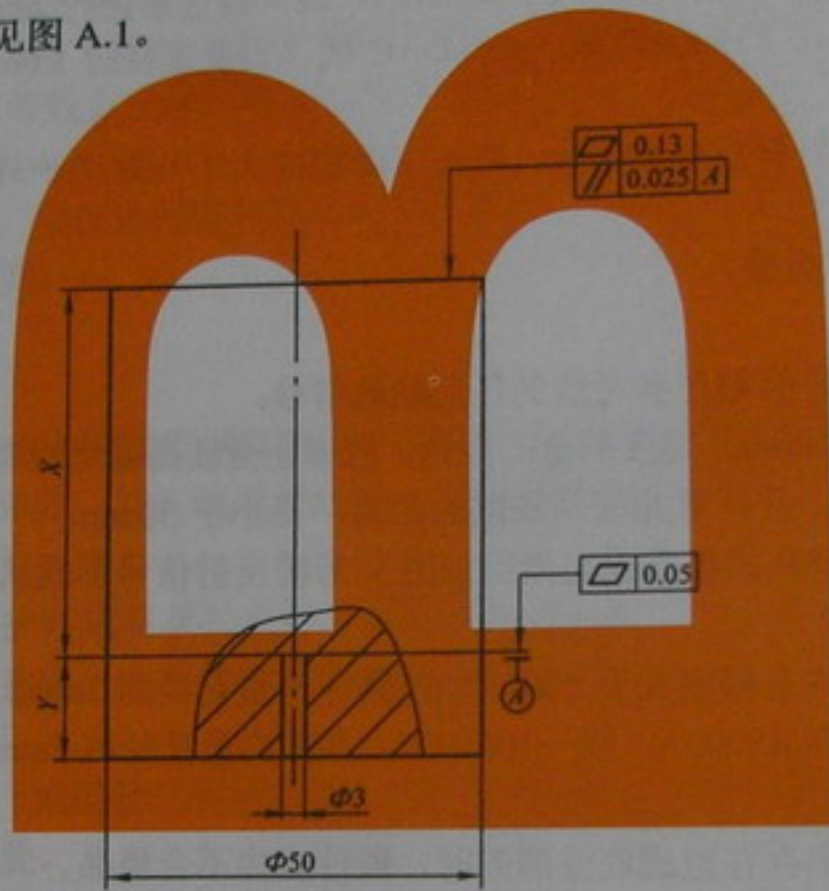


图 A.1 参考试块外形尺寸和公差图

试块编号	1	2	3	4	5
金属声程 X mm	25	50	75	100	125
平底孔深 Y mm	20	25	25	25	25

附录 B  
(资料性附录)  
验收条款的选用原则

应按护环的材料、使用条件、受力状况、工作环境选择验收类别。

B.1 一般情况下, 300MW~600MW 的汽轮发电机护环选择为一类护环验收; 50MW~200MW 的汽轮发电机护环选择为二类护环验收; 50MW 以下的汽轮发电机护环选择为三类护环验收。

B.2 同一护环的不同部位, 可以选择不同验收类别。

B.3 对于其他环形锻件, 可以根据材料的相似性及使用条件选择验收类别。

