

中华人民共和国电力行业标准

DL/T 717 - 2000

汽轮发电机组转子中心孔

检验技术导则

Technical guide for the nondestructive
testing of turbine-generator rotor bores

2000-11-03 发布

2001-01-01 实施

中华人民共和国国家经济贸易委员会 发布

前 言

本标准是根据原电力工业部技综 [1996] 40 号的安排制定的。

为了提高发电设备的效率和满足长期安全运行的要求,对高速转动的汽轮发电机组转子的质量检验和安全性评价显得极为重要,不仅制造时要检查,在役期间也要进行定期检查和寿命评价。作为评价的依据必须采用高可靠性的无损检查方法进行检验。

随着冶金技术的进步,转子的质量有了明显提高,可是对于在高温高应力和频繁起停的恶劣工况下运行的转子,需要检验有无因失效老化而发生的缺陷,在役检查必不可少。采用的方法主要从中心孔进行检查。长期以来,为了搞好这项工作,做了大量的试验研究,尤其研究成功了实用的多功能中心孔自动检测装置,并取得了宝贵的现场经验。本标准的制定目的是为了中心孔无损检验提供统一的技术规范。

本标准制订时,除引用国内有关标准外,还部分参照了日本 JEAC 3202—89、美国 ASTM A418—87 和 ASTM A470—84 标准,使本标准与国内、外相关标准靠近。参照内容选取,如中心孔探伤方法,均以目视(内窥镜)检验和超声波检验为主,并辅以其他方法,其中部分技术条件也作了引用。

本标准附录 A、附录 B、附录 C 和附录 D 都是提示的附录。

本标准由中华人民共和国原电力工业部提出。

本标准由国家电力公司热工研究院归口。

本标准起草单位:国家电力公司热工研究院、江苏电力试验研究所、甘肃电力试验研究所、广东电力试验研究所、爱德森(厦门)电子有限公司、台州电厂。

本标准主要起草人:吴前驱、于强、王世华、林介东、王斌、林俊明、张明非、徐大鹰

本标准委托电力行业电站金属材料标准化技术委员会负责解释。

目 次

前 言

- 1 范围
 - 2 引用标准
 - 3 总则
 - 4 转子中心孔检验设备的技术要求
 - 5 检验方法
 - 6 验收标准
 - 7 检验报告技术档案管理
- 附录 A(提示的附录) 中心孔涡流检验用定量试块
附录 B(提示的附录) 中心孔超声波检验用定量试块
附录 C(提示的附录) 转子中心孔超声波检测用距离-波幅-当量曲线
附录 D(提示的附录) 中心孔检验记录

1 范围

本导则规定了火力发电厂汽轮发电机组整锻转子中心孔检验任务、检验内容、检验设备的技术要求、检验方法、验收标准。

本导则适用于火力发电厂汽轮发电机组整锻转子，也可适用于工厂制造转子无损检查。对核动力发电机组的转子检验可参照应用。

本导则不适用无中心孔实心转子的检验。

2 引用标准

下列标准所包含的条文，通过在本标准中引用而构成为本标准的条文。本标准出版时，所示版本均为有效。所有标准都会被修订，使用本标准的各方应探讨使用下列标准最新版本的可能性。

- GB/T 12604.1—1991 无损检测术语 超声检测
DL 438—2000 火力发电厂金属技术监督规程
JB/T 1581—1996 汽轮机、发电机转子和主轴锻件超声波探伤方法
JB/T 10061—1999 A 型脉冲反射式超声波探伤仪通用技术条件
JB/T 10062—1999 超声探伤用探头性能测试方法
ASTM A418—1994 汽轮机、发电机钢转子锻件超声检测方法(美国)
ASTM A470—1996 汽轮机转子用真空处理的钢锻件技术条件(美国)
JEAC 3202—1989 电站汽轮机转子无损检测标准(日本)

3 总则

3.1 制定本导则的目的在于加强对汽轮发电机组转子的寿命管理，提高检验可靠性，确保机组安全运行。

3.2 转子中心孔无损检验是火力发电厂金属技术监督的主要内容之一。由于转子复杂的几

何外形限制了从外圆进行超声波检验范围,所以转子中心孔无损检验担负着进行转子可靠性评价的重要任务。而无损检测结果,则对转子寿命评价及质量评定提供了依据。

3.3 从事检验的人员必须持有电力工业无损检测 级以上资格证书者可独立操作及签发报告。

4 转子中心孔检验设备的技术要求

4.1 中心孔检测装置应具备使检测部分能前、后移动和周向正、反向均匀转动的功能。轴向距离坐标指示 L 其误差不大于 5mm,周向角度坐标 θ ,其误差不大于 1° 。

4.2 超声波探伤仪的性能指标和测试方法应符合标准 JB/T 10061 中的规定。

4.3 中心孔内窥镜性能应满足:

a)适用中心孔孔径范围 $\phi 50\text{mm} \sim 200\text{mm}$;

b)最大检验长度不小于 8m;

c)物方视场不大于 $\phi 30\text{mm}$;

d)具有摄像机和监视器的中心孔内窥镜系统灵敏度保证应检出 1.5mm 长度的缺陷。

4.4 用于中心孔涡流检验仪器应具有:

a)两个独立可选频率,频率范围为 1kHz ~ 2MHz;

b)阻抗平面显示功能;

c)滤波器、报警装置;

d)记录、储存和回放功能。

为了较直观地评判检测结果,以便对缺陷的位置、形状和走向进行定性、定量分析,宜选用多频涡流检测成像系统。

5 检验方法

5.1 表面准备

5.1.1 应用专用设备进行中心孔打磨,打磨后中心孔表面不得存在影响检验结果的残留物。

5.1.2 打磨后表面粗糙度不大于 $1.6 \mu\text{m}$ 。

5.2 内窥镜检验

5.2.1 对中心孔表面应连续地进行检验。观察时应保证在荧光屏上图像稳定、清晰。

5.2.2 内窥镜检出的缺陷长度在 1.5mm 以上者应记录缺陷的种类、大小、形状和位置。

5.3 中心孔涡流检验

5.3.1 选择绝对式点探头或相应的其他涡流探头(确认与仪器是否匹配)。

5.3.2 以中心孔表面为探测面,对转子中心孔表面及近表面缺陷进行检测。

5.3.3 技术要求为:

a)在标准试块上调试涡流检测系统灵敏度,以保证至少能发现深 0.2mm 长 5mm 的纵向缺陷,且信噪比不小于 3;

b)检测时使探头敏感部分与中心孔受检面保持垂直及有良好弹性接触;

c)探头沿中心孔周向扫查线速度不大于 0.3m/s,轴向步进长不大于 1.3mm,多探头同时检测步长可加大;

d)检测完毕后,要求复验涡流系统灵敏度,如发现灵敏度低于检测规定要求,必须

重新进行检验；

e)在使用多频涡流检测成像系统灵敏度检验应符合本节的技术要求。

5.3.4 试块要求：

a)材料：原则上应选择与被检转子材质相同的材料；

b)外形及具体尺寸见附录 A；

c)人工缺陷用线切割或电火花方法加工，轴向缺陷深度分别为 0.2mm/0.5mm/1.0mm/2.0mm，宽度不大于 0.12mm，表面粗糙度不大于 $1.6\mu\text{m}$ ；周向缺陷的长度为 5mm，深度分别为 0.2mm/0.5mm/1.0mm/2.0mm，宽度不大于 0.12mm。中心孔直径为 $\phi 100\text{mm}$ 。

5.4 中心孔超声波检验

5.4.1 以中心孔表面为探测面，对转子内部采用超声波进行全面探伤。

5.4.2 中心孔超声波检验采用接触式双晶纵波探头及周向横波探头。

5.4.3 检验时，必须保证探头与中心孔表面良好耦合，尽可能使声能传入转子内部。

5.4.4 技术要求为：

a)探伤速度：采用 A 型超声探伤仪检验时，探头周向扫查速度不大于 50mm/s，轴向步进不大于 10mm。

b)探伤频率：2MHz ~ 5MHz，必要时可用其他频率。

c)探伤灵敏度至少能发现 $\phi 2\text{mm}$ 平底孔缺陷当量。

d)试块：

1)定量试块的探测面中心孔直径为 100mm，试块上有孔径各 $\phi 2\text{mm} \sim \phi 8\text{mm}$ 各种不同声程平底孔或横通孔(见附录 B)，供不同探头制作不同深度的距离—波幅—当量曲线，见附录 C；

2)校正试块。可供现场检测时对仪器、探头进行校验和调定检测规范用。

现场实测转子中心孔与对比试块直径 $\phi 100\text{mm}$ 不吻合时，应进行补偿。

e)检验结果记录：所发现缺陷讯号中，当量直径 $\phi 2\text{mm}$ 平底孔以上的缺陷应按下述各项目作记录，并采用定量试块或距离—波幅—当量曲线进行定量。记录项目主要有：

- 1)区别单个与密集缺陷；
- 2)缺陷当量直径(mm)；
- 3)缺陷深度(mm)探伤面至缺陷在径向的距离；
- 4)转子基准端面至缺陷轴向距离(mm)；
- 5)缺陷圆周方向位置。

5.5 中心孔表面条状缺陷，应采用涡流检验测定其深度。

6 验收标准

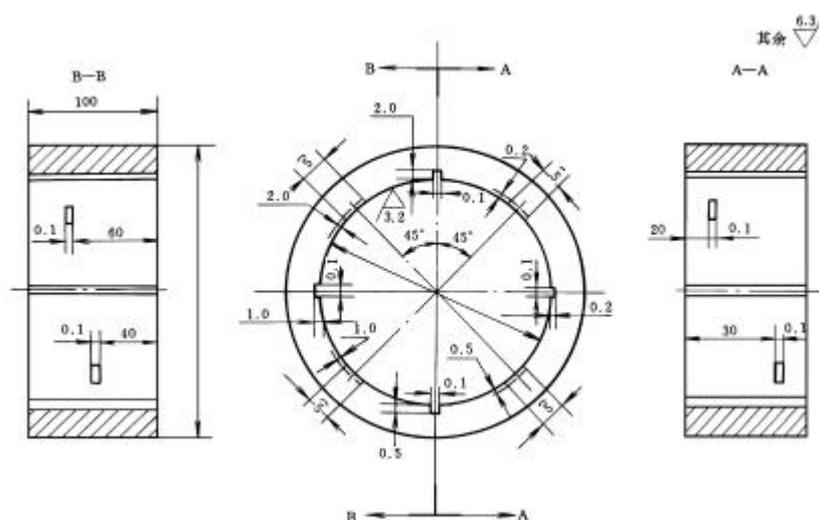
中心孔检验结果的质量评定按照 JB/T 1581 标准规定进行评定。中心孔涡流检验时，当缺陷深度超过 0.2mm 当量时，必须判伤。

7 检验报告技术档案管理

- 7.1 检验完毕后应出具书面报告。
- 7.2 检验报告应包括下列内容：
- 委托单位、机组编号、转子称谓、材质、生产厂家及出厂日期；
 - 检验条件、仪器型号、检验频率、探头参数和探测灵敏度；
 - 采用的检验方法、标准和技术条件；
 - 有关缺陷的各种数据和坐标位置(包括照片、图表及中心孔成像图，记录存档)；
 - 检验结论；
 - 检验日期、检验人员和审核人员及资格等级，检验人员及审核人员的签名。
- 7.3 记录格式(见附录 D)。

附录 A(提示的附录)

中心孔涡流检验用定量试块

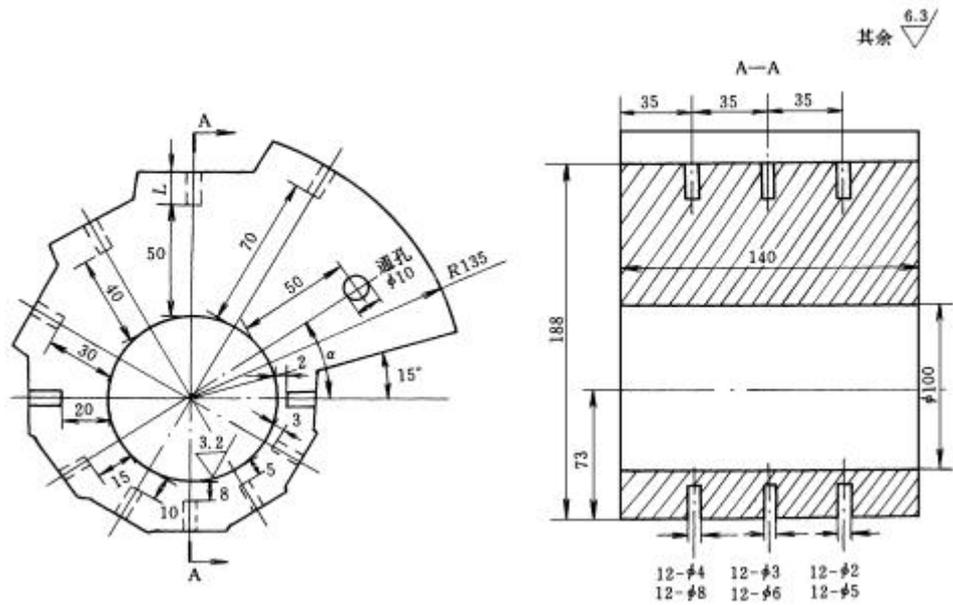


- 试块内所加工槽尺寸公差均按 D7 级标准；
- 其余未注公差按 IT13 级加工。

图 A 中心孔涡流检验用定量试块

附录 B(提示的附录)

中心孔超声波检验用定量试块

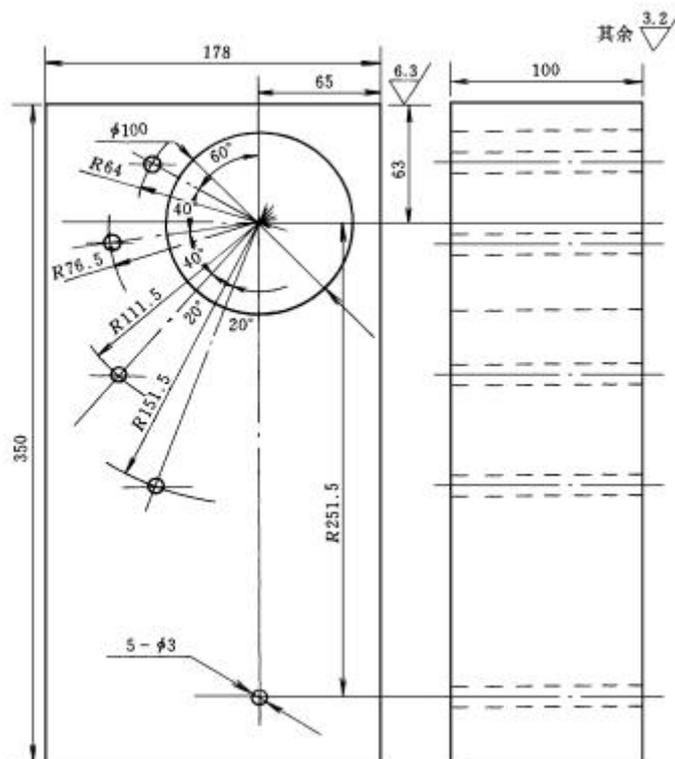


1. 试块内所加工孔尺寸公差均按 D7 级标准；
2. 其余未注公差按 IT13 级加工；
3. 该组试块共有两块，除所加工的当量平底孔直径不同外，其余相同；
4. 孔₁至孔₁₁，每两孔夹角为 30°，孔深 $L=15\text{mm}$ ，夹角 $\alpha=30^\circ$ 。

1 号试块加工有 $\phi 2$ 、 $\phi 3$ 和 $\phi 4$ 三种直径平底孔；

2 号试块加工有 $\phi 5$ 、 $\phi 6$ 和 $\phi 8$ 三种直径平底孔。

图 B1 中心孔超声检验用平底孔试块



- 1.试块内所加工孔尺寸公差均按 D7 级标准；
- 2.其余未注公差按 IT13 级加工。

图 B2 中心孔超声检验用横通孔试块

附录 C(提示的附录)

转子中心孔超声波检测用距离-波幅-当量曲线

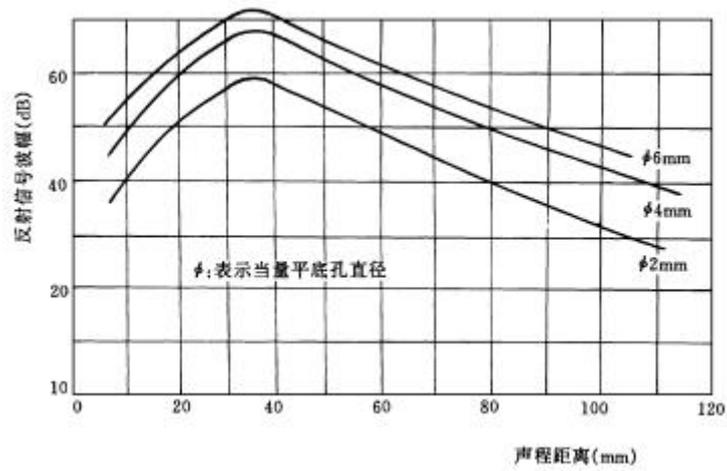


图 C1 采用探头 TR-4°，按照附录 B 平底孔试块测试的近程距离-波幅-当量曲线

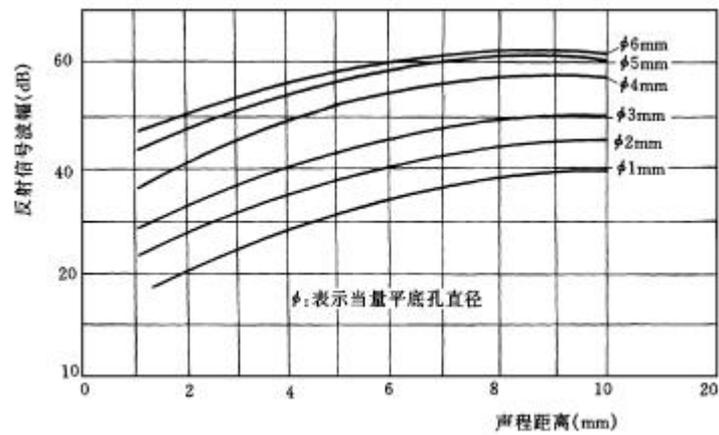


图 C2 采用探头 TR-15°，按照附录 B 平底孔试块测试的中远程距离-波幅-当量曲线

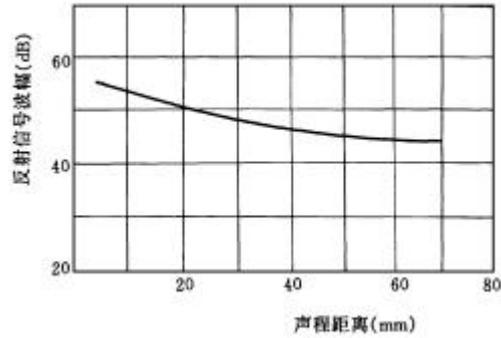


图 C3 采用横波 45° 斜探头，按照附录 B

横通孔 ϕ 试块测试的横波
距离-波幅-当量曲线

附录 D(提示的附录)

中心孔检验记录

表 D1 中心孔内窥镜检验记录表

委托单位及机组编号：		转子名(高、中、低压或发电机	机组型号：
制造厂及出厂日期：		转子)	材 料：
检验日期		1.草图 2.检验结果	
使用仪器(内窥镜)			
中心孔尺寸			
表面粗糙度			
内窥镜放大倍数			
内窥镜技术参数			
记录方式			
检验人员			
记 录			

表 D2 中心孔超声波检验记录表

委托单位及机组编号：		转子名(高、中、低压或发电机转	机组型号：		
制造厂及出厂日期：		子)	材 料：		
检验日期		1.草图 2.检验结果			
使用仪器(探伤仪)					
中心孔尺寸					
表面粗糙度					
频 率					
探 头					
抑 制					
灵 敏 度					

耦合剂		
参考试块		
记 录		

表 D3 中心孔涡流检验记录表

委托单位及机组编号：		转子名(高、中、低压或发电机转 子)	机组型号：
制造厂及出厂日期：			材 料：
试验日期		1.草图 2.检验结果	
使用仪器(涡流仪)			
中心孔尺寸			
表面粗糙度			
频率 f_1/f_2			
相 位			
增 益			
场 强			
探头型号			
参考试块			
检验人员			
记 录			