

T/CASME

团 体 标 准

T/CASME XXX—2024

风力发电机组轴承无损检测技术规程

Specification of wind turbine bearing non-destructive testing

（征求意见稿）

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

2024 – XX – XX 发布

2024 – XX – XX 实施

中国中小商业企业协会 发 布

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 总体要求 1

 4.1 检测人员 1

 4.2 检测档案 2

5 超声波探伤检测 2

 5.1 设备与器材 2

 5.2 检测程序 2

 5.3 质量等级划分 3

6 磁粉探伤检测 3

 6.1 设备与器材 3

 6.2 检测程序 4

 6.3 质量等级划分 5

7 检测报告 5

参 考 文 献 7

前 言

本文件按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。

本文件由上海骋海新能源科技有限公司提出。

本文件由中国中小商业企业协会归口。

本文件起草单位：……。

本文件主要起草人：……。

风力发电机组轴承无损检测技术规程

1 范围

本文件规定了风力发电机组轴承（以下简称“轴承”）无损检测的总体要求、超声波探伤检测、磁粉探伤检测、检测报告。

本文件适用于风力发电机组轴承的超声波探伤检测和磁粉探伤检测。

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 2900.53 电工术语 风力发电机组
- GB/T 5097 无损检测 渗透检测和磁粉检测 观察条件
- GB/T 9445 无损检测 人员资格鉴定与认证
- 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 12604.5 无损检测 术语 磁粉检测
- GB/T 15822.1 无损检测 磁粉检测 第1部分：总则
- GB/T 15822.2 无损检测 磁粉检测 第2部分：检测介质
- GB/T 20737 无损检测 通用术语和定义
- GB/T 24606—2021 滚动轴承 无损检测 磁粉检测
- 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
- GB/T 27664.3 无损检测 超声检测设备的性能与检验 第3部分：组合设备
- GB/T 37400.15—2019 重型机械通用技术条件 第15部分：锻钢件无损探伤
- JB/T 6641 滚动轴承 残磁及其评定方法标准
- JB/T 8290 无损检测仪器 磁粉探伤机

3 术语和定义

GB/T 2900.53、GB/T 20737、GB/T 12604.1、GB/T 12604.5界定的术语和定义适用于本文件。

4 总体要求

4.1 检测人员

4.1.1 检测人员应具备轴承材料及制造相关的专业知识，并按 GB/T 9445 或其他等效文件的规定取得相应检测方法等级的资格证书。其中，资格等级为 1 级的检测人员应在 2 级或 3 级检测人员的监督指导下方可进行检测工作。

4.1.2 检测人员视力应每年进行一次检查和验证，并满足以下要求：

- a) 矫正视力不低于 5.0（小数记录值为 1.0）；
- b) 无色盲、色弱。

4.2 检测档案

4.2.1 应建立检测档案管理制度，检测档案至少包括：

- a) 无损检测委托单或检测合同；
- b) 无损检测技术规程；
- c) 无损检测原始记录；
- d) 无损检测报告。

4.2.2 检测前宜准备书面的无损检测技术规程，并经用户认可。

4.2.3 检测档案保存期限应不低于 5 年。

5 超声波探伤检测

5.1 设备与器材

5.1.1 超声检测设备

5.1.1.1 超声检测仪应符合 GB/T 27664.1 的要求。

5.1.1.2 脉冲反射式超声检测仪应至少具有 1 MHz~6 MHz 的频率范围。

5.1.2 探头

5.1.2.1 探头应符合 GB/T 27664.2 的要求。

5.1.2.2 缺陷评定时，宜使用以下探头：

- a) 直探头：频率 2 MHz~2.5 MHz，晶片直径 20 mm~25 mm；
- b) 斜探头（平底孔当量法）：频率 2 MHz，折射角为 35° ~ 70° ，有效晶片面积为 $20\text{ mm}^2 \sim 625\text{ mm}^2$ 。

5.1.3 组合性能

超声检测仪和探头的组合性能应符合 GB/T 27664.3 的要求。

5.1.4 参考试块

5.1.4.1 参考试块应符合 GB/T 11259 的要求。

5.1.4.2 参考试块应采用与被检轴承相同或近似声学性能的材料制成。

5.1.4.3 校准用反射体可采用平底孔、横孔和 V 形槽等。

5.1.4.4 参考试块应至少有覆盖整个检测深度的三个反射体（除 V 形槽）。

5.1.4.5 现场检测时，也可采用其他型式的等效试块。

5.1.5 耦合剂

5.1.5.1 耦合剂应具有良好的润湿性，可使用机油、甘油、浆糊或水，宜使用 30# 机油。

5.1.5.2 检测仪器性能测试、校准、灵敏度调节和缺陷记录时应使用相同类型的耦合剂。

5.2 检测程序

5.2.1 检测准备

- 5.2.1.1 轴承表面应清洁，无油脂、锈迹及其他杂质，可使用专门的清洁剂进行清洁。
- 5.2.1.2 应根据轴承的形状、尺寸选择合适的探头，根据轴承的材料和预期发现的缺陷类型选择合适的探头频率和型号，根据轴承的声学特性调整仪器增益和延迟。
- 5.2.1.3 可采用特制支架或夹具固定轴承。
- 5.2.1.4 使用参考试块校准仪器，确认仪器能够探测到设定大小的缺陷；宜设定合适的报警阈值，使仪器在探测到缺陷时发出警报。
- 5.2.1.5 在探头与轴承接触之前，应使用机油均匀涂抹探头接触表面。

5.2.2 扫查

- 5.2.2.1 应选择适合轴承形状和尺寸的扫查路径；在扫查过程中，应保持探头与轴承表面的稳定接触，并且探头应沿设定路径均匀移动。
- 5.2.2.2 针对大型或复杂形状的轴承，宜分区域扫描，彻底检查每个区域。
- 5.2.2.3 采用直探头时，除了应从径向进行扫查外，也宜从轴向进行扫查，若轴向扫查灵敏度达不到要求，可将灵敏度降至验收限或补充轴向正反两个方向的斜探头扫查。
- 5.2.2.4 应采用斜探头进行周向正反两个方向进行扫查。
- 5.2.2.5 扫查可在轴承静止状态下进行，也可在转动状态下进行。
- 5.2.2.6 扫查速度不应超过 150 mm/s。

5.2.3 缺陷记录

- 5.2.3.1 缺陷尺寸测定按 GB/T 37400.15—2019 中 5.12 的规定进行。
- 5.2.3.2 应记录当量直径大于或等于起始记录限的缺陷及其在锻件上的坐标位置。
- 5.2.3.3 密集区缺陷的记录应包括以下内容：
 - a) 记录密集区的分布范围；
 - b) 记录密集区中最大当量直径的缺陷深度、当量及其在锻件上的坐标位置。
- 5.2.3.4 延伸性缺陷应记录缺陷的深度、长度范围、最大当量及起点和终点的位置坐标。
- 5.2.3.5 所有记录的缺陷，应记录由缺陷引起的底波降低量。

5.3 质量等级划分

按GB/T 37400.15—2019中5.14的规定进行。

6 磁粉探伤检测

6.1 设备与器材

6.1.1 磁粉探伤机

- 6.1.1.1 磁粉探伤机应符合 JB/T 8290 的要求。
- 6.1.1.2 磁粉探伤机应安装在远离热源和火源、具有专用电源、通风良好的场所。
- 6.1.1.3 用剩磁法进行磁粉探伤检测时，交流磁粉探伤机应具备断电相位控制功能；直流和三相全波整流探伤机应配备通电时间控制继电器。
- 6.1.1.4 非荧光磁粉检测时，被检轴承表面的可见光照度不应低于 1 000 lx。
- 6.1.1.5 荧光磁粉检测时，探伤机应配备中心波长为 365 nm，波长为 320 nm~400 nm 的紫外线光源，距光源中心 400 mm 处紫外线辐射照度不应低于 1 000 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ ，观察环境可见光照度不应大于 20 lx。

6.1.2 辅助器材

根据需要，可选择特斯拉计、磁强计、白光照度计、黑光辐照计等辅助器材，辅助器材的检定周期为1年。

6.1.3 磁悬液

6.1.3.1 磁粉应符合 GB/T 15822.2 的要求，最大粒度应不大于 45 μm （筛网目数约 320 目）。荧光磁粉或非荧光磁粉均应在具有自然缺陷（或人工缺陷）的试片（块）上进行校验，缺陷磁痕显示清晰时方可采用。

6.1.3.2 载液应符合 GB/T 15822.2 的要求，可采用水或低黏度油。以水为载液时，应加入适当的防锈剂和表面活性剂，必要时添加消泡剂。

6.1.3.3 磁悬液浓度应根据磁粉种类、粒度、施加方法和被检轴承表面状态等因素来确定。一般情况下，磁悬液浓度按表 1 的规定进行。测定前应对磁悬液进行充分的搅拌。

表1 磁悬液浓度

磁粉类型	配制浓度 g/L	沉淀浓度（含固体量） mL/100 mL
非荧光磁粉	10~25	1.2~2.4
荧光磁粉	0.5~3.0	0.1~0.4

6.1.3.4 磁悬液污染物达到以下任一程度时，应更换磁悬液：

- a) 在白光或黑光（用于荧光磁悬液）下观察，测定管中沉积物明显分成两层且上层污染物体积超过磁悬液体积的 30%；
- b) 在黑光下用未使用过的标准磁悬液与使用过的磁悬液比较观察，荧光磁粉的亮度和颜色明显降低或磁悬液沉积物之上的载液发荧光，以及出现磁悬液变色、结团等现象。

6.2 检测程序

6.2.1 检测准备

6.2.1.1 被检区表面及邻近 50 mm 范围内应无脏物、油脂、棉纤维、氧化皮或其他影响磁粉检验的异物存在。对异物的清除可采用任何不影响磁粉检测的方法进行处理。

6.2.1.2 覆盖非铁磁性涂层的轴承表面，涂层不应有破损，且厚度不宜超过 50 μm ，若超过，检测前应进行检测灵敏度验证。

6.2.1.3 检测时，轴承表面的温度应为 5 $^{\circ}\text{C}$ ~50 $^{\circ}\text{C}$ 。

6.2.2 磁化

6.2.2.1 磁化应按 GB/T 15822.1 的要求进行。

6.2.2.2 轴承磁化时，至少应对同一受检部位在互相垂直或接近垂直的两个方向上实施磁化。

6.2.2.3 连续法检测时，可采用周向磁化或纵向磁化，也可采用复合磁化。

注：复合磁化是对轴承同时进行周向磁化和纵向磁化，在轴承上产生一个随时间变化的复合磁场，可检出各个方向上的缺陷，仅适用于连续法。

6.2.2.4 剩磁法检测时，应顺序采用周向磁化和纵向磁化，观察完磁痕后的轴承应经退磁后才可更换磁化方向。

6.2.2.5 磁化后轴承表面的切向磁通密度应不小于 1 T，可采用特斯拉计检测轴承表面磁场强度。

6.2.2.6 磁化可采用通电法、导体法、感应电流法、环形件绕电缆法、线圈法、磁轭法，各法按 GB/T 24606—2021 中第 8 章的要求进行。

6.2.3 连续法检测

6.2.3.1 磁化电流应在施加磁悬液之前接通，然后一边施加磁悬液一边磁化，使被检面被磁悬液覆盖，且至少反复磁化两次，磁化时间为 1 s～3 s。

6.2.3.2 磁悬液施加结束和磁化结束之间的时间称之为磁化时间。

6.2.3.3 磁悬液应采用软管浇淋或浸渍法施加，使整个被检表面被完全覆盖。

6.2.3.4 施加磁悬液时应注意流动的磁悬液不应破坏已形成的磁痕。

6.2.4 剩磁法检测

6.2.4.1 磁化 0.25 s～1.0 s 后，切断磁化电流、移去外加磁场，施加磁悬液，利用轴承上的剩磁进行检测。

6.2.4.2 当采用冲击电流时，磁化时间应不少于 0.01 s，且至少反复磁化三次。

6.2.4.3 在施加磁悬液之前，任何磁性物体不应接触轴承的检测面。

6.2.4.4 磁悬液应采用软管浇淋或浸渍法施加，使整个被检表面被完全覆盖。

6.2.5 缺陷记录

6.2.5.1 观察条件应符合 GB/T 5097 的要求。

6.2.5.2 对轴承上形成的磁痕应及时观察，并评定是否为缺陷磁痕。采用照相法、透明胶带粘印法、书面描述等方法对缺陷进行记录。

6.2.6 退磁

6.2.6.1 退磁时所使用的电流值不应小于磁化时所使用的电流值。交流电磁化用交流电退磁，直流电磁化用直流电退磁。

6.2.6.2 轴承退磁后，应进行残磁测定，要求及方法应符合 JB/T 6641 的规定。

6.2.6.3 已退磁的轴承，应远离磁化设备及退磁设备 1.5 m 以外。

6.2.7 注意事项

6.2.7.1 轴承夹持在探伤机磁化夹头之间时，夹持力不应使轴承产生变形。

6.2.7.2 施加磁悬液前，磁悬液应搅拌充分。

6.2.7.3 采用直接通电法磁化时，接触应良好，避免烧伤轴承。

6.2.7.4 采用剩磁法检测时，从磁化到磁痕观察结束之前，轴承不应被碰撞、摩擦或与其他铁磁物体接触。

6.2.7.5 采用荧光磁粉检测时，观察范围内除荧光磁粉外不应存在其他荧光反射物。

6.2.7.6 检测环境如存在辐射隐患，应配备必要的防辐射安全装置。

6.3 质量等级划分

按 GB/T 37400.15—2019 中 6.17 的规定进行。

7 检测报告

7.1 超声波探伤检测报告中应包含以下内容：

- a) 轴承制造商名称或商标，轴承名称、型号、材质等；
- b) 检验方法、检验仪器型号、探头型号、检测灵敏度；
- c) 检测时轴承表面状态、检测时间；
- d) 标明尺寸的轴承草图；
- e) 缺陷记录；
- f) 检测结果；
- g) 检测日期、检测人员及审核人员签名。

7.2 磁粉探伤检测报告中应包含以下内容：

- a) 轴承制造商名称或商标，轴承名称、型号、材质等；
- b) 轴承受检部位；
- c) 磁粉检测设备名称；
- d) 检测方法、磁化方法；
- e) 缺陷记录；
- f) 检测结果；
- g) 检测日期、检测人员及审核人员签名。

参 考 文 献

GB/T 29718—2013 滚动轴承 风力发电机组主轴轴承
