

ICS 77.040.20

H 26

备案号：15334-2005



# 中华人民共和国电力行业标准

DL/T 505 — 2005

代替 DL/T 505 — 1992

---

## 汽轮机主轴焊缝超声波探伤规程

The guide of ultrasonic inspection for welding of steam turbine shaft

2005-02-14 发布

2005-06-01 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.....	II
1 范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 探伤方法.....	1
4 质量标准.....	3
5 检验周期.....	4
6 探伤报告及技术档案管理.....	4
附录 A (规范性附录) SDQ-II型试块的形状和尺寸 .....	5
附录 B (规范性附录) 汽轮机主轴焊缝纵波探伤灵敏度调节方法 .....	7
附录 C (规范性附录) 小角度纵波探伤灵敏度及扫描比例的调节方法 .....	8
附录 D (资料性附录) 汽轮机主轴焊缝超声波探伤报告 .....	9

## 前　　言

本标准是根据原国家经济贸易委员会《关于下达 2000 年度电力行业标准制、修订计划项目的通知》（电力〔2000〕70 号文）安排，对 DL/T 505—1992 进行修订的。

DL/T 505—1992 发布已有十多年时间，期间在数台汽轮机焊接主轴焊缝上发现有缺陷，原标准对指导检测人员有效地检测和发现这些缺陷起到了重要作用，随着电力工业结构的调整，原标准中涉及到核电机组和水电机组的某些条款已不再适用，同时随着检测理论和检测技术的进步，新标准中也需要增加新的内容。

本标准与 DL/T 505—1992 比较有以下变化：

——在正文中对原标准的部分内容进行了修改，同时在范围、探伤方法、质量标准等方面增加了部分条款；

——在附录中增加了小角度纵波探测缺陷的方法；

——在附录中试块部分增加了适合于小角度纵波探伤结构的新内容。

本标准实施后代替 DL/T 505—1992。

本标准的附录 A、附录 B、附录 C 都是规范性附录。

本附录 D 是资料性附录。

本标准由中国电力企业联合会提出。

标准化由电力行业电站金属材料标准化技术委员会归口并负责解释。

本标准起草单位：山东电力研究院、徐州发电厂。

本标准主要起草人：肖世荣、雒利勇、王维东。

# 汽轮机主轴焊缝超声波探伤规程

## 1 范围

本标准规定了汽轮机焊接转子主轴对接焊缝（以下简称主轴焊缝）超声波探伤的基本要求、探伤方法、质量标准、检验周期和技术档案管理等。

本标准适用于国产汽轮机主轴焊缝的超声波探伤。

国产水力发电机组，其主轴焊缝的超声波探伤可参照执行。

## 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 11345—1989 钢焊缝手工超声波探伤方法和探伤结果分级

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 10062 超声探伤用探头 性能测试方法

## 3 探伤方法

### 3.1 基本要求

3.1.1 从事该项工作的探伤人员，应取得电力行业Ⅱ级及以上资格证书。

3.1.2 被检工件表面应做到清洁、无锈蚀且无氧化皮，表面粗糙度应小于  $6.3\mu\text{m}$ 。

3.1.3 在探伤前应查明主轴焊缝的结构型式及相应的尺寸。

3.1.4 主轴焊缝应进行 100% 的探伤。

### 3.2 探伤方式

3.2.1 主轴焊缝主要采用频率为  $2\text{MHz} \sim 5\text{MHz}$  的探头，在外圆分别进行纵波接触法和横波接触法探伤。

3.2.2 当确定无法采用横波接触法进行检验时，可采用小角度纵波斜探头进行纵波接触法检验。

3.2.3 复核缺陷时，可以采用小角度纵波斜探头、接触式聚焦纵波直探头和聚焦横波斜探头探伤。

### 3.3 设备要求

3.3.1 超声波探伤仪频带宽度为  $1\text{MHz} \sim 10\text{MHz}$ ，推荐采用 A型脉冲数字式超声波探伤仪进行检测和对缺陷进行记录。

3.3.2 A型脉冲数字式超声波探伤仪应具有记录、贮存、回放、包络和打印功能，且组合灵敏度的有效余量应不小于  $10\text{dB}$ 。

3.3.3 探伤仪应备有可按  $1\text{dB}$  或  $2\text{dB}$  挡级进行全量程调节，最大衰减量不低于  $60\text{dB}$  的衰减器。衰减器的精确度应在任意  $12\text{dB}$  中的误差不超过  $\pm 1\text{dB}$ 。

3.3.4 探伤仪的水平线性误差应小于 1%，垂直线性误差应小于 5%，直探头远场分辨力应不小于  $30\text{dB}$ ，斜探头分辨力应不小于  $6\text{dB}$ ，其测量按 JB/T 9214 的规定进行测量。

3.3.5 探头性能应按 JB/T 10062 的规定进行测量。

### 3.4 试块

采用 SDQ-II 型试块（见附录 A）。

### 3.5 探伤灵敏度

3.5.1 纵波探伤灵敏度应能有效地发现被检焊缝中最远距离处当量直径为  $\phi 2$  的平底孔反射体。

3.5.2 横波探伤灵敏度应符合 GB/T 11345—1989 中 B 级的要求。

### 3.6 扫查要求

3.6.1 采用纵波斜探头和横波斜探头在焊缝两侧进行探伤，如因主轴结构原因无法在两侧进行时，可在一侧进行。探头在探测面的移动速度应不大于  $150\text{mm/s}$ ，相邻两次扫查之间应有一定的重叠，其重叠宽度应不小于扫查宽度的 15%。

3.6.2 横波探伤时应采用两种角度探头分别在焊缝两侧进行扫查。

3.6.3 为探测焊缝及热影响区的横向缺陷，应采用横波探头进行平行和斜平行扫查。

3.6.4 纵波直探头探伤时应使主声束在图 B.1 中的位置 B 与 B' 之间进行扫查。

### 3.7 检验要求

3.7.1 在探测焊缝根部缺陷时，应根据焊缝的坡口型式、钝边尺寸、焊接工艺及助探角结构等区分结构反射波和根部缺陷反射波。

3.7.2 探伤时要求对缺陷进行定位、定量，当怀疑有危害性缺陷存在时，应对其进行定性，同时记录缺陷的分布情况。

3.7.3 探伤结束时应校验灵敏度，如灵敏度变化大于  $2\text{dB}$ ，则所探数据无效，应重新进行探伤。

### 3.8 纵波探伤

3.8.1 采用纵波直探头时，探伤灵敏度调节方法见附录 B，采用纵波斜探头时，探伤灵敏度调节方法见附录 C。

3.8.2 采用直探头检查焊缝内部的体积型缺陷或与声束相垂直的平面型缺陷时，探头沿轴向移动的范围应符合 3.6.4 的规定。

3.8.3 如遇到底波信号或结构信号有明显降低或消失时，应分析查明发生这种现象的原因。

3.8.4 采用直探头对焊缝根部进行探伤时，应利用  $45^\circ$  助探角斜面反射的纵波或  $61^\circ$  助探角斜面产生的变形横波对焊缝根部进行扫查。

3.8.5 对非经助探角探得的缺陷，可采用 AVG 等方法进行定量。

#### 3.8.6 缺陷信号分类：

- a) 密集缺陷信号：在边长  $50\text{mm}$  的立方体内数量不少于 5 个、当量直径均不小于  $2\text{mm}$  的缺陷信号。
- b) 分散缺陷信号：在边长  $50\text{mm}$  的立方体内数量少于 5 个、当量直径不小于  $2\text{mm}$  的缺陷信号。
- c) 长条状缺陷信号：当量直径不小于  $2\text{mm}$ ，指示长度不小于  $25\text{mm}$  的缺陷信号。
- d) 游动信号：探头在被探部位移动时，在示波屏上显示的埋藏深度变化值不小于  $25\text{mm}$  的同一缺陷信号。

#### 3.8.7 缺陷的测量与记录应包括下列内容：

- a) 分散缺陷：记录其当量直径和缺陷在焊缝中的坐标位置（轴向、周向和径向。下同）。
- b) 密集性缺陷：记录不小于  $2\text{mm}$  当量直径缺陷的当量值及密集区边缘缺陷的坐标位置。
- c) 长条状缺陷：记录缺陷的最大当量、指示长度及其坐标位置。
- d) 游动信号：记录信号的游动范围、缺陷的指示长度、最大当量及其坐标位置。对埋藏深度变化值不大于  $25\text{mm}$  的缺陷信号，可用游动信号作图法估判缺陷的位置和走向。

3.8.8 缺陷指示长度应采用半波高度测长法进行测长。对测出的周向长度值应根据下式进行几何修正（见图 1）：

$$L_f = L (1 - 2h/D) \quad (1)$$

式中：

$L_f$ ——缺陷指示长度， $\text{mm}$ ；

$L$ ——与缺陷对应的外圆弧长（探头移动弧长）， $\text{mm}$ ；

$D$ ——主轴外径, mm;  
 $h$ ——缺陷距探测面深度, mm。

### 3.9 横波探伤

- 3.9.1 可采用频率为 2MHz~5MHz, 折射角为  $36^\circ \sim 45^\circ$  ( $K$  值为 0.7~1.0) 的横波探头。
- 3.9.2 横波探伤灵敏度按 GB/T 11345—1989 中 B 级检验级进行调节。
- 3.9.3 按 GB/T 11345—1989 中有关距离一波幅曲线 (DAC 曲线) 的制作方法绘制 DAC 曲线。
- 3.9.4 记录位于定量线及定量线以上缺陷的反射波幅、指示长度和坐标位置。
- 3.9.5 缺陷指示长度的测量, 推荐采用下述两种方法:
- 按 GB/T 11345—1989 中的 11.4.2 条进行;
  - 对波幅位于 II 区的缺陷, 用半波高度法测量指示长度、波幅位于 III 区的缺陷, 用评定线的绝对灵敏度测量指示长度。
- 3.9.6 对测出的周向长度值应按式 (1) 进行修正。
- 3.10 缺陷评定要求
- 3.10.1 在探测根部缺陷时, 利用助探角探测的结果对缺陷进行评定。
- 3.10.2 确定缺陷性质时, 可根据缺陷的尺寸、数量、形状、方位、分布情况、信号动态和静态特征及其他工艺因素综合分析。
- 3.10.3 对于两个及两个以上, 且反射波幅均达到应记录的条状缺陷, 当其间距不小于 8mm 时, 应分别计指示长度; 当其间距小于 8mm 时, 可将各缺陷记为一个缺陷, 其指示长度为各缺陷的指示长度之和。

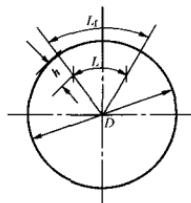


图 1 缺陷长度修正

## 4 质量标准

- 4.1 有下列情况之一者评定为不合格:
- 裂纹;
  - 未熔合;
  - 未焊透;
  - 长条状缺陷;
  - 密集性缺陷;
  - 当量不小于 5mm 平底孔的分散缺陷;
  - 产生游动信号的缺陷;
  - 横波探伤时, 反射波高位于判废线及判废线以上的缺陷或反射波高位于定量线及定量线以上, 指示长度不小于 25mm 的缺陷;
  - 纵波斜入射探伤时, 反射波幅不小于 12dB 的根部或近根部缺陷。
- 4.2 对判为不合格的缺陷, 应进行复探, 并用断裂力学方法进行安全性评估。

## 5 检验周期

5.1 新机组安装前必须进行探伤。

5.2 在役机组探伤周期如下：

5.2.1 运行 10 万 h 应进行探伤，以后探伤周期为 5 万 h。

5.2.2 对主轴焊缝探伤所发现的可疑信号，下次大修应进行复查。

5.2.3 对发现超标缺陷的主轴焊缝，应根据断裂力学评估、确定检验周期，但每次大修必须复查。

## 6 探伤报告及技术档案管理

6.1 探伤完毕后应出具书面报告。

6.2 探伤报告应包括下列内容：

- a) 机号、名称、材质、生产厂家及出厂日期；
- b) 该机组投入运行的日期、累计运行小时数、启停次数、事故次数及原因等；
- c) 采用的探伤方法、标准和技术条件；
- d) 有关缺陷的各种数据和坐标位置（包括照片和图片）；
- e) 探伤条件、仪器型号、探伤频率、探头探测灵敏度；
- f) 对缺陷的分析、处理意见和必要说明；
- g) 探伤日期、探伤人员及审核人员的资格等级、探伤审核人员的签名。

6.3 探伤报告及记录格式参见附录 D。

附录 A  
(规范性附录)  
SDQ-II型试块的形状和尺寸

SDQ-II型试块分为 SDQ-IIA、SDQ-IIB、SDQ-IIC、SDQ-IID、SDQ-IIE、SDQ-IIF 六块。其中 SDQ-IIA 与 SDQ-IIB，SDQ-IIC 与 SDQ-IID，SDQ-IIE 与 SDQ-IIF 的外形尺寸相同，见图 A.1~图 A.3。SDQ-IIA 试块与 SDQ-IIB 试块均有  $61^\circ$  和  $45^\circ$  助探角，其三处模拟裂纹深度分别为 1, 2, 1mm 和 3, 4, 3mm；SDQ-IIC 与 SDQ-IID 试块的助探角均只有  $61^\circ$ ，且两处模拟裂纹深度分别为 1, 2mm 和 3, 4mm；SDQ-IIE 和 SDQ-IIF 试块的助探角均只有  $45^\circ$ ，且两处模拟裂纹深度分别为 1, 2mm 和 3, 4mm。

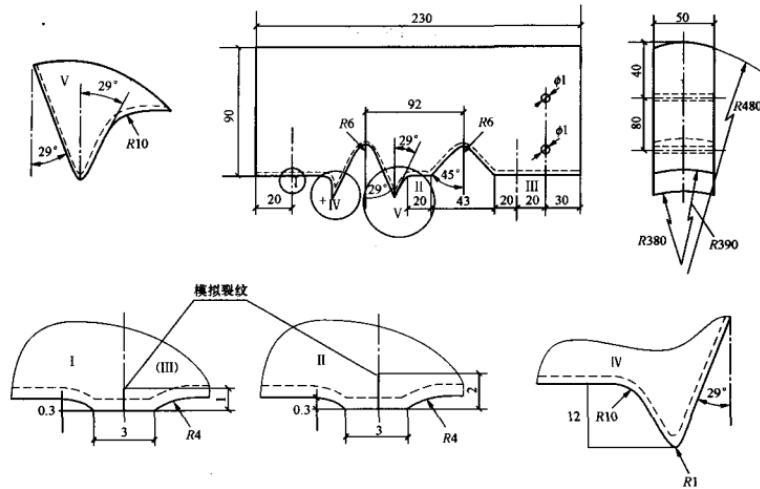


图 A.1 SDQ-IIA、SDQ-IIB 试块

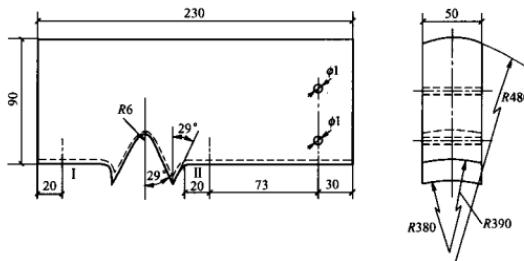
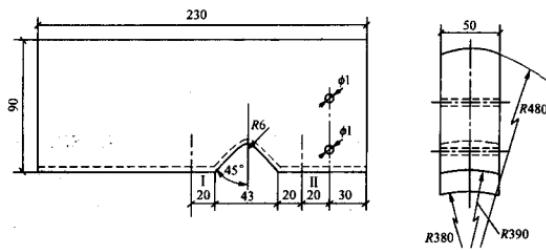


图 A.2 SDQ-II C、SDQ-II D 试块



注：尺寸公差 $\pm 0.1\text{mm}$ ；各边垂直度不大于 $0.1\text{mm}$ ；表面粗糙度不大于 $6.3\mu\text{m}$ 。

图 A.3 SDQ-II E、SDQ-II F 试块

**附录 B**  
**(规范性附录)**  
**汽轮机主轴焊缝纵波探伤灵敏度调节方法**

**B.1 探头**

- B.1.1** 用纵波探测体积型缺陷或与探测面平行的缺陷时，宜采用频率为 2.5MHz， $\phi 20$ 的单直探头。
- B.1.2** 用纵波直探头利用助探角斜面探测根部缺陷时，宜采用频率为 5MHz，晶片面积为  $85\text{mm}^2 \sim 320\text{mm}^2$  的单直探头。

**B.2 灵敏度调节**

- B.2.1** 将直探头放置在焊缝表面无缺陷的部位上（见图 B.1 位置 I），将底波波幅调至满屏的 80%作为基准灵敏度。
- B.2.2** 用 2.5MHz 直探头探测时，应将基准灵敏度增益 30dB 作为探伤灵敏度。
- B.2.3** 助探角为  $45^\circ$  结构的主轴，利用助探角探测焊缝根部缺陷时（见图 B.2 位置 II），应将基准灵敏度增益 50dB 作为探伤灵敏度。
- B.2.4** 助探角为  $61^\circ$  结构的主轴，利用助探角探测焊缝根部缺陷时（见图 B.3 位置 III），应将基准灵敏度增益 50dB 作为探伤灵敏度。

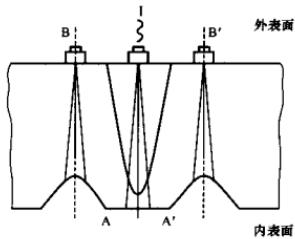
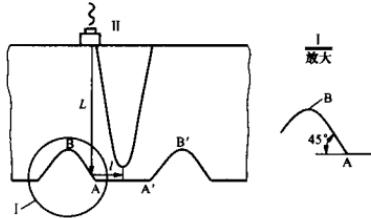
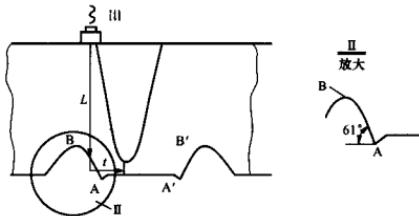


图 B.1 直探头探测示意

图 B.2  $45^\circ$  助探角反射纵波扫查根部示意图 B.3  $61^\circ$  助探角反射横波扫查根部示意

## 附录 C

(规范性附录)

### 小角度纵波探伤灵敏度及扫描比例的调节方法

#### C.1 探头

C.1.1 宜采用直径为  $\phi 14 \sim \phi 20$ ，频率为 5MHz，折射角为  $18^\circ \sim 20^\circ$  的纵波斜探头。

#### C.2 灵敏度调节

C.2.1 对于角度为  $45^\circ$  和  $61^\circ$  的助探角均可利用其顶部的 R6 圆弧角进行灵敏度的调节。

C.2.2 在主轴上，将 R6 圆弧角反射波高度调节到满刻度的 80%，再增益 20dB，即为 0dB 起始探伤灵敏度。

#### C.3 扫描比例调节

C.3.1 可以用 SDQ-II 试块上深度为 40mm 和 80mm 的两个  $\phi 1 \times 50$  的通孔，进行比例为 1:2 的深度扫描比例调节。

**附录 D**  
**(资料性附录)**  
**汽轮机主轴焊缝超声波探伤报告**

**D.1 汽轮机主轴焊缝超声波探伤报告见表 D.1。**

**表 D.1 汽轮机主轴焊缝超声波探伤报告**

委托单位:

报告编号:

机组型式			机组编号		
生产厂家			材 质		
出厂日期			投产日期		
启停次数			运行小时		
事故次数			事故原因		
探伤条件					
仪器型号			探头型号	频率	
试块型号				折射角	
				晶片尺寸	
耦合剂			补偿量		
采用标准			探伤灵敏度		
探伤结果及意见					
审核		检验员		报 编	告 写
		资格			

## D.2 汽轮机主轴焊缝超声探伤缺陷记录见表 D.2。

表 D.2 汽轮机主轴焊缝超声探伤缺陷记录（直探头探测）

焊缝编号					圆周起始标记			
缺陷编号		缺陷幅值		缺陷位置 mm			缺陷指示长度 mm	
		衰减器 读数 dB	缺陷 当量	声程值	径向 深度	距起始 点始终	外圆弧 长值	几何 修正值
	A侧							
	B侧							
	A侧							
	B侧							
	A侧							
	B侧							
	A侧							
	B侧							
	A侧							
	B侧							
	A侧							
	B侧							
	A侧							
	B侧							
	A侧							
	B侧							
	A侧							
	B侧							
	A侧							
	B侧							
	A侧							
	B侧							
	A侧							
	B侧							
	A侧							
	B侧							
	A侧							
	B侧							
	A侧							
	B侧							
	A侧							
	B侧							
说明								
记录人员						记录日期		
注：A侧和B侧分别为前侧（汽轮机侧）和后侧（电机侧）								

D.3 汽轮机主轴焊缝超声探伤缺陷记录见表 D.3。

表 D.3 汽轮机主轴焊缝超声探伤缺陷记录（横波斜探头探测）

焊缝编号				圆周起始标记			
缺陷编号		缺陷最大幅值		缺陷位置 mm		缺陷指示长度 mm	
		缺陷反射量与 $\phi 3 \times 40$ 孔 波幅差 dB	波高 区域	声程值	径向 深度	距起始 点始终	外圆弧 长值
	A 侧						
	B 侧						
	A 侧						
	B 侧						
	A 侧						
	B 侧						
	A 侧						
	B 侧						
	A 侧						
	B 侧						
	A 侧						
	B 侧						
说 明							
记 录 人 员					记录日期		
注：A 侧和 B 侧分别为前侧（汽轮机侧）和后侧（电机侧）							

D.4 汽轮机主轴焊缝超声探伤缺陷记录见表 D.4。

表 D.4 汽轮机主轴焊缝超声探伤缺陷记录（纵波斜探头探测）

焊缝编号				圆周起始标记			
缺陷编号		缺陷最大幅值	缺陷位置 mm			缺陷指示长度 mm	
		缺陷反射量 dB	声程值	径向 深度	距起始 点始终	外圆弧 长值	几何 修正值
	A 侧						
	B 侧						
	A 侧						
	B 侧						
	A 侧						
	B 侧						
	A 侧						
	B 侧						
	A 侧						
	B 侧						
	A 侧						
	B 侧						
	A 侧						
	B 侧						
说 明							
记 录 人 员						记录日期	
注：A 侧和 B 侧分别为前侧（汽轮机侧）和后侧（电机侧）							