

J33

备案号：8389—2001

**DL**

# 中华人民共和国电力行业标准

DL/T 753 — 2001

---

## 汽轮机铸钢件补焊技术导则

Technical guide for repair welding of cast steel parts in steam turbine

2001-02-12 发布

2001-07-01 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 1998 年电力行业标准计划项目（科教综〔1998〕28 号文）的安排制定的。

本标准对参加汽轮机铸钢件补焊工作的技术人员条件、补焊工艺方法、补焊所使用的焊接材料、补焊质量检验等方面作出了规定，力求使汽轮机铸钢件的补焊工作达到规范与统一。本标准是对已有电力行业焊接标准的补充与完善。

本标准的附录 A 是标准的附录。

本标准由电力行业电站焊接标准化技术委员会提出并归口。

本标准主要起草单位：国家电力公司电力建设研究所、山西省电力科学研究院、北京电力建设公司、河北省电力试验研究所、山东省电力公司。

本标准主要起草人：徐德录、梁军、任永宁、姜运健、郭召松。

本标准由电力行业电站焊接标准化技术委员会负责解释。

## 目 次

### 前 言

1 范围 .....	1
2 引用标准 .....	1
3 一般规定 .....	1
4 焊前准备 .....	2
5 补焊工艺 .....	3
6 补焊质量检验 .....	4
7 补焊返修 .....	5
8 技术文件 .....	5
附录 A (标准的附录) 汽轮机铸钢件补焊推荐用焊条和预热温度 .....	6

## 1 范围

本标准规定了汽轮机铸钢件补焊的技术条件及其验收要求。

本标准适用于汽轮机缸体、主汽阀门、调节阀门、铸钢三通和隔板等铸钢件的补焊，也适用于电站其他铸钢件的补焊。

## 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 7233—1987 铸钢件超声探伤及质量评级标准

GB/T 9443—1988 铸钢件渗透探伤及缺陷显示痕迹的评级方法

GB/T 9444—1988 铸钢件磁粉探伤及质量评级方法

DL 438—2000 火力发电厂金属技术监督规程

DL/T 679—1999 焊工技术考核规程

DL 5007—1992 电力建设施工及验收技术规范（火力发电厂焊接篇）

JB/T 3223—1996 焊接材料质量管理规程

## 3 一般规定

### 3.1 焊接工作人员

3.1.1 焊接工作人员包括焊接技术人员、焊工、热处理人员和焊接检验人员。

3.1.2 对焊接技术人员的要求：

- a) 焊接技术人员应具有一定的专业技术水平和较丰富的实践经验；
- b) 焊接技术人员应了解设备工况和缺陷性质，熟悉并认真执行本导则，结合实际情况编制补焊工艺方案和作业指导书；
- c) 负责确定检验部位，填写补焊焊缝无损检验委托书；
- d) 负责记录、检查、整理补焊技术资料，负责竣工技术文件的移交和技术总结及验收评定工作。

3.1.3 对焊工的要求：

- a) 焊工必须经过 DL/T 679 考核，取得相应材质的厚壁大管的焊工合格证书；
- b) 焊工补焊前应根据焊接技术人员的要求进行模拟练习并经检验合格；
- c) 焊工应在施焊前认真熟悉作业指导书，严格按照给定的补焊工艺和焊接技术措施进行施焊。

3.1.4 对热处理人员的要求：

热处理人员应具有相应的资格证书，并严格按补焊工艺方案进行预热和热处理，及时整理和出具热处理报告。

3.1.5 对焊接检验人员的要求：

- a) 焊接检验人员包括焊接质量检查人员、无损检验人员和理化检验人员;
- b) 焊接质量检查员应具备相应资格, 进行补焊检查和监督工作;
- c) 无损检验人员应在补焊前确定缺陷的位置、尺寸和性质, 补焊后及时检验。无损检验人员应具有二级及以上检验资格;
- d) 理化检验人员应具有相应检验项目的资格, 按照焊接技术人员的要求进行检验和试验并及时出具报告。

### 3.2 补焊工艺试验

施焊前应具备相应材质的焊接工艺评定, 并按工况特殊要求安排相应的补充工艺试验。

### 3.3 母材、焊接材料和焊接设备

3.3.1 补焊前应检查铸钢件的化学成分和力学性能, 以便正确地选用焊接材料和制定焊接工艺。

3.3.2 补焊用的焊条等焊接材料均应有制造厂的质量合格证书, 其质量管理应符合 JB/T3223 的规定。

3.3.3 焊接设备和热处理设备须具有参数稳定、调节灵活、安全可靠等性能, 并满足焊接和热处理规范的需要。

### 3.4 安全要求和环境条件

3.4.1 补焊工作必须遵守安全、防护、防火等规程的有关规定。

3.4.2 补焊工作的环境温度不得低于 5℃, 否则, 应采取相应措施。

## 4 焊前准备

### 4.1 缺陷的判定和记录

4.1.1 发现汽轮机铸钢件原始缺陷后, 应首先进行铸钢件的理化检验。当铸钢件的球化程度达到 3 级或石墨球径达到 0.08mm (大石墨) 时, 应建议对该铸钢件不再进行补焊。

4.1.2 对确定需进行补焊的铸钢件, 应进行原始组织状态记录, 并采用无损探伤方法, 如磁粉检验、表面渗透、超声波检验等, 确定缺陷的位置、尺寸和性质。

### 4.2 缺陷的清除

4.2.1 确定挖补区域的范围, 在缺陷周围 50mm 范围内, 不允许有 GB/T9443 中规定的铸钢件渗透探伤质量等级 3 级及以上的铸造缺陷, 若存在此类缺陷则须扩大挖补范围, 以消除该铸造缺陷。

4.2.2 裂纹清除前, 应使用  $\phi 3\text{mm} \sim \phi 8\text{mm}$  钻头打止裂孔, 阻止裂纹扩展, 止裂孔应打在所有裂纹尖端前不小于 5mm, 止裂孔深度为钻头直径的 3~5 倍。对较深的裂纹应考虑分段打孔, 止裂孔的总深度以检验出的裂纹深度为准。

4.2.3 缺陷清除的方法以机械方法为宜, 如用角磨机打磨、用钻头或风铣头和手工剔凿等。

4.2.4 当遇到不能使用机械方法清除缺陷时, 建议采用碳弧气刨的方法清除缺陷, 但必须遵守以下条件:

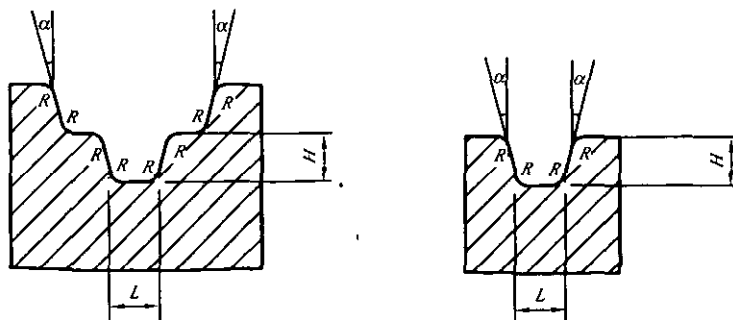
- a) 实施清除缺陷的场所必须达到本导则要求的环境温度, 并有防火措施;
- b) 必须严格执行本导则中对热补焊预热温度的要求, 并应预热足够大的范围;
- c) 碳弧气刨一次切割深度不宜超过 10mm; 分层切割时, 层间温度不宜大于 300℃;
- d) 碳弧气刨后, 应采取缓冷措施, 并用机械方法去除淬硬层。

4.2.5 一般情况下要彻底清除缺陷, 并用必要的无损探伤方法确认。但不能因消缺带来对设备的更大损害。当遇到特殊情况无法完全清除时, 必须上报企业技术主管批准并对遗留缺陷作出详尽的记录, 此缺陷记录应作为技术资料按照第 8 章的规定保存。

### 4.3 坡口准备

#### 4.3.1 坡口制备的原则

坡口型式要能够保证焊接质量、填充金属尽量少、减小焊接应力和变形及操作简便易行。坡口尺寸要求如图 1 所示。



$$\alpha \geq 15^\circ, R \geq 5\text{mm}, H \leq 50\text{mm}, L \geq 0.5H$$

图 1 坡口形状及尺寸示意图

4.3.2 对贯穿性缺陷，一般宜采用双面焊接。当不能进行双面焊接时，可采用加可去除衬垫的方式补焊。

4.3.3 坡口及其周围100mm 范围内表面应露出金属光泽并不得有油污和锈等，坡口形状不应有急剧变化。

#### 4.4 焊接材料的使用要求

补焊使用的焊接材料要根据铸钢件的钢种、工件结构和使用的补焊方法选用，选用时可参考附录 A。

#### 4.5 焊接变形的监测和控制

4.5.1 焊接变形的监测和控制内容应在工艺文件中确定。

4.5.2 焊接变形的监测方法一般包括设置千分表、钢丝配合钢板尺等方法。

4.5.3 变形监测的内容主要包括监测点的设置、监测参数、记录间隔要求、信息传递方法、允许变形的最大偏差、出现超标变形时的相应措施等。

#### 4.6 焊前预热

##### 4.6.1 焊前预热的方法

焊前预热的方法应根据所采用的补焊工艺方法（热补焊或冷补焊）而定，一般宜采用电加热方法整体预热或局部预热，冷补焊时也可采用氧—乙炔中性焰局部预热。局部预热时的加热范围应大于被焊区四周约 100mm，当采用氧—乙炔焰加热时，火焰焰心距离工件 10mm 以上，加热要均匀，烤枪不得停留。

##### 4.6.2 焊前预热的监控

局部预热时，一般采用表面温度计测温；整体预热时，应在补焊区域装置热电偶连续测温。

##### 4.6.3 预热温度

预热温度应根据被焊铸钢件材质和采用的补焊方法确定。当采用冷焊方法时，也应适当预热。推荐预热温度见附录 A。

### 5 补焊工艺

补焊工艺依据铸钢件钢种和原始组织状态及工件结构不同而定，一般可选用热补焊、异质冷补焊和同质冷补焊工艺。

#### 5.1 热补焊工艺

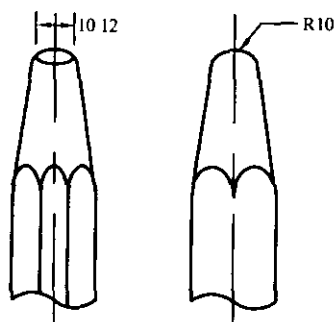
5.1.1 热补焊工艺是指达到规定的预热温度后，在焊接过程中始终保持预热温度，同时控制层间温度不超过预热温度 100℃，连续完成补焊和热处理工作的方法。

5.1.2 热补焊工艺应按经焊接工艺评定后所制定的补焊工艺文件进行。

5.1.3 根据母材选择补焊用焊条，见附录 A。

5.1.4 施焊时宜采用多层多道焊，分段退焊的方法。

5.1.5 除底层焊道不锤击外，其余各层在清渣后均需进行锤击，如果使用风镐，风镐风压一般为 0.25MPa~0.45MPa，锤击时应先锤击焊道中部，后锤击焊道两侧，锤痕应紧凑整齐，避免重复。推荐的锤头尺寸如图 2 所示。



单位: mm

图 2 锤头示意图

5.1.6 焊后热处理工艺及参数应按照 DL5007 的有关规定进行。

5.1.7 在不具备焊后热处理条件时，应在焊道锤击后立即进行跟踪回火。跟踪回火时使用中性焰，将焰心对准焊道缓慢向前移动，火焰横向摆动范围应较焊道宽 2mm~3mm，两侧停顿时间应略长一些，跟踪回火温度的控制，以焊道表面是亮红色为宜。全部焊接工作完毕后，将预热温度维持 4h，然后切断电源，在不拆除保温的情况下，进行自然冷却。

## 5.2 异质冷补焊工艺

5.2.1 异质冷补焊工艺是指在较低的预热温度下，沿整个坡口表面用 ENiCrFe-3 类的镍基焊条敷焊一层 3mm~5mm 的打底层，然后再用同种镍基焊条在室温下补焊的方法。

5.2.2 异质冷补焊应按经焊接工艺评定后所制定的补焊工艺措施进行。

5.2.3 打底层焊接的预热温度和焊条选用见附录 A。

5.2.4 打底层宜选用  $\phi 3.2$ mm 焊条，在保证熔合良好的前提下，尽量选用较小的焊接电流，以减少母材的稀释。焊接时采用连续焊，后焊道压先焊焊道的 1/3，打底层应将坡口面全部覆盖。

5.2.5 打底层焊完后，立即用石棉布等保温缓冷，至室温后清渣进行宏观检查，如发现裂纹，应将裂纹全部清除，重新按上述步骤预热焊接敷焊层，直至合格后再作正式焊接。

5.2.6 正式焊接在室温（大于或等于 20℃）下进行，在整个焊接过程中，基体金属温度不允许高于 100℃。

5.2.7 为减少变形和应力，应采用多层多道的焊接方法，焊条不摆动，对长焊道应采用分段退焊的方法，收弧时应将弧坑填满。焊后立即锤击，锤击要求同 5.1.5。

5.2.8 锤击后应清渣，并用 10 倍放大镜检查表面缺陷，确认无缺陷后继续施焊。

5.2.9 焊接完成后，用机械方法加工焊缝表面与母材圆滑过渡。

## 5.3 同质冷补焊工艺

5.3.1 同质冷补焊工艺是指在较低的预热温度下，沿整个坡口表面用专用同质焊条敷焊一层 3mm~5mm 的打底层，然后在室温下用同种焊条进行补焊的方法。

5.3.2 同质冷补焊工艺应按焊接工艺试验后所制定的补焊工艺措施进行。

5.3.3 同质冷补焊焊材宜应用低氢低碳的耐热铸钢件冷补焊专用焊条进行焊接，见附录 A。

5.3.4 打底层焊接宜选用  $\phi 3.2$ mm 焊条，焊接电流不宜超过 110A，焊条不摆动，采用连续焊，后焊道压先焊焊道的 1/3，将坡口全部覆盖。

5.3.5 打底层补焊完成后，缓冷至室温，清渣检查，无表面缺陷后再进行填充焊接。

5.3.6 填充补焊在室温下进行，层间温度不允许高于预热温度。

5.3.7 填充补焊采用多层多道焊，长焊道宜采用分段退焊，收弧时应待弧坑填满后熄弧。

5.3.8 焊后锤击要求同 5.1.5。

5.3.9 焊接完成后，用机械方法加工焊缝表面与母材圆滑过渡。

## 6 补焊质量检验

### 6.1 外观检验

6.1.1 补焊后应清除熔渣、焊瘤和飞溅物等。补焊金属表面应平整，并平滑过渡到母材。

6.1.2 补焊焊缝咬边深度不得大于 0.5mm，累计长度不得超过该补焊区周长的 15%，且连续长度不超

过100mm。

6.1.3 补焊区不允许存在裂纹、未熔合、未焊透和气孔、夹渣以及低于相邻母材表面质量要求的缺陷。

## 6.2 无损检验

### 6.2.1 磁粉探伤或渗透探伤

对补焊后的补焊区和周围母材应进行磁粉探伤或渗透探伤检查，并符合 GB/T9443 和 GB/T9444 的要求。

### 6.2.2 超声波探伤

对补焊位置和材质适合超声波探伤的补焊区，应进行超声波检查，并符合 GB/T7233 的要求。

## 6.3 金相检验

6.3.1 可采用复膜金相法进行检验，也可在现场做金相组织检查，金相检验应无裂纹和过烧组织。

6.3.2 补焊后应对母材、焊缝和热影响区进行硬度测试，根据合金含量的不同，焊缝硬度应符合 DL5007 的要求。

## 6.4 变形测量

对焊前标记的各变形测点的变形量进行测量，要求变形量满足设备使用要求，结合面的变形量须符合相关设备的要求。

## 7 补焊返修

7.1 对补焊区不允许存在的缺陷，可按上述有关条款进行清除后重新补焊。

7.2 返修后应按原焊缝的质量要求进行检查。

7.3 同一位置上的返修一般不超过两次。

## 8 技术文件

8.1 补焊技术文件应及时编制和存档，属金属技术监督规程管理的部件的补焊技术文件应符合 DL438—2000 的规定。

8.2 补焊技术文件内容应包括：

- a) 焊接材料质量证明书；
- b) 焊工考试合格记录；
- c) 铸钢件原始组织状态、缺陷记录和坡口形貌图；
- d) 补焊工艺方案、作业指导书、热处理记录、补焊质量检验报告和技术总结报告。



附录 A (标准的附录)

汽轮机铸钢件补焊推荐用焊条和预热温度 \*

表 A1 汽轮机铸钢件补焊推荐用焊条和预热温度

补焊工艺 方法  铸钢牌号	热补焊		同质冷焊		异质冷焊	
	焊条	预热温度 ℃	焊条	预热温度 ℃	焊条	预热温度 ℃
ZG230~450	E5015	* *	E5015	50~100	* *	* *
ZG270~500	E5016		E5016			
ZG20CrMo	ENiCrFe-3	60	* * *	100~150	E5515-B2	100~200
ZG15Cr1Mo	ENiCrFe-3	60~100	* * *	100~150	E5515-B2 E6015-B3	150~200
ZG15Cr2Mo1	ENiCrFe-3	60~100	* * *	100~200	E6015-B3	150~250
ZG20CrMoV	ENiCrFe-3	80~150	* *	* *	E5515-B2-V	250~300
ZG15Cr1Mo1V	ENiCrFe-3	80~150	* *	* *	E5515-B2-VW E5515-B2-VNb	250~350
* 对表中未列出的铸钢件,补焊时可参考成分相近牌号的推荐焊条和预热温度。 * * 不推荐使用。 * * * 非标准牌号的铸钢件冷焊专用低氢低碳焊条。						

www.360dl.com

中 华 人 民 共 和 国  
电 力 行 业 标 准  
汽轮机铸钢件补焊技术导则  
DL/T 753—2001

\*

中国电力出版社出版、发行  
(北京三里河路6号 100044 <http://www.cepp.com.cn>)  
三河实验小学印刷厂印刷

\*

2001年7月第一版 2001年7月北京第一次印刷  
880毫米×1230毫米 16开本 0.5印张 14千字  
印数 0001—5000册

\*

书号 155083·292 定价 5.00元  
版 权 专 有 翻 印 必 究

(本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换)