

J98

备案号: 7794—2000

DL

中华人民共和国电力行业标准

DL/T 734 — 2000

火力发电厂锅炉汽包焊接修复 技 术 导 则

Technical guide of welding repair for boiler
drum in fossil - fired power plants

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 1994 年电力行业标准计划项目（技综 [1994] 42 号）的安排而制定的。

在我国在役电站锅炉汽包中，发现主焊缝、接管座焊缝存在超标缺陷，及运行中有的缺陷发生扩展的情况，汽包筒体也易发生腐蚀、局部疲劳损伤的情况。为了确保在役电站锅炉的安全运行，国内曾对几十台锅炉汽包进行过焊接修复，积累了一定经验。本标准是依据 1996 年《电力工业锅炉压力容器监察规程》，参照 1982 年《锅炉汽包缺陷检查处理的暂行规定》和 1983 年《锅炉汽包补焊技术要求》的有关规定编制而成的。

本标准对汽包缺陷清除、焊接修复工艺及质量检验等作出了原则性规定，是指导性的行业标准。

本标准的附录 A、附录 B、附录 C 都是提示的附录。

本标准由中国电力企业联合会标准化中心提出并归口。

本标准由东北电管局、东北电力科学研究院起草。

本标准主要起草人：张秉昌、王世江、王瑞林。

本标准由中国电力企业联合会标准化中心负责解释。

目 次

前 言

1 范围	1
2 引用标准	1
3 焊接修复前的准备	1
4 汽包焊接修复技术	3
5 焊后热处理	5
6 质量检验	6
7 技术文件	7
附录 A（提示的附录） 汽包钢的成分、性能.....	8
附录 B（提示的附录） 汽包钢焊接性资料	12
附录 C（提示的附录） 焊条成分和性能	13

中华人民共和国电力行业标准

火力发电厂锅炉汽包焊接修复技术导则

DL/T 734—2000

Technical guide of welding repair for boiler
drum in fossil - fired power plants

1 范围

本标准规定了电站锅炉汽包主焊缝、接管座焊缝和人孔加强圈焊缝的缺陷，汽包筒体的腐蚀、局部疲劳等缺陷的清除，焊接修复，质量检验方法及标准。

本标准适用于材质为碳钢、低合金钢，汽包壁厚小于或等于 203mm 发电用锅炉汽包的焊接修复。

本标准也适用于汽包等用焊接方法的局部补强。

锅炉集箱、火力发电厂热力系统压力容器的焊接修复也可参照本标准。

本标准不适用于大面积的疲劳、应力腐蚀及蠕变裂纹的焊接修复。

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 713—1997 锅炉用钢板

GB/T 3323—87 钢熔化焊对接接头射线照相和质量分级

GB/T 5117—1995 碳钢焊条

GB/T 5118—1995 低合金钢焊条

GB 11345—89 钢焊缝手工超声波探伤方法和探伤结果分级

DL 438—2000 火力发电厂金属技术监督规程

DL 440—91 在役电站锅炉汽包的检验、评定及处理规程

DL 612—1996 电力工业锅炉压力容器监察规程

DL/T 679—1999 焊工技术考核规程

DL 5007—92 电力建设施工及验收技术规范（火力发电厂焊接篇）

DL/T 5069—1996 电力建设施工及验收技术规范（钢制承压管道对接焊接接头射线检验篇）

JB 1152—81 锅炉和钢制压力容器对接焊缝超声波探伤

JB 1609—83 锅筒制造技术条件

JB 3144—82 锅炉大口径管座角焊缝超声波探伤

JB 4730—94 压力容器无损探伤

SD 340—89 火力发电厂锅炉压力容器焊接工艺评定规程

3 焊接修复前的准备

3.1 查明汽包所用钢材的牌号，应符合 GB713 的规定，并收集该钢材的焊接性资料。

常用汽包钢的化学成分、机械性能及常用数据见附录 A。

汽包钢材的焊接性资料见附录 B。

3.2 对汽包缺陷情况进行全面检验和复检时，应符合 DL 438、DL440 的要求；

- a) 应对需焊接修复的缺陷进行复检；
- b) 当确认汽包缺陷必须焊接修复时，应对汽包进行全面检验；
- c) 对各筒节和封头进行硬度测量。

3.3 焊接材料的选择和准备包括：

a) 焊接材料的选择应根据母材的化学成分、机械性能、焊接材料的工艺性能以及修复接头的设计要求和性能综合考虑，一般应选用修复部位原来使用的焊材，亦可按表 1 选用。

b) 焊接材料的质量应符合 GB/T 5117、GB/T 5118 或有关标准的规定，并有制造厂的产品合格证明文件。常用焊条、焊丝的化学成分、机械性能见附录 C。

c) 修复前应对焊接材料进行严格的工艺性复核，必须确保其工艺性能良好，保管期超过一年的焊条不宜使用。

d) 当汽包与管接头为异种钢时，可以选用成分介于二者之间或与合金含量较低一侧相匹配的焊条或焊丝，汽包焊接修复不宜选用奥氏体不锈钢焊条或焊丝。

表 1 汽包焊接修复选用焊材推荐表

钢材牌号	焊 条		氩 弧 焊 丝	
	型 (牌号) 号	标 准 号	牌 号	标 准 号
20g、20K	E4315 (J427)	GB5117	TIG-J50	
22g、22K 16Mn、19Mn5	E5015 (J507) (J507L)	GB5117	TIG-J50	
15MnVg	E5515G (J557Mo、J557MoV)	GB5118		
14MnMoVg	E7015-D2 (J707) E7015-G (J707Ni)	GB5118		
SA299	E5515-G	GB5118		
16MnNiMoA	E5015-G (J507CrNi)	GB5118		
BHW-35	E6015-G	GB5118		
18MnMoNbq	E6015-D1 (J607)	GB5118		
注：汽包焊接处刚性较大；需确保韧性时，可以选用强度等级低一级的焊条				

3.4 凡无焊接工艺评定报告的汽包钢材，在修复前应按 SD340 的规定进行工艺评定，经批准后的焊接工艺评定报告作为制定焊接修复工艺的依据。

3.5 汽包焊接修复前，应根据缺陷的实际情况、焊接工艺评定报告、强度削弱、高温工况下筒体与吊架的强度计算结果，以及有关标准的规定，制定合理的焊接修复技术方案，并报省级电力锅炉监察机构批准后实施。

3.6 汽包修复前应按批准的焊接修复技术方案要求，认真做好焊前预热、焊后热处理的加热元件、电源、控温和测温等装置的准备，保证修复过程中长时间安全稳定地连续加热和保温，并能可靠地控制各部温度。

3.7 汽包修复前应进行焊接工艺验证试验及焊前练习。

3.7.1 焊接工艺验证试验及焊前练习应结合实际情况进行：

- a) 试板材质类别与汽包钢材类别相同（按 SD340 标准分类），试板厚度不小于 40mm。
- b) 焊材、开槽坡口形状及位置应与实际情况类同。
- c) 焊接规范及工艺应与工艺评定报告相符。
- d) 试板焊后可不进行热处理。
- e) 焊后经外观检查、无损探伤和断口检查合格者，即认为焊接工艺验证合格。

3.7.2 参加修复的焊工必须按 DL/T679 的规定，经板状试样及相应位置考试合格，并在焊前按 3.7.1 的规定进行焊前练习。

3.8 修复前，汽包应与热力系统解列，防止汽水进入汽包。

3.9 修复汽包用的焊接设备、氩气流量计等均应完好，所用测温仪表、热电偶、电流表、电压表等应按计量法进行检定。

3.10 修复前应测量汽包筒体的挠度及圆度，并做好记录。

4 汽包焊接修复技术

4.1 缺陷清除

4.1.1 清除缺陷宜采用机械方法，也可以采用碳弧气刨，但不允许使用气割方法。当采用碳弧气刨清除缺陷时：

- a) 宜采用直流电源反极性接法；
- b) 根据缺陷尺寸选择适宜的碳棒，一般碳棒直径应比要求的刨槽宽度小 2mm~4mm，通常使用的碳棒直径为 $\phi 6\text{mm} \sim \phi 10\text{mm}$ ；
- c) 碳弧气刨所用电流与碳棒直径的关系为：

$$I = (30 \sim 50)d$$

式中：I——碳弧气刨电流，A；

d——碳棒直径，mm。

- d) 压缩空气压力为 0.4MPa~0.6MPa，并经过滤。
- e) 缺陷较深或较宽时，应采取分段多层刨削的方法。
- f) 采用碳弧气刨时应参照表 2 选定预热温度。
- g) 缺陷清除后应用砂轮机将氧化层、渗碳层打磨掉，一般深度应不小于 0.5mm，然后用着色法进行检验，确认缺陷已清除。

表 2 汽包焊接修复预热温度推荐表

钢 号	推荐预热温度	钢 号	推荐预热温度
20g	100~150	16MnNiMoA	150~200
22g	100~150	19Mn5	100~150
14MnMoVg	150~200	BHW35	160~200
18MnMoNb g	150~180(大口径接管焊缝 180~230)	SA299	100~150

4.1.2 汽包修复开槽的原则：

- a) 在彻底清除缺陷和便于施焊的条件下，尽量减小槽的尺寸。
- b) 同一部位，当纵环焊缝都要修复时，开槽和焊接的顺序应先纵缝后环缝。
- c) 较长的缺陷应分段开槽焊接，一般每段长度不超过 500mm~600mm 为宜，应确保各槽端部相互重合不小于 10mm。
- d) 当条件许可时，距内壁表面近的缺陷从内表面开槽，距外壁表面近的从外表面开槽。
- e) 槽两端及深度不同处均应采取斜坡过渡，斜坡角度以不大于 30°为宜。槽底部应呈圆弧状，以利运条，相邻槽的距离应根据槽的宽度和深度确定，不宜太小，以防开裂。

f) 同一环缝一次开槽数量不宜太多，应考虑自重强度。

4.1.3 汽包内壁腐蚀损伤等，宜从汽包内壁清除缺陷。

4.2 焊接修复工艺

4.2.1 焊条烘焙

焊条应按说明书规定进行烘焙。烘焙后放入保温筒中随用随取。强度等级较高的焊条（E70XX 及以上）一般应当日烘焙，当日用完。

4.2.2 焊前预热

a) 根据焊接工艺评定确定预热温度，也可参照表 2 选用。

b) 当环境温度较低或拘束较大时，预热温度应比表 2 的推荐值提高 20℃～50℃。

c) 接管座与汽包异种钢焊接时预热温度应按较高的一侧选择。

d) 可以采用整体预热，也可采用整段预热的方法。预热宽度在修复处两侧每边应不少于汽包壁厚的 3 倍。接管座修复时的预热宽度应自管座焊缝起每侧不少于汽包壁厚的 3 倍。整段预热时的保温范围应每侧不少于汽包壁厚的 5 倍。

e) 当选用超低氢焊条进行修复时，经过焊接工艺评定合格后，可以免除预热或降低预热温度。

f) 当汽包壁厚大于 34mm 时，可参照 5.2 的要求控制预热的升温速度和各部温差。

g) 施焊过程中层间温度应不低于预热温度，且不高于 400℃。

4.2.3 焊接顺序

焊接顺序应为：先焊接汽包内壁，后焊接外壁；先焊接汽包纵向，次焊接环向；最后焊接接管座。

4.2.4 焊接规范及运条

施焊时，所用焊接参数应符合焊接工艺评定的规定，在保证熔合良好的情况下尽量采用较小的焊接规范。焊条摆动的宽度应不大于焊条直径的 2 倍，厚度不大于焊条直径加 1mm。

4.2.5 长深槽的焊接

a) 采用多层多道焊法，底层一般采用 $\phi 3.2\text{mm}$ 焊条，施焊 3～5 层后可以用 $\phi 4\text{mm}$ 焊条。对于不规整开槽，应采用小直径焊条先行填平补齐。

b) 汽包纵焊缝如有多处开槽时，应间跳进行焊接，环焊缝开槽采用双人对称焊接。

c) 焊道接头应相互错开。特别注意接头和收弧处的质量，收弧时应将熔池填满。

d) 对于填充量大的长深槽，必要时除底层和表层焊缝外，每道焊缝焊后可以立即进行锤击，锤头应呈圆弧状，锤痕应密布。

e) 应连续施焊及时后热，后热温度为 350℃，保温 2h。当被迫中断施焊，焊层高度又超过 25mm 时，应立即进行后热。

f) 当填充量较大，槽深又超过 50mm 时，为防止开裂，在焊至槽深的一半时可进行中间热处理。中间热处理的温度可与焊后热处理相同，也可以稍低，但不宜低于 500℃。

g) 在修复过程中和中间热处理后，发现焊接缺陷应及时处理。

4.2.6 大面积浅槽的焊接修复和镶嵌

a) 采用多层多道焊，先用 $\phi 3.2\text{mm}$ 焊条填平补齐，再用 $\phi 3.2\text{mm}$ 或 $\phi 4\text{mm}$ 焊条充填，各层焊道应相互垂直。

b) 当焊接面积较大时，应将修复处划分为若干小区，并间跳焊接，相邻小区的焊道方向应相互垂直，各层接头应错开。每道焊道焊后应立即进行锤击，以降低焊接残余应力。

c) 面形缺陷严重时也可将缺陷部位割除，用同质等厚钢板镶嵌的方法进行修复。

——为避免应力集中，镶嵌钢板宜为圆形或椭圆形，并开双 U 形坡口。当镶嵌钢板为方形，则要求各角为圆角，其曲率半径应大于 100mm。

——宜选用比母材强度低一个等级的焊接材料。

——采用钨极氩弧焊打底。

- 适当提高预热温度。
- 应选用较小的焊接规范，合理安排施焊顺序，增加锤击工艺，减少应力。
- 镶嵌焊缝填焊深度至 1/2 或超过 40mm 时，应进行一次中间热处理。

4.2.7 接管座焊缝缺陷修复

- a) 接管座焊缝缺陷经打磨已穿透管壁厚度者，宜采用钨极氩弧焊打底电焊盖面的焊接方法；
- b) 大量焊接接管座（如更换接管座或胀接改焊接等）时，焊接顺序应合理安排，减少汽包筒体变形和降低焊接残余应力，所有接管座焊缝应焊接二层或以上，不得采用单层单道焊缝；
- c) 在保证接头强度的前提下，焊缝外形宜为凹形角焊缝。

4.2.8 焊接时注意事项

焊接过程中严禁在汽包或管座表面引弧、试验电流或随意焊接临时支撑物等。

4.2.9 再次焊接修理

焊接修复部位如发现超标缺陷，在分析原因、找出对策后再行挖补，但同一位置上的挖补次数不宜超过三次（含本次挖补在内）。再次进行焊接时应遵守下列规定：

- a) 彻底清除缺陷；
- b) 焊接时应适当提高预热温度 20℃～50℃ 和采取必要的措施，确保焊接质量；
- c) 焊接在热处理前进行，如已进行热处理，则返修后应重做热处理。

4.2.10 汽包内部焊接

在汽包内部进行焊接时，汽包内的温度、通风、防止触电及物品落入管中等项要求应遵守有关安全规程的规定。

5 焊后热处理

5.1 焊后热处理宜采用整体热处理，也可以采用整段热处理，不推荐局部热处理，热处理前应进行高温强度校核，防止产生永久变形。

5.2 焊后热处理规范规定如下：

5.2.1 加热温度按表 3 规定选用。

表 3 焊后热处理加热温度

℃

钢 号	加 热 温 度	钢 号	加 热 温 度
20g	550～600	16MnNiMoA	600～650
22g	550～600	19Mn5	550～600
14MnMoVg	600～650	BHW35	600～650
18MnMoNb g	600～650	SA299	550～600

5.2.2 恒温时间由壁厚确定，按每 1mm 恒温 3min 计，但不得少于 4h。

5.2.3 加热和冷却速度按每分钟 1.0℃～1.5℃ 控制。

5.2.4 加热、冷却和恒温时内外壁对应点温差不大于 50℃，环带内任意两点温差不大于 80℃。加热带外轴向温度梯度，每 100mm 不大于 100℃。

5.3 焊后热处理规范也可按焊接工艺评定的结果进行。

5.4 焊后热处理时无法达到表 3 规定的加热温度时，允许采用较低温度（碳素钢不低于 500℃，合金钢不低于 550℃），但应适当延长恒温时间。

5.5 整体热处理时，测温点应至少在汽包三个断面各布置一组。每一断面按上、中、下三个位置，内、外壁对应布置。整段热处理时，测温点至少在汽包加热环带内布置一组。按上、中、下三个位置，内、外壁对应布置。

5.6 焊后热处理时，推荐采用硅酸铝毡保温，不少于两层，厚度不小于 40mm，层间接缝应错开，宜

采用高温胶粘接。

当采用整段加热时，相邻加热带重叠宽度不小于 100mm。加热带保温层宽度应适当加大，以降低汽包轴向温度梯度。

5.7 焊后热处理的测温必须准确可靠，宜采用自动温度记录和自动控温装置。

5.8 热处理时应防止汽包内空气流通，凡阻碍膨胀的构件必须清除，加热中应经常检查汽包膨胀情况，严防膨胀受阻。

5.9 应控制悬吊式汽包吊带的温度不超过 400℃，吊带部分可裸露。

5.10 热处理过程的安全防护应按安全规程的有关要求执行，并设置安全围栏，防止与热处理工作无关人员进入现场。热处理现场应有防风、防雨措施。

6 质量检验

6.1 质量检验应在最终热处理后进行。

6.2 质量检验由焊接修复单位进行，质量验收由电厂进行。

6.3 外观检查

焊缝应进行 100% 的外观检查，其质量应符合 DL/T 5069 要求。

6.3.1 焊缝边缘应圆滑过渡，焊缝外形尺寸应符合表 4 规定。

表 4 焊缝外形尺寸

mm

项 目	允许尺寸	项 目	允许尺寸
焊缝余高	≤ 3	坡口式角焊缝焊脚	
焊缝余高差	≤ 3	$\delta \leq 20\text{mm}$	$\delta \pm 2$
焊缝宽度（比坡口增宽）	≤ 4	$\delta > 20\text{mm}$	$\delta \pm 2.5$
贴角式角焊缝焊脚（贴角焊）	$\delta + (2 \sim 4)$	坡口式角焊缝焊脚尺寸差	
贴角式角焊缝焊脚尺寸差	≤ 2	$\delta \leq 20\text{mm}$	≤ 2
		$\delta > 20\text{mm}$	≤ 3
注： δ 为设计焊脚尺寸			

6.3.2 焊缝表面缺陷应符合表 5 规定。

对外观检查不合格的焊缝，不允许进行其他项目的检验，但可以进行修理。

表 5 焊缝表面缺陷允许范围

缺陷名称		质 量 要 求
裂纹、未熔合、夹渣、气孔		不允许
咬边	不要求修磨的焊缝（纵、环缝、接管焊缝等）	深度 $\leq 0.5\text{mm}$ ，焊缝两侧总长度：接管座 \leq 焊缝全长 10%，且 $\leq 40\text{mm}$ ；纵环缝 \leq 焊缝全长 10%
	要求修磨的焊缝	不允许

6.4 无损检验

焊缝应进行 100% 的无损探伤检验其方法按 GB/T3323 和 GB11345，其质量评定按照以下标准进行：

6.4.1 汽包纵环焊缝按 JB1152 标准评定，达 I 级标准合格。

6.4.2 集中降水管焊缝按 JB3144 标准评定。

6.4.3 接管座角焊缝按 JB4730 标准，无裂纹和未熔合即为合格。

6.5 硬度检查

硬度检查采取抽检的方式进行，当采用整体热处理时，抽检不少于两组（每组三点）；当采用整段

热处理时，每段抽检不少于一组（每组三点）。

硬度检验结果按 DL5007 标准评定。

6.6 残余应力的测量宜采用小孔释放法，测点不少于三点，如有 T 字接头，应优先考虑。热处理后修复区残余应力值一般不超过 100MPa，个别点不超过 140MPa。

6.7 面形缺陷焊接修复，在表面磨光后还应进行厚度测定。厚度测定结果，应满足汽包修复处的强度要求。

6.8 汽包筒体圆度和挠度原则上按 JB1609 的规定，当原始圆度与挠度较大时，验收标准应由修复单位与电厂协商确定。

6.9 汽包经焊接修复后，应按 DL612 的规定进行超水压试验，并达到合格标准。

6.10 汽包修复工作完成后，其验收技术报告应报网、省级（自治区、直辖市）电力锅炉监察部门备案。

7 技术文件

应及时编制汽包焊接修复技术文件，并移交电厂有关部门，其内容包括：

- 焊接前的全面检查和复查报告；
- 焊接修复技术方案和总结报告；
- 焊接工艺评定资料；
- 焊接材料质量证明；
- 焊工资格证明；
- 修复工程记录图；
- 焊接、热处理质量检验报告和热处理记录曲线图。

附录 A (提示的附录)

汽包钢的成分、性能

常用汽包钢的化学成分，机械性能及常用数据见表 A1、表 A2、表 A3。

表 A1 常用汽包钢的化学成分

钢 号	标 准 号	化 学 成 分									
		C	Si	Mn	V	Nb	Mo	Cr	Ni	P	S
		%									
20g	GB713—86	≤0.24	0.15~0.30	0.35~0.65	—	—	—	—	—	≤0.035	
22g		≤0.26	0.17~0.37	0.60~0.90	—	—	—	—	—		
16Mng		0.12~0.20	0.20~0.60	1.20~1.60	—	—	—	—	—		
15MnVg		0.10~0.18	0.20~0.60	1.20~1.60	0.04~0.12	—	—	—	—		
14MnMoVg		0.10~0.18	0.20~0.60	1.20~1.60	0.05~0.15	—	0.04~0.65	—	—		
18MnMoNb g		0.17~0.23	0.17~0.37	1.35~1.65	—	0.025~0.050	0.45~0.65	—	—		
20K	ГОСТ5520—79	0.16~0.24	0.19~0.30	0.35~0.65	—	—	—	—	—	≤0.040	
22K		0.19~0.26	0.17~0.37	0.70~1.00	—	—	—	—	—		
16ГНМА (16MnNiMoA)		0.12~0.18	0.17~0.37	0.80~1.10	—	Cu0.15~0.35	0.40~0.55	≤0.30	1.00~1.30		≤0.035 ≤0.040
19Mn5	DIN17155 1997	0.17~0.22	0.30~0.60	1.00~1.30	—	—	—	≤0.30	—	≤0.04	
19Mn6	DIN17155 1983	0.15~0.22	0.30~0.60	1.00~1.60	≤0.03	≤0.01	Ti ≤0.03	Cu ≤0.030	≤0.030	≤0.030 ≤0.030	
BHW - 35 (13MnNiMo54)		≤0.16	0.10~0.50	1.00~1.60	—	≤0.01	0.20~0.40	0.20~0.40	0.60~1.00	≤0.025	
SA299 (1989)	ASME	≤0.30	0.13~0.45	0.84~1.62	—	—	—	—	—	≤0.035 ≤0.040	

表 A2 常用汽包钢的机械性能

钢 号	标 准 号	厚 度 mm	抗拉强度 σ_b MPa	屈服强度 $\sigma_{0.2}$ MPa	伸长率 δ_5 %	V 形常温 冲击功 A_k , J	冷弯试验 a 180°
20g	GB713—1997	38~60	400~540	225	23	27	$d=2a$
		>60~100	390~530	205	22		$d=2.5a$
		105~120		185			
22g		6~60	420~560	265	24	27	$d=2a$
16Mng		38~60	470~620	285	19	27	$d=3a$
		>60~100	440~590	265	18		
		105~120		245			
15MnVg		38~60	490~635	335	17	27	$d=3a$
14MnVg		30~115	≥ 635	490	16		$d=3a$
18MnMoNb		40~95 100~105	≥ 635 ≥ 590	490 440	16	U 形 69	$d=3a$
20K	ГОСТ5520—79	21~40	402~509	235	24	31	$\leq 30, d=1.5a$
		41~60		225	23		$>30, d=2.5a$
22K			431	265	22	36	$d=2a$
16ГНМА (16MnNiMoA)			500	325			
19Mn5	DIN17155—1979		510~630	300	19		
19Mn6	DIN17155—1983	≤ 60	510~610	$\geq 335\sim 355$	≥ 20	31	
		60~100	490~630	≥ 315			
		100~150	480~630	≥ 295			
BHW-35 (13MnNiMo54)		≤ 100 100~125 125~150	570~740	390 380 375	18	39	$d=3.5a$
SA299 (1989)	ASME	>25	515~655	275	19		
13MnNiMoNb		≤ 100 100~125	569~735	392 382	18	39	$d=3.5a$

注: d 为冷弯时的弯芯直径, a 为试样厚度

注: d 为冷弯时的弯芯直径, a 为试样厚度

表 A3-1 常 用 数 据

钢 号	温 度 $^{\circ}\text{C}$									
	20	100	200	300	400	500	600	700	800	1000
热 导 率 λ $\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$										
20g		50.7	48.6	46.1	42.3	38.9	35.5			
16Mng	53.2	51.1	47.7	44.0	39.6	36.0				
18MnMoNbg		25.5	33.5	35.2	33.9	32.2	29.3			
19Mn5 19Mn6	43	43	44	42	39	37	34			
BHW-35	37	39	39	38	37	35				
室温下线膨胀系数 $\alpha \cdot 10^{-6}$ $1/^{\circ}\text{C}$										
20g		11.16	12.12	12.78	13.83	13.93	14.38	14.81	12.93	13.16
16Mng		8.31	10.99	12.31	13.22	13.71	13.94	14.00		
14MnMoVg		12.1	12.7	13.2	13.8	14.3	14.6			
18MnMoNbg		12.8	13.4	13.7	14.3	14.6	14.9			
19Mn5 19Mn6		12.0	13.0	13.0	14.0	14.0	14.0			
BHW35		12.2	12.8	13.4	13.9	13.9	14.3			
电 阻 率 ρ $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$										
19Mn5 19Mn6	0.24	0.29	0.36	0.45	0.55	0.66	0.80			
BHW-35	0.26	0.33	0.40	0.47	0.59	0.71				

表 A3-2 常 用 数 据

钢 号	密 度 t/m^3	临 界 点 $^{\circ}\text{C}$			
		AC1	AC3	Ar1	Ar3
20g	7.82	735	855	680	835
16Mng	7.85	736	849~867		
15MnVg		700~720	830~850	630	780
14MnMoVg		710	880	665	800
18MnMoNbg		736	850	646	756
19Mn5 19Mn6	7.85				
BHW-35	7.85				

表 A3-3 常 用 数 据

钢 号	温 度 ℃						
	20	100	200	300	400	500	600
比 定 压 热 容 c_p kJ/(kg·K)							
20g		0.511	0.481		0.536	0.569	
16Mng	0.460	0.481	0.523	0.557	0.607	0.678	
19Mn5 19Mn6	0.46	0.46	0.52	0.56	0.61	0.68	0.76
BHW - 35		0.48	0.50	0.52	0.53	0.55	

汽包钢焊接性资料

常用汽包钢的焊接性资料见表 B。

表 B 常用汽包钢的焊接性资料

钢 号	碳 当 量 %		热影响区最高硬度 HV		斜 Y 坡口裂纹试验裂纹率 %			
	Ceq	Ps _r	20℃	预热 100℃	20℃	预热 100℃	预热 150℃	预热 180℃
20g	0.298~ 0.348							
22g	0.36~ 0.41							
16Mng	0.320~ 0.466		362					
15MnVg	0.308~ 0.471	1.9~ 0.8						
14MnMoVg	0.390~ 0.607	0.70~ 0.80	383	351	100	30	0	
18MnMoNb _g	0.475~ 0.635	0.93~ 0.35						
20K	0.218~ 0.348							
22K	0.307~ 0.427							
16THMA (16MnNiMoA)	0.470~ 0.643	0.75~ 0.25						
19Mn5	0.397~ 0.497	≤1.700			100	0		
19Mn6	0.327~ 0.497	≤1.835			100	0		
BHW-35 (13MnNiMo54)	0.447~ 0.653	1.33~ 0.73	4.55	150℃446		100	10	0
SA299 (1989)	0.44~ 0.57							
注: Ceq=C+Mn/6+(Cr+Mo+V)5+Ni+CuY15 Ceq>0.5,对冷裂纹敏感								

附录 C (提示的附录)

焊条成分和性能

常用焊条、焊丝化学成分，机械性能见表 C1、C2。

表 C1 常用焊条、焊丝化学成分

焊条型号 (焊丝牌号)	标准号	化 学 成 分 %									
		C	Mn	Si	Ni	Cr	Mo	V	Ti	S	P
E4315	GB5117	—	1.25	0.90	0.30	0.20	0.30	0.08	—	0.035	0.040
E5015	GB5117	—	1.60	0.75	0.30	0.20	0.30	0.08	—		
E5515-G	GB5118	—	≥1.00	≥0.80	≥0.50	≥0.30	≥0.20	≥0.10	—	—	—
E6015-G	GB5118	—	≥1.00	≥0.80	≥0.50	≥0.30	≥0.20	≥0.10	—		
E7015-G	GB5118	—	≥1.00	≥0.80	≥0.50	≥0.30	≥0.20	≥0.10	—		
E6015-D1	GB5118	0.12	1.25~ 1.75	0.60	—	—	0.25~ 0.45	—	—	0.035	0.035
E7015-D2	GB5118	0.15	1.65~ 2.00	0.60	—	—	0.25~ 0.45	—	—		
TIGJ50		0.06~ 0.12	1.20~ 1.50	0.60~ 0.85	Ac0.07 ~0.15	Zr0.04 ~0.10	Re0.05 (加入量)		0.20~ 0.35	0.025	0.025

表 C2 常用焊条机械性能

焊条型号	标准号	抗拉强度 σ_b MPa	屈服强度 $\sigma_{0.2}$ MPa	延伸率 δ_5 %	V 形缺口	冲击功 A_k
					温 度 ℃	冲击吸收功 ≥J
E4315	GB5117	420	330	22	-30	27
E5015	GB5117	490	410	22	-30	27
E5515-G	GB5118	540	440	17	—	—
E6015-G	GB5118	590	530	15	—	—
E7015-G	GB5118	690	590	15	—	—
E6015-D1	GB5118	590	530	15	-50	27

中 华 人 民 共 和 国
电 力 行 业 标 准
火力发电厂锅炉汽包焊接修复技术导则
DL/T 734—2000

*

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>)
北京梨园印刷厂印刷

*

2001年3月第一版 2001年3月北京第一次印刷
880毫米×1230毫米 16开本 1印张 27千字
印数0001—4000册

*

书号 155083·238 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)