

ICS 27.100
F 23
备案号: 61608-2018

DL

中华人民共和国电力行业标准

DL/T 734 — 2017
代替 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 for fossil-fired power plant

2017-11-15 发布

2018-03-01 实施

国家能源局 发布

目 次

前言..... II

1 范围..... 1

2 规范性引用文件 1

3 一般规定..... 1

4 汽包修复前的准备 2

5 焊接..... 3

6 焊后热处理 6

7 质量检验..... 7

8 技术文件..... 8

附录 A（资料性附录） 常用汽包钢的化学成分和力学性能 9

附录 B（资料性附录） 汽包常用钢预热和焊后热处理推荐温度..... 12

参考文献..... 13

前 言

本标准按照GB/T 1.1—2009《标准化工作导则 第1部分：标准的结构和编写》给出的规则起草。

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这些专利的责任。

本标准代替 DL/T 734—2000《火力发电厂锅炉汽包焊接修复技术导则》。本标准与 DL/T 734—2000 相比，除编辑性修改外主要技术变化如下：

- 增加了适用范围；
- 更新了规范性引用文件；
- 增加了焊接修复相关焊接人员的基本条件和相应职责；
- 修订了焊接材料选用的原则；
- 增加了修复前对缺陷进行安全性评定的要求；
- 取消了汽包修复前需上报省级电力锅炉监察机构批准，以及汽包修复工作完成后，其验收技术报告应报网、省（自治区、直辖市）电力锅炉监察部门备案的规定，相应的备案报备工作应符合法规的规定；
- 修订了汽包用钢种及热处理工艺规范；
- 增加了局部热处理的使用条件，明确了焊接热处理工艺；
- 增加了焊接残余应力的检测方法，修改了汽包残余应力合格的质量标准。

本标准由中国电力企业联合会提出。

本标准由电力行业电站焊接标准化技术委员会（DL/TC18）归口。

本标准主要起草单位：中国电力科学研究院、苏州热工研究院有限公司、神华国华(北京)电力研究院有限公司、南京龙迦工程科技有限公司、国网辽宁省电力有限公司电力科学研究院、国电锅炉压力容器检验中心、国家电网公司交流建设分公司。

本标准主要起草人：乔亚霞、赵建仓、陈忠兵、梁军、张学诚、韩德斌、乔汉文、肖德铭、武英利、刘蔚宁。

本标准首次发布日期为 2000 年，本次为第一次修订。

本标准在执行过程中的意见或建议反馈至中国电力企业联合会标准化管理中心（北京市白广路二条一号，100761）。

火力发电厂锅炉汽包焊接修复技术导则

1 范围

本标准规定了火力发电厂锅炉汽包、汽水分离器本体缺陷的清除、焊接修复、质量检验和质量要求。

本标准适用于火力发电厂锅炉汽包的焊接修复。火力发电厂锅炉集箱、热力系统压力容器、储水罐等其他类似大厚壁管、筒状承压部件，缺陷的焊接修复可参照执行。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是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 713 锅炉和压力容器用钢板
GB/T 5117 非合金钢及细晶粒钢焊条
GB/T 5118 热强钢焊条
GB/T 8110 气体保护电弧焊用碳钢、低合金钢焊丝
GB/T 19624 在用含缺陷压力容器安全评定
GB/T 26164 电业安全工作规程
DL/T 438 火力发电厂金属技术监督规程
DL/T 440 在役电站锅炉汽包的检验及评定规程
DL/T 679 焊工技术考核规程
DL/T 752 火力发电厂异种钢焊接技术规程
DL/T 819 火力发电厂焊接热处理技术规程
DL/T 868 焊接工艺评定规程
DL/T 869—2012 火力发电厂焊接技术规程
DL/T 1317 火力发电厂焊接接头超声衍射时差检测技术规程
JB/T 3223 焊接材料质量管理规程
NB/T 47008 承压设备用碳素钢和合金钢锻件
NB/T 47013.3 承压设备无损检测 第3部分：超声检测
NB/T 47013.4 承压设备无损检测 第4部分：磁粉检测
NB/T 47013.5 承压设备无损检测 第5部分：渗透检测
NB/T 47013.10 承压设备无损检测 第10部分：衍射时差法超声检测
SJ/T 10743 惰性气体保护电弧焊和等离子焊接、切割用钨钼电极

3 一般规定

3.1 焊接修复工作人员

3.1.1 焊接修复工作人员包括焊接技术人员、焊工、焊机操作工、焊接热处理人员和焊接检验人员。

3.1.2 焊接技术人员应具备相应的专业技术水平和较丰富的实践经验，并履行下列职责：

a) 熟悉本标准，结合实际情况编制焊接修复工艺文件。

b) 在施工前向有关人员进行技术交底, 指导现场焊接修复。

c) 整理焊接修复技术资料等。

3.1.3 焊工和焊机操作工应按照 DL/T 679 的规定取得相应项目的合格证书, 焊接前应根据作业文件模拟现场实际情况进行训练。

3.1.4 焊接热处理人员应按照 DL/T 819 的相关规定履行职责, 执行焊接修复工艺文件中有关焊接热处理的要求, 整理和汇总焊接热处理资料。

3.1.5 无损检测人员应具有相应的技术资格, 在有效期内承担与资格证书的种类和技术等级相应的无损检测工作。

3.1.6 理化检验人员应具有相应检验项目的资格。检验时应按规定要求检验, 并出具检验报告。

3.2 焊接材料

3.2.1 焊接材料应有质量合格证书, 其质量管理应符合 JB/T 3223 的规定。

3.2.2 焊条应符合 GB/T 5117 或 GB/T 5118 的规定, 焊丝应符合 GB/T 8110 的要求。钨极氩弧焊宜使用钨钍电极或钨钨电极, 钨钍电极应符合 SJ/T 10743 的规定, 使用的氩气纯度应达到 99.99%及以上。

3.2.3 汽包与管接头为不同材质时, 焊接材料应按照 DL/T 752 的规定选择。

3.2.4 应根据汽包材料的化学成分、力学性能以及需要修复汽包的设计要求选择合适的焊接材料, 所选的焊接材料熔敷金属的力学性能不应低于相应母材金属规定的下限值。

3.2.5 刚度比较大、拘束度比较大的情况下, 也可选用同种类型的低强匹配的焊接材料。

3.2.6 对于焊补区域比较小且无法进行热处理的管座角焊缝, 在满足补焊件结构强度和疲劳寿命的情况下, 也可选用奥氏体或镍基焊接材料补焊。

3.3 焊接修复用设备

3.3.1 焊接设备、碳弧气刨设备、焊接热处理设备、焊条烘干设备、理化检验设备和无损检测仪器应满足相应的技术要求。

3.3.2 仪器设备有计量检定要求的, 应计量合格, 并在有效期内。

3.4 环境 and 安全要求

3.4.1 允许进行焊接操作的最低环境温度因钢材不同分别为:

A-I 类为-10℃; A-II、A-III、B-I 类为 0℃; B-II 类为 5℃。

注: 钢材的分类见 DL/T 868。

3.4.2 气体保护焊的现场风速不应超过 2m/s, 焊条电弧焊风速不应超过 8m/s, 否则, 应采取防风措施。

3.4.3 焊接现场应具有防潮、防雨、防雪设施。

3.4.4 汽包(尤其内部)焊接修复安全操作应执行 GB/T 26164 的规定, 现场操作应遵守相应的监护、防护、防火、防触电、防烫伤、通风等施工安全标准、规范和规章制度。

4 汽包修复前的准备

4.1 材质及焊接修复的确认

4.1.1 材质应以设备技术要求为依据, 并符合 GB 713、NB/T 47008 等相关要求。必要时, 取样进行化学成分分析。常用汽包钢的化学成分和力学性能参见附录 A。

4.1.2 应按照 GB/T 19624、DL/T 440 规定的方法对汽包进行检验和评定, 结果为下列情况之一者, 应进行焊接修复:

- a) 经强度校核不满足强度设计要求的部位。
 - b) 断裂力学评定为不可接受的缺陷或疲劳寿命较短, 不能保证安全运行到下一个检修期的缺陷。
- 4.1.3 修复前应检查确认缺陷的类型、尺寸和位置, 并做好标记和记录。
- 4.1.4 汽包因应力腐蚀造成的大面积损伤, 不宜进行焊接修复。

4.2 焊接修复工艺方案的制定

- 4.2.1 修复前应结合修复件的性能要求、拟采用的焊接工艺进行相应的焊接工艺试验。焊接工艺试验报告应作为制定焊接修复工艺规程或作业文件的依据。
- 4.2.2 依据缺陷的实际情况、焊接工艺试验报告、强度计算与校核、运行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。
- 4.2.3 制定工艺时应考虑进行必要的加固处理, 以避免修复中部件位移、变形或局部承载能力的降低。
- 4.2.4 焊接修复后进行应力测量的修复件, 应在修复前进行应力测量记录。

4.3 缺陷清除

- 4.3.1 清除缺陷宜采用机械方法, 不应采用气割方法。
- 4.3.2 采用碳弧气刨清除缺陷时, 应遵守下列技术要求:
- a) 采用直流电源反极性接法。
 - b) 根据缺陷情况选择适宜的碳棒, 碳棒直径应比要求的刨槽宽度小 2mm~4mm。
 - c) 碳弧气刨电流根据碳棒直径决定:

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

式中:

I ——碳弧气刨电流, A;

d ——碳棒直径, mm。

- d) 压缩空气压力宜为 0.4MPa~1.0MPa, 并经过滤处理。
 - e) 根据部件的材质、厚度、缺陷深度和环境温度等具体情况来决定预热, 碳弧气刨预热温度不低于焊前预热温度。
 - f) 缺陷较深或较宽时, 分段多层刨削。
 - g) 缺陷清除后用砂轮机将氧化层、渗碳层打磨掉, 打磨深度不小于 0.5mm。
- 4.3.3 可通过增加挖补的尺寸来确保缺陷的清除, 并应采用无损检测方法确认。当缺陷不能完全清除时, 应进行安全评定, 记录缺陷情况, 作为技术资料存档备案。

4.4 防止裂纹扩展措施

- 4.4.1 对裂纹尖端, 可采用 $\phi 5\text{mm}\sim\phi 15\text{mm}$ 的钻头加工止裂孔。
- 4.4.2 止裂孔应加工在裂纹尖端部位前不小于 5mm 处。
- 4.4.3 对深度大于 50mm 的裂纹可分段钻孔, 总深度宜为裂纹检测深度加 3mm~5mm。

5 焊接

5.1 坡口制备

- 5.1.1 坡口尺寸应遵照能保证焊接质量、填充金属量少、减少焊接应力和变形、改善劳动条件、便于操作、适应无损检测要求等原则制备。推荐的焊接修复常用坡口形式见表 1。
- 5.1.2 修磨的坡口面形状应表面平整、底部平缓、转角处圆滑过渡, 不应存在尖角和焊接电弧难以达

到的死角。

5.1.3 焊接前应将坡口表面及附近母材（内、外壁或正、反面）的油、漆、垢、锈等清理干净，直至露出金属光泽，清理范围如下：

- a) 对接焊缝：坡口每侧各 10mm~15mm。
- b) 角焊缝：焊脚尺寸 (h_f) +10mm。

表 1 焊接修复常用坡口形式

缺陷	坡口形式	坡口示意图	坡口尺寸
未穿透性裂纹或缺陷	U 形或梯形		$\alpha > 10^\circ$ $R \geq 5\text{mm}$
穿透性裂纹或缺陷	V 形或 X 形		$\alpha = 20^\circ \sim 120^\circ$ $P = 1\text{mm} \sim 3\text{mm}$ $\delta < 70\text{mm}$ $\alpha = 20^\circ \sim 35^\circ$ $P = 1\text{mm} \sim 3\text{mm}$ $\delta < 60\text{mm}$
	U 形或双 U 形		$\alpha > 10^\circ$ $P = 1\text{mm} \sim 3\text{mm}$ $R \geq 5\text{mm}$ $\delta \geq 60\text{mm}$

5.2 焊前预热

5.2.1 预热可采用整体预热、整段预热或局部预热，具体采用的预热形式根据现场情况确定。缺陷处于较厚部位时，宜采用内、外同时加热的方法进行预热。

5.2.2 以下情况可采用整体预热或整段预热：

- a) 修复范围沿汽包纵向超过汽包长度的 3/5。
- b) 同一节筒体上，修复焊缝纵向长度之和大于本节筒体长度的 2/5，多处纵向修复长度累加。
- c) 同一圆周上，修复焊缝周向长度之和大于汽包筒体周长的 1/5。
- d) 产生了 T 形修复焊缝。

5.2.3 接管座焊缝缺陷修复或者缺陷深度小于其所在处壁厚的 1/5 时，可采用局部预热。

5.2.4 焊前预热可采用柔性陶瓷电阻加热或火焰加热方法，并应按照 DL/T 819 的规定执行。

5.2.5 整段预热和局部预热加热宽度在修复处两侧每边不应少于汽包壁厚的 3 倍。接管座修复时的预热加热宽度应自管座焊缝起每侧不少于汽包壁厚的 3 倍。

5.2.6 预热温度的选择应遵守以下规定：

- a) 汽包常用钢的预热温度可参照附录 B 选用，其他部件用钢的热处理温度按照 DL/T 819 的规定执行。

b) 当环境温度低于 10℃或拘束较大时, 预热温度应比附录 B 的推荐值提高 20℃~50℃。

c) 接管座与汽包筒体为异种钢焊接时, 预热温度应按较高侧选取。

5.2.7 整段预热和局部预热保温宽度在修复处两侧每边不应少于汽包壁厚的 5 倍。条件许可时, 应在汽包内、外壁同时保温。

5.3 焊接工艺

5.3.1 修复可采用焊条电弧焊和钨极氩弧焊等焊接方法, 具体可根据缺陷尺寸、位置、数量、材质、结构形状等综合确定。

5.3.2 定位焊时, 除焊工、焊接材料、预热温度和焊接工艺等应与施焊相同外, 还应符合 DL/T 869—2012 的相关规定。

5.3.3 多处缺陷需要修复时, 焊接顺序宜以减少焊接应力, 方便焊接操作为原则。宜先焊接汽包内壁, 后焊接外壁; 先焊接汽包纵向, 后焊接环向; 最后焊接接管座。

5.3.4 焊接工艺参数应符合焊接工艺试验的规定, 在保证熔合良好的情况下宜采用较小的焊接热输入量。焊条摆动的宽度不宜大于焊条直径的 3 倍, 厚度不大于焊条直径+1mm。

5.3.5 道(层)间温度控制按照 DL/T 869—2012 执行。

5.3.6 修复过程除工艺或检验上要求分次焊接外, 应保持连续施焊。若被迫中断, 应采取防止裂纹产生的措施(如后热、缓冷、保温等)。再次焊接前, 应仔细检查并确认无裂纹后, 方可按照工艺要求继续施焊。

5.3.7 收弧应填满弧坑, 多层多道焊应错开接头。

5.3.8 每道(层)焊完后应清理打磨, 经目视检测确认无缺陷后方可继续施焊; 焊接修复完成后, 用机械方法清理打磨焊缝及其附近母材表面, 并圆滑过渡。

5.3.9 深槽焊接推荐工艺如下:

- a) 采用焊条电弧焊进行多层多道焊时, 底层可采用 $\phi 2.5\text{mm}$ 或 $\phi 3.2\text{mm}$ 焊条, 施焊 3 层~5 层后可用 $\phi 4\text{mm}$ 焊条。对于非规整坡口, 宜采用钨极氩弧焊或 $\phi 2.5\text{mm}$ 的焊条电弧焊, 先行施焊填平补齐使其坡口规则。
- b) 汽包纵焊缝多处缺陷修复时, 应采用跳焊的方法施焊; 环焊缝修复宜采用双人对称焊。
- c) 填充量大的长、深坡口焊接, 必要时除底层和表层焊缝外, 每道焊缝焊后应趁红热状态进行均匀锤击。
- d) 当填充量较大, 无法立即进行热处理时, 可采用中间热处理。中间热处理的温度可与焊后热处理相同, 也可稍低, 但不宜低于 500℃。

5.3.10 大面积浅槽焊接推荐工艺如下:

- a) 采用多层多道焊, 各层焊道宜相互垂直。
- b) 必要时, 应将修复处划分为若干小区, 并分区跳焊, 相邻小区的焊道方向应相互垂直, 各层接头应错开。每道焊缝焊后立即锤击。

5.3.11 接管座焊缝缺陷修复推荐工艺如下:

- a) 穿透型的焊接缺陷, 应采用钨极氩弧焊打底的焊接方法。
- b) 焊接接管座(如更换接管座)数量较大时, 宜合理安排焊接顺序, 采用对称焊等工艺措施。
- c) 在保证角焊缝尺寸(或焊脚高度)前提下, 其外形宜为微凹形。

5.3.12 再次焊接修复应符合下列要求:

- a) 修复部位发现超标缺陷, 应分析原因, 找出对策, 制订再次焊接修复的工艺和质量管理措施。
- b) 同一位置上的挖补次数不宜超过三次(含本次挖补在内)。
- c) 如已进行热处理, 则再次焊接修复后应重新进行焊后热处理。

6 焊后热处理

6.1 焊后热处理前准备

- 6.1.1 安装测量变形的仪器及装置。
- 6.1.2 堵塞可能造成通风或热量损失的管孔。
- 6.1.3 解除或清除阻碍汽包加热膨胀的构件。

6.2 焊后热处理类型

- 6.2.1 根据结构尺寸、施工条件及工艺要求等, 可以采用整体热处理、整段热处理或局部热处理, 必要时, 应采用内外壁同时加热、保温的方式。
- 6.2.2 汽包整体焊后热处理宜在内部加热。
- 6.2.3 接管座焊缝缺陷修复或修复焊缝厚度小于其所在处壁厚的 1/5 时, 可以采用局部热处理。
- 6.2.4 符合 5.2.2 整体预热或整段预热情况的修复件, 焊后宜进行整体或整段焊后热处理。

6.3 加热方法

- 6.3.1 加热方法可采用柔性陶瓷电阻加热、感应加热和火焰加热。
- 6.3.2 电加热时, 需要的加热功率可按下式计算:

$$P = \frac{K \cdot m \cdot c(t_2 - t_1)}{3600 \cdot t}$$

式中:

- P ——加热所需功率, kW;
- K ——热损失系数, 整体加热时推荐 $K=2\sim3$; 整段加热或局部加热时推荐 $K=3\sim4$;
- m ——加热范围内受热部件质量, kg;
- c ——材料比热容, kJ/(kg·°C);
- t_1 ——加热起始温度, °C;
- t_2 ——加热终了温度, °C;
- t ——加热升温时间, h。

6.4 加热宽度

- 6.4.1 整段和局部热处理时, 加热宽度在修复处两侧每边不应小于汽包壁厚的 3 倍。
- 6.4.2 采用整段热处理分段进行时, 相邻加热带重叠宽度不小于汽包壁厚的 2 倍且不小于 100mm。
- 6.4.3 接管座修复焊后, 热处理加热宽度应自管座焊缝起每侧不小于汽包壁厚的 3 倍。

6.5 测温点布置

- 6.5.1 整体热处理时, 应至少在汽包的三个截面上各布置 1 组测温点, 每一断面按上、下、左、右 4 个位置, 内、外壁对应布置。
- 6.5.2 整段热处理时, 每节受热筒体上应布置不少于 1 组测温点, 每组按上、下、左、右 4 个位置, 内、外壁对应布置。
- 6.5.3 局部热处理时, 应至少在加热装置的中心及边缘各布置 1 组测温点, 每组按上、下、左、右 4 个位置, 内、外壁对应布置。

6.6 焊后热处理工艺控制

- 6.6.1 工艺参数应符合下列规定:

- a) 汽包用钢的焊后热处理温度可参照附录 B 的规定选用。难以达到附录 B 规定的加热温度时，允许采用较低温度（碳钢不低于 500℃，合金钢不低于 550℃），且适当延长恒温时间。其他部件用钢种的热处理温度应按照 DL/T 869—2012 的规定执行。
- b) 根据 DL/T 819 的规定确定恒温时间。当壁厚超过 DL/T 819 中所列规定时，每增加 25mm，恒温时间增加 15min。
- c) 热处理升、降温速度为 $6250/\delta$ （单位为℃/h，其中 δ 为焊件厚度，单位为 mm），且不高高于 300℃；当壁厚大于 100mm 时，升、降温速度按 60℃/h 控制。
- d) 管座焊缝修复焊后热处理，按汽包筒体壁厚计算热处理升、降温速度和恒温时间。

6.6.2 温差控制应符合下列规定：

- a) 加热、冷却和恒温时，内、外壁对应点温差不应大于 50℃，周向内任意两点温差不应大于 80℃，补焊区域的温差控制应符合 DL/T 819 的规定。
- b) 温度梯度，每 100mm 不应大于 100℃。
- c) 当升温过程中温差大于上述要求时，可采用中间恒温的方法减少温差。

6.7 保温

6.7.1 焊后热处理宜采用硅酸铝毡保温，不少于两层，厚度不小于 60mm~80mm，层间接缝应错开。

6.7.2 条件允许时，汽包内、外壁对应区域同时保温。

6.8 变形监测与控制

6.8.1 定时检查汽包膨胀、收缩情况，严防膨胀或收缩受阻。

6.8.2 定时监测和记录汽包变形情况。

6.9 汽包吊带（杆）温度监测与控制

6.9.1 吊带（杆）位于加热区域时，应在吊带（杆）上设置测温热电偶，并应控制悬吊式汽包吊带（杆）的温度不大于 400℃。

6.9.2 吊带（杆）应处于裸露状态自然冷却，必要时可采用强制降温措施。

7 质量检验

7.1 检验内容

7.1.1 补焊工作完成后，应先进行修磨，再进行质量检验。

7.1.2 检验项目包括外观检查、无损检测和修复技术方案要求的其他检验。

7.2 外观检查

7.2.1 焊接接头应进行 100% 的外观检查。

7.2.2 焊缝应圆滑过渡到母材，焊缝外形允许尺寸应符合 DL/T 869—2012 表 6 中 I 类焊接接头类别的要求。

7.2.3 焊缝表面不允许存在裂纹、气孔、夹渣、咬边等缺陷。

7.3 无损检测

7.3.1 应对焊接修复部位进行 100% 的无损检测。

7.3.2 筒体的焊接接头宜按 DL/T 1317 或 NB/T 47013.10 的规定进行衍射时差法超声检测（TOFD）检测，或按 NB/T 47013.3 的规定进行超声检测，焊接接头质量等级 I 级合格。

7.3.3 筒体焊缝，汽水分离器和储水罐角焊缝磁粉检测按 NB/T 47013.4 的规定要求进行检测，质量等级 I 级合格。

7.3.4 筒体焊缝，汽水分离器和储水罐角焊缝渗透检测按 NB/T 47013.5 的规定要求进行检测，质量等级 I 级合格。

7.4 硬度检查

7.4.1 采用整体或整段进行热处理的焊接接头，按 DL/T 819 确定的均温区宽度，并在均温区两端和焊缝最高温度点处选取截面进行硬度检测，每个截面按 90°均分的位置进行检测，每处检测 5 个值。

7.4.2 焊接接头硬度检验应满足 DL/T 869—2012 的规定。

7.5 金相检验

焊接接头的金相检验合格标准应符合 DL/T 869—2012 的规定。

7.6 残余应力测量

7.6.1 修复工艺对结构应力有影响的情况下应进行残余应力测量。

7.6.2 残余应力的测量宜采用钻孔法、超声波法或磁性法。

7.6.3 检测单位应提供类似部件监测工艺试验及技术报告。

7.6.4 焊接修复区域的测量点不少于 3 点，应优先测量应力集中的区域。

7.6.5 残余应力测量值不宜大于原汽包残余应力的 1.2 倍。

7.7 厚度检测

厚度检测结果应满足焊接修复处的设计汽包的最小壁厚要求。

8 技术文件

8.1 焊接修复完成后应及时编制焊接修复技术文件，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。
- 焊接工艺试验报告。
- 焊接材料质量证明。
- 焊工资格证明。
- 修复工程记录图。
- 质量检验报告和热处理记录曲线图。

8.2 属于金属技术监督规程管理的焊接技术文件应符合 DL/T 438 的相关规定。

附录 A
(资料性附录)
常用汽包钢的化学成分和力学性能

常用汽包钢的化学成分，见表 A.1。常用汽包钢的力学性能，见表 A.2。

表 A.1 常用汽包钢的化学成分

钢号	标准号	化学成分（质量分数） %													
		C	Si	Mn	Cu	Ni	Cr	Mo	Nb	V	Ti	Al	P	S	其他
Q245R	GB 713	≤0.20 ^a	≤0.35	0.50~ 1.10	≤0.30	≤0.30	≤0.30	≤0.08	≤0.050	≤0.050	≤0.030	≥0.020	≤0.025	≤0.010	Cu+Ni+Cr+ Mo≤0.70
Q345R	GB 713	≤0.20 ^a	≤0.35	1.20~ 1.70	≤0.30	≤0.30	≤0.30	≤0.08	≤0.050	≤0.050	≤0.030	≥0.020	≤0.025	≤0.010	Cu+Ni+Cr+ Mo≤0.70
13MnNiMoR	GB 713	≤0.15 ^a	0.15~ 0.50	1.20~ 1.60	≤0.30	0.60~ 1.00	0.20~ 0.40	0.20~ 0.40	0.005~ 0.020	—	—	—	≤0.020	≤0.010	—
18MnMoNbR	GB 713	≤0.21 ^a	0.15~ 0.50	1.20~ 1.60	≤0.30	≤0.30	≤0.30	0.45~ 0.65	0.025~ 0.050	—	—	—	≤0.020	≤0.010	—
P355GH	BS EN10028-2: 2009	0.10~ 0.22	≤0.60	1.10~ 1.70	≤0.30 ^b	≤0.30	≤0.30	≤0.08	≤0.040	≤0.20	≤0.30	≥0.020	≤0.025	≤0.010	Cu+Ni+Cr+ Mo≤0.70; N≤0.012 ^c
SA-105	ASME SA-105	≤0.35	0.10~ 0.35	0.60~ 1.05	≤0.40	≤0.40	≤0.30	≤0.12	≤0.02	≤0.05	—	—	≤0.035	≤0.040	Cu+Ni+Cr+ Mo≤1.00; Cr+Mo≤0.32
SA-299 ^d	ASME SA-299	≤0.30	0.13~ 0.45	0.84~ 1.62	—	—	—	—	—	—	—	—	≤0.035	≤0.040	—
SA-302 D ^e	ASME SA-302	≤0.25	0.13~ 0.45	1.07~ 1.62	—	0.67~ 1.03	—	0.41~ 0.64	—	—	—	—	≤0.035	≤0.035	—
SA-516 Gr70	ASME SA-516	f	0.13~ 0.45	0.79~ 1.30	—	—	—	—	—	—	—	—	≤0.035	≤0.035	—

表 A.1 (续)

钢号	标准号	化学成分 (质量分数) %													
		C	Si	Mn	Cu	Ni	Cr	Mo	Nb	V	Ti	Al	P	S	其他
20MnMo	NB/T 47008	0.17~ 0.23	0.17~ 0.37	1.10~ 1.40	≤0.25	≤0.30	≤0.30	0.20~ 0.35	—	—	—	—	≤0.025	≤0.015	—
BHW35	DILLINGER DH-E24-E	≤0.16	0.15~ 0.50	1.00~ 1.60	—	0.60~ 1.00	0.20~ 0.40	0.20~ 0.40	≤0.01	—	—	—	≤0.025	≤0.025	—

^a 经供需双方协议,并在合同中注明,C含量下限可不做要求。

^b 考虑材料的成形性能需要,订货时可以协议降低最大Cu含量和/或Cu与Sn总含量,例如Cu+6Sn≤0.33%。

^c Al/N≥2。

^d 厚度大于等于25mm时。

^e 厚度大于等于50mm时。

^f 厚度 ≤12.5mm >12.5mm~50mm >50mm~100mm >100mm
C含量 ≤0.27% ≤0.28% ≤0.30% ≤0.31%

表 A.2 常用汽包钢的力学性能

钢号	标准号	厚度 mm	热处理状态	抗拉强度 R_m MPa	屈服强度 R_{eL} MPa	断后伸长率 A %	冲击吸收 能量 KV_2 J	硬度 HBW
Q245R	GB 713	3~16	热轧或正火	400~520	≥245	≥25	0℃:34	
		>16~36	热轧或正火	400~520	≥235			
		>36~60	热轧或正火	400~520	≥225			
		>60~100	热轧或正火	390~510	≥205	≥24		
		>100~150	热轧或正火	380~500	≥185			
		>150~250	热轧或正火	370~490	≥175			
Q345R	GB 713	3~16	热轧或正火	510~640	≥345	≥21	0℃:41	
		>16~36	热轧或正火	500~630	≥325			
		>36~60	热轧或正火	490~620	≥315			
		>60~100	热轧或正火	490~620	≥305	≥20		
		>100~150	热轧或正火	480~610	≥285			

表 A.2 (续)

钢号	标准号	厚度 mm	热处理状态	抗拉强度 R_m MPa	屈服强度 R_{eL} MPa	断后伸长率 A %	冲击吸收 能量 KV_2 J	硬度 HBW
Q345R	GB 713	>150~250	热轧或正火	470~600	≥265	≥20	0°C:41	
13MnNiMoR	GB 713	30~100	正火+回火	570~720	≥390	≥18	0°C:47	
		>100~150	正火+回火	570~720	≥380	≥18		
18MnMoNbR	GB 713	30~60	正火+回火	570~720	≥400	≥18	0°C:47	
		>60~100		570~720	≥390	≥18		
P355GH	BS EN10028-2: 2009	≤16	正火轧制 正火	510~650	≥355	≥20	-20°C:27 0°C:34 20°C:40	
		>16~40		510~650	≥345			
		>40~60		510~650	≥335			
		>60~100		490~630	≥315			
		>100~150		480~630	≥295			
		>150~250		470~630	≥280			
				≥485	≥250	≥22		≤187
SA-105	ASME SA-105							
SA-299	ASME SA-299	≤25		515~655	≥290	≥19		
		>25		515~655	≥275	≥19		
SA-302 D	ASME SA-302	30~115		550~690	≥345	≥20		
SA-516 Gr70	ASME SA-516			485~620	≥260	≥21		
20MnMo	NB/T 47008	≤300	淬火+回火	530~700	370	≥18	0°C:34	156~208
BHW35	DILLINGER DH— E24—E	≤60		570~740	390	≥18	0°C:39	
		60~100		570~740	380			
		100~150		570~740	375			

附 录 B
(资料性附录)

汽包常用钢预热和焊后热处理推荐温度

汽包常用钢预热和焊后热处理推荐温度见表 B.1。

表 B.1 汽包常用钢预热和焊后热处理推荐温度

序号	钢号	标准	预热温度 ℃	焊后热处理 加热温度 ℃
1	Q235R	GB 713	100~150	550~600
2	Q345R	GB 713	100~150	550~600
3	13MnNiMoR	GB 713	150~200	600~650
4	18MnMoNbR	GB 713	150~200	600~650
5	P355GH	DIN EN10028-2	100~150	550~600
6	SA105	ASME SA-105	100~150	550~600
7	SA299	ASME SA-299	100~150	550~600
8	SA302	ASME SA-302	100~150	550~600
9	SA516 Gr70	ASME SA-516	100~150	550~600
10	20MnMo	NB/T 47008	150~200	600~650
11	BHW35	DILLINGER DH-E24-E	150~200	600~650

参 考 文 献

- [1] ASME SA-105 Specification for carbon steel forgings for piping applications
 - [2] ASME SA-299 Standard specification for pressure vessel plates, carbon steel, Manganese-Silicon
 - [3] ASME SA-302 Standard specification for pressure vessel plates, alloy steel, Manganese-Molybdenum and Manganese-Molybdenum-Nickel
 - [4] ASME SA-516 Standard specification for pressure vessel plates, carbon steel, for Moderate and lower temperature service
 - [5] BS EN10028-2: 2009 Flat products made of steels for pressure purposes part 2: Non-alloy and alloy steels with specified elevated temperature properties
 - [6] DILLINGER DH-E24-E (Idt BS EN100028-2) Flat products made of steels for pressure purposes part 2: Non-alloy and alloy steels with specified elevated temperature properties
-

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—2017

代替 DL/T 734—2000

*

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街19号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

北京传奇佳彩印刷有限公司印刷

*

2018年4月第一版 2018年4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 001—500册

*

统一书号 155198·751 定价 **13.00元**

版 权 专 有 侵 权 必 究

本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换



155198.751