

ICS 25.160.10

CCS J 33

DL

中华人民共和国电力行业标准

DL/T 869—2021

代替 DL/T 869—2012

火力发电厂焊接技术规程

The welding code of practice for power plant

2021-12-22 发布

2022-03-22 实施

国家能源局 发布

目 次

前言	II
引言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	2
4 一般规定	2
5 坡口制备及组对要求	5
6 焊接工艺	10
7 质量检验	15
8 质量标准	18
9 焊接修复	20
10 焊接技术文件	21
附录 A (资料性) 电厂常用钢材的化学成分和力学性能	23
附录 B (资料性) 焊接异种钢的焊条(焊丝)及焊后热处理温度速查表	33
附录 C (资料性) 常用焊条熔敷金属的化学成分和常温力学性能	35
附录 D (资料性) 常用焊丝的化学成分	45
附录 E (规范性) 9%Cr~12%Cr 马氏体型耐热钢焊接技术特殊要求	47
附录 F (规范性) 奥氏体不锈钢及镍基合金焊接特殊技术要求	49
附录 G (资料性) 超(超)临界参数锅炉的水冷壁地面水平位置组合的密封焊接方案要点	50
附录 H (资料性) 焊接接头无损检测一次合格率	51

前 言

本文件按照 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。

本文件代替 DL/T 869—2012《火力发电厂焊接技术规程》，与 DL/T 869—2012 相比，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

- 增加焊接工程监理人员的职责（见 4.2.3.6）；
- 修订了管子/道焊口两边内外径尺寸均不同时 [图 1 c)] 焊件组对方法（见附录 B）；
- 修订了 9%~12%Cr 马氏体型耐热钢施焊预热温度和相应的层/道间温度，修订了焊后热处理恒温温度（见 5.3.4）；
- 增加了超超临界参数锅炉的水冷壁地面水平位置组合的密封焊接要求（见 6.3.18、附录 G）；
- 修订了部件应进行焊后热处理和有条件不进行焊后热处理的规定（见 6.4.3、6.4.4）；
- 删除了对 07Cr2MoW2VNbB (T23) 钢壁厚不大于 8 mm 可以免除焊后热处理的规定（见 2012 年版的 6.4）；
- 增加了无损检测应用方法及相关技术要求，根据增加的无损检测方法及相关标准变化修改了管道各类焊接接头的质量级别规定（见 7.3、8.2）；
- 修改现场焊缝硬度检测方法为宜采用布氏硬度检测方法（见 7.5.2、8.4）；
- 对重要部件的焊接修复、焊接接头金相检验、布氏硬度检验等与相关标准进行了衔接（见 4.1.5、4.3.2）；
- 根据本文件涉及的材料变化增加并完善了附录 A、附录 C 和附录 D 相关内容。

本文件由中国电力企业联合会提出。

本文件由电力行业电站焊接标准化技术委员会（DL/TC 18）归口。

本文件起草单位：中国电力科学研究院有限公司、中国能源建设集团安徽电力建设第一工程有限公司、苏州热工研究院有限公司、陕西化建工程有限责任公司、江苏方天电力技术有限公司、南京龙迦工程科技有限公司、上海电力安装第一工程有限公司、江苏电力装备有限公司、电力行业电力锅炉压力容器安全监督管理委员会、中国能源建设集团安徽电力建设第二工程有限公司。

本文件主要起草人：郭军、乔亚霞、傅求华、赵建仓、马君鹏、张国光、张学诚、任永宁、王淦刚、李长辉、毛敏、赵军、朱顺聚、张浩。

本文件及其所代替文件的历次版本发布情况为：

- 1962 年首次发布为焊规—101—62，1977 年第一次修订，1982 年第二次修订，1992 年第三次修订，2004 年第四次修订，2012 年第五次修订；
- 本次为第六次修订。

本文件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）。

引 言

根据《国家能源局综合司关于下达 2019 年能源领域行业标准制修订计划及英文版翻译出版计划的通知》（国能综通科技〔2019〕58 号）的要求，对 DL/T 869—2012《火力发电厂焊接技术规程》进行了修订。

本文件和 DL/T 678 共同构成电力行业焊接工作的主干标准。

本文件修订过程中，吸收了近年来电站焊接技术发展的成果，参照了有关国际标准、国家标准和国内有关标准及规定。

本文件可以作为火力发电厂工程所涉及的建设、设计、施工、监理单位等各方均认可的焊接技术要求使用。

本文件最初版本：焊规—101—62《碳素钢和低合金钢的电弧焊接暂行技术规程》，由中华人民共和国水利电力部批准颁发。此后，历次版本情况：SDJ 51—77《电力建设施工及验收技术规范（火力发电厂承压管道焊接篇）》，由水利电力部批准颁发；SDJ 51—82《电力建设施工及验收技术规范（火力发电厂焊接篇）》，由水利电力部批准颁发；DL 5007—92《电力建设施工及验收技术规范（火力发电厂焊接篇）》，由能源部批准颁发；DL/T 869—2004《火力发电厂焊接技术规程》，由国家发展改革委批准颁发；DL/T 869—2012《火力发电厂焊接技术规程》，由国家能源局批准颁发。

火力发电厂焊接技术规程

1 范围

本文件规定了火力发电厂设计、安装、维修、改造工程及其配套加工制造的锅炉、压力容器、压力管道、钢结构和在受压元件上焊接非受压元件的焊接工作，以及主、辅机部件的焊接修复工作的技术要求。

本文件适用于焊条电弧焊（SMAW）、钨极氩弧焊（GTAW）、熔化极（实心药芯焊丝）气体保护焊（GMAW、FCAW）、气焊（OFW）、埋弧焊（SAW）等焊接方法。

本文件也适用于非承压结构、密封及一般支撑结构的焊接。

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 983 不锈钢焊条
- GB/T 985.1 气焊、焊条电弧焊、气体保护焊和高能束焊的推荐坡口
- GB/T 985.2 埋弧焊的推荐坡口
- GB/T 5117 非合金钢及细晶粒钢焊条
- GB/T 5118 热强钢焊条
- GB/T 5293 埋弧焊用非合金钢及细晶粒钢实心焊丝、药芯焊丝和焊丝-焊剂组合分类要求
- GB/T 5310 高压锅炉用无缝钢管
- GB/T 8110 熔化极气体保护焊用非合金及细晶粒钢实心焊丝、低合金钢焊丝
- GB/T 10045 非合金钢及细晶粒钢药芯焊丝
- GB/T 11345 焊缝无损检测 超声检测 技术、检测等级和评定
- GB/T 12470 埋弧焊用热强钢实心焊丝、药芯焊丝和焊丝-焊剂组合分类要求
- GB/T 17394 金属材料 里氏硬度试验
- GB/T 17493 热强钢药芯焊丝
- GB/T 29713 不锈钢焊丝和焊带
- GB/T 32532 焊接与切割用钨极
- GB/T 39255 焊接用切割用保护气体
- GB/T 39279 气体保护电弧焊用热强钢实心焊丝
- GB/T 39280 钨极惰性气体保护电弧焊用非合金钢及细晶粒钢实心焊丝
- DL/T 675 电力行业无损检测人员资格考核规则
- DL/T 678 电力钢结构焊接通用技术条件
- DL/T 679 焊工技术考核规程
- DL/T 734 火力发电厂锅炉汽包焊接修复技术导则
- DL/T 752 火力发电厂异种钢焊接技术规程
- DL/T 753 汽轮机铸钢件补焊技术导则
- DL/T 754 母线焊接技术规程

DL/T 869—2021

- DL/T 819 火力发电厂焊接热处理技术规程
- DL/T 820 (所有部分) 管道焊接接头超声波检测技术规程
- DL/T 821 金属熔化焊对接接头射线检测技术和质量分级
- DL/T 868 焊接工艺评定规程
- DL/T 905 汽轮机叶片、水轮机转轮焊接修复技术规程
- DL/T 931 电力行业理化检验人员考核规程
- DL/T 991 电力设备金属光谱分析技术导则
- DL/T 1097 火电厂凝汽器管板焊接技术规程
- DL/T 1105.2 电站锅炉集箱小口径接管座角焊缝无损检测技术导则 第2部分: 超声检测
- DL/T 1621 发电厂轴瓦巴氏合金焊接技术导则
- DL/T 1718 火力发电厂焊接接头相控阵超声检测技术规程
- DL/T 1719 采用便携式布氏硬度计检验金属部件技术导则
- DL/T 1927 发电机、汽轮机轴颈焊接修复技术导则
- DL/T 2054 电力建设焊接接头金相检验与评定技术导则
- DL/T 2360 阀门密封面焊接修复技术导则
- DL/T 5210.5 电力建设施工质量验收规程 第5部分: 焊接
- JB/T 3223 焊接材料质量管理规程
- NB/T 47013 承压设备无损检测
- NB/T 47018.2 承压设备用焊接材料订货技术条件 第2部分: 钢焊条
- NB/T 47018.3 承压设备用焊接材料订货技术条件 第3部分: 气体保护电弧焊丝和填充丝
- NB/T 47018.4 承压设备用焊接材料订货技术条件 第4部分: 埋弧焊用钢焊丝和焊剂
- YB/T 5092 焊接用不锈钢丝

3 术语和定义

本文件没有需要界定的术语和定义。

4 一般规定

4.1 总的要求

- 4.1.1 焊接工程应按 DL/T 868 进行焊接工艺评定, 编制焊接工艺、作业指导书, 必要时编制焊接施工措施文件。
- 4.1.2 焊接接头质量检验应根据部件工况条件和质量要求分类。
- 4.1.3 焊接人员考核应符合有关规程的规定。
- 4.1.4 焊接工程质量验收, 应符合 DL/T 5210.5 的规定。
- 4.1.5 汽包、汽轮机铸钢件、汽轮机叶片、轴颈、轴瓦巴氏合金、阀门等重要部件焊接或焊接修复应分别符合 DL/T 734、DL/T 753、DL/T 905、DL/T 1927、DL/T 1621、DL/T 2360 的规定。
- 4.1.6 电力钢结构、母线、凝汽器管板焊接应分别符合 DL/T 678、DL/T 754、DL/T 1097 的规定。
- 4.1.7 焊接工作应遵守国家和行业的安全、环保规定和其他专项规定。

4.2 企业及焊接人员

4.2.1 承担火力发电厂焊接工程的施工、监理、检修和相关工作的单位应具备的条件

承担火力发电厂焊接工程的施工、监理、检修和相关工作的单位应具备下列条件:

- a) 具有国家认可的与承担工程相适应的单位资质，具备相应的质量管理体系；
- b) 企业质量体系中应对焊接工程管理有明确的规定，焊接工程中，质量体系应有效运行，确保焊接工程的质量；
- c) 指定焊接专业负责人，负责本专业的技术、质量及安全工作；
- d) 具备与工程规模相适应的焊接施工、检验装备和人力资源条件；
- e) 施工和监理企业应经常组织焊接人员参加专业技术培训。

4.2.2 承担火力发电厂焊接工程的焊接人员应具备的条件

4.2.2.1 焊接技术人员应具备下列条件：

- a) 应经过专业技术培训，且有不少于1年的专业技术实践；
- b) 焊接工程中担任管理或技术负责人的焊接技术人员应取得相应专业中级或以上专业技术资格。

4.2.2.2 焊接质量检查人员应具备下列条件：

- a) 应具有初中及以上的文化程度，具有3年及以上实践经验；
- b) 应经过专门技术培训，具备相应的质量管理知识，并取得相应的证书。

4.2.2.3 焊接检验、检测人员应具备下列条件：

- a) 无损检测人员应按照 DL/T 675 的规定参加考核并取得相应的技术资格；
- b) 从事金相、光谱、力学性能检测的人员，应按照 DL/T 931 的相关的规定取得相应的资格；
- c) 焊接检验、检测人员的证书应在有效期内；
- d) 评定检测结果，签署检测报告的人员应具备中级及以上资格。

4.2.2.4 焊工和焊机操作工应按照 DL/T 679 的规定参加焊工技术考核，并取得相应证书。

4.2.2.5 焊接热处理人员应具备下列条件：

- a) 焊接热处理操作人员应具备初中及以上文化程度，经专门培训考核并取得证书；
- b) 焊接热处理技术人员应具备中专及以上文化程度，经专门培训考核并取得证书。

4.2.2.6 焊接工程监理人员应具备下列条件：

- a) 应有不少于五年的焊接专业技术实践；
- b) 应经过焊接专业技术培训。

4.2.3 焊接人员的基本职责

4.2.3.1 焊接技术人员应履行下列职责：

- a) 贯彻工程质量方针，掌握工程概况，组织并编制焊接专业施工组织设计；
- b) 组织并参与焊接工艺评定，编制焊接作业指导书、拟定焊接技术措施，组织现场焊接练习，确认焊工能力；
- c) 在施工前向有关人员进行技术交底，在工程中实施技术指导和监督；
- d) 参与焊接质量验收；
- e) 记录、检查和整理工程技术资料，办理本专业工程竣工技术文件的移交，组织进行焊接工程专业总结。

4.2.3.2 焊接质量检查人员应履行下列职责：

- a) 编制焊接质量验收项目和实施计划；
- b) 参与焊接技术措施的审定，确认有关技术措施的实施，及时制止违章作业并报告有关部门；
- c) 确定受检焊缝或检验部位，检验外观质量，负责工程质量统计，并按照 DL/T 5210.5 的要求开展工程质量验收；
- d) 掌握焊工技术状况，检查焊工合格证件。对作业质量不稳定的焊工有权停止其焊接工作；
- e) 有权建议焊工技术考核委员会吊销焊工合格证书；

f) 及时收集和汇总焊接质量检查资料,整理焊工质量档案,配合整理工程竣工技术文件并移交。

4.2.3.3 焊接检验、检测人员应履行下列职责:

- a) 按照指定部位和委托内容,根据本文件进行检验、检测,做到检验及时、结论准确、及时反馈;
- b) 填写、整理、签发和保管全部检验记录,配合有关人员整理、移交专业工程竣工技术资料;
- c) 对外观不合格或不符合无损检测要求的焊缝,可拒绝进行无损检测。

4.2.3.4 焊工与焊机操作工应履行下列职责:

- a) 按照 DL/T 679 规定的合格项目适用范围从事焊接工作。
- b) 熟悉并执行焊接工艺、作业指导书和焊接技术措施的有关规定。
- c) 按照本文件的要求进行质量自检,及时填写自检记录。
- d) 当作业条件与焊接工艺、作业指导书规定不符时,应停止或拒绝施焊。在作业过程中发现重大质量问题时,应停止施焊并及时报告有关人员,不得自行处理。

4.2.3.5 焊接热处理人员应按照 DL/T 819 的规定履行职责。

4.2.3.6 焊接工程监理人员应履行下列职责:

- a) 编制焊接工程监理规划;
- b) 根据合同、标准和质量目标审查施工单位的焊接专业施工组织设计、焊接施工方案、措施等;
- c) 确认施工单位焊接人员均持有效证件上岗,监督施工单位的焊接人员的履职情况;
- d) 确认现场设备的完好率;
- e) 确认现场焊接过程、焊接工艺,焊接材料对标准和技术文件的符合性;
- f) 组织焊接工程质量验收,监督不符合项的整改;
- g) 审查施工单位所移交焊接资料的完整性。

4.3 材料

4.3.1 钢材

4.3.1.1 钢材材质应符合设计规定,进口钢材应符合合同规定。钢材应附有质量证明书。首次使用的钢材,焊接工艺评定前应收集其焊接性资料和焊接、焊接热处理以及其他热加工方法指导性工艺资料。

4.3.1.2 工程代用材料应经过设计批准。工程中使用的临时材料应符合 4.3.1.1 的规定,并应经过工程技术负责人的批准。

4.3.1.3 钢材的化学成分和力学性能应符合相应的国家标准、国内外行业标准和订货技术条件。电厂常用钢材的化学成分和力学性能见附录 A。

4.3.1.4 对钢材质量有疑问时,应按照该钢材生产批号进行化学成分、金相组织和力学性能检验。

4.3.2 焊接材料

4.3.2.1 焊接材料应根据钢材化学成分、力学性能、使用工况条件和焊接工艺评定结果选用。

4.3.2.2 同种钢焊接材料的选用应符合下列条件:

- a) 熔敷金属化学成分、力学性能应与母材相当;
- b) 焊接工艺性能良好。

4.3.2.3 异种钢焊接材料选用应符合 DL/T 752 的规定,选用时也可参照焊接异种钢的焊条(焊丝)及焊后热处理温度速查表,见附录 B。

4.3.2.4 碳钢和非合金钢、热强钢、奥氏体不锈钢及承压设备用钢焊条的质量应符合 GB/T 5117、GB/T

5118、GB/T 983、NB/T 47018.2 等相关标准的规定。常用焊条熔敷金属的化学成分、常温力学性能见附录 C。

4.3.2.5 气体保护焊用实心焊丝质量应符合 GB/T 8110、GB/T 39279、GB/T 39280、GB/T 29713、YB/T 5092、NB/T 47018.3 等标准的规定，药芯焊丝应符合 GB/T 10045、GB/T 17493 的规定。常用焊丝的化学成分见附录 D。

4.3.2.6 埋弧焊焊丝、焊剂的型号和熔敷金属力学性能应符合 GB/T 5293、GB/T 12470、NB/T 47018.4 等相关标准的规定。

4.3.2.7 钨极氩弧焊使用的钨电极应符合 GB/T 32532 的规定。

4.3.2.8 首次使用的新型焊接材料应由供应商提供该材料熔敷金属化学成分、力学性能（含常温、高温）、下临界温度转变点 A_{C1} 、指导性焊接工艺参数等技术资料，经过焊接工艺评定合格后方可使用。

4.3.2.9 焊接工程中使用的进口焊接材料应在使用前通过复验确认其符合设计使用要求。

4.3.2.10 焊接材料的验收、存放、管理应符合 JB/T 3223 的规定。焊条在施工现场二级库存放不宜超过半年。对焊接材料质量产生怀疑时，应重新做出鉴定，符合质量要求时方可使用。

4.3.2.11 焊条、焊剂在使用前应按说明书的要求烘焙，重复烘焙不应超过两次。焊接受监部件的焊条，使用时应装入温度为 $80\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 110\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的专用保温筒内，随用随取。

4.3.2.12 焊丝在使用前应清除锈、垢、油污。

4.3.2.13 焊接与切割用保护气体应符合 GB/T 39255 的规定。

4.4 设备

4.4.1 焊接、热处理、检验检测设备及仪表应定期检查，计量校验部分应在校验有效期内使用。

4.4.2 焊接设备、仪器、仪表在使用前应确认与承担的焊接工作相适应。

5 坡口制备及组对要求

5.1 一般要求

5.1.1 焊口位置应避开应力集中区，且应便于焊接施工及焊后热处理。焊缝的布置应符合下列规定：

- a) 锅炉受热面管子焊口，中心线距离管子弯曲起点或联箱外壁或支吊架边缘至少 70 mm，同根管子两个对接焊口间距离不应小于 150 mm。
- b) 管道对接焊口，除定型管件外，中心线距离管道弯曲起点不小于管道外径，且不小于 100 mm，距支吊架边缘不小于 50 mm。同管道两个对接焊口间距离应大于管道直径且不小于 150 mm，当管道公称直径大于 500 mm 时，同管道两个对接焊口间距离不小于 500 mm。
- c) 管接头和仪表插座不可设置在焊缝或焊接热影响区。
- d) 容器筒体的对接焊缝，中心线距离封头弯曲起点不应小于容器壁厚加 15 mm，且不小于 25 mm。相互平行的两相邻焊缝之间的距离应大于容器壁厚的 3 倍，且不小于 100 mm。不得布置十字焊缝。
- e) 管孔不宜布置在焊缝上，并避免管孔接管焊缝与相邻焊缝的热影响区重合。当无法避免在焊缝或焊缝附近开孔时，应满足下列条件：
 - 1) 管孔周围大于孔径且不小于 60 mm 范围内的焊缝及母材应经无损检测合格；
 - 2) 孔边不在焊缝缺陷上；
 - 3) 管接头需经过焊后消应力热处理。

5.1.2 焊接接头形式和焊缝坡口尺寸应按照能保证焊接质量、减少填充金属量、降低焊接应力和变形、改善劳动条件、便于操作、适应无损检测要求等原则选用。

- 5.1.3 搭接接头的搭接长度不应小于 5 倍较薄母材厚度，且不小于 25 mm。
- 5.1.4 焊件组对的局部间隙过大时，应设法修整到规定尺寸，不应在间隙内加填塞物。
- 5.1.5 焊件组对时应采取措施减小在焊接和热处理过程中产生变形和附加应力。
- 5.1.6 除设计规定的冷拉焊口外，其余焊口不应强力组对，不应采用热膨胀法组对。

5.2 坡口制备

5.2.1 焊接接头形式应按照设计文件规定选用，焊缝坡口应按照设计图纸加工，无规定时可按照表 1 制备，或参照 GB/T 985.1 和 GB/T 985.2 的规定制备。

表 1 焊件组对时推荐的坡口形式及尺寸

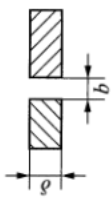
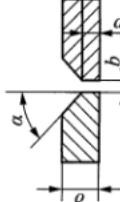
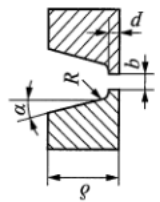
序号	接头形式	坡口形式	图形	焊接方法	焊件厚度 δ mm	接头结构尺寸					适用范围
						坡口角度 α	坡口面角 β	间隙 b mm	钝边 P 搭接尺寸 L mm	圆弧 半径 R mm	
1	对接 接头	I 形		SMAW OFW GMAW/FCAW	≤ 4	1~2	—	—	—	容器和一般 钢结构	
					3~12	0~2	—	—			
2	对接 接头	V 形		SMAW GTAW GMAW/FCAW	≤ 6	1~4	—	0.5~2	—	各类承压管 道，压力容器 和中、薄件承 重结构	
					≤ 16			1~2			
					$> 16 \sim 20$			7			
3	对接 接头	U 形		SMAW、GTAW	≤ 60	2~5	—	0.5~3	5	中、厚壁汽 水管道	

表 1 (续)

序号	接头形式	坡口形式	图形	焊接方法	焊件厚度 δ mm	接头结构尺寸					适用范围
						坡口角度 α	坡口面角 β	间隙 b mm	钝边 P 搭接尺寸 L mm	圆弧 半径 R mm	
4	对接 接头	水平管		SMAW GTAW	>16	30°~40°	8°~12°	2~5	1~2	5	中、厚壁汽 水管道
		垂直管		SMAW GTAW	>16	$\alpha_1=35^\circ\sim$ 40°; $\alpha_2=20^\circ\sim 25^\circ$	$\beta_1=15^\circ\sim$ 20°; $\beta_2=5^\circ\sim$ 10°	1~4	1~2	5	中、厚壁汽 水管道
6	对接 接头	综合形		SMAW GTAW FCAW SAW	>60	20°~25°	5°	2~5	2	5	厚壁汽水 管道
7	对接 接头	带钝边的 双 V 形		SMAW	>16	30°~35°	—	2~3	2~4	—	双面焊接的 大型容器和结 构
				SAW	>20	—	≤4	7	—		

表 1 (续)

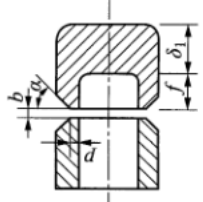
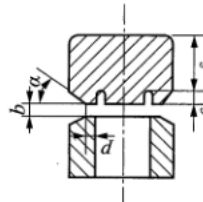
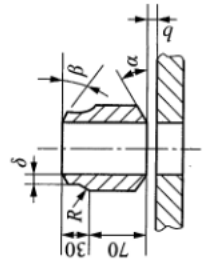
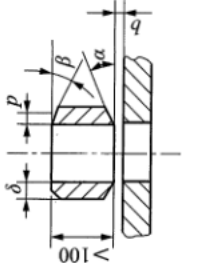
序号	接头形式	坡口形式	图形	焊接方法	焊件厚度 δ mm	接头结构尺寸					适用范围
						坡口角度 α	坡口面角 β	间隙 b mm	钝边 P 搭接尺寸 L mm	圆弧 半径 R mm	
8	对接 接头	封头		SMAW GTAW	管径 不限	同壁厚管坡口加工要求					汽水管道或 联箱封头
9	对接 接头	堵头		SMAW GTAW	直径 $\phi \geq 273$	同壁厚管坡口加工要求					汽水管道或 联箱堵头
10	T形 接头	管座		SMAW GTAW	管径 $\phi \leq 76$	50°~60°	30°~35°	2~3	1~2	按壁 厚度 取	汽水、仪表 取样等接管座
11	T形 接头	管座		SMAW GTAW	管径 ϕ 76~133	50°~60°	30°~35°	2~3	1~2	—	一般汽水管 道或容器的接 管座或接头

表 1 (续)

序号	接头形式	坡口形式	图形	焊接方法	焊件厚度 δ mm	接头结构尺寸					适用范围
						坡口角度 α	坡口面角 β	间隙 b mm	钝边 P 搭接尺寸 L mm	圆弧 半径 R mm	
12	T形接头	无坡口		SMAW SAW	≤ 20 > 8	—	—	0~2	—	—	不要求全焊透的结构
13	T形接头	单V形		SMAW SAW	> 20	—	—	0~2	$\leq 2\delta/3$	—	不要求焊透的结构
					≤ 20	—	—	1~2	1~2	—	要求焊透的结构
14	T形接头	K形		SMAW SAW	> 20	—	—	0~1	1~2	—	要求焊透的大型结构
15	搭接	无坡口		OFW SMAW GMAW/FCAW	> 2	—	—	≤ 2	搭接尺寸 $L \geq 5\delta$ (薄板), 且不小于 25mm	—	容器和结构
					> 8	—	—	—	—	—	—

注：当不采用全 GTAW 时，表中 GTAW 用于根层焊接，SMAW 用于填充和/或盖面焊接。

5.2.2 焊件下料与坡口加工应符合下列要求:


- a) 焊件下料与坡口制备宜采用机械加工方法;
- b) 采用火焰切割、等离子切割、碳弧气刨等热加工方法下料,切口部分应留有不小于 5 mm 的机械加工余量。

5.2.3 焊件经下料和坡口加工后应按照下列要求检查,合格后方可组对:

- a) 淬硬倾向较大的钢材,经热加工方法下料,坡口加工后应经表面无损检测合格;
- b) 坡口内及边缘 20 mm 内母材应无裂纹、重皮、坡口破损及毛刺等缺陷;
- c) 坡口尺寸应符合图纸要求。

5.2.4 管口端面应与管道中心线垂直,偏斜度 Δf 不应超过表 2 的规定。

表 2 管子端面与管中心线的偏斜度要求

图例	管子外径 ϕ mm	偏斜度 Δf mm
	$\phi \leq 60$	0.5
	$60 < \phi \leq 159$	1
	$159 < \phi \leq 219$	1.5
	$\phi > 219$	2

5.3 焊件组对

5.3.1 焊件在组对前应将坡口表面及附近母材内外壁或正反面的漆垢、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:坡口每侧各为 10 mm~15 mm;
- b) 角焊缝:(焊脚尺寸 K 值+10) mm;
- c) 埋弧焊焊缝:上述 a) 或 b) 的清理范围+5 mm。

5.3.2 焊件组对时应做到内壁(根部)齐平,如有错口,其错口值不应超过下列限值:

- a) 对接单面焊的局部错口值不应超过壁厚的 10%,且不大于 1 mm;
- b) 对接双面焊的局部错口值不应超过焊件厚度的 10%,且不大于 3 mm。

5.3.3 焊件组对时,坡口形式及尺寸应符合表 1 的规定,公称直径大于 500 mm 的管道组对间隙局部超差不应超过 2 mm,且总长度不应超过焊缝总长度的 20%。

5.3.4 不同厚度焊件组对时,厚度差应按照下列方法处理:

- a) 内壁或根部尺寸不相等而外壁或表面要求齐平时,可按图 1 a) 形式加工;
- b) 外壁或表面尺寸不相等而内壁或根部要求齐平时,可按图 1 b) 形式加工;
- c) 内、外壁尺寸均不相等时,可按图 1 c) 形式加工;
- d) 焊件壁厚不相等,且厚度差不超过 5 mm 时,可在不影响焊缝强度下,按照图 1 d) 形式加工。

6 焊接工艺

6.1 环境要求

6.1.1 不同类钢材允许焊接操作的最低环境温度应符合下列要求:

- a) A-I 类为 $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$, A-II、A-III、B-I 类为 $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, B-II、B-III 为 $5\text{ }^{\circ}\text{C}$, C 类不做规定。
- b) 最低环境温度可在施焊部位为中心,半径 1 m 的空间范围内测量。

注:钢材的分类方法见 DL/T 868。

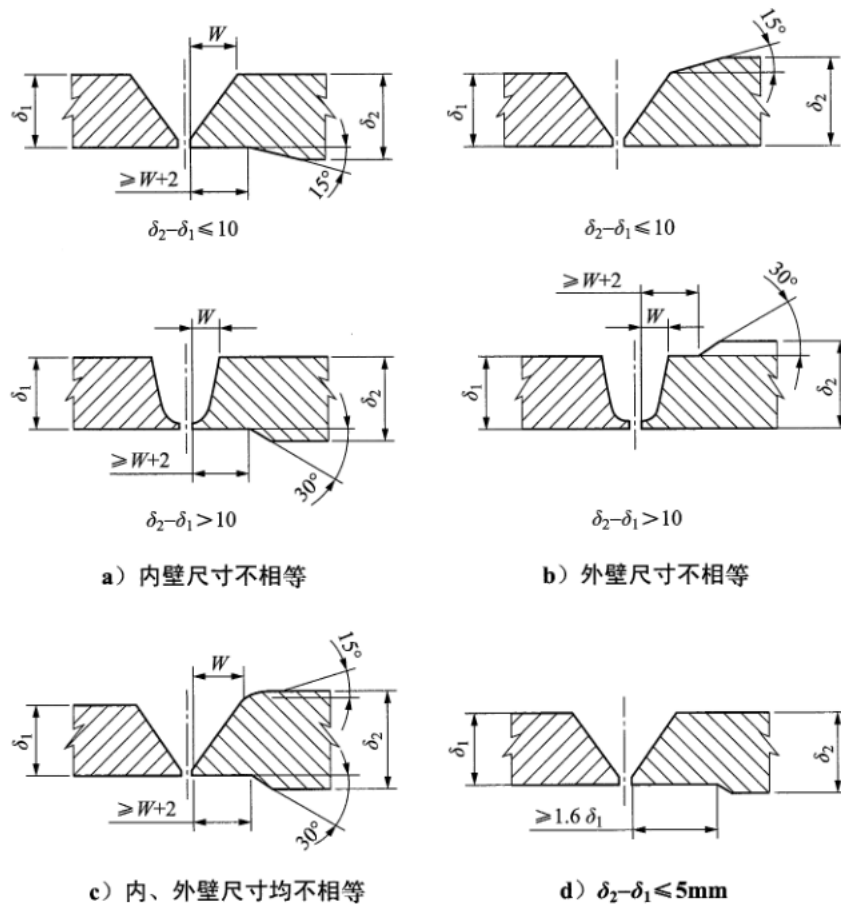


图 1 不同厚度焊件组对时的处理方法

6.1.2 钢材施焊部位 1 m 范围内的相对湿度不得大于 90%。

6.1.3 焊接环境风速应符合下列规定：

- 采用气体保护焊，环境风速不应大于 2 m/s；
- 采用其他焊接方法，环境风速不应大于 8 m/s。

6.1.4 焊接现场应采取防风、防潮、防雨、防雪措施。

6.2 预热及层（道）间温度

6.2.1 焊前预热的加热方法、加热宽度、保温要求、测温要求等应符合 DL/T 819 的相关规定。

6.2.2 钢材施焊预热及层（道）间温度宜符合表 3 的规定。

表 3 常用钢材焊前预热及层间温度

钢种	管材		板材		层（道）间温度 ℃
	厚度 mm	预热温度 ℃	厚度 mm	预热温度 ℃	
含碳量 $C \leq 0.35\%$ 的碳素钢及其铸件	≥ 26	100~200	≥ 34	100~150	100~400
C-Mn (Q345、Q345R)	≥ 15	150~200	≥ 30		
Mn-V (Q390、Q370R)			≥ 28		
1.5Mn-0.5Mo-V (14MnMoV)	≥ 15	150~200	≥ 15	150~200	150~400
0.5Cr-0.5Mo (12CrMoG) 1Cr-0.5Mo (15CrMoG、ZG20CrMo)					

表 3 (续)

钢种	管材		板材		层(道)间 温度 ℃
	厚度 mm	预热温度 ℃	厚度 mm	预热温度 ℃	
1Cr-0.5Mo-V (12Cr1MoVG) 1.5Cr-1Mo-V (ZG15Cr1Mo1V) 2Cr-0.5Mo-W-V (12Cr2MoWVTiB) 1.75Cr-0.5Mo-V、2.25Cr-1Mo (12Cr2MoG) 3Cr-1Mo-V-Ti (12Cr3MoVSiTiB)	≥6	200~300	≥8	200~300	200~300
15Ni1MnMoNbCu、15NiCuMoNb5 (WB36)、 18MnMoNbR、13MnNiMoR	≥20	150~200	≥20	150~200	150~300
07Cr2MoW2VNbB (T/P23)	任意厚度	150~200	任意厚度	150~200	150~300
1Cr5Mo、12Cr13	任意厚度	250~300	任意厚度	250~300	250~300
9Cr-1Mo (T/P9)、12Cr-1Mo-V	任意厚度	300~350	任意厚度	300~350	300~350
10Cr9Mo1VNbN (T/P91)、10Cr9MoW2VNbBN (T/P92)、11Cr9Mo1W1VNbBN (T/P911)、 10Cr11MoW2VNbCu1BN (T/P122)	任意厚度	180~250	任意厚度	180~250	按照附录 E 的要求执行
注 1: 当采用 GTAW 打底时, 按下限温度降低 50 ℃。 注 2: 当管道外径大于 219 mm 或壁厚不小于 20 mm 时, 采用电加热法预热。 注 3: 环境温度低于 6.1.1 规定时, 在原预热温度基础上提高 30 ℃~50 ℃; 对于待焊接部件厚度小于表中规定板 材、管材需预热厚度时, 按表中规定温度预热。					

6.2.3 特殊情况下的焊前预热温度应符合下列规定:

- a) 异种钢焊接时, 预热温度应符合 DL/T 752 的要求;
- b) 接管座与主管焊接时, 预热温度应按主管选择;
- c) 非承压件与承压件焊接时, 预热温度应按承压件选择。

6.2.4 9%~12%Cr 马氏体型耐热钢、奥氏体不锈钢及镍基合金的层间温度应符合附录 E 和附录 F 的规定。

6.3 焊接方法和工艺

6.3.1 要求单面焊双面成形的承压部件焊接时, 根层焊道宜采用钨极氩弧焊。

6.3.2 除非采取防止根部焊道氧化措施, 含铬量大于 3%或合金总含量大于 5%等耐热钢管子和管道焊口焊接时, 内壁或焊缝背面应充氩气或其混合气体保护, 并确认保护有效。

6.3.3 不应在被焊工件表面引燃电弧、试验电流或随意焊接临时支承; 高合金钢材料表面不应焊接组对用夹具。

6.3.4 焊接时, 管子或管道内不应有穿堂风。

6.3.5 定位焊时, 除焊工、焊接材料、预热温度和焊接工艺等应与正式施焊时相同外, 还应满足下列要求:

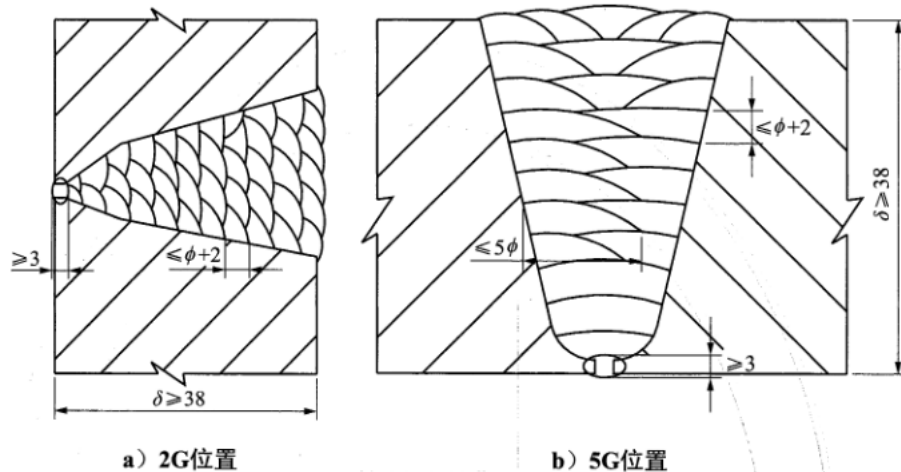
- a) 在坡口根部采用焊缝定位时, 焊后应检查各个定位焊点质量, 有缺陷应立即清除, 重新定位焊。
- b) 厚壁大口径管采用临时定位焊件定位时, 定位焊件应采用同种材料; 采用其他钢材作定位焊件时, 应堆敷过渡层, 堆敷材料应与正式焊接相同且堆敷厚度不应小于 5 mm。当去除定位焊件时, 不应损伤母材, 并应将残留焊疤清除干净、打磨修整。

6.3.6 采用钨极氩弧焊的根层焊缝应经检查合格, 并及时进行次层焊缝焊接。多层多道焊缝焊接时,

应逐道/层检查，经自检合格后方可焊接次道/层焊缝。

6.3.7 厚壁大径管的焊接应采用多层多道焊，当壁厚大于 38 mm 时，还应符合下列规定：

- a) 采用钨极氩弧焊的根层焊缝厚度不应小于 3 mm。
- b) 焊道单层增厚不应大于焊条直径加 2 mm；单焊道宽度不应大于焊条直径的 5 倍。厚壁管多道排列可参照图 2 进行。



说明：

ϕ ——焊条直径；

δ ——焊件厚度。

注：2G 表示管子的垂直固定位置，5G 表示管子的水平固定位置。

图 2 厚壁管焊道排列示意图

6.3.8 外径大于 194 mm 的管道和管子间不大于 30 mm 锅炉密集排管的对接接头宜采取两人对称焊。

6.3.9 焊道收弧时应将熔池填满，多层多道焊的接头应错开。

6.3.10 施焊过程除工艺和检验要求分次焊接外，应连续完成。被迫中断时，应采取防止裂纹产生的后热、缓冷、保温等措施。再焊时，应检查并确认无裂纹后，方可按照工艺要求继续施焊。

6.3.11 公称直径不小于 1000 mm 的管道或容器对接接头，双面焊接时应采取清根措施。清根后应按 5.3.1 的要求将坡口清理干净。

6.3.12 对需检验的隐蔽焊缝，应经检验合格后，方可允许隐蔽。

6.3.13 承压焊缝焊接完成后应经焊工自检合格后做出永久性标记或可追溯性记录。

6.3.14 安装管道冷拉口使用的加载工具，应待焊接和热处理完毕并经检验合格后方可卸载。

6.3.15 焊接接头变形不应加热校正。

6.3.16 9%~12%Cr 马氏体型耐热钢的焊接特殊要求，应符合附录 E 的规定。

6.3.17 奥氏体不锈钢及镍基合金的焊接特殊要求，应符合附录 F 的规定。

6.3.18 超临界以上参数锅炉的水冷壁在地面水平位置组合焊接时，应在施工前编制针对防止膜式水冷壁焊接变形及减小残余应力的专门焊接措施，其焊接要求见附录 G。

6.4 后热和焊后热处理

6.4.1 后热和焊后热处理的加热方法、加热范围、保温、测温等要求应符合 DL/T 819 的相应要求。

6.4.2 对容易产生延迟裂纹的钢材，焊后应立即进行焊后热处理，否则应立即进行后热。

6.4.3 下列部件焊接接头应进行焊后热处理：

- a) 壁厚大于 30 mm 的碳钢、碳锰钢管道、管件（A-I 类钢）；

- b) 壁厚大于 20 mm 的普通低合金钢管道、管件 (A-II、A-III类钢);
- c) 马氏体不锈钢管道、管件;
- d) 其他经焊接工艺评定需要焊后热处理的管道、管件;
- e) 壁厚大于 32 mm 的碳素钢容器;
- f) 壁厚大于 28 mm 的普通低合金钢容器 (A-II类钢);
- g) 壁厚大于 20 mm 的普通低合金钢容器 (A-III类钢);
- h) 采用热处理强化的材料。

6.4.4 下列部件采用氩弧焊或低氢型焊条, 以不低于 150 °C 的温度焊前预热和焊后适当缓慢冷却的焊接接头可不进行焊后热处理:

- a) 壁厚不大于 16 mm 且管径不大于 133 mm, 材料为 C-Mo、Mn-Mo、0.5Cr-0.5Mo、1Cr-0.5Mo 类钢的管子。
- b) 壁厚不大于 10 mm 且管径不大于 133 mm, 材料为 1Cr-0.5Mo-V、1.5Cr-1Mo-V、2.25Cr-1Mo 类钢的管子。
- c) 壁厚不大于 6 mm, 材料为 12Cr2MoWVTiB 的管子。

6.4.5 07Cr2MoW2VNbB 与奥氏体不锈钢管子焊接, 采用奥氏体焊接材料焊接, 焊接接头不宜进行焊后热处理。

6.4.6 异种钢焊接接头焊后热处理应按照 DL/T 752 的规定执行。

6.4.7 部分常见耐热钢焊后热处理恒温温度及恒温时间应符合表 4 的规定。

6.4.8 9%~12%Cr 马氏体型耐热钢的焊后热处理要求见附录 E 的规定。

表 4 部分常见耐热钢焊后热处理的保温温度及恒温时间

钢种	恒温温度 °C	焊件厚度 mm							
		$\delta \leq 12.5$	$12.5 < \delta \leq 25$	$25 < \delta \leq 37.5$	$37.5 < \delta \leq 50$	$50 < \delta \leq 75$	$75 < \delta \leq 100$	$100 < \delta \leq 125$	$\delta > 125$
		恒温时间 h							
C \leq 0.35 (20、ZG25)、 C-Mn (Q345)	580~620	不必焊后热处理 ^a		1.5	2	2.25	2.5	2.75	—
15NiCuMoNb5 (WB36)、 13MnNiMoR	580~600	1	2	2.5	3	4	5	—	—
0.5Cr-0.5Mo (12CrMoG)	650~700	0.5	1	1.5	2	2.25	2.5	2.75	—
1Cr-0.5Mo (15CrMoG、 ZG20CrMo)	670~700	0.5	1	1.5	2	2.25	2.5	2.75	以 5 h 为起点, 再按超过 125 mm 的部分, 每 25 mm 增加 15 min
07Cr2MoW2VNbB (T/P23)	720~740	0.5	1	1.5	2	3	4	5	—

表 4 (续)

钢种	恒温温度 ℃	焊件厚度 mm							
		$\delta \leq 12.5$	$12.5 < \delta \leq 25$	$25 < \delta \leq 37.5$	$37.5 < \delta \leq 50$	$50 < \delta \leq 75$	$75 < \delta \leq 100$	$100 < \delta \leq 125$	$\delta > 125$
		恒温时间 h							
1Cr-0.5Mo-V (12Cr1MoVG、 ZG20CrMoV)、 1.5Cr-1Mo-V (ZG15Cr1Mo1V)、1.75Cr- 0.5Mo-V、2.25Cr-1Mo	720~750	0.5	1	1.5	2	3	4	5	以 5 h 为起 点, 再按超 过 125 mm 的部分, 每 25 mm 增加 15 min
1Cr5Mo、12Cr13	720~750	1	2	3	4	—	—	—	—
2Cr-0.5Mo-WV (12Cr2MoWVTiB)、 3Cr-1Mo-V-Ti (12Cr3MoVSiTiB)	750~770	0.75	1.25	2.5	4	—	—	—	—
注: 不同壁厚部件焊接时的焊接接头壁厚计算取值参照 DL/T 819 执行。									
^a 符合 6.4.3 规定时, 按 6.4.3 执行。									

7 质量检验

7.1 一般规定

7.1.1 焊接质量检查和验收, 应实行三级质量检查, 采用自检与专业检验相结合的方法。焊接工程质量验收应符合 DL/T 5210.5 的要求。需要进行焊接接头无损检测一次合格率统计的见附录 H。

7.1.2 焊接质量检查应包括焊接前、焊接过程中和焊接结束后三个阶段。质量检查项目应按本文件执行。焊接接头质量检查应按照先外观检查后内部检查原则。对重要部件, 必要时可安排焊接全过程的旁站监督。

7.1.2.1 焊接前检查应符合下列规定:

- 焊件表面的清理符合本文件的规定;
- 坡口加工符合图纸或本文件要求;
- 组对尺寸符合本文件的规定;
- 焊接预热符合本文件的规定。

7.1.2.2 焊接过程中的检查应符合下列规定:

- 层/道间温度应符合工艺、作业指导书要求;
- 焊接工艺参数应符合工艺指导书要求;
- 焊道表露缺陷已消除。

7.1.2.3 焊接后的检查应符合下列规定:

- 焊接接头质量分类检查方法、范围及比例, 应按表 5 的规定执行;
- 外观检查不合格的焊缝, 不允许采用其他项目检验;
- 对容易产生延迟裂纹钢材的焊接接头应当在焊接完成 24 h 后进行无损检测, 有再热裂纹倾向的钢材的焊接接头应在焊接热处理后进行无损检测。

7.1.3 焊接修复后的检验, 除有专门规定, 应按本文件规定执行。

7.1.4 使用本文件规定以外的检验方法或超过规定方法的有效范围, 应采用有效性评价, 并经供需双方同意后方可进行。

7.2 焊接接头外观检查

7.2.1 焊工应对其所焊接的焊接接头外观进行检查。

7.2.2 焊接质量检查人员应按表 5 规定比例对焊接接头进行外观检查，必要时应使用焊缝检验尺或 5 倍放大镜，应记录可经打磨消除的外观超标缺陷。

表 5 焊接接头分类检验范围、方法及比例

焊接接头类别	范 围	检验方法及比例 %					
		外观		无损检测		光谱 ^a	硬度 ^b
		自检	专检	射线	超声		
I	工作压力 $p \geq 22.13$ MPa 的锅炉的受热面管子	100	100	50	50	10	5
	9.81 MPa $\leq p < 22.13$ MPa 的锅炉的受热面管子	100	100	25	25	10	5
	外径 $D > 159$ mm 或壁厚 $\delta > 20$ mm, 工作压力 $p > 9.81$ MPa 的锅炉本体范围内的管子及管道	100	100	100		100	100
	外径 $D > 159$ mm, 且工作温度 $t > 450$ °C 的蒸汽管道	100	100	100		100	100
	工作压力 $p > 8$ MPa 的汽、水、油、气管道	100	100	50		100	100
	工作温度 t 满足 300 °C $< t \leq 450$ °C 的汽水管道及管件	100	50	50		100	100
	工作压力 p 满足 0.1 MPa $\leq p \leq 1.6$ MPa 的压力容器	100	50	50		100	100
II	工作压力 $p < 9.81$ MPa 的锅炉的受热面管子	100	25	25		不规定	5
	工作温度 t 满足 150 °C $< t \leq 300$ °C 的蒸汽管道及管件	100	25	5		10	100
	工作压力 p 满足 4 MPa $\leq p \leq 8$ MPa 的汽、水、油、气管道	100	25	5		10	100
	工作压力 p 满足 1.6 MPa $< p < 4$ MPa 的汽、水、油、气管道	100	25	5		10	不规定
	承受静载荷的钢结构	100	25	按设计要求		不规定	—
III	工作压力 p 满足 0.1 MPa $\leq p \leq 1.6$ MPa 的汽、水、油、气管道	100	25	1		10	不规定
	烟、风、煤、粉、灰等管道及附件	100	25	100%的渗油检查		10	不规定
	非承压结构及密封结构	100	10	不规定		不规定	不规定
	一般支撑结构（设备支撑、梯子、平台、拉杆等）	100	10	不规定		不规定	不规定
	外径 $D < 76$ mm 的锅炉水压范围外的疏水、放水、排污、取样管子	100	100	不规定		不规定	不规定
注 1: 在符合国家监督管理条件下, 可采用 PA 代替 RT。							
注 2: 超声检测包括 PE、PA 和 TOFD, 当采用 PE 时按 7.3.3 的要求进行附加检测。							
^a 涉及 AIII、B、C 类钢材的焊接接头按比例做光谱分析, 其余材质免除光谱分析。							
^b 经焊接工艺评定及首件硬度检验合格, 按照 DL/T 819 的要求确定焊接热处理工作质量合格的同批焊接接头, 以及 A 类钢焊接接头可免除硬度检验。							

7.2.3 焊接质量检查人员应根据图纸要求对焊接部件进行外形尺寸检验。对重要部件应在焊接过程中监测焊接变形，并在焊接及焊后热处理完成之后进行最终尺寸检查。

7.3 焊接接头无损检测

7.3.1 焊接接头无损检测工艺质量、焊接接头质量分级应根据部件类型特征，按 DL/T 821、DL/T 820、GB/T 11345、NB/T 47013、DL/T 1718 等规定执行。

7.3.2 经射线检测怀疑为面积型缺陷时，应采用超声检测方法确认。

7.3.3 焊接接头无损检测应符合下列规定：

- a) 厚度不大于 20 mm 的管道、焊件和压力容器，采用脉冲反射法超声检测（PE）时，还应采用射线检测（RT）、相控阵超声检测（PA）或衍射时差法超声检测（TOFD）三种方法之一进行附加检测，检测数量为 PE 检测数量的 20%。
- b) 厚度大于 20 mm 的管道、焊件和压力容器，RT 或超声检测可任选其中一种。当采用 PE 检测时，还应采用 PA、TOFD 或 RT 进行附加检测，其检测数量总和为 PE 检测数量的 20%，附加检测的重点应是 PE 检测有记录缺陷的焊缝。
- c) 主蒸汽、再热蒸汽、主给水管道上的仪表管座角焊缝应进行磁粉检测（MT）或渗透检测（PT），全焊透仪表管座焊缝（对接焊缝加角焊缝的组合焊缝）应进行内部质量无损检测。
- d) 弯头、三通等管件相接或与其与直管相接的异形结构焊缝，无法采用 PE 时应进行 PA 或 RT。

7.3.4 对于壁厚与外径之比大于 0.25 的受热面管子，宜优先采用 PA。

7.3.5 同一焊接接头同时采用不同检测方法检测时，均应合格。

7.3.6 无损检测结果有不合格时，应按下列规定处理：

- a) 应对该焊工当日同批焊接接头中按不合格焊口数加倍检验，加倍检验中仍有不合格时，该批焊接接头应进行 100%无损检测。
- b) 容器纵、环焊缝局部检验不合格时，应在缺陷两端延伸部位增加检验长度，增加的检验长度应为该焊缝长度的 10%且不少于 250 mm；仍不合格，该焊缝应 100%检验。

7.3.7 修复后的焊接接头，应按原检测方法进行 100%无损检测。

7.4 焊缝金属光谱分析

7.4.1 应按照表 5 的规定对部件焊缝金属进行光谱分析复检，检测方法按 DL/T 991 规定执行，复检比例应符合下列要求：

- a) 受热面管子的焊缝不少于 10%，发现材质不符，应对该批焊缝进行 100%复查并追溯。
- b) 其他管子及管道的 I 类焊缝 100%。
- c) 其他管子及管道的 II、III 类焊缝应做光谱分析的比例不少于 10%，发现材质不符，应对该批焊缝进行 100%复查。

7.4.2 高合金部件及焊缝金属进行光谱分析后应磨去弧光灼烧点。

7.4.3 经光谱分析确认材质不符的焊缝应判定为不合格焊缝。

7.5 焊接热处理质量评价以及硬度检验和金相检验

7.5.1 焊接接头焊后热处理质量均应按照 DL/T 819 的规定进行评价，否则，应在焊接热处理后按表 5 的比例，进行现场布氏硬度检测。

7.5.2 当合同、设计文件规定或验证需要进行硬度检验或微观金相检验时，应符合下列要求：

- a) 硬度检测宜采用便携式布氏硬度计按照 DL/T 1719 的要求检测，若采用便携式里氏硬度计检测

应符合 GB/T 17394 的规定。对于有争议的硬度检测值应采用布氏硬度计进行复核。

- b) 现场微观金相检验应符合 DL/T 2054 的规定，微观金相照片应显示比例标尺，放大倍数宜选用 100 倍~400 倍。如焊接接头需进行宏观金相检验，应按照 DL/T 868 的规定取样。

7.6 不合格焊接接头处理

7.6.1 不合格焊接接头应查明原因。对于重大的不合格应进行原因分析，同时提出返修措施。返修后还应按原检验方法重新检验。

7.6.2 表露缺陷消除应采取机械方式。

7.6.3 超过标准规定，需要补焊消除缺陷时，可采取挖补方式返修。但同一位置上的挖补次数不宜超过 3 次，耐热钢不应超过 2 次。挖补时应符合下列规定：

- a) 彻底清除缺陷；
- b) 制定具体的补焊措施并经专业技术负责人审定，按照工艺要求实施；
- c) 需进行焊后热处理的焊接接头，返修后应重做热处理。

7.6.4 经评价为焊接热处理温度或时间欠缺的焊口，应重新热处理；因温度过高的焊口，应进行正火+回火热处理，或割掉重新焊接。

7.6.5 经光谱分析确认不合格的焊缝应进行返工。

8 质量标准

8.1 焊缝外观检查质量标准

8.1.1 焊缝边缘应圆滑过渡到母材，焊缝外形尺寸应符合设计要求，无设计要求的焊缝外形允许尺寸应符合表 6 的规定。焊缝表面不允许有深度大于 1 mm 的尖锐凹槽，且不允许低于母材表面。

8.1.2 焊接角变形应符合表 7 规定。

8.1.3 焊缝表露缺陷应符合表 8 的规定。

8.1.4 管子、管道的外壁错口值不应超过下列规定：

- a) 锅炉受热面管子：外壁错口值不大于 $10\%\delta$ ，且不大于 1 mm；
- b) 其他管道：外壁错口值不大于 $10\%\delta$ ，且不大于 4 mm。

表 6 焊缝外形允许尺寸

单位：mm

焊缝类型	检查项目		焊接接头类别		
			I	II	III
对接焊缝	焊缝余高	$\delta \leq 10$	0~2	0~3	0~4
		$\delta > 10$	0~3	0~4	0~5
	焊缝余高差	平焊位置	≤ 2	≤ 2	≤ 3
		其他位置	≤ 2	< 3	< 4
	焊缝宽度	比坡口增宽	< 4	≤ 4	≤ 5
	焊缝宽窄差	$\delta \leq 10$	≤ 3	≤ 3	≤ 4
		$\delta > 10$	≤ 4	≤ 4	≤ 5

表 6 (续)

焊缝类型	检查项目		焊接接头类别			
			I	II	III	
角焊缝	焊脚尺寸 h_f	$\delta \leq 10$	$\delta + (1.5 \sim 2)$	$\delta + (2 \sim 3)$	$\delta + (2 \sim 4)$	
		$\delta > 10$	$\delta + (2 \sim 3)$	$\delta + (2 \sim 4)$	$\delta + (2 \sim 5)$	
	焊脚尺寸差	$h_f \leq 10$	0~1.5	0~2	0~3	
		$h_f > 10$	0~2	0~3	0~4	
组合焊缝	全融透、部分熔透	焊脚尺寸	$\delta \leq 20$	$\delta \pm 1.5$	$\delta \pm 2$	$\delta \pm 2.5$
			$\delta > 20$	$\delta \pm 2$	$\delta \pm 2.5$	$\delta \pm 3$
		焊脚尺寸差	$\delta \leq 20$	<2	≤ 2	≤ 3
			$\delta > 20$	<3	<3	<4

注： δ 为较薄部件的板厚； h_f 为最小焊脚尺寸。

表 7 焊接角变形允许范围


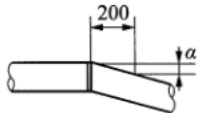
焊件	偏差值		
	θ °	α mm	示意图
板件	≤ 3	—	
管径 $D < 100$ mm	—	≤ 2	
管径 $D \geq 100$ mm	—	≤ 3	

表 8 焊缝表露缺陷允许范围

缺陷名称		焊接接头类别		
		I	II	III
裂纹、未熔合		不允许		
根部未焊透		不允许	深度不大于 10% 焊缝厚度，且不大于 1.5 mm。总长度不大于焊缝全长的 10%。氩弧焊打底焊缝不允许	深度不大于 15% 焊缝厚度，且 ≤ 2 mm，总长度不大于焊缝全长的 15%
气孔、夹渣		不允许		
咬边	不要求修磨的焊缝	深度不大于 0.5 mm；焊缝两侧总长度：管件不大于焊缝全长的 10%，且不大于 40 mm；板件不大于焊缝全长的 10%	深度不大于 0.5 mm；焊缝两侧总长度：管件不大于焊缝全长的 20%；板件不大于焊缝全长的 15%	深度不大于 0.5 mm；焊缝两侧总长度：管件不大于焊缝全长的 20%；板件不大于焊缝全长的 20%
	要求修磨的焊缝	不允许		
根部凸出		≤ 2 mm	板件和外径 $D \geq 108$ mm 的管件： ≤ 3 mm。 管件直径 $D < 108$ mm 时以通球为准， $D \geq 32$ mm 时，为管内径的 85%； $D < 32$ mm 时，为管内径的 75%	
内凹		≤ 1.5 mm	≤ 2 mm	≤ 2.5 mm

8.2 焊接接头的无损检测标准

8.2.1 钢制承压管子和管道焊接接头的无损检测标准、技术等级及质量级别规定应符合表 9 的规定。

8.2.2 钢结构焊接接头的无损检测标准、技术等级及质量级别应符合 DL/T 5210.5 的规定。

8.2.3 压力容器焊接接头无损检测标准应符合 NB/T 47013 的规定，射线检测技术等级不应低于 AB 级，质量级别应为 II 级合格；PE 检测技术等级不应低于 B 级，质量级别应为 I 级合格；TOFD 质量级别应为 II 级合格；PA 检测技术等级不应低于 B 级，质量级别应为 I 级合格；磁粉检测和渗透检测质量级别应为 I 级合格。

8.2.4 主蒸汽管道、再热蒸汽管道、主给水管道上仪表管座角焊缝表面无损检测应按照 NB/T 47013 进行检测及质量分级，质量级别应为 I 级合格；全焊透结构角焊缝内部缺陷无损检测应按照 DL/T 1105.2 的规定执行。

表 9 管道各类焊接接头的质量级别规定

检测方法	检测标准	技术等级 ^a	焊接接头类别及相应质量级别要求			
			I	II	III	
					锅炉范围内	锅炉范围外
射线检测	DL/T 821	AB 级	II	II	II	III
脉冲反射法超声检测	DL/T 820.2	B 级	I	I	I	II
TOFD	DL/T 820.3	—	II	II	—	—
相控阵超声检测	DL/T 1718	B 级	I	I	—	—
磁粉检测	NB/T 47013.4	—	I	I	I	II
渗透检测	NB/T 47013.5	—	I	I	I	II

^a 本表所规定技术等级为最低要求。

8.3 焊缝布氏硬度合格标准

8.3.1 同种钢焊接接头热处理后焊缝硬度，不应超过母材布氏硬度值加 HBW 100，且不超过以下规定：合金总含量小于 3%，布氏硬度值不应大于 HBW 270；合金总含量小于 10%，且不小于 3%，布氏硬度值不应大于 HBW 300。

8.3.2 9%Cr~12%Cr 马氏体型耐热钢焊接接头焊后热处理后布氏硬度合格要求见附录 E 的规定。

8.3.3 异种钢焊接接头焊缝硬度检验应符合 DL/T 752 的规定。

8.3.4 焊缝硬度不应低于母材标准硬度下限值的 90%。

8.4 焊缝金相组织标准

焊缝金相组织应符合 DL/T 2054 的规定。

9 焊接修复

9.1 一般规定

9.1.1 焊接修复按紧迫性可分为临时性修复和永久性修复。永久性修复应按照本文件规定的焊接工作程序进行。

- 9.1.2 焊接修复应查明修复对象遵循的规程、标准并遵照执行。
- 9.1.3 焊接修复所涉及人员，应符合本文件的规定。
- 9.1.4 永久性修复工作开始前，应查明缺陷位置、尺寸，并对缺陷产生的原因进行分析，必要时进行失效分析以及安全性评估。比较重大事故和缺陷的修复，应进行技术、经济的可行性分析。
- 9.1.5 采用临时性修复的，应及早更改为永久性修复。

9.2 修复前准备

- 9.2.1 修复前应查明待修复部件钢材牌号，收集该钢材的焊接性资料。
- 9.2.2 焊接材料应根据待修复部件选用。对难以预热和热处理的焊接修复，应采用高塑韧性的焊接材料。
- 9.2.3 拟定的焊接工艺应得到评定或验证。
- 9.2.4 焊工应进行培训和施工前练习。
- 9.2.5 对于需要进行变形控制的部件应装设测量器具并完成初始值测量。在修复中应跟踪并记录过程中和终了时的变形量。

9.3 焊接修复

- 9.3.1 清除缺陷宜采用机械方式。对于厚大部件的裂纹类缺陷，在清除缺陷前，应采取防止裂纹的继续扩展措施。在预热情况下，可采用碳弧气刨清除缺陷。
- 9.3.2 坡口制备应采用机械方式。坡口应方便焊接、确认无表面裂纹、无污染层。
- 9.3.3 受压原件的焊接修复不应采用搭接结构。
- 9.3.4 焊接应采用多层多道焊接方法，必要时可采用分段退焊等减小变形的的方法施焊。
- 9.3.5 当缺陷部件不宜焊后热处理且满足回火焊道使用条件时，可采用回火焊道修复缺陷。
- 9.3.6 其他工艺参数应按照第 6 章的规定执行。

9.4 检验和质量标准

- 9.4.1 质量检验及其标准应按第 7 章、8 章的规定执行。
- 9.4.2 对于经焊接修复引起结构尺寸变化，或对应力水平有怀疑时，应进行残余应力测试或结构应力分析。

10 焊接技术文件

- 10.1 焊接技术文件应由焊接技术人员编制，其他焊接人员应积极配合。
- 10.2 施工单位应移交下列技术资料：
- a) 焊接工程一览表；
 - b) 受监部件使用的焊接材料质量证件；
 - c) 焊工技术考核一览表；
 - d) 焊接工艺评定项目及应用范围统计表；
 - e) 主蒸汽、再热蒸汽、汽轮机导汽、主给水管道和锅炉一次门内的本体管道、管子的焊接、热处理、焊接检验记录、射线检测底片、检验报告；
 - f) 受监焊口焊接的质量检验、焊接热处理的质量评价报告和焊接热处理过程记录曲线。
- 10.3 施工单位应将下列资料在工程竣工后归档：
- a) 根据 10.2 规定内容移交资料的副本；
 - b) 焊接施工组织设计、重大技术措施；
 - c) 锅炉受热面管子焊接、热处理、检验记录图表；

- d) 焊接工程质量验评资料;
- e) 焊接工艺评定报告;
- f) 焊接作业指导文件;
- g) 焊接工程技术总结和专题技术总结。

10.4 火力发电厂检修、改造工程焊接技术文件等可按 10.2 的规定移交。

附录 A
(资料性)

电厂常用钢材的化学成分和力学性能

电厂常用钢材的化学成分和力学性能见表 A.1。

表 A.1 电厂常用钢材的化学成分和力学性能

序号	牌号		化学成分 (质量分数) %												
	钢号或级别号	标准号	C	Mn	Si	Cr	Mo	V	Ni	Ti	B				
1	20	GB/T 3087	0.17~0.23	0.35~0.65	0.17~0.37	≤0.25	—	—	≤0.30	—	—				
2	20G	GB/T 5310	0.17~0.23	0.35~0.65	0.17~0.37	—	—	—	—	—	—				
3	25Mn	GB/T 699	0.22~0.29	0.70~1.00	0.17~0.37	≤0.25	—	—	≤0.30	—	—				
4	35	GB/T 699	0.32~0.39	0.50~0.80	0.17~0.37	≤0.25	—	—	≤0.30	—	—				
5	STPT480 (STPT49)	JIS G3456	≤0.33	0.30~1.00	0.10~0.35	—	—	—	—	—	—				
6	65 级	ASTM A515	0.28~0.33	≤0.98	0.13~0.45	—	—	—	—	—	—				
7	A672B70	ASTM A672	≤0.31	≤1.30	0.13~0.45	—	—	—	—	—	—				
8	C 级	ASTM A106	≤0.35	0.29~1.06	≥0.10	≤0.40	≤0.15	≤0.08	≤0.40	—	—				
9	WCB	ASTM A216	≤0.30	≤1.00	≤0.60	≤0.50	≤0.20	≤0.03	≤0.50	—	—				
10	Q345R	GB/T 713	≤0.20	1.2~1.7	≤0.55	≤0.30	≤0.08	≤0.05	≤0.30	≤0.03	—				
11	19Mn5	DIN EN 10216-2	0.17~0.22	1.00~1.30	0.30~0.60	≤0.30	—	—	—	—	—				
12	WPC	ASTM A234	≤0.35	0.29~1.06	≥0.10	≤0.40	≤0.15	≤0.08	≤0.40	—	—				
13	18MnMoNbR	GB/T 713	≤0.21	1.20~1.60	0.15~0.50	≤0.30	0.45~0.65	—	≤0.30	—	—				
14	15Ni1MnMoNbCu (WB36)	GB/T 5310	0.10~0.17	0.80~1.20	0.25~0.50	—	0.25~0.50	—	1.00~1.30	—	Al≤0.05				
15	15NiCuMoNb5-6-4 (WB36)	DIN EN 10216-2	≤0.17	0.80~1.20	0.25~0.50	≤0.30	0.25~0.50	—	1.00~1.30	—	Al≤0.05				
16	16Mo3	DIN EN 10216-2	0.12~0.20	0.40~0.90	≤0.35	≤0.30	0.25~0.35	—	≤0.30	—	—				

表 A.1 (续)

序号	牌号		化学成分 (质量分数) %						常温力学性能					分类号 DL/T 868
	钢号或级别号	标准号	W	Nb	Cu	S	P	下屈服 强度 R_{eL} MPa	抗拉强度 R_m MPa	断后伸长率 A %	冲击吸 收能量 A_{KV} J	硬度 HBW		
1	20	GB/T 3087	—	—	≤0.25	≤0.035	≤0.035	≥245	410~550	≥20	—	—	A—I	
2	20G	GB/T 5310	—	—	—	≤0.015	≤0.025	≥245	410~550	≥24	≥40	120~160	A—I	
3	25Mn	GB/T 699	—	—	≤0.25	≤0.035	≤0.035	≥295	≥490	≥22	≥71 (V)	—	A—I	
4	35	GB/T 699	—	—	≤0.25	≤0.035	≤0.035	≥315	≥530	≥20	—	≤197	A—I	
5	STPT480 (STPT49)	JIS G3456	—	—	—	≤0.035	≤0.035	≥275	≥480	≥20	—	—	A—I	
6	65 级	ASTM A515	—	—	—	≤0.025	≤0.025	≥240	450~585	≥23	—	—	A—I	
7	A672B70	ASTM A672	—	—	—	≤0.025	≤0.025	≥260	485~620	≥17	—	—	A—I	
8	C 级	ASTM A106	—	—	≤0.40	≤0.035	≤0.035	≥275	≥485	≥20	—	—	A—I	
9	WCB	ASTM A216	—	—	≤0.30	≤0.045	≤0.040	≥250	485~655	≥22	—	—	A—I	
10	Q345R	GB/T 713	—	≤0.05	≤0.30	≤0.010	≤0.025	≥345	510~640	≥21	≥41	—	A—II	
11	19Mn5	DIN 17175	—	—	—	≤0.040	≤0.040	≥315	510~610	≥19	≥34	—	A—II	
12	WPC	ASTM A234	—	≤0.08	≤0.40	≤0.058	≤0.050	≥275	≥485	≥22	—	≤197	A—II	
13	18MnMoNbR	GB/T 713	—	0.025~ 0.050	≤0.30	≤0.010	≤0.020	≥400	570~720	≥18	≥41	—	A—III	
14	15Ni1MnMoNbCu (WB36)	GB/T 5310	N≤ 0.02	0.015~ 0.045	0.50~ 0.80	≤0.015	≤0.025	≥440	620~780	≥19	≥40	185~270	A—III	
15	15NiCuMoNb5-6-4	DIN EN 10216-2	—	0.015~ 0.045	0.50~ 0.80	≤0.010	≤0.025	≥440	610~780	≥19	≥40	—	A—III	
16	16Mo3	DIN EN 10216-2	—	—	≤0.30	≤0.010	≤0.025	≥280	450~600	≥22	≥40	—	B—I	

表 A.1 (续)

序号	牌号		化学成分 (质量分数) %										
	钢号或级别号	标准号	C	Mn	Si	Cr	Mo	V	Ni	Ti	B		
17	T1	ASTM A209	0.10~0.20	0.30~0.80	0.10~0.50	—	0.44~0.65	—	—	—	—		
18	P1	ASTM A335	0.10~0.20	0.30~0.80	0.10~0.50	—	0.44~0.65	—	—	—	—		
19	P2	ASTM A335	0.10~0.20	0.30~0.61	0.10~0.30	0.50~0.81	0.44~0.65	—	—	—	—		
20	P11	ASTM A335	0.05~0.15	0.30~0.60	0.50~1.00	1.00~1.50	0.44~0.65	—	—	—	—		
21	P12	ASTM A335	0.05~0.15	0.30~0.61	≤0.50	0.80~1.25	0.44~0.65	—	—	—	—		
22	F1	ASTM A182	≤0.28	0.60~0.90	0.15~0.35	—	0.44~0.65	—	—	—	—		
23	SB450M	JIS G3103	≤0.18	≤0.90	0.15~0.40	—	0.45~0.60	—	—	—	—		
24	20MoG	GB/T 5310	0.15~0.25	0.40~0.80	0.17~0.37	—	0.44~0.65	—	—	—	—		
25	12CrMoG	GB/T 5310	0.08~0.15	0.40~0.70	0.17~0.37	0.40~0.70	0.40~0.55	—	—	—	—		
26	15CrMoG	GB/T 5310	0.12~0.18	0.40~0.70	0.17~0.37	0.80~1.10	0.40~0.55	—	—	—	—		
27	12CrMoV	GB/T 3077	0.08~0.15	0.40~0.70	0.17~0.37	0.30~0.60	0.25~0.35	0.15~0.30	—	—	—		
28	WP11 1 类	ASTM A234	0.05~0.15	0.30~0.60	0.50~1.00	1.00~1.50	0.44~0.65	—	—	—	—		
29	WP12 1 类	ASTM A234	0.05~0.20	0.30~0.80	≤0.60	0.80~1.25	0.44~0.65	—	—	—	—		
30	12Cr1MoVG	GB/T 5310	0.08~0.15	0.40~0.70	0.17~0.37	0.90~1.20	0.25~0.35	0.15~0.30	—	—	—		
31	ZG15Cr1MoIV	JB/T 9625	0.14~0.20	0.40~0.70	0.17~0.37	1.20~1.70	1.00~1.20	0.20~0.40	—	—	—		
32	ZG20CrMoV	JB/T 9625	0.18~0.25	0.40~0.70	0.17~0.37	0.90~1.20	0.50~0.70	0.20~0.30	—	—	—		
33	WC6	ASTM A217	0.05~0.20	0.50~0.80	≤0.60	1.00~1.50	0.45~0.65	—	≤0.50	—	—		
34	SCPH21	JIS G5151	≤0.20	0.50~0.80	≤0.60	1.00~1.50	0.45~0.65	—	≤0.50	—	—		
35	STBA 12	JIS G3462	0.10~0.20	0.30~0.80	0.10~0.50	—	0.45~0.65	—	—	—	—		
36	STBA 13	JIS G3462	0.15~0.25	0.30~0.80	0.10~0.50	—	0.45~0.65	—	—	—	—		
37	STBA20	JIS G3462	0.10~0.20	0.30~0.60	0.10~0.50	0.50~0.80	0.40~0.65	—	—	—	—		
38	STBA22	JIS G3462	≤0.15	0.30~0.60	≤0.50	0.80~1.25	0.45~0.65	—	—	—	—		

表 A.1 (续)

序号	牌号		化学成分 (质量分数) %					常温力学性能					分类号 DL/T 868
	钢号或级别号	标准号	W	Nb	Cu	S	P	下屈服 强度 R_{eL} MPa	抗拉强度 R_m MPa	断后伸长率 A %	冲击吸 收能量 A_{KV} J	硬度 HBW	
17	T1	ASTM A209	—	—	—	≤0.025	≤0.025	≥205	≥380	≥30	—	≤146	B—I
18	P1	ASTM A335	—	—	—	≤0.025	≤0.025	≥205	≥380	≥22	—	—	B—I
19	P2	ASTM A335	—	—	—	≤0.025	≤0.025	≥205	≥380	≥22	—	—	B—I
20	P11	ASTM A335	—	—	—	≤0.025	≤0.025	≥205	≥415	≥22	—	—	B—I
21	P12	ASTM A335	—	—	—	≤0.025	≤0.025	≥220	≥415	≥22	—	—	B—I
22	F1	ASTM A182	—	—	—	≤0.045	≤0.045	≥275	≥485	≥20	—	143~192	B—I
23	SB450M	JIS G3103	—	—	—	≤0.030	≤0.030	≥255	450~590	≥19	—	—	B—I
24	20MoG	GB/T 5310	—	—	—	≤0.015	≤0.025	≥220	415~665	≥22	≥40	125~180	B—I
25	12CrMoG	GB/T 5310	—	—	—	≤0.015	≤0.025	≥205	410~560	≥21	≥40	125~170	B—I
26	15CrMoG	GB/T 5310	—	—	—	≤0.015	≤0.025	≥295	440~640	≥21	≥40	125~170	B—I
27	12CrMoV	GB/T 3077	—	—	—	≤0.030	≤0.030	≥225	≥440	22	≥78 (V)	241	B—I
28	WP11 1类	ASTM A234	—	—	—	≤0.030	≤0.030	≥205	415~585	≥22	—	≤197	B—I
29	WP12 1类	ASTM A234	—	—	—	≤0.045	≤0.045	≥220	415~585	≥22	—	≤197	B—I
30	12Cr1MoVG	GB/T 5310	—	—	—	≤0.010	≤0.025	≥255	470~640	≥21	≥40	135~195	B—I
31	ZG15Cr1MoIV	JB/T 9625	—	—	—	≤0.030	≤0.030	≥343	≥490	≥14	≥29	—	B—I
32	ZG20CrMoV	JB/T 9625	—	—	—	≤0.030	≤0.030	≥314	≥490	≥14	≥29	—	B—I
33	WC6	ASTM A217	≤0.10	—	≤0.50	≤0.045	≤0.040	≥345	550~725	≥18	—	—	B—I
34	SCPH21	JIS G5151	≤0.10	—	≤0.50	≤0.040	≤0.040	≥275	≥480	≥17	—	—	B—I
35	STBA 12	JIS G3462	—	—	—	≤0.035	≤0.035	≥205	≥380	$D_0 \geq 20$ mm 时, $A \geq 30\%$; $10 \leq D_0 < 20$ mm 时, $A \geq 25\%$;	—	—	B—I
36	STBA 13	JIS G3462	—	—	—	≤0.035	≤0.035	≥205	≥410	—	—	—	B—I
37	STBA 20	JIS G3462	—	—	—	≤0.035	≤0.035	≥205	≥410	—	—	—	B—I
38	STBA 22	JIS G3462	—	—	—	≤0.035	≤0.035	≥205	≥410	$D_0 < 10$ mm 时, $A \geq 22\%$	—	—	B—I

表 A.1 (续)

序号	牌号		化学成分 (质量分数) %										
	钢号或级别号	标准号	C	Mn	Si	Cr	Mo	V	Ni	Ti	B		
39	STBA23	JIS G3462	≤0.15	0.30~0.60	0.50~1.00	1.00~1.50	0.45~0.65	—	—	—	—		
40	STPA12	JIS G3458	0.10~0.20	0.30~0.80	0.10~0.50	—	0.45~0.65	—	—	—	—		
41	STPA20	JIS G3458	0.10~0.20	0.30~0.60	0.10~0.50	0.50~0.80	0.40~0.65	—	—	—	—		
42	STPA22	JIS G3458	≤0.15	0.30~0.60	≤0.50	0.80~1.25	0.45~0.65	—	—	—	—		
43	STPA23	JIS G3458	≤0.15	0.30~0.60	0.50~1.00	1.00~1.50	0.45~0.65	—	—	—	—		
44	13CrMo4-5	DIN EN 10216	0.10~0.17	0.40~0.70	≤0.35	0.70~1.15	0.40~0.60	—	≤0.30	Al≤0.04	—		
45	11	ASTM A691	0.05~0.17	0.40~0.65	0.50~0.80	1.00~1.50	0.45~0.65	—	—	—	—		
46	T2	ASTM A213	0.10~0.20	0.30~0.61	0.10~0.30	0.50~0.81	0.44~0.65	—	—	—	—		
47	F2	ASTM A182	0.05~0.21	0.30~0.80	0.10~0.60	0.50~0.81	0.44~0.65	—	—	—	—		
48	F12	ASTM A182	0.05~0.15	0.30~0.60	≤0.50	0.80~1.25	0.44~0.65	—	—	—	—		
49	T11	ASTM A213	0.05~0.15	0.30~0.60	0.50~1.00	1.00~1.50	0.44~0.65	—	—	—	—		
50	F11	ASTM A336	0.05~0.15	0.30~0.60	0.50~1.00	1.00~1.50	0.44~0.65	—	—	—	—		
51	T12	ASTM A213	0.05~0.15	0.30~0.61	≤0.50	0.80~1.25	0.44~0.65	—	—	—	—		
52	F12	ASTM A336	0.10~0.20	0.30~0.80	0.10~0.60	0.80~1.10	0.45~0.65	—	—	—	—		
53	12Cr2MoWVTiB	GB/T 5310	0.08~0.15	0.45~0.65	0.45~0.75	1.60~2.10	0.50~0.65	0.28~0.42	—	0.08~0.18	0.002~0.008		
54	12Cr3MoVSITiB	GB/T 5310	0.09~0.15	0.50~0.80	0.60~0.90	2.50~3.00	1.00~1.20	0.25~0.35	—	0.22~0.38	0.005~0.011		
55	12Cr2MoG	GB/T 5310	0.08~0.15	0.40~0.60	≤0.50	2.00~2.50	0.90~1.13	—	—	—	—		
56	T23	ASTM A213	0.04~0.10	0.10~0.60	≤0.50	1.90~2.60	0.05~0.30	0.20~0.30	0.40	N≤0.015	0.0005~0.0060		
57	P22	ASTM A335	0.05~0.15	0.30~0.60	≤0.50	1.90~2.60	0.87~1.13	—	—	—	—		
58	F22	ASTM A182	0.05~0.15	0.30~0.60	≤0.50	2.00~2.50	0.87~1.13	—	—	—	—		
59	STPA24	JIS G3458	≤0.15	0.30~0.60	≤0.50	1.90~2.60	0.87~1.13	—	—	—	—		
60	10CrMo910	DIN EN 10216	0.08~0.14	0.30~0.70	≤0.50	2.00~2.50	0.90~1.10	—	≤0.30	Al≤0.04	—		

表 A.1 (续)

序号	牌号		化学成分 (质量分数) %					常温力学性能					分类号 DL/T 868
	钢号或级别号	标准号	W	Nb	Cu	S	P	下屈服 强度 R_{eL} MPa	抗拉强度 R_m MPa	断后伸长率 A %	冲击吸 收能量 A_{KV} J	硬度 HBW	
39	STBA23	JIS G3462	—	—	—	≤0.030	≤0.030	≥205	≥410	—	—	—	B—I
40	STPA12	JIS G3458	—	—	—	≤0.035	≤0.035	≥205	≥380	≥24	—	—	B—I
41	STPA20	JIS G3458	—	—	—	≤0.035	≤0.035	≥205	≥410	≥24	—	—	B—I
42	STPA22	JIS G3458	—	—	—	≤0.035	≤0.035	≥205	≥410	≥24	—	—	B—I
43	STPA23	JIS G3458	—	—	—	≤0.030	≤0.030	≥205	≥410	≥24	—	—	B—I
44	13CrMo4-5	DIN EN 10216	—	—	≤0.30	≤0.010	≤0.025	≥290	440~590	≥22	—	—	B—I
45	11	ASTM A691	—	—	—	≤0.025	≤0.025	≥240	415~585	≥19	—	≤201	B—I
46	T2	ASTM A213	—	—	—	≤0.025	≤0.025	≥205	≥415	≥30	—	≤163	B—I
47	F2	ASTM A182	—	—	—	≤0.040	≤0.040	≥275	≥485	≥20	—	143~192	B—I
48	F12	ASTM A182	—	—	—	≤0.045	≤0.045	≥205	≥415	≥20	—	121~174	B—I
49	T11	ASTM A213	—	—	—	≤0.025	≤0.025	≥205	≥415	≥30	—	≤163	B—I
50	F11	ASTM A336	—	—	—	≤0.025	≤0.025	≥205	415~585	≥20	—	—	B—I
51	T12	ASTM A213	—	—	—	≤0.025	≤0.025	≥220	≥415	≥30	—	≤163	B—I
52	F12	ASTM A336	—	—	—	≤0.025	≤0.025	≥275	485~660	≥20	—	—	B—I
53	12Cr2MoWVTiB	GB/T 5310	0.30~ 0.55	—	—	≤0.015	≤0.025	≥345	540~735	≥18	≥40	160~220	B—II
54	12Cr3MoVSitB	GB/T 5310	—	—	—	≤0.015	≤0.025	≥440	610~805	≥16	≥40	180~250	B—II
55	12Cr2MoG	GB/T 5310	—	—	—	≤0.015	≤0.025	≥280	450~600	≥22	≥40	125~180	B—II
56	T23	ASTM A213	1.45~ 1.75	0.02~ 0.08	Al≤ 0.030	≤0.010	≤0.030	≥400	≥510	≥20	—	≤220	B—II
57	P22	ASTM A335	—	—	—	≤0.025	≤0.025	≥205	≥415	≥22	—	—	B—II
58	F22	ASTM A182	—	—	—	≤0.040	≤0.040	≥205	≥415	≥20	—	≤170	B—II
59	STPA24	JIS G3458	—	—	—	≤0.030	≤0.030	≥205	≥410	≥24	—	—	B—II
60	10CrMo910	DIN EN 10216	—	—	≤0.30	≤0.010	≤0.020	≥280	480~630	≥22	≥40	—	B—II

表 A.1 (续)

序号	牌号		化学成分 (质量分数) %										
	钢号或级别号	标准号	C	Mn	Si	Cr	Mo	V	Ni	Ti	B		
61	WC9	ASTM A217	0.05~0.18	0.40~0.70	≤0.60	2.00~2.75	0.90~1.20	—	≤0.50	—	—		
62	10Cr9Mo1VNbN	GB 5310	0.08~0.12	0.30~0.60	0.20~0.50	8.00~9.50	0.85~1.05	0.18~0.25	≤0.4	N: 0.03~0.07	—		
63	T91	ASTM A213	0.07~0.14	0.30~0.60	0.20~0.50	8.00~9.50	0.85~1.05	0.18~0.25	≤0.4	N: 0.03~0.07	—		
64	T92	ASTM A213	0.07~0.13	0.30~0.60	≤0.50	8.50~9.50	0.30~0.60	0.15~0.25	≤0.4	N: 0.03~0.07	0.001~0.006		
65	P9	ASTM A335	≤0.15	0.30~0.60	0.25~1.00	8.00~10.00	0.90~1.10	—	—	—	—		
66	P91	ASTM A335	0.08~0.12	0.30~0.60	0.20~0.50	8.00~9.50	0.85~1.05	0.18~0.25	≤0.40	N: 0.03~0.07	—		
67	10Cr9MoW2VNbBN	GB/T 5310	0.07~0.13	0.30~0.60	≤0.50	8.50~9.50	0.30~0.60	0.15~0.25	≤0.4	N: 0.03~0.07	0.001~0.006		
68	P92	ASTM A335	0.07~0.13	0.30~0.60	≤0.50	8.50~9.50	0.30~0.60	0.15~0.25	≤0.4	N: 0.03~0.07	0.001~0.006		
69	F91	ASTM A336	0.08~0.12	0.30~0.60	0.20~0.50	8.00~9.50	0.85~1.05	0.18~0.25	≤0.4	N: 0.03~0.07	—		
70	F92	ASTM A336	0.07~0.13	0.30~0.60	≤0.50	8.50~9.50	0.30~0.60	0.15~0.25	≤0.4	N: 0.03~0.07	0.001~0.006		
71	11Cr9Mo1W1VNbBN	GB/T 5310	0.09~0.13	0.30~0.60	0.10~0.50	8.50~9.50	0.90~1.10	0.18~0.25	≤0.4	N: 0.04~0.09	0.003~0.006		
72	P911	ASTM A335	0.09~0.13	0.30~0.60	0.10~0.50	8.50~9.50	0.90~1.10	0.18~0.25	≤0.4	N: 0.04~0.09	0.003~0.006		
73	T122	ASTM A213	0.07~0.14	≤0.70	≤0.50	10.00~11.50	0.25~0.60	0.15~0.30	≤0.5	N: 0.04~0.1	0.0005~0.005		
74	P122	ASTM A335	0.07~0.14	≤0.70	≤0.50	10.00~11.50	0.25~0.60	0.15~0.30	≤0.5	N: 0.04~0.1	0.0005~0.005		
75	X20CrMoV11-1	DIN EN 10216-2	0.17~0.23	≤1.00	0.15~0.50	10.00~12.50	0.80~1.20	0.25~0.35	0.30~0.80	Al≤0.04	—		
76	X20CrMoWV121	DIN EN 10216-2	0.17~0.25	0.30~0.80	0.10~0.50	11.0~12.5	0.8~1.2	0.25~0.35	0.3~0.8	—	—		
77	10Cr11MoW2VNbCu1BN	GB/T 5310	0.07~0.14	≤0.70	≤0.50	10.00~11.50	0.25~0.60	0.15~0.30	≤0.50	Al≤0.02 N: 0.04~0.10	0.0005~0.005		
78	12Cr13 (1Cr13)	GB/T 20878	≤0.15	≤1.00	≤1.00	11.50~13.50	—	—	≤0.60	—	—		
79	06Cr13 (0Cr13)	GB/T 20878	≤0.08	≤1.00	≤1.00	11.50~13.50	—	—	≤0.60	—	—		
80	10Cr15 (1Cr15)	GB/T 20878	≤0.12	≤1.00	≤1.00	11.00~16.00	—	—	≤0.60	—	—		

表 A.1 (续)

序号	牌号		化学成分 (质量分数) %						常温力学性能					分类号 DL/T 868
	钢号或级别号	标准号	W	Nb	Cu	S	P	下屈服 强度 R_{eL} MPa	抗拉强度 R_m MPa	断后伸长率 A %	冲击吸 收能量 A_{KV} J	硬度 HBW		
61	WC9	ASTM A217	≤0.10	—	≤0.50	≤0.045	≤0.040	≥275	485~655	≥20	—	—	B—II	
62	10Cr9Mo1VNbN	GB/T 5310	—	0.06~ 0.10	Al≤0.02	≤0.010	≤0.020	≥415	≥585	≥20	≥40	185~250	B—III	
63	T91	ASTM A213	—	0.06~ 0.10	Al≤0.02	≤0.010	≤0.020	≥415	≥585	≥20	—	190~250	B—III	
64	T92	ASTM A213	1.50~ 2.00	0.04~ 0.09	Al≤0.02	≤0.010	≤0.020	≥440	≥620	≥20	—	≤250	B—III	
65	P9	ASTM A335	—	—	—	≤0.025	≤0.025	≥205	≥415	≥22	—	—	B—III	
66	P91	ASTM A335	—	Cb: 0.06~0.10	Al≤0.02	≤0.010	≤0.020	≥415	≥585	≥20	—	190~250	B—III	
67	10Cr9MoW2VNbN	GB/T 5310	1.5~ 2.0	0.04~ 0.09	Al≤0.02	≤0.010	≤0.020	≥440	≥620	≥20	≥40	185~250	B—III	
68	P92	ASTM A335	1.5~ 2.0	Cb: 0.04~0.09	Al≤0.02	≤0.010	≤0.020	≥440	≥620	≥20	—	≤250	B—III	
69	F91	ASTM A336	—	0.06~ 0.10	Al≤0.02	≤0.025	≤0.025	≥415	585~760	≥20	—	—	B—III	
70	F92	ASTM A336	1.5~2.0	Cb: 0.04~0.09	Al≤0.02	≤0.010	≤0.020	≥440	620~830	≥20	—	—	B—III	
71	11Cr9Mo1W1VNbN	GB/T 5310	0.09~ 1.10	0.06~ 0.10	Al≤0.02	≤0.010	≤0.020	≥440	≥620	≥20	≥40	185~250	B—III	
72	P911	ASTM A335	0.09~ 1.10	Cb: 0.06~0.10	Al≤0.02	≤0.010	≤0.020	≥440	≥620	≥20	—	≤250	B—III	
73	P122	ASTM A213	1.5~2.5	0.04~ 0.10	0.30~ 1.70	≤0.010	≤0.020	≥400	≥620	≥20	—	≤250	B—III	
74	P122	ASTM A335	1.5~2.5	Cb: 0.04~0.10	0.30~ 1.70	≤0.010	≤0.020	≥400	≥620	≥20	—	≤250	B—III	
75	X20CrMoV11-1	DIN EN 10216	—	—	≤0.30	≤0.010	≤0.025	≥490	690~840	≥17	≥40	—	B—III	
76	X20CrMoWV121	DIN EN 10216	0.40~ 0.60	—	—	≤0.030	≤0.045	—	—	—	—	—	B—III	
77	10Cr11MoW2VNbCu1BN	GB/T 5310	1.5~2.5	0.04~ 0.10	0.3~1.7	≤0.010	≤0.020	≥400	≥620	≥20	≥40	185~250	B—III	
78	12Cr13 (1Cr13)	GB/T 20878	—	—	—	≤0.030	≤0.040	—	—	—	—	—	C—I	
79	06Cr13 (0Cr13)	GB/T 20878	—	—	—	≤0.030	≤0.040	—	—	—	—	—	C—I	
80	10Cr15 (1Cr15)	GB/T 20878	—	—	—	≤0.030	≤0.040	—	—	—	—	—	C—II	

表 A.1 (续)

序号	牌号		化学成分 (质量分数) %												
	钢号或级别号	标准号	C	Mn	Si	Cr	Mo	V	Ni	Ti	B				
81	07Cr19Ni10	GB/T 5310	0.04~0.10	≤2.00	≤0.75	18.00~20.00	—	—	8.0~11.00	—	—				
82	TP321H	ASTM A213	0.04~0.10	≤2.00	≤1.00	17.00~19.00	2.00~3.00	—	9.00~12.00	—	Ti:5 (C+N) ~0.70				
83	SUS304	JIS G3459	≤0.08	≤2.00	≤1.00	18.00~20.00	—	—	8.00~11.00	—	—				
84	TP304	ASME A213	≤0.08	≤2.00	≤1.00	18.00~20.00	—	—	8.00~11.00	—	—				
85	TP316	ASME A213	≤0.08	≤2.00	≤1.00	16.00~18.00	2.00~3.00	—	10.00~14.00	—	—				
86	TP347H	ASME A213	0.04~0.10	≤2.00	≤1.00	17.00~19.00	—	—	9.00~13.00	—	—				
87	F304	ASME A182	≤0.08	≤2.00	≤1.00	18.00~20.00	—	—	8.00~11.00	N≤0.10	—				
88	TP347HFG	ASME A213	0.06~0.10	≤2.00	≤1.00	17.00~19.00	—	—	9.00~13.00	—	—				
89	A213 S30432 (Super 304H)	ASTM A213	0.07~0.13	≤1.00	≤0.30	17.00~19.00	—	—	7.50~10.50	N:0.05~0.12	0.001~0.010				
90	A213 TP310HCbN (HR3C)	ASME A213	0.04~0.10	≤2.00	≤1.00	24.00~26.00	—	—	19.00~22.00	N:0.15~0.35	—				
91	07Cr18Ni11Nb	GB/T 5310	0.04~0.10	≤2.00	≤0.75	17.00~19.00	—	—	9.00~13.00	—	—				
92	07Cr19Ni11Ti	GB/T 5310	0.04~0.10	≤2.00	≤0.75	17.00~20.0	—	—	9.00~13.00	—	Ti:4C~0.60				
93	10Cr18Ni9NbCu3BN	GB/T 5310	0.07~0.13	≤1.00	≤0.30	17.00~19.00	—	—	7.50~10.50	N:0.05~0.12	0.001~0.010				
94	07Cr25Ni21NbN	GB/T 5310	0.04~0.10	≤2.00	≤0.75	24.00~26.00	—	—	19.00~22.00	N:0.15~0.35	—				
95	08Cr18Ni11NbFG	GB/T 5310	0.06~0.10	≤2.00	≤0.75	17.00~19.00	—	—	10.00~12.00	—	—				

表 A.1 (续)

序号	牌号		化学成分 (质量分数) %					常温力学性能					分类号 DL/T 868
	钢号或级别号	标准号	W	Nb	Cu	S	P	下屈服 强度 R_{eL} MPa	抗拉强度 R_m MPa	断后伸长率 A %	冲击吸 收能量 A_{KV} J	硬度 HBW	
81	07Cr19Ni10	GB/T 5310	—	—	—	≤ 0.015	≤ 0.030	≥ 205	≥ 515	≥ 35	—	140~192	C—III
82	TP321H	ASTM A213	—	—	—	≤ 0.030	≤ 0.045	≥ 205	≥ 515	≥ 35	—	≤ 192	C—III
83	SUS304	JIS G 3459	—	—	—	≤ 0.030	≤ 0.045	≥ 205	≥ 520	≥ 30	—	—	C—III
84	TP304	ASME SA 213	—	—	—	≤ 0.030	≤ 0.045	≥ 205	≥ 515	≥ 35	—	≤ 192	C—III
85	TP316	ASME SA213	—	—	—	≤ 0.030	≤ 0.045	≥ 205	≥ 515	≥ 35	—	≤ 192	C—III
86	TP347H	ASME SA213	—	8×C~ 1.10	—	≤ 0.030	≤ 0.045	≥ 205	≥ 515	≥ 35	—	≤ 192	C—III
87	F304	ASME A182	—	—	—	≤ 0.030	≤ 0.045	≥ 205	≥ 515	≥ 30	—	—	C—III
88	TP347HFG	ASME A213	—	8×C~ 1.10	—	≤ 0.030	≤ 0.045	≥ 205	≥ 550	≥ 35	—	≤ 192	C—III
89	S30432 (Super 304H)	ASTM A213	A10.003 ~0.03	0.3~0.6	2.5~ 3.5	≤ 0.010	≤ 0.040	≥ 235	≥ 590	≥ 35	—	≤ 219	C—III
90	TP310HCbN (HR3C)	ASME A213	—	0.2~0.6	—	≤ 0.030	≤ 0.045	≥ 295	≥ 655	≥ 30	—	≤ 256	C—III
91	07Cr18Ni11Nb	GB/T 5310	—	8×C~ 1.10	—	≤ 0.015	≤ 0.030	≥ 205	≥ 520	≥ 35	—	140~192	C—III
92	07Cr19Ni11Ti	GB/T 5310	—	—	—	≤ 0.015	≤ 0.030	≥ 205	≥ 515	≥ 35	—	140~192	C—III
93	10Cr18Ni9NbCu3BN	GB/T 5310	A10.003 ~0.03	0.3~ 0.6	2.5~ 3.5	≤ 0.010	≤ 0.030	≥ 235	≥ 590	≥ 35	—	150~219	C—III
94	07Cr25Ni21NbN	GB/T 5310	—	0.2~ 0.6	—	≤ 0.015	≤ 0.030	≥ 295	≥ 655	≥ 30	—	175~256	C—III
95	08Cr18Ni11NbFG	GB/T 5310	—	8×C~ 1.10	—	≤ 0.015	≤ 0.030	≥ 205	≥ 550	≥ 35	—	140~192	C—III

注 1: 对于钢材的 C 含量随着厚度变化的钢种, 本表取最小厚度的 C 含量。

注 2: 屈服强度按照 GB/T 228 规定方法获取, 屈服强度取 R_{eH} 、 R_{eL} 或者 $R_{p0.2}$ 应按相关标准执行。碳素结构钢和低合金结构钢通常取 R_{eH} , 当屈服发生不明显时, 测定规定塑性延伸强度 $R_{p0.2}$ 。

注 3: 合金结构钢 GB/T 3077 的冲击试样取 KU2 缺口。

注 4: 对于屈服强度随着厚度减小的钢种, 表中取最小厚度钢材的屈服强度。

表 B.1 的代号说明见表 B.2。

表 B.2 表 B.1 的代号说明

焊条	氩弧焊丝 (电力牌号)	焊丝	热处理温度 ℃
1—E50XX	a—W ER50 6 (TIG-J50)	a'—G ER50-6	A—一般不进行 热处理
2—E55XX-1M3	b—W ER50 1M3 (TIG-R10)	b'—G ER49-1M3	B—620~670
3—E55XX-1CM	c—W ER55 1CM (TIG-R30)	c'—G ER55-1CM	C—650~700
4—E55XX-1CM-V	d—W ER55 1CM4V (TIG-R31)	d'—G ER55-1CM4V	D—670~720
5—E62XX-2C1M	e—W ER62 2C1M (TIG-R40)	e'—G ER62-2C1M	E—720~750
6—E55XX-2CMWVB	f—W ER55 2C1MV (TIG-R34)	f'—G ER55-2C1MV	F—740~760
7—E62XX-3C1MV	g—W ER55 3C1MV (—)	g'—G ER55-3C1MV	
8—E55XX-5CM	h—W ER55 5CM (TIG-R50)	h'—G ER55-5CM	
9—E62XX-9C1MV (SFA-5.5M E62XX-B91)	i—W ER62 9C1MV (TIG-R71)	i'—ER62 9C1MV (SFA-5.28M ER62S-B9)	
10—SFA-5.5M E62XX-B92	j—W ER62 10CMWV-Co (TIG-R72)	j'—ER62 10CMWV-Co (SFA-5.28M ER62S-G)	
11—ENi6182 (SFA-5.11-ENiCrFe-3)	k—ENi6182 (—)	k'—SNi6082 (SFA-5.14 ERNiCr-3)	
12—E308-XX	l—E308 (TIG308)	l'—H06Cr21Ni10 (S308)	
13—E309-XX	m—E309 (TIG309)	m'—H10Cr24Ni13 (S309)	
14—E310-XX	n—E310 (TIG310)	n'—H11Cr26Ni21 (S310)	

附录 C
(资料性)
常用焊条熔敷金属的化学成分和常温力学性能

常用焊条熔敷金属的化学成分和常温力学性能见表 C.1。

表 C.1 常用焊条熔敷金属的化学成分和常温力学性能

序号	焊条型号			化学成分 %												常温力学性能				
	型号	标准号	原牌号	C	Mn	Si	P	S	Ni	Cr	Mo	V	Nb	B	W	其他	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 A_{kv} J
1	E4303	GB/T 5117	J422	0.20	1.20	1.00	0.040	0.035	0.30	0.20	0.30	0.08	—	—	—	—	≥ 430	≥ 330	≥ 20	27 (0℃)
2	E4315	GB/T 5117	J427	0.20	1.20	1.00	0.040	0.035	0.30	0.20	0.30	0.08	—	—	—	—	≥ 430	≥ 330	≥ 20	27 (-30℃)
3	E4316	GB/T 5117	J426	0.20	1.20	1.00	0.040	0.035	0.30	0.20	0.30	0.08	—	—	—	—	≥ 430	≥ 330	≥ 20	27 (-30℃)
4	E4320	GB/T 5117	J424	0.20	1.20	1.00	0.040	0.035	0.30	0.20	0.30	0.08	—	—	—	—	≥ 430	≥ 330	≥ 20	—
5	E5003	GB/T 5117	J502	0.15	1.25	0.90	0.040	0.035	0.30	0.20	0.30	0.08	—	—	—	—	≥ 490	≥ 400	≥ 20	27 (0℃)
6	E5015	GB/T 5117	J507	0.15	1.60	0.75	0.035	0.035	0.30	0.20	0.30	0.08	—	—	—	—	≥ 490	≥ 400	≥ 22	27 (-30℃)
7	E5016	GB/T 5117	J506	0.15	1.60	0.75	0.035	0.035	0.30	0.20	0.30	0.08	—	—	—	—	≥ 490	≥ 400	≥ 20	27 (-30℃)
8	E5015-1M3	GB/T 5118	R107	0.12	1.00	0.80	0.030	0.030	—	—	0.40~0.65	—	—	—	—	—	≥ 490	≥ 390	≥ 22	—
9	E5016-1M3	GB/T 5118	R106	0.12	1.00	0.80	0.030	0.030	—	—	0.40~0.65	—	—	—	—	—	≥ 490	≥ 390	≥ 22	—

表 C.1 (续)

序号	焊条型号			化学成分 %													常温力学性能			
	型号	标准号	原牌号	C	Mn	Si	P	S	Ni	Cr	Mo	V	Nb	B	W	其他	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 A_{KV} J
10	E5018-1M3	GB/T 5118	R106Fe	0.12	1.00	0.80	0.030	0.030	—	—	0.40~0.65	—	—	—	—	—	≥490	≥390	≥22	—
11	E5503-CM	GB/T 5118	R202	0.05~0.12	0.90	0.80	0.030	0.030	—	0.40~0.65	0.40~0.65	—	—	—	—	—	≥550	≥460	≥14	—
12	E5515-CM	GB/T 5118	R207	0.05~0.12	0.90	0.80	0.030	0.030	—	0.40~0.65	0.40~0.65	—	—	—	—	—	≥550	≥460	≥17	—
13	E5516-CM	GB/T 5118	R206	0.05~0.12	0.90	0.80	0.030	0.030	—	0.40~0.65	0.40~0.65	—	—	—	—	—	≥550	≥460	≥17	—
14	E5518-CM	GB/T 5118	R206Fe	0.05~0.12	0.90	0.80	0.030	0.030	—	0.40~0.65	0.40~0.65	—	—	—	—	—	≥550	≥460	≥17	—
15	E5515-1CM	GB/T 5118	R307	0.05~0.12	0.90	0.80	0.030	0.030	—	1.00~1.50	0.40~0.65	—	—	—	—	—	≥550	≥460	≥17	—
16	E5516-1CM	GB/T 5118	R306	0.05~0.12	0.90	0.80	0.030	0.030	—	1.00~1.50	0.40~0.65	—	—	—	—	—	≥550	≥460	≥17	—
17	E5518-1CM	GB/T 5118	R306Fe	0.05~0.12	0.90	0.80	0.030	0.030	—	1.00~1.50	0.40~0.65	—	—	—	—	—	≥550	≥460	≥17	—
18	E5215-1CML	GB/T 5118	—	0.05	0.90	1.00	0.030	0.030	—	1.00~1.50	0.40~0.65	—	—	—	—	—	≥520	≥390	≥17	—
19	E5216-1CML	GB/T 5118	—	0.05	0.90	1.00	0.030	0.030	—	1.00~1.50	0.40~0.65	—	—	—	—	—	≥520	≥390	≥17	—
20	E5218-1CML	GB/T 5118	—	0.05	0.90	1.00	0.030	0.030	—	1.00~1.50	0.40~0.65	—	—	—	—	—	≥520	≥390	≥17	—
21	E5515-1CMV	GB/T 5118	R317	0.05~0.12	0.90	0.60	0.030	0.030	—	0.80~1.50	0.40~0.65	0.10~0.35	—	—	—	—	≥550	≥460	≥15	—

表 C.1 (续)

序号	焊条型号			化学成分 %														常温力学性能			
	型号	标准号	原牌号	C	Mn	Si	P	S	Ni	Cr	Mo	V	Nb	B	W	其他	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 A_{kv} J	
22	E5515-1CMWV	GB/T 5118	R327	0.05~0.12	0.70~1.00	0.60	0.030	0.030	—	0.80~1.50	0.70~1.00	0.20~0.35	—	—	0.25~0.50	—	≥550	≥460	≥15	—	
23	E5515-1CMVNB	GB/T 5118	R337	0.05~0.12	0.90	0.60	0.030	0.030	—	0.80~1.50	0.70~1.00	0.15~0.40	0.10~0.25	—	—	—	≥550	≥460	≥15	—	
24	E5515-2CMWVB	GB/T 5118	R347	0.05~0.12	1.00	0.60	0.030	0.030	—	1.50~2.50	0.30~0.80	0.20~0.60	—	0.001~0.003	0.20~0.60	—	≥550	≥460	≥15	—	
25	E6215-2C1M	GB/T 5118	R407	0.05~0.12	0.90	1.00	0.030	0.030	—	2.00~2.50	0.90~1.20	—	—	—	—	—	≥620	≥530	≥15	—	
26	E6216-2C1M	GB/T 5118	R406	0.05~0.12	0.90	1.00	0.030	0.030	—	2.00~2.50	0.90~1.20	—	—	—	—	—	≥620	≥530	≥15	—	
27	E6218-2C1M	GB/T 5118	R406Fe	0.05~0.12	0.90	1.00	0.030	0.030	—	2.00~2.50	0.90~1.20	—	—	—	—	—	≥620	≥530	≥15	—	
28	E5515-2C1ML	GB/T 5118	—	0.05	0.90	1.00	0.030	0.030	—	2.00~2.50	0.90~1.20	—	—	—	—	—	≥550	≥460	≥15	—	
29	E5516-2C1ML	GB/T 5118	—	0.05	0.90	1.00	0.030	0.030	—	2.00~2.50	0.90~1.20	—	—	—	—	—	≥550	≥460	≥15	—	
30	E5518-2C1ML	GB/T 5118	—	0.05	0.90	1.00	0.030	0.030	—	2.00~2.50	0.90~1.20	—	—	—	—	—	≥550	≥460	≥15	—	
31	E5515-2CMVNB	GB/T 5118	R417	0.05~0.12	1.00	0.60	0.030	0.030	—	2.40~3.00	0.70~1.00	0.25~0.50	0.35~0.65	—	—	—	≥550	≥460	≥15	—	
32	E6215-2C1MV	GB/T 5118	—	0.05~0.12	0.40~1.50	0.60	0.030	0.030	—	2.00~2.60	0.90~1.20	0.20~0.40	0.010~0.050	—	—	—	≥620	≥530	≥15	—	

表 C.1 (续)

序号	焊条型号			化学成分 %													常温力学性能			
	型号	标准号	原牌号	C	Mn	Si	P	S	Ni	Cr	Mo	V	Nb	B	W	其他	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 A_{KV} J
33	E6216-2C1MV	GB/T 5118	—	0.05~0.12	0.40~1.50	0.60	0.030	0.030	—	2.00~2.60	0.90~1.20	0.20~0.40	0.010~0.050	—	—	—	≥620	≥530	≥15	—
34	E6218-2C1MV	GB/T 5118	—	0.05~0.12	0.40~1.50	0.60	0.030	0.030	—	2.00~2.60	0.90~1.20	0.20~0.40	0.010~0.050	—	—	—	≥620	≥530	≥15	—
35	E6215-3C1MV	GB/T 5118	—	0.05~0.12	0.40~1.50	0.60	0.030	0.030	—	2.60~3.40	0.90~1.20	0.20~0.40	0.010~0.050	—	—	—	≥620	≥530	≥15	—
36	E6216-3C1MV	GB/T 5118	—	0.05~0.15	0.40~1.50	0.60	0.030	0.030	—	2.60~3.40	0.90~1.20	0.20~0.40	0.010~0.050	—	—	—	≥620	≥530	≥15	—
37	E6218-3C1MV	GB/T 5118	—	0.05~0.15	0.40~1.50	0.60	0.030	0.030	—	2.60~3.40	0.90~1.20	0.20~0.40	0.010~0.050	—	—	—	≥620	≥530	≥15	—
38	E5515-5CM	GB/T 5118	—	0.05~0.10	1.00	0.90	0.030	0.030	0.40	4.00~6.00	0.45~0.65	—	—	—	—	—	≥550	≥460	≥17	—
39	E5516-5CM	GB/T 5118	—	0.05~0.10	1.00	0.90	0.030	0.030	0.40	4.00~6.00	0.45~0.65	—	—	—	—	—	≥550	≥460	≥17	—
40	E5518-5CM	GB/T 5118	—	0.05~0.10	1.00	0.90	0.030	0.030	0.40	4.00~6.00	0.45~0.65	—	—	—	—	—	≥550	≥460	≥17	—
41	E5515-5CML	GB/T 5118	—	0.05	1.00	0.90	0.030	0.030	0.40	4.00~6.00	0.45~0.65	—	—	—	—	—	≥550	≥460	≥17	—
42	E5516-5CML	GB/T 5118	—	0.05	1.00	0.90	0.030	0.030	0.40	4.00~6.00	0.45~0.65	—	—	—	—	—	≥550	≥460	≥17	—
43	E5518-5CML	GB/T 5118	—	0.05	1.00	0.90	0.030	0.030	0.40	4.00~6.00	0.45~0.65	—	—	—	—	—	≥550	≥460	≥17	—

表 C.1 (续)

序号	焊条型号			化学成分 %												常温力学性能				
	型号	标准号	原牌号	C	Mn	Si	P	S	Ni	Cr	Mo	V	Nb	B	W	其他	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 A_{KV} J
44	E5515-5CMV	GB/T 5118	—	0.12	0.5~0.90	0.50	0.030	0.030	—	4.00~6.00	0.40~0.70	0.10~0.35	—	—	—	Cu:0.5	≥550	≥460	≥14	—
45	E5516-5CMV	GB/T 5118	—	0.12	0.5~0.90	0.50	0.030	0.030	—	4.00~6.00	0.40~0.70	0.10~0.35	—	—	—	Cu:0.5	≥550	≥460	≥14	—
46	E5518-5CMV	GB/T 5118	—	0.12	0.5~0.90	0.50	0.030	0.030	—	4.00~6.00	0.40~0.70	0.10~0.35	—	—	—	Cu:0.5	≥550	≥460	≥14	—
47	E5515-7CM	GB/T 5118	—	0.05~0.10	1.00	0.90	0.030	0.030	0.40	6.00~8.00	0.45~0.65	—	—	—	—	—	≥550	≥460	≥17	—
48	E5516-7CM	GB/T 5118	—	0.05~0.10	1.00	0.90	0.030	0.030	0.40	6.00~8.00	0.45~0.65	—	—	—	—	—	≥550	≥460	≥17	—
49	E5518-7CM	GB/T 5118	—	0.05~0.10	1.00	0.90	0.030	0.030	0.40	6.00~8.00	0.45~0.65	—	—	—	—	—	≥550	≥460	≥17	—
50	E5515-7CML	GB/T 5118	—	0.05	1.00	0.90	0.030	0.030	0.40	6.00~8.00	0.45~0.65	—	—	—	—	—	≥550	≥460	≥17	—
51	E5516-7CML	GB/T 5118	—	0.05	1.00	0.90	0.030	0.030	0.40	6.00~8.00	0.45~0.65	—	—	—	—	—	≥550	≥460	≥17	—
52	E5518-7CML	GB/T 5118	—	0.05	1.00	0.90	0.030	0.030	0.40	6.00~8.00	0.45~0.65	—	—	—	—	—	≥550	≥460	≥17	—
53	E6215-9C1M	GB/T 5118	—	0.05~0.10	1.00	0.90	0.030	0.030	0.40	8.00~10.50	0.85~1.20	—	—	—	—	—	≥620	≥530	≥15	—
54	E6216-9C1M	GB/T 5118	—	0.05~0.10	1.00	0.90	0.030	0.030	0.40	8.00~10.50	0.85~1.20	—	—	—	—	—	≥620	≥530	≥15	—
55	E6218-9C1M	GB/T 5118	—	0.05~0.10	1.00	0.90	0.030	0.030	0.40	8.00~10.50	0.85~1.20	—	—	—	—	—	≥620	≥530	≥15	—

表 C.1 (续)

序号	焊条型号			化学成分 %													常温力学性能			
	型号	标准号	原牌号	C	Mn	Si	P	S	Ni	Cr	Mo	V	Nb	B	W	其他	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 A_{KV} J
56	E6215-9C1ML	GB/T 5118	—	0.05	1.00	0.90	0.030	0.030	0.40	8.00~10.50	0.85~1.20	—	—	—	—	—	≥620	≥530	≥15	—
57	E6216-9C1ML	GB/T 5118	—	0.05	1.00	0.90	0.030	0.030	0.40	8.00~10.50	0.85~1.20	—	—	—	—	—	≥620	≥530	≥15	—
58	E6218-9C1ML	GB/T 5118	—	0.05	1.00	0.90	0.030	0.030	0.40	8.00~10.50	0.85~1.20	—	—	—	—	—	≥620	≥530	≥15	—
59	E6215-9C1MV	GB/T 5118	—	0.08~0.13	1.25	0.30	0.010	0.01	0.01	8.00~10.50	0.85~1.20	0.15~0.30	0.02~0.10	—	—	—	≥620	≥530	≥15	—
60	E6216-9C1MV	GB/T 5118	—	0.08~0.13	1.25	0.30	0.010	0.01	0.01	8.00~10.50	0.85~1.20	0.15~0.30	0.02~0.10	—	—	—	≥620	≥530	≥15	—
61	E6218-9C1MV	GB/T 5118	—	0.08~0.13	1.25	0.30	0.010	0.01	0.01	8.00~10.50	0.85~1.20	0.15~0.30	0.02~0.10	—	—	—	≥620	≥530	≥15	—

表 C.1 (续)

序号	焊条型号			化学成分 %													常温力学性能			
	型号	标准号	原牌号	C	Mn	Si	P	S	Ni	Cr	Mo	V	Nb	B	W	其他	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 A_{kv} J
62	E6215-9C1MV1	GB/T 5118	—	0.08~0.12	1.00~1.80	0.60	0.025	0.025	1.0	8.00~10.50	0.80~1.20	0.15~0.30	0.02~0.10	—	—	Cu:0.25 Al:0.04 N:0.02~0.07	≥620	≥530	≥15	—
63	E6216-9C1MV1	GB/T 5118	—	0.08~0.12	1.00~1.80	0.60	0.025	0.025	1.0	8.00~10.50	0.80~1.20	0.15~0.30	0.02~0.10	—	—	Cu:0.25 Al:0.04 N:0.02~0.07	≥620	≥530	≥15	—
64	E6218-9C1MV1	GB/T 5118	—	0.08~0.12	1.00~1.80	0.60	0.025	0.025	1.0	8.00~10.50	0.80~1.20	0.15~0.30	0.02~0.10	—	—	Cu:0.25 Al:0.04 N:0.02~0.07	≥620	≥530	≥15	—
65	E308-15	GB/T 983	A107	0.08	0.5~2.5	1.00	0.04	0.03	9.0~11.0	18.0~21.0	0.75	—	—	—	—	Cu:0.75	≥550	—	≥30	—
66	E308-16	GB/T 983	A102	0.08	0.5~2.5	1.00	0.04	0.03	9.0~11.0	18.0~21.0	0.75	—	—	—	—	Cu:0.75	≥550	—	≥30	—
67	E308L-15	GB/T 983	A007	0.04	0.5~2.5	1.00	0.04	0.03	9.0~11.0	18.0~21.0	0.75	—	—	—	—	Cu:0.75	≥510	—	≥30	—
68	E308L-16	GB/T 983	A002	0.04	0.5~2.5	1.00	0.04	0.03	9.0~12.0	18.0~21.0	0.75	—	—	—	—	Cu:0.75	≥510	—	≥30	—
69	E308H-15	GB/T 983	—	0.04~0.08	0.5~2.5	1.00	0.04	0.03	9.0~11.0	18.0~21.0	0.75	—	—	—	—	Cu:0.75	≥550	—	≥30	—
70	E308H-15	GB/T 983	—	0.04~0.08	0.5~2.5	1.00	0.04	0.03	9.0~11.0	18.0~21.0	0.75	—	—	—	—	Cu:0.75	≥550	—	≥30	—
71	E309-15	GB/T 983	A307	0.15	0.5~2.5	1.00	0.04	0.03	12.0~14.0	22.0~25.0	0.75	—	—	—	—	Cu:0.75	≥550	—	≥25	—

表 C.1 (续)

序号	焊条型号		化学成分 %														常温力学性能			
	型号	标准号	原牌号	C	Mn	Si	P	S	Ni	Cr	Mo	V	Nb	B	W	其他	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 A_{KV} J
72	E309-16	GB/T 983	A302	0.15	0.5~2.5	1.00	0.04	0.03	12.0~14.0	22.0~25.0	0.75	—	—	—	—	—	≥550	—	≥25	—
73	E309L-15	GB/T 983	A067	0.04	0.5~2.5	1.00	0.04	0.03	12.0~14.0	22.0~25.0	0.75	—	—	—	—	—	≥510	—	≥25	—
74	E309L-16	GB/T 983	A062	0.04	0.5~2.5	1.00	0.04	0.03	12.0~14.0	22.0~25.0	0.75	—	—	—	—	—	≥510	—	≥25	—
75	E309H-15	GB/T 983	—	0.04~0.15	0.5~2.5	1.00	0.04	0.03	12.0~14.0	22.0~25.0	0.75	—	—	—	—	—	≥550	—	≥25	—
76	E309H-15	GB/T 983	—	0.04~0.15	0.5~2.5	1.00	0.04	0.03	12.0~14.0	22.0~25.0	0.75	—	—	—	—	—	≥550	—	≥25	—
77	E310-15	GB/T 983	A407	0.08~0.20	1.0~2.5	0.75	0.03	0.03	20.0~22.5	25.0~28.0	0.75	—	—	—	—	—	≥550	—	≥25	—
78	E310-16	GB/T 983	A402	0.08~0.20	1.0~2.5	0.75	0.03	0.03	20.0~22.5	25.0~28.0	0.75	—	—	—	—	—	≥550	—	≥25	—
79	E310H-15	GB/T 983	—	0.35~0.45	1.0~2.5	0.75	0.03	0.03	20.0~22.5	25.0~28.0	0.75	—	—	—	—	—	≥620	—	≥8	—
80	E310H-16	GB/T 983	—	0.35~0.45	1.0~2.5	0.75	0.03	0.03	20.0~22.5	25.0~28.0	0.75	—	—	—	—	—	≥620	—	≥8	—
81	E316-15	GB/T 983	A207	0.08	0.5~2.5	1.00	0.04	0.03	11.0~14.0	17.0~20.0	2.0~3.0	—	—	—	—	—	≥520	—	≥25	—
82	E316-16	GB/T 983	A202	0.08	0.5~2.5	1.00	0.04	0.03	11.0~14.0	17.0~20.0	2.0~3.0	—	—	—	—	—	≥520	—	≥25	—
83	E316L-15	GB/T 983	A027	0.04	0.5~2.5	1.00	0.04	0.03	11.0~14.0	17.0~20.0	2.0~3.0	—	—	—	—	—	≥490	—	≥25	—

表 C.1 (续)

序号	焊条型号			化学成分 %													常温力学性能			
	型号	标准号	原牌号	C	Mn	Si	P	S	Ni	Cr	Mo	V	Nb	B	W	其他	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 A_{KV} J
84	E316L-16	GB/T 983	A022	0.04	0.5~2.5	1.00	0.04	0.03	11.0~14.0	17.0~20.0	2.0~3.0	—	—	—	—	—	≥ 490	—	≥ 25	—
85	E316H-15	GB/T 983	—	0.04~0.08	0.5~2.5	1.00	0.04	0.03	11.0~14.0	17.0~20.0	2.0~3.0	—	—	—	—	—	≥ 520	—	≥ 25	—
86	E316H-16	GB/T 983	—	0.04~0.08	0.5~2.5	1.00	0.04	0.03	11.0~14.0	17.0~20.0	2.0~3.0	—	—	—	—	—	≥ 520	—	≥ 25	—
87	E347-15	GB/T 983	A137	0.08	0.5~2.5	1.00	0.04	0.03	9.0~11.0	18.0~21.0	0.75	—	—	—	—	—	≥ 520	—	≥ 25	—
88	E347-16	GB/T 983	A132	0.08	0.5~2.5	1.00	0.04	0.03	9.0~11.0	18.0~21.0	0.75	—	—	—	—	—	≥ 520	—	≥ 25	—
89	E347L-15	GB/T 983	A137	0.04	0.5~2.5	1.00	0.04	0.03	9.0~11.0	18.0~21.0	0.75	—	—	—	—	—	≥ 510	—	≥ 25	—
90	E347L-16	GB/T 983	A132	0.04	0.5~2.5	1.00	0.040	0.030	9.0~11.0	18.0~21.0	0.75	—	—	—	—	—	≥ 510	—	≥ 25	—
91	E410-15	GB/T 983	G207	0.12	1.0	0.90	0.04	0.03	0.70	11.0~14.0	0.75	—	—	—	—	—	≥ 450	—	≥ 15	—

表 C.1 (续)

序号	焊条型号			化学成分 %												常温力学性能				
	型号	标准号	原牌号	C	Mn	Si	P	S	Ni	Cr	Mo	V	Nb	B	W	其他	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 A_{KV} J
92	E410-16	GB/T 983	G202	0.12	1.0	0.90	0.04	0.03	0.70	11.0~14.0	0.75	—	—	—	—	—	≥450	—	≥15	—
93	E2209-15	GB/T 983	—	0.04	0.5~2.0	1.00	0.04	0.03	7.5~10.5	21.5~23.5	2.5~3.5	—	—	—	—	Cu:0.75 N:0.08~0.20	≥690	—	≥15	—
94	E2209-16	GB/T 983	—	0.04	0.5~2.0	1.00	0.04	0.03	7.5~10.5	21.5~23.5	2.5~3.5	—	—	—	—	Cu:0.75 N:0.08~0.20	≥690	—	≥15	—

附录 D
(资料性)
常用焊丝的化学成分

常用焊丝的化学成分见表 D.1。

表 D.1 常用焊丝的化学成分

序号	牌号	标准号	化学成分 %														
			C	Mn	Si	Cr	Mo	V	Ti	Nb	Ni	其他	S	P			
1	WER50 6 (TIG-J50)	GB/T 39280	0.06~ 0.15	1.40~ 1.85	0.80~ 1.15	0.2	0.15	0.03	—	—	—	—	—	—	—	0.025	0.025
2	WER50 (TIG-R10)	GB/T 39279	0.12	1.30	0.30~ 0.70	—	0.40~ 0.60	—	—	—	—	—	—	—	—	0.025	0.025
3	WER55 1CM (TIG-R30)	GB/T 39279	0.07~ 0.12	0.40~ 0.70	0.20~ 0.50	1.20~ 1.50	0.40~ 0.60	—	—	—	—	—	—	—	—	0.025	0.025
4	WER55 1CM4V (TIG-R31)	GB/T 39279	0.06~ 0.10	1.20~ 1.60	0.60~ 0.90	1.00~ 1.30	0.50~ 0.70	0.20~ 0.40	—	—	—	—	—	—	—	0.025	0.030
5	WER62 2C1MV (TIG-R40)	GB/T 39279	0.07~ 0.12	0.40~ 0.70	0.40~ 0.70	2.30~ 2.70	0.90~ 1.20	—	—	—	—	—	—	—	—	0.025	0.025
6	WER55 2CMWV-Ni (TIG-R34)	GB/T 39279	0.12	0.80~ 1.60	0.10~ 0.70	2.00~ 2.60	0.05~ 0.30	0.10~ 0.50	—	—	—	0.01~ 0.08	0.30~ 1.00	Cu:0.40 W:1.00~2.00	0.025	0.025	0.025
7	WER55 3C1MV (—)	GB/T 39279	0.05~ 0.15	0.20~ 1.00	0.50	2.75~ 3.75	0.90~ 1.20	0.15~ 0.50	—	—	—	—	—	—	—	0.025	0.025
8	WER55 5CM (TIG-R50)	GB/T 39279	0.10	0.40~ 0.70	0.50	4.50~ 6.00	0.45~ 0.65	—	—	—	—	—	0.60	Cu:0.35	0.025	0.025	0.025
9	WER62 9C1MV (TIG-R71)	GB/T 39279	0.12	1.20~ 1.90	0.10~ 0.60	8.00~ 10.50	0.80~ 1.20	0.15~ 0.50	—	—	—	0.01~ 0.12	0.20~ 1.00	Cu:0.40 N:0.01~0.05	0.025	0.025	0.025
10	WER62 10CMWV-Co (TIG-R72)	GB/T 39279	0.12	0.80~ 1.50	0.10~ 0.70	9.00~ 11.50	0.25~ 0.55	0.10~ 0.50	—	—	—	0.01~ 0.08	0.30~ 1.00	Cu:1.00~2.00 W:1.00~2.00 N:0.02~0.07	0.025	0.025	0.025

表 D.1 (续)

序号	牌号	标准号	化学成分 %												
			C	Mn	Si	Cr	Mo	V	Ti	Nb	Ni	其他	S	P	
11	S308 (H06Cr21Ni10)	GB/T 29713 (YB/T 5092)	0.08	1.0~2.5	0.65	19.5~ 22.0	0.75	—	—	—	—	9.0~ 11.0	Cu:0.75	0.03	0.03
12	S309 (H10Cr24Ni13)	GB/T 29713 (YB/T5092)	0.12	1.0~2.5	0.65	23.0~ 25.0	0.75	—	—	—	—	12.0~ 14.0	Cu:0.75	0.03	0.03
13	S310 (H11Cr26Ni21)	GB/T 29713 (YB/T 5092)	0.08~ 0.15	1.0~2.5	0.65	25.0~ 28.0	0.75	—	—	—	—	20.0~ 22.5	Cu:0.75	0.03	0.03
14	S316 (H06Cr19Ni12Mo2)	GB/T 29713 (YB/T 5092)	0.08	1.0~2.5	0.65	18.0~ 20.0	2.0~3.0	—	—	—	—	11.0~ 14.0	Cu:0.75	0.03	0.03
15	S347 (H06Cr20Ni10Nb)	GB/T 29713 (YB/T 5092)	0.08	1.0~2.5	0.65	19.0~ 21.5	0.75	—	—	—	10×C~ 1.0	9.00~ 11.0	Cu:0.75	0.03	0.03
16	S410 (H10Cr13)	GB/T 29713 (YB/T 5092)	0.12	0.60	0.50	11.5~ 13.5	0.75	—	—	—	—	0.60	Cu:0.75	0.03	0.03
17	S430 (H08Cr17)	GB/T 29713 (YB/T 5092)	0.10	0.60	0.50	15.5~ 17.0	0.75	—	—	—	—	0.60	Cu:0.75	0.03	0.03
18	S2209 (H022Cr22Ni9Mo3N)	GB/T 29713 (YB/T 5092)	0.03	0.5~2.0	0.90	21.5~ 23.5	2.5~3.5	—	—	—	—	7.0~9.5	Cu:0.75 N:0.08~0.20	0.03	0.03

注：表中“W”为GB/T 39279和GB/T 39280规定的氩弧焊丝，若采用气体保护焊则为“G”，应用时应按照电弧气氛的氧化性选择相近焊丝；表中未标明范围的单值为最大百分比。

附录 E

(规范性)

9%Cr~12%Cr 马氏体型耐热钢焊接技术特殊要求

E.1 一般规定

E.1.1 本文件所称 9%Cr~12%Cr 马氏体型耐热钢包括符合 GB/T 5310 规定的 10Cr9Mo1VNbN、10Cr9MoW2VNbBN、11Cr9Mo1W1VNbBN、10Cr11MoW2VNbCu1BN 等钢。

注：符合 ASME 规定的 T/P91、T/P92、T/P911、T/P122 钢等同执行。

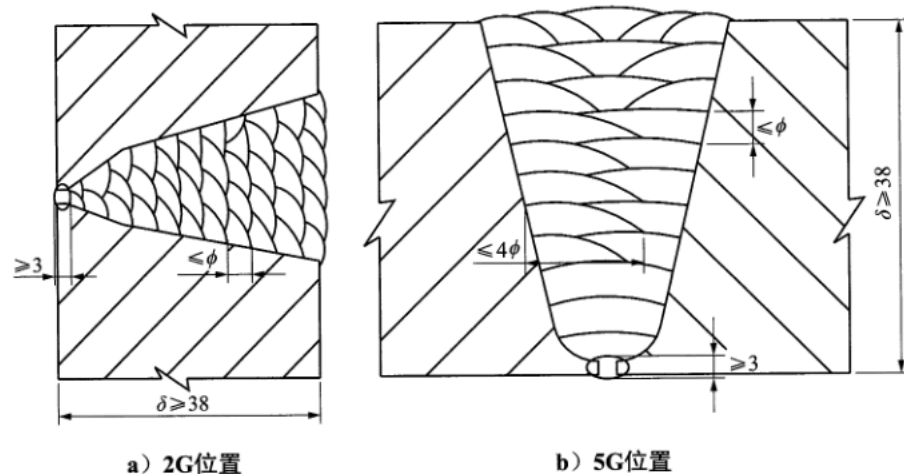
E.1.2 当采用等离子切割方法加工坡口时，应预留不少于 5 mm 的加工余量。切割后须用机械方法去除污染层（不应对管子进行退火处理），并对坡口表面进行渗透或磁粉检测。

E.1.3 所采用焊接材料的熔敷金属的下转变点（ A_{C1} ）不应低于 790 ℃。

E.2 工艺的特殊要求

E.2.1 焊条电弧焊时，层/道间温度不宜超过 250 ℃；工厂化配置管道，焊件热处理工艺为炉内正火+回火的，层间温度不受限，否则，层间温度不宜超过 300 ℃。

E.2.2 焊条电弧焊进行填充和盖面时，宜采用直径不大于 3.2 mm 的焊条焊接，每根完整的焊条所焊接的焊道长度与该焊条的熔化长度之比应大于 50%。焊缝其单层增厚不超过焊条直径，厚壁大径管多道排列要求见图 E.1。



说明：

ϕ —— 焊条直径；

δ —— 焊件厚度。

图 E.1 厚壁管焊道排列示意图

E.2.3 埋弧焊宜采用直径不大于 3.2 mm 的焊丝，焊接时应合理调整焊丝偏移量，优化焊层形状。

E.2.4 焊接前应编制应急预案，防止意外断电导致焊接或焊接热处理中断。若发生中断，应尽快恢复作业。

E.2.5 特殊情况下，当同时具备下列条件时，方可中断焊接：

- a) 至少已焊接 9 mm 厚的焊缝或 25% 焊接坡口已填满，两者中取较小值（如焊件需移动或受载，焊件应有足够支撑）；

b) 焊缝已进行后热或焊后热处理。

E.2.6 重新焊接时，应对表面进行检查确认无裂纹，并按规定进行预热。

E.2.7 焊后非必要不应采用后热。当被迫后热时，后热应在焊接完成，焊件温度降至 80℃~100℃，保温 1h~2h 后立即进行。后热温度 300℃~350℃，保温时间为 2h。

E.2.8 焊后热处理应在焊接完成后，焊件温度降至 80℃~100℃，保温 1h~2h 后立即进行。焊后热处理除执行 DL/T 819 的规定外，还应执行下列规定：

- 采用柔性陶瓷电加热器对小直径管排进行焊后热处理时，除每炉安装一支控温热电偶外，对每组加热装置还应至少安装 1 支热电偶，用于监测温度。
- 对直径大于或等于 273 mm 的水平管道加热时，应采用分区控温的方法进行加热，加热装置与热电偶的布置要求应符合 DL/T 819 的规定。
- 采用炉内热处理时，恒温时间以 4 min/mm（壁厚）计算。
- 管径不小于 76 mm 采用 SMAW 填充盖面的焊接接头，焊后热处理的恒温时间不应小于 2 h。采用柔性陶瓷电加热时，推荐的焊后热处理工艺见表 E.1。

表 E.1 9%Cr~12%Cr 马氏体型耐热钢的焊后热处理工艺

钢种	恒温温度 ℃	焊件厚度 δ^a mm							
		≤ 12.5	$12.5 < \delta \leq 25$	$25 < \delta \leq 37.5$	$37.5 < \delta \leq 50$	$50 < \delta \leq 75$	$75 < \delta \leq 100$	$100 < \delta \leq 125$	> 125
		恒温时间 h							
9Cr-1Mo (T/P9)	750~770	1	2	3	4	5	—	—	—
12Cr-1Mo (X20)	750~770	1	2	3	4	5	—	—	—
10Cr9Mo1VNbN	740~760	1	2	3	4~5	5~6	6~7	8	10
10Cr9MoW2VNbBN	740~760	1.5	2	4	5~6	6~7	8~9	10	12
11Cr9Mo1W1VNbBN	740~760	1.5	2	4	5~6	6~7	8~9	10	12
10Cr11MoW2VNbCu1BN	740~760	2		4	5~6	6~7	8~9	10	12

^a 管座或返修焊件，其恒温时间按焊件的名义厚度替代焊件厚度来确定，但不少于 0.5 h，计算方法见 DL/T 819。

E.2.9 受热面管排焊接接头在焊接热处理过程中若加热中断，允许以缓冷的方式冷却到室温，并在 24 h 内进行焊后热处理。其他焊接接头若在后热和焊后热处理过程中加热中断，应启动备用电源，完成后热过程，并缓冷到室温，待供电恢复，立即进行焊后热处理。

E.3 质量控制的特殊要求

E.3.1 对焊接接头进行超声波检测时，应按照 DL/T 820 制作同种材质的对比试块。

E.3.2 焊缝金相微观组织应为回火马氏体/回火索氏体。

E.3.3 焊缝布氏硬度合格指标为 HBW 180~HBW 270。

E.3.4 焊缝金相组织应符合 DL/T 2054 的规定。

附录 F

(规范性)

奥氏体不锈钢及镍基合金焊接特殊技术要求

- F.1** 焊接奥氏体不锈钢及镍基合金宜采用钨极氩弧焊、焊条电弧焊、熔化极气保焊、埋弧焊等方法。
- F.2** 坡口加工宜采用机械方式。当采用等离子切割进行下料和坡口加工时，应预留不少于 5 mm 的加工余量。
- F.3** 奥氏体不锈钢和镍基合金应单独存放，不应与碳钢或其他合金钢混放接触，以防止铁离子污染。测量坡口和焊缝尺寸应采用不锈钢材料或其他防止铁离子污染的专用焊口检测工具。
- F.4** 坡口清理、修整接头、清理焊渣和飞溅用的电动或手动打磨工具，宜选用无氯铝基无铁材料制成的砂布、砂轮片、电磨头，或选用不锈钢材料制成的鳌头、钢丝刷或其他专用材料制成的器具。
- F.5** 钨极氩弧焊焊接时，焊机应具有高频引弧及保护气体提前和滞后功能。
- F.6** 焊接前宜采用酒精或丙酮等溶剂对焊接坡口及其有热影响的相邻区域进行清洗。
- F.7** 当可以进行双面焊接时，最后一层焊缝宜安排在介质侧。
- F.8** 钨极氩弧焊时宜选用直径不大于 2.5 mm 的焊丝，焊条电弧焊时宜选用直径为 2.5 mm~3.2 mm 的焊条。压力管道和耐腐蚀部件异种材料焊接时宜选用镍基等焊丝。
- F.9** 压力管道和耐强腐蚀介质部件焊接时，应采取小线能量焊接，焊层厚度不宜大于焊条（丝）直径。焊接宜采用多层多道焊，焊接过程中采用红外测温仪或其他测量器具测量层间温度，层间温度应控制在 150 ℃ 以下。当用水冷却时，宜采用纯净水。
- F.10** 钨极氩弧焊封底及次层的填充焊接，应采取背面充惰性保护气体或其他防止焊接区域与空气直接接触的措施。当焊接小径管采用充惰性气体保护时，宜采用整根管子内部充气的方式。
- F.11** 不锈钢焊缝表面色泽不应出现灰色和黑色。

附录 G

(资料性)

超(超)临界参数锅炉的水冷壁地面水平位置组合的密封焊接方案要点

G.1 超(超)临界锅炉水冷壁 12Cr1MoV、ASME A213-T23 等钢的小径管, 在进行地面水平位置组合焊接鳍片时, 应防止产生下列问题:

- a) 焊接过程控制不当造成边部向上或向下的变形, 产生较大面积的弯曲变形;
- b) 焊接工艺不当及接头结构的刚性固定, 产生过高的焊接残余应力。

G.2 问题产生的主要原因及危害:

- a) 弯曲变形 超(超)临界锅炉水冷壁采用鳍片管地面组合而成, 焊接接头预留的鳍片焊缝(组对用)常在管子对接焊缝焊接完成后方可进行鳍片密封焊缝焊接。
鳍片焊缝数量为 $n-1$ 条 (n 为管子数量), 即使采取变形控制措施, 每条焊缝的收缩量达 $1.0\text{ mm}\sim 1.5\text{ mm}$, $n-1$ 条焊缝焊接后横向收缩量的累积, 导致水冷壁管弯曲变形。这种变形虽可释放水冷壁结构的焊接残余应力, 但若超过设备尺寸公差范围, 将可能导致返工。
- b) 残余应力采用分散热输入量且频繁间断跳焊低效率的施焊工艺, 可降低水冷壁的焊接变形, 但可能会引起较大的焊接残余应力, 造成锅炉运行中水冷壁鳍片的开裂, 甚至会导致大面积爆管。

G.3 水冷壁鳍片地面水平位置组合密封焊应对措施

G.3.1 鳍片密封焊接由鳍片密封焊缝(双面焊接)和梳形板焊缝(单面焊接)组成, 焊接变形和焊接残余应力主要产生在鳍片密封焊接过程。

G.3.2 焊接顺序宜先焊接鳍片密封焊缝的双面焊缝, 后焊接梳形板焊缝。当焊缝长度不低于 300 mm 时, 宜采用分段退焊。

G.3.3 焊接时宜采用 CO_2 气体保护焊, 采用焊条电弧焊时在保证焊透及熔合良好的前提下, 应采用较小的焊接规范。

G.3.4 鳍片密封焊接应将上下两面焊缝完成, 其焊接顺序见表 G.1。当完成 3 轮焊接后, 保留顺序号 8 的倍数焊缝。对焊缝顺序号为 8 的倍数焊缝, 当间隙增加到 $8\text{ mm}\sim 12\text{ mm}$, 可采用同质合适尺寸的钢条填塞减小间隙完成其焊缝的焊接。

表 G.1 鳍片密封焊缝的焊接顺序

顺序	中心管向边部的焊缝顺序号																					
第 1 轮	1		3		5		7		9		11		13		15		17		19		21	...
第 2 轮		2			6				10				14				18				22	...
第 3 轮				4							12										20	...
剩余								8								16						

G.3.5 完成鳍片密封焊缝(不包括顺序号为 8 底倍数焊缝)后, 定位梳形板并焊接。

附录 H

(资料性)

焊接接头无损检测一次合格率

焊接检验后，可按部件和整体分别统计出焊接接头无损检测一次合格率 η ，其计算方法见公式 (H.1)。

$$\eta = (A - B) / A \times 100\% \dots\dots\dots (H.1)$$

式中：

A ——一次被检验焊接接头的射线检测、超声检测当量数（不包括复检及重复加倍当量数）；

B —— A 中的不合格焊接接头当量数。

当量数计算规定如下：

- a) 外径不大于 63.5 mm 的管焊接接头，每个焊接接头计为当量数 1。
- b) 外径大于 63.5 mm 的管子、容器焊接接头，同焊口的每 300 mm 被检焊缝长度计为当量数 1。
- c) 使用射线检测时，相邻底片上的超标缺陷实际间隔小于 300 mm 时可计入一个当量。



中华人民共和国
电力行业标准
火力发电厂焊接技术规程
DL/T 869—2021
代替 DL/T 869—2012

*

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>)

河北鑫彩博图印刷有限公司印刷

*

2022年3月第一版 2022年3月北京第一次印刷
880毫米×1230毫米 16开本 3.5印张 111千字

*

统一书号 155198·3988 定价 70.00元

版权专有 侵权必究

本书如有印装质量问题，我社营销中心负责退换



中国电力出版社官方微信



中国电力百科网网址



电力标准信息微信

为您提供最及时、最准确、最权威的电力标准信息



155198.3988