ICS 25.160.10
J 33
备案号：35229-2012

DL

中华人民共和国电力行业标准

DL / T 869 — 2012
代替 DL/T 869 — 2004

火力发电厂焊接技术规程

The code of welding for power plant

2012-01-04发布　　2012-03-01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　一般规定 …… 2
4　坡口制备及组对要求 …… 5
5　焊接工艺 …… 10
6　质量检验 …… 13
7　质量标准 …… 16
8　焊接修复 …… 18
9　焊接技术文件 …… 18
附录 A（资料性附录）　电厂常用钢材的化学成分和力学性能 …… 20
附录 B（资料性附录）　焊接异种钢的焊条（焊丝）及焊后热处理温度速查表 …… 32
附录 C（资料性附录）　常用焊条熔敷金属的化学成分和常温力学性能 …… 34
附录 D（资料性附录）　常用焊丝的化学成分 …… 38
附录 E（规范性附录）　奥氏体不锈钢及镍基合金焊接技术特殊要求 …… 39
附录 F（规范性附录）　9%～12%Cr 马氏体耐热钢焊接技术特殊要求 …… 40
附录 G（资料性附录）　焊接接头无损检测一次合格率 …… 42

前　言

本标准与 DL/T 869—2004 在技术内容上的主要差异为：

——与 DL/T 5210.7 相关内容进行了衔接，对范围进行了适当的调整；

——在 3.1“总的要求”中，纳入了其他相关焊接标准；

——增加了对焊接工程监理人员的要求；

——调整了有关部件适用焊接方法的技术要求；

——完善了各种钢材焊前预热温度和层间温度；

——取消了壁厚不小于 70mm 的管子在焊接过程中进行中间检验的规定；

——调整了表 6 中焊接接头分类检验的项目范围及数量；

——调整了各类钢材焊缝的硬度合格指标；

——增加了奥氏体不锈钢和镍基合金焊接工艺的特殊规定；

——增加了有关 ASME-SA335P91/P911/P92/P122 等钢的焊接工艺的特殊规定。

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归口。

本标准负责起草单位：中国电力科学研究院。

本标准参加起草单位：河南第一火电建设公司、江苏电力建设第一工程公司、安徽电力建设第二工程公司、天津电力建设公司、山东电力科学研究院、北京电力建设公司。

本标准主要起草人：杨建平、郭军、乔亚霞、张学诚、常建伟、邱明林、赵军、严正、张忠文、任永宁、武英利。

本标准首次发布日期为 1982 年 4 月 10 日，本次为第三次修订。

本标准自实施之日起代替 DL/T 869—2004。

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）。

引　言

本标准是根据国家能源局《关于下达 2009 年第一批能源领域行业标准制（修）订计划的通知》（国能科技〔2009〕163 号）的要求，对 DL/T 869—2004《火力发电厂焊接技术规程》进行的修订。

本标准和 DL/T 678 共同构成电力行业焊接工作的主干标准。

本标准修订过程中，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。

本标准可以作为火力发电厂工程所涉及的业主、监理、施工单位等各方均认可的焊接技术要求使用。

火力发电厂焊接技术规程

1 范围

本标准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。

本标准适用于焊条电弧焊（SMAW）、钨极氩弧焊（TIG）、熔化极（实芯和药芯焊丝）气体保护焊（GMAW、FCAW）、气焊（OFW）、埋弧焊（SAW）等焊接方法。

本标准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 985.1 气焊、焊条电弧焊、气体保护焊和高能束焊的坡口

GB/T 985.2 埋弧焊的推荐坡口

GB/T 3323 金属熔化焊焊接接头射线照相

GB/T 4842 氩

GB/T 5293 埋弧焊用碳钢焊丝和焊剂

GB 5310 高压锅炉用无缝钢管

GB 6819 溶解乙炔

GB/T 11345 钢焊缝手工超声波探伤方法和探伤结果的分级

GB/T 12470 埋弧焊用低合金钢焊丝和焊剂

GB/T 17394 金属里氏硬度试验方法

DL/T 438 火力发电厂金属技术监督规程

DL/T 675 电力工业无损检测人员资格考试规则

DL/T 678 电站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 火力发电厂铝母线焊接技术规程

DL/T 819 火力发电厂焊接热处理技术规程

DL/T 820 管道焊接接头超声波检测技术规程

DL/T 821 钢制承压管道对接焊接接头射线检验技术规程

DL/T 868 焊接工艺评定规程

DL/T 884 火电厂金相组织检验与评定技术导则

DL/T 905 汽轮机叶片焊接修复技术导则

DL/T 931　电力行业理化检验人员资格考核规则
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 5210.7　电力建设施工质量验收及评价规程　第 7 部分：焊接
HG/T 2537　焊接用二氧化碳
HG/T 3728　焊接用混合气体　氩—二氧化碳
JB/T 3223　焊接材料质量管理规程
JB/T 4730.1～JB/T 4730.6　承压设备无损检测
SJ/T 10743　惰性气体保护电弧焊和等离子焊接、切割用钨铈电极

3　一般规定

3.1　总的要求

3.1.1　电站钢结构、铝母线、凝汽器管板焊接工作应分别按 DL/T 678、DL/T 754 和 DL/T 1097 的规定执行。

3.1.2　焊接工程应按照 DL/T 868 进行焊接工艺评定，编制焊接工艺（作业）指导书，必要时应编制焊接施工措施文件。

3.1.3　焊接接头质量检验应根据部件工况条件和质量要求分类进行。

3.1.4　焊接接头质量检验、焊接人员考核等项工作，应分别按有关规程的规定执行。

3.1.5　焊接工程的质量验收和评定工作，应按照 DL/T 5210.7 的规定执行。

3.1.6　重要部件的焊接修复应按照专门的规程、规范、技术导则的规定执行。

3.1.7　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。

3.2　企业及焊接人员

3.2.1　承担火力发电厂焊接及检验的施工、监理、检修和相关工作的单位应具备的条件

a）　具有国家认可的与承担工程相适应的企业资质，具备相应的质量保证体系。

b）　企业的质量体系中应对焊接工程管理有明确的规定，在焊接工程施工及其监理过程中，企业的质量体系应能有效运行，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。

3.2.2　承担火力发电厂焊接工程的焊接人员应具备的条件

3.2.2.1　焊接技术人员

a）　焊接技术人员应经过专业技术培训，取得相应的资格。

b）　焊接技术人员应有不少于一年的专业技术实践。

c）　在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。

3.2.2.2　焊接质量检查人员

a）　火力发电厂焊接工程中的焊接质量检查人员应具有初中以上的文化程度，具有三年及以上实践工作经验。

b）　焊接质量检查人员应经过专门技术培训，具备相应的质量管理知识，并取得相应的资格证书。

3.2.2.3　焊接检验、检测人员

a）　无损检测人员按照 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 的规定取得相应的资格。

c）　焊接检验、检测人员的资格证书应在有效期内。

d） 评定检测结果，签署无损检测报告的人员应由Ⅱ级及以上人员担任。

3.2.2.4 焊工与焊机操作工

从事焊接工作的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，并取得相应资格。

3.2.2.5 焊接热处理人员

a） 焊接热处理操作人员应具备初中以上文化程度，经专门培训考核并取得合格证书。

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合格证书。

3.2.2.6 焊接工程监理人员

a） 焊接工程监理人员应有不少于五年的焊接专业技术实践。

b） 焊接工程监理人员应经过焊接专业技术培训。

3.2.3 焊接人员的基本职责

3.2.3.1 焊接技术人员

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，拟定焊接技术措施。

b） 组织并参与焊接工艺评定，编制焊接作业指导书，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技术总结。

3.2.3.2 焊接质量检查人员

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 5210.7 开展工程质量验评。

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） 及时积累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。

3.2.3.3 焊接检验、检测人员

a） 按照指定部位和委托内容依据本标准和相关标准进行检验、检测工作，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。

3.2.3.4 焊工与焊机操作工

a） 按照 DL/T 679 规定的合格项目及其适用范围从事焊接工作。

b） 熟悉并严格执行焊接工艺（作业）指导书和焊接技术措施的有关规定。

c） 按照本标准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。

3.2.3.5 焊接热处理人员

焊接热处理人员应按照 DL/T 819 的有关规定履行相应的职责。

3.2.3.6 焊接工程监理人员

a） 根据合同、标准和质量目标审查施工单位的焊接专业的施工组织设计、焊接施工方案、措施等。

b） 确认施工单位焊接人员均持有效证件上岗，以及现场设备完好率。

c） 监督施工单位的焊接人员的履职情况。

d） 参加质量验收，监督不符合项的整改。

e） 审查施工单位移交资料的完整性。

3.3 材料

3.3.1 钢材

3.3.1.1 钢材材质应符合设计选用标准的规定，进口钢材应符合合同规定的技术条件。钢材应附有材质合格证书。首次使用的钢材在进行焊接工艺评定前应收集焊接性资料和焊接、焊接热处理及其他热加工方法的指导性工艺资料。

火电厂常用钢材的化学成分和力学性能参见附录 A。

3.3.1.2 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 3.3.1.1 的规定，并应经过工程技术负责人的批准。

3.3.1.3 钢材的采购、验收、入库技术条件应符合 GB 713、GB 5310 等相关规程的规定。

3.3.1.4 未经验收的钢材不得使用。对钢材材质有怀疑时，应按照该钢材批号进行化学成分和力学性能检验。

3.3.2 焊接材料

3.3.2.1 焊接材料应根据钢材的化学成分、力学性能、使用工况条件和焊接工艺评定的结果选用。

3.3.2.2 同种钢焊接材料的选用应符合以下基本条件：

a） 熔敷金属的化学成分、力学性能应与母材相当。

b） 焊接工艺性能良好。

3.3.2.3 异种钢焊接材料的选用原则应符合 DL/T 752 的规定，具体选用时也可参考附录 B。

3.3.2.4 焊接材料的质量应符合国家标准的规定，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。

火电厂常用焊条的化学成分、熔敷金属力学性能参见附录 C。

火电厂常用焊丝的化学成分、熔敷金属力学性能参见附录 D。

3.3.2.5 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 或 GB/T 12470 的规定。

3.3.2.6 钨极氩弧焊宜使用钨铈电极及钨镧电极，钨铈电极应符合 SJ/T 10743 的规定。

3.3.2.7 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的化学成分、力学性能（含常温、高温）、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在工程中使用。

3.3.2.8 焊接材料的存放、管理应符合 JB/T 3223 的规定。焊条在施工现场的工地二级库存放不宜超过半年。如对焊接材料的质量产生怀疑，应重新做出鉴定，符合质量要求时方可使用。

3.3.2.9 焊条、焊剂在使用前应按照其说明书的要求进行烘焙，重复烘焙不应超过两次。焊接重要部件的焊条，使用时应装入温度为 80℃～110℃的专用保温筒内，随用随取。

3.3.2.10 焊丝在使用前应清除锈、垢、油污。

3.3.3 焊接用气体

3.3.3.1 气体保护焊使用的氩气应符合 GB/T 4842 的规定。

3.3.3.2 气体保护焊使用的二氧化碳气体应符合 HG/T 2537 的规定，混合气体应符合 HG/T 3728 的规定。

3.3.3.3 气焊焊接方法所用的氧气纯度应在 98.5%以上。

3.3.3.4 气焊焊接方法所用的乙炔气体应符合 GB 6819 的规定。

3.3.3.5 焊接工程中使用的其他气体应符合相关标准的规定。

3.4 焊接设备

3.4.1 焊接设备（含热处理设备、无损检测设备）及仪表应定期检查，需要计量校验的部分应在校验有效期内使用。

3.4.2 所有焊接和焊接修复所涉及的设备、仪器、仪表在使用前应确认其与承担的焊接工作相适应。

4 坡口制备及组对要求

4.1 一般要求

4.1.1 焊口的位置应避开应力集中区，且便于焊接施工及焊后热处理。

4.1.1.1 锅炉受热面管子焊口，其中心线距离管子弯曲起点或联箱外壁或支架边缘至少 70mm，同根管子两个对接焊口间距离不应小于 150mm。

4.1.1.2 管道对接焊口，其中心线距离管道弯曲起点不小于管道外径，且不小于 100mm（定型管件除外），距支、吊架边缘不小于 50mm。同管道两个对接焊口间的距离应大于管道直径且不小于 150mm，当管道公称直径大于 500mm 时，同管道两个对接焊口间的距离不小于 500mm。

4.1.1.3 管接头和仪表插座一般不可设置在焊缝或焊接热影响区。

4.1.1.4 容器筒体的对接焊缝，其中心线距离封头弯曲起点应不小于容器壁厚加 15mm，且不小于 25mm。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 100mm。不得布置十字焊缝。

4.1.1.5 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，应满足以下条件：

a） 管孔周围大于孔径且不小于 60mm 范围内的焊缝及母材，应经无损检测合格。

b） 孔边不在焊缝缺陷上。

c） 管接头需经过焊后消应力热处理。

4.1.2 搭接接头的搭接长度应不小于 5 倍较薄母材厚度，且不小于 25mm。

4.1.3 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。

4.1.4 焊件组对时应将待焊件垫置牢固，防止在焊接和热处理过程中产生变形和附加应力。

4.1.5 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。

4.2 坡口制备

4.2.1 焊接接头的形式应按照设计文件的规定选用，焊缝坡口应按照设计图纸加工。如无规定时，焊接接头形式和焊缝坡口尺寸应按照能保证焊接质量、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选用。

4.2.2 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的方法。

b） 如采用热加工方法（如火焰切割、等离子切割、碳弧气刨）下料，切口部分应留有不小于 5mm 的机械加工余量。

4.2.3 焊件经下料和坡口加工后应按照下列要求进行检查，合格后方可组对：

a） 淬硬倾向较大的钢材，如经过热加工方法下料，坡口加工后要经表面探伤检测合格。

b） 坡口内及边缘 20mm 内母材无裂纹、重皮、坡口破损及毛刺等缺陷。

c） 坡口尺寸符合图纸要求。

4.2.4 管道（管子）管口端面应与管道中心线垂直，其偏斜度Δf不应超过表 1 规定。

表 1 管子端面与管中心线的偏斜度要求

图 例	管子外径ϕ mm	Δf mm
	$\phi \leqslant 60$	0.5
	$60 < \phi \leqslant 159$	1
	$159 < \phi \leqslant 219$	1.5
	$\phi > 219$	2

4.3 焊件组对

4.3.1 焊件在组对前应将坡口表面及附近母材（内、外壁或正、反面）的油、漆、垢、锈等清理干净，直至发出金属光泽，清理范围如下：

a） 对接焊缝：坡口每侧各为 10mm～15mm。

b） 角焊缝：焊脚尺寸 K 值+10mm。

c） 埋弧焊焊缝：本条 a）或 b）的清理范围+5mm。

4.3.2 焊件组对时一般应做到内壁（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 1mm。

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 3mm。

4.3.3 焊件组对时，其坡口形式及尺寸宜符合表 2 的要求，或参考 GB/T 985.1 和 GB/T 985.2 的规定制备。公称直径大于 500mm 的管道组对间隙局部超差不应超过 2mm，且总长度不应超过焊缝总长度的 20%。

4.3.4 不同厚度焊件组对时，其厚度差应按照下列方法进行处理：

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 1a）形式进行加工。

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 1b）形式进行加工。

c） 内、外壁尺寸均不相等时，可按图 1c）形式进行加工。

d） 焊件壁厚不相等且厚度差不超过 5mm 时，可在不影响焊缝强度的情况下，按照图 1d）形式进行加工。

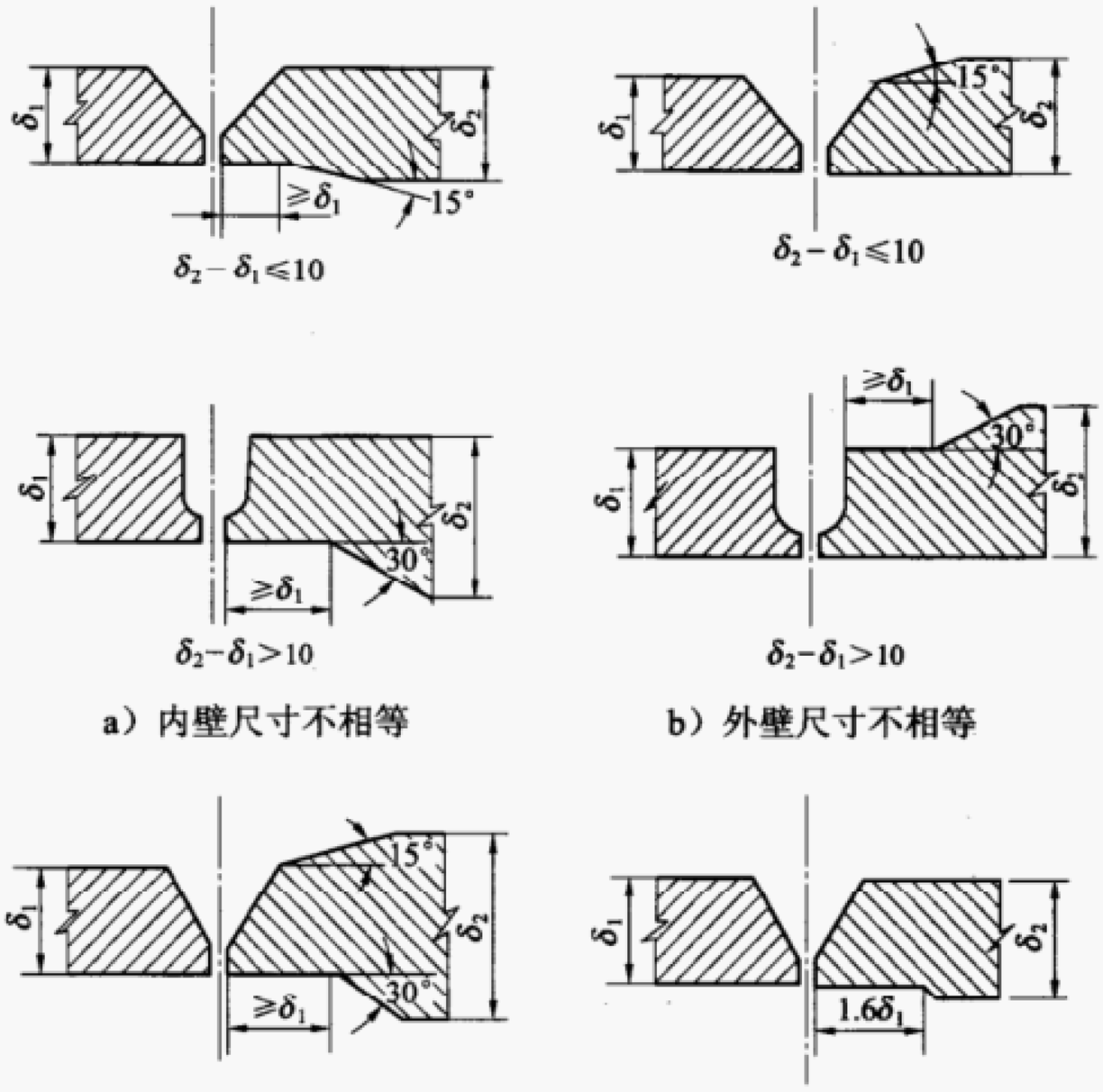


图 1 不同厚度焊件组对时的处理方法图示

表 2　焊件组对时推荐的坡口形式及尺寸

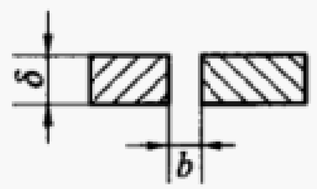
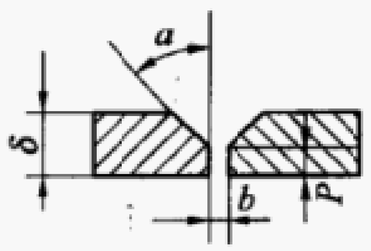
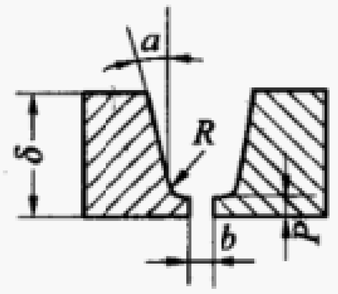
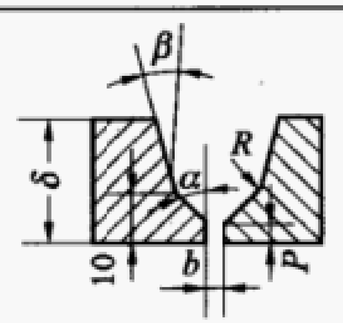
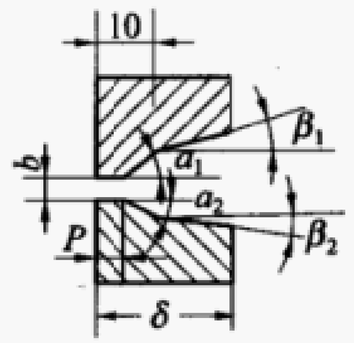
序号	接头类型	坡口形式	图　形	焊接方法	焊件厚度δ mm	接头结构尺寸					适用范围
						α	β	b mm	P mm	R mm	
1	对接	I 形		SMAW OFW GMAW/FCAW SAW	<3 ≤3 8～16	—	—	1～2 1～2 0～1	—	—	容器和一般钢结构
2	对接	V 形		SMAW OFW GMAW/FCAW SAW	≤6 ≤16 >16～20	30°～35°	—	视现场情况在焊接作业指导书中规定	0.5～2 1～2 7	—	各类承压管道，压力容器和中、薄件承重结构
3	对接	U 形		SMAW TIG	≤60	10°～15°	—	2～5	0.5～2	5	中、厚壁汽水管道
4	对接	双 V 形	水平管 	SMAW TIG	>16	30°～40°	8°～12°	2～5	1～2	5	中、厚壁汽水管道
5	对接	双 V 形	垂直管 	SMAW TIG	>16	α_1=35°～40°， α_2=20°～25°	β_1=15°～20°， β_2=5°～10°	1～4	1～2	5	中、厚壁汽水管道

表 2（续）

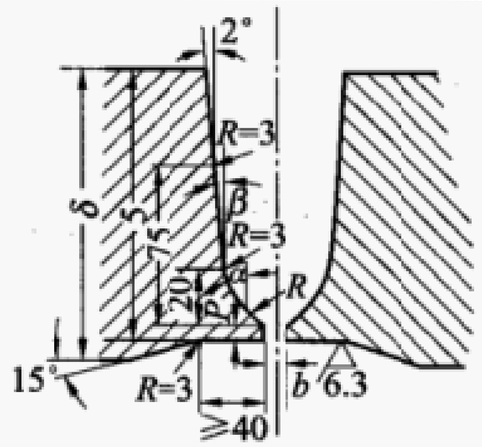
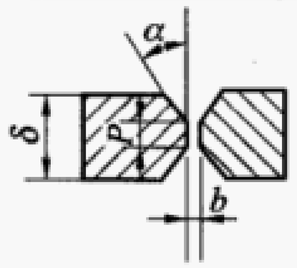
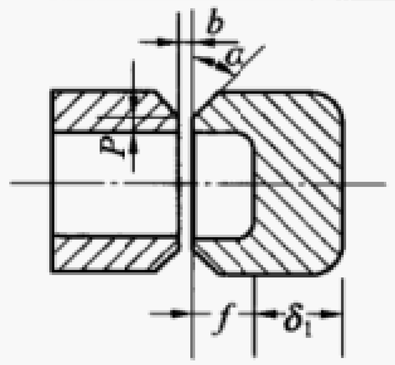
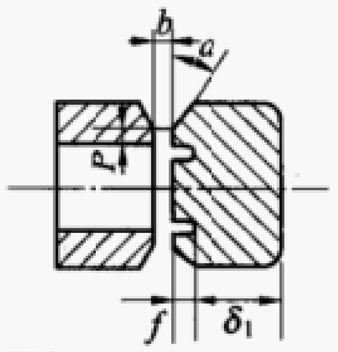
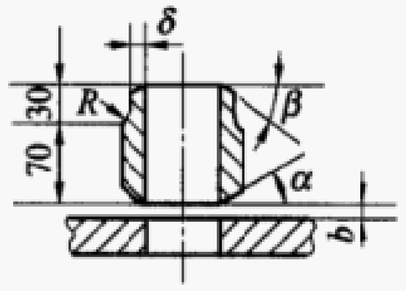
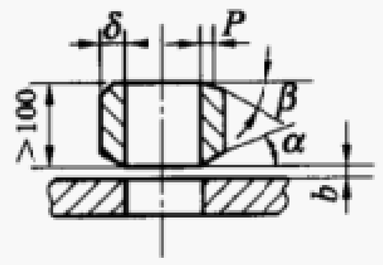
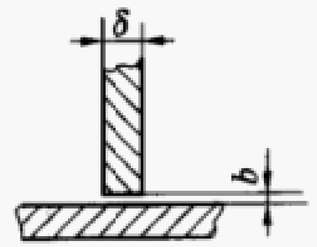
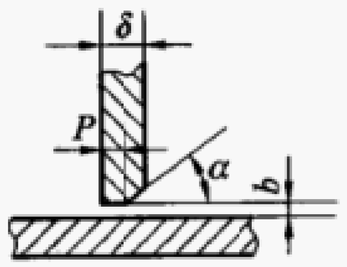
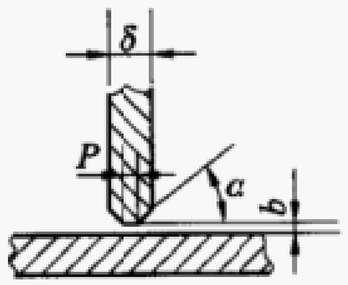
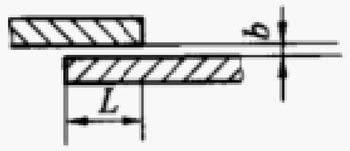
序号	接头类型	坡口形式	图　形	焊接方法	焊件厚度δ mm	接头结构尺寸					适用范围
						α	β	b mm	P mm	R mm	
6	对接	综合形		SMAW TIG FCAW SAW	>60	20°～25°	5°	2～5	2	5	厚壁汽水管道
7	对接	X 形		SMAW SAW	>16 >20	30°～35°	—	2～3 0～1	2～4 7	—	双面焊接的大型容器和结构
8	对接	封头		SMAW TIG	管径不限	同厚壁管坡口加工要求					汽水管道或联箱封头
9	对接	堵头		SMAW TIG	直径 $\phi \geqslant 273$	同厚壁管坡口加工要求					汽水管道或联箱堵头
10	T 形接	管座		SMAW TIG	管径 $\phi \leqslant 76$	50°～60°	30°～35°	2～3	1～2	按壁厚差取	汽水、仪表取样等接管座

表2（续）

序号	接头类型	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
						α	β	b mm	P mm	R mm	
11	T形接	管座		SMAW TIG	管径 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
12	T形接	无坡口		SMAW SAW	≤20 >8	—	—	0～2	—	—	不要求全焊透的结构
13	T形接	单V形		SMAW SAW	>20	50°～60°	—	0～2	$\leqslant\frac{2}{3}\delta$	—	不要求焊透的结构
					≤20	50°～60°	—	1～2	1～2	—	要求焊透的结构
14	T形接	K形		SMAW SAW	>20	50°～60°	—	1～2	1～2	—	要求焊透的大型结构
15	搭接	无坡口		OFW SMAW SAW	≤4 ≥4 >8	—	—	0～1	—	—	容器和结构

注：当不采用全钨极氩弧焊时，表中TIG用于根层焊接，SMAW用于填充和/或盖面焊接。

5 焊接工艺

5.1 环境要求

5.1.1 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、B-Ⅲ为 5℃；C 类不作规定。

最低环境温度可在施焊部位为中心的以 1m 为半径的空间范围内测量。

注：钢材的分类见 DL/T 868。

5.1.2 应采取防风措施，焊接环境风速应符合以下规定：

a） 气体保护焊，环境风速应不大于 2m/s。

b） 其他焊接方法，环境风速应不大于 8m/s。

5.1.3 焊接现场应该具有防潮、防雨、防雪设施。

5.2 预热及层间温度

5.2.1 焊前预热的加热方法、加热宽度、保温要求、测温要求等执行 DL/T 819 的相关规定。

5.2.2 推荐各种钢材施焊的预热及层间温度见表 3。

5.2.3 特殊情况下的焊前预热温度的确定：

a） 异种钢焊接时，预热温度按照 DL/T 752 规定执行。

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。

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

5.3 焊接方法和工艺

5.3.1 要求单面焊双面成形的承压管道焊接时，管子或管道的根层焊道应采用 TIG。

5.3.2 除非确有办法防止根层焊道氧化，合金含量较高的耐热钢（含铬量大于 3%或合金总含量大于 5%）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。

5.3.3 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撑物，高合金钢材料表面不应焊接组对用卡具。

5.3.4 焊接时，管子或管道内不应有穿堂风。

5.3.5 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，如有缺陷应立即清除，重新进行定位焊。

b） 厚壁大口径管若采用临时定位焊件定位，定位焊件应采用同种材料；采用其他钢材做定位焊件时，应堆敷过渡层，堆敷材料应与正式焊接相同且堆敷厚度应不小于 5mm。当去除定位件时，不应损伤母材，应将残留焊疤清除干净、打磨修整。

表 3 各种钢材施焊的预热及层间温度

钢 种	管 材		板 材		层间温度 ℃
	厚度 mm	预热温度 ℃	厚度 mm	预热温度 ℃	
含碳量 C≤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（12CrMo） 1Cr-0.5Mo（15CrMo、ZG20CrMo）					

表 3（续）

钢　种	管　材		板　材		层间温度 ℃
	厚度 mm	预热温度 ℃	厚度 mm	预热温度 ℃	
1Cr-0.5Mo-V（12Cr1MoV） 1.5Cr-1Mo-V（ZG15Cr1Mo1V） 2Cr-0.5Mo-W-V（12Cr2MoWVB） 1.75Cr-0.5Mo-V、2.25Cr-1Mo（12Cr2Mo） 3Cr-1Mo-V-Ti（12Cr3MoVSiTiB）	≥6	200～300	≥8	200～300	200～300
15NiCuMoNb5（WB36）、15MnNbMoR	≥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（1Cr13）	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）	任意厚度	200～250	任意厚度	200～250	见附录 F
10Cr9MoW2VNbBN（T/P92）					
11Cr9Mo1W1VNbBN（T/P911）					
10Cr11MoW2VNbCu1BN（T/P122）					

注 1：当采用 TIG 打底时，可按下限温度降低 50℃。

注 2：当管道外径大于 219mm 或壁厚大于 20mm（含 20mm）时，应采用电加热法预热。

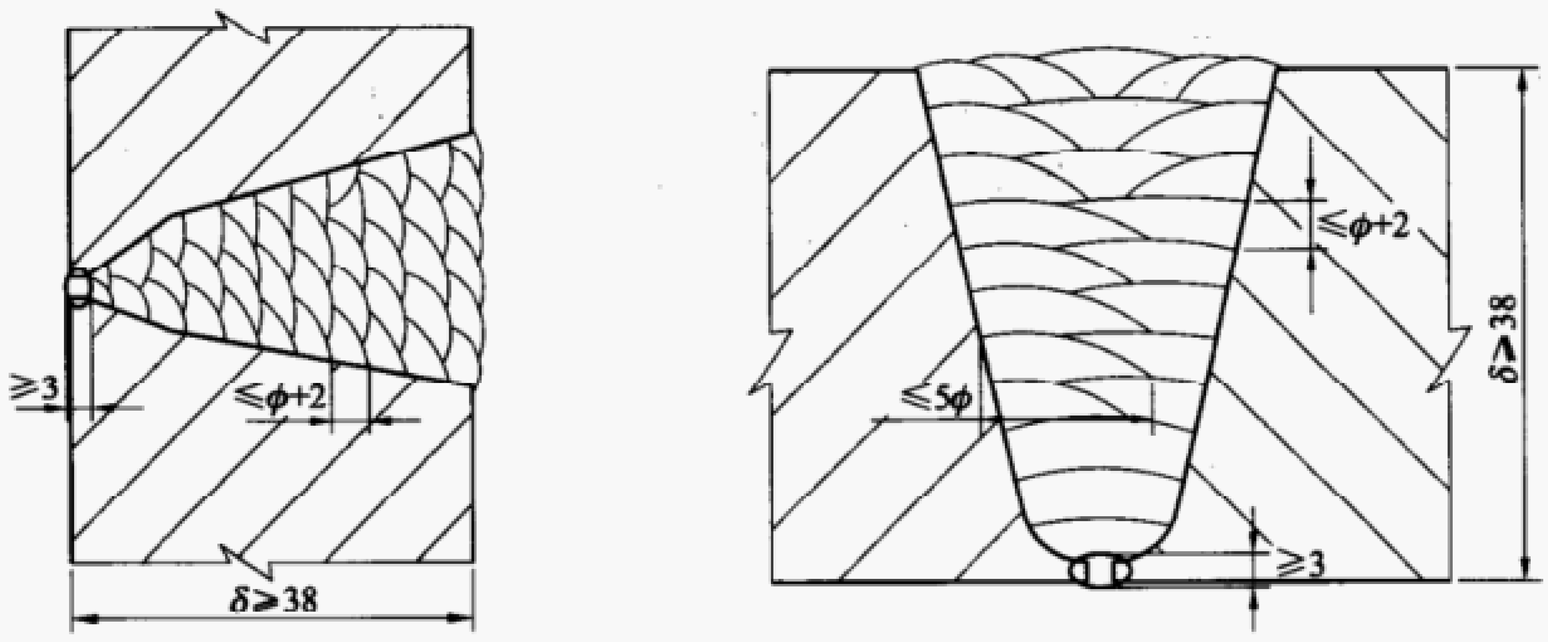
注 3：环境温度低于 5.1.1 规定时，应在原预热温度的基础上提高 30℃～50℃；对于待焊接部件厚度小于表中规定板材、管材需预热的厚度时，应按表中规定的温度进行预热。

5.3.6　采用钨极氩弧焊打底的根层焊缝应经检查合格，并及时进行次层焊缝的焊接。多层多道焊缝焊接时，应进行逐层检查，经自检合格后方可焊接次层焊缝。

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

a）　采用钨极氩弧焊进行根层焊接的焊层厚度不小于 3mm。

b）　焊道的单层增厚不大于所用焊条直径加 2mm；单焊道宽度不大于所用焊条直径的 5 倍。厚壁管焊道排列示意见图 2。



a）2G位置　　b）5G位置

ϕ—焊条直径；δ—焊件厚度

注：2G 表示管子的横焊位置，5G 表示管子的水平固定位置。

图 2　厚壁管焊道排列示意图

5.3.8　外径大于 194mm 的管子和锅炉密集排管（管子间隙不大于 30mm）的对接接头宜采取二人对称焊。

5.3.9　施焊中，应特别注意焊道接头和收弧的质量，收弧时应将熔池填满。多层多道焊的接头应错开。

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

5.3.11　公称直径不小于 1m 的管道或容器的对接接头，采取双面焊接时应采取清根措施。清根后应按 4.3.1 要求将氧化物清除干净。

5.3.12　对需做检验的隐蔽焊缝，应经检验合格后，方可进行其他工序。

5.3.13　焊口焊完后应进行清理，经自检合格。打上钢印或做出永久性标记。

5.3.14　安装管道冷拉口所使用的加载工具，应待焊接和热处理完毕后方可卸载。

5.3.15　不应对焊接接头的变形进行加热校正。

5.3.16　奥氏体不锈钢及镍基合金的焊接特殊要求，详见附录 E 的规定。

5.3.17　9%～12%Cr 马氏体耐热钢的焊接特殊要求，详见附录 F 的规定。

5.4　后热和焊后热处理

5.4.1　后热和焊后热处理的加热方法、加热范围、保温要求、测温等要求应按照 DL/T 819 的有关规定执行。

5.4.2　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。

5.4.3　下列部件的焊接接头应进行焊后热处理：

a）　壁厚大于 30mm 的碳素钢管道、管件。

b）　壁厚大于 32mm 的碳素钢容器。

c）　壁厚大于 28mm 的普通低合金钢容器（A-Ⅱ类钢）。

d）　壁厚大于 20mm 的普通低合金钢容器（A-Ⅲ类钢）。

e）　耐热钢管子及管件和壁厚大于 20mm 的普通低合金钢管道（5.4.4 和 5.4.5 规定内容除外）。

f）　采用热处理强化的材料。

g）　其他经焊接工艺评定需进行焊后热处理的焊件。

5.4.4　下列部件采用氩弧焊或低氢型焊条，焊前预热和焊后适当缓慢冷却的焊接接头可以不进行焊后热处理：

a）　壁厚不大于 10mm 或管径不大于 108mm，材料为 15CrMo 的管子。

b）　壁厚不大于 8mm 或管径不大于 108mm，材料为 12Cr1MoV、12Cr2Mo 的管子。

c）　壁厚不大于 6mm 或管径不大于 63mm，材料为 12Cr2MoWVTiB 的管子。

d）　壁厚不大于 8mm，材料为 07Cr2MoW2VNbB 的管子。

5.4.5　奥氏体不锈钢的管子，采用奥氏体焊接材料焊接，其焊接接头不宜进行焊后热处理。

5.4.6　异种钢焊接接头的焊后热处理按照 DL/T 752 的规定执行。

5.4.7　推荐的常见耐热钢的焊后热处理的恒温温度及恒温时间见表 4。

表 4　推荐的常见耐热钢焊后热处理的恒温温度及恒温时间

钢　种	温度 ℃	焊件厚度 mm						
		≤12.5	12.5～25	25～37.5	37.5～50	50～75	75～100	100～125
		恒温时间 h						
C≤0.35（20、ZG25） C-Mn（Q345）	580～620	不必热处理		1.5	2	2.25	2.5	2.75
15NiCuMoNb5（WB36）	580～600	1.5	2	2.5	3	4	5	—

表 4（续）

钢　　种	温度 ℃	焊件厚度 mm						
		≤12.5	12.5～25	25～37.5	37.5～50	50～75	75～100	100～125
		恒温时间 h						
0.5Cr-0.5Mo（12CrMo）	650～700	0.5	1	1.5	2	2.25	2.5	2.75
1Cr-0.5Mo（15CrMo、ZG20CrMo）	670～700	0.5	1	1.5	2	2.25	2.5	2.75
07Cr2MoW2VNbB（T/P23）	720～740	0.5	1	1.5	2	3	4	5
1Cr-0.5Mo-V（12Cr1MoV、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
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 1：对于不同壁厚部件焊接时的焊接接头的壁厚计算取值，见 DL/T 819—2010 附录 C。 注 2：“—”表示不作规定。								

5.4.8　9%～12%Cr 马氏体耐热钢的焊接热处理特殊要求，还应遵照附录 F 的规定。

6　质量检验

6.1　一般规定

6.1.1　焊接质量的检查和检验，实行三级检查验收制度，采用自检与专业检验相结合的方法，按照 DL/T 5210.7 进行焊接工程质量验收及质量等级评定。需要进行焊接接头无损检测一次合格率统计的参见附录 G。

6.1.2　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。质量检查项目按本标准执行。焊接接头的质量检查按照先外观检查后内部检查的原则进行。对重要部件，必要时可安排焊接全过程的旁站监督。

6.1.2.1　焊接前检查应符合下列规定：

a）　焊件表面的清理符合本标准的规定。

b）　坡口加工符合图纸要求。

c）　组对尺寸符合本标准的规定。

d）　焊接预热符合本标准的规定。

6.1.2.2　焊接过程中的检查应符合下列规定：

a）　层间温度应符合工艺（作业）指导书的要求。

b）　焊接工艺参数应符合工艺指导书的要求。

c）　焊道表露缺陷已消除。

6.1.3　焊接接头质量分类检查的方法、范围及比例，按表 5 的规定执行。

6.1.4　外观检查不合格的焊缝，不允许进行其他项目检验。

6.1.5　对容易产生延迟裂纹和再热裂纹的钢材应在焊接热处理后进行无损检测。

6.1.6　焊接修复后的检验，除有专门规定外，应按本标准规定执行。

6.1.7　使用本标准规定以外的检验方法或超过规定方法的有效范围，应对采用的方法进行有效性评价。

6.2 焊接接头外观检查

6.2.1 焊工应对所焊接头进行外观检查。焊接质量检查人员应按表 5 规定比例以及表 6 的评定标准对焊接接头进行检查，必要时应使用焊缝检验尺或 5 倍放大镜，对可经打磨消除的外观超标缺陷应作记录。

6.2.2 焊接质量检查人员应根据图纸要求对焊接部件进行宏观的尺寸检验。对重要部件应该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。

6.3 焊接接头无损检测

6.3.1 焊接接头无损检测的工艺质量、焊接接头质量分级应根据部件类型特征；分别按 DL/T 821、DL/T 820、GB/T 3323、GB/T 11345、JB/T 4730 的规定执行。

6.3.2 经射线检测怀疑为面积型缺陷时，应该采用超声波检测方法进行确认。

6.3.3 对下列部件的焊接接头的无损检测应执行以下具体规定：

a） 厚度不大于 20mm 的汽、水管道采用超声波检测时，还应进行射线检测，其检测数量为超声波检测数量的 20%。

b） 厚度大于 20mm 的管道和焊件，射线检测或超声波检测可任选其中一种。

c） 需进行无损检测的角焊缝可采用磁粉检测或渗透检测。

6.3.4 对同一焊接接头同时采用射线和超声波两种方法进行检测时，均应合格。

6.3.5 无损检测的结果若有不合格时，应按如下规定处理：

a） 应对该焊工当日的同一批焊接接头按不合格焊口数加倍检验，加倍检验中仍有不合格时，则该批焊接接头判定为不合格。

表 5 焊接接头分类检验的范围、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	硬度[a]
		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
	9.81MPa$\leq p <$22.13MPa 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 $T>450$℃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 300℃$<T\leq$450℃的汽水管道及管件	100	50	50		100	100
	工作压力为 0.1MPa$\leq p \leq$1.6MPa 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[b]	5
	工作温度 150℃$<T\leq$300℃的蒸气管道及管件	100	25	5		不规定[b]	100
	工作压力 4MPa$\leq p \leq$8MPa 的汽、水、油、气管道	100	25	5		不规定[b]	100
	工作压力 1.6MPa$<p<$4MPa 的汽、水、油、气管道	100	25	5		不规定[b]	不规定
	承受静载荷的钢结构	100	25	按设计要求		不规定	不规定

表 5（续）

焊接接头类别	范　　围	检验方法及比例 %					
		外观		无损检测		光谱	硬度[a]
		自检	专检	射线	超声		
Ⅲ	工作压力 0.1MPa≤p≤1.6MPa 的汽、水、油、气管道	100	25	1		不规定	不规定
	烟、风、煤、粉、灰等管道及附件	100	25	100%的渗油检查		不规定	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<76mm 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

[a] 经焊接工艺评定及首件硬度检验合格，并按照 DL/T 819 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 类钢焊接接头可免去硬度检验。

[b] 如涉及 A-Ⅲ、B、C 类钢材的焊接接头，要做光谱分析。

b） 容器的纵、环焊缝局部检验不合格时，应在缺陷两端的延伸部位增加检验长度，增加的检验长度应该为该焊缝长度的 10%且不少于 250mm；若仍不合格，则该焊缝应 100%检验。

6.3.6 对修复后的焊接接头，应 100%进行无损检测。

6.4 焊缝金属光谱分析

6.4.1 耐热钢部件焊后应对焊缝金属按照 DL/T 991 进行光谱分析复检，复检比例如下：

a） 受热面管子的焊缝不少于 10%，若发现材质不符，则应对该批焊缝进行 100%复查。

b） 其他管子及管道的Ⅰ类焊缝 100%。

6.4.2 高合金部件焊缝金属进行光谱分析后应磨去弧光灼烧点。

6.4.3 经光谱分析确认材质不符的焊缝应判定为不合格焊缝。

6.5 焊接接头硬度检验和金相检验

6.5.1 若采用里氏硬度计测量硬度，焊接接头的材料、制样和检测需符合 GB/T 17394 的规定。

6.5.2 焊接热处理质量应根据 DL/T 819 的规定进行评价。

6.5.3 当合同或设计文件规定或验证需要时，应按照 DL/T 884 的规定进行焊接接头的现场微观金相检验。金相照片应显示比例标尺，放大倍数宜选用 200 倍～400 倍。

6.6 不合格焊接接头处理

6.6.1 应查明造成不合格焊接接头的原因。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进行检验。

6.6.2 表露缺陷应采取机械方式消除。

6.6.3 有超过标准规定，需要补焊消除的缺陷时，可采取挖补方式返修。但同一位置上的挖补次数不宜超过三次，耐热钢不应超过两次。挖补时应遵守下列规定：

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。

6.6.4 经评价为焊接热处理温度或时间不够的焊口，应重新进行热处理；因温度过高导致焊接接头部位材料过热的焊口，应进行正火热处理，或割掉重新焊接。

6.6.5　经光谱分析确认不合格的焊缝应进行返工。

7　质量标准

7.1　焊缝外观检查质量标准

7.1.1　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，其允许尺寸见表 6。

7.1.2　焊接角变形应符合表 7 的规定。

7.1.3　焊缝表露缺陷应符合表 8 的要求。

7.1.4　管子、管道的外壁错口值不应超过以下规定：

a）　锅炉受热面管子：外壁错口值不大于 10%δ，且不大于 1mm。

b）　其他管道：外壁错口值不大于 10%δ，且不大于 4mm。

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	平焊		0～2	0～3	0～4
		其他位置		≤3	≤4	≤5
	焊缝余高差	平焊		≤2	≤2	≤3
		其他位置		≤2	<3	<4
	焊缝宽度	比坡口增宽		<4	≤4	≤5
角焊缝	焊脚尺寸			δ+（2～3）	δ+（2～4）	δ+（3～5）
	焊脚尺寸差			<2	≤2	≤3
组合焊缝	全熔透、部分熔透	焊脚尺寸	δ≤20	δ±1.5	δ±2	δ±2.5
			δ>20	δ±2	δ±2.5	δ±3
		焊脚尺寸差	δ≤20	<2	≤2	≤3
			δ>20	<3	<3	<4

注 1：焊缝表面不允许有深度大于 1mm 的尖锐凹槽，且不允许低于母材表面。

注 2：δ为较薄部件的板厚。

表 7　焊接角变形允许范围

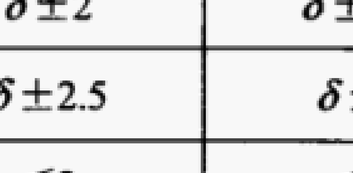
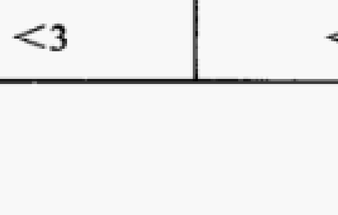
焊　件	偏差值		
	θ（°）	α mm	示意图
板件	≤3	—	
管径 D<100mm	—	≤2	
管径 D≥100mm	—	≤3	

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≤10％焊缝厚度且≤1.5mm，总长度≤焊缝全长的 10％。氩弧焊打底焊缝不允许	深度≤15％焊缝厚度且≤2mm，总长度≤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≤0.5mm；焊缝两侧总长度：管件≤焊缝全长的10％且≤40mm；板件不大于焊缝全长的 10％	深度≤0.5mm；焊缝两侧总长度：管件≤焊缝全长的20％；板件≤焊缝全长的15％	深度≤0.5mm；焊缝两侧总长度：管件≤焊缝全长的20％；板件≤焊缝全长的20％
	要求修磨的焊缝	不　允　许		
根部凸出		≤2mm	板件和直径 D≥108mm 的管件：≤3mm。 管件直径 D<108mm 时以通球为准，通球直径的要求是： 管外径 D≥32mm 时，为管内径的 85％； 管外径 D<32mm 时，为管内径的 75％	
内凹		≤1.5mm	≤2mm	≤2.5mm

7.2　焊接接头的无损检测标准

7.2.1　钢制承压管子或管道检测标准为：DL/T 821 和 DL/T 820 B 级。

7.2.2　钢结构检测标准为：GB/T 3323 和 GB 11345 B 级。

7.2.3　压力容器检测标准为：JB/T 4730。

7.2.4　采用磁粉检测和渗透检测方法时，执行 JB/T 4730。

7.2.5　各类焊接接头的质量级别规定见表 9。

表 9　各类焊接接头的质量级别规定

检测方法	焊接接头类别			
	I	II	III	
			锅炉范围内	锅炉范围外
射线检测	II	II	II	III
超声波检测	I	I	I	II
磁粉检测[a]	I	I	I	II
渗透检测[a]	I	I	I	II

[a] 磁粉、渗透检测结果不应有任何裂纹、成排气孔、分层和长度大于 1.5mm 的线性缺陷显示（长度与宽度之比大于 3 的缺陷显示按线性缺陷处理）。

7.3　焊缝硬度合格标准

7.3.1　同种钢焊接接头热处理后焊缝的硬度，不超过母材布氏硬度值加 100HBW，且不超过下列规定：合金总含量小于或等于 3％，布氏硬度值不大于 270HBW；合金总含量小于 10％，且不小于 3％，布氏硬度值不大于 300HBW。

7.3.2　异种钢焊接接头焊缝硬度检验应遵照 DL/T 752 的规定。

7.3.3　焊缝硬度不应低于母材硬度的 90%。

7.4　焊缝金相组织标准

焊缝金相组织应满足 DL/T 438 的要求，并符合以下规定：

a）　没有裂纹。

b）　没有过热组织。

c）　没有淬硬的马氏体组织。

8　焊接修复

8.1　一般规定

8.1.1　焊接修复分为临时性修复和永久性修复。永久性修复应按照本标准规定的焊接工作程序进行。

8.1.2　应该查明修复对象应遵循的相关规程、标准并遵照执行。

8.1.3　焊接修复所涉及人员，应符合本标准的相应规定。

8.1.4　永久性修复工作开始之前，应查明缺陷位置、尺寸，并对发生事故或产生缺陷的原因进行分析，找出其原因。对于比较重大的事故和缺陷的修复，应进行技术和经济的可行性分析。

8.1.5　采用临时性修复的，应及早更改为永久性修复。

8.1.6　锅炉汽包的焊接修复应按照 DL/T 734 的规定执行。

8.1.7　汽轮机缸体、主蒸汽阀门、调节阀门、隔板、铸钢三通等的焊接修复应按照 DL/T 753 的规定执行。

8.1.8　汽轮机叶片的焊接修复应按照 DL/T 905 的规定执行。

8.2　修复前的准备

8.2.1　应查明待修复部件的钢材牌号，收集该钢材的焊接性资料。

8.2.2　根据待修复部件选用合适的焊接材料。对可以预热和热处理的焊接修复，一般推荐选用与母材成分相同或接近的焊接材料；对难以预热和热处理的焊接修复，应采用高韧性的焊接材料。

8.2.3　拟定的焊接工艺应该得到评定或验证。

8.2.4　焊工应进行培训和施工前练习。

8.2.5　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。

8.3　焊接修复

8.3.1　宜采用机械方式彻底清除缺陷。对于厚大部件的裂纹类缺陷，在清除缺陷前，应该采取措施防止裂纹的继续扩展。在预热的情况下，可以采用碳弧气刨清除缺陷。

8.3.2　应采用机械方式进行坡口制备。坡口应以方便焊接、已确认无表面裂纹、无污染层为原则。

8.3.3　一般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方法施焊。

8.3.4　其他工艺参数按照第 5 章的规定执行。

8.4　检验和质量标准

8.4.1　质量检验及其标准按第 6 章和第 7 章的规定执行。

8.4.2　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，应该进行残余应力测试或结构应力分析。

9　焊接技术文件

9.1　焊接技术文件由焊接技术人员负责编制，其他各类焊接人员应积极配合。

9.2　施工单位应向有关单位移交的技术资料包括：

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、焊接热处理、焊接检验记录。

f） 受监焊口的质量检验、焊接热处理的质量评价报告和焊接热处理过程记录曲线。

9.3 施工单位应将下列资料在工程竣工后整理成册，归档备查：

a） 根据 9.2 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、焊接热处理、检验记录图表、射线检测底片、检验报告。

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。

9.4 火力发电厂检修、改造工程的焊接技术文件等可参考 9.2 规定的内容移交。

附　录
（资料性
电厂常用钢材的化学

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

序号	牌　　号		化学成分								
	钢号或级别号	标准号	C	Mn	Si	Cr	Mo	V	Ni	Ti	B
1	Q235A	GB/T 700	≤0.22	≤1.40	≤0.35	—	—	—	—	—	—
2	10	GB 3087	0.07～0.13	0.35～0.65	0.17～0.37	≤0.15	—	—	≤0.30	—	—
3	20	GB 3087	0.17～0.23	0.35～0.65	0.17～0.37	≤0.25	—	—	≤0.30	—	—
4	20G	GB 5310	0.17～0.23	0.35～0.65	0.17～0.37					—	—
5	25	GB/T 699	0.22～0.29	0.50～0.80	0.17～0.37	≤0.25	—	—	≤0.30	—	—
6	St35.8	DIN 17175	≤0.17	0.40～0.80	0.10～0.35	—	—	—	—	—	—
7	St45.8	DIN 17175	≤0.21	0.40～1.20	0.10～0.35	—	—	—	—	—	—
8	STPT370（STPT38）	JIS G3456	≤0.25	0.30～0.90	0.10～0.35	—	—	—	—	—	—
9	STPT410（STPT42）	JIS G3456	≤0.30	0.30～1.00	0.10～0.35	—	—	—	—	—	—
10	STPT480（STPT49）	JIS G3456	≤0.33	0.30～1.00	0.10～0.35						
11	SB410	JIS G3103	≤0.24	≤0.90	0.15～0.40	—	—	—	—	—	—
12	SB450	JIS G3103	≤0.28	≤0.90	0.15～0.40	—	—	—	—	—	—
13	SB480	JIS G3103	≤0.31	≤1.20	0.15～0.40						
14	A 级	ASTM A53	≤0.25	≤0.95		≤0.40	≤0.15	≤0.08	≤0.40	—	—
15	B 级	ASTM A53	≤0.30	≤1.20		≤0.40	≤0.15	≤0.08	≤0.40	—	—
16	60 级	ASTM A515	0.24～0.31	≤0.98	0.13～0.45	—	—	—	—	—	—
17	65 级	ASTM A515	0.28～0.33	≤0.98	0.13～0.45	—	—	—	—	—	—
18	A672B70	ASTM A672	≤0.31	≤1.30	0.13～0.45	—	—	—	—	—	—

A
附录）
成分和力学性能

化学成分和力学性能

（质量分数） %					常温力学性能					分类号（DL/T 868—2004）
W	Nb	Cu	S	P	R_{eL} MPa	R_m MPa	A %	A_{KV} J	HBW	
—	—	—	≤0.050	≤0.045	≥235	370～500	≥26	—		A-Ⅰ
—	—	≤0.25	≤0.035	≤0.035	≥205	335～475	≥24			A-Ⅰ
—	—	≤0.25	≤0.035	≤0.035	≥245	410～550	≥20			A-Ⅰ
—	—	≤0.20	≤0.015	≤0.025	≥245	410～550	≥24	≥40		A-Ⅰ
—	—	≤0.25	≤0.035	≤0.035	≥275	≥450	≥23	≥71（u）		A-Ⅰ
—	—	—	≤0.040	≤0.040	≥235	350～480	≥25	≥34		A-Ⅰ
—	—	—	≤0.040	≤0.040	≥255	410～530	≥21	≥27		A-Ⅰ
			≤0.035	≤0.035	≥215	≥370	≥25			A-Ⅰ
—	—	—	≤0.035	≤0.035	≥245	≥410	≥20			A-Ⅰ
—	—		≤0.035	≤0.035	≥275	≥480	≥20			A-Ⅰ
—	—	—	≤0.030	≤0.030	≥225	410～550	≥21			A-Ⅰ
—	—	—	≤0.030	≤0.030	≥245	450～590	≥19			A-Ⅰ
—	—	—	≤0.030	≤0.030	≥265	480～620	≥17			A-Ⅰ
—	—	—	≤0.045	≤0.05	≥205	≥330	标样折算 ≥20		—	A-Ⅰ
—	—	—	≤0.045	≤0.05	≥240	≥415	标样折算 ≥20		—	A-Ⅰ
—	—	—	≤0.035	≤0.035	≥220	415～550	≥25			A-Ⅰ
—	—	—	≤0.035	≤0.035	≥240	450～585	≥23			A-Ⅰ
—	—	—	≤0.035	≤0.035	≥260	485～620	≥17	—	—	A-Ⅰ

表 A.1

序号	牌号		化学成分								
	钢号或级别号	标准号	C	Mn	Si	Cr	Mo	V	Ni	Ti	B
19	A-1 级	ASTM A210	≤0.27	≤0.93	≥0.10					—	—
20	C 级	ASTM A210	≤0.35	0.29～1.06	≥0.10					—	—
21	C 级	ASTM A178	≤0.35	≤0.80	—	—	—	—	—	—	—
22	D 级	ASTM A178	≤0.27	1.00～1.50	≥0.10		—	—	—	—	—
23	A 级	ASTM A106	≤0.25	0.27～0.93	≥0.10	≤0.40	≤0.15	≤0.08	≤0.40		
24	B 级	ASTM A106	≤0.30	0.29～1.06	≥0.10	≤0.40	≤0.15	≤0.08	≤0.40	—	—
25	C 级	ASTM A106	≤0.35	0.29～1.06	≥0.10	≤0.40	≤0.15	≤0.08	≤0.40		
26	WCB	ASTM A216	≤0.30	≤1.00	≤0.60	≤0.50	≤0.20	≤0.03	≤0.50	—	—
27	WCC	ASTM A216	≤0.25	≤1.20	≤0.60	≤0.50	≤0.20	≤0.03	≤0.50	—	—
28	Q245R	GB 713	≤0.20	0.50～1.0	≤0.35	—	—	—	—	—	—
29	Q345R	GB 713	≤0.20	1.2～1.6	≤0.55	—	—	—	—	—	—
30	17Mn4	DIN 17175	0.14～0.20	0.90～1.20	0.20～0.40	≤0.30	—	—	—	—	—
31	19Mn5	DIN 17175	0.17～0.22	1.00～1.30	0.30～0.60	≤0.30	—	—	—	—	—
32	A 级	ASTM A299	≤0.26	0.90～1.50	0.15～0.40	—	—	—	—	—	—
33	B 级	ASTM A299	≤0.28	0.90～1.50	0.15～0.40						
34	WPB	ASTM A234	≤0.30	0.29～1.06	≥0.10					—	—
35	WPC	ASTM A234	≤0.35	0.29～1.06	≥0.10	≤0.40	≤0.15	—	≤0.40	—	—
36	20MnMo	JB 4726	0.17～0.23	1.10～1.40	0.17～0.37	≤0.30	0.20～0.35	—	≤0.30	—	—
37	18MnMoNbR	GB 713	≤0.22	1.20～1.60	0.15～0.50	—	0.45～0.65	—	—	—	—
38	15Ni1MnMoNbCu（WB36）	GB 5310	0.10～0.17	0.80～1.20	0.25～0.50	—	0.25～0.50	—	1.00～1.30	—	Al≤0.050
39	15NiCuMoNb5-6-4（WB36）	DIN EN 10216	≤0.17	0.80～1.20	0.25～0.50	≤0.30	0.25～0.50	—	1.00～1.30	—	Al≤0.015

（续）

（质量分数）%					常温力学性能					分类号（DL/T 868—2004）
W	Nb	Cu	S	P	R_{eL} MPa	R_m MPa	A %	A_{KV} J	HBW	
—	—	—	≤0.035	≤0.035	≥255	≥415	≥30		≤143	A-Ⅰ
—	—	—	≤0.035	≤0.035	≥275	≥485	≥30		≤179	A-Ⅰ
—	—	—	≤0.035	≤0.035	≥255	≥415	≥30			A-Ⅰ
—	—	—	≤0.015	≤0.030	≥275	≥485	≥30		—	A-Ⅰ
			≤0.035	≤0.035	≥240	≥415	≥22			A-Ⅰ
—	—	≤0.40	≤0.058	≤0.048	≥240	≥415	≥22			A-Ⅰ
—	—	≤0.40	≤0.058	≤0.048	≥275	≥485	≥20			A-Ⅰ
—	—	≤0.30	≤0.045	≤0.040	≥250	485～655	≥22	—	—	A-Ⅰ
—	—	≤0.30	≤0.045	≤0.040	≥275	485～655	≥22	—	—	A-Ⅰ
—	—		≤0.015	≤0.025	≥245	400～520	≥25	≥31		A-Ⅰ
			≤0.015	≤0.025	≥325	500～630	≥21	≥34		A-Ⅱ
—	—	—	≤0.040	≤0.040	≥275	460～580	≥23	≥34		A-Ⅱ
—	—	—	≤0.040	≤0.040	≥315	510～610	≥19	≥34		A-Ⅱ
—	—	—	≤0.040	≤0.035	≥290	515～655	≥19	—	—	A-Ⅱ
			≤0.040	≤0.035	≥325	550～690	≥19	—	—	A-Ⅱ
—	≤0.02	≤0.04	≤0.058	≤0.050	≥240	415～585	≥22			A-Ⅱ
—	≤0.02	≤0.04	≤0.058	≤0.050	≥275	485～655	≥22	—	≤197	A-Ⅱ
	—	≤0.25	≤0.015	≤0.025	≥370	530～700	≥18	≥34	156～208	A-Ⅱ
—	0.025～0.050	—	≤0.010	≤0.020	≥400	570～720	≥17	≥41	—	A-Ⅲ
N≤0.02	0.015～0.045	0.50～0.80	≤0.015	≤0.025	≥440	620～780	≥19	≥40	—	A-Ⅲ
N≤0.02	0.015～0.045	0.50～0.80	≤0.025	≤0.030	≥440	610～780	≥19	≥40	—	A-Ⅲ

表 A.1

序号	牌号		化学成分								
	钢号或级别号	标准号	C	Mn	Si	Cr	Mo	V	Ni	Ti	B
40	15Mo3	DIN 17175	0.12～0.20	0.40～0.80	0.10～0.35	—	0.25～0.35	—	—	—	—
41	A	ASTM A204	≤0.18	≤0.90	0.15～0.40	—	0.45～0.60	—	—	—	—
42	T1	ASTM A209	0.10～0.20	0.30～0.80	0.10～0.50	—	0.44～0.65	—	—	—	—
43	P1	ASTM A335	0.10～0.20	0.30～0.80	0.10～0.50	—	0.44～0.65	—	—	—	—
44	P2	ASTM A335	0.10～0.20	0.30～0.61	0.10～0.30	0.50～0.81	0.44～0.65	—	—	—	—
45	P11	ASTM A335	≤0.15	0.30～0.60	0.50～1.00	1.00～1.50	0.44～0.65	—	—	—	—
46	P12	ASTM A335	≤0.15	0.30～0.61	≤0.50	0.80～1.25	0.44～0.65	—	—	—	—
47	F1	ASTM A182	≤0.28	0.60～0.90	0.15～0.35		0.44～0.65	—	—	—	—
48	SB450M	JIS G3103	≤0.18	≤0.90	0.15～0.40	—	0.45～0.60	—	—	—	—
49	12CrMoG	GB 5310	0.08～0.15	0.40～0.70	0.17～0.37	0.40～0.70	0.40～0.55	—	—	—	—
50	15CrMoG	GB 5310	0.12～0.18	0.40～0.70	0.17～0.37	0.80～1.10	0.40～0.55	—	—	—	—
51	12CrMoV	GB 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	—	—	—
52	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	—	—	—	—
53	WP12 1 类	ASTM A234	0.05～0.20	0.30～0.80	≤0.60	0.80～1.25	0.44～0.65	—	—	—	—
54	12Cr1MoVG	GB 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	—	—	—
55	ZG15Cr1Mo1V	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	—	—	—
56	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	—	—	—
57	WC6	ASTM A217	≤0.20	0.50～0.80	≤0.60	1.00～1.50	0.45～0.65	—	≤0.50	—	—
58	SCPH21	JISG5151	≤0.20	0.50～0.80	≤0.60	1.00～1.50	0.45～0.65	—	≤0.50	—	—

（续）

（质量分数）%					常温力学性能					分类号（DL/T 868—2004）
W	Nb	Cu	S	P	R_{eL} MPa	R_m MPa	A %	A_{KV} J	HBW	
—	—	—	≤0.035	≤0.035	≥270	450～600	≥22	—	—	B-Ⅰ
—	—	—	≤0.030	≤0.035	≥255	450～585	≥23	—	—	B-Ⅰ
—	—	—	≤0.025	≤0.025	≥205	≥380	≥30	—	≤146	B-Ⅰ
—	—	—	≤0.025	≤0.025	≥205	≥380	≥22	—	—	B-Ⅰ
—	—	—	≤0.025	≤0.025	≥205	≥380	≥22	—	—	B-Ⅰ
—	—	—	≤0.025	≤0.025	≥205	≥415	≥22	—	—	B-Ⅰ
—	—	—	≤0.025	≤0.025	≥220	≥415	≥22	—	—	B-Ⅰ
—	—	—	≤0.045	≤0.045	≥275	≥485	≥20	—	143～192	B-Ⅰ
—	—	—	≤0.030	≤0.030	≥255	450～590	≥19	—	—	B-Ⅰ
—	—	—	≤0.015	≤0.025	≥205	410～560	≥21	≥40	—	B-Ⅰ
—	—	—	≤0.015	≤0.025	295	440～640	≥21	≥40	—	B-Ⅰ
—	—	—	≤0.035	≤0.035	225	440	22	≥78（u）	241	B-Ⅰ
—	—	—	≤0.030	≤0.030	≥205	415～585	≥22	—	≤197	B-Ⅰ
—	—	—	≤0.045	≤0.045	≥225	415～585	≥22	—	≤197	B-Ⅰ
—	—	—	≤0.015	≤0.025	≥255	470～640	≥21	≥40	—	B-Ⅰ
—	—	—	≤0.030	≤0.030	≥343	≥490	≥14	≥29	—	B-Ⅰ
—	—	—	≤0.030	≤0.030	≥314	≥490	≥14	≥29	—	B-Ⅰ
≤0.10	—	≤0.50	≤0.045	≤0.040	≥345	550～725	≥18	—	—	B-Ⅰ
≤0.10	—	≤0.50	≤0.040	≤0.040	≥275	≥480	≥17	—	—	B-Ⅰ

表 A.1

序号	牌号		化学成分								
	钢号或级别号	标准号	C	Mn	Si	Cr	Mo	V	Ni	Ti	B
59	SCPH22	JISG5151	≤0.25	0.50～0.80	≤0.60	1.00～1.50	0.90～1.20	—	≤0.50	—	—
60	STBA 12	JIS G3462	0.10～0.20	0.30～0.80	0.10～0.50	—	0.45～0.65	—	—	—	—
61	STBA 13	JIS G3462	0.15～0.25	0.30～0.80	0.10～0.50	—	0.45～0.65	—	—	—	—
62	STBA20	JIS G3462	0.10～0.20	0.30～0.60	0.10～0.50	0.50～0.80	0.40～0.65	—	—	—	—
63	STBA22	JIS G3462	≤0.15	0.30～0.60	≤0.50	0.80～1.25	0.45～0.65	—	—	—	—
64	STBA23	JIS G3462	≤0.15	0.30～0.60	0.50～1.00	1.00～1.50	0.45～0.65	—	—	—	—
65	STPA 12	JIS G3458	0.10～0.20	0.30～0.80	0.10～0.50	—	0.45～0.65	—	—	—	—
66	STPA20	JIS G3458	0.10～0.20	0.30～0.60	0.10～0.50	0.50～0.80	0.40～0.65	—	—	—	—
67	STPA22	JIS G3458	≤0.15	0.30～0.60	≤0.50	0.80～1.25	0.45～0.65	—	—	—	—
68	STPA23	JIS G3458	≤0.15	0.30～0.60	0.50～1.00	1.00～1.50	0.45～0.65	—	—	—	—
69	13CrMo44	DIN17175	0.10～0.18	0.40～0.70	0.10～0.35	0.70～1.10	0.45～0.65	—	—	—	—
70	14MoV63	DIN17175	0.10～0.18	0.40～0.70	0.10～0.35	0.30～0.60	0.50～0.70	0.22～0.32	—	—	—
71	11	ASTM A691	0.05～0.17	0.40～0.65	0.50～0.80	1.00～1.50	0.45～0.65	—	—	—	—
72	T2	ASTM A213	0.10～0.20	0.30～0.61	0.10～0.30	0.50～0.81	0.44～0.65	—	—	—	—
73	F2	ASTM A182	0.05～0.21	0.30～0.80	0.10～0.60	0.50～0.81	0.44～0.65	—	—	—	—
74	F12	ASTM A182	0.05～0.15	0.30～0.60	≤0.50	0.80～1.25	0.44～0.65	—	—	—	—
75	T11	ASTM A213	0.05～0.15	0.30～0.60	0.50～1.00	0.50～1.00	1.00～1.50	—	—	—	—
76	P11	ASTM A335	0.05～0.15	0.30～0.60	0.50～1.00	1.00～1.50	0.44～0.65	—	—	—	—
77	T12	ASTM A213	0.05～0.15	0.30～0.61	≤0.50	0.80～1.25	0.44～0.65	—	—	—	—
78	F12	ASTM A336	0.10～0.20	0.30～0.80	0.10～0.60	0.80～1.10	0.45～0.65	—	—	—	—
79	12Cr2MoWVTiB	GB5310	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

（续）

（质量分数）%					常温力学性能					分类号（DL/T 868—2004）
W	Nb	Cu	S	P	R_{eL} MPa	R_m MPa	A %	A_{KV} J	HBW	
≤0.10	—	≤0.50	≤0.040	≤0.040	≥345	≥550	≥16	—	—	B-Ⅰ
—	—	—	≤0.035	≤0.035	≥205	≥380	D_0≥20mm 时，A≥30%；10≤D_0<20mm 时，A≥25%；D_0<10mm 时，A≥22%	—	—	B-Ⅰ
—	—	—	≤0.035	≤0.035	≥205	≥410		—	—	B-Ⅰ
—	—	—	≤0.035	≤0.035	≥205	≥410		—	—	B-Ⅰ
—	—	—	≤0.035	≤0.035	≥205	≥410		—	—	B-Ⅰ
—	—	—	≤0.030	≤0.030	≥205	≥410		—	—	B-Ⅰ
—	—	—	≤0.035	≤0.035	≥205	≥380	≥24	—	—	B-Ⅰ
—	—	—	≤0.035	≤0.035	≥205	≥410	≥24	—	—	B-Ⅰ
—	—	—	≤0.035	≤0.035	≥205	≥410	≥24	—	—	B-Ⅰ
			≤0.030	≤0.030	≥205	≥410	≥24			B-Ⅰ
—	—	—	≤0.035	≤0.035	280～290	440～590	≥22	—		B-Ⅰ
—	—	—	≤0.035	≤0.035	310～319	460～610	≥20	—		B-Ⅰ
—	—	—	≤0.035	≤0.035	≥240	415～585	≥19	—	≤201	B-Ⅰ
—	—	—	≤0.025	≤0.025	≥205	≥415	≥30	—	≤163	B-Ⅰ
—	—	—	≤0.040	≤0.040	≥275	≥485	≥20	—	143～192	B-Ⅰ
—	—	—	≤0.045	≤0.045	≥205	≥415	≥20	—	121～174	B-Ⅰ
—	—	—	≤0.025	≤0.025	≥205	≥415	≥30	—	≤163	B-Ⅰ
—	—	—	≤0.025	≤0.025	≥205	≥415	≥22	—	—	B-Ⅰ
—	—	—	≤0.025	≤0.025	≥220	≥415	≥30	—	≤163	B-Ⅰ
—	—	—	≤0.025	≤0.025	≥275	485～660	≥20	—	—	B-Ⅰ
0.30～0.55	—	—	≤0.015	≤0.025	≥345	540～735	≥18	≥40	—	B-Ⅱ

表 A.1

序号	牌号		化学成分								
	钢号或级别号	标准号	C	Mn	Si	Cr	Mo	V	Ni	Ti	B
80	12Cr3MoVSiTiB	GB5310	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
81	12Cr2MoG	GB5310	0.08～0.15	0.40～0.60	≤0.50	2.00～2.50	0.90～1.13	—	—	—	—
82	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	Al≤0.030	N≤0.03	0.000 5～0.006 0
83	P22	ASTM A335	0.05～0.15	0.30～0.60	≤0.50	1.90～2.60	0.87～1.13	—	—	—	—
84	F22	ASTM A182	0.05～0.15	0.30～0.60	≤0.50	2.00～2.50	0.87～1.13	—	—	—	—
85	STPA24	JIS G3458	≤0.15	0.30～0.60	≤0.50	1.90～2.60	0.87～1.13	—	—	—	—
86	10CrMo910	DIN17175	0.08～0.15	0.40～0.70	≤0.50	2.00～2.50	0.90～1.20	—	—	—	—
87	WC9	ASTM A217	0.05～0.18	0.40～0.70	≤0.60	2.00～2.75	0.90～1.20	—	≤0.50	—	—
88	1Cr5Mo	JB 4726	≤0.15	≤0.60	≤0.50	4.00～6.00	0.45～0.65	—	≤0.50	—	—
89	STPA25	JIS G3458	≤0.15	0.30～0.60	≤0.50	4.00～6.00	0.45～0.65	—	—	—	—
90	P5	ASTM A335	≤0.15	0.30～0.60	≤0.50	4.00～6.00	0.45～0.65	—	—	—	—
91	10Cr9Mo1VNbN	GB5310	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	—
92	T91	ASTM A213	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	—
93	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
94	P9	ASTM A335	≤0.15	0.30～0.60	0.50～1.00	8.00～10.00	0.90～1.10	—	—	—	—
95	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	—
96	10Cr9MoW2VNbBN	GB5310	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
97	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
98	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	—
99	11Cr9Mo1W1VNbBN	GB5310	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
100	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

（续）

（质量分数）%					常温力学性能					分类号（DL/T 868—2004）
W	Nb	Cu	S	P	R_{eL} MPa	R_m MPa	A %	A_{KV} J	HBW	
—	—	—	≤0.015	≤0.025	≥440	610～805	≥16	≥40	—	B-Ⅱ
—	—	—	≤0.015	≤0.025	≥280	450～600	≥22	≥40	—	B-Ⅱ
1.45～1.75	0.02～0.18	—	≤0.010	≤0.030	≥400	≥510	≥20	—	≤220	B-Ⅱ
—	—	—	≤0.025	≤0.025	≥205	≥415	≥22	—	—	B-Ⅱ
—	—	—	≤0.040	≤0.040	≥205	≥415	≥20	—	≤170	B-Ⅱ
—	—	—	≤0.030	≤0.030	≥205	≥410	≥24	—	—	B-Ⅱ
—	—	—	≤0.035	≤0.035	≥280	450～600	≥20	≥34	—	B-Ⅱ
≤0.10	—	≤0.50	≤0.045	≤0.040	≥275	485～655	≥20	—	—	B-Ⅱ
—	—	≤0.25	≤0.020	≤0.030	≥390	590～760	≥18	≥34	174～229	B-Ⅲ
—	—	—	≤0.030	≤0.030	≥205	≥410	≥24	—	—	B-Ⅲ
—	—	—	≤0.025	≤0.025	≥205	≥415	≥22	—	—	B-Ⅲ
—	0.06～0.10	Al≤0.02	≤0.010	≤0.020	≥415	≥585	≥20	≥40	≤250	B-Ⅲ
—	—	Al≤0.04	≤0.010	≤0.020	≥415	≥585	≥20	—	≤250	B-Ⅲ
1.50～2.00	0.04～0.10	Al≤0.04	≤0.010	≤0.020	≥440	≥620	≥20	—	≤250	B-Ⅲ
—	—	—	≤0.025	≤0.025	≥205	≥415	≥22	—	—	B-Ⅲ
—	—	Al≤0.04	≤0.010	≤0.020	≥415	≥585	≥20	—	≤250	B-Ⅲ
1.5～2.0	0.04～0.09	Al≤0.02	≤0.010	≤0.020	≥440	≥620	≥20	≥40	≤250	B-Ⅲ
1.5～2.0	0.04～0.09	Al≤0.04	≤0.010	≤0.020	≥440	≥620	≥20	—	≤250	B-Ⅲ
—	0.06～0.10	Al≤0.04	≤0.025	≤0.025	≥415	585～760	≥20	—	—	B-Ⅲ
0.09～1.10	0.06～0.10	Al≤0.02	≤0.010	≤0.020	≥440	≥620	≥20	≥40	≤238	B-Ⅲ
0.09～1.10	0.06～0.10	Al≤0.04	≤0.010	≤0.020	≥440	≥620	≥20	—	≤250	B-Ⅲ

表 A.1

序号	牌号		化学成分								
	钢号或级别号	标准号	C	Mn	Si	Cr	Mo	V	Ni	Ti	B
101	STPA26	JIS G3458	≤0.15	0.30～0.60	0.25～1.00	8.00～10.00	0.90～1.10	—	—	—	—
102	P122	ASTM A335	0.07～0.14	≤0.70	≤0.50	10.00～12.50	0.25～0.60	0.15～0.30	≤0.5	N: 0.04～0.1	0.000 5～0.005
103	X20CrMoV121	DIN17175	0.17～0.23	≤1.00	≤0.50	10.00～12.50	0.80～1.20	0.25～0.35	0.30～0.80	—	—
104	10Cr11MoW2VNbCu1BN	GB5310	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	0.000 5～0.005
105	12Cr13（1Cr13）	GB/T 20878	≤0.15	≤1.00	≤1.00	11.50～13.50	—	—	≤0.60	—	—
106	06Cr13（0Cr13）	GB/T 20878	≤0.08	≤1.00	≤1.00	11.50～13.50	—	—	≤0.60	—	—
107	10Cr15（1Cr15）	GB/T 20878	≤0.12	≤1.00	≤1.00	11.00～16.00			≤0.60		
108	07Cr19Ni10	GB 5310	0.04～0.10	≤2.00	≤0.75	17.00～19.00	—	—	8.0～10.00	N≤0.10	—
109	SUS304	JIS G3459	≤0.08	≤2.00	≤1.00	18.00～20.00	—	—	8.00～11.00	—	—
110	TP304	ASME A213	≤0.08	≤2.00	≤0.75	18.00～20.00	—	—	8.00～11.00	—	—
111	TP316	ASME A213	≤0.08	≤2.00	≤0.75	16.00～18.00	2.00～3.00	—	11.00～14.00	—	—
112	TP347H	ASME A213	0.04～0.10	≤2.00	≤0.75	17.00～20.00	—	—	9.00～13.00	—	—
113	F304	ASME A182	≤0.08	≤2.00	≤1.00	18.00～20.00	—	—	8.00～11.00	N≤0.10	—
114	TP347HFG	ASME A213	0.06～0.10	≤2.00	≤0.75	17.00～20.00	—	—	9.00～13.00	—	—
115	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
116	A213 TP310HCbN（HR3C）	ASME A213	0.04～0.10	≤2.00	≤0.75	24.00～26.00	—	—	17.00～23.00	N: 0.15～0.35	—
117	10Cr18Ni9NbCu3BN	GB 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
118	07Cr25Ni21NbN	GB 5310	0.04～0.10	≤2.00	≤0.75	24.00～26.00	—	—	19.00～22.00	N: 0.15～0.35	—
119	08Cr18Ni11NbFG	GB 5310	0.06～0.10	≤2.00	≤0.75	17.00～19.00	—	—	9.00～12.00	—	—

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：力学性能应按照 GB/T 228 规定方法获取：Q235 取 R_{eH}，余下的钢种取 R_{eL}，屈服现象不明显，可测量 $R_{p0.2}$ 代替 R_{eL}。

注 3：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。

（续）

（质量分数）%					常温力学性能					分类号（DL/T 868—2004）
W	Nb	Cu	S	P	R_{eL} MPa	R_m MPa	A %	A_{KV} J	HBW	
—	—	—	≤0.030	≤0.030	≥205	≥410	≥24	—	—	B-Ⅲ
1.5～2.5	0.04～0.10	0.30～1.70	≤0.010	≤0.020	≥400	≥620	≥20	—	≤250	B-Ⅲ
—	—	—	≤0.030	≤0.030	≥490	590～640	≥17	≥34	—	B-Ⅲ
1.5～2.5	0.04～0.10	0.3～1.7	≤0.010	≤0.020	≥400	≥620	≥20	≥40	≤250	B-Ⅲ
—	—	—	≤0.030	≤0.040	—	—	—	—	—	C-Ⅰ
—	—	—	≤0.030	≤0.040	—	—	—	—	—	C-Ⅰ
			≤0.030	≤0.040	—	—	—	—	—	C-Ⅱ
—	—	—	≤0.015	≤0.030	≥205	≥515	≥35		≤192	C-Ⅲ
—	—	—	≤0.030	≤0.040	≥210	≥530	≥30	—	—	C-Ⅲ
—	—	—	≤0.030	≤0.040	≥205	≥515	≥35	—	—	C-Ⅲ
—		—	≤0.030	≤0.040	≥205	≥515	≥35	—	—	C-Ⅲ
—	Nb+Ta≤8C	—	≤0.030	≤0.040	≥205	≥515	≥35	—	≤192	C-Ⅲ
—	—	—	≤0.030	≤0.045	≥205	≥515	≥30	—	—	C-Ⅲ
—	Nb+Ta≤8C～1.0	—	≤0.030	≤0.040	≥205	≥550	≥35	—	—	C-Ⅲ
Al: 0.003～0.03	0.3～0.6	2.5～3.5	≤0.010	≤0.040	≥235	≥590	≥35	—	≤192	C-Ⅲ
—	Cb+Ta: 0.2～0.6	—	≤0.030	≤0.030	≥295	≥655	≥30	—	≤256	C-Ⅲ
Al: 0.003～0.03	0.3～0.6	2.5～3.5	≤0.010	≤0.030	≥235	≥590	≥35	—	≤192	C-Ⅲ
—	0.2～0.6	—	≤0.015	≤0.030	≥295	≥655	≥30	—	≤256	C-Ⅲ
—	8C～1.0	—	≤0.015	≤0.030	≥205	≥550	≥35	—	≤192	C-Ⅲ

附 录 B
（资料性附录）
焊接异种钢的焊条（焊丝）及焊后热处理温度速查表

焊接异种钢的焊条（焊丝）及焊后热处理温度速查表见表 B.1。

表 B.1 焊接异种钢的焊条（焊丝）及焊后热处理温度速查表

C	1 a A																				
C-Mo	1 a B	2 b B																			
$\frac{1}{2}$Cr-$\frac{1}{2}$Mo	1 a B	2 b B	3 b B																		
1Cr-$\frac{1}{2}$Mo	1 a C	2 b C	3 b C	4 b C																	
1$\frac{1}{4}$Cr-$\frac{1}{2}$Mo	1 a C	2 b C	3 b C	4 b C	4 c C																
$\frac{1}{2}$Cr-$\frac{1}{2}$Mo-V	1 a D	2 b D	3 b D	4 b D	4 c D	4′ d D															
1Cr-$\frac{1}{2}$Mo-V	1 a D	2 b D	3 b D	4 b D	4 c D	4′ d D	4′ d D														
1$\frac{1}{2}$Cr-1Mo-V	1 a D	2 b D	3 b D	4 b D	4 c D	4′ d D	4′ d D	4′ d D													
1$\frac{3}{4}$Cr-$\frac{1}{2}$Mo-V	1 a D	2 b D	3 b D	4 b D	4 c D	4′ d D	4′ d D	4′ d D	5 d D												
2Cr-$\frac{1}{2}$Mo	3 b D	3 b D	3 b D	4 b D	4 c D	4′ d D	4′ d D	4′ d D	5 d D	5 e D											
2$\frac{1}{4}$Cr-1Mo	3 b D	3 b D	3 b D	4 b D	4 c D	4′ d D	4′ d D	4′ d D	5 d D	5 e D	5′ e D										
2Cr-$\frac{1}{2}$Mo-VW	3 b D	3 b D	3 b D	4 b D	4 c D	4′ d D	4′ d D	4′ d D	5 d D	5 e D	5′ e D	5′ f D									
3Cr-1Mo	4 c E	4 c E	4 c E	4 c E	4 c E	4′ d E	4′ d E	4′ d E	5 d E	5 e E	5′ e E	5′ f E	5″ f E								
3Cr-1Mo-VTi	4′ d E	4′ d E	4′ d E	4′ d E	4′ d E	4′ d E	4′ d E	4′ d E	5 d E	5 e E	5′ e E	5′ f E	5″ f E	5″ f E							
5Cr-$\frac{1}{2}$Mo	5′ e E	5′ e E	5′ e E	5′ e E	5′ e E	5′ e E	5′ e E	5′ e E	5′ e E	5′ e E	5′ e E	5′ f E	5″ f E	5″ f E	6 f′ E						

表 B.1（续）

7Cr-$\frac{1}{2}$Mo	5′eE	5′eE	5′eE	5′eE	5′eE	5′eE	5′eE	5′eE	5′eE	5′eE	5′eE	5′fE	5″fE	5″fE	6f′E	6f′E					
9Cr-1Mo-VNb	5′eE	5′eE	5′eE	5′eE	5′eE	5′eE	5′eE	5′eE	5′eE	5′eE	5′eE	5′fE	5″fE	5″fE	6f′E	6f′E	6f′E	6f′E			
9Cr-0.5Mo-1.5W	5′eE	5′eE	5′eE	5′eE	5′eE	5′eE	5′eE	5′eE	5′eE	5′eE	5′eE	5′fE	5″fE	5″fE	6f′E	6f′E	6f′E	6f′E			
12Cr-2W-MoVNb	5′eE	5′eE	5′eE	5′eE	5′eE	5′eE	5′eE	5′eE	5′eE	5′eE	5′eE	5′fE	5″fE	5″fE	7gE	7gE	7gE	7gE	7gE		
18-8 型	5eA	8hA	8hA	8hA	8hA	8hA	8hA	8hA	8hA	8hA	8hA	8hA	8hA	8hA	8hE	8hE	8hE	8hE	8hE	9iA	9iA
25-20 型	5eA	8hA	8hA	8hA	8hA	8hA	8hA	8hA	8hA	8hA	8hA	8hA	8hA	8hA	8hE	8hE	8hE	8hE	8hE	9iA	9iA
钢种	C	C-Mo	$\frac{1}{2}$Cr-$\frac{1}{2}$Mo	1Cr-$\frac{1}{2}$Mo	1$\frac{1}{4}$Cr-$\frac{1}{2}$Mo	$\frac{1}{2}$Cr-$\frac{1}{2}$Mo-V	1Cr-$\frac{1}{2}$Mo-V	1$\frac{1}{2}$Cr-1Mo-V	1$\frac{3}{4}$Cr-$\frac{1}{2}$Mo-V	2Cr-$\frac{1}{2}$Mo	2$\frac{1}{4}$Cr-1Mo	2Cr-$\frac{1}{2}$Mo-$\frac{1}{2}$VW	3Cr-1Mo	3Cr-1Mo-VTi	5Cr-$\frac{1}{2}$Mo	7Cr-$\frac{1}{2}$Mo	9Cr-1Mo-VNb	9Cr-0.5Mo-1.5W	12Cr-2W-MoVNb	18-8 型	25-20 型

注 1：表中推荐的是介于两者之间的焊材，应用时可向下直到“低匹配”应用。

注 2：表中“× × ×”第一位表示焊条、第二位表示焊丝、第三位表示焊后热处理恒温温度；当采用氩弧焊打底或全氩弧焊接时，氩弧焊丝 a′可同焊条 1，b′可同焊条 2，c′可同焊条 3，d′可同焊条 3′、3″，e′可同焊条 4，f′可同焊条 4′、4″，g′可同焊条 6 相配使用。

注 3：当两侧钢材之一为奥氏体不锈钢，且工作温度低于 425℃时，可选用焊条 10、10′和焊丝 J、K。

注 4：对工作温度大于 425℃的耐热合金钢管子、管件等承压部件进行补焊或在其上焊接管接头，若限于条件焊后无法进行热处理时，推荐选用焊条 10。

注 5：TIG-R71 为推荐的氩弧焊丝。

注 6：表内推荐的焊后热处理恒温温度是参考值，请注意对照钢材说明书和焊接材料制造商的说明书及 DL/T 869 中免于热处理的规定。

代号说明：

焊条：

1 —E5015、E5016
2 —E5515-A1
3 —E5515-B1
4 —E5515-B2
4′ —E5515—B2-V
5 —E5515-B3-VWB
5′ —E6015-B3
5″ —E5515-B3- VNb
6 —E0-7Mo-××
6′ —E1-9Mo-××
7 —E1-13-××
8 —AWS A5.11：ENiCrFe-3（Inconel 182）
9 —E0-19-10-××
10 —E1-23-13-××
10′—E1-26-21-××

焊丝：

a —H08MnA；H08MnReA
b —H08CrMo
c —H13CrMo
d —H08CrMoV
e —H08Cr2Mo1
f —H08Cr2MoVNb
g —H16Cr10MoNiV
h —AWS A5.14：ENiCr-3（Inconel 82）
i —H1Cr19Ni9Nb
j —H1Cr23Ni13
k —H1Cr26Ni21

氩弧焊丝：

a′—TIG-J50
b′—TIG-R10
c′—TIG-R30
d′—TIG-R31
e′—TIG-R40
f′—TIG-R34
g′—TIG-R71

热处理温度（℃）：

A——般不进行热处理
B—650～700
C—670～700
D—720～750
E—750～770

附　录
（资料性
常用焊条熔敷金属的

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

序号	焊条型号			化学						
	型号	标准号	原牌号	C	Mn	Si	Cr	Mo	V	Nb
1	E4303	GB/T 5117	J422				—	—	—	—
2	E4301	GB/T 5117	J423				—	—	—	—
3	E4320	GB/T 5117	J424				—	—	—	—
4	E4316	GB/T 5117	J426	—	1.25	0.90	0.20	0.30	0.08	—
5	E4315	GB/T 5117	J427	—	1.25	0.90	0.20	0.30	0.08	—
6	E5001	GB/T 5117	J503				—	—	—	—
7	E5016	GB/T 5117	J506	—	1.60	0.75	0.20	0.30	0.08	—
8	E5015	GB/T 5117	J507	—	1.60	0.75	0.20	0.30	0.08	—
9	E6015-D1	GB/T 5118	J607	0.12	1.25～1.75	0.60	—	0.25～0.45	—	—
10	E7015-D2	GB/T 5118	J707	0.15	1.65～2.00	0.60	—	0.25～0.45	—	—
11	E5015-A1	GB/T 5118	R107	0.12	0.90	0.60	—	0.40～0.65	—	—
12	E5503-B1	GB/T 5118	R202	0.05～0.12	0.90	0.60	0.40～0.65	0.40～0.65	—	—
13	E5515-B1	GB/T 5118	R207	0.05～0.12	0.90	0.60	0.40～0.65	0.40～0.65	—	—
14	E5515-B2	GB/T 5118	R307	0.05～0.12	0.90	0.60	0.80～1.50	0.40～0.65	—	—
15	E5515-B2-V	GB/T 5118	R317	0.05～0.12	0.90	0.60	0.80～1.50	0.40～0.65	0.10～0.35	—
16	E6000-B3	GB/T 5118	R402	0.05～0.12	0.90	0.60	2.00～2.50	0.90～1.20	—	—
17	E6015-B3	GB/T 5118	R407	0.05～0.12	0.90	0.60	2.00～2.50	0.90～1.20	—	—
18	E5515-B3-VNb	GB/T 5118	R417	0.05～0.12	1.00	0.60	2.40～3.00	0.70～1.00	0.25～0.50	0.35～0.65
19	E5515-B3-VWB	GB/T 5118	R347	0.05～0.12	1.00	0.60	1.50～2.50	0.30～0.80	0.20～0.60	—
20	E5515-B2-VW	GB/T 5118	R327	0.05～0.12	0.70～1.10	0.60	0.80～1.50	0.70～1.00	0.20～0.35	—

C

附录）

化学成分和常温力学性能

化学成分和常温力学性能

成　分 %					常温力学性能				分类号（DL/T 868—2004）
B	W	Ni	Re	其他	R_m MPa	R_{eL} MPa	A %	A_{KV} J	
—	—	—	—	S≤0.035，P≤0.040	420	330	≥22	27（0℃）	A-Ⅰ
—	—	—	—	S≤0.035，P≤0.040	420	330	≥22	27（–20℃）	A-Ⅰ
—	—	—	—	S≤0.035，P≤0.040	420	330	≥22	—	A-Ⅰ
—	—	0.30	—	S≤0.035，P≤0.040	420	330	≥22	27（–30℃）	A-Ⅰ
—	—	0.30	—	S≤0.035，P≤0.040	420	330	≥22	27（–30℃）	A-Ⅰ
—	—	—	—	S≤0.035，P≤0.040	490	400	≥20	27（–20℃）	A-Ⅱ
—	—	0.30	—	S≤0.035，P≤0.040	490	400	≥22	27（–46℃）	A-Ⅱ
—	—	0.30	—	S≤0.035，P≤0.040	490	400	≥22	27（–46℃）	A-Ⅱ
—	—	—	—	S≤0.035，P≤0.035	590	490	≥15	27（–30℃）	A-Ⅱ
—	—	—	—	S≤0.035，P≤0.035	690	590	≥15	27（–30℃）	A-Ⅱ
—	—	—	—	S≤0.035，P≤0.035	490	390	≥22	27	B-Ⅰ
—	—	—	—	S≤0.035，P≤0.035	540	440	≥16		B-Ⅰ
—	—	—	—	S≤0.035，P≤0.035	540	440	≥17	27	B-Ⅰ
—	—	—	—	S≤0.035，P≤0.035	540	440	≥17	27	B-Ⅰ
—	—	—	—	S≤0.035，P≤0.035	540	440	≥17	27	B-Ⅰ
—	—	—	—	S≤0.035，P≤0.035	590	490	≥14	27	B-Ⅱ
—	—	—	—	S≤0.035，P≤0.035	590	490	≥15	27	B-Ⅱ
—	—	—	—	S≤0.035，P≤0.035	540	440	≥17	27	B-Ⅱ
0.001～0.003	0.20～0.60	—	—	S≤0.035，P≤0.035	540	440	≥17	27	B-Ⅱ
—	0.25～0.50	—	—	S≤0.035，P≤0.035	540	440	≥17	27	B-Ⅱ

表 C.1

序号	焊条型号			化学						
	型号	标准号	原牌号	C	Mn	Si	Cr	Mo	V	Nb
21	E5MoV-15	GB/T 983	R507	0.12	0.50～0.90	0.50	4.5～6.00	0.40～0.70	0.10～0.35	—
22	E9Mo-15	GB/T 983	R707	0.15	0.5～1.00	0.50	8.5～10.0	0.70～1.00	—	—
23	E11MoVNi-15	GB/T 983	R807	0.19	0.5～1.00	0.50	9.5～11.5	0.60～0.90	0.20～0.40	—
24	E11MoVNiW-15	GB/T 983	R817	0.19	0.50～1.00	0.50	9.5～12.0	0.80～1.00	0.20～0.40	—
25	E410-15	GB/T 983	G207	0.12	1.00	0.90	11.0～13.50	0.75	—	—
26	E347	GB/T 983	A132/A137	0.08	0.5～2.5	0.90	18.00～21.00	0.75	—	8C～1.00
27	E316	GB/T 983	A202/A207	0.08	0.5～2.5	0.90	17.0～20.0	2.0～3.0	—	—
28	E309	GB/T 983	A302/A307	0.15	0.5～2.5	0.90	22.0～25.0	0.75	—	—
29	E310	GB/T 983	A402/A407	0.08～0.20	1.0～2.5	0.75	20.0～22.5	0.75	—	N：0.1
30	E16-25MoN	GB/T 983	A507	0.12	0.5～2.5	0.90	14.0～18.0	5.0～7.0	—	—
31	E430	GB/T 983	G302/G307	0.10	1.0	0.90	15.0～18.0	0.75	—	—

注：表中单值除特殊规定外，均为最大百分比。

（续）

成　分 %					常温力学性能				分类号（DL/T 868—2004）
B	W	Ni	Re	其他	R_m MPa	R_{eL} MPa	A %	A_{KV} J	
—	—	—	Cu：0.50	S≤0.030，P≤0.035	540		≥14		B-Ⅲ
—	—	0.40	Cu：0.50	S≤0.030，P≤0.035	590		≥16		B-Ⅲ
—	—	0.60～0.90	Cu：0.50	S≤0.030，P≤0.035	730		≥15		B-Ⅲ
—	0.40～0.70	0.40～1.10	Cu：0.50	S≤0.030，P≤0.035	730		≥15		B-Ⅲ
—	—	0.60	Cu：0.75	S≤0.030，P≤0.040	450		≥20		C-Ⅰ
—	—	9.0～11.0	Cu：0.75	S≤0.030，P≤0.040	520		≥25		C-Ⅲ
—	—	11.0～14.0	Cu：0.75	S≤0.030，P≤0.040	520		≥30		C-Ⅲ
—	—	12.0～14.0	Cu：0.75	S≤0.030，P≤0.040	550		≥25		C-Ⅲ
—	—	20.0～22.5	Cu：0.75	S≤0.030，P≤0.030	550		≥25		C-Ⅲ
—	—	22.0～27.0	Cu：0.50	S≤0.030，P≤0.035	610		≥30		C-Ⅲ
—	—	0.6	Cu：0.75	S≤0.030，P≤0.040	450		≥20		C-Ⅲ

附 录 D
（资料性附录）
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

单位：%

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	H08A	GB/T 14957—1994	0.10	0.30～0.55	0.03	0.20	—	—	—	—	0.30	Cu：0.20	0.030	0.030
2	H08MnA			0.80～1.10	0.07									
3	H08Mn2SiA		0.11	1.80～2.10	0.65～0.95									
4	H10Mn2		0.12	1.50～1.90	0.07								0.035	0.035
5	H08CrMoA		0.10	0.40～0.70	0.15～0.35	0.80～1.10	0.40～0.60						0.030	0.030
6	H13CrMoA		0.11～0.16											
7	H08CrMoVA		0.10			1.00～1.30	0.50～0.70	0.15～0.35						
8	H12Cr13	YB/T5092—2005	0.12	0.60	0.50	11.50～13.50	0.75				0.60	Cu：0.75		
9	H10Cr17		0.10			15.50～17.00								
10	H08Cr21Ni10		0.08	1.00～2.50	0.35	18.50～20.50					9.00～11.00			
11	H08Cr19Ni10Ti				0.30～0.65				9C～1.0		9.00～10.50			
12	H08Cr20Ni10Nb					19.00～21.50				10C～1.0	9.00～11.00			
13	H12Cr24Ni13		0.12		0.35	23.00～25.00			—	—	12.00～14.00			
14	H12Cr26Ni21		0.08～0.15		0.20～0.50	25.00～28.00					20.00～22.50			
15	TIG-J50	—	0.05～0.12	1.20～1.50	0.60～0.85	—					—	Cu：0.30	0.025	0.025
16	TIG-R31			0.75～1.05	0.45～0.70	1.10～1.40	0.45～0.65	0.20～0.35						
17	TIG-R40					2.20～2.50	0.95～1.25	—						
18	TIG-R30			0.75～1.50		1.10～1.40								

注：表中未标明范围的单值为最大百分比。

附 录 E
（规范性附录）
奥氏体不锈钢及镍基合金焊接技术特殊要求

E.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。

E.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 5mm 的加工余量。

E.3 应采取措施避免母材与碳钢或其他合金钢接触，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。

E.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錾头、钢丝刷或其他专用材料制成的器具。

E.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。

E.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。

E.7 当可以进行双面焊接时，最后一层焊缝宜安排在介质侧。

E.8 钨极氩弧焊时宜选用直径不大于 2.5mm 的焊丝，焊条电弧焊时宜选用直径为 2.5mm～3.2mm 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 ERNiCrCoMo-1 等焊丝。

E.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，层间厚度不宜大于焊条（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，宜采用二级除盐水。

E.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。

E.11 不锈钢焊缝表面色泽不应出现灰色和黑色。

E.12 单一奥氏体钢焊缝金属的金相组织中不得有δ-铁素体存在。

附 录 F
（规范性附录）
9%～12%Cr 马氏体耐热钢焊接技术特殊要求

F.1 一般规定

F.1.1 本标准所称 9%～12%Cr 马氏体耐热钢包括：符合 GB 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。

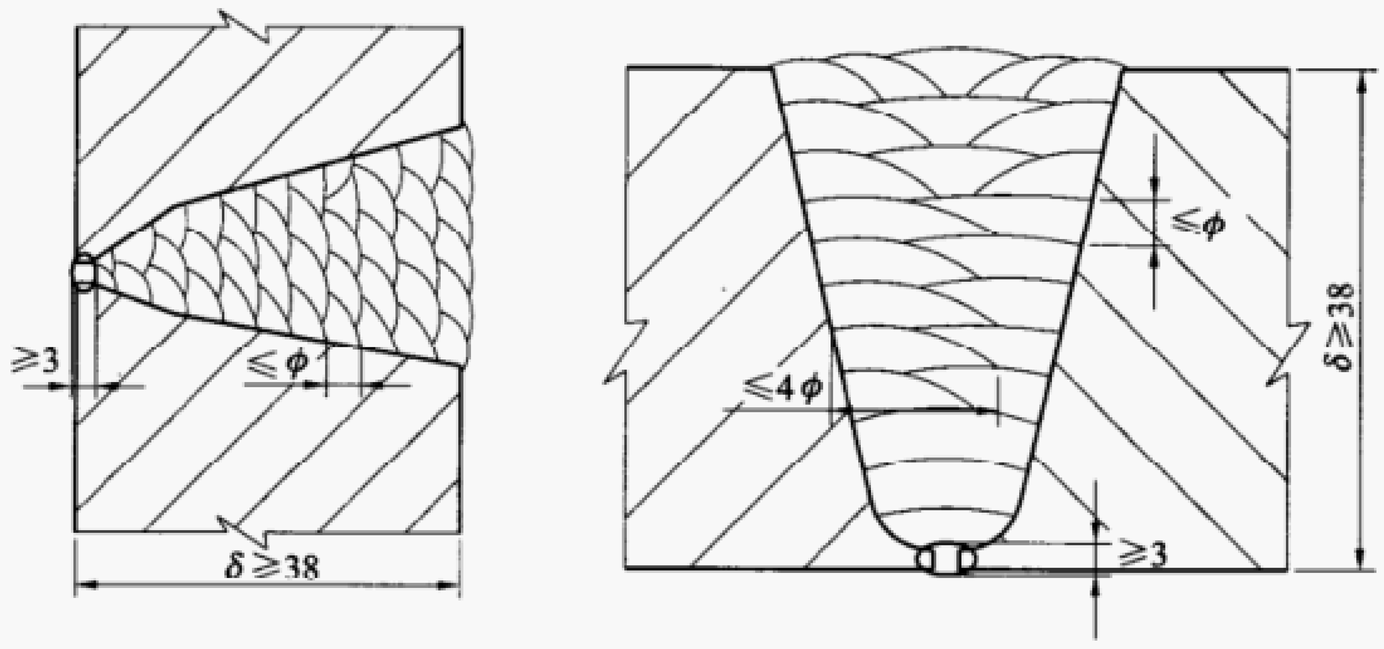
F.1.2 当采用等离子切割方法加工坡口时，应预留不少于 5mm 的加工余量。切割后须用机械方法去除污染层（不应对管子进行退火处理），并对坡口表面进行渗透或磁粉检测。

F.1.3 熔敷金属的下转变点（A_{C1}）应与被焊母材相当（不低于 10℃）。

F.2 工艺的特殊要求

F.2.1 焊条电弧焊时，层间温度不宜超过 250℃；埋弧焊时，层间温度不宜超过 300℃。

F.2.2 焊条电弧焊进行填充和盖面时，宜采用直径不大于 3.2mm 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，焊道宽度不超过焊条直径的 4 倍。厚壁管焊道排列要求见图 F.1。



a）2G位置　　b）5G位置

φ—焊条直径；δ—焊件厚度

注：2G 表示管子的横焊位置；5G 表示管子的水平固定位置。

图 F.1 厚壁管焊道排列示意图

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

F.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。

F.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 9mm 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。

F.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。

F.2.7 焊后不宜采用后热。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。后热工艺为：温度 300℃～350℃，时间 2h。

F.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：

a） 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。

b） 对直径大于或等于 273mm 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。

c） 采用炉内热处理时，恒温时间以 4min/mm（壁厚）计算。

d） 管径不小于 76mm 采用 SMAW 填充盖面的焊接接头，焊后热处理的恒温时间应不小于 2h。

采用柔性陶瓷电加热时，推荐的焊后热处理工艺见表 F.1。

表 F.1 9%～12%Cr 马氏体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<δ≤25	25<δ≤37.5	37.5<δ≤50	50<δ≤75	75<δ≤100	100<δ≤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	750～770	1	2	3	4～5	5～6	6～7	8	10
10Cr9MoW2VNbBN	750～770	1.5	2	4	5～6	6～7	8～9	10	12
11Cr9Mo1W1VNbBN	750～770	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，但应不少于 0.5h，计算方法见 DL/T 819。

F.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 24h 内进行后热处理。其余焊接接头，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。

F.3 质量控制的特殊要求

F.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。

F.3.2 焊缝金相微观组织应为回火马氏体/回火索氏体。

F.3.3 硬度合格指标 180HBW～270HBW。

F.3.4 焊缝金相组织中δ–铁素体的含量允许范围参照 DL/T 438 的规定。

附 录 G
（资料性附录）
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，其计算方法推荐如下：

$$无损检测一次合格率=(A-B)/A\times 100\%$$

式中：

A——一次被检验焊接接头当量数（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 63.5mm 的管焊接接头，每个焊接接头计为当量数 1。

b） 外径大于 63.5mm 的管子、容器焊接接头，同焊口的每 300mm 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 300mm 时可计入一个当量。

DL / T 869—2012

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 — 2012
代替 DL / T 869 — 2004
*
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）
北京博图彩色印刷有限公司印刷
*
2012 年 3 月第一版 2012 年 3 月北京第一次印刷
880 毫米×1230 毫米 16 开本 3 印张 86 千字
印数 0001—3000 册
*
统一书号 155123 • 810

敬 告 读 者
本书封面贴有防伪标签，加热后中心图案消失
本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换
版 权 专 有 翻 印 必 究

上架建议：规程规范/
电力工程/火力发电