

ICS 25.160.01

J 33

备案号: 40013-2013

DL

中华人民共和国电力行业标准

DL/T 678 — 2013

代替 DL/T 678 — 1999

电力钢结构焊接通用技术条件

General welding procedure specification of electric power steel structure

2013-03-07 发布

2013-08-01 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
3.1 总的要求	2
3.2 企业及焊接人员	2
3.3 焊缝分类	4
3.4 焊接作业指导文件	4
4 材料与设备	4
4.1 钢材	4
4.2 焊接材料	5
4.3 焊接用气体	7
4.4 设备	7
4.5 焊接工艺评定和焊工技术考核	7
5 坡口制备及组对要求	8
5.1 一般要求	8
5.2 坡口制备	8
5.3 焊件组对	10
5.4 不锈钢复合钢板的规定	11
6 焊接	11
6.1 环境要求	11
6.2 预热及层间温度	11
6.3 焊接工艺	12
6.4 不锈钢复合钢的焊接	13
7 焊后热处理	13
7.1 焊件的矫形	13
7.2 后热和消除应力热处理	13
8 质量检验	14
8.1 焊接接头外观检查	14
8.2 焊接接头无损检测	14
8.3 焊缝金属光谱分析	14
9 质量标准	15
9.1 焊缝外观检查质量标准	15
9.2 焊接接头的无损检测质量标准	17
10 不合格焊接接头处理	17
11 焊接技术文件	18
附录 A (规范性附录) 不锈钢复合钢焊接常用坡口形式和尺寸	19
附录 B (资料性附录) 不锈钢复合钢典型的焊接顺序	21

前 言

本标准与 DL/T 678—1999 在技术内容上的主要差别为：

- 标准的名称改为“电力钢结构焊接通用技术条件”，扩大了标准的范围。
- 增加了 3.1 总的要求。
- 增加了承担钢结构焊接工程的企业应具备的条件。
- 规定了焊工考核项目钢材适用范围。
- 增加了对焊接工程监理人员的要求。
- 纳入了近年来在水电、风电和输变电工程中使用的新材料。
- 对钢结构用材料进行了类组别的划分。
- 将钢结构焊接工艺评定与 DL/T 868 进行了衔接。
- 在 DL/T 679 的基础上对钢结构焊工考核作了补充规定。
- 增加了不锈钢复合钢焊接材料选用原则、坡口形式及制备方法、焊接工艺等规定。
- 完善了各种常用钢材焊前预热温度和层间温度。
- 增加了垫板、引弧板及引出板的规定。
- 增加了无损检测方法。

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：华电郑州机械设计研究院有限公司、神华国华（北京）电力研究院有限公司、大唐（云南）水电联合开发有限责任公司、湖北省电力试验研究院、华电重工装备有限公司。

本标准主要起草人：郭军、雷清华、乔亚霞、梁军、章亚林、王富林、马耀芳、党明江。

本标准首次发布日期为 1982 年 4 月 10 日，历次修订本次为第三次修订。

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

引 言

根据《国家能源局关于下达 2010 年第一批能源领域行业标准制（修）订计划的通知》（国能科技〔2010〕320 号文）的要求，对 DL/T 678—1999《电站钢结构焊接通用技术条件》进行的修订。其格式遵从 GB/T 1.1—2009《标准化工作导则 第一部分：标准的结构和编写》的规定。

本标准和 DL/T 869 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，吸收了近年来火力发电、水电、风电、光伏发电和输变电等领域钢结构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。

本标准可以作为电力行业钢结构工程所涉及的业主、设计、监理、施工单位等各方均认可的焊接技术要求使用。

电力钢结构焊接通用技术条件

1 范围

本标准规定了水电站水工金属结构、火力发电站钢结构、风力发电站塔筒、光伏发电场和输变电工程中的钢结构的设计、制作、安装、改造、维修工程中的焊接技术要求。

本标准适用于焊条电弧焊（SMAW）、非熔化极气体保护焊（GTAW）、熔化极（实芯和药芯焊丝）气体保护焊（GMAW、ECAW）、埋弧焊（SAW）等焊接方法。

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 150.4 压力容器 第4部分：制造、检验和验收
- GB/T 700 碳素结构钢
- GB/T 711 优质碳素结构钢热轧厚钢板和钢带
- GB 713 锅炉和压力容器用钢板
- 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 985.4 复合钢的推荐坡口
- GB/T 1220 不锈钢棒
- GB/T 1591 低合金高强度结构钢
- GB/T 3274 碳素结构钢和低合金结构钢 热轧厚钢板和钢带
- GB/T 3280 不锈钢冷轧钢板和钢带
- GB/T 3323 金属熔化焊焊接接头射线照相
- GB/T 4237 不锈钢热轧钢板和钢带
- GB/T 4842 氩
- GB/T 5117 碳钢焊条
- GB/T 5118 低合金钢焊条
- GB/T 5293 埋弧焊用碳钢焊丝和焊剂
- GB/T 8110 气体保护电弧焊用碳钢、低合金钢焊丝
- GB/T 8162 结构用无缝钢管
- GB/T 8165 不锈钢复合钢板和钢带
- GB/T 10045 碳钢药芯焊丝
- 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 16270 高强度结构用调质钢板
- GB/T 17493 低合金钢药芯焊丝
- GB/T 17854 埋弧焊用不锈钢焊丝和焊剂
- GB/T 19189 压力容器用调质钢强度钢板

- GB/T 24511 承压设备用不锈钢板与钢带
- GB 50661 钢结构焊接规范
- DL/T 330 水利水电工程金属结构及设备焊接接头衍射时差法超声检测
- DL/T 541 钢熔化焊角焊缝射线照相方法和质量分级
- DL/T 542 钢熔化焊 T 形接头角焊缝超声波检验方法和质量分级
- DL/T 679 焊工技术考核规程
- DL/T 752 火力发电厂异种钢焊接技术规程
- DL/T 819 火力发电厂焊接热处理技术规程
- DL/T 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
- 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 承压设备无损检测
- JB/T 4733 压力容器用爆炸焊接复合板

3 一般规定

3.1 总的要求

- 3.1.1 焊接前, 应进行焊接工艺评定。根据焊接工艺评定报告结合现场施工条件编制焊接工艺(作业)指导书, 必要时编制焊接施工措施文件。
- 3.1.2 焊接方法的确定应根据结构的使用要求、焊缝类别、焊接设备、焊工操作技能、施工条件及经济效益等综合考虑。
- 3.1.3 焊接人员中的焊接技术人员、焊工与焊机操作工、焊接热处理人员、焊接质量检查人员、焊接检测人员、焊接工程监理人员的考核应分别按有关规程的规定执行。
- 3.1.4 焊接接头质量检验工作, 应分别按有关规程的规定执行。
- 3.1.5 电力工程中的建筑钢结构的焊接要求, 应符合 GB 50661 的规定。
- 3.1.6 焊接工作应遵守国家和行业的安全、环保规定以及其他专门规定。

3.2 企业及焊接人员

3.2.1 钢结构焊接施工、监理、检修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企业资质, 具备相应的质量管理体系。
- b) 质量管理体系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, 质量管理体系应能有效运行, 确保焊接工程的质量。
- c) 指定焊接专业负责人, 负责本专业的技术及质量工作。
- d) 具备与工程规模相适应的焊接施工、检验的人力资源和装备条件。
- e) 施工和监理企业每年应组织所有焊接人员参加专业技术培训。

3.2.2 承担钢结构焊接工程时, 焊接人员应符合下列规定:

3.2.2.1 焊接技术人员应符合下列要求:

- a) 焊接技术人员应经过专业技术培训, 有不少于一年的专业技术实践。
- b) 焊接工程中的专业负责人应从事焊接工作五年以上并取得中级或以上专业技术资格。

3.2.2.2 焊工与焊机操作工

凡从事焊接工作的焊工和焊机操作工应按 DL/T 679 或有关工程、产品标准认可的焊工考试规则进行考核并取得相应的资格。

3.2.2.3 焊接热处理人员应符合下列要求:

- a) 焊接热处理操作人员应具备高中及以上文化程度, 经专门培训考核并取得相应资格。
- b) 焊接热处理技术人员应具备大专及以上学历, 经专门培训考核并取得相应资格。

3.2.2.4 焊接质量检查人员应符合下列要求:

- a) 应具有高中及以上文化程度, 具有三年及以上实践工作经验。
- b) 应经过专门技术培训取得相应的资格证书, 并具备相应的质量管理知识。

3.2.2.5 焊接检测人员应符合下列要求:

- a) 无损检测人员应按照相关规定取得国家或行业的相应技术资格。
- b) 从事金相、光谱、力学性能检测的人员, 应取得行业规定的相应资格。

3.2.2.6 焊接工程监理人员应符合下列要求:

- 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。

3.2.3 焊接人员的基本职责

3.2.3.1 焊接技术人员应符合下列要求:

- 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, 组织编制焊接工程专业技术总结。

3.2.3.2 焊工与焊机操作工应符合下列要求:

- a) 承担与其资格相适应的焊接工作。
- b) 熟悉待焊结构的特点和焊接工艺。
- c) 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。
- d) 按照本标准的要求进行质量自检, 及时填写自检记录。
- e) 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。

3.2.3.3 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。

3.2.3.4 焊接质量检查人员应符合下列要求:

- a) 配合编制焊接工程质量验收计划。
- 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) 承担焊前、焊接过程、焊后质量检查工作, 负责工程质量统计, 参与工程质量验收与评价。
- d) 掌握焊工技术状况, 检查焊工合格证件, 停止作业质量不稳定的焊工的工作。
- e) 按照规定, 建议焊工技术考核委员会吊销不合规焊工资格证书。
- f) 收集和汇总焊接质量检查资料, 整理焊接质量档案, 配合整理工程竣工技术文件并移交。

3.2.3.5 焊接检测人员应符合下列要求:

- a) 依据本标准和相关标准对指定部位和委托内容进行检测工作, 做到检验及时、结论准确、反馈及时。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。
- b) 填写、整理、签发和保管全部检测记录; 配合有关人员整理、移交专业工程竣工技术资料。

3.2.3.6 焊接工程监理人员应符合下列要求:

- a) 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。

- b) 确认施工单位焊接人员上岗证件的有效性、现场设备的符合性。
- c) 监督施工单位焊接人员的履职情况。
- d) 组织质量验收，监督不合格项的整改。
- e) 审查施工单位移交资料的完整性。

3.3 焊缝分类

3.3.1 应根据结构的载荷性质、焊缝形式、工作环境及应力状态和重要性等对焊缝进行分类。若设计技术文件或产品标准中有规定，应按其要求执行。

3.3.2 焊缝类别的分类原则如下：

- a) 焊缝在动载荷或静载荷下承受拉力、剪力，按等强度设计的对接焊缝、对接与角接组合焊缝为一类焊缝。
- b) 焊缝在动载荷或静载荷下承受压力，按等强度设计的对接焊缝、对接与角接组合焊缝为二类焊缝。
- c) 一、二类焊缝以外的其他焊缝为三类焊缝。

3.4 焊接作业指导文件

焊接工艺（作业）指导书应包含下列内容：

- a) 编制依据、产品/部件名称。
- b) 坡口形式、尺寸，加工方法及防腐要求。
- c) 焊接方法、焊接设备及焊接材料的说明。
- d) 定位焊和装配要求。
- e) 预热方法和工艺。
- f) 焊接规范。
- g) 多层焊的层数和多道焊的道数要求及作业时间的控制要求。
- h) 焊缝背面清根要求及说明。
- i) 焊接顺序和控制焊接变形的措施。
- j) 后热及焊后热处理的方法和规范。
- k) 质量检验项目和验收标准以及返修说明。

4 材料与设备

4.1 钢材

4.1.1 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。首次采用的钢材在使用前应收集焊接性资料和焊接、焊接热处理以及其他热加工方法的指导性工艺资料。

常用结构钢的分类分组见表 1。

表 1 结构钢分类分组表

钢种	类别号	组别号	钢 号 示 例	相 应 标 准
低碳钢	I	I-1	Q235、Q245R、Q255、Q275、Q275FT	GB/T 700, GB/T 711, GB/T 3274
低合金 高强度钢	II	II-1	Q345、Q345R、L360、16MnDR、 15MnNiDR、Q345FT	GB/T 1591, GB 150, GB 713, GB/T 3274, GB 3531
		II-2	Q370R、Q390、15MnNiNbDR	
		II-3	Q420、Q420FT	GB/T 1591, GB 150, GB/T 16270
		II-4	Q460、HQ60、Q460FT、18MnMoNbR	

表 1 (续)

钢种	类别号	组别号	钢 号 示 例	相 应 标 准
低合金 高强钢	II	II-5	07MnNiCrMoVDR、07MnCrMoVR、 12MnNiVR、CF62、Q500、 Q550、Q550FT、S550Q	GB/T 1591、GB 150、 GB/T 16270、GB/T 19189
		II-6	Q620、HQ70、HQ70R、14MnMoVN	
		II-7	Q690、HQ80C、Q690FT、DB685R、CF80、 14MnMoNbB、14CrMnMoVB、 12Ni3CrMoV、10Ni5CrMoV	
		II-8	Q960	GB/T 16270
不锈钢	III	III-1	06Cr13 (S41008)、06Cr13Al (S11348)、 12Cr13 (S41010)、20Cr13 (S42020)、 04Cr13Ni5Mo (S41595)	GB 150、GB/T 1220、GB/T 3280、 GB/T 4237、GB/T 24511
		III-2	06Cr19Ni10 (S30408)、022Cr19Ni10 (S30403)、 022Cr17Ni12Mo2 (S31603)、06Cr17Ni12Mo2Ti (S31668)、022Cr22Ni5Mo3N (S22253)	
		III-3	10Cr17 (S11710)、10Cr17Mo (S11790)	
不锈钢复 合钢板	IV	IV-1	06Cr13Al+Q235 (Q245R)、 06Cr13Al+Q345 (Q345R)	GB 150、GB/T 4237、 JB/T 4733、GB/T 8165
		IV-2	06Cr19Ni10+Q235 (Q245R)、 06Cr19Ni10+Q345 (Q345R)、 022Cr19Ni10+Q235 (Q245R)、 022Cr19Ni10+Q345 (Q345R)	
		IV-3	022Cr17Ni12Mo2+Q345 (Q345R)、 06Cr17Ni12Mo2Ti+Q345 (Q345R)、 022Cr22Ni5Mo3N+Q345 (Q345R)、 022Cr22Ni5Mo3N+Q390 (Q370R)	
注：钢材类别由低到高依次为 I、II、III。钢材组别由低到高依次为 1、2、3…。				

4.1.2 工程材料代用应经过设计批准。工程中使用的临时材料应符合 4.1.1 的规定，并应经过工程技术负责人的批准。

4.1.3 钢材的采购、验收、入库技术条件应符合本标准表 1 中相应标准的规定。

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

4.2 焊接材料

4.2.1 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。常用钢种选用的焊接材料见表 2。

4.2.2 同种钢焊接材料的选用应符合下列规定：

- 力学性能应与母材相当。
- 对不锈钢结构，应首先考虑熔敷金属的化学成分。
- 焊接工艺性能良好。
- 有特殊性能要求的，其性能不应低于母材相应要求。

4.2.3 异种钢焊接材料的选用应符合 DL/T 752 的规定。

4.2.4 不锈钢复合钢焊接材料的选用应符合以下原则：

- 不锈钢复合钢基层相焊，选用焊接材料应与基层母材化学成分和力学性能相当。

- b) 过渡焊缝焊接材料宜选择 Cr、Ni 含量高的双相不锈钢焊材；
 c) 复层钢材选用焊接材料应保证焊缝金属的耐腐蚀性能；
 d) 采用焊条电弧焊和埋弧焊时，焊接材料的选用参见表 3。

表 2 常用钢种推荐选用的焊接材料

钢号示例	焊条电弧焊 焊条型号	埋弧焊焊丝及 焊剂型号	CO ₂ 气保焊		自保护 (金属粉芯) 焊丝	氩弧焊 焊丝牌号
			实芯焊丝型号	药芯焊丝型号		
低碳钢	Q235、Q245R、 Q235FT、Q255、 Q275、Q275FT	E4303 E4316 E4315	F4A2-H08MnA			
低合金高强度钢	Q295、Q345、 L360、16MnDR、 15MnNiDR	E5016 E5015 E5015-G	F4A2-H08A F4A4-H08MnA F5A2-H08MnA	ER50-2 ER50-6 ER50-G ER55-G	E431T-G E501T-1 E500T-5 E501T-1L E551T-Ni1	E501T-8 E500T-7 E501T8-K6 E501T8-Ni1
	Q370R、Q390、 15MnNiNbDR、 Q420、Q420FT	E5016 E5015 E5015-G E5516-G E5515-G E5510-G E5515-G	F5A2-H10Mn2 F5A4-H10Mn2 F5A2-H10MnSi CHW-S9 焊丝： H08MnMoA F5A2-H10Mn2			H08A H08MnA H10MnSi
	CF62、WDL610D、 07MnCrMoVR、 Q460、Q500、 18MnMoNbR、 14MnMoV	E6015-G E6016-G			E551T1-Ni1 E601T1-K1 E601T1-Ni2	E501T8- Ni1E501T8- Ni2
	Q620、HQ70、 14MnMoVN、 Q690、HQ80C、 14CrMnMoVB、 10Ni5CrMoV	E6015-G E7015-G E7515-G E7515-G E8015-G	F62P4-H08Mn2MoA F69P2-EA3-A3 CHW-S10 焊丝： H10Mn2NiMoA CHW-S10 焊丝： H10Mn2NiMoA			
	HQ100、HQ130、 30CrMo、35CrMo	E8515-G E9015-G E10015-G E8518-G				
不锈钢	06Cr13、 06Cr13A1、 04Cr13Ni5Mo	E410-16 E410-15 E308-15 E316-15			H12Cr13	
	06Cr19Ni10、 022Cr19Ni10、 022Cr17Ni12Mo2、 06Cr17Ni12Mo2Ti、 022Cr22Ni5Mo3N	E308-16 E308-15 E347-16 E347-15 E308L-16 E316-15 E309-15 E309Mo-16		E308LT1-1 E309LT1-1 E309LMO1-1 E316LT1-1 E-317LT1-1 E-347LT1-1	H0Cr21Ni10 H00Cr21Ni10 H1Cr24Ni13 H0Cr24Ni13 H0Cr19Ni12Mo2 H00Cr19Ni12Mo2 H00Cr20Ni14Mo3 H0Cr20Ni10Nb	
	12Cr13、20Cr13、 10Cr17、10Cr17Mo	E430-15 E308-15 E316-15				

表3 不锈钢复合钢焊条电弧焊和埋弧焊时推荐选用的焊接材料

复合钢的组合示例	基层		过渡层		复层	
	SMAW	SAW	SMAW	SAW	SMAW	SAW
Q235 (Q245R) +06Cr13Al	E4303 E4315	F4A2-H08A	E309-16 E309-15	F308-H0Cr 21Ni10	E410-16 E410-15	F308-H0Cr 21Ni10
Q345 (Q345R) +06Cr13Al Q390 (Q370R) +06Cr13Al	E5015 E5515-G	F4A2-H08A F4A4-H08MnA F5A2-H08MnA				
Q235 (Q245R) +06Cr19Ni10 Q235 (Q245R) +022Cr19Ni10	E4303 E4315	F4A2-H08A			E347-15 E347-16	
Q345 (Q345R) +06Cr19Ni10 Q345 (Q345R) +022Cr19Ni10 Q390 (Q370R) +022Cr19Ni10	E5015 E5515-G	F4A2-H08A F4A4-H08MnA F5A2-H08MnA				
Q235 (Q245R) +022Cr17Ni12Mo2 Q235 (Q245R) +06Cr17Ni12Mo2Ti	E4315	F4A2-H08A	E309Mo-16	F308-H0Cr 21Ni10	E318-16	—
Q345 (Q345R) +022Cr17Ni12Mo2 Q345 (Q345R) +06Cr17Ni12Mo2Ti	E5015 E5515-G	F4A2-H08A F4A4-H08MnA F5A2-H08MnA				
Q345 (Q345R) +022Cr22Ni5Mo3N Q390 (Q370R) +022Cr22Ni5Mo3N	E5015 E5515-G	F4A2-H08A F4A4-H08MnA F5A2-H08MnA	E2209-16			

4.2.5 碳钢、低合金结构钢及奥氏体不锈钢所用焊条应分别符合 GB/T 5117、GB/T 5118 和 GB/T 983 等的规定。

4.2.6 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 和 GB/T 17854 的规定。

4.2.7 气体保护焊用碳钢、低合金钢焊丝应符合 GB/T 8110 规定，药芯焊丝应分别符合 GB/T 10045、GB/T 17493 的规定。

4.2.8 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的化学成分、力学性能、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。

4.2.9 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。

4.2.10 焊接材料的验收、存放、使用过程中的管理应符合 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 3 个月。如对焊接材料的质量产生怀疑，应重新做出鉴定。

4.2.11 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。碱性焊条使用时应装入温度为 80℃~110℃的专用保温筒内，随用随取。

4.2.12 焊丝在使用前应清除锈、垢、油污。

4.3 焊接用气体

4.3.1 气体保护焊使用的氩气应符合 GB/T 4842 的规定。

4.3.2 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。

4.3.3 焊接工程中使用的其他气体应符合相关标准的规定。

4.4 设备

4.4.1 焊接设备及仪表应定期检查，需要计量的设备及仪表应在有效期内使用。

4.4.2 焊接所涉及的仪器、设备、仪表在使用前应确认其与承担的焊接工作相适应。

4.4.3 焊接热处理仪器、设备、仪表应符合 DL/T 819 相关规定。

4.4.4 无损检测仪器应符合 JB/T 4730 等相关规定。

4.4.5 理化检测仪器应符合相关规定。

4.5 焊接工艺评定和焊工技术考核

4.5.1 一、二类焊缝的焊接工艺应按照 DL/T 868 的规定进行焊接工艺评定。

4.5.2 焊工技术考核应按照 DL/T 679 的规定进行, 有关材料免考原则如下:

a) 同种钢材焊接的材料免考原则如下:

- 1) 同类同组中的一种材料考核合格, 可免去同类同组中其他材料考核。
- 2) I、II-1~II-5 类组别经高组别材料考核合格, 可免去同类中低组别材料考核; 经 II 类钢材考核合格, 可免去 I 类钢材的考核。
- 3) II-6~II-8 类组别、III、IV 类钢应按组别单独考核, 同组别的其他钢材免于考核。

b) 异种钢焊接的材料免考原则如下:

- 1) 如母材中的两类材料均包括在 I、II-1~II-5 类别中, 并且对两者中高类别的材料考核合格, 则可免考。
- 2) II-6~II-8 类别、III 类钢与 I、II 类钢焊接时, 则应首先取得该接头两侧钢材的焊接资格, 再对该异种钢焊接进行考核。考核合格后, 承担该 III 类钢同组材料与其他材料组成的异种钢焊接工作时, 可不再考核。

注: 有关异种钢焊接的定义, 参见 DL/T 752 的规定。

5 坡口制备及组对要求

5.1 一般要求

5.1.1 焊缝的位置应避免应力集中区, 且便于施工。焊缝之间的距离应符合下列要求:

- a) 钢板拼接, 两平行焊缝之间的距离应不小于 500mm。
- b) 钢板卷管相邻筒节组对时, 纵缝之间的距离应不小于 300mm。
- c) 结构件组装, 任何两平行焊缝之间的距离应大于 3 倍的板厚, 且不小于 100mm。

5.1.2 搭接接头的搭接长度应不小于 5 倍的较薄板厚度, 且不小于 25mm。

5.1.3 应避免出现平面的或空间的“十字”交叉焊缝。

5.1.4 焊件组对中, 焊缝坡口局部间隙过大时, 应设法修整到规定尺寸, 不应在间隙内加填塞物。

5.1.5 焊件组对时应将待焊件垫置牢固或固定牢靠。

5.1.6 塞焊和槽焊应符合以下规定:

- a) 需要进行塞焊或槽焊的孔的最小直径或长槽孔的宽度不应小于开孔件厚度加 8mm。孔的最大直径或长槽孔的宽度不应超过最小直径加 3mm 或开孔件厚度的 2.3 倍, 取两值中之较大者。
- b) 塞焊孔中心距应不小于 4 倍孔径。
- c) 需要进行槽焊的长槽孔的长度不应超过开孔件厚度的 10 倍。长槽孔的端部应为半圆形或其角部应加工成半径不小于开孔板厚度的圆形。
- d) 相邻槽焊间距应满足: 纵轴间距不小于 4 倍槽宽或槽轴间距不小于 2 倍槽长。
- e) 塞焊缝和槽焊缝的焊缝厚度应符合以下要求:
 - 1) 在厚度不大于 16mm 的材料上作塞焊和槽焊时, 焊缝厚度等于材料的厚度。
 - 2) 在厚度大于 16mm 的材料上作塞焊和槽焊时, 焊缝厚度为材料的厚度的一半或 16mm, 取其大者。
 - 3) 任何情况下, 塞焊缝和槽焊缝的最小填充厚度都不得大于两连接部件中较薄件的厚度。
- f) 塞焊和槽焊焊接面间隙不应超过 1.6mm, 不得使用衬垫。
- g) 屈服强度大于 490MPa 的高强结构用调质钢板不应采用塞焊缝和槽焊缝。

5.2 坡口制备

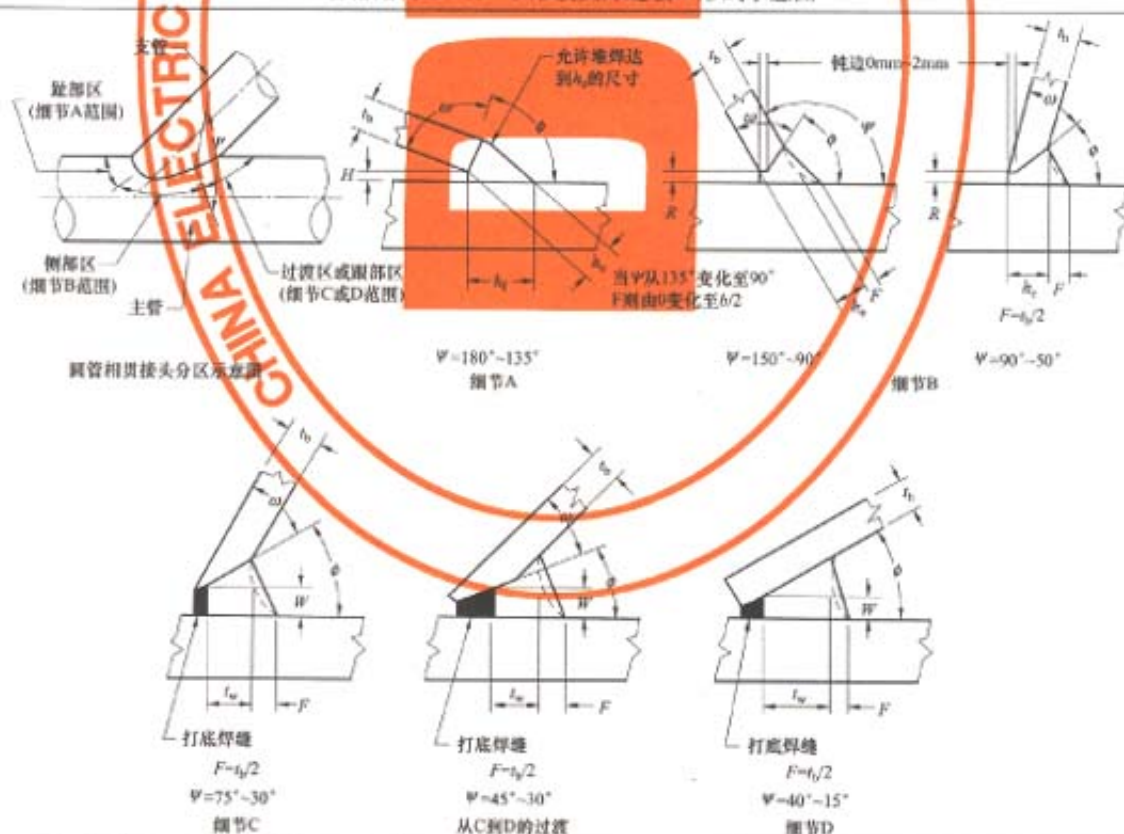
5.2.1 焊接坡口形式和尺寸的设计, 应以 GB/T 985.1、GB/T 985.2 的有关规定为依据来设计。

5.2.2 管桁结构中, T、K 和 Y 形接头的焊缝坡口形式及尺寸可按表 4 选用。当坡口角度 ϕ 小于 30° 时应进行工艺评定。

表4 管桁结构T、K、Y形接头焊缝坡口形式和尺寸

坡口尺寸		细节 A $\psi=180^{\circ} \sim 135^{\circ}$		细节 B $\psi=150^{\circ} \sim 50^{\circ}$		细节 C $\psi=75^{\circ} \sim 30^{\circ}$		细节 D $\psi=40^{\circ} \sim 15^{\circ}$	
坡口角度 ϕ	最大	90°		当 $\psi \leq 105^{\circ}$ 时 60°		40°; ψ 较大时为 60°		—	
	最小	45°		37.5°; ψ 较小时为 1/2 ψ		1/2 ψ			
支管端部 斜切角度 ω	最大	—		根据坡口角度定				—	
	最小	—		10° 或 当 $\psi > 105^{\circ}$ 时, 45°		10°		—	
根部间隙 R	最大	FCAW-S SMAW 5mm	GMAW-S FCAW-G 5mm	FCAW-S SMAW 6mm	GMAW-S FCAW-G 当 $\phi \geq 45^{\circ}$ 6mm 当 $\phi \leq 45^{\circ}$ 8mm	FCAW-S SMAW	打底焊缝宽度 W_{\max}^a	ϕ	
							3mm	25° ~ 40°	
							5mm	15° ~ 25°	
	最小	2mm; 当 $\phi > 90^{\circ}$ 不规定	2mm; 当 $\phi > 120^{\circ}$, 不规定	2mm	2mm	GMAW-S FCAW-G	3mm	30° ~ 40°	
							6mm	25° ~ 30°	
							10mm	20° ~ 25°	
						13mm	15° ~ 20°		
完工 焊缝 ^b	h_e	$\geq t_b$		当 $\psi > 90^{\circ}$ 时, $\geq t_b$		$\geq t_b / \sin \psi$ 但不超过 1.75 t_b		$\geq 2 t_b$	
	h_f	$\geq t_b / \sin \psi$ 但不需超过 1.75 t_b		当 $\psi < 90^{\circ}$ 时, $\geq t_b / \sin \psi$		可以堆焊焊缝, 以满足这一要求			

管桁结构T、K、Y形接头焊缝坡口形式示意图



注: ψ —两面角, t_b —支管壁厚, h_e —焊角尺寸, h_f —焊缝厚度, F —加强焊角尺寸 (F 最小尺寸为 $t_b/2$, 同时符合 $t_b \leq 6\text{mm}$ 时, $F \geq 3\text{mm}$; $6\text{mm} < t_b \leq 12\text{mm}$ 时, $F \geq 5\text{mm}$; $12\text{mm} < t_b \leq 20\text{mm}$ 时, $F \geq 6\text{mm}$; $t_b > 20\text{mm}$ 时, $F \geq 8\text{mm}$)。

^a 焊缝坡口的必要宽度 (W) 由打底焊缝提供。

^b 可作为焊接质量检验标准。

5.2.3 焊件下料与坡口加工应符合下列要求:

- 焊件下料与坡口制备可采用机加工、热切割(包括等离子弧、火焰)和碳弧气刨进行切割、刨槽。
- 低合金高强钢采用热加工方法(如火焰切割、等离子切割)下料,应打磨去除淬硬层。
- 高强度调质钢不宜采用火焰方法进行下料或坡口加工。

5.2.4 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:

- 淬硬倾向较大的钢材,如经过热加工方法下料,坡口加工后应经表面无损检测合格。
- 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。
- 坡口尺寸符合图纸要求。

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)的油、漆、垢、锈等清理干净,直至发出金属光泽,清理范围如下:

- 对接焊缝:坡口每侧各为 10mm~15mm。
- 角焊缝:焊脚尺寸(K 值+15)mm。
- 埋弧焊焊缝:a)或b)的清理范围+5mm。

5.3.2 焊件组对时,两待焊接件表面和背面宜齐平,如有错口,其错口值不应超过下列限值:

- 一类焊缝的局部错口值不应超过焊件厚度的 10%,且不大于 2mm。
- 二类焊缝的局部错口值不应超过焊件厚度的 15%,且不大于 3mm。
- 三类焊缝的局部错口值不应超过焊件厚度的 20%,且不大于 4mm。
- 不同厚度的焊件组对,其错口值按较薄焊件计算。

5.3.3 不同厚度焊件组对时,其厚度差应按照下列方法进行处理:

- 表面要求齐平,背面厚度不同时,可按图 1a)形式进行加工。
- 背面要求齐平,表面厚度不同时,可按图 1b)形式进行加工。
- 表面、背面和厚度均不相同,可按图 1c)形式进行加工。
- 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。

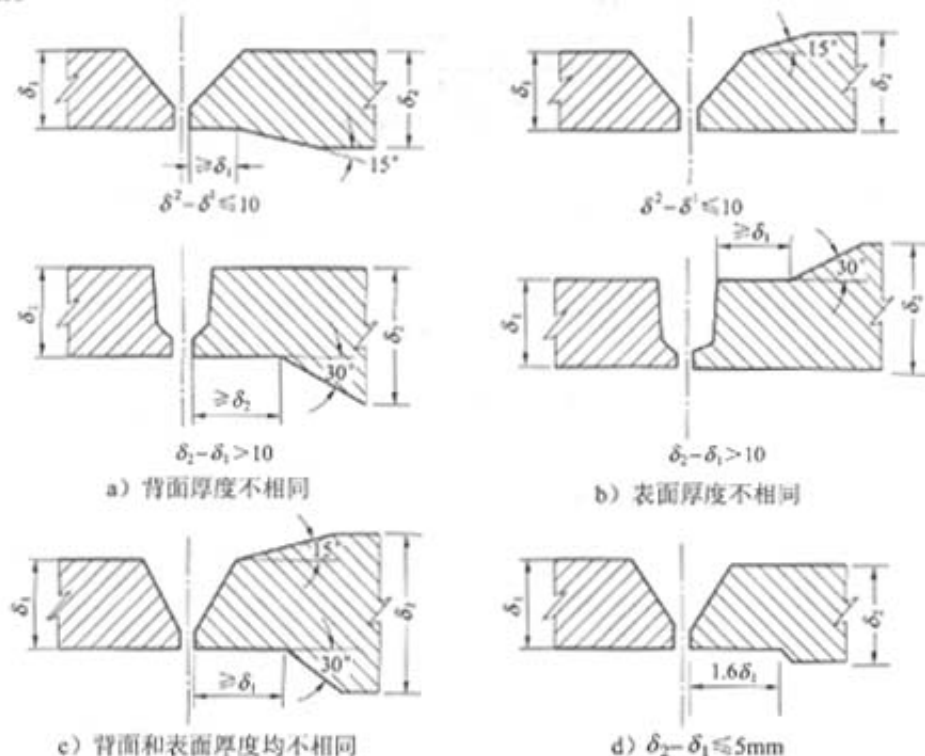


图 1 不同厚度焊件组对时的处理方法

5.4 不锈钢复合钢板的规定

5.4.1 不锈钢复合钢对接接头和角接头常用坡口形式和尺寸应符合 GB/T 985.4 的规定，推荐的常用坡口形式见附录 A，宜采用 X 形或 V-U 结合形坡口。采用 V 形或 U 形坡口时，可去除接头附近的复层金属，去除金属宽度不小于 4mm，采用埋弧焊时，去除宽度至少为 8mm。

5.4.2 不锈钢复合钢角接头，无论复层位于内侧还是外侧，均应先焊接基层。

5.4.3 复合钢板在采用等离子切割坡口时复层应朝上；用火焰切割时，复层应朝下。

6 焊接

6.1 环境要求

6.1.1 允许进行焊接操作的最低环境温度应符合以下规定：

- a) 碳素钢不得低于 -20°C 。
- b) 低合金结构钢 II-5 以下组别的钢材不得低于 -10°C 。
- c) 低合金结构钢 II-5 组及以上组别的钢材不得低于 0°C 。

注：最低环境温度可在施焊部位为中心的 1m 范围内测量。

6.1.2 当空气湿度超过 90% 时，不应进行焊接操作。

6.1.3 应采取防风措施，焊接环境风速应符合以下规定：

- a) 气体保护焊时的环境风速应不大于 2m/s 。
- b) 其他焊接方法时的环境风速应不大于 8m/s 。

6.1.4 焊接现场应该具有防潮、防雨、防雪设施。

6.2 预热及层间温度

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

6.2.2 母材应预热至不低于焊接工艺规程所要求的最低温度。

6.2.3 推荐的常用钢材施焊的预热温度见表 5。

- a) 表 5 中，不规定预热温度的钢材，当环境温度低于 0°C 时，应将母材预热到不低于 20°C ，并在焊接过程保持这一层间温度。
- b) 进口的高强钢使用前应确认含碳量，当含碳量偏高，预热温度应比同类国产材料高 20°C 以上。

6.2.4 特殊情况下的焊前预热温度的确定：

- a) 异种钢焊接时，预热温度应按高组别一侧的钢材选择。
- b) 主管与支管焊接时，预热温度应按主管选择。

6.2.5 焊接层间温度不应低于最低预热温度。如果需要中断焊接，除按工艺要求进行后热处理外，再次焊接前应预热。

6.2.6 低合金钢的层间温度不宜大于 230°C ，奥氏体不锈钢层间温度不宜大于 100°C ，高强度调质钢层间温度不宜超过 200°C 。

6.2.7 当基层和复层需要预热时，应以复合钢的总厚度作为确定预热温度的厚度参数。

表 5 常用钢材焊接预热温度推荐值

钢 材	预热温度 $^{\circ}\text{C}$			
	$\leq 20\text{mm}$	$20\text{mm} < \delta \leq 38\text{mm}$	$38\text{mm} < \delta \leq 65\text{mm}$	$\delta > 65\text{mm}$
Q235、Q295、Q245R	—	—	50	80
Q345、Q345R、16MnDR、 15MnNiDR	—	25	75	100
Q390、Q370R、Q420、 15MnNiNbDR、 18MnMoNbR、13MnNiMoR	25	75	100	125

表 5 (续)

钢 材	预热温度 ℃			
	≤20mm	20mm<δ≤38mm	38mm<δ≤65mm	δ>65mm
07MnCrMoVR、 07MnNiCrMoVDR、Q460	50	75	100	125
Q500、Q550、Q550FT、 SG690CFD、S550Q	75	100	125	150
WSD1000C、WSD1000D、 WSD1000E、HQ100、HQ130	80	100	120	150

6.3 焊接工艺

6.3.1 一般规定

6.3.1.1 不宜在被焊工件表面引燃电弧。

6.3.1.2 焊接时，管子或管道内不应有穿堂风。

6.3.2 垫板、引弧板及引出板

6.3.2.1 带钢衬垫焊缝的焊接，应保证焊缝金属与母材及衬垫熔合良好。

6.3.2.2 全自动气体保护焊的引弧板和引出板长度宜为板厚的 1.5 倍且不小于 30mm，厚度应不小于 6mm。

6.3.2.3 埋弧焊的引弧板和引出板的尺寸宜不小于 50mm×100mm，与焊件接头处应封底或垫上焊剂垫。

6.3.2.4 焊接后，应采用机械方式、碳弧气刨或气割方法去除工卡具、引弧板和引出板等。采用碳弧气刨或气割方法时应在离工件表面 3mm 以上处切除。去除后应将残留部分打磨修整，并检查表面质量。

6.3.3 定位焊

6.3.3.1 除焊工、焊接材料和焊接工艺等应与正式施焊时相同外，还应满足下列要求：

- 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，必要时应重新进行定位焊。
- 定位焊缝应有一定的强度，但其厚度不宜超过正式焊缝的三分之一，通常为 4mm~6mm。定位焊缝的长度宜为 20mm~40mm，定位焊间距以不超过 400mm 为宜。冬季施工的低合金钢，其定位焊缝的厚度可增加至 8mm，长度可为 60mm~80mm。
- 复合钢定位焊缝只允许焊在基层母材上。

6.3.3.2 定位焊缝应与最终焊缝的质量要求相同。

6.3.3.3 定位焊的预热温度应比正式焊接高 20℃。

6.3.3.4 定位焊的引弧和熄弧应在焊件坡口内完成。

6.3.4 施焊

6.3.4.1 焊接作业指导文件应按 3.4 的规定编制，并包含合理的焊接顺序以及多个焊工同时焊接一个构件的措施要求。

6.3.4.2 应根据根层焊道的支撑能力，决定焊件的支撑结构的去留。

6.3.4.3 焊道收弧时应将熔池填满。多层多道焊缝焊接时，焊工应逐层自检合格后方可焊接次层焊缝。多层多道的焊接接头应错开 30mm 以上。

6.3.4.4 可采用半径大于 4mm 的锤头对厚板焊缝中间焊层进行锤击，不应在焊缝根部、表面焊层或焊缝边的母材进行锤击。

6.3.4.5 除因工艺和检验的要求，需要分次焊接外，施焊过程应连续完成。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，应检查并确认无裂纹后，方可按照原工艺要求继续施焊。

6.3.4.6 要求全焊透的双面焊缝，应采取清根措施，非清根侧焊缝的焊接量不宜少于 3 层。清根后应

按第 5.3.1 条要求将坡口的污染物清除干净。

6.3.4.7 应对焊接工艺参数、焊接层道数、层间清理情况和层间外观质量、焊缝层间温度、预热温度、清根质量、焊接变形进行监督检查,确认满足作业指导书的要求。

6.3.4.8 焊接完毕后,焊工应将焊缝及母材表面的飞溅、熔渣等清理干净,并检查外观质量,必要时可做局部修补,但应符合 10.2 的规定。焊缝经自检合格后,焊工应打上钢印或做出永久性标识。

6.4 不锈钢复合钢的焊接

6.4.1 焊接复合钢时,宜按照基层、过渡层、复层的顺序焊接。具体焊接顺序参见附录 B。

6.4.2 基层可用 SMAW、SAW 进行焊接;复层可用 TIG、SMAW 或 GMAW 进行焊接;过渡层宜选用 SMAW 或 TIG 进行焊接。

6.4.3 焊接过渡层和复层材料时,应尽量减少焊接线能量,同时严格控制层间温度。

6.4.4 复层较薄时,应尽量减少焊接线能量,并采用比复层含 Cr 及/或 Ni 更高的焊接材料。

6.4.5 当不能按 6.4.1 规定顺序进行复层焊接时,基材焊接应用与过渡层焊接相同的奥氏体型焊接材料。钢材壁厚大于等于 25mm 时,允许用纯镍焊接材料在坡口内堆焊一层隔离层后,再采用碳钢焊条或合金钢焊条焊接基层,也可采用不锈钢堆焊法在基层坡口边缘堆焊一层高 Cr、Ni 奥氏体钢,再用一般的不锈钢焊条焊接。

7 焊后热处理

7.1 焊件的矫形

采用局部加热方法矫形时,其加热区温度应控制在 800℃ 以下,调质高强度钢、不锈钢、控轧钢不应采用加热方法进行矫形。

7.2 后热和消除应力热处理

7.2.1 一般要求

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

7.2.2 后热

7.2.2.1 对冷裂纹敏感性较大的低合金结构钢或拘束度较大的焊件,焊后应立即采取后热措施。

7.2.2.2 后热的加热宽度应为焊缝每侧 3 倍母材厚度且不小于 100mm。

7.2.2.3 后热温度一般为 250℃~350℃,保温时间与后热温度、焊缝金属厚度有关,一般不少于 30min,达到保温时间后应缓冷至常温。

7.2.2.4 焊后立即进行焊后热处理的焊件可不进行后热。

7.2.3 焊后热处理

7.2.3.1 根据母材的化学成分、焊接性、厚度和焊接接头的拘束度以及结构的使用条件、施工条件等确定是否需要焊后热处理。

7.2.3.2 高强度结构用调质钢需焊后热处理时,热处理温度应低于调质处理时的回火温度 30℃~50℃。

7.2.3.3 厚度低于 38mm 的焊件可不做焊后热处理,需要热处理时可参照表 6 的规定。焊件达到工艺规定的焊后热处理温度后,根据焊缝厚度确定恒温时间,但不得少于表 6 的规定最短恒温时间。

表 6 常用钢材焊后热处理推荐规范

钢 材	焊后热处理温度 ℃	最短恒温时间 t/h
I、II-1、II-2	580~620	1) 当板厚 $\delta \leq 50\text{mm}$ 时为: $t = \delta/25h$, 且 $t \geq 1/4h$ 2) 当板厚 $\delta > 50\text{mm}$ 时为: $t = (375 + \delta)/100h$
II-3、II-4	600~650	
II-5、II-6	600~650	

* δ 为名义厚度,具体规定可参考 DL/T 819。

7.2.3.4 如果焊后热处理温度低于规定温度时，可参考表 7 规定延长焊后热处理的恒温时间。

表 7 变通的焊后热处理延长时间

低于规定温度的温度减量 Δ ℃	30	60	90	120
降低温度后的最小保温时间/25mm h	2	4	10	20

7.2.3.5 工厂化生产的焊件宜作整体热处理。当焊件尺寸过大需要分段进炉进行焊后热处理时，其交接处的重叠长度应不小于 1500mm；或进行局部热处理时，其加热宽度应为焊缝每侧大于等于 3 倍母材厚度，且加热区以外部位应采取保温措施，使温度梯度不致影响材料的组织和性能。

7.2.3.6 工厂化炉内整体热处理应符合以下规定：

a) 焊件装炉时，炉温应低于 300℃，允许最大加热速度为：

$5600/\delta_{\max}$ (℃/h)，且不大于 220℃/h。

式中： δ_{\max} —最大板厚，mm。最小加热速度可为：50℃/h。

b) 焊件加热到规定温度后开始保温，保温时间可根据焊接热处理有关规定计算，对于碳素结构钢和低合金钢一般可根据表 6 内的壁厚计算选取。

c) 炉温在 300℃以上时，允许最大冷却速度为：

$275 \times 25/\delta_{\max}$ (℃/h)，且不大于 275℃/h。

式中： δ_{\max} —最大板厚 mm。

d) 加热期间，加热区内各部位温差，不得大于 140℃。

e) 焊件保温期间，均温区内最高与最低温差之不得大于 80℃。

7.2.3.7 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。

7.2.3.8 不锈钢复合钢的焊接接头不宜进行焊后热处理。在大厚度的复合钢的焊接中，消除残余应力的焊后热处理宜在基层焊完后未焊接复层时进行。

7.2.3.9 异种钢焊接接头的焊后热处理按照 DL/T 752 的规定执行。

8 质量检验

8.1 焊接接头外观检查

8.1.1 焊接接头的外观检查应冷却至环境温度后进行。

8.1.2 外观检查一般用目测。必要时应使用焊缝检验尺或 5 倍放大镜进行外观检查。对可经打磨消除的外观超标缺陷应作记录。

8.1.3 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，并在焊接或焊后热处理完成之后进行最终尺寸检查。

8.2 焊接接头无损检测

8.2.1 淬硬倾向较大钢材的焊接接头的验收应以焊接完工后至少 48h 后所做的检查结果为依据。

8.2.2 焊接接头无损检测的方法、技术条件和质量分级应根据部件类型特征，分别按 DL/T 330、DL/T 541、DL/T 542、DL/T 820、DL/T 821、GB/T 3323、GB/T 11345、JB/T 4730 的规定执行。

8.2.3 采用一种检测方法无法确认检验结果时，可采用其他方法进行补充确认。

8.2.4 无损检测的结果若有不合格时，应对该焊工当日的同一批焊接接头中按不合格焊接接头数加倍检验。

8.2.5 对修复后的焊接接头应 100% 进行无损检测。

8.3 焊缝金属光谱分析

8.3.1 如对焊缝金属进行光谱分析，分析后应磨去弧光灼烧点。

8.3.2 材质不符的焊缝应判定为不合格焊缝。

9 质量标准

9.1 焊缝外观检查质量标准

9.1.1 焊缝边缘应圆滑过渡到母材, 外观质量应符合表 8 的规定。

9.1.2 图纸未作规定时,管桁结构的 T、K、Y 形接头的角焊缝焊脚尺寸 h_f 按表 9 执行,其他角焊缝焊脚尺寸按较薄板厚度选用。表 9 不适用于支管/杆倾角 ϕ 小于 30° 或支/主管直径比 d/D 不大于 $1/3$ 的情况。方管时 d/D 不大于 0.8 应进行工艺评定。

9.1.3 焊脚尺寸允许偏差:对接与角接组合焊缝,加强角焊缝 h_f 不应小于 $t/4$ 且不应大于10mm,其允许偏差应为0mm~4mm。角焊缝及部分焊透的角接与对接组合焊缝焊脚尺寸允许偏差应符合表10的规定。

9.1.4 焊接接头错边允许偏差应符合表 11 的规定。

9.1.5 焊接接头的角变形应符合下列规定:

- a) 没有装配要求的板件的焊接角变形应不大于 3° ;
- b) 钢管纵缝焊接后, 检查纵缝处的弧度, 与样板间的间隙应不大于 4mm;
- c) 角焊缝的变形及其结构的焊接变形应符合设计文件和焊接工艺规程的要求。

表 8 焊缝外观检验验收标准

项 目		焊缝等级及相应缺陷允许偏差 mm		
焊缝质量等级		一类	二类	三类
外观缺陷	焊瘤、裂纹 (弧坑裂纹)、 未熔合、烧穿	不允许		
	表面气孔	不允许		单个气孔的最大直径 $\leq 0.3a$ (s), 且 ≤ 2
	未焊透	不允许		$\leq 0.2\delta$, 且 ≤ 2 ; 累计长度 小于焊缝长度的 25%
	根部凹陷	$\leq 0.05t$, 且 ≤ 0.05	$\leq 0.1t$, 且 ≤ 1	$\leq 0.2t$, 且 ≤ 2
		累计长度小于焊缝长度的 25%		
	咬边	$\leq 0.5t$, 且 ≤ 0.5	$\leq 0.1t$, 且 ≤ 0.5	$\leq 0.2t$, 且 ≤ 1
	未焊满	$\leq 0.05t$, 且 ≤ 0.05	$\leq 0.1t$, 且 ≤ 1	$\leq 0.25t$, 且 ≤ 2
		累计长度小于焊缝长度的 25%		
	电弧擦伤	不允许		母材性能未受影响时, 允许
	焊脚不对称	$\leq 1.5+0.15\delta$	$\leq 2+0.15\delta$	$\leq 2+0.2\delta$
对接焊缝余高	$\leq 1+0.1\delta$, 且 ≤ 5	$\leq 1+0.15\delta$, 且 ≤ 7	$\leq 1+0.25\delta$, 且 ≤ 10	
凸度过大 (角焊缝)	$\leq 1+0.25b$, 且 ≤ 3	$\leq 1+0.25b$, 且 ≤ 4	$\leq 1+0.25b$, 且 ≤ 5	

注: a (s) 一角 (对接) 焊缝的名义厚度; t —壁厚; δ —焊缝的有效厚度; b —焊缝宽度。

表9 管桁结构的T、K、Y形接头的角焊缝焊脚尺寸

项目	最小焊脚尺寸 h_f mm		
	$E=0.7t$	$E=t$	$E=1.07t$
根部 $<60^\circ$	$1.5t$	$1.5t$	$1.5t$ 或 $1.4t+Z$ 之较大值
侧面 $\leq 100^\circ$	t	$1.4t$	$1.5t$
侧面 $100^\circ \sim 110^\circ$	$1.1t$	$1.6t$	$1.75t$
侧面 $110^\circ \sim 120^\circ$	$1.2t$	$1.8t$	$2.0t$
趾部 $>120^\circ$	t 斜面	$1.4t$ 斜面	整个斜面 $60^\circ \sim 90^\circ$ 坡口

示意图

注1: t —较薄管或板的截面厚度。
 注2: h_f —最小焊脚尺寸。
 注3: 根部间隙可为 $0 \sim 5\text{mm}$ 。

表10 焊缝焊脚尺寸允许偏差

项目	示意图	焊脚尺寸允许偏差 C mm	
角焊缝及部分焊透的角接与对接组合焊缝		设计值 $h_f \leq 6$ 时, $0 \sim 1.5$	设计值 $h_f > 6$ 时, $0 \sim 3.0$

表11 焊接接头的错边偏差验收标准

项目	图例	焊缝质量等级及偏差限制 d mm		
		一类	二类	三类
错边		$d \leq 0.1t$, 且 ≤ 2	$d \leq 0.15t$, 且 ≤ 3	$d \leq 0.2t$, 且 ≤ 4

9.2 焊接接头的无损检测质量标准

9.2.1 焊接接头表面检测宜选用 MT 或 PT，铁磁性材料应优选 MT。检验部位和比例按照设计要求选定。MT 应按 JB/T 4730.4 规定进行检测，PT 应按 JB/T 4730.5 规定进行检测，一类焊缝 II 级合格，二类焊缝 III 级合格。

9.2.2 要求全焊透的焊缝，宜采用超声波检测方法检测其内部缺陷，抽检比例及质量标准按表 12 执行。当采用 RT 或 TOFD 做补充检查时，其检测方法、抽检比例及质量标准按表 13 执行。

表 12 焊缝内部质量的检验方法、比例及标准

焊缝类别	检测方法	抽检比例	质量标准
一类	UT	100%	JB/T 4730 B I 级、GB 11345 B I 级
二类	UT	30%	JB/T 4730 B II 级、GB/T 11345 B II 级
三类	UT	协商执行	按二类焊缝执行

注：UT—脉冲反射法超声波检测。

表 13 焊缝内部质量补充检查的检验方法、比例及标准

焊缝类别	检测方法	抽检比例	质量标准
一类	RT 或 TOFD*	20%，且 $\geq 300\text{mm}$	JB/T 4730 B II 级 GB/T 3323 B II 级、DL/T 330（一类）
二类	RT 或 TOFD*	10%，且 $\geq 300\text{mm}$	GB/T 3323 B III 级、DL/T 330（二类）

* RT—射线检测；TOFD—衍射时差法超声检测。

9.2.3 不要求焊透的一、二类组合焊缝，无损检测可参照 DL/T 541、DL/T 542 标准执行，也可参照 GB/T 11345 标准进行超声波检测。

9.2.4 无损检测发现有超标缺陷时，应在其延伸方向或可疑部位作补充检测。如补充检测仍不合格，应对该焊工在该条焊缝上所有的焊接部位进行检测。

9.2.5 技术文件要求检验焊缝的致密性时，试验方法按 GB150.4 的规定进行。

10 不合格焊接接头处理

10.1 对气孔、夹渣、焊瘤或余高过大等表面缺陷，应先打磨消除，必要时进行补焊。

10.2 对根部凹陷、弧坑、焊缝尺寸不足、咬边等缺陷，应进行补焊。

10.3 对裂纹、未熔合等内部缺陷，应按以下规定进行处理：

- 先清除这些缺陷，必要时用 PT 或 MT 方法进行检验。
- 清除长度应比缺陷范围两端各长 50mm。
- 对于厚大部件的裂纹类缺陷，在清除前，应采取措施防止裂纹继续扩展。
- 按拟定的焊接修复工艺进行补焊。

10.4 清除缺陷时，应采用碳弧气刨、砂轮或其他机械方法打磨清除。缺陷清除后，坡口底部应圆滑过渡，满足焊接修补的要求。采用碳弧气刨应磨去渗碳层。

10.5 修复前，应先拟定焊接修复工艺，并得到评定和验证。

10.6 焊缝同一位置返修次数不应超过三次，应将返修情况存入产品质量档案。

10.7 打磨已完成的返修焊缝，形成光滑的焊缝并与邻近的母材表面平齐。

10.8 返修或返工的焊缝应按原方法检测，并且使用同样的技术和质量判据。

10.9 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。

11 焊接技术文件

焊接工程技术资料应及时收集、汇总并存档备查。资料应完整、准确、可追踪。焊接工程主要技术资料包括：

- a) 焊接工艺评定报告及焊接工艺规程。
- b) 焊工资质（复印件）。
- c) 母材及焊接材料的质量保证书及复验报告。
- d) 焊接施工检查记录及报告。
- e) 焊接热处理记录及报告。
- f) 焊接最终检验记录及报告。
- g) 返修记录。
- h) 重大焊接技术问题处理意见。
- i) 材料变更和代用见证资料。
- j) 焊接工程技术总结和质量评价报告。

附录 A

(规范性附录)

不锈钢复合钢焊接常用坡口形式和尺寸

不锈钢复合钢对接接头常用坡口形式和尺寸见表 A.1。

表 A.1 不锈钢复合钢对接接头常用坡口形式和尺寸

坡 口	简 图	尺 寸
V 形		$\delta = 4 \sim 6$ $P = 2$ $C = 2$ $\alpha = 70^\circ$
倒 V 形		$\delta = 8 \sim 12$ $P = 2$ $C = 2$ $\beta = 60^\circ$
X 形		$\delta = 14 \sim 25$ $P = 2$ $C = 2$ $h = 8$ $\alpha = 60^\circ$ $\beta = 60^\circ$
U-V 形		$\delta = 26 \sim 32$ $P = 2$ $C = 2$ $h = 8$ $R = 6$ $\alpha = 15^\circ$ $\beta = 60^\circ$
U-V 结合形		$\delta_1 = 100$ $\delta_2 = 15$ $C = 2$ $\alpha = 15^\circ$ $\beta = 20^\circ$

不锈钢复合钢角接头坡口形式见图 A.1。

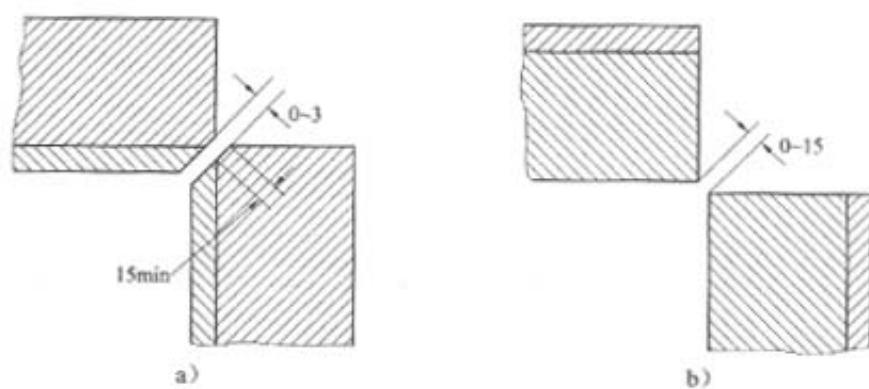


图 A.1 不锈钢复合钢角接头坡口形式

附录 B

(资料性附录)

不锈钢复合钢典型的焊接顺序

不锈钢复合钢典型的焊接顺序见图 B.1 和图 B.2。

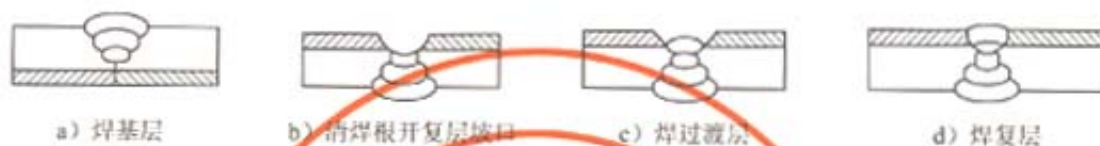


图 B.1 V 形坡口的焊接顺序

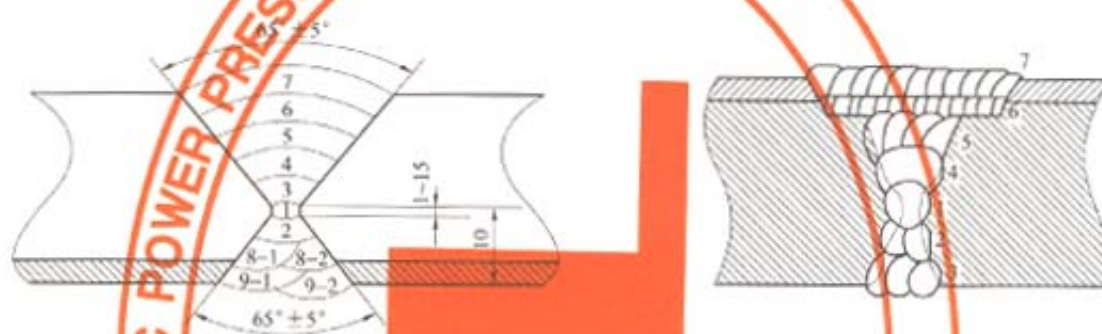


图 B.2 X 形坡口的焊接顺序

中 华 人 民 共 和 国
电 力 行 业 标 准
电力钢结构焊接通用技术条件
DL/T 678—2013
代替 DL/T 678—1999

*

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>)
北京九天众诚印刷有限公司印刷

*

2013年8月第一版 2013年8月北京第一次印刷
880毫米×1230毫米 16开本 1.75印张 45千字
印数 0001—3000册

*

统一书号 155123·1604 定价 15.00元

敬告读者

本书封底贴有防伪标签，刮开涂层可查询真伪
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



155123.1604

上架建议：规程规范/
动力工程

