

电力建设施工及验收技术规范
火力发电厂焊接篇
The Code of Erection and Acceptance for power
Plant Construction Welding Section
DL 5007—92

主编部门:能源电站焊接标准技术委员会
批准部门:中华人民共和国能源部
施行日期:1992 年 9 月 1 日

中华人民共和国能源部
关于颁发《电力建设施工及验收技术规范
(火力发电厂焊接篇)》电力行业
标准的通知
能源基 [1991] 1015 号

为了适应电力工业焊接技术的发展,保证火力发电厂的安装质量,我部对 1982 年颁发的《电力建设施工及验收技术规范(火力发电厂焊接篇)SDJ 51—82》进行了修订,其编号为 DL 5007—92,自 1992 年 9 月 1 日起执行,原规范同时废止。各单位在执行中有什么问题请告我部基建司和主编单位。

一九九一年十二月三十一日

1 总 则

- 1.0.1 本规范适用于能源工业电力系统设计、制造、安装和检修 600 MW 及以下火力发电设备的锅炉、承压管道、压力容器和钢结构的焊接工作。
- 1.0.2 本规范适用于碳素钢(含碳量 $\leq 0.35\%$)、普通低合金钢和耐热钢的手工电弧焊、手工钨极氩弧焊、氧-乙炔焊和埋弧自动焊等焊接方法。对其他材料和焊接方法,可参照本规范和有关标准制定技术要求。
- 1.0.3 引进国外火力发电机组的施工和验收工作,除建造合同中另有具体规定的部分外,应按本规范的规定执行。
- 1.0.4 焊缝质量检验根据部件工况条件和对质量要求分类进行评定。
- 1.0.5 金属材料检验、设备焊口检查、通球试验、焊接工艺评定、焊接接头质量检验、焊接人员考核等工作,应分别按有关规程的规定进行。
- 1.0.6 焊接工作(焊接、热处理和金属检验)必须遵守安全、环保、防火等规程的有关规定。

2 焊 接 人 员

- 2.0.1 焊接人员包括焊接技术人员、焊接质量检查人员、焊接检验人员、焊工及焊接热处理人员。
- 2.0.2 各企业应设置焊接专业技术负责人和专职焊接质量检查人员。
 - 2.0.2.1 焊接专业技术负责人应由有一定专业技术水平和较丰富实践经验的工程师(或技师)及以上职务的焊接技术人员担任,全面负责工程焊接技术和质量管理以及焊接人员资格审核等工作。
 - 2.0.2.2 企业及其主管部门应经常组织对焊接人员的专业技术培训,不断提高他们的技术水平、专业理论水平和管理水平。
- 2.0.3 对焊接人员的基本要求和工作内容。

2.0.3.1 焊接技术人员

(1)首次从事焊接专业技术管理工作的技术人员,应经过一年以上生产实践和系统培训,经考核取得相应资格后方可担任。

(2)掌握工程概况,认真执行本规范,结合实际情况编制焊接施工组织设计和拟订技术措施,制定焊工培训方案,参与焊工技术考核委员会和焊工技术考核工作及焊接材料管理的检查工作。

(3)根据技术措施向有关人员进行技术交底,深入实际进行技术指导和监督。

(4)组织焊接工艺评定,编制焊接作业指导书。

(5)参与重要管道和部件的质量验收工作。

(6)记录、检查和整理焊接资料及工程竣工技术文件的移交和技术总结工作。

2.0.3.2 焊接质量检查人员

(1)从事焊接质量检查的人员应具有初中及以上的文化程度,具有一定实践经验和技术水平,且经过专业考核取得资格证书。

(2)焊接质量检查人员负责焊接质量验收项目的编制,检查文件的签发,焊接工程检查、监督和验收评定工作。

(3)参与技术措施的审定工作,经常深入实际监督技术措施的实施,对违章操作应及时制止并报告有关部门。

(4)注重质量监督资料的积累和总结,配合有关人员做好工程竣工资料的移交工作。

(5)确定受检焊缝,认真记录,督促有关部门做好质量检验工作。

(6)检查焊工合格证件,掌握其技术状况,对焊接质量经常不合格者有权停止其焊接工作,并建议焊工技术考核委员会吊销其合格证书。

2.0.3.3 焊接检验人员

(1)检验人员经专业技术培训和考核合格取得相应专业资格证书后,方可担任相应的焊接检验工作。

(2)焊缝质量无损检验工作应按本规范和有关规程进行,检验结果的评定工作,必须由级及以上人员担任。

(3)根据焊接质量检查人员所确定的受检部位进行检验,做到检验及时、结论准确、及时反馈。

(4)焊接检验人员应认真填发、整理和保管全部检验记录。

(5)对外观不合格的焊口,应拒绝无损探伤检验。

2.0.3.4 焊工

(1)必须经过焊接基本知识和实际操作技能的培训,并按 SD 263—88《焊工技术考核规程》考核,取得焊工合格证书。

(2)凡担任下述各项部件焊接的焊工,必须经相应项目技术考核合格。

a.承压钢结构:锅炉钢架(主立柱、主横梁)、起重设备结构、主厂房屋架。

b.锅炉受热面管子。

c.工作压力大于 0.1 MPa 的压力容器及管道。

d.储存易燃、易爆介质(气体、液体)的容器及其输送管道。

e.在受监承压部件上焊接非承压件。

f.高速转动部件的焊接件。

(3)应有良好的工艺作风,严格按照给定的焊接工艺和焊接技术措施进行施焊,严格遵守本规范和企业制定的焊接工艺细则,并认真实行质量自检。

(4)焊工在施焊前应认真熟悉作业指导书,凡遇与作业指导书要求不符时,焊工应拒绝

施焊。当出现重大质量问题时，报告有关人员，不得自行处理。

(5)合格焊工中断受监部件焊接工作六个月以上者，再次担任受监部件焊接工作时，必须重新考核。

(6)合格焊工不得担任超越其合格项目的焊接工作。

2.0.3.5 焊接热处理人员

(1)焊接热处理工必须经过专业培训并考核取得资格证书。

(2)应遵守本规范及焊接技术措施、焊接作业指导书中有关热处理部分的规定，做到操作无误、记录准确。

(3)热处理后必须进行自检，并积累和整理热处理资料。

3 钢材及焊接材料

3.0.1 焊接前必须查明所焊材料的钢号，以便正确地选用相应的焊接材料和确定合适的焊接工艺和热处理工艺。

3.0.2 钢材必须符合国家标准(或部颁标准、专业技术条件)，进口钢材符合该国国家标准或合同规定的技术条件。

电厂常用钢材的化学成分 机械性能和参考数据见附录 A。

3.0.3 焊接材料 [焊条、焊丝、钨棒、氩气、氧气、乙炔气(电石)和焊剂] 的质量应符合国家标准(或有关标准)。

电厂常用焊条、焊丝的化学成分和机械性能见附录 B 和附录 C。

3.0.4 钢材、焊条、焊丝等均应有制造厂的质量合格证。凡无质量合格证或对其质量有怀疑时，应按批号抽查试验，合格者方可使用。

3.0.5 焊条、焊丝的选用，应根据母材的化学成分、机械性能和焊接接头的抗裂性、碳扩散、焊前预热、焊后热处理以及使用条件等综合考虑。

3.0.5.1 同种钢材焊接时，焊条(焊丝)的选用，一般应符合下列要求：

(1)焊缝金属性能和化学成分与母材相当。

(2)工艺性能良好。

3.0.5.2 异种钢材焊接时，焊条(焊丝)的选用，一般应符合下列要求：

(1)两侧钢材均非奥氏体不锈钢时，可选用成份介于两者之间或与合金含量低的一侧相配的焊条(焊丝)。

(2)两侧之一为奥氏体不锈钢时，可选用含镍量较高的不锈钢焊条(焊丝)。

焊接异种钢的焊条(焊丝)及焊后热处理温度推荐值见附录 E。

3.0.6 钨极氩弧焊用的电极，宜采用钨钨棒，所用氩气纯度不低于 99.95%。

3.0.7 氧-乙炔焊所用氧气纯度应在 98.5%以上。乙炔气纯度应符合 GB 6819—86《溶解乙炔》的规定。如以电石制备乙炔气，电石应有出厂证明书，其质量可采用检查焊缝金属中硫、磷含量(按被焊金属标准)的方法来确定；用于焊接的乙炔气，应进行过滤。未经检查或杂质含量超过标准的电石，不得用于受监部件的焊接。

3.0.8 埋弧自动焊用的焊剂应符合有关标准要求，常用埋弧焊焊剂简明表见附录 D。

4 焊 前 准 备

4.0.1 焊口的位置应避开应力集中区且便于施焊及热处理，一般应符合下列要求：

4.0.1.1 锅炉受热面管子焊口，其中心线距离管子弯曲起点或汽包、联箱外壁以及支吊架边缘至少 70 mm，两个对接焊口间距离不得小于 150 mm。

4.0.1.2 管道对接焊口，其中心线距离管子弯曲起点不小于管子外径，且不小于 100mm(焊接、锻制、铸造成型管件除外)，距支吊架边缘至少 50 mm，两个对接焊口 间距离不得小于管子直径，且不得少于 150 mm。

4.0.1.3 管接头和仪表插座一般不可设置在焊缝或热影响区内。

4.0.1.4 筒体的对接焊口，其中心线距离封头弯曲起点不小于壁厚加 15mm，且不小于 25mm 和不大 于 50mm。

4.0.1.5 带有纵向焊缝的筒体和封头，相邻两纵向焊缝的距离应大于壁厚的 3 倍，且不小于 100 mm。

4.0.1.6 焊接管的管孔应尽量避免开在焊缝上，并避免管孔焊缝与相邻焊缝的热影响区相重合，如必须在焊缝上及附近开孔时，应满足以下条件：

(1)管孔两侧大于孔径且不小于 60mm 范围内的焊缝应按第 8.0.2 条的要求，经无损探伤检验合格。

(2)孔边不在焊缝缺陷上。

(3)管接头需经焊后热处理消除应力。

4.0.1.7 搭接焊缝的搭接尺寸应不小于 5 倍母材厚度，且不小于 30mm。

4.0.2 管子、管道、压力容器和钢结构的坡口形式应按设计图纸规定加工。如无规定时，坡口的型式和尺寸应按能保证焊接质量、填充金属量少、改善劳动条件、便于操作、减少焊接应力和变形、适应探伤要求等原则选用。

焊接接头基本形式及尺寸见表 4.0.2。

4.0.3 焊件下料与坡口加工按下列要求进行：

4.0.3.1 焊件下料采用机械方法为宜，对淬硬倾向较大的合金钢材，公称直径小于 100 mm 的管子和公称直径大于 100mm、工作压力大于 3.9MPa 的汽水管道，尤应以机械方法加工。

4.0.3.2 如用热加工法(如气割)下料，切口部分应留有加工余量，以除去淬硬层及过热金属。

对淬硬倾向较大的合金钢材用热加工法下料后，切口部分应先进行退火处理再行加工。

4.0.3.3 坡口的制备应以机械加工的方法进行。如使用火焰切割切制坡口，则应将割口表面的氧化物、熔渣及飞溅物按第 4.0.5 条的要求清理干净，并将不平处修理平整。

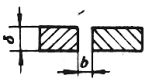
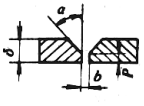
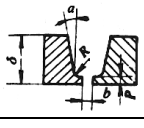
4.0.4 焊件经下料及坡口加工后按下列要求进行检查，合格后方可进行组对。

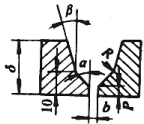
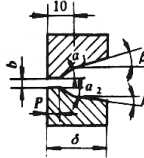
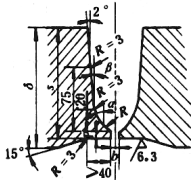
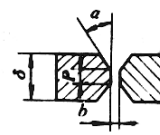
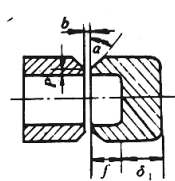
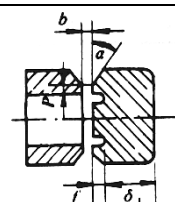
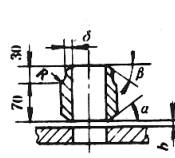
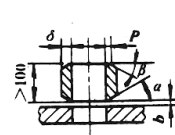
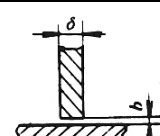
(1)淬硬性较大的钢材如使用火焰切割下料坡口，加工后要经表面探伤检验合格。

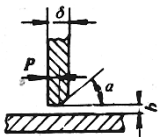
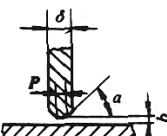
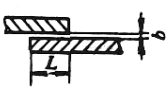
(2)坡口处母材无裂纹、重皮、坡口损伤及毛刺等缺陷。

(3)坡口加工尺寸符合图样要求。

表 4.0.2 焊接接头基本形式及尺寸

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		气 焊 电 焊 埋弧焊	< 3 ≤ 3 8 ~ 16	—	—	1 ~ 2 1 ~ 2 0 ~ 1	—	—	容器 和一般 钢结构
2		V 形		气 焊 电弧焊 埋弧焊	≤ 6 ≤ 16 > 16 ~ 20	$30^\circ \sim 35^\circ$	—	1 ~ 3 1 ~ 3 0 ~ 1	0.5 ~ 2 1 ~ 2 7	—	各类 承压管子，压力容器和中、薄件承重结构
3		U 形		电弧焊	≤ 60	$10^\circ \sim 15^\circ$	—	2 ~ 3	2	5	中、厚壁汽水管道

4		双 V 形	水平管		电弧焊	$> 16 \sim 60$	$30^{\circ} \sim 40^{\circ}$	$8^{\circ} \sim 12^{\circ}$	2 ~ 5	1 ~ 2	5	中、厚壁汽水管道
5		双 V 形	垂直管		电弧焊	$> 16 \sim 60$	$\alpha_1 = 35^{\circ} \sim 40^{\circ}$ $\alpha_2 = 20^{\circ} \sim 25^{\circ}$	$\beta_1 = 15^{\circ} \sim 20^{\circ}$ $\beta_2 = 5^{\circ} \sim 10^{\circ}$	1 ~ 4	1 ~ 2	5	中、厚壁汽水管道
6		综合形			电弧焊	> 60	$20^{\circ} \sim 25^{\circ}$	5°	2 ~ 3	2	5	厚壁汽水管道
7		X 形			电弧焊埋弧焊	> 16 > 20	$30^{\circ} \sim 35^{\circ}$	—	2 ~ 3 0 ~ 1	2 ~ 4 7	—	双面焊接的大型容器和结构
8		封头			电弧焊	管径不限	同厚壁管坡口加工要求					汽水管道或联箱封头
9		堵头			电弧焊	直径 $\varphi \geq 273$	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			电弧焊	管径 $\varphi \leq 76$	$50^{\circ} \sim 60^{\circ}$	$30^{\circ} \sim 35^{\circ}$	2 ~ 3	1 ~ 2	按壁厚差取	汽水、仪表取样等接管座
11					电弧焊	管径 φ 76 ~ 133	$50^{\circ} \sim 60^{\circ}$	$30^{\circ} \sim 35^{\circ}$	2 ~ 3	1 ~ 2	—	一般汽水管道或容器的接管座或接头
12		无坡口			电弧焊埋弧焊	≤ 20 > 8	—	—	0 ~ 2	—	—	不要全焊透的结构

13		单 V 型		电弧焊 埋弧焊	> 20	50° ~ 60°	—	0 ~ 2	$\leq \frac{2}{3} \delta$	—	不要求焊透的结构
				电弧焊 埋弧焊	≤ 20	50° ~ 60°	—	1 ~ 2	1 ~ 2	—	要求焊透的结构
14		K 形		电弧焊 埋弧焊	> 20	50° ~ 60°	—	1 ~ 2	1 ~ 2	—	要求焊透的大型结构
15	搭接			气焊 电弧焊 埋弧焊	≤ 4 ≥ 4 > 8	—	—	0 ~ 1	—	—	容器和结构

注：钨极氩弧焊与电弧焊的焊口结构尺寸相同。
壁厚小于或等于 6mm 的受热面管子也可只用氩弧焊打底与盖面。
壁厚大于 6mm 的管子可用氩弧焊打底，电焊盖面。
封头的 δ_1 值按设计规定； f 值可按设计规定，且不小于 20mm。
搭接尺寸 $L=5\delta$ ，且不小于 30mm。

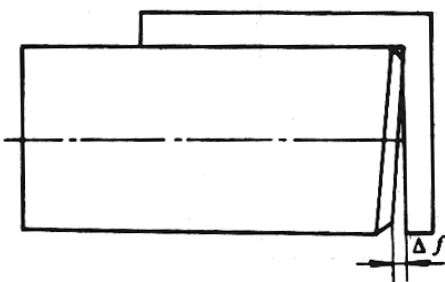
(4)在第 4.0.5 条规定的清理范围内无裂纹、夹层等缺陷。

4.0.5 焊件在组装前应将焊口表面及附近母材内、外壁的油、漆、垢、锈等清理干净，直至发出金属光泽。清理范围规定如下：

- (1)手工电弧焊对接焊口：每侧各为 10 ~ 15mm。
- (2)埋弧焊接焊口：每侧各为 20mm。
- (3)角接接头焊口：焊脚 K 值为+10mm。

4.0.6 对接管口端面应与管子中心线垂直。其偏斜度 Δf 不得超过表 4.0.6 的规定。

表 4.0.6 管子端面与管中心线的偏斜度要求

图 例	管子外径 mm	Δf mm
	≤ 60	0.5
	> 60 ~ 159	1
	> 159 ~ 219	1.5
	> 219	2

4.0.7 焊件对口时一般应做到内壁齐平，如有错口，其错口值应符合下列要求：

4.0.7.1 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。

4.0.7.2 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。

4.0.8 不同厚度焊件对口时，其厚度差可按下列方法处理：

- (1)内壁尺寸不相等而外壁齐平时，可加工成图 4.0.8(a)的形式。
- (2)外壁尺寸不相等而内壁齐平时，可加工成图 4.0.8(b)的形式。
- (3)内外壁尺寸均不相等时，可加工成图 4.0.8(c)的形式。

(4)内壁尺寸不相等，厚度差小于或等于 5mm 时，在不影响焊件强度的条件下可加工成图 4.0.8(d)的形式。

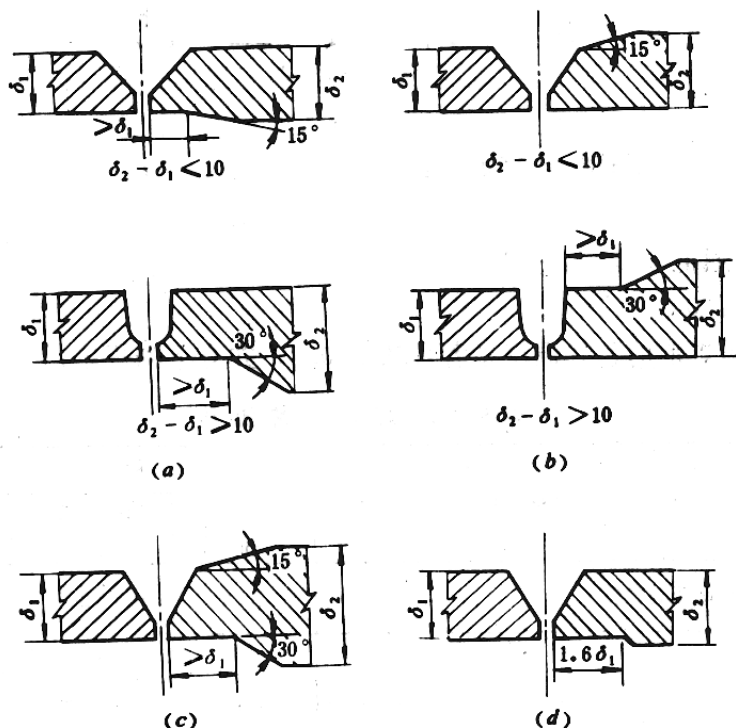


图 4.0.8 不同厚度对口时的处理方法

(a)内壁尺寸不相等；(b)外壁尺寸不相等；

(c)内外壁尺寸均不相等；(d) $\delta_2 - \delta_1 \leq 5$ mm

4.0.9 焊口的局部间隙过大时，应设法修整到规定尺寸，严禁在间隙内加填塞物。

4.0.10 焊条、焊丝和焊剂应存放于干燥、通风良好、温度大于 5℃，且相对空气湿度小于 60% 的库房内。

焊条、焊剂使用前应按其说明书要求进行烘焙，重复烘焙不得超过两次。焊丝使用前应清除锈垢和油污，至露出金属光泽。

焊接重要部件的焊条，使用时应装入温度保持在 100 ~ 150℃ 的专用保温箱筒内，随用随取。

存放一年以上的焊条用于重要部件焊接时，如对其质量发生怀疑，应重新做出鉴定，符合要求后方准使用。

4.0.11 焊接组装时应将待焊工件垫置牢固，以防止在焊接和热处理过程中产生变形和附加应力。

4.0.12 除设计规定的冷拉口外，其余焊口应禁止用强力对口，更不允许利用热膨胀法对口，以防引起附加应力。

4.0.13 焊接场所应采取防风、防雨、防雪、防寒等措施。

4.0.14 焊接施工过程包括对口装配、施焊、热处理和检验等四个重要工序。本道工序符合要求后方准进行下道工序，否则禁止下道工序施工。

4.0.15 合格焊工在施焊锅炉受热面管子前，应进行与实际条件相适应的模拟练习，并经折断面检查符合要求后方可正式焊接。

5 焊接工艺

5.0.1 焊接时允许的最低环境温度如下：

碳素钢：-20 。
低合金钢、普通低合金钢：-10 。
中、高合金钢：0 。

5.0.2 各种钢材施焊前的预热温度推荐如表 5.0.2，并有下列规定：

表 5.0.2 焊 前 预 热 温 度

钢 种 (钢号)	管 材		板 材	
	壁 厚 mm	预热温 度	厚 度 mm	预热温 度
含碳量 ≤ 0.35%的碳素钢及其铸件	≥ 26	100 ~ 200	≥ 34	100 ~ 150
C-Mn(16Mn)	≥ 15	150 ~ 200	≥ 30	
Mn-V(15MnV)			≥ 28	
$\frac{1}{2}\text{Cr} - \frac{1}{2}\text{Mo}(12\text{CrMo})$	—	—	≥ 15	150 ~ 200
$1\text{Cr} - \frac{1}{2}\text{Mo}(15\text{CrMo}、\text{ZG20CrMo})$	≥ 10	150 ~ 250		
$1\frac{1}{2}\text{Mn} - \frac{1}{2}\text{Mo} - \text{V}(14\text{MnMoV}、18\text{MnMo} - \text{Nb})$	—	—		
$1\text{Cr} - \frac{1}{2}\text{Mo} - \text{V}(12\text{Cr1MoV}、\text{G20CrMo})$	—	200 ~ 300	—	—
$1\frac{1}{2}\text{Cr} - 1\text{Mo} - \text{V}(15\text{Cr1Mo1V}、\text{G15Cr1Mo1V})$	≥ 6	250 ~ 350		
$2\text{Cr} - \frac{1}{2}\text{Mo} - \text{VW}(12\text{Cr2MoWV})$				
$1\frac{3}{4}\text{Cr} - \frac{1}{2}\text{Mo} - \text{V}$				
$2\frac{1}{4}\text{Cr} - 1\text{Mo} - (12\text{Cr2Mo})$				
$3\text{Cr} - 1\text{Mo} - \text{VTi}(12\text{Cr2MoVSiTiB})$				
9Cr-1Mo	—	300 ~ 400	—	—
12Cr-1Mo-V				

注： 当采用钨极氩弧焊打底时，可按下限温度降低 50 。
当管子外径大于 219 mm 或壁厚大于 20mm(含 20mm)时，应采用电加热法预热。

- 5.0.2.1 根据焊接工艺评定提出预热要求。
- 5.0.2.2 壁厚大于或等于 6mm 的合金钢管子、管件(如弯头、三通等)和大厚度板件在负温下焊接时，预热温度可按表 5.0.2 的规定值提高 20 ~ 50 。
- 5.0.2.3 壁厚小于 6mm 的低合金钢管子及壁厚大于 15mm 的碳素钢管在负温下焊接时亦应适当预热。
- 5.0.2.4 异种钢焊接时，预热温度应按焊接性能较差或合金成分较高的一侧选择。
- 5.0.2.5 接管座与主管焊接时，应以主管规定的预热温度为准。
- 5.0.2.6 非承压件与承压件焊接时，预热温度应按承压件选择。
- 5.0.3 预热宽度从对口中心开始，每侧不少于焊件厚度的 3 倍。厚度大于 35mm 的焊接接头预热时的升温速度应符合第 6.0.5 条的规定。

5.0.4 施焊过程中，层间温度应不低于规定的预热温度的下限，且不高于 400 。

5.0.5 承压管道焊接时，为保证管道(或管子)内壁清洁和焊缝根层质量，所用的焊接方法应遵照表 5.0.5 的规定。

表 5.0.5 承压管道焊接方法的规定

部 件 名 称	根部焊道	其 他 焊 道
$p \geq 10 \text{ Mpa}$, $\delta \leq 6 \text{ mm}$ 的锅炉受热面管子	TIG	TIG/SMAW
$p \geq 10 \text{ Mpa}$, $\delta > 6 \text{ mm}$ 的管子及管件	TIG	SMAW
$p \geq 4 \text{ MPa}$, $t \geq 450$ 的管道		
再热蒸汽冷、热段管道及其旁路	TIG	SMAW
汽轮机、发电机的冷却、润滑系统管道及燃油管道	TIG	TIG/SMAW
$p < 10 \text{ MPa}$, $\delta \leq 6 \text{ mm}$ 的中低压锅炉受热面管子	TIG	TIG/SMAW
其他管道 ¹⁾	TIG	SMAW

注：1)为非强制性要求。

5.0.6 中、高合金钢(含铬量大于或等于 3%或合金总含量大于 5%)管子和管道焊口，为防止根层氧化或过烧，焊接时内壁应充氩气或混合气体保护。

5.0.7 严禁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得焊接对口用卡具。

5.0.8 管子焊接时，管内不得有穿堂风。

5.0.9 点固焊时，除其焊接材料、焊接工艺、焊工和预热温度等应与正式施焊时相同外，还应满足下列要求：

5.0.9.1 在对口根部点固焊时，点固焊后应检查各个焊点质量，如有缺陷应立即清除，重新进行点焊。

5.0.9.2 厚壁大径管若采用填加物方法点固，当去除临时点固物时，不应损伤母材，并将其残留焊疤清理干净、打磨修整。

5.0.10 采用钨极氩弧焊打底的根层焊缝检查后，应及时进行次层焊缝的焊接，以防止产生裂纹。

多层多道焊缝焊接时，应逐层进行检查，经自检合格后，方可焊接次层，直至完成。

5.0.11 厚壁大径管的焊接应采用多层多道焊，当壁厚大于 35mm 时，亦应符合下列规定：

5.0.11.1 氩弧焊打底的焊层厚度不小于 3 mm。

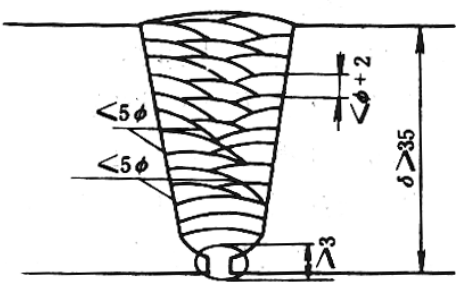


图 5.0.11 厚壁管焊道排列示意图

5.0.11.2 其他焊道的单层厚度不大于所用焊条直径加 2 mm。

5.0.11.3 单焊道摆动宽度不大于所用焊条直径的 5 倍。厚壁大径管多道排列要求见图 5.0.11。

5.0.12 为减少焊接变形和接头缺陷 ,直径大于 194mm 的管子和锅炉密集排管(管子间距小于或等于 30mm)的对接焊口宜采取两人对称焊。

5.0.13 钢结构的焊接应按作业指导书的规定进行。

5.0.14 施焊中，应特别注意接头和收弧的质量，收弧时应将熔池填满。多层多道焊的接头应

错开。

5.0.15 施焊过程除工艺和检验上要求分次焊接外，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，应仔细检查并确认无裂纹后，方可按照工艺要求继续施焊。

5.0.16 公称直径大于或等于 1000mm 的管道或容器的对接焊口，应采取双面焊接，并应采取清根措施，以保证封底焊质量。清根后应按第 4.0.5 条要求将氧化物清除干净。

5.0.17 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。

5.0.18 焊口焊完后应进行清理，经自检合格后在焊缝附近打上焊工本人的代号钢印，或永久性标记。

5.0.19 对容易产生延迟裂纹的钢材，焊后应立即进行热处理，否则应作后热处理，其温度以 300～350 为宜，恒温时间不小于 2h。后热处理的加热范围与热处理要求相同。

5.0.20 焊接接头有超过标准的缺陷时，可采取挖补方式返修。但同一位置上的挖补次数一般不得超过三次，中、高合金钢不得超过两次，并应遵守下列规定：

5.0.20.1 彻底清除缺陷。

5.0.20.2 补焊时，应制订具体的补焊措施并照工艺要求进行。

5.0.20.3 需进行热处理的焊接接头，返修后应重做热处理。

5.0.21 安装管道冷拉口所使用的加载工具，需待整个对口焊接和热处理完毕后方可卸载。

5.0.22 不得对焊接接头进行加热校正。

6 焊后热处理

6.0.1 热处理是为了降低焊接接头的残余应力，改善焊缝金属的组织与性能。热处理过程应严格按照本规范及有关规定进行。

6.0.2 下列焊接接头焊后应进行热处理：

表 6.0.4 焊后热处理温度及恒温时间

钢 种 (钢号)	温 度	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(16Mn)	600 ~ 650	—	—	1½	2	2¼	2½	2¾
1/2Cr-1/2Mo(12CrMo)	650 ~ 700	½	1	1½	2	2¼	2½	2¾
1Cr - ½ Mo(15CrMo、ZG20CrMo)	670 ~ 700	½	2	1½	2	2¼	2½	2¾
1Cr - ½ Mo - V(12Cr1MoV、G20CrMoV) 1½ Cr - 1Mo - V(ZG15Cr1Mo1V) 1¾ Cr - ½ Mo - V	720 ~ 750	½	1	1½	2	3	4	5

$2\frac{1}{4}\text{Cr}-1\text{Mo}$	720 ~ 750	$\frac{1}{2}$	1	$1\frac{1}{2}$	2	3	4	5
$2\text{Cr}-\frac{1}{2}\text{Mo}-\text{VW}(12\text{Cr}2\text{MoWVB})$ $3\text{Cr}-1\text{Mo}-\text{VTi}(12\text{Cr}3\text{MoVSiTIB})$	750 ~ 780	$\frac{3}{4}$	$1\frac{1}{4}$	$1\frac{3}{4}$	$2\frac{1}{4}$	$3\frac{1}{4}$	$4\frac{1}{4}$	$5\frac{1}{4}$
$9\text{Cr}-1\text{Mo}$ $12\text{Cr}-1\text{Mo}$		$\frac{1}{2}$	1	$1\frac{1}{2}$	2	3	4	5

- 6.0.2.1 壁厚大于 30 mm 的碳素钢管子与管件。
- 6.0.2.2 壁厚大于 32 mm 的碳素钢容器。
- 6.0.2.3 壁厚大于 28 mm 的普通低合金钢容器。
- 6.0.2.4 耐热钢管子与管件(第 6.0.3 条规定的内容除外)。
- 6.0.2.5 经焊接工艺评定需做热处理的焊件。
- 6.0.3 凡采用氩弧焊或低氢型焊条 ,焊前预热和焊后适当缓冷的下列部件可免作焊后热处理。
- 6.0.3.1 壁厚小于或等于 10mm，管径小于或等于 108mm 的 15CrMo、 12Cr2Mo 钢管子。
- 6.0.3.2 壁厚小于或等于 8mm，管径小于或等于 108mm 的 12 Cr1MoV 钢管子。
- 6.0.3.3 壁厚小于或等于 6mm，管径小于或等于 63mm 的 12 Cr2MoWVB 钢管子。
- 6.0.4 焊后热处理一般为高温回火。
- 常用钢材的焊后热处理温度与恒温时间见表 6.0.4。
- 6.0.5 热处理过程中，升温、降温速度规定如下：
- 6.0.5.1 升温、降温速度，一般可按 $250\times\frac{25}{\text{壁厚}}(\text{ }^{\circ}\text{C/h})$ 计算，且不大于 300 $^{\circ}\text{C/h}$ 。
- 6.0.5.2 降温过程中，温度在 300 $^{\circ}\text{C}$ 以下可不控制。
- 6.0.6 异种钢焊接接头的焊后热处理，应按两侧钢材及所用焊条(焊丝)综合考虑。热处理温度一般不超过合金钢成分低侧钢材的下临界点 A_{c1} ，可参见附录 E。
- 6.0.7 热处理的加热宽度，从焊缝中心算起，每侧不小于管子壁厚的 3 倍，且不小于 60 mm。
- 6.0.8 热处理时的保温宽度，从焊缝中心算起，每侧不得小于管子壁厚的 5 倍，以减少温度梯度。
- 6.0.9 热处理的加热方法，应力求内外壁和焊缝两侧温度均匀，恒温时在加热范围内任意两测点间的温差应低于 50 $^{\circ}\text{C}$ 。厚度大于 10mm 时应采用感应加热或电阻加热。
- 6.0.10 热处理的测温必须准确可靠，应采用自动温度记录。所用仪表、热电偶及其附件，应根据计量的要求进行标定或校验。
- 6.0.11 进行热处理时，测温点应对称布置在焊缝中心两侧，且不得少于两点。水平管道的测点应上下对称布置。
- 6.0.12 焊接接头热处理后，应做好记录和标记，并打上热处理工的代号钢印或永久性标记。

7 质 量 检 验

- 7.0.1 应重视焊接质量的检查和检验工作，实行焊接质量三级检查验收制度，贯彻自检与专业检验相结合的方法，做好验评工作。
- 焊接质量检查，包括焊接前、焊接过程中和焊接结束后三个阶段的质量检查，应严格按检验项目和程序进行。
- 7.0.2 焊接接头分类检查的方法、范围及数量，按表 7.0.2 进行，且应符合下列规定：

7.0.2.1 外观检查不合格的焊缝，不允许进行其他项目检查。

表 7.0.2 焊接接头分类检验的项目范围及数量

焊接 接 头类 别	范围	检 验 方 法 及 比 例 %						
		外 观		射 线	超 声	硬度 ¹⁾	光谱	割样 ²⁾ / 代样
		自检	专 检					
	工作压力大于或等于 9.81 MPa 的锅炉的受热面管子	100	100	50		5	10	0.5
	外径大于 159 mm 或壁厚大于 20 mm ,工作压力大于 9.81 MPa 的锅炉本体范围内的管子及管道	100	100	100		100	100	—
	外径大于 159 mm , 工作温度高于 450 的蒸汽管道	100	100	100		100	100	—
	工作压力大于 8 MPa 的汽、水、油、气管道	100	100	50		100	100	—
	工作温度大于 300 且不大于 450 的汽水管道及管件	100	50	50		100	100	—
	工作压力为 0.1 ~ 1.6 MPa 的压力容器	100	50	50		100	100	—
	工作压力小于 9.81 MPa 的锅炉的受热面管子	100	25	25		5	—	0.5
	工作温度高于 150 且不高 于 300 的蒸汽管道及管件	100	25	5		100	—	—
	工作压力为 4 ~ 8 MPa 的汽、水、油、气管道	100	25	5		100	—	—
	工作压力大于 1.6 MPa 且小于 4 MPa 的汽、水、油、气管道	100	25	5		—	—	—
	承受静载荷的钢结构	100	25	3)		—	—	—
	工作压力为 0.1 ~ 1.6 MPa 的汽、水、油、气管道	100	25	1		—	—	—
	烟、风、煤、粉、灰等管道及附件	100	25	4)		—	—	—
	非承压结构及密封结构	100	10	—		—	—	—
	一般支撑结构(设备支撑、梯子、平台、拉杆等)	100	10	—		—	—	—
	外径小于 76 mm 的锅炉水压范围外的疏水、放水、排污、取样管子	100	100	—		—	—	—

注 :1)经焊接工艺评定 ,且具有与作业指导书规定相符的热处理自动记录曲线图的焊接接头 ,

可免去硬度测定。

2)经焊接工艺评定，且按作业指导书施焊的锅炉受热面管焊接接头，可免作割样检查。

3)钢结构的无损探伤方法及比例按设计要求进行。

4)烟、风、煤、粉、灰管道应做 100%的渗油检查。

7.0.2.2 需做热处理的焊接接头，应在热处理后进行无损探伤。

7.0.2.3 焊接接头的射线透照或超声波探伤按下列规定选用：

(1)厚度小于或等于 20mm 的汽、水管道采用超声波探伤时，还应另做不小于 20%探伤量的射线透照。

(2)厚度大于 20mm、且小于 70mm 的管子和焊件，射线透照或超声波探伤可任选其中一种。

(3)厚度大于或等于 70mm 的管子在焊到 20mm 左右时做 100%的射线探伤，焊接完成后做 100%超声波探伤。

(4)对于焊接接头为 I 类的锅炉受热面管子，除做不少于 25%的射线透照外，还应另做 25%的超声波探伤。

7.0.2.4 合金钢件焊后应对焊缝进行光谱分析复查，规定如下：

(1)锅炉受热面管子不少于 10%。

(2)其他管子及管道 100%。

(3)光谱分析复查应根据每个焊工的当日工作量进行。

7.0.3 锅炉受热面管子作割样或代样检查时，试样数量见表 7.0.3。试样切取部位及加工规格见附录 F。

表 7.0.3 锅炉受热面管子焊接接头割样(或代样)检查的项目及试验数量

项 目	拉 力 (片)	冷 弯 (片)		金 相 (片)		断 面 (片)
		面 弯	根 弯	宏 观	微 观	
数 量	2	1	1	1	1(中、高合金钢)	3

7.0.4 割样或代样的检查结果若有不合格项目时，应做该项目不合格试样数量的双倍复检。

7.0.5 无损探伤的结果若有不合格时，除对不合格焊缝进行返修外，尚应从该焊工当日的同一批焊接接头中增做不合格数的加倍检验，加倍检验中仍有不合格时，则该批接头评为不合格。

7.0.6 对于不合格的焊接接头，应查明原因，采取对策，进行返修。返修后还应重新进行检验。

7.0.7 热处理自动记录图异常应做硬度值抽查。被查部件的硬度值超过规定范围时，应按班次做加倍复检并查明原因，对不合格接头重新做热处理。

7.0.8 焊接检验后，应按部件和整体分别统计出无损检验一次合格率，以反映焊接质量状况。其计算方法可按下式进行：

$$\text{无损检验一次合格率} = \frac{A-B}{A} \times 100\%$$

式中：A——一次被检焊接接头当量数(不包括复检及重复加倍当量数)；

B——不合格焊接接头当量数(包括挖补、割口及重复返工当量数)。

当量数计算规定如下：

7.0.8.1 外径小于或等于 76mm 的管接头，每个接头计为当量数 1。

7.0.8.2 外径大于 76mm 的管子、容器接头，同焊口的每 300mm 被检焊缝长度计为当量数 1。

7.0.8.3 使用射线探伤时，相邻底片上的超标缺陷实际间隔小于 300mm 时可计为一个当量。

8 质 量 标 准

8.0.1 焊缝外观检查质量应符合下列要求：

8.0.1.1 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 8.0.1-1。

表 8.0.1-1 焊缝外形允许尺寸 mm

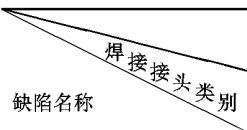
接 头 型 式 位 置				焊 接 接 头 类 别		
对 接 接 头	焊缝余高	平 焊		0 ~ 2	0 ~ 3	0 ~ 4
		其 他 位 置		3	4	≤ 5
	焊缝余高差	平 焊		≤ 2	≤ 2	≤ 3
		其 他 位 置		≤ 2	< 3	< 4
	焊缝宽度	比坡口增宽		< 4	≤ 4	≤ 5
		每 侧 增 宽		< 2	≤ 2	≤ 3
角 接 接 头	贴 角 焊	焊 脚		$\delta + (2 \sim 3)$	$\delta + (2 \sim 4)$	$\delta + (3 \sim 5)$
		焊脚尺寸差		< 2	≤ 2	≤ 3
	坡口角焊	焊 脚	$\delta \leq 20$	$\delta \pm 1.5$	$\delta \pm 2$	$\delta \pm 2.5$
			$\delta > 20$	$\delta \pm 2$	$\delta \pm 2.5$	$\delta \pm 3$
		焊脚尺寸差	$\delta \leq 20$	< 2	≤ 2	≤ 3
			$\delta > 20$	< 3	< 3	< 4

注： 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。

搭接角焊缝的焊脚与部件厚度相同。

8.0.1.2 焊缝表露缺陷应符合表 8.0.1-2 要求。

表 8.0.1-2 焊缝表露缺陷允许范围

 缺陷名称	质 量 要 求		
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 $\nless 10\% \delta$ ，且 $\nless 1.5$ mm，总长度 $\nless$ 焊缝全长的 10%，氩弧焊打底焊缝不允许	深度 $\nless 15\% \delta$ ，且 $\nless 2$ mm，总长度 $\nless$ 焊缝全长的 15%

续表 8.0.1

焊接接头类别 缺陷名称		质 量 要 求		
		I	II	III
气孔、夹渣		不 允 许		
咬边	不要求修磨的焊缝	深度 ≥ 0.5 mm。焊缝两侧总长度：管件 $\geq$ 焊缝全长的10%，且 ≥ 40 mm；板件不大于焊缝全长的10%	深度 ≥ 0.5 mm。焊缝两侧总长度：管件 $\geq$ 焊缝全长的20%；板件 $\geq$ 焊缝全长的15%	深度 ≥ 0.5 mm。焊缝两侧总长度：管件 $\geq$ 焊缝全长的20%；板件 $\geq$ 焊缝全长的20%
	要求修磨的焊缝	不 允 许		
根部凸出		≥ 2 mm	板件和直径 ≥ 108 mm的管件： ≥ 3 mm 管件直径 < 108 mm时以通球为准，要求是： 管外径 ≥ 32 mm时，为管内径的85%； 管外径 < 32 mm时，为管内径的75%	
内 凹		≤ 1.5 mm	≤ 2 mm	≤ 2.5 mm

8.0.1.3 焊接角变形应符合表 8.0.1-3 规定。

表 8.0.1-3 焊接角变形允许范围

焊 件	偏 差 值	
	$\theta(^{\circ})$	a(mm)
板 件	3	—
管径 < 100 mm	—	1/100
管径 ≥ 100 mm	—	3/200

8.0.1.4 管子、管道的外壁错口值不得超过以下规定：

- (1)锅炉受热面管子：小于或等于 $10\% \delta + 1$ mm。
- (2)其他管道：小于或等于 $10\% \delta$ 且小于或等于 4mm。

8.0.2 焊缝的无损探伤检验及结果的评定应按照以下标准进行。

8.0.2.1 承压管道：

- (1)SD 143—85《电力建设施工及验收技术规范(钢制承压管道对接焊缝射线检验篇)》。
- (2)SD 67—83《电力建设施工及验收技术规范(管道焊缝超声波检验篇)》。

8.0.2.2 容器及钢结构：

- (1)GB3323—87《钢熔化焊对接接头射线照相和质量分级》。
- (2)JB 1152—81《锅炉和钢制压力容器对接焊缝超声波探伤》。

各类焊缝的质量级别规定见表 8.0.2。

表 8.0.2 各类焊缝的质量级别规定

探 伤 方 法	焊接接头类别			
			锅炉范围内	锅炉范围外
射 线				
超 声				

8.0.3 焊接接头机械性能试验结果应符合表 8.0.3 的规定。

8.0.4 焊接接头折断面和金相宏观检验标准应符合表 8.0.4 的规定。

8.0.5 金相微观检验合格标准如下：

8.0.5.1 没有裂纹。

8.0.5.2 没有过烧组织。

8.0.5.3 在非马氏体钢中，没有淬硬的马氏体组织。

8.0.6 热处理后焊缝的硬度，一般不超过母材布氏硬度 HB 加 100，且不超过下列规定：

合金总含量小于 3% HB ≤ 270

合金总含量 3% ~ 10% HB ≤ 300

合金总含量大于 10% HB ≤ 350

表 8.0.3 焊接接头机械性能试验标准

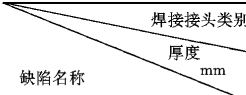
试 验 项 目			合 格 标 准	
抗拉强度 MPa			不低于母材规定值下限	
冷 弯 (°)	双面焊	碳素钢、奥氏体钢	180°	弯轴直径 $3a$, 支座间距 $5.2a$
		其他普低钢、合金钢	100°	弯轴直径 $3a$, 支座间距 $5.2a$
	单面焊	碳素钢、奥氏体钢	90°	弯轴直径 $3a$, 支座间距 $5.2a$
		其他普低钢、合金钢	50°	弯轴直径 $3a$, 支座间距 $5.2a$
冲击韧性(J/cm ²)			碳钢 ≥ 59 合金钢 ≥ 49	

注：冷弯试验，当试样弯曲到规定的角度后，其拉伸面上不得有长度大于 3 mm 的焊缝纵向裂纹或长度大于 1.5mm 的焊缝横向裂纹。

抗拉和冲击试验中，如断在焊缝上，其断口处不允许有超过折断面检查允许范围的缺陷。

需做热处理的试样，应先做热处理。

表 8.0.4 焊缝断面和金相宏观检验合格标准

		I		II		III	
		≤6	>6	≤6	>6	≤6	>6
缺陷名称		不 允 许					
根部未焊透	双面焊、加衬垫单面焊	不 允 许					
	单 面 焊	不 允 许		深度≥10%δ, 且≥1.5 mm, 累计长度≥焊缝长度的 10%	深度≥15%δ, 且≥2 mm, 累计长度≥焊缝长度的 15%		
内凹(塌腰)		深度≥20% δ, 且≥1 mm	深度≥15% δ, 且≥1.5 mm	深度≥25% δ, 且≥2 mm	深度≥20% δ, 且≥2 mm	深度≥30% δ, 且≥2 mm	深度≥25% δ, 且≥2.5mm
单个气孔	径 向	≥25% δ	≥25% δ, 且≥3 mm	≥25% δ	≥25% δ, 且≥4 mm	≥25% δ	≥25% δ, 且≥4 mm
	轴、周向	≥2mm	≥30% δ, 且≥5 mm	≥2 mm	≥30% δ, 且≥6 mm	≥3 mm	≥30% δ, 且≥7 mm
单个夹渣	径 向	≥25% δ	≥20% δ, 且≥3 mm	≥25% δ	≥20% δ, 且≥4 mm	≥25% δ	≥25% δ, 且≥4 mm
	轴、周向	≥30% δ	≥25 mm, 且≥4 mm	≥30% δ	≥25% δ, 且≥4 mm	≥30% δ	≥30% δ, 且≥5 mm
密集气孔及夹渣		不 允 许				1. 每 1 cm ² 面积内有直径≤0.8 mm 气孔或夹渣不超过 5 个, 或总面积不超过 3 mm ² 。 2. 沿圆周(或长度)方向 10 倍厚度的范围内, 气孔和夹渣的累计长度不超过厚度(如相邻缺陷间距离超过最大缺陷长度 5 倍时, 则按单个论)	
沿厚度方向同一直线上各种缺陷的总和		≥25% δ, 且≥1.5 mm	≥25% δ, 且≥3 mm	≥25% δ, 且≥1.5 mm	≥25% δ, 且≥4 mm	≥25% δ, 且 2 mm	≥30% δ, 且≥5 mm

注：采用氩弧焊打底的接头不允许有根部未焊透。

9 技术文件

9.0.1 焊接技术文件应及时进行编制，施工后移交有关部门，其内容包括：

9.0.1.1 焊接工程一览表。

9.0.1.2 受监部件使用的焊接材料质量证件。

9.0.1.3 焊工技术考核登记表。

9.0.1.4 受监焊口焊接、热处理的质量检验的报告和热处理曲线记录图。

9.0.1.5 主蒸汽、再热蒸汽系统(热段、冷段)、汽轮机导汽管和主给水系统等管道的焊接，热处理和检验记录图。

9.0.2 以下焊接资料应在竣工后整理成册，交质量管理部门保管，以备查询：

9.0.2.1 焊接施工组织设计、重大项目施工技术措施。

9.0.2.2 锅炉受热面管子和锅炉一次门内本体管道的焊接、热处理检验记录、图表、探伤底片、检验报告。

9.0.2.3 焊接工程质量评级。

9.0.2.4 焊接工艺评定书、作业指导书。

9.0.2.5 焊接工程技术总结。

附录 A 电厂常用钢材的化学成分、机械性能及参考数据

关于电厂常用钢材的化学成分和机械性能见表 A。

表 A 电厂常用钢材的化学成分和机械性能

序号	牌 号		化 学 成 分 %								
	钢号	标 准 号	C	Mn	Si	Cr	Mo	V	Ni	Ti	B
1	A3	GB 700	0.14 ~ 0.22	0.30 ~ 0.65	≤ 0.30	—	—	—	—	—	—
2	10	GB 3087	0.07 ~ 0.14	0.35 ~ 0.65	0.17 ~ 0.37	≤ 0.15	—	—	≤ 0.25	—	—
3	20	GB 3087	0.17 ~ 0.24	0.35 ~ 0.65	0.17 ~ 0.37	≤ 0.25	—	—	≤ 0.25	—	—
4	20 g	GB 5310	0.17 ~ 0.24	0.35 ~ 0.65	0.17 ~ 0.37	—	—	—	—	—	—
5	22 g	GB 713	≤ 0.26	0.60 ~ 0.90	0.17 ~ 0.37	—	—	—	—	—	—
6	25	GB 699	0.22 ~ 0.30	0.50 ~ 0.80	0.17 ~ 0.37	≤ 0.25	—	—	≤ 0.25	—	—
7	St 35.8	DIN 17175	≤ 0.17	0.40 ~ 0.80	0.10 ~ 0.35	—	—	—	—	—	—
8	St 45.8	DIN 17175	≤ 0.21	0.40 ~ 1.20	0.10 ~ 0.35	—	—	—	—	—	—
9	STPT 38	JISG 3456	≤ 0.25	0.30 ~ 0.90	0.10 ~ 0.35	—	—	—	—	—	—
10	STPT 42	JISG 3456	≤ 0.30	0.30 ~ 0.10	0.10 ~ 0.35	—	—	—	—	—	—
11	SB 42	JISG 3103	≤ 0.24	≤ 0.90	0.15 ~ 0.30	—	—	—	—	—	—
12	SB 46	JISG 3103	≤ 0.28	≤ 0.90	0.15 ~ 0.30	—	—	—	—	—	—
13	60	ASTMA 515	0.24 ~ 0.31	≤ 0.90	0.15 ~ 0.40	—	—	—	—	—	—
14	65	ASTMA 515	0.28 ~ 0.33	≤ 0.90	0.15 ~ 0.40	—	—	—	—	—	—
15	A-1	ASTMA 210	≤ 0.27	≤ 0.93	≤ 0.10	—	—	—	—	—	—
16	C	ASTMA 178	≤ 0.35	≤ 0.8	—	—	—	—	—	—	—
17	B	ASTMA 106	≤ 0.30	0.29 ~ 1.06	≥ 0.10	—	—	—	—	—	—
18	C	ASTMA106	≤ 0.35	0.29 ~ 1.06	≥ 0.10	—	—	—	—	—	—
19	SB 49	JISG 3103	≤ 0.31	≤ 0.9	0.15 ~ 0.30	—	—	—	—	—	—
20	STPT 49	JISG 3456	≤ 0.33	0.30 ~ 1.0	0.10 ~ 0.35	—	—	—	—	—	—
21	12Mng	GB 713	≤ 0.16	1.10 ~ 1.50	0.20 ~ 0.60	—	—	—	—	—	—
22	16 Mng	GB 713	0.12 ~ 0.20	1.20 ~ 1.60	0.20 ~ 0.60	—	—	—	—	—	—
23	16MnR	GB 6654	≤ 0.20	1.20 ~ 1.60	0.20 ~ 0.60	—	—	—	—	—	—
24	17Mn4	DIN17155/1	0.14 ~ 0.20	0.90 ~ 1.20	0.20 ~ 0.40	—	—	—	—	—	—

续表 A

序号	牌 号				化 学 成 分 %				常 温 机 械 性 能				临界点 A_{c1}/A_{c3}	分类号 SD 340—89
	钢 号	标 准 号	W	Nb	Cu	S	P	σ_s MPa	σ_b MPa	δ_5 %	a_k J/cm ²	HB		
1	A3	GB 700	—	—	—	≤ 0.050	≤ 0.045	185 ~ 235	375 ~ 460	21 ~ 26	27			-1
2	10	GB 3087	—	—	≤ 0.25	≤ 0.035	≤ 0.035	196	338 ~ 490	24				-1
3	20	GB 3087	—	—	≤ 0.25	≤ 0.035	≤ 0.035	226	392 ~ 588	20				-1
4	20 g	GB 5310	—	—	—	≤ 0.035	≤ 0.035	245	412 ~ 549	24	49			-1
5	22 g	GB 713	—	—	—	≤ 0.035	≤ 0.035	265	420 ~ 560	24	59			-1
6	25	GB 699	—	—	≤ 0.25	≤ 0.035	≤ 0.035	275	450	23	71			-1
7	St 35.8	DIN 17175	—	—	—	≤ 0.04	≤ 0.04	215 ~ 235	360 ~ 480					-1
8	St 45.8	DIN 17175	—	—	—	≤ 0.04	≤ 0.04	235 ~ 255	410 ~ 529					-1
9	STPT 38	JISG 3456	—	—	—	≤ 0.035	≤ 0.035	≥ 215	≥ 372					-1
10	STPT 42	JISG 3456	—	—	—	≤ 0.035	≤ 0.035	≥ 245	≥ 412					-1
11	SB 42	JISG 3103	—	—	—	≤ 0.040	≤ 0.035	≥ 225	412 ~ 549					-1
12	SB 46	JISG 3103	—	—	—	≤ 0.040	≤ 0.035	≥ 245	451 ~ 588					
13	60	ASTMA 515	—	—	—	≤ 0.040	≤ 0.035	≥ 220	415 ~ 550	≥ 25				
14	65	ASTMA 515	—	—	—	≤ 0.040	≤ 0.035	≥ 240	450 ~ 585	≥ 23				
15	A-1	ASTMA 210	—	—	—	≤ 0.058	≤ 0.048	≥ 255	≥ 414	≥ 22				
16	C	ASTMA 178	—	—	—	≤ 0.060	≤ 0.050	≥ 255	≥ 414	≥ 30				
17	B	ASTMA 106	—	—	—	≤ 0.058	≤ 0.048	≥ 240	≥ 415	≥ 22				
18	C	ASTMA106	—	—	—	≤ 0.058	≤ 0.048	≥ 275	≥ 485	≥ 20				-2
19	SB 49	JISG 3103	—	—	—	≤ 0.040	≤ 0.035	≥ 265	480 ~ 617					-2
20	STPT 49	JISG 3456	—	—	—	≤ 0.035	≤ 0.035	≥ 274	≥ 480					-2
21	12Mng	GB 713	—	—	—	≤ 0.035	≤ 0.035	275 ~ 295	430 ~ 590	19 ~ 21	59			A-1
22	16 Mng	GB 713	—	—	—	≤ 0.035	≤ 0.035	245 ~ 345	440 ~ 655	18 ~ 21	59			A-1
23	16MnR	GB 6654	—	—	—	≤ 0.035	≤ 0.035	265 ~ 345	450 ~ 655	18 ~ 21	27			A-1
24	17Mn4	DIN17155/1	—	—	—	≤ 0.050	≤ 0.050	274 ~ 284	460 ~ 548					A

续表 A

序号	牌 号		化 学 成 分 %								
	钢 号	标 准 号	C	Mn	Si	Cr	Mo	V	Ni	Ti	B
25	19Mn5	DIN 17175	0.17 ~ 0.22	1.00 ~ 1.30	0.30 ~ 0.60	≤ 0.30	—	—	—	—	—
26	15MnVg	GB 713	0.10 ~ 0.18	1.20 ~ 1.60	0.20 ~ 0.50	—	—	0.04 ~ 0.12	—	—	—
27	15MnVR	GB 6654	≤ 0.18	1.20 ~ 1.60	0.20 ~ 0.60	—	—	0.04 ~ 0.12	—	—	—
28	20MnMo	JB 755	0.17 ~ 0.23	1.10 ~ 1.40	0.17 ~ 0.37	—	0.20 ~ 0.35	—	—	—	—
29	15MnMoV	JB 755	0.12 ~ 0.18	1.30 ~ 1.60	0.17 ~ 0.37	—	0.4 ~ 0.65	0.05 ~ 0.15	—	—	—
30	14MnMoVg	GB 713	0.10 ~ 0.18	1.20 ~ 1.60	0.20 ~ 0.50	—	0.40 ~ 0.65	0.05 ~ 0.15	—	—	—
31	18MnMoNb g	GB 713	0.17 ~ 0.23	1.35 ~ 1.65	0.17 ~ 0.37	—	0.45 ~ 0.65	—	—	—	—
32	12CrMo	GB 5310	0.08 ~ 0.15	0.40 ~ 0.70	0.17 ~ 0.37	0.40 ~ 0.70	0.40 ~ 0.55	—	—	—	—
33	15CrMo	GB 5310	0.12 ~ 0.18	0.40 ~ 0.70	0.17 ~ 0.37	0.80 ~ 1.10	0.40 ~ 0.55	—	—	—	—
34	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	—	—	—
35	12Cr1MoV	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	—	—	—
36	ZG15Cr1Mo1V	JB 2640	0.14 ~ 0.20	0.40 ~ 0.70	0.17 ~ 0.37	1.20 ~ 1.70	1.00 ~ 1.20	0.20 ~ 0.40	—	—	—
37	ZG20CrMoV	JB 2640	0.18 ~ 0.25	0.40 ~ 0.70	0.17 ~ 0.37	0.90 ~ 1.20	0.50 ~ 0.70	0.20 ~ 0.30	—	—	—
38	A	ASTMA 204	≤ 0.18	≤ 0.90	0.15 ~ 0.40	—	0.41 ~ 0.64	—	—	—	—
39	T ₁	ASTMA 209	0.10 ~ 0.20	0.30 ~ 0.80	0.10 ~ 0.50	—	0.44 ~ 0.65	—	—	—	—
40	P ₁	ASTMA 335	0.10 ~ 0.20	0.30 ~ 0.80	0.10 ~ 0.50	—	0.44 ~ 0.65	—	—	—	—
41	T ₁₁	ASTMA 213	≤ 0.15	0.30 ~ 0.60	0.50 ~ 1.00	1.00 ~ 1.50	0.44 ~ 0.65	—	—	—	—
42	P ₁₁	ASTMA 335	≤ 0.15	0.30 ~ 0.60	0.50 ~ 1.00	1.00 ~ 1.50	0.44 ~ 0.65	—	—	—	—
43	P ₁₂	ASTMA 335	≤ 0.15	0.30 ~ 0.61	≤ 0.50	0.80 ~ 1.25	0.44 ~ 0.65	—	—	—	—
44	P ₂	ASTMA 335	0.10 ~ 0.20	0.30 ~ 0.61	0.10 ~ 0.30	0.50 ~ 0.81	0.44 ~ 0.65	—	—	—	—
45	WC ₆	ASTMA 217	≤ 0.20	0.50 ~ 0.80	≤ 0.60	1.00 ~ 1.50	0.45 ~ 0.65	—	≤ 0.50	—	—
46	WC ₉	ASTMA 217	≤ 0.18	0.40 ~ 0.70	≤ 0.60	2.00 ~ 2.75	0.90 ~ 1.20	—	≤ 0.50	—	—
47	SB46M	JISG 3103	≤ 0.18	≤ 0.90	0.15 ~ 0.30	—	0.45 ~ 0.60	—	—	—	—
48	STBA12	JISG 3462	0.10 ~ 0.20	0.30 ~ 0.80	0.10 ~ 0.50	—	0.45 ~ 0.65	—	—	—	—
49	STBA13	JISG 3462	0.15 ~ 0.25	0.30 ~ 0.80	0.10 ~ 0.50	—	0.45 ~ 0.65	—	—	—	—
50	STPA12	JISG 3458	0.10 ~ 0.20	0.30 ~ 0.80	0.10 ~ 0.50	—	0.45 ~ 0.65	—	—	—	—

续表 A

序号	牌 号		化 学 成 分 %						常 温 机 械 性 能				临界点 A _{c1} /A _{c3}	分类号 SD 340—89
	钢 号	标准号	W	Nb	Cu	S	P	σ_s Mpa	σ_b Mpa	δ_5 %	A _k J/cm ²	HB		
25	19Mn5	DIN 17175	—	—	—	≤0.040	≤0.040	300~310	510~610	19				A
26	15MnVg	GB 713	—	—	—	≤0.035	≤0.035	335~390	490~675	17~18	59			A-2
27	15MnVR	GB 6654	—	—	—	≤0.035	≤0.035	335~390	490~675	17~18	34			A-2
28	20MnMo	JB 755	—	—	—	≤0.035	≤0.035	353~372	370~529	18	47	149~217		A-2
29	15MnMoV	JB 755	—	—	—	≤0.035	≤0.035	441	588	17	55	156~228		B-1
30	14MnMoVg	GB 713	—	—	—	≤0.035	≤0.035	490	635	16				B-2
31	18MnMoNbg	GB 713	—	0.025~0.050	—	≤0.035	≤0.035	440~510	590~635	16~17	69			B-2
32	12CrMo	GB 5310	—	—	—	≤0.035	≤0.035	206	412~559	21	69			-2
33	15CrMo	GB 5310	—	—	—	≤0.035	≤0.035	235	441~638	21	59			-2
34	12CrMoV	GB 3077	—	—	—	≤0.035	≤0.035	225	440	22	78			-3
35	12Cr1MoV	GB 5310	—	—	—	≤0.035	≤0.035	255	471~638	21	59			-3
36	ZG15Cr1Mo1V	JB 2640	—	—	—	≤0.03	≤0.03	343	490	14	29.4			-3
37	ZG20CrMoV	JB 2640	—	—	—	≤0.03	≤0.03	313	490	14	29.4			-3
38	A	ASTMA 204	—	—	—	≤0.040	≤0.035	255	450~585	23				-1
39	T ₁	ASTMA 209	—	—	—	≤0.045	≤0.045	207	378	22		146		-1
40	P ₁	ASTMA 335	—	—	—	≤0.045	≤0.045	207	379	22				-1
41	T ₁₁	ASTMA 213	—	—	—	≤0.030	≤0.030	207	413	30		163		-2
42	P ₁₁	ASTMA 335	—	—	—	≤0.030	≤0.030	207	413	22				-2
43	P ₁₂	ASTMA 335	—	—	—	≤0.045	≤0.045	207	413	22				-2
44	P ₂	ASTMA 335	—	—	—	≤0.045	≤0.045	207	379	22				-1
45	WC ₆	ASTMA 217	≤0.10	—	≤0.50	≤0.030	≤0.035	275	482~655	20				-1
46	WC ₉	ASTMA 217	≤0.10	—	≤0.50	≤0.045	≤0.04	275	482~655	20				-1
47	SB46M	JISG 3103	—	—	—	≤0.040	≤0.035	255	451~588					-1
48	STBA12	JISG 3462	—	—	—	≤0.035	≤0.035	206	382					-1
49	STBA13	JISG 3462	—	—	—	≤0.035	≤0.035	206	412					-1
50	STPA12	JISG 3458	—	—	—	≤0.035	≤0.035	206	382					-1

续表 A

序号	牌 号		化 学 成 分 %								
	钢 号	标 准 号	C	Mn	Si	Cr	Mo	V	Ni	Ti	B
51	STBA22	JISG 3462	≤0.15	0.30~0.60	≤0.50	0.80~1.25	0.45~0.65	—	—	—	—
52	STBA20	JISG 3462	0.10~0.20	0.30~0.60	0.10~0.50	0.50~0.80	0.40~0.65	—	—	—	—
53	STPA20	JISG 3458	0.10~0.20	0.30~0.60	0.10~0.50	0.50~0.80	0.40~0.65	—	—	—	—
54	STBA23	JISG 3462	≤0.15	0.30~0.60	0.50~1.00	1.00~1.50	0.45~0.65	—	—	—	—
55	STPA22	JISG 3458	≤0.15	0.30~0.60	≤0.50	0.80~1.25	0.45~0.65	—	—	—	—
56	STPA23	JISG 3458	≤0.15	0.30~0.60	0.50~1.00	1.00~1.50	0.45~0.65	—	—	—	—
57	SCPH21	JISG 5151	≤0.20	0.50~0.80	≤0.60	1.00~1.50	0.45~0.65	—	≤0.50	—	—
58	15Mo3	DIN 17155/2	0.12~0.20	0.50~0.70	0.15~0.35	—	0.25~0.35	—	—	—	—
59	13CrMo44	DIN 17175	0.10~0.18	0.40~0.70	0.10~0.35	0.70~1.10	0.45~0.65	—	—	—	—
60	14MoV63	DIN 17175	0.10~0.18	0.40~0.70	0.10~0.35	0.30~0.60	0.50~0.70	0.22~0.32	—	—	—
61	12Cr2MoW-V-TiB	GB 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	≤0.008
62	12Cr3MoV-SiTiB	GB 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
63	12Cr2Mo	GB 5310	0.08~0.15	0.40~0.70	≤0.50	2.00~2.50	0.90~1.20	—	—	—	—
64	P ₂₂	ASTMA 335	≤0.15	0.30~0.60	≤0.50	1.90~2.60	0.87~1.13	—	—	—	—
65	STPA24	JISG 3458	≤0.15	0.30~0.60	≤0.50	1.90~2.60	0.87~1.13	—	—	—	—
66	10CrMo910	DIN 17175	0.08~0.15	0.40~0.70	≤0.50	2.00~2.50	0.90~1.20	—	—	—	—
67	1Cr5Mo	JB 755	≤0.15	≤0.60	≤0.50	4.00~6.00	0.40~0.60	—	≤0.60	—	—
68	10Cr5MoW-V-TiB		0.07~0.12	0.45~0.70	0.40~0.70	4.50~6.00	0.48~0.65	0.20~0.33	—	0.16~0.24	0.008~0.014
69	P5	ASTMA 335	≤0.15	0.30~0.60	≤0.50	4.00~6.00	0.45~0.65	—	—	—	—
70	P9	ASTMA 335	≤0.15	0.30~0.60	0.25~1.00	8.00~10.00	0.90~1.10	—	—	—	—
71	STPA25	JISG 3458	≤0.15	0.30~0.60	≤0.50	4.00~6.00	0.45~0.65	—	—	—	—
72	STPA26	JISG 3458	≤0.15	0.30~0.60	0.25~1.00	8.00~10.00	0.90~1.10	—	—	—	—
73	X20CrMoV121	DIN 17175	0.17~0.23	≤1.00	≤0.50	10.00~12.50	0.80~1.20	0.25~0.35	0.30~0.80	—	—
74	1Cr13	GB 1220	≤0.15	≤1.00	≤1.00	11.50~13.50	—	—	≤0.60	—	—
75	0Cr13Al	GB 1220	≤0.08	≤1.00	≤1.00	11.50~14.50	—	—	—	—	—
76	1Cr18Ni9	GB 1220	≤0.15	≤2.00	≤1.00	17.00~19.00	—	—	8.00~10.00	—	—
77	0Cr23Ni13	GB 1220	≤0.08	≤2.00	≤1.00	22.00~24.00	—	—	12.00~15.00	—	—

续表 A

序号	牌 号		化 学 成 分 %					常 温 机 械 性 能					临界点 A _{c1} /A _{c3}	分类号 SD 340-89
	钢 号	标 准号	W	Nb	Cu	S	P	σ_s Mpa	σ_b Mpa	δ_5 %	a_k J/cm ²	HB		
51	STBA22	JISG 3462	—	—	—	≤0.035	≤0.035	206	412					-2
52	STBA20	JISG 3462	—	—	—	≤0.035	≤0.035	206	412					-1
53	STPA20	JISG 3458	—	—	—	≤0.035	≤0.035	206	412					-1
54	STBA23	JISG 3462	—	—	—	≤0.030	≤0.030	206	412					-2
55	STPA22	JISG 3458	—	—	—	≤0.035	≤0.035	206	412					-2
56	STPA23	JISG 3458	—	—	—	≤0.030	≤0.030	206	412					-2
57	SCPH21	JISG 5151	≤0.10	—	≤	≤0.040	≤0.040	274	480					
58	15Mo3	DIN17155/2	—	—	0.50	≤0.040	≤0.040	265 ~ 274	431 ~ 519					-1
59	13CrMo44	DIN 17175	—	—	—	≤0.035	≤0.035	280 ~ 290	440 ~ 590	22				-2
60	14MoV63	DIN 17175	—	—	—	≤0.035	≤0.035	310 ~ 319	460 ~ 610	20				-2
61	12Cr2MoWV-TiB	GB 5310	0.30 ~ 0.55	—	—	≤0.035	≤0.035	343	540 ~ 736	18				
62	12Cr3MoV-SiTiB	GB 5310	—	—	—	≤0.035	≤0.035	441	608 ~ 804	16				
63	12Cr2Mo	GB 5310	—	—	—	≤0.035	≤0.035	280	450 ~ 600	20				
64	P ₂₂	ASTMA 335	—	—	—	≤0.030	≤0.030	207	413	22				
65	STPA24	JISG 3458	—	—	—	≤0.030	≤0.030	206	412					
66	10CrMo910	DIN 17175	—	—	—	≤0.035	≤0.035	269 ~ 280	450 ~ 600					
67	1Cr5Mo		—	—	—	≤0.030	≤0.035	392	588	18	55	156 ~ 241		
68	10Cr5MoWV-TiB	JB 755	0.20 ~ 0.40	—	—	≤0.030	≤0.030	392	539 ~ 735	18			835/915	G 106
69	P5	ASTMA 335	—	—	—	≤0.030	≤0.030	207	413	22				
70	P9	ASTMA 335	—	—	—	≤0.030	≤0.030	207	413	22				
71	STPA25	JISG 3458	—	—	—	≤0.030	≤0.030	206	412					
72	STPA26	JISG 3458	—	—	—	≤0.030	≤0.030	206	412					
73	X20CrMoV121	DIN 17175	—	—	—	≤0.030	≤0.030	490	690 ~ 840	17				
74	1Cr13	GB 1220	—	—	—	≤0.030	≤0.035	343	539	25	98.1	≥159		
75	0Cr13Al	GB 1220	—	—	—	≤0.030	≤0.035	177	412	20	98.1	≤183		
76	1Cr18Ni9	GB 1220	—	—	—	≤0.030	≤0.035	206	520	40		≤187		
77	0Cr23Ni13	GB 1220	—	—	—	≤0.030	≤0.035	206	520	40		≤187		

附录 B 常用焊条熔敷金属的化学和常温机械性能

关于常用焊条熔敷金属的化学和常温机械性能见表 B。

表 B 常用焊条熔敷金属的化学和常温机械性能

序号	焊 条 型 号			化 学 成 分 %							
	型 号	标 准 号	原 牌 号	C	Mn	Si	Cr	Mo	V	Nb	B
1	E4303	GB 5117	J 422	≤ 0.12	0.30 ~ 0.60	≤ 0.25	—	—	—	—	—
2	E4301	GB 5117	J 423	≤ 0.12	0.35 ~ 0.60	≤ 0.20	—	—	—	—	—
3	E4320	GB 5117	J 424	≤ 0.12	0.50 ~ 0.90	≤ 0.15	—	—	—	—	—
4	E4316	GB 5117	J 426	≤ 0.12	0.50 ~ 0.90	≤ 0.50	—	—	—	—	—
5	E4315	GB 5117	J 427	≤ 0.12	0.50 ~ 0.90	≤ 0.50	—	—	—	—	—
6	E5001	GB 5117	J 503	≤ 0.12	0.50 ~ 1.00	≤ 0.30	—	—	—	—	—
7	E5016	GB 5117	J 506	≤ 0.12	0.80 ~ 1.40	≤ 0.65	—	—	—	—	—
8	E5015	GB 5117	J 507	≤ 0.12	0.80 ~ 1.40	≤ 0.70	—	—	—	—	—
9	E6015D ₁	GB 5118	J 607	≤ 0.12	1.25 ~ 1.75	0.60	—	0.25 ~ 0.45	—	—	—
10	E7015D ₂	GB 5118	J 707	0.15	1.65 ~ 2.00	0.60	—	0.25 ~ 0.45	—	—	—
11	E5003A ₁	GB 5118	R 102	—	—	—	—	—	—	—	—
12	E5015A ₁	GB 5118	R 107	0.12	0.90	0.60	—	0.40 ~ 0.65	—	—	—
13	E5503B ₁	GB 5118	R 202	0.05 ~ 0.12	0.90	0.60	0.40 ~ 0.65	0.40 ~ 0.65	—	—	—
14	E5515B ₁	GB 5118	R 207	0.05 ~ 0.12	0.90	0.60	0.40 ~ 0.65	0.40 ~ 0.65	—	—	—
15	E5503B ₂	GB 5118	R 302	≤ 0.12	0.50 ~ 0.90	≤ 0.50	0.70 ~ 1.10	0.40 ~ 0.70	—	—	—
16	E5515B ₂	GB 5118	R 307	0.05 ~ 0.12	0.90	0.60	1.00 ~ 1.50	0.40 ~ 0.65	—	—	—
17	E5503B ₂ V	GB 5118	R 312	≤ 0.12	0.50 ~ 0.90	≤ 0.50	0.80 ~ 1.20	0.40 ~ 0.70	0.10 ~ 0.35	—	—

续表 B

序号	焊 条 型 号			化 学 成 分 %				常 温 机 械 性 能			分类号
	型 号	标 准 号	原 牌 号	W	Ni	Re	其他	σ_b Mpa	δ_5 %	a_k J/cm ²	SD 340-89
1	E4303	GB 5117	J 422	—	—	—	S : ≤ 0.035 P : ≤ 0.050	412	≥ 18	78.4	-1
2	E4301	GB 5117	J 423	—	—	—	S ≤ 0.035 P ≤ 0.050	412	≥ 18	78.4	-1
3	E4320	GB 5117	J 424	—	—	—	S ≤ 0.035 P ≤ 0.050	412	≥ 18	78.4	-1
4	E4316	GB 5117	J 426	—	—	—	S ≤ 0.035 P ≤ 0.040	412	≥ 22	137.2	-1
5	E4315	GB 5117	J 427	—	—	—	S ≤ 0.035 P ≤ 0.040	412	≥ 22	137.2	-1
6	E5001	GB 5117	J 503	—	—	—	S ≤ 0.035 P ≤ 0.050	490	≥ 16	58.8	-2
7	E5016	GB 5117	J 506	—	—	—	S ≤ 0.035 P ≤ 0.040	490	≥ 20	127.4	-2
8	E5015	GB 5117	J 507	—	—	—	S ≤ 0.035 P ≤ 0.040	490	≥ 20	127.4	-2
9	E6015D ₁	GB 5118	J 607	—	—	—	S ≤ 0.035 P ≤ 0.035	588	≥ 15	$\geq 27^v$	4-2
10	E7015D ₂	GB 5118	J 707	—	—	—	S ≤ 0.035 P ≤ 0.035	610	≥ 15		8
11	E5003A ₁	GB 5118	R 102	—	—	—	S ≤ 0.035 P ≤ 0.040	490	≥ 20		-1
12	E5015A ₁	GB 5118	R 107	—	—	—	S ≤ 0.035 P ≤ 0.035	490	≥ 22	78.4 ^u	-1
13	E5503B ₁	GB 5118	R 202	—	—	—	S ≤ 0.035 P ≤ 0.035	540	≥ 16		-2
14	E5515B ₁	GB 5118	R 207	—	—	—	S ≤ 0.035 P ≤ 0.035	540	≥ 17		-2

15	E5503B ₂	GB 5118	R 302	—	—	—	S ≤ 0.035 P ≤ 0.040	490	≥ 16		-2
16	E5515B ₂	GB 5118	R 307	—	—	—	S ≤ 0.035 P ≤ 0.035	540	≥ 17		-2
17	E5503B ₂ V	GB 5118	R 312	—	—	—	S ≤ 0.035 P ≤ 0.040	490	≥ 16		-3

续表 B

序号	焊 条 型 号			化 学 成 分 %							
	型 号	标 准 号	原 牌 号	C	Mn	Si	Cr	Mo	V	Nb	B
18	E5515B ₂ V	GB 5118	R 317	0.05 ~ 0.12	0.90	0.60	1.00 ~ 1.50	0.40 ~ 1.65	0.10 ~ 0.35	—	—
19	E6003B ₃	GB 5118	R 402	0.05 ~ 0.12	0.90	0.60	2.00 ~ 2.50	0.90 ~ 1.20	—	—	—
20	E6015B ₂	GB 5118	R 407	0.05 ~ 0.12	0.90	0.60	2.00 ~ 2.50	0.90 ~ 1.20	—	—	—
21	E5515B ₃ VNb	GB 5118	R 417	0.05 ~ 0.12	0.90	0.60	2.40 ~ 3.00	0.70 ~ 1.00	0.25 ~ 0.50	0.35 ~ 0.65	—
22	E5515B ₃ VWB	GB 5118	R 347	0.05 ~ 0.12	1.00	0.60	1.50 ~ 2.50	0.30 ~ 0.80	0.20 ~ 0.60	—	0.001 ~ 0.003
23	E5515B ₂ VW	GB 5118	R 327	0.05 ~ 0.12	0.70 ~ 1.10	0.60	1.00 ~ 1.50	0.70 ~ 1.00	0.20 ~ 0.35	—	—
24	E5515B ₂ VNb	GB 5118	R 337	0.05 ~ 0.12	0.60	0.60	1.00 ~ 1.50	0.70 ~ 1.00	0.15 ~ 0.40	0.10 ~ 0.25	—
25	E ₁ -5MoV-15	GB 983	R 507	0.12	0.50 ~ 0.90	0.50	4.5 ~ 6.00	0.40 ~ 0.70	0.10 ~ 0.35	—	—
26	E ₁ -9Mo-15	GB 983	R 707	0.10	1.00	0.90	8.0 ~ 10.5	0.85 ~ 1.20	—	—	—
27	E ₂ -11MoVNl-15	GB 983	R 807	0.19	0.50 ~ 1.00	0.50	9.5 ~ 11.5	0.60 ~ 0.90	0.20 ~ 0.40	—	—
28	E ₂ -11MoVNiW-15	GB 983	R 817	0.19	0.5 ~ 1.00	0.50	9.5 ~ 12.0	0.80 ~ 1.10	0.20 ~ 0.40	—	—
29			R 827	0.15 ~ 0.21	0.50 ~ 1.00	≤ 0.50	9.50 ~ 12.00	0.80 ~ 1.10	0.20 ~ 0.40	—	—
30	E ₁ -13-15	GB 983	G 207	0.12	1.00	0.90	11.00 ~ 13.50	0.50	—	—	—
31			G 217	≤ 0.12	≤ 1.00	≤ 0.90	12.00 ~ 14.00	—	—	—	—
32	E ₀ -19-10Nb-	GB 983	A132/A137	0.08	0.5 ~ 2.5	0.90	18.00 ~ 21.00	0.50	—	8 × C ~ 1.00	—
33	E ₀ -18-12Mo2-	GB 983	A202/A207	0.08	0.5 ~ 2.5	0.90	17.0 ~ 20.0	2.0 ~ 2.5	—	—	—
34	E ₁ -23-13-	GB 983	A302/A307	0.15	0.5 ~ 2.5	0.90	22.0 ~ 25.0	0.50	—	—	—
35	E ₂ -26-21-	GB 983	A402/A407	0.20	1.0 ~ 2.5	0.75	25.0 ~ 28.0	0.50	—	—	—
36	E ₁ -16-25Mo6N	GB 983	A 507	0.12	0.5 ~ 2.5	0.90	14.0 ~ 18.0	5.0 ~ 7.0	—	—	—
37	E ₀ -17-	GB 983	G302/G307	0.10	1.0	0.90	14.0 ~ 18.0	0.50	—	—	—

续表 B

序号	焊 条 型 号			化 学 成 分 %				常 温 机 械 性 能			分类号
	型 号	标 准 号	原 牌 号	W	Ni	Re	其他	σ_b MPa	δ_5 %	a_k J/cm ²	SD 340-89
18	E5515B ₂ V	GB 5118	R 317	—	—	—	S ≤ 0.035 P ≤ 0.035	540	≥ 17		-3
19	E6003B ₃	GB 5118	R 402	—	—	—	S ≤ 0.035 P ≤ 0.035	590	≥ 14		
20	E6015B ₂	GB 5118	R 407	—	—	—	S ≤ 0.035 P ≤ 0.035	590	≥ 15		
21	E5515B ₃ VNb	GB 5118	R 417	—	—	—	S ≤ 0.035 P ≤ 0.035	540	≥ 17		
22	E5515B ₃ VWB	GB 5118	R 347	0.20 ~ 0.60	—	—	S ≤ 0.035 P ≤ 0.035	540	≥ 17		
23	E5515B ₂ VW	GB 5118	R 327	0.25 ~ 0.50	—	—	S ≤ 0.035 P ≤ 0.035	540	≥ 17		-3
24	E5515B ₂ VNb	GB 5118	R 337	—	—	—	S ≤ 0.035 P ≤ 0.035	540	≥ 17		-3
25	E ₁ -5MoV-15	GB 983	R 507	—	—	Cu 0.50	S ≤ 0.030 P ≤ 0.035	540	≥ 14		-1
26	E ₁ -9Mo-15	GB 983	R 707	—	0.40	Cu 0.50	S ≤ 0.030 P ≤ 0.035	590	≥ 16		-2
27	E ₂ -11MoVNl-15	GB 983	R 807	—	0.60 ~ 0.90	Cu 0.50	S ≤ 0.030 P ≤ 0.035				-3
28	E ₂ -11MoVNiW-15	GB 983	R 817	0.40 ~ 0.70	0.40 ~ 1.10	Cu 0.50	S ≤ 0.030 P ≤ 0.035	730	≥ 15		-3
29			R 827	—	0.70 ~ 1.10	—	S ≤ 0.035 P ≤ 0.040	730	≥ 15		-3
30	E ₁ -13-15	GB 983	G 207	—	0.60	Cu 0.50	S ≤ 0.030 P ≤ 0.035	450	≥ 20		
31			G 217	—	≤ 0.60	—	S ≤ 0.030				

32	E ₀ -19-10Nb-	GB 983	A132/A137	—	9.0 ~ 11.0	Cu 0.50	P ≤ 0.040 S ≤ 0.030	520	≥ 25		
33	E ₀ -18-12Mo2-	GB 983	A202/A207	—	11.0 ~ 14.0	Cu 0.50	P ≤ 0.035 S ≤ 0.030	520	≥ 30		
34	E ₁ -23-13-	GB 983	A302/A307	—	12.0 ~ 14.0	Cu 0.50	P ≤ 0.035 S ≤ 0.030	550	≥ 25		
35	E ₂ -26-21-	GB 983	A402/A407	—	20.0 ~ 22.5	Cu 0.50	P ≤ 0.035 S ≤ 0.030	550	≥ 25		
36	E ₁ -16-25Mo6N	GB 983	A 507	—	22.0 ~ 27.0	Cu 0.50 N ≥ 0.1	S ≤ 0.030 P ≤ 0.035	610	≥ 30		
37	E ₀ -17-	GB 983	G302/G307	—	0.60	Cu 0.50	S ≤ 0.030 P ≤ 0.035	450	≥ 20		

附录 C 常用焊丝的化学成分

表 C 常用焊丝的化学成分

序号	钢 号	标 准 号	化 学 成 分 (%)												备 注	
			碳 C	锰 Mn	硅 Si	铬 Cr	钼 Mo	钒 V	钛 Ti	铌 Nb	镍 Ni	稀 土	其 他	硫 S		磷 P
														不 大 于		
1	H08A	GB1300—77	≤ 0.10	0.30 ~ 0.55	≤ 0.30	≤ 0.20	—	—	—	—	≤ 0.30	—	—	0.030	0.030	
2	H08MnA			0.80 ~ 1.10	≤ 0.07											
3	H08MnR	YB/Z11—76		1.00 ~ 1.30	0.10 ~ 0.30	—						0.10(加入量)	A10.05 (加入量)			

4	H08Mn2SiA	GB1300—77	≤ 0.11	1.80 ~ 2.10	0.65 ~ 0.95	≤ 0.20															
5	H10Mn2		≤ 0.12	1.50 ~ 1.90	≤ 0.07																
6	H08CrMoA		≤ 0.10	0.40 ~ 0.70	0.15 ~ 0.35	0.80 ~ 1.10												0.40 ~ 0.60	≤ 0.30		
7	H13CrMoA		0.11 ~ 0.16			0.80 ~ 1.00															
8	H08CrMoV					1.00 ~ 1.30												0.50 ~		0.15 ~ 0.35	
9	H08CrMnSiMoVA	YB/Z11—76		≤ 0.10	1.20 ~ 1.50	0.60 ~ 0.90	0.95 ~ 1.25	0.70	0.20 ~ 0.40	≤ 0.25											
10	H08Cr2MoA			0.40 ~ 0.70	0.15 ~ 0.35	2.00 ~ 2.50	0.90 ~ 1.20		≤ 0.06												
11	H1Cr13	GB1300—77	≤ 0.15	0.30 ~ 0.60	0.30 ~ 0.60	12.00 ~ 14.00	—		—	0.50 ~ 0.80		8.00 ~ 10.00									
12	H1Cr19Ni9		≤ 0.14	1.00 ~ 2.00	0.50 ~ 1.00	18.00 ~ 20.00							—	—	0.50 ~ 0.80		1.20 ~ 1.50	9.00 ~ 11.00			
13	H0Cr19Ni9Si2		≤ 0.06		2.00 ~ 2.75														0.30 ~ 0.70	0.030	
14	H1Cr19Ni9Ti		≤ 0.10		0.30 ~ 0.70																0.020
15	H1Cr19Ni10Nb		≤ 0.09		0.30 ~ 0.80			23.00 ~ 26.00													
16	H1Cr25Ni13		≤ 0.12		0.30 ~ 0.70																
17	H1Cr25Ni20		≤ 0.15	0.20 ~ 0.50																	

18	TIG-J50	—		0.06 ~ 0.12	1.20 ~ 1.50	0.60 ~ 0.85				0.03 ~ 0.06	—	—	0.05(加入量)	A10.07 ~ 0.15 Zr0.04 ~ 0.10	0.025	0.025	系上海电力修造总厂标准
19	TIG-R31				0.75 ~ 1.05		1.10 ~ 1.40	0.45 ~ 0.65	0.20 ~ 0.35								
20	TIG-R40					0.45 ~ 0.70	2.20 ~ 2.50	0.95 ~ 1.25	—								
21	TIG-R10				0.75 ~ 1.05	0.45 ~ 0.70	—	0.45 ~ 0.65									
22	TIG-R30						1.10 ~ 1.40										

附录 D 埋弧自动焊常用焊剂简明表

关于埋弧自动焊常用焊剂见表 D。

表 D 埋弧自动焊常用焊剂简明表

牌 号	焊剂种类	粒 度 mm	焊接电源	烘焙温度 × h	主 要 用 途
250	低锰中硅 中氟	0.4 ~ 3	直 流	(300 ~ 350)×2	配合焊丝 H08MnMoA、H08Mn2MoA 及 H08Mn2MoVA 可焊接 15MnV、14MnMoV、18MnMoNb 及 14MnMoVB 等
260	低锰高硅 中氟	0.25 ~ 2	直 流	(300 ~ 400)×2	配合不锈钢焊丝如铬 18 镍 9、铬 18 镍 9 钛等用于焊接相应的耐酸不锈钢
330	中锰高硅 低氟	0.4 ~ 3	交直流	250×2	配合 H08MnA、H10Mn2 及 H10MnSi 焊丝可焊接 A3、15g、20g、16Mn、15MnTi 及 15MnV 等
350	中锰中硅 中氟	0.4 ~ 3 0.25 ~ 1.6	交直流	(300 ~ 400)×2	配合 H10Mn2、H10MnMo 或其他焊丝、焊接 Mn-Si、Mn-Mo 钢及含 Ni 的低合金钢
430	高锰高硅 低氟	0.4 ~ 3 0.25 ~ 1.6	交直流	250×2	配合 H08A、H08MnA、H10Mn2A 及 H10MnSiA 焊丝，焊接重要的低碳钢及部分普低钢如 16Mn、14MnNb、18Nb
431	高锰高硅 低氟	0.4 ~ 3	交直流	250×2	配合 H08A、H08MnA、H10Mn2A 及 H10MnSiA 焊丝、焊接 A3、20g、16Mn、14MnNb 及 18Nb 钢

附录 E 焊接异种钢的焊条(焊丝)及焊后热处理温度推荐表

关于焊接异种钢的焊条(焊丝)及焊后热处理温度推荐表见表 E。

表 E 焊接异种钢的焊条(焊丝) 及焊后热处理温度推荐表

C	1-a-A																			
C-Mo	1-a-B	3-b-B																		
1/2Cr-1/2Mo	2-a-C	3-b-C	3'-c-C																	
1Cr-1/2Mo	2-a-C	3-b-C	3'-c-C	4-c-C																
$1\frac{1}{4}$ Cr - 1/ 2Mo	3-b-C	3-b-D	3'-c-C	4-c-C	4-c-C															
1/2Cr-1/2Mo-V	3'-c-C	4-c-D	4-c-D	4-c-C	4-c-C	5-d-E														
1Cr-1/2Mo-V	3'-c-C	4-c-D	4-c-D	4-c-C	4-c-C	5-d-E	5-d-E													
$1\frac{1}{4}$ Cr - 1Mo - V	4-c-C	4-c-D	4-c-D	4-c-D	4-c-D	5-d-E	5-d-E	5'-d-E												
$1\frac{3}{4}$ Cr - 1/ 2Mo - V	4-c-C	4-c-D	4-c-D	4-c-D	4-c-D	5-d-E	5-d-E	5'-d-E	5'-d-E											
2Cr-1/2Mo	4-c-D	4-c-D	4-c-D	4-c-D	4-c-D	5-d-E	5-d-E	5'-d-E	5'-d-E	6-e-E										
$2\frac{1}{4}$ Cr - 1Mo	4-c-D	4-c-D	4-c-D	5-d-E	5-d-E	5-d-E	5-d-E	5'-d-E	5'-d-E	6-e-E	6-e-E									
2Cr-1/2Mo-VW	4-c-D	5-d-E	5-d-E	5-d-E	5-d-E	5-d-E	5-d-E	5'-d-E	5'-d-E	6-e-E	6-e-E	6 ' -f-F								
3Cr-1Mo	4-c-D	5-d-E	5-d-E	5-d-E	5-d-E	5'-d-E	5'-d-E	5'-d-E	5'-d-E	6-e-E	6-e-E	6 ' -f-F	6 ' -f-F							
3Cr-1Mo-VTi	4-c-D	5-d-E	5-d-E	5-d-E	5-d-E	5'-d-E	5'-d-E	5'-d-E	5'-d-E	6-e-E	6-e-E	6 ' -f-F	6 ' -f-F	6 " -f-F						
5Cr-1/2Mo	6-e-E	6-e-E	6-e-E	6-e-E	6-e-E	6-e-E	6-e-E	6-e-E	6-e-E	6-e-E	6-e-E	6 " -f-F	6 " -f-F	6 " -f-F	7-F					
7Cr-1/2Mo	6-e-E	6-e-E	6-e-E	6-e-E	6-e-E	6-e-E	6-e-E	6-e-E	6-e-E	6-e-E	6-e-E	6 " -f-F	6 " -f-F	7-F	7-F	7-F				
9Cr-1Mo	6-e-E	6-e-E	6-e-E	6-e-E	6-e-E	6-e-E	6-e-E	6-e-E	6-e-E	6-e-E	6-e-E	6 " -f-F	6 " -f-F	7-F	7-F	7-F	8-F			
12Cr-1Mo-V	6-e-E	6-e-E	6-e-E	6-e-E	6-e-E	6-e-E	6-e-E	6-e-E	6-e-E	6-e-E	6-e-E	6 " -f-F	6 " -f-F	7-F	7-F	7-F	8-A	8'-g-F		
18-8	9-h-A	9-h-A	9-h-A	9-h-A	9-h-A	9-h-A	9-h-A	9-h-A	9-h-A	9-h-A	9-h-A	9-h-A	9-h-A	9-h-A	9-h-A	9-h-A	9-h-A	9-h-A	10-i-A	
钢 种	C	C-Mo	1/2Cr-1/2Mo	1Cr-1/2Mo	$1\frac{1}{4}$ Cr - 1/2Mo	1/2Cr-1/2Mo-V	1Cr-1/2Mo-V	$1\frac{1}{2}$ Cr - 1Mo-V	$1\frac{3}{4}$ Cr - 1/2Mo-V	2Cr-1/2Mo	$2\frac{1}{4}$ Cr - 1Mo	2Cr-1/2Mo-VW	3Cr-1Mo	3Cr-1Mo-VTi	5Cr-1/2Mo	7Cr-1/2Mo	9Cr-1Mo	12Cr-1Mo-V	18-8	

代号说明：			
焊 条	焊 丝	氩弧焊丝	热处理温度
1——结 426(结 422)	a——Ho8MnA	a ' ——TIGJ50	A——一般不进行热处理
2——结 506、结 507	Ho8MnReA	b ' — —	B——620 ~ 670
3——热 107(新热 102)	b——Ho8CrMo	TIGR10	C——650 ~ 700
3 ' ——热 207(新热 202)	c——H13CrMo	d ' — —	D——670 ~ 720
4——热 307(新热 302)	d——Ho8CrMoV	TIGR30	E——720 ~ 750
5——热 317(新热 312)	e——Ho8Cr2Mo1	d " — —	F——750 ~ 780
5 ' ——热 337	f——Ho8Cr2MoVNB	TIGR31	
6——热 407(新热 402)		e ' ——TIGR40	
6 ' ——热 347	g——16Cr10MoNiV		
6 " ——新热 417	h——HCr25Ni13		
7——热 507	HCr25Ni20		
8——热 707	i——H1Cr19Ni9Nb		
8 ' ——热 817			
9——奥 302、奥 307、奥 402、奥 407			
10——奥 132、奥 137			

注：当两侧钢材之一为奥氏体不锈钢，且工作温度低于 425℃ 时，可选用与所焊奥氏体不锈钢相应的焊条(焊丝)。处理时，推荐选用镍基焊条。

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 3 '、4 电焊条，d " 可同 5、5 ' 电焊条，e ' 可用 6、6 ' 电焊条相配使用。

当采用氩弧焊打底时，氩弧焊丝 a ' 可同 1、2 电焊条，b ' 可同 3 电焊条，d ' 可同括号内之酸性焊条为 TIG 盖面焊条。

附录 F 焊接接头质量检查试样的 切取部位及规格

制取成样的焊件经外观检查合格后，可做试样的切取。一般以机械切取为宜。如用气割或等离子切割法切取试样毛坯时，其每侧应留有不少于 5 mm 的加工余量。

F.0.1 管件试样的切取部位：吊焊焊缝如图 F.0.1，横焊焊缝不做规定。

F.0.2 拉伸试样规格如图 F.0.2 和表 F 所示。

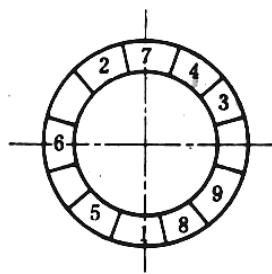


图 F.0.1 吊焊焊缝的试样切取部位示意图

1、2—拉力试样；3、6、9—折断面试样；
4、5—弯曲试样；7、8—金相试样

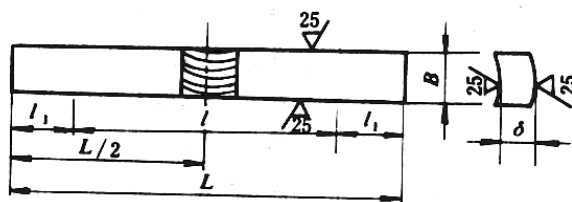


图 F.0.2 拉力试样规格

表 F 拉力试样规格尺寸 mm

试样厚度 δ	B	l	L	备 注
≤ 4.5	15 ± 0.5	50	$L = l + 2l_1$	l_1 按试验机确定
$> 4.5 \sim 10$	20 ± 0.5	60		

F.0.3 冷弯试样规格如图 F.0.3 所示。

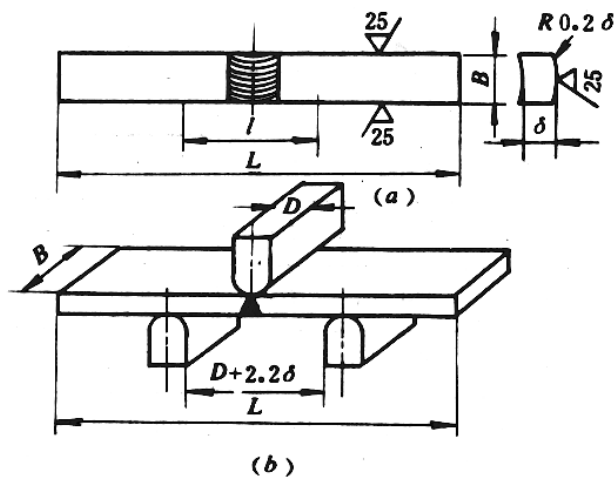


图 F.0.3 冷弯试样规格

(a)薄壁管试样；(b)试验示意图

$$B=1.5\delta; L=D+2.5\delta+80\text{mm}; l=L/3;$$

D —弯轴直径； δ —试样厚度

F.0.4 金相试样规格如图 F.0.4 所示。

F.0.5 折断面试样规格如图 F.0.5 所示。折断面试样可在试样表面加工 60° V 形槽，以使断口在焊缝上。

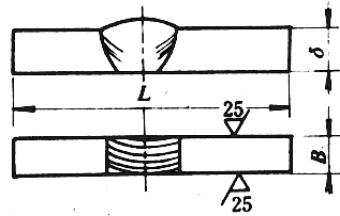


图 F.0.4 金相试样规格

δ —管子壁厚； B —10~20 mm； L —试样长度

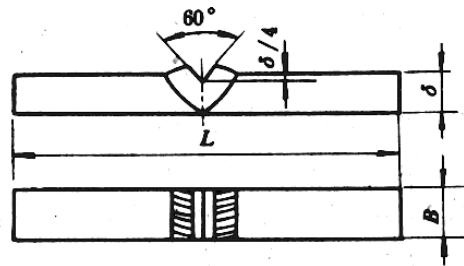


图 F.0.5 折断面试样

δ —管子壁厚； B —试样宽度($B=2\delta$ 且大于或等于 10mm)；

L —试样长度

附录 G 相关标准、规范目录

- 1.DJ 56—79 电力建设施工及验收技术规范(管道篇)
- 2.SDJ 245—88 电力建设施工及验收技术规范(锅炉机组篇)
- 3.SDJ 53—83 电力建设施工及验收技术规范(汽轮机机组篇)
- 4.SDJ 67—83 电力建设施工及验收技术规范(管道焊缝超声波检验篇)
- 5.SD 143—85 电力建设施工及验收技术规范(钢制承压管道对接焊缝射线检验篇)
- 6.SD 167—85 电力工业锅炉监察规程
- 7.SD 107—83 火力发电厂金属技术监督规程
- 8.SD 263—88 焊工技术考核规程
- 9.SD 340—89 火力发电厂锅炉、压力容器焊接工艺评定规程
- 10.SD 339—89 钛材管板焊接技术规程
- 11.电力建设金相检验导则
- 12.火电施工质量检验及评定标准 第七篇 管道工程

- 13.火电施工质量检验及评定标准 第九篇 焊接工程
- 14.GBJ 205—83 钢结构工程施工及验收规范
- 15.GBJ 236—82 现场设备、工业管道焊接工程施工及验收规范
- 16.GB 5117—85 碳钢焊条
- 17.GB 5118—85 低合金钢焊条
- 18.GB 1300—77 焊接用钢丝
- 19.GB 5293—85 碳素钢埋弧焊用焊剂
- 20.GB 3087—82 低中压锅炉用无缝钢管
- 21.GB 5310—85 高压锅炉用无缝钢管
- 22.GB 8162—87 结构用无缝钢管
- 23.GB 713—86 锅炉用碳素钢和低合金钢板
- 24.GB 6654—86 压力容器用碳素钢和低合金钢厚钢板
- 25.GB 3077—88 合金结构钢技术条件
- 26.GB 699—88 优质碳素结构钢技术条件
- 27.GB 700—88 碳素结构钢
- 28.GB 1591—88 低合金结构钢
- 29.GB 6416—86 影响钢熔化焊接头质量的技术因素
- 30.GB 3323—87 钢熔化焊对接接头射线照相和质量分级
- 31.GB/T 12605—90 钢管环缝熔化焊对接接头射线透照工艺和质量分级
- 32.GBJ 235—82 工业管道工程施工及验收规范
- 33.JB 3223—83 焊条质量管理规程
- 34.JB 1152—81 锅炉和钢制压力容器对接焊缝超声波探伤
- 35.GB 11345—89 钢焊缝手工超声波探伤方法和探伤结果的分级
- 36.JB 2633—81 锅炉锻件技术条件
- 37.JB 755—85 压力容器锻件技术条件
- 38.GB 9445—88 无损检测人员技术资格鉴定规则
- 39.GB/T 10300 质量管理和质量保证
- 40.GB 9222—88 水管锅炉受压元件强度计算
- 41.GB 3375—82 焊接名词术语
- 42.劳动人事部，蒸汽锅炉安全技术监察规程
- 43.劳动人事部，压力容器安全技术监察规程
- 44.劳动人事部，锅炉压力容器焊工考试规则

附加说明：

本规程由能源部电站焊接标准化技术委员会提出。

本规程主要起草人：杨建平、张信林、廖传庆、张佩良。