

钢筋电弧焊施工工艺标准

1 适用范围

本工艺标准适用于工业与民用建筑现浇钢筋混凝土结构中钢筋及埋件的电弧焊连接。

2 施工准备

2.1 材料及主要机具

2.1.1 钢筋：钢筋的级别和直径必须符合设计要求，其性能应符合现行国家标准《钢筋混凝土用热轧带肋钢筋》GB1499、《钢筋混凝土用热轧光圆钢筋》GB13013 以及《钢筋混凝土用余热处理钢筋》GB13014 的规定。

2.1.2 焊条：电弧焊所采用的焊条，其性能应符合现行国家标准《碳钢焊条》GB5117 或《低合金钢焊条》GB5118 的规定和设计要求。其型号应根据设计确定；若设计无规定时，可按下（表一）选用。

表一 钢筋电弧焊使用的焊条型号

钢筋级别	电 弧 焊 接 头 型 式			
	帮条焊 搭接焊	坡口焊、熔槽帮条焊、 预埋件穿孔塞焊	窄间隙焊	钢筋与钢板搭接焊 预埋件 T 型角焊
HPB235	E4303	E4303	E4316 E4315	E4303
HRB335	E4303	E5003	E5016 E5015	E4303
HRB400 RRB400	E5003	E 5503	E6016 E6015	

注：窄间隙焊不适用于余热处理级钢筋。

2.1.3 当采用低氢型碱性焊条时，应按使用说明书的要求烘焙，且宜放入保温筒内保温使用；酸性焊条若在运输或存放中受潮，使用前亦应烘焙后方能使用。

2.1.4 凡施焊的各种钢筋，均应有材质证明书或试验报告单。焊条应有合格证。各种焊接材料应分类存放和妥善管理，并应采取防止锈蚀、受潮变质措施。

2.2 主要机具

2.2.1 焊接电源：焊接电源可采用市场上的定型产品，其容量大小应能获得 300A 电流，空载电压应为 75V 及以上。

2.2.2 窄间隙焊用 U 形铜模：U 形铜模是由铜模、限位支座、固紧装置组成的专用模具。U 形铜模可用紫铜板压制或铜棒加工而成，也可用电解铜浇铸后经少许加工而成。铜模大小应与被焊钢筋直径相适应。一种铜模只宜用于相近的两种直径钢筋焊接。铜模应具有一定的厚度和体积。

2.2.3 其它机具：焊接电缆、电焊钳、面罩、垫子、钢丝刷、无齿锯等。

2.3 作业条件

2.3.1 焊工必须持有有效的考试合格证。

2.3.2 焊前准备工作已完成，焊机无故障，能正常使用。

2.3.3 选择合适的焊接电源且开关箱内已装设电压表。在焊接区域内，焊接地线与钢筋应接触紧密。

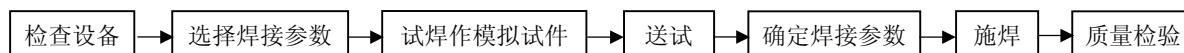
2.2.4 作业场地应有安全防护设施，以及防火和必要的通风措施，防止发生烧伤、触电、中毒及火灾等事故。

2.4 作业人员

焊工，应持证上岗。

3 操作工艺

3.1 工艺流程



3.2 操作细则

3.2.1 检查电源、弧焊机及工具：焊接地线应与钢筋接触紧密，防止因起弧而烧伤钢筋。

3.2.2 选择焊接参数。根据钢筋级别、直径、接头型式和焊接位置，选择焊条、焊接工艺和焊接参数以及焊接电流，保证焊缝与钢筋熔合良好。

3.2.3 试焊、做模拟试件。在每批钢筋正式焊接前，应焊接 3 个模拟试件做拉力试验经试验合格后，方可按确定的焊接参数成批生产。

3.2.4 施焊操作：

3.2.4.1 引弧：焊接时，引弧应在钢筋垫板、帮条或形成焊缝的部位进行，不得烧伤主筋。

3.2.4.2 定位：焊接时应先焊定位点再施焊。

3.2.4.3 运条：运条时的直线前进、横向摆动和送进焊条三个动作要协调平稳。

3.2.4.4 收弧：收弧时，应将熔池填满，拉灭电弧时，应将熔池填满，注意不要在工作表面造成电弧擦伤。

3.2.4.5 多层焊：如钢筋直径较大，需要进行多层施焊时，应分层间断施焊，每焊一层后，应清渣再焊接下一层。应保证焊缝的高度和长度。

3.2.4.6 熔合：焊接过程中应有足够的熔深。中焊缝与定位焊缝应结合良好，避免气孔、夹渣和烧伤缺陷，并防止产生裂缝。

3.2.4.7 平焊：平焊时要注意熔渣和铁水混合不清的现象，防止熔渣流到铁水前面。熔池也应控制成椭圆形，一般采用右焊法，焊条与工作表面成 70° 。

3.2.4.8 立焊：立焊时，铁水与熔渣易分离。要防止熔池温度过高，铁水下坠形成焊瘤，操作时焊条与垂直面形成 $60^\circ \sim 80^\circ$ 角。使电弧略向上，吹向熔池中心。焊第一道时，应压住电弧向上运条，同时作较小的横向摆动，其余各层用半圆形横向摆动加挑弧法向上焊接。

3.2.4.9 横焊：焊条倾斜 $70^\circ \sim 80^\circ$ ，防止铁水受自重作用坠到下坡口上。运条到上坡口处不作运弧停顿，迅速带到下坡口根部作微小横拉稳弧动作，依次匀速进行焊接。

3.2.4.10 仰焊：仰焊时宜用小电流短弧焊接，溶池宜薄，且应确保与母材熔合良好。第一层焊缝用短电弧作前后推拉动作用，焊条与焊接方向成 $80^\circ \sim 90^\circ$ 角。其余各层焊条横摆，并在坡口侧略停顿稳弧，保证两侧熔合。

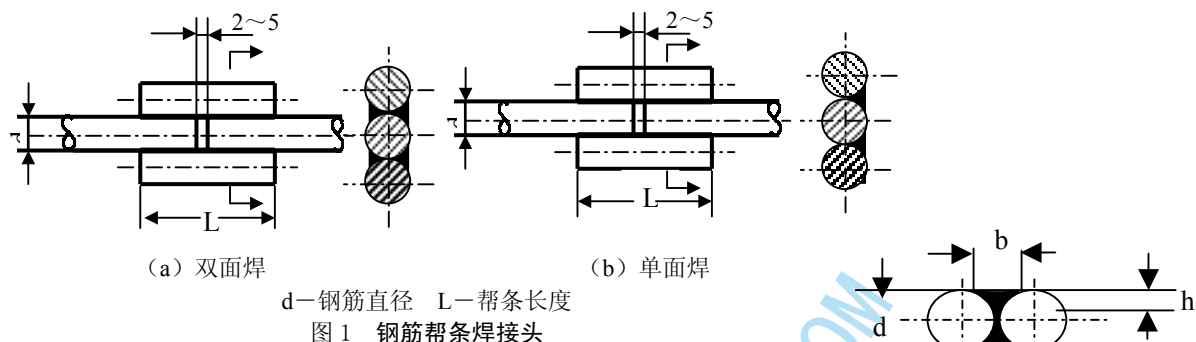
3.2.5 钢筋帮条焊和搭接焊：

3.2.5.1 帮条焊时，宜采用双面焊如图 1（a）。当不能进行双面焊时，可采用单面焊如图 1（b）。

3.2.5.2 帮条长度 L 应符合下表（二）的规定。当帮条级别与主筋相同时，帮条直径可与主筋相同或小

一个规格；当帮条直径与主筋相同时，帮条级别可与主筋相同或低一个级别。

3.2.5.3 帮条焊接头或搭接焊接头的焊缝厚度 h 不应小于钢筋直径的 0.3 倍，焊缝宽度 b 不应小于主筋直径的 0.7 倍（如图 2）



3.2.5.4 搭接焊可用于 HPB235 级、HRB335 级、HRB400 级和 RRB400 级钢筋。焊接时，宜采用双面焊，见图 3（a）。

不能进行双面焊时，也可采用单面焊，见图 3（b）。搭接长度与帮条长度相同，并应符合上（表二）的规定。

3.2.5.5 帮条焊或搭接焊时，钢筋的装配和焊接应符合下列要求：

- 帮条焊时，两主筋端面的间隙应为 2~5mm；
- 搭接焊时，焊接端钢筋应预弯，并使两钢筋的轴线在一直线上；
- 帮条焊时，帮条与主筋之间应用四点定位焊固定；搭接

表二 钢筋帮条长度

钢筋级别	焊缝型式	帮条长度 L
HPB235	单面焊	$\geq 8d$
	双面焊	$\geq 4d$
HRB335	单面焊	$\geq 10d$
	双面焊	$\geq 5d$

注： d 为主筋直径（mm）

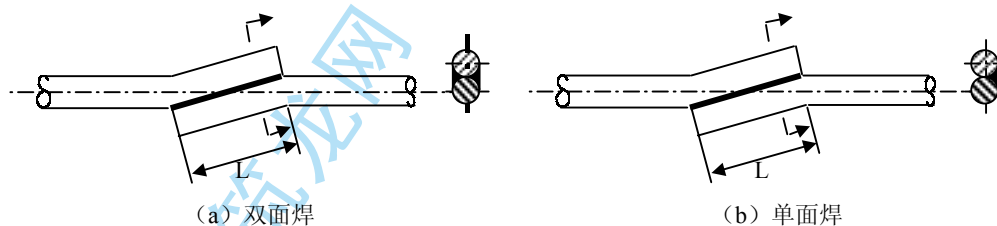


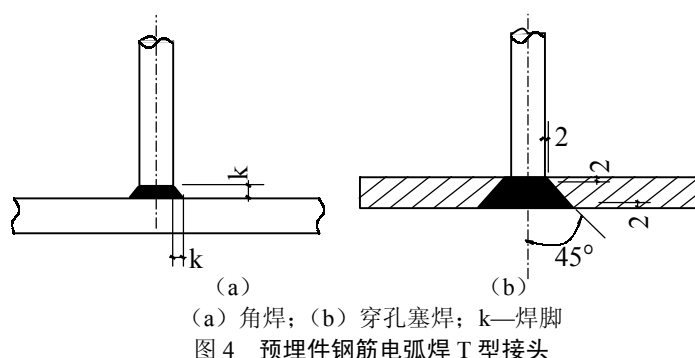
图 3 钢筋搭接焊接头

焊时，应用两点固定；定位焊缝与帮条端部或搭接端部的距离应大于或等于 20 mm；

d) 焊接时，引弧应在帮条钢筋或搭接钢筋的一端开始，收弧应在帮条钢筋或搭接钢筋的端头上，弧坑应填满，并使主焊缝与定位焊缝的始端和终端熔合良好。

3.2.6 预埋件钢筋电弧焊 T 型接头：

预埋件钢筋电弧焊 T 型接头分为角焊和穿孔塞焊两种。如图 4（a）角焊；图 4（b）穿孔塞焊。



装配和焊接时，应符合下列要求：

a) 钢板厚度 δ 不应小于钢筋直径的 0.6 倍，且不宜小于 6 mm；

b) 钢筋应采用 HPB235 级、HRB335 级；受力锚固钢筋直径不宜小于 8mm；构造锚固钢筋直径不宜小于 6mm。；锚固钢筋直径在 6~25mm 以内，可采用角焊；锚固钢筋直径为 20~32mm 时，宜采用穿孔塞焊。

c) 当采用 HPB235 级钢筋时，角焊缝焊脚 k 不得小于钢筋直径的 0.5 倍；采用 HRB335 级钢筋时，焊缝焊脚 k 不得小于钢筋直径的 0.6 倍；

d) 施焊中，焊接电流不宜过大，不得使钢筋咬边和烧伤钢筋。

3.2.7 钢筋与钢板搭接焊

焊接接头见图 5。并应符合下列要求：

3.2.7.1 钢筋采用搭接焊时，对 HPB235 级钢筋的搭接长度 L 不得

小于 4 倍钢筋直径，HRB335 级钢筋的搭接长度 L 不得小于 5 倍钢筋直径；

3.2.7.2 焊缝宽度 b 不得小于钢筋直径的 0.5 倍，焊缝厚度 h 不得小于钢筋直径的 0.35 倍。

3.2.8 熔槽帮条焊：

熔槽帮条焊宜用于直径 20 mm 及以上钢筋的现场安装焊接。焊接时应加角钢做垫板模。接头形式（如图 6）、角钢尺寸和焊接工艺应符合下列要求：

3.2.8.1 角钢边长为 40~60mm，长度宜为 80~100mm；

3.2.8.2 钢筋端面应加工平整；两钢筋端面的间隙应为 10~16mm；

3.2.8.3 从接缝处垫板引弧后应连续施焊，并使钢筋端部熔合，防止未焊透、气孔或夹渣；

3.2.8.4 焊接过程中应停焊清渣 1 次。焊平后，再进行焊缝余高的焊接，其高度不得大于 3mm；

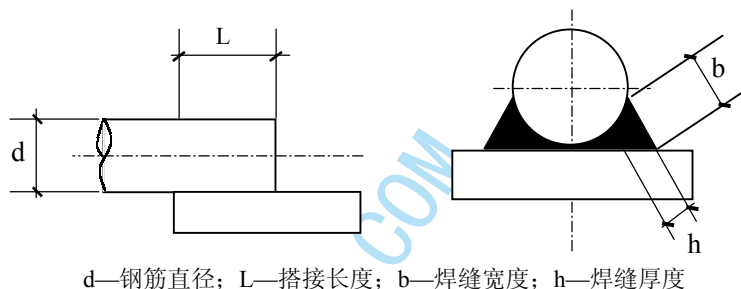
3.2.8.5 钢筋与角钢垫板之间，应加焊侧面焊缝 1~3 层，焊缝应饱满，表面应平整。

3.2.9 窄间隙焊宜用于直径 16mm 及以上钢筋的现场水平连接。焊接时，钢筋应置于铜模中，并应留出一定间隙，用焊条连续焊接，熔化钢筋端面并使熔敷金属填充间隙，形成接头（如图 7）；其焊接工艺应符合下列要求：

3.2.9.1 钢筋端面应平整；

3.2.9.2 应选用低氢型碱性焊条，其型号应符合焊接规程有关规定的要求；

3.2.9.3 端面间隙和焊接参数可按下（表三）选用。



d—钢筋直径；L—搭接长度；b—焊缝宽度；h—焊缝厚度

图 5 钢筋与钢板搭接焊接头

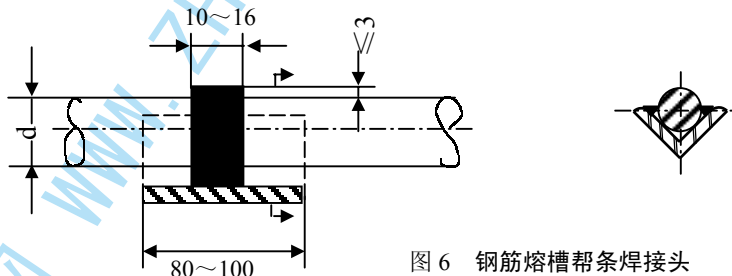


图 6 钢筋熔槽帮条焊接头

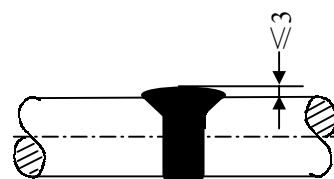


图 7 钢筋窄间隙焊接头

3.2.9.4 从焊缝根部引弧后应连续进行焊接，左、右来回运弧，在钢筋端面处电弧应稍许停留，使其熔合；

表三 窄间隙焊端面间隙和焊接参数

钢筋级别 (mm)	端面间隙 (mm)	焊条直径 (mm)	焊接电流 (A)
16	9~11	3.2	100~110
18	9~11	3.2	100~110
20	10~12	3.2	100~110
22	10~12	3.2	100~110
25	12~14	4.0	150~160
28	12~14	4.0	150~160
32	12~14	4.0	150~160
36	13~15	5.0	220~230
40	13~15	5.0	220~230

3.2.9.5 当焊至端面间隙的 4/5 高度后，焊缝应逐渐扩宽；当熔池过大时，应改连续焊为断续焊，避免过热；

3.2.9.6 焊缝余高不得大于 3mm，且应平缓过渡至钢筋表面。

3.2.10 在装配式框架结构的安装中，钢筋焊接应符合下列要求：

3.2.10.1 两钢筋轴线偏移时，宜采用冷弯矫正，但不得用锤敲击。如冷弯矫正有困难，可采用氧乙炔焰加热后矫正，钢筋加热部位的温度不得超过 850℃，避免烧伤钢筋。

3.2.10.2 焊接时，应选择合适的焊接顺序，对于柱间节点，可由两名焊工对称焊接，以减少结构的变形。

3.2.10.3 柱间节点，采用坡口焊时，当主筋根数为 14 根及以下，钢筋从混凝土表面伸出长度不应小于 250mm；当主筋根数为 14 根以上时，钢筋的伸出长度不应小于 350mm。采用搭接焊时其伸出长度宜增加。

3.2.11 钢筋采用坡口焊时，其准备工作应符合下列要求：

3.2.11.1 坡口面应平顺，凹凸不平度不得超过 1.5mm 切口边缘不得有裂纹、钝边和缺棱；

3.2.11.2 坡口平焊时，V 形坡口角度宜为 55° ~65° 如图 8 (a)

3.2.11.3 坡口立焊时，V 形坡口角度宜为 35° ~55°，其中下钢筋宜为 0° ~10°，上钢筋宜为 35° ~45°。如图 8 (b)

3.2.11.4 钢垫板厚度宜为 4~6mm，长度宜为 40~60mm。坡口平焊时，垫板宽度应为钢筋直径加 10mm；立焊时，垫板宽度宜等于钢筋直径；

3.2.11.5 钢筋根部间隙，坡口平焊时宜为 4~6mm；立焊时，宜为 3~5mm。其最大间隙均不宜超过 10mm。

3.2.12 钢筋采用坡口焊时，其焊接工艺应符合下列要求：

3.2.12.1 焊缝根部、坡口端面以及钢筋与钢板之间均熔合。焊接过程中应经常清渣。钢筋与钢垫板之

间，应加焊 2~3 层侧面焊缝；

3.2.12.2 坡口焊宜采用几个接头轮流进行施焊，以防止接头过热；

3.2.12.3 焊缝的宽度应大于 V 型坡口的边缘 2~3mm，焊缝余高不得大于 3mm，并宜平缓过渡至钢筋表面；

3.2.12.4 当发现接头中有弧坑、未填满、气孔及咬边等缺陷时，应立即补焊。

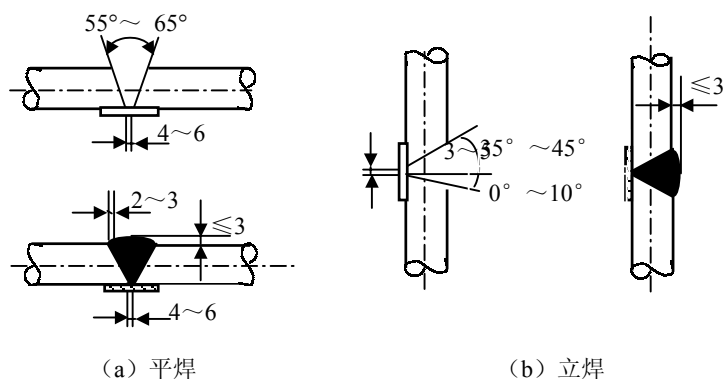


图 8 钢筋坡口焊接头

HRB400 级、RRB400 级钢筋接头冷却后补焊时，应采用氧乙炔焰预热。

3.2.13 钢筋低温焊接

3.2.13.1 环境温度低于 -5℃ 的条件下进行焊接时，为钢筋低温焊接。低温焊接时，除遵守常温焊接的有关规定外，应调整焊接工艺参数，使焊缝和热影响区缓慢冷却。风力超过 4 级时，应有挡风措施。焊后未冷却的接头应避免碰到冰雪。当环境温度低于 -20℃ 时，不宜进行施焊。

3.2.13.2 钢筋低温电弧焊时，焊接工艺应符合下列要求：

a) 进行帮条平焊或搭接平焊时，第一层焊缝，先从中引弧，再向两端运弧；平焊时，应从中向两端施焊；立焊时，应先从中间向上端施焊，再从下端向中间施焊；以使接头端部的钢筋达到一定的预热效果。以后各层焊缝的焊接时，应采取分层控温施焊。层间温度宜控制在 150~350℃ 之间，以起到缓冷的作用。

b) HRB335 级、HRB400 级和 RRB400 级钢筋电弧焊接头进行多层施焊时，可采用“回火焊道施焊法”，即最后回火焊道的长度比前层焊道在两端各缩短 4~6mm，以消除或减少前层焊道及过热区的淬硬组织，改善接头的性能。

c) 坡口焊的焊缝余高应分两层控温施焊；

d) 低温电弧焊与常温焊接相比，宜略微增大焊接电流、适当减慢焊接速度。

4 质量标准

4.1 主控项目

4.1.1 钢筋的品种和质量，焊条的牌号、性能及接头中使用的钢板和型钢，均必须符合设计要求和有关标准的规定。

检验方法：检查产品合格证、出厂检验报告和进场复验报告。

4.1.2 当发现钢筋脆断、焊接性能不良或力学性能显著不正常等现象时，应对该批钢筋进行化学成分检验或其他专项检验。

检验方法：检查化学成分等专项检验报告。

4.1.3 在施工现场，应按国家现行标准《钢筋焊接及验收规程》JGJ18 的规定抽取钢筋焊接接头作力学性能检验，其质量应符合有关规程的规定。

检验方法：检查产品合格证、接头力学性能试验报告。

4.2 一般项目

4.2.1 钢筋应平直、无损伤，表面不得有裂纹、油污、颗粒状或片状老锈。

4.2.2 在施工现场，应按国家现行标准《钢筋焊接及验收规程》JGJ18 的规定对钢筋焊接接头的外观进行检查，并随机抽取试件进行力学性能试验，其质量应符合有关规定的要求。

检验方法：观察和试验报告单。

4.2.3 当受力钢筋采用焊接接头时，设置在同一构件内的接头宜相互错开。纵向受力钢筋焊接接头连接区段的长度为 35 倍 d (d 为纵向受力钢筋的较大直径) 且不小于 500mm，凡接头中点位于该连接区段长度内的接头均属于同一连接区段。同一连接区段内，纵向受力钢筋焊接的接头面积百分率为该区段内有接头的纵向受力钢筋截面面积与全部纵向受力钢筋截面面积的比值。

同一连接区段内，纵向受力钢筋的接头面积百分率应符合设计要求；当设计无具体要求时，应符合下列规定：

4.2.3.1 在受拉区不宜大于 50%；

4.2.3.2 接头不宜设置在有抗震设防要求的框架梁端、柱端的箍筋加密区；

4.2.3.3 直接承受动力荷载的结构构件中，不宜采用焊接接头；

检验方法：观察、钢尺检查。

4.2.4 钢筋焊接接头外观检查时，应符合下列要求：

4.2.4.1 焊缝表面应平整，不得有凹陷或焊瘤；

4.2.4.2 焊接接头区域不得有裂纹；

4.2.4.3 咬边深度、气孔、夹渣等缺陷允许值及接头尺寸的允许偏差，应符合下表的规定；

4.2.4.4 坡口焊、熔槽帮条焊和窄间隙焊接头的焊缝余高不得大于 3mm。

4.2.4.5 外观检查不合格的接头，经修整或补强后可提交二次验收。

钢筋电弧焊接头尺寸偏差及缺陷允许值

名 称	单 位	接 头 型 式		
		帮条焊	搭接焊	坡口焊、窄间隙焊熔槽帮条焊
帮条沿接头中心线的纵向偏移	mm	0.5d	—	—
接头处弯折角	(°)	4		
接头处钢筋轴线的偏移	mm	0.1d		
		3		
焊缝厚度	mm	+0.05d; 0		—
焊缝宽度	mm	+0.10d; 0		—
焊缝长度	mm	-0.5d		—
横向咬边深度	mm	0.5		
在长 2d 焊缝表面上的气孔及夹渣	个	2		—
	mm ²	6		—
在全部焊缝表面上的气孔及夹渣	个	—	—	2
	mm ²	—	—	6

注：1、 d 为钢筋直径 (mm)；2、负温电弧焊接头咬边深度不得大于 0.2mm。

4.3 质量记录

4.3.1 钢筋出厂质量证明书和钢筋复验报告。

4.3.2 焊接接头或焊接制品外观检查。

4.3.3 钢筋接头拉伸试验报告。

4.3.4 预埋件钢筋 T 形接头拉伸试验报告。

4.3.5 焊条出厂合格证。

4.4 特殊工序或关键控制点的控制

序号	特殊工序/关键控制点	主要控制方法
1	钢筋、焊条检验	原材料出厂合格证或复试报告以及焊工上岗操作证
2	氧气、乙炔的质量检验	
3	焊工合格证查验	
4	焊接试验检验	确定焊接参数和钢筋安装位置的正确
5	钢筋安装焊接隐蔽检查	
6	钢筋焊缝外观检查	根据规范要求查钢筋焊后轴线、偏心距及焊接处焊缝的尺寸是否达标

5 应注意的质量问题

5.0.1 检查帮条尺寸、坡口角度、钢筋端头间隙、钢筋轴线偏移，以及钢材表面质量情况，不符合要求时不得焊接；

5.0.2 焊接地线应与钢筋接触良好，不得随意乱搭，防止因起弧而烧伤钢筋；

5.0.3 带有钢板或帮条的接头，引弧应在钢板或帮条上进行。无钢板或无帮条的接头，引弧应在形成焊缝部位，不得随意引弧，防止烧伤主筋；

5.0.4 根据钢筋级别、直径、接头型式和焊接位置，选择适宜的焊条直径和焊接电流，保证焊缝与钢筋熔合良好；

5.0.5 焊接过程中及时清渣，焊缝表面光滑平整，加强焊缝应平缓过渡；弧坑应填满，对于碱性焊条必须按说明书中规定进行烘烤；酸性焊条若已受潮，也应烘烤；

5.0.6 当进行钢筋坡口焊时，钢筋与钢垫板之间，应加焊二、三层侧面焊缝，对接头起到一定加强作用。

5.0.7 在钢筋帮条焊和搭接焊中，当焊接Ⅱ级钢筋时，可采用E4303焊条；焊条对质量的影响很大，应采用合格的焊条。焊接Ⅲ、Ⅳ级钢筋，采用的焊条属低氢型碱性焊条时，焊前，焊条需按说明书的要求烘焙，并放在保温筒中备用。电焊条应用1根取1根，对变冷的焊条可再烘一次，但不可烘焙第3次。

5.0.8 雨天、雪天和大雾天不允许露天焊接；

5.0.9 在环境温度低于-5℃的条件下进行焊接时，为钢筋低温焊接，低温焊接时，焊接电流应略微增大。同时应对焊接设备采取防寒措施，并防止冷却水管冻裂。

6 成品保护

注意对已焊接成型钢筋的保护，焊接接头未冷却前，不得接触雨水和冰雪，不得污染钢筋。

7 职业健康安全与环境管理

7.1 施工过程危害辨识及控制措施

施工过程危害辨识及控制措施

序号	主要来源	可能发生的事故或影响	风险级别	控制措施
1	钢筋加工	机械伤人	大	钢筋下料时，机械操作工按操作规程进行钢筋加工。严禁违规操作
2	钢筋焊接	烧伤、伤人	大	钢筋焊接时，应穿戴好防护用品，方可进行施焊
3	焊接过程熔化物溅出	烧伤、火灾	大	焊接时应清理周边易燃、易爆物品，操作人员应佩带好安全防护用品后，严格按操作规程施工。
4	电源线路	触电	大	焊机与交流或直流焊接电源连接时，接线应正确无误。焊机容量应根据所焊钢筋直径选定，不得超容量使用。

注：上表仅供参考，现场应依据实际情况进行危害辨识、风险评价并采取相应的控制措施。

7.2 环境因素评价及控制措施

环境因素评价及控制措施

序号	主要来源	可能的环境影响	影响程度	控制措施
1	钢筋料头	废弃物造成环境污染	一般	钢筋下料时，采用长短搭配用料，无法使用的料头，按规定处理。
2	钢筋焊渣	废弃物造成环境污染	一般	将焊渣按规定清理至指定的位置
3	熔化物溅出	引起火灾	重要	清除焊接连接盒周边一定范围内易燃、易爆物品

注：上表仅供参考，现场应依据实际情况进行环境因素辨识、评价并采取相应的控制措施。