

哈尔滨电机厂 有限责任公司	焊 缝 等 级 标 准		0EA.686.206—2000	
			代替 TG 0EA.686.206—2000	
			共 10 页	第 1 页
1 范围 除非用户在标书中另作规定，本标准适用于所有的水力设备，也适用于哈尔滨电机厂有 限责任公司所生产的其他设备。 2 引用标准 GEC-ALSTOM 028-300 焊缝等级 3 总则 3.1 焊接工作质量 对于焊接质量的要求取决于多种因素，诸如载荷强度、应力状态、破坏的危险性和对修 补的困难程度等等。 在相关的规程和标准中（如 ASME）已对水轮机和压力容器部件的质量等级做了详细的 说明。本标准对焊缝缺陷的验收标准。 3.2 缺陷的分类 焊缝缺陷的分类定义见 ISO/DIS 6520。 焊缝缺陷分为两类：线性缺陷或柱状缺陷。 焊缝内的缺陷尺寸应该尽可能的小，因为它们在接头错口或咬边的情况下会产生较高的 应力集中。 3.3 焊缝的分类 以下划分规则适用于承受静载荷的一般焊接结构，对于承受较高动载荷的焊缝，设计人 员应该注明特殊要求，诸如打磨焊缝或不允许存在咬边等等。 本标准中有关焊缝等级的规定，符合 ASME 第八卷的相关要求。 4 焊缝等级 4.1 焊缝等级：焊缝共分为 4 个等级。 4.2 焊缝等级的选择 焊缝等级由设计人员按照标书、内部标准、文件或以下规则选定： ——承载:根据载荷的种类和强度判定； ——安全:根据接头的安全性判定； ——修理:根据返修的难易程度判定； ——成本:这是判定规则的重要选项。 一个焊接部件可以由不同等级的焊缝构成。 单条焊缝在其长度或厚度方向也可以有不同的级别要求, 这一要求应在图纸上标出。				
版次		日期	年 月 日	VIII—14

4.3 焊缝等级的定义

4.3.1 1 级焊缝：产品中的主要焊缝，对产品的安全起决定性作用，其处于高应力状态，承受振动载荷，或具有脆性断裂的危险性。

1 级焊缝要求进行 100%射线探伤或超声波探伤。

4.3.2 2 级焊缝：产品中的主要焊缝，对产品的安全起重要作用，其所受载荷强度及应力状态略低于一级焊缝。

2 级焊缝要求进行部分射线探伤或超声波探伤(至少要求在焊缝长度方向进行 10%抽探，交叉焊缝接合处要求进行 100%探伤)。发现缺陷后，探伤比例自动增加。

4.3.3 3 级焊缝：带有钝边或熔透的对接焊缝和角焊缝。

3 级焊缝要求目检第一道焊缝并半损或无损抽检根部焊道。

4.3.4 4 级焊缝：所有其他的承载较小或不承载的焊缝，但可以有密封性的要求。

4 级焊缝仅要求焊后外观检查。

5 检查执行条件

5.1 检查执行条件见表 1。

5.2 一般要求

5.2.1 除图纸中有特别注明外，最终检查均在热处理以后执行。

5.2.2 采用何种探伤方式，将根据母材的类型、钢板厚度和焊缝形式确定，并在图纸或检查记录中给出。

6 焊接坡口检查（见表 2）

7 焊接接头验收标准

7.1 目检，见表 3 和表 4 的规定。

表 1 检查执行条件

焊缝等级 检查项目	1	2	3	4
焊工资格证书	按标书要求(ASME 标准)			必要时检查
焊接工艺规范(WPS)	检查	检查	检查	必要时检查
机械性能试验	按标书要求		无	无
坡口检查	按标准或相关文件执行			无
焊缝检查				
a) 焊接过程中的检查	封底焊道的清根区需进行着色或磁粉探伤		3)	无
b) 焊后检查				
外观检查	检查	检查	检查	检查
尺寸检查	检查	检查	检查	抽检
超声或射线探伤	100%	抽检 ¹⁾	无 ²⁾	无
着色或磁粉探伤	按标书要求 ⁴⁾		抽检 ≥50% ⁴⁾	必要时检查

注:

- 1) 对于 2 级焊缝, 除非标书中另做说明, 抽检必须包含所有的交叉焊缝接合处, 以及每种焊缝至少 10% 的长度。

抽检位置确定如下:

——业主的监造代表根据合同提出的;

——制造厂家质检部门规定的。

当缺陷超标时, 在缺陷的两侧各进行相同长度的焊缝检查。本次检查中若无其他超标缺陷出现, 则修补原出现的缺陷, 并认为该条焊缝是合格的; 本次检查若仍有超标缺陷存在, 则需检查整条焊缝。

- 2) 为了检查焊缝金属的完好性或接头的层状撕裂倾向。制造厂家质检部门可制订抽检方案, 对疑似缺陷处进行逐一检查。

- 3) 对于带有钝边的 3 级焊缝进行如下检查:

——对第一道焊缝进行外观检查;

——超声波或半破坏性抽检焊缝的熔透情况。

- 4) 对于角焊缝, 渗透探伤将在热处理之前完成。

*) 表中如果未特殊说明, 则磁粉探伤、着色探伤和超声波探伤的验收标准分别按照 ASME 标准第Ⅷ卷第一分册的附录 6、附录 8 和附录 12 执行, 射线探伤的验收标准按照 ASME 标准第Ⅷ卷第一分册中的 UW-51 执行。

表 2 焊接坡口检查

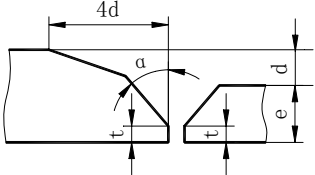
焊缝等级 检查种类	1	2	3
尺寸检查			
坡口角度公差	±10%	±10%	±10%
无封底焊道钝边尺寸公差	±0.3mm	±0.3mm	
削坡过渡 	当 $d \geq e/4$ 时, 均需削坡过渡, 长度为 $4d$, 粗糙度 $Ra=12.5 \mu m$ (ISO N 10); 如果不作削坡过渡, 两板厚度差最大值为: $3mm(e \leq 100mm)$; $4mm(e > 100mm)$		
外观, 坡口表面			
切割缺陷	必须由具有资格的焊工修复		
表面	用打磨或喷砂的方法清除坡口及其周围至少 20mm 宽范围内的杂质		
粗糙度: 打磨或机械加工	粗糙度 $Ra=12.5 \mu m$ (ISO N 10)		
目检	检查		
质量检查			
a) 母材: 铸钢			
着色或磁粉探伤	按 CCH70-3 标准		
	1 级	2 级	3 级
超声波探伤 ¹⁾	按 CCH70-3 标准		
	1 级	2 级	3 级
射线探伤 ¹⁾	按 ASTM E 71-64 和 E 186-65 T		
	1 级	2 级	3 级
b) 母材: 钢板和锻件			
着色探伤 ²⁾	检查	当 $e > 50mm$ 时检查	目检中疑似缺陷时检查
超声波探伤			
钢板 ³⁾	按 ASTM A 435		
锻件 ³⁾	按 ASTM A388, 具体验收标准由设计给定		
注:			
1) 在铸造厂检查。			
2) 着色探伤的验收标准按照 ASME 标准第Ⅷ卷第一分册的附录 8 执行。			
3) 由钢厂根据标书检查。在焊接坡口上经目检或着色探伤发现的缺陷可由制造厂在局部进行超声波探伤检查。			

表 3 对接接头的外观及尺寸

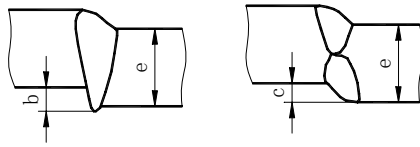
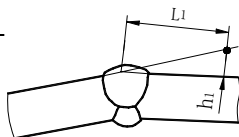
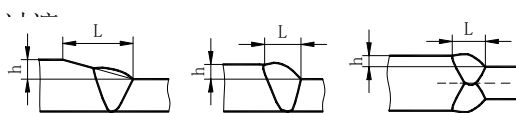
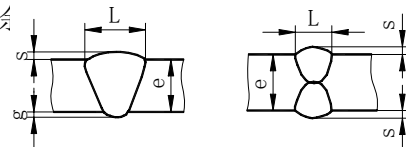
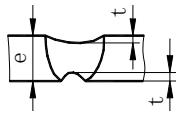
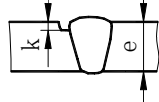
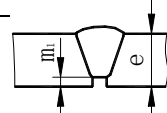
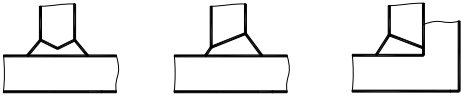
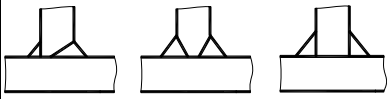
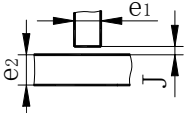
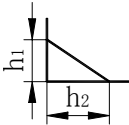
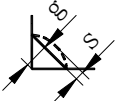
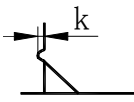
缺陷形式		mm				
焊缝等级		1	2	3	4	
错口  无封底焊缝 封底焊缝	纵向焊缝	$b \leq e/20$ 最大 3	$b \leq e/20$ 最大 3	$b \leq e/20$ 最大 4	$b \leq e/10$ 最大 8	
		$c \leq e/10$ 最大 3	$c \leq e/10$ 最大 3	$c \leq e/10$ 最大 4	$c \leq e/5$ 最大 8	
	周向焊缝	$b \leq e/20+1$ 最大 4	$b \leq e/20+1$ 最大 4	$b \leq e/20+1$ 最大 5	$b \leq e/10+1$ 最大 9	
		$c \leq e/10+1$ 最大 4	$c \leq e/10+1$ 最大 4	$c \leq e/10+1$ 最大 5	$c \leq e/5+1$ 最大 9	
局部变形		$h_1/L_1 < 0.1$	$h_1/L_1 < 0.2$	$h_1/L_1 < 0.2$	$h_1/L_1 < 0.2$	
		纵向焊缝: $h/L < 0.25$				
		周向焊缝: $h/L < 0.33$				
焊缝余高		$S \leq L/10+1$ 最大 5	$S \leq L/10+2$ 最大 6	$S \leq L/10+2$ 最大 6	$S \leq L/10+3$ 最大 6	
		$g \leq e/10+1$ 最大 3	$g \leq e/10+1$ 最大 3	$g \leq e/10+1$ 最大 4	$g \leq e/10+2$ 最大 5	
未焊满 ¹⁾		$t=0$	$t=0$	$t \leq e/10$ 最大 2	$t \leq e/10$ 最大 2	
		仰 焊		$t \leq e/10$ 最大 2	$t \leq e/10$ 最大 2	
		$t < e/20$ 最大 0.5	$t < e/20$ 最大 1			
咬边和电弧划伤 ²⁾		$k \leq 0.5$	$k \leq 1$	$k \leq 1$	$k \leq 1$	
未焊透		$m_1=0$	$m_1 \leq 0.5$ 长度 ≤ 10	$m_1 \leq 0.5$ 长度 ≤ 20	$m_1 \leq 1$	
注:						
1) 除非另作规定, 所有过流表面: 焊缝余高限制在+2mm 以内, 未焊满限制在 $e/10$ 以内, 最大不超过 2mm。						
2) 对某些承受高载荷的焊缝, 设计人员将在图纸上注明 $k=0$, 以示特殊要求 (如果采用打磨的方法清除咬边, 那么母材厚度的减薄不允许超过 1mm)。						

表 4 角接头的外观及尺寸

mm

焊缝等级		1	2	3	4
检 查					
接头类型	全熔透焊缝				
	非全熔透焊缝				
外观检查	间隙			$J \leq e/20+2$ 最大 4	$J \leq e/10+2$ 最大 5
				e 为 e ₁ 和 e ₂ 中较小者	
	焊缝对称	$0.7 \leq h_1/h_2 \leq 1.4$			无公差要求
					
	喉部	g 大于或等于图纸尺寸 ¹⁾			
		$s \leq g/5$	$s \leq g/4$	$s \leq g/3$	s 无公差要求
	咬边		$k \leq 0.5^{2)}$	$k \leq 1^{2)}$	$k \leq 1$

注:

- 1) 如果已通过宏观检查测定了焊缝的熔深,以自动焊为例,喉部尺寸可以适当根据熔深增大而减小,但最大不超过 2mm。
- 2) 对某些承受高载荷的焊缝,设计人员将在图纸上注明 $k=0$,以示特殊要求(例如,固定导叶与座环环板间的连接焊缝)。

7.2 超声波探伤

7.2.1 程序

探伤程序参见相关标准。

7.2.2 测试设备的校准

标准校验试块由与被探测材料声学特性相同或相近的钢材制成，焊缝厚度与标准试块的关系见表 5。

表 5 焊缝厚度与标准试块的关系

焊 缝 厚 度 t(mm)	标准试块厚度 T(mm)	孔 的 位 置	孔 径 (mm)
t≤25	19 或 t	T/2	2.4
25<t≤50	38 或 t	T/4-T/2-3T/4	3.2
50<t≤100	75 或 t	T/4-T/2-3T/4	4.8
100<t≤150	125 或 t	T/4-T/2-3T/4	6.4
150<t≤200	175 或 t	T/4-T/2-3T/4	8
200<t≤250	225 或 t	T/4-T/2-3T/4	9.6
t>250	t	T/4-T/2-3T/4	见注 1

注：

- 1 焊缝厚度大于 250mm 时，每增加 50mm，孔径增加 1.6mm。
- 2 对于半径 R 小于 250mm 的曲面，使用曲面校验试块。
- 3 绘制距离—波幅曲线。
- 4 探测表面应足够光滑，以利于超声波探头的耦合和滑动。
- 5 除非图纸另作说明，否则焊缝表面不需要打磨。

7.2.3 缺陷的说明

所有反射波高于参考波幅 20% 的缺陷，必须对其加以分析，并根据以下判据判定缺陷的形状、性质和位置：

- a) 如果缺陷反射波高于参考波幅并且其长度大于以下数值时，该缺陷判定为不合格：
- 当 $t \leq 19\text{mm}$ 时，缺陷长度 $L=6\text{mm}$ ；
 - 当 $19\text{mm} < t \leq 57\text{mm}$ 时，缺陷长度 $L=t/3\text{mm}$ ；
 - 当 $t > 57\text{mm}$ 时，缺陷长度 $L=19\text{mm}$ 。

注：

- 1 t 为焊缝厚度。
- 2 当焊缝连接两个不同厚度的工件时，t 为较薄件的厚度。
- 3 当缺陷反射波低于参考波幅时：对于反射波低于参考波幅的孤立缺陷，可以不进行返修处理。但作为内部处理，我们可以增加探伤以确定它们的性质，防止连续或重复的缺陷存在，另外缺陷存在的位置也必须予以考虑。

- b) 诸如裂纹、未熔合、未焊透等缺陷，无论其长度和反射波幅如何，都认为是不合格的。（参照 ASME 标准第 V 卷和第 VIII 卷）

7.3 射线探伤见表 6。

表 6 射线探伤

mm

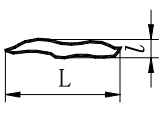
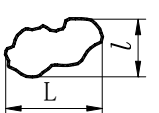
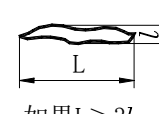
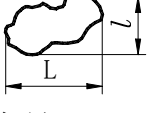
焊缝等级 缺陷类型	1	2
裂纹 未熔合 未焊透	返修	返修
夹渣 (ASME 标准第 VIII 卷中 UW51 和 UW 52)	尺寸大于以下数值时, 为超标缺陷	
	$t < 19$ 时: 最大不超过 6.3 $19 \leq t \leq 57$ 时: 最大不超过 $t/3$ $t > 57$ 时: 最大不超过 19	6 或 $2T/3$, 但最大不超过 19
	在以下焊缝长度范围内, 缺陷累计尺寸不可超过 t 或 T	
	12t	6T
	当 2 个夹渣缺陷间距小于以下数值时, 这 2 个夹渣缺陷被认为是一个连续的缺陷	
	6 倍较小夹渣缺陷的长度	3 倍较小夹渣缺陷的长度
气孔和圆形显示 ¹⁾ (ASME 标准第 VIII 卷中 附录 4)	——$L \leq 3l$, 则称为圆形显示。 ——仅当圆形显示尺寸大于以下数值时, 才被计做缺陷显示: 当 $t \leq 3$ 时: $t/10$; 当 $3 < t \leq 6$ 时: 0.4; 当 $6 < t \leq 50$ 时: 0.8; 当 $t > 50$ 时: 1.5。 ——对于密集型圆形显示, 任何尺寸超过 $e/4$ 或超过 4 的显示存在, 则被认为是不可接受的。 ——对于单个显示, 或与其相邻显示的距离超过 25 时, 可接受的最大允许尺寸为: 当 $e \leq 50$, 最大尺寸为 $t/3$, 但不允许超过 6; 当 $e > 50$, 最大尺寸为 $t/3$, 但不允许超过 9。 ——当焊缝长度为 $12t$ 时, 显示的总长度必须小于 t。 ——对于密集型缺陷: 示意图参见 ASME 标准: 第 VIII 卷第一部分, 附录 4; 第 VIII 卷第二部分, 附录 8。	忽略圆形缺陷

注:

1) 在焊缝中, 以下缺陷被认定为圆形缺陷: 气孔和长度 $L \leq 3l$ 的夹渣和夹钨。*) t 为焊缝厚度; e 为相邻显示的距离; L 为缺陷长度; l 为缺陷宽度。**) T 为焊接接头中较薄一侧板的厚度。

(参照 ASME 标准中第 VIII 卷第一部分和第二部分)

表 7 磁粉和渗透探伤

焊缝等级 缺陷类型	1、2、3	4
磁粉探伤：仅当显示大于 1.6mm 时才被计做缺陷显示		
线形显示  如果 $L > 3l$	返修	返修
非线形显示 (圆形或椭圆形)  如果 $L \leq 3l$	1) 长度大于 4.5mm，要求返修； 2) 在同一直线上有 4 个或更多间距小于或等于 1.6mm 的圆形显示(对接接头)，要求返修。 附录 6	合格 附录 9.1
着色探伤：仅当显示大于 1.6mm 时才被计做缺陷显示		
线形缺陷  如果 $L > 3l$	返修	返修
非线形缺陷 (圆形或椭圆形)  如果 $L \leq 3l$	1) 长度大于 4.5mm，要求返修； 2) 在同一直线上有 4 个或更多间距小于或等于 1.6mm 的圆形显示(对接接头)，要求返修。 附录 8	在同一直线上有 4 个或更多间距小于或等于 1.6mm 的圆形显示(对接接头)，要求返修。 附录 9.2
ASME 第Ⅷ卷	第一分册	第二分册
注： 1 密封性检查的着色探伤：由设计部门在图纸中注明。 2 堆焊情况：按 2 级标准判定（按 ASME 标准第Ⅷ卷附录 8 第一部分）		

8 焊缝返修规则

8.1 一般情况

所有返修焊接工作针对于

- 焊接接头；
- 产品或部件。

修焊时必须执行与产品焊缝相同的焊接工艺。同一位置最多可以进行两次返修, 如果超过两次, 则在第三次返修前, 必须出具对缺陷再次产生原因进行分析的报告。

如果补焊时应用与产品焊缝不同的工艺方法, 则必须具有相应的焊接工艺评定。

焊接缺陷应该用机械的方法进行清除, 清除后进行着色或磁粉探伤。返修焊后按焊缝自身等级要求进行检查, 再次发现缺陷后必须处理。

8.2 不进行焊后热处理的特殊情况

经工艺部门同意并按照相应的焊接工艺规范, 返修后可以不进行热处理。

9 图纸中的符号

9.1 等级

9.1.1 符号

规定焊缝等级的符号为写在三角形内的数字 1、2、3、4。所有关于焊缝的一般要求标注于图纸技术要求中。

a) 所有焊缝等级相同 (以 2 级焊缝为例):

必须在图纸上注明: 所有焊缝等级 $\triangle 2$

b) 多数焊缝等级相同, 个别焊缝例外 (以 3 级焊缝为例):

必须在图纸上注明: 除详图处标注具体焊缝等级外, 其他所有焊缝等级为 $\triangle 3$ 。焊缝等级必须是用写在三角形内的数字注明。

c) 焊缝等级不同, 必须在图纸上用带有三角形的数字详细注明每条焊缝的等级。

d) 在长度和 (或) 厚度方向包含不同等级的焊缝标注示例见图 1。

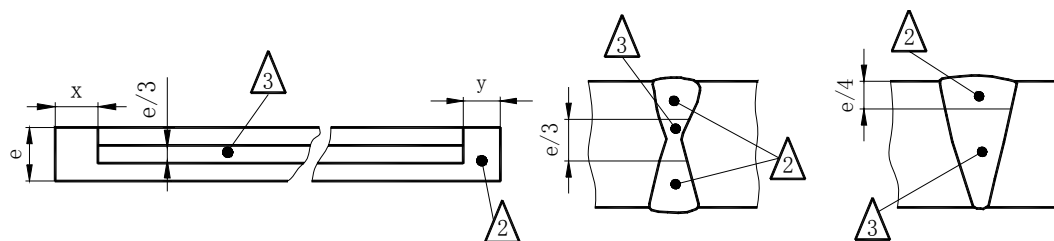


图 1

9.1.2 特殊要求

下列情况均需图纸上详细注明, 例如:

a) 对过流表面焊缝的一般要求: 余高或未焊满均不可超过 $\pm 2\text{mm}$ 。在特殊情况下, 因水流速度的要求, 需在图纸上注明, 如:

“注意: 过流表面打磨焊缝余高, 最大不超过 $X\text{mm}$ 。”

其他说明: 如 “焊缝等级 $\triangle 3$; 外观等级 $\triangle 1$ ”。

b) 对于储油罐等容器: 除注明焊缝等级外, 还应有如下说明:

“注意: 要求密封性测试, 焊缝表面要求……。”

c) 对于承载较高的 2、3 级焊缝, 不允许咬边存在。可在相应的焊缝处标注为:

“此处咬边系数 $k=0$ ”。

d) 对于承受较高应力的全焊透对接或角接接头, 应避免使用 2 级以下的焊缝规定: 3 级、4 级焊缝必须特殊注明。例如, 对于具有密封要求的分瓣法兰的焊接, 3 级焊缝可以增加超声波探伤要求。