

Q/YZNN

正蜀冶能(福建)集团有限公司企业标准

Q/YZNN 010—2023

结构焊接规范

2023-06-11 发布

2023-06-11 实施

正蜀冶能(福建)集团有限公司 发布

目录

0、前言	0
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 询价和订货	2
4 总则	3
5 材料及冷作	3
6 剪切与气割	6
7 钢材成形与弯曲	9
8 焊接结构件的制作	11
9 焊接零部件的要求	13
10 焊接的质量保证	19
11 焊接件的验收	21
12 标注示例	26
13 尺寸检查	26
14 文件资料	26
15 拒收	26

公开

2023年06月11日 12点59分

前 言

本标准按照GB/T1.4-2009给出的规则编写。

本标准《结构焊接规范》，依据GB/T3375、GB/T4675等给出的规则起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利，本文件的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本标准有正蜀冶能(福建)集团有限公司提出并归口。

本标准起草单位：正蜀冶能(福建)集团有限公司。

本标准主要起草人：吴家绘、彭细香、孔光明、张旭。

本标准为首次发布。

1 范围

本标准适用于水轮机、发电机、阀门等产品零部件焊接结构件的检验要求和焊缝质量评定。
本标准适用于焊接材料厚度为 3~120mm 普通低碳钢、低合金钢和型钢的焊接通用技术条件。

本标准对奥氏体不锈钢焊接结构件也可参照使用。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单（不包含勘误的内容）或修订版均不适用于本标准。然而，鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本用于本标准。

GB/T324	焊缝符号表示法
GB/T985	气焊、手工电弧焊及气体保护焊焊缝坡口的基本形式与尺寸
GB/T986	埋弧焊焊缝坡口的基本形式和尺寸
GB/T2649	焊接接头机械性能试验取样方法
GB/T2650	焊接接头冲击试验方法
GB/T2651	焊接接头拉伸试验方法
GB/T2652	焊缝及熔敷金属拉伸试验方法
GB/T2653	焊接接头弯曲及压扁试验方法
GB/T2655	焊接接头应变时效敏感性试验方法
GB/T2656	焊缝金属和焊接头的疲劳试验方法
GB/T3323	钢熔化焊对接接头射线照相和质量分级
GB/T3375	焊接术语
GB/T4675.1	焊接性试验 斜 Y 型坡口焊接裂纹试验方法
GB/T4675.2	焊接性试验 搭接接头（CTS）焊接裂纹试验方法
GB/T4675.3	焊接性试验 T 型接头焊缝裂纹试验方法
GB/T4675.4	焊接性试验 压板对接（FISCO）焊接裂纹试验方法
GB/T6417	金属熔化焊焊缝缺陷分类及说明
GB/T11345	钢焊缝手工超声波探伤方法和探伤结果分级

GB/T12467.1-1998	焊接质量要求 金属材料的熔化焊 第1部分 选择及使用指南
GB/T12467.2-1998	焊接质量要求 金属材料的熔化焊 第2部分 完整质量要求
GB/T12467.3-1998	焊接质量要求 金属材料的熔化焊 第3部分 一般质量要求
GB/T12467.4-1998	焊接质量要求 金属材料的熔化焊 第4部分 基础质量要求
GB/T12469	焊接质量保证 钢熔化焊接头的要求和缺陷分级
GB/T15097	钢熔化手焊工资格考试方法
GB/T7233	铸钢件超声波探伤及质量评级标准
GB/T9443	铸钢件渗透探伤及缺陷显示迹痕的评级方法
JB/T6061	焊缝磁粉检验方法和缺陷磁痕的分级
JB/T6062	焊缝渗透检验方法和缺陷迹痕的分级
JB/T6963	钢制件熔化焊工艺评定
JB/T10045.3-1999	热切割 气割质量和尺寸偏差
JB/T10045.4-1999	热切割 等离子弧切割质量和尺寸偏差
ANSI/ASME AWS-1998	C 篇 焊丝、焊条及填充金属 (II)
ANSI/ASME-1998	焊接和钎焊评定 (IX)
ANSI/ASME-1998	压力容器建造规则 (VIII)
ANSI/ASME-1998	无损检测 (V)

3 询价和订货

- 3.1 需方提供的图样及数量。
- 3.2 焊接结构件的名称、所用材料的牌号、供货状态和供货数量、采用标准和验收准则。
- 3.3 对焊接结构件的形状、尺寸、公差、形状及位置公差、表面粗糙度的要求（一般标注在图样上）。
- 3.4 由于供方生产工艺要求而对图样作修改时应由供需双方商定。并得到产品设计人员确认。
- 3.5 供方应提供的检验文件类别及数量。
- 3.6 对焊接结构件表面清理、涂装、加工、防护、包装、运输和贮存的要求。
- 3.7 必要时，询价的订货合同中包括的附加要求。
- 3.8 检查程序和检查地点。

3.9 供需双方商定的其它有关要求。

4 总则

4.1 焊接结构件在图样和技术文件中未作规定要求的，均应符合本标准的规定。

4.2 焊接结构件、金属焊接及钎焊方法在图样上表示代号应符合 GB/T5185 规定。

4.3 焊接结构件的焊缝基本符号、辅助符号、补充符号与尺寸在图样中表示方法符合 GB/T324 焊缝符号表示法。

4.4 焊接结构件中气焊、手工焊弧焊及气体保护焊焊缝坡口的基本形式和尺寸应符合 GB/T985 的规定。

4.5 焊接结构件中埋弧焊焊缝坡口的基本形式和尺寸应符合 GB/T986 的规定。

4.6 焊接接头机械性能试验、冲击试验、拉伸试验、焊缝及熔敷金属拉伸试验、弯曲及压扁试验、应变时效敏感性试验、疲劳试验均应符合国标规定。

4.7 焊接质量保证体系应符合国标规定。

4.8 钢焊接件射线照相和质量分级符合国标和 ANSI/ASME 射线照相检验 (RT) 的要求规定。

4.9 钢焊接件手工超声波探伤方法和探伤结果分级符合国标及 ANSI/ASME 材料和制造用超声波检验 (UT) 方法的规定。

4.10 焊接件焊缝磁粉检验方法和缺陷磁痕的分级符合部标及 ANSI/ASME 磁粉检验 (MT) 的规定。

4.11 焊接件焊缝渗透检验方法和缺陷迹痕的分级符合部标及 ANSI/ASME 渗透检验 (PT) 的规定。

5 材料及冷作

5.1 焊接结构件所用的普通低碳钢、低合金钢和型钢、管材等均应符合国标、部标有关规定；并在材料使用范围内选取，按国标和部标进行检验，对检验合格的材料才允许使用。

5.2 焊接材料的限制；对熔炼分析碳含量大于 0.35% 的碳钢和低合金钢不得用于焊接结构。或者采用氧气切割成形（不必焊接件）。

5.3 焊接结构件所用的铸钢件材料，应符合国标、部标有关规定进行检验。超声波探伤检验按 GB/T7233 规定。

5.4 焊接结构件所用的锻件材料，应按照国标、部标有关规定进行检验。

- 5.5 焊条、焊丝、焊剂符合国标、部标有关规定，具体见表 1。
- 5.6 对首次使用新材料和新焊条时，必须应进行焊接工艺评定。
- 5.7 对钢制压力容器的焊接结构件，必须符合国家强制性标准 GB150 和 JB4708 钢制压力容器焊接工艺评定。

企业标准信息公共服务平台
 公开
 2023年06月11日 12点59分

企业标准信息公共服务平台
 公开
 2023年06月11日 12点59分

表 1 手工电弧焊常用焊条、焊丝选用

母材钢号	标准号			
	GB/T937; GB/T5117~5118	ANSI/AWS	GB/T8110	ANSI/AWS
	焊条型号 (牌号)		焊丝 (牌号)	
Q235; 10; 20; 25;	E4303	ISO: E433R...	ER49-1	—

Q235A	E4315	ISO: E434B20	ER50-2	ER70S-2
	E4316	ISO: E434B24	ER50-3	ER70S-3
35; 35A	E5015; E5016	E7015; E7016	ER50-3	ER70S-3
45; 45A	E5015; E5016	E7015; E7016	—	—
Q345; 16MnR	E5015; E5016	E7015; E7016	ER55-D2	ER80S-D2
15MnTi	E5515; E5516	E8016; E8018	—	—
1Cr13;2Cr13	E308; E310; E316	E308; E310; E316	ER308; ER316	ER310; ER316
1Cr18Ni9Ti 1Cr18Ni9	E308; E347	E308; E347	ER308; ER347	ER308; ER347
0Cr18Ni9Ti 0Cr18Ni9	E308; E347	E308; E347	ER308; ER347	ER308; ER347
0Cr13Ni4Mo	M831A; SR-165M	—	—	—
0Cr13Ni5Mo	M831A; SR-165M	—	—	—
0Cr16Ni5Mo	M831A; SR-165M	—	—	—
ZG200-400 ZG230-450	E4303 ; E4315; E4316	—	ER49-1; ER50-2	ER70S-2
ZG270-500 ZG275-485H	E5015; E5016	E7015; E7016	ER50-3	ER70S-3

注：0Cr13Ni4Mo; 0Cr13Ni5Mo; 0Cr16Ni5Mo 的焊条型号(牌号)为推荐性型号(牌号)，目前暂无标准对照。

5.8 钢材的矫正

5.8.1 各种钢材在划线前，对原材料应进行矫正。矫正后的平面度公差见下表。

- a) 钢板冷作件表面的平面度公差应符合表 2 规定。
- b) 型材制成的冷作件表面平面度及挠度公差应符合表 3 规定。

表 2 钢板冷作件平面度公差

mm

材料厚度	测量长度 L				
	≤200	>200~500	>500~800	>800~1600	>1600~2500
	平面度公差				
≤10	0.5	0.75	1.0	1.2	1.6
>10	0.4	0.6	0.8	1.5	2.0

注：长度 L>2500mm 时，超过部分按每 1000mm，允许平面度增加 0.5mm；包括原本身部分，其平面度最大不超过 2.5mm。

表 3 型材制成的冷作件平面度及挠度公差

mm

测量长度 L		≤500	>500~800	>800~1600	>1600~2500	>2500
平面度		0.75	1.5	1.8	2.0	2.5
挠度	角钢	0.75	1.5	1.8	2.0	2.5

	槽钢					
	工字钢					
歪扭	角钢	0.75	1.5	1.8	2.0	2.5
	槽钢					
	工字钢					
倾斜	角钢	腿宽 b (角钢不等边按边宽计)				
	槽钢	≤25	>25~50	>50~100	>100~150	>150
	工字钢	0.3	0.4	0.6	1.0	1.5

5.8.2 钢板的矫正

- a) 钢板矫正后的要求；表面不得有凹凸伤痕和其它受力痕迹。外露深度不大于 0.5mm 的痕迹时，需要用砂轮磨成光滑过渡，外露痕迹深度不大于 0.5mm 时，则要焊补磨平。
- b) 钢板的初步矫正；一般在冷态情况下用辊式矫正机或压力机上进行，次要结构的钢板亦可用平锤在平台上矫正。采用加热矫正的钢板，加热温度为 900℃~1100℃（普通低碳钢采用较低温度），当钢材温度在 200℃~500℃时，不准对钢材进行矫正。

5.9 铸焊结构的铸钢件；其焊接面均需打磨或加工，去除铸造垢皮使之露出无缺陷的金属。

5.10 号料的准备

- a) 样板轮廓尺寸偏差控制在 -0.5mm~1mm 范围内，样板上应注明工作令号、图号、钢号、材料断面尺寸等，样板经检查合格后才能使用。
- b) 样板的制造须考虑结构在焊接时所产生的收缩量。收缩量的大小按工艺要求规定。

6 剪切与气割

6.1 钢材的剪切；视现有的设备情况而定。对较窄钢材在剪切后容易产生扭曲的材料，采用其它方式落料。

6.2 当采用气割下料时；气割面质量和尺寸偏差应符合 JB/T10045.3 有关规定。

6.3 钢材的气割

6.3.1 由数块钢材拼焊而成的零部件，若难以保证在拼焊后孔或缺口位置的准确性，应在拼焊后再进行切割而成。

6.3.2 凡需复制的零件，应在单件下料时保留复制余量，复制余量不小于 7.5mm。

6.3.3 在进行气割面质量技术要求时，考虑零部件特性工艺、设备的可能性，采用气割质量为 II 级要求。

a) 气割面质量根据平面度 U、割纹深度 h、缺口最小间距 L 三项参数分级。后拖量 n、上缘熔化度 r、挂渣不作考虑。但对存在挂渣必须清除干净。

b) 气割面质量为 II 级时；要求气割面的平面度 u 为 1 级~3 级。割纹深度 h 为 I 级~3 级。具体要求见表 4。

表 4 气割面质量要求

mm

评定项目	质量要求 (厚度 δ)			简 图
	≤4~20	>20~60	>60	
气割纹深度 h	0.18	0.25	0.40	
平面度 U	≤1.0	≤1.4	≤2.0	
缺口最小间距 L	≥1000			

6.3.4 工件气割的尺寸偏差，即工件基本尺寸与气割后的实际尺寸之差值。（它包括由气割面平面度造成的偏差部分），尺寸偏差应符合表 5 的规定。在图样中和技术要求未明确规定的按 A 级精度。

表 5 气割的尺寸偏差

mm

精度	气割厚度	基本尺寸范围			
		≤35~315	>315~1000	>1000~2000	>2000~4000
A	≤4~60	±0.5	±1.0	±1.5	±2.0
	>60~120	±1.0	±2.0	±2.5	±3.0
B	≤4~60	±1.5	±2.5	±3.0	±3.5
	>60~120	±2.5	±3.5	±4.0	±4.5

注：a) 长度比 ≤4:1 的工件

b) 气割周长 ≥350mm 的工作

6.3.5 热气割后，在材料进行再加工或使用前应用机械方法去除所有熔渣及已熔化材料有害污染。采用热气割时应考虑它对材料力学性能的影响。待焊边缘应均匀及光滑。

6.3.6 采用等离子弧切割的尺寸偏差（包括切割平面度造成的偏差部分）应符合表 6 的规定。在图样中和技术要求未明确规定的按 C 级精度。

表 6 离子弧切割的尺寸偏差

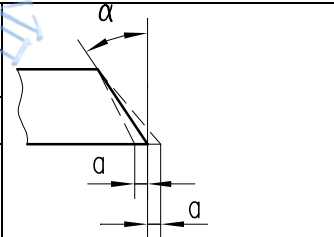
mm

精度	切割厚度	基本尺寸范围			
		≤35~315	>315~1000	>1000~2000	>2000~4000
C	≤4~60	±1.0	±1.5	±2.5	±3.0
	>60~120	±1.5	±2.0	±3.0	±3.5
D	≤4~60	±1.5	±2.5	±3.0	±3.5
	>60~120	±2.0	±3.0	±3.5	±4.0

6.3.4 气割件角度的允许偏差应符合表 7 的规定。

表 7 角度的允许偏差

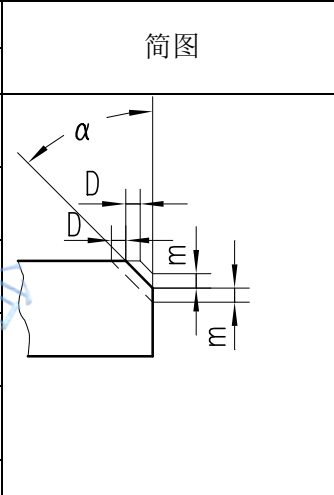
mm

角度 α	偏差值 a (按板材厚度分档)				
	≤25	>25~50	>50~100	>100	
0°~30°	±2.0	±2.0	±3.0	±4.0	
>30°~45°	±3.0	±3.5	±4.5	±5.0	

6.3.5 气割件倒角的允许偏差应符合表 8 的规定。

表 8 角度的允许偏差

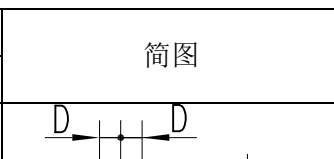
mm

角度 α	板材厚度				简图
	25	>25~50	>50~100	>100	
≤15°	±D	2.5	2.5	2.5	
	±m	4.0	4.0	4.0	
>15°~30°	±D	2.5	2.5	2.5	
	±m	3.5	3.5	3.5	
>30°~45°	±D	3.0	2.5	2.5	
	±m	3.0	2.5	2.5	

6.3.6 气割件坡口的允许偏差应符合表 9 的规定。

表 9 坡口的允许偏差

mm

角度 α	板材厚度				简图
	≤25	>25~50	>50~100	>100	
>15°~30°	±D	2.5	2.5	2.5	

	P	0~1	0~3	0~3	0~4
>30°~45°	±D	3.0	2.5	2.5	2.5
	P	0~2	0~3	0~3	0~4

6.4 钢材的机械剪切，一般小于 20mm 厚度与便于切割尺寸的钢板采用剪切机上剪切。

- a) 剪切后其断面上允许有深度不大于 0.5mm 凹痕和高度不大于 0.5mm 的毛刺。
- b) 剪切面倾斜度应小于 1:10，边棱上的堆积物、毛刺和凹凸不平应铲除。
- c) 凡是外露面的棱角均需倒钝，圆角半径弯曲为 R1~R5。
- d) 剪切件的尺寸偏差应符合表 10 的规定。

表 10 剪切件的尺寸偏差

mm

零件的长或宽		钢材厚度					
		≤1~2	>2~6	>6~10	>10~12	>12~18	>18~20
方式	基本尺寸	尺寸偏差					
	≤100	±0.5	±0.6	±0.8	±1.0	±1.2	±1.5
侧力式	>100~250	±0.6	±0.8	±1.0	±1.2	±1.5	±1.8
	>250~650	±0.8	±1.0	±1.2	±1.5	±1.8	±2.0
	>650~1000	±1.0	±1.2	±1.5	±1.8	±2.0	±2.3
	>1000~1500	±1.2	±1.5	±1.8	±2.0	±2.3	±2.6
	>1500~2000	±1.5	±1.8	±2.0	±2.3	±2.6	±3.0
	>2000~3000	±1.8	±2.0	±2.3	±2.6	±2.8	±3.0
压剪式	≤100	±0.7	±0.8	±1.0	±1.2	±1.5	±1.8
	>100~250	±0.8	±1.0	±1.2	±1.5	±1.8	±2.0
	>250~650	±1.0	±1.2	±1.5	±1.8	±2.0	±2.3
	>650~1000	±1.2	±1.5	±1.8	±2.0	±2.3	±2.5
	>1000~1500	±1.5	±1.8	±2.0	±2.3	±2.6	±2.8
	>1500~2000	±1.8	±2.0	±2.3	±2.5	±2.8	±3.0
	>2000~3000	±2.0	±2.3	±2.5	±2.8	±3.0	±3.3

7 钢材成形与弯曲

7.1 钢材成形弯曲时，允许冷弯成形的弯曲半径应符合表 11 的规定。

表 11 冷弯成形的弯曲半径

材料型式	弯曲半径 R	备注
钢板	$R \geq 25 \delta$	δ—厚度 H—工字钢高或槽钢高 B—工字钢腿宽、槽钢腿宽或角钢腿宽
工字钢	$R \geq 25H$ 或 $R \geq 25B$ (随弯曲方向而定)	
槽钢	$R \geq 45B$ 或 $R \geq 25H$ (随弯曲方向而定)	
角钢	$R \geq 45B$	

7.2 当弯曲半径小于表 11 规定数值时，则采用热弯，热弯时钢材应加热到 900℃~1100℃，弯曲过

程中应不低于 700℃。对普通低合金钢注意缓冷。

7.3 钢材弯曲角度的偏差应符合表 12 的规定。

表 12 弯曲角度的偏差

短边长度	≤10	>10~50	>50~120	>120~400	>400
极限偏差	±3°	±2°	±1°	±30′	±20′

7.4 钢材弯曲时；弯曲半径的极限偏差应符合表 13 的规定。

表 13 弯曲半径的极限偏差

短边长度	>1~3	>3~6	>6~10	>10~18	>18~30	>30
极限偏差	±0.8	±1.2	±1.5	±1.8	±2.0	±2.5

7.5 钢材弯曲在成型的筒体要求：任一截面上最大与最小内直径之差不超过该截面名义内直径的 1% ($D_{1最大} - D_{1最小} \leq 0.01 D_{1公称}$)。直径可以在筒体的内侧测量。如在外侧测量，则直径应对该截面所需最小材料厚度予以校正。除非在设计图样中或技术要求对偏差作出规定。当截面通过开孔或从开孔中心量起的一个开孔内径以内时，则上述许可的内径间的偏差额可增加一等于开孔内径 2% 的数值。

7.6 圆筒体的内表面规定形状的偏差，在外侧应不大于 $1\frac{1}{4}\%$ D，在内侧也应不大于 $\frac{5}{8}\%$ D，D 为圆筒体的公称内径。这样的偏差应在垂直于规定形状上量取，且不应有突变。

7.7 圆筒形壳体中焊接接头的最大许可错边量应符合表 14 的规定。

表 14 焊接接头的最大许可错边量

截面厚度	圆筒体接头方向	
	纵向	环向
≤12.5mm	6t	6t
>12.5mm~20mm	3mm	6t
>20mm~40mm	5mm	5mm
>40mm~50mm	3mm	3t
>50mm	2t; ≤10mm	3t; ≤20mm

注：t—连接处较薄件公称厚度

7.8 圆筒体在允许偏差内的错边应平滑过渡。在上述允许偏差范围内的任何错边量应在完工的焊缝宽度上修成 3:1 的斜度。如认为在需要，可在已焊成焊缝的边缘以外再堆焊附加焊缝金属。

7.9 管子在弯曲前应将管子内装满砂，然后再加热弯曲成形；热弯时一般不小于管径的

3.5 倍；冷弯时一般不小于管径的 4 倍；采用弯管机热弯时；一般不小于管径的 1.5 倍。

7.10 热弯管时，加热应均匀，升温应缓慢，加温次数一般不超过 3 次。常用管子热弯温度及热处理条件一般应符合表 15 的规定进行。

表 15 常用管子热弯温度及热处理条件

材质	钢号	热弯温度区间 ℃	热处理条件		
			热处理温度	恒温时间	冷却方式
碳素钢	10; 20	750~1050	不处理	不处理	不处理
不锈钢	1Cr18Ni 9Ti	900~1200	(1050~1100)℃ 淬火	每毫米壁厚 0.8min	水急冷
有色金属	铜	500~600	不处理		
	铜合金	600~700			

7.11 管子弯制后的质量应符合下列要求

- a) 无裂纹、分层、过烧等缺陷。
- b) 管子截面的最大与最小的径差，一般不超过管径的 8%。
- c) 弯曲角度应与样板相符。
- d) 弯管内侧波纹褶皱高度一般不大于管径的 3%，波距不小于 4 倍波纹高度。
- e) 环形管弯制后，应进行预装，其半径偏差一般不大于设计值的 2%；管子应在用一平面上，其偏差不大于 40mm。

8 焊接结构件的制作

8.1 焊工的要求

8.1.1 每个焊工必须持证上岗。并对每个焊工指定一个识别指定的号码、字母或符号，用以识别该焊工所做的工作。

8.1.2 制作单位应对每个焊工保存一份记录。该记录应载明各人评定的日期、试验结果及指定的指定标志。

8.2 焊接工艺的评定

8.2.1 焊接件对其制作中所遵循的每一焊接工艺做出详细的评定记录。

8.2.2 用于焊接受压件及非受压的承载零件焊到受压件去所用工艺应评定合格。

8.2.3 焊接件上并无承载作用的非受压附件与受压件焊接所用的工艺,应满足下列要求:

- a) 当焊接方法为手工焊接的工艺评定。
- b) 当焊接是遵照焊接工艺规程,实施的任何自动焊方法无需进行工艺评定试验。
- c) 所有试件的焊接应由制作单位进行,所有试件的试验应由制作单位负责。一个制作单位评定的焊接工艺不应认为评定了其它任何制作单位的焊接工艺。

8.3 待焊接表面的清理

8.3.1 待焊零件表面应是清洁、无氧化皮、铁锈、油类、脂类、溶渣有害的氧化物或其它有害杂质,清理的方法和范围应根据所焊接的材料和待去除的污染物确定。当焊缝金属将熔敷在先焊的焊缝表面时,该表面上所有焊渣应使用粗加工工具、凿子、风锤或其他适当方法预先清除,以防止焊缝金属内混入杂质。

8.3.2 待焊的铸造表面应使用机械加工、凿或磨等方法去除铸造垢皮使之露出无缺陷的金属。

8.3.3 上述 8.3.1 和 8.3.2 的要求不适用于可达到熔合、焊透并能保持焊缝无缺陷的焊接方法。

8.4 气割件、装配焊接的要求

8.4.1 气割成形的板在装配时应对齐,并在施焊过程中保持位置不变。

8.4.2 当用定位焊或其它类似的辅助工具用于固定零件边缘来对齐被焊位置。定位焊完成定位作用后应全部去除或定位焊的终焊和起焊端用打磨或其它适宜的方法进行适当处理,以使它们能顺利地熔入最终焊缝。定位焊无论是取消或保留,都应有合格的角焊或对接焊工艺评定。

8.4.3 在焊接过程中,对接接头的两边缘应予固定,使完成后的接头不超过有关规定偏差范围内。若装配时环向接头超过偏差,对超差者应重新整形直至误差降至规定的范围内。若采用角焊缝;相互搭接的板应严密贴紧,且在施焊过程中应始终保持接触。

8.5 对纵、环向焊接接头

8.5.1 对接焊接头应完全焊透和熔合,允许存在焊态表面,但焊缝表面不应存在有粗糙的焊波、沟槽、焊瘤、陡脊或凹坑,以便于无损检验能够作出正确的评定。

8.5.2 若满足下列条件;由焊接方法引起的厚度减薄是允许的。

- a) 厚度减薄不应超过 0.8mm 或相邻表面公称厚度减薄的 10%取两者中之小者。

b) 厚度减薄不应将相邻表面任一处材料降低至要求的最小壁厚以下。

8.5.3 当单面焊对接接头采用垫板；并保留原位时，对焊缝余高的要求仅适用于垫板的反面一侧。

8.5.4 纵缝为保证焊缝坡口完全填满以使焊缝金属任一点的表面不低于相邻母材表面，可增加焊缝金属作为焊缝每面的余高，但每个面焊缝余高的厚度不超过表 16 的规定。

表 16 焊缝余高

材料厚度	最大余高	
	对焊焊缝	其它焊缝
≤3	2.4	0.8
>3~6	3.2	1.6
>6~12	3.9	2.4
>12~25	4.8	2.4
>25~50	6.4	3.2
>50~80	6.4	4.0
>80~100	6.4	5.6
>100~150	6.4	6.4
>150	8.0	8.0

8.5.5 焊角焊缝时，焊缝金属的熔敷应保证在焊根处与母材充分熔透，由于焊接方法在角焊缝处母材金属的厚度减薄应满足与对接焊缝相同的要求。

8.6 其它焊接要求

8.6.1 双面焊接头从背面熔敷焊缝金属前，应在背面用铲、磨或气刨的方法进行清根，以确保背面首焊焊道的底部金属无缺陷。

8.6.2 任何原因使得焊接中途停止，再行施焊应特别注意，以便获得要求焊透的熔合。对埋弧焊在重新施焊前建议在弧坑处铲出坡口。

8.6.3 采用单面焊接头处，须特别注意被焊件的对准及坡口间隙，使接头根部在全长范围内均可完全焊透和熔合。

8.6.4 塞焊焊缝的施焊，应首先沿塞焊孔底部四周施焊一道角焊缝。

9 焊接零部件的要求

9.1 一般零件焊接后的尺寸偏差（不包括圆筒体的偏差）应符合表 17 的规定。

表 17 一般零件焊接后的尺寸偏差

精度等级	I 级	II 级	III 级			
基本尺寸	零部件要求及部位					
	零件先加工后焊接，焊后不加工，但要求有一定精度的尺寸		焊后需加工的焊接尺寸		无精度及偏差要求的尺寸	
	偏差数值					
	外径 D	长度 L	外径 D	长度 L	外径 D	长度 L
≤250	-1.0	±1.0	-1.5	±1.5	-2.0	±2.0
>250~500	-1.5	±1.2	-1.8	±1.8	-2.5	±2.5
>500~630	-1.8	±1.5	-2.0	±2.0	-3.0	±3.0
>630~800	-2.0	±1.8	-2.5	±2.5	-3.5	±3.5
>800~1250	-2.5	±2.0	-3.0	±3.0	-4.0	±4.0
>1250~1600	-3.0	±2.5	-3.5	±3.5	-4.5	±4.5
>1600~2000	-3.5	±3.0	-4.0	±4.0	-5.0	±5.0
>2000~3150	-4.0	±3.5	-4.5	±4.5	-5.5	±5.5
>3150~4000	-4.5	±4.0	-5.0	±5.0	-6.0	±6.0
>4000~5000	-5.0	±5.0	-5.5	±6.0	-6.5	±6.5
>5000~6300	-5.5	—	-6.0	—	-7.0	—
>6300~8000	-6.0	—	-7.0	—	-7.5	—
>8000	-7.0	—	-7.5	—	-8.0	—

9.2 焊后需加工的法兰平面厚度的尺寸偏差不小于设计要求的 90% (厚度 ≤ 20mm 的允许不小于设计要求 85%)；焊后需加工的壁厚处 (内表面或外表面) 的尺寸偏差不小于设计要求的 85% (厚度 ≤ 20mm 的允许不小于设计要求 80%)。

9.3 对尾水管里衬、尾水管焊接完后的允许尺寸偏差应符合表 18、19 的规定。

表 18 尾水管里衬允许偏差

mm

名称	转轮直径 D				
	D ≤ 3000	3000 ≤ D < 3000	3000 ≤ D < 8000	3000 ≤ D < 10000	D ≥ 10000
肘管断面尺寸	±0.0015H(B. r)		±0.001H(B. r)		
肘管、锥管上管口中心及方位	4	6	8	10	12
肘管、锥管上管口高程	0~+8	0~+12	0~+15	0~+18	0~+20
锥管管口直径	±0.0015D				

锥管相邻管口内壁周长之差	0.0015L		0.001L		
无锥管里衬的锥管下管口中心	10	15	20	25	30
注：					
a) H—断面高度；B—断面长度；r—断面弧段半径					
b) D—管口直径设计值；L—管口周长					

表 19 尾水管允许偏差 mm

名称	转轮直径 D		
	D<3000	3000≤D<6000	6000≤D<8000
管口法兰最大与最小差	3.0	4.0	5.0
中心及高程	±1.5	±2.0	±2.5
法兰面与转轮中心线距离	±2.0	±2.5	±3.0
法兰面垂直平面度	0.8	1.0	1.2

9.4 蜗壳焊接应符合下列要求：

9.4.1 各节间、蜗壳与座环连接的对接焊缝间隙一般为 2mm-4mm，过流面错边量不应超过板厚的 10%。但纵缝最大错边量不应大于 2mm，环缝最大错边量不应大于 3mm。

9.4.2 坡口局部间隙超过 5mm 处，其长度不应超过焊缝长度 10%，允许在坡口处作堆焊处理。

9.4.3 蜗壳焊缝应进行外观和无损探伤检查；图样中和技术要求无规定时应符合下列要求：

a) 焊缝外观检查，应符合表 20 的规定。

表 20 焊缝外观检查 mm

名称	允许缺陷尺寸	
裂纹	不允许	
表面夹渣	不允许	
咬边	深度不超过 0.5；连续长度不超过 100，两侧咬边累计长度不大于 10%全长焊缝	
未焊满	不允许	
表面气孔	不允许	
焊缝余高 Δh	手工焊	12 ≤ δ ≤ 25: Δh=0~2.5 25 ≤ δ < 80: Δh=0~5
	埋弧焊	0~4

δ — 钢材厚度

对接焊缝宽度	手工焊	盖过每边坡口宽度 2~4；且平滑过渡
	埋弧焊	盖过每边坡口宽度 2~7；且平滑过渡
飞溅		清除干净
焊瘤		不允许

b) 蜗壳焊缝无损探伤：

采用射线探伤时，检查长度：环缝为 10%，纵缝、蜗壳与座环连接的对接焊缝为 20%；焊缝质量按 GB/T3323 规定的标准，环缝应达到 III 级，纵缝应达到 III 级，蜗壳与座环连接的对接焊缝应达到 II 级的要求。

采用超声波探伤时，检查长度：环缝、纵缝、蜗壳与座环连接的对接焊缝均为 100%；焊缝质量，按 GB/T11345 规定的标准，环缝应达到 B II 级，纵缝、蜗壳与座环连接的对接焊缝应达到 B I 级的要求。对有怀疑的部位，应用射线探伤复核。

c) 混凝土蜗壳的钢衬，一般作煤油渗透试验检查，焊缝应无贯穿性缺陷。

9.5 发电机焊接式机架组合应符合下列要求：

9.5.1 机架在中心体支承牢固后，调整其水平，在上组合面上测量水平度不应大于 0.04mm/m。

9.5.2 机架按图样中和技术要求进行焊接。若图样中和技术要求无明确规定时，应符合下列要求：

9.5.2.1 焊接焊缝的长度和高度符合图样中要求，焊接质量应按设计图样要求进行检验。

9.5.2.2 对重要的部件焊接；应按焊接工艺评定后，制定的焊接工艺规程进行。

9.5.2.3 按设计图样和技术要求对焊缝进行外观和无损探伤检查，外观检查应符合表 20。

9.5.2.4 机架焊缝无损探伤的评定

a) 采用射线探伤时；按 GB/T3323 规定的标准评定。受力对接焊缝不低于 II 级，射线探伤焊缝比例为 50%；一般对接焊缝不低于 III 级。射线探伤焊缝比例为 25%；

b) 采用超声波探伤时，按 GB/T11345 规定的标准评定。受力对接焊缝不低于 B I 级，超声波探伤比例时 100%；一般对接焊缝不低于 B II 级，超声波探伤比例为 50%；

9.5.2.5 支臂焊接后；在中心体保持 0.04mm/m 的水平状态下，检查各支臂外缘键槽的弦距和各支臂的基础板接触面与中心体上平面的高差应符合设计图样要求。

9.6 定子机座焊接要求:

9.6.1 定子机座焊接前应符合下列要求

9.6.1.1 机座下环板圆周固定下齿压板的螺孔中心（对有穿芯螺孔的机座，为穿芯螺孔中心）的半径与设计半径之差不大于 $\pm 1.5\text{mm}$ 。

9.6.1.2 各环板内圆绝对半径的平均值与设计值与设计值的偏差应符合图样中和技术要求的規定。一般推荐，对接焊缝结构见表 21；搭接焊缝结构见表 22。

表 21 对接焊缝结构机座的各环板内圆绝对半径平均值与设计值的偏差 mm

机座分瓣数	3	4	5	6	8
各环板内圆绝对半径偏差	+1.0~+2.0	+1.5~ +2.5	+2.0~ +3.0	+2.5~+3.5	+3.0~4.0

表 22 搭接焊缝结构机座的各环板内圆绝对半径平均值与设计值的偏差 mm

机座分瓣数	≤5	≥6
各环板内圆绝对半径偏差	+0.5~+1.5	+1.0~+2.0

9.6.1.3 定子机座焊接后检查，调整机座，应符合 9.6.1.1 和 9.6.1.2 各项的要求。各半径的绝对尺寸偏差不大于 $\pm 2.0\text{mm}$ 。

9.6.2 定子定位筋的焊接应符合下列要求:

9.6.2.1 定子筋在安装前应校直。用不短于 1.5m 的平尺检查，定位筋在径向和周向的直线度不大于 0.1mm。定位筋长度小于 1.5m，用不短于定位筋长度的平尺检查；

9.6.2.2 定位筋的基准筋定位（或搭接）后，其半径与设计值的偏差应在设计空气间隙值的 $\pm 0.8\%$ 以内，周向及径向倾斜不大于 0.15mm。

9.6.2.3 定位筋全部焊接后，定位筋的半径与设计值的偏差，应在定位筋设计空气间隙值的 $\pm 2\%$ 以内，最大偏差数值不超过设计值的 $\pm 0.5\text{mm}$ ；相邻两定位筋在同一高度上的半径偏差不大于设计空气间隙值的 0.6%；m 同一根定位筋在同一高度上因表面扭斜而造成的半径偏差不大于 0.10mm。

9.6.2.4 定位筋在同一高度上的弦距与平均值的偏差不大于 $\pm 0.25\text{mm}$ ；但累积偏差不超过 0.4mm。

9.6.2.5 在公司内焊接定位筋的机座，定位筋的内圆半径与设计半径之差不大于空气间

隙±1%。

9.6.2.6 定位筋在公司焊接的机座在工地组焊后，在各环板处测量定位筋的半径与设计值的偏差应在空气间隙值的±2%以内，但最大允许偏差不超过设计值的±0.5mm。

9.6.2.7 周向倾斜布置的定位筋安装的倾斜方向和倾斜值应符合设计要求。

9.6.2.8 定位筋托板与机座环板间一般无间隙。

9.6.2.9 如果定位筋已在公司内焊接，在工地也需按上述要求检查，超标处应进行处理。

9.6.2.10 机座焊缝无损探伤的评定：按本标准规定第 9.5.2.4 条执行。

9.7 管道焊接

9.7.1 管子接头应根据管壁厚度选择适当的坡口型式与尺寸；一般壁厚不大于 4mm 时，选用 I 型坡口，对口间隙 1mm~2mm；壁厚大于 4mm 时，采用 70° 角的 V 型坡口，对口间隙及钝边均为 0mm~2mm。管子对口错边应不超过壁厚的 20%，但最大不超过 2mm。

9.7.2 油、气系统及有特殊要求的水系统管道中的钢管对口焊接时，应采用氩弧焊封底、电弧焊盖面的焊接工艺；管子的外径 $D \leq 50\text{mm}$ 的对口焊接宜采用全氩弧焊。

9.7.3 铜管的对口焊接和铜管与碳钢管接头的焊接，宜采用承插口插入焊接。

9.7.4 管道焊接工艺要求

9.7.4.1 焊条的选用，应按照母材的化学成份，力学性能、焊接接头的抗裂性、使用条件及施工条件等确定。宜焊接工艺性能良好。

9.7.4.2 焊接定位焊缝时，应采用与根部焊道相同的焊接材料和焊接工艺，定位焊缝的长度、厚度和间距，应能保证焊缝在正式焊接过程中不致开裂。

9.7.4.3 严禁在坡口之外的母材表面引弧和试验电流，并应防止电弧损伤母材。

9.7.4.4 不锈钢管对口焊接用氩弧焊打底时，焊缝内侧应充氩气或其它保护气体，或采取其它防止内侧焊缝金属被氧化的措施。

9.7.4.5 焊接时应采取合理施焊方法和施焊顺序，焊接过程中保证起弧和收弧处的质量，收弧时应将弧坑填满。多层焊的层间接头应错开。

9.7.4.6 应在焊接工艺规程的范围内，在保证焊透和熔合良好的条件下，采用小电流、短电弧、快速焊和多层多道焊工艺，并应控制层间温度。

9.7.5 管道焊缝质量要求

9.7.5.1 焊缝表面加强高度，其值为 1mm~2mm；遮盖面宽度，I 型坡口为 5mm~6mm，V

型坡口盖过每边坡口约 2mm。

9.7.5.2 焊缝表面应无裂纹、夹渣和气孔等缺陷。咬边深度应小于 0.5mm；长度不超过焊缝长的 10%，且小于 100mm。

9.7.5.3 除自流排放介质的管道外；管道的焊缝均应在介质为水的强度耐压试验，不得渗透及裂纹的现象存在。强度耐压试验按下列要求进行。

a) 现场制造的承压设备及连接件进行强度耐水试验时，试验压力为 1.5 倍额定工作压力，保持 10min，但最低压力不得小于 0.4Mpa，无渗漏及裂纹等异常现象。

b) 设备及其连接件进行严密性耐压试验时，试验压力为 1.25 倍实际工作压力，保持 30min，无渗漏现象；进行严密性试验时，试验压力为实际工作压力，保持 8h，无渗漏现象。

c) 单个冷却器应按设计要求的试验压力进行耐压试验，设计无规定时，试验压力一般为工作压力的 2 倍，但不低于 0.4Mpa，保持 30min，无渗漏现象。

9.7.5.4 额定工作压力大于 8Mpa 的管道对接焊缝，除进行介质为水的强度耐压试验外，还应进行射线探伤的抽样检验。设计无要求时抽检比例不得低于 5%，其质量不得低于 III 级。

9.8 焊接后热处理要求

9.8.1 对焊接后的零部件一般应进行回火处理以消除焊接时产生的内应力，加热温度及保温时间由工艺规程对每个焊接件使用材料的不同而定。

9.8.2 经热处理完毕后，焊接零部件必须由制作该零部件的单位；将零件表面消除干净后再作防锈处理。

10 焊接的质量保证

10.1 焊接质量保证应符合 GB/T14267-GB/T14269 标准要求。

10.2 钢熔化焊接头缺陷分级；应符合表 23 的规定。可作为焊接工艺评定时质量检验依据。

表 23 焊接头缺陷分级

缺陷名称	代号及说明	缺陷分级			
		I	II	III	IV

焊接通用技术条件

Q/YZNN 011-2022

共 26 页 | 第 20 页

焊缝外形尺寸		按选用坡口型式与尺寸；由产品图样或技术要求中确定		
未焊满	511 由于填充金属不足，在焊缝表面形成的连续或断续的沟槽	不允许	$\leq 0.2 + 0.02 \delta$ 且 $\leq 1\text{mm}$ ；每 100mm 焊缝内缺陷总长 $\leq 25\text{mm}$	$\leq 0.2 + 0.04 \delta$ 且 $\leq 2\text{mm}$ ；每 100mm 焊缝内缺陷总长 $\leq 25\text{mm}$
根部收缩	515, 5013 焊缝根部收缩造成浅的沟槽	不允许	$\leq 0.2 + 0.02 \delta$ 且 $\leq 0.5\text{mm}$ ；	$\leq 0.2 + 0.02 \delta$ 且 $\leq 1\text{mm}$ ； $\leq 0.2 + 0.04 \delta$ 且 $\leq 2\text{mm}$ ；
咬边 5011 (连续) 5012 (间断)	5011 5012 焊接造成的焊趾(或焊根)处的沟槽	不允许	长度不限	
裂纹	100	不允许		
弧纹裂纹	104 在焊缝收弧、弧坑处的裂纹	不允许	个别长 $\leq 5\text{mm}$ 的弧坑裂纹允许存在	
电弧擦伤	601 在焊缝坡口外部引弧或打弧时产生于母材金属表面上的局部损伤	不允许	个别电弧擦伤允许存在	
飞溅	602	清除干净		
接头不良	517 焊缝衔接处的局部表面不规则		造成缺口深度 $\leq 0.05 \delta$ 且 $\leq 0.5\text{mm}$ ；每米焊缝不得超过一处	缺口深度 $\leq 0.055 \delta$ 且 $\leq 1\text{mm}$ ；每米焊缝不得超过一处
焊瘤	506	不允许		
未焊透 (按设计焊缝厚度为准)	402 焊接时接头的根部未完全熔透的现象	不允许	不加垫单面焊允许值 $\leq 15 \delta \%$ ；且 $\leq 1.5\text{mm}$ ；每 100mm 焊缝内缺陷总长 $\leq 25\text{mm}$	$\leq 0.1 \delta$ 且 $\leq 2.0\text{mm}$ ；每 100mm 焊缝内缺陷总长 $\leq 25\text{mm}$

表面夹渣	300 在焊缝金属中找残留的固体夹杂物	不允许	深 $\leq 0.1\delta$ 长 $\leq 0.3\delta$ 且 $\leq 10\text{mm}$	深 $\leq 0.2\delta$ 长 $\leq 0.5\delta$ 且 $\leq 20\text{mm}$
表面气孔	2017 暴露在焊缝表面上的气孔，焊缝中上浮而引起的气孔	不允许	每 50mm 焊缝长度内允许直径 $\leq 0.3\delta$ 且 $\leq 2\text{mm}$ 的气孔，二个孔间距 ≥ 6 倍孔径	每 50mm 焊缝长度内允许直径 $\leq 0.4\delta$ 且 $\leq 3\text{mm}$ 的气孔，二个孔间距 ≥ 6 倍孔径
角焊缝厚度不足(按设计焊缝厚度计)		不允许	$\leq 0.3+0.05\delta$ 且 $\leq 1\text{mm}$ 每 100mm 焊缝长度内缺陷总长 $\leq 25\text{mm}$	$\leq 0.3+0.05\delta$ 且 $\leq 2\text{mm}$ 每 100mm 焊缝长度内缺陷总长 $\leq 25\text{mm}$
角焊缝焊接不对称	512	差值 $\leq 1+0.1a$	$\leq 2+0.15a$	$\leq 2+0.2a$
		a —设计焊缝有效厚度		
内部缺陷		GB/T3323 I 级	GB/T3323 II 级	GB/T3323 II 级
		GB/T11345 I 级	GB/T11345 II 级	不要求

11 焊接件的验收

11.1 验收的依据

11.1.1 按焊接结构件产品图样或技术要求中确定的有关规定执行。

11.1.2 对水轮发电机主要零部件机座、机架(上、下)按 9.5.2.4 和 9.6.2.10 条无损探伤的评定。其他转子支架、定子压板、磁轭压板、起吊工具等焊接件的无损探伤，当焊缝采用双 U、K 型焊缝时无损探伤采用 UT+MT 检验。受力对接焊缝不低于 B I 级；探伤比例为 100%；一般对接焊缝不低于 B II 级，探伤比例为 50%。角焊缝应对其进行 100%的 MT 检验。

11.1.3 对水轮机主要零部件蜗壳；按 9.4.3 无损探伤的评定。其他座环、座环(上、下)、顶盖、底环、导叶、支持盖等焊接件的无损探伤，当焊缝采用双 U、K 型焊缝时无损探伤采用 UT+MT 检验。受力对接焊缝不低于 B I 级；探伤比例为 100%；一般对接焊缝不低于 B II 级，探伤比例为 50%。角焊缝应对其进行 100%的 MT 检验。

11.2 焊缝的质量检验

11.2.1 RT：焊缝射线的判定和质量分级规定，焊缝质量分为四级。一般可发现下列缺陷：气孔、夹渣、未焊透、未熔合、裂纹等。

- a) I级焊缝内应无裂纹、未熔合、未焊透和条状夹渣。
- b) II组焊缝内应无裂纹、未熔合和未焊透。
- c) III级焊缝内应无裂纹、未熔合以及双面焊和加垫板的单面焊中的未焊透。不加垫板的单面焊中的未焊透允许长度按表 28 条状夹渣长度的III级评定。
- d) 焊缝缺陷超过III级者为IV级。

11.2.1.1 焊缝缺陷可能是圆形缺陷或是条状夹渣。

11.2.1.2 缺陷的长宽比小于或等于 3 的，为圆形缺陷。可能是圆形、椭圆形、锥形或带尾巴（在测定尺寸时应包括尾部）等不规则的形状，包括气孔、夹渣和夹钨。

11.2.1.3 圆形缺陷用评定区进行评定，评定区应选在缺陷最严重的部位。评定区域的大小按表 24。

表 24 圆形缺陷评定区 mm

母材厚度 t	t ≤ 25	25 ≤ t < 00	t > 00
评定区尺寸	10 × 10	10 × 20	10 × 30

11.2.1.4 评定圆形缺陷时应将缺陷尺寸按表 25 换算成缺陷点数。

表 25 缺陷点数换算表 单位为点

缺陷长径 mm	≤ 1	> 1 ~ 2	> 2 ~ 3	> 3 ~ 4	> 4 ~ 6	> 6 ~ 8	> 8
点数	1	2	3	6	10	15	25

11.2.1.5 不计点数的缺陷尺寸按表 26

表 26 不计点数的缺陷尺寸 mm

母材厚度 t	缺陷长径
t ≤ 25	< 0.5
> 25 ~ 50	< 0.7
> 50	< 1.4% t

11.2.1.6 当圆形缺陷与评定区边界线相接时；应把它划为该评定区内计算点数。

11.2.1.7 当评定区附近缺陷较少，且认为只用该评定区大小划分级别不适当时，经协商，可将评定区沿焊缝方向扩大到 3 倍，求出缺陷总数，用此值的 $\frac{1}{3}$ 进行评定。

11.2.1.8 圆形缺陷的分级按表 27。

表 27 圆形缺陷分级（按缺陷点数上限数） 单位为点

评定区 mm		10X10			10X20		10X30
母材厚度 mm		≤10	>10~15	>15~25	>25~50	>50~100	>100
质量 等级	I	1	2	3	4	5	6
	II	3	6	9	12	15	18
	III	6	12	18	24	30	36
	IV	缺陷点数大于III级					

11.2.1.9 缺陷的长宽比大于3的夹渣为条状夹渣。条状夹渣的分级按表28。

表 28 条状夹渣的分级

mm

质量等级	单个条状夹渣长度	条状夹渣总长
II	$\delta \leq 12$ 为 4 $12 < \delta < 60$ 为 $\frac{1}{3}T$ $\delta \geq 60$ 为 20	在任意直线上，相邻两夹渣间距均不超过 6L 的任何一组夹渣，其累计长度在 12 δ 焊缝长度内不超过 δ 。
III	$\delta \leq 9$ 为 6 $9 < \delta < 45$ 为 $\frac{2}{3}\delta$ $\delta \geq 45$ 为 30	在任意直线上，相邻两夹渣间距均不超过 3L 的任何一组夹渣，其累计长度在 6 δ 焊缝长度内不超过 δ 。
IV	大于III级者	

注：a) 表中“L”为该组夹渣中最长者的长度。

b) 长宽比大于3的长气孔的评级与条状夹渣相同。

c) 当被检焊缝长度小于 12 δ （II级）或（III级）时，可按比例折算。

当折算的条状夹渣总长小于单个条状夹渣长度时，以单个条状夹渣长度为允许值。

11.2.1.10 在圆形缺陷评定区内，同时焊透存在圆形缺陷和条状夹渣（或未焊透）时，应各自评级，将级别之和减1作为最终级别。

11.2.2 UT 钢焊缝手超声波探伤方法和探伤结果分级（摘要），根据缺陷指示长度按表29的规定进行评级。

表 29 超声波探伤方法和结果分级

mm

检验结果		A	B	C
母材厚度		8~15	8~300	8~300
评定 等级	I	$\frac{2}{3}\delta$, 最小 12	$\delta/2$, 最小 16, 最大 30	$\delta/3$, 最小 10, 最大 20
	II	$\frac{3}{4}\delta$, 最小 12	$\frac{2}{3}\delta$, 最小 12, 最大 50	$\delta/2$, 最小 10, 最大 30
	III	$< \delta$, 最小 12	$\frac{3}{4}\delta$, 最小 16, 最大 75	$2/3\delta$, 最小 12, 最大 50
	IV	超过III级者		

注: a) δ 为坡口加工侧母材厚度, 母材板厚不同时, 以较薄板厚为准。
 b) 管座角焊缝 δ 为焊缝截面中心线高度

11.2.3 MT 焊缝磁粉检验方法和缺陷磁痕的分级(摘要), 按表 30 的规定进行评级。

表 30 磁粉检验缺陷磁痕的分级

mm

质量等级		I	II	III	IV
类型及缺陷性质		缺陷显示迹痕(max)			
		≤ 0.3	≤ 1.0	≤ 1.5	≤ 1.5
线型缺陷	裂纹		不允许	不允许	不允许
	未焊透		不允许	允许存在的单个缺陷显示迹痕长度 $\leq 0.16\delta$, 且 $\leq 2.5\text{mm}$ 。100 mm 焊缝长度范围内允许存在的缺陷显示迹痕总长 $\leq 25\text{mm}$	允许存在的单个缺陷显示迹痕长度 $\leq 0.2\delta$, 且 $\leq 3.5\text{mm}$ 。100 mm 焊缝长度范围内允许存在的缺陷显示迹痕总长 $\leq 25\text{mm}$
	夹渣或气孔	$\leq 0.3\delta$, 且 $\leq 4\text{mm}$ 。相邻两缺陷显示迹痕的间距应不小于其中较大缺陷显示迹痕长度的 6 倍	$\leq 0.3\delta$, 且 $\leq 10\text{mm}$ 。相邻两缺陷显示迹痕的间距应不小于其中较大缺陷显示迹痕长度的 6 倍	$\leq 0.5\delta$, 且 $\leq 20\text{mm}$ 。相邻两缺陷显示迹痕的间距应不小于其中较大缺陷显示迹痕长度的 6 倍	
圆型缺陷	夹渣或气孔	任意 50mm 焊缝长度范围内允许存在显示长度 $\leq 0.15\delta$, 且 $\leq 2\text{mm}$ 的缺陷显示迹痕 2 个。缺陷显示迹痕的间距应不小于其中较大缺陷显示迹痕长度的 6 倍	任意 50mm 焊缝长度范围内允许存在显示长度 $\leq 0.3\delta$, 且 $\leq 3\text{mm}$ 的缺陷显示迹痕 2 个。缺陷显示迹痕的间距应不小于其中较大缺陷显示迹痕长度的 6 倍	任意 50mm 焊缝长度范围内允许存在显示长度 $\leq 0.4\delta$, 且 $\leq 4\text{mm}$ 的缺陷显示迹痕 2 个。缺陷显示迹痕的间距应不小于其中较大缺陷显示迹痕长度的 6 倍	

注: δ 为焊缝母材的厚度, 当焊缝两侧的母材厚度不同时, 以其中较小的厚度值为 δ 。

11.2.4 PT 焊缝渗透检验方法和缺陷迹痕的分级(摘要), 按表 31 的规定进行评级。

表 31 渗透检验缺陷迹痕的分级

mm

质量等级		I	II	III	IV
类型及缺陷性质		缺陷显示迹痕(max)			
		≤ 0.3	≤ 1.0	≤ 1.5	≤ 1.5
	裂纹		不允许	不允许	不允许

线型缺陷	未焊透	不	不允许	允许存在的单个缺陷显示迹痕长度 $\leq 0.15\delta$ ，且 $\leq 2.5\text{mm}$ 。100 mm 焊缝长度范围内允许存在的缺陷显示迹痕总长 $\leq 25\text{mm}$	允许存在的单个缺陷显示迹痕长度 $\leq 0.2\delta$ ，且 $\leq 3.5\text{mm}$ 。100 mm 焊缝长度范围内允许存在的缺陷显示迹痕总长 $\leq 25\text{mm}$
	夹渣或气孔	允		$\leq 0.3\delta$ ，且 $\leq 4\text{mm}$ 。相邻两缺陷显示迹痕的间距应不小于其中较大缺陷显示迹痕长度的 6 倍	$\leq 0.3\delta$ ，且 $\leq 10\text{mm}$ 。相邻两缺陷显示迹痕的间距应不小于其中较大缺陷显示迹痕长度的 6 倍
圆型缺陷	夹渣或气孔	许		任意 50mm 焊缝长度范围内允许存在显示长度 $\leq 0.15\delta$ ，且 $\leq 2\text{mm}$ 的缺陷显示迹痕 2 个。缺陷显示迹痕的间距应不小于其中较大缺陷显示迹痕长度的 6 倍	任意 50mm 焊缝长度范围内允许存在显示长度 $\leq 0.3\delta$ ，且 $\leq 3\text{mm}$ 的缺陷显示迹痕 2 个。缺陷显示迹痕的间距应不小于其中较大缺陷显示迹痕长度的 6 倍

注： δ 为焊缝母材的厚度，当焊缝两侧的母材厚度不相等时，取其中较小的厚度值作为 δ 。

11.3 检验的确认

11.3.1 焊接结构件焊接质量是否合格，须经检验人员根据零部件产品图样或技术要求中确定的要求和按本标准的有关规定，对照检验结果分析确定给予签字最后确认。

11.3.2 对水轮发电机主要零部件机座、机架（上、下）按 9.5.2.4 和 9.6.2.10 条无损探伤的评定。其他转子支架、定子压板、磁轭压板、起吊工具等焊接件的无损探伤，当焊缝采用双 U、K 型焊缝无损探伤采用 UT+MT 检验，受力对接焊缝不低于 B I 级；探伤比例为 100%；一般对接焊缝不低于 B II 级，探伤比例为 50%。角焊缝应对其进行 100%的 MT 检验。

11.3.3 对水轮机主要零部件蜗壳；按 9.4.3 条换损探伤的评定。其他座环、座环（上、下）、顶盖、底环、导叶、支持盖等焊接件的无损探伤。当焊缝采用双 U、K 型焊缝时；无损探伤采用 UT+MT 检验，受力对接焊缝不低于 B I 级，探伤比例为 100%；一般对接焊缝不低于 B II 级，探伤比例为 50%。角焊缝应对其进行 100%的 MT 检验。

11.3.4 对于配套的主要零部件焊接图，如球阀和活门、球阀的阀体、蝶阀的阀门、蝶阀的阀体等焊接件的无损探伤。当焊缝采用 U、K 型焊缝时；无损探伤采用 UT+MT 检验，受力对接焊缝不低于 B I 级，探伤比例为 100%；一般对接焊缝不低于 B II 级，探伤比例为 50%。角焊缝应对其进行 100%的 MT 检验。

11.3.5 对于一般焊接零部件，在图样或技术要求中无规定时；当焊缝采用 U、K 型焊缝时；无损探伤采用 UT+MT 检验，受力对接焊缝不低于 BII 级，探伤比例为 50%；对其它焊缝不低于 BIII 级，探伤比例为 50%。角焊缝应对其进行 100%的 MT 检验。

11.3.6 对于本公司生产的所有焊接结构件，除图样或技术要求中特别标注的和上述分别指明的要求外，其余零部件的焊接结构件，无论采用什么手段，检验方法的评定和焊接质量缺陷分级必须达到 III 级以上。

12 标注示例

焊接件按 Q/GEHA1039-2004 规定执行，（如蜗壳焊缝无损探伤：按 GB/T11345 规定的标准，纵缝、蜗壳与座环连接的对接焊缝应达到 B I 级，纵缝、蜗壳与座环连接的对接焊缝均为 100%。环缝应达到 B II 级，比例为 100%。MT 检验进行 100%）。

13 尺寸检查

焊接件尺寸应按图纸进行控制检查。

14 文件资料

材料合格证，包括材料化学分析、机械性能试验结果及重量

无损探伤和检验结果的有关数据报告

存在缺陷的位置、形状及大小。并进行修补后的位置及大小、并得到有关部门确认的手续为依据。

15 拒收

如果焊接件的材料化学分析、机械性能、检验结果不符合订货合同（技术图样及技术要求为订货合同的组成部分）的质量规范和本焊接件通用技术条件，则拒收该焊接零部件。