

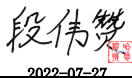
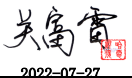
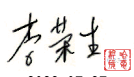
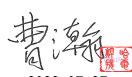
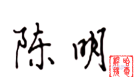


哈尔滨电机厂有限责任公司

HARBIN ELECTRIC MACHINERY COMPANY LIMITED

电机公司文件号 HEC No.	0EA.939.0141			电机公司版次 HEC Rev.	E
项目（业主）文件号 Project No.	N/A			项目（业主）版次 Project Rev.	N/A
文件类型 Document Categories	N/A	文件状态 Status of Document	N/A	重大产品标识 Important Product Identifier	N/A

焊接结构件通用技术要求

编制/日期 Prepared by/Date	 2022-07-27	校核/日期 Checked by/Date	 2022-07-27	审查/日期 Reviewed by/Date	 2022-07-27
会签/日期 Counter sign/Date	 2022-07-27	会签/日期 Counter sign/Date	 2022-07-27	质保/日期 QA/Date	N/A
标准化/日期 Standardization/Date	 2022-07-27	审定/日期 Authorized by/Date	 2022-07-28	批准/日期 Approved by/Date	 2022-07-28

Form No.: 标 00

该文档包含哈尔滨电机厂有限责任公司专属信息，未经书面许可，不得以任何方式使用或透露给第三方。

This document contains proprietary information of Harbin Electric Machinery Co., Ltd. (HEC) and it can not be used in any way or disclosed to others without the written permission of HEC.



修订记录

Revision record

版次 Rev.	改版单号 Mod.Advicenote No.	页码 Page&Item	改版内容 Modificationcontentabstract	改版人/校核 人 Prepared by& Reviewedby	日期 Date
A			首次发布	段伟赞 张伟华	2015-10-08
B	2016 焊接准备组 G322	全文改描	改描	段伟赞 阎海滨	2016-12-06
C	2020 焊接工艺组 G0023	全文改描	改描	叶鸿森 段伟赞	2020-10-20
D	2021 焊接工艺组 G0004	2、4、 8、15	明确概念描述;添加 3.4.2.4.3 明确 3.4.2.5 材料范围; 增加 4.5.5.3、4.5.7 后热处理;	赵 波 甘洪丰	2021-08-05
E	2022 焊接工艺组 G0021	全文改描	改描	甘洪丰 陈 明	2022-07-14

目 录

1 概述.....	2
1.1 适用范围.....	2
1.2 目的.....	2
1.3 参照标准.....	2
1.4 缩写及定义.....	2
2 人员资质.....	3
2.1 焊工资格.....	3
2.2 无损检测人员资格.....	3
3 通用制造要求.....	3
3.1 焊接结构件的公差.....	3
3.2 焊后消应处理.....	4
3.3 打磨.....	4
3.4 检查规程和要求.....	4
4 制造工艺过程.....	6
4.1 概述.....	6
4.2 追溯.....	6
4.3 零部件准备.....	6
4.4 装配.....	7
4.5 焊接要求.....	7
4.6 不锈钢材料工件制造.....	11
4.7 工件预热.....	12
4.8 常用焊接材料.....	14
4.9 常用焊接工艺规范.....	14
5 注意事项.....	15
5.1 安全生产.....	15
5.2 环保要求.....	16
5.3 节能要求.....	16
5.4 计量要求.....	16
5.5 其他要求.....	16

1 概述

1.1 适用范围

本标准适用于哈尔滨电机厂有限责任公司各种焊接结构件在制造过程中的通用技术要求,包括备料、装配、焊接和无损检测等具体内容。具体质量要求依据 GB、ASME、ISO、EN 等相关标准制定。其规定的焊接要求符合 ASME 标准第Ⅷ卷 Div.1 分册、AWS 标准 D1.1 章和 ISO5817 标准中的相关规定。

如果本标准中的规定与产品合同文件、专用工艺文件、焊接工艺规程要求不同或矛盾,应按合同、专用工艺文件、焊接工艺规程相应要求执行。其为针对专用工艺文件中未尽事宜的必要补充和说明。

本标准与其它卡片、守则、规范或标准合并使用。

1.2 目的

本标准的目的在于保证产品质量,特别是为没有专用工艺文件指导的部件提供制造依据或对专用文件中未尽事宜的必要补充和说明,并为工程技术人员在设计、投标、采购、分包和合同执行过程中提供必要的指导。

1.3 参照标准

下列文件对于本标准的应用是必不可少的补充。除非有明确的日期注明,引用文件的最新版本适用于本标准。

GB150 钢制压力容器
GB/T 18591 焊接预热温度、道间温度及预热维持温度的测量指南
ISO 13920 焊接 焊接结构一般公差 线性尺寸和角度尺寸、形状和位置
ISO 5817 熔化焊焊缝检验及评定-缺欠质量分级
ASME 锅炉及压力容器规范-第Ⅷ卷第一册-压力容器建造规则
ASME 锅炉及压力容器规范-第 IX 卷-焊接和钎焊评定
AWS D1.1 钢结构焊接规范
ASNT SNT-TC-1A 无损检验人员资格鉴定及认证

1.4 缩写及定义

本标准所采用的缩写及定义说明如下。

WPS: 焊接工艺规范。

WPQ: 焊工和焊接操作工资格(焊工证书)。

PQR: 焊接工艺评定记录。

NDT/NDE: 无损检验。

UT: 超声波检测。

RT: 射线检测。

MT: 磁粉检测。

PT: 着色检测。

VT/VI: 目测检验。

TOFD: 超声波衍射时差法检验。

高强钢: 标准屈服强度下限值 $R_{eL} \geq 450\text{MPa}$, 或标准抗拉强度下限值 $R_m \geq 570\text{MPa}$ 的金属材 料, 通常包括 Q460D、Q500D、S500Q、ASTM A148 Gr90-60、SM570、HD610CF、HD780CF、18MnCrNiMo、ASTM A668 Class E/H 等。

2 人员资质

2.1 焊工资格

参加焊接工作的焊工技能资格必须是符合以下任意一项要求, 具有相关部门颁发的资格证书:

- 按照ASME《锅炉及压力容器规程》第IX卷相关要求考试合格者;
- 持有省级质量技术监督部门签发的资格证书;
- 按照电力标准DL/T 679《焊工技术考核规程》或SL35《水工金属结构焊工考试规则》考试合格者。

具备以上资质的焊工在取得资质后, 工作间断 6 个月以上时需要重新考试。

2.2 无损检测人员资格

参加无损检测的人员应符合以下任何一项要求:

- 持有中国机械工程学会无损检测学会签发的资格证书;
- 持有国家劳动人事部门颁发的锅炉压力容器无损检测 II 级及以上资格证书;
- 持有ASNT Level II 级及以上资格证书。

3 通用制造要求

3.1 焊接结构件的公差

以下公差要求应用于图纸上没有尺寸公差标注, 且图纸上没有公差列表的情况。

3.1.1 装配公差

钢板对接边缘待焊截面应对齐, 中心线最大错边量参见公司标准 0EA.939.129《板材焊接结构件产品外观质量控制标准》。

3.1.2 线性尺寸公差

线性尺寸公差按照公司标准0EA.619.045《焊接结构自由公差》线性尺寸公差C级执行。

3.1.3 角度尺寸公差

角度尺寸公差按照公司标准0EA.619.045《焊接结构自由公差》角度尺寸公差B级执行。

3.1.4 形位公差

垂直、水平、平行等形位公差按照公司标准0EA.619.045《焊接结构自由公差》直线度、平面度及平行度公差F级执行。

3.1.5 圆度偏差

3.1.5.1 针对筒体、锥体结构焊接件, 任何横截面上最大与最小内径之差不应超过该截面公称直径的1%, 但最大偏差不超过25mm。其他圆度偏差要求可参见ASME标准第VIII卷UG-80要求。

3.1.5.2 除技术部门另有要求外, 弯曲后管路圆度偏差限定在8%以下, 即偏差值=100%×

$(D_{\max}-D_{\min})/D_0$ ，式中 D_0 为钢管名义外径， $D_{\max}$ 和 $D_{\min}$ 分别为钢管成型后的最大外径和最小外径。管路对接焊缝接头处圆度偏差限定为 $\leq 2\text{mm}$ 。

3.1.6 焊缝尺寸偏差

除非技术部门书面批准或另有说明，焊缝尺寸不小于图纸所标注的名义尺寸，角焊缝上偏差不大于 3mm 。

3.1.7 焊缝外观质量偏差

焊缝外观质量按照公司标准0EA.619.046《钢结构熔化焊焊缝质量等级评定标准》C级执行。

3.1.8 下料尺寸公差

等离子切割尺寸公差按照公司标准0EA.939.138《等离子切割尺寸公差（内控标准）》执行。

剪床尺寸公差按照公司标准0EA.939.131《剪床下料质量标准》执行。

3.2 焊后消应处理

任何产品部件如需进行焊后热处理，须在图纸中明确标注并给出相应热处理规范，未注明热处理规范时可参照公司标准 0EA.622.040《焊接部件焊后消除应力退火工艺规范》执行。图纸中如果仅注明“焊后消除残余应力”，代表工件焊接后优先采用振动的方式消除应力，振动按照 637170《振动时效工艺规范》执行。

3.3 打磨

任何产品部件焊缝如果需要打磨，须在图纸中明确标注打磨粗糙度要求和打磨范围。

3.4 检查规程和要求

若图纸或其它工艺文件中未规定检查要求时，可按照下述检查要求进行检查。否则按照图纸规定要求进行检查。

3.4.1 目视检查准则

3.4.1.1 外观质量控制标准按照 0EA.939.129《板材焊接结构件外观质量控制标准》执行。

3.4.1.2 角焊缝尺寸公差按照（ $0\sim+3\text{mm}$ ）执行。

3.4.2 无损探伤检查准则

3.4.2.1 无损探伤检查按照图纸规定要求检查。如果图纸未标注无损探伤验收标准，除另有说明，RT、MT、PT 和 UT 检查验收标准分别按 ASME 第Ⅷ卷第一分卷中附录 4、附录 6、附录 8 和附录 12 执行。

3.4.2.2 焊接结构件有热处理要求时，检查结果应以最终热处理后检查结果为准。若总装配导致最终热处理后存在受结构限制无法检查的焊缝，这些焊缝应在总装配开始之前或在中间过程热处理之后完成检查，视具体情况而定。

3.4.2.3 有热处理要求的工件最终无损探伤在热处理后执行；需要振动消除应力的工件最终无损探伤在振动后执行。焊接后，有加工或打磨要求的焊缝，其 MT、PT 表面探伤检查在加工或打磨后完成。一般情况下需要在精加工前，半精加工后进行初步检查，避免大量返修引起焊接变形。

3.4.2.4 无损探伤与焊后校平顺序：

3.4.2.4.1 对于奥氏体不锈钢(06Cr19Ni10, 0Cr18Ni12 等), 抗拉强度性能指标低于 570MPa 级 (不包括 570MPa 级) 的碳钢、低合金钢 (如 Q235、Q345、Q355 等), 当工件焊后的角变形量符合 0EA.619.045《焊接结构自由公差》要求, 无损探伤检查可在校平工序之前进行。

3.4.2.4.2 对于马氏体不锈钢 (如 0Cr13Ni5Mo、S135 等), 高强钢材料, 最终无损探伤检查必须在校平工序之后进行。

3.4.2.4.3 对于采用窄间隙焊接方式完成的工件, 最终无损探伤检查应在校平工序之后进行。

3.4.2.4.4 对于采用埋弧焊方法完成的工件, 最终无损探伤检查应在校平工序之后进行。

3.4.2.5 对于常规应用材料和产品的焊缝要求进行 PT 或 MT 时, 热处理消应前或振动消应前可不进行 PT 或 MT 探伤检查; 但涉及以下材料及产品的焊缝在热处理消应前或振动消应前不允许取消 PT 或 MT 探伤检查。

- 核电及军工产品;
- 高强钢板材、铸锻件或其他冷裂倾向较大材料焊接的焊缝, 包括但不限于 SM570、S500Q、Q500D、HD610CF、HD780CF、18MnCrNiMo、ASTM A668 Class E/H、ASTM A148 Gr90-60、硅钢板、S135、0Cr13Ni5Mo 钢板等;
- 因结构限制, 退火后无法完成或难以完成 PT、MT 探伤的部件焊缝;
- 座环、蜗壳、转轮、转轮室等退火前已完成粗磨或铲磨的焊缝;
- 业主或监造方对此序有要求的;
- 设计图纸注明在退火或振动前需做 PT、MT 检查的焊缝;
- 后续对焊缝有 UT、RT 或 TOFD 探伤检查要求的产品零件拼焊焊缝。

3.4.2.6 无损探伤检查时机及说明。

除另有说明, 常用母材的无损探伤检查时机要求见表 1。

表 1 常用母材无损探伤检查时机对照表

类型代号	材料类型	材料牌号	探伤时机
I	低碳钢 低合金钢 结构钢	Q235, Q345, Q355, 20#, 20SiMn, 20Mn 等, 包括其他抗拉强度低于 570MPa 的低碳钢、低合金钢和结构钢。	冷却至室温后
	奥氏体不锈钢	06Cr19Ni10, 0Cr18Ni12 等	
II	低合金高强钢 (低延迟裂纹风险)	HD610CF, SM570, 20MnMo, 锻钢 25Mn, 锻钢 ASTM A668D, ASTM A148 Gr80-50、ASTM A148 Gr90-60 等, 及其他抗拉强度大于等于 570MPa 的低合金高强钢	焊接完成 24h 后
	马氏体不锈钢	0Cr13Ni5Mo, ZG06Cr13Ni5Mo, ZG04Cr16Ni5Mo 等	
III	低合金高强钢 (高延迟裂纹风险)	Q500D, S500Q, HD780CF, 锻钢 ASTM A668E, 锻钢 18MnCrNiMo、锻钢 ASTM A668H 等, 及其他抗拉强度大于等于 760MPa 的低合金高强钢	焊接完成 48h 后

注：1）使用奥氏体不锈钢焊材（ER309、ER316等）焊接的焊缝，焊接完成并冷却至室温后即可进行无损探伤检查，不受表1中材料限制。

2）焊缝两侧材料类型分别属于表1中不同类型代号时，无损探伤检查时机以要求焊后探伤间隔时间较长一侧的材料类型为准。

3）对于表1中不同类型代号的母材间焊缝区域表面缺陷返修，如果焊材选用低匹配焊材，且返修位置距离高强度母材侧10mm以上时，探伤时机可按照较低强度侧母材类型执行。

4）焊缝后续需参加退火时，对于表1中类型代号为II和III的材料，退火前的无损探伤检测时机统一为焊接完成24h后。

5）焊缝返修深度 $\geq 5\text{mm}$ ，返修次数超过两次时，对于表1中类型代号为II和III的材料，无损探伤检测时机统一为焊接完成48h后。

6）针对母材HD610CF、母材类型代号为III的焊缝热处理后返修缺陷深度 $\geq 5\text{mm}$ ，且返修后不再进行热处理的，无损探伤检测时机统一为焊接完成48h后。

7）针对材料类型为III的焊缝返修，缺陷深度 $< 5\text{mm}$ 时，无损探伤检测时机按照焊接完成后24h执行。

8）焊缝需要多处返修时，对于先返修完成的部分，焊接完成并冷却至室温后可以立即进行无损探伤检测确认返修质量，但所有位置返修完成后需要通过探伤复检等手段，保证所有焊缝探伤时机满足表1和1~7条注释内容要求。

3.4.2.7 探伤后清理

无损探伤检查完成后，需要立即将探伤液、耦合剂等杂质清理干净，防止对产品外观、底漆、涂漆附着力造成不利影响。

4 制造工艺过程

4.1 概述

焊缝位置、长度及形式均需产品图纸给出。如果在图纸上没有更严格的要求，焊接要求按照本标准执行。所有工件焊接操作应依照焊接工艺规范（WPS）中规定参数要求进行，同样适用于定位焊缝和临时辅助焊缝。

4.2 追溯

4.2.1 如果没有特殊要求，非受压零件的追溯可以按照焊工钢印的方式记录。

4.2.2 受压零件的追溯要求按照ASME标准第VIII卷1分卷中UG-77的规定执行。

4.3 零部件准备

4.3.1 产品零件可采用半自动气割、数控气割、剪床、等离子切割、机械加工、锯床、线切割、激光切割、水切割等工艺方法下料制备。

4.3.2 任意一边长大于200mm的平板工件，需用油压机校平。需要成型的材料可由压型、滚型、折弯、短滚等工艺方法制备。

4.3.3 材料表面存在外观缺陷，按照公司标准0EA.939.129《板材焊接结构件产品外观质量控制标准》进行处理。补焊按照0637-321《补焊工艺守则》执行，并按照其要求做无损探伤检查。

4.3.4 对于图纸中允许拼焊，但未明确拼焊块数和拼焊位置的工件，按照以下要求备料：

1）矩形工件：工件展开长 $> 10\text{m}$ ，分2~5块下料；

10m $\geq$ 工件展开长 $> 6\text{m}$ 时，分2~4块下料；

工件展开长 $\leq 6\text{m}$ 时，分1~3块下料。

2) 扇形工件: 按照扇形角度 $\geq 45^\circ$ 块下料。

其他拼焊下料标准参照0EA.600.031《焊接图样绘制原则》中相关条款执行。在满足钢板利用率的前提下, 尽可能减少拼焊块数。具体拼焊位置根据车间套裁情况自定, 但要求尽可能避开孔、槽、豁口等位置。如与其它件有装配关系时, 需考虑避开十字焊缝。错开的距离不小于5倍的板厚。

4.3.5 除非另有说明或采取有效温度控制措施, 针对调质状态的低合金高强钢, 包括但不限于Q500D、S500Q、HD610CF、HD780CF等钢板, 禁止采用热修型工艺进行矫形。

4.3.6 除非另有说明, 对于抗拉强度 $\geq 570\text{MPa}$ 的低合金高强钢和马氏体不锈钢, 工件需要成形和拼焊时, 成形之后再进行拼焊。

4.4 装配

4.4.1 按照图纸尺寸进行装配, 需要预留焊接收缩量, 结构尺寸可依据相关技术文件或咨询焊接工程师判定, 并给出预留焊接收缩量。

4.4.2 焊缝装配间隙超过相应焊接工艺规范WPS要求时, 应采用堆焊的方法加以修正, 堆焊工艺按照0637-321《补焊工艺守则》执行, 并按照其要求做无损探伤检查。

4.4.3 临时工艺垫板、搭板、支撑拉筋焊接

4.4.3.1 临时工艺垫板、搭板、支撑拉筋的材料原则上应与产品母材化学成分相同或相近; 支撑不锈钢产品可以使用碳钢作为工艺拉筋, 但必须在碳钢表面堆焊5mm以上奥氏体不锈钢作为过渡层, 或以相近材质不锈钢垫板过渡, 防止不锈钢材料污染, 降低母材耐腐蚀性能。

4.4.3.2 临时工艺垫板、搭板、支撑拉筋最后要完全去除。去除方式可采用气割或气刨, 需预留1~3mm打磨余量, 后续打磨清除残余金属。对于低合金高强钢材料打磨平顺后, 需要进行100%的磁粉探伤或着色检查, 这些材料包括但不限于S500Q、Q500D、HD610CF、HD780CF、锻钢ASTM A668E, 锻钢ASTM A668H等, 如发现缺陷需按产品焊接工艺进行返修、打磨, 并按上述要求再次进行PT或MT探伤确认。禁止使用手锤等工具强力拆卸临时搭板或辅助支撑。

4.4.3.3 临时工艺垫板、搭板、支撑拉筋与工件焊接时, 预热要求与工件正式焊缝相同, 预热方式可采用烤枪对待焊区域进行均匀加热, 预热温度不可超过焊接层间温度要求。

4.5 焊接要求

如果在图纸或专用工艺文件中没有更严格的要求, 焊接要求按照本标准执行。

4.5.1 焊前坡口清理

焊接前, 必须清除坡口及其两侧20mm范围内的油、水、金属氧化物等有害杂质, 并露出金属光泽。

坡口表面必须均匀光滑, 粗糙度要求 $Ra \leq 12.5\mu\text{m}$ 。如存在深度大于3mm的沟槽, 工件应在装配前进行补焊, 小于3mm可打磨平顺过渡。

4.5.2 定位焊和辅助焊接

4.5.2.1 定位焊缝和辅助焊缝必须按焊接工艺规范或表6推荐焊接工艺规范执行, 并由有焊接资格的人员施焊。

4.5.2.2 定位焊和辅助焊缝必须符合公司目检验收标准要求。

4.5.2.3 高强钢板材、铸锻件或其他冷裂倾向较大材料上施焊，除产品最终焊缝的定位焊缝外，其他任何包括结构辅助焊缝在内的焊接操作都必须经过焊接工程师批准。原则上，针对调质状态的高强结构钢，焊接临时辅助支撑时，焊接要求同产品焊缝。

4.5.2.4 定位焊缝和辅助焊缝，必须用符合最终焊缝要求的焊材施焊。

4.5.2.5 混熔在埋弧焊（SAW）焊缝的定位焊缝的附加要求：

1) 在目视检查保证定位焊道不出现裂纹的前提下，被连续的埋弧焊（SAW）焊缝重新熔合的单道定位焊缝不要求预热。

2) 没有强度要求的定位焊缝厚度应不超过10 mm。

4.5.2.6 除非整条焊缝长度不足或有其它特殊要求，定位焊缝长度一般为100~150mm，每1000mm焊缝定位焊点最少2处，针对有坠落或倾覆趋势的工件，必须增加定位焊长度、焊道厚度和定位点数量以确保安全。

4.5.2.7 若有安全需求，辅助焊缝必须连续焊接，角焊缝尺寸通常为工件板厚的0.6~0.7倍，避免焊缝开裂而导致工件坠落或倾覆。

4.5.2.8 除非图纸或合同中另有说明，辅助焊缝在转序前清除，打磨清除区焊缝表面。高强钢板材、铸锻件或其他冷裂倾向较大材料的构件，打磨后的区域需要进行PT或MT探伤检查。

4.5.3 正式焊接

4.5.3.1 正式焊缝的焊接必须有专用焊接工艺规范或按表6推荐的焊接工艺规范指导并由具有焊接资格的人员执行。

4.5.3.2 对于两层或两层以上的多层焊缝，采用多层多道、分段、退步焊接方式，每层焊道的起弧位置应错开至少50mm。

4.5.4 清根

4.5.4.1 对于全熔透焊缝，应通过气刨、铲、磨或机械加工的方法进行背面清根。

除另有说明外，背侧清根深度视背面熔透情况，原则上去除3~7 mm深至金属本体，打磨露出金属光泽，去除渗碳层，可以满足后序图纸探伤要求。

4.5.4.2 清根后可不进行PT/MT探伤，但以下情况清根后必须进行PT/MT探伤检查

4.5.4.2.1 核电或军工产品中有UT、RT或TOFD探伤要求的焊缝。

4.5.4.2.2 表2中所列产品焊缝。

表2 产品中清根后打磨并进行PT/MT探伤的焊缝

产品类别	部件名称	焊缝
水轮机	座环	过渡段与环板焊缝
		过渡段之间拼焊缝
	转轮	上冠与叶片之间焊缝
		下环与叶片之间焊缝
		叶片与叶片之间焊缝
	主轴	轴身拼焊缝
水轮发电机	转子支架	斜立筋结构中心体与斜筋之间焊缝
汽轮发电机	机座	端板拼焊缝
	风扇	风扇叶片与风扇环之间焊缝

4.5.4.2.3 其它特殊情况：

- 合同中、业主或监造代表有明确要求的产品或部件。
- 图纸上标注“清根焊透”但又没有“UT或RT”探伤要求的部件。
- 图纸上明确标注“UT或RT”，但由于空间或结构限制，装焊后无法完成“UT或RT”探伤的焊缝。
- 后续无法进行UT探伤的奥氏体不锈钢部件拼焊焊缝。
- 钢板材料抗拉强度高于570MPa或以上强度级别钢板（如HD610CF、HD780CF等）。
- 情况特殊，例如高压或气密，设计或工艺在图纸或工艺文件上明确要求清根后“PT/MT”的焊缝。

4.5.5 层间清理、根部清理

4.5.5.1 在施焊下一道焊缝之前，应清除焊道表面的所有熔渣或飞溅物。应对诸如裂纹、未熔合、焊瘤、焊道成型不良以及其它将对焊接质量产生不良影响的可见缺陷进行清除。缺陷的清除可通过刨、铲、磨的方法清除至完好金属。必要时，进行PT或MT探伤检查确认。

4.5.5.2 没有清根要求的焊缝，背面根部焊道焊接前必须进行充分清理，彻底去除焊瘤、焊渣、氧化皮或其他可能影响焊接质量的杂物，必要时采用打磨的方法进行清理。

4.5.5.3 采用窄间隙焊接方式完成的工件，背面根部垫条去除后必须进行充分清理，彻底去除焊缝两侧咬边、未熔合等缺陷，并进行必要的打磨或封焊。

4.5.6 锤击

不允许锤击打底焊道及盖面焊道。抗拉强度为80公斤级及以上强度级别钢板的焊缝在没有工艺要求下，不允许锤击。

不锈钢焊缝锤击需要采用不锈钢锤头，禁止采用碳钢工具直接接触不锈钢焊道表面。

4.5.7 后热处理

除另有说明，对于涉及锻钢ASTM A668E、锻钢ASTM A668H、钢板HD780CF及其他抗拉强度不低于760MPa级别钢板的焊缝，焊接完成后必须进行后热处理。其他具有一定淬硬倾向的材料或运行工况苛刻、结构拘束应力大的产品，由技术部门依据工艺技术成熟度、产品安全运行情况反馈、产品结构、质量稳定性等因素，综合判定是否进行单独后热处理。

抗拉强度不低于610MPa级别的CF钢后热温度150~200℃，保持时间1~2h；

锻钢ASTM A668E、锻钢ASTM A668H后热温度250~300℃，保持时间1~2h，焊缝厚度>200mm时，保持时间2~3h。

部件焊接完成且保持预热温度的情况下立即进行后热。

部件焊接过程需全程保持预热温度，如因工序中断不能保持预热温度，需要在工序中断后立即进行后热处理，每次后热处理都需要做好记录；如部件焊后保持预热温度立即进行退火消应，可以免除最后一次后热要求，但要求在后热记录中做好说明。

其他需要进行后热的部件或返修过程增加的后热要求由工艺文件或技术通知单进行指导。

4.5.8 电弧擦伤

除埋弧焊等加装引弧板的情况外，不允许在坡口以外的金属表面引弧。在抗拉强度为60kg级及以上强度级别钢板或冷裂倾向较大材料坡口以外的母材表面如有电弧划伤，应打磨清除并经PT或MT探伤确认，补焊返修后再次PT或MT探伤检查确认。

4.5.9 焊后清理

焊接完工后，焊缝周围须彻底清理干净，去除焊接飞溅、熔渣、金属氧化物等杂质。对于可见表面超标缺陷，如气孔、咬边、焊瘤、焊道成型不良等缺陷进行清除、补焊，并按相关焊缝外观标准要求重新进行检查确认，如图纸或项目执行无特殊要求，外观检查确认标准按照0EA.939.129《板材焊接结构件产品外观质量控制标准》执行。

4.5.10 补焊

焊接结构件的补焊按照0637-321《补焊工艺守则》执行，对于高强钢的补焊，焊接预热温度要比正式焊接预热温度提高20~30℃，工地坡口补焊时焊接方法优先选择手工电弧焊（SMAW）。

对于高强钢和工地坡口的补焊，要在0637-321《补焊工艺守则》和技术通知单的指导下完成，并按照0637-321《补焊工艺守则》要求填写补焊记录。

4.5.11 管路焊接

除非经过工艺部门批准，所有管路焊接均要求采用钨极氩弧焊打底，打底焊缝厚度不低于3mm。不锈钢管路焊接时，管路内部需通入氩气进行保护。

针对所有汽轮发电机管路、水轮发电机管路、水轮机油水管路和控制系统管路，如果装焊后存在飞溅物或焊瘤残留风险，需在装配和焊接时采用必要工艺措施进行控制或咨询焊接工程师。焊接后必须采用内窥镜等检查手段进行检查确认，不允许存在影响机组安全运行的焊接飞溅物或焊瘤等有害杂质。检查合格后采用木塞、胶塞、胶带等方式进行封堵防护，序间转运前也应进行必要的防护，避免异物的掉落。

管路焊接、清理其余要求按照0EA.939.0149《管路焊接清理通用规范》要求执行。

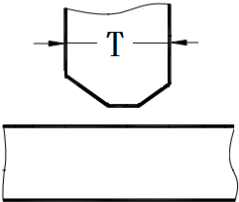
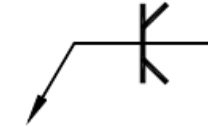
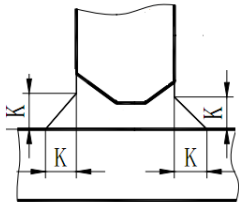
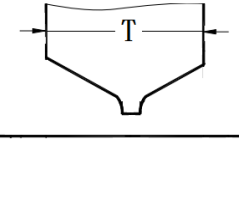
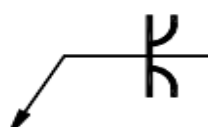
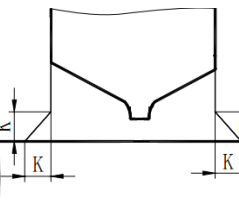
4.5.12 变形及加工余量

为了满足规定的公差要求，应在焊接过程中采取必要的工艺措施以控制或减少焊接变形，确保后序有加工要求的零件表面留有足够的加工余量。除非另有说明，原则上焊接件最终尺寸交检，图纸注明加工的部位，划检确认的加工余量不少于3mm，可视为后续有加工。

4.5.13 其他焊接要求

4.5.13.1 所有焊缝应在图纸上明确标注。

表 3 典型的 T 形坡口焊缝接头

坡口示意图	图纸标注	实际焊接形式
		
		

4.5.13.2 对于典型T形坡口焊缝接头,例如表3所示或相近结构的焊接接头,图纸标注中未标注角焊缝,在实际焊接中增加焊角。焊角尺寸为K,按如下要求控制: $K=10\%T$,且K的最小值为6mm,最大值为20mm。若该角焊缝对后序零部件装配产生干涉,则禁止添加角焊缝K。

4.5.13.3 针对刚性较差的焊接结构件、热压成型件,如果焊后或成型后不能满足加工要求,允许通过长焊的方式进行结构尺寸修正,但焊缝中不允许存在裂纹、未熔合等超标缺陷。如果后序加工表面存在任何影响外观质量的缺陷,应采用氩弧焊、熔化极气保焊、手工电弧焊等焊接方法进行必要的修复,直至满足相关标准要求。具体长焊要求参照0637-321《补焊工艺守则》。

4.6 不锈钢材料工件制造

4.6.1 环境

在制造过程和贮存期间,不锈钢零件禁止与非不锈钢特别是铁磁性材料接触,如打磨产生的灰尘、焊接飞溅、钻孔的孔屑、及化学制品等,必要时采用遮挡,覆盖等工艺措施进行有效防滑。另外,还要避免材料表面在制造过程中造成的机械损伤。

4.6.2 材料及零部件的临时标记

在开始制造以前,对不锈钢材料和零件进行合适的标识。标识过程应确保不锈钢材料完好不被污损。其它的标识,如图号、修补标记、焊缝编号等,要求使用防水油漆等材料。注意,临时性标识应在产品完工后彻底清除。

4.6.3 起吊工具

4.6.3.1 在用吊车或其他起重设备运输时,应采用不锈钢防护工具、铜皮或毛毡为钢板边缘进行保护,避免污损不锈钢材料。

4.6.3.2 起吊工件重量不允许超过起吊绳索的有效载荷。起吊绳索或吊具必须在检验有效期内使用。绳索如果接触工件棱角,必须采用铜皮或护角进行隔垫,避免损伤绳索和工件。

4.6.4 弯型和轧制

弯型模具表面、轧制设备滚筒必须光滑,无擦伤或压坏材料表面的毛刺和突起物。弯曲和轧制前及过程中使用的工具和被操作的零件材料应清理干净、无铁屑和异物。

4.6.5 焊接

常用的不锈钢材料具有较大的热膨胀系数,因此焊接会引起较大的变形,因此焊接时要采用中等规范操作。焊接结束后,表面的焊渣应彻底去除干净,还要避免使用一些会碰伤完工表面的工具。清除不锈钢材料表面杂质只能使用不锈钢钢丝刷子。如果要进行电弧/气刨,刨过的表面必须打磨至露出金属光泽。

4.6.6 打磨

用于打磨不锈钢材料的砂轮不应有附着的其它材料颗粒,要使用未经使用过的清洁的砂轮进行打磨不锈钢。如果要求打磨的金属量很大(如打磨焊缝余高),应首先使用颗粒粗大的砂轮进行粗磨,再使用粒度细小的砂轮进行精磨。

4.6.7 焊接完成后对焊缝的处理

为了保护材料的抗腐蚀性能,所有的飞溅、焊渣及氧化皮必须予以去除。去除这些杂质可以通过下列方法之一或几种方法相结合来达到:

1) 打磨抛光

2) 酸洗

3) 喷砂

4.6.7.1 打磨抛光

可采用与被打磨材料表面所要求的品质相适应的晶粒度的砂轮, 打磨时应沿着焊缝在一定宽度范围内以直顺的方向进行。

4.6.7.2 酸洗

焊缝接头的酸洗可以用酸性磨光抛光剂。酸洗前, 焊缝上的焊渣必须小心地用锤击或刷子彻底清除干净。酸洗工作应在露天或通风良好的场地进行, 气温应高于0℃, 抛光剂是种腐蚀剂, 工作中要用橡胶手套和眼睛保护装置进行防护。酸洗后需彻底清除酸洗液。

4.6.7.3 喷砂

焊缝和氧化区的喷砂处理可使用未经使用过的石英砂。

4.6.8 不锈钢-碳钢焊接

4.6.8.1 不锈钢和碳钢接头焊缝必须选用Cr、Ni含量较高的奥氏体焊接材料, 禁止使用任何碳钢焊材。

4.6.8.2 不锈钢和碳钢接头焊前预热温度按照两种材料中预热温度较高的一种选取, 层间温度按照两种材料中层间温度较低的一种选取, 参见表4。

4.6.8.3 焊接时应该在碳钢金属一侧铺焊一层不锈钢过渡层, 多道焊接时每一层焊道都从碳钢侧开始, 尽可能避免碳钢材料对不锈钢材料的稀释。

4.7 工件预热

4.7.1 预热范围:

当工件板厚 $\leq 50\text{mm}$ 时, 预热范围为焊缝两侧各 150mm;

当工件板厚 $> 50\text{mm}$ 且 $\leq 150\text{mm}$ 时, 预热范围为焊缝两侧各 3 倍焊缝厚度;

当工件板厚 $> 150\text{mm}$ 时, 预热范围不小于焊缝两侧各 450mm。

4.7.2 预热温度测量位置要求:

当工件板厚 $\leq 12\text{mm}$ 时, 测点位置为距坡口边缘 4 倍板厚处;

当 $50\text{mm} \geq$ 工件板厚 $> 12\text{mm}$ 时, 测点位置为距坡口边缘 50mm 处;

当板厚 $> 50\text{mm}$ 时, 测点位置为距坡口边缘 75mm 处。

4.7.3 预热温度测量时间要求:

条件允许时, 温度应在加热面的背面上测定。否则, 应在加热面上移开热源一段时间(2 分钟以上), 使母材厚度上的温度均匀后再测定温度。使用固定的永久性加热器或无法在背面测量温度时, 应从靠近焊缝坡口处暴露的母材表面上测取温度。

禁止热源离开后立即测量温度的情况。

4.7.4 除了材料化学成分、力学性能、工件厚度相关联以外, 预热温度控制通常还和环境温度、工件拘束程度、返修状态等因素有关。常规条件下, 预热温度和层间温度要求见表 4。当环境温度低于 5℃时, 工件预热温度可提升 10~20℃; 工件返修时, 预热温度需提升 20~30℃; 工件处于高约束状态时, 例如蜗壳补偿节焊接、塞焊、双侧焊接等情况, 预热温度可提升 20~50℃。

4.7.5 工件坡口堆焊和表层(修补厚度不大于 10mm)修复时, 预热温度参照表 4。

4.7.6 层间温度应在焊缝金属或相邻的母材金属处测得。

4.7.7 除非专用文件中特别说明，常用材料焊接预热温度和层间温度按照表 4 要求实施。

表 4 预热温度和层间温度

材料类别	材料牌号	材料厚度 T	最低预热温度	最高层间温度
低碳钢 低合金 结构钢	20g, Q235, SM400	T < 80mm	16℃	260℃
		T ≥ 80mm	50℃	
	Q345, Q355, SM490	T < 50mm	16℃	
		50mm ≤ T ≤ 100mm	50℃	
		T > 100mm	80℃	
低合金 高强钢	HD610CF, SM570, Q500, S500Q 等 600MPa 钢板	T < 80mm	80℃	220℃
		80mm ≤ T ≤ 120mm	100℃	
		T > 120mm	120℃	
	780MPa 级钢板 如 HD780CF 等	T ≤ 100mm	100℃	170℃
		T > 100mm	120℃	
马氏体不锈钢板	S135, 0Cr13Ni5Mo 等	所有	100℃	150℃
奥氏体 不锈钢	SUS304, 06Cr19Ni10, 0Cr18Ni12 等	所有	16℃	150℃
铸、锻钢	20SiMn, 20Mn	所有	80℃	260℃
	20MnMo, 25Mn, ASTM A668D, ASTM A148 Gr80-50, ASTM A148 Gr90-60	所有	100℃	260℃
	18MnCrNiMo	所有	120℃	170℃
	ASTM A668 Class E/H	所有	150℃	260℃
	ZG06Cr13Ni5Mo, ZG04Cr16Ni5Mo 等	所有	100℃	150℃

注：1) 20g、Q235、Q345、Q355材料，针对角焊缝、焊缝外观修补等少量焊接时，预热温度≥16℃；

2) 20g、Q235、Q345、Q355材料，不同厚度钢板组焊时，如果较薄一侧厚度不大于50mm且较厚一侧不大于100mm，转动部件预热温度≥50℃，其他部件预热温度≥16℃。

3) 不同材料或不同厚度组合接头预热温度按照预热温度较高一侧母材要求执行。

4.7.8 除非专用文件中特别说明，铝青铜堆焊预热温度和层间温度按照以下要求实施。

4.7.8.1 堆焊区域预热，预热温度≥100℃，层间温度控制在 150℃以下。

4.7.8.2 焊接电流 220~280A，电压 20~30V，氩气流量 20~30L/min。

4.7.8.3 要分层堆焊，第一层堆焊时焊接工艺参数采用中下限，焊接第二层及以后各层时堆焊焊接工艺参数采用中上限，并根据工件堆焊位置适当调整焊接规范。

4.7.8.4 引弧时或层间施焊时，如有氧化皮必须清净才能继续施焊，必要时可采用机械加工方法进行清理，再进行盖面焊道的焊接。

4.7.8.5 分层堆焊时，每层堆焊厚度在 2~3mm 左右。

4.7.8.6 收弧时，填满弧坑，适当延长气体保护时间。

4.7.8.7 焊后保温，缓慢冷却至室温。

4.8 常用焊接材料

表 5 不同焊接方法的焊材选择

材料类别	材料牌号	GMAW	GTAW	SMAW
PNo.1-GNo.1	Q235, Q245	AWS ER70S-6	AWS ER70S-6	AWS E7015
PNo.1-GNo.2	Q345, Q355, ZG20Mn			
PNo.1-GNo.1 + PNo.1-GNo.2	Q235, Q245 +Q345, Q355, ZG20Mn			
PNo.8-GNo.1	06Cr19Ni10 0Cr18Ni12	AWS ER316L	AWS ER316L	AWS E316-15
PNo.8-GNo.1 + PNo.1-GNo.1 或 GNo.2	06Cr19Ni10+ Q235, Q245, Q345, Q355	AWS ER309L	AWS ER309L	AWS E309-15

4.9 常用焊接工艺规范

表 6 常用焊接工艺规范选择

材料牌号 1	材料牌号 2	焊接方法	填充金属		工艺规范 (WPS)	推荐电流 (A)	推荐电压 (V)
			牌号	直径 (mm)			
Q235	Q235	GMAW	ER70S-6	Φ1.2	WPS8108 WPS8151	210~280	22~29
Q235	Q235	GTAW	ER70S-6	Φ2.0	WPS8213	80~180	
Q235	Q235	SMAW	E7015	Φ3.2	WPS8003 WPS8004	80~125	22~28
				Φ4.0	WPS8003 WPS8004	140~180	22~30
Q345, Q355	Q345, Q355	GMAW	ER70S-6	Φ1.2	WPS8132 WPS8152	210~280	22~29
Q345, Q355	Q345, Q355	GTAW	ER70S-6	Φ2.0	WPS8154	80~180	
Q345, Q355	Q345, Q355	SMAW	E7015	Φ3.2	WPS8007 WPS8008	80~125	22~28
				Φ4.0	WPS8007 WPS8008	140~180	22~30
06Cr19Ni10	06Cr19Ni10	GMAW	ER316	Φ1.2	WPS8021 WPS8022	210~260	22~28
06Cr19Ni10	06Cr19Ni10	GTAW	ER316	Φ2.0	WPS8214	90~160	
06Cr19Ni10	06Cr19Ni10	SMAW	E316-15	Φ3.2	WPS8019 WPS8020	80~110	20~26
				Φ4.0	WPS8019 WPS8020	110~160	21~27
Q235	06Cr19Ni10	GMAW	ER309L	Φ1.2	WPS8218	160~220	22~28

Q235	06Cr19Ni10	GTAW	ER309L	Φ2.0	WPS8210	90~160	
0Cr13Ni5Mo	0Cr13Ni5Mo	GMAW	ER410NiMo ⁽¹⁾	Φ1.2	WPS8135	210~280	22~30
0Cr13Ni5Mo	0Cr13Ni5Mo	GMAW	HS367M	Φ1.2	WPS8018	210~260	22~30
0Cr13Ni5Mo	0Cr13Ni5Mo	GMAW	ER316L	Φ1.2	WPS8143	180~250	20~30
06Cr19Ni10	0Cr13Ni5Mo	GMAW	ER316L	Φ1.2	WPS8165	160~200	18~22

注⁽¹⁾：选用ER410NiMo焊接材料，焊接后工件必须进行退火处理。

5 注意事项

5.1 安全生产

5.1.1 操作者工作前确认穿戴合适的劳动保护用品，避免受到伤害！

5.1.2 重量超过30kg零部件禁止直接使用人力搬运，必须使用吊车等辅助工具吊运。

5.1.3 吊运工件前确认吊索具合格有效，吊索具承载能力大于工件重量，正确使用护角避免损伤绳索；检查吊耳是否可靠；确认被吊运工件可平稳吊运，不会滑脱、跌落。起吊前确认吊运线路无人员和可能会引起碰撞的障碍物。

5.1.4 在平台、台车或其他任何位置摆放工件时，应确认其平稳可靠，不会因振动或碰撞而倾倒、滑落。在有滑落或倾倒风险时，需布置可靠支撑！

5.1.5 工件起吊前确认各零部件焊缝能够承担起吊重量，且装配件上无散落的临时物品，工件内或其附近没有可能受到伤害的人员或设备。

5.1.6 配割搭板及临时辅助支撑等工件时，确认被割除的部分落点适当，必要时用吊车、升降机辅助配合，确保割下的部件不会滑脱、翻滚、意外坠落，不会伤及人员或设备，不会使工件失稳。若存在任何隐患，都必须采取合理、可行的安全防范措施，确保操作安全，方可施工操作。

5.1.7 工件装配时确认定位焊缝连接牢固，对于重量较大的悬空部件，必须增加筋板、角钢、槽钢等临时支撑，且确认工件与工件间、工件和支撑件之间、支撑件与平台或其他工件间焊缝连接牢固，无虚焊、开裂等情况存在！

5.1.8 高空作业时必须使用安全带，上下工件时利用扶梯或安全绳索，并确认这些设施安全可靠！吊车靠近时人员需要躲避到安全的位置，避免跌落！工具或其他物品传递必须使用工具袋等，不可上下抛掷。

5.1.9 焊机摆放符合相关标准要求，一次线无裸露。采用电热板加热工件时，应确认电源连接可靠，保护装置工作正常，无漏电。施工前和施工期间需要安排专业人员进行巡检，定期检查线路，确保施工安全；

5.1.10 焊接场地10 米以内不准存放油漆、机油、乙炔罐等易燃易爆物品。在焊接工作场地必须有充足的消防设施和消防用品。

5.1.11 焊接场地有足够的照明和适当的通风设施。临时照明必须取得许可，且使用安全电压，同时在狭小空间操作时，采用通风措施保证空气流通。避免触电、窒息等伤害事故发生,现场需设防护人员，予以全程监护。

5.1.12 进行PT探伤作业或使用其他易燃易爆材料进行清理作业时，应开放通风，且确保15米范围内无电焊、气刨、打磨等产生明火或火花飞溅等作业，杜绝火灾隐患；在密闭空间作

业要通风良好，并在设备处设专人监护，以防中毒、火灾或其他伤害产生；PT探伤剂、油漆等盛装瓶、罐要集中存放，统一保管，使用后需要按照相关要求存放和处理。

5.1.13 焊接、探伤等工序需要由具备相关资质的人员进行

5.2 环保要求

5.2.1 油漆喷刷前应确认其种类和性质，并采取相应的防护措施。喷刷油漆应在指定场地进行，并与其他焊接中的工件保持安全距离。油漆及其盛装物应统一回收，不可随意排放。

5.2.2 防飞溅液、探伤液使用后空瓶不可随意抛弃，宜统一回收处理。

5.2.3 沾有油污、清洗剂或探伤液的棉纱使用后不可随意抛弃，宜统一回收处理。

5.3 节能要求

5.3.1 定期检查维护气体管路，避免气体跑冒和渗漏！使用后，检查阀门关闭情状况！

5.3.2 按照工艺文件或WPS要求对工件进行必要的焊前预热，预热温度不可超过最高层间温度要求。避免长时间等待而造成能源的浪费。

5.3.3 焊接电流应在WPS规定的范围内，超出这一规范的焊接电流不仅仅会引起焊接质量的问题，也是一种能源浪费的表现！

5.3.4 焊接工作完成以后，及时关闭焊机电源，避免空耗。

5.4 计量要求

5.4.1 焊接用温度测量仪、水准仪必须经过校验合格且在检验有效期内使用。

5.4.2 使用的检查样板、样板支架必须有合格证。

5.5 其他要求

其他安全、环保、节能降耗和计量要求按照公司相关规定或国家相关标准要求执行。