



中华人民共和国船舶行业标准

FL 0180

CB/Z 270—2004

945 钢焊接和焊缝修补技术要求

Technical requirements of welding and weld repair for 945 steel

2004—09—01 发布

2004—12—01 实施

国防科学技术工业委员会 发布

前 言

本指导性技术文件由中国船舶工业集团公司提出。

本指导性技术文件由中国船舶工业综合技术经济研究院归口。

本指导性技术文件起草单位：江南集团股份有限公司、中国船舶重工集团公司第725研究所、驻436厂军代表室。

本指导性技术文件主要起草人：王亚平、姚润钢、查友其、刘强、罗梅珍、刘刚。

945 钢焊接和焊缝修补技术要求

1 范围

本指导性技术文件规定了945钢焊接的材料、焊工资格、焊接方法及设备、焊接操作、焊缝缺陷修补、焊后工作和焊工安全防护等要求。

本指导性技术文件适用于舰船船体用945钢的焊接和焊缝修补。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本指导性技术文件的引用而成为本指导性技术文件的条款。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指导性技术文件，然而，鼓励根据本指导性技术文件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，其最新版本适用于本指导性技术文件。

- GJB 4000-2000 舰船通用规范
- CB 3910 船舶焊接与切割安全
- CB/Z 67 碳弧气刨使用技术条件

3 材料

3.1 用于船体结构的945钢板、945球扁钢、TH945手工电焊条、TM945埋弧焊丝和350ch焊剂、GY945气体保护焊丝、CO₂气体和80%Ar+20%CO₂混合气体均应具有质量保证书并按有关技术条件检验合格后，方可使用。

3.2 焊条、焊丝和焊剂应存放于干燥的、通风良好的库房内（室温10℃~25℃，相对湿度小于50%）。凡锈蚀或药皮开裂的焊条不允许使用。

4 焊工资格

焊工需经专门培训和考试合格后，才能进行产品相应位置的焊接。

5 焊接方法及设备

5.1 焊接方法

5.1.1 舰船船体用945钢的焊接方法可采用手工电弧焊、CO₂气体保护焊和80%Ar+20%CO₂气体保护焊、埋弧自动焊。

5.1.2 手工电弧焊、CO₂气体保护焊和80%Ar+20%CO₂气体保护焊采用直流电源反接极性施焊；埋弧自动焊采用交流或直流电源施焊，采用直流电源时应采用反极性施焊。

5.1.3 945钢的焊接工艺应按照GJB 4000-2000中913.4.1.5的规定进行认可试验，并经使用方认可。

5.2 焊接设备

焊接设备应能满足焊接工艺要求，保持焊接参数稳定、调节灵活、安全可靠。

6 焊接

6.1 准备

6.1.1 焊接材料

6.1.1.1 焊条使用前应经380℃~400℃焙烘1h，随炉冷至100℃~150℃，装入100℃恒温干燥箱中保存。保存期不应超过7d，超过7d需按上述要求重新焙烘。焊工每次领用焊条不应超过4h用量，并存放在保温筒内，随用随取，用剩的焊条需重新焙烘，焊条重烘不应超过两次。

6.1.1.2 焊剂使用前应经300℃~350℃焙烘1h~2h，冷至100℃保温，随用随取。埋弧焊焊丝表面应清除油污、铁锈和水分，擦拭干净后方可使用；气体保护焊丝表面有油污、铁锈和水分时不允许使用。

6.1.1.3 定位焊应采用与产品相同的焊接材料。

6.1.2 焊接坡口

6.1.2.1 焊接坡口应使用机械方法或气割方法加工，也允许按照 CB/Z 67 规定用碳弧气刨开坡口，但应清理、打磨干净，防止渗碳。

6.1.2.2 焊接前应清除焊接坡口及其两侧 30 mm 范围内的油污、泥灰、熔渣和影响焊接质量的涂料；清除手工焊坡口及其两侧 20 mm 范围内、埋弧焊坡口及其两侧 30 mm 范围内的氧化皮和铁锈；清除焊接坡口及其两侧 100 mm~200 mm 范围内的霜、冰、雪、水分等，并用中性火焰或其他预热装置烘干。

6.1.3 焊接装配与检查

6.1.3.1 焊件应正确装配，一般不允许强力装配。

6.1.3.2 焊接正式焊缝前应检查定位焊缝，若发现裂纹，应铲除干净，重新补焊。定位焊的长度见表 1。

表1 定位焊长度

钢板厚度 mm	环境温度 ℃	定位焊长度 mm
<6	≥0	30~100
	-10~<0	60~100
≥6	≥-5	60~80
	-10~<-5	>80

6.1.3.3 装配马焊接与定位焊相同，起重吊马焊接与钢板的焊接相同。焊接吊马时应注意焊接包角。

6.1.3.4 焊接前应检查装配间隙、坡口尺寸、定位焊的质量、清洁程度等。若不符合要求，不允许进行焊接。

6.2 焊接操作

6.2.1 引弧和熄弧

6.2.1.1 不允许在焊接区外的任何部位引弧。

6.2.1.2 手工焊应尽量采用短弧小摆动焊接法，摆动宽度不应超过焊条直径的 3.5 倍。对较长的焊缝应采用分段退焊法，每一焊工施焊的焊缝分段长度一般不超过 2 m，焊缝填满坡口之前，不允许停止焊接。采用多层多道焊时，道间温度不应高于 150℃，对于需要预热的焊缝，道间温度不应低于预热温度。盖面层的多道焊宜采用退火焊道。

6.2.1.3 采用埋弧自动焊时，在焊缝两端应设置引弧板和熄弧板，引出焊缝长度应不小于 80 mm。引弧板和熄弧板材质应与母材相同。

6.2.2 预热

6.2.2.1 应根据不同的结构部位、拘束大小和环境温度等因素确定预热温度。

6.2.2.2 预热时需 在坡口两侧 50 mm 范围内保持一个基本均热带。采用专用测温仪器进行预热温度的测量，预热温度测量点应在预热面均热带中心或预热面的反面。需保留的定位焊缝焊接前应根据环境条件及所在结构部位的预热要求进行预热。

6.2.2.3 一般的对接接头和角接接头，当环境温度不低于 0℃ 时，可以不预热，但焊前应烘烤除去坡口及其两侧的吸附水分；当环境温度低于 0℃ 且不低于 -5℃ 时，焊前预热到 70℃~90℃；当环境温度低于 -5℃ 且不低于 -10℃ 时，焊前预热到 100℃~120℃。

6.2.2.4 重要的对接接头和角接接头，当环境温度高于 5℃ 时，可以不预热，但焊前应烘烤除去坡口及其两侧的吸附水分；当环境温度不高于 5℃ 且不低于 0℃ 时，焊前预热到 50℃~70℃；当环境温度低于 0℃ 且不低于 -5℃ 时，焊前预热到 100℃~120℃；当环境温度低于 -5℃ 且不低于 -10℃ 时，焊前预热不低于 120℃。

6.2.2.5 拘束大、重要结构部位，如大接头、可拆板、主机座、炮座等部位，当环境温度不低于 0℃ 时，焊前预热到 50℃~70℃；当环境温度低于 0℃ 且不低于 -5℃ 时，焊前预热到 100℃~120℃；当环境温度低于 -5℃ 且不低于 -10℃ 时，焊前预热不低于 120℃。

6.2.2.6 前、后艉轴架等与船体结构的对接焊缝和角接焊缝，焊前预热温度应不低于 150℃，焊后应采取缓冷措施。

6.2.3 施焊

6.2.3.1 多层焊的焊接接头应相互错开，手工电弧焊错开距离应不小于 25 mm。不允许多层焊的焊接接头布置在交叉焊缝的位置上。

6.2.3.2 采用埋弧自动焊时，其焊接线能量不应超过 40 kJ/cm。

6.2.3.3 若无有效的防护措施，当出现下列情形之一时应停止施焊：

- 环境温度低于-10℃；
- 当环境温度不低于-5℃时，相对湿度大于 90%；或当环境温度低于-5℃且不低于-10℃时，相对湿度大于 70%；
- 有雨或雪；
- 对于手工焊，风速不小于 5 m/s；对于 CO₂ 气体保护焊和 80%Ar+20%CO₂ 气体保护焊，风速不小于 2 m/s。

6.2.3.4 纵横构架（龙骨板、肋板、防挠材等）密集、刚性大的底部分段十字接头应采用对角焊或连续焊，见图 1。在焊完第 3 条焊缝后应立即进行第 4 条焊缝的焊接，先焊底部中央刚性最大的十字接头，然后由中央向边缘逐步焊接每一个十字接头。

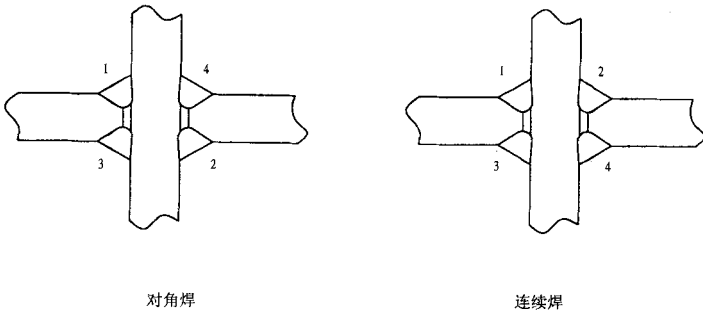


图1 十字接头焊接顺序

7 焊缝修补

7.1 焊缝缺陷修补要求

7.1.1 清除或修补焊缝缺陷时，均不允许在带压或背水的情况下进行。

7.1.2 焊缝超差缺陷的补焊可采用 5.1 规定的焊接方法。用手工电弧焊补焊时，应采用直径不大于 4 mm 的焊条和较小的焊接电流进行连续焊接。较长缺陷的修补还应采用分段退焊法。焊接坡口较深时应采用多层多道焊的方法进行补焊，盖面层采用退火焊方法。

7.1.3 焊缝超差缺陷修补前应标明修补的范围。焊缝缺陷长度超过 1 m 的焊缝修补和重要结构的焊缝修补，应制定专用的缺陷修补工艺。

7.1.4 焊缝超差缺陷段可用批凿或按照 CB/Z 67 中的规定用碳弧气刨等方法将缺陷清除，清除长度不小于 60 mm，并用砂轮打磨光滑，不允许用电弧或火焰进行割除。补焊槽底部应呈圆弧形，其半径应大于 3 mm，补焊区的过渡区应有 45° 的倒角过渡，剔除深度不大于板厚的 2/3（穿透性的缺陷除外），若发现缺陷仍未清除干净，则将这一面刨槽填满，然后再从另一面清除缺陷并补焊。焊缝过窄或过低时，应进行补焊。

7.1.5 补焊前，焊接坡口应清理，清理方法按 6.1.2 规定进行。

7.1.6 补焊前应按 6.2.2 规定进行焊前预热。预热温度为规定预热温度的上限值。补焊区的预热区域宽度应比缺陷区域宽度大 150 mm 以上，且预热应均匀。拘束较大部位的焊缝缺陷，其修补应根据专用的焊补工艺确定预热温度。

7.1.7 同一部位的修补次数应不超过两次，若需第三次修补应报请单位技术负责人批准。

7.1.8 焊缝的检验结果及缺陷的修补工艺应报使用方认可，并将修补后的检验结果报使用方。

7.2 焊缝缺陷修补工艺

7.2.1 咬边和焊道间凹槽

咬边和焊道间的凹槽经清理后应进行补焊，补焊长度一般不小于 60 mm。超标的咬边缺陷不允许以磨光基体金属作为修整。在缺陷修补后，焊道、焊缝与基体金属间应平滑过渡。

7.2.2 焊瘤和焊溢

焊瘤和焊溢可用批凿或碳弧气刨铲除，并用砂轮清理，应使焊缝边缘平滑无槽痕。

7.2.3 未填满弧坑

未填满的弧坑经清理后以手工电弧焊修补。若发现弧坑内有裂纹、气孔或夹渣时，应先清除再进行修补。

7.2.4 焊穿

焊穿的焊缝可从两面或先从一面清除焊穿段，使之形成相应的坡口，然后进行补焊修整。

7.2.5 夹渣、气孔和未焊透焊缝

应先清除焊缝夹渣、气孔或未焊透的焊缝，使之形成相应的坡口，然后进行补焊修整。

7.2.6 裂纹

7.2.6.1 非穿透性裂纹，从一面清除裂纹缺陷；穿透性裂纹，应从一面或两面清除全部裂纹的延伸剖面。在清除裂纹缺陷的同时形成相应的坡口，然后进行补焊修整。

7.2.6.2 用批凿清除裂纹时，应先在裂纹的两端钻孔，防止裂纹扩展。钻孔时采用 $\phi 8\text{ mm} \sim \phi 12\text{ mm}$ 的钻头，其钻头尖角为 $116^\circ \sim 118^\circ$ ，钻孔深度应大于裂纹深度 2 mm~3 mm，穿透裂纹应钻穿整个焊缝剖面，然后进行补焊修整。

7.2.6.3 用碳弧气刨清除裂纹时，应从裂纹两端对裂纹进行削削，以防止裂纹扩展，然后进行补焊修整。

8 焊后工作

8.1 焊缝检验

焊接完工后应对焊缝进行外观检查，焊缝表面不允许有气孔、夹渣、未熔合、裂纹等缺陷，外观检查合格后，再按有关规定进行焊缝内部质量检验。焊缝内部质量检验，一般结构部位需在焊接完成 24 h 后进行，重要结构、结构刚度大的部位需在焊接完成 48 h 后进行检验。焊缝经表面检查 and 无损检验等发现超差的缺陷，均应返修。

8.2 补焊检验

返修的焊缝应在修补完工 48 h 后重新检查。检查范围从修补处向两端各延伸 150 mm。若延伸端出现超标缺陷，且焊缝处于船中部 0.4 倍船长区域内，则需对被检焊缝全长进行检查。调质钢的焊缝，若采用磁粉检验，应在 7 d 后进行。

8.3 装配马拆除

拆马时不允许强力敲打，应采用气割或碳弧气刨等方法将焊缝拆除，再拆马，然后用砂轮磨平，以保证钢板表面光洁平顺。若割、刨不当而使钢板损伤，则应焊补、磨光，并检查合格。

9 焊接安全防护

焊接安全防护应按 CB 3910 的规定。