

ICS 47.020.01  
CCS U 06

**T/CANSI**

**中国船舶工业行业协会团体标准**

T/CANSI 84—2022

---

**船用铜镍合金管焊接工艺**

**Welding process for marine copper nickel alloy pipe**

2022-10-01 发布

2022-10-01 实施

---

**中国船舶工业行业协会 发布**



## 前 言

本文件按照GB/T 1.1-2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

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专利的责任。

本文件由中国船舶工业行业协会标准化分会归口。

本文件起草单位：中船澄西船舶修造有限公司。

本文件起草人：黄震、李建新、许文进、唐锋、徐野、叶晓阳。



# 船用铜镍合金管焊接工艺

## 1 范围

本文件规定了船用铜镍合金管焊接的一般要求、焊前准备及焊接、焊接检验、焊缝修整、密性强度试验等。

本文件适用于船舶与海洋工程用铜镍合金管的手工直流脉冲钨极氩弧焊（TIG焊）焊接和检验。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 4842 氩

GB/T 5231 加工铜及铜合金牌号和化学成分

GB/T 26291 舰船用铜镍合金无缝管

GB/T 9460—2008 铜及铜合金焊丝

GB/T 10249 电焊机型号编制方法

GB/T 32532 焊接与切割用钨极

CB 3910 船舶焊接与切割安全

NB/T 47013.2—2015 承压设备无损检测 第2部分：射线检测

NB/T 47013.5—2015 承压设备无损检测 第5部分：渗透检测

## 3 术语和定义

本文件没有需要界定的术语和定义。

## 4 一般要求

### 4.1 人员

焊工应经培训后并取得相关船舶检验机构下发的焊工证书，持证上岗，且所从事的焊接位置应符合船舶检验机构下发的焊工证书科目等级。

### 4.2 环境

4.2.1 车间制作场地应保持照明、通风良好，焊接区域风速应小于 0.5 m/s。

4.2.2 室外作业时，如遇刮风下雨，应采取遮风、防雨水措施，不应带水焊接。

4.2.3 当环境温度低于 $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时,应将坡口两侧不小于 $100\text{ mm}$ 范围内的母材进行预热,预热温度 $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,且焊接过程中应不低于预热温度。

4.2.4 焊接作业区的相对空气湿度不应大于 $90\%$ 。

### 4.3 材料

4.3.1 管子牌号为 BFe10-1-1、BFe30-1-1 应符合 GB/T 5231 要求,牌号为 BFe10-1.6-1 应符合 GB/T 26291 要求,以及取得相应船级社的认可,具有完整的质量合格证书,其化学成分见表 1。

表1 铜镍合金管的化学成分

牌号	化学成分 (质量分数)											其它杂质 总合
	Ni	Fe	Mn	Cu	Pb	S	C	Zn	P	Si	Sn	
BFe10-1-1	9.0~ 11.0	1.0~ 1.5	0.5~ 1.0	余量	0.02	0.01	0.05	0.3	0.006	0.1 5	0.0 3	0.7
BFe10-1.6-1	9.0~ 11.0	1.5~ 1.8	0.5~ 1.0	余量	0.02	0.01	0.05	0.2	0.01	-	-	0.10
BFe30-1-1	29.0~ 32.0	0.5~ 1.0	0.5~ 1.2	余量	0.02	0.01	0.05	0.3	0.006	0.1 5	0.0 3	0.7

4.3.2 氩气质量应符合 GB/T 4842 要求,纯度 $\geq 99.99\%$ 。在焊接对接焊缝时必须进行管内部充氩气保护,并保持焊接全过程,充氩气保护方式可参考附录 A。

4.3.3 氩弧焊丝应取得相应船级社认可,型号为 GB/T 9460—2008 中的 SCu7158,焊丝直径为 $1.6\text{ mm}\sim 2.4\text{ mm}$ ,焊丝表面应保持清洁干燥。

4.3.4 钨极一般选用铈钨极,钨极直径为 $2.4\text{ mm}\sim 3.2\text{ mm}$ ,符合 GB/T 32532 要求。打磨钨极时应戴好口罩,打磨后应洗手。

### 4.4 焊接设备

焊接设备可根据相应规范参数进行参数调节,其型号应符合 GB/T 10249 的相关要求,相关仪表应计量合格,并处于有效期内。

### 4.5 安全防护

4.5.1 焊接作业的安全防护应符合 CB 3910 的相关规定。

4.5.2 焊接作业过程中操作人员应避免吸入氩气。

## 5 焊前准备及焊接

### 5.1 管子下料

下料一般采用机械方式切割，根据技术图纸、图样尺寸进行数据核对划线，管子切割作业时应使用相应的工装夹具以防管端变形，下料完成的管子应对其端面进行垂直度测量，见图 1；垂直度公差见表 2，若超差应进行打磨修整端口。

单位为毫米

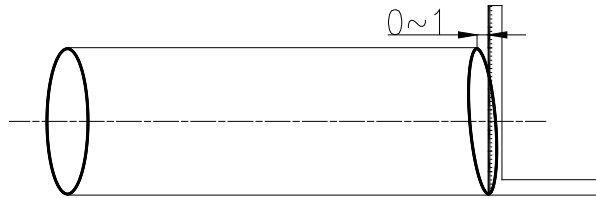


图1 管端垂直度测量

表2 管子垂直度公差

公称尺寸 DN	垂直度公差值 mm
DN≤100	≤0.5
DN>100	≤1

## 5.2 端口坡口准备

下料完成的管子应根据管壁厚度进行坡口加工，加工方式可采用机械或手工打磨，管壁厚度不大于 2 mm，为 I 形坡口；管壁厚度大于 2 mm 时，管子端头坡口角度为  $30^{\circ} \sim 50^{\circ}$ 。

## 5.3 管子装配与定位

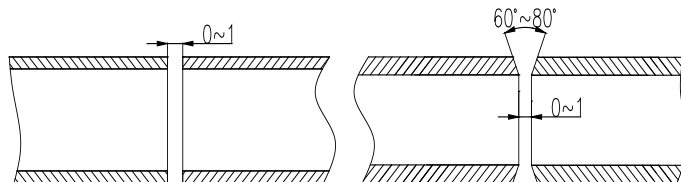
5.3.1 装配前，应使用不锈钢钢丝刷或砂纸把管端及管口内外两侧约 20 mm 范围清理干净，露出金属光泽，不应有毛刺、油脂油污、铜屑、灰尘等对焊接有害的污染物。

5.3.2 在装配作业过程中，管件应轻拿轻放，严禁在平台上硬拉拖拽管子，以免管子表面被擦伤。

5.3.3 在装配作业过程中，应使用木质榔头，严禁使用铁质榔头敲击管子表面。

5.3.4 对接焊缝的拼装间隙应根据管壁控制在 0~1 mm，组对形式见图 2。

单位为毫米



a) 管壁厚度不大于 2

b) 管壁厚度大于 2

图2 坡口组对形式

5.3.5 进行定位焊时，使用直流 TIG 焊，定位所用焊丝应与正式焊接所用焊丝一致，定位焊应在坡口内进行，如管壁 $\leq 2$  mm，可不添加焊丝或加少量焊丝，并且需对背部进行充气保护，以免定位焊背部氧化，充气保护方式可参考附录 A。

5.3.6 定位焊缝长度为 5 mm~10 mm、高度不应超过 2 mm、宽度不应超过正式焊缝宽度并且不应有任何焊接缺陷存在，定位焊点数量应根据管径大小均匀布置，见表 3。

表3 定位焊点布置表

公称尺寸 DN	拼装间隙 mm	定位焊点
DN $\leq 50$	0~0.5	2~4
50<DN $\leq 100$	0~1	4~6
100<DN $\leq 200$		6~8
DN>200		8~12

5.3.7 管子与管子或管子与管附件对接时，如存在壁厚差，当壁厚差 $\leq 2$  mm 时，应保证内壁相对齐；当壁厚差 $> 2$  mm 时，则应对较厚侧进行削斜等厚处理，削斜长度不小于壁厚差的 4 倍。

#### 5.4 焊接过程

5.4.1 根据管壁厚度布置焊层焊道：管壁不大于 2 mm 的，可采用单层单道焊、双面成形，焊接方式为直流脉冲；管壁大于 2 mm 的，采用打底与填充或盖面的多层多道焊，打底层采用直流脉冲 TIG 焊，填充或盖面层为直流 TIG 焊接；焊丝与钨极直径、焊接电流大小等焊接参数选择可参考附录 B。

5.4.2 焊接前，需设置预气时间 3 s~5 s，有利于起弧前排除焊枪内部和焊接区周围空气。

5.4.3 引、熄弧时必须在坡口内进行。

5.4.4 采用高频引弧，不应使用钨针在管子上划擦引弧，以免产生夹钨缺陷。

5.4.5 起弧后用脉冲电流对管子进行预热，注意观察熔池大小与温度变化，对于管壁厚度不大于 2 mm 的管子，约 3~5 个脉冲后，观察熔池金属稍有下沉时，表明已焊透；在峰值电流时应立即填丝，当转换到基值电流时焊枪向上（前）移动；对于管壁厚度大于 2 mm 的管子，应待 8~12 个脉冲预热后，方可同上操作。

5.4.6 焊接过程中，焊丝端部不应脱离氩气保护范围，防止焊丝端头被氧化后继续焊接而使焊缝出现气孔、夹渣缺陷；如焊丝端头已被氧化，则应去掉氧化的焊丝端头后方可进行焊接。

5.4.7 当熄弧时，应采用衰减熄弧法并把焊枪转至坡口侧熄弧，或者后退 5 mm~10 mm 处熄弧，防止产生缩孔现象，不应在熄弧后立即抬起焊枪，应让熔池在延迟气体释放中缓慢凝固，等气体释放完毕后方可移除焊枪，一般延迟气体时间可设置为 5 s~8 s。

5.4.8 焊缝接头的连接处理：在焊缝中间接头连接时，后焊焊缝应从先焊焊缝收尾处往后 5 mm~10 mm 处开始起弧，见图 3a；焊缝向背接头连接时，后焊焊缝应压过先焊焊缝起弧处 5 mm~10 mm 开始起弧，见图 3b；焊缝相向接头连接时，后焊焊缝应压过先焊焊缝收尾处 5 mm~10 mm，最后填满弧坑，见图 3c；分段退焊接头连接时，后焊焊缝收尾时应压过先焊焊缝起弧处 5 mm~10 mm，见图 3d，由于接头处焊缝厚，需多等待几个脉冲，待焊缝开始熔化后加少量焊丝，缓慢往前移动，最后填满弧坑。



5.4.9 多层多道焊时，应注意每层焊道的起始端应错开 20 mm~30 mm，控制层间温度应小于 150 ℃。

5.4.10 当拼装的管子有两个接头以上时，在焊接最后一条焊缝收尾前应适当减小管内充氩流量，避免管内充氩压力过大造成焊缝内凹或熔池被管内保护气冲塌等缺陷。

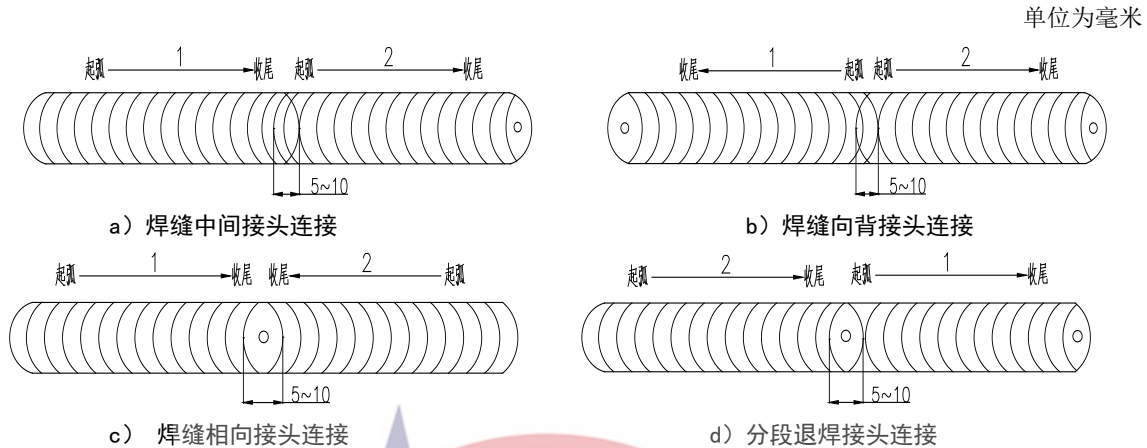


图3 焊缝接头的连接示意图

## 5.5 焊后处理

管子焊接完成后应使用不锈钢钢丝刷清除焊缝表面的氧化物。对于多层焊道的焊缝应在每道焊缝结束后，清除焊缝表面黑色氧化物后，方可继续下一道焊缝的焊接。这有利于在下一道焊缝焊接时，坡口两侧的熔合，防止出现咬边、夹渣缺陷。

## 6 焊接检验

6.1 焊缝外观检验可采取目视检查，焊缝尺寸要均匀，内外余高不应超过 2 mm，高度差不大于 1 mm，焊缝表面不应有裂纹、焊瘤、气孔、咬边、穿丝及未填满的弧坑或凹陷存在，焊缝成形良好。

6.2 焊缝无损检测按设计要求进行，射线无损检测按 NB/T 47013.2—2015 焊缝质量等级划分 II 级合格；渗透检测按 NB/T 47013.5—2015 焊缝质量等级 I 级合格。

## 7 焊缝修整或返修

对外观成形不符合要求以及无损检测有缺陷的焊缝，应对焊接缺陷位置、性质进行确认，分析原因后按相应焊接工艺规程进行修整或返修。

## 8 密性强度试验

根据图样或技术文件规定的试验压力或以工作压力的 1.5 倍进行水密强度试验。水密试验时，向管子内灌水过程中应将管内空气放空，试验压力应缓慢上升，到达试验压力后保压 30 min，并检查所有焊缝，不应出现润湿、渗水、滴水等泄漏现象。

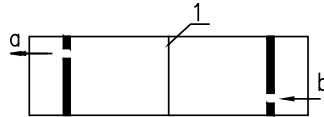


中国船舶工业行业协会  
China Association of the National Shipbuilding Industry

附录 A  
(资料性)  
充氩气保护

### A.1 充氩保护原理

在焊接铜镍合金管对接接头时，为防止背面焊缝被氧化，必须对其背面充氩气保护，充氩保护原理如图A.1所示。



标引序号说明：

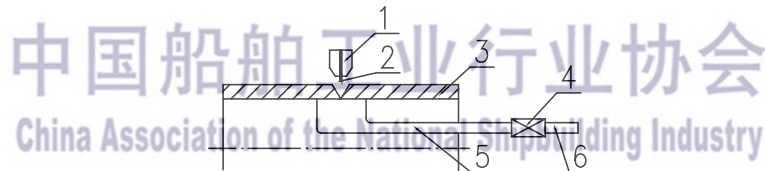
- 1——接头；
- a——氩气排气；
- b——氩气进气。

图A.1 管内充氩保护示意图

### A.2 管内充氩保护

#### A.2.1 定位焊充氩保护

定位焊时，一般可采取背面局部充氩保护，如图A.2所示，如管径过小不能局部充氩保护则需整管充氩保护。



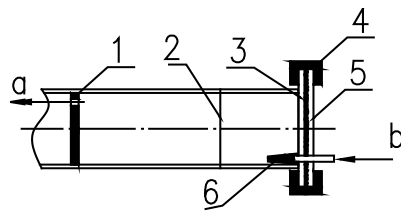
标引序号说明：

- 1——焊枪；
- 2——焊丝；
- 3——管子；
- 4——开关阀；
- 5——充气工装；
- 6——接入气管。

图A.2 定位焊背部充氩保护示意图

#### A.2.2 管子端口充氩保护

管端对接一般指管子与管子、管子与对焊环、管子与管附件或者对焊环与管附件的焊接。在焊接此类接头时，可根据管径大小采取短距离封堵充氩保护，如图A.3所示。一般情况下，管径<89 mm时应采取整管充氩保护。



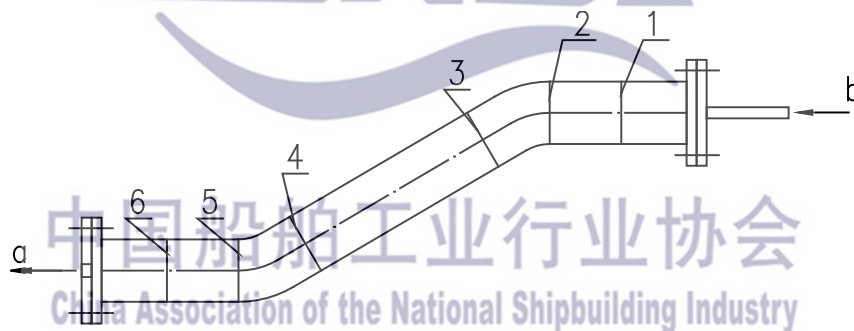
标引序号说明:

- 1——堵塞;
- 2——焊缝;
- 3——对焊环;
- 4——紧固夹具;
- 5——不锈钢板;
- 6——分散器;
- a——排气孔;
- b——氩气进气。

图A.3 管子端口充氩保护示意图

### A.2.3 典型接头整管充氩保护焊接顺序

对有较多接头的管子进行整管充氩保护时,一般先焊接离充气侧最近的接头,可有效保证管内的氩气纯度,保护管内焊缝不被氧化,焊接顺序为1、2、3、4、5、6,如图A.4所示。



标引序号说明:

- 1——焊缝1;
- 2——焊缝2;
- 3——焊缝3;
- 4——焊缝4;
- 5——焊缝5;
- 6——焊缝6;
- a——排气孔;
- b——氩气进气。

图A.4 典型接头焊接顺序图

### A.3 充氩保护时间

管内充氩保护时间根据公式(1)计算。

$$T = \frac{L \times \pi \times R^2 \times K}{F} \times 10^{-6} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

$T$ ——充氩保护所需时间，单位为分钟（min）；

$L$ ——充氩保护间距长度，单位为毫米（mm）；

$R$ ——管内半径，单位为毫米（mm）；

$K$ ——系数，一般取10；

$F$ ——充氩保护气体流量，单位为升每分钟（L/min）。

#### A.4 角焊缝焊接充氩保护

角焊缝焊接时，应根据管壁厚度采取充氩保护，当管壁厚度小于4 mm，应对其背部进行充氩保护。充氩保护方式可参考对接接头背部充氩保护方式。



中国船舶工业行业协会  
China Association of the National Shipbuilding Industry

附 录 B  
(资料性)  
焊接参数

直流脉冲钨极氩弧焊焊接工艺参数可参考表B. 1、表B. 2。

表B. 1 管壁厚度 $\leq 2$  mm 脉冲焊接工艺参数

焊道	焊材规格 mm	钨极规格 mm	电源极性	脉冲电流种类	电流 A	脉冲频率 Hz	占空比 %	保护气体	气体流量 L/min
1	1.6	2.4	直流正接	基值电流	10~20	1.0~1.5	40~60	Ar $\geq$ 99.99%	10~15 (焊枪)
				峰值电流	80~120				15~20 (背面保护)
2				直流电流	70~80	无	无		

表B. 2 管壁厚度 $> 2$  mm 脉冲焊接工艺参数

焊道	焊材规格 mm	钨极规格 mm	电源极性	脉冲电流种类	电流 A	脉冲频率 Hz	占空比 %	保护气体	气体流量 L/min
1	2.4	3.2	直流正接	基值电流	10~50	0.5~1.0	40~60	Ar $\geq$ 99.99%	10~15 (焊枪)
				峰值电流	170~350				15~20 (背面保护)
2~n				直流电流	100~180	无	无		

中国船舶工业行业协会  
China Association of the National Shipbuilding Industry