

# T/CANSI

## 中国船舶工业行业协会团体标准

T/CANSI 221—2026

### 船用低温有缝不锈钢管对接焊技术要求

Technical requirements for butt welding of marine low-temperature seamed stainless steel pipes



2026 - 01 - 26 发布

2026 - 03 - 01 实施

中国船舶工业行业协会 发布

全国团体标准信息平台



## 目 次

1	范围	1
2	规范性引用文件	1
3	术语和定义	1
4	一般要求	2
4.1	人员	2
4.2	材料	2
4.3	环境	2
4.4	焊接设备	2
5	焊接工艺	3
5.1	焊前准备	3
5.2	管口组对	3
5.3	坡口	3
5.4	焊接错缝要求	4
5.5	不锈钢管的焊接方法	5
5.6	焊后处理	5
6	焊缝检验	5
6.1	检验内容	5
6.2	检验方法	5
7	不合格焊缝的处理	5
7.1	总则	5
7.2	焊缝补焊要求	5
7.3	打磨要求	6
附录 A (资料性)	焊接参数	6
A.1	熔化极气体保护焊	6
A.2	钨极氩弧焊	6

## 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提出并归口。

本文件起草单位：招商局重工（江苏）有限公司、浙江中达新材料股份有限公司、浙江博盛钢业集团有限公司、福建晟达通节能科技有限公司、上海研途船舶海事技术有限公司、浙江永上特材有限公司、太原中金天威不锈钢管股份有限公司、浙江德威不锈钢管业股份有限公司。

本文件主要起草人：宗卫夏、沈慧军、万琪俊、陈小福、王潮声、徐乐谐、何小梅、周张辉、陆良好、刘燕、姚志花、方德伟、张光金、赵泽、王俊杰、谢祎、张越。



# 船用低温有缝不锈钢管对接焊技术要求

## 1 范围

本文件规定了船用低温有缝不锈钢管（以下简称“不锈钢管”）对接焊的一般要求，焊接工艺，焊缝检验，不合格焊缝的处理等。

本文件适用于设计温度在 $-196^{\circ}\text{C}\sim-50^{\circ}\text{C}$ 的船舶与海洋工程用有缝不锈钢管的对接焊。

## 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 222 钢的成品化学成分允许偏差
- GB/T 12771—2019 流体输送用不锈钢焊接钢管
- GB/T 17395—2024 钢管尺寸、外形、重量及允许偏差
- GB/T 17853 不锈钢药芯焊丝
- GB/T 20878 不锈钢 牌号及化学成分
- GB/T 29713—2013 不锈钢焊丝和焊带
- GB/T 30062 钢管术语
- GB/T 32259 焊缝无损检测 熔焊接头目视检测
- GB/T 39255—2020 焊接与切割用保护气体
- CB/T 3558 船舶钢焊缝射线检测工艺和质量分级
- CB/T 3559 船舶钢焊缝超声波检测工艺和质量分级
- CB/T 3958 船舶钢焊缝磁粉检测、渗透检测工艺和质量分级
- CB/T 4113—2016 船舶不锈钢管对接焊技术要求
- SJ/T 10743 惰性气体保护电弧焊和等离子焊接、切割用钨钨电极
- YB/T 5092 焊接用不锈钢丝

## 3 术语和定义

GB/T 30062 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**低温有缝不锈钢管** low-temperature seamed stainless steel pipe

适用于低温环境（ $-196^{\circ}\text{C}\sim-50^{\circ}\text{C}$ ），使用不锈钢板或不锈钢带接边被机械压力卷曲成型在一起并经焊接而成，具有纵向焊缝的不锈钢管。

### 3.2

**对口器** clamp

在管道焊接时，调整对接接头组对的专用设备。

注：按作用位置分为内对口器（置于钢管内部辅助管口组对）和外对口器（套于钢管外部辅助管口组对）。

## 4 一般要求

### 4.1 人员

焊工应经过培训并考试合格，取得船级社颁发的相应材料、位置和方法的有效焊工证书后，持证上岗。

### 4.2 材料

4.2.1 焊接用不锈钢管应经船级社认可，并符合 GB/T 12771—2019 中 I 类或 II 类的要求。

4.2.2 选用的焊接材料应与不锈钢管的化学成分、低温韧性相匹配，并经船级社认可，不锈钢焊丝和药芯焊丝应分别符合 YB/T 5092 和 GB/T 17853 的要求。典型不锈钢管选用焊接材料见表 1。

表 1 典型不锈钢管选用焊接材料

焊接方法	不锈钢管母材数字代号	符合的标准	焊丝化学成分分类	符合的标准
二氧化碳 气体保护焊	S30403	GB/T 12771—2019	S304L	GB/T 29713—2013
	S31603	GB/T 12771—2019	S316L (实芯)	GB/T 29713—2013
	S31703	GB/T 20878	S317L (实芯)、 S317L (药芯)	GB/T 29713—2013
钨极氩弧焊	S30403	GB/T 12771—2019	S304L (棒状)	GB/T 29713—2013
	S31603	GB/T 12771—2019	S316L (棒状)	GB/T 29713—2013
	S31703	GB/T 20878	S317L (棒状)	GB/T 29713—2013

4.2.3 使用的保护气体（二氧化碳、氩气及其混合气体）的纯度、水分含量、露点应符合 GB/T 39255—2020 中表 6 中 M1\* 的要求。

4.2.4 不锈钢的牌号及化学成分（熔炼分析）应符合 GB/T 20878 的规定。

4.2.5 不锈钢管的化学成分按熔炼成分验收。要求进行成品分析时，应在合同中注明。成品不锈钢管的化学成分允许偏差应符合 GB/T 222 的规定。

4.2.6 不锈钢管的公称外径（DN）、公称壁厚（ $t$ ）和允许偏差应符合 GB/T 17395 的规定。

4.2.7 不锈钢管的通常长度为 2 000 mm~12 000 mm。

4.2.8 不锈钢管的定尺长度和倍尺长度应在通常长度范围内，全长允许偏差为 $^{+15}_0$  mm，倍尺长度的每个切口应留 5 mm~15 mm 的余量。供需双方规定的定尺长度与倍尺长度宜在通常长度范围内。

4.2.9 不锈钢管的不圆度应符合 GB/T 17395—2024 中 NR1 的要求。

4.2.10 不锈钢管的弯曲度应符合 GB/T 17395—2024 中 E1 的要求。

### 4.3 环境

4.3.1 不锈钢管焊接生产场地应与碳钢管、有色金属管等生产场地有效隔离。

4.3.2 在下列任何一种环境中，如未采取有效防护措施不应进行焊接：

- a) 雨雪天气；
- b) 环境相对湿度大于 90%；
- c) 风速大于 2 m/s；
- d) 环境温度低于 -5 ℃。

### 4.4 焊接设备

焊接设备应完好，仪器仪表应计量合格，并在检定有效期内。

## 5 焊接工艺

### 5.1 焊前准备

5.1.1 焊丝应清除表面的油污、水分等。

5.1.2 应去除坡口的加工残留毛刺。

5.1.3 定位焊前应对焊接坡口面和坡口两侧各 20 mm 范围内进行清理，去除油污、水分等。

### 5.2 管口组对

5.2.1 不锈钢管对接时，管口错边量应符合船级社规范。

5.2.2 尺寸偏差造成的集中错边应沿管口圆周均匀分布。不宜直接使用锤击校正错口。

5.2.3 不等壁厚对接焊应符合下列规定：

a) 壁厚差 $\leq 2.3$  mm 时可直接焊接；

b) 壁厚差 $> 2.3$  mm 时，应采用内削坡口或孔锥形坡口处理。公称外径大于或等于 600 mm 的不锈钢管，宜优先采用孔锥形坡口处理；

c) 内削坡口过渡角度宜小于或等于  $18^\circ$ ，采用孔锥形坡口时，厚壁管削薄长度应符合设计文件要求，过渡角度宜小于或等于  $30^\circ$ ；

d) 壁厚差大于  $1/2$  薄壁管壁厚时，应采用过渡管进行过渡。

5.2.4 对口器的使用应符合下列要求：

a) 优先使用内对口器，不具备内对口器使用条件时选用外对口器；

b) 使用内对口器时，在根焊全部完成后拆卸、移动对口器；

c) 外对口器撤离时，已完成的根焊道长度和间距符合下列要求：

1) 在管口周围均匀、对称分布；

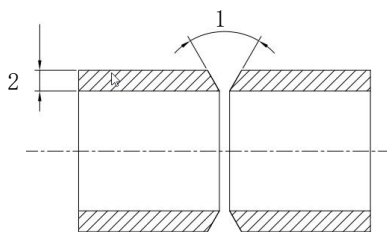
2) 符合焊接工艺规程规定的长度比例要求，且不低于钢管圆周长度的  $1/2$ ；

d) 移动对口器时，管子保持稳定、平衡。

### 5.3 坡口

5.3.1 不锈钢管端坡口现场加工宜用坡口机、等离子或激光切割机进行。坡口加工后应光滑均匀。

5.3.2 不锈钢管应加工焊接坡口，其坡口形式见图 1。



标引序号说明：

1——坡口角度；

2——管或管件的壁厚。

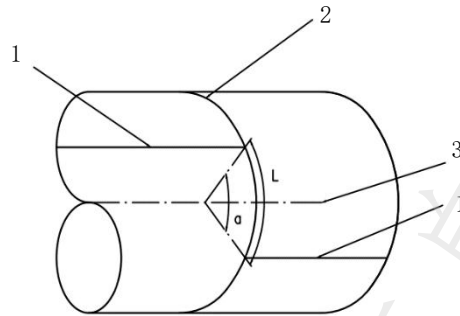
注：坡口角度的范围为  $60^\circ \pm 5^\circ$

图 1 坡口形式

5.3.3 内削坡口时，当管壁端到内壁深度不小于  $2t$  时，角度变化应圆滑。

#### 5.4 焊接错缝要求

5.4.1 不锈钢管的焊缝对接示意图 2。



标引序号说明：

1——纵向焊缝；

2——环向焊缝；

3——不锈钢管轴心线；

$\alpha$ ——2 条纵向焊缝与轴心线的夹角；

L——2 条纵向焊缝沿管周相距的弧长。

$\alpha$ 最大值为  $180^\circ$ ，L 最大值为环向焊缝长度的  $1/2$ 。

图 2 不锈钢管焊缝对接示意

5.4.2 焊接时，夹角  $\alpha$  与弧长 L 应符合表 2 的规定。

表 2 不锈钢管焊缝错布规则

序号	公称外径DN (mm)	夹角 $\alpha$ ( $^\circ$ )	弧长L (mm)
1	$\leq 100$	180	—
2	(100, 250)	$\geq 45$	$\geq 50$
3	$\geq 250$	$\geq 30$	$\geq 50$

5.4.3 同一公称外径规格下，不锈钢管焊接错缝规则应按表 2 中的较小值执行。

5.4.4 不锈钢管与管件之间的焊接，如偏心异径管、弯头、三通等，若其焊缝无法错开布置，该连接部位可不符合 5.4 的规定。

5.4.5 定位焊的焊点应避开纵缝。

5.4.6 充气保护时，宜采用胶带等密封材料封住所焊钢管接缝两端面及坡口面，形成一个气室，一端充氩气，另一端开一个孔径约 5 mm 的小孔排气。当钢管内氧气含量小于 0.05% 时，方可开始焊接。

5.4.7 打底焊时，先撕开长 30 mm~40 mm 覆盖在坡口面上的密封材料，焊完一段后，再撕开 30 mm~40 mm，逐段焊接。

5.4.8 对于壁厚  $\leq 6$  mm 的不锈钢管焊接，焊接全过程应保持管内充满氩气，焊接结束数分钟后，再停止管内充气保护。

5.4.9 对于壁厚  $> 6$  mm 的不锈钢管焊接，焊缝厚度达 6 mm 以上时，方可停止管内充气保护。

## 5.5 不锈钢管的焊接方法

5.5.1 不锈钢管对接焊宜采用二氧化碳气体保护焊或钨极氩弧焊方法焊接。焊接参数见附录 A。

5.5.2 定位焊按照 CB/T 4113—2016 中 4.1.4.2 进行。

## 5.6 焊后处理

不锈钢管应进行酸洗钝化处理。

## 6 焊缝检验

### 6.1 检验内容

6.1.1 应对焊缝进行无损检测, 检验在焊接完成后进行。

6.1.2 应对焊缝错缝进行测量。

### 6.2 检验方法

6.2.1 焊缝的检验方法为无损检测: 包括射线检测、X 射线数字成像检测、X 射线计算机辅助成像检测、超声检测、相控阵超声检测、全自动超声检测、渗透检测、水压试验检测、目视检测等方法。

6.2.2 应对纵缝与环缝交叉区域 (T 区) 实施 100% 无损检测。可进行射线检测 (或超声波) 以及渗透检测。

6.2.3 不锈钢管无损检测时, 若存在未焊透、未熔合、烧穿、夹渣、气孔、裂纹以及咬边现象时, 质量评定按 CB/T 3558、CB/T 3559、CB/T 3958 的要求进行。

6.2.4 焊缝的目视检测应按 GB/T 32259 进行。

6.2.5 使用测量精度为 1 mm 的软尺, 测量 2 条纵向焊缝的弧长  $L$ , 夹角  $\alpha$  按公式 (1) 计算,  $L$  或  $\alpha$  应符合 5.4.3 的要求:

$$\alpha = \frac{L}{\pi d} \times 360 \quad (1)$$

式中:

$L$ ——2 条纵向焊缝的弧长, 单位为毫米 (mm);

$\alpha$ ——2 条纵向焊缝与轴心线的夹角, 单位为度 (°);

$d$ ——不锈钢管直径, 单位为毫米 (mm)。

## 7 不合格焊缝的处理

### 7.1 总则

7.1.1 不合格焊缝修复前, 应先拟定焊接修复工艺, 并得到评定和验证。

7.1.2 焊缝同一位置返修次数不应超过 2 次, 返修情况记入产品质量档案。

7.1.3 返修或返工的焊缝按原方法检测, 并使用同样的技术和质量标准。

### 7.2 焊缝补焊要求

7.2.1 对气孔、夹渣、焊瘤或余高过大等表面缺陷, 应先打磨清除, 必要时进行补焊。

7.2.2 对裂纹、未熔合等内部缺陷, 应按下列规定进行处理:

- a) 先清除这些缺陷, 必要时用渗透 (PT) 进行检测;
- b) 清除长度应比缺陷范围两端各长 50 mm;
- c) 对于裂纹类缺陷, 在清除前应采取措施防止裂纹继续扩展;

d) 按拟定的焊接修复工艺进行补焊。

### 7.3 打磨要求

7.3.1 可采用不锈钢专用砂轮打磨清除缺陷，也可采用其他机械方式打磨。打磨后的坡口底部过渡半径不应 $\leq 2$  mm 应圆滑过渡，满足焊接修补的要求。

7.3.2 打磨已完成的返修焊缝时，应形成光滑的焊缝并与邻近的母材表面平滑过渡。



附 录 A  
(资料性)  
焊接参数

A.1 熔化极气体保护焊

熔化极气体保护焊焊接参数见表A.1

表 A.1 熔化极气体保护焊焊接参数

钢管壁厚 mm	钢管直径 mm	焊接层次	焊丝直径 mm	电流和极性	焊接电流 A	电弧电压 V	焊接气体流量 L/min	
							焊接气流量	背面保护气 流量
>2~4	≥9	打底层	1.0、1.2	直流 反接	100~150	18~24	15~25	5~20
		填充层			150~210	22~30		
		盖面层			100~150	18~24		
>4	无限制	打底层			150~210	22~30		
		填充层						
		盖面层						

A.2 钨极氩弧焊

钨极氩弧焊焊接参数见表A.2

表 A.2 钨极氩弧焊焊接参数

钢管壁厚 mm	钢管直径 mm	焊接层次	焊丝直径 mm	钨棒直径 mm	电流和极性	焊接电流 A	电弧电压 V	焊接气体流量 L/min	
								焊接气流量	背面保护气 流量
≤2	无限制	打底层	1.6、 2.0	2.4	直流正接	80~130	9~15	8~11	5~20
>2~4	<90					盖面层	90~140		
		打底层	80~130			9~15			
	≥90	填充层	100~150			10~15			
		盖面层	2.0、2.4						
>4	无限制	打底层	80~130			9~15			
		填充层	100~150	10~15					
		盖面层							