

中 华 人 民 共 和 国 行 业 标 准

P

SH/T 3523-1999

石油化工铬镍奥氏体钢、铁镍

合金和镍合金管道焊接规程

**Code for welding of Cr-Ni austenitic steel,
Fe-Ni and Ni alloy pipe for petrochemical industry**

主编单位：北京燕山石油化工公司建筑安装工程公司

主编部门：中 国 石 油 化 工 集 团 公 司

批准部门：国 家 石 油 和 化 学 工 业 局

1999-12-27 发布

2000-05-01 实施

国家石油和化学工业局 发布

国家石油和化学工业局文件

国石化政发（1999）545号

关于批准《石油化工生产建筑设计规范》 等7项石油化工行业标准的通知

中国石油化工集团公司：

你公司报批的《石油化工生产建筑设计规范》等7项石油化工行业标准草案，业经我局批准，现予发布。标准名称、编号为：

强制性标准：

序号	标准编号	标准名称
1、	SH3017-1999	石油化工生产建筑设计规范（代替 SHJ17-90）

推荐性标准：

序号	标准编号	标准名称
1、	SH/T3411-1999	石油化工泵用过滤器选用、检验及验收
2、	SH/T3412-1999	石油化工管道用金属软管选用、检验及验收
3、	SH/T3413-1999	石油化工石油气管道阻火器选用、检验及验收
4、	SH/T3414-1999	石油化工钢制立式轻质油罐罐下采样器选用、检验及验收
5、	SH/T3523-1999	石油化工铬镍奥氏体钢、铁镍合金和镍合金管道焊接规程 (代替 SH3523-92)
6、	SH/T3527-1999	石油化工不锈钢复合钢焊接规程（代替 SH3527-92）

以上标准自2000年5月1日起实施。

国家石油和化学工业局
一九九九年十二月二十七日

前 言

本规程是根据中石化(1995)建标字 269 号文的通知，由我公司对原《石油化工工程高温管道焊接规程》SH3523-92 进行修订而成。

本规程共分四章和一个附录，这次修订的主要内容有：

- 1 规程名称改为《石油化工铬镍奥氏体钢、铁镍合金和镍合金管道焊接规程》。
- 2 适用温度范围由 425℃以上改为设计温度高于-20℃。
- 3 适用的焊接方法由手弧焊和非熔化极气体保护焊改为手工电弧焊和惰性气体保护焊。
- 4 焊接工艺评定的内容按《现场设备、工业管道焊接工程施工及验收规范》GB50236 进行了修订。

- 5 附录 A 常用数据表的参数，按新颁布的国标和 ASME 等标准进行了修订和补充。

在修订过程中，针对原规程中存在的问题，进行了比较广泛的调查研究，总结了多年来石油化工工程中铬镍奥氏体钢、铁镍合金和镍合金管道焊接施工经验，并征求了有关设计、生产、施工等方面的意见，对其中的主要问题进行了多次讨论，最后经审查定稿。

本规程在实施过程中，如发现需要修改或补充之处，请将意见和有关资料提供给我公司，以便今后修订时参考。

我公司的通讯地址及邮政编码

通讯地址：北京 276 信箱

邮政编码：102502

本规程的主编单位和主要起草人

主编单位：北京燕山石油化工公司建筑安装工程公司

主要起草人：陈 克 孙海疆 张 为

1 总 则

1.0.1 本规程适用于石油化工业设计温度高于-20℃的铬镍奥氏体钢、铁镍合金和镍合金管道及工业炉管(以下简称管道)的焊接施工。

1.0.2 本规程适用的焊接方法为手工电弧焊和惰性气体保护焊。

1.0.3 执行本规程时，尚应符合设计文件和现行有关标准的规定。

1.0.4 焊接施工的安全技术和劳动保护应按《石油化工施工安全技术规程》SH3505的有关规定执行。

1.0.5 下列相关标准包含的条文通过在本规程中引用则构成本规程的条文。在本规程出版后，下列标准应是现行版本，使用本规程的各方应探讨使用下列标准最新版本的可能性。

《压力管道安全管理与监察规定》

《锅炉压力容器焊工考试规则》

《现场设备、工业管道焊接工程施工及验收规范》 GB50236

《石油化工剧毒、可燃介质管道工程施工及验收规范》 SH3501

《压力容器无损检测》 JB4730

《不锈钢焊条》 GB/T983

《焊接用不锈钢丝》 GB4242

《镍及镍合金焊条》 GB/T13814

《镍及镍合金焊丝》 GB/T15620

1.0.6 进口材料应符合合同规定的材料标准和技术条件，焊接参照本规程执行。

2 材 料

2.1 管子与管件

2.1.1 管子与管件应具有质量证明书，无质量证明书的产品不得使用。

对质量证明书中的特性数据有异议或对材质有疑问时，应进行必要的检验。

常用铬镍奥氏体钢管的化学成分和常温力学性能见附录 A 表 A.0.1。

常用铁镍合金、镍合金管的化学成分和常温力学性能见附录 A 表 A.0.2。

2.1.2 管子与管件经检查验收合格后，应做好标识，并按不同材质、规格分别放置、保管。

2.1.3 高温用管子与管件标识宜采用以醇酸树脂为基本成分的钛氧化物染料。

2.1.4 管子与管件在使用前应按设计要求核实其材质、规格、型号，并应做外观复查，其表面质量应符合下列要求：

1 无裂纹、缩孔、夹渣、折叠、重皮等缺陷；

2 表面的凹陷不应超过相应产品标准允许的厚度负偏差。

2.1.5 管子与管件的耐腐蚀试验、无损检测复验应符合设计文件的要求。

2.2 焊 接 材 料

2.2.1 管道焊接所用的焊接材料应有出厂质量证明书,其检验项目和技术指标应符合下列要求:

- 1 不锈钢焊条应符合《不锈钢焊条》GB/T983 的规定;
- 2 不锈钢焊丝应符合《焊接用不锈钢丝》GB4242 的规定;
- 3 镍及镍合金焊条应符合《镍及镍合金焊条》GB/T13814 的规定;
- 4 镍及镍合金焊丝应符合《镍及镍合金焊丝》GB/T15620 的规定;
- 5 氩气应符合《氩气》GB4842 的规定;
- 6 其它国内或国外焊接材料应符合合同规定的技术标准。

2.2.2 常用铬镍奥氏体钢焊条和焊丝的熔敷金属化学成分和力学性能分别见附录 A 表 A.0.3 和表 A.0.4。

常用铁镍合金、镍合金焊条和焊丝熔敷金属的化学成分和力学性能分别见附录 A 表 A.0.5 和表 A.0.6;

焊接铬镍奥氏体钢、铁镍合金、镍合金管常用的国内外焊接材料对照分别见附录 A 表 A.0.7 和表 A.0.8。

2.2.3 焊接材料应进行验收。验收合格后,应作好标识,入库储存。

2.2.4 对焊接材料质量证明书中的特性数据有异议,或对其质量有疑问时,应按相应技术标准进行必要的复验。

2.2.5 焊接材料的储存、保管应符合下列规定:

- 1 焊材库必须干燥通风,库房内不得有有害气体和腐蚀介质;
- 2 焊接材料应存放在架子上,架子离地面的高度和墙壁的距离均不得小于 300mm;
- 3 焊接材料应按种类、牌号、批号、规格和入库时间分类放置,并应有标识;
- 4 焊材库内应设置温度计和湿度计,保持库内温度不低于 5℃,相对湿度不大于 60%。

2.2.6 非熔化极气体保护焊宜采用钨钨棒,并应符合《惰性气体保护电弧焊和等离子焊接、切割用钨钨电极》GB4191 的规定。

2.2.7 焊接铬镍奥氏体钢用的氩气的纯度不应低于 99.9%。焊接铁镍合金、镍合金的氩气的纯度不应低于 99.96%。

管内充氮保护用氮气应具有合格证,其纯度应大于 99.5%,含水量应小于 50mg/L。

3 焊 前 准 备

3.1 焊接材料准备

3.1.1 焊接材料的选择应根据焊件的化学成分、力学性能、使用条件和施焊条件综合考虑。

3.1.2 同种铬镍奥氏体钢的焊接宜选用与母材合金含量相近的焊接材料,参见附录 A 表 A.0.9。

3.1.3 同种铁镍合金、镍合金的焊接,宜选用和母材合金系统相同的焊接材料。若无耐腐蚀性能要求,也可选用与母材合金系统不同的焊接材料,但应保证接头具备设计要求的性能。参见附录 A 表 A.0.10。

3.1.4 异种铬镍奥氏体钢的焊接,宜按照合金含量较低的母材选择焊接材料。

3.1.5 异种铁镍合金、镍合金,及其与铬镍奥氏体钢组成的异种焊接接头的焊接材料选用应考虑下列因素:

- 1 焊缝的强度(包括高温持久强度),耐腐蚀性;
- 2 线膨胀系数的差异,高温下长时间工作后可能产生的体积永久性改变;
- 3 焊接裂纹、气孔的敏感性。

典型异种接头焊接材料选用参照附录 A 表 A.0.11。

3.1.6 焊条的使用应符合下列规定:

- 1 焊条使用前应按焊条产品说明书进行烘干。若说明书未作规定,可按表 3.1.6 的规定烘干;

表 3.1.6 焊 条 烘 干 参 数

焊 条 类 别	烘 干 温 度 (°C)	恒 温 时 间 (h)
低 氢 型	200 ~ 250	2
钛 钙 型	150	1

2 烘干后的焊条应放置在保温筒中,如放置时间超过 4h,应重新烘烤,但重复烘烤次数不得超过两次。

3.2 焊接工艺评定

3.2.1 焊接工艺评定应按母材材料分类(见表 3.2.1)分别进行,并应符合下列规定:

- 1 材料类别号和组别号改变时,应重新评定,但同组别号中一种材料的评定结果适用于同组其它材料;

- 2 异种母材接头应进行评定,但符合下列情况之一时,可不重新评定:

- a 同组材料组成的异种母材接头,其中一种材料已评定合格;
- b 同类不同组的异种母材接头,高组别号材料已评定合格。

3.2.2 焊接工艺评定试件不进行冲击试验。

3.2.3 焊接工艺评定试件的厚度适用范围应符合下列规定:

- 1 评定合格的对接焊缝试件的焊接工艺适用的对接焊缝焊件厚度和焊缝金属厚度的有效范围应符合表 3.2.3-1 和表 3.2.3-2 的规定;

- 2 评定合格的对接焊缝试件焊接工艺适用于不等厚对接焊缝焊件,但焊件两侧母材的厚度均应在评定厚度的适用范围内;

- 3 评定合格的对接焊缝试件的焊接工艺适用于所有角焊缝焊件,其厚度范围不限。

表 3.2.1 焊接工艺评定常用母材材料分类

类别号	组别号	母 材 分 类	
		母 材 牌 号	材 料 类 别
I	1	00Cr19Ni10 TP304L TP304LN	18Cr-8Ni
		0Cr18Ni9 TP304 TP304N TP304H	
		0Cr18Ni10Ti TP321	18Cr-10Ni-Ti
		1Cr18Ni9Ti TP321H	
		0Cr18Ni11Nb TP347 TP347H TP348 TP348H	18Cr-10Ni-Cb
		00Cr17Ni14Mo2 TP316L TP316LN	18Cr-12Ni-2Mo
		0Cr17Ni12Mo2 TP316 TP316N	
		0Cr18Ni12Mo2Ti TP316H	
		1Cr18Ni12Mo2Ti TP317L	18Cr-13Ni-3Mo
		00Cr19Ni13Mo3 TP317	
		0Cr19Ni13Mo3 TP317	
		0Cr18Ni12Mo3Ti	
		1Cr18Ni12Mo3Ti	
I	2	0Cr23Ni13 TP309S TP309H TP309Cb TP309HCB	23Cr-12Ni
		0Cr25Ni20 TP310S TP310Cb TP310H TP310HCB	25Cr-20Ni
	3	ZG30Cr25Ni20 HK30	30-25Cr-20Ni
		ZG40Cr25Ni10 HK40	40-25Cr-20Ni
I	4	ZG40Cr25Ni20Si2	
		ZG45Ni35Cr25 HP40	40-35Ni-25Cr
		ZG40Ni35Cr25Nb	
II	1	ZG40Ni35Cr25NbW	
		Nickel 200 Nickel 201	99.0Ni
III	1	Monel 400	67Ni-30Cu
IV	1	Inconel 600	72Ni-15Cr-8Fe
		Inconel 625	60Ni-22Cr-9Mo-3.5Cb
		Hastelloy X	47Ni-22Cr-9Mo-18Fe
V	1	Hastelloy B	62Ni-28Mo-5Fe
		Hastelloy B2	65Ni-28Mo-2Fe
		Hastelloy C276	54Ni-16Mo-15Cr
		Hastelloy C4	61Ni-16Mo-16Cr
VI	1	ZG14Ni32Cr20Nb	
		Incoloy 800	33Ni-21Cr
		Incoloy 800H	33Ni-21Cr
		Incoloy 800HT	33Ni-21Cr
		Incoloy 825	42Ni-21.5Cr-3Mo-2.3Cu
		Carpenter 20Cb	35Ni-35Fe-20Cr-Cb
		Hastelloy G	47Ni-22Cr-19Fe-6Mo
VII	1	Hastelloy G2	49Ni-25Cr-18Fe-6Mo
		ZG50Ni35Cr17 HT30	35Ni-19Cr-2.5Si

表 3.2.3-1 评定试件母材厚度的适用范围（mm）

试件母材厚度 T	适用于焊件母材厚度的有效范围	
	最 小 值	最 大 值
$1.5 \leq T < 8$	1.5	$2T$ ，且不大于 12
$T \geq 8$	$0.75T$	$1.5T$

表 3.2.3-2 评定试件焊缝金属厚度的适用范围（mm）

试件焊缝金属厚度 t	适用于焊件焊缝金属厚度有效范围	
	最 小 值	最 大 值
t	不限	$2t$

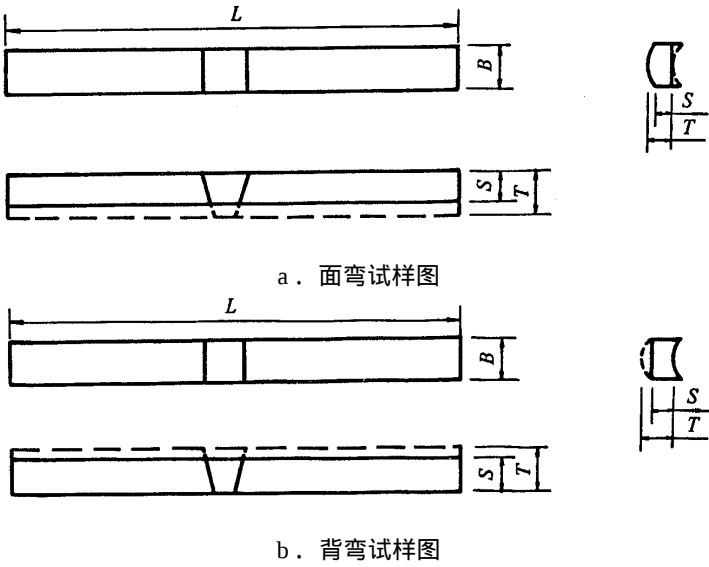
3.2.4 焊接工艺评定试件的弯曲试验应符合下列规定：

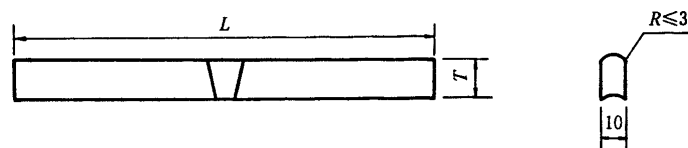
- 1 弯曲试样的种类和数量应符合表 3.2.4-1 的规定，横向弯曲的面弯和背弯试样尺寸见图 3.2.4（a）和（b）及表 3.2.4-2，横向侧弯试样尺寸见图 3.2.4（c）及表 3.2.4-2；
- 2 弯曲试验方法应符合《焊接接头弯曲及压扁试验法》GB2653 的规定，试验的合格标准见表 3.2.4-3；
- 3 铸造管不做弯曲试验。

表 3.2.4-1 横向弯曲试样的种类和数量

试件母材厚度 T （mm）	试样的类别和数量		
	面 弯	背 弯	侧 弯
$1.5 \leq T < 10$	2	2	—
$10 \leq T < 20$	2	2	注
$T \geq 20$	—	—	4

注：可用四个横向侧弯试样代替两个横向面弯和两个横向背弯试样





c. 侧弯试样图

图 3.2.4 弯曲试样

表 3.2.4-2 弯曲试样尺寸 (mm)

试件母材厚度 T	试样厚度 S	试样长度 L	试样宽度 B
$1.5 \leq T < 10$	T	≥ 150	注
$T \geq 10$	10	≥ 150	

注: ① 当管子公称直径 DN 大于 100 mm 时, B 为 38 mm;

② 当 $50 \text{ mm} \leq DN \leq 100 \text{ mm}$ 时, B 为 19 mm;

③ 当 $10 \text{ mm} \leq DN < 50 \text{ mm}$ 时, B 为 10 mm。

表 3.2.4-3 弯曲试验合格标准

试样厚度 $S(\text{mm})$	弯轴直径 (mm)	支座间距 (mm)	弯曲角度 ($^{\circ}$)	合格标准
< 10	$4S$	$6S+3$	180	在拉伸面上, 任何方向都不得有任一超过 3mm 的开裂性缺陷。试样的棱角开裂不计, 但由于未熔合、夹渣或其它内部缺陷引起的棱角开裂应计入
10	40	63	180	

3.2.5 凡本规程未作规定的焊接工艺评定要求, 应按《现场设备、工业管道焊接工程施工及验收规范》GB50236 执行。

3.3 焊工资格

3.3.1 焊工必须按评定合格的焊接工艺进行考试, 考试合格者方可承担相应的焊接施工任务。

3.3.2 焊工考试用母材分类见表 3.2.1, 且应符合下列规定:

- 1 母材类别号和组别号改变, 焊工应重新考试, 但 II~VI 类材料可互相替代;
- 2 焊工对一种母材取得的资格适用于同组别号的其它母材;
- 3 同类别母材, 高组别考试合格可替代低组别;
- 4 异种母材相焊应进行考试, 但符合下列情况之一时, 可不重新考试:
 - a 同组材料组成的异种母材接头, 焊工对其中一种材料已取得资格;
 - b 同类不同组材料组成的异种接头, 焊工对高组别母材已取得资格;
 - c II~VI 类材料组成的异种母材接头, 焊工对 II~VI 类中任一材料已取得资格。

3.3.3 对于本规程表 3.2.1 中 I-1 和 I-2 组母材以外的材料, 其弯曲试验方法应按 3.2.4 条的规定执行。

3.3.4 对于表 3.2.1 中 I-1 和 I-2 组母材以外的材料, 考试时可按照下列规定进行:

- 1 可采用 I-1 或 I-2 组母材替代原母材作为考试的试件材料, 但必须采用工程所用焊接材料;
- 2 可不作试件的力学性能试验, 只对试件进行外观检查和射线检测。

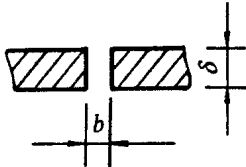
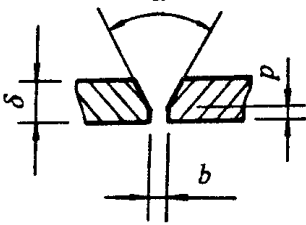
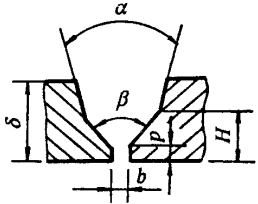
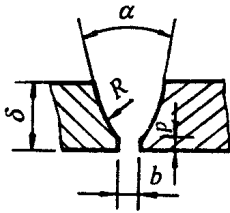
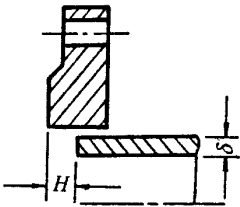
3.3.5 承担焊接工艺评定试件焊接的焊工，若焊接工艺评定合格，可申报相应项目的焊工资格。

3.3.6 凡本规程未规定的焊工考试要求，应按《锅炉压力容器焊工考试规则》(劳人锅 [1988]1号)的有关规定执行。

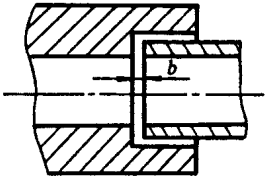
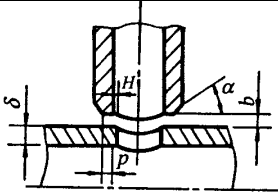
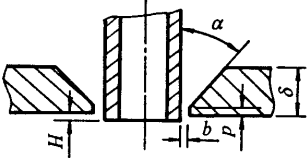
3.4 坡口加工及检查

3.4.1 焊接坡口形式及尺寸应符合设计规定,若设计无规定时,可参照表 3.4.1 选用。

表 3.4.1 坡口形式和尺寸

坡 口 名 称	坡 口 形 式	坡 口 尺 寸(mm)	
		铁镍合金和镍合金	铬镍奥氏体钢
管子对接 I 形坡口		$d = 1 \sim 3$ $b = 1.5 \pm 0.5$	$d = 1 \sim 3$ $b = 0 \sim 2$
管子对接 Y 形坡口		$d \leq 8$ $a = 75 \pm 5^\circ$ $b = 2.5 \pm 0.5$ $p = 1 \pm 0.5$ $d > 8$ $a = 70 \pm 5^\circ$ $b = 2.5 \pm 0.5$ $p = 1 \pm 0.5$	$d \leq 8$ $a = 65 \pm 5^\circ$ $b = 2.0 \pm 0.5$ $p = 1 \sim 1.5$ $d > 8$ $a = 60 \sim 65^\circ$ $b = 2.5 \pm 0.5$ $p = 1 \sim 1.5$
管子对接 VY 形坡口		$d \geq H = S/3$ 17 $a = 50^\circ \sim 55^\circ$ $b = 75 \pm 5^\circ$ $b = 2.5 \pm 0.5$ $p = 1 \pm 0.5$	$d \geq 17$ $H = S/3$ $a = 50^\circ \sim 55^\circ$ $b = 65 \pm 5^\circ$ $b = 2.5 \pm 0.5$ $p = 1.5 \sim 2$
管子对接带钝边 U 形坡口		$d \geq R = 5 \sim 6$ 17 $a = 30^\circ \sim 40^\circ$ $p = 1.5 \pm 0.5$ $b = 3.0 \pm 0.5$	$d \geq 17$ $R = 4 \sim 5$ $a = 30^\circ \sim 40^\circ$ $p = 1.5 \sim 2$ $b = 3.0 \pm 0.5$
法兰角接头		$H = 1.4d + 2 \sim 3$	$H = 1.4d + 2 \sim 3$

续表 3.4.1

坡 口 名 称	坡 口 形 式	坡 口 尺 寸(mm)	
		铁镍合金和镍合金	铬镍奥氏体钢
管件角接接头		$b = 1 \sim 1.5$	$b = 1 \sim 1.5$
跨接式三通直管坡口		$d \geq 4$ $b = 2 \sim 3$ $p = 1 \pm 0.5$ $H = 0 \sim 2$ $a = 60 \pm 5^\circ$	$d \geq 4$ $b = 2 \sim 3$ $p = 1 \sim 2$ $H = 0 \sim 2$ $a = 50 \pm 5^\circ$
插入式三通主管坡口		$d \geq 4$ $b = 2 \sim 3$ $p = 1 \sim 2$ $H = 0 \sim 2.5$ $a = 55 \pm 5^\circ$	$d \geq 4$ $b = 1 \sim 3$ $p = 1 \sim 2$ $H = 0 \sim 2.5$ $a = 45 \pm 5^\circ$

3.4.2 管子切割及坡口加工宜采用机械方法,若采用等离子切割,应清理其加工面。

3.4.3 坡口加工后应进行外观检查,坡口表面不得有裂纹、分层等缺陷。

3.4.4 若设计要求对坡口表面进行无损检测时,应按设计规定执行,若设计无规定时,下列管子及管件的坡口应进行渗透检测,如有缺陷应及时消除:

- 1 铸造管;
- 2 用于毒性程度为极度危害介质的管子与管件;
- 3 用于设计压力等于或大于 10MPa 的管子与管件。

3.5 组对与定位焊接

3.5.1 管子及管件组对前,应用手工或机械方法清理其内外表面,在坡口边缘 20mm 范围内不得有油漆、毛刺、铸造垢皮及其它对焊接有害的物质。

3.5.2 离心铸造管和铁镍合金、镍合金管及管件的坡口和其周围 20mm 范围内的表面应采用有机溶剂清洗,待溶剂挥发后方可进行组对和定位焊。

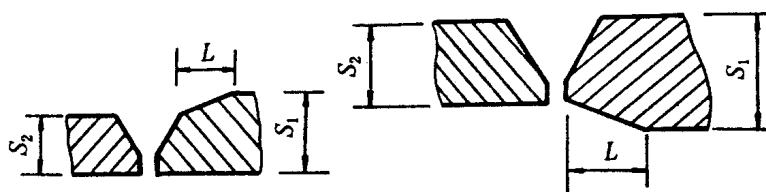
3.5.3 炉管、离心铸造管、铁镍合金和镍合金管及管件组对应符合下列要求:

- 1 壁厚相同时,其内壁应平齐,内壁错边量不得大于 0.5mm;
- 2 壁厚不同,内壁差大于 0.5mm 或外壁差大于 2mm 时,应按图 3.5.3-1 和图 3.5.3-2 的要求进行加工。

3.5.4 管子及管件组对后的定位焊可采用根部定位焊缝和过桥定位焊缝两种方式。定位焊焊接工艺应与正式焊接工艺相同。作为正式焊缝组成部分的定位焊缝应符合下列规定:

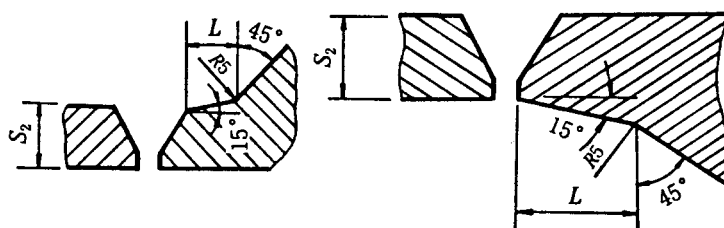
- 1 若用实芯焊丝钨极氩弧焊进行定位焊,则焊缝背面应进行充氩或充氮保护;
- 2 焊缝的长度宜为 10 ~ 15mm,且不超过壁厚的 2/3;

- 3 焊缝应均匀分布,不宜少于 2 ~ 3 点。正式焊接时,起焊点应在两焊缝之间;
- 4 焊缝应保证焊透及熔合良好,且无气孔、夹渣等缺陷;
- 5 焊缝应平滑过渡到母材,并将焊缝两端磨削成斜坡。



$$L \geq 4 (S_1 - S_2)$$

图 3.5.3-1 不同壁厚管子加工要求



$$L = 1.5S_2$$

图 3.5.3-2 不同壁厚管子和管件加工要求

3.5.5 管子及管件组对使用的卡具不宜焊接在管子上。若使用需焊接在管子上的卡具时,应符合下列规定:

- 1 卡具与管子相焊部位的成分应与管子成分相近;
- 2 焊接应与正式焊接工艺相同;
- 3 卡具的拆除应用砂轮磨削,不得采用敲打、掰扭等方法;
- 4 卡具拆除后应修磨焊痕,并做渗透检测。

3.5.6 管子及管件组对定位后,应及时进行焊接。

4 焊 接

4.1 一 般 规 定

- 4.1.1 施焊前,应在焊接工艺评定的基础上编制焊接工艺文件。
- 4.1.2 焊接施工的环境条件应符合下列规定:
 - 1 环境温度不低于 0℃;
 - 2 手弧焊时,风速不大于 8m/s; 气体保护焊时,风速不大于 2m/s;
 - 3 相对湿度不大于 90%;
 - 4 非雨、雪天气。
- 4.1.3 当环境条件不符合 4.1.2 条规定时,应采取有效防护措施后方可施焊。
- 4.1.4 所用焊接设备应处于完好状态。
- 4.1.5 焊工手工工具如刨锤、钢丝刷等应用不锈钢制成。打磨焊缝宜用不锈钢专用砂轮片。
- 4.1.6 坡口两侧各 100mm 范围内应涂上白垩粉或其他防飞溅涂料。

4.2 焊接工艺要求

- 4.2.1 底层焊道的焊接宜采用钨极氩弧焊,其余焊道可采用钨极氩弧焊、熔化极惰性气体保护焊

或手工电弧焊。

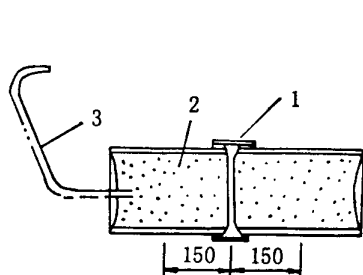
4.2.2 焊接应采用小线能量、短电弧、不摆动或小摆动的操作方法。

4.2.3 多层焊时，应符合下列规定：

- 1 宜采用多道焊；
- 2 层间温度宜控制在 100℃ 以下；
- 3 每一焊道完成后均应彻底清除焊道表面的熔渣，并消除各种表面缺陷；
- 4 每层焊道的接头应错开。

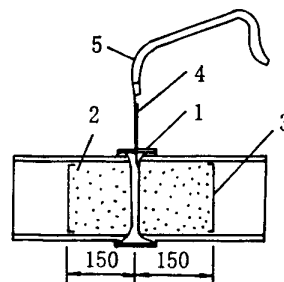
4.2.4 采用实芯焊丝或不填丝的钨极氩弧焊焊接底层焊道时，焊缝背面应采取充氩或充氮保护措施。保护措施可采用管子整体或局部充氩(氮)两种方法，分别见图 4.2.4-1 和图 4.2.4-2，并应符合下列要求：

- 1 管内充氩气(氮气)，开始时流量可适当加大，确保管内空气完全排除后方可施焊；
- 2 焊接时氩气(氮气)流量应适当降低，以避免焊缝背面因氩气(氮气)吹托在成形时出现凹陷



1—胶布 2—氩(氮)气 3—Φ 10 软管

图 4.2.4-1 管子整体充氩(氮)示意



1—胶布 2—氩(氮)气 3—水溶性纸 4—充氩针头 5—Φ 10 软管

图 4.2.4-2 管子局部充氩(氮)示意

4.2.5 采用药芯焊丝钨极氩弧焊焊接奥氏体钢底层焊道时，焊缝背面可不用充氩(氮)气保护。

4.2.6 采用钨极氩弧焊焊接时，焊丝前端应置于保护气体中。

4.2.7 焊件表面严禁电弧擦伤，并严禁在焊件表面引弧、收弧。

4.2.8 焊接中应确保引弧与收弧处的质量，收弧时应将弧坑填满，并用砂轮将收弧处修磨平整。

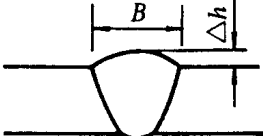
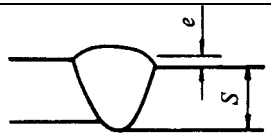
4.2.9 焊接管径较小且热裂倾向较大的管子时，宜采取在焊缝两侧加装冷却铜块或用湿布擦拭焊缝两侧等措施以减少焊缝的高温停留时间，加快焊缝冷却速度。

4.2.10 焊接完毕，必须及时将焊缝表面的熔渣及周围的飞溅物、防飞溅涂料清理干净。

4.3 焊接接头检验

4.3.1 焊缝的外观质量应符合表 4.3.1 的要求。

表 4.3.1 焊缝外观质量要求

序号	项 目	质 量 要 求
1	表面裂纹、气孔、夹渣及熔合性飞溅	不允许
2	咬边 	不允许
3	表面余高 	$\Delta h \leq 1+0.05B$ ，且不大于 3mm
4	表面凹陷 	不允许
5	错边 	$e \leq 0.1S$ ，且不大于 2mm

4.3.2 多层焊应按设计规定进行层间检验。若设计无规定时，铸造管和铁镍合金、镍合金管及管件的底层焊道应进行渗透检测。发现线性缺陷，应将缺陷打磨消除后方可继续施焊。

4.3.3 焊缝表面应按设计规定进行渗透检测。若设计无规定时，应按下列要求进行检测：

1 本规程表 3.2.1 中除 I — 1 和 I — 2 组材料外，其他材料的对接焊缝和角焊缝表面应进行 100% 渗透检测；

2 渗透检测应符合《压力容器无损检测》JB4730 的规定，合格级别为 I 级。

4.3.4 对接焊缝的射线检测应按《石油化工剧毒、可燃介质管道工程施工及验收规范》SH3501 进行。

4.4 焊 缝 返 修

4.4.1 要求焊后处理的管道，焊缝返修应在焊后处理前进行。若焊后处理后仍须返修，则返修后应再作处理。

4.4.2 缺陷消除应采用砂轮打磨或其它机械方法，并修整成适合补焊的形状，确认缺陷已消除后方可补焊。

4.4.3 返修时宜用钨极氩弧焊，并应采用业经评定的合格的工艺参数进行焊接。

4.4.4 返修部位应按原检测方法进行检验，其质量要求与原焊缝相同。

4.4.5 同一部位的返修次数不宜超过二次，超次返修应制订措施，经施工单位技术总负责人批准。

4.5 焊 后 处 理

4.5.1 本规程中的焊后处理为焊后消除应力热处理和焊后表面酸洗、钝化处理。

4.5.2 管道的焊后处理应按设计规定执行。

4.5.3 超低碳或稳定型铬镍奥氏体钢管道的焊后消除应力热处理工艺参数可参照表 4.5.3 执行。

表 4.5.3 焊 后 热 处 理 参 数

加热温度(℃)	恒温时间(h)	加热速度(℃/h)	冷却速度(℃/h)
850 ~ 900	$S/25$ ，且不小于 1/4	400℃以上时，不得超过 5000/S， 且不大于 220，不低于 50	400℃以上时，不得超过 6500/S， 且不大于 260，不低于 50

注：S—管壁厚度（mm）。

4.5.4 热处理前应将管道加热区表面清理干净。

4.5.5 焊后热处理宜采用电加热法，并确保加热过程中加热温度分布均匀，并能准确地控制热处理温度。

4.5.6 焊后热处理的加热范围，以焊口中心为基准，每侧不应小于焊缝宽度的三倍，且不小于 25mm。加热区以外部分应采取措施，防止产生有害温度梯度。

4.5.7 测温宜采用热电偶，测温点不应少于两个。

4.5.8 恒温时，加热区内温差不应大于 50℃。

4.5.9 有焊后热处理要求的管道，焊后表面酸洗钝化处理应在热处理之后进行。

附录 A 常用数据表

表 A.0.1 常用奥氏体钢管化学成分和常温力学性能

材料类别	钢 号	国别	化 学 成 分 (%)												力 学 性 能			标 准 号
			C	Mn	Si	S	P	Cr	Ni	Mo	Ti	Nb+Ta	N	其它	σ_s (MPa)	σ_b (MPa)	δ_5 (%)	
00-18Cr-8Ni	00Cr19Ni10	中	≤0.030	≤2.00	≤1.00	≤0.030	≤0.035	18.00~20.00	8.00~12.00						≥175	≥480	≥35	GB/T 14976-94
	TP304L	美	≤0.0358	≤2.00	≤0.75	≤0.030	≤0.040	18.0~20.0	8.00~11.0						≥170	≥485	≥35	ASME SA-312-95
	TP304LN	美	≤0.0358	≤2.00	≤0.75	≤0.030	≤0.040	18.0~20.0	8.00~11.0			0.10~0.16			≥205	≥515	≥35	ASME SA-312-95
	SUS304L TP	日	≤0.030	≤2.00	≤1.00	≤0.030	≤0.040	18.0~20.0	9.0~13.0						≥175	≥480	≥35	JIS G3459-94
0-18Cr-8Ni	TP304	美	≤0.08	≤2.00	≤0.75	≤0.030	≤0.040	18.0~20.0	8.00~11.0						≥205	≥515	≥35	ASME SA-312-95
	0Cr18Ni9	中	≤0.07	≤2.00	≤1.00	≤0.030	≤0.035	17.00~19.00	8.00~11.00						≥205	≥520	≥35	GB/T 14976-94
	TP304N	美	≤0.08	≤2.00	≤0.75	≤0.030	≤0.040	18.0~20.0	8.00~11.0			0.10~0.16			≥240	≥550	≥35	ASME SA-312-95
	SUS304 TP	日	≤0.08	≤2.00	≤1.00	≤0.030	≤0.040	18.0~20.0	8.0~11.0						≥205	≥520	≥35	JIS G3459-94
1-18Cr-8Ni	TP304H	美	0.04~0.10	≤2.00	≤0.75	≤0.030	≤0.040	18.0~20.0	8.00~11.0						≥205	≥515	≥35	ASME SA-312-95
	SUS304H TP	日	0.04~0.10	≤2.00	≤0.75	≤0.030	≤0.040	18.0~20.0	8.0~11.0						≥205	≥520	≥35	JIS G3459-94
18Cr-10Ni-Ti	0Cr18Ni10Ti	中	≤0.08	≤2.00	≤1.00	≤0.030	≤0.035	17.00~19.00	9.00~12.0		≥5×C %				≥205	≥520	≥35	GB/T 14976-94
	1Cr18Ni9Ti	中	≤0.12	≤2.00	≤1.00	≤0.030	≤0.035	17.0~19.0	8.00~11.0		5(C %-0.02)~0.80				≥205	≥520	≥35	GB/T 14976-94
	TP321	美	≤0.08	≤2.00	≤0.75	≤0.030	≤0.040	17.0~20.0	9.00~13.0		5×C %~0.60				≥205	≥515	≥35	ASME SA-312-95
	TP321H	美	0.04~0.10	≤2.00	≤0.75	≤0.030	≤0.040	17.0~20.0	9.00~13.0		4×C %~0.60				≥205	≥515	≥35	ASME SA-312-95
	SUS321 TP	日	≤0.08	≤2.00	≤1.00	≤0.030	≤0.040	17.0~19.0	9.0~13.0		≥5×C %				≥205	≥520	≥35	JIS G3459-94
	SUS321H TP	日	0.04~0.10	≤2.00	≤0.75	≤0.030	≤0.030	17.0~20.0	9.0~13.0		4×C %~0.60				≥205	≥520	≥35	JIS G3459-94
18Cr-10Ni-Cb	0Cr18Ni11Nb	中	≤0.08	≤2.00	≤1.00	≤0.030	≤0.035	17.0~19.0	9.00~13.00			Nb≥10×C %			≥205	≥520	≥35	GB/T 14976-94
	TP347	美	≤0.08	≤2.00	≤0.75	≤0.030	≤0.040	17.0~20.0	9.00~13.0			10×C %~1.00			≥205	≥515	≥35	ASME SA-312-95
	TP347H	美	0.04~0.10	≤2.00	≤0.75	≤0.030	≤0.040	17.0~20.0	9.00~13.0			8×C %~1.00			≥205	≥515	≥35	ASME SA-312-95
	TP348	美	≤0.08	≤2.00	≤0.75	≤0.030	≤0.040	17.0~20.0	9.00~13.0			10×C %~1.00			≥205	≥515	≥35	ASME SA-312-95
	TP348H	美	0.04~0.10	≤2.00	≤0.75	≤0.030	≤0.040	17.0~20.0	9.00~13.0			8×C %~1.00			≥205	≥515	≥35	ASME SA-312-95
	SUS347 TP	日	≤0.08	≤2.00	≤1.00	≤0.030	≤0.040	17.0~19.0	9.0~13.0			≥10×C %			≥205	≥520	≥35	JIS G3459-94
	SUS347H TP	日	0.04~0.10	≤2.00	≤1.00	≤0.030	≤0.030	17.0~20.0	9.0~13.0			8×C %~1.00			≥205	≥520	≥35	JIS G3459-94
00-16Cr-12Ni-2Mo	00Cr17Ni14Mo2	中	≤0.03	≤2.00	≤1.00	≤0.030	≤0.035	16.00~18.00	12.00~15.00	2.00~3.00					≥175	≥480	≥35	GB/T 14976-94
	TP316L	美	≤0.035	≤2.00	≤0.75	≤0.030	≤0.040	16.0~18.0	10.0~15.0	2.00~3.00					≥170	≥485	≥35	ASME SA-312-95
	TP316LN	美	≤0.035	≤2.00	≤0.75	≤0.030	≤0.040	16.0~18.0	11.0~14.00	2.00~3.00			0.10~0.16		≥205	≥515	≥35	ASME SA-312-95
	SUS 316L TP	日	≤0.03	≤2.00	≤1.00	≤0.030	≤0.040	16.0~18.0	12.0~16.0	2.00~3.00					≥175	≥480	≥35	JIS G3459-94
16Cr-12Ni-2Mo	0Cr18Ni12Mo2Ti	中	≤0.08	≤2.00	≤1.00	≤0.030	≤0.035	16.00~19.00	11.00~14.00	1.80~2.50	5×C %~0.70				≥205	≥530	≥35	GB/T 14976-94
	1Cr18Ni12Mo2Ti	中	≤0.12	≤2.00	≤1.00	≤0.030	≤0.035	16.00~19.00	11.0~14.00	1.80~2.50	5×(C %-0.02)~0.08				≥205	≥530	≥35	GB/T 14976-94
	0Cr17Ni12Mo2	中	≤0.08	≤2.00	≤1.00	≤0.030	≤0.035	16.00~18.50	10.00~14.00	2.00~3.00					≥205	≥520	≥55	GB/T 14976-94

续表 A. 0. 1

材料类别	钢 号	国别	化 学 成 分 (%)											力 学 性 能			标 准 号	
			C	Mn	Si	S	P	Cr	Ni	Mo	Ti	Nb+Ta	N	其它	σ_s (MPa)	σ_b (MPa)		δ_5 (%)
16Cr-12Ni-2Mo	TP316	美	0.04~0.10	≤2.00	≤0.75	≤0.030	≤0.040	14.0~16.0	8.00~11.0	2.00~3.00					≥205	≥515	≥35	ASME SA312-95
	TP316H	美		≤2.00	≤0.75	≤0.030	≤0.040	16.0~18.0	8.00~11.0	2.00~3.00					≥205	≥515	≥35	ASME SA312-95
	TP316N	美	≤0.08	≤2.00	≤0.75	≤0.030	≤0.040	16.0~18.0	11.0~14.0	2.00~3.00			0.10~0.16		≥240	≥550	≥35	ASME SA312-95
	SUS 316 TP	日	≤0.08	≤2.00	≤1.00	≤0.030	≤0.040	16.0~18.0	10.0~14.0	2.00~3.00					≥205	≥520	≥35	JIS G3459-94
	SUS 316H TP	日	0.04~0.10	≤2.00	≤0.75	≤0.030	≤0.030	16.0~18.0	11.0~14.0	2.00~3.00					≥205	≥520	≥35	JIS G3459-94
00-18Cr-13Ni-3Mo	00Cr19Ni13Mo3	中	≤0.030	≤2.00	≤1.00	≤0.030	≤0.035	18.00~20.00	11.00~15.00	3.00~4.00					≥175	≥480	≥35	GB/T 14976-94
	TP317L	美	≤0.035	≤2.00	≤0.75	≤0.030	≤0.040	18.0~20.0	9.00~13.0	3.00~4.00					≥205	≥515	≥35	ASME SA312-95
	SUS 317LTP	日	≤0.030	≤2.00	≤1.00	≤0.030	≤0.040	18.00~20.00	4.00~15.0	3.00~4.00					≥175	≥480	≥35	JIS G3459-94
18Cr-13Ni-3Mo	0Cr19Ni13Mo3	中	≤0.08	≤2.00	≤1.00	≤0.030	≤0.035	18.00~20.00	11.00~15.00	3.00~4.00					≥205	≥520	≥35	GB/T 14976-94
	0Cr18Ni12Mo3Ti	中	≤0.08	≤2.00	≤1.00	≤0.030	≤0.035	16.00~19.00	11.00~14.00	2.50~3.50	5×C%~0.70				≥205	≥530	≥35	GB/T 14976-94
	1Cr18Ni12Mo3Ti	中	≤0.12	≤2.00	≤1.00	≤0.030	≤0.035	16.00~19.00	11.00~14.00	2.50~3.50	5×(C%-0.02)~0.80				≥205	≥539	≥35	GB/T 14976-94
	TP317	美	≤0.08	≤2.00	≤0.75	≤0.030	≤0.040	18.0~20.0	11.00~15.00	3.00~4.00					≥205	≥515	≥35	ASME SA312-95
	SUS 317TP	日	≤0.030	≤2.00	≤1.00	≤0.030	≤0.040	18.0~20.0	11.00~15.00	3.00~4.00					≥205	≥520	≥35	JIS G3459-94
23Cr-12Ni	0Cr23Ni13	中	≤0.08	≤2.00	≤1.00	≤0.030	≤0.035	22.00~24.00	12.00~15.00						≥205	≥520	≥35	GB/T 14976-94
	TP309S	美	≤0.08	≤2.00	≤0.75	≤0.030	≤0.045	22.00~24.00	8.0~11.0	≤0.75					≥205	≥515	≥35	ASME SA312-95
	TP309Cb	美	0.08~0.12	≤2.00	≤0.75	≤0.030	≤0.045	22.00~24.00	8.0~11.0	≤0.75		10×C%~1.10			≥205	≥515	≥35	ASME SA312-95
	TP309H	美	0.04~0.10	≤2.00	≤0.75	≤0.030	≤0.045	22.00~24.00	8.0~11.0	≤0.75					≥205	≥515	≥35	ASME SA312-95
	TP309HCb	美	0.04~0.10	≤2.00	≤0.75	≤0.030	≤0.040	22.0~24.0	12.0~15.0	≤0.75		10×C%~1.10			≥205	≥515	≥35	ASME SA312-95
	SUS 309TP	日	≤0.15	≤2.00	≤1.00	≤0.030	≤0.040	22.0~24.0	12.0~15.0						≥205	≥520	≥35	JIS G3459-94
	SUS 309S TP	日	≤0.08	≤2.00	≤1.00	≤0.030	≤0.040	22.0~24.0	12.0~15.0						≥205	≥520	≥35	JIS G3459-94
25Cr-20Ni	0Cr25Ni20	中	≤0.08	≤2.00	≤1.00	≤0.030	≤0.035	24.00~26.00	19.00~22.00						≥205	≥520	≥35	GB/T 14976-94
	TP310S	美	≤0.08	≤2.00	≤0.75	≤0.030	≤0.045	24.00~26.00	8.00~11.0	≤0.75					≥205	≥515	≥35	ASME SA312-95
	TP310Cb	美	≤0.08	≤2.00	≤0.75	≤0.030	≤0.045	24.00~26.00	8.00~11.0	≤0.75		10×C%~1.10			≥205	≥515	≥35	ASME SA312-95
	TP310H	美	0.04~0.10	≤2.00	≤0.75	≤0.030	≤0.040	24.00~26.00	8.00~11.0						≥205	≥515	≥35	ASME SA312-95
	TP310HCb	美	0.04~0.10	≤2.00	≤0.75	≤0.030	≤0.045	24.00~26.00	8.00~11.0	≤0.75		10×C%~1.10			≥205	≥515	≥35	ASME SA312-95
	SUS 310 TP	日	≤0.15	≤2.00	≤1.50	≤0.030	≤0.040	24.0~26.0	19.0~22.0						≥205	≥520	≥35	JIS G3459-94
	SUS 310S TP	日	≤0.08	≤2.00	≤1.50	≤0.030	≤0.040	24.0~26.0	19.0~22.0						≥205	≥520	≥35	JIS G3459-94
HK30	HK30	美	0.25~0.35	≤1.50	1.50~2.00	≤0.040	≤0.040	23.0~27.0	19.0~22.0	≤0.50								ASTM A608-90
	ZG30Cr25Ni20	中	0.25~0.35	≤1.50	1.50~2.00	≤0.04	≤0.04	23~27	19~22	≤0.50					>245	>440	>8	HG/T2601-94
	SCH21-CF	日	0.25~0.35	≤1.50	≤1.75	≤0.040	≤0.040	23.0~27.0	19.0~22.0						≥235	≥440	≥8	JIS G5122
HK40	ZG40Cr25Ni20	中	0.35~0.45	<1.50	0.50~2.00	<0.04	<0.04	23~27	19~22	<0.50					>245	>450	>10	HG/T2601-94
	ZG40Cr25Ni20Si2	中	0.35~0.45	<2.0	1.40~2.00	<0.04	<0.04	23~27	18~22	<0.50					>245	>450	>8	HG/T2601-94
	HK40	美	0.35~0.45	≤1.50	0.50~2.00	≤0.040	≤0.040	23.0~27.0	19.0~22.0	≤0.50								ASTM A608-90
HP40	SCH22-CF	日	0.35~0.45	≤1.50	≤1.75	≤0.040	≤0.030	23.0~26.0	20.0~23.0						≥235	≥440	≥8	JIS G5122
	ZG45Ni35Cr25	中	0.40~0.50	<2.00	<2.00	<0.04	<0.04	24~28	33~37						>235	>440	>5	HG/T2601-94
	ZG40Ni35Cr25Nb	中	0.35~0.45	<2.00	<2.00	<0.03	<0.03	24~27	32~37			Nb0.6~1.5			>245	>440	>8	HG/T2601-94
	ZG40Ni35Cr25NbW	中	0.35~0.45	<2.00	<2.00	<0.03	<0.03	24~27	32~37			Nb1.0~2.0		W1.0~2.0	>220	>450	>8	HG/T2601-94
	HP40	美	0.37~0.45	≤1.25	≤2.00	≤0.030	≤0.030	23.5~26.5	34.0~37.0						≥242	≥448	≥8	ASTM A608-76
	NCF24-CF	日	0.35~0.45	≤2.00	≤2.00	≤0.040	≤0.040	24.0~28.0	33.0~37.0						≥235	≥441	≥5	JIS G5122

表 A.0.2 常用铁镍合金、镍合金管化学成分和常温力学性能

材 料 类 别	材 料 编 号	国 别	化 学 成 分 (%)																	力 学 性 能				标 准 号
			C	Mn	Si	S	P	Cr	Ni	Fe	Mo	Cu	Ti	Nb+Ta	Co	Al	W	V	其它	供货状态	σ_s (MPa)	σ_b (MPa)	δ_5 (%)	
镍 合 金	Nickel 200	UNS N02200 (Nickel 200)	美	≤0.15	≤0.35	≤0.35	≤0.01		≥99.0	≤0.40		≤0.25								退火 Φ≤127mm	≥105	≥380	≥35	ASTM B161-87
																				Φ>127mm	≥80	≥380	≥40	
																				消除应力处理	≥275	≥450	≥15	
		NNCT	日	≤0.15	≤0.35	≤0.35	≤0.01		≥99.0	≤0.40		≤0.25								退火	≥105	≥380	≥40	JIS H4552-91
	Nickel 201	UNS N02201 (Nickel 201)	美	≤0.02	≤0.35	≤0.35	≤0.01		≥99.0	≤0.40		≤0.25								退火 Φ≤127mm	≥80	≥345	≥35	ASTM B161-87
																				Φ>127mm	≥70	≥345	≥40	
																				消除应力处理	≥205	≥415	≥15	
		NLCT	日	≤0.02	≤0.35	≤0.35	≤0.01		≥99.0	≤0.40		≤0.25								退火	≥85	≥345	≥40	JIS H4552-91
	Monel 400	UNS N04400 (Monel 400)	美	≤0.3	≤2.0	≤0.5	≤0.024		≥63.0	≤2.5		28.0~ 34.0								退火 Φ≤127mm	≥195	≥480	≥35	ASTM B165-87
																				Φ>127mm	≥170	≥480	≥35	
																				消除应力处理	≥380	≥585	≥15	
		NCuT	日	≤0.30	≤2.00	≤0.50	≤0.024		≥63.0	≤2.5		28.0~ 34.0								退火	≥195	≥485	≥35	JIS H4552-91
镍 合 金	Inconel 600	UNS N06600 (Inconel 600)	美	≤0.15	≤1.0	≤0.5	≤0.015		14.0~ 17.0	≥72.0	6.0~ 10.0	≤0.5								热退 Φ≤127mm	≥205	≥550	≥35	ASTM B167-90
																				Φ>127mm	≥170	≥515	≥35	
																				冷退 Φ≤127mm	≥240	≥550	≥30	
																				Φ>127mm	≥205	≥550	≥35	
	Inconel 625	UNS N06625 (Inconel 625)	美	≤0.10	≤0.50	≤0.50	≤0.015	≤0.015	20.0~ 23.0	≥58.0	≤5.0	8.0~ 10.0	≤0.40	3.15~ 4.15	≤1.0	≤0.40				热退	≥414	≥827	≥30	ASTM B444-90
																				固溶退火	≥276	≥690	≥30	
		NCF 625TP	日	≤0.10	≤0.50	≤0.50	≤0.015	≤0.015	20.0~ 23.0	≥58.0	≤5.0	8.0~ 10.0	≤0.40	3.15~ 4.15	≤1.0	≤0.40				热退	≥410	≥820	≥30	JIS G4903-91
																				冷退	≥278	≥690	≥30	
镍 合 金	Hastelloy B	UNS N10001	美	≤0.05	≤1.00	≤1.00	≤0.03	≤0.04	≤1.00	R	4.0~ 6.0	26.0~ 30.0			≤2.5			0.2~ 0.4			≥310	≥690	≥40	ASTM B619-91
	Hastelloy B2	UNS N10665	美	≤0.02	≤1.0	≤0.10	≤0.03	≤0.04	≤1.0	R	≤2.0	26.0~ 30.0			≤1.0						≥352	≥760	≥40	ASTM B619-91
	Hastelloy C4	UNS N06455	美	≤0.15	≤1.0	≤0.08	≤0.03	≤0.04	14.0~ 18.0	R	≤3.0	14.0~ 17.0	≤0.70		≤2.0						≥276	≥690	≥40	ASTM B619-91
	Hastelloy C276	UNS N10276	美	≤0.010	≤1.0	≤0.08	≤0.03	≤0.04	14.5~ 16.5	R	4.0~ 7.0	15.0~ 17.0			≤2.5		3.0~ 4.5	≤0.35			≥283	≥690	≥40	ASTM B619-91
		NMCrT	日	≤0.010	≤1.0	≤0.08	≤0.03	≤0.04	14.5~ 16.5	R	4.0~ 7.0	15.0~ 17.0			≤2.5		3.0~ 4.5	≤0.35		固溶	≥283	≥690	≥40	JIS H4552-91

续表 A. 0. 2

材 料 类 别	材 料 编 号	国 别	化 学 成 分 (%)																力 学 性 能				标 准 号
			C	Mn	Si	S	P	Cr	Ni	Fe	Mo	Cu	Ti	Nb+Ta	Co	Al	W	其它	供货状态	σ_s (MPa)	σ_b (MPa)	δ_5 (%)	
铁	ZG14Ni32Cr 20Nb	中	0.10~0.18	<1.50	<1.25	<0.03	<0.03	19~23	33~35		≤0.50			1.00~1.8						>185	>450	>25	HG/T 2601-94
	UNS N08800 (Incoloy 800)	美	≤0.10	≤1.5	≤1.0	≤0.015		19.0~23.0	30.0~35.0	≤39.5		≤0.75	0.15~0.60			0.15~0.60			冷作退火 热作退火	≥205 ≥170	≥520 ≥450	≥30 ≥30	ASTM B407-88
	UNS N08810 (Incoloy 800H)	美	0.05~0.10	≤1.5	≤1.0	≤0.015		19.0~23.0	30.0~35.0	≤39.5		≤0.75	0.15~0.60			0.15~0.60				≥170	≤450	≥30	ASTM B407-88
	UNS N08811 (Incoloy 800HT)	美	0.06~0.10	≤1.5	≤1.0	≤0.015		19.0~23.0	30.0~35.0	≤39.5		≤0.75	0.15~0.60			0.15~0.60	Al+Ti 0.85~1.20		≥170	≤450	≥30	ASTM B407-88	
	NCF 800HTP	日	0.05~0.10	≤1.50	≤1.00	≤0.015	≤0.030	19.0~23.0	30.0~35.0	R		≤0.75	0.15~0.60			0.15~0.60		固溶	≥175	≥450	≥30	JIS G4903-91	
	NCF 800TP	日	≤0.10	≤1.50	≤1.00	≤0.015	≤0.030	19.0~23.0	30.0~35.0	R		≤0.75	0.15~0.60			0.15~0.60		热作退火 冷作退火	≥175 ≥205	≥450 ≥520	≥30 ≥30	JIS G4903-91	
镍	UNS N08825 (Incoloy 825)	美	≤0.05	≤1.0	≤0.5	≤0.03		19.5~23.5	38.0~46.0	≥22.0	2.5~3.5	1.5~3.0	0.6~1.2			≤0.2			热作退火 冷作退火	≥172 ≥241	≥517 ≥586	≥30 ≥30	ASTM B423-90
	NCF 825TP	日	≤0.05	≤1.00	≤0.50	≤0.015	≤0.030	19.5~23.5	38.0~46.0	R	2.50~3.50	1.50~3.00	0.60~1.20			≤0.20			热作退火 冷作退火	≥175 ≥235	≥520 ≥580	≥30 ≥30	JIS G4903-91
合	Carpenter 20Cb-3	美	≤0.07	≤2.00	≤1.00	≤0.035	≤0.045	19.0~21.0	33.0~38.0	R	2.00~3.00	3.00~4.00		8×C%~1.00					≥241	≥551	≥30	ASTM B464-89	
	HT30 (Cr17Ni35)	美	0.25~0.35	≤2.00	≤2.50	≤0.040	≤0.040	13.0~17.0	33.0~37.0	R	≤0.50								≥195	≥450	≥15	ASTM A351-95	
	NCF 16-CF	日	0.20~0.35	≤2.00	≤2.50	≤0.040	≤0.040	13.0~17.0	33.0~37.0	R									≥196	≥441	≥13	JIS G5122	
金	ZG50Ni35Cr17	中	0.40~0.60	<1.50	0.5~2	<0.04	<0.04	15.0~19.0	33~37		<0.50									>440	>4		HG/T 2601-94
	Hastelloy G	美	≤0.05	1.0~2.0	≤1.0	≤0.03	≤0.04	21.0~23.5	R	18.0~21.0	5.5~7.5	1.50~2.50		1.75~2.50	≤2.50		≤1.0		≥241	≥621	≥35	ASTM B619-91	
	Hastelloy G2	美	≤0.03	≤1.0	≤1.0	≤0.03	≤0.03	23.0~26.0	47.0~52.0	R	5.0~7.0	0.7~1.20	0.7~1.5						≥221	≥586	≥40	ASTM B619-91	
	UNS N06002	美	0.05~0.15	≤1.0	≤1.0	≤0.03	≤0.04	20.5~23.0	R	17.0~20.0	8.0~10.0	1.0~2.4		0.30~1.50	0.5~2.5		0.20~1.0		≥276	≥690	≥35	ASTM B619-91	
	NCrMFT	日	0.05~0.15	≤1.0	≤1.0	≤0.03	≤0.04	20.5~23.0	R	17.0~20.0	8.0~10.0				0.5~2.5		0.20~1.0		≥280	≥690	≥35	JIS H4552-91	

表 A. 0. 3 常用铬镍奥氏体钢焊条熔敷金属化学成分和力学性能

材 料 类 别	焊 条 型 号、牌 号	国 别	化 学 成 分 (%)										力 学 性 能		标 准 号
			C	Mn	Si	S	P	Cr	Ni	Mo	Nb+Ta	Cu	σ_s (MPa)	δ_5 (%)	
00-18Cr-8Ni	E308L A002	中	≤0.04	0.5~2.5	≤0.90	≤0.030	≤0.040	18.0~21.0	9.0~11.0	≤0.75		≤0.75	≥520	≥35	GB 983-1995
	E308L	美	≤0.04	0.5~2.5	≤0.90	≤0.03	≤0.04	18.0~21.0	9.0~11.0	≤0.75		≤0.75	≥520	≥35	SFA-5.4-95
0-18Cr-8Ni	E308, A102, A107	中	≤0.08	0.5~2.5	≤0.90	≤0.030	≤0.040	18.0~21.0	9.0~11.0	≤0.75		≤0.75	≥550	≥35	GB 983-1995
	E308	美	≤0.08	0.5~2.5	≤0.90	≤0.03	≤0.04	18.0~21.0	9.0~11.0	≤0.75		≤0.75	≥550	≥35	SFA-5.4-95
1-18Cr-8Ni	E308H	中	0.04~0.08	0.5~2.5	≤0.90	≤0.030	≤0.040	18.0~21.0	9.0~11.0	≤0.75		≤0.75	≥550	≥35	GB 983-1995
	E308H	美	≤0.08	0.5~2.5	≤0.90	≤0.03	≤0.04	18.0~21.0	9.0~11.0	≤0.75		≤0.75	≥550	≥35	SFA-5.4-95
18Cr-10Ni-Ti 18Cr-10Ni-Cb	E347, A132, A137	中	≤0.08	0.5~2.5	≤0.90	≤0.030	≤0.040	18.0~21.0	9.0~11.0	≤0.75	8×C %~1.0	≤0.75	≥520	≥25	GB 983-1995
	E347	美	≤0.08	0.5~2.5	≤0.30	≤0.03	≤0.04	18.0~21.0	9.0~11.0	≤0.75	8×C %~1.0	≤0.75	≥520	≥30	SFA-5.4-95
00-16Cr-12Ni-2Mo	E316L A022	中	≤0.04	0.5~2.5	≤0.90	≤0.030	≤0.040	17.0~20.0	11.0~14.0	2.0~3.0		≤0.75	≥490	≥30	GB 983-1995
	E316L	美	≤0.04	0.5~2.5	≤0.90	≤0.03	≤0.04	17.0~20.0	11.0~14.0	2.0~3.0		≤0.75	≥490	≥30	SFA-5.4-95
16Cr-12Ni-2Mo	E316, A202, A207	中	≤0.08	0.5~2.5	≤0.90	≤0.030	≤0.040	17.0~20.0	11.0~14.0	2.0~3.0		≤0.75	≥520	≥30	GB 983-1995
	E316	美	≤0.08	0.5~2.5	≤0.90	≤0.03	≤0.04	17.0~20.0	11.0~14.0	2.0~3.0		≤0.75	≥520	≥30	SFA-5.4-95
00-18Cr-13Ni-3Mo	E317L	中	≤0.04	0.5~2.5	≤0.90	≤0.030	≤0.040	18.0~21.0	12.0~14.0	3.0~4.0		≤0.75	≥520	≥25	GB 983-1995
	E317L	美	≤0.04	0.5~2.5	≤0.90	≤0.03	≤0.04	18.0~21.0	12.0~14.0	3.0~4.0		≤0.75	≥520	≥30	SFA-5.4-95
18Cr-13Ni-3Mo	E317 A242	中	≤0.08	0.5~2.5	≤0.90	≤0.030	≤0.040	18.0~21.0	12.0~14.0	3.0~4.0		≤0.75	≥550	≥25	GB 983-1995
	E317	美	≤0.08	0.5~2.5	≤0.90	≤0.03	≤0.04	18.0~21.0	12.0~14.0	3.0~4.0		≤0.75	≥550	≥30	SFA-5.4-95
23Cr-12Ni	E309, A302, A307	中	≤0.15	0.5~2.5	≤0.90	≤0.030	≤0.040	22.0~25.0	12.0~14.0	≤0.75		≤0.75	≥550	≥25	GB 983-1995
	E309	美	≤0.15	0.5~2.5	≤0.90	≤0.03	≤0.04	22.0~25.0	12.0~14.0	≤0.75		≤0.75	≥550	≥30	SFA-5.4-95
25Cr-20Ni	E310, A402, A407	中	0.08~0.20	1.0~2.5	≤0.75	≤0.030	≤0.030	25.0~28.0	20.0~22.5	≤0.75		≤0.75	≥550	≥25	GB 983-1995
	E310	美	0.08~0.20	1.0~2.5	≤0.75	≤0.03	≤0.03	25.0~28.0	20.0~22.5	≤0.75		≤0.75	≥550	≥30	SFA-5.4-95
HK 40 (HK30)	E310H	中	0.35~0.45	1.0~2.5	≤0.75	≤0.030	≤0.030	25.0~28.0	20.0~22.5	≤0.75		≤0.75	≥620	≥10	GB 983-1995
	E310H	美	0.35~0.45	1.0~2.5	≤0.75	≤0.03	≤0.03	25.0~28.0	20.0~22.5	≤0.75		≤0.75	≥620	≥10	SFA-5.4-95
HP 40	S-P1	中	0.35~0.45	≤1.5	≤1.75	≤0.03	≤0.03	24.0~28.0	33.0~37.0						上海材料研究所
	S-P3	美	0.35~0.45	≤1.5	≤1.5	≤0.03	≤0.03	24.0~28.0	32.0~35.0	W1~1.5	1~1.5				上海材料研究所

表 A. 0. 4 常用铬镍奥氏体钢焊丝化学成分

材 料 类 别	焊 牌 丝 号	国 别	化 学 成 分 (%)											标 准 号	
			C	Mn	Si	S	P	Cr	Ni	Mo	Ti	Nb+Ta	Cu		W
00-18Cr-8Ni	H00Cr21Ni10	中	≤0.03	1.0~2.5	≤0.60	≤0.020	≤0.030	19.5~22.0	9.00~11.0						GB4242-84
	ER308L	美	≤0.03	1.0~2.5	0.30~0.65	≤0.03	≤0.034	19.5~22.0	9.0~11.0	≤0.75			≤0.75		SFA-5.9-95
	E308LT-2	美	≤0.03	0.5~2.5	≤1.0	≤0.03	≤0.04	18.0~21.0	9.0~11.0	≤0.5			≤0.5		SFA-5.22-95
0-18Cr-8Ni	H0Cr21Ni10	中	≤0.06	1.0~2.5	≤0.60	≤0.020	≤0.030	19.5~22.0	9.0~11.0						GB4242-84
	ER308	美	≤0.08	1.0~2.5	0.30~0.65	≤0.03	≤0.03	19.5~22.0	9.0~11.0	≤0.75			≤0.75		SFA-5.9-95
	E308T-2	美	≤0.08	0.5~2.5	≤1.0	≤0.03	≤0.04	18.0~21.0	9.0~11.0	≤0.5			≤0.5		SFA-5.22-95
1-18Cr-8Ni	ER308H	美	0.04~0.08	1.0~2.5	0.30~0.65	≤0.03	≤0.03	19.5~22.0	9.0~11.0	≤0.50			≤0.75		SFA-5.9-95
18Cr-10Ni-Ti 18Cr-10Ni-Cb	H0Cr20Ni10Ti	中	≤0.06	1.0~2.5	≤0.60	≤0.020	≤0.03	18.5~20.5	9.00~10.5		0.50~0.80	9×C%~1.00			GB4242-84
	H0Cr20Ni10Nb	中	≤0.08	1.0~2.5	≤0.60	≤0.020	≤0.030	19.0~21.5	9.00~11.0			10×C%~1.00			GB4242-84
	ER321	美	≤0.08	1.0~2.5	0.30~0.65	≤0.03	≤0.03	18.5~20.5	9.00~10.5	≤0.75	9×C%~1.0		≤0.75		SFA-5.9-95
	ER347	美	≤0.08	1.0~2.5	0.30~0.65	≤0.03	≤0.04	19.0~21.5	9.0~11.0	≤0.75		8×C%~1.0	≤0.75		SFA-5.9-95
	E347T-2	美	≤0.08	0.5~2.5	≤1.0	≤0.03	≤0.04	18.0~21.0	9.0~11.0	≤0.5		8×C%~1.0	≤0.5		SFA-5.22-95
00-16Cr-12Ni-2Mo	H00Cr19Ni12Mo2	中	≤0.03	1.0~2.5	≤0.60	≤0.020	≤0.030	18.0~20.0	11.0~14.0	2.0~3.0					GB4242-84
	ER316L	美	≤0.03	1.0~2.5	0.30~0.65	≤0.03	≤0.030	18.0~20.0	11.0~14.0	2.0~3.0			≤0.75		SFA-5.9-95
	E316LT-2	美	≤0.03	0.5~2.5	≤1.0	≤0.03	≤0.04	17.0~20.0	11.0~14.0	2.0~3.0			≤0.5		SFA-5.22-95
16Cr-12Ni-2Mo	H0Cr19Ni12Mo2	中	≤0.06	1.0~2.5	≤0.60	≤0.020	≤0.030	18.0~20.0	11.0~14.0	2.0~3.0			≤0.5		GB4242-84
	ER316	美	≤0.08	1.0~2.5	0.30~0.65	≤0.03	≤0.03	18.0~20.0	11.0~14.0	2.0~3.0			≤0.75		SFA-5.9-95
	E316T-2	美	≤0.08	0.5~2.5	≤1.0	≤0.03	≤0.04	17.0~20.0	11.0~14.0	2.0~3.0			≤0.5		SFA-5.22-95
00-18Cr-13Ni-3Mo	ER317L	美	≤0.03	1.0~2.5	0.30~0.65	≤0.03	≤0.03	18.5~20.5	13.0~15.0	3.0~4.0			≤0.75		SFA-5.9-95
	E317LT-2	美	≤0.03	0.5~2.5	≤1.0	≤0.03	≤0.04	18.0~21.0	12.0~14.0	3.0~4.0			≤0.5		SFA-5.22-95
18Cr-13Ni-3Mo	H0Cr20Ni14Mo3	中	≤0.06	1.0~2.5	≤0.60	≤0.020	≤0.030	18.5~20.5	13.0~15.0	3.0~4.0					GB4242-84
	ER317	美	≤0.08	1.0~2.5	0.30~0.65	≤0.03	≤0.03	18.5~20.5	13.0~15.0	3.0~4.0			≤0.75		SFA-5.9-95
23Cr-12Ni	H1Cr24Ni13	中	≤0.12	1.0~2.5	≤0.60	≤0.020	≤0.030	23.0~25.0	12.0~14.0						GB4242-84
	ER309	美	≤0.12	1.0~2.5	0.30~0.65	≤0.03	≤0.03	23.0~25.0	12.0~14.0	≤0.75			≤0.75		SFA-5.9-95
	E309T-2	美	≤0.10	0.5~2.5	≤1.0	≤0.03	≤0.04	22.0~25.0	12.0~14.0	≤0.5			≤0.5		SFA-5.22-95
25Cr-20Ni	H0Cr26Ni21	中	≤0.08	1.0~2.5	≤0.60	≤0.020	≤0.030	25.0~28.0	20.0~22.5						GB4242-84
	H1Cr26Ni21	中	≤0.15	1.0~2.5	0.2~0.59	≤0.020	≤0.030	25.0~28.0	20.0~22.5						GB4242-84
	ER310	美	0.08~0.15	1.0~2.5	0.30~0.65	≤0.03	≤0.03	25.0~28.0	20.0~22.5	≤0.75			≤0.75		SFA-5.9-95
	E 310T-2	美	≤0.20	1.0~2.5	≤1.0	≤0.03	≤0.03	25.0~28.0	20.0~22.5	≤0.5			≤0.5		SFA-5.22-95
HK 40 (HK 30)	R-K2	中	0.35~0.45	1.0~2.50	≤0.75	≤0.030	≤0.03	23.0~26.0	20.0~23.0						上海材料研究所
	R-K3	中	0.35~0.45	1.0~2.5	≤0.75	≤0.030	≤0.03	23.0~27.0	23.0~27.0						上海材料研究所
HP 40	R-P1	中	0.35~0.45	≤1.5	≤1.5	≤0.030	≤0.03	24.0~28.0	33.0~37.0						上海材料研究所
	R-P3	中	0.35~0.45	≤1.5	≤1.5	≤0.030	≤0.03	24.0~28.0	32.0~35.0			1~1.5		1~1.5	上海材料研究所

表 A.0.5 常用铁镍合金、镍合金焊条熔敷金属化学成分和力学性能

材 料 类 别	焊 牌 丝 号	国 别	化 学 成 分 (%)																力 学 性 能		标 准 号		
			C	Mn	Si	S	P	Cr	Ni	Fe	Mo	Cu	Ti	Nb+Ta	Co	Al	W	V	其它	σ_s (MPa)		δ_5 (%)	
镍	Nickel 200	ENi-1	中	≤0.10	≤0.75	≤1.25	≤0.02	≤0.03		≥92.0	≤0.75		≤0.25	1.0~4.0		≤1.0			≤0.50	≥410	≥20	GB/T 13814-92	
		ENi-1	美	≤0.10	≤0.75	≤1.25	≤0.02	≤0.03		≥92	≤0.75		≤0.25	1.0~4.0		≤1.0			≤0.50	≥410	≥20	SFA 5.11-95	
	Monel 400	ENiCu-7	中	≤0.15	≤4.0	≤1.5	≤0.015	≤0.02		62~69	≤2.5		R	≤1.0		≤0.75			≤0.50	≥480	≥30	GB/T 13814-92	
		ENiCu-7	美	≤0.15	≤4.0	≤1.5	≤0.015	≤0.02		62.0~69.0	≤2.5		R	≤1.0		≤0.75			≤0.50	≥480	≥30	SFA 5.11-95	
	Inconel 600	ENiCrFe-1	中	≤0.08	≤3.5	≤0.75	≤0.015	≤0.03	13.0~17.0	≥62	≤11.0		≤0.50		1.5~4.0				≤0.50	≥550	≥30	GB/T 13814-92	
		ENiCrFe-1	美	≤0.08	≤3.5	≤0.75	≤0.015	≤0.03	13.0~17.0	≥62.0	≤11.0		≤0.50		1.5~4.0				≤0.50	≥550	≥30	SFA 5.11-95	
	Inconel 625	ENiCrMo-3	中	≤0.10	≤1.0	≤0.75	≤0.02	≤0.03	20.0~23.0	≥55	≤7.0	8.0~10.0	≤0.50		3.15~4.15				≤0.50	≥760	≥30	GB/T 13814-92	
		ENiCrMo-3	美	≤0.10	≤1.0	≤0.75	≤0.02	≤0.03	20.0~23.0	≥55.0	≤7.0	8.0~10.0	≤0.50		3.15~4.15				≤0.50	≥760	≥30	SFA 5.11-95	
	Hastelloy B	ENiMo-1	中	≤0.07	≤1.0	≤1.0	≤0.03	≤0.04	≤1.0	R	4.0~7.0	26.0~30.0	≤0.50			≤2.5		≤1.0	≤0.60	≤0.50	≥690	≥25	GB/T 13814-92
		ENiMo-1	美	≤0.07	≤1.0	≤1.0	≤0.03	≤0.04	≤1.0	R	4.0~7.0	8.0~10.0	≤0.50			≤2.5		≤1.0	≤0.60	≤0.50	≥690	≥25	SFA 5.11-95
	Hastelloy B2	ENiMo-7	中	≤0.02	≤1.75	≤0.2	≤0.03	≤0.04	≤1.0	R	≤2.0	26.0~30.0	≤0.50			≤1.0		≤1.0		≤0.50	≥760	≥25	GB/T 13814-92
		ENiMo-7	美	≤0.02	≤1.75	≤0.2	≤0.03	≤0.04	≤1.0	R	≤2.0	26.0~30.0				≤1.0		≤1.0		≤0.50	≥760	≥25	SFA 5.11-95
合金	Hastelloy C4	ENiCrMo-7	中	≤0.015	≤1.5	≤0.2	≤0.03	≤0.04	14.0~18.0	R	≤3.0	14.0~17.0	≤0.50	≤0.70		≤2.0		≤0.5		≤0.50	≥690	≥25	GB/T 13814-92
		ENiCrMo-7	美	≤0.015	≤1.5	≤0.2	≤0.03	≤0.04	14.0~18.0	R	≤3.0	14.0~17.0	≤0.5	≤0.70		≤2.0		≤0.5		≤0.50	≥690	≥25	SFA 5.11-95
	Hastelloy C276	ENiCrMo-4	中	≤0.02	≤1.0	≤0.2	≤0.03	≤0.04	14.5~16.5	R	4.0~7.0	15.0~17.0	≤0.50			≤2.5		3.0~4.5	≤0.35	≤0.50	≥690	≥25	GB/T 13814-92
		ENiCrMo-4	美	≤0.02	≤1.0	≤0.2	≤0.03	≤0.04	14.5~16.5	R	4.0~7.0	15.0~17.0	≤0.50			≤2.5		3.0~4.5	≤0.35	≤0.50	≥690	≥25	SFA 5.11-95
		ENiCrFe-3	中	≤1.0	5.0~9.5	≤1.0	≤0.015	≤0.03	13.0~17.0	≥59	≤10.0		≤0.50	≤1.0	1.0~2.5					≤0.50	≥550	≥30	GB/T 13814-92
		ENiCrFe-3	美	≤0.10	5.0~9.5	≤1.0	≤0.015	≤0.03	13.0~17.0	≥59.0	≤10.0		≤0.50	≤1.0	1.0~2.5					≤0.50	≥550	≥30	SFA 5.11-95
	铁	Incoloy 800	ENiCrFe-2	中	≤0.10	1.0~3.5	≤0.75	≤0.02	≤0.03	13.0~17.0	≥62	≤12.0	0.5~2.5	≤0.50		0.5~3.0				≤0.50	≥550	≥30	GB/T 13814-92
			ENiCrFe-2	美	≤0.10	1.0~3.5	≤0.75	≤0.02	≤0.03	13.0~17.0	≥62.0	≤12.0	0.5~2.5	≤0.50		0.5~3.0				≤0.50	≥550	≥30	SFA 5.11-95
			ENiCrCoMo-1	美	0.05~0.15	0.3~2.5	≤0.75	≤0.015	≤0.03	21.0~26.0	R	≤5.0	8.0~10.0	≤0.50		≤1.0	9.0~15.0				≤0.50	≥620	≥25
镍	Carpenter 20Cb-3	E320	中	≤0.07	0.5~2.5	≤0.60	≤0.030	≤0.040	19.0~21.0	32.0~36.0	R	2.0~3.0	3.0~4.0		8×C%~1.0				≤0.50	≥550	≥30	GB 983-1995	
		E320	美	≤0.07	0.5~2.5	≤0.60	≤0.030	≤0.040	19.0~21.0	32.0~36.0	R	2.0~3.0	3.0~4.0		8×C%~1.0				≤0.50	≥550	≥30	SFA 5.4-95	
合金	HT30 (Cr17Ni35)	E330H	中	0.35~0.45	1.0~2.5	≤0.90	≤0.030	≤0.040	14.0~17.0	33.0~37.0	R	≤0.75	≤0.75						≤0.50	≥620	≥10	GB 983-1995	
		E330H	美	0.35~0.45	1.0~2.5	≤0.90	≤0.030	≤0.040	14.0~17.0	33.0~37.0	R	≤0.75	≤0.75						≤0.50	≥620	≥10	SFA 5.4-95	
	Hastelloy G	ENiCrMo-1	中	≤0.05	1.0~2.0	≤1.0	≤0.03	≤0.04	21.0~23.5	R	18.0~21.0	5.5~7.5	1.5~2.5		1.75~2.50	≤2.5		≤1.0		≤0.50	≥620	≥20	GB/T 13814-92
		ENiCrMo-1	美	≤0.05	1.0~2.0	≤1.0	≤0.03	≤0.04	21.0~23.5	R	18.0~21.0	5.5~7.5	1.5~2.5		1.75~2.50	≤2.5		≤1.0		≤0.50	≥620	≥20	SFA 5.11-95
镍	Hastelloy X	ENiCrMo-2	中	0.05~0.15	≤1.0	≤1.0	≤0.03	≤0.04	20.5~23.0	R	17.0~20.0	8.0~10.0	≤0.50			0.50~2.50		0.2~1.0		≤0.50	≥650	≥20	GB/T 13814-92
		ENiCrMo-2	美	0.05~0.15	≤1.0	≤1.0	≤0.03	≤0.04	20.5~23.0	R	17.0~20.0	8.0~10.0	≤0.50			0.50~2.50		0.2~1.0		≤0.50	≥650	≥20	SFA 5.11-95

表 A.0.6 常用铁镍合金、镍合金用焊丝化学成分和力学性能

材 料 类 别	焊 牌 号	国 别	化 学 成 分 (%)																	力 学 性 能		标 准 号	
			C	Mn	Si	S	P	Cr	Ni	Fe	Mo	Cu	Ti	Nb+Ta	Co	Al	W	V	其它	σ_b (MPa)	δ_5 (%)		
镍	Nickel 200	中	≤0.15	≤1.0	≤0.75	≤0.015	≤0.03		≥93.0	≤1.0		≤0.25	2.0~3.5			≤1.5			≤0.50	≥380		GB/T 15620-1995	
		美	≤0.15	≤1.0	≤0.75	≤0.015	≤0.03		≥93.0	≤1.0		≤0.25	2.0~3.5			≤1.5			≤0.50	≥380		SFA 5.14-95	
	Monel 400	中	≤0.15	≤4.0	≤1.25	≤0.015	≤0.02		62.0~69.0	≤2.5		R	1.5~3.0			≤1.25			≤0.50	≥480		GB/ T15620-1995	
		美	≤0.15	≤4.0	≤1.25	≤0.015	≤0.02		62.0~69.0	≤2.5		R	1.5~3.0			≤1.25			≤0.50	≥480		SFA 5.14-95	
	Inconel 600	中	≤0.08	≤1.0	≤0.35	≤0.015	≤0.03	14.0~17.0	≥70.0	6.0~10.0		≤0.50		1.5~3.0					≤0.50	≥550		GB/ T15620-1995	
		美	≤0.08	≤1.0	≤0.35	≤0.015	≤0.03	14.0~17.0	≥70.0	6.0~10.0		≤0.50		1.5~3.0					≤0.50	≥550		SFA 5.14-95	
	Inconel 625	中	≤0.10	≤0.50	≤0.50	≤0.015	≤0.02	20.0~23.0	≥58.0	≤5.0	8.0~10.0	≤0.50	≤0.40	3.15~4.15		≤0.40			≤0.50	≥760		GB/T 15620-1995	
		美	≤0.10	≤0.50	≤0.50	≤0.015	≤0.02	20.0~23.0	≥58.0	≤5.0	8.0~10.0	≤0.50	≤0.40	3.15~4.15		≤0.40			≤0.50	≥760		SFA 5.14-95	
	Hastelloy B	中	≤0.08	≤1.0	≤1.0	≤0.03	≤0.025	≤1.0	R	4.0~7.0	26.0~30.0	≤0.50			≤2.5		≤1.0	0.20~0.40	≤0.50	≥690		GB/ T 15620-1995	
		美	≤0.08	≤1.0	≤1.0	≤0.03	≤0.025	≤1.0	R	4.0~7.0	26.0~30.0	≤0.50			≤2.5		≤1.0	0.20~0.40	≤0.50	≥690		SFA 5.14-95	
	Hastelloy B2	中	≤0.02	≤1.0	≤1.0	≤0.03	≤0.04	≤1.0	R	≤2.0	26.0~30.0	≤0.50			≤1.0		≤1.0		≤0.50	≥760		GB/T 15620-1995	
		美	≤0.02	≤1.0	≤1.0	≤0.03	≤0.04	≤1.0	R	≤2.0	26.0~30.0	≤0.50			≤1.0		≤1.0		≤0.50	≥760		SFA 5.14-95	
金	Hastelloy C4	中	≤0.015	≤1.0	≤0.08	≤0.03	≤0.04	14.0~18.0	R	≤3.0	14.0~18.0	≤0.50	≤0.70		≤2.0		≤0.5		≤0.50	≥690		GB/T 15620-1995	
		美	≤0.015	≤1.0	≤0.08	≤0.03	≤0.04	14.0~18.0	R	≤3.0	14.0~18.0	≤0.50	≤0.70		≤2.0		≤0.5		≤0.50	≥690		SFA 5.14-95	
	Hastelloy C276	中	≤0.02	≤1.0	≤0.08	≤0.03	≤0.04	14.5~16.5	R	4.0~7.0	15.0~17.0	≤0.50			≤2.5		3.0~4.5	≤0.35	≤0.50	≥690		GB/T 15620-1995	
		美	≤0.02	≤1.0	≤0.08	≤0.03	≤0.04	14.5~16.5	R	4.0~7.0	15.0~17.0	≤0.50			≤2.5		3.0~4.5	≤0.35	≤0.50	≥690		SFA 5.14-95	
		中	≤0.10	2.5~3.5	≤0.50	≤0.015	≤0.03	18.0~22.0	≥67.0	≤3.0		≤0.50	≤0.75	2.0~3.0					≤0.50	≥550		GB/ T 15620-1995	
		美	≤0.10	2.5~3.5	≤0.50	≤0.015	≤0.03	18.0~22.0	≥67.0	≤3.0		≤0.50	≤0.75	2.0~3.0					≤0.50	≥550		SFA 5.14-95	
	Incoloy 800	美	0.05~0.15	≤1.0	≤1.0	≤0.015	≤0.03	20.0~24.0	R	≤3.0	8.0~10.0	≤0.50	≤0.60		10.0~15.0	0.8~1.50			≤0.50	≥620		SFA 5.14-95	
	Incoloy 825	中	≤0.05	≤1.0	≤0.50	≤0.03	≤0.03	19.5~23.5	38.0~46.0	≥22.0	2.5~3.5	1.5~3.0	0.60~1.2			≤0.20			≤0.50	≥550		GB/ T 15620-1995	
		美	≤0.05	≤1.0	≤0.50	≤0.03	≤0.03	19.5~23.5	38.0~46.0	≥22.0	2.5~3.5	1.5~3.0	0.60~1.2			≤0.20			≤0.50	≥550		SFA 5.14-95	
	Carpenter 20Cb-3	美	≤0.07	≤2.5	≤0.60	≤0.03	≤0.03	19.0~21.0	32.0~36.0	R	2.0~3.0	3.5~4.0		8×C%~1.0					≤0.50			SFA 5.9-95	
	HT30 (Cr17Ni35)	美	0.18~0.25	1.0~2.5	0.30~0.65	≤0.03	≤0.03	15.0~17.0	34.0~37.0	R	≤0.75	≤0.75							≤0.50			SFA 5.9-95	
合 金	Hastelloy G	中	≤0.05	1.0~2.0	≤1.0	≤0.03	≤0.04	21.0~23.5	R	18.0~21.0	5.5~7.5	1.5~2.5		1.75~2.5	≤2.5		≤1.0		≤0.50	≥590		GB/T 15620-1995	
		美	≤0.05	1.0~2.0	≤1.0	≤0.03	≤0.04	21.0~23.5	R	18.0~21.0	5.5~7.5	1.5~2.5		1.75~2.5	≤2.5		≤1.0		≤0.50	≥590		SFA 5.14-95	
	Hastelloy G2	中	≤0.03	≤1.0	≤1.0	≤0.03	≤0.03	23.0~26.0	47.0~52.0	R	5.0~7.0	0.7~1.20	0.70~1.50						≤0.50	≥590		GB/T 15620-1995	
		美	≤0.03	≤1.0	≤1.0	≤0.03	≤0.03	23.0~26.0	47.0~52.0	R	5.0~7.0	0.7~1.20	0.70~1.50						≤0.50	≥590		SFA 5.14-95	
	Hastelloy X	中	0.05~0.15	≤1.0	≤1.0	≤0.03	≤0.04	20.5~23.0	R	17.0~20.0	8.0~10.0	≤0.5				0.5~2.5		0.2~1.0		≤0.50	≥660		GB/T 15620-1995
		美	0.05~0.15	≤1.0	≤1.0	≤0.03	≤0.04	20.5~23.0	R	17.0~20.0	8.0~10.0	≤0.5				0.5~2.5		0.2~1.0		≤0.50	≥660		SFA 5.14-95

表 A.0.7 常用铬镍奥氏体钢焊接材料对照表

材 料 类 别	焊条或焊丝	美国	中 国		日 本	瑞 典	德 国
		AWS	牌 号	GB	神 钢	ESAB	THYSSEN
00-18Cr-8Ni	焊条	E308L	A002	E308L	NC-38L NC-38EL	OK61.30 OK61.33 OK61.41	Thermanit JEW 308L-17 Thermanit JE SPEZIAL
	焊丝	ER308L		H00Cr20Ni10	TGS-308L	Ok Tigrod 16.10	Thermanit JE 308L
	药芯焊丝	E308LT-2			TGX-308L		
0-18Cr-8Ni	焊条	E308	A102 A107	E308	NC-38	OK61.53 OK61.35	Thermanit JEW 308L-17 Thermanit JE SPEZIAL
	焊丝	ER308		H0Cr21Ni10	TGS-308	ESAB T308	Thermanit ATS4 (ER308H)
	药芯焊丝	E308T-2					
1-18Cr-8Ni	焊条	E308H		E308H	NC-38H		Thermanit ATS4
	焊丝	ER308H					Thermanit ATS4
18Cr-10Ni-Ti	焊条	E347	A132 A137	E347	NC-37	OK61.81 OK61.85	Thermanit HW Thermanit H
18Cr-10Ni-Cb	焊丝	ER321 ER347		H0Cr20Ni10Ti H1Cr20Ni10Nb	TGS-347	Ok Tigrod 16.11	Thermanit H-347
	药芯焊丝	E347T-2			TGX-347		
00-16Cr-12Ni-2Mo	焊条	E316L	A022	E316L	NC-36L NC-36EL	OK63.30 OK63.34 OK63.41	Thermanit GEW 316L-17 Thermanit GE SPEZIAL
	焊丝	ER316L		H00Cr19Ni12Mo2	TGS-316L	Ok Tigrod 16.30	Thermanit GE 316L
	药芯焊丝	E316LT-2					
16Cr-12Ni-2Mo	焊条	E316	A202 A207	E316	NC-36	OK62.53 OK62.35	Thermanit GEW 316L-17 Thermanit GE SPEZIAL
	焊丝	ER316		H0Cr19Ni11Mo3	TGS-316	ESAB T316	Thermanit GE 316L
	药芯焊丝	E316 T-2			TGX-316L		
00-18Cr-13Ni-3Mo	焊条	E317L		E317L	NC-317L	OK64.30 OK64.41	Thermanit 18/17EW Thermanit 18/17E
	焊丝	ER317L			TGS-317L	Ok Tigrod 16.34	Thermanit 18/17E
	药芯焊丝	E317LT-2					
18Cr-13Ni-3Mo	焊条	E317	A242	E317		OK64.30 OK64.35	Thermanit 18/17EW Thermanit 18/17E
	焊丝	ER317		H0Cr20Ni14Mo3			Thermanit 18/17E
23Cr-12Ni	焊条	E309	A302 A307	E309	NC-39	OK67.62 OK67.75	Thermanit DW Thermanit D
	焊丝	ER309		H1Cr24Ni13	TGS-309	ESAB T309L	Thermanit D
	药芯焊丝	E309T-2			TGX-309L		
25Cr-20Ni	焊条	E310	A420 A407	E310	NC-30	OK67.15	Thermanit CW Thermanit C
	焊丝	ER310		H1Cr26Ni21	TGS-310	OK16.70	Thermanit CSi
	药芯焊丝	E310T-2					
HK40 (HK30)	焊条	E310H	S-K2, S-K3	E310H	NC-310H		Thermanit CR
	焊丝		R-K2, R-K3		TGS-310HS		Thermanit 25/35R P11
HP40	焊条		S-P1, S-P3				Thermanit 25/35R
	焊丝		R-P1, R-P3				Thermanit 25/35R

表 A.0.8 常用铁镍合金、镍合金焊接材料对照表

材料类别			美国	中国	美国	日本	瑞典	德国
			AWS	GB	Inco Alloys	油脂	ESAB	THYSSEN
镍合金	Nickel 200	焊条	ENi-1	ENi-1	Nickel 141	Ni 99	OK92.06	Phoenix NiTi3
		焊丝	ERNi-1	ERNi-1	Nickel 61	TG Ni	OK19.92	Union NiTi4 IG
	Monel 400	焊条	ENiCu-7	ENiCu-7	Monel 190	ML 7D	OK92.86	Phoenix NiCu30 Mn
		焊丝	ERNiCu-7	ERNiCu-7	Monel 60	TG ML	OK19.93	Union NiCu30 TIG
	Inconel 600	焊条	ENiCrFe-1	ENiCrFe-1				Thermanit 30/40E
		焊丝	ERNiCrFe-5	ERNiCrFe-5	Inconel 62			
	Inconel 625	焊条	ENiCrMo-3	ENiCrMo-3	Inconel 112	NA 112	OK92.43	Thermanit 625
		焊丝	ERNiCrMo-3	ERNiCrMo-3	Inconel 625	TG 625	OK19.82	Thermanit 625
	Hastelloy B	焊条	ENiMo-1	ENiMo-1		Hs B		
		焊丝	ERNiMo-1	ERNiMo-1				
	Hastelloy B2	焊丝	ERNiMo-7	ERNiMo-7		TG HsB-2		
	Hastelloy C276	焊条	ENiCrMo-4	ENiCrMo-4	Inco C — 276	Hs C-276		Thermanit NiMoC(W)
		焊丝	ERNiCrMo-4	ERNiCrMo-4	Inco C — 276	TG HsC-276		Thermanit NiMoC
		焊条	ENiCrFe-3	ENiCrFe-3	Inconel 182	NA 182	OK92.26	Thermanit Nicro 182
		焊丝	ERNiCr-3	ERNiCr-3	Inconel 182	TG 82	OK19.85	Thermanit Nicro 82
		焊丝	ERNiCrFe-6	ERNiCrFe-6	Inconel 92	TG 92		
铁镍合金	Incoloy 800	焊条	ENiCrFe-2	ENiCrFe-2		NYH 800 Ni A		Thermanit 21/33 Thermanit Nicro A
	Incoloy 800H	焊条	ENiCrCoMo-1		Inconel 117			
	Incoloy 800HT	焊丝	ERNiCrCoMo-1		Inconel 617	TG 617		
	Incoloy 825	焊丝	ERNiFeCr-1	ERNiFeCr-1	Inconel 65	TG 65		Thermanit 30/40E(W)
	Hastelloy X	焊丝	ERNiCrMo-2	ERNiCrMo-2	Inco HX			
	HT30 (Cr17Ni35)	焊条	E330H	E330H				Thermanit 16/36
		焊丝	ER330	ER330				Thermanit 16/36

表 A.0.9 常用铬镍奥氏体钢焊材选用表

母 材		焊 条	焊 丝		
中 国	美 国		中 国	美 国	
				实 芯	药 芯
00Cr19Ni10	TP304L TP304LN	E308L A002	H00Cr20Ni10	ER308L	E308LT
0Cr18Ni9	TP304	E308 A102	H0Cr21Ni10	ER308L	E308T
	TP304N	A107	H0Cr21Ni10Ti	ER321	E347T
		E347 A132 A137	H0Cr21Ni10Nb	ER347	
	TP304H	E308H		ER308H	
0Cr18Ni10Ti	TP321	E347 A132	H0Cr20Ni10Nb	ER321	E347T
1Cr18Ni10Ti	TP321H	A137	H0Cr21Ni10Ti	ER347	
0Cr18Ni11Nb	TP347	E347 A132	H0Cr20Ni10Nb	ER347	E347T
	TP347H	A137			
	TP348				
	TP348H				
00Cr17Ni14Mo2	TP316L TP316LN	E316L A022	H00Cr19Ni12Mo2	ER316L	E316LT
0Cr18Ni12Mo2Ti	TP316	E316L A202	H0Cr19Ni12Mo2	ER316	E316T
	TP316N	A207			
0Cr17Ni12Mo2					
1Cr18Ni12Mo2Ti	TP316H	E316H		ER316H	
00Cr19Ni13Mo3	TP317L	E317L		ER317L	E317LT
0Cr19Ni13Mo3	TP317	E317	H0Cr20Ni14Mo3	ER317	
0Cr18Ni12Mo3Ti					
1Cr18Ni12Mo3Ti					
0Cr23Ni13	TP309S	E309 A302	H1Cr24Ni13	ER309	E309T
	TP309Cb	E309Cb A307			
	TP309H				
	TP309HCb				
0Cr25Ni20	TP310S	E310 A402	H0Cr26Ni21	ER310	E310T
	TP310Cb	E310Cb A407	H1Cr26Ni21		
	TP310H				
	TP310HCb				
ZG30Cr25Ni20	HK30	E310H	SG-X40CrNi2521(德)		
ZG40Cr25Ni20	HK40				
ZG40Cr25Ni20Si2					
ZG45Ni35Cr25	HP40	E2535NbB20+(德)	SG-X40CrNiNb3525(德)		
ZG40Ni35Cr25Nb					
ZG40Ni35Cr25NbW					

表 A.0.10 常用铁镍合金、镍合金焊材选用表

母 材	焊 条	焊 丝
Nickel 200	ENi-1	ERNi-1
Monel 400	ENiCu-7	ERNiCu-7
Inconel 600	ENiCrFe-1	ERNiCrFe-5
Inconel 625	ENiCrMo-3	ERNiCrMo-3
Incoloy 800	TEW 21/33 (德) ENiCrFe-2	TEW21/33/SG(德)
Incoloy 800H Incoloy 800HT	EniCoMo-1(美)	ERNiCrCoMo-1(美)
Incoloy 825		ERNiFeCr-1
Carpenter 20Cb-3	E320	ER320
Hastelloy B	ENiMo-1	ERNiMo-1
Hastelloy B2	ENiMo-7	ERNiMo-7
Hastelloy C276	ENiCrMo-4	ERNiCrMo-4
Hastelloy C4	ENiCrMo-7	ERNiCrMo-7
Hastelloy G	ENiCrMo-1	ERNiCrMo-1
Hastelloy G2		ERNiCrMo-8
Hastelloy X	ENiCrMo-2	ERNiCrMo-2
HT30	E330H	ER330

表 A.0.11 典型异种接头焊接材料选用表

母 材 匹 配		焊 条	焊 丝
奥氏体 不锈钢	Nickel 200	ENi-1	ERNi-1
		ENiCrFe-3	ERNiCr-3
		ENiCrFe-2	ERNiCrFe-6
	Monel 400	ENi-1	ERNiCu-7
		ENiCu-7	ERNiCrFe-6
		ENiCrFe-2	ERNiCr-3
	Inconel 600 Incoloy 800 Inconel 625 Hastelloy B2 Eastelloy C276 Hastelloy C4 Hastelloy G	ENiCrFe-3	ERNiCr-3
		ENiCrFe-2	ERNiCrFe-6
		ENiCrMo-3	ERNiCrMo-3
		ENiMo-7	ERNiMo-7
		ENiCrMo-4	ERNiCrMo-4
Nickel 200	Monel 400	ENi-1	ERNi-1
		ENiCu-7	ERNiCu-7
		ENiCrFe-3	ERNiCr-3
	Inconel 600 Incoloy 800 Hastelloy B Hastelloy B2	ENi-1	ERNi-1
		ENiCrFe-3	ERNiCr-3
		ENiCrFe-2	ERNiCrFe-6
Monel 400	Inconel 600 Incoloy 800 Hastelloy B Hastelloy B2	ENiCrFe-3	ERNiCr-3
		ENiCrFe-2	ERNiCrFe-6
		ENi-1	ERNi-1
Inconel 600 Incoloy 800	Hastelloy B Hastelloy B2	ENiCrFe-3	ERNiCr-3
		ENiCrFe-2	ERNiCrFe-6
	Hastelloy C276 Hastelloy C4	ENiMo-3	ERNiMo-3
Hastelloy B	Hastelloy C	ENiMo-3	ERNiMo-3
Inconel 625	Hastelloy X	ENiCrMo-3	ERNiCrMo-3

用词说明

本规程条文中要求执行严格程度不同的用词，说明如下：

- (一) 表示很严格，非这样做不可的用词
正面词采用“必须”；
反面词采用“严禁”。
- (二) 表示严格，在正常情况下应这样做的用词
正面词采用“应”；
反面词采用“不应”或“不得”。
- (三) 表示允许稍有选择，在条件许可时，首先应这样做的用词
正面词采用“宜”；
反面词采用“不宜”。

表示有选择，在一定条件下可以这样做，采用“可”。

石油化工铬镍奥氏体钢、铁镍合金和镍合金管道焊接规程

SH/T 3524-1999

条文说明

1 总 则

1.0.1 适用范围

1 本规程材料适用范围与原规程相同，即：

a 铬镍奥氏体钢：18-8 型，18-12 型，25-13 型，25-20 型，25-35 型；

b 铁镍合金：指含 $\text{Ni}=25\%\sim 55\%$ ， $\text{Ni}+\text{Fe}\geq 65\%$ ，且 $\text{Fe}\geq 18\%$ ；

合金系统为：Fe-Ni-Cr，Ni-Cr-Fe-Mo，Ni-Fe-Cr；

合金名称为：Incoloy，Carpenter，Hastelloy G、G2，Hastelloy X；

c 镍合金：指含 $\text{Ni}>55\%$ ， $\text{Fe}<8\%$ ，

合金系统为：Ni，Ni-Cu，Ni-Cr-Mo，Ni-Cr-Fe，Ni-Mo；

合金名称为：Nickel，Monel，Inconel，Hastelloy B、B2、C276、C4。

2 本规程的适用种类与原规程相同，即包括管道和工业炉管；

3 原规程的适用温度范围为设计温度 $\geq 425\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，考虑到下列因素，在本规程中改为设计温度高于 $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ：

a 奥氏体不锈钢、镍合金管可用于低温、常温和高温条件，在常温条件下，本规程新涉及的各项内容、要求与高温条件下基本相同；

b 目前国内尚无用于常温的奥氏体不锈钢、镍合金管的焊接施工技术规程；

c 石化行业有 SH3525 《低温钢焊接规程》，为避免本行业标准内容重复，本规程不应包括低温条件，而且低温条件下，焊接接头的试验、检验等内容与常温、高温条件有所不同，不宜编入同一规程。

4 本规程不适用于马氏体和铁素体不锈钢。因为这些材料的焊接主要问题及需采取的相应措施与奥氏体不锈钢差别很大。

5 本规程不适用于难熔合金。如 W 基、Mo 基、W-Mo 基、Co 基、Zr 基、Ta 基、Nb 基合金及 Ni-Cr-Co 合金。

1.0.2 焊接方法为手工电弧焊和惰性气体保护焊。包括以氩气为主的混合气体保护焊，有手工钨极氩弧焊（TIG）、半自动和自动钨极氩弧焊（GTAW）及熔化极氩弧焊（GMAW）。比原规程

增加了 GTAW 和 GMAW，是因为随着技术进步，有些施工单位已采用了这两类较先进的焊接施工方法。

1.0.5 由于国内相关标准较少，尤其是铁镍合金、镍合金方面几乎是空白，所以编制本规程时参考了大量国外标准规范，但考虑到国外标准规范在国内的适用性，故将其名称在条文说明中列出，仅供施工参考用。

1 美国:

A S T M	A 213	锅炉、过热器和换热器无缝铁素体和奥氏体合金钢管
	A 249	锅炉、过热器、换热器和冷凝器焊接奥氏体钢管
	A 312	无缝和焊接奥氏体不锈钢管
	A 351	高温用奥氏体铸钢
	A 488	铸造管的焊接工艺评定和焊工操作考试
	A 608	高温带压用离心铸造铁-铬-镍高合金管
	B 161	镍无缝管
	B 165	镍-铜合金无缝管
	B 167	镍-铬-铁合金无缝管
	B 407	镍-铁-铬合金无缝管
	B 423	镍-铁-铬-钼-铜合金无缝管
	B 444	镍-铬-钼-铌合金无缝管
	B 464	无缝和焊接铬-镍-铁-钼-铜-铌稳定合金管
	B 535	镍-铁-铬-硅合金无缝和焊接管
	B 622	镍合金无缝管
A S M E	II 卷	材料技术条件
	A 篇	钢铁材料
	B 篇	有色金属材料
	C 篇	焊条、焊丝和填充金属
	D 篇	性能
	VIII 卷	压力容器
	IX 卷	焊接和钎焊评定

2 日本:

J I S	G 3459	配管用不锈钢钢管
	G 4903	无缝镍-铬-铁合金管
	G 5122	耐热铸钢
	H 4552	镍和镍合金无缝管
	Z 3221	焊接用不锈钢焊条
	Z 3224	镍和镍合金焊条

2 材 料

2.1 管子与管件

本节主要是对管子、管件提出技术条件和管理规定。

2.1.1 材料入库前的验收工作，与 SH3501-1997 的规定相一致，在修订中增加了无质量证明书的产品不得使用的规定。

对材质进行复验时所依据的标准应为 GB/T14976-94 和 HG/T2601-94，国外材料按相应国外标准进行复验。

若进口材料是作为代用材料使用，应查明与我国材料标准的对应关系，以便代用。

常用铬镍奥氏体钢及铁镍合金、镍合金管的化学成分和常温力学性能引自下列材料标准:

- 1 《流体输送用不锈钢无缝钢管》(GB/T14976-94)
- 2 《高温承压用离心铸造合金炉管技术条件》(HG/T2601-94)
- 3 ASTM (美国材料试验学会标准)
- 4 JIS (日本工业标准)

2.1.3 铅、硫、磷、锌和一些低熔点金属高温受热会造成镍和镍合金脆化,硫化物、铅化物、铝染料、钒化物等这些化合物在高温下也将对奥氏体金属有害。这些低熔点金属和化合物会以脂、油、漆、涂料、粉笔、炭笔等形式存在。在 ASME VIII《压力容器》、美国《金属手册》(第六卷)和美国鲁姆斯公司规程中均有这方面的论述。

考虑到涂料、粉笔、炭笔等的成分一般都不明确,所以规定在管子及管件上做标记最好采用以醇酸树脂为基本成分的钛氧化物染料,对高碳铬镍奥氏体钢铸造管和铁镍合金、镍合金管子,如果使用了含这些元素的涂料、粉笔、炭笔作标记,或对涂料、粉笔、炭笔中是否含有这些元素不明确,则在焊接施工验收前应将所有标记清除干净。

2.1.5 铬镍奥氏体钢晶间腐蚀试验按国标 GB 4334-84 执行。铁镍合金、镍合金国内无腐蚀试验标准,其试验方法和合格标准根据设计文件规定进行,或由供需双方商定。

国外进口材料的腐蚀试验所依据的标准,也应根据设计文件要求进行,或由供需双方商定。

2.2 焊 接 材 料

2.2.1 ~ 2.2.2 焊接材料包括焊条、焊丝、氩气、钨极等。对焊条和焊丝提出需满足的技术条件和标准,并在附表中列出常用焊条、焊丝的化学成分和力学性能,以及国内外牌号对照。

附表中焊条、焊丝资料摘自:

GB/T983-1995, GB4242-84, GB/T13814-92, GB/T15620-1995,

上海材料研究所《特种焊接材料简介》,

ASME II 卷 C 篇 《焊条、焊丝及填充金属》,

KOBE Steel Welding Consumables,

TASETO Welding Materials,

THYSSEN Handbook for High Alloyed Welding Consumables,

ESAB Welding Handbook。

3 焊 前 准 备

3.1 焊接材料准备

3.1.3 考虑到有些铁镍合金和镍合金选用与其合金系统相同的焊接材料进行焊接时,焊接性较差,易产生热裂或气孔,或者该种合金系统的焊接材料不易获得。在这种情况下如果不要求耐蚀性能,则在保证其他使用性能(如高温性能)的前提下,允许选用与其合金系统不同的焊接材料进行焊接。

3.1.4 根据 AWS 的《焊接手册》第四卷,异种铬镍奥氏体钢之间的焊接,一般推荐选用与合金含量较低的母材具有相同合金系统的焊接材料。也允许按合金含量较高的母材进行选用。

3.1.5 AWS 的《焊接手册》第四卷和美国金属学会《金属手册》第六卷,都未给出完全且详细的铬镍奥氏体钢和铁镍合金、镍合金的异种焊接接头的焊接材料选用,只是将选择填充金属时需注意的问题进行了一些探讨。这些异种接头填充金属的选择需考虑的问题有:

- 1 焊缝的强度,包括高温持久强度,耐蚀性;
- 2 线膨胀系数的差异,高温下长时间工作后可能产生的体积永久性改变;
- 3 裂纹、气孔的敏感性;

本规程中的异种接头选用焊接材料原则即由此总结而来。并根据 AWS 的《焊接手册》第四卷和美国金属学会《金属手册》第六卷总结出典型异种接头焊接材料选用表,列于附录 A 的表 A.0.11。

3.2 焊接工艺评定

制定本节内容的依据是《现场设备、工业管道焊接工程施工及验收规范》GB50236 和 ASME IX《焊接和钎焊的评定》。

3.2.1 本条对高温管道常用的母材进行了分类。

本条的制定主要参照 GB50236 和 ASME IX《焊接和钎焊的评定》、JIS Z 3040《焊接施工工艺的认证试验》。

在 GB50236 和 ASME IX 中均未对铸造管进行分类。本规程考虑到铬镍奥氏体钢离心铸造管与普通铬镍奥氏体钢管仅在含碳量上不同,故在表 3.2.1 中将高碳 25-20 和 25-35 铸铁管划分为 I-3 和 I-4 组。

由于国内铁镍合金和镍合金材料种类基本上是空白,故在此是参照 ASME IX 编制的。在修订中,将国内牌号和美国牌号列于同一表中,放入正文,以利于对应和使用。另外,在表 3.2.1 中将原规程中不适用于石油化工的一些国内镍基合金牌号删去。

3.2.2 本条规定焊接工艺评定试件不进行冲击试验是基于本规程的适用范围是设计温度高于-20℃。ASME 规定铬镍奥氏体钢低温才需做冲击韧性试验,铁镍合金和镍合金不需做冲击韧性试验。

3.2.3 对焊接工艺评定的厚度替代范围做出规定。厚度替代范围的三款内容均是参照 GB50236 制定的。对不等厚对接接头焊件,规定两侧母材的厚度都应在评定厚度的认可范围内,在此两侧母材的厚度以削边后的厚度为准。

3.2.4 本规程的弯曲试验要求是基于以下考虑制订的:

1 由于国内无铁镍合金和镍合金的弯曲试验标准,所以对其所做弯曲试验项目、数量、试样尺寸参照 ASME IX 制定。为了弯曲试验数据的可靠和统一,其弯曲试验的方法和评定原则、合格标准也参照 ASME IX 制定。

2 弯曲试验方法在 ASME 中为导引弯曲,这种试验方法与我国目前采用的弯曲试验方法无原则上的差异,为试验的便利,在具体试验方法上靠用了《焊接接头弯曲及压扁试验法》GB 2653-89,并规定弯曲角度为 180°(ASME 导引弯曲均相当于 180°),且弯轴直径为 4S(ASME 的导引弯曲 180°,同时规定弯轴直径为 4S)。

弯曲试验的评定原则和合格标准均按 ASME IX,其中合格标准为在受拉面上,沿任何方向上测量都不得有任一超过 3mm 的开裂性缺陷。但除有确切证据可以证明是由于夹渣或其它缺陷引起的之外,在试样棱角上发生的先期开裂可不予以考虑。

ASME IX 未对小于 3mm 的缺陷允许数量做出规定, JIS 在标准的非限制性附录中规定:

- (1) 小于 3.0mm 的裂纹合计总长超过 7.0mm;
- (2) 气孔和裂纹数量之和超过 10 个;
- (3) 有明显的咬边、未焊透、夹渣等。

这些均属明显缺陷,而有明显缺陷则为不合格。

本规程在此是按 ASME IX 制定的,未对小于 3mm 的缺陷允许数量做出规定。

3 按 ASME A488-77a 和鲁姆斯规范的规定。因其母材本身的塑性就不能满足弯曲试验的要求,故高碳铸造管不做弯曲试验。

3.2.5 本规程中未做规定的均应执行《现场设备、工业管道焊接工程施工及验收规范》GB50236。焊接工艺评定中的一些基本规定:焊接位置分类、工艺评定原则(如管径和厚度的替代、焊接方法、焊接工艺因素等),试件检验与评定(如拉伸试验的项目、方法、数量、评定等),以及从事人员、记录内容等方面的内容,均应执行 GB50236。

3.3 焊工资格

制定本节内容的依据是《锅炉压力容器焊工考试规则》劳人锅(1988)1 号文(以下简称《考规》)

和 ASME IX《焊接和钎焊的评定》。

3.3.2 表 3.2.1 中除 I — 1 和 I — 2 组外的其它材料在《考规》中未有规定，故本条对这些材料的焊工考试用母材进行了分类，并规定了替代原则。分类和替代原则是参照 ASME IX 中的 QW-423 制定的。II ~ VI 类材料等同于 ASME IX 中的 PNo41 ~ 45，所以焊工考试可互相替代。VII 类材料并不等同于 ASME IX 中的 PNo46，所以需单独考试。I — 3 和 I — 4 组材料为离心铸造管，需单独考试，但高组别(I — 4)可替代低组别(I — 3)。

3.3.3 表 3.2.1 中除 I — 1 和 I — 2 组外的其它材料的弯曲试验方法也参照 ASME IX 执行，故在此规定执行本规程的 3.2.4 条(与焊接工艺评定的弯曲试验要求统一)。

3.3.4 是考虑高碳铸造管铁镍合金、镍合金材料昂贵，且来料中可提供做焊接工艺评定和焊工考核的材料均较少，无法满足焊工练习和考试用料的需要，而 ASME IX 中也有焊工考核时母材可用碳钢代用的说明，在此考虑到铬镍奥氏体钢与铁镍合金、镍合金的性能更接近些，所以允许采用铬镍奥氏体钢管替代铁镍合金和镍合金管进行焊工考核。又因为焊工技能考核主要是考核焊工对焊材的工艺性能的掌握能力，所以规定焊接材料不能代用，必须使用工程实际所用焊接材料进行焊工考核。

在母材代用时，由于母材与焊材不属于同类焊材，弯曲试验不合格也不一定是由于焊工操作技能引起的，所以允许仅用外观检验和射线检验来评定焊工操作技能，在 ASME IX 中有此规定。试件的数量按《考规》执行，周长小于 60mm 管子需做三个试件。

3.3.5 焊接工艺评定的试验项目、种类均同于或高于焊工技能评定，故可认为若焊接工艺评定合格，则承担此项焊接工艺评定焊接的焊工取得该项合格资格。

3.4 坡口加工及检查

3.4.1 表 3.4.1 中的坡口形式主要取自 SH3501-1997，但由于铁镍合金、镍合金的焊缝金属在液态下流动性、浸润性较差，熔深较小，故其坡口角度、对口间隙要相应增大，钝边则相应减小。由于铬镍奥氏体钢比铁镍合金、镍合金的流动性要好些，所以将铬镍奥氏体钢和铁镍合金、镍合金的坡口尺寸分两列列出，铬镍奥氏体钢的坡口角度、对口间隙比铁镍合金和镍合金的要小一些。

3.4.2 在采用空气等离子切割时，有可能出现氧化层，而 NiO 等氧化物熔点较高，易造成焊接未熔合等缺陷，故要求对其加工表面进行清理。

3.4.4 要求对铸造管坡口进行渗透检测是为了防止铸造缺陷对焊接质量造成影响。在美国鲁姆斯等外国公司的技术文件中对于铸造管的坡口加工后，均要进行渗透检测。

要求奥氏体不锈钢、铁镍合金和镍合金管道属 SHA 级的管道坡口也应进行渗透检测。

3.5 组对与定位焊接

3.5.2 用有机溶剂清洗坡口主要是为了去除油脂，以防焊接时渗碳。

3.5.3 由于高合金材料焊接时液态金属流动性、浸润性较差，熔深较小，为了防止未焊透等缺陷，本规程规定内壁错边量不大于 0.5mm。不等厚管子也按同样要求。

4 焊 接

4.1 一般规定

4.1.2 按 GB50236 对环境温度要求修改为不低于 0℃。

4.1.5 AWS 的《焊接手册》第四卷中提出钢丝刷应用不锈钢制成，因为轻微的渗碳都有可能降低焊缝的耐蚀性能和某些力学性能。

4.2 焊接工艺要求

4.2.1 规定底层焊道用钨极氩弧焊是为了保证根部焊道的质量。钨极氩弧焊可以是手工焊，也可以是半自动或自动焊。

4.2.5 药芯焊丝是近几年在工程施工中逐步推广的一种新材料，对奥氏体不锈钢、镍合金管道的焊接，在底层焊道采用药芯焊丝，使熔池金属在背面有一层熔渣保护，从而可免去管内充氩保护措施，即保证质量，又提高效率。

4.2.8 铬镍奥氏体钢和铁镍合金、镍合金的焊接在弧坑处热裂倾向严重，故对引弧、收弧处应引起特别注意。

4.2.9 根据施工经验，管径较小时，加热集中，散热缓慢，从而造成晶粒长大严重，热裂倾向加大，因此可以考虑在焊接小管径管子时，采取在焊缝两侧加装冷却铜块或用湿布擦试焊缝两侧等强迫冷却的措施，但要注意不可直接在焊缝上进行。

4.2.10 焊接完毕，清理表面及焊缝两侧是文明施工问题，但在本规程中特别明确提出要做到这点，是因为在高温下硫将在熔渣中迅速积聚，而造成脆化，此外在氧化环境中，在达到或接近熔渣的熔点时，熔渣中其他一些元素还将造成化学腐蚀破坏。所以本规程特制定本条，焊接完成后，必须将焊缝表面及周围的熔渣和飞溅物清除干净。

4.3 焊接接头检验

4.3.1 具体检验项目和指标主要是参照 GB150、SH3501-1997 和 SHJ 511-89 的有关规定编制。由于 SH3501-1997 和 GB150 要求不锈钢焊缝不允许存在咬边，故在此做出此规定。

4.3.2 因高碳铸造管所用焊接材料一般也为高碳，则底层焊道的热裂倾向比较严重，故本规程提出对铸造管的底层焊道应做渗透检测。铁镍合金、镍合金管的底层焊道也作同样规定。

4.3.3 除 18-8 到 25-20 这些较常见的普通铬镍奥氏体钢外，其他的高碳铬镍奥氏体钢和铁镍合金、镍合金都具有较明显的热裂倾向，参照 ASME VIII，在本规程中规定除 I — 1 和 I — 2 组材料外，其余材料焊后焊缝表面均应做 100% 渗透检测。

4.3.4 对内部缺陷的射线检验的比例和合格标准均按 SH3501-1997 执行，在此不做另行规定，以保证石化行业系统标准规范的统一。

4.4 焊缝返修

4.4.2 铬镍奥氏体钢和铁镍合金、镍合金不允许采用碳弧气刨，以防渗碳。补焊前应用渗透检测确认，以免缺陷残留。

4.4.3 推荐采用钨极氩弧焊（手工、半自动或自动），是因为返修时焊缝的焊接难度更高些，而钨极氩弧焊比较容易保证质量，且线能量小。若返修采用的是新方法、新工艺或超出原焊接工艺评定所能替代的范围，则需进行焊接工艺评定，若返修采用的方法、工艺参数未超出原焊接工艺评定所能替代的范围，则不需重新进行焊接工艺评定。

4.5 焊后处理

4.5.1 根据铬镍奥氏体钢的特性，其管道可以进行的焊后处理有焊后消应处理、稳定化处理、固溶处理和表面酸洗钝化处理。

固溶处理的温度为 $1010^{\circ}\text{C} \sim 1150^{\circ}\text{C}$ ，且要求急冷，如此高的温度现场施工是难以达到的。而且现场一般均为局部加热，这时进行急冷将会产生残余应力。

稳定化处理的目的是使 Cr_{23}C_6 溶解。在设计选材上，有抗晶间腐蚀要求的场合下，可以选超低碳或稳定型奥氏体不锈钢，比如 18-8Ti(Nb)，18-12MoTi(Nb)，而不选用普通奥氏体不锈钢，从而在焊接中避免产生过多的 Cr_{23}C_6 ，丧失抗晶间腐蚀能力，或进行稳定化处理恢复抗晶间腐蚀能

力。所以在本规程中将不包括固溶处理和稳定化处理。

4.5.3 对有抗应力腐蚀要求的管道应选用超低碳或稳定型铬镍奥氏体钢。对于超低碳或稳定型铬镍奥氏体钢在 850 ~ 900 °C 进行热处理，对抗晶间腐蚀能力影响不大，而且可以消除残余应力，保证抗应力腐蚀的要求。

焊后热处理参数取自 JIS Z 3700-1980。如果是炉内整体处理，冷却速度的限制可放宽，可以采取空冷。但一般管道现场施工均是局部热处理，冷却速度宜按表内参数进行控制。

4.5.4 焊后热处理前清除油脂、熔渣、飞溅的目的是避免在高温下油脂、熔渣、飞溅会产生渗碳和硫及其他元素的积聚，而降低材料抗腐蚀能力。

4.5.5 焊后热处理的加热方法推荐用电加热法，如红外线加热法等，具体使用什么方法视各单位资源而定。但应做到温度控制准确，加热均匀，这是保证热处理质量的基本要求，尤其对铬镍奥氏体钢，若温度低了，就有可能正处于敏化温度区。所以要求应使恒温温度保证不低于 850 °C。

4.5.6 加热范围也是热处理过程中需要控制的环节之一，它关系到热处理效果。本条主要参照 SH 3501-1997 和 ASME VIII 制定。

加热区外 100mm 范围采取保温措施的目的是：

- 1 850 ~ 900 °C 对于现场局部加热来说，温度高不易达到，两边保温有利于保证加热温度；
- 2 减小温度梯度，使消应效果更好。