

目 次

前言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	2
4 材料	2
4.1 一般规定	2
4.2 钢材	3
4.3 焊接材料	3
5 焊接工艺评定	3
6 焊工	4
7 焊接环境	4
8 铬镍不锈钢、铁镍合金、镍基合金焊接	4
8.1 坡口制备	4
8.2 组对与定位焊接	5
8.3 焊接材料准备	6
8.4 焊接工艺	7
8.5 焊接检验	8
8.6 焊接返修	8
8.7 焊后热处理	8
9 复合钢焊接	9
9.1 坡口制备	9
9.2 组对与定位焊接	10
9.3 焊接材料选用	11
9.4 预热	11
9.5 焊接工艺	12
9.6 焊接检验	13
9.7 焊接返修	13
9.8 焊后热处理	14
附录 A (资料性附录) 板材和管材常用数据表	15
附录 B (资料性附录) 常用不锈钢复合钢板覆层的化学成分和力学性能	28
附录 C (资料性附录) 焊接材料常用数据表	30
本规范用词说明	58
附：条文说明	59

石油化工铬镍不锈钢、铁镍合金、镍基合金及 不锈钢复合钢焊接规范

1 范围

本规范规定了铬镍不锈钢、铁镍合金、镍基合金、不锈钢复合钢的材料（含焊接材料）、焊接工艺评定、焊工考试、焊接工艺、焊接检验和焊后热处理的要求。

本规范适用于石油化工、煤化工、天然气化工设备与管道的焊条电弧焊、钨极气体保护焊、熔化极气体保护焊和埋弧焊。

2 规范性引用文件

下列文件对于本规范的应用是必不可少的，凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本规范。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本规范。

- GB/T 150.1~150.4 压力容器
- GB/T 983 不锈钢焊条
- GB/T 1954 铬镍奥氏体不锈钢焊缝铁素体含量测量方法
- GB/T 2054 镍及镍合金板
- GB/T 2882 镍及镍合金管
- GB/T 3375 焊接术语
- GB/T 4237 不锈钢热轧钢板和钢带
- GB/T 4842 氩
- GB 50683 现场设备、工业管道焊接工程施工质量验收规范
- GB/T 5117 非合金钢及细晶粒钢焊条
- GB/T 5118 热强钢焊条
- GB/T 5293 埋弧焊用非合金钢及细晶粒钢实心焊丝、药芯焊丝和焊丝-焊剂组合分类要求
- GB/T 8110 气体保护电弧焊用碳钢、低合金钢焊丝
- GB/T 8165 不锈钢复合钢板和钢带
- GB/T 12470 埋弧焊用热强钢实心焊丝、药芯焊丝和焊丝-焊剂组合分类要求
- GB/T 13305 不锈钢中 α -相面积含量金相测定法
- GB/T 13814 镍及镍合金焊条
- GB/T 14976 流体输送用不锈钢无缝钢管
- GB/T 15620 镍及镍合金焊丝
- GB/T 17854 埋弧焊用不锈钢丝和焊剂
- GB/T 20878 不锈钢和耐热钢牌号及化学成分
- GB/T 21833 奥氏体-铁素体型双相不锈钢无缝钢管
- GB/T 24511 承压设备用不锈钢和耐热钢
- GB/T 29713 不锈钢焊丝和焊带

GB/T 30583 承压设备焊后热处理规程
GB/T 50484 石油化工建设工程施工安全技术规范
GB 50517 石油化工金属管道工程施工质量验收
NB/T 47002.1~47002.2 压力容器用爆炸焊接复合板
NB/T 47013.1~47013.5 承压设备无损检测
NB/T 47014 承压设备焊接工艺评定
NB/T 47015 压力容器焊接规程
NB/T 47018 承压设备用焊接材料订货技术条件
JB/T 3223 焊接材料质量管理规程
YB/T 5092 焊接用不锈钢丝
HG/T 2601 高温承压用离心铸造合金炉管
SH 3501 石油化工有毒、可燃介质管道工程施工及验收规范
SH/T 3554 石油化工钢制管道焊接热处理规范
TSG Z6002 特种设备焊接操作人员考核细则

3 术语和定义

GB/T 3375 和 NB/T 47014 确立的以及下列术语和定义适用于本规范。

3.1

铬镍不锈钢 Cr-Ni stainless steel

铬镍不锈钢指铬镍奥氏体不锈钢和奥氏体-铁素体双相不锈钢。

3.2

铁镍合金 Fe-Ni alloy

镍含量 30%~50%，镍含量与铁含量之和不小于 60% 的合金，铁镍合金也称为铁镍基合金。

3.3

镍基合金 Ni-based alloy

镍含量不小于 50% 的合金。

4 材料

4.1 一般规定

4.1.1 铬镍不锈钢、铁镍合金、镍基合金、不锈钢复合钢材料应具有质量证明文件，并应符合国家现行规范、标准、设计文件和订货技术条件的规定。质量证明文件至少应包括下列内容：

- a) 材料标准号；
- b) 材料的规格、牌号（型号）及特性数据；
- c) 生产批号和供货状态；
- d) 生产单位名称；
- e) 检验印鉴标志。

4.1.2 当材料有下列情况之一时不得使用：

- a) 质量证明文件不符合产品技术标准和订货技术条件；
- b) 对质量证明文件特性数据有异议；
- c) 实物标识与质量证明文件标识不符；

d) 要求复验的材料未进行复验或复验不合格。

4.2 钢材

4.2.1 钢材应符合下列标准的规定：

- a) 不锈钢钢板应符合 GB/T 24511 的规定；
- b) 不锈钢无缝钢管应符合 GB/T 14976 的规定；
- c) 镍及镍合金板应符合 GB/T 2054 的规定；
- d) 镍及镍合金管应符合 GB/T 2882 的规定；
- e) 高温承压用离心铸造合金炉管应符合 HG/T 2601 的规定；
- f) 双相不锈钢钢管应符合 GB/T 21833 的规定；
- g) 不锈钢复合钢板应符合 GB/T 8165 或 NB/T 47002.1 的规定。

4.2.2 国外牌号材料应符合设计规定的标准和技术条件。

4.2.3 用铬镍奥氏体钢、双相不锈钢、铁镍合金及镍基合金材料的化学成分和力学性能参见本规范附录 A。常用不锈钢复合钢板覆层的化学成分和力学性能参见本规范附录 B。

4.2.4 板材、管子、管件、阀门、法兰及锻件经验收合格后应做好合格标记。所采用的标记方法应对材料表面不构成损害或污染。

4.2.5 入库储存应按不同材质、规格分别放置，妥善保管，铬镍不锈钢、铁镍合金、镍基合金及不锈钢复合钢覆层不得与碳素钢及低合金钢接触。

4.3 焊接材料

4.3.1 焊接材料应符合下列规定：

- a) 非合金钢及细晶粒钢焊条应符合 GB/T 5117 的规定；
- b) 热强钢焊条应符合 GB/T 5118 的规定；
- c) 碳钢及低合金钢气体保护电弧焊焊丝应符合 GB/T 8110 的规定；
- d) 不锈钢焊条应符合 GB/T 983 的规定；
- e) 不锈钢焊丝和焊带应符合 GB/T 29713 的规定；
- f) 镍及镍合金焊条应符合 GB/T 13814 的规定；
- g) 镍及镍合金焊丝应符合 GB/T 15620 的规定；
- h) 埋弧焊用非合金钢及细晶粒钢实心焊丝、药芯焊丝和焊丝-焊剂应符合 GB/T 5293 的规定；
- i) 埋弧焊用热强钢实心焊丝、药芯焊丝和焊丝-焊剂应符合 GB/T 12470 的规定；
- j) 埋弧焊用不锈钢焊丝-焊剂应符合 GB/T 17854 的规定。

4.3.2 承压设备用焊接材料应符合 NB/T 47018 的规定。

4.3.3 焊接用氩气应符合 GB/T 4842 的规定，其纯度不应低于 99.99%，当瓶装氩气的压力低于 0.5MPa 时，应停止使用。二氧化碳气体应符合 HG/T 2537 的规定，其纯度不应低于 99.5%，含水量不应超过 0.005%，使用前应预热和干燥。当瓶内气体压力低于 0.98MPa 时，应停止使用。焊接用氮气应符合 GB/T 3864 的规定，其纯度不低于 99.2%，无游离水。

4.3.4 焊接材料应进场验收，验收合格后，应做好标识，入库储存。

4.3.5 焊接材料仓库储存及保管应符合 JB/T 3223 的规定。

5 焊接工艺评定

5.1 焊接工艺评定的方法和内容应执行 NB/T 47014 的规定。

5.2 奥氏体-铁素体双相不锈钢焊接工艺评定尚应按 GB/T 1954 或 GB/T 13305 的要求对焊缝、热影响区进行铁素体含量的测定，铁素体含量应在 30%~60% 范围内。

5.3 铸造管可不做试件的弯曲试验。

5.4 当设计文件有耐腐蚀性能或化学成分检验等要求时，工艺评定应增加相应的试验项目。

6 焊工

6.1 焊工应按 TSG Z6002 的规定考核合格，取得合格证后方可承担相应项目的焊接工作。

6.2 铸造管的考试可用 TSG Z6002 中代号 FeIV 类母材作为考试的试件材料，但应采用工程所用的焊接材料焊接，可不做试件的弯曲试验。

6.3 焊接不锈钢复合钢覆层之间焊缝及过渡焊缝的焊工应按耐蚀层堆焊进行考试。

7 焊接环境

7.1 当焊接环境出现下列任一情况时，未采取有效防护措施不得施焊：

- a) 气体保护焊时风速大于 2m/s，焊条电弧焊时风速大于 8m/s；
- b) 空气相对湿度大于 90%；
- c) 雨、雪环境；
- d) 环境温度低于-20℃。

7.2 当焊件温度为-20℃~0℃时，应在始焊处 100mm 范围内预热到 15℃ 以上。

8 铬镍不锈钢、铁镍合金、镍基合金焊接

8.1 坡口制备

8.1.1 焊接坡口可根据设计文件要求或工艺条件选用标准坡口或自行设计，坡口形式及尺寸宜按保证焊接质量、填充金属量少、熔合比小、便于操作等原则选用。对于铁镍合金、镍基合金的坡口可按表 8.1.1 选用。

表 8.1.1 铁镍合金或镍基合金坡口形式和尺寸

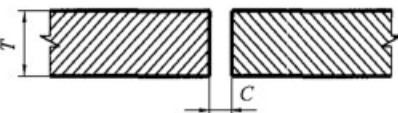
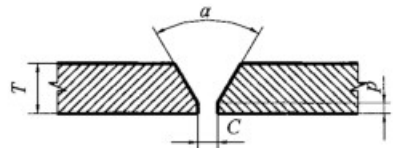
坡口名称	图例	组对尺寸					
		壁厚 <i>T</i> mm	间隙 <i>C</i> mm	钝边 <i>P</i> mm	坡口角度		<i>H</i> (<i>R</i>)
					<i>α</i> °	<i>β</i> °	
对接 I 形坡口		1~3	1~2	—	—	—	—
对接 Y 形坡口		≤8	2~3	1.5±0.8	70~80	—	—
		>8	2~4	1.5±0.8	65~75	—	—

表 8.1.1 (续) 铁镍合金或镍基合金坡口形式和尺寸

坡口名称	图例	组对尺寸					
		壁厚 T mm	间隙 C mm	钝边 P mm	坡口角度		H (R)
					α °	β °	
对接 VY 形坡口		≥ 17	2~4	1.5 ± 0.8	70~80	10~20	$T/3$
对接 U 形坡口		≥ 17	2~4	1.5 ± 0.8	—	10~15	(5~6)
管件承插角焊缝		—	—	—	—	—	1~3
安放式支管连接 坡口		≥ 4	2~3	1~2	55~65	—	3.2mm 或 $0.5 \times T_b$, 取两者中 较小者
插入式支管连接 坡口		≥ 4	2~3	1~2	50~60	—	—

8.1.2 切割及坡口加工宜采用机械方法,当采用等离子切割时,切割后应除去影响焊接质量的表面层。

8.1.3 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。当设计文件无规定时,铸造管子及管件的坡口应按 NB/T 47013.5 的规定进行渗透检测, I 级合格。

8.2 组对与定位焊接

8.2.1 组对前,应清除坡口及其母材两侧表面 20mm 范围内(以离坡口边缘的距离计)的氧化物、油污、熔渣及其他有害杂质。

8.2.2 铸造管和铁镍合金、镍基合金管及管件的坡口和其周围 20mm 范围内的表面应采用丙酮或其他合适的有机溶剂清洗，待溶剂挥发后方可进行组对和定位焊。

8.2.3 铸造管组对应符合下列规定：

- 壁厚相同时，其内壁应平齐，内壁错边量不得大于 0.5mm；
- 壁厚不同，内壁差大于 0.5mm 或外壁差大于 2mm 时，应按图 8.2.3-1 和图 8.2.3-2 的要求进行加工。

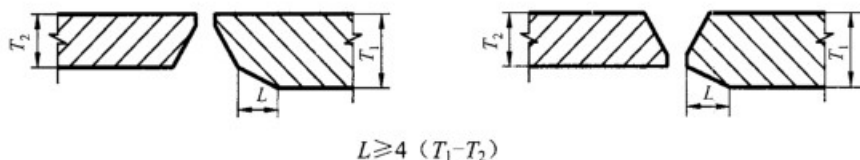


图 8.2.3-1 不同壁厚管子加工示意

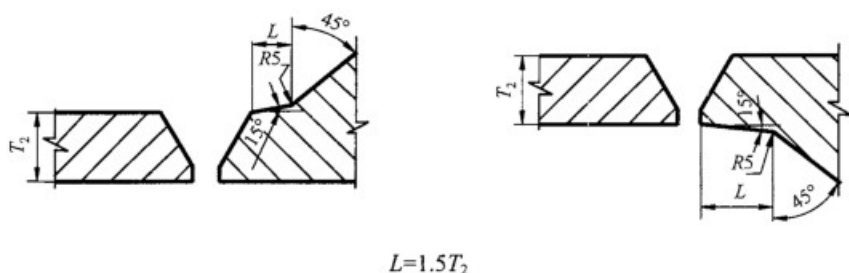


图 8.2.3-2 不同壁厚管子和管件加工示意

8.2.4 压力容器对接接头组对应符合 GB/T 150 的规定。

8.2.5 介质为有毒、可燃的管道对接接头组对应符合 SH 3501 的规定。

8.2.6 其他设备和管道的对接接头组对应符合 GB 50517 的规定。

8.2.7 定位焊应采用经评定合格的焊接工艺。作为正式焊缝组成部分的定位焊缝应符合下列规定：

- 采用实心焊丝钨极气体保护焊进行定位焊时，焊缝背面应充氩保护，铬镍不锈钢也可充氮保护；
- 管段对接定位焊缝不应少于 2 处，焊缝的长度宜为 10mm～15mm，厚度不应超过壁厚的 2/3；
- 设备定位焊焊缝尺寸应符合表 8.2.7 的规定；

表 8.2.7 设备定位焊焊缝尺寸

单位：mm

焊件厚度	焊缝厚度	焊缝长度	间距
≤20	小于或等于 0.70 壁厚，且不小于 6	>20	≤500
>20	≥8	>30	

d) 焊缝应保证焊透及熔合良好，且无气孔、夹渣等缺陷；

e) 焊缝应平滑过渡到母材，并将焊缝两端磨削成斜坡。

8.2.8 组对的工卡具不宜焊接在母材上，当需焊接在母材上时，应符合下列规定：

- 工卡具与母材相焊部位的化学成分应与母材化学成分相近；
- 工卡具的拆除不得采用敲打、掰扭等方法；
- 工卡具拆除后应修磨焊痕，铸造管、铁镍合金和镍基合金母材应按 NB/T 47013.5 的规定进行渗透检测，I 级合格。

8.3 焊接材料准备

8.3.1 焊接材料的选择应根据母材的化学成分、力学性能、使用条件和施焊条件等综合考虑，并应符

合下列要求，常用焊接材料的宜按本规范附录 C 选用。

- a) 同种材料焊接宜选用和母材合金成分相同或相近的焊接材料；
- b) 同种铁镍合金、镍基合金的焊接也可选用与母材合金系统不同的焊接材料，但应保证焊接接头具备设计要求的性能；
- c) 异种铬镍奥氏体钢的焊接，可按任意一侧母材选择焊接材料；
- d) 铁镍合金、镍基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综合考虑焊接接头的强度（包括高温持久强度）与耐腐蚀性、线膨胀系数的差异及焊接热裂纹、气孔的敏感性等因素。

8.3.2 焊接材料的使用应符合下列规定：

- a) 焊条、焊剂使用前应按产品说明书进行烘干；
- b) 烘干后的焊条领出后应放置在保温筒中随用随取，焊条在保温筒中放置时间超过 4h，应重新烘干，且重复烘干次数不得超过两次；
- c) 焊丝的表面若有油污，使用前应进行清理；
- d) 药芯焊丝打开包装后应按其说明书规定的时间使用。

8.4 焊接工艺

8.4.1 焊工使用的刨锤、钢丝刷等手工工具应用不锈钢材料制成；打磨焊缝应采用专用砂轮片。

8.4.2 管道的根部焊道的焊接宜采用钨极气体保护焊。

8.4.3 采用实心焊丝或不填丝的钨极气体保护焊焊接根部焊道时，焊缝背面应采取充氩保护措施，至少焊接 2 层方可终止气体保护；充氩气开始时宜采用较大的流量，确保管内空气完全排除后方可施焊，焊接时背面保护用的氩气流量应适当降低，避免出现凹坑；铬镍不锈钢也可充氮保护。

8.4.4 管道采用免充氩焊丝进行根部焊道焊接时，焊缝背面可不用充氩（氮）气保护。氧气管道及设计文件限制使用的管道，不应采用免充氩焊丝。

8.4.5 双相不锈钢焊接不应使用自熔焊方法。

8.4.6 采用钨极气体保护焊焊接时，焊丝前端应置于保护气体中。

8.4.7 采用焊条电弧焊、熔化极气体保护焊时，坡口两侧各 100mm 范围内应涂上白垩粉或其他防粘污剂。

8.4.8 焊条电弧焊焊接时宜选用小直径焊条，焊接时应采用小线能量、短电弧、不摆动或小摆动的操作方法，小摆动时摆动幅度不宜大于焊芯直径的 3 倍。

8.4.9 焊接时，应符合下列规定：

- a) 采用多层多道焊；
- b) 最高道间温度宜符合表 8.4.9 的规定；
- c) 每一焊道完成后均应清除焊道表面的熔渣，并消除各种表面缺陷；
- d) 每层焊道的接头应错开；
- e) 有抗腐蚀性性能要求的双面焊焊缝，与腐蚀介质接触的焊层应最后施焊。

表 8.4.9 最高道间温度

材料分类		最高道间温度（℃）
奥氏体不锈钢		150
双相不锈钢	22Cr-5Ni 型（S22053、S22253）	150
	25Cr-7Ni 型（S25073）	100
铁镍合金、镍基合金		100

- 8.4.10 焊件表面不得有电弧擦伤，并不得在焊件表面引弧、收弧。
- 8.4.11 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。
- 8.4.12 焊接完毕，应及时将焊缝表面的熔渣及周围的飞溅物、防粘污剂清理干净。
- 8.4.13 焊接施工的安全技术、劳动保护等应按 GB 50484 的有关规定执行。

8.5 焊接检验

8.5.1 外观检查应符合下列要求：

- 焊缝表面不得有裂纹、气孔、夹渣、凹陷、咬边及未熔合等缺陷；
- 对接接头焊缝余高：压力容器执行 GB/T 150 的规定；介质为有毒、可燃的管道执行 SH 3501 的规定；其他设备和管道执行 GB 50683 的规定。

8.5.2 无损检测应符合下列要求：

- 铸造管和铁镍合金、镍基合金管子及管件的根部焊道应按 NB/T 47013.5 的规定进行渗透检测，I 级合格；
- 铸造管和铁镍合金、镍基合金管的对接焊缝和角焊缝表面除设计文件另有规定外，应按 NB/T 47013.5 的规定进行 100% 渗透检测，I 级合格；
- 压力容器焊接接头无损检测按 GB/T 150 的规定执行，介质为有毒、可燃的管道焊接接头无损检测按 SH 3501 的规定执行，介质为无毒、非可燃的管道焊接接头无损检测按 GB 50517 的规定执行，其他设备焊接接头无损检测按设计文件的规定执行。

8.5.3 材料类别为 22Cr-5Ni 型 (S22053、S22253) 和 25Cr-7Ni 型 (S25073) 的奥氏体-铁素体 (双相) 不锈钢的焊缝采用铁素体测量仪 (磁性法) 按 GB/T 1954 的规定进行铁素体含量测量，铁素体含量应在 30%~60% 范围内。

8.6 焊接返修

- 8.6.1 缺陷消除宜采用砂轮打磨或其他机械方法，底部修磨成缓坡形，确认缺陷已消除后方可补焊。
- 8.6.2 焊缝返修应采用经评定合格的焊接工艺。
- 8.6.3 返修部位应按原检测方法进行检验，其质量要求应与原焊缝相同。
- 8.6.4 同一部位焊缝返修不应超过两次，超次返修应制定返修措施，并按本单位质量管理程序规定进行审批。

8.7 焊后热处理

8.7.1 管道焊接接头的焊后热处理应按设计文件规定执行。含稳定化元素的奥氏体不锈钢焊后热处理工艺参数，设计无规定时可按表 8.7.1 执行。

表 8.7.1 焊后热处理参数

保温温度 ℃	恒温时间 h	加热速度	冷却方式
850~900	2~4	300℃以上时，厚度≤25mm 不超过 220℃/h，厚度>25mm 不超过 200℃/h	空冷

- 8.7.2 热处理前应将加热区表面油污、杂质等清理干净。
- 8.7.3 热处理使用的保温材料性能应满足工艺和环保要求，不得含有对管道有害的元素与杂质。保温材料应具有质量证明文件或合格证。
- 8.7.4 热处理区域恒温后在空气中冷却时，管道两端的封闭应去除。
- 8.7.5 管道热处理时的热电偶布置、保温区域应满足 SH/T 3554 的相关规定。

8.7.6 焊后热处理宜采用电加热法，加热过程中加热温度分布应均匀。

8.7.7 焊接接头焊后表面酸洗钝化处理应在热处理之后进行。

9 复合钢焊接

9.1 坡口制备

9.1.1 焊接坡口形式及尺寸应根据填充金属量少、熔合比小、便于操作等原则，按设计文件规定或图 9.1.1 选用，也可自行设计。

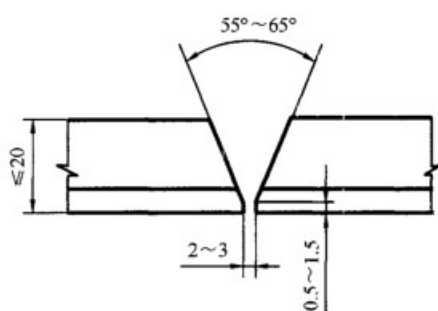


图 9.1.1-1

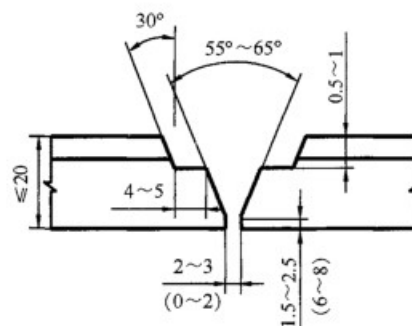


图 9.1.1-2

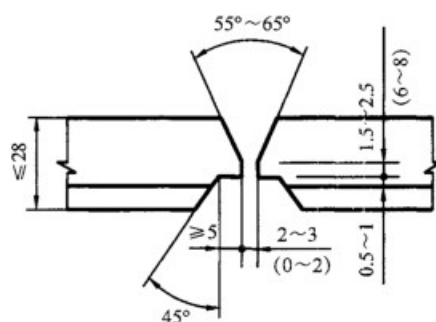


图 9.1.1-3

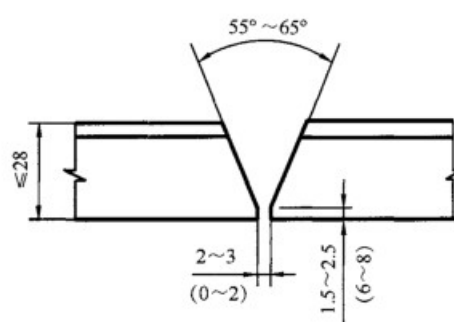


图 9.1.1-4

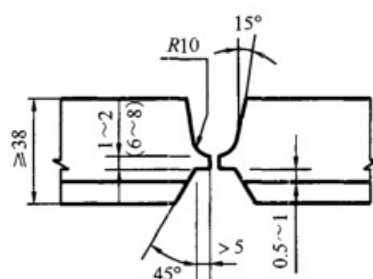


图 9.1.1-5

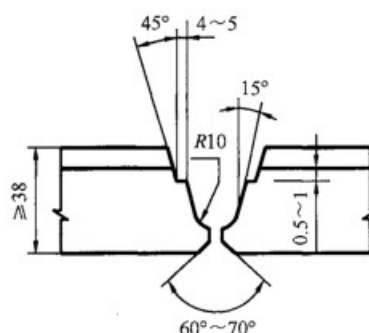


图 9.1.1-6

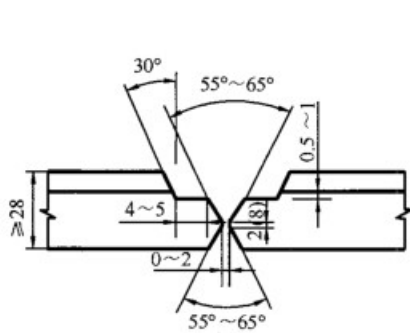


图 9.1.1-7

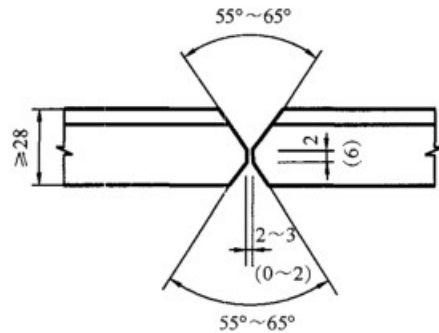


图 9.1.1-8

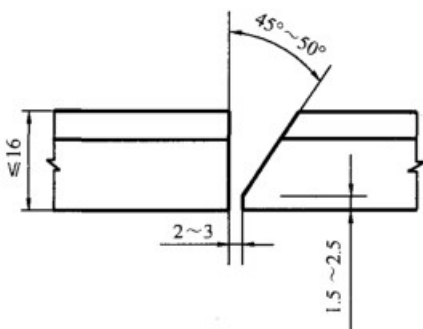


图 9.1.1-9

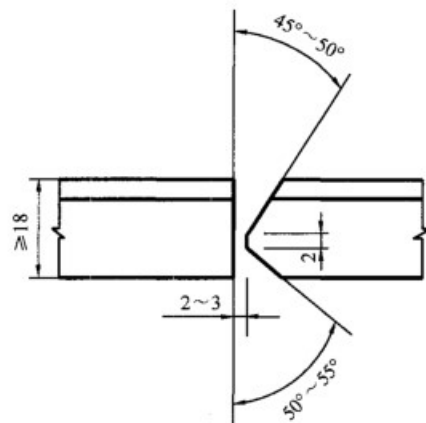


图 9.1.1-10

注：括号内尺寸供埋弧焊使用。

图 9.1.1 复合钢常用坡口形式

- 9.1.2 复合钢的切割及坡口加工宜采用机械方法，切割面应光滑。采用剪床切割时，覆层应朝上。
- 9.1.3 厚度大于12mm的复合钢也可采用等离子切割，不得将切割的熔渣落在覆层上。切割后应用机械方法清理切割面至露出金属光泽。
- 9.1.4 加工完的坡口应进行外观检查，不得有裂纹和分层。

9.2 组对与定位焊接

- 9.2.1 坡口及其两侧各20mm范围内进行表面清理，去除油污、水、锈及氧化皮等污物。覆层距坡口100mm范围内应涂刷防飞溅涂料。
- 9.2.2 组对时应以覆层为基准，覆层等厚时，对口错边量 b 不应大于覆层厚度的50%，且不大于2mm；当覆层不等厚时，对口错边量 b 按较小的覆层厚度 δ_2 计算（见图9.2.2）。

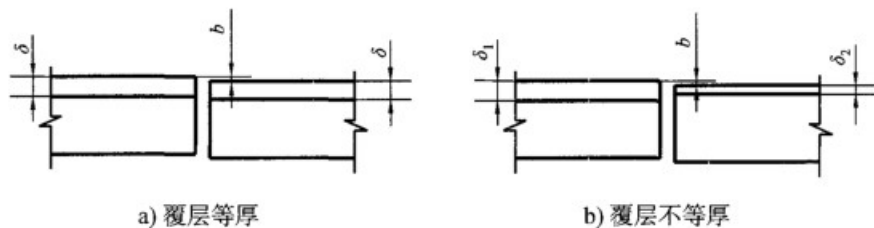


图 9.2.2 对口错边量

9.2.3 定位焊缝宜焊在基层母材上,定位焊缝应采用评定合格的焊接工艺,且由合格的焊工进行施焊。

9.2.4 在组装过程中,工卡具应焊在基层一侧。不得在覆层上焊接工卡具,去除工卡具时,应防止损伤基层金属,焊接处应打磨光滑。

9.2.5 设计文件要求覆层侧附件焊接在基层金属上时,应按下列程序进行:

- a) 覆层部分剥离;
- b) 采用过渡层焊条直接将附件焊接在基层金属上;
- c) 采用与焊接覆层相同的焊条焊接表面焊道,并圆滑过渡至覆层母材。

9.3 焊接材料选用

9.3.1 基层焊接材料宜按下列原则选用:

- a) 相同强度等级的碳素钢、低合金钢相焊的焊接材料应保证熔敷金属的力学性能高于或等于母材规定下限值,或符合设计文件要求;
- b) 不同强度等级钢号的碳素钢、低合金钢相焊的焊接材料应保证熔敷金属的抗拉强度高于或等于强度较低一侧母材规定的下限值,且不超过强度较高一侧母材标准规定的上限值;
- c) 铬钼耐热钢相同钢号相焊的焊接材料除应保证熔敷金属力学性能高于或等于相应母材标准规定的下限值或符合设计文件要求,且应保证熔敷金属中的铬、钼含量与母材规定相当或符合设计文件要求。

9.3.2 常用不锈钢复合钢基层焊接材料选用参见本规范附表 C.10。

9.3.3 覆层焊接材料应保证焊缝金属的耐腐蚀性能,当有力学性能要求时,还应保证力学性能,并按下列原则选用:

- a) 奥氏体不锈钢的焊接材料应保证熔敷金属的主要合金元素的含量不低于覆层材料标准规定的下限值;
- b) 对于有抗晶间腐蚀要求的焊接接头,宜采用熔敷金属中含有稳定化元素 Nb、Ti 的焊接材料,或熔敷金属中碳含量不大于 0.04% 的焊条及熔敷金属中碳含量不大于 0.03% 的焊丝;
- c) 异种奥氏体不锈钢的焊接材料应保证熔敷金属中 Cr、Ni 含量不低于合金含量较低一侧覆层材料标准规定的下限值;
- d) 马氏体或铁素体不锈钢的焊接材料可选用与覆层材料金相组织相同的焊接材料,也可选用奥氏体焊接材料或镍基合金焊接材料;
- e) 奥氏体与铁素体或马氏体异种不锈钢的焊接材料,其熔敷金属中 Cr、Ni 含量宜不低于奥氏体一侧标准规定值的下限值;
- f) 奥氏体-铁素体双相不锈钢的焊接材料除设计文件另有规定外,熔敷金属铁素体含量宜控制在 30%~60% 范围。

9.3.4 常用不锈钢复合钢覆层焊接材料宜按本规范附表 C.11 和附表 C.12 选用。

9.3.5 过渡层焊接材料应按下列要求选用:

- a) 不锈钢复合钢过渡层焊材宜采用 309 (309L) 型或 310 型;
- b) 覆层含钼的不锈钢复合钢过渡层焊材宜采用 309Mo (309LMo) 型。

9.3.6 常用不锈钢复合钢同种覆层材质过渡层焊接材料宜按本规范附表 C.11 选用。

9.3.7 常用不锈钢复合钢异种覆层材质过渡层焊接材料宜按本规范附表 C.12 选用。

9.4 预热

9.4.1 不锈钢复合钢基层需要预热时,预热温度应按基层要求选用,预热的厚度参数应按不锈钢复合钢的总厚度确定。设备的预热应按 NB/T 47015 执行,管道的预热应按 SH/T 3554 执行。

9.4.2 覆层为铁素体或马氏体不锈钢，且采用与覆层金相组织相同的焊接材料焊接时，覆层应进行预热，并应符合下列规定：

- a) 06Cr13Al 材质焊接预热温度应不低于 100℃；
- b) 06Cr13 材质焊接预热温度应不低于 150℃。

9.4.3 当基层或覆层需要预热时，过渡层焊缝焊接也应进行预热，预热温度宜为 100℃～150℃。

9.4.4 预热宜采用电加热法。

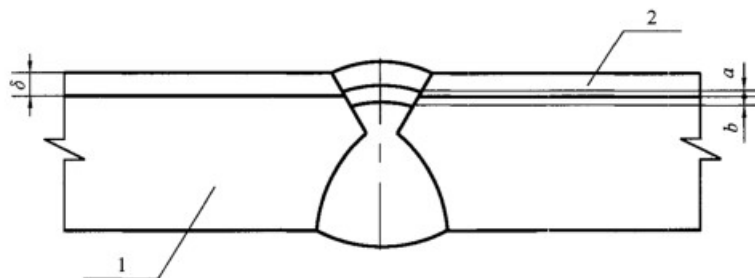
9.5 焊接工艺

9.5.1 焊接应先焊基层，后焊过渡层和覆层，且焊接基层时不得将基层金属沉积在覆层上。当条件受到限制时，也可先焊覆层，后焊过渡层和基层，基层的焊接应选用与过渡层焊接相同的焊接材料。

9.5.2 过渡层及覆层焊接宜采用小线能量多层多道焊接。

9.5.3 奥氏体不锈钢覆层、过渡层焊接道间温度不宜大于 150℃；奥氏体-铁素体双相不锈钢覆层、过渡层焊接道间温度不宜大于 100℃。

9.5.4 过渡层的焊缝金属在覆层处的厚度 a 宜为 $0.5\text{mm} \sim \delta/2\text{mm}$ ，且不宜大于 2mm；在基层处的厚度 b 宜为 $1.5\text{mm} \sim 2.5\text{mm}$ （见图 9.5.4）。



1—基层；2—覆层

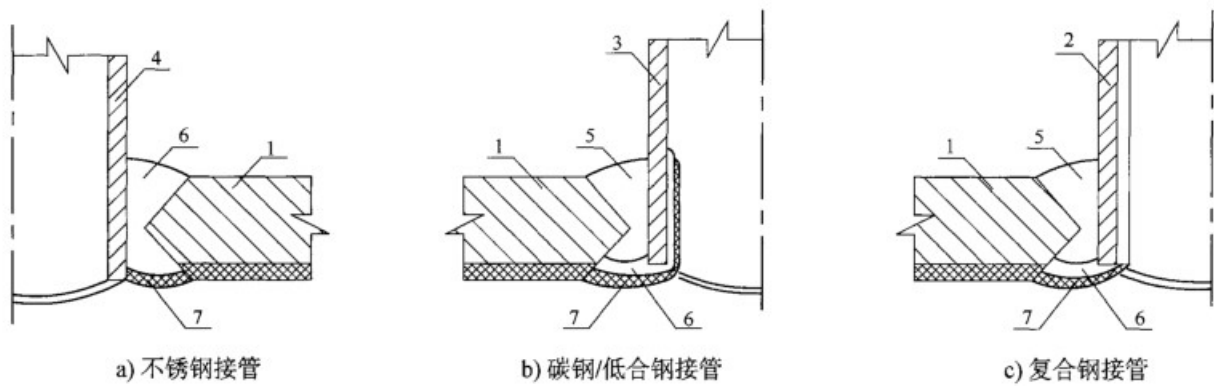
图 9.5.4 过渡层焊缝金属厚度

9.5.5 焊接覆层前应将过渡焊缝表面和坡口边缘清理干净。

9.5.6 设备纵缝两端各 30mm～50mm 的过渡层及覆层应分别与环缝的过渡层及覆层一起焊接。

9.5.7 接管与壳体焊接应符合下列要求：

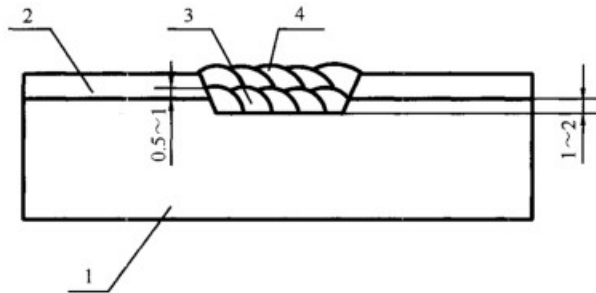
- a) 设计文件无规定时，不锈钢接管与设备不锈钢复合钢壳体组焊时宜内平齐[见图 9.5.7a)]；
- b) 复合接管（包括人孔筒节）或碳素钢及低合金钢接管与设备不锈钢复合钢壳体组焊，应使接管端部与不锈钢复合钢壳体复合钢板界面对齐；焊接过渡层和覆层焊缝时将管端部堆焊成形[见图 9.5.7b)、图 9.5.7c)]；
- c) 基层类材质相焊的部位，应选用与焊接基层相匹配的焊接材料；
- d) 覆层类材质相焊的部位，应选用与焊接覆层相匹配的焊接材料；
- e) 基层类材质与覆层类材质相焊的部位，应选用过渡层焊接材料；
- f) 当接管角焊缝无法进行双面焊时，应先将复合管或碳钢接管端部堆焊成形，组对后用覆层焊接材料焊接覆层，再用过渡层焊接材料焊接其余焊道；
- g) 不锈钢接管与不锈钢复合钢壳体焊接时，应采用焊接过渡层的焊接材料焊接基层及过渡层。



1—壳体；2—复合钢管；3—碳钢低合金钢管；4—不锈钢管；5—用基层焊材；6—用过渡层焊材；7—用覆层焊材

图 9.5.7 人孔、接管焊接示意

9.5.8 不锈钢复合钢产生局部分层时，可进行修复，应先去掉覆层，再将基层表面去掉1mm~2mm后，分别用过渡层及覆层焊条堆焊，修复后表面磨平（见图9.5.8）并按NB/T 47013.5的规定进行渗透检测，I级合格。



1—基层；2—覆层；3—过渡层焊道；4—覆层焊道（焊后磨平）

图 9.5.8 不锈钢复合钢修复示意

9.6 焊接检验

9.6.1 焊缝外观质量应符合下列规定：

- 焊缝尺寸应符合设计文件要求；
- 焊缝表面不得有气孔、夹渣、裂纹、弧坑和飞溅物等缺陷；
- 基层侧焊缝咬边深度不得大于 0.5mm，咬边长度不得大于该焊缝全长的 10%，且不得大于 100mm；基层采用标准抗拉强度下限值大于或等于 540MPa 钢及 Cr-Mo 低合金钢和焊缝系数为 1 的焊接接头，其焊缝表面均不得有咬边缺陷；
- 覆层侧不得有咬边缺陷；
- 角焊缝的焊脚尺寸应符合设计文件要求，并应平缓过渡至母材。

9.6.2 焊缝无损检测方法、比例、合格等级应符合设计文件要求，设计文件无规定时，无损检测直接下列方法之一执行：

- 基层、过渡层及覆层焊缝全部焊接完成后进行射线检测；
- 覆层厚度不计入强度计算，且先焊基层，后焊过渡层和覆层时，射线检测可在过渡层及覆层焊缝焊接之前进行，过渡层和覆层焊后应分别按 NB/T 47013.5 的规定进行渗透检测，I 级合格。

9.6.3 覆层焊缝表面应按设计文件要求进行酸洗钝化处理。

9.7 焊缝返修

9.7.1 焊缝返修应采用评定合格的焊接工艺。

9.7.2 采用磨削或碳弧气刨清除缺陷时，刨槽底部应修磨成U形，槽长不小于50mm。

9.7.3 对于裂纹缺陷，清除裂纹时，应将裂纹两端各去除不少于20mm的长度。

9.7.4 进行焊后热处理的焊接接头，其焊缝返修宜在热处理前进行。热处理后需进行返修时，执行NB/T 47015的相关规定。

9.7.5 返修后的焊缝应修磨成与原焊缝基本一致，并按原无损检测要求检验。

9.7.6 同一部位焊缝返修不应超过两次，超次返修应制定返修措施，并按本单位质量管理程序规定进行审批。

9.8 焊后热处理

9.8.1 奥氏体不锈钢复合钢设备及管道不宜进行焊后热处理。当需要进行焊后热处理时，应按设计文件要求进行，并应减少覆层母材和焊接接头中铬碳化物析出和形成 σ 相。

9.8.2 不锈钢复合钢管道热处理应按SH/T 3554执行，压力容器热处理应按GB/T 30583执行。

附录 A
(资料性附录)
板材和管材常用数据表

A.1 常用铬镍奥氏体钢板化学成分和常温力学性能见表 A.1。

表 A.1 常用铬镍奥氏体钢板化学成分和常温力学性能

材料类别	钢号	代号	化学成分 (质量分数) %											力学性能				标准号
			C	Mn	Si	S	P	Cr	Ni	Mo	Ti	Nb+Ta	N	其他	R _{p0.2} MPa	R _m MPa	A %	
00-18Cr-8Ni	022Cr19Ni10	S30403	≤0.030	≤2.00	≤0.75	≤0.030	≤0.045	17.50~19.50	8.00~12.00	—	—	—	≤0.10	—	≥180	≥485	≥40	GB/T 4237—2015
	022Cr19Ni10	S30403	≤0.030	≤2.00	≤0.75	≤0.015	≤0.035	18.00~20.00	8.00~12.00	—	—	—	≤0.10	—	≥210	≥490	≥40	GB/T 24511—2017
	304L	S30403	≤0.030	≤2.00	≤0.75	≤0.030	≤0.045	17.50~19.50	8.00~12.00	—	—	—	≤0.10	—	≥170	≥485	≥40	ASME SA-240
	304LN	S30453	≤0.030	≤2.00	≤0.75	≤0.030	≤0.045	18.00~20.00	8.00~12.00	—	—	—	0.10~0.16	—	≥205	≥515	≥40	ASME SA-240
	SUS304L	—	≤0.030	≤2.00	≤1.00	≤0.030	≤0.045	18.00~20.00	9.00~13.00	—	—	—	—	—	≥175	≥480	≥40	JIS G4304-2015
	SUS304LN	—	≤0.030	≤2.00	≤1.00	≤0.030	≤0.045	17.00~19.00	8.50~11.50	—	—	—	0.12~0.22	—	≥245	≥550	≥40	JIS G4304-2015
0-18Cr-8Ni	304	S30400	≤0.07	≤2.00	≤0.75	≤0.030	≤0.045	17.50~19.50	8.00~10.50	—	—	—	≤0.10	—	≥205	≥515	≥40	ASME SA-240
	06Cr19Ni10	S30408	≤0.07	≤2.00	≤0.75	≤0.030	≤0.045	17.50~19.50	8.00~10.50	—	—	—	≤0.10	—	≥205	≥515	≥40	GB/T 4237—2015
	06Cr19Ni10	S30408	≤0.08	≤2.00	≤0.75	≤0.015	≤0.035	18.00~20.00	8.00~10.50	—	—	—	≤0.10	—	≥220	≥520	≥40	GB/T 24511—2017
	304N	S30451	≤0.08	≤2.00	≤0.75	≤0.030	≤0.045	18.00~20.00	8.00~10.50	—	—	—	0.10~0.16	—	≥240	≥550	≥30	ASME SA-240
	SUS304	—	≤0.08	≤2.00	≤1.00	≤0.030	≤0.045	18.00~20.00	8.00~10.50	—	—	—	—	—	≥205	≥520	≥40	JIS G4304-2015
1-18Cr-8Ni	12Cr18Ni9	S30210	≤0.15	≤2.00	≤0.75	≤0.030	≤0.045	17.00~19.00	8.00~10.00	—	—	—	≤0.10	—	≥205	≥515	≥40	GB/T 4237—2015
	304H	S30409	0.04~0.10	≤2.00	≤0.75	≤0.030	≤0.045	18.00~20.00	8.00~10.50	—	—	—	—	—	≥205	≥515	≥40	ASME SA-240

表 A.1 (续) 常用铬镍奥氏体钢板化学成分和常温力学性能

材料类别	钢号	代号	化学成分（质量分数） %										力学性能			标准号		
			C	Mn	Si	S	P	Cr	Ni	Mo	Ti	Nb+Ta	N	其他	$R_{p0.2}$ MPa		R_m MPa	A %
18Cr-10Ni-Ti	06Cr18Ni11Ti	S32168	≤0.08	≤2.00	≤0.75	≤0.030	≤0.045	17.00~19.00	9.00~12.00	—	≥5×C	—	≤0.10	—	≥205	≥515	≥40	GB/T 4237—2015
	06Cr18Ni11Ti	S32168	≤0.08	≤2.00	≤0.75	≤0.015	≤0.035	17.00~19.00	9.00~12.00	—	5×C~0.70	—	—	—	≥205	≥520	≥40	GB/T 24511—2017
	321	S32100	≤0.08	≤2.00	≤0.75	≤0.030	≤0.045	17.00~19.00	9.00~12.00	—	5×(C+N)~0.70	—	≤0.10	—	≥205	≥515	≥40	ASME SA-240
	321H	S32109	0.04~0.10	≤2.00	≤0.75	≤0.030	≤0.045	17.00~19.00	9.00~12.00	—	4×(C+N)~0.70	—	—	—	≥205	≥515	≥40	ASME SA-240
	SUS321	—	≤0.08	≤2.00	≤1.00	≤0.030	≤0.045	17.00~19.00	9.00~13.00	—	≥5×C	—	—	—	≥205	≥520	≥40	JIS G4304-2015
18Cr-10Ni-Cb	06Cr18Ni11Nb	S34778	≤0.08	≤2.00	≤0.75	≤0.030	≤0.045	17.00~19.00	9.00~13.00	—	—	10×C~1.00	—	—	≥205	≥515	≥40	GB/T 4237—2015
	06Cr18Ni11Nb	S34778	≤0.08	≤2.00	≤0.75	≤0.015	≤0.035	17.00~19.00	9.00~12.00	—	—	10×C~1.00	—	—	≥205	≥515	≥40	GB/T 24511—2017
	347	S34700	≤0.08	≤2.00	≤0.75	≤0.030	≤0.045	17.00~19.00	9.00~13.00	—	—	10×C~1.00	—	—	≥205	≥515	≥40	ASME SA-240
	347H	S34709	0.04~0.10	≤2.00	≤0.75	≤0.030	≤0.045	17.00~19.00	9.00~13.00	—	—	8×C~1.00	—	—	≥205	≥515	≥40	ASME SA-240
	348	S34800	≤0.08	≤2.00	≤0.75	≤0.030	≤0.045	17.00~19.00	9.00~13.00	—	—	10×C~1.00	—	Co: ≤0.20 Ta: ≤0.10	≥205	≥515	≥40	ASME SA-240
18Cr-10Ni-Cb	348H	S34809	0.04~0.10	≤2.00	≤0.75	≤0.030	≤0.045	17.00~19.00	9.00~13.00	—	—	8×C~1.00	—	Co: ≤0.20 Ta: ≤0.10	≥205	≥515	≥40	ASME SA-240
	SUS347	—	≤0.08	≤2.00	≤1.00	≤0.030	≤0.045	17.00~19.00	9.00~13.00	—	—	≥10×C	—	—	≥205	≥520	≥35	JIS G4304-2015

表 A.1 (续) 常用铬镍奥氏体钢板化学成分和常温力学性能

材料类别	钢号	代号	化学成分 (质量分数) %										力学性能				标准号	
			C	Mn	Si	S	P	Cr	Ni	Mo	Ti	Nb+Ta	N	其他	R _{p0.2} MPa	R _m MPa		A %
00-16Cr-12Ni-2Mo	022Cr17Ni12Mo2	S31603	≤0.030	≤2.00	≤0.75	≤0.030	≤0.045	16.00~18.00	10.00~14.00	2.00~3.00	—	—	≤0.10	—	≥180	≥485	≥40	GB/T 4237—2015
	022Cr17Ni12Mo2	S31603	≤0.030	≤2.00	≤0.75	≤0.015	≤0.035	16.00~18.00	10.00~14.00	2.00~3.00	—	—	≤0.10	—	≥210	≥490	≥40	GB/T 24511—2017
	316L	S31603	≤0.030	≤2.00	≤0.75	≤0.030	≤0.045	16.00~18.00	10.00~14.00	2.00~3.00	—	—	≤0.10	—	≥170	≥485	≥40	ASME SA-240
	316LN	S31653	≤0.030	≤2.00	≤0.75	≤0.030	≤0.045	16.00~18.00	10.00~14.00	2.00~3.00	—	—	0.10~0.16	—	≥205	≥515	≥40	ASME SA-240
	SUS316L	—	≤0.030	≤2.00	≤1.00	≤0.030	≤0.045	16.00~18.00	12.00~15.00	2.00~3.00	—	—	—	—	≥175	≥480	≥40	JIS G4304-2015
	SUS316LN	—	≤0.030	≤2.00	≤1.00	≤0.030	≤0.045	16.50~18.50	10.50~14.50	2.00~3.00	—	—	0.12~0.22	—	≥245	≥550	≥40	JIS G4304-2015
16Cr-12Ni-2Mo	06Cr17Ni12Mo2Ti	S31668	≤0.08	≤2.00	≤0.75	≤0.030	≤0.045	16.00~18.00	10.00~14.00	2.00~3.00	≥5×C	—	—	—	≥205	≥515	≥40	GB/T 4237—2015
	06Cr17Ni12Mo2Ti	S31668	≤0.08	≤2.00	≤0.75	≤0.015	≤0.035	16.00~18.00	10.00~14.00	2.00~3.00	5C~0.70	—	—	—	≥205	≥520	≥40	GB/T 24511—2017
	316	S31600	≤0.08	≤2.00	≤0.75	≤0.030	≤0.045	16.00~18.00	10.00~14.00	2.00~3.00	—	—	≤0.10	—	≥205	≥515	≥40	ASME SA-240
	316H	S31609	0.04~0.10	≤2.00	≤0.75	≤0.030	≤0.045	16.00~18.00	10.00~14.00	2.00~3.00	—	—	—	—	≥205	≥515	≥35	ASME SA-240
	316N	S31651	≤0.08	≤2.00	≤0.75	≤0.030	≤0.045	16.00~18.00	10.00~14.00	2.00~3.00	—	—	0.10~0.16	—	≥240	≥550	≥35	ASME SA-240
	SUS316	—	≤0.08	≤2.00	≤1.00	≤0.030	≤0.045	16.0~18.0	10.0~14.0	2.00~3.00	—	—	—	—	≥205	≥520	≥40	JIS G4304-2015
00-18Cr-13Ni-3Mo	SUS316N	—	≤0.08	≤2.00	≤1.00	≤0.030	≤0.045	16.0~18.0	10.0~14.0	2.00~3.00	—	—	0.10~0.22	—	≥275	≥550	≥35	JIS G4304-2015
	022Cr19Ni13 Mo3	S31703	≤0.030	≤2.00	≤0.75	≤0.030	≤0.045	18.00~20.00	11.00~15.00	3.00~4.00	—	—	≤0.10	—	≥205	≥515	≥40	GB/T 4237—2015
	022Cr19Ni13 Mo3	S31703	≤0.030	≤2.00	≤0.75	≤0.015	≤0.035	18.00~20.00	11.00~15.00	3.00~4.00	—	—	≤0.10	—	≥205	≥520	≥40	GB/T 24511—2017
	317L	S31703	≤0.030	≤2.00	≤0.75	≤0.030	≤0.045	18.0~20.0	11.00~15.00	3.00~4.00	—	—	≤0.10	—	≥205	≥515	≥40	ASME SA-240
	SUS317L	—	≤0.030	≤2.00	≤1.00	≤0.030	≤0.045	18.00~20.00	11.00~15.00	3.00~4.00	—	—	—	—	≥175	≥480	≥40	JIS G4304-2015
	06Cr19Ni13Mo3	S31708	≤0.08	≤2.00	≤0.75	≤0.030	≤0.045	18.00~20.00	11.00~15.00	3.00~4.00	—	—	≤0.10	—	≥205	≥515	≥35	GB/T 4237—2015
18Cr-13Ni-3 Mo	06Cr19Ni13Mo3	S31708	≤0.08	≤2.00	≤0.75	≤0.015	≤0.035	18.00~20.00	11.00~15.00	3.00~4.00	—	—	≤0.10	—	≥205	≥520	≥35	GB/T 24511—2017
	317	S31700	≤0.08	≤2.00	≤0.75	≤0.030	≤0.045	18.0~20.0	11.00~15.00	3.00~4.00	—	—	≤0.10	—	≥205	≥515	≥35	ASME SA-240
	SUS317	—	≤0.08	≤2.00	≤1.00	≤0.030	≤0.045	18.0~20.0	11.00~15.00	3.00~4.00	—	—	—	—	≥205	≥520	≥40	JIS G4304-2015

表 A.1 (续) 常用铬镍奥氏体钢板化学成分和常温力学性能

材料类别	钢号	代号	化学成分（质量分数） %										力学性能			标准号		
			C	Mn	Si	S	P	Cr	Ni	Mo	Ti	Nb+Ta	N	其他	R _{p0.2} MPa		R _m MPa	A %
23Cr-12Ni	06Cr23Ni13	S30908	≤0.08	≤2.00	≤0.75	≤0.030	≤0.045	22.00~24.00	12.00~15.00	—	—	—	—	—	≥205	≥515	≥40	GB/T 4237—2015
	06Cr23Ni13	S30908	≤0.08	≤2.00	≤0.75	≤0.015	≤0.035	22.00~24.00	12.00~15.00	—	—	—	—	—	≥205	≥515	≥40	GB/T 24511—2017
	309S	S30908	≤0.08	≤2.00	≤0.75	≤0.030	≤0.045	22.00~24.00	12.00~15.00	—	—	—	—	—	≥205	≥515	≥40	ASME SA-240
	309Cb	S30940	≤0.08	≤2.00	≤0.75	≤0.030	≤0.045	22.00~24.00	12.00~16.00	—	—	10×C~ 1.10	—	—	≥205	≥515	≥40	ASME SA-240
	309H	S30909	0.04~0.10	≤2.00	≤0.75	≤0.030	≤0.045	22.00~24.00	12.00~15.00	—	—	—	—	—	≥205	≥515	≥40	ASME SA-240
	309HCb	S30941	0.04~0.10	≤2.00	≤0.75	≤0.030	≤0.045	22.00~24.00	12.00~16.00	—	—	10×C~ 1.10	—	—	≥205	≥515	≥40	ASME SA-240
	SUS309S	—	≤0.08	≤2.00	≤1.00	≤0.030	≤0.045	22.00~24.00	12.00~15.00	—	—	—	—	—	≥205	≥520	≥40	JIS G4304-2015
25Cr-20Ni	06Cr25Ni20	S31008	≤0.08	≤2.00	≤1.50	≤0.030	≤0.045	24.00~26.00	19.00~22.00	—	—	—	—	—	≥205	≥515	≥40	GB/T 4237—2015
	06Cr25Ni20	S31008	≤0.08	≤2.00	≤1.50	≤0.015	≤0.035	24.00~26.00	19.00~22.00	—	—	—	—	—	≥205	≥520	≥40	GB/T 24511—2017
	310S	S31008	≤0.08	≤2.00	≤1.50	≤0.030	≤0.045	24.00~26.00	19.00~22.00	—	—	—	—	—	≥205	≥515	≥40	ASME SA-240
	310Cb	S31040	≤0.08	≤2.00	≤1.50	≤0.030	≤0.045	24.00~26.00	19.00~22.00	—	—	10×C~ 1.10	—	—	≥205	≥515	≥40	ASME SA-240
	310H	S31009	0.04~0.10	≤2.00	≤0.75	≤0.030	≤0.045	24.00~26.00	19.00~22.00	—	—	—	—	—	≥205	≥515	≥40	ASME SA-240
	310HCb	S31041	0.04~0.10	≤2.00	≤0.75	≤0.030	≤0.045	24.0~26.0	19.00~22.00	—	—	10×C~ 1.10	—	—	≥205	≥515	≥40	ASME SA-240
	SUS310S	—	≤0.08	≤2.00	≤1.50	≤0.030	≤0.045	24.0~26.0	19.00~22.00	—	—	—	—	—	≥205	≥520	≥40	JIS G4304-2015
注：中国采用统一数字代号和对应牌号，美国采用 UNS 标号。																		

A.2 常用铬镍奥氏体钢管化学成分和常温力学性能见表 A.2。

表 A.2 常用铬镍奥氏体钢管化学成分和常温力学性能

材料类别	钢号	代号	化学成分 (质量分数) %											力学性能				标准号
			C	Mn	Si	S	P	Cr	Ni	Mo	Ti	Nb+Ta	N	其他	$R_{p0.2}$ MPa	R_m MPa	A %	
00-18Cr-8Ni	022Cr19Ni10	S30403	≤0.030	≤2.00	≤1.00	≤0.030	≤0.035	18.00~20.00	8.00~12.00	—	—	—	—	—	≥175	≥480	≥35	GB/T 14976—2012
	TP304L	S30403	≤0.035	≤2.00	≤1.00	≤0.030	≤0.045	18.00~20.00	8.00~13.00	—	—	—	—	—	≥170	≥485	≥35	ASME SA-312
	TP304LN	S30453	≤0.035	≤2.00	≤1.00	≤0.030	≤0.045	18.00~20.00	8.00~12.00	—	—	—	0.10~0.16	—	≥205	≥515	≥35	ASME SA-312
	SUS304L TP	—	≤0.030	≤2.00	≤1.00	≤0.030	≤0.045	18.00~20.00	9.00~13.00	—	—	—	—	—	≥175	≥480	≥35	JIS G3459-2017
0-18Cr-8Ni	TP304	S30400	≤0.08	≤2.00	≤1.00	≤0.030	≤0.045	18.00~20.00	8.00~11.00	—	—	—	—	—	≥205	≥515	≥35	ASME SA-312
	06Cr19Ni10	S30408	≤0.08	≤2.00	≤1.00	≤0.030	≤0.035	18.00~20.00	8.00~11.00	—	—	—	—	—	≥205	≥520	≥35	GB/T 14976—2012
	TP304N	S30451	≤0.08	≤2.00	≤1.00	≤0.030	≤0.045	18.00~20.00	8.00~11.00	—	—	—	0.10~0.16	—	≥240	≥550	≥35	ASME SA-312
	SUS304 TP	—	≤0.08	≤2.00	≤1.00	≤0.030	≤0.045	18.00~20.00	8.00~11.00	—	—	—	—	—	≥205	≥520	≥35	JIS G3459-2017
1-18Cr-8Ni	TP304H	S30409	0.04~0.10	≤2.00	≤1.00	≤0.030	≤0.045	18.00~20.00	8.00~11.00	—	—	—	—	—	≥205	≥515	≥35	ASME SA-312
	SUS304H TP	—	0.04~0.10	≤2.00	≤0.75	≤0.030	≤0.040	18.00~20.00	8.00~11.00	—	—	—	—	—	≥205	≥520	≥35	JIS G3459-2017
	06Cr18Ni11Ti	S32168	≤0.08	≤2.00	≤1.00	≤0.030	≤0.035	17.00~19.00	9.00~12.00	—	5×C~0.70	—	—	—	≥205	≥520	≥35	GB/T 14976—2012
	07Cr19Ni11Ti	S32169	0.04~0.10	≤2.00	≤0.75	≤0.030	≤0.030	17.00~20.00	9.00~13.00	—	4×C~0.60	—	—	—	≥205	≥520	≥35	GB/T 14976—2012
18Cr-10Ni-Ti	TP321	S32100	≤0.08	≤2.00	≤1.00	≤0.045	≤0.040	17.00~19.00	9.00~12.00	—	5×(C+N)~0.70	—	≤0.10	—	≥205	≥515	≥35	ASME SA-312
	TP321H	S32109	0.04~0.10	≤2.00	≤1.00	≤0.045	≤0.040	17.00~19.00	9.00~12.00	—	4×(C+N)~0.70	—	≤0.10	—	≥205	≥515	≥35	ASME SA-312
	SUS321 TP	—	≤0.08	≤2.00	≤1.00	≤0.030	≤0.045	17.00~19.00	9.00~13.00	—	≥5×C	—	—	—	≥205	≥520	≥35	JIS G3459-2017
	SUS321H TP	—	0.04~0.10	≤2.00	≤0.75	≤0.030	≤0.030	17.00~20.00	9.00~13.00	—	4×C~0.60	—	—	—	≥205	≥520	≥35	JIS G3459-2017

表 A.2 (续) 常用铬镍奥氏体钢管化学成分和常温力学性能

材料类别	钢号	代号	化学成分 (质量分数) %										力学性能				标准号	
			C	Mn	Si	S	P	Cr	Ni	Mo	Ti	Nb+Ta	N	其他	R _{p0.2} MPa	R _m MPa		A %
18Cr-10Ni-Nb	06Cr18Ni11Nb	S34778	≤0.08	≤2.00	≤1.00	≤0.030	≤0.035	17.00~19.00	9.00~12.00	—	—	10×C~1.10	—	—	≥205	≥520	≥35	GB/T 14976—2012
	TP347	S34700	≤0.08	≤2.00	≤1.00	≤0.030	≤0.045	17.00~19.00	9.00~13.00	—	—	10×C~1.00	—	—	≥205	≥515	≥35	ASME SA-312
	TP347H	S34709	0.04~0.10	≤2.00	≤1.00	≤0.030	≤0.045	17.00~19.00	9.00~13.00	—	—	8×C~1.00	—	—	≥205	≥515	≥35	ASME SA-312
	TP348	S34800	≤0.08	≤2.00	≤1.00	≤0.030	≤0.045	17.00~19.00	9.00~13.00	—	—	≤0.10	—	—	≥205	≥515	≥35	ASME SA-312
	TP348H	S34809	0.04~0.10	≤2.00	≤1.00	≤0.030	≤0.045	17.00~19.00	9.00~13.00	—	—	≤0.10	—	—	≥205	≥515	≥35	ASME SA-312
	SUS347 TP	—	≤0.08	≤2.00	≤1.00	≤0.030	≤0.045	17.00~19.00	9.00~13.00	—	—	≥10×C	—	—	≥205	≥520	≥35	JIS G3459-2017
00-16Cr-12Ni-2Mo	SUS347H TP	—	0.04~0.10	≤2.00	≤1.00	≤0.030	≤0.030	17.00~20.00	9.00~13.00	—	—	8×C~1.00	—	—	≥205	≥520	≥35	JIS G3459-2017
	022Cr17Ni12Mo2	S31603	≤0.030	≤2.00	≤1.00	≤0.030	≤0.035	16.00~18.00	10.00~14.00	2.00~3.00	—	—	—	—	≥175	≥480	≥35	GB/T 14976—2012
	TP316L	S31603	≤0.035	≤2.00	≤1.00	≤0.030	≤0.045	16.00~18.00	10.00~14.00	2.00~3.00	—	—	—	—	≥170	≥485	≥35	ASME SA-312
	TP316LN	S31653	≤0.035	≤2.00	≤1.00	≤0.030	≤0.045	16.00~18.00	11.00~14.00	2.00~3.00	—	—	0.10~0.16	—	≥205	≥515	≥35	ASME SA-312
	SUS316L TP	—	≤0.030	≤2.00	≤1.00	≤0.030	≤0.045	16.00~18.00	12.00~16.00	2.00~3.00	—	—	—	—	≥175	≥480	≥35	JIS G3459-2017
	06Cr17Ni12Mo2Ti	S31668	≤0.08	≤2.00	≤1.00	≤0.030	≤0.035	16.00~18.00	10.00~14.00	2.00~3.00	5×C~0.70	—	—	—	≥205	≥530	≥35	GB/T 14976—2012
16Cr-12Ni-2Mo	07Cr17Ni12Mo2	S31609	0.04~0.10	≤2.00	≤1.00	≤0.030	≤0.035	16.00~18.00	10.00~14.00	2.00~3.00	—	—	—	—	≥205	≥515	≥35	GB/T 14976—2012
	06Cr17Ni12Mo2	S31608	≤0.08	≤2.00	≤1.00	≤0.030	≤0.035	16.00~18.00	10.00~14.00	2.00~3.00	—	—	—	—	≥205	≥520	≥35	GB/T 14976—2012
	TP316	S31600	≤0.08	≤2.00	≤1.00	≤0.030	≤0.045	16.00~18.00	11.00~14.00	2.00~3.00	—	—	—	—	≥205	≥515	≥35	ASME SA-312
	TP316H	S31609	0.04~0.10	≤2.00	≤1.00	≤0.030	≤0.045	16.00~18.00	11.00~14.00	2.00~3.00	—	—	—	—	≥205	≥515	≥35	ASME SA-312
	TP316N	S31651	≤0.08	≤2.00	≤1.00	≤0.030	≤0.045	16.00~18.00	11.00~14.00	2.00~3.00	—	—	0.10~0.16	—	≥240	≥550	≥35	ASME SA-312
	SUS316 TP	—	≤0.08	≤2.00	≤1.00	≤0.030	≤0.045	16.00~18.00	10.00~14.00	2.00~3.00	—	—	—	—	≥205	≥520	≥35	JIS G3459-2017
00-18Cr-13Ni-3Mo	SUS316H TP	—	0.04~0.10	≤2.00	≤0.75	≤0.030	≤0.030	16.00~18.00	11.00~14.00	2.00~3.00	—	—	—	—	≥205	≥520	≥35	JIS G3459-2017
	022Cr19Ni13Mo3	S31703	≤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—2012
	TP317L	S31703	≤0.035	≤2.00	≤1.00	≤0.030	≤0.045	18.0~20.0	11.00~15.00	3.00~4.00	—	—	—	—	≥205	≥515	≥35	ASME SA-312
	SUS317L TP	—	≤0.030	≤2.00	≤1.00	≤0.030	≤0.045	18.00~20.00	11.00~15.00	3.00~4.00	—	—	—	—	≥175	≥480	≥35	JIS G3459-2017

表 A.2 (续) 常用铬镍奥氏体钢管化学成分和常温力学性能

材料类别	钢号	代号	化学成分（质量分数） %										力学性能				标准号	
			C	Mn	Si	S	P	Cr	Ni	Mo	Ti	Nb+Ta	N	其他	R _{p0.2} MPa	R _m MPa		A %
18Cr-13Ni-3Mo	06Cr19Ni13Mo3	S31708	≤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—2012
	TP317	S31700	≤0.08	≤2.00	≤1.00	≤0.030	≤0.045	18.00~20.00	11.00~14.00	3.00~4.00	—	—	—	—	≥205	≥515	≥35	ASME SA-312
	SUS317 TP	—	≤0.08	≤2.00	≤1.00	≤0.030	≤0.045	18.00~20.00	11.00~15.00	3.00~4.00	—	—	—	—	≥205	≥520	≥35	JIS G3459-2017
	06Cr23Ni13	S30908	≤0.08	≤2.00	≤1.00	≤0.030	≤0.035	22.00~24.00	12.00~15.00	—	—	—	—	—	≥205	≥520	≥40	GB/T 14976—2012
23Cr-12Ni	TP309S	S30908	≤0.08	≤2.00	≤1.00	≤0.030	≤0.045	22.00~24.00	12.00~15.00	≤0.75	—	—	—	—	≥205	≥515	≥35	ASME SA-312
	TP309Cb	S30940	≤0.08	≤2.00	≤1.00	≤0.030	≤0.045	22.00~24.00	12.00~16.00	≤0.75	—	10×C~1.10	—	—	≥205	≥515	≥35	ASME SA-312
	TP309H	S30909	0.04~0.10	≤2.00	≤1.00	≤0.030	≤0.045	22.00~24.00	12.00~15.00	≤0.75	—	—	—	—	≥205	≥515	≥35	ASME SA-312
	TP309HCb	S30941	0.04~0.10	≤2.00	≤1.00	≤0.030	≤0.045	22.00~24.00	12.00~16.00	≤0.75	—	10×C~1.10	—	—	≥205	≥515	≥35	ASME SA-312
	SUS309 TP	—	≤0.15	≤2.00	≤1.00	≤0.03	≤0.040	22.0~24.0	12.0~15.0	—	—	—	—	—	≥205	≥520	≥35	JIS G3459-2017
	SUS309S TP	—	≤0.08	≤2.00	≤1.00	≤0.03	≤0.045	22.0~24.0	12.0~15.0	—	—	—	—	—	≥205	≥520	≥35	JIS G3459-2017
25Cr-20Ni	06Cr25Ni20	S31008	≤0.08	≤2.00	≤1.50	≤0.030	≤0.035	24.00~26.00	19.00~22.00	—	—	—	—	—	≥205	≥520	≥40	GB/T 14976—2012
	TP310S	美	≤0.08	≤2.00	≤1.00	≤0.03	≤0.045	24.00~26.00	19.00~22.00	≤0.75	—	—	—	—	≥205	≥515	≥35	ASME SA-312
	TP310Cb	美	≤0.08	≤2.00	≤1.00	≤0.03	≤0.045	24.00~26.00	19.00~22.00	≤0.75	—	10×C~1.10	—	—	≥205	≥515	≥35	ASME SA-312
	TP310H	美	0.04~0.10	≤2.00	≤1.00	≤0.03	≤0.045	24.00~26.00	19.00~22.00	—	—	—	—	—	≥205	≥515	≥35	ASME SA-312
HK30	TP310HCb	美	0.04~0.10	≤2.00	≤1.00	≤0.03	≤0.045	24.0~26.0	19.00~22.00	≤0.75	—	—	—	—	≥205	≥515	≥35	ASME SA-312
	SUS310 TP	日	≤0.15	≤2.00	≤1.50	≤0.03	≤0.04	24.0~26.0	19.0~22.0	—	—	—	—	—	≥205	≥520	≥35	JIS G3459-2017
	SUS310S TP	日	≤0.08	≤2.00	≤1.50	≤0.03	≤0.045	24.0~26.0	19.0~22.0	—	—	—	—	—	≥205	≥520	≥35	JIS G3459-2017
	HK30	美	0.25~0.35	≤1.50	0.50~2.00	≤0.04	≤0.04	23.0~27.0	19.0~22.0	≤0.50	—	—	—	—	—	—	—	ASTM A608
HK30	ZG30Cr25Ni20	中	0.25~0.35	≤1.50	0.50~2.00	≤0.04	≤0.04	23.0~27.0	19.0~22.0	≤0.50	—	—	—	—	≥245	≥440	≥10	HG/T 2601—2011
	SCH21-CF	日	0.25~0.35	≤1.50	≤1.75	≤0.04	≤0.04	23.0~27.0	19.0~22.0	—	—	—	—	—	≥235	≥440	≥8	JIS G5122-2003

表 A.2 (续) 常用铬镍奥氏体钢管化学成分和常温力学性能

材料类别	钢号	代号	化学成分 (质量分数) %										力学性能				标准号	
			C	Mn	Si	S	P	Cr	Ni	Mo	Ti	Nb+Ta	N	其他	R _{0.2} MPa	R _m MPa		A %
HK40	ZG40Cr25Ni20	中	0.35~0.45	≤1.50	0.50~2.00	≤0.04	≤0.04	23.0~27.0	19.0~22.0	≤0.50	—	—	—	—	≥235	≥440	≥10	HG/T 2601—2011
	ZG40Cr25Ni20Si2	中	0.35~0.45	≤2.0	1.40~2.00	≤0.04	≤0.04	23.0~27.0	18.0~22.0	≤0.50	—	—	—	—	≥245	≥431	≥10	HG/T 2601—2011
	HK40	美	0.35~0.45	≤1.50	0.50~2.00	≤0.04	≤0.04	23.0~27.0	19.0~22.0	≤0.50	—	—	—	—	—	—	—	ASTM A608
	SCH22	□	0.35~0.45	≤1.50	≤1.75	≤0.04	≤0.03	23.0~27.0	19.0~22.0	—	—	—	—	—	≥235	≥440	≥8	JIS G5122-2003
HP40	ZG40Ni35Cr25	中	0.40~0.50	≤2.0	≤2.0	≤0.04	≤0.04	24.0~28.0	33.0~37.0	≤0.50	—	—	—	—	≥235	≥440	≥5	HG/T 2601—2011
	ZG40Ni35Cr25Nb	中	0.35~0.45	≤2.0	≤2.0	≤0.03	≤0.03	24.0~27.0	32.0~37.0	—	—	Nb0.6~1.5	—	—	≥245	≥441	≥8	HG/T 2601—2011
	ZG40Ni35Cr25NbW	中	0.35~0.45	≤2.0	≤2.0	≤0.03	≤0.03	24.0~27.0	32.0~37.0	—	—	Nb0.7~1.5	—	W1.0~2.0	≥221	≥448	≥8	HG/T 2601—2011

注：中国采用统一数字代号和对应牌号，美国采用 UNS 标号。

A.3 常用奥氏体-铁素体 (双相) 不锈钢钢板化学成分和常温力学性能见表 A.3。

表 A.3 常用奥氏体-铁素体 (双相) 不锈钢钢板及钢管化学成分和常温力学性能

材料类别	UNS 标号 ^①	国际数字代号	牌号	化学成分 (质量分数) %										力学性能		标准号
				C	Mn	Si	S	P	Cr	Ni	Mo	Cu	N	R_{m2} MPa	R_m MPa	A %
22Cr-5Ni	—	S22053	022Cr23Ni5Mo3N	≤0.030	≤2.00	≤1.00	≤0.015	≤0.030	22.00~23.00	4.50~6.50	3.00~3.50	—	0.14~0.20	≥450	≥620	≥25
	S32205	—	2205	≤0.030	≤2.00	≤1.00	≤0.020	≤0.030	22.00~23.00	4.50~6.50	2.50~3.50	—	0.14~0.20	≥450	≥620	≥25
	—	S22253	022Cr22Ni5Mo3N	≤0.030	≤2.00	≤1.00	≤0.015	≤0.030	21.00~23.00	4.50~6.50	2.50~3.50	—	0.08~0.20	≥450	≥620	≥25
	S31803	—	—	≤0.030	≤2.00	≤1.00	≤0.020	≤0.030	21.00~23.00	4.50~6.50	2.50~3.50	—	0.08~0.20	≥450	≥620	≥25
25Cr-7Ni	—	S25073	022Cr25Ni7Mo4N	≤0.030	≤1.20	≤0.80	≤0.020	≤0.035	24.00~26.00	6.00~8.00	3.00~5.00	≤0.50	0.24~0.32	≥550	≥800	≥15
	S32750	—	2507	≤0.030	≤1.20	≤0.80	≤0.020	≤0.035	24.00~26.00	6.00~8.00	3.00~5.00	≤0.50	0.24~0.32	≥550	≥795	≥15

注：①中国采用统一数字代号和对应牌号，美国采用 UNS 标号。

A.4 常用铁镍合金、镍基合金管化学成分和常温力学性能见表 A.4。

表 A.4 常用铁镍合金、镍基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（质量分数） %													力学性能					标准号		
			C	Mn	Si	S	P	Cr	Ni	Fe	Mo	Cu	Ti	Nb+Ta	Co	Al	W	V	供货状态	R _{p0.2} MPa		R _m MPa	A %
Nickel 200	UNS N02200 (Nickel 200)	美	≤0.15	≤0.35	≤0.35	≤0.01	—	—	≥99.0	≤0.40	—	≤0.25	—	—	—	—	—	—	退 火	≥105	≥380	≥35	ASTM B161
	NNCT	日	≤0.15	≤0.35	≤0.35	≤0.01	—	—	≥99.0	≤0.40	—	≤0.25	—	—	—	—	—	退火	≥105	≥380	≥40		
	UNS N02201 (Nickel 201)	美	≤0.02	≤0.35	≤0.35	≤0.01	—	—	≥99.0	≤0.40	—	≤0.25	—	—	—	—	—	—	—	消除应力处理	≥275	≥450	≥15
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	≥195	≥480	≥35	ASTM B165
	NCuT	日	≤0.30	≤2.00	≤0.50	≤0.024	—	—	≥63.0	≤2.5	28.0~ 34.0	—	—	—	—	—	退火	≥195	≥485	≥35			
	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	—	—	—	—	—	—	—	消除应力处理	≥380	≥590	≥15
热退																							
		冷退	≥205	≥550	≥35																		

表 A.4 (续) 常用铁镍合金、镍基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 (质量分数) %													力学性能					标准号			
			C	Mn	Si	S	P	Cr	Ni	Fe	Mo	Cu	Ti	Nb+Ta	Co	Al	W	V	供货状态	R _{p0.2} MPa		R _m MPa	A %	
Inconel 600	NCF600TP	日	≤0.15	≤1.00	≤0.50	≤0.015	≤0.030	14.0~17.0	≥72.0	6.0~10.0	≤0.5	—	—	—	—	—	—	—	—	热退 φ ≤127mm 冷退 φ >127mm	≥205	≥550	≥35	JIS G4903-2017
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	—	—	退火	≥414	≥827	≥30	ASTM B444	
Inconel 625	NCF625TP	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	—	≤0.40	—	—	热退	≥410	≥820	≥30	JIS G4903-2017	
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	
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	—	—	—	—	≥350	≥760	≥40	ASTM B619	
Hastelloy C4	UNS N06455	美	≤0.015	≤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	
Hastelloy C276	UNS N10276	美	≤0.01	≤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	
Hastelloy C276	NMCrT (Nw0276)	日	≤0.01	≤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	≥260	≥690	≥40	JIS H4552-2000	
Incoloy 800	ZG14Ni32Cr20Nb	中	0.10~0.18	<1.50	<1.25	<0.03	<0.03	19~23	30~35	—	≤0.50	—	—	Nb0.7~1.5	—	—	—	—	—	>186	>448	>25	HG/T 2601—2011	
Incoloy 800	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	—	—	—	热作退火	≥205	≥520	≥30	ASTM B407	
Incoloy 800	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	—	—	—	热作退火	≥205	≥520	≥30	ASTM B407	
Incoloy 800	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	—	—	—	热作退火	≥205	≥520	≥30	ASTM B407	
Incoloy 800	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	—	—	—	热作退火	≥205	≥520	≥30	ASTM B407	
Incoloy 800	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	—	—	—	热作退火	≥205	≥520	≥30	ASTM B407	
Incoloy 800	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	—	—	—	热作退火	≥205	≥520	≥30	ASTM B407	
Incoloy 800	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	—	—	—	热作退火	≥205	≥520	≥30	ASTM B407	
Incoloy 800	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	—	—	—	热作退火	≥205	≥520	≥30	ASTM B407	
Incoloy 800	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	—	—	—	热作退火	≥205	≥520	≥30	ASTM B407	
Incoloy 800	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	—	—	—	热作退火	≥205	≥520	≥30	ASTM B407	
Incoloy 800	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	—	—	—	热作退火	≥205	≥520	≥30	ASTM B407	
Incoloy 800	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	—	—	—	热作退火	≥205	≥520	≥30	ASTM B407	
Incoloy 800	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	—	—	—	热作退火	≥205	≥520	≥30	ASTM B407	
Incoloy 800	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	—	—	—	热作退火	≥205	≥520	≥30	ASTM B407	
Incoloy 800	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	—	—	—	热作退火	≥205	≥520	≥30	ASTM B407	
Incoloy 800	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	—	—	—	热作退火	≥205	≥520	≥30	ASTM B407	
Incoloy 800	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	—	—	—	热作退火	≥205	≥520	≥30	ASTM B407	
Incoloy 800	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	—	—	—	热作退火	≥205	≥520	≥30	ASTM B407	
Incoloy 800	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	—	—	—	热作退火	≥205	≥520	≥30	ASTM B407	
Incoloy 800	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	—	—	—	热作退火	≥205	≥520	≥30	ASTM B407	
Incoloy 800	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	—	—	—	热作退火	≥205	≥520	≥30	ASTM B407	
Incoloy 800	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	—	—	—	热作退火	≥205	≥520	≥30	ASTM B407	
Incoloy 800	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	—	—	—	热作退火	≥205	≥520	≥30	ASTM B407	
Incoloy 800	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	—	—	—	热作退火	≥205	≥520	≥30	ASTM B407	
Incoloy 800	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	—	—	—	热作退火	≥205	≥520	≥30	ASTM B407	
Incoloy 800	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	—	—	—	热作退火	≥205	≥520	≥30	ASTM B407	
Incoloy 800	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	—	—	—	热作退火	≥205	≥520	≥30	ASTM B407	
Incoloy 800	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	—	—	—	热作退火	≥205	≥520	≥30	ASTM B407	
Incoloy 800	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	—	—	—	热作退火	≥205	≥520	≥30	ASTM B407	
Incoloy 800	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	—	—	—	热作退火	≥205	≥520	≥30	ASTM B407	
Incoloy 800	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~											

表 A.4 (续) 常用铁镍合金、镍基合金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（质量分数） %													力学性能					标准号			
			C	Mn	Si	S	P	Cr	Ni	Fe	Mo	Cu	Ti	Nb+Ta	Co	Al	W	V	供货状态	R _{p0.2} MPa		R _m MPa	A %	
Incoloy 800	UNS N0881 (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
	UNS N08811 (Incoloy 800HT)	美	0.06~ 0.23	≤1.5	≤1.0	≤0.015	—	19.0~ 23.0	30.0~ 35.0	≥39.5	—	≤0.75	0.15~ 0.60 ^a	—	—	0.15~ 0.60 ^a	—	—	—	—	≥170	≥450	≥30	ASTM B407
	NCF800HTP	日	0.05~ 0.10	≤1.50	≤1.00	≤0.015	≤0.030	19.0~ 23.0	30.0~ 35.0	余量	—	≤0.75	0.15~ 0.60	—	—	0.15~ 0.60	—	—	固溶	≥175	≥450	≥30	JIS G4903-2017	
	NCF800TP	日	≤0.10	≤1.50	≤1.00	≤0.015	≤0.030	19.0~ 23.0	30.0~ 35.0	余量	—	≤0.75	0.15~ 0.60	—	—	0.15~ 0.60	—	—	热作退火	≥170	≥450	≥30	JIS G4903-2017	
Incoloy 825	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	≥172	≥517	≥30	ASTM B423	
	NCF825TP	日	≤0.05	≤1.0	≤0.50	≤0.015	≤0.030	19.5~ 23.5	38.0~ 46.0	余量	2.50~ 3.50	1.50~ 3.00	0.6~ 1.2	—	—	≤0.20	—	—	冷作退火	≥241	≥586	≥30	ASTM B423	
Carpenter 20Cb-3	UNS N08020	美	≤0.07	≤2.0	≤1.00	≤0.035	≤0.045	19.0~ 21.0	32.0~ 38.0	余量	2.00~ 3.00	3.00~ 4.00	—	8×C~ 1.00	—	—	—	—	—	≥241	≥551	≥30	ASTM B464	
	HT30(Cr17Ni35)	美	0.25~ 0.35	≤2.0	≤2.50	≤0.040	≤0.040	13.0~ 17.0	33.0~ 37.0	余量	≤0.50	—	—	—	—	—	—	—	—	≥195	≥450	≥15	ASTM A351	
HT30	SCH16	日	0.20~ 0.35	≤2.0	≤2.50	≤0.040	≤0.040	13.0~ 17.0	33.0~ 37.0	余量	—	—	—	—	—	—	—	—	—	≥195	≥440	≥13	JIS G5122-2003	
	ZG50Ni35Cr17	中	0.40~ 0.60	<1.50	0.5~2	<0.04	<0.04	15.0~ 19.0	33.0~ 37.0	余量	<0.50	—	—	—	—	—	—	—	—	—	>440	>4	HG/T 2601—2011	
Hastelloy G	UNS N06007	美	≤0.05	1.0~ 2.0	≤1.0	≤0.03	<0.04	21.0~ 23.5	余量	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	

表 A.4 (续) 常用铁镍合金、镍基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 (质量分数) %													力学性能				标准号			
			C	Mn	Si	S	P	Cr	Ni	Fe	Mo	Cu	Ti	Nb+Ta	Co	Al	W	V	供货状态		R _{p0.2} MPa	R _m MPa	A %
铁 镍 合 金	Hastelloy G2	美	≤0.03	≤1.0	≤1.0	≤0.03	≤0.03	23.0~26.0	47.0~52.0	余量	5.0~7.0	0.7~1.20	0.7~1.5	—	—	0.70~1.50	—	—	—	≥221	≥586	≥40	ASTMB619
	UNS N06975	美	0.05~0.15	≤1.0	≤1.0	≤0.03	<0.04	20.5~23.0	余量	17.0~22.0	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
	UNS N06002	美	0.05~0.15	≤1.0	≤1.0	≤0.03	<0.04	20.5~23.0	余量	17.0~20.0	8.0~10.0	—	—	—	0.5~2.5	—	0.20~1.0	—	—	≥280	≥690	≥35	JIS H4552-2000
Hastelloy X	NCnMFT (NW6002)	日	0.05~0.15	≤1.0	≤1.0	≤0.03	<0.04	20.5~23.0	余量	17.0~20.0	8.0~10.0	—	—	—	0.5~2.5	—	0.20~1.0	—	—	≥280	≥690	≥35	JIS H4552-2000

a AL+Ti 为 0.85~1.20。

^a AL+Ti 为 0.85~1.20。

A.5 常用铁镍合金、镍基合金板的化学成分和常温力学性能见表 A.5。

表 A.5 常用铁镍合金、镍基合金板的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（质量分数） %													力 学 性 能				标准号			
			C	Mn	Si	S	P	Cr	Ni	Fe	Mo	Cu	Ti	Nb+Ta	Co	Al	W	V	供货状态		R _{p0.2} MPa	R _m MPa	A %
Nickel 200	UNS N02200 (Nickel 200)	美	≤0.15	≤0.35	≤0.35	≤0.01	—	—	≥99.0	≤0.40	—	≤0.25	—	—	—	—	—	—	退火	≥100	≥380	≥40	ASME-SB162
																		轧制状态	≥135	≥380	≥30		
Monel 400	UNS N02201 (Nickel 201)	美	≤0.02	≤0.35	≤0.35	≤0.01	—	—	≥99.0	≤0.40	—	≤0.25	—	—	—	—	—	—	退火	≥80	≥345	≥40	ASME-SB162
																		轧制状态	≥80	≥345	≥30		
Monel 400	UNS N04400 (Monel 400)	美	≤0.3	≤2.0	≤0.5	≤0.024	—	—	≥63.0	≤2.5	—	28.0~ 34.0	—	—	—	—	—	—	—	≥170	≥480	≥35	ASME-SB164
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	—	—	—	—	—	—	退火	≥240	≥550	≥30	ASME-SB168
																		轧制状态	≥240	≥586	≥30		

表 A.5 (续) 常用铁镍合金、镍基合金的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（质量分数） %														力学性能					标准号		
			C	Mn	Si	S	P	Cr	Ni	Fe	Mo	Cu	Ti	Nb+Ta	Co	Al	W	V	供货状态	R _{p0.2} MPa	R _m MPa		A %	
镍 合 金	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	—	—	—	退火	≥414	≥827	≥30	ASME-SB443
	Hastelloy B	美	≤0.05	≤1.00	≤1.00	≤0.03	≤0.04	≤1.00	余量	4.0~6.0	26.0~30.0	—	—	—	≤2.5	—	—	0.2~0.4	固溶退火	≥276	≥690	≥30		
	Hastelloy B2	美	≤0.02	≤1.0	≤0.10	≤0.03	≤0.04	≤1.0	余量	≤2.0	26.0~30.0	—	—	—	≤1.0	—	—	—	—	≥310	≥690	≥40	ASME-SB333	
	Hastelloy C4	美	≤0.015	≤1.0	≤0.08	≤0.03	≤0.04	14.0~18.0	余量	≤3.0	14.0~17.0	—	≤0.70	—	≤2.0	—	—	—	—	≥276	≥690	≥40	ASME-SB575	
	Hastelloy C276	美	≤0.010	≤1.0	≤0.08	≤0.03	≤0.04	14.5~16.5	余量	4.0~7.0	15.0~17.0	—	—	—	≤2.5	—	3.0~4.5	≤0.35	—	≥283	≥690	≥40	ASME-SB575	
铁 镍 合 金	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	—	—	热轧	≥240	≥550	≥25	ASME-SB409	
		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	—	—	退火	≥170	≥450	≥30	ASME-SB409	
	Incoloy 825	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	—	—	退火	≥170	≥450	≥30	ASME-SB409	
		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	—	—	退火	≥241	≥586	≥30	ASME-SB424	
铁 合 金	Carpenter 20Cb-3	美	≤0.07	≤2.0	≤1.00	≤0.035	≤0.045	19.0~21.0	32.0~38.0	余量	2.00~3.00	3.00~4.00	—	8×C~1.00	—	—	—	—	—	—	≥241	≥551	≥30	ASME-SB463
		美	≤0.05	1.0~2.0	≤1.0	≤0.03	<0.04	21.0~23.5	余量	18.0~21.0	5.5~7.5	1.50~2.50	—	1.75~2.50	≤2.50	—	≤1.0	—	—	—	≥241	≥621	≥35	ASME-SB582
	Hastelloy G2	美	≤0.03	≤1.0	≤1.0	≤0.03	≤0.03	23.0~26.0	47.0~52.0	余量	5.0~7.0	0.7~1.20	0.7~1.5	—	—	—	—	—	—	≥221	≥586	≥40	ASME-SB582	
	Hastelloy X	美	0.05~0.15	≤1.0	≤1.0	≤0.03	<0.04	20.5~23.0	余量	17.0~20.0	8.0~10.0	—	—	—	0.5~2.5	—	0.20~1.0	—	—	≥240	≥655	≥35	ASME-SB435	

附录 B

(资料性附录)

常用不锈钢复合钢板覆层的化学成分和力学性能

B.1 常用不锈钢复合钢板覆层的化学成分见表 B.1。

表 B.1 常用不锈钢复合钢板覆层的化学成分

覆层钢号	国别	化学成分（质量分数）									标准号
		%									
		C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	N	
06Cr13	中	0.08	1.00	1.00	0.040	0.030	11.50~13.50	0.60	—	—	GB/T 3280—2015
SUS410S	日	0.08	1.00	1.00	0.040	0.030	11.50~13.50	0.60	—	—	JIS G4305-2012
06Cr13Al ^a	中	0.08	1.00	1.00	0.040	0.030	11.50~14.50	0.60	—	—	GB/T 3280—2015
SUS405 ^a	日	0.08	1.00	1.00	0.040	0.030	11.50~14.50	0.60	—	—	JIS G4305-2012
06Cr19Ni10	中	0.07	0.75	2.00	0.045	0.030	17.50~19.50	8.00~10.50	—	0.10	GB/T 3280—2015
SUS304	日	0.08	1.00	2.00	0.045	0.030	18.00~20.00	8.00~10.50	—	—	JIS G4305-2012
022Cr19Ni10	中	0.03	0.75	2.00	0.045	0.030	17.50~19.50	8.00~12.00	—	0.10	GB/T 3280—2015
SUS304L	日	0.03	1.00	2.00	0.045	0.030	18.00~20.00	9.00~13.00	—	—	JIS G4305-2012
06Cr18Ni11Ti ^b	中	0.08	0.75	2.00	0.045	0.030	17.00~19.00	9.00~12.00	—	0.10	GB/T 3280—2015
SUS321 ^b	日	0.08	1.00	2.00	0.045	0.030	17.00~19.00	9.00~13.00	—	—	JIS G4305-2012
06Cr17Ni12Mo2	中	0.08	0.75	2.00	0.045	0.030	16.00~18.00	10.00~14.00	2.00~3.00	0.10	GB/T 3280—2015
SUS316	日	0.08	1.00	2.00	0.045	0.030	16.00~18.00	10.00~14.00	2.00~3.00	—	JIS G4305-2012
022Cr17Ni12Mo2	中	0.030	0.75	2.00	0.045	0.030	16.00~18.00	10.00~14.00	2.00~3.00	0.10	GB/T 3280—2015
SUS316L	日	0.03	1.00	2.00	0.045	0.030	16.00~18.00	12.00~15.00	2.00~3.00	—	JIS G4305-2012
022Cr22Ni5Mo3N	中	0.03	1.00	2.00	0.030	0.020	21.00~23.00	4.50~6.50	2.50~3.50	0.08~0.20	GB/T 3280—2015
2205	美	0.030	1.00	2.00	0.030	0.020	21.0~23.0	4.5~6.5	2.5~3.5	0.08~0.20	ASTM A240

^a 钢中Al含量为0.10%~0.30%。

^b 钢中Ti含量大于或等于5倍的碳含量。

^a 钢中Al含量为0.10%~0.30%。^b 钢中Ti含量大于或等于5倍的碳含量。

B.2 常用不锈钢复合钢板覆层的力学性能见表 B.2。

表 B.2 常用不锈钢复合钢板覆层的力学性能

复层钢号	国别	力学性能						标准号
		$R_{p0.2}$ MPa	R_m MPa	A %	HBW	HRB	HV	
06Cr13	中	≥205	≥415	≥22	≤183	≤89	≤200	GB/T 3280—2015
SUS410S	日	≥205	≥410	≥20	≤183	≤88	≤200	JIS G4305-2012
06Cr13Al ^a	中	≥170	≥415	≥20	≤179	≤88	≤200	GB/T 3280—2015
SUS405 ^a	日	≥175	≥410	≥20	≤183	≤88	≤200	JIS G4305-2012
06Cr19Ni10	中	≥205	≥515	≥40	≤201	≤92	≤210	GB/T 3280—2015
SUS304	日	≥205	≥520	≥40	≤187	≤90	≤200	JIS G4305-2012
022Cr19Ni10	中	≥180	≥485	≥40	≤201	≤92	≤210	GB/T 3280—2015
SUS304L	日	≥175	≥480	≥40	≤187	≤90	≤200	JIS G4305-2012
06Cr18Ni11Ti ^b	中	≥205	≥515	≥40	≤217	≤95	≤220	GB/T 3280—2015
SUS321 ^b	日	≥205	≥520	≥40	≤187	≤90	≤200	JIS G4305-2012
06Cr17Ni12Mo2	中	≥205	≥515	≥40	≤217	≤95	≤220	GB/T 3280—2015
SUS316	日	≥205	≥520	≥40	≤187	≤90	≤200	JIS G4305-2012
022Cr17Ni12Mo2	中	≥180	≥485	≥40	≤217	≤95	≤220	GB/T 3280—2015
SUS316L	日	≥175	≥480	≥40	≤187	≤90	≤200	JIS G4305-2012
022Cr22Ni5Mo3N	中	≥450	≥620	≥25	≤293	—	—	GB/T 3280—2015
2205	美	≥450	≥620	≥25	≤293	—	—	ASTM A240 S31803
^a 钢中Al含量为0.1%~0.3%。								
^b 钢中Ti含量大于或等于5倍的碳含量。								

附录 C
(资料性附录)
焊接材料常用数据表

C.1 常用铬镍奥氏体钢和奥氏体-铁素体（双相）不锈钢焊条熔敷金属化学成分和力学性能见表 C.1。

表 C.1 常用铬镍奥氏体钢和奥氏体-铁素体（双相）不锈钢焊条熔敷金属化学成分和力学性能

材 料 类 别	焊 条		国 别	化 学 成 分（质量分数） %											力 学 性 能				标准号
				C	Mn	Si	S	P	Cr	Ni	Mo	Nb+Ta	Cu	其他	$R_{p0.2}$ MPa	R_m MPa	A %		
00-18Cr-8Ni	E308L	A002	中	≤0.04	0.5~2.5	≤1.00	≤0.03	≤0.04	18.0~21.0	9.0~12.0	≤0.75	—	≤0.75	—	—	≥510	≥30	GB/T 983—2012	
	E308L	—	美	≤0.04	0.5~2.5	≤1.00	≤0.03	≤0.04	18.0~21.0	9.0~11.0	≤0.75	—	≤0.75	—	—	≥520	≥30	AWS A5.4-2012	
	ES308L	—	日	≤0.04	0.5~2.5	≤1.00	≤0.03	≤0.04	18.0~21.0	9.0~12.0	≤0.75	—	≤0.75	—	—	≥510	≥30	JIS Z3221-2013	
	199 L	—	欧	≤0.04	≤2.0	≤1.2	≤0.025	≤0.03	18.0~21.0	9.0~11.0	≤0.75	—	≤0.75	—	≥320	≥510	≥30	ISO 3581-2016	
0-18Cr-8Ni	E308	A102 A107	中	≤0.08	0.5~2.5	≤1.00	≤0.03	≤0.04	18.0~21.0	9.0~11.0	≤0.75	—	≤0.75	—	—	≥550	≥30	GB/T 983—2012	
	E308	—	美	≤0.08	0.5~2.5	≤1.00	≤0.03	≤0.04	18.0~21.0	9.0~11.0	≤0.75	—	≤0.75	—	—	≥550	≥30	AWS A5.4-2012	
	ES308	—	日	≤0.08	0.5~2.5	≤1.00	≤0.03	≤0.04	18.0~21.0	9.0~11.0	≤0.75	—	≤0.75	—	—	≥550	≥30	JIS Z3221-2013	
	199	—	欧	≤0.08	≤2.0	≤1.2	≤0.025	≤0.030	18.0~21.0	9.0~11.0	≤0.75	—	≤0.75	—	≥350	≥550	≥30	ISO 3581-2016	
1-18Cr-8Ni	E308H	—	中	0.04~0.08	0.5~2.5	≤1.00	≤0.03	≤0.04	18.0~21.0	9.0~11.0	≤0.75	—	≤0.75	—	—	≥550	≥30	GB/T 983—2012	
	E308H	—	美	0.04~0.08	0.5~2.5	≤1.00	≤0.03	≤0.04	18.0~21.0	9.0~11.0	≤0.75	—	≤0.75	—	—	≥550	≥30	AWS A5.4-2012	
	ES308H	—	日	0.04~0.08	0.5~2.5	≤1.00	≤0.03	≤0.04	18.0~21.0	9.0~11.0	≤0.75	—	≤0.75	—	—	≥550	≥30	JIS Z3221-2013	
	199 H	—	欧	0.04~0.08	≤2.0	≤1.2	≤0.025	≤0.03	18.0~21.0	9.0~11.0	≤0.75	—	≤0.75	—	≥350	≥550	≥30	ISO 3581-2016	

表 C.1 (续) 常用铬镍奥氏体钢和奥氏体-铁素体 (双相) 不锈钢焊条熔敷金属化学成分和力学性能

材 料 类 别	焊 条		国 别	化学成分 (质量分数) %												力学性能			标准号
				C	Mn	Si	S	P	Cr	Ni	Mo	Nb+Ta	Cu	其他	$R_{p0.2}$ MPa	R_m MPa	A %		
18Cr-10Ni-Ti 18Cr-10Ni-Nb	E347	A132 A137	中	≤0.08	0.5~2.5	≤1.00	≤0.03	≤0.04	18.0~21.0	9.0~11.0	≤0.75	8×C~1.0	≤0.75	—	—	≥520	≥25	GB/T 983—2012	
	E347	—	美	≤0.08	0.5~2.5	≤1.00	≤0.03	≤0.04	18.0~21.0	9.0~11.0	≤0.75	8×C~1.0	≤0.75	—	—	≥520	≥30	AWS A5.4-2012	
	ES347	—	日	≤0.08	0.5~2.5	≤1.00	≤0.03	≤0.04	18.0~21.0	9.0~11.0	≤0.75	8×C~1.0	≤0.75	—	—	≥520	≥25	JIS Z3221-2013	
	19 9 Nb	—	欧	≤0.08	≤2.0	≤1.2	≤0.025	≤0.030	18.0~21.0	9.0~11.0	≤0.75	8×C~1.1	≤0.75	—	≥350	≥550	≥25	ISO 3581-2016	
00-16Cr-12Ni-2Mo	E316L	A022	中	≤0.04	0.5~2.5	≤1.00	≤0.03	≤0.04	17.0~20.0	11.0~14.0	2.0~3.0	—	≤0.75	—	—	≥490	≥25	GB/T 983—2012	
	E316L	—	美	≤0.04	0.5~2.5	≤1.00	≤0.03	≤0.04	17.0~20.0	11.0~14.0	2.0~3.0	—	≤0.75	—	—	≥490	≥30	AWS A5.4-2012	
	ES316L	—	日	≤0.04	0.5~2.5	≤1.00	≤0.03	≤0.04	17.0~20.0	11.0~14.0	2.0~3.0	—	≤0.75	—	—	≥490	≥25	JIS Z3221-2013	
	19 12 3 L	—	欧	≤0.04	≤2.0	≤1.2	≤0.025	≤0.030	17.0~20.0	10.0~13.0	2.5~3.0	—	≤0.75	—	≥320	≥510	≥25	ISO 3581-2016	
16Cr-12Ni-2Mo	E316	A202	中	≤0.08	0.5~2.5	≤1.00	≤0.03	≤0.04	17.0~20.0	11.0~14.0	2.0~3.0	—	≤0.75	—	—	≥520	≥25	GB/T 983—2012	
	E316	—	美	≤0.08	0.5~2.5	≤1.00	≤0.03	≤0.04	17.0~20.0	11.0~14.0	2.0~3.0	—	≤0.75	—	—	≥520	≥30	AWS A5.4-2012	
	ES316	—	日	≤0.08	0.5~2.5	≤1.00	≤0.03	≤0.04	17.0~20.0	11.0~14.0	2.0~3.0	—	≤0.75	—	—	≥520	≥25	JIS Z3221-2013	
	19 12 2	—	欧	≤0.08	≤2.0	≤1.2	≤0.025	≤0.030	17.0~20.0	10.0~13.0	2.0~3.0	—	≤0.75	—	≥350	≥550	≥25	ISO 3581-2016	
00-18Cr-13Ni-3Mo	E317L	—	中	≤0.04	0.5~2.5	≤1.00	≤0.03	≤0.04	18.0~21.0	12.0~14.0	3.0~4.0	—	≤0.75	—	—	≥510	≥20	GB/T 983—2012	
	E317L	—	美	≤0.04	0.5~2.5	≤1.00	≤0.03	≤0.04	18.0~21.0	12.0~14.0	3.0~4.0	—	≤0.75	—	—	≥520	≥30	AWS A5.4-2012	
	ES317L	—	日	≤0.04	0.5~2.5	≤1.00	≤0.03	≤0.04	18.0~21.0	12.0~14.0	3.0~4.0	—	≤0.75	—	—	≥510	≥20	JIS Z3221-2013	
	ES317L	—	欧	≤0.04	0.5~2.5	≤1.00	≤0.03	≤0.04	18.0~21.0	12.0~14.0	3.0~4.0	—	≤0.75	—	—	≥520	≥20	ISO 3581-2016	
18Cr-13Ni-3Mo	E317	A242	中	≤0.08	0.5~2.5	≤1.00	≤0.03	≤0.04	18.0~21.0	12.0~14.0	3.0~4.0	—	≤0.75	—	—	≥550	≥20	GB/T 983—2012	
	E317	—	美	≤0.08	0.5~2.5	≤1.00	≤0.03	≤0.04	18.0~21.0	12.0~14.0	3.0~4.0	—	≤0.75	—	—	≥550	≥30	AWS A5.4-2012	
	ES317	—	日	≤0.08	0.5~2.5	≤1.00	≤0.03	≤0.04	18.0~21.0	12.0~14.0	3.0~4.0	—	≤0.75	—	—	≥550	≥20	JIS Z3221-2013	
	ES317	—	欧	≤0.08	0.5~2.5	≤1.00	≤0.03	≤0.04	18.0~21.0	12.0~14.0	3.0~4.0	—	≤0.75	—	—	≥550	≥20	ISO 3581-2016	

表 C.1 (续) 常用铬镍奥氏体钢和奥氏体-铁素体 (双相) 不锈钢焊条熔敷金属化学成分和力学性能

材 料 类 别	焊 条		国 别	化 学 成 分 (质 量 分 数) %											力 学 性 能				标 准 号
				C	Mn	Si	S	P	Cr	Ni	Mo	Nb+Ta	Cu	其他	R _{p0.2} MPa	R _m MPa	A %		
23Cr-12Ni	E309	A302 A307	中	≤0.15	0.5~2.5	≤1.00	≤0.03	≤0.04	22.0~25.0	12.0~14.0	≤0.75	—	≤0.75	—	—	≥550	≥25	GB/T 983—2012	
	E309	—	美	≤0.15	0.5~2.5	≤1.00	≤0.03	≤0.04	22.0~25.0	12.0~14.0	≤0.75	—	≤0.75	—	—	≥550	≥30	AWS A5.4-2012	
	ES309	—	日	≤0.15	0.5~2.5	≤1.00	≤0.03	≤0.04	22.0~25.0	12.0~14.0	≤0.75	—	≤0.75	—	—	≥550	≥25	JIS Z3221-2013	
	22 12	—	欧	≤0.15	0.5~2.5	≤1.00	≤0.03	≤0.04	22.0~25.0	12.0~14.0	≤0.75	—	≤0.75	—	≥350	≥550	≥25	ISO 3581-2016	
25Cr-20Ni	E310	A402 A407	中	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	≥25	GB/T 983—2012	
	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	AWS A5.4-2012	
	ES310	—	日	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	≥25	JIS Z3221-2013	
	25 20	—	欧	0.06~0.20	1.0~5.0	≤1.2	≤0.025	≤0.030	23.0~27.0	18.0~22.0	≤0.75	—	≤0.75	—	≥350	≥550	≥20	ISO 3581-2016	
HK40 (HK30)	E310H	—	中	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	≥8	GB/T 983—2012	
	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	AWS A5.4-2012	
	ES310H	—	日	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	≥8	JIS Z3221-2013	
	25 20 H	—	欧	0.35~0.45	≤2.5	≤1.2	≤0.025	≤0.03	23.0~27.0	18.0~22.0	≤0.75	—	≤0.75	—	≥350	≥550	≥10	ISO 3581-2016	
HP40	S-P1	—	中	0.35~0.45	≤1.5	≤1.75	≤0.03	≤0.03	24.0~28.0	33.0~37.0	—	—	—	—	—	—	—	—	
	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	—	—	—	—	—	—	
22Cr-05Ni	E2209	—	中	≤0.04	0.5~2.0	≤1.00	≤0.03	≤0.04	21.5~23.5	7.5~10.5	2.5~3.5	—	—	N0.08~ 0.20	—	≥690	≥15	GB/T 983—2012	
	E2209	—	美	≤0.04	0.5~2.0	≤1.00	≤0.03	≤0.04	21.5~23.5	8.5~10.5	2.5~3.5	—	—	N0.08~ 0.20	—	≥690	≥20	AWS A5.4-2012	
	ES2209	—	日	≤0.04	0.5~2.0	≤1.00	≤0.03	≤0.04	21.0~23.5	7.5~10.5	2.5~3.5	—	—	N0.08~ 0.20	—	≥690	≥15	JIS Z3221-2013	
	22 9 3 N L	—	欧	≤0.04	≤2.5	≤1.2	≤0.025	≤0.030	21.0~24.0	7.5~10.5	2.5~4.0	—	—	N0.08~ 0.20	≥450	≥550	≥20	ISO 3581-2016	

表 C.1 (续) 常用铬镍奥氏体钢和奥氏体-铁素体 (双相) 不锈钢焊条熔敷金属化学成分和力学性能

材 料 类 别	焊 条		国 别	化学成分（质量分数） %											力学性能			标准号
				C	Mn	Si	S	P	Cr	Ni	Mo	Nb+Ta	Cu	其他	R _{p0.2} MPa	R _m MPa	A %	
25Cr-07Ni	E2594	—	中	≤0.04	0.5~2.0	≤1.00	≤0.03	≤0.04	24.0~27.0	8.0~10.5	3.5~4.5	—	≤0.75	N0.20~0.30	—	≥760	≥13	GB/T 983—2012
	E2594	—	美	≤0.04	0.5~2.0	≤1.00	≤0.03	≤0.04	24.0~27.0	8.0~10.5	3.5~4.5	—	≤0.75	N0.20~0.30	—	≥760	≥15	SFA-5.4-2019

C.2 常用铬镍奥氏体钢和奥氏体-铁素体 (双相) 不锈钢焊丝熔敷金属化学成分见表 C.2。

表 C.2 常用铬镍奥氏体钢和奥氏体-铁素体 (双相) 不锈钢焊丝熔敷金属化学成分

材 料 类 别	焊 丝 牌 号	国 别	化学成分（质量分数） %													标准号
			C	Mn	Si	S	P	Cr	Ni	Mo	Ti	Nb+Ta	Cu	W		
00-18Cr-8Ni	H022Cr21Ni10Si	中	≤0.030	1.0~2.5	0.65~1.00	≤0.030	≤0.030	19.5~22.0	9.00~11.0	≤0.75	—	—	≤0.75	—	YB/T 5092—2016	
	H022Cr21Ni10	中	≤0.030	1.0~2.5	≤0.65	≤0.030	≤0.030	19.5~22.0	9.00~11.0	≤0.75	—	—	≤0.75	—	YB/T 5092—2016	
	TS 308L-FXX	中	≤0.04	0.5~2.5	≤1.0	≤0.03	≤0.04	18.0~21.0	9.0~12.0	≤0.75	—	—	≤0.75	—	GB/T 17853—2018	
	ER308L	美	≤0.03	1.0~2.5	0.30~0.65	≤0.03	≤0.030	19.5~22.0	9.0~11.0	≤0.75	—	—	≤0.75	—	AWS A5.9-2017	
	E308LTX-X	美	≤0.04	0.5~2.5	≤1.0	≤0.03	≤0.04	18.0~21.0	9.0~11.0	≤0.75	—	—	≤0.75	—	AWS A5.22-2012	
	Y308L	日	≤0.030	1.0~2.5	≤0.65	≤0.03	≤0.03	19.5~22.0	9.0~11.0	≤0.75	—	—	≤0.75	—	JIS Z3321-2013	
	Y308LSi	日	≤0.030	1.0~2.5	0.65~1.00	≤0.03	≤0.03	19.5~22.0	9.0~11.0	≤0.75	—	—	≤0.75	—	JIS Z3321-2013	
	YW S308L	日	≤0.04	0.5~2.5	≤1.00	≤0.03	≤0.04	18.0~21.0	9.0~11.0	—	—	—	—	—	JIS Z3324-2010	
	TS308L-FXX	日	≤0.04	0.5~2.5	≤1.0	≤0.03	≤0.04	18.0~21.0	9.0~12.0	≤0.50	—	—	≤0.50	—	JIS Z3323-2007	
	19 9 L	欧	≤0.03	1.0~2.5	≤0.65	≤0.02	≤0.03	19.0~21.0	9.0~11.0	≤0.5	—	—	≤0.5	—	ISO 14343-2017; A	
19 9 L Si	欧	≤0.03	1.0~2.5	0.65~1.20	≤0.02	≤0.03	19.0~21.0	9.0~11.0	≤0.5	—	—	≤0.5	—	ISO 14343-2017; A		
T 19 9 L PXX(X) 1	欧	≤0.04	≤2.0	≤1.2	≤0.025	≤0.030	18.0~21.0	9.0~11.0	≤0.3	—	—	≤0.5	—	ISO 17633-2017; A		
TS 308L-F XX(X) 1	欧	≤0.04	0.5~2.5	≤1.0	≤0.03	≤0.04	18.0~21.0	9.0~12.0	≤0.75	—	—	≤0.75	—	ISO 17633-2017; B		

表 C.2 (续) 常用铬镍奥氏体钢和奥氏体-铁素体 (双相) 不锈钢焊丝熔敷金属化学成分

材 料 类 别	焊 丝 牌 号	国 别	化学成分（质量分数） %												标准号
			C	Mn	Si	S	P	Cr	Ni	Mo	Ti	Nb+Ta	Cu	W	
0-18Cr-8Ni	H06Cr21Ni10Si	中	≤0.08	1.0~2.5	0.65~1.00	≤0.03	≤0.03	19.5~22.0	9.0~11.0	≤0.75	—	—	≤0.75	—	YB/T 5092—2016
	H06Cr21Ni10	中	≤0.08	1.0~2.5	≤0.65	≤0.03	≤0.03	19.5~22.0	9.0~11.0	≤0.75	—	—	≤0.75	—	YB/T 5092—2016
	TS 308-FXX	中	≤0.08	0.5~2.5	≤1.0	≤0.03	≤0.04	18.0~21.0	9.0~11.0	≤0.75	—	—	≤0.75	—	GB/T 17853—2018
	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	—	AWS A5.9-2017
	E308TX-X	美	≤0.08	0.5~2.5	≤1.0	≤0.03	≤0.04	18.0~21.0	9.0~11.0	≤0.75	—	—	≤0.75	—	AWS A5.22-2012
0-18Cr-8Ni	Y308	日	≤0.08	1.0~2.5	≤0.65	≤0.03	≤0.03	19.5~22.0	9.0~11.0	≤0.75	—	—	≤0.75	—	JIS Z3321-2013
	Y308Si	日	≤0.08	1.0~2.5	0.65~1.00	≤0.03	≤0.03	19.5~22.0	9.0~11.0	≤0.75	—	—	≤0.75	—	JIS Z3321-2013
	YW S308	日	≤0.08	0.5~2.5	≤1.00	≤0.03	≤0.04	18.0~21.0	9.0~11.0	—	—	—	—	—	JIS Z3324-2010
	TS308-FXX	日	≤0.08	0.5~2.5	≤1.0	≤0.03	≤0.04	18.0~21.0	9.0~11.0	≤0.50	—	—	≤0.50	—	JIS Z3323-2007
	308	欧	≤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	—	ISO 14343-2017; B
	308Si	欧	≤0.08	1.0~2.5	0.65~1.00	≤0.03	≤0.03	19.5~22.0	9.0~11.0	≤0.75	—	—	≤0.75	—	ISO 14343-2017; B
	TS 308-F XX(X) 1	欧	≤0.08	0.5~2.5	≤1.0	≤0.03	≤0.04	18.0~21.0	9.0~11.0	≤0.75	—	—	≤0.75	—	ISO 17633-2017; B
1-18Cr-8Ni	H07Cr21Ni10	中	0.04~0.08	1.0~2.5	≤0.65	≤0.03	≤0.03	19.5~22.0	9.0~11.0	≤0.50	—	—	≤0.75	—	YB/T 5092—2016
	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	—	AWS A5.9-2017
	308	欧	≤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	—	ISO 14343-2017; B
	H06Cr19Ni10Ti	中	≤0.08	1.0~2.5	≤0.65	≤0.03	≤0.03	18.5~20.5	9.00~10.5	≤0.75	9×C~1.0	—	≤0.75	—	YB/T 5092—2016
18Cr-10Ni-Ti	H06Cr20Ni10Nb	中	≤0.08	1.0~2.5	≤0.65	≤0.03	≤0.03	19.0~21.5	9.00~11.0	≤0.75	—	10×C~1.0	≤0.75	—	YB/T 5092—2016
	TS 347-FXX	中	≤0.08	0.5~2.5	≤1.0	≤0.03	≤0.04	18.0~21.0	9.0~11.0	≤0.75	—	8×C~1.0	≤0.75	—	GB/T 17853—2018
	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, Min 0.2	—	≤0.75	—	AWS A5.9-2017
	ER347	美	≤0.08	1.0~2.5	0.30~0.65	≤0.03	≤0.03	19.0~21.5	9.0~11.0	≤0.75	—	10×C~1.0, Min 0.2	≤0.75	—	AWS A5.9-2017
	E347TX-X	美	≤0.08	0.5~2.5	≤1.0	≤0.03	≤0.04	18.0~21.0	9.0~11.0	≤0.75	—	8×C~1.0	≤0.75	—	AWS A5.22-2012
	Y347	日	≤0.08	1.0~2.5	≤0.65	≤0.03	≤0.03	19.0~21.5	9.0~11.0	≤0.75	—	10×C~1.0	≤0.75	—	JIS Z3321-2013

表 C.2 (续) 常用铬镍奥氏体钢和奥氏体-铁素体 (双相) 不锈钢焊丝熔敷金属化学成分

材 料 类 别	焊 丝 牌 号	国 别	化学成分（质量分数） %													标准号
			C	Mn	Si	S	P	Cr	Ni	Mo	Ti	Nb+Ta	Cu	W		
18Cr-10Ni-Nb	Y347Si	日	≤0.08	1.0~2.5	0.65~1.00	≤0.03	≤0.03	19.0~21.5	9.0~11.0	≤0.75		10×C~1.0	≤0.75		JIS Z3321-2013	
	Y347L	日	≤0.03	1.0~2.5	≤0.65	≤0.03	≤0.03	19.0~21.5	9.0~11.0	≤0.75		10×C~1.0	≤0.75		JIS Z3321-2013	
	Y321	日	≤0.08	1.0~2.5	≤0.65	≤0.03	≤0.03	18.5~20.5	9.0~10.5	≤0.75	9×C~1.0		≤0.75		JIS Z3321-2013	
	YW S347	日	≤0.08	0.5~2.5	≤1.00	≤0.03	≤0.04	18.0~21.0	9.0~11.0	—	—	8×C~1.0	—	—	JIS Z3324-2010	
	YW S347L	日	≤0.04	0.5~2.5	≤1.00	≤0.03	≤0.04	18.0~21.0	9.0~11.0	—	—	8×C~1.0	—	—	JIS Z3324-2010	
	TS347L-FXX	日	≤0.04	0.5~2.5	≤1.0	≤0.03	≤0.04	18.0~21.0	9.0~11.0	≤0.50	—	8×C~1.0	≤0.50	—	JIS Z3323-2007	
	321	欧	≤0.08	1.0~2.5	0.30~0.65	≤0.03	≤0.03	18.5~20.5	9.0~10.5	≤0.75	9×C~1.0, Min 0.2	—	≤0.75	—	ISO 14343-2017; B	
00-16Cr-12Ni-2Mo	19 9 Nb	欧	≤0.08	1.0~2.5	≤0.65	≤0.02	≤0.03	19.0~21.0	9.0~11.0	≤0.5	—	10×C~1.0	≤0.5	—	ISO 14343-2017; A	
	19 9 Nb Si	欧	≤0.08	1.0~2.5	0.65~1.20	≤0.02	≤0.03	19.0~21.0	9.0~11.0	≤0.5	—	10×C~1.0	≤0.5	—	ISO 14343-2017; A	
	347L	欧	≤0.03	1.0~2.5	≤0.65	≤0.03	≤0.03	19.0~21.5	9.0~11.0	≤0.75	—	10×C~1.0	≤0.75	—	ISO 14343-2017; B	
	T 19 9 Nb P XX(X) 1	欧	≤0.08	≤2.0	≤1.2	≤0.025	≤0.030	18.0~21.0	9.0~11.0	≤0.30	—	8×C~1.1	≤0.50	—	ISO 17633-2017; A	
	TS 347L-F XX(X) 1	欧	≤0.04	0.5~2.5	≤1.0	≤0.03	≤0.04	18.0~21.0	9.0~11.0	≤0.75	—	8×C~1.0	≤0.75	—	ISO 17633-2017; B	
	H022Cr19Ni12Mo2	中	≤0.03	1.0~2.5	≤0.65	≤0.03	≤0.03	18.0~20.0	11.0~14.0	2.0~3.0	—	—	≤0.75	—	YB/T 5092—2016	
	TS 316L-F X X	中	≤0.04	0.5~2.5	≤1.0	≤0.03	≤0.04	17.0~20.0	11.0~14.0	2.0~3.0	—	—	≤0.75	—	GB/T 17853—2018	
00-16Cr-12Ni-2Mo	ER316L	美	≤0.03	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	—	AWS A5.9-2017	
	E316LTX-X	美	≤0.04	0.5~2.5	≤1.0	≤0.03	≤0.04	17.0~20.0	11.0~14.0	2.0~3.0	—	—	≤0.75	—	AWS A5.22-2012	
	Y316L	日	≤0.03	1.0~2.5	≤0.65	≤0.03	≤0.03	18.0~20.0	11.0~14.0	2.0~3.0	—	—	≤0.75	—	JIS Z3321-2013	
	Y316LSi	日	≤0.03	1.0~2.5	0.65~1.00	≤0.03	≤0.03	18.0~20.0	11.0~14.0	2.0~3.0	—	—	≤0.75	—	JIS Z3321-2013	
	YW S316L	日	≤0.04	0.5~2.5	≤1.00	≤0.03	≤0.04	17.0~20.0	11.0~16.0	2.0~3.0	—	—	—	—	JIS Z3324-2010	
	TS316L-FXX	日	≤0.04	0.5~2.5	≤1.0	≤0.03	≤0.04	17.0~20.0	11.0~14.0	2.0~3.0	—	—	≤0.50	—	JIS Z3323-2007	
	19 12 3 L	欧	≤0.03	1.0~2.5	≤0.65	≤0.02	≤0.03	18.0~20.0	11.0~14.0	2.5~3.0	—	—	≤0.5	—	ISO 14343-2017; A	

表 C.2 (续) 常用铬镍奥氏体钢和奥氏体-铁素体 (双相) 不锈钢焊丝熔敷金属化学成分

材 料 类 别	焊 丝 牌 号	国 别	化学成分（质量分数） %												标准号
			C	Mn	Si	S	P	Cr	Ni	Mo	Ti	Nb+Ta	Cu	W	
00-16Cr-12Ni-2Mo	19 12 3 L Si	欧	≤0.03	1.0~2.5	0.65~1.20	≤0.02	≤0.03	18.0~20.0	11.0~14.0	2.5~3.0	—	—	≤0.5	—	ISO 14343-2017; A
	T 19 12 3 L P XX(X) 1	欧	≤0.04	≤2.0	≤1.2	≤0.025	≤0.030	17.0~20.0	10.0~13.0	2.5~3.0	—	—	≤0.5	—	ISO 17633-2017; A
	TS 316L-F XX(X) 1	欧	≤0.04	0.5~2.5	≤1.0	≤0.03	≤0.04	17.0~20.0	11.0~14.0	2.0~3.0	—	—	≤0.75	—	ISO 17633-2017; B
	H06Cr19Ni12Mo2	中	≤0.08	1.0~2.5	≤0.65	≤0.03	≤0.03	18.0~20.0	11.0~14.0	2.0~3.0	—	—	≤0.75	—	YB/T 5092—2016
	TS 316-FXX	中	≤0.08	0.5~2.5	≤1.0	≤0.03	≤0.04	17.0~20.0	11.0~14.0	2.0~3.0	—	—	≤0.75	—	GB/T 17853—2018
16Cr-12Ni-2Mo	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	—	AWS A5.9-2017
	E316TX-X	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	—	—	≤0.75	—	AWS A5.22-2012
	Y316	日	≤0.08	1.0~2.5	≤0.65	≤0.03	≤0.03	18.0~20.0	11.0~14.0	2.0~3.0	—	—	≤0.75	—	JIS Z3321-2013
	Y316Si	日	≤0.08	1.0~2.5	0.65~1.00	≤0.03	≤0.03	18.0~20.0	11.0~14.0	2.0~3.0	—	—	≤0.75	—	JIS Z3321-2013
	YW S316	日	≤0.08	0.5~2.5	≤1.00	≤0.03	≤0.04	17.0~20.0	11.0~14.0	2.0~3.0	—	—	—	—	JIS Z3324-2010
	TS316-FXX	日	≤0.08	0.5~2.5	≤1.0	≤0.03	≤0.04	17.0~20.0	11.0~14.0	2.0~3.0	—	—	≤0.50	—	JIS Z3323-2007
	316	欧	≤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	—	ISO 14343-2017; B
	316Si	欧	≤0.08	1.0~2.5	0.65~1.00	≤0.03	≤0.03	18.0~20.0	11.0~14.0	2.0~3.0	—	—	≤0.75	—	ISO 14343-2017; B
	TS 316-F XX(X) 1	欧	≤0.08	0.5~2.5	≤1.0	≤0.03	≤0.04	17.0~20.0	11.0~14.0	2.0~3.0	—	—	≤0.75	—	ISO 17633-2017; B
	H022Cr19Ni14Mo3	中	≤0.03	1.0~2.5	≤0.65	≤0.03	≤0.03	18.5~20.5	13.0~15.0	3.0~4.0	—	—	≤0.75	—	YB/T 5092—2016
00-18Cr-13Ni-3Mo	TS 317L-F X X	中	≤0.04	0.5~2.5	≤1.0	≤0.03	≤0.04	18.0~21.0	12.0~14.0	3.0~4.0	—	—	≤0.75	—	GB/T 17853—2018
	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	—	AWS A5.9-2017
	E317LTX-X	美	≤0.04	0.5~2.5	≤1.0	≤0.03	≤0.04	18.0~21.0	12.0~14.0	3.0~4.0	—	—	≤0.75	—	AWS A5.22-2012
	Y317L	日	≤0.03	1.0~2.5	≤0.65	≤0.03	≤0.03	18.5~20.5	13.0~15.0	3.0~4.0	—	—	≤0.75	—	JIS Z3321-2013
	YW S317L	日	≤0.04	0.5~2.5	≤1.00	≤0.03	≤0.04	18.0~21.0	12.0~16.0	3.0~4.0	—	—	—	—	JIS Z3324-2010
	TS317L-FXX	日	≤0.04	0.5~2.5	≤1.0	≤0.03	≤0.04	18.0~21.0	12.0~16.0	3.0~4.0	—	—	≤0.50	—	JIS Z3323-2007
	18 15 3 L	欧	≤0.03	1.0~4.0	≤1.00	≤0.02	≤0.03	17.0~20.0	13.0~16.0	2.5~4.0	—	—	≤0.5	—	ISO 14343-2017; A
	19 13 4 L	欧	≤0.03	1.0~5.0	≤1.00	≤0.02	≤0.03	17.0~20.0	12.0~15.0	3.0~4.5	—	—	≤0.5	—	ISO 14343-2017; A
	TS 317L-F XX(X) 1	欧	≤0.04	0.5~2.5	≤1.0	≤0.03	≤0.04	18.0~21.0	12.0~14.0	3.0~4.0	—	—	≤0.75	—	ISO 17633-2017; B

表 C.2 (续) 常用铬镍奥氏体钢和奥氏体-铁素体 (双相) 不锈钢焊丝熔敷金属化学成分

材 料 类 别	焊 丝 牌 号	国 别	化学成分（质量分数） %												标准号
			C	Mn	Si	S	P	Cr	Ni	Mo	Ti	Nb+Ta	Cu	W	
18Cr-13Ni-3Mo	H06Cr19Ni14Mo3	中	≤0.08	1.0~2.5	≤0.65	≤0.03	≤0.03	18.5~20.5	13.0~15.0	3.0~4.0	—	—	≤0.75	—	YB/T 5092—2016
	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	—	AWS A5.9-2017
	Y317	日	≤0.08	1.0~2.5	≤0.65	≤0.03	≤0.03	18.5~20.5	13.0~15.0	3.0~4.0	—	—	≤0.75	—	JIS Z3321-2013
	YW S317	日	≤0.08	0.5~2.5	≤1.00	≤0.03	≤0.04	18.0~21.0	12.0~14.0	3.0~4.0	—	—	—	—	JIS Z3324-2010
	317	欧	≤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	—	ISO 14343-2017; B
23Cr-12Ni	H10Cr24Ni13Si	中	≤0.12	1.0~2.5	0.65~1.00	≤0.03	≤0.03	23.0~25.0	12.0~14.0	≤0.75	—	—	≤0.75	—	YB/T 5092—2016
	H10Cr24Ni13	中	≤0.12	1.0~2.5	≤0.65	≤0.03	≤0.03	23.0~25.0	12.0~14.0	≤0.75	—	—	≤0.75	—	YB/T 5092—2016
	H022Cr24Ni13Si	中	≤0.03	1.0~2.5	0.65~1.00	≤0.03	≤0.03	23.0~25.0	12.0~14.0	≤0.75	—	—	≤0.75	—	YB/T 5092—2016
	H022Cr24Ni13	中	≤0.03	1.0~2.5	≤0.65	≤0.03	≤0.03	23.0~25.0	12.0~14.0	≤0.75	—	—	≤0.75	—	YB/T 5092—2016
	TS 309-FXX	中	≤0.10	0.5~2.5	≤1.0	≤0.03	≤0.04	22.0~25.0	12.0~14.0	≤0.75	—	—	≤0.75	—	GB/T 17853—2018
23Cr-12Ni	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	—	AWS A5.9-2017
	E309TX-X	美	≤0.10	0.5~2.5	≤1.0	≤0.03	≤0.04	22.0~25.0	12.0~14.0	≤0.75	—	—	≤0.75	—	AWS A5.22-2012
	Y309	日	≤0.12	1.0~2.5	≤0.65	≤0.03	≤0.03	23.0~25.0	12.0~14.0	≤0.75	—	—	≤0.75	—	JIS Z3321-2013
	Y309Si	日	≤0.12	1.0~2.5	0.65~1.00	≤0.03	≤0.03	23.0~25.0	12.0~14.0	≤0.75	—	—	≤0.75	—	JIS Z3321-2013
	Y309L	日	≤0.03	1.0~2.5	≤0.65	≤0.03	≤0.03	23.0~25.0	12.0~14.0	≤0.75	—	—	≤0.75	—	JIS Z3321-2013
	YW S309	日	≤0.15	0.5~2.5	≤1.00	≤0.03	≤0.04	22.0~25.0	12.0~14.0	—	—	—	—	—	JIS Z3324-2010
	YW S309L	日	≤0.04	0.5~2.5	≤1.00	≤0.03	≤0.04	22.0~25.0	12.0~14.0	—	—	—	—	—	JIS Z3324-2010
	TS309-FXX	日	≤0.10	0.5~2.5	≤1.0	≤0.03	≤0.04	22.0~25.0	12.0~14.0	≤0.50	—	—	≤0.50	—	JIS Z3323-2007
	22 12 H	欧	0.04~0.15	1.0~2.5	≤2.0	≤0.02	≤0.03	21.0~24.0	11.0~14.0	≤0.5	—	—	≤0.5	—	ISO 14343-2017; A
	309Si	欧	≤0.12	1.0~2.5	0.65~1.00	≤0.03	≤0.03	23.0~25.0	12.0~14.0	≤0.75	—	—	≤0.75	—	ISO 14343-2017; B
23Cr-12Ni	23 12 L	欧	≤0.03	1.0~2.5	≤0.65	≤0.02	≤0.03	22.0~25.0	11.0~14.0	≤0.5	—	—	≤0.5	—	ISO 14343-2017; A
	23 12 L Si	欧	≤0.03	1.0~2.5	0.65~1.20	≤0.02	≤0.03	22.0~25.0	11.0~14.0	≤0.5	—	—	≤0.5	—	ISO 14343-2017; A
	TS 309-F XX(X) 1	欧	≤0.10	0.5~2.5	≤1.0	≤0.03	≤0.04	22.0~25.0	12.0~14.0	≤0.75	—	—	≤0.75	—	ISO 17633-2017; B
		欧	≤0.10	0.5~2.5	≤1.0	≤0.03	≤0.04	22.0~25.0	12.0~14.0	≤0.75	—	—	≤0.75	—	ISO 17633-2017; B

表 C.2 (续) 常用铬镍奥氏体钢和奥氏体-铁素体 (双相) 不锈钢焊丝熔敷金属化学成分

材 料 类 别	焊 丝 牌 号	国 别	化学成分（质量分数） %											标准号	
			C	Mn	Si	S	P	Cr	Ni	Mo	Ti	Nb+Ta	Cu		W
25Cr-20Ni	H11Cr26Ni21	中	0.08~0.15	1.0~2.5	≤0.65	≤0.03	≤0.03	25.0~28.0	20.0~22.5	≤0.75	—	—	≤0.75	—	YB/T 5092—2016
	H06Cr26Ni21	中	≤0.08	1.0~2.5	≤0.65	≤0.03	≤0.03	25.0~28.0	20.0~22.5	≤0.75	—	—	≤0.75	—	YB/T 5092—2016
	TS 310-F X X	中	≤0.20	1.0~2.5	≤1.0	≤0.03	≤0.03	25.0~28.0	20.0~22.5	≤0.75	—	—	≤0.75	—	GB/T 17853—2018
	ER310	美	0.08~0.15	1.0~2.5	0.3~0.65	≤0.03	≤0.03	25.0~28.0	20.0~22.5	≤0.75	—	—	≤0.75	—	AWS A5.9-2017
25Cr-20Ni	E310TX-X	美	≤0.20	1.0~2.5	≤1.0	≤0.03	≤0.03	25.0~28.0	20.0~22.5	≤0.75	—	—	≤0.75	—	AWS A5.22-2012
	Y310	日	0.08~0.15	1.0~2.5	≤0.65	≤0.03	≤0.03	25.0~28.0	20.0~22.5	≤0.75	—	—	≤0.75	—	JIS Z3321-2013
	YW S310	日	≤0.20	0.5~2.5	≤1.00	≤0.03	≤0.03	25.0~28.0	20.0~22.0	—	—	—	—	—	JIS Z3324-2010
	TS310-FXX	日	≤0.20	1.0~2.5	≤1.0	≤0.03	≤0.03	25.0~28.0	20.0~22.5	≤0.50	—	—	≤0.50	—	JIS Z3323-2007
	25 20	欧	0.08~0.15	1.0~2.5	≤2.0	≤0.02	≤0.03	24.0~27.0	18.0~22.0	≤0.5	—	—	≤0.5	—	ISO 14343-2017; A
	310S	欧	≤0.08	1.0~2.5	≤0.65	≤0.03	≤0.03	25.0~28.0	20.0~22.5	≤0.75	—	—	≤0.75	—	ISO 14343-2017; B
	310L	欧	≤0.03	1.0~2.5	≤0.65	≤0.03	≤0.03	25.0~28.0	20.0~22.5	≤0.75	—	—	≤0.75	—	ISO 14343-2017; B
	T 25 20 P XX(X) I	欧	0.06~0.20	1.0~5.0	≤1.2	≤0.025	≤0.030	23.0~27.0	18.0~22.0	≤0.3	—	—	≤0.5	—	ISO 17633-2017; A
	TS 310-F XX(X) I	欧	≤0.20	1.0~2.5	≤1.0	≤0.03	≤0.03	25.0~28.0	20.0~22.5	≤0.75	—	—	≤0.75	—	ISO 17633-2017; B
	R-K2	中	0.35~0.45	1.0~2.5	≤0.75	≤0.03	≤0.03	23.0~26.0	20.0~23.0	—	—	—	—	—	上海材料研究所
HK40 (HK30)	R-K3	中	0.35~0.45	1.0~2.5	≤0.75	≤0.03	≤0.03	23.0~27.0	23.0~27.0	—	—	—	—	—	上海材料研究所
	R-P1	中	0.35~0.45	≤1.5	≤1.5	≤0.03	≤0.03	24.0~28.0	33.0~37.0	—	—	—	—	—	上海材料研究所
HP40	R-P3	中	0.35~0.45	≤1.5	≤1.5	≤0.03	≤0.03	24.0~28.0	32.0~35.0	—	—	1~1.5	—	1~1.5	上海材料研究所
	ER2209	美	≤0.03	0.50~2.00	≤0.90	≤0.03	≤0.03	21.5~23.5	7.5~9.5	2.5~3.5	N 0.08~0.20	—	≤0.75	—	AWS A5.9-2017
22Cr-05Ni	2293NL	欧	≤0.03	≤2.5	≤1.0	≤0.02	≤0.03	21.0~24.0	7.0~10.0	2.5~4.0	N 0.10~0.20	—	≤0.5	—	ISO 14343-2017; A
	S2594	中	≤0.03	≤2.5	≤1.0	≤0.02	≤0.03	24.0~27.0	8.0~10.5	2.5~4.5	N 0.20~0.30	—	≤1.5	≤1.0	GB/T 29713—2013
25Cr-07Ni	ER2594	美	≤0.03	≤2.5	≤1.0	≤0.02	≤0.03	24.0~27.0	8.0~10.5	2.5~4.5	N 0.20~0.30	—	≤1.5	≤1.0	AWS A5.9-2017

C.3 常用铁镍合金、镍基合金焊条熔敷金属化学成分和力学性能见表 C.3。

表 C.3 常用铁镍合金、镍基合金焊条熔敷金属化学成分和力学性能

材料类别	焊条牌号	国别	化学成分（质量分数） %														力学性能				标准号		
			C	Mn	Si	S	P	Cr	Ni	Fe	Mo	Cu	Ti	Nb+Ta	Co	Al	W	V	其他	$R_{p0.2}$ MPa		R_m MPa	A %
Nickel 200	ENi 2061	中	≤ 0.10	≤ 0.70	≤ 1.20	≤ 0.015	≤ 0.02	—	≥ 92	≤ 0.70	—	≤ 0.20	1.0~4.0	—	—	≤ 1.0	—	—	≤ 0.50	≥ 200	≥ 410	≥ 18	GB/T 13814—2008
	ENi-1	美	≤ 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	AWS A5.11-2018
	ENi 2061	日	≤ 0.10	≤ 0.70	≤ 1.20	≤ 0.015	≤ 0.02	—	≥ 92	≤ 0.70	—	≤ 0.20	1.0~4.0	—	—	≤ 1.0	—	—	≤ 0.50	≥ 200	≥ 410	≥ 18	JIS Z3224-2010
	ENi 2061	欧	≤ 0.10	≤ 0.7	≤ 1.2	≤ 0.015	≤ 0.02	—	≥ 92.0	≤ 0.7	—	≤ 0.2	1.0~4.0	—	—	≤ 1.0	—	—	≤ 0.5	≥ 200	≥ 410	≥ 18	ISO 14172-2015
Monel 400	ENi 4060	中	≤ 0.15	≤ 4.0	≤ 1.5	≤ 0.015	≤ 0.02	—	≥ 62	≤ 2.5	—	27~34	≤ 1.0	—	—	≤ 1.0	—	—	≤ 0.50	≥ 200	≥ 480	≥ 27	GB/T 13814—2008
	ENiCu-7	美	≤ 0.15	≤ 4.0	≤ 1.5	≤ 0.015	≤ 0.02	—	62~69	≤ 2.5	—	余量	≤ 1.0	—	—	≤ 0.75	—	—	≤ 0.50	—	≥ 480	≥ 30	AWS A5.11-2018
	ENi 4060	日	≤ 0.15	≤ 4.0	≤ 1.5	≤ 0.015	≤ 0.02	—	≥ 62	≤ 2.5	—	27~34	≤ 1.0	—	—	≤ 1.0	—	—	≤ 0.50	≥ 200	≥ 480	≥ 27	JIS Z3224-2010
	ENi 4060	欧	≤ 0.15	≤ 4.0	≤ 1.5	≤ 0.015	≤ 0.02	—	≥ 62.0	≤ 2.5	—	27.0~34.0	≤ 1.0	—	—	≤ 1.0	—	—	≤ 0.5	≥ 200	≥ 480	≥ 27	ISO 14172-2015
Inconel 600	ENi 6062	中	≤ 0.08	≤ 3.5	≤ 0.80	≤ 0.015	≤ 0.02	13.0~17.0	≥ 62.0	≤ 11.0	—	≤ 0.50	—	0.5~4.0	—	—	—	—	≤ 0.50	≥ 360	≥ 550	≥ 27	GB/T 13814—2008
	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	AWS A5.11-2018
	ENi 6062	日	≤ 0.08	≤ 3.5	≤ 0.80	≤ 0.015	≤ 0.02	13.0~17.0	≥ 62.0	≤ 11.0	—	≤ 0.50	—	0.5~4.0	—	—	—	—	≤ 0.50	≥ 360	≥ 550	≥ 27	JIS Z3224-2010
	ENi 6062	欧	≤ 0.08	≤ 3.5	≤ 0.8	≤ 0.015	≤ 0.02	13.0~17.0	≥ 62.0	≤ 11.0	—	≤ 0.5	—	0.5~4.0	—	—	—	—	≤ 0.5	≥ 360	≥ 550	≥ 27	ISO 14172-2015

表 C.3 (续) 常用铁镍合金、镍基合金焊条熔敷金属化学成分和力学性能

材料类别	焊条牌号	国别	化学成分（质量分数） %														力学性能			标准号			
			C	Mn	Si	S	P	Cr	Ni	Fe	Mo	Cu	Ti	Nb+Ta	Co	Al	W	V	其他		R _{0.2} MPa	R _m MPa	A %
Inconel 625	ENi 6625	中	≤0.10	≤2.0	≤0.80	≤0.015	≤0.02	20.0~23.0	≥55.0	≤7.0	8.0~10.0	≤0.50	—	3.0~4.2	—	—	—	—	≤0.50	≥420	≥760	≥27	GB/T 13814—2008
	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	AWS A5.11—2018
	ENi 6625	日	≤0.10	≤2.0	≤0.80	≤0.015	≤0.02	20.0~23.0	≥55.0	≤7.0	8.0~10.0	≤0.50	—	3.0~4.2	—	—	—	—	≤0.50	≥420	≥760	≥27	JIS Z3224-2010
	ENi 6625	欧	≤0.10	≤2.0	≤0.8	≤0.015	≤0.02	20.0~23.0	≥55.0	≤7.0	8.0~10.0	≤0.5	—	3.0~4.2	—	—	—	—	≤0.5	≥420	≥760	≥27	ISO 14172-2015
Hastelloy B	ENi 1001	中	≤0.07	≤1.0	≤1.0	≤0.015	≤0.020	≤1.0	≥55	4.0~7.0	26.0~30.0	≤0.50	—	—	≤2.5	—	≤1.0	≤0.60	≤0.50	≥400	≥690	≥22	GB/T 13814—2008
	ENiMo-1	美	≤0.07	≤1.0	≤1.0	≤0.03	≤0.04	≤1.0	余量	4.0~7.0	26.0~30.0	≤0.50	—	—	≤2.5	—	≤1.0	≤0.60	≤0.50	—	≥690	≥25	AWS A5.11—2018
	ENi 1001	日	≤0.07	≤1.0	≤1.0	≤0.015	≤0.020	≤1.0	≥55	4.0~7.0	26.0~30.0	≤0.50	—	—	≤2.5	—	≤1.0	≤0.60	≤0.50	≥400	≥690	≥22	JIS Z3224-2010
	ENi 1001	欧	≤0.07	≤1.0	≤1.0	≤0.015	≤0.020	≤1.0	≥55	4.0~7.0	26.0~30.0	≤0.50	—	—	≤2.5	—	≤1.0	≤0.60	—	≥400	≥690	≥22	ISO 14172-2015
Hastelloy B2	ENi 1066	中	≤0.02	≤2.0	≤0.2	≤0.015	≤0.020	≤1.0	≥64.5	≤2.20	26.0~30.0	≤0.50	—	—	—	—	≤1.0	—	≤0.50	≥400	≥690	≥22	GB/T 13814—2008
	ENiMo-7	美	≤0.02	≤1.75	≤0.2	≤0.03	≤0.04	≤1.0	余量	≤2.25	26.0~30.0	≤0.50	—	—	≤1.0	—	≤1.0	—	≤0.50	—	≥690	≥25	AWS A5.11—2018
	ENi 1066	日	≤0.02	≤2.0	≤0.2	≤0.015	≤0.020	≤1.0	≥64.5	≤2.20	26.0~30.0	≤0.50	—	—	≤1.0	—	≤1.0	—	—	≥400	≥690	≥22	JIS Z3224-2010
	ENi 1066	欧	≤0.02	≤2.0	≤0.2	≤0.015	≤0.020	≤1.0	≥64.5	≤2.20	26.0~30.0	≤0.50	—	—	≤1.0	—	≤1.0	—	—	≥400	≥690	≥22	ISO 14172-2015

表 C.3 (续) 常用铁镍合金、镍基合金焊条熔敷金属化学成分和力学性能

材料类别	焊条牌号	国别	化学成分（质量分数） %														力学性能				标准号		
			C	Mn	Si	S	P	Cr	Ni	Fe	Mo	Cu	Ti	Nb+Ta	Co	Al	W	V	其他	R _{p0.2} MPa		R _m MPa	A %
Hastelloy C4	ENi 6455	中	≤0.020	≤1.5	≤0.2	≤0.015	≤0.020	14.0~18.0	≥56	≤3.0	14.0~17.0	≤0.5	≤0.70	—	≤2.0	—	≤0.5	—	≤0.50	≥300	≥690	≥22	GB/T 13814—2008
	ENiCrMo-7	美	≤0.015	≤1.5	≤0.2	≤0.03	≤0.04	14.0~18.0	余量	≤3.0	14.0~17.0	≤0.5	≤0.70	—	≤2.0	—	≤0.5	—	≤0.50	—	≥690	≥25	AWS A5.11-2018
	ENi 6455	日	≤0.020	≤1.5	≤0.2	≤0.015	≤0.020	14.0~18.0	≥56	≤3.0	14.0~17.0	≤0.5	≤0.70	—	≤2.0	—	≤0.5	—	—	≥300	≥690	≥22	JIS Z3224-2010
	ENi 6455	欧	≤0.020	≤1.5	≤0.2	≤0.015	≤0.020	14.0~18.0	≥56	≤3.0	14.0~17.0	≤0.5	≤0.70	—	≤2.0	—	≤0.5	—	—	≥300	≥690	≥22	ISO 14172-2015
Hastelloy C276	ENi 6276	中	≤0.02	≤1.0	≤0.2	≤0.015	≤0.020	14.5~16.5	≥50	4.0~7.0	15.0~17.0	≤0.50	—	—	≤2.5	—	3.0~4.5	≤0.40	≤0.50	≥400	≥690	≥22	GB/T 13814—2008
	ENiCrMo-4	美	≤0.02	≤1.0	≤0.2	≤0.03	≤0.04	14.5~16.5	余量	4.0~7.0	15.0~17.0	≤0.50	—	—	≤2.5	—	3.0~4.5	≤0.35	≤0.50	—	≥690	≥25	AWS A5.11-2018
	ENi 6276	日	≤0.02	≤1.0	≤0.2	≤0.015	≤0.020	14.5~16.5	≥50	4.0~7.0	15.0~17.0	≤0.50	—	—	≤2.5	—	3.0~4.5	≤0.40	—	≥400	≥690	≥22	JIS Z3224-2010
	ENi 6276	欧	≤0.02	≤1.0	≤0.2	≤0.015	≤0.020	14.5~16.5	≥50	4.0~7.0	15.0~17.0	≤0.50	—	—	≤2.5	—	3.0~4.5	≤0.40	—	≥400	≥690	≥22	ISO 14172-2015
NiCr15Fe6Mn	ENi 6182	中	≤0.10	5.0~10.0	≤1.0	≤0.015	≤0.020	13.0~17.0	≥60.0	≤10.0	—	≤0.50	≤1.0	1.0~3.5	—	—	—	—	Ta≤0.3, 其他 ≤0.50	≥360	≥550	≥27	GB/T 13814—2008
	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	AWS A5.11-2018
	ENi 6182	日	≤0.10	5.0~10.0	≤1.0	≤0.015	≤0.020	13.0~17.0	≥60.0	≤10.0	—	≤0.50	≤1.0	1.0~3.5	—	—	—	—	Ta≤0.3, 其他 ≤0.5	≥360	≥550	≥27	JIS Z3224-2010
	ENi 6182	欧	≤0.10	5.0~10.0	≤1.0	≤0.015	≤0.020	13.0~17.0	≥60.0	≤10.0	—	≤0.50	≤1.0	1.0~3.5	—	—	—	—	Ta≤0.3, 其他 ≤0.5	≥360	≥550	≥27	ISO 14172-2015

表 C.3 (续) 常用铁镍合金、镍基合金焊条熔敷金属化学成分和力学性能

材料类别	焊条牌号	国别	化学成分（质量分数） %														力学性能				标准号		
			C	Mn	Si	S	P	Cr	Ni	Fe	Mo	Cu	Ti	Nb+Ta	Co	Al	W	V	其他	R _{p0.2} MPa		R _m MPa	A %
铁镍合金	ENi 6133	中	1.0~3.5 ≤0.10	≤0.80 ≤0.015	≤0.02	13.0~17.0	≥62.0 ≤12.0	0.5~2.5	≤0.50	—	0.5~3.0	—	—	—	—	—	—	—	≤0.50	≥360	≥550	≥27	GB/T 13814—2008
	ENiCrFe-2	美	1.0~3.5 ≤0.10	≤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	AWS A5.11—2018
	ENi 6133	日	1.0~3.5 ≤0.10	≤0.80 ≤0.015	≤0.02	13.0~17.0	≥62.0 ≤12.0	0.5~2.5	≤0.50	—	0.5~3.0	—	—	—	—	—	—	—	—	≥360	≥550	≥27	JIS Z3224—2010
	ENi 6133	欧	1.0~3.5 ≤0.10	≤0.80 ≤0.015	≤0.02	13.0~17.0	≥62.0 ≤12.0	0.5~2.5	≤0.50	—	0.5~3.0	—	—	—	—	—	—	—	≤0.5	≥360	≥550	≥27	ISO 14172—2015
	ENi 6117	中	0.05~0.15 ≤3.0	≤1.0 ≤0.015	≤0.02	20.0~26.0	≥45.0 ≤5.0	8.0~10.0	≤0.50	≤0.6	9.0~15.0	≤1.0	—	—	—	—	—	—	≤0.50	≥400	≥620	≥22	GB/T 13814—2008
	ENiCrCoMo-1	美	0.05~0.15 0.3~2.5	≤0.75 ≤0.015	≤0.03	21.0~26.0	余量 ≤5.0	8.0~10.0	≤0.50	—	≤1.0	—	—	—	—	—	—	—	≤0.50	—	≥620	≥25	AWS A5.11—2018
	ENi 6117	日	0.05~0.15 ≤3.0	≤1.0 ≤0.015	≤0.02	20.0~26.0	≥45.0 ≤5.0	8.0~10.0	≤0.50	≤0.6	9.0~15.0	≤1.0	—	—	—	—	—	—	—	≥400	≥620	≥22	JIS Z3224—2010
	ENi 6117	欧	0.05~0.15 ≤3.0	≤1.0 ≤0.015	≤0.02	20.0~26.0	≥45.0 ≤5.0	8.0~10.0	≤0.50	≤0.6	9.0~15.0	≤1.0	—	—	—	—	—	—	≤0.5	≥400	≥620	≥22	ISO 14172—2015
	E320	中	0.5~2.5 ≤0.07	≤0.60 ≤0.03	≤0.04	19.0~21.0	32~36 余量	2.0~3.0 3.0~4.0	—	8×C%~1.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	≥550	≥28	GB/T 983—2012
	E320	美	0.5~2.5 ≤0.07	≤0.60 ≤0.03	≤0.04	19.0~21.0	32~36 余量	2.0~3.0 3.0~4.0	—	8×C%~1.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	≥550	≥30	AWS A5.4—2012
	ES320	日	0.5~2.5 ≤0.07	≤0.60 ≤0.03	≤0.04	19.0~21.0	32~36 余量	2.0~3.0 3.0~4.0	—	8×C%~1.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	≥550	≥28	JIS Z3221—2013
	ES320	欧	0.5~2.5 ≤0.07	≤0.60 ≤0.03	≤0.04	19.0~21.0	32~36 余量	2.0~3.0 3.0~4.0	—	8×C%~1.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	≥550	≥28	ISO 3581—2016

表 C.3 (续) 常用铁镍合金、镍基合金焊条熔敷金属化学成分和力学性能

材料类别	焊条牌号	国别	化学成分（质量分数） %													力学性能				标准号			
			C	Mn	Si	S	P	Cr	Ni	Fe	Mo	Cu	Ti	Nb+Ta	Co	Al	W	V	其他		R _{p0.2} MPa	R _m MPa	A %
HT30 (Cr17Ni35)	E330H	中	0.35~ 0.45	1.0~ 2.5	≤1.00	≤0.03	≤0.04	14.0~ 17.0	33~37	余量	≤0.75	≤0.75	—	—	—	—	—	—	—	—	≥620	≥8	GB/T 983—2012
	E330H	美	0.35~ 0.45	1.0~ 2.5	≤1.00	≤0.03	≤0.04	14.0~ 17.0	33~37	余量	≤0.75	≤0.75	—	—	—	—	—	—	—	—	≥620	≥10	AWS A5.4-2012
	ES330H	日	0.35~ 0.45	1.0~ 2.5	≤1.0	≤0.03	≤0.04	14.0~ 17.0	33~37	余量	≤0.75	≤0.75	—	—	—	—	—	—	—	—	≥620	≥8	JIS Z3221-2013
	ES330H	欧	0.35~ 0.45	1.0~ 2.5	≤1.0	≤0.03	≤0.04	14.0~ 17.0	33~37	余量	≤0.75	≤0.75	—	—	—	—	—	—	—	—	≥620	≥8	ISO 3581-2016
Hastelloy G	—	中	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	GB/T 13814—2008
	ENiCrMo-1	美	≤0.05	1.0~ 2.0	≤1.0	≤0.03	≤0.04	21.0~ 23.5	余量	18.0~ 21.0	5.5~ 7.5	1.5~ 2.5	—	1.75~ 2.50	≤2.5	—	≤1.0	—	≤0.50	—	≥620	≥20	AWS A5.11-2018
	—	日	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	JIS Z3224-2010
	ENi 6007	欧	≤0.05	1.0~ 2.0	≤1.0	≤0.03	≤0.04	21.0~ 23.5	≥37	18.0~ 21.0	5.5~ 7.5	1.5~ 2.5	—	1.75~ 2.50	≤2.5	—	≤1.0	—	≤0.5	—	≥620	≥18	ISO 14172-2015
Hastelloy X	ENi 6002	中	0.05~ 0.15	≤1.0	≤1.0	≤0.015	≤0.02	20.0~ 23.0	≥45	17.0~ 20.0	8.0~ 10.0	≤0.5	—	—	0.50~ 2.50	—	0.2~ 1.0	—	≤0.50	≥380	≥650	≥18	GB/T 13814—2008
	ENiCrMo-2	美	0.05~ 0.15	≤1.0	≤1.0	≤0.03	≤0.04	20.5~ 23.0	余量	17.0~ 20.0	8.0~ 10.0	≤0.5	—	—	0.50~ 2.50	—	0.2~ 1.0	—	≤0.50	—	≥650	≥20	AWS A5.11-2018
	ENi 6002	日	0.05~ 0.15	≤1.0	≤1.0	≤0.015	≤0.02	20.0~ 23.0	≥45	17.0~ 20.0	8.0~ 10.0	≤0.5	—	—	0.50~ 2.50	—	0.2~ 1.0	—	—	≥380	≥650	≥18	JIS Z3224-2010
	ENi 6002	欧	0.05~ 0.15	≤1.0	≤1.0	≤0.015	≤0.02	20.0~ 23.0	≥45	17.0~ 20.0	8.0~ 10.0	≤0.5	—	—	0.50~ 2.50	—	0.2~ 1.0	—	≤0.5	≥380	≥650	≥18	ISO 14172-2015

4 C.4 常用铁镍合金、镍基合金焊丝熔敷金属化学成分和力学性能见表 C.4。

表 C.4 常用铁镍合金、镍基合金焊丝熔敷金属化学成分和力学性能

材料类别	焊条 牌号	国别	化学成分（质量分数） %															力学性能	标准号			
			C	Mn	Si	S	P	Cr	Ni	Fe	Mo	Cu	Ti	Nb+Ta	Co	Al	W	V		其他	R _m MPa	
Nickel 200	SNi2061	中	≤0.15	≤1.0	≤0.7	≤0.015	≤0.020	—	≥92.0	≤1.0	—	≤0.2	2.0~3.5	—	—	—	≤1.5	—	—	≤0.50	—	GB/T 15620—2008
	ERNi-1	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	—	AWS A5.14-2018
	SNi2061	日	≤0.15	≤1.0	≤0.7	≤0.015	≤0.020	—	≥92.0	≤1.0	—	≤0.25	2.0~3.5	—	—	—	≤1.5	—	—	≤0.50	—	JIS Z3334-2017
	SNi2061J	日	≤0.02	≤1.0	≤0.7	≤0.015	≤0.020	—	≥92.0	≤1.0	—	≤0.20	2.0~3.5	—	—	—	≤1.5	—	—	≤0.50	—	JIS Z3334-2017
	SNi2061	欧	≤0.15	≤1.0	≤0.7	≤0.015	≤0.03	—	≥92.0	≤1.0	—	≤0.25	2.0~3.5	—	—	—	≤1.5	—	—	≤0.5	≥380	ISO 18274-2010
Monel 400	SNi4060	中	≤0.15	≤4.0	≤1.25	≤0.015	≤0.02	—	≥62.0	≤2.5	—	28.0~32.0	1.5~3.0	—	—	—	≤1.2	—	—	≤0.50	—	GB/T 15620—2008
	ERNiCu-7	美	≤0.15	2.0—4.0	≤1.2	≤0.015	≤0.020	—	62.0~69.0	≤2.5	—	余量	1.5~3.0	—	—	—	≤1.25	—	—	≤0.50	≥490	AWS A5.14-2018
	SNi4060	日	≤0.15	2.0—4.0	≤1.20	≤0.015	≤0.020	—	≥62.0	≤2.5	—	28.0~32.0	1.5~3.0	—	—	—	≤1.20	—	—	≤0.50	—	JIS Z3334-2017
	SNi4060	欧	≤0.15	≤4.0	≤1.2	≤0.015	≤0.020	—	≥62.0	≤2.5	—	28.0~32.0	1.5~3.0	—	—	—	≤1.2	—	—	≤0.5	≥480	ISO 18274-2010
	SNi6062	中	≤0.08	≤1.0	≤0.3	≤0.015	≤0.020	14.0~17.0	≥70.0	6.0~10.0	—	≤0.50	—	1.5~3.0	—	—	—	—	—	≤0.50	—	GB/T 15620—2008
Inconel 600	ERNiCrFe-5	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	AWS A5.14-2018
	SNi6062	日	≤0.08	≤1.0	≤0.3	≤0.015	≤0.030	14.0~17.0	≥70.0	6.0~10.0	—	≤0.50	—	1.5~3.0	—	—	—	—	—	≤0.50	—	JIS Z3334-2017

铁镍合金

表 C.4 (续) 常用铁镍合金、镍基合金焊丝熔敷金属化学成分和力学性能

材料类别	焊条 牌号	国别	化学成分（质量分数） %															力学性能	标准号			
			C	Mn	Si	S	P	Cr	Ni	Fe	Mo	Cu	Ti	Nb+Ta	Co	Al	W	V		其他	R_m MPa	
Inconel 600	SNi6062	欧	≤0.08	≤1.0	≤0.3	≤0.015	≤0.03	14.0~17.0	≥70.0	6.0~10.0	—	≤0.50	—	1.5~3.0	—	—	—	—	—	≤0.5	≥550	ISO 18274-2010
	SNi6625	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	3.0~4.2	—	≤0.40	—	—	≤0.50	—	—	GB/T 15620—2008
	ERNiCrMo-3	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	AWS A5.14-2018	
Inconel 625	SNi6625	日	≤0.10	≤0.50	≤0.50	≤0.015	≤0.020	20.0~23.0	≥58.0	≤5.0	8.0~10.0	≤0.50	≤0.40	3.0~4.2	—	≤0.40	—	—	≤0.50	—	—	JIS Z3334-2017
	SNi6625	欧	≤0.10	≤0.50	≤0.50	≤0.015	≤0.020	20.0~23.0	≥58.0	≤5.0	8.0~10.0	≤0.50	≤0.4	3.2~4.1	—	≤0.4	—	—	≤0.5	≥760	ISO 18274-2010	
	SNi1001	中	≤0.08	≤1.0	≤1.0	≤0.015	≤0.020	≤1.0	≥55.0	4.0~7.0	26.0~30.0	≤0.50	—	—	≤2.5	—	≤1.00	0.20~0.40	≤0.50	—	—	GB/T 15620—2008
Hastelloy B	ERNiMo-1	美	≤0.08	≤1.0	≤1.0	≤0.03	≤0.025	≤1.0	余量	4.0~7.0	26.0~30.0	≤0.50	—	—	≤2.5	—	≤1.0	0.20~0.40	≤0.50	≥690	AWS A5.14-2018	
	SNi1001	日	≤0.08	≤1.0	≤1.0	≤0.03	≤0.020	≤1.0	≥55	4.0~7.0	26.0~30.0	≤0.50	—	—	≤2.5	—	≤1.0	0.20~0.40	≤0.50	—	—	JIS Z3334-2017
	SNi1001	欧	≤0.08	≤1.0	≤1.0	≤0.03	≤0.020	≤1.0	≥55.0	4.0~7.0	26.0~30.0	≤0.50	—	—	≤2.5	—	≤1.0	0.20~0.40	≤0.50	≥690	ISO 18274-2010	
Hastelloy B2	SNi1066	中	≤0.02	≤1.0	≤0.10	≤0.015	≤0.02	≤1.0	≥64.0	≤2.0	26.0~30.0	≤0.50	—	—	≤1.0	—	≤1.0	—	≤0.50	—	—	GB/T 15620—2008
	ERNiMo-7	美	≤0.02	≤1.0	≤0.10	≤0.03	≤0.04	≤1.0	余量	≤2.0	26.0~30.0	≤0.50	—	—	≤1.0	—	≤1.0	—	≤0.50	≥760	AWS A5.14-2018	

铁 镍 合 金

表 C.4 (续) 常用铁镍合金、镍基合金焊丝熔敷金属化学成分和力学性能

材料类别	焊条 牌号	国别	化学成分（质量分数） %														力学性能	标准号				
			C	Mn	Si	S	P	Cr	Ni	Fe	Mo	Cu	Ti	Nb+Ta	Co	Al	W		V	其他	R_m MPa	
Hastelloy B2	SNi1066	日	≤0.02	≤1.0	≤0.10	≤0.03	≤0.04	≤1.0	≥64.0	≤2.0	26.0~30.0	≤0.50	—	—	≤1.0	—	—	≤1.0	—	≤0.50	—	JIS Z3334-2017
	SNi1066	欧	≤0.02	≤1.0	≤0.10	≤0.03	≤0.04	≤1.0	≥64.0	≤2.0	26.0~30.0	≤0.50	—	—	≤1.0	—	—	≤1.0	—	≤0.5	≥760	ISO 18274-2010
Hastelloy C4	SNi6455	中	≤0.01	≤1.0	≤0.08	≤0.015	≤0.020	14.0~18.0	≥56.0	≤3.0	14.0~18.0	≤0.50	≤0.70	—	≤2.0	—	—	≤0.50	—	≤0.50	—	GB/T 15620—2008
	ERNiCrMo-7	美	≤0.015	≤1.0	≤0.08	≤0.03	≤0.04	14.0~18.0	余量	≤3.0	14.0~18.0	≤0.50	≤0.70	—	≤2.0	—	—	≤0.50	—	≤0.50	≥690	AWS A5.14-2018
	SNi6455	日	≤0.01	≤1.0	≤0.08	≤0.03	≤0.04	14.0~18.0	≥56.0	≤3.0	14.0~18.0	≤0.50	≤0.70	—	≤2.0	—	—	≤0.50	—	≤0.50	—	JIS Z3334-2017
Hastelloy C276	SNi6455	欧	≤0.01	≤1.0	≤0.08	≤0.03	≤0.04	14.0~18.0	≥56.0	≤3.0	14.0~18.0	≤0.50	≤0.70	—	≤2.0	—	—	≤0.50	—	≤0.5	≥690	ISO 18274-2010
	SNi6276	中	≤0.02	≤1.0	≤0.08	≤0.015	≤0.020	14.5~16.5	≥50.0	4.0~7.0	15.0~17.0	≤0.50	—	—	≤2.5	—	3.0~4.5	≤0.3	≤0.50	—	GB/T 15620—2008	
	ERNiCrMo-4	美	≤0.02	≤1.0	≤0.08	≤0.03	≤0.04	14.5~16.5	余量	4.0~7.0	15.0~17.0	≤0.50	—	—	≤2.5	—	3.0~4.5	≤0.35	≤0.50	≥690	AWS A5.14-2018	
Hastelloy C276	SNi6276	日	≤0.02	≤1.0	≤0.08	≤0.03	≤0.04	14.5~16.5	≥50.0	4.0~7.0	15.0~17.0	≤0.50	—	—	≤2.5	—	3.0~4.5	≤0.30	≤0.50	—	JIS Z3334-2017	
	SNi6276	欧	≤0.02	≤1.0	≤0.08	≤0.03	≤0.04	14.5~16.5	≥50.0	4.0~7.0	15.0~17.0	≤0.5	—	—	≤2.5	—	3.0~4.5	≤0.35	≤0.5	≥690	ISO 18274-2010	
—	SNi6082	中	≤0.10	2.5~3.5	≤0.50	≤0.015	≤0.020	18.0~22.0	≥67.0	≤3.0	—	≤0.50	≤0.75	2.0~3.0	—	—	—	—	≤0.50	—	GB/T 15620—2008	

表 C.4 (续) 常用铁镍合金、镍基合金焊丝熔敷金属化学成分和力学性能

材料类别	焊条 牌号	国 别	化学成分（质量分数） %													力学 性能	标准号				
			C	Mn	Si	S	P	Cr	Ni	Fe	Mo	Cu	Ti	Nb+Ta	Co	Al		W	V	其他	R_m MPa
—	ERNiCr-3	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	AWS A5.14-2018
	SNi6082	日	≤0.10	2.5~3.5	≤0.50	≤0.015	≤0.03	18.0~ 22.0	≥67.0	≤3.0	—	≤0.50	≤0.70	2.0~ 3.0	—	—	—	—	≤0.50	—	JIS Z3334-2017
	SNi6082	欧	≤0.10	2.5~3.5	≤0.50	≤0.015	≤0.03	18.0~ 22.0	≥67.0	≤3.0	—	≤0.50	≤0.7	2.0~ 3.0	—	—	—	—	≤0.5	≥550	ISO 18274-2010
	SNi6617	中	0.05~ 0.15	≤1.0	≤1.0	≤0.015	≤0.02	20.0~ 24.0	≥44.0	≤3.0	8.0~ 10.0	≤0.50	≤0.60	—	10.0~ 15.0	0.8~ 1.50	—	—	≤0.50	—	GB/T 15620-2008
Incoloy 800	ERNiCrCoMo-1	美	0.05~ 0.15	≤1.0	≤1.0	≤0.015	≤0.03	20.0~ 24.0	余量	≤3.0	8.0~ 10.0	≤0.50	≤0.60	—	10.0~ 15.0	0.8~ 1.5	—	—	≤0.50	≥620	AWS A5.14-2018
	SNi6617	日	0.05~ 0.15	≤1.0	≤1.0	≤0.015	≤0.03	20.0~ 24.0	≥44.0	≤3.0	8.0~ 10.0	≤0.50	≤0.60	—	10.0~ 15.0	0.8~ 1.50	—	—	≤0.50	—	JIS Z3334-2017
	SNi6617	欧	0.05~ 0.15	≤1.0	≤1.0	≤0.015	≤0.03	20.0~ 24.0	≥44.0	≤3.0	8.0~ 10.0	≤0.50	≤0.60	—	10.0~ 15.0	0.8~ 1.5	≤0.5	—	≤0.5	≥620	ISO 18274-2010
铁镍合金	SNi8065	中	≤0.05	≤1.0	≤0.50	≤0.015	≤0.020	19.5~ 23.5	38.0~ 46.0	≥22.0	2.5~ 3.5	1.5~ 3.0	0.60~ 1.20	—	—	≤0.20	—	—	≤0.50	—	GB/T 15620-2008
	ERNiFeCr-1	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	0.6~ 1.2	—	—	≤0.20	—	—	≤0.50	≥550	AWS A5.14-2018
	SNi8065	日	≤0.05	≤1.0	≤0.50	≤0.03	≤0.04	19.5~ 23.5	38.0~ 46.0	≥22.0	2.5~ 3.5	1.5~ 3.0	0.60~ 1.20	—	—	≤0.20	—	—	≤0.50	—	JIS Z3334-2017
	SNi8065	欧	≤0.05	≤1.0	≤0.5	≤0.03	≤0.03	19.5~ 23.5	38.0~ 46.0	≥22.0	2.5~ 3.5	1.5~ 3.0	0.6~ 1.2	—	—	≤0.20	—	—	≤0.5	≥550	ISO 18274-2010

表 C.4 (续) 常用铁镍合金、镍基合金焊丝熔敷金属化学成分和力学性能

材料类别	焊条 牌号	国别	化学成分（质量分数） %													力学性能	标准号				
			C	Mn	Si	S	P	Cr	Ni	Fe	Mo	Cu	Ti	Nb+Ta	Co	Al		W	V	其他	R_m MPa
Alloy 20 Carpenter 20Cb-3	H05Cr20Ni34Mo2Cu3Nb	中	≤0.07	≤2.5	≤0.60	≤0.03	≤0.03	19.0~21.0	32.0~36.0	—	2.0~3.0	3.0~4.0	—	8× C~1.0	—	—	—	—	—	—	YB/T 5092—2016
	ER320	美	≤0.07	≤2.5	≤0.60	≤0.03	≤0.03	19.0~21.0	32.0~36.0	—	2.0~3.0	3.0~4.0	—	8× C~1.0	—	—	—	—	≤0.5	—	AWS A5.9-2017
	YS320	日	≤0.07	≤2.5	≤0.60	≤0.03	≤0.03	19.0~21.0	32.0~36.0	—	2.0~3.0	3.0~4.0	—	8× C~1.0	—	—	—	—	—	—	JIS Z3321-2013
	ER320	欧	≤0.07	≤2.5	≤0.60	≤0.03	≤0.03	19.0~21.0	32.0~36.0	—	2.0~3.0	3.0~4.0	—	8× C~1.0	—	—	—	—	≤0.5	—	ISO 14343-2017; B
HT30 (Cr17Ni35) 铁镍合金	H21Cr16Ni35	中	0.18~0.25	1.0~2.5	≤0.65	≤0.03	≤0.03	15.0~17.0	34.0~37.0	—	≤0.75	≤0.75	—	—	—	—	—	—	—	—	YB/T 5092—2016
	ER330	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	—	≤0.75	≤0.75	—	—	—	—	—	—	≤0.5	—	AWS A5.9-2017
	YS330	日	0.18~0.25	1.0~2.5	≤0.65	≤0.03	≤0.03	15.0~17.0	34.0~37.0	—	≤0.75	≤0.75	—	—	—	—	—	—	—	—	JIS Z3321-2013
	18 36 H	欧	0.18~0.25	1.0~2.5	0.4~2.0	≤0.02	≤0.03	15.0~19.0	33.0~37.0	—	≤0.5	≤0.5	—	—	—	—	—	—	≤0.5	—	ISO 14343-2017; A
Hastelloy G2	SNi6975	中	≤0.03	≤1.0	≤1.0	≤0.015	≤0.020	23.0~26.0	≥47.0	10.0~17.0	5.0~7.0	0.7~1.20	0.70~1.50	—	—	—	—	—	≤0.50	—	GB/T 15620—2008
	ERNiCrMo-8	美	≤0.03	≤1.0	≤1.0	≤0.03	≤0.03	23.0~26.0	47.0~52.0	余量	5.0~7.0	0.7~1.2	0.70~1.50	—	—	—	—	—	≤0.50	≥590	AWS A5.14-2018
	SNi6975	日	≤0.03	≤1.0	≤1.0	≤0.03	≤0.03	23.0~26.0	≥47.0	10.0~17.0	5.0~7.0	0.7~1.20	0.70~1.50	—	—	—	—	—	≤0.50	—	JIS Z3334-2017
	SNi6975	欧	≤0.03	≤1.0	≤1.0	≤0.03	≤0.03	23.0~26.0	≥47.0	10.0~17.0	5.0~7.0	0.7~1.2	0.70~1.50	—	—	—	—	—	≤0.5	≥590	ISO 18274-2010

表 C.4 (续) 常用铁镍合金、镍基合金焊丝熔敷金属化学成分和力学性能

材料类别	焊条 牌号	国别	化学成分（质量分数） %														力学性能	标准号			
			C	Mn	Si	S	P	Cr	Ni	Fe	Mo	Cu	Ti	Nb+Ta	Co	Al	W		V	其他	R_m MPa
铁镍合金	SNi6002	中	0.05~0.15	≤2.0	≤1.0	≤0.015	≤0.020	20.5~23.0	≥44.0	17.0~20.0	8.0~10.0	≤0.50	—	—	0.5~2.5	—	0.2~1.0	—	≤0.50	—	GB/T 15620—2008
	ERNiCrMo-2	美	0.05~0.15	≤1.0	≤1.0	≤0.03	≤0.04	20.5~23.0	余量	17.0~20.0	8.0~10.0	≤0.50	—	—	0.5~2.5	—	0.2~1.0	—	≤0.50	≥660	AWS A5.14—2018
	SNi6002	日	0.05~0.15	≤2.0	≤1.0	≤0.03	≤0.04	20.5~23.0	≥44.0	17.0~20.0	8.0~10.0	≤0.50	—	—	0.5~2.5	—	0.2~1.0	—	≤0.50	—	JIS Z3334—2017
	SNi6002	欧	0.05~0.15	≤1.0	≤1.0	≤0.03	≤0.04	20.5~23.0	≥44.0	17.0~20.0	8.0~10.0	≤0.50	—	—	0.5~2.5	—	0.2~1.0	—	≤0.5	≥690	ISO 18274—2010

C.5 常用铬镍奥氏体钢焊接材料对照见表 C.5。

表 C.5 常用铬镍奥氏体钢焊接材料对照

材料类别	焊条或焊丝	美国		中国		日本		欧盟
		AWS	牌号	GB		JIS		
00-18Cr-8Ni	焊条	E308L-XX	A002	E308L-XX		ES308L-XX		EN ISO-A (19 9 L)
	焊丝	ER308L	—	H022Cr21Ni10		YS308L		19 9 L
	药芯焊丝	E308LTX-X	—	TS 308L-FXX		TS308L-FXX		19 9 L
0-18Cr-8Ni	焊条	E308-XX	A102/A107	E308-XX		ES308-XX		(19 9)
	焊丝	ER308	—	H06Cr21Ni10		YS308		-B; SS308
	药芯焊丝	E308TX-X	—	TS 308-FXX		TS308-FXX		-B; TS 308-FXX
1-18Cr-8Ni	焊条	E308H-XX	—	E308H-XX		ES308H-XX		(19 9 H)
	焊丝	ER308H	—	H07Cr21Ni10		YS308H		(19 9 H)
	药芯焊丝	E308HTX-X	—	TS 308H-FXX		TS308H-FXX		19 9 H

表 C.5 (续) 常用铬镍奥氏体钢焊接材料对照

材料类别	焊条或焊丝	美 国	中 国		日 本	欧 盟
		AWS	牌号	GB	JIS	EN ISO-A
18Cr-10Ni-Ti	焊条	E347-XX	A132/A137	E347-XX	ES347-XX	(19 9 Nb)
	焊丝	ER321	—	H06Cr19Ni10Ti	YS321	-B: SS321
	药芯焊丝	E347TX-X	—	TS 347-FXX TS 347L-FXX	TS347-FXX TS347L-FXX	19 9 Nb
		E347-XX	A132/A137	E347-XX	ES347-XX	(19 9 Nb)
18Cr-10Ni-Nb	焊条	ER347	—	H06Cr20Ni10Nb	YS347	(19 9 Nb)
	药芯焊丝	E347TX-X	—	TS 347-FXX TS 347L-FXX	TS347-FXX TS347L-FXX	19 9 Nb
		E316L-XX	A022	E316L-XX	ES316L-XX	(19 12 3 L)
	焊丝	ER316L	—	H022Cr19Ni12Mo2	YS316L	(19 12 3 L)
00-16Cr-12Ni-2Mo	药芯焊丝	E316LTX-X	—	TS 316L-FXX	TS316L-FXX	19 12 3 L
	焊条	E316-XX	A202/A207	E316-XX	ES316-XX	(19 12 2)
	焊丝	ER316	—	H06Cr19Ni12Mo2	YS316	-B: 316
		E316TX-X	—	TS 316-F X X	TS316-FXX	-B: TS 316-FXX
00-18Cr-13Ni-3Mo	焊条	E317L-XX	—	E317L-XX	ES317L-XX	19 13 3 L
	焊丝	ER317L	—	H022Cr19Ni14Mo3	YS317L	(18 15 3 L)
	药芯焊丝	E317LTX-X	—	TS 317L-FXX	TS317L-FXX	-B: TS 317L-FXX
		E317-XX	A242	E317-XX	ES317-XX	-B: ES317-XX
18Cr-13Ni-3Mo	焊条	ER317	—	H06Cr19Ni14Mo3	YS317	-B: 317
	药芯焊丝	E317LTX-X	—	TS 317-FXX	TS317-FXX	-B: TS 317-FXX
		E309-XX	A302/A307	E309-XX	ES309-XX	(22 12)
	焊条	E309L-XX	A062/A067	E309L-XX	ES309L-XX	(23 12 L)
25Cr-13Ni	焊丝	ER309	—	H10Cr24Ni13	YS309	(22 12 H)
		ER309L	—	H022Cr24Ni13	YS309L	23 12 L

表 C.5 (续) 常用铬镍奥氏体钢焊接材料对照

材料类别	焊条或焊丝	美 国	中 国		日 本	欧 盟
		AWS	牌 号	GB		
25Cr-13Ni	药芯焊丝	E309TX-X	—	TS 309-FXX TS 309L-FXX	TS309-FXX TS309L-FXX	-B: TS 309-FXX 23 12 L
	焊条	E310-XX	A402/A407	E310-XX	ES310-XX	(25 20)
25Cr-20Ni	焊丝	ER310	—	H11C26Ni21	YS310	(25 20)
	药芯焊丝	E310TX-X	—	TS 310-FXX	TS310-FXX	25 20
	焊条	E310H-XX	S-K2/S-K3	E310H-XX	ES310H-XX	(25 20 H)
HK40 (HK30)	焊丝	—	R-K2/R-K3	—	—	—
	焊条	—	S-P1/S-P3	—	—	—
HP40	焊丝	—	R-P1/R-P3	—	—	—

C.6 常用铁镍合金、镍基合金焊接材料对照见表 C.6。

表 C.6 常用铁镍合金、镍基合金焊接材料对照

材料类别		焊条	美国	中国	日本	欧盟
			AWS	GB	JIS	EN ISO
镍合金	Nickel 200	焊条	ENi-1	ENi2061	ENi2061	ENi2061
		焊丝	ERNi-1	SNi2061	SNi2061	SNi2061
	Monel 400	焊条	ENiCu-7	ENi4060	ENi4060	ENi4060
		焊丝	ERNiCu-7	SNi4060	SNi4060	SNi4060
	Inconel 600	焊条	ENiCrFe-1	ENi6062	ENi6062	ENi6062
		焊丝	ERNiCrFe-5	SNi6062	SNi6062	SNi6062
	Inconel 625	焊条	ENiCrMo-3	ENi6625	ENi6625	ENi6625
		焊丝	ERNiCrMo-3	SNi6625	SNi6625	SNi6625
	Hastelloy B	焊条	ENiMo-1	ENi1001	ENi1001	ENi1001
		焊丝	ERNiMo-1	SNi1001	SNi1001	SNi1001
	Hastelloy B2	焊丝	ERNiMo-7	SNi1066	SNi1066	SNi1066
	Hastelloy C276	焊条	ENiCrMo-4	ENi6276	ENi6276	ENi6276
		焊丝	ERNiCrMo-4	SNi6276	SNi6276	SNi6276
	—	焊条	ENiCrFe-3	ENi6182	ENi6182	ENi6182
		焊丝	ERNiCr-3	SNi6082	SNi6082	SNi6082
铁镍合金	—	焊丝	ERNiCrFe-6	SNi7092	SNi7092	SNi7092
	Incoloy 800	焊条	ENiCrFe-2	ENi6133	ENi6133	ENi6133
	Incoloy 800H	焊条	ENiCrCoMo-1	ENi6117	ENi6117	ENi6117
		焊丝	ERNiCrCoMo-1	SNi6617	SNi6617	SNi6617
	Incoloy 825	焊丝	ERNiFeCr-1	SNi8065	SNi8065	SNi8065
	Hastelloy X	焊丝	ERNiCrMo-2	SNi6002	SNi6002	SNi6002
	HT30 (Cr17Ni35)	焊条	E330H-XX	E330H-XX	ES330H-XX	ES330H-XX
		焊丝	ER330	ER330	—	(18 36 H)

C.7 常用铬镍奥氏体钢和奥氏体-铁素体不锈钢焊接材料宜按表 C.7 选用。

表 C.7 常用铬镍奥氏体钢和奥氏体-铁素体（双相）不锈钢焊接材料选用

母材		焊条 (GB/T 983、 AWS A5.4)	焊丝		
中国	美国		中国 (YB/T 5092—2016)	美国	
				实心 (AWS A5.9)	药芯 (AWS A5.22)
022Cr19Ni10	TP304L	E308L-XX	H022Cr21Ni10	ER308L	E308LTX-X
	TP304LN		H022Cr21Ni10Si	ER308LSi	
06Cr19Ni10	TP304	E308-XX	H06Cr21Ni10 H06CR21Ni10Si	ER308 ER308Si	E308TX-X
	TP304N	E347-XX	H06Cr20Ni10Nb	ER347	
	TP304H	E308H-XX	H07Cr21Ni10	ER308H	E308HTX-X

表 C.7 (续) 常用铬镍奥氏体钢和奥氏体-铁素体(双相)不锈钢焊接材料选用

母材		焊条 (GB/T 983、 AWS A5.4)	焊丝		
中国	美国		中国 (YB/T 5092—2016)	美国	
				实心 (AWS A5.9)	药芯 (AWS A5.22)
06Cr18Ni11Ti	TP321	E347-XX E347L-XX	H06Cr19Ni10Ti H06Cr20Ni10Nb H022Cr20Ni10Nb	ER321 ER347 ER347L	E347TX-X
06Cr18Ni11Nb	TP347 TP347H TP348 TP348H	E347-XX E347L-XX	H06Cr20Ni10Nb H022Cr20Ni10Nb	ER347 ER347L	E347TX-X
022Cr17Ni12Mo2	TP316L TP316LN	E316L-XX	H022Cr19Ni12Mo2 H022Cr19Ni12Mo2Si	ER316L ER316LSi	E316LTX-X
06Cr17Ni12Mo2	TP316 TP316N	E316-XX	H06Cr19Ni12Mo2 H06Cr19Ni12Mo2Si	ER316 ER316Si	E316TX-X
022Cr19Ni13Mo3	TP317L	E317L-XX	H022Cr19Ni14Mo3	ER317L	E317LTX-X
06Cr19Ni13Mo3	TP317	E317-XX	H06Cr19Ni14Mo3	ER317	E317LTX-X
06Cr17Ni12Mo2Ti					
06Cr23Ni13	TP309S TP309Cb TP309H TP309HCb	E309-XX E309Nb-XX	H10Cr24Ni13 H10Cr24Ni13Si H022Cr24Ni13 H022Cr24Ni13Si	ER309 ER309L ER309LSi	E309TX-X E309LTX-X
06Cr25Ni20	TP310S TP310Cb TP310H TP310HCb	E310-XX E310Nb-XX	H11Cr26Ni21	ER310	E310TX-X
ZG30Cr25Ni20 ZG40Cr25Ni20 ZG40Cr25Ni20Si2	HK30 HK40	E310H-XX	SG-X40CrNi2521 (德)	—	—
ZG45Ni35Cr25 ZG40Ni35Cr25Nb ZG40Ni35Cr25NbW	HP40	E2535NbB20 (德)	SG-X40CrNiNb3525 (德)	—	—
022Cr22Ni5Mo3N 022Cr23Ni5Mo3N	22Cr-05Ni	E2209-XX	H022Cr22Ni9Mo3N	ER2209	E2209TX-X
022Cr25Ni7Mo4N	25Cr-07Ni	E2553-XX	H03Cr25Ni5Mo3Cu2N H022Cr25Ni9Mo4N	ER2553 ER2594	E2553TX-X E2594TX-X

C.8 常用铁镍合金、镍基合金焊接材料宜按表 C.8 选用。

表 C.8 常用铁镍合金、镍基合金焊接材料选用

母材	焊条 (AWS A5.11)	焊丝 (AWS A5.14)
Nickel 200	ENi-1	ERNi-1
Monel 400	ENiCu-7	ERNiCu-7
Inconel 600	ENiCrFe-2	ERNiCrFe-2
	ENiCrMo-3	ERNiCrMo-3
	ENiCrFe-3	ERNiCr-3
Inconel 625	ENiCrMo-3	ERNiCrMo-3
Incoloy 800	TEW 21/33 (德)	TEW21/33/SG (德)
	ENiCrFe-2	ERNiCrFe-2
	ENiCrCoMo-1	ERNiCrCoMo-1
Incoloy 800H	ENiCrCoMo-1 (美)	ERNiCrCoMo-1 (美)
Incoloy 800HT		
Incoloy 825	ENiCrMo-3	ERNiFeCr-1
	ENiCrMo-14	ERNiCrMo-3
		ERNiCrMo-14
Alloy 20 Carpenter 20Cb-3	E320-XX (AWS A5.4)	ER320 (AWS A5.9) ER320LR (AWS A5.9)
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
TH30	E330-XX (AWS A5.4)	ER330 (AWS A5.9)
	E330H-XX (AWS A5.4)	

C.9 典型异种金属材料接头宜按表 C.9 选用焊接材料。

表 C.9 典型异种金属材料接头焊接材料选用

母材匹配		焊条 (AWS A5.11)	焊丝 (AWS A5.14)
奥氏体不锈钢	Nickel 200	ENi-1	ERNi-1
		ENiCrFe-3	ERNiCr-3
		ENiCrFe-2	ERNiCrFe-6
	Monel 400	ENi-1	ERNi-1
		ENiCu-7	ERNiCu-7
		ENiCrFe-2	ERNiCrFe-6
		ENiCrFe-3	ERNiCr-3

表 C.9 (续) 典型异种金属材料接头焊接材料选用

母材匹配		焊条 (AWS A5.11)	焊丝 (AWS A5.14)
奥氏体不锈钢	Inconel 600	ENiCrFe-3	ERNiCr-3
	Incoloy 800	ENiCrFe-2	ERNiCrFe-6
	Inconel 625	ENiCrMo-3	ERNiCrMo-3
	Hastelloy B2	ENiMo-7	ERNiMo-7
	Hastelloy C276	ENiCrMo-4	ERNiCrMo-4
	Hastelloy C4	ENiCrMo-7	ERNiCrMo-7
	Hastelloy G	ENiCrMo-9	ERNiCrMo-1
Nickel 200	Monel 400	ENi-1	ERNi-1
		ENiCu-7	ERNiCu-7
	Inconel 600 Incoloy 800	ENi-1 ENiCrFe-3 ENiCrFe-2 ENiCrMo-3	ERNi-1 ERNiCr-3 ENiCrMo-3
		Hastelloy B Hastelloy B2	ERNiCr-3 ERNiCrFe-6
Monel 400	Inconel 600 Incoloy 800	ENiCrFe-3 ENiCrFe-2 ENiCrMo-3	ERNiCr-3 ERNiCrFe-6 ENiCrMo-3
	Hastelloy B Hastelloy B2	ENi-1	ERNi-1
Inconel 600 Incoloy 800	Hastelloy B Hastelloy B2	ENiCrFe-3 ENiCrFe-2	ERNiCr-3 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

C.10 常用不锈钢复合钢基层焊接材料宜按表 C.10 选用。

表 C.10 常用不锈钢复合钢基层焊接材料选用

基层材质	焊条电弧焊 (NB/T47018-2017)		埋弧焊 (NB/T47018-2017)		气体保护焊 (NB/T47018-2017)
	焊条型号	焊条牌号示例	焊丝牌号	焊剂型号	焊丝型号
Q235-B、Q235-C Q245R	E4315	J427	H08A H08MnA	F4A0-H08A F4A2-H08MnA	ER50-6
Q345R	E5015	J507	H10Mn2	F5A0-H10Mn2	ER50-6
	E5015-G	J507RH		F5A2-H10Mn2	
	E5016	J506			

表 C.10 (续) 常用不锈钢复合钢基层焊接材料选用

基层材质	焊条电弧焊 (NB/T47018-2017)		埋弧焊 (NB/T47018-2017)		气体保护焊 (NB/T47018-2017)
	焊条型号	焊条牌号示例	焊丝牌号	焊剂型号	焊丝型号
12CrMo	E5515-CM	R207	H08CrMoA	F55P2-H08CrMoA	ER55-B2
15CrMoR、14Cr1MoR	E5515-1CM	R307	H08CrMoA	F55P2-H08CrMoA	ER55-B2
			H13CrMoA	F55P2-H13CrMoA	

C.11 同种覆层材质过渡层及覆层焊接材料见表 C.11。

表 C.11 同种覆层材质过渡层及覆层焊接材料

覆层材质		过渡层焊接 (示例)		覆层焊接 (示例)		备注
代号	牌号	焊条型号	焊条牌号示例	焊条型号	焊条牌号示例	
S30408	06Cr18Ni10	E309-XX E309L-XX E310-XX	A302、A307 A062、A402 A407	E308-XX	A102 A107	
S30403	022Cr19Ni10	E309L-XX	A062、A067	E308L-XX	A002	
S32168	06Cr18Ni11Ti	E309-XX E309L-XX E310-XX	A302、A307 A062、A402 A407	E347-XX	A132 A137	
S31608	06Cr17Ni12Mo2	E309Mo-XX	A312	E316-XX	A202	
S31668	06Cr17Ni12Mo2Ti	E309LMo-XX	A042			
S31603	022Cr17Ni14Mo2	E309LMo-XX	A042	E316L-XX	A022	
S31703	022Cr19Ni13Mo3					
S11348	06Cr13Al	E309-XX E310-XX ENiCrFe-3	A302、A307 A402、A407 —	E309-XX E308-XX ENiCrFe-3	A302 A102 —	奥氏体焊条
		E430-XX	G302 G307	E410-XX	G202 G207	同组织焊条
S11306	06Cr13	E309-XX E310-XX ENiCrFe-3	A302、A307 A402、A407 —	E309-XX E308-XX ENiCrFe-3	A302 A102 —	奥氏体焊条
		E430-XX	G302 G307	E410-XX	G202 G207	同组织焊条
S22053	022Cr23Ni5Mo3N	E2209-17	—	E2209-17	—	
NS1402	N08825	ENiCrMo-3	—	ENiCrMo-3	—	
NS1403	N08020	ENiCrMo-3	—	ENiCrMo-3	—	
NS3306	N06625	ENiCrMo-3	—	ENiCrMo-3	—	
NS3304	N10276	ENiCrMo-4	—	ENiCrMo-4	—	

C.12 异种覆层材质过渡层及覆层焊接材料见表 C.12。

表 C.12 异种覆层材质过渡层及覆层焊接材料

覆层材质		过渡层焊接（示例）		覆层焊接（示例）	
代号（牌号）	代号（牌号）	焊条型号	焊条牌号示例	焊条型号	焊条牌号示例
S30408 (06Cr18Ni10)	S30403 (022Cr19Ni10)	E309-XX E309L-XX	A302 A307 A062	E308-XX	A102 A107
	S32168 (06Cr18Ni11Ti)				
	S31608 (06Cr17Ni12Mo2)				
	S31668 (06Cr17Ni12Mo2Ti)				
	S31603 (022Cr17Ni14Mo2)				
S30403 (022Cr19Ni10)	S31703 (022Cr19Ni13Mo3)	E309L-XX E309LMo-XX	A062 A042 A312	E308L-XX E347-XX	A002 A132 A137
	S32168 (06Cr18Ni11Ti)				
	S31608 (06Cr17Ni12Mo2)				
	S31668 (06Cr17Ni12Mo2Ti)				
	S31603 (022Cr17Ni14Mo2)				
S32168 (06Cr18Ni11Ti)	S31703 (022Cr19Ni13Mo3)	E309L-XX E309LMo-XX	A062 A042	E308L-XX E316L-XX	A002 A022
	S31608 (06Cr17Ni12Mo2)				
	S31668 (06Cr17Ni12Mo2Ti)				
	S31603 (022Cr17Ni14Mo2)				
	S31703 (022Cr19Ni13Mo3)				
S31608 (06Cr17Ni12Mo2)	S31603 (022Cr17Ni14Mo2)	E309LMo-XX	A042	E316-XX	A202
S31668 (06Cr17Ni12Mo2Ti)	S31703 (022Cr19Ni13Mo3)	E309Mo-XX	A312	E316L-XX	A022
S11348 (06Cr13Al) S11306 (06Cr13)	S30403 (022Cr19Ni10)	E309-XX E309L-XX	A302 A307 A062	E309-XX E308-XX	A302 A307 A102 A107
	S32168 (06Cr18Ni11Ti)				
	S31608 (06Cr17Ni12Mo2)				
	S31668 (06Cr17Ni12Mo2Ti)				
	S31603 (022Cr17Ni14Mo2)				
	S31703 (022Cr19Ni13Mo3)				

本规范用词说明

- 1 为便于在执行本规范条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：
 - 1) 表示很严格，非这样做不可的：
正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；
 - 2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的：
正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；
 - 3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的：
正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；
 - 4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。
- 2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。

中华人民共和国石油化工有限公司

石油化工铬镍不锈钢、铁镍合金和镍基合金及不锈钢复合钢焊接规范

SH/T 3523—2020

条 文 说 明

2020 年 北 京

目 次

1 范围 62

2 规范性引用文件 62

4 材料 63

5 焊接工艺评定 63

6 焊工 64

8 铬镍不锈钢、铁镍合金、镍基合金焊接 64

9 复合钢焊接 65

石油化工铬镍不锈钢、铁镍合金和镍基合金及 不锈钢复合钢焊接规范

1 范围

本规范是在 SH/T 3523—2009《石油化工铬镍不锈钢、铁镍合金和镍合金焊接规程》及 SH/T 3527—2009《石油化工不锈钢复合钢焊接规程》的基础上修订而成。规定了铬镍不锈钢、铁镍合金、镍基合金、不锈钢复合钢的材料（含焊接材料）、焊接工艺评定、焊工考试、焊接工艺、焊接检验和焊后热处理的要求。

相关石油化工行业标准有 SH 3525《石油化工低温钢焊接规程》。为避免本行业标准内容重复，本规范铬镍奥氏体钢、镍基合金章节内容不包括低温条件，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，不宜编入同一规范，所以本规范的适用温度范围为设备设计温度高于-20℃、管道设计温度高于-29℃。

本规范铬镍奥氏体钢、镍基合金材料适用范围为：

- a) 铬镍奥氏体钢包括 18-8 型，18-12 型，25-13 型，25-20 型，25-35 型，35-45 型；
- b) 奥氏体-铁素体（双相）不锈钢包括 22-5 型，25-7 型；
- c) 铁镍合金合金系统有：Fe-Ni-Cr，Ni-Cr-Fe-Mo，Ni-Fe-Cr，合金名称为 Incoloy，Carpenter，Hastelloy G、G2，Hastelloy X；
- d) 镍基合金合金系统有 Ni-Ni-Cu，Ni-Cr-Mo，Ni-Cr-Fe，Ni-Mo；合金名称为 Nickel，Monel，Inconel，HastelloyB、B2，C276、C4。

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，本规范所涉及的各项内容、要求与高温条件下基本相同。奥氏体-铁素体（双相）不锈钢有高铬铁素体不锈钢的各种脆性倾向，不宜在高于 300℃的工作条件下使用。

焊接方法为焊条电弧焊、钨极气体保护焊、熔化极气体保护焊、埋弧焊。

2 规范性引用文件

由于国内相关标准较少，所以编制本规范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。

参考文献

——美国标准：

- ASTM 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

ASME II 卷 材料技术条件、VIII 卷 受压容器、IX 卷 焊接和钎焊评定

——日本标准:

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

——英国标准:

BS PD5500

4 材料

4.1 一般规定

4.1.1 材料及焊接材料使用前应检查验收质量证明文件、质量证明文件提供特性数据、验收应执行的标准。若检验都合格或复验结果符合产品质量标准方可使用。材料使用前的检验工作,首先按设计文件或订货技术条件核对其材质、型号和规格,做到与材料质量证明文件相符,并与材料上的标记相对应。其次是对材料做外观质量检验,发现超标缺陷及时消除。如果要求对材料进行无损检测时,其检验方法及合格指标执行设计文件规定。由于高铬镍合金钢管使用部位一般都比较重要,建议在安装前应进行光谱抽检,安装后全部进行在线光谱复检,保证材料安装的正确性,对此类合金钢焊缝也应执行这一规定。

4.2.4 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《受压容器》、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。

因此规定板材、管子、管件、阀门、法兰及锻件经验收合格后应做好合格标记。所采用的标记方法应对材料表面不构成损害或污染。采用色码标记时,印色应不含有损材料的物质,如硫、铅、锌、氯等。标识宜采用以醇酸树脂为基本成分的钛氧化物染料。

4.3 焊接材料

4.3.1 焊接材料包括焊条、焊丝、氩气、二氧化碳、焊剂以及钨极等。

5 焊接工艺评定

5.2 焊接工艺评定主要执行 NB/T 47014 的规定,本规范对双相不锈钢的铁素体测量作出规定,根据国外标准 API 582, API 582 要求当进行 PQR 时,应测量铁素体含量,包括母材、热影响区和焊缝。这些位置的铁素体含量应为 30%~65%。

5.3 铸造不锈钢管子不做弯曲试验作了规定。

6 焊工

6.1 石油化工铬镍奥氏体钢、镍基合金及不锈钢复合钢材料用于承压设备，则根据 TSG Z6002—2010《特种设备焊接操作人员考核细则》的规定，焊工应进行考试；如用于非承压设备，考虑到这些材料通常会用于重要结构件，为保证焊接质量，焊工也应按照 TSG Z6002—2010《特种设备焊接操作人员考核细则》的规定进行考试。

6.2 考虑到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。

8 铬镍不锈钢、铁镍合金、镍基合金焊接

8.1 坡口制备

8.1.1 由于铁镍合金、镍基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。

8.1.2 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。

8.1.3 对坡口表面做外观检查是根据施工经验提出的。因为坡口表面质量好坏直接影响焊接接头的质量，所以控制坡口质量，加强检查是必要的。

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铸造管的坡口加工后，均要进行渗透检测。

8.2 组对与定位

8.2.2 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。

8.2.3 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，本规范规定内壁错边量不大于 0.5mm，不等厚管子也按同样要求。

8.2.7 对定位焊缝的要求。其中与正式焊接工艺相同是指合格焊工、焊接材料、焊接工艺参数等相同。因为定位焊缝的质量直接影响最终焊缝质量，定位焊不仅成型要好，还应保证透合好，无焊接缺陷。

8.2.8 根据施工需要，组对时应使用工卡具。因为工卡具是直接焊在母材表面，把握不好会在焊缝外形成缺陷，因此对工卡具的材料、焊接工艺措施和工艺参数都应作出规定。工卡具的拆除方法不当也会造成缺陷，因此对拆除方法作出规定，并应严格执行。拆除后清除焊痕并表面探伤是很必要的。

8.3 焊接材料准备

8.3.1 考虑到有些铁镍合金和镍基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，易产生热裂纹或气孔，有时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。

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。

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：

- 焊缝的强度包括高温持久强度、耐蚀性；
- 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；
- 裂纹、气孔的敏感性。

8.4 焊接工艺

8.4.1 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。

8.4.2 规定底层焊道用钨极气体保护焊是为了保证根部焊道的质量。

8.4.4 药芯焊丝、特殊的涂料层焊丝是在工程施工中逐步推广的一种免充氩焊接材料，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或特殊的涂料层焊丝，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。但对于氧气介质、有耐缝隙腐蚀要求的管道，由于氧气介质管道内部洁净度要求较高、有耐缝隙腐蚀要求的管道内部不能有缝隙，因此根部打底焊道一般不允许使用免充氩焊材施焊。

8.4.10 铬镍奥氏体钢和铁镍合金、镍基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。

8.4.12 焊接完毕，清理表面及焊缝两侧是文明施工问题，但在本标准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。所以本规范特制定本条规定。

8.5 焊接检验

8.5.2 a) 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，故本规范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。

8.5.2 b) 高碳铬镍奥氏体钢和铁镍合金、镍基合金都具有较明显的热裂倾向，参照 ASME VIII 卷在本规范中规定除 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。

8.5.3 石油化工常用 22Cr-5Ni 型和 25Cr-7Ni 型的奥氏体-铁素体（双相）不锈钢的焊缝应进行铁素体含量测量是根据设计的通用要求和施工经验规定的。

8.6 焊缝返修

8.6.1 铬镍奥氏体钢和铁镍合金、镍基合金不允许采用碳弧气刨，以防渗碳。

8.6.2 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。

8.7 焊后处理

8.7.1 根据铬镍奥氏体钢的特性，焊后可进行稳定化处理。稳定化处理的目的是使 Cr_{23}C_6 溶解。

8.7.2 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。

8.7.3~8.7.6 焊后热处理的加热方法推荐用电加热法，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 。

9 复合钢焊接

9.1 坡口制备及加工

9.1.1 坡口形式是参考美国、日本有关不锈钢复合钢的焊接技术资料，结合部分设计单位的设计文件并根据近年来的施工经验而确定的，综合考虑了焊接质量、施焊条件、工厂预制和现场组焊等多方面的因素。

9.3 焊接材料选用

9.3.3 d) 复层为铁素体或马氏体不锈钢材质（如 06Cr13、06Cr13Al、SUS405、SUS410S 等）时，可选用与覆层材料为同一金相组织系的焊接材料，也可选用奥氏体系焊接材料。从省略焊后热处理的观点，推荐使用奥氏体焊接材料。

9.3.4 过渡层的埋弧自动焊工艺不易控制，而且国内外尚无成熟工艺可以借鉴，故本标准附录焊接材料选用没有推荐此工艺。覆层焊接采用埋弧自动焊时，必须要控制好过渡层焊缝厚度和覆层焊接时的电流，防止焊接覆层时熔透过渡层焊缝。

对于常用不锈钢复合钢同种覆层材质过渡层焊接材料选用增加了覆层为双相不锈钢 SAF2205 的焊材选用。

9.3.5 不锈钢复合钢的基层焊接和覆层焊接在焊接材料选用原则上与焊接相应的单一材料相同，关键在于过渡层焊接材料的选用，过渡层焊接材料的选用原则除补充基层焊缝对过渡层焊缝的稀释，防止产生脆硬马氏体外，还应保证覆层焊缝所需的特殊合金成分含量符合要求，如 Mo、Nb、Ti 等。

9.5 焊接工艺

9.5.1 不锈钢复合钢板的基本焊接程序是先焊基层，再焊过渡层，最后焊接覆层。但由于结构原因，有时无法实现基本焊接程序，如设备上复合接管与对焊法兰的连接环缝，卷制复合管纵缝，小直径复合管拼接环缝等。在这种情况下，只能先焊覆层，再焊过渡层，最后焊接基层。此种情况有以下两种焊接方法可以选择。

第一种方法是采用与覆层材料相匹配的焊材焊接覆层用纯铁素体焊材焊接过渡层，最后用与基层材料匹配的焊材焊接基层，因为在不锈钢覆层焊缝上堆焊纯铁素体焊缝作过渡层，纯铁素体焊缝中混入少量的铬镍合金元素不致形成塑性很差的金属组织，在纯铁素体焊缝上熔焊基层类焊缝金属不会产生任何问题。

第二种方法是用与覆层材料匹配的焊材焊接覆层，用高铬镍奥氏体焊材焊接过渡层和基层，虽然该方法形成了异种金属组织接头，蠕变强度有所下降，但考虑到目前国内尚无纯铁素体焊材产品，所以，本标准只选择第二种方法。设计选用复合管及焊接材料时，应考虑复合管焊接所采用的异种填充焊接材料所适用温度及介质要求。

9.8 焊后热处理

9.8.1 奥氏体不锈钢焊后热处理效果如何，有不同说法，受目前经验所限，还不能对焊态及焊后热处理状态的奥氏体不锈钢焊件做安全性比较。因此，有关标准对奥氏体不锈钢焊件是否进行焊后热处理都没有作强制规定。

不锈钢复合钢板焊后热处理时，对于不同材料有不同影响，覆层为奥氏体不锈钢时，由于覆层材料与基层材料热膨胀系数差别较大，在热处理过程中，复合界面附近产生附加残余应力，影响复合界面结合强度或引起局部脱层。同时，不含稳定化元素的奥氏体覆层在焊后热处理过程中，可能有铬的碳化物析出，降低其耐腐蚀性能，铁素体不锈钢覆层在焊后热处理过程中，容易形成 δ 相，覆层组织脆化，降低复合钢板的使用性能，因此，不锈钢复合钢板应尽量避免焊后热处理。当奥氏体不锈钢复合钢制造的设备、管道或部件需进行焊后热处理时，应采取防止覆层脱落和碳化物析出的措施，控制 σ 相形成，如覆层焊缝金属热处理前铁素体数10FN以下。