



中华人民共和国石油化工行业标准

SH/T 3523—2009

代替 SH/T 3523—1999

石油化工铬镍不锈钢、铁镍合金 和镍合金焊接规程

Specification for welding of Cr-Ni stainless steel, Fe-Ni
and Ni alloy in petrochemical industry



2009-12-04 发布

2010-06-01 实施

中华人民共和国工业和信息化部 发布

目次

前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 材料	2
4.1 一般规定	2
4.2 板材与管材	2
4.3 焊接材料	2
5 焊接工艺评定和焊工考试	3
5.1 焊接工艺评定	3
5.2 焊工	3
6 焊前准备	3
6.1 坡口制备	3
6.2 组对与定位	4
7 焊接	6
7.1 一般规定	6
7.2 焊接材料准备	6
7.3 焊接工艺	7
7.4 焊接检验	7
7.5 焊缝返修	7
7.6 焊后处理	8
附录 A (资料性附录) 板材和管材常用数据表	9
附录 B (规范性附录) 焊接工艺评定常用母材材料分类	18
附录 C (资料性附录) 焊接材料常用数据表	19
用词说明	33
附: 条文说明	35

前言

本规程是根据国家发展和改革委员会《2006 年行业标准项目计划》(发改办工业[2006]1093 号),由中国石油化工集团公司组织北京燕华建筑安装工程有限责任公司和中国石化集团第十建设公司对原 SH/T 3523—1999《石油化工铬镍奥氏体钢、铁镍合金和镍合金管道焊接规程》进行修订而成。

本规程共分 7 章和 3 个附录,附录 A 和附录 B 为资料性附录,附录 C 为规范性附录。本规程与 SH/T 3523—1999《石油化工铬镍奥氏体钢、铁镍合金和镍合金管道焊接规程》(上一版本)相比,主要变化如下:

- 名称改为《石油化工铬镍不锈钢、铁镍合金和镍合金焊接规程》;
- 增加了奥氏体—铁素体(双相)不锈钢的焊接要求;
- 适用范围增加了设备的焊接;
- 适用的焊接方法由手工电弧焊和惰性气体保护焊增改为焊条电弧焊、钨极气体保护焊、熔化极气体保护焊(含药芯焊丝)、埋弧焊;
- 附录 A 常用数据表的参数按新颁布的标准进行了修订和补充。

本规程以黑体字标志的条文为强制性条文,必须严格执行。

本规程由中国石油化工集团公司施工技术淄博站管理,由北京燕华建筑安装工程有限责任公司负责解释。

本规程在实施过程中,如发现需要修改或补充之处,请将意见和有关资料提供给管理单位和主编单位,以便今后修订时参考。

管理单位:中国石油化工集团公司施工技术淄博站

通讯地址:山东省淄博市临淄区建设路 29 号

邮政编码:255438

电 话:0533—6295840

传 真:0533—7501126

主编单位:北京燕华建筑安装工程有限责任公司

通讯地址:北京 276 信箱

邮政编码:102502

参编单位:中国石化集团第十建设公司

通讯地址:山东省淄博市临淄区建设路 29 号

邮政编码:255438

主要起草人:杨雷 苏良骥 任鹏举 宫新利

主要审查人:霍瑞民 葛春玉 吴忠宪 汪庆华 张桂红 王敬一 陈 英 张虎伟 钟智峰
郭文兵 汤日光

本规程于 1992 年首次发布,1999 年第 1 次修订,本次为第 2 次修订。

石油化工铬镍不锈钢、铁镍合金和镍合金焊接规程

1 范围

本规程规定了设备设计温度高于-20℃、管道设计温度高于-29℃的铬镍奥氏体钢、奥氏体-铁素体（双相）不锈钢、铁镍合金和镍合金焊接材料、焊接工艺评定、焊工考试、焊接工艺、焊接检验和焊后处理的要求。

本规程适用于石油化工工程建设项目设备和管道焊条电弧焊、钨极气体保护焊、熔化极气体保护焊及埋弧焊的焊接施工。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本规程的引用而成为本规程的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单（不包括勘误的内容）或修订版均不适用于本规程，然而，鼓励根据本规程达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版适用于本规程。

- GB 150 钢制压力容器
- GB/T 983 不锈钢焊条
- GB 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 4191 惰性气体保护电弧焊和等离子焊接、切割用钨钨电极
- GB/T 4237 不锈钢热轧钢板和钢带
- 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 50236 现场设备、工业管道焊接工程施工及验收规范
- GB 50484 石油化工建设工程施工安全技术规范
- JB 4708 钢制压力容器焊接工艺评定
- JB/T 4730.5 承压设备无损检测 第5部分：渗透检测
- JB/T 4747 压力容器用钢焊条订货技术条件
- 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
- 国质检锅[2002]109号 锅炉压力容器压力管道焊工考试与管理规则

3 术语与定义

GB/T 3375、JB 4708 和 GB/T 20878 确立的及以下术语和定义适用于本规程。

3.1

铁镍合金 Fe-Ni alloy

镍元素含量在 25%和 55%之间, 镍元素和铁元素总含量不小于 65%, 且铁元素含量不小于 18%的合金。

3.2

镍合金 Ni alloy

镍元素含量大于 55%, 且铁元素含量不大于 8%的合金。

4 材料

4.1 一般规定

4.1.1 铬镍不锈钢、铁镍合金、镍合金及焊接材料(以下简称材料)应具有质量证明文件。

4.1.2 国外材料应符合合同规定的材料标准和技术条件。

4.1.3 当材料有下列情况之一时, 不得使用:

- a) 质量证明文件特性数据不符合产品标准及订货技术条件或对其有异议;
- b) 实物标识与质量证明文件标识不符;
- c) 要求复验的材料未经复验或复验不合格。

4.1.4 材料在使用前应核对其材质、规格、标识。

4.2 板材与管材

4.2.1 板材和管材质量证明文件应包括下列内容:

- a) 材料标准代号;
- b) 材料规格、牌号及特性数据;
- c) 材料生产批号及供货状态;
- d) 生产单位名称;
- e) 检验印鉴标志。

4.2.2 板材和管材检验项目和技术指标应符合下列要求:

- a) 不锈钢钢板和钢带应符合 GB/T 4237 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。

4.2.3 板材、管子、管件、阀门、法兰及锻件经验收合格后应作好合格标记。入库储存应按不同材质、规格分别放置, 妥善保管。常用材料的化学成分和力学性能参见附录 A。

4.2.4 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 焊接材料质量证明文件应符合合同规定的技术条件, 焊接材料检验项目和技术指标应符合下列要求:

- a) 不锈钢焊条应符合 GB/T 983 的规定;
- b) 不锈钢焊丝应符合 YB/T 5092 的规定;
- c) 镍及镍合金焊条应符合 GB/T 13814 的规定;
- d) 镍及镍合金焊丝应符合 GB/T 15620 的规定;
- e) 埋弧焊丝和焊剂应符合 GB/T 17854 的规定;
- f) 钨极应符合 GB 4191 的规定;
- g) 承压设备用焊接材料尚应符合 JB/T 4747 的规定。

4.3.2 焊接材料应进行验收。验收合格后, 应作好标识, 入库储存。

4.3.3 焊接材料的储存、保管应符合下列规定:

- a) 建立焊接材料领取、发放和回收制度;

- b) 焊接材料库应干燥通风, 库房内不得存放有害气体和腐蚀介质;
- c) 焊接材料应存放在架子上, 且离地面的高度和墙壁的距离均不得小于 300mm;
- d) 焊接材料应按种类、牌号、批号、规格和入库时间分类放置, 并应有标识;
- e) 库内应设置温、湿度测量设施并进行温、湿度控制, 保持库内温度不低于 5℃, 相对湿度不大于 60%。

5 焊接工艺评定和焊工考试

5.1 焊接工艺评定

5.1.1 铬镍奥氏钢、镍合金和铁镍合金焊接工艺评定的方法和内容执行 JB 4708 的规定。奥氏体—铁素体(双相)不锈钢宜按合金成分进行焊接工艺评定, 方法和内容执行 JB 4708 的规定, 并按照 GB 1954 要求进行铁素体含量的测定。石油化工常用铬镍奥氏钢、镍合金和铁镍合金焊接工艺评定母材材料分类见附录 B。

5.1.2 铸造管可不做试件的弯曲试验。

5.1.3 焊接工艺评定合格后应编写焊接工艺评定报告(PQR), 并按文件管理程序批准, 作为编制焊接工艺文件的依据。

5.1.4 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。

5.2 焊工

5.2.1 焊工必须按《锅炉压力容器压力管道焊工考试与管理规则》规定进行考试。考试合格的焊工方能承担相应项目的焊接施工。

5.2.2 铸造管的考试可用《锅炉压力容器压力管道焊工考试与管理规则》中代号 IV 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; 对试件进行外观检查和射线检测, 可不做试件的弯曲试验。

6 焊前准备

6.1 坡口制备

6.1.1 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、镍合金的坡口也可参照表 1 选用:

表 1 铁镍合金或镍合金坡口形式和尺寸

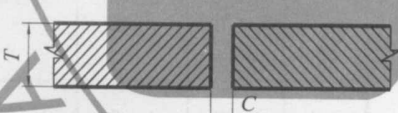
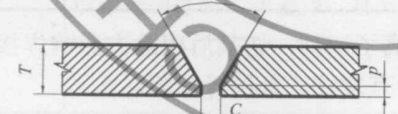
接头名称	坡口形式	组对尺寸				
		壁厚 T mm	间隙 C mm	钝边 P mm	坡口角度	
					α (°)	β (°)
对接 I 形坡口		1~3	1~2	—	—	—
对接 Y 形坡口		≤8	2~3	0.5~1.5	70~80	—
		>8	2~3	0.5~1	65~75	—

表 1 (续) 铁镍合金或镍合金坡口形式和尺寸

接头名称	坡口形式	组对尺寸					
		壁厚 T mm	间隙 C mm	钝边 P mm	坡口角度		H (R)
					α ($^{\circ}$)	β ($^{\circ}$)	
对接 VY 形坡口		≥ 17	2~3	0.5~1	60~65	10~20	T/3
对接 U 形坡口		≥ 17	2.5~35	1~2	—	10~15	(5~6)
管件角接头		—	—	—	—	—	1~1.5
骑座式三通坡口		≥ 4	2~3	1~2	55~65	—	0~2
插入式三通坡口		≥ 4	2~3	1~2	50~60	—	—

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

6.1.3 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。

6.1.4 当设计文件无规定时,铸造管子及管件的坡口应按 JB/T 4730.5 进行渗透检测, I 级合格。

6.2 组对与定位

- 6.2.1 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。
- 6.2.2 铸造管和铁镍合金、镍合金管及管件的坡口和其周围 20mm 范围内的表面应采用有机溶剂清洗，待溶剂挥发后方可进行组对和定位焊。
- 6.2.3 铸造管组对应符合下列要求：
- a) 壁厚相同时，其内壁应平齐，内壁错边量不得大于 0.5mm；
 - b) 壁厚不同，内壁差大于 0.5mm 或外壁差大于 2mm 时，应按图 1 和图 2 的要求进行加工。

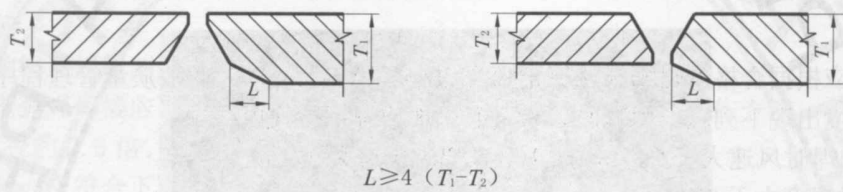


图 1 不同壁厚管子加工示意

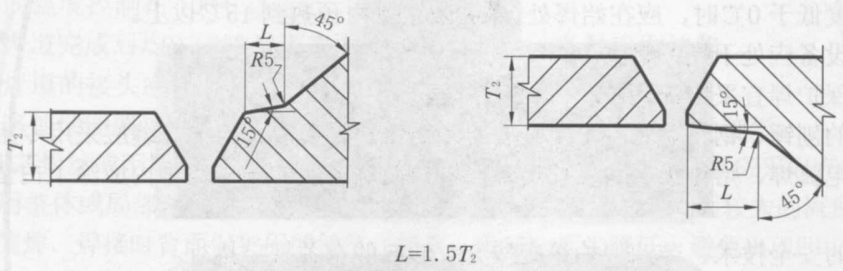


图 2 不同壁厚管子和管件加工示意

- 6.2.4 压力容器对接接头组对应符合 GB 150 的规定。
- 6.2.5 有毒、可燃介质管道对接接头组对应符合 SH 3501 的规定。
- 6.2.6 其他设备和管道的对接接头组对应符合 GB 50236 的规定。
- 6.2.7 组对后的定位焊方式可采用根部定位焊缝或过桥定位焊缝。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：
- a) 采用实芯焊丝钨极气体保护焊进行定位焊时，焊缝背面应进行充氩或充氮保护；
 - b) 管子对接定位焊缝每道焊口不少于 2 处，焊缝的长度宜为 10 mm~15mm，厚度不超过壁厚的 2/3；
 - c) 设备定位焊缝尺寸见表 2；

表 2 设备定位焊缝尺寸 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;

f) 焊缝应均匀分布, 正式焊接时, 起焊点应在两焊缝之间。

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

a) 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;

b) 工卡具的拆除不得采用敲打、掰扭等方法;

c) 工卡具拆除后应修磨焊痕, 铸造管、镍合金和铁镍合金母材应按 JB/T 4730.5 进行渗透检测, I 级合格。

7 焊接

7.1 一般规定

7.1.1 施焊前, 应根据合格的焊接工艺评定报告编制焊接工艺文件, 并按质量管理程序审批后实施。

7.1.2 当焊接环境出现下列任一情况时, 未采取防护措施不得施焊:

a) 气体保护焊时风速大于 2m/s, 焊条电弧焊时风速大于 10m/s;

b) 空气相对湿度大于 90%;

c) 雨、雪环境;

d) 焊件温度低于 0℃。

7.1.3 当焊件温度低于 0℃时, 应在始焊处 100mm 范围内预热到 15℃以上。

7.1.4 所用焊接设备应处于完好状态。

7.1.5 钨极气体保护焊宜采用钨钨棒。

7.1.6 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。

7.1.7 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。

7.1.8 焊接施工的安全技术、劳动保护等应按 SH 3505 的有关规定执行。

7.2 焊接材料准备

7.2.1 焊接材料的选择应根据焊件的化学成分、力学性能、使用条件和施焊条件等综合考虑, 并符合下列要求, 常用焊接材料的选用参见附录 C:

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、镍合金的焊接若无耐腐蚀性能要求, 也可选用与母材合金系统不同的焊接材料, 但应保证接头具备设计要求的性能;

c) 异种铬镍奥氏体钢的焊接, 宜按照合金成分较低的母材选择焊接材料;

d) 异种铁镍合金、镍合金及其与铬镍奥氏体钢组成的异种焊接接头的焊接材料选用应综合焊接接头的强度(包括高温持久强度)与耐腐蚀性、线膨胀系数的差异及焊接裂纹、气孔的敏感性等因素。

7.2.2 焊接材料的使用应符合下列规定:

a) 焊条使用前应按焊接工艺文件规定进行烘干, 也可按表 3 的规定烘干;

表 3 焊条烘干参数

焊条类别	烘干温度 ℃	恒温时间 h
低氢型	200—250	2
钛钙型	150	1

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，但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) 焊接过程中未熔化的埋弧焊焊剂可以回收再使用，在重新使用前，应将熔渣和其他杂物分离，并加入不少于 50% 的新焊剂均匀混合。

7.2.3 焊接用保护气体应符合下列规定：

a) 氩气纯度不低于 99.99%；

b) 氮气纯度不低于 99.5%，含水量应小于 50mg/L；

c) 二氧化碳气体纯度不应低于 99.5%，含水量不应超过 0.005%，使用前应预热和干燥；

d) 瓶内气体压力低于 0.98MPa 时，应停止使用。

7.3 焊接工艺

7.3.1 管道的根层焊道的焊接宜采用钨极气体保护焊。

7.3.2 焊条电弧焊焊接应采用小线能量、短电弧、不摆动或小摆动的操作方法，小摆动时摆动幅度应不大于焊条直径的 2.5 倍。

7.3.3 焊接时，应符合下列规定：

a) 采用多道焊；

b) 铬镍奥氏体钢层间温度控制在 150℃ 以下；铁镍合金、镍合金和奥氏体—铁素体（双相）不锈钢层间温度控制在 100℃ 以下；

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) 有抗腐蚀性能要求的双面焊焊缝，与腐蚀介质接触的焊层应最后施焊。

7.3.4 采用实芯焊丝或不填丝的钨极气体保护焊焊接底层焊道时，焊缝背面应采取充氩或充氮保护措施。保护措施可采用整体或局部充氩（氮）方法。充氩气（氮气）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（氮气）流量应适当降低，避免出现凹坑。

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

7.3.6 采用钨极气体保护焊焊接时，焊丝前端应置于保护气体中。

7.3.7 焊件表面不得电弧擦伤，并不得在焊件表面引弧、收弧。

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

7.3.9 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。

7.4 焊接检验

7.4.1 焊缝表面不得有裂纹、气孔、夹渣、凹陷、咬边及未熔合等缺陷。

7.4.2 对接焊缝余高应符合下列要求：

a) 压力容器执行 GB 150 的规定；

b) 有毒、可燃介质管道执行 SH 3501 的规定；

c) 其他设备和管道执行 GB 50236 的规定。

7.4.3 铸造管和铁镍合金、镍合金管子及管件的根部焊道应按 JB/T 4730.5 进行渗透检测，I 级合格。

7.4.4 铸造管和铁镍合金、镍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 JB/T 4730.5 进行 100% 渗透检测，I 级合格。

7.4.5 压力容器焊接接头无损检测按 GB 150 的规定执行，有毒、可燃介质管道焊接接头无损检测按 SH 3501 的规定执行，其他管道和设备焊接接头无损检测按设计文件的规定执行。

7.4.6 材料类别为 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，铁素体含量应在 35%~60% 范围内。

7.5 焊缝返修

7.5.1 如果焊接接头需要焊后热处理和表面酸洗钝化处理,焊缝返修应在焊接接头焊后热处理和表明酸洗钝化处理前进行。

7.5.2 缺陷消除应采用砂轮打磨或其他机械方法,底部修磨成U形,确认缺陷已消除后方可补焊。

7.5.3 焊缝返修应采用经评定合格的焊接工艺。

7.5.4 返修部位应按原检测方法进行检验,其质量要求与原焊缝相同。

7.5.5 同一部位的返修次数不宜超过二次,超次返修应制订措施,并经本单位质量管理程序规定的技术总负责人批准。

7.6 焊后处理

7.6.1 焊接接头的焊后热处理应按设计文件规定执行。

7.6.2 热处理前应将加热区表面清理干净。

7.6.3 稳定型铬镍奥氏体钢的焊后热处理工艺参数可参照表4执行。

表4 焊后热处理参数

保温温度 ℃	恒温时间 h	加热速度 ℃/h	冷却方式
850~900	1~4	300℃以上时,不得超过5000/T, 且不大于80,不低于50	空冷

注: T代表母材厚度。

7.6.4 焊后热处理宜采用电加热法,加热过程中加热温度分布均匀,恒温时加热区内温差不应大于65℃,并能准确地控制热处理温度。

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

7.6.6 测温应采用热电偶,公称直径小于或等于300mm时,测温点不应少于一个;公称直径大于300mm时,测温点应不少于2个,且间距不应大于4500mm。

7.6.7 焊接接头焊后表面酸洗钝化处理应在热处理之后进行。

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	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	Ti	Nb + Ta	N	其他	R _{el} MPa		R _m MPa	A %
00-18Cr-8Ni	022Cr19Ni10	中	≤0.030	≤2.00	≤0.75	≤0.030	≤0.045	18.00~20.00	8.00~12.00	—	—	—	≤0.10	—	≥170	≥485	≥40	GB 4237—2007
	304L	美	≤0.030	≤2.00	≤0.75	≤0.030	≤0.045	18.00~20.00	8.00~12.00	—	—	—	≤0.10	—	≥170	≥485	≥35	ASME SA-240
	304LN	美	≤0.030	≤2.00	≤0.75	≤0.030	≤0.045	18.00~20.00	8.00~12.00	—	—	—	0.10~0.16	—	≥205	≥515	≥35	ASME SA-240
	SUS304L	日	≤0.030	≤2.00	≤1.00	≤0.030	≤0.045	18.00~20.00	9.00~13.00	—	—	—	—	—	≥175	≥480	≥35	JIS G4304-99
	SUS304LN	日	≤0.030	≤2.00	≤1.00	≤0.030	≤0.045	17.00~19.00	8.50~11.50	—	—	—	0.12~0.22	—	≥175	≥480	≥35	JIS G4304-99
0-18Cr-8Ni	304	美	≤0.08	≤2.00	≤0.75	≤0.030	≤0.045	18.00~20.00	8.00~10.50	—	—	—	≤0.10	—	≥205	≥515	≥35	ASME SA-240
	06Cr19Ni10	中	≤0.08	≤2.00	≤0.75	≤0.030	≤0.045	18.00~20.00	8.00~10.50	—	—	—	≤0.10	—	≥205	≥515	≥40	GB 4237—2007
	304N	美	≤0.08	≤2.00	≤0.75	≤0.030	≤0.045	18.00~20.00	8.00~10.50	—	—	—	0.10~0.16	—	≥240	≥550	≥35	ASME SA-240
	SUS304	日	≤0.08	≤2.00	≤1.00	≤0.030	≤0.045	18.00~20.00	8.00~10.50	—	—	—	—	—	≥205	≥520	≥35	JIS G4304-99
1-18Cr-8Ni	12Cr18Ni9	中	≤0.15	≤2.00	≤0.75	≤0.030	≤0.045	17.00~19.00	8.00~10.00	—	—	—	≤0.10	—	≥205	≥515	≥40	GB 4237—2007
	304H	美	0.04~0.10	≤2.00	≤0.75	≤0.030	≤0.045	18.00~20.00	8.00~11.00	—	—	—	—	—	≥205	≥515	≥35	ASME SA-240
	06Cr18Ni11Ti	中	≤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 4237—2007
18Cr-10Ni-Ti	321	美	≤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	≥35	ASME SA-240
	321H	美	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	≥35	ASME SA-240
	SUS321	日	≤0.08	≤2.00	≤1.00	≤0.030	≤0.045	17.00~19.00	9.00~13.00	—	≥5×C	—	—	—	≥205	≥520	≥35	JIS G4304-99
18Cr-10Ni-Cb	06Cr18Ni11Nb	中	≤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 4237—2007
	347	美	≤0.08	≤2.00	≤0.75	≤0.030	≤0.045	17.00~19.00	9.00~13.00	—	—	10×C~1.00	—	—	≥205	≥515	≥35	ASME SA-240
	347H	美	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	≥35	ASME SA-240
	348	美	≤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	≥205	≥515	≥35	ASME SA-240
	348H	美	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	≥205	≥515	≥35	ASME SA-240
00-16Cr-12Ni-2Mo	SUS347	日	≤0.08	≤2.00	≤1.00	≤0.030	≤0.045	17.00~19.00	9.00~13.00	—	—	≥10×C	—	—	≥205	≥520	≥35	JIS G4304-99
	022Cr17Ni12Mo2	中	≤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	GB 4237—2007
	316L	美	≤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	≥35	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	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	Ti	Nb+Ta	N	其他	R _{eL} MPa	R _m MPa	A %		
00-16Cr-12Ni-2Mo	316LN	美	≤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	≥35	ASME SA-240		
	SUS316L	日	≤0.030	≤2.00	≤1.00	≤0.030	≤0.045	16.00~18.00	12.00~15.00	2.00~3.00	—	—	—	≥175	≥480	≥35	JIS G4304-99		
	SUS316LN	日	≤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	—	≥175	≥480	≥35	JIS G4304-99		
	06Cr17Ni12Mo2Ti	中	≤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	GB 4237-2007		
16Cr-12Ni-2Mo	316	美	≤0.08	≤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		
	316H	美	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	美	≤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	日	≤0.08	≤2.00	≤1.00	≤0.030	≤0.045	16.0~18.0	10.0~14.0	2.00~3.00	—	—	—	≥205	≥520	≥35	JIS G4304-99		
00-18Cr-13Ni-3Mo	SUS316N	日	≤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	—	≥205	≥520	≥35	JIS G4304-99		
	022Cr19Ni13Mo3	中	≤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 4237-2007		
	317L	美	≤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	≥35	ASME SA-240		
	SUS317L	日	≤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 G4304-99		
18Cr-13Ni-3Mo	06Cr19Ni13Mo3	中	≤0.08	≤2.00	≤0.75	≤0.030	≤0.045	18.00~20.00	11.00~15.00	3.00~4.00	—	—	—	≥205	≥520	≥35	GB 4237-2007		
	317	美	≤0.08	≤2.00	≤0.75	≤0.030	≤0.045	18.0~20.0	11.00~15.00	3.00~4.00	—	—	—	≥205	≥515	≥35	ASME SA-240		
	SUS317	日	≤0.08	≤2.00	≤1.00	≤0.030	≤0.045	18.0~20.0	11.00~15.00	3.00~4.00	—	—	—	≥205	≥520	≥35	JIS G4304-99		
	06Cr23Ni13	中	≤0.08	≤2.00	≤0.75	≤0.030	≤0.045	22.00~24.00	12.00~15.00	—	—	—	—	≥205	≥515	≥40	GB 4237-2007		
23Cr-12Ni	309S	美	≤0.08	≤2.00	≤0.75	≤0.030	≤0.045	22.00~24.00	12.0~15.0	—	—	—	—	≥205	≥515	≥35	ASME SA-240		
	309Cb	美	≤0.08	≤2.00	≤0.75	≤0.030	≤0.045	22.00~24.00	12.0~16.0	—	—	10×C~1.10	—	≥205	≥515	≥35	ASME SA-240		
	309H	美	0.04~0.10	≤2.00	≤0.75	≤0.030	≤0.045	22.0~24.0	12.0~15.0	—	—	—	—	≥205	≥515	≥35	ASME SA-240		
	309HCb	美	0.04~0.10	≤2.00	≤0.75	≤0.030	≤0.045	22.0~24.0	12.0~16.0	—	—	10×C~1.10	—	≥205	≥515	≥35	ASME SA-240		
25Cr-20Ni	SUS309S	日	≤0.08	≤2.00	≤1.00	≤0.030	≤0.040	22.0~24.0	12.0~15.0	—	—	—	—	≥205	≥500	≥35	JIS G4304-99		
	06Cr25Ni13	中	≤0.08	≤2.00	≤1.50	≤0.030	≤0.045	24.00~26.00	19.00~22.00	—	—	—	—	≥205	≥515	≥40	GB 4237-2007		
	310S	美	≤0.08	≤2.00	≤1.50	≤0.030	≤0.045	24.00~26.00	19.00~22.00	—	—	—	—	≥205	≥515	≥35	ASME SA-240		
	310Cb	美	≤0.08	≤2.00	≤1.50	≤0.030	≤0.045	24.00~26.00	19.00~22.00	—	—	10×C~1.10	—	≥205	≥515	≥35	ASME SA-240		
25Cr-20Ni	310H	美	0.04~0.10	≤2.00	≤0.75	≤0.030	≤0.045	24.00~26.00	19.00~22.00	—	—	—	—	≥205	≥515	≥35	ASME SA-240		
	310Hcb	美	0.04~0.10	≤2.00	≤0.75	≤0.030	≤0.045	24.0~26.0	19.0~22.00	—	—	—	—	≥205	≥515	≥35	ASME SA-240		
	SUS310S	日	≤0.08	≤2.00	≤1.50	≤0.030	≤0.045	24.0~26.0	19.0~22.0	—	—	—	—	≥205	≥520	≥35	JIS G4304-99		

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	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	Ti	Nb+Ta	N	其他	R _{eL} MPa	R _m MPa	A %		
00-18Cr-8Ni	00Cr19Ni10	中	≤0.030	≤2.00	≤1.00	≤0.030	≤0.035	18.00~20.00	8.00~12.00	—	—	—	—	—	≥175	≥480	≥35	GB/T 14976—2002	
	TP304L	美	≤0.035	≤2.00	≤0.75	≤0.030	≤0.040	18.00~20.00	8.00~13.00	—	—	—	—	—	≥175	≥485	≥35	ASME SA-312	
	TP304LN	美	≤0.035	≤2.00	≤0.75	≤0.030	≤0.040	18.00~20.00	8.00~11.00	—	—	—	0.10~0.16	—	≥205	≥505	≥35	ASME SA-312	
	SUS304L TP	日	≤0.030	≤2.00	≤1.00	≤0.030	≤0.040	18.00~20.00	9.00~13.00	—	—	—	—	—	≥175	≥490	≥35	JIS G 3459-97	
0-18Cr-8Ni	TP304	美	≤0.08	≤2.00	≤0.75	≤0.030	≤0.040	18.00~20.00	8.00~11.00	—	—	—	—	—	≥205	≥505	≥35	ASME SA-312	
	0Cr18Ni9	中	≤0.07	≤2.00	≤1.00	≤0.030	≤0.035	17.00~19.00	8.00~11.00	—	—	—	—	—	≥205	≥520	≥35	GB/T 14976—2002	
	TP304N	美	≤0.08	≤2.00	≤0.75	≤0.030	≤0.040	18.00~20.00	8.00~11.00	—	—	—	0.10~0.16	—	≥240	≥550	≥35	ASME SA-312	
	SUS304L TP	日	≤0.08	≤2.00	≤1.00	≤0.030	≤0.040	18.00~20.00	8.00~11.00	—	—	—	—	—	≥205	≥520	≥35	JIS G 3459-97	
1-18Cr-8Ni	TP304H	美	0.04~0.10	≤2.00	≤0.75	≤0.030	≤0.040	18.00~20.00	8.00~11.00	—	—	—	—	—	≥205	≥515	≥35	ASME SA-312	
	SUS304H TP	日	0.04~0.10	≤2.00	≤0.75	≤0.030	≤0.040	18.00~20.00	8.00~11.00	—	—	—	—	—	≥205	≥520	≥35	JIS G 3459-97	
	0Cr18Ni10Ti	中	≤0.08	≤2.00	≤1.00	≤0.030	≤0.035	17.00~19.00	9.00~12.00	—	≥5×C	—	—	—	≥205	≥520	≥35	GB/T 14976—2002	
	1Cr18Ni9Ti	中	≤0.12	≤2.00	≤1.00	≤0.030	≤0.035	17.00~19.00	8.00~11.00	—	5(C-0.02)~0.80	—	—	—	≥205	≥520	≥35	GB/T 14976—2002	
18Cr-10Ni-Ti	TP321	美	≤0.08	≤2.00	≤0.75	≤0.030	≤0.040	17.00~20.00	9.00~13.00	—	5×C~0.70	—	—	—	≥205	≥515	≥35	ASME SA-312	
	TP321H	美	0.04~0.10	≤2.00	≤0.75	≤0.030	≤0.040	17.00~20.00	9.00~13.00	—	4×C~0.60	—	—	—	≥205	≥515	≥35	ASME SA-312	
	SUS321 TP	日	≤0.08	≤2.00	≤1.00	≤0.030	≤0.040	17.00~19.00	9.00~13.00	—	≥5×C	—	—	—	≥205	≥520	≥35	JIS G 3459-97	
	SUS321H TP	日	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 G 3459-97	
18Cr-10Ni-Cb	0Cr18Ni11Nb	中	≤0.08	≤2.00	≤1.00	≤0.030	≤0.035	17.00~19.00	9.00~13.00	—	—	Nb≥10×C	—	—	≥205	≥520	≥35	GB/T 14976—2002	
	TP347	美	≤0.08	≤2.00	≤0.75	≤0.030	≤0.040	17.00~20.00	9.00~13.00	—	—	10×C~1.00	—	—	≥205	≥515	≥35	ASME SA-312	
	TP347H	美	0.04~0.10	≤2.00	≤0.75	≤0.030	≤0.040	17.00~20.00	9.00~13.00	—	—	8×C~1.00	—	—	≥205	≥515	≥35	ASME SA-312	
	TP348	美	≤0.08	≤2.00	≤0.75	≤0.030	≤0.040	17.00~20.00	9.00~13.00	—	—	10×C~1.00	—	—	≥205	≥515	≥35	ASME SA-312	
00-16Cr-12Ni-2Mo	TP348H	美	0.04~0.10	≤2.00	≤0.75	≤0.030	≤0.040	17.00~20.00	9.00~13.00	—	—	8×C~1.00	—	—	≥205	≥515	≥35	ASME SA-312	
	SUS347 TP	日	≤0.08	≤2.00	≤1.00	≤0.030	≤0.040	17.00~19.00	9.00~13.00	—	—	≥10×C	—	—	≥205	≥520	≥35	JIS G 3459-97	
	SUS347H TP	日	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 G 3459-97	
	00Cr17Ni14Mo2	中	≤0.030	≤2.00	≤1.00	≤0.030	≤0.035	16.00~18.00	12.00~15.00	2.00~3.00	—	—	—	—	≥175	≥480	≥35	GB/T 14976—2002	
00-16Cr-12Ni-2Mo	TP316L	美	≤0.035	≤2.00	≤0.75	≤0.030	≤0.040	16.00~18.00	10.00~15.00	2.00~3.00	—	—	—	—	≥170	≥485	≥35	ASME SA-312	
	TP316LN	美	≤0.035	≤2.00	≤0.75	≤0.030	≤0.040	16.00~18.00	11.00~14.00	2.00~3.00	—	—	0.10~0.16	—	≥205	≥515	≥35	ASME SA-312	
	SUS316L TP	日	≤0.030	≤2.00	≤1.00	≤0.030	≤0.040	16.00~18.00	12.00~16.00	2.00~3.00	—	—	—	—	≥175	≥480	≥35	JIS G 3459-97	

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	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	Ti	Nb+Ta	N	其他	R _d MPa	R _m MPa		A %
16Cr-12Ni-2Mo	0Cr18Ni12Mo2Ti	中	≤0.08	≤2.00	≤1.00	≤0.030	≤0.035	16.00~19.00	11.00~14.00	1.80~2.50	5×C~0.70	—	—	—	≥205	≥530	≥35	GB/T 14976—2002
	1Cr18Ni12Mo2Ti	中	≤0.12	≤2.00	≤1.00	≤0.030	≤0.035	16.00~19.00	11.00~14.00	1.80~2.50	5(C-0.02) ~0.80	—	—	—	≥205	≥530	≥35	GB/T 14976—2002
	0Cr17Ni12Mo2	中	≤0.08	≤2.00	≤1.00	≤0.030	≤0.035	16.00~19.00	11.00~14.00	2.00~3.00	—	—	—	—	≥205	≥520	≥35	GB/T 14976—2002
	TP316	美	≤0.08	≤2.00	≤0.75	≤0.030	≤0.040	16.00~18.00	11.00~14.00	2.00~3.00	—	—	—	—	≥205	≥515	≥35	ASME SA-312
	TP316H	美	0.04~0.10	≤2.00	≤0.75	≤0.030	≤0.040	16.00~18.00	11.00~14.00	2.00~3.00	—	—	—	—	≥205	≥515	≥35	ASME SA-312
16Cr-12Ni-2Mo	TP316N	美	≤0.08	≤2.00	≤0.75	≤0.030	≤0.040	16.00~18.00	11.00~14.00	2.00~3.00	—	—	0.10~0.16	—	≥240	≥550	≥35	ASME SA-312
	SUS316 TP	日	≤0.08	≤2.00	≤1.00	≤0.030	≤0.040	16.0~18.0	10.0~14.0	2.00~3.00	—	—	—	—	≥205	≥520	≥35	JIS G 3459-97
	SUS316H TP	日	0.04~0.10	≤2.00	≤0.75	≤0.030	≤0.030	16.0~18.0	11.0~14.0	2.00~3.00	—	—	—	—	≥205	≥520	≥35	JIS G 3459-97
	00Cr19Ni13Mo3	中	≤0.030	≤2.00	≤1.00	≤0.030	≤0.035	18.00~20.00	11.00~15.00	3.00~4.00	—	—	—	—	≥175	≥480	≥35	GB/T 14976—2002
	TP317L	美	≤0.035	≤2.00	≤0.75	≤0.030	≤0.040	18.0~20.0	11.00~15.00	3.00~4.00	—	—	—	—	≥205	≥515	≥35	ASME SA-312
18Cr-13Ni-3Mo	SUS317 TP	日	≤0.030	≤2.00	≤1.00	≤0.030	≤0.040	18.00~20.00	11.00~15.00	3.00~4.00	—	—	—	—	≥175	≥480	≥35	JIS G 3459-97
	0Cr19Ni13Mo3	中	≤0.08	≤2.00	≤1.00	≤0.030	≤0.035	18.00~20.00	11.00~15.00	3.00~4.00	—	—	—	—	≥205	≥520	≥35	GB/T 14976—2002
	0Cr18Ni12Mo3Ti	中	≤0.08	≤2.00	≤1.00	≤0.030	≤0.035	16.00~19.00	11.00~14.00	2.50~3.50	5×C~0.70	—	—	—	≥205	≥530	≥35	GB/T 14976—2002
	1Cr18Ni12Mo3Ti	中	≤0.12	≤2.00	≤1.00	≤0.030	≤0.035	16.00~19.00	11.00~14.00	2.50~3.50	5(C-0.02) ~0.80	—	—	—	≥205	≥539	≥35	GB/T 14976—2002
	TP317L	美	≤0.08	≤2.00	≤0.75	≤0.030	≤0.040	18.0~20.0	11.00~14.00	3.00~4.00	—	—	—	—	≥205	≥515	≥35	ASME SA-312
23Cr-12Ni	SUS317 TP	日	≤0.08	≤2.00	≤1.00	≤0.030	≤0.040	18.0~20.0	11.00~15.00	3.00~4.00	—	—	—	—	≥205	≥520	≥35	JIS G 3459-97
	0Cr23Ni13	中	≤0.08	≤2.00	≤1.00	≤0.030	≤0.035	22.00~24.00	12.00~15.00	—	—	—	—	—	≥205	≥520	≥35	GB/T 14976—2002
	TP309S	美	≤0.08	≤2.00	≤0.75	≤0.030	≤0.045	22.00~24.00	12.0~15.0	≤0.75	—	—	—	—	≥205	≥515	≥35	ASME SA-312
	TP309Cb	美	≤0.08	≤2.00	≤0.75	≤0.030	≤0.045	22.00~24.00	12.0~16.0	≤0.75	—	10×C~1.10	—	—	≥205	≥515	≥35	ASME SA-312
	TP309H	美	0.04~0.10	≤2.00	≤0.75	≤0.030	≤0.040	22.0~24.0	12.0~15.0	≤0.75	—	—	—	—	≥205	≥515	≥35	ASME SA-312
23Cr-12Ni	TP309HCB	美	0.04~0.10	≤2.00	≤0.75	≤0.030	≤0.045	22.0~24.0	12.0~16.0	≤0.75	—	10×C~1.10	—	—	≥205	≥515	≥35	ASME SA-312

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	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	Ti	Nb+Ta	N	其他	R _a MPa	R _m MPa	A %	
23Cr-12Ni	SUS309 TP	日	≤0.15	≤2.00	≤1.00	≤0.030	≤0.040	22.0~24.0	12.0~15.0	—	—	—	—	—	≥205	≥520	≥35	JIS G3459-97
	SUS309S TP	日	≤0.08	≤2.00	≤1.00	≤0.030	≤0.040	22.0~24.0	12.0~15.0	—	—	—	—	—	≥205	≥520	≥35	JIS G3459-97
25Cr-20Ni	0Cr25Ni20	中	≤0.08	≤2.00	≤1.00	≤0.030	≤0.035	24.00~26.00	19.00~22.00	—	—	—	—	—	≥205	≥520	≥35	GB/T 14976—2002
	TP310S	美	≤0.08	≤2.00	≤0.75	≤0.030	≤0.045	24.00~26.00	19.00~22.00	≤0.75	—	—	—	—	≥205	≥515	≥35	ASME SA-312
	TP310Cb	美	≤0.08	≤2.00	≤0.75	≤0.030	≤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	≤0.75	≤0.030	≤0.040	24.00~26.00	19.00~22.00	—	—	—	—	—	≥205	≥515	≥35	ASME SA-312
25Cr-20Ni	TP310Hcb	美	0.04~0.10	≤2.00	≤0.75	≤0.030	≤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	≤0.030	≤0.040	24.0~26.0	19.0~22.0	—	—	—	—	—	≥205	≥520	≥35	JIS G3459-97
	SUS310S TP	日	≤0.08	≤2.00	≤1.50	≤0.030	≤0.040	24.0~26.0	19.0~22.0	—	—	—	—	—	≥205	≥520	≥35	JIS G3459-97
HK30	HK30	美	0.25~0.35	≤1.50	0.50~2.00	≤0.040	≤0.040	23.0~27.0	19.0~22.0	≤0.50	—	—	—	—	—	—	—	ASTM A608
	ZG30Cr25Ni20	中	0.25~0.35	≤1.50	1.50~2.00	≤0.04	≤0.04	23.0~27.0	19.0~22.0	≤0.50	—	—	—	—	≥245	≥440	≥10	HG/T 2601—2000
	SCH21-CF	日	0.25~0.35	≤1.50	≤1.75	≤0.040	≤0.040	23.0~27.0	19.0~22.0	—	—	—	—	—	≥235	≥440	≥8	JIS G5122
HK40	ZG40Cr25Ni20	中	0.35~0.45	≤1.50	0.50~2.00	≤0.040	≤0.04	23.0~27.0	19.0~22.0	≤0.50	—	—	—	—	≥235	≥440	≥10	HG/T 2601—2000
	ZG40Cr25Ni20Si2	中	0.35~0.45	≤2.0	1.40~2.00	≤0.040	≤0.04	23.0~27.0	18.0~22.0	≤0.50	—	—	—	—	≥245	≥431	≥10	HG/T 2601—2000
	HK40	美	0.35~0.45	≤1.50	0.50~2.00	≤0.040	≤0.040	23.0~27.0	19.0~22.0	≤0.50	—	—	—	—	—	—	—	ASTM A608
HP40	SCH22-CF	日	0.35~0.45	≤1.50	≤1.75	≤0.040	≤0.030	23.0~26.0	20.0~23.0	—	—	—	—	—	≥235	≥440	≥8	JIS G5122
	ZG40Ni 35Cr25	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—2000
	ZG40Ni 35Cr25Nb	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—2000
	ZG40Ni 35Cr25NbW	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—2000

A.3 常用奥氏体—铁素体（双相）不锈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）不锈钢板化学成分和常温力学性能

材料类别	UNS 标号	国别	化学成分（质量分数）%										力学性能					标准号
			C	Mn	Si	S	P	Cr	Ni	Mo	Cu	N	W	R_{eL} MPa	R_m MPa	A_5 %		
22Cr-5Ni	S31803	美	≤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	ASME SA790	
	S32304	美	≤0.030	≤2.50	≤1.00	≤0.040	≤0.040	21.50~24.50	3.00~5.50	0.05~0.60	0.05~0.60	0.05~0.20	—	≥400	≥600	≥25	ASME SA790	
	S32750	美	≤0.03	≤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	ASME SA790	
25Cr-7Ni	S32760	美	≤0.05	≤1.00	≤1.00	≤0.010	≤0.030	24.00~26.00	6.00~8.00	3.00~4.00	0.50~1.00	0.20~0.30	0.50~1.00	≥550	≥750	≥25	ASME SA790	

A.4 常用铁镍合金、镍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 _{eL} 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	φ≤127mm φ>127mm	≥105 ≥80	≥380 ≥380	≥35 ≥40	ASTM B161
	NiMCT	日	≤0.15	≤0.35	≤0.35	≤0.01	—	—	≥99.0	≤0.40	—	≤0.25	—	—	—	—	—	—	消除应力处理	—	≥105	≥450	≥15	JIS H4552-91
	UNS N02201 (Nickel 201)	美	≤0.02	≤0.35	≤0.35	≤0.01	—	—	≥99.0	≤0.40	—	≤0.25	—	—	—	—	—	—	退 火	φ≤127mm φ>127mm	≥80 ≥70	≥450 ≥450	≥35 40	ASTM B161
	NiMCT	日	≤0.02	≤0.35	≤0.35	≤0.01	—	—	≥99.0	≤0.40	—	≤0.25	—	—	—	—	—	—	消除应力处理	—	≥205	≥450	≥15	JIS H4552-91
Monel 400	UNS N04400 (Monel 400)	美	≤0.3	≤2.0	≤0.5	≤0.024	—	—	≥63.0	≤2.5	—	28.0~ 34.0	—	—	—	—	—	—	退 火	φ≤127mm φ>127mm	≥195 ≥170	≥480 ≥480	≥35 ≥35	ASTM B165
	NiCuT	日	≤0.30	≤2.00	≤0.50	≤0.024	—	—	≥63.0	≤2.5	—	28.0~ 34.0	—	—	—	—	—	—	消除应力处理	—	≥195	≥485	≥35	JIS H4552-91
	UNS N06600 (Inconel 600)	美	≤0.15	≤1.0	≤0.5	≤0.015	—	14.0~ 17.0	≥72.0	6.0~ 10.0	—	≤0.5	—	—	—	—	—	—	热退 火	φ≤127mm φ>127mm	≥170 ≥240	≥550 ≥550	≥30 ≥30	ASTM B167
	NiCuT	日	≤0.15	≤1.00	≤0.50	≤0.015	≤0.030	14.0~ 17.0	≥72.0	6.0~ 10.0	—	≤0.5	—	—	—	—	—	—	冷退 火	φ≤127mm φ>127mm	≥205 ≥205	≥550 ≥550	≥35 ≥35	JIS G4903-91
Inconel 625	UNS N06625 (Inconel 625)	美	≤0.10	≤0.50	≤0.50	≤0.015	≤0.015	20.0~ 23.0	≥58.0	≤5.0	8.0~ 10.0	—	≤0.40	3.15~ 4.15	≤1.0	≤0.40	—	—	热退 火	—	≥175	≥520	≥30	ASTM B444
	NiCuT	日	≤0.10	≤0.50	≤0.50	≤0.015	≤0.015	20.0~ 23.0	≥58.0	≤5.0	8.0~ 10.0	—	≤0.40	3.15~ 4.15	≤1.0	≤0.40	—	—	固溶退火	—	≥175	≥520	≥30	JIS G4903-91
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	—	—	—	热退 火	—	≥175	≥520	≥30	ASTM B619
	UNS N10665	美	≤0.02	≤1.0	≤0.10	≤0.03	≤0.04	≤1.0	R	≤2.0	26.0~ 30.0	—	—	—	≤1.0	—	—	—	冷退 火	—	≥175	≥520	≥30	JIS G4903-91
Hastelloy C4	UNS N06455	美	≤0.155	≤1.0	≤0.08	≤0.03	≤0.04	≤1.0	R	4.0~ 6.0	26.0~ 30.0	—	—	—	≤2.5	—	—	—	—	—	≥275	≥690	≥30	ASTM B619
	UNS N10276	美	≤0.01	≤1.0	≤0.08	≤0.03	≤0.04	≤1.0	R	4.0~ 6.0	26.0~ 30.0	—	—	—	≤2.5	—	—	—	—	—	≥275	≥690	≥30	ASTM B619
Hastelloy C276	UNS N10276	美	≤0.01	≤1.0	≤0.08	≤0.03	≤0.04	≤1.0	R	4.0~ 6.0	26.0~ 30.0	—	—	—	≤2.5	—	—	—	—	—	≥275	≥690	≥30	ASTM B619
	NiMCT	日	≤0.01	≤1.0	≤0.08	≤0.03	≤0.04	≤1.0	R	4.0~ 6.0	26.0~ 30.0	—	—	—	≤2.5	—	—	—	固溶	—	≥283	≥690	≥30	JIS H4552-91

表 A.4 (续) 常用铁镍合金、镍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 _d MPa		R _m MPa	A %
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 2601—2000	HG/T
	UNS N08800 (Incoloy 800)	美	≤0.10	≤1.5	≤1.0	≤0.015	—	19.0~ 23.0	30.0~ 35.0	≤39.5	—	≤0.75	0.15~ 0.60	—	—	0.15~ 0.60	—	—	冷作退火 热作退火	≥205 ≥170	≥520 ≥450	≥30 ≥30	ASTM B407
	UNS N08810 (Incoloy 800H)	美	0.05~ 0.10	≤1.5	≤1.0	≤0.015	—	19.0~ 23.0	30.0~ 35.0	≤39.5	—	≤0.75	0.15~ 0.60	—	—	0.15~ 0.60	—	—	—	≥170	≥450	≥30 ASTM B407	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	—	—	—	≥171	≥450	≥30 ASTM B407	ASTM B407
	NCF800HTP	日	0.05~ 0.10	≤1.50	≤1.00	≤0.015	≤0.030	19.0~ 23.0	30.0~ 35.0	R	—	≤0.75	0.15~ 0.60	—	—	0.15~ 0.60	—	—	固溶	≥175	≥450	≥30 G4903-91	JIS
Incoloy 825	NCF800TP	日	≤0.10	≤1.50	≤1.00	≤0.015	≤0.030	19.0~ 23.0	30.0~ 35.0	R	—	≤0.75	0.15~ 0.60	—	—	0.15~ 0.60	—	—	热作退火 冷作退火	≥170 ≥205	≥450 ≥520	≥30 G4903-91	JIS
	UNS N08825 (Incoloy 825)	美	≤0.05	≤1.0	≤0.5	≤0.03	—	19.5~ 23.5	38.0~ 46.0	≥22.0	2.5~ 3.5	1.5~ 3.0	0.6~1.2	—	—	≤0.2	—	—	热作退火 冷作退火	≥172 ≥241	≥517 ≥586	≥30 ASTM B423	ASTM B423
	NCF825TP	日	≤0.05	≤1.0	≤0.50	≤0.015	≤0.030	19.5~ 23.5	38.0~ 46.0	R	2.50~ 3.50	1.50~ 3.00	0.6~1.2	—	—	≤0.20	—	—	热作退火 冷作退火	≥175 ≥235	≥520 ≥580	≥30 G4903-91	JIS
Carpenter 20Cb-3	UNS N08020	美	≤0.07	≤2.0	≤1.00	≤0.035	≤0.045	19.0~ 21.0	33.0~ 38.0	R	2.00~ 3.00	3.00~ 4.00	—	8×C~ 1.00	—	—	—	—	—	≥241	≥551	≥30 ASTM B464	ASTM B464
HT30	HT30(Cr17Ni35)	美	0.25~ 0.35	≤2.0	≤2.50	≤0.040	≤0.040	13.0~ 17.0	33.0~ 37.0	R	≤0.50	—	—	—	—	—	—	—	—	≥195	≥450	≥15 ASTM A351	ASTM A351
	NCF16-CF	日	0.20~ 0.35	≤2.0	≤2.50	≤0.040	≤0.040	13.0~ 17.0	33.0~ 37.0	R	—	—	—	—	—	—	—	—	—	≥196	≥441	≥13 JIS G5122	JIS G5122
	ZG50Ni35Cr17	中	0.40~ 0.60	<1.50	0.5~2	<0.04	<0.04	15.0~ 19.0	33.0~ 37.0	—	<0.50	—	—	—	—	—	—	—	—	—	≥440	≥4	HG/T 2601—2000
Hastelloy G	UNS N06007	美	≤0.05	1.0~ 2.0	≤1.0	≤0.03	<0.04	21.0~ 23.5	R	18.0~ 21.0	5.5~ 7.5	1.50~ 2.50	—	1.75~ 2.50	≤2.50	—	≤1.0	—	≥241	≥621	≥35 ASTM B619	ASTM B619	
Hastelloy G2	UNS N06975	美	≤0.03	≤1.0	≤1.0	≤0.03	≤0.03	23.0~ 26.0	47.0~ 52.0	R	5.0~ 7.0	0.7~ 1.20	0.7~1.5	—	—	0.70~ 1.50	—	—	≥221	≥586	≥40 ASTM B619	ASTM B619	
Hastelloy X	UNS N06002	美	0.05~ 0.15	≤1.0	≤1.0	≤0.03	<0.04	20.5~ 23.0	R	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	ASTM B619	
	NCRMT	日	0.05~ 0.15	≤1.0	≤1.0	≤0.03	<0.04	20.5~ 23.0	R	17.0~ 20.0	8.0~ 10.0	—	—	0.5~ 2.5	—	—	0.20~ 1.0	—	≥280	≥690	≥35 H4552-91	JIS H4552-91	

铁

镍

合

金

Al+Ti 为 0.85~1.20。

^a Al+Ti 为 0.85~1.20。

A.5 常用铁镍合金、镍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 _{eL} 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	
	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	—	—	—	—	—	—	—	—	≥195	≥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		
Inconel 625	UNS N06625 (Inconel 625)	美	≤0.10	≤0.50	≤0.50	≤0.015	—	20.0~ 23.0	≥88.0	≤5.0	8.0~ 10.0	—	≤0.40	3.15~ 4.15	≤1.0	≤0.40	—	—	退火	≥414	≥827	≥30	ASME-SB443	
			—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	固溶退火	≥276	≥690	≥30		
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	ASME-SB333	
Hastelloy B2	UNS N10665	美	≤0.02	≤1.0	≤0.10	≤0.03	≤0.04	≤1.0	R	≤2.0	26.0~ 30.0	—	—	—	≤1.0	—	—	—	—	≥352	≥760	≥40	ASME-SB333	
Hastelloy C4	UNS N06455	美	≤0.155	≤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	ASME-SB575	
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	ASME-SB575	
			—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	ASME-SB575	
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	—	—	热轧	≥240	≥550	≥25	ASME-SB409	
			0.05~ 0.10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	ASME-SB409
	UNS N08810 (Incoloy 800H)	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	
			—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	退火	≥170	≥450	≥30	ASME-SB409
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	—	—	退火	≥241	≥586	≥30	ASME-SB424	
Carpenter 20Cb-3	UNS N08020	美	≤0.07	≤2.0	≤1.00	≤0.035	≤0.045	19.0~ 21.0	33.0~ 38.0	R	2.00~ 3.00	3.00~ 4.00	—	8×C~ 1.00	—	—	—	—	—	≥241	≥551	≥30	ASME-SB463	
Hastelloy G	UNS N06007	美	≤0.05	1.0~ 2.0	≤1.0	≤0.03	≤0.04	21.0~ 23.5	R	18.0~ 21.0	5.5~ 7.5	1.50~ 2.50	—	1.75~ 2.50	≤2.50	—	≤1.0	—	—	—	—	≥621	≥35	ASME-SB582
Hastelloy G2	UNS N06975	美	≤0.03	≤1.0	≤1.0	≤0.03	≤0.03	23.0~ 26.0	47.0~ 52.0	R	5.0~ 7.0	0.7~ 1.20	0.7~ 1.5	—	—	0.70~ 1.50	—	—	—	—	—	≥586	≥40	ASME-SB582
Hastelloy X	UNS N06002	美	0.05~ 0.15	≤1.0	≤1.0	≤0.03	≤0.04	20.5~ 23.01	R	17.0~ 22.0	8.0~ 10.0	1.0~ 2.4	—	0.30~ 1.50	0.5~ 2.5	—	0.20~ 1.0	—	—	≥240	≥655	≥35	ASME-SB435	

附录 B

(规范性附录)

焊接工艺评定常用母材材料分类

表 B.1 给出了焊接工艺评定常用母材材料分类。

表 B.1 焊接工艺评定常用母材材料分类

类别	组别	母材分类			
		母材牌号	公称成分		
Fe-8	Fe-8-1	022Cr19Ni10 06Cr19Ni10 12Cr18Ni9	TP304L TP304LN TP304 TP304N TP304H	18Cr-8Ni	
		06Cr18Ni11Ti	TP321 TP321H	18Cr-10Ni-Ti	
		06Cr18Ni11Nb	TP347 TP347H TP348 TP348H	18Cr-11Ni-Cb	
		022Cr17Ni12Mo2 06Cr17Ni12Mo2	TP316L TP316LN TP316 TP316N	17Cr-12Ni-2Mo	
		06Cr17Ni12Mo2Ti		18Cr-12Ni-2Mo-Ti	
	Fe-8-2	022Cr19Ni13Mo3	TP317L	19Cr-13Ni-3Mo	
		06Cr19Ni13Mo3	TP317		
		06Cr23Ni13	TP309S TP309H TP309Cb TP309HCb	23Cr-12Ni	
		06Cr25Ni20	TP310S TP310Cb P310H TP310HCb	25Cr-20Ni	
		ZG30Cr25Ni20	HK30	30-25Cr-20Ni	
		ZG40Cr25Ni20	HK40	40-25Cr-20Ni	
		ZG40Cr25Ni20Si2			
		ZG45Ni35Cr25	HP40	40-35Ni-25Cr	
		ZG40Ni35Cr25Nb			
		ZG40Ni35Cr25NbW			
				45Ni-35Cr	
				22Cr-5Ni	
				25Cr-7Ni	
		Ni-1		Nickel 200	99.0Ni
				Nickel 201	
		Ni-2		Monel 400	67Ni-30Cu
Ni-3		Inconel 600	72Ni-15Cr-8Fe		
		Inconel 625	60Ni-22Cr-9Mo-3.5Cb		
		Hastelloy X	47Ni-22Cr-9Mo-18Fe		
Ni-4		Hastelloy B	62Ni-28Mo-5Fe		
		Hastelloy B2	65Ni-28Mo-2Fe		
		Hastelloy C276	54Ni-16Mo-15Cr		
		Hastelloy C4	61Ni-16Mo-16Cr		
Ni-5	ZG14Ni32Cr20Nb	Incoloy 800	33Ni-21Cr		
		Incoloy 800H	33Ni-21Cr		
		Incoloy 800HT	33Ni-21Cr		
		Incoloy 825	42Ni-21.5Cr-3Mo-2.3Cu		
		Carpenter 20Cb	35Ni-35Fe-20Cr-Cb		
		Hastelloy G	47Ni-22Cr-19Fe-6Mo		
		Hastelloy G2	49Ni-25Cr-18Fe-6Mo		
	ZG50Ni35Cr17	HT30	35Ni-19Cr-2.5Si		

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

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	焊条型号	焊条牌号	国别	化学成分 (质量分数) %										力学性能 R_m MPa	标准号
				C	Mn	Si	S	P	Cr	Ni	Mo	Nb+Ta	Cu		
00-18Cr-8Ni	E308L	A002	中	≤0.04	0.5~2.5	≤0.90	≤0.030	≤0.040	18.0~21.0	9.0~11.0	≤0.75	—	≤0.75	≥520	GB 983—1995
	E308L	—	美	≤0.04	0.5~2.5	≤0.90	≤0.03	≤0.04	18.0~21.0	9.0~11.0	≤0.75	—	≤0.75	≥520	SFA-5.4
0-18Cr-8Ni	E308	A102 A107	中	≤0.08	0.5~2.5	≤0.90	≤0.030	≤0.040	18.0~21.0	9.0~11.0	≤0.75	—	≤0.75	≥550	GB 983—1995
	E308	—	美	≤0.08	0.5~2.5	≤0.90	≤0.03	≤0.04	18.0~21.0	9.0~11.0	≤0.75	—	≤0.75	≥550	SFA-5.4
1-18Cr-8Ni	E308H	—	中	0.04~0.08	0.5~2.5	≤0.90	≤0.030	≤0.040	18.0~21.0	9.0~11.0	≤0.75	—	≤0.75	≥550	GB 983—1995
	E308H	—	美	0.04~0.08	0.5~2.5	≤0.90	≤0.03	≤0.04	18.0~21.0	9.0~11.0	≤0.75	—	≤0.75	≥550	SFA-5.4
18Cr-10Ni-1Ti 18Cr-10Ni-Nb	E317 E317T	A132 A137	中	≤0.08	0.5~2.5	≤0.90	≤0.030	≤0.040	18.0~21.0	9.0~11.0	≤0.75	8×C~1.0	≤0.75	≥550	GB 983—1995
	E317	—	美	≤0.08	0.5~2.5	≤0.90	≤0.03	≤0.04	18.0~21.0	9.0~11.0	≤0.75	8×C~1.0	≤0.75	≥550	SFA-5.4
00-16Cr-12Ni-2Mo	E316L	A092	中	≤0.04	0.5~2.5	≤0.90	≤0.030	≤0.040	17.0~20.0	11.0~14.0	2.0~3.0	—	≤0.75	≥490	GB 983—1995
	E316L	—	美	≤0.04	0.5~2.5	≤0.90	≤0.03	≤0.04	17.0~20.0	11.0~14.0	2.0~3.0	—	≤0.75	≥490	SFA-5.4
16Cr-12Ni-2Mo	E316	A202 A207	中	≤0.08	0.5~2.5	≤0.90	≤0.030	≤0.040	17.0~20.0	11.0~14.0	2.0~3.0	—	≤0.75	≥520	GB 983—1995
	E316	—	美	≤0.08	0.5~2.5	≤0.90	≤0.03	≤0.04	17.0~20.0	11.0~14.0	2.0~3.0	—	≤0.75	≥520	SFA-5.4

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			
00-18Cr-13Ni-3Mo	E317L	—	中	≤0.04	0.5~2.5	≤0.90	≤0.030	≤0.040	18.0~21.0	12.0~14.0	3.0~4.0	—	≤0.75	≥520	≥25	GB 983—1995
	E317L	—	美	≤0.04	0.5~2.5	≤0.90	≤0.03	≤0.04	18.0~21.0	12.0~14.0	3.0~4.0	—	≤0.75	≥520	≥30	SFA-5.4
18Cr-13Ni-3Mo	E317	A242	中	≤0.08	0.5~2.5	≤0.90	≤0.030	≤0.040	18.0~21.0	12.0~14.0	3.0~4.0	—	≤0.75	≥550	≥25	GB 983—1995
	E317	—	美	≤0.08	0.5~2.5	≤0.90	≤0.03	≤0.04	18.0~21.0	12.0~14.0	3.0~4.0	—	≤0.75	≥550	≥30	SFA-5.4
23Cr-12Ni	E309	A302 A307	中	≤0.15	0.5~2.5	≤0.90	≤0.030	≤0.040	22.0~25.0	12.0~14.0	≤0.75	—	≤0.75	≥550	≥25	GB 983—1995
	E309	—	美	≤0.15	0.5~2.5	≤0.90	≤0.03	≤0.04	22.0~25.0	12.0~14.0	≤0.75	—	≤0.75	≥550	≥30	SFA-5.4
25Cr-20Ni	E310	A402 A407	中	0.08~0.20	1.0~2.5	≤0.75	≤0.030	≤0.030	25.0~28.0	20.0~22.5	≤0.75	—	≤0.75	≥550	≥25	GB 983—1995
	E310	—	美	0.08~0.20	1.0~2.5	≤0.75	≤0.03	≤0.03	25.0~28.0	20.0~22.5	≤0.75	—	≤0.75	≥550	≥30	SFA-5.4
HK40 (HK30)	E310H	—	中	0.35~0.45	1.0~2.5	≤0.75	≤0.030	≤0.030	25.0~28.0	20.0~22.5	≤0.75	—	≤0.75	≥620	≥10	GB 983—1995
	E310H	—	美	0.35~0.45	1.0~2.5	≤0.75	≤0.03	≤0.03	25.0~28.0	20.0~22.5	≤0.75	—	≤0.75	≥620	≥10	SFA-5.4
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	—	美	≤0.04	0.5~2.0	≤0.90	≤0.03	≤0.04	21.0~23.5	8.5~10.5	2.5~3.5	—	—	≤0.75	—	SFA-5.4
25Cr-07Ni	E2553	—	美	≤0.06	0.5~1.5	≤1.00	≤0.03	≤0.04	24.0~27.5	6.5~8.5	2.9~3.9	—	—	1.5~2.5	—	SFA-5.4

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	H03Cr21Ni10Si	中	≤0.030	1.0~2.5	0.30~0.65	≤0.030	≤0.030	19.5~22.0	9.00~11.0	≤0.75	—	—	≤0.75	—	YB/T 5092—2005	
	H03Cr21Ni10	中	≤0.030	1.0~2.5	≤0.35	≤0.030	≤0.030	19.5~22.0	9.00~11.0	≤0.75	—	—	≤0.75	—	YB/T 5092—2005	
	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	—	SFA-5.9	
	E308LT-2	美	≤0.03	0.5~2.5	≤1.0	≤0.03	≤0.04	18.0~21.0	9.0~11.0	≤0.5	—	—	≤0.5	—	SFA-5.22	
0-18Cr-8Ni	H08Cr21Ni10Si	中	≤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	—	YB/T 5092—2005	
	H08Cr21Ni10	中	≤0.08	1.0~2.5	≤0.35	≤0.03	≤0.03	19.5~22.0	9.0~11.0	≤0.75	—	—	≤0.75	—	YB/T 5092—2005	
	ER308	美	≤0.08	0.5~2.5	0.30~0.65	≤0.03	≤0.03	19.5~22.0	9.0~11.0	≤0.75	—	—	≤0.75	—	SFA-5.9	
	E308T-2	美	≤0.08	1.0~2.5	≤1.0	≤0.03	≤0.04	18.0~21.0	9.0~11.0	≤0.5	—	—	≤0.5	—	SFA-5.22	
1-18Cr-8Ni	ER308H	美	0.04~0.08	1.0~2.5	0.30~0.65	≤0.03	≤0.03	19.5~22.0	9.0~11.0	≤0.50	—	—	≤0.50	—	SFA-5.9	
	H06Cr21Ni10	中	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	—	YB/T 5092—2005	
	H08Cr19Ni10Ti	中	≤0.08	1.0~2.5	0.30~0.65	≤0.03	≤0.03	18.5~20.5	9.00~10.5	≤0.75	9×C~1.0	—	≤0.75	—	YB/T 5092—2005	
	H08Cr20Ni10Nb	中	≤0.08	1.0~2.5	0.30~0.65	≤0.03	≤0.03	19.0~21.5	9.00~11.0	≤0.75	—	10×C~1.0	≤0.75	—	YB/T 5092—2005	
18Cr-10Ni-Ti 18Cr-10Ni-Nb	ER321	美	≤0.08	1.0~2.5	0.30~0.65	≤0.03	≤0.03	18.5~20.5	9.00~10.5	≤0.75	9×C~1.0	—	≤0.75	—	SFA-5.9	
	ER347	美	≤0.08	1.0~2.5	0.30~0.65	≤0.03	≤0.04	19.0~21.5	9.0~11.0	≤0.75	—	8×C~1.0	≤0.75	—	SFA-5.9	
	E347T-2	美	≤0.08	0.5~2.5	≤1.0	≤0.03	≤0.04	18.0~21.0	9.0~11.0	≤0.5	—	8×C~1.0	≤0.5	—	SFA-5.22	
	H03Cr19Ni12Mo2Si	中	≤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	—	YB/T 5092—2005	
0-16Cr-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	—	SFA-5.9	
	E316LT-2	美	≤0.03	0.5~2.5	≤1.0	≤0.03	≤0.04	17.0~20.0	11.0~14.0	2.0~3.0	—	—	≤0.5	—	SFA-5.22	
	H08Cr19Ni12Mo2Si	中	≤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	—	YB/T 5092—2005	
	ER316	美	≤0.08	1.0~2.5	0.30~0.65	≤0.03	≤0.03	18.0~20.0	11.0~14.0	2.0~3.0	—	—	≤0.75	—	SFA-5.9	
16Cr-12Ni-2Mo	E316T-2	美	≤0.08	0.5~2.5	≤1.0	≤0.03	≤0.04	17.0~20.0	11.0~14.0	2.0~3.0	—	—	≤0.5	—	SFA-5.22	
	H03Cr19Ni14Mo3	中	≤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	—	YB/T 5092—2005	
	ER317L	美	≤0.03	1.0~2.5	0.30~0.65	≤0.03	≤0.03	18.5~20.5	13.0~15.0	3.0~4.0	—	—	≤0.75	—	SFA-5.9	
	E317LT-2	美	≤0.03	0.5~2.5	≤1.0	≤0.03	≤0.04	18.0~21.0	12.0~14.0	3.0~4.0	—	—	≤0.5	—	SFA-5.22	

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	H08Cr19Ni14Mo3	中	≤0.08	1.0~2.5	0.30~0.65	≤0.03	≤0.03	18.5~20.5	13.0~15.0	2.0~4.0	—	—	≤0.75	—	YB/T 5092—2005
	ER317	美	≤0.08	1.0~2.5	0.30~0.65	≤0.03	≤0.03	18.5~20.5	13.0~15.0	2.0~4.0	—	—	≤0.75	—	SFA-5.9
23Cr-12Ni	H12Cr24Ni13Si	中	≤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	—	YB/T 5092—2005
	H12Cr24Ni13	中	≤0.12	1.0~2.5	≤0.35	≤0.03	≤0.03	23.0~25.0	12.0~14.0	≤0.75	—	—	≤0.75	—	YB/T 5092—2005
	H08Cr24Ni13Si	中	≤0.03	1.0~2.5	0.30~0.65	≤0.03	≤0.03	23.0~25.0	12.0~14.0	≤0.75	—	—	≤0.75	—	YB/T 5092—2005
	H03Cr24Ni13	中	≤0.03	1.0~2.5	≤0.35	≤0.03	≤0.03	23.0~25.0	12.0~14.0	≤0.75	—	—	≤0.75	—	YB/T 5092—2005
25Cr-20Ni	ER309	美	≤0.12	1.0~2.5	0.30~0.65	≤0.03	≤0.03	23.0~25.0	12.0~14.0	≤0.75	—	—	≤0.75	—	SFA-5.9
	E309T-2	美	≤0.10	0.5~2.5	≤1.0	≤0.03	≤0.04	22.0~25.0	12.0~14.0	≤0.5	—	—	≤0.5	—	SFA-5.22
	H12Cr26Ni21Si	中	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	—	YB/T 5092—2005
	H12Cr26Ni21	中	0.08~0.15	1.0~2.5	≤0.35	≤0.03	≤0.03	25.0~28.0	20.0~22.5	≤0.75	—	—	≤0.75	—	YB/T 5092—2005
HK40 (HK30)	H08Cr26Ni21	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—2005
	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	—	SFA-5.9
	E310T-2	美	≤0.20	1.0~2.5	≤1.0	≤0.03	≤0.03	25.0~28.0	20.0~22.5	≤0.5	—	—	≤0.5	—	SFA-5.22
	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
HP40	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
	R-P3	中	0.35~0.45	≤1.5	≤1.5	≤0.03	≤0.03	24.0~28.0	32.0~36.0	—	—	1.5	—	1~1.5	上海材料研究所
	ER2209	美	≤0.03	0.5~2.0	≤0.00	≤0.03	≤0.03	21.5~23.5	7.5~9.5	2.5~3.5	—	—	≤0.75	—	SFA-5.9
25Cr-07Ni	ER2553	美	≤0.09	≤1.5	≤1.00	≤0.03	≤0.04	24.0~27.0	4.5~6.5	2.9~3.9	—	—	1.5~3.0	—	SFA-5.9

C.3 常用铁镍合金、镍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、镍合金焊条熔敷金属化学成分和力学性能

材 料 类 别	焊 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	A %	
Nickel200	ENi-1	中	≤0.10	≤0.75	≤1.25	≤0.02	≤0.03	—	≥92.0	≤0.75	—	≤0.25	1.0~4.0	—	≤1.0	—	—	—	≤0.50	≥410	≥20	GB/T 13814—92
	ENi-1	美	≤0.10	≤0.75	≤1.25	≤0.02	≤0.03	—	≥92	≤0.75	—	≤0.25	1.0~4.0	—	≤1.0	—	—	—	≤0.50	≥410	≥20	SFA 5. 11
Monel400	ENiCu-7	中	≤0.15	≤4.0	≤1.5	≤0.015	≤0.02	—	62~69	≤2.5	—	R	≤1.0	—	≤0.75	—	—	—	≤0.50	≥480	≥30	GB/T 13814—92
	ENiCu-7	美	≤0.15	≤4.0	≤1.5	≤0.015	≤0.02	—	62~69	≤2.5	—	R	≤1.0	—	≤0.75	—	—	—	≤0.50	≥480	≥30	SFA 5. 11
Inconel600	ENiCrFe-1	中	≤0.08	≤3.5	≤0.75	≤0.015	≤0.03	13.0~17.0	≥62	≤11.0	—	≤0.50	—	1.5~4.0	—	—	—	—	≤0.50	≥550	≥30	GB/T 13814—92
	ENiCrFe-1	美	≤0.08	≤3.5	≤0.75	≤0.015	≤0.03	13.0~17.0	≥62.0	≤11.0	—	≤0.50	—	1.5~4.0	—	—	—	—	≤0.50	≥550	≥30	SFA 5.11
Inconel625	ENiCrMo-3	中	≤0.10	≤1.0	≤0.75	≤0.02	≤0.03	20.0~23.0	≥55	≤7.0	8.0~10.0	≤0.50	—	3.15~4.15	—	—	—	—	≤0.50	≥760	≥30	GB/T 13814—92
	ENiCrMo-3	美	≤0.10	≤1.0	≤0.75	≤0.02	≤0.03	20.0~23.0	≥55.0	≤7.0	8.0~10.0	≤0.50	—	3.15~4.15	—	—	—	—	≤0.50	≥760	≥30	SFA 5. 11
HastelloyB	ENiMo-1	中	≤0.07	≤1.0	≤1.0	≤0.03	≤0.04	≤1.0	R	4.0~7.0	26.0~30.0	≤0.50	—	—	≤2.5	—	≤1.0	≤0.60	≤0.50	≥690	≥25	GB/T 13814—92
	ENiMo-1	美	≤0.07	≤1.0	≤1.0	≤0.03	≤0.04	≤1.0	R	4.0~7.0	26.0~30.0	≤0.50	—	—	≤2.5	—	≤1.0	≤0.60	≤0.50	≥690	≥25	SFA 5. 11
HastelloyB2	ENiMo-7	中	≤0.02	≤1.75	≤0.2	≤0.03	≤0.04	≤1.0	R	≤2.0	26.0~30.0	≤0.50	—	—	≤1.0	—	≤1.0	—	≤0.50	≥760	≥25	GB/T 13814—92
	ENiMo-7	美	≤0.02	≤1.75	≤0.2	≤0.03	≤0.04	≤1.0	R	≤2.25	26.0~30.0	≤0.50	—	—	≤1.0	—	≤1.0	—	≤0.50	≥760	≥25	SFA 5. 11
HastelloyC4	ENiCrMo-7	中	≤0.015	≤1.5	≤0.2	≤0.03	≤0.04	14.0~18.0	R	≤3.0	14.0~17.0	≤0.50	≤0.70	—	≤2.0	—	≤0.5	—	≤0.50	≥690	≥25	GB/T 13814—92
	ENiCrMo-7	美	≤0.015	≤1.5	≤0.2	≤0.03	≤0.04	14.0~18.0	R	≤3.0	14.0~17.0	≤0.50	≤0.70	—	≤2.0	—	≤0.5	—	≤0.50	≥690	≥25	SFA 5. 11
HastelloyC276	ENiCrMo-4	中	≤0.02	≤1.0	≤0.2	≤0.03	≤0.04	14.5~18.5	R	4.0~7.0	15.0~17.0	≤0.50	—	—	≤2.5	—	3.0~4.5	≤0.35	≤0.50	≥690	≥25	GB/T 13814—92
	ENiCrMo-4	美	≤0.02	≤1.0	≤0.2	≤0.03	≤0.04	14.5~18.5	R	4.0~7.0	15.0~17.0	≤0.50	—	—	≤2.5	—	3.0~4.5	≤0.35	≤0.50	≥690	≥25	SFA 5. 11
—	ENiCrFe-3	中	≤0.10	5.0~9.5	≤1.0	≤0.015	≤0.03	13.0~17.0	≥59	≤10.0	—	≤0.50	≤1.0	1.0~2.5	—	—	—	—	≤0.50	≥550	≥30	GB/T 13814—92
	ENiCrFe-3	美	≤0.10	5.0~9.5	≤1.0	≤0.015	≤0.03	13.0~17.0	≥59.0	≤10.0	—	≤0.50	≤1.0	1.0~2.5	—	—	—	—	≤0.50	≥550	≥30	SFA 5. 11

表 C.3 (续) 常用铁镍合金、镍合金焊条熔敷金属化学成分和力学性能

材 料 类 别	焊 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	A %	
Incoloy800	ENiCrFe-2	中	≤0.10	1.0~3.5	≤0.75	≤0.02	≤0.03	13.0~17.0	≥62	≤12.0	0.5~2.5	≤0.50	-	0.5~3.0	-	-	-	-	-	≤0.50	≥550	≥30	GB/T 13814—92
	ENiCrFe-2	美	≤0.10	1.0~3.5	≤0.75	≤0.02	≤0.03	13.0~17.0	≥62.0	≤12.0	0.5~2.5	≤0.50	-	0.5~3.0	-	-	-	-	-	≤0.50	≥550	≥30	SFA 5.11
	ENiCrCoMo-1	美	0.05~0.15	0.3~2.5	≤0.75	≤0.015	≤0.03	21.0~26.0	R	≤5.0	8.0~10.0	≤0.50	-	≤1.0	9.0~15.0	-	-	-	-	≤0.50	≥620	≥25	SFA 5.11
Carpenter20Cb-3	E320	中	≤0.07	0.5~2.5	≤0.60	≤0.03	≤0.04	19.0~21.0	32~36	R	2.0~3.0	3.0~4.0	-	8×C%~1.0	-	-	-	-	-	≤0.50	≥550	≥30	GB 983—1995
	E320	美	≤0.07	0.5~2.5	≤0.60	≤0.03	≤0.04	19.0~21.0	32~36	R	2.0~3.0	3.0~4.0	-	8×C%~1.0	-	-	-	-	-	≤0.50	≥550	≥30	SFA 5.4
	E330H	中	0.35~0.45	1.0~2.5	≤0.90	≤0.03	≤0.04	14.0~17.0	33~37	R	≤0.75	≤0.75	-	-	-	-	-	-	-	≤0.50	≥620	≥10	GB 983—1995
HT30 (Cr17Ni35)	E330H	美	0.35~0.45	1.0~2.5	≤0.90	≤0.03	≤0.04	14.0~17.0	33~37	R	≤0.75	≤0.75	-	-	-	-	-	-	-	≤0.50	≥620	≥10	SFA 5.4
	ENiCrMo-1	中	≤0.05	1.0~2.0	≤1.0	≤0.03	≤0.04	21.0~23.5	R	18.0~21.0	5.5~7.5	1.5~2.5	-	1.75~2.50	≤2.5	-	≤1.0	-	-	≤0.50	≥620	≥20	GB/T 13814—92
	ENiCrMo-1	美	≤0.05	1.0~2.0	≤1.0	≤0.03	≤0.04	21.0~23.5	R	18.0~21.0	5.5~7.5	1.5~2.5	-	1.75~2.50	≤2.5	-	≤1.0	-	-	≤0.50	≥620	≥20	SFA 5.11
HastelloyG	ENiCrMo-2	中	0.05~0.15	≤1.0	≤1.0	≤0.03	≤0.04	20.5~23.0	R	17.0~20.0	8.0~10.0	≤0.05	-	-	0.50~2.50	-	0.2~1.0	-	-	≤0.50	≥650	≥20	GB/T 13814—92
	ENiCrMo-2	美	0.05~0.15	≤1.0	≤1.0	≤0.03	≤0.04	20.5~23.0	R	17.0~20.0	8.0~10.0	≤0.05	-	-	0.50~2.50	-	0.2~1.0	-	-	≤0.50	≥650	≥20	SFA 5.11

C.4 常用铁镍合金、镍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、镍合金焊丝熔敷金属化学成分和力学性能

材 料 类 别	焊 丝 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
Nickel200	ERNi-1	中	≤0.15	≤1.0	≤0.75	≤0.015	≤0.03	—	≥93.0	≤0.10	—	≤0.25	2.0~3.5	—	—	≤1.5	—	—	—	≥380	GB/T 15620—1995
	ERNi-1	美	≤0.15	≤1.0	≤0.75	≤0.015	≤0.03	—	≥93.0	≤0.10	—	≤0.25	2.0~3.5	—	—	≤1.5	—	—	—	≥380	SFA 5.14
Monel400	ERNiCu-7	中	≤0.15	≤4.0	≤1.25	≤0.015	≤0.02	—	62.0~69.0	≤2.5	—	R	1.5~3.0	—	—	≤1.25	—	—	—	≥480	GB/T 15620—1995
	ERNiCu-7	美	≤0.15	≤4.0	≤1.25	≤0.015	≤0.02	—	62.0~69.0	≤2.5	—	R	1.5~3.0	—	—	≤1.25	—	—	—	≥480	SFA 5.14
Inconel600	ERNiCrFe-5	中	≤0.08	≤1.0	≤0.35	≤0.015	≤0.03	14.0~17.0	≥70.0	6.0~10.0	—	≤0.50	—	1.5~3.0	—	—	—	—	—	≥550	GB/T 15620—1995
	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	—	—	—	—	—	≥550	SFA 5.14
Inconel625	ERNiCrMo-3	中	≤0.10	≤0.50	≤0.50	≤0.015	≤0.02	20.0~23.0	≥58.0	≤5.0	8.0~10.0	≤0.50	≤0.40	3.15~4.15	—	≤0.40	—	—	—	≥760	GB/T15620—1995
	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	—	—	—	≥760	SFA 5.14
HastelloyB	ERNiMo-1	中	≤0.08	≤1.0	≤0.10	≤0.03	≤0.025	≤0.10	R	4.0~7.0	26.0~30.0	≤0.50	—	—	≤2.5	—	≤1.00	0.20~0.40	—	≥690	GB/T 15620—1995
	ERNiMo-1	美	≤0.08	≤1.0	≤0.10	≤0.03	≤0.025	≤0.10	R	4.0~7.0	26.0~30.0	≤0.50	—	—	≤2.5	—	≤1.0	0.20~0.40	—	≥690	SFA 5.14
HastelloyB2	ERNiMo-7	中	≤0.02	≤1.0	≤0.10	≤0.03	≤0.04	≤0.10	R	≤2.0	26.0~30.0	≤0.50	—	—	≤1.0	—	≤1.0	—	—	≥760	GB/T 15620—1995
	ERNiMo-7	美	≤0.02	≤1.0	≤0.10	≤0.03	≤0.04	≤0.10	R	≤2.0	26.0~30.0	≤0.50	—	—	≤1.0	—	≤1.0	—	—	≥760	SFA 5.14
HastelloyC4	ERNiCrMo-7	中	≤0.015	≤1.0	≤0.08	≤0.03	≤0.04	14.0~18.0	R	≤3.0	14.0~18.0	≤0.50	≤0.70	—	—	≤2.0	—	—	—	≥690	GB/T 15620—1995
	ERNiCrMo-7	美	≤0.015	≤1.0	≤0.08	≤0.03	≤0.04	14.0~18.0	R	≤3.0	14.0~18.0	≤0.50	≤0.70	—	—	≤2.0	—	—	—	≥690	SFA 5.14
HastelloyC276	ERNiCrMo-4	中	≤0.02	≤1.0	≤0.08	≤0.03	≤0.04	14.5~16.5	R	4.0~7.0	15.0~17.0	≤0.50	—	—	≤2.5	—	3.0~4.5	≤0.35	—	≥690	GB/T15620—1995
	ERNiCrMo-4	美	≤0.02	≤1.0	≤0.08	≤0.03	≤0.04	14.5~16.5	R	4.0~7.0	15.0~17.0	≤0.50	—	—	≤2.5	—	3.0~4.5	≤0.35	—	≥690	SFA 5.14
—	ERNiCr-3	中	≤0.10	2.5~3.5	≤0.50	≤0.015	≤0.03	18.0~22.0	≥67.0	≤3.0	—	≤0.50	≤0.75	2.0~3.0	—	—	—	—	—	≥550	GB/T 15620—1995
	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	—	—	—	—	—	≥550	SFA 5.14

表 C.4 (续) 常用铁镍合金、镍合金焊丝熔敷金属化学成分和力学性能

材 料 类 别	焊 丝 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	
Incoloy800	ERNiCrCoMo-1	美	0.05~0.15	≤1.0	≤1.0	≤0.015	≤0.03	20.0~24.0	R	≤3.0	8.0~10.0	≤0.50	≤0.60	—	10.0~15.0	0.8~1.50	—	—	≤0.50	—	SFA 5.14	
	Incoloy825	中	≤0.05	≤1.0	≤0.50	≤0.03	≤0.03	19.5~23.5	38.0~46.0	≥22.0	2.5~3.5	1.5~3.0	0.60~1.20	—	—	≤0.20	—	—	≤0.50	≥550	GB/T 15620—1995	
	—	美	≤0.05	≤1.0	≤0.50	≤0.03	≤0.03	19.5~23.5	38.0~46.0	≥22.0	2.5~3.5	1.5~3.0	0.60~1.20	—	—	≤0.20	—	—	≤0.50	≥550	SFA 5.14	
Carpenter20Cb-3	ERNiCr-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	0.60~1.20	—	—	≤0.20	—	—	≤0.50	≥550	SFA 5.14	
	ER320	美	≤0.07	≤2.5	≤0.60	≤0.03	≤0.03	19.0~21.0	32.0~36.0	R	2.0~3.0	3.5~4.0	—	8xC~1.0	—	—	—	—	≤0.5	—	SFA 5.9	
	HT30 (Cr17Ni35)	美	0.18~0.25	1.0~2.5	0.3~0.65	≤0.03	≤0.03	15.0~17.0	34.0~37.0	R	≤0.75	≤0.75	—	—	—	—	—	—	≤0.5	—	SFA 5.9	
HastelloyG	ERNiCrMo-1	中	≤0.05	1.0~2.0	≤0.10	≤0.03	≤0.04	21.0~23.5	R	18.0~21.0	5.5~7.5	1.5~2.5	—	1.75~2.5	—	≤2.5	—	≤1.0	—	≤0.50	≥590	GB/T 15620—1995
	ERNiCrMo-1	美	≤0.05	1.0~2.0	≤0.10	≤0.03	≤0.04	21.0~23.5	R	18.0~21.0	5.5~7.5	1.5~2.5	—	1.75~2.5	—	≤2.5	—	≤1.0	—	≤0.50	≥590	SFA 5.14
	—	中	≤0.03	≤1.0	≤0.10	≤0.03	≤0.03	23.0~26.0	47.0~52.0	R	5.0~7.0	0.7~1.20	0.70~1.50	—	—	—	—	—	≤0.50	≥590	GB/T 15620—1995	
HastelloyC2	ERNiCrMo-8	美	≤0.03	≤1.0	≤0.10	≤0.03	≤0.03	23.0~26.0	47.0~52.0	R	5.0~7.0	0.7~1.20	0.70~1.50	—	—	—	—	—	≤0.50	≥590	SFA 5.14	
	ERNiCrMo-2	中	0.05~0.15	≤1.0	≤0.10	≤0.03	≤0.04	20.5~23.0	R	17.0~20.0	8.0~10.0	≤0.50	—	—	0.5~2.5	—	0.2~1.0	—	≤0.50	≥660	GB/T 15620—1995	
	ERNiCrMo-2	美	0.05~0.15	≤1.0	≤0.10	≤0.03	≤0.04	20.5~23.0	R	17.0~20.0	8.0~10.0	≤0.50	—	—	0.5~2.5	—	0.2~1.0	—	≤0.50	≥660	SFA 5.14	

C.5 常用铬镍奥氏体钢焊接材料对照表 C.5。

表 C.5 常用铬镍奥氏体钢焊接材料对照

材料类别	美国 AWS	中国 牌号	德国 GB	日本 神钢	瑞典 ESAB	德国 THYSSEN
00-18Cr-8Ni	焊条或 焊丝					
	焊条	E308L	A002	NC-38L NC-38LT	OK61.30 OK61.33 OK61.41	Thermanit JEW 308L-17 Thermanit JE SPEZLAL
	焊丝	ER308L	—	TGS-308L	Ok Tigrod16.10	Thermanit JE 308L
0-18Cr-8Ni	药芯焊丝	E308LT-2	—	TGX-308L	—	—
	焊条	E308	A102 A107	NC-38	OK61.53 OK61.35	Thermanit JEW 308L-17 Thermanit JE SPEZLAL
	焊丝	ER308	—	TGS-308	ESAB T308	Thermanit AT54 (ER308H)
1-18Cr-8Ni	药芯焊丝	E308T-2	—	—	—	—
	焊条	E308H	—	NC-38H	—	Thermanit AT54
	焊丝	ER308H	—	—	—	Thermanit AT54
18Cr-10Ni-Ti	焊条	—	A132 A137	NC-37	OK61.81 OK61.85	Thermanit HW Thermanit H
	焊丝	ER321	—	—	—	—
	焊丝	ER347	—	TGS-347	Ok Tigrod16.11	Thermanit H-347
00-16Cr-12Ni-2Mo	焊条	E316L	A022	NC-36L NC-36LT	OK63.30 OK63.34 OK63.41	Thermanit GEW 316L-17 Thermanit GE SPEZLAL
	焊丝	ER316L	—	TGS-316L	Ok Tigrod16.30	Thermanit GE 316L
	药芯焊丝	E316LT-2	—	—	—	—
16Cr-12Ni-2Mo	焊条	E316	A202 A207	NC-36	OK62.53	Thermanit GEW 316L-17
	焊丝	ER316	—	TGS-316	OK62.35	Thermanit GE SPEZLAL
	药芯焊丝	E316T-2	—	TGX-316L	ESAB T316	Thermanit GE 316L

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	瑞 典	德 国
		AWS	牌号	GB	神钢	ESAB	THYSSEN
00-18Cr-13Ni-3Mo	焊条	E317L	—	E317L	NC-317L	OK64.30 OK64.41	Thermanit 18/17EW Thermanit 18/17E
	焊丝	ER317L	—	H03Cr19Ni14Mo3	TGS-317L	Ok Tigrod16.34	Thermanit 18/17E
	药芯焊丝	E317LT-2	—	—	—	—	—
18Cr-13Ni-3Mo	焊条	E317	A242	E317	—	OK64.30 OK64.35	Thermanit 18/17EW Thermanit 18/17E
	焊丝	ER317	—	H08Cr19Ni14Mo3	—	—	Thermanit 18/17E
25Cr-13Ni	焊条	E309	A302 A307	E309	NC-39	OK67.62 OK67.75	Thermanit DW Thermanit D
	焊丝	ER309	—	H12Cr24Ni13Si	TGS-309	ESAB T309L	Thermanit D
	药芯焊丝	E309T-2	—	—	TGX-309L	—	—
25Cr-20Ni	焊条	E310	A402 A407	E310	NC-30	OK67.15	Thermanit CW Thermanit C
	焊丝	ER310	—	H12Cr26Ni21Si	TGS-310	OK16.70	Thermanit CSI
	药芯焊丝	E310T-2	—	—	—	—	—
HK40 (HK30)	焊条	E310H	S-K2 S-K3	E310H	NC-310H	—	Thermanit CR Thermanit C
	焊丝	—	R-K2 R-K3	—	TGS-310HS	—	Thermanit 25/35R P11
HP40	焊条	—	S-P1 S-P3	—	—	—	Thermanit 25/35R
	焊丝	—	R-P1 R-P3	—	—	—	Thermanit 25/35R

C.6 常用铁镍合金、镍合金焊接材料对照见表 C.6。

表 C.6 常用铁镍合金、镍合金焊接材料对照

材料类别	美国		中国	美国		日本	瑞典	德国	
	AWS	GB		Inco Alloys	油脂		ESAB	THYSSEN	
Nickel 200	焊条	ENi-1	ENi-1	Nickel 141	Ni 99	OK92.06	Phoenix NiTi3		
	焊丝	ERNi-1	ERNi-1	Nickel 61	TG Ni	OK19.92	Union NiTi4 IG		
Monel 400	焊条	ENiCu-7	ENiCu-7	Monel 190	ML 7D	OK92.86	Phoenix NiCu30 Mn		
	焊丝	ERNiCu-7	ERNiCu-7	Monel 60	TG ML	OK19.93	Union NiCu30 TiG		
Inconel 600	焊条	ENiCrFe-1	ENiCrFe-1	—	NiC-70A	—	Thermanit 30/40E		
	焊丝	ERNiCrFe-5	ERNiCrFe-5	Inconel 62	—	—	—		
Inconel 625	焊条	ENiCrMo-3	ENiCrMo-3	Inconel 112	NA 112	OK92.43	Thermanit 625		
	焊丝	ERNiCrMo-3	ERNiCrMo-3	Inconel 625	TGS-N625	OK19.82	Thermanit 625		
Hastelloy B	焊条	ENiMo-1	ENiMo-1	—	Hs B	—	—		
	焊丝	ERNiMo-1	ERNiMo-1	—	—	—	—		
Hastelloy B2	焊丝	ERNiMo-7	ERNiMo-7	—	TG HsB-2	—	—		
Hastelloy C276	焊条	ENiCrMo-4	ENiCrMo-4	IncoC-276	Hs C-276	—	Thermanit NiMoC (W)		
	焊丝	ERNiCrMo-4	ERNiCrMo-4	IncoC-276	TG HsC-276	—	Thermanit NiMoC		
—	焊条	ENiCrFe-3	ENiCrFe-3	Inconel 182	NiC-703D	OK92.26	Thermanit Nicro 182		
	焊丝	ERNiCr-3	ERNiCr-3	Inconel 82	TGS-70Ncb	OK19.85	Thermanit Nicro 82		
—	焊丝	ERNiCrFe-6	ERNiCrFe-6	Inconel 92	TG 92	—	—		
Incoloy 800	焊条	ENiCrFe-2	ENiCrFe-2	—	NYH 800 Ni A	—	Thermanit 21/33 Thermanit Nicro A		
Incoloy 800H Incoloy 800HT	焊条	ENiCrCoMo-1	—	Inconel 117	—	—	—		
	焊丝	ERNiCrCoMo-1	—	Inconel 617	TG 617	—	—		
Incoloy 825	焊丝	ERNiFeCr-1	ERNiFeCr-1	Inconel 65	TG 65	—	Thermanit 30/40E (W)		
Hastelloy X	焊丝	ERNiCrMo-2	ERNiCrMo-2	Inco HX	—	—	—		
HT30 (Cr17Ni35)	焊条	E330H	E330H	—	—	—	Thermanit 16/36		
	焊丝	ER330	ER330	—	—	—	Thermanit 16/36		

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	焊丝		
中国	美国		中国	美国	
				实芯	药芯
022Cr19Ni10	TP304L TP304LN	E308L A002	H03Cr21Ni10Si	ER308L	E308LT
06Cr19Ni10	TP304	E308 A002 A107	H08Cr21Ni10Si H08Cr19Ni10Ti	ER308L ER321	E308T E347T
	TP304N	E347 A132 A137	H08Cr20Ni10Nb	ER347	
	TP304H	E308H	—	ER308H	—
06Cr18Ni11Ti	TP321	E347 A132 A137	H08Cr19Ni10Ti H08Cr20Ni10Nb	ER321 ER347	E347T
06Cr18Ni11Nb	TP347 TP347H TP348 TP348H	E347 A132 A137	H08Cr20Ni10Nb	ER347	E347T
022Cr17Ni12Mo2	TP316L TP316LN	E316L A022	H03Cr19Ni12Mo2Si	ER316L	E316LT
06Cr17Ni12Mo2	TP316 TP316N	E316 A202 A207	H08Cr19Ni12Mo2Si	ER316	E316T
022Cr19Ni13Mo3	TP317L	E317L	H03Cr19Ni14Mo3	ER317L	E317LT
06Cr19Ni13Mo3 06Cr17Ni12Mo2Ti	TP317	E317	H08Cr19Ni14Mo3	ER317	—
06Cr23Ni13	TP309S TP309Cb TP309H TP309HCb	E309 A302 E309Cb A307	H12Cr24Ni13Si	ER309	E309T
06Cr25Ni20	TP310S TP310Cb TP310H TP310HCb	E310 A402 E310Cb A407	H12Cr26Ni21Si	ER310	E310T
ZG30Cr25Ni20 ZG40Cr25Ni20 ZG40Cr25Ni20Si2	HK30 HK40	E310H	SG-X40CrNi2521 (德)	—	—
ZG45Ni35Cr25 ZG40Ni35Cr25Nb ZG40Ni35Cr25NbW	HP40	E2535NbB20 (德)	SG-X40CrNiNb3525 (德)	—	—
—	22Cr-05Ni	E2209	—	ER2209	—
—	25Cr-07Ni	E2553	—	ER2553	—

C.8 常用铁镍合金、镍合金焊接材料宜按表 C.8 选用。

表 C.8 常用铁镍合金、镍合金焊接材料选用

母材	焊条	焊丝
Nickel 200	ENi-1	ERNi-1
Monel 400	ENiCu-7	ERNiCu-7
Inconel 600	ENiCrFe-1	ERNiCrFe-5
Inconel 625	ENiCrMo-3	ERNiCrMo-3
Incoloy 800	TEW 21/33(德)	TEW21/33/SG(德)
	ENiCrFe-2	ERNiCrFe-6
Incoloy 800H	ENiCoMo-1(美)	ERNiCrCoMo-1(美)
Incoloy 800HT		
Incoloy 825	—	ERNiFeCr-1
Carpenter 20Cb-3	E320	ER320
Hastelloy B	ENiMo-1	ERNiMo-1
Hastelloy B2	ENiMo-7	ERNiMo-7
Hastelloy C276	ENiCrMo-4	ERNiCrMo-4
Hastelloy C4	ENiCrMo-7	ERNiCrMo-7
Hastelloy G	ENiCrMo-1	ERNiCrMo-1
Hastelloy G2	—	ERNiCrMo-8
Hastelloy X	ENiCrMo-2	ERNiCrMo-2
TH30	E330H	ER330

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	焊丝
奥氏体不锈钢	Nickel 200	ENi-1	ERNi-1
		ENiCrFe-3	ERNiCr-3
		ENiCrFe-2	ERNiCrFe-6
	Monel 400	ENi-1	
		ENiCu-7	ERNiCu-7
		ENiCrFe-2	ERNiCrFe-6
		ENiCrFe-3	ERNiCr-3
	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	ERNi-1 ERNiCr-3
	Hastelloy B Hastelloy B2	ENi-1 ENiCrFe-3 ENiCrFe-2	ERNiCr-3 ERNiCrFe-6
Monel 400	Inconel 600 Incoloy 800	ENiCrFe-3 ENiCrFe-2	ERNiCr-3 ERNiCrFe-6
	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

用 词 说 明

对本规程条文中要求执行严格程度不同的助动词，说明如下：

（一）表示要求很严格、非这样做不可并具有法定责任时，用的助动词为“必须”（must）。

（二）表示要准确地符合规程而应严格遵守时，用的助动词为：

正面词采用“应”（shall）；

反面词采用“不应”或“不得”（shall not）。

（三）表示在几种可能性中推荐特别合适的一种，不提及也不排除其他可能性，或表示是首选的但未必是所要求的，或表示不赞成但也不禁止某种可能性时，用的助动词为：

正面词采用“宜”（should）；

反面词采用“不宜”（should not）。

（四）表示在规程的界限内所允许的行动步骤时，用的助动词为：

正面词采用“可”（may）；

反面词采用“不必”（need not）。

中华人民共和国石油化工行业标准

石油化工铬镍不锈钢、铁镍合金 和镍合金焊接规程

SH/T 3523—2009

条文说明

2009 北 京

目 次

1 范围	39
2 规范性引用文件	39
4 材料	40
4.1 一般规定	40
4.2 板材与管材	40
4.3 焊接材料	40
5 焊接工艺评定和焊工考试	40
5.1 焊接工艺评定	40
5.2 焊工	40
6 焊前准备	40
6.1 坡口制备	41
6.2 组对与定位	41
7 焊接	41
7.1 一般规定	41
7.2 焊接材料准备	41
7.3 焊接工艺	41
7.4 焊接检验	42
7.5 焊缝返修	42
7.6 焊后处理	42

石油化工铬镍不锈钢、铁镍合金和镍合金焊接规程

1 范围

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，本规程不包括低温条件，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，不宜编入同一规程，所以本规程的适用温度范围为设备设计温度高于 -20°C 、管道设计温度高于 -29°C 。

本规程材料适用范围为：

- 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，HastelloyG、G2，HastelloyX；
- d) 镍合金合金系统有 Ni-Ni-Cu，Ni-Cr-Mo，Ni-Cr-Fe，Ni-Mo；合金名称为 Nickel，Monel，Inconel，HastelloyB、B2，C276、C4。

在本规程中镍合金是指镍基合金；铁镍合金是指铁镍基合金。

奥氏体不锈钢、镍合金管可用于低温、常温和高温条件，在常温条件下，本规程所涉及的各项内容、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°C 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，其中钨极气体保护焊包括药芯焊丝电弧焊。

2 规范性引用文件

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

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 | 无缝和焊接镍-铁-钼-铜-铌稳定合金管 |
| | B 535 | 镍-铁-铬-钨合金无缝和焊接管 |
| | B 622 | 镍合金无缝管 |

ASME II 卷 材料技术条件、VIII 卷 压力容器、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

4 材料

4.1 一般规定

4.1.3 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。

4.2 板材与管材

4.2.1~4.2.3 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。

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《受压力容器》、美国《金属手册》第六卷和美国鲁姆斯公司规程中均有这方面的论述。

考虑到涂料、粉笔、炭笔等的成分一般都不明确,所以规定在管子及管件上做标记最好采用以醇酸树脂为基本成分的钛氧化物染料。

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。在附表中列出常用焊条、焊丝的化学成分和力学性能及国内、外牌号对照。

4.3.3 对焊接材料提出需要满足的技术条件和管理规定。按照正常的管理程序分为三个阶段,即入库前检查验收、入库后的储存保管、焊材的发放使用。这些管理规定是参照有关标准规范规定和总结各施工单位的管理经验而制定的。

5 焊接工艺评定和焊工考试

5.1 焊接工艺评定

焊接工艺评定主要执行 JB 4708 的规定,本标准对双项不锈钢的铁素体测量和铸造不锈钢管子不做弯曲试验作了规定。附表中焊接工艺评定母材材料分类摘自 JB 4708。

5.2 焊工

5.2.1 石油化工铬镍不锈钢、铁镍合金和镍合金用于承压设备,则根据《锅炉压力容器压力管道焊工考试与管理规则》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《锅炉压力容器压力管道焊工考试与管理规则》进行考试。

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

在母材代用时,考虑到即使弯曲试验不合格也不一定是由于焊工操作技能引起的,所以允许仅用外观检验和射线检验来评定焊工操作技能,在 ASME IX 中有此规定,试件的数量按《锅炉压力容器压力管道焊工考试与管理规则》执行,周长小于 60mm 管子需做三个试件。

6 焊前准备

6.1 坡口制备

- 6.1.1 由于铁镍合金、镍合金的焊缝金属在液态下流动性、浸润性较差、熔深较小、故其坡口角度、对口间隙要相应增大，钝边则相应减小。
- 6.1.2 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。
- 6.1.3 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。
- 6.1.4 要求对铸造管坡口进行渗透检测是为了防止铸造缺陷对焊接质量造成影响。在美国鲁姆斯等外国公司的技术文件中对于铸造管的坡口加工后，均要进行渗透检测。

6.2 组对与定位

- 6.2.2 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。
- 6.2.3 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，本规程规定内壁错边量不大于 0.5mm，不等厚管子也按同样要求。
- 6.2.7 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。
- 6.2.8 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，因此对拆除方法做出规定，并应严格执行。拆除后清除焊痕并表面探伤是很必要的。

7 焊接

7.1 一般规定

- 7.1.6 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。

7.2 焊接材料准备

- 7.2.1 考虑到有些铁镍合金和镍合金选用与其合金系统相同的焊接材料进行焊接时，焊接性较差，易产生热裂纹或气孔，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。

- 7.2.2 JB/T 3223—96《焊接材料质量管理规程》规定焊剂（特别是含铬的烧结焊接）一般不宜重复使用，但在下述条件都得到满足时允许重复使用：

- 用过的旧焊剂与同批号的新焊剂混合使用，且旧焊剂的混合比在 50%以下（一般宜控制在 30%左右）；
- 在混合前，用适当的方法清除了旧焊剂中的熔渣、杂质及粉尘；
- 混合焊剂的颗粒度符合规定的要求。

7.3 焊接工艺

- 7.3.1 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。

7.3.5 药芯焊丝和特殊的涂料层焊丝是在工程施工中逐步推广的一种焊接材料,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。

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

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

7.4 焊接检验

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

7.4.4 高碳铬镍奥氏体钢和铁镍合金、镍合金都具有较明显的热裂倾向,参照 ASME VIII 在本规程中规定除 I-1 和 I-2 组材料外,其余材料焊后焊缝表面均应做 100% 渗透检测。

7.4.6 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。

7.5 焊缝返修

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

7.5.3 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。

7.6 焊后处理

7.6.1 本规程中的焊后处理为焊后稳定化热处理和焊后表面酸洗钝化处理。根据铬镍奥氏体钢的特性,焊后可进行稳定化处理和表面酸洗钝化处理。稳定化处理的目的是使 Cr_{23}C_6 溶解。

7.6.2 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。

7.6.3~7.6.4 焊后热处理的加热方法推荐用电加热法,如红外线加热法等,具体使用什么方法视各单位的资源而定,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 。

7.6.6 加热范围也是热处理过程中需要控制的环节之一,它关系到热处理效果。本条主要参照 SH 3501 和 ASME VIII 制定。加热区外 100mm 范围采取保温措施的目的是:

- $850^{\circ}\text{C} \sim 900^{\circ}\text{C}$ 对于现场局部加热来说,温度高不易达到,两边保温有利于保证加热温度。
- 减小温度梯度,使消除应力的效果更好。