

# HG

## 中华人民共和国行业标准

HG/T 20581—20\*\*

代替 HG/T 20581—2011

---

### 钢制化工容器材料选用规定

Specification for materials selected of steel chemical vessels

(征求意见稿)

××××-××-×× 发布

××××-××-×× 实施

---

××××××××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 .....	2
4 总 论.....	6
5 选材原则.....	7
6 钢材的技术要求.....	8
7 钢材的使用限制和范围.....	10
8 焊接材料.....	11
9 新材料的鉴定与使用.....	12
10 国外牌号钢材的使用.....	12
11 钢材的代用.....	12
附录 A（资料性附录）商品紧固件力学性能.....	14
附录 B（资料性附录）部分特殊焊接材料的成分和性能.....	16
附录 C（资料性附录）镍及镍合金焊接材料 .....	17
附录 D（资料性附录）碳钢、不锈钢、镍基合金异种金属焊接材料选用表.....	18
附录 E（资料性附录）碳钢、不锈钢与铜合金的异种金属焊接材料选用表.....	19
编制说明 .....	21

## 前 言

本标准根据中国工业和信息化部（工信厅科[2017]106号）和中国石油和化工勘察设计协会（中化勘设协字\*\*\*\*\*）的要求，由中国石油和化工勘察设计协会组织全国化工设备设计技术中心站编制。

本标准自实施之日起代替《钢制化工容器材料选用规定》HG/T 20581-2011。

本标准是根据《钢制化工容器材料选用规定》HG/T 20581-2011 多年实施取得的经验，结合化工容器设计的具体情况，对《压力容器 第2部分 材料》GB/T 150.2 作了补充和具体化，并在其基础上依据 GB/T 150.2 的内容以及近年来国内外工程公司的标准规定对 HG/T 20581-2011 进行的修订。

本标准与 HG/T 20581-2011 相比，有如下主要改变：

1. 依据有关标准规范的变化，修改、完善的部分有：

- 压力容器用碳素钢和低合金钢钢板相关要求；
- 对Cr-Mo 钢回火脆化措施要求做了修改、完善；
- 钢板的无损检测；
- 精简了新材料的技术评审与使用要求、国外牌号钢材的使用要求；
- 钢管的最小壁厚按不锈钢和碳钢分类；
- 对使用介质的限制做了修改、完善；
- 对NaOH溶液环境下材料使用限制进行了修改、完善；
- 对湿硫化氢应力腐蚀环境分类进行了修改、完善；
- 对I类湿硫化氢应力腐蚀环境下的碳当量要求进行了修改、完善；
- 对氢腐蚀环境下的使用限制进行了修改、完善；
- 焊接材料的最新型号和牌号对照。

2. 增加的内容有：

——高强钢、不锈钢、双相不锈钢、热交换器用换热管和镍-钢、钛-钢和铜-钢复合钢板等标准和技术要求；

- 术语最大模拟焊后热处理和最小模拟焊后热处理；
- 球罐用材料要求；
- 镍-钢、铜-钢和钛-钢复合板的要求；
- 紧固件使用温度下限；
- 湿硫化氢腐蚀环境定义；
- 高强钢焊条；
- 奥氏体-铁素体型双相不锈钢焊材；
- 焊接材料（不锈钢、铜及铜合金、镍及镍合金）的国标型号。

本标准的附录A、附录B、附录C、附录D、附录E为资料性附录。

本标准由中国石油和化工勘察设计协会提出并归口。

本标准的技术内容由全国化工设备设计技术中心站负责解释（上海市延安西路 376 弄 22 号（永兴商务楼）10 楼，邮政编码 200040，电话 021-32140342）

本标准主编单位和主要起草人：

**主编单位：**中石化上海工程有限公司

---

参编单位：\*\*\*\*\*  
\*\*\*\*\*

主要起草人：\*\*\*\*\*

本标准代替标准的历次版本发布情况为：

- HG/T 20581—2011
- HG 20581—1998（2004 年确认）
- HG 20581—1998
- HGJ 15—1989



## 1 范围

1.0.1 本标准规定了钢制化工容器用钢和焊接材料的选用、技术要求、使用限制和范围、新材料和按国外标准生产的钢材使用、钢材代用等要求。

1.0.2 本标准适用于设计压力不大于 35.0MPa，设计温度不低于-20℃的碳素钢、低合金钢、珠光体耐热钢、不锈钢和不锈钢复合钢板焊制化工容器材料选用。材料的品种包括钢板、钢管、钢锻件、紧固件、钢铸件以及焊接材料。

1.0.3 钢制化工容器受压元件及其附件焊接材料的选用、技术要求、使用范围等应符合本标准的要求。设计对材料有更高或特殊要求时，应在图样或相应的文件上注明。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。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标准，然而，鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本标准。

GB/T 41 《1 型六角螺母C 级》

GB/T 150.2 《压力容器 第2部分 材料》

GB/T 699 《优质碳素结构钢》

GB/T 700 《碳素结构钢》

GB/T 713 《锅炉和压力容器用钢板》

GB/T 983 《不锈钢焊条》

GB/T 1220 《不锈钢棒》

GB /T 1221 《耐热钢棒》

GB/T 2040 《铜及铜合金板材》

GB/T 2054 《镍及镍合金板》

GB/T 2100 《通用耐蚀钢铸件》

GB/T 2835 《陶管耐酸性能试验方法》

GB/T 3077 《合金结构钢》

GB/T 3087 《低中压锅炉用无缝钢管》

GB/T 3091 《低压流体输送用焊接钢管》

GB/T 3098.1~3098.22 《紧固件机械性能》 \

GB/T 3429 《焊接用钢盘条》

GB/T 3621 《钛及钛合金板材》

---

GB/T 3670 《铜和铜合金焊条》

GB/T 4226 《不锈钢冷加工钢棒》

GB/T 4334 《金属和合金的腐蚀 不锈钢晶间腐蚀试验方法》

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 5310 《高压锅炉用无缝钢管》

GB/T 5677 《铸钢件射线照相检测》

GB/T 5777 《无缝钢管超声波探伤检验方法》

GB/T 5780 《六角头螺栓 C级》

GB/T 5781 《六角头螺栓 全螺纹 C级》

GB/T 5782 《六角头螺栓》

GB/T 5783 《六角头螺栓 全螺纹》

GB/T 5784 《六角头螺栓螺栓细杆B 级》

GB/T 6170 《1 型六角螺母》

GB/T 6175 《2 型六角螺母》

GB/T6479 《高压化肥设备用无缝钢管》

GB/T 6803 《铁素体钢的无塑性转变温度落锤试验方法》

GB/T 7659 《焊接结构用铸钢件》

GB/T 7735 《无缝和焊接（埋弧焊除外）钢管缺欠的自动涡流检测-》

GB/T8110 《气体保护电弧焊用碳钢、低合金钢焊丝》

GB /T 8163 《输送流体用无缝钢管》

GB/T 8492 《一般用途耐热钢和合金铸件》

GB/T 9443 《铸钢件渗透检测》

GB/T 9444 《铸钢件磁粉检测》

GB/T 9460 《铜和铜合金焊丝》

GB/T 9948 《石油裂化用无缝钢管》

GB/T 11352 《一般工程用铸造碳钢件》

GB/T 12606 《无缝和焊接(埋弧焊除外)铁磁性钢管纵向和/或横向缺欠的全圆周自动漏磁检测》



GB/T 12771 《流体输送用不锈钢焊接钢管》

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 13296 《锅炉、热交换器用不锈钢无缝钢管》

GB/T 13814 《镍及镍合金焊条》

GB/T 14957 《熔化焊用钢丝》

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/T17854 《埋弧焊用不锈钢焊丝-焊剂组合分类要求》

GB/T 19189 《压力容器用调质高强度钢板》

GB/T 20878 《不锈钢和耐热钢 牌号及化学成分》

GB/T 21433 《不锈钢压力容器晶间腐蚀敏感性检验》

GB/T 21832 《奥氏体-铁素体型双相不锈钢焊接钢管》

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钢板及钢带》

GB/T 24590 《高效换热器用特型管》

GB/T 24593 《锅炉和热交换器用奥氏体不锈钢焊接钢管》

GB/T 29713 《不锈钢焊丝和焊带》

GB/T 32533 《高强钢焊条》

HG/T 2741 《压力容器用碳钢铸件技术条件》

HG/T 20537.1 《奥氏体不锈钢焊接钢管选用规定》

HG/T 20537.2 《管壳式换热器用奥氏体不锈钢焊接钢管技术要求》

HG/T 20537.3 《化工装置用奥氏体不锈钢焊接钢管技术要求》

HG/T 20537.4 《化工装置用奥氏体不锈钢大口径焊接钢管技术要求》

HG/T 20580 《钢制化工容器设计基础规定》

HG/T 20553 《化工配管用无缝及焊接钢管尺寸选用系列》

JB/T 4385.1 《锤上自由锻件 通用技术条件》

NB/T 47002.1 《压力容器用爆炸焊接复合板 第1部分：不锈钢—钢复合板》

NB/T 47002.2 《压力容器用爆炸焊接复合板 第2部分：镍—钢复合板》

NB/T 47002.3 《压力容器用爆炸焊接复合板 第3部分：钛—钢复合板》

NB/T 47002.4 《压力容器用爆炸焊接复合板 第4部分：铜—钢复合板》

---

NB/T 47008-2017 《承压设备用碳素钢和合金钢锻件》  
NB/T 47010-2010 《承压设备用不锈钢和耐热钢锻件》  
NB/T47013 《承压设备无损检测》  
NB/T47014 《承压设备焊接工艺评定》  
NB/T47018.1~47018.7 《承压设备用焊接材料订货技术条件》  
SH/T3096 《高硫原油加工装置设备和管道设计选材导则》  
YB/T5091 《惰性气体保护焊用不锈钢丝》  
YB/T5092 《焊接用不锈钢丝》  
TSG21-2016 《固定式压力容器安全技术监察规程》

### 3 术语和定义

《压力容器 第2部分 材料》GB/T150.2、《钢制化工容器设计基础规定》HG/T20580确立的以及下列术语和定义适用于本标准。

#### 3.0.1 碳素钢 Carbon steel

含锰量小于等于1.65%且大于等于0.25%，含碳量小于等于2.0%，且无有意添加其他合金元素的铁碳合金(可为脱氧目的而加入Si、Al等元素)。低碳钢一般系指含碳量小于等于0.25%的碳素钢。(标准说明：化工行业用碳素钢的含碳量一般小于0.8%。)

#### 3.0.2 低合金钢 Low alloy steel

以提高钢材强度和改善综合性能为主要目的，在碳素钢基础上加入少量合金元素，所有合金元素含量总和高于碳素钢(3.1)但小于5%的合金钢，包括低合金结构钢、低合金高强度钢和珠光体耐热钢。化工容器中经常使用的是低碳、可焊的低合金结构钢。

#### 3.0.3 珠光体耐热钢 Pearlite heat resistant steel

以改善钢材耐热及抗氢性能为主要目的，加入铬( $\leq 10\%$ )、钼等合金元素，室温下金相组织为珠光体或贝氏体的低合金耐热钢。

#### 3.0.4 不锈钢 Stainless steel

公称含铬量大于等于10.5%，碳含量小于等于1.2%，在大气中不锈的合金钢。根据钢在常温下的金相组织，又可分为铁素体不锈钢、奥氏体不锈钢、双相不锈钢、马氏体不锈钢等。

#### 3.0.5 奥氏体不锈钢 Austenitic stainless steel

室温下金相组织主要是奥氏体的不锈钢

#### 3.0.6 铁素体不锈钢 Ferritic stainless steel

室温下金相组织主要是铁素体的不锈钢。

#### 3.0.7 奥氏体-铁素体型双相不锈钢 Austenitic-Ferritic Duplex stainless steel

室温下金相组织中兼有铁素体和奥氏体，且其中铁素体含量为40~60%。

### 3.0.8 铁素体钢 Ferritic steel

碳素钢、低合金高强度钢、珠光体耐热钢，铁素体不锈钢的总称。

### 3.0.9 受压元件 Pressure parts

承受介质压力载荷（包括内压或外压）的容器零部件，如筒节（含变径段）、球壳板、非圆形容器的壳板、封头、平盖、膨胀节、设备法兰、热交换器的管板和换热管、接管、管法兰和紧固件等。

### 3.0.10 非受压元件 Non-pressure parts

为满足使用要求与容器直接或间接连接而不承受（或不考虑）介质压力载荷的零部件，如支座（吊耳）及其垫板，保温圈，塔盘支承圈等。

### 3.0.11 最大模拟焊后热处理 Maximum postweld heat treatment

最大模拟焊后热处理是设备制造可能达到的最大程度的焊后热处理，即模拟设备制造过程中材料正火加回火热处理、设备最终焊后热处理、制造厂内返修后焊后热处理和设备交货后现场返修后的焊后热处理。

### 3.0.12 最小模拟焊后热处理 Minimum postweld heat treatment

最小模拟焊后热处理是设备制造可能达到的最小程度的焊后热处理。

## 4 总论

4.0.1 化工容器钢材(钢板、钢管、型材、锻件、紧固件、铸件)的性能、质量、规格和标志应符合现行国家标准、行业标准或有关技术条件的规定。

4.0.2 压力容器用钢材应符合《压力容器 第2部分 材料》GB/T 150.2的要求，钢材的使用应符合《固定式压力容器安全技术监察规程》TSG 21-2016的规定。

4.0.3 受压元件以及直接与受压元件焊接的非受压元件用钢材，应附有钢厂的钢材质量证明书，钢材质量证明书上应印制可以追溯的信息化标识。钢材质量证明书上应列有以下项目：

- 1 材料标准号、牌号；
- 2 材料生产单位名称（或厂标）及检验印鉴标志；
- 3 合同号；
- 4 需方名称；
- 5 炉（批）号；
- 6 规格；
- 7 标准规定的化学成分和化学成分的熔炼分析或成品分析结果；
- 8 钢材标准或技术条件保证的规定力学性能、工艺性能及其他性能要求和实测数据或合格

---

情况；

9 供货状态；

10 供货合同或协议规定的其他项目；

其他非受压元件用钢材也应具有钢材质量证明书(或复制件)。

4.0.4 如钢材质量证明书数据不全或未全部包括本标准第6章规定的技术要求，应由设备制造部门按钢材标准及本标准要求进行复验或补做，合格后方可投料应用。

4.0.5 除钢号和标准以外，设计单位应在图样或技术文件上注明钢材的级别及其他标志。必要时，图样及技术文件上还应注明以下对钢材的附加要求：

- 1 钢材标准中根据需方要求而予保证的项目；
- 2 钢材标准中由供需双方协议商定的项目；
- 3 其他附加要求。

4.0.6 对于未列入本标准的钢材标准(国家标准、行业标准)及牌号，同时满足下列条件时也可设计选用：

- 1 根据用途，经评定认为材料性能和技术要求与本标准所列钢材标准相当或更高，且能满足本标准相应的技术要求者；
- 2 压力容器用钢材应符合TSG 21-2016的相应规定。

4.0.7 对于采用未列入本标准的新钢种、按国外标准生产的钢材、施工时的钢材代用等应分别符合《固定式压力容器安全技术监察规程》TSG 21-2016、《压力容器 第2部分 材料》GB/T 150.2、和本标准相应条款的规定。球罐用标准抗拉强度下限值大于540MPa的钢板，如钢板制造单位无该钢板在压力容器中使用业绩，则钢板制造单位仍应按《固定式压力容器安全技术监察规程》TSG 21-2016、《压力容器 第2部分 材料》、《钢制球形储罐》GB/T12337和本标准相应条款的规定。其他超出本标准的情况应对其具体情况作具体分析，并辅以必要的试验或检验，按本标准4.0.6条的规定处理。

## 5 选材的原则

5.0.1 选择化工容器用钢材应考虑设备的操作条件(如设计压力、设计温度、流体速度、介质的特性)、材料的焊接性能、冷热加工性能、热处理以及容器的结构等。

5.0.2 选择化工容器用钢材应在满足5.0.1的前提下，考虑经济合理性。一般情况下，下列规定是经济合理的：

- 1 所需钢板厚度小于8mm时，在碳素钢与低合金钢之间，宜采用碳素钢板(多层容器用材除外)；
- 2 在刚度或结构设计为主的场合，宜选用碳素钢。在强度设计为主的场合，应根据压力、温度、介质等使用限制，非受压元件依次选用Q235A、Q235B、Q235C、Q245R、Q345R等钢板，受压元件依次选用Q235B、Q235C、Q245R、Q345R等钢板；

- 3 所需不锈钢钢板厚度大于12mm 时，宜采用衬里、复合、堆焊等结构形式；
- 4 设计温度小于等于500℃时，不宜选用不锈钢耐热钢；
- 5 设计温度小于等于350℃时，不宜选用珠光体耐热钢。
- 6 当珠光体耐热钢作耐热或抗氢用途时，应尽量减少、合并钢材的品种、规格。

5.0.3 本条所列的各类钢材选用原则是设计选材的指导准则，通常情况下应按下列条件选用：

- 1 碳素钢用于介质腐蚀性不强的常压、低压容器，壁厚不大的中压容器，锻件、承压钢管、非受压元件以及其他由刚性或结构因素决定壁厚的场合。
- 2 低合金钢用于介质腐蚀性不强、壁厚较大( $\geq 8\text{mm}$ )的压力容器。
- 3 珠光体耐热钢用作抗高温氢或硫化氢腐蚀，或设计温度350~575℃的压力容器用耐热钢。
- 4 不锈钢用于介质腐蚀性较强<sup>注</sup>环境、防铁离子污染或设计温度高于500℃或设计温度低于-70℃的耐热或低温用钢。

注：

晶间腐蚀环境下的奥氏体不锈钢制容器应考虑下述设计温度限制要求：

- 1) 低碳非稳定化奥氏体不锈钢 $\leq 300^\circ\text{C}$
- 2) 钼含量不大于3%的超低碳奥氏体不锈钢 $\leq 350^\circ\text{C}$
- 3) 钼含量大于3%的超低碳奥氏体不锈钢 $\leq 400^\circ\text{C}$
- 4) 低碳稳定化奥氏体不锈钢 $\leq 400^\circ\text{C}$
- 5) 不含钛、铌等稳定化元素，且含碳量大于0.03%的奥氏体不锈钢需经热成形、焊接等温度超过300℃的热加工时，不应使用于可能引起不锈钢晶间腐蚀的环境。

5.0.4 钢材除应符合有关钢材标准的要求外，还应符合本标准对钢材的技术要求及使用限制和范围的规定。

5.0.5 用作设备法兰、管法兰、管件、人手孔、液面计等化工设备标准零部件的钢材，应符合有关零部件的国家标准、行业标准对钢材的技术要求。

## 6 钢材的技术要求

### 6.1 通用的技术要求

6.1.1 压力容器及受压元件用钢材应采用电炉或氧气转炉冶炼，有特殊要求时可增加炉外精炼或真空处理。非受压元件用钢材可采用平炉、电炉或氧气转炉冶炼。

6.1.2 不锈钢用于可能引起晶间腐蚀的环境时，应按GB/T 4334进行晶间腐蚀倾向性试验。

1 可能引起不锈钢晶间腐蚀的环境必须是存在电解质的电化学腐蚀环境。下述介质在足够浓度和一定温度下的溶液属于具有对不锈钢产生晶间腐蚀能力的介质：

- 1) 无机酸——硝酸、硫酸、盐酸、磷酸、铬酸、亚硫酸、氢氟酸、氢溴酸、氢碘酸、氢氰酸、氯氰酸、氨基磺酸、次氯酸等；
- 2) 有机酸——工业乙酸、乙酸酐、甲酸、草酸、乳酸、乙二酸、丙二酸、苯二酸、环烷酸、水杨酸、脂肪酸、苹果酸、柠檬酸、马来酸、马来酐、富马酸等；
- 3) 盐类——硝酸铵、硝酸钙、硝酸银、硫酸铜、硫酸铁、硫酸钠、硫酸铝、硫酸氢钠、硫酸亚铁、亚硫酸铁、亚硫酸钙、氯化钠、氯化铁、氯化铬、次氯酸钠、氢氟酸钠等溶液；
- 4) 其他——氢氧化钠、硫化铁、硫化铝、硫化钠、湿二氧化硫、三氯化铁、尿素氨基甲酸铵溶液、亚硫酸纸浆、牛皮纸浆、亚硫酸蒸煮液、玉米淀粉浆（由盐酸或硫酸制）、石油原油、油田污水、海水、轻水堆高温水等。

2 符合下列情况下的不锈钢制容器可不要求进行晶间腐蚀倾向性试验：

- 1) 含铬量低于16%的S11306 (06Cr13)、S11348 (06Cr13Al) 等非耐酸的不锈钢制容器；
- 2) 被用作耐热钢、抗氧化不起皮钢、低温钢、无磁钢、防止物料产生铁离子污染而采用不锈钢等非耐蚀目的的不锈钢制容器；
- 3) 被用作抗氢钢，抗氢、氮、氨钢、抗氧化不起皮钢等干燥气相或固相场合的不锈钢制容器；
- 4) 盛装非电解质液相，产生化学腐蚀而不产生电化学腐蚀介质的不锈钢制容器。如一般纯净的醇类、醛类，酮类、醚类、苯类、烷类、汽油等非电解质液体；
- 5) 盛装化学纯乙酸、常温稀硝酸（小于50%）、不含硫酸的硫酸铵溶液、淡水、自来水、潮湿大气等介质的不锈钢制容器。
- 6) 有关验证试验或现场经验表明不会产生晶间腐蚀的环境。

3 不锈钢制容器晶间腐蚀试验方法的选择，受检试件状态，检验合格要求按《不锈钢压力容器晶间腐蚀敏感性检验》GB/T 21433 的相关规定。

6.1.3 当奥氏体不锈钢作为耐热钢时，其含碳量下限应大于等于0.04%，且规定钢材的晶粒度应为6级或更粗，可选用S30409 (07Cr19Ni10) 等高温奥氏体不锈钢或S30408 (06Cr19Ni10)/S30409 (07Cr19Ni10) 双牌号不锈钢。

6.1.4 高温高压氢腐蚀环境下用12Cr2Mo1R (2.25Cr-1Mo) 应采取以下措施防止回火脆化，含Cr量大于2.25%的Cr-Mo钢可参照执行：

#### 1 化学成分的控制

$$1) J \text{ 系数} = (\text{Si} + \text{Mn}) \times (\text{P} + \text{Sn}) \times 10^4 \leq 100$$

J 系数为钢材（母材）回火脆化敏感性系数。

式中元素以其质量百分含量代入，如0.15%以0.15代入。

另外，母材化学成分还应满足  $\text{Cu} \leq 0.20\%$ ， $\text{Ni} \leq 0.30\%$ （含V的Cr-Mo钢  $\text{Ni} \leq 0.25\%$ ）。

$$2) X \text{ 系数} = (10\text{P} + 5\text{Sb} + 4\text{Sn} + \text{As}) \times 10^{-2} \leq 15$$

X系数为焊缝金属回火脆化敏感性系数。

式中元素以ppm 含量代入，如质量分数0.01%以100ppm 代入。

另外，焊缝金属化学成分还应满足 $Cu \leq 0.20\%$ ， $Ni \leq 0.30\%$ 。

2 钢材（母材）和焊缝金属的冲击韧性应满足：

$$VTr55 + 2.5 \Delta VTr55 \leq 10^\circ C$$

式中：

VTr55——材料经最小模拟焊后热处理（用以模拟正火和回火热处理后所有制造过程热处理，包括482℃以上的中间热处理，和一次最终焊后热处理）后夏比V形缺口冲击试样的冲击吸收能量为55J 时的韧脆转变温度；

$\Delta VTr55$ ——材料经过最小模拟焊后热处理，并按图6.1.4所示步冷热处理后夏比V形缺口冲击试样的冲击吸收能量为55J 时韧脆转变温度的增量。

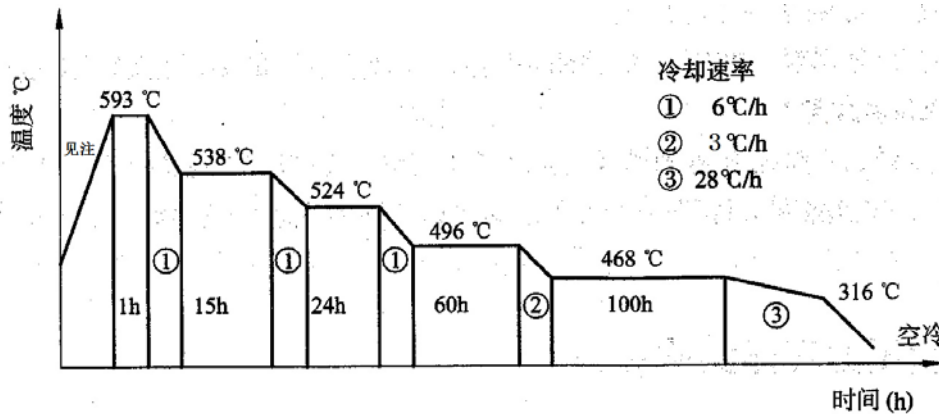


图6.1.4 步冷热处理曲线图

注：从常温升温到316℃时，升温速率没有要求；从316℃升到593℃时，加热速率应小于等于56℃/h。

### 3 力学性能

力学性能首先应满足相应的材料标准要求，另外还应按表6.1.4增加最小模拟焊后热处理和最大模拟焊后热处理状态下的力学性能试验。

表 6.1.4 模拟焊后热处理状态下力学性能试验

钢材	母材和焊接工艺评定拉伸试验	母材、焊材和焊接工艺评定冲击试验	焊材和焊接工艺评定步冷试验
Cr含量大于2.25%的Cr-Mo钢	最小模拟焊后热处理和最大模拟焊后热处理	最小模拟焊后热处理	最小模拟焊后热处理

6.1.5 温度低于441℃的高压氢腐蚀环境用14Cr1MoR（1.25Cr-0.5Mo）和15CrMoR（1Cr-0.5Mo）应符合下列要求：

1 应采用细晶粒钢，晶粒度应按GB/T 6394的规定进行测定，应具有6级或更细的晶粒度。

---

2  $X \text{ 系数} = (10P + 5Sb + 4Sn + As) \times 10^{-2} \leq 15$

母材和焊缝金属化学成分均应满足以上X系数要求。

式中元素以ppm 含量代入，如质量分数0.01%以100ppm 代入。

另外，母材化学成分还应满足 $C \leq 0.15\%$ ， $P \leq 0.007\%$ ， $S \leq 0.007\%$ ， $Cu \leq 0.20\%$ ， $Ni \leq 0.30\%$ ；  
焊缝金属化学成分还应满足 $C \leq 0.15\%$ ， $Cu \leq 0.20\%$ ， $Ni \leq 0.30\%$ 。

6.1.6 温度高于440℃的高温环境用14Cr1MoR (1.25Cr-0.5Mo) 和15CrMoR (1Cr-0.5Mo) 应符合下列要求，防止产生再热裂纹和蠕变脆化：

1 母材  $X \text{ 系数} = (10P + 5Sb + 4Sn + As) \times 10^{-2} \leq 15$

式中元素以ppm 含量代入，如质量分数0.01%以100ppm 代入。

另外，母材化学成分还应满足 $C \leq 0.15\%$ ， $P \leq 0.012\%$ ， $S \leq 0.007\%$ ， $Cu \leq 0.20\%$ ， $Ni \leq 0.30\%$ ，  
 $Nb \leq 0.004\%$ ， $V \leq 0.025\%$ ， $Ti \leq 0.02\%$ 。

2 焊缝金属  $X \text{ 系数} = (10P + 5Sb + 4Sn + As) \times 10^{-2} \leq 12$

式中元素以ppm 含量代入，如质量分数0.01%以100ppm 代入。

另外，焊缝金属化学成分还应满足 $C \leq 0.15\%$ ， $Cu \leq 0.20\%$ ， $Ni \leq 0.30\%$ 。

## 6.2 钢板

### 6.2.1 无损检测

1 压力容器主要受压元件用钢板，凡符合下列条件之一者，应按《承压设备无损检测》NB/T 47013.3逐张进行超声检测：

- 1) 厚度大于30mm 的 Q245R、Q345R及强度级别、化学成分相近且强度级别不高于Q345R的其他低碳钢、碳锰钢钢板；
- 2) 厚度大于25mm的其他低合金钢钢板，厚度大于20mm 的低温压力容器用低合金钢钢板；
- 3) 设计压力大于等于10.0MPa 的多层容器内筒钢板及单层高压容器用钢板(奥氏体钢钢板除外)，或调质状态供货的钢板；
- 4) 盛装介质的毒性为极度或高度危害，或用于 I 类和 II 类湿硫化氢腐蚀环境的碳素钢和低合金钢钢板。

2 钢板的超声检测合格级别为：

- 1) 钢板若符合本条第1款第1项和第2项： II 级为合格；
- 2) 钢板若符合本条第1款第3项和第4项： I 级为合格。

3 不锈钢-钢、镍-钢、钛-钢、和铜-钢复合板的基材，除按以上第1条、第2条执行外，若符合下列条件之一者，应按《承压设备无损检测》NB/T 47013.3进行超声检测，符合 II 级要求为合格。



- 1) 带内件塔式容器的主要受压元件;
- 2) 设计压力大于等于1.6MPa 的压力容器主要受压元件;
- 3) 热交换器管板。

4 不锈钢-钢、镍-钢、钛-钢、和铜-钢复合板, 凡符合下列条件之一者, 应按 《承压设备无损检测》NB/T 47013.3进行超声检测, 其结合状态符合 I 级要求为合格。

- 1) 存在真空设计工况的压力容器主要受压元件;
- 2) 带内件塔式容器的主要受压元件;
- 3) 热交换器管板;
- 4) 热成形封头;
- 5) 设计压力大于等于10MPa的高压容器主要受压元件。

其他压力容器主要受压元件用复合板结合状态应按 《承压设备无损检测》NB/T 47013.3进行超声检测, 符合 II 级要求为合格。

5 不锈钢-钢复合板制设备经焊后热处理或高于600℃的热加工后, 应按《承压设备无损检测》NB/T 47013.3进行超声检测, 符合 II 级要求为合格。

6 不在本条第3款和第4款范围内的壳体、封头用复合板应沿200mm 间距的格子线、板边的50mm 区域以及预定开孔边缘外侧的25mm 区域内进行检测。

## 6.2.2 使用状态:

### 1 碳素钢和低合金钢

- 1) 用于壳体时, 厚度大于36mm的Q245R、Q345R钢板应在正火状态下使用;
- 2) 有-20℃冲击试验要求的厚度超过20mm的Q245R、Q345R钢板应在正火状态下使用;
- 3) 用于壳体外其它受压元件时, 厚度大于50mm 的 Q245R、Q345R钢板应在正火状态下使用;
- 4) 任意厚度的Q370R钢板应在正火状态下使用;
- 5) 受压元件的正火必要时要与其原材料的正火分别进行, 除非其最终热成形温度处于正火温度范围内, 否则不应将元件的热成形与原材料的正火合并进行。不应将压力容器产品的热处理与原材料的正火合并进行。

### 2 珠光体耐热钢

珠光体耐热钢钢板应在正火+回火状态下使用。经热加工的珠光体耐热钢钢板应根据热加工工艺评定情况, 考虑是否需重新热处理。

### 3 奥氏体不锈钢

奥氏体不锈钢应在固溶+酸洗或类似处理状态下使用, 有需要时还可以在固溶处理后进行稳定化处理。经600℃以上热加工的奥氏体不锈钢钢板, 当使用于晶间腐蚀环境时, 应重新进行固溶处理或稳定化处理。

#### 4 复合钢板

不锈钢-钢、钛-钢、镍-钢和铜-钢复合板应在热处理后供货。

#### 5 低合金高强度钢钢板

同时符合下列各项的压力容器壳体用低合金高强度钢钢板,应检验钢板最大模拟焊后热处理和最小模拟焊后热处理状态下的力学性能,且满足设计要求:

- 1) 设计压力大于或等于4.0MPa;
- 2) 板厚大于或等于 40mm;
- 3) 焊后进行消除应力热处理。

#### 6 球罐用高强钢钢板

球罐用高强钢钢板应在调质(淬火+回火)状态下使用,且回火温度不得低于600℃。并应检验钢板最大模拟焊后热处理状态和最小模拟焊后热处理状态的力学性能,满足设计要求。

### 6.3 钢管

6.3.1 受压元件用钢管可采用无缝或焊接工艺生产,应尽量选用无缝钢管。采用直缝电焊、直缝埋弧焊和螺旋埋弧焊焊接等工艺生产的焊接钢管用于受压元件时,应符合本标准7.4.3的相应要求。

6.3.2 化工容器的接管采用的钢管最小壁厚规格如表6.3.2所示。设计中应尽量采用表6.3.2钢管规格,本表中碳素钢和低合金钢的最小厚度包含3mm的腐蚀裕量,如需考虑较高压力或较大的腐蚀裕量时,可选用更高壁厚等级的钢管规格。

**表 6.3.2 最小接管壁厚** mm

公称直径 DN	接管外径		最小壁厚	
	国际通用系列 (英制管)	国内沿用系列 (公制管)	碳素钢和低合金钢	不锈钢
10	17.2	14	3.2	2.3
15	21.3	18	3.6	2.9
20	26.9	25	4.0	2.9
25	33.7	32	4.5	3.2
32	42.4	38	5.0	3.6
40	48.3	45	5.0	3.6

50	60.3	57	5.6	4.0
65	76.1	76	5.0	5.0
80	88.9	89	5.6	5.6
100	114.3	108	6.3	6.3
125	139.7	133	6.3	6.3
150	168.3	159	7.1	7.1
200	219.1	219	8.0	8.0
250	273.0	273	8.8	8.8
300	323.9	325	10.0	10.0
350	355.6	377	11.0	10.0
400	406.4	426	12.5	10.0
450	457.0	480	12.5	10.0
500	508.0	530	12.5	10.0
600	610.0	630	14.2	10.0

6.3.3 热交换器用冷拔无缝钢管常用规格如表6.3.3所示，设计中应尽量采用常用的钢管规格。

表 6.3.3 常用换热管规格 mm

	1.2	1.5	2	2.5	3	3.5	4
14	√	√	√	√	√		
19	√	√	√	√	√		
25	√	√	√	√	√		
32	√	√	√	√	√	√	√
38	√	√	√	√	√	√	√
45		√	√	√	√	√	√

51		√	√	√	√	√	√
57		√	√	√	√	√	√

6.3.4 换热管的直管段推荐定尺长度为：1000，1500，2000，2500，3000，4500，6000，7500，9000，12000毫米。

6.3.5 钢管在制造过程中需要承受胀管或翻边加工者，应符合相应钢管标准中对扩口或卷边的附加保证要求。

6.3.6 设计压力大于等于10.0MPa的铁素体钢钢管应采用符合《高压化肥设备用无缝钢管》GB/T 6479要求的钢管，并进行常温下夏比V形缺口冲击韧性试验，3个标准试样的冲击吸收能量平均值应不小于40J，单个标准试样冲击吸收能量最低值应不小于28J。

6.3.7 设计压力大于等于10.0MPa 的钢管应逐根全长按《无缝钢管超声波探伤检验方法》GB/T 5777 的要求进行超声波探伤检验，冷轧（拔）钢管对比试样的人工缺陷级别不得低于L2级，热轧（挤压）钢管对比试样的人工缺陷级别不得低于L2.5级。

6.3.8 承压钢管应保证符合水压试验要求。允许按《无缝钢管超声波探伤检验方法》GB/T 5777 的L4级要求进行超声波检测代替水压试验。允许按《无缝和焊接（埋弧焊除外）铁磁性钢管纵向和/或横向缺欠的全圆周自动漏磁检测》GB/T 12606的F4级要求进行漏磁检测代替水压试验。允许按《无缝和焊接（埋弧焊除外）钢管缺欠的自动涡流检测》GB/T 7735 的E4H和E4级要求进行涡流探伤代替水压试验。

#### 6.3.9 用作压力容器壳体的无缝钢管

1 采用钢管作为压力容器壳体时，设备制造部门应按表6.3.9要求复验力学性能，并符合相应钢管标准的要求。奥氏体不锈钢钢管可免作冲击韧性试验。

**表 6.3.9 压力容器壳体用钢管复验要求**

设计压力 p(MPa)	拉力试验	常温冲击试验	金相检验
$0.1 \leq p < 1.6$	每批取 2 根	—	—
$1.6 \leq p < 4.0$	每批取 2 根	每批取 2 根,每根取一组	—
$4.0 \leq p < 10.0$	每批 10%,但不少于 2 根	每批取 10%,但不少于 2 根,每根取一组	—
$p \geq 10.0$	逐根	逐根,每根取一组	每批取 2 根

注：当钢管根数小于等于 2 根时，改为每批 1 根或逐根。

2 用作 II、III类容器壳体的钢管，设备制造厂应逐根按设备液压试验压力进行液压试验。I 类容器壳体用钢管，如钢厂已作液压试验者，可不再复试。

## 6.4 锻 件

6.4.1 压力容器用锻件应符合《承压设备用碳素钢和合金钢锻件》NB/T47008和《承压设备用不锈钢和耐热钢锻件》NB/T47010的要求。非受压元件用锻件应符合《锤上自由锻件通用技术条件》JB/T 4385.1的要求。

6.4.2 锻件的尺寸和重量符合下列条件之一者为中小型锻件，超过下列条件者为大型锻件：

- 1 法兰尺寸不大于PN2.5MPa、DN600 的法兰或相当于该尺寸的其他环形锻件；
- 2 锻件重量不大于800kg 的饼状、筒型和异型锻件(如三通、阀体等)；
- 3 直径不大于200mm 且重量不大于1500kg 的条形或轴类锻件。

6.4.3 压力容器用锻件应根据其使用条件及尺寸、重量大小，选用相应的锻件级别。

- 1 设计压力小于10.0MPa 的法兰以及几何尺寸类似的锻件应符合Ⅱ级或Ⅱ级以上要求；
- 2 设计压力大于等于1.6MPa的非低温容器用锻件应符合Ⅱ级或Ⅱ级以上要求；
- 3 设计压力大于等于10.0MPa的中小型锻件应符合Ⅲ级要求，大型锻件应符合Ⅲ级或Ⅳ级要求；
- 4 使用介质的毒性为极度或高度危害性的锻件应符合Ⅲ级或Ⅳ级要求；
- 5 公称厚度大于300mm的锻件应符合Ⅲ级或Ⅳ级要求；
- 6 采用分析设计标准设计的设备用锻件应符合Ⅲ级或Ⅳ级要求；
- 7 用作压力容器筒节、封头和平盖的筒形、环形和碗形锻件应符合Ⅲ级或Ⅳ级要求；
- 8 公称直径大于等于1200mm的热交换器管板锻件应符合Ⅲ级或Ⅳ级要求。

6.4.4 非受压元件用中小型锻件应符合《锤上自由锻件通用技术条件》JB/T 4385.1的Ⅱ级或Ⅱ级以上要求，大型锻件应符合JB/T4385.1 的Ⅳ级或Ⅳ级以上要求。

## 6.5 铸 钢 件

6.5.1 化工容器用铸钢件应符合《通用耐蚀钢铸件》GB/T 2100、《焊接结构用铸钢件》GB/T 7659、《一般用途耐热钢和合金铸件》GB/T 8492、《一般工程用铸造碳钢件》GB/T 11352、《压力容器用碳钢铸件技术条件》HG/T 2741标准的规定。

6.5.2 铸钢件应当是采用电炉或氧气转炉冶炼的镇静钢，其化学成分(熔炼分析)中的 $P \leq 0.035\%$ 、 $S \leq 0.035\%$ ；可焊铸钢件化学成分中的 $C \leq 0.25\%$ 、 $P \leq 0.025\%$ 、 $S \leq 0.025\%$ ；耐蚀钢铸件还应采用炉外精炼工艺或电渣重熔，其化学成分中的 $P \leq 0.035\%$ 、 $S \leq 0.020\%$ 。

6.5.3 铸钢件应以热处理状态使用。奥氏体钢铸件应在固溶状态下使用。

6.5.4 铸钢件化学成分应按熔炼炉炉次逐炉进行检验。铸钢件应以同一熔炼炉次、同一热处理炉号为一批，每批取1个拉伸试样和3个冲击试样。

6.5.5 单件重量大于1000kg且壁厚大于100mm的铸钢件应逐件进行化学成分和力学性能试验。

6.5.6 铸件主要承载处壁厚小于等于100mm者，可采用相应铸件标准中规定的标准单铸试块；壁厚大于100mm者，应采用相应部位的本体附铸试块或模拟铸件壁厚情况的单铸试块进行力学性能

试验。单铸试块应与所代表的铸钢件同炉进行热处理。

6.5.7 化工容器受压元件用铸钢件，其室温下标准抗拉强度下限值应小于540MPa、断后延伸率应大于等于17%，设计温度下的夏比V形缺口冲击韧性试验的冲击吸收能量应大于等于27J。

6.5.8 单件重量大于300kg 的承压法兰类铸钢件应按《铸钢件射线照相检测》GB/T 5677 进行射线检测，且不低于3级要求。

6.5.9 空心的承压铸钢件应在热处理后，逐件进行液压试验。液压试验压力应不低于设计压力的1.5倍。

6.5.10 承压铸钢件的安全系数取值按一般锻轧钢材的规定，但还应考虑铸造质量系数  $\phi$ 。一般情况下  $\phi \leq 0.80$ 。当符合下列条件之一时，可采用  $\phi \leq 0.90$  的铸造质量系数。

- 1 逐件对铸件受力较大部位、截面急剧变化部位及接合处、冒口等部位按《铸钢件射线照相检测》GB/T 5677 进行射线检测，且不低于3级要求。
- 2 逐件对铸件表面按《铸钢件磁粉检测》GB/T9444 或《铸钢件渗透检测》GB/T 9443进行磁粉或渗透检测，不得存在任何裂纹(含热裂纹)；其他线性缺陷应符合表6.5.10要求；圆形缺陷应符合2级要求；在缺陷密集区域面积为25cm<sup>2</sup>(矩形的一边长度最长为15cm)的矩形内，分散性缺陷应符合3级要求。
- 3 首批制成的5个铸件中抽取3个，其后的产品中每5个抽取1个按本条第1款和第2款的要求进行检查，且符合表6.5.10要求。

**表 6.5.10 铸钢件线性缺陷合格等级**

检测部位厚度 t(mm)	线性缺陷合格等级	磁痕长度(mm)
t ≤ 20	2 级	≤ 4
20 < t ≤ 60	3 级	≤ 8
t > 60	4 级	≤ 16

6.5.11 需进行焊接或焊补加工的承压铸钢件应单独按《承压设备焊接工艺评定》NB/T47014的要求进行焊接工艺评定，不得套用相似化学成分的锻轧钢材的焊接工艺评定报告。

6.5.12 铸钢件的屈服强度应按表 6.5.12 选取。

**表 6.5.12 铸钢的屈服强度**

**MPa**

标准编号	牌号	≤20℃	100℃	150℃	200℃	250℃	300℃	350℃	400℃
GB/T11352	ZG200—400	200	180	175	170	160	150	145	140
HG/T 2741	ZG205—415R								
GB/T7659	ZG200—400H								

GB/T11352	ZG230—450	230	210	205	200	190	175	165	155
GB/T7659	ZG230—450H								
GB/T7659	ZG270—480H	270	250	245	237	227	209	200	192
HG/T 2741	ZG275—485R								
GB/T2100	ZG03Cr19Ni10	185	161	147	137	128	121	117	113
	ZG03Cr19Ni11Mo2	195	166	152	142	132	126	120	114
	ZG07Cr19Ni10	175	149	129	117	110	103	101	98.7

## 6.6 紧固件用钢材

6.6.1 受压元件使用商品级紧固件应符合下列要求：

- 1 公称压力小于等于PN16（欧洲体系）/Class150（美洲体系）；
- 2 非剧烈循环；
- 3 配用非金属软垫片；
- 4 介质为非易燃、易爆及毒性危害程度非中度、非高度、非极度的场合。

6.6.2 受压元件用商品级紧固件应符合下列规定：

- 1 螺栓、双头螺柱的力学性能等级应符合《紧固件机械性能 螺栓、螺钉和螺柱》GB/T 3098.1 的 4.6 级到 8.8 级要求；螺母的力学性能等级应符合《紧固件机械性能 螺母》GB/T 3098.2 的 5 级到 8 级要求；奥氏体不锈钢紧固件牌号 S30408（06Cr19Ni10）应符合《紧固件机械性能 不锈钢螺栓、螺钉和螺柱》GB/T 3098.6 的 A2 要求，牌号 S31608（06Cr17Ni12Mo2）应符合《紧固件机械性能 不锈钢螺栓、螺钉和螺柱》GB/T 3098.6 的 A4 要求。

各种性能等级的力学性能保证值详见附录 A “商品紧固件力学性能”。

- 2 商品级紧固件的产品公差分 A、B、C 三个等级。各种产品等级紧固件的使用限制如表 6.6.2 所示。

表 6.6.2 各种等级商品紧固件的使用限制范围

紧固件产品 公差等级	螺栓、螺钉、螺 柱力学性能等级	规格	使用压力 (MPa)	使用温度 (°C)	配用螺母力学 性能等级
C	4.6	≤M39	≤0.6	>-20~+300	5
A 或 B	8.8	≤M39	≤4.0	>-20~+300	10、12

A 或 B	A2、A4	≤M39	不限	不限	A2、A4
-------	-------	------	----	----	-------

6.6.3 受压元件常用商品级紧固件标准如表6.6.3所示。

**表 6.6.3 商品紧固件标准**

标准编号	标准名称(产品等级)	力学性能等级	商品规格范围
GB/T 5780	六角头螺栓 C 级	4.6	M5~M64
GB/T 5781	六角头螺栓 全螺纹 C 级	4.6	M5~M64
GB/T 5782	六角头螺栓(A 和 B 级)	5.6、8.8、A2	M1.6~M64
GB/T 5783	六角头螺栓全螺纹(A 和 B 级)	5.6、8.8、A2	M1.6~M64
GB/T 5784	六角头螺栓 细杆 B 级	5.8、8.8、A2	M3~M20
GB/T 6170	1 型六角螺母(A 和 B 级)	6、8、A2	M1.6~M64
GB/T 41	1 型六角螺母 C 级	5	M5~M64
GB/T 6175	2 型六角螺母(A 和 B 级)	10	M5~M36

6.6.4 力学性能等级为4.6级和8.8级的商品级紧固件，高温屈服强度值如表6.6.4所示。

**表 6.6.4 高温屈服强度 MPa**

力学性能等级	≤50℃	100℃	200℃	250℃	300℃
4.6	240	210	190	170	140
8.8	640	590	540	510	480

6.6.5 不锈钢商品紧固件的高温力学性能按《压力容器 第2部分 材料》GB/T 150.2 的S30408和S31608等螺栓性能选取。

6.6.6 螺栓或螺柱的许用应力可按表6.6.4 所列的屈服强度值，除以表6.6.6所对应的安全系数而得。

**表 6.6.6 紧固件的屈服强度安全系数**

力学性能等级	<M24	≥M24~M48	≥M52
4.6	2.7	2.5	/
8.8	3.5	3.0	2.7



A2-50、A2-70、A4-50、A4-70	1.6	1.5	/
-------------------------	-----	-----	---

注：<M24 的 A2-70 的许用应力不低于 A2-50 的数值。

6.6.7 受压元件不得使用镀锌、镀镉的螺栓、螺柱。

6.6.8 采用钢棒自行加工的紧固件：

1 压力容器用碳素钢螺柱毛坯应进行正火处理，低合金钢螺柱用毛坯应进行调质处理，奥氏体不锈钢螺柱用毛坯应进行固溶处理。热处理后，在钢棒上沿轧制方向切取力学性能试验用试样（拉伸和冲击），试样切取的位置为：

- 1) 直径小于等于 40mm 者，应在中心切取；
- 2) 直径大于 40mm 者，应在直径的1/4 处切取（试样轴线与一个轧制面的距离）。

2 经热处理后钢棒的力学性能应符合《压力容器 第2部分 材料》GB/T 150.2 的规定。

3 设计压力大于等于10.0MPa 的高压紧固件用直径大于50mm 的锻轧钢棒应按《承压设备无损检测》NB/T 47013.3进行超声检测，III级合格。

4 高压紧固件应在热处理和机械加工后，按《承压设备无损检测》NB/T 47013.4进行磁粉检测，不得存在任何裂纹、1.5mm 的非轴向线性缺陷以及大于4mm 的圆形缺陷。

5 压力容器用公称直径大于M36的螺柱应按《承压设备无损检测》NB/T 47013.4进行100%磁粉检测，I级合格，不得有横向裂纹。

## 7 钢材的使用限制和范围

### 7.1 化学成分

7.1.1 焊接的受压元件用碳素钢、低合金钢、珠光体耐热钢和铸钢的含碳量、含磷量、含硫量（熔炼分析）应符合《固定式压力容器安全技术监察规程》TSG 21-2016和《压力容器 第2部分 材料》GB/T 150.2的规定。

7.1.2 非受压元件用钢，当与受压元件相焊时，也应是焊接性能良好并与相焊材料性能基本一致的钢材。

### 7.2 非锅炉和压力容器用钢板在压力容器中的使用

7.2.1 Q235B 的使用限制如下：

- 1 设计压力小于1.6MPa；
- 2 使用温度20℃~300℃；
- 3 用于壳体时，钢板厚度小于等于16mm，用于其它受压元件的钢板厚度小于等于30mm；
- 4 材料质量证明书中含磷量、含硫量应符合 $P \leq 0.035\%$ 、 $S \leq 0.035\%$ 的要求；

---

5 不得用于毒性程度为极度或高度危害介质的容器。

7.2.2 Q235C 的使用限制如下：

- 1 设计压力小于等于1.6MPa；
- 2 使用温度0℃~300℃；
- 3 用于壳体时，钢板厚度小于等于16mm，用于其它受压元件的钢板厚度小于等于40mm。
- 4 材料质量证明书中含磷量、含硫量应符合 $P \leq 0.035\%$ 、 $S \leq 0.035\%$ 的要求；
- 5 不得用于毒性程度为极度或高度危害介质的容器。

### 7.3 常压容器及非受压元件用Q235和Q345钢

7.3.1 根据部件的使用温度下限( $K_1$ )、重要性( $K_2$ )以及应力水平大小( $K_3$ )分别选取相应的系数 $K_1$ 、 $K_2$ 、 $K_3$ 。

1 使用温度系数 $K_1$ 。

- 1) 高于0℃  $K_1=1$ ；
- 2) 高于或等于-20℃且低于或等于0℃， $K_1=2$ ；
- 3) 低于-20℃， $K_1=3$ 。

2 部件重要性系数 $K_2$ 。

- 1) 如有损坏，对设备仅局部有影响， $K_2=1$ ；
- 2) 如有损坏，对设备整体有影响， $K_2=2$ 。

3 应力水平系数 $K_3$ 。

- 1) 应力水平低，不作计算， $K_3=1$ ；
- 2) 应力水平较高(不大于许用应力的2/3)， $K_3=2$ ；
- 3) 应力水平高(大于许用应力的2/3)， $K_3=3$ 。

4 取 $K=K_1+K_2+K_3$ 。

7.3.2 根据 $K$ 值及板厚，按表7-1选用相应的钢材质量要求。

表 7.3.3 结构钢材选用表

系数 (K)	板 厚 (mm)									
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
7										
6										
5										
4										
3										

注： A 区：沸腾钢，如Q235A·F；

B 区：镇静钢，如 Q235A、Q345A；

C 区：镇静钢(保证常温冲击吸收能量)，如Q235B、Q345B； /

D 区：镇静钢(保证低温冲击吸收能量)，如Q235C、Q235D、Q345C、Q345D。

7.3.3 要求保证常温冲击吸收能量时，应纵向取样，夏比V形缺口，一组3个标准试样的冲击吸收能量平均值Q235B不低于27J，Q345B不低于34J为合格。

7.3.4 要求保证低温冲击吸收能量时，应在最低设计温度下进行低温冲击试验。应纵向取样，夏比V形缺口，一组3个标准试样的冲击吸收能量平均值为： Q235C（最低0℃）、Q235D（最低-20℃）不低于27J， Q345C（最低0℃）、Q345D（最低-20℃）不低于34J为合格。

7.3.5 Q235和Q345结构钢材均不得用于毒性程度为极度、高度危害介质的容器。

## 7.4 钢管

7.4.1 按《输送流体用无缝钢管》GB/T 8163生产的碳素钢和低合金钢钢管只能用于设计压力小于等于4.0MPa的受压元件；《低中压锅炉用无缝钢管》GB/T 3087、《石油裂化用无缝钢管》GB/T 9948生产的碳素钢及低合金钢钢管只能用于设计压力小于10.0MPa 的受压元件。

7.4.2 设计压力大于等于10.0MPa 受压元件用钢管，应采用符合《高压化肥设备用无缝钢管》GB/T 6479 或《高压锅炉用无缝钢管》GB/T 5310、《流体输送用不锈钢无缝钢管》GB/T 14976要求的无缝钢管。

7.4.3 按《低压流体输送用焊接钢管》GB/T 3091 生产的水、煤气输送用焊接钢管只能用于常压容器，但用作工业用水及煤气输送等用途者，可用于设计压力小于等于1.0MPa的场合。

7.4.4 按《奥氏体不锈钢焊接钢管》HG/T 20537.1~20537.3 生产的奥氏体不锈钢焊接钢管，其使用范围应符合该标准的相应规定。

7.4.5 按《流体输送用不锈钢焊接钢管》GB/T 12771生产的奥氏体不锈钢焊接钢管，其使用限制

如下：

- 1 V类和VI类钢管不得用于压力容器；
- 2 I~IV类钢管不得用于热交换器换热管；
- 3 I~IV类钢管不得用于存在晶间腐蚀倾向的容器；
- 4 III类、IV类钢管不得用于毒性程度为极度、高度危害介质的容器。
- 5 III类、IV类钢管不得用于设计压力大于或等于10.0MPa的容器。

7.4.6 按《奥氏体-铁素体型双相不锈钢焊接钢管》GB/T 21832生产的奥氏体-铁素体型双相不锈钢焊接钢管，其使用限制如下：

- 1 允许I、II类焊接钢管用于压力容器，但不得用于热交换器换热管；
- 2 VI类焊接钢管仅用于热交换器换热管，图样上应注明钢管类别（VI类），钢管的外径允许偏差应按较高级精度交货。适用的设计压力应小于10MPa，且应逐根按《无缝和焊接（埋弧焊除外）钢管缺欠的自动涡流检测》GB/T 7735进行涡流检测，B级合格；
- 3 使用温度范围为-20℃~300℃；
- 4 不得用于毒性程度为极度、高度危害介质的容器。

7.4.7 按《奥氏体-铁素体型双相不锈钢焊接钢管》GB/T 21833生产的奥氏体-铁素体型双相不锈钢无缝钢管，其使用温度范围为-20℃~300℃。

## 7.5 不锈钢-钢、镍-钢、钛-钢和铜-钢复合板的使用温度范围

复合板基材和覆材的使用温度范围应同时符合《固定式压力容器安全技术监察规程》TSG 21-2016和《压力容器 第2部分 材料》GB/T150.2 规定的要求。

## 7.6 奥氏体-铁素体型双相不锈钢的使用温度范围与耐蚀性

### 7.6.1 奥氏体-铁素体型双相不锈钢的使用温度范围

受压元件用奥氏体-铁素体型双相不锈钢材料使用温度范围应符合《压力容器》GB/T150.1~150.4的规定。

### 7.6.2 耐点蚀当量数

- 1 耐点蚀当量数（PRE）与不锈钢耐局部腐蚀能力成正比。
- 2 耐点蚀当量数（PRE）按下式计算。

$$PRE = [Cr \%] + 3.3[Mo \%] + 16[N \%] , \text{ wt\%}$$

3 用于腐蚀介质环境时，部分奥氏体不锈钢、奥氏体-铁素体型双相不锈钢耐点蚀当量数参考值见表7.6.2

表7.6.2 耐点蚀当量数

不锈钢				耐点蚀当量数 (PRE)
	GB/T 20878-2007 中序号	中国统一数字代号	GB/T 20878-2007 中 牌号	
奥氏体 不锈钢	17	S30408	06Cr19Ni10	18
	39	S31603	022Cr17Ni12Mo2	24
	48	S31782	015Cr21Ni26Mo5Cu2	33
奥氏体 铁素体 双相 不锈钢	68	S21953	022Cr19Ni5Mo3Si2N	29
	72	S23043	022Cr23Ni4MoCuN	24
	71	S22053	022Cr23Ni5Mo3N	35
	76	S25073	022Cr25Ni7Mo4N	40

7.7 紧固件的使用温度范围及限制

7.7.1 紧固件的使用温度范围及其他限制应符合表7.7.1规定。螺栓的硬度应比螺母稍高。

表 7.7.1 紧固件的使用温度范围

钢号	钢材标准	使用温度范围(°C)	其他限制
20, 35, 40 40MnB,40MnVB 40Cr	GB/T 699 GB/T 3077	≤350	适用于 $p \leq 10.0\text{MPa}$ 容器。密封要求高时, 使用温度宜小于等于 200°C
30CrMoA 35CrMoA 35CrMoVA 40CrNiMoA	GB/T 3077	-70~500	适用于 $p \geq 2.5\text{MPa}$ 容器及密封要求高时, 使用温度宜小于等于 400°C
25Cr2MoVA	GB/T 3077	-20~550	适用于 $p \geq 2.5\text{MPa}$ 容器及密封要求高时.使用温度宜小于等于 510°C
S45110 (1Cr5Mo)	GB/T 1221	≤ 600	适用于高温密封

S30408 (06Cr19Ni10)	GB/T 1220	-253~700	冷作硬化状态的使用温度上限为小于等于 100℃
S31608 (06Cr17Ni12Mo2)	GB/T 1220	-253~700	
S31008	GB/T 1220	-253~800	适用于高温密封
S32168	GB/T 1220	-253~700	适用于高温密封

## 7.8 使用介质的限制

### 7.8.1 NaOH 溶液

- 1 NaOH溶液温度超过46℃到沸点时，碳素钢及低合金钢焊制化工容器易发生碱应力腐蚀开裂。在NaOH溶液腐蚀环境下的压力容器选材可按图7.8.1。

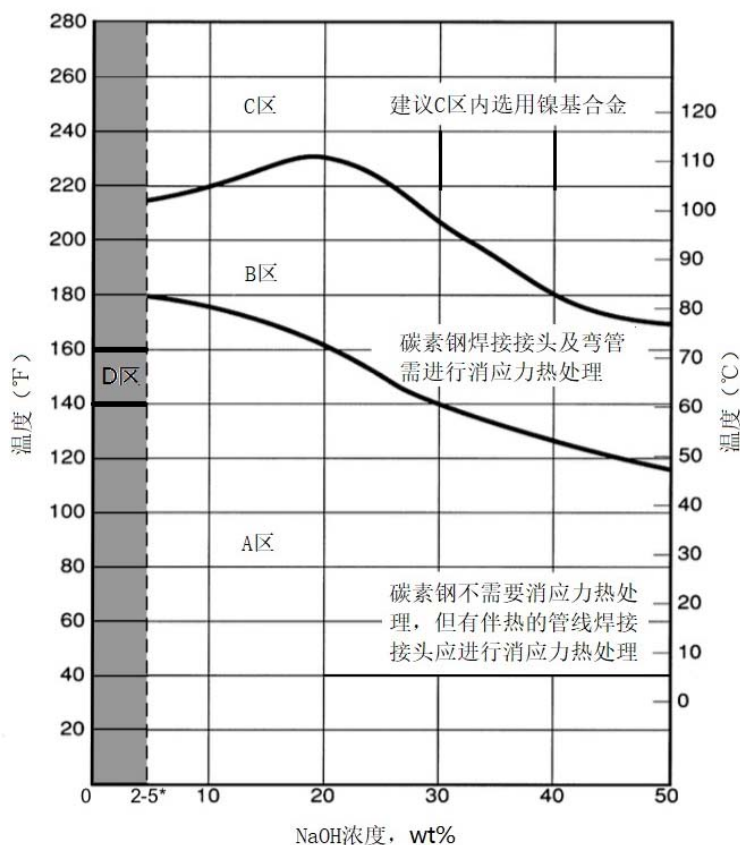


图7.8.1 钢材在NaOH溶液中的使用限制

- 2 碳素钢及低合金钢焊制化工容器的设计温度和NaOH溶液浓度（质量分数）位于图7.8.1的A区时，不需要进行消除应力热处理，但伴热管线的焊接接头应进行消除应力热处理；位于图7.8.1的B区时，碳素钢和低合金钢焊接接头及弯管应进行消除应力热处理；位于图7.8.1的C区时则应选用镍合金；位于图7.8.1的D区时，不论温度为多少，碳素钢和低合金钢焊接接头均不需要进行消除应力热处理。

3 盛装NaOH溶液介质的碳钢及低合金钢焊制化工容器壳体用钢板的腐蚀裕量不应小于3mm。

4 盛装 KOH 溶液介质的碳钢及低合金钢焊制化工容器应参照本条第2款的规定。

### 7.8.2 湿H<sub>2</sub>S应力腐蚀环境

#### 1 I类湿H<sub>2</sub>S腐蚀环境

1) 当容器接触的介质中含有游离水，且硫化氢浓度大于50ppmw 时，被称为湿硫化氢环境。当化工容器接触的介质同时符合下列各项条件时，即为 I 类湿H<sub>2</sub>S 应力腐蚀环境：

- a) 温度为室温到150℃之间；
- b) 液相中H<sub>2</sub>S浓度为>50ppmw；
- c) 气相中H<sub>2</sub>S 分压大于等于0.3KPa；
- d) 液相中硫化物的浓度小于2000ppmw，且PH<4；或液相中硫化物的浓度小于2000ppmw，PH>7.6，且氰化物(HCN) <20ppmw；或液相中NH<sub>4</sub>HS质量分数大于2%。

#### 2) 材料要求及限制

在 I 类湿H<sub>2</sub>S应力腐蚀环境中使用的碳素钢及低合金钢应符合下列要求：

- a) 材料标准规定的下屈服强度  $R_{eL} \leq 355\text{MPa}$ ；
- b) 材料实测的抗拉强度  $R_m \leq 630\text{MPa}$ ；
- c) 材料使用状态应为正火或正火+回火、退火；
- d) 碳素钢和碳锰钢的碳当量限制(当碳当量限制超标时，应加大硬度限制的监测频率)；

厚度	C <sub>E</sub>
≤38mm	0.43
39-64mm	0.45
65-102mm	0.46
>102mm	0.48

低合金钢的碳当量要求：  $C_E \leq 0.45$

注：  $C_E = C + Mn/6 + (Cr + Mo + V)/5 + (Ni + Cu)/15$

- e) 材料中不得添加铅、硒等元素；
- f) 对非焊接件或焊后经正火或回火处理的材料，硬度限制如下：

组类别	硬度最大值
Fe-1	225HBW
Fe-2	225HBW
Fe-3	225HBW
Fe-4	225HBW

Fe-5A	235HBW
Fe-5B	235HBW
Fe-5C	235HBW

- g) 壳体用钢板厚度大于12mm 时, 应按《承压设备无损检测》NB/T 47013.3 进行超声检测, 符合Ⅱ级要求合格;
- h) 不应采用铜及各种铜合金;
- i) 壳体用钢板的腐蚀裕量不应小于 3mm;
- j) 为了防止应力腐蚀开裂, 不允许采用金属涂层(电镀或化学镀)、转化涂层、塑料涂层和衬里等结构。

3) 制造要求

a) 冷变形:

冷成型的变形率小于等于 2% 不需处理; 大于2%至小于或等于5% 应做消除应力热处理; 大于5% 应做正火或回火热处理。

b) 热处理后, 不允许在接触介质一侧打磨及打钢印。

4) 焊接

a) 所有焊接接头均应经焊接工艺评定, 包括对焊、补焊、管子与管板焊接、堆焊、角焊等;

b) 在满足强度要求的前提下, 尽可能采用低强度焊接材料;

c) 焊接接头(包括焊缝、热影响区及母材)的硬度限制同7.8.2条第2款第6项要求;

d) 焊接工艺评定、焊接试板及每一种焊接工艺施焊的产品焊缝均应按本款第3项要求进行硬度测定。产品上的硬度测定应在接触介质一侧的表面。工艺评定及试板上的硬度测定应在横截面上测定(距表面1.5mm 处), 维氏硬度检测具体取样位置按图 7.8.2-1~3的规定;

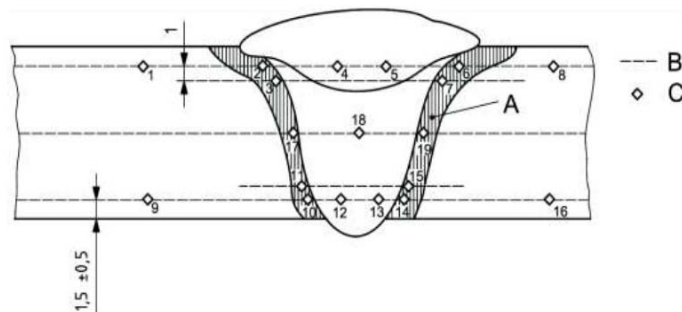


图7.8.2-1 对接接头硬度检测要求



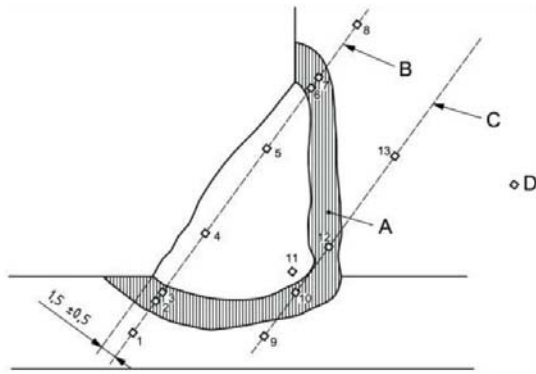


图7.8.2-2 角接头硬度检测要求

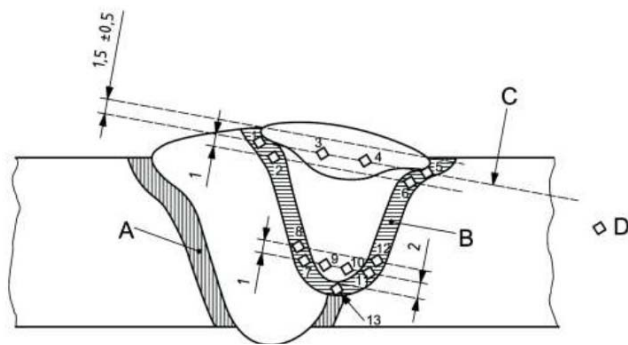


图 7.8.2-3 返修焊接接头硬度检测要求

- e) 焊缝外的起弧、打弧点(包括临时焊缝处)均应在焊后热处理前打磨0.3mm以上,并作磁粉或渗透检查;
- f) 所有焊接接头不应留下封闭的中间空隙(如衬板、加强板的四周填角焊后),如属不可避免时,应开设排气孔;
- g) 当母材碳当量CE大于0.40,或者Nb+V大于0.01wt%时,焊前最低预热温度为120℃~150℃;
- h) 厚度超过50mm的壳体对接接头应按《承压设备无损检测》NB/T 47013.2和《承压设备无损检测》NB/T 47013.3分别进行100%射线检测和100%超声检测;
- i) 接管与筒体间焊接接头应按《承压设备无损检测》NB/T 47013.3进行100%超声检测;
- j) 不允许存在铁素体钢或双相不锈钢与奥氏体钢之间的异种金属焊接接头。

#### 5) 焊后热处理

- a) 可能发生 I 类湿H<sub>2</sub>S应力腐蚀环境的容器应进行焊后消除应力热处理,焊后热处理温度应按标准要求尽可能取上限。碳钢焊后热处理的温度一般为25mm/1h,热处理温度为**607 ± 14℃**到**635 ± 14℃**。
- b) 热处理宜采用炉内整体消除应力热处理。

#### 2 II类湿H<sub>2</sub>S应力腐蚀环境

- 
- 1) 容器工作条件同时符合下列条件时，为II类湿H<sub>2</sub>S应力腐蚀环境：
    - a) 温度为室温到150℃之间；
    - b) 液相中H<sub>2</sub>S浓度为>50ppmw；
    - c) 气相中H<sub>2</sub>S分压大于等于0.3KPa；
    - d) 液相中硫化物的浓度大于2000ppmw，且PH<4；或液相中硫化物的浓度大于2000ppmw，PH>7.6，且氰化物(HCN) >20ppmw；或液相中NH<sub>4</sub>HS质量分数大于2%。
  - 2) 当容器处于II类湿H<sub>2</sub>S应力腐蚀环境时，还应符合下列要求：
    - a) 材料化学成分  $S \leq 0.003\%$   
 $P \leq 0.010\%$   
 $Ni < 1.0\%$
    - b) 板厚方向断面收缩率  $\phi \geq 35\%$  (3个试样平均值)  
 $\phi \geq 25\%$  (单个试样最低值)
    - c) 所有焊接接头均应进行焊后热处理。

### 7.8.3 氢腐蚀环境

#### 1 腐蚀环境

化工压力容器设计温度大于等于204℃且与氢气氛相接触时为氢腐蚀环境。氢腐蚀环境中如果同时存在高温硫腐蚀、高温蠕变、蠕变与氢腐蚀的倍增效应、回火脆性等其它因素时，还应当考虑这些因素对钢材高温力学性能的影响。

#### 2 材料要求及限制

- 1) 氢腐蚀环境下钢材的使用状态应符合标准的规定，碳素钢根据温度和氢分压不同，可进行或不进行焊后消除应力热处理。其他钢材均应在焊后进行热处理。
- 2) 铁素体钢在氢腐蚀环境中的使用温度界限按图7.8.3规定，并应留有20℃以上的温度安全裕度。
- 3) 奥氏体不锈钢在图7.8.3所示的温度及氢分压中使用不会引起氢腐蚀，不需要因此进行焊后消除应力热处理。

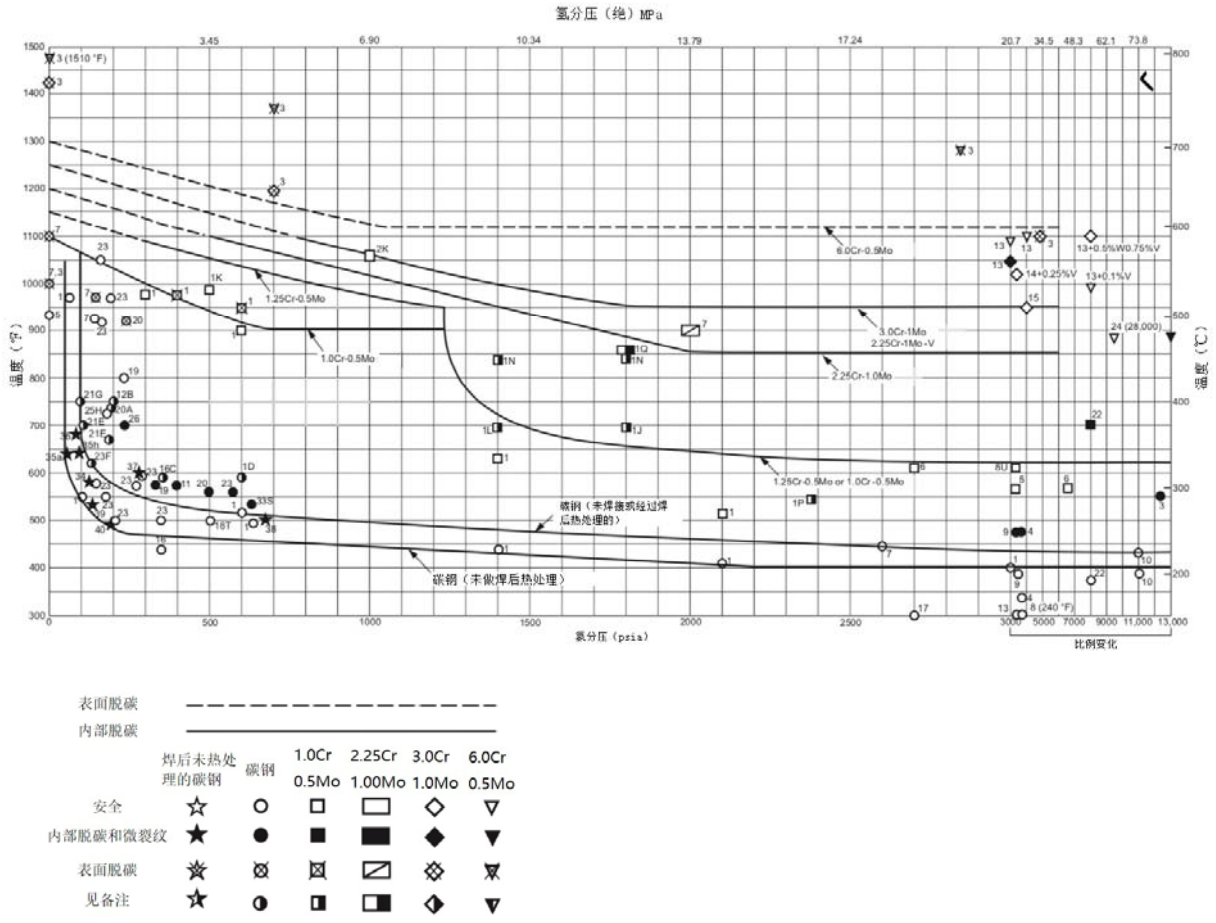


图 7.8.3 碳钢和珠光体耐热钢在氢气氛中的使用限制

注:

1. 1967年, 版权属 G. A. Nelson, 再版权由作者授权与 API。本图由 API 于 1969 年, 1977 年, 1983 年, 1990 年, 1996 年和 2015 年修正。
2. 奥氏体不锈钢通常不会在任何温度或氢分压下被氢气脱碳。
3. 这些曲线所定义的限制基于铸造钢和退火和正火处理过钢材的使用经验。
4. 有几份报告称有在安全范围内的 1.25Cr 1Mo 钢发生了断裂。
5. 2.25Cr-1Mo-V 等级包括的钢材均经过实验室 10000 小时以上的实验, 其等级最低于 3Cr-1Mo 相等。
6. 本版本添加了未经焊后热处理的碳钢曲线, 其原因是发生了多起在 1977 年曲线下方的钢材断裂的事故, 且大多均为未经过焊后热处理的钢材。因此, 原先的曲线被保留下来, 用作未焊接或焊接且进行焊后热处理的碳钢曲线; 新添加的曲线为未经焊后热处理的碳钢曲线。仍在使用的位于两曲线之间的钢材应该立即进行氢腐蚀的评估。

7.8.4 液氨应力腐蚀环境

1 腐蚀环境:

- 1) 介质为液态氨, 含水量 ≤ 0.2%, 且有可能受空气 (O<sub>2</sub> 或 CO<sub>2</sub>) 污染的场所;

2) 工作温度高于-5℃。

2 在液氨应力腐蚀环境中使用的碳素钢和低合金高强度钢(包括焊接接头)应符合下列要求:

1) 材料要求及限制按7.8.2 条第2款第1~6项;

2) 焊接的要求按7.8.2 条4款第1~5项;

3) 焊后热处理或采用硬度不大于185HBW 的焊接工艺施焊;

4) 液氨中添加大于等于0.2%的水作缓蚀剂, 也可作为防止应力腐蚀裂纹的辅助措施。

7.8.5 高硫低酸原油环境下的主要设备选材要求, 参照《高硫原油加工装置设备和管道设计选材导则》SH/T3096规定。

7.8.6 在选用化工容器材料时, 尚应根据介质的状态、流速、流态以及是否处于相变部位等因素, 对设备局部结构和材料采取加大流通面积、降低流速、增加壳体壁厚、增设挡板、局部材料升级等防止局部严重腐蚀的措施。

## 8 焊接材料

### 8.1 焊接材料标准

化工压力容器用焊接材料的质量和规格应符合下列国家标准和行业标准的要求。

GB/T 983 《不锈钢焊条》

GB/T 3429 《焊接用钢盘条》

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 《气体保护焊用碳钢、低合金钢焊丝》

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 13814 《镍及镍合金焊条》

GB/T 14957 《熔化焊用钢丝》

GB/T 15620 《镍及镍合金焊丝》

GB/T 17854 《埋弧焊用不锈钢焊丝-焊剂组合分类要求》

GB/T 29713 《不锈钢焊丝和焊带》

GB/T 32533 《高强钢焊条》

NB/T 47018.1~47018.7 《承压设备用焊接材料订货技术条件》

YB/T 5091 《惰性气体保护焊用不锈钢丝》

YB/T 5092 《焊接用不锈钢丝》

GB/T 3670 《铜和铜合金焊条》

GB/T 9460 《铜及铜合金焊丝》

## 8.2 焊接材料质量证明书

**8.2.1** 焊接材料必须附有焊接材料制造单位提供的质量证明书，质量证明书的内容符合相应标准的规定且齐全、清晰，并且盖有焊材制造单位质量检验章；使用单位按质量管理体系规定验收与复验，合格后方准使用。

**8.2.2** 国内焊接材料品种分为三种情况：

- 1 符合国家标准；
- 2 符合行业标准；
- 3 尚无国家标准、行业标准。

**8.2.3** 凡符合国家标准及行业标准的焊材，其质量证明书应包含相应标准中的规定和要求；尚无国家标准及行业标准的焊材，应按《固定式压力容器安全技术监察规程》TSG 21-2016第1.9条进行批准。其质量证明书，除应符合相近国家标准及行业标准的一般要求和规定外，尚应符合该焊接材料产品样本中规定的性能和要求，详见本标准附录B“部分特殊焊接材料的成分和性能”。

## 8.3 焊接材料选用及标注

**8.3.1** 化工压力容器的设计对焊接材料要求，一般按下列情况进行规定：

1 用于制造压力容器受压元件的焊接材料，应当保证焊缝的力学性能高于或等于母材规定的限值，当需要时，其他性能不得低于母材的相应要求。

2 焊接材料应按《承压设备用焊接材料订货技术条件》NB/T 47018.1~47018.7要求标出清晰、牢固的标识。

3 焊条电弧焊按相应规定选取焊条，宜采用焊条型号进行标识，当需要时可采用焊条型号和焊条牌号双标识。

4 根据焊接接头的型式、材料以及质量要求，设计者可采用钨极气体保护焊或钨极气体保护焊打底焊条电弧焊盖面的焊接方法，但此时应在图样或技术文件中规定焊接方法并注明采用的钨极气体保护焊焊丝及焊条。

5 对于厚度较大的碳素钢、低合金钢、不锈钢的对接接头，设计者可根据具体情况规定采用埋弧焊或电渣焊，但此时应提出推荐或规定的焊丝和焊剂要求。

## 8.4 容器制造厂对设计选用焊接材料的修改

8.4.1 一般情况下，容器制造厂应按设计图样及技术文件上的规定选用焊接材料。但允许容器制造厂在满足8.5条至8.8条的各项要求以及设计规定的其他技术要求的前提下，改变焊接方法及所采用的焊接材料，但对主要因素的修改应事前取得设计单位的同意。

8.4.2 当设计图样及技术文件上未规定焊接材料，容器制造厂在满足8.5条至8.8条的各项要求的前提下，根据焊接工艺评定选取合适的焊接材料，无需取得设计单位的同意。

### 8.5 碳素钢及低合金高强度钢组合的焊接材料选用

8.5.1 焊缝金属的性能应高于或等于相应母材标准规定值的下限或满足图样规定的技术条件要求。对各类钢的焊缝金属要求如下：

1 碳素钢、低合金高强度钢的焊接材料应按母材的力学性能等级选用相应强度级别的焊接材料，焊接接头的抗拉强度应不低于母材标准规定的抗拉强度下限值。

2 焊接接头的抗拉强度不仅取决于熔敷金属的抗拉强度，而且更大程度上受母材强度以及坡口截面尺寸的影响。因此为改善接头抗裂性能和焊接工艺性能允许在满足第8.5.1条的第一款的情况下，选用熔敷金属抗拉强度下限值比母材低 10~30MPa的焊条。

3 对于厚板多层多道焊或焊后进行消除应力热处理或正火的容器，应考虑焊接接头经热处理后强度偏低的情况。

4 凡符合《固定式压力容器安全技术监察规程》TSG 21-2016规定的Ⅱ类和Ⅲ类的压力容器应采用低氢型焊条。按《钢制压力容器-分析设计标准》JB 4732进行分析设计的容器应采用低氢型焊条。

5 非受压元件用铸钢和中碳钢的焊接，一般应选用低氢焊条，并采取缓冷处理。

6 管道、小直径容器、接管等单面焊双面成形的场合，可采用氩弧焊打底，也可采用专用的相应强度等级的打底专用焊条。

7 对焊接接头的韧性、抗裂性有较高或特殊要求时，应选用具有下列特性的低氢焊条：

1) 熔敷金属冲击功较高，或在较低温度下具有较高冲击功；

2) 焊条的药皮含水量或熔敷金属的扩散氢含量比一般标准要求更低的超低氢焊条。

8 各种强度级别钢材的焊条电弧焊焊条应根据接头的性能和工艺要求按表8.5.1-1推荐选用。焊前预热温度，一般情况下可按表8.5.1-2选取，没有规定的碳素钢和低合金钢的最低预热温度为室温（一般是15℃）。一般焊材烘干温度应按焊接材料说明书执行，表8.5.1-3为推荐选用。

表8.5.1-1 碳素钢、低合金钢推荐选用焊条

母材	焊条牌号	国标型号	相近标准	用途
Q245R	J427	E4315		低氢碱性焊条,焊缝金属抗拉强度大于等于或等于430MPa
	J426	E4316		
	J420G	E4340		碳钢管道等全位置打底专用焊条,具有良好的背面成形性能,抗气孔性好
	J427Ni	E4315、附录B		低氢碱性焊条,含有一定量镍,药皮含水量及熔敷金属扩散氢含量低,因此低温韧性良好
Q345R、 20MnMo 16MnDR	J507	E5015		低氢碱性焊条,焊缝金属抗拉强度大于等于490MPa
	J507R		E5015G、附录B	低氢碱性焊条,焊后消除应力热处理后,熔敷金属抗拉强度大于等于490MPa
	J507NiTiB		E5015G、附录B	超低氢焊条,-40℃低温韧性良好,抗裂性好
	J507RH	E5015-G		
	J506D	E5015		低氢碱性焊条,全位置打底焊专用,具有良好的背面成形,抗气孔及夹渣性能良好
	J506D	E5016		
Q370R 20MnMo	J557	E5515G		低氢碱性焊条,熔敷金属抗拉强度大于等于550MPa
	J557RH	E5515G		低氢碱性焊条,抗裂性比J557显著改善,用于厚壁、现场焊接等场合
13MnNiMoR 18MnMoNbR 20MnMoNb	J607	E6215-3M2 P		低氢碱性焊条,熔敷金属抗拉强度大于或等于620MPa
	J607Ni	E6215-G P	E6015G、附录B	低氢碱性焊条,低温韧性及抗裂纹性能比J607好
	J607RH	E6215-G		超低氢碱性焊条.具有良好的低温韧性和抗裂性能
12A1MoV	J507Mo		E5015G、附录B	低氢焊条,高温抗S及H2S腐蚀用12A1MoV
10MoWVNb	J507MoW		E5015G、附录B	低氢焊条,高温高压抗氢及氢,氮、氨腐蚀用10MoWVNb钢专用焊条

07MnMoVR	LB-62UL	E6216-N1M1 U	超低氢型焊条，具有良好的防潮和耐裂纹性
07MnNiVDR 07MnNiMoDR	LB-65L	E6216-N5M1U	超低氢型，具有良好的防潮性。

注：1 E4340、E4315、E5015、E5016 为《非合金钢及细晶粒钢焊条》GB/T 5117 所列型号；E5015G、E5515G、E6215-3M2 P、E6215-G为《热强钢焊条》GB/T 5118 所列型号；E6216-N1M1 U、E6216-N5M1为《高强度钢焊条》GB/T 32553 所列型号。符合上述国标型号的焊条应按相应国家标准验收。

2 属于只有相近国家标准的焊条应按附录B 所列成分、性能及相近国家标准型号的其他规定验收。

3 特殊品种焊条的生产厂参见附录B。

**表 8.5.1-2 常用钢号推荐的预热温度**

母材	厚度, mm	预热温度℃
245R	30~50	≥50
	>50~100	≥80
	>100	≥80
16MnDR, 09MnNiDR 15MnNiDR	≥25	≥50
16Mn, Q345R	25~50	≥80
	>50	≥100
20MnMo	任意厚度	≥100
13MnNiMoR	任意厚度	≥150
18MnMoNbR	任意厚度	≥180
20MnMoNb	任意厚度	≥200
12CrMo, 15CrMoR 15CrMoG, 15CrMo 14Cr1MoR, 14Cr1Mo 12Cr1MoV, 12Cr1MoVG	>13	≥150
12Cr2Mo, 12Cr2Mo1R	任意厚度	≥200



12Cr2MoG, 12Cr2Mo1		
1Cr5Mo	任意厚度	≥150
07MnMoVR、07MnNiVDR 07MnNiMoDR	任意厚度	≥100

注：1 表列温度是推荐值，拘束程度高的部位(如人孔，接管与筒体连接部位)以及冬季气温低于 5℃以下时，应根据情况，采用比表列值高的预热温度，扩大预热区域，延长预热时间。

2 不同强度级别的钢材焊接时，应按强度较高侧母材，选用预热温度。

3 埋弧焊等焊接线能量大的场合，可不受此限制。

4 采用钨极气体保护焊打底的工艺时，经焊接工艺评定，可采用比表列值更低的预热温度。

5 碳素钢和低合金钢的最高预热温度和道间温度不宜大于300℃，奥氏体不锈钢最高道间温度不宜大于150℃。

表 8.5.1-3 常用焊材烘干温度及保持时间

类别	牌号	温度	T 时间, h
碳素钢和低合金 钢焊条	J422	150	1
	J426	300~350	1
	J427	350	1
	J502	150	1
	J506, J507	350	1
	J506RH, J507RH	350~430	1
	J507MoW	350	1
	J557	350	1
	J556RH	400	1
	J606, J607	350	1
	J607RH	350~430	1
	J707	350	1
J707RH	400	2	
钼和铬钼耐热钢焊 条	R207, R307	350	1
	R307H	400	1
	R317, R407, R507	350	1

铬镍不锈钢焊条	A102	150~200	1
	A107	250	1
	A132	150~200	1
	A137	250	1
	A202	150~200	1
铬镍不锈钢焊条	A207	250	1
	A002, A022, A212, A242	150~200	1
熔炼焊剂	HJ431	250	2
	HJ350, HJ260	300 ~ 400	2
	HJ250	300~350	2
烧结焊剂	SJ101, SJ601, SJ603	300~350	2

9 碳素钢、低合金高强度钢的埋弧焊焊丝和焊剂应满足《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 5293的要求。碳素钢、低合金高强度钢的埋弧焊焊丝和焊剂可根据母材的抗拉强度级别、焊接接头性能要求，按表8.5.1-4推荐选用。

表8.5.1-4 碳素钢、低合金高强度钢埋弧焊的推荐焊丝和焊剂

母材类别	焊丝型号/牌号	焊剂牌号	焊丝-焊剂组合
Q235AF、A、B， Q245R	SU08A/H08A SU26/H08Mn	HJ431	S 43X 0 MS-SU08A S 43X 0 MS-SU26
Q345R	SU34/H10Mn2 SU28/H10MnSi	HJ431，HJ350，SJ101	S 49X 0 MS-SU34 S 49X 0 MS-SU28 S 49X 0 FB-SU34 S 49X 0 FB-SU28
20MnMo	SU43/H13Mn2 SUM3/H08MnMo	HJ431，HJ350	S 49X 0U MS-SU43 S 49X 0U FB-SUM3
13MnNiMoR 18MnMoNbR 20MnMoNbR	SUM31/H08Mn2Mo	HJ431，HJ350，SJ101	S 55X 0U MS-SUM31 S 55X 0U XX-SUM31 S 55X 0U FB-SUM31

注：焊丝-焊剂组合中的第四位“X”是“A”或“P”，“A”是指在焊态条件下测试的力学性能；“P”是指在焊后热处理条件下测试的力学性能。10 不同强度级别的低碳钢、低合金钢之间的异种钢焊接，其焊接材料选用原则是低匹配原则，即选择与母材中抗拉强度较低侧材料相匹配的焊接材料，应按表8.5.1-5 推荐选用，预热温度见本标准表8.5.1-2 的规定。

表8.5.1-5 不同强度级别的低碳钢、低合金钢异种钢焊接的推荐选用焊条

母材	抗拉强度 430MPa 级低碳钢	抗拉强度 490MPa 低合金 钢	抗拉强度 550MPa 低合金钢	抗拉强度 590MPa 低合金 钢
抗拉强度 490MPa 级碳锰钢	J427	J507	J507	J507
抗拉强度 550MPa低合金钢	J427	J507	J557	J607
抗拉强度 590MPa 低合金钢	J427	J507	J557	J607
抗拉强度 620MPa 低合金钢	J427	J507	J557	J607

### 8.6 珠光体耐热钢之间的焊接材料选用

8.6.1 焊接材料应保证焊缝金属的力学性能高于或等于相应母材标准规定的下限值，且应保证焊缝金属中的Cr、Mo等主要合金元素的含量不低于母材标准规定的下限值。经焊后热处理的焊缝金属其力学性能不得低于母材标准规定的下限值。

8.6.2 为了提高焊接接头的抗裂性能，化工压力容器用珠光体耐热钢焊接宜选用低氢碱性焊条。焊条应满足《热强钢焊条》GB/T 5118的规定，其选用按表8.6.2规定。

表8.6.2 珠光体耐热钢推荐选用焊条

母材类别	焊条牌号	符合国标型号
12CrMo 12CrMoG	R207	E5515-CM
15CrMo 15CrMoG 15CrMoR	R307	E5515-1CM
14Cr1MoR 14Cr1Mo	R307H	E5515-1CM
12Cr1MoV 12Cr1MoVG	R317	E55151CMV
12Cr2Mo 12Cr2MoI 12Cr2MoG 12Cr2MoIR	R407	E6215-2C1M
1Cr5Mo	R507	E5MoV-15

8.6.3 珠光体耐热钢的焊接一般均需进行焊前预热和焊后消除应力热处理。当采用低碳焊丝选配的方法，控制熔敷金属的含碳量小于等于0.05%时，R307、R407、R507 焊条用于表8.6.3所列场合时，

经焊接工艺评定合格，可免作焊后消除应力热处理。

**表8.6.3 低碳焊条用于珠光体耐热钢免除焊后热处理**

母材类别	焊条牌号	适用范围	预热温度(°C)
15CrMo,14Cr1MoR	R307(C≤0.05%)	壁厚≤15mm 的管子、接管	≥150
2.25Cr-1Mo	R407(C≤0.05%)	外径 φ≤114mm 且壁厚≤12mm	≥150
5Cr-0.5Mo	R507(C≤0.05%)	壁厚≤7.5mm 的管子、接管	≥150

8.6.4 珠光体耐热钢的埋弧焊焊丝和焊剂应根据母材的合金组分按表8.6.4 推荐选用。

**表8.6.4 珠光体耐热钢埋弧焊推荐选用焊丝和焊剂**

母材类别	焊丝型号/牌号	焊剂牌号	焊丝-焊剂组合
15CrMoR, 14Cr1MoR	SU1CM2/H08CrMo, SU1CM3/H13CrMo	HJ350, HJ250, SJ101, SJ603	S49 Y FB -SU1CM2, S49 Y FB-SU1CM3
12Cr1MoV, 12Cr1Mo	SU1CMV/H08CrMoV	HJ350, HJ250, SJ101	S49 Y FB-SU1CMV

注：焊丝型号和牌号、焊剂类型应符合《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 12470 的规定。

8.6.5 珠光体耐热钢管道、炉管、换热管等的焊条电弧焊焊条宜按本标准表8.6.3选用Cr—Mo 系珠光体耐热钢焊条。但当焊后无法进行消除应力热处理或要求降低预热温度时，也可按本标准第8.8.1条选用奥氏体钢或镍基合金焊条。

8.6.6 不同合金成分的珠光体耐热钢之间以及珠光体耐热钢与低碳钢、碳锰钢之间的异种钢焊接用焊条应按表8.6.6推荐选用。一般采用中间合金成分的低氢碱性焊条，并根据其中焊接性能较差的一侧材料，确定预热温度。

**表8.6.6 珠光体耐热钢之间的异种钢焊接推荐选用焊条**

母材	另一侧母材		
	15CrMoR	14Cr1MoR	12Cr2Mo1R
Q245R	J427	J427	J427
Q345R	J506, J507	J507	J506, J507
20MnMo	J556, J557	J507, R307H	J556, J557, R407
S30408	A302, A307 (E309-16)	A302, A307	A302, A307
S30403	A062 (E309L-16)	A062	A062
S31603	A312, A042 (E309Mo-16)	A312, A042	A312, A042

注：表中A302和A307对应的焊条型号为E309-16；A062对应的焊条型号为E309L-16；A312和A042对应的焊条型号为E309Mo-16；E309-16、E309L-16和E309Mo-16应符合《不锈钢焊条》GB/T 983的规定。

## 8.7 奥氏体不锈钢之间的焊接材料选用

8.7.1 选用焊接材料应保证焊缝金属的力学性能高于或等于相应母材标准规定的下限值，且应保证铬、镍、钼或铜等主要合金元素的含量不低于母材标准规定的下限值，并满足图样规定的要求。

8.7.2 对于有防止晶间腐蚀要求的焊接接头，应采用熔敷金属中含有稳定化元素钛、铌的焊接材料，或保证熔敷金属含碳量小于等于0.04%的焊接材料。

8.7.3 奥氏体不锈钢焊条电弧焊焊条应按表8.7.3推荐选用。

表8.7.3 奥氏体不锈钢推荐选用焊条

母材数字代号	母材牌号	焊条牌号	焊条国标型号
S30408	06Cr19Ni10	A102 A107	E308-16 E308-15
S30403	022Cr19Ni10	A002	E308L-16
		A002	E308L-16
S32168	06Cr18Ni11Ti	A132 A137	E347-16 E347-15
S31608	06Cr17Ni12Mo2	A202	E316-16
S31603	022Cr17Ni12Mo2	A022	E316L-16
S31688	06Cr18Ni12Mo2Cu2	A222	E317MoCu-16
S31683	022 Cr18Ni14Mo2Cu2	A032	E317MoCuL-16
S31708	06Cr19Ni13Mo3	A242	E317-16
S31703	022Cr19Ni13Mo3	A032Mo	E317L-16
S30908	06Cr23Ni13	A302	E309-16
S31008	06Cr25Ni20	A402	E310-16
	4Cr25Ni20	A432	E310H-16
	4Cr25Ni35	A447	见附录B

注1: 表中焊条牌号，除注明“见附录B”外，均为符合《不锈钢焊条》GB/T 983相应型号的焊条。

8.7.4 为提高焊缝金属的抗热裂性能和抗晶间腐蚀能力，奥氏体焊接材料的熔敷金属内铁素体数为3FN~10FN。

8.7.5 奥氏体不锈钢钨极气体保护焊(GTAW)用焊丝应符合《惰性气体保护焊用不锈钢焊丝》YB/T 5091的要求，并按表8.7.5推荐选用。

**表8.7.5 不锈钢 TIG 焊用推荐选用焊丝**

钢材类别	S30408	S30403	S32168	S31608	S31603
焊丝	H06Cr21Ni10	H022Cr21Ni10	H06Cr9Ni10Ti H06Cr20Ni10Nb	H06Cr19Ni12Mo2	H022Cr19Ni12Mo2
钢材类别	S31688	S31708	S30908	S31008	
焊丝	H022Cr19Ni12Mo2Cu2	H06Cr19Ni14Mo3	H10Cr24Ni13	H06Cr26Ni21	

8.7.6 奥氏体不锈钢的埋弧焊焊丝和焊剂可按表8.7.6推荐选用。焊丝型号应符合《不锈钢焊丝和焊带》GB/T 29713规定，焊丝牌号应符合《焊接用不锈钢丝》YB/T 5092规定，焊丝-焊剂组合应符合《埋弧焊用不锈钢焊丝-焊剂组合分类要求》GB/T 17584的要求。

**表8.7.6 不锈钢埋弧焊焊丝和焊剂推荐选用**

钢材类别	焊丝型号/牌号	焊剂牌号	焊丝-焊剂组合
S30408	S308/H06Cr21Ni10	SJ601 , HJ260	SF308FB-S308
S30403	S308L/H022Cr21Ni10	SJ601 , HJ260	SF308LFB-S308L
S32168	S347/H06Cr20Ni10Nb	SJ641 , HJ260	SF347FB-S347
S31608	S316/H06Cr19Ni12Mo2	SJ601 , HJ260	SF316FB-S316
S31603	S316L/H022Cr19Ni12Mo2	SJ601 , HJ260	SF316LFB-S316L
S31708	S317/H06Cr19Ni14Mo3	SJ601 , HJ260	SF317FB-S317

8.7.7 奥氏体不锈钢之间异种钢焊接用焊条应符合《不锈钢焊条》GB/T 983的规定，按表8.7.7-1推荐选用。如采用钨极气体保护焊，焊丝应符合YB/T 5092《焊接用不锈钢丝》的规定，按表8.7.7-2推荐选用。

表8.7.7-1 奥氏体不锈钢之间的异种钢焊接推荐选用焊条型号/牌号

母材	S30403 (304L)	S30908 (309S)	S31008 (310S)	S31608 (316)	S31603 (316L)	S31708 (317)	S32168 (321)
S30408 (304)	E308L-16/A002	E308-16/ A102 E309-16 A302	E308-16/A102 E309-16/A302 E310-16/A402	E308-16/A102 E316-16/A202	E308-16/A102 E316-16/A202	E308-16/A102 E309-16/A302 E317-16/A242	E308-16/A102
S30403 (304L)		E308-16/ A102 E309-16 A302	E308-16/A102 E309-16/A302 E310-16/A402	E308-16/A102 E316-16/A202	E308L-16/A002 E316L-16/A022	E308-16/A102 E316-16/A202 E317-16/A242	E308L-16/A002 E347-16/A132
S30908 (309S)			E309-16/A302 E310-16/A402	E309-16/A302 E316-16/A202	E309-16/A302 E316L-16/A022	E309-16/A302 E316-16/A202	E309-16/A302 E347-16/A132
S31008 (310S)				E316-16/A202	E316-16/A202	E317-16/A242	E308-16/A102 E310-16/A402
S31608 (316)					E316-16/ A202	E316-16/ A202 E317-16/A242	E308-16/A10 2 E316-16/A202
S31603 (316L)						E317-16/A242 E316L-16/A022	E316-16/A202
S31708 (317)							E317-16/A242 E347-16/A132

表8.7.7-2 奥氏体不锈钢之间的异种钢 TIG 焊接推荐选用焊丝牌号

母材	S30403(304L)	S30908(309S)	S31008(310S)	S31608 (316)	S31603(316L)	S31708(317)	S32168 (321)
S30408 (304)	H022Cr21Ni10	H06Cr21Ni10 H10Cr24Ni13	H06Cr21Ni10 H06Cr26Ni21	H06Cr21Ni10 H06Cr19Ni12Mo2	H06Cr21Ni10 H022Cr19Ni12Mo2	H06Cr21Ni10 H022Cr19Ni12Mo2 H06Cr19Ni14Mo3	H06Cr21Ni10
S30403(304L)		H06Cr21Ni10 H10Cr24Ni13	H06Cr21Ni10 H10Cr24Ni13 H06Cr26Ni21	H06Cr21Ni10 H06Cr19Ni12Mo2	H022Cr21Ni10 H022Cr19Ni12Mo2	H06Cr21Ni10 H06Cr19Ni12Mo2 H06Cr19Ni14Mo3	H022Cr21Ni10 H06Cr19Ni10Ti H06Cr20Ni10Nb
S30908(309S)			H10Cr24Ni13 H06Cr26Ni21	H10Cr24Ni23 H06Cr19Ni12Mo2	H10Cr24Ni13 H022Cr19Ni12Mo2	H10Cr24Ni13 H06Cr19Ni12Mo2	H10Cr24Ni13 H06Cr19Ni10Ti H06Cr20Ni10Nb
S31008(310S)				H06Cr19Ni12Mo2	H06Cr19Ni12Mo2	H06Cr19Ni14Mo3	H06Cr21Ni10 H06Cr26Ni21
S31608 (316)					H0Cr19Ni12Mo2	H06Cr19Ni12Mo2 H06Cr19Ni14Mo3	H06Cr21Ni10 H06Cr19Ni12Mo2
S31603(316L)						H06Cr19Ni14Mo3	H022Cr19Ni12Mo2
S31708(317)							H06Cr19Ni14Mo3H0 6Cr21Ni10





8.7.8 化工容器中常用的镍基耐热、耐蚀合金 Incolloy 800、Inconel 600 的焊接材料选用应按 表8.7.8规定。

**表8.7.8 Incolloy 800 和Inconel 600 推荐选用焊接材料**

钢材类别	焊条电弧焊焊条	钨极气体保护焊焊丝(GTAW)
Incolloy 800	ENiCrFe-3/ENi6182(Inconel 182) ENiCrFe-2/ ENi6133(Inco-weld A)	ERNiCr-3/SNi6082(Inconel 82)
Inconel 600	ENiCrFe-1/ ENi6062(Inconel 132) ENiCrFe-3/ ENi6182 (Inconel 182)	ERNiCrFe-5/SNi6062(Inconel 62) ERNiCr-3/SNi6082 (Inconel 82)

注：1 ENi6062、ENi6133、ENi6182为《镍及镍合金焊条》GB/T 13814所列型号，ENiCrFe-1、ENiCrFe-2、ENiCrFe-3 为美国焊接学会 SFA- 5.11 “镍及镍合金药皮焊条”所列型号，详见附录 C “镍及镍合金焊接材料”。

2 SNi6082、SNi6062为《镍及镍合金焊丝》GB/T 15620 所列型号，ERNiCr-3、ERNiCrFe-5为美国焊接学会 SFA-5.14 “镍及镍合金焊丝”所列型号，详见附录。

3 ENiCrFe-3、2、1 依次高温强度提高，但 ENiCrFe-3 的焊缝金属抗裂性能相比之下为最好，其中ENiCrFe-3、ENiCrFe-2 还经常用于异种金属的焊条电弧焊焊接。

4 ERNiCr-3/SNi6082 和ERNiCrFe-6/SNi7092 经常用于异种金属的钨极气体保护焊。

5 括号内为国际镍公司的商品牌号。

## 8.8 异种金属材料的焊接材料选用

### 8.8.1 奥氏体不锈钢与铁素体钢的焊接。

1 铁素体钢之间的焊接应尽可能采用同种组织、成分的焊接材料。但当考虑免除焊后消除应力热处理或改善焊接工艺等因素而采用奥氏体型焊接材料时应考虑下列因素：

- 1) 奥氏体钢与铁素体钢的线膨胀系数差别较大，在高温或温度频繁变化场合，应考虑由此而引起的热应力；
- 2) 熔焊过程中，奥氏体焊缝金属与铁素体钢母材一侧的熔合线处发生的碳迁移而产生的脱碳层(铁素体钢母材侧)和渗碳层(奥氏体熔敷金属侧)将导致高温强度和塑性的下降。

2 采用奥氏体型焊接材料焊接铁素体钢母材时，预热温度可比采用相似合金成分焊接材料焊接铁素体钢时的预热温度相应下降100℃左右，焊后热处理一般可予免除。

3 奥氏体不锈钢与铁素体钢的焊接材料的选择应考虑下列因素：

- 1) 温度因素。一般应选用 A302 焊条或 H1Cr24Ni13 焊丝(TIG 或 MIG 焊接)，但当使用温度高于 450~550℃，且焊接接头承受较高应力水平时，应选用高镍奥氏体焊条，如 A502、A507、A607，当使用温度高于 550℃且接头承受较高应力水平时，应选用镍基

焊接材料。焊条电弧焊可选用符合SFA-5.11的 ENiCrFe-3、ENiCrFe-2或《镍及镍合金焊条》GB/T 13814的ENi6182、ENi6133；钨极气体保护焊可选用符合 SFA-5.14的 ERNiCr-3、ERNiCrFe-6或《镍及镍合金焊丝》GB/T 15620的SNi6082、SNi6062。上述焊接材料标准可参见本标准附录C“AWS镍及镍合金焊接材料”。

- 2) 可焊性因素。超低碳奥氏体不锈钢与铁素体钢焊接时应采用超低碳高铬镍奥氏体不锈钢焊接材料，含钼的奥氏体不锈钢与铁素体钢焊接时应采用含钼的高铬镍奥氏体不锈钢焊接材料。截面尺寸较大的情况下可采用镍合金焊接材料。

《镍及镍合金焊条》GB/T13814与 SFA-5.11 中有关型号的对应情况如表8.8.1-1所示。

**表8.8.1-1 国产镍基焊条与SFA-5.11 的对应情况**

GB/T 13814 焊条型号	SFA-5.11 焊条型号
ENi2061	ENi-1
Ni6062	ENiCrFe-1
ENi6182	ENiCrFe-3
ENi6133	ENiCrF-2

- 4 奥氏体不锈钢在铁素体钢表面复合、衬里、堆焊的材料按表8.8.1-2 选用。

**表8.8.1-2 复合板、衬里以及不锈钢堆焊推荐选用焊条**

覆层、衬里层、堆焊层的类别	过渡层焊条型号/牌号	盖面层焊条型号/牌号
S30408 (06Cr19Ni10)	E309Mo-16/A302	E308-16/A102
S30403 (022Cr19Ni10)	E309L-16/A062	E308L-16/A002, E308L-17/A002A
S32168 (06Cr18Ni11Ti)	E309-16/A302	E347-16/A132
S31608 (06Cr17Ni12Mo2)	E309Mo-16/A312	E316-16/A202
S31603 (022Cr17Ni12Mo2)	E309LMo-16/A042	E316L-16/A022

8.8.2 低碳钢、不锈钢、镍基合金之间的异种金属焊接材料可按附录D进行选取。

8.8.3 碳钢、不锈钢与铜合金之间的异种金属焊接材料可按附录E 进行选取。

## 9 新材料的鉴定与使用

新材料的鉴定与使用应按《固定式压力容器安全技术监察规程》TSG 21-2016的规定执行。

## 10 国外牌号钢材的使用

压力容器受压元件采用国外牌号钢材时，应按《固定式压力容器安全技术监察规程》TSG 21-2016的规定执行。

---

## 11 钢材的代用

### 11.1 设计单位的同意

11.1.1 由于设计以外的原因造成的主要受压元件钢材代用应事前征得设计部门的书面同意。标准零部件或通用设计的钢材代用应事前征得选用的设计部门的书面同意。

### 11.2 应考虑的因素

11.2.1 钢材代用时，应全面考虑下列各种因素：

1 代用钢材的强度、塑性、韧性、化学成分、导热系数、线膨胀系数对设计条件(温度、压力、介质、结构)的适应性。

2 代用钢材对制造加工工艺的适应性(尤其要注意焊接工艺、焊接材料、焊后热处理等)。

3 代用钢材对均匀腐蚀和各种局部腐蚀(应力腐蚀、晶间腐蚀、电偶腐蚀、冲刷腐蚀等)的适用性。

4 代用钢材与原设计钢材的钢材标准差异(如化学成分、检验项目、检验率)。中外材料标准中，代用钢材牌号与原设计钢材牌号的对照关系、相近关系、不同类型关系的区别。

5 两种不同组织(铁素体、奥氏体)的钢材互相代用所引起的热应力、异种钢焊接问题。

6 代用钢材的经济性。

### 11.3 规定许用范围的钢材的代用

11.3.1 凡本标准列入的钢材(钢材标准及其钢号)同时符合下列各项条件者，允许互相代用：

1 代用钢材符合第6章的有关技术要求；

2 代用钢材符合第7章的有关使用限制和范围；

3 设计已对本标准第11.2节中规定的各条进行了考虑，并认为可以代用。

### 11.4 无标准钢材

11.4.1 除《压力容器 第2部分：材料》GB/T150.2附录A以外的无标准的钢材不得作为受压元件的代用钢材。

### 11.5 其他情况

11.5.1 其他情况的钢材代用按本标准处理。

## 附录 A

### (资料性附录)

#### 商品紧固件力学性能

##### A.1 适用钢材

表A.1所列为4.6级和8.8级螺栓、螺钉、螺柱适用的钢材化学成分和热处理要求。

**表 A.1 钢材的化学成分和热处理**

力学性能等级	材料类别	热处理	化学成分(%)			一般采用材料
			C	P	S	
4.6	低碳钢或中碳钢	热轧或退火、回火处理	≤0.55	≤0.050	≤0.060	35号钢或普碳钢回火处理
8.8	低碳合金钢(如硼或锰或铬)	淬火+回火,最低回火温度 425℃	0.15~0.40	≤0.025	≤0.025	20MnTiB 调质(用于M20以上的紧固件)
	中碳钢	淬火+回火,最低回火温度 425℃	0.25~0.55	≤0.025	≤0.025	35号钢调质
	合金钢	淬火+回火,最低回火温度 425℃	0.20~0.55	≤0.025	≤0.025	

##### A.2 力学性能

表A.2-1 所列为4.6级和8.8级螺栓、螺钉、螺柱的力学性能保证值。

表A.2-2 所列为5级和8级粗牙螺母的力学性能,表A.2-3 所列为5级和8级细牙螺母的力学性能。

**表 A.2-1 力学性能(螺栓、螺柱、螺钉)**

力学性能等级	规格	R <sub>m</sub> (MPa)	R <sub>eL</sub> (MPa)	A (%)	Kv2 (J)	HBW
4.6	≤M39	≥400	≥240	≥22	—	114~209
8.8	≤M16	≥800	≥640	≥12	≥27	245~316
	M16~M39	≥830	≥660	≥12	≥27	250~331

**表 A.2-2 粗牙螺母力学性能**

力学性能等级	规格	保证载荷/N	HV
5	≤M16	8250~95800	130~302
	M16~M39	121000~614900	146~302
8	≤M16	12140~138200	200~302
	M16~M39	176600~897900	233~353

表 A.2-3 细牙螺母力学性能

力学性能等级	规格	保证载荷/N	HV
5	≤M16	27000~115200	175~302
	M16~M39	146900~741600	190~302
8	≤M16	37400~159500	250~353
	M16~M39	210100~1123000	295~353

附录B

(资料性附录)

部分特殊焊接材料的成分和性能

表 B-1 特殊电焊条成分 (熔敷金属)

焊条牌号	熔敷金属化学成分(%)							其他
	C	Mn	Si	S	P	Ni	Mo	
J427Ni	≤0.12	≤1.20	≤1.00	≤0.015	≤0.025	≤0.70	—	—
J507R	≤0.12	≤1.60	≤0.90	≤0.015	≤0.025	≤0.30	—	—
J507NiTiB	≤0.12	≤1.60	≤0.60	≤0.015	≤0.025	0.35~0.65	—	Ti0.02~0.04 B0.002~0.005
J507RH	≤0.12	≤1.60	≤0.70	≤0.015	≤0.025	0.35~0.80	≤0.30	—
J505MoD	≤0.20	0.40~0.70	≤0.20	≤0.015	≤0.025		0.20~0.60	
J557	≤0.12	≥1.00	0.30~0.70	≤0.015	≤0.025			
J557MoV	≤0.12	0.80~1.30	≤0.25	≤0.015	≤0.025		0.20~0.35	V0.03~0.05
J556RH	≤0.12	≥1.00	0.30~0.70	≤0.015	≤0.025	≤0.85		
J607Ni	≤0.10	0.70-1.50	≤0.80	≤0.015	≤0.025	0.80~1.50	0.10~0.40	
J607RH	≤0.10	≥1.00	≤0.60	≤0.015	≤0.025	0.60~1.20	0.10~0.30	
J707Ni	≤0.10	≥1.00	≤0.80	≤0.015	≤0.025	1.80~2.20	0.40~0.60	Cr≤0.30
J707RH	≤0.10	1.20~1.60	0.30~0.60	≤0.015	≤0.025	1.40~2.00	0.25~0.50	Cr0.08~0.20
J507Mo	≤0.12	≤0.90	≤0.60	≤0.015	≤0.025		0.40~0.65	V≤0.20
J507MoW	≤0.10	≤0.80	≤0.50	≤0.015	≤0.025		0.50~0.90	W0.5~0.90 V≤0.20 Nb≤0.12

表 B-2 特殊电焊条性能

焊条牌号	焊缝金属力学性能				熔敷金属扩散氢含量(mL/100g) 甘油法	药皮含水量 (%)
	抗拉强度 Rm(MPa)	屈服强度 Rel(MPa)	断后伸长率 A(%)	冲击吸收能量 KV2(J)		
J427Ni	≥420	≥330	≥22	-20℃, ≥54	≤4.0	≤0.25
J507R	≥490	≥400	≥20	-30℃, ≥54	≤4.0	≤0.25
J507NiTiB	≥490	≥410	≥24	-40℃, ≥54	≤4.0	≤0.25
J505RH	≥490	≥390	≥20	-40℃, ≥54	≤4.0	≤0.25
J505MoD	≥490	≥400	≥20	-30℃, ≥54	—	—
J557	≥540	≥440	≥17	-30℃, ≥54	≤3.0	≤0.20
J557MoV	≥550	≥460	≥17	-40℃, ≥54	≤3.0	≤0.20
J556RH	≥540	≥440	≥17	-40℃, ≥54	≤3.0	≤0.10
J607Ni	≥590	≥490	≥16	-20℃, ≥54	≤2.5	≤0.15
J607RH	≥590	≥490	≥16	-40℃, ≥54	≤2.5	≤0.10
J707Ni	≥690	≥600	≥15	-40℃, ≥54	≤2.5	≤0.15
J707RH	≥690	≥600	≥15	-40℃, ≥54	≤2.5	≤0.10
J507Mo	≥490	≥390	≥22	-30℃, ≥47	≤4.0	≤0.25
J507MoW	≥490	≥390	≥22	-30℃, ≥27	≤4.0	≤0.25

注: J557、J557MoV、J556RH、J607Ni、J607RH、J707Ni、J707RH 的力学性能为热处理后性能, 热处理规范为605℃~635℃保温1h。J507MoW 为焊后740℃热处理后的性能。

表 B-3 特殊奥氏体钢焊条化学成分和熔敷金属力学性能

焊条牌号	焊缝金属化学成分(%)									熔敷金属力学性能	
	C	Mn	Si	Cr	Ni	Mo	Cu	S	P	抗拉强度 Rm (MPa)	断后伸长率 A(%)
A052	≤0.04	≤2.0	≤1.0	17.0~ 22.0	22.0~ 27.0	4.0~5.5	≤2.0	≤0.030	≤0.035	≥490	≥25
A462	0.15~ 0.35	1.5~3.0	0.90~ 1.30	25~28	30~35	0.4~0.6	—	≤0.03	≤0.035	≥630	≥15



## 附录C

### (资料性附录)

#### 镍及镍合金焊接材料

《镍及镍合金焊条》GB/T 13814和SFA-5.11的熔敷金属化学成分和力学性能见表 C-1和表 C-2所示。

《镍及镍合金焊丝》GB/T 15620和SFA-5.14的熔敷金属化学成分见表C-3所示。

**表 C-1 镍及镍合金熔敷金属化学成分(%)**

GB/T 13814 型号	AWS 型号	C	Mn	Fe	P	S	Si	Cu	Ni (注4)	Co	Al	Ti	Cr	Nb+Ta (注 3)	Mo	V	W	其他总 量
ENi2061	ENi-1	0.10	0.7	0.7	0.020	0.015	1.2	0.2	≥92.0		1.0	1.0~ 4.0						0.50
ENi4060	ENiCu-7	0.15	4.0	2.5	0.020	0.015	1.5	27.0~ 34.0	62.0~ 68		1.0	1.0						0.50
ENi6062	ENiCrFe-1	0.08	3.5	11.0	0.020	0.015	0.8	0.50	≥62.0				13.0~ 17.0	0.5~ 4				0.50
ENi6133	ENiCrFe-2	0.10	1.0~ 3.5	12	0.020	0.015	0.8	0.50	≥62.0	注 2			13.0~ 17.0	0.5~ 3.0	0.5~ 2.5			0.50
ENi6182	ENiCrFe-3	0.10	5.0~ 10.0	10.0	0.020	0.015	1.0	0.50	≥60.0	注 2		1.0	13.0~ 17.0	1.0~ 3.5				0.50
ENi1001	ENiMo-1	0.07	1.0	4.0~ 7.0	0.020	0.015	1.0	0.50	≥55.0	2.5			1.0		26.0~ 30.0	0.6	1.0	0.50
ENi1004	ENiMo-3	0.12	1.0	4.0~ 7.0	0.020	0.015	1.0	0.50	≥60.0				2.5~ 5.5		23.0~ 27.0	0.6	1.0	0.50

注：表列化学成分除已规定外，单个值均指最大值。

1 当规定时，Co≤0.12%。

2 当规定时，Ta≤0.30%。

**表 C-2 镍及镍合金焊条熔敷金属力学性能**

GB/T 13814型号	AWS 焊条型号	抗拉强度 Rm(MPa)	断后伸长率 A(%)
ENi2061	ENi-1	≥410	≥18
ENi4060	ENiCu-7	≥480	≥27
ENi6062 ENi6133 ENi6182	ENiCrFe-1 ENiCrFe-2 ENiCrFe-3	≥550	≥27
ENi1001 ENi1004	ENiMo-1 ENiMo-3	≥690	≥22

表 C-3 镍及镍合金钨极气体保护焊(GTAW)用焊丝化学成分(%)

GB/T 15620 型号	AWS 型号	C	Mn	Fe	P	S	Si	Cu	Ni	Co	Al	Ti	Cr	Nb+Ta (注 3)	Mo	V	W	其他 总量
SNi2061	ERNi-1	0.15	1.0	1.0	0.020	0.015	0.7	0.2	≥92.0		1.5	2.0~ 3.5						0.50
SNi4060	ERNiCu-7	0.15	2.0~4.0	2.5	0.020	0.015	1.2	28.0~3 2.0	62.0~ 69.0		1.2	1.5~ 3.0						0.50
SNi6082	ENiCr-3	0.10	2.5~ 3.5	3.0	0.020	0.015	0.50	0.50	≥67.0	注2		0.7	18.0~ 22.0	2.0~3.0				0.50
SNi6062	ERNiCrFe-5	0.08	1.0	6.0~ 10.0	0.020	0.015	0.3	0.50	≥70.0	注 3			14.0~ 17.0	1.5~3.0				0.50
SNi7092	ERNiCrFe-6	0.08	2.0~ 2.7	8.0	0.020	0.015	0.3	0.50	≥67.0			2.5~ 3.5	14.0~ 17.0					0.50
SNi1001	ERNiMo-1	0.08	1.0	4.0~ 7.0	0.020	0.015	1.0	0.50	≥55.0	2.5			1.0		26.0~ 30.0	0.2~ 0.4	1.0	0.50
SNi1004	ERNiMo-3	0.12	1.0	4.0~ 7.0	0.020	0.015	1.0	0.50	≥62.0	2.5			4.0~ 6.0		23.0~ 26.0	0.6	1.0	0.50

注：表列化学成分除已规定外，单个值均指最大值。

1 当规定时，Co≤0.12%。

2 当规定时，Ta≤0.30%。

附录 D

(资料性附录)

碳钢、不锈钢、镍基合金异种金属焊接材料选用表

表D-1 低碳钢、不锈钢、镍基合金异种金属焊接材料选用表

	纯 镍	蒙乃尔 400	蒙乃尔 K500	inconel 600	incolloy 800	不锈钢	碳钢	70/30 铜镍合金	海氏合金 B	海氏合金 C	备 注
纯镍	ERNi-1	ERNi-1 ERNiCu-7	ERNi-1 ERNiCr-3	ERNi-1 ERNiCr-3	ERNi-1 ERNiCr-3	ERNi-1 ERNiCr-3 ERNiCrFe-6	ERNi-1	ERNi-1 ECuNi	ERNiCr-3 ERNiCrFe-6	ERNiCr-3 ERNiCrFe-6	
	ENi-1										
蒙乃尔 400	ENi-1 ENiCu-7	ERNiCu-7 ENiCu-7	ERNiCu-7	ERNiCr-3 ERNiCrFe-6	ERNiCr-3 ERNiCrFe-6	ERNi-1	ERNi-1	ERNiCu-7	ERNiCu-7	ERNiCr-3 ERNiCrFe-6	
蒙乃尔 K 500	ENiCu-7	ENiCu-7	ERNiCu-7	ERNiCr-3 ERNiCrFe-6	ERNiCr-3 ERNiCrFe-6	ERNiCr-3 ERNiCrFe-6	ERNi-1	ERNiCu-7	ERNiCu-7	ERNiCr-3 ERNiCrFe-6	
inconel600	ENi-1 ENiCrFe-2 ENiCrFe-3	ENiCrFe-2 ENiCrFe-3	ENiCrFe-2 ENiCrFe-3	ERNiCrFe-5 ERNiCr-3 ENiCrFe-1 或 3	ERNiCr-3 ERNiCrFe-6	ERNiCr-3 ERNiCrFe-6	ERNiCr-3 ERNiCrFe-6	ERNi-1	ERNiCr-3 ERNiCrFe-6	ERNiCr-3 ERNiCrFe-6	
incolloy800	ENi-1 ENiCrFe-2 ENiCrFe-3	ENiCrFe-2 ENiCrFe-3	ENiCrFe-2 ENiCrFe-3	ENiCrFe-2 ENiCrFe-3	ERNiCr-3 ENiCrFe-2 或 3	ERNiCr-3 ERNiCrFe-6	ERNiCr-3 ERNiCrFe-6	ERNi-1	ERNiCr-3 ERNiCrFe-6	ERNiCr-3 ERNiCrFe-6	
不锈钢	ENi-1	ENiCu-7	ENiCu-7	ENiCrFe-2 ENiCrFe-3	ENiCrFe-2 ENiCrFe-3		ERNiCr-3 ERNiCrFe-6	ERNi-1	ERNiCr-3 ERNiCrFe-6 ERNiMo-3	ERNiCr-3 ERNiCrFe-6 ERNiMo-3	
碳钢	ENi-1	ENiCu-7	ENiCu-7	ENiCrFe-2 ENiCrFe-3	ENiCrFe-2 ENiCrFe-3	ENiCrFe-2 ENiCrFe-3		ERNi-1	ERNiCr-3 ERNiMo-3	ERNiCr-3 ERNiMo-3	
70/30 铜镍合金	ENi-1 ECuNi	ENiCu-7 ECuNi	ENiCu-7 ECuNi	ENi-1 ENiCrFe-2	ENi-1 ENiCrFe-2	ENi-1 ENiCrFe-2	ENiCu-7	ERCuNi ECuNi	ERNi-1 ERNiMo-3 ERNiCrFe-6	ERNi-1 ERNiMo-3 ERNiCrFe-6	
海氏合金 B	ENiCrFe-2 ENiCrFe-3	ENiCu-7	ENiCu-7	ENiCrFe-2 ENiCrFe-3	ENiCrFe-2 ENiCrFe-3	ENiCrFe-2 ENiMo-3	ENiMo-3 ENiCrFe-2	ENi-1 ENiMo-3		ERNi-1 ERNiMo-1 ERNiMo-3	
海氏合金 C	ENiCrFe-2 ENiCrFe-3	ENiCrFe-2 ENiCrFe-3	ENiCrFe-2 ENiCrFe-3	ENiCrFe-2 ENiCrFe-3	ENiCrFe-2 ENiCrFe-3	ENiCrFe-2 ENiCrFe-3	ENiMo-3	ENi-1 ENiMo-3	ENiMo-3 ENiMo-1 ENiCrFe-2		

说明:①表列的右上角为惰性气体保护焊用焊丝的 AWS A5.14 所列的焊丝型号,详细成份参见附录 C 的表 C-3。

②表列的左下角为手工电弧焊用焊条的 AWS A5.11 所列的焊条型号,详细成份及性能参见附录 C 的表 C-2。

ECuNiB和SCu7158为《铜和铜合金焊条》GB/T3670和《铜和铜合金焊丝》GB/T 9460所列型号, ECuNi和 ERCuNi 为 SFA-5.6 “铜及铜合金药皮焊条” 和 SFA-5.7 “铜及铜合金填丝和焊丝” 所列的型号。焊条的熔敷金属和焊丝的化学成分如下表所示:

国标型号	AWS 型号	Cu	Zn	Sn	Mn	Fe	Si	Ni	P	S	Pb	Ti	其他总量
ECuNi-B	ECuNi	余量	*	*	1.0~2.5	2.5	0.5	29.0~33.0	0.020	0.015	0.02*	0.5	0.50
SCu7158	ERCuNi	余量	*	*	0.5~1.5	0.4~0.7	0.25	29.0~32.0	0.020	0.010	0.02*	×	0.40

注: 1 包括带\*的元素在内的其他元素总含量, 应不超过规定的0.5%。

2 表列数值除已规定者外, 单个值系指最大值。

## 附录 E

### (资料性附录)

#### 碳钢、不锈钢与铜合金的异种金属焊接材料选用表

表 E 碳钢、不锈钢与铜合金的异种金属焊接材料选用表

母材	纯铜	黄铜	磷青铜	铝青铜	硅青铜	铜镍合金
低碳钢	SCu1898 SCu6100 ERNi-1 (预热 205~540℃)	SCu6810A (预热 400~500℃)	SCu5210 (预热 200℃)	SCu6180 (预热 150℃)	SCu6328 (预热 <60℃)	SCu7158 (预热 <60℃)
中碳钢	SCu1898 SCu6100 ERNi-1 (预热 205~540℃)	SCu6810A (预热 400~500℃)	SCu5210 (预热 200℃)	SCu6180 (预热 200℃)	SCu6328 (预热 <60℃)	SCu7158 ERNi-1 (预热 <60℃)
高碳钢	SCu1898 SCu6100 ERNi-1 (预热 205~540℃)	SCu6810A (预热 400~500℃)	SCu5210 (预热 260℃)	SCu6180 (预热 260℃)	SCu6328 (预热 200℃)	SCu7158 ERNi-1 (预热 <60℃)
低合金钢	SCu-2 SCu6100 ERNi-1 (预热 205~540℃)	SCu6810A (预热 400~500℃)	SCu5210 (预热 260℃)	SCu6180 (预热 260℃)	SCu6328 (预热 200℃)	SCu7158 ERNi-1 (预热 <60℃)
不锈钢	SCu-2 SCu6100 ERNi-1 (预热 205~540℃)	SCu6810 (预热 400~500℃)	SCu5210 (预热 200℃)	SCu6180 (预热 <60℃)	SCu6328 (预热 <60℃)	SCu7158 ERNi-1 (预热 <60℃)

- 说明：1 表列的铜合金与碳钢、不锈钢的异种金属焊接材料是指采用惰性气体保护焊用焊丝。熔化极惰性气体保护焊(MIG)适用于表列的各种异种金属焊接,但钨极氩弧焊(TIG)一般不适用于黄铜与铜的焊接。
- 2 表列的铜合金与钢的异种金属焊接用惰性气体保护焊焊丝为符合《铜及铜合金焊丝》GB/T 9460的焊丝。
- 3 施焊时,焊接电弧应指向两种金属中导热系数较高的一侧母材。
- 4 施焊前,应将焊接坡口预热到表列的温度,并控制道间温度不得超过表列温度范围,以避免热脆性。
- 5 硅青铜与钢的异种金属焊接时,经常采用铝青铜焊丝(SCu6100)在铜合金的表面预先堆焊一层过渡层,然后再进行焊接。当使用镍基焊条(ERNi-1)焊接纯铜与钢、铜镍合金与钢或使用铝青铜焊丝(SCu6100)焊接铝青铜与钢时,一般不需要堆焊过渡层。但必须把钢焊透,才能保证获得较大的焊接接头的抗拉强度。
- 6 铜合金与钢钎焊时,应注意防止对钢的过热,并应注意在钢的一侧产生晶间钎焊裂缝的倾向。

