

# 第三章

## 压力容器材料以及环境和时间

### 对其性能的影响

**MATERIALS FOR PRESSURE VESSELS  
AND INFLUENCES OF  
ENVIRONMENT AND TIME  
ON PROPERTIES OF THESE MATERIALS**

# 压力容器设计

正确的应力分析和强度计算

合理的材料选择

(充分考虑)

时间效应、环境作用

# 本章主要内容

## ●3.1 压力容器材料

3.1.1 压力容器常用钢材

3.1.2 有色金属和非金属

## ●3.2 压力容器制造工艺对钢材性能的影响

3.2.1 塑性变形

3.2.2 焊接

3.2.3 热处理

## ●3.3 环境对压力容器用钢性能的影响

3.3.1 温度

3.3.2 介质

3.3.3 加载速率

## ●3.4 压力容器材料选择

3.4.1 压力容器用钢的基本要求

3.4.2 压力容器钢材的选择

# 第三章 压力容器用材以及环境和时间 对其材料性能的影响

**MATERIALS FOR PRESSURE VESSELS  
AND INFLUENCES OF ENVIRONMENT AND  
TIME ON PROPERTIES OF THESE MATERIALS**

## 3.1 压力容器材料

## 3.1 压力容器材料

### 3.1.1 压力容器常用钢材

### 3.1.2 有色金属和非金属

## 3.1.1 压力容器常用钢材

### 一、钢材形状

钢材的形状包括板、管、棒、锻件、铸件等。压力容器用钢主要是板、管材和锻件

#### (1) 钢板

**主要用途** 壳体、封头、板状构件等

**加工要求** 下料、卷板、焊接、热处理

**性能要求** 较高的强度、良好的塑性、韧性、冷弯性能和焊接性能

## 3.1.1 压力容器常用钢材

### (2) 钢管

主要用途

接管、换热管等

主要来源

无缝钢管

加工要求

下料、**焊接**、热处理

性能要求

较高的强度、塑性和良好的  
焊接性能



## 3.1.1 压力容器常用钢材

### (3) 锻件

#### 主要用途

高压容器的平盖、端部法兰与接管法兰等

#### 分 级

I、II、III、IV四个级别。级别越高，要求检验项目越多，检验数量越来越多，越严格，价格越高。

## 3.1.1 压力容器常用钢材

### 二、钢材类型

按化学成分分类

碳素钢

低合金钢

高合金钢

## 3.1.1 压力容器常用钢材

### 1、碳素钢

含碳量小于2.06%的铁碳合金。以及少量的硫、磷、硅、氧、氮等元素。

碳素结构钢

Q235系列钢板；  
10、20钢钢管；  
20、35钢锻件。

压力容器  
碳素钢

压力容器专用钢板

20R

R---压力  
容器专用  
钢板

20R的特点  
和应用场合

强度低，塑性和可焊性较好价格低廉；  
常用于常压或中、低压容器；  
也做垫板、支座等零部件材料。

## 3.1.1 压力容器常用钢材

### 2、低合金钢

#### 特点及优点

- ◆ 是一种低碳低合金钢，合金元素含量较少（总量一般不超过3%），具有优良的综合力学性能，其强度、韧性、耐腐蚀性、低温和高温性能等均优于相同含碳量的碳素钢。
- 
- ◆ 采用低合金钢，不仅可以减薄容器的壁厚，减轻重量，节约钢材，而且能解决大型压力容器在制造、检验、运输、安装中因壁厚太厚所带来的各种困难。

## 3.1.1 压力容器常用钢材

压力容器常用低合金钢：

**D----**低温  
用钢

钢板

16MnR、15CrMoR、16MnDR、15MnNiDR、09MnNiDR；

钢管

16Mn、09MnD；

锻件

16Mn、20MnMo、16MnD、09MnNiD、  
12Cr1MoV。

## 3.1.1 压力容器常用钢材

### 应用介绍

#### 1、16MnR

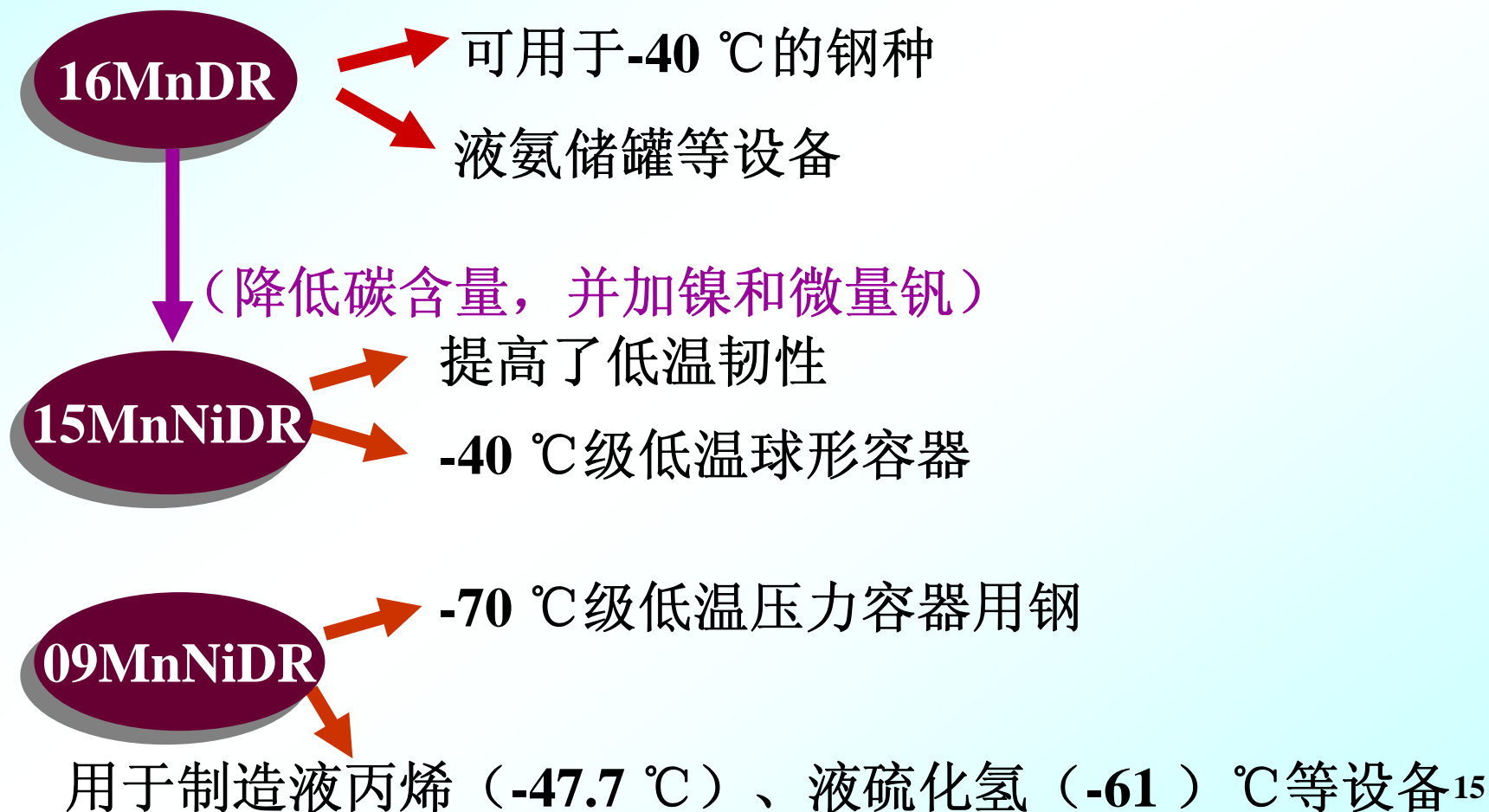
- ◆ 屈服点  $\sigma_s$  为  $340MPa$  级的压力容器专用钢板
- ◆ 我国压力容器行业使用量最大的钢板
- ◆ 具有良好的综合力学性能、制造工艺性能
- ◆ 主要用于制造中低压压力容器和多层高压容器

## 应用介绍

## 3.1.1 压力容器常用钢材

## 2、16MnDR、15MnNiDR、09MnNiDR

◆ 低温压力容器用钢，工作在-20℃及更低温度的压力容器专用钢板



## 3.1.1 压力容器常用钢材

### 应用介绍

### 3、15CrMoR

- ◆ 低合金珠光体热强钢
- ◆ 中温抗氢钢板
- ◆ 用于制造壁温不超过560 °C的压力容器



## 应用介绍

## 3.1.1 压力容器常用钢材

## 4、20MnMo、09MnNiD

良好的热加工和焊接  
工艺性能

20MnMo

常制造使用温度为-40~  
470 °C的重要大中型锻件

良好的低温韧性

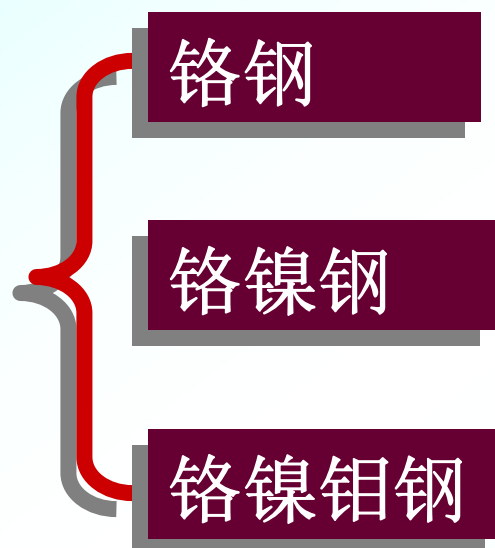
09MnNiD

常制造使用温度为  
-60~-45 °C的低温容器

## 3.1.1 压力容器常用钢材

### 3、高合金钢

压力容器中采用的低碳或超低碳高合金钢大多是**耐腐蚀、耐高温钢**



## 3.1.1 压力容器常用钢材

### (1) 铬钢

有较高的强度、塑性、韧性和良好的切削加工性能

是常用的铁素体不锈钢



在室温的稀硝酸以及弱有机酸中有一定的耐腐蚀性

但不耐硫酸、盐酸、热磷酸等介质的腐蚀

## 3.1.1 压力容器常用钢材

### (2) 铬镍钢

0Cr18Ni9、0Cr18Ni10Ti、00Cr19Ni10三种钢均属于奥氏体不锈钢。

0Cr18Ni9

在固溶态，具有良好的塑性、韧性、冷加工性，在氧化性酸和大气、水、蒸汽等介质中耐腐蚀性亦佳

但长期在水及蒸汽中工作时，0Cr18Ni9有晶间腐蚀倾向，并且在氯化物溶液中易发生应力腐蚀开裂。

0Cr18Ni10Ti

具有较高的抗晶间腐蚀能力，可在-196℃~600℃温度范围内长期使用。

00Cr19Ni10

为超低碳不锈钢，具有更好的耐蚀性。

## 3.1.1 压力容器常用钢材

### (3) 铬镍钼钢

奥氏体-铁素体双相  
不锈钢

00Cr18Ni5Mo3Si2

耐应力腐蚀、小孔腐蚀的性能良好，适用于制造介质中含氯离子的设备。

## 3.1.1 压力容器常用钢材

### 复合板

**基层：**与介质不接触，主要起承载作用，通常为碳素钢和低合金钢。

**复层：**与介质直接接触，要求与介质有良好的相容性，通常为不锈钢、钛等耐腐蚀材料，其厚度一般为基层厚度的 $1/10\sim 1/3$ 。

### 复合板应用特点

①用复合板制造耐腐蚀压力容器，可大量节省昂贵的耐腐蚀材料，从而降低压力容器的制造成本。

②复合板的焊接比一般钢板复杂，焊接接头往往是耐腐蚀的薄弱环节，因此壁厚较薄、直径小的压力容器最好不用复合板。

## 3.1.1 压力容器常用钢材

### 焊接材料

压力容器零部件间焊接还需要焊条、焊丝、焊剂、电极和衬垫等焊接材料。

一般应根据待连接件的化学成分、力学性能、焊接性能，结合压力容器的结构特点和使用条件综合考虑选用焊接材料，必要时还应通过试验确定。

压力容器用钢的焊接材料可参阅有关标准。

## 3.1.2 有色金属和非金属

### 一、有色金属

**使用状态** 在退火状态下的强度比较稳定，一般都在退火状态下使用

选用时应注意选择同类有色金属中的合适牌号

压力容器常用  
有色金属：

铜及其合金

铝及其合金

镍和镍合金

钛和钛合金



## 3.1.2 有色金属和非金属

### 1、铜及其合金

#### 特性：

在没有氧存在的情况下，铜在许多非氧化性酸中都是比较耐腐蚀的。但铜最有价值的性能是在低温下保持较高的塑性及冲击韧性，是制造深冷设备的良好材料。

## 3.1.2 有色金属和非金属

### 2、铝及其合金

- 特性：**
- ◆ 铝很轻（密度约为钢的三分之一），耐浓硝酸、醋酸、碳酸、氢铵、尿素等，不耐碱；
  - ◆ 在低温下具有良好的塑性和韧性；
  - ◆ 使用温度范围为-269~200℃；
  - ◆ 有良好的成型和焊接性能。

---

---

**应用：** 可用来制作压力较低的贮罐、塔、热交换器，防止污染产品的设备及深冷设备

## 3.1.2 有色金属和非金属

### 3、镍和镍合金

**特性：** 在强腐蚀介质中比不锈钢有更好的耐腐蚀性，比耐热钢有更好的抗高温强度，最高使用温度可达900℃。

---

---

**应用：** 由于价格高，一般只用于制造特殊要求的压力容器。

## 3.1.2 有色金属和非金属

### 4、钛及钛合金

- 特性：**
- ◆ 对中性、氧化性、弱还原性介质耐腐蚀，如湿氯气、氯化钠和次氯酸盐等氯化物溶液；
  - ◆ 具有密度小（ $=4510\text{kg/m}^3$ ）、强度高（相当于**20R**）、低温性能好、粘附力小等优点；
  - ◆ 但单位质量价格高，比一般钢材高**20**倍左右；
  - ◆ 使用温度仅限于**350℃**以内。

**应用：** 在介质腐蚀性强、寿命长的设备中应用，可获得较好的综合经济效果。

## 3.1.2 有色金属和非金属

### 二、非金属材料

**用途** 它既可以单独用作结构材料，也可用作金属材料保护衬里或涂层,还可以用作设备的密封材料、保温材料和耐火材料。

### 压力容器用非金属材料要求

除要求有良好的耐腐蚀性外，  
还应有足够的强度，  
好的热稳定性，  
良好的加工制造性能。

**缺点** 大多数材料耐热性不高，对温度波动比较敏感，与金属相比强度较低(除玻璃钢外)。

## 3.1.2 有色金属和非金属

压力容器常用非金属材料

涂料

工程塑料

不透性石墨

搪瓷

陶瓷

## 3.1.2 有色金属和非金属

### 1、涂料

涂料是一种有机高分子胶体的混合物，  
将其均匀地涂在容器表面上能形成完整而坚韧的薄膜，起耐腐蚀和保护作用。

## 3.1.2 有色金属和非金属

### 2、工程塑料

#### 热塑性塑料

在一定温度下可以变软，而不发生化学变化，冷却后又变硬，再加热又软化；

**Eg.**如聚氯乙烯、聚四氟乙烯、ABS等；

可用作制造低压容器的壳体、管道,也可用作密封元件、衬里等的材料。

#### 热固性塑料



## 3.1.2 有色金属和非金属

### 3、不透性石墨

具有良好的化学稳定性、导电性和导热性，可用于制造热交换器。

### 4、陶瓷

具有良好的耐腐蚀性能，且有一定的强度，被用来制造塔、储槽、反应器和管件。

## 3.1.2 有色金属和非金属

### 5、搪瓷

◆ 搪瓷设备是由含硅量高的瓷釉通过 $900^{\circ}\text{C}$ 左右的高温锻烧，使瓷釉密着于金属胎表面而制成的。

◆ 它具有优良的耐蚀性，较好的耐磨性，广泛用作耐腐蚀、不挂料的反应罐、储罐、塔和反应器等。

## 3.1.2 有色金属和非金属

### 复合材料

- ▲具有重量轻、强度高、耐腐蚀性好等优点，是一种很有发展前途的压力容器材料，已被用于制造天然气钢瓶、液化石油气储罐等产品。

## 3.1 压力容器材料

**教学重点：**

压力容器常用钢材。

**教学难点：**

高合金钢。