

ICS 23.030.30  
J 74



# 中华人民共和国国家标准

GB/T 33145—2016

## 大容积钢质无缝气瓶

Large capacity seamless steel gas cylinders

2016-10-13 发布

2017-05-01 实施



中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局  
中国国家标准化管理委员会

发布

## 目 次

前言 .....	III
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义、符号 .....	2
4 型式、参数和型号 .....	3
5 技术要求 .....	4
6 试验方法 .....	9
7 检验规则 .....	13
8 标记、涂敷、包装、运输和储存 .....	17
9 产品合格证、产品使用说明书和批量检验质量证明书 .....	18
附录 A (规范性附录) 常用瓶体材料的化学成分 .....	20
附录 B (资料性附录) 直螺纹剪切应力安全系数的计算方法 .....	21
附录 C (规范性附录) 超声检测 .....	22
附录 D (规范性附录) 磁粉检测 .....	25
附录 E (资料性附录) 硬度-抗拉强度对应图 .....	27
参考文献 .....	29

## 前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本标准由全国气瓶标准化技术委员会(SAC/TC 31)提出并归口。

本标准主要起草单位:石家庄安瑞科气体机械有限公司、中国特种设备检测研究院、新兴能源装备股份有限公司、北京天海工业有限公司、浙江蓝能燃气设备有限公司。

本标准主要起草人:王红霞、黄强华、武常生、张保国、薄柯、张君鹏、杨葆英、杨明高、刘启华。

# 大容积钢质无缝气瓶

## 1 范围

本标准规定了大容积钢质无缝气瓶(以下简称“钢瓶”)的型式和参数、技术要求、试验方法、检验规则、标记、涂敷、包装、运输和储存等要求。

本标准适用于在正常环境温度 $-40\text{ }^{\circ}\text{C}\sim+60\text{ }^{\circ}\text{C}$ 下使用、公称工作压力为 $10\text{ MPa}\sim 30\text{ MPa}$ 、公称水容积大于 $150\text{ L}\sim 3\ 000\text{ L}$ 、可重复充装压缩气体或液化气体的移动式钢瓶。

## 2 规范性引用文件

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

GB/T 196 普通螺纹 基本尺寸

GB/T 222—2006 钢的成品化学成分允许偏差

GB/T 223(所有部分) 钢铁及合金化学分析方法

GB/T 224 钢的脱碳层深度测定法

GB/T 226 钢的低倍组织及缺陷酸蚀检验法

GB/T 228.1 金属材料 拉伸试验 第1部分:室温试验方法

GB/T 229 金属材料 夏比摆锤冲击试验方法

GB/T 231.1 金属材料 布氏硬度试验 第1部分:试验方法

GB/T 232 金属材料 弯曲试验方法

GB/T 1979 结构钢低倍组织缺陷评级图

GB/T 3634.1 氢气 第1部分:工业氢

GB/T 4336 碳素钢和中低合金钢 火花源原子发射光谱分析方法(常规法)

GB/T 5777 无缝钢管超声波探伤检验方法

GB/T 6394 金属平均晶粒度测定方法

GB/T 7144 气瓶颜色标志

GB/T 7307 55°非密封管螺纹

GB/T 8923.1 涂覆涂料前钢材表面处理 表面清洁度的目视评定 第1部分:未涂覆过的钢材表面和全面清除原有涂层后的钢材表面的锈蚀等级和处理等级

GB/T 9251 气瓶水压试验方法

GB/T 9252 气瓶疲劳试验方法

GB/T 9452 热处理炉有效加热区测定方法

GB/T 10561 钢中非金属夹杂物含量的测定 标准评级图显微检验法

GB/T 11344 无损检测 接触式超声脉冲回波法测厚方法

GB/T 12137 气瓶气密性试验方法

GB/T 13005 气瓶术语

GB/T 13298 钢的显微组织检验方法

GB/T 13299 钢的显微组织评定方法

GB/T 15385 气瓶水压爆破试验方法

GB 17820 天然气

GB 18047 车用压缩天然气

GB/T 20066 钢和铁 化学成分测定用试样的取样和制样方法

GB/T 23907 无损检测 磁粉检测用试片

GB/T 30824 燃气热处理炉温度均匀性测试方法

NB/T 47008 承压设备用碳素钢和合金钢锻件

NB/T 47013.3 承压设备无损检测 第3部分:超声检测

NB/T 47013.4 承压设备无损检测 第4部分:磁粉检测

NB/T 47013.5 承压设备无损检测 第5部分:渗透检测

TSG R0006 气瓶安全技术监察规程

YB/T 4149—2006 连铸圆管坯

ASME B1.1 统一英制螺纹(UN和UNR牙型)[Unified inch screw threads(UN and UNR thread form)]

CGA S-1.1 压力泄压装置标准 第1部分:压缩气体用气瓶(Pressure relief device standard—Part 1:Cylinders for compressed gases)

### 3 术语和定义、符号

#### 3.1 术语和定义

GB/T 13005界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

##### 3.1.1

**大容积钢质无缝气瓶 large capacity seamless steel gas cylinders**

水容积大于150 L~3 000 L,用于可重复充装压缩气体或液化气体的移动式钢质无缝气瓶。

##### 3.1.2

**批量 lot**

采用同一设计、同一炉罐号材料、同一制造工艺,按同一热处理规范、采用连续热处理炉连续热处理的钢瓶所限定的数量。

##### 3.1.3

**螺塞 screw plug**

带有连接螺纹,用于钢瓶两端瓶口密封以及连接管路、装配阀门等附件的端塞,也称堵塞。

##### 3.1.4

**公称直径 nominal diameter**

钢瓶筒体部分的外径。

#### 3.2 符号

下列符号适用于本文件。

- |                   |                            |
|-------------------|----------------------------|
| $A$               | 内螺纹开孔受压面积, $\text{mm}^2$ ; |
| $A_n$             | 内螺纹牙受剪面积, $\text{mm}^2$ ;  |
| $A_w$             | 外螺纹牙受剪面积, $\text{mm}^2$ ;  |
| $A_{50\text{mm}}$ | 原始标距为50 mm的断后伸长率, %;       |
| $a'$              | 筒体最小设计壁厚, mm;              |

$a_o$	拉伸试样厚度, mm;
$a_{fa}$	冷弯试样实测平均厚度, mm;
$B$	压扁试验压头宽度, mm;
$B_1$	压扁试验样环被压扁后的宽度, mm;
$D_f$	冷弯试验弯心直径, mm;
$D_i$	筒体内径, mm;
$D_o$	筒体外径, 即公称直径, mm;
$D_{1max}$	内螺纹最大小径, mm;
$D_{2max}$	内螺纹最大中径, mm;
$d_{2min}$	外螺纹最小中径, mm;
$d_{min}$	外螺纹最小大径, mm;
$E$	对比样管上人工缺陷长度, mm;
$F_w$	螺纹最大轴向外载荷, N;
$K_n$	内螺纹剪切应力安全系数;
$KV_2$	瓶体材料热处理后的冲击吸收能量, J;
$K_w$	外螺纹剪切应力安全系数;
$I$	惯性矩, mm <sup>4</sup> ;
$L$	瓶体长度, mm;
$M$	弯矩, N·mm;
$P$	螺距, mm;
$p$	公称工作压力, MPa;
$p_h$	水压试验压力, MPa;
$R_{ea}$	瓶体材料热处理后的实测屈服强度, MPa;
$R_m$	瓶体材料热处理后的实测抗拉强度, MPa;
$T$	对比样管上人工缺陷深度, mm;
$T_y$	压扁试验规定的压头间距, mm;
$V$	公称水容积, L;
$W$	对比样管上人工缺陷宽度, mm;
$w$	瓶体充水后瓶体单位长度的重力, N/mm;
$z$	螺纹啮合牙数;
$\alpha$	螺纹牙形角, (°);
$[\sigma]$	瓶体壁应力的许用值, MPa;
$\sigma_1$	瓶体水平放置, 其底部金属因弯矩而产生的最大拉应力, MPa;
$\sigma_2$	瓶体水平放置, 其底部金属在水压试验压力作用下产生的纵向拉应力, MPa;
$\tau_n$	内螺纹剪切应力, MPa;
$\tau_{nm}$	内螺纹材料剪切强度, MPa;
$\tau_w$	外螺纹剪切应力, MPa;
$\tau_{wm}$	外螺纹材料剪切强度, MPa。

## 4 型式、参数和型号

### 4.1 型式

瓶体结构型式一般按图 1 所示。

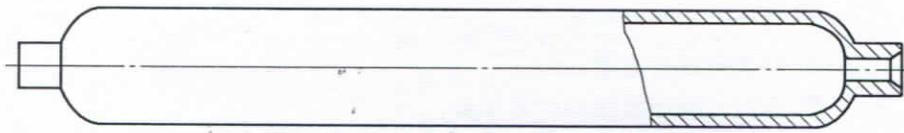


图 1 瓶体的结构型式

4.2 参数

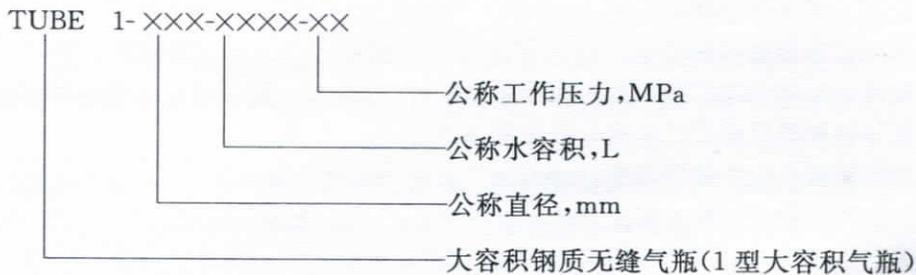
钢瓶公称水容积和公称直径一般应符合表 1 的规定。

表 1 公称水容积和公称直径

项 目	数 值	允许偏差/%
公称水容积 V/L	>150~3 000	+10 0
公称直径 $D_0$ /mm	$\phi 325 \sim \phi 610$	$\pm 1$

4.3 型号

钢瓶型号由以下部分组成：



示例：

公称工作压力为 25 MPa、公称水容积为 2 250 L、公称直径为 559 mm 的大容积钢质无缝气瓶，其型号标记为：TUBE 1-559-2250-25。

5 技术要求

5.1 材料

5.1.1 瓶体

5.1.1.1 制造瓶体的材料应是采用电弧炉加炉外精炼并经真空精炼处理，或氧气转炉加炉外精炼并经真空精炼处理的无时效性镇静钢。

5.1.1.2 瓶体材料的选用应与所盛装的介质具有相容性。

5.1.1.3 应选用具有良好的低温冲击性能的优质钢材。

5.1.1.4 瓶体材料的化学成分限定如表 2 所示，其化学成分允许偏差应符合 GB/T 222—2006 表 1 的规定。对于 V、Nb、Ti、B 和 Zr 等非有意加入的合金元素的总质量分数不应超过 0.15%。常用瓶体材料的化学成分见附录 A 规定。

表 2 瓶体材料化学成分限定(质量分数)

组别	化学成分/%							
	C	Mn	Si	S	P	S+P	Cr	Mo
I	0.25~0.35	0.40~0.90	0.15~0.37	≤0.010	≤0.020	≤0.025	0.80~1.10	0.15~0.25
II	0.35~0.50	0.50~1.05	0.15~0.40	≤0.010	≤0.020	≤0.025	0.80~1.15	0.15~0.25

5.1.1.5 制造瓶体用无缝钢管及制造无缝钢管用钢坯除应符合相应的国家标准或行业标准的规定,还应符合下列要求:

## a) 钢坯:

- 1) 宜采用连铸连轧钢坯或锻制钢坯;
- 2) 表面不允许存在目视可见的结疤、气孔、针孔、重皮及深度超过 0.5 mm 的裂纹;
- 3) 低倍组织:横截面酸浸试片上不得有目视可见的白点、分层、气泡、夹杂和折叠等缺陷存在,并按 YB/T 4149—2006 附录 A 评级图进行评定,中心疏松、缩孔、中心裂纹、中间裂纹、皮下裂纹、皮下气泡合格级别均不大于 1 级;
- 4) 有害元素的质量分数:As≤0.010%、Sn≤0.010%、Sb≤0.010%、Pb≤0.010%、Bi≤0.010%,且其总和: $\Sigma(\text{As}+\text{Sn}+\text{Sb}+\text{Pb}+\text{Bi})\leq 0.025\%$ ;
- 5) 熔炼分析气体的质量分数:H≤ $2\times 10^{-6}$ 、O≤ $25\times 10^{-6}$ 、N≤ $7\times 10^{-6}$ ;
- 6) 非金属夹杂物:按 GB/T 10561 中 A 法进行评级,应满足表 3 要求。

表 3 非金属夹杂物合格级别

非金属夹杂物类型		A	B	C	D	DS
合格级别/级	细系	≤1.5	≤1.0	≤0.5	≤1.5	≤1.5
	粗系	≤1.0	≤1.0	≤0.5	≤1.5	

## b) 无缝钢管:

- 1) 壁厚偏差不应超过规定壁厚的 $^{+20\%}$ ;
- 2) 外径偏差不应超过公称直径的 $\pm 1\%$ ;
- 3) 直线度不应超过总长的 0.15%;
- 4) 圆度,即在同一截面上的最大外径与最小外径差,不应超过该截面平均外径的 2%;
- 5) 内、外表面不得有裂纹、折叠、轧折、离层和结疤。若有缺陷应完全清除,清除处应光滑过渡,清除后的实际壁厚不得小于规定壁厚的最小值;
- 6) 应逐根按 GB/T 5777 或 NB/T 47013.3 进行纵、横向的超声检测,合格级别不应低于 GB/T 5777 规定的 L2 级或 NB/T 47013.3 规定的 I 级;
- 7) 应以热轧(扩)状态、冷拔状态或冷拔后热处理状态交货。热扩状态应是指坯料钢管经整体加热后扩制变形形成更大直径钢管的变形状态。

5.1.1.6 无缝钢管制造单位应提供无缝钢管和钢坯的质量证明书,或带有钢坯质量证明信息的无缝钢管的质量证明书。

## 5.1.2 螺塞

5.1.2.1 螺塞材料宜采用 30CrMo 和 35CrMo,其化学成分应满足表 4 的要求。

表 4 螺塞材料的化学成分限定(质量分数)

材料牌号	化学成分/%								
	C	Mn	Si	P	S	Cr	Mo	Cu	Ni
30CrMo	0.26~0.34	0.40~0.70	0.17~0.37	≤0.025	≤0.025	0.80~1.10	0.15~0.25	≤0.25	≤0.30
35CrMo	0.32~0.38	0.40~0.70	0.15~0.40	≤0.025	≤0.015	0.80~1.10	0.15~0.25	≤0.25	≤0.30

5.1.2.2 螺塞材料应经调质热处理,热处理后的力学性能应符合设计要求,并且其硬度应低于瓶体热处理后的硬度。

## 5.2 设计

### 5.2.1 一般规定

5.2.1.1 钢瓶只允许盛装与瓶体材料相容且符合相应标准的压缩气体或液化气体;钢瓶盛装压缩天然气或氢气时,汽车用压缩天然气应符合 GB 18047 的规定,民用压缩天然气应符合 GB 17820 中一、二类天然气的规定,氢气应符合 GB/T 3634.1 的规定。

5.2.1.2 钢瓶可用作长管拖车、管束式集装箱(气瓶集装箱)等移动式压力容器上的钢瓶,也可固定在专用托架上单独使用。

5.2.1.3 钢瓶的公称工作压力  $p$  不应高于 TSG R0006 对相应介质最高公称工作压力的规定。

5.2.1.4 钢瓶的水压试验压力  $p_h$  为公称工作压力  $p$  的 5/3 倍。

5.2.1.5 对于盛装氢气、天然气或者甲烷等有致脆性、应力腐蚀倾向气体的钢瓶,其瓶体只允许采用表 2 规定的第 I 组材料。

5.2.1.6 应对瓶体材料的抗拉强度进行控制。对于盛装氢气、天然气或者甲烷等有致脆性、应力腐蚀倾向气体的钢瓶,其瓶体材料热处理后的实际抗拉强度不应大于 880 MPa,屈强比不应大于 0.86,断后伸长率( $A_{50\text{mm}}$ )不应小于 20%;对于盛装其他非致脆性、非应力腐蚀倾向气体的钢瓶,其瓶体材料热处理后的实际抗拉强度不应大于 1 060 MPa,屈强比不应大于 0.90,断后伸长率( $A_{50\text{mm}}$ )不应小于 16%。

5.2.1.7 对于盛装氢气、天然气或者甲烷等有致脆性、应力腐蚀倾向气体的,计算瓶体设计壁厚所选用的瓶体壁应力的许用值不得大于材料最小抗拉强度的 67%,且不得大于 482 MPa;对于盛装其他非致脆性、非应力腐蚀倾向气体的,计算瓶体设计壁厚所选用的瓶体壁应力的许用值不得大于材料最小抗拉强度的 67%,且不得大于 624 MPa。

5.2.1.8 气瓶的设计使用年限,应以型式试验时的疲劳循环次数为依据进行确定;气瓶的设计使用年限不应低于 20 年;若要延长使用年限,应以实际疲劳循环次数为基准,每满 5 年为一档进行递增(如 25 年,30 年)。未满 5 年的,按上一档计算。

### 5.2.2 筒体壁厚的计算

筒体最小设计壁厚  $a'$  应按式(1)进行计算:

$$a' = \frac{D_o}{2} \left( 1 - \sqrt{\frac{[\sigma] - 1.3p_h}{[\sigma] + 0.4p_h}} \right) \dots\dots\dots (1)$$

### 5.2.3 弯曲应力的校核

假设钢瓶两端水平支撑,并在全长上均匀加载。载荷包括充满水后瓶体部分单位长度的重力和加压到钢瓶的水压试验压力。瓶体水平放置,其底部金属由于弯曲而产生的最大拉应力的 2 倍加上相同底部金属在水压试验压力作用下纵向拉应力不应大于瓶体材料最小屈服强度的 80%。

a) 瓶体底部金属由于弯曲而产生的最大拉应力  $\sigma_1$  应按式(2)进行计算:

$$\sigma_1 = \frac{MD_o}{2I} \quad \dots\dots\dots(2)$$

其中:

$$M = \frac{wL^2}{8} \quad \dots\dots\dots(3)$$

$$I = 0.049\ 09(D_o^4 - D_i^4) \quad \dots\dots\dots(4)$$

b) 瓶体底部金属在水压试验压力作用下纵向拉应力  $\sigma_2$  应按式(5)进行计算:

$$\sigma_2 = \frac{D_i^2 p_h}{D_o^2 - D_i^2} \quad \dots\dots\dots(5)$$

## 5.2.4 瓶口

5.2.4.1 钢瓶两端瓶颈应采用符合相应标准的螺纹连接。可采用下列螺纹:

- 55°非密封管螺纹,螺纹应符合 GB/T 7307 标准的规定;
- 普通公制螺纹,螺纹应符合 GB/T 196 标准的规定;
- 英制 UN 螺纹,螺纹应符合 ASME B1.1 标准的规定。

5.2.4.2 在水压试验压力下螺纹剪切安全系数至少为 10,并且应至少啮合 6 扣完整螺纹。采用直螺纹时,螺纹剪切应力安全系数可参考附录 B 进行计算。

5.2.4.3 钢瓶两端瓶颈的开孔直径不得大于筒体公称直径的一半。

5.2.4.4 钢瓶两端瓶颈的厚度,自螺纹的根径计算不得小于筒体最小设计壁厚,且保证在承受螺塞的力偶矩和支撑附加力时不产生变形或损坏。

5.2.4.5 螺纹精度应能满足气密性能的需要。采用公制直螺纹时,内/外螺纹精度宜为 6H/6g;采用英制 UN 直螺纹时,内/外螺纹精度宜为 2B/2A。

## 5.2.5 安全泄放装置

5.2.5.1 应按照 TSG R0006 的要求以及不同介质的要求设置安全泄放装置。充装液化气体时,应保证安全泄放装置与瓶内气相空间相连。

5.2.5.2 爆破片的公称爆破压力为钢瓶的水压试验压力,标定爆破压力的允差为  $\pm 5\%$ ;易熔合金的动作温度为  $102.5\ ^\circ\text{C} \pm 5\ ^\circ\text{C}$ 。

5.2.5.3 采用爆破片与易熔合金塞串联组合装置时,易熔合金塞装置应当串联在爆破片装置出口侧。组合泄放装置应当按照不同的工况组合进行型式试验。

5.2.5.4 采用爆破片时,其泄放面积应按相应标准计算。

注:盛装氢气等介质的钢瓶,安全泄放量的计算可按 CGA S-1.1 的规定。

## 5.2.6 螺塞

钢瓶两端螺塞应选用锻件,并应符合 NB/T 47008 中 III 级锻件的规定。

## 5.2.7 排污装置

充装天然气等对瓶体材料具有应力腐蚀作用介质的钢瓶,应设置瓶内积液排污装置。排液管的结构和布置应能够保证瓶内积液排出顺畅、干净。

## 5.2.8 其他要求

在长管拖车、管束式集装箱等容器上使用的钢瓶用于充装液化气体时,每只钢瓶应单独进行充装和

充装量的控制,完成充装的钢瓶阀门应关闭。在储存、运输和使用过程中,应禁止各钢瓶之间的介质流通,以免造成单只钢瓶超装。

### 5.3 制造

#### 5.3.1 一般要求

5.3.1.1 钢瓶制造应符合本标准规定,并应符合产品图样和有关技术文件的规定。

5.3.1.2 瓶体不应进行焊接处理。

5.3.1.3 瓶体的制造应分批管理。每批钢瓶的数量不得超过 50 只。

5.3.1.4 盛装氧气或氧化性气体的钢瓶应禁油。

#### 5.3.2 原材料和零部件复验

##### 5.3.2.1 一般要求

制造单位应对钢瓶原材料和零部件进行检验和复验。经检验和复验合格的原材料和零部件方可投入生产。

##### 5.3.2.2 无缝钢管

###### 5.3.2.2.1 外观

逐根目视检验,其结果应符合 5.1.1.5 和技术协议要求。

###### 5.3.2.2.2 尺寸

壁厚应按 GB/T 11344 在超声检测设备上进行全覆盖测量或采用超声波测厚仪进行测量,制造公差采用标准量具或专用的量具、样板进行检验,其结果应符合 5.1.1.5 和技术协议要求。

###### 5.3.2.2.3 化学成分

应以材料的炉罐号按 GB/T 20066 和 GB/T 223 或 GB/T 4336 进行化学成分验证,其结果应符合 5.1.1.4 和设计要求。

###### 5.3.2.2.4 非金属夹杂物

应按 GB/T 10561 中 A 法对非金属夹杂物进行评级,其结果应符合 5.1.1.5 要求。

###### 5.3.2.2.5 低倍组织

应按 GB/T 226 进行低倍组织检查,并按 GB/T 1979 进行评定,横截面酸浸低倍组织试片上不应有目视可见的白点、分层、气泡、夹杂、折叠等缺陷。

###### 5.3.2.2.6 无损检测

逐根按 GB/T 5777 或 NB/T 47013.3 进行纵、横向的超声检测检验,其结果应符合 5.1.1.5 要求。

##### 5.3.2.3 螺塞

###### 5.3.2.3.1 化学成分

应按炉批号按 GB/T 20066 和 GB/T 223 或 GB/T 4336 进行化学成分验证,其结果应符合设计要求。

#### 5.3.2.3.2 硬度

应按 GB/T 231.1 进行硬度检测,其结果应符合设计要求。

#### 5.3.2.3.3 螺纹

螺纹尺寸应采用相应的螺纹量规进行检验,应符合相应标准要求;螺纹表面按 NB/T 47013.4 进行磁粉检测,应无裂纹性缺陷。

#### 5.3.2.4 安全泄放装置

应按批进行确认,其结果应符合设计要求。

#### 5.3.3 收口

瓶体以无缝钢管为原料,经热旋压或热锻收口制成,且应按经评定合格的工艺进行。

#### 5.3.4 热处理

5.3.4.1 瓶体应进行整体调质热处理,且应按评定合格的热处理工艺进行。

5.3.4.2 可用油或水基淬火剂作为淬火介质。用水基淬火剂作为淬火介质时,瓶体在介质中的冷却速度应不大于在 20℃ 水中冷却速度的 80%。不得直接采用水作为淬火介质。

5.3.4.3 应采用具备炉温自动控制装置,并能自动记录炉温曲线的连续式热处理炉。

5.3.4.4 应按照 GB/T 9452 或 GB/T 30824 的规定,对热处理炉的有效加热区进行炉温测定。在首次使用前、设备大修、设备改造或停产 3 个月以上再次开工时,应进行炉温测定;正常生产情况下,每半年应定期进行一次炉温测定。有效加热区内的温度均匀性应至少达到 GB/T 9452 或 GB/T 30824 的 IV 级热处理炉的相关规定,并且符合工艺评定允许的温度偏差和产品质量的要求。

5.3.4.5 每批瓶体可带一只或多只试环,随批同炉热处理。试环与所处理的瓶体应具有相同的公称直径和壁厚,且来自同一炉罐号材料。试环的长度至少为 610 mm,瓶体及试环热处理时两端应封闭。

#### 5.3.5 硬度检测

瓶体和随批同炉热处理的试环在热处理后应逐只进行硬度检测。

#### 5.3.6 水压试验

瓶体经瓶口螺纹加工后,应逐只进行外测法水压试验。

#### 5.3.7 无损检测

瓶体应逐只进行在线 100% 超声检测和 100% 磁粉检测。

#### 5.3.8 内表面处理

水压试验后,瓶体内表面应进行干燥处理。瓶体内外表面应进行抛丸处理。抛丸后应吹扫,内表面应清洁、干燥、无异物。

### 6 试验方法

#### 6.1 壁厚和制造公差

筒体部位应按 GB/T 11344 在超声检测设备上进行全覆盖超声测厚,应能自动记录和确定最小壁

厚的位置,瓶体的其他部位应采用超声波测厚仪测量;制造公差应采用标准的或专用的量具、样板进行检查。

6.2 内、外观

目测检查,可借助于内窥灯或内窥镜检查内表面。

6.3 瓶口螺纹

瓶口螺纹采用相应的螺纹量规对螺纹进行尺寸及公差检验;按 NB/T 47013.4 或 NB/T 47013.5 规定方法对螺纹的表面进行磁粉检测或渗透检验。

6.4 瓶体热处理后各项性能指标测定

6.4.1 取样

6.4.1.1 试样和样环应从同批随炉试环或瓶体中部截取的试环上截取。

6.4.1.2 取样部位见图 2 所示。

6.4.1.3 取样数量:拉伸试样 2 件,冲击试样 3 件,金相试样 2 件,压扁试验样环 1 只。

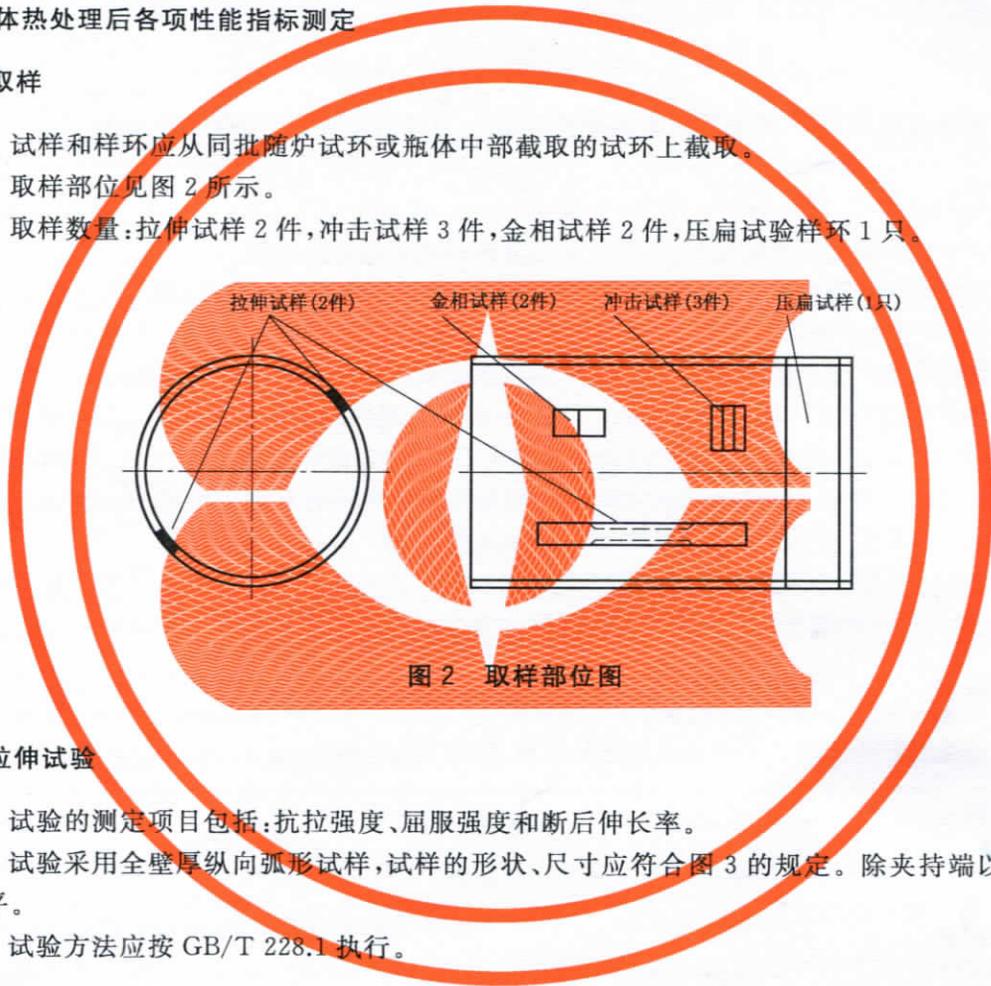


图 2 取样部位图

6.4.2 拉伸试验

6.4.2.1 试验的测定项目包括:抗拉强度、屈服强度和断后伸长率。

6.4.2.2 试验采用全壁厚纵向弧形试样,试样的形状、尺寸应符合图 3 的规定。除夹持端以外,试样不应被压平。

6.4.2.3 试验方法应按 GB/T 228.1 执行。

单位为毫米

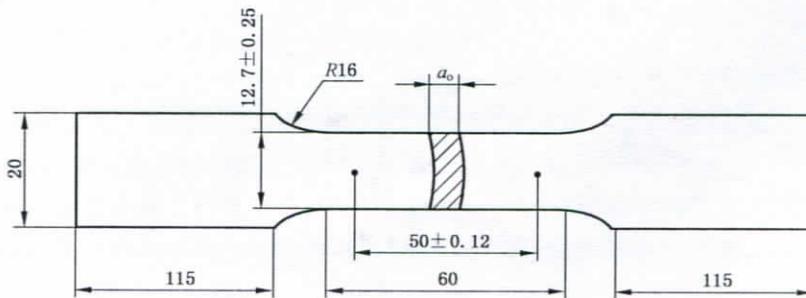


图 3 拉伸试样

### 6.4.3 冲击试验

6.4.3.1 试样应靠近内壁截取。

6.4.3.2 应采用  $10\text{ mm} \times 10\text{ mm} \times 55\text{ mm}$  带 V 型缺口的横向标准试样；对于设计壁厚小于  $10\text{ mm}$  的钢瓶，不能截取标准试样时，可采用  $10\text{ mm} \times 7.5\text{ mm} \times 55\text{ mm}$  或  $10\text{ mm} \times 5\text{ mm} \times 55\text{ mm}$  带 V 型缺口的横向小试样。根据筒体壁厚的可加工尺寸，应尽可能选取较大尺寸的试样。

6.4.3.3 试样的形状、尺寸和试验方法应按 GB/T 229 执行。

### 6.4.4 金相检查

6.4.4.1 试样的制备和试验方法应按 GB/T 13298 执行。

6.4.4.2 显微组织应按 GB/T 13299 进行评定。

6.4.4.3 晶粒度应按 GB/T 6394 进行评定。

6.4.4.4 脱碳层深度应按 GB/T 224 进行测定。

### 6.4.5 压扁试验

6.4.5.1 对盛装氢气、天然气或者甲烷等有致脆性、应力腐蚀倾向气体的钢瓶应进行压扁试验。

6.4.5.2 试验用样环宽度不应小于  $200\text{ mm}$ 。也可直接用瓶体做压扁试验。

6.4.5.3 将样环放进垂直于样环轴线的两个顶角为  $60^\circ$ 、刃口圆角半径为  $13\text{ mm}$  的压头中间，压机以  $20\text{ mm/min} \sim 50\text{ mm/min}$  的速度对样环施加压力，样环被压扁到其间距  $T_y$  等于 6 倍样环的实测平均壁厚。压头的长度  $B_1$  应大于样环被压扁后的宽度  $B$ 。压扁试验示意图见图 4。

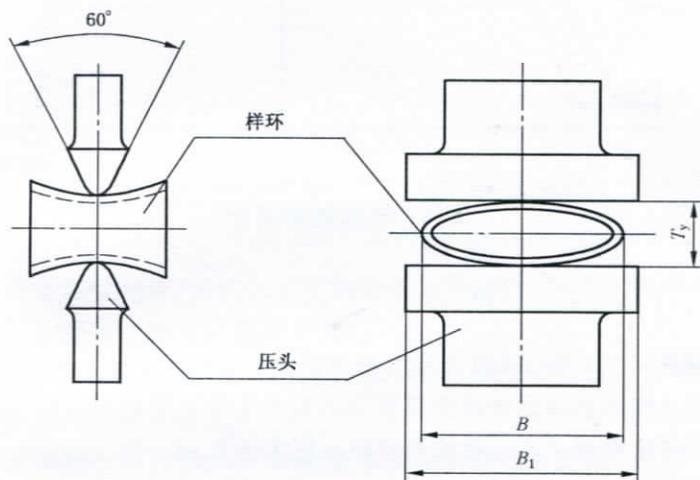


图 4 压扁试验示意图

### 6.4.6 冷弯试验

6.4.6.1 重复热处理后，剩余试环长度不足于截取压扁试验样环时，允许采用冷弯试验代替压扁试验。

6.4.6.2 在试环的对称部位沿环向截取 2 只弧长为  $300\text{ mm}$ ，宽度为  $80\text{ mm}$  的弯曲试样，试样上代表瓶体内、外壁圆弧表面不进行机械加工。

6.4.6.3 应按 GB/T 232 进行冷弯试验，其弯心直径等于冷弯试样实测平均厚度的 2 倍，弯曲角度为  $180^\circ$ 。冷弯试验示意图见图 5。

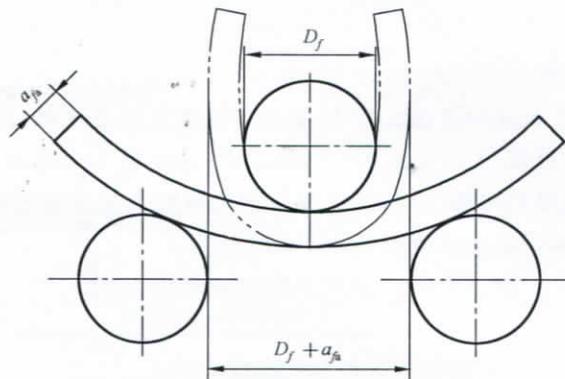


图5 冷弯试验示意图

## 6.5 端部解剖

6.5.1 瓶体端部解剖试样的切取方式和位置见图6。端部解剖试样不应少于1只,试样的剖面应在瓶体的轴线上,试样应保证留有直段部分。

6.5.2 试验方法应按 GB/T 226 执行,并且用5倍~10倍放大镜观察解剖表面。

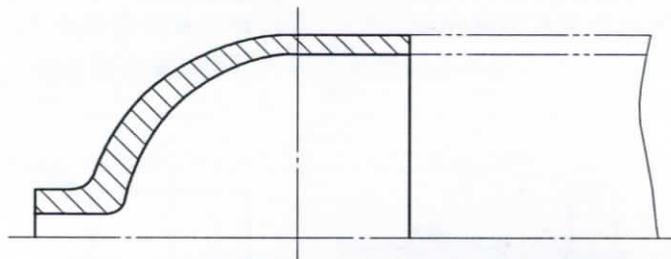


图6 端部解剖试样

## 6.6 硬度检测

6.6.1 瓶体热处理后应逐只按 GB/T 231.1 进行硬度检测。

6.6.2 每只瓶体应在包括筒体两端截面和中间部位的至少3个不同截面的外表面圆周上均分4点(即相邻两点相距 $90^\circ$ )进行硬度检测。不同截面的间距不应大于3m。

## 6.7 水压试验

6.7.1 按 GB/T 9251 规定的外测法(水套测定法)执行,其中:

- a) 膨胀测量装置读取分辨数值应不超过待测钢瓶全膨胀量的1%,且其精度不应低于待测钢瓶总膨胀量的 $\pm 1\%$ 和装置满量程的 $\pm 0.5\%$ ;
- b) 压力测量及显示装置读取分辨数值应不超过待测钢瓶水压试验压力的1%,且其精度不应低于待测钢瓶水压试验压力的 $\pm 1\%$ 和装置满量程的 $\pm 0.5\%$ ;
- c) 标准瓶在大于和小于水压试验压力 $p_h$ 的两档压力进行校验时的全变形容积相对偏差均不大于 $\pm 1\%$ ;在泄放压力后至零压,标准瓶全膨胀量应归零(不超过受试压力下全膨胀量值的 $\pm 0.1\%$ 和 $\pm 0.1\text{ mL}$ 的较大值)。

6.7.2 在水压试验压力 $p_h$ 下,保压充足时间,不应低于2min,使瓶体充分变形。

## 6.8 无损检测

瓶体热处理或水压试验后应逐只按附录 C 和附录 D 进行超声和磁粉无损检测。

## 6.9 气密性试验

6.9.1 以单只钢瓶形式出厂时,应逐只进行气密性试验,气密性试验一般应采用浸水法;以长管拖车或管束式集装箱等形式组装并进行使用的钢瓶,单只钢瓶可不进行气密性试验,待组装成长管拖车、集装管束、储气瓶组或管束式集装箱后,可采用涂液法,对钢瓶和管路系统进行整体气密性试验。

6.9.2 试验方法应按 GB/T 12137 执行,其中:

- a) 采用干燥无油空气或氮气等压缩气体作为试验介质;
- b) 气密性试验压力应为公称工作压力  $p$ ;
- c) 保压不应低于 3 min。

## 6.10 水压爆破试验

应按 GB/T 15385 执行。

## 6.11 疲劳试验

6.11.1 疲劳试验用样瓶筒体段的实测壁厚应尽可能接近设计壁厚,壁厚的正偏差不应大于气瓶设计壁厚的 10%。

6.11.2 应按 GB/T 9252 执行。循环压力上限为水压试验压力  $p_h$ ,循环压力下限应不超过循环压力上限的 10%。

## 7 检验规则

### 7.1 试验和检验判定依据

#### 7.1.1 壁厚和制造公差

7.1.1.1 壁厚不应低于最小设计壁厚,且筒体的壁厚偏差不应超过 +20%。

7.1.1.2 筒体外径偏差不应超过公称设计值的  $\pm 1\%$ 。

7.1.1.3 筒体的圆度,即在同一截面上的最大外径与最小外径之差不应超过该截面平均外径的 2%。

7.1.1.4 筒体直线度不应超过筒体长度的 0.2%。

7.1.1.5 瓶体长度的制造偏差不得大于  $\pm 20$  mm,且不得大于图样规定值。

#### 7.1.2 内、外观

7.1.2.1 瓶体内、外表面应光滑圆整,不应有肉眼可见的裂纹、折叠、波浪、重皮、夹杂等影响强度的缺陷。对氧化皮脱落造成的局部圆滑凹陷和允许采用的机械加工方法清除缺陷后的轻微痕迹允许存在,但应保证筒体最小设计壁厚。

7.1.2.2 端部内、外表面不应有肉眼可见的缩孔、皱褶、凸瘤和氧化皮。端部缺陷允许用机械加工方法清除,但应保证端部设计壁厚。

7.1.2.3 端部与筒体应圆滑过渡,肩部不允许有沟痕存在。

#### 7.1.3 瓶口螺纹

7.1.3.1 螺纹的牙型、尺寸和公差应符合相关标准的规定。

7.1.3.2 螺纹表面进行磁粉检测或渗透检测的合格级别为 NB/T 47013.4 或 NB/T 47013.5 规定的 I 级。

7.1.4 瓶体热处理后各项性能指标测定

7.1.4.1 力学性能值

瓶体热处理后的力学性能值应符合表 5 要求。

表 5 瓶体材料热处理后的力学性能

试验项目		充装介质					
		盛装致脆性或应力腐蚀倾向气体 (氢气、天然气和甲烷等)的钢瓶			盛装非致脆性或非 应力腐蚀倾向气体的钢瓶		
实测屈强比 $R_{es}/R_m$		$\leq 0.86$			$\leq 0.90$		
实测抗拉强度 $R_m/\text{MPa}$		$\geq$ 制造单位热处理后的保证值,且 $\leq 880 \text{ MPa}$			$\geq$ 制造单位热处理后的保证值,且 $\leq 1\ 060 \text{ MPa}$		
实测屈服强度 $R_{es}/\text{MPa}$		$\geq$ 制造单位热处理后的保证值			$\geq$ 制造单位热处理后的保证值		
断后伸长率 $A_{50\text{mm}}/\%$		$\geq 20$			$\geq 16$		
冲击吸收 能量 $KV_2$	试样尺寸/mm	10×5×55	10×7.5×55	10×10×55	10×5×55	10×7.5×55	10×10×55
	平均值/J	40	50	60	27	34	40
	单个试样最小值/J	32	40	48	22	27	32
	试验温度/°C	-40			-40		

7.1.4.2 金相检查

7.1.4.2.1 显微组织应为回火索氏体。

7.1.4.2.2 晶粒度应不低于 GB/T 6394 规定的 7 级。

7.1.4.2.3 内、外壁脱碳层深度分别不应超过 0.25 mm 和 0.3 mm。

7.1.4.3 压扁试验

压扁处应无裂纹。

7.1.4.4 冷弯试验

弯曲后试样应无裂纹。

7.1.5 端部解剖

端部解剖断面经酸蚀后不得有目视可见的缩孔、气泡、裂纹、夹杂物和折叠存在。

7.1.6 硬度试验

7.1.6.1 硬度值应在设计规定的最小和最大抗拉强度对应范围之内,并且同一环向截面上的硬度值偏差不应大于 30 HB。硬度值与抗拉强度对应范围参见附录 E。

7.1.6.2 对于盛装氢气、天然气或者甲烷等有致脆性、应力腐蚀倾向气体的钢瓶,其瓶体硬度值不应超过 269 HB;对于盛装非致脆性、应力腐蚀倾向气体的钢瓶,其瓶体硬度值不应超过 330 HB。

### 7.1.7 水压试验

7.1.7.1 在保压期间,压力表指针不应回降,瓶体不应泄漏或明显变形。

7.1.7.2 容积残余变形率不应大于5%。

### 7.1.8 无损检测

超声检测结果应符合附录C的要求,磁粉检测结果应符合附录D的要求。

### 7.1.9 气密性试验

在公称工作压力 $p$ 下,瓶体及所有螺纹联接处均不应泄漏。因装配而引起的泄漏现象,允许重新试验。

### 7.1.10 水压爆破试验

7.1.10.1 实测爆破压力不应低于公称工作压力 $p$ 的2.5倍。

7.1.10.2 爆破后应无碎片,保持一个整体,主破口应起始于筒体。

7.1.10.3 主破口应为塑性断裂,即断口边缘应有明显的剪切唇,断口上不应有明显的金属缺陷。破口裂缝不得延伸超过瓶肩高度的20%。

7.1.10.4 实测屈服压力与爆破压力的比值,应与瓶体材料实测屈服强度与抗拉强度的比值相近。

### 7.1.11 疲劳试验

疲劳循环次数至少达到钢瓶设计使用年限乘以750次,并且至少达到15 000次,瓶体应无泄漏和破裂。

### 7.2 逐只检验

对同一批次生产的每只钢瓶均应进行逐只检验,检验项目按表6规定。

### 7.3 批量检验

钢瓶出厂前应进行批量检验,检验项目应按表6规定。

### 7.4 型式试验

7.4.1 凡遇到下列情况之一,钢瓶应进行型式试验:

- a) 新设计;
- b) 改变设计壁厚;
- c) 改变瓶体材料牌号;
- d) 改变气瓶瓶体结构、形状(如:端部形状、瓶口尺寸等);
- e) 瓶体热加工成形或热处理规范等主要制造工艺改变(如:收口方法、热处理加热和淬火方式等);
- f) 生产中断6个月以上的;
- g) 有关安全技术规范明确规定的。

7.4.2 应按表6规定项目进行型式试验。若型式试验不合格,不得投入批量生产,不得使用。

7.4.3 型式试验中破坏性试验所需钢瓶或试环的数量至少为:

热处理后各项性能指标测定:试环或钢瓶1只;端部解剖1只(可采用性能指标测试用钢瓶或疲劳试验后的钢瓶);水压爆破试验2只;疲劳试验2只。

7.4.4 型式试验钢瓶的筒体段长度不应小于公称直径的 5 倍,且不小于 3 m。

7.4.5 所有进行型式试验的钢瓶在试验后都应进行去功能处理。

表 6 钢瓶检验和试验项目

序号	检验项目	出厂检验		型式试验	试验方法	判定依据
		逐只检验	批量检验			
1	壁厚和制造公差	√	—	√	6.1	7.1.1
2	内、外观	√	—	√	6.2	7.1.2
3	瓶口螺纹	√	—	√	6.3	7.1.3
4	抗拉试验	—	√	√	6.4.2	7.1.4.1
5	冲击试验	—	√	√	6.4.3	7.1.4.1
6	金相检查	—	√	√	6.4.4	7.1.4.2
7	压扁试验 <sup>a</sup>	—	√	√	6.4.5	7.1.4.3
8	冷弯试验 <sup>b</sup>	—	√	√	6.4.6	7.1.4.4
9	端部解剖	—	—	√	6.5	7.1.5
10	硬度检测	√	—	√	6.6	7.1.6
11	水压试验	√	—	√	6.7	7.1.7
12	无损检测 <sup>c</sup>	√	—	√	6.8	7.1.8
13	气密性试验	√	—	√	6.9	7.1.9
14	水压爆破试验	—	—	√	6.10	7.1.10
15	疲劳试验	—	—	√	6.11	7.1.11

注：“√”表示需检项目；“—”表示不检项目。

<sup>a</sup> 仅对盛装天然气、甲烷等有应力腐蚀倾向以及氢气等致脆性气体的钢瓶进行试验。

<sup>b</sup> 重复热处理后,剩余试环的长度不足以截取压扁试验试样时,允许采用冷弯试验代替压扁试验。

<sup>c</sup> 无损检测系指超声、磁粉和渗透等检测方法。

## 7.5 复验规则

如果试验结果不合格,按下列规定进行处理:

- a) 如果不合格是由于试验操作异常或测量误差所造成,应重新试验。如果重新试验结果合格,则首次试验无效。
- b) 如果试验操作正确,应找出试验不合格的原因:
  - 如果确认不合格是由于热处理造成的,允许该批瓶体和剩余试环重复热处理。重复热处理时,剩余试环两端也应封闭;重复热处理次数不得多于两次,且应保证瓶体的最小设计壁厚;经重复热处理的该批瓶体应作为新批重新进行检验;
  - 如果不合格是由于热处理之外的原因造成的,所有带缺陷的钢瓶应通过工艺许可的方式进行修复。如果修复的钢瓶通过了试验的要求,这些钢瓶应重新归到原批。如果不能通过试验,则判为不合格。

8 标记、涂敷、包装、运输和储存

8.1 标记

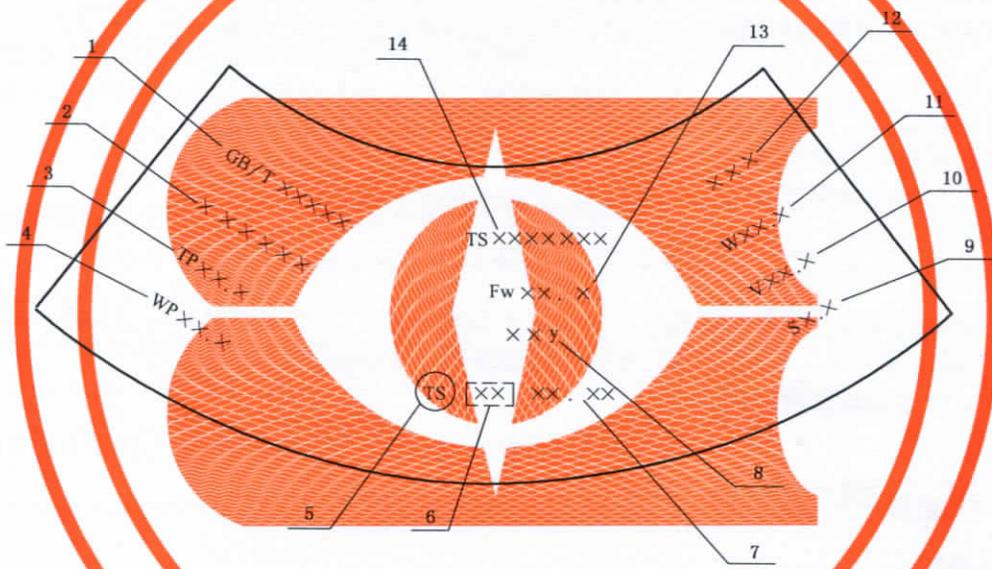
8.1.1 钢印标记

8.1.1.1 每只钢瓶应在瓶肩部位按图 7 所示项目和排列方式打印钢印。

8.1.1.2 有应力腐蚀倾向的气体,应在充装气体名称或化学分子式后面加“-F”符号,如:CNG-F。

8.1.1.3 钢印标记应明显、清晰、完整;对于直径不大于 425 mm 的钢瓶,钢印字体不应小于 8 mm;对于直径大于 425 mm 的钢瓶,钢印字体不应小于 12 mm;钢印深度为 0.5 mm~0.8 mm;钢印压痕不应引起应力集中。

8.1.1.4 钢印中实际水容积和实际重量应保留四位有效数字,其数字修约按照容积舍弃、重量四舍五入的原则修约。



说明:

- 1 —— 产品标准号;
- 2 —— 钢瓶编号;
- 3 —— 水压试验压力,MPa;
- 4 —— 公称工作压力,MPa;
- 5 —— 监检标记;
- 6 —— 制造单位代号;
- 7 —— 制造日期;
- 8 —— 设计使用年限,年;
- 9 —— 筒体最小设计壁厚,mm;
- 10 —— 实际水容积,L;
- 11 —— 实际重量,kg;
- 12 —— 充装气体名称或化学分子式;
- 13 —— 液化气体最大充装量,kg;
- 14 —— 钢瓶制造单位制造许可证编号。

图 7 钢瓶钢印标记示意图

### 8.1.2 颜色标记

应按 GB/T 7144 执行。

## 8.2 涂敷

8.2.1 钢瓶涂敷前应进行表面处理,以清除锈蚀、氧化皮和油污等杂物,其表面质量应达到 GB/T 8923.1 规定的 Sa2.5 级,且在干燥的条件下方可涂敷。

8.2.2 钢瓶的涂层应均匀、牢固,不应有气泡、龟裂纹、流痕、剥落等缺陷。

## 8.3 包装

8.3.1 钢瓶出厂时通常包括瓶体和两端螺塞及其他附件,所有附件和瓶体两端螺纹应采取防护措施,以防碰撞受损。

8.3.2 钢瓶内部应保持干燥、封闭状态。出厂时若不带两端螺塞,则应采用保护螺塞进行封闭。

8.3.3 钢瓶两端瓶颈内、外螺纹应采用适当的方式进行防锈处理,不得污染瓶内介质。

8.3.4 钢瓶出厂时,瓶体内可充装 0.05 MPa~0.2 MPa(基准温度 20 ℃)的氮气。

## 8.4 运输

8.4.1 钢瓶的运输应符合运输部门的相关规定。

8.4.2 钢瓶在运输和装卸过程中,要防止碰撞、受潮和损坏附件。

## 8.5 储存

8.5.1 存放钢瓶的场地应平整。钢瓶应放在枕木或钢制支撑上,不得直接放置于地面上。钢瓶与支撑间、钢瓶层与层之间应用适当方式隔开,避免损坏钢瓶外表面的漆膜。

8.5.2 应具有可靠的防潮措施。

## 9 产品合格证、产品使用说明书和批量检验质量证明书

### 9.1 产品合格证

9.1.1 出厂的每只钢瓶均应附有产品合格证,且应向用户提供产品使用说明书。

9.1.2 出厂产品合格证应至少包含以下内容:

- a) 制造单位名称和代号;
- b) 制造许可证编号;
- c) 钢瓶编号;
- d) 产品标准号;
- e) 充装气体名称或化学分子式;
- f) 公称工作压力,MPa;
- g) 水压试验压力,MPa;
- h) 实际水容积,L;
- i) 实际空瓶质量(不含附件),kg;
- j) 液化气体最大充装量,kg;
- k) 筒体最小设计壁厚,mm;
- l) 瓶体材料牌号;
- m) 热处理状态;

- n) 设计使用年限,年;
- o) 出厂检验标记;
- p) 制造年月。

## 9.2 产品使用说明书

应至少包含以下内容:

- a) 充装介质;
- b) 公称工作压力,MPa;
- c) 水压试验压力,MPa;
- d) 设计使用寿命,年;
- e) 产品的使用说明;
- f) 产品的维护;
- g) 使用注意事项。

## 9.3 批量检验质量证明书

9.3.1 批量检验质量证明书的内容,应包括本标准规定的批量检验项目。

9.3.2 出厂的每批钢瓶,均应附有批量检验质量证明书和监督检验证书。该批钢瓶有一个以上用户时,所有用户均应有批量检验证明书和监督检验证书的复印件。

9.3.3 钢瓶制造单位应妥善保存钢瓶的检验记录和批量检验质量证明书的复印件(或正本),保存时间不应低于钢瓶的设计使用年限。

## 附录 A

(规范性附录)

## 常用瓶体材料的化学成分

常见瓶体材料的化学成分见表 A.1 规定。

表 A.1 常用瓶体材料的化学成分(质量分数)

组别	材料牌号	化学成分/%									
		C	Mn	Si	S <sup>e</sup>	P <sup>e</sup>	S+P <sup>e</sup>	Cr	Mo	Ni	Cu
I	30CrMo	0.26~0.34	0.40~0.70	0.17~0.37	≤0.010	≤0.020	≤0.025	0.80~1.10	0.15~0.25	≤0.30	≤0.20
	4130X <sup>a</sup>	0.25~0.35	0.40~0.90	0.15~0.35	≤0.010	≤0.020	≤0.025	0.80~1.10	0.15~0.25	—	—
II	35CrMo	0.32~0.40	0.40~0.70	0.17~0.37	≤0.010	≤0.020	≤0.025	0.80~1.10	0.15~0.25	≤0.30	≤0.20
	34CrMo4 <sup>b</sup>	0.32~0.37	0.60~0.90	≤0.40	≤0.010	≤0.020	≤0.025	0.90~1.20	0.15~0.30	—	—
	42CrMo	0.38~0.45	0.50~0.80	0.17~0.37	≤0.010	≤0.020	≤0.025	0.90~1.15	0.15~0.25	—	—
	SA372Gr.J CL.110 <sup>c</sup>	0.35~0.50	0.75~1.05	0.15~0.35	≤0.010	≤0.020	≤0.025	0.80~1.15	0.15~0.25	—	—
	4140 <sup>d</sup>	0.38~0.43	0.75~1.00	0.15~0.35	≤0.010	≤0.020	≤0.025	0.80~1.10	0.15~0.25	—	—
	4142 <sup>d</sup>	0.40~0.45	0.75~1.00	0.15~0.35	≤0.010	≤0.020	≤0.025	0.80~1.10	0.15~0.25	—	—
	4145 <sup>d</sup>	0.43~0.48	0.75~1.00	0.15~0.35	≤0.010	≤0.020	≤0.025	0.80~1.10	0.15~0.25	—	—

<sup>a</sup> 4130X 为 ASTM A519《机械工程用碳素钢和合金钢无缝钢管》中规定的、化学成分经过修正后的材料。

<sup>b</sup> 34CrMo4 为 EN 10297-1《机械和一般工程用无缝钢管供货技术条件 第 1 部分:非合金和合金钢管》中规定材料。

<sup>c</sup> SA372Gr.JCL.110 为 ASME SA-372/SA-372M《薄壁压力容器用碳钢和合金钢锻件》中规定的材料。

<sup>d</sup> 4140、4142、4145 为 ASTM A519《机械工程用碳素钢和合金钢无缝钢管》中规定的材料。

<sup>e</sup> S、P 及 S+P 含量按表 2 规定进行了修正。

## 附录 B

(资料性附录)

## 直螺纹剪切应力安全系数的计算方法

## B.1 螺纹剪切应力的计算

内螺纹剪切应力  $\tau_n$  和外螺纹剪切应力  $\tau_w$  计算公式见式(B.1)和式(B.2):

$$\tau_n = \frac{F_w}{zA_n} \quad \dots\dots\dots(B.1)$$

$$\tau_w = \frac{F_w}{zA_w} \quad \dots\dots\dots(B.2)$$

在水压试验压力下,螺纹最大轴向外载荷  $F_w$  见式(B.3):

$$F_w = p_h A \quad \dots\dots\dots(B.3)$$

单个内螺纹牙受剪面积  $A_n$  和单个外螺纹牙受剪面积  $A_w$  计算公式见式(B.4)和式(B.5):

$$A_n = \pi d_{\min} \left[ \frac{P}{2} + \tan \frac{\alpha}{2} (d_{\min} - D_{2\max}) \right] \quad \dots\dots\dots(B.4)$$

$$A_w = \pi D_{1\max} \left[ \frac{P}{2} + \tan \frac{\alpha}{2} (d_{2\min} - D_{1\max}) \right] \quad \dots\dots\dots(B.5)$$

## B.2 螺纹剪切应力安全系数的计算

螺纹剪切应力安全系数即材料剪切强度与螺纹剪切应力的比值。材料剪切强度通常取材料抗拉强度的 0.5 倍~0.6 倍。

内螺纹剪切应力安全系数  $K_n$  和外螺纹剪切应力安全系数  $K_w$  计算公式见式(B.6)和式(B.7):

$$K_n = \frac{\tau_{nm}}{\tau_n} \quad \dots\dots\dots(B.6)$$

$$K_w = \frac{\tau_{wm}}{\tau_w} \quad \dots\dots\dots(B.7)$$

附 录 C  
(规范性附录)  
超 声 检 测

### C.1 范围

本附录规定了钢瓶的超声检测方法。其他能够证明适用于钢瓶的超声检测技术也可以采用。

### C.2 一般要求

C.2.1 超声检测设备应能实现对钢瓶筒体的自动检测,并至少能够检测到 C.4 规定的对比样管上的人工缺陷,还应能够按照工艺要求正常工作并保证其精度。设备应有质量合格证书或检定认可证书。

C.2.2 从事超声检测人员都应取得特种设备超声检测资格;超声检测设备的操作人员应至少具有 I (初)级超声检测资格;签发超声检测报告的人员应至少具有 II (中)级超声检测资格。

C.2.3 待测钢瓶内、外表面都应达到能够进行准确的超声检测并可进行重复检测的条件。

C.2.4 应采用脉冲反射式超声检测,耦合方式可以采用接触法或浸液法。

### C.3 检测方法

C.3.1 一般应使超声检测探头对筒体进行螺旋式扫描。探头扫描移动速率应均匀,变化在 $\pm 10\%$ 以内。螺旋间距应小于探头的扫描宽度(至少应有 $10\%$ 的重叠),保证在螺旋式扫描过程中实现 $100\%$ 检测。

C.3.2 应对瓶壁纵向、横向缺陷都进行检测。检测纵向缺陷时,声束在瓶壁内沿环向传播;检测横向缺陷时,声束在瓶壁内沿轴向传播;纵向和横向检测都应在瓶壁两个方向上进行。

C.3.3 在超声检测每个班次的开始和结束时都应用对比样管校验设备。如果校验过程中设备未能检测到对比样管上的人工缺陷,则在上次设备校验后检测的所有合格钢瓶都应在设备校验合格后重新进行检测。

### C.4 对比样管

C.4.1 应准备适当长度的对比样管,对比样管应与待测钢瓶具有相同的公称直径、公称壁厚、表面状况、热处理状态,并且有相近声学性能(例如速度、衰减系数等)。对比样管上不应有影响人工缺陷的自然缺陷。

C.4.2 应在对比样管内、外表面上加工纵向和横向人工缺陷,这些人工缺陷应适当分开距离,以便每个人工缺陷都能够清晰识别。

C.4.3 人工缺陷尺寸和形状(见图 C.1 和图 C.2)应符合下列要求:

- a) 人工缺陷长度  $E$  不应大于  $50\text{ mm}$ ;
- b) 人工缺陷宽度  $W$  不应大于深度  $T$  的 2 倍,当不能满足时,可以取宽度  $W$  为  $1.0\text{ mm}$ ;
- c) 人工缺陷深度  $T$  应等于筒体最小设计壁厚  $a'$  的  $5\% \pm 0.75\%$ ,且深度  $T$  最小为  $0.2\text{ mm}$ ,最大为  $1\text{ mm}$ ,两端允许圆角;
- d) 人工缺陷内部边缘应锐利,除了采用电蚀法加工,横截面应为矩形;采用电蚀法加工时,允许

人工缺陷底部略呈圆形。

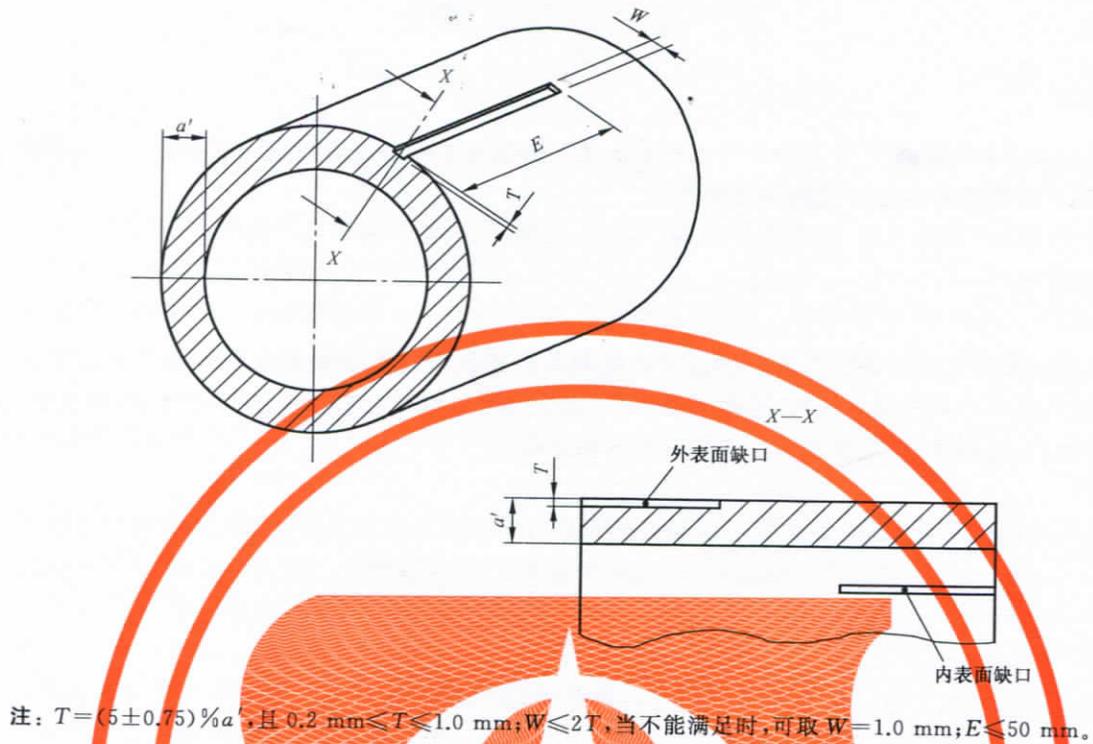


图 C.1 纵向人工缺陷示意图

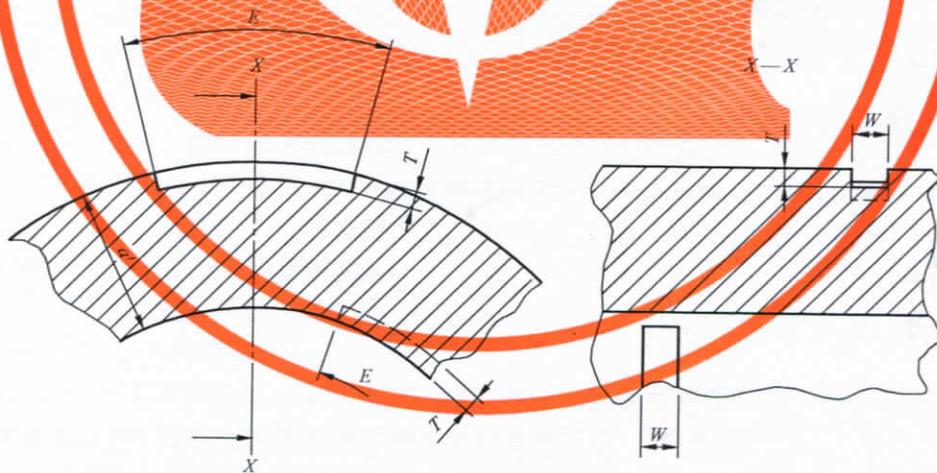


图 C.2 横向人工缺陷示意图

### C.5 设备标定

应用 C.4 规定的对比样管调整设备能够从对比样管内、外表面上的人工缺陷产生清晰的回波, 回波幅度应尽量一致。人工缺陷回波的最小幅度应作为钢瓶超声检测时的不合格标准, 同时设置好回波观

察、记录装置或分选装置。用对比样管进行设备标定时,应与实际检测钢瓶时所采用扫查移动方式、方向和速度一样。在正常检测时,回波观察、记录装置或分选装置都应正常运转。

#### C.6 结果评定

检测过程中回波幅度大于或等于对比样管上人工缺陷回波的钢瓶应判定为不合格。表面缺陷允许清除;清除后应重新进行超声检测和壁厚检测。

#### C.7 检测报告

应对进行超声检测的钢瓶出具检测报告。检测报告应能准确反映检测过程并符合检测工艺的要求,具有可追踪性。其内容应包括:检测日期、钢瓶规格、批号、检测工艺条件、使用设备、检测数量、合格数和不合格数、检测者、评定者及对不合格缺陷的描述等。

**附录 D**  
**(规范性附录)**  
**磁粉检测**

### D.1 范围

本附录规定了钢瓶瓶体的磁粉检测方法。能够证明适用于钢瓶的其他磁粉检测技术也可以采用。

### D.2 一般要求

D.2.1 磁粉检测设备应至少能够对钢瓶瓶体进行周向、纵向、复合磁化和退磁,并能采用连续法检测,全方位显示磁痕,还应能够按照工艺要求正常工作并保证其精度。设备应有质量合格证书或检定认可证书。

D.2.2 从事磁粉检测人员都应取得特种设备磁粉检测资格;磁粉检测设备的操作人员应至少具有Ⅰ(初)级磁粉检测资格;签发磁粉检测报告的人员应至少具有Ⅱ(中)级磁粉检测资格。

D.2.3 采用荧光磁粉检测时,使用的黑光灯在钢瓶表面的黑光辐照度不应低于 $1\,000\ \mu\text{W}/\text{cm}^2$ ,黑光的波长应为 $315\ \text{nm}\sim 400\ \text{nm}$ ;采用非荧光磁粉检测时,被检钢瓶表面可见光照度不应低于 $1\,000\ \text{lx}$ 。

D.2.4 磁粉检测用磁粉应具有高磁导率、低矫顽力和低剩磁。非荧光磁粉应与被检钢瓶表面颜色有较高的对比度。

D.2.5 可采用低粘度油基磁悬液或水基磁悬液。磁悬液的浓度应根据磁粉种类、粒度以及施加方法、时间来确定。一般非荧光磁粉浓度为 $10\ \text{g}/\text{L}\sim 25\ \text{g}/\text{L}$ ,荧光磁粉浓度为 $0.5\ \text{g}/\text{L}\sim 3\ \text{g}/\text{L}$ 。测定前应对磁悬液进行充分的搅拌。循环使用的磁悬液,每次开始工作前应进行磁悬液浓度测定。

D.2.6 磁粉检测前,应对被检瓶体表面进行全面清理,瓶体表面不得有油污、毛刺、松散氧化皮等。

D.2.7 瓶体通电磁化前,应将瓶体上与电极接触区域的任何不导电物质清除干净。

### D.3 检测方法

D.3.1 瓶体磁粉检测应采用湿法进行,在通电的同时施加磁悬液,确保整个检测面被磁悬液湿润。磁化过程中每次通电时间为 $1.5\ \text{s}\sim 3\ \text{s}$ ,停止施加磁悬液后才能停止磁化,瓶体表面的磁场强度应达到 $2.4\ \text{kA}/\text{m}\sim 4.8\ \text{kA}/\text{m}$ 。为保证磁化效果应至少反复磁化两次。

D.3.2 对瓶体的外表面应进行全面的磁粉检测,同时在瓶体上施加周向磁场和纵向磁场,检查瓶体表面及近表面的各方向缺陷。

D.3.3 检测中缺陷磁痕形成后应立即对其进行观察,观察过程中不得擦掉磁痕,对需要进一步观察的磁痕,应重新进行磁化。观察过程中可借助2倍~10倍的放大镜进行观察。

D.3.4 应根据磁痕的显示特征判定缺陷磁痕和伪缺陷磁痕。若磁痕难以判定,应将瓶体退磁后擦净瓶体表面,重新进行磁粉检测。

D.3.5 在磁粉检测每个班次的开始和结束时都应采用GB/T 23907规定的A 1-30/100型标准试片对磁粉检测设备、磁粉和磁悬液的综合性能进行校验,符合要求后才能进行检测。如果校验过程中未能检测到标准试片上的人工缺陷,则在上次校验后检测的所有合格钢瓶都应在综合性能校验合格后重新进行检测。

#### D.4 退磁

经磁粉检测后应进行退磁,剩磁应不大于  $0.3 \text{ Mt}(240 \text{ A/m})$ 。

#### D.5 结果评定

检测过程中,表面有裂纹、非金属夹杂物磁痕显示的钢瓶应判定为不合格。对瓶体表面缺陷,允许机械打磨消除,但应保证产品最小壁厚,对打磨修复后的瓶体应重新进行检测。

#### D.6 检测报告

应对进行磁粉检测的钢瓶出具检测报告。检测报告应能准确反映检测过程并符合检测工艺的要求,具有可追踪性。其内容应包括:检测日期、钢瓶规格、批号、检测工艺条件、使用设备、检测数量、合格数 and 不合格数、检测者、评定者及对不合格缺陷的描述等。

附 录 E  
(资料性附录)  
硬度-抗拉强度对应图

### E.1 范围

图 E.1 所示硬度-抗拉强度对应图仅适用于经淬火和回火热处理后抗拉强度在 680 MPa~1 060 MPa 范围的铬钼钢制造的钢瓶。

注：本对应图基于实践得出，对于不同的测试设备或材料（如：不同直径、壁厚或牌号等），可采用标准硬度块进行测试比较，确定适当的修正值。

### E.2 示例

抗拉强度在 750 MPa~880 MPa 范围所对应的硬度值范围为 209 HB(图 E.1 中抗拉强度下限-硬度对应线上的 A 点)~269 HB(图 E.1 中抗拉强度上限-硬度对应线上的 B 点)。

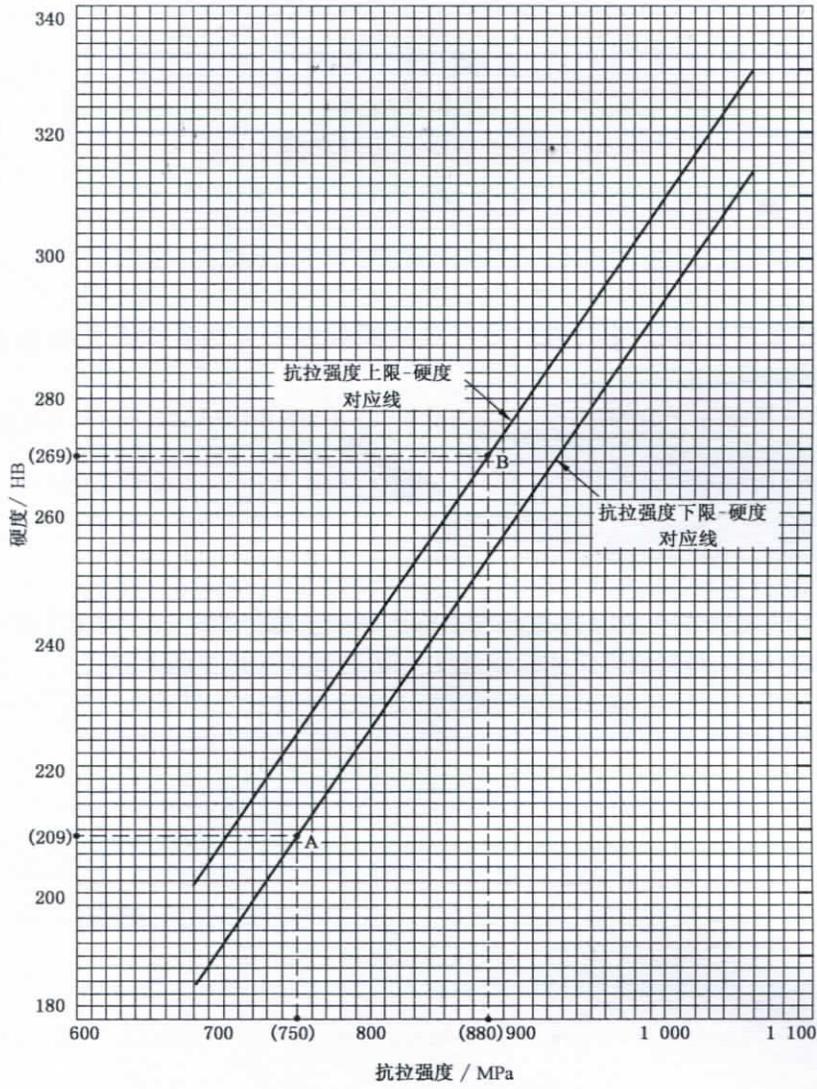


图 E.1 硬度-抗拉强度对应图

参 考 文 献

- [1] ISO 11120, Gas cylinders—Refillable seamless steel tubes of water capacity between 150 l and 3000 l—Design, construction and testing
  - [2] ASTM A519, Standard specification for seamless carbon and alloy steel mechanical tubing
  - [3] ASME SA-372/SA-372M, Specification for carbon and alloy steel forgings for thin-walled pressure vessels
  - [4] EN 10297-1, Seamless circular steel tubes for mechanical and general engineering purposes—Technical delivery conditions—Part 1: Non-alloy and alloy steel tubes
  - [5] Special permit of U.S. Department of Transportation DOT-SP 8009
  - [6] Title 49, Code of Federal Regulations 178.37, Specification 3AA and 3AAX seamless steel cylinders
  - [7] Title 49, Code of Federal Regulations 178.45, Specification 3T seamless steel cylinder
-