



中华人民共和国国家标准

GB/T 33145—2023

代替 GB/T 33145—2016

大容积钢质无缝气瓶

Large capacity seamless steel gas cylinders

(ISO 11120:2015, Gas cylinders—Refillable seamless steel tubes of water capacity between 150 L and 3 000 L—Design, construction and testing, NEQ)

2023-05-23 发布

2023-12-01 实施

国家市场监督管理总局 发布
国家标准化管理委员会

目 次

前言	I
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	4
5 技术要求	4
6 试验方法	10
7 检验规则	14
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	19
附录 A (规范性) 常用瓶体材料的化学成分	21
附录 B (资料性) 直螺纹剪切应力安全系数的计算方法	22
附录 C (规范性) 超声检测	23
附录 D (规范性) 磁粉检测	26
附录 E (资料性) 硬度-抗拉强度对应图	28
参考文献	30

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第 1 部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件代替 GB/T 33145—2016《大容积钢质无缝气瓶》，与 GB/T 33145—2016 相比，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

- a) 将本文件的适用范围中公称工作压力上限由 30 MPa 更改为 35 MPa，本文件适用范围中增加了“公称容积大于 3 000 L 且小于或等于 4 200 L 的钢瓶，可以参照本文件的有关规定执行”（见第 1 章，2016 年版的第 1 章）；
- b) 更改了钢瓶的公称直径上限（见表 1，2016 年版的表 1）；
- c) 安全泄放装置爆破片的公称爆破压力调整为气瓶公称工作压力 p 的 1.5 倍（见 5.2.5.2，2016 年版的 5.2.5.2）。

本文件参考 ISO 11120:2015《气瓶 水容积 150 L~3 000 L、可重复充装的钢质无缝气瓶 设计、制造和试验》起草，与 ISO 11120:2015 的一致性程度为非等效。

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专利的责任。

本文件由全国气瓶标准化技术委员会(SAC/TC 31)提出并归口。

本文件起草单位：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、浙江金盾压力容器有限公司。

本文件主要起草人：王红霞、黄强华、杨明高、张保国、薄柯、武常生、张君鹏、杨葆英、陈凡、马夏康。

本文件于 2016 年首次发布，本次为第一次修订。

大容积钢质无缝气瓶

1 范围

本文件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、标志、涂敷、包装、运输和储存。

本文件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 $10\text{ MPa}\sim 35\text{ MPa}$ 、公称水容积大于 150 L 且小于或等于 $3\ 000\text{ L}$ ，可重复充装压缩气体或液化气体的移动式钢瓶。

公称容积大于 $3\ 000\text{ L}$ 且小于或等于 $4\ 200\text{ L}$ 的钢瓶，可以参照本文件的有关规定执行。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；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 196—2003,ISO 724:1993,MOD)
- 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 224—2019,ISO 3887:2017,MOD)
- 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 228.1—2021,ISO 6892-1:2019,MOD)
- GB/T 229 金属材料 夏比摆锤冲击试验方法(GB/T 229—2020,ISO 148-1:2016,MOD)
- GB/T 231.1 金属材料 布氏硬度试验 第1部分:试验方法(GB/T 231.1—2018,ISO 6506-1:2014,MOD)
- GB/T 232 金属材料 弯曲试验方法(GB/T 232—2010,ISO 7438:2005,MOD)
- 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 3634.2 氢气 第2部分:纯氢、高纯氢和超纯氢
- GB/T 4336 碳素钢和中低合金钢 多元素含量的测定 火花放电原子发射光谱法(常规法)
- GB/T 6394—2017 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 7307—2001,eqv ISO 228-1:1994)
- GB/T 8923.1—2011 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(ISO 8501-1:2007,IDT)
- GB/T 9251 气瓶水压试验方法
- GB/T 9252 气瓶压力循环试验方法
- GB/T 9452—2012 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 10561—2005,ISO 4967:1998,IDT)

GB/T 33145—2023

- GB/T 11344 无损检测 超声测厚 (GB/T 11344—2021, ISO 16809:2017, NEQ)
- GB/T 12137 气瓶气密性试验方法
- GB/T 13005 气瓶术语 (GB/T 13005—2011, ISO 10286:2007, NEQ)
- GB/T 13298 金属显微组织检验方法
- GB/T 13320 钢质模锻件 金相组织评级图及评定方法
- GB/T 15385 气瓶水压爆破试验方法
- GB 17820—2018 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 20066—2006, ISO 14284:1996, IDT)
- GB/T 23907 无损检测 磁粉检测用试片
- GB/T 30824—2014 燃气热处理炉温度均匀性测试方法
- GB/T 33215 气瓶安全泄压装置
- GB/T 37244 质子交换膜燃料电池汽车用燃料 氢气
- NB/T 47008—2017 承压设备用碳素钢和合金钢锻件
- NB/T 47010—2017 承压设备用不锈钢和耐热钢锻件
- NB/T 47013.3—2015 承压设备无损检测 第3部分:超声检测
- NB/T 47013.4—2015 承压设备无损检测 第4部分:磁粉检测
- NB/T 47013.5—2015 承压设备无损检测 第5部分:渗透检测
- TSG 23 气瓶安全技术规程
- YB/T 4149—2018 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)]

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 cylinder**

水容积大于 150 L 且小于或等于 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。

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, mm^2 ;
 A_n 内螺纹牙受剪面积, mm^2 ;
 A_w 外螺纹牙受剪面积, 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_0 拉伸试样厚度, mm;
 a_{ts} 冷弯试样实测平均厚度, mm;
 B_1 压扁试验压头宽度, mm;
 B 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;
 $D_{1\text{ max}}$ 内螺纹最大小径, mm;
 $D_{2\text{ max}}$ 内螺纹最大中径, mm;
 $d_{2\text{ min}}$ 外螺纹最小中径, mm;
 $d_{\text{ min}}$ 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^4 ;
 L 瓶体长度, mm;
 M 弯矩, $\text{N} \cdot \text{mm}$;
 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;
 α 螺纹牙形角, ($^\circ$);
 $[\sigma]$ 瓶体壁应力的许用值, MPa;
 σ_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;
 σ_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;
 τ_n 内螺纹剪切应力, MPa;

- τ_{nm} 内螺纹材料剪切强度,MPa;
- τ_w 外螺纹剪切应力,MPa;
- τ_{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。

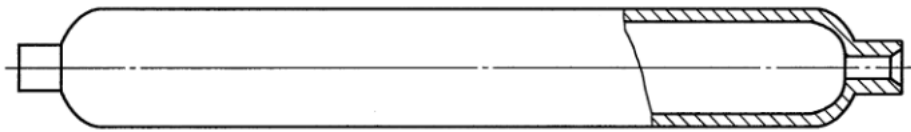


图 1 瓶体的结构型式

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。

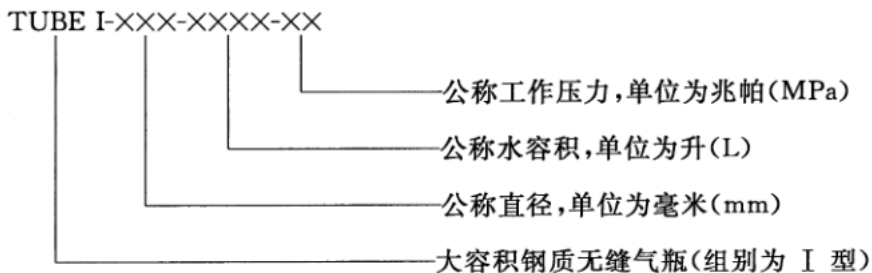
表 1 公称水容积和公称直径

项目	数值	允许偏差/%
公称水容积 V/L	$>150\sim 4\ 200^*$	$\begin{matrix} +10 \\ 0 \end{matrix}$
公称直径 D_o/mm	325~720	± 1

* 当钢瓶公称水容积 $V>3\ 000\ L$ 时,应符合 5.2.1.4 和 5.2.1.5 的规定。

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 中表 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按附录 A。

表 2 瓶体材料化学成分限定

组别	化学成分(质量分数)/%							
	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外,还符合下列要求。

a) 钢坯

- 1) 宜采用连铸连轧钢坯或锻制钢坯;
- 2) 表面不准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应有目视可见的白点、分层、气泡、夹杂和折叠等缺陷存在,并按 YB/T 4149—2018 中附录 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: $w(\text{As}) \leq 0.010\%$ 、 $w(\text{Sn}) \leq 0.010\%$ 、 $w(\text{Sb}) \leq 0.010\%$ 、 $w(\text{Pb}) \leq 0.010\%$ 、 $w(\text{Bi}) \leq 0.010\%$,且其总和 $\sum_w(\text{As}+\text{Sn}+\text{Sb}+\text{Pb}+\text{Bi}) \leq 0.025\%$;
- 5) 熔炼分析气体的质量分数: $w(\text{H}) \leq 2 \times 10^{-6}$ 、 $w(\text{O}) \leq 25 \times 10^{-6}$ 、 $w(\text{N}) \leq 70 \times 10^{-6}$;
- 6) 非金属夹杂物:按 GB/T 10561 中 A 法进行评级,应满足表 3 的要求。

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) 壁厚偏差不应超过公称壁厚的^{+20%};
- 2) 外径偏差不应超过公称直径的±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、外表面不应有裂纹、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应小于规定壁厚的最小值;
- 6) 应逐根按 NB/T 47013.3—2015 进行纵向、横向的超声检测,合格级别不应低于 NB/T 47013.3—2015 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,热扩状态应是坯料钢管经整体加热后扩制变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

材料牌号	化学成分(质量分数)/%								
	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,车用压缩天然气应符合 GB18047 的规定,民用压缩天然气应符合 GB 17820—2018 中一、二类天然气的规定,氢气应符合 GB/T 3634.1 或 GB/T 3634.2 或 GB/T 37244 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 23 对相应介质最高公称工作压力的规定。

5.2.1.4 钢瓶的公称工作压力大于 30 MPa 时,其公称水容积不应大于 3 000 L。

5.2.1.5 盛装液化气体的钢瓶,其公称水容积不应大于 3 000 L。

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

5.2.1.7 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钢瓶,其瓶体只允许采用表 2 规定的第 I 组材料。

5.2.1.8 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 0.92,断后伸长率($A_{50\text{ mm}}$)不应小于 16 %。

5.2.1.9 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大于材料最小抗拉强度的 67%,且不应大于 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应大于材料最小抗拉强度的 67%,且不应大于 624 MPa。

5.2.1.10 钢瓶的设计使用年限,应以型式试验时的疲劳循环次数为依据进行确定;钢瓶的设计使用年限为 20 a。

5.2.2 筒体壁厚的计算

筒体最小设计壁厚 a' 应按公式(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 σ_1 应按公式(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 σ_2 应按公式(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:

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

5.2.4.2 在水压试验压力下螺纹剪切应力安全系数至少为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应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应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 23 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公称工作压力 p 的1.5倍,标定爆破压力的允差为±5%;易熔合金的动作温度为 $102.5\text{ }^\circ\text{C} \pm 5\text{ }^\circ\text{C}$ 。

5.2.5.3 采用爆破片与易熔合金塞串联组合装置时,易熔合金塞装置应串联在爆破片装置出口侧。组合泄放装置应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 GB/T 33215 的相关要求计算。

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—2017、NB/T 47010—2017 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,应防止各钢瓶之间的介质流通,以免造成单只钢瓶的超装。

5.3 制造

5.3.1 一般要求

5.3.1.1 钢瓶制造应符合本文件规定,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。每批钢瓶的数量不应超过 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

5.3.2.1 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和使用。

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 中的外观要求和技术协议的要求。

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 中壁厚要求和技术协议要求。

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(所有部分)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 中的非金属夹杂物要求。

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 NB/T 47013.3—2015 进行纵向、横向的超声检测检验,其结果应符合 5.1.1.5 的有关要求。

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(所有部分)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,应符合相应标准的要求;螺纹表面按 NB/T 47013.4—2015 或 NB/T 47013.5—2015 进行磁粉检测或渗透检测,应无裂纹性缺陷。

5.3.2.4 安全泄放装置

应按批(指材料批、产品批和采购批)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%。不应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—2012 或 GB/T 30824—2014 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、设备改造或停产三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—2012 或 GB/T 30824—2014 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。

5.3.4.6 每批瓶体应从随批同炉热处理试环或瓶体中部截取试样和样环,进行拉伸试验、冲击试验、压扁试验(必要时)等。

5.3.5 金相检查

每批瓶体应从随批同炉热处理试环或瓶体中部截取试样,进行金相检查。

5.3.6 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。

5.3.7 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。

5.3.8 无损检测

瓶体应逐只进行在线 100% 超声检测和 100% 磁粉检测。

5.3.9 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,内外表面清洁度应不低于 Sa2.5 级。

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

目测检查内外表面,可借助于内窥镜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—2015 或 NB/T 47013.5—2015 规定的方法对螺纹的表面进行磁粉检测或渗透检测。

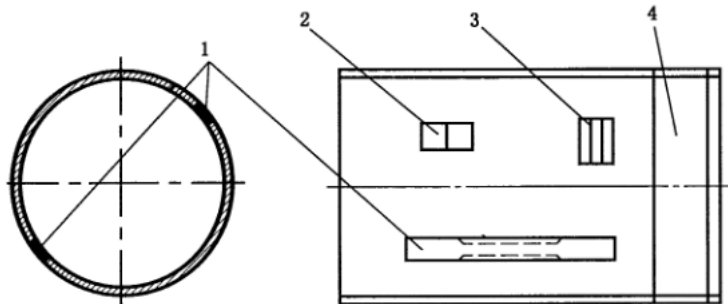
6.4 瓶体热处理后各项性能指标测定

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 取样部位如图 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。



标引序号说明:

- 1——拉伸试样;
- 2——金相试样;
- 3——冲击试样;
- 4——压扁试样。

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。

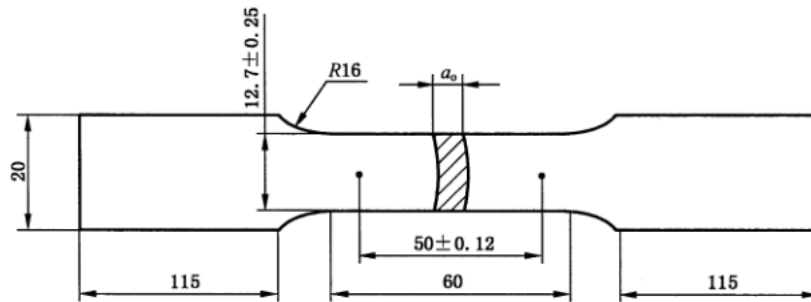


图3 拉伸试样

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 mm×10 mm×55 mm 带 V 型缺口的横向标准试样；对于设计壁厚小于 10 mm 的钢瓶，不能截取标准试样时，可采用 10 mm×7.5 mm×55 mm 或 10 mm×5 mm×55 mm 带 V 型缺口的横向小试样。根据壳体壁厚的可加工尺寸，应尽可能选取较大尺寸的试样。V 型缺口的轴线方向应与壳体圆筒的径向方向一致。

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 13320 进行评定。

6.4.4.3 晶粒度应按 GB/T 6394—2017 进行评定。

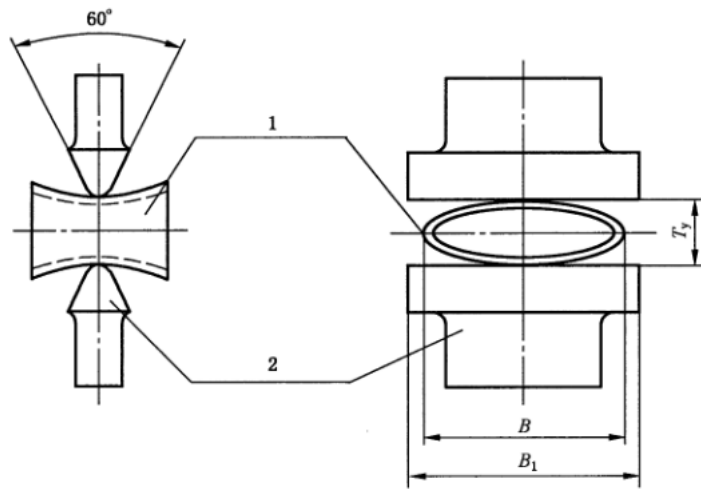
6.4.4.4 脱碳层深度应按 GB/T 224 进行测定。

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 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°、刃口圆角半径为 13 mm 的压头中间，压力试验机以 20 mm/min~50 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。压头的宽度 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。



标引序号说明：

- 1——样环；
- 2——压头。

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,剩余试环长度不足以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 mm,宽度为 80 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°。冷弯试验示意图见图 5。

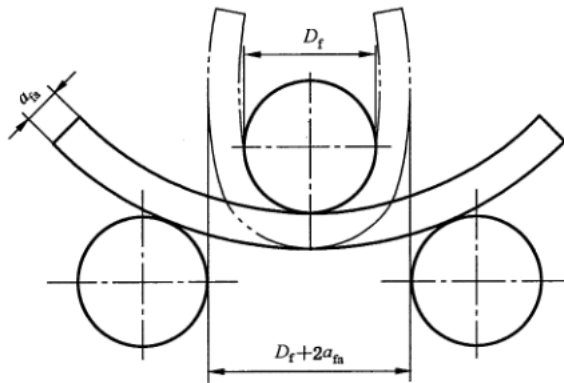


图 5 冷弯试验示意图

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。

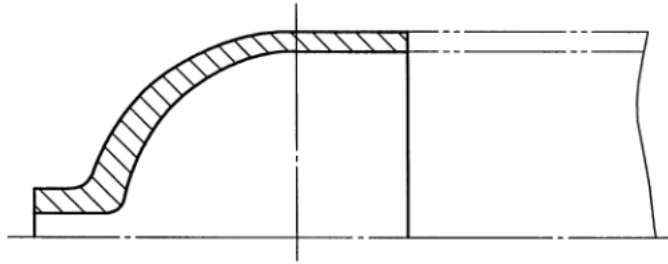


图6 端部解剖试样

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°)进行硬度检测。不同截面的间距不应大于 3 m。

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 的高低两个压力区间范围内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 2 min,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按附录 C 和附录 D 逐只进行超声检测和磁粉检测。

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钢瓶设计

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 ±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总长度的 0.2%。

7.1.1.5 瓶体长度的制造偏差不应大于 ±20 mm，且不应大于图样规定值。

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，肩部不准有沟痕存在。

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—2015 或 NB/T 47013.5—2015 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 的要求。

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
实测屈服强度与抗拉强度的比 值 R_{es}/R_m	≤ 0.86	≤ 0.92
实测抗拉强度 R_m / MPa	\geq 制造单位热处理后的保证值,且 ≤ 880 MPa	\geq 制造单位热处理后的保证值,且 $\leq 1\ 060$ MPa
实测屈服强度 R_{es} / 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 $A_{50\ mm}$ / %	≥ 20	≥ 16

表 5 瓶体材料热处理后的力学性能 (续)

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		
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/℃	-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—2017 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应有目视可见的缩孔、气泡、裂纹、夹杂物和折叠存在。

7.1.6 硬度检测

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(HB)偏差不应大于 30。硬度值与抗拉强度对应范围见附录 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(HB)不应超过 269;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(HB)不应超过 330。

7.1.7 水压试验

7.1.7.1 在保压期间,压力表指针指示压力不应回降,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。破口裂缝不应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 的规定。

7.3 批量试验

钢瓶出厂前应进行批量检验,检验项目应按表 6 的规定。

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) 改变钢瓶瓶体结构、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;
- g) 有关安全技术规范明确规定。

7.4.2 应按表 6 规定的项目进行型式试验。若型式试验不合格,不应投入批量生产,不应投入使用。

7.4.3 型式试验项目应包含力学性能测试、压扁试验、金相检查、端部解剖、水压爆破试验、疲劳试验等破坏性试验,其所需钢瓶或试环的数量至少为:

- a) 试环或钢瓶 1 只;
- b) 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);
- c) 水压爆破试验 2 只;
- d) 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	拉伸试验	—	√	√	6.4.2	7.1.4.1
5	冲击试验	—	√	√	6.4.3	7.1.4.1

表 6 钢瓶检验和试验项目 (续)

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			
6	金相检查	—	√	√	6.4.4	7.1.4.2
7	压扁试验 ^a	—	√	√	6.4.5	7.1.4.3
8	冷弯试验 ^b	—	√	√	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 ^c	√	—	√	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。

^a 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。
^b 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。
^c 无损检测系指超声、磁粉检测方法。

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，则合格。
- 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 Y 应多于两次，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

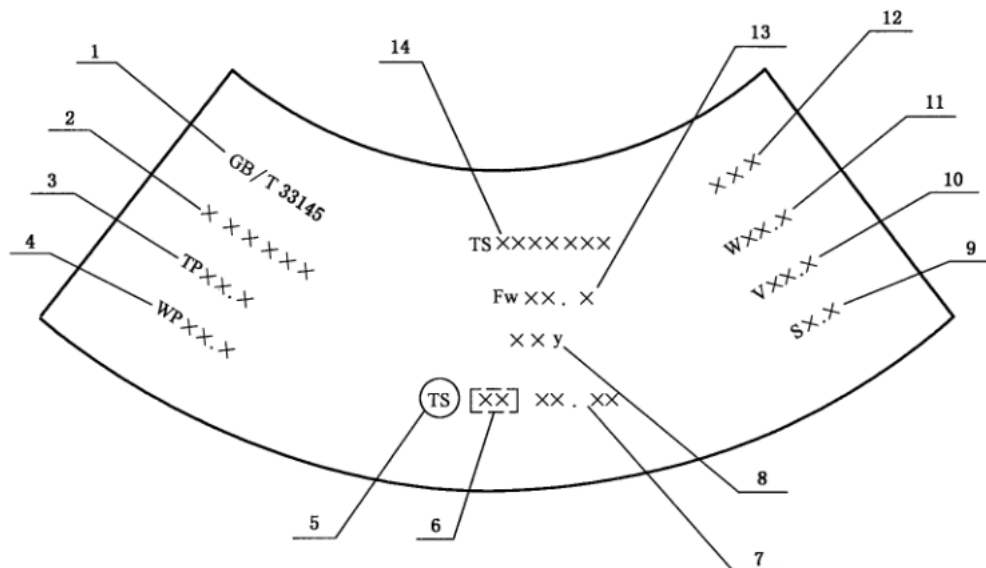
8.1.1.1 每只钢瓶应在瓶肩部位按图 7 所示项目和排列方式打印钢印。

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。



标引序号说明:

- 1 ——产品标准编号;
- 2 ——钢瓶编号;
- 3 ——水压试验压力,单位为兆帕(MPa);
- 4 ——公称工作压力,单位为兆帕(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,单位为年(a);
- 9 ——筒体最小设计壁厚,单位为毫米(mm);
- 10 ——实际水容积,单位为升(L);
- 11 ——实际重量,单位为千克(kg);
- 12 ——充装气体名称或化学分子式;
- 13 ——液化气体最大充装量,单位为千克(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。

8.1.3 钢瓶电子识读标识

8.1.3.1 单独出厂和使用的钢瓶(用于长管拖车和管束集装箱的钢瓶除外),应在醒目的位置装设牢固、不易损坏的电子识读标识(如二维码、电子芯片等),作为钢瓶产品的电子合格证。

8.1.3.2 钢瓶产品电子合格证所记载的信息应在 TSG 23 规定的气瓶安全追溯信息平台上有效存储并对外公示,存储与公示的信息应做到可追溯、可交换、可查询和防篡改。

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—2011 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,不应污染瓶内介质。

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 钢瓶的运输应符合道路交通运输的相关规定。

8.4.2 钢瓶在运输和装卸过程中,应防止碰撞、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,不应直接放置于地面上。钢瓶与支撑间、钢瓶层与层之间应用适当方式隔开,以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) 产品标准编号;
- e) 充装气体名称或化学分子式;
- f) 公称工作压力,单位为兆帕(MPa);
- g) 水压试验压力,单位为兆帕(MPa);
- h) 实际水容积,单位为升(L);
- i) 实际空瓶重量(不含附件),单位为千克(kg);
- j) 液化气体最大充装量,单位为千克(kg);
- k) 筒体最小设计壁厚,单位为毫米(mm);
- l) 瓶体材料牌号;
- m) 热处理状态;
- n) 设计使用年限,单位为年(a);
- 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,单位为兆帕(MPa)；
- c) 水压试验压力,单位为兆帕(MPa)；
- d) 设计使用寿命,单位为年(a)；
- 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,应包括本文件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)
常用瓶体材料的化学成分

常见瓶体材料的化学成分按表 A.1 的规定。

表 A.1 常用瓶体材料的化学成分

组别	材料牌号	化学成分(质量分数)/%									
		C	Mn	Si	S ^e	P ^e	S+P ^e	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 ^a	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	0.32~0.38	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 ^b	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 ^c	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 ^d	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 ^d	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 ^d	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	—	—
^a 4130X 为 ASTM A519 中的牌号,化学成分经过修正后应用于本文件、符合本文件要求的材料。 ^b 34CrMo4 为 EN 10297-1 中的牌号,化学成分经过修正后应用于本文件、符合本文件要求的材料。 ^c SA372Gr.JCL.110 为 ASME SA-372/SA-372M 中的牌号,化学成分经过修正后应用于本文件、符合本文件要求的材料。 ^d 4140、4142、4145 为 ASTM A519 中的牌号,经本文件确认后应用于本文件、符合本文件要求的材料。 ^e S、P 及 S+P 含量按表 2 的规定进行了修正。											

附录 B

(资料性)

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 τ_n 和外螺纹剪切应力 τ_w 分别按公式(B.1)、公式(B.2)计算：

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

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

在水压试验压力下,螺纹最大轴向外载荷 F_w 按公式(B.3)计算：

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

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 分别按公式(B.4)、公式(B.5)计算：

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

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

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 分别按公式(B.6)、公式(B.7)计算：

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

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

附录 C

(规范性)

超声检测

C.1 总则

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 超声检测的作业人员应取得特种设备超声检测资格,从事超声检测设备的操作人员应至少具有 I 级(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 级(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 通常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超声检测设备。如果校验过程中超声检测设备未能检测到对比样管上的人工缺陷,则在上次超声检测设备校验后检测的所有合格钢瓶都应在超声检测设备校验合格后重新进行检测。

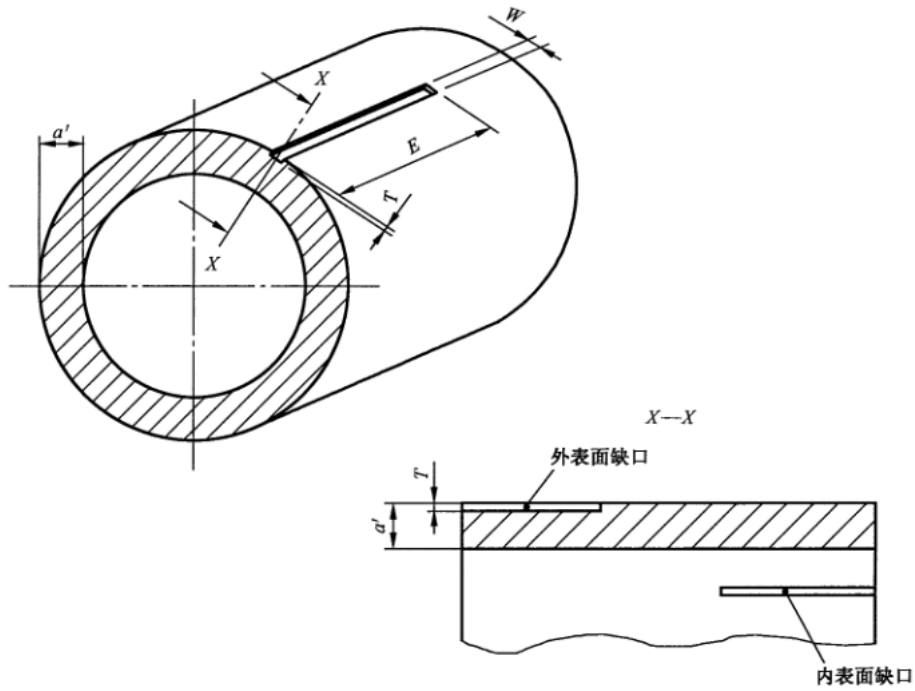
C.4 对比样管

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。

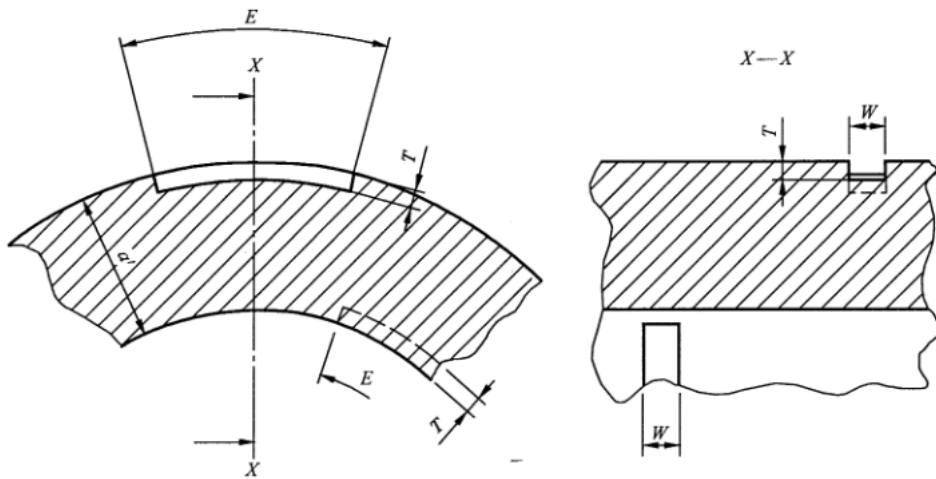
C.4.3 人工缺陷尺寸和形状(见图 C.1 和图 C.2)应符合下列要求:

- a) 人工缺陷长度 E 不应大于 50 mm ;
- b) 人工缺陷宽度 W 不应大于人工缺陷深度 T 的 2 倍,当不能满足时,可以取宽度 W 为 1.0 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 mm ,最大为 1 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。



注： $T = (5 \pm 0.75) \% a'$ ，且 $0.2 \text{ mm} \leq T \leq 1.0 \text{ mm}$ ； $W \leq 2T$ ，当不能满足时，可取 $W = 1.0 \text{ mm}$ ； $E \leq 50 \text{ mm}$ 。

图 C.1 纵向人工缺陷示意图



注： $T = (5 \pm 0.75) \% a'$ ，且 $0.2 \text{ mm} \leq T \leq 1.0 \text{ mm}$ ； $W \leq 2T$ ，当不能满足时，可取 $W = 1.0 \text{ mm}$ ； $E \leq 50 \text{ mm}$ 。

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超声检测设备，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,具有可追溯性。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)

磁粉检测

D.1 总则

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。磁粉检测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 级(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 级(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 可采用低黏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。一般非荧光磁粉质量浓度为 $10\ \text{g}/\text{L}\sim 25\ \text{g}/\text{L}$,荧光磁粉质量浓度为 $0.5\ \text{g}/\text{L}\sim 3\ \text{g}/\text{L}$ 。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,瓶体表面不应有油污、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完全湿润。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,观察过程中不应擦掉磁痕,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 $0.3\ \text{mT}(240\ \text{A}/\text{m})$ 。

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)
硬度-抗拉强度对应图

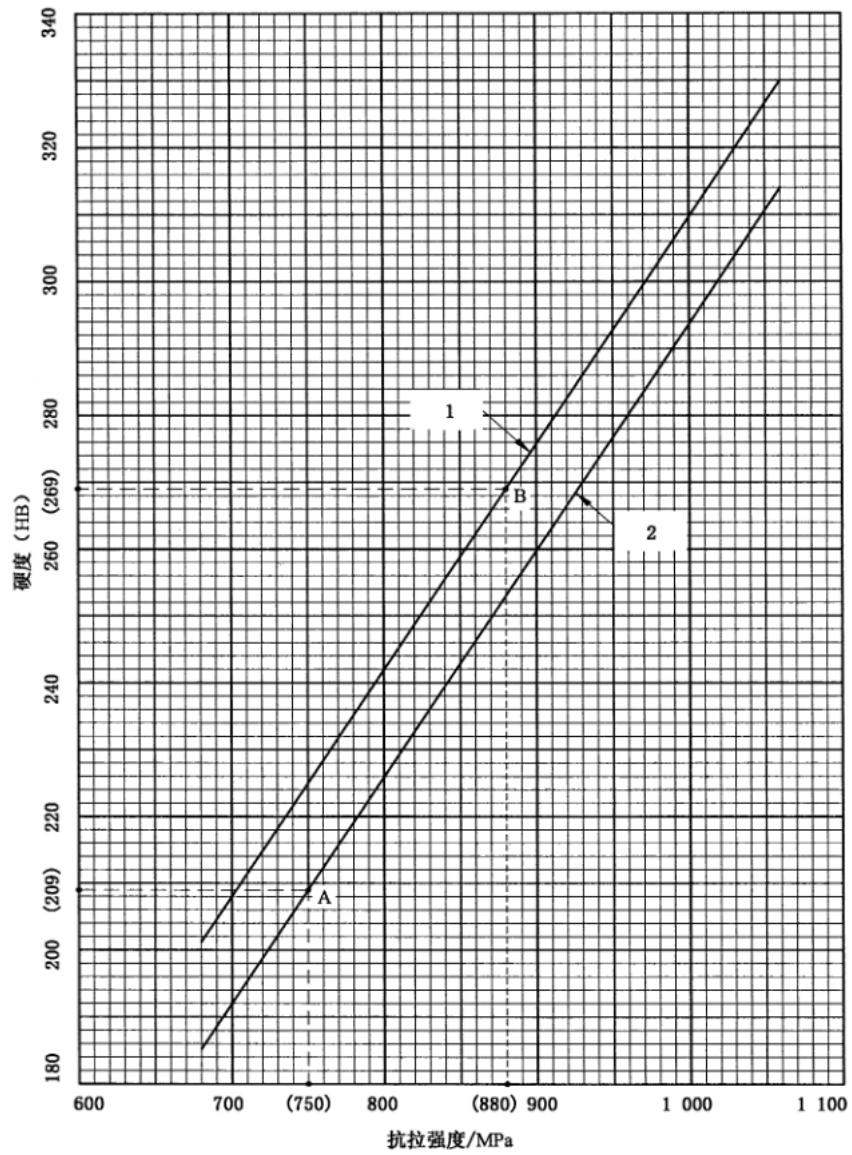
E.1 概述

图 E.1 所示硬度-抗拉强度对应图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：图 E.1 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定比较，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(HB)范围为 209(图 E.1 中抗拉强度下限-硬度对应线上的 A 点)~269(图 E.1 中抗拉强度上限-硬度对应线上的 B 点)。



标引序号说明：

- 1——抗拉强度上限-硬度对应线；
- 2——抗拉强度下限-硬度对应线。

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] CGA S-1.1 Pressure relief device standard—Part 1: Cylinders for compressed gases
 - [5] EN 10297-1 Seamless circular steel tubes for mechanical and general engineering purposes—Technical delivery conditions—Part 1: Non-alloy and alloy steel tubes
-