



中华人民共和国国家标准

GB/T 34542.3—2018

氢气储存输送系统 第3部分： 金属材料氢脆敏感度试验方法

Storage and transportation systems for gaseous hydrogen—
Part 3: Test method for determination of the susceptibility of metallic
materials to hydrogen gas embrittlement (HGE)

2018-05-14 发布

2018-12-01 实施

国家市场监督管理总局 发布
中国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、定义和符号..... 1

4 一般要求 2

5 试验设备 2

6 试样要求 2

7 试验程序 3

8 氢脆敏感度评价 3

9 试验报告 3

附录 A（资料性附录） 试验设备主体基本结构 4

附录 B（规范性附录） 氢脆敏感度系数确定方法 5

前 言

GB/T 34542《氢气储存输送系统》分为以下部分：

- 第 1 部分：通用要求；
- 第 2 部分：金属材料与氢环境相容性试验方法；
- 第 3 部分：金属材料氢脆敏感度试验方法；
- 第 4 部分：氢气储存系统技术要求；
- 第 5 部分：氢气输送系统技术要求；
- 第 6 部分：氢气压缩系统技术要求；
- 第 7 部分：氢气充装系统技术要求；
- 第 8 部分：防火防爆技术要求。

本部分为 GB/T 34542 的第 3 部分。

本部分按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本部分由全国氢能标准化技术委员会(SAC/TC 309)提出并归口。

本部分起草单位：浙江大学、北京海德利森科技有限公司、中国标准化研究院、中国电子工程设计院、浙江工业大学、合肥通用机械研究院、西安交通大学。

本部分主要起草人：郑津洋、韩武林、王赓、梅德庆、花争立、彭文珠、张林、周向荣、范志超、程光旭。

氢气储存输送系统 第3部分： 金属材料氢脆敏感度试验方法

1 范围

本标准规定了金属材料氢脆敏感度试验的一般要求、试验设备、试样要求、试验程序、氢脆敏感度评价和试验报告。

本标准适用于金属材料氢脆敏感度的评价。

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 3634.2 氢气 第2部分:纯氢、高纯氢和超纯氢

GB/T 4844 纯氮、高纯氮和超纯氮

GB/T 10623 金属材料 力学性能试验术语

GB/T 29729 氢系统安全的基本要求

GB/T 34542.1 氢气储存输送系统 第1部分:通用要求

3 术语、定义和符号

3.1 术语和定义

GB/T 10623 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1.1

圆片 disk sample

用于氢脆敏感度试验的圆形薄片试样。

3.1.2

平面度 flatness

圆片表面上各点相对其理想平面的最大变动量。

3.1.3

爆破压力 burst pressure

氢气或者氮气加压过程中圆片承受的最高压力(表压)。

3.1.4

加载时间 loading time

氢气或者氮气加压开始直至圆片爆破时经过的总时长。

3.2 符号

下列符号适用于本文件。

e_m 圆片平均厚度(圆片上相隔 90°的四个点厚度的平均值),mm;

p_r 爆破压力, MPa;
 p'_r 修正爆破压力, MPa;
 p_{rHe} 氦气环境试验爆破压力, MPa;
 p_{rH_2} 氢气环境试验爆破压力, MPa;
 p'_{rHe} 氦气环境试验修正爆破压力, MPa;
 p'_{rH_2} 氢气环境试验修正爆破压力, MPa;
 t 加载时间, min;
 U 平均升压速率, MPa/min。

4 一般要求

- 4.1 试验用氢气应满足 GB/T 3634.2 中高纯氢的技术要求;试验用氦气应满足 GB/T 4844 中高纯氦的技术要求。
- 4.2 置换用氮气或惰性气体的纯度应大于或等于 99.999%。
- 4.3 试验温度应为 $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。
- 4.4 氢脆敏感度试验至少应包括 6 个氦气环境试验和 9 个氢气环境试验。
- 4.5 试验时升压速率应恒定,其值应在 0.01 MPa/min~100 MPa/min 范围内。
- 4.6 6 个氦气环境试验的升压速率推荐值分别为 0.01 MPa/min、0.1 MPa/min、1 MPa/min、10 MPa/min、50 MPa/min 和 100 MPa/min。
- 4.7 9 个氢气环境试验分为两组。第一组 6 个试验的升压速率推荐值分别为 0.01 MPa/min、0.1 MPa/min、1 MPa/min、10 MPa/min、50 MPa/min 和 100 MPa/min;第二组 3 个试验的升压速率均应等于或者接近第一组试验中与最低修正爆破压力相对应的升压速率。

5 试验设备

- 5.1 氢脆敏感度试验设备主体的基本结构参见附录 A,主要由上法兰、下法兰、压环、置换孔、进气口、排气口等组成。
- 5.2 试验设备用材料应满足相应国家标准或者行业标准的要求,与氢气直接接触的材料应与氢气具有良好的相容性。
- 5.3 试验设备应满足 GB/T 29729、GB/T 34542.1 的相关安全要求。
- 5.4 试验设备的进气管路中应设置流量控制阀。
- 5.5 试验设备中压力传感器的精度等级不得低于 0.25 级。
- 5.6 上腔体高度应大于或等于 25.5 mm。
- 5.7 压环内直径应为 25.5 mm、内圆角曲率半径应为 $0.5_{-0.05}^{0.25}$ mm,其材料的室温标准抗拉强度应大于 1 100 MPa。
- 5.8 法兰应通过均布的 10 个 M10 高强度螺栓连接;采用橡胶 O 形圈作为密封元件时,拧紧扭矩为 30 N·m。

6 试样要求

- 6.1 氢脆敏感度试验中圆片的加工工艺应相同,且加工不应改变材料性能。
- 6.2 圆片至少应满足以下要求:

a) 直径为 $58_{-0.05}^0$ mm;

- b) 厚度为 $0.75\text{ mm} \pm 0.01\text{ mm}$;
- c) 平面度小于或等于 0.1 mm ;
- d) 表面粗糙度 Ra 小于或等于 $0.8\text{ }\mu\text{m}$ 。

6.3 圆片应在干燥环境中妥善保存。

7 试验程序

7.1 试验前,应采用适当的方法清洗圆片表面的油污和杂质,不得用手直接接触圆片表面。

7.2 圆片安装于试验设备后,应先用氮气或惰性气体置换下腔体及管路系统,再用试验气体(氢气或氦气)置换。置换结束时,下腔体内氧气和水的含量(体积分数)应分别小于或等于 1×10^{-6} 和 5×10^{-6} 。

7.3 选择合适的升压速率,并以恒定的升压速率对下腔体加压直至圆片爆破。

8 氢脆敏感度评价

8.1 通过氢脆敏感度系数来评价材料的氢脆敏感度,其确定方法见附录 B。

8.2 若氢脆敏感度系数小于或等于 1,则材料氢脆不敏感;若氢脆敏感度系数大于或等于 2,则材料氢脆敏感,不得用于制造临氢零部件;若氢脆敏感度系数在 1~2 之间,则材料长期在氢气环境中使用有可能发生氢脆。

9 试验报告

试验报告至少应包含以下内容

- a) 材料牌号、规格、化学成分、热处理状态、焊接工艺参数(必要时);
- b) 圆片尺寸、表面状态;
- c) 气体纯度、试验温度;
- d) 压力-时间曲线;
- e) 爆破压力 p_r 、加载时间 t ;
- f) $p'_{r\text{He}}/p'_{r\text{H}_2}$ 值和氢脆敏感度系数。

附 录 A
(资料性附录)
试验设备主体基本结构

氢脆敏感度试验设备主体基本结构如图 A.1 所示,主要由上法兰、下法兰、压环、置换孔、进气口、排气口等组成。

法兰和压环用于夹持圆片;置换孔主要用于置换下腔体;进气口和排气口分别用于通入气体和排放气体。

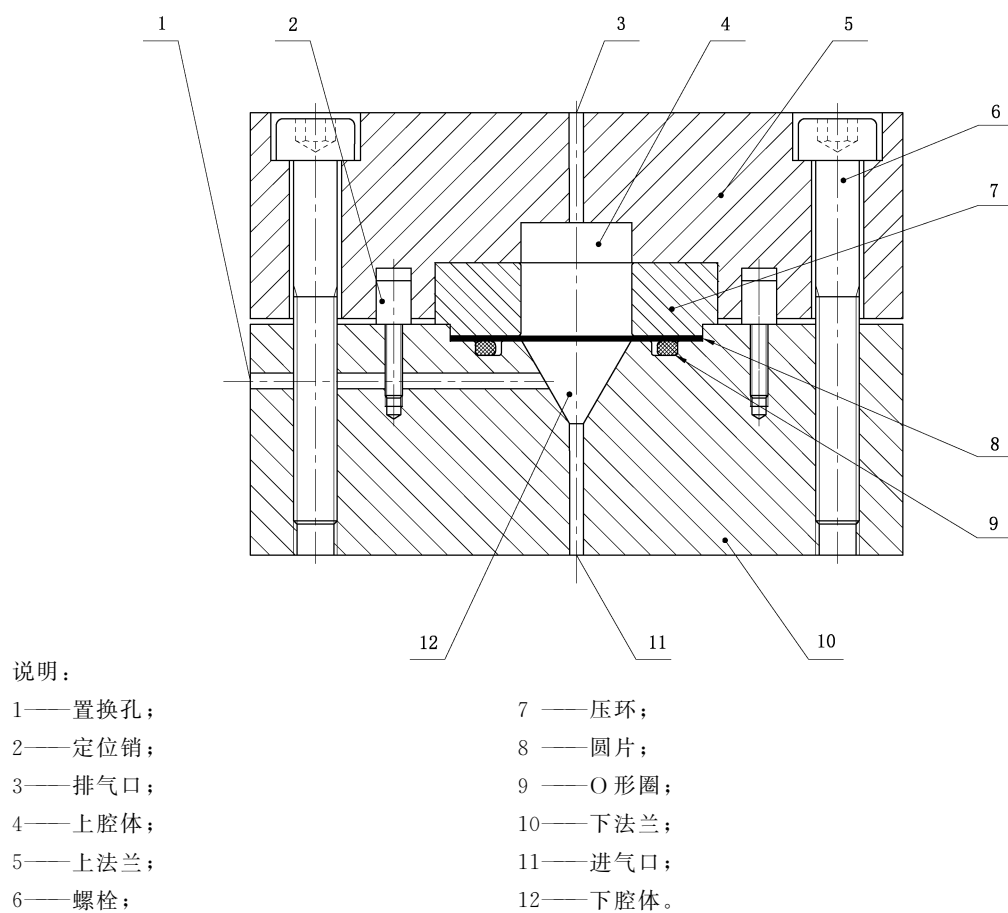


图 A.1 试验设备主体基本结构

附 录 B
(规范性附录)
氢脆敏感度系数确定方法

B.1 按式(B.1)和式(B.2)分别计算每个试验的修正爆破压力 p'_r 和平均升压速率 U 。

$$p'_r = \frac{0.75 p_r}{e_m} \dots\dots\dots (B.1)$$

$$U = \frac{p_r}{t} \dots\dots\dots (B.2)$$

B.2 按式(B.3)对 6 个氦气环境试验修正爆破压力 p'_{rHe} 进行线性回归,如图 B.1 所示。

$$p'_{rHe} = a + b \lg U \dots\dots\dots (B.3)$$

式中:
 a ——回归常数;
 b ——回归系数。

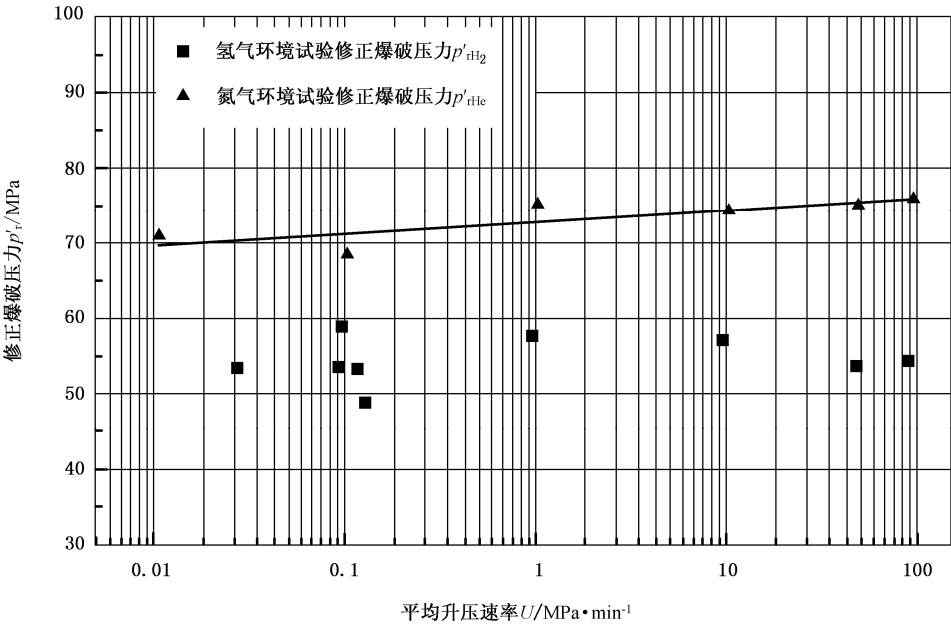


图 B.1 修正爆破压力计算示意图

B.3 先将 9 个氢气环境试验的平均升压速率 U 分别代入式(B.3),得到氦气环境试验修正爆破压力的理论计算值 p'_{rHe} ,再计算 p'_{rHe} 与氢气环境试验修正爆破压力 p'_{rH2} 的比值 p'_{rHe}/p'_{rH2} ,取 9 个 p'_{rHe}/p'_{rH2} 中的最大值作为氢脆敏感度系数,如图 B.2 所示。

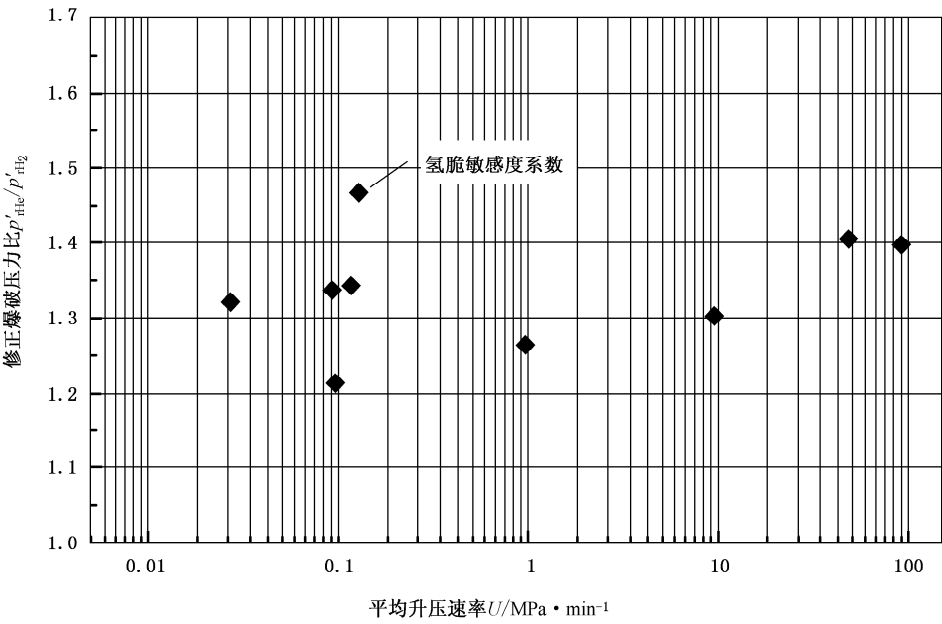


图 B.2 氢脆敏感度系数计算示意图