



中华人民共和国国家标准

GB/T XXXXX—XXXX

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)

点击此处添加与国际标准一致性程度的标识

（征求意见稿）

XXXX—XX—XX 发布

XXXX—XX—XX 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 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语、定义和符号 1

4 试验原理 2

5 一般要求 2

6 试验设备 2

7 圆盘试样 3

8 试验程序 3

9 氢脆敏感度评价 3

10 试验报告 4

附录 A（资料性附录） 试验设备主体的基本结构..... 5

前 言

本标准GB/T XXXX《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 XXXX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/TC309）提出并归口。

本部分起草单位：XXXX、XXXX、XXXX、XXXX。

本部分主要起草人：XXX、XXX、XXX、XXX

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试验原理、一般要求、试验设备、试样、试验程序、氢脆敏感度评价方法和试验报告。

本标准适用于金属材料氢脆敏感度的分类判定。

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，仅所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 3836.1 爆炸性环境 第1部分：设备 通用要求

GB/T 4844 纯氢、高纯氢和超纯氢

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

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

对比环境试验 reference environment test

为了对比评价氢气对材料性能的劣化程度，而在惰性气体环境下开展的试验。

3.1.2

平面度 flatness

圆盘试样具有的凹凸高度相对理想平面的偏差值。

3.1.3

试验温度 test temperature

试验过程中，试验设备安装位置的环境温度。

3.2 符号

下列符号适用于本文件。

e_m ——圆盘试样平均厚度（试样上相隔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}' ——修正氦气环境试验爆破压力，MPa；
 P_{rH_2}' ——修正氢气环境试验爆破压力，MPa；
 t ——试验时间，min；
 U_{He} ——氦气环境试验的平均升压速率，MPa/min；
 U_{H_2} ——氢气环境试验的平均升压速率，MPa/min。

4 试验原理

将圆盘试样安装于试验设备夹持腔内，通入氢气，以恒定速率增加气体压力，直至试件爆破，记录爆破压力 P_r 。选择氦气进行对比环境试验，通过比较氢气环境下的爆破压力与氦气环境下的爆破压力，评价材料的氢脆敏感度。

5 一般要求

5.1 试验用氢气的纯度应大于或等于 99.999%，其中杂质的含量应满足表 1 的要求。

表1 试验用氢气中杂质的含量

杂质种类	CO ₂ +CO	N ₂	O ₂	碳氢化合物	H ₂ O
含量(体积分数)/10 ⁻⁶	≤2	≤2	≤1	≤1	≤3.5

- 5.2 试验用氢气的纯度应大于或等于 99.999%，其中水分含量应小于 3.5×10^{-6} （体积分数）。
- 5.3 试验应在室温下进行；对于同一材料的一组氢脆敏感度试验，所有试验温度值最大相差不应超过 5℃。
- 5.4 同一材料的一组氢脆敏感度试验至少应包括 9 个氢气环境试验，以及 6 个氦气对比环境试验，每个试验应全程尽可能保持恒定的升压速率。
- 5.5 6 个氢气环境试验或 6 个氦气对比环境试验选取的试验升压速率应在 0.01~100MPa/min 之间均匀分布，推荐的升压速率为：0.01MPa/min、0.1MPa/min、1MPa/min、10MPa/min、50MPa/min、100MPa/min；其余 3 个氢气环境试验升压速率应等于或接近上述氢气环境中产生最低爆破压力的升压速率。

6 试验设备

- 6.1 氢脆敏感性试验设备主体的结构示意图参见附录 A。
- 6.2 试验设备中与氢气直接接触的材料均应采用抗氢脆性能良好的材料制造。
- 6.3 试验设备应符合 GB/T 29729 的相关规定，试验设备中的电气部件应符合 GB 3836.1 的相关规定。
- 6.4 圆盘试样上方应设置有高强钢压环，材料的室温抗拉强度应大于 1100MPa。
- 6.5 高强钢压环的内径为 25.5 mm；压环与试样接触面的内圆处应设倒圆角，曲率半径为 0.5mm。

6.6 对于氢气对比环境试验和升压速率大于 1MPa/min 的氢气环境试验, 应使用橡胶 O 型圈; 对于升压速率小于或等于 1MPa/min 的氢气环境试验, 应使用钢制 O 型圈。

6.7 进气管路中应设置流量控制阀。

6.8 试验用压力表的精度等级不得低于 1.6 级。

7 圆盘试样

7.1 同一金属材料, 同一组氢脆敏感度试验的所有圆盘试样的热处理状态应相同。

7.2 圆盘试样的尺寸应满足以下要求:

- a) 直径为 $\Phi 58_{-0.5}^0$ mm;
- b) 厚度为 0.75 ± 0.005 mm;
- c) 平面度小于 0.1 mm。

7.3 圆盘试样的表面粗糙度高度参数轮廓算术平均偏差 Ra 应小于 1 μ m。

7.4 圆盘试样加工过程不应改变材料原有的性能。

7.5 圆盘试样表面不得出现油污等杂质。

7.6 试验前, 圆盘试样应保存于水分含量小于或等于 5×10^{-6} (体积分数) 的干燥环境中。

8 试验程序

8.1 试验设备充氢或充氮前, 应对试验腔体及管路系统中的气体进行置换。

8.2 置换过程应满足以下规定:

- a) 先采用惰性气体进行置换;
- b) 随后采用试验气体 (氢气或氮气) 进行置换;
- c) 应根据试验设备的具体情况确定置换次数, 但应确保试验腔体内气体的纯度满足 5 中的规定。

8.3 置换过程中宜配合使用真空泵对试验腔体及管路进行抽真空。

8.4 试验开始前, 应抽样检查试验腔体内的气体纯度; 气体纯度应满足 5 中的规定。

8.5 取样氢气中杂质含量的检测应符合 GB/T 3634.2 的有关规定; 氮气中杂质含量的检测应符合 GB/T 4844 的有关规定。

8.6 调整进气口气体流量, 使试验腔体内达到设定的升压速率; 保持恒定的升压速率对试验腔体进行加压。

8.7 试验过程中, 应实时监测试验腔体内的升压速率, 并记录圆盘试样的爆破压力 P_r 和试验时间 t 。

9 氢脆敏感度评价

9.1 修正爆破压力

修正爆破压力按式 (1) 计算:

$$P_r' = \frac{0.75P_r}{e_m} \dots\dots\dots (1)$$

9.2 平均升压速率

平均升压速率 U 按式 (2) 计算:

$$U = \frac{P_r}{t} \dots\dots\dots (2)$$

9.3 氢脆敏感度

9.3.1 根据氦气对比环境试验中的 6 个试验结果，按式 1 和式 2 分别计算每个试验的氦气修正爆破压力 P'_{rHe} 和氦气平均升压速率 U_{He} ，通过线性回归，获得 P'_{rHe} 和 $\lg U_{He}$ 的线性关系。

9.3.2 根据氢气环境试验中的 9 个试验结果，计算每个试验的修正爆破压力 P'_{rH_2} 和平均升压速率 U_{H_2} ，再按 9.3.1 中获得的线性关系，确定每个 U_{H_2} 对应的 P'_{rHe} ，然后分别计算 P'_{rHe} / P'_{rH_2} ，得到 9 个比值。

9.3.3 取 9.3.2 中获得的 9 个 P'_{rHe} / P'_{rH_2} 比值中的最大值，作为氢脆系数，用于评定材料的氢脆敏感度。如果该值等于 1，则材料氢脆不敏感；如果该值大于或等于 2，则材料氢脆敏感，不得用于制造临氢的零部件；如果该值在 1~2 之间，则制造临氢的承载件时，应按照相关标准的规定，进一步定量确定设计所需的材料在氢气环境下的性能。

10 试验报告

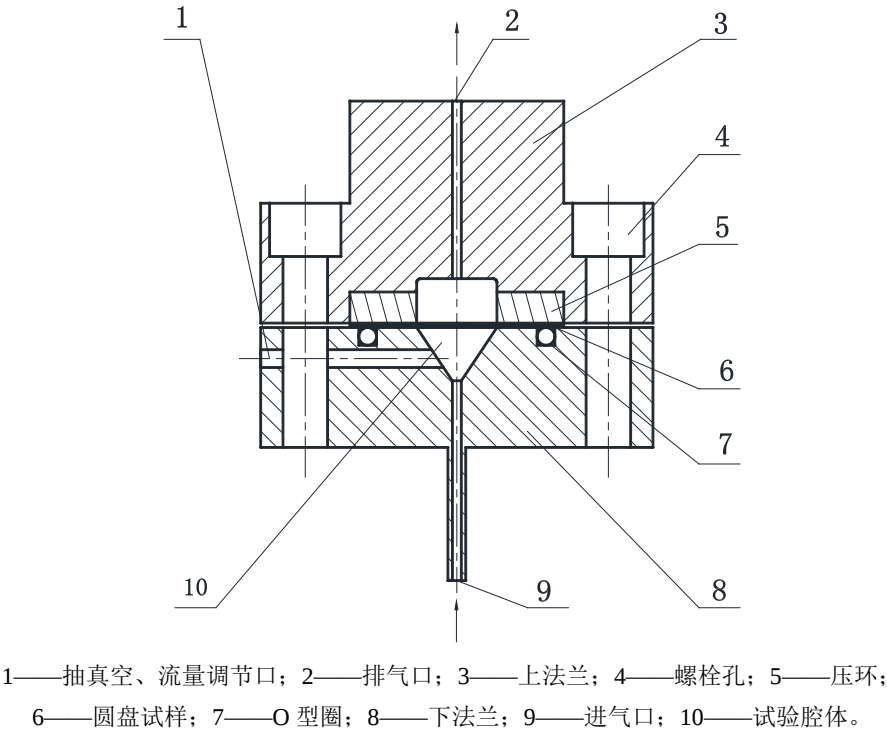
试验报告应包含以下内容：

- d) 材料的化学成分、热处理方式、维氏硬度等；
- e) 圆盘试样的尺寸；
- f) 圆盘试样的维氏硬度；
- g) 气源及试验腔体内气体的纯度；
- h) 圆盘试样的爆破压力；
- i) 试验时间；
- j) P'_{rHe} / P'_{rH_2} 的比值和氢脆系数。

AA

附 录 A
(资料性附录)
试验设备主体的基本结构

氢脆敏感性试验设备主体的结构示意图见图 A.1 所示。
设备由上法兰、下法兰、进气口、排气口、压环、O 型圈等组成。



图A.1 试验设备主体结构示意图