



# 中华人民共和国国家标准

GB/T XXXXX—XXXX

## 金属氢化物储氢材料 第 1 部分：通用要求

Metal hydride hydrogen storage materials - Part 1: General requirements

(点击此处添加与国际标准一致性程度的标识)

(征求意见稿)

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX – XX – XX 发布

XXXX – XX – XX 实施

国家市场监督管理总局  
国家标准化管理委员会 发布

目 次

前 言 ..... II

1 范围 ..... 3

2 规范性引用文件 ..... 3

3 术语和定义 ..... 3

4 通用技术要求 ..... 5

5 贮运要求 ..... 6

6 基本安全要求 ..... 7

附 录 A （资料性） 常见金属氢化物储氢材料的 P-C-T 曲线及循环试验参数 ..... 9

附 录 B （资料性） 金属氢化物储氢材料表观体积储氢密度试验要求 ..... 10

## 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。

本文件由全国氢能标准化技术委员会（SAC/TC 309）提出并归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

# 金属氢化物储氢材料 第1部分：通用要求

## 1 范围

本文件规定了金属氢化物储氢材料的通用技术要求、贮运要求和基本安全要求。

本文件适用于可逆吸放氢的金属氢化物储氢材料，包括稀土系储氢合金、钛系储氢合金、钒系储氢材料、锆系储氢合金、高熵储氢合金、镁系储氢材料、金属配位氢化物、金属有机框架储氢材料等。

## 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 190 危险货物包装标志

GB/T 191 包装储运图示标志

GB/T 5162 金属粉末 振实密度的测定

GB 17914 易燃易爆性商品储存养护技术条件

GB/T 24499 氢气、氢能与氢能系统术语

GB/T 33291 氢化物可逆吸放氢压力-组成-等温线（P-C-T）测试方法

GB/T 34542.2 氢气储存输送系统 第2部分：金属材料与氢环境相容性试验方法

GB 39176 稀土产品的包装、标志、运输和贮存

JT/T 617 危险货物道路运输规则

TSG R0005 移动式压力容器安全技术监察规程

TSG 21 固定式压力容器安全技术监察规程

## 3 术语和定义

GB/T 24499界定的术语和定义及以下术语和定义适用于本文件。

### 3.1 金属氢化物储氢材料（Metal hydride hydrogen storage materials）

在一定温度和压力下，能够可逆吸收和释放氢气的粉状或块状金属氢化物储氢材料，包括稀土系储氢合金、钛系储氢合金、钒系储氢材料、锆系储氢合金、高熵储氢合金、镁系储氢材料、金属配位氢化物、金属有机框架储氢材料等。

### 3.2 稀土系储氢合金（Rare-earth based hydrogen storage alloys）

以稀土和过渡金属元素为主要成分形成的可逆吸收和释放氢气的金属储氢材料,主要包括但不限于混合稀土系AB<sub>5</sub>型储氢合金、稀土-镁系超晶格储氢合金等。

### 3.3 钛系储氢合金 (Titanium based hydrogen storage alloys)

以钛和过渡金属为主要成分形成的可逆吸收和释放氢气的金属储氢材料,主要包括但不限于钛系AB<sub>2</sub>型Laves相合金、钛系AB型储氢合金等。

### 3.4 钒系储氢合金 (Vanadium based hydrogen storage alloys)

以钒为主要成分且晶体结构以体心立方BCC相为主的可逆吸收和释放氢气的金属、合金。

### 3.5 锆系储氢合金 (Zirconium based hydrogen storage alloys)

以锆和过渡金属为主要成分形成的可逆吸收和释放氢气的金属储氢材料,主要包括但不限于锆系AB<sub>2</sub>型Laves相合金、锆系AB型储氢合金等。

### 3.6 高熵储氢合金 (High-entropy alloys)

由五种或五种以上等量或大约等量金属形成的具有单一固溶体和高混合熵的储氢合金。

### 3.7 镁系储氢材料 (Magnesium based hydrogen storage materials)

以镁为主要成分且物相以Mg/MgH<sub>2</sub>为主的可逆吸收和释放氢气的金属、合金及其复合物。

### 3.8 金属配位氢化物 (Metal based complex hydrides)

金属阳离子与AlH<sub>4</sub><sup>-</sup>、NH<sub>2</sub><sup>-</sup>、BH<sub>4</sub><sup>-</sup>等含氢的阴离子基团通过配位键组成的能够可逆吸收和释放氢气的氢化物,主要包括但不限于铝氢化物、硼氢化物、金属氮氢化物及复合物等。

### 3.9 金属有机框架储氢材料 (Metal-organic framework hydrogen storage materials)

金属离子或金属簇与有机配体通过配位键自组装形成的一类具有周期性网络结构的晶态多孔储氢材料。

### 3.10 质量储氢容量 (Gravimetric hydrogen storage capacity)

金属氢化物储氢材料吸氢的压力-组成-等温线(P-C-T)曲线在最大测试氢压下吸入氢气的最大质量分数。

注:金属氢化物储氢材料的压力-组成-等温线(P-C-T)参照GB/T 33291执行。

### 3.11 有效储氢容量 (Effective hydrogen storage capacity)

金属氢化物储氢材料在规定工况条件下能释放出的氢气质量分数。

### 3.12 表观体积储氢密度 (Apparent volumetric hydrogen storage density)

金属氢化物储氢材料在紧密堆积状态下，单位体积内储存的氢气质量。

### 3.13 容量保持率 (Capacity retention rate)

金属氢化物储氢材料吸氢/放氢循环过程中保持其原本质量储氢容量的能力，即在目标循环次数后的质量储氢容量与其最大质量储氢容量的百分比。

### 3.14 有效循环次数 (Effective cycle number)

金属氢化物储氢材料在规定工况条件下经过多次吸氢/放氢循环后，容量保持率为80%时对应的循环充放氢次数。

## 4 通用技术要求

### 4.1 性能要求

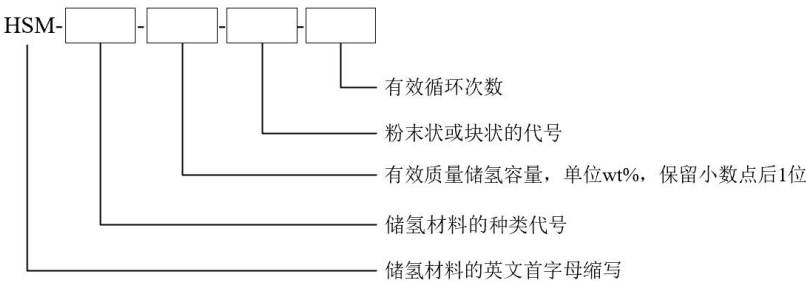
金属氢化物储氢材料的质量储氢容量、有效储氢密度、有效循环次数和表观体积储氢密度一般应符合表1的规定。

表1 金属氢化物储氢材料的性能要求

| 类型         | 质量储氢容量<br>(wt%) | 有效质量储氢容量<br>(wt%) | 有效循环次数<br>(次) | 表观体积储氢密度<br>(g/L) |
|------------|-----------------|-------------------|---------------|-------------------|
| 稀土系储氢合金    | ≥1.4            | ≥1.3              | ≥2000         | ≥50               |
| 钛系储氢合金     | ≥1.7            | ≥1.5              | ≥1500         | ≥45               |
| 锆系储氢合金     | ≥1.4            | ≥1.3              | ≥1500         | ≥45               |
| 钒系储氢合金     | ≥2.5            | ≥1.8              | ≥800          | ≥50               |
| 高熵储氢合金     | ≥3.0            | ≥2.0              | ≥500          | ≥50               |
| 镁系储氢材料     | ≥4.5            | ≥4.0              | ≥1500         | ≥45               |
| 金属配位氢化物    | ≥6.0            | ≥4.5              | ≥200          | ≥45               |
| 金属有机框架储氢材料 | ≥5.0            | ≥4.5              | ≥1000         | ≥35               |

4.2 金属氢化物储氢材料的牌号

金属氢化物储氢材料的产品牌号命名应由英文首字母缩写和阿拉伯数字组成。编制方法应符合下列规定：



注：金属氢化物储氢材料的种类代号：RE 稀土系储氢合金；TI 钛系储氢合金；ZR 锆系储氢合金；V 钒系储氢材料；MG 镁系储氢材料；HEA 高熵储氢合金；CH 金属配位氢化物；MOF 金属有机框架储氢材料。金属氢化物储氢材料的形状代号：P 粉体；B 块体。

示例：HSM-MG-6.5-B-3000 表示镁系储氢材料块体，有效储氢密度 6.5wt%，有效循环次数 3000 次。

4.3 其他要求

- 4.3.1 金属氢化物储氢材料应为粉体或由粉体加工成型的多孔块体，无明显夹杂物。
- 4.3.2 各批次金属氢化物储氢材料的成分、尺寸和性能均一，实际质量储氢容量与标称的质量储氢容量的偏差不超过 5%。
- 4.3.3 在贮存、运输和装填过程中，金属氢化物储氢材料的性质和结构保持稳定且不产生其他物质。
- 4.3.4 在吸放氢服役过程中，金属氢化物储氢材料不释放除氢气以外的气体，与容器及内部附件的材料具有相容性且不发生化学反应。相容性测试参照 GB/T 34542.2 执行。

5 贮运要求

5.1 包装

- 5.1.1 金属氢化物储氢材料的包装应能保证储氢材料在运输和贮存期间不致松散、受潮、风干、腐蚀、泄露。
- 5.1.2 金属氢化物储氢材料的内包装为塑料或铝箔袋，内垫高密度海绵或软衬垫等防震材料，外包装为铁桶或纸箱。
- 5.1.3 金属氢化物储氢材料的内包装应采取防氧化（如抽真空、充气等）措施后密封。

5.2 标识、标志

- 5.2.1 包装物外显著位置应有不褪色并有一定防潮性的明显标识,标识至少应注明供方名称、产品名称、牌号、批号、质量、生产日期、“防潮”标识或字样等。

5.2.2 包装物上应有明显的运输包装指示标志，如“防潮”、“向上”及“由此吊起”等字样和标志，其图形应符合 GB/T 191 的规定。

5.2.3 对于鉴定为危险货物的金属氢化物储氢材料，包装标志应符合 GB 190、GB 17914 的规定。

### 5.3 贮存

金属氢化物储氢材料均应包装后贮存在通风、干燥、避光、清洁的环境中，不得与酸、碱、水、易燃物等物质共同存放，贮存环境不得有易挥发物以及易腐蚀、具有强氧化性的气体以及明火。

### 5.4 运输

5.4.1 装运储氢材料的车厢、船舱和集装箱应保持清洁、干燥，无污染。

5.4.2 不准许将产品同腐蚀性化学物品及潮湿性材料在同一车厢（船舱）内运输。

5.4.3 敞篷运输时，应用防水篷布盖好，以保证产品不被雨雪浸入。

5.4.4 对于鉴定为危险货物的金属氢化物储氢材料，运输应符合 JT/T 617 规定。

5.4.5 应采用合适的方式装卸，以防包装损坏和碰伤产品。

### 5.5 质量证明书和产品使用说明书

5.5.1 每批产品应附有质量证明书，其上注明产品名称、供方名称、供方联系方式、牌号、批号、各项分析检验结果和供方质量检验部门印记、产品标准编号或合同号、签发日期、生产日期、包装日期、出厂日期等。

5.5.2 质量证明书原件应采取有效措施保存，以防损坏，纸质版本或电子版本应及时发给需方。

5.5.3 金属氢化物储氢材料应具有产品使用说明书，使用说明书中应明确产品的主要功能、材料活化方法、材料规定工况、材料特征吸放氢 P-C-T 曲线、贮存条件、使用方法、注意事项等；产品使用说明书应随储氢材料一同交付用户；金属氢化物储氢材料块体还需注明块体的平均尺寸和平均质量。

### 5.6 其他要求

稀土系储氢材料的包装、标识、标志、运输、贮存和质量证明书还需满足 GB 39176 的规定。

## 6 基本安全要求

### 6.1 可能发生的危险

6.1.1 金属氢化物储氢材料暴露在空气中，可能会导致的危险包括氧化、发热、释氢、燃烧、爆炸等。

6.1.2 金属氢化物储氢材料遇水，可能会导致的危险包括发热、释氢、燃烧、爆炸等。

6.1.3 在金属氢化物储氢材料装填至储运氢容器过程中，可能会导致的危险包括氧化、摩擦、发热、燃烧、碰撞、跌落等。

6.1.4 在吸放氢服役过程中，若储运氢容器、管道或阀门等失效，可能会导致的危险包括氢气泄露、



燃烧、爆炸等。

## 6.2 安全使用基本要求

6.2.1 包装破损的金属氢化物储氢材料禁止使用，并根据金属氢化物储氢材料的性质进行合理处置；若金属氢化物储氢材料燃烧，应采用干砂或防火布覆盖灭火，金属燃烧宜用 D 类灭火器灭火。

6.2.2 金属氢化物储氢材料装填时，厂商应根据金属氢化物储氢材料的性质，设置合适的装填方案，避免材料摩擦、碰撞、跌落、氧化、遇水引起的安全风险；常温装填过程中易与空气发生反应的金属氢化物储氢材料，应在非氧化性气氛（氩气、氮气等）中或真空装填。

6.2.3 活化后的金属氢化物储氢材料禁止暴露在氧化性气氛（空气、氧气等）中或遇水。

6.2.4 厂商应合理设计储运氢容器，避免吸放氢服役过程中，储氢材料膨胀收缩、粉化自压实、热循环、氢气压力循环等因素产生的应力集中、疲劳损伤或失效；储运氢容器设计与使用应符合 TSG R0005、TSG 21 的规定。

附 录 A  
(资料性)

常见金属氢化物储氢材料的 P-C-T 曲线及建议循环试验参数

表 A.1 常见金属氢化物储氢材料的 P-C-T 曲线及建议循环试验参数

| 储氢材料类型     | 吸氢测试温度 (°C) | 放氢测试温度 (°C) | 最大测试压力 (MPa) |
|------------|-------------|-------------|--------------|
| 稀土系储氢合金    | 25 ± 2      | 25 ± 2      | 5 ± 0.2      |
| 钛系储氢合金     | 25 ± 2      | 25 ± 2      | 5 ± 0.2      |
| 锆系储氢合金     | 25 ± 2      | 25 ± 2      | 5 ± 0.2      |
| 钒系储氢合金     | 25 ± 2      | 60 ± 2      | 10 ± 0.2     |
| 高熵储氢合金     | 25 ± 2      | 60 ± 2      | 10 ± 0.2     |
| 镁系储氢材料     | 300 ± 5     | 300 ± 5     | 5 ± 0.2      |
| 金属配位氢化物    | 400 ± 5     | 400 ± 5     | 5 ± 0.2      |
| 金属有机框架储氢材料 | -196 ± 2    | -196 ± 2    | 10 ± 0.2     |

备注：

①表中为可逆储放氢用稀土系储氢合金、钛系储氢合金、锆系储氢合金、钒系储氢合金、镁系储氢材料、高熵储氢合金、金属配位氢化物和金属有机框架储氢材料的测试温度。

②厂商可根据应用场景的储氢材料使用工况，调整测试温度或压力。

## 附录 B

(资料性)

## 金属氢化物储氢材料表观体积储氢密度试验要求

## B.1 金属氢化物储氢材料粉体

采用 GB/T 5162 方法检测振实密度，并采用式 (B.1) 进行储氢材料的表观体积储氢密度计算：

$$\rho_H = \frac{\rho_t W}{100} \quad (\text{B.1})$$

式 (B.1) 中：

$\rho_H$  — 金属氢化物储氢材料的表观体积储氢密度，单位为 g/L；

$\rho_t$  — 金属氢化物储氢材料的振实密度，单位为 g/L；

$W$  — 金属氢化物储氢材料的有效质量储氢容量，单位为 wt%；

## B.2 随机堆积使用的金属氢化物储氢材料块体

金属氢化物储氢材料块体的振实密度测定参考 GB/T 5162 方法，在经过校准的容积不低于 100 ml 的玻璃或不锈钢量筒中进行测试，量筒刻度高度应不低于块体储氢材料最大尺寸（直径和高度的较大值）的 10 倍，量筒底部直径应不低于块体储氢材料最大尺寸的 5 倍，量筒最小分度应不高于容积的 1%，振实后的块体储氢材料表观体积应不低于量筒容积的 2/3。测试获得多孔块体金属氢化物储氢材料的振实密度后，采用式 (B.1) 进行块体储氢材料的表观体积储氢密度计算。

## B.3 规则堆积使用且具有规则圆柱外形的金属氢化物储氢材料块体

规则堆积使用且具有规则圆柱外形的金属氢化物储氢材料块体的表观密度测试采用以下方法进行测试：

(1) 取 10 个多孔块体金属氢化物储氢材料样品，分别进行质量测量、直径测量和高度测量：

- 1) 质量测量：采用天平进行质量测量；
- 2) 直径测量：沿材料轴向的不同部位测量 6 次，取平均值；
- 3) 高度测量：按端部圆周不同部位测量 3 次，取平均值。

(2) 通过圆柱体积计算公式计算 10 个样品的平均体积，并根据式 (B.2) 计算表观储氢密度。

$$\rho_H = \frac{mW}{100V} \quad (\text{B.2})$$

式 (B.2) 中：

- $\rho_{\text{H}}$  — 表观体积储氢密度，单位为g/L；
- $W$  — 金属氢化物储氢材料的有效质量储氢容量，单位为wt%；
- $m$  — 金属氢化物储氢材料的质量，单位为g；
- $V$  — 金属氢化物储氢材料的平均体积，单位为L。
-