

《金属氢化物储氢材料 第2部分：吸放氢
性能测试方法》
国家标准征求意见稿编制说明

2025年10月20日

一、工作简况

1.1 任务来源

氢能是实现"双碳"目标的核心清洁能源之一，随着氢能产业快速发展，金属氢化物储氢技术因无需高压设备、储氢密度高的优势，在燃料电池、可再生能源存储等领域得到了广泛的应用。氢化物吸/放氢反应动力学性能是储氢材料实用化评价的关键参数，通过吸放氢速率、温度、压力等指标综合反映了材料的实际应用潜力。

1.2 制定背景

目前，对于氢化物的吸放氢动力学性能测试，目前仅有《GB/T 42656-2023 稀土系储氢合金 吸放氢反应动力学性能测试方法》一个标准，该标准仅针对稀土系储氢合金的等温放氢动力学测试，而随着金属氢化物、配位金属氢化物、化学氢化物及物理吸附储氢材料等新型储氢材料的快速发展，使覆盖更广、内容更全面的通用性测试标准需求更加迫切。且当前缺少对动力学性能量化计算与评价的标准，不同研究机构或企业可能采用各自的经验性方法，导致数据之间缺乏可比性，严重影响了测试数据在学术交流和产业应用中的价值。

国家《氢能产业发展中长期规划（2021-2035 年）》明确提出完善储氢材料标准体系。本标准属于《氢能产业标准体系建设指南（2023 版）》（国标委联〔2023〕34 号）“3.1.4 固态储氢通用要求”。新标准将填补吸附储氢材料、化学氢化物等新型材料动力学性能测试的

空白，并通过标准化解决各类材料性能评价与比对的难题，支撑“双碳”目标下氢能安全高效利用，推动产业链上下游协同发展。

1.3 起草过程

2025 年 10 月 5 日，国家标准化管理委员会下达了本标准制定计划，计划号：20265099-T-469。

2025 年 10 月 17 日，全国氢能标准化技术委员会在北京组织召开了本标准启动会，有关单位介绍了标准制定背景、技术进展、标准内容，成立了标准起草组，确定标准制定工作计划。同时，对形成的标准草案内容进行交流讨论。

2025 年 10 月 30 日，起草组编制和完善了标准文本，形成了标准征求意见稿。

1.4 协作单位（暂时不写，报批阶段填写）

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

起草单位任务分配如下：

XXXX 等单位负责标准的起草工作，XXXX 等单位负责比对试验验证工作，XXX 等单位负责提出修改意见、测试数据，并参与讨论修改。

起草人任务分配如下：

标准起草和管理协调：XXXXXX。

试验验证、资料收集与整理、提出意见和建议：XXXXX。

二、国家标准编制原则、主要内容及其确定依据，修订国家标准时，还包括修订前后技术内容的对比

2.1 标准编制原则

（1）符合性

1）标准中引用的术语、安全要求（如氢气安全使用遵循 GB 4962-2008）、仪器设备计量校准要求等，均遵循国家已有的基础通用标准，确保了标准的规范性和严肃性。

2）参照了《GB/T 42656-2023 稀土系储氢合金吸放氢反应动力学性能测试方法》以及 GB/T 33291—2016《氢化物可逆吸放氢压力-组成-等温线（P-C-T）测试方法》的相关内容，避免了与现行标准的冲突，保证了标准体系的协调统一。

3）满足金属氢化物吸放氢性能测试方法的发展需要，遵循国家标准化管理委员会的相关规定，旨在支撑我国储氢材料产业链的健康发展与技术。

（2）先进性

本标准不仅涵盖了传统的储氢合金（如 AB₅型、AB₂型、AB 型等），也适用于新型高容量储氢材料，如钒基固溶体、镁基储氢材料、氢化铝钠等。

编制过程中参考并吸收了国内相关标准（如 GB/T 29918-2023）的合理内容，并进行了修改和提升。如补充了升温吸放氢动力学性能

测试方法，明确了材料吸放氢速率、初始吸/放氢温度、容量保持率等特征参数的取值与计算方法，提升了测试的可靠性与参考性。

（3）适用性

本标准采用选择体积法进行测试，设备相对简单，对测试环境要求虽高但更易实现和维护，避免了重量法因气体浮力影响、样品量小易产生误差以及对杂质气体敏感等问题，更适合在国内科研单位和企业中推广应用。

新增的材料吸放氢动力学及循环性能测试方法以及特征参数的取值与计算方法基于已有的领域内研究基础，相关基础理论扎实，在研究中得到广泛认可与采用，适用性强，便于使用者理解和执行。

2.2 标准主要内容及其确定依据

（1）主要内容

本文件正文内容 9 部分。

第 1 部分为范围，规定了材料类型与测试条件与方法。

第 2 部分为规范性引用文件，列出必备标准文件，包括氢气纯度（GB/T 3634.2）、安全规程（GB 4962）、试验筛规范（GB/T 6003.1）等，强调最新版本适用性。

第 3 部分为术语定义，定义关键概念如“氢化物吸/放氢反应”“动力学性能”“样品室/系统室”等，并明确“初始吸/放氢温度”“最大吸/放氢量”等参数的量化标准（如以 0.01%和 99.9%最大吸氢量界定起始终止温度）。

第 4 部分为符号标记，汇总了出现的符号标记。

第 5 部分为测试原理，基于理想气体状态方程，通过恒定体积下压力、温度和气体体积变化计算氢容量。

第 6 部分为测试系统，总结了测试装置组成部分和相关技术要求。

第 7 部分为样品准备，规定了样品处理、样品量要求。

第 8 部分为试验步骤，包括体积标定、活化处理、动力学测试（等温动力学测试和程序升温动力学测试）和结果计算与分析。

第 9 部分为试验报告，必须包含样品信息、测试条件（温度/压力/活化）、动力学曲线、容量保持率及异常情况说明，确保结果可追溯。

（2）确定依据

1) 标准制定框架依据

该标准的起草严格遵循 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》，确保文件结构、术语定义和内容组织的规范性。同时，由全国氢能标准化技术委员会（SAC/TC 309）提出并归口，体现行业专业机构的权威共识。此外，前言中明确说明可能涉及专利但免责，表明依据国际标准化实践的透明性原则。

2) 科学原理依据

测试方法基于体积法（Siverts 法）的经典物理化学原理，即通过气体状态方程计算吸/放氢量，确保方法适用于金属氢化物、配位金属氢化物等多种材料，覆盖 77K~873K 和 0.001~10 MPa 的宽泛条件，以满足不同储氢材料的反应特性需求。

3) 技术规范依据

标准引用多个强制性国家标准作为技术支撑，包括氢气纯度（GB/T 3634.2）、安全规程（GB 4962）和试验筛规范（GB/T 6003.1）。这些文件提供试剂、设备和操作的具体要求，例如氢气体积分数 $\geq 99.999\%$ ，确保测试数据的准确性和可比性。同时，仪器精度要求（如压力传感器精度应不低于 0.5%、工作温度波动应不超过 $\pm 0.5\text{ K}$ ）依据实验室验证数据，以减少系统误差。

4) 仪器设备依据

参照 GB/T 33291—2016 《氢化物可逆吸放氢压力-组成-等温线（P-C-T）测试方法》、GB/T 42656—2023 《稀土系储氢合金吸放氢反应动力学性能测试方法》、JIS H 7202:2007 储氢合金吸/放氢反应速率测量方法，JIS H 7203:2007 储氢合金吸/放氢循环特性测量方法的相关内容，标准规定使用压力-组成等温线（PCI）测试仪或循环寿命测试仪，其构造依据国内外权威报道和长期实验室积累和重复验证，能够实现压力、温度的精确控制和记录。

5) 样品处理与安全依据

样品制备要求依据不同材料特性及粒度对反应速率的影响研究，确保测试的代表性和适用性。活化步骤（如抽真空-充氢循环）依据材料科学实验，针对不同氢化物（如物理吸附材料需活化，化学氢化物需惰性环境）的特性定制。安全依据则来自 GB 4962 氢气安全规程，强调泄漏率不大 $1 \times 10^{-9} \text{ g} \cdot \text{s}^{-1}$ ，以防范高压氢气风险。

6) 测试方法验证依据

参照 GB/T 33291—2016 《氢化物可逆吸放氢压力-组成-等温线（P-C-T）测试方法》的相关内容，试验步骤中的体积标定和动力学计算公式依据气体状态方程和多次实验的平均值，确保计算精度。数值修约规则（GB/T 8170）和结果分析要求依据统计学原理，保证数据可靠。容量保持率公式则基于循环测试数据，用于评估材料稳定性，体现长期性能验证的需要。

7) 整体确定依据总结

该标准的制定是综合国家标准框架、科学原理、技术规范和实践验证的结果：一方面，依托 GB/T 1.1-2020 和行业委员会的专业指导；另一方面，通过严格引用文件、设备参数和公式化计算（如吸/放氢速率和温度界定），确保方法可操作、可重复。最终，测试报告要求涵盖样品信息、异常情况等，强化了依据的可追溯性和透明度，适用于储氢材料的研发与应用场景。

三、试验验证的分析、综述报告，技术经济论证，预期的经济效益、社会效益和生态效益

3.1 试验验证

1) 试验组织与参与单位

试验组织：

参与单位：有研工程技术研究院有限公司

2) 试验内容

1. TiMn₂ 基储氢合金等温吸氢动力学测试

按照标准要求，取 2g 颗粒尺度为 0.5–1.0mm 的 TiMn_2 基储氢合金，放入样品室，进行设备检漏与样品室体积的标定。并在 200°C 与 10MPa 的氢气压力下活化 5 次。随后在相同条件下进行吸氢动力学测试。

等温吸氢动力学测试曲线如下图所示。

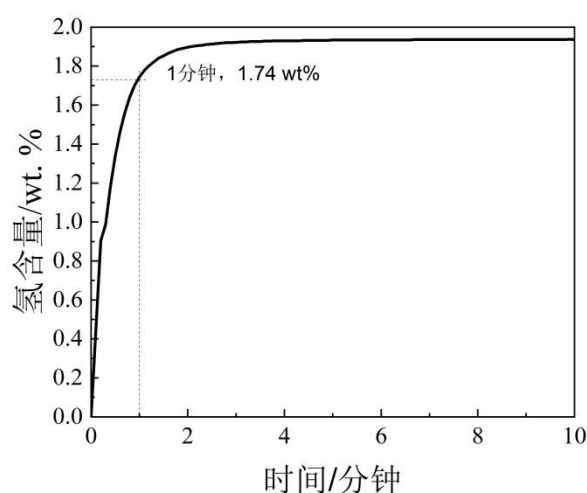


图 1 TiMn_2 基储氢合金吸氢动力学曲线

由图 1 得出 TiMn_2 基储氢合金吸氢动力学性能，该样品在 200°C 与 5MPa 的氢气压力条件下 1 分钟吸氢 1.74 wt.%，10 分钟吸氢 1.94 wt.%，10 分钟时吸氢量已经稳定不变，即样品最大吸氢量为 1.94 wt.%。前 1 分钟的吸氢速率 R_a 可以计算得出， $R_a = (1.74 \text{ wt.}\% - 0 \text{ wt.}\%) / (60 \text{ s} - 0 \text{ s}) = 0.029 \text{ wt.}\% \text{ s}^{-1}$ 。

2. Li-Mg-N-H 基储氢材料程序升温放氢动力学测试

按照标准要求，取 2g 颗粒尺度为 0.5–1.0mm 的 Li-Mg-N-H 基储氢材料，放入样品室，进行设备检漏与样品室体积的标定。随后在初始真空与室温的条件下进行放氢动力学测试，升温速率为 $2^\circ\text{C}/\text{min}$ 。

程序升温放氢动力学测试曲线如下图所示。

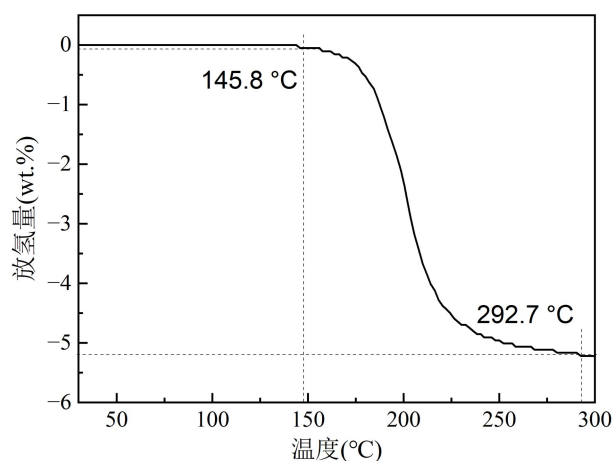


图 2 Li-Mg-N-H 基储氢材料程序升温放氢动力学曲线

由图 2 得出 Li-Mg-N-H 基储氢材料程序升温放氢动力学性能，该样品在最大放氢量为 5.22 wt.%，起始放氢温度为 145.8℃，终止放氢温度为 292.7℃。

3. Mg_2Ni 基储氢合金等温吸氢循环稳定性测试

按照标准要求，取 2g 颗粒尺度为 0.5–1.0mm 的 Mg_2Ni 基储氢合金，放入样品室，进行设备检漏与样品室体积的标定。随后在 25℃ 与 5MPa 的氢气压力下条件下进行等温吸氢循环稳定性测试，共 100 次循环。

由图 3 得出 Mg_2Ni 基储氢合金等温吸氢循环稳定性性能，该样品首次吸氢 5.47 wt.%, 第 90 次吸氢 5.44 wt.%, 容量保持率为 99.45%。

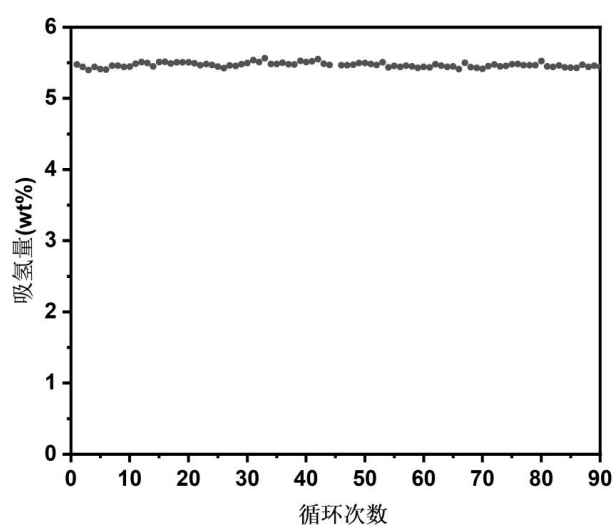


图 3 Mg_2Ni 基储氢合金等温吸氢循环稳定性测试曲线

由图 3 得出 Mg_2Ni 基储氢合金等温吸氢循环稳定性性能，该样品首次吸氢 5.51 wt.%, 第 15 次吸氢 5.48 wt.%, 容量保持率为 99.45%。

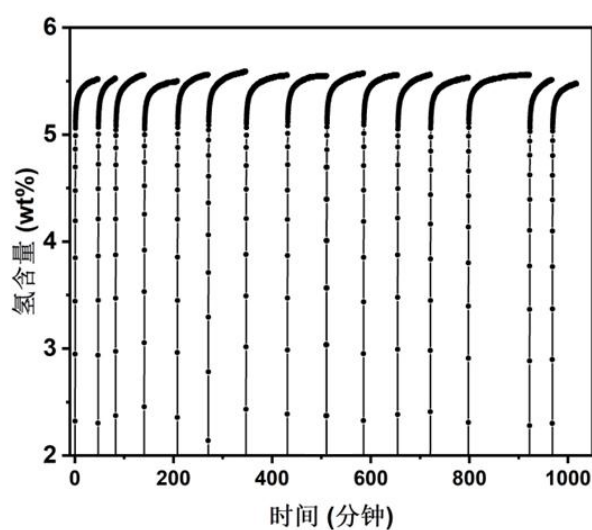


图 3 Mg_2Ni 基储氢合金等温吸氢循环稳定性测试曲线

3.2 综述报告

我国在氢化物储氢材料测试领域已建立部分标准体系，主要包括：GB/T 42656-2023《稀土系储氢合金吸放氢反动力学性能测试方法》，

该标准由全国稀土标准化技术委员会制定，采用体积法（Sieverts 法）测试稀土系材料的等温吸放氢动力学性能，测试范围覆盖 25-300℃、0.001-5 MPa，但未涵盖镁基合金、配位金属氢化物、化学氢化物、吸附性储氢材料等其他氢化物材料，且温度范围未能覆盖典型氢化物材料体系和升温放氢测试；GB/T 33291-2016《氢化物可逆吸放氢压力-成分-等温线(P-C-T)测试方法》，聚焦热力学性能测试，缺乏动力学及循环性能测试与分析。拟制定标准将整合现有标准的测试原理（如体积法），扩展适用范围至、配位金属氢化物、化学氢化物、吸附性储氢材料等其他氢化物材料，并补充升温吸放氢动力学测试、循环性能测试及结果分析等内容，填补国内多类氢化物统一测试方法的空白。

国际上，关于储氢材料与装置的标准主要包括：《可移动气体储存装置—可逆金属氢化物中吸收的氢气》（ISO/TS 16111:2006）规定了金属氢化物储氢系统的安全与性能要求，其压力控制精度和泄漏率等技术指标可作为拟制定标准的参考依据。日本于 1995-2007 年之间，先后制修订了系列储氢材料相关工业标准，包括 JIS H 7003:2007 储氢合金术语词汇表，JIS H 7201:2007 储氢合金压力-成分-温度(PCT)关系测量方法，JIS H 7202:2007 储氢合金吸/放氢反应速率测量方法，JIS H 7203:2007 储氢合金吸/放氢循环特性测量方法，JIS H 7204:1995 储氢合金水合反应热测量方法。上述标准对储氢合金储氢性能测量方法做了较为全面的规定，本标准的修订参考了上述标准，并在测量范围、特征参量的取值/计算等方面作了完善。

3.3 技术经济论证

通过制定本标准，建立基于体积法（Siverts 法）的标准化测试流程，实现金属氢化物、配位金属氢化物等四类储氢材料在宽温域（77~873K）和压力范围（0.001~10 MPa）内的动力学性能可比性测试。直接技术经济效益是减少因测试方法差异导致的数据偏差，使研发机构与企业节省重复验证成本，加速材料筛选周期。间接技术经济是推动储氢材料性能数据库的建立，为产业链（如氢燃料电池、储能系统）提供可靠数据支撑，降低应用端技术风险。

3.4 预期效益

（1）经济效益

通过统一测试方法（如体积法标定、设备参数规范），减少因实验室差异导致的重复验证；动力学和循环性能数据可直接用于材料认证，加速产业化进程。

（2）社会效益

术语定义（如"初始吸氢温度"以 0.01%最大吸氢量界定）和数据报告规范，解决产学研数据壁垒，促进技术共享；引用安全标准（GB 4962）和操作规程，降低实验室事故率，保障人员安全；为储氢材料性能评价提供权威依据，推动加氢站、燃料电池等应用场景的标准化设计，减少工程试错成本。

（3）生态效益

精确的动力学和循环性能测试（如程序升温放氢温度控制）提升

储氢材料效率，推动绿氢在工业、交通领域替代化石燃料，减少碳排放，促进清洁氢能替代。

四、与国际、国外同类标准技术内容的对比情况，或者与测试的国外样品、样机的有关数据对比情况

无。

五、以国际标准为基础的起草情况，以及是否合规引用或者采用国际国外标准，并说明未采用国际标准的原因

本标准与日本工业标准《JIS H 7202:2007 储氢合金吸/放氢反应速率测试方法》和《JIS H 7203:2007 储氢合金吸/放氢循环特性测量方法》相比，在测量范围、特征参量的取值/计算等方面作了完善，更加适应我国固态储氢技术产业化发展需要。

六、与有关法律、行政法规及相关标准的关系

本标准与现行法律、法规及相关标准协调一致。

七、重大分歧意见的处理经过和依据

本标准遵循了各方参与原则，制定时充分吸收了相关领域专家的意见和建议，无重大分歧。

八、涉及专利的有关说明

本标准不涉及专利。

九、实施国家标准的要求，以及组织措施、技术措施、过渡期和实施日期的建议等措施建议

本标准建议自发布起 3 个月实施，标准实施后，储氢材料研制及生产单位和企业依据本标准规定的氢化物吸放氢性能测试方法，及时组织人员培训，按照本标准提出的技术性能要求贯彻落实，严格认真遵守本标准规定。

十、其他应当说明的事项。

无。

十一、其他应当说明的事项。

本标准不含影响公平竞争的有关内容。本标准不适用《公平竞争审查条例》第十二条的规定。

本标准不限制或者变相限制市场准入和退出。不含有对市场准入负面清单以外的行业、领域、业务等违法设置审批程序的内容。不含有有限定经营、购买或者使用特定经营者提供的商品或者服务（以下统称商品）。没有设置不合理或者歧视性的准入、退出条件的内容。不含有其他限制或者变相限制市场准入和退出的内容。

本标准不限制或者变相限制商品要素自由流动。不含有限制外地或者进口商品、要素进入本地市场，或者阻碍本地经营者迁出，商品、要素输出的内容。不含有排斥、限制、强制或者变相强制外地经营者在本地投资经营或者设立分支机构的内容。不含有其他限制商品、要

素自由流动的内容。

本标准不影响经营者生产经营成本。不含有给予特定经营者选择性、差异化的财政奖励或者补贴的内容。不含有其他影响生产经营成本的内容。

本标准不影响经营者生产经营行为。不含有强制或者变相强制经营者实施垄断行为，或者为经营者实施垄断行为提供便利条件的内容。不含有其他影响生产经营行为的内容。

标准起草组

2025 年 10 月