

中国标协标准《塑料及橡胶材料氢气渗透性试验方法 压差法》

（征求意见稿）编制说明

一、工作简况

1.1 任务来源

根据中国标准化协会【2023】512号文件，同意立项编制《塑料及橡胶材料氢气渗透性试验方法 压差法》，由中国标准化协会城镇基础设施分会暨北京城市管理科技协会组织实施编制工作。标准编制组结构完善，规模适度充实，参编者来自华南理工大学、国家电投集团科学技术研究院有限公司、上海海洋大学、国家石油天然气管网集团科学技术研究总院分公司、上海百若试验仪器有限公司、承德市精密试验机有限公司、内蒙西部天然气股份有限公司、中国市政工程华北设计研究院有限公司、西南石油大学、特瑞斯能源装备股份有限公司、广东省特种设备检测研究院顺德检测院、四川省特种设备检验研究院、广东省特种设备检测研究院共计 13 家行业内单位，标准参与编制人员均具有多年的工作经验，且都曾参与过相关技术标准的编写工作。

1.2 编制背景和目标

氢能作为 21 世纪最具发展潜力的清洁能源，以其零碳排放、高效转化和可再生特性，成为全球能源转型的重要方向。我国在《氢能产业发展中长期规划（2021-2035 年）》中明确将氢能定位为国家能

源体系的重要组成部分、绿色低碳转型的关键载体和战略性新兴产业的核心领域。

高压气态储氢因其技术成熟度高、成本效益优等特点，成为当前主流储氢方式。然而，氢气的高渗透性和低点火能特性对材料提出了严苛要求。聚合物材料（如热塑性塑料和橡胶弹性体）广泛应用于氢能系统，包括：车载高压储氢气瓶塑料内胆、临氢装备关键零部件的橡胶密封件（氢燃料电池密封件、阀门密封、管路密封、车载气瓶瓶口密封）等。但氢能储运用塑料及橡胶材料长期暴露在高压纯氢环境中会造成严重的氢致损伤，在高压氢环境下的渗透性劣化问题尤为突出，易引发气泡、裂纹等失效现象，直接威胁系统安全。近年来国内外多起氢能事故（如挪威加氢站爆炸、韩国燃料电池车起火等）均与聚合物材料氢相容性不足相关，暴露出材料评价标准缺失的行业痛点。

目前，关于临氢环境用塑料及橡胶材料氢气渗透性的试验方法及技术规范尚未有相应的国家标准或行业标准。现行的相关国标仅有《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/T 34542.2-2018）、《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》（GB/T 34542.3-2018），但上述标准仅针对金属材料，并不适用于塑料及橡胶材料等聚合物。在塑料及橡胶等聚合物材料气体渗透特性测试标准方面，国标《硫化橡胶或热塑性橡胶透气性的测定第1部分：压差法》（GB/T 7755.1-2018）仅规定了在较低温度（80℃）及较低压力（0.1~0.11 MPa）空气或其他气体环境下

硫化橡胶或热塑性橡胶透气性的试验方法。无法满足高压(100 MPa)、高温(180 °C)等极端工况的测试需求。

因此急需制定《塑料及橡胶材料氢气渗透性试验方法 压差法》，以充分满足氢能装备极端服役工况的特殊性以及临氢系统用材料的特殊安全要求，为氢能装备的长周期安全运行提供基础性技术保障。

1.3 主要工作过程

1.3.1 立项阶段(2023.06-2024.08)

(1) 立项调研阶段：调研现有塑料及橡胶材料氢渗透测试标准及需求，分析国内外标准空白，明确本标准的必要性和适用性

(2) 立项申请：向中国标准化协会提交立项申请。

1.3.2 准备阶段(2024.9-2024.11)

(1) 成立编制组：按照参加编制标准的条件，通过和有关单位协商，落实标准的参编单位及主要起草人员，并编制工作大纲(草案)。

(2) 召开编制组工作会议(启动会)：2024年11月26日，中国标准化协会城镇基础设施分会暨北京城市管理科技协会主持召开了团体标准《塑料及橡胶材料氢气渗透性测试方法 压差法》(以下简称“本标准”)编制组启动会暨第一次工作会议。会议明确了标准的主要内容。编制组成员对编制工作进行了讨论，确定了工作分工和进度安排(分工见表1)。

表 1：编制组分工

章节	承担单位
----	------

前言	华南理工大学
1. 范围	华南理工大学 上海百若试验仪器有限公司
2. 规范性引用文件/3 术语、定义和符号	华南理工大学
4. 试验原理	华南理工大学
5. 试验装置	华南理工大学 上海百若试验仪器有限公司 承德市精密试验机有限公司 上海海洋大学 西南石油大学 广东省特种设备检测研究院顺德检测院 广东省特种设备检测研究院。
6. 试验条件	国家电投集团科技技术研究总院有限公司 上海海洋大学 内蒙古西部天然气股份有限公司 国家石油天然气管网集团科学技术研究总院有限公司 四川省特种设备检验研究院
7. 试样	承德市精密试验机有限公司 上海百若试验仪器有限公司 华南理工大学 广东省特种设备检测研究院顺德检测院 四川省特种设备检验研究院 广东省特种设备检测研究院。
8. 试验程序	上海海洋大学 华南理工大学 国家电投集团科技技术研究总院有限公司 中国市政工程华北设计研究院有限公司 广东省特种设备检测研究院顺德检测院 广东省特种设备检测研究院。

9. 试验结果	华南理工大学
10. 试验报告	国家石油天然气管网集团科学技术研究总院分公司 西南石油大学

1.3.3 编制阶段（2025.01-2025.07）

①调研工作：包括对现行相关标准、规范的研究，对新技术、新理念、新方案和应用情况的调研。调研、编制中着重考虑本标准的普适性、先进性和可操作性。

②编写标准草稿及研讨工作：根据标准编制大纲确定的工作原则及分工责任，逐级开展标准的研究编制工作。编制组按照编制工作计划，召开了三次编制组和多次小组工作讨论会议，对标准编制过程中的技术问题进行分析研讨，对已起草标准的主要章、节内容进行深入细致地讨论，对标准各部分提出了具体的修改意见和建议。标准中大部分内容已在会议上取得了一致性意见，根据会议研讨的内容对初稿进行修改完善，形成了征求意见稿。

1.3.4 征求意见阶段（2025.08-2025.9）

经过3次全体编制组的讨论会，及与文献研究和实地调研等方式结合，目前标准编制相对比较成熟，已形成征求意见稿，准备面向行业征求意见，以期进尽快审查，完成标准。

1.3.5 意见处理汇总阶段（2025.10-2025.11）

根据行业专家意见编制组集体讨论汇总后形成，初步形成送审稿。

1.3.6 送审阶段（2025.11-2025.12）

初步形成送审稿后，编制组又召开了两次小规模编制组会议，进一步聚焦标准范围，考虑当前我国加强站建设和发展的情况，考虑应用性和发展性，进一步修改形成送审稿。

二、标准编制原则

（一）按标准要求编写标准的原则

本标准调研、分析、总结了国内外已有的氢能装备材料的氢相容性试验标准的基础上，充分考虑了现有临氢环境用塑料及橡胶材料实际应用环境中的高温高压条件，参考了 GB 4962-2008 《氢气使用安全技术规程》、GB 50516 《加氢站技术规范》、GB/T 2918-2018 《塑料 试样状态调节和试验的标准环境》等标准中有关内容的编写，对压力不超过 100MPa，温度不低于-40℃且不高于 180℃的临氢环境用塑料及橡胶材料氢气渗透性试验方法进行了规定。就氢气渗透性试验方法的适用范围、术语、试验原理、试验装置、试验条件、试样、试验程序和试验报告作出了详细的规定。确保测试结果的科学性和可靠性。

2.1 通用性原则

本文件规定了塑料及橡胶材料氢气渗透性试验方法的适用范围、术语、试验原理、试验装置、试验条件、试样、试验程序和试验报告等方面的要求。

本文件适用于压力不超过 100MPa，温度不低于-40℃且不高于

180 °C的临氢环境用塑料及橡胶材料氢气渗透性测试。不适用于其他材料氢气渗透性测试。

2.2 指导性原则

本标准提出的试验方法对于临氢环境用塑料及橡胶材料氢气渗透性试验具有指导意义,可以填补我国在高温高压下塑料及橡胶材料氢气渗透性测试方法的空白,为开发和筛选具有良好氢相容性的塑料及橡胶材料提供可实施性的试验方法指导,进而确保氢能系统的安全性。

2.3 协调性原则

本标准提出的技术要求与国家、行业标准中的方法协调统一、互不交叉。

2.4 兼容性原则

本标准规定的试验方法充分考虑了不同极端工况下临氢环境用塑料与橡胶材料氢气渗透测试的实际应用需求,具有普遍适用性。

三、标准主要内容

1、标准主要内容和适用范围

本文件规定了采用压差法测定塑料及橡胶材料氢气渗透性试验的试验装置、试验条件、试样、试验程序和试验报告。

本文件适用于压力不超过100 MPa,温度不低于-40 °C且不高于180 °C的临氢环境用塑料及橡胶材料氢气渗透性试验。

2、试验原理

用一个塑料及橡胶试样将测试腔分隔为高压腔和低压腔。高压腔充入一定压力的氢气,与处于真空状态的低压腔之间形成压力差。在

压力梯度的作用下，高压腔氢气经试样渗透进入低压腔，通过对低压腔内压力的监测及分析，获得所测试塑料及橡胶试样的氢气透过率、氢气渗透系数和氢气扩散系数。

3、试验装置

- 1) 标准规定试验装置应满足 GB/T 29729、GB/T 34542.1 的相关安全要求，应包括氢气压缩机、缓冲罐、测试腔、试样支撑物、压力传感器、温度传感器、真空泵以及连接上述设备的管路和阀门。装置中与氢气直接接触的材料应与氢气具有良好的相容性。装置首次使用或停止使用超过 15 天时，应在规定的试验压力下按 GB 50516 的规定用氮气或氦气进行泄漏检查，合格后方可进行试验。
- 2) 氢气压缩机用于将氢气压缩至预定试验压力，氢气压缩机的选型、使用和安全保护装置应符合 GB 50516 的相关要求。
- 3) 缓冲罐将一定压力的氢气导入高压腔，以保证氢气渗透过试样到达低压腔时，高压腔的压力下降不超过试验压力的 1%。
- 4) 测试腔的设计、制造和使用管理应遵循 TSG 21 相关规定，设计压力循环次数不得低于预期使用年限内的压力循环次数。测试腔的高压腔的进气口应装设压力传感器，监测氢气压力；低压腔的出气口应装设压力传感器，监测由氢气透过试样引起的压力变化。试样底座和端盖与试样接触的表面应平整光滑，密封圈的材料应与氢气相容。测试腔应配备控温系统，确保测试温度在-40℃到 180℃之间可调。

- 5) 试样支撑物应选用氢气传输速率至少为试样 100 倍的烧结金属多孔板等不影响实验结果的材料。试样与多孔板之间应放置滤纸或金属丝网。滤纸应为化学分析用定量滤纸, 厚度 0.1 mm 至 0.3 mm; 金属丝网, 网目应小于或等于 140 目。
- 6) 低压腔的压力传感器测压精度应不低于全量程的 $\pm 0.1\%$, 灵敏度不低于 5Pa; 高压腔的压力传感器测压精度应不低于测试压力的 $\pm 0.5\%$, 灵敏度不低于 0.01MPa。温度传感器测温精度不低于 $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ 。真空泵应选用无油干式真空泵。

4、试验条件

标准描述了采用压差法测定塑料及橡胶材料氢气渗透性试验条件, 包括气源、试验温度和试验压力相关要求。

- 1) 氢气气源应符合 GB/T 3634.2 中高纯氢的技术要求, 置换用氮气或惰性气体的纯度应大于 99.999%。
- 2) 试验温度应选择材料在预期工作温度下受氢气劣化作用最严重的温度, 试验温度应在 -40°C 至 180°C 范围内, 温度控制精度应不低于 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 。
- 3) 试验压力应大于或等于预期的最高允许工作压力, 且高压腔内的压力应控制在试验压力的 $\pm 1\%$ 范围内。缓冲罐充气至试验压力后应保压至少 10 分钟, 测试腔温度稳定后也应保温至少 10 分钟, 确保压力和温度稳定后方可导入氢气。

5、其他规定

标准还对试样、试验程序、试验结果和试验报告进行了规定。

四、主要验证情况

本标准中所罗列出的技术指标和要求均依据现行国家、行业标准，如 GB 4962-2008《氢气使用安全技术规程》，GB 50516《加氢站技术规范》，GB/T 2918-2018《塑料 试样状态调节和试验的标准环境》，GB/T 2941《橡胶物理试验方法试样制备和调节通用程序》，GB/T 3634.2《氢气第2部分：纯氢、高纯氢和超纯氢》，GB/T 6672《塑料薄膜和薄片厚度测定机械测量法》等。

2024年，由华南理工大学联合广东省特种设备检测研究院顺德检测院，依据本标准搭建了塑料及橡胶材料氢气渗透性试验方法测试平台，对典型临氢环境用塑料及橡胶材料（如HDPE、PA、EPDM、NBR等）进行了系统性验证。目前本标准的技术合理性、安全性和可操作性已得到初步验证，为塑料及橡胶材料氢渗透性测试方法标准的制定具有指导意义。

五、标准所涉及的专利

无

六、预期达到的社会效益、对产业发展的作用的情况

氢能作为实现“双碳”目标的关键清洁能源，其安全高效利用对国家能源转型具有重要意义。近年来国内外发生的多起氢系统事故（如挪威加氢站爆炸、韩国燃料电池车起火等）均与材料氢渗透问题密切相关，严重制约了氢能产业的健康发展。

通过制定塑料及橡胶材料氢渗透试验方法-压差法，对试验的试验装置、试验条件、试样、试验程序和试验报告等内容进行规定，填

补国内关于塑料及橡胶材料氢气渗透性试验方法标准的空白具有指导性意义。

本标准是在广泛调查研究和征求意见的基础上编制的，符合产业发展的实际要求，科学合理，具有实操性。该标准的制定降低因塑料及橡胶等聚合物失效而带来的安全风险，提高氢能系统的安全可靠性，推动氢能及燃料电池汽车产业的良性发展，构造低碳绿色和谐社会，有益于氢能行业的健康发展。

七、采用国际标准和国外先进标准情况，与国际、国外同类标准水平的对比情况，国内外关键指标对比分析与测试的国外样品、样机的相关数据对比情况

编写过程中未采用和引用国际标准。关于临氢环境用塑料及橡胶材料氢气渗透性的试验方法及技术规范尚未有相应的国家标准或行业标准。国内标准方面，国标《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/T 34542.2-2018）、《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》（GB/T 34542.3-2018），但上述标准仅针对金属材料，并不适用于塑料及橡胶材料等聚合物。在塑料及橡胶等聚合物材料气体渗透特性测试标准方面，国标《硫化橡胶或热塑性橡胶透气性的测定第1部分：压差法》（GB/T 7755.1-2018）仅规定了在较低温度（80 °C）及较低压力（0.1~0.11 MPa）空气或其他气体环境下硫化橡胶或热塑性橡胶透气性的试验方法。

本标准针对塑料和橡胶材料，规定了高温高压临氢环境用塑料及

橡胶材料氢气渗透性的试验方法，包括氢气透过率、氢气渗透系数、氢气扩散系数的测定。本标准侧重于高温（最高达 180 °C）高压（最高达 100 MPa）的临氢环境用塑料及橡胶材料氢气渗透性试验。

八、在标准体系中的位置，与现行相关法律、法规、规章及相关标准，特别是强制性标准的协调性

本地方标准不违反相关法律法规及强制性标准，填补国内关于高温高压条件下塑料及橡胶材料氢气渗透性试验方法标准的空白。

九、重大分歧意见的处理经过和依据

无。

十、标准性质的建议说明

本标准为中国标准化协会推荐性标准，属于团体标准，供会员和社会自愿采用。

十一、贯彻《规程》的要求和措施建议

1、本标准由中国标准化协会归口管理。

2、实施标准的具体措施建议为：

1) 本标准发布后分会及全体参编单位会通过会议、活动、行业专家视频公益讲课等方式贯彻实施；

2) 在官方网站公布标准和宣贯材料；

3) 对使用单位进行培训和宣传普及；

4) 对实施情况进行总结、分析与评估。

5) 及时收集整理实施过程中的意见。

十二、废止现行相关标准的建议

无。

十三、其他应予说明的事项

无。

十四、参编单位与参编人员

参编单位：华南理工大学、国家电投集团科学技术研究院有限公司、国家石油天然气管网集团有限公司科学技术研究总院分公司、承德市精密试验机有限公司、上海百若试验仪器有限公司、特瑞斯能源装备股份有限公司、中国市政工程华北设计研究院有限公司、广东省特种设备检测研究院顺德检测院、四川省特种设备检验研究院、上海海洋大学、西南石油大学、广东省特种设备检测研究院。

参编人员：周池楼、李鑫、李红星、郑童申、彭世垚、欧阳鑫、裴业斌、王新华、林新生、郑安力、杜建梅、李运泉、干兵、刘亚玲、李木林、赵伟、宴萍、曹宇、岑康、夏莉、宋斌、代敏雪。