

《氢系统泄漏率测试方法》
国家标准征求意见稿编制说明

2025 年 12 月 28 日

一、工作简况

1.1 任务来源

为保障氢能装备安全运行，防范氢气泄漏事故，国家持续推进氢能安全标准体系建设。现有标准多集中于单一设备或部件，尚缺乏适用于制氢、储运、加氢及移动式储氢系统等多场景的统一泄漏率检测方法，已难以满足产业发展和监管需求。为落实《氢能产业标准体系建设指南（2023 版）》相关任务，国家标准化管理委员会启动了《氢系统泄漏测试方法》国家标准制定工作。2025 年 1 月 8 日，根据国家标准化管理委员会《关于下达 2024 年第十批推荐性国家标准计划及相关标准外文版计划》的通知（国标委发[2024] 60 号），国家标准化管理委员会下达了本标准制定计划，本标准由全国氢能标准化技术委员会归口，计划号：20243644-T-469，计划报批时间为 2026 年 7 月，起草单位为大连锅炉压力容器检验检测研究院有限公司、浙江大学、中国标准化研究院等。

1.2 制定背景

氢能作为国家能源战略的重要组成部分，正加速应用于交通、工业与储能等领域，制氢、储氢、运氢和加氢等基础设施建设规模持续扩大。氢气具有易泄漏、易燃烧和扩散速度快等特性，氢系统在长期运行、压力循环及复杂工况下均可能发生泄漏，若检测手段不完善，将对设施安全和人员安全构成显著风险。

当前我国缺乏覆盖加氢站、输氢管网、车载储氢系统及相关装备的系统化的泄漏率检测方法。随着氢能装备技术的快速发展，行业迫切需要建立统一的技术要求、试验条件与方法，以提升检测结果的一致性和可比性，支撑氢能基础设施的安全运行和监管。

在此背景下，依据国家氢能产业发展政策和标准体系建设要求，启动《氢系统泄漏率测试方法》国家标准的制定工作，以填补相关标准空白，构建统一、科学、可操作的氢系统泄漏检测技术规范，为行业安全提升和高质量发展提供支撑。

1.3 起草过程

2025 年 1 月 8 日，国家标准化管理委员会下达了本标准制定计划，计划号：20243644-T-469。

2025 年 5 月 10 日，全国氢能标准化技术委员会在杭州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。

2025 年 10 月 14 日，全国氢能标准化技术委员会组织有关单位开展了标准推进会，对测试方法进行了进一步讨论、验证。

2025 年 5 月-12 月，起草组编制和完善了标准文本，形成了标准征求意见稿。

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

本标准按照 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》的要求和规定进行编写。

标准的编制遵循科学性、系统性、协调性和可操作性原则：1）以氢气的理化特性及泄漏行为规律为依据，结合制、储、运、加和使用等环节的典型系统结构与运行特征，科学确定泄漏率检测方法；2）全面考虑氢能产业链各环节特点，覆盖移动式储氢系统、制/加氢场站及输氢（掺氢）管道等典型应用场景，形成统一的氢系统泄漏率检测技术体系；3）与现行法律法规及相关标准保持一致，包括《氢系统安全的基本要求》（GB/T 29729）、《气瓶气密性试验方法》（GB/T 12137）、《加氢站技术规范》（GB 50516）、《氢气使用安全技术规程》（GB 4962）、《输气管道工程设计规范》（GB 50251）及《油气长输管道工程施工及验收规范》（GB 50369）等；4）可操作性：测试方法兼顾实验室与现场检测需求，明确不同检测对象和检测手段的适用范围及操作步骤，确保方法可执行、可重复，具有工程意义。

2.2 标准主要内容及其确定依据

（1）范围

本文件规定了用于氢系统制造、安装和使用过程中的氢泄露率检

测方法及输氢管路和场站安装、运行阶段的氢泄漏检测、监测方法。

本文件不适用于安装于车辆、设备或建筑等空间内的作为氢气泄漏报警系统使用在线氢气传感器进行的氢泄漏检测。

（2）规范性引用文件

GB/T 30431-2020 实验室气相色谱仪

GB/T 13979-2008 质谱检漏仪

NB/T 47013.8-2012 承压设备无损检测 第 8 部分：泄漏检测

GB/T 15823-2009 无损检测 氢泄漏检测方法

JJF078-2023 激光甲烷遥测仪校准规范

JJG 693-2011 可燃气体检测报警器检定规程

SY/T 7820-2024 输氢管道工程设计规范

GB 50516-2021 加氢站技术规范

（3）检测仪器仪表与设备

规定了氢泄漏检测所用的各类检测仪和传感器，包括便携泵吸式氢气泄漏检测仪、氢色谱分析仪、氢质谱仪、氦质谱仪、固定点式氢气探测器、对射式气体探测器、云台扫描式激光甲烷探测器、超声型气体检测器、红外热成像型气体探测器、次声波传感器、光纤氢传感器以及标准漏孔、压力和温度仪表以及环境箱、密封舱等设备的要求。

（4）检测方法

规定了氢系统泄漏率的通用检测方法（包括便携泵吸式氢气泄漏检测仪检测法、浸水法、涂液法、压降法、氢气检测胶带法），以及在密闭空间内采用氢气浓度传感器检测、在密封舱条件下使用质谱仪

检测、在开放空间条件下使用吸枪法检测、以及用于场站的氢泄漏检测等多种方法的要求，并给出了相应的应用场景和操作流程。

2.3 修订前后技术内容的对比（如适用）

本标准为首次制定。

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）密闭空间内的氢系统泄漏率检测方法

参考 GB/T 24549《燃料电池电动汽车 安全要求》中关于整车密闭空间内氢泄漏检测的验证方法，建立了密闭空间氢系统整体泄漏率检测方法。而且可以通过在环境箱内加载极端温度、湿度和气压条件，实现该方法在极限环境下的适用性，能够满足移动储氢系统及整车的整体泄漏检测。

（2）密封舱内采用氢色谱仪对小型氢系统进行泄漏率检测

采用氢色谱仪在密封舱内对储氢气瓶进行气密性试验，验证了泄漏检测的准确性和可靠性（图 1）。该方法能够在受控环境中准确测定储氢系统的整体泄漏率，具有良好的重复性与灵敏度，可有效用于小型氢系统的整体泄漏性能评估。



图 1 使用密封舱对储氢气瓶进行泄漏检测

(3) 在密封舱条件下使用质谱仪进行泄漏率检测

利用不同类、不同容积和不同压力的气瓶产品进行了以氦氮混合气和纯氦为加压介质的加压累积法、真空舱法和吸枪检测法的气密性试验，试验结果见表 1 和表 2。结果表明：按照本标准规定的氦质谱检漏法，试验结果均满足产品标准的要求。

表 1 加压累积法气密性试验结果

| 气瓶类型 | | | 纤维全缠绕气瓶 | | | | |
|------|--------|------------|-----------|-------|--|--|------|
| 序号 | 容积 (L) | 试验压力 (MPa) | 试验介质 | 试验方法 | 允许漏率 | 实测漏率 | 试验结果 |
| 1 | 450 | 35.0 | 5% 氦氮混合气 | 加压累积法 | 氦漏率 $5.125 \times 10^{-2} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$ | 氦漏率 $1.871 \times 10^{-3} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$ | 合格 |
| 2 | 63.3 | 70.0 | 10% 氦氮混合气 | 加压累积法 | 氦漏率 6 mL/(h·L) | 氦漏率 0.27mL/(h·L) | 合格 |
| 3 | 63.3 | 70.0 | 5% 氦氮混合气 | 加压累积法 | 氦漏率 6 mL/(h·L) | 氦漏率 0.17mL/(h·L) | 合格 |
| 4 | 63.3 | 70.0 | 3% 氦氮混合气 | 加压累积法 | 氦漏率 6 mL/(h·L) | 氦漏率 0.10mL/(h·L) | 合格 |
| 5 | 63.3 | 70.0 | 3% 氦氮混合气 | 加压累积法 | 氦漏率 6 mL/(h·L) | 氦漏率 0.09mL/(h·L) | 合格 |

表 2 真空舱法气密性试验结果

| 气瓶类型 | | | 纤维全缠绕气瓶 | | | | |
|------|--------|------------|----------|------|-------------------|---------------------|------|
| 序号 | 容积 (L) | 试验压力 (MPa) | 试验介质 | 试验方法 | 允许漏率 | 实测漏率 | 试验结果 |
| 1 | 64.9 | 70.0 | 5% 氦氮混合气 | 真空舱法 | 氦漏率 6 mL/(h·L) | 氦漏率 0.10mL/(h·L) | 合格 |
| 2 | 132 | 70.0 | 5% 氦氮混合气 | 真空舱法 | 氦漏率 6 mL/(h·L) | 氦漏率 0.09mL/(h·L) | 合格 |
| 3 | 210 | 70.0 | 5% 氦氮混合气 | 真空舱法 | 氦漏率 6 mL/(h·L) | 氦漏率 0.16mL/(h·L) | 合格 |

| 4 | 450 | 35.0 | 5% 氮氮混合气 | 真空舱法 | 氢漏率 6 mL/(h·L) | 氢漏率 0.26mL/(h·L) | 合格 |
|------|-----------|---------------|-------------|------|--|---|------|
| 5 | 23 | 70.0 | 3% 氮氮混合气 | 真空舱法 | 氢漏率 6 mL/(h·L) | 氢漏率 0.23mL/(h·L) | 合格 |
| 6 | 62 | 70.0 | 5% 氮氮混合气 | 真空舱法 | 氢漏率 6 mL/(h·L) | 氢漏率 1.94mL/(h·L) | 合格 |
| 7 | 190 | 70.0 | 5% 氮氮混合气 | 真空舱法 | 氢漏率 6 mL/(h·L) | 氢漏率 0.64mL/(h·L) | 合格 |
| 8 | 29 | 35.0 | 5% 氮氮混合气 | 真空舱法 | 氢漏率 4.88×10^{-3} Pa·m ³ /s | 氢漏率 2.1×10^{-5} Pa·m ³ /s | 合格 |
| 气瓶类型 | | | 钢质无缝气瓶 | | | | |
| 序号 | 容积 (L) | 试验压力 (MPa) | 试验介质 | 试验方法 | 允许氢漏率 | 实测氢漏率 | 试验结果 |
| 9 | 60 | 15.0 | 3% 氮氮混合气 | 真空舱法 | 1.01×10^{-2} Pa·m ³ /s | 1.4×10^{-3} Pa·m ³ /s | 合格 |
| 10 | 60 | 15.0 | 5% 氮氮混合气 | 真空舱法 | 1.01×10^{-2} Pa·m ³ /s | 1.0×10^{-3} Pa·m ³ /s | 合格 |
| 11 | 2.1 | 42.0 | 100%氢气 | 真空舱法 | 1.0×10^{-6} Pa·m ³ /s | 4.3×10^{-9} Pa·m ³ /s | 合格 |

（4）利用吸枪法对氢泄漏的检测

利用不同类、不同容积和不同压力的气瓶产品进行了以氮氮混合气和纯氢为加压介质的吸枪检测法的气密性试验，试验结果见表3。结果表明：该方法具有定位精确、响应灵敏、操作简便的特点，适用于阀口、接头、管件等局部泄漏检测场景。

表3 吸枪法气密性试验结果

| 气瓶类型 | | | 大容积储氢气瓶 | | | | |
|------|-----------|---------------|--------------|-------|--|---|------|
| 序号 | 容积 (L) | 试验压力 (MPa) | 试验介质 | 试验方法 | 允许氢漏率 | 实测氢漏率 | 试验结果 |
| 1 | 1000 | 45.0 | 10% 氮氮混合气 | 吸枪检测法 | 1.0×10^{-6} Pa·m ³ /s | $< 5.21 \times 10^{-8}$ Pa·m ³ /s | 合格 |
| 2 | 1000 | 45.0 | 3% 氮氮混合气 | 吸枪检测法 | 1.0×10^{-6} Pa·m ³ /s | $< 5.21 \times 10^{-8}$ Pa·m ³ /s | 合格 |

（5）高压氢系统安装过程中氢泄漏率检测方法

参考 GB/T 26990 中对高压系统检漏的要求，结合现场装配试验，验证了在高压条件下利用氢气检测仪进行检漏的可行性。该方法可用于高压瓶组等系统安装调试阶段的泄漏检测。

（6）其他检测方法

便携泵吸式氢气检测仪法：对检测距离、响应时间及检测灵敏度进行了统一规定；浸水法、涂液法、压降法等方法作为成熟的检漏方法，适合制造和维修环节使用。

（7）氢气检测胶带法：作为新型可视化检测手段，在现场应用中表现出良好的可靠性和灵敏度，可作为局部辅助检测方法。

氢气变色胶带通常由以下三部分组成，如图 2：保护层（有机硅胶粘剂）、基层（PI 薄膜）和功能涂层（含钯或钯化合物催化剂及可被还原的金属盐）。其中，有机硅胶粘剂作为保护层，一方面用于保护功能涂层，另一方面允许氢气透过并进入功能层，同时为胶带提供必要的粘附性能。PI 薄膜作为基层，用于提供胶带的机械强度、柔韧性及耐温性能。功能涂层由含钯或钯化合物的催化剂与可被还原的金属盐构成，在氢气作用下发生催化还原反应，使胶带产生可识别的颜色变化。

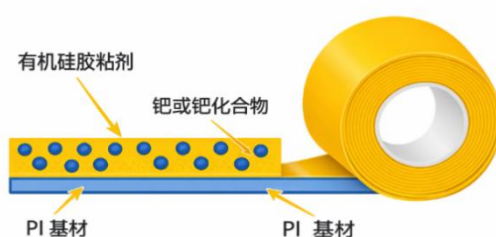


图 2 氢气检测胶带构成示意图

氢气检测胶带的原理：钯催化氢气还原金属氧化物，生成具有颜色特征的低价态产物。当氢气分子接触到胶带表面的钯催化剂时，会

被吸附并解离成氢原子。具有高活性的氢原子随即还原胶带中的底物。被还原的底物进一步与发色剂结合，或通过自身聚集形成新的显色物质，从而在胶带表面产生明显的色斑。

氢气检测胶带的基本参数：

- (a) 粘性：良好，不易脱落，剥离强度 $\geq 5\text{N}/25\text{mm}$ ；
- (b) 耐温性： $-30^{\circ}\text{C}\sim 150^{\circ}\text{C}$ ；
- (c) 响应时间： $< 30\text{s}$ （对于氢气大量泄漏）；
- (d) 使用期限：6个月；

使用方法：

(a) 清理待测表面。清理待测件表面的灰尘、油、锈迹和水分，确保不影响胶带粘贴且不对检测结果造成影响；

(b) 裁剪适量长度可完全覆盖待测表面的胶带粘贴在待测件上。胶带缠绕过程尽量平整缠绕不要拉断，胶带不要重叠，多余的胶带需要裁剪，见图 3。如胶带宽度不够，可将待测表面进行二次粘贴；



图 3 氢气检测胶带粘贴要求

(c) 在胶待端部粘贴时，与待测表面尽量完全贴合，不要留空间，以提高胶带对微量泄漏的敏感度,见图 3。在粘贴过程中如出现鼓包，需撕开粘贴位置将鼓包位置空气挤出再进行粘贴；

(d) 等待与观察。粘贴完成后，使胶带暴露在待监测环境中。如果产生泄漏，氢气会扩散至胶带表面，造成颜色变化，图 4。



图 4 氢气检测胶带变色前后对比

注意事项：

(a) 胶带使用过程中避免手指接触保护层，如手指直接接触，在胶带固定后需将接触位置局部裁剪；

(b) 长期日光照射，PI 基材强度会下降，导致带与待测件难以剥离；

(c) 胶带不能阻止氢气泄漏；

(d) 氢气以外的还原性气体（如硫化氢、一氧化碳、一氧化氮等）在高温和高浓度条件下也会造成胶带变色；

(e) 高温或长期户外使用过程中，如胶带表面出现局部斑点变色，此现象为外部环境导致胶带变化不是氢气泄漏。如氢气泄漏时，薄膜会产生大面积变色；

(f) 胶带颜色变化通常不可逆，即使泄漏消失，胶带已变色部分也不会恢复。

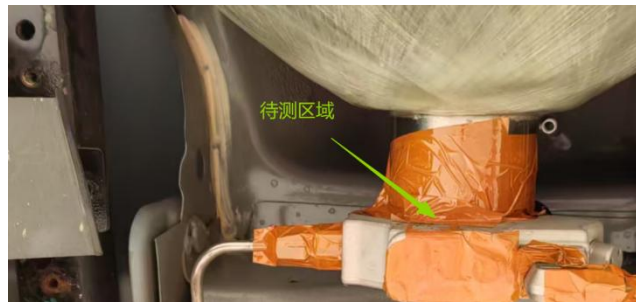


图 5 氢气检测胶带实际使用示例

(8) 典型输氢管路和场站氢系统泄漏检测方法

在加氢站、输氢（掺氢）管道及其他开放式氢系统中，利用固定式进行泄漏监测已较为成熟。不同检测仪类型（光学式、半导体式、热导式），在通风条件和环境扰动下具备检测精度与稳定性，该类方法在露天或空旷场景中可长期可靠运行。

综上所述，经多种试验验证及对比分析，本标准所规定的各类泄漏检测方法均符合氢系统安全检测的技术要求，能够覆盖不同应用场景，具备科学性、通用性和工程可操作性，为氢系统泄漏率检测的标准化提供了充分的技术支撑。

3.2 综述报告

在本标准的编制过程中对氢系统泄漏率检测涉及的技术基础、检测方法、产业发展需求以及国内外标准体系进行了系统而深入的调研分析。

技术方面，分析了氢气在高压、低温、循环加载及复杂连接结构

下的泄漏行为规律。结合移动式储氢系统、加氢设备、输氢（掺氢）管道等典型场景，分析了常见泄漏点、泄漏模式和控制难点。同时，对泄漏导致的局部积聚、气体分层、通风条件影响等关键因素进行了技术梳理，为构建科学合理的检测指标和试验条件奠定了基础。

方法方面，对传感器法、质谱仪法、吸枪法、真空舱法、加压累积法等多类氢泄漏检测技术进行了对比分析，综合分析了检测灵敏度、适用范围和局限性等。调研结果表明，目前行业对泄漏检测的需求呈现多场景、差异化的特点，单一检测方法难以满足不同系统和工况的要求，因此本标准需建立覆盖实验室检测和现场应用的多方法体系。

产业方面，通过对制氢、储氢、运氢、加氢和终端应用等全产业链的调研，发现行业普遍面临检测技术水平不统一、检测设备适配性不足、检测条件差异大等问题，导致泄漏风险难以得到有效量化与监管。随着我国加氢站建设规模扩大、车载储氢装置快速应用、掺氢输气技术推进，产业迫切需要一个可覆盖多类型氢系统的泄漏率检测标准，以指导研发、生产和运行维护，提升全链条安全保障水平。

标准方面，系统梳理了国内外现行标准，包括氢系统安全要求、气密性试验要求、加氢站安全规范及相关检测方法。调研结果显示，目前国内外尚无系统性的氢系统泄漏率检测方法标准，现有标准仅对部分设备或系统提出了泄漏要求，未形成可直接应用于多场景氢系统的检测方法体系。本标准的制定将有效填补该领域的技术空白，形成与国际标准相协调、又适应我国产业实际的检测技术体系。

综上所述，通过对技术、方法、产业和标准体系的全面调研与分

析，本标准具备必要性和可行性。标准制定将为我国氢能产业的安全检测、监管实施和技术发展提供有力支撑，具有重要的行业意义和社会价值。

3.3 技术经济论证

本标准通过构建统一的氢系统泄漏率检测方法体系，能够显著提升检测的及时性、可靠性，从源头上降低漏氢未被及时发现导致的安全风险，进而减少因事故造成的经济与社会损失。标准的实施不仅可减少检测过程中的重复试验和技术偏差，降低企业运行维护成本，还将提升氢能装备运行的稳定性与可靠性，持续增强氢能产业整体安全保障能力，具有显著的技术经济效益和重要的产业支撑作用。

3.4 预期效益

（1）经济效益

本标准的实施将为氢能产业链的安全稳定运行提供基础支撑。通过建立统一的氢系统泄漏检测技术要求和判定方法，可有效防范制氢、储氢、运氢、加氢及用氢环节的安全风险，减少事故停工、设备损毁等带来的经济损失，提升氢能设施运行可靠性。同时，标准的推广应用将促进氢能装备制造、检测与运维环节形成完整的安全检测产业链，带动检测仪器、传感器、密封材料等上下游产业协同发展。

（2）社会效益

将完善氢能安全管理体系，提高氢能基础设施运行安全水平，降

低氢泄漏事故发生率，增强公众对氢能应用的信任度与社会接受度，为氢能交通、储运及终端应用的推广提供有力保障。

（3）生态效益

通过规范检测方法、减少泄漏发生，促进氢能安全发展；支撑可再生能源制氢与碳减排目标的实现，对推动我国能源体系低碳转型具有积极生态价值。

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

本标准在部分氢系统泄漏率检测方法的制定过程中，参考了 UN GTR No.13、ISO 16111 等国际标准中关于氢系统泄漏与气密性试验的相关技术内容，在主要技术路线和安全原则上与上述标准保持协调一致。同时，结合我国氢能产业发展现状及典型应用场景的特点，在适用范围、检测工况及方法选用等方面对相关要求进行了适当扩展和细化，形成了更契合我国实际需求的氢系统泄漏率检测方法体系。

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

目前，国际上尚无针对储氢系统或多场景氢系统泄漏率检测方法的系统性国际标准。本标准在起草过程中参考了 UN GTR No.13、ISO 16111 等国际标准中与氢系统泄漏率检测相关的技术内容，并在总体技术原则和方法思路上与其保持协调一致。但鉴于国际标准的适用范围、检测对象及试验条件与我国氢能产业应用场景存在差异，本标准

与相关国际标准的关系为非等效采用。

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，XXX 等单位依据本标准 XXXX，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。

在 2025 年 10 月 14 日，全国氢能标准化技术委员会组织召开的《氢系统泄漏率测试方法》国家标准推进会中，委员及专家认为该标准内容主要为氢系统泄漏率的检测，建议标准名称变更为《氢系统泄漏率检测方法》。

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 12 月