

引用格式: 师铜墙, 杨晨璐, 霍天晴, 等. 氢能产业链“制—储—输—加—用”全链条标准化: 国际实践、中国进展与优化路径[J]. 标准化学报, 2026(5): 124–135.  
SHI Tongqiang, YANG Chenlu, HUO Tianqing, et al. Hydrogen Energy Chain “Production–Storage–Transmission–Generation–Application” Full Chain Standardization: International Practices, China’s Progress and Optimization Paths [J]. Journal of Standardization, 2026(5): 124–135.

## 氢能产业链“制—储—输—加—用”全链条标准化: 国际实践、中国进展与优化路径

师铜墙<sup>1,2\*</sup> 杨晨璐<sup>1</sup> 霍天晴<sup>1</sup> 黄晔<sup>1,2</sup> 郑化安<sup>1,2</sup>

(1. 陕西氢能研究院有限公司; 2. 陕西氢能标准化技术委员会)

**摘要:** 【目的】为“十五五”期间我国氢能产业标准化建设提供明确的优化路径指引, 助力产业规范有序发展。【方法】系统梳理国际氢能标准化技术组织架构及美国、欧盟、日本等主要经济体在氢能产业上的差异化实践路径, 结合我国氢能标准体系的构建现状, 揭示现有不足。【结果】发现我国氢能标准化在体系协同性、新兴技术适配性、国际话语权、产业实操性四大维度的不足, 针对性提出协同机制构建、新兴标准攻坚、国际影响力提升、产业适配优化的实施路径。【结论】“十五五”时期我国氢能标准化需紧扣“双碳”目标与新质生产力发展要求, 重点实现三大突破: 全链条标准空白填补、协同与互认机制完善、产业适配能力提升。

**关键词:** 氢能; 标准化; “十五五”; 国际标准

DOI编码: 10.3969/j.issn.2097-857X.2026.05.015

## Hydrogen Energy Chain “Production-Storage-Transmission-Generation-Application” Full Chain Standardization: International Practices, China’s Progress and Optimization Paths

SHI Tongqiang<sup>1,2\*</sup> YANG Chenlu<sup>1</sup> HUO Tianqing<sup>1</sup> HUANG Ye<sup>1,2</sup> ZHENG Hua’an<sup>1,2</sup>

(1. Shaanxi Hydrogen Energy Research Institute Co., Ltd.;

2. Shaanxi Hydrogen Energy Standardization Technical Committee)

**Abstract:** [Objective] The study aims to provide a clear optimization path for the standardization of China’s hydrogen energy industry during the “15th Five-Year Plan” period, and to assist in the orderly and standardized development of the industry. [Methods] The study systematically reviews the technical organizational structure of international hydrogen energy standardization organizations and the differentiated practice paths of hydrogen energy industries in major economies such as the United States, the European Union, and Japan. Combined with the current status of China’s hydrogen standards system, the existing deficiencies are revealed. [Results] It is found that there are deficiencies in four dimensions of hydrogen energy standardization in China: system coordination, adaptability to emerging technologies, international discourse power, and industrial practicability. Targeted implementation paths are proposed such as the construction of a collaborative mechanism, the breakthrough of emerging standards, the enhancement of international influence, and the optimization of industrial adaptation. [Conclusion] During the “15th Five-Year Plan” period, China’s

**基金项目:** 本文受陕西省重点研发计划项目(项目编号: 2024CY2-GJHX-19、2025CY-YBXM-001)资助。

**作者简介:** 师铜墙, 通信作者, 硕士, 高级工程师, 研究方向为氢能及低温气体分离纯化、液化。

hydrogen energy standardization should closely align with the “dual carbon” goals and the development requirements of new quality productive forces, and focus on achieving three major breakthroughs: filling the gaps in the entire chain of standards, improving the collaborative and mutual recognition mechanism, and enhancing the industrial adaptation ability.

**Keywords:** hydrogen energy; standardization; the 15th Five-Year Plan; international standards

## 0 引言

全球能源转型正迈入以清洁能源为主导的关键推进阶段。据国际能源署(IEA)预测,2030年全球氢能需求将达1.2亿t,2050年占全球能源消费比重有望突破10%。氢能凭借其零碳排放特性及应用多元性,成为衔接化石能源清洁化利用与新能源规模化消纳的关键纽带<sup>[1]</sup>。在此背景下,标准化作为氢能产业规模化发展的核心“基础设施”,既是统一“制储输加用”全链条技术规范、检测方法与性能指标的关键抓手,也是筑牢氢泄漏防控、氢脆防控等薄弱环节安全底线的核心保障。同时通过与国际标准接轨、制定主导优势领域国际标准,对我国氢能产业国际竞争力的提升有一定的推进作用<sup>[2]</sup>。

我国作为全球最大制氢国,2023年氢气产量约3 300万t(其中工业级氢1 200万t),2024年生产消费规模进一步突破3 650万t,且可再生能源制氢产能占全球比重超50%。新疆库车、宁夏宁东等地建成的百万千瓦级绿氢项目,奠定了我国在清洁能源供给领域的实践基础<sup>[3]</sup>。

与此同时,氢能产业加速向规模化、多元化方向推进。但全球范围内偶发的氢泄漏、设备运行异常等安全事件,折射出当前氢能标准体系尚未完全适配技术快速迭代与应用场景持续拓展的需求,在新兴技术覆盖、跨环节协同等关键维度存在不健全之处。具体到我国氢能产业发展实践中,这种适配性挑战主要体现在两方面:一方面,GB 50177—2005《氢气站设计规范》<sup>[4]</sup>等早期标准,在产业起步阶段为技术落地与安全管控提供了关键支撑,但面对70 MPa高压储氢、“西氢东输”长输管道等新兴需求,其覆盖范围与技术参数

设置,已无法匹配当前产业发展节奏,存在优化空间;另一方面,固态储氢材料<sup>[5]</sup>、SOEC电解制氢<sup>[6]</sup>等前沿技术正从实验室研发逐步向小范围试点过渡。由于相关配套标准尚未完全构建,这些技术在小试放大过程中,可能面临“检测方法不统一、性能指标缺乏明确依据”的实际挑战,这进一步凸显了标准体系建设与技术创新进程协同推进的重要性。

当前,培育新质生产力已成为我国高质量发展的核心方向,氢能产业作为新能源与先进制造深度融合的代表,是培育新质生产力的重要载体,亟须加快技术创新与标准建设的协同适配进程。在此背景下,国家标准委等六部门于2023年联合印发《氢能产业标准体系建设指南(2023版)》,首次构建覆盖“制—储—输—加—用”全链条的标准框架,明确“标准与创新联动”导向<sup>[7-8]</sup>。基于此,本文通过对比国际氢能标准化相关成果,梳理我国氢能标准化发展脉络,剖析产业发展中标准体系存在的短板问题并提出优化路径,同时结合“十五五”规划导向展望发展方向,旨在为氢能产业标准化建设提供明确指引,助力产业规范有序发展。

## 1 国际氢能标准化格局

全球氢能标准化历经多年发展,已构建起“国际组织统筹框架、主要经济体细化补充”的成熟体系,国际层面通过跨领域协同实现全链条标准覆盖,各经济体则结合本体技术优势聚焦关键领域,为全球氢能产业规范化发展奠定坚实基础。

### 1.1 国际及国外氢能标准化组织架构与发展特征

国际层面,ISO(国际标准化组织)与IEC(国际电工委员会)形成分工协同机制,确保标准覆盖

的完整性与专业性,各主要经济体则依托技术优势形成差异化发展路径,具体特征见表1<sup>[9]</sup>。

从组织架构看,ISO/TC 197与IEC/TC 105形成“全链条基础+专业设备”的协同模式:ISO/TC 197下设“术语符号”“氢生产”“氢储存”等5个工作组,截至2025年底已发布标准45项,覆盖氢能产业链核心环节;IEC/TC 105<sup>[10]</sup>则专注于燃料电池电气安全与性能测试,填补跨领域标准空白。主要经济体呈现“技术优势驱动标准方向”的特征:美国依托长输管道技术强化ASME B31.12等工程标准<sup>[11]</sup>,欧盟围绕绿氢战略细化EN 17397等低碳标准<sup>[12-13]</sup>,日本聚焦液氢与交通场景构建JIS标准体系<sup>[14]</sup>,德国、韩国进一步补充工业应用与设备兼容性规范<sup>[13,15]</sup>,整体形成“国际框架+国别特色”的标准化网络<sup>[16]</sup>。

## 1.2 国际氢能“制—储—输—加—用”全链条标准实践

在国际组织与主要经济体的协同推动下,国际氢能标准已形成“覆盖成熟场景、跟进新兴技术”的完善体系,各环节核心标准与技术导向见表2,其特征可概括为“全链条无断点、技术前瞻性、实

操作性导向”三大维度。

国际氢能标准的核心特征可归纳为三点:一是全链条覆盖,从制氢的氢品质与碳核算,到用氢的交通、工业场景,形成无断点的标准体系,如ISO 14687(制氢)<sup>[17]</sup>—ISO 24132(储氢)—ASME B31.12(输氢)<sup>[11]</sup>—ISO 19880(加氢)—IEC 62282(用氢)<sup>[18]</sup>构成完整技术链条;二是技术前瞻性,在巩固高压储氢、管道输氢等成熟技术标准的同时,通过固态储氢(ISO/AWI 23681)、氢能船舶(ISO 23550)等草案跟进新兴方向,确保标准引领技术落地;三是实用性导向,如加氢站标准通过统一接口与规范计量误差降低设备兼容成本,输氢标准细化材料氢脆测试方法与应急响应时间,确保标准可直接指导工程实践。

## 2 国内氢能产业发展现状与标准体系构建

在国际氢能标准化体系日趋完善的背景下,我国氢能产业已从试点探索阶段迈入有序破局的关

表1 国际及主要经济体氢能标准化组织架构与发展特征对比

主体	核心组织	分工定位	技术优势方向	代表性成果
国际层面	ISO/TC 197 (氢能技术委员会)	统筹氢能全链条基础标准(制、储、输、加、用)	全链条框架构建、术语与通用要求	ISO 14687:2019(氢品质)、ISO 19880系列(加氢站)
	IEC/TC 105(燃料电池技术委员会)	聚焦燃料电池及电气设备标准	燃料电池安全、氢能储能并网	IEC 62282-10:2022(燃料电池发电系统)
美国	ASME(机械工程师协会)、CGA(压缩气体协会)	主导管道、压力容器与输配安全标准	长输管道技术、高压储氢	ASME B31.12:2021(氢管道设计)、CGA G-5.6(氢能输配)
欧盟	CEN/TC 380(氢能系统技术委员会)	对接ISO/TC 197,细化绿氢与掺氢管网标准	绿氢认证、天然气掺氢	EN 17397:2022(水电解制氢)、EN 17843:2023(掺氢管网)
日本	JISC(工业标准调查会)	聚焦液氢储运与燃料电池汽车标准	液氢技术、车载储氢	JIS K 0041(液氢试验方法)、JIS D系列(燃料电池汽车)
德国	DIN(标准化学会)	细化工业用氢与设备安全标准	氢冶金、加氢站安全	DIN EN 17327(掺氢管道防腐)、DIN EN 17126(加氢站)
韩国	KSA(标准协会)、KATS(标准化院)	适配燃料电池车与设备国产化需求	燃料电池部件、加氢设备兼容性	KS B 6017(加氢机)、KS R 1088(燃料电池汽车安全)

表2 国际氢能“制—储—输—加—用”全链条关键标准实践与技术导向

产业链环节	国际/国外关键标准实践	技术导向与应用支撑
制氢	1. ISO 14687:2025《氢品质》：明确燃料电池用氢纯度 $\geq 99.97\%$ 、CO $\leq 0.2$ ppm、总硫 $\leq 0.1$ ppm，覆盖不同应用场景氢品质分级； 2. EN 17397:2022《水电解制氢系统》：规定绿氢生产中绿电占比 $\geq 95\%$ ，电解槽能效 $\leq 4.5$ kWh/Nm <sup>3</sup> ，含绿电溯源与碳排放核算要求； 3. ISO/TS 19870:2023《氢能产品碳足迹核算方法》：统一从原料到产品的全生命周期碳排放计算边界	构建“氢品质+绿电溯源+碳核算”完整标准链，适配低碳氢能全球化贸易与多元化应用需求
储氢	1. ISO 24132:2022《液氢海洋运输系统要求》：规范液氢运输船储罐绝热性能（日蒸发率 $\leq 0.3\%$ ）、传输臂密封性能，覆盖装卸全流程安全； 2. ASME B31.12:2021《氢管道与储氢设备规范》：规定高压储氢设备（35MPa/70MPa）材料氢脆测试方法，含疲劳寿命计算要求； 3. ISO 16111:2018《固态储氢系统》（草案）：跟进金属氢化物储氢系统充放氢速率（ $\geq 0.5$ wt%/min）、循环寿命（ $\geq 1000$ 次）指标	聚焦规模化、跨场景储氢需求，兼顾现有技术成熟度与新兴技术前瞻性
输氢	1. ASME B31.12:2021《氢管道设计规范》：覆盖长输管道（最大口径1200 mm）材料选择（如316L不锈钢）、焊接工艺、泄漏检测要求，支撑美国1600 km氢管道网络运营； 2. EN 17843:2023《天然气管道掺氢技术规范》：明确掺氢比例 $\leq 20\%$ 时管道材料兼容性、计量设备误差（ $\leq 1\%$ ）、下游燃烧器适配要求； 3. ISO 19887:2022《高压管束车输氢安全要求》：规定管束车车载储氢瓶组压力波动（ $\leq 3\%$ ）、紧急切断系统响应时间（ $\leq 1$ s）	适配不同输氢技术路线的规模化应用，强化系统安全性与运行稳定性
加氢	1. ISO 19880系列（2019—2023）：含加氢站设计（ISO 19880-1）、设备兼容性（ISO 19880-3）、运营安全（ISO 19880-5），规定加氢机接口尺寸统一（DN32）、加氢速率（ $\geq 3$ kg/min）、应急停机响应时间（ $\leq 0.5$ s）； 2. EN 17126:2020《加氢站设备安装与测试规范》：细化设备接地电阻（ $\leq 4$ $\Omega$ ）、氢气检测报警阈值（ $\leq 0.4\%$ VOL）要求	强调设备互换性与运营安全性，降低产业成本并提升网络服务能力
用氢	1. IEC 62282-10:2022《燃料电池发电系统》：规定100 kW以上系统效率（ $\geq 40\%$ ）、并网谐波含量（ $\leq 5\%$ ）、低温启动性能（-20℃可启动）； 2. EN 17397-2:2023《工业用氢安全规范》：明确氢冶金竖炉氢纯度（ $\geq 99.9\%$ ）、氢气喷射系统压力稳定（ $\leq 2\%$ 波动）、防爆等级（Ex d IIB T3）； 3. ISO 23550:2024《氢能船舶动力系统》：规范船舶储氢系统布置、氢气泄漏检测、应急逃生路线	覆盖“交通—工业—储能—船舶”多元场景，支撑氢能全领域示范应用

键时期，依托庞大的产业规模与技术积累，逐步构建起适配本土需求的标准体系雏形，实现国际经验与国内实践的初步融合。

## 2.1 我国氢能产业“制—储—输—加—用”发展现状

《中国氢能发展报告（2025）》显示，2024年我国氢气生产消费规模超3650万t，位列全球第一，可再生能源制氢产能占全球比重超50%，全链条发展呈现“规模领先、技术突破、场景多元”的特征，为标准体系构建提供坚实产业基础。具体进展见表3。

从产业格局看，我国氢能产业链已形成“梯度推进、重点突破”的特征：制氢端依托化石能源<sup>[19-20]</sup>与工业副产氢<sup>[21]</sup>形成短期供应基础，绿氢加速追赶国际水平（PEM电解槽能效超75%）<sup>[22]</sup>；储输端以高压气态与管束车为主<sup>[23]</sup>，液氢、长输管道尚处示范期（如榆林化学园区15 km管道）；用氢端聚焦交通商用车<sup>[24]</sup>与工业脱碳<sup>[25]</sup>，兆瓦级燃料电池发电系统<sup>[26]</sup>实现突破。但产业仍存在明显短板，如固态储氢产业化滞后<sup>[27-28]</sup>（储氢密度达标但成本高）、加氢站设备兼容性差<sup>[29]</sup>（不同厂商加氢机接口无法通用）、长输管道规模不足<sup>[30]</sup>（难以支撑“西氢东输”工程）。

表3 国内氢能“制—储—输—加—用”全链条发展现状

产业链环节	核心发展指标	技术路线特征	产业布局与短板
制氢	化石能源制氢占比 80%+, 工业副产氢年产能超 1 000 万t; PEM 电解槽电流密度达 2 A/cm <sup>2</sup> , 绿氢产能占全球 50%+	短期: 以化石能源制氢为基础, 工业副产氢为补充; 长期: 向可再生能源制氢为主导转型	新疆、宁夏绿氢项目投产; 短板: 绿氢成本较高(约 35 元/kg)
储氢	35 MPa 高压储氢瓶国产化率 90%+, 70 MPa 瓶量产突破; 液氢日蒸发率降至 0.5%; 固态储氢示范项目不足 10 个	主流: 35 MPa/70 MPa 高压气态储氢; 示范: 液氢、固态储氢	航天101所液氢设备配套; 短板: 固态储氢材料循环寿命不足500次
输氢	高压管束车输氢占比 85% (单车载氢 300 ~ 500 kg); 纯氢管道示范段超 15 km; 天然气掺氢试点比例 ≤ 10%	短途: 高压管束车; 长途: 纯氢管道(示范)、天然气掺氢(试点)	河北15 km纯氢管道; 短板: 长输管道规模不足(仅为美国的 1%)
加氢	建成加氢站540座(在营率 65%); 30% 站点设备兼容性差; 加氢速率 2 ~ 3 kg/min	固定式综合站(油氢合建)、撬装式站并行	京津冀、长三角加氢站网络; 短板: 液氢加注设备国产化率不足60%
用氢	推广燃料电池汽车2.4万辆; 氢冶金降碳 30%; 50 MW 重型燃气轮机掺氢试验成功	交通: 商用车为主; 工业: 氢冶金、绿氨; 储能: 兆瓦级系统示范	宝武钢铁氢基竖炉、亿华通燃料电池公交; 短板: 氢能储能与电网协同不足

这些现实需求为后续标准体系完善指明方向。

## 2.2 我国氢能标准体系整体架构及发展现状

我国氢能标准体系以《氢能产业标准体系建设指南(2023版)》为核心纲领, 构建“基础与安全—氢制备—氢储存和输运—氢加注—氢能应

用”五大子体系<sup>[31]</sup>, 进一步分解为20个二级子体系、69个三级子体系, 形成“国家标准定框架、行业标准补细分、团体标准应新兴、企业标准强个性”的协同架构, 具体结构如图1所示。

从标准分布看, 我国氢能标准体系形成多维度

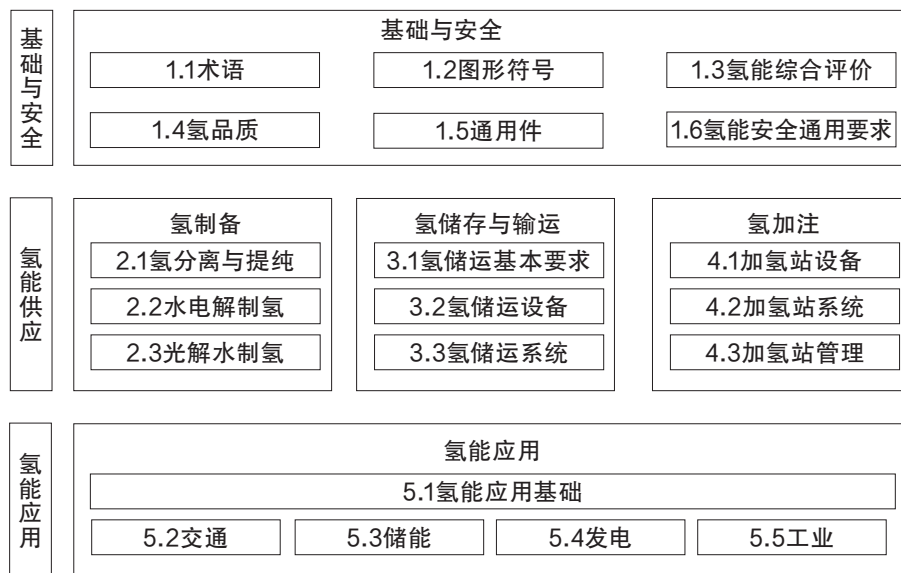


图1 我国氢能产业标准体系结构

子体系协同格局。其中,基础与安全子体系以23项标准筑牢产业根基,既规范氢能术语、氢品质等基础要素,也明确安全通用要求,尤其针对泄漏检测、氢脆防控等核心痛点制定氢安全标准,为氢能全链条安全提供底线保障;氢能供应子体系则以46项标准全面覆盖“制—储—输—加”全流程,氢制备环节规范分离提纯、水电解制氢等技术,储存运输环节,明确高压储氢、液氢储运要求,加注环节为加氢站设备选型与运营提供指导;氢能应用子体系进一步以51项标准推动多元场景落地,交通领域覆盖燃料电池汽车、氢能船舶等应用,储能与发电领域规范系统效率与并网要求,工业领域聚焦氢冶金、绿氨等脱碳场景,整体形成“基础设备—场景应用”的多层级规范体系。

全国氢能标准化技术委员会作为核心协调机构,对口ISO/TC 197,统筹全产业链标准。SAC/TC 342、SAC/TC 114、SAC/TC 31等机构分工协作覆盖交叉领域。截至2025年底,我国已发布氢能相关标准702项。其中,国家标准205项、行业标准53项、地方标准32项、团体标准412项<sup>[32]</sup>。团体标准占比过半,反映出其对新兴技术领域标准需求的快速响应能力。

### 2.3 我国氢能“制—储—输—加—用”全链条具体标准进展

表4系统梳理了我国氢能全链条核心标准,这些标准呈现“基础支撑+环节细分+绿色导向”的特征,既适配国内产业需求,又注重与国际核心标准衔接<sup>[33-54]</sup>,为产业规范化发展提供全维度技术支撑。

从标准特征看,我国氢能全链条标准可总结为“二有四待”:一是成熟环节有支撑,制氢、储氢、加氢等技术成熟领域,已形成国家标准、行业标准为主的规范体系,指标适配国内设备国产化需求;二是低碳安全有导向,围绕“双碳”目标,T/CAB 0078—2020《低碳氢、清洁氢与可再生氢的标准与评价》率先界定绿氢评价标准,拟立项的碳足迹核算规范补全低碳链条,安全标准聚焦氢脆、泄漏等核心痛点;三是新兴领域有待完善,输氢长输管道、氢能储能等领域仅靠拟立项标准推进,跨环节

协同不足;四是与国际接轨有待加速,部分标准指标宽于国际,国际标准转化滞后;五是实操细节有待补充,部分标准以定性要求为主,工程化案例不足;六是区域协同有待强化,地方绿氢认证指标差异导致跨区域流通受阻。

### 2.4 国内外氢能标准对比视角下的核心问题

结合表5的国内外标准对比,我国氢能标准化在五大维度存在明显短板,这些问题直接制约产业规模化发展与国际竞争力提升。

综上,我国氢能标准化虽已形成基础框架,但“标准空白、指标冲突、国际脱节、实操不足”等问题仍较为突出,需通过系统性优化推动标准与产业高质量发展同频。

## 3 氢能标准化优化建议与措施

针对我国氢能标准化存在的短板,结合国际先进经验与国内产业需求,本研究从协同机制、新兴标准、国际话语权、产业适配4个维度提出优化建议,为“十五五”氢能标准化发展提供路径指引。

### 3.1 构建全链条协同机制,强化跨层级与跨区域衔接

以《氢能产业标准体系建设指南(2023版)》为指引,参考欧盟CEN/TC 380协同模式,建议构建“国家统筹、地方协同、区域联动”的氢能标准化体系。国家与地方标委会协同上,可由SAC/TC 309牵头设“氢能标准协同工作组”,吸纳多部门及细分标委会专家;对上海、陕西、河北等已设地方标委会的区域,明确对接责任人,定期调研产业需求,推动编制《氢能全链条标准协同指南》,促进固态储氢等领域团标与国标衔接,协助解决绿氢认证、液氢储罐标准冲突等问题。

跨区域联动方面,可依托京津冀、长三角建立“区域标委会联席会议制度”:京津冀由河北牵头整合三地标准,推动统一撬装与移动式储氢接口压力为1.0 MPa,帮助企业节省调压成本;长三角以上海为核心,联动江苏、浙江细化氢能船舶、储能标准,推动区域内标准统一。

表4 中国氢能“制储输加用”全链条具体标准汇总表

产业链环节	标准层级/类型	具体标准编号与名称	核心技术内容	适用场景与衔接说明
制氢	国家标准	GB/T 45539—2025《PEM电解槽技术要求》	规定PEM电解槽性能指标（电流密度 $\geq 1.5 \text{ A/cm}^2$ ）、材料要求及系统运行规范，系统效率 $\geq 65\%$	适配国内PEM电解制氢技术发展，支撑绿氢装备国产化，为光伏、风电配套电解制氢项目提供技术依据
	团体标准	T/CAB 0078—2020《低碳氢、清洁氢与可再生氢标准及评价》	界定低碳氢（ $\leq 14.5 \text{ kgCO}_2\text{e/kgH}_2$ ）、可再生氢（ $\leq 4.9 \text{ kgCO}_2\text{e/kgH}_2$ 且用绿电）排放阈值，明确生命周期评价框架	国内首个氢能碳评价团体标准，为绿氢认证、补贴申报提供依据；正在对接国际RFNBO标准以推动互认
	拟立项行标	《可再生能源电力制氢工程碳足迹核算技术规范》（2025年拟立项）	规范风光制氢工程碳足迹数据收集、核算流程与报告要求，适配水电解制氢技术特点	填补国内绿氢工程碳核算标准空白，支撑可再生能源制氢项目低碳属性认证，服务“双碳”目标落地
储氢	国家标准	GB/T 34542.1—2017《氢气储存输送系统第1部分：通用要求》	规范高压气态（35 MPa/70 MPa）、低温液态储氢系统的设计、运行与安全要求，明确储氢设备泄漏检测阈值	国内储氢系统通用基础标准，覆盖交通领域车载储氢、工业领域固定式储氢等场景，保障储氢环节安全稳定
	拟立项行标	《氢能承压设备密封技术规范》（2025年拟立项）	规定 $-253 \sim 850 \text{ }^\circ\text{C}$ 、 $\leq 100 \text{ MPa}$ 环境下密封垫技术要求，适配电解槽、储氢容器、氢管道等临氢设备	填补国内氢环境密封件专项标准空白，解决储输环节临氢设备密封泄漏风险，支撑设备长周期运行
	拟立项行标	《阻氢涂层抗氢渗透性能测试 电化学法》（2025年拟立项）	规范阻氢涂层氢扩散系数测定方法，明确测试设备要求、样品预处理流程与数据计算规则	为储氢设备、氢管道用阻氢涂层材料选型提供测试依据，助力提升临氢材料抗氢脆性能，保障设备结构安全
输氢	拟立项行标	《输氢管道安全规范》（2025年拟立项）	规定陆上钢质输氢管道设计压力、材料选择（如316L不锈钢）、焊接工艺、泄漏检测及运维要求	支撑国内“西氢东输”“华北氢能走廊”等长输管道项目建设，衔接国内管道制造工艺与运营管理需求
加氢	国家标准	GB/T 43674—2024《加氢站通用要求》；GB/T 34584—2017《加氢站安全技术规范》	规范加氢站站址安全距离、设备布局（如压缩机与加氢机间距）、消防设施配置，明确35 MPa/70 MPa站体设计要求	国内加氢站建设核心国家标准，覆盖固定式综合站（油氢合建）、撬装式站（物流园区配套）等场景，指导站点合规建设
	行业标准	JB/T 14965—2025《加氢站用隔膜氢气压缩机》	规范加氢站用压缩机排气压力（ $\leq 45 \text{ MPa}$ ）、排气量（ $\geq 100 \text{ Nm}^3/\text{h}$ ）、比功率（ $\leq 8.5 \text{ kWh/kg}$ ）等指标，明确运行稳定性与维护周期要求	石化行业加氢设备专项标准，适配国内加氢站设备国产化需求，确保压缩机与加氢机、储氢瓶组协同运行
用氢	拟立项行标	《可逆固体氧化物电池电氢转换系统性能测试方法》（2025年拟立项）	规定SOEC（电解制氢）/SOFC（燃料电池发电）双向转换系统效率测试、热循环稳定性测试与动态响应特性测试方法	适配国内氢能储能新技术发展，填补可逆燃料电池系统测试标准空白，支撑“制氢—储氢—发电”闭环应用

表5 国内外氢能标准对比视角下我国氢能产业与标准化存在的问题分析表

对比维度	国内现状 (含具体标准)	国际 / 国外实践 (含具体标准)	我国核心问题
标准覆盖广度与新兴场景适配性	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 输氢: 无纯氢长输管道国标, 仅DB13/T 5585—2022 (地方标准) 覆盖短途, 难支撑“西氢东输”;</li> <li>2. 新兴技术: 固态储氢仅T/CIESC 0045—2023 (团体标准) 提及, SOEC电解制氢无现行国家标准;</li> <li>3. 跨场景: 氢能船舶、长时储能无明确标准, 仅2024年《氢能船舶技术导则 (试行)》(非强制)</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 输氢: ASME B31.12—2021 (美国) 覆盖1 200 mm大口径长输管道, EN 17843—2023 (欧盟) 明确掺氢比例<math>\leq 20\%</math>;</li> <li>2. 新兴技术: ISO/AWI 23681 (草案) 规范固态储氢, DIN EN 17397 (德国) 细化SOEC能效;</li> <li>3. 跨场景: ISO 23550—2024 (氢能船舶)、IEC 62282—10:2022 (储能并网)</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 长输管道、SOEC等存“标准空白”;</li> <li>2. 跨场景标准权威性不足;</li> <li>3. 标准预判滞后, 被动跟进技术</li> </ol>
技术标准统一性与权威性	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 绿氢: 无国家标准, 依赖T/CAB 0078—2020 (团体标准), 地方认证指标差</li> <li>2. 液氢储罐: GB/T 40069—2021 (国家标准<math>\leq 0.5\%</math>) 与T/CNSS 009—2022 (团体标准<math>\leq 0.4\%</math>) 冲突</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 绿氢: EN 17397—2022 (欧盟)、美国《清洁氢标准》统一低碳指标, 区域无冲突;</li> <li>2. 液氢储罐: ISO 24132—2024 (全球统一<math>\leq 0.3\%</math>)</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 关键指标碎片化, 增加协同成本;</li> <li>2. 标准层级冲突, 权威性低;</li> <li>3. 部分指标宽于国际, 难适配高端需求</li> </ol>
国际协同性与话语权	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ISO/TC 197起草占比不足10%;</li> <li>2. ISO 19880—8 (加氢站兼容性) 转化滞后3年, 车载储氢瓶测试不与ASME B31.12—2021 (美国) 互认, 出口成本增15%~20%;</li> <li>3. T/CSTE 0001—2022 (焦炉煤气制氢) 未转国际提案</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 欧盟CEN/TC 380主导30% ISO 19880系列标准, 日本JISC推动ISO 24132;</li> <li>2. ASME B31.12—2021被40国采纳, 转化无滞后;</li> <li>3. 德国将氢冶金技术纳入EN 17397—2</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 国际标准主导力弱, 难转规模优势为话语权;</li> <li>2. 转化滞后增出口成本;</li> <li>3. 本土优势技术错失国际输出机遇</li> </ol>
产业与标准联动性	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 固态储氢技术突破5年, 国家标准未立项;</li> <li>2. GB/T 39725—2021《天然气掺氢<math>\leq 10\%</math>》因数据不足偏保守 (欧盟EN 17843—2023为20%);</li> <li>3. 国家标准制定中小企业参与不足20%, 实操性弱</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 韩国现代同步推进燃料电池汽车与KS R 1089标准, 日本丰田同步修订JIS标准;</li> <li>2. EN 17843—2023 (欧盟) 基于10年管网数据;</li> <li>3. ASME B31.12—2021 (美国) 企业参与占比60%</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 技术与标准脱节, 滞后3~5年;</li> <li>2. 标准缺产业数据, 指标保守;</li> <li>3. 中小企业参与少, 标准落地难</li> </ol>
安全标准细节完善度	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 加氢站: DB1307/T 440—2023 (运营) 无氢气检测报警阈值 (欧盟EN 17126—2020为<math>\leq 0.4\%</math> VOL);</li> <li>2. 储氢: GB/T 34542.1—2017无极端天气防护;</li> <li>3. 无氢能泄漏应急处置专项标准, 仅GB/T 29729—2022提及“应急措施”</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 美国NFPA 2—2019明确20余项安全量化指标;</li> <li>2. DIN EN 17327 (德国) 覆盖沿海/严寒场景防护;</li> <li>3. ISO 19880—5—2023规定泄漏分级与应急流程</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 安全标准缺量化指标, 风险管控弱;</li> <li>2. 无场景化规范, 适应性差;</li> <li>3. 应急处置空白, 制约安全发展</li> </ol>

### 3.2 攻坚新兴技术标准, 实现与国际技术同步

针对绿氢、液氢、长输管道等短板领域, 建议实施“新兴标准攻坚计划”, 通过强化产学研协同, 助力标准与技术发展同频。

其中, 绿氢领域可重点推进认证与碳核算体系统一: 可由中国标准化研究院联合国家能源集团新能源研究院、华北电力大学制定《绿氢溯源规范》《氢能碳排放核算方法》, 参照ISO/TS 19870细化电网排放因子, 整合企业制氢数据与高校生命周期评价模型, 推动绿氢认证全国统一以消除地方互认壁垒, 助力与欧盟RFNBO标准互联互通。

在绿氢领域之外, 液氢作为规模化储运的重要方式, 其标准完善也需重点关注: 可借鉴日本川崎重工联合北海道大学的“技术—标准”联动模式, 推进ISO 24132(液氢海洋运输)转化, 由航天科技集团联合相关大学制定《液氢船用传输臂技术要求》, 并在标准中融入先进的学术研究成果; 同时补充液氢储罐极端天气防护规范, 推动液氢日蒸发率国家标准指标优化至 $\leq 0.3\%$ , 助力与ISO 24132接轨。

而长输管道作为氢能跨区域流通的关键支撑, 其标准适配性同样需要强化: 可加快T/CI 933《氢气长输管道线路用管设计技术规范》落地, 由中石油管道公司联合西安交通大学开展工程验证, 积累X80M钢氢脆数据, 推进国标转化; 同时细化不同地理环境的管道防腐方案(如沿海地区采用3PE+阴极保护、黄土高原地区增厚防腐层至3 mm), 助力填补国际地域适配标准空白。

此外, 对于SOEC电解制氢与固态储氢等更具前瞻性的新兴技术, 其标准建设也需同步跟进: 可由中国科学院大连化物所联合华能集团、西安交通大学制定相关国家标准。其中, SOEC标准可明确700~800℃下电解质稳定性(10 000 h衰减 $\leq 10\%$ )、电解效率 $\geq 85\%$ ; 固态储氢标准可纳入镁基储氢密度 $\geq 6.5\text{wt}\%$ 、循环寿命 $\geq 1\ 000$ 次等先进指标, 同步跟进ISO/AWI 23681(草案)进度。

### 3.3 提升国际话语权, 加速标准接轨与互认

依托《氢能产业标准体系建设指南(2023版)》

中的“国际标准化提升行动”, 建议构建“主动参与、优势输出、区域协同”的国际氢能标准化网络。

在主导国际标准提案环节, 可借鉴欧盟“区域协同+技术联盟”策略, 推动焦炉煤气制氢(T/CSTE 0001—2022)、撬装加氢(T/ZHFCA 1004—2022)两项团体标准向ISO/PAS(公用规范)转化; 可邀请陕西氢纯能源联合西安交通大学、广东探索科技联合华南理工大学的专家参与ISO/TC 197(氢能技术委员会)工作组, 将我国煤化工副产氢提纯技术(脱硫效率 $\geq 99.9\%$ )、撬装加氢集成化方案(占地 $\leq 300\text{ m}^2$ )等优势技术内容融入国际提案, 助力填补相关国际细分领域标准空白; 同时在氢冶金、绿氨等我国技术领先的领域, 推动T/CSTE 0208等团体标准向国际标准转化, 助力提升工业用氢领域的标准话语权。

除了主导国际标准提案, 区域标准协同推广也可同步推进。可联合“一带一路”共建国家推广GB/T 37244(车用氢纯度)、GB 43674(加氢站)等核心国家标准, 由中国标准化研究院联合昆明理工大学在东南亚地区开展氢能标准专项培训, 在越南、泰国等国建设氢能标准示范站点, 助力形成区域标准协同应用格局; 针对非洲地区丰富的可再生能源资源, 可重点推广GB/T 45539(PEM电解水制氢系统)标准, 适配当地风光制氢场景的发展。

与此同时, 国际人才培养与标准转化工作也需跟上。可对标韩国“企业+高校”联合培养模式(如现代摩比斯与KAIST的合作模式), 联合西安交通大学、上海交通大学及隆基氢能、氢枫等行业龙头企业, 定向培养具备国际视野的氢能标准起草人才, 重点跟踪液氢、绿氢领域国际标准研制动态; 可建立“国际标准转化快速通道”, 对ISO/TC 197发布的氢能储能、氢冶金相关国际标准, 由中国电力科学研究院联合清华大学、中国钢铁工业协会联合北京科技大学推进国内转化; 还可推动车载储氢瓶氢脆测试方法与美国ASME B31.12标准的等效认可, 助力国内企业降低出口认证成本。

### 3.4 优化标准实操性, 强化产业适配与反馈

聚焦我国“煤化工副产氢多、土地资源紧张、

区域差异大”的产业特点,可考虑开展“标准实操性提升工程”,通过多维度优化提升标准的落地性与可执行性。

一方面,可对标美国ASME标准的“工程化导向”,针对NB/T 11497—2024《加氢站承压设备风险评价与检验》、20255098-T-469《液氢储存运输系统 第2部分:液氢转注技术要求》等关键标准中补充量化指标,明确加氢站氢气泄漏阈值、应急响应时间,以及液氢冷量损耗超过一定比例时需启动备用制冷系统的具体要求;同时在标准中增加榆林煤化工园区液氢储运应急方案、上海加油站改造加氢站等工程化案例作为附录,为一线工程人员提供实操参考。

除补充量化指标与案例之外,针对不同场景的适配性标准也可重点完善:考虑到煤化工副产氢集中的特点,可尝试制定《煤化工副产氢提纯技术规范》,优化PSA提纯收率,更好适配榆林、山西等煤化工产业集群需求;结合土地资源紧张国情,可出台《加油站改造加氢站设计指南》,在通过爆炸风险模拟验证的前提下,适当缩短加氢岛与加油机间距,助力企业降低改造成本;兼顾北方严寒地区气候特征,可补充储氢瓶低温耐压测试要求,明确特定低温环境下储氢瓶的爆破压力要求。

同时,为让标准更贴合产业实际需求,还可借鉴德国DIN标准的“企业顾问委员会”制度,在全国氢能标准化技术委员会(SAC/TC 309)中增设企业代表席位,实时收集加氢站运营企业反映的液氢加注机计量误差、工业用户氢品质适配等实际问题;在加氢站、氢冶金等典型场景设立“标准示范基地”,总结宝武钢铁氢冶金标准实施后的降碳成效、上海加氢站设备兼容性改造经验,按年度修订部分与产业需求不匹配的标准,逐步形成“产业需求—标准优化—实践验证”的良性循环。

## 4 结论与“十五五”氢能标准化展望

### 4.1 主要结论

本文通过梳理国际氢能标准化实践、剖析我

国产业与标准现状,得出以下核心结论:

(1)全球氢能标准化已形成“国际组织统筹框架,主要经济体细化补充”的体系,ISO/TC 197与IEC/TC 105协同实现全链条覆盖,美国、欧盟、日本等依托技术优势聚焦长输管道、绿氢、液氢等领域,标准呈现“全链条、前瞻性、实操性”特征。

(2)我国氢能产业规模全球领先,已构建以《氢能产业标准体系建设指南(2023版)》为核心的“五大子体系”,累计发布标准702项。但在成熟环节标准夯实的同时,新兴领域仍存在标准空白,指标碎片化、与国际脱节、实操不足等问题突出。

(3)我国氢能标准化需通过“协同机制构建、新兴标准攻坚、国际话语权提升、产业适配优化”四大路径,破解“标准滞后创新、创新难落地”的矛盾,推动标准与产业高质量发展同频。

### 4.2 “十五五”氢能标准化展望

“十五五”时期(2026—2030年)是我国氢能产业从示范向规模化过渡的关键阶段。氢能标准化需紧扣“双碳”目标与新质生产力发展要求,重点实现三大突破:

(1)全链条标准空白填补。2027年前完成长输管道、SOEC电解制氢、固态储氢等新兴领域国标研制;2028年前实现“制—储—输—加—用”全环节标准无断点,绿氢认证、液氢储运等标准与国际全面接轨,支撑“西氢东输”、氢能船舶等重大项目落地。

(2)协同与互认机制完善。2026年前建立国家与地方标委会常态化协同机制,京津冀、长三角等区域标准互认率超90%;2028年前在ISO/TC 197主导标准起草占比提升15%以上,推动5项以上本土优势标准(如焦炉煤气制氢、氢冶金)转化为国际规范,车载储氢瓶、加氢机等设备标准实现国际互认。

(3)产业适配能力提升:2027年前完成80%以上旧标准焕新,补充量化指标与工程案例,标准实操性满足90%以上企业需求;2029年前构建“产业需求—标准制定—实践验证”闭环,氢能

标准化对产业规模化的支撑作用显著增强,助力我国从“氢能产业大国”向“标准强国”跨越,为构建清洁低碳、安全高效的现代能源体系提供坚实保障。

## 参考文献

- [1] 王璐,张静珠,孙阳阳,等.“双碳”背景下氢能产业链标准化现状及建设思考[J].标准科学,2024(3):93-97.
- [2] 余珍风.“双碳”背景下氢能产业标准化建设现状与对策分析[J].标准科学,2025(5):6-11.
- [3] 郭烈锦,赵亮.可再生能源制氢与氢能动力系统研究[J].中国科学基金,2002(4):20-22.
- [4] 戴文松.炼油企业氢气管道的流速选择兼谈国标GB 50177—2005《氢气站设计规范》对氢气管道流速的要求[J].标准科学,2020(1):65-69.
- [5] 刘晓杰,刘峻,韩文杰,等.储氢技术研究进展及挑战与机遇[J].现代化工,2025,45(8):79-84.
- [6] 姚昊天,董珊芝,郝杨,等.固体氧化物电解池材料和结构优化的研究进展[J].储能科学与技术,2026,15(1):58-83.
- [7] 国家发展和改革委员会,国家能源局.能源技术革命创新行动计划(2016—2030年)[A/OL].(2016-04-07)[2025-12-25].[https://www.nea.gov.cn/2016-06/01/c\\_135404377.htm](https://www.nea.gov.cn/2016-06/01/c_135404377.htm).
- [8] 国家标准化管理委员会,国家发展改革委,工业和信息化部,等.氢能产业标准化建设指南(2023版)[A/OL].(2023-07-19)[2025-12-25].[https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/202308/content\\_6897986.htm](https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/202308/content_6897986.htm).
- [9] 刘洪生,段炼,杨燕梅,等.标准化助力氢能产业发展[J].中国标准化,2018(15):46-52,64.
- [10] 卢琛钰.参加IEC/TC105年会情况介绍[J].中国标准化,2004(12):24-25.
- [11] 张诗洋,苗乃乾,张蕾蕾.氢能标准化促进化工行业低碳转型[J].产品可靠性报告,2023(11):88-90.
- [12] 王少武.氢能标准化国内外研究进展及福建省实施策略探讨[J].标准科学,2024(11):87-92.
- [13] 杨智,刘丽红,李江.氢能源产业技术标准化发展现状[J].船舶工程,2020,42(S1):39-49.
- [14] 王赓,李燕,潘珂.氢能技术标准化发展现状[C]//国际清洁能源论坛(澳门).国际氢能产业发展报告(2017).中国标准化研究院,2017:31-66,427.
- [15] 马林聪,鲍威.中国氢能产业标准化现状与趋势[J].前瞻科技,2024,3(4):105-110.
- [16] 施文博,蔡淳名,李德威,等.ISO/IEC、美日中氢能技术标准化体系比较与建议[J].化工进展,2022,41(12):6275-6284.
- [17] 薛俊,裴冯来.我国氢能与燃料电池标准化工作研究[J].质量与标准化,2020(7):50-53.
- [18] 陈斌,雷宇通,张可抒,等.IEC 62282-3-400:2016《燃料电池技术-第3-400部分:固定式燃料电池动力系统-带热电联合输出的小型固定式燃料电池动力系统》标准解析[J].标准科学,2024(S1):206-210.
- [19] 白茹.煤制油工艺中PSA制氢技术的应用实践[J].山西化工,2021,41(5):87-88.
- [20] 赵宝超,常浩.天然气制氢工艺技术研究进展[J].化工设计通讯,2022,48(4):96-98.
- [21] 李良军,徐依格,李芳茹,等.工业副产氢纯化技术发展现状及趋势[J].世界石油工业,2025,32(4):46-57.
- [22] 罗盼,戚明睿.PEM电解制氢与ALK电解制氢的比较综述[J].化工设计通讯,2024,50(10):120-125.
- [23] 刘晓杰,刘峻,韩文杰,等.储氢技术研究进展及挑战与机遇[J].现代化工,2025,45(8):79-84.
- [24] 闫亚斌.氢燃料电池在交通运输领域的应用前景与经济效益[J].大众标准化,2025(15):147-149.
- [25] 池立勋,苏文龙,杨坤,等.氢能在工业领域的脱碳利用现状及发展策略[J].石油科技论坛,2025,44(3):83-89.
- [26] 李卓言,段丽平,李少华,等.基于AspenPlus的兆瓦级燃料电池分布式发电系统建模及仿真分析[J].南方能源建设,2022,9(4):78-86.
- [27] 原建光,武英,程勇,等.常温低压固态储氢技术的应用及产业化[C]//中国稀土学会.中国稀土学会2024学术年会摘要集.北京,2024:435.
- [28] 仲蕊.镁基固态储氢技术产业化提速[N].中国能源报,2024-01-22(17).
- [29] 何晨可,陈蕾,徐玮韡,等.氢燃料电池车辆加氢制氢网络规划的综述与展望[J].南方电网技术,2026,20(3):89-102.

- [30] 王惠颖.氢气长输管道技术现状分析[J].机电产品开发与创新,2025,38(4):80-82.
- [31] 陈海林.标准引领氢能全产业链高质量发展[J].质量与标准化,2023(9):1-4.
- [32] 氢智会.干勇:氢能如何改变我们的未来[EB/OL].(2023-12-18)[2025-12-25].[https://www.cae.cn/cae/html/main/col35/2023-12/18/20231218110737636803166\\_1.html](https://www.cae.cn/cae/html/main/col35/2023-12/18/20231218110737636803166_1.html).
- [33] 李建林,刘文博,梁忠豪.我国氢能产业标准体系建设现状及走向分析[J].北方工业大学学报,2025,37(1):1-12.
- [34] 全国氢能标准化技术委员会(SAC/TC 309).甲醇转化变压吸附制氢系统技术要求:GB/T 34540—2017[S].北京:中国标准出版社,2017.
- [35] 全国能源基础与管理标准化技术委员会(SAC/TC 20).水电解制氢系统技术要求:GB/T 19774—2005[S].中国标准出版社,2005.
- [36] 许一博.陕西省氢能产业发展对策研究[J].全面腐蚀控制,2023,37(11):36-41.
- [37] 全国气瓶标准化技术委员会(SAC/TC 31).车用压缩氢气铝内胆碳纤维全缠绕气瓶:GB/T 35544—2017[S].北京:中国标准出版社,2017.
- [38] 全国气瓶标准化技术委员会(SAC/TC 31),全国氢能标准化技术委员会(SAC/TC 309).车用压缩氢气塑料内胆碳纤维全缠绕气瓶:GB/T 42612—2023[S].北京:中国标准出版社,2023.
- [39] 全国氢能标准化技术委员会(SAC/TC 309).液氢贮存和运输技术要求:GB/T 40060—2021[S].北京:中国标准出版社,2021.
- [40] 全国氢能标准化技术委员会(SAC/TC 309).液氢生产系统技术规范:GB/T 40061—2021[S].北京:中国标准出版社,2021.
- [41] 李锦山,任春晓,罗琛,等.固体储氢材料研发技术进展[J].油气与新能源,2022,34(5):14-20.
- [42] 刘贵洲,窦立荣,黄永章,等.氢能利用的瓶颈分析与前景展望[J].天然气与石油,2021,39(3):1-9.
- [43] 高慧,杨艳,赵旭,等.国内外氢能产业发展现状与思考[J].国际石油经济,2019,27(4):9-17.
- [44] 全国氢能标准化技术委员会(SAC/TC 309).氢气储存输送系统 第1部分:通用要求:GB/T 34542.1—2017[S].北京:中国标准出版社,2017.
- [45] 黄维和,宫敬.天然气管道与管网多能融合技术展望[J].油气储运,2023,42(12):1321-1328.
- [46] 中华人民共和国住房和城乡建设部.汽车加油加气加氢站技术标准:GB 50156—2021[S].北京:中国计划出版社,2021.
- [47] 全国氢能标准化技术委员会(SAC/TC 309).加氢机:GB/T 31138—2022[S].北京:中国标准出版社,2022.
- [48] 全国氢能标准化技术委员会(SAC/TC 309).氢能车辆加氢设施安全运行管理规程:GB/Z 34541—2017[S].北京:中国标准出版社,2017.
- [49] 全国汽车标准化技术委员会(SAC/TC 114).燃料电池发动机性能试验方法:GB/T 24554—2022[S].北京:中国标准出版社,2022.
- [50] 中华人民共和国工业和信息化部.燃料电池电动汽车碰撞后安全要求:GB/T 44131—2024[S].北京:中国标准出版社,2024.
- [51] 全国燃料电池及液流电池标准化技术委员会(SAC/TC 342).固定式燃料电池发电系统 第1部分:安全:GB/T 27748.1—2017[S].北京:中国标准出版社,2017.
- [52] 全国燃料电池及液流电池标准化技术委员会(SAC/TC 342).固定式燃料电池发电系统 第2部分:性能试验方法:GB/T 27748.2—2022[S].北京:中国标准出版社,2022.
- [53] 全国燃料电池及液流电池标准化技术委员会(SAC/TC 342).固定式燃料电池发电系统 第3部分:安装:GB/T 27748.3—2017[S].北京:中国标准出版社,2017.
- [54] 全国燃料电池及液流电池标准化技术委员会(SAC/TC 342).固定式燃料电池发电系统 第4部分:小型燃料电池发电系统性能试验方法:GB/T 27748.4—2017[S].北京:中国标准出版社,2017.