天然气提氦产业链标准化现状与思考

张瑞春

中国石油西南油气田公司成都天然气化工总厂，　四川　成都　610213

摘　要：提氦产业链的标准化程度直接影响氦气资源勘探、提取、纯化、储运、应用全链条的效率和安全性。系统梳理了国际及主要氦气生产国在提氦领域的政策导向、标准体系特点与发展趋势，重点分析了国际标准化组织（International Organization for Standardization，ISO）和主要氦气生产国在制定氦气通用基础标准方面的框架与作用；深入探讨了中国天然气提氦产业链的标准建设现状、资源基础与产业实践，并结合国内外情况进行比较分析。研究结果发现，中国提氦标准化工作虽已起步，并在团体标准领域呈现活跃态势，但存在标准体系缺乏顶层设计与系统协同且存在多头分散与封闭性倾向、关键技术与核心装备标准短板突出、国际标准话语权微弱、标准实施应用与产业结合度有待加强等问题。建议加强顶层设计并制定实施专项规划；建立全产业链协同标准体系；集中攻关关键技术与装备标准；大力提升国际标准化水平；强化标准实施与产业政策联动。

关键词：天然气提氦；氦气；标准化；国际标准；ISO；产业链；团体标准

DOI：10. 3969 /j. issn. 1006-5539. 2026. 04. 018

Current situation and thoughts on standardization of the natural gas helium extraction industry chain

Zhang Ruichun

Chengdu Natural Gas Chemical Works, PetroChina Southwest Oil & Gasfield Company, Chengdu, Sichuan, 610213, China

Abstract: The degree of standardization in the natural gas helium industry chain directly impacts the efficiency and safety of the entire helium supply chain, from resource exploration through extraction, purification, storage, transportation to application. This paper systematically reviews the policy directions, characteristics, and developmental trends of standardization systems internationally and in major helium-producing countries, with a focus on the framework and role of the International Organization for Standardization (ISO) and these countries in establishing general and fundamental helium standards. It thoroughly examines China's current standardization efforts, resource base, and industrial practices within the natural gas helium extraction industry chain, supplemented by comparative analysis of domestic and international situations. The research identifies several notable issues in China's helium standardization work, including lack of top-level design and systemic coordination, as well as fragmented and closed-system tendencies in the standard system, absence of key technology and core equipment standards, limited influence in international standardization, and the integration of standard implementation and application with industry needs to be strengthened. Recommendations include strengthening top-level design and

收稿日期：2026-03-17

基金项目：国家科技重大专项项目（2024ZD0603400）

作者简介：张瑞春（1987-），男，高级工程师，学士，主要从事天然气处理与加工研究工作。E-mail：zhangruich@ petrochina. com. cn

develop and implement dedicated plans; developing a coordinated and comprehensive standardization system covering the entire industry chain; concentrating efforts on key technology and equipment standards; striving to raise the level of international standardization; and strengthening the linkage between standard implementation and industrial policies.

Keywords: Natural gas helium extraction; Helium; Standardization; International standards; ISO; Industry chain; Group standards

0 前言

氦气被誉为“黄金气体”,是国家安全和高新技术产业发展不可或缺的重要资源[1-2]。标准化作为技术基础和管理手段,对于保障氦气供应安全、提升资源利用效率、促进技术创新和产业升级具有重要作用[3-4]。国际上,标准分为国际标准、区域标准、国家标准、团体/协会标准和企业标准。国际标准化组织(International Organization for Standardization,ISO)标准为全球贸易和技术交流提供基础语言。欧美发达国家以“技术法规(强制)+自愿性标准(市场)”模式,团体标准灵活高效。中国标准分为国家标准(GB)、行业标准(SY、HG 等)、地方标准(DB)、团体标准(T)和企业标准(Q)。

当前,全球氦气供应格局深刻调整,中国对外依存度高,产业链安全面临挑战[5]。然而,中国提氦标准化工作存在标准体系系统性不足、关键技术与核心装备标准短板突出、国际标准话语权微弱等问题。本文旨在分析国内外天然气提氦产业链标准化现状与趋势,剖析中国存在的问题,并提出发展建议。

1 天然气提氦产业链

全球氦气资源主要赋存于含氦天然气中,天然气提氦是获取氦气的主要方式[6]。完整的提氦产业链涵盖资源发现、生产、储存、运输、销售和应用等环节,见图 1[7]。

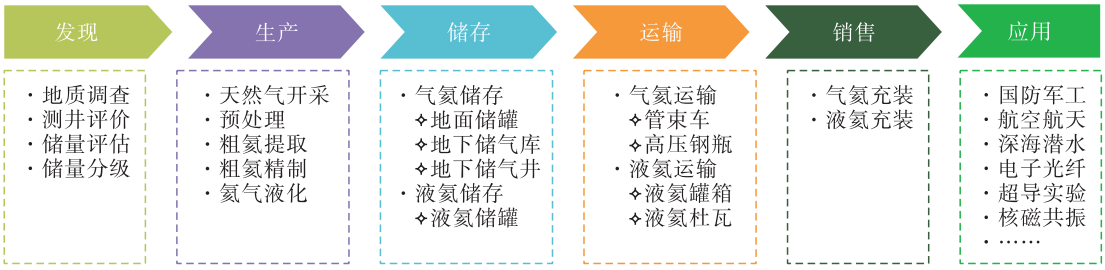

图 1 天然气提氦产业链示意图

Fig. 1 Helium extraction from natural gas industry chain

2 国际提氦标准化现状与趋势

2.1 ISO 的框架性作用

ISO 虽未直接对天然气提氦工艺制定产品标准,但在构建氦气产业全球通用的基础技术语言、分析方法基准和安全底线方面发挥着不可替代的核心框架性作用。其标准主要由相关技术委员会制定,侧重于跨区域及跨行业通用的分析方法、安全术语和基础规范,为国际贸易和技术交流搭建平台[8-9]。各国国家标准和团体标准通常在采纳或引用 ISO 标准的基础上,进一步细化和补充更具地域特色或针对产业链具体环节(如提氦工艺)的标准。

2.1.1 ISO 天然气技术委员会

ISO 天然气技术委员会(ISO/TC 193)与氦气纯度及组分分析最直接相关,成立于 1988 年,秘书处设在荷兰皇家标准化研究所(Royal Netherlands Standardization Institute,NEN),负责天然气术语、质量规格、测量方法、采样分析等标准化工作[10]。

该委员会制定的 ISO 6974-6:2002《天然气 在一定不确定度下用气相色谱法测定组成 第 6 部分:用三根毛细管色谱柱测定氢、氦、氧、氮、二氧化碳和 C1 至 C8 的烃类》直接服务于含氦天然气的资源评价和原料气检测。该委员会还制定了大量通用的气体采样、组分分析(色谱法、光谱法等)、水分测定等基础方法标准[11],是各国制定本国氦气产品纯度标准、检测方法标准时共同依赖的技术基础。

2.1.2 ISO 低温容器技术委员会

ISO 低温容器技术委员会(ISO/TC 220)是制定绝热容器领域国际标准最权威的技术组织,成立于 1999 年,秘书处设在法国标准化委员会(Association Francaise de Normalisation,AFNOR),负责真空和非真空低温容器的设计、安全附件、材料兼容性、隔热性能等标准制定及修订[12]。

该委员会制定的标准是全球液氦储运设备设计、制

造和安全的通用规范，主要有关于可运输真空绝热容器的系列标准 ISO 21029 和关于大型可运输真空绝热容器的系列标准 ISO 20421。

2.1.3　其他相关技术委员会

ISO 氢能技术委员会（ISO /TC 197）关于高压气瓶泄漏检测、阀门性能测试的部分标准，因技术相通性被氦气产业借鉴[13]。

ISO 核能、核技术与辐射防护技术委员会反应堆技术分委员会（ISO /TC 85 /SC 6）针对以氦气为冷却剂的高温气冷堆，制定相关系统与设备的标准[14]。

ISO 历年制定发布的氦气相关标准见表 1。总体而言，ISO 标准体系聚焦于氦气全球化贸易、安全储运及多元化高端应用的通用技术语言与安全基准，较少介入上游具体生产工艺。

表 1　ISO 历年制定发布的氦气相关标准表

Tab. 1　ISO standards related to helium over the years

标准代号	标准名称
ISO 15860:2006	空间系统 - 气体污染 - 现场测试的测量方法
ISO 21687:2007 *	用于铝生产的碳质材料 - 用氦气作为分析气体通过气体密度法（体积法）测定密度 - 固体材料
ISO 6974 - 6:2002 *	天然气　在一定不确定度下用气相色谱法测定组成　第 6 部分：用三根毛细管柱测定氢、氦、氧、氮、二氧化碳和 C1 至 C8 的烃类
ISO 21029 *	可运输真空绝热容器
ISO 20421 *	大型可运输真空绝热容器
ISO 21360 - 6:2023	真空技术 - 真空泵性能测量的标准方法　第 6 部分：低温真空泵
ISO 16247:2004 *	道路车辆 - 排气系统泄漏检测 - 氦气测试方法和检测设备规范
ISO 24807:2023	娱乐潜水服务 - 自循环潜水员训练要求 - 潜深至 100 m 的减压潜水
ISO 24806:2023	娱乐潜水服务 - 自循环潜水员训练要求 - 潜深至 60 m 的减压潜水
ISO 20486:2017	非破坏性测试 - 泄漏测试 - 气体参考泄漏校准
ISO 5359:2014	麻醉和呼吸设备 - 医用气体用低压软管组件
ISO 15002:2023	连接到医疗气体供应系统的流量控制装置
ISO 15859 - 4:2004 *	空间系统 - 液体特性、采样和测试方法　第 4 部分：氦
ISO 4233:2023 *	反应堆技术 - 核聚变反应堆 - 核聚变反应堆中高温承压部件的热氦气泄漏测试方法
ISO 9170 - 1:2017	医疗气体管道系统终端装置　第 1 部分：用于压缩医用气体和真空的终端装置
ISO 7396 - 1:2016	医用气体管道系统　第 1 部分：压缩医用气体和真空的管道系统
ISO 6892 - 4:2015 *	金属材料 - 拉伸试验　第 4 部分：在液氦中进行测试的方法
ISO 21969:2009	高压柔性连接用于医疗气体系统

注：“ * ”代表与氦气生产及应用环节直接相关的标准，其余为间接相关的标准。

2.2　主要国家 /地区标准化发展现状

国际上，天然气提氦产业化与标准化始于 20 世纪初的美国。美国依托丰富的含氦天然气资源，建立了从联邦氦气储备管理到市场化运营的完整天然气提氦体系，其标准化工作也相应发展成熟。欧盟、俄罗斯等主要氦气生产或供应国 /地区，也基于自身资源禀赋和产业特点，形成了各具特色的标准规范[15]。

2.2.1　美国

美国是全球氦气产业的发源地和领导者，其标准化进程与产业发展及政策演变深度绑定，形成了“政策法规划定底线、市场自愿性标准引领技术”的成熟模式。自愿性标准覆盖了氦气产品纯度、分析测试方法、储运设备安全（如 CGA 对长管拖车、液氦杜瓦的规定）及操作规范，极大地促进了技术创新和产业效率提升[16-17]。美国氦气产业政策与标准化演进关键节点见表 2。美国制定发布的氦气相关标准见表 3。

美国联邦法规设定资源开发、环保与劳工安全的基本门槛，而详细的技术指标、最佳实践和产品规范则由灵活高效的市场化团体标准提供。这种模式使得美国标准能够快速响应从传统烃类伴生氦到非烃类氦资源勘探（如科罗拉多高原的富氦、富二氧化碳气田）的技术变迁[18-19]。正因如此，以 ASTM、CGA 系列标准为代表的

表 2 美国氦气产业政策与标准化演进关键节点表

Tab. 2 Key milestones in the evolution of U. S. helium industry policy and standardization

阶段	核心政策 /事件	标准化阶段重点	关键标准组织 /活动
初始与统一化阶段(1925—1960 年)	《氦气保护法案》颁布,政府垄断	以保障国防和战略储备为核心,确保军用氦气质量与供应安全,建立统一规范	美国国防部主导规格制定,奠定了全球氦气高压储运、泄漏检测等关键技术的早期工业基础,其分级分类方法、检测指标被后续团体标准广泛采纳
体系化阶段(1960—1990 年)	《氦气法修正案》颁布,鼓励回收;太空计划需求	随着产能扩大,开始建立涵盖提取、纯化、储存的初步工业标准体系	政府机构与早期行业组织协同
市场化转型阶段(1996—2013 年)	《氦气私有化法案》颁布,政府退出销售	私有化激发市场活力,对产品分级、商业检测、储运安全的标准需求激增	美国材料与试验协会(American Society of Testing Materials, ASTM)、美国机械工程师协会(American Society of Mechanical Engineers, ASME)、压缩气体协会(Compressed Gas Association, CGA)等团体标准作用凸显,标准数量与专业性提升
创新与全球化阶段(2013 年至今)	《氦气管理法案》颁布,完全市场定价与拍卖	标准重点转向支持非常规资源勘探、液化技术、精细化应用及全球供应链管理	团体标准持续迭代,广泛被国际采纳或作为 ISO 标准基础

表 3 美国制定发布的氦气标准表

Tab. 3 Helium related standards established and issued by the U. S.

标准编号	标准名称
CGA G-9. 1:2018	氦的商品规格
CGA P-9:2022	惰性气体:氩、氮和氦
CGA M-2:2025	指定医疗气体制造标准
CGA P-12:2023	低温和制冷液体安全处理指南
CGA P-18:2020	散装惰性气体系统标准
CGA P-1:2022	容器中压缩气体安全处理标准
CGA C-7:2025	压缩气体的分类和标签指南
CGA V-1:2023	压缩气瓶阀出口和入口连接标准
CGA V-10:2023	高压气体拖车连接
CGA P-82:2019	转移软管维护标准-第一版
ASTM D8098-2023	用气相色谱和脉冲放电法测定 C2 和 C3 烃类产品的永久气体标准测试方法 氦离子化检测器
ASTM F2391-2022	使用氦气作为示踪气体测量包装和密封完整性的标准测试方法
ASTM D1945-2025	标准测试方法:气相色谱法分析天然气
ASTM E1450-2024	液氦中结构合金拉伸试验的标准测试方法
DOD MIL-V-24439A	阀门-氧气、氦气和氦氧混合气
DOD MIL-DTL-2(系列)	阀门,气缸-气体:氧气-氦气混合物
DOD MIL-STD-1441A	用于化学武器设备的氦泄漏检测
DOD MIL-PRF-27407B	推进剂加压剂,氦
DOD MIL-HDBK-1024/2	氦气工厂和储存
DOD BB-H-1168C	氦气,技术

美国标准事实上构成了全球氦气贸易与技术合作的基础语言。例如,ASTM D1945《天然气气相色谱分析标准》被 ISO 6974 系列广泛引用;CGA G-9. 1《氦的商品规格》中的纯度分级和检测要求为 ISO 相关标准制定提供了重要参考;CGA 对高压气瓶阀门口径和连接尺寸的规定也被 ISO 采纳为全球通用规范。

2.2.2 欧盟

欧盟氦气资源匮乏,主要依赖进口,标准化工作侧重于

危险化学品管理、储运安全、环境保护以及贸易相关的一致性要求。相关标准主要由欧洲标准化委员会(European Committee for Standardization,CEN)制修订,该委员会成立于1961 年,是以西欧国家为主体、各国国家标准化机构组成的非营利性国际组织,总部设于比利时布鲁塞尔,通过制定欧洲标准(EN)推动欧洲统一市场建设[20],其历年制定发布的氦气相关标准见表 4。此外,欧盟成员国也广泛采用 ISO 标准,德国标准化学会(Deutsches Institut fur Nor-mung,DIN)直接采用了 ISO 制定的相关标准,如 DIN EN 17527:2022《氦气低温容器—防止压力超高》。

表 4　CEN 历年制定发布的氦气相关标准表

Tab. 4　Helium standards established and issued by CEN over the years

标准代号	标准名称	标准范围
EN ISO 10286:2025	气瓶—术语	制造和使用气瓶及其他压力容器及其配件的术语
EN 17527:2021	氦低温恒温器—防止压力过高的保护	规定了防止液氦储罐防止压力过高须满足的最低要求,包括与超导磁体的低温储罐、氦制冷机和液化器的冷箱以及氦分配系统包括阀箱相关的具体风险
EN 1518:1998	非破坏性测试—泄漏测试—质谱泄漏检测器的表征	规定了用于表征质谱漏气检测器(Mass Spectrometer Leak Detector,MSLD)的术语和程序
EN ISO 10460:2018	气瓶—焊接铝合金、碳钢和不锈钢气瓶—周期性检验和测试	规定了用于压缩和液化气体并在压力下使用的水容量 0.5 ~ 150 L 的焊接铝合金、碳钢和不锈钢气瓶的定期检验和测试要求,验证气瓶完整性以供进一步使用
EN ISO 11114(系列):2000	气瓶—气瓶和阀门材料与气体内容物的兼容性	规定了移动或不可移动气瓶及其相连的阀门材料与其内部介质的兼容性,包括相关试验方法

2.2.3　俄罗斯

俄罗斯标准化体系以 GOST(ГОСТ)为核心,历经苏联计划管理演变为俄罗斯联邦技术法规与计量局(GOST R)管理的跨国标准。其发展轨迹体现了从计划经济标准体系向与国际标准(特别是 ISO)逐步接轨、同时保持自身战略管控的混合模式转变[21]。

俄罗斯是全球重要的氦气生产国和出口国,近年来随着东西伯利亚科维克塔气田、恰扬达气田等地大型天然气田的开发,氦气产量大幅提升。政府高度重视氦气,将其纳入国家矿产资源和高新技术产业发展规划,实行严格的资源管理和出口管控。依托 GOST 体系,俄罗斯建立了贯穿全产业链的严密规范,包括产品标准(ГОСТР 55461《氦气—技术条件》)、方法标准(ГОСТ 20461 -75《气态氦—用发射光谱分析法测定杂质体积分数的方法》)以及设备与安全标准。这套标准体系从含氦天然气勘探开发,到提氦工艺设计、产品检验、储存运输直至出口贸易,实施了全方位的技术管控,其根本目的在于保障俄罗斯战略资源利益、维护产业安全,并强化其在国际氦气贸易中的技术规则话语权。

同时,俄罗斯通过《俄罗斯联邦地下资源法》及国家规划构筑了严格的矿产资源管理框架,将氦气产业作为"西伯利亚力量"等大型能源项目的核心组成部分进行一体化开发[22]。

2.3　发展趋势与特点

全产业链安全与可靠性上,标准内容从最终产品纯度,向前延伸至资源勘探评价方法(引用 ISO 分析标准),向后覆盖液氦储运(遵循 ISO 容器标准)等环节,形成覆盖"井口到应用端"的安全链条。

前沿技术与装备上,随着从低品位、非常规天然气中提氦技术的发展,以及大型氦液化装置、液氦储运装备需求的增长,相关技术标准和性能测试标准成为研发热点。

资源综合利用与环境保护上,标准开始关注提氦过程的能耗指标、伴生资源协同开发及环境修复要求。ISO 的环境管理体系标准(ISO 14000 系列)为此提供了框架。

市场化与法规驱动相结合上,发达国家和地区普遍采用"技术法规(强制) + 自愿性标准(市场)"模式。ISO 标准常被技术法规引用作为符合性推定依据,自愿性标准(如 ASTM 标准)则提供更优技术方案。

3　中国天然气提氦产业链标准化现状

3.1　政策环境与发展基础

2023 年《关于推动内蒙古高质量发展的意见》发布,中国首次将氦气与稀土等列为战略性矿产资源,从国家层面确立其地位[23]。2024 年人大代表建议推动将氦产业纳入国家新兴产业规划[24-25]。2025 年新一轮找矿突破战略行动实现了氦气勘查"从无到有"的飞跃;同年"氦产业创新发展及共链行动"会议提出构建自主可控产业体系[26-28]。这些政策呈现从"资源勘探突破"到"产业体系构建"再到"国际话语权提升"的递进逻辑,为标准化工作提供了明确指引。中国发布的氦气相关政策及行动见表 5。

表 5　中国发布的氦气相关政策及行动表

Tab. 5　Policies and actions on helium issued in China

时间	政策 /行动名称	发布 /主导单位	关键内容与作用
2023 年 10 月	《关于推动内蒙古高质量发展奋力书写中国式现代化新篇章的意见》	国务院	加强稀土等战略资源开发利用。支持内蒙古战略性矿产资源系统性勘查评价、保护性开发、高质化利用、规范化管理
2025 年 1 月	新一轮找矿突破战略行动	自然资源部牵头组织实施	“十四五”期间氦气勘查实现“从无到有”的重大飞跃，新增大量探明储量，为中国开发奠定资源基础
2025 年 12 月	“氦产业创新发展及共链行动”会议	国家部委支持，各行业协会主办	行业会议明确要构建自主可控产业体系，攻克关键技术，并形成多元化进口格局，降低对外依存度
2024 年 3 月	相关产业规划与建议	代表、委员建议	多位全国人大代表、政协委员公开建议，将氦产业纳入国家新兴产业规划，完善储备体系，加强技术攻关

3.2　标准体系建设现状

中国已初步形成国家标准（GB）、行业标准（SY、HG等）、地方标准（DB）、团体标准（T）、企业标准（Q）的多层次标准体系。涉及氦气标准化的主要技术委员会包括：全国天然气标准化技术委员会（SAC /TC 244，对口ISO /TC 193）、全国气体标准化技术委员会（SAC /TC 206）、全国低温容器标准化技术委员会（SAC /TC 262）、全国核能标准化技术委员会（SAC /TC 58）。各标委会之间缺乏有效协调机制，导致标准体系存在碎片化。

根据全国标准信息公共服务平台公开信息显示，截至2026 年 3 月，现行氦气相关国家标准约 22 项，行业标准约 14项，地方标准 2 项，团体标准则呈现爆发式增长，已达 61 项。

3.2.1　国家标准与行业标准

现行与氦相关的国家标准见表 6、行业标准见表 7。

表 6　现行与氦相关的国家标准表

Tab. 6　Current national standards related to helium

标准号	标准名称	环节
GB /T 4844—2025	纯氦、高纯氦和超纯氦	生产
GB /T 28123—2025	工业氦	生产
GB /T 27894. 7—2025	天然气　用气相色谱法测定组成和计算相关不确定度　第 7 部分：用两根填充柱快速测定氦气含量	生产
GB /T 27894. 6—2012	天然气　在一定不确定度下用气相色谱法测定组成　第 6 部分：用三根毛细管色谱柱测定氢、氦、氧、氮、二氧化碳和 C1 至 C8 的烃类	生产
GB /T 46756—2025	无液氦稀释制冷机	应用
GB /T 46420—2025	磷灰石和锆石铀、钍、氦同位素测定与年龄计算方法	应用
GB /T 14078—2024	氦氖激光器技术规范	应用
GB /T 44238—2024	质子交换膜燃料电池汽车用氢气　氦、氩、氮和烃类的测定　气相色谱法	应用
GB /T 12257—2023	激光治疗设备　氦氖激光治疗机	应用
GB /T 41822—2022	核聚变堆高温承压部件的热氦检漏方法	应用
GB /T 228. 4—2019	金属材料　拉伸试验　第 4 部分：液氦试验方法	应用
GB /T 36176—2018	真空技术　氦质谱真空检漏方法	应用
GB /T 25151. 6—2014	尿素高压设备制造检验方法　第 6 部分：尿素高压设备氦渗漏试验方法	应用
GB /T 7257—2013	氦氖激光器参数测量方法	应用
GB /T 30109—2013	交流损耗测量　液氦温度下横向交变磁场中圆形截面超导线总交流损耗的探测线圈测量法	应用
GB /T 25448—2010	重水堆核电厂燃料棒束氦质谱泄漏检测	应用
GB /T 24556—2009	200 m 氦氧饱和潜水作业应急措施	应用
GB /T 24555—2009	200 m 氦氧饱和潜水作业要求	应用
GB /T 15823—2009	无损检测　氦泄漏检测方法	应用
GB /T 11813—2008	压水堆燃料棒氦质谱检漏	应用
GB /T 28726—2012	气体分析　氦离子化气相色谱法	应用
GB /T 28726—2025	气体分析　氦离子化气相色谱法	应用

表 7　现行与氦相关的行业标准表

Tab. 7　Current industry standards related to helium

标准号	标准名称	环节
SY /T 7780—2024	天然气提氦设计规范	生产
HG /T 5996—2022	氦气纯化器	生产
JBT 13630—2019	全无油润滑往复活塞氦气压缩机	生产
SH /T 1844—2024	工业用乙烯、丙烯中痕量氢气、一氧化碳、二氧化碳的测定　气相色谱-氦离子化检测法	应用
HG /T 5898—2022	激光焊接用混合气体　二氧化碳-氮气 /氦气	应用
EJ /T 20150. 11—2018	压水堆棒束型燃料组件辐照后检查　第 11 部分:燃料棒泄漏检测　氦质谱法	应用
NB /T 20464—2017	核电厂蒸汽发生器传热管在役氦泄漏检测	应用
HG /T 4985—2016	焊接用混合气体　氦 /氩	应用
HG 2172—1991	氦氖激光照相排字软片	应用
JT /T 743—2009	200 m 氦氧饱和潜水作业检查要求	应用
JT /T 744—2009	200 m 氦氧饱和潜水减压病处置原则	应用
YS /T 63. 9—2012	铝用炭素材料检测方法　第 9 部分:真密度的测定　氦比重计法	应用
JT /T 742—2009	200 m 氦氧饱和潜水气体配置要求	应用
JB /T 6249—1992	氦镉激光器主要参数测试方法	应用

由表 6 ~ 7 可见,相关标准主要集中在氦气产品质量、基础分析检测方法(部分等同采用 ISO 标准)及特定领域应用安全(医疗、潜水等),但均集中在生产与应用环节,未涉及资源评价与勘探、储存与运输等环节,由自然资源、能源、化工、机械、核工业等多部门归口管理,体现了氦气应用的跨行业特性。近年新修订的 GB /T 4844—2025《纯氦、高纯氦和超纯氦》将纯氦和高纯氦中的氖含量改为由供需双方商定。行业标准 SY /T 7780—2024《天然气提氦设计规范》填补了工程设计领域的空白。

3. 2. 2　团体标准

2017 年 11 月,全国人民代表大会常务委员会审议通过《中华人民共和国标准化法》修订案,修订后标准化法确立了团体标准的法律地位[29]。中国工业气体工业协会、中国石油和化工自动化应用协会等积极发力,团体标准成为当前最活跃、增长最快的标准板块。现行与氦相关的代表性团体标准(部分)见表 8。氦相关的团体标准主要包括以下特点。

表 8　现行与氦相关的代表性团体标准(部分)表

Tab. 8　Representative group standards related to helium(partial)

标准号	标准名称	环节
T /CNPCI 0017—2023	天然气中氦气资源量 /储量估算及分级分类方法	发现
T /CNPCI 0016—2023	天然气中氦气含量测定规范	发现
T /CCGA 90005—2024	氦气储量及资源评价技术规范	发现
T /CIET 1427—2025	液化天然气装置闪蒸气提取氦气装置	生产
T /CCGA 20007—2024	天然气提氦系统技术规范	生产
T /CCGA 20008—2024	液氦生产系统安全技术规范	生产
T /CCGA 20017—2024	液氦杜瓦技术要求	储存
T /CCGA 20015—2024	液氦贮罐安全使用技术规范	储存
T /CCGA 20013—2024	氦气瓶安全使用技术规范	储存
T /CCGA 20016—2024	液氦罐式集装箱安全使用技术规范	运输
T /CCGA 20014—2024	氦气长管拖车安全使用技术规范	运输
T /CCGA 10009—2024	液氦集散站设计和运行安全技术规范	销售
T /CCGA 20011—2024	光纤冷却氦气循环利用装置技术规范	应用
T /CCGA 20010—2024	低温超导磁体氦气回收纯化系统技术规范	应用
T /GDCKCJH 046—2021	氦质谱检漏仪性能要求与检测方法	应用

1)响应快速:迅速跟进液化天然气闪蒸气提氦、页岩气/煤层气伴生氦评价、氦气液化器、液氦储运设备等新兴技术和市场热点。

2)覆盖全产业链:从 T/CNPCI 0017—2023《天然气中氦气资源量/储量估算及分级分类方法》、T/CCGA 20007—2024《天然气提氦系统技术规范》,到 T/CCGA 20017—2024《液氦杜瓦技术要求》、T/CCGA 10010—2024《氦气球安全操作技术规范》,再到 T/CNS 74—2022《高温气冷堆氦气使用要求》,初步勾勒出全产业链标准框架。

3)产—学—研用协同:起草单位广泛包含科研院所(如中国科学院理化所、中国石油勘探开发研究院等)、龙头企业、高校和检测机构,凝聚了行业共识。

3.3 存在问题与不足

尽管中国提氦标准化工作取得了积极进展,对照产业发展需求和国际先进水平,仍存在以下问题。

1)标准体系缺乏顶层设计与系统协同且存在多头分散与封闭性倾向。现有标准多为“点状”分布,来自不同行业主管部门和社团组织,缺乏国家层面的全产业链标准体系规划。更为深层次的问题是,由于中国氦气对外依存度极高,中国各研究机构和企业为争夺有限的技术主导权,在相关技术与标准预研上存在一定程度的竞争性,倾向于封闭研究,对阶段性成果和核心数据共享不足。这种“各自为战”的状态不仅加剧了标准制定的分散化,也严重阻碍了产—学—研用之间的深度协同与技术融合。此外,中国标准化技术组织与国际对口机构(如 ISO)的工作联动不足,难以形成合力参与和影响国际标准制定。

2)关键技术与核心装备标准短板突出。适用于中国低品位及复杂组分含氦天然气的精细化资源评价标准、高效低能耗提氦工艺标准尚不完善。大型氦液化器系统、大型液氦储罐、液氦运输装备等关键装备的设计、制造、测试、安全运营等标准近乎空白,而这些正是 ISO/TC 220 及发达国家标准体系的核心优势所在。

3)国际标准话语权微弱。中国尚未牵头制定任何氦气领域国际标准,在相关技术机构中的话语权匮乏,先进工程实践未能及时转化为国际标准。

4)标准实施应用与产业结合度有待加强。部分标准,特别是新兴的团体标准,制定后宣贯力度不足,在行业内知晓率和采用率不高。标准与产业政策、市场准入、监管要求的衔接不够紧密,未能充分发挥标准对提升产业整体技术和安全水平的支撑作用。

4 对策与建议

我国天然气提氦标准化工作经历了从无到有、从单一产品标准向产业链延伸的发展阶段。近年来团体标准发展迅猛,已初步覆盖产业链各环节,但标准层次不够高,缺乏权威性和强制性;国家标准和行业标准仍集中于产品纯度、检测方法及特定应用领域,尚未形成覆盖全产业链的完整体系。与美、欧、俄等相比,关键短板主要有:资源评价与储量分级标准不完善,大型氦液化器、储运等核心装备标准缺失,提氦工艺能耗及碳排放标准空白,回收再利用环节无统一规范,国际标准话语权微弱。为此,提出以下对策建议。

1)加强顶层设计,制定实施专项规划。由国家标准化管理委员会联合国家能源局、自然资源部、工业和信息化部、科技部等部门,成立氦气产业链标准化工作组,研究制定氦气产业链标准化发展专项规划。明确发展目标、重点领域、标准体系框架和实施路径,统筹协调各环节、各行业、各层级标准的制定,避免重复和矛盾。规划时应明确国际标准化策略,统筹协调国内标准并推动与国际标准的衔接互认。

2)建立全产业链协同标准体系。围绕“资源勘探—气田开发—氦气提取—精制液化—储存运输—回收利用—多元应用”链条,系统梳理现有标准,绘制标准体系图谱,加快填补体系空白。特别要优先研制低品位氦资源经济性评价、复杂工况提氦工艺优化、大型低温装备等关键短板标准。在制定这些标准时,积极参考和采纳适用的 ISO 基础标准(如分析、安全),确保与国际接轨。

3)集中攻关关键技术与装备标准。设立国家科技专项或重点研发计划,将“大型氦液化与储运装备关键技术及标准研究”“超低温控制阀关键技术及标准研究”等列为重点任务。具体实施路径包括:组建产—学—研—用标准联合攻关组,由龙头企业牵头,联合科研院所、检测机构、标准化委员会,共同开展关键技术研发与标准研制同步进行;建立“技术研发—中试验证—标准编制—产业推广”的闭环模式,在科研项目验收中明确标准产出要求;对成熟技术,优先通过团体标准快速验证,再升级为行业标准或国家标准。

4)大力提升标准国际化水平。支持有条件的团体牵头组建 ISO/TC 对口领域国内专家组,鼓励中国专家积极参与并争取主导氦气资源、提氦技术、特种装备等领域的国际标准制修订工作。精选国内成熟的特色技术,如 LNG 闪蒸气提氦、伴生氦资源评价、特定地域提氦工艺优化等方面的先进实践和技术标准,培育转化为国际标准或区域标准。结合“一带一路”能源合作,推动中国标准在海外项目示范应用。

5)强化标准实施与产业政策联动。在产业扶持政策、重大工程招标、安全生产监管、产品质量监督中,积极引用和采信先进适用的国家标准和团体标准。建立标准实施效果评估机制。加强对全产业链从业人员的

标准化培训,提升行业整体标准化意识与执行力。

参考文献:

[1] 李均方,张瑞春,何　伟. 变压吸附在粗氦纯化工艺中的流程优化研究[J]. 石油与天然气化工,2022,51(3):47-55.
Li Junfang, Zhang Ruichun, He Wei. Study on process optimization of pressure swing adsorption in crude helium purification process [J]. Chemical Engineering of Oil and Gas, 2022, 51 (3): 47-55.

[2] 李均方,张瑞春,何　伟,等. 真空变压吸附法纯化氦的实验研究[J]. 天然气与石油,2025,43(6):10-15.
Li Junfang, Zhang Ruichun, He Wei, et al. Experimental study on helium purification using vacuum pressure swing adsorption [J]. Natural Gas and Oil, 2025, 43 (6): 10-15.

[3] 国家标准化管理委员会. 中国标准化发展年度报告(2023年)[R/OL]. (2024-03-28)[2026-01-23]. https://www.sac.gov.cn/xw/bzhdt/art/2024/art_ed9fa13f542c4b9aa40188eb0e8349f7.html.
National Standardization Administration. Annual report on standardization development of China (2023) [R/OL]. (2024-03-28)[2026-01-23]. https://www.sac.gov.cn/xw/bzhdt/art/2024/art_ed9fa13f542c4b9aa40188eb0e8349f7.html.

[4] 邓　玲,赵国君,郑祎凡. 标准化助力自然资源节约集约利用[J]. 标准科学,2023(10):83-87.
Deng Ling, Zhao Guojun, Zheng Yifan. Standardization promotes the economical and intensive use of natural resources [J]. Standard Science, 2023 (10): 83-87.

[5] 陈践发,刘凯旋,董劼伟,等. 天然气中氦资源研究现状及我国氦资源前景[J]. 天然气地球科学,2021,32(10):1436-1449.
Chen Jianfa, Liu Kaixuan, Dong Qingwei, et al. Research status of helium resources in natural gas and prospects of helium resources in China [J]. Natural Gas Geoscience, 2021, 32 (10): 1436-1449.

[6] 廖维仁. 用深冷法从天然气中回收氦气[J]. 天然气工业,1984,4(2):69-74.
Liao Weiren. Recoverying helium from natural gas by cryogenic method [J]. Natural Gas Industry, 1984, 4 (2): 69-74.

[7] 蒲黎明,李莹珂,王　科. 中国天然气提氦产业链技术发展现状及展望[J]. 天然气与石油,2024,42(3):1-6.
Pu Liming, Li Yingke, Wang Ke. Current status and prospects of technological development of helium extraction from natural gas industrial chain in China [J]. Natural Gas and Oil, 2024, 42 (3): 1-6.

[8] 陈俊华,郭辰晨,徐静婷,等. 国内外标准必要专利政策法规发展态势研究[J]. 标准科学,2026(1):120-128.
Chen Junhua, Guo Chenchen, Xu Jingting, et al. Study on the tendency of domestic and foreign standard essential patent policies and regulations [J]. Standard Science, 2026 (1): 120-128.

[9] 李治平,韩　冰. 采矿标准化现状与思考[J]. 中国矿业,2025,34(5):99-107.
Li Zhiping, Han Bing. Current situation and consideration of mining standardization [J]. China Mining Magazine, 2025, 34 (5): 99-107.

[10] ISO. Technical Committees ISO/TC193 Natural gas [EB/OL]. [2026-02-11]. https://www.iso.org/committee/54448.html.

[11] ISO. ISO/TC193/SC3 Upstream area [EB/OL]. [2026-02-11]. https://www.iso.org/committee/54506.html.

[12] ISO. Technical Committees ISO/TC220 Cryogenic vessels [EB/OL]. [2026-02-11]. https://www.iso.org/committee/54990.html.

[13] ISO. Technical Committees ISO/TC197 Hydrogen technologies [EB/OL]. [2026-02-11]. https://www.iso.org/committee/54560.html.

[14] ISO. ISO/TC85/SC6 Reactor technology [EB/OL]. [2026-02-11]. https://www.iso.org/committee/50354.html.

[15] 王海华. 美国氦工业发展历程、氦资源勘探进展及启示[J]. 天然气技术与经济,2025,19(1):76-82.
Wang Haihua. Helium resources in the USA: Industrial development, exploration and enlightenment [J]. Natural Gas Technology and Economy, 2025, 19 (1): 76-82.

[16] Cady H P, Mcfarland D F. Helium in natural gas [J]. Science, 1906, 24 (611): 344.

[17] Grynia E, Griffin P J. Helium in natural gas-occurrence and production [J]. Journal of Natural Gas Engineering, 2016, 1 (2): 163-215.

[18] Matthew R. Expanding the gaint: A review of the Hugoton area's gas fields first 100 years of development in the Permian's hydrocarbon-helium gas system [C]// GeoConvention 2023 Technical Abstracts, May 15-17, 2023, Calgary, Canada. Calgary: GeoConvention, 2023.

[19] 杨怡青,陶士振,陈　悦. 美国典型富氦无机成因气田中氦气地质特征与聚集机制[J]. 地学前缘,2024,31(1):327-339.
Yang Yiqing, Tao Shizhen, Chen Yue. Geological characteristics and mechanism of helium accumulation in typical abiotic helium-rich gas fields in the United States [J]. Earth Science Frontiers, 2024, 31 (1): 327-339.

[20] CEN. CEN, the European Committee for Standardization, is an association that brings together the National Standardization

Bodies of 34 European countries [EB/OL]. [2026-02-11]. https://www.cencenelec.eu/about-cen/.

[21] RSI. Russian Standardization Institute history [EB/OL]. [2026-02-11]. https://en.gostinfo.ru/pages/About/history/.

[22] Kontorovich A E, Eder L V, Filimonova I V, et al. Key problems in the development of the power of Siberia Project [J]. Regional Research of Russia, 2018, 8(1): 92-100.

[23] 中华人民共和国国务院. 中共中央国务院关于推动内蒙古高质量发展奋力书写中国式现代化新篇章的意见[EB/OL]. (2023-10-05)[2026-01-23]. https://www.gov.cn/gongbao/2023/issue_10786/202310/content_6912659.html.

The State Council of the People's Republic of China. Opinion of the Central Committee of the Communist Party of China and the State Council on promoting high-quality development in the Inner Mongolia Autonomous Region and endeavoring to write a new chapter in Chinese modernization [EB/OL]. (2023-10-05) [2026-01-23]. https://www.gov.cn/gongbao/2023/issue_10786/202310/content_6912659.html.

[24] 邓朗妮. 夯实"大国储备"基础 提升我国氦气国际影响力和话语权[N/OL]. (2025-03-04)[2026-01-23]. https://www.rmlt.com.cn/2025/0304/724500.shtml.

Deng Langni. Strengthening the foundation of "Strategic Reserves of a Major Country" and enhancing China's international influence and say in the helium market [N/OL]. (2025-03-04) [2026-01-23]. https://www.rmlt.com.cn/2025/0304/724500.shtml.

[25] 黄宝荣. 发展立足国内、自主可控的氦产业及相关技术[N/OL]. (2024-03-10) [2026-01-23]. https://lianghui.people.com.cn/2024/BIG5/n1/2024/0310/c458609-40193039.html.

Huang Baorong. Develop a domestically based, independently controllable helium industry and related technologies [N/OL]. (2024-03-10) [2026-01-23]. http://lianghui.people.com.cn/2024/BIG5/n1/2024/0310/c458609-40193039.html.

[26] 环球网. 我国锂、锆铪、氦气、稀土等战略性新兴产业相关矿产取得重大突破[N/OL]. (2025-01-15)[2026-01-23]. https://china.huanqiu.com/article/4L4ypOFWAR8.

Huanqiu.com. Significant breakthroughs have been achieved in China in minerals associated with strategic emerging industries, such as lithium, zirconium and hafnium, helium, and rare earth elements [N/OL]. (2025-01-15) [2026-01-23]. https://china.huanqiu.com/article/4L4ypOFWAR8

[27] 华夏时报. 自然资源部:"十四五"期间新发现10个大型油田、19个大型气田,氦气不再依赖进口[N/OL]. (2025-09-10)[2026-01-23]. https://www.chinatimes.net.cn/article/147584.html.

China Times. Ministry of Natural Resources: During the 14th Five-Year Plan period, 10 major oilfields and 19 major gas fields were newly discovered, and China is no longer reliant on imports for helium [N/OL]. (2025-09-10) [2026-01-23]. https://www.chinatimes.net.cn/article/147584.html.

[28] 中国工业气体工业协会. 2025 中国氦产业创新发展论坛暨中国氦产业共链行动会议在杭州成功召开[N/OL]. (2025-12-06) [2026-01-23]. https://www.cigia.org.cn/index.php?m=home&c=View&a=index&aid=7828.

China Industrial Gases Industry Association. The 2025 China Helium Industry Innovation and Development Forum and the China Helium Industry Co-Chain Action Conference were successfully convened in Hangzhou [N/OL]. (2025-12-06) [2026-01-23]. http://www.cigia.org.cn/index.php?m=home&c=View&a=index&aid=7828.

[29] 国家标准化管理委员会. 中华人民共和国标准化法[EB/OL]. (2017-11-04)[2026-01-23]. https://www.sac.gov.cn/xw/bzhyw/art/2017/art_c8c43f36717b4b62b60817fb30b8dad3.html.

National Standardization Administration. Standardization Law of the People's Republic of China [EB/OL]. (2017-11-04) [2026-01-23]. https://www.sac.gov.cn/xw/bzhyw/art/2017/art_c8c43f36717b4b62b60817fb30b8dad3.html.