

我国页岩油标准现状与布局展望

吕昕倩¹ 韩睿婧¹ 张帆² 张晓阳¹ 张玉² 李思源¹ 丁飞¹

(1. 中国石油勘探开发研究院石油工业标准化研究所; 2. 中石油(上海)新材料研究院)

摘要: 页岩油勘探及开发活动在全球范围内的快速发展打破了传统的石油工业格局, 为能源安全提供了新的解决思路。本文通过对页岩油领域国内外标准的现状分析及研究, 提出了我国页岩油标准体系框架建议及六大页岩油重点标准研制方向。并针对当前页岩油领域面临的挑战, 提出了加强标准研发、完善标准体系、布局团体标准的建议, 以支撑推动技术创新和产业高质量发展。

关键词: 页岩油, 非常规能源, 国际标准

DOI编码: 10.3969/j.issn.1674-5698.2024.11.012

Analysis of Status and Future Development of Shale Oil Standards in China

LYU Xin-qian¹ HAN Rui-jing¹ ZHANG Fan² ZHANG Xiao-yang¹
ZHANG Yu² LI Si-yuan¹ DING Fei¹

(1. PetroChina Standardization Research Institute, PetroChina Research Institute of Petroleum Exploration & Development; 2. PetroChina Shanghai Advanced Materials Research Institute Co., Ltd.)

Abstract: The rapid development of shale oil exploration and development activities worldwide has disrupted the traditional oil industry landscape, providing new solutions for energy security. By analyzing and researching the current state of domestic and international standards in the field of shale oil, this paper proposes a framework for China's shale oil standards system, and six key directions for the development of shale oil standards. In response to the challenges faced in the shale oil field, the paper suggests strengthening standards research and development, improving the standards system, and making an overall plan for association standards to support and promote technological innovation and high-quality development of the industry.

Keywords: shale oil, unconventional energy, international standards

基金项目: 本文受中国石油天然气股份有限公司科学研究与技术开发项目“平昌-万源地区页岩油气开发技术研究与先导试验”(课题编号: 2022KT1007)资助。

作者简介: 吕昕倩, 油气田开发专业博士, 工程师, 从事油气田开发、国际标准化研究与管理。

韩睿婧, 工程师, 从事油化剂及国际标准化研究与管理。

张帆, 工程师, 从事团体标准化研究与管理。

张晓阳, 工程师, 从事国际标准化、API标准研究与管理。

张玉, 正高级经济师, 从事油气田开发、标准化研究与管理。

李思源, 工程师, 从事行业及团体标准化研究与管理。

丁飞, 高级工程师, 从事国际标准化研究与管理。

0 引言

页岩油作为一种新兴的非常规能源,在全球能源结构中占据着日益重要的地位。随着技术的进步和 market 需求的增加,页岩油的勘探与生产活动在全球范围内迅速扩展。这不仅改变了传统石油工业的格局,也为能源安全提供了新的解决方案。页岩油资源主要集中在美国、中国、阿根廷、俄罗斯和加拿大等国家^[1]。美国凭借其丰富的页岩油资源和成熟的开发技术,已成为全球最大的页岩油生产国。中国页岩油资源潜力巨大,但地质条件复杂,勘探和开发难度较大,页岩油的规模开发仍需要大量技术攻关与突破。页岩油标准在页岩油的规模开发中起到了重要的作用,随着页岩油领域标准体系的建立与完善,可以有效的提高开发效率、降低成本、保障能源安全和推动产业高质量发展。

1 页岩油勘探开发现状

相较于我国,北美对页岩油(Shale Oil)的定义更为广义,一般是指蕴藏在低孔隙度、低渗透率致密储层中的石油,包含页岩油和致密油。我国对页岩油与致密油则有较为清晰的定义,按照富集层系和流度等性质进行了划分。GB/T 38718-2020《页岩油地质评价方法》中定义“赋存于富有机质页岩层系中的石油。富含有机质页岩层系烃源岩内粉砂岩、细砂岩、碳酸盐岩单层厚度不大于5m,累计厚度占页岩层系总厚度比例小于30%。无自然产能或低于工业石油产量下限,需采用特殊工艺措施才能获得工业石油产量。”

从地质条件看,北美页岩油以海相沉积为主,面积更大、分布稳定,资源丰度更高、资源量更大;地层能量较强,大部分页岩区块热演化程度适中,具有“以气带油”的生产特征。我国页岩油则以陆相沉积为主,构造沉积背景复杂,横向变化大,非均质性强,源储分布相对局限^[2]。

以美国为代表的北美页岩油勘探开发技术较为成熟,尤其在水平井钻井技术和压裂技术方面具有显著优势,使得页岩油开采风险降低,整体开

发效果提升。在产量方面,在经历两次页岩油革命之后,产量在过去几年中快速增长,提升了钻完井效率,降低了建井成本,提高了单井产量^[3]。

我国的页岩油勘探开发技术已取得了显著的进展,已经形成了具有中国特色的陆相页岩油富集理论认识和配套的勘探开发关键技术^[4],包括地质评价、优化快速钻井、多级水力压裂、产能评价和开发参数优化等。随着中国陆相页岩油勘探开发技术的不断优化,年产量迅速增加,有望实现更大规模的商业化开发,成为国家能源安全的重要支撑。

2 页岩油领域标准现状

在国际标准层面,国际上油气领域的国际标准或者国外先进标准主要有国际标准化组织(ISO)、国际电工委员会(IEC)、欧洲标准化委员会(CEN)、美国石油学会(API)、ASTM国际标准组织及国际海事组织(IMO)等。调研发现,目前国际标准化组织(ISO)、美国国家标准协会(ANSI)、美国石油协会(API)等组织针对页岩油勘探开发尚未发布相关标准。

在国家标准层面,我国已正式颁布了5项页岩油领域的国家标准(见表1),其中包括2023年新增的3项标准。截至2024年9月,最新公布的国家标准计划尚未涵盖页岩油领域的新标准计划。

表1 页岩油领域已发布国家标准

序号	标准名称	标准编号
1	石油天然气工业 页岩油气井套管选用及工况适用性评价	GB/T 43231-2023
2	页岩油地质甜点评价技术规范	GB/T 43126-2023
3	页岩油产能评价技术规范	GB/T 43125-2023
4	页岩油地质评价方法	GB/T 38718-2020
5	煤基伴生油页岩油	GB/T 35063-2018

在行业标准层面,我国页岩油领域现行有效的行业标准共计16项(见表2),其中2项为石油天然气行业标准,发布于2016至2019年期间;14项为能源行业标准,均为2023年新发布标准,由能源行业页岩油标准化技术委员会提出并归口。自2020年6月国家能源局批准成立能源行业页岩油标准化技术委员会以来,该标委会便承担起页岩油相关

行业标准的制定工作。其标准覆盖了页岩油地质分析、地质评价、钻完井工艺、储层改造、气藏开发、地面建设、安全环保以及经济评价等多个关键技术领域。

表2 页岩油领域已发布行业标准

序号	标准名称	标准编号	归口单位
1	页岩油 页岩动态储层物性及裂缝分析方法	NB/T 11290-2023	能源行业页岩油标准化技术委员会
2	中高成熟度页岩油采油工程设计规范	NB/T 11289-2023	能源行业页岩油标准化技术委员会
3	页岩油天然能量衰竭开采岩心实验方法	NB/T 11288-2023	能源行业页岩油标准化技术委员会
4	原位转化页岩油有利区评价方法	NB/T 11286-2023	能源行业页岩油标准化技术委员会
5	页岩油井壁稳定性测试及评价方法	NB/T 11285-2023	能源行业页岩油标准化技术委员会
6	页岩油集输设计技术规范	NB/T 11284-2023	能源行业页岩油标准化技术委员会
7	页岩油单井评价技术规范	NB/T 11283-2023	能源行业页岩油标准化技术委员会
8	中高成熟度页岩油钻井工程设计	NB/T 11282-2023	能源行业页岩油标准化技术委员会
9	页岩油储层可压性评价方法	NB/T 11281-2023	能源行业页岩油标准化技术委员会
10	页岩油储层压裂液体系、压裂施工及效果评价技术规范	NB/T 11280-2023	能源行业页岩油标准化技术委员会
11	页岩油测井资料解释技术规范	NB/T 11278-2023	能源行业页岩油标准化技术委员会
12	原位转化页岩油地质评价规程	NB/T 11277-2023	能源行业页岩油标准化技术委员会
13	页岩油原位转化地质实验项目要求	NB/T 11276-2023	能源行业页岩油标准化技术委员会
14	页岩油 术语	NB/T 11275-2023	能源行业页岩油标准化技术委员会
15	页岩油储量计算规范	SY/T 7463-2019	石油工业标准化技术委员会
16	致密油气及页岩油气地质实验规程	SY/T 7311-2016	石油工业标准化技术委员会

随着国家标准化改革的稳步推进，团体标准于2018年正式确立法律地位。作为反映先进生产力的市场自主制定标准，与国家标准、行业标准、地方标准等政府主导制定的标准共同构成新型标准体系。在团体标准层面，中国石油学会标准化工作委员会（石油团标委）于2021年4月成立，截止2024年8月，共发布13项标准，暂未对页岩油标准领域进行规划。

通过对于国际、国家、行业 and 团体4个层级中

页岩油标准的调研分析，国际标准层面尚无页岩油领域标准可依，且页岩油领域的国际标准还要受限于国际标准制定周期及国际通用性的限制。在国家/行业标准层面，页岩油领域标准正在快速推进，处于蓬勃发展的阶段，但发展时间较短，目前尚未形成一个成熟的标准体系。这一现状在一定程度上限制了页岩油勘探开发技术的高质量发展，亟需进一步完善和强化。在团体标准层面，团体标准作为最新设立的一级标准，可以看作是页岩油标准领域的“蓝海”。由于团体标准具有自愿性，是市场自主制定的标准，以市场和创新需求为目标，更侧重于满足市场和创新需求，因此，页岩油领域先进技术可以优先考虑制定团体标准以满足对市场快速响应的需求。

3 我国页岩油标准体系现状

在构建我国页岩油标准体系框架的过程中，核心目标是为页岩油产业的关键环节（即勘探、开发、生产以及环境保护等方面），提供一套科学、系统的标准化指导原则。通常来说，标准体系框架的构建可以涉及多级标准，涵盖了国际标准、国家标准、行业标准、团体标准、地方标准以及企业标准，形成了一个多层次、互为补充的标准体系结构。

通过对常规油气领域的标准现状进行全面的梳理与深入分析，我们发现在该领域内，国家标准共计发布了29项，而行业标准则更为丰富，已发布504项，这些标准广泛分布于通用、物探、地质、钻井、测井、开发、采油等多个专业方向（见表3），为页岩油领域的标准化工作提供了宝贵的经验和参考。

表3 常规油气领域标准统计

常规油气			
专业方向	国家标准	行业标准	合计
通用	2	1	3
物探	2	50	52
地质	8	112	120
钻井	11	74	85
测井	0	73	73
开发	6	78	84
采油	0	116	116
合计	29	504	533

在页岩气领域,通过对其标准现状的全面梳理和分析(见表4),现阶段,页岩气领域已发布国家标准28项,行业标准141项,涵盖通用基础、地质评价、地震与测井、钻完井工艺、储层改造、气藏开发和安全生产等6个专业领域。页岩气标准体系在常规油气领域标准体系的基础上,直接采用全国天然气标准化技术委员会、全国石油天然气标准化技术委员会制定的1600项与页岩气领域相关的常规油气标准基础,制定页岩气特色标准173项,共计1773项标准^[5]。

当前,我国页岩油标准体系整体呈现出初步构建与快速发展并存态势,主要由国家标准和行业标准两个层级构成。尽管与常规油气领域及页岩气领域相比,现行页岩油领域的标准数量相对较少,专业覆盖面也不够广泛,但随着技术进步和产业需求的推动,我国已经在页岩油地质勘探、地球物理技术、钻井、测录井、油田开发和采油工程等方面取得了显著进展,并构建了初步的标准体系。此外,页岩油领域相关标准的制定工作也在逐步推进,以适应页岩油勘探开发的新需求及支撑页岩油产业的高质量发展。

表4 页岩气领域标准统计

页岩气			
专业方向	国家标准	行业标准	合计
通用基础	3	1	4
地质评价	9	28	37
地震与测井	0	6	6
钻完井工艺	1	34	35
储层改造	1	33	34
气藏开发	5	22	27
安全生产	9	17	26
合计	28	141	169

4 页岩油标准体系展望与建议

页岩油标准体系的发展可以借鉴页岩气领域

的成功经验,在常规油气领域标准体系的基础上结合自身特色进行发展和完善,这样既可以避免标准之间的交叉重复,又可以满足快速发展完善的需求。运用综合标准化的理论,以系统性、层次性和可持续性为原则,在现有常规油气领域及页岩气领域专业划分的基础上,从页岩油地质、油藏、开发、室内试验等方向开展了对比研究,对页岩油领域的标准体系进行了总体规划。充分考虑国家、行业、团体、企业及国际标准“五位一体”布局,初步规划页岩油标准体系框架,一级门类1个,二级门类4个,三级门类21个,如图1所示。

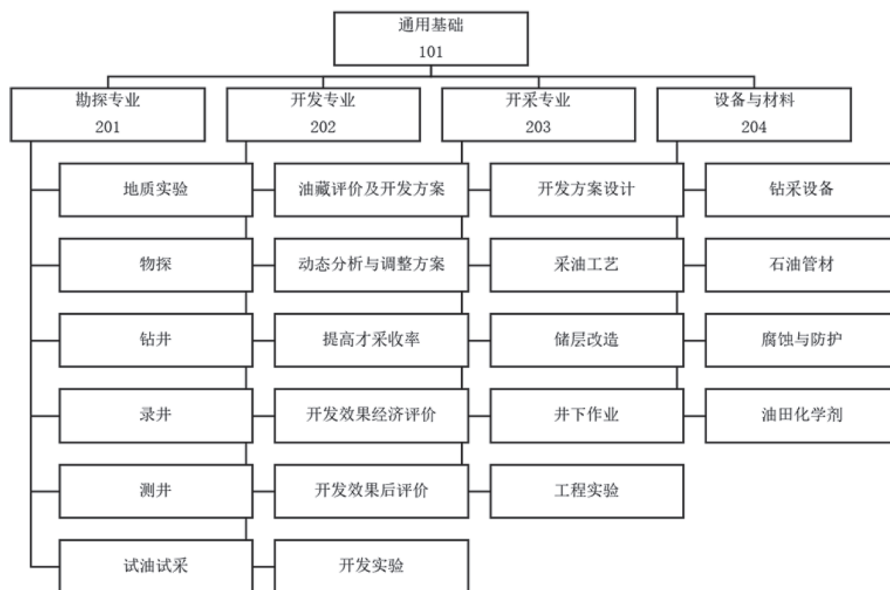


图1 页岩油标准体系框架设计

目前,页岩油标准仍处于起步和发展阶段,标准体系还需优化完善、标准群组仍需持续补充。现阶段页岩油标准体系,部分关键环节缺乏明确的标准指导。随着页岩油勘探开发等技术的快速发展,受限于国家标准及行业标准制定周期的限制,现有标准往往难以跟上技术革新的步伐,导致标准的制定与更新存在一定的滞后性。未来,应继续持续加大对页岩油标准研发的投入,特别是针对新技术、新工艺的标准制定。针对一些暂时无法通过国家标准或者行业标准立项但存在强烈市场需求的标准项目,可考虑在团体标准层面立项和研制,确保标准能够及时更新以适应行业发展。

通过对于现有页岩油勘探开发等技术发展现

状、趋势及标准需求的分析,提出了6大标准重点研制建议方向,包括储层分类评价、产能评价、储量分类评价、相态分析、试采、开发方案等,见图2。通过不断的完善标准体系,构建全面、系统的页岩油标准体系,覆盖勘探、开发、生产等各个环节,确保页岩油资源的有效开发和利用。(1)储层分类评价是页岩油勘探开发的基础。通过对不同储层的分类和评价,可以更准确地识别出具有开发潜力的区域,从而提高勘探的成功率。(2)产能评价是衡量页岩油田经济效益的关键指标。通过科学的产能评价,可以预测油田的产量,为开发方案的制定提供数据支持。(3)储量分类评价则是对页岩油资源量的科学评估,它不仅关系到资源的合理利用,还直接影响投资决策和开发策略。(4)相态分析在页岩油开发中也占据重要地位。通过对页岩油在不同压力和温度条件下的相态变化进行分析,可以更好地理解油藏的物理和化学特性,为开发方案的设计提供科学依据。(5)试采是页岩油开发的重要环节,通过试采可以验证开发方案的可行性,获取实际生产数据,为后续的大规模开发提供参考。(6)开发方案的制定是页岩油开发的核心,一个科学合理的开发方案不仅可以提高开发效率,还能最大限度地减少对环境的影响。同时,为确保标准得到有效执行,还应加强标准的实施监督。通过建立健全的监督机制,可以及时发现和纠正标准执行中的问题,确保标准的严格执行,以构建一个科学、规范、高效的页岩油标准体系,

推动页岩油产业的可持续发展。

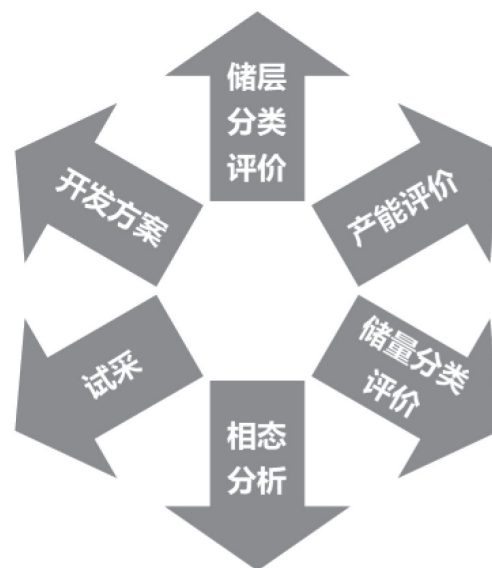


图2 页岩油标准重点研制方向建议

5 结论与认识

页岩油标准体系的建立和完善是推动引领行业健康发展的关键,是页岩油产业的可持续发展的坚实基础。本文通过对北美页岩油及我国页岩油勘探开发现状、国内外页岩油领域标准现状的调研及分析,提出了我国页岩油标准体系框架建议及页岩油重点标准研制方向。并针对当前页岩油领域面临的挑战,提出了通过加强标准研发、完善标准体系、布局团体标准的建议,以快速且有力地支撑技术创新和产业高质量发展。

参考文献

- [1] 贾承造,王祖纲,姜林,等.中国页岩油勘探开发研究进展与科学技术问题[J]. 世界石油工业, 2024,31(04):1-11+13. DOI:10.20114/j.issn.1006-0030.20240530001.
- [2] 胡素云,白斌,陶士振,等. 中国陆相中高成熟度页岩油非均质地质条件与差异富集特征[J]. 石油勘探与开发, 2022,49(02): 224-237.
- [3] 侯堡怀. 北美页岩油气开发技术现状[J]. 化学工程与装备, 2022(10):218-219.DOI:10.19566/j.cnki.cn35-1285/tq.2022.10.059.
- [4] 袁士义,雷征东,李军诗,等. 陆相页岩油开发技术进展及规模效益开发对策思考[J]. 中国石油大学学报(自然科学版), 2023,47(05):13-24.
- [5] 乐宏,常宏岗,范宇,等. 中国页岩气技术标准体系建设与展望[J]. 天然气工业, 2020,40(04):1-8.