

非常规油气资源渗流力学进展专题序

蔡建超^{*,1)} 刘曰武^{†,2)}

^{*}(中国石油大学(北京)油气资源与探测国家重点实验室,北京 102249)

[†](中国科学院力学研究所,中国科学院流固耦合系统力学重点实验室,北京 100190)

石油和天然气在我国经济发展中起到了积极支撑作用. 随着经济发展的后石油时代到来,我国油气资源对外依存度已超出了能源安全的警戒线. 为保障国家能源安全,我国对非常规油气资源的开发力度大幅增加. 自 1996 年以来,我国在页岩油气、煤层气、致密油气以及天然气水合物等非常规油气资源勘探开发领域取得了显著进展. 作为非常规油气资源开发技术的理论基础,渗流力学也有了长足的发展.

《力学学报》本次组织的《非常规油气资源渗流力学进展专题》包含 12 篇研究型或综述型论文,涉及页岩油气、煤层气、致密油气及天然气水合物等非常规油气资源,旨在反映国内高校、科研院所及企业的科研人员在非常规油气资源开发渗流力学领域取得的最新进展,以促进学术交流,供从事相关领域的读者参考,期望能有所启迪.

非常规油气储层多尺度岩石力学. 青岛理工大学赵亚鹏等从三个尺度对含天然气水合物土微观力学特性的研究现状进行了系统总结,介绍了天然气水合物微观力学特性实验与数值模拟研究方面的最新进展,综合分析了含天然气水合物土内颗粒界面剪切机理及微观力学理论模型,探讨了含天然气水合物土微观力学研究仍存在的不足与挑战. 中国石油大学(北京)邸士莹等剖析了致密油藏裂缝尖端附近的应力场特征,建立了交叉裂缝扩展渗流模型,并提出了将注水吞吐转为不稳定脉冲注水的开发方式. 他们发现裂缝性致密油藏水平井脉冲注水方式能更充分发挥动态缝网的逆向渗吸及线性驱替作用,为致密油藏有效开发提供了理论支撑.

气体相平衡及吸附扩散规律. 四川大学章涛等针对页岩油气开发渗流中存在的相平衡计算问题,开发了一套具有热力学一致性的闪蒸计算方法,设计了高度自适应的深度学习算法和相应的深层神经网络结构,确定了最合适的网络架构和预测模型的基本结构,该方法在显著加速传统闪蒸计算的同时又保证了相平衡状态预测的准确性. 清华大学曾克成等针对现有损失气量估算方法误差大的问题,利用时变压力边界条件和柱坐标系求解一维扩散方程获得解析解,提出了变边界分段模型的损失气量估算新模型,从而能够反演出提钻和解吸两个阶段气体逸散的不同特征,并将模型在川南龙马溪组页岩储层开展了初步应用. 中国石油大学(华东)宋文辉等模拟了气体在不同形状有机质孔隙中的吸附过程,分析了孔隙形状对气体吸附规律的影响,建立了不同形状有机质孔隙内吸附气表面扩散数学模型和考虑气体滑脱的自由气流动模型,研究了不同因素对气体渗透率的贡献. 辽宁工程技术大学唐巨鹏等基于低场核磁共振弛豫原理建立了煤系页岩瓦斯吸附-解吸迟滞效应细观评价模型,模拟了不同储层

2021-08-16 收稿, 2021-08-17 录用, 2021-08-18 网络版发表.

1) 蔡建超, 教授, 主要研究方向: 多孔介质微观结构表征与流体渗流模拟. E-mail: caijc2016@hotmail.com

2) 刘曰武, 研究员, 主要研究方向: 渗流力学及工程应用. E-mail: Lywu@imech.ac.cn

引用格式: 蔡建超, 刘曰武. 非常规油气资源渗流力学进展专题序. 力学学报, 2021, 53(8): 2117-2118

Cai Jianchao, Liu Yuewu. Preface of theme articles on recent advances of porous flow in unconventional oil and gas resources. *Chinese Journal of Theoretical and Applied Mechanics*, 2021, 53(8): 2117-2118

原位应力状态下的煤系页岩瓦斯迟滞效应发生全过程, 定量研究了微观吸附态和游离态瓦斯以及宏观瓦斯的迟滞规律, 探究了其发生机理及其对深部煤系页岩瓦斯开采的影响, 对煤系页岩瓦斯赋存运移规律的准确认识具有重要参考意义。

提高采收率理论与方法. 上海大学李原等基于有效孔隙体积守恒原理和核磁共振技术建立了泡沫在非均质岩心中的动态稳定性评价方法, 并开展了双层非均质岩心泡沫驱油实验, 比较了纳米颗粒强化泡沫和表面活性剂泡沫的驱油效果和动态稳定因子. 他们发现纳米颗粒强化泡沫抑制了泡沫发展的不稳定阶段并提升了动态稳定因子最终的平衡值, 进而提高了泡沫在低渗层的波及范围和驱油效率. 西南石油大学贾虎等建立了电磁场-渗流场耦合作用下离子液体多孔介质流动模型, 研究了电磁场-渗流场耦合作用下多孔介质中离子液体流动规律, 分析了离子液体类型、电磁场方向和电致热量等因素对离子液体流动能力、驱油路径及驱油效率的影响, 为离子液体智能驱油提供了理论依据。

多物理场耦合多相渗流. 中国石油大学(华东)蔡少斌等建立了考虑热流固耦合作用下的非常规油气储层两相渗流模型, 实现了多场耦合作用下孔隙尺度油水两相渗流模拟, 分析了多种因素对岩心孔隙结构及油水两相渗流规律的影响, 对深化认识非常规深层油气资源开发过程中多物理场耦合作用下的复杂多相渗流问题具有重要促进作用. 中国矿业大学马天然等针对非常规油气资源开发过程中多相渗流及固体变形耦合的关键问题, 建立了考虑毛细压力和重力作用的可压缩两相渗流与孔隙介质变形耦合方程, 推导了流体方程的非对称内罚伽辽金弱形式和固体变形方程的非完全内罚伽辽金弱形式, 针对性地给出了二维和考虑重力作用的三维算例, 研究结果对认识多孔介质内多相流动和固体变形耦合特征具有重要理论意义。

渗流模型建立与求解. 中国石油大学(北京)王志凯等通过离散裂缝网络实现了三维裂缝形态有效表征, 建立并求解了三维压裂缝网不稳定压力半解析模型, 提出了结合积分中值定理的面源函数求解方法, 提升了半解析模型计算效率, 可为三维缝网油井动态分析提供理论支撑. 中国石油大学(北京)陈志明等考虑海陆过渡相页岩气藏的强非均质性及页岩气复杂渗流特征, 建立了径向非均质页岩气藏不稳定渗流数学模型, 分析了海陆过渡相页岩气藏不稳定渗流特征, 提出了储层参数评价方法, 并开展了鄂尔多斯盆地海陆过渡相典型页岩气藏的实例分析, 为同类页岩气藏压裂效果的评价工作提供了重要参考。

目前, 我国油气资源开发已经实现了从常规向非常规的跨越式发展, 非常规油气开发理论与技术取得了革命性突破. 由于篇幅限制, 本专题就非常规油气资源开发过程中的渗流力学问题组织了 12 篇优秀论文, 反映了我国科研人员在该领域的部分最新研究成果. 非常规油气资源发展势头方兴未艾, 新时代能源行业的科研人员正当其时, 我们应加强非常规油气资源渗流力学的创新研究, 积极探索复杂科学问题的解决途径, 努力构建清洁、高效、安全、可持续发展的能源体系, 为社会经济发展提供不竭的能源动力!

doi: 10.6052/0459-1879-21-408