

杨子莘¹, 马天寿¹, 练章华¹

¹西南石油大学

Abstract

2015年由美国大发起页岩气革命成功地使美国从油气进口国转变为油气出口国。这使得页岩气成为能源领域关注的热点。页岩气与煤炭和石油相比更为清洁，且储量更为丰富。开发页岩气的两项关键技术是水平井钻井技术和压裂改造地层技术。

然而，由于页岩相比于其他岩石水化学活性更强，导致在水平井钻穿储层过程中井壁极易坍塌失稳。油基泥浆的使用可以克服上述问题，但成本昂贵且受环保限制。水基泥浆的普及依赖于对页岩水化的深入理解。在页岩水化反应过程中，温度场、离子浓度场、渗流场、应力场均不同程度地作用在井壁周围岩石，而且相互耦合作用随时间不断变化。多场耦合作用下页岩的力学响应问题一直是科研界的一个难点。

COMSOL以其丰富的物理场接口以及自带的求解器（UMFPACK/SPOOLES/GMRES/CONJUGATE GRADIENTS/GEOMETRIC MULTIGRID）能很好地解决上述问题。在本论文建立的多场耦合模型中，使用COMSOL内嵌的固体力学模块并结合3个PDE模块中通用模式（General form）完成了对模型的设置。利用网格加密功能对井眼附近的区域进行精心加密处理使计算结果精度更高，更加符合现场实际情况。井壁周围岩石的坍塌过程是一个涉及空间和时间的动态演化过程，COMSOL可以很好地对这上述4D过程进行仿真。

其仿真结果可以用于分析和模拟钻井过程中时间依赖性对井筒稳定性的影响。同时也可以帮助钻井工程师设计井眼钻进计划（泥浆安全密度窗口，泥浆盐度等分析）。还可以用于估算指定泥浆重量下井筒附近的危险区域，以制定下一步决策。