
含初始应力受压球壳的热力耦合变形研究获进展

作者：writer 来源：中国科学院

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/39223.html>

本文仅供学习交流之用，版权归原作者所有，请勿用于商业用途！

含初始应力受压球壳的热力耦合变形研究获进展

。在页岩油气等非常规能源开发过程中，深部储层孔隙长期处于初始应力、温度变化及内外压力共同作用之下，孔隙体积及应力状态会随多场耦合环境的改变不断变化。由于球形孔隙是描述多孔介质孔隙演化的常用理想化模型，含初始应力受压球壳的大变形问题也成为连续介质力学中的经典课题，在压力容器、微胶囊等工程场景中同样具有广泛应用。虽然现有研究已分别讨论了压力—膨胀、温度效应或初始应力的影响，但同时考虑内压、外压、温度和初始应力的解析理论仍较为缺乏。

近日，中国科学院力学研究所基于不变量理论，建立了含初始应力受压球壳在热力耦合变形下的解析解，刻画了温度、压力与球壳结构变形之间的耦合反馈关系。团队将解析解与有限元模拟、理想气体关系曲线以及页岩孔隙演化的实验结果进行了对比。结果表明，理论解能够较好描述页岩孔隙在压缩和热作用下的演化。

在此基础上，团队利用该解析模型系统分析了恒外压热膨胀、等温压力诱导变形以及热—压力耦合膨胀三种典型工况下的力学响应。结果表明，在经典等温充压膨胀模式下，内压随构形演化的耦合变形机制则会显著提高临界压力阈值，体现出结构与载荷相互作用对稳定性的增强作用；不同加载条件下，热膨胀效应与压力约束效应相互竞争，导致不同的膨胀或收缩响应；初始应力不仅会显著改变球壳的变形，降低临界压力阈值，还可能改变应力沿厚度方向的分布方式，使其由单调转为非单调。通过适当调整这些参数，可以实现对球壳变形及应力分布的有效预测与调节。

该研究扩展了经典球壳膨胀理论，为分析球壳在复杂环境下的耦合变形提供了理论框架。在实际应用层面，该理论有助于从力学机制上揭示深层页岩在埋藏、热演化以及内外压力变化时，孔隙体积与应力的变化规律，为深地非常规油气资源开发提供理论参考，并为后续研究更真实的地层条件（如温度不均匀、受力更复杂、结构失稳等）下的力学响应奠定了基础。

相关研究成果发表在International Journal of Mechanical Sciences上。研究工作得到国家自然科学基金、中国科学院战略性先导科技专项的支持。

[论文链接](#)

研究团队单位：力学研究所

更多 科学进展 请访问 <https://www.iikx.com/news/progress/>

本文版权归原作者所有，请勿用于商业用途，[爱科学iikx.com](http://www.iikx.com)转发