

武汉岩土所基于光纤传感监测超临界二氧化碳运移前缘研究取得进展

作者：writer 来源：中国科学院

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/3606.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！

武汉岩土所基于光纤传感监测超临界二氧化碳运移前缘研究取得进展。全球气候变暖已日益成为人们所关切的重要环境问题。为减轻大气含碳量及控制温室效应对全球气候的影响，二氧化碳(CO₂)地质封存技术逐渐被认可为是一种安全且有效的方法来应对上述气候问题。地下深部咸水层作为主要的封存载体因具有分布广泛、储量大等特点被视为CO₂长期封存的最优场地。然而，由于储层应力场改变以及存在的天然裂缝、断层等地质结构、构造，CO₂封存过程可能存在泄漏的风险。因此，有必要对CO₂运移过程包括运移路径和前缘进行实时监测。目前，国内外实验室已经对CO₂室内岩芯驱替实验进行了深入研究，主要集中于CO₂溶解捕获机理及运移过程的监测，但缺乏在封存条件下针对超临界二氧化碳(scCO₂)实时运移过程中应力场变化及运移前缘的同步监测。中国科学院武汉岩土力学研究所首次利用光纤布拉格光栅(FBG)传感技术对不同状态CO₂的驱替过程进行实时动态监测，揭示了在CO₂注入压力诱导下的应力场变化机理以及运移前缘规律。

研究人员采用的岩芯驱替夹持器可满足在50

MPa以及60 条件下的实验要求，同时能够实现scCO₂(31.1 ， 7.38 MPa)的稳定驱替。采用的两根FBG传感器，规格为单根光纤上嵌入三个中心波长连续分布的光栅且沿岩芯轴向方向对称粘贴于岩样表面。实验样本为四川盆地侏罗纪上统蓬莱镇组红色砂岩。实验结果表明，岩芯表面动态应变响应与CO₂注入压力相关且保持线性增长的关系(图1)。基于此，可进一步针对较高注入压力条件下诱导的应力场变化进行预测且为储层及井筒稳定性评估提供室内实验数据及理论依据。另外，从实验结果可以看出在45 条件下的应变响应值略高于20 条件下，这是由于光栅对温度变化敏感且岩芯受热易产生膨胀变形等因素。由于三个光栅沿轴向布设于岩样上、中、下三个位置，当CO₂注入后诱导岩芯内部应力场的波动会先后传递到三个光栅的感应区域从而产生相应的应变响应和初始响应时间差(图2)。在不同温压条件下，初始应变时间差不同。由图2可知，当注入压力为2 MPa，围压为10 MPa时，最大时间差为0.5 s;而在20 ，孔压增至8 MPa及围压保持16 MPa时，初始响应时间差已增至1.3 s。这主要是因为注入压力的改变使CO₂由气态(gCO₂)转变为了液态(lqCO₂)，而对lqCO₂增温后使其保持超临界状态时，初始时间差又略有减小。温压的变化对CO₂物质属性影响明显，特别是流体的动力粘滞系数。根据时间差及光栅中心间隔的比值可初步估计不同状态CO₂在岩芯内部的运移速度：gCO₂运移速度最快;lqCO₂最慢;scCO₂介于两者之间。因此，根据FBG测量结果可知这种监测技术可用于观测CO₂流体运移路径及相应的前缘信息，有助于应用在CO₂封存现场渗漏监测。最后，针对上述实验过程利用COMSOL软件进行编程模拟，模拟结果与实验结果高度一致，从而进一步验证了实验数据的真实性及监测技术的有效性。

该研究相关成果发表于Wiley出版社旗下的《温室气体：科学与技术》(Greenhouse Gases: Science and Technology)杂志，第一作者为武汉岩土所硕士研究生范成凯，通讯作者为研究员李琦。该成果得到国家自然科学基金(No. 41274111)、中澳二氧化碳地质封存(CAGS3)项目共同资助。

图1表面粘贴两根FBG传感器(a)CH1和(b)CH3监测不同温度压力条件下CO₂注入诱导岩芯表面相对应变响应

图2光纤布拉格光栅传感器CH1在恒定有效围压8 MPa下监测岩芯表面三个光栅初始应变响应时间差。(a)~(b)气态CO₂注入后光栅应变响应及时间差;(c)~(d)液态CO₂注入后光栅应变响应及时间差;(e)~(f)超临界CO₂注入后光栅应变响应及时间差。

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](https://www.iikx.com)转发