地质地球所等揭示页岩蠕变期间的压力溶解压实作用过程

作者：writer 来源：中国科学院

本文原地址：https://www.iikx.com/news/progress/14255.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！

泥页岩地层在震间时段的缓慢变形（蠕变）通常会影响断层泥破坏强度随时间的变化以及周围地层流体的迁移过程。富粘土材料常见于油气藏储层以及地质断层，但对其蠕变压实过程的耦合温度与压力作用的定量化分析的研究较少。此外，常规研究多聚焦于岩石的拟静态物理性质（力学、声学等），鲜有深入探究长时间尺度下岩石动态变化过程中的物理化学相互作用。因此，研究泥页岩材料随时间的形变压实过程，可在一定程度上揭示伴随上地壳浅部泥质地层形变的力学-化学作用机理与演化规律。

中国科学院地质与地球物理研究所博士后耿智与合作导师王彦飞，以及法国、德国的学者，针对Tournemire页岩样品，开展了不同温度压力条件下的一系列伴随页岩蠕变过程的力学、化学、声学以及影像学监测（图1）；在实验室测量尺度约束下，基于统计岩石物理建模方法，定量分析了富方解石/白云石页岩材料在不同深度、温度、时间尺度条件下，压力溶解压实过程对页岩封闭特性、破坏强度的影响规律。

结合前期发表的系列实验数据与微观证据，该研究从蠕变速率应力敏感性揭示的形变机理（图2）、应力-应变数据与物理控制方程解析的岩石基质等效硬化模量强化证据等方面（图3），多角度论证了该类型页岩样品在一系列温压条件下的蠕变过程中存在矿物压力溶解（物理-化学过程），且压力溶解是实验阶段稳定蠕变发生的主导因素。此外，传统实验室岩石力学测试表明，岩石破坏（峰值）强度随加载的形变速率的减小而降低。然而，研究发现，发生矿物压力溶解导致基质压实的页岩样品，在形变速率（～10-9/s）远小于常规测试的速率（10-5/s）条件下，其平均破坏强度相对于常规测试的结果可高约60%。换言之，伴随长期蠕变的压力溶解作用可显著提升该类页岩的破坏强度。

该研究的统计岩石物理建模结果表明，富方解石/白云石页岩材料的压力溶解压实现象在地层深度约3.8km附近最为活跃（图4）。在特定类型的页岩地层中，岩石强度和密封能力可在相对较短时间范围（约3年）内得到显著增强，且增强幅度可能超过常规预期。上地壳中浅部地层因压力溶解压实作用导致的岩石孔隙度迅速降低、封闭能力的提升，也可能加速流体超压、断层弱化与地震成核。在此类情况下，地质断层的再次激活与震间周期可能受到显著影响。

相关研究成果发表在*JGR: Solid Earth*上。研究工作得到国家重点研发计划以及欧盟研究委员会项目等的资助。

论文链接

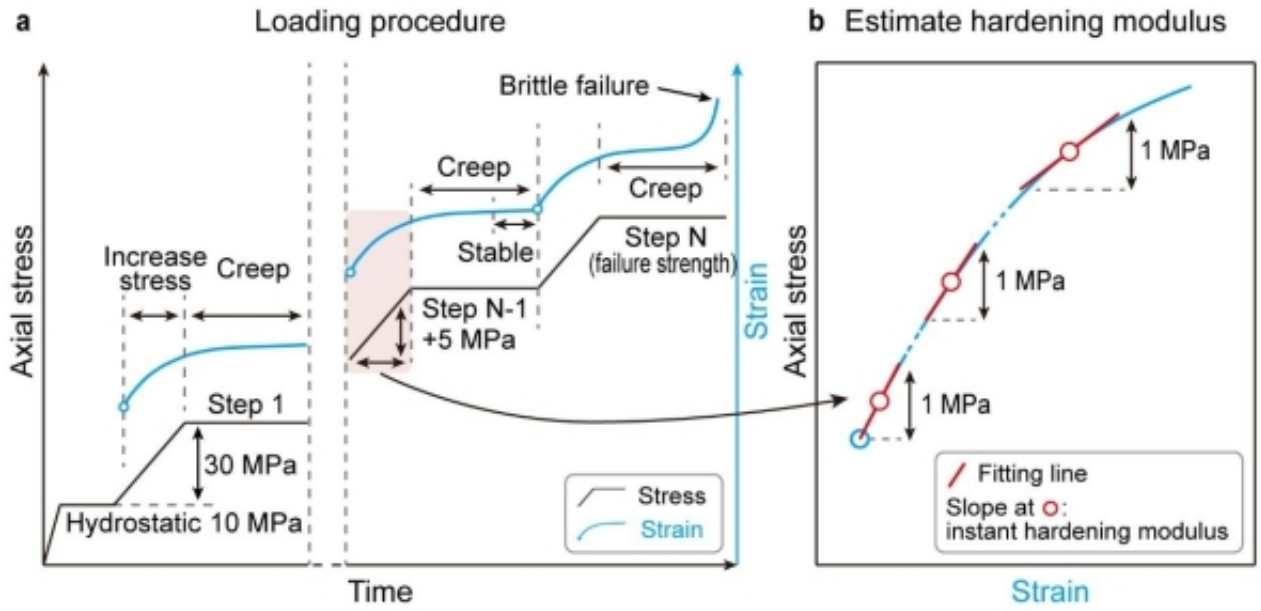


图1.实验方案（力学加载部分）。a、应力步进蠕变加载；b、差应力变载阶段等效硬化模量变化过程表征方法图示

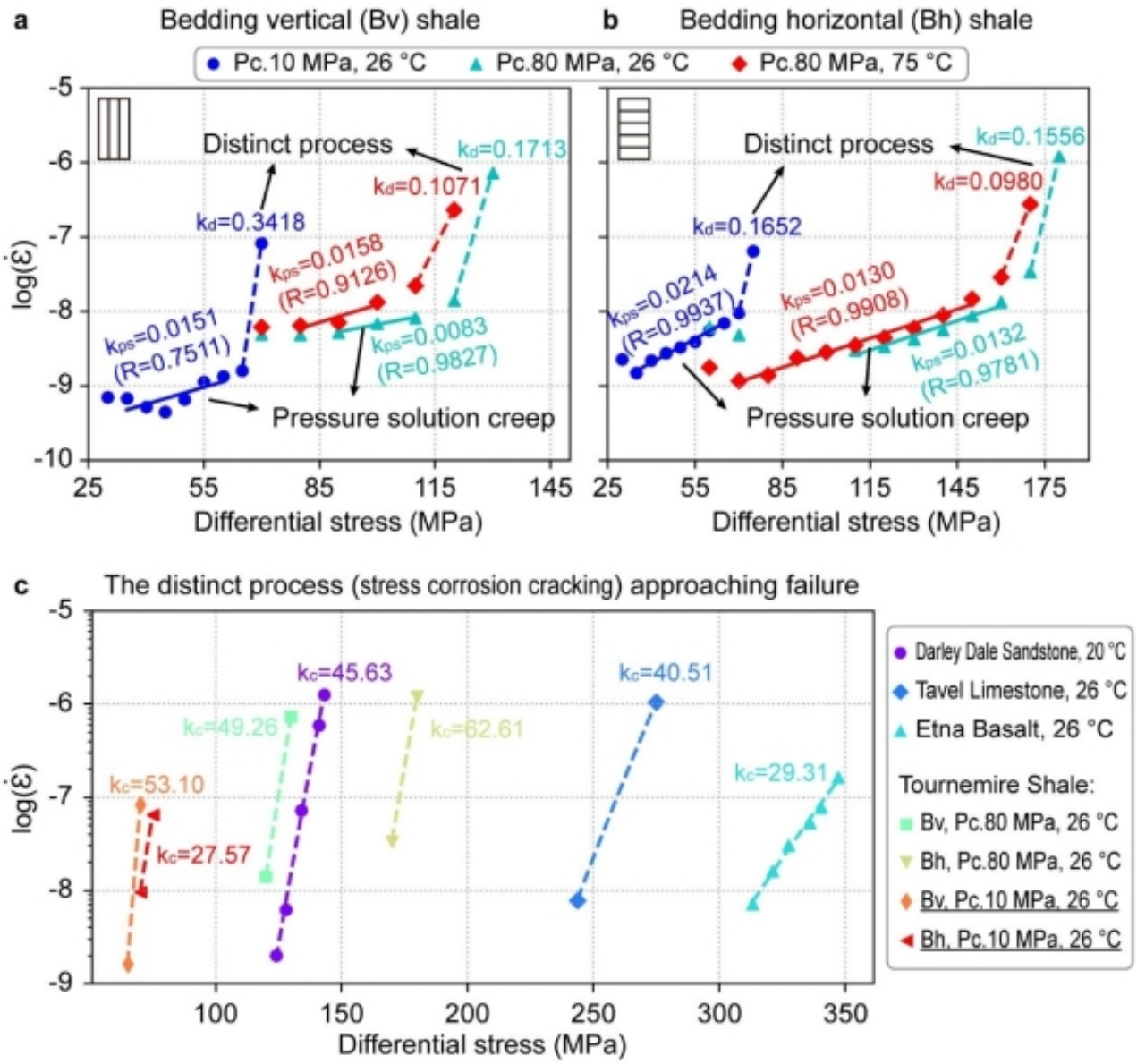


图2.页岩样品蠕变过程应力敏感性量化分析。不同层理页岩样品的蠕变应力敏感性指数：a、垂直层理样品，b、水平层理样品，c、不同岩性样品脆性破坏的应力敏感性指数对比

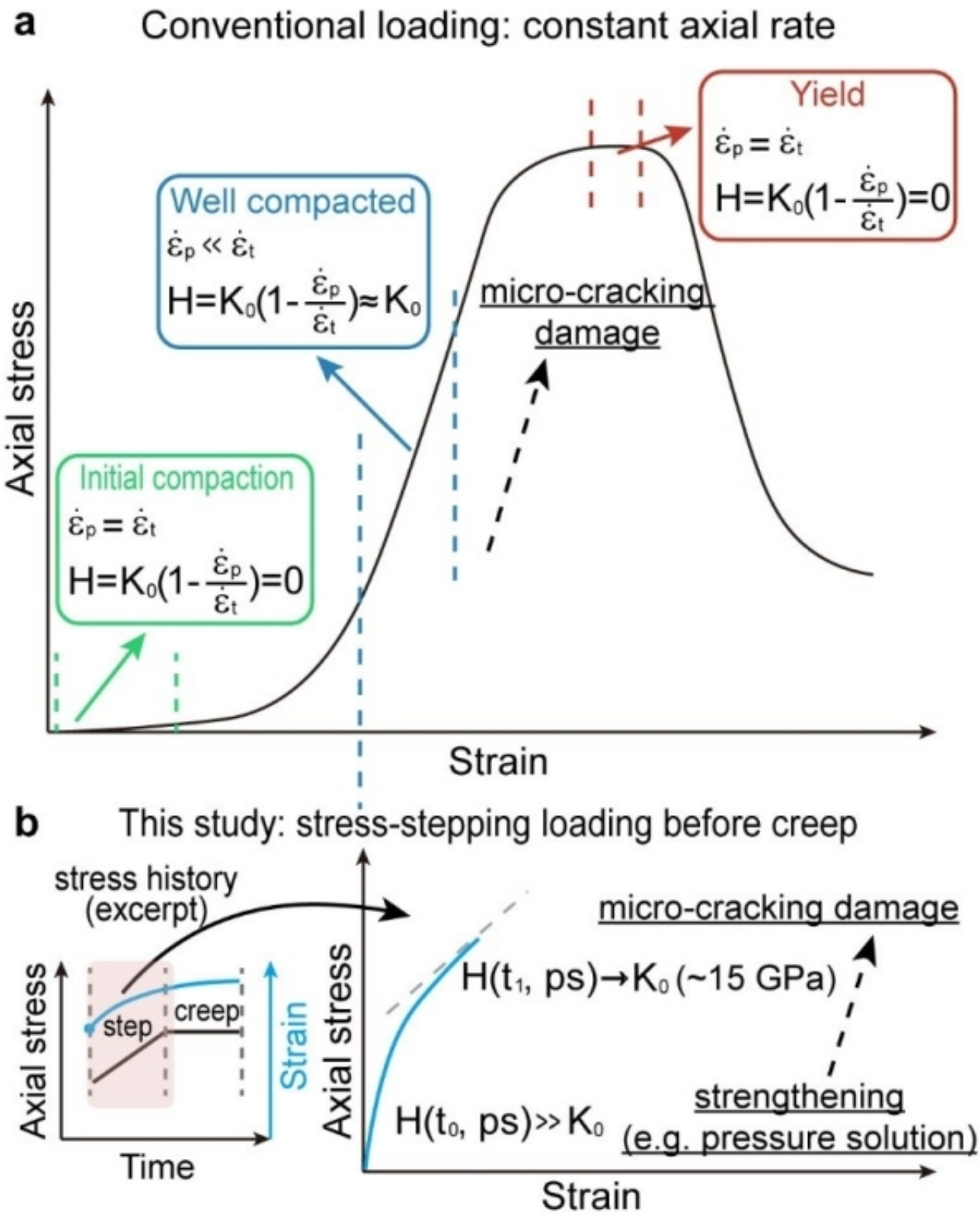


图3.变载过程中样品硬化模量演化过程及内在形变机理图解。a、常规定应变速率加载模式；b、本研究应力步进蠕变模式

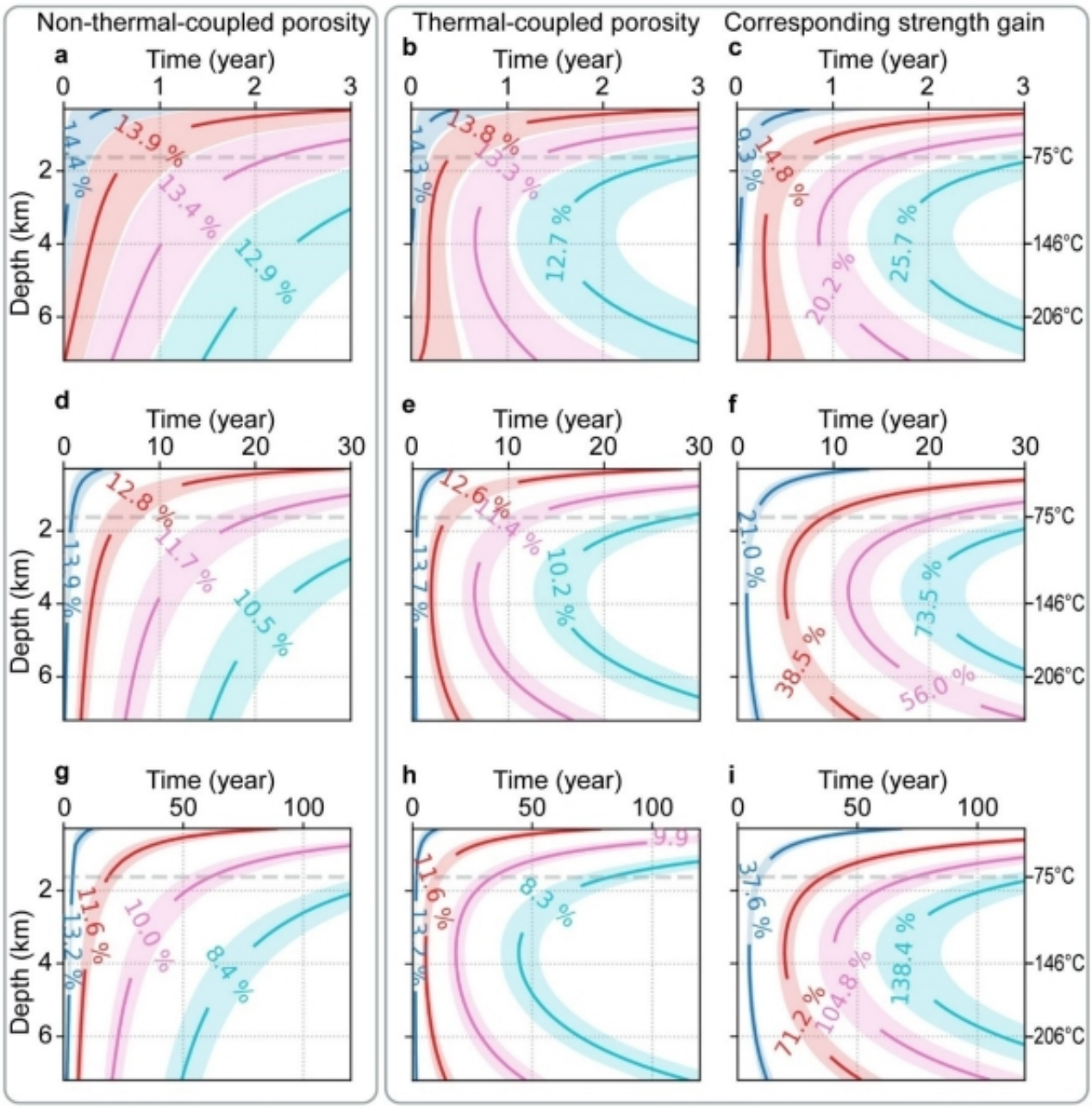


图4.地质条件下岩石有效孔隙度与破坏强度随地层深度与时间演化的岩石物理模拟结果。a、d、g：无温度耦合的不同时间尺度的岩石有效孔隙度模拟结果；b、e、h：耦合温度的模拟结果，及对应的破坏强度 c、f、i

研究团队单位：地质与地球物理研究所

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转发