

影响泥页岩在清水中膨胀率因素的探讨

徐同台¹ 卢淑芹²

(1. 中国石油天然气集团公司老干部局, 北京; 2. 冀东油田化验中心, 河北唐海)

摘要 通过对各油气田所钻遇泥页岩的实测数据的综合分析, 讨论了泥页岩中晶态粘土矿物种类和含量、非粘土矿物、阳离子种类、泥页岩的埋深及外界温度与压力等因素对泥页岩在清水中膨胀率的影响。结果表明: 泥页岩中蒙皂石或伊蒙间层含量和伊蒙间层的间层比是影响泥页岩在清水中膨胀率的主要因素, 泥页岩膨胀率随伊蒙间层的含量和间层比的增加而增大, 当伊蒙间层从无序间层转变为有序间层, 间层比降至 40% 以下时, 泥页岩膨胀率显著降低; 泥页岩中含有石膏、氯化钠、芒硝等无机盐时, 加剧其吸水膨胀; 泥页岩在清水中的膨胀率随非晶态粘土矿物含量的增加而增大; 随着泥页岩埋深的增加, 其膨胀率下降; 泥页岩的膨胀率随温度升高而增大, 随压力增大而下降。

关键词: 泥页岩 膨胀率 粘土矿物 非晶态粘土矿物 井眼稳定

在油气井钻井过程中经常遇到地层造浆、井壁失稳等井下复杂情况和油气层损害等技术难题。为了解决上述技术难题, 必须搞清影响泥页岩和储层中粘土矿物在水中膨胀率的因素, 为研究抑制地层造浆、稳定井壁技术、减少油气层损害技术措施提供依据。通过对中国各油气田不同地质年代、不同深度泥页岩岩样在清水中的膨胀率数据分析, 得出下述因素对泥页岩膨胀率的影响。

影响因素

1. 粘土矿物种类和含量

泥页岩中粘土矿物种类和含量是影响泥页岩在清水中的膨胀率的主要因素, 特别是蒙皂石或伊蒙间层含量和伊蒙间层的间层比对泥页岩的膨胀率影响更大。泥页岩膨胀率随伊蒙间层的含量和间层比的增加而增大, 冀东油田高尚堡地区泥页岩中 I/S 含量与膨胀率的关系见图 1, 伊蒙间层的间层比与膨胀率的关系见图 2, 塔里木盆地 TZ201 泥页岩中 I/S 含量与膨胀率的关系见图 3, 鄯善地区泥页岩中伊蒙间层含量与膨胀率的关系见图 4, 鄯善地区泥页岩伊蒙间层的间层比与膨胀率的关系见图 5。

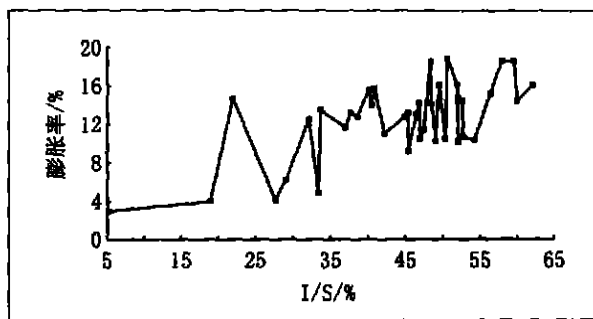


图 1 高尚堡地区泥页岩中 I/S 含量与膨胀率的关系

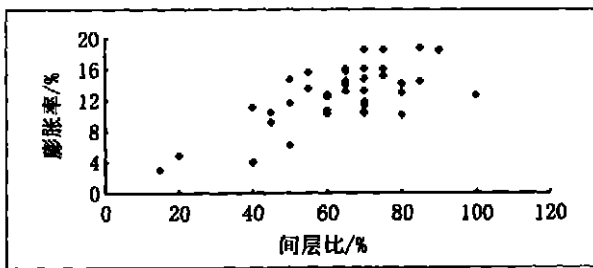


图 2 高尚堡地区泥页岩中伊蒙间层间层比与膨胀率的关系

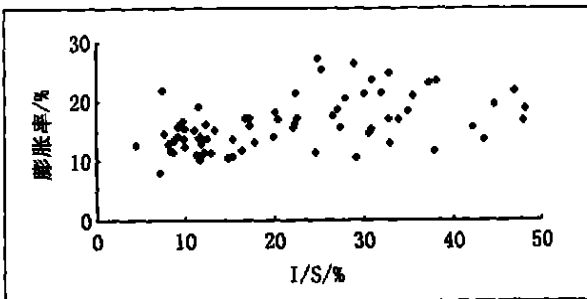


图 3 塔里木盆地 TZ201 泥页岩中 I/S 含量与膨胀率的关系

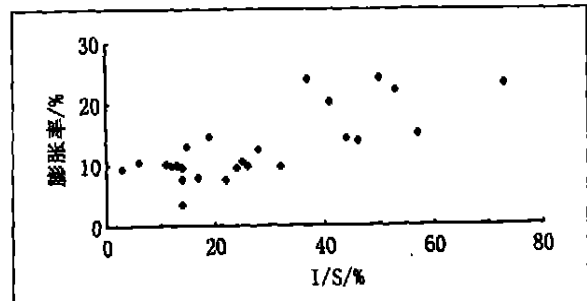


图 4 鄯善地区泥页岩中伊蒙间层相对含量与膨胀率的关系

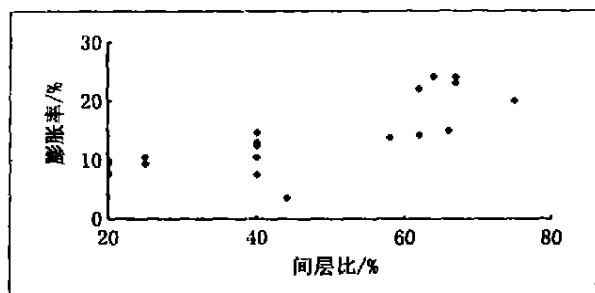


图5 鄯善地区泥页岩中伊蒙间层间层比与膨胀率的关系

当伊蒙间层从无序间层转变为有序间层, 间层比降至40%以下时, 泥页岩膨胀率显著降低。

2. 非粘土矿物组分和含量

(1) 可溶性盐 当泥页岩中含有石膏、氯化钠和芒硝等无机盐时, 会加剧泥页岩吸水膨胀。当泥页岩中含有无水石膏, 由于密度为 2.9 g/cm^3 无水石膏通过吸水转变为密度为 $2.3 \text{ g/cm}^3 \text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, 体积增加26%, 从而增加泥页岩的膨胀率。泥页岩中存在氯化钠会引起泥页岩膨胀率增大, 例如中原油田文204井3518~4269 m井段泥页岩中含盐量低时, 泥页岩在清水中24 h膨胀率低; 当泥页岩中存在大量盐时, 泥页岩膨胀率增大, 见图6。

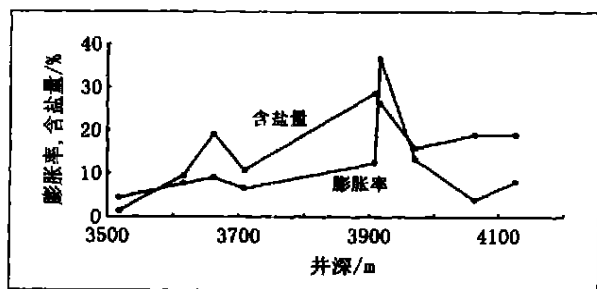


图6 中原油田文204井泥页岩中含盐量对膨胀率的影响

图7绘出了胜利油田红层含盐泥页岩洗盐前后的吸水曲线, 含盐泥页岩的吸水量高于洗完盐泥页岩的吸水量。当泥页岩中含盐量高时, 初始膨胀率较高, 5~7 h达到最大值, 随着盐的溶解, 膨胀率反而下降。例如中原油田文203-12井在井深3250 m钻遇含盐泥页岩时, 2 h的膨胀率高达31%, 而24 h的膨胀率则降为26%。

(2) 非晶态粘土矿物 泥页岩中的非晶态粘土矿物对泥页岩的膨胀率产生影响, 如蛋白石在清水中的3 h膨胀率高达17.58%, 当泥页岩中存在蛋白石时会对泥页岩的膨胀率产生影响。吐哈盆地泥页岩中非晶态粘土矿物含量与膨胀率的关系见图8。

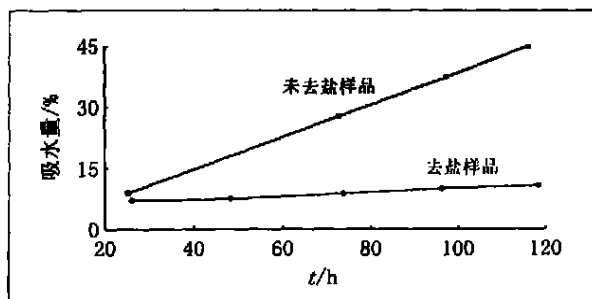


图7 胜利油田红层含盐泥页岩洗盐前后的吸水曲线

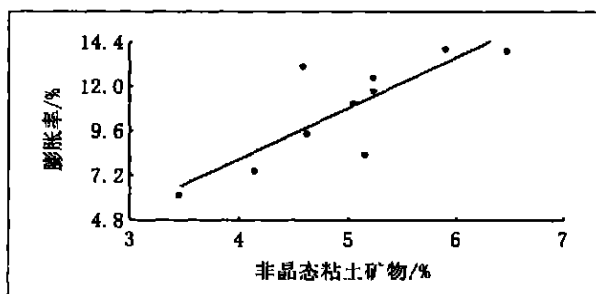


图8 泥页岩中非晶态粘土矿物含量与膨胀率的关系

从图8可以看出, 泥页岩的膨胀率随着泥页岩中非晶态粘土矿物的增加而增大。

3. 阳离子种类

泥页岩中存在的阳离子种类对泥页岩的膨胀率影响较大, 当泥页岩中所含的阳离子为钠离子时, 膨胀率可高达25%~35% (如大庆油田嫩5段至嫩3段); 而泥页岩中阳离子为钙离子时, 膨胀率为12%~24% (如大港港中明化镇组至东营组泥页岩)。

4. 埋深

处于早成岩期的泥页岩, 随埋深增加, 在上覆压力作用下, 泥页岩的孔隙度和渗透率下降, 水进入岩石的速度亦随之下降, 因而泥页岩在同一时间内的膨胀率亦随之下降。图9给出了冀东油田北堡地区泥页岩膨胀率与井深之间关系。

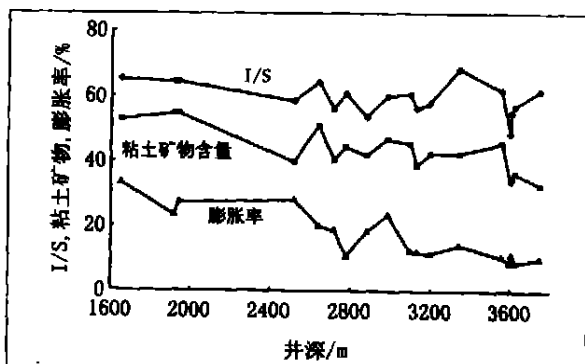


图9 北堡地区井深泥页岩膨胀率的关系

由图 9 可以看出,处于早成岩期不同井深的泥页岩,泥页岩中粘土矿物总量变化不大(60%~65%),但泥页岩的膨胀率随井深增加而下降。

图 10 给出了吐哈盆地鄯善地区井深与泥页岩膨胀率之间关系。由图 10 可以看出,泥页岩膨胀率随井深增加而下降。

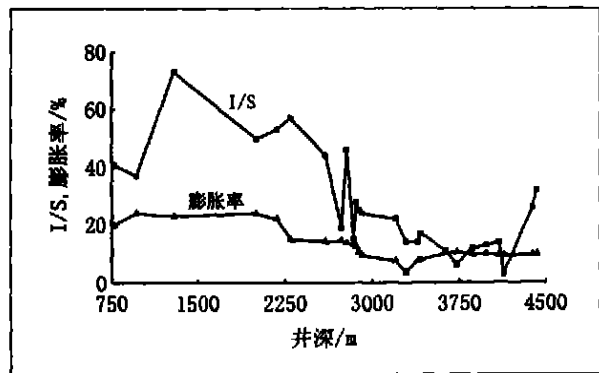


图 10 鄯善地区井深与泥页岩膨胀率的关系

此外,与各种典型粘土矿物一样,温度和压力均对泥页岩的膨胀率产生影响,泥页岩的膨胀率随温度升高而增大,见图 11,随压力增大而下降,见图 12。

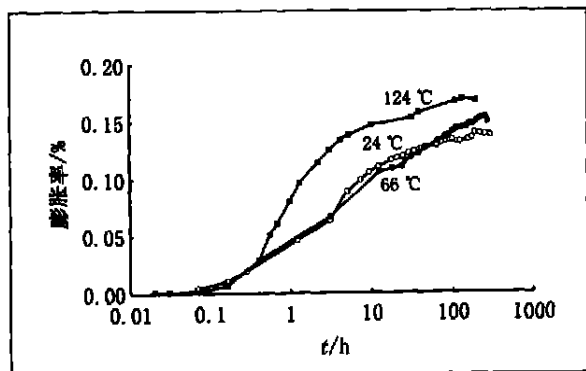


图 11 温度对泥页岩膨胀性能的影响

结 论

中国沉积盆地中的泥页岩在清水中的膨胀率受

下述因素控制。

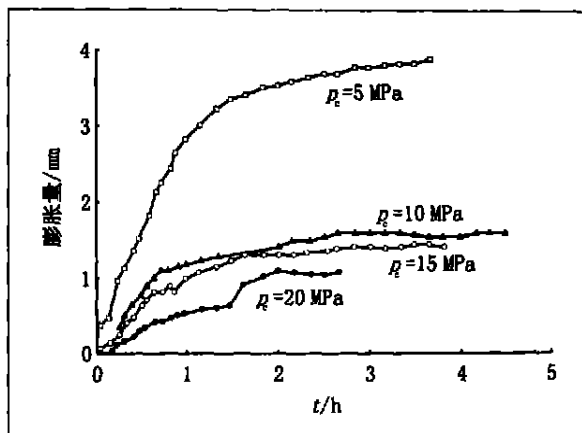


图 12 压力对泥页岩膨胀性能的影响

1. 泥页岩中蒙皂石或伊蒙间层含量和伊蒙间层的间层比是影响泥页岩在清水中的膨胀率主要因素,泥页岩膨胀率随伊蒙间层的含量和间层比的增加而增大,当伊蒙间层从无序间层转变为有序间层时,间层比降至 40% 以下时,泥页岩膨胀率显著降低。

2. 泥页岩中含有石膏、氯化钠、芒硝等无机盐时,加剧其吸水膨胀。

3. 泥页岩在清水中膨胀率随非晶态粘土矿物含量的增加而增大。

4. 随着泥页岩埋深的增加,其膨胀率下降。

5. 泥页岩的膨胀率随温度升高而增大,随压力增大而下降。

参 考 文 献

- 1 徐同台,等. 钻井工程井壁稳定新进展. 石油工业出版社, 1999. 9
- 2 徐同台,等. 油气田地层特性与钻井液技术. 石油工业出版社, 1998. 7

作者简介 徐同台,教授级高级工程师,现在中国石油化工天然气集团公司老干部局工作。地址:北京市六铺炕;邮政编码 100724。

(收稿日期 2003-05-08; HGF= 036L8; 编辑 李晓岚)

Investigation on influencing factors of sandstone/shale dispersing in fresh water. *DFCF*, 2004, 21(1):1~ 4**Authors:** XU Tong-tai, LI Jia-ku and LU Shu-qin

Abstract: A collaborative analysis on real data of sandstone and shale drilling met in oilfields was undertaken and the results revealed that diagenesis of formation stone is the main influencing factor of sandstone/ shale dispersing. The dispersion of stone comes from hydration of clay mineral but the dispersion degree is not in contact inevitably with the content of smectite or disorder interlayers content of montmorillonite and illite. In fact, the components and contents of non-clay mineral, amorphous mineral in shale and the orientation degree of shale entirely influence stone dispersion.

Key words: sandstone; shale; dispersion; clay mineral; amorphous clay mineral; orientation degree**First author's address:** Retired Cadres Administration of CNPC, Beijing**Investigation on influencing factors of mud shale expanding rate in fresh water. *DFCF*, 2004, 21(1):5~ 7****Authors:** XU Tong-tai and LU Shu-qin

Abstract: Influencing factors of mud shale expanding rate in fresh water were investigated based on collaborative analysis on real data of mud shale drilling met in oilfields. The factors include type and content of crystalline clay mineral in mud shale, non-crystalline clay mineral, non-clay mineral, cationic type, buried depth of mud shale, conditional temperature and pressure. The results showed that one of the main influencing factors of mud shale expanding rate in fresh water is the contents of smectite or illite/ montmorillonite interlayer and the interlayer ratio. Expanding rate of mud shale increases with increasing of content of smectite or illite/ montmorillonite interlayer. However, as disorder interlayer of illite/ montmorillonite changes into order interlayer and the interlayer ratio cuts down to 40% below, the expanding rate will decrease remarkably; absorbing water expanding will be strengthened when inorganic salts such as gypsum, sodium chloride and mirabilite exist in mud shale; the expanding rate also increases with increasing of non-crystalline clay mineral and decreases with increasing of buried depth of mud shale. Meanwhile, the expanding rate increases with conditional temperature up and decreases with pressure increasing.

Key words: mud shale; expanding rate; clay mineral; non-crystalline clay mineral; borehole stabilization**First author's address:** Retired Cadres Administration of CNPC, Beijing**Analysis on cloud point action of polyalcohol surface active materials and using in drilling fluid. *DFCF*, 2004, 21(1):8~ 10****Authors:** SUN De-jun, ZHANG Chun-guang, CHEN Yu-jie, GUO Bao-yu, LIU Shang-ying and SUN Ming-bo

Abstract: Recent studying progressions on basic physical and chemical performances of polyalcohol surface active materials were presented and the performances include CMT, CMC, cloud point action and its influenced factors. About polyalcohol non-ionic surface active materials, CMT decreases step by step with increasing of its concentration; CMC of polyal-