

含盐泥页岩微观特征研究进展

韩云, 陈勇

中国石油大学(华东)地球科学与技术学院, 山东青岛, 266580

泥页岩层系是指“泥页岩及其所夹的薄层及其他岩石的组合”(康玉柱, 2012), 泥页岩作为致密储层, 具有典型的“自生自储”的特征。泥页岩储层作为一种非常规油气储层, 具有超低孔、超低渗以及富含有机质等特点, 使得其微观结构一直是研究的重点和难点。随着非常规油气研究越来越热, 其储层研究技术也从常规的扫描电镜、压汞法以及气体吸附法发展到数字岩心技术, 如非破坏性 3D 图像技术微米—纳米 CT 扫描(μxCT)(Prasad et al., 2009)等。泥页岩储层研究技术的逐渐完善也促进了其微观结构的研究。然而, 全球含盐盆地控制了 80% 以上的探明储量, 关于含盐泥页岩的相关研究却很少。本文针对含盐泥页岩微观结构研究进行了评述。

1 含盐泥页岩的微观表征

早先, 大多数研究者在研究泥页岩时, 注重其有机质含量、类型和成熟度的研究。随着非常规油气的发展, 泥页岩作为储层而诞生的一系列研究与日俱增。而这其中, 早些时候比较侧重于泥页岩中裂缝研究, 随着近几年泥页岩储层研究的深入以及研究技术的发展, 加强了对泥页岩孔隙结构的研究。关于泥页岩孔隙的相关研究甚多, 前人已从定性和定量角度对泥页岩的孔隙类型、孔隙结构等方面进行了相关研究(郭小波等, 2014; 据宜文等, 2014; 黄振凯等, 2013; Loucks et al, 2012)。杨峰等(2013)通过对四川盆地下寒武统牛蹄塘组以及西北地区宁夏南部六盘山盆地下白垩统乃家河组页岩样品进行研究, 根据孔隙发育位置和发育成因, 将页岩储层的孔隙划分为 5 种类型: 有机质纳米孔、黏土矿物粒间孔、岩石骨架矿物孔、古生物化石孔和微裂缝。黄振凯等(2013)以松辽盆地白

垩系青山口组一段泥岩为研究对象, 综合利用扫描电镜、场发射电镜、气体吸附法及高压压汞法对其内部微观孔隙进行了定性和定量研究。结果表明该套泥岩主要发育 5 种类型孔隙(基质晶间孔隙、粒间孔隙、有机质孔隙、晶内孔隙、溶蚀孔隙)以及微米—纳米级微裂缝。于炳松(2013)结合孔隙的定性观察和定量测定, 提出了页岩气储层孔隙的产状—结构综合分类方案。马文辛等(2012)对四川盆地周缘下寒武统筇竹寺组泥页岩储层特征进行了探讨, 研究发现其微孔隙主要有自生方解石晶间孔、黏土矿物晶间孔、长石溶蚀孔、泥岩内部陆源碎屑粒间孔。然而, 关于盐相关泥页岩的储层研究却甚少, 其中只有少数人研究了盐间泥页岩的储层特征(骆杨等, 2013)。其研究发现, 盐间泥页岩基质微孔隙与不含盐泥页岩孔隙相比, 发育有硬石膏溶蚀孔隙等特殊的粒内孔, 以及石盐和石膏的溶蚀孔洞。由此可以看出, 含盐泥页岩孔隙结构与不含盐泥页岩孔隙结构有所不同, 且含盐泥页岩中石盐、石膏等盐类物质对有机质热演化又有一定的影响, 故含盐泥页岩中的有机质孔的发育也会有所不同。然而, 含盐泥页岩孔隙结构与不含盐泥页岩孔隙结构的差异性具体还会有哪些, 含盐泥页岩中的盐类物质是否是引起这些差异性的主要因素等, 目前还未有相关研究。

2 含盐泥页岩孔隙体积的控制因素

关于泥页岩孔隙体积的影响因素, 国内外已有大量的研究与讨论: 李娟等(2015)在研究黔西北地区上二叠统龙潭组泥页岩储层特征同时着重分析了有机碳含量、黏土矿物含量和孔隙体积的关系, 研究表明有机碳含量和微孔体积呈正相关关系; 黏土矿物与中孔体积呈现正相关关系, 而与宏

注: 本文为国家自然科学基金项目(编号 41172111)的成果。

收稿日期: 2015-02-05; 改回日期: 2015-02-28; 责任编辑: 黄敏。

作者简介: 韩云, 女, 1991 年生。硕士在读生, 油气勘探工程专业。Email: hy_helen1991@163.com。

孔体积呈一定的负相关关系等。郭小波等(2014)在研究马朗凹陷芦草沟组泥页岩储层微观孔隙特征时,详细研究了矿物(粘土矿物、长石、自生微石英以及碳酸盐岩等)对泥页岩微观孔隙的影响。任泽樱等(2014)对库车拗陷依奇克里克构造带侏罗系泥页岩孔隙特征及影响因素进行了研究,结果表明脆性矿物质量分数与微孔体积、中孔体积和宏孔体积呈正相关关系,尤其是宏孔体积增加的更为显著。黏土矿物充填孔隙,减少孔隙空间,与各级别孔隙体积呈负相关关系。赵佳楠等(2013)认为有机质孔的形成与有机碳质量分数密切相关,高丰度的泥页岩在热演化程度较高时,大量生烃可以发育大量有机质孔。田华等(2012)在研究富有机质页岩孔隙特征时,认为粘土矿物与微孔、中孔的相关性不明显,但与宏孔成正相关关系。Yang et al (2010)对墨西哥湾的泥岩的孔隙度与渗透率之间的关系进行了研究,结果表明粘土矿物的含量与渗透率呈负相关,与孔隙度呈正相关,同时认为粘土矿物与孔隙度的相关性要考虑成岩环境。

此外,关于孔隙度与 R_o 所指示的成熟度之间的相关性也有不少研究。田华等(2012)则研究认为随着成熟度的增大,孔容表现出增加的趋势。但二者相关系数较低,认为可能是页岩矿物成分、含水量等的影响。朱日房等(2012)对东营凹陷泥页岩生烃演化对储集空间的贡献进行了讨论,认为烃源岩的有机质丰度相对越高,在演化程度较高的条件下生烃转化形成的次生孔隙越多。Chen et al. (2014)对富含有机质的页岩和贫有机质的泥岩进行了相关研究,发现富含有机质的页岩其微孔和介孔随热演化程度的加深呈增加趋势,而贫有机质的泥岩微孔和介孔随热演化程度的加深而减少,认为是页岩中纳米孔的演化趋势造成的。由此可以看出,关于泥页岩的微观结构特征的研究是页岩储层研究的重点,但泥页岩的孔隙体积与粘土矿物、脆性矿物以及有机碳含量的关系仍未明确,关于含盐泥页岩微观结构的研究亟待开展,且含盐泥页岩中盐类物质对孔隙体积的影响也值得进一步研究。

参 考 文 献 / References

- 郭小波, 黄志龙, 柳波. 2014. 马朗凹陷芦草沟组泥页岩储层微观孔隙特征及地质意义. 西北大学学报(自然科学版), 44(01): 88~95.
- 黄振凯, 陈建平, 王义军. 2013. 松辽盆地白垩系青山口组泥岩微观孔隙特征. 石油学报, 34(01): 30~37.
- 康玉柱. 2012. 中国非常规泥页岩油气藏特征及勘探前景展望. 天然气工业, 32(04): 1~5.
- 据宜文, 卜红玲, 王国昌. 2014. 页岩气储层主要特征及其对储层改造的影响. 地球科学进展, 29(04): 492~506.
- 李娟, 于炳松, 夏响华. 2015. 黔西北地区上二叠统龙潭组泥页岩储层特征. 地学前缘(中国地质大学(北京); 北京大学), 22(1): 301~311.
- 骆杨, 赵彦超, 吕新华. 2013. 东濮凹陷柳屯洼陷沙河街组三段上亚段盐间泥页岩储层特征. 岩石学报, 34(02): 293~300.
- 马文辛, 刘树根, 黄文明. 2012. 四川盆地周缘筇竹寺组泥页岩储层特征. 成都理工大学学报(自然科学版), 39(02): 182~188.
- 任泽樱, 刘洛夫, 高小跃. 2014. 库车拗陷依奇克里克构造带侏罗系泥页岩孔隙特征及影响因素. 东北石油大学学报, 38(2): 18~26.
- 田华, 张水昌, 柳少波. 2012. 压汞法和气体吸附法研究富有机质页岩孔隙特征. 石油学报, 33(3): 419~427.
- 杨峰, 宁正福, 胡昌蓬. 2013. 页岩储层微观孔隙结构特征. 石油学报, 34(02): 301~311.
- 于炳松. 2013. 页岩气储层孔隙分类与表征. 地学前缘, 20(04): 211~218.
- 赵佳楠, 陈永进, 姜文斌. 2013. 松辽盆地南部白垩系青山口组页岩气储层评价及生储有利区预测. 东北石油大学学报, 37(2): 26~36.
- 朱日房, 张林晔, 李钜源. 2012. 渤海湾盆地东营凹陷泥页岩有机储集空间研究. 石油实验地质, 34(04): 352~356.
- Chen J, Xiao X M. 2014. Evolution of nanoporosity in organic-rich shales during thermal maturation. Fuel, 129: 173~181.
- Loucks R G, Reed R M, Ruppel S C. 2012. Spectrum of pore types and networks in mudrocks and a descriptive classification for matrix-related mudrock pores. AAPG Bulletin, 96(6): 1071~1098.
- Prasad M, Bathija A P, Johnston M. 2009. Rock physics of the unconventional SPECIAL SECTION: Rock Physics.
- Yang Y L, Andrew C A. 2010. A permeability-porosity relationship for mudstones. Marine and Petroleum Geology, 27: 1692~1697.