

文章编号: 1001-6112(2001)03-0341-03

扫描电镜/能谱分析在油气 勘探开发中的应用

刘伟新, 史志华, 朱 樱, 曹 寅

(中国石化 石油勘探开发研究院 无锡实验地质研究所, 江苏 无锡 214151)

摘要: 该文对扫描电镜/能谱分析在油气勘探开发中的应用作了归纳与总结, 简要介绍了扫描电镜/能谱分析在粘土矿物研究中的应用及意义, 在碳酸盐岩、碎屑岩储层特性及储层质量评价中的应用, 在油气层保护及油田开发中的应用, 及在其它油气研究领域中的最新成果。扫描电镜/能谱分析作为现代分析测试技术在油气勘探开发中具重要的作用。

关键词: 粘土矿物; 储层评价; 岩石物理流动单元; 油气层保护; 扫描电镜/能谱分析; 油气勘探开发

中图分类号: TE135

文献标识码: A

扫描电镜与能谱分析技术的结合, 不仅使人们能够对样品的形态分布进行微观分析, 同时又能对样品中不同组成成分进行定性及半定量分析。随着能谱仪性能的改进, 定量分析技术的提高, 扫描电镜和能谱仪的有机结合, 微观形态分析与微观成分分析的综合, 使扫描电镜/能谱仪在石油地质中得到广泛的应用, 成为石油地质勘探开发研究中必要的实验测试手段。

1 扫描电镜/能谱分析研究粘土矿物

由于粘土矿物在石油生成、运移、聚集及油气勘探开发研究中的重要作用^[1,2], 利用扫描电镜/能谱分析研究粘土矿物的优越性尤其明显。以往对粘土矿物的分析手段着重于精确分析粘土矿物的成分和晶体结构(如 X 粉晶衍射等), 但对其形态特征及分布研究不多, 而粘土矿物在储层中的分布及存在状态、成岩作用的影响、油气运移及开发的影响, 使得粘土矿物的形态、分布及其变化的研究更加深入。粘土矿物是以微米(μm)为计量单位的质点, 一般粘土矿物仅为几个微米, 用普通的光学显微镜已经很难区分粘土矿物的成分、形态及分布特征, 利用扫描电镜/能谱分析完全可以弥补这一不足。

(1) 研究粘土矿物的形态及分布(图 1a), 确定成岩作用过程、成岩阶段及次生变化;

(2) 研究粘土矿物的共生组合及变化, 确定成岩环境及地球化学背景, 如温度、压力、酸碱度;

(3) 对粘土矿物的成分分析(结合 X 衍射分析), 确定埋藏深度、恢复盆地埋藏史及热演化史、反映油气成熟度。

2 扫描电镜/能谱分析在储层研究中的应用

扫描电镜/能谱分析在碎屑岩及碳酸盐岩储层研究中具非常广泛的应用。扫描电镜/能谱分析研究储层结构, 评价储层质量。它可以对储集岩的矿物成分、结构构造、孔隙类型及成因、胶结程度及次生变化作深入系统的研究, 并对储层优劣提供评价, 其应用主要包括如下几个方面:

(1) 研究分析储层的胶结类型, 胶结物种类及次生变化;

(2) 研究储层的孔隙结构, 分析孔隙成因类型及成岩作用和胶结作用对孔隙度、渗透率变化的影响, 预测孔隙演化方向;

(3) 利用图像分析软件测量孔隙、喉道大小, 综

收稿日期: 2001-04-13.

作者简介: 刘伟新(1965-), 男(汉族), 江苏宜兴人, 高级工程师, 主要从事实验测试、储层分析等方面研究工作。

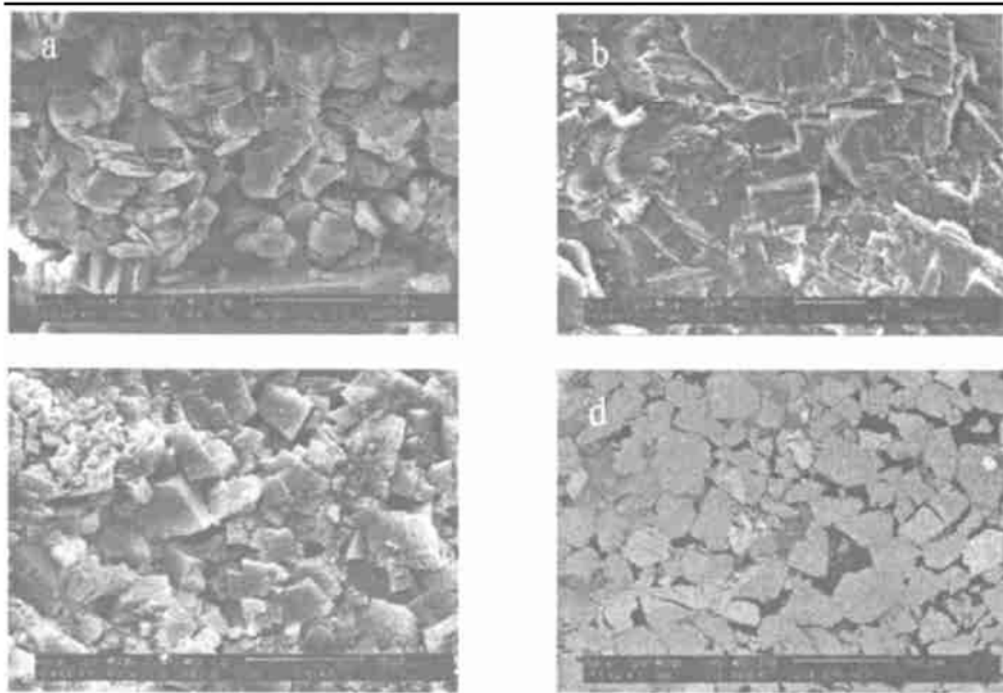


图1 扫描电镜二次电子图像

a. 砂岩孔隙充填粘土矿高岭石; b. 白云质灰岩晶间微裂隙; c. 细晶白云岩晶间微孔隙; d. 砂岩铸体孔隙分布

Fig. 1 Secondary electron images under scanning electron microscope (SEM)

合评价储集性能;

(4) 扫描电镜/能谱分析在微孔隙、微裂隙发育的储集岩研究中得到广泛应用。微孔隙、微裂隙在油气运移、聚集中起很大作用,微孔隙的发育与连通通常形成良好的油气储集层,扫描电镜微观分析,可以非常直观、有效地对微孔、微隙进行分析(图1b、c);

(5) 扫描电镜对储层岩石铸体的分析研究^[3],运用扫描电镜背散射电子成分图像,可以快速、直观地反映孔隙喉道分布情况,精确计算面孔隙(图1d),对酸溶孔隙铸体的二次电子形貌图像分析,可以综合评价储层质量;

(6) 扫描电镜分析在储层岩石物理流动单元研究中的应用^[4,5],同一岩石物理流动单元具有相互一致的(相似的)孔隙喉道分布及相似的性质,储层岩石物理流动单元的研究在油藏描述及油田开发中具有重要的意义^[6]。运用扫描电镜对储层结构的分析,通过对岩石微观分析结果的综合,结合测井等资料,可以在宏观上将储层划分为性质相对独立的多个流动单元组合。

3 扫描电镜/能谱分析在油气层保护研究中的应用

保护油气层是石油勘探开发过程中的重要技术

措施,保护油气层技术立足于预防为主,解堵为辅的原则。岩心分析是认识油气层地质的基础,油气层敏感性评价、损害机理的研究、保护油气层技术方案的设计都必须建立在岩心分析基础上^[7,8]。而储层岩石微观特征分析又是油气层保护研究的重点,因此扫描电镜微区分析在油气层保护研究之中具有非常重要的作用。

(1) 利用扫描电镜/能谱分析研究储层岩石学特征,从微观形态及微区成分上对储层岩石进行岩石矿物成分及结构分析,胶结特征及充填作用分析,孔隙及喉道连通性分析等,并预测储层敏感性;

(2) 储层敏感性扫描电镜分析,通过酸、水、速、碱、盐及温度敏感性试验,利用扫描电镜分析储层样品敏感性试验前后的变化,分析储层样品的粘土矿物的变化,胶结物及储层格架的变化,孔隙及喉道的变化,确定储层敏感性发生的类型和程度,并采取预防措施;

(3) 在油气田开发过程中,对储层岩心样品进行开发前后的微观分析,可以判断储层损害程度,提出改进措施,提高产量。特别是注水、注气开发中,运用扫描电镜的分析,可以观察到粘土矿物的膨胀,粘土矿物及其它微粒的迁移,水-岩反应形成新矿物等各种现象^[9],而使孔隙喉道变小或堵塞而造成储层的损害,进而研究采用添加降粘剂,防膨胀剂及控制

温度、酸碱度等措施,而使储层损害的程度降到最低。扫描电镜/能谱分析在油气层保护研究上具有重要作用,应用前景十分广阔,能够解释油气开采中遇到的诸如引起孔喉堵塞、渗透率降低等原因,进而提出油气层保护措施,提高采收率,降低成本,增加产量。

4 扫描电镜的其它应用

随着扫描电镜/能谱仪性能的提高,扫描电镜高温热台及微注入系统的使用,环境扫描电镜出现,使扫描电镜在油气领域中的应用进一步扩大^[10]。

(1) 利用环境扫描电镜高温热台,模拟源岩在不同温度下的生烃动态过程,认识烃源岩的成熟度及成烃演化特征;

(2) 利用环境扫描电镜可以直接对液体样品进行分析,研究液体中固态物质的形貌及结构,研究样品的物理性能稳定性,如泥浆的结构与稳定性之间的关系;

(3) 利用定向分析技术,研究地层岩石样品酸化效果的对比试验及酸岩反应机理研究,观察石英、长石粘土矿物,碳酸盐岩胶结物的变化,为油气开发提

供理论依据。

参考文献:

- [1] 陈丽华, 缪昕, 于众. 扫描电镜在地质上的应用[M]. 北京: 科学出版社, 1986.
- [2] 王行信, 周书欣. 砂岩储层粘土矿物与油层保护[M]. 北京: 地质出版社, 1991.
- [3] 曹寅, 朱樱. 扫描电镜与图像分析在储层研究中的联合应用[A]. 第三届飞利浦电镜中国用户协会论文集[C]. 青岛: 2000.
- [4] Ahr W M. Pore characteristics as surrogates for permeability in mapping reservoir flow units vacuum San Andres field, Lea Country, New Mexico[J]. AAPG Bulletin, 1991, 75(3): 532.
- [5] Alden J Martin, Solomon S J, Hartmann D J. Characterization of petrophysical flow units in carbonate reservoirs[J]. AAPG Bulletin, 1997, 81(5): 734-759.
- [6] 吴胜和, 王仲林. 陆相储层流动单元研究的新思路[J]. 沉积学报, 1999, 17(2).
- [7] 罗平亚. 储集层保护技术[M]. 北京: 石油工业出版社, 1999.
- [8] 张守鹏, 等. 岩石微观分析判识油层伤害的技术方法与应用[J]. 石油学报, 2000, 21(5): 52-57.
- [9] 李学万, 魏喜. 扫描电镜在油气层保护研究上的应用[A]. 第三届飞利浦电镜中国用户协会论文集[C]. 青岛: 2000.
- [10] 严启团, 马成华, 等. 环境扫描电镜在我国油气工业中的应用[A]. 第三届飞利浦电镜中国用户协会论文集[C]. 青岛: 2000.

APPLICATION OF SEM/EDX ANALYSIS IN PETROLEUM EXPLORATION AND PRODUCTION

LIU Weixin, SHI Zhihua, ZHU Ying, CAO Yin

(Wuxi Research Institute of Experimental Geology, SINOPEC, Wuxi, Jiangsu 214151, China)

Abstract: In this paper, the application of SEM/EDX analysis in petroleum exploration and production is summarized. The authors briefly introduced its application and significance in the study of clay mineral, its application in the evaluation of carbonate and clastic rock reservoir features and qualities, its application in oil/gas reservoir protection and oilfield production, and its new fruits in the other hydrocarbon research fields. As a modern analytical and testing technology, SEM/EDX analysis plays an important role in petroleum exploration and production.

Key words: clay mineral; reservoir evaluation; the physical flow units of rocks; oil/gas reservoir protection; SEM/EDX analysis; petroleum exploration and production