

# 美国得克萨斯古生界和 中生界鲕粒的微孔隙度

David C. Kopaska-Merkel

(NE.Science Foundation Troy,NY USA)

赖志云

(江汉石油学院 湖北)

**摘要** 本文所述的由1-5 $\mu\text{m}$ 自形菱形方解石组成的微晶化鲕粒采自得克萨斯奥陶系—侏罗系的鲕粒灰岩和泥粒灰岩,其中:露头样品4个,岩心样品3个,岩屑样品7个。微晶化鲕粒的孔隙度可大于15%,渗透率为1毫达西。鲕粒的微晶化不是由淋滤作用所引起,而是在矿物稳定化过程中由文石转化而成方解石。

**关键词** 鲕粒 微晶化作用 孔隙度 渗透率 储集层

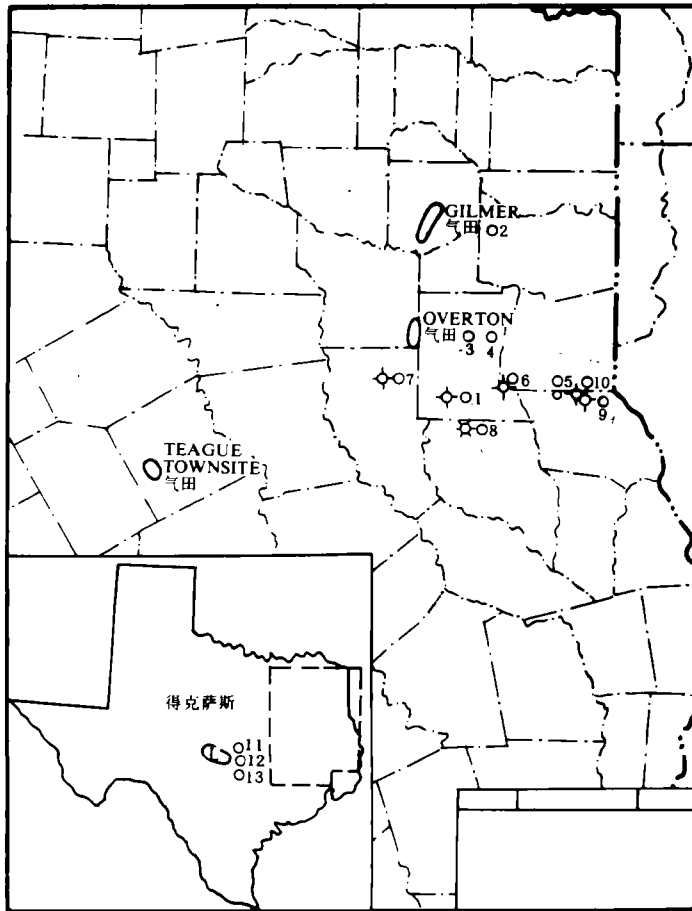
**第一作者简介** David C. Kopaska-Merkel 男 32岁 博士 沉积学

## 引言

微晶化古鲕粒对烃类的勘探是重要的。因为它们分布非常广泛,并且可能储藏天然气和束缚水。在已出版的著作中对此很少重视。微晶化鲕粒内的孔隙度可超过15%,具有高达1毫达西的渗透率(壳牌石油公司未出版的分析资料)。孔隙较大和可渗透的微晶化鲕粒都显示出特有的结构,它们是由自形菱形方解石组成,最长的方解石达1-5 $\mu\text{m}$ 。这样大小的晶体,按福克的观点通常称为微晶。因此,次生作用叫作微晶化作用。经过微晶化作用的颗粒是微晶颗粒。然而,碳酸盐颗粒微晶化的方式是很多的(例如,菌类向岩石内钻入)。这里所描述的结构和提出的机理,不打算应用于一般的微晶化作用。

## 结果和讨论

对得克萨斯东部(上侏罗统)(图1) Cotton群 Massive Cotton Valley 石灰岩(即 Haynesville 石灰岩)的研究表明,鲕内微孔隙形成了几个天然气田的储集层。比如 Teague Townsite 气田(Ahr.Faucelle and Steffensen, 1984)和 Tenaha 气田(Kopaska-Merkel, 未出版)(图2)。



1.虚线表示 MCV 的研究区域 2.“L”是 Llano 隆起,露头样品采集点 3.比例尺英里 公里 4.括号内为采样点号

图 1 美国得克萨斯地图和采样位置图

Fig. 1 Sampling sites and map of Texas, USA

通过对古鲕粒的特征及其晶体结构的研究并将之与更新和现代鲕粒的结构进行了比较,发现后者通常都是由针状沿切线方向延伸的文石组成的(图版 I-1, 2)。

古生界和中生界的微晶化鲕粒样品采自鲕粒灰岩和泥粒灰岩。其中:露头 4 个,钻孔 10 个(图 1, 表 1)。大多数鲕粒由自形至半自形的菱形方解石组成,菱形大小  $1\text{-}\mu\text{m}$ (图版 I-3、4、5、6),就鲕粒内部晶体的形状和大小而论,以单个鲕粒最为均匀,同一地区的不同样品之间变化较大,而不同地区的样品之间变化更大。后来的成岩作用(淋滤或交代)或者形成较粗的自形晶体(图版 I-7)(由 Ostwald 完成见 Walkden 和 Berry, 1984)或者由微嵌晶状晶间胶结构物来胶结菱形体(图版 I-8)。

微粒化鲕粒的孔隙度从接近 0 至超过 15%,渗透率一般较低,但可超过 1 毫达西,这对天然气商业生产来说已经足够了。Massive Cotton Valley 天然气井说明这种微孔隙类型的天然气初产达到 300000 英尺<sup>3</sup>/日(图 2)或更多。鲕内孔隙可构成有意义的储气层,但不

表 1 样品采样情况

Table 1 Sampling

编号	取 样 地 点	地 层 时 代	取 样 类 型
1	Teal Grammier 1 号井	侏罗系 MCV 组	岩 屑
2	Gilmer 气田 McBee 和 Rudman Indian RK GUI 1 号井	同上	岩 屑
3	Overton 气田, Exxon Creekmur 1 号井	同上	岩 心
4	Overton 气田 Exxon Overton GU1	同上	岩 心
5	Tenaha 气田 Humble Johnson GU1	同上	岩 心
6	Humble Johnson 1 号井	同上	岩 屑
7	Amoco Bruno 1 号井	同上	岩 屑
8	Trawick <sup>1</sup> 气田 Exxon Trawick GU1 1 号井	同上	岩 屑
9	Triton Watkins 和 Taylor 1 号井	同上	岩 屑
10	Amerada Strickland 1 号井	同上	岩 屑
11	Llano 气田 Tripstops 2, 2a	二叠系 Marble Falls 组	露 头
12	Llano grab 样品	志留系 Edgewood 灰岩	露 头
13	Llano 气田 Trip Stop 1	奥陶系 Ellenburger	露 头

<sup>1</sup> 不是来自 MCY

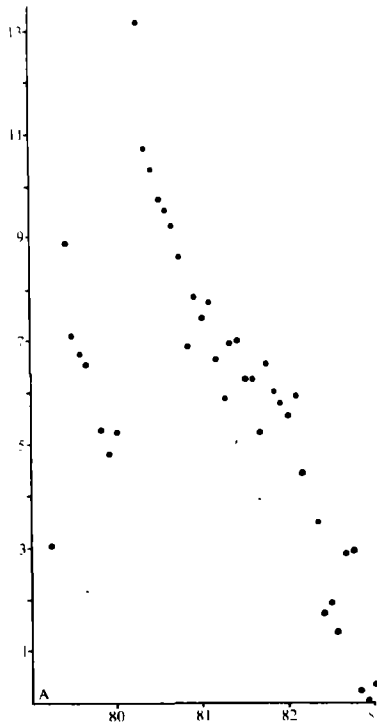


图 2-A 得克萨斯 Shelby 石油公司 Tenaha 气田 Houston-Texas Pollard 单元、第一号井、1980-1983 年, 从内鲕粒微孔隙生产天然气 1000000 英尺<sup>3</sup>/月。根据该井岩心和岩屑的薄片, 扫描电镜的鉴定结果, 这种孔隙类型属于生产率低, 下降快的类型。1981 年该井进行增产处理, 短期产量显著地增加。横标为年份, 纵标为产量 (英尺<sup>3</sup>/月)

Fig. 2-A Well-1 of Houston-Texas Pollard unit, Tenaha gasfield, The latitudinal coordinate stands for ages and the longitudinal for yields

能构成有意义的储油层, 因为在大多数情况下从渗透率为 1 毫达西的岩石中开采是不合算的。然而对于双孔隙水湿岩石, 束缚水可充填在鲕粒内较小的孔隙中, 同样, 石油 (或天然

气) 在较大的孔隙内可流动或停留于其中。实际上, 孔隙喉道的大小是控制储层内流体分布的最终因素 (Wardlaw, 1976; Kopaska-Merkel et al., 1987) 而在未白云岩化的鲕状灰岩中, 孔隙大小和喉道大小通常具有很好的相关性, 所以可从高饱和水的储集层中开采出无水石油 (Keith and Pittman, 1983; Pluim et al., 1985)。当微晶呈自形、晶体很粗, 而且大小均匀时, 微晶化鲕粒的孔隙度和渗透率是最大的。这种“最好的”晶型可能是在低盐度条件下经过缓慢生长而形成的 (Folk, 1974; Folk and Land, 1975)。

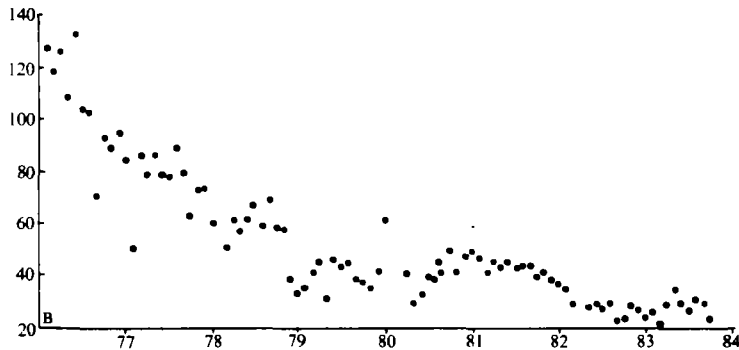


图 2-B Smith 石油公司 Overton 气田 Exxon Overton G.U.2 第 1 号井, 从 1977-1984 年生产天然气, 100000 英尺<sup>3</sup>/月可能是从显微孔隙和内鲕粒显微孔隙产出。坐标同图 2-A

Fig. 2-B Well-1 of Exxon Overton G.U.2, Overton gasfield, coordinates see Fig. 2-A

奥陶系至侏罗系的 14 个微晶化鲕粒样品呈现出同样的组构, 它们可能经过了同样的作用。这些鲕粒的微晶化作用可能 (Ahr. Faucette and Steffensen, 1984) 是在矿物稳定化过程中由文石转化为方解石的。现代鲕粒几乎全是文石, 许多古代鲕粒, 包括本研究的鲕粒也可能是文石质的。某些作者 (如 Wilkinson, 1982) 所说的下古生界和上白垩统一下第三系“方解石”海没有和这里所描述的鲕石同时出现。虽然有些人提出 Smackover 组中来自一定的地理区域和沉积场所的鲕粒可能是方解石质的 (如, Moore, 1984), 但根据岩相学和地化指标, U.S 海湾海岩的 Smackover 组 (上侏罗统, 牛津阶) 的鲕粒通常被解释为文石质的 (如, Moore and Druckman, 1981; Moore, 1984)。转化后的文石质鲕粒和方解石鲕粒可以从岩类学上加以区分 (Wilkinson et al., 1984)。方解石鲕粒在成岩过程中是稳定的, 且具有明显的加大结构, 在薄片上表现为粗的放射状, 这与形成于 Utah 大盐湖的现代鲕粒相同。但是本研究的鲕粒结构完全不同, 它不可能是加大的产物, 表明了它们实质是由经过成岩作用而转变来的。笔者发现没有任何一种成岩作用过程能把具有稳定的放射状结构的方解石鲕粒转变为本文所述的, 与前者大小类似的自形菱形方解石。

本文所描述的鲕粒微晶化结构不是由于淋滤作用形成的, 因为这种微晶化鲕粒通常产于不受淋滤作用影响的地层中。它在暴露表面之下的分布不如在其他地方分布普遍。由于文石向方解石的转化作用强烈地影响着几乎所有的在显生宙时期形成的鲕粒, 所以这种结构的分布可能远大于这里所做的简短的估测。鲕粒的微晶化作用对于未白云化和未淋滤的粒状鲕粒岩石中的天然气田的开发具有重要的影响, 微晶化的鲕粒对于许多具有双孔隙特征的石油储

层也可能是重要的。

我们感谢 Joachim Amthor, George Heirman, Allen Cregg, Caroline Green 等对本文初稿的批评性审阅, 感谢壳牌石油公司允许发表文中的资料和提供部分资金支助, 感谢东北科学基地对本文终稿成文期间提供的资金支助, 感谢张昌民教师对中文的审阅、校正。

收稿日期: 1988年4月14日

### 参 考 文 献

- (1) Ahr W.M., Faucette R.C. and Steffensen C.K., 1984, *Gulf Coast Trans.*, V.33, p.107-117.
- (2) Bathurst R.G.C., 1976, *Carbonate sediments and their diagenesis*, Elsevier, Amsterdam, p.658.
- (3) Daviea P.J. and Martin K., 1976, *Geology*, V.4, p.120-122.
- (4) Folk R.L., 1974, *Jour of Sed. Petrology*, V.44, p.40-53
- (5) Folk R.L., and Land L.S., 1975, *A.A.P.G. Bull.* V.59, p.60-68.
- (6) Friedman G.M., 1964, *Jour of Sed. Petrology*, V.34, p.777-813.
- (7) Friedman G.M. and Sanders J.E., 1978, *Principles of Sedimentology*, John Wiley and Sons, New York, 792p.
- (8) Keith B.D. and Pittman E.D., 1983, *A.A.P.G. Bull.*, V.67, p.1391-99.
- (9) Kopaska-Merkel D.C., 1985, *A.A.P.G. Bull.*, V.69, p.275.
- (10) Kopaska-Merkel D.C., Amthor J.E. and Friedman G.M., 1987, Notes on the use of a mercury porosimeter (Micromeritics Pore Sizer 9305); Northeastern Science Foundation Technical Report 1, 12p.
- (11) Moore C.H., 1984, The upper smackover of the Gulf Rim: depositional systems, diagenesis, porosity evolution and hydrocarbon production, in: Ventress W.P.S. and others, eds., *The Jurassic of the Gulf Rim, proceedings of the third annual research conference, Gulf coast section, Soc. Econ. Paleontologists Mineralogists Foundation*, p.283-307.
- (12) Moore C.H. and Drvckman Y., 1981, *A.A.P.G. Bull.*, V.65, p.597-628.
- (13) Plum S.B., Painter P.G., Bucher E.J. and Chaky A.L., 1985, *A.A.P.G. Bull.*, V.69, p.296.
- (14) Purdy E.G., 1963, *J. Geology*, V.71, p.334-355.
- (15) Walkden G.M. and Berry J.R., 1984, *Sedimentology*, V.31, p.251-267.
- (16) Wardlaw N.C., 1976, *Bull.*, V.60, p.245-257.
- (17) Wilkinsoun B.H., 1982, *Journal of Geological Education*, V.30, p.189-203
- (18) Wilkinson B.H., Buczynski C. and Owen R.M., 1984, *Jour. of Sed. Petrology*, V.54, p.932-947.

## **Microporosity in Ooids: Mesozoic and Palaeozoic of Texas, USA**

**David C. Kopaska-Merkel**

(NE. Science Foundation, Troy, NY, USA)

**Lai Zhiyun**

(Jiangnan Petroleum Institute, Jiangling, Hubei, China)

### **Abstract**

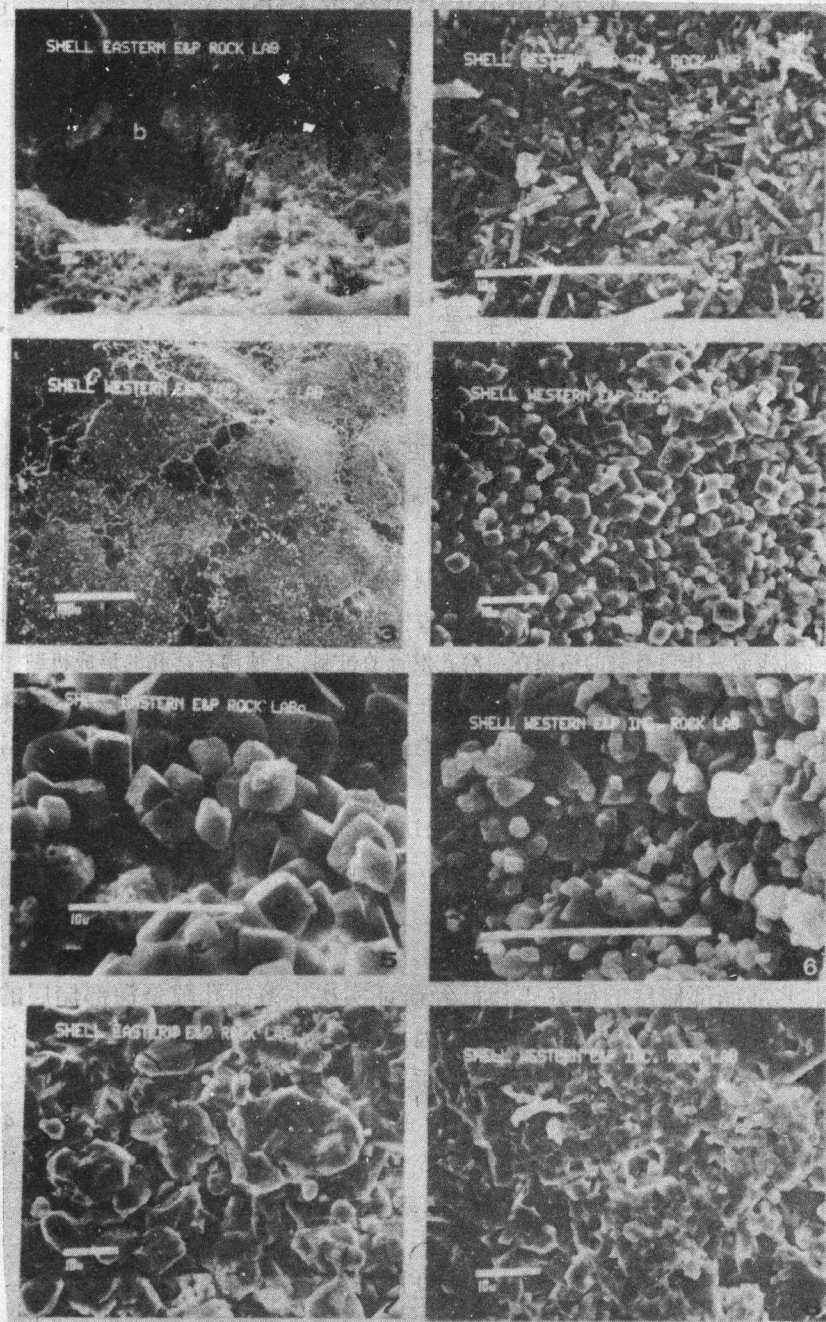
Porosity within micritized ooids may exceed 15 percent with permeabilities up to about 1 millidarcy. The most porous and permeable micritized ooids all exhibit a characteristic texture: they consist of euhedral calcite rhombs 1 to 5 microns in longest dimension.

Massive Cotton Valley gas wells interpreted to produce from this type of microporosity may initially yield as much as 300,000 cubic feet of gas per day or more. Intraooid porosity may constitute a significant reservoir for gas, but not for oil.

Micritized ooids from 14 samples ranging in age from Ordovician to Jurassic exhibit a common fabric and may have been altered by a common process. Micritization of these ooids may have occurred during mineralogical stabilization from aragonite to calcite.

The micritized texture of the ooids described in this paper is not a product of leaching, for this type of micritized ooid is common in strata unaffected by leaching.

Micritization of ooids may be of great significance to the development of gas fields in grainy rocks which have not been dolomitized or leached. Micritized ooids may also be important in many oil reservoirs with binodal pore sizes.



1.巴哈马地表礁现代鲕粒,扫描电镜,由粘结起来的文石针构成的鲕粒 2.佛罗里达州更新世鲕状岩的鲕粒,扫描电镜、与1中的现代鲕粒相似,切向排列清晰 3.得克萨斯州 Upshur 地区 Gilmer 气田 McBee 和 Radian Rock 天然气1单元1号井侏罗系 Massiv CottobValley 石灰岩地下 11760ft.(3584m)鲕状颗粒岩扫描电镜.块状方解石胶结物,全部鲕粒已被微晶化,但纹层的痕迹仍能看见。 4.得克萨斯 Shelby 地区, Tencha 气田, Humble Tencha 天然气单元1号井, 罗系 Massive Cotton Valley 石灰岩的鲕粒颗粒岩的鲕粒,扫描电镜。地下 10770ft.(3283m),该井天然气带中无白云石,菱形方解石自形大小均匀。 5.侏罗系鲕粒,扫描电镜,与图4同井,地下 10767ft (3282m) 产天然气带,高倍镜下见到组成微晶鲕粒的自形菱形方解石。 6.Llano 隆起, Marble Falls 组露头样品, 鲕粒颗粒岩中 Pennsylvanian 鲕粒,扫描电镜, 组构特征在 4, 5 侏罗系鲕粒基本相同。 7.美国南部 Arkansas 新 Orleans 的 Houston Federal land Bank 1 号井 Smackover 组的高能带侏罗系鲕粒颗粒岩的鲕粒扫描电镜。地下 12876ft (3925m)。 Humble Tencha 井侏罗系 Massive cotton valley 石灰岩中鲕粒颗粒岩的鲕粒,扫描电镜。地下 10780ft (3286m) 由嵌晶状方解石胶结的菱形方解石微晶灰