

# 湖相碳酸盐岩生油岩及其有机地球化学特征

## ——以柴达木盆地第三系为例

妥进才 邵宏舜 黄杏珍

(中国科学院兰州地质研究所, 730000)

湖相碳酸盐岩型生油岩的特征是岩石中碳酸盐含量高, 有机碳含量低, 但其有机质向可溶烃的转化率却较高。其可溶抽提物中的生物标志化合物分布特征与碳酸盐岩和蒸发岩系很相似。

关键词 碳酸盐岩型生油岩 柴达木盆地 碳酸盐岩的迟缓效应

第一作者简介 妥进才 男 33岁 助研 有机地球化学

湖相碳酸盐岩型生油岩是一种新的生油岩系, 它既不同于典型的碳酸盐岩生油岩, 又不同于典型的碎屑岩生油岩, 而是介于碳酸盐和碎屑岩之间的一种过渡类型。是在干旱—半干旱气候条件下, 湖盆水体咸化至微咸水—半咸水阶段, 由化学成因和机械成因交替作用形成的一种混合岩系。这种湖相碳酸盐岩型生油岩在岩石学特征和有机地球化学特征上同碳酸盐和碎屑岩生油岩有许多相同和不同之处。

### 1 湖相碳酸盐岩型生油岩的岩石学特征

柴达木盆地西部第三系是在炎热干旱的气候条件下以微咸水—咸水湖盆水体中沉积的。由于季节性陆源水流补给变化以及湖盆水体盐度的不稳定性, 因而其沉积物在纵向和横向上变化都比较大。岩石类型众多, 一般都由泥质岩、白云岩、灰岩、粉砂岩和蒸发岩组成, 砂岩则很少。据狮子沟E<sub>3</sub>段统计(表1), 剖面中碎屑岩占56%, 碳酸盐和蒸发岩占44%。其中泥质岩最多占40%, 白云岩和灰岩次之, 占37.5%。

表1 狮子沟E<sub>3</sub>各类岩石组成表(按厚度百分比)

蒸发岩		碳酸盐岩		碎屑岩		
碎屑岩型	碳酸盐型	石灰岩	白云岩	泥质岩	粉砂岩	细砂岩
2.5%	3%	15%	22.5%	40%	14.5%	1.5%
5.5%		37.5%		56%		

粘土和其他硅酸盐矿物是盐酸所不能溶解的, 测定的各类岩石的酸不溶物含量变化为18%~56.8%, 一般都在40%~55%, 都比较高, 由表2可以看出, 柴达木盆地第三系渐新统地层岩石成分复杂多样。在碳酸盐中酸不溶物含量较高, 而在碎屑岩特别是泥质岩中酸不溶物含量又不是特别高。即泥质岩中含有丰富的碳酸盐, 碳酸盐和蒸发岩中又有不少的泥质、粉、细砂粒碎屑岩混入。常常是泥岩同碳酸盐和蒸发岩等两种以上的岩类组成的混合沉积。也就是说, 既无纯的碳酸盐岩, 又无纯的粘土岩和碎屑岩, 更无纯的蒸发岩。这是因为在

干旱气候带中的湖盆, 由于蒸发量大于降水量, 水体逐步咸化至半咸水—咸水湖阶段, 从而出现了以碳酸盐沉积为主的化学沉积阶段。同时, 还不断的有碎屑物质被河流携带入湖, 并在碳酸盐沉积带与碳酸盐沉积物混合, 从而形成碎屑岩、碳酸盐甚至蒸发岩组成的混合沉积。

表2 E<sub>3</sub>各类岩石的酸不溶物和碳酸盐含量表

岩石	泥岩	泥晶云岩	泥晶云岩	泥岩	泥晶云岩	粉砂岩	泥晶云岩	泥晶云岩
井深(m)	3997	4031	4033	4039	4041	4046	4066	4069
酸不溶物含量(%)	49.44	56.78	40.74	43.32	53.76	50.92	23.38	18.04
COI %	15.56	7.69	14.57	11.78	11.13	4.75	22.48	28.00
换算成C <sub>1</sub> CO <sub>x</sub> (%)	25.93	12.81	24.28	28.63	18.55	7.91	37.46	46.66

## 2 湖相碳酸盐岩型生油岩的生油岩特征

由这种混合沉积组成的生油岩, 因其中的碳酸盐矿物含量一般都在50%以下, 因而在岩石学上仍然属于碎屑岩, 但在生油岩特征和有机地球化学特征上都与碳酸盐岩极为相似, 所以, 我们将这种类型的生油岩定名为湖相碳酸盐岩型生油岩。

### 2.1 碳酸盐岩型生油岩的有机质丰度比较低

表3是历年来700多块岩芯和上千块岩屑样品的统计结果, 由表可见, 柴达木盆地第三系湖相碳酸盐岩型生油岩的有机质丰度普遍比较低, 有机碳平均值一般低于0.4%, 氯仿沥青“A”含量一般在700~1200( $\times 10^{-6}$ ), 总烃含量一般在400~700( $\times 10^{-6}$ ), 低于我国东部其它盆地的有机碳含量。

表3 柴达木盆地西部第三系有机质丰度(据青海石油管理局)

层位	南区			中区			北区			全区统计			HC/C %
	C%	A%	HC ( $\times 10^{-6}$ )	C%	A%	HC ( $\times 10^{-6}$ )	C%	A%	HC ( $\times 10^{-6}$ )	C%	A%	HC ( $\times 10^{-6}$ )	
N <sub>1</sub>	—	—	—	0.345 (88)	0.035 (24)	111 (12)	0.287 (167)	0.046 (35)	263 (29)	0.307 (256)	0.041 (59)	218 (41)	7.10
N <sub>1</sub>	0.18 (48)	0.073 (17)	342 (10)	0.316 (80)	0.061 (26)	316 (19)	0.268 (242)	0.081 (58)	528 (47)	0.267 (370)	0.076 (101)	450 (76)	16.85
N <sub>2</sub> 平均	0.18 (48)	0.073 (17)	342 (10)	0.332 (168)	0.048 (50)	236 (31)	0.276 (409)	0.068 (93)	427 (76)	0.283 (625)	0.062 (160)	369 (117)	13.04
N <sub>1</sub>	0.235 (61)	0.065 (9)	278 (7)	0.392 (60)	0.137 (16)	471 (12)	0.327 (47)	0.064 (13)	352 (12)	0.317 (168)	0.095 (38)	381 (31)	12.02
N <sub>1</sub>	0.305 (175)	0.164 (33)	797 (27)	0.394 (88)	0.096 (16)	533 (12)	0.254 (102)	0.074 (22)	465 (16)	0.312 (365)	0.121 (71)	643 (55)	20.64
N <sub>1</sub> 平均	0.287 (236)	0.143 (42)	690 (34)	0.393 (148)	0.117 (32)	502 (24)	0.277 (149)	0.071 (35)	416 (28)	0.313 (533)	0.112 (109)	549 (86)	17.54
E <sub>3</sub>	0.425 (384)	0.106 (78)	460 (56)	0.315 (195)	0.110 (37)	345 (23)	0.272 (260)	0.044 (54)	289 (40)	0.352 (839)	0.087 (169)	380 (119)	10.79
合计	0.358 (668)	0.114 (137)	526 (100)	0.343 (511)	0.086 (119)	350 (78)	0.275 (818)	0.061 (182)	386 (144)	0.320 (1997)	0.084 (438)	421 (322)	13.16

注: 括号内为样品数

### 2.2 生油岩中有机质向可溶沥青和烃类的转化率较高

表3表明, 尽管柴西第三系湖相碳酸盐岩型生油岩有机质含量普遍偏低, 但其有机质向

烃类的转化率却较高,达到7%~13%,甚至高达20.6%,高于一般泥页岩的平均烃转化率,也比世界碳酸盐岩的烃转化率的平均值(5.0%)高出许多。

### 3 湖相碳酸盐岩型生油岩的有机地球化学特征

湖相碳酸盐岩型生油岩抽提物中饱和烃的分布具有与碳酸盐岩和蒸发岩系相似的特征。

#### 3.1 链烷烃的分布特征

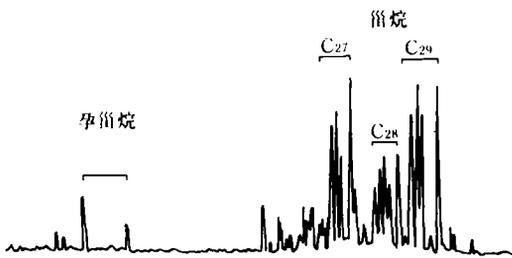
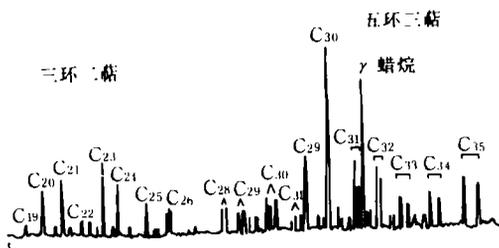
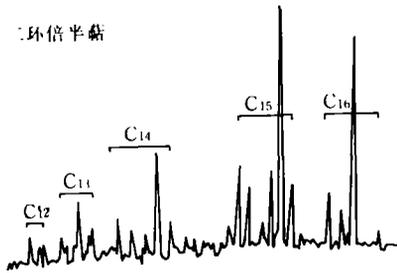


图2 柴达木盆地第三系生油岩中的环状生物标志化合物质量色谱图

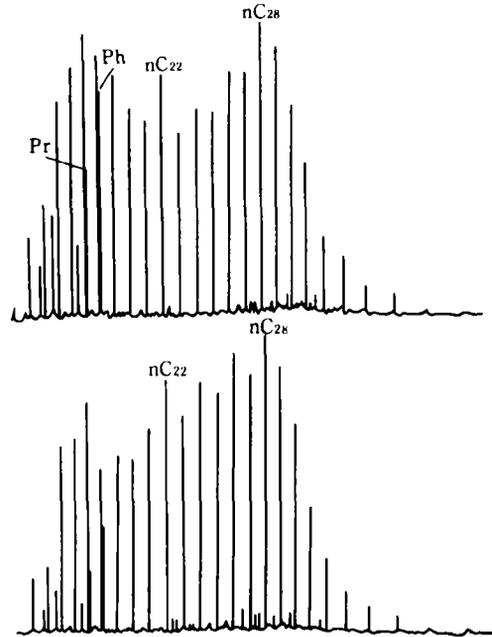


图1 柴达木盆地第三系生油岩中链烷烃的质量色谱图

链烷烃中正构烷烃呈双峰分布(图1),反映了低等水生生物和陆源高等植物的双重母源特征,另外,正构烷烃所具有的偶碳优势和 $nC_{22}$ 优势以及异戊二烯型烷烃中强的植烷对姥鲛烷的优势分布则是典型的碳酸盐岩和蒸发岩系的生油岩特征。

#### 3.2 环状生物标志化合物的分布特征

环状生物标志化合物中二环倍半萜含量较高,且系列分布较全,从 $C_{12}$ 一直分布到 $C_{16}$ ,并以补身烷和高补身烷的含量为最高(图2)。

长链三环二萜烷系列的分布具有以 $C_{23}$ 为最高峰,以 $C_{22}$ 为低峰的倒“V”字分布特征,为典型的碳酸盐和盐湖相环境的分布特征,而且系列分布全,从 $C_{19}$ 一直延续到 $C_{30}$ ,有的甚至一直分布至 $C_{31}$ ,并从 $C_{28}$ 开始成对出现,表明从 $C_{28}$ 以后,长链三环二萜烷具有S、R两种异构体(图2)。

五环三萜烷分布中  $C_{30}$  藿烷的含量大于  $C_{29}$  藿烷的含量,并含有很丰富的  $\gamma$ -蜡烷。 $T_n$  含量低于  $T_m$  的含量,升藿烷可延续至  $C_{34}$  甚至  $C_{35}$ ,为盐湖相环境的典型特征。

甾烷中  $C_{27}$  甾烷同  $C_{29}$  甾烷含量相当,表明其母质中湖相低等水生生物同陆生高等植物的贡献基本相同。重排甾烷含量相对较低,孕甾烷系列丰富,4-甲基甾烷含量较高,为盐湖相蒸发盐系的分布特征。

### 4 湖相碳酸盐岩型生油岩的有机质演化特征

由于柴达木盆地西部第三系生油岩中普遍含有很丰富的碳酸盐岩,因而其有机质的演化特征也与碳酸盐岩生油岩很相似。最显著的特征是碳酸盐对油气的生成过程具有迟缓效应。如图 3、4、5 所示以

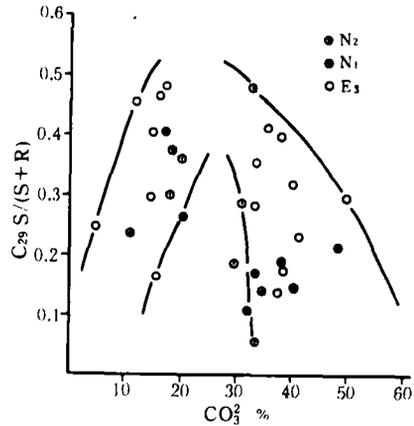


图 3 甾烷  $C_{29}S/(S+R)$  比值与  $CO_3^{2-}$  含量关系

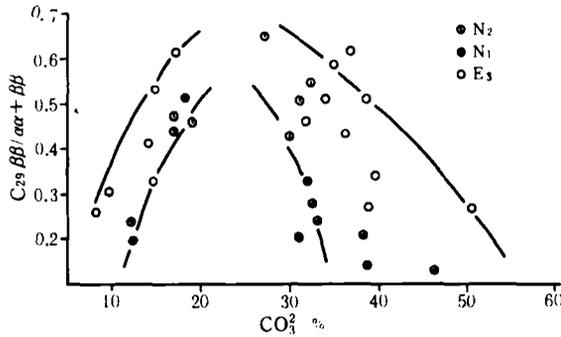


图 4 甾烷  $C_{29}\beta/(\alpha+\beta)$  比值与  $CO_3^{2-}$  含量关系

岩石中  $CO_3^{2-}$  含量 25% 为界,当  $CO_3^{2-}$  含量小于 25% 时,反映有机质演化程度的成熟度参数甾烷  $C_{29}S/(S+R)$  比值、 $C_{29}\beta/(\alpha+\beta)$  比值及藿烷  $C_{31}S/R$  比值均随岩石中  $CO_3^{2-}$  含量的增加而增大。而当岩石中  $CO_3^{2-}$  含量大于 25% 以后,上述 3 项比值均随岩石中  $CO_3^{2-}$  含量的增加而减小。表明岩石中较高的碳酸盐含量对甾烷和藿烷的差向异构化反应具有迟缓效应。

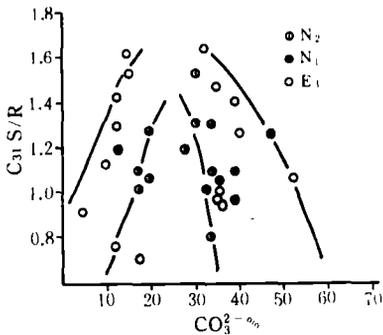


图 5 藿烷  $C_{31}S/R$  比值与  $CO_3^{2-}$  含量关系。

国内外的许多研究表明,碳酸盐岩生油岩中其有机质的演化程度要比同层位泥质岩中有机质的演化程度低,周中毅等(1990)认为碳酸盐矿物对有机质具有保护作用。国外也有类似的研究结果(Price,1985),威尼斯顿盆地某井上部  $R^o$  值与深度呈现良好的线性关系,相关系数达 0.95,其岩性以页岩及泥岩为主,该井的下部地层以碳酸盐岩为主。它们的  $R^o$  值出乎意料的下降了,说明碳酸盐岩地层中有机质的成熟度比上覆地层中泥页岩的有机质成熟度还要低。上述特征表明,碳酸盐矿物不仅对反映有机质演化程度的甾烷和藿烷的差向异构化反应具有迟缓效应,而且对  $R^o$  值也

具有迟缓效应。进一步说,由于碳酸盐矿物的存在,使得碳酸盐生油岩系的生油过程被推迟了。

另外,从实际剖面的演化来看,狮20井4139m取心井段,岩石抽提物正构烷烃CPZ值为0.84,藿烷 $C_{31}S/R$ 比值为1.44,甾烷 $C_{29}S/(S+R)$ 比值为0.49, $C_{29}\beta$ 比值为0.52,梁3井5108m取心井段,岩石抽提物正构烷烃CPZ值为1.32,藿烷 $C_{31}S/R$ 比值为1.42,甾烷 $C_{29}S/(S+R)$ 比值为0.41, $C_{29}\beta/(\alpha\alpha+\beta)$ 比值为0.43,表明狮20井4139m和梁3井5108m井段还未达到有机质热演化的下限值,仍处于生油高峰阶段。而上述层段都是柴西第三系地层中碳酸盐含量较高的层段。因此,对于碳酸盐岩地层以及碳酸盐含量比较高的碳酸盐岩生油岩系的勘探不能沿用一般泥岩地层的勘探标准,而应考虑碳酸盐的影响,其勘探深度要比一般泥页岩地层的勘探深度要相应地深一些。

(收稿日期:1993年9月14日)

#### 参 考 文 献

- 1 曹宪章,刘淑珍,马顺平. 沉积学报,1989,7(3):91~97
- 2 妥进才,邵宏舜,黄杏珍. 沉积学报,1993,11(2):118~123
- 3 周中毅,范善发,谢觉新. 沉积学报,1991,9(增):112~119

## LACUSTRINE CARBONATE SOURCE ROCKS AND THEIR ORGANIC GEOCHEMICAL CHARACTERISTICS — TAKING THE TERTIARY SYSTEM OF Q Aidam BASIN FOR EXAMPLE

Tuo Jincai    Shao Hongshun    Huang Xingzhen  
(Lanzhou Institute of Geology, Academia Sinica)

#### Abstract

The characteristics of lacustrine carbonate type source rocks are that in the rocks the content of carbonate is high, the content of organic carbon is low, but the transformation ratio of their organic material to soluble hydrocarbons is higher. The distributive characteristics of biomarkers in their soluble extracts are very similar to those in carbonate rocks and evaporite rocks series'.