

塔里木盆地大庆区块烃源岩演化史 与油气成藏期研究

萧德铭

(大庆石油管理局, 黑龙江大庆 163700)

冯子辉

(大庆石油管理局勘探开发研究院, 黑龙江大庆 163712)

本文在分析了塔里木盆地大庆区块烃源岩的一般地质地球化学特征的基础上, 恢复了烃源岩的埋藏史、热演化史、生烃史和排烃史。研究表明: 大庆区块烃源岩在埋藏上具有“早期沉降小、中期振荡缓、晚期沉降大”的特点, 在成熟演化上具有下古生代源岩演化进度慢、上古生界源岩演化进度快的特点。受上述因素的影响, 烃源岩具有两次主要生烃期和 3 次排烃期, 相应地油气成藏期有 3 个阶段。各成藏期由于油气进入的生储盖组合不同, 保存条件和分布范围不同, 在勘探中应有相应的对策。

关键词 塔里木盆地 烃源岩 生烃史 排烃史 油气成藏期 干酪根

第一作者简介 萧德铭 男 52 岁 教授 石油勘探

塔里木盆地是典型的克拉通叠置复合型盆地, 在盆地演化的不同阶段, 由于地质背景不同, 分别沉积了海相、海陆相和陆相地层, 形成了多套性质不同烃源岩(肖贤明, 1997; 程顶胜, 1997)。烃源岩在演化历史上, 除提供性质不同的油气外, 其生、排烃量或生、排烃期与油气藏的形成有密切关系。

塔里木盆地大庆区块位于塔里木盆地西北部, 区域上跨巴楚断隆和阿瓦提凹陷两个构造单元, 总面积 29042km², 沉积地层从震旦系至第四系, 沉积岩厚 8000~12000m。目前这个区块在和 4 井二叠系地层、巴东 2 井奥陶系地层见含油显示, 在阿瓦提县见地表油苗显示。这些含油显示, 尤其是地表油苗显示表明, 大庆区块油气经历了生成、运移、聚集、成藏、改造的全过程, 有良好的油气勘探前景。

1 大庆区块烃源岩的地质地球化学特征

塔里木盆地在发展演化过程中, 大庆区块主要发育了两套烃源岩。第一套烃源岩指寒武和奥陶系地层, 这套地层沉积时, 盆地发生了第一次大规模的海侵, 形成了海相沉积地层, 有机质来源主要为海相藻类和动物体。大庆区块寒武系地层沉积于开阔台地-闭塞台地相, 主要烃源岩为白云岩类, 如藻白云

岩、叠层石白云岩等, 烃源岩厚 600~800m, 有机碳含量 0.085%~2.68%, 平均值 0.4646%, 生油潜量 0.08~0.24mg/g, 平均值 0.129mg/g, 氯仿“A”含量 0.004%~0.0086%, 平均值 0.0062%, 据烃源岩的评价标准(刘洛夫等, 1997), 属较好烃源岩。母质类型一般为 II-III₁ 型, 巴楚隆起上源岩镜质体反射率大于 1.6%。大庆区块奥陶系地层沉积于开阔台地、混积外陆棚及混积内陆棚相, 主要烃源岩为灰、深灰色、褐色白云岩、灰岩, 以及深灰色泥岩等。其中尤以碳酸盐岩生烃条件最好。暗色碳酸盐岩类烃源岩厚 200~600m, 有机碳 0.01%~6.6%, 平均值 1.063%, 氯仿“A”0.05%~0.215%, 平均值 0.0441%, 总烃含量平均值 450×10⁻⁶, 生烃潜量平均值 0.1mg/g, 属好烃源岩。干酪根氢碳原子比最高达 1.5, 碳同位素-28‰~-25‰, 有机质类型为 II-III₁ 型, 巴楚隆起上源岩镜质体反射率为 1.22%~1.38%。

第二套烃源岩系指石炭和二叠系地层, 这套烃源岩沉积时盆地发生了第二次大规模海侵, 形成了海陆相沉积地层, 有机质的来源包括海相和陆相动物、植物体。大庆区块石炭系源岩沉积于开阔台地和半闭塞台地相, 主要烃源岩有深灰色、褐色生屑灰岩、灰岩, 深灰色泥灰岩和深灰色泥岩。与泥质烃源岩相

比, 碳酸盐岩烃源岩在区块分布稳定, 生烃条件好。暗色碳酸盐岩烃源岩厚 50~ 200m, 有机碳含量 0.1% ~ 2.8%, 平均值 0.657%, 氯仿“ A ”含量 0.01% ~ 0.115%, 平均值 0.0307%, 总烃平均含量 396×10^{-6} , 生烃潜量平均值 0.707m g/g, 属中- 较好烃源岩。母质类型为 II- III₂ 型, 巴楚隆起上源岩镜质体反射率 0.59% ~ 1.04%。大庆区块二叠系地层为滨浅湖相和河流相沉积, 主要烃源岩为暗色泥质岩。烃源岩厚 0~ 200m, 有机碳含量 0% ~ 0.8%, 平均值 0.284%, 氯仿“ A ”平均值 0.0123%, 生烃潜量平均值 0.126m g/g。源岩在局部地区可能具有生

油能力外, 综合评价为非烃源岩。

2 大庆区块烃源岩的沉积史与热演化史

大庆区块烃源岩自寒武纪至第四纪漫长的演化过程, 受盆地总的构造演化背景的影响, 有多次沉降- 抬升- 沉降的过程。根据地层的岩性特征, 孔隙度与埋深的关系、地层剥蚀厚度分析, 恢复了大庆区块地层的埋藏史(图 1)。同盆地其它主要生油区相比, 大庆区块有“早期沉降小、中期振荡缓、晚期沉降大”的特点。古生界以前早期沉降期, 大庆区块沉降较

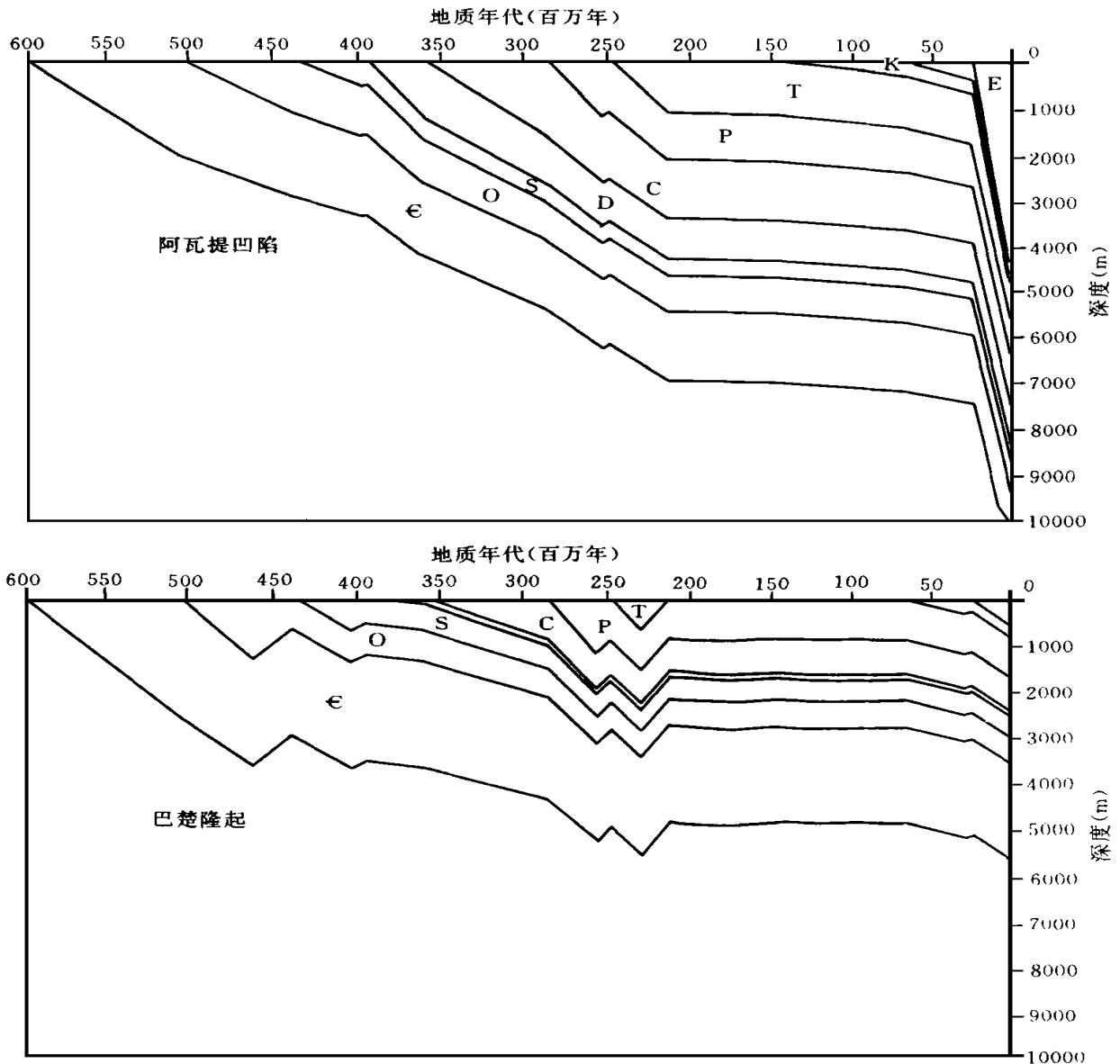


图 1 塔里木盆地大庆区块烃源岩埋藏史图

Fig 1 Burial history of source rocks in the Daqing region of the Tarim Basin

浅, 烃源岩的埋藏深度不大, 一般小于 600m, 在这个期间受加里东和海西构造运动的影响, 地层有一定的抬升剥蚀, 其中巴楚隆起上奥陶系地层沉积期间尤为明显, 本次抬升剥蚀为储层发育改造创造了条件。中生界中间振荡期, 大庆区块地层的埋藏与抬升作用不明显, 除三叠纪期间受印支运动的影响在阿瓦提凹陷有一定沉积和巴楚隆起区有明显剥蚀外, 侏罗和白垩纪期间地层的沉降厚度和剥蚀厚度较小, 烃源岩的埋深无明显变化。新生界沉降期间, 地层的沉积厚度巨大, 主要发生在阿瓦提凹陷, 一般可达 2600~ 4600m, 目前烃源岩的最大埋深可达 10000m 以上。

根据塔里木盆地古地温的研究(金奎励主编,

1997)和地层埋藏史的恢复结果, 以源岩实测镜质体反射率数据为基础, 对大庆区块源岩的成熟史进行了模拟(图 2)。相对而言, 大庆区块具有古生代烃源岩成熟演化慢、中生代烃源岩成熟演化快的特点。古生代源岩以寒武系地层为例, 在泥盆纪末进入成熟阶段, 在二叠纪末进入高成熟阶段, 中新生界进入高成熟的过成熟阶段, 古生代源岩进入成熟和高成熟的时期晚于盆地其它主要生油区, 表明这个地区油气的主要生成期晚, 有利于油气的保存。中生代源岩以石炭系地层为例, 三叠纪末进入成熟阶段, 其中阿瓦提凹陷内上第三纪期间进入过成熟阶段。中生代烃源岩成熟度相对较高, 表明大庆区块中生代源岩生油气条件有利。

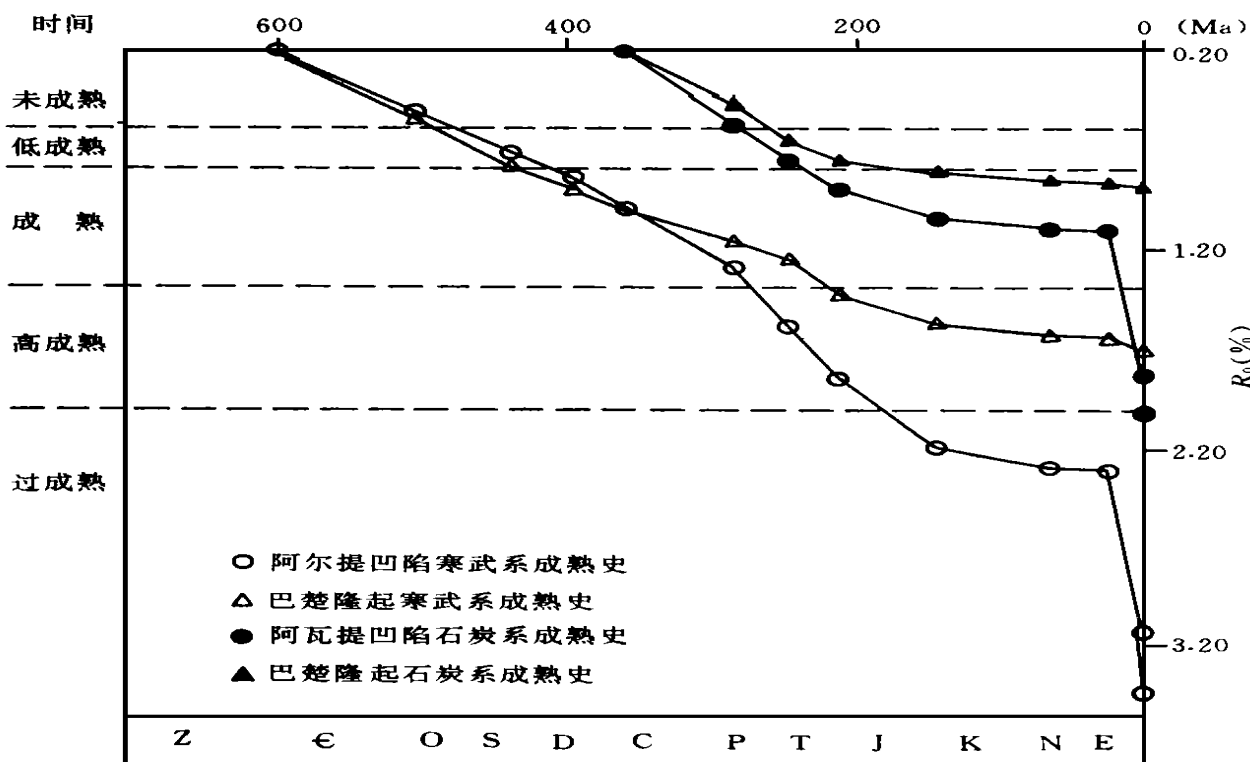


图 2 塔里木盆地大庆区块烃源岩成熟演化史图

Fig 2 Maturity evolutionary history of source rocks in the Daqing region of the Tarim Basin

3 大庆区块烃源岩的生烃与排烃特征

采用热降解率法, 对塔里木盆地大庆区块烃源岩的生烃强度进行了计算(表 1)。首先从总生油强度看, 古生代至侏罗纪末, 区块总生油强度逐渐增大

达 $46.51 \times 10^4 \text{t}/\text{km}^2$, 反映区块内的原油主要在这个期间生成。白垩纪至第四纪末, 生油强度呈逐渐变小的趋势。主要生油层的生油特征是: 寒武系源岩主要生油期在古生代, 二叠纪末生油强度最大达 $24.51 \times 10^4 \text{t}/\text{km}^2$, 随后由于进入高成熟和过成熟阶段, 生油强度变小。奥陶系源岩主要生油期同总生油期一

表 1 塔里木盆地大庆区块主要烃源岩层生烃强度表

Table 1 Hydrocarbon-generating intensity of master source rock layers in the Daping region of the Tarim Basin

时代	石炭系源岩		奥陶系源岩		寒武系源岩		合 计	
	生油强度*	生气强度**	生油强度*	生气强度**	生油强度*	生气强度**	生油强度*	生气强度**
现 今	5.19	1.52	20.69	6.84	12.50	8.56	38.38	16.92
上第三纪末	5.35	1.45	21.44	6.57	13.28	8.28	40.07	16.30
下第三纪末	2.95	1.03	26.22	5.44	15.81	7.29	44.98	13.76
白垩纪末	2.80	0.98	26.18	5.39	15.94	7.24	44.92	13.61
侏罗纪末	2.36	0.85	26.75	5.18	17.40	6.98	46.51	13.01
三叠纪末	1.71	0.63	22.10	4.32	21.98	6.34	45.79	11.29
二叠纪末	1.27	0.39	15.33	3.24	24.51	5.86	41.11	9.49
石炭纪末	0.72	0.22	10.02	2.30	23.98	5.11	34.72	7.63
泥盆纪末	0.00	0.00	5.30	1.38	14.62	3.11	19.92	4.49
志留纪末	0.00	0.00	3.87	1.11	8.72	2.06	12.59	3.17
奥陶纪末	0.00	0.00	2.82	0.94	5.28	1.44	8.10	2.38
寒武纪末	0.00	0.00	0.00	0.00	2.92	1.08	2.92	1.08

* 单位为: $10^4 \text{t}/\text{km}^2$; ** 单位为 $10^8 \text{m}^3/\text{km}^2$

致, 侏罗纪末生油强度达 $26.75 \times 10^4 \text{t}/\text{km}^2$, 随后生油强度有从高变低的趋势。石炭系源岩的生油强度从古至今呈增大趋势, 特别是下第三纪末有明显增加, 达 $5.35 \times 10^4 \text{t}/\text{km}^2$ 。从总生气强度和各源岩层的生气特征看, 大庆区块有两次主要的生气期, 第一次为古生代至侏罗纪, 各烃源岩的生气强度和总生气强度逐渐增大, 总生气强度达 $13.01 \times 10^8 \text{m}^3/\text{km}^2$, 寒武系源岩达 $6.98 \times 10^8 \text{m}^3/\text{km}^2$, 奥陶系为 $5.18 \times 10^8 \text{m}^3/\text{km}^2$, 石炭系为 $0.85 \times 10^8 \text{m}^3/\text{km}^2$, 随后至下第三纪期间生气强度变化不大。第二次为下第三纪末至现今, 生气强度明显增加, 总生气强度达 $16.92 \times 10^8 \text{m}^3/\text{km}^2$, 寒武系源岩达 $8.56 \times 10^8 \text{m}^3/\text{km}^2$, 奥陶系源岩达 $6.84 \times 10^8 \text{m}^3/\text{km}^2$, 石炭系为 $1.52 \times 10^8 \text{m}^3/\text{km}^2$ 。烃源岩上述生烃特征尤其是生气过程主要与烃源岩早期沉降、中期振荡、后期沉降导致源岩的成熟度变化有关。

根据压实法和物质平衡法, 对大庆区块烃源岩的排烃特征进行了研究(图 3)。首先从源岩的阶段排油强度看, 寒武系源岩主要排油期有两次, 第一次为奥陶纪末, 排油强度较小, 第二次为石炭纪至二叠纪末阶段排油强度较大。奥陶系源岩主要有三次排油期, 第一次为志留纪末, 排油强度较小, 第二次排油高峰期石炭至三叠纪末, 阶段排油强度最大。第三次排油期为下第三至上第三纪末, 排油强度变小。

石炭系源岩有两次主要排油期, 第一次为二叠纪末, 排油强度较小, 第二次为上第三纪末, 排油强度增大。综合各套源岩的排油特征, 大庆区块烃源岩的排油期主要有 3 次, 第一次为奥陶纪末, 原油主要源于寒武系, 第二次为石炭至三叠纪末, 原油来自于寒武和奥陶系烃源岩, 第三次为下第三至上第三纪末, 原油主要来源于石炭系, 其次为奥陶系。

从源岩的阶段排气强度看, 寒武系源岩有两次主要排气期, 第一次为石炭纪末, 第二次为上第三纪末, 第一次排气强度大于第二次。奥陶系源岩有两次主要排气期, 第一次为二叠至三叠纪末, 第二次为上第三纪末, 两次排气强度大致相当。石炭系源岩有一次主要排气期, 时间为上第三纪末, 排气强度较小。寒武和奥陶系源岩的排气期与排气强度决定了区块烃源岩的两次主要排气期, 第一次为石炭至三叠纪末, 第二次为第三纪末。

4 大庆区块油气成藏期

生、储、盖综合研究表明, 大庆区块主要发育了两套较好的生储盖组合, 第一套为寒武、奥陶系生储盖组合, 第二套为石炭、二叠系生储盖组合。这两套生储盖组合中的油气藏的形成期, 受区块烃源岩排烃期的影响(吕修祥, 1997), 大庆区块各套烃源岩综

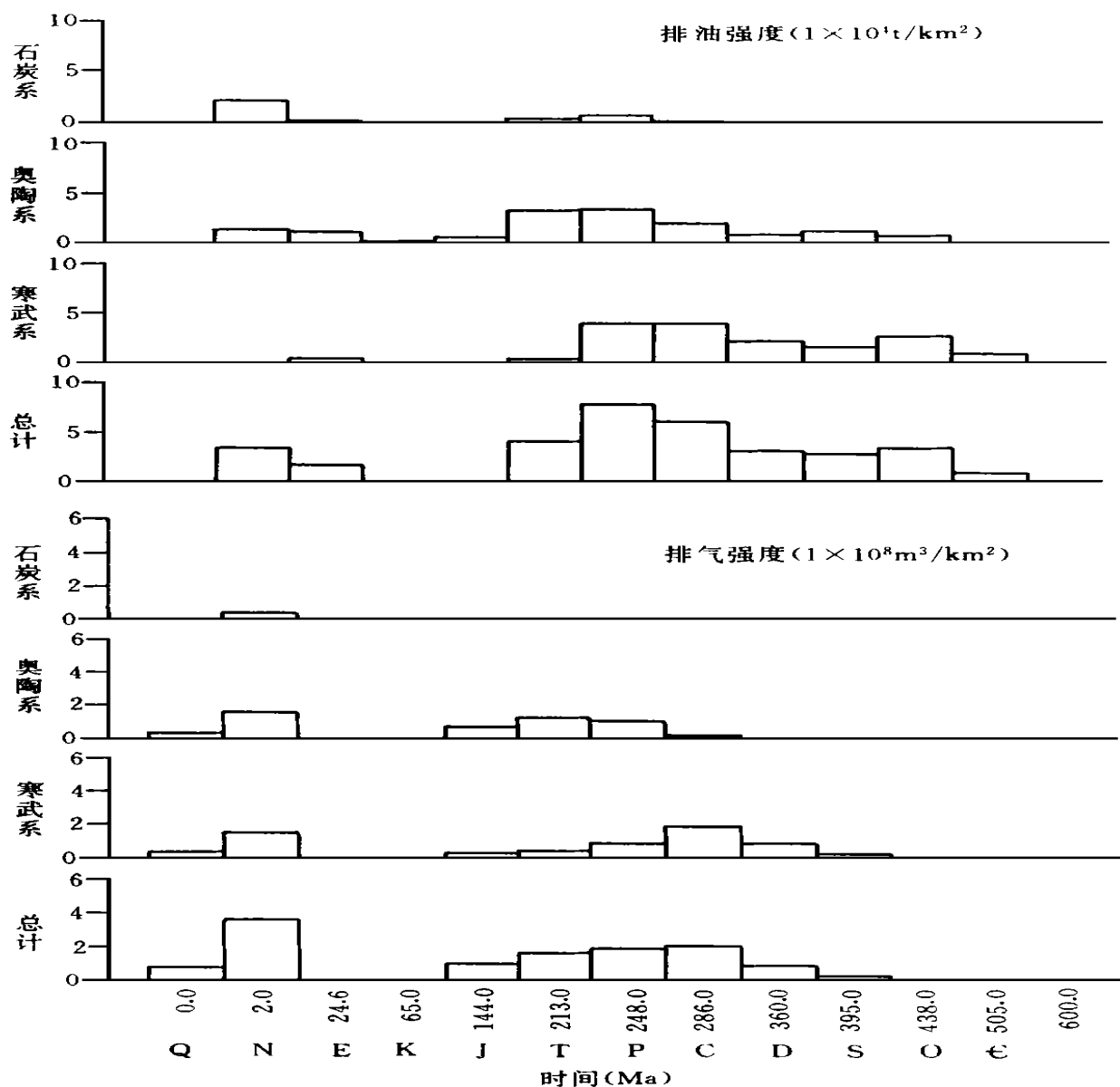


图3 塔里木盆地大庆区块烃源岩排烃强度图

Fig. 3 Hydrocarbon-discharging intensity of source rocks in the Daqing region of the Tarim Basin

合排油、排气的结果表现出3次特征不同的排烃高峰期,从而对应了3次规模不同的油气藏形成时期。

第一个成藏期为奥陶纪末,原因为寒武系源岩出现第一次排油高峰的结果。原油主要进入第一套生储盖组合,在寒武或奥陶系内幕圈闭形成油藏。随后由于加里东晚期构造运动或海西早期构造运动的影响,这些油藏大多被破坏。值得说明的是大庆区块同塔里木盆地其它地区相比,寒武系源岩本期排油量仅占总排油量的大约三分之一,奥陶系源岩排油量较小,油藏形成的规模相对较小。因此大庆区块烃

源岩中的油气在第一次排烃形成油藏后,尽管受到破坏,但油气或有机质仍相对较多地保存于烃源岩中,为本区块源岩的后期排烃和油气藏形成创造了条件。

第二个成藏期为石炭至三叠纪末,主要是寒武和奥陶系源岩在这个期间大量排油排气的结果。油气仍然主要进入第一套生储盖组合,在经历前期构造运动改造的寒武或奥陶系内幕圈闭形成油气藏。这次排烃期由于寒武和奥陶系源岩排出了绝大部分原油和相当数量的天然气,因此表现出油气藏形成

时间长、规模大的特点。随后由于印支运动和燕山运动的影响,地层抬升剥蚀作用,已形成的油气藏可能受到保存、改造或破坏。大庆区块巴楚隆起区油气藏形成以第二成藏期为主,其寒武、奥陶系生储盖组合埋藏相对较浅,油气藏改造作用强,目前在巴楚隆起上进行勘探,应寻找油气源条件好且圈闭具有继承性发育的地区。

第三个成藏期为上第三纪期间,主要是石炭系源岩大量排油和寒武、奥陶系源岩大量排气的结果,原油主要进入第二套石炭二叠系生储盖组合,天然气进入第一套生储盖组合,本次成藏期由于距现今时间近,油气保存条件好,且经过多次构造运动,圈闭类型多,油气储集条件好。另一方面这次源岩大量排烃是阿瓦提凹陷在上第三纪期间接受巨厚沉积的结果,因此成藏地区主要在阿瓦提凹陷,以及由阿瓦提凹陷向巴楚隆起的运移路径上,因此寻找第三个成藏期形成的油气藏,应在阿瓦提凹陷以及巴楚断裂带下盘靠近阿瓦提凹陷一侧的有利构造部位。

5 结论

(1) 大庆区块发育了两套生烃条件较好的烃源岩,第一套为海相寒武和奥陶系烃源岩,第二套为石炭、二叠系烃源岩。

(2) 大庆区块地层的埋藏表明,烃源岩层具有“早期沉降小,中期振荡缓,晚期沉降大”的特点。相应地烃源岩在成熟演化上,表现为下古生代烃源岩

成熟演化进度快的特点。

(3) 大庆区块古生代至侏罗纪末,烃源岩达到最大生油期。古生代至侏罗纪末和下第三纪末至现今,烃源岩出现两次较大生气期。主要排油期有 3 次,第一次为奥陶纪末,第二次为石炭至三叠纪末,第三次为下第三至上第三纪末。主要排气期有两次,第一次为石炭至三叠纪末,第二次为第三纪末。

(4) 大庆区块受烃源岩排烃期的影响,有 3 次主要成藏期,第一成藏期为奥陶纪末,主要是寒武系源岩排油的结果。第二个成藏期为石炭至三叠纪末,主要是寒武和奥陶系源岩大量排油、排气的结果。第三成藏期为上第三纪期间主要为石炭系源岩大量排油和寒武和奥陶系源岩大量排气的结果,不同的成藏期油气进入不同的含油气组合且保存和分布条件不同,在勘探中应制定相应的对策。

参 考 文 献

- 1 肖贤明 塔里木盆地三叠系烃源岩有机岩石学特征与生烃评价 地球化学,1997,26(1): 64~ 71
- 2 程顶胜 塔里木盆地古生界烃源岩显微组分及其岩石学特征 新疆石油地质,1997,18(1): 40~ 45
- 3 刘洛夫等 烃源岩的研究现状 勘探家,1997,2(3): 62~ 64
- 4 金奎励主编 有机岩石学研究——以塔里木为例 北京:地震出版社,1987
- 5 吕修祥 塔里木盆地油气成藏阶段论 勘探家,1997,2(1)16~ 19

(收稿日期:1998年2月28日)

STUDY ON THE EVOLUTIONARY HISTORY OF SOURCE ROCK AND THE POOL-FORMING PERIODS OF HYDROCARBON IN THE DAQING BLOCK OF THE TARIAN BASIN

Xiao Deming

(Daqing Bureau of Petroleum Administration 163700)

Feng Zihui

(Research Institute of Exploration and Development, Daqing Bureau of Petroleum Administration 163712)

Abstract

Based on the analysis on the general geological and geochemical characteristics of hydrocarbon source (下转第 81 页)

TESTING TECHNOLOGY OF ADSORPTION/DESORPTION ISOTHERMAL CURVES FOR COAL RESERVOIR

Zhou Shengguo Guo Shumin

*(Research Institute of Planning and Designing, North China Bureau of
Petroleum Geology, Zhengzhou 450006)*

Abstract

The testing of adsorption/desorption isothermal curves for coal rock is one sort of technology to obtain key parameters for the reservoir evaluation of coal bed gases. In this paper, the testing technology of isothermal adsorption/desorption under simulated reservoir conditions is introduced. This lays a foundation to providing dependable data and parameters for the reservoir study of coal bed gases.

Key words reservoir, isothermal curves, testing

(上接 33 页)

rock in the Daqing block of the Tarim Basin, the burial history, thermal evolutionary history, hydrocarbon-generating history and hydrocarbon-expulsion history are restored in this paper. The study reveals that the source rock of Daqing block has the burial characteristics of "the early stage with little subsidence, the middle stage with slow oscillation and the late stage with large subsidence" and the mature and evolutionary characteristics of the Lower Paleozoic source rock with slow evolutionary progress and the Upper Paleozoic source rock with fast one. Affected by above factors, source rock has two major hydrocarbon-generating periods and three hydrocarbon-expulsion periods, and accordingly every pool-forming period of hydrocarbon has three stages. As each pool-forming period has different assemblage of generating, storage and capping and different preservation conditions and distributive ranges for the hydrocarbon entered, corresponding strategies should be taken in exploration.

Key words the Tarim Basin, hydrocarbon source rock, hydrocarbon-generating history, hydrocarbon-discharging history