

文章编号: 1001- 6112(2005)03- 0222- 04

四川盆地中部震旦系天然气勘探前景研究

胡守志¹, 王廷栋¹, 付晓文¹, 陈世加¹, 罗玉宏², 唐 静³

(1. 西南石油学院 资源与环境学院, 成都 610500;

2. 川中油气矿研究所, 四川 遂宁 629000; 3. 川中录井公司, 四川 遂宁 629000)

摘要: 运用气藏地球化学研究方法, 对安平 1 井、高科 1 井的储层沥青生物标志化合物特征、天然气非烃组分、甲烷碳同位素特征进行了研究, 认为安平店—高石梯地区的油源和气源均来自下寒武统筇竹寺组泥岩。并结合区域构造发展史和岩石薄片等基础地质研究, 提出了该区震旦系的油气成藏模式, 指出安平店—高石梯构造具有较好的天然气勘探前景, 主要产层应为震旦系灯影组四段。要找到具有工业价值的天然气, 其关键在于寻找好的储层, 应避开沥青封堵带打井。

关键词: 储层沥青; 天然气非烃组分; 成藏模式; 勘探前景; 安平店—高石梯构造; 四川盆地

中图分类号: TE132.1

文献标识码: A

自加里东古隆起先后发现威远、资阳震旦系气田后, 先后有许多学者通过深入细致的地质、地化研究^[1-5], 对四川盆地加里东古隆起的勘探前景进行了预测, 无一例外地认为安平店—高石梯构造带是形成大中型气田的有利地带。为此, 先后布了安平 1 井和高科 1 井 2 口井, 以期获得工业气流。可惜的是 2 口井都有气的显示, 但只产微量的气, 不具有工业产能。2 口井的先后失败, 给该地区的勘探蒙上了阴影。该区的勘探到底有没有前景? 本文通过

对安平 1 井、高科 1 井的地化研究, 结合该区的构造发展史等, 对勘探前景进行了预测。

1 地质背景

安平店—高石梯潜伏构造(Z 顶)位于四川盆地中部, 即安岳、潼南县与遂宁之间。区域构造位置处于川中古隆平缓构造区中部, 加里东古隆起的东端, 即乐山—龙女寺古隆起轴部略偏南(图1)。区内构



图 1 安平店—高石梯地区区域构造位置

1. 研究区; 2. 印支期古隆起; 3. 加里东古隆起

Fig. 1 Sketch map of regional tectonics in the Anpingdian-Gaoshiti area

收稿日期: 2004- 05- 11; 修订日期: 2005- 04- 30。

作者简介: 胡守志(1976—), 女(汉族), 湖北公安人, 博士生, 主要从事油气藏地球化学研究。

基金项目:“九五”国家重点科技攻关项目(99- 110- 01- 05- 03)和四川省重点学科建设项目(SZD0414)。

造从震旦纪以来,一直处在稳定隆起基底背景之上,虽经历数次构造作用,但其作用方式主要表现为以水平挤压、升降运动为主。古今构造的生成与发展具有很强的继承性,其构造格局于志留期末加里东期定型,晚三叠世末的印支运动得到较大发展。到喜山三幕最终定型,才形成现今的构造格局。

2 储层沥青研究

储层沥青是指储层岩石中的可溶有机质,它是油气运移与聚集过程中在储层岩石中留下的踪迹。

2.1 油源识别

从安平 1 井、高科 1 井的岩心资料来看,从灯四到灯二都有广泛的焦沥青分布,说明这里曾经是一个古油藏。那么其油源来自哪里?

从萜烷的分布(图 2)来看,高科 1 井的寒武系泥岩在三环萜以 C_{23} 为主峰,长链的三环萜较丰富。在五环三萜的分布中 $T_{s} > T_{m}$, γ -蜡烷的含量较丰富,但不如威远、资阳地区。高科 1 井、安平 1 井灯二—灯四储层沥青的萜烷分布与寒武系源岩有较好的对比关系。气层中 C_{21} 和 C_{23} 峰相近,这与气层富集较轻的烃类有关,导致三环萜含量高,特别是灯二段气层中三环萜远高于五环三萜的含量;在五环三

萜的分布中,以 C_{30} 为主峰, $C_{29}T_s$ 含量不高,与源岩类似, γ -蜡烷的含量较高,但远低于资阳、威远地区,说明该区烃类聚集以原地为主。此外,10-脱甲基藿烷和甲基藿烷的分布也表明油源主要来自原地寒武系筇竹寺组泥岩。

高科 1 井寒武系泥岩重排甾烷比较丰富(图 3),在 C_{27} — C_{29} 正常甾烷中 C_{27} 与 C_{29} 甾烷的含量相对较高, C_{28} 甾烷含量略低,这是该区源岩的一个重要特点,也说明烃类聚集是就近捕集的。规则甾烷中 C_{27} , C_{28} , C_{29} 3 者的相对含量与寒武系泥岩规则甾烷分布具有很大相似性;重排甾烷含量丰富,说明与寒武系源岩有很好的对比关系。不同的是高科 1 井的灯二(5 440.93~5 441.16 m)和灯四(4 989.05~4 989.20 m)储层中的孕甾烷和升孕甾烷含量特别高,而这是高演化地区气层的特征。

2.2 气源识别

安平 1 井、高科 1 井震旦系都产有少量天然气。为了分析其气源,对其天然气非烃组分和甲烷碳同位素(表 1)进行了分析,并将其与威远和资阳的天然气进行比较判别。

从 N_2 的含量^[6]上来看(表 1),高科 1 井灯二的气主要是干酪根裂解气,而灯四气的 N_2 含量介于油裂解气和干酪根裂解气之间,很可能是两者的混

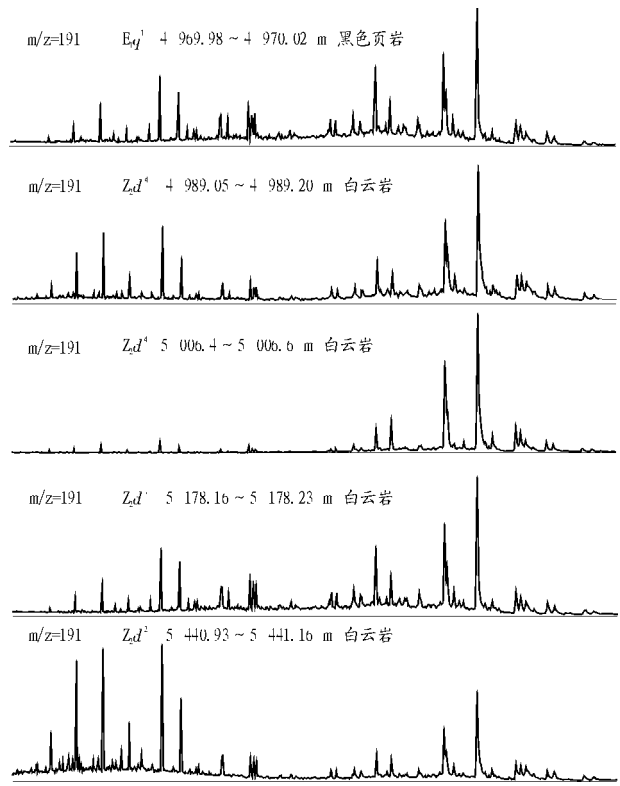


图 2 高科 1 井储层沥青萜烷分布

Fig. 2 Terpane distribution of reservoir extracted hydrocarbon in the Well Gaoke 1

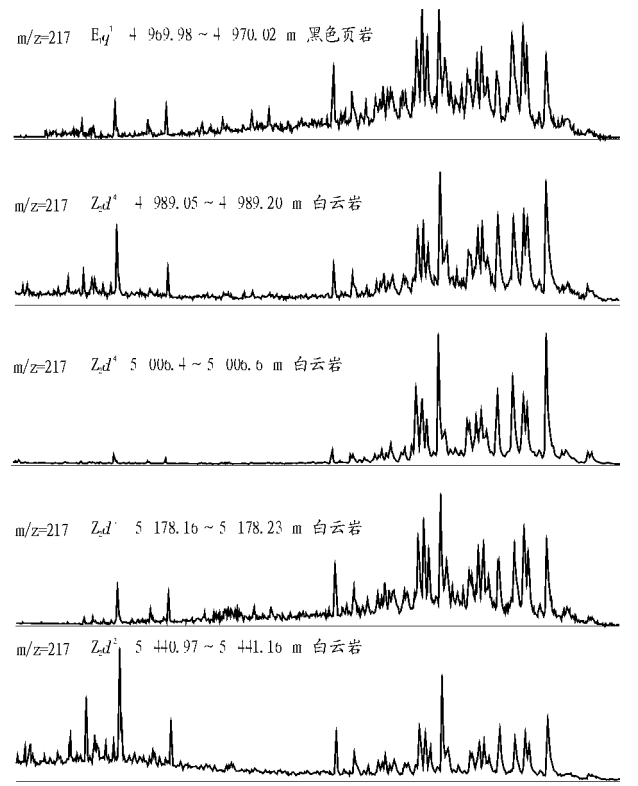


图 3 高科 1 井储层沥青甾烷分布

Fig. 3 Sterane distribution of reservoir extracted hydrocarbon in the Well Gaoke 1

表 1 高科 1 井与资阳、威远震旦系天然气组成

Table 1 Component characteristics of natural gas in the Well Gaoke 1 and Ziyang, Weiyuan

地区	井号	层位	井深/m	CH ₄ , %	C ₂ H ₆ , %	N ₂ , %	He, %	C ₁ /C ₁ [†]	δ ¹³ C ₁	δ ¹³ C ₂
威远	威 2	Z ₂ d ³⁻⁴	2 836.5~ 3 005.0	85.07	0.11	8.33	0.25	0.9 987	- 32.38	- 31.34
	威 27	Z ₂ d ³⁻⁴	2 851.0~ 3 950.0	87.07	0.09	6.02	0.31	0.999	- 31.96	- 31.20
	威 30	Z ₂ d ³⁻⁴	2 844.5~ 2 950.0	86.57	0.14	7.55	0.34	0.9 984	- 32.70	- 31.20
	威 39	Z ₂ d ³⁻⁴	2 833.5~ 2 986.0	86.74	0.12	7.08	0.27	0.9 986	- 32.42	- 33.98
	威 100	Z ₂ d ¹⁻²	2 959.0~ 3 041.0	86.80	0.13	6.47	0.30	0.9 985	- 32.40	- 31.80
资阳	资 1	Z ₂ d ²⁻³	3 944.0~ 4 044.0	93.59	0.12	1.22	0.04	0.9 987	- 37.10	
	资 3	Z ₂ d ²⁻³	3 819.5~ 3 920.0	92.20	0.35	0.97	0.009	0.9 962	- 38.00	
	资 6	Z ₂ d ³	3 911.6~ 4 000.0	82.05	0.03	9.67	0.20	0.9 996	- 35.50	
高石梯	高科 1	Z ₂ d ⁴	4 993~ 4 996	95.61	0.20	3.82	0	0.9 979	- 32.43	
	高科 1	Z ₂ d ³	5 256~ 5 257	93.65	0.02	6.13	0	0.9 991		
	高科 1	Z ₂ d ³	5 256~ 5 257	93.56	0.03	6.09	0	0.9 992		
	高科 1	Z ₂ d ²	5 426~ 5 429	89.87	0.04	9.66	0.109	0.9 993	- 32.40	
	高科 1	Z ₂ d ²	5 426~ 5 429	91.01	0.03	8.77	0.10	0.9 996		

合,与资阳构造边部的资 2 井较为相似。灯三的天然 N₂ 含量与威远、资阳较为相似,看来干酪根裂解气的混入量更多。

从 He 的含量看(表 1),支持灯二的天然气是以干酪根裂解气为主的天然气,不过它的含量比威远要低,是否与源岩的铀钍含量有关,有待进一步查证。

高科 1 井的甲烷碳同位素鉴定结果见表 1。灯二段的天然气碳同位素都较重,与威远相似,应该是以干酪根裂解气为主的天然气。灯四的天然气碳同位素似乎也该做同样的结论,不过有一种现象应该值得注意:从储层沥青来看,原遂宁古构造聚集的油曾经受过较强的生物降解,虽然在以后的构造演化过程中曾得到过一定量的正常油补充,但这种油中富含¹²C 的正构烷烃、支链烷烃、甚至还有部分环烷烃都受到了细菌降解而损失,富含¹³C 的芳烃则保留,所以降解油裂解的天然气碳同位素应该比正常油要重。

综合分析支持灯四的天然气可能是一种混合型天然气,以油裂解气为主。资阳的观察也表明,在古构造翼部常常能见到这种天然气。从晚期干酪根富 N₂, He 这一特征来看,源岩应该是泥岩,因此它的气源也应与威远、资阳一样来自寒武系。

3 成藏模式

从储层沥青生物标志化合物特征、天然气组成、甲烷碳同位素特征来看,该区油气主要来源于本地下寒武统筇竹寺组泥岩,也有一些外来补充。天然气类型既有油裂解气,也有干酪根裂解气。再结合

该区薄片研究、包裹体分析和构造演化发展史进行综合分析,认为现今该区油气运移主要有 4 期(图 4):

1) 加里东期,聚油破坏。从储层沥青总离子流图中可见生物降解油的踪迹,而在海西期和印支期该区已不具备生物降解的条件。该期油气是长距离运移的,因为根据安平 1 井热演化史恢复,加里东期本区源岩还未成熟,而川南坳陷主要生油区的下寒武统筇竹寺组烃源岩已进入主要生油时期。

2) 印支期,正常油补充。从储层沥青生物标志化合物对比来看,主要是原地下寒武统筇竹寺组泥岩产出的油气,此时原地源岩处于生油高峰时期。

3) 印支晚期,构造扩大,聚油面积扩大,油裂解成气,沥青封堵带形成。天然气组成分析表明,该区存在油裂解气和晚期干酪根裂解气,储层沥青分析也表明该区存在气层和含气层。有机包裹体中常见重质油和沥青质包体,表明液烃已经逐渐裂解而进入干气阶段。

4) 喜山期,气重新调整。天然气根据构造演化规律、沥青封堵带特征重新分配于圈闭中。

4 勘探前景

前面的研究表明,该区震旦系应该是聚有天然气的,即该区天然气勘探前景很好。但由于沥青封堵厉害,勘探难度很大。布井时应注意寻找好的储层,避开沥青封堵带。

从薄片研究来看,灯四段仍有一些新的溶蚀孔,而且处在获取源条件最有利的地方,因此本文认为灯四段是该区的主要产气层段。

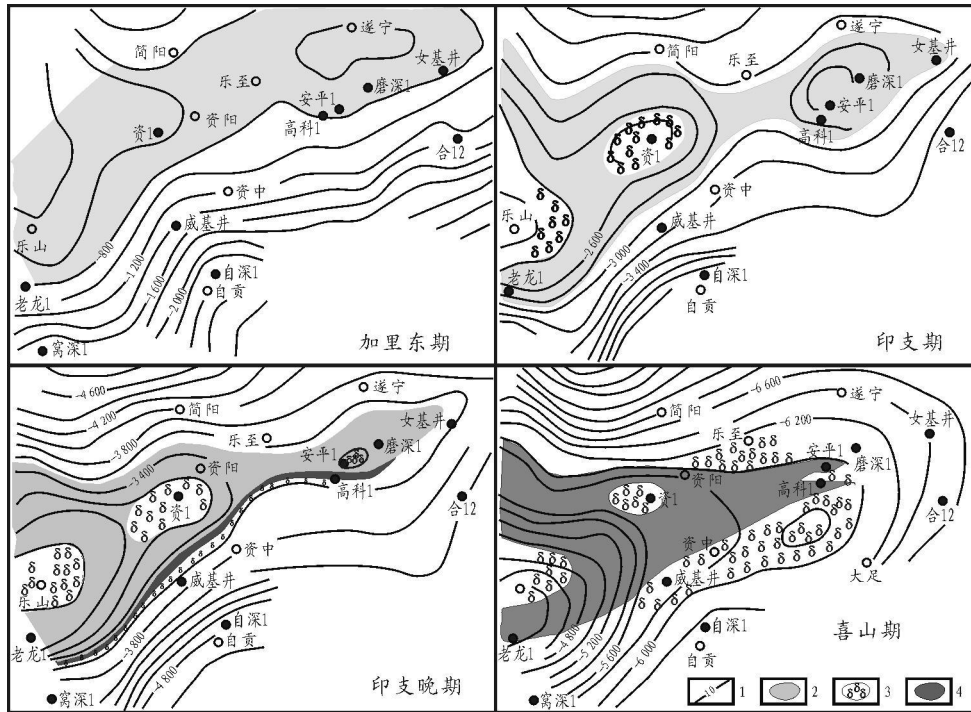


图4 安平店—高石梯地区震旦系油气演化

1. 古构造等高线; 2. 古油藏; 3. 气藏; 4. 沥青分布区

Fig. 4 Sinian petroleum evolution in the Anpingdian-Gaoshiti area

5 结论

- 1) 根据储层沥青生物标志化合物特征, 判识出高科1井4 989.05~ 4 989.20 m 以及 5 440.93~ 5 441.16 m 层段为气层;
- 2) 根据储层沥青和天然气组成、碳同位素研究, 识别出油源和气源均来自寒武系筇竹寺组泥岩;
- 3) 综合地质和地化资料分析, 提出油气藏演化模式, 认为该区油气运移主要有4期;
- 4) 研究表明, 震旦系天然气勘探具有很好的前景, 灯影组四段为该区目的层段, 同时布井应注意寻找好的储层, 避开沥青封堵带。

参考文献:

- 1 李国辉, 李翔, 杨西南. 四川盆地加里东古隆起震旦系气藏成藏控制因素[J]. 石油与天然气地质, 2000, 21(1): 80~ 82
- 2 罗志立, 刘顺, 徐世琦. 四川盆地震旦系含气层中有利勘探区块的选择[J]. 石油学报, 1998, 19(4): 1~ 7
- 3 徐世琦. 加里东古隆起震旦系—寒武系成藏条件[J]. 天然气工业, 1999, 19(4): 7~ 10
- 4 邓涛. 四川盆地加里东古隆起的构造机制和成藏模式[J]. 石油实验地质, 1996, 18(4): 356~ 360
- 5 陈宗清. 展望四川地区海相地层非构造油气藏勘探前景[J]. 石油实验地质, 1986, 8(4): 301~ 305
- 6 Krooss B M, Littke R, Muller B, et al. Generation of nitrogen and methane from sedimentary organic matter: implications on the dynamics of natural gas accumulations[J]. Chem Geol, 1995, (126): 291~ 318

NATURAL GAS EXPLORATION POTENTIAL OF SINIAN IN THE MIDDLE OF SICHUAN BASIN

Hu Shouzhil, Wang Tingdong¹, Fu Xiaowen¹, Chen Shijia¹, Luo Yuhong², Tang Jing³

(1. School of Resources and Environment, Southwest Petroleum Institute, Chengdu, Sichuan 610500, China;

2. Middle Sichuan Research Institute of Oil and Gas, Suining, Sichuan 629000, China;

3. Middle Sichuan Logging Company, Suining, Sichuan 629000, China)

(to be continued on page 244)

- 3 王铁冠, 钟宁宁, 侯读杰等. 低熟油气形成与分布[M]. 北京: 石油工业出版社, 1995. 1~ 4
- 4 秦建中, 王 静, 郭爱明. 冀中坳陷未熟油研究及勘探前景[J]. 沉积学报, 1997, 15(2): 105~ 108
- 5 秦建中, 王 静, 李 欣等. 渤海湾盆地饶阳凹陷未熟—低熟油成烃成藏条件研究[J]. 石油实验地质, 2003, 25(1): 566~ 572
- 6 秦建中, 陈建平, 张吉光. 海拉尔盆地原油地球化学特征与成因分类[J]. 石油勘探与开发, 2003, 30(5): 39~ 42
- 7 张吉光. 海拉尔盆地与二连盆地的相似与差异[J]. 石油勘探与开发, 1992, 19(6): 15~ 22

EXPLORATION POTENTIAL OF IMMATURE OIL IN THE BAYANHUSHU DEPRESSION OF HAILAR BASIN

Wang Yonglin¹, Zhang Jiguang², Qin Jianzhong³

(1. School of Earth and Space Sciences, Beijing University, Beijing 100871, China;

2. Exploration Subcompany of Daqing Oilfield, CNPC, Daqing, Heilongjiang 163453, China;

3. Wuxi Research Institute of Petroleum Geology, SINOPEC, Wuxi, Jiangsu 214151, China)

Abstract: There are two sets of immature to low-mature source rock of the lower members of Nantun and Damoguaihe Formations developed in the Bayanhushu depression. Dark mudstone of the Nantun Formation is the best with effective thickness up to 360 m, while that of the lower member of Damoguaihe Formation is worse with effective thickness up to 172 m and its hydrocarbon-generating capacity is the same as that of the Nantun Formation. Average asphalt “A” content in dark mudstone of the Nantun Formation is 0.279 8%, and its sedimentary facies is saline to semi-saline lacustrine. In biomarker of terpane series, α -cetane and β -cerotane is higher, and in steroid series rearranged steroid is lower, which marks water being salinized. Pr/Ph of saturated hydrocarbon chromatogram is below 1, with pyrolytic *IH* about 500 mg/g, H/C about 1.3. Type of organic carbon is mainly type 1. All reaches immature oil-generating condition. Thermal evolution of source rock is commonly lower, R_o is mostly less than 0.55%, which is just under the late-stage of immature to the early stage of low-mature. However, expulsion capacity of hydrocarbon is relatively lower. Generating capacity of immature oil in the Nantun Formation is generally $(1\sim 4.5) \times 10^6$ t/km², capable of forming middle small size immature oil field.

Key words: saline to semi-saline; immature oil; source rock; the Mesozoic; the Hailar Basin

(continued from page 225)

Abstract: Characteristics of natural gas and reservoir bitumen in the area of Anpingdian-Gaoshiti have been studied by means of gas reservoir, and it is concluded that, source of oil and gas is mudstone in the Qiongzhusi group of Cambrian. Combined with history of regional structure and thin-section analysis, it is suggested that, there are 4 periods of oil and gas accumulation. It is also pointed out that, exploration potential of natural gas in the 4th section of Dengying group of Sinian in the Anpingdian-Gaoshiti area is good, and the key of drilling is to find good reservoir and to avoid drilling on the belt of bitumen seal.

Key words: reservoir bitumen; non-hydrocarbon component in natural gas; accumulation mode; exploration potential; the Anpingdian-Gaoshiti structure; the Sichuan basin