

# 四川盆地东南部中、下寒武统膏岩盖层 分布特征及封盖有效性

徐美娥,张荣强,彭勇民,陈霞,冯菊芳

(中国石化石油勘探开发研究院,北京 100083)

**摘要:**通过野外剖面、钻井剖面的精细对比,结合宽带约束的地震资料反演,对四川盆地东南地区中、下寒武统膏岩盖层的分布特征进行了研究,并在四川盆地及周缘构造演化的基础之上对中、下寒武统膏岩盖层的封盖有效性进行了探讨。四川盆地东南地区中、下寒武统膏岩连片分布,呈北东向展布,发育两个膏岩厚度中心,膏岩展布和圈闭分布完全匹配。在加里东期和印支期,四川盆地东南地区中、下寒武统膏岩层未遭受破坏,能够有效封盖震旦系古油(气)藏;在燕山期和喜马拉雅期,则膏岩层遭受破坏,失去了对丁山-林滩场地区古油(气)藏的封盖作用。同时指出,七跃山断裂以西地区膏岩层在后期构造运动中未被完全破坏,能够对盐下油气藏起到封盖作用,是川东南地区寒武系盐下的有利勘探区带。

**关键词:**断裂;封盖有效性;膏岩;中、下寒武统;川东南地区

**中图分类号:**TE112.322

**文献标识码:**A

## Distribution and sealing effectiveness of Middle-Lower Cambrian evaporite cap rocks in the southeastern Sichuan Basin

Xu Mei'e, Zhang Rongqiang, Peng Yongmin, Chen Xia, Feng Jufang

(Exploration & Production Research Institute, SINOPEC, Beijing 100083, China)

**Abstract:** Based on correlation of outcrop section with wellbore profile and in combination with seismic inversion under the constraint of broadband, this paper analyzed the distribution of the Middle-Lower Cambrian evaporite cap rocks in the southeast of Sichuan Basin. It also discussed the sealing effectiveness of the evaporite cap rocks based on study of the tectonic evolution of Sichuan Basin and its periphery. In the southeastern Sichuan Basin, the Middle-lower Cambrian evaporites are widely distributed in northeast direction with two thickness centers, and the distribution of evaporites coincides perfectly with the trap distribution. During the Caledonian and Indosinian period, sealing capacity of the Middle-Lower Cambrian evaporites was not destroyed, so they could serve as effective seals for the Sinian ancient oil (gas) accumulations. Whereas, their sealing capacity was lost during the Yanshan and Himalayan period, thus the ancient oil (gas) accumulations in the Dingshan-Lingtanchang area were not effectively preserved. As the Middle-Lower Cambrian evaporite cap rocks to the west of Qiyueshan fault were not destroyed completely post-Indosinian movement, they could effectively seal the presalt Sinian oil (gas) accumulation, thus this area is favorable for petroleum exploration in the pre-salt strata in southeastern Sichuan Basin.

**Key words:** fault, sealing effectiveness, evaporite, Middle-Lower Cambrian, southeastern Sichuan Basin

大型油气田及煤层气开发科技重大专项最新研究成果表明,四川盆地及周缘寒武系盐下领域天然气资源量巨大,可达  $16\,452.4 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。但经过 40 多年的油气勘探,在四川盆地古生界仅发现了威远气田,勘探成效较差。前人的实践也证明,四川盆地海相层系油气成藏的关键要素是保存条件<sup>[1-7]</sup>。对全球大型油气田(藏)盖层岩性的统计也表明,膏岩作为优质盖

层,虽然分布面积只占 8%,却封盖了全球总油气储量的 55%(USGS, 2006)<sup>[8]</sup>。最近几年中石化和中石油在四川盆地海相层系相继发现了几个特大型气田:普光气田、元坝气田和龙岗气田,这些气田在经历多期构造运动而能保存下来,三叠系嘉陵江组和雷口坡组的膏岩是关键。普光特大气田的区域盖层是以中三叠统雷口坡组及其以下嘉陵江组和飞仙关组顶部飞四段的

收稿日期:2012-02-23;修订日期:2013-05-10。

第一作者简介:徐美娥(1975—),女,工程师,石油地质。E-mail: xume.syky@sinopec.com。

基金项目:国家科技重大专项(2011ZX05005-001);中石化科技部项目(P09015)。

泻湖相、潮坪相发育的膏盐岩类盖层<sup>[9]</sup>;元坝气田天然气之所以能够保存,也是由于飞三段至雷口坡组发育的数百米的膏岩形成的区域性的优质盖层的原因<sup>[10]</sup>。

目前,四川盆地及周缘下古生界膏岩勘探还面临一些关键问题:寒武系膏岩分布不清、盐下领域勘探方向不明等。在川东南地区中石化钻探的两口下古生界探井(丁山1井、林1井)及野外地质剖面的震旦系中均发现了残存沥青,证明震旦系在地史时期形成过古油藏。丁山1井、林1井及野外剖面也揭示中、下寒武统膏岩发育厚度大,但这两口探井的中、下寒武统膏岩却未能封住震旦系油气,因此有必要对寒武系膏岩的分布特征及其对油气成藏封盖的有效性进行研究。

## 1 区域地质概况

研究区位于四川盆地东南缘(图1),处于加里东期的乐山-龙女寺古隆起和黔中古隆起之间的斜坡-坳陷带,主要为七跃山断裂、华蓥山断裂及兴文古蔺隐伏断裂所围限的川东南低缓构造区<sup>[11]</sup>区内二维地震测线密度大,为膏岩的分布预测奠定了基础。

该区下古生界烃源岩为下寒武统牛蹄塘组黑色页岩<sup>[12]</sup>及上奥陶统五峰组黑色泥岩,在震旦系、下寒武统清虚洞组及下志留统石牛栏组发育储层,在震旦系

顶部见有岩溶风化型储层<sup>[13]</sup>。中、下寒武统膏岩属浅水碳酸盐缓坡和浅水蒸发台地相沉积,分布于清虚洞组上部及石冷水组。丁山1井中寒武统石冷水组地层剖面表明,含膏岩系剖面的下部为灰色鲕粒灰岩、微晶云岩、泥质云岩及膏岩,构成一个旋回,反映了一个海水变咸的过程,也代表一个从浅滩到潮坪、潮上萨布哈的向上变浅的沉积序列。

## 2 膏岩分布特征

### 2.1 膏岩对比格架

在四川盆地东南地区选取了钻至寒武系膏岩层的3口钻井:丁山1井、林1井和阳深2井进行了中、下寒武统膏岩层的对比,在对比时采用了两个地层标志,分别是下寒武统清虚洞组底界、中寒武统与下寒武统界线。清虚洞组底界之下为大套碎屑岩,以富泥为特色;底界之上为大套灰岩或灰岩与泥岩互层,标志清晰、易于识别。中寒武统与下寒武统界线也为典型标志层,该界线之下为清虚洞组或龙王庙组大套灰岩;其上则为一套泥岩或鲕粒灰岩,再向上则为大套白云岩。

结合南川三汇场剖面可以看出,膏岩优质盖层发育,纵向上层数多达13层;石膏岩单层最厚可达15 m;侧向上石膏岩层有2~3层是连通的,区域性分

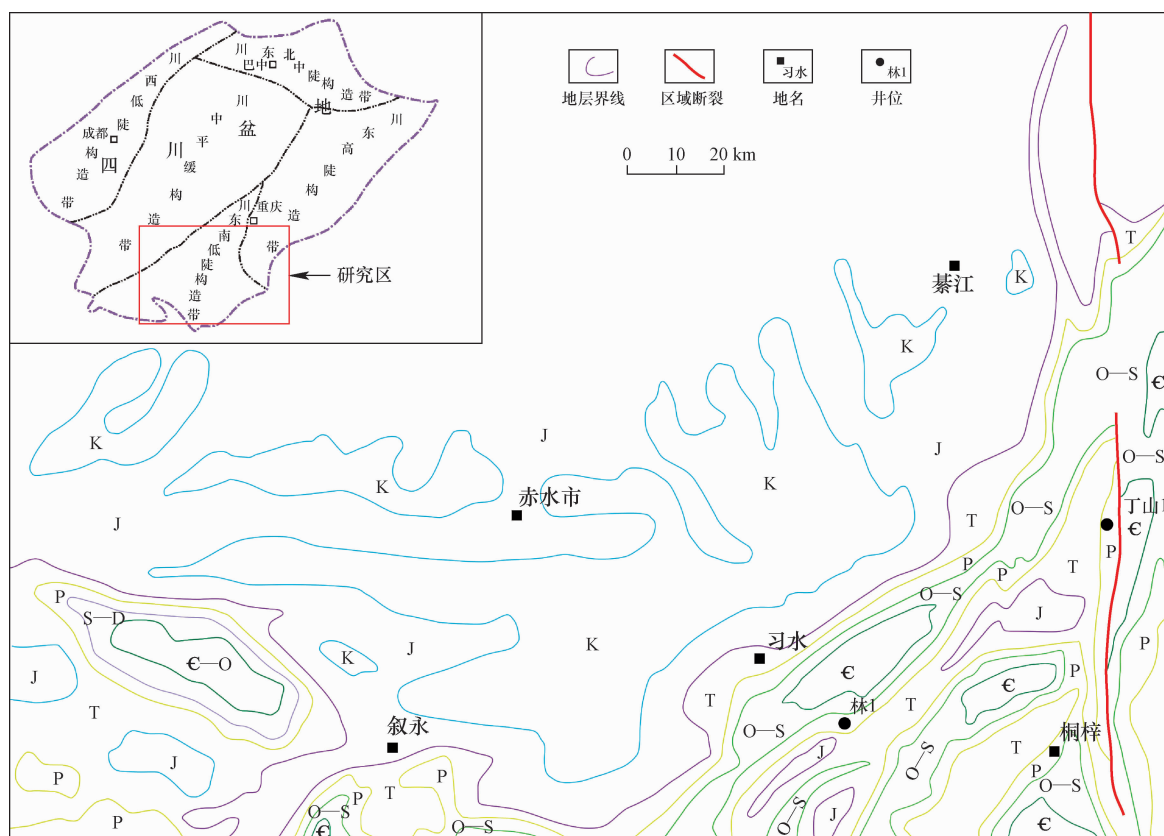


图1 四川盆地东南部地质概况

Fig. 1 Geological map of the southeastern Sichuan Basin

表1 四川盆地东南部钻井及露头中、下寒武统膏岩厚度统计  
Table 1 Evaporites thickness of the Middle-Lower Cambrian in wells and on outcrops of the southeastern Sichuan Basin

| 钻井(剖面) | 层位     | 岩性    | 厚度/<br>m | 单层最大<br>厚度/m | 层数 |
|--------|--------|-------|----------|--------------|----|
| 丁山1    | 石冷水组   | 石膏岩   | 13.0     | 9            | 3  |
|        |        | 膏质白云岩 | 16.0     | 5            | 6  |
|        | 清虚洞组   | 石膏岩   | 17.0     | 15           | 2  |
|        |        | 膏质灰岩  | 11.0     | 6            | 2  |
| 林1     | 石冷水组   | 膏质白云岩 | 17.0     | 9            | 2  |
|        |        | 石膏岩   | 10.0     | 10           | 1  |
|        | 清虚洞组   | 膏质白云岩 | 59.0     | 23           | 7  |
|        |        | 石膏岩   | 25.8     | 5            | 13 |
| 阳深2    | 中、上寒武统 | 膏质白云岩 | 92.6     | 7            | 46 |
|        |        | 石膏岩   | 48.4     | 25           | 18 |
|        | 下寒武统   | 石膏岩   | 1.0      | 1            | 1  |
|        |        | 石膏岩   | 1.0      | 1            | 1  |
| 三汇场    | 石冷水组   | 膏溶角砾岩 | 16.1     | 7            | 4  |

布。阳深2井膏岩类岩层累厚167.8 m/78层,石膏岩30 m/5层;丁山1井膏岩类岩层共厚57 m/13层,石膏岩30 m/5层,石膏质白云岩27 m/8层;林1井比丁山1井更集中发育,其膏岩类共厚86 m/10层,石膏岩10 m/1层,石膏质白云岩76 m/9层(表1)。在七跃山断裂以东的三汇场剖面发育多层膏溶角砾岩,厚大于16.1 m/4层。这是由于断裂影响导致中、下寒武统暴露地表,淡水淋滤使石膏溶解,最终形成膏溶角砾岩。

2.2 重点地区膏岩厚度预测

四川盆地东南地区钻至寒武系膏岩层下的井只有丁山1井和林1井,根据测井资料的品质,本文选取了丁山1井和林1井对寒武系膏岩进行了分布预测。在对丁山1井的测井曲线进行分析时发现,该井的声波

曲线不能很好的把膏岩和其他岩类区分开,而岩性密度测井曲线能较好的区分膏岩和围岩,所以在反演中采用了拟声波的技术方法。拟声波就是利用了电阻率曲线的高频成分和声波曲线的低频成分,合成一条新的声波曲线,通过拟声波曲线能有效的把膏岩和围岩区分开来(图2)。

在利用拟声波曲线进行合成记录制作时,插入了岩性柱、地质分层等进行控制,对子波进行了反复精心选取,通过交互合成地震记录制作、自动扫描和交互微调对比获取最佳标定和最佳子波。依据合成地震记录与井旁地震道的对比,准确找出二者主要波组的对应关系。从用声波曲线制作的人工合成地震记录进行的层位标定结果来看,合成地震记录与井旁地震道具有很好的对应关系(图3)。

在制作合成记录与精细标定的基础上,对该区的綦江地区进行了地震构造、层位解释,重点追踪了膏岩段的顶、底界线。利用拟声波曲线进行了宽带约束地震反演,从所得到的反演剖面上分析膏岩特征明显,边界比较清楚,与钻井吻合较好。针对主要层段利用层约束开窗,按照膏岩的平均速度和波阻抗门限值提取满足条件的厚度数据制作膏岩厚度平面图,获得了中、下寒武统或膏岩段内的膏岩厚度预测图(图4)。

2.3 川东南地区膏岩分布

用川东南地区地震资料对綦江地区中、下寒武统膏岩层段厚度进行波阻抗反演表明,该区膏岩地层最大厚度出现在两个地区,一是沿四面山镇—峡1井一带呈南北向分布,一是位于东22井附近,膏岩层厚度可达150 m(图4)。綦江地区中、下寒武统膏岩层厚度呈北东向展布,沿官渡镇—天堂坝—峡14井—东22

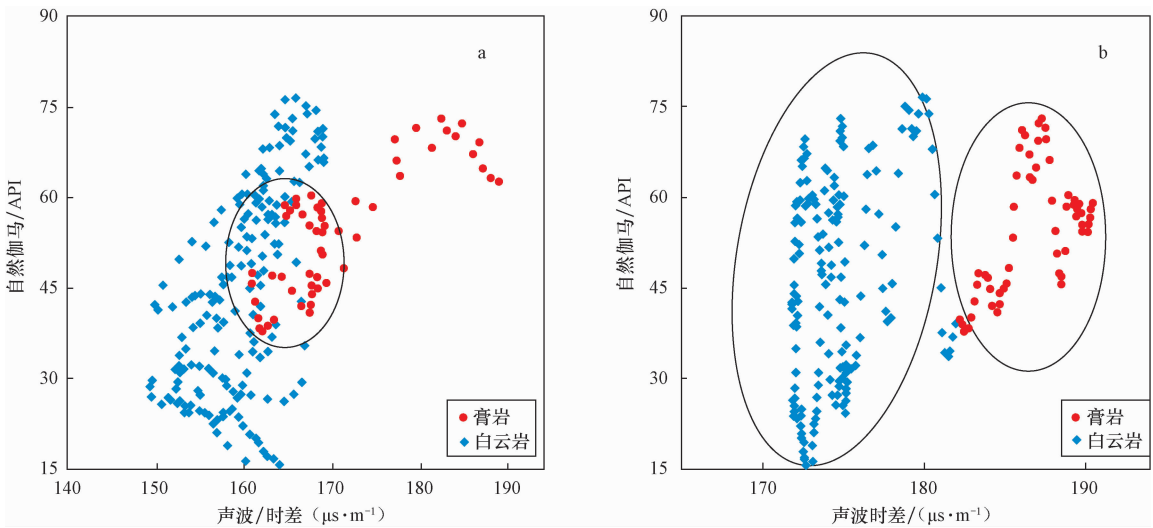


图2 丁山1井声波曲线、拟声波曲线与自然伽马交汇图

Fig. 2 Intersection chart of acoustic curves, pseudo acoustic curves and natural gamma-ray logs of Well DS1

a. 声波曲线和自然伽马交汇图不能很好地区分膏岩和白云岩;b. 以光电吸收截面参数构建的拟声波和自然伽马交汇图可以很好地区分膏岩和白云岩

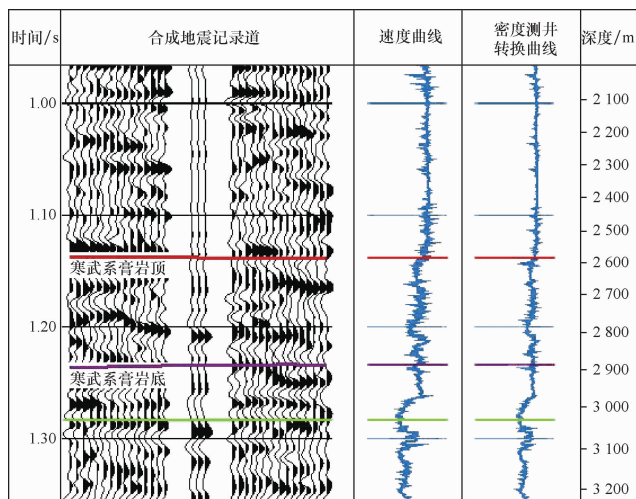


图3 丁山1井中、下寒武统膏岩层段标定

Fig. 3 Calibration of the Middle-Lower Cambrian evaporates in Well DS1

井向两侧减薄,厚度一般为50~70 m,这是受断层与膏岩塑性流动的影响造成增厚现象的结果。

基于钻井、实测剖面、地震反演资料,获得川东南地区中、下寒武统膏岩厚度及分布(图5)。可以看出,该区发育林1井区、阳深2井区两个膏岩中心,厚度都大于100 m,一般在50~80 m。膏岩连片分布,呈北东向展布,局部呈近东西向分布;从分布厚度、连续性看,

川东南地区下古生界膏岩层发育较好。

### 3 封盖有效性评价

膏岩是理想的油气藏盖层,膏岩对油气的封盖能力要优于泥质岩类盖层<sup>[14-15]</sup>。前已论述四川盆地东南地区中、下寒武统的膏岩一般厚度在50~80 m,并成连片分布(图5),应具有优越的保存条件,但钻探的丁山1井和林1井均失利,说明中、下寒武统的膏岩对丁山构造和林滩场构造失去了封盖作用。中、下寒武统膏岩对其他覆盖区域是否还具有封盖作用,是四川盆地东南部地区下组合勘探的关键问题。

#### 3.1 膏岩连片性与圈闭匹配关系

基于钻井、实测剖面,通过分析膏岩沉积相,川东南探区中、下寒武统膏岩沉积环境属于瀉湖亚相,为有利的沉积相带;从瀉湖相看,推测这里发育连续分布的且厚度较大的膏岩类沉积。在宽带约束地震反演厚度图上(图4),也可以看到林1井至丁山1井一带堆积连片的膏岩,并且向盆地内部,由钻井揭示的膏岩厚度逐渐增大,这与沉积相推测是一致的。

在寒武系圈闭和中、下寒武统膏岩分布叠合图上可以看出,在有圈闭的地方,膏岩整个覆盖了这些局部

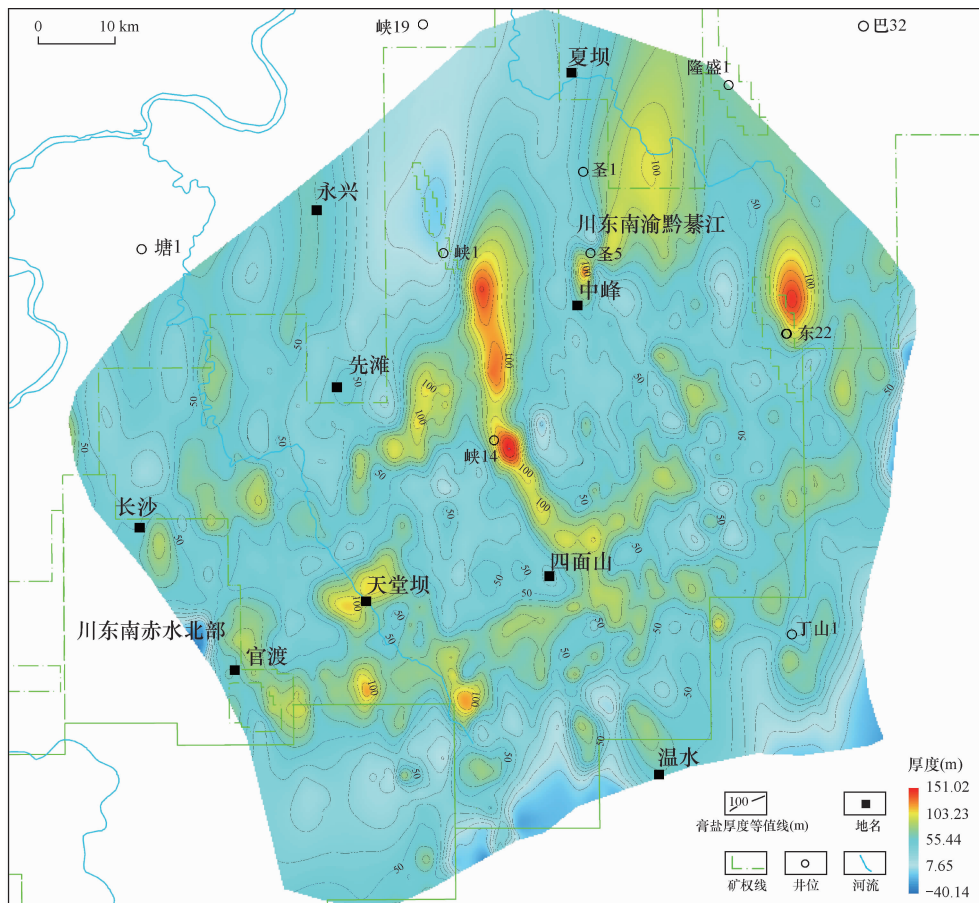


图4 川东南綦江地区中、下寒武统膏岩厚度分布

Fig. 4 Isopach of the Middle-Lower Cambrian evaporates in Qijiang area, the southeast of Sichuan Basin

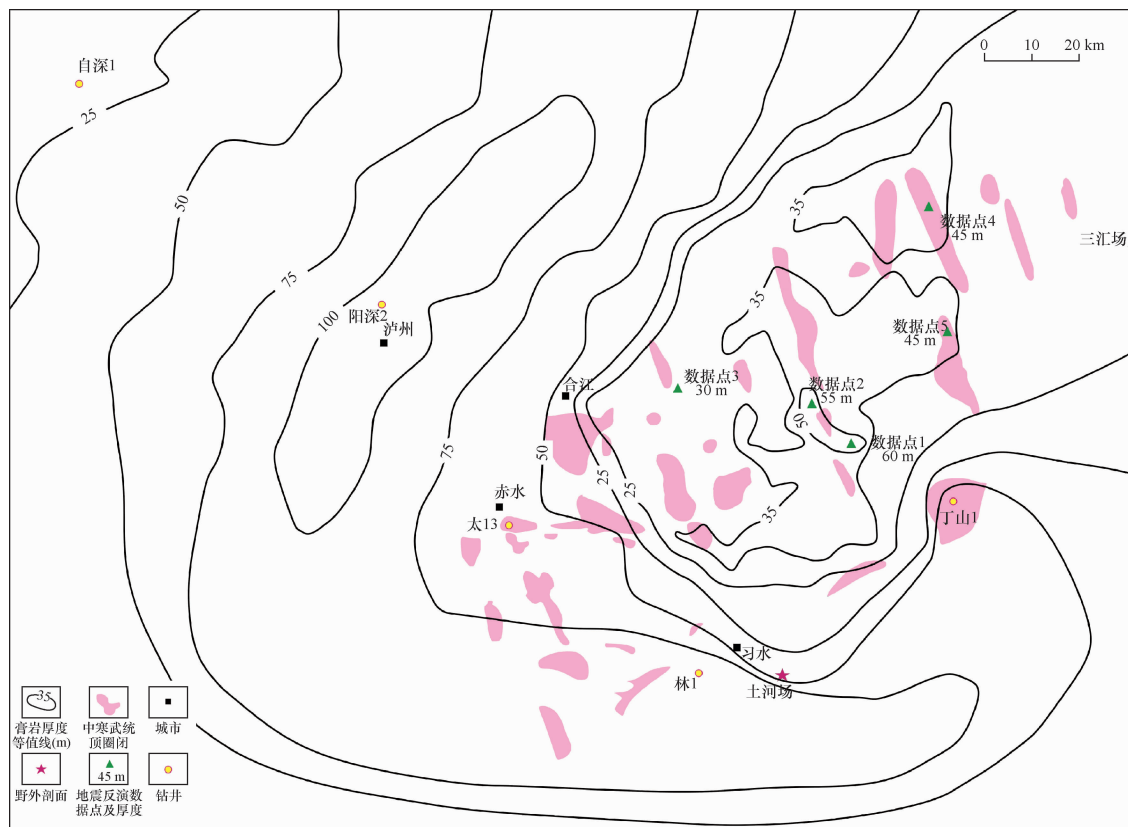


图5 四川盆地川东南地区中、下寒武统膏岩分布与中寒武统圈闭叠合图

Fig. 5 Superimposition map showing the Middle-Lower Cambrian evaporates and Middle Cambrian traps in the southeastern Sichuan Basin

圈闭;在没有圈闭发育的地方,膏岩同样覆盖得很好。这就是说,中、下寒武统膏岩与圈闭完全匹配。

### 3.2 后期构造改造与膏岩封盖关系

四川盆地东南地区中、下寒武统膏岩经历了加里东运动、印支运动、燕山运动和喜马拉雅运动的构造改造,其封盖能力在每个构造时期也是不同的。七跃山断裂作为是四川盆地东南部边界断裂对该区下组合油气成藏有着重要影响,其形成时间可以追溯到加里东期<sup>[16-17]</sup>。

志留纪末的加里东运动奠定了川东南地区的古构造格局,此时中、上扬子区形成北东向的构造变形,乐山-龙女寺古隆起和黔中古隆起也形成,川东南地区成为夹于两个古隆起之间的斜坡带。中、下寒武统膏岩连片性好,分布稳定。早古生代寒武系底部牛蹄塘组烃源岩已经生油<sup>[18-19]</sup>,故加里东期川东南地区中、下寒武统膏岩能够有效封盖震旦系古油藏。

印支运动使中、上扬子区从碳酸盐岩沉积到碎屑岩沉积,主要表现为隆拗格局的差异,此时期四川盆地形成了开江古隆起和泸州古隆起。在这个时期,川东南寒武系牛蹄塘组烃源岩已经开始生气<sup>[20]</sup>,川东南地区中、下寒武统膏岩没有被印支运动破坏,对震旦系古油(气)藏仍然能够有效封盖。

燕山期,受太平洋板块和印支板块作用,中、上扬

子真正上升为陆,接受陆相沉积。燕山运动对中、上扬子区改造强烈,多形成逆冲推覆构造。由于基底的差异性,四川盆地和湘鄂西陷之交的七跃山断裂最终形成,在七跃山断裂获得的断层泥中绢云母 Ar-Ar 年龄为 136 Ma<sup>[20]</sup>,说明七跃山主变形期发生在早白垩世早期,此时川东南地区寒武系牛蹄塘组烃源岩已经结束生烃。燕山运动的挤压作用破坏了川东南地区中、下寒武统膏岩的连片性,七跃山断裂自东南向西北逆冲形成通天断裂,在丁山构造和林滩场构造错断了中、下寒武统膏岩层,垂向断距可达 300 m,油气沿断裂散逸,膏岩对震旦系古油(气)藏失去封盖作用。在七跃山断裂以西的地区发育的断裂没有错开中、下寒武统膏岩层,应对油气具有封盖作用。

喜马拉雅运动在燕山运动的基础上继续对川东南地区隆升调整,裂变径迹年龄也表明四川盆地东最后一次隆升是在 97 Ma,在晚白垩世。喜马拉雅期川东南地区油气藏重新调整并最终定型。

## 4 结论

通过对川东南地区的膏岩盖层的分布研究,充分进行测井资料、地震信息和地质信息的融合,有效的对川东南地区的盖层的横向分布进行了分析,该区膏岩连片分布,呈北东向展布,发育两个膏岩厚度中心,一

般厚度在 50 ~ 80 m 之间,从分布厚度、连续性看,川东南地区盐下的保存条件优越。

川东南地区中、下寒武统膏岩在加里东期和印支期末遭受破坏,能够有效封盖震旦系古油(气)藏;在燕山期和喜马拉雅期则遭受了致命的破坏,断层的切割致使膏岩层对丁山构造和林滩场构造震旦系古油(气)藏失去封盖作用。但在七跃山断裂以西地区受四川盆地刚性基底的影响,构造变形相对较小,断层未错断膏岩层,具有封盖作用。

### 参 考 文 献

- [1] 马力,陈焕疆,甘克文,等. 中国南方大地构造和海相油气地质[M]. 地质出版社,2004:328-450.
- Ma Li, Chen Huanjiang, Gan Kewen, et al. Geotectonics and petroleum geology of marine sedimentary rocks in Southern China[M]. Beijing: Geology Publishing House, 2004:328-450.
- [2] 金之钧,蔡立国. 中国海相油气勘探前景、主要问题与对策[J]. 石油与天然气地质,2006,27(6):722-730.
- Jin Zhijun, Cai Ligu. Exploration prospects, problems and strategies of marine oil and gas in China[J]. Oil & Gas Geology, 2006, 27(6): 722-730.
- [3] 沃玉进,肖开华,周雁,等. 中国南方海相系油气成藏组合类型与勘探前景[J]. 石油与天然气地质,2006,27(1):11-16.
- Wo Yujin, Xiao Kaihua, Zhou Yan, et al. Types of marine plays in southern China and exploration prospects[J]. Oil & Gas Geology, 2006, 27(1): 11-16.
- [4] 肖开华,沃玉进,周雁,等. 中国南方海相系油气成藏特点与勘探方向[J]. 石油与天然气地质,2006,27(3):316-325.
- Xiao Kaihua, Wo Yujin, Zhou Yan, et al. Petroleum reservoiring characteristics and exploration direction in marine strata in southern China[J]. Oil & Gas Geology, 2006, 27(3): 316-325.
- [5] 马永生,楼章华,郭彤楼,等. 中国南方海相地层油气保存条件综合评价技术体系探讨[J]. 地质学报,2006,80(3):406-417.
- Ma Yongsheng, Lou Zhanghua, Guo Tonglou, et al. An exploration on a technological evaluation for marine system of petroleum preservation strata in South China[J]. Acta Geologica Sinica, 2006, 80(3): 406-417.
- [6] 汤良杰,崔敏. 中上扬子区关键构造变革期、构造变形样式与油气保存[J]. 石油实验地质,2011,33(1):12-16.
- Tang Liangjie, Cui Min. Key tectonic changes, deformation styles and hydrocarbon preservations in Middle-Upper Yangtze region[J]. Petroleum Geology & Experiment, 2011, 33(1): 12-16.
- [7] 金之钧,龙胜祥,周雁,等. 中国南方膏盐岩分布特征[J]. 石油与天然气地质,2006,27(5):571-583,593.
- Jin Zhijun, Long Shengxiang, Zhou Yan, et al. A study on the distribution of saline-deposit in southern China[J]. Oil & Gas Geology, 2006, 27(5): 571-583, 593.
- [8] 金之钧,周雁,云金表,等. 我国海相地层膏盐岩盖层分布与近期油气勘探方向[J]. 石油与天然气地质,2010,27(6):715-724.
- Jin Zhijun, Zhou Yan, Yun Jinbiao, et al. Distribution of gypsum-salt cap rocks and near-term hydrocarbon exploration targets in the marine sequences of China[J]. Oil & Gas Geology, 2010, 27(6): 715-724.
- [9] 马永生. 四川盆地普光超大型气田的形成机制[J]. 石油学报,2007,28(2):9-21.
- Ma Yongsheng. Generation mechanism of Puguang Gas Field in Sichuan Basin[J]. Acta Petrolei Sinica, 2007, 28(2): 9-21.
- [10] 郭彤楼. 元坝深层礁滩气田基本特征与成藏主控因素[J]. 天然气工业,2011,31(10):12-16.
- Guo Tonglou. Basic characteristics of deep reef-bank reservoirs and major controlling factors of gas pools in the Yuanba Gas Field[J]. Natural Gas Industry, 2011, 31(10): 12-16.
- [11] 翟光明. 中国石油地质志(卷十)—四川油气区[M]. 北京:石油工业出版社,1989:88-110.
- Zhai Guangming. Petroleum Geology of China (Vol. 10)—Sichuan Oil Province[M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1989:88-110.
- [12] 李娟,于炳松,张金川,等. 黔北地区下寒武统黑色页岩储层特征及其影响因素[J]. 石油与天然气地质,2012,33(3):364-374.
- Li Juan, Yu Bingsong, Zhang Jinchuan, et al. Reservoir characteristics and their influence factors of the Lower Cambrian dark shale in northern Guizhou[J]. Oil & Gas Geology, 2012, 33(3): 364-374.
- [13] 刘树根,马永生,蔡勋育,等. 四川盆地震旦系—下古生界天然气成藏过程和特征[J]. 成都理工大学学报(自然科学版),2009,36(4):345-3541.
- Liu Shugen, Ma Yongsheng, Cai Xunyu, et al. Characteristic and accumulation process of the natural gas from Sinian to Lower Paleozoic in Sichuan Basin, China[J]. Journal of Chengdu University of Technology: Sci & Technol Ed, 2009, 36(4): 345-3541.
- [14] 张厚福,张万选. 石油地质学(第二版)[M]. 北京:石油工业出版社,1989:129-131.
- Zhang Houfu, Zhang Wanxuan. Petroleum Geology (the second edition) [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1989:129-131.
- [15] 付秀清,王正东. 石油地质学[M]. 北京:石油工业出版社,2009:86-88.
- Fu Xiuqing, Wang Zhengdong. Petroleum Geology [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2009:86-88.
- [16] 江为为,刘伊克,郝天珧,等. 四川盆地综合地质、地球物理研究[J]. 地球物理学进展,2001,16(1):11-23.
- Jiang Weiwei, Liu Yike, Hao Tianyao, et al. A study of geology and geophysics of Sichuan basin, China [J]. Progress in Geophysics, 2001, 16(1): 11-23.
- [17] 宋洪彪,罗立志. 四川盆地基底及深部地质结构研究的进展[J]. 地学前缘,1995,2(3-4):231-237.
- Song Hongbiao, Luo Lizhi. The study of the basement and deep geological structures of Sichuan basin, China [J]. Earth Science Frontiers, 1995, 2(3-4): 231-237.
- [18] 袁玉松,孙冬胜,周雁,等. 四川盆地川东南地区“源—盖”匹配关系研究[J]. 地质论评,2010,56:831-838.
- Yuan Yusong, Sun Dongsheng, Zhou Yan, et al. Relationship between hydrocarbon generation history of source rocks and sealing history of mudstone cap-rocks in the southeast Sichuan Basin [J]. Geological Review, 2010, 56:831-838.
- [19] 高波,沃玉进,周雁,等. 贵州麻江古油藏成藏期次[J]. 石油与天然气地质,2012,33(3):417-423.
- Gao Bo, Wo Yujin, Zhou Yan, et al. Hydrocarbon accumulation phases of Majiang paleo-oil reservoir in Guizhou [J]. Oil & Gas Geology, 2012, 33(3): 417-423.
- [20] 何治亮,汪新伟,李双建,等. 中上扬子地区燕山运动及其对油气保存的影响[J]. 石油实验地质,2011,33(1):1-11.
- He Zhiliang, Wang Xinwei, Li Shuangjian, et al. Yanshan Movement and its influence on petroleum preservation in Middle-Upper Yangtze region [J]. Petroleum Geology & Experiment, 2011, 33(1): 1-11.