

文章编号:1001-6112(2000)04-0336-05

准噶尔盆地南缘层序地层特征 与有利含气区带预测

王红亮,邓宏文,孙德君

(中国地质大学,北京 100083)

摘要:准噶尔盆地南缘近期的油气勘探表明其具有巨大的资源潜力。文中运用以基准面旋回为基础的层序地层理论,将该区中、新生代地层划分为 5 个长期地层旋回:LSC1、LSC2、LSC3、LSC4、LSC5,并总结了旋回的发育特征。在旋回格架内分析了其气储集层、盖层的分布及储盖组合的发育特征,指出本区研究层段主要发育 LSC5、LSC4、LSC2 和 LSC1 4 套储盖组合,其中 LSC4、LSC1 为最有利的含气储盖组合。综合生油、构造等其它成藏条件,作者指出了本区两个有利的气聚集带:南缘山前气聚集带(侏罗系为主要目的层)和西湖-玛纳斯-呼图壁有利气聚集带(下第三系为主要目的层)。

关键词:有利含气区带;层序地层;中、新生代;准噶尔盆地南缘

中图分类号:TE121.3

文献标识码:A

准噶尔盆地南缘有丰富的油气显示和成排成带的背斜构造,30 年代发现了独山子油气田,50 年代发现了齐古油气田,并在 7 个构造(霍尔果斯、喀拉扎、安集海、清水河、西湖、卡因地克、托斯台)见油气显示或低产油气流^[1]。特别是 1995 年呼图壁构造呼 2 井的重大发现,是南缘天然气勘探的一次重大突破。它有力地证实了关于南缘存在天然气藏的科学论断,展示了盆地南缘天然气勘探的广阔领域和巨大潜力。

1 地层层序划分与特征

根据本区的沉积-构造演化特征,我们运用以基准面旋回为基础的层序地层理论^[2,3],将中、新生代地层划分为 5 个长期地层旋回和 16 个中期旋回(相当于层序级别)(图 1)。长期旋回自上而下命名为 LSC1、LSC2、LSC3、LSC4、LSC5,它们分别相当于第三系、白垩系、侏罗系上部、侏罗系下部和三叠系。其中 LSC5 又可分为 4 个中期旋回,LSC4 分为 3 个中期旋回,LSC3 分为 3 个中期旋回,LSC2 分为 2 个中期旋回,LSC1 分为 5 个中期旋回。长期旋回响应

于较大规模的构造运动和气候变化,中期旋回响应于次一级的构造运动。

本区层序发育具有如下特征:

(1) 中期旋回以上升半旋回发育为特征,下降半旋回相对不发育,尤其是位于长期旋回中、下部的中期旋回,该特征更为明显。其内部的次级旋回也具有类似的特点。这种旋回特征代表了挤压型盆地的特点,其形成机制是:每一中期旋回均代表了由于构造抬升-均衡沉降引起的基准面的迅速下降-缓慢上升过程,由此可容纳空间与沉积物供给的比值(A/S)经历一个由大到小的变化。在构造抬升阶段,由于基准面在源区的迅速下降,造成较大的古地形差异,强烈的风化剥蚀作用提供了大量的粗碎屑物,从而发育洪积扇;在均衡沉降期,随着准平原化的进行,基准面缓慢上升,地形差异变小,湖泊、沼泽发育,以发育细粒沉积物为特征。

(2) 长期旋回上升半旋回的中期旋回,每个旋回自下而上由砂砾岩变为细粒泥质沉积,其底部为粗碎屑部分,具有从下部到上部中期旋回粒度变细的趋势,再次级的旋回之间也具有类似的规律性。这种特征与形成层序的构造运动的规模有关。

收稿日期:2000-03-03.

基金项目:国家“九五”科技攻关项目“中国重点含气盆地储盖层展布规律与预测”(96-110-08-02-02)。

作者简介:王红亮(1971-),男(汉族),河南滑县人,硕士、讲师,主要从事石油地质、沉积学和层序地层方面的研究工作。

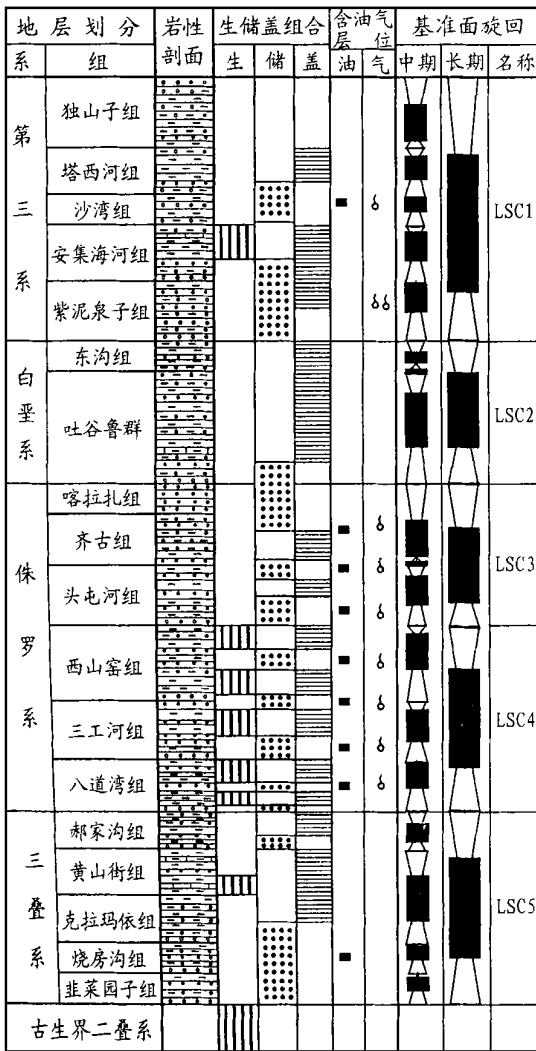


图 1 准噶尔南缘中、新生界层序划分与生储盖组合

Fig. 1 Division of the Mesozoic and the Cenozoic Sequences and assemblage of source rock, reservoir and cap rock for the south edge of the Juggar Basin

2 储盖层展布特征

2.1 储集层分布

南缘储集层有 LSC5、LSC4、LSC3、LSC2 上升半旋回和 LSC1 5 套储集层,其中 LSC4、LSC3、LSC1 为主要储集层。目前本区发现的天然气主要位于这两套储集层内。

LSC5 储层主要分布于南缘山前断褶带,主要为上升半旋回发育的砂砾岩体。岩性主要为岩屑砂岩和含砾不等粒砂岩,分选差,储集物性差,其孔隙度一般为 2.84%~9.28%,渗透率 $< 0.1 \times 10^{-3} \sim$

$2.07 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。但由于喜马拉雅盆地南缘构造作用强烈,裂缝及微裂缝发育,使孔隙连通性变得较好,所以在很差的条件下发现了齐古小泉沟群油气藏。旋回底部的一套砂岩厚度大于 16m,为滨湖亚相沿岸砂坝沉积,砂体稳定,可连续追踪对比,是盆地南缘天然气勘探较现实的主要目的层之一。

LSC4、LSC3 旋回为一套厚度巨大、平面展布广的陆源碎屑沉积体。燕山期是二叠系油气大量排出运移期,对侏罗系储集油气非常有利;再加上 LSC4 煤系地层为本区主要的气源岩,它与储层间互沉积,更使 LSC4、LSC3 旋回(侏罗系)成为本区最重要的储集层之一。储集砂体类型以洪积扇、河流、三角洲及滨浅湖砂体为主,其分布范围在不同时期有所不同,以 LSC4 旋回的八道湾组、三工河组、西山窑组和 LSC3 上升半旋回的头屯河组的河流、三角洲砂体最为有利,其含砂率多为 25%~50%之间,砂泥剖面配置合理。由于储层砂岩多处于后生早期混合孔发育带,物性总体较差,孔隙度平均为 9%~12%,渗透率也为低渗透率区;但在有利的沉积相带也存在物性相对较好的地区。

LSC2 上升半旋回底部的一套粗碎屑岩遍布盆地的大部分地区,薄厚不均,岩性主要为砂砾岩、砾岩和砂岩,以滨浅湖、河流三角洲砂体为主,是在侏罗系剥蚀面上发育起来的一套粗碎屑沉积,目前已在腹部见油气显示。该套储层之上最大水进期泥岩可作为其有效盖层,是本区下一步寻找大、中型气田的有利层位。

LSC1 旋回储集层主要有上升半旋回紫泥泉子组、安集海河组下部和下降半旋回沙湾组中、下部和塔西河组底部的砂岩、砂砾岩,后生成岩作用轻微,多为成岩期原生孔发育带。其中下降半旋回下部的沙湾组为南缘最好的储集层,孔隙度一般大于 10%,渗透率大于 $100 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 的约占 30%,主要储集砂体类型为河流相、滨湖相及三角洲相砂体,含砂率为 50%~10%。该套储集层由于时代较新,埋深较浅,物性较好,储盖配置合理,因而为本区下一步寻找大、中型气田的现实层位,目前已在紫泥泉子组、沙湾组发现油气藏。但由于其自身气源岩的限制,需要有断层与下伏气源层沟通,才能在其中储集较大规模的油气。

2.2 盖层分布

2.2.1 区域性盖层

本区发育的区域性盖层有 LSC5 最大水进期及

下降半旋回泥岩、LSC4 最大水进期泥质岩、LSC2 最大水进期及下降半旋回泥质岩、LSC1 最大水进期及其下降半旋回中下部的泥质岩。可见区域性盖层的形成与旋回上升与下降转换位置的最大水进面有关。

LSC4 最大水进期泥岩单层厚 60 ~ 80m, 泥岩总厚度在 60 ~ 100m 之间, 且在盆地内分布广泛。LSC5 最大水进期及下降半旋回的大套泥岩在全盆地均有分布, 厚度在 100 ~ 400m 之间。LSC2 最大水进期及下降半旋回泥质岩、LSC1 最大水进期及其下降半旋回中下部的灰色、灰绿色泥岩主要分布于盆地的南缘, 由南缘向腹部及其以北方向, 泥岩颜色逐渐变浅, 厚度变薄, 泥岩砂质含量增加, 总体反映了沉积水体由南向北逐渐变浅(由半深湖 - 浅湖 - 滨湖 - 泛滥平原)的相变过程。盖层封盖效果也表现为由南向北逐渐变差。

2.2.2 局部性盖层

各沉积时期储集层之上或之间的塑性地层, 受沉积环境制约, 局限于某一局部地区, 同样对油气具有一定的封闭能力, 形成一定规模的油气藏。本区局部性盖层主要发育于各长期旋回内各次级旋回的最大水进面附近。

LSC4 上升半旋回由多套次级的旋回组成。每一旋回最大水进期较厚层的泥质岩和煤层, 均可作为区域性盖层。如齐古油田八道湾组各储集层之间的泥岩、煤岩, 已经作为局部有效盖层。

LSC3 旋回内次级旋回的最大水进面泥岩, 在东部的三台地区已经作为局部有效盖层。

LSC1 上升半旋回次级旋回的最大水进面泥质岩在呼图壁背斜紫泥泉子组气藏已经作为局部的有效盖层; 下降半旋回次级旋回最大水进面的泛滥平原泥岩在独山子背斜沙湾组油气藏为局部性盖层。

2.3 储盖组合分析

本区多旋回的构造发展控制了多旋回的沉积, 沉积物发育具有明显的旋回性: 每一套相对较粗的有利储集层发育之后, 其上都有一套细粒沉积作为盖层, 储盖配置较好。研究层段自下而上可分为 LSC5、LSC4、LSC2 和 LSC1 4 套储盖组合。

2.3.1 LSC5 储盖组合

该组合气源岩为上二叠统芦草沟组暗色泥岩, 有机质丰富, 演化程度高, 因而气源丰富。储集层为上升半旋回的扇三角洲和滨湖砂体, 具有较好的储集能力, 特别是在托斯台、玛纳斯和头屯河一带发育

有 3 个较大的洪积扇, 以砂砾岩为主, 是南缘该旋回储集层分布最有利的地区。最大水进期及下降半旋回发育巨厚的泥质岩沉积, 横向分布稳定, 为良好的区域盖层。

2.3.2 LSC4 储盖组合

该组合为自生自储组合型式, 以旋回自身的八道湾组、三工河组和西山窑组煤系地层为主要气源岩, 上二叠统芦草沟组为次要气源岩; 发育洪积扇、河流、三角洲为有利的储集砂体; 旋回最大水进期区域分布的泥岩可作为区域盖层, 各次级旋回最大水进面位置附近的泥质岩作为局部性有效盖层。

该组合可进一步划分为多套次级储盖组合。每一中期旋回均可作为一个次级储盖组合: 上升半旋回的中、下部为储集砂体发育层段; 转换位置细粒沉积发育段既是气源岩, 又可作为其有效盖层段, 可形成垂向叠置的多套含气层系。因此该组合为本区最有利的储盖组合, 已在齐古油田获工业气流。缺点是组合储集层物性较差, 遭受后期构造运动破坏严重, 因此该套组合的勘探应注意寻找后期构造破坏较弱、保存相对完整的有利储集相带作为勘探的重点目标。

2.3.3 LSC2 储盖组合

LSC2 上升半旋回底部以砂砾岩、砾岩、砂岩为主, 滨浅湖、河流三角洲砂体作为有效的储集层, 该套储层之上最大水进期的大套泥岩作为有效盖层, 气源层为下部中、下侏罗统的气源岩。该套组合目前已在腹部见油气显示, 是本区下一步寻找大、中型气田的有利层位。

2.3.4 LSC1 储盖组合

LSC1 储盖组合气源为旋回中部安集海河组的未成熟气和下部的侏罗系气源, 储集层主要有上升半旋回的紫泥泉子组、安集海河组下部和下降半旋回中下部的沙湾组中下部和塔西河组底部的河流相、滨湖相及三角洲相的砂岩、砂砾岩。区域性盖层为旋回最大水进期及其上部的安集海河组和塔西河组的大套发育的厚层灰色、灰绿色泥岩, 局部性有效盖层有各次级旋回的最大水进期泥岩。

该组合也可进一步划分出几个次级储盖组合, 如紫泥泉子组储盖组合、安集海河组储盖组合、沙湾组储盖组合和塔西河组储盖组合, 均是中期旋回(中)下部的砂砾岩为储集层, (中)上部的泥质岩为盖层。其中紫泥泉子组储盖组合和沙湾组储盖组合由于储集砂体发育, 储层物性好, 已在独山子油田沙

湾组、呼图壁背斜紫泥泉子组见油气。该套组合储层物性好,储盖配置合理,埋深相对较浅,构造规模较大且保存完整,为本区下一步寻找大、中型气田的重点层段。

3 有利含气区带预测

3.1 气层层序地层位置

根据对本区已发现油气田的主要含气层位的分析,发现本区主要含油气层位往往不是位于每个层序底部粒度最粗的层段,而是层序中、下部的粗粒岩性段为较有利的含油气层段(图 1)。造成这种现象可能因为:一是底部最粗粒层段多为混杂堆积,分选差,造成物性条件较差;二是生储盖配置关系没有其上部层段有利。如呼图壁背斜紫泥泉子组气藏。

3.2 有利气聚集带预测

根据本区的生、储、盖、圈、运、保及勘探能力等各种因素的综合分析,预测本区有利气聚集带如下。

3.2.1 南缘山前有利气聚集带(图 2)

该气聚集带即为第一排构造带,其主要特征是:

气源以侏罗系煤系地层为主,次为上二叠统;LSC4 储盖组合为主要勘探目的层。圈闭类型主要为背斜圈闭,预计还应发育断块与岩性复合圈闭。

该聚集带 50 年代发现了齐古油田(三工河组),并在喀拉扎、清水河等构造钻井见油气显示,近期勘探又在齐古背斜齐 8 井八道湾组获工业气流。

3.2.2 西湖 - 玛纳斯 - 呼图壁有利气聚集带(图 3)

该气聚集带包括第二、三排构造带的所有构造圈闭,主要为背斜圈闭,如:呼图壁、吐谷鲁、玛纳斯、霍尔果斯、独南、安集海、独山子、西湖等背斜。其主要特征是:气源以侏罗系和下第三系混合为主,LSC1 储盖组合(下第三系)为主要勘探目的层。

该聚集带 30 年代发现了独山子油田,并在安集海、霍尔果斯、卡因地克钻井见油气显示;1995 年完钻的呼 2 井的发现,是继独山子、齐古油田之后准噶尔盆地南缘勘探近 40 多年来的一次重大突破,也是准噶尔盆地天然气勘探的一次重大飞跃;1997 年完钻的呼 001 井在紫泥泉子组也发现了重要油气显示。上述发现确定了呼图壁背斜气藏的巨大潜力。

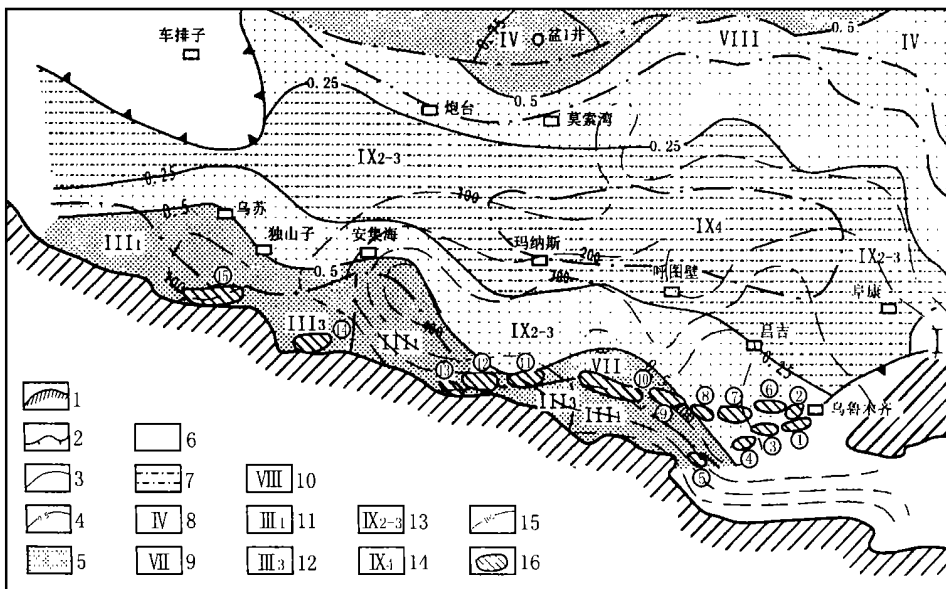


图 2 准噶尔盆地南缘侏罗系西山窑组综合评价图

- 妖魔山背斜; 煤系背斜; 北小渠子背斜; 南小渠子背斜; 头屯河背斜; 西山背斜; 喀拉扎背斜; 阿克屯背斜; 昌吉背斜; ⑩齐古背斜; ⑪清水河背斜; ⑫南玛纳斯背斜; ⑬达子庙鼻状背斜; ⑭南安集海背斜; ⑮托斯台背斜
1. 古陆界线; 2. 地层分布线; 3. 沉积相界线; 4. 含砂率等值线; 5. 砂岩区(75%~25%); 6. 泥砂岩区(50%~25%);
 7. 泥砂岩区(<25%); 8. 曲流河; 9. 辫状河三角洲; 10. 曲流河三角洲; 11. 辫状河河道亚相; 12. 辫状河平原亚相;
 13. 滨浅湖亚相; 14. 半深湖至深湖; 15. 八道湾组+西山窑组生气强度等值线(10⁸m³/km²); 16. 背斜圈闭

Fig. 2 Comprehensive evaluation map of the Jurassic Xishanyao Fm. in the south edge of the Junggar Basin

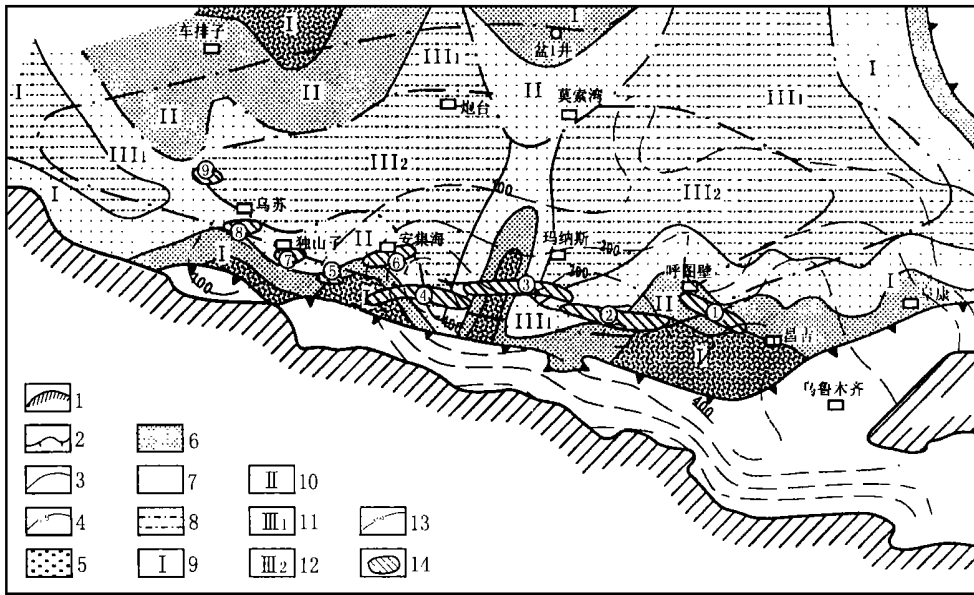


图 3 准噶尔盆地南缘第三系沙湾组综合评价图

呼图壁背斜; 吐谷鲁背斜; 玛纳斯背斜; 霍尔果斯背斜;
独南背斜; 安集海背斜; 独山子背斜; 西湖背斜; 卡因地克背斜

- 1. 古陆界线; 2. 地层分布线; 3. 沉积相界线; 4. 岩相分界线; 5. 砂岩砾岩区 (75% ~ 50%); 6. 泥岩砂岩区 (50% ~ 30%);
- 7. 砂岩泥岩区 (30% ~ 10%); 8. 泥岩区 (<10%); 9. 洪冲积相; 10. 三角洲相; 11. 滨湖亚相;
- 12. 浅湖亚相; 13. 八道湾组 + 西山窑组生气强度等值线 ($10^8 \text{m}^3/\text{km}^2$); 14. 背斜圈闭

Fig. 3 Comprehensive evaluation map of the Tertiary Shawan Fm. in the south edge of the Junggar Basin

1998年4月在安集海背斜完钻的安6井在钻探过程中18次获良好油气显示,预示着南缘西部安集海构造的良好油气前景。盆地南缘与呼图壁背斜和安集海背斜具有相似成油气地质条件的构造还有西湖、霍尔果斯、吐谷鲁、玛纳斯背斜等。因此该带是本区下一步大、中型气田勘探的重点区带。

参考文献:

- [1] 宋岩. 准噶尔盆地南缘西部天然气地质特征及有利气聚集带预测[J]. 石油勘探与开发, 1993, 20(1): 48 - 54.
- [2] 邓宏文. 美国层序地层研究中的新学派——高分辨率层序地层学[J]. 石油与天然气地质, 1995, 16(2): 90 - 97.
- [3] 邓宏文, 王洪亮. 层序地层学基准面的识别、对比技术及应用[J]. 石油与天然气地质, 1996, 17(3): 177 - 184.

CHARACTERISTICS OF SEQUENCE STRATIGRAPHY AND PREDICTION OF FAVORABLE GAS ZONES FOR THE SOUTH EDGE OF THE JUNGGAR BASIN

WANG Hong-liang, DENG Hong-wen, SUN De-jun

(China University of Geosciences, Beijing 100083, China)

Abstract: The recent exploration of oil and gas in the south edge of the Junggar Basin shows that there is huge resource potential in this area. In this paper, the sequence stratigraphic theory based on base-level cycles is used to divide the Mesozoic and the Cenozoic strata of this area into five secular stratigraphic cycles, including LSC1, (to be continued on page 354)

SEQUENCE STRATIGRAPHY APPLIED IN THE RESTORATION OF THE CALEDONIAN PALEOGEOMORPHOLOGY - A CASE STUDY IN ZHANHUA AREA, THE JIYANG DEPRESSION

SONG Guo-qi^{1,3}, XU Chun-hua^{1,4}, FAN Qing-zhen¹, WEI Yan-ping¹, KONG Fan-shun²

1. Research Institute of Geoscience, Shengli Bureau of Petroleum Administration, Dongying, Shandong 257015, China;
2. Research Institute of Coal Investigation, Shandong Coalfield Exploration Company, Tai'an, Shandong 271000, China;
3. Research Institute of Geology and Geophysics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China;
4. Wuhan Graduate School, China University of Geosciences, Wuhan, Hubei 430074, China)

Abstract : The developed degree of the Caledonian weathering crust directly affects the developing of related reservoirs, and paleogeomorphology plays a decisive part in the development of secondary pores. In view of the importance of the Caledonian fossil weathering plane, the paleogeomorphology is divided into karst highland, karst slope and karst depression three paleogeomorphological units in this paper, and four shortcomings existing in the former paleogeomorphological restoration methods such as the residual thickness method, the standard method, etc. are analysed. On this basis, the sequence stratigraphy method to restore paleogeomorphology whose kernel content is regional unconformable planes with isochroneity is suggested. The authors use this method to restore the Caledonian paleogeomorphology of Zhanhua area in the Jiyang Depression and analyse the karst development features of two different paleogeomorphological units in this area, 991 Buried Hill in karst highland and Gudao Buried Hill in karst depression. Results show that the sequence stratigraphy method can accurately restore the Caledonian paleogeomorphology and predict the developed zones of secondary pores, and at last direct hydrocarbon exploration related to karst.

Key words : sequence stratigraphy; the Paleozoic; karst; the restoration of paleogeomorphology; hydrocarbon exploration

(continued from page 340)

LSC2, LSC3, LSC4 and LSC5. The developing characters of these cycles are summarized. In the framework of cycles, the distribution of reservoirs and cap rocks and the developing characters of their assemblages are analysed. It is pointed out that the study strata of this area mainly develop LSC5, LSC4, LSC2 and LSC1 four assemblages. Among them, LSC4 and LSC1 are the most favorable gas assemblages of reservoirs and cap rocks. Combined with oil-generating, tectonic and other pool-forming conditions, two favorable gas-accumulation belts in this area are suggested, i. e. the Shanqian gas-accumulation belt in the south edge whose major target stratum is the Jurassic and the Xihu-Manasi-Hutubi favorable gas-accumulation belt whose major target stratum is the Lower Tertiary.

Key words : favorable gas zones; sequence stratigraphy; the Mesozoic and the Cenozoic; the south edge of the Junggar Basin