

文章编号:1001-6112(2000)04-0350-05

应用层序地层学方法恢复加里东期古地貌

——以济阳拗陷沾化地区为例

宋国奇^{1,3}, 徐春华^{1,4}, 樊庆真¹, 魏艳萍¹, 孔凡顺²

- (1. 胜利石油管理局 地质科学研究院, 山东 东营 257015;
2. 山东煤田勘探公司 勘察院, 山东 泰安 271000;
3. 中科院 地质与地球物理研究所, 北京 100101;
4. 中国地质大学 武汉研究生院, 湖北 武汉 430074)

摘要:加里东期风化壳发育的程度直接影响了相关储层的发育,而古地貌对次生孔隙的发育起决定作用。针对加里东期古风化面的重要性,文中把古地貌分为岩溶高地、岩溶斜坡和岩溶洼地 3 个古地貌单元,并分析了原有古地貌恢复方法(残余厚度法、标准法等)存在的 4 个缺点,在此基础上提出了以具有等时性的区域性不整合面为核心内容的层序地层学恢复古地貌方法。作者应用该方法对济阳拗陷沾化地区加里东期古地貌进行了恢复,并分析了该地区处于岩溶高地的 991 潜山和处于岩溶洼地的孤岛潜山两个不同古地貌单元的岩溶发育特征。结果表明,层序地层学方法能准确地恢复加里东期古地貌,进而能准确地预测次生孔隙发育带,并最终指导与岩溶有关的油气勘探。

关键词:层序地层学;古生代;岩溶;古地貌恢复;油气勘探

中图分类号:TE121.3

文献标识码:A

沉积间断不仅记录了构造运动或海平面变动事件,同时也代表了后期地质作用对前期沉积岩的不同性质和程度的改造。这种改造作用具有明显的经济价值。风化作用除了能直接形成残积风化矿床外,与风化面有关的岩溶型油气藏已在碳酸盐岩油气勘探中占据了重要地位^[1-3]。研究表明,与不整合面发育相伴的岩溶作用的强度及其分带性即古地貌控制了碳酸盐岩次生储集空间的形成与展布。因此,对古地貌的恢复在油气勘探中具有重要意义。

目前国内已发现的与古生代碳酸盐岩有关的特大型油气田有鄂尔多斯大气田^[4]和塔里木油田^[5]以及渤海湾盆地的任丘油田^[6]、桩西油田、义和庄油田^[7]等,其油气储层均是在加里东期风化壳的基础上经印支期、燕山期和喜马拉雅期构造运动的改造而形成的。加里东期风化壳发育的程度直接影响了相关储层的发育,而古地貌对次生孔隙的发育起决定作用。古地貌可简单地划分为岩溶高地、岩溶斜坡和岩溶洼地 3 个古地貌单元^[8,9](图 1)。岩溶

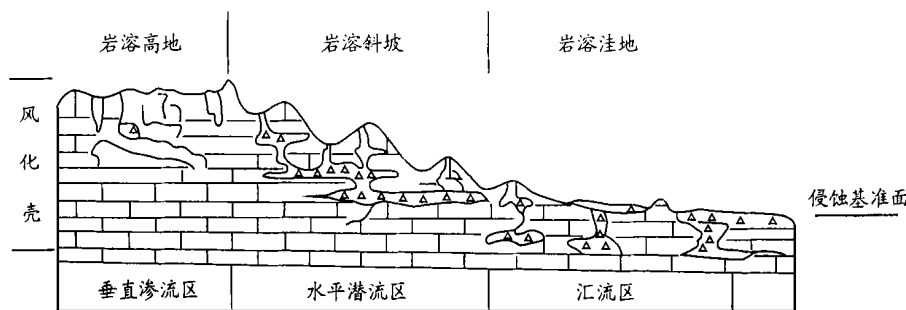


图 1 古地貌单元划分示意图

Fig. 1 Sketch map showing the classification of paleogeomorphological units

收稿日期:2000-02-21.

作者简介:宋国奇(1958-),男(汉族),山东高密人,高级工程师、总地质师,主要从事地震地质方面的研究工作。

高地和岩溶斜坡是淋溶作用最强烈的地区,也是次生孔隙最发育的地带;而岩溶洼地为汇水区,次生孔隙发育程度不高。因此,只有准确地恢复古地貌,才能准确在预测次生孔隙发育带,进而指导与古岩溶有关的油气勘探。

1 原有古地貌恢复方法的缺点

对古地貌的恢复,过去采用残余厚度法、标准层法等。笔者认为,这些方法有4点不妥之处:一是原始地层厚度存在一定的差异,如胜利油区下古生界奥陶系上马家沟组并未遭受剥蚀,在北部车西地区厚约260m、义和庄地区厚约280m、南部草桥地区厚约240m、西部堂邑潜山厚约300m;二是后期构造运动的强弱与原始地层的沉积厚度无关,即原始地层较厚的地区在后期构造运动期间可能处于正向部位,也可能处于负向部位;三是遭受剥蚀的地层其残余厚度不只是加里东期风化剥蚀的结果,也可以叠加后期构造运动的风化剥蚀,如新孤古10井其上为石炭系覆盖,属于加里东期风化作用的结果,其八陡组厚度为56.5m,而埕古10井其上为下第三系东营组所覆盖,遭受多次风化剥蚀,其八陡组残余厚度为91m;四是作为地层对比用的标准层可能存在穿时现象。

以上4点决定了用原有方法恢复古地貌必然存在相当大的误差。为了将古地貌恢复得相对准确,本文提出应用层序地层学的方法恢复古地貌。

2 层序地层学恢复古地貌的基本方法

层序地层学重点突出地层的等时地层格架,因而可以利用层序界面的等时性研究古地貌。

华北地台早古生代奥陶系沉积之后,发生了区域性“面式”升降,遭受1.3亿年的风化剥蚀,形成了统一的区域性不整合面。该不整合面即是许效松

等^[10]提出的第三类层序界面,具有等时性。

进入晚古生代,石炭系本溪期整个地台发生沉降,接受了本溪组碎屑岩沉积。本溪组在山东地区的厚度一般为20~60m。其下部为杂色铁铝岩和灰色铝土岩;中上部发育有3套海相灰岩,自下而上分别为草埠沟灰岩、徐家庄灰岩和南定灰岩^[11]。这3套灰岩均是海浸的产物。根据层序地层学的研究,徐家庄灰岩在整个山东地区均有分布(图2),厚度为5~23m,属海浸体系域;其顶面为最大海泛面,为一等时面。而加里东期风化面亦是等时面。这两个等时面之间的地层厚度(H)即可反映古地貌的高低。可选择地层厚度最小的点(井)的相对高程为0m,其它点(井)的厚度与该点厚度的差为各自的相对高程,其各点相对高程的镜像反映即为这一地区的古地貌。

3 沾化地区加里东期古地貌的恢复

根据前述层序地层学的观点,我们对沾化地区加里东期古地貌进行了研究,选择了其中有代表性的井15口,其中以埕东2井的地层厚度为最小。选该点为基准点,其相对高程为0m,在此基础上编制了古地貌图(图3)。研究表明:埕东2-虎10井以西,古地形较高,为岩溶高地;义153-渤65井以东,古地形最低,为岩溶洼地;其间的过渡带为岩溶斜坡。

4 不同古地貌单元的岩溶发育特征

根据古地貌的研究可以推测,埕东2-虎10井以西地区古岩溶最发育,而岩溶洼地古岩溶最不发育。

研究古岩溶最有效、最直接的方法是钻井过程中的钻具放空、泥浆漏失和扩径资料。为此,我们对沾化地区钻遇下古生界的探井资料进行了研究。下

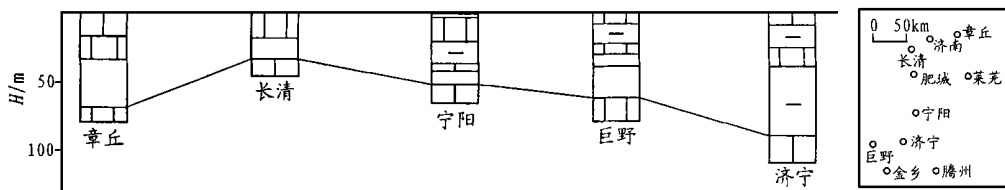


图2 山东石炭系本溪组徐家庄灰岩对比图

Fig. 2 Correlation of Xujiazhuang limestone for the Carboniferous Benxi Formation in Shandong province

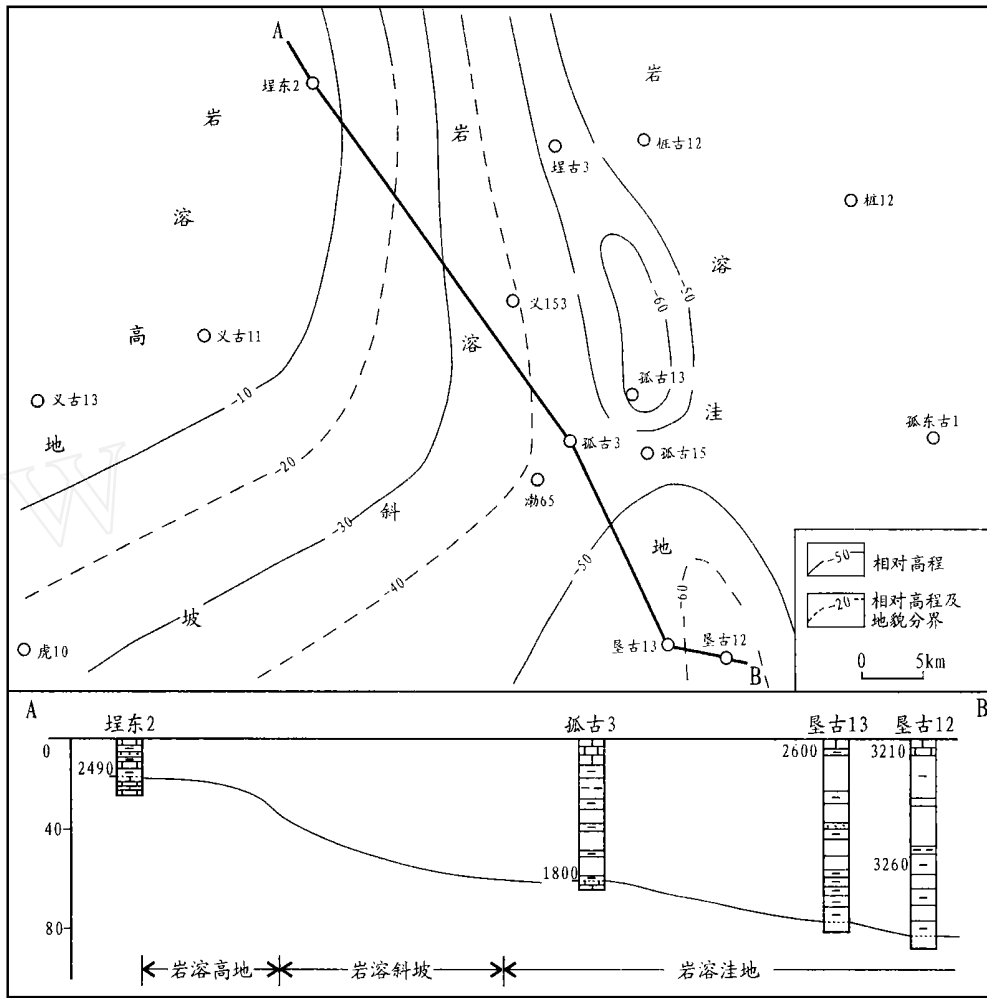


图 3 沾化地区加里东期古地貌图

Fig. 3 Paleogeomorphological map of Zhanhua area during the Caledonian stage

面选择沾化地区两个处于不同古地貌单元的地区进行介绍。

4.1 991 潜山

义和庄地区 991 潜山处于岩溶高地的主体部位。991 潜山主体是一个 EW 走向、北倾的单斜构造,南界为 991 断层,断层垂直落差 600m,上覆石炭、二叠系(图 4)。后期岩溶以侧向溶蚀为主,缺少大气淡水的淋滤作用。钻井资料反映,在进入风化壳以下 4~6m 普遍见井径扩大,共有 16 口井见钻具放空和泥浆漏失。最小放空距离 0.18m,最大 1.0m;最大泥浆漏失量为 376m³;15 口井见明显的井径扩大。

研究认为,沾化地区虽经过后期多次构造运动的改造,但其影响不是主要的,因此其古岩溶异常发育。

4.2 孤岛潜山

孤岛潜山处于岩溶洼地内,除遭受加里东运动的风化剥蚀外,在燕山期成山遭受风化剥蚀,经历过多次风化淋滤作用。但直到东营早期下古生界奥陶系八陡组才出露地表,遭受大气淡水淋滤作用,东营晚期即沉入水下,其主体为东营组直接覆盖,岩溶极不发育。目前仅有 2 口井 3 个井段发生钻具放空,7 口井发生泥浆漏失。因此,其加里东期古岩溶亦不发育。

以上两个处于不同古地貌单元的实例分析证明了不同古地貌单元岩溶作用不同的正确性。

5 结论

(1) 针对加里东期古风化面的重要性,本文提出

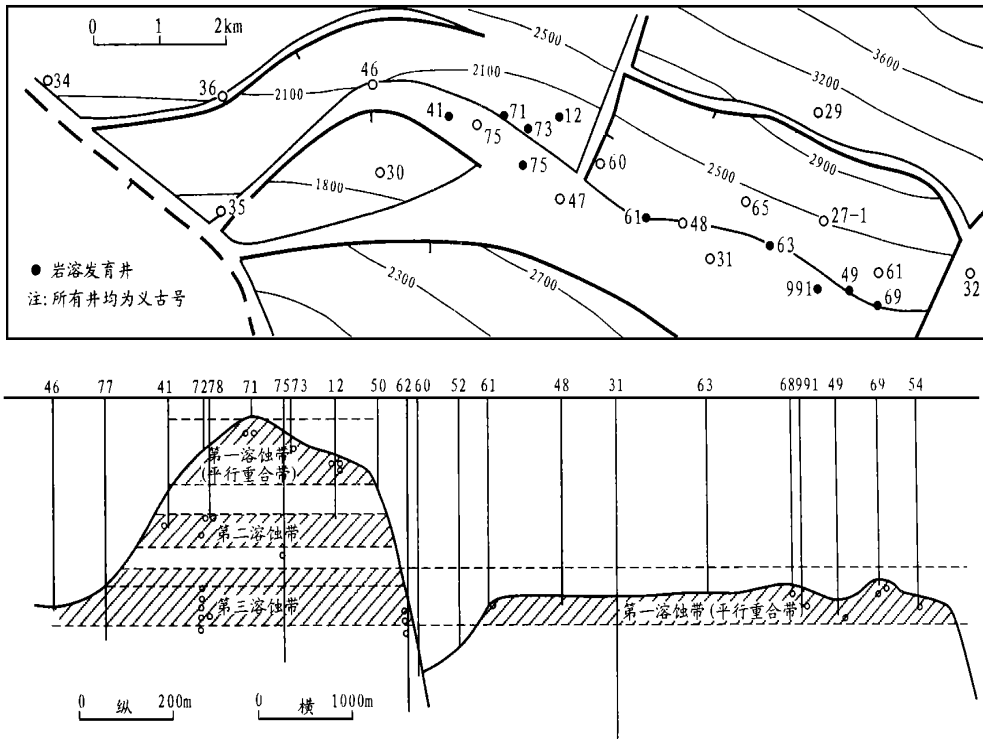


图 4 义和庄地区 991 潜山构造平面及剖面图

Fig. 4 Tectonic plan and profile of 991 buried hill in Yihezhuang area

应用层序地层学的方法恢复其古地貌,并划分出了 3 种不同的古地貌单元。

(2)不同的古地貌单元其岩溶发育明显不同。淋溶作用与古地形有关。岩溶高地淋溶作用最强,古岩溶发育;岩溶洼地最弱,古岩溶不发育;岩溶斜坡带中等。

(3)应用层序地层学方法恢复古地貌,关键因素是两个等时面的选取。应以距目的层时间最短的等时面为最佳。

参考文献:

[1] Saller H A, Budd A D, Hams M P. Unconformities and porosity development in carbonate strata: ideas from a Hedberg conference [J]. AAPG Bulletin, 1994, 78(6): 857 - 872.
 [2] Shanmugam G. Origin recognition and importance of erosional unconformities in sedimentary basin[A]. Kernspern KL, Paola C. New perspectives in basin analysis[C]. New York: Springer-Verlag, 1998. 83 - 108.

[3] Sun S Q. Dolomite reservoirs porosity evolution and reservoir characteristics[J]. AAPG Bulletin, 1995, 79(2): 186 - 204.
 [4] 长庆油田石油地质志编写组. 长庆油田[M]. 北京:石油工业出版社, 1992.
 [5] 新疆油气区石油地质志(下册)编写组. 新疆油气区[M]. 北京:石油工业出版社, 1995.
 [6] 谭洪. 任丘油田[A]. 张文昭. 中国陆相大油田[C]. 北京:石油工业出版社, 1997. 593 - 604.
 [7] 王秉海. 胜利油区地质研究与勘探实践[M]. 东营:石油大学出版社, 1992. 181 - 187.
 [8] 刘波,王英华. 华北奥陶系两个不整合面的成因与相关区域性储层预测[J]. 沉积学报, 1997, (1): 25 - 30.
 [9] 王宝清,许论勋. 古岩深与储层研究[M]. 北京:石油工业出版社, 1995. 19 - 22.
 [10] 许效松. 层序不整合面的综合标志与盆地性质[A]. 王英华, 鲍志东. 沉积学与岩相古地理学新进展[C]. 北京:石油工业出版社, 1995. 442 - 445.
 [11] 山东省地质矿产局. 山东省区域地质志[M]. 北京:地质出版社, 1991. 129 - 131.

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