

文章编号: 1009-3850(2009) 01-0001-08

雪峰山西侧地区海相油气勘探前景初析

卓皆文^{1,2}, 汪正江¹, 王 剑¹, 谢 渊¹,

杨 平¹, 刘建清¹, 赵 瞻¹

(1. 成都地质矿产研究所, 四川 成都 610082 2. 中国地质科学院 研究生部, 北京 100037)

摘要:通过对雪峰山西侧地层叠覆关系、沉积序列、层序地层和旋回沉积特征等油气地质的调查研究,表明雪峰山西侧盆地演化与四川盆地一样,均经历了从被动陆缘(Z_1)→类前陆(O_2-S)→克拉通大陆边缘盆地($D-T_2$)→内陆湖盆(T_3-J)和山间盆地($K-Q$) 5 个演化阶段;发育 9 个区域性平行不整合和 1 个角度不整合,构成 5 个构造层,即① 南华系—震旦系;② 下古生界;③ 上古生界—下中三叠统;④ 上三叠统一下中侏罗统;⑤ 上白垩统及其以上。总体构造活动性不强,对油气长期保存和演化有利。5 个构造层孕育了 4 个一级生储盖组合,其中 I、II 为有利组合。因此,该地区原生气地质条件优越,但后期改造较强,特别是侏罗纪末期的燕山运动以来的造山和隆升剥蚀量大,是该区海相下组合油气勘探的制约性因素。

关键词:雪峰山西侧;海相下组合;层序地层;生储盖组合;沉积构造演化

中图分类号: TE132.1

文献标识码: A

中上扬子地块海相古生界—中生界具有优越的原生石油地质条件,主要体现在发育巨厚的古生界海相沉积,拥有多个优质的生储盖组合^[1~4]。已有的勘探实践也表明中上扬子是我国重要的含油气区,特别是继二十世纪 90 年代以来的一系列重大发现^[5~8],不仅增强了人们寻找大油气藏的信心,也进一步推动了南方海相油气的勘探工作。

关于雪峰山西侧地区(指雪峰山与齐跃山之间之中上扬子东南边缘地区)(图 1)的油气勘探,虽然其初始生储盖组合与成藏条件优越,但后期(晚侏罗世末之燕山运动以来)构造改造强、隆升剥蚀量大,使得其勘探前景争议较大^[9~12]。

为深化对中上扬子地块周缘构造复杂区的油气地质认识,促进南方海相油气勘探,中国地质调查局启动了《中上扬子海相含油气盆地分析与成藏条件综合调查评价》项目,该项目主要针对上扬子陆块

周缘的雪峰山前缘、黔中隆起周缘、龙门山前缘及米苍山大巴山前缘开展石油地质调查研究,本文即为该项目的部分成果。

1 雪峰山西侧海相地层叠置关系与构造层划分

1.1 地层叠置关系

调查表明,石柱 黔江大剖面走廊带及邻区古生代地层出露较为齐全,下古生界发育完整,上古生界缺失较多(主要为泥盆系、石炭系和下二叠统出露零星);中生界主要为三叠系和侏罗系,而山间盆地沉积的白垩系分布零星。

地层出露方面,该区仅石柱老厂坪背斜、湖北咸丰背斜出露震旦纪和寒武纪地层,大部分地区出露志留纪地层,在向斜核部出露有二叠纪、三叠纪和侏罗纪地层。因此,调查认为该区上古生界基本不具

收稿日期: 2008-10-28 改回日期: 2009-02-16

作者简介: 卓皆文(1980—),博士生,主要从事沉积大地构造研究

资助项目: 国家油气专项“中上扬子海相含油气盆地分析与成藏条件综合调查评价”(1212010733505);“雪峰山西侧地区海相油气地质调查”(1212010782003)

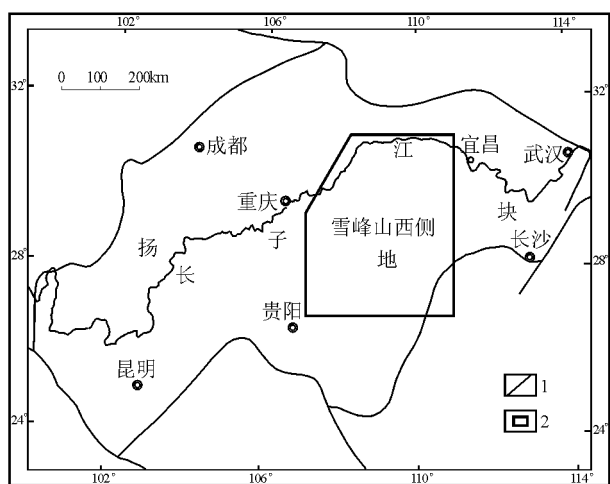


图 1 研究区位置图

1 扬子地块边界; 2 研究区

Fig 1 Location of the western part of the Xuefeng Mountains

1= boundary of the Yangtze landmass; 2= studied area

备油气地质意义,而下古生界,由于保留较为完整,特别是在石柱复向斜和恩施复背斜地区,震旦系—寒武系上覆有厚度较大的志留系页岩,可能具有较好油气勘探潜力。

同时调查还发现,雪峰山西侧古生代各构造层间均为平行不整合接触,仅上白垩统正阳组与下伏侏罗系、三叠系之间呈角度不整合接触。主要的地质平行不整合接触关系包括:

⑨ 下侏罗统自流井组 / 上三叠统须家河组, 界面发育粘土岩; ⑧ 上三叠统须家河组 / 中三叠统巴东组, 界面发育粘土岩; ⑦ 下三叠统大冶组 / 上二叠统长兴组, 界面发育凝灰质粘土岩; ⑥ 上二叠统吴家坪组 / 中二叠统茅口组, 界面发育粘土岩、古喀斯特; ⑤ 下二叠统梁山组 / 上石炭统黄龙组, 界面发育粘土岩、古喀斯特; ④ 上石炭统黄龙组 / 上泥盆统水车坪组, 界面发育粘土岩; ③ 上泥盆统水车坪组 / 下志留统罗惹坪组, 界面发育粘土岩; ② 下奥陶统南津关组 / 上寒武统毛田组, 岩性突变面; ① 下寒武统水井沱组或牛蹄塘组 / 上震旦统灯影组, 界面发育古喀斯特。

由此,表明在上扬子东部地区,加里东旋回、海西旋回和印支旋回均以整体隆升为主,褶皱造山效应不明显,有利于油气的长期演化和保存。

1.2 构造层划分

根据上述主要地层界面特征和区域对比研究,该区可分为以下 5 个构造层:

顶构造层 (V): 即燕山—喜马拉雅构造层, 主要指零星分布的白垩纪和新近纪山间盆地沉积;

上构造层 (IV): 即印支—燕山构造层, 包括上三叠统须家河组和下中侏罗统, 代表中上扬子陆块内陆湖盆演化阶段沉积;

中构造层 (III): 即海相上组合, 包含泥盆系、石炭系、二叠系及下中三叠统。该构造层以东吴运动构造为界面又可以分为两个次级构造层, 为中上扬子陆块陆表海盆地阶段沉积;

下构造层 (II): 即加里东构造层, 也称之为海相下组合, 包括寒武系、奥陶系、志留系, 代表中上扬子陆块被动陆缘至类前陆盆地沉积阶段;

底构造层 (I): 即新元古界的南华系、震旦系, 为新元古代裂谷盆地沉积阶段。

2 早古生代层序地层分析

通过对黔江—石柱地区古生代沉积序列与沉积盆地演化的调查研究表明, 研究区早古生代海相盆地经历了早期的被动大陆边缘阶段和晚期的类前陆盆地阶段 (图 2), 被动大陆边缘阶段主要为浅水陆棚 (下寒武统和奥陶系) 和潮坪沉积 (中上寒武统), 类前陆阶段主要发育复理石 (志留系) 充填, 陆相磨拉石沉积不发育。

2.1 层序地层格架

1. 震旦纪

研究区的震旦纪沉积具有明显的过渡相特色, 虽然研究区未见完整震旦系露头, 但结合湘西北和渝东秀山溶溪的剖面情况, 可以看出, 上震旦统陡山沱组 and 灯影组基本都可以划分为 4 段, 分别可以构成一个完整的二级层序 (SQI-1, 2), 显示出两个大的沉积旋回。

层序 SQI-1 以陡山沱组底部盖帽白云岩沉积开始, 平面上相分异性不明显, 反映了南沱冰期后, 全球性气候转暖, 在海平面上升条件下的碳酸盐快速沉积作用。随后, 由于海平面快速上升, 沉积物源补给匮乏, 形成欠补偿沉积 (即 SQI-1 的凝缩段), 也是分布较为广泛的烃源岩。

层序 SQI-2 的灯影组三段的颗粒灰岩和藻白云岩不仅是三级层序的海侵体系域, 也构成了二级层序的高位体系域的早期沉积, 是底构造层 (I) 中重要的储层发育段, 也是湘西北慈利南山坪古油藏的储层^[13]。

2 寒武纪

寒武纪层序发育完整, 露头条件也很好, 共计划

分出4个二级层序,12个三级层序。早寒武世是整个寒武纪碳酸盐台地形成的奠基过程,主要经历了从深水陆棚、混积陆棚、碳酸盐缓坡等发展阶段;而中寒武世是碳酸盐台地的形成过程,经历了碎屑岩潮坪至碳酸盐潮坪,直至碳酸盐台地的形成;晚寒武世是碳酸盐台地的发展阶段,形成了南方早古生代最为广阔的碳酸盐台地。

下寒武统主要发育混积陆棚相黑色灰绿色页岩、细碎屑岩夹生屑灰岩,晚期形成碳酸盐缓坡,以石龙洞组的泥质瘤状灰岩为代表。中上寒武统总体为潮坪沉积,构成两个沉积韵律,早期为蒸发潮坪相的泥坪、云坪和灰云坪沉积,以高台组和耿家店组为代表,在耿家店组中发育层状叠层石;中晚寒武世晚期均发育典型的潮坪沉积序列:砂砾屑灰岩、微晶砂屑灰岩、微晶灰岩、藻纹层灰岩,尤以石柱万宝代家坝剖面的茅坪组和石柱漆辽剖面的毛田组为代表。本区寒武系沉积相变不大,只是东部下中寒武统的碎屑岩沉积减少,更接近大陆边缘。

3 奥陶纪

郁南运动是加里东运动的序幕,由此也决定了奥陶纪沉积的区域构造背景。虽然早奥陶世的快速海侵形成的烃源岩不具有区域性,但也是研究区一个重要的烃源层发育期。

应该说早奥陶世沉积是从晚寒武世碳酸盐台地至中奥陶世一志留纪混积陆棚沉积的转换,这一点可以从其中广泛发育的黑色页岩夹层不难看出。

从中奥陶世开始,在上扬子地块上,碳酸盐台地沉积不再具有区域性了。大湾组大套页岩沉积,以及大湾组页岩与红花园组结晶灰岩之间截然的岩性界面,不仅表明加里东运动已经开始,同时也宣告了上扬子被动陆缘盆地阶段的结束,从此上扬子早古生代海相盆地进入了类前陆盆地演化阶段。

晚奥陶世的都匀运动,可能为宝塔灰岩的形成提供某些成因解释(如龟裂纹的形成等)。而五峰组黑色硅质页(板)岩的形成,从现有的资料分析来看,可能与同沉积海底热液活动有关,这一点也可从五峰组硅质页岩普遍夹多个薄层浅灰色钾质斑脱岩^[14,15](火山碎屑岩经海解作用形成)这一地质实际得到一些相关启示。

4 志留纪

志留系沉积特征明显,以陆棚相页岩为主夹少量粉细砂岩,是华南早古生代海相盆地消亡阶段的产物,总体上具有类复理石沉积特征。由于沉积相变较大,层序分析难度也较大。但在早志留世发育

两个大的沉积旋回,在区域上还是可以对比的。

2.2 层序地层与生储盖发育

通过对雪峰山西侧地区油气地质走廊大剖面内烃源岩、储层、盖层等基本油气条件的调查,发现层序的发育与生储盖的发育关系密切,特别是烃源岩和储集层的发育,受控于海平面的变化和不同级别层序的体系域(图2)。

1. 烃源岩

调查表明,区内下寒武统水井沱组、下志留统龙马溪组是研究区重要的烃源层段。从层序地层学角度观察,上述层段的发育均与快速海侵有关,特别是水井沱组黑色页岩,因此,烃源岩基本位于海侵体系域,并可延续至凝缩段。同时研究显示,主力烃源岩系发育层位均出现于中国南方大地构造格局或沉积盆地性质发生重大变革的转换时期,产出层位与全球性的缺氧事件密切相关^[16,17]。通过测试分析表明,石柱县高桥龙泉溪剖面下寒武统水井沱组黑色页岩有机碳含量为0.89%~1.03%,平均值为0.93%,为中等好烃源岩,厚为16.24m;干酪根有机质类型均为藻质I型;石柱漆辽剖面下志留统龙马溪群黑色页岩有机碳含量为0.61%~3.21%,平均值为1.77%,大部分为好烃源岩,少量为中等烃源岩,累计厚为161.60m;干酪根有机质类型为I型。

2. 储集层

上震旦统灯影组白云岩、中上寒武统白云岩是区内重要的潜在储集岩层。研究发现它们不仅与二级层序的高位体系域相联系,更与三级层序的高位体系域相对应。特别是寒武系白云岩储层,其发育是受区域性的海平面下降控制的。通过测试分析表明,石柱万宝中寒武统高台组碳酸盐岩孔隙度介于0.39%~21.91%之间,平均值为9.36%,孔隙度较高,为好的储集层;武隆江口黄草中上寒武统后坝组第一段白云岩压汞孔隙度平均为4.608%,最大值为10.80%,为好储层段;后坝组第二段白云岩压汞平均孔隙度为3.45%,最大值为4.4%,为好储层段。

而志留系粉细砂岩也是保存有上古生界之海相下组合的重要兼探目标,如川东鄂西地区,现已经获得较好油气显示。

3. 盖层

区域性盖层的发育主要与盆地发展特定阶段相联系。从扬子海相盆地的发育历程看,海相上组合和下组合的盖层发育均与盆地演化的晚期相对应。如下组合的区域性盖层志留系(混积)陆棚相大套页岩(具有复理石特征)和上组合区域性盖层巴东

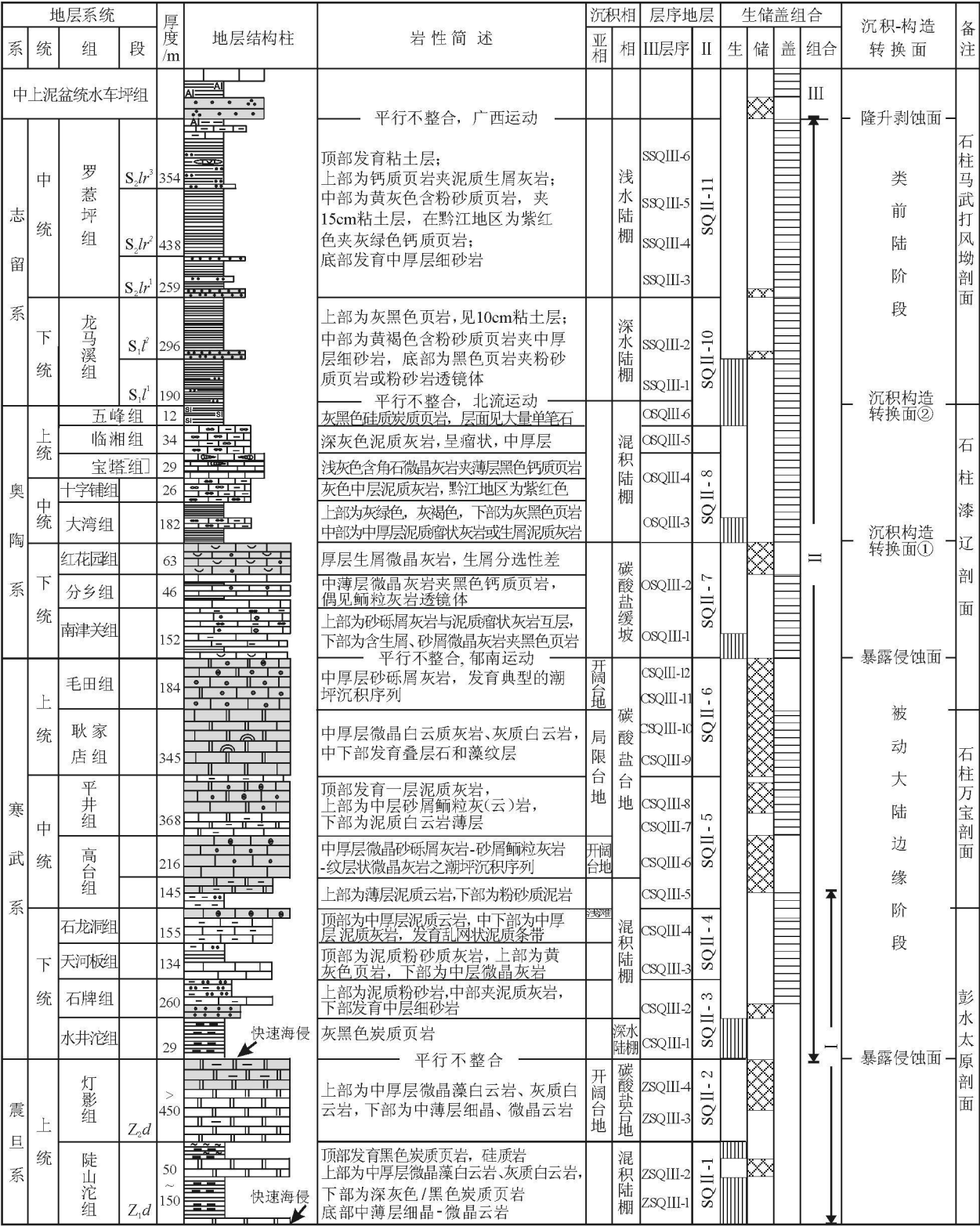


图 2 雪峰山西侧下古生界沉积相、层序地层及生储盖组合划分

Fig 2 Division of sedimentary facies, sequence stratigraphy and source-reservoir-seal associations in the Lower Paleozoic strata in the western part of the Xuefeng Mountains, southern China

组混积陆棚相泥质灰岩与杂色泥页岩沉积。

4 生 储 盖 组 合

依据初步调查分析,认为雪峰山西侧地区发育良好的烃源岩、储集层及盖层,形成了多套生、储、盖组合,主要有如下 4 个一级组合:

组合 I: 烃源岩发育于下震旦统陡山沱组二段,以及南华系的湘锰组或大塘坡组;储集层以灯影组白云岩为主,盖层由上覆下寒武统构成。

组合 II: 即海相下组合,烃源岩以下寒武统黑色页岩为主,奥陶系页岩次之,储集层以中上寒武统白云岩为主,盖层为中上奥陶统和志留系页岩。

组合 III: 即海相上组合,包含泥盆系、石炭系、二叠系及下中三叠系统。该构造层以东吴运动构造面又可以分为两个次级生储盖组合。

组合 IV: 即陆相组合,主要包括上三叠统须家河组和下中侏罗统。

根据野外实际调查,黔江地区上述 4 个组合中,目前只有 I、II 组合具有勘探意义,而中上构造层由于后期隆升剥蚀,已不具有油气地质意义。因此,后续工作应以组合 I 和组合 II 为重点。当然,该地区海相上组合和陆相组合的研究将对下构造层的保存条件分析和四川盆地内部海相上组合油气勘探具有重要的借鉴意义和参考价值。

3 关于印支运动、燕山运动的沉积 构造响应

从沉积的角度看,在黔江地区,印支运动和燕山运动具有不同的沉积响应。

印支运动表现为 3 幕,第一幕为巴东组与嘉陵江组之间的短暂暴露,嘉陵江组第四段沉积表现为蒸发潮坪相白云岩与萨布哈相角砾岩。早三叠世末期海平面上升,发育瘤状灰岩和薄层状泥晶灰岩(图 3)。印支第一幕在巴东组内部表现也很明显,显示出两次海平面升降,形成两个灰岩→碎屑岩向上变浅序列。

印支运动的第二幕发生在巴东组的末期。调查发现,巴东组沉积后,区域上有一次隆升剥蚀过程。在石柱冷水溪剖面,在须家河组底部发育灰白色粘土岩,厚约 50 m;在黔江一带,巴东组四段保存较少,有的甚至缺失。

印支运动第三幕发生在须家河组与下侏罗统之间,界面同样也发育粘土岩,反映沉积间断也较长。从石柱与黔江地区须家河组沉积特征看,两地的沉积环境具有较大差异,石柱地区沉积厚度较大,一般在 140~160m 之间,岩屑、云母含量较高,砂岩与页岩互层,具有三角洲平原沉积特征。而在黔江地区,

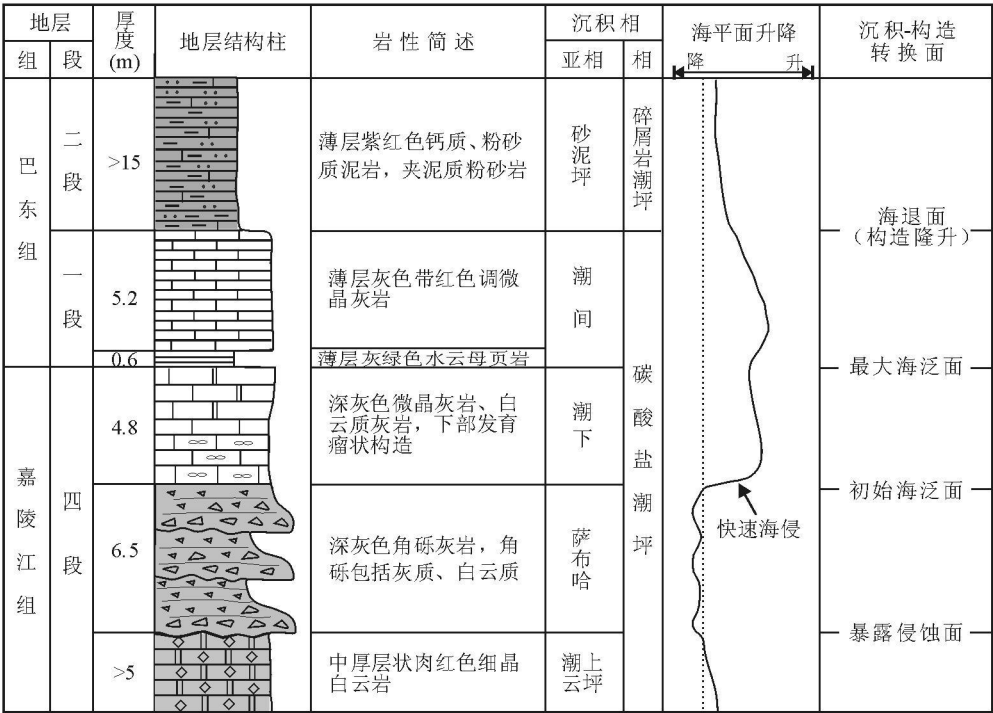


图 3 咸丰朝阳寺剖面印支运动早幕之沉积响应

Fig 3 Sedimentary responses to the early Indosinian movement indicated in the Chaoyangsi section in Xianfeng, Hubei

段^[18]。

快速抬升和冷却事件不仅使陆相组合和海相上组合遭受大量剥蚀,也使海相下组合的生烃、排烃过程基本停止。其直接结果是不仅海相下组合的保存条件受到很大削弱,而且原生油气藏的动态平衡也受到很大影响。因此,燕山晚幕以来的快速隆升和剥蚀作用才是该地区油气资源潜力评价的制约性因素。

4 结 论

综上所述,关于雪峰山西侧海相油气地质可以得出如下初步结论:

(1)上扬子东南缘(雪峰山西侧)盆地演化与四川盆地一样具有多阶段性:被动陆缘(ZQ_1)→类前陆(O_2-S_3)→克拉通大陆边缘盆地($D-T_2$)→内陆湖盆(T_3-J_1)→山间盆地($K-Q_4$);

(2)新元古代以来,盆地沉积发育“9个平行不整合和1个角度不整合”,构成“5个”构造层:①新元古界(为南华系、震旦系);②下古生界;③上古生界一下中三叠统;④上三叠统一下中侏罗统;⑤白垩系及其以上。海相上组合和陆相组合发育较好,沉积序列完整,但经后期改造和隆升,已广泛出露,不具有油气勘探意义;

(3)发育4个生储盖组合,其中I、II为有利组合,应是后期重点研究对象,而潜在勘探目标应为灯影组白云岩、下寒武统石龙洞组和中上寒武统的白云岩;

(4)雪峰山西侧地区总体构造活动性不强,也曾发育过完整的三叠系—侏罗系沉积盖层,对油气保存和演化有利;但后期改造较强,特别是燕山主幕运动以来的隆升剥蚀量大,是该区下组合油气勘探的制约性因素,这就决定了该地区的勘探目标只能是海相下组合的次生或改造型油气藏。

致谢:非常感谢颜仰基老师对本文进行审阅,并提出了不少宝贵的意见和建议;感谢同事白建科在野外对我的帮助。

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].北京:地质出版社,2004
- [2] 戴少武,贺自爱,王津义.中国南方中、古生界油气勘探的思路[J].石油与天然气地质,2001,22(3):195—202
- [3] 郭彤楼,田海芹.南方中、古生界油气勘探的若干地质问题及对策[J].石油与天然气地质,2002,23(9):244—247
- [4] 戴少武.中国南方油气晚期成藏勘探实践及讨论[J].天然气工业,2004,24(1):1—9
- [5] 马永生,郭旭升,郭彤楼,等.四川盆地普光大型气田的发现与勘探启示[J].地质论评,2005,51(4):477—480
- [6] 谢增业,李剑,单秀琴,等.川东北罗家寨飞仙关组气藏成藏过程及聚集效率[J].石油与天然气地质,2005,26(6):765—769
- [7] 严金泉,孙卫.鄂西渝东石炭系油气成藏模式及富集规律[J].西北大学学报(自然科学版),2001,31(5):415—417
- [8] 叶舟,支家生,梁兴,等.江汉盆地前白垩系油气勘探前景展望[J].天然气工业,2005,25(2):14—19
- [9] 胡晓凤.湘鄂西地区油气藏类型及勘探方向[J].石油与天然气地质,2002,23(3):300—302
- [10] 徐言岗,贺自爱,王津义.湘鄂西地区油气前景探析[J].石油与天然气地质,2003,24(4):356—361
- [11] 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
- [12] 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
- [13] 赵宗举,冯加良,陈学时,等.湖南慈利灯影组古油藏的发现及意义[J].石油与天然气地质,2001,22(2):114—118
- [14] 苏文博,李志明,史晓颖,等.华南五峰组—龙马溪组与华北下马岭组的钾质斑脱岩及黑色岩系——两个地史转折期板块构造运动的沉积响应[J].地学前缘,2006,13(6):82—95
- [15] 胡艳华,周继彬,宋彪,等.中国湖北宜昌王家湾剖面奥陶系顶部斑脱岩 SHRMP 锆石 U-Pb 定年[J].中国科学(D辑),2008,38(1):72—77
- [16] 陈洪德,倪新锋,田景春,等.华南海相下组合层序地层格架与油气勘探[J].石油与天然气地质,2006,27(3):370—377
- [17] 陈洪德,庞林,倪新锋,等.中上扬子地区海相油气勘探前景[J].石油实验地质,2007,29(1):13—18
- [18] 沈传波,梅廉夫,郭彤楼.川东北地区中、新生代热历史的裂变径迹分析[J].天然气工业,2007,27(7):24—26

An approach to the oil and gas exploration potential in the marine strata in the western part of the Xuefeng Mountains, southern China

ZHUO Jie-wen^{1,2}, WANG Zheng-jiang¹, WANG Jian¹, XIE Yuan¹, YANG Ping¹, LIU Jian-qing¹, ZHAO Zhan¹

(1. Chengdu Institute of Geology and Mineral Resources, Chengdu 610082, Sichuan, China; 2. Graduate School Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037, China)

Abstract The examination of stacking patterns, sedimentary sequences, sequence stratigraphy and cyclic deposition in the western part of the Xuefeng Mountains, southern China shows that just like the Sichuan Basin, the western part of the Xuefeng Mountains has gone through the basin evolution from the passive continental margin (Z—Q₁) through the forelandoid basin (Q₂—S) to the craton continental marginal basin (D—T₂) and the inland lake basin (T₂—J), and finally to the intermountain basin (K—Q). Nine regional parallel unconformities and one angular unconformity are observed, constituting five tectonic terranes, including ① the Nanhuan to the Sinian; ② the Lower Palaeozoic; ③ the Upper Palaeozoic to the Lower—Middle Triassic; ④ the Upper Triassic to the Lower—Middle Jurassic; and ⑤ the Upper Cretaceous or younger. In the above mentioned tectonic terranes, there occur four first order source-reservoir-seal associations, of which Associations I and II are believed to be favourable. The study area was originally in the favourable geological conditions, but thereafter underwent severe tectonic modification, especially the mountain building, uplifting and denudation from the Yanshanian movement at the end of the Jurassic onwards. It follows that the tectonic modification cited above are considered as the controlling factors of the oil and gas exploration in the marine lower association in the study area.

Key words western part of the Xuefeng Mountains; marine lower association; sequence stratigraphy; source-reservoir-seal association; sedimentary and tectonic evolution