

文章编号:0253-9985(2010)05-0610-10

川西地区中、晚三叠世岩相古地理演化及勘探意义

郭旭升

(中国石油化工股份有限公司 南方勘探开发分公司,四川 成都 610041)

摘要:川西地区中、晚三叠世经历了由海相经海-陆过渡相到陆相的盆地转换过程,亦是区内烃源岩与储集岩发育的主要时期。依据钻井、露头资料,结合区域地质特征,详细研究了其岩相古地理特征及演化史。雷口坡至马鞍塘沉积期由西向东为深水盆地到台地边缘、台地的古地理格局,台地边缘高能滩(及礁)相和台内滩相具有良好的勘探前景;须二至须三期主要发育海-陆过渡环境的三角洲沉积,三角洲平原分流河道、三角洲前缘水下分流河道和河口砂坝等微相是储集层发育的有利相带,为近年主要勘探目的层系;须三末期的安县运动是川西地区海、陆彻底转换的关键时期,龙门山全面褶皱成山,整个四川盆地转变为陆相沉积环境,川西地区须四至须五期表现出冲积扇、湖泊三角洲和湖泊体系占主导的沉积格局。系统研究中、晚三叠世川西地区的岩相古地理格局与演化过程,可以进一步梳理川西地区勘探、评价思路,分析勘探战略,明确主要的勘探领域及有利的勘探方向,进而指导下一步油气勘探实践。

关键词:勘探领域;勘探意义;古地理演化;中、晚三叠世;川西地区

中图分类号:TE121.3 文献标识码:A

Litho-paleogeographic evolution in the Middle-Late Triassic in western Sichuan Province and its significance for petroleum exploration

Guo Xusheng

(SINOPEC Exploration Southern Company, Chengdu, Sichuan 610041, China)

Abstract: During the Middle and Late Triassic, western Sichuan Province experienced a transforming process from marine facies, transitional facies, to continental facies. Most source rocks and reservoir rocks developed during that period. Based on drilling and outcrop data and regional geological characteristics, this paper examines its litho-paleogeographic features and evolution. During the deposition of the Leikoupo Formation to the Ma'antang Formation, from west to east, the sedimentary environment was deepwater basin, platform margin and platform. The high-energy platform-edge shoal/reef facies and intra-platform shoal facies are favorable targets for petroleum exploration. During the deposition of the 2nd member and the 3rd member of the Xujiahe Formation, it was a marine-terrestrial transitional setting with delta deposits. Several microfacies, such as delta plain distributary channels, delta front subaqueous distributary channels and mouth bars, are favorable for the development of reservoirs. They have been the main exploration targets in recent years. The Anxian Movement, which occurred at the end of deposition of the 3rd member of the Xujiahe Formation, is a key point for the transition of marine facies to terrestrial facies in western Sichuan Province. At that time, the Longmen Mountain area was folded to mountains completely and the whole Sichuan Basin was turned into a continental sedimentary environment. During the deposition of the 4th member and the 5th member of the Xujiahe Formation, western Sichuan Province was dominated by fluvial fans, lacustrine deltas and lake systems. By systematically examining the Middle-Late Triassic litho-paleogeographic framework and evolution in western Sichuan Province, we can further check our exploration and appraisal approaches, analyze exploration strategies and figure out main exploration targets, so as to guide exploration in future.

收稿日期:2010-07-07。

作者简介:郭旭升(1965—),男,教授级高级工程师,石油地质综合研究和勘探管理。

基金项目:国家油气重大专项(2008CX05005-003)。

Keywords: exploration target, significance for petroleum exploration, paleogeographic evolution, Middle-Late Triassic, western Sichuan Province

四川盆地西部又称川西地区,大地构造位置属于扬子板块西部,区域构造上属于四川盆地构造分区中的川西断褶带和川中地块区的西部(图1)。古生代至中生代早期(早、中三叠世),扬子板块西部边缘属于较稳定的被动大陆边缘盆地,以沉积海相碳酸盐岩地层为主^[1]。晚三叠世,由于岩石圈深部调整作用引起扬子板块自南东往北西^[2-6]持续俯冲于羌塘—昌都陆块之下,川西地区沉积盆地性质逐步转型,经历了海相经海—陆过渡相向陆相转变的沉积充填过程,并最终形成了川西前陆盆地。前人从构造作用机制、沉积充填体的纵向和横向响应特征、油气意义等方面对川

西地区中晚三叠世作了大量研究^[2-18],并在主要以须(须家河组)二段为主的碎屑岩地层中发现了平落坝气田、邛西气田、新场气田、中坝气田及一批含气构造。近期川科1井马鞍塘组的重大油气突破,显示出了川西地区中、晚三叠世海相碳酸盐岩地层的巨大油气勘探潜力。本文在大量露头、钻井资料研究的基础上,运用沉积学基本原理和方法,对川西地区中、晚三叠世岩相古地理格局及演化过程进行了较为系统的研究,分析了川西地区海相主要勘探层系及领域、勘探与评价思路,旨在对该区油气勘探的更大突破提供有益的指导作用。

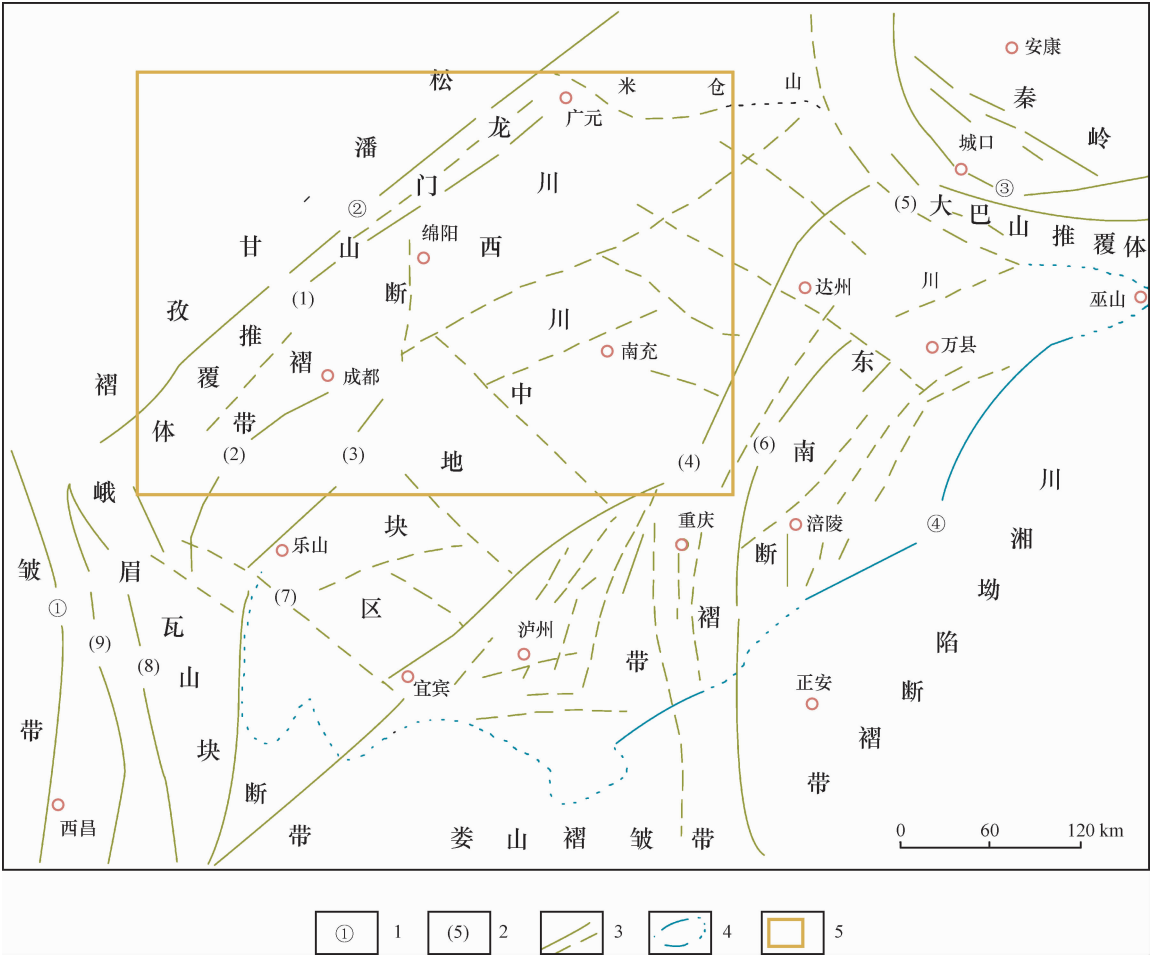


图1 川西前陆盆地构造略图

Fig. 1 Sketch map showing structures in the foreland basin of western Sichuan Province

1. 岩石圈断裂:① 安宁断裂,② 龙门山断裂带,③ 城口断裂,④ 七跃山断裂;2. 地壳断裂:(1) 彭灌断裂,(2) 熊坡断裂,(3) 龙泉山断裂,(4) 华莹山断裂,(5) 巫溪—铁溪断裂,(6) 黄泥堂断裂,(7) 峨眉—瓦山断裂,(8) 甘洛—小江断裂,(9) 普雄—普渡河断裂;3. 盖层断裂(含基底断裂);4. 盆地范围;5. 研究区

1 地层特征

中、晚三叠世,川西地区主要沉积了雷口坡组、天井山组(安尼阶和拉丁阶)、马鞍塘组、小塘子组和须家河组(卡尼阶、诺利阶和瑞替阶)地层(图 2)。雷口坡组分为雷(雷口坡组)一段至雷四段,与下伏地层下三叠统嘉陵江组基本为整合、连续沉积,两者之间常见灰绿色绿豆岩,主要发育碳酸盐岩,以白云岩为主,少见灰岩,也夹有膏盐。天井山组与雷五段相当,残存于绵竹、江油一带,主要为鲕粒灰岩、生物灰岩和白云岩。马鞍塘组与小塘子组相当于须一段,马鞍塘组与下伏地层天井山组呈平行不整合接触,与上覆小塘子组呈整合接触。该组在什邡—安县一带下部为灰色鲕粒灰岩,上部为深灰色海绵生物礁;到了江油马鞍塘一带,则变为以碎屑岩、生屑灰岩夹鲕粒灰岩为主^[19]。该组在峨眉地区又称垮洪洞组,为深灰色、灰黑色泥页岩、灰岩、泥灰岩和砂岩,底部普遍有砾石,分布局限,厚度很小,并超覆于雷口坡组不同层段之上^[1],大致相当于马鞍塘组的中上部。小塘子组主要为一套深灰色泥页岩夹灰色粉砂岩沉积。须家河组须二—须五段主要为含砾砂岩、砂岩、粉砂岩和泥岩夹煤层组合的一套地层,垂向剖面上砂岩与泥岩常组成以砂岩为主的不等厚韵律层,上部夹块状砾岩,厚数百米至近千米。

2 岩相古地理特征及演化

通过大量的区域地质剖面、钻井资料及地震剖面分析,在沉积体系研究的基础上,选择古地理演化过程中的关键时期,以期揭示和描述区域岩相古地理格局特征及演化趋势。

2.1 雷一至雷四段沉积期

研究区西部以局限台地内潟湖沉积为主,夹有台内滩、膏湖或膏盆沉积。沿龙门山走向,于汉旺、江油和广元等地发育台地边缘滩(图 3);膏湖和膏盆沉积分别发育于雷一和雷二期的关基井地区和雷四期的平落 4 井、大参井和大深 1 井地区。台地边缘滩类型有针孔藻屑滩、砂屑滩、鲕粒滩和生物碎屑滩等,岩性为中—厚层状具溶孔亮晶砂屑白云岩、鲕粒白云岩、针孔藻屑白云岩等,整体具

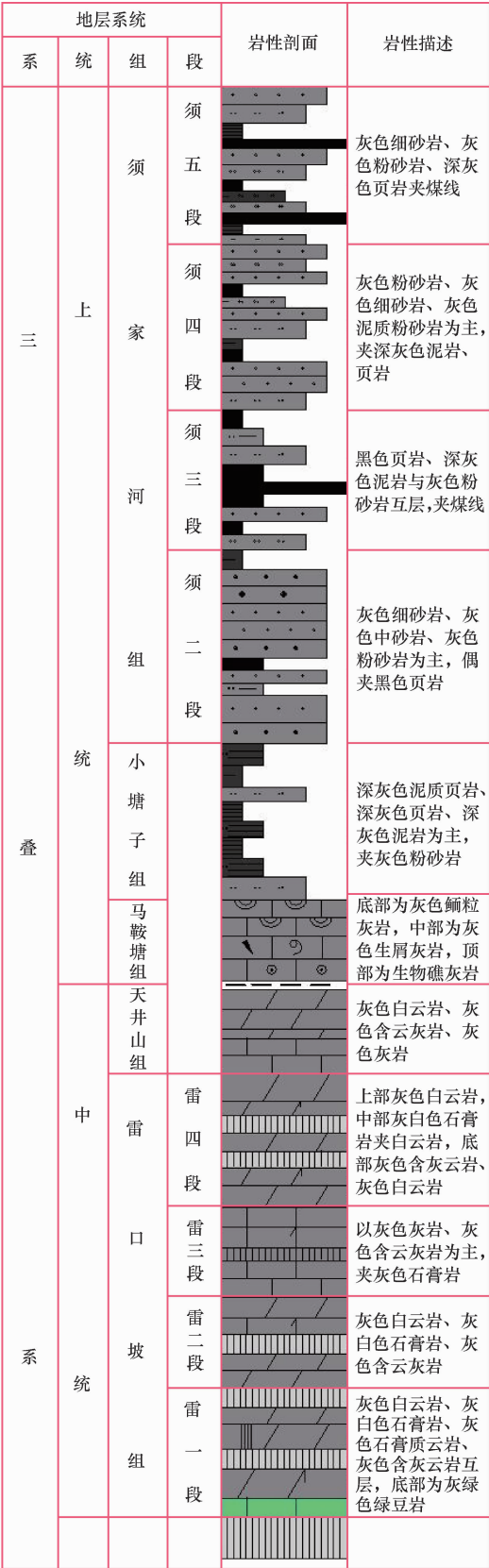


图 2 川西地区中、上三叠统地层综合柱状图
Fig. 2 Composite stratigraphic column of the Middle-Upper Triassic in western Sichuan Province

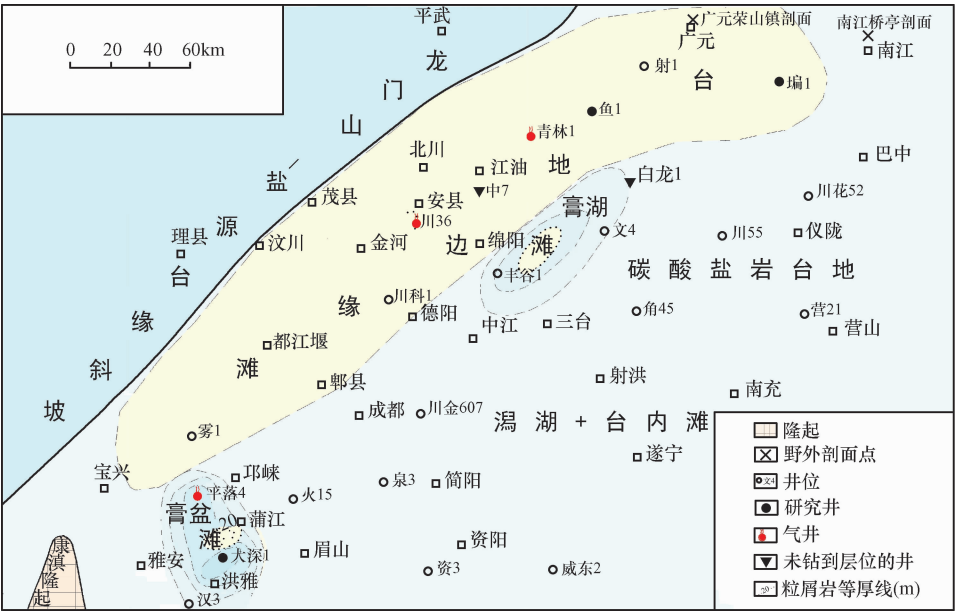


图3 川西地区雷一至雷四期岩相古地理

Fig. 3 Litho-paleogeographic map during the deposition of the 1st to 4th member of the Leikoupo Formation in western Sichuan Province

有继承性特点,但不同时期发育的规模和位置存在差异。独特的是,雷四期膏盆中也发育台内滩,如大参井(砂屑白云岩累厚 50 m)、关基井(砂屑白云岩累厚 22.5 m)。因受印支运动 I 幕影响,雷四期本区部分地方抬升遭受剥蚀(广元一带)。

2.2 天井山组(雷五段)沉积期

因印支运动 I 幕发生的强烈隆升作用,全区抬升,大部地区沉积被剥蚀,仅在绵竹汉旺、江油马角坝和马鞍塘一带局部残留有该期的沉积物,主要为潮下生物滩、鲕滩微相的灰色厚层-块状亮晶-微晶生物屑、砂屑灰岩及亮晶鲕粒灰岩沉积。

2.3 马鞍塘组沉积期

由于受印支运动 I 幕影响,导致下伏地层遭受大规模的岩溶作用,古地形表现为盆地北部和东部为古陆,中西部地区接受沉积。此时,盆地水体主要见于射 1 井—平昌 1 井—营山—蓬溪—资阳—犍为以西地区,具有西深东浅,南北浅中间深的特点(图 4)。受古陆物源供给影响,研究区大部分地区为沉积粉砂岩、粉砂质泥岩、泥岩、泥灰岩和灰岩的混积潮坪环境;顺现今龙门山延伸方向,西南起于平落坝构造,向东北方向经绵竹、安县至江油大康佛爷洞一线的远离陆源区,为清水

碳酸盐沉积区,发育碳酸盐岩台地边缘高能礁滩沉积(图 5)。

台地边缘浅滩主要发育于安县—什邡金河地区,类型主要为鲕粒滩、生物碎屑滩和砂屑滩。鲕粒滩沉积多为亮晶鲕粒灰岩和亮晶含生物碎屑鲕粒灰岩(图 6a),鲕粒大小为 2~0.2 mm。生屑滩沉积中,生物碎屑含量达 65%,以棘屑、双壳和腕足为主,大小混杂,海绵骨针较多,少量腹足、有孔虫和介行虫,生物碎屑常有泥晶套。砂屑滩沉积主要为藻砂屑或藻团块白云岩/白云质灰岩、砂、砾屑白云质灰岩/白云岩等(图 6b,c)。在安县—什邡金河地区,在浅滩的基础上发育硅质海绵礁(图 5,图 6d)。生物礁由以六射海绵为主的硅质海绵动物的障积作用和钙质细菌的粘结作用共同造礁,形成粘结-障积岩或粘结-障积礁,岩性为块状含海绵等生物及生物屑微晶灰岩,单层厚度不等,一般大于 10 m;生物礁中化石约占 10%~15%,分布不均,主要为海绵、海百合、腕足、双壳、有孔虫等,偶见苔藓虫、腹足、蠕虫、菊石等,碎片居多^[15]。

2.4 小塘子组沉积期

该期川西地区依旧表现出东高西低的古地形,盆地沉积区相对于马鞍塘期有所扩大,水体整体向东侵袭。同时,龙门山造山带北段开始隆升

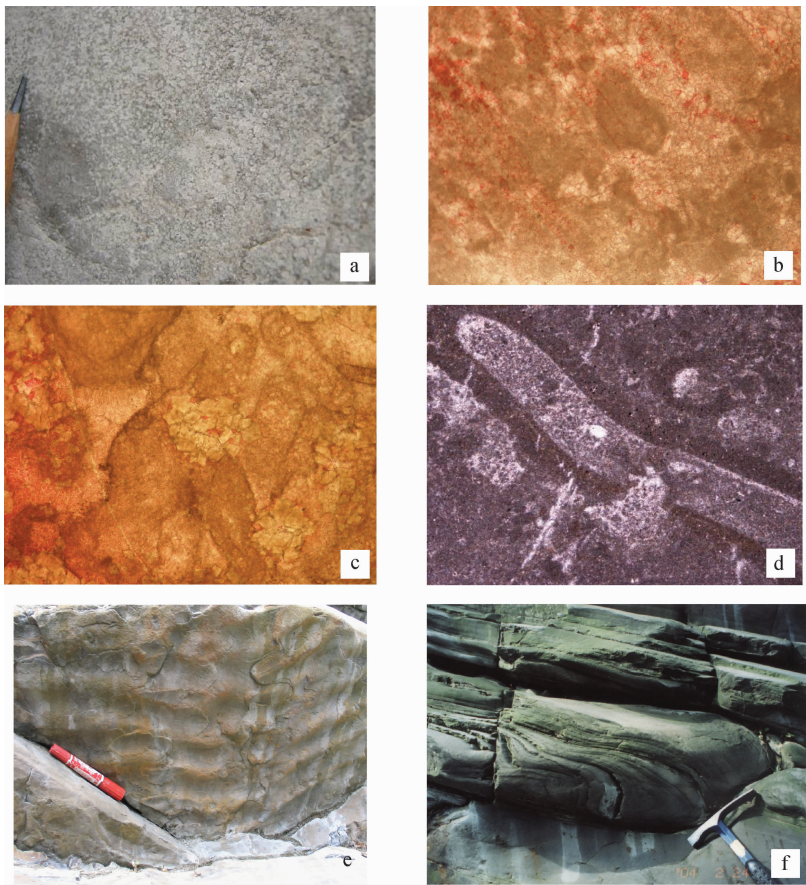


图6 川西地区岩性显微照片

Fig. 6 Photomicrographs of lithology in western Sichuan Province

a. 绵竹—汉旺马鞍塘组鲕粒灰岩;b. 川科1井藻团块含灰质白云岩,单偏光;c. 川科1井亮晶白云质(化)砂屑灰岩,单偏光;d. 绵竹—汉旺观音崖生物礁海绵体中的蠕虫管;e. 什邡—金河剖面须二段浪成波痕;f. 什邡—金河剖面须二段包卷层理

并为盆地提供物源,龙门山造山带中段和南段则未隆升出水面。陆源碎屑物质主要来源于川中剥蚀区和南部的康滇古陆,区内整体形成自东而西的海相三角洲沉积格局(图7)。

2.5 须二段沉积期

该期龙门山造山带北段进一步隆升,其岛链或古陆继续上升、扩大且向东南推移;同时,川西盆地沉降加剧,导致海侵由西向东扩大。其带来的影响是:陆源碎屑注入量越来越多,广泛发育海—陆过渡环境的三角洲沉积体系。该期总体格局为三面环陆、西面通海。东北部通江以北及东部云阳—梁平—垫江—重庆发育河流—三角洲平原亚相。川西金堂—金河以海湾—三角洲前缘亚相沉积为主(图8),其中三角洲前缘亚相内包卷

层理和浪成波痕等沉积构造发育,并见海相生物化石(图6e,f)。

2.6 须三段沉积期

须三段沉积期,盆地西缘的龙门山造山带差异隆升加剧,南段开始成为新的物源区,为川西前陆盆地南部地区提供陆源碎屑沉积(图9)。龙门山造山带中段仍未完全隆升出水面,可能为海湾环境。该期由于盆地主体沉降减弱,盆内新增可容空间减小,三角洲沉积体系仅发育于盆地的北部和东部,沉积物粒度相对较细,盆地中间发育滨浅潮沉积。其中,在北部地区三角洲平原亚相见有多套煤层和炭质泥岩,且区域分布较广,为四川盆地晚三叠世的主要成煤期。

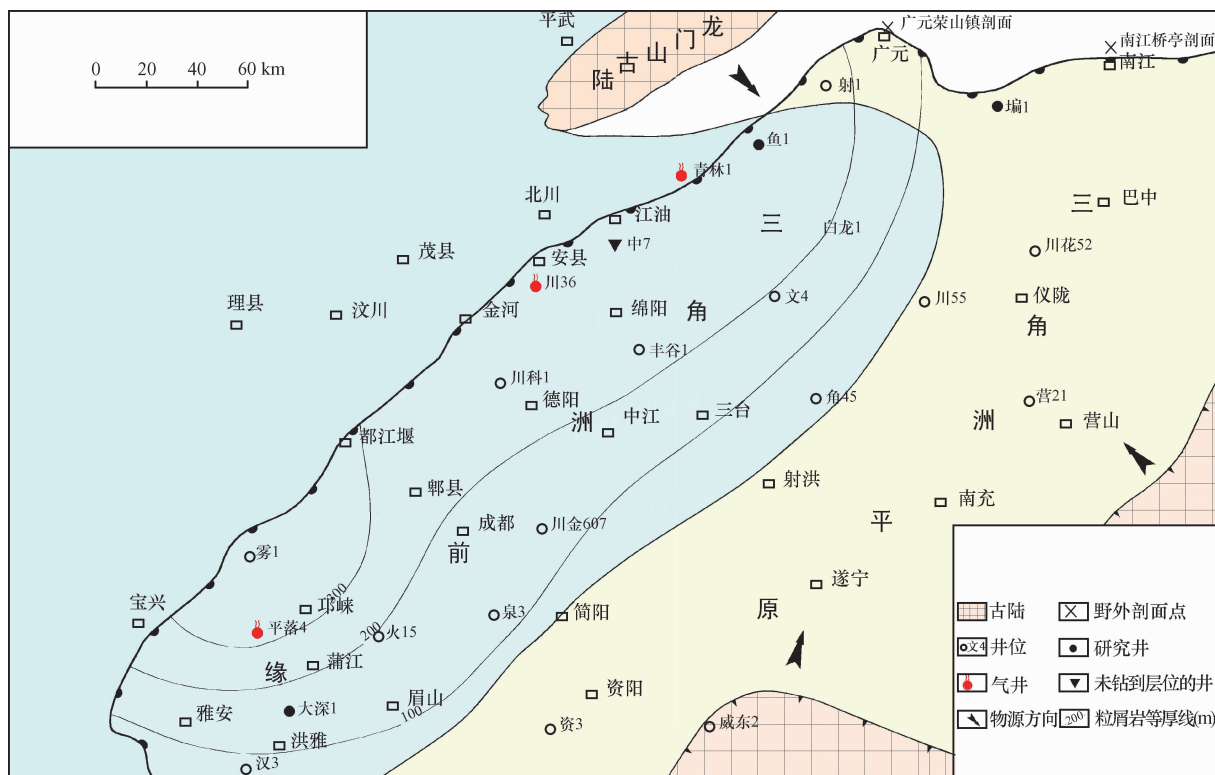


图7 川西地区小塘子期岩相古地理

Fig. 7 Litho-paleogeographic map during the deposition of the Xiaotangzi Formation in western Sichuan Province

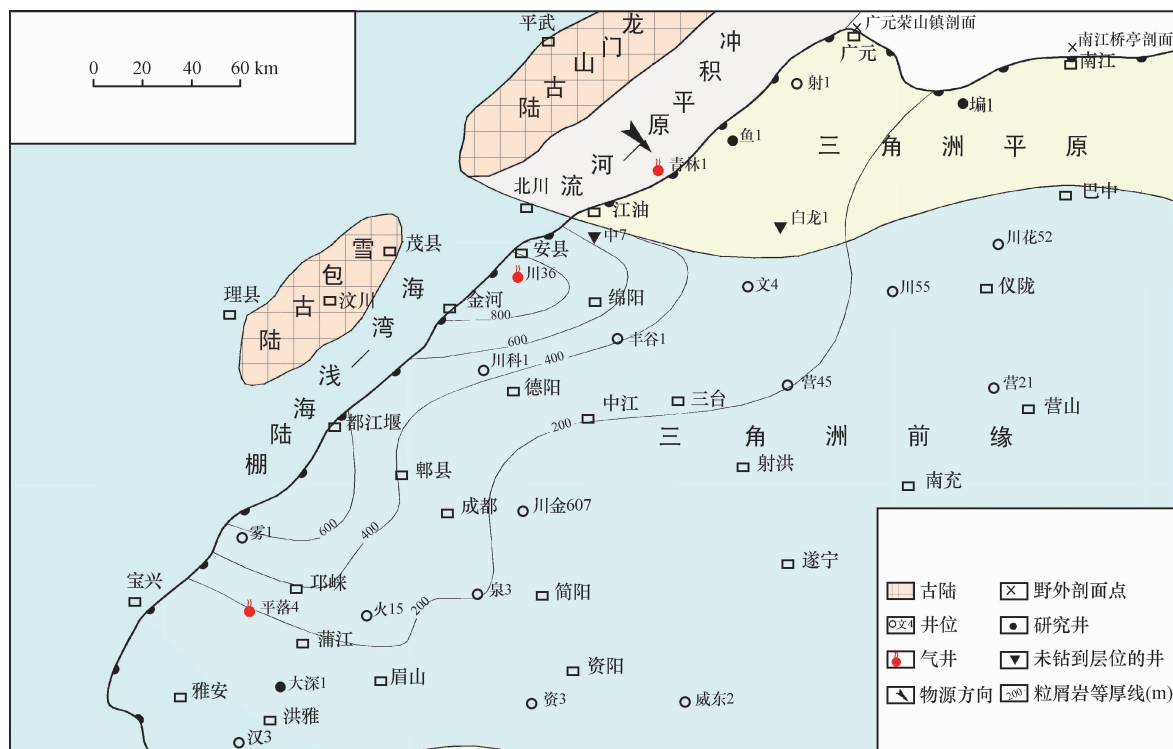


图8 川西地区须二期岩相古地理

Fig. 8 Litho-paleogeographic map during the deposition of the 2nd member of the Xujiahe Formation in western Sichuan Province

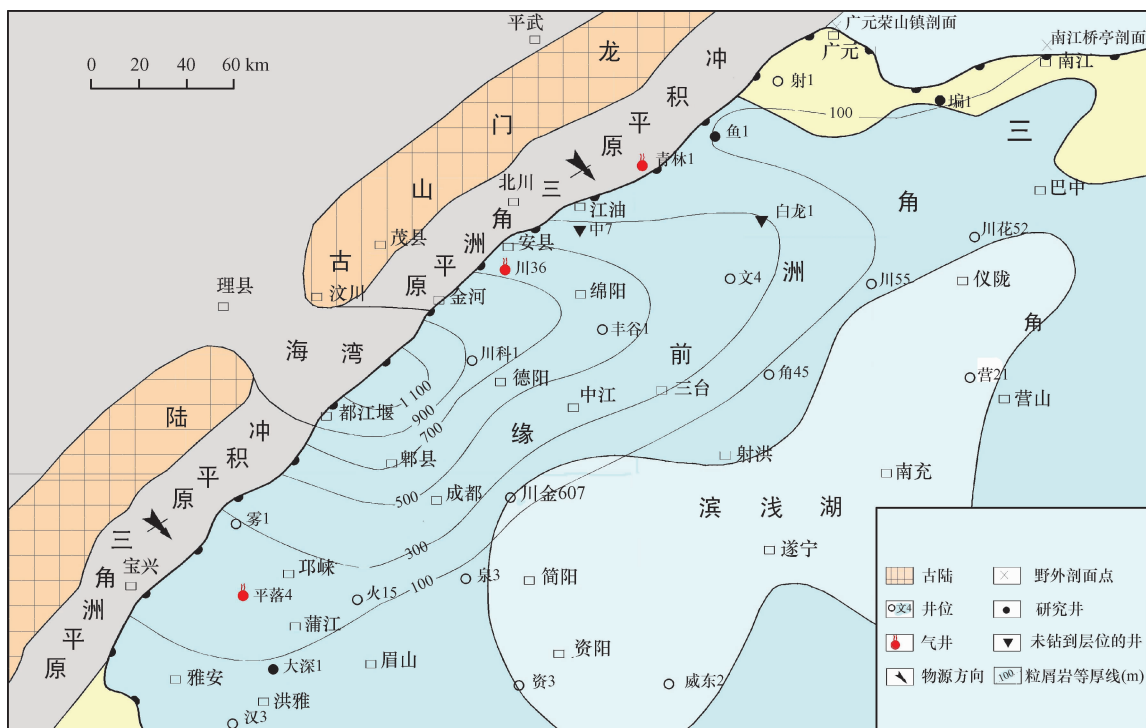


图9 川西地区须三期岩相古地理

Fig. 9 Litho-paleogeographic map during the deposition of the 3rd member of the Xujiahe Formation in western Sichuan Province

2.7 须四段—须五段沉积期

须三末期,由于安县运动的影响,龙门山造山带全部隆升出水面,区内须三段与须四段之间为假整合或不整合接触。须四期,区内完全进入陆相湖沼沉积演化阶段。由于龙门山造山带较强烈的抬升与逆冲推覆作用,成为川西地区的主要物源区,盆地沉积环境自西缘至盆地中心为冲积扇—三角洲(扇三角洲)—滨浅湖(图10)。须五段沉积期,构造活动相对平静,总体继承须四段沉积格局,但冲积扇不发育,为三角洲—滨浅湖沼泽亚相沉积;晚期受印支运动晚幕的影响,龙门山造山带北段大规模隆升,导致盆地西北缘安县至南江地区大面积出露,未接受沉积或被后期剥蚀。

3 油气勘探意义

川西地区古生代以来经历了被动大陆边缘盆地向前陆盆地的沉积充填和转换过程,发育多套优质烃源岩和储层,油气成藏的石油地质基本条件优越,油气资源量大,达 $(1.8 \sim 2.5) \times 10^{12} \text{ m}^3$ [20]。但该区前期的勘探发现主要集中在三叠系须家河

组一侏罗系的碎屑岩系中,对海相层系尤其是碳酸盐岩的勘探限于认识和勘探技术等原因进展不大。系统研究川西地区中、晚三叠世岩相古地理演化,结合川科 1 井和元坝、龙岗地区勘探新成果、新认识分析,对川西地区下步油气勘探具有十分有益的指导作用。

1) 马鞍塘组台地边缘高能滩相展布认识得到了证实,拓展了四川盆地海相油气勘探领域。

马鞍塘组在川西地区广泛出露,长期作为烃源岩来评价^[21~24]。本项研究从2007年开展以来,对川西地区马鞍塘组生物礁的特征及成生演化作了重点关注,论述了川西地区马鞍塘组硅质海绵礁的古地貌、古环境特征及其相带展布、储层特征,认为马鞍塘组硅质海绵生物礁和欧洲牛津期硅质海绵生物礁有很大的相似性。通过与牛津期生物礁发育的序列对比,认为在川西地腹中离川中古陆的沿岸地区可能发育一个水体能量相对高、水体浅的生物礁,可以成为油气勘探的远景靶区(图4)。

川科1井实钻证实了这一点。该井马鞍塘组
 钻厚65 m,岩性为灰色泥晶灰岩、泥晶含云灰岩、
 泥晶白云质灰岩、砂屑灰岩。储层段为一套砂屑

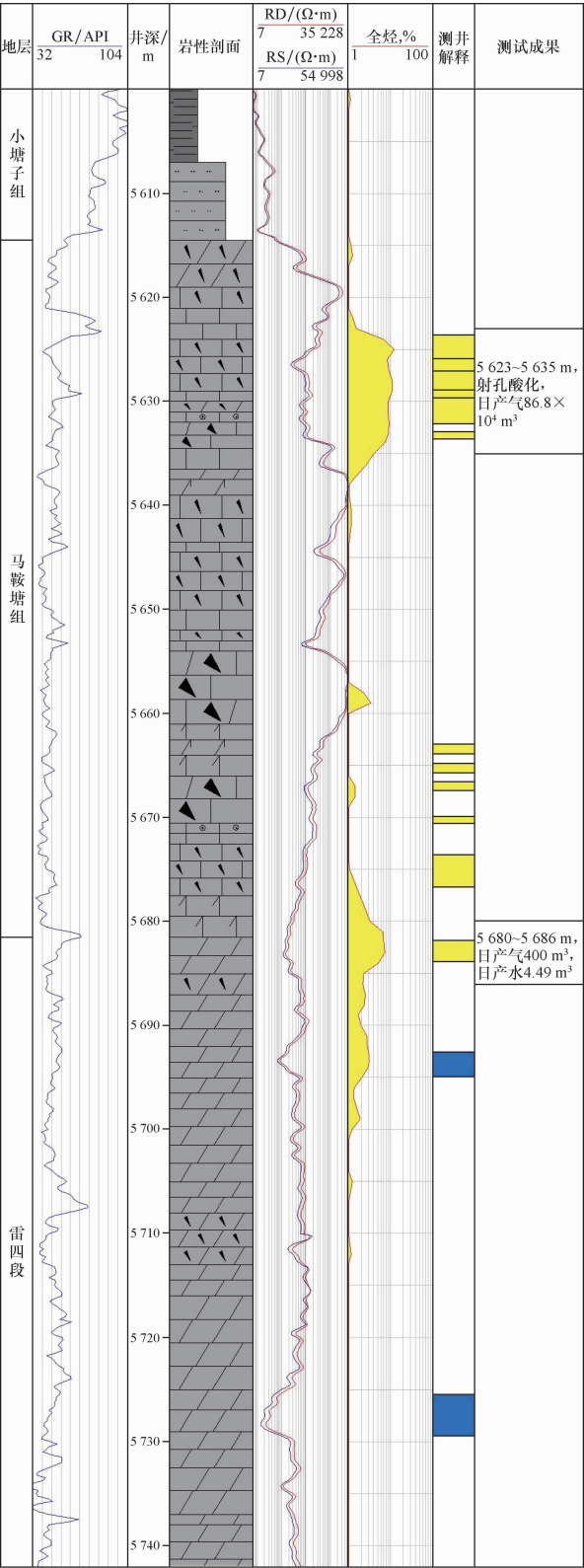


图 11 川科 1 井马鞍塘组地层综合柱状图

Fig. 11 Composite stratigraphic column of the Ma'antang Formation in Chuanke-1 well

(下转第 631 页)

3) 岩性、地层油气藏勘探领域应该作为川西地区的主要勘探领域之一,以马鞍塘组、雷口坡组及须家河组为重点,海、陆相并重、构造与地层、岩性勘探并重的勘探思路是必然选择。

因为具有得天独厚的海、陆相两类烃源岩条件,被动陆缘发展阶段的海相层序和前陆陆相层序是前陆盆地油气勘探的两大勘探领域^[25],这一点已被国内外前陆盆地大油气田的勘探实践广泛证实^[26~30]。川西地区历经 20 余年的勘探开发,已在陆相碎屑岩系探明天然气地质储量近 3 000 × 10⁸ m³,建成了大型天然气开发基地,地震勘探程度高。由于川西地区目前发现的陆相气藏主要为构造控制下的致密砂岩裂缝型气藏,勘探开发难度大,发展战略受到抑制,亟待寻找新的勘探开发领域。川西地区海、陆相发育多套优质烃源岩,仅中、晚三叠世就有马鞍塘组和须三段两套^[31,32]。川科 1 井的勘探突破揭示,川西地区马鞍塘组发育台地边缘礁滩相带勘探领域;雷口坡组既有台地边缘礁滩相带,又有不整合岩溶储集体系勘探领域,且分布范围广、勘探潜力大。加大海相地层、岩性油气藏勘探力度,将会大大地推动该区油气勘探进程。郫县—德阳—绵阳一线以西是马鞍塘组和雷口坡组台地边缘礁滩相带发育区,该区以及雷口坡组顶部的地层不整合岩溶勘探领域,是川西地区海相勘探战略展开的有利方向。

川西地区下一步的勘探评价还须继续加强印支期川西地区古构造发展演化对雷口坡组—马鞍塘组天然气富集条件的控制作用研究,并在相带(包括岩溶相带)研究的基础上开展储层分布、预测研究,达到有效指导勘探方向和部署的目标。

参 考 文 献

1 四川省地质矿产局. 四川省区域地质志[M]. 北京:地质出版社,1991. 206 ~ 241

2 刘树根,罗志立,宋鸿彪,等. 四川龙门山冲断带中北段岩石圈结构研究[J]. 石油与天然气地质,1990,11(1):86 ~ 95

3 刘树根,罗志立,曹树恒. 一种新的陆内俯冲类型——龙门山型俯冲成因机制研究[J]. 石油实验地质,1991,13(4):314 ~ 324

4 刘树根,罗志立,庞家黎,等. 四川盆地西部的峨眉地裂运动及找气新领域[J]. 成都地质学院学报,1991,18(1):83 ~ 90

5 冯明石,刘家铎,孟万斌,等. 四川盆地中西部须家河组储层特征与主控因素[J]. 石油与天然气地质,2009,30(6):713 ~ 719