

# 川西坳陷中段三叠系雷口坡组—马鞍塘组 油气地质条件及有利勘探目标分析

许国明,宋晓波,王琼仙  
(中国石化西南油气分公司勘探开发研究院贵阳地质研究所)

**摘 要** 川西地区三叠系发育马鞍塘组滩相裂缝-孔隙型储层、雷口坡组顶部不整合面岩溶缝洞型储层以及雷口坡组台地边缘滩和台内滩相孔隙型储层等多套多种类型的碳酸盐岩储层,油气地质条件良好。认为川西坳陷中段孝新—合丰构造带主要以雷口坡组台内滩、不整合面岩溶储层及马鞍塘组滩相储层为主要勘探目标层系,其中孝泉、新场构造是近期该构造带最有利的勘探目标。坳陷西缘构造带主要以雷口坡组台缘滩及马鞍塘组浅滩相储层为主要勘探目标层系,圈闭面积较大的安县、鸭子河、大邑构造是该构造带风险勘探的有利目标。坳陷东坡构造带主要以雷口坡组台内滩相及不整合面岩溶储层为目标。

**关键词** 川西坳陷;三叠系;雷口坡组;马鞍塘组;储层特征;油气地质条件;油气勘探  
**中图分类号**:TE122.11 **文献标识码**:A

## 1 概 况

川西海相地层是一个具备天然气勘探潜力的领域<sup>[1]</sup>,早在上世纪七八十年代,从川西地区二叠系—三叠系海相地层中发现有多个气田及含气构造(如中坝气田雷三气藏,位置见图1),已展现了该区海相地层的油气勘探潜力。但由于陆相勘探的突破,勘探重点发生转移,海相勘探进展缓慢,海相总体勘探程度较低。近期,CK1井(位置见图1)在川西坳陷中段上三叠统海相的马鞍塘组测获日产天然气86.8×10<sup>4</sup>m<sup>3</sup>,在雷口坡组顶部风化壳测试,日产天然气400m<sup>3</sup>,雷口坡组内部也见良好油气显示,实现了本区海相勘探的重大突破,更进一步展示了川西坳陷中段海相地层良好的油气勘探前景。本文通过对川西坳陷中段(图1)三叠系雷口坡组—马鞍塘组油气地质条件的分析,并对重点勘探目标进行了初步评价,旨在为该区下一步海相油气勘探部署提供参考。

## 2 地质背景

四川盆地是一个多旋回复合叠加盆地,盆地的形成及演化,具有明显的阶段性<sup>①</sup>。加里东期—印支

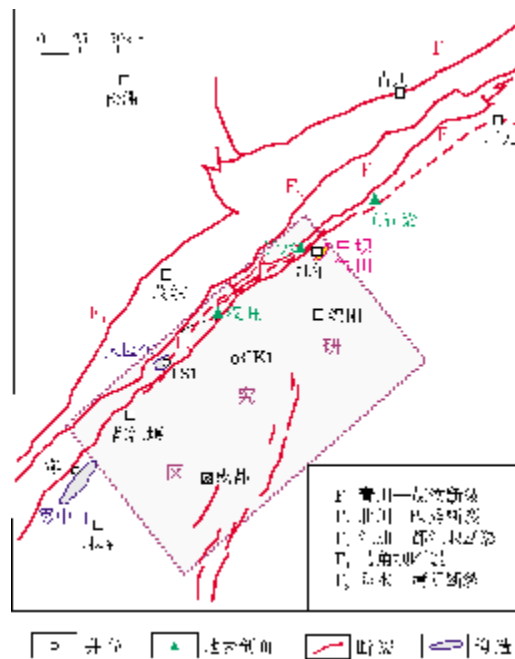


图1 川西坳陷中段构造与研究区位置

早期为扬子地台及其周缘盆地形成演化阶段。这一阶段台缘坳陷与台内坳陷中发育多层烃源岩,槽、台

收稿日期:2011-08-09;改回日期:2011-12-16

许国明:1963年生,博士,高级工程师,主要从事石油天然气勘探研究工作。通讯地址:550004 贵州省贵阳市八鸽岩路121号;电话:(0851)6851813

① 杨克明,许国明,刘诗荣,等.川西地区石油地质综合研究与选区评价[R].中石化西南油气田分公司,2009.

过渡带与地台内生成多层次有利储层发育的台缘礁滩相和台内浅滩相,为油气成藏奠定了良好的基础,这是川西海相油气孕育的大阶段。印支晚期—喜马拉雅期为川西前陆盆地形成演化、盆山耦合阶段。多期次强烈活动使川西地区构造改造调整,并最终定型形成现今构造面貌,此阶段控制了川西构造与构造-岩性复合圈闭的形成,控制了烃类向多种类型圈闭运聚,调整改造了古油气藏。

雷口坡组和马鞍塘组属于印支构造旋回同沉积地层,除雷口坡组顶部被部分剥蚀外,总体发育较全,岩相组合见图 2。

3 油气地质条件

3.1 烃源条件

根据对 LS1 井、CK1 井等重点探井岩心和川西地区野外露头样品的测试分析,结合中坝气田、磨溪气田和龙门山地区野外油苗的烃源岩对比分析表明,川西地区海相层系发育多套优质烃源岩(表 1),几乎涵盖了古生界、中生界的各套海相地层。总体上,烃源岩分布较广,厚度较大,品质较好,生烃潜力大,总生烃强度高达 161.46×10<sup>8</sup>m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>,烃源条件优越。

CK1 井揭示马鞍塘组和雷口坡组天然气含硫量为 0.39%~0.68%(属中含硫气藏),甲烷和乙烷碳同位素均小于-32‰,说明其气源来自于海相。另据中坝气田雷三气藏气源分析表明,源岩除雷口坡组三段自生腐泥型气外,还来源于二叠系的腐泥型气、

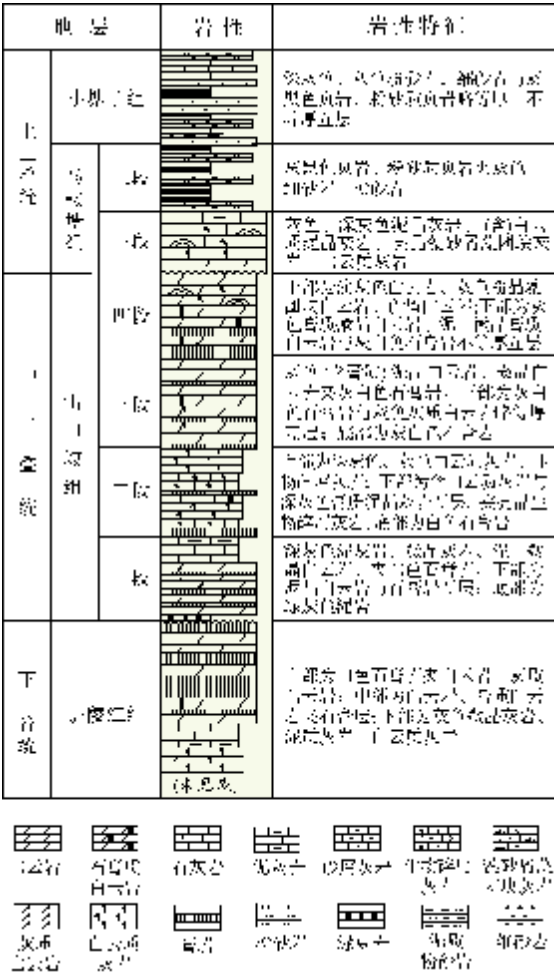


图 2 川西坳陷 CK1 井三叠系雷口坡组—马鞍塘组综合柱状图

表 1 川西野外露头烃源岩地球化学特征统计表

层 系	岩 性	TOC (%)		有机质类型	R <sub>o</sub> (%)	烃源岩评价	厚度 (m)
		平均	最高				
上三叠统 马鞍塘组—小塘子组	泥岩、泥灰岩	1.03	11.01	Ⅱ <sub>b</sub> —Ⅲ	1.15	好	28~171
中三叠统雷口坡组	含泥质白云岩、藻屑白云岩	0.15	0.68	Ⅱ <sub>a</sub>	2.6	较好	20~100
上二叠统长兴组	石灰岩	0.24	1.23	Ⅱ <sub>a</sub> —Ⅲ	0.7~0.92	好	40~130
上二叠统龙潭组	泥灰岩、石灰岩	0.35	2.22	Ⅱ <sub>a</sub> —Ⅰ	1.79~3.31	好	150~200
	泥质岩	8.98	21.5	Ⅱ <sub>a</sub>	1.01~1.11	好	10~30
中二叠统梁山组—茅口组	泥灰岩、石灰岩	0.345	3.63	Ⅱ <sub>b</sub> —Ⅱ <sub>a</sub>	1.72~1.83	好	>10
	泥质岩	1.56	1.59	Ⅱ <sub>a</sub> —Ⅰ	0.64~0.71	好	>10
中—下泥盆统	泥岩、粉砂质泥岩	1.1	1.6	Ⅰ	1.70~1.75	好	100~400
	泥灰岩、石灰岩	1.13	4.5	Ⅰ	2.08~2.27	好	70~200
下寒武统清平组	泥质岩	0.61	1.33	Ⅰ	1.18~2.68	好	50~100
下震旦统陡山沱组	白云质泥岩	2.72	5.03	Ⅱ <sub>a</sub>	1.74	好	121~200

腐泥与腐殖型混合气。新一轮的资源评价表明,川西地区海相资源潜力巨大,利用 TSM 盆地模拟法按现

今海相烃源岩展布面积计算,川西地区中段海相层系天然气总资源量为 13 209×10<sup>8</sup> m<sup>3</sup>(表 2)。

表 2 川西中段天然气资源量汇总表

层 位	计算面积 (km <sup>2</sup> )	生气量 (×10 <sup>8</sup> m <sup>3</sup> )	排聚系数 (%)	气资源量范围 (×10 <sup>8</sup> m <sup>3</sup> )	气资源量期望值 (×10 <sup>8</sup> m <sup>3</sup> )
中三叠统雷口坡组	15385	210315	0.45~0.95	946~1998	1472
上二叠统	16590	425783	0.4~0.9	1703~3832	2768
中二叠统	16590	759812	0.35~0.85	2659~6458	4559
泥盆系	3980	204560	0.3~0.8	614~1636	1125
下寒武统	11595	589931	0.2~0.5	1180~2950	2065
震旦系	16590	488191	0.1~0.4	488~1953	1220
合 计					13209

如果考虑马鞍塘组、小塘子组烃源岩的资源贡献,则总资源量将会更大。因此,川西海相油气资源十分丰富。

3.2 储集条件

川西坳陷中段中、上三叠统主要发育雷口坡组台缘滩相或台内滩相白云岩孔隙型储层、雷口坡组顶部不整合溶蚀缝洞型储层、马鞍塘组一段浅滩相石灰岩裂缝—孔隙型储层等三套有利储集层。

3.2.1 雷口坡组台缘滩和台内滩相孔隙型储层

中三叠世雷口坡期,上扬子具有“镶边”碳酸盐岩台地的特点,川西地区发育台地边缘滩和台内滩<sup>[2-3]</sup>,浅滩相颗粒白云岩、鲕粒灰岩等为良好储层的发育提供了岩性基础。

雷口坡组储层主要发育在二段和三段,尤以三段为最好。川西坳陷西缘储层岩性以藻砂屑、砂屑、鲕粒白云岩、结晶白云岩为主,坳陷内为石灰质白云岩、砂屑白云岩(厚度>12 m)、白云质灰岩、泥微晶白云岩等。储集空间以溶蚀孔缝为主,储层物性整体较好,坳陷西缘雷口坡组平均孔隙度为 3.83%,86%的样品渗透率大于 0.002×10<sup>-3</sup> μm,其中,雷三段孔隙度平均值为 2.36%。坳陷内 CK1 井测井解释雷三段储层孔隙度为 6.6%~8.5%,渗透率为(10.5~19.4)×10<sup>-3</sup> μm。雷三段是邻区中坝气田的主力产层之一。因此,雷口坡组滩相孔隙型储层是川西地区的主要储集层之一。

3.2.2 雷口坡组顶部不整合溶蚀缝洞型储层

发生于中三叠世末的印支早期运动形成了泸

州—开江古隆起<sup>[4]</sup>,上扬子地区抬升暴露,并遭受了不同程度的剥蚀,川西地区处于古岩溶的斜坡带上,有利于岩溶型储层的发育。

CK1 井实钻揭示,该套储层在本区的岩性主要为灰质粉晶白云岩、含砂屑粉晶白云岩,储集空间为晶间溶孔、粒间溶孔及溶缝,测井孔隙度 4.6%~8.0%,镜下观察孔隙较发育,面孔率一般大于 3%~5%,测井渗透率(0.13~0.52)×10<sup>-3</sup> μm。CK1 井测试产水 2.4 m<sup>3</sup>,产气约 400 m<sup>3</sup>/d,含气性较好,与岩溶有关的储层油气显示段累计层厚约 29 m。邻区元坝已获油气突破,该套储层也是川西地区的主要储层之一。

3.2.3 马鞍塘组一段滩相裂缝-孔隙型储层

马鞍塘组在四川盆地分布局限,仅分布在川西地区。马一段属碳酸盐岩缓坡沉积体系<sup>[5]</sup>,石灰岩厚约 0~154 m,内缓坡—中缓坡相带发育的浅滩相石灰岩为孔隙型储层的发育提供了基础。

马鞍塘组储层岩性为中—厚层状含生物碎屑灰岩、亮晶鲕粒灰岩、微晶灰岩及海绵礁灰岩(局部)等,储集空间主要为粒间(溶)孔、晶间溶孔、裂(溶)缝等,为裂缝-孔隙型储层。CK1 井测井解释物性较好,测井孔隙度 2.6%~10.5%,测井渗透率(0.2~0.8)×10<sup>-3</sup> μm。通过完井测试,获工业气流 86.8×10<sup>4</sup> m<sup>3</sup>/d,储层含气性好。该套储层在川西地区厚约 2~30 m,是该区的主要储层之一。

3.3 保存条件

川西地区发育侏罗系—白垩系红色泥页岩、上三叠统泥页岩和粉砂质泥岩,其累计厚度在200~1 600 m

之间,由西向东逐渐增厚,沉积范围几乎覆盖整个四川盆地。上三叠统须家河组三段和五段发育的湖泊沼泽相泥页岩、粉砂岩以及煤层,累计厚度在125~700 m 之间。它们均可作为海相油气藏的间接盖层。

马鞍塘组—小塘子组海湾相泥岩、粉砂质泥岩、炭质页岩与雷口坡组内部发育的膏岩、膏质白云岩、白云质泥岩为直接盖层。其中,马鞍塘组—小塘子组海湾相泥质岩盖层累计厚度为 30~350 m,在安县和都江堰附近厚度大于 350 m,从龙门山前缘向坳陷区内泥页岩厚度逐渐减薄。雷口坡组膏岩类盖层累计厚度在 50~450 m 之间,膏岩厚度最薄在广元市河 2 井,为 0 m,最厚在邛崃平落坝平落 4 井,为 342 m。

秀水—蒲阳断裂以东除龙泉山一带以外的大部分川西坳陷区,“通天”断裂不发育,构造开启程度

低,地层水主要为  $\text{CaCl}_2$  型,保存条件有利。因此,川西坳陷海相中、上三叠统油气保存条件总体较好。

4 勘探目标分析

综合分析川西地区油气地质条件认为,川西探区存在坳陷西缘构造带、坳陷中央孝新—合丰构造带及坳陷东坡构造带等三个有利的勘探区带(图3),但不同构造带的油气地质条件有所不同,勘探的目标层系及方向亦有所差异。

4.1 孝新—合丰构造带

孝新—合丰构造带位于川西坳陷中央,构造带的走向为近东西向。新一轮构造解释表明,该构造带内发育有孝泉、新场、罗江、合兴场、丰谷等多个局部构造,构造圈闭发育,其中孝泉、新场圈闭面积均大

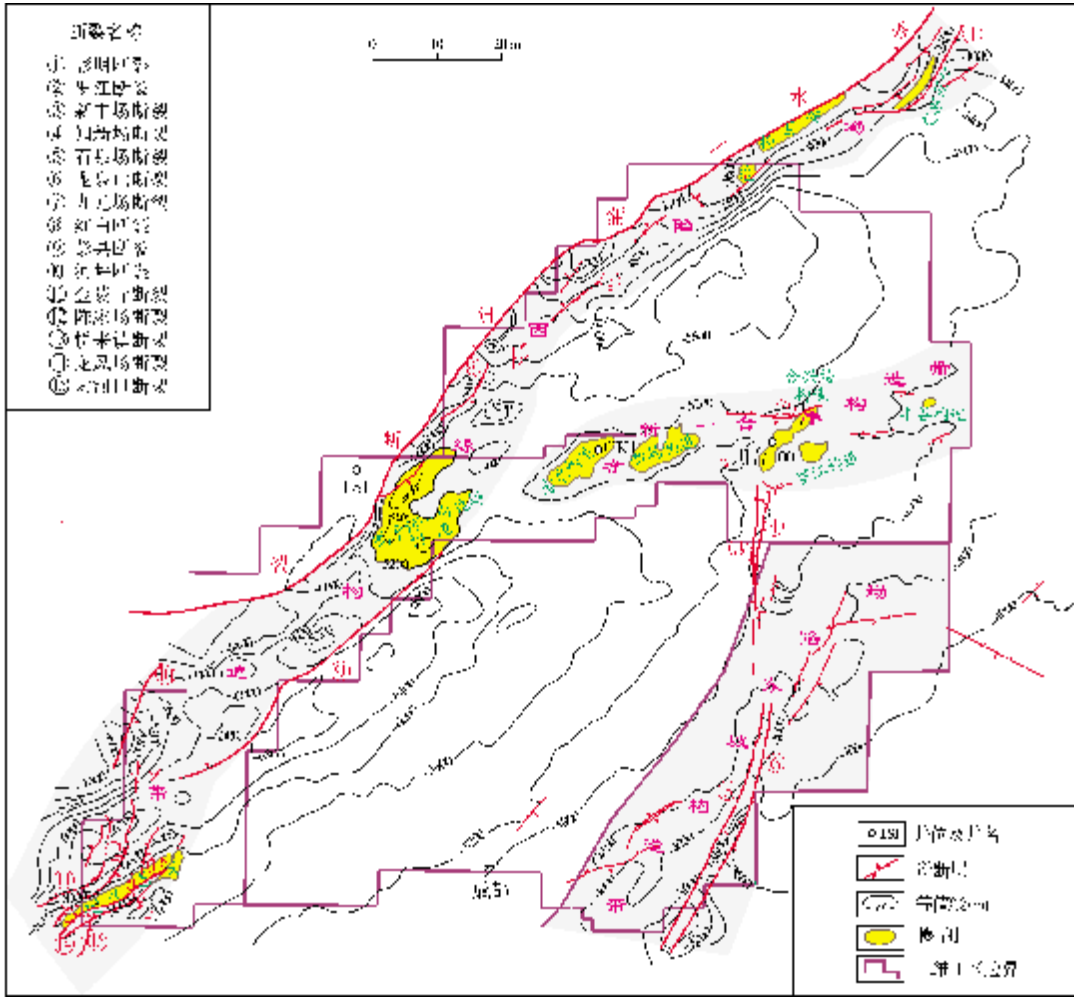


图 3 川西坳陷中段上三叠统须家河组底部反射层深度构造图

于 30 km<sup>2</sup>。该区带中可探索雷口坡组—马鞍塘组台内滩相构造-岩性圈闭和雷口坡组顶部不整合溶蚀缝洞型构造-岩性圈闭。据计算,该构造带马鞍塘组—雷口坡组(三段+四段)构造-岩性复合圈闭资源量为 2 566.43×10<sup>8</sup> m<sup>3</sup>。位于本区带孝泉构造上的 CK1 井,在马鞍塘组测获天然气 86.8×10<sup>4</sup> m<sup>3</sup>/d,在雷口坡组顶部测获天然气 400 m<sup>3</sup>/d。雷口坡组内部见良好显示,展示了本区带的勘探潜力。

CK1 井实钻证实,雷口坡组台内滩相孔缝型储层、雷口坡组顶部不整合溶蚀缝洞型储层、马鞍塘组一段浅滩相灰岩裂缝-孔隙型储层在孝新一合丰构造带皆有发育。储层预测结果表明,马鞍塘组一段滩相储层在该区厚度为 1~20 m,西厚东薄,主要分布于孝泉和新场构造及其以西区域,在川合 100 井附近尖灭。雷口坡组顶部储层厚度相对较大,分布范围在 18~34 m 之间。从西往东,厚薄分布区间隔出现,在孝泉构造南东翼—新场构造高点—罗江构造北西翼一线及罗江构造高点、丰谷构造西翼等部位,储层相对较厚。因此,圈闭面积较大的孝泉、新场构造雷口坡组—马鞍塘组构造-岩性复合型圈闭是近期该构造带最有利的勘探目标;其次,丰谷构造埋藏较浅,可作为近期勘探的较有利目标,但丰谷构造处于川合 100 井以东,马鞍塘组滩相储层不发育,故其目标应主要探索雷口坡组顶部及雷口坡组内部构造-岩性复合型圈闭。

## 4.2 坳陷西缘构造带

坳陷西缘构造带位于龙门山前缘、川西坳陷西缘,上世纪 70 年代末就已发现有著名的中坝雷三气藏,说明该区带具有良好的勘探潜力。早中三叠世该区带处于台地边缘相带,台缘浅滩相颗粒白云岩(石灰岩)孔隙型储层发育<sup>[5]</sup>。该构造带主要发育安县、沸水、红白、鸭子河—白鹿场、大邑等多个局部构造,其中,圈闭面积较大的安县构造、鸭子河构造、大邑构造是该构造带风险勘探的有利目标,圈闭总面积 464.3 km<sup>2</sup>,圈闭资源量 1 636.64×10<sup>8</sup> m<sup>3</sup>。

### 4.2.1 安县构造

安县构造位于川西坳陷西缘构造带中北部,与中坝气田处于同一相带,有利于雷口坡组台缘浅滩相储层发育。该构造上钻井揭示雷口坡组粉晶白云岩、砂屑白云岩储层累计厚度约 15~22 m,马鞍塘组

石灰岩厚度在此构造较薄,厚约 0~7 m,为鲕粒灰岩,可能有薄储层发育。地震解释 TT<sub>3</sub>x 反射层圈闭面积为 6.7 km<sup>2</sup>(中坝构造面积为 8 km<sup>2</sup>),闭合幅度 75 m,为一较为完整的断背斜构造,且埋藏较浅。该构造中秀水—蒲阳断裂上盘保存相对较差,下盘保存条件好,下盘地层水矿化度达到 120.66 g/L,为封闭的环境。雷口坡组构造-岩性复合型圈闭为该构造的主要探索目标,可兼探马鞍塘组,但保存条件需要慎重对待<sup>[6]</sup>。

### 4.2.2 大邑构造

大邑构造位于川西坳陷西缘构造带南部。邻区平落4井揭示雷口坡组发育台地边缘相藻屑(少量砂屑)白云岩储层,累计储层厚度可达156 m,以Ⅱ—Ⅲ类储层为主。在香溪组一段底部灰岩(相当于马鞍塘组),测井解释产层段1层(6.5 m),证明该段有一定的储集空间和渗滤通道。地震预测该构造中部储层发育。地震解释TT<sub>3</sub>x反射层构造圈闭面积为41.6 km<sup>2</sup>,闭合幅度为275 m,为一较为完整的断背斜构造。该构造不发育“通天”断裂,保存条件好。马鞍塘组、雷口坡组内构造-岩性复合型圈闭应是其主要探索目标。

### 4.2.3 鸭子河构造

鸭子河构造位于川西坳陷西缘构造带中部。雷口坡期该构造处于台地边缘与局限台地过渡带,发育台缘或台内浅滩相储层,与之邻近的 LS1 井实钻揭示雷口坡组三段滩相颗粒白云岩储层厚约 35 m。沉积相分析及地震预测表明,马鞍塘组鲕粒灰岩储层在本区约 20~50 m。另外,本区发育天井山组石灰岩,也可能存在较好储层。地震解释雷口坡组构造圈闭面积 200.8 km<sup>2</sup>,且不发育“通天”大断裂,保存条件好。雷口坡组和马鞍山组构造-岩性复合型圈闭是该构造的主要探索目标,同时可兼探天井山组。

## 4.3 坳陷东坡构造带

坳陷东坡构造带位于川西坳陷龙泉山一带。雷口坡期处于局限台地相带内,可能发育台内浅滩相储层和“雷口坡组顶部”岩溶型储层,而马鞍塘组石灰岩段不发育,它们可能存在相同类型的勘探目标,即台内滩相构造-岩性复合圈闭和雷口坡组顶部不整合溶蚀缝洞型构造-岩性圈闭,且目标层系埋藏较浅,具有较大的勘探潜力。但该构造带大断裂较发育(如龙泉山断裂),保存条件值得重视。

5 结论及建议

川西坳陷中段雷口坡组—马鞍塘组油气地质条件优越,存在多个油气有利勘探区带,不同区带油气地质条件不同,主要探索目标层系及类型各异。坳陷中央孝新—合丰构造带主要以雷口坡组台内滩、不整合面岩溶储层及马鞍塘组滩相储层为主要勘探目标层系,孝泉、新场构造是近期该构造带最有利的勘探目标;坳陷西缘构造带主要以雷口坡组台缘滩及马鞍塘组浅滩相储层为主要勘探目标层系,圈闭面积较大的安县、鸭子河、大邑构造是该构造带风险勘探的有利目标;坳陷东坡构造带主要以雷口坡组台内滩相及不整合面岩溶储层为目标。

由于目前 CK1 已经在孝新—合丰构造带取得突破,按照先易后难的原则,建议近期应主攻孝新—

合丰构造带上的重点目标,并积极准备坳陷西缘构造带和坳陷东坡的勘探目标。

参 考 文 献

- [1] 叶军,许国明. 川西海相天然气勘探潜力与问题分析及对策[J]. 致密岩石油气藏,2007(4): 1-10.
- [2] 吴应林,朱忠发,王吉礼,等. 上扬子台地早、中三叠世岩相古地理及沉积矿产的环境控制[M]. 重庆:重庆出版社,1989.
- [3] 刘宝珺,许效松.中国南方岩相古地理图集[M]. 北京:科学出版社,1994.
- [4] 郭正吾,邓康龄,韩永辉,等.四川盆地形成与演化[M]. 北京:地质出版社,1996.
- [5] 许效松,刘宝珺,牟传龙,等. 中国中西部海相盆地分析与油气资源[M]. 北京:地质出版社,2004.
- [6] 宋晓波,刘诗荣,王琼仙,等. 川西坳陷西缘中下三叠统油气成藏主控因素[J]. 岩性油气藏,2011,23(1):67-73.

编辑:金顺爱

Analysis of Petroleum Geologic Conditions and Favorable Prospecting Targets of Triassic Leikoupo-Ma’antang Formations in the Middle Segment of Chuanxi Depression, Western Sichuan Basin

Xu Guoming, Song Xiaobo, Wang Qiongxian

Abstract: Good petroleum geology conditions are possessed in Triassic marine reservoirs in Chuanxi Depression, Sichuan Basin. Several sets of Triassic carbonate reservoirs are developed, which include Ma’antang shoal facies fracture-pored reservoir, Leikoupo unconformable karstic cavern reservoir, and Leikoupo platform-marginal shoal facies and intraplatform shoal facies fracture-pore reservoir. It is suggested that these reservoirs are the main exploration targets in Xiaoxin-Hefeng Belt in middle Chuanxi Depression. In Xiaoxin-Hefeng Belt, the Xiaoquan and Xinchang anticlines should be the most prospective targets in recent. Along the western margin of the Depression, Leikoupo platform-marginal shoal facies reservoir and Ma’antang shoal facies reservoir should be the main prospective targets and Ancian, Yazihe and Dayi anticlines that are larger area of traps should be the risk prospective targets. Along the eastern slope of the Depression, the Leikoupo platform-marginal shoal facies reservoir and the Leikoupo unconformable karstic reservoir should be the prospective targets.

Key words: Triassic; Leikoupo Formation; Ma’antang Formation; Reservoir characteristics; Petroleum geologic condition; Petroleum exploration; Chuanxi Depression; Sichuan Basin  
Xu Guoming; male, Dr. Senior Geologic Engineer. Add: Guiyang Research Institute of Geology, SINOPEC Southwest Oilfield Branch Company, 121 Bageyan Rd., Guiyang, Guizhou, 550004, China