

川西雷口坡组找油气前景

李志高*

(四川石油管理局地质勘探开发研究院)

内容提要 本文分析了四川盆地川西地区中三叠统雷口坡组油气成藏的地质条件,进而评价和预测了雷三段有利勘探地区和构造。

主题词 四川盆地西部 中三叠统 油气藏 成藏条件 评价 预测

川西地区位于四川盆地西部川西拗陷南段,北起灌(县)南(成都)东,南至荣经—乐山,西界龙门山,东界龙泉山,面积为1.3万 km^2 。据大深1、油1和汉1等井资料:该区古生代为隆起,缺失C、D、S、O和 ϵ_{2+3} 沉积,P直接盖在下寒武统筇竹寺组的不同层位上;中—新生代为拗陷,地层发育完整,厚达数千米。近年来,整个四川盆地对中三叠统雷口坡组(Tr)的勘探已取得了较大突破,川中磨溪 Tr^1 气田的发现推动了对Tr油气的勘探。截至1990年底,已先后在盆地东、南、西北和中部分别发现了 Tr^1 和 Tr^3 等10个气藏,探明储量

$\times \times \times$ 亿 m^3 。但唯独在川西地区勘探进程缓慢,原因有三:①地震勘探程度低;②钻穿Tr的井少(仅4口);③研究程度低。

现对川西地区Tr找油气前景作如下分析。

1. 生油气条件较好

据资源评价研究,四川盆地海相碳酸盐岩热成熟度高,岩石中大量烃类已排出,目前测定的有机质含量只是残留的一部分。因此,需采用模拟试验方法以恢复其不同演化阶段的实际面貌。用恢复有机碳、氯仿沥青“A”法计算出全盆地Tr的生气量为96.94万亿

岩化储层的分布,具有一定的规律性,距 Tr^1 顶50~250m的层段内形成两段或两段以上以溶孔云岩为主的孔隙层,平面上一定范围内可以追踪;滩相孔隙云岩储层具良好的储集性。

3. 以龙会场—福成寨—福禄场形成的三角地带是滩相孔隙云岩储层分布的有利区,以隆起带北面斜坡即铁山南—双家坝—明达一线为最佳。其次是 Tr^2-3 滩向北迁移的区域。

陈心胜对本文提出了宝贵的修改意见,

照片由李伍一提供,图件由梁子尧绘制,成文中参考了孔金祥的内部报告,在此表示感谢。

参 考 文 献

1 王新建,赵献文.川东飞三段鲕粒灰岩成岩作用与储集特征.天然气工业,1986;(2)

2 文应初等.四川地区早三叠世飞仙关期碳酸盐台地增生与有利储集相带展布.天然气工业,1988;(2)

(本文收稿 1992 01 02)

* 610051,四川省成都市府青路一段1号。

m³,排气量 86.06 万亿 m³,分别为全盆地碳酸盐岩生、排气量的 7%和 6.6%,且以热解气为主。Tr 生油岩厚度及特征见图 1、表 1。

亿 m³。物性好的储集岩其发育受滩相沉积的控制。川西地区在局部层段也有滩相沉积环境。由图 2 可知:中三叠世基本继承早三叠世

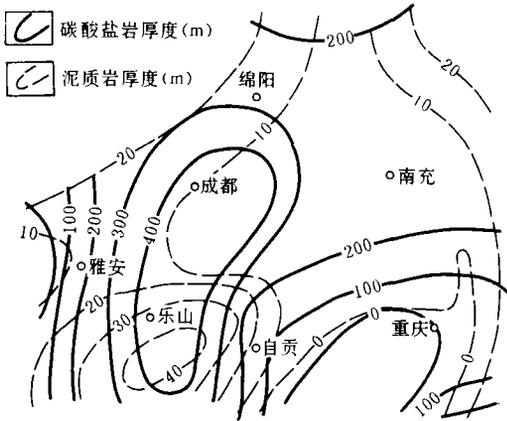


图 1 川西地区雷口坡组生油岩等厚图

表 1 川西及其邻区雷口坡组生油岩特征比较表

生油地区	生油岩厚度 (m)	有机碳 (%)	R _o (%)	生油量 (t/km ²)	排油量 (t/km ²)
川西	200 480	0.1~0.25 平均 0.17	1~2.2	10~30	5~15
中坝	200 250	0.1~0.12	1~1.3	5~10	5~8
磨溪	200 230	0.15	1.3~1.5	25~30	10~12

Tr³ 储层上下有厚 61.5(汉王场)~164m(油罐顶)的纯石灰岩,生物化石丰富,有机质含量高。因此 Tr 生油气条件较好。

2. 有较好的储集空间

中坝 Tr³ 藻云岩储层 $\bar{\phi}$ 为 2.7%,孔洞层 $\bar{\phi}$ 为 4.4%,最大达 29.5%; \bar{K} 为 $2.31 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$;累计厚度 74m,为裂缝—孔隙储渗类型。磨溪 Tr¹ 储层为溶孔发育的粒屑及粉晶云岩 ϕ 为 9.1%~11.7%,厚 4.4~11.1m,在 205.5km² 的圈闭范围内获探明储量 $\times \times \times$

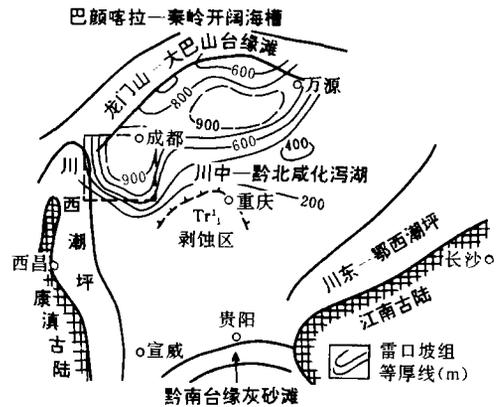


图 2 上扬子地台中三叠世古地理略图

晚期的古地理格局。其时,康滇古陆已进入夷平阶段,江南古陆剧烈上升并向川东、鄂西提供丰富的陆源碎屑;龙门山—大巴山为碳酸盐台缘滩,黔南台缘灰砂滩组成障壁,从而形成了时而开阔、时而封闭的川中—黔北泻湖,现川西地区即在泻湖的西侧。川西中三叠世纵向上依次沉积了碳酸盐岩夹蒸发岩、粘土岩—碳酸盐岩—蒸发岩夹碳酸盐岩;横向上蒸发岩由西向东增加,至龙泉山一带几乎贯穿于整个 Tr,北部厚度在 900m 以上(大参井 909m),向东、南、西、北 4 个方向减薄,其中白云岩厚度 200~400m,北厚南薄。据程绪彬资料,川西地区中三叠世海底呈阶梯状,由彼此相间的平缓区和斜坡区组成(图 3)。当平均海平面(大致位于潮间带中部)处于斜坡区时,由于海水受阻,存在海水能量的急剧消减带,其所携带的沉积物在海水筛选下,相对密度大的质点就地沉积,加之又处于富氧环境,对生物繁殖有利,故在斜坡区利于高能浅滩和潮间混合坪的发育;当平均海平面位于平缓区时,由于海水能量是被逐渐消减的,故不

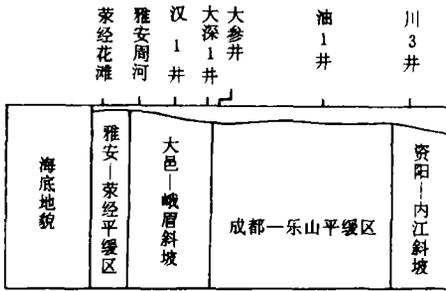


图3 川西地区中三叠世海底横剖面示意图

利于形成高能浅滩和潮间混合坪。

Tr¹ 沉积期:平均海平面位于资阳—内江斜坡,在川中的磨溪地区发育浅滩,川西则以潮上环境为主。绵竹有厚 14m 的针孔云岩;芦山中林有厚 5m 的去膏化粉晶灰岩,溶孔发育,面孔率为 12%, ϕ 为 3.2%。据此,推测在雾中山一带的粗结构储集岩厚 5~10m,油 1 井砂屑云岩厚 4m。

Tr² 沉积期:平均海平面位于成都—乐山平缓区西部,川西地区为潮间带。绵竹有 5 层针孔粉晶云岩,溶孔发育, ϕ 为 7.2%,单层最大厚度 7m,累计厚度 20m;向南至芦山中林有厚 3m 的针孔云岩,推测雾中山地区也应有针孔段分布。

Tr³ 沉积期:是最大的一次海侵期,平均海平面位于大邑—峨眉斜坡区,海水分别由南(宣威)、北(万源)进入上扬子台地,并带来菊石、腕足等正常浅海生物群。川西北为潮汐砂坝,是间歇暴露到大气条件下的浅滩。川西地区由于宣威海湾通道的影响,因而存在潮下环境。据岩石类型、沉积构造特征和生物含量情况,结合水介质条件,将雷三段划分为潮上、潮间、浅滩及泻湖 4 个相带。其中以名山—雅安潮间混合坪及大邑—峨眉浅滩区利于孔洞碳酸盐储集岩的发育:前者雷四段及雷三上亚段均被剥蚀,仅残存雷三下亚段泥晶云、灰岩;后者在雾 1 井有 62m 厚粗粉晶云

岩,钻进中有 6 次放空,累计放空距 4.24m,峨眉有厚 20m 的滩相砂屑云、灰岩,乐山老龙 1 井有 26m 厚针孔灰岩,放空 1 次,放空距 1.20m。据此认为,滩体可能沿本区西南台地边缘断续分布。另外,在大深 1 井有厚 50m、汉 1 井有厚 30m 粒屑岩分布(图 4)。若它们为同一时期的产物,那么滩体规模就相当大了;若不同时,而是随海退滩体迁移至大兴场—汉王场,那么西侧的高家场—平落坝地区也是经历过成滩期的,同样利于 Tr³ 储层的发育。平落 4 井 Tr³ 获气的可能性较大。

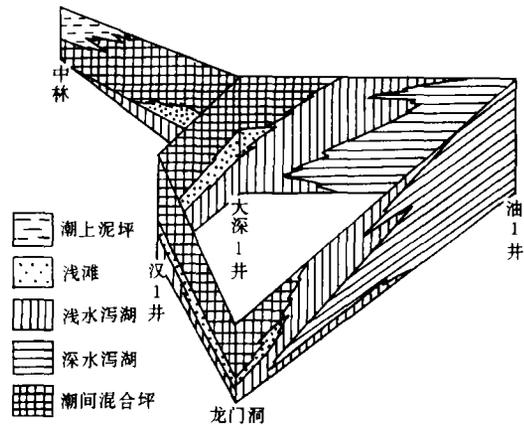


图4 川西地区雷三段岩相栅状图

Tr⁴ 沉积期:为海退期,平均海平面位于成都—乐山平缓区中部,整个川西区沦为低能盐坪,仅在西部边缘的雾中山一带保留有滩相沉积,雾 1 井 2102.5~2152.5m 井段针孔云岩发育,纯厚 40m,针孔占 4%~10%,孔径 0.2~0.5mm,与中坝雷三段针孔云岩十分相似。钻进中有气水显示,但分布局限。

Tr⁵ 沉积期:为一局限的短暂海侵期,海水由西部巴颜喀拉—秦岭海槽入侵至台地边缘,在雾中山地区残存厚 117.5m 的石灰岩、燧石灰岩夹页岩,储集条件差。

总而言之,雷三期是重要成滩期,对高孔隙度储层的发育有利。Tr³ 储层不仅在本区

西部发育好,而且在东部的油 1 井也见有厚 12m 的砂、粒屑灰岩,于近顶部 25m 的灰、云岩段曾放空 0.07m,产盐水和溶解气。因此认为 Tr³ 是川西地区的主要储层,其余为局部性储层。叠合分析结果认为:储层分布以雾中山—平落坝—莲花山一带为最好。

3. 具有一批有利的局部构造

据现有地震资料,已查明川西地区雷口坡组顶有一批大小不等的构造圈闭(含背斜、断高、断鼻等),见表 2,总的特点是以 NE 向构造线为主。西部雾中山—高家场地区的构造圈闭,褶皱强度大、断裂发育;东部龙泉山次之;中部褶皱平缓、潜伏构造多;南部则以 SN 向构造线为主,褶皱中等、断裂也较发育。

区内所有构造圈闭,均可供油气聚集。表 2 中仅为主要圈闭,吴坪潜高等因太小未列入,邛西、张家坪、莲花山等无地震资料也未列入。

4. 运移与聚集条件尚好

川西 Tr 埋深一般逾 4000m,岩石压实程度高,油气的演化程度也较高。白垩纪前,生烃岩有机质达到成熟期,全区成油开始,在邛崃—大邑一线以西已达成油高峰。现今,全区处于成油高峰及湿气阶段,且在雅安地区已达干气阶段。由于排驱压力大,初次运移的条件较优越,油气从白垩纪开始进入储层,直至达过饱和状态,便开始二次运移,并在构造的高部位聚集。由于碳酸盐岩储渗条件差,抑制了油气的广泛运移和充分聚集;但在高孔隙

表 2 川西地区雷口坡组构造圈闭要素一览表

序号	圈闭名称	轴向	长短轴(km)		两翼倾角(°)				两端倾没角(°)				闭合面积(km ²)	闭合度(m)	高点海拔(m)	备注
					NW	SE	NE	SW	NE	SW	N	S				
1	平落坝	NE	7.3	2.8	8	15			5	2.5			14	120	-3880	
2	平落复式												78	300	-3900	平落与火井东和西共圈
3	油东潜高	NNE	2.8	1.3	9	7			3	7.5			3	40	-4160	油榨东
4	黄岗潜高	近 NE	4.7	1.9									7.5	40	-4010	
5	三和场	NEE } NE	6	1.3									6	50	-3850	狭长低背斜
6	敦厚场	NE	6	4									18.8	50	-3800	穹隆
7	大兴场	NE	20	4.5									87	660	-2460	顺龙高点
8	盐井沟	NE	3.5/7.5	1.7/0.5									5/3.5	150/100	3375/ 3475	上/下盘要素
9	五龙断高	NEE	24/6	1.5/2.2									36/9	580/360	1420/ 2940	上/下盘要素
10	沙坪铁厂	NE	4	1.5	25	20			11				4.5	250	-520	
11	周公山	SN	6	3							14		13	180	-920	
12	毡帽山		3	3							14	14	6	240	-1860	
13	汉王场	NNE	21.5	3.5									58.8	250	-2550	
14	三苏场	NNE	10/20	0.75/1.5		15 } 20							8/28.5	460/810	2240/ 2590	上/下盘要素
15	夹西断鼻												5.5	160	-3340	

段储层,裂缝发育的储层或褶皱强度大、闭合度高的构造圈闭处,运聚条件会有所改善,从而使富集程度增高,如中坝 Tr^3 气藏每 km^2 富集 8.6 亿 m^3 天然气。在川西地区还要借助于雷顶侵蚀面作为油气区域运移通道来改善油气的运移与聚集,此条件在雾中山—高家场及雅安、周公山构造带业已具备。从区域资料分析,油气由西部凹陷向东南隆起运移途中必经川西广大地区,由于圈闭形成(早第三纪末)略晚于油气成熟期,二者搭配欠佳;但同时也不排除喜山期前形成的油气,被位于拗陷区内经喜山期改造的构造圈闭就近捕获的可能性。因此,总观油气的运聚条件还是较好的。

5. 保存条件较好

川西地区 Tr^3 储层的直接盖层是 Tr^4 厚 50~400m 的膏盐层(图 5); Tr^1 储层的直接盖层为其内和 Tr^2 内硬石膏和泥、页岩,累计厚度 10~25m。然而一切盖层的封隔能力都是有限的、相对的。当其排驱压力低于上、下邻层压力差时,储层中的气体会克服盖层微孔之毛细管阻力而逸散,如其上有区域盖层存在,建立起一定封闭能力,则上述压差变小,逸散得以抑制。可见,区域盖层作用的重。 Tr^3 为上三叠统泥质岩所覆盖,盖层在川

西地区厚 400~1000m,是良好的区域盖层。川东地区石炭系和嘉陵江组气藏勘探实践也表明,在有区域盖层或其上已有气藏存在时,泥、页岩只要厚 10m 左右、膏盐岩厚 3~5m 即可作直接盖层。川西地区香二、四层已获气藏,而 Tr^3 或 Tr^1 亚段的直接盖层本身就好。再从水化学特点分析,本区 Tr^3 地层水矿化度为 50~200g/L(中坝 Tr^3 为 100g/L,磨溪 Tr^1 达 300g/L 以上),皆属 $CaCl_2$ 水型,示封存水特征。因此本区保存条件较好,唯近露头区的雾中山一带稍差。

上述分析表明,川西 Tr 的生油气、储集、构造、运聚和保存条件是比较好的,具备了成藏的基本地质条件,与中坝 Tr^3 气藏类比,某些方面也不逊色,气藏形成的主控因素为粗结构岩厚度和构造条件,现作如下综合评价(图 6、表 3)。

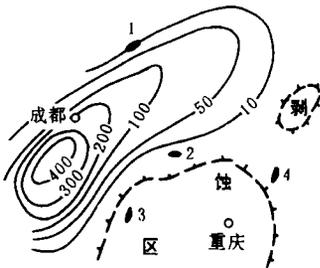


图 5 川西地区雷四段膏盐等厚图

- 1. 中坝 Tr^3 气藏; 2. 磨溪 Tr^1 气藏; 3. 观音场 Tr^1 气藏; 4. 卧龙河 Tr^1 气藏

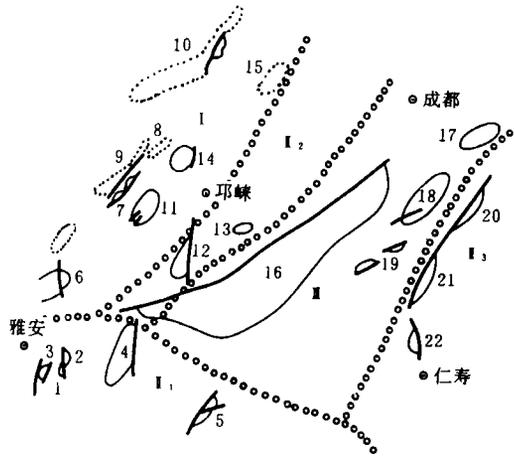


图 6 川西地区雷三段含油气评价图

- ①周公山; ②毡帽山; ③沙坪铁厂; ④汉王场; ⑤三苏场; ⑥莲花山; ⑦三和场; ⑧水口场; ⑨高家场; ⑩雾中山; ⑪平落坝; ⑫大兴西; ⑬敦厚场; ⑭邛西; ⑮大邑; ⑯大兴场; ⑰洛带; ⑱苏码头; ⑲盐井沟; ⑳五龙; ㉑白云村; ㉒油罐顶

I. 邛崃火井一名山百丈有利区

该区滩相颗粒碳酸盐岩厚度大,局部构

表3 川西地区雷三段含油气综合评价表

因素	评价	有利区 I	次 有 利 区 II			不利区 III
			II ₁	II ₂	II ₃	
1	沉积相	有利	有利和较有利	中等	较差	差
2	粗结构岩类(m)	>50	50~20	50~20	<10	10~20
3	古构造位置	拗斜、拗凹	拗隆	拗凹	上斜坡	下斜坡
4	构造圈闭	大、多、完整	中、多、较完整	中、少、完整	中、少、较完整	小、少、较完整
5	裂缝	发育	较发育	中	较发育	不发育
6	生油	中	中~较好	中 较好	好	较好
7	运聚	较好	较好	中	好	较好
8	保存	好	好	最好	好	最好
9	埋藏深度(m)	>4600	<3000	>4300	>3500	>4000

造圈闭多、面积大、闭合度高,利于裂缝发育,油气成熟早,有就近捕获油气而成藏的优越条件。

II₁. 雅安—乐山次有利区

大部为滩相,西段(雅安)虽为潮间坪,但因 Tr⁴ 已被剥蚀,利于 Tr³ 侵蚀面溶孔、洞储集岩的发育。古构造位置好,埋藏浅,勘探周期短,投资少,见效快,经济效益好。

II₂. 元通—蒲(江)西次有利区

以潜伏构造为主,保存条件最佳。

II₃. 龙泉驿—仁寿次有利区

生、聚条件好,圈闭多,面积大,裂缝较发育,埋深相对较浅,保存中等,颗粒碳酸盐岩厚度小。但一旦发现高孔段,获气希望仍然大。Tr¹ 在本区也有前景。

III. 成都—眉山不利区

尽管生油气和运移条件较好,但沉积相带(泻湖)不利于颗粒碳酸盐岩的发育,保存条件西部不如东部,属远景区。

综上所述,川西 Tr³ 是有一定勘探前景的。平落坝香二、四层已获气藏,新近钻探雷

口坡的专层井——平落4井早已进入 Tr⁴,不日即可揭开 Tr³,应予密切重视。建议早日对 II₁ 区内的周公山构造进行钻探,虽其圈闭面积仅 13km²,但闭合度达 180m,利于裂缝发育,且古构造位置好,油气运聚条件佳,埋藏浅(3000m 钻机即可钻穿雷口坡组达二叠系茅口组),目的层多(除主探 Tr³ 外,还可兼探香二和阳三段)。同时,还应加速邛西、莲花山、敦厚场等重点构造的地震工作,以查明其地腹构造形态,择优钻探,争取突破。

成文中参考了张仲武、李一平和程绪彬等人的内部报告,在此致谢。

参 考 文 献

- 1 包 茨主编. 天然气地质学. 北京: 科学出版社, 1989
- 2 吴应林等. 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. 重庆: 重庆出版社, 1989

(修改回稿 1992. 03--20)

tions, it is described that the gas saturation determined by capillary pressure curve is close to the gas saturation of gas reservoir in this paper. The technical key of this method is to build up the mathematical dependence of capillary resistance and gas bearing height under equal saturation.

Subject Headings: porosity gas reservoir, capillary pressure curve, gas saturation, mathematical analysis.

Wang Weibin: **Reservoir Characteristics and Distribution of Feixianguan Formation in North Part of East Sichuan**, NGI 13(2), 1993; 22~28

The dolomitization of improving reservoir nature of beach facies rocks in Feixianguan Lower Triassic in the north part of east Sichuan Basin and the control factors of reservoir nature of beach facies dolomitic reservoir and porous dolomite growth are discussed in this paper. Finally, it is pointed out that the deltaic area consisted of Longhuichang, Fuchengzhai and Fuluchang is the favorable zone of reservoir distribution of beach facies porous dolomite.

Subject Headings: north part of east Sichuan, Lower Triassic, dolomitization, reservoir, characteristics, distribution.

Li Zhigao: **Surveying Gas Prospects of Leikoupo Formation in West Sichuan**, NGI 13(2), 1993; 28~33

The author analysed the geological conditions of forming oil-gas reservoir in Lei koupo formation in Middle Triassic in the west part of Sichuan Basin, and furthermore evaluated and forecast the favorable exploration areas and structures of Lei-3 section in this paper.

Subject Headings: pool-formed condition, west part of Sichuan Basin, Middle Triassic, oil-gas reservoir, evaluation, forecast.

Tan Tingdong: **A Method for Determining Low-Limit Value of Gas Formation**, NGI 13(2), 1993;

In this paper, the stratigraphic volume density and hydrogen index gained from the information of density-neutron logging are respectively compared with both the low-limit values of gas formation. If the former are less than the latter, the strata can be determined as gas formation through being directly viewed. The properties of direct view and accuracy of surveying gas are raised. 34~40

Subject Headings: gas formation, low-limit value, logging, explanation method.

Ke Zhonghua and Zhao Xiangsheng: **Application of High Energy Gas Fracturing Technology to Developing Low Permeability Gas Reservoirs**, NGI 13(2), 1993; 41~44

The fracturing technology with high energy gas is a new stimulation developed in 1980s. Its basic principle, main stimulation mechanism and application examples of low permeability gas reservoirs at home and abroad are described in this paper and obvious stimulation effects can be seen through the examples. Being compared this technology with other stimulations, it has the advantages of economy, safety, convenience and adaptability and is a new stimulation for efficiently and economically developing low permeability gas reservoirs.

Subject Headings: low permeability oil-gas reservoir, high energy gas, stimulation, fracturing.

Zhang Shuqiu: **Application of Fuzzy Optimization Theory to Optimizing Development Program of Oil-Gas Field**, NGI 13(2), 1993; 45~48

This paper describes fuzzy optimization theory, its model and calculation procedures. Aimed at the