

四川盆地勘探天然气有利地区和新领域探讨^{*} (下)

罗志立^{**} 刘树根 刘 顺

(成都理工学院)

罗志立等. 四川盆地勘探天然气有利地区和新领域探讨(下). 天然气工业, 2000; 20(5): 4~8

从已知产气层特点 继续开拓有利地区

1. 震旦系产气层在乐山—龙女寺古隆起南翼, 选择构造和岩性圈闭勘探是今后努力方向

目前仅在川西南区块发现威远大气田和资阳含气地区。据我们研究^[1], 从经济效益考虑, 今后应选择井深 - 6 000 m 范围内勘探, 即在乐山—龙女寺古隆起南翼, 面积约 $3.2 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。从有利圈闭考虑, 有两种类型: 第一种是寻找威远背斜构造圈闭, 在古隆起范围内多有分布, 但圈闭范围小、隆起幅度低, 相对较好的有川西大兴场构造圈闭, Z 顶闭合面积 94 km^2 , 闭合度 700 m, 其次为川中的盘龙场潜伏构造圈闭, 由 15 个小型局部构造组成, Z 顶闭合面积 640 km^2 , 闭合度 190 m, 其中路孔河高点闭合面积 46 km^2 , 闭合度 130 m, 这里有可能找到威远式大气田。第二种是沿古隆起轴部, 寻找古岩溶形成的有利岩性圈闭气藏, 资阳含气区, 高石梯—安平店、磨溪、龙女寺等潜伏构造均在此范围内, 圈闭面积约 $0.37 \times 10^4 \text{ km}^2$, 在安平 1 井和女基井灯影组有含气显示, 但尚未发现气藏。对控制古岩溶地质因素及其分布规律还有待深入研究。

2. 中石炭统产气层向川北区块延伸勘探, 有可能找到“第二个”川东石炭系

川东中石炭统黄龙组是四川盆地天然气主要产层, 资源十分丰富, 为今后天然气勘探最有利地区。从川东向东和向南, 石炭系已暴露或尖灭, 不可能成为有利地区, 向西中石炭统已过华蓥山, 但受乐山—龙女寺古隆起东延的限制, 在川中龙女寺构造已钻深井中未发现中石炭统地层。但也有学者关注川东中石炭统可能从渠县至平昌, 沿川北拗陷带西延与广元江油露头区石炭系相连, 因而认为川北区块地腹可能有中石炭统, 其依据为: 在川东北相邻的石泉县, 地表有 D + C 露头。加里东运动后, 在乐山—龙女寺古隆起和汉南隆起之间形成洼地, 为东西向石炭世海侵提供了条件。从晚古生代张裂运行背景分析, 认为从江油—达县—巴东属板内张裂拗陷, 有中、晚石炭统沉积分布^[2]。从沉积相分析, 川东北部为较深水的潮下环境, 向西至仪陇、苍溪推测为局限海环境, 形成一个从江油至达县一带从深水相到浅水相带展布的拗陷。因此预测乐山—龙女寺古隆起北坡应有石炭系分布^[3]。据近十年来四川石油局所作地震大剖面, 经地调处计算中心解释, 在苍溪—广安联线以东、华蓥山以西约 $1.3 \times 10^4 \text{ km}^2$

参 考 文 献

- 1 王尚文, 张万选等. 中国石油地质学. 北京: 石油工业出版社, 1983
- 2 戴金星, 裴锡古等. 中国天然气地质学(卷一). 北京: 石油工业出版社, 1992
- 3 李小地. 中国深部油气藏的形成与分布初探. 见: 石油勘

探开发研究院科技论文集. 北京: 石油工业出版社, 1996

- 4 康竹林. 渤海盆地深层油气勘探前景. 石油勘探与开发, 1996; (6)
- 5 董伟良. 南海西部莺—琼盆地天然气勘探领域分析. 天然气工业, 1999; (1)

(收稿日期 1999 - 04 - 01 编辑 居维清)

^{*} 本文得到“油气藏地质及开发工程国家重点实验室”资助。

^{**} 作者简介请见本刊 2000 年第 20 卷第 4 期。地址: (610059) 成都市十里店。电话: (028) 5227424。

范围内有石炭系分布^[3]。

据上述5点依据,有良好储层的石炭系,在川北区块分布的可能性很大,应进一步工作证实,如果存在,将会在四川盆地找到“第二个”川东式石炭系含气有利地区。

3. 下二叠统产气层研究白云岩储集层的变化是扩大气源和寻找岩性圈闭的重要方向

下二叠统阳新灰岩是自生自储的产气层,也是四川盆地获得储量较多的层位(第3位),由于层位和厚度稳定,今后有较大的找气潜力。但储层性质不好,主要靠溶蚀孔、洞和裂缝沟通产气和水。若能找到孔隙较大的储层,又有裂缝沟通,则可扩大气源,增加储量。

据地面露头 and 钻井证实,阳新灰岩中发现的沙糖状白云岩,作为新的储层类型,值得重视。在川西地区沿龙门山前缘带北起广元矿山梁经江油、北川、绵竹,南达雅安—宝兴、峨眉山等地均有分布,厚度变化较大,10~50 m,汉王场构造汉1井,厚达72 m,川南泸州地区个别探井中也曾见到白云岩^[4]。川中华蓑山和女基井也有分布,最大厚度17 m,女基井阳新灰岩层中白云岩,曾获工业气流。通过白云岩结构、构造、产状及其沉积相带和碳、氧同位素研究,认为白云岩当时处于沉积高地,生物礁、滩相暴露出海面,在大气淡水混合作用下交代的产物,多属于混合水生白云岩,白云石晶间面孔率最高可达5%~6%,因而可作良好的储集层。因其成因条件特殊,多为透镜状、条带状、楔状交代的白云岩,规律虽不易掌握,但不失为扩大气源的重要领域。

4. 上二叠统产气层应从相带展布和地裂运动理论追踪新的礁块气藏

上二叠统为海相石灰岩和煤系地层,既是自生自储的产气层,又是向上覆 T_{1+2} 层供应天然气的气源层。已发现的许多气藏,多在川东的台地边缘相区礁体中。以点礁和塔礁的形式出现,平面展布与“峨眉地裂运动”有关,多集中分布在与3条古张性断裂有关的地带:开江—梁平海槽,在东西两侧,已获4个气藏^[5];从龙潭组在雷2井、亭1井、邓1井、梁向1井钻遇玄武岩判断,开江—梁平海槽可能是一个向北东延伸与南秦海槽相遇的坳拉槽;沿北东向华蓑山断裂带地表出露的老龙洞、文星场等地面礁块,联系铁山背斜至华蓑山见到玄武岩判断,礁块发育也与华蓑山古张性断裂有关;沿邻水至涪陵北西向隐伏断裂带,长兴灰岩泥质含量高达5%~6%(据陈昭国,1992年,自然伽玛测井曲线求得),

可能存在深水台洼,在此带上获得板东、卧龙河和双龙等礁块气藏。据此,可从地裂运动理论,在川东和川中过渡带已发现的地震礁块异常带,继续追踪上二叠统的礁块气藏。

四川盆地上二叠世相带从西南向北东方向,由陆相向台槽向分布。从江油—苍溪—南江—万源—巫山—利川等地,从斜坡相向台槽相过渡,岩相从浅水长兴石灰岩变为深水大隆硅质岩类,在这个马蹄形带内发育台地边缘礁,如东部湖北境内的见天坝生物礁块群,西部江油雁门坝水根头生物礁。北部在苍溪九龙山构造南侧,据地震资料研究^[6],可能存在潜伏的大型台缘礁块地震异常,其中最大的永宁铺礁块地震异常,圈闭面积可达87 km²,埋深-5300 m。台缘生物礁是我们寻找大型气田的主要方向。

5. 中、下三叠统产气层应从富白云岩的鲕粒滩结构发育和下伏有上二叠统煤系地层生烃强度较大地区扩大气源

四川盆地中下三叠统在川南区块,找到大型气田3个,它们是川中磨溪气田($T_2 l^1$ 1253 $\times 10^8$ m³)、川东卧龙河 $T_1 j^5$ — $T_1 j^4$ 3气藏(132 $\times 10^8$ m³)和川西中坝的 $T_2 l^3$ 气藏(86 $\times 10^8$ m³)。储集层共有的岩性特征是在膏盐层夹有溶孔粉晶、粒屑白云岩,发育在潮间相带内,为良好储集层。

从中、下三叠统气藏的甲烷含量高、干燥系数大多与自身所处的演化阶段不匹配; $T_1 j^5$ 1气藏的 $C_4 \sim C_7$ 轻烃组份中,环烷烃、苯、甲苯含量高与下伏 P_2 煤系气源岩对应,且 T_{1+2} 储层中运移烃与 P_2 煤系烃源层生物标志物有亲缘关系。因此近来许多学者认为中、下三叠统气藏的气源主要来自 P_2 煤系烃源岩。而 P_2 生烃强度区主要在川中的南充—广安(90 $\times 10^8 \sim 40 \times 10^8$ m³/km²)和川南的泸州—重庆间(110 $\times 10^8 \sim 30 \times 10^8$ m³/km²)。

据此认为在 P_2 生烃强度较大地区,继续寻找 T_{1+2} 沉积潮间带发育的粒屑结构白云岩,是扩大 T_{1+2} 产气层的方向。

6. 上三叠统产气层以川西为重点,在龙门山前山带印支古构造发育区和川西、川中过渡带寻找新气田

四川盆地上三迭世是川西前陆盆地发育时期,也是陆相地层生烃量最大的时期。据计算,全盆地总生烃量约400 $\times 10^{12}$ m³,而川西和川北区块生烃量就有298 $\times 10^{12}$ m³,约占全盆地3/4。已发现31个

中、小型气藏或含气构造,其中仅有中坝、平落坝和八角场3个中型气田,已发现天然气储量($750 \times 10^8 \text{ m}^3$ ——包括上逸到侏罗系的次生气 $500 \times 10^8 \text{ m}^3$),与总资源量之比为6.6%,显然尚有大量天然气开发潜力。

据多年研究认为,川西和川北区块仍是今后寻找上三叠统气藏有利地区。西侧龙门山前山带绵竹—大邑等低褶皱带和东侧的熊坡、龙泉山背斜带以及三台—南部斜坡带仍是较有利的区带。

7. 在川东北和川南地区可能找到类似川西新场侏罗系次生大型气田

自1990年在川西德阳发现新场侏罗系浅层气田后,战果不断扩大,拥有天然气储量大于 $500 \times 10^8 \text{ m}^3$,到1996年底,具有年产天然气能力 $5 \times 10^8 \text{ m}^3$,有力地支援了成都的建设,据研究^[7],形成浅层天然气的主要地质因素有:具有特殊高压异常的丰富气源。下伏上三叠统煤系地层产生的超高压,从德阳至绵阳压力系数可从1.7增至2.2,在绵阳的白龙场—丰谷镇一带形成超压中心。处于龙门山前山带,断裂和微裂缝发育,作为上三叠统气源向上运移的通道条件。上覆有侏罗系至白垩系地层,作为有利的储盖组合和良好保存条件。有上述3个条件,一般多为岩性次生气藏,若再有古隆起和现今构造叠合圈闭存在,则可获得更多的储量。

类似川西还可在侏罗系地层中找到浅层次生气藏的有2个地区:川北的阆中—平昌—宣汉以北的川东北前陆盆地广阔地区,这里不仅存在与川西侏罗系次生气藏形成的类似地质条件,而且地腹为 P_1 和 C ,生烃强度较高,这更增加了深部气源的供气能力。川南的庙高寺至白节滩构造以东至石油沟构造间,大片白垩系分布的超高压区, T_{1+2} 至 P_1 气层压力系数为1.8~2.2。它处于黔中隆起北缘的拗陷,构造活动强烈,J—K地层发育, S_1 和 P_2 均是盆地生烃强度较高地区,因而有可能成为良好的次生气藏发育区。

从基础地质学探寻 四川盆地天然气新领域

这里所称的新领域是除了上述7个已知气层外,尚有一些新的可能产气层值得探索,有一些尚未勘探过的新的地区值得重视,有一些非常规性圈闭值得注意,还有一些特殊储集类型值得考虑。这些新领域在基础地质学上是有依据的,在石油地质学上是有可能的,在勘探实践中是有苗头的。目前在

增储上产上还成不了“气候”,但随着研究、勘探的深入,需气量的增加,也许5~10年后将成为主要找气战场,若其中有一个领域突破,则可能形成一个大场面。作为前瞻性的探讨,是有利四川盆地今后天然气工业发展的。

1. 从川中基底结构特征分析,有可能找到基岩型气藏

当前很多人认为川中基底顶面比较规则平整,而从地质学理论和实际上分析,又可能是不规则和起伏的。晚元古代雪峰运动后出现的下震旦统,岩类复杂,表示当时地貌并不平整,如川中威28井钻遇的基底为7.4亿年的花岗岩,而女基井底则为7.0亿年的菲细斑岩,岩性差异会在侵蚀过程中形成地貌差异。

地震资料显示川中未发现基底断裂,但许多非地震勘探的地球物理学家都在川中解释出北西和北东向两组隐伏断裂。上述两点依据,即可推测川中存在早期侵蚀隆起形成圈闭的可能。若从威远构造的威15井,向东南方向约50 km的自深1井,两地基底埋深差可到2 500 m,显示威远构造在古、今构造隆起过程中,基底也随之隆起。川中龙女寺构造基底也有类似的变形特征。这些事实说明后期构造变形有利基岩气藏的形成。川中基岩气藏的烃源层,我们认为来自川中岛弧东侧盆地中巨厚的板溪群。

2. 注意川中大足地区出现的穿刺构造,探寻与底辟构造有关的古生界气藏

1986年在川中、川南过渡带的界石场—荷包场一带的地震资料发现“杂乱反射”异常现象,四川石油局地调处解释人员称为“穿刺构造”^[8](即为底辟构造)。其特征为内部反射杂乱,两侧反射波能量较强,有轻微上翘现象;上覆奥陶系—二叠系反射波呈小幅度隆起,在二叠系隆起的一侧或两侧伴有小断层;穿刺体下大上小,向下可延入前震旦系深层,在平面上呈北北东方向展布,可连续追踪8~18 km,略与华蓥山大断裂平行。1990年对穿刺构造进行“仿真模型正演”,进一步证实该区从元古界到下古生界存在地震异常引起的“穿刺构造”。

究其原因,有的认为是华力西期或印支期花岗岩株造成的^[8]。作者根据剩余重力正异常值、航磁化极正异常值,以及华蓥山附近出露上二叠统玄武岩判断,可能在晚华力西期深层基性岩浆沿断裂上窜,才形成了“底辟构造”。

目前已知“穿刺构造”与天然气聚集有密切关

系。如在该区荷包场构造钻的包 4 井,在穿刺构造上的二叠系日产气 $39.99 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。推测在“穿刺构造”两侧下古生界上倾方向,也可能形成气藏,若有一口井突破,则可出现成群、成片的大场面。

3. 在川西南地区继续追踪上二叠统玄武岩火山岩气藏的含气远景

1992 年在川西周公山构造的周 1 井,钻至上二叠统玄武岩并段喷气,无阻流量达 $50 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,引起震动。这不仅是个新产气层,也是在四川盆地首次发现的火山岩气藏。据前人线索,1994 年我们在乐山沙湾和峨眉山一带地面调查,在玄武岩的交叉节理中和杏仁状结构中,发现大量沥青脉,经取样作地球化学分析,烃源可能来自下伏的阳新灰岩或更老地层中。在邛崃—新津—仁寿—宜宾—珙县连线的川西南地区,面积约 $2 \times 10^4 \text{ km}^2$ 的有利地区,其中有 31 口井钻遇玄武岩(到 1992 年底计),有井漏、井喷井 3 口,有气显示良好的井 9 口,约占已钻井数 60%,但过去由于钻探目的层多为阳新统,对上二叠统玄武岩含气性重视不够,多采用了压井、堵漏等措施,可能“堵死”气藏^[9]。本区玄武岩,分布面积大,埋藏浅,有烃源层和储层,有良好的油苗和天然气显示,还有尚未钻探的局部构造 23 个,因而存在发现火山岩气藏的前景,值得重视。

4. 重视大巴山推覆构造及前陆盆地含气远景

大巴山前陆盆地指川北的汉南地块与大巴山弧前缘中生代形成的盆地,西界以旺苍—盐亭与川西前陆盆地分界,南界暂定在南部—平昌—开江—云阳以北地区,在这个范围内从 J_2 — K_1 发育,成为前陆盆地剧烈拗陷期,可以从北东向的铁山构造至黄金口隐伏断裂,划分为西部的通江拗陷和东部的开江拗陷,通江拗陷中已发现九龙山和涪阳坝大型含气构造,开江拗陷中有五百梯和沙贵坪等大气田,兼之在前述中可在本区侏罗系找到浅层次生气藏,故大巴山前陆盆地含气远景有可能大于川西前陆盆地。

大巴山前陆盆地中侏罗世后发育为对称性拗陷,因而在万源—巫溪断层(F_{16})之南出露大片中、下三叠统晚古生代地层组成的前缘褶皱带,其中有许多局部构造可选择钻探 C—Z 气层。故若论其钻探下古生界产层,比川西前陆盆地浅,若论本带下古生界有石溪河大型寒武系油苗显示,其含气性比湖北利川盆地好。

据张力等研究^[10],在城口断裂(F_{17})和万源—巫溪断裂(F_{16})之间,从寒武系至晚三叠世前都发育有

震旦系隆起,简称城口—巫溪潜伏古隆起,这与该区显示重力高是一致的,表示大巴山推覆构造之下可能存在 C—Z 大型古隆起,有可能找到大型气田。

据上述认为,大巴山推覆构造及其前陆盆地发现大型气田前景广阔,应列为四川盆地今后重点勘探地区。

5. 探索龙门山推覆构造下找气前景

龙门山推覆构造处在 Z— T_{1+2} 稳定大陆边缘上,位于海相生油层有利地区;在 T_3x (须家河组)沉积时又处在川西前陆盆地油气生成有利盆缘。目前在地区 C—K 发现大量油苗、在田坝背斜发现大型沥青脉、在中坝发现大型气田。故本构造带不仅处于生油有利地区,在油气运聚上无论古今构造,均处在“左右逢源”的位置上。

“七五”国家重点攻关项目研究期间,我们曾在北川冲断带(F_2),在断层角砾岩中采得黑色沥青物质,进行有机炭分析,确定为沥青。1998 年在汶川断裂带(F_1)上盘的灯影组构造角砾岩及其下盘的石炭系又发现大量干沥青,经胜利油田实验室分析,进一步证实为沥青物质。这表明龙门山推覆构造下曾聚集过油气。

中美合作完成的 L_{55} 地震测线,横切唐王寨向斜,在北川断裂下 4 km 左右,有 C—Z 潜伏大型背斜(枫胜场背斜),估计圈闭面积可达到 $2\,000 \text{ km}^2$ ($100 \text{ km} \times 20 \text{ km}$)。在川 S_6 地震测线穿过的彭州市—都江堰市飞来峰之下,在须家河组中出现的白鹿场大型 T_3x 潜伏背斜,均具有形成大气田的条件。因此,无论从油气生成、运聚和圈闭等条件,龙门山推覆构造下寻找油气的前景均很广阔。

6. 注意川西和川北区块 T_3x 深盆地的发展远景

深盆地自 1976 年在加拿大被提出后,引起国人的注意。它处于前陆盆地的深拗陷中,有海陆交互相生气活跃的煤系地层作为烃源层,在特低渗透的致密砂岩中分布有局部物性稍好的砂岩和裂缝发育带,天然气运移主要是扩散方式,表现出气水倒置,气下水上;气层压力大大高于区域静水压力,有如 Hunt(1990 年)提出的“封存箱理论”地质特征。天然气主要发育在高压区向低压区过渡带,或箱缘带内致密砂岩中相对孔渗发育,并邻近丰富气源区。

根据上述特征,罗启厚认为四川盆地,在川西区块的大邑—绵竹—梓潼—三台一带,到川北区块的苍溪—仪陇一带的深拗陷中存在深盆地^[11]。

其地质依据是:本拗陷处于龙门山及大巴山前陆盆地中; T_3x 垮洪洞组海相泥岩和 T_3x 煤系

地层发育,生烃强度值大; 坳陷中是致密砂岩分布区,向川中方向和川西南部及中坝地区孔渗性变好;

深坳陷区内 T_3 剖面几乎层层见气。在西北部已钻构造 11 个,获含气构造 10 个,成功率达 90% 以上,水显示较少;相反向川西南部、川中和中坝地区,气藏中地层水活跃,气水界面清楚,呈现气水倒置现象; 在深坳陷带的压力系数介于 1.6 ~ 1.8 之间,为超高压带含气区。上述依据符合深盆气的地质条件,它是一个大面积含气的新领域,有发展远景,应该引起充分重视。

7. 积极研究和评价四川盆地 C—S 含气远景

四川盆地的诸多地层中,只有下古生界的 C、O、S 三套海相地层,除在个别深探井遇到气显示外,尚未发现工业性气藏。它们有良好的生气层,也有厚度巨大的碳酸盐岩可作为储集层,深埋地腹保存条件良好。若论其成藏条件,远比相邻的石柱利川盆地和下扬子盆地优越。可以说是中国南方下古生界成藏条件最好的地区。

当前还未突破 C—S 产气层原因,一般认为主要有三点:一是在川中碳酸盐岩中未发现好的溶蚀孔、洞储集层,二是在川东深部圈闭高点不易落实;三是钻探深度大,一般超过 5 500 m,不敢贸然下钻,但关键问题是研究和投入不够。鉴于鄂尔多斯和塔里木两个克拉通盆地 C—O 已成为主要的油气层,具有良好的 C—O 成藏条件的四川克拉通盆地,也应该

积极研究和评价,予以充分重视,作为今后“川气出川”的远景接替层系。

参 考 文 献

- 1 罗志立等. 四川盆地震旦系含气层中有利勘探区块的选择. 石油学报,1998;(4)
- 2 郭正吾等. 四川盆地形成与演化. 北京:地质出版社,1994
- 3 万湘仁. 四川盆地加里东古隆起北坡石炭系的含气远景探讨. 天然气工业,1993;(2)
- 4 宋文海. 四川盆地二叠系白云岩分布及天然气勘探. 天然气工业,1985;(4)
- 5 王一刚等. 川东地区上二叠统长兴组生物礁分布规律. 天然气工业,1998;(6)
- 6 陈太源. 九龙山构造存在长兴组台缘礁的探讨. 天然气工业,1989;(1)
- 7 郭正吾. 四川盆地西部浅层致密砂岩天然气勘探模式. 天然气工业,1997;(3)
- 8 刘开时. 初析川中、川南过渡带下古生界之穿刺构造. 天然气工业,1988;(3)
- 9 宋文海等. 四川盆地西南部上二叠统玄武岩含气性研究. 天然气工业,1994;(5)
- 10 张 力等. 大巴山前缘震旦系及下古生界含油气条件探讨. 天然气工业,1993;(1)
- 11 罗启厚等. 四川盆地中西部三叠系重点含气层系天然气富集条件研究. 天然气工业,1996;(增刊)

(收稿日期 2000 - 02 - 28 编辑 黄君权)

“中国石油第二次深盆气学术研讨会”在西安召开

“中国石油第二次深盆气学术研讨会”于今年 7 月 17 ~ 18 日在西安市召开。这次会议是中国石油天然气集团公司和中油股份公司深盆气勘探的一次盛会,也是对几年来我国深盆气研究和实践的一次全面总结和回顾。来自长庆油田、石油勘探开发研究院、石油勘探开发研究院廊坊分院、石油大学、南方石油勘探开发公司的 16 位代表结合陕甘宁盆地实际情况从深盆气形成机制、基本特点、分布规律、富集条件等方面做了专题报告;邱中建院士、戴金星院士、田在艺院士等 10 位专家又作了精彩的发言;王涛老部长就下一步如何科研结合生产搞好陕甘宁盆地的天然气勘探发表了重要的讲话。

与会代表一致感到,通过这次会议,进一步了解了国外深盆气勘探开发进展情况,统一了在鄂尔多斯盆地寻找深盆气“甜点”区的认识,交流了近年来专家们在这方面取得的研究成果,收获很大。

会议决定,委托本刊编辑出版会议论文集(石油工业出版社公开发行)。该论文集内容丰富,体现了我国近年来深盆气研究的最新成果,预计将于今年年底发行。

居维清 黄君权 报道