

川中古隆起的形成、发展及其油气远景

康 义 昌

(地质矿产部西南石油地质局)

本文根据最新的钻井、高精度区域地震大剖面及区域地质资料,分析和研究了川中鼻状古隆起在各历史阶段的发展及特点。研究表明,该古隆起具有五套含有机质丰度达 $2\text{Mt}/\text{km}^2$ 的层系,主要气源岩为下古生界海相层系,占总资源量的 $5/8$,在油气形成的高峰期(印支期)时区域封闭情况良好,在四川运动中设有遭受破坏,另外,该隆起的不同构造部位具有各类可能的储藏类型,并预测其比较含油气远景。

早在五十年代石油地质工作者就认识到川中地区是个地表出露侏罗系上沙溪庙组地层、由华蓥山向西南倾没的一个大型鼻状隆起,随后发现该区具有基底抬高、上覆层变薄的古隆起特点。70年代初,女基井在上震旦统灯影组以下钻迂花岗岩“基底”(实际是侵入到下震旦统的澄江期岩体⁽¹⁾,绝对年龄6亿年⁽²⁾)同时发现二叠系直接盖在奥陶系南津关组(O_1)之上,比相邻地区缺失更多的志留系和奥陶系,对川中古隆起有更进一步了解;在此前后,威远构造数口井在灯影组下也钻迂花岗岩“基底”和发现越向构造西北翼越缺失更多的下古生界下部地层,以及当时一批地震剖面显示乐山地区基底

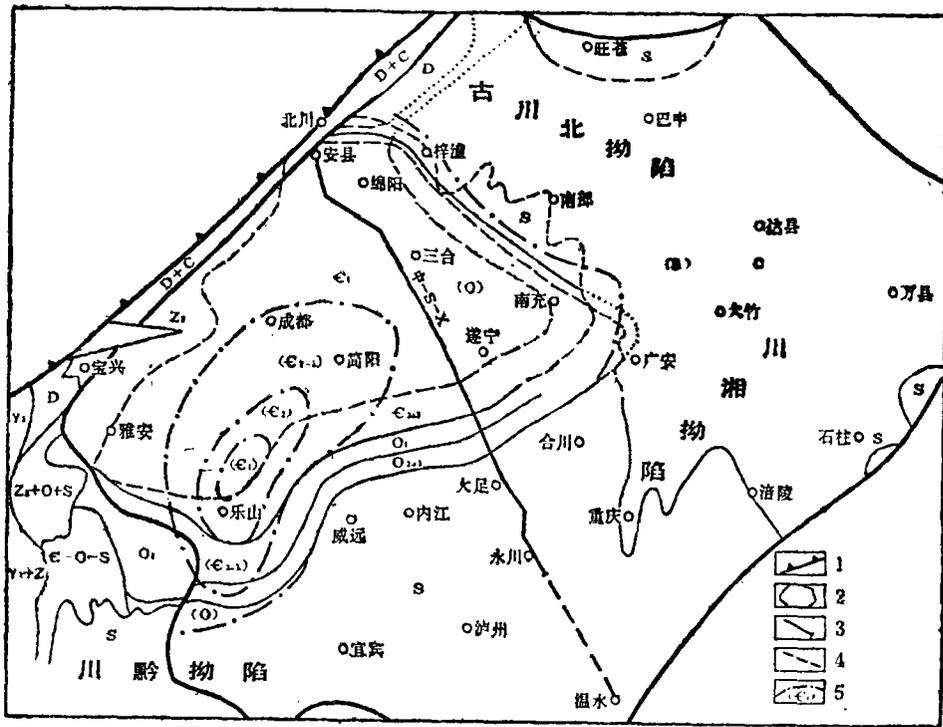


图1 四川盆地二叠纪前古地质图

1. 扬子地台边界 2. 盆地边界 3. 地震测线 4. 地面剖面 5. 原乐山—龙女寺古隆起及时代

抬起最高等等，于是进而提出“乐山—龙女寺加里东古隆起”，其形态是北东向的短轴背斜，核心为下寒武统，外围依次为奥陶系、志留系（图1）。

通过对盆地内十余条区域数字地震大剖面的综合地质解释，特别是充分利用盆地及其边缘地带的区域地质资料，把盆地内外的地质构造发展有机结合在一起，认为川中古隆起分别是以下三个发展阶段的大型古隆起中的一部分：

1. 加里东旋回的大型宝兴—广安鼻状古隆起的倾没部分；
2. 海西晚期—印支旋回的川中—威远古隆起的东北端；
3. 燕山、喜山期—四川运动形成的川中—威远—龚嘴隆起带的东北端。

上述三者间的形态轮廓、范围大小、轴线位置等都不尽一致，后者对前者既有继承，也有新的发展，其中川中地区表现出长期的继承和古、今隆起较好的复合。下面从古隆起的早期阶段谈起。

一、川中古隆起的形成、特点及其发展演化概况

1. 加里东鼻状古隆起的形态、特点

图1是根据盆地内数十口深井、盆地西部、西南边缘露头和区域地质资料^{[3][4]}，对盆地内区域地震大剖面进行综合地质解释编绘的，清晰地展现出二叠系平铺在不同时代的层系之上和下古生界顶面是一个大幅度的侵蚀间断面。图面呈现出的大型鼻状古隆起，显然是前二叠纪上扬子地台的一个主要地质构造单元，表明现在的盆地边缘露头区与盆地内部是一个有机的整体。根据宝兴地区出露地层最老，灯影组局部地区被蚀尽，有些地区仅残留其底部，和其上各系古地质界线形态，表明宝兴地区是鼻状古隆起的根部，宝兴—成都—广安东西向一线是鼻状古隆起的轴线。鼻状古隆起顶部平缓开阔，由灯影组—下寒武统组成。大致在安县—绵阳—南充—遂宁—乐山—雅安半环状一线以外，才有中、上寒武统到志留系的分布，并明显向下倾伏，构成鼻状古隆起的前缘斜坡。再向外，北部是古川北拗陷，东部是川湘拗陷，南部是川黔拗陷，后者分隔了南侧呈东西向展布的黔中隆起。

区域地震大剖面反映的鼻状古隆起的纵向特征是：下古生界各层在盆地边缘地区厚度大，向盆地逐渐减薄，到鼻状古隆起的轴部明显变薄；地震剖面上在翼部出现较多的上超点、尖灭点，表明鼻状古隆起在加里东旋回的沉积过程中有过多次抬升（图2）。这一点在盆地周边广泛分布的地层缺失现象（如 P_1/D 、 P_1/S 、 P_1/O_3-O_1 、 P_1/ϵ_1 、 P_1/Z_2 、 D_2/S_1-Z_2 、 O_1/ϵ_1 ）得到验证^[4]，表明加里东鼻状古隆起既是在加里东运动和泥盆、石炭纪抬升中形成的构造侵蚀性隆起，又有沉积隆起的性质，是在地史中长期发展形成的。

加里东鼻状古隆起形成之后，从中泥盆世到石炭纪不时受到西部洋盆的影响，使盆地西部龙门山地区受到波及、下陷，沉积一套浅海相碳酸盐岩地层^[5]，同时把下古生界顶面的鼻状古隆起改变成四周向下倾伏、不对称的古隆起。

2. 古隆起的发展演化概况

为进一步了解二叠纪以来古隆起的发展演化，利用地震剖面、地面和钻井连线剖面

编制了北西向的安县—温水(中—S—X线)(图3), 东西向的天全—福成寨成20井(图4)和北东向的窝深1井—水深1井(图5)三条古构造发展示意剖面(详略), 它们综合反映出古隆起下古生界顶面的如下变化(图6):

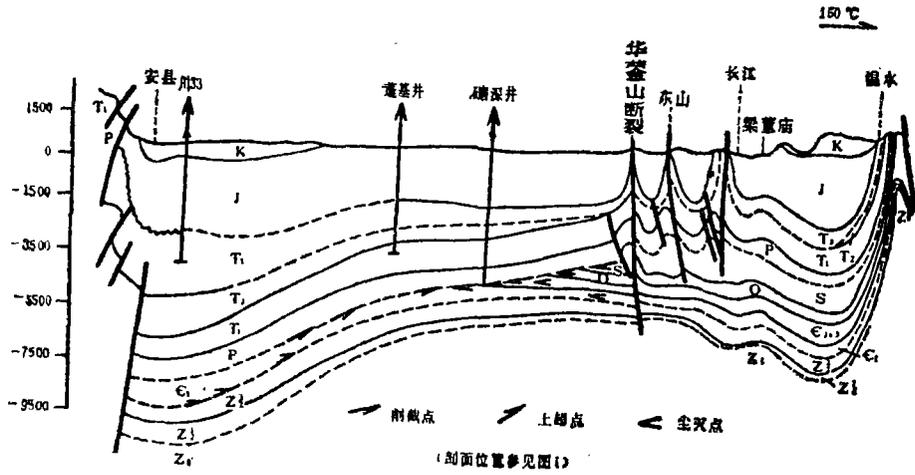


图2 四川盆地安县—温水地质综合解释剖面图

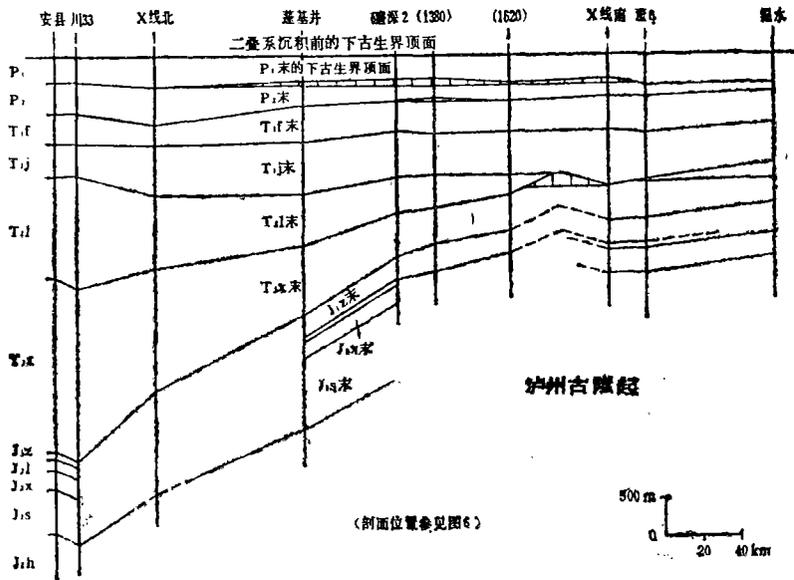


图3 安县—温水下古生界顶面古构造发展示意剖面

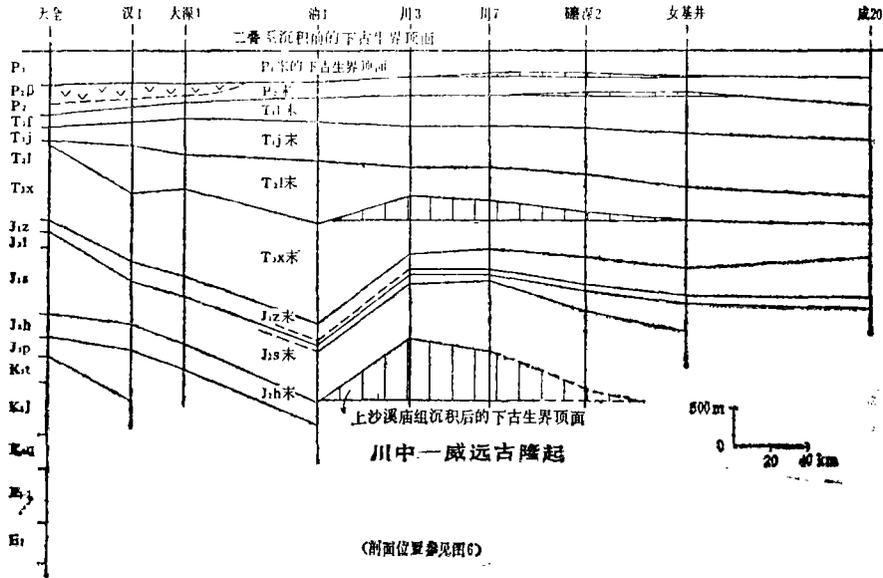


图4 天全—成20井下古生界顶面古构造发展示意剖面图

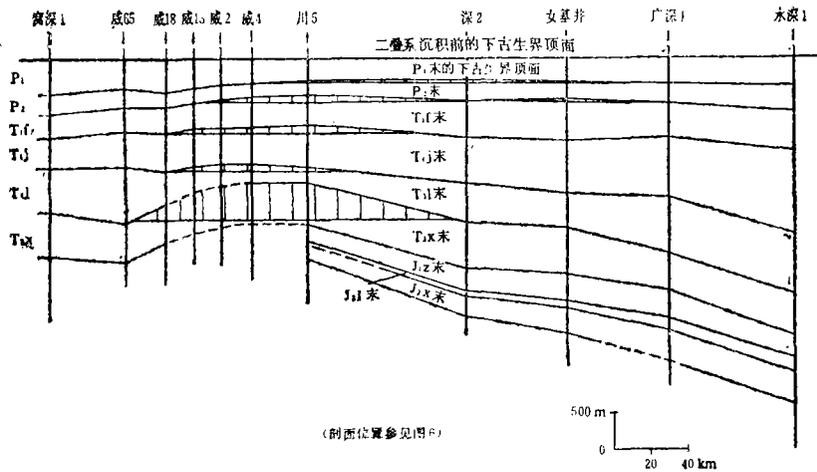


图5 窝深1井—水深1井下古生界顶面古构造发展示意剖面图

二叠纪，在鼻状古隆起的东南翼大足、潼南、安岳一带形成一个微弱的高点，早三叠世，上述高点向西南方向迁移到资中、威远及其以南一带；

中三叠世，随着川西拗陷的形成、发展，原为近东西向下古生界地层组成的古隆起，逐渐为北北东向的川西拗陷分割，在其东侧形成与拗陷同走向的川中—威远古隆起，其高点在现威远背斜及其以南地区。这个印支期川中—威远古隆起经晚三叠世进一步加强，并一直延续到燕山期和喜山期的第三纪末。

四川运动继承、发展了印支期以来川中—威远古隆起特点，经过抬升、褶皱变形，成为今日所见的川中—威远—夔嘴北东东向的大型隆起带（图7），该隆起带由三个大小

不同、类型不同的次级构造单元组成，并且自北向南西西方向节节抬高。北部的川中隆起，地表是一个依附于拾得很高的华蓥山构造带构成的东高西低大型鼻状隆起，中部的威远大背斜自身形成圈闭，北与川中隆起、南与龚嘴隆起以低鞍相隔；西南端是横跨盆地内、外的龚嘴隆起，盆地外围抬起最高，有大片的灯影组和其下的元古代花岗岩分布。

综合上述，早期东西向的加里东鼻状古隆起，受到后期的明显改造，印支期在鼻状古隆起的轴线倾没部位和东南翼前缘斜坡一带，发展成北北东向川中—威远古隆起，燕山、喜山期和四川运动进一步继承和发展印支期古构造格局，形成同方向的川中—威远—龚嘴隆起带。所以，“川中”这块地区既是地史发展中的长期古隆起区，也是四川运动形成的今构造隆起区，也就是说，是自震旦纪以来古、今构造的隆起区。

二、川中古隆起气源丰富

四川盆地海相层系，无论是泥质岩类还是碳酸盐岩类，绝大多数都有较好的生油气能力。其有机质类型，除二叠系的局部陆相—海陆相夹层为腐殖型（Ⅲ型）外，整个海相层系的有机质多为Ⅰ型（腐泥型）或Ⅰ型到Ⅱ型（混合型）。有机质成熟度，三叠系中、下统为高成熟到过成熟，二叠系及其以下各层为过成熟，故除中、下三叠统有少量原油或凝析油外，以下各层只产天然气。据本局地化组计算的天然气资源量¹⁾，中、下三叠统占资源总量的1/8，二叠系占2/8，下古生界加震旦系灯影组占资源总量的5/8。从单位面积有机碳丰度（万t/km²）看，由高到低排列序次为①、志留系Ⅰ型泥质岩；②、下寒武统Ⅰ型泥页岩；③、上二叠统Ⅰ型泥页岩及煤系；④、下二叠统Ⅰ型碳酸盐岩；⑤震旦系上统灯影组Ⅰ+Ⅱ型碳酸盐岩，都在200万t/km²以上，其余各层都在100以下并多在50左右。可见海相层系的主力油气源岩是上述五套，其中主要是下古生界和灯影组，其次是二叠系。上述四川盆地油气源岩纵向上的分布特点，在地区上的差异并不明显，表明古隆起所在地区仍具有与盆地其它地区接近的油气资源。但是必须指出，在加里东鼻状古隆起上，仅残留灯影组一下寒武统，虽然这两套层系也是较好的气源岩，但最好的志留系和奥陶系气源岩已被蚀尽，无疑大大减少天然气资源量。不过，既然志留系在古隆起的外围拗陷广泛分布，所生大量油气必然沿斜坡向古隆起顶部运移，加上侵蚀面上、下都有较好、较厚的气源岩，必定使古隆起获得更大的油气补给。上述表明，研究早期古隆起，侧重于盆地深部较老的古生代层系找气，油气源条件是非常优异的。

另有资料表明，四川盆地已探明的天然气储量仅占天然气资源总量的1/10，而且主要分布在二、三叠系和石炭系的背斜圈闭中。假如在上述层系剩余的背斜圈闭和非背斜圈闭中还能找到1/10—2/10的储量，那么所余的7/10天然气总资源量就应分布在下海相层系，这与前面谈到的下海相层系占有总资源量的5/8非常接近。从四川盆地生油层系多、横向变化不大，储层相对緻密，和四川运动在川中地区表现微弱等基本地质情况考虑，也可推论油气在层系上的富集程度，在很大程度上取决于各层的资源量。所以，川

1) 李文国，1984，从油气源角度对四川盆地资源前景的探讨。

中加里东古侵蚀界面上、下的古生界地层气源是相当丰富的。但是，能否形成大气藏，关键取决于地史发展中上述古隆起在油气生成的高峰期—印支期及其以后的区域封闭情况、控油能力和所形成的圈闭条件。

三、川中古隆起具有良好的区域封闭条件和控油能力

在加里东鼻状古隆起上，震旦系一下古生界一般残厚1000~1500米，但到外围拗陷可逐渐增到3000米左右，因此二叠纪前，有过油气生成（主要在拗陷区）、运移、聚集（古隆起外围斜坡上的岩性油气藏）和面积散失；但是古隆起及其外围拗陷主要油气生成期是在二叠系沉积之后逐渐加强，到印支期达到高峰的，属二次生油气。

加里东鼻状古隆起在泥盆、石炭纪，由于龙门山中、南段抬起的最高地段下陷为西部大洋的边缘，变成为四周都下倾的古隆起，开始具备大型古隆起的区域封闭条件。以后，二叠纪一下三叠世盆地西南高一东北低，中、上三叠世东高、西低（川西形成幅度很大的川西拗陷），侏罗纪西—西南高、东北低，白垩纪—老第三纪西部和南部形成拗陷。上述各时期，川中地区都处于斜坡部位，因此总体表现出隆起状态^{〔1〕}。特别是二叠纪晚期，在盆地西南一带的大量玄武岩喷发、覆盖（参见图7）和白垩纪—老第三纪在盆地南缘形成的拗陷，大大地缓解了古隆起在地史中向西南翘起、使古隆起幅度减小的局面，增加古隆起的区域封闭能力，使川中—威远古隆起及其以南的大相岭一带成为气区，这种状况一直延续到四川运动之前。

关于晚二叠世玄武岩构成区域性封闭和形成截档覆盖气藏，有如下设想（图8）：

（1）来自地壳深层的玄武岩广泛地分布在四川盆地的西南隅（参见图7），可以在震旦系、下古生界和下二叠系翘起的前方，形成大面积的区域性截档封闭；（2）玄武岩平铺在下二叠统的上面，覆盖一定面积，玄武岩厚度较大、致密，并时夹泥质岩类，总体上可以作为盖层，局部含气孔者还可成为储集岩；（3）玄武岩形成的截档覆盖封闭早于最大成油气期，因此可以捕获、储聚其下覆全部主力气源岩所生油气，并且随着上覆层系向盆地内部加厚，这个储聚油气的楔形体越向盆地边缘翘起，越吸引更多的油气向这里运移，直到四川运动之前；（4）四川运动把玄武岩分布区抬得很高、构造复杂和断裂发育，致密、脆性的玄武岩也易于形成节理和裂缝，所以油气藏有一定的破坏，油气有一定的转移和散失。根据主要目的层埋深和构造活动情况推测，盆地内部地区由于具备较好的区域封闭条件，所以气藏保存者多，破坏者少；盆地以外大相岭地区因抬起的很高，破坏者多，但在断凹中仍有保存下来的气藏。

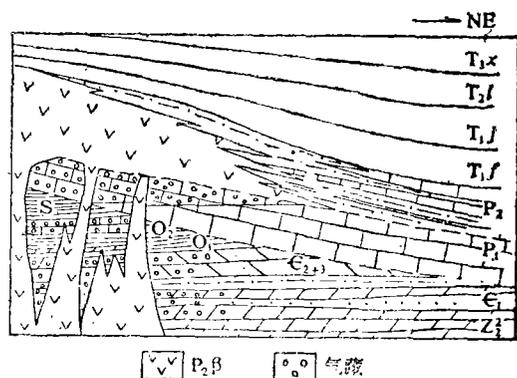


图8 玄武岩截档覆盖封闭油气成藏示意图

盆地西部，由印支—四川运动形成的逆冲带和大型推覆体，已构成良好的区域封闭，其前缘可成为油气富集带。

所以，对盆地内二叠纪以前大型古隆起及其顶部的侵蚀间断面而言，是具备区域封闭条件的。

川中古隆起是早期古隆起中间的一部分，在地史发展中长期处于相对抬升状态，即从志留纪—白垩、老第三纪四周有拗陷环绕，四川运动也没有受到任何破坏（尤其对志留系以前层系），有更好的封闭条件和更大的控油能力。

四、川中古隆起有多种有利的圈闭类型

从整体解剖古隆起的角度看，早期古隆起涉及前二叠系的下海相层系，面积占盆地的1/3；印支期以来的古隆起，范围缩小到川中、川西南地区，但涉及整个海相层系。

根据本区气源丰富、大地构造性质稳定、局部构造远比盆地其它地区稀少和平缓，加上涉及更多的下海相层系，所以早期形成的油气必然以非背斜圈闭的形式富集成藏。从前述古隆起的形成、发展特点，各时代地层分布和沉积相特征，结合现有气藏和工业气井产出情况，初步认为本区有以下几种主要圈闭类型。

1. 岩性油气藏

早期古隆起具水下沉积隆起性质，边沉积边上升，在古隆起的翼部形成一系列的上倾尖灭（地震剖面上分布在寒武系、奥陶系和志留系内的上超点）；古隆起往往控制各层的区域岩性，形成岩性变化带；古隆起控制各层系沉积时的古构造环境、古地形，形成高能滩体、潮坪带白云岩化或溶蚀作用而成的有利储集相带等等，总之由岩性和沉积因素形成的储集实体，都可形成该类圈闭。由于该类圈闭形成于油气生成之前，能更早为油气占据、充满，有利于保持较大的原生孔隙，一般具较好的孔渗性。估计是川中海相层系中层数最多，分布广、储集性能较好的一类气藏。川中地区中、下三叠统的一些气藏多数属于此类。

该类气藏一般规模小、不规则，更依赖于高精度、高分辨率地震勘探和难度大地质综合解释。

2. 与古侵蚀面有关的圈闭

川中地区地层厚度薄，沉积间断相对盆地其它地区多，层间侵蚀幅度大，尤其是下海相层系和顶部由不同岩系组成的侵蚀间断面更为明显。二叠纪前地质图上呈半环状分布的地质界线，基本代表了下古生界相应组段具体岩性的展布。在碳酸盐岩组成的环状分布地带（如中、上寒武统的大套白云岩），必定因经受长期风化、淋滤而形成裂隙、溶洞、孔隙发育的喀斯特岩溶带，构成极好的储集空间。由于这个区域性侵蚀面界于上、下生油层之间，所以不但能储存下古生界的二次所生油气，而且还可作为“新生古储”储集上覆二叠系所生油气。这方面，与川东石炭系储层有丰富的气源和良好的封存条件相似；不同的是，它们受半环状展布的侵蚀界面的性质、起伏和具体岩性所制约。如果具有较大的地形起伏，就可构成了不起的古潜山气藏；如形成前述的喀斯

特岩溶带, 不论古地形是正向凸起还是负向凹带, 都可构成可观的古岩溶气藏。由于这类气藏不依赖于局部构造和断裂, 也不为后期构造发展、运动所左右, 加上平面上呈环带状有规律可循(参见图7), 以及在川中一些地区埋深不大, 所以很有远景, 可能构成四川盆地最优异的一类气藏。但仍依赖于通过高精度地震勘探和深处理解决。

3. 与区域古隆起、古构造有关的早期气藏

地史中古隆起的形成、发展如前所述, 由于川中—威远—龚嘴隆起带和川西坳陷西、南斜坡是多期古隆起的叠合部位, 因此长期构成油气指向, 利于形成油气富集带。其中包括与区域性联片储层(如震旦系顶部)或与区域侵蚀间断面有关的古隆起(古构造)气藏, 和古隆起范围内的上倾地层尖灭岩性气藏。古构造气藏一般规模较小, 往往随着古隆起的变迁而产生或消亡, 因此一般仅分布在一个局部的时空范围, 如龙门山前印支运动形成的古构造。分布在川中地区武胜潼南、安岳、大足一带由早、晚相反方向的古隆起斜坡叠加而成的从震旦系顶和寒武系到志留系顶古侵蚀面组成的古构造, 其位置依次向东南方向位移, 这种在地史中形成的圈闭无疑对储集油气有利, 所以, 把不同层系组成的下古生界顶部区域侵蚀间断面作为构造层研究, 找出古隆起位置和各层高点在地史的迁移有重要意义。

另外, 有的古构造与古隆起的关系密切, 早期的古构造, 后期发展成古隆起, 古构造成为该古隆起上的一个高点, 如威远构造。由于该类圈闭形成的时间与油气生成的高峰期一致, 并在较早的印支期, 利于形成优异的规模较大的气藏。初步研究认为, 现在四川盆地规模最大、储量最多的威远震旦系灯影组气藏, 最初形成于印支期。印支期的威远古构造平缓开阔, 虽然圈闭面积不小, 但闭合幅度不大, 所以储聚的气量有限。尽管四川运动使威远构造的闭合高度急剧增加到800多米, 但气源没有得到有效的补充, 致使现今的含气面积和含气高度仅占闭合面积和高度的四分之一^[6]。

4. 晚期褶皱、断裂形成的各类圈闭

四川运动对加里东古隆起的影响因地而异总的盆地边部强烈、到川中地区微弱、主要表现是:

1) 川中地区, 在四川运动一应力作用下形成具有本区特点的统一变形迹: 平缓的有规律分布的局部构造, 宽缓的区域斜坡, 和与它们配套的更次一级的断裂—绕曲带、裂缝系统。

2) 四川运动继承印支、燕山、喜山期古构造格局把印支期形成的平缓的川中—威远古隆起大幅度抬升, 抬起幅度自川中向西南增大, 如川中约1000多米, 威远3000多米, 龚嘴隆起7000米以上。同时局部构造褶皱强度自北向南增大, 断层增多。

3) 四川运动形成清晰的盆地轮廓——一系列压向盆地的逆冲断裂带。盆地内, 外伴随断裂形成一些隆、断凹, 断凹内有局部构造、潜伏构造和断层、挠曲带等。

上述四川运动形成的隆起带、局部构造、断层—挠曲带和裂缝系统等与古隆起、古侵蚀面和各层有利岩相带等因素结合、叠加, 形成多种复合圈闭类型, 计有:

古隆起与今构造复合型圈闭, 如龙女、广安、磨溪、威远等局部构造;

古斜坡与今构造复合型圈闭, 如荣经断凹内的数个局部构造等;

岩性与今裂缝带(断层、绕曲带)复合圈闭, 如分布在川中地区嘉二及二、三叠系

2. 四川运动在本区的主要运动形式是挤压上升, 形成断隆、断凹。断隆出露前灯影期层系, 油气散失无存。推测断凹内大片中生界覆盖区, 尚有油气保存, 这是因为, 四川运动是逐渐进行的¹⁾, 随着地应力作用, 其过程是: (1) 首先产生应变面和裂缝系统; (2) 继而产生形变、形成褶皱; (3) 进而形成断层及逆冲带……。在产生裂缝系统及局部构造的同时, 油气在应力的驱使下做重新运聚, 首先储层在局部构造及断、挠等圈闭之中。只要圈闭、保存条件没有改变, 以后再如何变动, 气藏存在如故。因此断凹内有较大的油气远景。

2. 各类远景区的主要勘探目标如下:

I 川中—威远地区

主要勘探目标有: ①、长期古隆起与今构造高点复合的下古生界各层系及古侵蚀界面; ②、川中隆起明显受华蓥山断裂带影响的断褶带和裂隙发育区, 主要目的层是二叠系到中、下三叠统; ③、6000米钻机可及的各层岩性圈闭。

II 盆地西南边缘内侧

主要勘探目标: ①、白垩—第三系拗陷轴以南古斜坡翘起区; ②、上二叠统玄武岩覆盖区以下的各类圈闭; ③四川运动形成的局部构造、潜伏构造和断挠封闭; ④重点研究断凹四周逆冲断裂带的性质和区域封闭条件。

III 龙门山中、南段前缘

①、川西拗陷以西古隆起斜坡, 构成长期油气指向, 形成各类早期圈闭。②印支运动形成的各类构造圈闭, 有中坝型。巨厚上三叠统构成区域封闭条件, 一定程度上抵制四川运动的破坏。

IV 盆地西南边界以外的中生界分布区

重点研究断凹四周的区域封闭条件, 主要目标是断凹中的局部构造、潜伏构造和可能的断挠、岩性圈闭。

本文是在我局(包括与我局协作)有关单位“六五”科技攻关成果和提供大量资料的基础上完成的。王贵林等同志参加了与本文有关工作, 在此一并致谢。

参 考 文 献

- [1] 康义昌, 1986年, 四川盆地的基岩结构及其上覆层的关系, 石油实验地质, 第8卷, 第3期。
- [2] 四川省地质局, 1978, 1: 50万四川省地质图。
- [3] 关士聪等, 1984, 中国海陆变迁海域沉积相与油气(晚古生代—三叠纪), 科学出版社。
- [4] 张继铭等, 1984, 四川盆地碳酸盐岩油气田专辑, 石油勘探与开发, 第4期。

1) 许靖华, 1986年在安徽地矿局的讲话。

THE FORMATION AND DEVELOPMENT OF PALEO-UPLIFT IN CENTRAL SICHUAN AND ITS OIL/GAS PROSPECT

Kang Yichang

(Southwest Bureau of Petroleum Geology, Ministry of Geology and Mineral Resources)

Abstract

In this paper, the recent data from wells, regional seismic profile and regional geology have been integrated and it is concluded that the Paleouplift is developed through-out geological history. This nose form paleouplift is a structural erosion uplift with EW trend formed during Caledonian movement and subsequent Devonian-Carboniferous uplifting.

Thereafter, it turned to near NEE trend during Indosinian time and continued to the time of Yanshanian and Xishanian. There are plenty of gas source rocks in the uplift area and there are five sequences where the abundance of organic carbon is computed to be 2 Mt/Km², mainly attributed to Lower Paleozoic and Tengyin Formation(Zn), and some to Permian systems. Based on the resource prediction, the resources of Lower Paleozoic marine facies sequences are of 72 percent of the total resources in the area. The regional sealing condition is excellent for the Paleouplift and its top erosional fault plane during the peak stage of oil/gas generation in Indosinian time without any influence of Sichuan movement.

The traps in the area can be divided into four types: the reservoir related to deposition, the traps related to the control of paleo-erosional plane, gas pool formed in early stage influenced by regional paleouplifting and paleo-structure, and various traps formed in late stage of folding and faulting. Finally, the possible reservoir types and their oil/gas prospects are made for different locations of the paleouplift.