

文章编号:1000-0717(2004)06-0008-06

# 中国克拉通盆地油气成藏特点和勘探思路

张抗

(中国石化石油勘探开发研究院)

**摘要:**克拉通(内)盆地是重要的含油气领域。中国的克拉通破碎性强,经历了多次开合构造旋回并受到晚新生代构造运动的强烈改造,决定了该类盆地油气藏一般有多期多源生烃、晚期定型或成藏的特点,形成原生、准原生和次生油藏的复杂空间组合。其主要成藏控制因素为生烃坳陷、古隆起和古斜坡、不整合和岩溶作用、断裂和裂缝系统、后期保存状况等。适于该类盆地的勘探思路为:确定有效烃源岩,强调古隆起和晚期改造的不同作用,强调对次生储集空间的研究,明确岩性油气藏和天然气勘探的重要地位,自觉地从次生油气藏向近源层逼近,同时还必须形成与之配套的技术工艺体系。图3表1参10

**关键词:**克拉通盆地;油气勘探;多期生烃;多期成藏;油气藏改造;海相油气

中图分类号:TE122.1 文献标识码:A

## 0 引言

中国大陆和陆架的油气主要赋存于两套含油气领域中:①新生代和中生代裂谷系陆相盆地,发育完整的裂谷盆地具断陷—坳陷二元结构<sup>[1]</sup>;②中部和西部克拉通上的坳陷型盆地,有发育程度不等的古生界甚至元古宇,其沉积多为海相。按2002年资料,中国大陆东部和陆架已探明的石油储量占全国的80.4%,新生代裂谷占50.0%(主要分布在断陷内,如渤海湾盆地),中生代裂谷占30.4%(主要分布在坳陷内,如松辽盆地),可以说这类陆相石油是我国目前石油储量、产量的主体。中部和西部克拉通上的坳陷型盆地已探明储量分别占全国探明油、气(气层气)储量的18.8%和78.0%,在鄂尔多斯和四川盆地的天然气储量中,海相碳酸盐岩分别占40.4%和83.7%;塔里木盆地目前已发现的油气藏多赋存于中生界陆相层中,但其克拉通坳陷内部主要烃源岩位于古生界内,目前已探明的唯一大型油田(塔河油田)的主体也赋存于海相碳酸盐岩内。中部和西北这类盆地的待探明可采资源量在全国所占比例,石油为29.2%,天然气为31.0%<sup>[2]</sup>,实现石油产区的战略接替和促进天然气产量持续增长的期望主要寄于这类盆地。鉴于盆地内主体(特别是烃源岩)是海相层和海陆交互相煤系,该类盆地的勘探也是向海相领域的开拓。

发育在古老克拉通块体上的盆地大体可分为两类:克拉通边缘在拉张分裂时可形成大陆边缘盆地(前渊),在挤压拼合时可形成前陆盆地,这类盆地近年来取得了较多的勘探成果并有许多专论。克拉通内部则主要发育相对简单的坳陷型盆地,一般称为克拉通(内)盆地,这类盆地勘探和研究程度较低,是本文讨论的对象。

## 1 中国克拉通盆地的发育特点

### 1.1 块体相对破碎、盆地规模偏小

中国古大陆在显生宙破碎程度较高,形成一批大小不同的大陆壳块体<sup>[3]</sup>,它们与世界上著名古老克拉通相比规模偏小,其中最大的3个为华北(又称中朝)、扬子和塔里木,三大克拉通的总面积为293万km<sup>2</sup>,只有北美克拉通面积(2130万km<sup>2</sup>)的13.4%;同时克拉通块体中有相当部分是变质岩和岩浆岩分布区,沉积岩面积明显小于所在克拉通的面积,而且往往一个克拉通上有数个沉积盆地。克拉通规模小,盆地规模也必然小,影响到其中有机质的总量、聚集烃类总量和保存程度,因而也决定了油气田的规模<sup>[2]</sup>。除了上述三大克拉通外,我国还有一批更小的克拉通块体镶嵌于显生宙活动带内,其上缺失古生界,或在边缘和内部的裂谷中有轻变质的古生代海相沉积,但中、新生代可发生整体性沉降,其陆相沉积有良好的含油气性。值得特别提出的是准噶尔,它的核部有前寒武系深变质岩和下古生界浅变质岩,在晚古生代整体已具克拉通性质;泥盆纪至石炭纪边缘和内部裂谷系发育以海相为主的火山岩和碎屑岩系,裂谷的活动继承到早二叠世,上石炭统到下二叠统有重要的烃源岩,晚二叠世及其后沉积向断陷外超覆并发育巨厚的坳陷型陆相沉积。与之相似的还有羌塘盆地,在下古生界变质基底上有断陷—坳陷二元结构的沉积盖层,上古生界至侏罗系以海相为主。准噶尔和羌塘这两个较年青的克拉通块体虽有许多独特之处,石油地质的总体特征却与华北等克拉通有相近之处。

### 1.2 经历了多开合旋回的叠合发育

由于各开合旋回之间甚至旋回内不同阶段之间构

造格局的变化,与之相应的沉积盆地发育的位置也可以不同也可以部分重叠,隆坳分布、沉积厚度和岩相分区界线的走向等可以有相当大变化,使不同时期的沉积体之间有复杂的叠合关系<sup>[1]</sup>。叠合盆地时代越老,被改造破坏的程度越大,不同沉积-构造层间发育的不吻合使恢复原型盆地和重塑其发展史的难度加大,加上深层勘探技术方法和更高的成本,使其勘探难度大增。

### 1.3 新生代强烈的改造

中国新生代构造格局的巨大变化主要发生在古近纪的东部大陆和陆架裂谷系,使华北和扬子克拉通的东部被切割破碎成盆地山岭地貌。大致在古近纪末到新近纪初,中国大陆架的外缘形成喜马拉雅褶皱带,使裂谷系发生不同程度的反转和改造;新近纪到第四纪,构造与地貌格局的变化更加强烈。西藏地区由原来的近海一滨海区隆起为高原,块体间和块体边缘发生了向南加剧的挤压形变;西北部克拉通块体间形成隆起侵蚀的复活山系,块体的主体则成为相对沉降的坳陷。中国除了渤海湾等盆地和大陆架外,中、东部其它地区都不同程度地处于隆起剥蚀状态。上述强烈的构造运动使其前的沉积盆地和其中的油气经历了程度不同的改造和被破坏<sup>[14]</sup>。

## 2 克拉通盆地油气藏的形成

### 2.1 多期生烃与成藏

#### 2.1.1 与早期烃源岩生烃相应的早期成藏

古老克拉通盆地的中、新元古界特别是古生界不乏良好的生烃岩。当上覆沉积达到足够厚度时它们会生、排烃并向古隆起运聚,在隆起顶部和斜坡的构造和岩性圈闭中形成油气藏。如四川威远地区,位于长宁坳陷的寒武系九老洞组黑色页岩是良好的烃源岩,156块样品的平均有机碳含量达0.97%,它们在志留纪末开始成熟,于二叠纪末达到生油高峰<sup>[5]</sup>。在塔里木盆地内部,以寒武系—奥陶系为主体的烃源岩在早古生代末期已大面积进入生油窗,生成的油在志留系可形成规模相当大(估计可达数十亿吨级)的油藏。在华北克拉通内,中元古界至下古生界的生烃岩系也经历了早期生油过程,除地表油苗外,亦见到与其相应的井下油流。

#### 2.1.2 烃源岩的长期演化与多期生烃

在克拉通盆地多旋回发育过程中,一部分烃源岩由于多次被上覆层深埋,使其热演化程度逐渐提高,在热演化初期和后期的生气量大于生油量,过热阶段已形成的油藏也会被改造而成为气藏。这个过程由于多级次的隆升而中断,在后期埋深大于历史上古埋深后,可继续向高成熟方向演化,生烃和成藏都显示出多期性。

据王一刚等对川东石炭系气藏中的包裹体研究,志留系烃源岩形成的烃有3个成藏期:纯液态烃包裹体的均一温度为90~130℃,相应于2500~3500m的埋深,代表了三叠纪末期形成的石油;气液两相包裹体的均一温度为130~160℃,相应于3500~4500m的埋深,成藏期为早、中侏罗世;纯气态和固体沥青包裹体的均一温度为160~200℃,相应于4500~6000m的埋深,成藏期为晚侏罗世至古近纪<sup>[5]</sup>。在川东卧龙河气田,其志留系烃源岩在晚古生代形成正常成熟度的油气,赋存于石炭系和二叠系中,而中生代生成的高成熟烃则与石炭系和二叠系煤系所生烃一起进入下三叠统(见表1)。

表1 四川盆地卧龙河气田不同层位天然气特征及源岩简表<sup>[5]</sup>

储集层	H <sub>2</sub> S含量	凝析油	δ <sup>18</sup> C <sub>1</sub>	气源岩
T <sub>1</sub>	可能较低		<-36‰	J <sub>1+2</sub> 煤系
T <sub>2</sub>	高,>40g/cm <sup>3</sup>	微含	平均-32.16‰	P煤系为主, S高熟烃源岩
P	低,<10g/cm <sup>3</sup>	不含	平均-31.94‰	S为主, C-P有贡献
C	低,<5g/cm <sup>3</sup>	不含	平均-32.37‰	S海相泥页岩

#### 2.1.3 多种因素造成油气藏烃源的复杂性

从烃源岩及其生烃角度,克拉通盆地内油气田可有3种情况:①同一层系烃源岩在不同地质时期生成不同性质的石油、天然气(包括凝析气)。②同一油气田甚至同一油气藏的烃来自不同时代、不同性质的烃源岩。从我国几个克拉通盆地的烃源岩看,其时代向下可达中元古代,向上可达中生代,甚至古近纪;其类型可为海相、煤系(海陆交互相或滨海相)和陆相的碳酸盐岩和泥页岩;其有机质干酪根类型可为I型、II型或III型。③处于隆起顶部的油气藏可接受来自不同坳陷(盆地)的烃类,而在多旋回演化中隆起高点的迁移又加大了来自不同地区的油气相混的可能性。上述情况使许多油田甚至其中某些油气藏具有多源、多期的成藏经历,油、气呈现某种混源的特征。因而与那些仅经历了一个开合旋回的沉积盆地(特别是新生代盆地)相比,我国克拉通盆地油气藏的成藏史具有明显的复杂性。

### 2.2 后期改造和晚期成藏

#### 2.2.1 后期改造的三种情况

①因隆起而被破坏。轻者在地下水及细菌的作用下而被水洗氧化,散失某些组分,油质变稠;重则仅剩余沥青质,成为“古油藏”,某些纯气田则仅残留其中的硫分而形成自然硫。②在后期隆起、坳陷的相对关系发生了变化和(或)老圈闭的形态发生变化以及形成了新圈闭时,已形成油气藏中的烃类再次运移,部分散失和再聚集。③油气藏被深埋,与更高的温度、压力相应,不仅干酪根新产生的烃成熟度更高,而且已形成的

烃成分也会改变,油藏的部分甚至全部油裂解成气而成为气藏或新的气源。

例如四川盆地威远气田,加里东期末寒武系烃源岩进入生油高峰期,生成的石油运聚于震旦系形成原生气藏;经历了晚古生代的再次沉降,印支—燕山期古油藏中的大部分油已裂解成气,与寒武系高熟烃源岩生成的气一并在当时的古隆起顶部形成资阳古气田;喜马拉雅期的差异隆升使隆起高点迁移到威远,古气藏中的气部分重又聚集在新的低点而成藏(见图1),部分运移至上覆二叠系底部,形成没有商业价值的次生气藏。喜马拉雅期的隆起一方面造成气的散失,一方面使原溶于水中的气因减压而脱出,成为新成藏期的气源之一<sup>[5]</sup>。

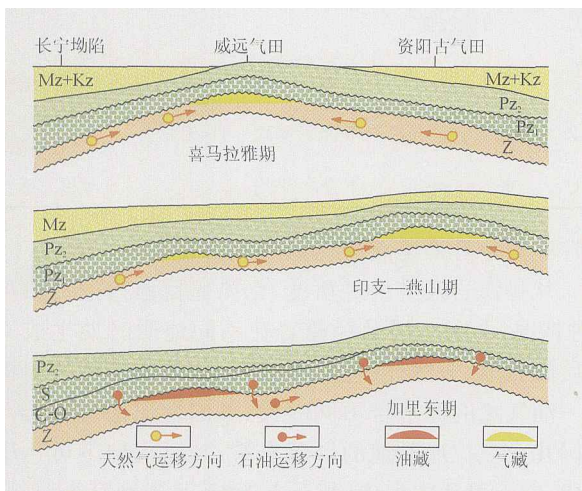


图1 四川盆地威远气田成藏史剖面示意图

### 2.2.2 晚期成藏的重要性

油气藏形成越早,受后期改造和破坏(包括扩散)的影响越大。即使部分保留下来,也会按照后期状况重新定位,并在所赋存的岩石内达到新的油气水平衡。所以晚新生代的构造运动往往起着油气藏定型的作用。对于许多早期形成的油藏,除了有新生成油的补充外,更多地受新生成气的改造。流体的分子扩散作用对油藏(特别是深埋油藏)的影响较小,而对气藏的影响则相当大。如果没有新的气源补充,即使封盖条件相当好的古气藏,其聚集量也会在漫长地质历程中大为降低,气藏甚至消亡。前已述及,我国新生代以来构造运动特别活跃,因而晚期成藏是大中型气藏形成的重要特点之一<sup>[5]</sup>。

四川盆地东部无论是以石炭系为主的气田,还是以二叠系—三叠系为主的气田,都定型于最后也是最强烈的构造形变期——喜马拉雅期。特别是以五百梯、卧龙河、沙坪场为代表的大气田,其成藏的参数明显取决于喜马拉雅期圈闭的诸要素(见图2)。

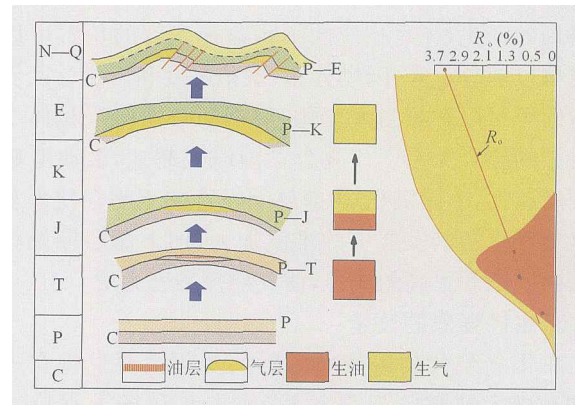


图2 四川盆地东部开江古隆起石炭系气藏演化模式

(据戴金星等,2003)

### 2.3 原生、准原生和次生气藏

笔者把烃从源岩向邻近的储集层运移并聚集到圈闭中而形成的油气藏称为原生气藏,原生气藏被改造、破坏时,烃类运移到新层系并聚集则形成次生气藏,一般次生者在原生者的更偏上、偏浅部位。这种分类反映两种简单而典型的状况。

在我国多旋回叠合盆地中,经历了多期改造的原生气藏一部分可保留在原来层系内,但与原生气藏相比已经发生了重大的变化,体现在4个方面:①形。圈闭的大小及几何形态均可发生变化,大型圈闭可解体或复杂化。②位(空间位置)。不仅表现在埋深上,还表现在相互关系上,如由于后期隆起顶部的迁移,使油气向位置更高的圈闭运移。③量。圈闭内油气聚集量可因散失而减少,或因新的油气充注而增多;如果仅受到一定程度破坏,保留下来的油气藏可称残留油气藏。④质。首先表现在藏内流体性质及相互关系的变化,如油藏变成气藏或凝析气藏,充满度的降低形成很厚的底水层或油水过渡带(如塔中4油气藏),油、气、水之间互溶性的变化等;此外还表现在油气组分(各种碳数烃的比例)和族组分变化,油的氧化和稠油等。上述重大变化已不是原生气藏概念所能容纳了,但它仍与次生气藏有重大差别,笔者建议称为准原生气藏<sup>[6]</sup>,或者更确切地说是经过明显改造的原生气藏。此外,在多源多期生烃条件下,许多次生气藏的烃源也不仅限于原生气藏破坏运移再聚集,往往有其所在层系新生烃的聚集,也表现出混源性。

例如川东卧龙河气田的石炭系气藏是准原生气藏,其上的二叠系气藏便是以次生为主的混源气藏,更上的下三叠统气藏则是混源的准原生气藏(见表1、图2)。塔里木盆地塔河油田的主力油气藏在奥陶系,它经历了加里东期成藏和破坏、海西期的继续充注和破坏,形成了奥陶系和紧邻其上的石炭系原生气藏的雏

型。在海西末期,从缺失二叠系的“天窗”灌入的大气降水沿隆起轴部北北西向断裂带形成地下水活跃带,其破坏作用形成了以塔河4号、7号区块为中心的稠油带。喜马拉雅期大量天然气自下向上注入,使断裂带两侧的稠油密度降低,溶解气增加,局部地区含凝析气顶(如塔河3号区块);而翼部更低部位强烈的气洗作用使奥陶系油藏被改造成高含凝析油的气藏。因此经喜马拉雅期改造的奥陶系油气藏已不再是一般意义上的原生油气藏了,而沿断裂和不整合面向上运移的油气在三叠系成藏形成的次生油气藏也混有石炭系和三叠系自身生成的石油。喜马拉雅晚期改变了该区长期北高南低的古地貌格局,使奥陶系顶部侵蚀面的各层也由南倾变为北倾。与之相应,早期形成的奥陶系、石炭系和三叠系的准原生一次生油气藏也作最后的调整而定型,导致塔河油田纵向形成准原生一次生的多个油藏的复杂组合<sup>[7]</sup>。

克拉通盆地内从原生、准原生到次生的油气藏既是成藏的时间序列,也造成了油气藏复杂的空间组合。它体现在:①不同类型、不同烃源岩和形成期油气藏的立体组合;②多层系含油气形成多套油气水系统,可能有少数的主力层系,但含油气层可能在纵向上有相当大的分散性;③不仅平面上有生烃中心附近、纵向上有生烃层上下的油气藏,而且有较远距离运移、远离生烃层系(远源)的油气藏。因而要更灵活地理解源控论。

### 3 克拉通盆地油气成藏的主要控制因素

#### 3.1 生烃坳陷

克拉通的稳定性使其海相层中以水体较浅的台地、潮坪等为主体,深水类的岩相和饥饿型沉积占比较低,它们仅分布在克拉通边缘或内部狭长的“槽盆”中。克拉通内继承性发育的坳陷中堆积了体积可观的烃源岩,巨大的生烃量是使克拉通内可以形成相当规模的油气田群的物质基础。但要使经较强破坏改造的油气藏仍具有经济价值,烃源岩评价中就要强调生烃岩的有效性,提高生烃总量和生烃岩有机碳含量等评价指标的下限,以凸现真正有远景的勘探区块<sup>[8]</sup>。

综上所述,应特别注意:①克拉通盆地内拉张期的裂堑发育及它所相应的“槽盆”沉积;②重视克拉通边缘盆地的深水一半深水相沉积;③重视煤系地层的生油特别是生气潜力;④与形成有经济价值的油藏、气藏相对应,具体确定不同盆地不同时代泥质岩类和碳酸盐岩类烃源岩有效性指标下限。

#### 3.2 古隆起

地质历史上生成的烃类必定向与其生烃期同时或

稍晚的古隆起方向运聚。四川盆地中部与寒武系烃源岩生烃对应的加里东期乐山—龙女寺(或称川中)古隆起,川东与志留系和石炭系一二叠系烃源岩生烃相对应的海西—印支期开江古隆起,川西与三叠系烃源岩生烃相对应的北东东向成排分布的燕山期古隆起(如孝泉—合兴场、彭州—大邑等),都起了这种作用。它们之上形成的原生油气藏是后期形成四川大气田群的物质基础,其准原生气藏如川东石炭系气藏,次生气藏如川西北侏罗系和白垩系浅层气藏。塔里木盆地与下古生界烃源岩生烃对应的加里东—海西期塔中、塔北古隆起上形成了志留系碎屑岩和奥陶系碳酸盐岩中的油气藏,没有这些油气的早期积聚,后期和晚期成藏便缺少了重要的烃源。

克拉通盆地内的古隆起可分为两类。一为盆地内部的,两侧或周围都有生烃坳陷,如塔里木盆地的塔中、塔北隆起,上扬子区的川中、黔中、雪峰隆起<sup>[9]</sup>、鄂尔多斯盆地古生代的西部隆起<sup>[10]</sup>等。另一类在盆地边缘,呈斜坡状向盆地内倾斜,如塔里木盆地东北部的孔雀河斜坡。显然前者的含油气性更好。本文所讨论的古隆起既包括其顶部也包括大面积的古斜坡。古隆起顶部容易形成油气聚集,如四川盆地开江古隆起轴部油气的古丰度值高,在其解体后形成的气田规模也较大。但古隆起顶部也容易受到破坏,如塔北隆起南坡奥陶系油藏保存比顶部好。此外,还要注意古隆起顶部的位置有时也有转移,如川中古隆起(见图1)。

#### 3.3 不整合和岩溶

##### 3.3.1 多级多次的不整合和沉积间断

沉积学和层序地层学研究表明,克拉通盆地内发育多级、多次的侵蚀和沉积间断。级别最高的是开合构造旋回末期经历时间相当长的区域性隆升,在盆地边缘和内部隆起,多形成明显的角度不整合。级别低的沉积间断只在隆起上有明显的地层缺失,向坳陷内缺失地层减少,间断面上下的差别不明显(在地震剖面上多表现为上下层之间的不整合、下切、顶超等现象),甚至可过渡为连续沉积。经过详细的化石带和层序地层研究,在过去认为是整合连续的地层中已发现了更多的间断面。沉积间断和不整合的级别越高,对沉积盆地和有机质演化的影响越大。从破坏作用上看,它促使有机质和已形成的油气藏被氧化和散失,从建设作用上看,它可使不整合面下发育表生岩溶作用,形成新的储集空间,不整合面本身可成为油气后期运聚的良好通道。此外,勘探中要特别重视不整合面上下原型盆地的沉积和生烃中心转移,后者使深部构造的圈定更加困难。

### 3.3.2 多类型的岩溶作用

岩溶作用是几乎伴随沉积岩形成演化全过程的地质作用。地质历史上伴随隆起和侵蚀的表生岩溶影响最大也更多地被研究。但沉积的准同生期岩溶现象对白云岩的影响相当明显。深埋成岩过程中也伴有岩石和矿物被多种类型地下水溶蚀的现象,特别是与深部热液活动和有机酸有关的深部岩溶现象,而有机酸恰是生烃过程中的产物之一。显然,应研究沉积岩从沉积直到后生作用全过程的岩溶,还应注意从表生到深成的岩溶作用在地质历史上也是多旋回、多级次发育的。对于时代较老的沉积岩,原生孔隙的消失是影响其储集性能的重要不利因素。老地层主要靠岩溶作用形成和改造的孔、洞、缝来提供有效储集空间。从宏观的洞穴和裂缝直到微观的粒内、粒间溶孔,其多类型多级别的发育不只影响到碳酸盐岩,也影响到碎屑岩。

### 3.3.3 不整合和岩溶作用在古隆起上特别发育

古隆起(特别是其顶部)是不整合和相应的表生岩溶作用最发育的地方,缺失的地层最多,表生岩溶发育时间长、影响深度大。以塔北隆起南翼的阿克库勒(轮南)古隆起为例,它的大部分地区志留系一泥盆系和中、上奥陶统被剥蚀,上古生界逐层向古隆起顶部超覆(见图3),直到三叠纪初期,凸起顶部局部地区还有奥陶系暴露地表的“天窗”。这种构造背景是塔河油田和轮南油田古生界油气藏形成的主控因素,也是塔河4、塔河6等区块形成稠油的主要原因。

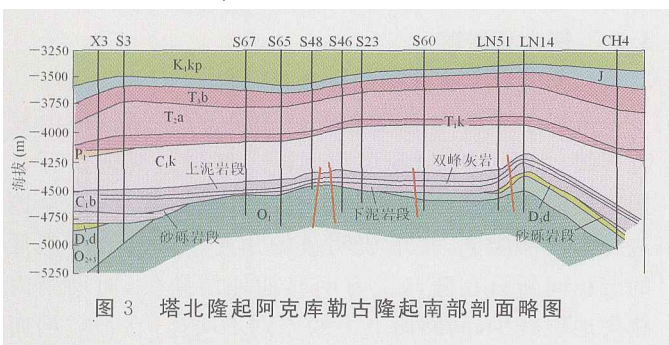


图3 塔北隆起阿克库勒古隆起南部剖面略图

### 3.4 断裂和裂缝系统

在相对稳定的克拉通内部,平缓构造背景上的局部断裂带具有重要意义,它往往形成较好的构造圈闭。断裂系统与不整合以及岩溶相匹配时形成了三维的运移通道,促使油气跨层系运移和富集。地震剖面上所能呈现的断裂实际只是庞大复杂的断裂-裂缝系统的一部分,许多低级别的断裂和裂缝往往难以直观表现,地震剖面上的断裂消失端、断裂的侧旁往往是裂缝仍很发育之处。应使用多种手段去识别这种较稳蔽的裂缝系统,还应估计到地质历史上曾存在的多类型、多级次裂缝系统的影响,这样才能对复杂的油气运移通道及

裂缝系统对油气运聚的影响有较全面的认识。

### 3.5 后期保存状况

克拉通盆地的多旋回发育使早期的烃源岩和油气藏受到很大的改造和破坏。特别是在晚新生代隆起区,强烈的隆起剥蚀使许多较老地层的油气外泄,地表或浅井(包括煤井)中常见活跃的油气显示或低产油流。这在我国南方(特别是东南部)古生界一中生界出露区表现得甚为典型。显然,即使曾有好的烃源岩,曾有过相当规模的油气聚集,假若破坏严重不能保存到现代,或者已经成为无经济价值的“古油藏”,也不能给予好的远景评价。在破坏严重的改造型盆地内,居首位的成藏因素是保存状况,要强调按保存单元进行评价,强调重塑历次构造运动的改造情况。这之中,研究地下水是一个重要手段,如果河流的侵蚀基准面相当深,地下水活动的影响可以达到相当大的深度,井下产出的是淡水或海相地层中的地层水矿化度并不明显超过海水,则可以判断其保存条件欠佳,作为远景评价中有很重大权的否决票。

综上所述,克拉通内盆地油气藏的突出特点在于油气藏成藏历史的复杂性及其所形成的油气藏本身的复杂性。这些复杂性均源于不同时期控制成藏因素的不同,它体现着古隆起和今构造、早期成藏和晚期定型等形成与改造两方面的辩证统一。

## 4 克拉通盆地油气勘探的总体思路

### 4.1 从烃源岩的发育方面坚定对含油气远景的认识

只要克拉通内盆地有相当体积的有效生烃岩系发育,就应坚定信心,锲而不舍地坚持探索。依托这一重要的含油气领域,配合新区的克拉通边缘的山前盆地和中、新生代裂谷系等领域,实现产区的战略接替。

### 4.2 古隆起及其控制作用

克拉通内沉积稳定,地震勘探多可以得到大面积可追踪的多层反射界面。配合若干深井的综合解释,往往在盆地评价的阶段就可以确定一级构造分区,并发现古隆起存在的证据。应自觉地抓住这一主导性的影响因素,在勘探中不断深化研究古隆起对沉积和油气成藏的控制作用,以少走弯路,抓住盆地主要含油气层系,尽快发现主力油气田(群)。四川、鄂尔多斯和塔里木盆地的勘探史都证明了这点。

### 4.3 强调后期特别是晚新生代的改造作用

在多源多期生烃成藏和成藏后的多期多类型改造作用中,晚新生代的演化居最重要的地位:①它可以使历经沧桑而保存下来的油气藏在晚近的破坏下丧失经济价值;②它是多数油气田的最终定型期;③晚期生成

或注入的烃是重要的烃源,对易散失的气而言更加重要。正因为后期改造的巨大作用,使克拉通内早期生烃中心与最终形成的油气田的空间关系不那么直接密切,不能套用在新生代断陷中形成的源控论的简单模式。

#### 4.4 次生孔缝洞成为主要的储集空间

储集层越老,原生孔隙存在的可能性就越小,次生孔缝洞是主要储集空间。岩溶是其主要成因机制,不但形成了各种级别的孔和洞,而且改造了裂缝并增大了其连通性。因此全面研究多期的地表和深部岩溶是重要的课题。还必须注意次生孔缝洞发育的两种类型:似层状和不规则的缝洞网络。对于后者来说,储集体和封堵体可同时存在于岩性基本一致的层内<sup>[7]</sup>。显然,在克拉通盆地油气勘探中,复杂的岩性油气藏有重要地位。

#### 4.5 从次生油气藏向近源层探索

在克拉通盆地复杂的成藏组合中,次生油气藏一般分布于较浅层系,它的储集层物性较好,因而往往是较易发现的目标。一旦证实了它是来自深部烃源岩的次生油气藏,就要自觉地向深部、向邻近烃源岩的层系开拓,必须克服深度增大带来的不利因素,克服技术上的巨大困难并投入成倍增加的资金。正是有了这个指导思想,才有从伊奇克里克小油田到依南2号大油田和从塔北三叠系中、小油田到塔河大油田的发现。在川西北浅层气探明后继续向近源的深部探索,新851井(无阻流量151.4万m<sup>3</sup>/d)的发现突破了上三叠统气藏勘探,它的构造圈闭规模大,气层产能高(新851井试采16mm油嘴产气2.4亿m<sup>3</sup>,压力仅降1.29MPa),含气远景更好,已展现出川西深层的巨大发现潜力。

#### 4.6 天然气具有更重要的地位

克拉通盆地早期的海相和煤系烃源岩只有在处于长期隆起区和低地热梯度条件下才能保存油藏。多数情况下烃源岩已高熟和过熟,以生气为主,早期的油藏也裂解而形成气藏。因而这类盆地以气藏和凝析气藏所占比例为大,且油藏中溶解气的含量也明显加高。但如果有中生代陆相烃源岩,则仍可形成相当数量的油田(如鄂尔多斯、川中)。

#### 4.7 配套的勘探技术体系

克拉通盆地(特别是其深部层系)的勘探有许多技术难点,如获得品质良好的深层地震信息,高压和塑性地层(盐类和厚层泥岩)的钻井,对致密和低压油气藏的识别、保护和改造,对复杂岩性油气藏的地震识别和储集层建模等,都是突出的问题。这些环节中有一个

不过关都会影响到勘探的成败。必须经过艰苦的攻关研究,建立适合不同目的层的配套勘探技术系列,才能保障这些新区新领域的开拓。

#### 参考文献:

- [1] 张抗. 沉积盆地的演化和结构[A]. 中国地质科学探索[C]. 北京: 北京大学出版社, 1989. 332-333.
- [2] 张抗, 周总瑛, 周庆凡. 中国石油天然气发展战略[M]. 北京: 地质出版社, 石油工业出版社, 中国石化出版社, 2002. 87-135.
- [3] 张文佑. 断块构造导论[M]. 北京: 科学出版社, 1984.
- [4] 张抗. 断块开合说——我国大地构造研究的新思维[J]. 地质论评, 1996, 44(5): 449-455.
- [5] 戴金星, 陈践发, 钟宁宁, 等. 中国大气田及其气源[M]. 北京: 科学出版社, 2003. 1-199.
- [6] 张抗, 王大锐. 中国海相油气勘探的启迪[J]. 石油勘探与开发, 2003, 30(2): 9-16.
- [7] 张抗. 塔河油田的性质和塔里木碳酸盐岩油气勘探方向[J]. 石油学报, 2001, 22(4): 1-6.
- [8] 饶丹, 章平澜, 邱蕴玉. 有效烃源岩下限初探[J]. 石油实验地质, 2003, 25(增刊): 578-581.
- [9] 许效松, 汪正江. 对中国海相盆地油气资源战略选区的思路[J]. 海相油气地质, 2003, 8(1-2): 1-9.
- [10] 张抗. 鄂尔多斯断块构造和资源[M]. 西安: 陕西科学技术出版社, 1989.

作者简介: 张抗(1940-), 男, 山东费县人, 中国石化石油勘探开发研究院教授级高级工程师, 从事石油地质综合研究、中国油气发展战略和中国大地构造研究。地址: 北京市海淀区学院路31号, 中国石化石油勘探开发研究院, 邮政编码: 100083。

收稿日期: 2004-07-11

(编辑、绘图 王孝陵)

## Oil and gas accumulation in craton basins of China and exploration strategy

ZHANG Kang (Petroleum Exploration and Production Institute, Sinopec, Beijing 100083, China)

**Abstract:** The craton basins in China had been reconstructed by multiple structural cycles, including the Late Cenozoic violent structural movement with strong fragmentation, causing the multi-source and multi-period hydrocarbon generation and the late hydrocarbon accumulation and the progenic and hypo-progenic and deutero-genic oil reservoirs compose a complicated spatial combination system in these basins. So the hydrocarbon generating depressions, palaeohigh, palaeoslope, unconformity surfaces, palaeo-karst, faults and framework of fault as well as the conservation conditions in late period become primary factors for controlling the formation of hydrocarbon pools. In consequence, an adaptive exploration strategy for the craton basins of China could be proposed as to identify the effective source rock, attach importance to palaeohigh and late reconstruction and deutero-genic reservoirs, pay attention to the exploration of lithologic deposit and natural gas pool, approach the targets that are closer to the source rocks from the deutero-genic oil pools self-consciously as well as build up a complete set of technologies and techniques.

**Key words:** craton basin; oil and gas exploration; multi-period hydrocarbon generation; multi-period accumulation; reconstruction of oil and gas pools; marine oil and gas