

<http://www.geojournals.cn/georev/ch/index.aspx>

中国陆上主要含油气盆地石油地质基本特征

赵文智 何登发 宋岩 靳久强

(中国石油天然气总公司石油勘探开发科学研究院,北京,100083)

内容提要 中国大陆是由若干大小不等的克拉通与不同时代的造山带组成的拼合体,在显生宙经历了古生代陆洋分化对立阶段、石炭纪—二叠纪软碰撞转化阶段和中、新生代盆山对峙发展阶段,从而形成了陆上3类叠合型盆地:即克拉通与前陆叠合、断坳叠合及残留与新生盆地的叠合。长期继承发育的大型叠合盆地拥有丰富的油气资源,富生烃坳(凹)陷则控制了盆地内油气资源的主体。多旋回发展与多类型生烃母质富集决定了陆上富油油气。大型坳陷湖盆的振荡发育与湖水频繁进退造成生、储油层的间互与侧变接触,形成了3种连片含油类型。古地温场是影响中国陆上油气藏形成与分布的关键因素。强烈的后期改造影响到油气的分布,并增加了勘探难度。

关键词 中国陆上 石油地质 叠合盆地 富烃坳(凹)陷 连片含油类型 晚期成藏

近半个世纪以来,我国陆上石油工业发展迅速,已建成若干个大型油气生产基地和一批中小型油气生产区,有力地促进了国民经济的建设和发展。同时,也形成了有中国特色的石油地质理论。近十年以来,随着勘探工作的深入和发展,揭示了一些新的石油地质现象,同时对陆上盆地石油地质条件与规律的认识也在变化发展。及时对这些现象进行分析和总结,使之上升为规律性的认识,对加快陆上油气勘探有着重要的指导意义。

1 中国大陆区域地质特征

1.1 中国大陆的基本地质结构

现今的中国大陆及其陆缘海域属欧亚板块的一部分,它主要涉及两条活动的板块边界:东侧为岛弧型洋—陆汇聚边缘,大洋板块沿日本—琉球海沟一线向西俯冲消减;西南侧为陆—陆碰撞造山带,喜马拉雅山脉和青藏高原就是这一碰撞作用的产物^[1,2]。

中国大陆板块经历了长期复杂的演化历史。它是由多个古板块(如华北、华南、塔里木、哈萨克斯坦、西伯利亚等)经碰撞、增生和拼接而成的。中国大陆即是由若干个固结时代不同、大小不一的克拉通(上述古板块的核心稳定部分)与不同时代形成的造山带焊接而成的,表现为一系列克拉通块体和造山带的拼合体。这种非均质的统一体在拼合前和拼合后都会有共性的发展和个性的演化,它无疑将影响到中国陆上石油地质的共性规律和个性特点。

1.2 中国大陆板块的阶段性演化特征

自古生代以来,中国大陆板块的构造演化经历了古生代陆洋分化对立阶段、石炭纪—二叠纪软碰撞转化阶段和中、新生代盆山对峙发展阶段(图1)。

中国大陆在古生代末完成拼合以前,基本的构造面貌是大陆板块与大洋板块的分化与对立。在从元古宙到古生代的整个发展过程中,中国大陆经历了几次开合的演化,但总的趋势

是离散的模式在缩小,而敛合的趋势在扩大。反映在古生界上、下两套层系上,各大陆块体上发育的下古生界差异性大于共性。例如塔里木、华北与扬子板块上发育的下古生界无论从岩性组合、岩相分异,还是石油地质条件都有明显的不同;上古生界的共性多于异性,如石炭系煤系源岩与海陆过渡环境的发育在各大陆块体上都或多或少存在。这一时期主要的运动形式是大洋的增生扩大与俯冲消减。因此,主要的构造变形发生在大洋板块部分,大陆内部虽然也有变形,但相对微弱,基本的构造面貌是大隆起、大拗陷与斜坡。

中国大陆在古生代末完成拼合以后,进一步的发展受欧亚、太平洋与印度三大板块之间相互作用的控制。西部地区主要表现为羌塘—拉萨—印度板块由南向北漂移,并在中生代逐次完成在中国大陆南缘的增生拼贴,直到始新世末发生印度板块与中国大陆的冲撞。西部地区中、新生代以来的挤压变形作用早弱晚强,并在进入第三纪以后,有挤压愈演愈烈的趋势^[3]。反映在沉积记录上,是早期沉积连续性较好,大湖大盆较发育,晚期沉积则分隔性趋于强烈,红层磨拉石增多,地层的可对比性也变差。此外,自中生代以来以挤压为主的构造运动,始终使西部地区的重力场处于不均衡状态,表现为地壳厚度明显偏大,盆地的沉降与地壳下拗同步进行,导致地温场呈降温发展。这一方面使生油门限变深,另一方面使储层物性变差。中国东部中、新生代的发展则主要受欧亚大陆与太平洋板块之间相互作用的控制^[4],中生代早期以隆起为主,中后期到第三纪则表现为伸展和拗陷,其中松辽盆地表现为侏罗纪至早白垩世断陷,晚白垩世拗陷。渤海湾盆地侏罗纪—白垩纪呈局部断陷,第三纪则强烈伸展。中国东部的伸展作用也有随时间发展而增强的特点。反映在沉积记录上,早期沉积分隔、分布局限,红层与火山岩较多,晚期沉积广泛,湖相发育,形成良好的生储油岩系(松辽的上白垩统与渤海湾的下第三系)。同时伸展使地温梯度增大、生油岩充分熟化和排烃,形成丰富的油气资源。

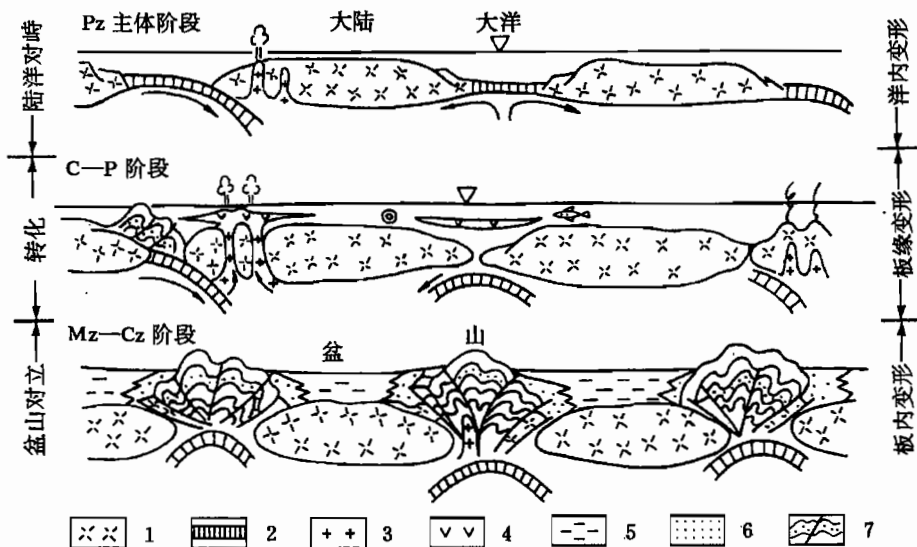


图1 中国大陆板块构造演化三阶段模式图

Fig. 1 Model of tectonic evolution of continental plates in China
 1—克拉通;2—洋壳;3—侵入岩;4—喷发岩;5—泥岩;6—砂岩;7—造山带
 1—Craton; 2—oceanic crust; 3—intrusive rocks; 4—eruptive rocks;
 5—mudstone; 6—sandstone; 7—orogenic belts

石炭纪—二叠纪的发展处在陆洋对峙向盆山对立过渡的转化阶段。这时期大洋盆地尚未完全成山,但大陆板块已在底层接触,实现了软碰撞,陆陆之间原为大洋盆地所占据的区域,构造稳定性大大增强,海水的深度也变浅,生物数量也因水中含氧量增加而增多,利于生油的沉积条件趋好。加上原克拉通之上的稳定沉积,就形成了广泛分布的石炭系—二叠系生储油层系,这是陆上今后扩大勘探的重要层系之一。

1.3 多旋回构造运动与多期盆地叠加

古生代板块的运动形式主要是大洋的增生与俯冲消减。这一阶段主要发育了被动陆缘盆地和克拉通盆地。控制盆地油气潜力的主要因素是古地理、古气候以及油源母质的类型与丰度,如四川盆地的志留系为厚近千米的克拉通盆地内台地相泥页岩,富含笔石,有机质丰富,是四川盆地的主要烃源岩之一^[5]。

石炭纪—二叠纪过渡阶段,大陆块体的汇聚和联合已基本形成,海水变浅,在克拉通上形成了广泛的海陆交互相沉积,盆地类型仍以大型克拉通盆地为主。该期盆地油气潜力的控制因素除了岩相古地理和源岩类型之外,构造位置及活动性也起着重要的作用。如准噶尔盆地在石炭纪由于北部已与西伯利亚板块拼合,构造变形主要发生在板块边缘,火山活动频繁,沉积了巨厚的海相火山碎屑岩建造,早二叠世盆地周缘大部已褶皱成山,但在南部仍与海相通,处于相对稳定的沉积环境,沉积了海陆交互相的碎屑岩建造,成为准噶尔盆地的主力烃源岩层系。

中、新生代中国大陆已连为一体。板内的变形和调整,即盆山关系的对峙与发展是制约该期盆地油气潜力的关键因素。如柴达木盆地自侏罗纪开始内陆盆地演化,受控于南部板块边缘的挤压俯冲作用,它的发生发展明显受到周缘造山带的影响。早侏罗世,阿尔金断裂带为右行走滑,在柴达木盆地陆块的北缘形成了山前断陷盆地。早第三纪阿尔金断裂左旋活动,在陆块西部造成剪张断陷,使第三系的烃源岩局限于盆地西部。晚第三纪至第四纪,由于印度板块碰撞后继续向北推挤,青藏高原急剧隆起,使盆地的沉积中心东移,形成了第四纪坳陷盆地。

随着运动体制的演化与转变,上述盆地类型在时空上发生复合与叠加,又形成了一系列新的盆地类型^[4]。

2 陆上含油气盆地石油地质基本特征与油气分布规律

2.1 长期继承性发育的大型叠合盆地控制了陆上油气资源的主体

中国大陆在不同的构造发展阶段形成了类型多样的原型盆地,这些原型盆地的多期叠加就形成了我国陆上的一系列的大型叠合盆地。按叠合的特点可以分为3种类型:①克拉通-前陆叠合盆地;②断陷-坳陷叠合盆地;③残留-新生叠合盆地(图2)。

克拉通与前陆盆地的叠合以塔里木、陕甘宁和四川盆地为代表(图2)^[6,7]。这类盆地的石油地质条件有以下优越之处:①海相克拉通原型盆地发育并保存完好,且与上覆前陆盆地继承发展。因而海、陆相两大套层系均发育良好的烃源岩,构成剖面上多层系、平面上多凹多中心生储油,生油气量大,资源潜力雄厚;②海相古生界富气,陆相中生界富油,构成盆地富油又富气的良好找油气前景;③海陆相层的成藏条件与油气分布有不同的特点和规律。古生界油气多聚集在与大隆起和大斜坡及大的地层岩性尖灭带有关的隐蔽与复合圈闭之中,油气藏的规模比较大;中、新生界气聚集则多在构造圈闭中形成,油气藏规模大中小兼而有之。古生界源盖共控油气现今的赋存部位,近源又为优质盖层覆盖区,找油气远景较好。中生界油气分布服从于源控论,生烃凹陷内部和边缘是主要的油气聚集部位。

断(陷)坳(陷)叠置形成的大型叠合盆地,以准噶尔、松辽和渤海湾盆地为代表,柴达木盆地也可归入此类。这类叠合盆地的石油地质条件有以下优越之处:①由克拉通活化或在年轻地台上通过伸展产生断陷盆地,进而由热沉降形成大型坳陷,叠置形成大型断坳叠合盆地。断、坳两个阶段都有生储油条件,但资源潜力不尽相同。如渤海湾盆地断陷期富烃,而坳陷期潜力则较差;松辽盆地坳陷期富烃,但断陷阶段潜力就相对有限。这主要是与断坳两个阶段盆地发育程度、保持时间与回返早晚有关。两阶段皆发育充分者,则有双层系富烃的好情况(如准噶尔的石炭系和二叠系)。②地温场古高今低,但总趋势是高地温,导致生油岩热熟化充分,排烃效率高,油气资源丰富。③断坳叠合,常常形成一个凹(坳)陷生烃为主,其他凹陷为次,构成富生烃凹(坳)陷,油气资源集中分布。④油气分布受源岩控制,下气上油,心稀边稠,分布呈环带状,具有复式聚集的特征。

第三类是残留与新生叠合盆地。我国南方海相中、古生界与陆相中、新生界叠合形成的诸

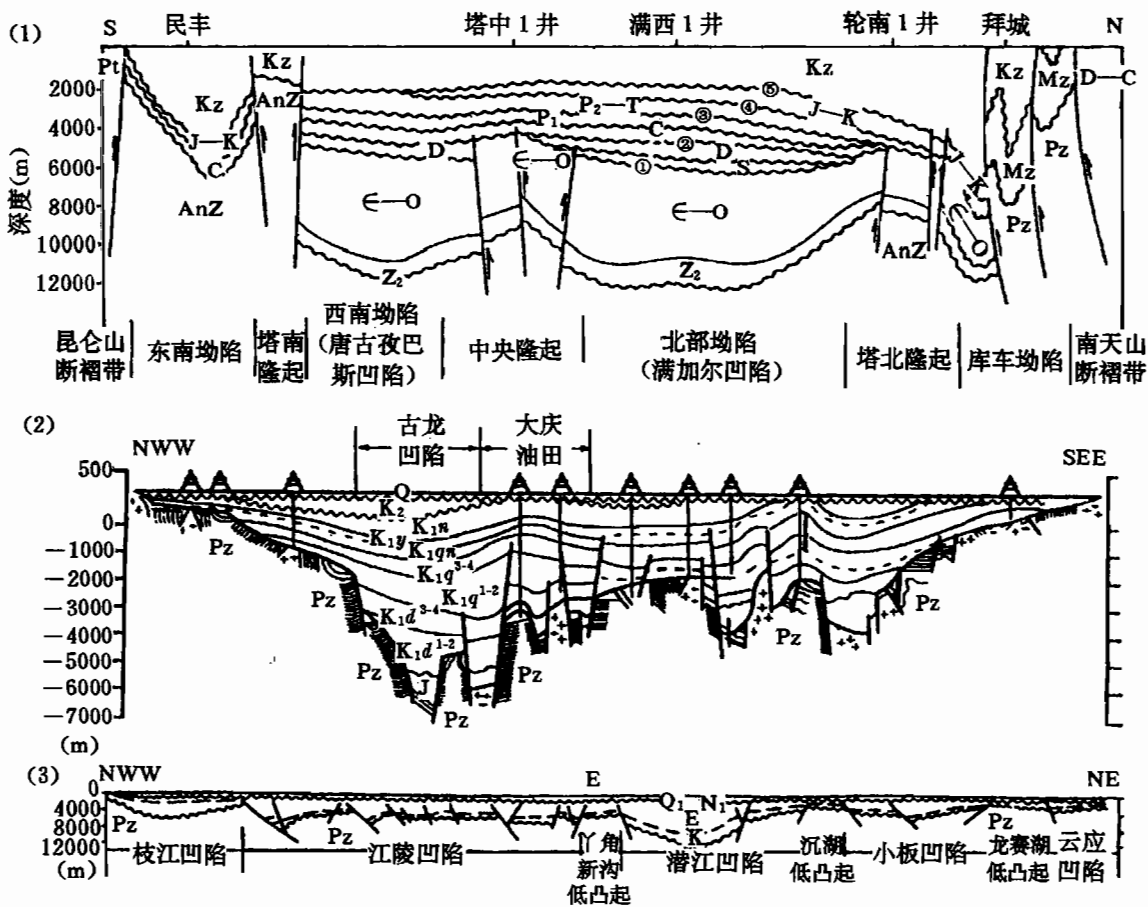


图 2 中国陆上三类叠合盆地模式图

Fig. 2 Three types of superimposed basin models of the on-land basins in China

(1) 克拉通-前陆叠合型(如塔里木盆地); (2) 断陷-坳陷叠合型(如松辽盆地); (3) 残留-新生叠合型(如江汉盆地)
 (1)—Type of cratonic-foreland superimposition as in the case of the Tarim Basin; (2)—type of faulted-depression-downwarping depression superimposition as such in the Songliao Basin; (3)—type of remnant-neogenic basin superimposition as such in the Jianghan Basin

盆地、西部地区褶皱带与克拉通边缘分布的一些石炭系、二叠系与中、新生界叠合的盆地都可归入此类,有以下石油地质特殊性:①很难确定残留盆地属原始沉积体系的哪一部分,新生盆地沉积有无生储油条件取决于盆地汇水与保持的时间,因此残留-新生叠合的盆地上下层之间油气成藏的继承性最差。②残留沉积的原生油气藏保存在原始生储油条件比较好、盖层条件发育与后期构造相对稳定的有利保存单元之内。二次生烃或新生油气藏能否形成取决于新生盆地叠置后的热效应是否超过早期经受的热状态;新生盆地的生烃和成藏服从于源控论,横向变化很大。③油气资源潜力变化很大,勘探风险很高。

上述三类叠合盆地以前两类的油气资源潜力最大,勘探前景最好。第三类叠合盆地有潜力、有前景,但有很高的勘探风险,需要逐步加深认识。

大型叠合盆地有着丰富的油气资源。经二轮油气资源评价,我国陆上八大叠合盆地拥有的石油资源量和天然气资源量分别占陆上石油和天然气总资源量的79.7%和82.9%。这表明,八大叠合盆地既是陆上现今油气勘探生产的基地,也是今后勘探发展的主战场^[5]。

2.2 盆地的油气资源分布受控于富生烃坳(凹)陷

富生烃坳(凹)陷是指一个盆地中生烃量最大、资源量最多和控制盆地主要油气储量和产量的坳(凹)陷。我国陆上大多数盆地尽管类型不同,盆地分隔分化的程度也有很大差异,但总有一个或数个凹陷继承性最好,接受沉积的厚度最大,生油条件最佳与油气资源潜力最雄厚。统计表明,富生烃凹陷控制了盆地主体油气资源的分布。例如,陆上八大叠合盆地占有石油资源量的76%。五大富气盆地(四川、陕甘宁、塔里木、准噶尔和柴达木)共拥有天然气资源量 $21.5 \times 10^{12} \text{ m}^3$,其中富气凹陷共拥有资源量 $10.3 \times 10^{12} \text{ m}^3$,占47.9%。渤海湾盆地有47个凹陷,拥有石油资源量共计 $188.4 \times 10^8 \text{ t}$,其中占凹陷总数不足1/9的5个富烃凹陷(辽河西、大民屯、东营、沾化和歧口)就拥有石油资源量 $99.8 \times 10^8 \text{ t}$,占盆地总资源量的53%,占有探明储量 $49.3 \times 10^8 \text{ t}$,占盆地已探明储量的67.5%。以上说明,富烃凹陷控制了盆地油气资源的主体,即控制了盆地油气产量和储量的主体,它们始终是盆地扩大和深化勘探找油的主战场。

富生烃凹陷往往继承发育,不仅有多套生烃岩系,而且有多套理想的生储盖组合。富生烃凹陷在长期继承发展中,中心区接受了以生油岩为主的沉积组合,是主要的生油气区。凹陷的边缘受多物源输入形成多期叠置的洪积、冲积与三角洲相砂岩体,并伴随着盆地的振荡与湖水的进退而在平面上表现出向湖区推进与向岸边退缩的变化,因而形成生、储油岩体的交互与侧变。油气自中心生成后,向四周运移、构成油气聚集的环带状模式,这是富生烃凹陷油气聚集的主要形式。准噶尔盆地玛湖—阜康凹陷、渤海湾盆地东营凹陷、陕北中生界、吐哈台北凹陷等已较充分揭示了油气聚集与分布的富生烃凹陷,油气都具有环带状分布的特点。

2.3 多旋回发展与多类型母质堆积为陆上含油气盆地富油富气提供了物质基础

中国陆上含油气盆地发育有5套烃源岩(震旦系—寒武系—奥陶系、石炭系—二叠系、三叠系—侏罗系、白垩系和下第三系),具有多种生烃母质,如腐泥型、腐殖-腐泥型和腐殖型有机质。生烃母质与热演化程度差异形成了我国陆上多种油气资源的特点。

深层古生界埋藏深,经受热作用的历史长,形成丰富的深层热裂解气资源。如塔里木盆地古生界、四川盆地古生界、准噶尔盆地腹部三叠系以下层系和陕甘宁盆地古生界,以及南方海相古生界等,这些地区的海相古生界 R_1 一般 $>2.0\%$,最高已经超过 4.0% ,具备产生热裂解气的有利条件。热裂解气资源量在 $14.1 \times 10^{12} \text{ m}^3$,占陆上天然气资源量的46.5%。

我国陆上沉积盆地曾经出现过两大区域性分布的温暖潮湿气候期,发育了两大套煤系。一

套是石炭系一二叠系,另一套是上三叠统一下、中侏罗统。这两大套煤系包括煤岩、高碳泥岩和碳质泥岩,除了在适宜的相带和层段生油之外,基本上是优质的生气源岩^[8]。这两套煤系产生的天然气资源量总计约 $9 \times 10^{12} \text{ m}^3$,占陆上天然气总资源量的30%。如果把热裂解气与煤成气两类气资源合计,总量达 $23.1 \times 10^{12} \text{ m}^3$,占全国陆上天然气资源总量的77.3%。

我国陆上石油、天然气资源丰富,油气比大致为2:1,是一个富油又富气的面貌。油气并举是今后陆上油气勘探的一个主要方向。

2.4 大型拗陷湖盆的振荡发育与湖水的频繁进退形成连片含油类型

大型拗陷型湖泊以相对均一的整体沉降和抬升为主,湖泊面积大,边坡平缓,河流和三角洲相发育,形成相对较宽阔的边缘相带。伴随着盆地的振荡运动,湖面也有扩展和收缩之变化,就形成了生油岩与储集体在横向上侧变、在垂向上叠置的组合关系。由于生油岩体与储油岩体接触面积较大,因而有较好的泄油条件,为大面积连片含油的形成提供了有利条件。总结我国陆上松辽、陕甘宁、准噶尔与柴达木等拗陷型盆地区油气聚集的基本特征,可以划分出3种连片含油模式(图3)。

(1)生储油岩间互面状连片含油模式。以松辽盆地大庆长垣两侧与吉林探区的白垩系含油为代表。突出的特点是生油层与储集层呈间互式分布,单个砂体有一定的延展范围,但砂体与砂体之间通过叠置、搭肩和拼接达到在广大范围的席状连片,为面状连片含油的形成提供了基础。又由于生油岩与储集岩间互发育,油气不需要长距离运移,便可进入储层形成油层,又为大面积面状连片含油气提供了条件。这种面状含油的例子,在渤海湾盆地几个富烃凹陷也存在。

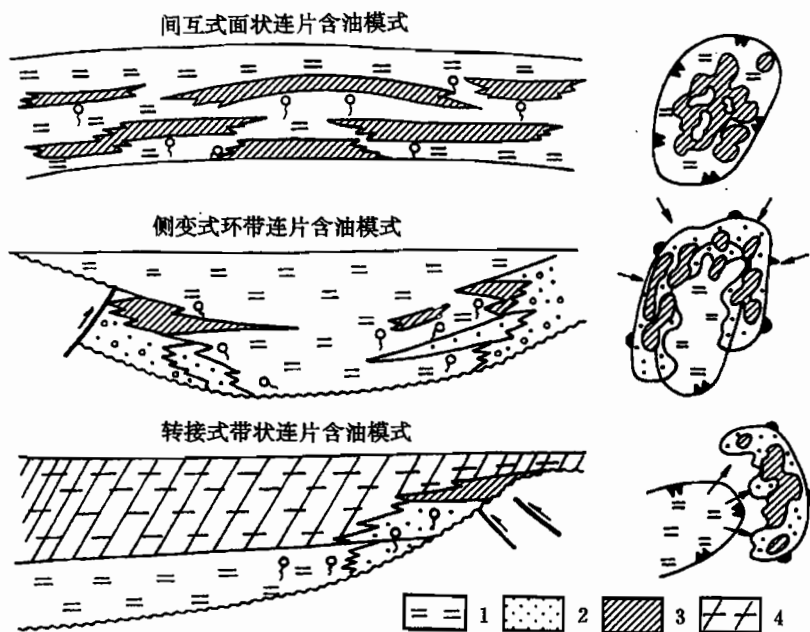


图3 中国陆上大型拗陷岩性连片含油类型图

Fig. 3 Oil-bearing types of lithologic bodies connecting with each other in large depressions in the on-land Basins in China

1—生油层;2—储集层;3—油层;4—上覆盖层

1—Source rocks;2—reservoirs;3—oil horizons;4—overlying seals

(2)生储油岩体侧变环带状连片含油模式。以准噶尔盆地环玛湖二叠系与陕甘宁盆地三叠系延长统的含油为代表。渤海湾盆地富烃凹陷陡带和缓坡岩性—构造复合油气藏的分布也属这种类型。突出的特点是继承性沉降在大型拗陷的中心部位形成巨厚的生油岩沉积,而在拗陷的边缘则形成裙边状洪积和河流—三角洲砂岩体,二者间呈侧变和半间互状接触。油气生成后

沿着上倾方向运移进入到同层沉积的砂体之中,形成单斜构造背景上、整体受岩性尖灭和断层封堵控制的复合型油气聚集,显示一种围绕生油中心呈环带状分布的特点。

(3)转接型带状连片含油模式。是指生油岩与储集体非同层,二者间不存在侧向变化与直接接触关系,往往通过中间输导层的导引而将深部油气调整输送到相对浅层来聚集。这类例子在陕甘宁盆地三叠系生油岩与侏罗系河道砂体储集岩之间,以及准噶尔盆地阜康凹陷东斜坡二叠系生油岩与侏罗系储集岩之间都存在。由于生、储油岩体不直接接触,往往形成的油气聚集具有带状连片含油的特点。

2.5 巨厚气源岩堆积、高强度生气能力、构造相对稳定、良好盖层与晚期成藏是陆上大型气田形成的重要条件

(1)高丰度、大厚度的源岩无疑将形成巨大的天然气资源潜力。即便是有机质丰度比较低的气源岩,如果沉积厚度足够大,也可以供给足量的天然气形成大中型气田。例如柴达木盆地东部三湖地区第四系的气源岩有机碳含量仅0.2%~0.4%,但气源岩厚度超过了1000 m,虽然源岩丰度较低,但仍有大气田的形成,说明气源岩的厚度是保证大中型气田形成的重要条件。统计表明,我国大中型气田的气源岩厚度皆大于200 m。

(2)生气强度是气源岩供气能力最直接的反映。生气强度越大,单位面积的供气量就越高。高强度的生气能力不仅弥补了天然气的散失量,而且可以保证有足够的天然气聚集起来形成较大气藏。对我国目前已发现的储量大于 $100 \times 10^8 \text{ m}^3$ 的大中型气田的供气源岩的统计表明,生气强度均大于 $20 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{km}^2$ 。川东、陕甘宁中部、塔里木库车—轮南地区与柴达木盆地三湖地区的大中型天然气聚集都分布在生气强度中心范围内。

(3)良好的区域性盖层与相对稳定的构造环境对天然气成藏至关重要。我国陆上古生界层系热演化程度高,天然气资源潜力比油更大。但由于经受构造运动次数多,遭受改造的程度强烈,因此对气藏的保存就更困难。尤其在碳酸盐岩层系中,多期改造易使地层产生破碎,破坏其封存能力,因而对盖层的要求就更苛刻。从统计看,我国大中型气田分布区有两个显著的特点,一是存在区域性分布的优质盖层,象川东主力气层上石炭统之上近千米的二叠系—三叠系泥晶灰岩与石膏层;陕甘宁盆地中部奥陶系顶部气层之上覆盖着中石炭统的铝土质页岩,侧翼上倾方向又有盐膏层封堵。二是大中型气田都分布在构造相对比较稳定的地区,象陕甘宁盆地中部,准噶尔盆地腹部与柴达木盆地东部都是构造很稳定的区域。四川盆地东部把时间推至第三纪调整运动以前,在成藏关键阶段构造环境也是很稳定的。可见稳定的构造环境与优质盖层可以最大限度地保证天然气散失量降至最低,为大中型气田形成提供可靠的保证。

(4)晚期成藏对天然气聚集总量的保持十分有利。我国已经发现的大中型气田基本上都是白垩纪以后形成的,而且大多数在晚第三纪—第四纪形成,具有明显的晚期成藏的特点。这是因为在有适宜的构造与保存条件的高强度生气中心范围内,成藏期越晚,天然气散失量就越少。生气高峰出现期偏晚,一方面决定成藏期偏晚,另一方面可使大量天然气在晚近时期排出并运移,使得在短时间内聚集的天然气总量较大,保证有大中型气田的产生。

2.6 盆地地温场与演化特征是影响油气藏形成与分布的关键因素

中国现今的地温场特征与中国大陆板块的岩石圈热结构密切相关。中国现今地壳东薄西厚,地温梯度东高西低的特点影响到中国陆上油气的分布与富集。中国东部的高地温使得烃源岩充分熟化和排烃,形成丰富的油气资源。西部盆地的这一种低地温和冷盆特征影响到盆内烃源岩的热演化和油气资源潜力的评价,如有些盆地的部分生油岩未成熟。低地温场的另一个效

应是导致了生油门限变深,如塔里木盆地根据古地温推算,其腹部的上古生界生油层在埋深5000~6000 m时仍处于生油高峰^[6];而东部油田的生油窗却要浅得多,如歧口坳陷生油带(R_1 为0.5%~1.3%)的深度范围为2600~3900 m^[9]。这种受地温场影响东西部油气在深度上的分布差异不但说明西部的盆地在深部可以找到油气田,找油领域广阔,而且也说明东部老油区增储上产,进行油气勘探具有好的经济效益。

此外,构造热事件对地温场和烃源岩热演化有着十分重要的影响。构造作用或构造热事件是一种重要的增温作用。它主要是由岩浆活动的增温和由构造运动引起的地层挤压摩擦生热或埋藏增温。这种增温方式在与多旋回造山作用有关的中国陆上盆地比较普遍。例如华北地区侏罗纪末期至早白垩世构造-热事件(燕山期中期)即为一次重要的增温作用。这次事件使华北大部地区的古生界烃源岩进入了干气生成阶段,使鄂尔多斯盆地的上三叠统烃源岩进入了生油阶段。大港油田的火山岩油气藏具有独特的成藏模式,除了储集特性等方面的原因外,火山喷发所产生的高温效应,使得其周围烃源岩充分熟化,也是油气富集成藏的重要原因之一。

2.7 强烈的后期改造影响到油气分布,增加了勘探难度

中、新生代以来,中国陆上盆地进入了板内变形阶段^[3,4]。西部在总体挤压的背景下,以冲断走滑、隆升与挠曲变形为主,愈晚挤压愈强;东部则从强烈的伸展断陷与走滑变形为主,演化至愈晚拉张作用愈强。板内变形不但改造了原有的构造格局,形成了新的盆地格局和构造样式,而且通过一系列改造与反转事件对油气进行调整和再分配,影响到油气藏的形成和分布。

中国西部地区强烈的挤压冲断变形使盆地发生改造,造成了新的油气聚集样式^[7]。挤压冲断变形在山前带最为强烈,表现为造山带向盆内的强烈掩冲推覆。在冲断前缘或前锋带,挤压变形形成了一系列与断层相关的褶皱背斜带,成为油气聚集的主要场所。在冲断负荷作用下,前陆坳陷急剧挠曲沉降,堆积了数千米厚的磨拉石建造,使原已聚集在该部位的油气藏深埋,造成油气藏破坏,油气向上逸散,在有利部位形成次生油气藏。挤压冲断变形对前缘隆起带的影响是使它发生反转隆升或叠加在克拉通内古隆起之上,影响油气运移格局与聚集样式。四川盆地的古生代发育了乐山—龙女寺古隆起,印支期上叠了前缘隆起,形成了泸州—开江古隆起,影响到油气运移格局,在这一叠加隆起带西翼形成了一系列大气田^[10]。挤压冲断变形也强烈地影响着前陆斜坡带的构造格局与油气聚集。如鄂尔多斯盆地因天环向斜区的沉降致使陕北斜坡形成,也使原中央古隆起向西倾伏,隆起东侧天然气运移自东向西的格局变为由西向东。塔里木盆地麦盖提斜坡也由原北倾克拉通内斜坡演化变为南倾前陆斜坡,构造格局的这种变化强烈制约着油气运移的方向。前陆斜坡的枢纽带及上倾部位是今后油气勘探取得重要突破的又一领域^[10]。

中国陆上盆地强烈的后期改造不但影响到油气的分布,而且增加了油气的勘探难度。后期改造在西部地区重要表现是上第三系—第四系的巨厚堆积,这一“厚皮”的覆盖使目的层深埋、物性变差,给深井钻探带来了极大的困难。晚期构造变形的另一重要影响是使地表条件复杂化,无论是在南方,还是在整个西部地区,山前冲断带地势复杂,构造高陡,给地震工作带来了极大困难。山前高陡构造带的钻探也有相当大的难度,由于变形强烈,上下构造不一致,构造叠加复杂,加之膏盐岩层、砂泥岩互层、高地应力、井斜等问题,影响到山前带油气勘探的突破。

参 考 文 献

1 李春昱等. 亚洲大地构造图说明书. 北京: 地图出版社, 1982.

- 2 程裕祺主编. 中国区域地质概论. 北京:地质出版社,1994.
- 3 胡见义等. 中国陆相石油地质理论基础. 北京:石油工业出版社,1991.
- 4 翟光明等. 中国石油地质志(卷一):总论. 北京:石油工业出版社,1996.
- 5 朱夏. 中国中生代盆地构造和演化. 北京:科学出版社,1983.
- 6 李德生. 中国含油气盆地的构造类型. 石油学报,1982,(3):1~12.
- 7 童晓光,梁狄刚,贾承造主编. 塔里木盆地石油地质研究新进展. 北京:科学出版社,1996.
- 8 吴涛,赵文智主编. 吐哈盆地煤系油气田形成和分布. 北京:石油工业出版社,1997.
- 9 王涛等. 中国东部裂谷盆地油气藏地质. 北京:石油工业出版社,1997.
- 10 何登发,李德生. 塔里木盆地构造演化与油气聚集. 北京:地质出版社,1996.

Fundamental Characteristics of Petroleum Geology of Major On-land Petroleum-bearing Basins in China

Zhao Wenzhi, He Dengfa, Song Yan and Jin Jiuqiang

(Research Institute of Petroleum Exploration and Development, CNPC, Beijing)

Abstract

The Chinese continent is a mosaic of cratons of varying sizes and orogenic belts of different ages. The plate-tectonic evolution since the Paleozoic can be roughly divided into three stages: (1) divergence and convergence stage of continental and oceanic crusts in the Paleozoic; (2) transformation stage of soft collision of plates in the Carboniferous-Permian; and (3) basin-range development stage in the Meso-Cenozoic. The polycyclic development of the Chinese plate tectonics gave rise to three types of composite basins; craton superimposed on foreland, depression superimposed on rift, and newly formed basin superimposed on the remnant. The large superimposed basins with a long history of inherited development possess rich hydrocarbon resources and are key targets of on-land petroleum exploration in China. Depressions with rich hydrocarbons control the distribution of petroleum in petroliferous basins. Polycyclic development of basins and concentration of various types of organic materials led to the richness in oil and gas in China's on-land regions. The very thick gas source rocks, high gas-generating potential and excellent and persistent cap rocks as well as late-stage reservoir formation are important conditions for the formation of large gas fields. The vibrating development of large lake basins and frequent transgression-regression lake waters resulted in the alternation and lateral contact of source rocks and reservoir rocks, which formed three types of oil-bearing reservoirs in composite sheet architecture. The polycyclic plate-tectonics evolution and repeated superimposition of basins made the paleotemperature field become the key factor in controlling the formation and distribution of on-land reservoirs in China. The later-stage intense deformation has also influenced hydrocarbon distribution and increased the difficulty in petroleum exploration.

Key words: polycyclic tectonics; superimposed basins; hydrocarbon-rich depression; combined sheet reservoirs; late pool formation; later deformation

作者简介

赵文智,男,1959年生。从事石油地质综合研究,现任石油勘探开发科学研究院副院长、教授级高级工程师。通讯地址:100083,北京市学院路910信箱地质研究所。