

世界陆相含油气盆地的勘探现状和前景

甘克文

(石油工业部石油勘探开发科学研究院)

自潘钟祥教授(1941)提出陆相生油理论以来,快半个世纪了。在此期间,中国陆相含油气盆地的发现已从最初的鄂尔多斯盆地延长油田,扩展到了几乎遍布全国的多种盆地类型,包括有大庆巨型油田的松辽盆地,和已证实具有工业价值油田但面积不过800 km²的百色盆地。全国的原油年产量也已相应地增长到了1.25亿吨。这方面从理论到实践的巨大进展,对世界油气勘探形势的影响如何?目前世界上除中国外有哪些陆相含油气盆地?它们的前景如何?这是许多石油地质工作者所关心的。

陆相含油气盆地包含两重意义(即具备下述两条件之一):一是油气源岩属陆相沉积,但不应与陆源沉积相混;二是储集层属陆相层序。这是考虑到当盆地的沉积层序中主要为近海陆源沉积时,大量陆源有机质的堆积足以形成具高蜡低硫陆相特征的原油。如果单纯根据原油性质认定陆相与海相,实质上是以有机质类型代替了沉积相,这显然是不足取的。所以,本文论述的陆相含油气盆地强调其沉积层序如果不完全是陆相,也应基本上是陆相。

此外,沉积盆地在演化过程中,由于不同历史时期具有不同性质的大地构造位置和应力场条件,其沉积环境也因而改变。所以,讨论陆相含油气盆地不能从盆地的整体出发,而是讲每个盆地特定演化阶段的原型。

当前世界上除中国外已知的陆相含油气盆地大致如下列。

一、北美洲

1. 库克湾盆地

这是一个在中生界弧前海相沉积区褶皱硬化后于早第三纪晚期因压扭剪切形成的拖离(pull apart)盆地,始新世至上新世,在中生界与古生界的火成岩、变质岩及沉积岩的基础上,沉积了厚达8230 m的基奈群陆相含煤岩系,自下而上分为五组,产油层限于下部三个组,上部各组产干气。根据Claypool等(1980)的意见,油和伴生气的源岩是盆地底板中的海相侏罗系页岩,非伴生气的源岩是第三系陆相煤系本身。盆地中已发现的总储量为油1.1亿吨,天然气1950亿立方米。

2. 尤因塔盆地和绿河盆地

它们是美国落基山油气区中最主要的具陆相产油气层的盆地,也是美国石油地质学家研究陆相油气的重要地区。它们是在拉腊米运动以后经过逆冲块断,在区域性前陆洼陷的基础上形成的早第三纪内陆盆地,其面积依次分别为8万和9.6万平方公里,最大沉积厚度超过3000 m。始新世时湖相沉积发育,称为绿河组,具十分发育的油页岩,既是良好的油气源岩,又是裂缝性的储集层。绿河组下伏及异相的瓦萨契组河流相砂岩则是良好的储集层,形成相当数量以地层圈闭为主的油气田。在尤因塔盆地中发现了两个(Red Wash和Altamont-Bluebell)大型裂缝性油田,可采储量7150万吨。此外,盆地内页岩油的资源量也十分可观。

3. 内华达大盆地

这里在Sevier区域冲断隆起背景上于白垩一早第三纪产生断陷,沉积了大陆冲积相的砾岩和湖相页岩。渐新世时进一步断裂活动导致火山熔岩和火山碎屑岩的堆积。晚第三纪时为河湖相沉积,东部许多地点有花岗岩体侵入。自上新世至现代,这里继续破裂,形成北北东向的翘倾断块组成的盆地和山脉区。油气田主要存在于新生代的张性断裂盆地中,聚集层是裂缝性的渐新统火山岩及始新统湖相石灰岩。其油气源岩有两种可能性:古生界主要是密西西比系的海相页岩,白垩系和始新统的湖相灰岩

和沥青质页岩。由于原油为高凝点和第三系与古生界之间的巨大变动和间隔,一般认为油源主要来自第三系的油页岩,其中的裂缝面上含油是一项有力的证据。不过,这里至今只找到4—5个小油田。

4. 阿科马盆地

这是在奥札克基岩隆起南坡上的一个古生代盆地,南界沃希托山北缘冲断带,面积18130 km²。宾夕法尼亚纪前这里是碳酸盐岩大陆架型的沉积区。宾夕法尼亚纪的阿托卡期时,成为一个强烈沉降的克拉通边缘盆地,向盆地下降的张性同生断层发育,基本上为河流冲积平原和三角洲相的碎屑岩煤系沉积,厚达6000 m以上。盆地内已发现天然气储量1420亿立方米,96%存在于这一陆相阿托卡组的砂岩中。

二、拉丁美洲

5. 塔库图盆地

这是圭亚那地盾上的一个中生代的裂开盆地,面积约11000 km²,沉积充填厚5400 m。早侏罗世裂开初期为基性喷发岩,然后为块断条件下的陆相暗色页岩(生油岩)及蒸发岩系约1200 m,上覆中晚侏罗世的三角洲与湖相沉积约3500 m。最近在裂缝性火山岩中发现高质量的原油。

6. 巴西塞尔希培-阿拉戈斯盆地

这个大西洋沿岸的被动大陆边缘盆地,面积约20000 km²,沉积层序分为三段:下段上侏罗统至下白垩统为盆式的大陆裂开期沉积物,最厚达6000 m,湖相页岩为生油层,河流三角洲相的砂岩是良好的储集层。在这一套层序以及下伏的基岩中已发现石油储量为3.5亿立方米。中段蒸发岩层序和上段上白垩统和第三系的海相层序虽亦能形成和聚集石油,但主要分布在向海方向,已发现储量只有0.4亿立方米。

7. 雷康卡沃盆地

这是巴西地盾近岸一个靠近大陆边缘的中生代半地槽型断裂盆地,面积约10000 km²,侏罗白垩纪的陆相沉积层序最厚可达6500 m。下白垩统的深灰—灰绿色页岩被认为是盆地的油源岩,其中的砂岩层是良好的储集层。该盆地从阿普第阶后变得稳定,为冲积平原河流相沉积,上覆海相的上第三系。盆地已知的总储量是油1.3亿吨,气280亿立方米。

8. 圣豪尔赫盆地和库约盆地

它们位于阿根廷南部的巴塔哥尼亚海西褶皱硬化形成的年轻地台上。

库约或门多萨盆地面积128500 km²,位于安第斯山的东麓,实质上是晚三叠世的陆相断裂盆地,上覆第三系的前渊沉积,生油层是晚三叠世的湖相页岩,储集层则是其中的砂岩、裂缝性凝灰岩和第三系的砂岩,已发现18个油田,原油含蜡量高。

圣豪尔赫盆地面积91200 km²,累积产油量占阿根廷的2/3,剩余原油储量仍有3.8亿立方米。这是一个晚中生代至新生代的断裂盆地,由于受后期安第斯造山带的影响,西部挤压构造明显,东部则倾斜平缓。主要产油层系上白垩统厚达4000 m,由页岩、透镜状砂岩和凝灰岩层组成。虽然地层剖面中有三段海相夹层,但是很不发育。因此,认为包括1907年发现盆地最大的科莫多罗-里瓦达维亚油田在内的油源岩为侏罗白垩系的海岸平原湖相沉积。

三、欧洲

9. 南部北海或西北欧盆地

这是一个二叠纪时位于华力西地槽褶皱背景上的塌陷盆地,下伏厚达数千米的宾夕法尼亚纪(中、晚石炭世)前渊陆相煤系是主要的天然气源岩,盆地底部块断的陆相赤底统砂岩则是良好的储集层。上覆的镁灰统白云岩和蒸发岩既是重要的盖层,又是次要的生、储油层。盆地的天然气储量达3万亿立方米,而最大的格罗宁根气田的储量就达2万亿立方米。需要指出的是,在这一个二叠系盆地的基础上,叠覆了一些中生代的断裂型含油气盆地(槽地),使得油气分布复杂化。

四、非洲

10. 苏德盆地

这是苏丹上尼罗河区的一个晚中生代的断裂盆地,地表全被冲积层所覆盖,生油层是白垩系的湖相沉积,从1977年开始钻探以来,已在白垩系砂岩中发现了若干油田,其证实可采储量约3000万立方米。

11. 南部西非海岸裂开盆地期的盐下层序

南部西非海岸的含油气盆地自北而南有:加蓬、下刚果和宽扎盆地。这些盆地的成因是由于非洲

大陆与南美洲的分离和南大西洋的产生。它们的演化分为三个阶段:盐下层序主要属早白垩世的陆相沉积,下部可能包含上侏罗统甚至石炭二叠纪的河流港湾相沉积;阿普第期为蒸发岩类盐层序;然后是阿尔必期至第三纪的大陆架至大陆边缘的海相盐上层序。虽然这些盆地已知的主要油气藏集中在海相的盐上层序内,但是陆相的盐下层序中有发育的湖相沉积,包括沥青质的泥灰岩和页岩,足以生成丰富的油气。实际上在盐下层序中已经发现了加蓬盆地的甘巴-伊文加油田(储量3740万吨)和下刚果盆地的卢锡那、刚科阿蒂油田等,宽扎盆地也曾于卡瓜科油田侧翼的盐下层序中产油。需要说明的是盐下层序的顶部有局部海侵的影响,但不大可能生成或供给足够聚集的油气。

12. 卡鲁盆地

这是南非的一个叠置在稳定区上的大型陆相盆地,面积约达600040 km²,由晚石炭世至早侏罗世的卡鲁群组成,一般厚达3000 m。早二叠世的伊卡组中有煤和油页岩发育,地面和井下均见许多油气显示,然而也许因为这是一个老年盆地和晚期(晚三叠世至侏罗纪)有广泛发育的大片火山熔岩和玄武岩侵入,至今未发现具经济价值的油气田。

五、大洋洲

13. 库珀-埃罗曼加盆地

这是澳大利亚中部的一个内陆盆地,面积127000 km²,基底为海西褶皱。盆地具双层结构:下部是二叠纪的断陷称库珀盆地;上覆侏罗白垩系的洼陷,称埃罗曼加盆地。油气的源岩和储集层主要是库珀盆地的二叠纪煤系,以湿气为主,油气聚集受二叠纪断裂槽地的控制。近年来在上覆的侏罗纪煤系中发现了油藏。一般认为两组陆相煤系油气性质的不同与不同时代不同的植物群落有关。二叠纪时为寒冷气候的植物群;侏罗纪时属热带植物群。此区已发现的凝态烃量是3660万立方米;天然气910亿立方米。

14. 吉普斯兰盆地

位于澳大利亚东南角的巴斯海峡东部,面积50000 km²,基底为古生代地槽系。中生代末至早第三纪块断沉降,包括三角洲平原和网状河流的陆相煤系沉积,最厚达8000 m。虽然渐新世起为海相沉积不整合覆盖,但盆地的生储油层均为下伏的陆相地层,而且形成了包括主鱼、哈利布特等巨型油气田在内丰富的油气田,已探明的储量为油及凝析油2.5亿立方米,天然气1680亿立方米,成为澳大利亚最主要的产油气盆地。

15. 塔腊纳基盆地

这是新西兰唯一的产油气盆地,位于北岛与南岛之间,面积约40000 km²。从晚白垩世至早第三纪为块断的陆相煤系充填,然后经过冲断被渐新世至新第三纪的海相沉积所覆盖。油气源岩是煤系中的页岩和煤层,储集层是三角洲相及河道相砂岩。盆地中不但发现了超型的毛依凝析气田,八十年代初还发现麦克基油田,总储量为油和凝析油约1600万立方米,天然气约1600亿立方米。

六、亚洲

16. 泰国陆上第三系的山间断陷盆地

它们形成于白垩纪末至早第三纪初隆起的背景上,沉积了第三系河流相至湖相的砂岩、泥岩及煤,有少量油页岩、石灰岩、砾岩与硅藻土。这些盆地一般很小,从几十至数百平方公里。其中泰国北部的前芳盆地和麦索盆地有夜芳、夜崇、湄松、博通卡姆等小油田。八十年代初在曼谷以北250 km 难河和滨河交汇处的现代冲积平原下确定了昭披耶盆地,估计面积达10000 km²,发现了特里吉等油田。该油田于1983年投产,1985年产能已达3000 m³/d,产层是第三系。

17. 呵叻盆地

位于印支半岛的呵叻高地台地上,西侧为印支褶皱带,面积180000 km²,是一个中生代的克拉通边缘沉降盆地,上覆4000 m 的晚三叠世至白垩纪的河湖相沉积,下白垩统中有发育的蒸发岩组。从七十年代末开展油气勘探以来,已在底板的二叠系碳酸盐岩中发现了南蓬气田,估算储量424.5亿立方米,属干气,认为生气层是上覆的三叠侏罗系的陆相含煤沉积。

18. 泰马盆地

位于暹罗湾至马来半岛以东的海域,东南延伸至纳土纳群岛以西,面积488000 km²,为第三纪的断裂盆地区,因基岩属叠瓦式格架可按沉降的洼陷分为若干次级盆地,如:泰(暹罗湾)盆地、马来盆地、彭尤盆地和西纳土纳盆地等。盆地基底为白垩系及更老的沉积岩、变质岩和火成岩。第三系沉积最

厚可达 10000 m, 包括三个沉积旋回: 第一、二两旋回为海退式, 分别属渐新世至早中新世初和早中新世至中中新世晚期, 全由河流、沼泽、三角洲冲积平原的沉积所组成; 第三旋回为海侵式, 从晚中新世至近代, 在北部主要为泛滥平原至滨海沉积的砂、泥岩和褐煤, 向东南方向和向上浅海沉积增加。油气主要产自中新统的砂岩, 以凝析气为主, 源岩为第三系本身的煤层和炭质页岩。此区现在是东南亚海上油气勘探的热点之一, 至 1980 年底已探明储量油 1.6 亿立方米, 天然气 4800 亿立方米。

19. 东戈壁盆地

蒙古东戈壁盆地是在中一晚侏罗世火山活动以后块断形成的, 主要充填白垩系, 底部可能包含上侏罗统, 为夹有煤和沥青质页岩的河湖相沉积, 总厚 5000—6000 m。五十年代前后曾在白垩系砂岩中发现两个小油田, 虽然油层多, 初产也较高, 但储量有限, 投产不久后就放弃了。

从上述陆相含油气盆地的世界性分布, 可以得出结论, 除了二叠系以外, 古生代不存在陆相含油气盆地。换言之, 一切陆相含油气盆地都发生在海西构造旋回以后。因此, 可以把陆相含油气盆地的产生及其分布与新全球构造的兴起相联系, 主要与下列构造格局有关。

1. 大陆边缘盆地随造山运动区域性海退后的沉降阶段, 部分可与前渊共生。这类盆地有美国阿科马盆地宾夕法尼亚系的阿托卡组, 南非的卡鲁盆地, 鄂尔多斯盆地的上三叠统延长群和中下侏罗统, 四川盆地侏罗系的自流井群, 泰国呵叻盆地的中生界, 美国落基山中段尤因塔和绿河等盆地的下第三系。

2. 构造活动区在强烈变动后, 经热体制调整形成的塌陷盆地, 即转化为年轻地台后的断陷盆地, 有南部北海的二叠系、准噶尔盆地的二叠系和中生界, 以及松辽盆地的白垩系。

3. 活动带在强烈的挤压冲断以后转化为张性的断裂盆地, 包括老造山带因复活块断形成的山间盆地, 如蒙古东戈壁、中国二连和美国内华达的盆地-山脉 (大盆地) 区; 有的晚期仍可能受到挤压, 如库约、吐鲁番和酒泉盆地等。

4. 稳定大陆区内部在区域隆起背景上发生的裂开盆地, 往往与地裂活动有关, 早期伴生有基性熔岩的溢出和喷发, 并因快速沉降, 故为不补偿沉积, 发育富含有机质的泥质生油气岩层序, 然后沉降与沉积逐步趋向平衡, 但因碎屑物质来源的不足而出现蒸发岩层序, 直到裂开期结束。进一步的发展有两种趋势: 一种是由断裂差异升降转化为区域沉降, 继续保持陆相沉积的特征, 叠合组成内部断陷盆地, 如渤海湾 (包括辽河、胜利、华北和大港油田区) 和苏北盆地, 以及塔库图、雷康卡沃、圣豪尔赫、库珀、苏德等盆地; 另一种与后来裂开中心向外转移并生成洋壳有关, 原来的裂开盆地则沉降成大陆架至大陆坡沉积区, 两者叠覆组成被动大陆断陷边缘盆地, 如: 塞尔希塔-阿拉戈斯、吉普斯兰、加蓬、下刚果和宽扎、泰马和南中国海北缘诸盆地。不过, 这两类盆地的主要陆相生储油层都属裂开期的沉积。

5. 在活动带上与水平滑动有关的压扭盆地, 盆地基底相对于周边区具较大的刚性, 如塔腊纳基和库克湾盆地。

总之, 自新全球构造体制开始以来, 就出现陆相的含油气盆地。虽然陆相盆地的类型几乎与海相盆地一样多, 但在全球构造格架上, 它们一般与特提斯体系无关, 而是主要出现在海槽体系封闭以后的持续沉降区, 大陆内部因破裂而区域沉降 (塌陷) 或裂开下沉 (断陷) 的地区, 以及形成洋壳的初始裂谷带上。基于这些条件, 可以设想今后还会发现更多的陆相含油气盆地和油气田。最具发展远景的是: (1) 非洲和南美洲、大洋洲大陆内部的断陷盆地, 近年在苏德盆地和塔库图盆地的发现有典型意义; (2) 被动大陆边缘断陷盆地盐下的裂开期陆相沉积层序中找如刚科阿蒂和甘巴-伊文加式的油气田; (3) 中新世形成的大洋和小洋盆边缘找早期裂开的陆相断陷盆地, 近几年在中国南海北部大陆架诸盆地、泰国昭披耶盆地、泰马盆地中许多油气田的发现很有说服力。

虽然目前粗略估计所有已知陆相含油气盆地或层序中已有油气田的年产量还不到世界的 10%, 而且预计在本世纪内也不会有很大的增长, 但陆相油气田在一些国家却具有举足轻重的地位 (如中国、澳大利亚、阿根廷、荷兰等), 并且可以相信, 人们将更加广泛地利用陆相油气盆地的理论和勘探经验去获得更多的发现, 从而给一些至今缺乏油气资源的国家和地区带来新的希望。