

文章编号: 1001-6112(2009)03-0207-09

打回老家去

——记鄂尔多斯盆地找油(气)的一段历史

孙肇才

(中国石油化工股份有限公司 石油勘探开发研究院 无锡石油地质研究所, 江苏 无锡 214151)

摘要:鄂尔多斯盆地近 40 多年来的油气勘探工作, 因主观认识和客观(地形)上的原因, 在早期经历了一段曲折的历史, 队伍一度撤出该盆地而转战渭河地堑。1968 年底, 李四光部长根据他一贯的新华夏构造系找油的思想, 坚持油气普查队伍应从渭河撤出并回到盆地中来, 即“打回老家去”。接踵而来地质部门在庆参井、华参 2 井以及石油工业部在庆阳以北以马岭油田为代表的中下侏罗统的突破, 迎来了上世纪 70 年代的长庆油田大会战。再伴随其后吴旗、志丹地区的出油气, 一个当时为人称道的“庆、华、吴”“油气系统”概念在当地流行起来。伴随近 10 多年来, 石油工业部门对上三叠统延长组三角洲和庆阳油田的发现, 使这个古老的鄂尔多斯盆地真正恢复了它的青春。

关键词: 油气; 勘探历史; 鄂尔多斯盆地

中图分类号: TE132

文献标识码: A

RETURN TO THE ORDOS BASIN: SOME IMPLICATIONS FROM ITS PETROLEUM EXPLORATION HISTORY

Sun Zhaocai

(Wuxi Research Institute of Petroleum Geology, SINOPEC, Wuxi, Jiangsu 214151, China)

Abstract: There was a tortuous way in the early stage during the last 40 years of petroleum exploration in the Ordos Basin due to shortage of subjective knowledge and limitation of objective conditions (topography et al). The exploration was terminated in the basin for a time and was carried out in the Weihe Graben area. In the end of 1968, Minister Li Siguang demanded that the exploration activity should be given up in the graben area and return to the basin according to his theory of Neocathaysian structural system. Consequently, discoveries of the Middle and Lower Jurassic reservoirs in wells QC and HC-2 and in Maling oilfield revealed the prologue to a great battle for oil as when Changqing oilfield was being opened up in 1970s. With success in Wuqi and Zhidan area, the well known “Qin-Hua-Wu petroleum system” was popularized. In the last 10 years, with determination of deltaic system of the Upper Triassic Yanchang formation and discovery of Qinyang oilfield, the “old” Ordos basin has really restored its vitality.

Key words: oil and gas; exploration history; Ordos Basin

1 鄂尔多斯油气发现历史简单回顾

1.1 新中国成立以前

1.1.1 这里是“石油”一词产生和应用最早的故乡
虽然早在公元前班固所著《汉书·地理志》中已有“上郡高奴县(今延安)有洧水可燃”记载, “石油”一词, 则始创于宋神宗时代(1080)中国科学家沈括(1031—1095 年)。沈括在其《梦溪笔谈》一书中

中写道:“石油生成于水际砂石, 与泉水惘惘而出……”。还说:“石油之多, 生于地中无穷, 不若松木有时而竭”。他还预言:“此物必大兴于世”。

1.1.2 这里是中国近代历史上石油地质调查和勘探最早(1907 年)地区, 也是风言风语一时“中国贫油论”的策源地

1907 年清政府聘日本技师在陕北延长钻了我国第 1 口机械(顿钻)钻井——延 1 井, 日产原油 200~

收稿日期: 2009-03-06; 修订日期: 2009-05-04。

作者简介: 孙肇才(1932—), 男, 教授级高级工程师, 主要从事盆地构造分析工作。

1 250 kg; 1913—1916 年, 根据“中美合办油矿条约”, 美孚石油公司以 Clapp(马栋臣)及 Fuller(王国栋)为首的 6 个分队来中国北方调查, 重点是陕北, 并用顿钻打了 7 口井^[1]。在 Clapp 回国后发表的“中国的勘探”简报中, 声称他们“一共找到 63 处油苗, ……没有 1 口井能产出足够可以利用的石油”。而系统散布中国无油和贫油论的先是斯坦福大学 Blackwelder 教授, 其根据是: (1) 中国没有中生代海相沉积; (2) 古生界大部是不生油的; (3) 除中国西部外, 所有年代的地层, 都蒙受了剧烈的褶皱和断裂。1926 年 11 月, Clapp 及 Fuller 在“中国东北含油远景”论文中, 以及 Clapp 在《石油科学》1938 年论文中, 相继以“中国大部分地区的岩石类型和生成年代没有储藏工业价值石油的可能”的论断, 来否定中国的油气远景。

在我们谈以 Clapp 为代表的“中国贫油论”观点的时候, 不应忘记以李四光为首的我国几位地质学家, 在 1949 年以前, 对在中国找油, 特别是对陆相生油的可贵见解。李四光提出: “美孚的失败, 并不证明中国没有油田可办”。谢家荣认为: “延长官井产油已十余年, 而未曾钻探之处尚多, 倘能依据地质学原理, 更作精密的查探, 未必无获得佳油之希望, 故一隅之失败, 殊不能定全局之命运耳”。1933 年, 潘钟祥、王竹泉来陕北调查, 在编纂 1/200 万地质图以及撰写《陕北油田地质》一文基础上, 潘钟祥于 1941 年在 AAPG 上, 发表了“陆相生油”的正确见解^[2]。潘是最早主张陆相生油的地质学家。

从 1907 年至 1953 年, 在陕北总共打井 134 口, 总计产油 1.2×10^4 t。

1.2 新中国成立以来

1.2.1 第一阶段

1950—1954 年, 前燃料工业部石油管理总局陕北地质大队首先进入盆地, 以清涧河以南和铜川以北的陕北作首选, 因为这里不仅有已出油的延长油田, 在当时背斜控油是主要甚至唯一认识前提下, 更有铜川—黄陵间的盆地南缘几排背斜构造带的吸引(图 1)。在未获重大突破的情况下, 于 1954 年底撤出陕北, 将工区工作的重点转到盆地西缘断褶带马家滩地区。

前地质部系统在盆地的普查工作始于 1955 年。并于 1960 年 12 月组成第三普查勘探大队(三普)。通过数年的地面地质、钻井、盆地的整体研究和全盆地的编图工作, 获得以下几点认识:

(1) 从盆地整体研究出发, 对盆地构造单元第 1 次进行了明确的划分, 指出占盆地面积 2/3 的陕

北, 是一个局部背斜构造并不存在的单斜, 即图 2 中的“陕北斜坡”;

(2) 通过全盆地编图, 认识到 N38° 线, 或横 2—刀 4 一线, 也就是盆地南部黄土塬区与北部沙漠区

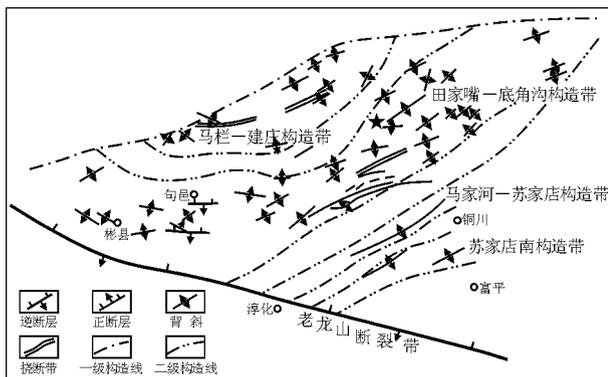


图 1 鄂尔多斯盆地渭北挠褶带构造纲要

图中把渭北分成 7 个二级带, 真正有意义的是马家河—苏家店以北的 2 个带

★表示在 J_{1f} 至 T₃ 面上流出石油的采煤坑道(上石节)位置

Fig. 1 Schematic map showing the Weibei flexural fold belt in the Ordos Basin

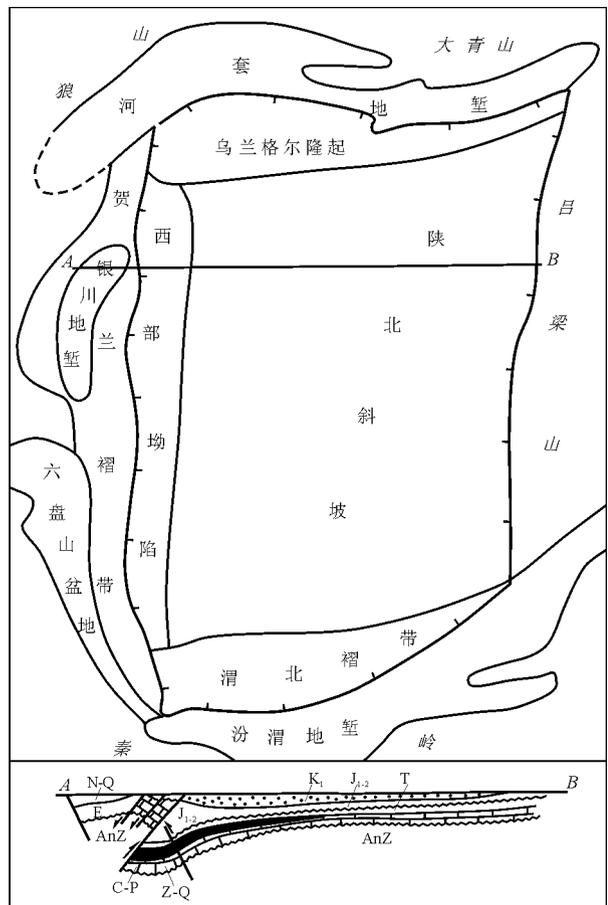


图 2 鄂尔多斯盆地内部构造单元划分及其周缘新生代地堑系的分布

Fig. 2 The internal structural division of the Ordos Basin and the Cenozoic graben system in its surroundings

的分界,既是区内中生界($T_{3,y}$ — $J_{1-2,y}$)含油的北界,也是 $T_{3,y}$ 河流相区与湖泊相区的分界,界线以南的三边—延安以北一线是 $T_{3,y}$ 构造地形的缓坡三角洲分布地区;

(3)大单斜上, $T_{3,y}$ 及 $J_{1-2,y}$ 油藏的特点,具有“平面上一块一块”和“剖面上一条条”的典型的岩性油藏的特点^[3]。由于 $T_{3,y}$ 地层的孔隙、渗透率极低,不实施常规压裂只能是“孔孔见油,孔孔不流”;

(4)此一时期,还通过盆地整体研究,提出几个至关重要直到现在仍然应该重视的认识,即根据盆地东西两侧古生代特别是上部古生代沉积和构造古地理的研究,提出在现在盆地中央存在一个“古中央古隆起”^[4];同时在研究 $T_{3,y}$ 及 $J_{1-2,y}$ 沉积和沉降中心不吻合以及每有迁移基础上,提出中生代沉积由西向东迁移以及前渊迁移观念^[4]。

1964—1968年,三普放弃了陕甘宁盆地的工作,南下新生代的汾渭地堑。

1.2.2 第二阶段

地质部门在鄂尔多斯盆地的找油工作,如果将1964—1968年在渭河地区的工作包括进去,到1968年,已历经14年。在这期间,先是运用地台边缘凹陷找油理论(指六盘山)和地台边缘隆起理论(指乌兰格爾),后又运用找大庆式长垣和新生代断陷找油的经验(指陕北和渭河),在盆地内转了一大圈。虽然积累了大量地质资料和寻找油气工作的经验和教训,但既未发现工业油气流和向国家提交一个油气田,也没有提出一个可以肯定能发现油气的地区或目标。整个队伍陷入了向何处去的困境^[5]。

1968年底,笔者和李海云、刘欣众等人去北京向李四光部长汇报。当部长听完有关渭河、河套盆地情况后,根据他一贯对中国东部新华夏3条沉降带的理论说:“松辽、华北、江汉的第二沉降带均已出油,因此,第三沉降带的陕甘宁盆地和四川盆地,以及北边到蒙古人民共和国也有2个盆地,与东部的松辽平原—华北平原—江汉平原是2个平行的含油远景带”。“陕甘宁与四川盆地情况有些类似……这里存在生油层是没有问题的,应该回到陕甘宁中去。作为伊陕盾地的盆地中部很值得搞,要接近它”。部长谈完后,李海云同志当面问部长:“你的意见是不是让我们打回老家去?”部长说:“对,就是要打回老家去”^[5]。

李四光部长的指示,得到了一起参听汇报的地质部和石油局系统领导的支持。1969年三普的石油普查工区,从渭河与河套外围地堑转回鄂尔多斯

大盆地。

重返鄂尔多斯,突破口选在哪里,是能否打开局面的关键。我们从盆地区域整体分析入手,认为晚三叠世 $T_{3,y}$ 沉积时的鄂尔多斯是个大型的内陆拗陷(即前陆盆地),是内地台基础上的上叠盆地。庆华吴地区处于背靠稳定区(陕北)和面朝活动带(西部边缘)的枢纽地带,是个不粗不细,有粗有细的沉积地带^[6]。根据此一粗略的思路,结合庆阳—东华池一带老的电法以及新的地震成果,以及部长“伊陕盆地中部”意见,在庆阳、东华池及山庄部署了庆参井和华参2井。庆参井在 $T_{3,y}$ 及 $J_{1-2,y}$ 地层中共发现油气显示19层。1970年8月,对该井2组4层进行了压裂喷砂测试,使该井“从无产到有产,从有产到间歇自喷”^[6],从而突破了陇东的出油关。1970年5月打在华池山庄的华参2井,因第1次在侏罗系延安组地层中发现了很好的油砂,在井深1367.6m提前完钻试油。8月28日产量达到了创记录的30.3 m³/d。

从1971年2月,三普在吴旗工区,先突破了吴1井14 m³/d后,同年8月,吴2井以1.1 m³/d,以及吴8井(张坪)以108 m³/d的高产,圆满完成了突破吴旗的任务。1974年,三普转战志丹,在永2井,以23.7 m³/d产量突破了志丹县的出油关。

从1969—1973年,三普在庆阳、华池、吴旗和志丹地区,打探井22口,几乎每口都钻遇了以 $J_{1-2,y}$ 为主的油气显示,在经过试油的16口井中,有13口获得了工业油气流。

这就是“打回老家去”及“庆华吴”概念的由来和前前后后。

1.2.3 第三阶段

1975年9月国家地质总局成立后,总局给三普下达了北上内蒙并力争当年突破上部古生界出油关的任务。突破井位——伊深1井于1976年6月开钻,在2296.2m进入片麻岩后完井, $P_{1-2,sh}$ 直接不整合在Ar变质岩之上。该井在 $P_{1-2,sh}$ 6~8砂层中普遍见显示,1977年7月进行测试,其中对底部4层合试,在未采取压裂工艺的条件下,获得日产15920 m³的自喷,上部砂层除日获10000 m³气外,还获得1 m³/d凝析油的记录。

1.2.4 突破陕北大气田时期

1988年,中国石油勘探开发研究院与长庆油田合作,在中央隆起所在的靖边打了一个科学探井——陕参1井和榆3井,分别在 O_1 顶部风化壳获得日产28.3×10⁴ m³和13.8×10⁴ m³的高产天然气流,从而成功地发现了鄂尔多斯盆地中部奥

陶系顶部风化壳古潜山大气田——中国陆上第 1 个世界级大气田^[7]。

2 历史的经验与教训

笔者在纪念朱夏院士逝世 10 周年的文章中，开头有这样一段话：“我们说鄂尔多斯是个老区，因为这里不仅有中国最早的油田（延长），而且中国大陆上近代（1907 年）第 1 口机械钻井就打在陕北，外国石油公司首次（1914 年）参与中国油气勘探也首先始于陕北。然而，我们又可将该盆地看作是个找油（气）的新地区和新领域，因为中部大气田和北部大气田的突破，包括储量上亿吨级的安塞、西峰大油田的发现，都是近 10 多年来的成果。”^[8]

这一老一新中间，穿插着几代人的艰辛和曲折，有不少经验和教训直到现在仍让我们记忆犹新。

2.1 按照实际情况决定一个地区的选区方针是地质家必须牢记的最基本的一项工作方法

石油普查初期，学习前苏联的经验，首先搬用俄罗斯地台（东欧陆台）的经验，以“以台边缘凹陷”思想作指导上了目的层大部分已褶皱和裸露的盆地西南边缘的六盘山；接着，又在“地台基岩隆起”指导思想下，上了盆地北部边缘的乌兰格爾。2 次选区失败之后，在松辽突破和大庆油田发现的启示下，再用“大庆式长垣”思想，主攻所谓“大理河长垣”。否定了长垣，又在嫌“陕北基底太稳”、“盖层太平”、“岩石太硬”情况下，在“先结婚后恋爱”的故事中，根据当时华北突破华 8 井的“断陷找油”经验上了渭河和河套。

大家知道，所谓地台边缘凹陷，在俄罗斯，是指作为古老地台（俄罗斯或东欧地台）与乌拉尔山脉之间的从伯朝拉盆地到伏尔加—乌拉尔之间地带的所谓乌拉尔山前来说的。这是一个在变质基底上，有里费系及古生界，并不厚中生代沉积的在早古生代被动大陆边缘基础上发展起来的海西期的一个前陆盆地。该区以罗马什金油田作代表的

油气 98% 以上产自古生代的泥盆—二叠系。它与作为“陇西系”的“六盘山新生代造山带”^[9]无论在性质上，还是内容上都完全不同（图 3）。

2.2 从“老侏（朱）不够朋友”到庆华吴取得侏罗系 6 个油田和几十个出油点的突破，在哲学上叫作技术指导思想（观念、认识）要服从于实践

对于 T_{3y} 的砂岩“磨刀石”来说，侏罗系砂岩储层的物性，伴随长石含量的骤减及胶结物碳酸盐含量的降低，有了质的变化。在我们也呐喊“孔孔见油，孔孔不流”和“三低一无”（指延长组的砂岩储层低压、低产、低渗透和无气）时，我们当时就住在延安，几乎每天都从由延安砂岩（ T_{1-2y} 底砂岩）作塔基的那个宝塔山下经过，为什么没有想到把它当作储层来勘探。从现在来看，思想当中有几个“先人为主”的东西在支配。

看不见延安砂岩，就是因为油气在陆相地层当中的“源控论”或“土生土长”的“生油拗陷”认识的局限。例如，既然是“源控论”，那么志丹以西，因出了侏罗系的生油拗陷（盆地相）到了含煤的沼泽相区，加上 T_{3y} 的油不可能逾越向上进入侏罗系，所以，虽然早在 1964 年三普就在吴旗第 1 口深井吴参井见到了相当延 8 的良好含油砂岩，最后仍然不试而别。事过 6 年之后，就在这口井的旁边（吴 1 井）同层位中，同是三普试出了日产几十方的高产井。

当时因为没有煤成烃的理论，加上“土生土长”以及“煤、油不能共生”和“难以共存”思路的支配，界定了侏罗系的找油范围在志丹以东、安塞以南和富县以北的 J_{1-2} 湖相或较深湖相范围内。因此，20 世纪 70 年代会战中庆、华、吴的突破，首先是“煤、油不能共生”以及“源控论”思路的突破。今天，假如我们把 T_{3y} 的油田涂成红色、把 J_{1-2y} 的油田涂成蓝色就会发现，几乎全部侏罗系油气田都分布在靖边—志丹—直罗镇以西的非“生油拗陷”的含煤沼泽相带内。

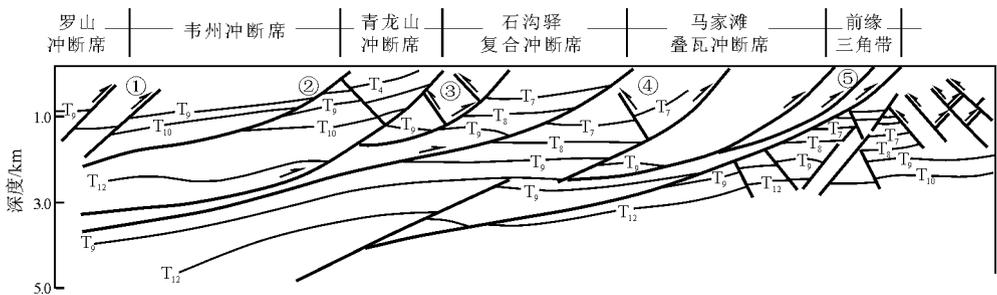


图 3 鄂尔多斯盆地西部冲断构造带横剖面^[7]

Fig. 3 A cross section showing the western thrusts in the Ordos Basin

3 盆地的风格

3.1 盆地整体的地质结构

对一个盆地地质结构的整体认识,并由此对它进行正确的地质结构分区,是涉及对它进行正确选区部署的大事。从历史上看,容易在认识本区的地质结构上发生分歧,这是有一定的“原因”的。如地球物理学家容易从这里引人瞩目的志丹—麒麟沟重磁力异常带出发,一下钻到“基底”里去,并提出去找大庆式的长垣;而地质人员,如果仅仅从中生界的盖层去处理问题,那么在盆地除边缘以外的广大地区就只能看到一个“简单的、呆板的和平缓的西倾大单斜”(即前陆斜坡)。从基底看去(不同方向的三分天下)如此眼花缭乱,而中生代盖层又如此呆板简单,这就是鄂尔多斯最重要的风格之一。这一风格告诉我们,应该认识到这个盆地盖层中所具有的 3 层结构。这 3 层结构用上世纪 70 年代的话来说就是:槽台对立发育时期陕甘宁盆地及其周边的下古生代(指 Z—O₁ 被动大陆边缘);槽台由对立趋向统一时期的中、晚古生代(O₂₋₃—P)从复理石前陆(O₂₋₃—S)到碰撞前陆(D),再到西缘的坳拉槽;以及前陆盆地发育时期的中生代(T₂₋₃—K)。应该突出上述不同结构中的以下几项认识。

此处所说的“Z”是指见于盆地西缘的长城—青白口系(Pt₂₋₃)。它与陕北坳拉槽一起,是垂直于北秦岭的陆内裂陷盆地。但不能把 C—O₁ 的沉积仍看作是坳拉槽,后者在盆地西南缘是一个典型的与塔里木、扬子时代相同的被动大陆边缘。

O₂₋₃ 主要分布在盆地西和西南缘,它包括 2 个清楚的相带:一个是以砂页岩互层富含笔石的平凉页岩相;一个是位于前一相带之西的巨厚的轻微变质的复理石相(米钵本山群),是一套以海底扇—等深岩的残留海深水沉积。后者与泥盆系红层一起,构成一个从复理石前陆(O₂₋₃—S)到磨拉石前陆(D₁₋₂)的周缘前陆盆地原型,标志着在盆地西、南缘应有一条由 Watson 示出的近南北向的古缝

合线。此一特点也与今日在塔里木和扬子东缘所见相同(图 4)。

由作者于 1964 年提出的中央古隆起,已为后来的地震和钻井(庆深 1、中参 1、鄂 2)所证实。它应该是前述 O₂₋₃—D₁₋₂ 加里东期同造山复理石前陆—碰撞前陆盆地的前隆部位。这个隆起控制了 D₃—P_{1s} 所具有的“一条扁担两个筐”盆地的格局。其中,盆地西北缘发育的石炭系,已证实以北西走向越过贺兰山在巴彦浩特盆地中继续有分布,不当当作坳拉槽来认识^[10]。

3.2 鄂尔多斯盆地的盖层

作为华北或中朝地台的一个组成部分,鄂尔多斯以中、上元古界为第一盖层。除陕北和陇东 2 个与秦岭相通的坳拉槽外,盆内大部分地区为没有中、新元古界沉积的一个大陆。下寒武统在盆地大部分地区缺失,含有 *Bergeroniellus* (含磷酸盐)的层位涉及到了盆地西南部,含 *Redlichia Chinese* 的馒头组在韩城、河津已有发现。详细的周缘生物地层工作证明寒武纪的海侵方向是自西南向北推进。奥陶系的下界在盆地东、西是不一致的。东部边缘有相当特马豆阶(Tremadoc)的冶里组,而在西部边缘的若干剖面上都是含 *Wutinoceras*, *Polydesmia* 化石的相当阿利尼克阶的早奥陶世地层与寒武系崮山组相接;平凉群(O_{2p})不是马家沟组(O_{1m})的相变。马家沟组的下部相当于三道坎组(O_{1s}),上部没有越过含 *Amplexograptus Confertus* 的克里摩里组。盆地西南部有含 *Leptograptus cf. flacidus* 的上奥陶统;盆地西缘确有含 *Coronocephalus* 化石的志留系,有岩相变化巨大并作为磨拉石相存在的中、下泥盆雪山组(D_{1-2x})以及著名的上泥盆红层老君山组(D_{2l})。我们注意到属于盆地东、西不同沉积体系的山西组(P_{1s})之前的晚古生代地层都有向“现在的盆地”中央逐层超覆的现象,从而得出 C₁—P_{1s} 期间的鄂尔多斯是“一条扁担两个筐”的格局。换句话说,在鄂尔多斯盆地存在 2 个古隆起:一个是现在已被钻井证实的

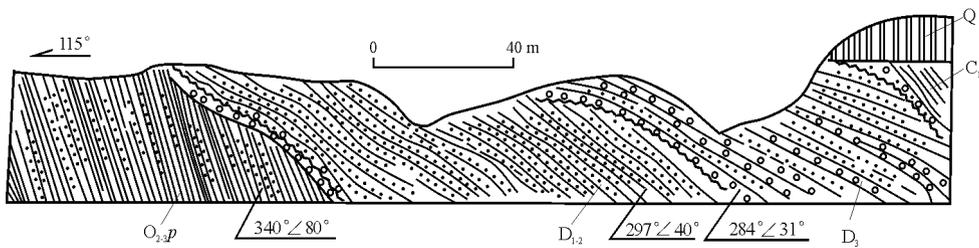


图 4 宁夏金积牛首山匣子沟剖面

Fig. 4 The Xiaiziguo geological section in Niushoushan, Jinji County, Ningxia

中央隆起;一个是位于盆地北部的广义的乌兰格尔蒙起。2个隆起的区别是,乌兰格尔蒙起作为一个继承性的隆起不仅控制了古生界,还控制了中、新生界^[10]。

3.3 弧退(后)性的前陆盆地原型

代表西秦岭—东昆仑印支期的羌塘碰撞,鄂尔多斯从晚三叠世以来,改变古生代的结构,以一个典型的弧退(后)性的前陆盆地原型^[11],支配了整个中生代期间的盆地演化。它具有前陆盆地所具有的以下通性。

具有简单型前陆盆地所具有的外来系统前陆盆地活动翼(由西缘推覆体构成的马家滩断褶带)、前渊或称深拗陷(天环向斜)、稳定前陆斜坡(陕北大单斜)和前隆(北部隆起或伊盟隆起)组成的4种结构。注意,“西缘断褶带”作为一个由推覆构造形成的非原地系统,它与天环向斜之间所存在的后者对前者的陆内俯冲(或A型俯冲)在 seismic 剖面上是清楚的、典型的。

具有典型的不同时期的、有规律的前渊迁移现象。1964年,笔者在《鄂尔多斯盆地形成和中生代沉积拗陷发展演变》一文中,曾详细论述了该盆地三叠、侏罗和白垩纪沉积拗陷(沉降中心)的迁移规律。具体讲,假如引用国际上流行的“沉积中心”概念,将一个时间地层单元最大厚度轴(不论粗细)一律当作沉积中心去考察,那么,在鄂尔多斯中生代前陆前渊或沉积中心演化上的以下规律是清楚的^[12]。

上三叠统延长组的“沉积中心”(沉降中心)在东经107°以西的贺兰山中段—石沟驿—华亭南北一线上,3个点上同期地层厚度超过3000m。而在盆地本部同期地层厚度在1400m以内,盆地北部不足500m。

侏罗系的“沉积中心”(沉降中心)向东转移,位于桌子山东侧—铁克苏庙—马家滩南北一线上。3个点的厚度分别达到1750m,3500m和1000m。在广大盆地内部,侏罗系厚500m左右。

白垩系的沉积中心、沉降中心一致,但进一步向东迁移,这就是今天的天环向斜。

实际上,由于前陆盆地的发生,代表碰撞山链因岩石圈加厚,在重力负载下,导致前陆发生挠曲的所谓耦合效应;加上前陆活动翼(掩冲带)是与碰撞山链演化有关的由递进推覆形成的迁移体系^[11],因而在几乎所用的多旋回的前陆盆地中,都有一个因递进推覆而应运产生的前渊迁移现象(像川西北、库车、塔西南及准噶尔)。

鄂尔多斯中生代前陆沉积体系,在空间上是一个西厚东薄、南厚北薄,总体向北北东方向减薄的楔形体。如果将一个变形的前陆沉积体系予以平衡恢复,由于前陆盆地特别是它的深拗陷一侧,因邻近造山带,物源来自一种内流体系,在导致沉降中心和沉积中心不一致的同时,或沉积体系自前渊向斜坡方向超覆尖灭的同时,前陆沉积在空间上几乎都有一个从窄相带到宽相带的厚度上的空间楔形形态。以 T_3y 的沉积为例,厚度超过3000m的边缘相,在东经107°川西的华亭—石沟驿—贺兰山中南段已发现,但以湖泊至深湖相占有显著地位的沉积中心(也是本区最重要的生油拗陷)则位于庆阳—铜川一线上,但地层厚度减至1400m左右。有定边、吴旗、志丹、安塞、延安5大三角洲发育的河湖交汇位置,大体在定边至延安一线上,地层厚度进一步减薄至不超过1000m。再向东北,伴随着 T_3y 下部地层在北纬38°以北尖灭和岩相上以河流沉积主导,至作为前陆隆起的伊克昭盟地区,仅有小于200m的 T_3y 上部地层得到保存。这种厚度上的楔形,会使我们立刻联想到川西北的须家河,联想到塔里木的南北缘,因为它们都是前陆盆地(图5)。

3.4 烃源岩分布规律

与生油拗陷直接相关的中生代前陆时期的烃源岩相带分布,有一个由大到小和静水湖相沉积范围逐渐缩小到消失的规律。延长组二段(T_3y^2)是这个盆地中生代前陆时期最广阔的一次水进加大时期,湖水乃至较深湖泊的范围淹没了现代长城以南的整个盆地南半部,面积达到 $10 \times 10^4 \text{ km}^2$;到了延安组的水进加大时期,湖水或深湖水范围仅限

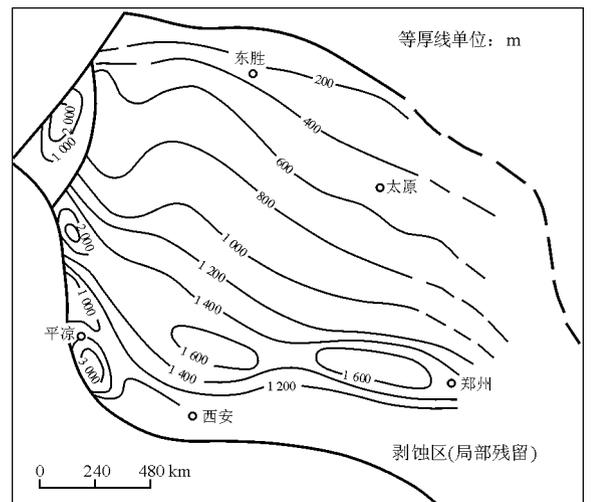


图5 鄂尔多斯盆地上三叠统等厚线

Fig. 5 The Upper Triassic isopach map in the Ordos Basin

于盆地东部延安—志丹为半径的范围内,面积缩小到不足 $3 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。白垩系湖相沉积无论在空间上和时间上,又比侏罗系进一步缩小。

3.5 含煤层系的作用

在根据生油坳陷大小和生油岩系厚薄来评价中生代不同时期坳陷的贡献时,不应忘记煤系地层或煤成烃对盆地中生界油气成藏组合作出的贡献。换句话说,鄂尔多斯有3套含煤层系,分别是上古生界的石炭、二叠系^[13,14],主要是 C_3-P_1 , 中生代三叠系延长组上部的瓦窑堡煤系,以及中、下侏罗统的延安组。油气在该盆地分布上的所谓“南油北气”、“上油下气”以及侏罗系油气主要分布在靖边—志丹—直罗一线以西的现象,不能不与煤系地层所作的贡献,即煤成烃联系起来。作为一风格,鄂尔多斯同时是我国最大的含煤盆地之一^[15]。

3.6 河流相的作用

与以往“湖泊作用”统治中亚大陆中生代的概念不同,或与传统的大湖思想不同,经过岩相古地理的详细研究,在上古生界和中生界地层中,应把河流相的地位,提到本区重要风格上来认识。它不仅是前陆沉积体系中的重要成员,而且是本区上古生界、中生界三叠—侏罗系中最重要的储层。在长庆石油会战中,以“让开大路占领两厢”思想所取得的巨大突破,其原因之一,就是认识了那条在延长组风化面上从西向东流的经盆地中东部的环(县)延(安)古河道。

3.7 有机质成熟

以往,大家都习惯于从有机质埋藏受热、导致油气逐渐加热的模式来考察油气的形成和演化。然而,近年来的研究证明,有机质的成熟和演化可以忽略作为补偿的时间因素,而只需考虑温度事件。

3.8 新近纪以来的演化

鄂尔多斯新近纪(主要是中新世)以来的隆升及鄂尔多斯高原和环鄂尔多斯地堑系(汾渭、河套、银川)的形成,对油气富集有重要的影响。

通过以上8点的分析,可以对鄂尔多斯盆地与含油气性有关的主要风格作以下概括:地质历史上受2个古隆起影响和支配的当今的鄂尔多斯盆地,是一个被外围新生代地堑系环绕,本身缺失第三系的,结构由活动翼(西缘推覆席)、深凹陷(天环向斜)、前陆斜坡(陕北斜坡)和前陆隆起(伊克昭盟)构成的中生代陆内前陆盆地系统。除了早古生代大陆边缘上的源岩外(以 O_{2-3} 为主),以陆相为主的3套油(气)源岩($C-P, T_3y, J_{1-2}y$)3套煤系($C-P, T_3y^5, J_{1-2}$)构成了它丰富的油气资源基础

和相应的3套成藏组合和1套可能含油气的潜山(基岩)组合。这里有构造油气藏,但控制盆地内部的广大地区,特别是前陆斜坡和前隆带上油气富集成藏的主导方式是地层(不整合)加岩性油气藏。因此,在本区找油气,树立一个“油气并不偏爱背斜”的观念至为重要。

4 融未知于已知,化意外为意中

如果将目前已知的含油(气)领域与盆地的结构或风格予以对照,笔者希望大家对下面所提到的新领域,抱着“融未知于已知,化意外为意中”的态度,一起加以思考。

4.1 已知的含油(气)领域

盆地内已知的含油气领域包括:(1)与中央古隆起或“一条扁担两个筐”有关联的鄂尔多斯中央(或陕北)不整合削截型大气田(O_1);(2)主要分布于靖边—志丹—直罗镇以西,在延长组(印支)侵蚀面之上,与侏罗系延安组古河道即环延古河道有关的,或与“让开大路,占领两厢”有关的地层型油气藏;(3)与延长组5大三角洲有关的,或与延长组南部生油坳陷有关的,位于前陆盆地稳定斜坡上的,与地层岩性有关的非背斜型的巨大油气聚集;(4)在前陆盆地活动翼上,与从基底拆离到薄皮滑脱褶皱背斜有关的背斜型油气聚集,它包括盆地“西缘断褶带”上的马家滩、李庄子、摆眼井等油气田,而位于盆地南缘的已知含油的四朗庙等背斜也应划入此一类型;(5)与盆地北部长期继承性隆起,以及晚古生代以煤系地层为特色生气(油)凹陷有关的地层岩性,以及混合圈闭型的气(油)田,这主要是指位于前陆盆地斜坡近末端背景的天然气聚集(包括北部已出气的卜尔江海以北的塔巴庙地区)。

4.2 新的含油气领域

伴随着侏罗系自东向西的加深,除了应继续注意河道两侧高地近旁与“两厢”有关的地层圈闭型油藏外,还应注意由 $J_{1-2}y$ 煤系地层作为源岩在 J_{1-2} 中上部,甚至包括 J_2c (直罗组)砂体内的聚集,更要注意“天环向斜”(前陆深凹陷)内部特别接近活动翼一侧仍有平缓背斜发育地区的油气,包括深盆气型的聚集。

从盆地西缘穿过“断褶带”若干东西向地震剖面看出,这些剖面在清楚地勾绘出近南北走向若干条西倾上陡下缓犁式掩冲断层同时,或这些断层向下变缓并收敛于 T_0 面时,我们注意到在表层褶皱以下的或 T_0 以下的早古生代的原地系统是一个

平缓的“大背斜”。考虑到古生代的“原石油藏”，以及古生代西侧有 O_2p (平凉群) 和 C_1-C_3t 深拗陷的存在，加之 20 年前在天池构造(天环向斜中)井下见奥陶系油层的事实，作为一个找油的新领域，建议对鄂尔多斯西缘前陆活动翼下盘的下古生界含油气性予以注意。这方面，可以借鉴克拉玛依掩冲带下盘勘探成果的经验，也可以参考加拿大盆地在相似位置上勘探 Turner Valley 以及近年来外国石油公司勘探东委内瑞拉拖冲带的经验。

4.3 盆地南缘的油气前景

将盆地南缘称“渭北隆起”是不妥的。对这里几排构造重新进行勘探，应该表示支持，主张用新的思路重新考虑盆地南部的一轮部署。盆地南缘是前陆活动翼的一部分。但因为近东西走向的渭北，与近东西向自西向东的前陆挤出，不像盆地西缘那样面对挤入方向，因而背斜相对平缓完整。虽然如此，由于印支不整合在此地的存在，几排构造间“递进推覆”或南老北新是存在的。

因此，除考虑背斜外，还应以上世纪 70 年代渭北上石节(阶)煤矿巷道内沿印支不整合面的油气大量涌出现象为依据，在渭北褶皱带内侧或背斜带之间有 J_{1-2} 地层保存的地方寻找由不整合削截圈闭形成的不整合聚集。由于白垩纪地层已参与了渭北最北一排的褶皱，认为渭北既有燕山早期(J_2 以后)的早期聚集，也有燕山晚期或喜山期(K_1 以后)的聚集。

渭北“黑腰带”上有 2 套煤系，一套是太原组(C_3t)煤系，一套下侏罗统富县组(J_1f)煤系。在渭北找油(气)，应该将上述 2 套煤系“煤成油”和“煤成气”的可能贡献结合起来。

4.4 再论乌兰格尔蒙起的找气(油)前景

按“吃一、抓二、眼观三”的战略，在鄂尔多斯北部以塔巴庙、紫金山卜尔江海以北(乌兰格尔蒙)为代表的 3 块古生界含气区块中，主张将乌兰格尔蒙起作为“眼观三”的对象。

4.4.1 石油地质条件

从地质上看，乌兰格尔蒙在历史上是长期的隆起区。前震旦纪变质岩在隆起的顶部已有出露。沿着基底总体向西南下降的斜坡，在北纬 39.4° 以北本文理解的乌兰格尔蒙隆起范围内，古老变质岩的埋藏深度为 $0\sim 2\ 900$ m (见三普北部 T_9 等深图)。在卜尔江海以北，基底南北(或东北—西南)落差大于 $2\ 000$ m，远远超过了盆地南部 T_9 自东向西 22 m/km 的梯度。也就是说，这里存在着明显的为油气运移所必需的势能差。隆起的西南是高势区，隆

起顶部是盆地中最低的低势区。

早古生代地层在此全部缺失。在“槽台”对立发展时期的早古生代，乌兰格尔蒙起跨过当今的河套与乌拉山一起，是作为分割内蒙兴安陆缘海与华北陆表海的一块“古陆”而存在的。在这块古陆的南缘和西南边缘，是一个为台地边缘相控制的通向北祁连海盆的平缓斜坡，如果不考虑隆起上局部地堑中的中新元古界，隆起本身的裸露地表时间达 700 Ma 以上。

上部古生界，特别是石炭系，仅在区内个别低凹部位有不足 100 m 的上统粗碎屑含煤建造，相对南部和西部，上升背景依然明显。

在盆地南部形成延长组(T_3y)显著前陆盆地时，作为前陆隆起，这里只记录有它的边缘相。

在隆起顶上， C_3-J 地层全部付缺，志丹群(K_1z)上部地层直接不整合超覆在变质岩之上。

这样，在隆起范围内，就有 2 个不整合面值得强调。一个是基底与 C_3-J_{1-2} 底部的不整合面，可看作是加里东期的一个长期侵蚀面；一个是 K_1 下面的超覆不整合面。这 2 个面在隆起顶部合并^[10]。从白垩系油苗分布限于隆起顶部，以及在缺失 C_3-P_1 地层地区(如伊深 1 井)，石盒子组(P_{1-2x})底砂岩也含油气来看，基底顶部这个不整合面是个油气运移的重要通道。

此外，乌兰格尔蒙是一个内部有分割的断块，隆起内部次一级高低断块控制着石炭、二叠纪地层的分布。在卜尔江海以北(注意地震资料已有证据将该断裂认作是北倾的压扭性断层)，地震已发现了包括石股壕(伊深 1 井)、拉布仍(伊深 17 井)在内的 7 个圈闭，圈闭面积(T_9)为 $10\sim 50$ km²，闭合幅度(T_9)从 $110\sim 29$ m 不等，并在 2 口探井中试出了工业气(油)流。

4.4.2 经济技术条件

从经济技术条件上考虑，除西部库布其沙漠以外，由于本区基本上是一块准平原化的半漠半沙的高原，交通条件相当良好；有一定数量的地震和钻井资料基础；目的层一般都在 $2\ 500$ m 以内；一个非常重要的情况是，当地也是全国最大的天然碱公司(伊化)有意与我们进行合作，并愿意承担部分地质风险。此地北距包头不到 120 km。天然气市场应无问题。

总之，乌兰格尔蒙在本身无可靠油(缺)源岩的情况下，该区的油气只能来自盆地南部或西南部的石炭、二叠纪煤系和中上奥陶统。油气沿着基底不整合面，一部分进入以石盒子组为代表的构造加地层岩性圈

闭,大部分(笔者长期的意见)可能进入了那个长达700 Ma 裸露的高差超过2 000 m的“潜山”(这是作者与已故潘钟祥教授1979年地矿部油气会议上达成的共识,因故未在那次会议上发表的思想)。

5 石油的发现来自地质学家的观念

本节这段命题,来自于Dickey 1958年的一段著名的谈话,原话全文是:“通常,我们一个新的地区用老观念可以找到油,有时候,我们用新的观念,在一个老的地区也能找到油。然而,我们很难用老观念,在一个老的地区找到更多的石油……”^[16]。用这段话,对照作为一个“找油老区”的鄂尔多斯盆地勘探历史,其经历,特别是从1968年以来,油(气)3次上台阶的经历,几乎是Dickey一席话的验证。

庆、华、吴 $J_{1-2}y$ 古河道油田的发现的思路,来自于1962年以来对 $J_{1-2}y$ 古地形西高东低,和延安砂岩河道“由西向东流”的岩相古地理的新概念。这个观念的实质就是“让开大路,占领两厢”。

鄂尔多斯盆地以长城为界,固有一个“南油北气”、“上油下气”的说法。“南油北气”是指中生代的油,特别是 T_3y 湖相生油坳陷,是在盆地的南部。南部与北部分界的三边—延安一带,是延长组北部河流与南部湖泊交汇的三角洲地区。正是有了吴旗、志丹、安塞和延安等几个三角洲组成的三角洲体系,有了20世纪60年代编图和国外引进的三角洲观念,才指导了 T_3y 在上世纪后20年,从地质储量不足 1×10^8 t,上了近 10×10^8 t的大台阶。

自笔者在上世纪60年代初期,从分析C—P构造古地理入手得出在鄂尔多斯中部确实有一个“古中央隆起”概念以来,虽然也有西部肩部隆起甚至反对的观念,但在我们的阶段普查报告中(1974)^[3]以及后来出版的“40年”报告中^[5]得到确认。特别是得到中国石油天然气总公司大量钻井工作的证实。盆地中部陕北大气田的发现,显然与此指导思想有关。我们现在可以说,这个古中央隆起,与川中隆起相似,它就是鄂尔多斯西缘C— O_1 被动边缘上因加里东期的聚敛,那个从 O_{2-3} 复理石前陆,发展到泥盆纪碰撞前陆的加里东期周缘前

陆盆地的前隆部位。

观念不是天上掉下来的,观念产生于注重基础地质工作的实践(自己的、前人的)。“温故而知新”,笔者期待大家一起努力发掘新的观念,并用新的观念去指导西部地区的勘探工作。

后记:本文为纪念李四光部长诞辰120周年和上世纪60—70年代,部长4次在京接见作者和他对陕甘宁找油的重要谈话而作。

参考文献:

- 1 邱中建,龚再升. 中国油气勘探(第2卷)——西部油气区[M]. 北京:石油工业出版社,1999. 207
- 2 Pan C H. No-marine origin of petroleum in north Shensi and the Cretaceous of Szechuan, China[J]. AAPG, 1941, 25(1): 2058~2068
- 3 孙肇才. 陕甘宁盆地石油普查地质成果总结报告[R]. 1974
- 4 孙肇才. 鄂尔多斯盆地形成和中生代沉积拗陷带的发展演变[J]. 鄂尔多斯石油地质通讯, 1964, (1)
- 5 吕华主编. 中国石油天然气的勘查与发现[M]. 北京:地质出版社, 1992
- 6 国家计委地质局. 西安石油地质座谈会文件及资料汇编(第一分册)[R]. 1973
- 7 杨俊杰. 鄂尔多斯盆地构造演化与油气分布规律[M]. 北京:石油工业出版社, 2002
- 8 孙肇才. 简论鄂尔多斯盆地地质构造风格及其油气潜力——纪念朱夏院士逝世10周年[J]. 石油实验地质, 2000, 22(4): 291~296
- 9 李四光. 地质力学概论[M]. 北京:科学出版社, 1962
- 10 孙肇才. 鄂尔多斯盆地北部地质构造格局及前中生界油气远景[J]. 石油学报, 1980, 1(3): 7~18
- 11 Moore P S, Hobady D K, Mai H, et al. Comparison of selected non-marine petroleum-bearing basins in Australia and China[J]. APEA, 1986, 26(1): 285~309
- 12 孙肇才, 谢秋元, 杨俊杰. 鄂尔多斯盆地——一个不稳定的克拉通内部盆地的典型[A]. 见:朱夏, 徐旺主编. 中国中生代沉积盆地[C]. 北京:石油工业出版社, 1990. 148~168
- 13 陈全红, 李文厚, 姜培海等. 鄂尔多斯盆地西南部上古生界油气成藏条件分析[J]. 石油实验地质, 2007, 29(6): 554~559
- 14 薛军民, 高胜利. 鄂尔多斯盆地神木地区上古生界煤储层特征及含气潜力[J]. 石油实验地质, 2008, 30(1): 37~40
- 15 王双明, 吕道生, 张玉平. 鄂尔多斯盆地形成演化和聚集规律[A]. 见:孙肇才, 王庭斌主编. 第30届国际地质大会论文集[C]. 北京:地质出版社, 1999
- 16 Dickey Parke A. Oil is found with ideas[J]. oil & Gas Journal, 2002, 100 year anniversary issue

(编辑 叶德燎)