

河西走廊油气勘探的新领域

谭 试 典

赵 柳 生

(石油工业部地球物理勘探局)

(中国海洋石油总公司石油勘探开发研究中心)

河西走廊酒泉—民乐山前拗陷带位于祁连山北麓。西起玉门、东止民乐，东西长420余公里，南北宽30—60公里，属中生代山前拗陷带。基岩隆起分隔为三个沉积盆地，自西而东为酒西、酒东、民乐，它们的面积分别为2700、8600、7800平方公里（图1）。

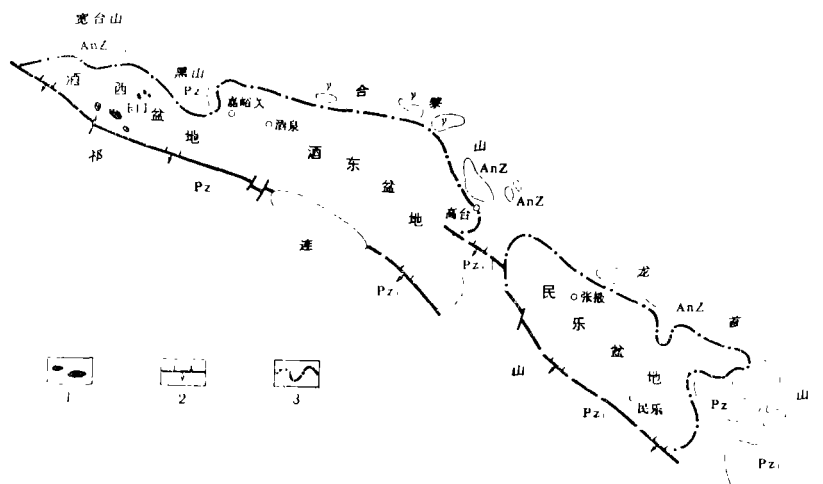


图 1 酒泉—民乐山前拗陷带位置略图

1 油田 2 逆掩断层 3 盆地范围

其中除酒西盆地已被证实是一中生界含油气盆地外，其它盆地知之甚少。此带五十年代开始开展工作，因受当时技术水平的限制，勘探程度较低。以酒西盆地为例，1939年孙健初发现了老君庙油田，五十年代发现了石油沟、白杨河、鸭儿峡等不同类型的油气藏，七十年代又发现了白垩系岩性油藏及白东油藏，可见老区仍有勘探潜力，尚有未被认识的领域。关键是需要应用新理论，先进的勘探手段，重新认识、重新评价。随着新理论的产生和勘探技术的发展，老区一定可做出新的贡献的。

一、碰撞山前坳陷带的形成

酒泉—民乐山前坳陷带的演化,经历了复杂而漫长的历程。其发展历史如图2所示。

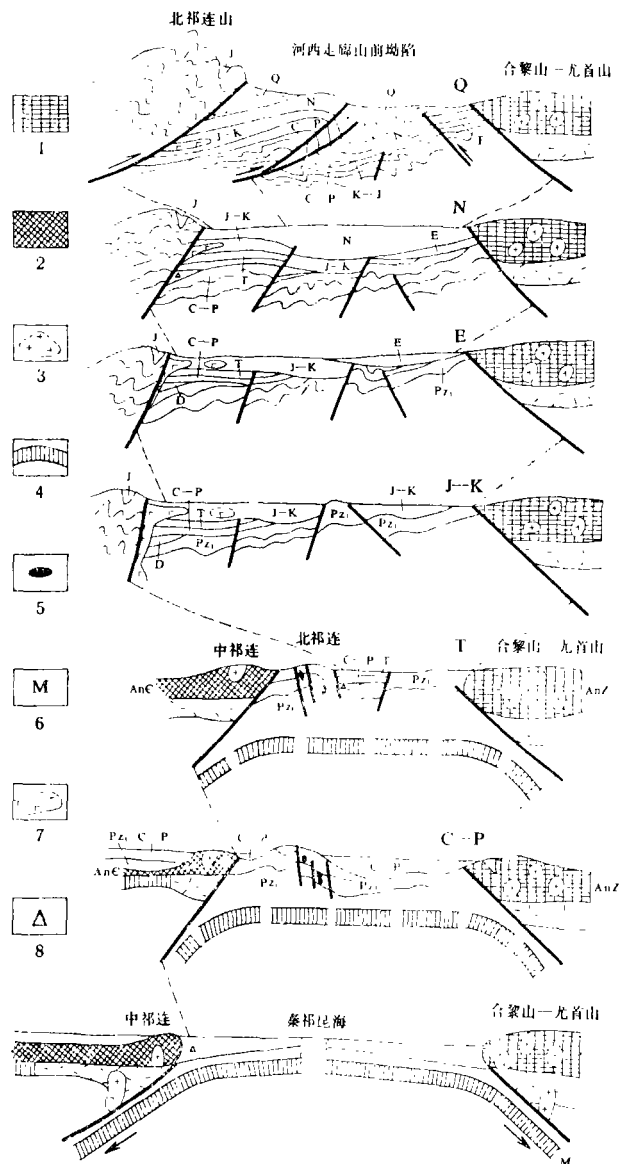


图2 酒泉—民乐碰撞山前坳陷带发育史示意图

1.前震旦系 2.前寒武系 3.花岗岩 4.洋壳 5.蛇绿岩套 6.莫霍面 7.玄武岩 8.混杂堆积

震旦纪、早古生代河西走廊及祁连山曾是一个古洋盆,李春昱教授称之为秦祁昆海。此洋盆南接北特提斯洋,北邻阿拉善地块。古生代秦祁昆海扩张,沉积了厚逾20000米的优地槽和冒地槽沉积。古生代早期北特提斯洋壳不断向北移动,致使北祁连及河西走廊地区寒武纪及奥陶纪沉积物受到挤压,局部发生褶皱断裂,造成不整合。志留纪末的加里东运动,地槽发生全面强烈的褶皱断裂,北祁连地槽沿合黎山—龙首山深断裂及中祁连北缘深断裂向北、向南俯冲,在地块边缘发育有俯冲带熔融物质—加里东期花岗岩。这次俯冲活动之后,祁连地槽的巨厚沉积褶皱上升成陆,泥盆纪为山麓堆积的磨拉石沉积^[1]。

晚古生代秦祁昆海的俯冲带已南移至布尔汉布达一带,北祁连山受这一俯冲影响,山麓深断裂再次活动,走廊地区已成陆表海,沉积了厚达2000米的石炭至三叠系沉积。石炭系为海相、海陆交替相,厚650—800米。二叠至三叠系为陆相沉积,分别厚600及1000余米。从石炭至三叠系各层之间均为整合或假整合接触关系,反映华力西运动在此表现为升降运动。

印支期,由于秦岭—松潘地槽沿临夏、天水一带向北俯冲,本区也受其影响,大部份地区隆起遭受剥蚀,上古生界及三叠系受断裂控制,构成了中生代沉积盆地的基底。

早燕山期,本区南缘产生断陷,沉积了湖沼相的中下侏罗统龙凤山群。晚侏罗世南部隆起,在北缘合黎山、赤金堡一带沉积河流湖泊相的赤金堡群。

晚燕山期,在侏罗纪断陷沉积的基础上,沉积范围有所扩大,白垩系新民堡群广泛超覆于古生界、二叠系、侏罗系之上。由于早燕山运动以块断活动为特征,盆地基岩沿北东向产生了一系列断陷和隆起,断陷中沉积了巨厚的白垩系湖相沉积,并有玄武岩喷溢。区内形成一系列白垩系凹陷,如青西、青南、庙北、石北、营儿、马营、民乐及张掖西等。晚燕山运动末,本区普遍隆起。

早喜马拉雅期早第三纪渐新世时期,沉积局限,走廊地区继续隆起剥蚀。晚喜马拉雅期,由于印度板块与欧亚板块碰撞,青藏高原强烈崛起,高原中蓄聚起来的重力势能大,升高的山脉和高原向四周扩展而推覆到四周较低的地质单元之上,广泛形成逆掩推覆。由于山脉升高,地壳增厚,使其临近的岩石圈发生挠曲。形成碰撞山前拗陷带^[2]。山前拗陷带沉积了中新统河湖相沉积,随着祁连山急剧上升,上新统岩性愈来愈粗,由河流相变为山麓洪积相堆积。山前拗陷带由于祁连山向北推覆逆掩,南缘形成南缓北陡的山前逆掩背斜带,并向北发生倒转及逆冲,山前带北缘形成向南逆冲的单斜挠曲带,两者之间以深凹陷过渡。第四纪活动得到加强,老地层常常逆掩到第四系砾岩之上,山麓洪积扇广泛分布,逐渐演变成今日面貌。

综上所述,酒泉—民乐山前拗陷带沉积巨厚,早期受南北向水平挤压应力作用,使古生界地层发生褶皱、断裂;燕山期产生北东向张性断裂,形成断陷,并有玄武岩喷发;后期印度板块与中国大陆发生碰撞,青藏高原崛起,向外扩展,强烈的水平挤压应力作用,形成不对称的碰撞山前拗陷带,并发生大规模的逆掩推覆。这种复杂的地质演化历史,尤其是大型逆掩断裂的形成对山前拗陷带的沉积、圈闭的形成,油气的生成、运移、聚集都有深刻的影响。

二、河西走廊具有多套生油层系

从河西走廊地质发展史来看,这一地区具有三个生油期,多套生油层系,具有生成油气的雄厚物质基础。

1. 石炭纪生油期。早石炭世臭牛沟组是海相沉积,厚400余米,下粗上细,以陆源碎屑沉积开始,海相碳酸盐岩结束,分布在酒西、民乐盆地南缘。灰岩中富含有机物质,具黄铁矿结核。中石炭世羊虎沟组东段较厚向西尖灭,以灰岩、页岩为主。晚石炭世太原组分布广泛,以页岩、灰岩、含煤沉积为主,属海陆交替相,厚250米。石炭系生物化石丰富,有机质丰盛,保存转化条件较好,具有良好的生油条件。酒西盆地,页岩中有机炭含量为0.45—3.65%,沥青含量均在0.043%以上,氯仿沥青“A”大于0.5%,OEP值1.13,芳烃结构指数0.83—0.87。老君庙井下原油中有石炭系孢粉;河西走廊东部石炭系灰岩晶洞中还发现大量原生油苗,可见石炭系不但有丰富的有机物质和良好的转化条件,而且曾有油气生成的过程。太原组是河西走廊重要的含煤层系,亦可视为煤成气源层。

2. 侏罗纪生油期。下、中侏罗统分布在盆地的一些断陷中,属湖泊沼泽相沉积,厚260余米。当时气候温暖潮湿、生物繁茂,有煤、油页岩及黑色页岩沉积。晚侏罗世在合黎山、赤金堡一带沉积了砂、砾岩及灰绿色、灰色泥岩为主的河流湖泊相沉积,厚度在250米以上。侏罗系除有一定的生油能力外,煤系发育,可成为重要的煤成气源层。另在邻近地区如潮水盆地侏罗系有液体油苗,应引起注意。

3. 白垩纪生油期。勘探程度较高的酒西盆地,白垩系新民堡群黑色泥、页岩为良好的生油层平均厚409米,最大厚度为716米,是一套富含有机质的湖相沉积,黑色泥、页岩中有机炭含量达1.1—3.6%,生油母质以混合型干酪根为主,腐泥型干酪根次之,正烷烃奇偶优势指数(OEP值)为1.04—1.15,芳烃结构分布指数(ASI值)为0.7—1.0,说明有机质丰度和有机质的成熟度均较高。酒西盆地的油源对比结果也支持了这一结论。

酒东、民乐盆地新民堡群也较发育。民乐盆地东西端剖面有近400—650米深灰、灰黑色泥、页岩。氯仿沥青“A”含量为0.1—0.05%,总烃100—500ppm,以混合型、腐泥型干酪根为主,具良好的生油条件。酒东盆地新民堡群暗色泥岩厚度大于400米,有机炭为0.93—1.55%。在马营河剖面的暗色泥岩层面上发现沥青,其中所夹的薄砂层内含油¹⁾。

三、三种成油组合和五种勘探类型

1. 自生自储成油组合——侏罗—白垩系、石炭系勘探领域

侏罗—白垩系是山前拗陷带的主要生油层系,据酒西盆地勘探证实,侏罗—白垩系

1) 谭试典等,1961年,酒泉东部盆地综合研究报告。

有较多较好的砂层发育,砂层厚度约占剖面的四分之一略多,它们的产状与生油层间互,或分布于凹陷的边缘,配合成较好的储盖组合。侏罗—白垩系凹陷中常见的断裂构造和岩性因素构成的圈闭,形成断层—岩性油气藏。酒西盆地鸭西白垩系油气藏即属此类,鸭西白垩系油藏油层厚度可达20米。酒西、酒东、民乐盆地中的侏罗—白垩系凹陷及其侧缘应重视对这类油藏的勘探。

石炭系是山前拗陷带很有前景的生储油层系,这套沉积除酒西盆地发育外,据地震资料,民乐盆地中生界构造层之下存在一套角度不大、连续性较好的巨厚反射层,在剖面中可见较大的起伏,少见杂乱反射,地层受力不强,推断为上古生界构造层,地质条件对形成石炭系自生自储油气藏颇为有利,应是勘探上古生界自生自储油气藏的有利地区之一。

2.侧向成油组合——山前逆掩背斜带、北部单斜挠曲带,油气自白垩系生油凹陷通过中新界不整合面侧向运移到圈闭中聚集。

山前逆掩背斜带:酒西老君庙背斜带缺少白垩系生油层,中新统油藏油气来源于西侧的青西、青南凹陷,油气沿中新界不整合面由西向东侧运移、聚集在背斜圈闭乃至基岩裂隙内,形成老君庙背斜油藏和鸭儿峡基岩油气藏¹⁾。老君庙背斜形成于上新世末逆掩期,成油期与构造带形成同时或更晚,这类油气富集区形成与逆掩断裂密切相关。其特点是成油时间晚,油气富集程度高(该带总储量约占酒西盆地探明储量的97%)。酒西、酒东盆地山前逆掩背斜带平行祁连山北麓主逆掩断裂带,民乐盆地也应如是,应列为山前拗陷带最重要的勘探领域。

北部逆冲挠曲单斜带:在酒西盆地中已有第三系小型断块岩性油藏发现,它的成油组合也属侧向组合类型,但此类油藏规模小,产量低,应列为次要的勘探领域。

3.逆掩成油组合——盆地掩覆体勘探领域。

所谓逆掩成油组合是指美国西部逆掩断裂带和我国克拉玛依—乌尔禾逆掩断裂带为代表的特殊成油组合。它的成油条件主要取决于逆掩断裂带的形成。如美国西部逆掩断裂带是由北美科迪勒拉褶皱山系的巨厚的古生界和早中生界海相地层组成。自侏罗纪以来,北美大陆板块和太平洋板块碰撞,在水平压应力作用下,巨厚的地层发生褶皱、断裂,并以A型俯冲(A—Subduction)形成推掩断片(Thrust plate)组成的逆掩断裂带。该带可采油储量1.3亿吨,天然气储量2780亿立方米。主要生油层系是白垩系海相页岩,储集层为古生界、侏罗系的碳酸盐岩和砂岩,圈闭主要是由逆掩断层派生的倒转背斜以及上盘的牵引背斜为主。笔者认为美国西部逆掩断裂带发现的一些油田所处的构造环境,大致相当祁连山山前逆掩背斜带,它们虽然构造环境相似,但规模差异极大(美国西部宽50—70公里,祁连山北麓仅10公里),成油条件也有区别。在祁连山北麓逆掩断裂带寻找美国西部逆掩断裂带式的成油组合必将在主断裂上盘,但这里地层强烈变质褶皱,虽可能有裂隙式油藏,但勘探风险极大;在主逆断裂之下应该存在酒西、酒东、民乐盆地的掩覆体,依据是在主逆掩断裂带内常夹有上第三系地层“碎片”,它是由上盘推覆时把断面以下的上第三系携带上来的(图3)。另据重力资料分析,白垩系

1)吴振权,酒西盆地成油规律及找油方向,1978年。

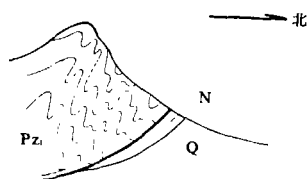


图3 酒西盆地东大口东祁连山大断裂示意图

构造线呈北东向展布, 凹陷中心紧贴主断层, 表明凹陷的部分可能被掩覆在主逆掩断面之下。山前白垩系与上覆第三系为不整合接触, 此两套地层组成背、向斜构造, 其产状向南应延伸在主逆掩断面之下 (图4)。

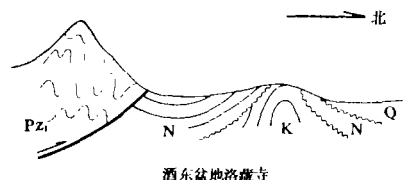
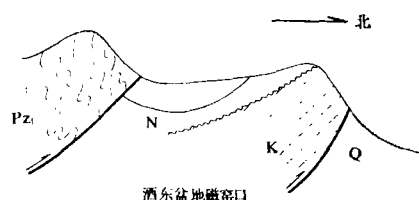


图4 酒东盆地祁连山大断裂示意图

祁连山北麓主逆掩断裂下的盆地掩覆体可以勘探类似我国准噶尔盆地克拉玛依—乌鲁木齐断裂带下盘的断层封闭油藏和背斜油藏 (图5)。该带主要生油层是石炭系, 油气通

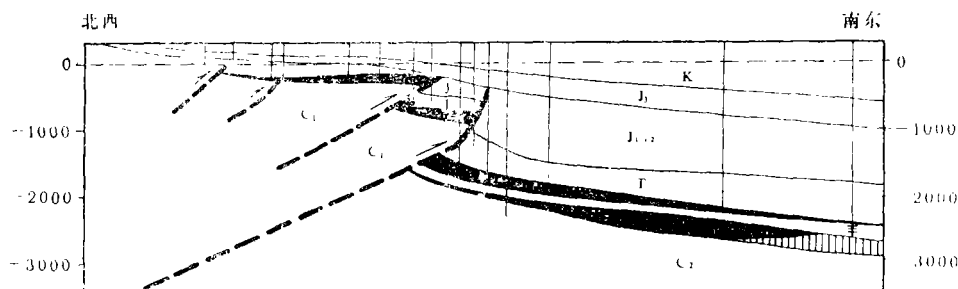


图5 准噶尔盆地白碱滩油藏剖面示意图 (据张传淦)

过逆掩断面进入下盘石炭系以上地层与断面构成了断层圈闭油藏; 或在下盘由逆掩断层派生的背斜圈闭中形成油藏。依此推测, 酒西、酒东、民乐盆地被掩覆的部分也可形成以白垩系为油源的白垩、第三纪断层封闭和背斜油藏, 民乐盆地还可能出现以石炭系为油源的同类油藏。

四、油气勘探的新领域

1. 酒西盆地勘探工作已进行了四十六年, 已有资料说明, 每平方公里生油岩获得地质储量约16万吨, 与东部含油气丰度较高的下辽河断陷相近, 可见山前拗陷型盆地含油气丰度是较高的。山前拗陷带三盆地应具有相同的成因机制, 类似的油气地质条件和含油气远景。被称为“老区”的酒西盆地每平方公里所钻探井不足一口。酒东、民乐盆地

钻井更少，地震工作量也达不到普查精度，面积却五倍于酒西盆地。就全区而言，老区不老，后备勘探区域很广，应投入较多的工作量。

2. 酒西盆地勘探证实，白垩系生油凹陷控制油气分布，油气富集区靠向盆地逆掩断裂带一侧，与美国西部逆掩断裂带油气分布规律一致，受逆掩断裂带的控制。特别是白垩系凹陷区和邻近白垩系凹陷的地区和前述的五种勘探类型中，重点应是山前逆掩背斜带和盆地掩覆体这两个勘探领域。

3. 在勘探部署上应把酒泉—民乐山前拗陷带作为整体考虑，查明其地质结构，生油凹陷分布位置，生、储、盖组合，局部构造分布；对逆掩断裂带要重点查明主要断裂产状，逆掩背斜带的位置，掩覆体的地层组成、宽度和构造格局。方法上要采用综合勘探手段，除地球物理勘探外还需辅以必需的参数井，以期提供有效的勘探新区。

(收稿日期 1983年7月21日)

本文据王尚文教授生前的指导思想撰写而成，在他七十诞辰和逝世两周年之际，仅以此文献给我们的导师——王尚文教授，以表示深切的怀念。

参 考 文 献

- [1] 李春昱等，秦岭及祁连山地质构造的基本特征，国际交流地质学术论文集 [I]，地质出版社，1978年。
- [2] 王尚文等编著，中国石油地质学，石油工业出版社，1983年。
- [3] 中国科学院青藏高原综合科学考察队，青藏高原地质构造，科学出版社，1982年。

NEW ASPECTS OF OIL AND GAS EXPLORATION IN HEXI CORRIDOR

Tan Shidian

(Bureau of Geophysical Prospecting, Ministry of Petroleum Industry)

Zhao Liusheng

(Center of Marine Oil Exploration & Development)

Abstract

Jiuquan-Minle foredeep zone, covering an area of 19,000 km², and with a thickness of sedimentary sequences up to 7,000 m or more, consists of three sedimentary basins, i.e. Jiuxi, Jiudong, and Minle basins. Large reserves of oil and gas have been found already in Jiuxi basin.

Based on the data obtained recently and the experiences derived from exploring practice in Jiuxi basin, three types of oil-bearing combination and five aspects of oil exploration are determined for the Jiuquan-Minle foredeep zone. Reserves initially in place of Jiuxi basin has been proved to be 160,000 ton per cubic kilometer of source rock. The relative high potential confirms that further prospecting of this region should be considered.