

地块-海槽边缘带的油气形成^①

罗斌杰 郑国东 袁剑英 杨醒华 段毅

(中国科学院兰州地质研究所, 兰州 730000)

摘要 对准噶尔、塔里木等盆地沉积环境的研究表明, 在古生代, 中国西北区为海相沉积, 沉积盆地的基底是一些离散的古老结晶地块, 其上海水漫漫, 其间为大洋或窄大洋的海槽。地块之间的海槽或地块与海槽过渡的边缘带盆地是油气形成的有利地带。在海槽遭受压缩褶皱而回返的造山过程中, “地块-海槽”体系发生转化, 形成中生代“山系-盆地”的陆相沉积体系。这时, 边缘带的油气源岩系被埋藏在盆地边缘和外围的山系之下。但这些油气源岩中形成的部分油气已经运移到盆地内的储集层中聚集, 形成“外生内储”的油气藏。这种类型的盆地中, 存在陆相生油和海相生油, “内生内储”和“外生内储”的两类生油岩系和两种生储组合配置体系。“地块-海槽”边缘带油气形成观点的提出, 突破了以现今盆地为界限研究古生代油气形成分布规律的传统观念, 增大了中国西北区可以发现的油气资源量, 扩展了找油找气的新领域, 具有十分重要的意义。

关键词 地块-海槽 山系-盆地 边缘带 成油体系 外生内储

第一作者简介 罗斌杰 男 61岁 研究员 博士生导师 石油地质及地球化学专业

1 前言

陆相沉积盆地中的油气资源调查, 是通过各种有效的途径和方法综合计算盆地内各个生油凹陷中油气源岩可能生成的油气资源量。在盆地内寻找有利的生油凹陷, 以生油凹陷为油气形成的独立单元进行盆地中的油气勘探部署, 其可靠性已被中国陆相沉积盆地中油气勘探结果所证实。但在油气资源量的计算中, 一般都没有考虑盆地外围山系地区是否还有生成油气的潜势。原有的观念认为, 盆地外围山地是不存在盆地内油气的油气源岩的, 此地区既不能生油, 也不能找油。我们近年来的研究发现, 中国西北区中生代代“山系-盆地”的陆相成油体系; 古生代时, 为“地块-海槽”的海相成油体系。“地块-海槽”与“山系-盆地”的双生油体系是中国西北区油气形成的重要特征。从油源对比的研究也发现, 准噶尔、塔里木等沉积盆地中的有些油气确实是来源于盆地外围山系之下的油源岩。如果山下也能生油, 那么, 这些油气就一直是被遗忘了的油气资源。在现行的油气勘探部署中, 还没有按照“地块-海槽”边缘带的油气形成分布规律去认识和寻找这部分油气资源。这个被遗忘了的领域, 实际上具有极为广阔的前景。可以预言, 它将成为中国西北区找油找气的一个新的领域。

① 本课题属国家科学技术委员会基础研究高技术司重点资助项目(名称: 塔里木盆地油气形成的地质地球化学条件 编号: 85-101-01-10)

收稿日期: 1996-01-29

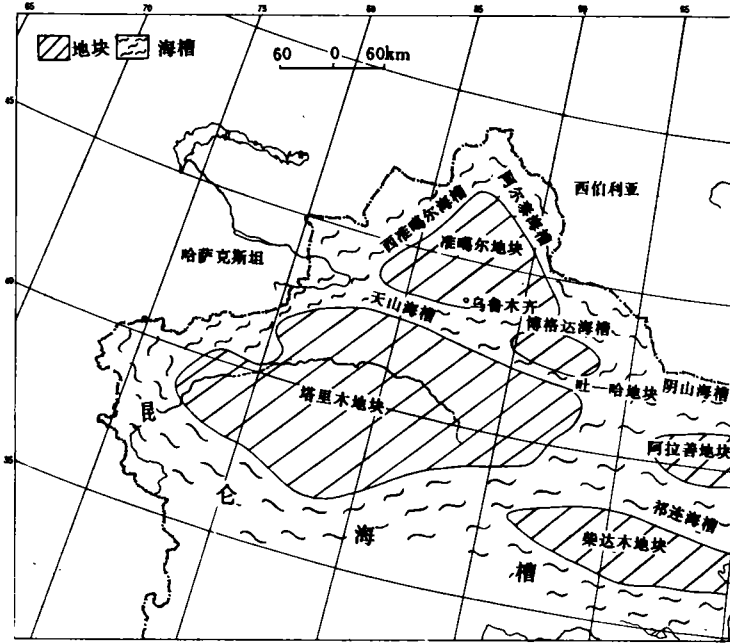


图1 中国西北区地块、海槽分布示意图

Fig. 1 Distribution of massifs and troughs in Northwest China

2 “地块-海槽”与“山系-盆地”体系

中国西北地区有许多著名的含油气盆地，其中最大的塔里木盆地，面积 56 万 km²，其次是准噶尔盆地，面积 13 万 km²，此外还有柴达木盆地、吐鲁番—哈密盆地和酒西盆地等。这些盆地在中新生代时为陆相沉积盆地，古生代时为海相和海陆交互相沉积区。它们的基底，在古生代时隶属于许多结晶地块，如准噶尔、吐鲁番—哈密、塔里木和柴达木等盆地的基底，地块上面海水侵漫，为广海的地台相和台盆相沉积；地块之间为不同时期的大洋或海槽的有限洋盆分隔。因此，地块四周是被不同的海槽或窄大洋环绕。例如准噶尔地块周边有阿尔泰海槽、西准噶尔海槽、天山海槽和博格达海槽；塔里木地块南缘有昆仑海槽；柴达木地块北缘为祁连海槽等，形成了“地块-海槽”的构造格局和地貌特征。古地磁研究证实，塔里木地块在古生代时有四次向北漂移和二次向南漂移的过程，从震旦纪时南纬 49.2°到石炭纪时的北纬 33°^①。因此，这些地块在古生代时曾在不断地漂移和转动，造成了地块的离散和聚敛以及地块之间海槽的扩张、沉降或关闭。古生代末期，“地块-海槽”体系收敛，在强大的挤压作用下，海槽中的沉积物发生褶皱、断裂、隆起形成山系，这就是阿尔泰山、西准噶尔界山、天山、昆仑山和祁连山等山系。中生代时，山系上升，地块相对下沉，形成盆地，接受了中新世代的陆相沉积。产生了“山系-盆地”的构造格局^①。“地块-海槽”转变为“山系-盆地”，这是中国西北区地质发展的特征，也是油气形成的一种重要模式。在地质历史发展过程中，对应于古生代的海相沉积和中新生代陆相沉积这两个阶段，存在

① 罗斌杰、林禾杰等. 中国西部主要沉积盆地油气资源及战略远景分析. 1990.

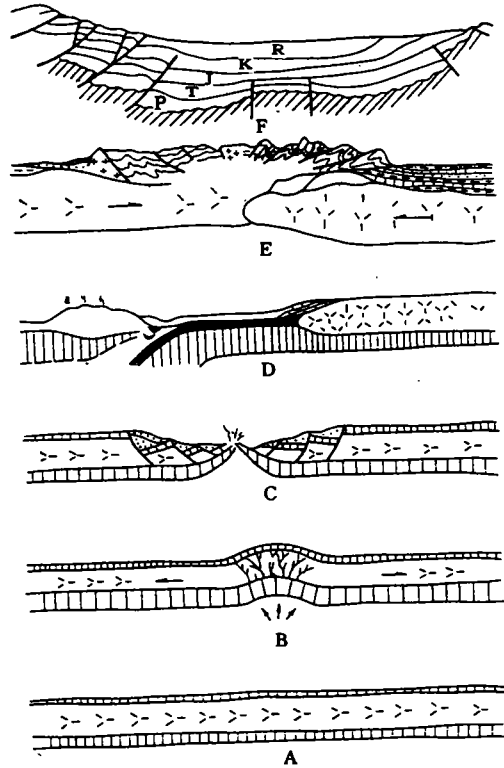
着古生代海相生油和中新世陆相生油的两类不同的生油环境。从中国西北区沉积盆地在中新生代时是“山系-盆地”的陆相沉积和古生代时是“地块-海槽”的海相沉积的观点来看，古生代海相沉积时期的沉积范围比现在各盆地的范围要大。因此，不能以现在的陆相沉积盆地为界限，来认识古生代海相沉积时油气形成分布的规律，而应恢复不同时期古海洋沉积盆地的本来面貌。

3 边缘带的油气形成

大陆边缘带是油气形成的重要地带，无论是在被动大陆边缘还是在活动大陆边缘都可形成大量的油气资源。在被动大陆边缘的北海北部盆地、加拿大东部沿岸、坎佩切湾、南美大西洋边缘区，以及西非水下边缘带都发现了大油气藏，如下尼日尔盆地（油气储量超过西非油气总储量的70%），宽扎-喀麦隆盆地，维京地堑等。含油气盆地多是分布在大陆边缘带的断陷和拗陷内。活动大陆边缘的含油气盆地主要为岛弧盆地、近大陆盆地和边缘海盆地。如外爪哇和苏门答腊盆地、湄公河盆地和南中国海盆地等^[6]。边缘带靠近地块一侧的浅海带，是粗碎屑沉积区，为氧化环境，没有生油岩系分布，而是储集岩分布区；边缘带靠近海槽一侧的半深海—深海区，是细粒沉积物分布区，为还原环境，有利于有机质的聚集保存，是油气形成的有利地带。

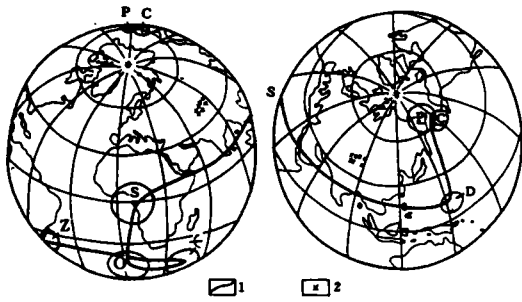
既然中国西北区沉积盆地的基底，古生代时为一些在大洋中漂移的活动块体，那么，在地块与大洋或窄大洋的海槽之间同样存在边缘带的特征，这些边缘带上也应是油气形成的有利地带。中国西北区古生代地块-海槽期，海相油气可以形成于地块内的裂隙和拗陷（台盆）内，如塔里木盆地的满加尔凹陷、西南凹陷，准噶尔盆地的玛湖凹陷等^[3]。但是，除此以外，地块边缘带的拗陷和断陷盆地内也可以形成丰富的油气。与大陆边缘带油气形成环境相似，在边缘带靠近地块一侧的浅水区，属于氧化环境，为粗碎屑沉积物分布区，是储集岩形成与分布的地带；在边缘带靠近海槽一侧的半深海-深海区，生物大量繁殖，有机质来源丰富，同时又是细粒沉积物分布区，为还原环境，有利于有机质的聚集和保存，是良好的生油岩分布区。因此，“地块-海槽”边缘是油气形成的重要地带。

在进行油气盆地分析过程中，时间与空间概念的准确配置与应用是具有重要指导意义的。早古生代初期，塔里木地块北缘拉张，在中天山岛弧与塔里木地块之间形成南天山弧



A、B. 前“地块-海槽”发展阶段 C、D. “地块-海槽”发展阶段 E、F. “山系-盆地”发展阶段
图2 中国西北区“地块-海槽”与“山系-盆地”发育模式图

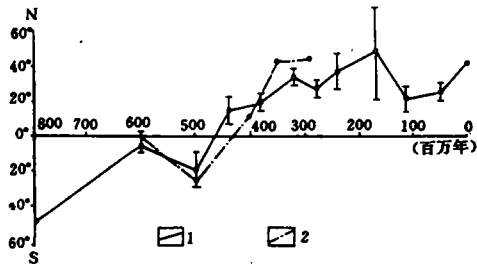
Fig. 2 Model of the “massif-trough” and mountain-basin development in Northwest China



1. 塔里木极移曲线 2. 采样位置

图3 塔里木地块古生代时的磁极变化图 (据孟自芳修改, 1991)⁽¹⁾

Fig. 3 Variation of the Palaeozoic Magnetic pole in the Tarim block (revised after Meng Zifang, 1991)

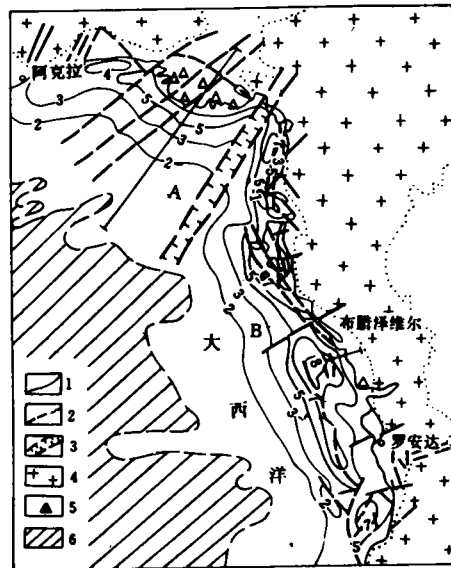


1. 实例 2. 阿尔泰-萨彦相对应的理论古纬度

图4 塔里木地块古纬度变化曲线 (据孟自芳修改, 1991)⁽¹⁾

Fig. 4 Curves of the Palaeolatitude variation in the Tarim block

后盆地。周志毅、陈丕基等⁽²⁾对塔里木盆地沉积相及生物相的研究阐明,寒武-奥陶纪时在塔里木地块北缘阿克苏、沙雅、轮台以北与中天山列岛以南,存在着边缘带海槽的浅海盆地,近东西向展布,东段宽,西段较窄。奥陶纪 Tremadoc 早中期时(丘里塔格群下部);塔里木地块北缘海槽盆地的南北宽度范围相应于现在的南雅尔当山以南和乌里格孜塔格区以北。到 Tremadoc 晚期至 Arenig 中期(丘里塔格群中、上部),边缘海槽盆地南缘的位置略向南扩展,到达却尔却克区。Arenig 晚期至 Llanvirn 早期(丘里塔格群上部),海槽西段变宽,形态上从原来的东宽西窄变为西宽东窄。古磁极研究结果显示,在寒武-奥陶纪时,古磁极从向北东的顺时针漂移转为向北西的逆时针方向漂移,海槽由东部拉张转为西部拉张。从 Llanvirn 晚期至 Llandeilo 期(萨尔干组)和 Caradoc 期(坎岭组、基浪组、印干组),海槽西段的南缘更向南扩展,此时,巴楚地区也已处于边缘斜坡带上了。Caradoc 晚期至 Ashgill 早期,海槽西段收缩,海槽的展布形态又近似于 Tremadoc 早中期的形态。应该说明,由于发生了强烈的挤压变形,海槽区的范围被大大的压缩了,现今表现的“海槽”范围要窄些,而原始海槽应该是更宽些。因此,寒武-奥陶纪时塔里木地块北侧与海槽的边缘带应是油气形成的有利地带。



1. 地层等厚线 (km) 2. 断裂带 3. 喀麦隆火山区 4. 结晶基底顶面的岩石露头 5. 主要含油气区 6. 大洋底上厚度不大的 (<1 km) 沉积层

A. 下尼日尔盆地 B. 宽扎-喀麦隆盆地 图5 大陆边缘带油气盆地分布示意图 (据 Гурлин Ю. К., 1986)

Fig. 5 Distribution of petroleum basins along the continental margin belt (after Гурлин, Ю. К., 1986)

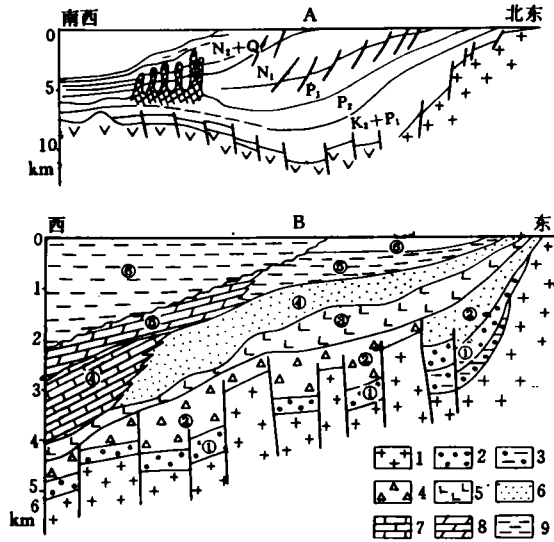
Caradoc 晚期至 Ashgill 早期,海槽西段收缩,海槽的展布形态又近似于 Tremadoc 早中期的形态。应该说明,由于发生了强烈的挤压变形,海槽区的范围被大大的压缩了,现今表现的“海槽”范围要窄些,而原始海槽应该是更宽些。因此,寒武-奥陶纪时塔里木地块北侧与海槽的边缘带应是油气形成的有利地带。

4 边缘带原油讨论

中国西北区原油地球化学特征的研究结果,证实了中国西北区具有古生代时“地块-海槽”边缘带形成的油气^(3,4)。对准噶尔盆地西北缘原油中 β -胡萝卜素、类异戊二烯烷烃、藿烷类生物标志化合物及碳氢同位素等研究表明,克拉玛依油田的原油,除有来自二叠系的陆相原油外,还有一些是形成于海相环境,与石炭系源岩的性质相似。这些原油中没有陆相植物的 C_{27} 三降藿烷(Ts),而检测出具有海相环境形成特征的 C_{28} 三降藿烷;原油的碳、氢同位素较重, $\delta^{13}C$ 为 -29.3% , δD_{smow} 为 -143% ,具有海相石炭系原油的同位素特征;从油田伴生气氩同位素估算其成气时期为中石炭世至中泥盆世。目前盆地的勘探资料表明,在准噶尔盆地内的西北部,石炭系及更老的岩系不具备生油的条件。在玛湖拗陷的石炭系风成城组为一套红色的粗碎屑岩,不能作为生油岩,但可作为良好的储层。那么,准噶尔盆地西北缘克拉玛依油田原油的石炭系源岩在那里呢?我们在研究盆地西北缘的扎依尔山等山系时发现,扎依尔山中石炭系风成城组为一套暗色的含藻类和棘皮动物化石的凝灰质泥岩、泥质凝灰岩、白云岩和凝灰质硅质岩,有机碳含量为 1.26% ,氯仿沥青“A”为 1493×10^{-6} ,总烃为 820×10^{-6} ,有机质类型好,为I—II型,是一套良好的生油岩,应该是克拉玛依油田石炭系原油的油源岩⁽⁴⁾。这些油源岩形成于二叠纪陆相湖盆发育以前的时期,为古生代准噶尔地块西侧地块-海槽边缘带形成的油源岩,在以后的地质发展过程中形成了油气,并运移到现今盆地内聚集形成油气藏。

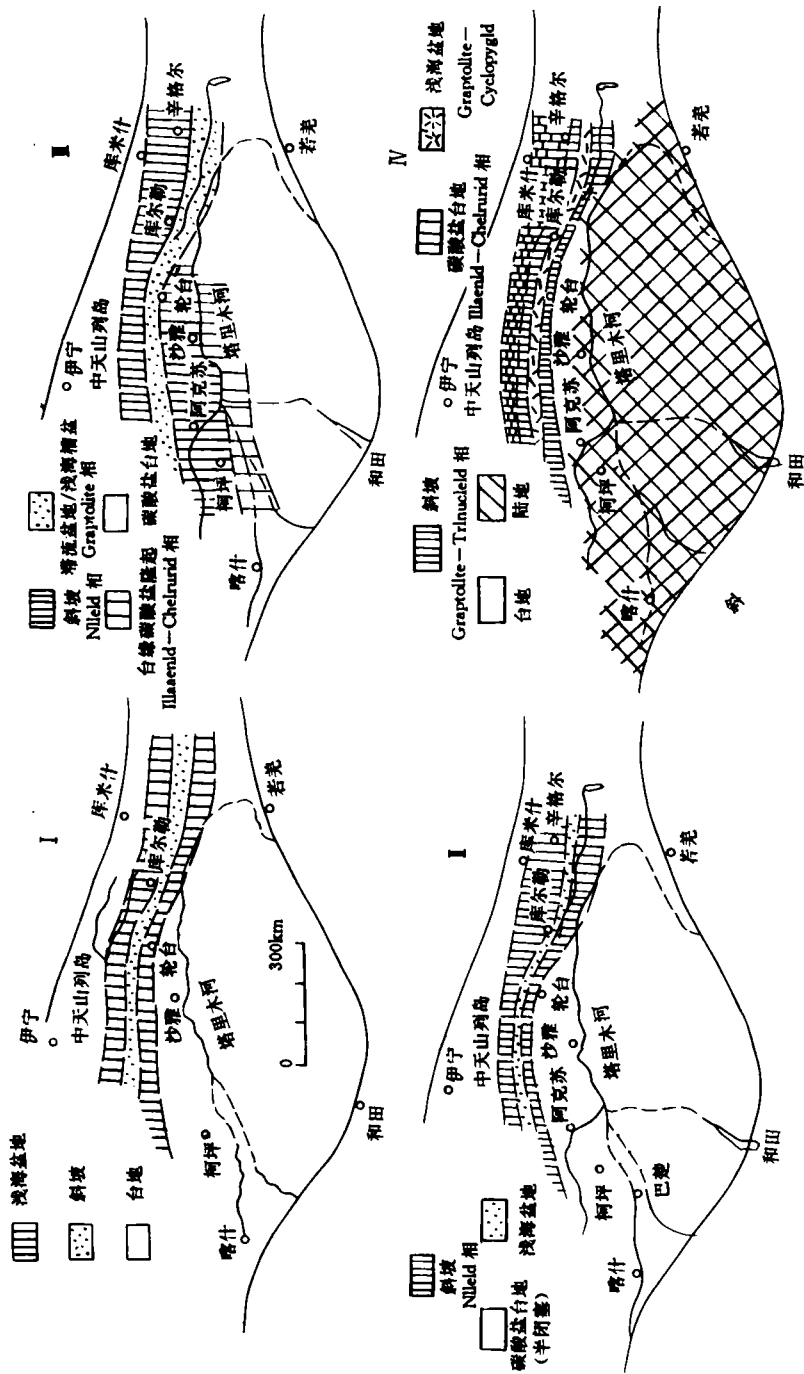
原油中甾萜烷和芳烃参数特征以及丰富的类异戊二烯烷烃和 β -胡萝卜素等的存在,进一步说明这些原油除有热演化后期阶段,干酪根降解形成的原油外,还有早期成岩阶段类脂化合物转化形成的低成熟原油,而丰富的胡萝卜素等可能是边缘带特殊环境下形成原油的特征。由于边缘带火山活动频繁,大量的火山喷发物为生物繁衍提供了丰富的生活物质,低等水生生物和藻类大量繁殖,从而提供了丰富的类脂母质。一次又一次的火山喷发使沉积速率增大,促使大量的原始有机母质快速沉积并埋藏而保存下来,这种快速形成的还原环境和火山活动引起地温梯度的增高,也为原始有机质向油气的转化提供了良好的条件。

在准噶尔盆地东侧的北三台地区也发现有类似于风成城组的原油。高丰度的类异戊二烯烷烃、高丰度的胡萝卜素,碳氢同位素较重, $\delta^{13}C$ 为 -28.9% , δD_{smow} 为 -128% ,显示出海相石炭系原油的特征,可能为准噶尔地块东北侧与博格达海槽边缘带形成的原油。



A. 下尼日尔盆地 B. 宽扎-喀麦隆盆地
 1. 结晶基底 2. 砾石层 3. 红色陆相粗碎屑岩
 4. 沥青质厚层泥岩 5. 含盐层 6. 砂及砂岩层
 7. 白云岩中的灰岩 8. 泥灰岩 9. 泥岩
 下图中: ①侏罗系-下泥欧克姆亚统(津泽层、卢库拉层、埃尔维层) ②泥欧克姆亚统(布料玛齐层)
 ③亚普弟阶(洛耶麦层) ④阿尔必-赛诺曼阶(平达及维尔麦拉层) ⑤赛诺亚统(伊阿别组) ⑥渐新统-中新统(玛列姆姆层)

图6 被动大陆边缘的特征剖面(据 Гурлин Ю. К., 1986)
 Fig. 6 Specific sections of the passive continent margin (after Гурлин, Ю. К., 1986)



I. 寒武纪 Tremadoc 早中期 II. 奥陶纪 Arenig 晚期至 Llanvirn 早期
 III. 奥陶纪 Caradoc 最晚期至 Ashgill 早期
 IV. 奥陶纪 Caradoc 最晚期至 Ashgill 早期

图 7 寒武-奥陶纪塔里木地块北缘生物相和沉积相变化图 (据周志毅等修改, 1990)⁽²⁾
 Fig. 7 Variations of the biofacies and sedimentary facies in the northern margin
 of the Tarim block in Cambrian and Ordovician

酒西盆地原油及油气运移研究表明,老君庙背斜带的原油主要来自下白垩统的陆相泥质生油岩,但同时也发现有来自海相石炭系泥质灰岩形成的原油。在盆地南缘的边缘山系北祁连山中,石炭系臭牛沟组灰黑色钙质泥岩和黑色的泥质灰岩是可能的生油岩^①。

塔里木盆地原油地球化学研究发现,在库车坳陷陆相沉积盆地中存在有两种类型的原油,一类是依奇克里克的原油;另一类是康村油苗和东秋克里塔格原油。它们除有来源于中新生界的陆相油气外,还有海相环境形成的油气。

塔东北原油地球化学研究确定,塔东北的原油主要是来自寒武-奥陶系海相源岩,一般认为是来自阿克苏、沙雅、库尔勒以南的阿瓦提-满加尔坳陷。沙参-3井等所处的构造位置在塔北隆起的北侧,原油的姥鲛烷/植烷的比值高和碳同位素较重等特征表明,它是来源于库车坳陷三叠-侏罗系陆相沉积的源油岩,但根据天然气氩同位素比值为1394,沙参2井和沙参7井的氩同位素比值分别为3231和2866^[5],说明它们至少包含有下古生界天然气的渗入^[5]。这些下古生界海相环境形成的天然气,应该是来自早古生代时塔里木地块北侧与海槽边缘区形成的海相油源岩。

特别值得注意的是,塔北隆起带在阿克苏采石场奥陶系灰岩中,广泛分布有沥青脉和稠油;在柯平隆起大湾剖面沥青砂厚60 m以上;哈拉哈塘至柯坪地区,东西长200多km²的地带,在井下和地面的志留系地层中发现了26—120 m厚的沥青砂岩。其成熟度低,沥青质镜质体反射率 R_o 为0.35%—0.65%,液态沥青组成饱和烃为15%—27%,芳烃为18%—26%,沥青质加非烃为45%—59%,在一些地区的沥青中发现有25-降藿烷。显示其遭受过强烈的生物降解作用。这个沥青砂岩带正处在塔里木地块北侧与中天山之间的南雅尔当海槽的边缘斜坡带上。目前,满加尔坳陷被认为是盆地的油源区,但边缘带上寒武-奥陶系和志留系大陆边缘的稳定沉积,都可能作为这套沥青砂岩的烃源岩。这应该是地块-海槽边缘带形成的外生内储型油气藏的典型地质例证。志留系沥青的生物标志物显示,沥青曾经受过生物降解作用,因此在沥青砂的北侧,稍近于海槽的方向上,有希望找到未受破坏的油气藏。

上述资料表明:中国西北区沉积盆地确实存在有地块-海槽边缘带形成的油气,这不仅是理论上的推论,而且已得到了勘探实践的证实。但是,对这些油气资源目前还缺乏研究,对它的认识很少,更没有受到足够的重视。因此,重视边缘带成油成气理论研究,加强边缘带油气勘探部署,这是当前油气勘探与研究工作的一个重要方面。

5 “外生内储”型油气聚集

地块边缘区的构造总是使边缘带的沉积层向大洋或窄大洋方向倾斜,呈单斜状倾伏,在地块的边缘带上形成巨大的楔形沉积体。靠近地块一侧的边缘,多为浅水的粗碎屑沉积物,可形成良好的储集岩;在向大洋的方向水体加深,半深海和深海区,沉积物变细,有利于有机质的聚集保存,是生油的有利区。生油区形成的油气,沿着地块边缘的倾斜地层、不整合面、断裂等通道,运移到地块边缘的上带或在地块上的储层中聚集起来。在地质历史

① 罗斌杰等. 酒西盆地油源及油气运移研究. 1985, 六·五攻关项目成果.

发展过程中,当海槽沉积物经受褶皱变形成为山系时,海槽回返的中央山系向两侧的地块方向推覆,将边缘带发育的生油岩和一部分储集层掩覆在盆地边缘的山系之下,形成了隐蔽的油气藏。这部分运移到现今盆地的内部聚集的油气,形成了“外生内储”的油气藏。因此,西北区沉积盆地古生代形成的海相油气包括了两种模式:一种是盆地内生成的油气在盆地内储集的“内生内储”型,第二种是盆地外生成的油气运移到盆地内储集的“外生内储”型。目前,准噶尔、塔里木、酒西等盆地中已经发现的油气田,其中相当一部分是在现今地貌盆地与周缘山系的过渡带上分布,也间接证明“外生内储”型油气存在的可能性。在今后油气勘探技术进一步发达时,可能还会在山系的一些部位发现盆地外生油和储集的“外生外储”型。

国家当前油气勘探开发的方向是:“稳住东部,发展西部”。中国西部广阔的地区,在哪儿去找油找气呢?以“地块-海槽”与“山系-盆地”的油气形成模式为依据,在盆地内找油除了找“内生内储”型的油气外,也按“外生内储”模式的油气形成分布规律去找油找气,加强边缘带的油气勘探,将是扩展寻找新油气区和快速扩大油气资源量的一个重要方向。

参 考 文 献

- [1] 孟自芳. 极移曲线及次级构造单元相对运动的古地磁研究. 塔里木盆地构造分析(周清杰, 郑建京主编), 1990, 北京: 科学出版社.
- [2] 周志毅, 陈丕基. 塔里木盆地生物地层和地质演化. 北京: 科学出版社, 1990.
- [3] 罗斌杰, 赵生才等. 我国西北区油气形成的重要模式-地块海槽与山系盆地的油气形成(以准噶尔盆地为例). 准噶尔盆地油气地质综合研究, 兰州: 甘肃科学技术出版社, 1992, 1-12.
- [4] 罗斌杰, 吴志勇, 王有孝, 杨斌. 准噶尔盆地西北缘原油特征及形成环境. 准噶尔盆地油气地质综合研究, 兰州: 甘肃科学技术出版社, 1992, 196-208.
- [5] Shen Jianzhong, Zhuo Huiying and Hu Boliang. A discussion on geochemical characteristics and origin of natural gases from the Tarim Basin, 15th Meeting of the European Association of Organic Geochemists, September. University of Manchester, England, 1991.
- [6] Бурлин Ю К, Крылов Н А, Лебедев Л И. Геотектоника. 1986, 2: 21-34.

Formation of Oils and Gases from the Massif-Trough Marginal Zone in Northwest China

Luo Binjie Zheng Guodong Yang Xinhua and Duan Yi

(Lanzhou Institute of Geology, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000)

Abstract

The comprehensive studies on the sedimentary settings in the Jungger Basin, Tarim Basin and etc. show clearly that northwestern region of China was mainly marine sedimentary envi-

ronments, the basements of sedimentary basins were a number of ancient separated crystalline massifs covered by sea water in the Palaeozoic, among which there were palaeo-ocean troughs or narrow palaeo-ocean troughs. The marginal basins located along the trough between different massifs or the marginal zone between massifs and ocean troughs are favorable for oil and gas generation. During the mountain-building process with the compressional folding to the ocean trough, the ancient system of massif-trough transformed from the Palaeozoic marine environments to the Meso-Cenozoic continental sedimentary system of mountain-basin, during this time the ancient series of marine source rocks that deposited in the marginal basins were buried beneath the mountains around the basins, while oil and gas generating from the source rocks have partly migrated and accumulated into reservoir beds in the basins to form an oil and gas pool so-called the "out-generating and inner-reserving". Within this kind of basins, there co-exist two series of source rocks: marine one and continental one, and two kinds of petroleum generating and reserving complexes: "inner generating-inner reserving" and "out generating-inner reserving". This new theory or model of petroleum formation and occurrence has been proved not only by the result of our recent petroleum geochemical research but also by the practice of exploration in some regions. The idea about petroleum generation from massif-trough's marginal zone has broken the traditional concept by which the formation and occurrence of the Palaeozoic petroleum only within modern basins, this could increase the potential of discovered petroleum resources and enlarge new fields for finding oils and gases in Northwest China.

Key words: massif-trough mountain-basin marginal zone complexes of petroleum formation out generating-inner reserving