

塔里木盆地潜在的油气区带:构造楔^①

范小林

(地矿部石油地质中心实验室, 无锡 214151)

塔里木盆地内部,受不同地质年代的造山(形变)作用影响,在毗邻烃源岩区正向单元(构造褶皱隆起)一侧或两侧的斜坡地带上所形成的“构造楔”将成为油气运聚圈闭成藏的场所。当它们有良好的储集与封盖条件,可望成为塔里木盆地今后油气勘查并实现突破的新领域。

关键词 构造楔 油气区 非背斜 新领域 塔里木

作者简介 范小林 男 42岁 高级工程师 石油地质

长期以来,塔里木盆地的油气勘探靶区大多是以与构造(造山)运动有关的背斜圈闭为主,钻遇的油气亦大都存在于中新世地层中,如塔北油气田(藏)群。盆地内部具有丰富的烃类资源,潜力巨大,但在何处寻找大油气田,至今仍然不明朗。

塔里木盆地地下12~18km以内,具古生代和中新生代双层结构及两类互不协调的形变样式,这已被沙漠地震剖面(图1)所揭示。

面对图1,我们设想,受构造(造山)作用影响而使得盆地发生正的或负的“反转”(S. Mitra, 1993),在相对隆起区的两侧或单侧形成“构造楔”(tectonics wedge)。以 T_2^0 (或 T_3^0)不整合反射界面所限定的古生代削截楔和因盆地周边造山冲断作用伴生,以 T_3^0 与 T_2^0 反射界面所夹峙的中新生代前陆式沉积楔(或削截楔)的存在,反映了不同地质年代的构造运动对盆地的作用,是在敛合动力背景下盆地形变之产物。

盆地发生反转或形变,必然有一部份相对早期的油气藏被破坏,但笔者认为,挤压大地构造环境对盆地的作用也有建设性的一面,就是部份有效源岩仍可转化为油气,沿构造不整合或断裂(或裂隙)运移。如果毗邻生油岩(源)区的上述楔层中有一定封存条件的圈闭,就可能捕获油气,并在更相对晚期的构造变动中调整成为有效的油气藏。这样,它们将成为未来勘探者在塔里木盆地发现大型或巨型油气田(藏)的新领域。

1 楔层的构成与展布

图1和图2宏观地表达了塔里木盆地内部构造楔的存在。显然,它们是受相对晚期聚敛大地构造环境控制,盆地周边造山作用对先期造盆阶段的盆地所改造而形成。

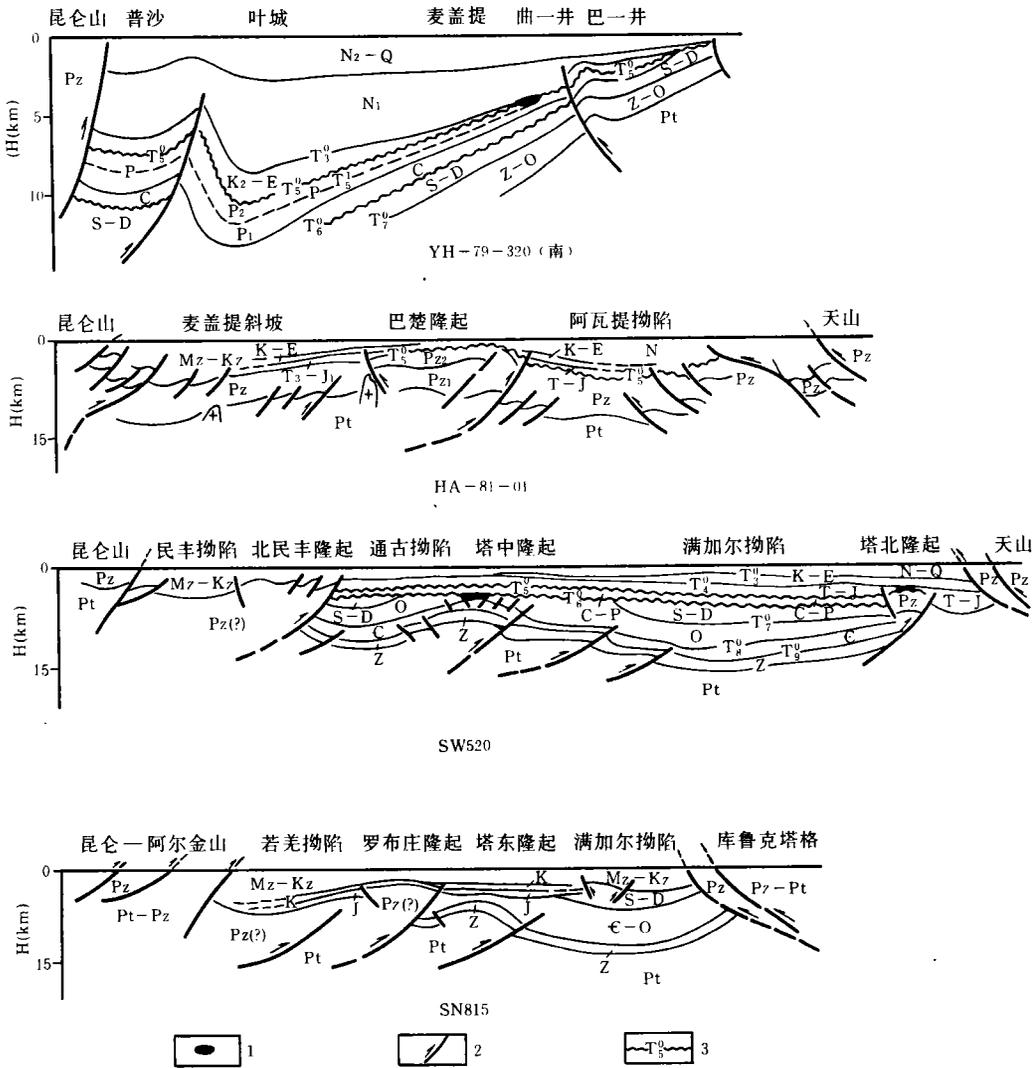


图 1 塔里木盆地地质结构与形变样式

1. 油气田(藏); 2. 主要冲断层; 3. 主要地震反射界面

1.1 古生代构造楔

这类楔层主要展布在塔北、塔中(巴楚)两大古生代褶隆边缘的斜坡地带(图 1,2)。

据钻井资料(贾润胥等,1991;童晓光等,1992)改编的图 3 可知,盆内古生代隆起区均缺失部份古生代地层。塔中地区的石炭系直接不整合覆于早奥陶世地层之上,塔东为中生代地层覆盖在下古生界地层之上,塔北隆起区的高部位则大都缺失志留系一二叠系地层。由图 1、图 2 可知塔里木盆地在华力西期受造山作用影响,含部份 O₂₋₃地层在内的中、晚古生代地层因盆地形变反转而不同程度地被削截,并且与上覆地层构成楔状层体(以 S-D 和 C-P 两套层系为主)。

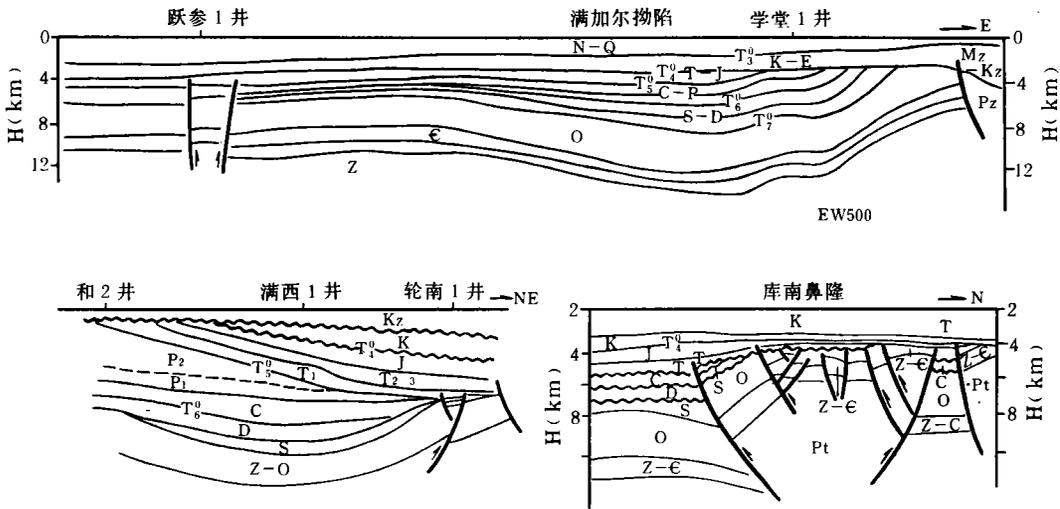


图 2 塔里木盆地北部部份楔层展布

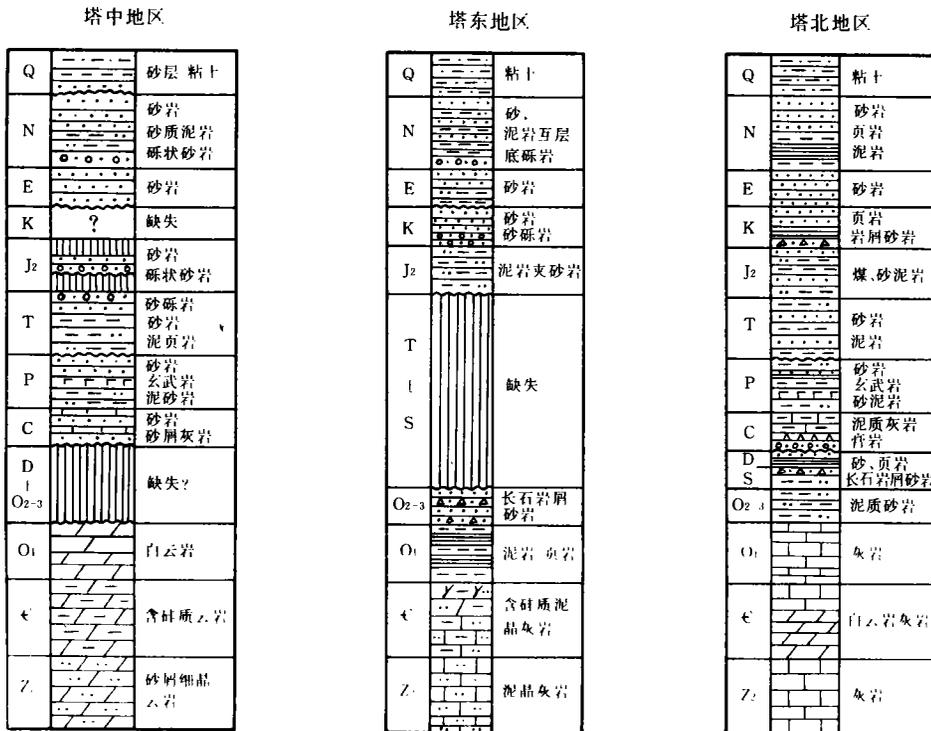


图 3 塔中、塔东、塔北地区地层柱状图

1.2 中、新生代构造楔

塔里木古生代盆地再次被反转(以负反转为主)是在中、新生代,盆地周边造山带的“活化”对盆地内部产生的“造山作用”形成“前陆盆地”及与之相应的前缘隆起。在此过程中,“板内递进形变”(孙肇才等,1993)生成了与构造(造山)地质事件相关的楔层(削截楔与超覆楔)。

这类楔层主要分布在塔西南斜坡、塔中隆起北坡和库车拗陷南坡(图1,2)。它们大致由 T_3^0 、 T_4^0 、 T_5^0 3个波阻抗(不整合)界面夹持,朝正向隆起方向减薄尖灭,由T-J和K-E地层为主体构成的楔层最为明显。

中生代以来,特提斯域内的一些地块与不稳定的古欧亚大陆边缘发生“碰撞造山作用”(Hendrix, et al, 1992)。碰合后的远场效应使塔里木盆地周边造山冲断作用的加强,前陆褶皱冲断带往盆内有序推进,随板内造山带与前缘隆起的形成,在盆地内出现沉积超覆楔或构造削截楔。

EW500剖面(图2)表现出满加尔北坡与塔北隆起接壤部位, T_4^0 、 T_5^0 、 T_6^0 等反射波组重合, T_4^0 跨越了 T_5^0 、 T_6^0 、 T_7^0 ,说明塔北隆起的抬升与剥蚀作用自加里东晚期持续到印支-燕山期,三叠系-侏罗系地层在此构成削截楔。YH-79-320线和HA-81-01剖面(图1)表现为塔西南麦盖提斜坡地带发育K-E、J-K沉积超覆楔,与塔西南前陆盆地发展期相匹配;塔中隆起-满加尔拗陷-塔北隆起区段内, T_4^0 与 T_5^0 夹峙的K-E沉积楔在SN520剖面上显而易见;罗布庄隆起往北,切过塔东隆起达满加尔拗陷东部区段内,侏罗系相对奥陶系的超覆同样在SN815剖面上被揭示(图1)。

“八五”近期研究成果已证实^①,塔里木盆地的中生代地层在第三系早期,仅J-K地层就被剥蚀达400~1000m。这说明印度与欧亚碰合后的板内形变,随天山和昆仑山的造山冲断作用及塔里木前陆盆地(前缘隆起)有序的迁移与隆升,盆内一边发育K-E地层超覆楔,一边产生与K-E地层发育同步的T-J地层削截楔。

由此可见,中新生代盆内楔层的形成与展布,同样是“造山”的贡献。

2 构造楔层油气潜力

判定现今楔层是否具有勘探远景,我们有必要认识相对晚期,受盆地形变控制的楔层是否毗邻现今仍然具有生烃能力的烃源岩区,是否具一定储集性能的空间以及能否构成在油气运聚过程中捕获油气的圈闭。

2.1 盆地原型与烃源岩

国家“七五”及“八五”油气勘探工作已证实,塔里木盆地重要的烃源岩区主要在塔东北(满加尔)早古生代盆地、塔西南晚古生代盆地和中新生代库车前陆盆地近天山山前的“前渊地带”。近期研究成果认为^②,塔西南及塔东南均存在源于奥陶系烃源岩的油气显示。而C-O(奥陶系为主)、C-P(以石炭系为主)和T-J(侏罗系为主)3套烃源岩系为主力源岩已是

① 王英民等. 国家“八五”重点科技攻关项目 85-101-02-04-04 专题报告,1994

② 胡民等. 国家“八五”重点科技攻关项目 85-101-02-04-02 专题报告,1994

众所公认。它们的盆地原型决定了烃源岩的存在和分布。表 1 展示塔里木盆地与 3 套源岩相关的盆地原型。其中, C-O 源岩系腐泥型或偏腐泥型, 有机质丰度高, 残余有机碳含量 0.6~1.6; 石炭系泥岩现今残余有机碳含量为 0.4~0.6; 塔西南前陆盆地内生烃能力以 J₁ (杨叶组) 为主, 但不排除有来自 C、O 原生成熟油(如曲 1 井, 麦 3 井, 胡民等, 1994); 塔北地区绝大部分原油来自下古海相奥陶系, 库车依矿油主要来自侏罗系陆相, 沙西及阿克库勒地区有部份油系海陆相混杂; 塔中以海相奥陶系油源岩为主, 亦出现奥陶系与石炭系混源的迹象。

表 1 塔里木地区 C-O, C-P₁, T-J 盆地类型与烃源岩系简表

地层时代	塔东北(阿-满拗陷)	塔西南(昆仑山北)	泛塔中	库车拗陷
三叠系—侏罗系	板内挠曲盆地 湖泊—洪泛平原相 以三叠系浅湖—半深湖暗色泥岩、泥页岩为主	前陆盆地 以侏罗系湖相暗色泥岩、泥页岩、煤线为主	板内挠曲盆地 浅湖—半深湖暗色泥岩、页岩、砂岩、煤系	前陆盆地 同左
石炭系—早二叠世		海湾型静水盆地 台缘浅海相碳酸盐岩、泥质暗色页岩		
寒武系—奥陶系	深水静海盆地 黑色硅质泥岩、泥质碳酸盐岩、暗色薄层页岩	同左		

2.2 储盖简析与成藏条件

据地震层序、地震相及钻井地质、露头地质等综合分析后认为, 古生代以志留系—泥盆系地层构成的楔层, 其岩性主要为来自“再旋回造山带”的岩屑砂岩。中生代盆地内的楔层(T-J、K-E)主要由来自典型“再旋回造山带”陆源碎屑岩组成储集空间。表 2 粗略地表达

表 2 塔里木盆地 S-D₁(T)-K-E 楔层储集岩系岩性概述表

中、新生代 (E ₁ -K-T) 沉积超覆楔	K-E ₁ : 冲积扇, 辫状河流相, 中、细砂岩, 粉砂岩(K ₁ 卡普沙良群, K ₂ 巴什基克组)	
	T ₃ -J ₁ : 薄层细砂岩, 粗砂岩, 中、粗砂岩、细砂岩(河流相)	
古生代(D-S) 构造前截楔	泥盆系: 滨海岸岩屑砂岩, 干旱风尘砂屑岩石	D ₃ (东河砂岩) 井下见油
	志留系: 海相陆源含长石石英成份的碎屑砂岩、泥质砂岩	沙 11 井, S-D, 孔隙度 21.93% 渗透率 228.71 × 10 ⁻³ μm ² (蒋炳南, 1994)

了塔里木盆地内部储集岩系的主要岩性, 由此构成的楔层将为来自烃源岩区的油气运移聚集成藏提供场所。目前在塔里木已发现了位于构造背斜圈闭中的这类储层是主力产油层, 如塔北轮南、塔西南柯克亚油气区。尤其是在塔东北和塔西南两个自白垩系以来就发展成前陆盆地某些地带中的楔层, 包括 N₁ 苏维依组冲积扇砂岩体在内的楔层也将作为有前景的含

油气楔层。

上述S-D海陆相砂岩和K-E(N_1)陆相砂岩构成的储集层在楔层中可望成为油气藏的良好储层。

从区域油气地质条件分析,与楔层油气潜力匹配的时空展布特征为:伸展造盆堆积烃源岩(C-O, C, T, J)和聚敛造山生、运聚成藏(S-D, K-E, D_3^2 , N_1)。尽管代表多期造山运动在盆内响应的多个构造不整合地震反射界面存在(图1, 2),但在破坏相对早期成藏的过程中,油气的二次运聚形成新的油气藏仍有可能,前述塔北地区中生代地层构造圈闭中已发现有海陆两套油源便是一证。同时,多期次构造变动,使不同地质年代盆地的叠置性对油气的生、运、聚成藏极为有利,“多期生烃,多期运聚”(王英民等, 1994)的特征在塔里木盆地不乏其例。那么,在地史演化期间,楔层或楔层内合适的圈闭与“造山作用”同期,盆地性质发生变化,古地温梯度增加,产生适合烃源岩系深埋与温压条件,则生、排烃后,使油气沿“输导网络”(断裂、不整合,裂隙)朝正向单元的高部位运聚。在此期间,与“造山”同期生成的盆内楔层捕获油气后将形成可供勘探的油气构造带。

3 楔层的勘探前景

伸展造盆与聚敛造山在塔里木地区彼此交替发展,可由盆内若干地震反射界面体现(图1, 2),考虑到与此相伴生的构造削截楔和沉积超覆楔,在形成时间上对油气聚集的控制,可望在楔层中发现大型油气田(藏)。

3.1 大油气田(藏)勘探方向

塔里木盆地在平面上呈“三隆四拗”,在剖面上表现为古生代“隆拗”相间和中生代“中央隆起”两侧单斜特征,这些已被沙漠地震剖面(图1)揭示。受构造地质事件控制的“构造楔”(削截与上超)位于可供油气运移指向的高部位,尤其是正负向单元的枢纽地带。前已述及,古生代志留系—泥盆系地层的岩性反映了它的原始沉积环境是位于海、陆相变区带,以滨(近)海岸砂坝为主,中生代K-E楔层则以陆源冲积扇及辫状河流相沉积环境为主,在侧向上岩性具一定的孔隙率、渗透率。现今已找到的由碎屑岩储层构成的油气田(藏),如东河塘、沙西构造带、曲苦恰克等,大多为多期次运聚,相对晚期成藏(燕山或喜山期)。

哈1井在志留系地层中钻遇厚达288m的含沥青砂岩。沥青砂岩孔隙率5%~11.5%,渗透率 $(0.06\sim 30)\times 10^{-3}\mu\text{m}^2$,产于塔北古生代“褶隆带”南坡一个巨大的沉积削截楔体背景上,削截面为T₀不整合,其上覆东河砂岩(D_3^2)无显示,成藏期显然是加里东期,经对比分析,认为源岩属满加尔拗陷的C-O;塔中10井位于“塔中隆起”构造带北坡,井中见到志留系地层的稠油。从区域构造背景看,该产层处在加里东晚期—华力西早期形成的削截楔,相对塔中“褶隆”上倾方向。结合前述沙11井S-D具良好储集条件与 D_3^2 东河砂岩已成为油气储层,显然,塔里木盆地古生代楔层中油气勘探工作应该加强,因为它是寻找古生代大油气田的一个重要方向。

中生代T-J的油气已在沙雅隆起区发现,它们与来自满加尔海相C-O油气混杂,这意味着近山前的库车前陆盆地内部中生代油气已从山前越过东秋构造带运移到前陆盆地的南斜坡地带。由地震资料解释的地质断面确定,库车中生代前陆盆地叠加在塔北古生代褶隆

带负反转构造背景上,发育了NE倾向沉积楔;塔西南地震剖面提示我们,在麦盖提SW倾斜坡带上,发育往NE方向上超沉积尖灭楔(K-E为主)(图1,2),这样,只要有油气生、排、运聚条件, T_5^0 界面之上的沉积楔将成为寻找中生代大油气田(藏)另一个重要方向。

3.2 油气成藏组合的有效性

无论从构造学角度研究油气盆地或从油气地化角度分析盆地中油气成藏的有效组合, 都可获得一个共同的认识,即伸展造盆堆积烃源,聚敛造山油气成藏在塔里木地区是彼此交替进行,现今勘探发现的油气田(藏)均属“造山型油气体系”(A. Perrodon, 1992),只是在地质进化过程中被“多旋回”地改造,而最终有效成藏仍属“造山型”。

据塔中1井奥陶系储层油气与沥青的地质构造-地化综合分析成果(图4)和近期分柯克亚油气田成藏史的地化成果^①,塔里木地区有可能存在与相应的造山事件相关的4期进油史及成藏史,至少塔中、塔西南如此。

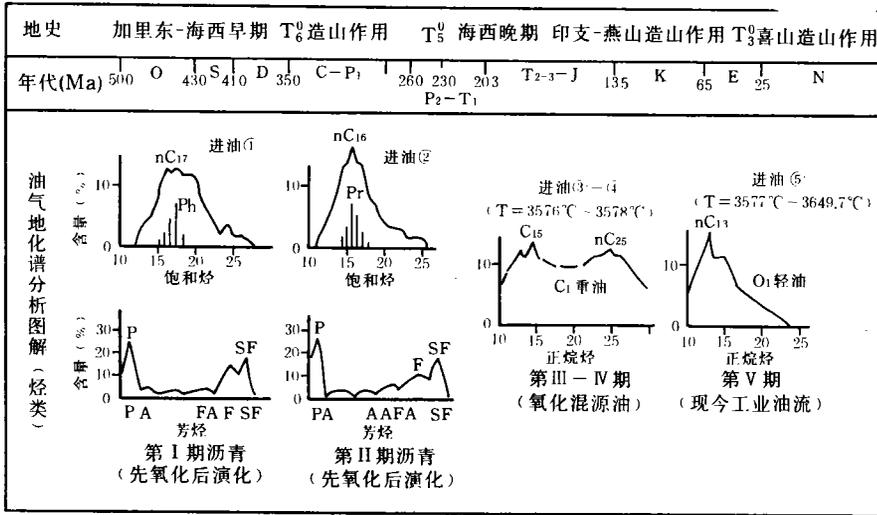


图4 塔中1井进油期与成藏史示意图(据邱蕴玉,1993)

由图4可知,成藏最终的有效性在塔里木盆地仍以晚期成藏为主。

以C-O静海盆地相作主力烃源,S-D作主力储层,石炭系膏泥岩作盖层的成藏组合, 伴随 T_5^0 (或 T_3^0)作代表的华力西造山作用事件的发生与C-O烃源岩生油高峰之匹配,在 T_5^0 (T_3^0)面之下的褶皱带及其相邻的“构造楔”中形成圈闭,构成了相对早期的第I套成藏组合。然而,该早期成藏组合的有效性伴随 T_5^0 (T_3^0)为代表的古生代盆地形变或反转,遭受了强烈抬升剥蚀而开启逸散或因淡水冲刷,使得人们对它的有效性提出疑问。但从现今塔中1井,4井,10井以“东河砂岩”为目的层储量的增长,志留系地层中见油苗或稠油,使我们感到,仍需从动态观念看待这一组合的远景,应努力地去寻找该组合中得到保存的那些地方,

① 章平澜等·国家“八五”重点科技攻关项目85-101-02-05专题报告,1995

尽管这些仍然有效的早期组合可能是华力西期后原生油藏沉降深埋而残存。

以 T—J 为主力源岩, K—E 为主力储层, N₁ 为区域盖层的成藏组合, 因受喜山期 T₃^o (含部份燕山期, T₃^o) 造山作用, 使中生代盆地深埋, 烃类生成并排出, 且与 T₃^o (T₃^o) 不整合面之下的“构造楔”中适时的圈闭构成相对晚期的第 II 套有效成藏组合。在形成该套成藏组合过程中, 相对早期的第 I 套残存有效成藏组合仍作“均衡调整”。以至于在现今钻遇的以第 II 成藏组合为主的油气田(藏)中找到来自第 I 组合中二次运聚的油气。因此, 寻找以第 II 套相对晚期成藏为主的有效组合最具有现实意义。

4 结 语

80 年代, 地矿部首次在沙雅隆起(古生代)发现海相油气藏, 人们群情激昂, 于是便根据塔北经验, 于 90 年代在塔中地区大量布钻, 结果仅在 1 号井, 4 号井, 10 号井等少数几个井中获得成功。而在塔北隆起带上却发现了轮南油气田区, 在库车前陆南坡带上发现了牙哈油气构造带。1994 年在塔西南麦 4 井又有新突破。但总体上因全盆油气勘探程度低而进展并不显著。

在古生代和中新生代两大成藏组合中, 与油气相关的储层(S—D 和 K—E)在地史过程中, 从沉积到经受了褶皱、埋藏、剥蚀, 都有可能使相对早期成藏的油气被分割或逸散或二次运聚而混迹于现今有勘探价值的相对晚期的成藏组合中。因此, 我们提出在塔里木盆地内部楔层中寻找以第 II 期成藏组合为主的油气区带的同时, 应加强对第 I 期成藏组合的寻找。

本文是作者参加塔里木盆地油气选区评价专题(85-101-02-05)研究工作中的部份成果, 在工作过程中, 得到孙肇才教授, 蔡立国高级工程师的指导和帮助, 在此深表谢意。

(收稿日期: 1995 年 1 月 12 日)

参 考 文 献

- 1 孙肇才. 碰撞造山带与前陆盆地的演化. 含油气盆地地质学研究进展, 西安: 西北大学出版社, 1993, 85~95
- 2 贾润晋主编. 中国塔里木盆地东北部油气地质研究(第 1 辑、第 2 辑). 武汉: 中国地质大学出版社, 1991
- 3 童晓光, 梁狄刚主编. 塔里木盆地油气勘探论文集. 乌鲁木齐: 新疆科技卫生出版社, 1992
- 4 曹守连等. 塔里木板块北缘前陆盆地的构造演化及其与油气关系. 地球科学, 1994, 19(4)
- 5 蒋炳南等. 塔里木盆地油气聚集条件的复杂性. 塔里木盆地油气勘查文集, 乌鲁木齐: 新疆人民出版社, 香港文化教育出版社, 1994, 175~179
- 6 朱 夏. 活动论构造历史观. 石油实验地质, 1991, 13(1): 319~346
- 7 Mitra S. Geometry and kinematic Evolution of Inversion Structure, AAPG Bulletin, 1993, 77(7)
- 8 Hendrix, et al. Sedimentary record and climatic implications of recurrent deformation in the Tianshan; Evidence from Mesozoic strata of north Tarim, South Juggar, and Turpan basins, Northwest China. G. S. A. B. 1992, 104: 53~79
- 9 Perrodon A. Petroleum system; model and applications. J. of Petroleum Geology, 1992, 15(3)

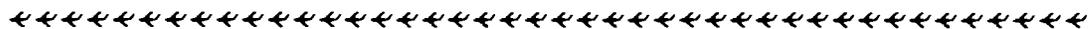
POTENTIAL OIL/GAS PROVINCES IN THE TARIM BASIN—TECTONIC WEDGES

Fan Xiaolin

(Central Laboratory of Petroleum Geology, MGMR, Wuxi 214151)

Abstract

In the interior of the Tarim Basin, due to the influences of orogeneses (deformation) in different geologic ages, tectonic wedges occurred in the anticline zones, on one or both sides of a normal unit (tectonic fold—uplift) adjacent to the areas of hydrocarbon source rocks. These wedges will become the places for the migration, accumulation, trap and pool of oil and gas. It is expected that they will be new domains in the Tarim Basin where future oil/gas survey and exploration, moreover the realisation of a break-through can be based, when there are favourable reservoir, sealing and capping conditions.



(上接 199 页)

FORMATION PRESSURE ESTIMATED BY INTERVAL TRANSIT TIME OF MUDSTONES

Zhou Lihong Liu Guofang

*(Research Institute of Geologic Exploration and Development,
Petroleum Administrative Bureau, Dagang Oilfield, Tianjin 300280)*

Abstract

One of important jobs in the designing of oilfield drilling is to predict the formation pressure. The paper describes in detail the fundamental principles based on which to estimate formation pressure by applying interval transit time. Meanwhile, the authors compile technical softwares with the basis of the principles. It is considered that this method is characteristic of a high accuracy, easy operation and profounding significance in the development and application within the oilfield.