

文章编号:0253-9985(2006)05-0594-10

塔里木盆地台盆区构造变动与油气聚散关系

庞雄奇,高剑波,孟庆洋

(中国石油大学 盆地与油藏研究中心 石油天然气成藏机理教育部重点实验室,北京 102249)

摘要:塔里木盆地台盆区不同时期构造变动对不同目的层系不同成藏期次油气聚散影响不尽相同,油气在不同目的层系不同成藏期次成藏机制与分布规律也各有特点。奥陶系目的层第二成藏期等早期原生油气藏,由于遭受交替差异沉降运动和较大剥蚀速率影响,油气在地层平均剥蚀速率为 $2.5 \sim 3.5 \text{ m/Ma}$ 构造平衡叠合区较易成藏;石炭系目的层第三成藏期等晚期原生油气藏,受盆地继承性古隆起影响,高部位多次构造变动和剥蚀,油气很难在高部位聚集成藏,但在平均剥蚀速率为 $1.0 \sim 2.5 \text{ m/Ma}$ 的低隆起和斜坡地带储盖条件较好的地区,油气极易聚集保存成藏。石炭系目的层第四成藏期等晚期原生油气藏,由于成藏最晚,一部分油气受东河砂岩、不整合面等优势通道影响,聚集在较高的构造部位,一部分油气由于排出较晚或没有优势通道,还来不及长距离运移就在凹陷周围有利部位聚集成藏。

关键词:油气聚散关系;构造变动;台盆区;塔里木盆地

中图分类号: TE111.2

文献标识码: A

A discussion on the relationship between tectonization and hydrocarbon accumulation and dissipation in the platform-basin transitional area of Tarim basin

Pang Xiongqi^{1,2}, Gao Jianbo^{1,2}, Meng Qingyang^{1,2}

(1. Basin & Reservoir Research Center, China University of Petroleum, Beijing 102249)

(2. Key Laboratory of Hydrocarbon Accumulation, Ministry of Education China University of Petroleum, Beijing 102249)

Abstract: The effect of tectonization in different periods on the accumulation and dissipation of hydrocarbons in different reservoirs varies in different accumulation periods. The accumulation mechanism and distribution pattern of hydrocarbons also vary in different reservoirs in different accumulation periods. For the early primary Ordovician reservoirs formed in the second accumulation period, hydrocarbons were prone to accumulate in superimposed area of relatively weak tectonization with an average erosion rate of $2.5 \sim 3.5 \text{ m/50Ma}$ due to alternate differential subsidence and great erosion rate. For the late primary Carboniferous reservoirs formed in the third accumulation period, hydrocarbons were prone to accumulate in low uplift and slope zones with an average erosion rate of $1.0 \sim 2.5 \text{ m/50Ma}$, rather than in structural high, due to multiple tectonization and erosion resulted from the successive paleohigh in the basin. For the late primary Carboniferous reservoirs formed in the fourth accumulation period, some hydrocarbons accumulated in the structural high because of the existence of favorable migration pathways, such as the Donghe sandstone and unconformities, and some accumulated in the peripheral area of the depression without long migration because of late expulsion and lack of favorable migration pathways.

Key words: accumulation and dissipation of hydrocarbon; tectonization; platform-basin transitional area; Tarim basin

收稿日期:2005-04-26

第一作者简介:庞雄奇(1962—),男,教授、博士生导师,盆地分析与油气资源评价

基金项目:国家重点基础研究发展规划(973)项目(G19990433;2006CB202300)

油气的聚集散失是油气藏形成与破坏的各种过程的总结果,所谓的油气藏破坏是指原生油气藏中的油气发生浊变或因物理逸散而使油气藏中的轻质油变稠或油气储量变小乃至彻底散失的现象。Macgregor 通过对 350 个大油田的研究,发现它们都是短暂的动态变化实体,其中值年龄为 35Ma,在中生代及其以前注入石油的油田仅占六分之一,早期形成的油田由于受后期地质因素的影响多数被破坏,其中构造变动是大多数油气藏破坏的直接原因^[1]。例如塔里木盆地志留系沥青砂的发现、贵州南部古油藏、黑油山克拉玛依组油藏和老翁场气田等。

中国西部最大的叠合盆地——塔里木盆地受多次开-合旋回的影响,经历了多期伸展裂解、俯冲消减、碰撞闭合以及后碰撞期的伸展-挤压旋回,成盆演化复杂,构造变动期次性明显,而后期的构造变动必然对早期形成的油气藏进行调整和破坏,因此叠合盆地的构造变动对油气藏的影响比一般的单型盆地要普遍,构造变动与油气聚散之间的关系也更加复杂。近年来,国内外学者从不同的角度对构造变动与油气成藏的关系进行了研究,Macgregor (1996) 按照成因机制把油藏的破坏作用分为三大类:垂向泄漏、侧向泄漏和成分变化^[1]。吴元燕(2000)以构造运动为主要依据把油气藏破坏的类型划分为断裂活动破坏型、褶皱变动破坏型、沉积不足破坏型、流体冲刷破坏型、油藏沉降破坏型、油藏抬升破坏型^[2,3]。庞雄奇(2001)针对叠合盆地的勘探程度、构造变动和油气藏演化特征,建立了 3 种计算构造变动破坏烃量的方法,即正演法、反演化和地质解剖法^[4]。窦立荣(2003)认为油气藏形成以后,后期构造变动如伸展、挤压和走滑等对油气藏有 3 种改造作用:1)改造油气藏的几何形态特征,使油气藏内油气重新分布;2)导致油气藏进一步埋深,油气发生裂解最终形成干气藏;3)使得油气藏进一步抬升,发生凝析作用形成气顶,甚至会遭到水洗或(和)生物降解作用形成重油和沥青矿^[5]。以往对构造变动与油气聚散关系的研究不是侧重于构造变动对油气藏后期的调整与破坏,就是侧重于构造变动对油气生成、运移、聚集有利因素分析^[6-9],没有系统的研究过构造变动与油气聚集成藏到破坏散失整个过程的辩证关系。本文在塔里木盆地台盆区构造变动基本特征、油气聚散特点等研究的基

础上,按照油气的不同成藏期次,分目的层系,统计分析地层平均剥蚀速率与大量探井日产油(气)量之间的相互关系,讨论了塔里木盆地台盆区构造变动对油气聚散的影响。

1 构造变动特征

塔里木盆地在大地构造上位于塔里木地台的主体部位。其地台系中国境内古老的地台之一,西北以阔克沙勒岭深大断裂、东北以辛格尔深大断裂为界,西南以库斯拉甫深大断裂为界,东南以阿尔金深大断裂为界,是一个典型的由古生界克拉通盆地与中生界前陆盆地组成的叠合盆地,其具有多期次性的盆地演化特征和构造动力学机制^[10]。多期构造变革改变了盆地原有构造格局,发生了盆地性质和盆地类型的转变。大型不整合的出现是强烈构造变动和剥蚀作用的产物,它往往与大地构造发生根本性转折,以及盆地性质和盆地类型出现重大转换的关键构造变动时期相对应^[11]。自南华纪以来盆地经历了南华纪—中泥盆世、晚泥盆世—三叠纪和侏罗纪—第四纪等 3 个开合旋回^[12],在由海相向陆相的演化过程中,构造应力场发生拉张-挤压的多次交替转化,经历了 9 次构造变动事件,形成了 6 个重要区域性不整合面:南华系与前南华系的不整合,代表青白口纪末的塔里木运动;志留系与奥陶系及更老地层的不整合,代表奥陶纪末的加里东晚期运动;石炭系与泥盆系及更老地层的不整合,代表泥盆纪末的海西早期运动;三叠系—上二叠统与下伏地层间的不整合,代表海西晚期运动;侏罗系与三叠系及更老地层的不整合,代表三叠纪末的印支运动;第三系与白垩系及更老地层的不整合,代表白垩纪末的燕山晚期运动,且多个不同时期的不整合面相互叠加合并,构造了塔里木盆地独特的复合不整合面,在地震放射剖面上表现为清晰的削截和上超界面(图 1)。

塔里木盆地构造变动的多期性决定了盆地演化的多阶段性。根据沉积建造特征、构造变动特征及区域性不整合面分布,盆地可以划分为 7 个历史演化阶段:1)南华纪为基底形成阶段,该阶段的塔里木运动结束了前南华纪的构造活动并形成了盆地统一的陆壳基底;2)震旦纪—奥陶纪为克拉通内拗陷与克拉通边缘拗拉槽发展阶段;3)

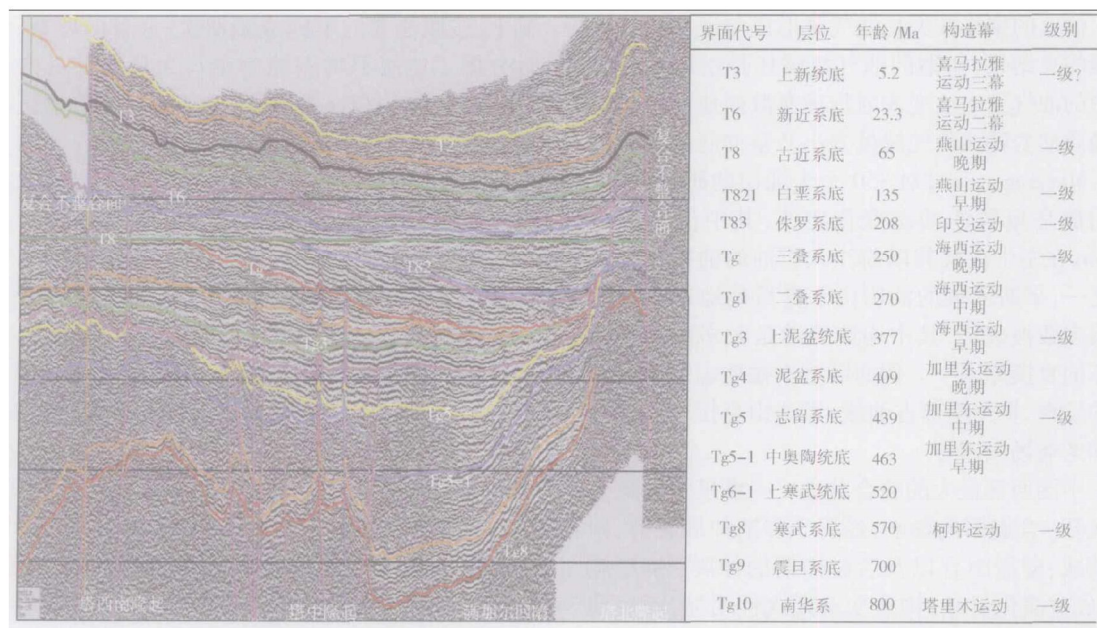


图1 塔里木盆地复合不整合面剖面(据王英民2001,略修改)

Fig.1 Profile of compound unconformity in Tarim basin

志留纪—泥盆纪为克拉通内拗陷与周缘前陆盆地发展阶段;4)石炭纪—二叠纪为克拉通边缘拗陷与克拉通内裂谷发展阶段;5)三叠纪为前陆盆地发展阶段;6)侏罗纪—古近纪为陆内断陷—拗陷盆地发展阶段;7)新近纪—第四纪为复合前陆盆地发展阶段^[13,14]。由于盆地各阶段演化的地球动力学背景和构造应力场的差异,使盆地产生了盆地类型、沉积组合、边界条件和盆—山耦合的多期转变,形成了塔里木盆地多期成盆、多期生烃以及多期油气运聚散的特点。

2 油气聚散特点

塔里木盆地作为中国西部最大的一个含油气盆地,其油气聚散研究历来受到重视^[7,15-17]。由于盆地的多阶段发展,往往造成不同原型的沉积盆地在横向上复合、在纵向上相叠加,导致多个生烃凹陷在平面上共存,多套烃源岩层系在垂向上相继出现。由于盆地热体制的演变,这些烃源岩层系进入生油窗的时间及其持续时间也参差不齐,从而出现了多个生排烃关键时刻。此外,多期构造运动的作用,既伴随有同一时期相关构造或圈闭的形成,又发生了对前期构造或油气藏的改造或破坏,导致多个油气成藏期的出现和多来源、

多阶段的油气混源和多类型的油气藏。多个生烃区和多旋回成藏演化,也决定了在盆地中平面上不同的成藏动力带共存和纵向上不同成藏流体动力系统共存等特点。

2.1 主要的烃源岩层

多期构造变动的盆地演化不仅在平面上由于差异升降及热体制差异形成多个烃源中心和生烃灶,而且在纵向上形成多套烃源层。塔里木盆地寒武纪—奥陶纪发育了海相碳酸盐岩烃源岩,石炭纪—二叠纪发育了海陆过渡相泥质烃源岩,三叠纪—侏罗纪发育了陆相煤系烃源岩。以目前的发现看,塔里木盆地台盆区油气藏一般都分布于中、下寒武统和中、上奥陶统这两套海相烃源岩发育区及其附近,如塔北、塔中隆起油气藏基本上围绕满加尔凹陷寒武系生烃中心分布,塔中北斜坡、塔北南斜坡又有中上奥陶统烃源岩分布。中、下寒武统和中、上奥陶统成为台盆区主要的烃源岩。

中、下寒武统岩广泛分布于整个台盆区,沉积相包括边缘拗陷与台地内拗陷盆地两大体系,发育两种高丰度烃源岩有机相类型,即边缘拗陷饥饿盆地浮游藻类有机相和台地内拗陷蒸发泻湖盐藻有机相。饥饿盆地浮游藻类有机相主要分布于塔东地区,如塔东1和库南1井的总有机碳含

量(TOC)平均值分别为1.24%和2.28%, TOC 最高可达5.52%,在两口井中的 TOC 大于1.00%的烃源岩厚度为120~415 m,占寒武系地层厚度的60%~70%,有机质类型属于I型。蒸发泻湖盐藻有机相主要分布于塔北隆起西部、阿瓦提凹陷、巴楚地区-麦盖提斜坡和塘古孜巴斯凹陷地区,具有较高的有机质丰度,如和4井的 TOC 值为0.21%~2.14%,平均值为0.81%, TOC 大于1.00%的烃源岩厚度为108.5 m,约占中、下寒武统地层厚度的30%左右,有机质类型属于I-II型(图2)。

中、上奥陶统有机质丰度较高的优质生油岩为发育在台缘斜坡灰泥丘-欠补偿陆源海湾相中的台缘斜坡灰泥丘复合藻有机相和欠补偿陆源海湾浮游藻有机相。前者主要分布于塔中低隆、巴楚断隆和轮南低隆斜坡区上奥陶统沉积的下部层序,以及占城鼻隆的中奥陶统和巴楚断隆西部的中-上奥陶统;后者主要分布于柯坪断隆和阿瓦提凹陷主体的萨尔干组(O_{2-3s})和印干组(O_{3y})中(图3)。

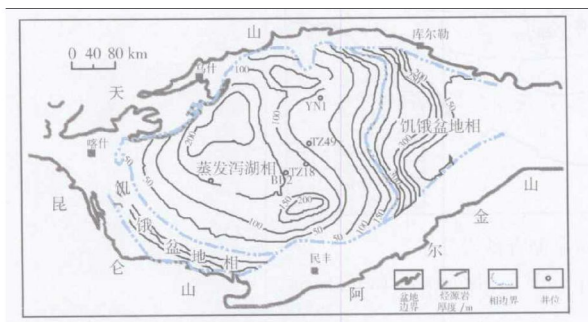


图2 中、下寒武统烃源岩分布($TOC \geq 0.50\%$)

Fig. 2 Distribution of the Middle-Lower Cambrian source rock($TOC \geq 0.5\%$)

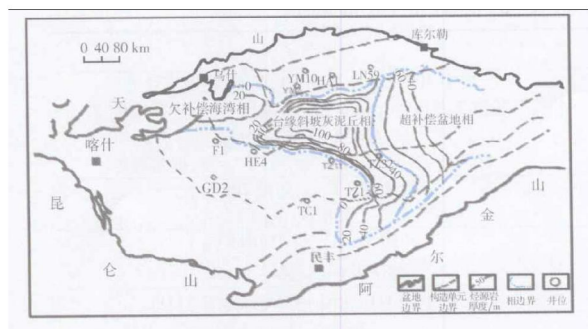


图3 中奥陶统烃源岩分布($TOC \geq 0.50\%$)

Fig. 3 Distribution of the Middle Ordovician source rock($TOC \geq 0.5\%$)

2.2 油气成藏作用

多期构造变动是造成塔里木盆地多期生、排烃和多期次成藏的主要原因。盆地沉降时,烃源岩埋深加大,烃源岩的生、排烃作用成为一个主要的过程;上升剥蚀时,烃源岩的生、排烃作用停止,运聚成藏作用占主导。由于多旋回构造变动过程中多个生烃凹陷和多套烃源岩进入生、排烃门限的时间不同以及一套烃源岩可能经历多次生、排烃高峰期^[18,19],在塔里木盆地多旋回的构造变动过程中就必然存在多个油气成藏期。考虑到盆地构造演化过程中晚奥陶世发生过剧烈的构造运动,结合盆地油气成藏多期旋回性以及中、下寒武统和中、上奥陶统在不同时期排烃量的变化,将盆地台盆区油气成藏划分为4个阶段:第一成藏期($\epsilon-O$),第二成藏期($S-D$),第三成藏期($C-J$)和第四成藏期($K-Q$)(图4)。

2.3 志留系

塔里木盆地现今志留系中广泛见到沥青砂岩、稠油、普通油和天然气等油气显示,这既是志留系古油藏遭受强烈构造变动破坏的产物,同时又是经历后期油气再充注改造的结果。塔里木盆地志留系分布面积约 $24.9 \times 10^4 \text{ km}^2$,根据最新钻遇志留系的120口探井(其中48口井见沥青砂岩)统计数据显示^[20],盆地内沥青砂岩分布面积约为 $2.53 \times 10^4 \text{ km}^2$,主要分布在盆地中、西部的塔中低凸起、塔北隆起中西部及其斜坡区、巴楚凸起(图5),各区块沥青砂岩面积分别为7 419,7 580,10 322 km^2 。另外,柯坪断隆地表出露有大量志留系沥青砂岩,沥青砂岩厚度在塔北隆起的哈1井最大,厚达152.5 m,塔中地区在几米至几十米之间,而巴楚隆起沥青砂岩厚度较薄,平均厚度为6.0 m。

2.4 油气藏类型

塔里木盆地多期构造变动形成复杂多变的叠置地质结构、复合不整合面、复杂的断裂系统、多样化的构造变形样式、多种类型沉积体系的地质特征,导致了多源、多灶、多期成藏、多次调整、多个含油气系统的串通、混合、叠置、复合、交叉^[21]。油气的分布受区域构造背景、烃源岩及其热演化史、运移通道、区域盖层和优质储盖组合、后期构

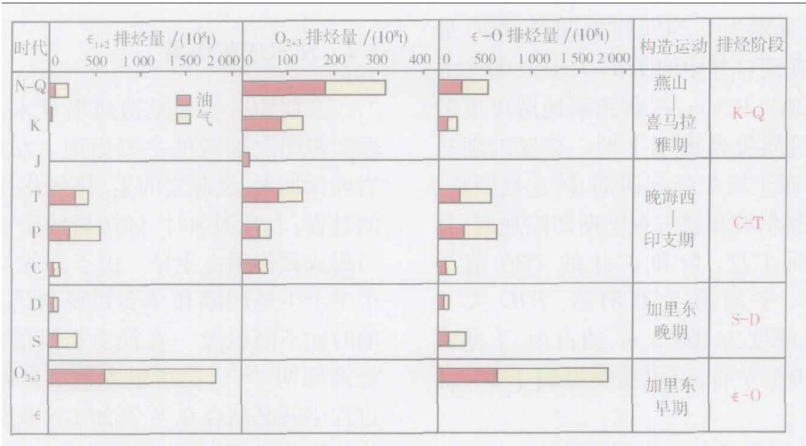


图 4 中、下寒武统和中、上奥陶统烃源岩成藏期次

Fig. 4 Reservoiring episodes of the Middle-Lower Cambrian source rock and the Middle-Upper Ordovician source rock

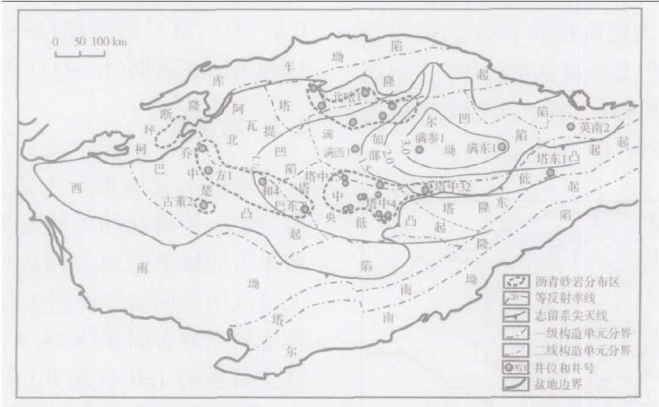


图 5 塔里木盆地志留系沥青砂岩分布

Fig. 5 Distribution of the Silurian asphaltic sandstones in Tarim basin

造变动和保存条件以及地层压力分布等多种因素 差异(表 1)。在大型背斜构造或隆起区可能因断 控制,使不同区带不同层位油气藏特征产生明显 裂存在或封闭条件差而无勘探意义,向斜或斜坡

表 1 塔里木盆地油气藏分类(据贾承造等,1995)

Table 1 The classification chart of oil & gas pools in Tarim basin

类 型	亚 类	小 类	典型实例
构造 油气藏	背斜油气藏	挤压背斜油气藏	塔中 402(C _{III})、塔中 10、东河塘、柯克亚等
		披覆背斜油气藏	轮南 2 井区(T _I , T _{II} , T _{III})、桑塔木断垒(T _I , T _{II})
		层间滑脱背斜油气藏	英买 1 号、英买 2 号
		断背斜油气藏	牙哈 2-3 号、红旗 1 号、东河 12 号、提尔根等
地层-岩性 油气藏	断层油气藏	断鼻油气藏	轮南 26(T _I)、轮南 202(T)
		断层油气藏	桑 8 号(T _{III})
	地层油气藏	地层超覆不整合油气藏	轮南 59(C)、塔中 101(T _{III})
		地层剥蚀不整合油气藏	沙 7 井(ε)、沙 4 井(Z)
复合 油气藏	岩性油气藏	潜山油气藏	塔中 1(O)、轮南 14(O ₂)、沙参 3(O)
		岩性尖灭油气藏	轮南 9-17(C)
		岩性透镜体油气藏	轮南 22(C _I)、轮南 14(C _I)
		岩性-构造油气藏	塔中 4(C _{III})、依奇克里克等
复合 油气藏	地层构造油气藏	地层构造油气藏	塔中 4(C _I)

地带却可能因岩相变化和断层遮挡而变得具有勘探潜力。例如满加尔凹陷及周缘油气藏在平面分布来看,塔北构造带油气藏约占80%,塔中油气藏约占20%;在油气藏类型上以背斜油气藏为主,占满加尔凹陷及周缘含油气系统内油气藏总数的53%,其次是断层油气藏,占总数的31%;在层位分布上以奥陶系、石炭系和三叠系储层为主,3个层位油气藏分布分别占满加尔凹陷及周缘含油气系统内油气藏总数的28%,22%,16%。其中塔北油气藏三叠系储层占塔北油气藏总数的43%,奥陶系储层油气藏占22%,石炭系储层油气藏占18%;塔中油气藏主要分布在石炭系和奥陶系两个储层中,均占塔中油气藏总数的45%以上。

3 构造变动与油气聚散的关系

构造变动是叠合盆地资源评价中的一个重要研究内容,它可以由不同方面来刻画或表示,诸如构造变动次数、构造变动强度、盆地剥蚀量以及剥蚀速率等,同时它对油气的聚集散失也有十分重要的影响,因此深入探讨构造变动与含油气盆地油气聚散之间的关系并建立定量模式,对盆地资源评价、油气成藏过程的深入了解以及油气勘探战略区域的优选都有着非常关键的作用。塔里木盆地台盆区油气藏形成时间一般较早,后期构造变动频繁,构造变动强烈,在台盆区圈闭幅度普遍较低情况下,稍微强烈的区域构造变动都会引起油气生排烃动力学机制、油气运聚动力学模式和油气成藏有效性的变化,并对后期形成的油气藏进行调整和破坏,最后直接影响油气有效聚集烃量的大小,所以研究构造变动与油气聚散的关系就显得极为必要。本次研究在塔里木盆地台盆区构造平衡带、构造变动、油气聚散特征以及油气成藏动力学、运动学研究的基础上,通过对广泛分布于台盆区的93口次探井日产油量与该井不同成藏期地层平均剥蚀速率关系分析,初步探讨了构造变动与不同目的层系不同成藏期油气聚散的关系。

3.1 构造平衡叠合带与油气聚散关系

构造平衡叠合带是指盆地内多次交替差异升降运动过程中受构造运动影响最小的地区,它往往位于不同时期沉降中心之间的过渡地带,与两

个不同构造体系之间的构造转换带有本质的区别(图6)。在油气成藏演化的过程中,构造平衡叠合带所受到的构造变动破坏最小,油气也最容易保存下来,形成原生油气藏。塔里木盆地是一个典型的叠合盆地,其构造演化复杂,构造运动强烈。在盆地多次拉张挤压的过程中,地块不同区域发生交替抬升沉降,但有一些区域处于抬升沉降之间的转换地带,这些区带在多次的抬升沉降中,构造运动强度相对较弱,生成的油气藏能较好的保存下来。由于塔里木地台内部差异升降运动和不同时期沉降中心的迁移,可以形成台内构造平衡叠合带;而由于塔里木地台周缘发生的造山活动,使地台边缘发生挠曲沉降,出现台缘构造平衡叠合带。现今塔里木盆地发现的大油气田多分布于构造平衡叠合带中(图7)。

3.2 构造变动与不同目的层油气聚散关系

不同目的层油气聚散与构造变动的关系受多种因素的影响,例如油气成藏期次、烃源灶的分布、继承性古隆起的演化、盖层的分布及有效性、断层的影响等。在上述各因素综合研究的基础上,以台盆区奥陶系和石炭系目的层为例,分析中、下寒武统与中、上奥陶统两套主要烃源岩排烃量在不同成藏期的变化。奥陶系目的层各期成藏演化过程中,第二期成藏期(晚加里东—早海西期)形成的原生油藏与地层平均剥蚀速率具有明显的正态分布关系,该期形成的原生油气藏探井日产油量最大,探井数最多,这些探井集中分布在该期地层平均剥蚀速率为12.5~3.5 m/Ma(图8),且这些井多位于隆起与凹陷之间的斜坡地带和隆起高部位周围(图9);第三、第四期形成原生油气藏从凹陷到隆起分布较为平均(图8),且探井日产油量较低(图9)。研究认为,中、下寒武统烃源岩在第一成藏期末(O_{2+3})排烃量最大(图4),

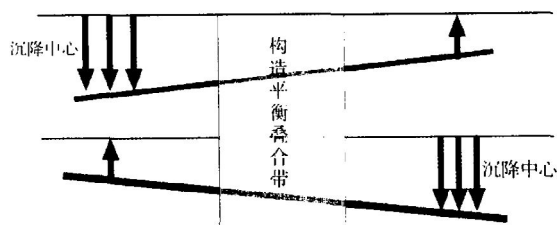


图6 构造平衡叠合带示意图

Fig. 6 The superimposed area with relatively weak tectonization

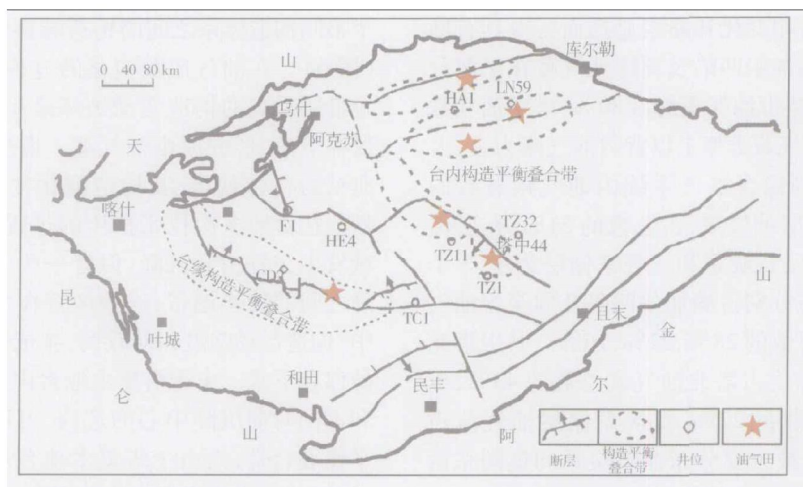


图7 塔里木盆地构造平衡叠合带与油田分布

Fig. 7 Distribution of the superimposed area with relatively weak tectonization and oilfields

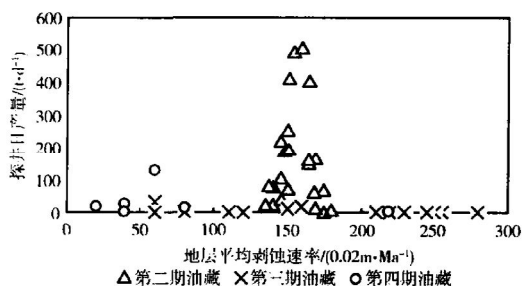


图8 奥陶系目的层探井日产量与地层剥蚀速率关系

Fig. 8 Relationship between the daily oil production of exploration wells in the Ordovician reservoirs and erosion rate

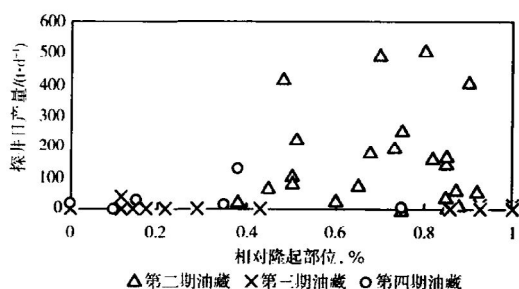


图9 奥陶系目的层探井日产量与相对隆起区位置关系

Fig. 9 Relationship between the daily oil production of exploration wells in the Ordovician reservoirs and the location of the relatively uplifted areas

生成的油气主要在奥陶系目的层中聚集成藏,此后第二成藏期晚加里东和早海西期强烈构造运

动,使整个台盆区遭受巨大的剥蚀,各地区成藏背景差异很大,奥陶系中油气普遍遭到破坏。地势较高的地区剥蚀速率巨大,构造运动强烈,离油源较远,且盖层较薄;地势较低的地区虽然平均剥蚀速率较小,构造运动较弱,但盖层较厚,没有较好的砂体分布(无很好的储集空间);介于两者之间的构造平衡带地区,剥蚀速率为 $12.5 \sim 3.5 \text{ m/Ma}$,其构造运动适中,地层有一定坡度,岩性横向不连续,砂体发育,储集空间易受高部位来的地层水改造,形成次生空隙,储集空间特征好,油气聚集成藏并较易保存下来。第三、第四成藏期中,下寒武统和中、上奥陶统烃源岩对奥陶系目的层排烃贡献相对较小,而且台盆区差异沉降运动较弱,烃源岩排烃时间较晚,受塔北、塔中等一些继承性古隆起影响,油气从凹陷向隆起高部位运移过程中遇见储盖条件好的圈闭就聚集成藏。

石炭系目的层各期原生气藏中,第三期(C—J)和第四期(K—Q)古油藏探井日产油量与地层剥蚀速率关系相近,地层平均剥蚀速率都在 $1.5 \sim 2.5 \text{ m/Ma}$ 范围内(图10),第三期日产油量较大的探井多分布于环凹陷周围的斜坡地区,第四期油气藏探井日产油量显示出两极分化的模式,在靠近生油凹陷和隆起高部位地区日产油气量较大,而在凹陷与隆起的斜坡地带日产油气量却欠佳(图11)。研究认为,可能是石炭系东河砂岩是台盆区分布最广、物性最好的一套优质储层,又是台盆区一套最好的油气运移导层,其上又有一套很好的区域性盖层。油气藏分布受东河砂岩展布

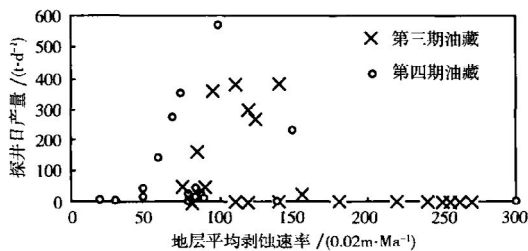


图10 石炭系目的层探井日产量与地层剥蚀速率关系

Fig. 10 Relationship between the daily oil production of exploration wells in the Carboniferous reservoirs and erosion rate

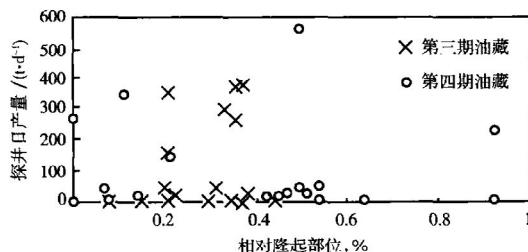


图11 石炭系目的层探井日产量与相对隆起区位置关系

Fig. 11 Relationship between the daily oil production of exploration wells in Carboniferous reservoirs and the location of the relatively uplifted areas

的控制较为明显,在剥蚀速率为 $1.5 \sim 2.5$ m/Ma 的斜坡区带最有利于油气成藏。第四成藏期主要是气藏形成期和古油藏调整再成藏期,在该期一部分油气受燕山-喜马拉雅运动影响沿东河砂岩、不整合面等优势通道向上运移调整,最后聚集在构造较高部位,一部分油气由于缺乏较好的疏导体系或排出较晚,还来不及长距离的运移就在凹陷周围有利部位聚集成藏。

3.3 构造变动与不同成藏期油气聚散关系

第二成藏期(S—D)形成的原生日油藏,受后期的构造变动影响最为明显,该期油藏的高产探井在平均剥蚀速率与日产油量关系图上显示出明显的正态分布特征,其集中分布在平均剥蚀速率为 $2.5 \sim 3.5$ m/Ma(图12)。油气在该时期经历了加里东晚期-海西早期演化阶段。志留纪末的加里东末期运动,使西南隆起继续发展,隆起不仅使西南隆起志留系地层全部被剥蚀,同

时塔中、塔东南继续上升遭受剥蚀,北部英买力-轮南古隆起也进一步发育遭受剥蚀。晚泥盆世的早海西运动,在塔西南地区,由于长期的剥蚀,最终导致上泥盆统与下奥陶统的角度不整合—平行不整合接触。在塔中隆起带,上泥盆统不整合覆盖在志留系、上奥陶统、中奥陶统及下奥陶统等不同层位上。第三成藏期(C—J)和第四成藏期(K—Q)原生日油藏日产油量大的探井分布在地层平均剥蚀速率 $1.0 \sim 2.5$ m/Ma 的区间内,且都在地层平均剥蚀速率 2.0 m/Ma 的地方出现日产油量最大值(图13,图14)。第三成藏期(C—J)是晚海西和印支运动时期,也是塔北隆起主要发育期,塔北隆起剥蚀量总体往北逐渐增大,塔西南大面积抬升,从此进入长期的沉积缺失或剥蚀阶段。第四成藏期(K—Q)是燕山和喜马拉雅运动时期,该期继续接受前期隆起发育,盆地东南角分别与古生界甚至前震旦系呈不整合接触。

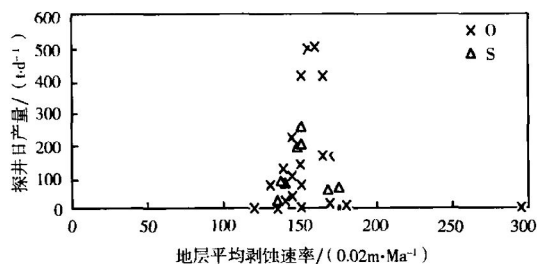


图12 第二成藏期油气藏平均剥蚀速率与探井日产量关系

Fig. 12 Relationship between the daily oil production of exploration wells and the average erosion rate of the reservoirs in the second accumulation period

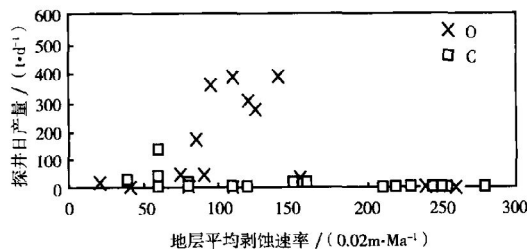


图13 第三成藏期油气藏平均剥蚀速率与探井日产量关系

Fig. 13 Relationship between the daily oil production of exploration wells and the average erosion rate of the reservoirs in the third accumulation period

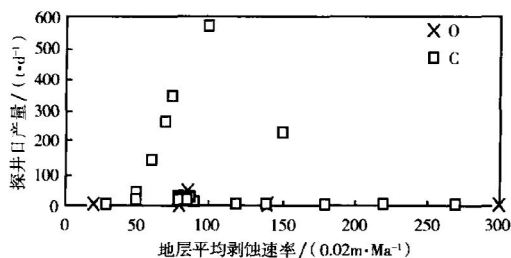


图14 第四成藏期油气藏平均剥蚀速率与探井日产量关系

Fig. 14 Relationship between the daily oil production of exploration wells and the average erosion rate of the reservoirs in the fourth accumulation period

研究认为,整个第二成藏期加里东末期运动及海西早期运动在塔西南、塔中、塔北隆起造成巨大的剥蚀量和剥蚀速率,特别是早海西运动是塔里木构造运动强烈活动时期,在强烈的区域构造变动背景下,各地区发生交替升降抬升剥蚀,油气藏盖层压力和烃浓度封闭能力减弱,断层垂向封闭性减弱,甚至使地表水、游离氧和细菌直接作用于油气藏,使第二期形成的油气藏在各地区都遭受了强烈的破坏,但在低隆起和斜坡等构造平衡带地区处于多次交替抬升沉降之间的转换地带,构造运动相对较弱,生成的油气藏能够较好的保存下来(如英买力、东河塘及塔中低隆),形成了上述高产探井集中分布的特征。油气第三成藏期以后,盆地中差异沉降运动渐渐变弱,但高部位的古隆起始终遭受强烈剥蚀,例如印支期时塔北隆起北部的轮台断隆和东部库尔勒鼻隆遭受了强烈剥蚀,喜马拉雅期盆地西部形成了剥蚀时间最长的不整合——古生界与上第三系之间的不整合,盆地中塔北古隆起和塔中低隆基本保持了继承性发育模式。油气从各生烃凹陷向高部位运移过程中,高部位的油气由于剥蚀作用的破坏,很难聚集成藏并保存下来,而在凹陷周缘的一些地层平均剥蚀速率适中的构造平衡带,如塔中低隆起和塔北南斜坡等地带,由于岩性横向不连续,孔隙发育,储集空间较好,油气极易成藏^[22]。

4 结论

1) 塔里木盆地是一个古生界克拉通盆地和中、新生界前陆盆地组成的大型叠合盆地,其台盆区油气聚散受加里东、海西、印支、燕山、喜马拉雅等

多期次构造变动的影响,具有多期成盆、多期改造、多套烃源岩、多次生排烃、多期运聚散的特点。构造变动与油气聚散的关系密切,不同构造运动特征对不同目的层系不同成藏期油气聚散作用不尽相同。

2) 对于台盆区不同目的层系成藏而言,不同构造变动特征对不同目的层系油气聚集效率产生不同的影响,造成不同目的层系不同成藏期油气藏分布规律迥异。奥陶系目的层主要聚烃期为第一成藏期,在加里东晚期和早海西期强烈构造运动之前,生成的大量油气受后期差异沉降构造变动影响,油气藏主要分布在地层平均剥蚀速率在2.5~3.5 m/Ma 构造平衡带内;石炭系目的层主要聚烃期为第三、第四期,探井日产油量与地层平均剥蚀速率关系相近,受东河砂岩储层影响较为明显,都分布在剥蚀速率为1.5~2.5 m/Ma 范围内。第三期油气藏形成较早,探井集中分布于环凹陷周围的斜坡地区,第四期油气藏主要是气藏形成期和古油藏调整再成藏期,一部分油气受燕山-喜马拉雅运动影响沿东河砂岩、不整合面等优势通道向上运移调整,最后聚集在较高的构造部位,一部分油气由于排出较晚或没有优势通道,还来不及长距离运移就在凹陷周围有利部位聚集成藏。

3) 对于台盆区4次油气成藏期而言,不同构造变动特征对不同油气成藏期油气聚集的成藏效率、模式产生不同的影响,造成不同成藏期油气藏分布规律也有明显差异。早期原生油气藏(第二成藏期)的形成由于受加里东、早海西期强烈构造运动的作用,盆地各地区均表现出强烈多次构造交替差异沉降运动和较大剥蚀速率,油气藏只有分布在相对较稳定,平均剥蚀速率为2.5~3.5 m/Ma 的地带内;晚期原生油气藏(第三、第四成藏期)的形成由于受盆地继承性古隆起的影响,古隆起多次构造变动和剥蚀,油气藏很难在高部位聚集成藏,只有在剥蚀速率为1.0~2.5 m/Ma 的低隆起和斜坡地带储盖条件较好的地区聚集成藏。

参 考 文 献

- 1 Macgregor D S. Factors controlling the destruction or preservation of giant light oilfields [J]. *Petroleum Geoscience*, 1996, 2: 197 - 217
- 2 陈章明, 吴元燕, 吕延防, 等. 油气保存与破坏研究 [M]. 北京: 石油工业出版社, 2003. 96 ~ 150
Chen Zhangming, Wu Yuanyan, Lü Yanfang, et al. Research preservation and destruction of hydrocarbon [M]. Beijing: Petroleum

- Industry Press, 2003. 96 ~ 150
- 3 吴元燕, 平俊彪, 吕修祥, 等. 准噶尔盆地西北缘油气藏保存及破坏定量研究[J]. 石油学报, 2002, 23(6): 24 ~ 28
Wu Yuanyan, Ping Junbiao, Lü Xiuxiang, et al. Quantitative research on preservation and destruction of hydrocarbon accumulation in the northwest edge of Junggar basin[J]. Acta Petrolei Sinica, 2002, 23(6): 24 ~ 28
 - 4 庞雄奇, 金之钧, 姜振学. 油气成藏定量模式[M]. 北京: 石油工业出版社, 2003. 129 ~ 145
Pang Xiongqi, Jin Zhijun, Jiang Zhenxue. Quantitative models of hydrocarbon accumulation [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2003. 129 ~ 145
 - 5 窦立荣, 李志, 张宝红. 构造作用对油气藏的改造[J]. 新疆石油地质, 2003, 24(5): 396 ~ 399
Dou Lirong, Li Zhi, Zhang Baohong. Effects of tectonism on hydrocarbon accumulation [J]. Xinjiang Petroleum Geology, 2003, 24(5): 396 ~ 399
 - 6 吕延防, 王振平. 油气藏破坏机理分析[J]. 大庆石油学院学报, 2001, 25(3): 5 ~ 9
Lü Yanfang, Wang Zhenping. Mechanism analysis on destruction of oil and gas pools [J]. Journal of Daqing Petroleum Institute, 2001, 25(3): 5 ~ 9
 - 7 贾承造. 塔里木盆地构造特征与油气聚集规律[J]. 新疆石油地质, 1999, 20(3): 177 ~ 183
Jia Chengzao. Structural characteristics and oil-gas accumulative regularity in Tarim basin[J]. Xinjiang Petroleum Geology, 1999, 20(3): 177 ~ 183
 - 8 曹成润, 韩春花, 郑大荣. 构造变动对油气藏保存的影响[J]. 海洋地质与第四纪地质, 2003, 23(4): 95 ~ 98
Cao Chengrun, Han Chunhua, Zheng Darong. The structural event influence on preserving hydrocarbon pools [J]. Marine Geology & Quaternary Geology, 2003, 23(4): 95 ~ 98
 - 9 付广, 王剑秦. 地壳抬升对油气藏保存条件的影响[J]. 天然气地球科学, 2000, 11(2): 18 ~ 24
Fu Guang, Wang Jianqin. Influence of crustal uplift to preservation of oil or gas pools[J]. Natural Gas Geology, 2000, 11(2): 18 ~ 24
 - 10 范璞, 马宝林. 塔里木油气地质总论[M]. 北京: 科学出版社, 1990. 222 ~ 251
Fan Pu, Ma Baolin. Geology pandect of hydrocarbon in Tarim basin [M]. Beijing Science Press, 1990. 222 ~ 251
 - 11 汤良杰, 贾承造, 金之钧, 等. 中国西北叠合盆地的主要构造特征[J]. 地学前缘, 2003, 10(特刊): 118 ~ 124
Tang Liangjie, Jia Chengzao, Jin Zhijun, et al. The main tectonic characteristics of superimposed basin, northwest China [J]. Earth Science Frontiers, 2003, 10(Suppl): 118 ~ 124
 - 12 汤良杰, 金之钧, 庞雄奇. 多期叠合盆地油气运聚模式[J]. 石油大学学报(自然科学版), 2000, 24(4): 67 ~ 71
Tang Liangjie, Jin Zhijun, Pang Xiongqi. Hydrocarbon migration and accumulation models of superimposed basin[J]. Journal of the University of Petroleum, China, 2000, 24(4): 67 ~ 71
 - 13 赵靖舟. 塔里木盆地石油地质基本特征[J]. 西安石油学院学报, 1997, 12(2): 8 ~ 15
Zhao Jingzhou. Petroleum geologic features of Tarim basin [J]. Journal of Xi'an Petroleum Institute, 1997, 12(2): 8 ~ 15
 - 14 何登发, 贾承造. 叠合盆地概念辨析[J]. 石油勘探与开发, 2004, 31(1): 1 ~ 5
He Dengfa, Jia Chengzao. Discussion and analysis of superimposed sedimentary basin [J]. Petroleum Exploration and Development, 2004, 31(1): 1 ~ 5
 - 15 康玉柱. 塔里木盆地大气田形成的地质条件[J]. 石油与天然气地质, 2001, 22(1): 21 ~ 25
Kang Yuzhu. Geological condition for forming big gasfields in Tarim basin[J]. Oil & Gas Geology, 2001, 22(1): 21 ~ 25
 - 16 田在艺. 沉积盆地控制油气赋存的要素[A]. 田在艺石油地质论文选集[C]. 北京: 石油工业出版社, 1997. 5 ~ 38
Tian Zaiyi. Factors of controlling oil and gas accumulation in sedimentary basin [A]. Selection of Tian Zaiyi's papers on petroleum Geology. Beijing Petroleum Industry Press 1997. 5 ~ 38
 - 17 王清晨, 金之钧. 叠合盆地与油气形成富集[J]. 中国基础科学, 2002, 6: 4 ~ 7
Wang Qingchen, Jin Zhijun. Superimposed basin and oil-gas formation and accumulation [J]. China Basic Science, 2002, 6: 4 ~ 7
 - 18 庞雄奇, 金之钧, 左胜杰. 油气藏动力学成因模式与分类[J]. 地学前缘, 2000, 7(4): 507 ~ 513
Pang Xiongqi, Jin Zhijun, Zuo Shenjie. Dynamics, models and classification of hydrocarbon accumulation [J]. Earth Science Frontiers, 2000, 7(4): 507 ~ 513
 - 19 庞雄奇. 排烃门限控油气理论及应用[M]. 北京: 石油工业出版社, 1993. 1 ~ 60
Pang Xiongqi. Hydrocarbon expulsion threshold theory and its' application [M]. Beijing Petroleum Industry Press, 1993. 1 ~ 60
 - 20 张俊, 庞雄奇, 刘洛夫, 等. 塔里木盆地志留系沥青砂的分布特征与石油地质意义[J]. 中国科学 D 辑, 2004, 34(增刊 I): 169 ~ 176
Zhang Jun, Pang Xiongqi, Liu Luofu, et al. Distribution characteristics and petroleum significance of the Silurian asphaltic sandstones in Tarim basin [J]. Science in China Ser. D Earth Sciences, 2004, 34(Suppl): 169 ~ 176
 - 21 马安来, 金之钧, 王毅. 塔里木盆地台盆区海相油源对比存在的问题及进一步工作方向[J]. 石油与天然气地质, 2006, 27(3): 356 ~ 362
Ma Anlai, Jin Zhijun, Wang Yi. Problems of oil-source correlation for marine reservoirs in Paleozoic craton area in Tarim basin and future direction of research [J]. Oil & Gas Geology, 2006, 27(3): 356 ~ 362
 - 22 俞仁连, 闫相宾, 金晓辉, 等. 塔里木盆地研究进展与勘探方向[J]. 石油与天然气地质, 2005, 26(5): 598 ~ 604
Yu Renlian, Yan Xiangbin, Jin Xiaohui, et al. Research achievement and exploration direction in Tarim basin [J]. Oil & Gas Geology, 2005, 26(5): 598 ~ 604

(编辑 武新民)