

吐鲁番坳陷侏罗系地下水动力与油气成藏

楼章华^{1,2}, 金爱民^{1,2}, 李华明³, 张慧婷^{1,2}

(1. 浙江大学 水文与水资源工程研究所, 浙江 杭州 310028; 2. 浙江大学 海洋研究中心, 浙江 杭州 310028;

3. 中国石油天然气股份有限公司 吐哈油田分公司 石油勘探开发研究院, 新疆 哈密 839009)

摘要: 沉积盆地地下水动力场演化和地下水成因控制了地下水化学场的分布规律, 盆地边缘大气水下渗淡化, 凹陷中心泥岩压实排水淡化, 越流泄水区浓缩。在离心流和向心流的流动过程中, 地下水浓缩、盐化, 在越流泄水区形成矿化度的相对高值区。泥岩压实离心流是沉积盆地油气运移的主要动力, 在地下水的越流泄水过程中有利于大量的油气聚集; 在泥岩压实离心流过程中, 由于岩性、地层、断层等圈闭也使得部分油气在运移过程中聚集; 在向心流的推进过程中, 先前聚集的油气可能部分被破坏, 另外也可能在特定的地质条件下形成水动力圈闭。

关键词: 地下水; 油田水; 水化学; 水动力; 油气成藏动力学; 吐鲁番坳陷

中图分类号: TE122.1

文献标识码: A

Groundwater hydrodynamics and hydrocarbon accumulation
in the Jurassic of the Turpan DepressionLou Zhanghua^{1,2}, Jin Aimin^{1,2}, Li Huaming³, Zhang Huiting^{1,2}

(1. Institute of Hydrology and Water Resources Engineering, Zhejiang University, Hangzhou, Zhejiang 310028, China;

2. Ocean Research Center, Zhejiang University, Hangzhou, Zhejiang 310028, China; 3. Petroleum Exploration and
Production Research Institute, PetroChina Turpan-Hami Oilfield Company, Hami, Xinjiang 839009, China)

Abstract: The evolution of groundwater hydrodynamic field and origin of groundwater in sedimentary basins control the distribution patterns of chemical field of ground water. At the margin of a basin, groundwater desalinates due to the downward infiltration of atmospheric water, while in the central depression, groundwater desalinates due to discharge from mudstone under compaction. In contrast, groundwater concentrates in bypassing discharge area. During centrifugal and endocentric flow processes, groundwater concentrates and gets salinized, forming a relative high salinity zone in the bypassing discharge area. Centrifugal flow from mudstone compaction serves as the main driving force of hydrocarbon migration in sedimentary basins and provides a favorable environment for large scale hydrocarbon accumulation during the bypassing and discharging of ground water. Moreover, it also can contribute some hydrocarbons to the lithologic, stratigraphic, fault traps located on the pathway of hydrocarbon migration. The advancement of endocentric flow may destroy the earlier hydrocarbon pools and also possibly lead to the formation of hydrodynamic traps at specific geologic conditions.

Key words: ground water; oilfield water; water chemistry; hydrodynamics; hydrocarbon accumulation dynamics; Turpan Depression

地下水是油气运移的载体和动力, 因此, 区域地下水动力场的形成控制了盆地中油气的运

移、聚集, 其研究也一直是许多地质工作者关注的热点^[1~7]。近年来, 有关沉积盆地地下水动力

收稿日期: 2008-04-07。

第一作者简介: 楼章华(1963—), 男, 教授, 石油地质学。

基金项目: “油气藏地质及开发工程”国家重点实验室项目(PLC200604); 国家重点基础研究发展规划(973)项目(2005CB422107)。

学方面的研究不断得到重视和发展,并且从盆地流体历史分析和含油气系统的角度进行了新的探索^[8~12]。笔者以吐哈盆地台北凹陷侏罗系储层为例,探讨含油气沉积盆地地下水动力特征,以及与油气田形成和分布之间的一些内在联系。

1 地质背景

吐鲁番坳陷位于东天山的北部,是吐鲁番-哈密盆地的一部分,面积约53 500 km²。沉积地层包括古生界二叠系,中生界三叠系、侏罗系、白垩系,新生界第三系和第四系,最大沉积厚度逾9 000 m。根据盆地构造、基底、盖层沉积、构造等资料,将吐哈盆地侏罗系划分为3个一级构造单元:吐鲁番坳陷、了墩隆起、哈密坳陷^[13]。已经发现的油气田和含油气构造大多分布在吐鲁番坳陷,且主要在台北凹陷内,台北凹陷按其构造特征又可分为3个大的构造带。靠近博格达山的煤窑沟和鄯善等构造带可称为山前构造带,其构造运动强烈,以向盆地逆冲的逆断层为主,断裂在新生代仍强烈运动,局部构造遭受破坏。凹陷中的葡北、胜北、丘陵、温吉桑、小草湖、红台等构造带为中间构造带,其褶皱和断裂主要是在中、晚期燕山运动形成,后期虽也有活动,但表现并不十分强烈,构造破坏程度相对较小。凹陷南侧的火焰山、红南、七克台构造带为前锋构造带,其构造运动也较强烈,特别是在第三纪时活动很强,形成了通天断裂,是台北凹陷自北向南构造应力的释放线。另外,火

焰山-七克台构造带主要形成于喜马拉雅期。

2 地下水化学场平面分布规律

2.1 矿化度及 K⁺ + Na⁺ 和 Cl⁻ 浓度

吐鲁番坳陷中侏罗统地下水矿化度(图1)及 K⁺ + Na⁺ 和 Cl⁻ 浓度在平面上的变化趋势基本一致。在凹陷中心区,由于泥岩压实排水的淡化作用,处于相对低值区,如小草湖次凹、丘东次凹和胜北次凹。温吉桑构造带、丘陵构造带是小草湖次凹、丘东次凹和胜北次凹泥岩压实离心流的汇合越流泄水区,形成矿化度相对高值区。此外,葡北-神泉构造带,红南-七克台-小草湖及以南地区也形成了矿化度相对高值区,这些地区分别是胜北次凹、丘东次凹和小草湖次凹的越流泄水区。在离心流、越流泄水过程中,地下水浓缩、盐化^[14]。但是,胜北构造带是位于胜北次凹的低潜构造,油田水的矿化度及 K⁺ + Na⁺ 和 Cl⁻ 浓度低,可能证明处于泥岩压实排水离心流的中心地带。

2.2 变质系数

在凹陷中心的离心流区,泥岩压实排出水降低了 Cl⁻ 浓度^[8];另外,通过阳离子的交换吸附作用和泥岩压实排出水对长石的溶解作用,增加了 Na⁺ 浓度,变质系数(r_{Na^+}/r_{Cl^-})大。在离心流流动方向上,一方面,由于渗滤浓缩和孔隙水被泥岩压实排出水(包括粘土矿物脱出淡水)交替的强度

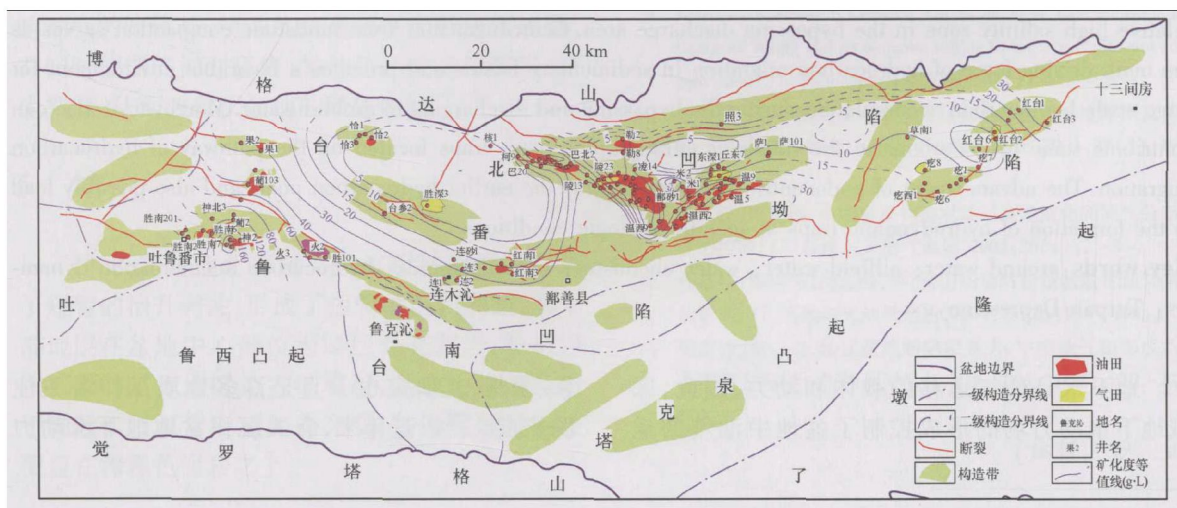


图1 中侏罗统地下水矿化度平面分布

Fig. 1 Plane view of distribution of groundwater salinity in the Middle Jurassic reservoirs

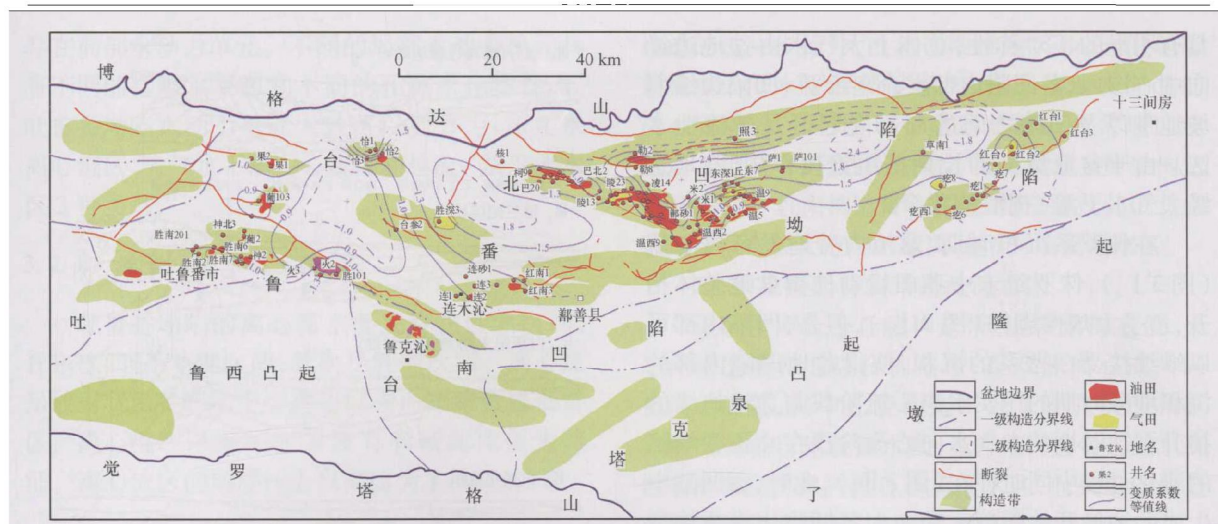


图2 中侏罗统地下水变质系数平面分布

Fig. 2 Plane view of distribution of metamorphic coefficients of groundwater in the Middle Jurassic reservoirs

减弱, Cl^- 浓度增加; 另一方面, 由于长石的溶解作用减弱, 加上地下水浓缩过程中钠长石加大边的结晶作用, 导致 Na^+ 的部分消耗, 变质系数降低。因此, 在离心流方向上, 变质系数降低。因此, 在平面上, 吐鲁番坳陷中侏罗统地下水的变质系数表现为由凹陷中心往边缘不规则环状降低, 在各凹陷中心区形成相对高值区的特点(图2)。

2.3 脱硫系数

在凹陷中心的离心流区, 泥岩压实排水降低了 Cl^- 浓度, 增加了 SO_4^{2-} 浓度^[8,13]。在离心流流动方向上, Cl^- 浓度增加; 而 SO_4^{2-} 由于脱硫作用和石膏、硬石膏的沉淀作用, 浓度降低, 从而导致了脱硫系数 ($r_{\text{SO}_4^{2-}}/r_{\text{SO}_4^{2-}+\text{Cl}^-}$) 在离心流方向上降低。

2.4 盐化系数

在凹陷中心的离心流区, 泥岩压实排出水降低了 Cl^- 浓度; 而有机质演化产生的 CO_2 溶解于水以及脱硫作用都增加了 $\text{CO}_3^{2-} + \text{HCO}_3^-$ 浓度。因此, 在离心流区盐化系数 ($r_{\text{Cl}^-}/r_{\text{CO}_3^{2-}+\text{HCO}_3^-}$) 小。在离心流方向上, 由于: 1) Cl^- 渗滤浓缩; 2) CO_3^{2-} 与 Ca^{2+} 结合沉淀自生方解石, 降低了 $\text{CO}_3^{2-} + \text{HCO}_3^-$ 浓度, 从而导致盐化系数增大。因此在离心流的流动方向上, 盐化系数增大, 在越流、蒸发泄水区形成盐化系数的高值区^[8,13]。

因此, 水动力场和地下水成因决定了地下水

化学场的分布规律: 凹陷中心泥岩压实排水淡化, 越流泄水区浓缩。在离心流的流动过程中, 地下水浓缩、盐化, 在越流泄水区形成地下水矿化度的相对高值区。反之, 地下水化学场分布反映了地下水动力特征。

3 地下流体动力场演化与局部水动力单元划分

3.1 地下流体动力场的形成与演化

含油气沉积盆地地下水动力场的形成、演化是沉积盆地演化在孔隙流体中的综合反映, 它直接受盆地地貌、水文网、沉积环境、构造性质及其演化史的控制^[7,12,15]。含油气沉积盆地地下水动力场的理想模式可以归纳为两种, 即对称型和不对称型。含油气沉积盆地地下水动力单元大致可以划分为①泥岩压实水离心流、②大气水下渗向心流、③越流、越流-蒸发泄水、④滞流4种类型^[6,16,17]。沉积盆地具有水文地质旋回性^[6]。一个水文地质旋回分为两个阶段: 沉积水文地质阶段, 为压实水形成的离心流发育阶段; 渗入水文地质阶段, 为大气水下渗形成的向心流发育阶段。压实水形成的离心流是盆地中油气运移的最主要动力, 也是油气聚集成藏的主要阶段。因此, 水文地质的旋回性决定了油气运移的阶段性以及阶梯式-环带状分布的油气运移、聚集规律^[11,18]。

吐鲁番坳陷水动力场的形成、演化, 在平面上

具有明显的不对称性,总体上大气水由盆地边缘向中心渗入,各凹陷内部发育离心流,凹陷边缘斜坡地带以及凹陷之间的局部隆起区是越流泄水区。由于盆地后期的长期挤压推覆作用,盆地边缘大气水下渗-向心流狭窄。

在侏罗系沉积时期,盆地内普遍发育离心流(图3 I_a),侏罗纪末中燕山运动使得盆地整体抬升,遭受大规模剥蚀(图3 I_b),但是,凹陷内部可以继续接受白垩系的沉积,使得盆地凹陷内部的沉积埋藏时期的压实水离心流阶段与盆地边缘的抬升剥蚀时期的大气水向心流阶段在吐鲁番坳陷的演化过程中同时存在(图3 II_a),此时,各凹陷中生成的油气开始随着水动力向各凹陷边缘或构造隆起区运移并在适当的圈闭中聚集成藏。白垩纪末的晚燕山运动又使盆地隆升,发生剥蚀,剥蚀强度由盆地边缘和局部隆起区向凹陷中心减弱,离心流再一次逐渐减弱并集中于沉积中心;盆地边缘或剥蚀区发育向心流(图3 II_b)并向凹陷内部推进,这个阶段离心流水动力虽然明显减弱,但由于构造活动的增强(尤其是断裂作用的增强)使得油气在离心流和浮力的共同作用下继续向各越流泄水区即油气低势区聚集。随后的第三系、第四系的沉积使盆地再一次进入下一个沉积旋回(图3 III_a)——喜马拉雅运动。由于博格达山的强烈隆升和推挤,使盆地构造面貌复杂化,在山前构造带、火焰山构造带、凹陷内部局部构造带(丘陵-温吉桑构造带)及盆地东部遭受强烈剥蚀,而在盆地各凹陷内部继续接受沉积。该阶段整个吐鲁番坳陷只有凹陷中心尚存局部的离心流,在盆地北缘和火焰山地区有大气水下渗形成向心流(图3 III_b)。因此喜马拉雅运动与燕山运动相似,使得整个盆地凹陷中的油气长期处于运移、聚集状态,而凹陷边缘和凹陷之间的越流泄水区成为油气的有利聚集区带。

燕山期和喜马拉雅期,凹陷腹部以沉降接受沉积为主;凹陷的周边和凹陷中局部隆起区表现出较为强烈的逆冲推覆和抬升剥蚀,使得古水文地质旋回的沉积埋藏发育压实水离心流阶段与抬升剥蚀发育大气水下渗向心流阶段,同时长期在同一个水动力体系存在。这种水文地质特征,一方面增加了凹陷区的生排烃能力、数量,促使离心流的长期持续发展;另一方面与凹陷相邻的二级

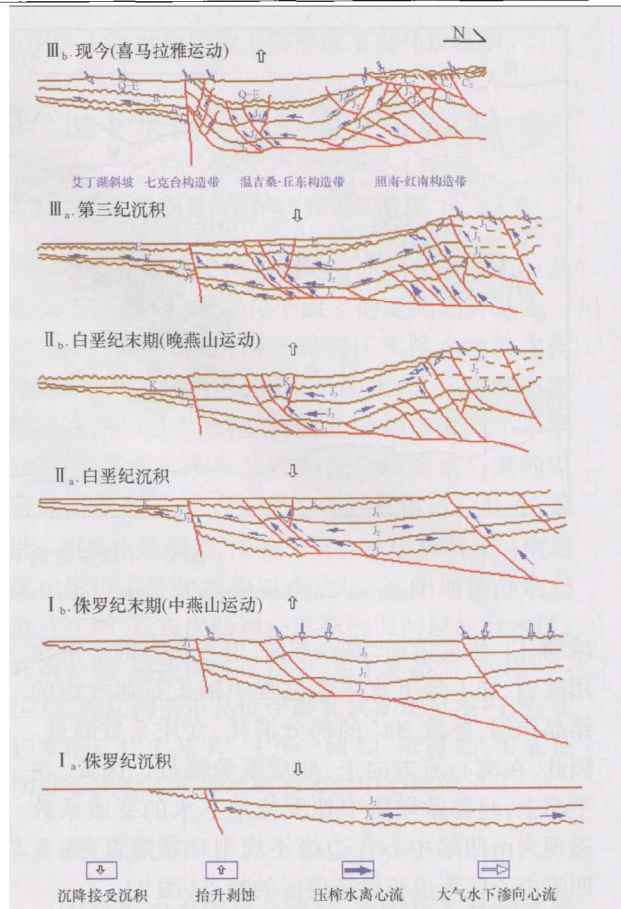


图3 侏罗系水动力场演化剖面图

Fig. 3 Profile of hydrodynamics evolution in Jurassic reservoirs

- a. 沉降接受沉积压榨水离心流阶段;
- b. 抬升剥蚀大气水下渗向心流阶段
- I, II, III 水文地质旋回

隆起构造带的逆冲和抬升剥蚀作用,既降低了构造带地层中的流体能量,断裂破碎作用又增强了烃源岩与储层、烃源区与聚集成藏区的连通性,有利于地下水的越流泄水以及在地下水越流过程中的油气聚集。这两个方面的因素都极大地促进了凹陷内烃源岩的生排烃,以及油气的运移、聚集效率。

另外,在纵向上,局部水动力单元的强度及演化规律与地层的埋藏深度有关。随着地层埋深的增加,地层的压实强度增强,压实排水作用减弱、消失,离心流减弱、停止,从而在凹陷中心的深部地层中发育滞流的水动力环境。大气水下渗作用也随着埋深的增加而减弱。

3.2 局部水动力单元划分

沉积盆地水动力场具有明显的分割性——即

存在局部水动力单元。不同的局部水动力单元具有不同的孔隙水来源和不同的孔隙水化学性质。吐鲁番坳陷水动力单元大致可以划分为:压实水离心流区、大气水下渗向心流区和越流-蒸发泄水区3种类型^[11]。

3.2.1 泥岩压实水离心流区

吐鲁番坳陷的离心流主要发育在胜北次凹、丘东次凹、小草湖次凹,其次是胜南次凹。离心流呈放射状由各凹陷中心高势区指向凹陷边缘低势区。离心流区以湖相泥岩发育和砂泥比低为特征。离心流区的地层压力以高压为主,形成淡水。

3.2.2 大气水下渗向心流区

火焰山构造带、坳陷北部边缘隆起剥蚀区,由于地形差,大气水在重力作用下,从凹陷边缘或沿某些断裂带下渗,发育大气水下渗向心流。如北部的博格达山约有1 300 m位于雪线以上,承受了较多的积雪,来自博格达山的6条水系,出山口后很快消失在松散的第四系沉积物中成为潜流。因此,吐鲁番坳陷地下水的渗入补给量是丰富的。就现阶段而言,由于盆地后期的长期挤压推覆作用,以及气候、地形和构造演化特征决定了吐鲁番坳陷的大气水下渗向心流区分布在盆地的北部边缘的狭长地带。该地区地下水为淡水。

3.2.3 越流泄水区

越流泄水是指盆地沉积层中的地下水随着埋藏压实作用,穿越层面,垂直于等势面由相对高势区流向相对低势区的地下水流动。总体上,越流泄水由盆地深部流向浅部和地表。大气水下渗和泥岩压实排水都给渗透层提供了地下水,只有通过泄水才能保持物质平衡。泄水方式包括越流泄水和蒸发泄水。随着埋深的增加,蒸发泄水作用减弱。越流泄水是埋藏较深层段的主要泄水方式。越流泄水区地下水具有浓缩、盐化特征。

吐鲁番坳陷的主要泄水区有:①环凹陷边缘的越流、越流-蒸发泄水区;②中央隆起背斜带越流泄水区。

1) 环凹陷边缘的越流泄水区

喜马拉雅运动以前,整个盆地处于沉降时期,凹陷中产生的离心流往四周流动,并在凹陷周缘穿越层面向上流动。喜马拉雅运动后,由于博格

达山的进一步抬升,由北往南推覆挤压,同时地形差造成大气水下渗强度增加,相反盆地内向北的离心流减弱。因此,现今盆地北部山前带地区越流泄水带变窄,且往南退缩。而在葡北-神泉构造带、连木沁-红南构造带、疙瘩台构造带及其以北斜坡地区存在较大范围的越流、越流-蒸发泄水区。

2) 中央隆起背斜带越流泄水区

该区主要位于丘陵构造带、温吉桑构造带、火焰山构造带和七克台构造带,是双侧离心流共同指向的位置,其中丘陵构造带处于胜北次凹和丘东次凹的叠合越流泄水区,温吉桑构造带是丘东次凹和小草湖次凹的叠合越流泄水区,而火焰山构造带则为胜北次凹和台南凹陷的叠合越流泄水区。

4 吐鲁番坳陷地层流体压力场基本特点

吐鲁番坳陷中侏罗统的地层流体压力类型较丰富,但以正常压力为主。在平面上,由盆地中心往盆地四周不规则降低;各凹陷中心(如胜南、胜北和丘东次凹)的局部地区保存了异常高压的特点。吐鲁番坳陷沉积盖层裂隙发育,具有良好的渗透性,孔隙流体供排基本平衡。在埋藏压实过程中,孔隙水通过离心流泄水降压,所以随着压实作用的减弱,和离心流的泄水作用、油气的运移、漏失,只在凹陷中心的局部地区保存了异常高压。深部地层的封闭性由于断裂作用遭到破坏,并且没有区域性的良好盖层,也以正常地层压力为主。

5 地下水动力场对地下水化学场、地层压力场的控制作用

5.1 地下水动力场与水化学场的关系

局部水动力单元决定了地下水成因,大气水下渗向心流区,地下水成因类型为溶滤渗入水;离心流区为沉积埋藏水和内生水;越流、越流-蒸发泄水区可以是离心流末端的沉积埋藏水和内生水成因,也可以是向心流和离心流混合成因^[14],其中,“凹中隆”为叠合越流泄水区。不同的局部水动力单元在成藏与保存条件等方面存在一定的差异(表1)。离心流叠合越流区通常为凹中隆或相邻两个以上凹陷的叠合区,油源常来自紧邻的多

表1 水动力场与地层流体压力场、水化学场及油气成藏-保存的关系
Table 1 Relationships of hydrodynamic field with fluid pressure field, water chemical field, and hydrocarbon accumulation-preservation

油气成藏-保存的基本特征		局部水动力单元类型			
		压实水离心流区	大气水下渗向心流区	越流泄水区	
				离心流叠合越流泄水区	向心流与离心流汇合越流泄水区
油气运聚	运移动力	弹性势能、浮力	浮力	弹性势能、浮力	
	油气聚集机理	离心流过程中由于岩性、地层等圈闭使部分油气聚集成藏	在向心流过程中,可能导致油气藏部分破坏,也可能形成水动力圈闭	在越流泄水过程中有利于大量的油气聚集	
水动力	方向	由盆地沉降中心的较深部位流向边缘或浅部	由盆地边缘向盆地中心方向局部渗入	垂直层面向上,偶见向下	
	对油气运移的作用	动力,促进油气运移,富有活力	阻力,阻止油气运移,减缓油气漏失	动力,促进油气运移,富有活力	阻力,阻止油气运移,减缓油气漏失
	水来源	沉积水、成岩水	大气水	沉积水、成岩水	沉积水、成岩水、大气水
	压力	高压、常压	常压、低压	高压、常压,偶见低压	高压少见,常压、低压
地层水化学的指示意义	矿化度、Cl ⁻ 浓度	泥岩压实排水、粘土矿物脱水淡化,形成相对低值区,离心流方向上矿化度和Cl ⁻ 浓度增大	大气水下渗作用淡化,形成相对低值区,向心流方向上矿化度和Cl ⁻ 浓度增大	越流过程中浓缩,形成高值区	越流过程中浓缩,形成高值区
	盐化系数	相对低值区,离心流方向上增大	相对低值区,向心流方向上增大	高值区	高值区
	变质系数 脱硫系数	相对高值区,离心流方向上减小	相对低值区,向心流方向上增大	低值区	低值区
成藏条件	主要油气藏类型	岩性油藏、断层油藏	水动力圈闭油气藏、岩性油气藏	背斜油气藏、断层油气藏	背斜油气藏、地层油气藏、岩性油气藏、水动力圈闭油气藏
	油气富集程度	规模中等-小	规模小,油气漏失严重	双侧油源,规模大,有利于油气大量富集	单侧油源,规模中等,油气藏部分遭受破坏
保存条件	破坏因素	异常高压,导致断层封闭性减弱	缺乏侧向封堵;大气水下渗冲刷	无直接破坏因素	间断性的大气水下渗破坏作用
	分级评价	中-较好	差-极差	好-很好	较好

个凹陷,而向心流与离心流汇合越流泄水区的油源只有紧邻的一个凹陷,因此,叠合越流泄水区存在双侧或多侧供油的优势,形成的油气藏规模通常较大,如台北凹陷的丘陵构造带和温吉桑构造带;同时,向心流与离心流汇合越流泄水区在每次水文地质旋回的抬升剥蚀阶段常受到强大的大气水下渗向心流的冲刷破坏而成稠油,且国内诸多盆地分析表明我国盆地多存在多旋回叠合构造特征,常经历多次大气水下渗破坏过程,而凹中隆则由于处于凹陷内部,使得抬升剥蚀和大气水下渗破坏作用的影响较小,保存条件较好。

5.2 地下水动力场和地层压力场的关系

不同的局部水动力单元具有不同的孔隙流

体供排系统,孔隙流体的供排系统决定了地层压力场的分布规律^[8]。中央凹陷区的湖相泥岩厚度大,孔隙水含量高,随着埋藏、压实作用,发育局部异常高压,并成为压实离心流区。盆地边缘重力诱导形成大气水下渗向心流区,连通性好,孔隙水供排基本平衡,除大气水下渗区有低压现象外,以正常地层压力为主。越流泄水区,地层压力系数介于向心流区和离心流区之间(表1)。

因此,地层压力场、水化学场是水动力场演化的结果,水动力场的形成、演化是控制水化学场、地层压力场形成、演化的关键因素,从而使得局部水动力单元的分区界线与水化学场、地层压力场的分区界线一致^[8]。

6 地下水动力场与油气运移、聚集

生油岩中的有机质和烃类与水的数量相比很小。大量的水运动必然影响甚至控制着烃类的运移方向和效果^[9,10]。真柄钦次^[19](1978)认为,水运动在烃类初次运移中的作用十分重要,油气的生成、运移、聚集都与地下水动力密切相关。流体在地下流动过程中,在流速减慢的地区或准停滞带,在孔隙压力下降、或流动方向突然改变、或跨越渗透性边界时,都会发生烃类聚集^[20~24]。因此,总结地质历史时期地下水流动模式的演化规律,对认识油气藏,预测油气分布规律,指导油气勘探方向都是重要的依据之一^[7,16,24]。

吐鲁番坳陷油气分布具有很好的规律性(图4),丘陵油气聚集带是胜北次凹和丘东次凹两个不同水动力体系的叠合越流泄水区。由于存在双侧供油,使得该构造带成为目前盆地内已探明储量最为丰富的区带,已发现鄯善、丘陵和巴喀3个大油气田。温吉桑油气聚集带是丘东次凹和小草湖次凹两个不同水动力体系的叠合越流泄水区,该区带也存在双向供油的可能性,由于小草湖次凹的贡献比不上胜北次凹对丘陵构造带的贡献,使得温吉桑油气聚集带富油程度要低于丘陵油气聚集带。

丘陵构造带、温吉桑构造带、火焰山-七克台构造带、博格达山前构造带、神泉-葡北构造带是

继承性构造带,属燕山期、喜马拉雅期油气运移的集中指向区,最有利油气的运移、聚集。其中丘陵构造带和温吉桑构造带的含油气性通过以往的勘探基本落实(图5),神泉-葡北构造带也显示了含油气性的基本特征。博格达山前构造带从流体动力场演化和油气运移、聚集过程分析,应该具备良好的含油气前景。但是,由于山前构造带埋深大、构造复杂,勘探难度大,勘探程度也低,至今仅发现恰勒坎和鄯勒油气田。胜北构造带的构造活动相对较弱,逆冲推覆不明显,在区域抬升剥蚀过程中,胜北构造带始终低潜在胜北次凹中,长期处于离心流中心区的位置,形成很弱的地下水越流泄水区,不利于油气的运移聚集。不像丘陵构造带、温吉桑构造带,也不像松辽大庆长垣、东营中央断裂背斜带的凹中隆,地下流体动力场特征表现为“凹中隆”的叠合越流泄水区^[8],对油气的运移、聚集十分有利。因此,胜北构造带的油气可能表现为通过断裂带间断性地向上垂向泄压、运移、聚集的特征,油气仅从断裂带附近的烃源岩中汇聚。相对而言,油气的汇聚面积较小,且主要分布在断裂带附近的圈闭中(图5)。

火焰山构造带、七克台构造带也是燕山期、喜马拉雅期油气运移的长期指向区,但这两个构造带在喜马拉雅山期的逆冲推覆强烈,断裂穿越地表,上盘抬升剥蚀强烈,侏罗系直接出露地表。因此,它们不仅是油气的重要运移指向区,而且也是一个主要的破坏区。胜金口油气田和七克台油气

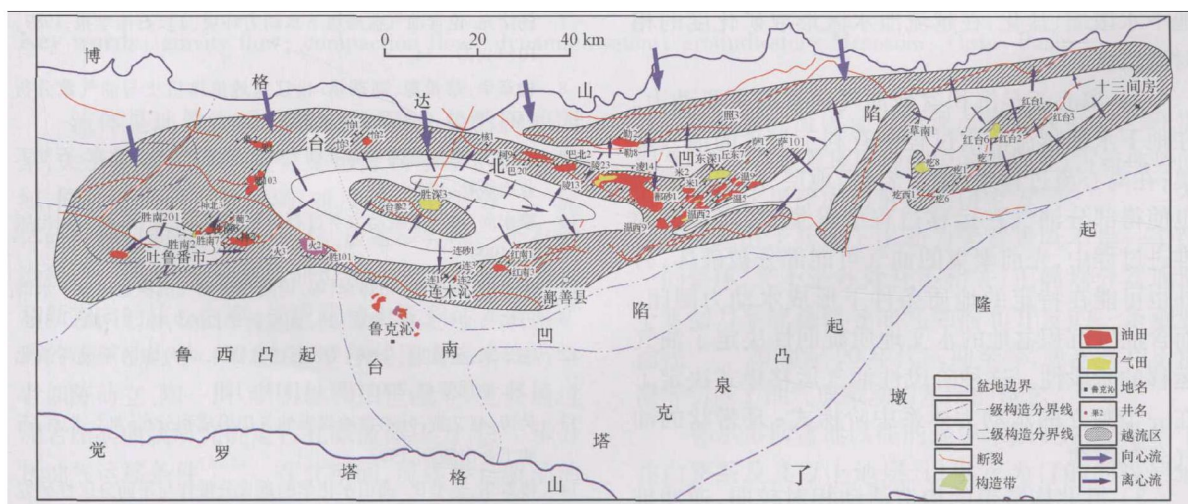


图4 侏罗系水动力场与油气运移、聚集的关系

Fig. 4 Relationship between hydrodynamic field and hydrocarbon migration and accumulation in the Middle Jurassic

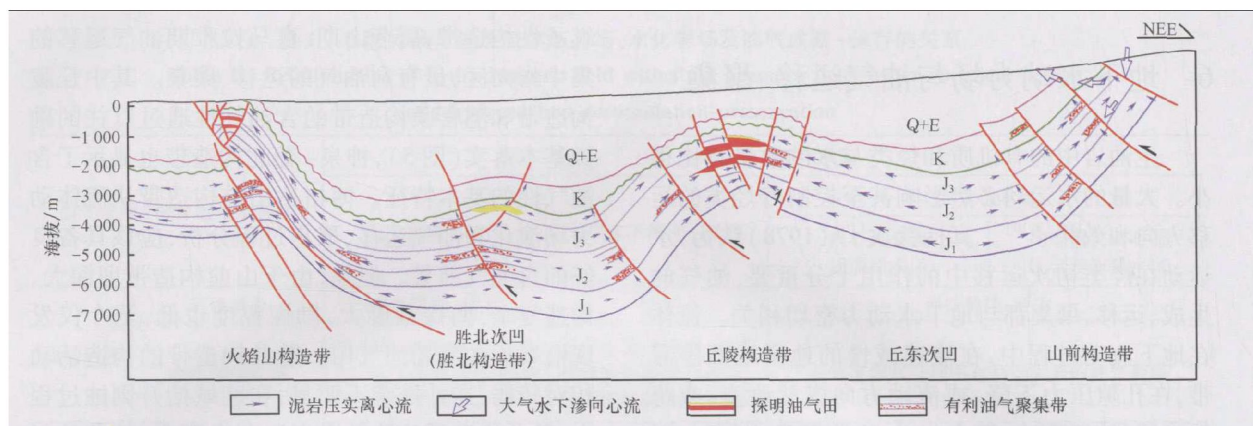


图5 吐鲁番凹陷流体动力场与油气运移、聚集的成藏动力学模式

Fig. 5 Mode chart showing hydrodynamic field and hydrocarbon migration and accumulation in Turpan depression

田的勘探实践证明,这两个构造带不仅是油气运移、聚集带,而且经过逆冲推覆和剥蚀,油气至今能够得到部分保存。根据这两个构造带及相应构造的演化过程分析,火焰山构造带的西段和七克台构造带的东段更有利于油气的运移、聚集,这两段逆冲推覆带上盘的后翼断块和下盘的断背斜、断块也有利于油气的运移、聚集与保存,可以作为下一步油气勘探的目标之一。

7 结论

1) 沉积盆地地下水动力场演化和地下水成因控制了地下水化学场的分布规律。盆地边缘大气水下渗淡化,凹陷中心泥岩压实排水淡化,越流泄水区浓缩。在离心流和向心流的流动过程中,地下水浓缩、盐化,在越流泄水区形成矿化度的相对高值区。

2) 离心流是沉积盆地油气运移的主要动力。在地下水的越流泄水过程中有利于大量的油气聚集;在离心流过程中,由于岩性、地层、断层等圈闭也使得部分油气在运移过程中聚集;在向心流的推进过程中,先前聚集的油气可能部分被破坏,另外也可能在特定的地质条件下形成水动力圈闭。而含油气沉积盆地的水文地质旋回性决定了油气运移的阶段性的。这种阶段性油气运移模式决定了在一个独立的水动力体系中阶梯式-环带状的油气分布规律。

3) 胜北构造带的构造活动相对较弱,逆冲推覆不明显。在区域抬升剥蚀过程中,胜北构造带始终低潜在胜北次凹中,长期处于离心流中心区

位置,油气可能表现为通过断裂带间断性地向上垂向泄压、运移、聚集的特征,油气仅从断裂带附近的烃源岩中汇聚。

参 考 文 献

- 1 楼章华,赵庆吉. 松辽盆地十屋断陷水动力场与低压气藏的关系[J]. 石油与天然气地质, 1996, 17(4): 321 ~ 325
- 2 周晓芬. 塔里木盆地北部油田水特征离子及意义[J]. 石油与天然气地质, 2000, 21(4): 372 ~ 374
- 3 王震亮,朱玉双. 准噶尔盆地西北缘现今水动力分布特点[J]. 石油与天然气地质, 2002, 23(4): 348 ~ 352
- 4 薛会,刘丽芳,卜昌蓉,等. 塔里木盆地古生界流体的垂向分隔性[J]. 石油与天然气地质, 2005, 26(3): 290 ~ 296
- 5 曾骥辉,吴琼,杨海军,等. 塔里木盆地塔中地区地层水化学特征及其石油地质意义[J]. 石油与天然气地质, 2008, 29(2): 223 ~ 229
- 6 程汝楠. 古水文地质及其应用[M]. 北京:地质出版社, 1991
- 7 杨绪充. 论含油气盆地地下水动力环境[J]. 石油学报, 1989, 10(4): 27 ~ 34
- 8 楼章华,蔡希源,高瑞祺. 松辽盆地流体历史与油气藏分析[M]. 贵阳:贵州科学技术出版社, 1998
- 9 焦大庆. 盆地流体与成藏动力学过程分析[M]. 北京:石油工业出版社, 1999
- 10 康永尚. 油气成藏动力学过程分析[M]. 北京:石油工业出版社, 1999
- 11 楼章华,金爱民,田炜卓,等. 论陆相含油气沉积盆地地下水动力场与油气运移、聚集[J]. 地质科学, 2005, 40(3): 305 ~ 318
- 12 楼章华,金爱民,朱蓉,等. 松辽盆地水动力场的形成与演化[J]. 地质学报, 2001, 75(1): 111 ~ 120
- 13 吴涛,赵文智. 吐哈盆地煤系油气田形成和分布[M]. 北京:石油工业出版社, 1997
- 14 楼章华,金爱民. 油田水化学的垂直分带性与平面分区性研究[J]. 地质科学, 2006, 41(3): 311 ~ 319

(下转第 501 页)

- Sea's Judy oilfield[J]. Journal of Geochemical Exploration, 2000, 69-70: 641-644
- 24 Thie'rya R, Pironon J, Walgenwitz F, et al. PIT (Petroleum Inclusion Thermodynamic): a new modeling tool for the characterization of hydrocarbon fluid inclusions from volumetric and microthermometric measurements [J]. Journal of Geochemical Exploration, 2000, 69-70: 701-704
- 25 Liu D H, Xiao X M, Mi J K, et al. Determination of trapping pressure and temperature of petroleum inclusion using PVT simulation inclusion of Lower Ordovician carbonates from the Lunnan low uplift, Tarim Basin [J]. Marine and Petroleum Geology, 2003, 20: 29-43
- 26 刘德汉, 宫色, 刘东鹰. 江苏句容-黄桥地区有机包裹体形成期次和捕获温度、压力 PVTsim 模拟计算[J]. 岩石学报, 2005, 21(5): 1 435-1 448
- 27 Teinturier S, Pironon J. Experimental growth of quartz in petroleum environment, Part I: procedures and fluid trapping [J]. Geochimica et Cosmochimica Acta, 2004, 68: 2 495-2 507
- 28 Bourdet J, Pironon J. Strain response and re-equilibration of CH₄-rich synthetic aqueous fluid inclusion in calcite during pressure drops [J]. Geochimica et Cosmochimica Acta, 2008, 72: 2 946-2 959
- 29 刘超英, 周瑶琪, 陈勇, 等. 高温高压合成碳酸盐岩流体包裹体实验[J]. 硅酸盐通报, 2007, 26(1): 168-172
- 30 倪培, 王一刚. 人工合成烃包裹体的实验研究[J]. 岩石学报, 2007, 23(9): 2 033-2 038
- (编辑 李 军)

(上接第 478 页)

- 15 楼章华, 朱蓉, 金爱民, 等. 东营凹陷地下水动力场的形成与演化[J]. 地质科学, 2003, 38(1): 85-96
- 16 地质矿产部水文地质工程地质研究所. 油田古水文地质与水文地球化学——以冀中坳陷为例[M]. 北京: 科学出版社, 1987
- 17 刘方槐, 颜婉荪. 油气田水文地质学原理[M]. 北京: 石油工业出版社, 1991
- 18 楼章华, 高瑞祺, 蔡希源. 论松辽盆地地下水动力场演化与油气运移、聚集[J]. 沉积学报, 1997, 15(4): 115-120
- 19 Magara. Compaction and fluid migration—practical petroleum geology [J]. Amsterdam, Elsevier: 1978
- 20 Villegas M E, Bachu S, Ramon J C, et al. Flow of formation waters in the Cretaceous-Miocene succession of the Llanos basin, Colombia [J]. AAPG Bulletin, 1994, 78(11): 1 843-1 862
- 21 Tóth J. A theoretical analysis of groundwater flow in small drainage basins [J]. Journal of Geophysics Research, 1963, 68(12): 4 795-4 812
- 22 Tóth J. Gravity induced cross-formational flow of formation fluids, Red Earth Region, Alberta, Canada—analysis, patterns, and evolution [J]. Water Resources Research, 1987, 14(5): 805-843
- 23 Tóth J. Cross-formational gravity-induced flow of groundwater: a mechanism of transport and accumulation of petroleum (the generalized hydraulic theory of petroleum migration) [A]. In: Roberts III W H, Cordell R J, eds. Problems of petroleum migration [C]. AAPG Bulletin, 1980, 10(1): 121-167
- 24 李明诚. 石油与天然气运移(第二版)[M]. 北京: 石油工业出版社, 1994
- (编辑 高 岩)

(上接第 484 页)

- 6 李明诚. 在油气初次运移研究中压实曲线的应用[J]. 地球科学, 1986, 11(3): 309-314
- 7 田世澄, 李纯菊. 泌阳凹陷孔隙流体压力及油气运移特征[J]. 地球科学, 1986, 11(3): 323-327
- 8 陶一川. 油气运移聚集的流体动力学机理问题[J]. 石油与天然气地质, 1983, 4(3): 255-267
- 9 杜强, 胡伏生, 万力, 等. 鄂尔多斯北部盆地古流体动力场的演化特征[J]. 煤田地质与勘探, 2000, 28(6): 23-27
- 10 王震亮. 改造型盆地流体动力学的发育特点[J]. 石油与天然气地质, 2000, 21(1): 24-27
- 11 邓林, 汤磊, 康志宏, 等. 盆地三维古水动力数值模拟方法及其应用[J]. 石油勘探与开发, 2000, 27(1): 7-11
- 12 康永尚, 庞雄奇. 油气成藏流体动力系统分析原理及应用[J]. 沉积学报, 1998, 16(3): 80-84
- 13 田世澄, 陈永进, 张兴国, 等. 论成藏动力系统流体动力学机制[J]. 地学前缘, 2001, 8(4): 329-335
- 14 康永尚, 王捷. 流体动力系统与油气成藏作用[J]. 石油学报, 1999, 20(1): 30-33
- 15 王德潜, 刘祖植, 尹立河. 鄂尔多斯盆地水文地质特征及地下水系统分析[J]. 第四纪研究, 2005, 23(1): 6-14
- 16 杨绪充. 含油气区地下温压环境[M]. 山东东营: 石油大学出版社, 1991
- 17 刘方槐, 颜婉荪. 油田水文地质学原理[M]. 北京: 石油工业出版社, 1991
- 18 杨俊杰, 李克勤, 张东生, 等. 中国石油地质志(12卷), 长庆油田[M]. 北京: 石油工业出版社, 1992
- (编辑 高 岩)