

文章编号: 0253- 9985(2004) 06- 0614- 06

柴达木盆地油气成藏的主控因素

党玉琪^{1,2}, 熊继辉¹, 刘震¹, 马达德^{1,2}, 汪立群^{1,2}, 李潍莲¹

(1. 石油大学石油天然气成藏机理教育部重点实验室, 北京 102249; 2. 中国石油青海油田公司, 甘肃敦煌 736202)

摘要: 通过对柴达木盆地油气成藏地质条件及成藏过程的系统研究, 柴达木盆地油气藏形成主要受到 6 种因素的控制: (1) 生烃凹陷控制油气总体分布格局; (2) 储集层质量影响油气藏的形成; (3) 异常流体动力场控制油气的运移和聚集; (4) 油源断层控制油气藏的形成; (5) 喜山运动中晚期活动控制构造圈闭的形成和发展; (6) 圈闭带的分布决定油气藏的具体分布。

关键词: 柴达木盆地; 油气成藏; 主控因素; 圈闭带

中图分类号: TE122. 1 **文献标识码:** A

Main factors controlling hydrocarbon accumulation in Qaidam basin

Dang Yuqi^{1,2}, Xiong Jihui¹, Liu Zhen¹, Ma Dade^{1,2}, Wang Liqun^{1,2}, Li Weilian¹

(1. Key Laboratory for Hydrocarbon Accumulation Mechanism, University of Petroleum, Beijing;

2. Qinghai Oilfield Company, PetroChina, Dunhuang, Gansu)

Abstract: Systematic study of the geological conditions and processes of hydrocarbon accumulations in Qaidam basin shows that there were six main factors controlling hydrocarbon accumulations. (1) Hydrocarbon generating sag controlled the distribution pattern of oil and gas. (2) Reservoir quality influenced the formation of oil and gas reservoirs. (3) Abnormal hydrodynamic field controlled the migration and accumulation of hydrocarbons. (4) Faults in source rocks controlled the formation of oil and gas reservoirs. (5) Middle and late Himalayan movements determined the formation and development of structural traps. (6) Occurrence of trap belts determined the specific distribution of pools.

Key words: Qaidam basin; hydrocarbon accumulation; main control factor

柴达木盆地位于青藏高原北部, 由阿尔金山、祁连山、昆仑山所环绕, 为一大型山间内陆盆地。盆地东西长 850 km, 南北宽 150~ 300 km, 面积 $12.1 \times 10^4 \text{ km}^2$; 其中沉积岩面积 $9.6 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。盆地内发育了古生界、中生界和新生界, 中新界厚度一般都在 6 000~ 7 000 m, 最厚可达 17 200 m, 沉积岩体积约 $60 \times 10^4 \text{ km}^3$ 。

柴达木盆地地质条件十分复杂, 地史过程中沉积中心不断变迁, 形成多套烃源岩, 多套储盖组合, 储层类型多样, 后期构造运动改造作用强烈, 断裂发育。此外, 由于地表条件恶劣, 勘探程度低, 许多地质问题如盆地演化过程、有效烃源岩的

展布、断裂的活动历史和活动性质等都没有明确的认识, 给油气成藏研究带来很大的困难。因此, 总结柴达木盆地油气成藏的主控因素, 对指导盆地地下步油气勘探具有重要的实际意义。

1 生烃中心

柴达木盆地油气分布严格受生油气中心所控制^[1~5]。侏罗系生油凹陷中心位于冷湖-南八仙一带, 第三系生油中心在英雄岭一带, 第四系生气凹陷分布在三湖一带。目前盆地内已发现的主要油气田和含油气构造均分布在 3 个生烃凹陷及其周围。

基金项目: 中国石油天然气股份有限公司“九五”重点科技攻关项目(970208)

第一作者简介: 党玉琪, 男, 46 岁, 高级工程师, 石油与天然气地质

收稿日期: 2004- 11- 02

柴北缘烃源岩为中下侏罗统^[6]。在无中下侏罗统分布的地区,几乎没有好的油气显示。目前,已发现的6个油气田均位于侏罗系烃源岩分布的地区。例如:冷湖油田位于昆特依凹陷下侏罗统烃源岩较厚的沉积区带;鱼卡油田位于鱼卡生油凹陷;南八仙油气田紧邻西南部伊北次凹下侏罗

统生烃洼陷;而马海平滩鼻状构造因无侏罗系烃源岩分布,马参1井未见油气显示。

柴西地区阿尔金山前带、跃进、乌南、油泉子、南翼山等油气田均位于第三系生烃中心及其周缘(图1)。远离该中心的尖顶山、大风山构造上的一些探井仅见到一些油气显示,未获工业油气流。

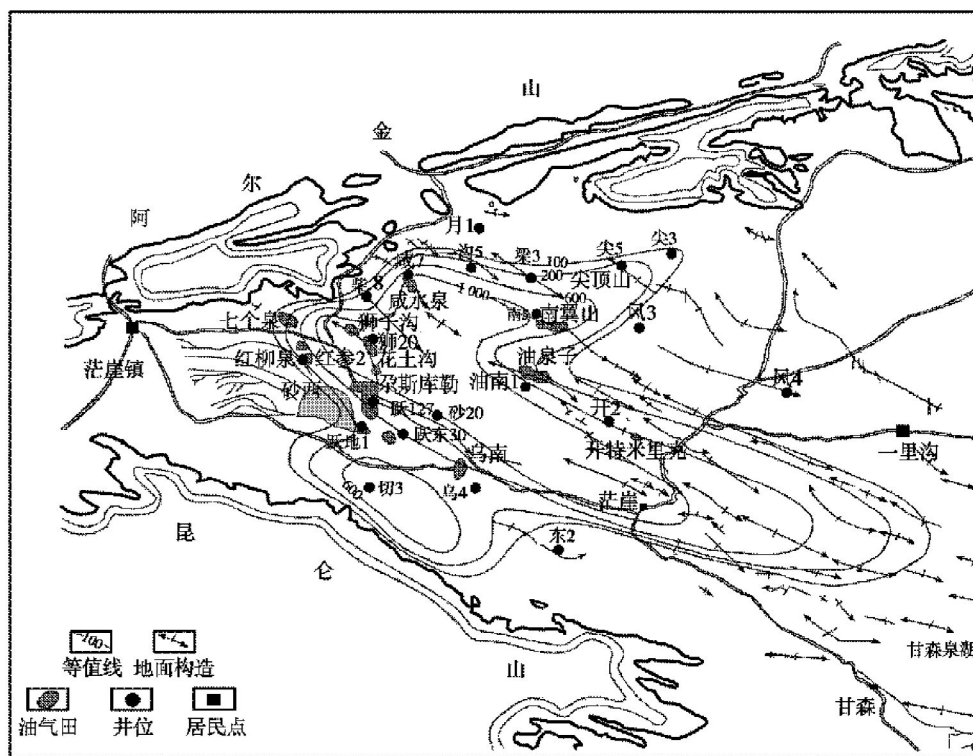


图1 柴西地区下干柴沟组上段(E_3^2)有效烃源岩等厚图

Fig. 1 Isopach map of effective source rocks in the upper Xiganchaigou Formation(E_3^2) in western Qaidam basin

盆地东部地区已发现的5个气田均位于第四系生气中心及周围,而远离三湖地区的探井如达参1井、甜参1井和霍参1井均无油气显示。

2 储集层性能

2.1 侏罗系

侏罗系为含煤层系,岩性比较致密,自生高岭石含量高^[7],储层物性普遍较差。因此储层物性对本区油气成藏具有重要的影响作用。

冷湖三号油田是柴达木盆地唯一的下侏罗统油田。该油田位于冷湖构造带西部下侏罗统小煤沟组砂岩最有利的储集层分布地区。下侏罗统储层又处于早成岩B期有利成岩阶段,其平均孔隙度、平均渗透率较高,分别为11.8%和 $92.5 \times$

$10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。而冷湖四号地区相同层位的储层平均孔隙度为11.2%,平均渗透率小于 $5 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,冷湖五号地区该层位的储层平均孔隙度为6.87%,平均渗透率仅为 $0.12 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。显然,冷湖构造带下侏罗统油田与其储层物性的好坏有着直接的关系。

鱼卡油田是盆地内上侏罗统唯一的油田。上侏罗统沉积时期由于湖盆处于高位体系域和逐渐萎缩期,水体由深变浅,主要发育河流冲积平原和滨浅湖相的粗碎屑沉积。鱼卡地区上侏罗统采石岭组下段砂岩含油,油层深度只有120~450 m,孔隙度为16%,渗透率为 $4 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。显然,鱼卡地区含油与其相对较好的储层物性有关。

2.2 第三系

柴西地区下干柴沟组主要发育3个有利的储

层发育区带, 其一是昆仑山前古水系控制的阿拉尔-跃进一号-乌南区带, 发育浅水滩坝、藻丘灰岩三角洲和扇三角洲分流河道砂体, 该带是跃进一号大油田发育地区。区带内还发现砂西和跃东等重要的油田; 其二是阿尔金山前古水系控制的红柳泉-红沟子区带, 发育扇三角洲分流河道砂体和湖底扇, 该区找到七个泉、狮子沟和花土沟等重要油田; 其三是在南翼山地区的早期水下古隆起附近发育浅水滩坝和浊积砂体, 该地区发现了南翼山油气(凝析气)田。

柴北缘的冷湖-南八仙构造带下干柴沟组发育最有利储层, 在这里找到了冷湖四号油田、冷湖五号油田和南八仙大油气田。但是, 在 II 类和 III 类储层发育地区, 目前还未找到油气田。由此可以认为, 下干柴沟组的油气田主要发育在 I 类储层发育区(表 1)。

表 1 第三系储层分类表

Table 1 Classification of the Tertiary reservoirs

类型	孔隙度 / %	渗透率 /(10 ⁻³ μm ²)	面孔率 / %	孔 径 / mm	喉 道 / μm	配位 数
I 类	> 20	> 100	> 10	> 0.075	> 12	> 3.3
II类	20~ 15	100~ 10	5~ 10	0.025~ 0.075	8~ 12	2.8~ 3.3
III类	< 15	< 10	< 5	< 0.025	< 8	< 2.8

注: 配位数指孔隙与喉道的配位数, 反映孔隙与喉道的连通情况

跃进一号顶部油藏(N₁²)和乌南油田(N₁²)储层均位于昆仑山前 I 类储集层发育区; 狮子沟油田顶部油藏(N₁)和咸水泉油藏(N₁)储层位于阿尔金山前 I 类储层发育区; 冷湖四号油田、冷湖五号油田和南八仙油气田上干柴沟组储层也位于柴北缘 I 类储层发育区。可见, 上干柴沟组主要油气田均处于有利储层发育区。

狮子沟油田顶部(N₂)和咸水泉油田(N₂)的储层位于较有利的 II 类储层发育区; 柴北缘冷湖四号、冷湖五号和南八仙构造的(N₂)储层属于较有利的 II 类储层发育地区。可以认为, 油砂山组油气藏的分布与该层位有利和较有利储层的发育有关。

2.3 第四系

柴达木盆地东部第四系大气田主要发育在该地区北部的滨浅湖相厚砂体分布带上。如第四系下部层序 A 中, 台南气田为一明显的高含砂区块, 涩北一号和涩北二号及盐湖气田也均位于高含砂

的区带上。在层序 B 中, 几个大气田全部落入相对高含砂区块。因此可以说, 第四系浅层气藏的发育与滨浅湖相区的富砂发育带有关。

3 异常流体动力场

柴西地区第三系可以划分为两个流体封存箱。上部为常压封存箱, 其底板大约在 2 400 m 左右。下部发育超压流体封存箱, 其顶板即上部封存箱的底板, 对应层位是上干柴沟组下段的一套泥岩、钙质泥岩、盐膏层, 夹有少量泥质砂岩。下部封存箱底板约在 4 200 m 左右, 对应层位是路乐河组。深部 4 200 m 以下基本上又为常压封存箱(图 2)。柴西地区第三系油气藏以箱内和箱外成藏为主, 其中共有 8 个油气藏属于深部超压封存箱箱内成藏, 储量占柴西地区总储量的 35%; 另有中浅层的箱外成藏, 储量占到柴西地区总储量的 55%。此外, 箱缘成藏也比较发育, 其中的 10 个油藏属于该类成因, 储量约占柴西地区总储量的 10%。

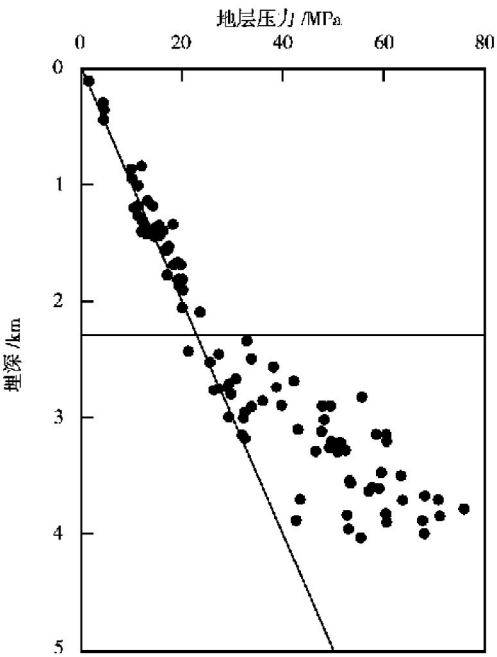


图 2 柴西地区地层压力-深度交汇图

Fig. 2 Crossplot of formation pressure vs. depth in western Qaidam basin

柴北缘西段发育两个流体压力封存箱。浅层是一个常压封存箱, 深层为异常高压封存箱。冷湖-南八仙含油气构造表现为箱缘和箱外成藏特点。

从地温-地压系统发育特征上看, 柴达木盆地

与断层有关的油气藏主要分布在相对低能区,而砂岩透镜体或溶蚀透镜体油藏也可以发育在相对高能区。

4 油源断层

由于陆相沉积相变剧烈,柴达木盆地3个含油气系统油气侧向运移距离比较局限。同时,盆地内第三纪—第四纪又为盐湖相沉积环境,形成了封闭性强的盐岩和石膏夹层,垂向上流体封闭性较好。因此,地下流体的运移只能通过断裂活动来实现^[8]。从现今柴达木盆地油气分布上看,几乎所有的油气藏都与油源断裂的发育有关,充分说明油源断层是油气运移的主要通道,而且盆地内深层异常高压的存在,也为油气沿断层运移提供了充足的动力。

柴北缘油源断层可分为两类,一类是直接延伸到侏罗系烃源岩的基底卷入式油源断层,主要分布在下第三系和侏罗系中,少部分从上第三系延伸到侏罗系。这类断层是油气运移的直接通道,形成柴达木盆地的原生油气藏。另一类是发育在上第三系的表层滑脱型断层。这类断层是将已聚集在下第三系油气藏中的油气进行重新调整、改造,是形成次生油气藏的油气运移通道。柴北缘第三系油气藏,如冷湖四号、冷湖五号和南八仙油气田均是下第三系存在深达侏罗系烃源岩的断层,同时,上第三系又存在有滑脱型断层(图3)。

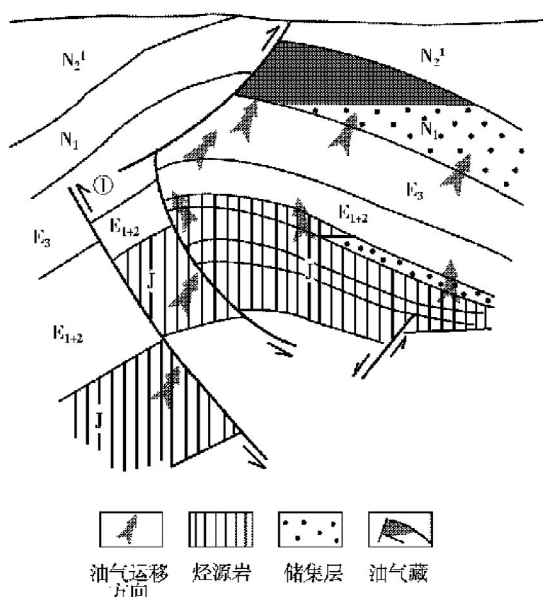


图3 冷湖5号油田N₁油藏成藏模式图

Fig. 3 Map showing petroleum accumulation modes of N₁reservoir in Lenghu No. 5 oilfield

柴西地区跃进一号、跃进二号、砂西、油砂山、七个泉、狮子沟、红柳泉、咸水泉、油泉子、开特米里克、南翼山等油气田均发育断层,而且这些断层作为油源断层联通了第三系烃源岩和相应的构造圈闭。

柴东地区第四系大气田发育在甘森泉—小柴旦盆地东西向基底断裂附近。该断裂后期活动可能诱发浅层上第三系—第四系张裂断层的形成,而这些断层对大气田的形成起到了有利油气运移、聚集的作用。

5 喜山运动

5.1 控制构造圈闭的形成和发展

柴北缘冷湖构造带构造圈闭的形成和发展以冷湖五号构造最为典型。该构造在燕山早期(J_{1-2})表现为伸展(或弱伸展)性质;到了燕山晚期开始发生压缩,形成冲断构造;喜山早期(E_{1-2})在压缩背景下继续发育冲断构造,到喜山中期($N_1-N_2^1$)出现生长背斜构造;而在喜山晚期(N_2^2-Q)强烈挤压作用下产生反冲断层和断展背斜(图4),构造定型^[9-11]。

跃进一号构造在喜山早中期只形成生长背斜,到了喜山晚期才形成反冲断层和断展背斜。

南翼山构造在喜山早中期形成了生长断层构造,喜山晚期才形成纵弯背斜构造。从构造圈闭的形成和发展上讲,南翼山构造深层的圈闭是在喜山中期开始形成,而浅层的圈闭是在喜山晚期所形成。

三湖地区台南气田在喜山早中期时表现为水平岩层,无构造发育,只是在喜山晚期构造运动的挤压作用下产生纵弯背斜。

总体讲,柴达木盆地构造圈闭形成较晚,主要形成于喜山构造运动的中、晚期。

5.2 控制油气充注

从含油储层流体包裹体均一化温度分析结果来看,柴西地区油气藏发生过两期油气充注,第一期是在 N_2^1 时期前后,第二期是在 N_2^2-Q 时期,这与喜山中晚期两期构造运动时间正好吻合;柴北缘油气藏存在两期油气充注,第一期是在渐新世(N_1),第二期是在 N_2^2-Q 时期(图5),这也与该地区喜山中晚两期构造运动时间大体相一致。

由于柴达木盆地发育沸腾包裹体^[12],说明油

时 期	构造性质	伸展构造 → 冲断构造 → 生长背斜 → 反冲断层 + 断展背斜	生长背斜 → 反冲断层 + 断展背斜	生长背斜 → 纵弯背斜	生长断层 → 纵弯背斜	生长断层 → 滑脱褶皱	水平岩层 → 纵弯背斜
喜山晚期 (N_2s-Q)	强烈压缩						
喜山早中期 (E_1-2 1- N_1s)	压 缩						
燕山晚期							
燕山早期 (J_1-2)	伸 展						
地 区		冷湖五号	尕斯库勒	大风山	南翼山	茫 崖	台 南

图 4 柴达木盆地构造样式
Fig. 4 Structural patterns in Qaidam basin

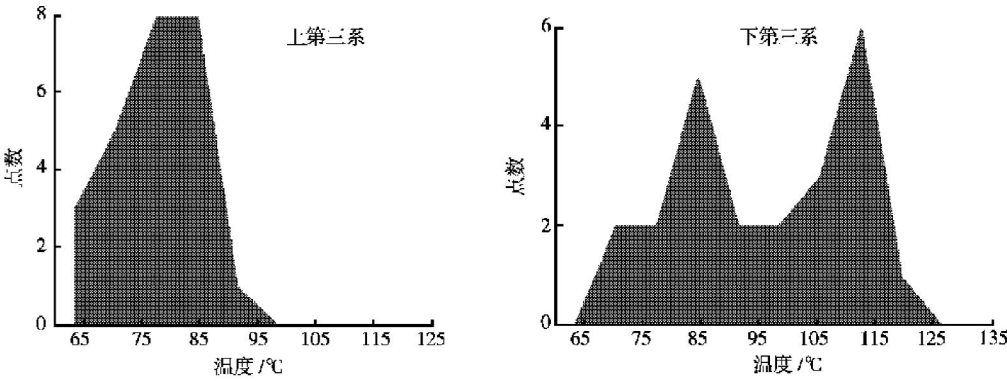


图 5 南八仙油田第三系储层包裹体均一化温度分布
Fig. 5 Distribution map of homogenization temperature of fluid inclusions in Tertiary reservoir in Nanbaxian oilfield

气是以快速(脉动式)运移为主要运聚方式,故推断油气运聚成藏事件发生在构造运动相对活动时期。即盆地的油气藏形成和演化主要受喜山中、晚期构造运动所控制。

6 圈闭带的分布

喜山运动中,晚期的构造活动,柴达木盆地共发育 8 个含油气构造带(图 6): (1) 七个泉-狮子沟-花土沟-砂西+跃进一号+油砂山-乌南($E_3^1-N_1^1$)、(2) 咸水泉-油泉子-开特米里克(N_1-N_2)、(3) 红沟子-南翼山($N_2^1-N_2^2$)、(4) 尖顶山-大风山(N_2)、(5) 冷湖 3 号-冷湖 4 号-冷湖 5 号(J_1, E_3, N_1-N_2)、(6) 南八仙-马海-鱼卡西部(E_3^1, N_1-N_2, J_3)、(7) 鸭

湖-台吉乃尔-伊克雅乌汝(N_2^3-Q)、(8) 台南-涩北 1 号-涩北 2 号-驼峰山-盐湖(Q , 天然气)。这 8 个构造带几乎包含了盆地全部的油气藏和油气显示。充分说明了柴达木盆地油气藏的分布严格受到构造发育带所控制,呈带状分布的特点^[13]。

7 结论

柴达木盆地油气藏形成的主要因素可基本概括为:生烃中心控制油气总体分布格局;储集层质量影响油气藏发育;油源断层是油气运移的主要通道;深层异常流体动力场为油气沿断层运移提供充足动力和油气聚集的场所;喜山运动中,晚期构造活动控制构造圈闭的形成和发展,构造活动

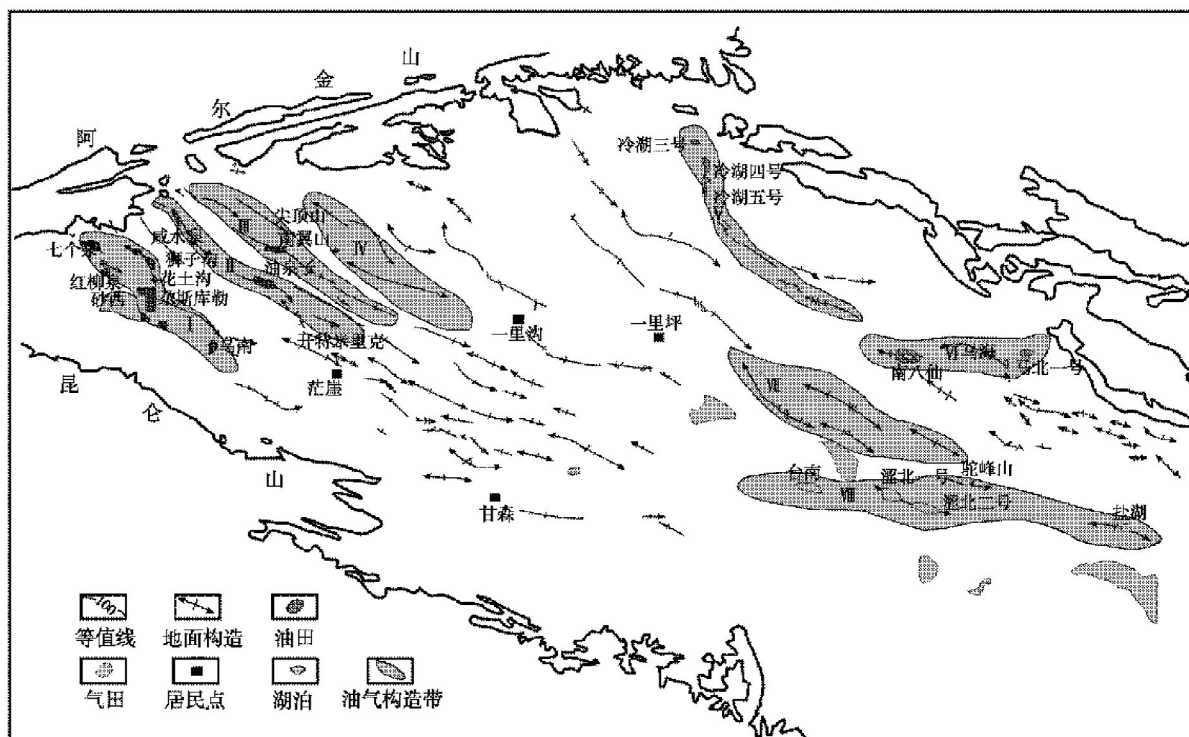


图6 柴达木盆地含油气圈闭带分布图

Fig. 6 Distribution of petroliferous trap belts in Qaidam basin

期亦是主要油气充注期;喜山运动中、晚期形成的构造发育带严格控制油气藏的分布,柴达木盆地油气藏呈现带状分布特点。

参 考 文 献

- 1 黄杏珍,邵宏舜. 柴达木盆地的油气形成与寻找油气田方向[M]. 甘肃兰州: 甘肃科学技术出版社, 1993
- 2 胡见义,赵文智,钱凯,等. 中国西北地区石油天然气地质基本特征[J]. 石油学报, 1996, 15(4): 1~ 11
- 3 吴光大,王永秀,张启全,等. 论柴达木盆地西部地区油气勘探目标选择[J]. 青海石油, 1994, 12(2): 1~ 8
- 4 翟光明,徐风银,李建青. 重新认识柴达木盆地,力争油气勘探获得新突破[J]. 石油学报, 1997, 18(2): 1~ 7
- 5 范连顺,王明儒. 柴达木盆地茫崖坳陷含油气系统及勘探方向[J]. 石油实验地质, 1999, 21(1): 41~ 47
- 6 彭立才,杨慧珠,刘兰桂,等. 柴达木盆地北缘侏罗系烃源岩沉积有机相划分及评价[J]. 石油与天然气地质, 2001, 22(2): 178~ 181
- 7 刘云田,杨少勇. 柴达木盆地北缘侏罗系砂岩孔隙发育特征[J]. 石油与天然气地质, 2001, 22(3): 267~ 269
- 8 邹华耀,胡文义. 生长逆断层与油气生成,运移和聚集——以柴达木盆地尕斯库勒为例[J]. 石油与天然气地质, 1993, 14(3): 200~ 206
- 9 车自成. 从青藏高原的隆起看柴达木盆地的形成与演变[J]. 石油与天然气地质, 1986, 7(1): 87~ 94
- 10 狄恒恕,王松贵. 柴达木盆地中、新生代构造演化探讨[J]. 地球科学——中国地质大学学报, 1991, 16(5): 533~ 539
- 11 夏文臣,张宁,张兵山,等. 柴达木侏罗系的构造层序及前陆盆地演化[J]. 石油与天然气地质, 1998, 19(3): 173~ 180
- 12 邱楠生,金之钧. 油气成藏的脉动式探讨[J]. 地学前缘, 2000, 7(4): 561~ 567
- 13 杨克明. 中国西北地区主要盆地圈闭发育特征及其分布规律[J]. 石油勘探与开发, 1993, 20(5): 15~ 25