

文章编号: 0253-9985(2007)01-0018-07

柴达木盆地油气藏特征分析及对油气勘探的意义

李滢莲^{1,2}, 刘震¹, 徐樟有¹, 吴欣松¹

(1. 中国石油大学 石油天然气成藏机理教育部重点实验室, 北京 102249)

(2. 中国地质大学 能源学院, 北京 100083)

摘要: 对柴达木盆地 19 个油气田典型油气藏的详细解剖, 油气藏具有 6 个特点: 油气层厚度薄, 油气藏面积总体偏小; ④油气藏油层物性相对较差; ④古近系、新近系原油成熟度总体偏低; 油气藏类型丰富, 构造、地层、岩性和复合型 4 大类油气藏均有发育; 以断层类油气藏为主, 油气藏受断层的控制作用明显; 油气藏晚期破坏比较严重。在对油气藏特点系统分析的基础上, 进一步指出: 柴达木盆地油气田分散, 大油田少; ④近源古构造最富集油气; ④在继续加强构造油气藏勘探的同时, 应注意地层、岩性油气藏的勘探; 深入研究断层对油气藏形成和分布的控制作用。

关键词: 断层油气藏; 油气藏特征; 勘探意义; 柴达木盆地

中图分类号: TE112.3

文献标识码: A

Analysis on reservoir characteristics of Qaidam Basin and its significance to petroleum exploration

Li W eilian^{1,2}, Liu Zhen², Xu Zhangyou², Wu X insong²

(1. Key Laboratory for Hydrocarbon Accumulation Mechanism in Ministry of Education, China University of Petroleum, Beijing 102249, China;

2. School of Energy Resources, China University of Geosciences, Beijing 100083, China)

Abstract Six features of the reservoirs in Qaidam Basin is summarized through a detailed analysis of its 19 oil/gas pools. oil layers are thin and oil/gas-bearing area is relatively small. ④ reservoir petrophysical properties are rather poor. ④ Tertiary oil maturity is relatively low as a whole; pool types can involve structural, stratigraphic or lithological ones or a combination of them; the distribution of oil and gas pools is controlled by faults and fault reservoirs are dominant; and late destruction of oil/gas pools is more severe. By systematic study of all these characteristics, the writers further point out that small and middle-sized oil fields is scattered in the basin, but larger ones are rarely found. ④ hydrocarbon accumulations are mainly distributed in the palaeo-structural traps near oil-generating center (source rocks); ④ while continuously strengthening the exploration of structural oil and gas pools, the searching for stratigraphic and lithological oil and gas pools should also be stressed, and the role of faults in the formation and distribution of oil and gas pools should be further studied.

Key words fault pool; reservoir characteristics; exploration significance; Qaidam Basin

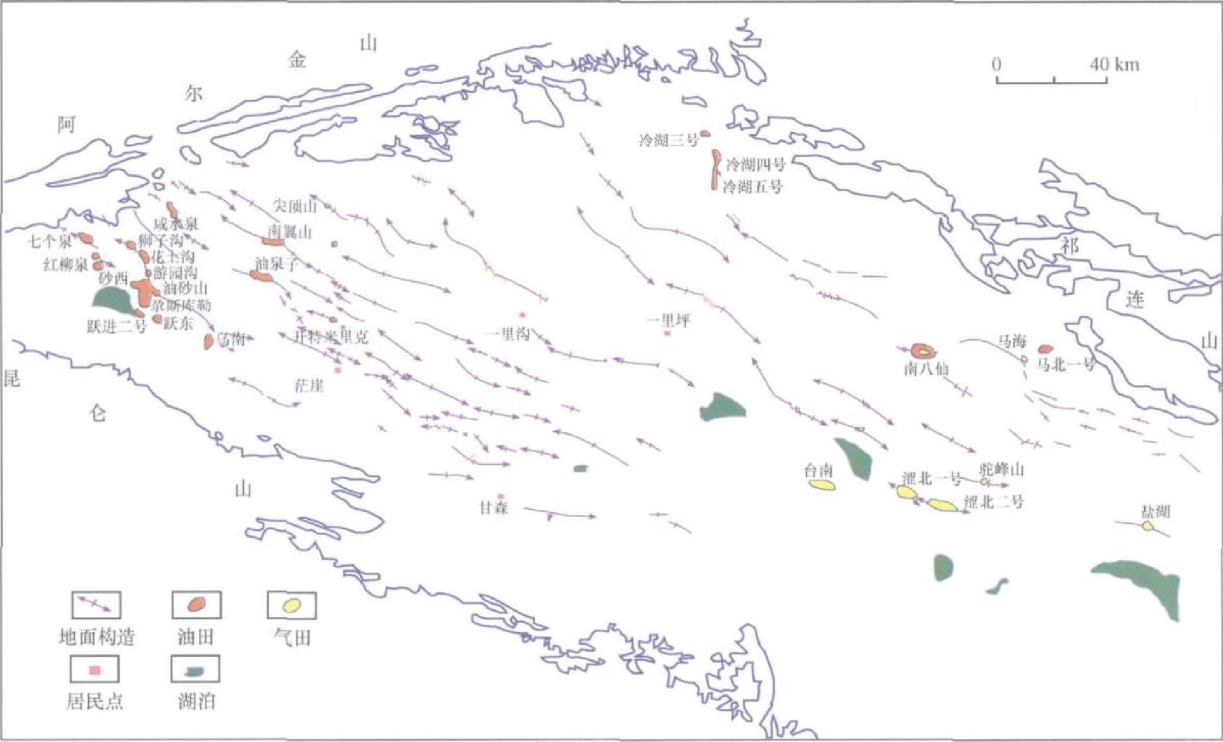
柴北缘和柴西地区是柴达木盆地的主力产油气区。在柴北缘的侏罗系、古近系、新近系发现了冷湖三、四、五号、鱼卡油田及南八仙、马海气田, 在柴西地区古近系、新近系发现尕斯库勒、狮子

沟、花土沟、游园沟、跃进二号、跃东、砂西、油砂山、乌南、七个泉、红柳泉、咸水泉、尖顶山、南翼山、油泉子、开特米里克等一系列油气田(图 1)。前人虽对某些具体的油气藏的特征作过分

收稿日期: 2005-01-25

第一作者简介: 李滢莲(1969-), 女, 讲师、博士研究生, 石油地质

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)



导意义。

1 区域地质

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, 为中生代大型山间内陆盆地。盆地面积约 $14 \times 10^4 \text{ km}^2$, 沉积岩厚达 17 200 m, 地面海拔一般为 2 600~ 3 000 m。

柴达木盆地具有多旋回构造演化史, 经历了 4 个不同的演化阶段, 即早-中侏罗世断陷阶段、晚侏罗世-白垩纪挤压阶段、古近纪挤压走滑阶段和新近纪挤压推覆阶段。各个演化阶段力学性质的变化决定了不同的构造样式发育情况。燕山早期为伸展构造样式发育阶段; 燕山晚期-喜马拉雅

山北缘地区, 白垩纪迁移到柴西南区, 新近纪迁移到柴西北区, 第四纪进一步往东迁移到东部三湖地区^[5]。这种沉积中心的迁移和叠合特点使柴达木盆地形成了层系不同、分布地区不同的 3 套烃源岩、3 个不同的含油气系统^[6]：柴北缘含油气系统, 以中、下侏罗统的小煤沟组和大煤沟组湖沼相灰黑色泥岩、碳质泥岩为烃源岩^[7], 中-上侏罗统和古近系、新近系为储盖层, 主要分布在北部块断带; ④柴西含油气系统, 以古近系下干柴沟组上段 (E_3^2) 和新近系上干柴沟组下段 (N_1^1) 盐湖相暗色泥岩为主力烃源岩^[8], 古近系下干柴沟组 (E_3)、新近系上干柴沟组 (N_1) 和油砂山组 (N_2) 为储盖层, 主要分布在西部茫崖坳陷; ④柴东三湖含气系统, 以第四系盐湖相暗色泥岩为生物气源

岩, 第四系为储盖层, 主要分布在东部三湖坳陷。

2 油气藏特征

对柴北缘和柴西地区 19 个油气田典型油气藏进行详细解剖 (表 1), 总结出油气藏具有 6 个特点: ①油气层厚度薄, 油气藏面积总体偏小; ②油层物性相对较差; ③古近系、新近系原油成熟度总体偏低; ④油气藏类型丰富; ⑤以断层类油气藏为主; ⑥油气藏晚期破坏比较严重。

2 1 油气层厚度薄, 油气藏面积总体偏小

柴达木盆地已发现油气藏油气层厚度薄, 单油层平均厚度一般小于 8 m, 多为 1~ 4 m (图 2)。这可能是由于地史演化过程中沉积中心不断的变迁, 继承性差, 使得各个相带在纵向上分布狭窄、相变快, 岩性横向变化大, 砂层厚度相对较薄, 较难形成大规模频繁相间接触的生储盖层。近物源、多物源、快速堆积的冲积扇- 河流- 三角洲- 湖泊沉积体系为研究区典型沉积特征。

表 1 柴达木盆地油气藏特征
Table 1 Characteristics of oil and gas pools in Qaidam Basin

油藏名称	油层层位	单油层厚度 平均值 /m	孔隙度 平均值, %	渗透率平均值 / (10 ⁻³ μm ²)	含油气 面积 /km ²	圈闭面 积 /km ²	石油地质 储量 /(10 ⁴ t)
尕斯 E ₃ ¹	E ₃ ¹	2.0	13.9	26.0	38.7	43.0	3 878
花土沟	N ₁ , N ₂ ¹		19.5	266.8	5.6	18.5	1 537
油砂山	N ₁ , N ₂ ¹	1.5	21.0	658.0	7.1	112.0	1 177
砂西	N ₁ , N ₂ ¹ , E ₃ ¹	3.0	10.4	42.2	6.4	19.1	708
游园沟	E ₃	1.5					
跃进二号东高点	N ₁ , N ₂ ¹		19.3	193.4	2.4	5.1	2 365
跃进二号西高点	E ₃	4.1	24.0	1 174.7	1.0	2.1	57
跃东	E ₃	3.0	5.5	10.3	9.7	18.0	204
乌南	N ₂ ¹	2.0	11.6	2.6	26.4	91.9	805
七个泉	E ₃ ² , E ₃ ¹ , N ₂ ¹		14.9	26.9	8.2	17.0	1 333
红柳泉	E ₃ ¹		10.0	4.9	3.2	21.0	101
尖顶山	N ₂ ² , N ₂ ¹	0.2	32.5	98.7	3.1	38.0	349
咸水泉	N ₁ , N ₂ ¹		25.0	105.0	8.7	61.0	802
狮子沟 E3	E ₃	1.5	4.4	12.0	15.2		1 298
南翼山 E3	N ₁ , E ₃ ²	7.0	8.2		6.3	14.6	45
南翼山浅层	N ₂ ²		26.2	12.0	7.0	157.0	1 182
红沟子	N ₂ ¹		20.0	55.0	2.4	35.0	105
冷湖三号	J _{1x}		18.0	175.0	1.3	54.4	243
冷湖四号	E ₃ ¹	4.0	18.3	175.0	8.2		687
冷湖五号	N ₁	4.6	22.6	400.0	3.7	24.0	485
南八仙	N ₁ , N ₂ , E ₃ ¹		20.0	148.3	15.1	200.0	783
鱼卡	J _{3c}	5.3	17.0	10.4	0.4	11.8	33

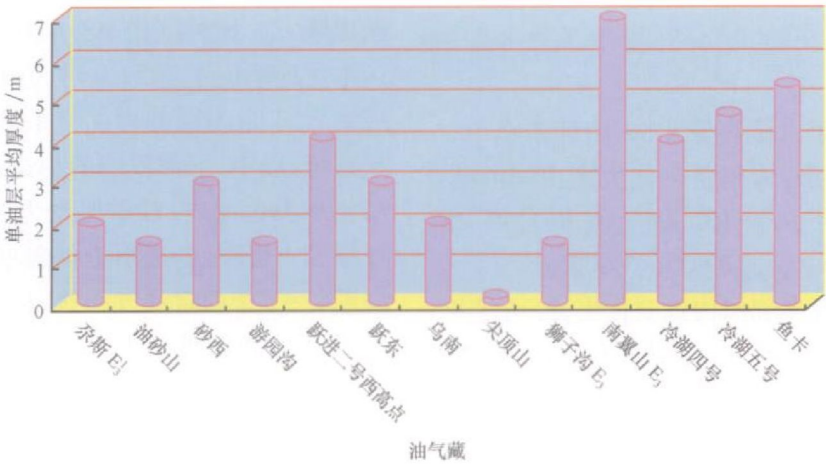


图 2 柴达木盆地油气藏单油层平均厚度分布

Fig. 2 Average thickness of individual oil reservoir in Qaidam Basin

柴达木盆地已发现的油气藏面积总体偏小, 大部份在 10 km^2 以下 (图 3), 且具有圈闭闭合面积较大, 但含油气范围较小、储量规模和丰度相对较低的特点。其原因一是因为构造圈闭本身形成比较晚, 主要是在喜马拉雅中、晚期构造运动中形成, 且晚期强烈的构造运动对已形成圈闭的强烈改造, 不利油气的长期充注和保存; 二是因为储层不甚发育, 不利于形成大油气田。如南翼山褶皱构造是在 N_2 沉积以后出现, N_2 末期— Q 沉积期定型, 因此虽然圈闭闭合面积很大, 达 157 km^2 , 但目前浅层 (N_2) 探明含油气面积 7.0 km^2 , 石油地质储量为 $1\,182 \times 10^4\text{ t}$ 中、深层 (N_1-E_3) 含油气面积

6.3 km^2 , 石油地质储量 $44.8 \times 10^4\text{ t}$ 相反, 长期继承性发育的古构造利于油气的富集。如跃进一号构造在基岩隆起背景上从渐新世开始发育, N_2 末定型, 油气充注时间长, 圈闭充满度高, 尕斯库勒 E_3^1 圈闭闭合面积 43 km^2 , 油藏面积为 38.7 km^2 , 石油地质储量为 $3\,878 \times 10^4\text{ t}$ 是柴达木盆地目前已发现最大的油藏 (表 1)。

2.2 油层物性相对较差

柴达木盆地大多数油气藏油层物性相对较差, 孔隙度一般小于 20% (图 4), 渗透率一般小于 $200 \times 10^{-3}\text{ }\mu\text{m}^2$ (图 5), 以中孔、中渗和中—低孔、低

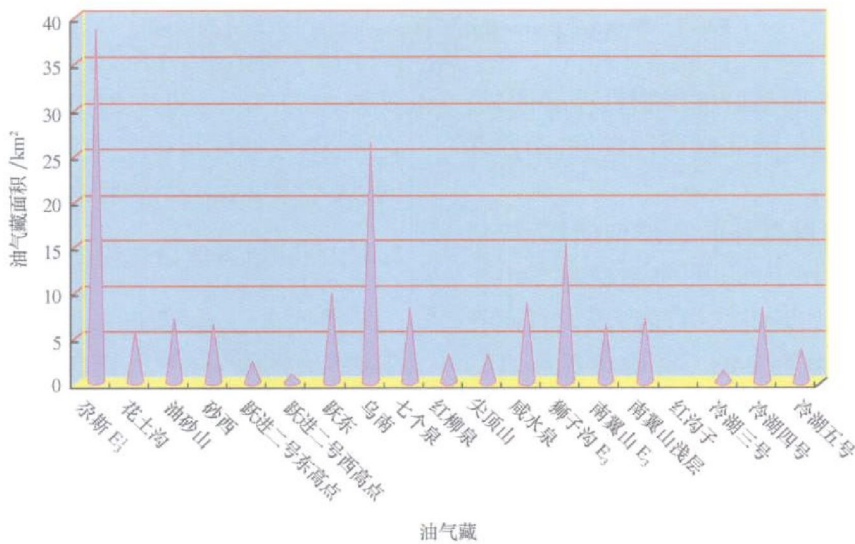


图 3 柴达木盆地油气藏面积分布

Fig. 3 Distribution of pool areas in Qaidam Basin

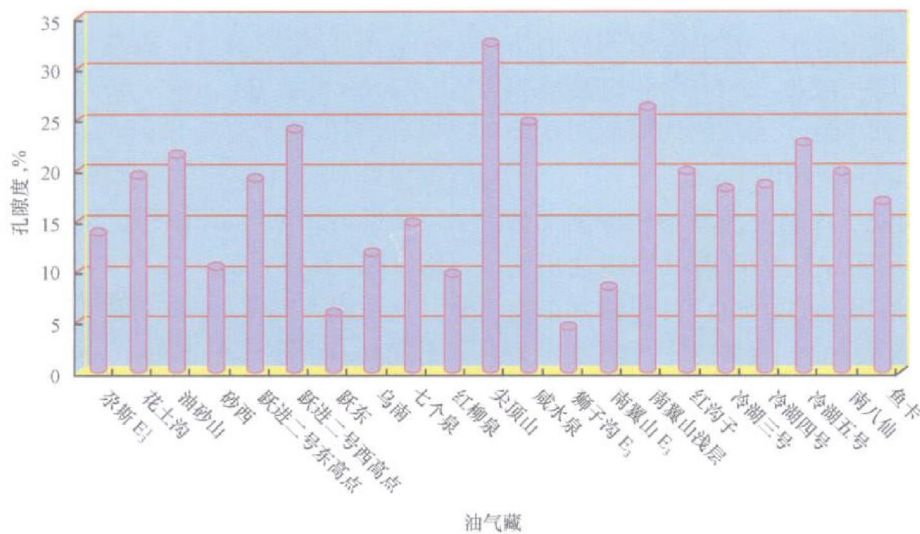


图 4 柴达木盆地油气藏平均孔隙度分布

Fig. 4 Average porosity of reservoirs in Qaidam Basin

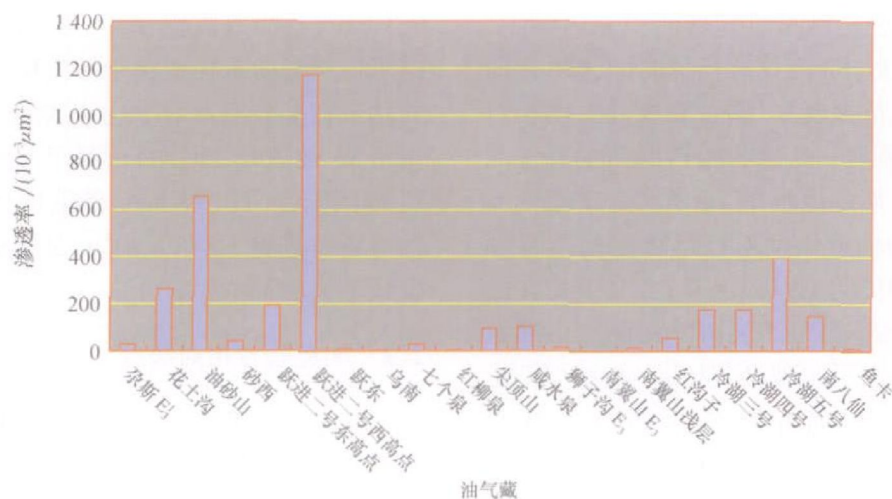


图 5 柴达木盆地油气藏平均渗透率分布

Fig. 5 Average permeability of reservoirs in Qaidam Basin

渗储层为主。而且,不同地区油层物性差异明显,柴西南区油层物性最好,柴北缘西段较好,柴西北区和阿尔金山前较差。

柴西南区具有相对良好的孔隙型储层,碎屑岩储层平均孔隙度 16.7%,平均渗透率 $300 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。局部地区,如跃进二号西高点发育高孔高渗储集层,平均孔隙度 24%,平均渗透率高达 $1174 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。

柴北缘西段侏罗系储层物性以冷湖三号及鱼卡地区相对较好^[9],冷湖三号油田的储层为下侏罗统小煤沟组砂岩,其平均孔隙度 18%,平均渗透率 $175 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,鱼卡油田的储层为上侏罗统采石岭组砂岩,平均孔隙度 17%,平均渗透率 $10.4 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。柴北缘西段古近系、新近系最有利储层位于冷湖-南八仙构造带。其中冷湖五号油田储层物性最好,平均孔隙度 22.6%,平均渗透率 $400 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$;其次为南八仙油气田,平均孔隙度 20%,平均渗透率 $148 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。

柴西北区长期处于浅湖及浅湖与较深湖交替相带,以非常规储层为主。从目前已发现油田的情况来看,南翼山油田、油泉子油田、开特米里克油田的储层均为碳酸盐岩、混积岩、钙质泥岩裂缝、溶孔储油为主。尖顶山 $N_2^1-N_2^2$ 油藏的主要储油层为厚层泥质岩中的薄砂层和砂质条带。整体看,柴西北区储层物性差,平均孔隙度 7.3%,平均渗透率 $0.37 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,属于特低孔-特低渗储层。

阿尔金山前斜坡区碎屑岩储层孔隙度分布跨

度较大,在 2% ~ 30% 之间,主要集中于 4% ~ 16% 之间;渗透率分布较集中,在 $0 \sim 10 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 之间,属于中低孔-低渗储层。

2.3 原油成熟度总体偏低

柴西古近系、新近系所发现的原油大多属于未熟-低熟原油^[10-11],具有烷烃与芳烃比值较大、异构烷烃含量高、植烷优势十分明显、 γ -蜡烷含量较高等特点, C_{29} 甾烷 $20S/20(S+R)$ 比值多小于 0.40, CPI 或 OEP 值明显低于 1.00,具有偶碳优势。如跃进一号跃 47 井原油, C_{29} 甾烷 $20S/20(S+R)$ 比值为 0.32, CPI 值为 0.90, OEP 值为 0.85, γ -蜡烷/ C_{30} 甾烷 ($\alpha\beta$) 比值为 0.68, Ph/nC_{18} 比值为 1.54,反映了原油的低熟特征。七个泉地区七东 1 井原油, C_{29} 甾烷 $20S/20(S+R)$ 值为 0.22, C_{29} 甾烷 $\beta\beta/(\alpha\alpha+\beta\beta)$ 比值为 0.35,重排甾烷/规则甾烷比值为 0.07, T_s/T_m 比值为 0.26,三芳甾烷 $C_{20}/(C_{20}+C_{27})$ 比值为 0.19,并含有热稳定性低的生物标志化合物 5- β -粪甾烷,为典型的未熟-低熟石油。

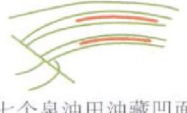
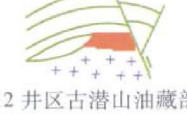
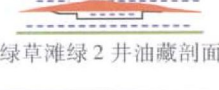
造成古近系、新近系原油成熟度总体偏低的主要原因是柴达木古近系、新近系生油层的热力场比我国东部裂谷盆地低。柴达木盆地西部地区的地温梯度从古近纪以来逐渐减小,第四纪又微增,平均约为每百米 2.8°C ,而东部裂谷盆地地温梯度平均约为每百米 4.0°C ^[12-13]。因此柴达木盆地在 3 000 m 以下产出的生油岩、原油还具有低成熟特征,其主力烃源岩下干柴沟组上段 E_3^2 在盆

地内大部分地区处于低熟阶段, 镜质体反射率 R_o 小于 0.8%。另外, 未熟-低熟石油的生成与柴达木盆地盐湖相的沉积环境也有关, 这种环境为强还原性质, 有利于有机质的保存^[11]。

2.4 油气藏类型丰富

尽管柴达木盆地勘探程度低, 但已发现的油气藏类型十分丰富, 共发育 4 大类、9 亚类油气藏 (表 2)。

表 2 柴达木盆地油气藏类型分类
Table 2 Classification of oil and gas pools
in Qaidam Basin

大类	类型	亚类	油气藏模式图
构造油气藏	背斜油气藏	挤压背斜	 油砂山油田 ($N_1^2 - N_1^1$) 油藏剖面
		基岩隆起同沉积背斜	 尕斯库勒油田油藏剖面
	断层油气藏	断层构造油气藏	 砂西 E_3^1 油藏剖面
地层油气藏		地层不整合油气藏	 七个泉油田油藏剖面
		古潜山油气藏	 跃 12 井区古潜山油藏剖面
岩性油气藏		储集层上倾尖灭油气藏	 红柳泉红 28 井区油藏剖面
		透镜状岩性油气藏	 绿草滩绿 2 井油藏剖面
复合型油气藏	构造-岩性油气藏	背斜-岩性尖灭油气藏	 红柳泉红参 2 井区油藏剖面
		断层-岩性尖灭油气藏	 乌南油田浅层油藏剖面

1) 构造油气藏, 包括 3 种亚类: 挤压背斜型油气藏, 如油砂山 $N_1^2 - N_1^1$ 油藏; ④基岩隆起同沉积背斜型油气藏, 如尕斯库勒 E_3^1 油藏; ④断鼻构造油气藏, 如砂西 E_3^1 油藏。

2) 地层油气藏, 包括 2 种亚类: 地层不整合油气藏, 如七个泉浅层两个不整合面附近的油藏;

④古潜山油藏, 如跃 12 井区古潜山油藏。

3) 岩性油气藏, 包括 2 个亚类: 上倾尖灭油藏, 如红柳泉红 28 井区上倾尖灭油藏; ④透镜状岩性油藏, 如绿草滩绿 2 井透镜状溶蚀孔洞油藏。

4) 复合型油气藏, 也包括 2 个亚类: 背斜-岩性油藏, 如红柳泉红参 2 井区油藏; ④断层-岩性油藏, 如乌南油田浅层油藏。

2.5 以断层类油气藏为主, 油气藏受断层的作用明显

喜马拉雅构造运动使柴达木盆地断裂发育, 原来的构造形态被断裂破坏而复杂化, 从而形成一些断块、断背斜和断鼻等类型的构造圈闭。已发现的油气藏主要沿着断裂分布, 几乎都位于受断裂控制的构造高部位, 这说明断裂对油气聚集成藏起着重要的控制作用。断层是沟通烃源岩与油气藏、原生油气藏与次生油气藏之间的重要通道; 而且深层异常高压的存在, 亦为油气沿断层垂向运移提供了充足的动力^[14-15]。柴北缘冷湖四号、冷湖五号和南八仙油气田的形成均是因为在古近系存在深达侏罗系烃源岩的断层, 同时在新近系存在滑脱型油源断层, 油气主要富集于滑脱逆掩断层下盘 (图 6)。柴西地区大部分油气藏的形成亦受断层的明显控制^[16], 断层不但作为通道联通了烃源岩和相应的构造圈闭, 而且断层作用还可以形成裂缝储集空间形成裂缝型油气藏, 如尕斯库勒 E_3^2 、南翼山、油泉子、开特米里克等油气藏。

2.6 油气藏晚期破坏比较严重

柴达木盆地喜马拉雅晚期 ($N_2^3 - Q$) 强烈的挤压推覆构造运动^[17], 在形成新的圈闭、新的油气藏的同时, 也使得业已形成的油气藏大量遭到破坏, 油气再次发生运移, 或是在浅部地层中再次聚集成次生油气藏, 或是溢出地表形成地面油苗, 致使油气资源散失严重。如著名的油砂山, 就是由于大断距的断层将东侧第三系油层抬高, 使之直

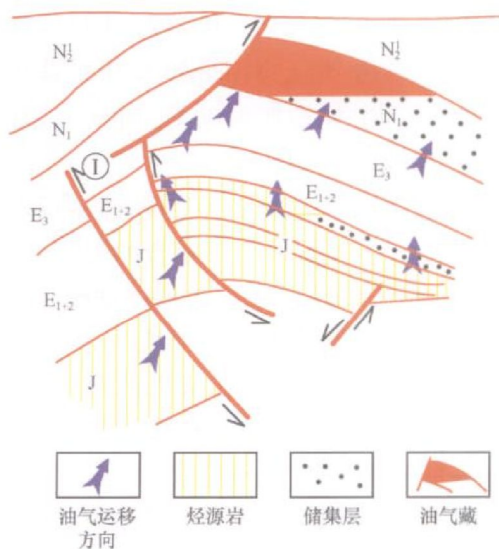
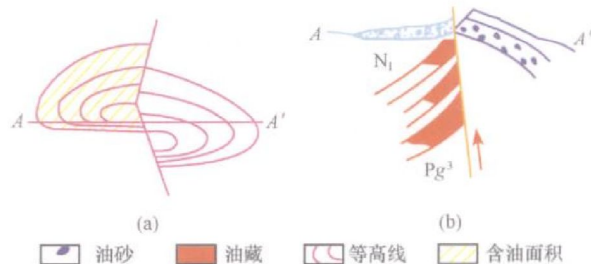
图 6 冷湖 5 号油田 N_1 油藏成藏模式Fig. 6 Hydrocarbon accumulation model of N_1 oil pool in Lenghu-5 oilfield

图 7 油砂山油田构造 (a) 及剖面 (b)

Fig. 7 Structure a) and profile b) of Youshashan oilfield

接暴露地表, 油气藏遭严重破坏^[18] (图 7)。柴北缘、阿尔金山前带、柴西北区都存在较大范围的油气散失带。因此, 第四纪以来构造活动弱的区带有利于油气的富集保存。

3 油气勘探意义

3.1 油气田分散, 大油田少

柴达木盆地地质条件非常复杂, 多旋回的构造演化导致不同时期沉积中心发生剧烈迁移, 盆地继承性差, 造成油气资源分布相对分散, 油气层厚度薄、油气藏面积总体偏小; 而且喜马拉雅晚期

3.2 近源古构造最富集油气

柴达木盆地喜马拉雅运动中期之前发育古隆起的构造有利于形成大油气田, 如尕斯库勒油田、南八仙油气田。近源古构造除油源条件好外, 很重要的原因是圈闭形成早, 可长期接受多期油气充注, 圈闭充满度高。相反, 喜马拉雅运动晚期形成的新构造, 虽然圈闭闭合面积大, 但只能接受晚期油气的充注, 油气藏含油气面积小, 油气不富集, 如南翼山、尖顶山油田。

3.3 注意地层、岩性油气藏的勘探

柴达木盆地虽然油气藏类型丰富, 但目前发现的油气藏仍以构造油气藏占大多数, 地层、岩性油气藏探明储量仅占 12% 左右, 而中国东部勘探程度较高的含油气盆地地层、岩性油气藏已占探明储量的 50% 左右, 显示柴达木盆地地层、岩性油气藏具有相当大的勘探潜力。因此在继续加强构造油气藏勘探的同时, 应注意地层、岩性等非构造油气藏的勘探, 尤其是近源岩性圈闭的勘探。

3.4 深入研究断层的作用

柴达木盆地油气藏受断层的作用明显, 断层一方面促使油气成藏, 另一方面也可能使油气藏遭受严重破坏, 所以深入研究断层对油气藏形成和分布的控制作用对柴达木盆地油气勘探具有重要的理论和实践意义。

参 考 文 献

- 1 高先志, 陈发景. 柴达木盆地北缘西段油气成藏机理研究 [J]. 中国地质大学学报 (地球科学版), 2002, 27(6): 757~762
- 2 李元奎. 南翼山裂缝性油气藏特征及分布规律探讨 [J]. 天然气工业, 2000, 20(3): 22~25
- 3 李元奎, 王铁成. 柴达木盆地狮子沟地区中深层裂缝性油藏 [J]. 石油勘探与开发, 2001, 28(6): 12~15
- 4 戴俊生. 柴达木盆地构造样式控油作用分析 [J]. 石油实验地质, 2000, 22(2): 121~124
- 5 汤良杰, 金之钧, 张明利, 等. 柴达木盆地构造古地理分析 [J]. 地质前缘, 2000, 7(4): 421~429
- 6 Magoon L R, Dow W G. The petroleum system from source to trap [J]. AAPG Memoir 60, 1994
- 7 彭立才, 杨慧珠, 刘兰桂, 等. 柴达木盆地北缘侏罗系烃源岩沉

参 考 文 献

- 1 王飞宇, 刘长伟, 朱雷, 等. 塔里木盆地台盆区寒武系烃源岩有机成熟度 [J]. 新疆石油地质, 2002, 23(3): 372~375
- 2 马安来, 张水昌, 张大江, 等. 轮南、塔河油田稠油油源对比 [J]. 石油与天然气地质, 2004, 25(1): 31~38
- 3 张水昌, 张宝民, 王飞宇, 等. 中-上奥陶统: 塔里木盆地主要油源层 [J]. 海相油气地质, 2000, 5(1-2): 16~22
- 4 张水昌, 张宝民, 王飞宇, 等. 塔里木盆地中上奥陶统油源层地球化学研究 [J]. 石油学报, 2000, 21(6): 23~28
- 5 刘洛夫, 赵建章, 张水昌, 等. 塔里木盆地志留系沥青砂岩的成因类型及特征 [J]. 石油学报, 2000(6), 21: 12~17
- 6 林青, 王培荣, 金晓辉, 等. 塔中北斜坡塔中 45 井奥陶系油藏成藏史浅析 [J]. 石油勘探与开发, 2002, 29(3): 5~7
- 7 蔡希源. 塔里木盆地台盆区油气成藏条件与勘探方向 [J]. 石油与天然气地质, 2005, 26(5): 590~597
- 8 Gluyas J G, Robinson A G, Emery D, et al The link between petroleum emplacement and sandstone cementation [A]. In: Parker J R, ed. Petroleum geology of NW Europe [C]. London: Geological Society, 1993. 1 395~1 402
- 9 Hoffmann C F, Henley R W, Higgins N C, et al Biogenic hydrocarbons in fluid inclusions from the Aberfoyle tin-tungsten deposit Tasmania Australia [J]. Chemical Geology, 1988, 70: 287~299
- 10 Dutkiewicz A, Rasmussen B, Buick R. Oil preserved in fluid inclusions in Archean sandstones [J]. Nature, 1998, 395(29): 885~888
- 11 Karlsen D A, Nedkvite T, Larter S R, et al Hydrocarbon composition of authigenic inclusions: application of petroleum reservoir filling history [J]. Geochimica et Cosmochimica Acta, 1993, 57: 3 641~3 659
- 12 George S C, Lisk M, Summons R E, et al Constraining the oil charge history of the south Pepper oil field from the analysis of oil-bearing fluid inclusions [J]. Organic Geochemistry, 1998, 29: 631~648
- 13 Bhullar A G, Karlsen D A, Backer-Owe K, et al Dating reservoir filling: a case study from North Sea [J]. Marine and Petroleum Geology, 1999, 16: 581~603
- 14 Pan C C, Yang J Q, Fu J M, et al Molecular correlation of free oil and inclusion oil of reservoir rocks in the Junggar Basin, China [J]. Organic Geochemistry, 2003, 34: 357~374
- 15 朱俊章, 包建平. 塔里木盆地寒武系-奥陶系海相烃源岩有机地球化学特征 [J]. 海相油气地质, 2000, 5(3-4), 55~59
- 16 林青, 林壬子, 王培荣, 等. 塔中北斜坡原油类型及主要油源层 [J]. 石油与天然气地质, 2001, 22(2): 150~153
- 17 Liu L F. Distribution and significance of the carbazole compounds in Palaeozoic oils from Tazhong uplift Tarim Basin [J]. Acta Geologica Sinica, 1998, 72(1): 82~93
- 18 Xiao X M, Song Z G, Liu D H, et al The Tazhong hybrid petroleum system, Tarim Basin, China [J]. Marine and Petroleum Geology, 2000, 17(1): 1~12
- 19 刘大锰, 金奎勋, 王凌志. 塔里木盆地志留系沥青砂岩的特性及其成因 [J]. 现代地质, 1999, 13(2): 169~175
- 20 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): 357~362

(编辑 武新民)

(上接第 24 页)

- 8 金强, 查明, 赵磊. 柴达木盆地西部第三系盐湖相有效生油岩的识别 [J]. 沉积学报, 2001, 19(1): 125~129
- 9 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
- 10 王铁冠, 钟宁宁, 侯读杰, 等. 中国低熟油的几种成因机制 [J]. 沉积学报, 1997, 15(2): 75~83
- 11 夏燕青, 周凤英, 彭德华, 等. 柴达木盆地未成熟-低成熟油形成实验模拟 [J]. 天然气地球科学, 1999, 10(1): 30~36
- 12 邱楠生. 中国西部地区沉积盆地热演化和成烃史分析 [J]. 石油勘探与开发, 2002, 29(1): 6~8
- 13 邹华耀, 吴智勇. 镜质体反射率在重建盆地古地温中的应用——中国东部、西部中、新生代沉积盆地古地温特征 [J]. 沉积学报, 1998, 16(1): 112~119
- 14 Hunt J M. Generation and migration of petroleum from abnormally pressured fluid compartment [J]. AAPG Bulletin, 1990, 74(1): 1~12
- 15 Hindle A D. Petroleum migration pathways and charge concentration: a three-dimensional model [J]. AAPG Bulletin, 1997, 81(9): 1 451~1 481
- 16 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断陷为例 [J]. 石油与天然气地质, 1993, 14(3): 200~206
- 17 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
- 18 张厚福, 方朝亮, 高先志, 等. 石油地质学 [M]. 北京: 石油工业出版社, 1999. 239~244

(编辑 陈喜禄)