

准噶尔盆地西北缘扇体形成演化与扇体 油气藏勘探

蔚远江 李德生 胡素云 雷振宇 何登发

中国石油勘探开发研究院,北京 100083

摘要 准噶尔盆地西北缘广泛发育二叠纪—侏罗纪冲积扇、水下扇、扇三角洲等砾质粗碎屑沉积,其形成演化严格受不同时期活动的同生断裂控制。二叠纪以乌尔禾组扇体最为发育,呈由盆缘向盆地方向逐渐增强的前展式推覆冲断及渐进式扇体迁移响应模式。三叠纪—侏罗纪以百口泉组、克拉玛依组扇体最为发育,呈由盆内向盆缘方向逐渐减弱的退覆式冲断活动及后退式扇体迁移响应模式。已知扇体油气藏主要富集于水下扇扇根及扇中、扇三角洲平原及前缘4个亚相带,及二叠系佳木河组、乌尔禾组、三叠系百口泉组、克拉玛依组、侏罗系八道湾组、头屯河组6个层位。二叠—三叠纪扇体含油层多、规模大、储量丰度高,侏罗纪扇体反之。受断裂、不整合、岩相岩性、物性4种因素控制,扇体主要形成断块、地层不整合及构造岩性油气藏。断阶带及扇根—扇中相带主要发育构造(断块)油藏,为扇体与断层相配置的垂向运聚成藏模式;斜坡区及扇中—扇缘相带主要发育岩性油藏,为扇体与不整合相配置的侧向运聚成藏模式。西北缘扇体成藏条件好,探明程度总体较低,剩余资源潜力大,进而指出了七大有利勘探区块和方向。

关键词 扇体沉积演化,扇体油气藏勘探,逆冲断裂,二叠—侏罗纪,准噶尔盆地西北缘

Fans Sedimentation and Exploration Direction of Fan Hydrocarbon Reservoirs in Foreland Thrust Belt of the Northwestern Junggar Basin

YU Yuanjiang LI Desheng HU Suyun LEI Zhenyu HE Dengfa

Research Institute of Petroleum Exploration and Development, PetroChina, Beijing 100083

Abstract The Permian-Jurassic alluvial-fan, subaquea-fan, fan delta were well occurred and widely distributed in foreland fold-and-thrust belt of the northwest Junggar basin. Synsedimentary faults acting in varied period strictly controlled sedimentation and distribution of various fans from Permian to Jurassic. The fan bodies formed at P_{1j} and P_3w have the largest distribution and scale. The Permian was characterized by a model of forward thrusting movement of synsedimentary controlling-fan faults and obvious gradual advance migration response of fan bodies from the margin to the center of Junggar basin. The fan bodies formed at T_1b and T_2k own the largest distribution and scale from T_1b to J_2t stage. Triassic-Jurassic was characterized a model of shrink back thrusting migration of controlling-fan faults and gradual countermarch migration response of fan bodies from the center to the edge of Junggar basin. Known fan petroleum pools mainly enrich in four subfacies belt (root-middle part of underwater fan and alluvial fan, fan delta plain-front), as well as six horizons (P_{1j} , P_{2-3w} , T_1b , T_2k , J_1b , J_2t). Permian-Triassic fans have plenty of oil-bearing formation, large scale of petroleum pool, higher reserves abundance. But Jurassic fans went in opposite conditions. Fan bodies mainly formed fault block oil reservoir, stratigraphic unconformity oil pools, structural-lithological oil pools, lithological pools which are concerned with faults and unconformity. Structural pools mainly dis-

本文由中国博士后科学基金资助项目(编号:2003033021)及新疆油田分公司油气勘探工程重点项目联合资助。

责任编辑:刘志强;收稿日期:2005-08-22;改回日期:2006-01-10。

第一作者简介:蔚远江,男,1965年生,博士,高级工程师,主要从事沉积学、盆地分析、油气地质评价与勘探规划计划综合研究;通讯地址:100083,北京市海淀区学院路20号;E-mail: yuyuj@petrochina.com.cn。

tribute at scalariform fault belt and root-middle part of fans, lithological pools mainly forms at slope belt and middle-front of fans. The main controlling factors of petroleum pool forming are trusting fault, unconformity, lithofacies and physical nature of fans. There were the pool-forming pattern of vertical migration-accumulation with the setup of fans and thrusting faults at scalariform fault belt; and the pool-forming pattern of lateral migration-accumulation with the combination of fans and unconformity at slope belt. The pool-forming condition of fan bodies was favorable, its prove extent was lower, and residual resources potential was great. Then the seven beneficial exploration domains and favorable blocks in future are pointed out in foreland thrust belt of the northwest Junggar basin.

Key words fans sedimentation, exploration direction of fan body hydrocarbon reservoirs, thrusting fault, Permian-Jurassic, the northwest Junggar basin

半个世纪的5轮勘探实践表明,准噶尔盆地西北缘最主要的储集体是二叠纪—侏罗纪冲积扇、水下扇、扇三角洲等砾质粗碎屑沉积体,由此提出了“扇控论”观点(张纪易^①,1980;赵白,1985;丘东洲,1994),并先后发现11个大型扇体油气藏,累计探明石油储量 3.3826×10^8 t,对指导该区油气勘探起到重要作用(何登发等,2003)。本文运用构造沉积学、前陆盆地分析、前陆冲断带成藏组合分析等新理论新技术,从160口单井剖面—15条联井剖面—13个层位平面渐次展开二叠—侏罗纪各种成因扇体的沉积分布与控制因素、扇体成藏条件及成藏模式与勘探方向的研究,这对深化扇控论认识和有利储集体的分布预测、对西北缘老油区增储上产均具有重要的现实意义。

1 地质背景

研究区介于西准噶尔造山带与准噶尔地块之间,长250 km,宽20 km,面积5000 km²,次级构造单元(图1)包括红山嘴—车排子断裂带、克拉玛依—百口泉断阶带、乌尔禾—夏子街断褶带、中拐凸起、沙湾凹陷和玛湖凹陷西斜坡。其为一北东向隐伏展布的大型逆掩断裂带,由于侧断坡、斜断坡或横向断层的分隔,向盆地外凸而成三个弧形断裂带,即活动于二叠—侏罗纪的3个舌形推覆体(吴孔友等,2005;刘训,2005),彼此之间的衔接部位由北西向的红山嘴东侧断裂与黄羊泉断裂构成转换边界(图1)。

西北缘二叠纪—侏罗纪充填序列,由老到新共发育了13套地层,其接触关系及沉积特征参见表1。由表1可知,西北缘以广泛发育冲积扇、水下扇、扇三角洲、湖底扇等砾质粗碎屑储集体为显著特征。它们在平面上呈扇形或近似扇形、剖面上为楔形或

近似楔状体,伴随冲断事件的活动,形成了一系列垂向叠置的沉积序列,反映了幕式构造旋回。

在厘定沉积相、亚相及微相时,以取心井段岩心观察及描述为基础,主要采用了岩石相、测井相、地震相识别技术三结合的方法。其扇体沉积相划分、主要相标志特征及典型实例,可参阅第一作者的相关论述(蔚远江等,2004、2005),本文不再赘述。

根据地震剖面解释成果,西北缘冲断带共发育大小断层60条,绝大多数为逆冲或逆掩断层。逆掩断裂普遍具有同生长活动性质,对扇体的沉积演化有明显的控制作用。由于冲断作用持续发生,上下盘地形相差悬殊,自冲断席上剥蚀下来的碎屑物堆积于断崖根部而形成各类扇体(包括冲积扇、水下扇、扇三角洲等),阶梯式逆冲断裂则形成多级扇体。

2 西北缘冲断带 P-J 扇体沉积分布及时空演化

结合连井剖面、沉积厚度等资料分析,西北缘二叠纪粗碎屑扇体数量众多,主要发育在克拉玛依—夏子街地区及P_{1j}、P_{2x}、P_{2,3w}三个时期,规模大,继承性好,叠置程度高(图2)。在各个岩组中以P_{3w}扇体的分布范围、规模面积均为最大,次属P_{1j}扇体分布区域较广。在空间上,扇体叠置程度在车排子—中拐地区相对较小,红山嘴和克拉玛依—百口泉、乌尔禾—夏子街地区较好,百口泉—夏子街地区扇体分布最广,发育期次和规模明显比车排子—中拐地区多和大。扇体主要分布于盆地边缘,受控于拐前断裂、红3井东断裂、白百断裂、乌兰北断裂及克拉玛依—乌尔禾—夏子街断裂。由P_{1j}到P_{3w},随同生控扇断裂由老山向盆缘的前展式推覆活动,冲断活动明显呈增强趋势,各构造带扇体逐渐由盆缘向盆内推进、由西南向东北迁移,扇体面积不

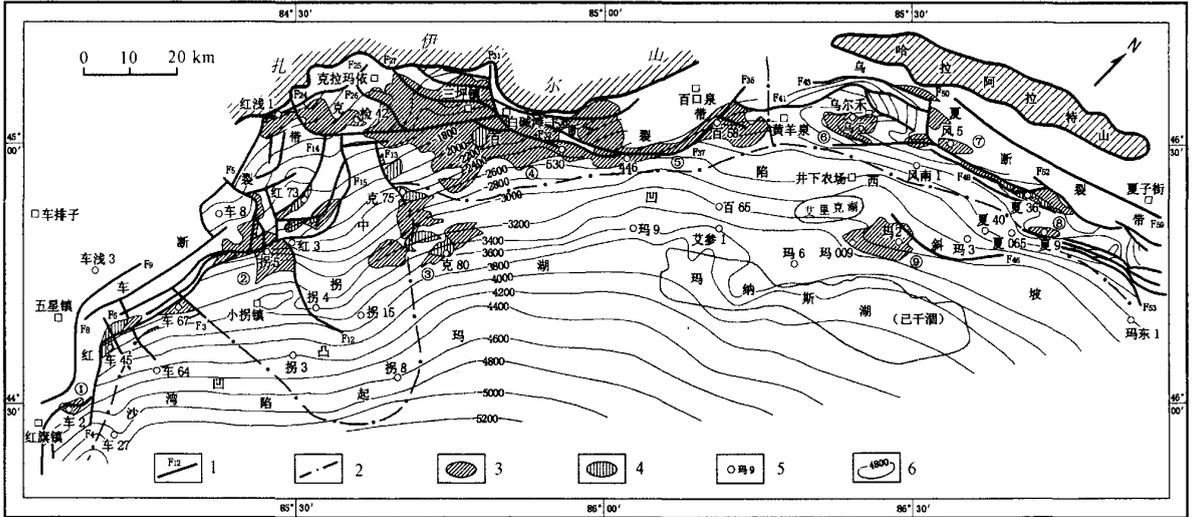


图1 准噶尔西北缘前陆冲断带构造单元、断裂系统与油气田分布图

Fig.1 Structural units, synsedimentary faults system and oilfield distribution in the northwestern Junggar basin

- 1-主干断裂及编号;2-构造单元界线;3-探明含油面积;4-探明含气面积;5-井名;6-二叠系顶面构造线(m);①-车排子油田;②-小拐油田;
③-红山嘴油田;④-克拉玛依油田;⑤-百口泉油田;⑥-乌尔禾油田;⑦-风城油田;⑧-夏子街油田;⑨-玛北油田
1-main faults and its serial numbers; 2-tectonic unit borderline;3-explored oil area;4-explored gas area;5-well name;6-Permian superface structure line (m);
①-Chepaizi oilfield;②-Xiaoguai oilfield;③-Hongshanzui oilfield;④-Kelamayi oilfield;⑤-Baikouquan oilfield;⑥-Wuerhe oilfield;
⑦-Fengcheng oilfield;⑧-Xiazijie oilfield;⑨-Mabei oilfield

表1 准噶尔盆地西北缘二叠纪—侏罗纪充填序列及沉积特征简表

Table 1 Filling succession and its sedimentary characteristics from Permian to Jurassic in the northwestern Junggar basin

地层	代号	组名	沉积体系及岩相特征	
侏罗系	上统	J _{3q}	齐古组	河流、泛滥平原及湖相为主的红色碎屑岩沉积,厚度50~150米,地面仅在克拉玛依有出露
	中统	J _{2t}	头屯河组	河流、河流三角洲、冲积扇、扇三角洲及滨浅湖相红色粗碎屑含煤沉积,下细上粗的反旋回序列
		J _{2x}	西山窑组	以辫状河、辫状河三角洲、湖相及零星扇体沉积为主,在西北缘地面没有沉积
	下统	J _{1s}	三工河组	以滨浅湖—半深湖、湖泊三角洲及小型扇三角洲和冲积扇体系为主
三叠系	下统	J _{1b}	八道湾组	湿地扇、扇三角洲、辫状河相含煤粗—细粒碎屑岩沉积体系,岩性岩相比较稳定,厚度变化较大
	上统	T _{3b}	白碱滩组	以巨厚的滨浅湖相泥岩沉积为主,其次发育冲积扇、扇三角洲体系,但规模都不大
	中统	T _{2k₂}	克上组	冲积扇、扇三角洲、水下扇、三角洲和滨浅湖相混合沉积体系,具多旋回结构
		T _{2k₁}	克下组	冲积扇、扇三角洲、水下扇、三角洲和滨浅湖相混合沉积体系,具多旋回结构
下统	T _{1b}	百口泉组	洪冲积扇、河湖三角洲、水下扇相红色粗碎屑沉积体系	
二叠系	上统	P _{3w}	上乌尔禾组	大型水下扇、冲积扇、辫状河、湖泊沉积体系组合,以大面积发育水下扇为特征
	中统	P _{2w}	下乌尔禾组	大型水下扇、扇三角洲、湖泊沉积体系组合
		P _{2x}	夏子街组	扇三角洲平原、前缘或水下扇、湖泊沉积体系组合,在垂向上形成了退积型沉积序列
	下统	P _{1f}	风城组	陆缘近海滨浅湖、扇三角洲、冲积扇及湖底扇体系,白云质泥岩、泥岩互层及碎屑岩夹火山岩
		P _{1j}	佳木河组	水下扇、扇三角洲相碎屑岩与火山岩相、滨浅湖相混合沉积体系,向上变粗的大型沉积旋回

断扩大,呈渐进式迁移的沉积响应模式(图2),两者形成良好的耦合性。

三叠纪扇体主要分布在克拉玛依—夏子街地区

及T_{1b}、T_{2k}两个时期,各期扇体的发育、叠置程度总体尚可,局部垂向叠置较差,以东北部黄羊泉—红郭镇南最为发育(图3),规模大、继承性好、叠置程

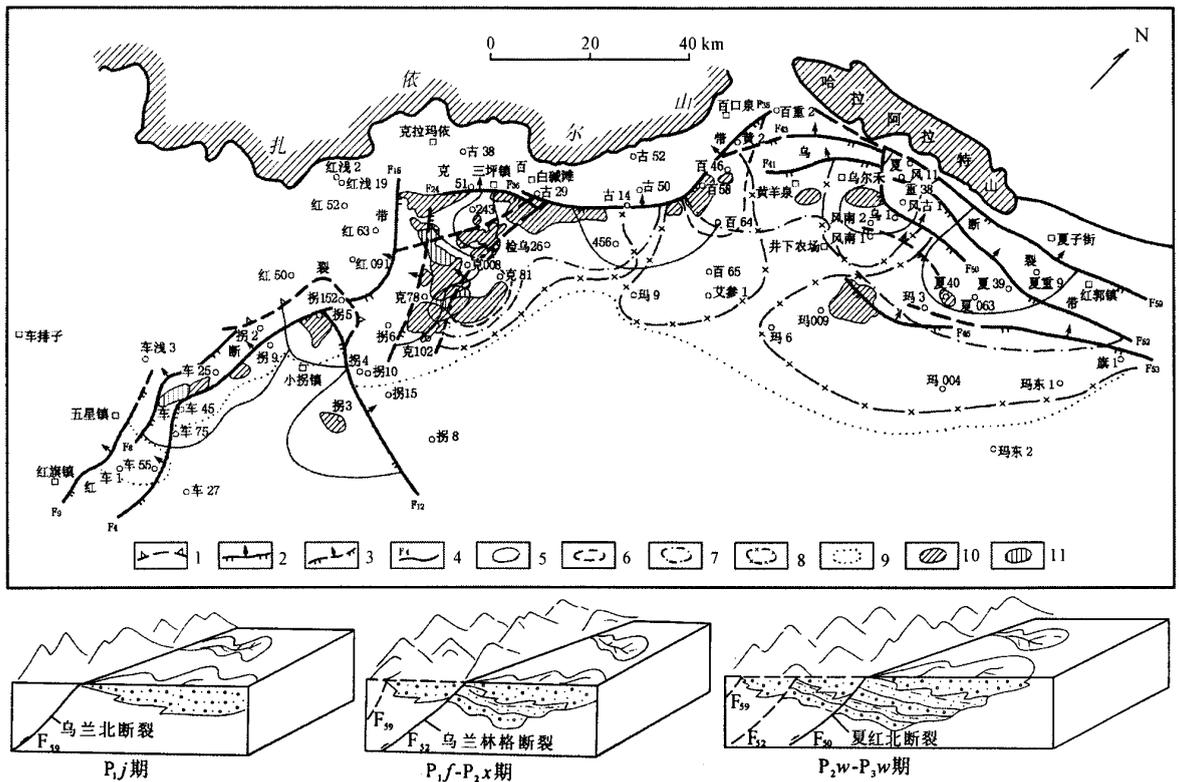


图 2 西北缘前陆冲断带二叠纪扇体分布与扇体油气藏时空叠合及沉积模式

Fig.2 Distribution of Permian fans and time-space superposition of fan-controlled oil-pools in the northwestern Junggar basin

1-地层尖灭线;2-同沉积逆断裂;3-推测同沉积逆断裂;4-断层编号;5-P_{1j} 扇体界线;6-P_{1f} 扇体界线;7-P_{2x} 扇体界线;

8-P_{2w} 扇体界线;9-P_{3w} 扇体界线;10-探明含油面积;11-探明含气面积

1-Stratigraphic wedgeout;2-synsedimentary thrust fault;3-conjectured synsedimentary fault;4-fault serial number;5-P_{1j} fan bodies borderline;

6-P_{1f} fan bodies borderline;7-P_{2x} fan bodies borderline;8-P_{2w} fan bodies borderline;9-P_{3w} fan bodies borderline;

10-explored oil area;11-explored gas area

度高。由 T_{1b} 到 T_{3b}, 扇体沉积在由盆内向盆缘退缩总趋势下,呈 T_{1b}-T_{2k1} 由盆缘向盆内、T_{2k2}-T_{3b} 由盆内向盆缘的 2 个进退波动变化,随时代变新扇体由盆缘向盆内迁移,T_{3b} 则向盆缘退覆,规模急剧减小,总体具退覆式叠置迁移的响应特点。

侏罗纪扇体主要发育在中拐—克拉玛依—百口泉地区及 J_{1b}-J_{2t} 两个时期,以 J_{1b} 扇体规模、面积均为最大,J_{1s}-J_{2t} 期扇体分布均较分散,垂向叠置较少(图 4)。扇体共发育 4 期,但在绝大多数地区主要为两期。侏罗纪扇体在平面上东北部规模大、形成早,而西南部规模小、形成晚。总体上,各期扇体规模小、继承性差,从早到晚由盆内向盆缘退缩迁移,规模减小。

归纳起来,由 T_{1b} 到 J_{2t},随同生控扇断裂由盆缘向老山地区的退覆式迁移活动,冲断活动强度由盆缘向盆地方向逐渐减弱直至停息;相应地,各期扇体总体呈由盆内向盆缘退缩迁移的沉积响应,平面上盆地范围不断扩大,扇体分布规模渐小,为一由强向弱的退覆式冲断活动及扇体迁移响应模式(图 3、图 4)。

总之,在断裂带前缘发育的各类扇体是冲断隆升、风化剥蚀、搬运与近源堆积作用的有机联系的产物,是构造活动、气候与沉积相互控制的结果。但扇体的发育和迁移更多地依赖于构造活动,即受同生断裂的控制,断裂活动的期次、强度与方式制约着扇体的数量、规模与迁移方向,冲断带不同的活动方式决定了扇体的叠置规律。

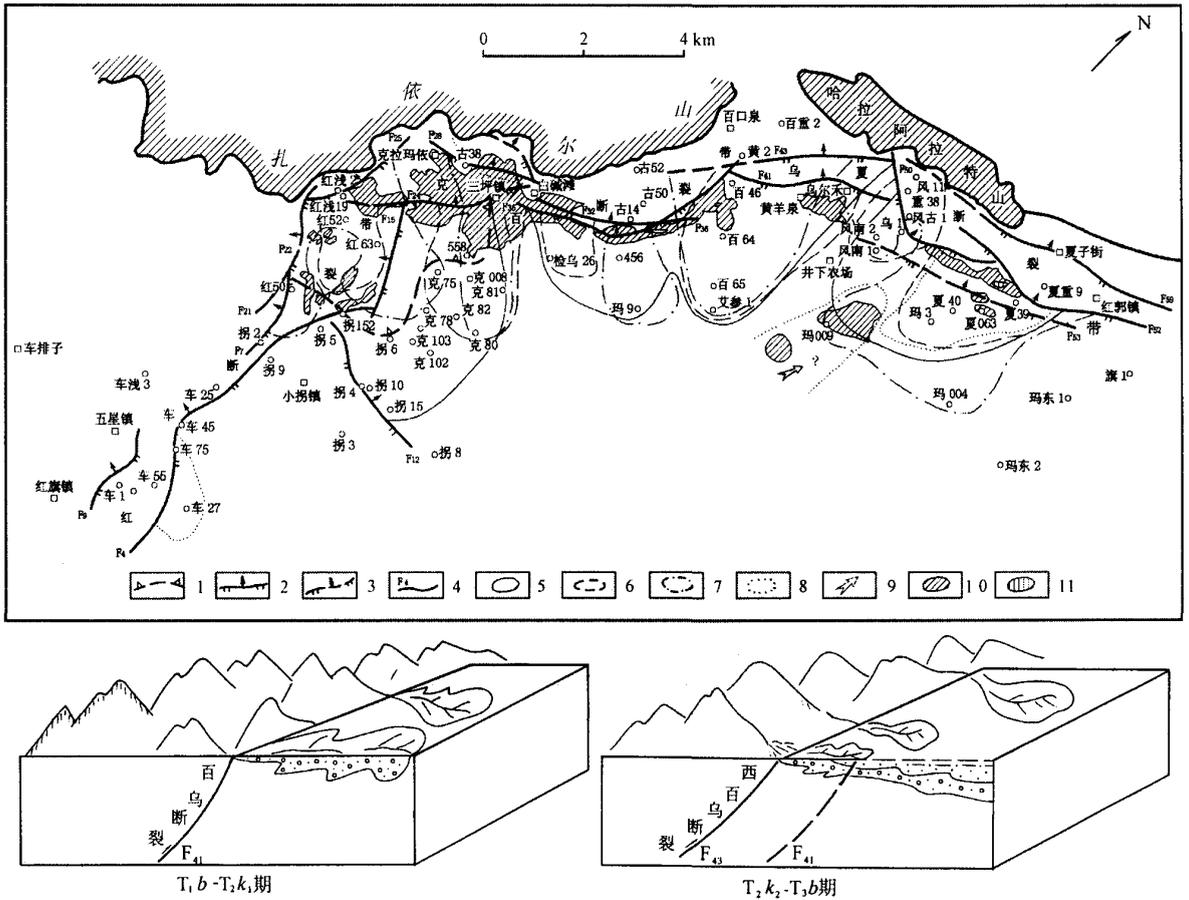


图3 西北缘前陆冲断带三叠纪扇体分布与扇体油气藏时空叠合及沉积模式

Fig. 3 Distribution of Triassic fans and time-space superposition of fan-controlled oil-pools in the northwestern Junggar basin

1-地层尖灭线;2-同沉积逆断裂;3-推测同沉积逆断裂;4-断层编号;5-T₁b 扇体界线;6-T₂k₁ 扇体界线;7-T₂k₂ 扇体界线;

8-T₃b 扇体界线;9-推测物源方向;10-探明含油面积;11-探明含气面积

1-Stratigraphic wedgeout;2-synsedimentary thrust fault;3-conjectured synsedimentary fault;4-fault serial number;5-T₁b fan bodies borderline;6-T₂k₁ fan bodies borderline;7-T₂k₂ fan bodies borderline;

8-T₃b fan bodies borderline;9-conjectured source area direction;10-explored oil area;11-explored gas area

3 西北缘冲断带 P-J 扇体成藏条件及成藏模式

3.1 二叠纪—侏罗纪扇体成藏条件

准噶尔盆地中晚石炭世—早二叠世的原型盆地格局控制了烃源岩的发育,由于这一时期前陆盆地沉降的不均衡性,近造山带一侧沉降快,水体更趋于还原,从而发育了有利的生烃相带。加上后期的泛盆沉积演化,最终导致西北缘主要发育了二叠系和

侏罗系多套重要的烃源岩。该区东邻玛湖二叠系富生烃凹陷、南邻沙湾二叠系及侏罗系生烃凹陷,处于玛湖二叠系风城组油气系统的有效供烃范围内。由于紧邻准噶尔盆地三大主力富生烃凹陷,是油气长期运移的优势指向区。因此,多源、多灶为岩性油气藏的形成提供了雄厚的资源基础,使西北缘成为盆地内油气最为富集的地区。

资料表明(蔚远江等,2004,2005),西北缘冲断带先后经历了晚海西、印支、燕山、喜马拉雅4期主

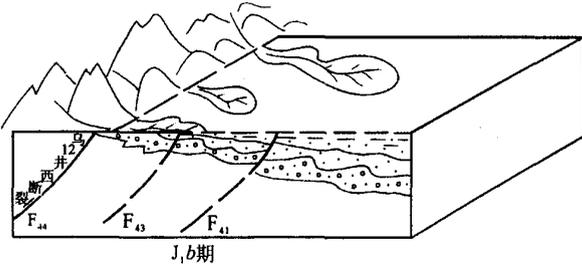
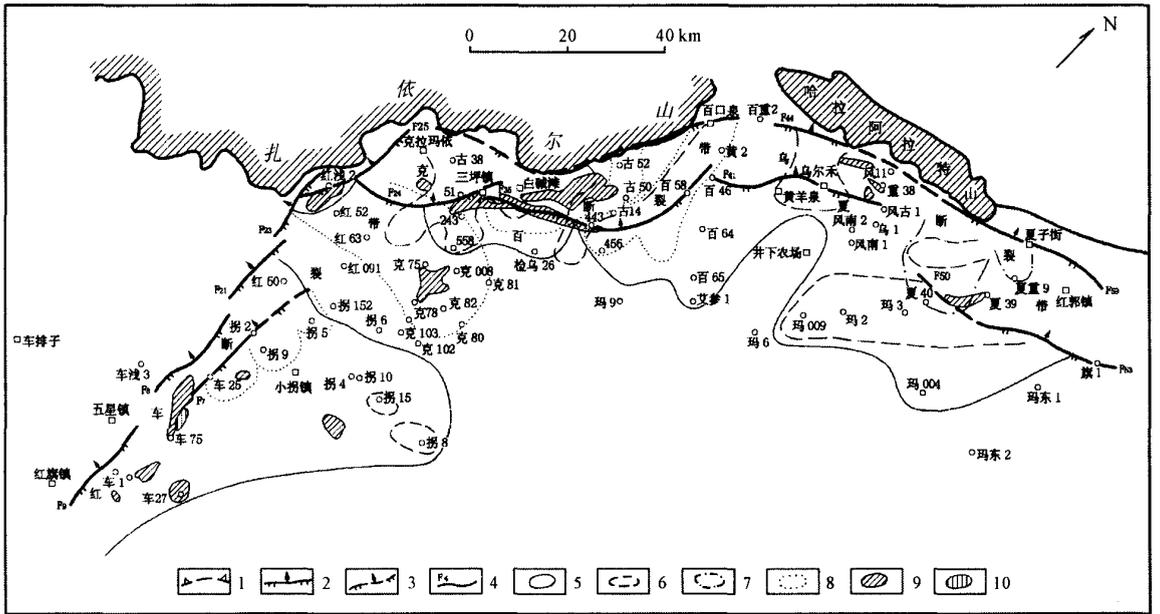


图 4 西北缘前陆冲断带侏罗纪扇体分布与扇体油气藏时空叠合及沉积模式

Fig.4 Distribution of Jurassic fans and time-space superposition of fan-controlled oil-pools in the northwestern Junggar basin

- 1-地层尖灭线;2-同沉积逆断裂;3-推测同沉积逆断裂;4-断层编号;5-J₁b 扇体界线;6-J₁s 扇体界线;7-J₂x 扇体界线;8-J₂t 扇体界线;9-探明含油面积;10-探明含气面积
- 1-stratigraphic wedgeout; 2-synsedimentary thrust fault; 3-conjectured synsedimentary fault; 4-fault serial number; 5-J₁b fan bodies borderline; 6-J₁s fan bodies borderline; 7-J₂x fan bodies borderline; 8-J₂t fan bodies borderline; 9-explored oil area; 10-explored gas area

要构造运动,及 $E_2 \sim C_1$ 、 $C_2 \sim P_1$ 、 $P_{2,3}$ 、 $T \sim J_2$ 、 $J_3 \sim K_1$ 、 $K_2 \sim$ 新近纪六个阶段演化而形成现今的面貌。多旋回构造运动和多期湖平面升降造就了多种类型不同规模的沉积体系,尤其洪冲积体系在各时期普遍发育形成的粗碎屑扇体与湖泊相或洪泛平原相泥岩构成良好的储盖组合,为各类岩性圈闭形成奠定

了坚实的物质基础。

研究表明,西北缘二叠—三叠纪逆冲断裂发育,一般规模大、延伸长,克拉玛依—乌尔禾—红山嘴—车排子等部分断裂为基底断裂,红3井东侧断裂等则从隆起带一直延伸到了生油凹陷区;在侏罗纪发育了少量正断层,规模小,受控于下伏隐伏的深大断裂,平面上呈弧形雁列或羽状排列。据钻测井、地震资料及表1,西北缘充填地层至少发育了 P_{1j}/C 、 P_{1f}/P_{1j} 、 P_{2x}/P_{1f} 、 P_{3w}/P_{2w} 、 T_3b/J_1b 、 J_2x/J_2t 6个区域性角度不整合(蔚远江,2004;柳永清,2001)。可见,多期断裂活动、多个区域性不整合面发育为岩性圈闭成藏构筑了良好的油气疏导系统。

总之,西北缘扇体成藏条件好,具有生储盖组合丰富、全层系含油、多期成藏配置好的特点。

3.2 二叠纪—侏罗纪扇体油气藏分布及成藏模式

据统计,西北缘不同层位和类型的扇体含油性变化很大。目前发现的二叠纪、三叠纪和侏罗纪扇体数分别为26个、30个和20个,含油扇体数分别为14个、19个和7个,已探明的P-J扇体油气储量占累计探明储量的92.02%。可见,扇体油藏构成了西北缘油气储量的绝大部分。

从储集类型看,扇体已成为最重要的储集体。已知油藏大多产于水下扇、冲积扇及扇三角洲3种类型中(图5),不同类型扇体中,以水下扇、扇三角洲含油气性最好,其次为冲积扇相,主要富集于水下

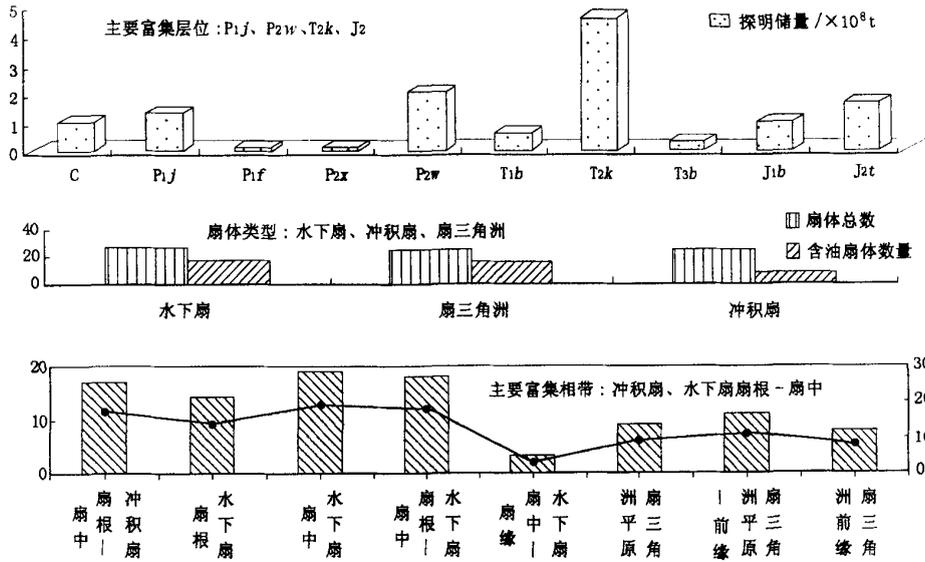


图5 西北缘前陆冲断带已知扇体油气藏分布特点直方图

Fig. 5 Distribution characteristic histogram of known fan-controlled oil-pools in the northwestern Junggar basin

扇扇根及扇中、扇三角洲平原及前缘 4 个亚相带。同一类型扇体不同亚相中,水下扇扇中和扇三角洲前缘亚相是西北缘最有利的储集相带。

从层位看,已知扇体油气藏主要分布于 P_{1j}、P_{2.3w}、T_{1b}、T_{2k}、J_{1b}、J_{2t} 共 6 个层位,而以 T_{2k}、P_{2w}、P_{1j}、J_{2t} 最为富集。二叠纪扇体油藏主要分布于 P_{1j}、P_{2.3w} 三个层位,三叠系扇体油藏主要分布于 T_{1b}、T_{2k} 两个层位,两者均含油层多、规模大、储量丰度高。侏罗系扇体油藏主要形成于 J_{1b}、J_{2t} 两个层位,其含油层少、油藏规模小、储量丰度高。可见,扇体的面积、规模及叠置程度与扇体油气藏的含油层数、油藏规模、储量丰度呈正相关关系。

从油气藏类型看,主要为与断裂及不整合有关的断块、地层不整合、岩性油气藏,构造(断块)油藏主要发育在断阶带及扇根-扇中,地层不整合、岩性油藏主要发育在斜坡区及扇中-扇缘亚相。

勘探实践表明,扇中、扇根部位的砂砾岩有利于油气聚集,扇缘岩性变细,聚油气条件变差,故岩性和相带对扇体成藏起着十分关键的作用。油气主要是下部佳木河组(P_{1j})、风城组(P_{1f})烃源岩通过切割扇根或扇中部位的逆掩断裂、扇体叠加复合与生油岩侧接或与不整合面转接以及不整合面三种方式而侧向或垂直运移、富集成藏。

总之,西北缘同生断裂控制了扇体的发育和分

布,成藏期断裂与扇体的配置关系决定了原生油气藏的形成和分布,成藏期后断裂与扇体的配置关系则控制了次生气藏的形成和分布。扇体成藏主要受控于各期发育的多种类型扇体岩相、断裂、不整合、物性和圈闭因素,取决于扇体与不整合面、断层的组合与配置方式,在早期运聚、晚期调整成藏格局下,断阶带为扇体与断层相配置的垂向运聚成藏模式、斜坡区为扇体与不整合配置组合的侧向运聚成藏模式(图 6)。

4 西北缘扇体油气藏勘探潜力及勘探方向

4.1 西北缘扇体油气藏勘探潜力

从探明程度看,西北缘一直是准噶尔盆地油气探明储量增长的主要地区。其累计探明的石油地质储量占全盆地的 75.75%。从 1955 年发现克拉玛依大油田至今,平均年增探明石油 0.2 × 10⁸ ~ 0.4 × 10⁸ t,年均石油探明速度为 0.57%,油、气探明程度分别为 53.86%、40.18%。据东部渤海湾盆地、松辽盆地或前扎格罗斯冲断带类比,按探明程度 65%~70%算,仍有 2.61 × 10⁸ t~3.78 × 10⁸ t 剩余石油可以探明;按年均探明 0.3 × 10⁸ t 计算,将需 10~15 年时间可以探明。若以第三次油气资源评价成果的远景资源量 33.4 × 10⁸ t 统计,其石油探明

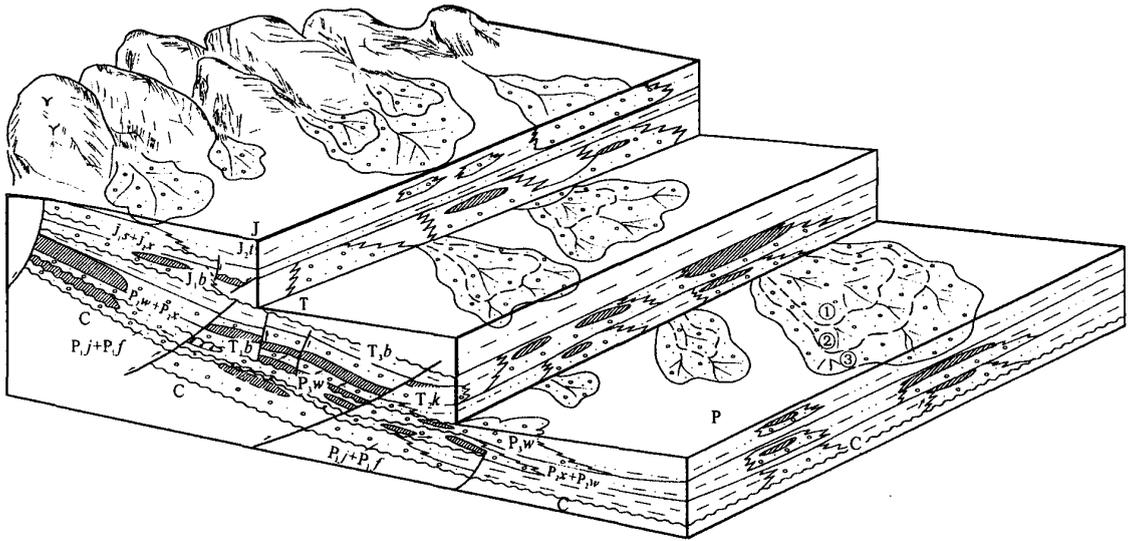


图 6 准噶尔盆地西北缘前陆冲断带扇体成藏模式图

Fig.6 Model of fan-controlled oil-pools formation in foreland thrust belt of the northwest Junggar basin

程度为 40.75%，按 50% 计算，还可探明 3.5×10^8 t；按 60% 计算，还可探明近 7.0×10^8 t，潜力更大。故西北缘仍具相当大的潜力，未来仍将是盆地储量增长的重要地区。

从剩余资源看，西北缘是准噶尔盆地油气资源最丰富地区，探明储量主要分布在三叠系、二叠系和侏罗系，据三次资评成果，其剩余石油资源量占全盆地的 28.5%，剩余油气资源仍较丰富。剩余资源量的 50% 主要分布在小拐断块、沙门子一中拐斜坡、五一八区、百口泉—夏子街区、艾—玛区及玛东北地区二叠系，其扇体分布面积最大，发育层位最多。次为三叠系，而侏罗系扇体的发育层位少、规模相对较小。因此西北缘目前尚有一定控制储量和预测储量基础，二叠、三叠系扇体最具勘探潜力。该区有控制储量区块 8 块，剩余控制石油地质储量 0.8623×10^8 t，占全盆地石油控制储量的 43.8%；有预测储量区块 13 个，剩余预测石油地质储量 1.7771×10^8 t。

从滚动勘探成效看，扇体油藏的滚动扩展和新发现是储量增长的重要构成形式，如八区乌尔禾扇体在近期经过对其精细刻划，储量由原来的 0.9000×10^8 t 增至 1.2008×10^8 t，可能更大达 2.0000×10^8 t。目前尚有大量剩余出油气点还没有搞清楚。如红山嘴—车排子断裂带尚有剩余出油气井点 30 余口，主要由于构造不落实、油气水分布规律及油气

藏控制因素不清、区块面积小、过去钻试工艺等造成单井产量低，而未上交探明储量；近年来克拉玛依—百口泉断阶带没有上交油气控制和预测储量，但开发上具有滚动勘探储量。经详细统计，目前有剩余出油气点 354 口井 564 层，包括石炭系、二叠系、三叠系、侏罗系和白垩系；其中稀油和天然气或工业油气流井 199 井 359 层。这些区块在油藏描述及新老资料的重新认识、挖潜的基础上，通过钻探少量的评价井及老井恢复试油(气)工作，可望在老井复查、老区挖潜中取得更大突破，新增一些规模不大但品质较好、可及时开发的储量，这为继续深化勘探提供了非常重要的线索。

从勘探程度看，目前在断阶带及附近一些扇体的不同层位与部位还存在低勘探程度区，如一些扇体前期只发现了浅层油气藏，深部还有多个层系没有钻探；一些扇体前期只对含油好的层位作了工作，相对较差层位较少或没有工作；还有一些扇体在面上的勘探极不均一，一般扇中—扇根部位勘探程度较高，而扇中—扇缘总体勘探程度较低，近年发现该部位也可形成油气藏。2003 年，新疆油田分公司在百口泉油田百 31 井区 T₁b 油藏评价中，将扩边井 b1764 井加深至 P₂w，在 1362~1396 m 试油，4.0 mm 油嘴日产油 26.7 t，不含水。接着对 8 口扩边井加深至 P₁j，7 口井试油均获得高产，平均单井日产油 24.5 t。P₁j 和 P₂w 油藏 2004 年新增含油面

积 6 km², 新增探明储量 600 × 10⁴t。可见, 只要加强对这些扇体的研究, 实时加深、扩边钻探, 就可以扩大储量规模, 扩大勘探潜力。

从勘探新区看, 近年通过新老地震、钻井资料重新解释, 新发现了一批扇体, 拓展了勘探领域; 在玛湖西斜坡尚存在玛湖背斜等古构造圈闭, 201 鼻隆、玛 4 井区等低幅度构造, 以及地层—岩性、断裂—岩性和地层圈闭的有利发育区。

总之, 西北缘扇体勘探潜力大, 新增储量规模可能较大, 未来仍将是盆地深化挖潜的重要地区。

4.2 西北缘扇体油气藏勘探方向

根据沉积相及储层资料、生储盖及成藏组合综合分析, 西北缘剩余资源潜力大, 剩余勘探领域多, 下列七大区块是今后扇体油气藏的有利勘探方向和领域。

4.2.1 夏红南(P、J、T)及玛北井下农场(乌尔禾—夏子街斜坡 P_{2,3w}、J_{1b})有利区

包括夏红南 T_{2k1} 水下扇—扇三角洲及 T_{2k2} 冲积扇—扇三角洲、夏子街 T_{1b} 水下扇根—扇中、井下农场—夏红南 P_{2,3w} 及 J_{1b} 扇三角洲等有利区块。区内发育多种粗碎屑储集扇体, 据邻区风南 1、夏 40、玛 002 等井物性资料, 总体虽属中等—中等偏差储层, 但在部分层段孔渗值相对较好。其邻近 P_{1f} 生烃中心, 局部有 P_{1j} 及 P_{1f} 两套烃源岩叠加, 处于油气运移主要指向上; 分布有夏 10 井断裂、夏 21 井断裂、夏红北断裂等逆断裂, 受乌尔禾—夏子街断裂控边, 并处于断裂带下盘, 利于油气运移、捕集; 生储盖配置总体尚好, 附近已发现有夏 24 井—夏 21 井、夏 29 井区、夏子街等油气藏, 探井稀少, 值得进一步工作, 建议深化综合研究, 寻找有利圈闭, 如构造—岩性、低幅构造圈闭等。

值得注意的是: 夏子街 T_{1b} 水下扇根—扇中有利区的南北两侧均已钻探发现 T_{1b} 油气藏, 南东为玛北油田 T_{1b} 油藏, 北西为夏子街油田 T_{1b} 油藏, 唯该区内探井稀少, 显得空白。构造上, 该区块有乌尔禾—夏子街断裂控边, 且在断裂下盘, 局部有 T_{1b} 剥蚀尖灭带环绕, 构造配置也较有利。因此, 该区块极具勘探潜力, 结合地震精细构造解释寻找新的有利目标, 并优选老井复查、扩边加深钻探, 可望找到构造—岩性圈闭, 使已发现的油藏扩边或连片。

4.2.2 十区—百口泉(P_{1j}、T_{1b}、T_{3b})及百口泉南(P_{2,3w}、T_{1b}、T_{2k1})有利区

包括十区—百口泉 P_{1j} 水下扇、十区 T_{3b} 三角洲、百口泉南 P_{2,3w} + T_{1b} + T_{2k1} 水下扇、玛北井下

农场—风南 1 井南断裂 P_{2,3w} 水下扇和扇三角洲相等有利区块。该大区处于克—乌大断裂下盘, 紧邻玛湖凹陷 P_{1j} 及 P_{1f} 生烃中心, 形成这两套烃源岩的叠置组合带, 位于油气运移主要指向上, 油气运移距离不长, 油源丰富。广泛发育着成带、成群分布的扇体裙, 形成多个粗碎屑扇体朵叶的分布与叠合, 火山岩储集体发育, 据邻井物性资料统计, 总体属中等—中等偏差、局部属较好—中等储层, 且总体上埋藏相对较浅。有检乌 24 井南断裂、检乌 26 井北断裂、风南 1 井南断裂等的配置, 侏罗系、三叠系及二叠系内部的不整合面也可成为油气运移通道。纵向上, 可形成多套盖层, 生储盖组合、配置良好。有克—乌断裂带及 P_{1j} 剥蚀尖灭带控边, 易于形成断层—岩性、地层(尖灭带/不整合)圈闭。邻区已有百 56 井—403 井油气藏及玛北油田分布, 乌 17 井乌尔禾组油气显示良好。该区极富勘探潜力, 下一步应加强地震资料的精细构造解释及构造—岩性圈闭识别研究。

4.2.3 五区南克 80 井断裂风城组(P_{1f})及乌尔禾组(P_{2,3w})有利区

该区处于扇三角洲相区, 有利储集体为克 82-克 201-克 202 井扇三角洲平原分流河道微相砂砾岩体及克 81 井-克 80 井扇三角洲前缘水下分流河道砂体, 风城组平均孔隙度 7.7203%~10%、平均渗透率(0.4887~1) × 10⁻³ μm², 物性评价中等偏差。该区位于 P_{1j} 生烃区, 距 P_{1f} 生烃区不远, 处于油气近距运移指向上, 克 80 井断裂可成为有利的油气运移通道; 其西南侧有 P_{1f} 尖灭线环绕, 成藏组合及构造配置较有利。该区探井不多, 应作深入的三维、二维地震构造解释, 以寻找有利圈闭和构造。

4.2.4 车排子凸起尖灭带 J_{1b}、J_{2t}、K 冲积扇及扇三角洲有利区

该区环绕 J_{2t} 剥蚀尖灭线分布, 处于冲积扇扇中—扇根亚相带, 辫状水道微相的砂砾岩储集体发育, J_{2t} 平均孔隙度 13.62%~22.03%; 平均渗透率(10.67~580.53) × 10⁻³ μm², 总体为好—中等储层, 物性条件尚好。其邻近 P_{2w} 生烃中心的油气运移指向上, 侏罗系煤系地层也可生油生气, 油气源丰富。多条 P-T 大逆掩断裂及 J-R 的正断裂, 构成油气纵向运移的有效通道; 二叠系各层组之间、P/T、T/J、J/K 之间的不整合面, 可构成油气侧向运移的有效通道, 沿地层尖灭带易于形成有利圈闭。圈闭类型较多, 有构造、地层、(扇体)岩性圈闭, 还有古构造和(车 78 井区二叠系地震强反射层)异常体, 具有

一定勘探潜力。

4.2.5 小拐—环中拐斜坡(P_{1j} 、 J_{1b} 、 J_{2t})有利区

包括小拐西南 J_{1b} 冲积扇—扇三角洲、小拐 P_{1j} 及 J_{2t} 冲积扇扇中等有利区块。该区位于玛湖和昌吉两生烃凹陷之间及玛湖—盆1井西和昌吉两个复合富油气系统内,是一个C- P_1 形成的东南倾大型鼻状构造,紧邻 P_{2w} 生烃中心,处于油气运移的主要指向上,利于油气的聚集。据邻区车排子探井 J_{1b} 物性统计推测,本区孔渗物性条件应好,生储盖组合配置尚好。其周缘已发现有车501井、车30井-车51井及拐3井-拐201井区 J_{1b} 油藏,已在拐4井侏罗系、拐10井和克102井二叠系、拐148井三叠系获得工业油流,拐8井、克302井 T_3b 见到良好的油气显示及低产油流,克81井 T_3b 取到含油岩心,表明是一个多层系含油的油气聚集区,应有一定勘探潜力。

综上所述,西北缘主要存在新发现的扇体、低勘探程度扇体的扇中—扇缘部位两大领域,层位上应集中于二叠系、侏罗系。随着地震勘探与储层预测技术的提高,将充分应用地层岩性油气藏的勘探思路与技术方法进一步搞精、搞细扇体勘探,更加深化断控论与扇控论观点,准噶尔西北缘前陆冲断带还会有大场面!

注释

①张纪易. 1980. 克拉玛依洪积扇粗碎屑储集体. 新疆油田分公司勘探开发研究院科研报告(内部资料).

参考文献

- 何登发,贾进斗,张立平,等. 2003. 准噶尔盆地大油田的勘探方向. 见:中国石油天然气股份有限公司勘探与生产分公司编. 中国石油天然气股份有限公司2003年勘探技术座谈会报告集. 北京:石油工业出版社,346~351.
- 刘训. 2005. 从新疆地质断面的成果讨论中国西北盆—山区的地壳构造演化. 地球学报,26(2):105~112.
- 柳永清,李寅. 2001. 准噶尔盆地侏罗系露头层序地层及沉积学特征. 地球学报,22(1):49~54.
- 丘东洲. 1994. 准噶尔盆地西北缘三叠—侏罗系隐蔽油气圈闭勘探. 新疆石油地质,15(1):1~9.
- 蔚远江,何登发,雷振宇,等. 2004. 准噶尔盆地西北缘前陆冲断带

- 二叠纪逆冲断裂活动的沉积响应. 地质学报,78(5):612~625.
- 蔚远江,胡素云,雷振宇,等. 2005. 准噶尔西北缘前陆冲断带三叠纪—侏罗纪逆冲断裂活动的沉积响应. 地学前缘,12(4):423~437.
- 吴孔友,查明,王绪龙,等. 2005. 准噶尔盆地构造演化与动力学背景再认识. 地球学报,26(3):217~222.
- 赵白. 1985. 克拉玛依油田的非背斜油气藏. 新疆石油地质,6(1):1~10.

References

- He Dengfa, Jia Jindou, Zhang Liping, et al. 2003. Exploration direction of the large oil field in Junggar basin. In book: Edited by the Exploration and Production Filiale of PetroChina. Transactions on Exploration Technology Symposium of Oil & Gas Co. Ltd., PetroChina in 2003. Beijing: Petroleum Industry Press, 346~351 (in Chinese).
- Liu Xun. 2005. A study of the crustal tectonic evolution in basin-mountain areas of northwest China in the light of Xinjiang Geotranssec. Acta Geoscientica Sinica, 26(2):105~112(in Chinese with English abstract).
- Liu Yongqing, Li Yin. 2001. Research on the terrigenous outcrop sequence stratigraphy and sedimentology in the Jurassic Junggar basin. Acta Geoscientica Sinica, 22(1):49~54(in Chinese with English abstract).
- Qiu Dongzhou. 1994. Exploration of the concealed oil-gas trap of Triassic-Jurassic in northwestern margin of Junggar basin. Xinjiang Petroleum Geology, 15(1):1~9 (in Chinese with English abstract).
- Wu Kongyou, Zha Ming, Wang Xulong, et al. 2005. Further researches on the tectonic evolution and dynamic setting of the Junggar basin. Acta Geoscientica Sinica, 26(3):217~222(in Chinese with English abstract).
- Yu Yuanjiang, He Dengfa, Lei Zhenyu, et al. 2004. Sedimentary response to the activity of the Permian thrusting fault in the foreland thrust belt of the northwestern Junggar basin. Acta Geologica Sinica, 78(5):612~625(in Chinese with English abstract).
- Yu Yuanjiang, Hu Suyun, Lei Zhenyu, et al. 2005. Sedimentary response to Triassic-Jurassic thrust faulting in the foreland thrust belt of the northwestern Junggar basin. Earth Science Frontiers, 12(4):423~437(in Chinese with English abstract).
- Zhao Bai. 1985. Non-anticlinal hydrocarbon reservoirs of Kelamayi Oilfield. Xinjiang Petroleum Geology, 6(1):1~10(in Chinese with English abstract).