

文章编号: 1000-0550(2009)03-0567-06

准噶尔盆地腹部缓坡型岩性地层油气藏 成藏控制因素分析¹

唐 勇^{1,2} 孔玉华² 盛建红³ 赵克斌² 斯春松⁴ 史基安⁵

(1 西南石油大学 成都 610500 2 新疆油田公司勘探开发研究院 新疆克拉玛依 834000 3 吐哈油田公司勘探处 新疆哈密 839009
4 杭州地质研究所 杭州 310023 5 中国科学院油气资源研究重点实验室 兰州 730000)

摘 要 通过对准噶尔盆地腹部已知的缓坡型岩性油气藏的解剖和成藏控制分析,初步建立了这类岩性油气藏的成藏模式,根据其成藏要素构成将其称之为缓坡远源相控—断控型成藏模式。其成藏主要受构造背景、沉积体系的时空分布和构成、砂体的成因类型及叠置样式、是否存在油源断裂等方面因素的控制,并提出了盆地腹部油气藏勘探部署的指导思想。

关键词 准噶尔盆地 腹部 岩性油气藏 成藏 控制因素

第一作者简介 唐勇 男 1966 年出生 高级工程师 博士研究生 石油地质 E-mail tyong@petrochina.com.cn

中图分类号 TE122.3 **文献标识码** A

准噶尔盆地腹部侏罗系和白垩系的岩相以河流和三角洲为主,主要储集体为各类发育于缓坡环境下的河流相、三角洲相水道化砂岩储集层。由于水体较浅,物源较多,因而砂体分布面积较广;同时由于湖平面升降频繁,三角洲沉积体系多期叠置,其沉积构成样式复杂多变,常以薄互层的形式出现,砂体连续性较差。上述沉积特点总体可归纳为:盆大水浅、源多坡缓、河长扇短、砂广期多,因此岩性圈闭识别相对难度大。

目前所发现的该类岩性油气藏其油气主要来源于深层二叠系,表现古生新储、深源浅聚的特点,因此它有别于我国东部陡坡近源相控的成藏。随着近几年腹部岩性油气藏勘探和研究力度的加大,该类油气藏成藏特点和控制因素也逐步明朗^[1]。笔者通过近几年对该类岩性油气藏的解剖和成藏条件的分析,初步建立起了这类岩性油气藏的成藏模式^[2]。根据其成藏的要害构成将其称之为缓坡远源相控—断控型成藏模式。其成藏主要受以下几个方面的因素控制。

1 构造背景控制了岩性油气藏的平面分布

除了油源断裂对缓坡型岩性圈闭的最终成藏具有决定性的作用,同时这类圈闭的成藏还取决于是否

具有构造背景。准噶尔盆地是二叠系才发育形成的大型叠合盆地,其腹部构造以宽缓褶皱构造、大型单斜为主,同时也发育一些断裂构造,这种构造不但深部与浅部具有不同的组合,也与时代的新老有很大的关系。本文所述的构造背景不仅指现今构造背景,同时还指古构造背景和深部构造背景。从目前看,无论是偶然钻遇还是有目的钻探发现的岩性油气藏,都有一个共同的特点,即都具有一定的构造背景。虽然今天找到的某些非构造油气藏位于一个平坦的构造部位或大单斜上,但通过古构造演化和运移史的研究往往会发现,在今天的平坦构造部位或大单斜上形成岩性圈闭的位置,在过去油气大量生成和运移时曾经是一个古背斜或古鼻凸,而且该古背斜或古鼻凸一般均处在油气从生油区向古构造高部位运移的路线或端点上(如石南油气田、莫北油气田等)。因此岩性油气藏与构造油气藏一样多分布在古油气运移的路线和聚集带上,构造背景其作用主要为岩性圈闭成藏创造了一个良好油气汇聚背景,从而增加岩性圈闭成藏的可能性,目前所发现的岩性油气藏多具有这一规律。因此梁控论的思想对于腹部侏罗系岩性油气藏的勘探与构造油气藏一样同样具有重要的指导作用。对于腹部来说最重要的古隆起为燕山期形成的车—莫古隆起,该隆起的形成演化对腹部岩性地层油气藏

¹ 国家重点基础研究发展计划(973)项目(编号:2006CB202305),中国科学院知识创新工程重要方向项目(批准号:KZCX3-SW-147)资助。
收稿日期:2008-04-24 收修改稿日期:2008-07-24

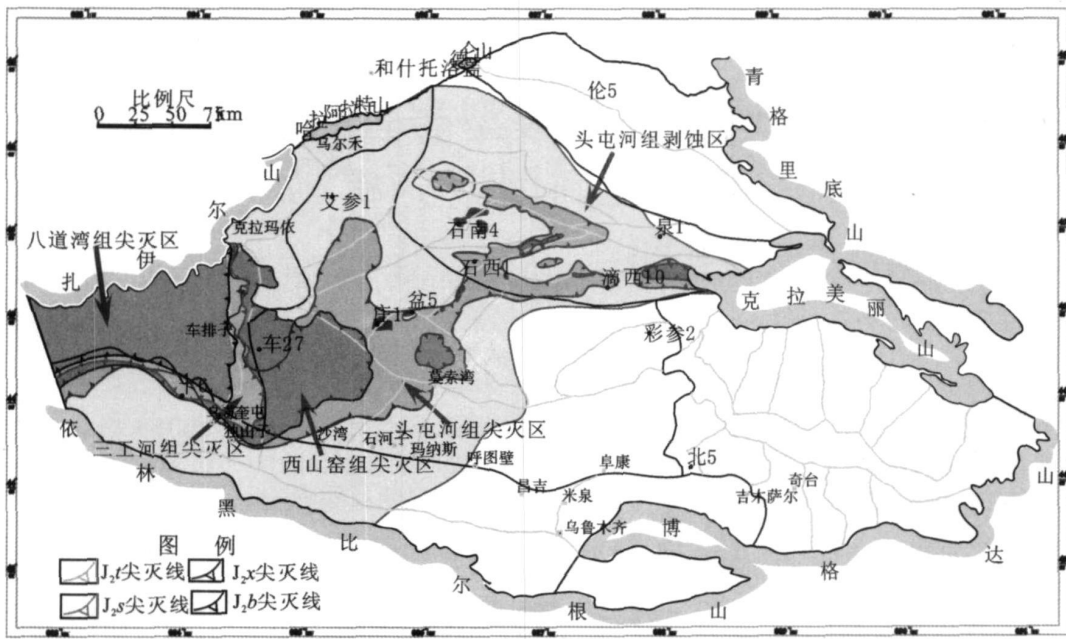


图 1 准噶尔盆地车—莫古隆起侏罗系各组地层超覆平面图

Fig. 1 The stratigraphic overlap of each formation of Jurassic in Che-Mo up lift in Junggar Basin

形成和后期调整具有重要的控制作用(图 1)。但对于白垩系,在沉积时古地形已变南倾的平缓斜坡。后期加上喜马拉雅山期构造掀斜作用,盆地腹部白垩系整体表现为一个更为平缓的单斜,油气运移已不受北东构造带的控制,油气运移主要表现为沿白垩系底部不整合面附近的“底砾岩”呈由南向北调整。因此早期在隆起(如石西凸起)上侏罗系聚集成藏的油气可经断裂调整在白垩系岩性圈闭中聚集,形成次生油气藏。因此一方面疏导体系的分布与构成对其具有重要的控制作用,另一方面晚期(喜马拉雅山期)形成的低隆带对油气的运移方向具有重要的控制作用,如石西油田 石南 31 井区低隆带。

同时我们也注意到目前已发现的这类油气藏深部普遍具有构造背景,具体它与浅层油气藏有何成因关系还有待进一步研究。构造背景不仅主要为岩性圈闭形成一个油气汇聚背景,增加岩性圈闭成藏的可能性,另外当岩性不足以形成四周遮挡时它往往可与岩性互补形成构造—岩性圈闭,往往可由于构造(如鼻状构造)或倾向在一侧或两侧形成构造遮挡,这又大大弥补岩性在此方向上的遮挡条件,从而也大大增加了岩性圈闭形成可能性。构造背景可以说是岩性油气成藏的基础,它控制了油气的分布,它与岩相的合理空间配置控制了油气的富集,因此岩性油气藏分布具有成带分布的特点。在砂体叠置连片的背景下,

油气聚集的优势区是构造的脊线及其两侧。因此上述规律就决定了腹部岩性油气藏主要勘探领域就是具有构造背景的三角洲前缘带,具体为:①古隆起、倾没端;②低凸起、平台区;③梁两翼、岩性体。

2 沉积体系的时空分布控制了岩性圈闭的发育与分布

在平面上三角洲前缘带是岩性圈闭发育的主要相带,腹部侏罗系、白垩系为多物源沉积体系的汇聚区,砂体发育,类型丰富。特别是三角洲沉积体系发育,三角洲前缘砂体的砂地比相对较低,易形成岩性圈闭。目前腹部所发现岩性油气藏其砂体成因类型均为三角洲前缘水下分流河道和河口坝砂体,且砂体以水下分流河道砂体为主的岩性油气藏规模相对较大(如石南 21、石南 31 井区),而以河口坝砂体为主的规模往往较小(夏盐 3 基 005 气藏),常以透镜状为主。

在垂向上岩性圈闭的发育与沉积体系关系密切,而沉积旋回与基准面旋回密切相关,旋回控制了砂体叠置样式和结构,岩性圈闭主要形成于基准面上升旋回的早中期。据前人的资料^[3,4],准噶尔盆地侏罗系以含煤浅水湖盆沉积作用为特征,说明侏罗系沉积时湖盆水体浅。从侏罗纪早期到中期,盆地沉积物出现由粗到细的粒序特征,沉积环境也由河流向滨浅湖转

变,代表水体加深,基准面上升的过程;从侏罗纪中期到晚期,沉积物粒序由细变粗,水体变浅,基准面下降;到了侏罗纪末期,盆地上升运动加剧,许多地方开始抬升,导致下白垩统底部与上侏罗统之间大范围的不整合接触。白垩系的沉积物粒序总体上向上变细然后变粗,沉积环境由辫状河三角洲相到浅湖相,再到河流相,基准面也是先上升,再下降。随着岩性的不同,分布于不整合、湖泛面附近的沉积体系最易形成岩性圈闭并易成藏。在二级层序界面上、下的沉积体系易形成地层圈闭,界面之上易形成地层超覆型圈闭,边界之下易形成不整合遮挡型地层圈闭。腹部地区侏罗系、白垩系主要以缓坡、浅水砂质沉积为主,只有在最大湖泛期形成的泥岩分布稳定且较厚,除了可作为盖层外,其最重要的作用是构成岩性圈闭有效的顶板,故在最大湖泛面之下的水进体系域砂体分布不稳定,最易形成岩性圈闭(图 2)。在水进体系域的不同部位岩性圈闭的类型也有所差异,在水进体系域发育早期,储集体类型以河流相及三角洲平原相砂岩为主,地层砂地比高,砂体叠置程度高,岩性圈闭不发育,可以配合构造或成岩作用形成构造圈闭或成岩圈闭;在水进体系域发育中期,水体变深,地层砂地比变低,三角洲前缘内带水下分流河道及河口坝砂岩与水进期湖相泥岩配合形成砂岩上倾尖灭岩性圈闭($J_1 s_2^{1-2}$ 、 $J_2 t_3$ 、 $K_1 q_1$);水进体系域发育后期,水体深、范围大,地层砂地比低,最易形成透镜体岩性圈闭,但规模较小(如 $J_1 s_2^{1-1}$)。在局部盖层和下部底板发育地区,低位体系域内也可形成岩性油气藏(如石东 2 井白垩系底砾岩直接覆盖于 $J_1 s_1$ 泥岩之上,从而形成良好的底板),但这类岩性油气藏相对不发育,关键在于其底板条件往往不具备。

3 砂体的成因类型和结构控制储集体的规模和质量

砂体发育的规模和质量取决于沉积体系的规模和其类型。即使沉积体系类型相同,但其由于发育的规模和叠置程度及样式不同,因此在平面上岩性圈闭发育程度和规模也不同。如三工河组 $J_1 s_2^1$ 三角洲规模较小,砂泥比相对较低,叠置程度较低,砂体以迷宫式结构为主,因此虽易形成岩性圈闭,但规模有限。其岩性圈闭勘探有利地区为富泥背景下找富砂地区。而对于三工河组 $J_1 s_2^2$,其三角洲规模较大,砂泥比相对较高,且叠置程度高,砂体以拼合板状结构为主,因此虽不易形成岩性圈闭,但对那些砂泥比相对较低地区岩性圈闭仍发育。因此其岩性圈闭勘探有利地区为富砂背景下的富泥地区。因此不同结构砂体类型,要求不同的勘探方法。白垩系多为间歇型三角洲沉积,三角洲规模较小,砂层薄、连续性差,分布不稳定,而且大部分砂体与泥岩以薄互层的形式出现,岩性圈闭十分发育,但规模十分有限。沉积体系的规模往往决定了砂体的规模,从而控制了岩性油气藏的规模,如头屯河组($J_2 t_2$)沉积体系规模远大于清水河组($K_1 q_1$)的规模,因此最终的形成油气藏规模也是如此。

砂体的成因类型控制着储层的质量。分选好、粒级粗的成因砂体物性相对较优。在相同深度下,分流河道砂体虽然分选可能不如河口坝,但其粒径相对粗弥补了分选的不足,其物性均相对优于河口坝、远砂坝、席状砂,在中深层表现尤为突出。相同沉积背景下(如气候、构造背景)和相似成岩环境(碱性或酸性)下,粒级粗的砂砾质的辫状河三角洲砂体物性优于曲流河三角洲砂体,水退和低位域的三角洲砂体优于水

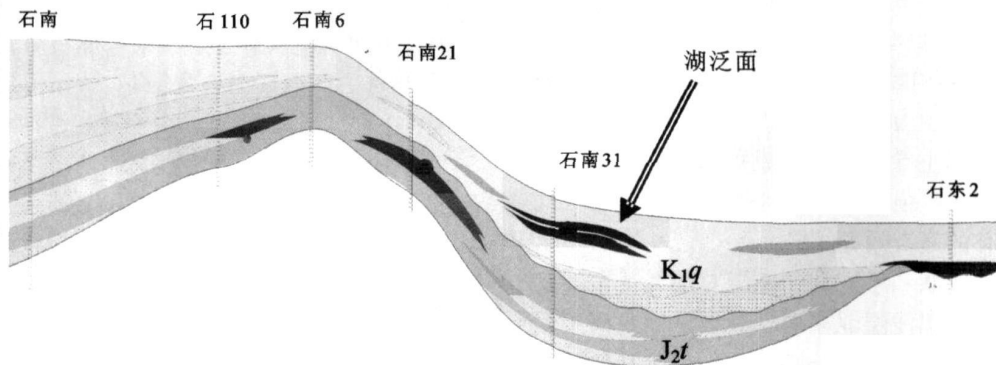


图 2 石南凹陷油气成藏模式图

Fig 2 The model of oil and gas reservoir formation in Shennan Depression

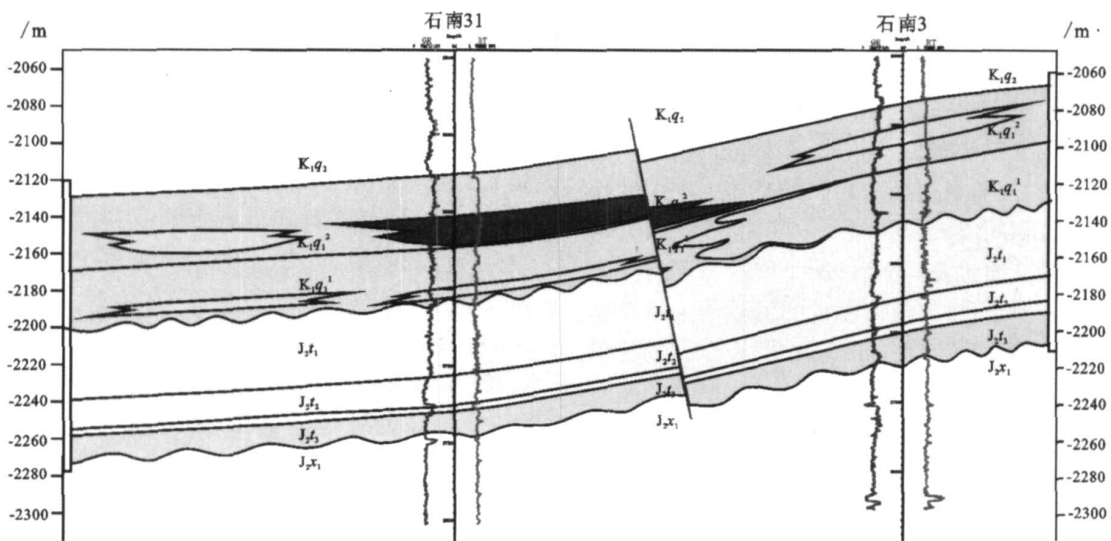


图 3 石南 31 井区白垩系清水河组油藏剖面图

Fig 3 The reservoir section of Qingshuhe formation in Cretaceous in the Well Shinan 31 area

进或高位域的三角洲砂体。

4 岩性圈闭的最终成藏取决于油源断裂的存在与否

腹部浅层侏罗、白垩系岩性油气藏与构造油气藏一样,其油气主要来源于深层二叠系,古生新储(深源浅聚)的特点决定了断裂在岩性油气藏成藏中扮演着重要的角色,断裂是浅层目的层油气运移的最重要通道。目前发现的岩性油气藏无一例外均存在油源断裂。有些断裂虽然断距很小,甚至在常规地震剖面很难识别,但其对岩性圈闭的成藏起着决定性的作用,如石南 31 井区北西断裂(图 3)。对于盆地腹部深部逆断裂体系和浅层正断裂往往相互配置构成一个良好输导体系。由于断控运聚体系的主导因素是断裂,因此它的开启和封闭直接控制着油气的运移。封闭时期为源区的能力积聚提供条件,开启阶段又为油气的运移提供动力,使得断控体系内的油气成藏表现为断裂泵作用主导下的幕式成藏特征。甚至在某些阶段还可能发生强烈的沸腾运移,成为深层含气流体向上运移的最有效方式之一。

不同成因机制和不同期的断裂对油气运聚的作用各不相同。对于浅层北东向断裂虽延伸距离短但断距较大,因此无论是沟通油源还是遮挡,其作用明显。而北西向或东西向断裂虽延伸较长但断距较小,且多具走滑性质。因此上述两种作用均不明显。不同规模的砂体对断裂的要求各不一样,一般来说,厚

砂层大断裂,薄砂层小断裂和多断裂,精细的断裂及沉积体系的刻画和解剖是选准目标区的关键。因此缓坡型岩性圈闭与以扇为主的岩性圈闭相比的成藏条件更为复杂,相应的勘探难度更大。

5 砂体的成因构成和叠置样式控制了岩性油藏的油气水分布

岩性圈闭一旦成藏其油气水分布相对构造油气藏更为复杂,其分布主要受砂体的成因构成和叠置样式所控制。其控制作用主要通过泥岩隔层和物性隔层对油气水进行分隔。

石南 21 头屯河组油气藏(石南 4 与石南 21、石南 21 与石 120)之间的分割是通过不同期砂体上下叠置的形式实现的。叠置砂体之间为泥岩所分割,其反映是不同期进积型三角洲朵叶体呈叠瓦状的叠置关系,砂体之间表现为叠置分割,从而形成各油气水系统(图 4)。石南 31 井区白垩系岩性油藏具有多个油气水系统,但总的可分为南、北两个系统。其差别主要在于砂体结构和叠置样式。北部系统油藏的主体部位(西北部)其沉积体系构成和叠置样式以石南 31 井为代表的类型,其主要特征为底砾岩相变为泥岩沉积,总体表现为泥夹砂的特征。南部系统以石 305 井为代表,其结构为底砾岩与上部砂砾岩段的叠置,两者之间为泥岩所分隔。在石 306 井处两者之间为泥岩缺失,底砾岩与上部砂砾岩段直接接触,使岩性圈闭底板缺失,从而导致油气的溢出。

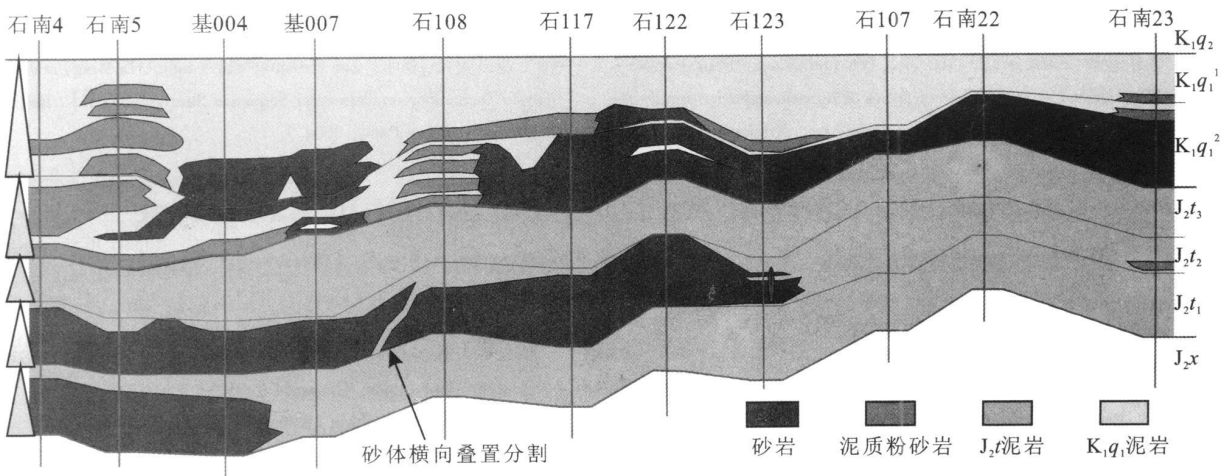


图 4 石南地区侏罗系头屯河组—白垩系清水河组一段连井层序格架及砂体对比图

Fig 4 The correlation of sand body and sequence stratigraphic framework between Touthuhe Formation and Member 1 of Qingshuihe Formation in Shinan area

储层物性的非均质型主要是由沉积和成岩的非均质性所决定的。但究其根源主要受沉积的非均质性控制。不同成因相的砂体在垂向上相互叠置,造成平面上叠合连片,虽然砂体在空间上可连续分布,但由于后期的成岩作用差异性,在埋藏到一定深度条件下,那些粒度较细的砂体(塑性岩屑含量高)由于强烈的压实,往往可形成致密隔层。如在莫索湾地区,该区三工河组 J_2s_2 储层具有成熟度低、物性差和非均质性强的特点。储层的非均质性对油气的运移和聚集有显著控制作用,导致形成独特的油气聚集和分布规律。纵向上 J_2s_2 油层段电性呈多台阶状起伏,反映多油水系统特点。油水之间仅有物性夹层或薄层泥岩分隔。特别是盆 5 井区和庄 1 井区这种现象非常明显,不具有统一的油水界面,油水界面的海拔深度随构造抬升而不断升高。非均质性隔夹层形成了 J_2s_2 油气聚集的侧向遮挡。 J_2s_2 段砂体平面上叠合连片,同时又彼此独立、互不连通的发育特征。同时由于砂体的叠合连片以及构造背景的存在也形成了油气的连片分布。表现为多期砂体叠置,单砂体可独立成藏的特点。

通过对腹部岩性油气藏控制因素和分布规律的认识,明确了腹部岩性油气藏的勘探的领域、对策、研究思路。以高分辨地震资料为基础,以层序地层学理论为指导^[5],以建立的岩性圈闭识别模式和成藏模式为依据,综合应用沉积体系分析和储层地震预测技术(精细层位标定、地震正演、储层反演、地震

属性分析、谱分解以及 AVO 等技术),开展隐蔽圈闭识别与描述,并对其含油气性进行评价。

6 结论

(1) 构造背景控制了岩性油气藏的平面分布,岩性圈闭的最终成藏取决于油源断裂的存在与否。

(2) 沉积体系的时空分布控制了岩性圈闭的发育与分布,砂体的成因类型、构成和叠置样式控制了岩性油藏的规模和油气水分布。

(3) 腹部岩性油气藏部署思想为:立足富坳陷、岩性配构造、寻找多类型、实现大突破。

参考文献 (References)

- 1 刘光鼎,贾承造.准噶尔油气勘探[M].北京:石油工业出版社,2004 [Liu Guangding Jia Chengzao Petroleum Exploration of Junggar Basin[M]. Beijing Petroleum Industry Press 2004]
- 2 唐勇,孔玉华,齐雪峰.准噶尔盆地岩性油气藏勘探与实践[C]//中国石油天然气股份有限公司勘探与生产分公司主编,岩性油气藏勘探理论与实践培训教材.北京:石油工业出版社,2005:639-702 [Tang Yong Kong Yuhua Qi Xuefeng Exploration and application of lithologic reservoirs in Junggar Basin[C]// Exploration and Production Company of PetroChina Company Limited Teaching Materials for Exploration Theory and Application of Lithostratigraphic Reservoir Beijing Petroleum Industry Press 2005: 639-702]
- 3 斯春松,王海东,唐勇,等.准噶尔盆地腹部白垩系清水河组清一段高分辨率层序地层特征及岩性油气藏预测[J].东华理工学院学报,2005,28(4):329-333 [Si Chunsong Wang Haidong Tang Yong et al High-resolution sequence stratigraphic characteristics and lithological reservoir prediction of section of Qingshuihe Formation [J]. Jour-

- nal of East China Institute of Technology, 2005, 28(4): 329-333]
- 4 邱春光, 邓宏文, 吴铁壮, 等. 准噶尔盆地腹部侏罗系层序地层划分 [J]. 新疆地质, 2006, 24(2): 165-170 [Qiu Chunguang Deng Hongwen Wu Tiezhua ng *et al.* Characteristics of Jurassic sequence stratigraphy in the Middle area of Junggar Basin [J]. Xinjiang Geology, 2006, 24(2): 165-170]
- 5 邹才能, 池英柳, 李明, 等. 陆相层序地层学分析技术 [M]. 北京: 石油工业出版社, 2004 [Zou Caineng Chi Yingliu Li Ming *et al.* Analysis Technology on Terrestrial Sequence Stratigraphy [M]. Beijing Petroleum Industry Press, 2004]

Controlling Factors of Reservoir Formation in Ramp-type Lithostratigraphic Reservoir in Hinterland of Junggar Basin

TANG Yong^{1,2} KONG Yu-hua² SHENG Jian-hong³ ZHAO Ke-bin² SI Chun-song⁴ SHI Ji-an⁵

(1. Faculty of Resources and Environment, Southwest Petroleum University, Chengdu 610500;

2 Research Institute of Exploration and Development, Xinjiang Oilfield Company, PetroChina, Karamay Xinjiang 834000;

3 Exploration Department of Tuhua Oilfield Company, PetroChina, Hami Xinjiang 839009;

4 Hangzhou Geological Institute, Research Institute of Petroleum Exploration & Development, PetroChina, Hangzhou 310023;

5 Key Laboratory of Petroleum Resources Research, Institute of Geology and Geophysics, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000)

Abstract Based on the analyzing and analysis of controlling factors of the ramp-type lithologic reservoir in the hinterland of Junggar basin, reservoir formation model is established preliminarily. According to the composing factors of reservoir formation, the model is named as facies-fault control type of ramp far-source model. This reservoir formation model is controlled by structural background, composition and distribution of sedimentary system, superimposition and cause of formation of sand body, oil source fault, and so on. In addition, the author gave the suggestions for oil and gas exploration in the hinterland of Junggar basin.

Key words Junggar basin, hinterland, lithologic reservoir, reservoir formation, controlling factors