柴西南地区岩性油气藏的富集特征 *

石亚军[1,2]　曹正林[2]　张小军[2]　孙秀建[2]　李海亮[2]
1.成都理工大学　2.中国石油勘探开发研究院西北分院

石亚军等.柴西南地区岩性油气藏的富集特征.天然气工业,2009,29(2):37-41.

摘　要　柴达木盆地西部南区(简称柴西南)勘探程度相对较高,资源潜力较大,是开展岩性油气藏勘探的有利区带,然而,由于近些年来部分钻探井的失利,岩性油气藏富集规律等问题成为制约勘探的关键。通过重新认识该区烃源岩、主力生烃凹陷、古地貌及其控制下的沉积体系发育特征、关键成藏期古构造特征,对比分析古今构造,结合对典型出油气井点的精细解剖,明确指出:柴西南区岩性油气藏富集总体表现为"近凹环凹"特征,主要分布在远源沉积体系控制下的三角洲前缘砂体及滩坝砂储集体中,长期稳定的斜坡区及古今构造高点发生迁移且现今构造为含油构造的迁移带是岩性油气藏的主要聚集区。据此划分了该区岩性油气藏的有利勘探区带,并针对重点区带的部分热点地区构建了油气成藏模式,指明了下一步的勘探方向。

关键词　柴达木盆地　西南　岩性油气藏　油气富集规律　成藏模式　勘探区
DOI:10.3787/j.issn.1000-0976.2009.02.008

根据第三轮全国油气资源评价结果,中国石油陆上剩余油气资源量中,岩性地层油气藏占 42%,这是我国陆上今后相当长一个时期内最有潜力、最现实的油气勘探领域。近几年岩性地层油气藏探明储量占中国石油总探明储量的 50% 以上,松辽、渤海湾、鄂尔多斯、准噶尔、二连等盆地发现了一批由岩性地层油气藏组成的 5 千万吨至数亿吨储量规模大油田,为储量增长的主要来源[1]。位于我国西部青藏高原上的柴达木盆地,自 20 世纪 50 年代以来的油气勘探一直以构造油气藏勘探为主,近年来,围绕富油气凹陷开展精细勘探,其中柴西南区是柴达木盆地勘探程度相对较高、资源潜力较大的地区,是下一步开展岩性油气藏勘探的有利区带。随着三维地震资料品质的不断提高,部分地区展开了岩性油气藏勘探,其中在尕斯东南斜坡东得 1 井和红柳泉地区部分老井的工程改造都取得了岩性油藏勘探的突破[2]。

柴西南区则位于柴达木盆地西部南区,西起阿尔金山前的七个泉、红柳泉,东到东柴山,北邻英雄岭,南抵昆仑山前,面积约 8 066 km^2,由南向北依此分为昆北断阶带、尕斯断陷和狮子沟—油砂山断阶带 3 个勘探区带。该区地表较为平坦,中部沼泽和盐壳发育,东、西部主要为戈壁和小沙丘,北部以山地为主,平均海拔为 3 000 m。目前油气勘探主要集中于尕斯断陷和昆北断阶带,主要勘探目的层为 E_3^1、E_3^2、N_1、N_2^1。经过 50 年的勘探,截至 2006 年底,已发现七个泉、红柳泉、狮子沟、花土沟、尕斯库勒、跃进二号、油砂山、乌南等 8 个油田,累计探明石油地质储量 2.51×10^8 t,被称为"油气富集黄金带"。

1　研究区岩性油气藏勘探历程

柴达木盆地油藏类型丰富,岩性油气藏的勘探历程也相对较早。按照勘探层次的不同笔者在此主要划分为 4 个阶段:①1978～1984 年主要为岩性油气藏勘探的起步阶段,当时处于甘青藏石油会战时期,在数字地震勘探与地质综合研究的基础上,开始有意识的钻探岩性圈闭,其中 1978 年在红柳泉油田钻探红参 2 井,获得日产 18.94 m^3 的工业油流,从而拉开了柴西南区岩性油藏的勘探序幕。②1985～1994 年为岩性油气藏的勘探的摸索阶段,当时随着老油田滚动勘探工作的深入,相继在七个泉油田二区块、尕斯库勒(下干柴沟组上段)等发现并探明了一批岩性油藏,使岩性油藏成为中国石油青海油田

* 本文受到中国石油天然气股份有限公司重大科技项目"柴达木盆地油气勘探开发关键技术研究"子课题"柴西地区富油气凹陷圈闭精细评价及钻探目标选择"(编号:07-01Z-01-02)、中国石油股份公司探区重大预探领域与目标选择研究项目子课题"柴达木盆地西南地区石油地质综合研究及有利区带评价与风险目标优选"(编号:2008D-0707-03)的联合资助。

作者简介:石亚军,1977 年生,博士研究生;主要从事古生物地层、含油气盆地分析、油气地质综合评价工作。地址:(730020)甘肃省兰州市中国石油勘探开发研究院西北分院。电话:13893602788。E-mail:runnerupstone@163.com

公司(以下简称青海油田)增储上产的新领域。③1995～2001 年则为岩性油气藏勘探的停滞阶段,当时青海油田先后在柴西南区部署了约 1 700 km^2 的三维地震,通过对三维地震资料的解释发现了一批构造圈闭,该时期主要以构造油气藏勘探为主导方向,因而岩性油气藏的勘探基本处于停滞状态。④2002年以后,随着我国东部油田岩性油气藏勘探工作的深入,岩性油气藏逐渐成为中国石油重要的勘探领域。随着柴西南区油气勘探程度和地质情况认识的不断深化且构造圈闭的逐步探明,油气勘探目标也从以寻找构造圈闭油气藏逐渐转向重视寻找岩性地层油气藏。提出了岩性油气藏勘探方法是"以层序划分为基础,层序界面内的等时砂体预测为手段,地质综合评价选择勘探目标"。在这种理论方法的指导下,青海油田先后在七个泉、红柳泉和尕斯东南斜坡带部署了一批以岩性地层油气藏为勘探目标的探井,取得了一定效果,新增控制石油地质储量 3 574×10^4 t,新增预测石油地质储量 3 805×10^4 t,为青海油田岩性地层油气藏的勘探积累了经验[3]。

2　岩性油气藏形成条件及其分布规律

2.1　主力生烃凹陷及其与岩性油气藏的分布关系

在对柴西地区生烃凹陷分布特征的研究领域,大部分研究者提出了其分布特征受断裂的控制[4]。而笔者结合烃源岩的分布特征、古沉积中心分析、油源对比等各个方面来剖析柴西南地区生烃凹陷分布特征,进而确定了柴西地区的主力生烃凹陷,并对各生烃凹陷的油气运移方向及其与油气藏的分布关系进行了探讨。

2.1.1　烃源岩特征及主力生烃凹陷的分布

针对柴西地区第三系大型咸化湖盆的特点,笔者主要以我国咸水—超咸水陆相烃源岩有机质丰度分级评价标准进行柴西南区烃源岩评价,明确了柴西南的烃源岩主力层位为下干柴沟组上段(E_3^2),其有机碳含量主要分布于 0.4%～0.6%,氯仿沥青"A"含量分布范围为 0.003 2%～1.213 5%,平均值 0.123 2% (343),R_o 为 0.26%～1.193%,平均值是 0.77% (156),有机质类型较好(以混合型干酪根为主)。E_3^2 烃源岩在柴西南区分布范围也比较大,其中厚度 400～1 000 m 之间的优质烃源岩主要分布在红柳泉—狮子沟、扎哈泉—切东两个带上。另据 E_3^2 时期柴西南原型盆地的恢复发现,厚度相对比较大的地区集中在红狮凹陷和扎哈泉—切东凹陷一带,其中红狮凹陷在柴西南区最厚(达 1 750 m),面积约 100 km^2,证明红狮凹陷和扎哈泉—切东凹陷为 E_3^2 时期的沉积中心。油源对比分析也表明,柴西南原油总体可分为两大类,而且这两大类原油具有明显的区域分布特征,其中Ⅰ类原油分布区(包括七个泉、红柳泉、狮子沟、花土沟和跃进一号等)环红狮凹陷分布;Ⅱ类原油主要分布区(主要包括跃进二号、跃进四号、跃东、乌南—绿草滩、昆北断阶区等)则环扎哈泉—切东凹陷分布,油源对比结果则表明,Ⅰ类原油主要源于红狮凹陷,而Ⅱ类原油则主要源于扎哈泉—切东凹陷。结合上述认识,柴西南区主要发育两大主力生烃凹陷,即红狮凹陷和扎哈泉—切东凹陷。

2.1.2　主力生烃凹陷与岩性油气藏富集关系

从目前已发现的油藏分布来看,整个柴西南区油气藏均具有环凹聚集特征,尤其是岩性油气藏的发育集中发育在两大主力生烃凹陷邻近的主体构造的斜坡部位,比如东得 1 井及跃进四号的跃 73 井分别处在扎哈泉凹陷的北面斜坡带和西面斜坡带,而红柳泉和七个泉油田邻近红狮凹陷,并且在两者的斜坡带由于物性遮挡、岩相变化等发育典型的岩性油气藏。

2.2　沉积体系特征及其对岩性油气藏富集的控制

2.2.1　沉积体系分布规律

通过对钻井资料及三维地震资料的综合研究,并结合柴西南区古地貌特征,分析认为由于受古地貌的控制柴西南区的古物源主要发育在相对稳定的古凸起带上。柴西南区第三系碎屑岩沉积主要有五大物源供给方向,分别是阿尔金山前物源、阿拉尔河物源、古铁木里克河物源、祁漫塔格山东物源、东柴山物源。受以上沉积物源的控制,柴西南区在阿尔金山前主要发育近源陡坡型冲积扇—水下扇(扇三角洲)—湖泊(浊积岩)沉积体系,昆仑山前则主要发育远源缓坡型冲积扇—河流—辫状三角洲—湖泊沉积(滑塌扇)体系,狮子沟一带则主要发育内源型碳酸盐—膏盐沉积体系。笔者重点分析了主要目的层 E_3^1 和 E_3^2 沉积体系展布特征。其中下干柴沟组下段 E_3^1 时期,柴西南区阿尔金山前七个泉地区主要发育冲积扇及扇三角洲平原、扇三角洲前缘沉积;红柳泉—跃进地区发育辫状河三角洲平原、辫状河三角洲前缘、滨浅湖沉积;乌南—绿草滩主要发育辫状河三角洲前缘及滨浅湖沉积;切克里克地区主要发育辫状河三角洲平原沉积。下干柴沟组上段 E_3^2 时期,柴西南区三角洲前缘相带逐渐扩大;湖盆中心开始向东偏移。七个泉地区发育扇三角洲前缘沉积;

红柳泉—跃进地区发育辫状河三角洲前缘、滨浅湖滩坝沉积；乌南—绿草滩发育滨浅湖沉积；切克里克地区发育辫状河三角洲前缘沉积及滨浅湖沉积。

2.2.2　沉积体系控制下岩性油气藏分布规律

受以上沉积体系的控制，柴西南区储层随着古坡折的变化呈现出规律性的变化，事实上国内外研究结果均表明坡折带对砂体具有一定的控制作用，其中以渤海湾盆地尤为典型[5]。柴西南区明显分为 3 大坡折区，其中对于远源缓坡型沉积体系来讲，凸起区坡折带水下分流河道砂储集体十分发育，斜坡区坡折带则主要发育相互叠置的成群带分布滩坝砂储集体为主；凹陷区坡折带则重点发育浊积水道砂储集体(图 1)。其中，这些水下分流河道(以红柳泉油田为例)及其滩坝砂(以乌南油田为例)已证实为岩性油气藏的主要发育领域。可见柴西南区岩性油气藏主要发育在远源沉积体系控制下的三角洲前缘砂体及滩坝砂储集体中。

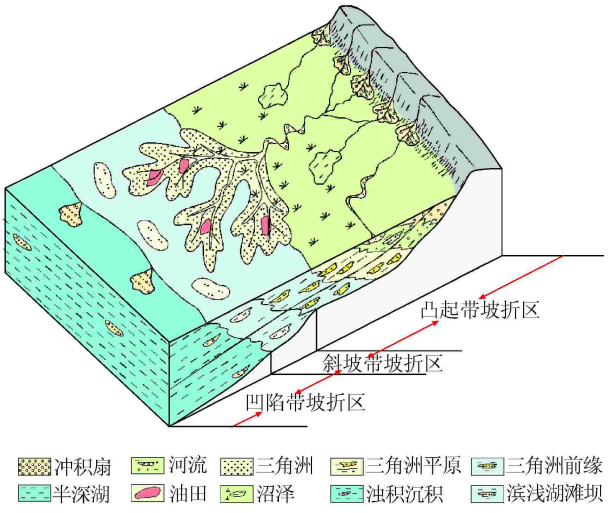

图 1　柴西南区远源缓坡型沉积体系及储集体发育模式图

2.3　关键成藏期的古构造的特征及其与岩性油气藏富集的关系

2.3.1　关键成藏期的确立

从柴达木盆地演化史分析可以看出，N_2^2 末是柴西富油气凹陷由走滑拉分断坳阶段向挤压反转坳陷阶段转化的关键期，从成藏史分析看，N_2^2 末也是柴西富油气凹陷由成藏期向保存期转变的一个关键时刻，即 N_2^2 末之前以油气藏形成为主，N_2^2 末之后以油气藏保存为主。另外，在上油砂山组(N_2^2)末期，柴西地区第三系烃源岩已经形成，主要的烃源岩层 E_3^1、E_3^2 埋深较大，已经具备一定的生烃能力，在此之前形成的圈闭应该处于成藏的最佳时期。鉴于以上认识，明确 N_2^2 上油砂山组末期为柴西地区的关键成藏期。

2.3.2　关键成藏期的古构造格局及岩性油气藏富集带分析

通过对柴西南地区古构造模型重建，不难发现其平面分带性的特点。柴西南古构造可以划分为：古凸起带、古斜坡及隆起带、古凹陷带 3 个构造单元。而油气沿古凹陷→古斜坡(隆起)→古凸起由高势区向低势区运移聚集并最终成藏。柴达木盆地中新生代古构造演化史主要经历了早期($E—N_1$)右行走滑拉分盆地发育阶段、中期(N_2)坳陷盆地发育阶段(转折期)、晚期(Q)左行走滑拉分盆地发育阶段，由于 N_2^2 末期开始，柴达木盆地由断—坳转化阶段过渡到挤压—走滑—坳陷阶段，所以早期的右行走滑拉分作用产生了一系列的同沉积构造带及古隆起，早期发育的同沉积逆断层在中晚期继承性地发育并反转成为左行走滑断层，这类断层在新构造背景下，对古构造圈闭具有强烈的破坏改造作用。因此，对于在新构造背景下，遭受破坏很少的古隆起、古斜坡等相对稳定区域自然成为油气聚集的有利区带。古构造的分带性特征明显地控制着沉降中心、沉积中心、湖体中心以及物源方向，其中古凹陷控制着沉降中心的迁移，构成富油气凹陷，古隆起和古斜坡控制着沉积中心的迁移，同时也控制着局部物源和内部物源的方向，而古凸起控制着全区物源和外部物源的方向。这些必然决定了岩性油气藏的发育特征和分布领域。从古构造特征分析可以明显发现，古斜坡及隆起带是下一步寻找岩性油气藏的主要场所，另外古凹陷带这种低势区[6]的裂缝发育带、滑塌体等也仍然具有寻找隐蔽性油气藏的潜力。

3　有利勘探区带划分及勘探建议

3.1　有利区带划分

勘探区带评价对于研究区的勘探部署具有重要的作用。由于柴西南区岩性圈闭发育规律不清楚，控制岩性圈闭发育的沉积体系尚不十分明确，成岩圈闭、物性圈闭发育规律尚不清楚。因此这一重要新领域还需要进一步探索，尤其应加强岩性油气藏的识别和预测研究，查明岩性油气藏发育规律，为进一步扩大勘探领域提供依据。为了突出区带的地质成因及其对油气分布的控制作用，本次区带划分突破了传统的划分方案，以岩性勘探为目的，重点通过油气源条件、储盖组合条件、圈闭条件、运聚条件、保存条件和勘探条件，按照区带类比的思路进行量化

评价，最终针对柴西南岩性油气藏的勘探，提出了柴西南区岩性油气藏的勘探思路：近源区带的勘探思路是围绕古斜坡和古鼻隆背景上的源储组合带，寻找河流三角洲前缘带的河口砂坝、湖湾区的滩砂、藻灰岩形成的原生岩性油气藏。源外区带主要沿着沟通油源的南北向断裂，寻找构造岩性控制的次生油气藏。以此指出柴西南区精细岩性勘探Ⅰ类有利区带主要有以下几个(图 2)：七个泉—红柳泉—砂西鼻状隆起及斜坡带、尕斯东南斜坡带、跃进斜坡带、乌南—绿草滩斜坡带。

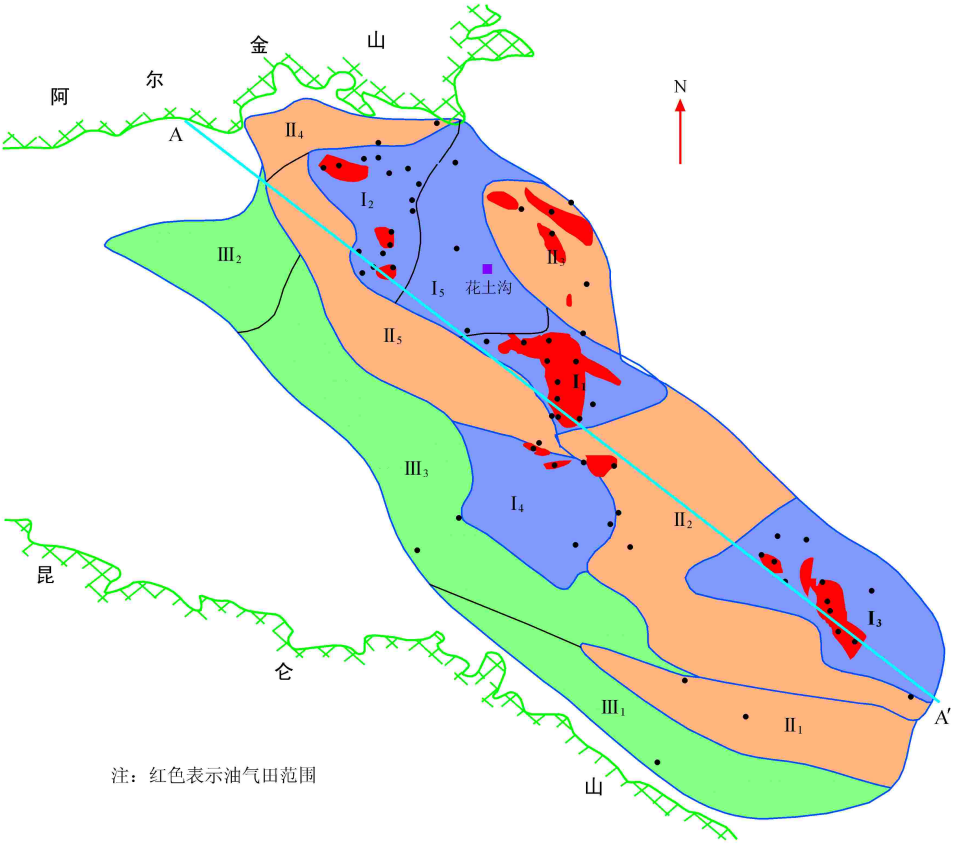

图 2　柴西南区油气有利区带划分图

3.2　典型区带勘探建议

3.2.1　尕斯东南斜坡带

尕斯东南斜坡带是下第三系三角洲沉积体系控制的有利构造—岩性带勘探新领域，它们是盆地内除了同沉积背斜带以外，最具勘探潜力的有利勘探领域，也是近期实现油气勘探规模性战略突破的有利勘探方向。结合沉积相、地震相、成藏机制及成藏主控因素的研究分析，E_3^1 中Ⅰ砂层组应该在鼻状构造的主体上继续向下寻找滨浅湖的滑塌浊积沉积及远砂坝、席状砂等砂体，而Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ砂层组也应该沿鼻状构造主体继续向下寻找三角洲前缘水下分流河道、河口坝及远砂坝等独立砂体[7]。针对上述认识，笔者认为构造—岩性油气藏的勘探应坚持沿着鼻状构造继续下坡找油的思路，基于以上认识并构建相应的成藏模式(图 3)，用来指导该区下一步油气勘探。

3.2.2　跃进二号—跃进四号斜坡带

该构造带长期发育，构造形成早，生储盖配置条件较好，临近扎哈泉生油凹陷，油源较充分。下一步应进一步依托三维地震资料，从层序地层学研究入手，加强地层、构造—岩性、岩性圈闭的勘探力度：该构造带为长期发育的同沉积构造带，对沉积具有较强的控制作用，具有形成地层超覆、构造—岩性、岩性圈闭等非常规油气藏的构造、沉积背景。具体勘探策略为围绕铁木里克古凸起寻找地层型岩性圈闭；围绕构造斜坡区开展岩性、构造—岩性圈闭的落实，重点应该在Ⅱ、Ⅲ级之间寻找滩坝砂，而在Ⅰ级坡折带之上和Ⅰ、Ⅱ级坡折之间的局部隆起区则以寻找藻灰岩储集体为主；围绕阿拉尔同沉积断裂和与之相伴生的Ⅶ号断层寻找断层—岩性圈闭。基于以上认识笔者构建了该区的成藏模式(图 4)，以便指导下一步的油气勘探。

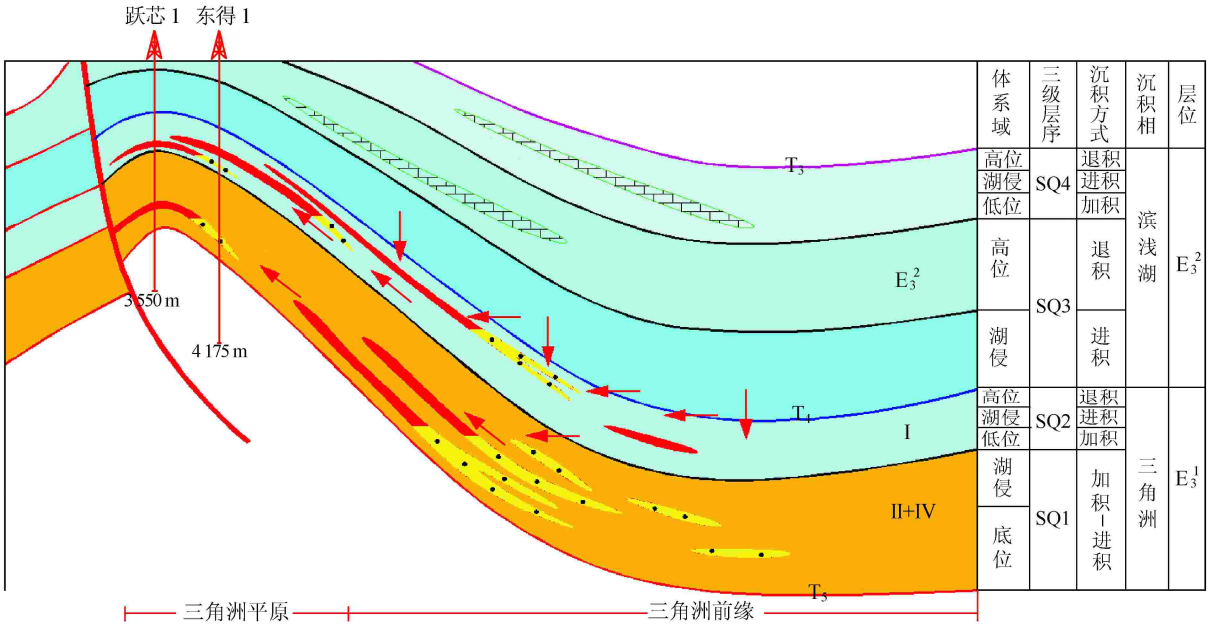

图 3　尕斯东南斜坡带下干柴沟组下段河流三角洲岩性油气藏成藏示意图

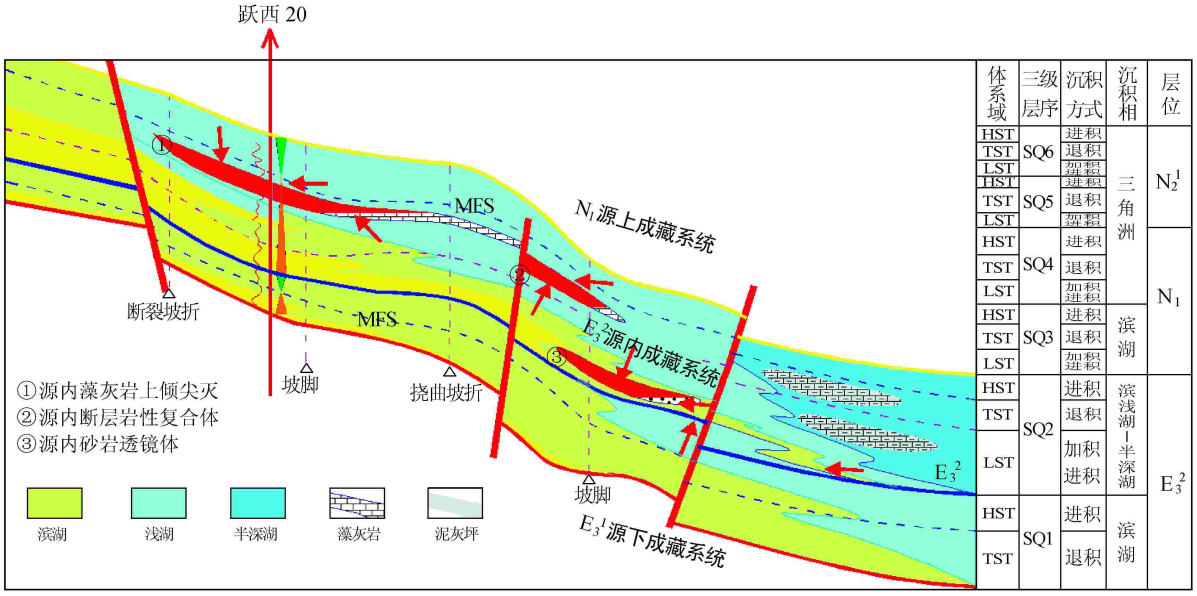

图 4　跃进二号—跃进四号斜坡带下干柴沟组上段岩性油气藏成藏模式图

参 考 文 献

[1] 贾承造,赵文智,邹才能,等.岩性油气藏勘探的两项核心技术[J].石油勘探与开发,2004,31(3):3-9.

[2] 陈启林.大型咸化湖盆地层岩性油气藏有利条件与勘探方向——以柴达木盆地柴西南古近纪为例[J].岩性油气藏,2007,19(1):46-51.

[3] 陈志勇,张道伟,赵东升.柴达木盆地西部南区第三系岩性油藏勘探与实践[J].中国石油勘探,2006,11(6):17-21.

[4] 方向,江波,张永庶.柴达木盆地西部地区断裂构造与油气聚集[J].石油与天然气地质,2006,27(1):57-61.

[5] 冯有良,徐秀生.同沉积构造坡折带对岩性油气藏富集带的控制作用——以渤海湾盆地古近系为例[J].石油勘探与开发,2006,33(1):22-31.

[6] 刘震,赵政璋,赵阳,等.含油气盆地岩性油气藏的形成和分布特征[J].石油学报,2006,27(1):17-23.

[7] 石亚军,陈迎宾,李延丽,等.柴达木盆地跃进地区岩性油气藏勘探领域分析[J].天然气地球科学,2006,17(5):659-662.

(修改回稿日期　2008-12-23　编辑　**居维清**)