

文章编号: 1000-0550(2012)04-0706-10

松辽盆地扶新隆起带南部扶余油层沉积特征 及沉积模式探讨^①

孙雨¹ 马世忠¹ 丛琳¹ 赵慧² 于利民² 付宪第¹

(1. 东北石油大学 地球科学学院 黑龙江大庆 163318; 2. 中国石油吉林油田分公司 吉林松原 138001)

摘要 利用18口井的岩芯分析资料、1595个重矿物分析数据和近800口井的录井、测井等资料,系统分析了扶新隆起带南部扶余油层的沉积特征和沉积模式。研究揭示扶新隆起带南部扶余油层沉积时期受西南安康物源体系和东南部长春—怀德物源体系双重控制,形成了枝状的高能河控三角洲沉积体系。该三角洲体系骨架砂体为大量、密集、窄带状、连续分布的分流河道砂体,总体呈南南西向展布,砂体连续且向水下延伸较远,直至消失变成薄的席状砂,在三角洲分流平原和三角洲前缘亚相区,形成以(水下)分流河道沉积为中心的多支“河控带状体”;前三三角洲亚相与三角洲前缘亚相无明显界限,受湖浪作用控制在三角洲前缘亚相的外前缘区形成浪控席状砂,多个席状砂呈顺岸、垂源平行排列,单一席状砂具有明显条带、环状平面分布模式。

关键词 沉积特征 沉积模式 河控浅水三角洲 扶余油层 松辽盆地

第一作者简介 孙雨 男 1981年出生 副教授 博士 石油地质学与储层沉积学 E-mail: sunyu_hc@163.com

中图分类号 P618.13 **文献标识码** A

0 引言

扶新隆起带是松辽盆地中央坳陷区南部的一个正向二级构造单元(图1),它西南与长岭凹陷相接,南毗华字井阶地,北临三肇凹陷,东连登娄库—长春岭背斜带^[1]。扶余油层属于下白垩统泉头组四段(以下简称泉四段),为松辽盆地南部最重要的含油层系之一^[2-3]。该时期松辽盆地南部主要发育五大物源和七条水系,即西部物源(红岗和英台水系)、西南通榆物源(通榆水系)、西南安康物源(安康水系)、东南物源(长春和怀德水系)和东部物源(榆树水系)其中对扶新隆起带影响较大的是西南物源安康水系和东南物源长春和怀德水系^[4-5]。前人对扶余油层的沉积特征和沉积体系也做了多方面探讨,有人用“干枝”三角洲来形容泉四段的沉积体系^[6],但更多的学者一直沿用河流—“浅水三角洲”的传统概念^[7-8]。这些认识仅从宏观上概述了松辽盆地南部泉四段沉积时期的沉积特征,对于每个沉积体系的边界及沉积体系交汇区未作精细刻画。特别是对于扶新隆起带扶余油层沉积时期的沉积体系、沉积相及沉积特征等方面认识依然存在较大的分歧,主要有三角洲前缘亚相、三角洲分流平原亚相、滨浅湖亚相、河流

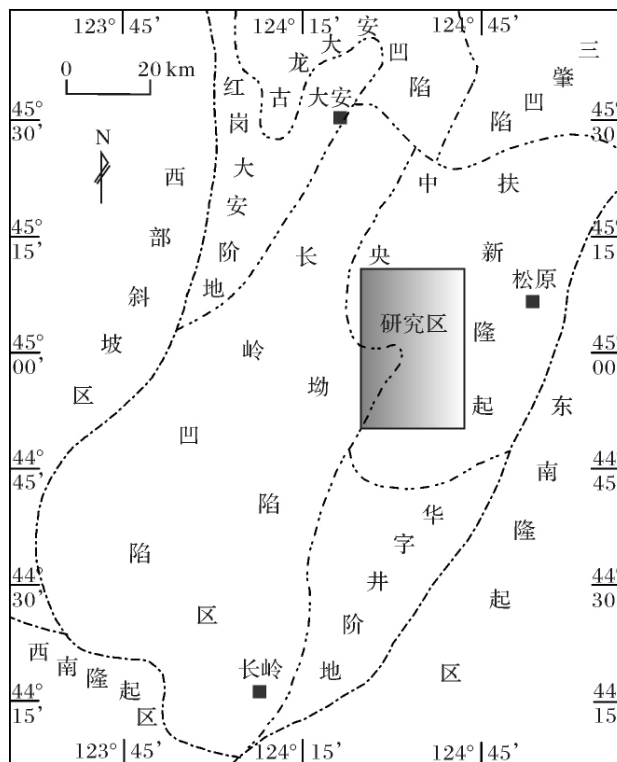


图1 松辽盆地扶新隆起带南部区域位置图
Fig. 1 Showing location of the southern Fuxin Uplift, Songliao Basin

^① 中国石油天然气股份有限公司科学研究与技术开发项目[编号:06-01C-01-01(B)]资助。
收稿日期: 2011-08-06; 收修改稿日期: 2011-11-14

相及河流末端扇等多种观点^[6~11]。由这些观点不难看出由于研究侧重点、研究方法、研究资料或研究区域的不同所得出的结果与认识存在较大差异,表明了该区扶余油层(泉四段)沉积期物源及沉积体系的复杂性与特殊性。而物源、沉积体系及沉积特征等认识的差异必然造成对储层砂体类型及展布特征认识的不同,进而影响到油田的勘探与开发。扶新隆起带南部处于西南永康水系和东南长春—怀德水系构成的南部两大沉积体系的交汇处,多年的勘探与开发实践证明^[12,13],该区扶余油层的储层砂体十分发育,但不同区块的砂体分布模式、物性及含油性等差异较大,沉积特征与沉积模式一直认识不清,对沉积相带、砂体规模及其平面展布格局等基础地质方面的研究尚显不足,在一定程度上制约了油气勘探的步伐,给岩性油藏的进一步勘探与开发带来很大困难,急需开展沉积特征与沉积模式精细刻画与分析,系统认识沉积体系类型与特征,为本区下一步油气勘探提供依据。

1 物源分析

1.1 重矿物分布特征

通过对扶新隆起带南部扶余油层 59 口井 1595 个重矿物分析数据统计表明,该区的重矿物类型有锆石、石榴子石、电气石、绿帘石、金红石、黑云母、锡石、绿泥石和磁铁矿等,占砂岩中重矿物总量的 61.7%~99.4%,其中稳定重矿物主要为锆石、电气石,金红石含量非常少,只在部分样品发现;次稳定重矿物为石榴子石和绿帘石,不稳定重矿物由黑云母、锡石和绿泥石等组成,含量均较低。

根据重矿物组合在平面上的变化规律,发现重矿物组合在区内具有明显的分区性(图2),大致可分为4个区(I~IV)。I区与III区主要为含量高的锆石+电气石组合区,极少或几乎不含石榴子石,锆石含量极高,一般在80%以上,电气石含量较稳定,约为10%。II区与IV区重矿物分布则呈种类多、含量变化大的特征,主要为含量较高的石榴子石+锆石+电气石组合区;根据锆石与石榴子石的相对含量大小可确定2区分布界线,II区锆石百分含量大于石榴子石百分含量,且锆石含量大于50%,石榴子石百分含量一般小于40%;IV区石榴子石百分含量与锆石百分含量相当,或略高于锆石百分含量。从重矿物组合分区图上可以看出,I区与III区明显受单一的西南永康物源体系影响,而II区与IV区为两物源交汇区。受两物源的波及强度影响,造成重矿物含量上有一定差异,

II区受西南永康物源影响明显,锆石含量高,石榴子石含量相对较低,而IV区受南部长春—怀德物源体系影响明显,石榴子石含量高,锆石含量相对较低。

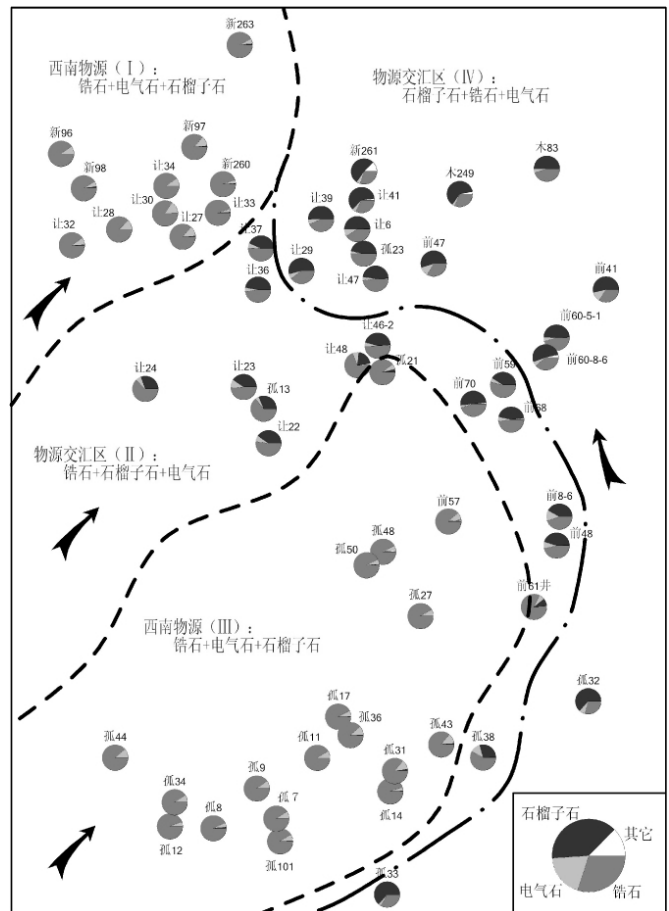


图2 扶新隆起带南部扶余油层重矿物组合分区图

Fig. 2 Distribution of heavy mineral assemblages of Fuyu oil layer in the southern Fuxin Uplift

1.2 扶余油层物源方向及影响范围的厘定

依据以上重矿物分布特征,并结合古构造背景、砂岩厚度及含量分布、砂岩组分分区和厚层砂体分布等特征,综合厘定了研究区的物源体系及各体系影响范围与界限。扶新隆起带南部扶余油层为西南永康物源体系和东南部长春—怀德物源体系的交汇区,其中I区与III区受单一西南永康物源体系末端水系控制,II区与IV区受西南永康物源体系和东南部长春—怀德物源体系双重控制。

永康沉积体系主要为冲积扇—辫状河—曲流河—三角洲沉积体系,其呈带状分布于永康→乾安→长岭→两井→新庙、扶余、肇源等地区。该体系至两井、扶余地区,由于地势平坦,河流逐渐开始出现改道、分支,形成了广布全区的以极为发育枝状河道为

骨架砂体的河控三角洲沉积,并在孤店附近出现了两个支流水域,其中一个支流水域经研究区西北隅(新263→新308→让43→新260→让33→让27→让14—线以西北)流向北北西方向的新庙地区,与通榆冲积扇—辫状河—曲流河—三角洲沉积体系在新庙地区汇合,共同形成了枝状河流三角洲沉积。另一个支流水域,经研究区西南部(让54→新254→新256→孤21→木63→前62→前64→前39→前61→孤3→孤43→孤33—线以西南)流向新民、朝阳沟、三肇及长春岭地区,并与东南长春—怀德辫状河—曲流河—三角洲沉积体系在研究区中部、东部及东北部附近汇合,共同形成了枝状的高能河流三角洲沉积。

2 扶余油层沉积特征

2.1 沉积相标志

2.1.1 岩石学特征

通过对22口取芯井的岩芯观察和1454块薄片的鉴定结果分析表明,该区扶余油层砂岩的碎屑成分主要为长石和岩屑,次为石英,砂岩类型主要为长石岩屑砂岩、岩屑长石砂岩及少量岩屑砂岩(图3)。稳定矿物含量较低,成分成熟度较低;岩石粒度分布范围比较宽,颗粒大小混杂,分选中等;磨圆度为次棱角—次圆,且以次棱角状为主,风化度多为浅—中等,结构成熟度中等,为典型的“悬移载荷”搬运;岩石类型包括中—细砂岩、粉砂岩、泥质粉砂岩、粉砂质泥岩、泥岩及过渡类型。

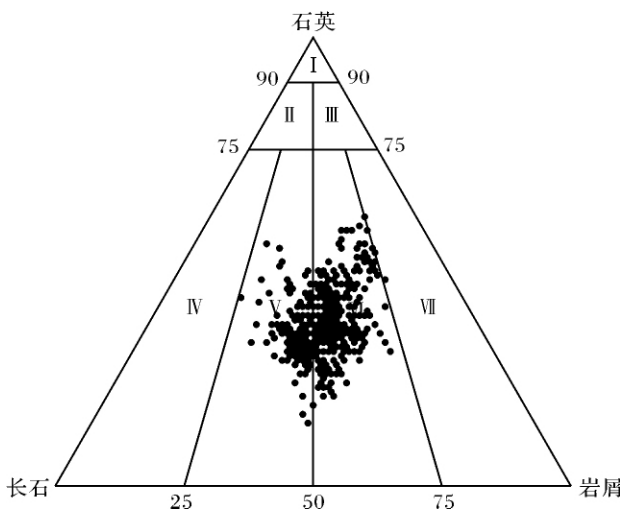


图3 扶新隆起带南部扶余油层砂岩类型图解

Fig.3 Diagram of reservoir sandstone type of Fuyu oil layer in the southern Fuxin Uplift

2.1.2 粒度分布特征

在岩芯观察的基础上,利用主要取芯井的粒度分析资料,对扶新隆起带南部扶余油层储层砂体的粒度分布特征进行了研究。结果表明,研究区储层岩性以细砂岩、粉砂岩为主,含少量中砂岩、细砾岩,对应 ϕ 值均大于2。扶余油层粒度概率曲线显示为典型两段式或三段式(图4),它们分别代表了以河流作用为主要沉积营力的三角洲分流平原亚相的分流河道沉积及以河湖共同作用的三角洲前缘水下分流河道和席状砂沉积。三角洲分流平原亚相的分流河道砂体分选较差,跳跃和悬浮组分各占一半左右,含少量滚动组分,反映为河道牵引流的沉积特征,同时表明当时水动力条件较强,粒度概率曲线主要为两段式,跳跃总体与悬浮总体之间截点在 $2.8 \sim 4.2\phi$ 之间,悬浮总体含量在多处处于30%~45%之间,跳跃总体含量在55%以上。三角洲前缘亚相的水下分流河道主要是中细粒沉积为主的跳跃组分,悬浮物质较少,约占25%,分选中等至好。席状砂粒度概率曲线为两段式,细粒组分约占68.4%,分选较好。

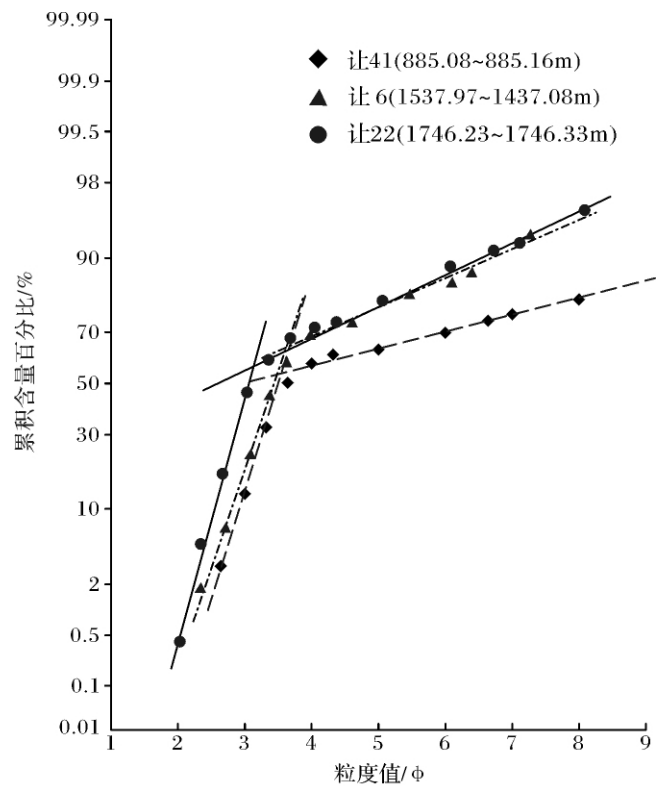


图4 扶新隆起带南部扶余油层粒度概率累计曲线图

Fig.4 Probability cumulative grain size curves of Fuyu oil layer in the southern Fuxin Uplift

2.1.3 沉积构造

通过22口取芯井精细岩芯观察描述,在扶余油层中可见大量植物根茎化石、结核、平行层理、大型单向斜层理、小型交错层理、水平(波状)层理、底冲刷构造及同生变形构造等典型沉积构造(图版I 1-8),为恢复其沉积环境提供了依据。扶余油层细一中砂岩中发育大量平行层理(或大型单向斜层理)及底冲刷构造,反映了较强的牵引流水动力机制;冲刷面之上可见灰绿色泥砾及灰白(或灰黑)色钙质结核砾石,其为强水动力条件下流水对垮塌的堤岸泥岩(或上游分流间泥岩中富集的钙质团块)强烈冲蚀、淘洗形成,具叠瓦状定向排列特征,指示高能量牵引流作用为主的水道沉积环境。小型交错层理的存在反映了波浪作用和流水共同作用的沉积环境,研究区内不甚发育,反映了研究区当时大部分区域受流水作用控制为主,波浪作用较弱,湖水较浅。水平(波状)层理常指示水动力较弱的稳定沉积环境,物质从悬浮物或溶液中沉淀而成;在研究区这种层理一般形成于水下分流间湾和前三三角洲亚相等沉积环境中,偶尔在废弃河道沉积的上部也可发现。区内同生变形构造主要包括揉皱构造和滑塌构造,多出现在扶余油层顶部,为快速水进作用下粉砂岩与泥岩快速堆积的有力指示。

2.1.4 岩石相及其组合

根据岩芯观察与岩性统计表明,扶新隆起带南部扶余油层储层砂体岩性变化较大,虽然以细砂岩、粉砂岩、泥质粉砂岩、粉砂质泥岩、泥岩为主,但砾岩、中粗砂岩含量也较高。结合岩石组构特征,可将研究区扶余油层划分为砾岩相(G)、砂岩相(S)、粉砂岩相(SS)、泥岩相(M)和煤(C)5种类型,进一步划为17种亚类型,具体特征及成因见表1。








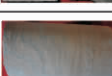




2.1.5 泥岩颜色

根据22口取芯井的泥岩颜色统计表明,本区以紫红色、灰紫色块状泥岩和灰绿色、灰色、黑灰色块状泥岩为主(图版I 9-12),含钙质和铁质结核,多井见钙姜石现象,表明当时所处环境蒸发作用强烈,常有成岩收缩擦痕,层理、生物化石均不发育,偶见有少量炭屑沿层零星分布,指示闭塞缺氧的分流间洼地沉积环境。垂向上,扶余油层泥岩颜色由下部紫红色转变为上部灰绿色的层位多集中在扶余油层SSC₁₂旋回和SSC₁₀旋回,与其上下相邻地层的泥岩多以灰绿—棕红色互层或杂色为主,为弱还原—弱氧化沉积环境频繁交互的反映。泥岩颜色从下到上的这种变化,反映出扶余油层沉积时期水体由浅至深过渡、气候由干旱

向潮湿转化、环境由氧化环境向还原环境变迁的过程。

表1 扶新隆起带南部扶余油层岩石相及其组合划分

Table 1 Lithofacies division of Fuyu oil layer in the southern Fuxin Uplift

岩石相类型	沉积特征	岩芯照片	成因解释	
砾岩相(G)	块状砾岩相(Gm)	细-粗砾岩,颗粒大小混杂呈定向排列		河道底部滞留沉积
	大型斜层理砾岩相(Gt)	极细-细砾岩槽状交错层理,颗粒定向排列		大型分流河道充填沉积
砂岩相(S)	块状砂岩相(Sms)	细-中砂岩,见韵律变化,多为钙质胶结		高流态/高浓度单向水流中沉积物快速堆积
	大型斜层理砂岩相(Sc)	细-中砂岩,板状交错层理,粒度均一		高流态单向水流作用造成砂丘迁移所形成
	平行层理砂岩相(Sp)	粉/细砂岩,粒度均一		高流态,水流浅、急条件下形成,垂向加积为主
	小型交错层理砂岩相(Ssc)	粉/细砂岩,粒度较均一		中低流态单向水流作用造成砂丘迁移形成
粉砂岩相(SS)	水平层理粉砂岩相(SSh)	粉砂岩/泥质粉砂岩,夹泥质条带		地形平缓条件,低流态单向水流作用产物
	变形构造粉砂岩相(SSrf)	粉砂岩/泥质粉砂岩,揉皱构造/滑塌构造		多形成于三角洲前缘水下滑塌变形环境
	块状层理粉砂岩相(SSh)	粒度均一,见泥质或钙质团块		高/中流态单向水流作用产物,水下分流河道
泥岩相(M)	块状泥岩相(Mm1)	紫红色/灰绿色/杂色,见砂质条带或钙质团块		形成于分流间等低能环境
	水平层理泥岩相(Mm2)	多为灰黑色/黑色,含介形虫化石		形成于深湖、半深湖等低能、静水还原环境
煤(C)	煤线、碳屑	植物干、根碎屑、薄层		形成于沼泽、分流间湾等沉积环境中

2.2 沉积微相构成及平面展布特征

根据22口井岩芯观察与大量测井资料的分析,表明扶新隆起带南部扶余油层为大型河控浅水三角洲沉积,其以三角洲分流平原和三角洲前缘2个亚相沉积为主,前三三角洲亚相不甚发育,仅在局部地区有见。微相类型主要有(水下)分流河道、溢岸砂、天然堤、决口扇、决口河道、河口坝、席状砂和(水下)分流河道间湾等(图5)。

在单井沉积微相精细分析与地层精细划分、对比的基础上,充分应用805口密开发井资料,编制了13个短期旋回层序的沉积微相图。研究表明,扶新隆起

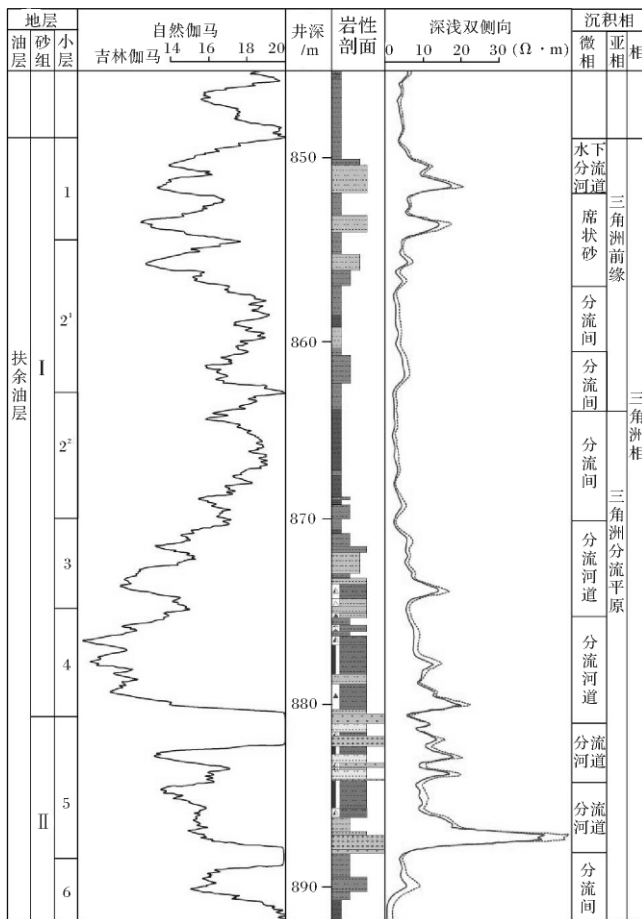


图5 扶新隆起带南部扶余油层取心井沉积微相分析图
(Q41井)

Fig. 5 Analysis on core sedimentary microfacies of Fuyu oil layer in the southern Fuxin Uplift(Well Q41)

带南部扶余油层各短期旋回层序内的骨架砂体均为大量、密集(平均分布密度1.13支/km)、窄带状(多200~600 m)、连续分布的(水下)分流河道砂体,总体呈南南西向展布,砂体连续且水下延伸较远,直至消失变成薄的席状砂(图6)。同时短期旋回层序平面沉积微相也详尽揭示了沉积体系的最小时间单元(小层及沉积时间单元)和平面上的最小相单元(微相)的平面分布,垂向上全部各最小时间单元的平面沉积微相则能够揭示相、亚相界线的顺源进退和主体水系横向迁移特征。由于研究区扶余油层沉积时期地形极为平坦,湖水微小的升降波动即可波及全区,这使区内相、亚相界线顺源进退现象表现的不甚明显,但水进、水退整体变化迅速,在上下层序单元中对于相、亚相界线顺源进退现象表现的十分明显。另外,最小相单元的垂向差异也可以反映水系的横向迁移特征。

2.3 沉积演化规律分析

扶新隆起带南部扶余油层在总体水进的背景下,主要经历了4个变化阶段(图6):扶余油层早期的缓慢水进阶段(MSC_1)、中期的快速水进阶段(MSC_2)、中后期的缓慢水进阶段(MSC_3)及末期的快速水进后略有水退阶段(MSC_4)。在这4个阶段的变化过程中,扶新隆起带南部大部分地区依次发育了高能河控浅水三角洲分流平原、低能河控浅水三角洲平原、河控浅水三角洲分流平原近岸沉积区及三角洲前缘—前三角洲沉积。

MSC_1 时期(大致对应于扶余油层IV砂组),扶新隆起带南部扶余油层在区域干旱气候条件影响下,受东南长春—怀德水系和西南保康水系的双重控制发育高能河控浅水三角洲分流平原亚相沉积,总体上正旋回特征明显,河流能量及携砂能力较强、规模大、垂向及平面切蚀能力强,携带大量的碎屑物质沉积下来,形成了大面积分布的分流河道砂体,底部冲刷突变面清晰,滞留沉积发育(主要表现为厚层灰绿色泥砾及少量粉砂砾定向排列),向上发育细砂岩、粉砂岩,发育交错层理和大型斜层理,分流间主要为紫红色泥岩,质纯、性脆,具贝壳状断口、擦痕等特征,反映弱—中等氧化环境,极少见灰绿色泥岩,表明该时期气候十分干旱,基本不存在分流间洼地等弱还原沉积环境。

MSC_2 时期(大致对应于扶余油层III砂组),扶新隆起带南部扶余油层仍处于干旱气候条件下,受东南长春—怀德水系和西南保康水系的双重控制发育高能→低能河控浅水三角洲分流平原亚相沉积。该阶段早期,河流较发育,河流能量及携砂能力较强、规模大、垂向及平面切蚀能力强,携带大量的碎屑物质沉积下来,形成了大面积分布的分流河道砂体。分流间以紫红色泥岩为主,反映干燥、弱—中等氧化环境。该阶段后期,河流的影响作用开始减弱,分流河道底部的泥砾明显减少、厚度变薄,钙质结核少见;分流间沉积局部开始出现灰绿色泥岩或杂色泥岩,反映分流间洼地等弱氧化—弱还原环境开始出现。

MSC_3 时期(大致对应于扶余油层II砂组),扶新隆起带南部扶余油层气候变得相对潮湿,受东南长春—怀德水系和西南保康水系的双重控制发育低能河控浅水三角洲分流平原亚相沉积。分流河道特征仍很明显且垂向相对发育,具单斜、交错层理及泥砾,具底部滞留沉积;以中—弱氧化为主、河水溢岸及改道有增、强限定河道特征发育;分流间主要为紫红色

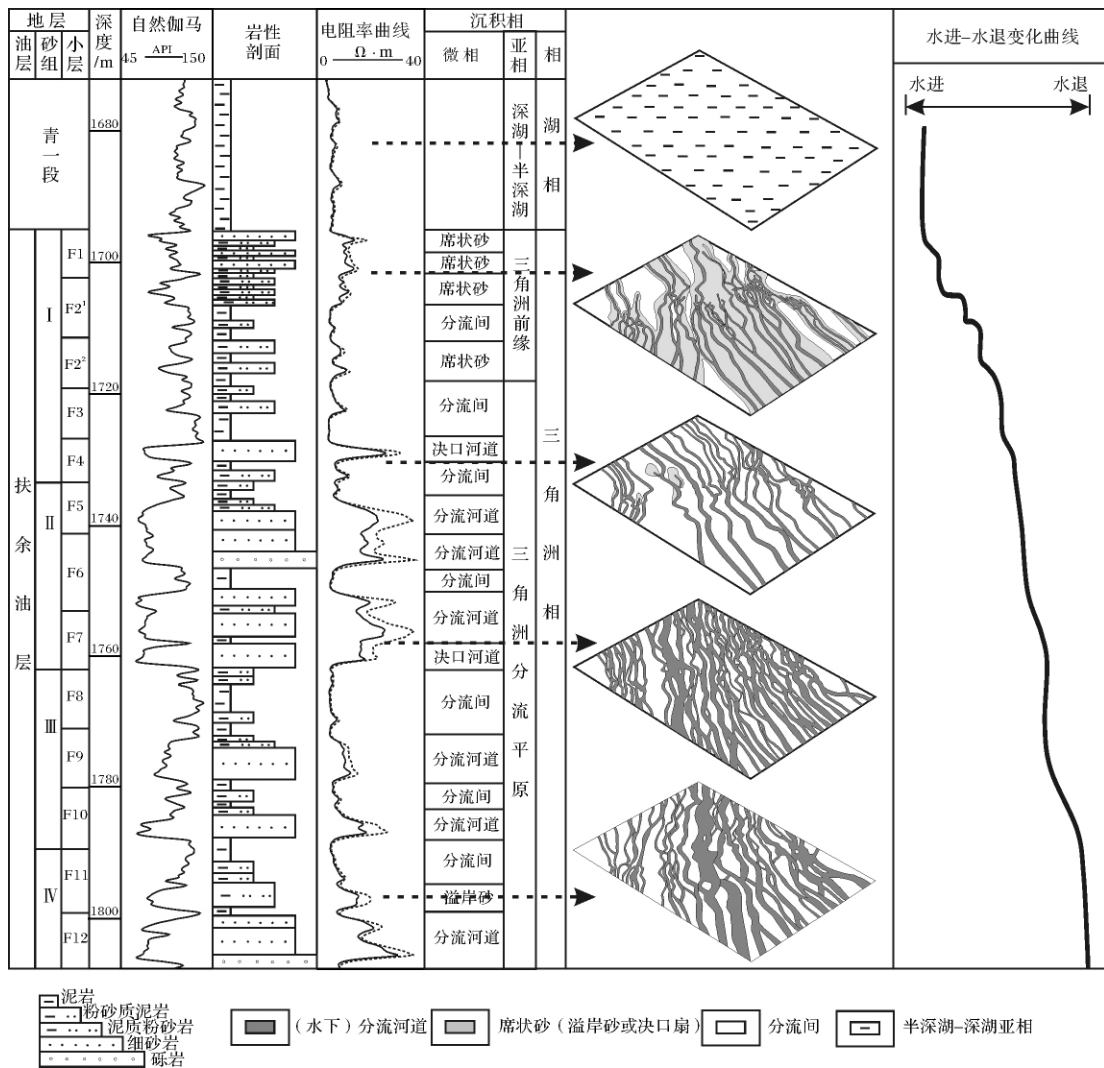


图 6 扶新隆起带南部扶余油层沉积演化图

Fig.6 Sedimentary evolution of Fuyu oil layer in the southern Fuxin Uplift

泥岩,质纯、性脆,具贝壳状断口、擦痕等特征,局部含钙砾,灰绿色泥岩开始增多,反映湖平面缓慢上升导致了地下水位不断升高,分流间洼地范围有所增大。

MSC₄时期(大致对应于扶余油层 I 砂组),扶新隆起带南部扶余油层气候条件变得潮湿,主要为受东南长春—怀德水系和西南保康水系的双重控制发育河控浅水三角洲分流平原亚相近岸区沉积、河控浅水三角洲前缘亚相沉积和前三三角洲亚相沉积。

该阶段早期,湖平面缓慢上升,区内主要为低能河控浅水三角洲分流平原亚相沉积,沉积特征与 MSC₃类似,在此不再赘述。该阶段中期,湖平面快速上升,区内主要为河控浅水三角洲分流平原亚相近岸沉积区,古地貌相对平缓、距物源远,具有陆上氧化环境和水下还原环境的双重特征。受气候条件影响,水

量供给随季节性差异较大,即使在洪泛期,浅水湖盆扩张很快,但仍不足以覆盖隆起带内的大部分地区,在洪泛期过后,大部分被水所淹的广阔平原及浅水地带暴露。分流河道特征较明显,限定性较强,且垂向相对发育(但较早、中期发育差),具单斜、交错层理及泥砾,底部滞留沉积明显变薄或消失。分流间以紫红色泥岩、灰绿色泥岩及杂色泥岩为主,反映明显的弱氧化与弱还原环境的交互特征,质纯、性脆,具贝壳状断口、擦痕等特征,局部含钙砾;少数质不纯,较致密、坚硬,局部含钙、黄铁矿等。该阶段晚期,湖平面上升速率减慢并略有下降,区内主要为河控浅水三角洲前缘亚相,水下分流河道微相相对发育,但其携带能力与冲刷能力明显减弱,底部泥砾含量极少或消失,由陆上明显起伏的冲刷面变为平直的岩性突变

面, 旋回幅度减小, 粒度变细, 一般以粉砂岩为主, 河道内薄夹层发育, 具微细水平层理与湖能层理; 水下分流间主要为灰绿色块状泥岩为主, 见揉皱构造, 反映明显的弱还原—还原沉积环境。该阶段末期, 湖平面快速上升, 沉积物供给迅速减少, 主要发育前三三角洲亚相沉积, 在青一段底部形成最大湖泛面, 沉积了厚度较大灰黑色水平层理泥(页)岩夹薄层菱铁矿层, 含黄铁矿粉末, 见介形虫及鱼碎片化石, 介形虫局部富集成层, 底部含粉砂质泥岩, 构成本区发育极好、广泛分布的烃源岩及区域盖层。

3 扶余油层河控浅水三角洲沉积模式

在深入认识扶新隆起带南部扶余油层的沉积背景、发育过程、沉积特征及沉积相类型的基础上, 采用“大区、层沉积背景 + 区域各短期旋回层序平面微相 + 开发区密井网精细解剖 + 沉积理论模式”综合研究方法, 建立了扶新隆起带南部扶余油层“双源”河控浅水三角洲沉积模式(图7): (1) 发育于盆地长轴, 源较远、流较长、坡较缓的背景下, 受西南永康物源体系末端水系和东南长春—怀德物源体系分支水系双重控制。(2) 亚相分区具多样性、渐变性, 各相带分异完善, 单砂体在空间上的分布具有随机性, 主要受古地形、古构造及古水流势能等因素控制。(3) 骨架砂体为大量、密集(平均分布密度 1.13 支/km)、窄带状(多 200~600 m)、连续分布的分流河道砂体, 总体呈南南西向展布, 砂体连续且水下延伸较远, 直

至消失变成薄的席状砂(河口坝沉积不甚发育), 形成多支“河控带状体”; 三角洲分流平原亚相沉积区主要受陆上限定性分流河道控制, 且以分流河道沉积为中心, 向两侧依次变为“分流河道→天然堤→决口扇、溢岸砂→分流间泥”的平面微相序列, 形成三角洲分流平原区“河控带状体”; 三角洲前缘亚相沉积区以水下分流河道为主, 每支水下分流河道构成了由中心向两侧及前方“水下分流河道→主体席状砂→席状砂→席状砂内缘(泥质粉砂岩)→席状砂外缘(粉砂质泥岩)→席状砂间(泥质沉积)”的平面微相序列, 形成三角洲前缘区“河控带状体”。(4) 以浅湖相为主的前三角洲沉积与三角洲前缘沉积并无明显界限, 受湖浪作用控制在三角洲前缘亚相的外前缘区形成浪控席状砂, 主要特征为: 多个席状砂呈顺岸垂源平行排列, 单一席状砂由中部向四周具有“席状砂(钙质粉砂岩)→席状砂内缘(含泥粉砂岩、泥质粉砂岩)→席状砂外缘(粉砂质泥岩)→席状砂间(泥质沉积)”的明显条带环状平面分布模式, 本区浪控席状砂不发育, 仅在扶余油层顶部短期旋回层序局部地区发育, 证明了本区扶余油层沉积时期河流作用为主导因素, 湖浪作用不明显, 为河控浅水三角洲沉积的典型特征。

该模式的建立进一步明确了扶新隆起带南部扶余油层的沉积体系范畴和类型, 同时揭示了“河控带状体”内部的能量相单元类型及其内平面能量相单元序列模式, 对扶新隆起带南部扶余油层储层空间分

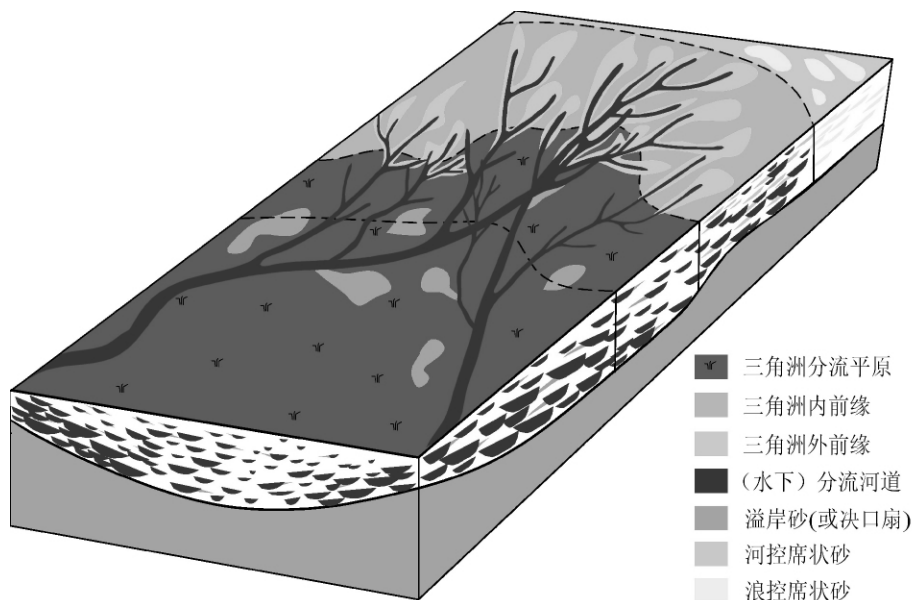


图7 扶新隆起带南部扶余油层沉积模式图

Fig. 7 Depositional model of Fuyu oil layer in the southern Fuxin Uplift

布模式建立、骨架单砂体识别及油田进一步挖潜与调整提供了坚实的地质依据。

4 结论

利用 18 口井的岩芯分析资料、1 595 个重矿物分析数据和近 800 口井的录井、测井等资料,系统分析了扶新隆起带南部扶余油层的沉积特征和沉积模式,主要取得如下认识:

(1) 扶新隆起带南部扶余油层为西南保康物源体系和东南部长春—怀德物源体系的交汇区,其中 I 区与 III 区受单一西南保康物源体系末端水系控制,II 区与 IV 区受西南保康物源体系和东南部长春—怀德物源体系双重控制。

(2) 扶余油层沉积时期是西南保康物源和东南部长春—怀德物源共同作用下形成的枝状高能河控三角洲沉积体系,该三角洲体系骨架砂体为大量、密集、窄带状、连续分布的分流河道砂体,总体呈南南西向展布,砂体连续且水下延伸较远,直至消失变成薄的席状砂,形成多支“河控带状体”。

(3) 扶余油层的“双源”河控浅水三角洲沉积模式为:①三角洲分流平原亚相沉积区以陆上限定性河道沉积为中心,向两侧依次变为:分流河道→天然堤→决口扇、溢岸砂→分流间泥,形成三角洲分流平原区“河控带状体”;②三角洲前缘亚相沉积区以水下分流河道为主,由中心向两侧及前方形成“水下分流河道→主体席状砂→席状砂→席状砂内缘→席状砂外缘→席状砂间”的平面微相序列,形成三角洲前缘区“河控带状体”;③前三角洲沉积与三角洲前缘沉积并无明显界限,受湖浪作用控制在三角洲前缘亚相的外前缘区形成浪控席状砂,多个席状砂呈顺岸、垂源平行排列,单一席状砂由中部向四周具有“席状砂→席状砂内缘→席状砂外缘→席状砂间”的明显条带环状平面分布模式。

参考文献 (References)

- 1 孙雨,马世忠,张大智,等. 源外岩性类油藏区油气聚集特征及其主控因素分析——以松辽盆地扶新隆起带南部扶余油层为例[J]. 地质论评, 2010, 55(5): 693-700 [Sun Yu, Ma Shizhong, Zhang Dazhi, et al. The analysis of hydrocarbon accumulation characteristics and its main controlling factors in lithologic reservoirs area outside oil source area: example of Fuyu oil layer in the southern Fuxin uplift of Songliao Basin[J]. Geological Review, 2010, 55(5): 693-700]
- 2 张永旺,曾渊辉,邓宏文,等. 松南海坨子—大布苏地区泉四段—姚家组层序地层研究[J]. 沉积学报, 2008, 26(5): 737-743 [Zhang Yongwang, Zeng Jianhui, Deng Hongwen, et al. Study on sequence stratigraphy in Member 4 of Quantou Formation to Yaojia Formation of Haituozhi-Dabusu area in the southern Songliao Basin[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2008, 26(5): 737-743]
- 3 邹才能,陶士振,谷志东. 陆相拗陷盆地层序地层格架下岩性地层圈闭/油藏类型与分布规律——以松辽盆地白垩系泉头组—嫩江组为例[J]. 地质科学, 2006, 41(4): 711-719 [Zou Caineng, Tao Shizhen, Gu Zhidong. Types and distributions of litho-stratigraphic traps/reservoirs in sequence stratigraphic framework in continental depression basin: An example from the Cretaceous in the Songliao Basin[J]. Chinese Journal of Geology, 2006, 41(4): 711-719]
- 4 陈少军,董清水,宋立忠,等. 松辽盆地南部泉四段沉积体系再认识[J]. 大庆石油地质与开发, 2006, 25(6): 4-8 [Chen Shaojun, Dong Qingshui, Song Lizhong, et al. Recognition of sedimentary system of member 4 of Quantou formation in south Songliao Basin[J]. Petroleum Geology & Oilfield Development in Daqing, 2006, 25(6): 4-8]
- 5 王永春. 松辽盆地南部岩性油藏的形成和分布[M]. 北京: 石油工业出版社, 2001: 131-138 [Wang Yongchun. Forming Conditions and Distribution of the Cretaceous Stratigraphic Lithologic Reservoirs in the Southern Songliao Basin[J]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2001: 131-138]
- 6 张庆国,鲍志东,那末红,等. 松辽盆地中央拗陷南部白垩统泉头组四段沉积相[J]. 古地理学报, 2007, 9(3): 267-276 [Zhang Qingguo, Bao Zhidong, Na Weihong, et al. Sedimentary facies of the member 4 of Quantou Formation of lower Cretaceous in southern central Depression of Songliao Basin[J]. Journal of Palaeogeography, 2007, 9(3): 267-276]
- 7 梁昌国,王志章,林承焰,等. 松辽盆地扶余油田白垩系泉四段沉积微相研究[J]. 西南石油大学学报: 自然科学版, 2008, 30(2): 69-73 [Liang Changguo, Wang Zhizhang, Lin Chengyan, et al. Sedimentary microfacies of the Member 4 of Quantou Formation of Cretaceous in Fuyu oilfield, Songliao Basin[J]. Journal of Southwest Petroleum University: Science & Technology Edition, 2008, 30(2): 69-73]
- 8 胡明毅,马艳荣,刘仙晴,等. 大型拗陷型湖盆浅水三角洲沉积特征及沉积相模式——以松辽盆地茂兴—敖南地区泉四段为例[J]. 石油天然气学报: 江汉石油学院学报, 2009, 31(3): 13-17 [Hu Mingyi, Ma Yanrong, Liu Xianqing, et al. Sedimentary characteristics and mode of shallow delta in large scale down wrap lacustrine basin: taking the member 4 of Quantou Formation in Maoxing and Aonan region in Songliao Basin for example[J]. Journal of Oil and Gas Technology, 2009, 31(3): 13-17]
- 9 熊福生,史调,孙永梅,等. 松辽盆地两井孤店地区泉头组四段沉积微相研究[J]. 北京大学学报: 自然科学版, 2008, 44(2): 185-192 [Xiong Fusheng, Shi Ge, Sun Yongmei, et al. Research on sedimentary microfacies of the Member 4 of Quantou Formation in Liangjing-Gudian area of Songliao Basin[J]. Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Pekinensis, 2008, 44(2): 185-192]
- 10 马涛. 陆相大型拗陷盆地干旱气候条件下河流三角洲沉积体系分析——以松辽盆地南部扶新隆起带泉四段为例[D]. 北京: 中国

- 地质大学, 2006: 16-55 [Ma Tao. The fluvial-delta sedimentary system analysis of the large scale nonmarine depression basin in arid climate [D]. Beijing: China University of Geosciences, 2006: 16-55]
- 11 胡学智, 鲍志东, 那末红, 等. 松辽盆地南部扶余油田泉头组四段沉积相研究[J]. 石油与天然气地质, 2008, 29(3): 334-341 [Hu Xuezhi, Bao Zhidong, Na Weihong, *et al.* Sedimentary facies of the Member 4 of Quantou Formation in Fuyu oilfield, the South Songliao Basin [J]. Oil & Gas Geology, 2008, 29(3): 334-341]
- 12 李明, 赵一民, 刘晓, 等. 松辽盆地南部长岭凹陷油气富集区分布特征[J]. 石油勘探与开发, 2009, 36(4): 413-418 [Li Ming, Zhao Yimin, Liu Xiao, *et al.* Distribution of petroleum enriched areas, Changling Sag, southern Songliao Basin [J]. Petroleum Exploration & Development, 2009, 36(4): 413-418]
- 13 沈武显, 樊太亮, 宫雪, 等. 松南长岭地区沉积层序演化与成藏要素特征研究[J]. 沉积学报, 2011, 29(2): 277-285 [Shen Wuxian, Fan Tai liang, Gong Xue, *et al.* Sedimentary sequence evolution and reservoir characteristics in the Changling area, Songliao Basin [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2011, 29(2): 277-285]

Study on Depositional Characteristics and Model of Fuyu Oil Layer in the Southern Fuxin Uplift of Songliao Basin

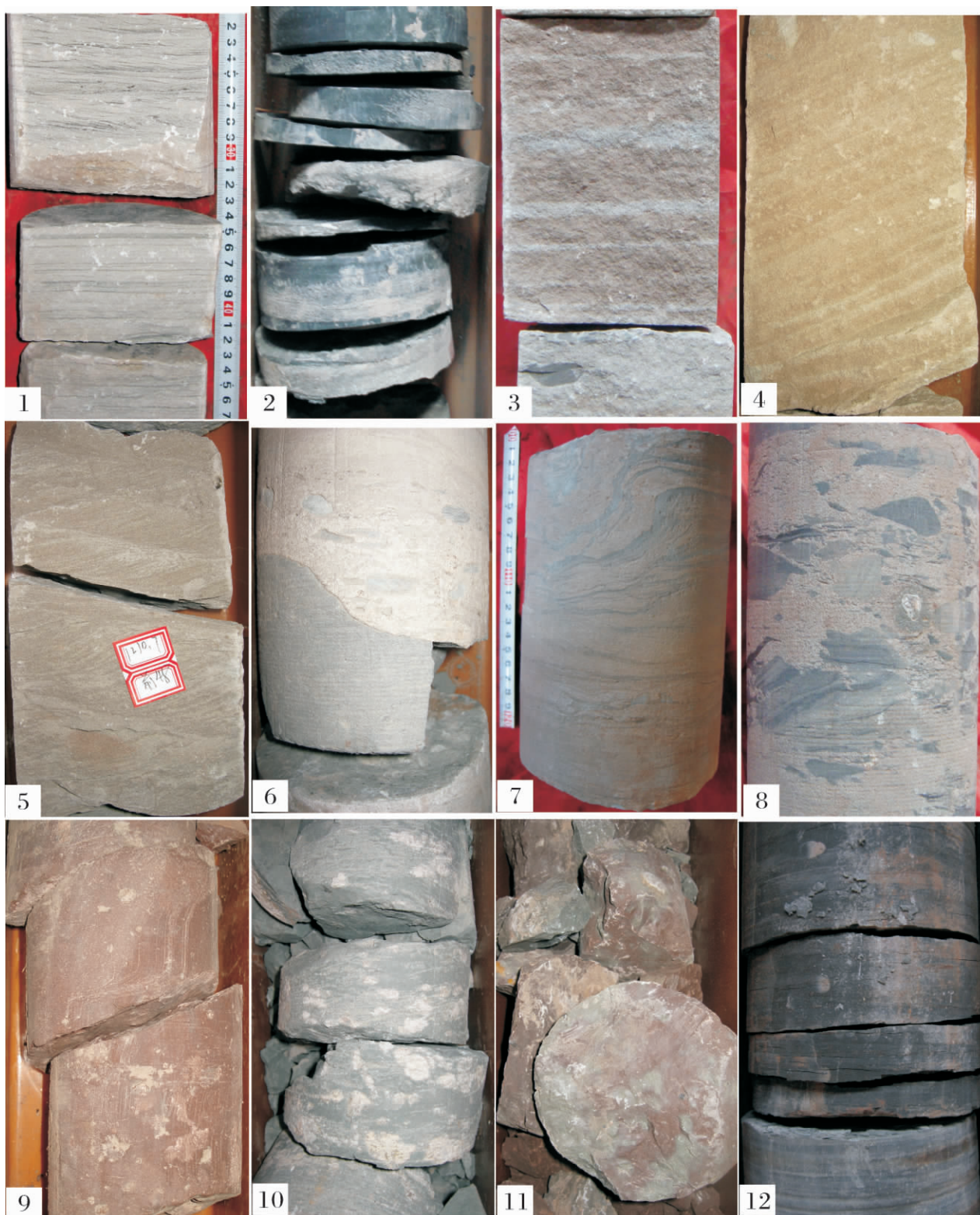
SUN Yu¹ MA Shi-zhong¹ CONG Lin¹
ZHAO Hui² YU Li-min² FU Xian-di¹

(1. College of Geosciences, Northeast Petroleum University, Daqing, Heilongjiang 163318;

2. Exploration and Development Institute of Jilin Oilfield Company Ltd., CNPC, Songyuan, Jilin 138001)

Abstract: It is the most important area of exploration in the southern Fuxin uplift of Songliao Basin in recent years, and its major oil producing zone is Fuyu oil layer in the 4th Member, Quantou Formation. Currently, it is still large differences on depositional system and sedimentary facies and depositional characteristics in understanding of Fuyu oil layer, and understanding of the differences restricted the pace of exploration and development of oil and gas. Therefore, it is urgently needed to study on depositional characteristics and model. It can be the next steps for this area to provide the basis for exploration and development of oil and gas. Based on 18 well cores, 1595 heavy mineral data and logging data of nearly 800 well, depositional characteristics and models of Fuyu oil layer in the southern Fuxin uplift was analyzed. It is realized that the southern Fuxin uplift is a intersections area of the two sources, the southwest Baokang and the southeast Changchun-Haide in the period of Fuyu oil layer. I area and III area are controlled by the southwest Baokang Sources. II area and IV area are mainly controlled by the two sources, the southwest Baokang and the southeast Changchun-Haide. Branched high-energy shallow lacustrine fluvial-dominated delta of Fuyu oil layer in the southern Fuxin uplift are mainly controlled by the two sources, the southwest Baokang and the southeast Changchun-Haide. As SSW distribution submerged distributary channel sandbodies as sand body framework of this delta system is abundant, closely and narrow. It is continual than original understanding and it extends to the far underwater, until disappearing into thin sheet sands. And many fluvial-dominated bandings are formed. Based on understanding of sedimentary background and depositional characteristics and sedimentary facies types of Fuyu oil layer in the southern Fuxin uplift, depositional model of "double source" shallow lacustrine fluvial-dominated delta is established: (1) Continental restrictive distributary channel is the center of the delta distributary plain subfacies. and fluvial-dominated banding is formed, which is planar sedimentary microfacies sequences of distributary channel → levees → crevasse splay, overbank sand → interdistributary estuary. (2) Underwater distributary channels are main in the delta front. and fluvial-dominated banding is formed, which is planar sedimentary microfacies sequences of underwater distributary channel → sheet sand → inner margin of sheet sand → outer margin of sheet sand → underwater interdistributary. (3) It is no significant demarcation between delta front and predelta. tide-dominated sheet sand was formed in the shallow lacustrine fluvial-dominated delta outer front, which is mainly controlled by wave in lakes. Multiple sheet sands show parallel venation of vertical sources. Single sheet sand is banding and ringlike planar distributing model of sheet sand → inner margin of sheet sand → outer margin of sheet sand → underwater interdistributary from central to around.

Key words: depositional characteristics; depositional model; shallow lacustrine fluvial-dominated delta; Fuyu oil layer; Songliao Basin



图版 I 说明: 1. 水平波状层理粉砂岩, 让6井, 1 528.19 m; 2. 水平层理泥岩, 让22井, 1 689.02 m; 3. 平行层理细砂岩, 让29井, 1 595.06 m; 4. 大型斜层理细砂岩, 前41井, 1 875.78 m; 5. 小型板状交错层理粉砂岩, 前48井, 1 210.70 m; 6. 冲刷面及砾石定向排列, 前48井, 1 213.13 m; 7. 揉皱构造, 前41井, 1 852.27 m; 8. 滑塌构造, 让29井, 1 594.59 m; 9. 紫红色块状泥岩, 让30井, 1 440.51 m; 10. 灰绿色块状泥岩, 木249井, 1 204.34 m; 11. 杂色泥岩, 让24井, 1 828.04 m; 12. 灰黑色泥岩, 让22井, 1 694.62 m