

doi:10.3799/dqkx.2011.115

松南西斜坡三角洲前缘—滑塌浊积岩沉积相及展布规律

郭佳, 邓宏文, 王红亮

中国地质大学能源学院, 北京 100083

摘要: 为厘清坳陷湖盆缓坡背景下形成的浊积体的沉积特征及分布规律, 选取松南西斜坡缓坡带晚白垩世青一二段发育的滑塌浊积体作为研究对象, 根据岩心和钻测井资料, 并结合地震解释, 对其沉积相及展布规律进行了研究. 该区主要发育三角洲前缘—滑塌浊积岩体系, 作为油气储层的滑塌浊积岩可以识别出浊积水道、浊积舌状体、浊积席状砂 3 种微相类型; 在沉积相对比与平面展布特征分析的基础上建立了坳陷湖盆缓坡带浊积体沉积发育模式, 认为研究区发育的浊积岩主要为线物源、砂泥质浊积岩沉积模式; 与断陷盆地发育的三角洲前缘滑塌浊积岩相比, 由于大型坳陷盆地缓坡带断裂作用弱, 构造坡折带坡度小, 三角洲前缘沉积物再搬运作用相对较弱, 浊积岩规模相对较小、粒度较细. 此外, 与断陷盆地不同, 坳陷湖盆内滑塌浊积岩主要发育于三级旋回(层序)基准面上升期, 在四级旋回内浊积岩的富集也与湖侵作用密切相关.

关键词: 松南西斜坡; 缓坡带; 坳陷盆地; 滑塌浊积岩; 沉积相; 沉积模式; 沉积作用.

中图分类号: TE121

文章编号: 1000-2383(2011)06-1095-10

收稿日期: 2011-03-18

Sedimentary Facies and Distribution of Delta Front-Fluxoturbidite in the Western Slope of South Songliao Basin

GUO Jia, DENG Hong-wen, WANG Hong-liang

School of Energy Resources, China University of Geosciences, Beijing 100083, China

Abstract: In order to understand the sedimentary characteristics and distribution of the turbidites developed at the gentle slope of depression basins, the upper Cretaceous Qing1&2 members at the western slope of South Songliao basin is chosen as the research object. Its sedimentary facies and distribution are studied by investigating the cores, logging data and seismic interpretation. This area mainly developed delta front-fluxoturbidite system, and the fluxoturbidites in the study area which are the oil and gas reservoir can be divided into the following three micro-facies: turbidite channel, turbidite lobe and turbidite sheet sand. Based on the sedimentary facies correlation and distribution analysis, the depositional model of the fluxoturbidites developed on the gentle slope of depression basins was built, which is the linear-source mud/sand turbidites model. Compared with rift basins, the scale of fluxoturbidites developed in depression basins is relatively smaller and the grain size of it is finer because the fault activity of gentle slope in depression basin is very weak and its slope with lower angle. Furthermore, different from the rift basin, fluxoturbidites in depression basin mainly developed in the base level rise phase of 3rd sequence and its accumulation is also closely related to the transgression in the 4th sequence.

Key words: the western slope of South Songliao basin; gentle slope; depression basin; fluxoturbidite; sedimentary facies; depositional model; sedimentation.

自 1871 年在英格兰北部发现了具有浊积体储层的 Bradford 油田以来, 以浊积砂体作为油气储层的油田在世界各地陆续被发现(Heezen and Ewing, 1952). 我国陆相含油气盆地, 如松辽盆地、渤海湾盆地新生界也先后发现了与重力流成因砂体有关的油

气藏, 在全球最大的 25 个含有浊流沉积储层的巨型油田中, 中国占有 3 个, 分别是 1962 年发现的胜利油田、1968 年发现的孤岛油田以及 1975 年发现的中原油田, 它们均属于湖相浊流沉积(Weimer and Link, 1991).

基金项目: 国家“十一·五”重大专项(No. 2009ZX05009-002).

作者简介: 郭佳(1984-), 女, 博士研究生, 主要研究方向为含油气盆地沉积学. E-mail:myspace_8423@163.com

在世界范围的沉积盆地中,浊流沉积体系作为一种重要的油气储集体系可以形成于任何构造背景下,包括断陷盆地、大陆裂谷盆地、边缘裂陷槽(孙枢等,1981)或坳拉谷、弧前盆地、弧后边缘海盆地、大洋海山边坡、深大洋盆地和大陆边缘引张盆地、优地槽和冒地槽等(孙枢和李继亮,1984).对陆相盆地而言,前人研究多集中在断陷湖盆坡折带背景下形成的浊积体(林畅松等,2000;李思田等,2002),对坳陷湖盆缓坡背景下形成的浊积体研究还有待深入.松辽盆地作为一个大型的坳陷湖盆,在松南西斜坡缓坡前缘上白垩统青山口组浊积成因的岩性圈闭中部分井已获工业性油气流,展示了良好的勘探前景.因此,在该区开展沉积相与浊积储层分布研究,对于认识坳陷盆地缓坡带岩性圈闭成因类型与分布规律具有重要意义.

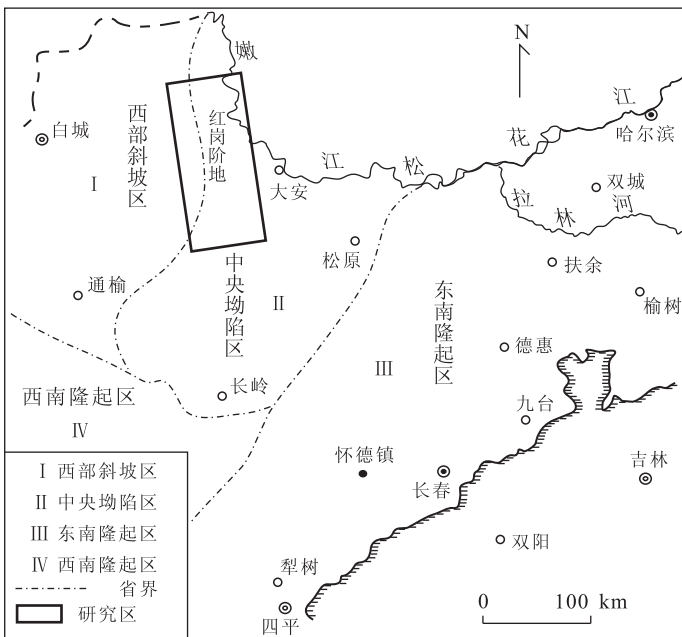
1 地质背景

松辽盆地是位于我国东北部的大型中-新生代陆相含油气盆地,其演化分为断裂期前热拱期、断陷期、断坳期、坳陷期、萎缩隆褶期和弱伸展凹凸期 6 个演化阶段.青山口组沉积时期,松辽盆地总体处于坳陷湖盆阶段,与其下伏地层泉头组为整合接触,与上覆地层姚家组为平行不整合接触(吉林油田石油地质志编辑委员会,1993).

研究区位于松南西斜坡红岗阶地北部的红岗一大安、月亮泡-英台地区,面积约为 3 000 km²,其西侧为斜坡区,东侧为中央坳陷区,为典型的坡折带(图 1).目的层为青山口组的青一段、青二段.该时期西斜坡主要以西北和西南 2 个物源沉积体系为主(辛仁臣和王英民,2004),研究区西部发育三角洲前缘砂体.向湖盆方向岩相、岩性变化较大,岩性主要为灰绿色泥岩、含钙泥质粉砂岩、粉砂质泥岩,东部湖盆中心区为半深湖相油页岩、泥岩夹滑塌浊积岩沉积.

2 沉积相类型

由于松南西斜坡青一二段砂岩厚度薄、粒度细,而且形成于缓坡背景,对其沉积成因类型的认识一直存在着争议,主要集中在砂体成因是三角洲前缘-浊积岩体系还是滩坝沉积体系.邹才能等(2004)、杨会东等(2005)以及王颖(2005)普遍认为松南西部斜坡带上斜坡区在青一二时期为三角洲前缘沉积.本文在前人研究的基础上,对该地区沉积相类型与分布特征进行了分析,认为其岩心、测井以及地震反射特征均表明在西斜坡上部主要为细粒的三角洲前缘沉积,而斜坡下部主要为半深湖与滑塌浊积岩沉积.由于篇幅所限,本文略去了对研究区三角洲前缘沉积特点的介绍,仅着重阐述有利储层滑塌



系、统	地层(组)	段	年代(Ma)	地震反射层	沉积相	油层组	
第四系	第四系	Q	2.0	T ₀ ¹	河流相		
新近系	泰康组	Nt	6.0		河流相		
	大安组	Nd	25.0		冲积扇		
古近系	依安组	Ey	65.0		湖相		
白垩系	上白垩统	明水组	K _{2m} ¹ K _{2m} ¹	67.7		湖相	
		四方台组	K _{2s}	73.0	T ₀ ³		
			K _{2n} ¹ K _{2n} ² K _{2n} ³	77.4	T ₀ ⁴ T ₀ ⁵ T ₀ ⁶	河流相	黑帝庙
		姚家组	K _{2y} ²⁺³ K _{2y} ¹	84.0 88.5	T ₁ ¹ T ₁ ²	湖相 河流相	萨尔特图 葡萄花
			青山口组	K _{2aq} ¹ K _{2aq} ² K _{2aq} ³	100.0	T ₂	湖相
	下白垩统	泉头组	K _{1q} ¹ K _{1q} ² K _{1q} ³	113.0 116.0	T ₂ ¹ T ₂ ² T ₂ ³	河流相	扶余 杨大城子
			K _{1d}	125.0	T ₄	河流相	
			K _{1yc}	131.0	T ₄ ¹ (T ₃ ¹)	冲积扇	
		沙河组	K _{1sh}	144.0	(T ₃ ¹)	扇三角洲 湖相	
	上侏罗统	火石岭组	J _{3hs}	156.0	T ₅	火山岩	
基底		C-P		T _g			

图 1 研究区位置及地层(据吉林油田,2008 修改,未发表)

Fig. 1 Study area and strata

浊积岩的岩相特点和沉积微相类型.

2.1 岩相类型

根据岩心观察描述,斜坡下部青一二段的岩相类型主要包括:变形层理泥质粉砂岩相,砂泥薄互层相,块状层理粉砂岩相,平行层理粉砂岩相,块状泥砾岩相以及深灰色泥岩相(表 1). 液化作用形成的负荷模、枕状构造发育,并见鲍马序列(图 2).

上述岩相类型表明青一二段沉积时期,沉积物粒度较细、水动力条件相对较弱;砂岩以块状层理为主,未见明显的交错层理,且变形层理十分发育,这些特点都是重力流沉积的典型特征,表明该时期在斜坡下部发育重力流成因的滑塌浊积岩沉积(吴崇筠和薛叔浩,1989).

2.2 沉积微相类型

滑塌浊积岩指三角洲前缘的沉积物在构造活动、湖浪作用等外力的诱发下,发生滑塌再搬运,在三角洲前端形成的规模较大的扇形堆积体(饶孟余等,2004). 其沉积物形成机制以重力流为主,多表现为低密度浊流的沉积特征. 滑塌浊积岩沉积多夹于较深湖相的深灰色湖相泥岩中,与泥岩呈突变接触. 研究区青一二段的浊积体主要由浊积水道、浊积舌状体和浊积席状砂 3 部分组成.

(1)浊积水道:单层厚度一般为 2~5 m,顶底与泥岩突变接触;沉积物粒度稍粗,一般由细砂岩、粉细砂岩、粉砂岩、泥质粉砂岩组成,底部偶见块状泥砾岩,多呈正韵律;沉积构造多发育块状层理、变形

表 1 青一二段浊积岩岩相划分

Table 1 Classification of turbidite lithofacies in Qing 1&2 members

代码	岩相名称	成因解释	发育特征
Mm	块状(粉砂质)泥岩相	垂向加积作用	普遍
Fd	变形层理(泥质)粉砂岩相	液化变形作用	普遍
Fr	波状层理(泥质)粉砂岩相	单向水流为主,缓速沉积	普遍
Fm	块状层理粉砂岩相	快速堆积,浊流水道沉积	局部
MI	水平层理粉砂质泥岩相	水动力条件很弱,舌状体远缘沉积或半深湖沉积	局部
Gm	块状泥砾岩相	浊积水道底部冲刷滞留沉积	局部
Fh	平行层理粉砂岩相	高流态,浊积水道的底部或舌状体的中部和下部	少

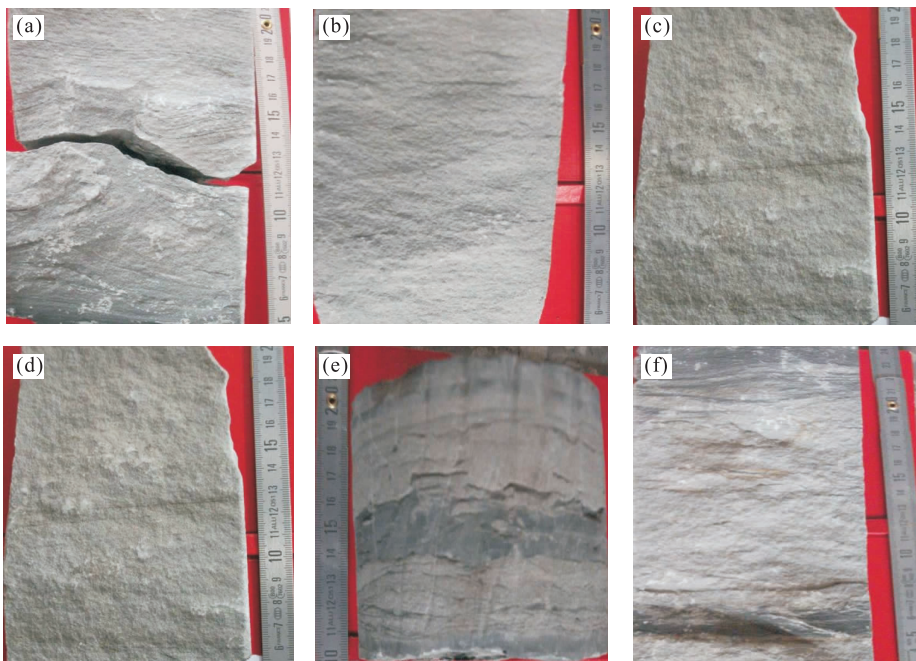


图 2 滑塌浊积岩典型的沉积构造

Fig. 2 Typical depositional structures of fluxoturbidites

a. 变形层理泥质粉砂岩(大 61 井 1953.1 m); b. 波状层理泥质粉砂岩(海 56 井 1798.17 m); c. 平行层理粉砂岩(大 57 井 1786.7 m); d. 负荷模(大 60 井 1849.1 m); e. 枕状构造(大 57 井 1781.7 m); f. 鲍马序列 CE 段(大 57 井 1785.2 m)

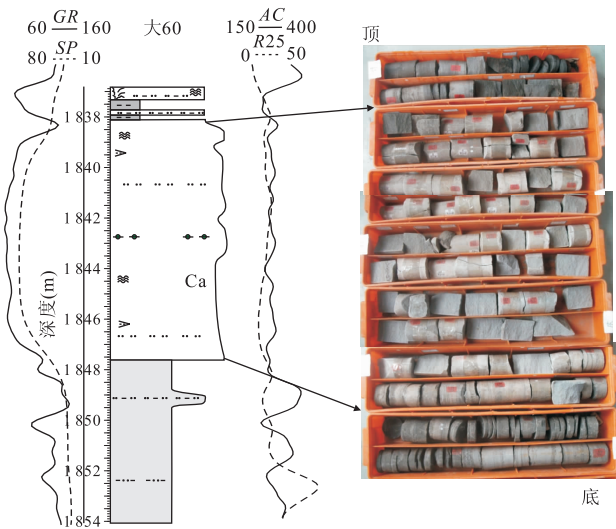


图 3 大 60 井浊积水道岩心、测井特征

Fig. 3 Core and logging characteristics of turbidite channel in Da60

层理(图 2a)、局部见波状层理及泥岩撕裂片、负荷模(图 2d)、枕状构造(图 2e)、液化构造等,偶见平行层理(图 2c);由于为三角洲前缘的滑塌再搬运,砂体可以为分选较好的块状砂岩(图 3);粒度概率累积曲线呈 2 段式,与三角洲前缘分流河道相比,悬浮总体所占比例明显偏大,一般为 30%~40%左右,斜率低,呈现较明显的浊积特征(图 4);电测曲线表现为钟形或块状箱形特征。

浊积水道沉积是在一定外界触发条件(如地震作用)或自身重力作用(如压实沉陷成因)下,来自陆源三角洲前缘斜坡带的砂体不断堆积,沿着一条主沟道(水动力较强)或多条沟道(水动力较弱)向湖盆或海盆中心移动(Gardner and Borer, 2000),形成

的条带状浊积岩沉积,剖面上表现为凹槽状、条带状,在震害横剖面上表现为顶平底凸的透镜状(孙家振和李兰斌,2002)。

(2)浊积舌状体:厚度小于浊积水道,顶底均呈渐变;岩性多为细砂岩、粉砂岩、粉细砂岩和泥质粉砂岩,中间粒度粗,向两端粒度递减;沉积构造以块状层理、变形层理、枕状构造、负荷模、液化构造等为主,可见鲍马序列(图 2f);电测曲线特征表现为钟形或对称的舌形。

浊积舌状体沉积是陆源三角洲前缘斜坡带的砂体沿着一条主沟道(水动力较强)或多条沟道(水动力较弱)向湖盆或海盆中心移动,在斜坡下方形成的朵叶体,其上部往往发育多条小规模浊流水道。当低密度流向斜坡下部滑塌时,中间流体的流速较高,所携带的沉积物粒度较两端粗,顶底与泥岩均呈渐变接触(图 5)。

(3)浊积席状砂:单层厚度较薄,一般小于 1 m,纵向上表现为多期叠置现象,旋回性不明显;粒度较细,岩性多为粉砂岩、泥质粉砂岩,并向泥岩过渡;沉积构造主要有变形层理、波状层理(图 2b)及砂泥搅混构造;电测曲线为薄层指状特征。

浊积席状砂是来自三角洲前缘斜坡带的砂体在波浪簸箕作用下,在其前端附近形成砂泥混合(液化现象)沉积,或由于压实沉陷作用而在浊积水道远端形成的舌状、席状或椭圆状细粒砂泥质混合沉积,此种沉积往往粒度较细,厚度较薄,展布面积较广(Chapin *et al.*, 1994)。与滨浅湖滩砂不同,泥质含量更高,发育在浊积水道间或远缘。

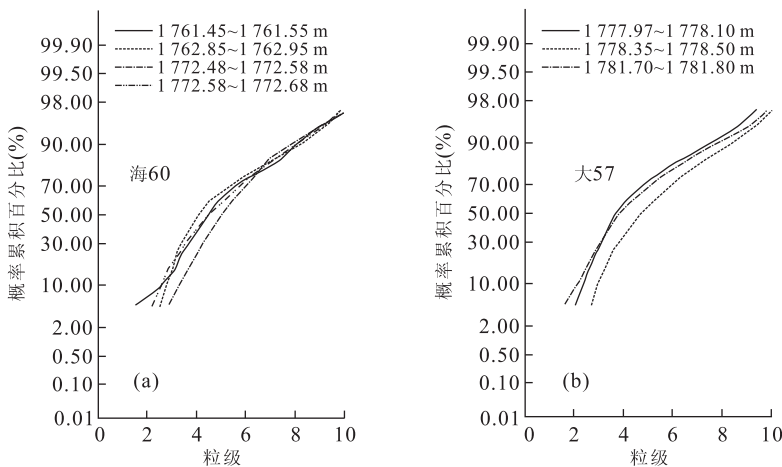


图 4 滑塌浊积岩概率累积曲线特征

Fig. 4 Probability cumulative curves of fluxoturbidites

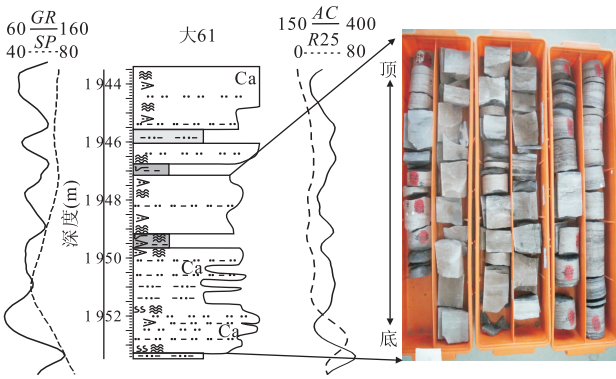


图 5 大 61 井浊积舌状体与浊积席状砂岩心、测井特征
 Fig. 5 Core and logging characteristics of turbidite lobe and turbidite sheet sand in Da61

3 沉积相展布规律及沉积发育模式

研究区青一二段作为一个完整的三级层序(长期旋回),由 3 个四级层序(中期旋回)组成,即青一二上、青一二中和青一二下层序.滑塌浊积岩主要出现在青一二中基准面上升半旋回内,下降半旋回未见浊积体发育.在沉积相类型的确定以及层序地层格架建立的基础上,进行连井剖面沉积相分析和平面相分析,认识沉积相与沉积体系发育分布规律,进一步认识层序格架内浊积成因的储集砂体发育特征.

3.1 三角洲前缘—滑塌浊积岩剖面相分析

从平行物源方向的剖面上看,斜坡上部辫状三角洲前缘发育,三角洲的进积与退积旋回明显,斜坡下部主要为半深湖泥质沉积夹滑塌浊积岩.如红 66—大 46 井区,砂体较为发育,主要为辫状河三角洲前缘的河口坝、席状砂以及水下分流河道沉积;斜坡下部大 55 井主要为半深湖泥质沉积夹滑塌浊积岩.

总体上看,青一二下、青一二中旋回三角洲向湖盆方向延伸较远,青一二上旋回整体处于湖侵背景,三角洲向后退缩.垂向上,红 66—大 46 井区在青一二中旋回上升期发育两期水下分流河道沉积;位于半深湖区的大 55 井,在青一二下、青一二中旋回基准面上升期,由于湖面快速上升,斜坡上部三角洲前缘沉积物在波浪簸箕作用下,搬运到斜坡下部形成滑塌浊积岩(图 6).

通过剖面相分析可以看出,青一二段各中期旋回内,基准面上升期,坡折带之上的沉积物被冲刷改造,滑塌后在坡折带之下形成浊积岩;基准面下降期,三角洲前缘砂体向前进积,浊积岩不发育.青一二上中期旋回上升期由于处于长期基准面上升晚期,三角洲前缘退积作用明显,物源供给不足,难以形成滑塌浊积岩.

3.2 沉积相平面展布规律

参考以钻井资料为基础编制的各旋回砂体等厚图及底界面构造形态图,结合剖面相和地震属性分

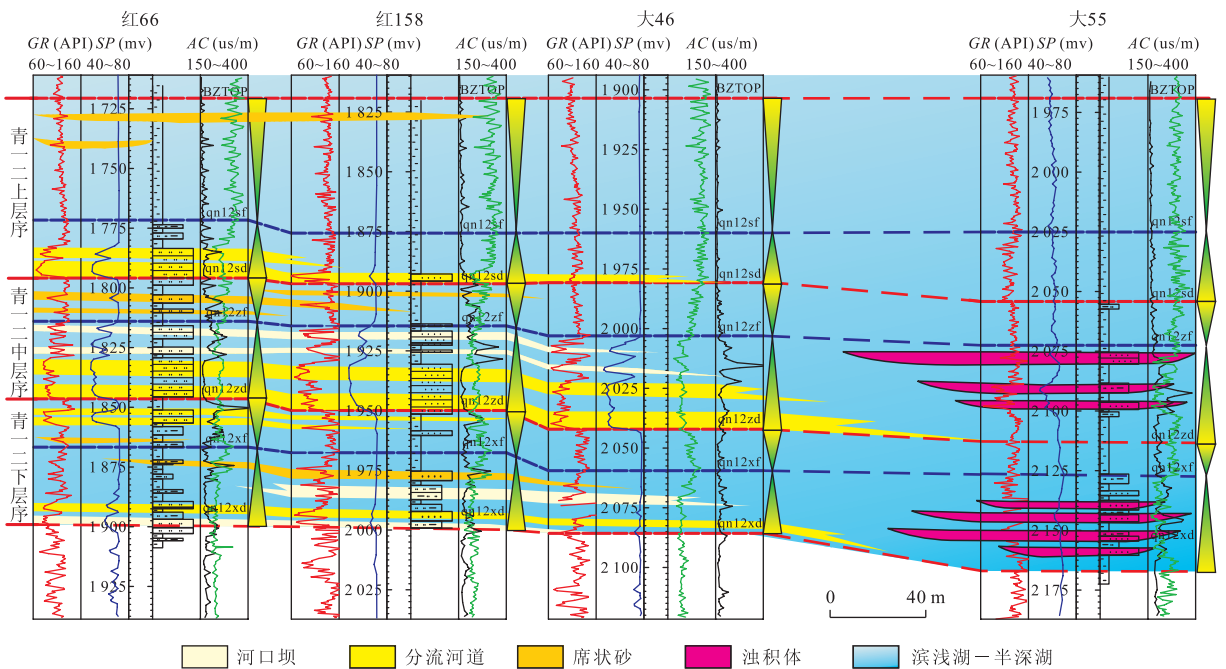


图 6 松南西斜坡前缘带红 66—大 55 井青一二段沉积相对比

Fig. 6 Hong66-Da55 sedimentary facies correlation map of Qing1&2 members

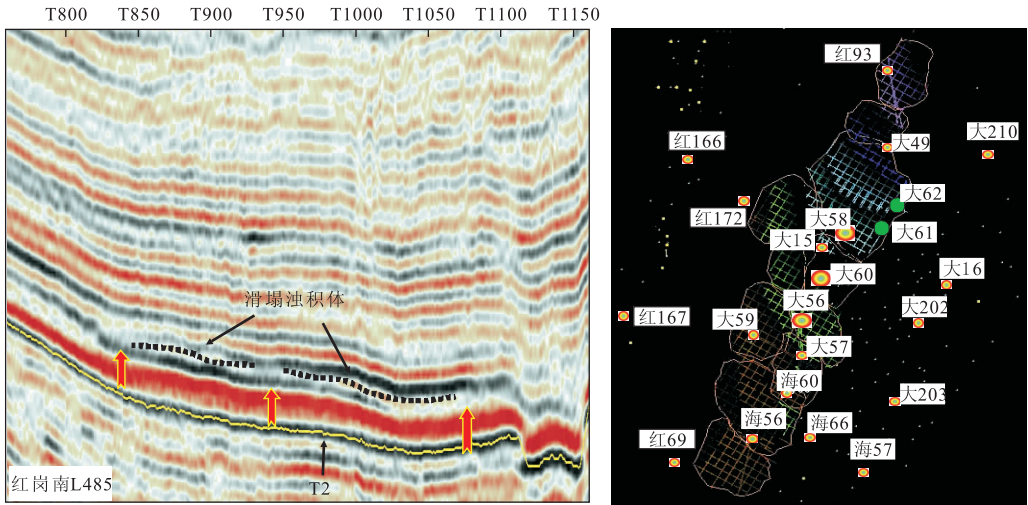
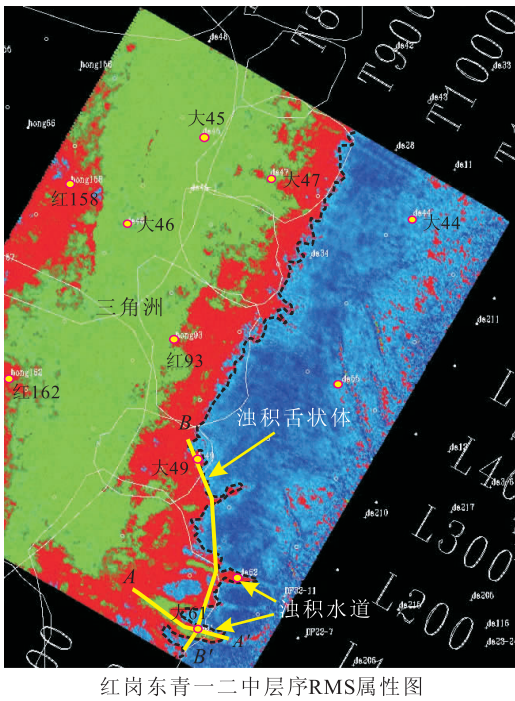


图 7 斜坡下部青一二中旋回浊积体地震反射特征及平面分布范围

Fig. 7 Seismic reflection characteristic and distribution map of Qing1&2 middle cycle at the foot of the slope



红岗东青一二中序RMS属性图

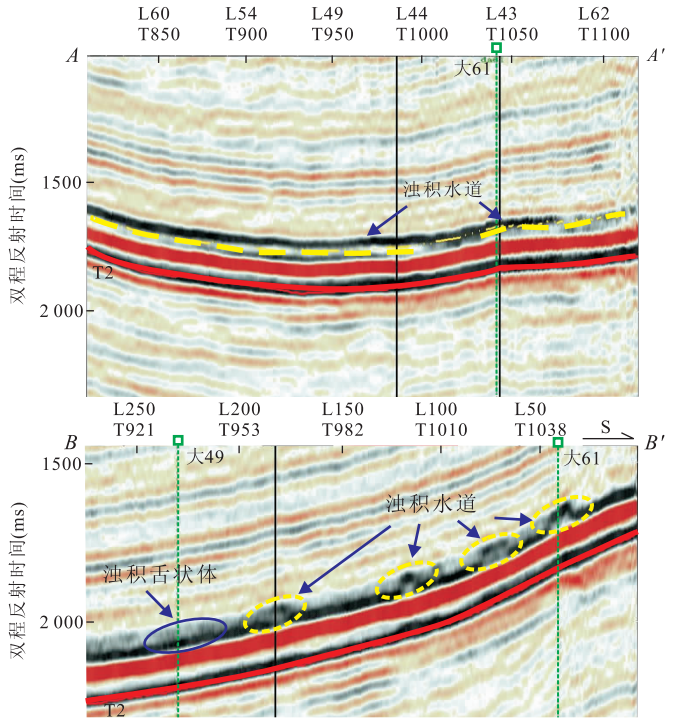


图 8 浊积水道在地震平剖面上的特点

Fig. 8 The characteristic of turbidite channel on seismic profile

析,以中期旋回为单位编制了沉积相平面分布图。浊积体分布范围的确定主要根据以井—震标定为基础的地震相分析,识别单个浊积砂体,在地震剖面上通过追踪解释各旋回内浊积砂体的沉积范围,最后在平面上进行组合,确定其平面上的分布形态,落实其规模(图 7)。

属性提取图可以很好的反映沉积相的平面分布特征,如图 8 中红岗东青一二中中期旋回的 RMS

属性图,红色表示厚层泥包薄层砂,呈强振幅,为浊积体沉积,可以识别出呈条带状的浊积水道;绿色表示中等厚度的砂泥互层,呈中等振幅,为三角洲沉积;蓝色表示湖盆中心厚层的泥岩,呈弱振幅。另外,在地震剖面上也可以很好的识别浊积水道和浊积舌状体沉积。如图 8 右上方的顺物源剖面显示,过大 61 井的同相轴断续分布,并且延伸较远,为浊积水道沉积;右下方的垂直物源剖面显示,在大 49—大

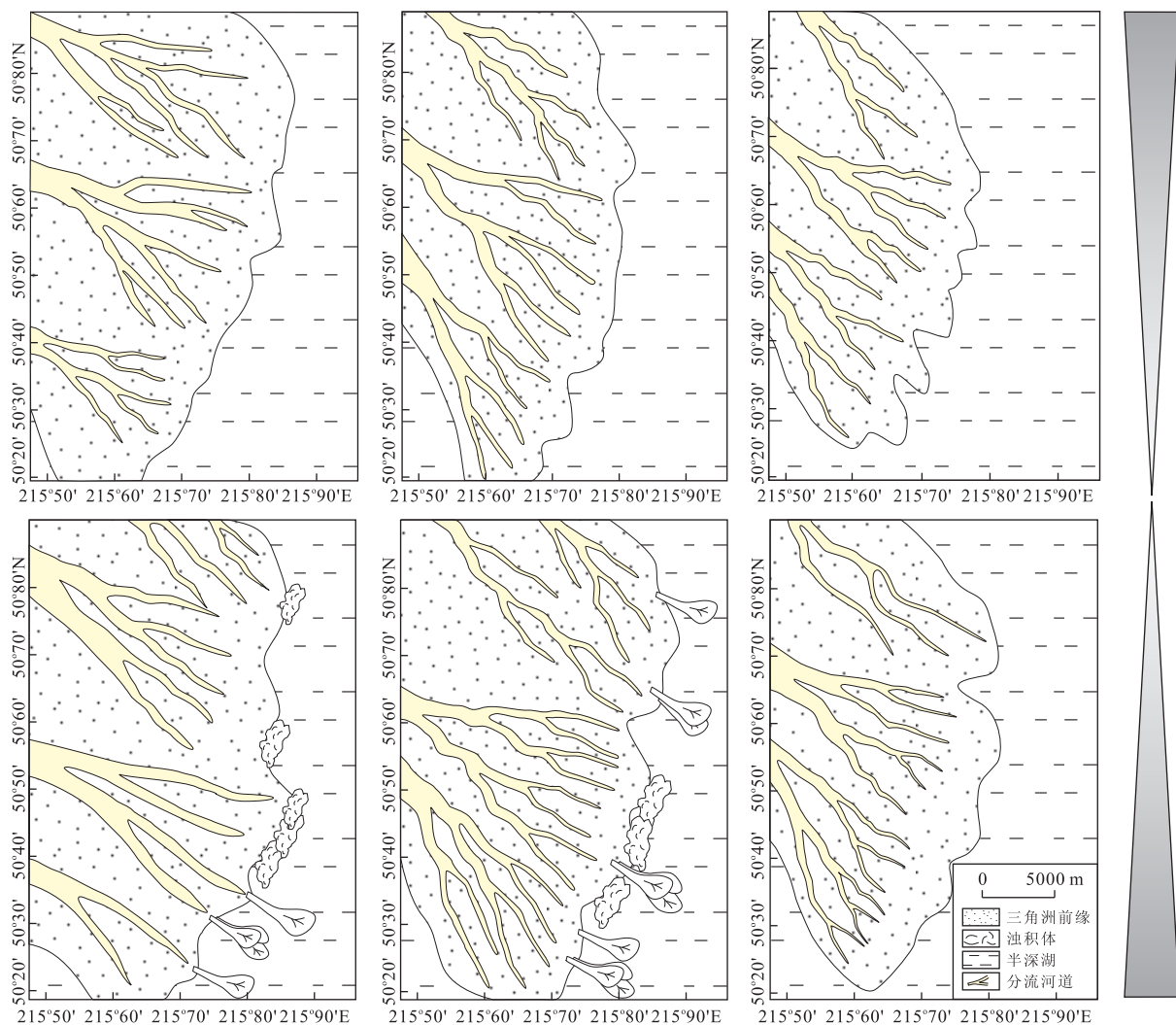


图 9 青一二段各旋回沉积相平面图(由左至右:下旋回—中旋回—上旋回)

Fig. 9 Sedimentary facies map of each cycle in Qing1&2 members

61 井间有若干条浊积水道发育,且大 49 井的透镜体规模明显大于浊积水道,为浊积舌状体沉积。

从研究区青一二段不同旋回沉积相的发育分布特征可以看出(图 9),青一二段作为一个完整的三级旋回,其演化经历了湖水由浅—深—浅的过程。青山口组沉积早期盆地拗陷作用明显,发生大规模湖侵,形成整体为退积样式的三角洲沉积序列,湖侵期三角洲发生滑塌再搬运,在斜坡下部形成滑塌浊积岩沉积。在青一二中期(四级)旋回内,中旋回上升期,由于湖泛作用规模较大,相应的滑塌浊积岩规模也较大;而上旋回上升期由于处于长期基准面上升晚期,湖泛作用规模小,并且三角洲前缘退积作用明显,物源供给不足,因此难以形成滑塌浊积岩。

3.3 青一二段沉积发育模式

从上述层序格架内沉积相分布及沉积演化特征可以看出,研究区青一二段层序及沉积发育具有如

下特点。

(1) 研究区浊积体沉积模式与 Reading and Richards(1994)提出的线物源、砂泥质浊积岩沉积模式(图 10)较为相似,该模式有以下几个特点:①湖盆边缘地形坡折带坡度较缓;②物源供给体系为来自宽阔海(湖)岸平原的较细粒砂体,以线物源为特征;③多河道体系携带高/低密度薄层浊积体在坡脚形成一系列的朵叶体;④浊积体形成于基准面上升期,并且构造活动不活跃。

(2) 基准面变化对滑塌浊积岩的形成具有重要的影响。从中期旋回沉积特征来看,下降半旋回一般发育瓣状三角洲前缘沉积;上升半旋回则往往以较深水湖相夹浊积体为主,瓣状三角洲沉积规模相对较小(图 11)。

(3) 浊积体是否发育及发育规模与中期旋回内部湖泛作用的规模有关。湖泛作用规模越大,相应的

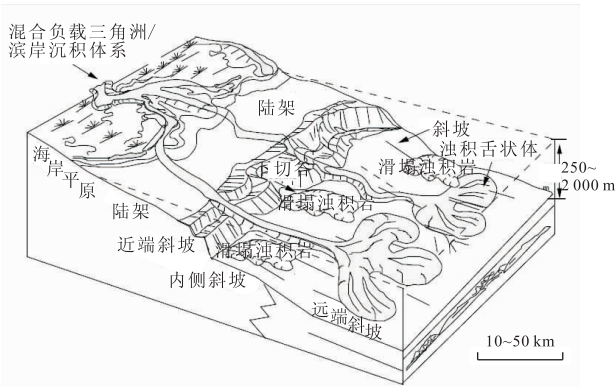


图 10 线物源、砂泥质浊积岩沉积模式(据 Reading and Richards, 1994)

Fig. 10 The linear-source mud/sand turbidite fan model

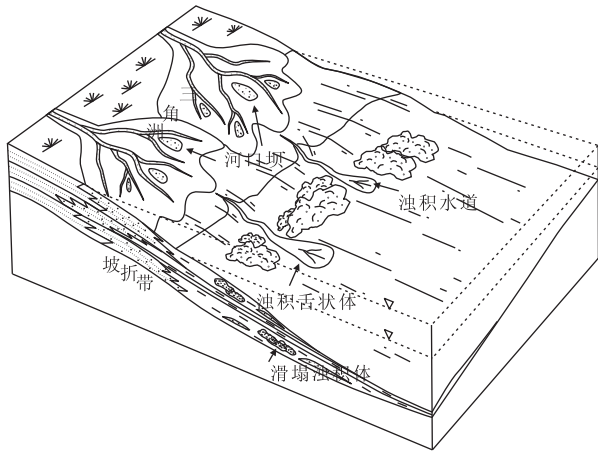


图 11 松南西斜坡青一二段沉积模式简图

Fig. 11 The depositional model of Qing1&2 members in the western slope of South Songliao basin

滑塌浊积岩越发育,规模越大;反之,浊积体不发育,规模也小。

与断陷湖盆相比,从规模上来看,断陷盆地陡坡带或长轴方向缓坡带通常具“点物源”或“多点物源”水下扇特征,形成规模较大的浊积扇体(朱筱敏等, 2003);拗陷盆地缓坡带形成的浊积岩规模较小,往往呈串珠状或舌状分布,“线物源”特征更为明显。

断陷盆地既可以形成粗粒浊积岩又可以形成细粒浊积岩,陡坡带以粗粒为主,厚度较大,粒度较粗,以含砾砂岩为特征(吴崇筠等, 1988);拗陷盆地缓坡带浊积岩厚度较薄,岩性细,以粉细砂岩和泥质粉砂岩为主,多见砂泥薄互层,反映了水动力条件较弱条件下形成的重力流沉积特点(Haughton *et al.*, 2006)。

断陷盆地内浊积岩的形成通常与断裂作用形成

的明显构造坡折带背景有关(鲍志东等, 2009),在此背景下的湖平面多期升降有利于多期滑塌浊积岩发育,在基准面上升期和下降期均可以形成浊积岩(刘立等, 1995);拗陷盆地内浊积体形成在坡度变化较小的地形坡折背景下,三级层序基准面上升的湖侵期更有利于三角洲前缘滑塌浊积岩的形成。

4 结论

(1)研究区青一二段的沉积体系为三角洲前缘—滑塌浊积岩沉积,其中滑塌浊积岩主要发育浊积水道、浊积舌状体、浊积席状砂 3 种微相。

(2)本区浊积岩的沉积模式为线物源、砂泥质浊积岩,该模式具有以下几个特点:①湖盆边缘地形坡折带坡度较缓;②物源供给体系为来自宽阔海(湖)岸平原的较细粒砂体;③多河道体系携带高/低密度薄层浊积体在坡脚形成一系列的朵叶体;④浊积体形成于基准面上升期,并且构造活动不活跃。

(3)从中期旋回构成看,基准面上升期,湖(海)平面上升使湖(海)水对坡折带之上的三角洲前缘沉积物进行冲刷、剥蚀,并将其搬运至坡折带之下形成滑塌浊积岩;基准面下降期,三角洲前缘砂体向湖盆方向进积,难以形成滑塌浊积岩。

(4)与断陷湖盆相比,在规模上,拗陷盆地内形成的浊积岩较小,往往呈串珠状或舌状分布在三角洲前缘远缘部位;在沉积特征上,浊积岩粒度较细,沉积构造特征反映的水动力条件较弱;从形成机制分析,拗陷盆地三角洲—滑塌浊积岩在一定的地形坡折背景下,湖侵期更有利于其发育。

References

- Bao, Z. D., Zhao, L. X., Wang, Y., et al., 2009. The main control factors of sandbody reservoir development in rift-subsidence Lake basin: an example from the paleogene West Sag of Liaohe basin. *Geoscience*, 23 (4): 676—682 (in Chinese with English abstract).
- Chapin, M. A., Davies, P., Gibson, J. L., et al., 1994. Reservoir architecture of turbidite sheet sandstones in laterally extensive outcrops, Ross Formation, Western Ireland. In: Weimer, P., Bouma, A. H., Perkins, B. F., eds., *Submarine fans and turbidite systems*. Gulf Coast Section—SEPM Foundation 15th Annual Research Conference, 53—68.
- Gardner, M. H., Borer, J. M., 2000. *Sub marine channels: processes and architecture*. Vallis Press, London, 231.

- Houghton, P., Chris, D., McCaffrey, W., 2006. Facies prediction in turbidite fan systems—nature and significance of ‘Linked Debrites’ in sand-rich versus mixed sand-mud systems recent advances in siliciclastic facies models: implications for reservoir characterization II (SEPM). AAPG Annual Convention, April 9—12, 2006 Technical Program.
- Heezen, B. C., Ewing, W. M., 1952. Turbidity currents and submarine slumps, and the 1929 Grand banks earthquake. *American Journal of Science*, 250: 849—873. doi:10.2475/ajs.250.12.849
- Li, S. T., Pan, Y. L., Lu, Y. C., et al., 2002. Key technology of prospecting and exploration of subtle traps in lacustrine fault basins: sequence stratigraphic researcher on the basis of high resolution seismic survey. *Earth Science—Journal of China University of Geosciences*, 27 (5): 592—598 (in Chinese with English abstract).
- Lin, C. S., Pan, Y. L., Xiao, J. X., et al., 2000. Structural slope-break zone: key concept for stratigraphic sequence analysis and petroleum forecasting in fault subsidence basins. *Earth Science—Journal of China University of Geosciences*, 25 (3): 260—266 (in Chinese with English abstract).
- Liu, L., Cao, L., Xu, K. Z., 1995. Genetic type of deep water turbidite system and the relationship with sea-level change. *Global Geology*, 14 (4): 8—12 (in Chinese).
- Petroleum Geology Compiling Panel of Jilin Oilfield, 1993. Petroleum geology of China. Petroleum Industry Press, Beijing (in Chinese).
- Rao, M. Y., Zhong, J. H., Zhao, Z. G., et al., 2004. Overview and prospect on study of turbidity deposits. *Coal Geology & Exploration*, 32(6): 1—5 (in Chinese with English abstract).
- Reading, H. G., Richards, M., 1994. Turbidite systems in deep-water basin margins classified by grain size and feeder system. *AAPG Bulletin*, 78(5): 792—822.
- Sun, J. Z., Li, L. B., 2002. Geological/geophysical interpretation tutorials. China University of Geosciences Press, Wuhan (in Chinese).
- Sun, S., Cong, B. L., Li, J. L., 1981. Evolution of the Henan-Shanxi sedimentary basin of the Middle and Late Proterozoic age (Part 1). *Scientia Geologica Sinica*, 26(4): 314—322 (in Chinese with English abstract).
- Sun, S., Li, J. L., 1984. Researches on turbidite and other gravity flow sedimentation in China. *Acta Sedimentologica Sinica*, 2(4): 1—5 (in Chinese with English abstract).
- Wang, Y., 2005. The controlling of slope belt on sediment and lithological and stratigraphic traps in large-scale down warped Lacustrine basins, a case study in the South of Songliao basin (Dissertation). University of Petroleum, Beijing (in Chinese with English abstract).
- Weimer, P., Link, M. H., 1991. Global petroleum occurrences in submarine fans and turbidite system. In: Weimer, P., Link, M. H., eds., Seismic facies and sedimentary processes of submarine fans and turbidite systems. Springer-Verlag, New York, 9—67.
- Wu, C. J., Li, C. J., Liu, G. H., et al., 1988. Turbidites in rift basin. In: CPS Petroleum Geology Editorial Committee, Clastic sedimentary facies research. Petroleum Industry Press, Beijing (in Chinese).
- Wu, C. J., Xue, S. H., 1989. Petroliferous basin geology of China. Petroleum Industry Press, Beijing (in Chinese).
- Xin, R. C., Wang, Y. M., 2004. Origin and evolution of west slope breaks of Qingshankou-Yaojia Formation in northern Songliao basin. *Earth Science—Journal of China University of Geosciences*, 29 (5): 621—624 (in Chinese with English abstract).
- Yang, H. D., Liu, W. Z., Shan, X. L., et al., 2005. Sedimentary micro-facies distinguishing marks of delta-front of the west slope zone in southern Songliao basin and its application. *Global Geology*, 24(1): 43—47 (in Chinese with English abstract).
- Zhu, X. M., Kang, A., Wang, G. W., 2003. Sequence stratigraphic models of depression and faulted-down lake basins. *Acta Sedimentologica Sinica*, 21 (2): 283—287 (in Chinese with English abstract).
- Zou, C. N., Xue, S. H., Zhao, W. Z., et al., 2004. Depositional sequences and forming conditions of the Cretaceous stratigraphic-lithologic reservoirs in the Quantou-Nengjiang Formations, southern Songliao basin. *Petroleum Exploration and Development*, 31(2): 14—17 (in Chinese with English abstract).

附中文参考文献

- 鲍志东, 赵立新, 王勇, 等, 2009. 断陷湖盆储集砂体发育的主控因素——以辽河西部凹陷古近系为例. *现代地质*, 23 (4): 676—682.
- 李思田, 潘元林, 陆永潮, 等, 2002. 断陷湖盆隐蔽油藏预测及勘探的关键技术——高精度地震探测基础上的层序地层学研究. *地球科学——中国地质大学学报*, 27 (5): 592—598.
- 林松松, 潘元林, 肖建新, 等, 2000. “构造坡折带”——断陷盆地层序分析和油气预测的重要概念. *地球科学——中国地质大学学报*, 25(3): 260—266.
- 刘立, 曹林, 徐开志, 1995. 深水浊积体系的成因类型及其与

- 海(湖)平面升降的关系. 世界地质, 14(4): 8—12.
- 吉林油田石油地质志编辑委员会, 1993. 中国石油地质志(卷二)—吉林油田. 北京: 石油工业出版社.
- 饶孟余, 钟建华, 赵志根, 等, 2004. 浊流沉积研究综述和展望. 煤田地质与勘探, 32(6): 1—5.
- 孙家振, 李兰斌, 2002. 地震地质综合解释教程. 武汉: 中国地质大学出版社.
- 孙枢, 丛柏林, 李继亮, 1981. 豫陕中—晚元古代沉积盆地(一). 地质科学, 26(4): 314—322.
- 孙枢, 李继亮, 1984. 我国浊流与其他重力流沉积研究进展概况和发展方向问题刍议. 沉积学报, 2(4): 1—5.
- 王颖, 2005. 大型坳陷湖盆坡折带对沉积和岩性地层圈闭的控制作用(博士论文). 北京: 石油大学.
- 吴崇筠, 李纯菊, 刘国华, 等, 1988. 断陷盆地中的浊积岩. 见: 中国石油学会石油志委员会主编. 碎屑岩沉积相研究. 北京: 石油工业出版社.
- 吴崇筠, 薛叔浩, 1989. 中国含油气盆地沉积学. 北京: 石油工业出版社.
- 辛仁臣, 王英民, 2004. 松辽盆地北部青山口—姚家组西部坡折带成因及演化. 地球科学——中国地质大学学报, 29(5): 621—624.
- 杨会东, 刘万洙, 单玄龙, 等, 2005. 松辽盆地南部西部斜坡带三角洲前缘中沉积微相识别标志及应用. 世界地质, 24(1): 43—47.
- 朱筱敏, 康安, 王贵文, 2003. 陆相坳陷型和断陷型湖盆层序地层样式探讨. 沉积学报, 21(2): 283—287.
- 邹才能, 薛叔浩, 赵文智, 等, 2004. 松辽盆地南部白垩系泉头组—嫩江组沉积层序特征与地层—岩性油气藏形成条件. 石油勘探与开发, 31(2): 14—17.