

<http://www.geojournals.cn/dzxb/ch/index.aspx>

鄂尔多斯盆地南部延长组浊积岩体系及油气勘探意义

陈全红,李文厚,郭艳琴,梁积伟,崔军平,张道锋

西北大学地质学系,西安,710069

内容提要:鄂尔多斯盆地南部的浊积岩体系主要发育于三叠系延长组长7、长6油层组。按其沉积特征可分为坡移浊积扇和滑塌浊积扇,前者相带发育相对齐全,垂向上多期互相叠加,可划分为:斜坡—槽道—内扇相、辫状水道、辫状水道间、辫状水道前缘—中扇相、外扇相和盆地平原相,后者多呈透镜状夹于较深湖亚相的深灰色泥岩中,相带分异不明显,仅可分为中心相和边缘相。两类浊积扇主要分布在近源斜坡带及远源末梢斜坡带。滑塌浊积岩主要由阵发性的偶然因素诱发而成,规模相对较小,储集物性较差;而坡移浊积扇则与地形坡度的有利配置和较稳定的物源补给有关,其沉积厚度大,分布广,储集物性好,是深湖区岩性油藏勘探的主要目标。

关键词:鄂尔多斯盆地南部;坡移浊积扇;滑塌浊积扇;形成机制;油气勘探意义

晚三叠世初,受古特提斯海扩张和华北地块逆时针旋转的共同影响,鄂尔多斯盆地及其周缘地区总的应力状态处于拉张松弛状态,发育了受微同生断裂控制的南陡北缓、南深北浅庆阳—铜川坳陷,坳陷中心偏南(图1),地层厚度可达1400 m以上,具明显的不对称状坳陷性质(何自新,2003)。在盆地西南缘沿此坳陷边缘,大面积分布有多个辫状河三角洲朵体,与之有关的砂岩构成了油气赋存的重要场所,已经发现了西峰、镇原及姬塬等油田上亿吨的石油地质储量(杨俊杰,2002)。近年来的油气勘探表明,与西南部三角洲共生的浊积岩同样蕴藏着丰富的油气资源,尤其是随着勘探资料 and 新的地质信息的积累,以及岩性油藏勘探技术的发展和运用,已成为油田增储上产的重要勘探目标。

对盆地内浊积岩的研究开始于20世纪70年代,许多研究人员对其进行了详细的研究。然而,这些文献大多集中论述及评价了盆地南部某一局部区域浊积岩沉积(李文厚等,2001;何自新,2003;武富礼等,2004),并未建立起完整的浊积岩沉积体系。同时它的形成过程和机理研究还处在探索之中(饶孟余等,2004;刘泽容等,1992),以及地质条件,地震分辨率的限制,尤其是浊积岩的分布规律和控制因素一直是悬而未决的问题,勘探效果不佳。本文在现有浊积

岩分布规律研究的基础上,重点探讨了它的形成条件和控制因素,以便为今后油气藏的勘探提供正确的思路。

1 浊积岩特征

1.1 沉积特征

研究区浊积岩主要为薄—中厚层粉—细砂岩夹灰绿、深灰色泥岩、粉砂质泥岩组成,具有正粒序性和多期韵律性旋回。其矿物成分主要为岩屑长石杂砂岩类,并受物源的成分影响极大。整体上浊积岩分选好,粒度细,具均匀块状结构。在沉积剖面上,浊积岩多夹于深灰色及灰黑色泥页岩及油页岩中,常可见到介形虫及鱼类化石,缺少底栖动物化石。

研究区浊积岩一般厚数厘米到1 m,砂岩段厚度一般在10~20 m,最厚可达50 m以上。鲍玛序列常是不完整,组合类型有ABCDE、ABE、ACD、BCD、BC、CDE及DE等。序列中每段单元厚度变化较大,A段1~30 cm,B段2~14 cm,C段1~10 cm,D段1~4 cm,E段一般1~20 cm。在这些层段,从下向上常见的沉积构造有:泥底构造,主要有三类,一是在坚固地粘结性泥底上形成的冲刷痕,常见槽模、沟模、锥模、刷模等,这是确定浊流沉积的重要标志;二是在含水的塑性软泥上因不均匀负荷作

注:本文为国家重点基础研究发展计划“973”项目(编号 2003CB214602),陕西省自然科学基金项目(编号 2003D14),长江学者和创新团队发展计划(编号 IRT0559)资助的成果。

收稿日期:2006-01-26;改回日期:2006-03-10;责任编辑:郝梓国。

作者简介:陈全红,男,1976年生,西北大学博士研究生。从事沉积微相与油气田开发研究。通讯地址:710069,西北大学地质学系;电话:029-88307678;Email: allred@163.com。

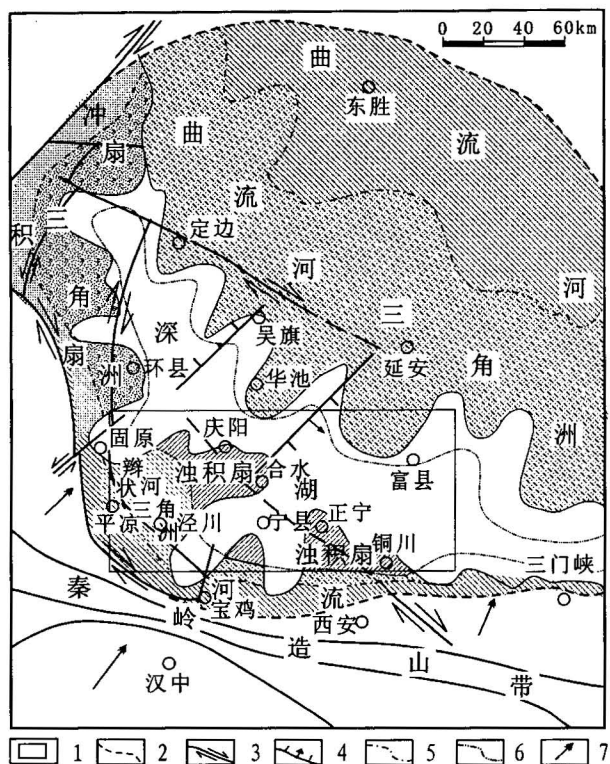


图1 鄂尔多斯盆地晚三叠世中期沉积—构造格局及研究区位置图

Fig. 1 The sediment and tectonic situation of middle of the Late Triassic and the locality of study area in Ordos Basin

- 1—研究区;2—盆地边界;3—走滑断层;4—正断层;5—湖岸线;
6—深湖线;7—构造应力
- 1—study area; 2—basin boundary; 3—strike-slip faults; 4—faults;
5—bank line; 6—deep lake line; 7—tectonic stress

用形成的重荷模;三是湍流悬浮液和粘聚性的、塑性的泥底相互作用形成的沉积同生变形构造,在岩心中常见的为火焰构造、泥岩撕裂屑及撕裂团块。粒序递变层,其特点是粒度细、横向具相变关系及没有粗的泥底凹坑充填物。由牵引兼垂向(重力)沉降作用形成的构造,常见平行层理、沙纹交错层理及包卷层理。无构造细粒沉积层出现在E段。而且湍流悬浮液长期持续沉积,也可形成无构造细粒沉积物(Kuenen et al., 1952)。

1.2 物源及构造环境特征

盆地南部浊积岩在矿物组合上最明显的特征是石英含量多大于50%,并高于长石含量。整体上石英含量变化在32%~61%、SiO₂含量变化在58.08%~72.32%、K₂O/Na₂O>1,标志其大地构造背景介于大西洋型与安底斯型构造背景之间。这与盆地南部受秦岭造山带隆起及盆地西缘受北北西相走滑断层

有关。

鄂尔多斯盆地浊积岩主要形成于多物源坳陷盆地发育时期,即延长组中期。其西南物源来自华亭—陇县一带广泛出露的震旦系石英岩、中基性火山岩、奥陶系的浅变质岩、碳酸盐岩、上古生界砂砾岩等,矿物组合以锆石+硬绿泥石+高石英为特点,主要形成坡移浊积扇及局部的滑塌浊积扇。南部物源来自秦岭古生界和前震旦系变质岩和沉积岩,明显的特征是碳酸盐岩屑含量高,如在旬邑、铜川一带分布的浊积砂体,其碳酸盐含量最高可达35%(杨友运, 2005),主要形成坡移型浊积扇。富县一带主要来自北部物源,矿物组合以锆石+石榴子石+绿帘石+高长石组合为特点,主要形成滑塌型浊积扇。

2 浊积岩相特征

对于深水浊积扇沉积相的划分问题,多位学者趋向于根据地貌特征将其划分为上扇、中扇和下扇(Middleton et al., 1973; Walker, 1978; Noemark, 1978; Bouma et al., 1995; 李文厚等, 2001)。但是这种划分方案不能很好的解释无固定供给水道而其他原因形成的浊积体。因此在对研究区的浊积岩相划分中,还要结合它的形成机制及原因。可以根据有无固定水道的供给,把研究区浊积扇划分为坡移浊积扇和滑塌浊积扇。前者可划分为:斜坡—槽道—内扇相、辫状水道、辫状水道间、辫状水道前缘—中扇相、外扇相和盆地平原相(图2);后者可分为中心相和边缘相。在沉积构造上,坡移浊积扇中主要出现前述沉积构造的下部构造,而滑塌浊积扇则主要出现上部构造。

2.1 坡移浊积扇

坡移浊积扇为坳陷湖盆相对稳定沉降阶段由来

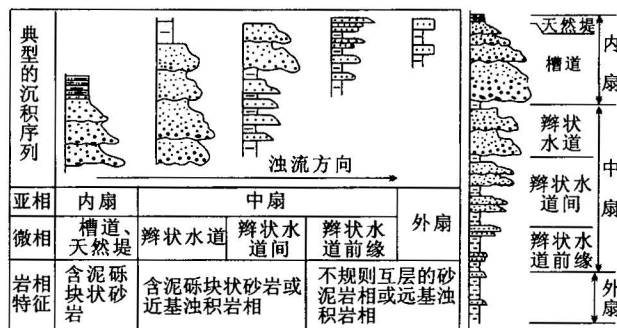


图2 典型的浊积扇相序特征(据 Walker, 1978修改)

Fig. 2 The typical characteristic of facies sequence about the turbidite fan systems (modified after Walker, 1978)

源于三角洲前缘的碎屑流、浊流、颗粒流等重力流携带的大量碎屑物质,在深湖陡岸斜坡区的快速搬运过程中转化为浊流,在缓坡和湖盆低洼处形成浊积扇。它在研究区比较发育,分布范围大,距物源区相对较远,以中扇和外扇沉积比较常见。

2.1.1 斜坡—槽道—内扇相

内扇靠近物源区,是近基浊积扇的主水道发育区(李文厚等,2001),在相序上与中扇辫状水道微相共生,通常以交互切割水道相沉积和两侧的天然堤沉积为特征。前者表现为 A 段的中—细砂岩韵律性重复出现,单层厚度大,但横向上变化较快,呈透镜状产出。底部可见泥砾、冲刷面或岩性突变,粒序层理发育,从下向上,多可见冲刷痕、粒序层理、平行层理、波状层理、沙纹层理等。在盆地南部这些水道沉积多分布在较陡的斜坡区,保存厚度不大,如长武—旬邑地区,常对下部的“张家滩泥岩”冲刷切割。在自然伽马曲线上此相整体表现为中幅齿化箱形或钟形。天然堤中多出现侧向不连续的 CDE 或 DE 段组合,单层厚度 5~30 cm,多为缓流漫溢形成的粉—细砂岩。

2.1.2 辫状水道(中扇)微相

中扇辫状水道与内扇主水道相接,向下分支成多条分流辫状水道。在剖面结构上与中扇水道前缘共生。岩相组合类型为含泥砾砂岩、块状砂岩和近基浊积岩。在水道底部冲刷构造清晰,主要由含泥砾的中—细砂岩组成,夹薄层深灰色泥岩及粉砂质泥岩,生物化石碎片及植物炭屑发育。砂岩一般呈透镜状,各种层理均发育,具泥底构造、粒序层理、平行层理、中小型交错层理和少量大型交错层理及块状层理。垂向层序呈明显的正韵律性,多期形成的鲍玛序列 AB 段相互叠置,构成叠合砂岩体,厚度几十厘米至 10 余米。粒度概率图多为一段式,或个别呈现由陡变缓的弧形线段。而且从鲍玛序列的 A 段到 C 段,在粒度概率图上直线斜率由缓变陡,说明分选性逐渐变好(图 3)。在 C-M 图上,样品的点群平行于 C-M 基线分布(图 4),即以悬浮载荷为主,反映为重力流沉积。随着浊流强度的减弱,C, M 值系统地减少,表现出递变悬浮的特点,说明浊流砂体中存在少量滚动及跃移组分(方爱民等,1998)。自然电位曲线多为齿化或微齿化的中幅箱形、钟形、圣诞树状及指形等。

2.1.3 辫状水道间(中扇)微相

指两水道之间浊流溢出水道时的沉积物。岩石类型主要为不规则互层的砂泥岩交互层(吴崇筠,

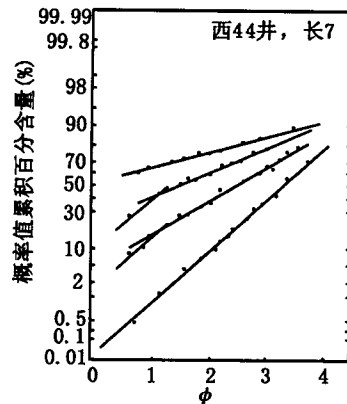


图 3 辫状水道微相粒度概率图

Fig. 3 The granularity probability about the braided channel microfacies

1986)。粉砂岩及泥岩中见植物炭屑。多发育由牵引兼垂向沉降作用形成的构造,并见泥岩撕裂屑及砂质条带等。鲍玛序列主要为 CDE 或 DE 段组合,厚度一般随发育位置变化较大。电测曲线整体表现为在平直基线的背景上,夹有齿化的钟形、指形以及其组合特征。

2.1.4 辫状水道前缘(中扇)微相

位于中扇辫状水道的前方,多为扇前朵叶,通常与辫状水道是逐渐过渡的。沉积物粒度较细,主要为粉砂质泥岩和泥岩,多夹薄层粉砂岩、泥质粉砂岩,植物炭屑较多。粒度概率曲线多为一段式及部分二段式,表现出悬浮组分含量高,为缓流流动的特征。鲍玛序列以 DE 及 CDE 段组合为主。常见沙纹交错层理、平行层理、韵律层理及变形层理等。自然电位曲线呈微齿化泥岩基线基础上的中—低幅指型。

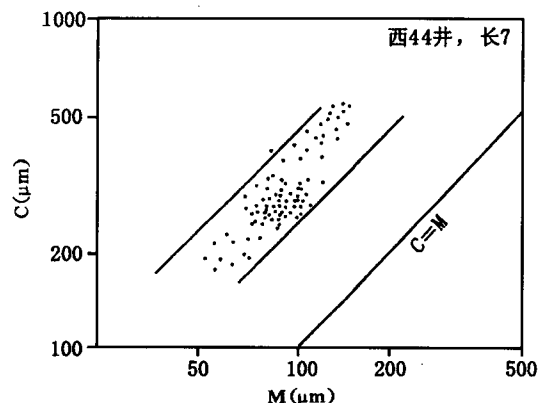


图 4 辫状水道微相 C-M 图

Fig. 4 C-M chart about the braided channel microfacies

2.1.5 盆地平原相及外扇相

位于中扇外缘的湖底平原,通常分布在凹陷最深的部位,此处地形平坦,水体相对宁静,沉积作用缓慢。该区缓慢的半深水和深水泥质沉积周期性地被浊流间断,因无水道限制,水平延伸稳定的薄层砂岩与深湖相暗色泥岩呈交互式沉积。外扇岩相组合类型为薄层远基浊积岩和深湖相泥岩(吴崇筠,1986),多为单调的砂岩与泥页岩及泥岩互层,岩层中多见植物炭屑。在研究区此相分布范围较广,砂岩主要呈细粒状,单层厚数厘米至1 m以上,横向上往往延伸较远。如果遇到低凹地形,也可形成局部增厚的沉积。如果浊流有多个物源,那么伸长砂体的粒度变化会复杂得多。砂岩分选中等,多见沙纹层理、水平层理、韵律层理等,鲍玛序列以CE及DE组合为特征。自然电位曲线呈平直泥岩基线或微齿泥岩基线,偶见低幅指型曲线。

2.2 滑塌浊积扇

滑塌浊积扇是三角洲前缘松散沉积物在快速沉积不稳定状态下或由某种机制的引发,发生整体滑塌而下形成的。它无固定补给水道,常随三角洲的推进而推进,呈分散状分布,面积一般较小,平面上可呈片状、舌状等,剖面上为透镜状,主要可划分为中心微相和边缘微相两个相带。中心微相的岩石类型以细砂岩、粉细砂岩及粉砂岩为主,夹于暗色泥岩中,呈砂泥互层的特点,多见植物碎片化石或植物炭屑。碎屑颗粒多呈棱角状,砂岩分选差到中等,粒度概率曲线呈一段式或较平缓的两段式,砂岩中发育有冲刷痕、平行层理、斜波状层理、变形层理及液化构造等。鲍玛序列常见ABC、BC及CDE组合(饶孟余等,2004),但组合类型在横向上变化较大。自然电位曲线呈中低幅齿形、指形组合,小型中低幅箱形或齿状箱形、钟形及齿形组合等形式。如孟坝及直罗地区的浊流沉积。

3 分布规律及特征

从时间上看,鄂尔多斯盆地南部的浊流沉积集中发生在长7、长6期,即湖盆鼎盛向萎缩转换的时期。从长7及长6期的沉积体系的展布及盆地的充填演化特征来看,长7期湖盆的强烈沉降及沿拗陷轴向物源的注入,浊流沉积最为发育。长6期湖盆沉降趋于稳定,物源供应充足,多水系,多物源的三角洲发育使浊流沉积后期逐渐退缩。从空间上看,长7、长6期浊流沉积在陡坡带、近源斜坡带、远源末梢斜坡带、盆地平原带都有分布。受构造抬升及三角洲发育

多期性的影响,其分布位置、形态、大小都不同,形成规模不等的浊积扇或浊积岩体,但主要分布在近源斜坡带及远源末梢斜坡带。

3.1 长7期

长7早期的浊积扇分布受沉积时的地貌形态所控制,主要分布于地形的低洼处。此时湖盆沉降快,水体迅速扩展,半深水—深水沉积呈北西—南东长带状展布(武富礼等,2004)。物源供给逐渐不充分,沿湖三角洲迅速萎缩,三角洲在较长时间内的推进速率降低或停滞,属非补偿性沉积。同时因自长9期以来的近岸沉积体连续发育,使湖盆陡岸的坡度有所减缓,造成了该期浊积岩不发育。浊积砂体主要沿湖盆基底的低洼处分布,主要为滑塌浊积砂体,展布面积小,多小于2 km²,砂体厚度多为0.5~1 m。

长7中晚期,处于三角洲逐渐发育时期,深湖范围缩小缓慢,但仍为欠补偿沉积,基准面上升期的湖泛持续时间较长,西南部浊积扇体厚度和分布范围明显增大。在平面分布形态上,坡移浊积扇呈现出一定的方向性,主要沿三角洲最大主推进方向延伸,距离可达160 km(图5)。湖岸陡,浅湖在盆地南部分布面积小,三角洲前缘砂体在陡岸斜坡区沿切割水道的快速搬运过程中转化为浊流,在远离湖岸的深湖区,如华池、庆阳、西峰、合水一带形成浊积扇沉积。物源主要来自三角洲前缘及河流洪水期携带的细粒陆源碎屑物。内扇沉积不发育,或因后期水下分流河道冲刷,保留厚度不大。通常在深水斜坡的基部,如西峰、宁县—正宁一带,因浊流流速骤减,流动中的粗粒物质快速卸载,加之水道的分支、改道,形成中扇沉积,多为近基的粗粒浊积岩(图5);而较细颗粒则可继续搬运,以至到地形平坦的湖盆平原,并沿盆地轴向低洼地形流动,造成广阔的伸长状外扇沉积,多为典型浊积岩砂体,如白豹、华池、庆阳等地区(图5)。

3.2 长6期

长6期为湖盆稳定阶段,基底开始抬升,以反旋回沉积层序为显著标志,湖泊开始向庆阳—正宁一带收缩,较之长7期湖面缩小了近60%,为“湖退砂进”的三角洲沉积的主要建设期。湖盆逐渐填实、淤浅并向南收敛,西部深湖线已经退缩至西峰—长武一带,浊积扇分布也逐渐向东偏移,规模渐趋较小,后期只在正宁、庙湾一带小范围分布。在庆阳—固城一带,两支浊流砂体汇合,也造成其重矿物分布的多样性。该期突出的特征是东北、东部的物源大大加强,安塞、延安和富县三角洲进入发育的鼎盛时

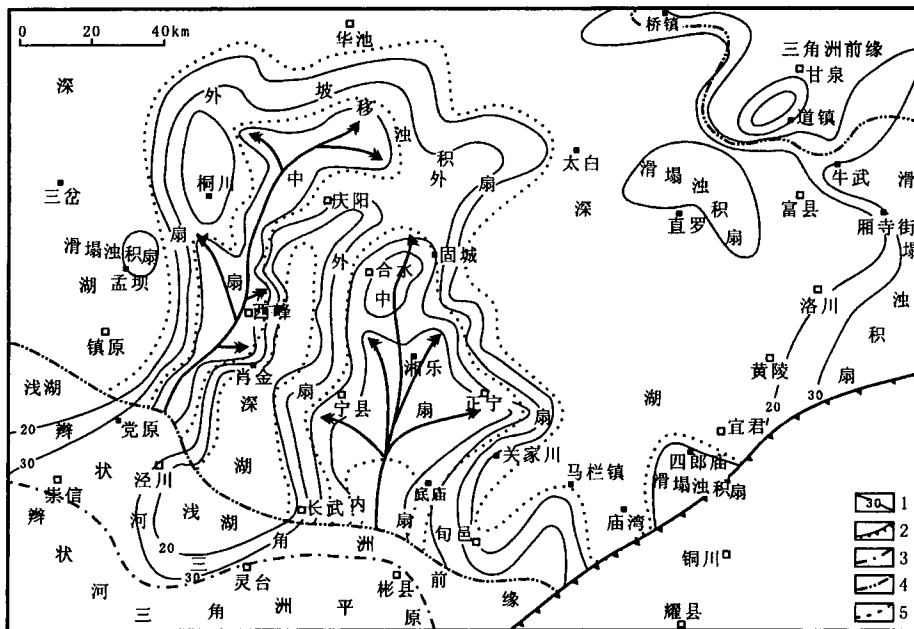


图 5 鄂尔多斯盆地南部延长组 7 油层组沉积相图

Fig. 5 The sedimentary facies of the Chang 7 oil-bearing of Yanchang Formation in the south of Ordos Basin

1—砂/地等值线; 2—地层缺失线; 3—湖岸线; 4—深湖线; 5—浊积扇亚相界线
1—Contour lines of the ratio of sand/total strata thickness; 2—boundary of erosion;
3—bank line; 4—deep lake line; 5—boundary of turbidite fan subfacies

期,富县三角洲的沉积作用明显加强,向西穿过直罗地区,在深湖区滑塌形成多个呈马蹄形分散或成带分布的浊积砂体(图6)。这些浊积砂体分布在三角洲砂体前方,叠合连片,可形成储量可观的岩性油藏(何自新,2003)。

4 浊积扇的影响因素

一般认为触发机制、地形坡度和滞水环境为水下扇形成的基本条件(刘招君等,1985;刘招君,2003)。地形坡度是重力滑塌的前提,滞水环境则是水下扇得以保存的必要条件。触发机制主要是指波浪、火山、地震、洪水、风暴等的诱发,不同的触发机制是形成不同浊积砂体的基础(Parker, 1982; Mulder et al., 1996; Mutti et al., 1991; Beattie et al., 1996; William et al., 1996)。滑塌浊积岩主要由阵发性的偶然因素(如火山、地震、风暴、重力滑塌等)诱发而成,而坡移浊积扇则多与稳定性因素有关,如地形坡度的有利配置、较稳定的物源(河流迅速入湖),尤其是洪水期河流密切相关。这两个因素在长7、长6沉积期都存在,但以坡移浊积扇的形成因素为主。

构造发育分析表明,在华池、庆阳和渭北地区发育正断层多条,其中北西向占优,它们多沿淳化—宁县、马岭—甜水堡和吴旗—盐池一线分布。这些断层从晚三叠世开始具有长期活动的特点(张进等,2004),结果导致了西南边缘地形变陡,为坡移浊积扇的形成创造了有利坡降条件(图1)。从时间上看,浊积岩主要发育在长7晚期及长6早期,即基底上升与下降的转化时期(图7),这与Ross的“斜坡重新调整模式”(Ross et al., 1994)一致,可以很好地解释基准面变化期间浊积体系形成的原因。按照该模式,湖平面的上升(在沉积物充足供应的情况下)使平衡剖面提高,随着沉积物的大量堆积,湖岸线逐渐向物源区退缩,使缓坡带造

成了坡度过陡,从而引发了浊积岩体系的形成。

研究区三角洲前缘斜坡存在两种类型的物源供给情况。这和Reading等(1994)所研究的现代和古代浊流体系一致,即随着物源区由点物源—多物源—一线物源过渡,其补给水道的稳定性和规模逐渐减小,以至补给水道消失。从三角洲的形态分析,盆地南部最主要地为点物源,它是三角洲前缘砂泥沉积物在陡坡段迅速入湖,并沿着入湖处某点向前滑塌的前期沉积物冲刷而形成小型侵蚀性水道流动,随着下切作用的进行,小型的水道逐渐成为物源的主要搬运通道,通道的上端部位成为物源的主要供应点,最终形成相带发育齐全的坡移浊积扇(饶孟余等,2004)。它主要分布在西峰、固城、合水及宁县一带,其特点是厚度大,多为10~50 m,分布面积广,多大于10 km²,粒度相对粗,物性条件相对较好;另一种是三角洲前缘受某种触发机制而形成的席状、舌状的滑塌浊积岩体,多为瀑布状片流提供,无明显的相带分异现象。它主要分布在庙湾、宜君、黄陵及双龙一带,其特点是分布面积小,泥岩夹层多,灰质含量高,物性较差。

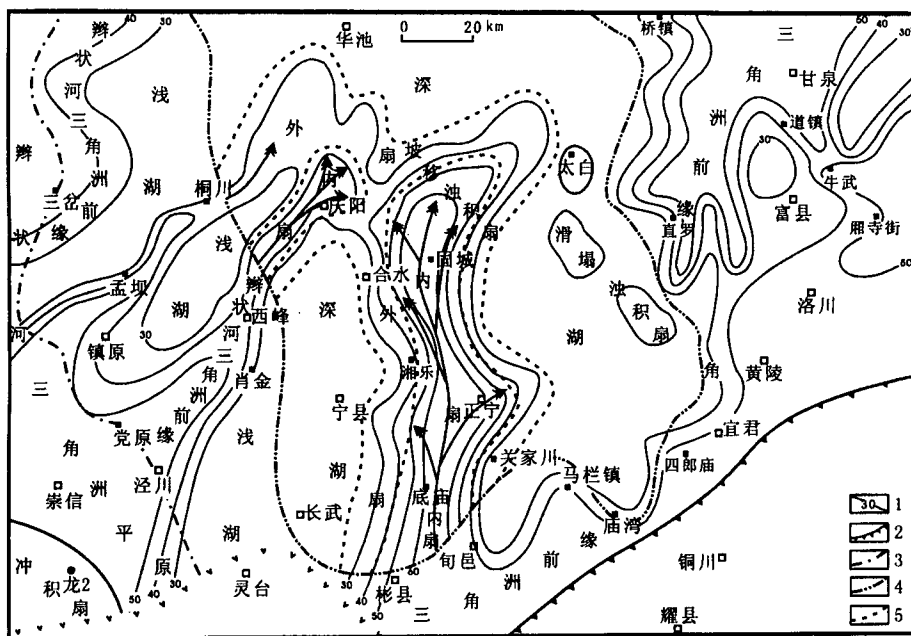


图6 鄂尔多斯盆地南部延长组长6油层组沉积相图

Fig. 6 The sedimentary facies of the Chang 6 oil-bearing of Yanchang Formation in the south of Ordos Basin

1—砂/地等值线;2—地层缺失线;3—湖岸线;4—深湖线;5—浊积扇亚相界线

1—Contour lines of the ratio of sand/total strata thickness;2—boundary of erosion;3—bank line;4—deep lake line;5—boundary of turbidite fan subfacies

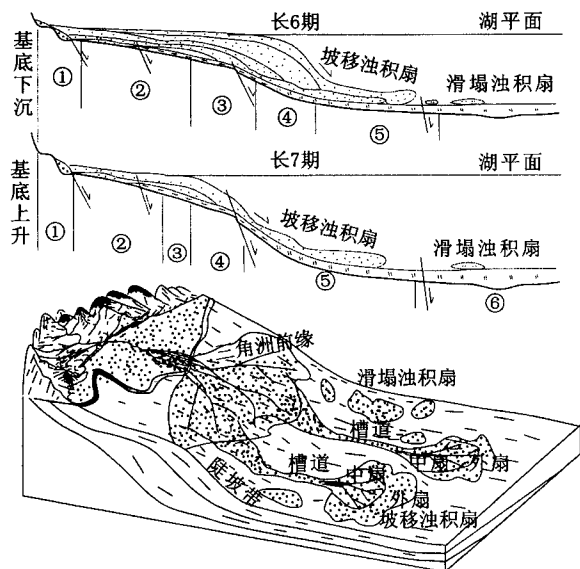


图7 鄂尔多斯盆地南部浊积扇形成模式

Fig. 7 The forming mode of turbidite fan in the south of Ordos Basin

①—冲积扇;②—辫状河(曲流河);③—(辫状河)三角洲平原;④—(辫状河)三角洲前缘;⑤—坡移浊积扇;⑥—盆地平原

①—Fan sedimentary;②—braided river (meandering river);

③—(braided river) deltaic plain;④—(braided river) deltaic front;

⑤—slop-moving turbidity;⑥—basin plain

5 油气勘探意义

长7期是延长组湖盆发育鼎盛期。此时期湖盆范围广,坳陷深,深湖相沉积最为发育,泥岩最大厚度达120 m,一般为70~80 m,有机质的丰度为0.88%~1.92%,干酪根以Ⅱ型(过渡型)为主,少量Ⅲ型(腐植型)。显微组分以壳质组为主,有机质成熟度较低, R_o 值为0.46%~1.26%,平均值0.85%。长7段浊积岩储集层主要是Ⅲ类储层,Ⅱ类储层局部可见,平均溶孔面孔率为1%~2%,平均孔隙度5.3%~11.8%,平均渗透率 $(0.2 \sim 0.6) \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。长6段浊积砂体规模和单层厚度较小,粒度细,不利于粒间孔的保存,所以面孔率低,主要为次生溶孔,物性略差于长7段。

孔喉主要为细孔—细喉型,以高岭石晶间孔和细管束状喉道发育为特征。长7段浊积岩的长石溶孔、杂基溶孔略比长6段提高,但岩屑溶孔、碳酸盐溶孔略有减少。平面上,固城—合水、宁县、庙湾及西峰地区浊积砂体发育,厚度较大,其中长72段和长71段分别厚10~30 m,面孔率最发育,多为3%~5%,最大7%。这些浊积岩砂体与湖相泥页岩相伴生,常形成指状尖灭砂体,在后期构造运动的影响下,形成了上倾尖灭的岩性圈闭。而且,砂体的上、下部发育厚度较大的烃源岩,可形成下生上储或下储上生的油藏组合,上部烃源岩既是生油层同时又是良好盖层。整体上,浊积砂体储集层非均质性都较强,但是在内扇沉积区域,非均质在侧向上变弱,其物性条件相对较好,多可成为较好的储层,而且,浊积岩砂体深入到烃源岩丰富的深湖相暗色泥岩中,因此,在一些浊积岩内扇沉积厚度大,物性好的地方是最具勘探前景的,如固城、长武地区,砂体平均累积厚度多大于50 m,单井日产油1.37~11.08 t,平均日产4.04 t。在长武发现了2亿吨储量的大油田,其浊积岩储层就占相当一部分。

参考文献

- 方爱民,李继亮,侯泉林. 1998. 浊流及相关重力流研究综述. 地质论评, 44(3): 270~280.
- 何自新. 2003. 鄂尔多斯盆地演化与油气. 北京: 石油工业出版社, 95~105.
- 李文厚,邵磊,魏红红,韩永林,杨阳,冀晓琳. 2001. 西北地区湖相浊流沉积. 西北大学学报, 31(1): 57~62.
- 刘泽容,信荃麟,朱筱敏. 1992. 断陷盆地构造岩相带与油气评价. 北京: 科学出版社, 2~102.
- 刘招君. 2003. 湖泊水下扇沉积特征及影响因素——以伊通盆地莫里青断陷双阳组为例. 沉积学报, 21(1): 148~154.
- 刘招君,王东坡,何起祥. 1985. 攀西地区上三叠统湖泊浊积岩沉积特征及其地质意义. 见: 张云湘主编. 中国攀西裂谷文集. 北京: 地质出版社, 298~306.
- 饶孟余,钟建华,郭泽清,杨和山,刘金友. 2004. 济阳坳陷牛庄洼陷沙三段三角洲前缘浊积岩特征. 高校地质学报, 10(4): 624~633.
- 武富礼,李文厚,李玉宏,席胜利. 2004. 鄂尔多斯盆地上三叠统延长组三角洲沉积及演化. 古地理学报, 6(3): 307~315.
- 吴崇筠. 1986. 对国外浊流沉积和扇三角洲沉积研究的评述. 见: 中国石油学会石油地质委员会编译. 国外浊积岩和扇三角洲研究. 北京: 石油工业出版社, 1~19.
- 杨俊杰. 2002. 鄂尔多斯盆地构造演化与油气分布规律. 北京: 石油工业出版社, 50~107.
- 杨友运. 2005. 鄂尔多斯盆地南部延长组沉积体系和层序特征. 地质通报, 24(4): 369~372.
- 张进,马宗晋,任文军. 2004. 鄂尔多斯西缘逆冲褶皱带构造特征及其南北差异的形成机制. 地质学报, 78(5): 601~611.
- Beattie P D, Dade W B. 1996. Is Scaling in Turbidite Deposition Consistent with Forcing By Earthquakes? Journal of Sedimentary Research, 66(5): 909~915.
- Bouma A H, Lee G H, Van Antwerpen et al. 1995. Channel complex architecture of fine grained submarine fans at the base of slope. Gulf Coast Association of Geological Societies Transactions, 45: 65~70.
- Fang Aimin, Li Jiliang, Hou Quanlin. 1998. Sedimentation of turbidity currents and relative gravity flows: A review. Geological Review, 44(3): 270~280 (in Chinese with English abstract).
- He Zixin. 2003. Evolution and oil-gas of the Ordos Basin, Beijing: Petroleum Industry Press, 95~105 (in Chinese).
- Kuenen P H, Menard H W. 1952. Turbidity currents, graded (sic) and nongraded deposits, lout. Sedimentary Pettrakagy, 22(1): 83~96.
- Li Wenhong, Shao Lei, Wei Honghong, Han Yonglin, Yang Yang, Ji Xiaolin. 2001. Turbidity current deposits of lake facies in northwestern China. Journal of Northwest University, 31(1): 57~62 (in Chinese with English abstract).
- Liu Zerong, Xin Quanlin, Zhu Xiaomin. 1992. The structure petrographical zonations and the oil-gas evaluation of the rift basin. Beijing: Science Press, 2~102 (in Chinese).
- Liu Zhaojun. 2003. Subaqueous fan sedimentary characteristics and Influence factors——A case study of Shuangyang Formation in Moliqing fault subsidence of Yitong basin. Acta Sedimentologica Sinica, 21(1): 148~154 (in Chinese with English abstract).
- Liu Zhaojun, Wang Dongpo, He Qixiang. 1985. Sedimentary character and geological significance of Upper Triassic lake facies turbidite in Panxi Area. In: Zhang Yunxiang, ed. Contribution to Panxi Rift China. Beijing: Geological Publishing House, 298~306 (in Chinese).
- Middleton G V, Hampton M A. 1973. Sediment gravity flow: Mechanics of flow and deposition. In: Middleton G V, Bouma A H, eds. Turbidite and deep water sedimentation. Anaheim: SEPM Pacific Sec. Short Course Notes: 1~38.
- Mutti E, Normark W R. 1991. An introduction to the study of turbidite system. In: Weimer P, Link M H. eds. Seismic facies and sedimentary process of submarine fans and turbidite systems. Springer-Verlag, 75~106.
- Noemark W R. 1978. Fan Valleys, Channels and depositional lobes on modern submarine fans: characters for recognition of sandy turbidity environments, AAPG, 62(6): 912~937.
- Mulder T, James P M. 1995. Turbidity currents generated at river mouths during exceptional discharges to the world oceans. Jour. of Geo., 103(3): 285~300.
- Mulder T, Cochonet P. 1996. Classification of offshore mass movements. Journal of Sedimentary Research, 66(1): 43~57.
- Parker G. 1982. Conditions for the ignition of catastrophically erosive turbidity currents. Mar. Geol., 46: 302~327.
- Rao Mengyu, Zhong Jianhua, Guo Zeqing, Yang Heshan, Liu Jinyou. 2004. Turbidite characteristics of delta front for the 3rd member of Shahejie Formation in Niuzhuang Sag, Jiyang depress. Geological Journal of China Universities, 10(4): 624~633 (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.
- Ross W C, Halliwell B A, May J A. 1994. Slope readjustment: A new model for the development of submarine fans and aprons. Geology, 22: 511~514.
- Walker R G. 1978. Deep water sandstone facies and ancient submarine fan: Models for exploration for stratigraphic traps. AAPG, 62(6): 932~966.
- William C S, Home J L, David C T, Jacques L C, Hans N, William G M, Neil H K. 1996. Sediment mass-flow processes on a depositional lobe outer Mississippi fan. Journal of Sedimentary Research, 66(5): 916~927.
- Wu Chongjun. 1986. The review on the study of turbidith current and fan-delta deposits in foreign countries. in: The Petroleum Geology Committee of Chinese Petroleum Society Trans, ed. The study of Turbidite and fan-delta in foreign countries. Beijing: Geological Publishing House, 1~19 (in Chinese).
- Wu Fu li, Li Wenhong, Li Yuhong, Xi Shengli. 2004. Delta sediments and evolution of the Yanchang Formation of Upper Triassic in Ordos Basin. Journal of Palaeogeography, 6(3): 307~315 (in

- Chinese with English abstract).
- Yang Junjie. 2002. Tectonic evolution and oil-gas reservoirs distribution in Ordos Basin, Beijing: Petroleum Industry Press, 50 ~107 (in Chinese).
- Yang Youyun. 2005. Characteristics of the depositional system and sequence evolution of the Yanchang Formation in the southern Ordos Basin. Geological Bulletin of China, 24(4): 369~372 (in Chinese with English abstract).
- Zhang Jin, Ma Zongjin, Ren Wenjun. 2004. Tectonic characteristics of the western Ordos thrust-fold belt and the cause for its north-south segmentation. Acta Geologica Sinica, 78(5): 601~611 (in Chinese with English abstract).

Turbidite Systems and the Significance of Petroleum Exploration of Yanchang Formation in the Southern Ordos Basin

CHEN Quanhong, LI Wenhong, GUO Yanqin, LIANG Jiwei, CUI Junping, ZHANG Daofeng,

Department of Geology, Northwest University Xi'an, Shaanxi, 710069

Abstract

The turbidite systems of the southern Ordos basin mainly developed in the Chang 7 and Chang 6 oil-bearing of the Yanchang formation. From its sedimentary characteristic, the turbidite fan could be distinguished and divided into slope-moving turbidity and slide-moving turbidity. The facies belts of slope-moving turbidity developed correspondingly complete and many times turbidity current sediment vertically overlapped each other. The facies could be divided into slope-channel-root fans, braided channel, middle braided channel, braided channel front-middle fans, outer fans and basin plain. The slide-moving turbidity that appeared in the deep lake sedimentary only been divided into middle facies and edge facies, and the facies belts hardly distinguished easily. The two turbidity fans mainly distributed on the near-root-slope belts and the far-root-slope belts. The slope-moving turbidity that sedimentary thickness was thinner mainly induced randomly by occasional factors, and its reservoir quality was correspondingly bad, but the slope-moving turbidity that its sedimentary thickness was thicker and distributed broad was the mainly oil-gas exploration target in the lithologic oilpool. It formed with advantageous slope structure and the steady material source supply.

Key words: the southern Ordos Basin; the slope-moving turbidity; the slide-moving turbidity; formation mechanism; the significance of petroleum exploration