

东营凹陷胜坨地区沙二上亚段古物源输送路径研究

孙其琛, 杨俊生

中国石油大学(华东)地球科学与技术学院, 山东 青岛 266000

摘 要: 应用 330 余口井的钻、测井资料, 绘制地层对比图与地层厚度图, 建立了地层格架, 揭示了地层发育情况, 并通过砂岩厚度图与百分含量图, 描绘了砂体沉积的分布范围。分析结果表明: 胜坨油田沙二上亚段沉积时期存在 3 个主要物源和 1 个次要物源, 3 个主要物源分别是来自陈家庄凸起的西北部物源与东北部物源, 以及来自青坨子凸起的东部物源; 1 个次要物源是来自陈家庄凸起的北部物源, 在个别小层沉积时发育。各小层砂岩厚度分布情况揭示出研究区内部物源分配过程, 即西北部物源区的碎屑物质向东南方向搬运并控制一区的沉积物质展布; 东北部物源区的碎屑向西南方向搬运; 东部物源区的碎屑向西搬运, 来自东北部与东部的物源两者交汇并控制二、三区的沉积物质展布。物源在不同砂组或小层中其位置在一定区域内不断迁移, 碎屑物质在盆地内搬运方向也随之发生变化, 造成不同时期(小层)来自物源区的沉积物相互叠置。物源也同时受同沉积断层的影响, 同沉积断层的走向控制了地层展布与碎屑物质在研究区内的搬运方向。

关键词: 沙二上亚段; 物源方向; 输送路径; 碎屑物质; 东营凹陷; 山东省

STUDY ON THE TRANSPORT PATH OF PALEO-PROVENANCE IN THE SECOND MEMBER OF SHAHEJIE FORMATION IN SHENGTUO AREA, DONGYING DEPRESSION

SUN Qi-chen, YANG Jun-sheng

School of Earth Sciences and Technology, China University of Petroleum, Qingdao 266000, Shandong Province, China

Abstract: According to the stratigraphic correlation and thickness maps by drilling and logging data from over 330 wells, the paper establishes stratigraphic framework to reveal its development, and shows the distribution of sandbody deposits with sandstone thickness and percentage content. The results show that during the sedimentary period of Upper Es₂ in Shengtuo Oilfield, there are three major provenances and one secondary provenance. The distribution of sandstone thickness in each sublayer reveals the distribution of internal provenances. The provenance in different sand formations or sublayers constantly migrate within a certain area, and the transportation directions of detrital materials in the basin also change correspondingly, which leads to the superimposition of sediments from provenances of different periods and sublayers. The synsedimentary faults also affect the provenance, and the strike controls the stratigraphic distribution and transport direction of detrital materials in the study area.

Key words: upper Es₂; source direction; transport path; detrital material; Dongying Depression; Shandong Province

收稿日期: 2018-03-30; 修回日期: 2018-06-11. 编辑: 李兰英.

基金项目: 企事业单位科研项目“胜坨油田河流相储层区域沉积演化规律研究”(编号 30200001-16-ZC0607-0031).

作者简介: 孙其琛(1992—), 男, 硕士研究生, 地质学专业, 通信地址 山东省青岛市黄岛区中国石油大学(华东)地球科学与技术学院 C 座 727, E-mail//535077850@qq.com

0 引言

东营凹陷胜坨地区经过 50 余年的勘探开发,胜坨油田已进入特高含水后期开发阶段,油田开发的难度越来越大,油田可持续发展面临严峻挑战^[1]. 确定物源区的地理位置、母岩性质及其组合特征、沉积物搬运路径与距离,开展物源分析研究,不仅是物源区大地构造背景分析、地壳与大地构造演化恢复、古环境与古气候恢复的重要途径,而且是沉积区岩相古地理重建、原型盆地恢复、沉积盆地分析、沉积储层预测的重要依据^[2]. 前人通过特征元素法、砂砾岩百分含量法、古构造与古沉积背景分析等方法,对胜坨油田沙二段的物源进行了较为详细的分析,结果认为沙二段时期主要存在北部与东部两套物源体系^[3],并对沉积物的来源方向给出了总体的结论,但对沉积物进入沉积盆地内部后是如何进一步分配的并没有给出明确说明. 本次研究在充分应用钻、测井资料,并利用“旋回对比、分级控制”的对比方法,选取主要相分布相对稳定的泥岩,泥岩的颜色以红色和紫红色为主,也见灰绿色泥岩为

标志层,其自然电位曲线均为泥岩基线特征,微电极曲线电阻基值一般也极低. 统一了研究区的对比方案,将沙二上亚段 1~3 砂组($E_{s2}S1$ 、 $E_{s2}S2$ 、 $E_{s2}S3$)分为 17 个小层,编绘了更为详细的砂砾岩百分含量图、地层对比图、地层厚度图、砂岩厚度图等图件,分析沉积物在盆地内部的分散特征,从而使胜坨地区沙二上亚段 1~3 砂组物源研究精度提高,并对胜坨油田地区的物源区位置和内部物源分配过程进行精确分析.

1 区域地质背景

胜坨地区位于东营凹陷北部的陡坡带(图 1),坨庄-胜利村-永安镇断裂构造带中段,北部邻近陈家庄凸起,东部靠近永安镇断裂带,西接利津断裂带,南部接近中央断裂背斜构造带,西南与利津洼陷相通. 作为凹陷北部陡坡带的一部分,胜坨地区的构造演化和地层沉积,与整个东营凹陷的形成和演化紧密相连,古近系在基底断陷体制控制作用下,断裂发育而褶皱少,断层大多为同生断层,为典型的断陷式盆地^[4]. 工作

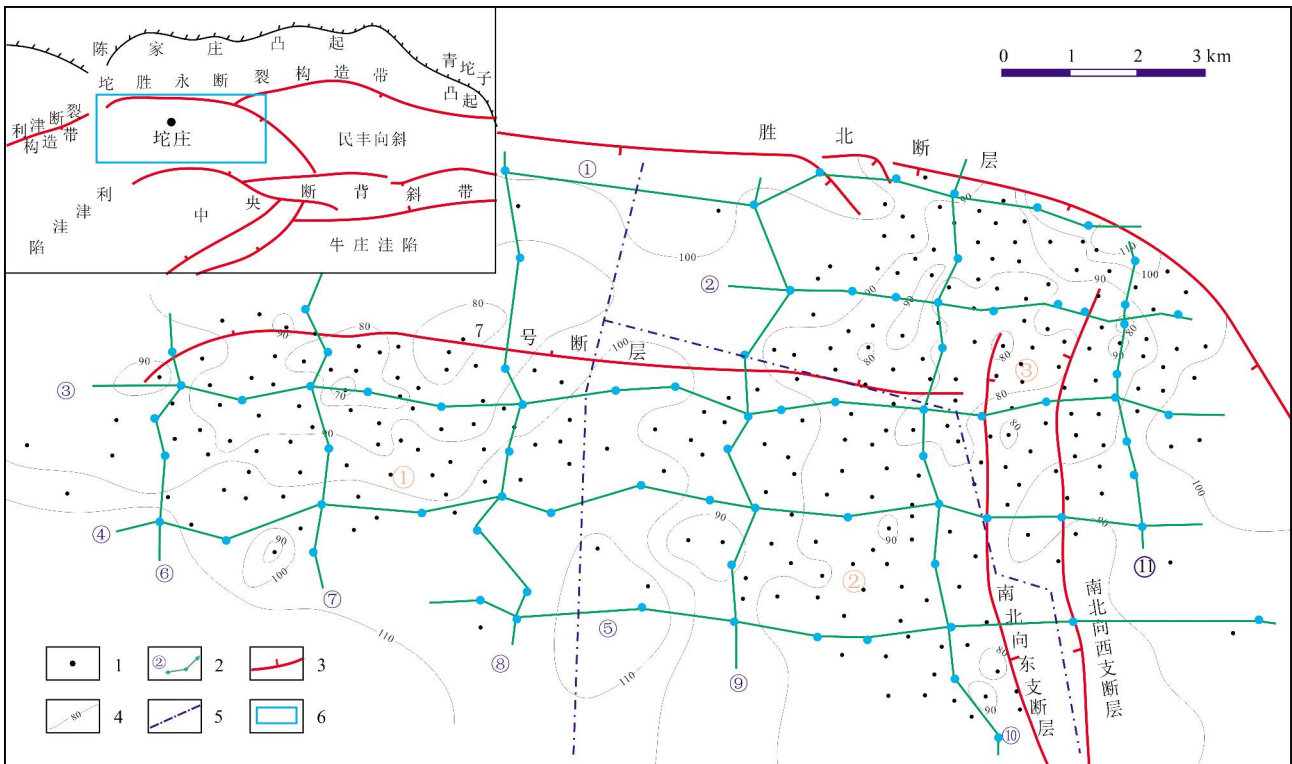


图 1 东营凹陷胜坨地区区域构造位置图

Fig. 1 Regional tectonic location map of Shengtuo area in Dongying Depression

1—井位(well position); 2—连井剖面(well tie section); 3—断层(fault); 4—地层厚度等值线(strata thickness contour); 5—分区线(division line); 6—工作区(study area)

区内部同沉积断层控制了碎屑岩沉积体系和各种伴生构造的发育,其中胜北断层是胜坨油田最重要的断层,也是主控断层,走向近东西,倾向近南北,平面上呈弧型展布^[5]。7号断层和南北向东支和西支断层是区内的主要同沉积断层,胜北断层与7号断层之间地层厚度大,地层厚度等值线东西向延伸;南北向东支和西支断层之间内部地层厚度薄周围地层厚度较大,等值线近南北向展布;南部临近凹陷部位地层厚度大,而七号断层南盘的同生背斜上地层厚度最厚。

胜坨地区沙二上亚段沉积期,由于气候干燥,湖盆收缩,湖水退缩于利津洼陷,东营凹陷大部分地区为河流沉积^[6]。胜坨地区靠近凹陷北缘的陡坡一侧,在研究区北部胜北断层附近主要发育冲积扇沉积,在研究区内部主要为辫状河沉积^[7-8]。研究区距陈家庄凸起和青坨子凸起距离都很近,碎屑物质搬运距离短,河流长度短,地势坡降大,沉积作用以近源搬运沉积为主。

2 物源区位置及相互关系

对于物源区地理位置的确定方法有很多,目前,主要应用的是轻、重矿物组合特征分析,黏土矿物分析,元素化学特征分析及热年代学分析方法^[9-11]。物源的发育位置及展布与研究区构造格局有关,古地形的高低和倾向、同沉积断层的走向和发育程度,以及断层的排列方式均可以影响到物源的方向、规模及分布位置。前人根据胜坨地区沉积物碎屑组分和矿物成分做过大量测试分析,经对比分析,他们来自不同的物源,分别是北部的陈家庄凸起和东部的青坨子凸起^[12]。本次研究认为胜坨油田沙二上亚段沉积时期存在3个主要物源,分别是来自陈家庄凸起的西北部物源与东北部物源(主要为陈家庄凸起中生界火山岩、碎屑岩和太古界花岗片麻岩经风化剥蚀产生大量碎屑物质),以及来自青坨子凸起的东部物源。1个次要物源是来自陈家庄凸起的北部物源,它只在个别小层沉积时发育。研究区内主要由中—厚层块状粗砂岩与交错层理中—细砂岩辫状河流沉积为主。砾岩成分复杂,砂岩以长石砂岩、岩屑砂岩为主,个别出现石英砂岩,泥质胶结者居多,间或有钙、铁质胶结者。黏土矿物高岭石较多,伊利石较少。通过镜下鉴定陈家庄凸起的两个主要物源区与一个次要物源区所搬运碎屑物质岩石矿物组成上并无差异。

2.1 物源区位置

工作区内相同区域内不同时期物源输入的位置不同。根据Es₂S1、Es₂S2、Es₂S3和Es₂S1-3砂砾岩百分含量等值线图(图2)分析得出3个主要物源区位置及发育程度的变化。Es₂S1-3砂砾岩百分含量图中可知,3个主要物源中东北部物源在3个砂层组中井3-2-440区域最为发育。从Es₂S1、Es₂S2、Es₂S3百分含量图分析表明,在胜北断层附近出现大面积的高值,井3-2-440区域附近多为研究区内百分含量值最高区域(图2)。研究区内东部物源区在Es₂S1影响范围最大,Es₂S2、Es₂S3砂层组中呈现出向北部迁移的趋势。位于研究区西北部的物源相对稳定,Es₂S2时期作用范围最大,Es₂S3时期最小。研究区内的次要物源是来自正北部,此物源在Es₂S2中具有最明显的发育,作用范围也较广,从其他砂层组的砂岩百分含量图中可看出Es₂S1、Es₂S3时期北部物源均不发育。

2.2 各物源相互关系

东西向连井剖面图(图1中连井3的位置)不同井位各砂组砂体发育程度分析得出(图3a),1、3砂组小层发育程度要好于2砂组,东部的2-0-169、3-6-197、T142-38井和西部的1-2-411井砂体发育明显好于中部和两侧的井,1-2-411井应受西北部物源影响,2-0-169、3-6-197、T142-38井受东北部和东部物源影响,从各小层砂体的发育程度可知,1小层砂体发育程度最好,砂体厚度大、连片性好,此时期物源供给足。从图3b南北走向的连井剖面(图1中连井10的位置)砂体发育程度分析表明,从3-5-393井至3-6-62井砂体叠置明显减少,但是继续向南到3-8-109井砂体叠置又明显增加,3-5-393井位于研究区东北部,受东北部物源区和胜北断层的影响,各小层砂体发育好厚度较大,物源向南输送到3-8-109井区域时受到了来自东部物源交汇的影响,各小层砂体发育又变好并且厚度增加。

研究区内不同位置横向和纵向连井剖面可以反映出主要的物源区在西北部、东北部和东部,次要的物源区在正北部。物源区在不同砂组或小层中其位置在一定区域内不断迁移,造成了不同时期(小层)来自物源区的沉积物相互叠置。从研究区内横向连井剖面(图3a)的各砂组和小层的砂体展布分析得出,从西北部物源区输送过来的碎屑物质与从东北部和东部物源区输

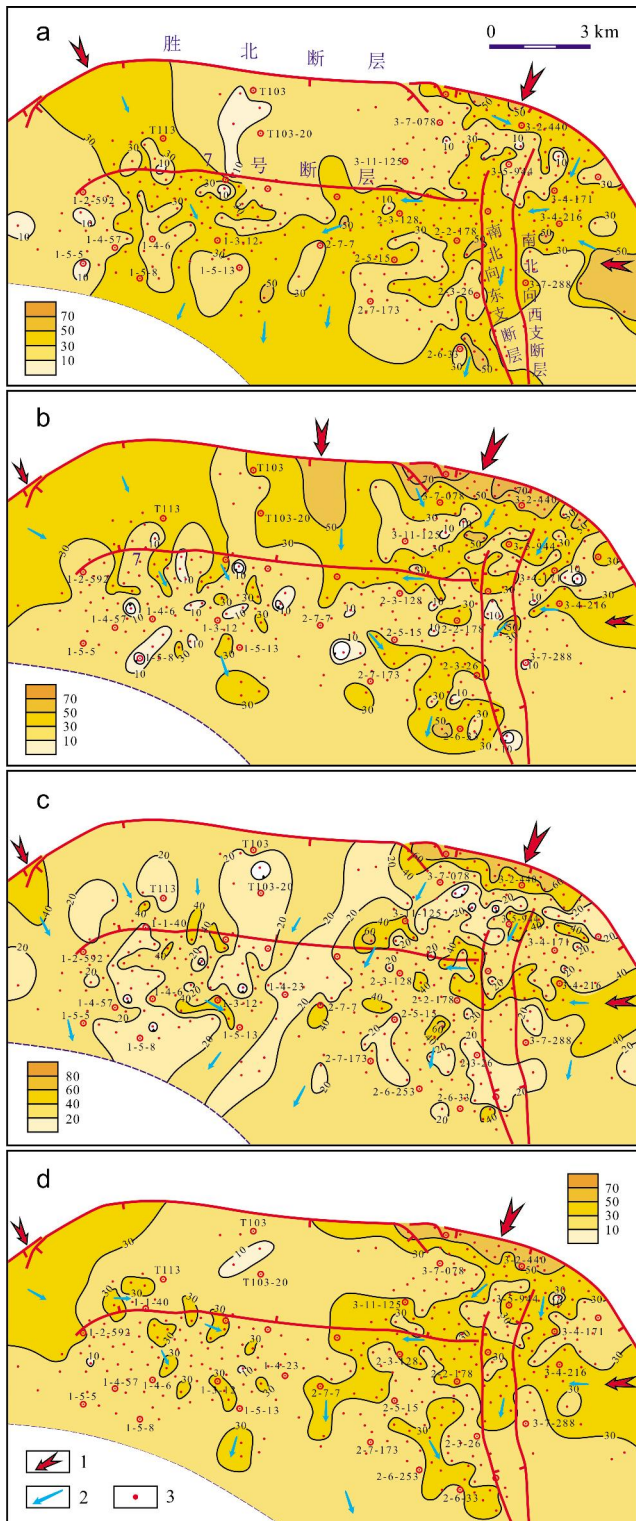


图2 胜坨油田沙二上亚段砂砾岩百分含量等值线图

Fig. 2 Percentage contour map of sandy conglomerate in each layer of the Upper Es₂ in Shengtuo Oilfield

a—Es₂S1 砂层; b—Es₂S2 砂层; c—Es₂S3 砂层; d—Es₂S1—S3 砂层;
1—物源区位置(provenance); 2—输送路径(transport path); 3—井位
(well position)

送的碎屑物质没有发生交汇,但是东北部和东部物源区输送的碎屑物质发生了明显的交汇,砂体的发育程度东部好于西部,1、3砂组好于2砂组。从纵向连井剖面(图3b)的各砂组和小层的砂体展布特征可看出,由于受同沉积断层胜北断层(二级断层)和陈家庄凸起物源的影响,越靠近断层的井砂体发育程度越好,砂体厚度越大。随着碎屑物质的向南搬运,在不同位置砂体发育明显变好,厚度变大,这是受研究区内部同生断层(三级断层,如7号断层)或不同方向物源交汇所造成的。

总之,研究区内碎屑物质的输送是受不同的物源区影响,研究区内存在3个主要物源,分别是来自陈家庄凸起的西北部物源与东北部物源,以及来自青坨子凸起的东部物源。另外,来自陈家庄凸起的北部物源在1砂组1小层和3砂组4、5小层沉积时较为发育,是次要物源。在不同时期(小层)物源区发育程度不一样,对区内碎屑物质的供给强弱不同,如西北部物源在不同砂组或小层中向东部移动并不断减弱,碎屑物质在盆地内搬运方向也随之发生变化。

3 碎屑物质输送路径

盆地内的碎屑物质的输送充填演化是一个动态变化的体系^[13]。沉积物的展布是随着不同时期构造-地貌的变化不断发生迁移的。不同时期的构造活动方式不同,产生的地貌形态千差万别,而地貌形态是决定原始沉积物的来源、搬运、沉积充填过程、砂体展布规律的直接因素^[4,14]。

3.1 断层对输送路径的控制

研究区1~3砂层组物源输送路径和沉积物展布特征与工作区边界及内部的断层活动有关,二级断层胜北断层及三级断层7号断层、南北向东支和西支断层均为同生断层^[15],研究区内碎屑物质的输送路径受到了这些同生断层的影响,沉积物质的展布也受到了断层活动的影响,从胜坨油田Es₂S1-3砂砾岩百分含量图(图2d)分析表明,在研究区内西北部、东北部和东部的胜北断层附近砂砾岩百分含量为高值,此3个区域正是区内主要物源供应方向,从这3个方向的碎屑物质进入工作区后在三级断层附近砂砾岩百分含量也出现高值,可以看出碎屑物质大致是沿着这些同沉积断层的走向输送,并且来自东北部物源和来自东部

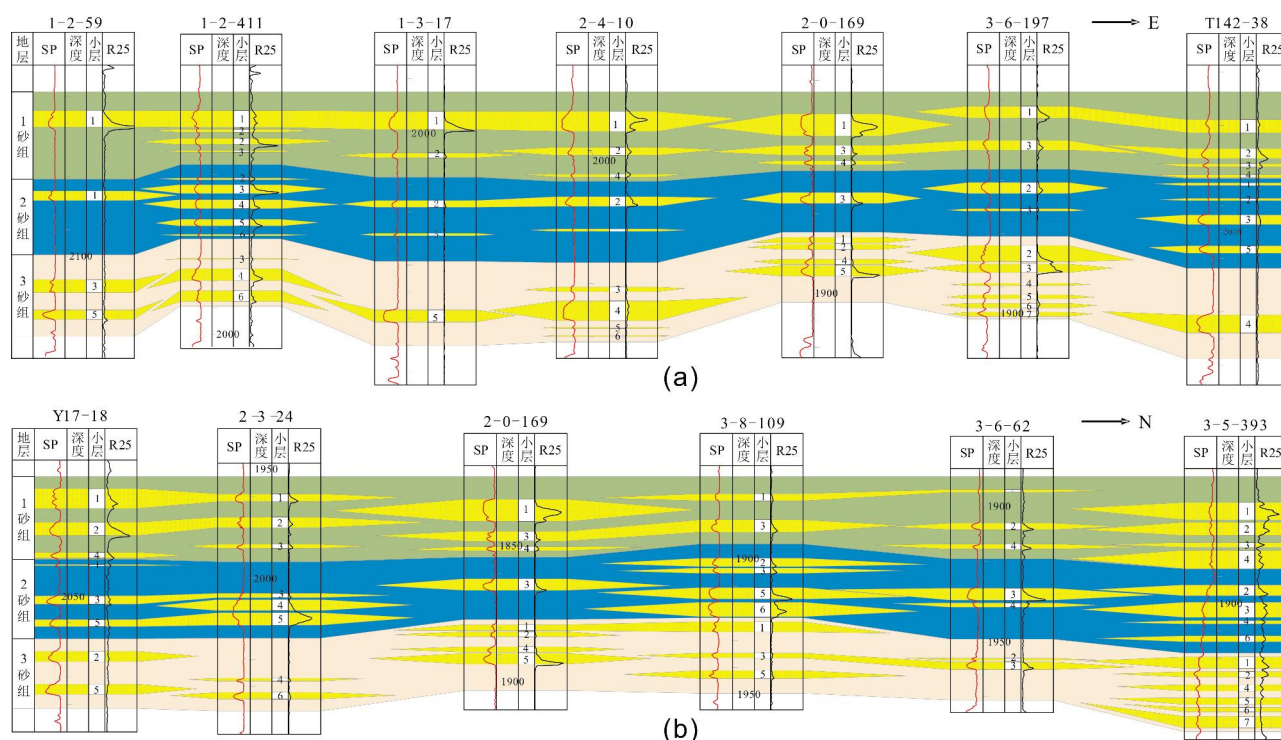


图 3 胜坨油田沙二段小层对比图

Fig. 3 Comparison between sublayers of Es_2 in Shengtuo Oilfield

a—东西向剖面(1-2-59 井—T142-3 井)(E-W section); b—南北向剖面(Y17-18 井—3-5-393 井)(N-S section)

物源的交汇处,受物源交汇的影响砂砾岩百分含量出现大面积的高值区域。

根据各砂层组百分含量图(图 2a、b、c)分析得出, Es_2S3 时期研究区内西北部物源供应不是很足,工作区内部三级断层活动不明显,西北部物源的碎屑物质沉积跟来自东北部和东部物源的碎屑物质沉积有着明显的分界。到了 Es_2S2 时期在 7 号断层的北侧百分含量明显大于南侧,说明此时期断层下降幅度大,从西北部、北部和东北部物源区来的碎屑物质大量沉积在断层北侧。 Es_2S1 时期研究区内部三级断层活动不明显,从物源区来的碎屑物质可以轻松的穿过断层,之后继续向凹陷方向推进,碎屑物质进而在凹陷内部大量沉积。

3.2 小层碎屑物质输送路径

虽然砂层组的百分含量图能够反映沉积物的搬运方向,但盆地内不同物源区供应的沉积物在不同时期搬运的方向容易发生变化,并不能完全反映来自某个物源区碎屑物质在盆地内的搬运。本文选择了 2 砂组 2 小层和 3 砂组 3 小层(Es_2S23 、 Es_2S33)进行详细分析,下面将应用小层的厚度图(即砂岩厚度)(图 4)来

分析盆地内部物源的分配过程,从图中可以明显看出西北部、东北部、东部 3 个稳定的主要物源区和正北部不太发育的物源区。

从 Es_2S33 (图 4b)沉积时期中可以看出,西北部物源供给相对较强,在胜北断层附近形成一朵叶状分布的砂体,厚度大于 8 m。其余物源区形成的砂体多以较窄的条带状为主,厚度一般大于 4 m。小层砂体展布受研究区内 3 级断层影响不大,砂体厚度向盆地方向迅速减薄,并呈较窄的条带状分布。各物源区碎屑物质进入工作区内都有不同程度交汇,然后向南继续搬运进入洼陷。 Es_2S23 (图 4a)沉积时期砂体展布受研究区内 3 级断层影响较大,从物源区搬运来的碎屑物质的沉积沿断层走向展布只在特定区域通过断层后继续向南搬运,砂体多呈连片分布且厚度不大,此小层来自东部青坨子凸起的物源向西搬运过程中,与来自东北部方向的物源汇聚后向南搬运进入洼陷。西北方向的物源进入工作区后沿 7 号断层搬运与北部物源汇聚后越过断层向南搬运进入洼陷。东北方向的物源向西北搬运越过 7 号断层后与来自正北方向物源汇聚后向南继续搬运进入洼陷。来自东部青坨子凸起的物源成

条带向西搬运与正北、东北方物源汇聚向南继续搬运。因此,通过砂组中各小层砂岩厚度图(图4)可以直观的看出物源碎屑物质在工作区内搬运的路径。

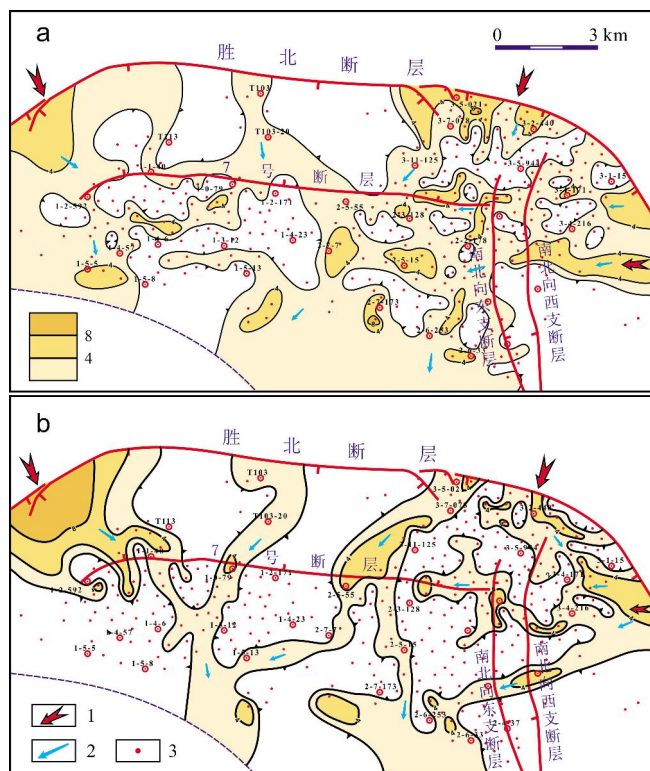


图4 胜坨油田沙二上亚段小层砂岩厚度图

Fig. 4 Sandstone thickness in the sublayers of Upper Es₂ in Shengtuo Oilfield

a—Es₂S23 小层; b—Es₂S33 小层; 1—物源区位置(provenance); 2—输送路径(transport path); 3—井位(well position)

4 结论

1)研究区内存在3个主要物源,分别是来自陈家庄凸起的西北部物源与东北部物源,以及来自青坨子凸起的东部物源。西北部物源区的碎屑物质向东南方向搬运并控制一区的沉积物质展布,东北部物源区的碎屑向西南方向搬运、东部物源区的碎屑向西搬运,来自东北部与东部的物源两者交汇并控制二、三区的沉积物质展布。

2)研究区1~3砂层组物源输送路径和沉积物展布特征受工作区边界及内部的断层活动影响。2、3砂组

沉积时期物源发育较弱,盆地内部砂体呈条带状展布,1砂组沉积时期物源发育强,盆地内砂体呈席状或较宽的条带状。物源在不同小层中其位置在一定区域内不断迁移,碎屑物质在盆地内搬运方向也随之发生变化,造成不同时期(小层)来自物源区的沉积物相互叠置。

3)通过研究确定了研究区内有利沉积相带及储层的砂体分布,对寻找有利的油气储层具有重要意义。

参考文献:

- [1] 吴伟,杨圣贤,刘文业,等. 胜坨油田勘探开发50年实践与认识——油藏地质篇[M]. 北京:石油工业出版社,2013:173-175.
- [2] 杨仁超,李进步,樊爱萍,等. 陆源沉积岩物源分析研究进展与发展趋势[J]. 沉积学报,2013,31(1):99-107.
- [3] 胜利油田有限公司胜利采油厂编写. 胜坨地区沙二段三角洲前缘砂体分布及含油气规律研究[M]. 北京:石油工业出版社,2003:17-20.
- [4] 林畅松,郑和荣,任建业,等. 渤海湾盆地东营、沾化凹陷早第三纪同沉积断裂作用对沉积充填的控制[J]. 中国科学:D辑(地球科学),2003,33(11):1025-1036.
- [5] 孙永壮. 东营凹陷胜坨地区沙河街组沉积体系及其油气源特征[J]. 中国石油大学学报:自然科学版,2006,30(06):24-30.
- [6] 胜利油田石油地质志编写组. 中国石油地质志(卷六)[M]. 北京:石油工业出版社,1993:20-25.
- [7] 柯光明,郑荣才,高红灿,等. 胜坨油田一区沙河街组二段1—3砂组测井—沉积相分析[J]. 沉积与特提斯地质,2006,26(1):81-87.
- [8] 王凤华. 东营凹陷东北斜坡带沉积特征及成藏规律研究[J]. 断块油气田,2004,11(2):8-9.
- [9] 彭治超,付星辉,刘俊超,等. 沉积物源分析方法及研究进展[J]. 西安文理学院学报:自然科学版,2017,20(1):116-121.
- [10] 仲虹. 地球化学在物源及沉积背景分析中的应用[J]. 智能城市,2017,3(12):183.
- [11] 魏然,李红阳,于斌,等. 沉积盆地物源体系分析方法及研究进展[J]. 岩性油藏,2013,25(3):53-57.
- [12] 张立强,杨晚. 东营凹陷北带古冲沟古近系多物源沉积模式[J]. 中南大学学报:自然科学版,2012,43(8):3159-3165.
- [13] 赖维成,宋章强,周心怀,等. “动态物源”控砂模式[J]. 石油勘探与开发,2010,37(6):763-768.
- [14] 王秀红. 渤海湾盆地沾化凹陷富林洼陷油气来源及分布规律研究[J]. 石油实验地质,2013,35(2):151-156.
- [15] 曹翠. 胜坨油田一区沙河街组二段1~3砂组构造精细研究[J]. 西部探矿工程,2010,22(12):25-28.