

文章编号: 1000-0550(2006)02-0202-08

# 束鹿凹陷碳酸盐角砾岩的成因研究

邱隆伟<sup>1,2</sup> 杜蕊<sup>1</sup> 梁宏斌<sup>3</sup> 马郡<sup>3</sup>

(1 中国石油大学地球资源与信息学院 山东东营 257001; 2 胜利油田博士后流动站 山东东营 257000;

3 中国石油华北油田勘探开发研究院 河北任丘 062552)

**摘要** 碳酸盐角砾岩一般为内源或构造等成因,陆相沉积环境极难形成。研究发现束鹿凹陷古近系角砾岩为陆相成因。束鹿凹陷角砾岩分布于沙河街组三段中下部,在凹陷的东西斜坡地带呈裙状发育,是一种以碳酸盐岩碎屑为主的沉积岩。岩石类型为角砾岩及少量含砾泥灰岩,角砾岩具有以颗粒支撑为主,块状构造、粒序构造或其它层理构造不明显,角砾大小混杂,没有出现方向的优选,砾岩层单层厚度较大等特点;含砾泥灰岩为杂基支撑,具正粒序构造,并可见倒三角形状角砾。碳酸盐角砾岩中无论角砾还是充填物都主要由棱角状及次棱角状碳酸盐碎屑颗粒构成,其母岩为盆地周围奥陶系及寒武系碳酸盐岩。研究认为束鹿凹陷沿缓坡分布的角砾岩属陆源非粘性碎屑流沉积产物。

**关键词** 碳酸盐岩 角砾岩 碎屑流 成因 束鹿凹陷 矿物岩石 油气地质

**第一作者简介** 邱隆伟 男 1967 年出生 博士 副教授 矿物岩石 油气地质

**中图分类号** P512.2 **文献标识码** A

碳酸盐角砾岩是一种常见的岩石类型,它在我国的许多地区都有发现。碳酸盐角砾岩一般是以内源为成因的,既可以是台缘斜坡形成的碳酸盐沉积物由于地震、重力、风暴流等触发因素的影响而形成高密度流<sup>[1-4]</sup>,在斜坡坡底堆积形成的<sup>[5,6]</sup>,可以是台地边缘由于地震触发破裂但是未明显发生搬运的震裂角砾岩成因<sup>[7]</sup>,也可以是台地上准同干化破裂、膏岩溶和古岩溶成因<sup>[8,9]</sup>,此外也有构造角砾岩、岩溶角砾岩或与岩浆活动密切关联的流体隐爆角砾岩等的报道<sup>[10]</sup>。由于碳酸盐岩成分上的不稳定性,很容易在短距离的搬运中完全溶解,因此作为陆源碎屑岩存在的碳酸盐角砾岩很少出现,已发现的只有出露于四川盆地西缘的天全、宝兴、芦山一带的大溪砾岩,其成因为冲积扇沉积<sup>[11]</sup>。束鹿凹陷沙河街组地层中存在大规模分布的碳酸盐质角砾岩,并在角砾岩中发现了油气显示以及工业油流,经过研究认为它属于陆源碳酸盐碎屑流沉积。对该套角砾岩的沉积特征和成因研究,有助于进一步研究其形态和分布特征以及有利储集相带的分布规律,从而指导该种类型的隐蔽岩性油气藏的进一步勘探。

## 1 地质简况

束鹿凹陷位于冀中坳陷南部,是在前第三纪基底上发育的东断西超的单断箕状凹陷。东南以新河大

断层为界,西至宁晋凸起,北与深县凹陷相接(图 1),

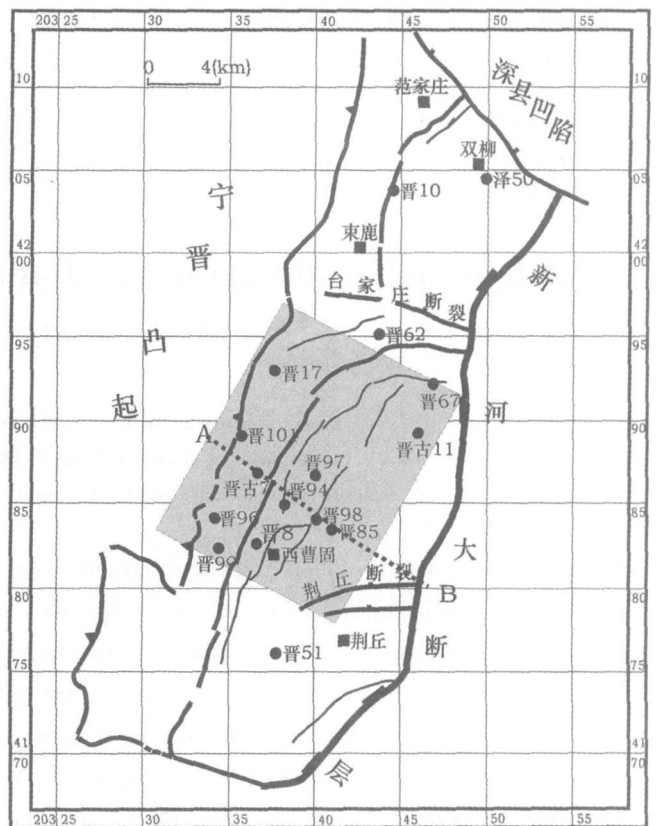


图 1 束鹿凹陷构造简图

Fig 1 Skeleton map of Shuli depression

收稿日期: 2005-06-07 收修修改稿日期: 2005-09-13

面积约 700 km<sup>2</sup>。凹陷内及其周缘出露的地层有寒武系、奥陶系、石炭系、二叠系、第三系、第四系等, 志留系、泥盆系以及中生界在区内缺失; 中上元古界存在于基底的深部, 但在盆地内及周边并未出露; 古生代地层构成东鹿凹陷古沉积盆地的基底, 其中寒武系仅分布于凹陷边部、石炭系和二叠系只在西斜坡的底部有少量分布, 而奥陶系分布最广, 凹陷东西两侧斜坡主要由奥陶系构成; 第三系依次超覆在盆地基底的古生代地层之上 (图 2), 形成典型的东断西超凹陷结构。第三系是凹陷最主要的发育时期, 主要发育沙河

街组三段 (沙三段) 以上的地层。沙三段中下部为一套以碳酸盐质角砾岩、泥灰岩及纹层石灰岩为主的碳酸盐岩沉积, 往上为正常的砂泥岩沉积。角砾岩是东鹿凹陷沙三段中下部地层中最主要的岩石类型之一, 埋深一般在 3 000 ~ 4 000 m 之间, 厚度一般 100 ~ 250 m; 角砾岩沿盆地陡坡和缓坡呈扇形堆积, 在北部、中部和南部等三个洼陷都有分布, 并总体具有裙状分布特征, 其中沿缓坡分布的角砾岩体分布面积大, 含量上在角砾岩中占主导地位, 也具有相对较好的成藏条件。

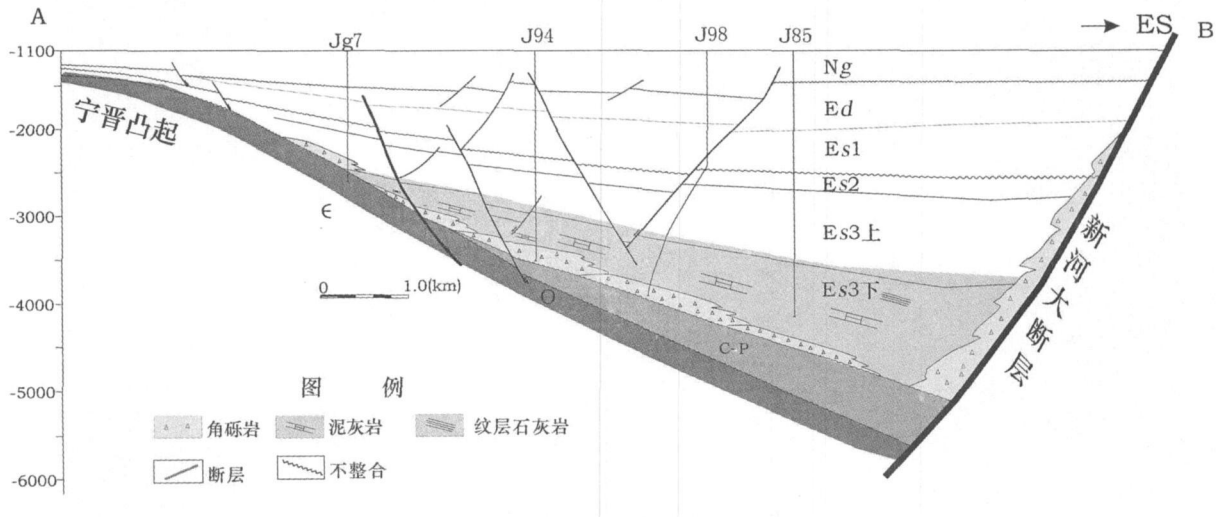


图 2 东鹿凹陷盆地结构示意图

Fig 2 Basin structure map of Shulu depression

## 2 主要岩石类型及其沉积特征

研究区岩石类型相对较简单, 根据成分及结构可以分为角砾岩、含砾 (砾石质) 泥灰岩、泥灰岩以及纹层石灰岩等岩石类型。

**角砾岩** 角砾岩在颜色上以深灰、浅灰等为主, 偶见浅褐色或浅紫红色等颜色; 砾石含量 70 ~ 90%。砾石形态一般为次棱角—棱角状 (图 3-a), 角砾基本无明显分选, 呈现杂乱分布特征, 分选性很差, 岩心中有时还看到塑性碎屑。角砾直径一般较大, 但常具有较大的分布范围 (为 5 ~ 20 cm), 有时也可见大于 50 cm 的巨砾。角砾成分复杂, 泥晶石灰岩、泥晶白云岩、晶粒状白云岩、晶粒状石灰岩、鲕粒石灰岩、竹叶状石灰岩 (图 3-b) 以及燧石等均较常见, 其中泥晶石灰岩以及泥晶白云岩是最常见的角砾成分类型, 特别是泥晶石灰岩的含量更多; 在分布上角砾常出现倒三角形 (图 3-a) 或直立状出现 (图 3-a d)。角砾间填隙物主要为碳酸盐成分的砂粒级及泥粒级碎屑, 粘土矿

物含量很少, 也很少出现碳酸盐胶结物, 其中砂粒级碳酸盐岩填隙物在形状上也以棱角状—次棱角状为主 (图 3-d 图 4-a)。在沉积构造上, 角砾岩一般呈块状构造, 或呈现隐约可见的反粒序构造; 角砾岩层和泥灰岩间常出现突变接触的特征 (图 3-a)。砾岩层之间有时可见薄的灰色及深灰色泥灰岩层的分隔。岩心中未见不同期砾岩之间的冲刷和侵蚀现象。

**含砾 (砾石质) 泥灰岩** 含砾 (砾石质) 泥灰岩在所观察的岩心中出现较少, 它可以和角砾岩相伴出现, 但多呈中薄层的夹层状出现于泥灰岩中。其颜色和角砾岩相似, 总体呈现较深色调。化学成分上无论砾石还是杂基都以碳酸盐组分占绝对优势。该类泥灰岩中具有明显的杂基支撑的特征, 砾石含量较低, 一般小于 10%, 有时也可以达到 30% 左右 (图 3-c), 砾石直径较小, 一般小于 5 cm, 总体以细砾或粗—中砂粒级为主, 磨圆程度和角砾岩相比相对较好, 似圆形的砾石相对较多, 但无论砾石还是基质都仍以次棱角状为主 (图 3-c)。基质成分为碳酸盐质

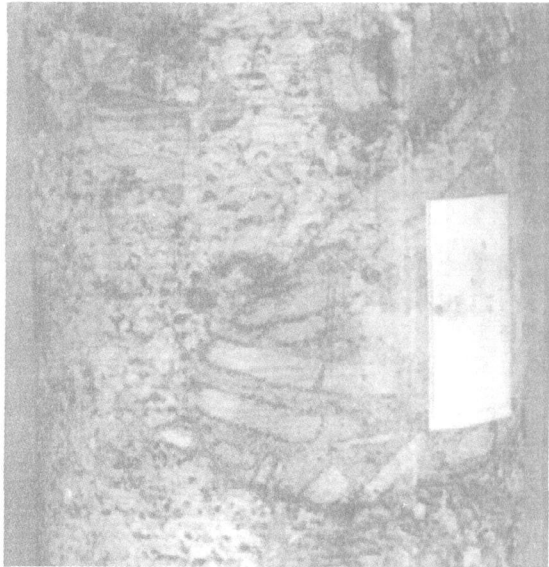
砂及泥粒级颗粒所组成, 塑性变形的痕迹有时可见 (图 3 c)。含砾泥灰岩常具有明显或隐约可见的正粒序构造, 有时也可见呈倒三角形出现的棱角状砾石 (图 3 c)。

泥灰岩 泥灰岩具碎屑结构 (图 4 b), 泥粒级质点占多数, 此外还常含有一定的粉砂及细砂粒级的碳酸盐岩岩屑组分, 以及少量有机质组分。岩石中的砂粒级组分含量一般 3 ~ 10%, 有时可以达到 25 ~ 40%; 成分主要为石灰岩质以及少量白云岩质, 此外

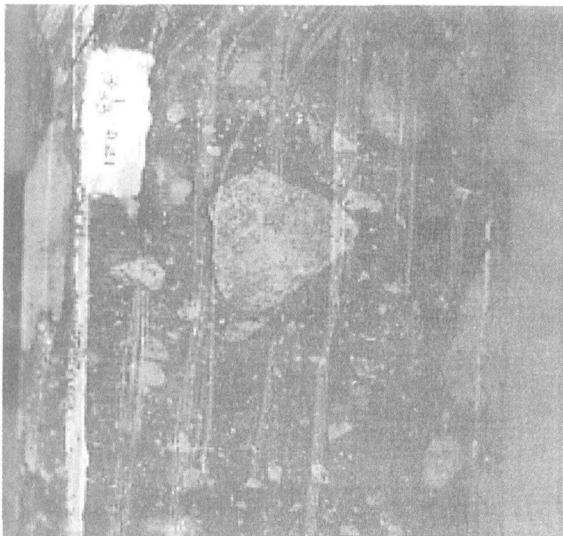
也含有少量石英及燧石碎屑; 形态上多呈棱角状一次棱角状出现, 分选及磨圆度都较差; 这些砂粒级组分在泥灰岩中呈分散状分布, 定向分布和成层性都不明显, 显示出清楚的杂基支撑特征。泥屑碳酸盐质点间接触紧密, 没有明显的重结晶现象, 胶结物也不明显 (图 4 b)。泥灰岩一般具有水平纹层状构造, 有时也显示块状构造。其中有时可见水平方向的生物扰动痕迹, 生物化石极少出现, 种类主要为介壳。研究表明它很可能是由陆源机械成因的碳酸盐质点组成的。



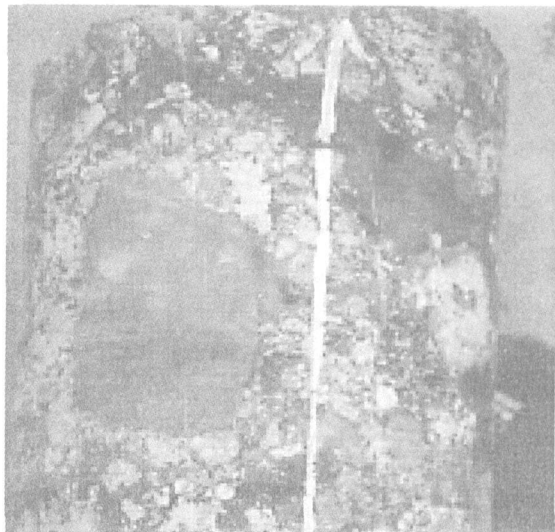
a. 角砾岩中角砾的形态及角砾岩和泥灰岩的突变接触, 晋 94 井 5 (4/20)



b. 角砾岩中的竹叶石灰岩角砾, J100, 4 (18/32)



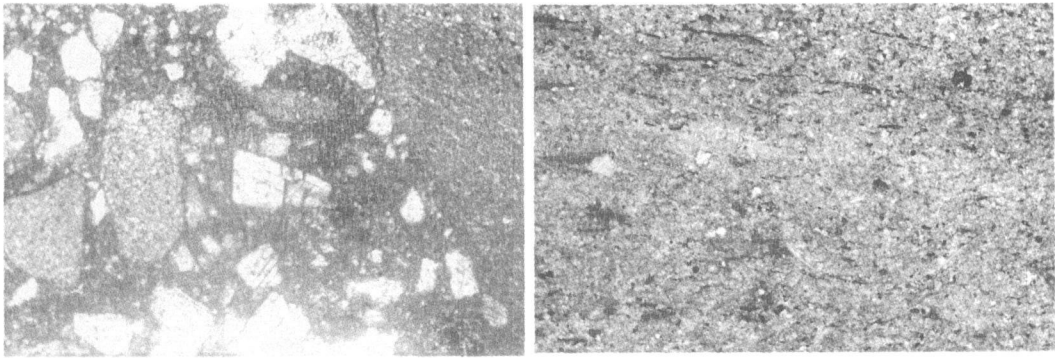
c. 砾石质泥灰岩, 晋 97 井 3 (1/33)



d. 直立状出现的角砾, 晋 94 井 5 (12/20)

图 3 束鹿凹陷角砾岩结构及构造特征

Fig 3 Fabric and structures of breccia in Shulu depression



a 角砾岩中砂-泥屑填隙物多数具有次棱角状特征, J97, 3635.56 m

b 具碎屑结构的泥灰岩, J104, 3340m, (+) 198

图 4 角砾岩及泥灰岩的微观结构

Fig 4 Microcosmic fabrics of breccia and marlite in Shulu depression

纹层状石灰岩 岩石具有非常明显的纹层构造。纹层一般由泥灰岩及泥晶灰岩两种组分构成, 泥灰岩纹层具有隐约可见的碎屑结构, 成分比较复杂, 其成分主要有碳酸盐碎屑以及少量的陆源粘土物质; 泥晶灰岩纹层由微亮晶方解石构成, 成分简单, 透明度较好, 有时可见游泳生物化石; 两者的相对含量在不同的位置相差较大, 一般向物源方向泥灰岩组分的纹层含量有所增加, 这实际上是随湖平面的变化而导致泥屑的供应程度和泥晶碳酸盐成分结晶能力发生变化的结果。纹层厚度一般 0.1~1 mm, 其形状多不很规则, 一般都有不同程度的变形, 在有些位置纹层的揉皱现象也表现得非常明显; 纹层也曾遭受不同程度的生物扰动改造, 但这种改造多出现在泥灰岩纹层中, 泥晶灰岩纹层则不明显。

### 3 角砾岩及相关岩石的空间分布

#### 3.1 角砾岩的空间分布

碳酸盐岩是东鹿凹陷沉积盖层中最先形成的地层, 分布于凹陷东西两侧的斜坡上, 角砾岩层和斜坡基底地层之间为角度不整合接触关系。

研究区的砾岩体主要分布于凹陷西侧的缓坡带。其物源来自宁晋凸起(古生界)。平面上单个砾岩体分布范围较大, 纵向上总厚度也相对较大, 其厚度一般可达 100~250 m; 角砾岩体以厚层状不连续分布的方式, 相互迭置并呈裙状分布于斜坡上。根据角砾岩体在斜坡上的位置不同, 可分为斜坡外带以及斜坡内带砾岩体(图 2)。斜坡外带砾岩体分布于斜坡上高部位, 砾岩体的底部为奥陶系碳酸盐岩地层; 斜坡内带砾岩体分布于斜坡的低部位, 砾岩体底部通过角

度不整合面和石炭一二叠系砂泥地层相接触(图 2)。前者主要分布于 J94、J8、J8南、J100 等井附近, 后者主要分布于 J98、J98南、J97、J100 等井附近(图 5)。

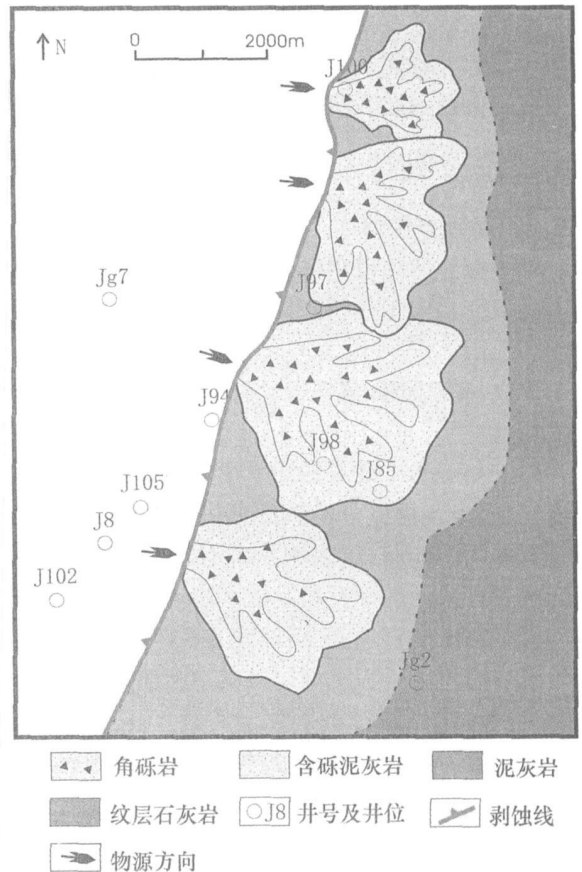


图 5 斜坡内带碳酸盐岩分布图

Fig 5 The distribution of carbonates in inner slope of Shulu depression

### 3.2 角砾岩及其相关岩石的空间组合

碳酸盐角砾岩、含砾泥灰岩、泥灰岩和纹层状石灰岩构成了研究区碳酸盐岩岩相组合。它们在垂向和平面上都具有明显的相互联系。

砾岩体在纵向上由若干小砾岩体构成,这些砾岩体间总体呈现退积状产出(图 2)。在岩心上,也可以看到由含砾泥灰岩往上渐变为泥灰岩的趋势(图 3c)。

砾岩体根部砾石较粗、含砾(角砾质)泥灰岩夹层很少;往中部及外侧角砾砾径变小,角砾间填隙物含量逐渐增加,并且角砾岩层之间泥灰质隔层的含量也相应增加,并逐渐过渡到以泥灰岩为主夹少量薄层角砾岩层的岩相组合;而泥灰岩及纹层状石灰岩之间也具有明显纵向变化趋势,表现为越靠近角砾岩体泥灰岩的含量越高,向远离角砾岩体的方向纹层状石灰岩的含量则越来越高。

小砾岩体在平面上由一系列舌状体构成,舌状体的主体部位岩性主要为碳酸盐角砾岩,其边部及外侧逐渐过渡为含砾泥灰岩,往扇体的外侧方向还依次出现泥灰岩以及纹层石灰岩(图 5)。

## 4 讨论及结论

### 4.1 已有观点探讨

对于束鹿凹陷以角砾岩为主的砾岩类粗碎屑岩,前人的研究趋向于残积或坡积成因,也有人认为可能属冲积成因。

本次研究表明,角砾岩具有许多与残积及坡积无关的特征:

(1) 角砾岩中砾石的化学成分尽管较简单,但是母岩复杂,以各种成分的碳酸盐岩块为主,还出现少量正常的陆源碎屑,这表明角砾有过短暂的搬运,从而导致各种来源的砾石相互混杂出现。

(2) 前人的资料及本次研究中对岩心的观察都未发现岩心中有残积土壤层及其它相应的残积组构,也未见到风化程度的分带性。

(3) 砾岩厚度巨大,厚度可以达到 100~250 m,甚至可以达到 300 m 以上。

(4) 砾石形态以次棱角状为主,但还出现少量次圆状砾石,有不同程度磨圆,同样也表明经历过搬运改造;而坡积是碎屑沿斜坡滚落至坡脚的结果,在这个过程中尽管有短暂及短距离的搬运,但不至于对碎屑物质的磨圆度造成大的影响。

(5) 无论残积还是坡积,都是暴露环境下的沉

积,受残积土层的影响,沉积物色调会出现偏红、偏黄等颜色<sup>[12]</sup>,而研究区的角砾岩却主要呈现灰色等较深色调。

因此研究区角砾岩不是残积或坡积产物,而下列特征也和一般的冲积成因不相符合:

(1) 流水对砾石的改造能力是很强的,在较短的距离内可以使砾石的圆度大增<sup>[13]</sup>。由于碳酸盐岩硬度很低,摩氏硬度一般小于 4 这就使得碳酸盐成分的砾石在搬运过程中比其它成分的砾石更容易被磨圆。而研究区砾岩的磨圆程度相差很大,并总体较差,说明砾石所受的搬运作用的改造程度是非常低的。

(2) 砾石大小混杂,以 10~50 cm 的粗砾为主,还可以出现巨砾,总体具有颗粒大小混杂、粒度相差悬殊的特征,岩心观察中没有发现交错层的存在;一般的冲积扇砾岩则由于常存在较发育的正常水流作用而常形成具有相对较好的分选性、砾石有向上变细的趋势、以及具有交错层理的砾岩层或夹层。

(3) 砾石在排列上无明显的方位优选;而在一般的冲积扇成因砾岩中由于存在正常水流的作用,常出现砾石的长轴方向和水流方向垂直,或具有叠瓦状特征的河道沉积砾岩。

这些特征表明研究区角砾岩是在正常水流作用不发育的环境中所形成的。

### 4.2 角砾岩成因分析

现有资料表明无论渤海湾盆地还是冀中拗陷或者束鹿凹陷在古近系沉积期间都属陆相环境<sup>[14,15]</sup>。束鹿凹陷是新生代早期中国东部众多陆相沉积盆地之一。

古近系沙三段沉积时期是束鹿凹陷古沉积盆地发展的初始阶段,伴随着喜山运动的发育,渤海湾盆地整体处于沉降状态,束鹿凹陷受新河大断层的控制和衡水断裂的影响,开始接受沉积。此时盆地深度增加迅速,地形高差快速变大,有利于盆地边缘碎屑物质的快速形成和往盆地中的搬运和堆积。在凹陷发育的早期,受台家庄和荆丘两个继承性发展的近东西向横向古隆起构造的影响,束鹿凹陷被分割成南、中、北三个次洼,导致该凹陷在沉积环境上具有南北分区的特征,表现为沙三下亚段沉积时北部次洼属淡水湖泊相沉积、中部次洼属咸化湖泊相含盐沉积、而南部次洼则为半封闭的盐湖相沉积。受上述三个相对独立沉积中心的影响,凹陷内沉积相自南向北逐步由盐湖相变为咸化湖泊相和淡水湖泊相沉积,相应地形成

了膏盐—泥灰岩夹泥岩—泥岩夹泥灰岩沉积序列<sup>①</sup>。由此看来在沙三段沉积期间,束鹿凹陷总体应处于干旱炎热、蒸发岩类较发育的气候环境,该气候环境有利于物理风化作用的进行,碎屑物质形成后堆积于原地,并在事件性水流的作用下发生搬运。

随着沉积过程的继续,从沙三段中上部开始,盆地的沉积物源开始主要来源于寒武系,凹陷逐渐为正常的碎屑岩沉积物所充填。

如前所述,束鹿凹陷的角砾岩中,角砾和填隙物绝大多数为碳酸盐岩陆源碎屑,两者的碎屑结构都非常清楚,而填隙物中的砂粒级颗粒也多数具有棱角状结构。在角砾成分中出现了在华北地台发育的地层中,只有下古生界才出现竹叶石灰岩、鲕粒灰岩以及燧石等。这表明岩石中的角砾可能来自于凹陷周缘下古生界碳酸盐岩的风化产物。在研究中还选择在显微镜下不含胶结物的 23 个角砾岩样品进行了碳、氧同位素分析,然后把分析数据和束鹿凹陷邻区所获碳、氧同位素数据相对比,结果表明两者的数据分布特征大致相近(图 6),这进一步说明了角砾岩的母岩主要是盆地周围寒武系及奥陶系碳酸盐岩。

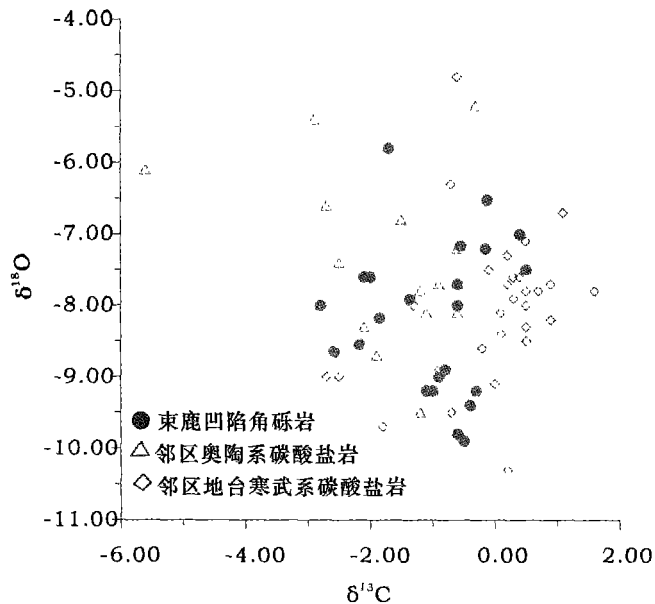


图 6 束鹿凹陷角砾岩(角砾)和邻区碳酸盐岩碳氧同位素对比图

Fig 6 Comparison of  $\delta^{13}\text{C}$ — $\delta^{18}\text{O}$  between samples of breccia in Shulu depression and carbonate in neighbor area

束鹿凹陷角砾岩具有以下特征:(1)以颗粒支撑为主,呈现块状构造,粒序构造或其它层理构造总体不明显,有时逆粒序隐约可见;(2)角砾大小混杂,大

小变化较大,细砾和中砾混杂出现,角砾没有出现方向的优选,有时还见到倒三角形(图 3 a)或直立状出现(图 3 a d);(3)砾石形态以棱角状和次棱角状为主,有时还混有少量次圆状砾石;(4)砾岩层层厚较大,单层厚度一般为几米—几十米以上,砾岩层顶底突变,侵蚀不明显,大的角砾可以直接突出于层面上(图 3 a);(5)岩心中有时见到撕裂和塑性变形的现象。上述特征总体和碎屑流所应具有的各项特征<sup>[16]</sup>相吻合;也总体和 Sharmugan 提出的碎屑流的标志(突变性上下界面、底部具剪切带的块状砂岩、飘浮的颗粒、面状碎屑组构、逆递变序和塑性变形特征、碎屑杂基的存在等)相符合<sup>[17 18]</sup>。孟庆任也认为这种块状、分选差、缺乏层理和粒序,部分大砾石凸出于层面,而且底部无侵蚀现象的颗粒支撑无粒序砾岩,属碎屑流沉积<sup>[19]</sup>。岩石中不具粒序和层理的块状结构的现象则是碎屑流中塞式流动的结果<sup>[20]</sup>。角砾岩中偶然隐约可见的逆粒序(图 3 a)表明颗粒分散压力在沉积过程中起着很大的作用,并且由于流动底部牵引毯(traction carpet)发生摩擦凝结而形成<sup>[21]</sup>。

在含砾泥灰岩中倒三角形以及直立柱砾的出现,表明它也具有明显的事件性沉积的特征;含砾泥灰岩中所出现的正粒序,可能是碎屑流在运移过程中进入水下,导致碎屑流顶部在发展过程中被不断稀释,流动不稳定性增加,从而使颗粒呈悬浮状态<sup>[22]</sup>,当流速减小时而随之发生沉积的结果。

碎屑流是重力流作用的一种类型,是在山麓环境中常见的由粗细碎屑、粘土和水混合而成的呈涌浪状前进的一种流体<sup>[23]</sup>,它由杂基强度、分散压力和浮力所支撑<sup>[24]</sup>。在碎屑流作用下,碳酸盐成分的角砾和填隙物被混合在一起,呈宾汉塑性体(Bingham plastics)的形式往盆地搬运并在盆地斜坡上快速沉积下来,使得角砾和填隙物都保持了其低磨圆的特征,而快速沉积也决定了角砾岩的低分选特征,以及倒三角形及直立状角砾的出现。

#### 4 3 结论

综上所述,束鹿凹陷角砾岩不属于残积、坡积或一般的冲积成因,而是属于正常水流作用不发育的条件下陆源碎屑流沉积的结果。

沙三段沉积早期,束鹿凹陷是一个总体干旱炎热、蒸发岩类较发育的气候环境下所形成的陆相断陷

① 华北油田地质勘探公司·束鹿凹陷西斜坡构造带综合评价及勘探目标优选(内部资料),2002,2

湖盆。由于盆底东部边界断层——新河大断层的强烈活动,盆地深度迅速增加,地形高差快速变大,盆地周缘地形陡峭、风化剥蚀作用强烈。寒武系及奥陶系碳酸盐岩风化剥蚀而成的碎屑物质快速形成并就近堆积下来,然后在间歇性洪水作用下发生混合而形成碎屑流,流向束鹿凹陷古湖盆,并在湖盆边缘堆积而形成由碎屑流成因碳酸盐角砾岩以及泥灰岩为主的陆源碎屑沉积扇体。

根据研究区角砾岩及含砾泥灰岩中角砾或砾石的含量及特征,可以认为研究区角砾岩主要属高密度碎屑流沉积、含砾泥灰岩则应为低密度碎屑流沉积。而从成分上看,由于无论是角砾岩还是含砾泥灰岩中,粘土组分都很少,碎屑流在流动过程中的粘性程度必然很低,因而是两者都属于非粘性的陆源碎屑流作用的产物。

研究区碎屑流成因扇体的主体位置主要为碳酸盐角砾岩沉积,(含砾)泥灰岩分布于其两侧及前端;远离扇体并往较深水方向,陆源物质供应减少、粒度也变得非常细小,形成以陆源机械成因的泥灰质纹层,而在洪水间歇期,古湖水趋向于形成化学沉淀的泥晶碳酸盐矿物纹层,两种成因的纹层在纵向上交替出现而形成纹层状石灰岩。

### 参考文献 (References)

- 1 李建平,张云惠. SZ36 F-1井碳酸盐质砾岩段的层位归属及成因分析. 石油勘探与开发, 1997 24(1): 58~62 [Li Jianping Zhang Yunhui Horizon determination and genesis analysis of carbonated conglomerate section at the well of SZ 36 F 1. *Petroleum Exploration and Development* 1997 24(1): 58~61]
- 2 李双应,岳书仓. 安徽巢湖二叠系栖霞组碳酸盐岩斜坡沉积. 沉积学报, 2002 20(1): 7~12 [Li Shuangying Yue Shucang Sedimentation on a carbonate slope of Permian Qixia Formation in Chaohu. *Anhui Acta Sedimentologica Sinica* 2002 20(1): 7~12]
- 3 章雨旭,高林志,彭阳,高劼. 凤台砾岩与四顶山组过渡接触关系的发现及其地质意义. 地球科学——中国地质大学学报, 1998 23(1): 9~13 [Zhang Yuxu Gao Linzhi Peng Yang Gao Jie Discovery of transitional relation between Fengtai gravel stone and Sidingshan formation and its geological significance. *Earth Science—Journal of China University of Geosciences* 1998 23(1): 9~13]
- 4 胡建中,承金,潘永胜. 内蒙古固阳渣尔泰山群增隆昌组台前斜坡碳酸盐角砾岩的成因. 现代地质, 2001 15(1): 261~265 [Hu Jianzhong Cheng Jin Pan Yongsheng Carbonate calcinudite genesis of the Zenglongchang Formation of Zhaertaishan group in the Guyang area Inner Mongolia. *Geoscience* 2001 15(1): 261~265]
- 5 Hunt D, Tucker M E. Stranded parasequences and the forced regressive wedge systems tract deposition during base level fall. *Sedimentary Geology* 1992 84: 1~9
- 6 Bertram G, Emery D, Griffiths C *et al* Sequence Stratigraphy. Oxford Blackwell Scientific Publications 1996 211~237
- 7 郭建华,王方平,刘贵,等. 湘西大庸上震旦统灯影组震裂角砾岩. 石油实验地质, 1999 21(3): 219~224 [Guo Jianhua Wang Fangping *et al* Shattered breccia of the upper Sinian Dengying formation in Dayong west Hunan province. *Experimental Petroleum Geology* 1999 21(3): 219~224]
- 8 郑荣才,张哨楠,李德敏. 川东黄龙组角砾岩成因及其研究意义. 成都理工学院学报, 1996 23(1): 8~18 [Zheng Rongcai Zhang Shaonan Li Demin Origin and significance of breccias in the upper Carboniferous Huanglong Formation eastern Sichuan. *Journal of Chengdu Institute of Technology* 1996 23(1): 8~18]
- 9 王增银,沈继方,万军伟. 清江高坝洲地区古岩溶角砾岩特征及形成条件. 地球科学——中国地质大学学报, 1998 23(5): 524~528 [Wang Zengyin Shen Jifang Wan Junwei An analysis of the formation of paleokarst breccia and the karst evolution in Gaobazhou area of Qingjiang river. *Earth Science Journal of China University of Geosciences* 1998 23(5): 524~528]
- 10 胡西顺. 陕西柞山地区钠长石碳酸盐角砾岩的地质特征与矿产. 西北地质, 1998 19(4): 8~13 [Hu Xishun Geological Characteristics and mineral significance of carbonate breccia in Zhashan Shanxi province. *Northwest Geology* 1998 19(4): 8~13]
- 11 李元林. 大溪砾岩及其时代归属. 成都理工学院学报, 1995 22(2): 11~14 [Li Yuanlin Daxi conglomerate and its geological time. *Journal of Chengdu Institute of Technology* 1995 22(2): 11~14]
- 12 王世杰,季宏兵,欧阳自远等. 碳酸盐岩风化成土作用的初步研究. 中国科学 (D辑), 1999 29(5): 441~449 [Wang Shijie Ji Hongbing Ouyang Ziyuan *et al* A primary study on soil forming during weathering of carbonate rock. *Science in China (Series D)*, 1999 29(5): 441~449]
- 13 赵良政. 川西冕宁—泸沽地区早更新世双桥冰期之证据. 地球科学, 1990 (5): 65~70 [Zhao Liangzheng The evidence of ice age of early Pleistocene in Mianning Luguhu area west Sichuan. *Earth Science* 1990 (5): 65~70]
- 14 翟光明 等著. 中国石油地质志 (卷一). 北京: 石油工业出版社, 1996. 99~101 [Zhai Guangming *et al* *Petroleum Geology of China (Vol 1)*. Beijing: Publishing House of Petroleum Industry 1996 99~101]
- 15 华北油田石油地质志编写组. 中国石油地质志 (卷五). 北京: 石油工业出版社, 1988. 58~92 [Redaction Group for Petroleum Geology of Oil and Gas Region in Huabei Oil Field Hebei Province. *Petroleum Geology of China (Vol 5)*. Beijing: Publishing House of Petroleum Industry 1988 58~92]
- 16 李双应,洪天求,金福全等. 巢县二叠系栖霞组奥灰岩段异地成因碳酸盐岩. 地层学杂志, 2001 25(1): 69~74 [Li Shuangying Hong Tianqiu Jin Fuquan *et al* Allochthonous carbonate rocks in the swine limestone member of the Permian Chixia formation of Chaohu. *Anhui Journal of Stratigraphy* 2001 25(1): 69~74]
- 17 Shamugan G. Basin floor fans in the North Sea sequence stratigraphic models vs sedimentary facies. *AAPG Bulletin* 1995 79(4): 765~776

- 18 Shamugan G. The Bouma sequence and the turbidite mind set. *Earth Science Reviews*, 1997, 42: 201~229
- 19 孟庆任, 薛峰, 张王伟. 秦岭商丹带内黑河地区砾岩沉积及其构造意义. *沉积学报*, 1994, 12(3): 37~46 [ Meng Qingren, Xue Feng, Zhang Guowei. Conglomerate sedimentation and its tectonic implication. Heihe area within Shangdan zone of Qinling. *Acta Sedimentologica Sinica*, 1994, 12(3): 37~46]
- 20 Johnson A M. *Physical Processes in Geology*. Freeman, Cooper and Co., San Francisco, 1970.
- 21 Lowe D R. Sediment gravity flow: I. Depositional mode with special references to the deposit of high-density turbidity currents. *Journal of Sedimentary Petrology*, 1982, 52: 279~297
- 22 Hampton M A. The role of subaqueous debris flow in generating turbidity currents. *Journal of Sedimentary Petrology*, 1972, 42: 775~739
- 23 姜在兴主编. *沉积学*. 北京: 石油工业出版社, 2003. 358~364 [ Jiang Zaixing. *Sedimentology*. Beijing: Petroleum Industry Press, 2003. 358~364]
- 24 秦建华. 砂质碎屑流和底流改造——部分传统浊积岩成因新解. *四川地质学报*, 1999, 19(4): 266~272 [ Qin Jianhua. Sandy debris flow and bottom current reworking: A new interpretation of the formation of a part of traditional turbidite. *Acta Geologica Sinica of Sichuan*, 1999, 19(4): 266~272]

## The Formation of Carbonate Breccia in Shulu Depression

QIU Longwei<sup>1, 2</sup> DU Rui<sup>1</sup> LIANG Hongbin<sup>3</sup> MA Jun<sup>3</sup>

(1. China University of Petroleum, Dongying, Shandong, 257061;

2. Postdoctoral Scientific Research Center of Shengli Oilfield, Dongying, Shandong, 257000;

3. Oil Exploration & Development Institute, CNPC Huabei Oilfield Company, Renqiu, Hebei, 062552)

**Abstract** Breccia in Shulu depression was found in the middle and low of the third segment of Shahejie Formation. It is a breccia with carbonate fragment as its main constituent and distributes skirt-shape on slopes in the depression. Breccia and marlstone with breccia are familiar breccias in the area and the former is domestic. Grain and matrix in the breccia are mainly angular and subangular carbonate clastic particles whose parent rock were carbonate stratum of Ordovician. Mainly grain support massive structure, infrequent graded bedding and others bedding, un-sorting of detrital grains and thicker breccia layer are important features of carbonate breccia in Shulu depression. Characteristics of component, fabric, structure and geologic background all reveal that the breccia in the study area is in viscous debris flow sediment of terrestrial formation.

**Key words** carbonate breccia debris flow formation Shulu depression