

鄂尔多斯地区西缘中奥陶世等深流沉积

¹高振中 ¹罗顺社 ¹何幼斌 ²张吉森 ¹唐子军

¹ (江汉石油学院地质系, 湖北荆沙市 434102)

² (长庆石油勘探局勘探开发研究院, 甘肃庆阳 745101)

提 要 本文论述了在鄂尔多斯地区西缘中奥陶统中首次发现的碳酸盐等深流沉积及其堆积体—等深岩丘。其等深岩可划分为砂屑等深岩、粉屑等深岩、灰泥等深岩和生物屑等深岩四种类型。识别出了完整的、不完整的和由单一的砂屑等深岩叠置组成的等深岩层序。砂屑等深岩大量发育是本区等深岩丘与其它已发现的各种等深岩丘的重要区别。古流向研究和等深岩的粒度、结构特征表明,在中奥陶世,沿鄂尔多斯地区西缘斜坡带存在较强的自南而北的等深流流动体系。

关键词 等深流沉积 等深岩层序 等深岩丘 中奥陶世

第一作者简介 高振中 男 57岁 教授 沉积学

关于鄂尔多斯地区西缘中奥陶统等深流沉积,前人基本上没有做过研究。笔者在详细的野外观察的基础上,结合室内研究,在本区的桌子山剖面和平凉银洞官庄剖面上发现了多种类型的碳酸盐等深岩,并根据各类等深岩在地层剖面上的分布特征确定了平凉中奥陶世等深岩丘的存在,这是继湖北九溪奥陶纪碳酸盐等深岩丘(段太忠等,1990)^[1]之后,在我国发现的又一例等深岩丘。

1 地质背景

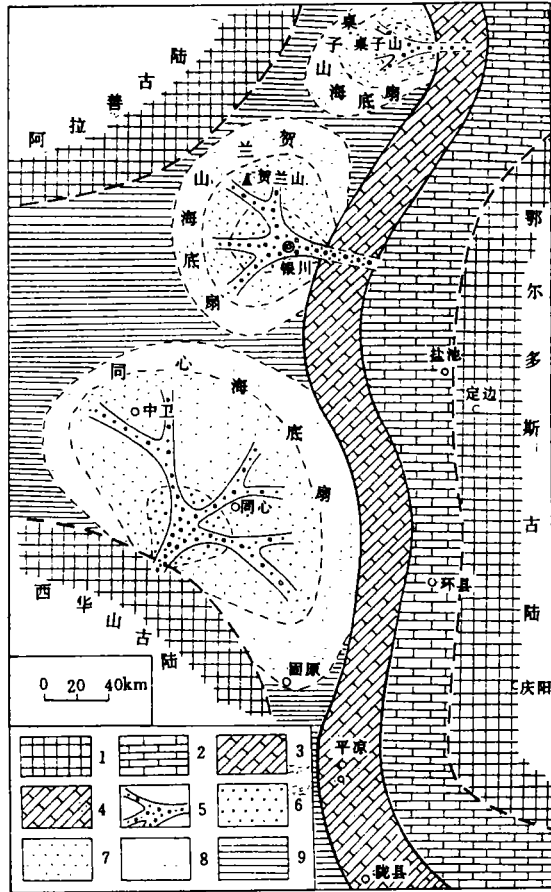
研究区范围北起内蒙古桌子山,向南至甘肃平凉、陕西陇县一带,呈狭长的南北向带状展布。在奥陶纪,本区处于鄂尔多斯台缘拗陷带。自长城纪以来曾多次形成较深水的狭长沉积带,曾与秦岭、祁连海槽相连,组成秦祁贺三叉裂谷系。寒武纪至奥陶纪,为裂谷活动的主要时期。尤其是在中奥陶世,为拗陷沉降最盛时期,也是裂谷扩展最宽、裂隙幅度最大的阶段。此时本区古地理格局明显,西侧为深水盆地区,向东依次为深水碳酸盐斜坡、浅水碳酸盐台地和鄂尔多斯古陆(图1)。在平凉地区中奥陶统平凉组 and 桌子山地区中奥陶统乌拉力克组中发现了典型的碳酸盐等深流沉积。平凉地区的平凉组主要为一套深水沉积,包括等深流沉积、浊流沉积、碎屑流沉积以及深水原地沉积的硅岩、硅质页岩、页岩和泥晶灰岩等。桌子山地区乌拉力克组及其上覆拉什仲组的下部主要为一套黑色笔石页岩、泥晶灰岩与砂屑灰岩、角砾屑灰岩、砾屑灰岩的互层。这些层系的页岩中富含笔石,泥晶灰岩中见较多的钙球、海绵骨针、少量笔石和薄壳介形虫等,硅岩中有较多的放射虫(图版 I-1,2)。这些生物化石组合特征也表明研究区当时应为深水沉积环境。

2 等深岩类型

由于等深岩本身分异度低、生物活动改造强烈以及与其它沉积类型区别上的困难,目前等深岩的分类特别是成因分类的研究程度还很底。因此,目前国内较普遍使用的等深岩分类是据其粒级大小来划分的,如 Gonthier 等(1984)^[5]将等深岩划分为泥质等深岩、斑块粉砂质等深岩、砂质等深岩和砾质等深岩等类型。本区的等深岩为石灰岩,通常含有大量砂屑、粉屑和生物屑等颗粒,因此,笔者在详细的野外观察的基础上,结合室内研究,主要依据粒度和生物组分含量对本区等深岩进行分类,共划分出了砂屑等深岩、粉屑等深岩、灰泥等深岩和生物屑等深岩四种类型。其中前三类在平凉官庄剖面平凉组中最发育,第四类主要见于桌子山剖面乌拉力克组中。现将各类等深岩特征分述如下。

2.1 砂屑等深岩

该类等深岩粒度粗,特征明显,在野外易于识别,是本区主要发育的等深岩类型,在平凉官庄剖面尤为发育。结构组分中,砂屑主要由泥晶灰岩组成,以中、细砂屑(0.1mm~0.5mm)为主,次为粗砂屑(0.5mm~2.0mm),含量为40%~60%;常含10%~40%的粗粉屑;生物屑以藻屑为主,少量海百合、腕足类、三叶虫等,含量1%~20%;个别含磨圆极好的陆源石英砂。粉屑和砂屑均磨圆很好(图版1-3,4),分选较好,局部分选很好。粒间以亮晶胶结为主,亮晶方解石胶结物占20%~35%,灰泥一般少见,含量小于5%。较薄的砂屑等深岩多与粉屑等深岩、灰泥等深岩伴生,侧向厚度变化大,在几十厘米或几米的范围内常尖灭,呈透镜状,层的界面不规则,内部常发育平行纹理或沙纹层理(图版1-5,6),沙纹层理细层倾向为北西向,与平凉地区古斜坡走向基本一致。厚层的砂屑等深岩单层厚可达0.5m~2m,侧向上相对稳定,在露头上无明显变化,岩石内部常发育缝合线构造,交错层理不明显。垂向上,岩石具向上变粗再变细的逆-正粒序,但正粒序较发育,逆粒序位于层的下部,一般较正粒序段薄(图2-E)。这种亮晶砂屑灰岩与碎屑流沉积、浊流沉积及深水原地沉积共生,应为深水沉积的产物;又由于其结构成熟度很高,具有细-粗-细的逆-正粒序,且古流向平行



1. 古陆 2. 碳酸盐台地 3. 碳酸盐斜坡
4. 等深岩丘 5. 海底水道 6. 内扇
7. 中扇 8. 外扇 9. 扇边缘和盆地平原
图1 鄂尔多斯地区西缘中奥陶世岩相古地理图
Fig. 1 Middle Ordovician Lithofacies Paleogeographical map of the west margin of Ordos

于古斜坡走向,说明它显然不是重力流沉积,而应是等深流沉积的产物。

80年代以前,人们认为等深流沉积粒度很细,以粉砂为主,砂、砾很少,且单层厚度一般不超过5cm。这主要是因为当时人们所发现的等深流流速仅为5cm/s~20cm/s。然而,近年来的深海调查发现,等深流流速变化很大,如在北大西洋东部的加底斯湾(Gulf of Cadiz),靠近直布罗陀海峡的上部大陆坡地区,底流速度达180cm/s至250cm/s,向北西方向等深流流速逐步减为75cm/s~40cm/s(Nelson等,1993)^[9]。这种高流速的等深流沉积了较粗粒的砂质等深岩和细砾质等深岩,单层厚>0.5m,有的达1.5m。因此,本区厚达0.5m~2m的砂屑等深岩的存在,表明该地当时等深流的强度是相当可观的。这种连续厚度大、粒度粗的等深岩,原生孔隙发育,为潜在的良好的油气储层。

2.2 粉屑等深岩

粉屑等深岩基本上由泥晶粉屑灰岩构成,少数为亮晶粉屑灰岩(图版1-7)。粉屑含量40%~60%,偶含少量生物屑。它们常与灰泥等深岩互层或位于砂屑等深岩的上下层位。该类沉积与灰泥等深岩间的界线不规则,侧向上厚度变化大,常此显彼隐。另外还常见平行层理或小型沙纹层理。后者层系厚数厘米,细层倾向亦为北西,与平凉地区古斜坡延伸方向一致。

2.3 灰泥等深岩

此类沉积是本区等深岩层序中最发育的岩类之一。岩石总体上为泥晶灰岩,内部常含有粉屑和生物屑等。粉屑含量变化大,为5%~40%,粉屑往往集中成薄层分布,厚数毫米,侧向上延伸不稳定,底界清楚,常有小侵蚀面,顶与泥晶灰岩为渐变过渡接触。生物屑含量较少,一般少于10%,多为介形虫、三叶虫、海百合、藻屑、海绵骨针、钙球和腕足类等。在野外,灰泥等深岩中可见清晰的水平纹理,而在薄片中发现具生物扰动构造。此外,灰泥等深岩横向上延伸不稳定。上述特征表明它们与深水盆地沉积的泥晶灰岩不同,应属等深流沉积。

2.4 生物屑等深岩

此类沉积仅见于桌子山剖面中奥陶统乌拉力克组底部,为一套棘屑灰岩,分布于青年农场西南侧的各个山头上,形成特征的地貌单元。中奥陶世古斜坡在此一带局部延伸方向为近北西-南东向,而此棘屑灰岩亦沿此方向展布,可见长度千余米,宽约200m,沿古斜坡倾向,棘屑灰岩向北东和南西两侧均变为富含棘屑的碎屑流砾屑灰岩,呈底凸上平的透镜体。棘屑灰岩透镜体的上覆层和下伏层均为黑色笔石页岩。棘屑灰岩透镜体一般厚2m~5m,最厚处达7m,由若干20cm~50cm的单层组成,每个单层几乎全由大型板状交错层构成(图版1-8),交错层细层倾向为北西,与上覆拉什仲组浊积岩中槽模及沙纹层理指示的南西古流向近于垂直。棘屑灰岩中的生物屑以海百合为主,含量65%左右,次为砂屑、细砾屑和苔藓虫屑,含量10%~20%。因海百合次生加大作用强烈,颗粒间为次生加大方解石胶结,局部为灰泥基质充填。

一般说来,棘皮动物形成于浅水环境,但此类棘屑灰岩的上、下层位均为黑色笔石页岩,说明其应为深水异地沉积的产物。岩石学特征及沉积层序表明它既不属颗粒流沉积,也不属浊流沉积,而应为等深流沉积,应为等深流改造下伏富含棘屑的角砾屑灰岩使粒径较小的棘屑再搬运重新沉积而成。但由于棘屑粒径较大,并含少量砾屑,粒间以亮晶胶结为主,且全层普遍具层系厚达20cm~50cm的北西倾大型板状交错层,这说明其沉积时等深流的强度相当大。可能是由于物源不足,在桌子山地区未能形成更大规模的等深岩堆积体。

这种巨厚的棘屑灰岩,灰泥含量少,原生粒间孔隙虽因海百合次生加大而减少,但仍有部分保留,加之次生孔隙、压溶缝和构造裂缝发育,因此具有较好的储集条件。

综上所述,平凉地区等深岩主要为砂屑等深岩、灰泥等深岩和粉屑等深岩,而桌子山地区则主要为生物屑等深岩。虽然两地的等深岩类型不同,但也有其共同特征:①它们均处于中奥陶世鄂尔多斯地区西缘的西倾或南西倾的斜坡带上;②古流向均为北西或近北西方向;③据沉积特征分析,当时两地等深流的水动力条件都很强。由此看来,在中奥陶世很可能沿鄂尔多斯西缘斜坡及坡脚带存在有自南而北的强度可观的等深流体系。因此,除已发现的平凉和桌子山两处有等深流沉积外,鄂尔多斯地区西缘斜坡带的其它地区也可能存在有一定规模的等深流沉积,而它们现在深埋地腹,应属具有实际意义的潜在储集体。

3 等深岩层序

自 Gonthier 等(1984)^[5]在法鲁(Faro)等深岩丘中识别出按一定垂向层序排列的等深岩相组合至今,人们对该层序的普遍性及水力学性质有了更深的认识。段太忠等(1990)^[1]在研究湘北九溪奥陶纪等深岩丘时也发现了类似的等深岩层序,其中完整的层序是由三类等深岩在剖面上对称排列构成,自下而上分别是:①灰泥等深岩,②粉屑等深岩,③砂屑等深岩,④粉屑等深岩和⑤灰泥等深岩(图 2-A)。这种层序反映等深流活动由弱至强再变弱的周期性变化。如同鲍玛层序一样,在古代沉积记录中,这种层序并不总是完整无缺的,常缺失某些段。鄂尔多斯地区西缘平凉银洞官庄剖面上也发现了类似的等深岩层序,同时也有一些特殊的层序。兹分述如下。

3.1 五段完整的等深岩层序

这种层序在该剖面上少见,仅见一层,厚 35cm(图 2-B)。该层序自下而上为:①底部为含颗粒的泥晶灰岩,颗粒为砂屑、海百合、藻屑和三叶虫等;②泥晶灰岩夹砂屑灰岩条带;①、②段共厚 11cm;③厚 7cm 的亮晶含生物屑砂屑灰岩,砂屑灰岩中见低缓的交错层理,细层倾向北西;④粉屑质泥晶灰岩与含粉屑泥晶灰岩的薄互层,厚 7cm;⑤顶部为厚 10cm 的具生物扰动的泥晶灰岩。这种层序中每个层段横向厚度变化很大,层间界面不规则。这一层序虽与标准层序不完全相同,但由细变粗再变细的特征是一致的,同样反映等深流活动由弱到强再变弱的一个周期。

3.2 不完整的等深岩层序

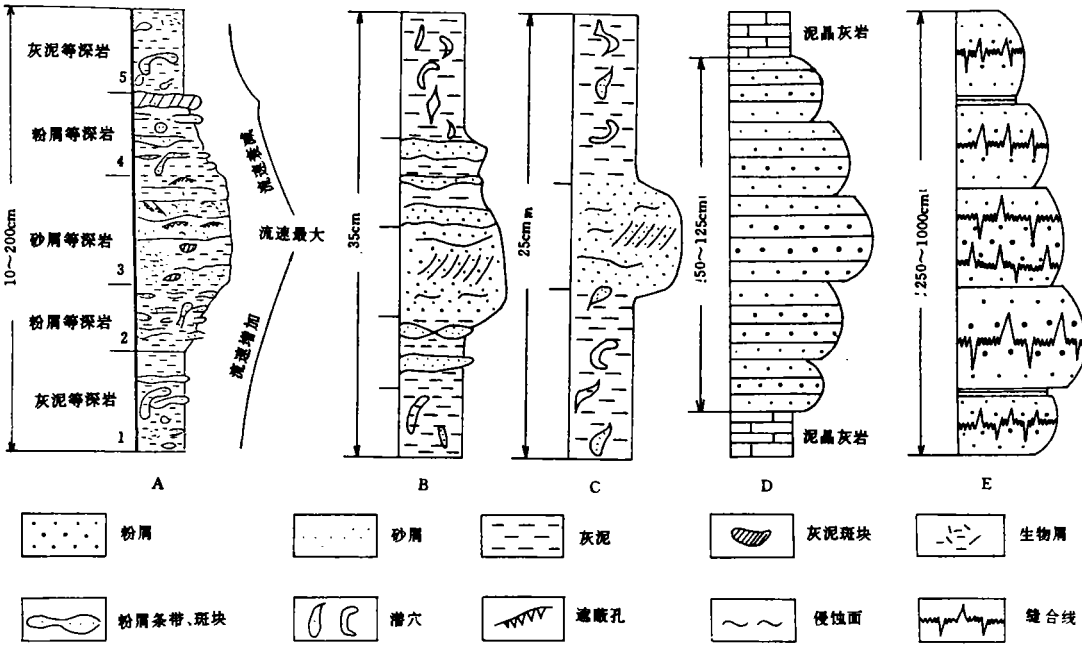
这类层序常缺失上述完整层序中第②段或第④段,或者同时缺失第②、④段。如平凉官庄剖面等 90 层(图 2-C)主要由灰泥等深岩和砂屑等深岩组成由细变粗再变细的等深流沉积层序,砂屑等深岩本身具细-粗-细特征,与灰泥等深岩之间直接过渡而缺失②、④段。上、下部为灰泥等深岩,各厚 10cm,为粉屑质微晶灰岩,粉屑含量 30%~40%;具平行纹理。中部为亮晶生物屑砂屑灰岩,厚 5cm;具平行层理和沙纹层理,沙纹层理层系厚 2cm。以上各段厚度在横向上不甚稳定。这种层序仍然是细-粗-细的层序,同样反映了等深流活动由弱到强再变弱的一个周期。只不过在等深流活动由弱变强时,可能会使原先的沉积遭到侵蚀,从而造成第②段的缺失,有时可能还会使第①段部分缺失。当等深流活动由强到弱变化较快时,也可能没有沉积第④段或仅形成很薄的第④段。

3.3 由单一的砂屑等深岩叠置组成的层序

这是本区特有的等深岩层序。按照砂屑等深岩的单层规模和特征,又可分出两种亚类型。

3.3.1 由中层砂屑等深岩叠置组成的层序

此类层序主要由单层厚 10cm~25cm 的亮晶藻屑砂屑灰岩或泥晶藻屑灰岩组成(图 2-D)。砂屑以细砂屑为主,含量 33%~55%,分选和磨圆均很好;生物屑含量 10%~30%,以藻屑为主,少量三叶虫和腕足类等;粉屑含量约 10%;另外还含有 2%~7%的陆源石英颗粒。亮晶胶结物和灰泥含量 20%~35%不等。发育平行纹理,在镜下可见平行纹理为富含藻屑的和贫藻屑的粉屑砂屑互层构成。垂向上,每个单层砂屑灰岩均具有典型的下细中粗上细的粒度变化特征;而整个层序在总体上又呈现为细-粗-细旋回(图 2-D)。这就是说砂屑等深岩叠置而成的层序实际上是一种复合层序。



A. 标准层序 B. 本区五段完整的层序 C. 不完整的层序

D. 由中层砂屑等深岩叠置组成的层序 E. 由厚层砂屑等深岩叠置构成的层序

图 2 等深岩层序

Fig. 2 Contourite sequences

3.3.2 由厚层砂屑等深岩叠置构成的层序

这类层序多由厚层的亮晶砂屑等深岩垂向叠加构成。亮晶砂屑灰岩单层厚 0.5m~2m 不等,垂向上具向上变粗再变细的粒度变化特征,但正粒序段厚度大,逆粒序段较薄。层内具特征的缝合线构造(图 2-E)。层间有时夹有很薄的泥晶灰岩、页岩,但一般无夹层存在,砂屑灰岩相互直接接触。总体上亦为细-粗-细层序。

上述特征表明,由单一的砂屑等深岩相互叠置而形成的层序,实质上是若干等深流活动周期形成的沉积的叠加。每层砂屑等深岩纵向上细-粗-细的变化,同样是等深流活动弱-强-

弱周期性变化的结果，只是由于该时期水动力条件总体较强，粉砂级以下的细粒物质不能沉积，或者沉积后被下一周期的等深流全部或部分侵蚀，致使各层砂屑等深岩之间相互接触或仅夹很薄的细粒沉积。由于每一个细-粗-细的层序都代表一个等深流活动的弱-强-弱的周期，因此，当等深流活动由弱到强时，就可能侵蚀下伏已形成的等深流沉积，而当等深流活动由强到弱变化时，则不易侵蚀下伏已形成的等深流沉积，所以我们所见到的细-粗-细层中正粒序较逆粒序更为发育。而这种复合层序总体上的细-粗-细变化，则为等深流活动更大一级周期的弱-强-弱变化的结果。

4 等深岩堆积体—等深岩丘

近十几年来，对大西洋周缘现代大陆坡及陆隆地带等深流沉积的大规模调查和研究表明，等深流沉积不仅普遍发育，而且可形成规模可与海底扇相比拟的巨大的堆积体 (Faugères 等, 1993)⁽³⁾。其中一种主要型式为伸长状的等深岩丘。等深岩丘一般平行大陆坡走向展布，长数十至数百公里，宽几公里至几十公里，高可达数百米。这些沉积体由不同粒级的等深岩组成，垂向上显示等深岩特有的层序。这种沉积不仅见于现代大洋沉积，而且在古代沉积中也有发育，如阿拉伯克拉通白垩纪 (Bein 等, 1976)⁽²⁾ 和我国湘北九溪奥陶纪等深岩丘 (段太忠等, 1990)⁽¹⁾ 就是古代等深岩丘的典型实例。

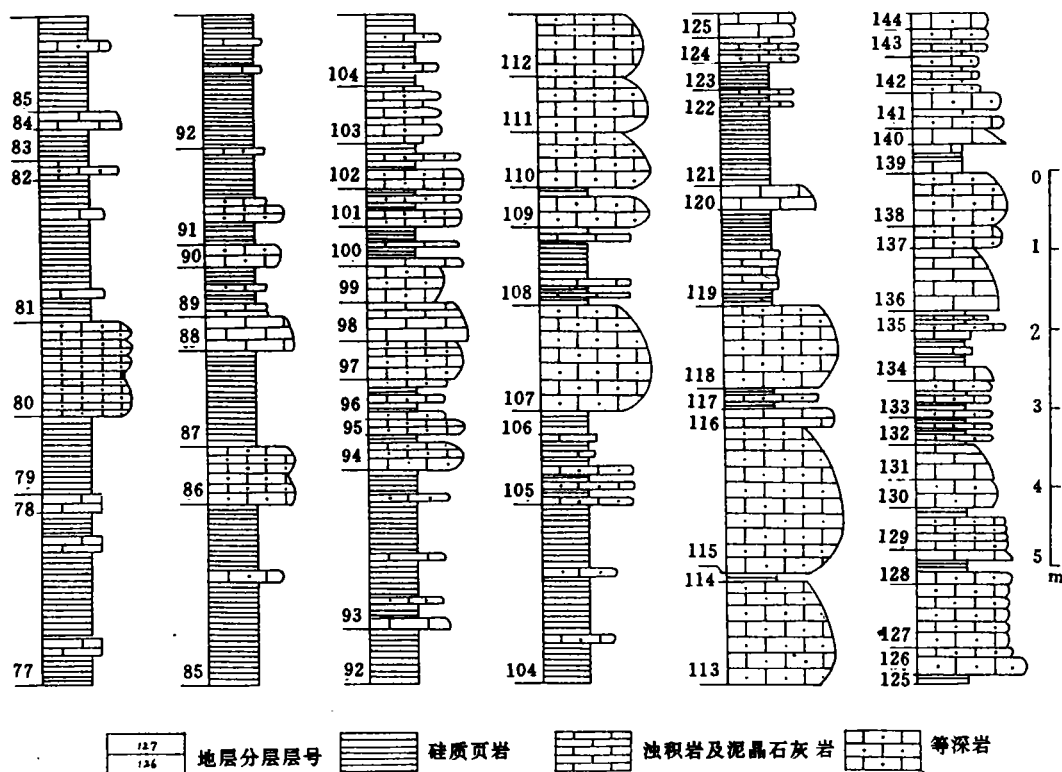


图 3 平凉等深岩丘剖面结构图

Fig. 3 Section showing the structure of the Pingliang contourite drift

本区平凉银洞官庄剖面上的平凉组未见顶、底,实测剖面共厚 146m,自下而上均有等深岩分布(图 3)。但下部以原地沉积和重力流沉积为主,等深岩仅局部见及;而剖面上部(80 层~144 层)等深岩占明显优势,约占上部总厚的 80%。由图 3 还可以看出,有四个等深岩的集中分布段,即分别是 80 层~91 层、94 层~103 层、105 层~118 层和 124 层~144 层。每段均有若干纵向上细-粗-细的等深岩小层序或复合层序构成。这充分说明等深流活动的周期性。较小的弱-强-弱等深流周期,形成细-粗-细等深岩层或小层序;较大的周期形成等深岩复合层序(图 2-D,E);更大的周期则形成等深岩的集中分布段。而从这四段的组成来看,它们似乎还受更长周期控制。各段砂屑等深岩占各段总厚的比例自下而上依次为:17%、40%、88%和 56%,这说明该地中奥陶世晚期等深流活动的强度总体上仍有由弱到强再变弱的趋势。由以上分析可见,总共可识别出四个级别的周期性变化。

平凉官庄剖面上部等深岩的发育情况及其剖面结构特征完全可以与现代等深岩丘及九溪早奥陶世等深岩丘对比。平凉剖面上也显示较典型的等深岩丘剖面结构,说明此处中奥陶世亦应存在一碳酸盐等深岩丘。此等深岩丘在平面上变化的详细情况还不清楚,但根据古流向和古地理格局分析,它应呈北西-南东向展布,沿古斜坡走向自南东向北西方向推进(图 4)。

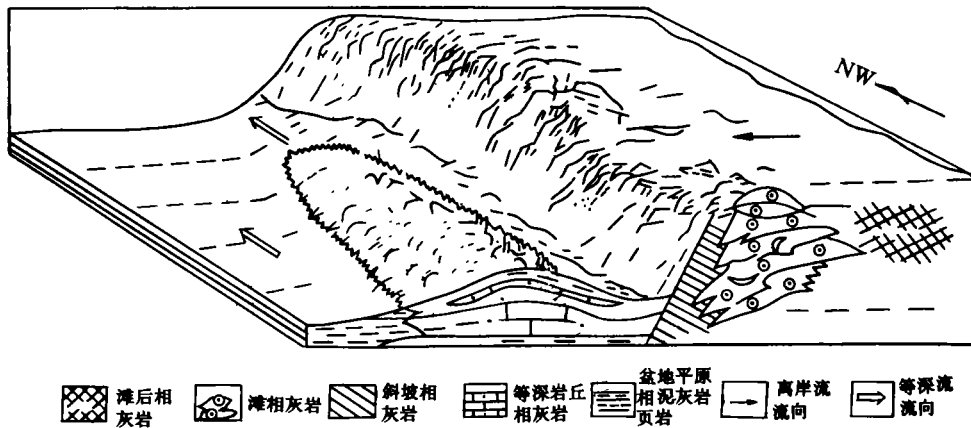


图 4 平凉等深岩丘沉积模式

Fig. 4 Depositional model of the Pingliang contourite drift

平凉中奥陶世等深岩丘与其它等深岩丘相比,既有共同性,又有其自身的特点,这主要表现在其等深流沉积粒度较粗,单层厚度较大。人们对大西洋周缘 16 个大型现代等深岩丘的研究(Faugères 等,1993)^[3]表明,其沉积物大多以泥级等深岩为主,次为粉砂级等深岩,而砂级等深岩所占比例很小;九溪早奥陶世碳酸盐等深岩丘中,砂屑等深岩厚度占等深岩丘段总厚的 10.7%,单层厚度均小于 1m,也是以灰泥等深岩和粉屑等深岩为主。而平凉官庄剖面上部(80 层~144 层),砂屑等深岩占总厚的 36%以上,且连续厚度可达 5m 以上,这在国内外已报道的等深岩丘中是罕见的。这说明平凉一带中奥陶世等深流的流动强度是相当大的。在这种条件下,形成了一套结构成熟度高、孔隙十分发育的亮晶砂屑灰岩,故这里的等深岩的储集条件优于其它地区已知的等深岩。

根据以上特征,可建立平凉等深岩丘的沉积模式,如图 4 所示。该图代表平凉等深岩丘最发育时状况。

5 平凉等深岩丘的发育史

根据各类等深岩产出层位和数量比例,特别是易于鉴别的砂屑等深岩出现的相对丰度,可将平凉等深岩丘的发育分为 3 个阶段。

1) 萌生阶段 研究表明,早奥陶世晚期至中奥陶世早期,本区原地深水沉积和重力流沉积相当发育。但在平凉组下部已开始发育一些特征明显的等深岩,到平凉组中部,等深岩数量明显增多,灰泥、粉屑以及砂屑等深岩均有产出。因此,平凉等深岩丘约萌生于平凉组下部沉积时期。

2) 成型阶段 平凉组中部和上部为平凉等深岩丘的主体。其特点是等深岩类型齐全,数量丰富,粗粒等深岩最发育。特别是上部,砂屑等深岩居优势地位,单层厚达 0.5m~2m,并可相互叠置成厚 5m~10m 的连续分布段,中间无细粒夹层或仅有极薄的夹层。因此,平凉组中、上部沉积时期应为该等深岩丘的主要形成时期。

3) 衰退阶段 平凉官庄剖面上部未见顶,据区域地层对比,本区大部分缺失晚奥陶世沉积,仅局部地区有上奥陶统的零星露头,晚奥陶世晚期主要碳酸盐台地沉积。结合区域上中奥陶世末期本区裂谷有闭合的趋势的古地理特点,推测等深流沉积的衰退期应为中奥陶世末期至晚奥陶世早期。

近来的研究表明,等深流沉积的发育情况与海平面变化具有内在联系(Faugères 和 Stow, 1993)^[4]。在低海平面时期,大量粗碎屑物质可直接从大陆坡注入深海盆地,形成各类砂、砾级重力流沉积。因此重力流沉积的大量发育是低位体系域的典型特征。由于顺坡向下的流动占主导地位,此时等深流活动常被掩盖了;若形成一些等深流沉积也不易保存。随海平面上升,物源区逐渐远离沉积盆地,粗碎屑物质注入减少。重力流活动减弱,等深流得以发育,可改造由浊流搬运来的砂级及砂级以下粒级的沉积物,形成大量等深流沉积。故等深流沉积可作为海侵体系域较特征的沉积类型。近期的某些研究成果也说明了这一点:据氧碳同位素分析资料(Duplessy 等, 1982, 1988)和微粒度资料研究,表明在冰期-间冰期过渡时期,即海平面上升时期,可能是最强烈的底层环流活动时期(Faugères 等, 1993)^[5]。而在高海平面时期,碎屑物质大多被拦截于大陆架上,重力流活动大大减弱,等深流沉积可以被很好地保存下来。但由于沉积物供给不足,较粗粒物质更少,因而高位体系域等深流沉积亦不甚发育,砂屑等深岩少见。

平凉官庄剖面中奥陶统平凉组下部,碳酸盐碎屑流沉积和浊流沉积发育,等深流沉积少见,应属低位体系域。向上重力流沉积减少,等深流沉积逐渐发育起来,特别是砂屑等深岩相当发育,应代表海平面上升时期等深流活动加强,将砂级重力流沉积几乎全改造成等深流沉积的结果。因此,平凉等深岩丘亦应属海侵体系域之产物。

在野外和室内工作过程中得到了长庆石油勘探局及其勘探开发研究院的领导和同仁以及宁夏地质矿产局地质研究所郑昭昌总工程师的热情帮助和大力支持,在此一并致谢!

参 考 文 献

- [1] 段太忠、郭建华、高振中、李增华、曾允孚, 1990, 华南古大陆边缘湘北九溪下奥陶统碳酸盐等深岩丘, 地质学报, (2): 131~143.
- [2] Bein, A. and Weiler, Y., 1976, The Cretaceous Talme Yafe Formation: a contour current shaped sedimentary prism of calcareous detritus at the continental margin of the Arabian Craton, *Sedimentology*, 23 (4): 511~523.
- [3] Faugères, J. C., Mérerais, M. L. and Stow, D. A. V., 1993, Contourite drift types and their distribution in the North and South Atlantic Ocean basins, *Sedimentary Geology*, 82, 189~206.
- [4] Faugères, J. C. and Stow, D. A. V., 1993, Bottom-current-controlled sedimentation: a synthesis of the contourite problem, *Sedimentary Geology*, 82, 287~297.
- [5] Gonthier, E. G., Faugères, J. C. and Stow, D. A. V., 1984, Contourite facies of the Faro Drift, Gulf of Cadiz. In Stow, D. A. V. and Piper, D. J. W. (ed.), *Fine-Grained Sediments: Deep-Water Processes and Facies*, Blackwell Scientific Publications, 275~292.
- [6] Heezen, B. C. and Hollister, C. D., 1964, Deep-sea current evidence from abyssal sediments: *Marine Geology*, 1, 141~174.
- [7] Heezen, B. C., Hollister, C. D. and Ruddiman, W. F., 1966, Shaping of the continental rise by deep geostrophic contour currents, *Science*, 152, 502~508.
- [8] Hollister, C. D., 1993, The concept of deep-sea contourites, *Sedimentary Geology*, 82, 5~14.
- [9] Nelson, C. H., Baraza, J. and Maldonado, A., 1993, Mediterranean undercurrent sandy contourites, Gulf of Cadiz, Spain, *Sedimentary Geology*, 82, 103~132.
- [10] Stow, D. A. V., 1979, Distinguishing between fine-grained turbidites and contourites on the Nova Scotian deep water margin, *Sedimentology*, 26, 371~387.

The Middle Ordovician Contourite on the West Margin of Ordos

¹Gao Zhenzhong ¹Luo Shunshu ¹He Youbin ²Zhang Jisen
and ¹Tang Zijun

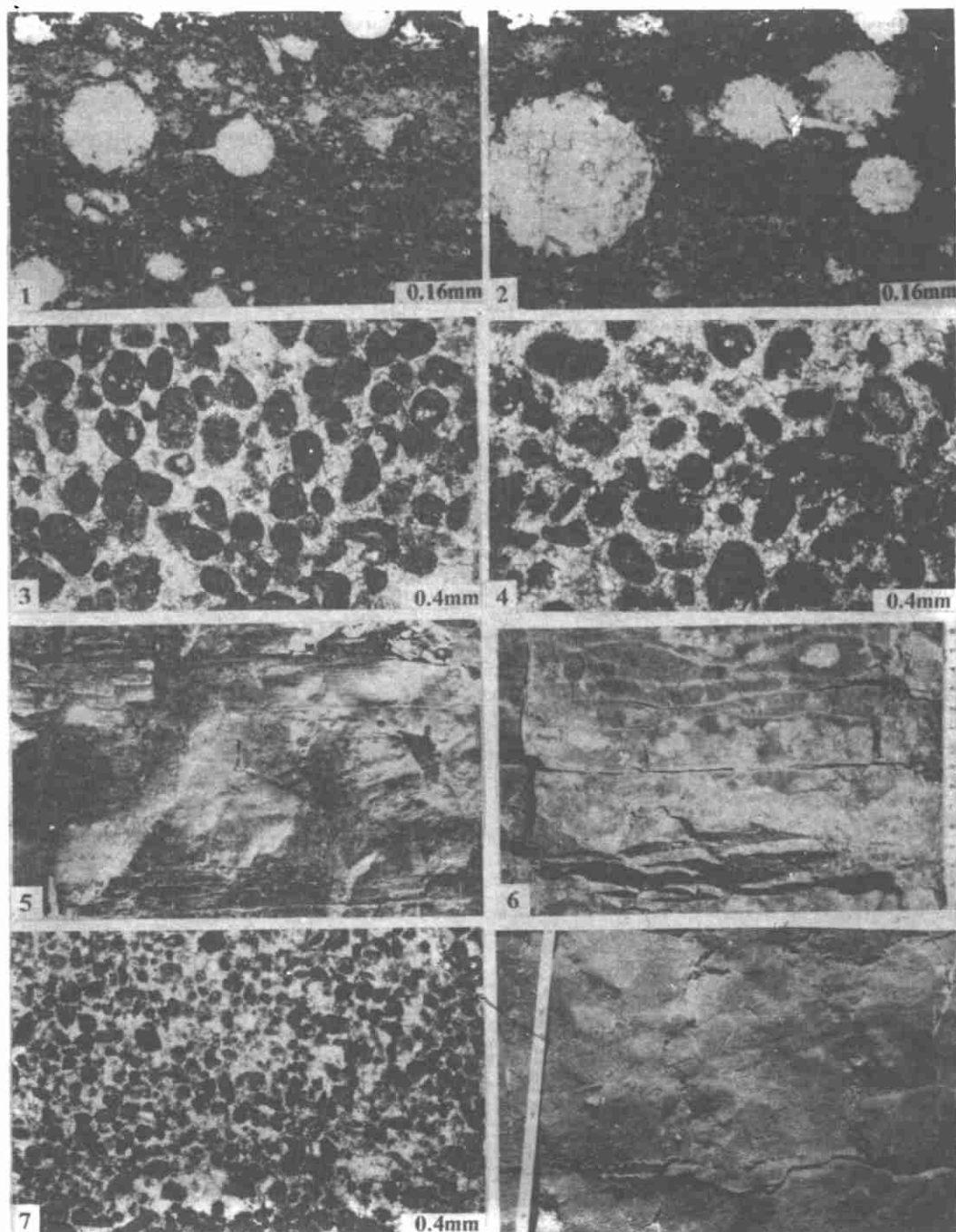
¹ (Department of Geology, Jiangnan Petroleum Institute, Hubei 434102)

² (The Exploration and Development Institute of Changqing Petroleum Exploration Bureau, Gansu 745101)

Abstract

The Middle Ordovician on the west margin of Ordos is represented by a succession of deep-water sediments in which contourites are well developed. According to grain-size and component, the contourites can be classified into: ① calcarenitic contourite, ② calcisiltitic contourite, ③ calcilutitic contourite and ④ bioclastic contourite. Calcarenitic contourite is mainly composed of sparite calcarenite and is characterized by coarser grain, very irregular boundary plane, development of parallel stratification and ripple bedding. The laminae in ripple bedding imply a palaeocurrent direction of northwest, which is coincident with the strike of the regional palaeoslopes. Calcisiltitic contourite consists mainly of micrite calcisiltite and is always interbed-

ded with calcilitic contourite or present both below and above calcarenitic contourite. Parallel stratification or small-scale ripple bedding are common in calcisiltitic contourite and the laminae imply a palaeocurrent direction of northwest. On the whole, calcilitic contourite comprises (muddy) micritic limestone, which commonly contains a variable proportion of calcisiltite and bioclastic materials and is a common occurrence of bioturbational structures. Sometimes, some horizontal stratifications can be found in this contourite. Bioclastic contourite almost consists of a succession of echinoderm fragment limestone with a thickness of 2m~5m and the thickest is near to 7m, which is composed of a series of single beds with a thickness of 20cm~50cm where large-scale cross-stratifications are well developed, whose laminae imply a direction of northwest. The first three types are well developed in Guanzhuang, Pingliang, Gansu Province, and the fourth type is mainly found in the Zhuozishan mountain, Inner Mongolia. In the study area, some sequences of contourite are complete and similar to the typical sequence of Gonthier (1984), and some sequences are incomplete and others are special, i. e., only consisting of calcarenitic contourite. Ripples, cross stratification and texture have generally revealed a strong northward palaeoflow direction along the palaeoslope on the west margin of Ordos. The distribution of all kinds of contourites in the section confirms the existence of the Pingliang contourite drift.



图版说明 1、2. 硅岩中的放射虫,有的放射虫仍保留有放射刺。内蒙古桌子山中奥陶统拉什仲组下部 (O_2I^1)。单偏光。 3. 砂屑等深岩,由亮晶砂屑灰岩组成,颗粒分选好,磨圆也好。甘肃平凉银洞官庄,平凉组 (O_2p)。单偏光。 4. 砂屑等深岩,具缝合线构造。甘肃平凉银洞官庄,平凉组 (O_2p)。单偏光。 5. 砂屑等深岩,上下具平行层理,中都具有不明显的沙纹层理,层系厚约30cm。甘肃平凉银洞官庄,平凉组 (O_2p)。 6. 砂屑等深岩,呈条带状,具沙纹层理,顶、底面不平整。甘肃平凉银洞官庄,平凉组 (O_2p)。 7. 粉屑等深岩,由微亮晶粉屑灰岩组成。甘肃平凉银洞官庄,平凉组 (O_2p)。单偏光。 8. 由瓣屑灰岩组成的生物屑等深岩,具大型板状交错层理,层系厚约25cm。内蒙古桌子山中奥陶统乌拉力克组 (O_2w)。