

文章编号: 1000-0550 (2005) 01-0034-07

# 内蒙古桌子山中奥陶统的“特殊”浊积岩系

晋慧娟 孙明良 李育慈

(中国科学院兰州地质研究所 兰州 730000)

**摘要** 内蒙古桌子山中奥陶统拉什仲组是由鲍马层序清晰的多层浊积岩组成的浊积岩系,然而其沉积序列总厚度以及浊积岩内部特征等诸多方面,又与那些形成于不稳定或次稳定型外陆架边缘直至深海盆内的巨厚浊积岩系有着明显的差异,因此将拉什仲组以“特殊”浊积岩系称之。文中在对这两种浊积岩系进行多方面的对比研究后,进而从沉积相、相组合、浊流的古流向以及遗迹化石群落的生态特征等方面,阐述了形成拉什仲组浊流盆地的特征,并认为:充填这套“特殊”浊积岩系的海盆是位于稳定地块之间、盆地地形简单、坡度不大、海水深度在浪基面以下 200m 左右、含氧量较充足的深水浊流盆地。

**关键词** “特殊”浊积岩系 拉什仲组 内蒙古桌子山

**第一作者简介** 晋慧娟 女 1933 年出生 研究员 沉积学

**中图分类号** P512.2 **文献标识码** A

浊流理论问世,解决了有关深海环境中陆源碎屑物沉积作用及其产物的许多所谓反常现象,从理论和实践上突破了深海以及某些深水湖盆中陆源碎屑物的形成和分布特征的传统认识。

浊积岩普遍形成于半深海—深海(本文统称深海)盆地,当河流注入面积较大的半深湖—深湖时,也同样有湖泊浊积岩系的见及。对于浊积岩的形成环境,沉积学家虽也曾有提出亦可形成于浅水环境的见解,如因风暴浪的扰动所形成的所谓浪成浊积岩或似浊积岩,然而,目前已将它们归入风暴岩。因此,浊积岩的形成环境很少再见有浅水成因论者。

近年来,笔者在赴桌子山进行中奥陶统沉积地质学的野外考察时,在该统的拉什仲组内发现了一套浊积岩系,它与普遍形成于古代深海环境中的浊积岩系具有许多不同的特点,故暂以“特殊”浊积岩系称之,以区别于那些巨厚的分布面积广的“典型”浊积岩系。本文旨在论述这套浊积岩系的基本特征,并与“典型”浊积岩系进行对比,进而讨论其形成环境,以加深因海盆类型不同所导致浊积岩系差异的认识。

## 1 沉积地质背景

鄂尔多斯盆地西缘,由桌子山、贺兰山、牛首山和香山等一系列山系组成了近南北向的贺兰构造带,它处于我国东西两大构造域的接壤部位。该构造带的

南端可与古老的祁连海槽相接,宽达数百千米,向北则以楔形插入阿拉善与华北两地块之间,宽度仅有数十千米,在外形上构成南宽北窄的楔形,而其两侧被基底断裂和断裂带围限。中元古代至古生代,形成了一个具有多旋回、多阶段演化历史的拗拉槽<sup>[1]</sup>。其内充填着自元古代直至中、新生代的巨厚沉积物。虽然自中元古代拗拉槽形成之后,在震旦纪之前曾经历过一次明显的隆起,直至震旦纪时又开始沉降,然而从充填物分析,沉降带也只是除陆相冲积物外的海相沉积也仅限于滨浅海,直至中奥陶世才进入最强烈的拗陷阶段。中奥陶世时,该拗拉槽的南端充填了厚度 > 8 000 m 的含巨大砾石和外来岩块的滑塌堆积和沉积物重力流沉积<sup>[2]</sup>;拗拉槽的中段,中奥陶统是一套厚达 4 000 m 以上包括碳酸盐滑塌角砾岩、递变细砾岩、砂质砾岩、经典浊积岩和泥页岩等块体流为主的深海沉积<sup>[3]</sup>;而拗拉槽北端桌子山中奥陶统的总厚度仅有 300 余米,虽然其下部亦见有数十米厚的滑塌堆积,但最为发育的仍为中部拉什仲组百余米厚的浊积岩系,到中奥陶世晚期,已逐步向浅海过渡,直至海相沉积历史结束。然而此时拗拉槽的中部和南部依然浸漫于深海环境之中。

基于上述不难看出,呈南西、北东向展布的楔形贺兰拗拉槽,在中奥陶世的沉积充填自南向北的总厚度逐步减薄,块体重力搬运作用的强度逐步减弱。这

些规律性变化恰是拗拉槽沉积充填沿走向上的一个演化特征。本文研究的地区则位于拗拉槽北端,地处阿拉善和华北两地块之间插入的地区。

## 2 沉积充填序列

研究区的中奥陶统划分为 4 个组,自下而上为:乌拉力克组、拉什仲组、公乌素组和蛇山组<sup>[3]</sup>,总厚 300 余米。

乌拉力克组厚 60 m 左右,下部主要由含笔石的黑色页岩、暗灰色中薄层微晶灰岩夹板条状砾屑灰岩组成,上部地层黑色页岩逐渐减薄,板条状砾屑灰岩层数增多,并见具粒序的砂屑灰岩。

拉什仲组厚 170 m。该组地层颜色较乌拉力克组变浅,普遍呈绿灰色、黄灰色,泥岩色虽暗也仅为暗绿灰色。宏观上基本呈细、粉砂岩与泥(页岩)不等厚互层。中、下部见数层含实体生物化石及生物屑的砂岩,实体化石主要为腕足类、腹足类、三叶虫和海百合等浅海底栖生物。并且包括深水遗迹在内的遗迹化石也十分丰富,该组最大的特点是浊流沉积特征明显。

公乌素组厚 80 m,下部以绿灰色页岩、薄层灰岩和泥灰岩为主,上部砂岩逐步增多。地层内除含笔石、三叶虫和腕足类外,遗迹化石亦较丰富<sup>[4]</sup>。蛇山组在桌子山分布面积极为有限,且厚度仅十余米,岩性为厚层一块状含砂屑、生物屑灰岩和含砂泥岩,内含极丰富且保存完好的腕足类、腹足类、三叶虫和海百合茎等实体化石。与上覆中石炭统羊虎沟组呈假整合接触。中奥陶统地层特征见图 1。

从垂向序列的演化看出,桌子山地区中奥陶统始于较闭塞的深水盆地,至拉什仲组沉积阶段该盆地海水逐步加深,且较开阔,并具备了深水斜坡形成浊流的地形条件,直至公乌素组海水复又变浅,蛇山组上部海水退出。

## 3 “特殊”浊积岩系特征及遗迹化石群落

### 3.1 “特殊”浊积岩系特征

桌子山中奥陶统拉什仲组是唯一属浊积岩系的层段。它之所以称之为浊积岩系,最突出的是和其它浊积岩系一样,都是由具多层鲍马层序清晰的浊积岩所组成, $T_6$ 段底面见极为发育的底痕构造(槽模); $T_6$ 段内含深水型实体遗迹化石;深水型遗迹化石多产于鲍马层序的  $T_6$ 、 $T_7$ 段的交界面上;且浊积岩在横向上

的分布较稳定。

### 3.2 “特殊”浊积岩系的遗迹化石群落

拉什仲组内共发现 19 个遗迹化石属,它们是:*Asterichnus*, *Chondrites*, *Circulichnus*, *Dendrotichnum*, *Granularia*, *Hem inthoida*, *Hem inthopsis*, *Megagraption*, *Paleodictyon*, *Protopaleodictyon*, *Rhabdoglyphus*, *Rhabdoichnum*, *Sagittichnus*, *Skolithos*, *Spiromaphe*, *Sublorenzina*, *Unarites*, *Xiangquanheichnus*, *Zoophycos* (各遗迹化石属的图版见 [5])。

上述遗迹化石中,*Hem inthoida*, *Hem inthopsis*, *Megagraption*, *Sublorenzina*, *Paleodictyon*, *Protopaleodictyon*和 *Spiromaphe*形成于深海环境,在浊积岩系和复理石相中几乎都可见到它们的踪影<sup>[6~9]</sup>。按遗迹化石的行为习性划分,它们属于深水型的耕作迹和觅食迹。Wetzel<sup>[10]</sup>认为,这些遗迹化石是在长期稳定的环境中生存着,具有适应于窄水深、窄温和窄盐的特点。这就意味着拉什仲组内这些遗迹化石的出现,表征着形成这些遗迹化石的造迹生物在生活期间对生态环境的要求是严格的,它们仅适应于浊流平静期正常海盆的生态环境。当浊流高峰期来临和浊流高峰期过后向平静期过渡的不稳定的生态环境条件下,则形成了除前者以外的其余 12 个遗迹化石属,这些遗迹化石对环境的忍耐性强,但生命期短,它们适合生存于富含有机质的砂质沉积中<sup>[11]</sup>。这些遗迹化石按行为习性划分,少量属于觅食迹,大部分则属进食迹、爬形迹和居住迹。因此从拉什仲组内遗迹化石群落的行为习性可以看出,当时有两种截然不同的造迹生物生活于海盆中,一种是在浊流平静期内生存的稳定深水型造迹生物,另一种是在浊流高峰期并逐渐向平静期过渡期间生存的不稳定的、短命的造迹生物。这两种性质截然不同的造迹生物,生存于同一浊流盆地中,完全反映了这种海盆的生态环境是周而复始地发生着浊流高峰期—浊流平静期—浊流高峰期的周期性变化。

### 3.3 “特殊”与“典型”浊积岩系的对比

“特殊”浊积岩系和“典型”浊积岩系两者之间的共性前面已有论述,它们之间的许多不同之处主要表现在以下几个方面:

1)厚度 拉什仲组的厚度仅有 170m;典型深海盆地内形成的浊积岩系(复理石相)却往往大于千米乃至数千米,亦即前者的厚度仅为后者的 1/10 或不足 1/10,这是由于两者所处的构造背景不同。前者的深水盆地两侧被稳定地块所挟持,物源区的地形平坦,

侵蚀速度缓慢,即物源区的碎屑物供给量少,导致搬运至海盆中的陆源物沉积速率低;而“典型”浊积岩多形成于构造环境不稳定和次稳定的地区,由于构造活动较强烈,引起物源供给区上升和沉积区下降,致使地形起伏增大,从而加大了对物源区的侵蚀速度,

使其有足够的陆源物向海一侧搬运,促使大陆斜坡上的碎屑物在单位时间内的堆积速度大大提高,加之在不稳定构造环境下,促使浊流形成的阵发性触发因素易产生,这是“典型”浊积岩的沉积厚度通常巨大的主要原因。

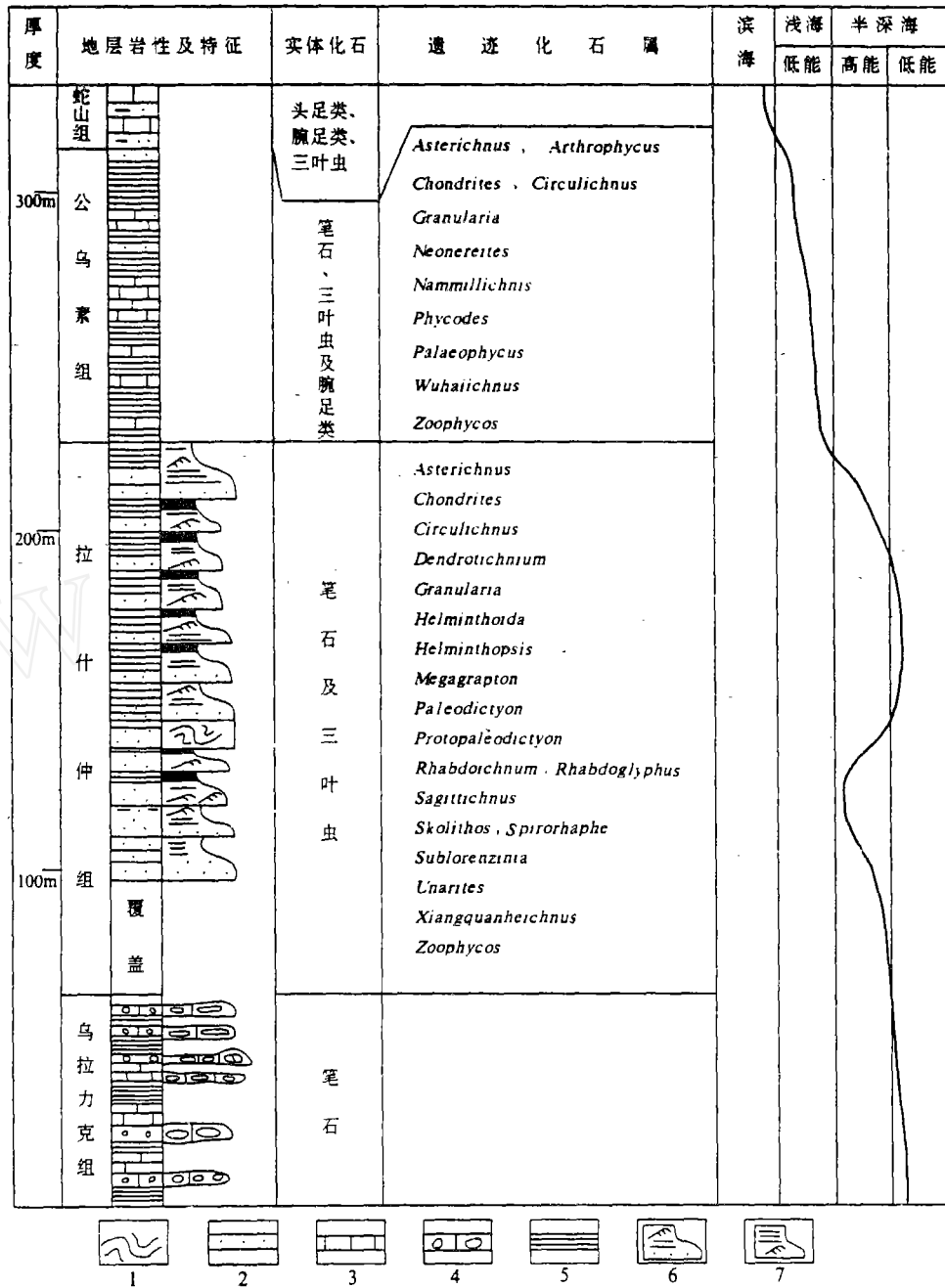


图 1 桌子山中奥陶统沉积序列

1. 滑塌沉积; 2. 砂岩; 3. 灰岩; 4. 板条状砾屑灰岩; 5. 页岩; 6. 近源浊积岩; 7. 薄层浊积岩

Fig 1 Sedimentary sequence of the middle Ordovician in Zuozi Shan area

2)层面和底面构造 “典型”浊积岩  $T_a$ 段底面大量发育的槽模通常个体较大,然而拉什仲组的槽模,个体却很小,究其原因,主要还是与浊流的冲蚀能量有关。除此之外,“典型”浊积岩系的层面,水流波痕极为常见<sup>[5]</sup>,而在拉什仲组浊积岩的层面上却未曾发现过任何水流波痕的迹象,这表明后者沉积时的水动力条件比较微弱。

3)鲍马层序发育程度 认真观察两种浊积岩内部鲍马层序发育程度也极不相同。拉什仲组浊积岩系的鲍马层序发育完全或近于完全(即  $T_{a-c}$ 常见),特别是  $T_c$ 段十分发育,甚至如 Piper(1978)<sup>[12]</sup>所说的正常深海(远洋)沉积的  $T_f$ 也多有所见,但  $T_{a-c(f)}$ 的总厚度一般不超过 20cm。而“典型”浊积岩系中,极为常见的却是近源浊积岩  $T_{a-c}$ 、 $T_{a-b-c}$ 或者  $T_{a-a-a}$ 的叠置,  $T_{a-c}$ 发育完全者极为少见。因此,在不少有关浊流沉积的论述中,多把鲍马序发育不完全作为一种十分常见的现象。究其原因,主要还是由于后者浊积物的浓集度高,堆积速度快,当高浓集度砂质物快速堆积形成  $T_a$ 段之后,还没有足够时间发育下(和上)平行层理乃至小型水流纹理,就直接过滤到悬浮泥质物沉积阶段的  $T_c$ 段,可见“特殊”浊积岩较“典型”浊积岩的沉积速率要低的多。

4)伴生的其它深海沉积物类型的丰富程度 拉什仲组内除浊流沉积外,极少见其它块体流沉积。而“典型”浊积岩系中,各种类型的块体流沉积十分常见,除此之外,等深积岩,内波、内潮汐沉积与其伴生是极为普遍的现象<sup>[5]</sup>,这是拉什仲组内所不曾见及的。众所周知,“典型”浊积岩系充填于深海盆内,盆地在地形上具有外陆架边缘的陆坡、陆隆直至向盆地平原过渡的辽阔海域,这些地区都具备了形成前述的深海沉积物类型的条件。由此可以推测,拉什仲组内除具备了形成浊流的地形和水动力条件外,基本不具备形成其它深海沉积物类型的地形条件。

5)遭后期构造变动的强度 保存于造山带内的“典型”浊积岩系,不但厚度巨大,而且地层倾角普遍超过 40°甚至近于直立乃至倒转,断裂发育,褶皱强烈,并常伴有岩浆活动以及动力变质作用。但是拉什仲组的外貌与其截然不同,不但地层厚度小,而且地层倾角十分平缓,常为几度难以  $>10^\circ$ (图 2),即便它属早古生代地层也未遭受任何变质作用。这是由于:位于构造环境不稳定和次稳定的“典型”浊积岩形成后,后期常遭受断块造山、大陆边缘隆起造山和俯冲造山等强烈构造变动的改造,沉积序列上保留有许多

构造变动的迹象;而拉什仲组是形成于两侧稳定地块之间的深水盆地,在一定程度上与邻近的稳定地块有着更紧密的联系,当桌子山在晚奥陶世隆起抬升时,只是使海水退出,却未遭受强烈构造运动和俯冲挤压变形。

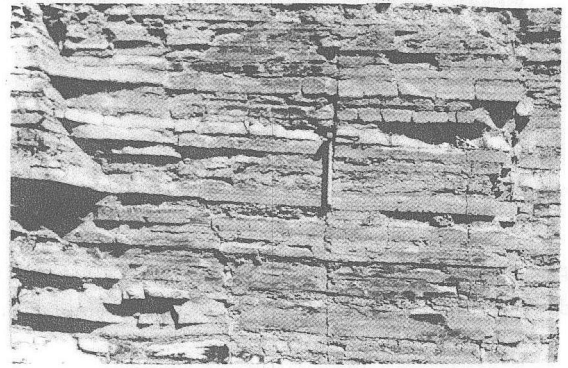


图 2 拉什仲组的地层倾角十分平缓

Fig 2 The gentle dipping of the Lashizhong Formation

除前述 5 种主要差异外,笔者还发现两种浊积岩的高密度浊积砂岩内,所含的泥砾外形及其赋存部位亦极其不同。在拉什仲组的下部,十分常见有被磨圆的泥砾保存在高密度块状砂岩的底部,但是“典型”浊积岩系都是以形状奇特(如蝌蚪状、尖钩状)(图 3)的塑性变形泥砾漂浮于高密度块状砂岩的层内。它们的这种显著差别,反映出两者浊流的沉积速率、特别是浊流事件周期长短的差异。因为拉什仲组形成时,物源区的侵蚀速度、物源物供给量和堆积速率都远远小于“典型”浊积岩系,稳定的构造环境和沉积速率的缓慢使得两次浊流事件的周期增长,浊流间歇期形成的泥质物有充分的时间沉积下来并进入成岩阶段,当下次浊流来临,湍流将已固结的泥岩切蚀、冲碎,伴随着浊流顺坡向下移动并被磨圆,同时,由于稳定地块的拗陷区边缘斜坡的坡度小,且陆源物的粒度普遍较细,湍流向上支撑的分力较弱,使得泥砾(直径通常 4~5 cm)集中于砂质浊流底部最终沉积下来。相比之下,形成于那些外陆架边缘的“典型”浊积岩系通常具有坡度较大的陆坡,陆源物供给充足,堆积速率高,加之频繁的构造活动与之相配合,无疑浊流事件的周期与前者相比会大大缩短,当浊流间歇期沉积下来的泥质物尚处于未完全固结时,就遭到下次浊流的冲蚀,尚呈塑胶状态的泥质物被掀起,呈形态各异的未被磨蚀的凝块混于高密度的砂质物中,呈悬浮状态一同与砂质物快速沉积下来。

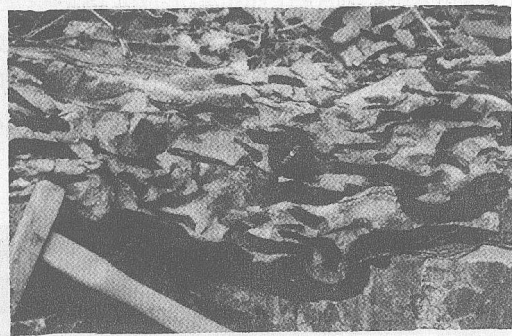


图 3 形状奇特的泥砾漂浮于“典型”浊积砂岩层内  
(甘肃夏河上二叠统)

Fig 3 Peculiarly-shaped mud gravels floating in “ typical ” turbidite sandstone (from upper Permian in Xiahe, Gansu Province)

#### 4 盆地分析

通过对拉什仲组浊积岩系和典型浊积岩系的对比研究后不难看出,两者所处构造位置和盆地类型都有很大差别。为了进一步研究形成前者浊积岩系海盆的特征,拟从以下 3 个方面入手:

1) 相、相组合 大量的研究资料表明,盆地类型及其所处构造环境的不同,盆内充填的包括浊流在内的重力流沉积相及其相组合会有较大差异,因此相、相组合研究是盆地分析的必要条件。现简要概述如下:

相的划分 为了便于与已有相关研究成果进行对比,笔者充分参照了 Mutti 等<sup>[13]</sup>和 Pickering<sup>[14]</sup>有关相的划分标准。拉什仲组共划分出 5 种相类型,其中缺少砾岩和中—粗粒砂岩的 A 相。

B 相 以颗粒支撑的细砂岩为主。为不具粒序层的块状砂岩,底面平整,层厚多大于 1m,不适用于鲍马层序描述。有时含有来自于浅海的腕足类、海百合茎、三叶虫及腹足类等底栖实体化石。该相属富砂的高浓集度砂质浊积物,底部侵蚀作用相对较弱,故不见底部侵蚀现象。

C 相 适于用鲍马层序描述,主要由细砂岩—泥岩组成。层序通常由数厘米至 30cm 左右。 $T_a$ 段发育,底部常具小槽模,鲍马层序的  $T_{a,b,c(e)}$  十分常见,并可见  $T_{a-c(f)}$  发育完全者。C 相应属高密度浊流形成的近基浊积岩。

D 相 由粉砂岩—泥岩组成,层厚通常在 10cm 左右。鲍马层序的  $T_a$ 段缺失,均以  $T_b$ 或  $T_c$ 为底,其中  $T_c$ 段的单向和双向交错纹理最为常见。该相属低密度浊流形成的薄层浊积岩。

F 相 下部仅见一层厚 1.5m 的滑塌层。层内虽见扭曲、褶皱,但角砾岩化现象并不明显,说明它是在滑移作用较弱的条件下形成的。

G 相 由页岩组成,叠复于  $T_c$ 段之上,略显纹理。它是当浊流衰减后,在低能缓慢的垂直沉积作用下形成的,代表正常深水环境下的产物。

从拉什仲组内上述的 5 种相类型分析看出,沉积时期的海盆并不具有海底峡谷和深海扇水道的地形特征,因为海底峡谷和扇水道,特别是上扇水道往往都由砾岩和含砾粗砂岩的块状层所充填。除此以外,拉什仲组内除浊流外,也未发现大规模的滑塌层和其它块体流沉积的存在,特别是在地形坡度较大(通常认为坡度在 18 左右)才能形成颗粒流沉积的不存在,充分说明海盆不但地形简单,而且盆地斜坡亦较平缓。

相组合 根据上述相类型,划分出 3 类相组合

斜坡—坡脚相组合(相组合 ) 主要由 F 相和 B 相组成。F 相仅出现出于沉积序列的下部,结合它仅发育在岩层内部软沉积物变形的特征分析,说明浊流盆地形成初期海盆地坡度曾短暂略为变陡,并发生过顺坡滑移作用。大量以高密度浊流沉积为代表的这一相组合特征,说明当高浓集度的砂、泥由浅海区被浊流携入盆地至坡脚时,这些砂泥质发生快速卸载并形成块状砂岩的 B 相。尚应指出,由于沉积序列中等深积岩的缺失,表明该盆地不具有典型深海盆地的陆隆半深海乃至深海环境。

近源区相组合(相组合 ) 主要由 B 相和部分 C 相组成。这是当盆地斜坡继续向盆地方向延伸时形成的相组合特征。该浊积岩系大部为近源浊积岩,其特征是层厚、鲍马层序发育完全或较不完全。从发育完全的鲍马层序占有一定比例分析,说明其沉积速率有时并非是高速的。

薄层浊积岩相组合(相组合 ) 以 D 和 G 相为主,部分 C 相与其伴生。该相组合多沉积于浊流盆地的近中心部位。主要由薄层浊积岩组成,其中  $T_c$ 段极为发育,说明浊流沉积速度缓慢,才有充分的时间形成小水流交错纹理。

2) 古流向 通过对 36 个层位的鲍马层序  $T_a$ 段底面槽模的古流向实测,浊流流向全部集中分布在  $SW 210^\circ \sim 230^\circ$  之间,即浊流流动的主要方向是南南西向。由于贺兰拗拉槽轴部延伸方向为北东—南西,古流向的测定不但说明其物源主要来自于华北地块,而且也说明浊流方向平行于贺兰拗拉槽轴向流动,这

种平行盆地轴向的古流向特征,通常说明是符合非扇体系的古流向模式。这种推测与相分析中缺少扇体系的岩性、相特征是径相吻合的。

3) 遗迹化石群落的生态分析 拉什仲组内的遗迹化石最大特点是潜穴直径和个体粗大,潜穴管直径之粗(通常 5mm 左右,10mm 者亦十分常见),超过了已研究过的任何典型浊积岩系中的遗迹化石。这种粗大遗迹化石的普遍存在,说明造迹生物生活期间的营养丰富、含氧量充足、海水水深相对较浅,而且形成于浊流事件前的深水型遗迹分子,不但形态不甚规则,而且潜穴管普遍粗大,这进一步说明浊流突发事件的间歇期底质中的溶解氧含量相对偏高。

如果从反映生态环境,特别是与水深有直接关系的遗迹化石行为方式分析,拉什仲组内的遗迹化石主要为进食迹、觅食迹和耕作迹,其中形成于水深 > 2000 m 以上的深海环境应该是以耕作迹为主,而拉什仲组内属于耕作迹者仅占遗迹总属的 1/4,丰度不高,且形态不规则,潜穴直径也较粗大,它与“典型”浊积岩系中同一个属的遗迹化石的上述特征并不尽相同。据此认为,拉什仲组遗迹化石的形成水深主要限于水深 200m 左右的半深海。

通过上述三方面分析不难看出,拉什仲组形成时的海盆并不与形成“典型”浊积岩系的那种面积辽阔的陆坡—深海盆地相同,它代表的是地处稳定构造环境仅具有深水斜坡的浊流盆地。无论在水域面积、海水深度、氧容量以及食物供应等诸多生态环境方面,两者的海盆都有着很大差异。拉什仲组的这种“特殊”浊积岩系虽然是偶然发现的,但是相信它在地质历史时期内并非绝无仅有。

致谢 论文撰写得到王琪研究员的大力支持,谨此深表感谢。

#### 参考文献 (References)

- 1 朱如凯,孟祥化,葛铭. 巴彦浩特盆地东缘中奥陶统混合型深水重力流沉积层序及其旋回. 沉积学报, 1994, 12(2): 77~85 [Zhu Rukai, Meng Xianghua, Ge Min. The sequence and cycle of the mixed-type deep-water gravity flow deposits to the eastern margin of Bayanhot Basin. *Acta Sedimentologica Sinica*, 1994, 12(2): 77~85]
- 2 张抗. 鄂尔多斯盆地西、南缘奥陶系滑塌堆积. 沉积学报, 1992, 10(1): 11~18 [Zhang Kang. Slump deposit in Ordovician along the west and south margin of Ordos Basin. *Acta Sedimentologica Sinica*, 1992, 10(1): 11~18]
- 3 陈均远. 鄂尔多斯地台西缘奥陶纪生物地层研究的进展. 中国科学院南京地质古生物所集刊, 北京: 科学出版社, 1984. (20): 8~11 [Chen Junyuan. Advances of the study on the Ordovician biostratigraphy along the western margin of Ordos platform. *Collection Journal of Nanjing Institute of Paleobiology, Chinese Academy of Sciences Beijing: Science Press*, 1984. (20): 8~11]
- 4 杨式溥, 郑昭昌. 内蒙古乌海市奥陶统乌素组遗迹化石. 宁夏地质, 1990, 2: 102~116 [Yang Shifu, Zheng Zhaochang. Trace fossil in the middle ordovician Gongwusu Formation, Wuhai city, Inner Mongolia. *Ningxia Geology*, 1990, 2: 102~116]
- 5 晋慧娟, 李育慈, 方国庆. 中国古代深海沉积和遗迹化石群落. 北京: 科学出版社, 2003. 169~180 [Jin Huijuan, Li Yuci, Fang Guoqing. The ancient deep-sea deposit and trace fossils in China. Beijing: Science Press, 2003. 169~180]
- 6 晋慧娟, 李育慈. 西秦岭北带泥盆纪遗迹群落在浊积岩系中的分布特征. 沉积学报, 1997, 15(1): 13~18 [Jin Huijuan, Li Yuci. The distribution characteristics of the Devonian trace fossils in turbidite measure along the northern part of the west Qinling Mountain. *Acta Sedimentologica Sinica*, 1997, 15(1): 13~18]
- 7 晋慧娟, 李育慈. 西秦岭二叠纪——三叠纪遗迹化石及其环境意义. 地质科学, 1995, 30(4): 321~328 [Jin Huijuan, Li Yuci. The Permian-Triassic trace fossil in the west Qinling Mountain and its environmental significance. *Geology Science*, 1995, 30(4): 321~328]
- 8 杨式溥. 青海果洛、玉树地区二叠纪和三叠纪复理石相遗迹化石. 沉积学报, 1998, 6(1): 1~12 [Yang Shifu. The Permian and Triassic flysch trace fossil in Guoluo and Yushu area, Qinghai Province. *Acta Sedimentologica Sinica*, 1998, 6(1): 1~12]
- 9 Książkiewicz M. Trace fossils in the flysch of the Polish Carpathians. *Paleontol Polonica*, 1977, 36: 1~208
- 10 Wetzel A. Ecologic interpretation of deep-sea trace fossil communities. *Palaeogeogr Palaeoclimatol Palaeoecol*, 1991, 85: 47~69
- 11 Vossler SM, Pemberton S G. Skolithos in the Upper Cretaceous Cardium Formation: an ichnofossil example of opportunistic ecology. *Lethaia*, 1988, 21: 351~362
- 12 Piper D J W. Turbidite muds and silts on deep-sea fans and abyssal plains. In: Stanley D J, Kelling G, eds. *Sedimentation in Submarine Canyons, Fans and Trenches*. Dowden, Hutchinson and Ross, Stroudsburg, 1978. 163~176
- 13 Mutti E, Ricci-Lucchi F. Turbidites of the Northern Apennines: Introduction to facies analysis (English translation, 1978). *Int Geol Rev*, 1972, 22: 125~166
- 14 Pickering K T, Stow D A V, Waton M P, et al. Deep-water facies, processes and models: a review and classification scheme for modern and ancient sediment. *Earth Science Reviews*, 1986, 23(2): 75~174

## The “ Special ” Turbidite Measure of the Middle Ordovician Series in Zhuozishan Area, Inner Mongolia

J N Hui-juan SUN Ming-liang LI Yu-ci

(Lanzhou Institute of Geology, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000)

**Abstract** The Lashizhong Formation of the middle Ordovician in Zhuozishan area, Inner Mongolia is a set of turbidite measures, which is composed of lots of turbidite beds with clear Bouma sequence. However, the eminent differences exist between Lashizhong formation and those formed in the unstable and sub-stable continental shelf margin to the deep-sea basin, such as in their total sequence thickness and internal features. This is the reason that we call the turbidite of the Lashizhong Formation as the ‘special’ turbidite measure. In this paper, the comparison study is performed according to the two turbidite measures, and, furthermore, elucidate the basin characteristics based on the depositional facies, combination, paleocurrent direction and trace fossil, etc., and reached the conclusion that the Lashizhong turbidite is formed in the stable deep-sea basin, which is located between the stable massifs with simple landscape and gentle slope, and the water depth is 200m under the wave base with ample oxygen.

**Key words** “ special ” turbidite measure, Lashizhong Formation, Zhuozishan, Inner Mongolia

W