

文章编号: 1000-0550(2011)01-0055-09

# 内蒙古阿尔山地区下寒武统苏中组 混合沉积特征及形成环境研究<sup>①</sup>

曹桐生<sup>1</sup> 田景春<sup>1,2</sup> 朱迎堂<sup>3</sup> 赵荣华<sup>1</sup>  
解 惠<sup>1</sup> 田江飞<sup>1</sup> 杨辰雨<sup>1</sup>

(1. 成都理工大学沉积地质研究院 成都 610059; 2. “油气藏地质及开发工程”国家重点实验室 成都理工大学 成都 610059;  
3. 海南省海洋地质调查局 海口 570206)

**摘 要** 以内蒙古阿尔山地区下寒武统苏中组为研究对象,综合区域地层、岩石结构、剖面特征、粒度分布特征,对苏中组碳酸盐岩夹碎屑岩的沉积环境进行了深入分析。从粒度分布特征来看,苏中组砂岩粒度分布表现出双峰和多峰不对称,偏度以正偏为主,峰度数值多且比较低,分选性差,以粗粒物质为主等特征;运用萨胡图解投点、判别函数计算确定内蒙古阿尔山地区下寒武统苏中组砂岩形成于海成三角洲沉积环境。但由于碎屑沉积物粒度普遍偏粗,而且粒度分布与浅海波浪带砂类似,但悬浮组分相对浅海波浪砂偏高,砂岩与灰岩构成透镜状层理和韵律层理,综合认为砂岩是在潮控三角洲的混合坪沉积的。从灰岩特征来看,灰岩主要表现为灰白色细晶灰岩、白云质灰岩、砂质灰岩,表面呈蜂窝状,具重结晶,显示水平层理,综合分析其形成于灰坪环境。

**关键词** 阿尔山 寒武系 苏中组 混合沉积 粒度参数 潮坪

**第一作者简介** 曹桐生 男 1984年出生 硕士 沉积地质学 E-mail: liushafeiyang@163.com

**中图分类号** P581 **文献标识码** A

内蒙古阿尔山地区下寒武统苏中组分布于阿尔山市伊尔施镇西部胡德仁高京及北部苏呼河(图1),该套地层在1984年之前一直被划入志留系—早泥盆统。如宁奇生等人1957年在报道大兴安岭区域地层时把该套地层划入志留系,并建立了鹿沟组。苏中组是从宁奇生等人1959年建鹿沟组中分出的一部分。黑龙江区测二队1976年在科尔沁右翼前旗伊尔施苏呼河北以北该地层中首次发现古杯化石,根据古杯化石 *Ajaciccyathus* sp., *Densocyathus* sp., *Robustocyathus yavorskii*, *Archaeocyathus yavorskii*, *A.* sp., *Ethmophyllum hinganense*, *E. simplex*, *E.* sp., *Protopharetra cf. bipartita*, *P.* sp., *Syringocyathus?* sp., *Syringocnema* sp., *Coscinoocyathus* sp. 确认是早寒武世,命名为苏中组<sup>[1,2]</sup>。苏中组含义是指乌兰浩特以北的一套早寒武世地层,厚157.1 m,主要由碳酸盐岩组成,夹少量碎屑岩,其顶、底均与泥盆系下统呈断层接触,认为早寒武世苏中组为浅海相沉积环境<sup>[3]</sup>。

位于胡德仁高京附近的寒武纪地层出露面积很小,约为1 km<sup>2</sup>,但此套地层是大兴安岭地区少有的寒武纪沉积岩地层,对于分析西北利亚板块东南部沉

积环境及成矿背景具有重要的意义。前人认为,自早寒武世海侵开始,该区就发育了与阿尔泰、萨彦岭地区相同的古杯类,当时的海槽两地可能是沟通的,而后地壳上升,缺失中一晚寒武世的沉积<sup>[3]</sup>。针对研究区前人对早寒武世苏中组沉积环境研究较少,且相对笼统,本次研究重点对苏中组灰岩及透镜状砂岩夹层的特征进行了详细研究。

## 1 地质背景

根据板块构造理论,内蒙古阿尔山地区在大地构造上位于西伯利亚板块东南部边缘蒙古—兴安造山带<sup>[3]</sup>,东南与华北板块相邻。自晚古生代—早中生代,该区经历了古亚洲洋收缩、蒙古—鄂霍茨克海的闭合以及华北陆块与西伯利亚地台的最终拼贴等过程。华北地块、蒙古地块与西伯利亚地块在晚侏罗世碰撞,形成了蒙古—鄂霍茨克缝合带,这次碰撞作用不仅造成东亚地区地壳变形,而且也影响到广大的中亚东部和中国西北地区,造成古亚洲南部地区普遍发生变形和重新活动。研究区古生代地层强烈褶皱,在中生代又受到了滨西太平洋陆缘活化带的叠加,古生

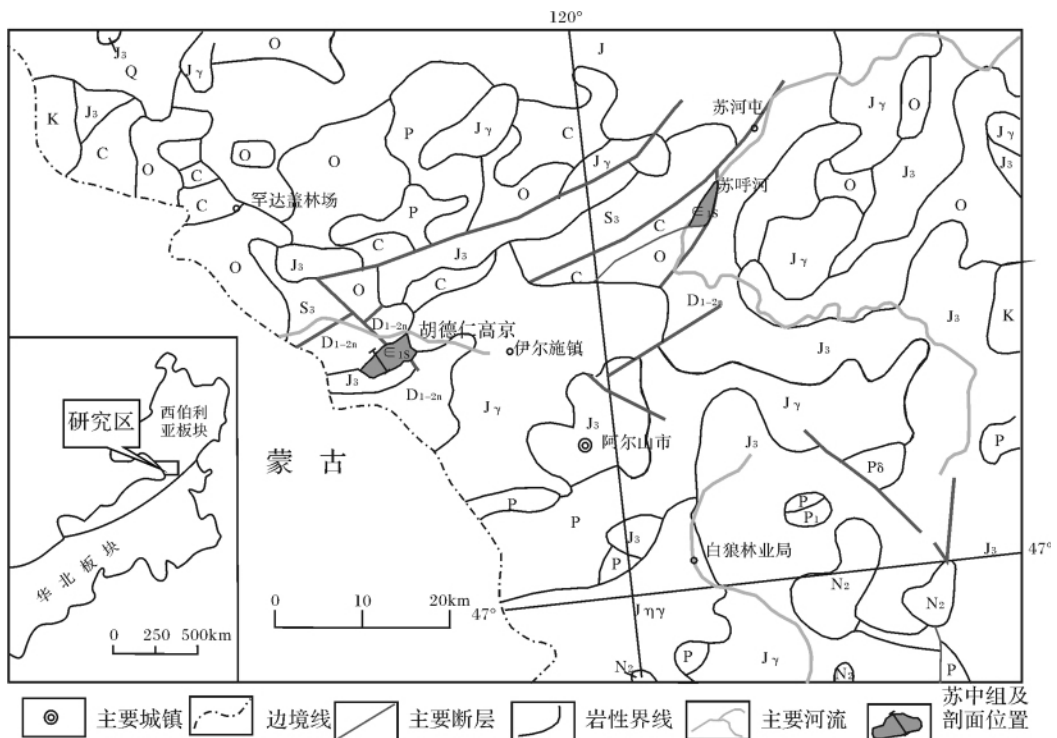


图 1 研究区区域构造与地层图

Fig. 1 Tectonic and geological map in the study area

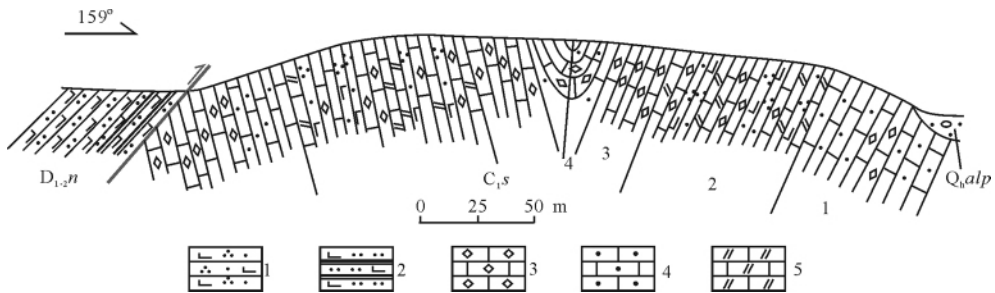


图 2 胡德仁高京苏中组 ( $\epsilon_{1s}$ ) 剖面图

- 1. 含钙质不等粒石英砂岩; 2. 钙质板岩、粉砂岩; 3. 细晶灰岩、微晶灰岩; 4. 细中晶砂质灰岩; 5. 微细晶含白云质灰岩

Fig. 2 The cross section of the Suzhong Formation in Huderen Gaojing

代地层残缺不全(图 1)。因此,古生代地层是大兴安岭地区基础研究的重点内容。

## 2 区域地层特征

### 2.1 胡德仁高京苏中组剖面及特征

本次工作测制了内蒙古阿尔山市胡德仁高京下寒武统苏中组( $\epsilon_{1s}$ )剖面(图 2),在该套地层中,1 到 4 层为下寒武统苏中组( $\epsilon_{1s}$ ),主要为一套结晶灰岩和成层砂岩,总厚度 186.3 m。该剖面总体上看为一向斜构造,南东被第四系覆盖,未见底;北西与中下泥盆统泥鳅河组( $D_{1-2n}$ )之间被一北东南西走向的断层错段。其中 4 层为向斜核部,1、2、3 层分别为其

两翼,两翼产状对称,南东翼  $328^\circ \angle 70^\circ$ ,北西翼为  $146^\circ \angle 75^\circ$ 。

其层序:

上覆地层 中下泥盆统泥鳅河组( $D_{1-2n}$ )青灰色钙质板岩粉砂岩

——断层——  
下寒武统苏中组( $\epsilon_{1s}$ )地层自上而下分为 4 层(图 3)

- 总厚度 186.3 m
- 4. 灰白色薄层状中细粒砂质微晶灰岩: 向斜构造的核部,其北西翼与南东翼产状大致对称 25.51 m
- 3. 灰黄、灰白色厚薄互层状微—细晶灰岩,风化面蜂窝状,具重结晶,显示水平层理 36.75 m
- 2. 厚层状微细晶含白云质灰岩与薄层状微细晶含白云质灰岩

互层, 并且构成 3 个碳酸盐岩旋回; 同时夹有似层状、透镜状中粗粒石英砂岩位于旋回顶部, 与灰岩构成潮汐层理 86.02 m  
 1. 灰白色薄层状细中晶含砂质灰岩, 灰岩风化面呈蜂窝状, 显示水平层理 37.96 m

-----未见底-----

其中 2 层的碳酸盐岩旋回在地形上沿剖面方向呈三个波浪状起伏的小山包(图 4); 推测为薄层结晶灰岩与页岩抗风化能力差且位于向斜的两翼岩体比较破碎易于风化所致。具体划分如下:

表 1 碳酸盐岩旋回划分

Table 1 The carbonate cyclic stratigraphy division of Suzhong Formation

旋回	岩性特征	厚度/m	特征
第一旋回	厚、薄层状蜂窝状的白云质灰岩互层	24	旋回顶部为透镜状砂岩
第二旋回	厚、薄层状蜂窝状的含白云质灰岩互层	17	旋回顶部为透镜状砂岩
第三旋回	厚、薄层状蜂窝状的含白云质灰岩互层	27	

如表 1 与图 5 所示, 第一、二旋回的顶部见含钙

质中粗粒石英砂岩条带, 石英砂岩呈似层状、透镜状, 与结晶灰岩构成透镜状层理, 构成旋回的顶界; 往底部砂质条带逐渐变薄与砂质微晶灰岩组成近乎水平的韵律层理; 到底部砂质条带消失, 岩石类型表现为砂质灰岩、白云质结晶灰岩。

2.2 与建组剖面对比情况

笔者从岩性、厚度、结构、构造等方面对胡德仁高京苏中组和苏呼河苏中组建组剖面进行了对比(图 5)。两者有众多相同的地方, 也有一些差异。二者剖面的主要岩性都是厚、薄层蜂窝状的结晶灰岩, 厚度相当, 与邻区地层接触关系均为断层接触, 苏呼河苏中组的砂质条带笔者认为和本文中的透镜状互层的砂岩为同一套东西。不同之处是建组剖面比胡德仁高京苏中组剖面多出了页岩这种岩性, 且建组剖面顶层厚层结晶灰岩中含有古杯和三叶虫化石。

同唐守贤观点一致, 笔者认为胡德仁高京和苏呼河的苏中组为同一套东西。胡德仁高京剖面为一向斜构造, 在成岩后期经过局部的构造抬升挤压和变形, 缺失最上层的含有古杯和三叶虫化石的厚层结晶灰岩; 而胡德仁高京剖面在地表地形上沿剖面方向上



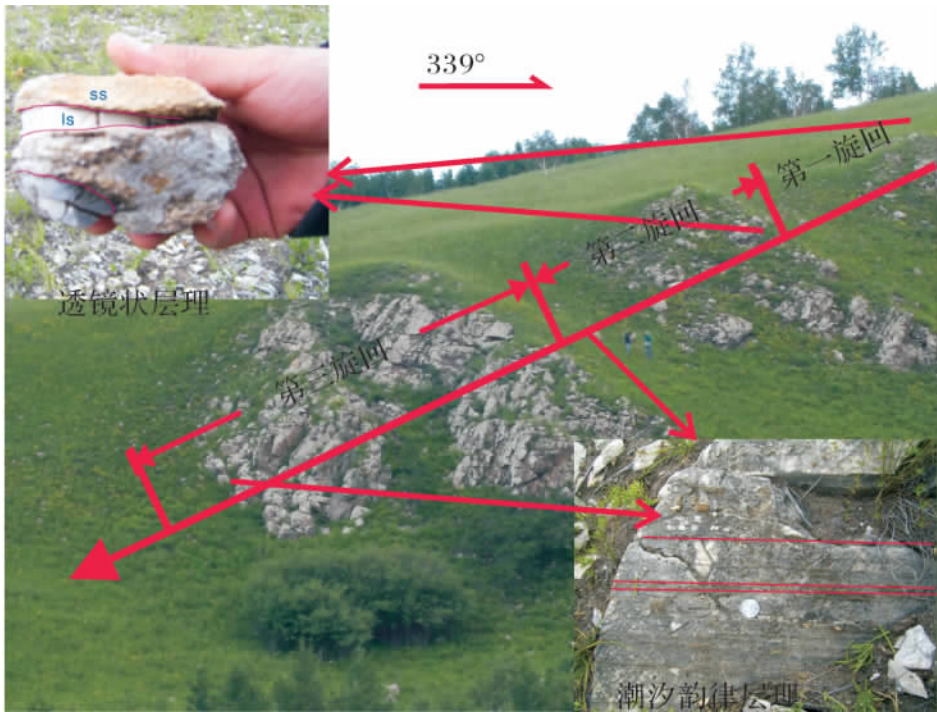


图 4 剖面上的三个碳酸盐岩旋回及沉积构造特征

Fig. 4 Three carbonate cycles of the section and sedimentary structure characters

可见几个结晶灰岩组成的起伏不平的小山包,山包包槽部分极有可能是原来沉积的页岩遭受后期风化侵蚀而成。

胡德仁高京

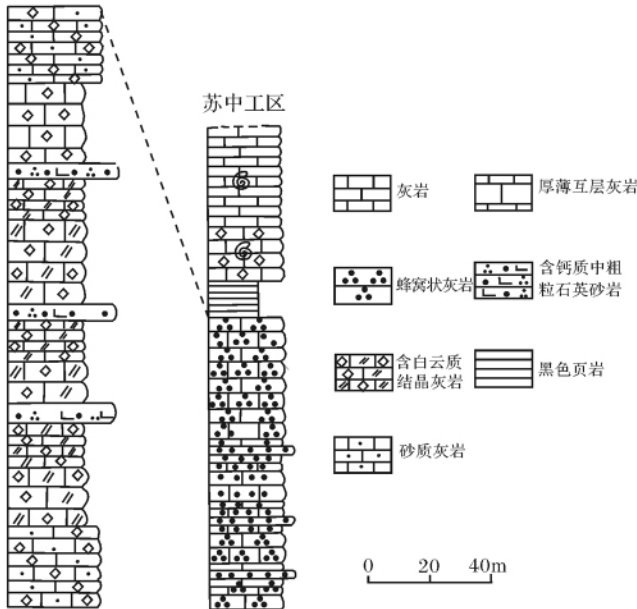


图 5 胡德仁高京与苏呼河苏中组对比图(据文献[3]补充)

Fig. 5 A comparison about the Suzhong Formation between Huderengaojing section and founded section

### 3 混合沉积岩石学特征

混合沉积是一种沉积机理特殊而又有重要意义的沉积现象,对沉积动力学、古地理环境及相关成矿作用的研究提供新的研究思路和依据<sup>[4]</sup>。虽然混合沉积现象普遍存在,在陆源碎屑岩和碳酸盐岩的研究与应用已很成熟的今天,人们给予的混合沉积的重视程度却不够。

混合沉积可以由碳酸盐与陆源碎屑结构混合组成的混积物和“纯”碳酸盐与碎屑沉积物的互层、夹层及横向相变<sup>[5]</sup>。内蒙古阿尔山地区下寒武统苏中组所发育的混合沉积为一套典型的陆源碎屑、碳酸盐混合沉积产物,包括层内的混合沉积物又包括互层的混合沉积物两种类型。

#### 3.1 灰岩岩石学特征

内蒙古阿尔山地区早寒武世苏中组中发育灰白色薄层、厚层状细中晶砂质灰岩、微细晶含白云质灰岩和微细晶灰岩,灰岩具重结晶,显示水平层理并夹有砂质条带。

通过显微镜观察(图 6a),苏中组灰白色微细晶砂质灰岩由方解石、白云石、石英组成。岩石中方解石呈细晶颗粒,具他形一半自形晶颗粒,分布较均匀,

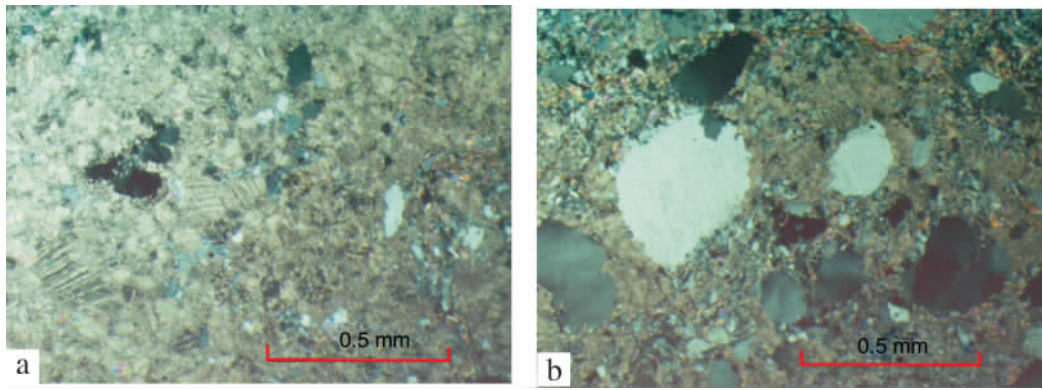


图 6a 镜下微观特征( a 灰岩( + ) b 砂岩( + ))

Fig. 6 a. Characteristics of limestone under microscope b. Characteristics of sandstone under microscope

粒度为 0.1 ~ 0.25 mm 在岩石中较均匀分布 在细晶方解石粒间约有 42% 的方解石粒度为 0.03 ~ 0.076 5 mm 微晶方解石较均匀的分布在细晶方解石的间隙中 状如多斑结构。白云石呈微晶颗粒 组成集合体 均匀分布在微晶方解石集合体中。石英呈不等粒砂状颗粒 粒度 0.035 ~ 0.486 mm 不均匀分布在岩石中。

### 3.2 砂岩岩石学特征

研究区碎屑沉积物表现为灰黄色含钙质不等粒石英砂岩 钙质胶结。该地层岩性以灰岩为主 砂岩层较薄 厚度一般不超过 5 cm 多呈透镜状作为灰岩的夹层存在 属于碎屑岩与碳酸盐岩互层的沉积物。

镜下来看(图 6b) 碎屑岩表现为灰黄色含钙质中粗粒石英砂岩 岩石由石英、石英碎屑和绢云母杂基及方解石胶结物组成。岩石中 石英等碎屑具棱角状、次棱角状和次圆状外形 磨圆度一般 无明显分选性 碎屑中无一粒级占优势 碎屑粒度大小为 0.035 ~ 1.52 mm 最大可达 2 mm 碎屑粒间由绢云母杂基充填 碎屑由方解石胶结。

### 3.3 混合沉积构造特征

含钙质石英砂岩与砂质、白云质灰岩在沉积构造

特征上表现为透镜状层理和潮汐韵律层理(图 4)。透镜状互层的岩石中 砂岩和灰岩透镜体厚度相当 一般单层厚度 2 ~ 5 cm; 而在呈韵律层理的岩石中 则以灰岩为主 两者大致呈水平层理 灰岩单层厚 3 ~ 4 cm 砂岩薄层厚度 0.5 cm 左右。细层状砂岩表现为灰黄色 灰岩灰白色。

## 4 碎屑沉积物粒度分布特征

碎屑岩的粒度分布及分选性是搬运营力和搬运能力的度量尺度<sup>[6]</sup> 是判别沉积环境及水动力条件的良好标志 而且碎屑岩的物性也与其粒度密切相关 因此粒度分析是研究碎屑岩岩相的重要手段<sup>[7-8]</sup>。本文采用薄片图象分析法对内蒙古阿尔山地区苏中组的碎屑岩沉积物从粒度参数和概率累计曲线两个方面进行了分析 试图为苏中组的沉积环境解释提供依据。

### 4.1 粒度参数特征

本文粒度参数采用福克—沃德提出的四种参数<sup>[9]</sup> 即平均粒径( $M_z$ )、分选系数( $\sigma_1$ )、偏态( $Sk_1$ )和峰态( $Kg$ )。

苏中组沉积物粒度参数及分布见表 2。

表 2 内蒙古阿尔山地区下寒武统苏中组剖面沉积物粒度参数(图解法)

Table 2 Grain size parameters of sediments from the Suzhong Formation which lies in Aershan area of Inner Mongolia( graphic method)

样品号	岩性	粒级组成					粒度参数			
		巨砂	粗砂	中砂	细粉砂	黏土	$M_z$	$\sigma_1$	$Sk_1$	$Kg$
P <sub>12</sub> Bb2-4	含钙质中粗粒石英砂岩	3.42	42.10	42.70	5.63	6	1.14	1.56	0.45	4.6
P <sub>12</sub> Bb2-5	含钙质中粗粒石英砂岩	8.35	42.82	39.92	3.92	5	0.99	0.86	0.14	1.68
P <sub>12</sub> Bb2-6	含钙质中粗粒石英砂岩		31.51	53.81	8.69	6	1.36	1.46	0.49	3.95
P <sub>12</sub> Bb2-7a	含钙质中粗粒石英砂岩	7.58	32.89	47.07	5.45	7	1.10	1.70	0.34	3.62
P <sub>12</sub> Bb2-7b	含钙质中粗粒石英砂岩		28.66	58.93	6.41	6	1.29	1.47	0.46	4.44
P <sub>12</sub> Bb2-8b	含钙质中粗粒石英砂岩	2.74	37.37	45.13	8.76	6	1.24	1.60	0.42	3.82
P <sub>12</sub> Bb1-4	中细粒砂质微晶灰岩			16.67	83.33	0	2.61	0.68	0.06	1.06



平均粒径 ( $M_z$ ) : 苏中组沉积物粒径  $0.99\phi \sim 1.36\phi$  ,平均  $1.19\phi$  ,同区碳酸盐岩为  $2.61$  ;碎屑岩平均粒径较粗 表明沉积环境水动力条件较强。

标准偏差 ( $\sigma_1$ ) : 苏中组沉积物标准差  $0.86 \sim 1.7$  ,平均  $1.44$  ,碳酸盐岩为  $0.68$  ,较小 ,根据分选等级表 ,分选较差。

偏态 ( $Sk_1$ ) : 苏中组沉积物偏态  $0.14 \sim 0.49$  ,平均  $0.38$  ;同区灰岩为  $0.06$  。在苏中组沉积物的频率曲线中峰偏向粗粒度一侧 ,细粒一侧有低的尾部 ,说明沉积物以粗组分为主。据福克和沃德的分级标准 ,该区砂岩分选性差 ,灰岩分选较差。

峰态 ( $Kg$ ) : 沉积物粒度参数主要反映沉积物来源和沉积环境。<sup>[10,11]</sup> 一般认为 ,沉积物平均粒径和分选系数与沉积物来源关系密切 ,偏态和峰态反映的是沉积环境对粒度的改造结果。苏中组沉积物的峰态  $1.68 \sim 4.6$  ,平均  $3.68$  ; $Kg$  非常高。

通过萨胡<sup>[12]</sup> 判别分析法 ,做出的不同沉积环境关系图解 ,可以对浊流、潮汐三角洲、浅海、海滩及风成环境的沉积物进行分析判断。萨胡图解中不同沉积环境间都有明显的分界 ,同时图上还标示了能量及流动性下降的方向<sup>[13]</sup>。

如图 7 所示 ,苏中组沉积物在图解上所投点为 P ,位于潮汐三角洲和浅海交界处形成环境能量较强 ,流动性中等 ;且距离浊流、风和滨海沉积环境都比

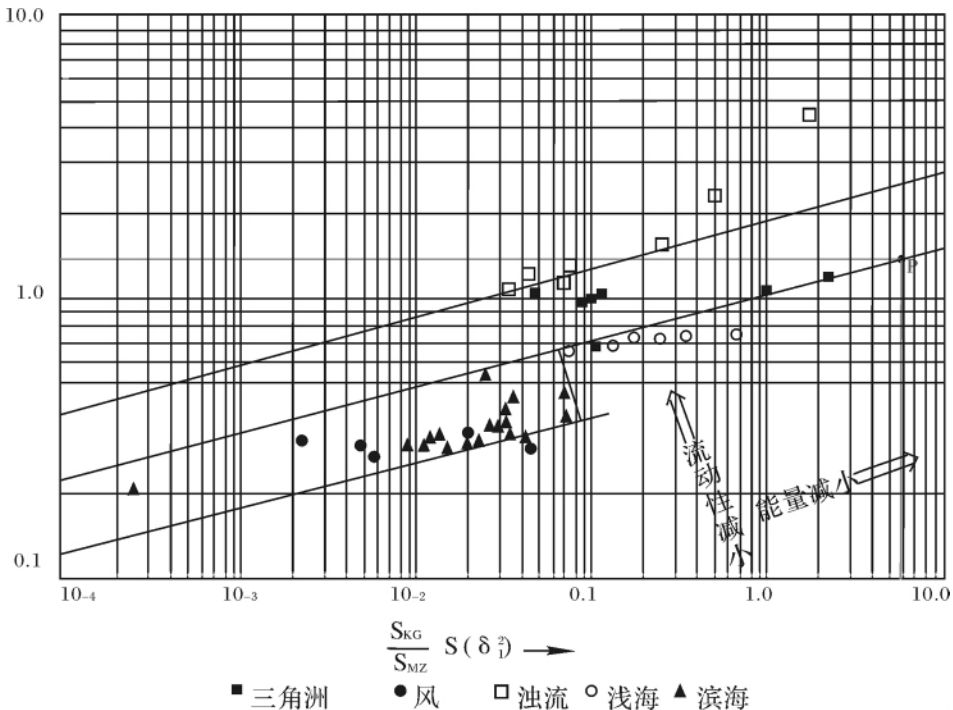
较远 ,从而排除苏中组形成于这些环境的可能性。所以苏中组沉积物可能来自潮汐三角洲或浅海沉积环境。沉积环境进一步判定则要通过萨胡总结出的各种沉积环境间的判别函数来区分。苏中组沉积物的粒度参数平均值  $M_z$  为  $1.19$  , $\sigma_1$  为  $1.44$  , $Sk_1$  为  $0.38$  , $Kg$  为  $3.68$  ;代入浅海与潮汐三角洲沉积环境鉴别函数  $Y = 0.2852M_z - 8.7604\sigma_{12} - 4.8932Sk_1 + 0.0482Kg$ <sup>[13,14]</sup> 可得  $Y$  值为  $-19.508217$  远小于临界值  $-7.4190$ 。

#### 4.2 粒度概率图特征

苏中组沉积物粒度频率分布累计曲线和概率累积曲线见图 8。样品均发育三个粒度总体 ,以跳跃总体为主要成分 ,粒度集中在  $0.7\phi \sim 2\phi$  ,占  $70\% \sim 80\%$  ,粒度偏大说明沉积环境水动力条件偏高 ;倾斜约  $80^\circ$  说明跳跃组分的分选较好。滚动组分粒度很粗 ,占  $15\% \sim 20\%$  ,倾斜  $40^\circ \sim 60^\circ$  ;分选较差 ,说明水动力条件较强却又不足够强。悬浮组含量较少 ,倾斜也仅有  $5^\circ$  左右 ,分选极差。

### 5 沉积环境探讨

研究区早寒武世地层碳酸盐岩旋回发育 ,旋回顶部的透镜状以及韵律互层的钙质石英砂岩和结晶灰岩是典型层间混合沉积特征 ,旋回底部的中粗粒砂质灰岩是层内混合沉积的产物。透镜状层理和韵律层



© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

图 7 苏中组沉积环境鉴别图(据文献[12]) Fig. 7 The diagram used to differentiate sedimentary environment of the Suzhong Formation( from Jiang Zaixing , 2003)

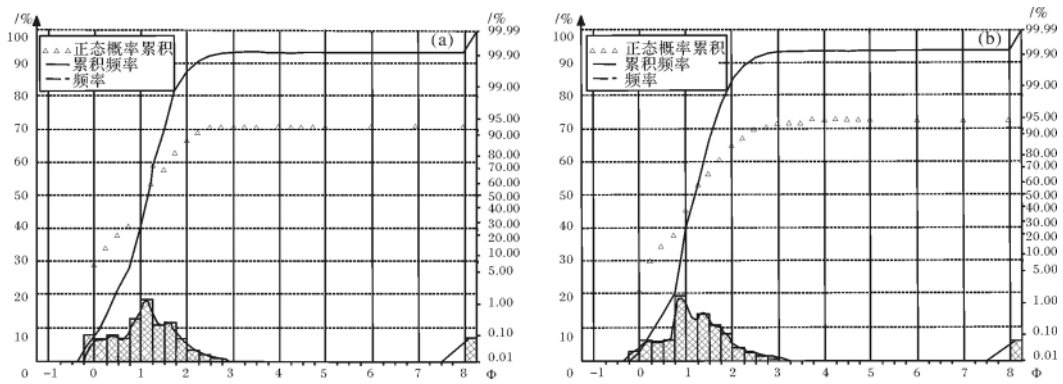


图 8 粒度分布参数统计

Fig. 8 Frequency grain size curve of the sediments of the Suzhong Formation

理是识别三角洲潮坪的重要标志。苏中组碳酸盐岩多为灰白色,碎屑岩表现为灰黄色,同类岩石颜色单一,因此岩石中的韵律层理并非由于气候季节性变化所形成的季节性韵律层理,此套地层中的混合沉积现象很可能是由于潮汐环境中潮汐的周期性变化形成的。

苏中组含钙质中粗粒石英砂岩含石英和硅质成分较多,即成分成熟度高;可见搬运以及成岩过程中遭受环境改变严重,分选并不明显;此套岩石可能形成于如潮控三角洲这样水动力条件较强但沉积速率较快的沉积环境中。

苏中组沉积物峰态极高,充分说明其在沉积作用过程中遭受改造强烈;该沉积物是经过前期改造进入新环境,或者新环境对它的改造特别显著。标准差平均 1.44 较小,其原因可能与长期反复作用的水动力有关;而这种反复作用的水动力就是潮汐涨落导致的。

潮控三角洲位于河流的入海处,是由海与陆交替作用而形成的沉积复合体,包括了各种亚环境,不同亚环境的粒度分布特点也不一样。潮控三角洲的粒度分布与浅海波浪带砂类似<sup>[12,15,16]</sup>,这与粒度参数在萨胡的图解上的投点结论一致。研究区苏中组沉积物粒度参数在萨胡图解中投点在潮控三角洲和浅海中间,萨胡鉴别函数对于浅海和潮控三角洲的计算结果远小于临界值,表明苏中组沉积物最有可能形成于潮控三角洲沉积环境中。

综合区域地层、岩石结构、剖面特征,结合该地层中发现的混合沉积的透镜状互层状的砂岩和灰岩,以及通过粒度分析所得到的频率曲线表现出的双峰和多峰不对称曲线,偏度以正偏为主且变化较大,峰度数值多且比较低,分选性差,粒度以粗粒物质为主等

众多指示特征;运用萨胡图解的投点、判别函数的鉴定从而推定大兴安岭下寒武统苏中组形成于海成三角洲沉积环境。但由于碎屑沉积物粒度普遍偏粗,而且粒度分布与浅海波浪带砂类似,但悬浮组分相对浅海波浪砂偏高。因此,综合认为该套地层形成于潮控三角洲环境,主要受潮流控制,在碳酸盐岩旋回中石灰岩和砂岩互层形成的透镜状层理和韵律层理是由于潮流的涨落而形成的特殊构造现象;苏中组含钙质中粗粒石英砂岩形成于潮汐三角洲的混合坪沉积环境,砂质灰岩、白云质灰岩则形成于潮汐三角洲的灰坪环境。

根据本研究区的大地构造位置和周缘剖面特征总结出内蒙古阿尔山地区下寒武统苏中组沉积模式(图 9)。分析此区域下寒武统苏中组地层形成过程为:

I: 首先是海侵期或高水位期,可容纳空间增加,靠近碳酸盐台地的地方在碳酸盐岩形成过程中,少量陆源碎屑注入,位于潮下浅滩带的薄层结晶灰岩得以沉积,沉积物岩性表现为砂质灰岩,且呈现出典型的水平层理是有力的证明;

II: 接下来在海退或低水位期,海平面上升,由于受潮汐和波浪的反复作用,在潮下混合坪和潮间灰坪环境中形成 3 个碳酸盐岩旋回,砂岩和灰岩得以互层并形成透镜状层理、潮汐韵律层理的混合沉积特征;

III: 高水位期,在潮下带的浅滩环境中以碳酸盐岩沉积为主并再次有少量的陆源碎屑物质注入,形成 4 层的砂质结晶灰岩;

IV: 古亚洲洋收缩、蒙古—鄂霍茨克海闭合、华北地块与蒙古地块以及西伯利亚地块在晚侏罗世碰撞,造成古亚洲南部地区普遍发生变形和重新活动,研究区苏中组岩层遭受地壳抬升、挤压变形形成向斜构

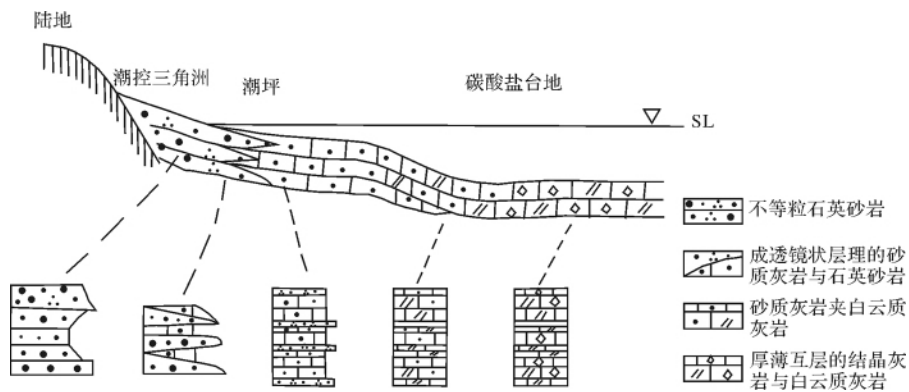


图 9 内蒙古阿尔山地区下寒武统苏中组混合沉积模式

Fig. 9 Mixing Sedimentary model of the sediments of the Suzhong Formation in Aershan area of Inner Mongolia

造 缺失顶层含古杯化石灰岩,页岩也被风化侵蚀掉;

V: 地壳再沉降接受泥盆系地层沉积,而后上覆第四纪地层。

黄汲清认为早寒武世的造山运动(兴凯运动)使兴凯时期的岛弧和边缘海沉积物褶皱隆起,焊接或增生于西伯利亚陆块之上。内蒙古阿尔山地区胡德仁高京早寒武世苏中组是在潮控三角洲这个海陆频繁交替作用的环境下形成的,这在一定程度上也支持了这一推测。

### 参考文献 (References)

- 郭胜哲. 大兴安岭中部下寒武统古杯类[J]. 古生物学报, 1981, 20(1): 60-63 [Guo Shengzhe. Lower Cambrian archaeocythids from the central part of Da Hinggan Ling[J]. Acta Palaeontologica Sinica, 1981, 20(1): 60-63]
- 唐守贤. 大兴安岭中部寒武系下统苏中组的建立及其意义[J]. 地层学杂志, 1984, 8(4): 314-316 [Tang Shouxian. The found and significance of Lower Cambrian from the central part of Da Hinggan Ling[J]. Journal of Stratigraphy, 1984, 8(4): 314-316]
- 内蒙古自治区地质矿产局. 内蒙古自治区区域地质志[M]. 北京: 地质出版社, 1991: 72-80 [Inner Mongolia Autonomous Region Bureau of Mines and Geology. Regional Geology of Inner Mongolia Autonomous Region[M]. Beijing: Geological Publishing House, 1991: 72-80]
- 孙永传, 李惠生. 碎屑岩沉积相和沉积环境[M]. 北京: 地质出版社, 1986: 99-101 [Sun Yongchuan, Li Zaisheng. Sedimentary Facies and Sedimentary Environment of Clastic Rock[M]. Beijing: Geological Publishing House, 1986: 99-101]
- 张锦泉, 叶红. 专论碳酸盐与陆源碎屑岩的混合沉积[J]. 成都地质学院学报, 1989, 16(2): 87-92 [Zhang Jinquan, Ye Hong. Mixing sediments of carbonate and detrital rock of terrigenous origin[J]. Chengdu College of Geology, 1989, 16(2): 87-92]
- 里丁 H G 主编. 沉积环境和相[M]. 北京: 科学出版社, 1985: 131-133 [Reading H G. Beijing: Sedimentary Environment and Facies [M]. Beijing: Science Press, 1985: 131-133]

- 袁静, 杜玉民, 李云南. 惠民凹陷古近系碎屑岩主要沉积环境粒度概率累积曲线特征[J]. 石油勘探与开发, 2003(6): 103-106 [Yuan Jing, Du Yumin, Li Yunnan, et al. Probability cumulative grain size curves in terrigenous depositional environments of the Paleogene in Huimin Sag[J]. Petroleum Exploration and Development, 2003(6): 103-106]
- 肖晨曦, 李志忠. 粒度分析及其在沉积学中应用研究[J]. 新疆师范大学学报, 2006, 25(3): 118-123 [Xiao Chenxi, Li Zhizhong. The research summary of grain size analysis and its application in the sedimentation[J]. Journal of Xinjiang Normal University, 2006, 25(3): 118-123]
- Folk R L. A review of grain size parameters[J]. Sedimentology, 1966, 6: 73-97
- 蒋明丽. 粒度分析及其地质应用[J]. 石油天然气学报, 2009, 31(1): 161-163 [Jiang Mingli. Grain size analysis and its geologic application[J]. Journal of Oil and Gas Technology, 2009, 31(1): 161-163]
- 丁喜桂, 叶思源, 高宗军. 粒度分析理论技术进展及其应用[J]. 世界地质, 2005, 24(2): 203-207 [Ding Xigui, Ye Siyuan, Gao Zongjun. Development and applications of grain size analysis technique[J]. Global Geology, 2005, 24(2): 203-207]
- 姜在兴. 沉积学[M]. 北京: 石油工业出版社, 2003: 71-87 [Jiang Zaixing. Sedimentology [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2003: 71-87]
- Sahu B K. Depositional mechanism from the size analysis of clastic sediments[J]. Journal of Sedimentary Petrology, 1964, 34: 73-84
- Blatt Middleton Murray. Origin of Sedimentary Rocks [M]. New Jersey: Prentice Hall, Inc., Englewood Cliffs, 1980: 71
- 张富元, 章伟艳, 杨群慧. 南海东部海域沉积物粒度分布特征[J]. 沉积学报, 2003, 21(3): 452-460 [Zhang Fuyuan, Zhang Weiyan, Yang Qunhui. Characteristics of grain size distributions of surface sediments in the Eastern South China Sea[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2003, 21(3): 452-460]
- Angela L Coe. The Sedimentary Record of Sea-level Change [M]. Cambridge: Cambridge University Press, 2003: 98-104



# Depositional Characteristics and Environment of Mixing Sediments of Lower Cambrian Suzhong Formation in Aershan Area , Inner Mongolia

CAO Tong-sheng<sup>1</sup> TIAN Jing-chun<sup>1 2</sup> ZHU Ying-Tang<sup>3</sup> ZHAO Rong-hua<sup>1</sup>  
XIE Hui<sup>1</sup> TIAN Jiang-fei<sup>1</sup> YANG Chen-yu<sup>1</sup>

(1. Sedimentary Geology School of Chengdu University of Technology , Chengdu 610059;

2. State Key Laboratory of Oil/Gas Reservoir Geology and Exploitation , Institute of Sedimentary Geology ,

Chengdu University of Technology , Chengdu 610059; 3. Bureau of Marine Geological Survey of Hainan Province , Haikou 570206)

**Abstract** Depositional characteristics and environment of the Lower Cambrian Suzhong Formation in Aershan area of Inner Mongolia are analyzed through integrating areal stratum , lithology , section characteristics , and distribution of the grain size. Grain size of the sandstone in the Suzhong Formation presents the following characters: with double or multimodal anisomeric peaks in grain size distribution frequency curves; mainly in positive skewed distribution; numerous but low peak values; poor sorting and most of the grain consists of those of coarse materials. Based on the size parameters , we located in the Sahu diagram and calculated with discriminate function , it is ascertained that the sandstone in the Lower Cambrian Suzhong Formation which lies in Aershan area of Inner Mongolia are deposited in marine delta environment. Nevertheless , most clastic deposits of the Suzhong Formation is macrograin materials with their grain size distribution similar to wave sand of neritic , and with larger suspension population as well; the mixing deposited sandstone and limestone appears lenticular bedding and rhythmic bedding; so we conclude that the sandstone of this area is deposited in the mixed flat of tide dominate delta. The limestone in the area studied mainly are Greyish white sandy limestone , dolomitic limestone , being recrystallized , with honeycombed surface and horizontal bedding , through these , we draw the following conclusion that limestone of the Lower Cambrian Suzhong Formation in Aershan area of Inner Mongolia are deposited in limemud flat.

**Key words** Aershan; Lower Cambrian; Suzhong Formation; Mixing sediments; grain size parameter; tidal flat