

内蒙西南部石炭系碎屑岩-碳酸盐岩 混合沉积特征*

蔡进功 李从先

(同济大学海洋地质系, 上海 200092)

内蒙西南部石炭系广泛发育碎屑岩-碳酸盐岩混合沉积, 可划分出五种类型, 其形成的陆源物质供给量、海岸性质、泻湖开放程度、事件作用的特点均不相同, 其中事件性作用是贯穿整个混合过程的主线, 致使滨海、内陆架浅海和外陆架浅海的混合沉积又各具特色, 以内陆架浅海区的混合沉积发育最佳。

关键词 混合沉积 事件作用 沉积模式 内蒙古

第一作者简介 蔡进功 男 30岁 硕士 沉积学与海洋地质学

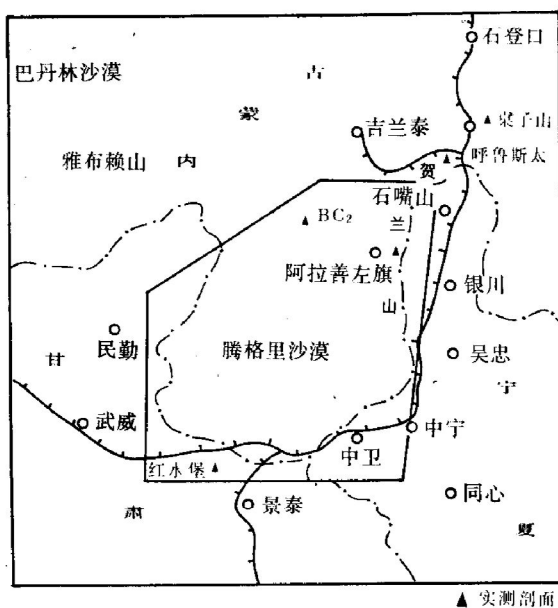


图1 研究区位置图

陆源碎屑岩-碳酸盐岩混合沉积是一种常见的沉积类型, 在现代沉积^[1]和古代沉积中^[2]广泛发育。国内外早就进行过研究^[3,4,5]; 但内蒙石炭系的碎屑岩-碳酸盐岩混合沉积尚无报道。本文以两条剖面 and 一口钻井资料为主, 论述混合沉积的特征、类型、发育因素和沉积模式。

一、区域概况

研究区位于内蒙、甘肃、宁夏交界地区, 即东经 103°—106°, 北纬 37°46'—39°40' 之间 (图 1), 位居华北地台、祁连山地槽及阿拉善地块三大构造单元交汇处。

石炭系可划分为五个组 (表 1), 除下统前黑山组和臭牛沟组见厚层碳酸盐岩外, 其余为碎屑岩或碎屑岩与碳酸盐岩穿插交替沉积。据 BC 2 井以及红水堡、呼鲁斯太二条剖面统计, 碎屑岩占 92%, 碳酸盐岩占 6%, 碎屑岩-碳酸盐岩混合沉积物占 2%。

* 高等学校博士学科点专项科研基金资助的课题

收稿日期: 1991-12-21 改回日期: 1992-07-26

表1 石炭纪地层简表——红水堡剖面为例

地 层			厚度 (m)	岩 性 描 述
系	统	组		
石 炭 系	上 统	太原组 C _{3t}	74.4	灰白色中—细粒石英砂岩、粉砂岩及深灰色、灰褐色、灰黑色页岩，含粉砂，夹菱铁矿薄层，含植物化石
	中 统	羊虎沟组 C _{2y}	82.6	黑色碳质页岩及深灰色、灰色细粒石英砂岩，含菱铁矿薄层及动、植物化石
		靖远组 C _{2j}	197.5	黑色碳质页岩，夹暗灰色、灰白色中细粒石英砂岩，见菱铁矿薄层及动、植物化石
	下 统	臭牛沟组 C _{1g}	127	下部为深灰色、灰黑色页岩及灰白色中粗粒石英砂岩，含植物化石 上部灰黑色、褐灰色中厚层灰岩，含燧石结核，产珊瑚、腕足等动物化石
		前黑山组 C _{1c}	142.9	深灰色页岩、灰黑色灰岩及青灰色、白灰色细砂岩，含动、植物化石，顶部见赤铁矿薄层

二、混合沉积特点

Mount^[6]依据陆源碎屑颗粒、陆源碎屑泥、碳酸盐颗粒和灰泥四个端元组分，提出了混合沉积物的成分结构分类方案，凡含10%以上陆源碎屑的碳酸盐岩（或含10%以上碳酸盐岩的碎屑岩）都属混合沉积物。研究区内混合沉积物的陆源碎屑含量普遍大于10%，多为25%以上；而且出现碳酸盐岩与碎屑岩互层，甚至见有巨厚碳酸盐岩中的碎屑岩夹层等现象。根据本区实际情况，本文把在物理、生物化学因素作用下，形成的含25%—50%陆源碎屑的碳酸盐岩；碎屑岩与碳酸盐岩互层其厚度比小于2，以及巨厚碳酸盐岩夹碎屑岩层等都划归为混合沉积，有三种类型。

1. 结构混积物

结构混积物是碳酸盐岩中含25%—50%的陆源碎屑，进一步分为两种。(1)含粉砂泥灰岩（图版I-1）：颜色为黄灰色和深灰色，方解石占矿物成分的55%、粘土25%，石英质粉砂20%，含介形虫和腹足类生物碎屑。(2)生物碎屑泥灰岩：方解石约占矿物成分60%—75%，泥晶结构、粘土约25%—40%，见石英质粉砂。生物碎屑一般为30%—40%，部分高达65%，为海百合、腕足类、瓣鳃类、有孔虫、筴等，个体完整，分布杂乱，反映泥灰岩形成时的水体盐度接近正常海水。

2. 互层混积物

互层混积物是指碎屑岩与碳酸盐岩互层，其厚度比小于2的沉积物。(1)泥岩与含粉砂泥灰岩互层：泥岩层厚0.5—0.7 m，泥灰岩层厚0.3—0.4 m，厚度比1.6—1.7。(2)页岩与含泥生物灰岩和含泥含生物泥晶灰岩互层：页岩质纯，水平纹层发育，层厚1.7—2.9 m；含泥生物灰岩（图版I-3）中方解石占矿物成分的90%，粉晶-泥晶结构，粘土10%，生物碎屑含量高达75%—85%，为棘皮类、苔藓虫、腕足类、介形虫等浅海生物；含泥含生物泥晶灰岩（图版I-4）中方解石占矿物成分的80%，泥晶结构，粘土20%，生物碎屑含量约占10%—25%，生物门类与含泥生物灰岩相同，层厚0.8—1.5 m。页岩与灰岩互层厚度比为1.8—2.0。

3. 夹层混积物

夹层混积物表现为巨厚碳酸盐岩夹碎屑岩层，其中碳酸盐岩质纯、厚度大，为连续沉积，而碎屑岩系事件作用产物，其特征将在具体实例中详细描述。

三、混合沉积类型

混合沉积是一种常见的沉积现象,是物理、生物、化学等因素作用的产物,不同环境中混合沉积物特点及分布方式差异极大,因而,识别混合沉积的环境背景,确定混合沉积类型极为重要,这也是探讨混合沉积形成过程的最佳方式。本区混合沉积可分出五种类型。

1. 无障壁海岸浅海型

该类混合沉积发育广,红水堡地区前黑山组最典型(图2),从下向上发育六个相带。

(1) 海滩相,由一套成熟度较高的细、中粒石英砂岩组成,发育低角度交错层理;(2) 上临

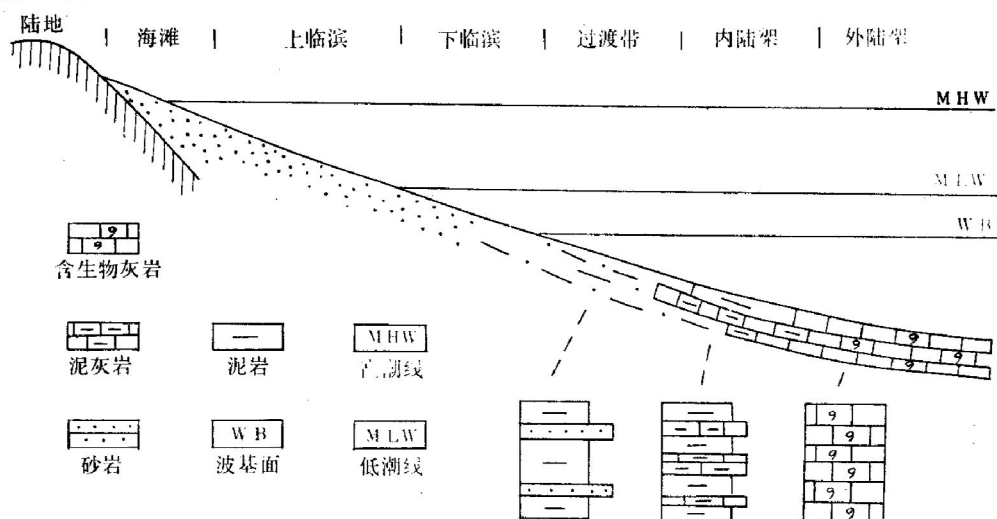


图2 红水堡前黑山组1—5号层无障壁混合沉积解释图

滨相,由含泥粉细砂岩构成,成熟度中等偏高,发育小型交错层理;(3) 下临滨相为泥质粉砂岩,含泥晶方解石;(4) 过渡相为灰绿色泥岩;(5) 内陆架相为浅海混合沉积,系由泥岩与含粉砂泥灰岩组成的互层混积物,泥岩层厚0.5—0.7 m,泥灰岩单层厚0.3—0.4 m,二者的厚度比为1.6—1.7,含粉砂泥灰岩则属结构混积物,陆源碎屑高达45%,其中粉砂占20%;(6) 外陆架相为含生物泥晶灰岩(图版I-2),含少量泥和石英质粉砂,生物碎屑含量约20%,为棘皮类、介形虫、海百合、腕足类、层孔虫等浅海相化石。

这类混合沉积仅限于碳酸盐岩与碎屑岩交互的内陆架浅海区。互层混积物与结构混积物共生,尤其是陆源碎屑高含量层和低含量层交互成层,二者的厚度比小于2是该类混合沉积的最大特点,是碎屑岩与碳酸盐岩分布范围频繁波动的记录。

2. 有障壁海岸浅海型

红水堡地区臭牛沟组为该类型混合沉积的典型代表(图3)。底部为扇三角洲相,由含砾砂岩、粗砂岩以及泥岩和煤构成,发育交错层理。泻湖相为泥岩和页岩,含碳、菱铁矿、羊齿类和腕足类化石。向海为砂坝相,由中粒石英砂岩组成,成熟度高,发育低角度交错层理。临滨相为浅灰色泥质粉细砂岩,可见交错层理。局限浅海相以互层混积物发育为特点,表现为页岩与含泥生物灰岩和含泥含生物泥晶灰岩互层,其中页岩层厚1.7—2.9 m;灰岩中生物碎屑含量高达75%—85%,粘土为10%—20%,层厚0.8—1.5 m,页岩与灰岩层厚度之比高达1.8—2.0,反映其形成环境较稳定。浅海相为生物灰岩,生物碎屑含量达90%,有介形虫、腕足类、苔藓虫、有孔虫等,为个体完整的浅海相化石。

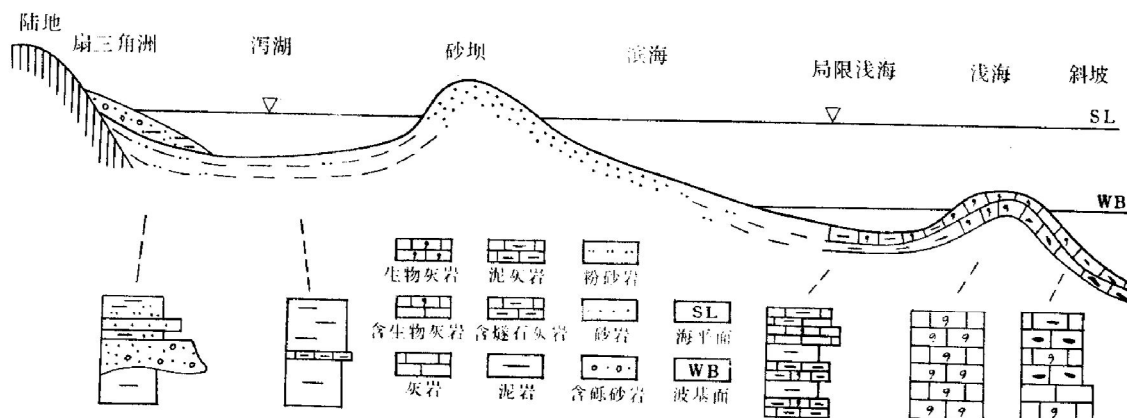


图3 红水堡臭牛沟组18—24号层障壁海混合沉积解释图

该类型混合沉积特征和分布与无障碍壁海岸-浅海型相似(图3),但互层混积物的层厚比偏高,陆源碎屑含量极低。

3. 外陆架浅海型

该类型最大特点是夹层混积物发育(图4)。灰岩层厚4—5 m,灰黑色,具泥晶结构,含介形虫和腹足类化石。碎屑岩夹层厚约5 m,由成熟度较高的细粒石英砂岩组成,含灰黑色灰岩砾,砾径4—5 cm,分布杂乱,发现低角度交错层理和丘状交错层理,反映了风暴的作用。此外,上覆灰岩层底部见富泥纹层,纹层向上减少直至消失,推断系风暴作用影响所致。

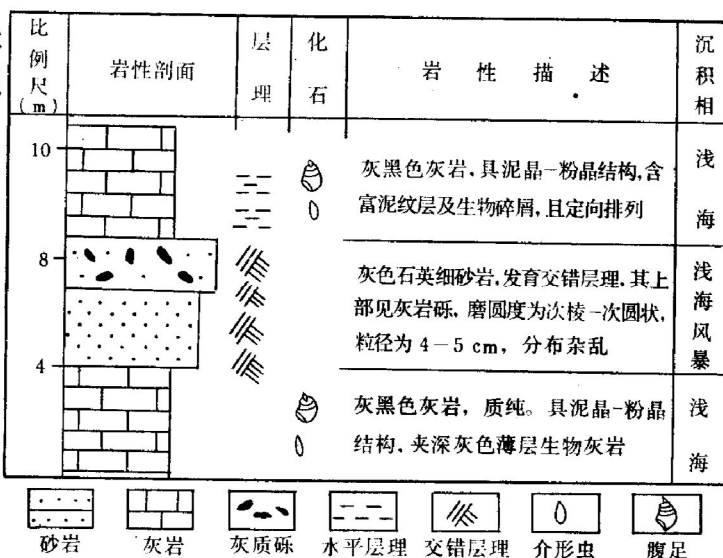


图4 红水堡混合沉积剖面

4. 泻湖型

泻湖相是中、上石炭统的主要沉积相(图5),由页岩、泥岩、粉砂岩和细砂岩组成,夹煤和泥灰岩层,含丰富的菱铁矿结核,腕足类、有孔虫、筳等动物化石与芦木、鳞木、羊齿类等植物化石共生。泻湖中主要为结构混积物——生物碎屑泥灰岩与煤层和泥岩层互层,各层之间为突变接触,界限清晰(图版1-5,6),反映了形成时环境因素的剧烈变化。生物碎屑泥灰岩中粘土含量达25%—40%,见粉砂。生物碎屑含量30%—40%,最高为65%,为海百合、腕足类、瓣鳃类、有孔虫、筳等,表明泥灰岩形成时水体盐度接近正常海水。泥灰岩层厚度为0.1—0.5 m,最厚2.0 m,呈断续状分布。

5. 扇三角洲型

扇三角洲型混合沉积的特点是巨厚的扇三角洲相碎屑岩夹薄层结构混积物(图6),呼鲁斯太靖远组可作典型实例。扇三角洲相位于滨海环境,由一套交错层理发育的含砾砂岩和粗砂岩组成,顶部见泥岩、煤层和生物碎屑泥灰岩。生物碎屑泥灰岩为结构混积物,厚度约0.2 m,横向分布稳定,含30%—40%的生物碎屑,为长身贝、分喙石燕和迟珊瑚等滨海相化石^[8]。泥灰岩、泥岩和煤等呈突变接触。这种扇三角洲沉积体多次叠加,构成一套扇三角洲型混合沉积(图6)。

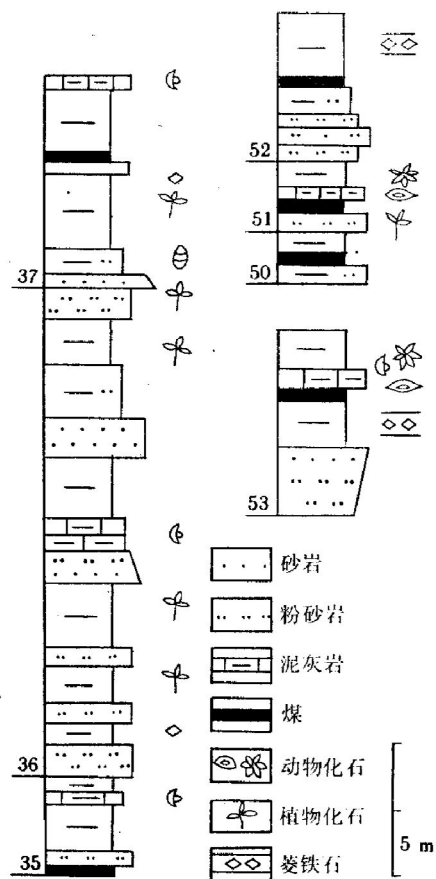


图 5 泻湖混合沉积

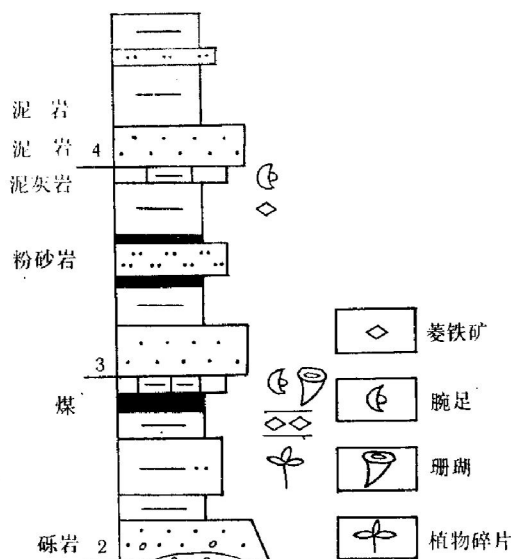


图 6 扇三角洲混合沉积

四、混合沉积形成的控制因素

本区发育的五种混合沉积在平面分布上很有规律，向海沉积物由结构混积物渐变为互层混积物和夹层混积物；碎屑岩依次减少，碳酸

盐岩逐渐增加；扇三角洲型和泻湖型、无障壁和有障壁浅海型，外陆架浅海型依次更替。

滨、浅海环境的不同地域，因物理、生物化学因素所占主导地位的差异，相应地形成碎屑岩和碳酸盐岩；但在这两种因素交替成为主导时，有利于混合沉积物的形成，本区混合沉积的发育和分布显示了这点。中美洲 Nicaragua 现代浅海陆架的混合沉积研究也证实了这点^[1]。不过，一个地区物理因素和生物化学因素孰为主导，则受制于陆源碎屑数量、海岸性质、泻湖开放程度和事件作用强度。

1. 陆源碎屑数量

丰富的陆源碎屑对碳酸盐岩的形成起抑制作用^[5]，扇三角洲型混合沉积的形成过程充分证明了这一点（图 6）。扇三角洲相中巨厚的粗粒沉积物反映陆源碎屑丰富，物理因素占主导地位；但随着陆源碎屑的减少，扇三角洲沉积物由粗变细，特别是顶部出现泥灰岩，其中大量出现接近正常海水盐度的滨海相化石，表明化学因素渐占主导地位，这种过程的不断重复就产生了一套扇三角洲型混合沉积。

2. 海岸性质

有障壁海岸浅海型和无障壁海岸浅海型混合沉积，虽然都发育于内陆架浅海区，并以互层混积物为代表，但是混积层的厚度比和陆源碎屑含量差异极大（图 2, 3），造成这种差异的主要原因在于无障壁海岸的陆源碎屑不受阻挡地进入滨海、浅海地区，物理因素的任何变化都将反映在混合沉积中，致使形成陆源碎屑含量较高的混合沉积物；对于有障壁海岸环境（图 3），陆源碎屑多被砂坝截留于泻湖内，不易进入浅海地区，物理因素相对稳定，其混积物以厚度比大和陆源碎屑含量少为特征。

3. 泻湖开放程度

泻湖是滨海地区重要的沉积单元，常随环境因素的改变，其开放程度发生变化，造成开放性泻湖和封闭性泻湖的交替出现。本区泻湖型混合沉积就形成于泻湖由封闭向开放转化之时（图5），表现为结构混积物直接覆盖在下伏的封闭泻湖沉积物——煤层之上（图版I-5, 6），同时结构混积物中大量的接近正常海水盐度的生物化石，表明泻湖与外海沟通，并有大量海水侵入。这是泻湖由封闭向开放转换的记录，是物理因素发生突变，泻湖中生物化学因素随之变化的反映，也是混合沉积形成的最佳时机。

4. 事件作用

本区外陆架浅海区，大量陆源碎屑侵入碳酸盐岩区，形成了外陆架浅海型混合沉积（图4），陆源碎屑搬运的动力可能系风暴流^[9]。事件作用不仅发生于浅海环境，也可发生于滨海，贯穿于各类混合沉积过程之中。

五、混合沉积模式

分析本区五种混合沉积类型并与现代实例进行对比，综合出滨、浅海环境中混合沉积模式（图7）。物理因素的强度向海逐渐减弱，生物化学因素逐渐增强，二者互为消长，并且在物理和生物化学因素变化过程中伴随着事件作用。滨海地区物理因素为主，生物化学因素次之，碎屑岩占优势，形成混合沉积的关键是生物化学因素的增强，而陆源碎屑的减少及泻湖开放程度的增大是满足这种条件的主要途径。其代表产物是结构混积物。内陆架浅海区是物理因素和生物化学因素交

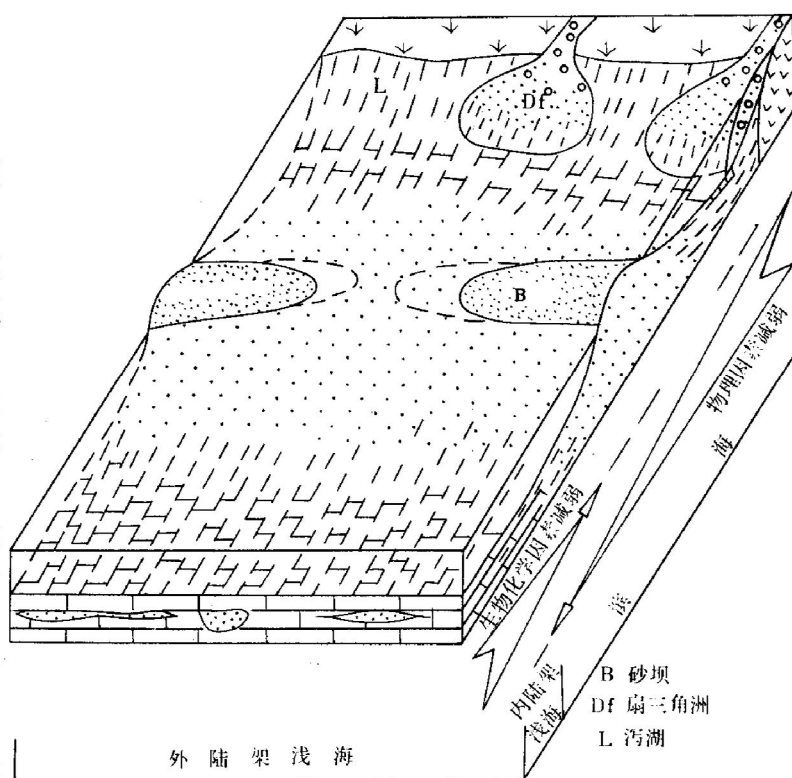


图7 滨-浅海混合沉积模式

- 4 王国忠等. 现代碳酸盐和陆源碎屑的混合沉积作用——涠洲岛珊瑚岸礁实例. 石油与天然气地质, 1987, 8(1): 15—25
- 5 刘宝珺. 岩相古地理及工作方法. 北京: 地质出版社, 1985. 206—210
- 6 Mount J F. Mixing of siliciclastic and carbonate sediments in shallow shelf environments. *Geolog.* 1985, 12 (7): 432—435
- 7 Mount J F. Mixed siliciclastic and carbonate sediments, a proposed first-order textural and compositional classification. *Sedimentology*. 1985, 32 (3): 435—442
- 8 吴崇筠. 判断沉积相的古生物标志. 北京: 石油工业出版社, 1981. 1—12
- 9 Komar P D. The transport of cohesionless sediments on continental shelves. In: Stanley D J, Swift D J P eds. *Marine sediment transport and environmental management*. New York: John Wiley, 1976. 107—126
- 10 Walker K L. A model for carbonate to terrigenous clastic sequence, *Geol. Soc. America bull.*, 1983, 94: 700—712

CHARACTERISTICS OF CARBONIFEROUS MIXED SILICICLASTIC AND CARBONATE SEDIMENTS IN SOUTHWEST INNER MONGOLIA

Cai Jingong

Li Congxian

(Department of Marine Geology, Tongji University, Shanghai)

Abstract

Mixed siliciclastic and carbonate sediments are distributed extensively in Carboniferous strata in Inner Mongolia and could be divided into five types. Their formation related to sediment sources, the openness of lagoon, coastal feature and the effect of events. The effect of events continued throughout the whole mixing process, and thus causing the mixed sediments that formed in beach-shallow marine environment, inner continental shelf and outer the shelf to differ from each other. The best one is the mixed sediment formed in inner continental shelf environment.