

# 湘中下石炭统粘土矿物组合特征

邵龙义 张鹏飞

(中国矿业大学北京研究生部)

**提要** 湖南中部下石炭统是一套以碳酸盐岩为主夹碎屑岩含煤岩系的沉积, 根据粘土矿物在下石炭统剖面分布规律, 结合各组段岩性岩相特征, 可推断出粘土矿物组合特征及其环境分布, 从滨岸碎屑沉积到滨外泥质陆棚、滨外浅水碳酸盐陆棚, 到深水碳酸盐陆棚和浅海盆地, 即从滨岸向盆地方向, 高岭石含量急剧减少, 伊利石逐渐增加, 伊利石/蒙脱石混层矿物和绿泥石则先是增加, 然后又趋于减少, 其最高含量分别在浅水碳酸盐陆棚和滨外泥质陆棚。测水组含煤岩系粘土矿物以高岭石为主, 伊利石次之, 并有一定量的绿泥石和伊利石/蒙脱石混层矿物, 它们在垂向上的变化反映了沉积环境水介质酸碱度和盐度的变化规律。

**关键词** 粘土矿物 环境分布 障壁泻湖 滨外陆棚 下石炭统。

**第一作者简介** 邵龙义 男 26 岁 博士 沉积学和地球化学

湘中是研究石炭纪沉积历史的理想地区之一, 该区的下石炭统包括岩关阶和大塘阶, 岩关阶又分为邵东组、孟公坳组和刘家塘组, 大塘阶又分为石磴子组、测水组和梓门桥组。其中邵东组和测水组主要由碎屑岩组成, 其它各组主要由碳酸盐岩和钙质页岩组成。泥质岩是湘中地区下石炭统的主要岩石组成之一, 本文旨在研究各组段泥岩粘土矿物组成及变化特征, 并进一步分析其环境意义。

## 一、采样及分析方法

粘土矿物样品主要采自锡矿山剖面, 金竹山剖面以及区内数个钻孔和煤矿井中, 岩性主要限于钙质页岩, 泥岩及粉砂质泥岩。由于野外剖面都是新开公路, 所以所采样品均具代表性。样品 47 个, 其中有两个样品分析结果与正常情况偏离较大而未作考虑。

主要采用 X 射线衍射分析和扫描电镜观察相配合的手段, 对粘土矿物组成进行分析, 所用仪器分别为日本理学公司的 D/max-III A 型 X 射线衍射仪 (Cu  $k\alpha$ , 45kV, 30mA) 和日本 JSM-255 III 扫描电子显微镜, 并在电镜上配有能谱 (EDAX) 检测。X-射线衍射样品采用定向片, 包括自然定向片 (N)、用乙二醇蒸汽处理 (EG)、加热处理 (550 $^{\circ}$ C) 以及盐酸处理 (HCl) 等四种方法。

粘土矿物的鉴定及半定量计算参考了任磊夫及南京大学地质系 (1980) 有关著作。本区下石炭统粘土矿物主要有以下几类: 高岭石、伊利石、绿泥石以及伊利石/蒙脱石混层矿物, 各样品粘土矿物相对含量是根据 X-射线衍射曲线峰形强度半定量方法计算的, 其原始结果见表 1。

在扫描电镜下可看出, 高岭石和伊利石多呈不完整的片状, 其他缘均有磨蚀圆化的痕

迹,说明它们经过搬运和磨蚀,也反映出本区泥质岩中的粘土矿物多是陆源搬运来的。

表1 湘中石炭统泥质岩粘土矿物X-射线衍射半定量分析一览表

Table 1 The relative contents of clay minerals for the mudstone samples of Lower Carboniferous in central Hunan according to the semi-quantitative analysis on the X-ray diffraction curves

层位	样品号	粘土矿物相对含量 (%)				层位	样品号	粘土矿物相对含量 (%)				
		I/S	I	K	Ch			I/S	I	K	Ch	
梓 门 桥 组	Z4	46	45	6	3	测 水 组	C6	10	26	59		
	Z3	39	56		5		C5	10	18	67		
	Z2	26	55	12	7		C4	8	21	61	10	
	Z1	15	36	22	27		C3	10	17	68		
测 水 组	C26	13	40	26	21	石 子 组	C2	14	34	47		
	C25	16	30	45	9		C1	15	40	40		
	C24		49	46	5		D3	35	47	9	9	
	C23		44	51	5		D2	15	63	9	1	
	C22		52	43	5	D1	D1	27	58	6	9	
	C21		44	51	5		刘 家 塘 组	L6		77		2
	C20		72	28				L5		90		10
	C19		45	55		L4		22	70	3	5	
	C18		18	82		L3		13	77		10	
	C17		38	62		L2		15	80		5	
	C16		48	52		L1		15	50	5	30	
	C15		54	16	30	孟 公 坳 组	M4	29	51	10	10	
	C14		31	69			M3	35	50	8	7	
	C13		22	78			M2	39	44	12	5	
	C12		15	72	13		M1	22	50	20	8	
	C11		34	45	21	邵 东 组	S2	14	60	5	20	
	C10		61	29	10		S1	16	63	6	15	
	C9		56	13	31							
	C8	10	23	43	24							
	C7	8	15	39	38							

I/S-伊利石/蒙脱石混层矿物, I-伊利石, K-高岭石, CH-绿泥石 碎 屑

## 二、粘土矿物分布特征及环境意义

各种文献表明 (Potter, P.E. et.al, 1980; Folk R.L., 1980), 泥质岩中粘土矿物种类、组成的变化可反映物源区气候及母岩类型、沉积环境水介质条件下由强烈风化作用形成, 在海洋盆地中, 它主要集中于近岸地区; 伊利石多来源于古老的页岩, 是在温和到半干

燥气候下由风化作用形成, 自生伊利石常与富  $K^+$  的碱性介质有关; 绿泥石对风化作用极为敏感, 因此在热带和亚热带土壤中极罕见, 它主要是埋藏后经成岩作用形成, 尤其是在富  $Mg^{2+}$  的孔隙水中沉淀; 伊利石/蒙脱石混层矿物是成岩过程中蒙脱石向伊利石转化的中间产物, 据赵杏媛 (1990) 研究, 随埋深、温度、压力的增加, 引起蒙脱石脱水, 在水介质富  $K^+$  的情况下蒙脱石即可向伊利石转化。从扫描电镜分析结果来看, 湘中地区占主要地位的粘土矿物, 如伊利石和高岭石, 多显示碎屑沉积特点, 因此, 除伊利石/蒙脱石混层矿物和绿泥石可能与成岩作用有关外, 伊利石和高岭石主要反映的是成岩作用以前的沉积面貌。

为了便于分析, 笔者将下石炭统各组粘土矿物平均组成及垂向变化归纳于表 2 和图 1。从表 2 可以看出, 除测水组以高岭石为主外, 其它各组均以伊利石为主, 说明测水组是在近岸偏酸性的介质中沉积的, 因为这种环境条件有利于陆源高岭石的保存 (Parham W.E., 1966), 测水组含煤岩系形成于温暖潮湿的热带亚热带雨林气候条件下, 正好与高岭石所反映的环境条件相吻合。此外, 测水组中仍有相当数量的伊利石, 这说明测水组形成时也受到海水碱性介质的影响。

表 2 湘中地区下石炭统各组粘土矿物平均组成 (%)

Table 2 Clay mineral compositions of each Formation of Lower Carboniferous in central Hunan, Southern China.

	样品	I/S	I	K	Ch
梓门桥组	4	31	48	10	11
测水组	26	5	36	49	10
石磴子组	3	26	56	8	10
刘家塘组	6	11	74	1	14
孟公坳组	4	31	49	12	8
邵东组	2	15	61	6	18

其它各组以伊利石粘土矿物占绝对优势, 说明它们在沉积时基本完全处于远离源区的碱性的正常海水中, 在这种碱性介质下, 陆源风化来的伊利石易于保存, 而高岭石则易被溶蚀掉。

从图 1 中更容易看出一些有趣的规律。首先, 以高岭石含量为例, 从邵东组到孟公坳组略微增加, 但在刘家塘组又减少到整个下石炭统的最小值, 随后在石磴子组又略有增加, 在以碎屑岩为主的测水组含煤岩系中, 达到最高值, 向上到梓门桥组, 又急骤减少, 其中高岭石含量两个极端点分别在测水组 (49%) 和刘家塘组 (1%); 其次, 伊利石含量表现出与高岭石截然相反的变化趋势, 其最高值出现在刘家塘组 (74%), 最低值出现在测水组 (36%)。岩相分析结果表明<sup>①</sup>, 测水组形成于碎屑滨岸障壁泻湖环境, 刘家塘组主要形成于

①邵龙义, 1989, 湘中地区下石炭统沉积学和地球化学研究, 中国矿业大学北京研究生部博士学位论文。

以碳酸盐岩和钙质页岩为主的深水陆棚环境,

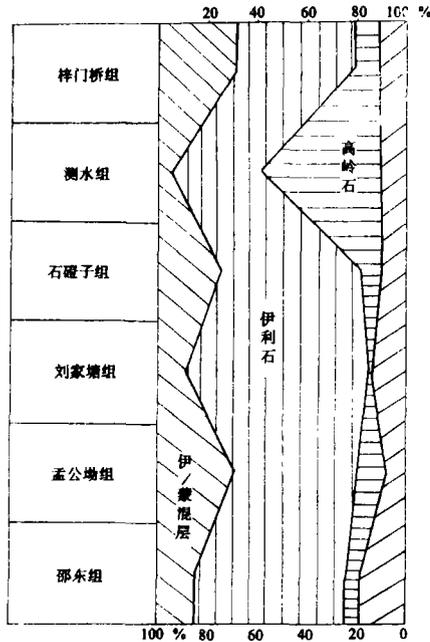
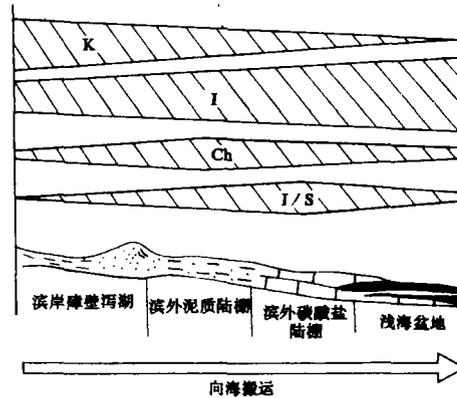


图 1 湘中地区下石炭统粘土矿物平均组成的垂向变化

Fig. 1 The vertical distributions of clay mineral composition in the Lower Carboniferous section of central Hunan



K-高岭石, I-伊利石, I/S-伊利石 / 蒙脱石混层矿物, Ch-绿泥石

图 2 湘中地区下石炭统粘土矿物环境分布

Fig. 2 The environmental distributions of clay minerals in Lower Carboniferous of central Hunan, Southern China

就距陆源区远近来说,二者正好代表了下石炭统两个端元环境类型,高岭石和伊利石的极端值在下石炭统的分布情况与这两种环境类型正好吻合。邵东组的陆源碎屑泥质陆棚、孟公坳组和石碇子组的浅水碳酸盐陆棚以及梓门桥组潮缘碳酸盐和浅水碳酸盐陆棚等沉积环境,都位于上述两种端元环境类型之间,其伊利石和高岭石含量也位于二者之间。根据上述特征,可以推断出区内下石炭统粘土矿物的环境分布模式(图2)所示,图2中除概括出伊利石和高岭石的上述变化特征外,还概括了绿泥石以及伊利石/蒙脱石混层矿物的分布特征,绿泥石的最高含量出现在以陆源碎屑泥质陆棚为主的邵东组,伊利石/蒙脱石混层矿物的最高含量位于以浅水碳酸盐陆棚相为主的孟公坳组和石碇子组以及以潮缘环境为主的梓门桥组。

造成上述粘土矿物分布特征的原因,除距物源区远近、源区气候、沉积区水介质酸碱度外,水介质盐度也是一个不可忽视的因素。Edzwald J.K.et.al (1975) 的实验和观察表明,盐度控制着粘土矿物的差异絮凝作用,高岭石趋于在较低盐度的介质中絮凝沉降,从而多沉积在接近河口处,伊利石则趋于在较高盐度中沉降,多沉积在远离河口处,据此,他们建议粘土矿物可作为一种古盐度标志,一般来说,随着盐度的增高,最先沉淀的粘土矿物是高岭石,然后是伊利石,最后是蒙脱石。在湘中下石炭统中,高岭石和伊利石从陆向广海的上述

分布规律可能也与水体盐度有关。由此看来, 在源区条件稳定的情况下, 沉积环境水介质条件直接控制着粘土矿物的组合和分布特征。

综上所述, 研究区下石炭统粘土矿物的环境分布表现为 (图 2), 从碎屑滨岸经滨外泥质陆棚、浅水碳酸盐陆棚, 到深水碳酸盐陆棚和浅海盆地, 即从滨岸向盆地方向, 高岭石含量急剧减少, 伊利石逐渐增加, 伊利石 / 蒙脱石混层矿物和绿泥石则先是增加, 然后又趋于减少, 其最高含量分别在浅水碳酸盐陆棚和浅水碎屑泥质陆棚。

#### 四、测水组含煤岩系粘土矿物组合特征

在测水组中粘土矿物以高岭石为主, 伊利石次之, 并有一定量的绿泥石和伊利石 / 蒙脱石混层矿物。这些粘土矿物垂向上也有一定变化规律 (图 3), 反映了沉积环境水介质酸碱变和盐度的垂向变化。测水组形成初期, 介质处于偏碱性, 接近正常盐度条件, 沉积环境为海退初期形成的海湾泻湖, 所形成的粘土矿物以伊利石为主; 在主要煤层形成期, 气候温暖潮湿, 介质处于酸性。淡水—半咸水条件, 沉积环境为降壁泻湖和沼泽, 所形成的粘土矿物以高岭石为主, 伊利石次之; 在测水组沉积晚期, 气候开始变得干燥, 介质条件趋于偏 x 碱性和正常盐度, 沉积环境以滨外泥质陆棚为主, 所形成的粘土矿物又逐渐转向以伊利石为主、高岭石次之的组合, 绿泥石在这一阶段明显有所增加, 其含量可达 20—30%。上述粘土矿物的分布与图 2 的模式也完全一致。总之, 测

水组粘土矿物组成的垂向变化, 反映了测水组形成时期先后经历了弱碱性、接近正常盐度—酸性、淡水、半咸水—偏碱性、接近正常盐度的介质条件, 测水组形成末期气候趋于干燥。上述咸—淡—咸的盐度变化业已由 Sr / Ba、B / Ga 和沉积磷酸盐等地化参数所证明<sup>①</sup>。

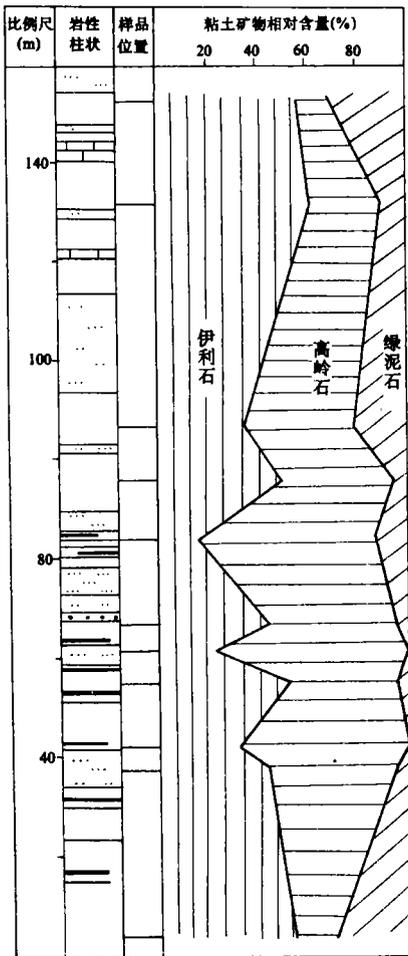


图 3 金竹山剖面测水组粘土矿物组成的垂向变化

Fig. 3 Vertical changes of clay mineral compositions in Ceshui Formation of Jinzhushan section, central Hunan

①刘钦甫, 1987, 湘中测水组岩石学, 沉积环境及聚煤规律, 中国矿业大学北京研究生部硕士论文。

韩德馨教授指导了本文工作, 实验工作由石油勘探开发研究X射线衍射室及中国矿业大学北京研究生部电镜室协助完成, 作者在此谨致谢意。

收稿日期: 1990年10月22日

### 参 考 文 献

- (1) 赵杏媛, 1990, 沉积学报, 8卷, 2期, 67-73页。
- (2) 南京大学地质系矿物岩石考古室编, 1980, 粉晶X射线物相分析, 地质出版社。
- (3) Edzward J.K. and O'Melia C. R., 1975, Clay and Clay Minerals, V.23, p.39-44.
- (4) Folk R.L., 1980, Petrology of Sedimentary Rocks., Hemphill Publishing Company, p.182.
- (5) Parham W. E., 1966, Lateral variations of clay mineral assemblages in modern and ancient sediments. in Gekker K. and Weiss A., eds., Proceeding of international Clay Conference, V.1, Pergamon Press, London, p.135-14
- (6) Potter P.E., Maynard J.B. and Pryor, W. A., 1980, Sedimentology of Shale, Springer-Verlag, New York, Heidelberg, Berlin p.309.

## Clay Mineral Assemblages in the Lower Carboniferous of

## Central Hunan, South China

Shao Longyi Zhang Pengfei

(Beijing Graduate School, China University of Mining and Technology)

### Abstract

Lower Carboniferous in central Hunan, South China includes Shaodong, Menggongao, Liujiatang, Shidengzi, Ceshui and Zimenqiao formations. Shaodong Formation and Ceshui Formation mainly consist of clastic rocks and formed in the offshore muddy shelf and shoreline barrier-lagoon environments respectively. The other four formations mainly consist of carbonate rocks intercalated with the calcareous mudstone and shale, in which Menggongao and Shidengzi formations mainly formed in the offshore shallow carbonate shelf, Liujiatang formation mainly formed in the deep shelf and shelf basin, and Zimenqiao formation formed in the peritidal and offshore shallow carbonate shelf environments.

Mudstone (including mudstone, silty mudstone, calcareous mudstone and calcareous shale) is one of the major rock types in each formation. X-ray diffraction and SEM analyses show that the clay minerals of Lower Carboniferous mudstones in central Hunan are kaolinites, illites, I/S mixed layer minerals and chlorites, in which kaolinite and illite are the two important minerals.

Clay minerals are distributed regularly in the Lower Carboniferous section. The highest and lowest contents of kaolinite occur in Ceshui and Lijiatang formations respectively, and illite shows the reverse trend. I/S mixed layer mineral is up to the highest content in Menggongao, Shidengzi and Zimenqiao formations. Chlorite is less common and with higher contents in Shaodong formation. Referring to the major lithofacies of each formation, the environmental distribution model can be outlined. From clastic barrier-lagoon to

offshore muddy shelf, offshore shallow carbonate shelf, deep shelf and shelf basin, that is from the clastic shoreline to the shelf basin, kaolinites decreases suddenly and the highest content is in the clastic shoreline, illites increases gradually and up to the highest content in the shelf basin, I / S mixed layer minerals and chlorite increase firstly and then decrease and their highest contents are in offshore shallow carbonate shelf and offshore muddy shelf respectively. The environmental distributions of clay minerals are mainly controlled by water acidity and salinity of the depositional environment. On the landward, the acid and fresh-brackish water favours the deposition of kaolinite such as in Ceshui formation, and on the basinward, the alkaline and marine water favors the deposition of illite such as in Liujiatang formation. This conclusion also supports the idea that the assemblages of clay mineral can act as the indicator of the paleosalinity.

Ceshui formation is the major coal measure of Lower Carboniferous. The vertical distributions of clay minerals show that, from the bottom to the top, the major type of clay minerals changes from illite, kaolinite to illite, which suggests that the depositional environment of Ceshui formation experienced weak alkaline marine water, acid fresh-brackish water to alkaline marine water.