

# 粘土矿物特征与沉积环境 关系的初步探讨

刘光华

(武汉地质学院北京研究生部)

**内容提要:** 采取同一盆地中含有不同指相化石的泥岩和现代已知不同环境中的泥质沉积物样品分别作为海水、半咸水和淡水沉积的代表,进行电镜、X光衍射和差热分析。发现不同环境样品中粘土组构、粘土矿物组合和自生粘土矿物类型均不相同,这些差异可能主要是由不同环境中的不同水介质条件所引起的。因此,粘土矿物的这些特征有可能成为指相标志。

**主题词:** 粘土矿物 沉积环境 水介质条件 自生粘土矿物类型 粘土组构 现代与古代

**第一作者简介:** 刘光华 男 31岁 硕士 讲师 煤田地质

本文采用从已知到未知和“将今论古”的原理,首先分析、研究了已知不同沉积环境的现代与古代泥质岩样品,经过对比,从中发现粘土矿物的组构特征、自生粘土矿物类型和粘土矿物组合等标志与沉积环境关系密切。并利用这些标志对未知环境的样品进行了沉积环境解释,其结论与利用其它环境标志综合分析所得到的结论基本吻合。

## 一、已知环境样品的采集与测试

### (一) 样品采集

考虑到粘土矿物特征不但受沉积环境的影响,而且还受物源成分、古气候和成岩、后生作用等诸因素的影响,所分析对比的样品最好是采自同一个盆地中有着共同物源区、埋藏深度和地层时代相近的岩系。根据这一原则,本文所讨论的样品绝大多数采自于河南省西部包括平顶山、禹县、新密三个煤田在内的晚古生代石炭、二叠纪含煤岩系,所有样品的埋藏深度均在200—700m之间。已知环境的样品,分别由宏观环境标志清楚,含有标准指相化石的泥岩、砂质泥岩代表。

豫西石炭、二叠纪含煤岩系自下而上包括晚石炭世的太原组,早二叠世的山西组和下石盒子组以及晚二叠世的上石盒子组,为一套连续的以碎屑岩为主的沉积。沉积环境分析表明,太原组为正常盐度的陆表海碳酸盐和潮坪沉积,山西组下段为海湾和潮坪碎屑岩沉积,山西组上段和上、下石盒子组为一套注入到半咸水海湾内的河流三角洲沉积,其物源主要来自盆地的北部<sup>[1,5]</sup>。

本文所利用的已知环境样品的岩性、层位及采集地点等情况如表1所示:

表 1 样品分类表

Table 1 Classification of samples

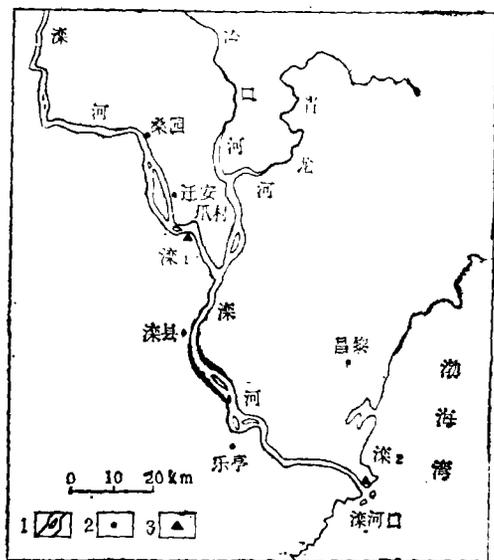
样品类型	岩性	化石	层位	样品数	采集地点
海水(正常盐分的陆表海)	泥岩、钙质泥岩	长身贝、钙质海绵骨针、海百合等	太原组	3	禹县 新密
半咸水(淡化海湾)	泥岩、硅质泥岩、砂质泥岩	舌形贝、海绵骨针、瓣鳃、炭屑及植物根	上、下石盒子组	6	禹县 平顶山
淡水(上三角洲平原)	泥岩、砂质泥岩	楔齿龙牙、植物根	山西组、上、下石盒子组	7	禹县、新密、平顶山

代表正常海水的样品采自于生物碎屑灰岩附近，其中含有较多窄盐分海生动物化石。化石保存完整，纹饰清晰，说明是原地埋藏，其环境为正常海。

代表半咸水的样品采自于煤层附近，其中含有大小混杂的舌形贝、少量瓣鳃类(如炭蚌、古尼罗蛤)和少量植物根化石。化石组合反映了一种淡化海水的介质环境。

代表淡水环境的样品中除含较多植物根化石外，还含陆相的爬行类楔齿龙牙化石。环境分析为上三角洲平原的淡水沉积。

为了与现代不同沉积环境中粘土矿物的特点进行对比，在现代滦河中游边滩上采了淡水水泥样(滦1)，在滦河入海口采了半咸水泥样(滦2)。图1为采样点平面位置图。



1.河流 2.县城 3.采样点

图1 采样点位置和滦河体系平面图  
Fig.1 Location of sample spots and Luan River system

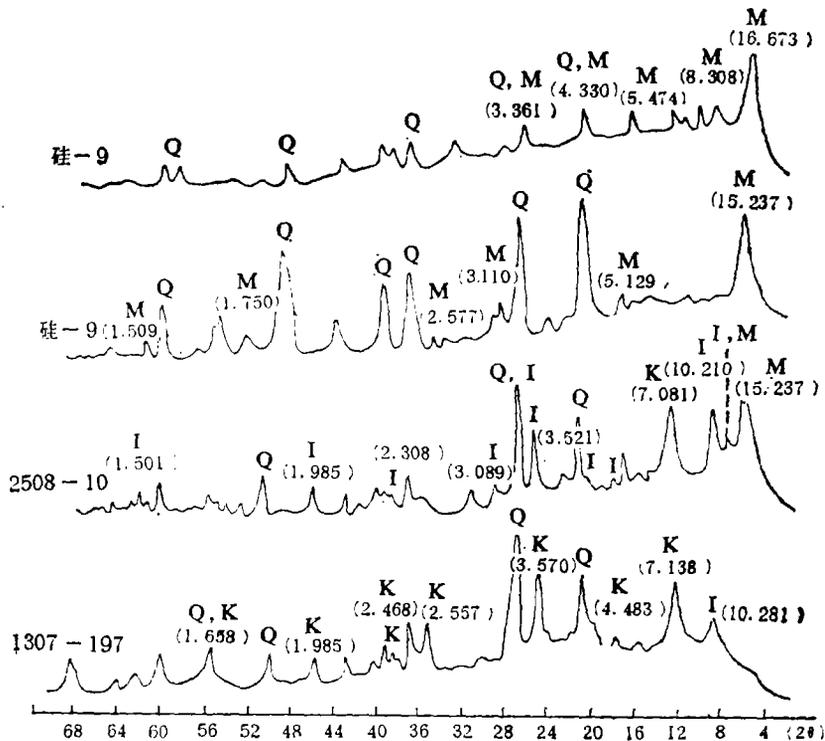
## (二) 样品的测试与分析

利用X光粉晶衍射、差热分析和扫描电镜对所采样品进行了粘土矿物的分析、鉴定。大部分样品同时用以上三种方法进行了测试，以便相互检验。

**X光衍射与差热分析** 将新鲜的岩心样品粉碎、过筛后用沉降法去掉大于0.01毫米的粉砂级颗粒。对有机质含量高的部分样品用浓度为30%的H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>做了浸泡处理。先做非定向原样的X光衍射与差热分析，然后对个别有混层粘土矿物和蒙脱石的样品用乙二醇饱和处理后补做定向样品的X光衍射分析，加以验证<sup>1)</sup>。

**扫描电镜鉴定** 选择有代表性的、未经处理的岩心样品一小块(约0.5—0.8cm见方)，打一个与层面呈20°左右相交的面做电镜观测，以便在观测面上同时看到样品层面和断面上的粘土特点<sup>2)</sup>。

通过鉴定分析，所测样品中的粘土矿物主要以伊利石、高岭石、蒙脱石和伊利石-蒙脱石混层粘土矿物为主(图2、3)，此外还有少量绿泥石、海泡石、埃洛石。

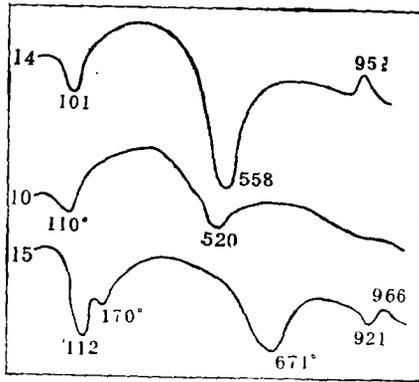


A. 以高岭石(K)为主, 含伊利石(I)、石英(Q); B. 以伊利石(I)为主, 含蒙脱石(M)、高岭石(K)、石英(Q)和伊利石-蒙脱石混合层粘土(I-M); C. 蒙脱石、石英(Q); D. 经乙二醇饱和和处理后的硅-9号定向样, 验证曲线C中确有蒙脱石(M)。注从上至下分别为A、B、C、D

图2 X光衍射曲线图

Fig.2 Curves of X-ray diffraction

1) X光衍射由武汉地院研究生部X光室分析, 差热分析由建材地质研究所、湖南冶金地质研究所测试。  
2) 由武汉地质学院北京研究生部电镜室和北京石油规划研究院电镜组鉴定。



14曲线：高岭石、伊利石（淡水粘土样）  
10曲线：伊利（半咸水粘土样）  
15曲线：蒙脱石，也有少量伊利石  
海（石湾相粘土样）

图3 差热曲线图

Fgi. 3 Curves of differential thermal analysis

## 二、不同环境样品中粘土矿物特征

将不同沉积环境样品的分析、鉴定结果进行对比，发现不同环境样品中的粘土矿物组构特征、粘土矿物组成及其形态特征不同。由于所对比的样品均采自同一沉积盆地，时代相近、埋藏较浅，所以有理由认为这些差异并非物源成分变化和成岩后生作用所致。而是受沉积环境中水动力和化学水作用影响的结果，可以用来作为帮助古代沉积环境分析的标志。

### （一）粘土颗粒的定向性与组构特征

借助于扫描电子显微镜，可以清楚地看到粘土颗粒的结构和构造，并有可能找出粘土颗粒的组构特征与沉积环境的某些关系。

在低倍镜下，可以看到一些肉眼看来不显层理的块状泥岩显示出水平或波状显微纹理，从而可以根据纹理类型以及纹理显示原因和纹层厚度，帮助分析水动力条件、沉积速度和沉积物供应情况。例如，新密煤田6补-24孔山西组主采煤层底板沼泽相泥岩肉眼观察时为块状，不显层理。但样品在电镜上放大到50倍时，就显示出了气晰的水平纹理，纹层厚度较薄，说明当时沼泽水比较平静，碎屑物注入量较少，沉积速度较慢，为推断沼泽演化和分析上覆煤层的成因提供了依据。

在高倍镜下，可以清楚地观察到粘土矿物片状体的排列方式和接触关系。经过对比已知不同环境样品中粘土颗粒的组构特征，发现当对比的样品岩性一致时，陆相淡水粘土的定向性较好，片状粘土近于平行排列，具有平叠状构造特征（图版1，1）；而绝大部分半咸水、海水粘土中的粘土矿物定向性较差，排列杂乱，一般为凝聚状集合体，有时显蜂巢状构造（图版1，2、3）。

早在1953年国外就有人发现过淡水粘土颗粒排列较好，海水粘土排列杂乱的现象。1969年马蒂亚特在实验室通过单颗粒沉积作用使粘土产生了平叠构造，通过凝聚作用使粘土形成了不规则排列的纸房状构造和蜂巢状构造<sup>[2]</sup>。但由于本文样品中的粘土矿物经过了压实和成岩作用，一些半咸水泥岩的粘土矿物也部分趋于定向排列。因此，笔者又做了现代滦河中游的淡水粘土和滦河入海口半咸水粘土的扫描电镜鉴定，同样发现淡水粘土颗粒定向性好（图版1，4），而河口受海水影响的粘土则排列无序，呈凝聚状

团粒(图版1, 5)。可见, 粘土矿物的这种组构特征是受沉积环境控制的。

从地球化学角度来看, 淡水为缺少电解质的弱酸性介质, 大部分粘土质点能与介质保持电性平衡, 粘土质点的沉降与搬运主要取决于水动力作用。当粘土碎屑被带到静水低能的淡水环境中时, 它们就会在重力作用下按斯托克斯沉降定律以单颗粒的形式机械下沉。这样, 片状的粘土颗粒就会在水底一层一层地向上平行叠置, 从而产生平叠构造。相反, 半咸水和海水中富含电解质, 呈碱性。随淡水带来的粘土质点就会与碱性介质中的阳离子发生作用, 产生絮凝而形成较大的集合体快速下沉。此外, 海水和半咸水生沉降。中生物和微生物的活动频繁, 它们吐出的粘液和排泄物也会使粘土质点粘结成团粒而发在这种介质环境中, 粘土质点的沉积是胶体化学、生物活动和重力作用共同影响的结果。所以, 沉积的粘土颗粒定向性不好, 显示出一些凝聚状、蜂巢状和纸房状的组构特征。

显然, 在沉积相分析中, 是可以利用粘土矿物的这种组构特征来指示古水介质条件的。如果分析中同时考虑到压实作用和成岩后生作用对粘土颗粒组构的影响, 就会得出较为可靠的结论。

## (二) 自生粘土矿物类型

粘土矿物的形成和保存需要有特定的物理化学条件, 一般认为高岭石形成在PH值较低的酸性环境中; 蒙脱石、伊利石则需要一个PH值较高的碱性环境才能生成<sup>[3]</sup>。因此, 根据沉积物中在沉积过程和早期成岩过程中形成的自生粘土矿物可以帮助推断沉积环境。

工作中, 利用扫描电镜, 并配合X光衍射和差热曲线从对比样品中发现浅海相、半咸水海湾和三角洲分流间湾相的粘土中, 有较多的自生粘土矿物伊利石(图版1, 8)、蒙脱石、伊利石-蒙脱石混层矿物, 此外, 还有少量绿泥石、海泡石。而三角洲平原淡水泥岩中的自生粘土矿物则以高岭石为主, 还有部分埃洛石和伊利石。

根据对扫描电镜照片的反复对比, 笔者认为自生粘土矿物与碎屑粘土矿物的区别标志为:

1. 陆源的碎屑粘土由于经过搬运, 其晶形一般保存不好, 有磨损、溶蚀和向其它矿物转化的现象(图版I, 6)。而自生粘土往往颗粒棱角明显, 边缘清晰可辨, 晶形保存较好(图版1, 7、8)。这可以用滦河军品中的现代粘土特点加以证明。滦河是一条注入渤海湾的附近源河, 沉积物主要来自燕山褶皱带, 从河沙的岩矿特征看, 母岩以花岗岩和变质岩为主<sup>[4]</sup>。碎屑粘土中应该不缺高岭石、伊利石之类的粘土, 可是无论是在滦1号样还是滦2号样中, 从没发现过晶形很好的粘土矿物, 其中的高岭石基本上呈粒状和不完整的六角板状(图版1, 5, 黑圈内)。

2. 自生粘土矿物往往充填在颗粒孔隙、化石空腔中, 其晶形与排列受结晶空间的限制。如在沼泽相细砂岩孔隙中有晶形完好的自生高岭石, 其大小和排列与砂粒的大小与排列无关(图版1, 7); 在半咸水泥岩样的植物输导管内有自生伊利石, 其排列与空腔形状有关(图版1, 8)。

3. 部分自生粘土矿物由其它矿物蚀变而来, 因此可以根据其残余结构与两者的关系来定。例如在淡水环境中形成的砂质泥岩中常可见到由长石蚀变而成的自生高岭石。

对古代岩石来说,粘土矿物在成岩后生作用中的变化和次生粘土矿物的形成会增加对自生粘土矿物辨认的困难。但只要了解到研究区成岩作用的强度,考虑到在成岩作用过程中蒙脱石、高岭石逐渐向伊利石、绿泥石转化的一般规律,对辨认自生矿物还是会帮助的。例如禹县煤田上石盒子组内的煤层属于中变质烟煤,说明岩层的成岩作用并不强,属于中期成岩阶段。所以,上石盒子组海湾泥岩中还有较多自生蒙脱石(图2曲线B、C、D)。但是样品中部分蒙脱石向伊利石转化和伊利石-蒙脱石混层矿物(图2曲线B)的出现可能就是成岩、后生作用的结果。当然,区别次生粘土矿物和自生粘土矿物还存在着相当大的困难。

### (三) 粘土矿物组合

利用样品中不同粘土矿物在X光衍射、差热曲线上的特点和在电镜下出现的频率,参考化学和光谱分析资料定性地估计出了不同成因类型泥岩中的粘土矿物组合。在豫西晚古生代煤系中海相、海湾相和三角洲前缘、分流间湾相中的主要粘土矿物组合类型为伊利石-蒙脱石-高岭石组合(以相对含量多少为序排列)。在上三角洲平原以淡水作用为主的分流河道、泛滥盆地相中的主要粘土矿物组合为高岭石-伊利石组合。这种从陆相到海相高岭石含量减少,伊利石、蒙脱石增高的现象在国内外现代沉积研究中均有报道<sup>[6][7]</sup>,证明粘土矿物组合与沉积环境关系还是密切的。

造成不同环境有不同粘土矿物组合的原因,笔者推断为:

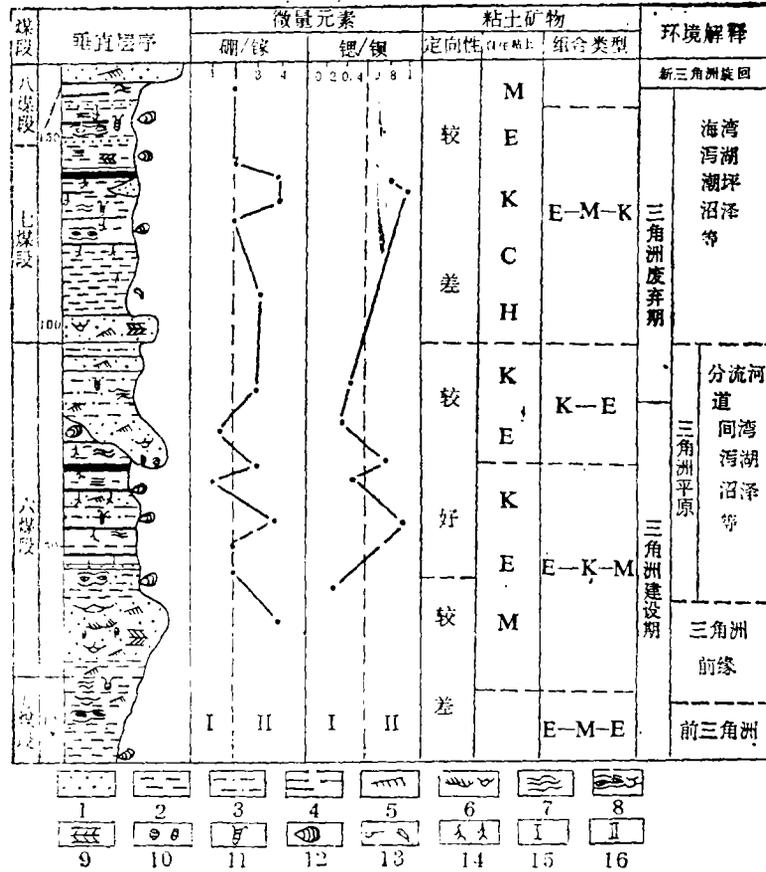
1. 粘土颗粒的化学与胶体化学分异作用的影响 粘土矿物有较强的阳离子交换和吸附能力,对介质的地化条件要求苛刻。在酸性的淡水介质中,高岭石的稳定程度大于蒙脱石,蒙脱石会向高岭石转化。在碱性的海水中,蒙脱石比较稳定,高岭石则向蒙脱石、伊利石转化,从而在不同的介质环境中形成不同的粘土矿物组合。另外,在河口三角洲地区,由于淡水与海水汇合,造成从河向海方向水介质盐度增高的趋势,也会使粘土质点因差异絮凝而发生分异作用。高岭石和伊利石的絮凝效应比蒙脱石大,在这种介质条件下会出现先沉积高岭石、伊利石,后沉积蒙脱石的现象,从而加强了粘土矿物组合的分异。

2. 粘土矿物的机械分异作用的影响 在扫描电镜下看,粘土矿物的粒径不一样,高岭石最大,一般2—4微米,最大可达十几微米或更大;伊利石较小,通常小于1微米;而蒙脱石最小,往往仅达0.1微米或更小。因此在沉积过程中,这些不同粒径的粘土颗粒会随着水动力条件的逐渐减弱而依次沉积高岭石、伊利石、蒙脱石。这种因颗粒大小造成的机械分异作用在一些河口地区更明显。在河口往往沉积粗粒的高岭石,向盆地中央方向先是出现伊利石沉积带然后再出现蒙脱石沉积带。例如,在黄河入海口高岭石和伊利石呈舌状向海减少,蒙脱石则向海增加<sup>[6]</sup>。

## 三、利用粘土矿物特征对未知环境样品的解释

利用上述三种粘土矿物的特征对豫西地区一些钻孔岩芯中的泥岩和砂岩杂基粘土矿物进行了成因和水介质条件解释,其结论基本与利用其它宏观和微观成因标志的解释结果相吻合。图4是禹县煤田上石盒子组沉积环境综合分析图。如图所示,粘土矿物特点的

垂向变化与微量元素、动植物化石、沉积构造和垂直层序所反映的沉积环境的演化一致，在六煤段下部和五煤段顶部，为受海水影响较大的下三角洲平原、三角洲前缘和前三三角洲环境的沉积，粘土矿物也具有碱性海水与半咸水的特点。六煤段上部为以河流作用占优势的上三角洲平原，其粘土矿物显示了酸性水介质的特点。到七煤段，沉积环境演化为三角洲边缘淡化海湾，粘土矿物也再度出现碱性海水或半咸水的特点〔5〕。



1.砂岩 2.泥岩 3.砂质泥岩 4.煤层 5.板状交错层理 6.槽状交错层理 7.波状层理 8.透镜状层理  
9.双向交错层理 10.泥砾 11.潜穴 12.舌形贝 13.头足类 14.根化石 15.淡水 16.海水—半咸水

图4 禹县煤田2508孔晚二叠世上石盒子组沉积环境分析图

Fig.4 Sedimentary environments analysis of Upper Shihezi Formation of the Late Permian, drill 2508 in Yuxian Coalfield,

泥质岩中粘土矿物组成和结构、构造特征与沉积环境的关系还远没有弄清。本文结合笔者工作中的一些体会在这方面做了一些粗浅的探讨，敬请批评指正。

工作中得到了杨起、何镜宇、吴崇筠、李宝芳、付泽明和李祯等老师的指点；伍大茂、赵元振和宋志坚同志给予了帮助。在此表示衷心感谢。

收稿日期 1985年3月31日

### 参 考 文 献

- [1] 杨起、李宝芳等, 1982, 地球科学, 3 期, 263—272 页。  
[2] H.E. 赖内克、I.B. 辛格, 陈昌明等译, 1978, 陆源碎屑沉积环境, 石油工业出版社。  
[3] C.E. 威维尔、L.D. 普拉德著, 张德玉译, 1983, 粘土矿物化学, 地质出版社。  
[4] 郑浚茂等, 1980, 石油与天然气地质, 1 卷 3 期, 177—189 页。  
[5] 刘光华, 1984, 地质论评, 3 卷 5 期, 446—455 页。  
[6] 何良彪, 1984, 海洋学报, 6 卷 2 期, 272—276 页。  
[7] Ronald, J. Gibbs, 1977, Journal of Sedimentary Petrology, V.47, N.1, p.237-243.

## STUDY OF THE RELATIONSHIP BETWEEN CHARACTERISTICS OF CLAY MINERALS AND DEPOSITIONAL ENVIRONMENTS

Liu Guanghua

(Beijing Graduate School, Wuhan College of Geology)

### Abstract

By applying the methods of understanding unknown environments from known environments and the principle of uniformitarianism ("the key to the past is in the present"), the relationship between characters of clay minerals in mudstone and depositional environments is discussed in this paper. Thus the possible facies indicators in clay, such as microstructures, autogenetic clay minerals and assemblage of clay minerals, have been discovered. And it was tried to use them to indicate the depositional environments of some mudstone without obvious macroscopic facies indicators.

First, the samples of different mudstone, which were collected from the same area and the same coal-bearing strata and which contained various facies fossils, were taken respectively to be representatives of seawater deposit, brackish deposit and fresh-water deposit. In order to contrast, additionally, several modern mud samples were taken from different modern environments in the Luan River system. Then, these samples of different environments were studied in detail by scanning electron microscope, X-ray diffraction and differential thermal analysis. The results of repeated contrast showed that following three aspect characteristics of clay minerals in the samples were closely related to depositional environments, probably, they were controlled

by environmental conditions;

### 1. Orientation and fabric feature of clay

In freshwater samples, the orientation of clay particles was better, flaky clay particles tended to arrange parallelly each other and showed a kind of parallel structure. While in marine and brackish samples, flaky clay particles accumulated in a jumble and showed somewhat flocculated, honeycomb, and cardhouse structures. The former probably reflects that the deposition of clay particles in freshwater, which was short of electrolytes, was mainly controlled by hydrodynamic condition, and the suspended clay particles deposited as single flakes. The latter probably reflects that deposition of clay in seawater or brackish water, which were rich in electrolytes and microbes, was not only controlled by hydrodynamic condition, but also strongly influenced by coagulation, organism agglutination and flocculation, the suspended clay particles tend to deposit as aggregates of clay minerals.

### 2. Autogenetic clay minerals

The observation of SEM showed that different autogenetic clay species existed in different environment samples. In the marine and brackish deposits the main autogenetic clay minerals are illite, montmorillonite and chlorite. But in freshwater deposits mainly is kaolinite. It indicates that the formation of autogenetic clay minerals are controlled by physicochemical condition of water medium in depositional environments. So it promises to indicate environments by studying types of autogenetic clay minerals in mudstone.

In the SEM photograph the identification of autogenetic clay minerals can be summarized as follows: (a) Mineral grain is complete and its edges and corners are clearly discernible and without any transported marks; (b) It generally formed in the pore and fossils cavity, its crystal size and arrangement were restricted by crystal space and out of relation to terrigenous clay grain; (c) Some autogenetic clay minerals transformed from other minerals, so it could be identified according to the relation between both of them.

### 3. Assemblage of clay minerals

By utilizing X-ray diffraction and differential thermal analysis, SEM and chemical analysis, the relative content of each type of clay minerals in each sample has been estimated. The assemblage of clay minerals in freshwater environmental samples is distinct from seawater and brackish ones, for example, in brackish clay samples the main clay assemblage is illite-montmorillonite-kaolinite (arranged in sequence of relative content), and in freshwater clay samples the main clay assemblage is kaolinite-illite-montmorillonite. The causes for different clay assemblage might be the following: (a) From slightly acid, low salinity fresh water to basic, highly salinity seawater or brackish water, terrigenous clay minerals could have transformation and various autogenetic clay could be formed; (b) Owing to different clay types with various flocculation effect, during the depositional course the clay mineral particles might lead to differential flocculation; and (c) Size difference of individual flakes of various clay types could cause differential mechanical deposition.

By using three aspect characteristics of clay minerals stated above to analyse some unknown environment mudstone samples taken from the same area and stratum, the conclusion is in accord with the results obtained through environmental analysis of trace elements, fossils, sedimentary structures and vertical sequence etc.

(上接47页) 的研究, 全球化学地层学的研究等。在这方面的研究中, 可以通过地层对比、古地理制图、有机和无机成分以及同位素的分析, 探索各个事件和韵律的过程特点以及它们与油母岩、含金属沉积物和海洋消失事件之间的成因联系, 从而更好地认识全球沉积环境长期演化的规律。

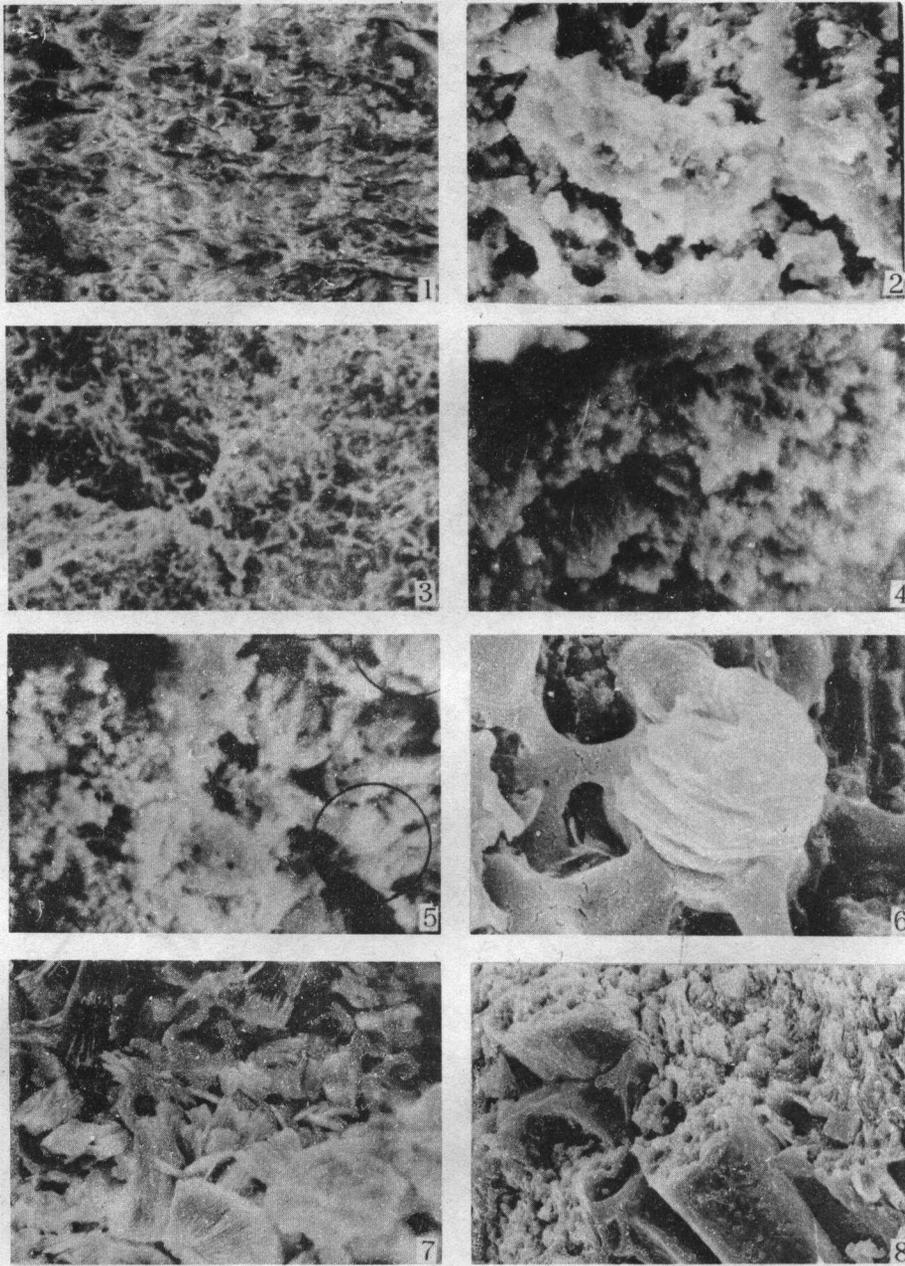
2. 全球演化的沉积记录。沉积岩是全球演化最重要的信息库。沉积岩的成分、层序和沉积速率可以提供有关垂直运动的资料; 硅质碎屑的物源能判断构造事件; 一定有机和化学的沉积物(煤、蒸发岩、暖水碳酸盐)的分布可以约束板块构造的重建; 估算不同时期全球沉积物的质量是质量平衡计算所必须的。

首先我们要对盆地进行分类, 比较不同类型盆地的演化, 模拟盆地演化的历史, 探讨沉积与构造之间的内在联系。另外我们要加强全球沉积记录中时间-专门相(Time-Specific Facies)的研究, 这些相具有全球性或者近于全球性, 它们必然记录了水圈、气圈、生物圈和岩石圈全球规模的环境组合, 例如, 晚元古界—中泥盆系索克(SauK)层序的浅水碳酸盐, 石炭纪的煤及有关的沉积物, 志留纪、泥盆纪和中新世的礁, 新第三纪的磷酸盐、泥盆纪和白垩纪的黑色页岩, 白垩纪的湖泊沉积和白垩纪克拉通之上的远洋白垩。这些环境的论证, 使我们能以新的眼光去洞察地球的历史, 而且通过时间-专门相的解剖, 可以为发现和发展资源提供全球应用的有力预测手段。上述环境的研究势必制作大量古地理图件, 其中包括陆块形态的复原图和消失大洋的古地理图。

3. 沉积相的全球分析。近廿年来“沉积岩相”沿着两个方向前进: 1. 在特定环境内产生的沉积物的成分、结构、构造和生物群的三维结构, 即相模式的研究, 例如深海扇、障壁岛、辫状河流和碳酸盐台地等。这些类型环境概念模式的建立为解释古代沉积环境提供了当代的基础。2. 特殊岩性要素组合的研究。像“黑色页岩相”, “红层相”或者“正石英岩—碳酸盐相”。但是应该看到许多相模式的建立, 几乎都只依据为数极少的现代或/和古代的实例, 要把它们应用到整个地质历史时期感到严重不足。事实上对不少重要的沉积环境, 我们还缺乏详细的了解, 例如陆坡, 海盆的陡倾区(Ramps)低比降河流、受冰川影响的海洋环境等。有的沉积环境我们虽然研究较多, 但是对某些形成机制却所知甚少, 像潮流与其它海洋过程的相互作用及其对沉积物特征的影响, 河流沉积对于海面缓慢上升和下降的反应, 在稳定的外界条件下沉积体系的“自身旋回”(Auto-Cyclicity)等等。

所以必须进一步开拓沉积岩相的研究, 在全球分析的基础上建立高层次的相的时空模式。这就要求首先在相模式研究中, 克服目前比较着重物理条件的倾向, 增加地球化学和生物的内容, 使模式具有较强的可比性和有效的应用性。从全球的角度就势必涉及气圈、水圈、岩石圈和生物圈相互之间的作用和它们在地质历史时期的演化。

王苏民 供稿



1. 片状粘土定向排列显示的平叠构造, 新密×2200 2. 由伊利石、蒙脱石组成的凝聚状粘土集合体, 禹县1307孔太原组海相泥岩×2200 3. 粘土矿物的杂乱排列, 禹县1307孔太原组海相泥岩, ×1500 4. 粘土颗粒的定向排列, 河北现代滦河泥样, ×2000 5. 凝聚状粘土集合体, 圈内为高岭石碎屑, 河北昌黎滦河入海口半咸水泥样, ×4000 6. 被磨损的六角板状高岭石碎屑, 禹县2508孔上石盒子组海湾潮坪相泥岩, ×6000 7. 蠕虫状的自生高岭石, 禹县上石盒子组<sub>2</sub>煤底沼泽相细砂岩杂基(据龚绍礼), ×3000 8. 充填在植物输导管内的自生伊利石, 禹县2508孔上石盒子组海湾潮坪相泥岩, ×3000。