

松辽盆地晚白垩世粘土矿物 特征及沉积环境分析

刘云

(中国科学院南京地质古生物研究所)

松辽盆地晚白垩世地层是由一套砂泥岩组成, 储集了丰富的石油资源。过去一般认为这是一个内陆湖泊, 为陆相沉积。近年来不少研究者从古生物、岩矿等方面提出与海有关的成因观点^[1, 2, 3]。本文根据对该区上白垩统泥岩粘土矿物进行了研究后认为, 晚白垩世松辽盆地是个近海陆盆, 气候温暖干燥, 间转湿润, 以淡水-半咸水碱性介质为主, 青山口组及嫩江组沉积时, 水域扩大, 水体含盐度、碱性、还原性增强, 可能遭受海侵。这些分析对含油地层的成因研究具有一定的意义。

本文所研究的标本是五十年代后期和六十年代初期大庆油田勘探过程中地质部第二普查大队先后送化样时保存在南京地质古生物所的, 大部份样品由陈丕基同志提供, 采集号均系送样单位原来编录的。嫩江组d₃段样品是承顾知微教授提供的, 在此表示感谢。岩样虽不系统, 但层位比较可靠, 几个主要层段都有代表。采样地点及层位见表1。样品的X光、差热、电镜、微量元素和化学分析等项目分别由王宗哲、武珮丽、杨杰东、李懋、刘春艳、周仰康、程安进和姚婉圭同志协助分析。

一、地层简况

松辽盆地上白垩统地层前人已有详细论述, 兹简单描述之。自下而上为泉头组四段由灰绿色砂岩与褐红色泥岩互层, 含介形虫、叶肢介及植物碎屑。青山口组由灰绿色粉-细砂岩、黑色泥岩及油页岩组成, 含介形虫、叶肢介、瓣鳃类、腹足类及真骨鱼化石。姚家组由灰绿色砂岩、棕红色砂泥岩组成, 含介形虫、叶肢介、轮藻、植物及大庆似狼鳍鱼化石。嫩江组下部为灰黑色泥岩砂岩互层, 标志层d_K含白色介形虫及金黄色叶肢介, 上部灰绿色砂泥岩互层, 含棕红色杂色块状泥岩。除上述化石外还出现生活在海水和半盐水的瓣鳃类及鱼化石。地层总厚达两千余米。

二、粘土矿物研究

笔者用常规法从岩石中提取小于2微米的粘土颗粒, 采用X光衍射、差热、红外、扫描、透射电镜照像及化学常量元素等综合分析方法, 结合环境分析需要还作了微量元

表1 采样地点编号及层位

Table 1 Numbering and horizons of sampling locations

样品数	地层(组、段)	晚白垩世							
		嫩江组					姚家组	青山口组	泉带组
		d4	d3	d2	dk	d1			
采样地点编号									
白城	6孔820.62m	—							
	17孔582m	—							
扶余	24孔46.34—50.14m	— —							
	33孔	—							
	12孔								—
余	30孔232.9—234.55m							—	
	吉2孔								—
	N12—B5平川乡大房 贝村117.99m	—							
双城	岔4孔						—		
安达	同23孔 439.40m	—							
绥化	1孔490—494m							—	
	12孔								—
	3孔275.5m								—
乌河	XL9004—4							—	
	XP38 L9—2							—	
	XP38 LB3—4							—	
农安县 青山口 北	C17							—	
	C38							—	
长岭	南7孔198.2m	—							
	南8孔359.54m								—
	南10孔406.78— 411.53m								—
	南47孔122.2m	— —							
双辽	马1号 200m 253m						—	—	
德惠	57NE11						—		
江桥	57NE9A						—		

续 表

样品数	地层(组、段)	晚 白 垩 世							
		嫩 江 组					姚 家 组	青 山 口 组	泉 头 组
		d4	d3	d2	dk	d1			
采样地点编号									
前郭旗哈马	NV—63				—				
	HI—5				—				
	HI—1				—				
前郭旗达里巴	S17—B32, 352.8m		—						
通辽	K16孔368.20m				—				
前旗登堡	登6					—			

素硼的定量分析。研究结果表明, 泥岩的主要粘土矿物成份为伊利石、蒙脱石、绿泥石, 个别样品在电镜下发现有微量多水高岭石。小于2微米的非粘土成份为石英、长石、方沸石、方解石、白云石、菱铁矿等。

X光衍射分析 由于各层位粘土矿物组成大致相同, 我们以经镁甘油饱和处理的样品(图1)为例说明。根据鉴定需要还作了未处理定向片及550℃高温处理, 并根据峰高比对粘土矿物进行半定量测定及蒙脱石矿物的结晶度V/P测定, 结果列于图2。从衍射图上可见 $d(001) 10.04 \text{ \AA}$, $d(002) 5.01 \text{ \AA}$, $d(003) 3.35 \text{ \AA}$ 为伊利石的特征峰。经镁甘油饱和处理后的 $d(001) 17.67 \text{ \AA}$ 或 18.03 \AA , $d(002) 8.9 \text{ \AA}$ 、 9.2 \AA , $d(003) 5.8 \text{ \AA}$ 为蒙脱石的特征峰。 $d(001) 14.45 \text{ \AA}$, $d(002) 7.14 \text{ \AA}$, $d(003) 4.7 \text{ \AA}$ 、 $d(004) 3.57 \text{ \AA}$ 为绿泥石的特征峰。但有的样品其 $d(001) 14 \text{ \AA}$ 峰显示不明显, 这可能与绿泥石富铁有关。非粘土矿物有石英($d 4.27 \text{ \AA}$ 、 3.35 \AA)、长石($d 3.18 \text{ \AA}$)、方沸石($d 5.6 \text{ \AA}$ 、 3.4 \AA 、 2.99 \AA)和方解石($d 3.03 \text{ \AA}$)。

差热分析 混合物样品在差热分析上表现为各组份的热效应的联合反应。由差热分析图2可见 $130^{\circ}\text{--}140^{\circ}\text{C}$ 为蒙脱石和伊利石叠加的弱结合水析出的吸热谷。 200°C 左右是蒙脱石中与阳离子结合的水的析出造成的, 一般是具有两价阳离子(可能 Ca^{++})浸透的蒙脱石的特征。蒙脱石低温区的吸热谷的大小和形状常与水化作用和可交换阳离子性质有关。 $560^{\circ}\text{--}620^{\circ}\text{C}$ 的吸热谷通常是伊利石的脱羟基水特征谷。 $700^{\circ}\text{--}780^{\circ}\text{C}$ 为蒙脱石脱羟基水的吸热谷, 但各样品不完全相似, 由于退化作用常可使温度降低而叠加到 600°C 左右的谷中去。 $840^{\circ}\text{--}890^{\circ}\text{C}$ 为伊利石和蒙脱石的结构分解吸热所致。由此差热分析确定粘土矿物组份为伊利石、蒙脱石, 而绿泥石由于量少, 峰值与伊利石重叠故不能分辨出来。

红外光谱分析 混合物样品的红外光谱图显示各组份的综合吸收谱, 大致分为三个区域: 1)高频区 3620cm^{-1} 左右为伊利石和蒙脱石羟基(Al—OH)吸收, 3550 、

3400 cm^{-1} 为绿泥石的羟基(Fe—OH)吸收,在3400 cm^{-1} 还有吸附水的存在。由于绿泥石中随与羟基结合的阳离子的不同,其波数会有变动,本绿泥石羟基峰位于3550 cm^{-1} ,波数较低,与含较多的铁离子有关。2)1200—800 cm^{-1} 大吸收区 1030 cm^{-1} 左右为伊利石和蒙脱石的Si—O—Si键的伸缩振动,915 cm^{-1} 左右为两者的Al—O—H的振动,878 cm^{-1} ,845 cm^{-1} 为蒙脱石(Al, Fe)—OH, (Al—Mg)—OH的振动吸收,830 cm^{-1} 为伊利石Al—OH振动吸收。980—1010 cm^{-1} 为绿泥石的Si—O振动吸收。3)800 cm^{-1} 以下吸收区520—530 cm^{-1} 为伊利石和蒙脱石的Si—O—Al弯曲振动吸收,470—475 cm^{-1} 为伊利石和蒙脱石的Si—O, Si—O—Mg的弯曲振动吸收,343 cm^{-1} 为蒙脱石吸收,353 cm^{-1} 为伊利石吸收。绿泥石由于含量少在本区域吸收不明显。分析确定,粘土矿物成份为伊利石、蒙脱石和绿泥石。非粘土成份有碳酸盐矿物(方解石1435、713 cm^{-1} ,白云石1450、728 cm^{-1} ,菱铁矿1425、865、737 cm^{-1}),石英(798、778 cm^{-1}),长石(723、760、778 cm^{-1})、方沸石(3620、1640、1115、1040、775、746、620、450 cm^{-1})等。

电镜照像 将<2微米粘土矿物的颗粒经电镜鉴定成份为伊利石、蒙脱石、绿泥石,在个别样品中见有微量多水高岭石,由于含量甚微,其它手段较难鉴定。非粘土矿物有长石、沸石等,其特征如下:

(1) **蒙脱石** 呈云雾状集合体,轮廓边缘不清楚,透明度常不均匀(图版1, 1、2、3a)。

(2) **伊利石** 呈外形不规则薄片、鳞片或六边形完好自生晶体,半透明,轮廓比较清晰(图版I; 1、2b、3)。在扫描电镜下,有的样品伊利石颗粒较大,呈鳞片状错选排列,边缘轮廓清楚,伊利石质点基本上没有改造(图版I, 8),有的水化伊利石常被分介呈长条卷曲状(图版I, 7b)。

(3) **绿泥石** 呈厚片状,轮廓清晰,颗粒边缘具小尖棱角,有的似树叶状(图版I, 1c、2、3,显示碎屑沉积特征。在扫描电镜下,绿泥石呈间插斜生之晶片(图版I, 7a),为自生矿物。

(4) **多水高岭石** 呈长管状晶体,轮廓较清晰,半透明(图版I, 4)。

(5) **方沸石** 三八面体自生晶完好(图版1, 5)。

(6) **长石** 长条板状晶体略呈定向排列,表面有溶蚀小孔,显示碎屑沉积特征(图版I, 6)。

元素分析 粘土的矿物成份对化学成份的影响很大,特别是 SiO_2 、 Al_2O_3 、 K_2O 、 MgO 的含量与粘土矿物的成份关系更为密切。粘土的化学成份变化能反映其矿物成份的变化。由图2可见,自上而下化学成份变化规律是 Al_2O_3 、 K_2O 、 MgO 百分含量逐渐增加,而 SiO_2 的含量逐渐减少,这与矿物组份自上而下伊利石、绿泥石增加而蒙脱石减少的变化趋势是一致的。

“相当硼含量”的测定 粘土矿物的“相当硼含量”值与古盐度直接相关,可以作为古盐度的真正指标。我们由粘土组份的硼和 K_2O 含量,根据Walker C.T.等(1963)的计算方法求得“相当硼含量”值,用以表示各层段水介质含盐度。

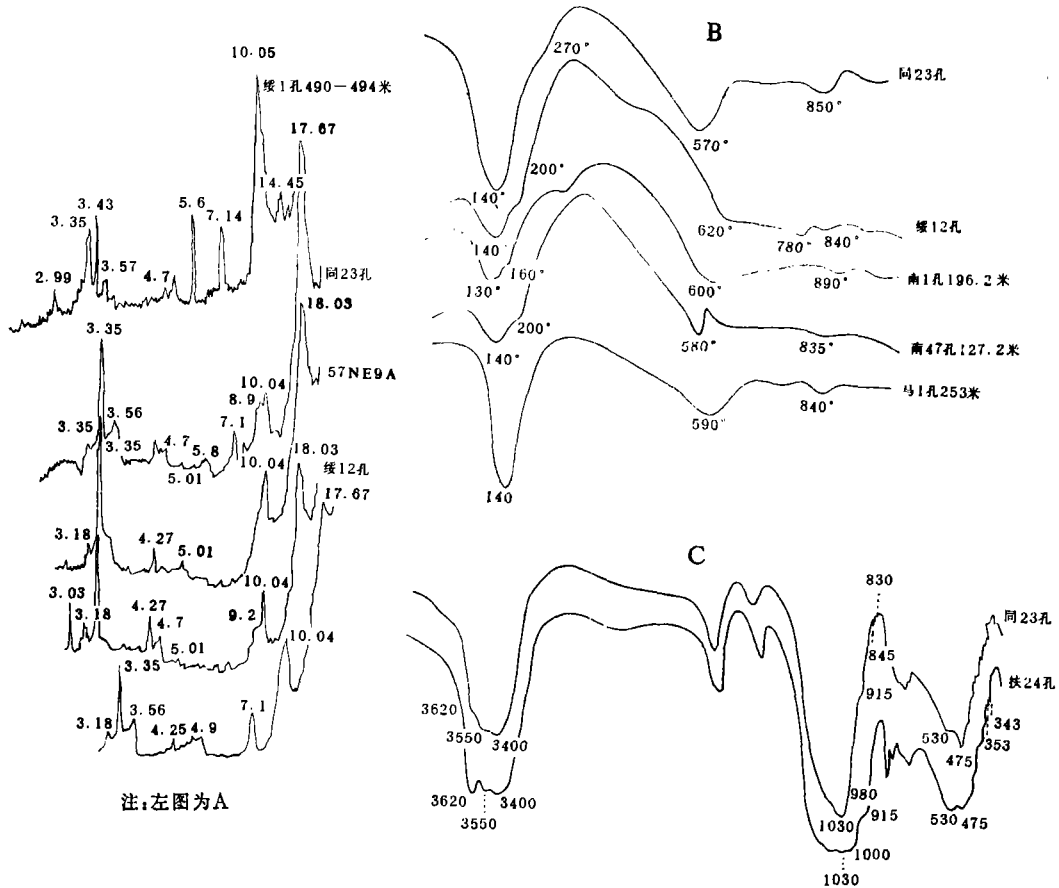
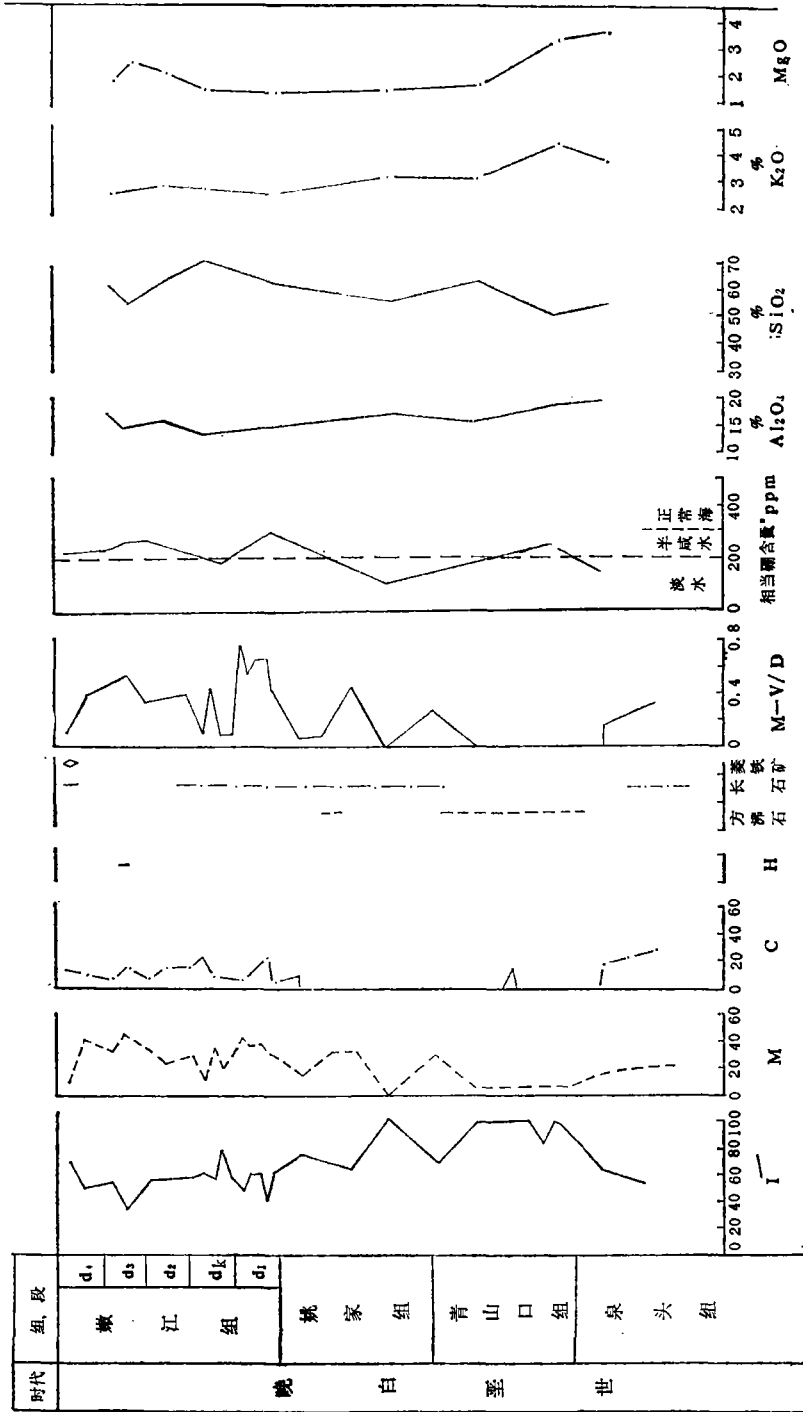


图 1 粘土矿物的X射线衍射图A、差热分析图B、红外光谱分析图C
 Fig. 1 XRD DTA and IR spectra patterns of clay minerals

三、粘土矿物组合、形成条件及沉积环境分析

粘土矿物种类、组成变化可反映蚀源区母岩的组成特点及盆地的性质、水介质条件的变化，为了便于综合分析，我们把粘土分析的有关指标列于图 2。

由图可见，伊利石是盆内分布最广、数量最多的粘土矿物，自上而下含量增多，可达90%以上。据电镜分析，伊利石大多显示碎屑沉积特点。在嫩江组和青山口组有自生伊利石形成。伊利石通常为继承性矿物，比较稳定，不易溶介，能适应较大pH值变化，在含钾离子较高的碱性介质中，蒙脱石常可吸附钾离子脱水而转变成伊利石。因此自生伊利石常与富钾离子的碱性介质有关。蒙脱石仅次于伊利石，含量达50%左右，自上而下含量减少。蒙脱石是碱性介质条件下形成的矿物，当周围环境排水不良或降雨量低的情况下，水介质中缺乏氢离子而富含铁、镁和钙离子，形成弱还原碱性介质条件。火山物质在碱性介质中很容易变成蒙脱石，因此蒙脱石的大量出现反映蚀源区组成与火山岩系有关。蒙脱石形成也与沉积环境有关，在含盐度增长的水体中，粘土矿物最先沉淀的是高岭石，然后是伊利石，最后是蒙脱石，说明蒙脱石形成于有一定含盐度的水介质条



I—伊利石 M—蒙脱石 C—绿泥石 H—埃洛石 M—V/P—蒙脱石结晶度

图2 粘土矿物特征综合示意图

Fig.2 Diagrammatic illustration of the characters of clay minerals

件, 水体稳定的地方有利蒙脱石形成, 结晶度增高。绿泥石也是主要的粘土矿物之一, 自上而下含量增多, 据电镜观察可分为碎屑和自生两种。碎屑绿泥石不稳定, 经长期搬运要发生分解, 因此其含量变化可反映蚀源区的远近, 泉头组含量最高, 达30%左右, 表明沉积区离蚀源区最近, 嫩江组其次, 青山口组和姚家组普遍缺失, 表明沉积区离蚀源区较远。青山口组含自生绿泥石, Frnő Nemezc (1981) 认为, 蒙脱石等矿物在富镁的水介质影响下, 在成岩过程中可转变为绿泥石, 随水介质含盐度、碱性、还原性增强形成的绿泥石也越趋稳定。方沸石是青山口组非粘土矿物的主要组成, 大多是由大陆带入水盆地的铝硅酸盐或火山物质的分介产物与海水中钠盐相互作用而形成的胶体溶液凝聚而成, Singer A. and Stoffers P. (1980) 认为, 火山物质在水盆中形成蒙脱石后随水介质含盐度、碱性增加, 使蒙脱石向伊利石转化, 同时形成方沸石。方沸石的存在可指示含盐、富钠的碱性介质环境。碎屑长石也是盆内主要的非粘土组份, 分布广, 保存好, 板条状晶体呈定向排列, 长石在湿热条件下极易风化, 长石的存在反映当时气候较干燥。由此分析, 泉头组为伊利石、绿泥石、蒙脱石组合, 非粘土矿物有碎屑长石, “相当硼含量”为140ppm, 反映淡水为主的碱性介质条件, 气候较干燥, 绿泥石含量高, 为近蚀源区的沉积。青山口组以伊利石为主, 少量蒙脱石, 含自生绿泥石、伊利石、方沸石, 缺少长石, “相当硼含量”为240ppm, 表明青山口组曾受海水影响, 水介质条件发生变化, 其中钾、钠、镁离子大量增多, 由淡水变为半咸水, 水域扩大, 气候转湿润, 据张弥曼1977年资料〔2〕, 在青山口组曾先后发现与海相有关的鱼化石, 故青山口组可能遭受过海侵影响。姚家组为伊利石蒙脱石组合, 含长石碎屑, “相当硼含量”为100ppm, 反映淡水为主的水介质, 气候较干燥, 本组产大庆似狼鳍鱼, 是典型的淡水类型。嫩江组为伊利石、蒙脱石、绿泥石组合, 含长石碎屑, “相当硼含量”达285ppm, 反映碱性、半咸水介质条件, 气候干燥, d_1 和 d_3 段蒙脱石含量及结晶度较高, 反映水盆加深, 水体稳定、盐度升高, 有利蒙脱石形成。局部地区有自生伊利石形成。反映水介质中富含钾离子。据顾知微1976年〔1〕, 张弥曼1977年资料, 在嫩江组曾发现生活在海水和半咸水中的瓣鳃类及鱼类化石, 故此期间可能受海水影响。 d_3 段后蒙脱石、长石含量减少, 并有菱铁矿出现, 反映水盆变浅, 气候转湿润, 有机质增多。

(收稿日期1983年8月8日)

参 考 文 献

- 〔1〕 顾知微等, 1976, 中国的瓣鳃类化石。科学出版社。
- 〔2〕 张弥曼等, 1977, 古脊椎动物与古人类, 15卷第3期, 194—197页。
- 〔3〕 陈丕基, 1979, 北京大学学报自然科学, 1979, 3期90—104页。
- 〔4〕 Walker, C. T. and Price, N., 1963, AAPG, V. 47 P. 833-841.
- 〔5〕 Singer, A. and Stoffers, P., 1980, Clay mineral, V. 15 N. 4 P. 291-307.
- 〔6〕 Ernő Nemezc, 1981, Clay mineral, Akadimiai Kiadó Budapest.

CLAY MINERALS OF LATE CRETACEOUS SONG-LIAO BASIN AND THEIR SEDIMENTARY ENVIRONMENT

Liu Yun

(Nanjing Institute of Geology and Palaeontology, Academia Sinica)

Abstract

Clay minerals in ancient deposits are regarded as sensitive indicators for the changes in sedimentary environment, which makes it possible to trace back to the origin of materials, paleoclimatic conditions and environmental characteristics of sedimentary basins. The samples studied in this paper were determined by means of X-ray diffraction, differential thermal analysis, infrared absorbed spectral analysis, electron microscope and chemical analysis.

These analyses show that the clay fractions in Late Cretaceous consist of smectite, illite, chlorite with a minor amount of quartz, feldspar, analcite and carbonate among which the illite is the most abundant and common clay mineral in the basin, and it is mostly detrital in origin, with some characters inherited from the mother rock according to TEM studies. The Qing Shankou and Nenjiang Formations contain hexagonal authigenic illite, which was formed by the fixation of potassium and the expulsion of inter-layer water on smectite layers through diagenetic alternation, reflecting a condition of alkaline water medium rich in K^+ . The smectite appears abundant throughout the formations except the Qing Shankou Formation which chiefly originated from volcanic source rocks and was formed under an alkaline medium condition with a hot and arid climate. The chlorite includes detrital and authigenic forms. The content of the former might indicate the distance of the sediments from the erosion areas, while that of the authigenic can be interpreted as a result of halmyrolytic alternation, reflecting effects of the sea water. The analcite is also related to volcanic materials which were transformed into analcites under a condition of water medium with increasing salinity and alkalinity through diagenetic alternation. Therefore, the presence of analcite indicates an environment marked by the increasing salinity and alkalinity. The terrigenous feldspar is one of the important non-clay minerals in the basin, and its well-preserved tabular crystals indicating an arid paleoclimatic condition. The "suitable B content" of the clay minerals relates directly to paleosalinity, possibly indicating the salinity of water medium.

The clay assemblages and stratigraphic variations can be summarized as follows:
The Quantou Formation is composed of illite, chlorite, smectite and non-clay

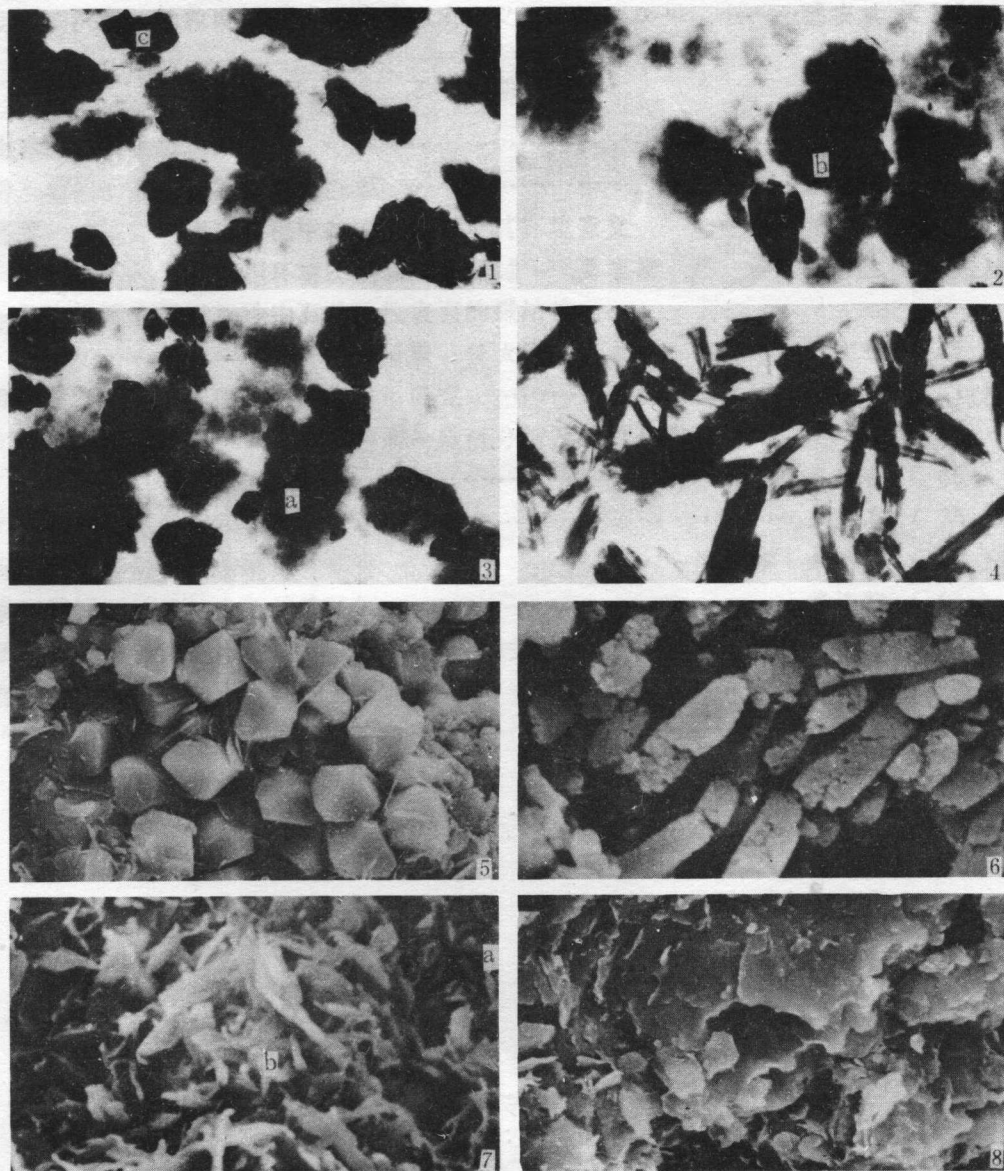
minerals such as feldspar and quartz. The "suitable B content" is 140 ppm, reflecting a condition of fresh water and alkaline water medium with hot to arid climates and representing sediments close to erosion areas.

In the Qing Shankou Formation, the clay fractions are rich in illite with small quantity of authigenic chlorite, illite and analcite, but no smectite and feldspar, the "suitable B content" is 240 ppm. These sedimentary components had ever been subjected to transgression, indicating a brackish and alkaline water medium.

The Yaojia Formation contains illite and smectite with rich feldspar, but no chlorite, the "suitable B content" is 100 ppm, suggesting drier climate than before and a fresh water medium condition.

Nenjiang Formation is characterized by the abundant smectite associated with illite, chlorite and feldspar. The "suitable B content" is 285 ppm, reflecting a brackish water medium. The well-crystallized smectite in Members D₁ and D₃ indicates a stable and deepened water body. The feldspar decreases from Member D₃ upwards, and the siderite appears. The basin was uplifted under a moist climate.

Based on the preliminary study, the author is inclined to suggest that the Late Cretaceous Song-Liao basin should be a hemipelagic one rather than an inland lake as traditionally recognized, and that its strata were mainly formed under the environment with an arid palaeoclimate and a freshbrackish alkaline water medium. Both the Qing Shankou and Nenjiang Formations had been subjected to transgression. These results are somewhat useful in the genetic research on oil-bearing strata.



1. 伊利石、蒙脱石、绿泥石透射电镜照片。绥3井275.5米, $\times 5000$ 2. 伊利石、蒙脱石、绿泥石透射电镜照片。同23井439.4米 $\times 15000$ 3. 伊利石、蒙脱石、绿泥石透射电镜照片, 伊利石呈六方形自生晶。HV-63, $\times 15000$ 4. 多水高岭石透射电镜照片。同23井, $\times 15000$ 5. 方沸石自形晶扫描电镜照片绥1井490-494米 $\times 5000$ 6. 长石碎屑扫描电镜照片。岔4井228—232米, $\times 1600$ 7. 自生绿泥石及水化伊利石的扫描电镜照片, 绥1井490-494米, $\times 9600$ 8. 碎屑伊利石扫描电镜照片, 白6井820.62米, $\times 5000$