

# 萍乐坳陷早二叠世海相海泡石 矿物相转化的地质找矿意义

杨振强 陈善庆 许俊文

(中国地质科学院宜昌地质矿产研究所)

**内容提要** 本文以萍乐坳陷中的海泡石矿床为实例,报道海泡石的成岩相转化。在深埋条件下,早二叠世海相沉积的海泡石一般转化为滑石和史蒂文石(镁蒙脱石)。海泡石的相转化严重影响普查找矿和矿床评价。根据煤牌号与粘土矿物相转化呈线性变化的关系,笔者认为低变质煤牌号(气煤和气肥煤)对于指示海泡石的保存是可靠的标志。在趋势面分析图上表示的低变质煤区域与海泡石分布区明显地呈一致性。因此,根据低变质煤牌号分布区可预测新的海泡石产地。

**主题词** 海泡石相转化 粘土成岩作用 煤岩 滑石和史蒂文石 萍乐坳陷

**第一作者简介** 杨振强 男 48岁 副研究员 沉积学和粘土地质学

## 一、概述

海泡石是富镁粘土矿物,地表上分布不广。它和坡缕石均具有链层状的晶体结构,结晶习性呈纤维状。在分类学上自成一族,即海泡石—坡缕石族。世界各地地层中保存下来的海泡石—坡缕石矿床极为有限,主要见于中生代以后的沉积中。我国的江西、湖南两省产有二叠纪海相沉积的海泡石,是世界上罕见的矿床类型。

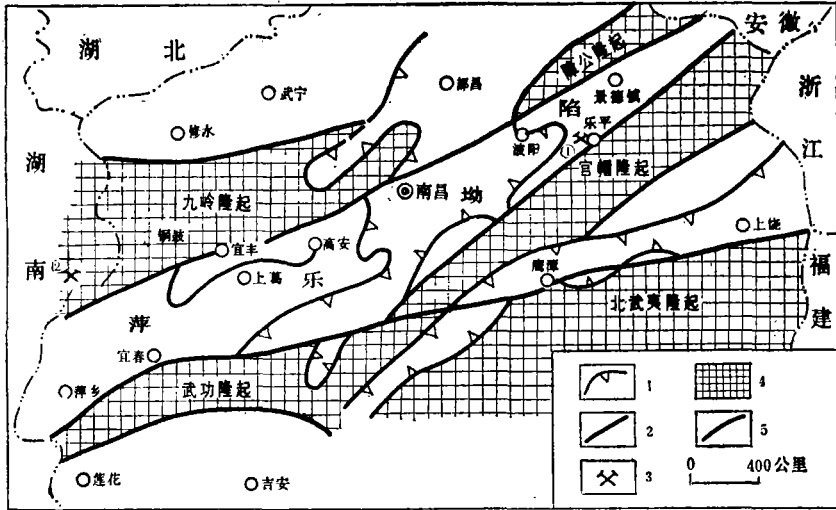
我国海泡石粘土首先见于萍乐坳陷北东端的江西省乐平县牯牛岭(章人骏,1947)。但普查找矿工作长期没有多大进展。直到1982年湖南省地矿局的有关地质队才陆续在坳陷的西南端找到相当层位的工业矿床—浏阳县永和海泡石矿。嗣后,又在湖南省的湘潭、湘乡、石门、慈利、沅陵、桑植、大庸等县境内找到同类矿,从而扭转了我国缺少海泡石矿的局面。

海泡石具有特殊性能,因而广泛应用于工业、农业、环境保护、医药卫生等领域。但是我国海泡石粘土中常常与滑石、斯皂石(史蒂文石)等共生,影响了矿石质量和矿床评价。研究结果证明,在一定的地质条件下,海泡石可以发生矿物相的转化——即成岩转化,变成以滑石为主的粘土矿床。

本文拟从海泡石相转化的地质背景入手,指出影响矿物相转化的地质因素,探讨转化的成岩作用的标志——煤的变质作用,为普查找矿提供可靠的依据。

## 二、地质背景

萍乐坳陷是一个北东南西向展布的古生代向斜盆地。从中泥盆世至早三叠世的海相和海陆交替相沉积厚达3000—4000m。坳陷的周围及内部有三条主要呈北东向的大断裂控制着坳陷中的沉积作用(图1)。坳陷内的构造变动较剧烈,中部和西部区域变质现象比较普遍。褶皱和断裂较为发育,并发育有中生代的火成岩侵入体。



1. 中生代盆地 2. 深大断裂 3. 海泡石产地 4. 隆起 5. 断裂  
(①牯牛岭 ②永和)

图1 萍乐坳陷的构造轮廓

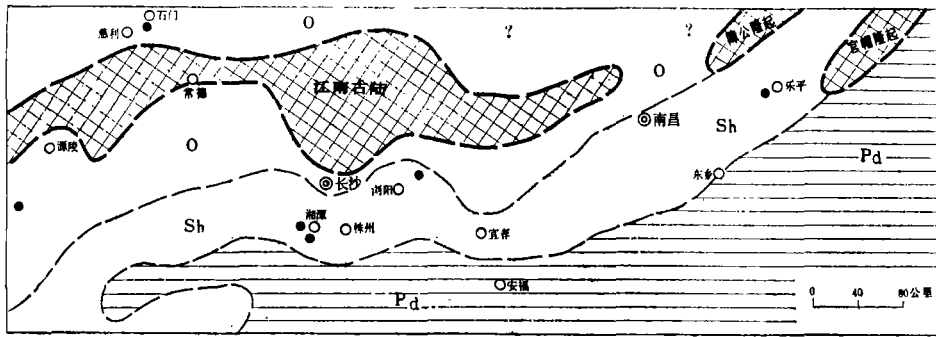
Fig. 1 Structural sketch of Pingxiang-Leping Depression

海泡石粘土产于下二叠统栖霞组顶部至茅口组下部的泥灰岩段中,构成一个独立的岩性段,广泛分布于江西、湖南、湖北四川和贵州。在江西称为“小江边组”,是一套广海陆棚沉积的钙镁质泥岩,产丰富的筴科、有孔虫、腕足类、苔藓虫、海百合茎等广海底栖生物化石<sup>1)</sup>。海泡石的沉积环境见图2。海泡石主要分布于开阔陆棚或开阔台地的浅水沉积环境中。

## 三、海泡石相转化的证据

首先指出产于江西乐平的二叠纪海相沉积海泡石与滑石相伴生现象的是彭琪瑞(1963)<sup>[5]</sup>。这种现象在当时是无法理解的。因为矿物学家通常把滑石看成是变质矿物,而要把滑石看成是与海泡石一起沉积的矿物似乎也不可理解。后来,章人骏先生<sup>[7]</sup>指出,海泡石在深埋条件下可能发生晶体结构的转化,形成一种新的矿物——滑石。根

1) 章人骏, 1981, 湖南省地质学会会讯, 1期, 70—72页。



方格范围为水下隆起 O—开阔台地相  
 Sh—开阔陆棚相 Pd—台凹相 黑点表示海泡石产地  
**图2 萍乐坳陷及其邻域栖霞末期至茅口期  
 初的沉积相分布略图**

Fig. 2 Schematic of the sedimentary facies distribution in Pingxiang-Leping Depression and its adjacent areas from the upper Qixia Formation to the lower Maokou Formation.

Cross-hatched areas showing the facies, Sh-Open shelf facies, Pd-Platform depression Black point indicating the localities of sepiolite

据日本坂本尚史(1974)和美国古芬和卡尼(1979)的实验,海泡石经受热力学作用,不同程度地转化为滑石和斯皂石(章人骏,1984,1985<sup>1)</sup>;章人骏等,1985<sup>[8]</sup>)。整个转变过程发生在成岩阶段和低变质阶段。

众所周知,海泡石是含水的镁硅酸盐矿物,海泡石里的水呈三种状态存在,即沸石水,结合水和结构水。在一定的地质条件下,其中的沸石水和结合水可以被驱走,变成不含水的镁硅酸盐矿物——斯皂石和滑石(talc)。后两者都不含沸石水和结合水的层状结构,具有相同的结构式(OH)<sub>2</sub>Mg<sub>3</sub>Si<sub>4</sub>O<sub>10</sub>。

海泡石的相转化已经为许多模拟实验所证实,大塚良平,坂本尚史等人采用α-海泡石和β-海泡石,在水蒸气压250、500、1000kg/cm<sup>2</sup>下,温度为150—700℃的热液合成设备中反应,将所得的生成物用X射线粉末衍射法,并用热分析、红外吸收光谱、扫描电镜观察等方法验证。结果证明,海泡石分别在310℃和330℃时变成“水化滑石”。当温度超过460℃的情况下,才转变成滑石。

江善庆等(1984)对乐平海泡石做过热稳定性试验。当温度达到400℃时,海泡石发生矿物相转化,变成“无水海泡石”。加热至800℃无水海泡石最终遭受破坏,形成顽火辉石。然而高温高压抗盐试验于204℃时成功地获得斯皂石<sup>2)</sup>。唐天照也提供了海泡石转化的热处理和电镜观察结果的证据<sup>3)</sup>。

江西和湖南的海泡石沉积中,往往出现海泡石和滑石共生现象,提供了海泡石向滑石转化的世界上罕见的地质例证。

1) 章人骏, 1984, 江西地质, 1、2期, 19—22页。  
 章人骏, 1985, 华东地质科技情报, 1期, 4—6页。  
 2) 江善庆、田德辉、沈宋强, 1984, 海泡石矿物学研究(待刊)。  
 3) 唐天照, 1984, 二叠世海相沉积型海泡石的转化(待刊)。

## 四、海泡石矿物相转化的主要地质因素

研究证明,海泡石的相转化发生在成岩阶段及以后的漫长地质历程中,原生海泡石经受热液作用,不同程度地转化为滑石及部分斯皂石〔4〕。任磊夫(1984)<sup>1)</sup>和陈芸菁等(1985)也认为本区所见的海泡石—滑石页岩中的滑石是成岩转变的产物。转化过程是:海泡石的层链塌陷,转变成滑石层〔1〕。

笔者注意到海泡石的转化程度与二叠纪煤层的变质程度相一致,它们可能是在相同的构造背景下,发生同步变化的(章人骏,1985)。与煤的变质程度相似,其主要控制因素是温度、压力和时间。

温度对海泡石的转化起着决定性作用。国内、外的实验都表明, $\alpha$ -海泡石相转化的温度为330℃, $\beta$ -海泡石的转化温度为310℃。大概在此温度下,全部的沸石水已从晶体结构的孔道中排挤出去。对于煤层来说,大约在300℃左右,发生烟煤向无烟煤转变。

压力是促进海泡石转化不可缺少的因素。实验证明,在410℃前加热,在没有附加压力的情况下,海泡石即使失去沸石水,吸附水和部分结晶水。但浸泡于水中,又能恢复海泡石的特性(江善庆,1984;唐天照,1984)。说明在没有高压的条件下,即使达到海泡石转变温度,也不能使它的结构发生根本的演变。必须在一定压力的作用下,这种转变才能顺利进行。上覆地层造成的静压力可导致岩石成岩作用的进行。据统计,乐平地区的二叠纪海泡石层之上的上覆岩层厚度达2407m,坳陷中部高安地区更厚。由岩层所造成的静压力足以使海泡石发生压缩和脱水。

当然,在构造变动剧烈的地区,构造褶皱和断裂带附近,很难保存有海泡石。镁质粘土岩和含镁质粘土质灰岩改变为页理和片理清晰的似滑石片岩,在赣西的宜春、安福、分宜、萍乡一带为大面积的滑石粘土岩所代替。与此相反,含海泡石的下二叠统一般表现为开阔的向斜构造,岩层产状较为平缓(湖南浏阳永和的倾角为0-10°,江西乐平牯牛岭为30°)岩浆活动也十分微弱。

与煤化作用相似,二叠纪海相沉积的海泡石的相转变经历的地质时间很长,是任何中、新生代以来的海泡石所不能比拟的。受热的时间越长,海泡石的相转化越彻底。长时间的低温作用,可能达到高温短时间的同样效果。这一点为笔者的资料所证实(见下文)。

## 五、海泡石的相转化与煤变质的关系

### 1. 由煤的变质程度推断海泡石保存的最佳古地温

粘土地质学近来的一个主要研究倾向是关于粘土矿物的成岩作用。而成岩作用的重要因素是成岩的古温度。古地温的测定可通过矿物组合(如沸石)、包裹体测温、氧同位素等许多方法获得,但最简便的方法是测定煤的变质阶段。

煤的变质程度与所经受的温度、压力和时间的影响有关。研究结果证明,镜煤或镜

1) 任磊夫、陈芸菁, 1984, 从粘土矿物转化讨论沉积成岩到变质过程中的阶段划分问题(未刊)。

质组反射率随煤的变质程度增高而增加。由于镜煤是煤中较为理想、单一的煤岩成分，其质纯净、最易辨认而较易剥离，因此国内外都普遍运用这种方法来研究和确定煤的变质程度。只要沉积岩中含有有机质的碎片，便可顺利地测出镜质组的反射率，简便地确定沉积岩中煤的变质程度，从而推算出沉积岩的成岩温度（表1）。

表1 不同变质阶段煤形成的古温度

Table 1 Probable palaeotemperature of different rank of coal

变质阶段	0	I	II	III	IV	V	VI	VII
工业牌号	褐煤	长焰煤	气煤	肥煤	焦煤	瘦煤	贫煤	无烟煤
古温度(℃)	45—50	70—90	100—120	120—140		150—180	230—250	>250

(据M、Л、列文施坦, И.И.阿莫索夫)

目前准确地划分煤变质阶段还存在一些问题。各种煤岩成分的参数与煤变质阶段划分之间的关系，以及埋藏深度和成岩温度的估算各家常不一致。为了工作方便，笔者采用煤的八级变质阶段的划分方案，大致相当于八个煤的工业牌号。根据国、内外资料〔2、6〕综合成图3。

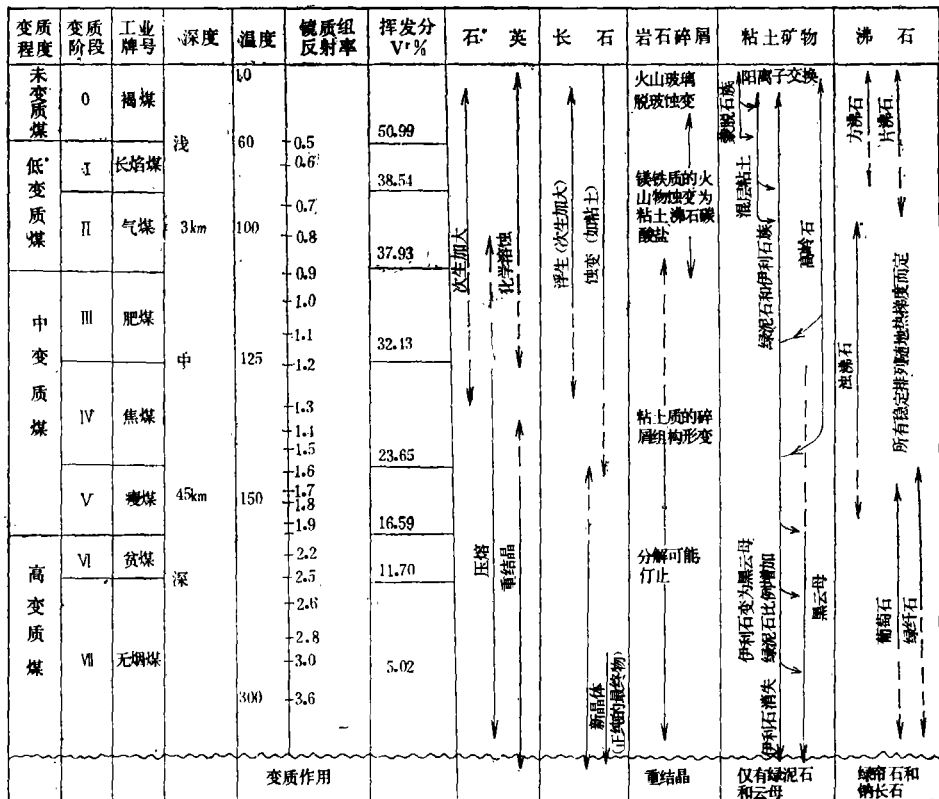


图3 煤变质阶段与成岩作用对比关系

Fig. 3 The relation between the rank of coal and diagenesis

根据笔者对江西乐平鸣山和永和矿区的二叠纪煤样进行煤岩特征的研究。海泡石矿层上覆的煤的颜色为带褐的黑色，条痕黑褐色，油脂光泽，主要成分是暗煤、夹镜煤细条带，呈条带状，透镜状结构，微波状层理，断口参差状，比重小，硬度小。煤的燃烧试验为：烟浓火焰红色，焰长达4厘米，燃后微膨微熔，残渣边缘呈棱角状，硬度大。微观上以树皮体最为丰富，多呈长条状和碎块状分布，具鳞片状结构。含有较多的木栓体，清晰的叠瓦状结构。角质体为厚壁、锯齿状内缘，局部较集中。有极少量小泡体。凝胶化组分次要，多为凝胶化基质，少量镜煤条带。其他组分都较少量，呈碎片状、透镜状分布。矿物质极少见，黄铁矿细晶星散分布于树皮体中，粘土质矿物浸染基质。故确定显微煤岩类型为角质亮暗煤，变质程度为Ⅱ阶段。煤样和含海泡石钙镁质灰岩中的煤屑成分进行了镜煤反射率测定，其结果列表于下（表2）。从镜质组反射率来看，所有的样品应属长焰煤和气煤阶段——即低变质煤（Ⅰ—Ⅱ级），指示成煤温度60—100℃之间。尽管成煤的古地温很低，但是经历的地质时间很长，同样达到褐煤向烟煤转变的效果。因此可以认为，本区的海泡石所经受的古地温也不会太高，在长期的地层承压的条件下，海泡石没有达到310℃就发生转化，以120℃为最佳。

表2 湖南永和和江西乐平煤及沉积岩中煤屑组分反射率（油漫）

Table 2 The vitrinite reflectance of the coals and detrital coals in sedimentary rocks in Hunan and Jiangxi.

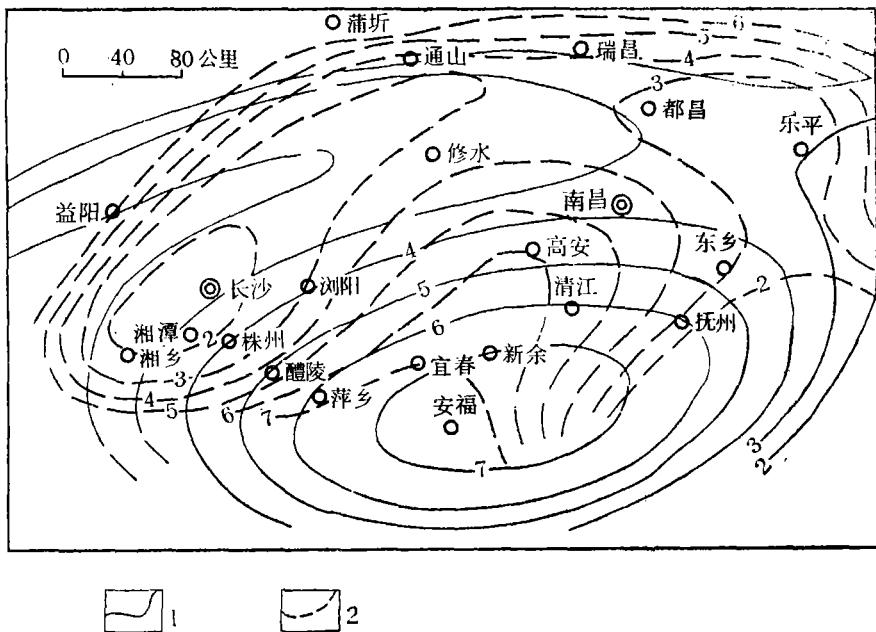
原样编号	名称	地点	镜煤组反射率	地层	煤变质阶段
84-永-27	角质暗煤	湖南永和	0.517	P <sub>2</sub> L	Ⅱ阶段
84-乐a·b	树皮暗煤	江西乐平鸣山	0.677	P <sub>2</sub> L	Ⅱ阶段
84-永-9	含海泡石生物碎屑灰岩中煤屑	湖南永和	0.268	P <sub>1</sub> g	Ⅰ—Ⅱ阶段
84-永-12	泥质生物灰岩中煤屑	湖南永和	0.307—0.515	P <sub>1</sub> g	Ⅰ—Ⅱ阶段
84-永-15	海泡石原岩中煤屑	湖南永和	0.235—0.465	P <sub>1</sub> g	Ⅰ—Ⅱ阶段
84-永-16	含海泡石泥晶灰岩中煤屑	湖南永和	0.333—0.400	P <sub>1</sub> g	Ⅰ—Ⅱ阶段

西安煤炭科学研究院地质勘探分院陈佩元测定

## 2. 海泡石的转化程度与二叠纪煤的变质程度呈同步的变化

上述可知，海泡石矿床的分布区内煤的变质程度很低。为了探求低变质煤与海泡石区之间在区域上的分布规律，笔者收集了萍乐拗陷及其邻域的煤的挥发分V<sup>r</sup>及少量镜煤反射率共108个点，籍以划分煤变质阶段。在VICTOR—9000微机上应用趋势分析法对数据进行处理，划分出煤变质阶段，描绘出二维三次和四次趋势面图（图4）。结果证明低变质煤分布区与海泡石分布区具有明显的一致性。

从三次趋势面图上可以看出，在江西乐平和都昌—修水—浏阳—湘潭—湘乡一带分



1、三次趋势面图 2、3、4……分别为煤的变质阶段 I、II、III……的界线 2、四次趋势面图  
图4 二维三次和四次趋势面图

Fig. 4 1、3rd trend surface map 2、3、4 are the trend of coal rank I、II、III respectively, 2、4th trend surface map

别存在两个孤立的负值区。在江西萍乡—宜春—分宜—新余一带出现一个高正值区。正值区高点在清江—宜春以南的安福一带。四次趋势面表现为东（江西乐平为中心）、西（湖南浏阳—湘乡）两个负值区。高正值区在萍乡—新余—安福一带以南地带，中心轴呈北东—南西向，说明该区为高变质带。在负值区里，主要是低变质煤（烟煤）和已知海泡石矿的分布范围。例如，东边的负值区中分布有浏阳永和、湘潭杨家桥、云湖桥、银田寺、湘乡龙洞等矿区。正值区内，例如萍乡、宜春、分宜、新余、安福、峡江等地，据野外取样结果均为滑石分布区，在此范围内恰是无烟煤的分布区。因此，低变质煤分布区与海泡石的分布区基本一致。

### 3. 根据低变质煤的分布预测海泡石的可能性

低变质煤的分布区表示区域变质作用弱的分布范围。如果沉积古理条件也有利的话，则可以推断有利的预测区。根据目前掌握的地质资料，江西省内可能存在两个对寻找海泡石有利的地带：（1）东乡—余干—乐平一带；（2）修水—通山（湖北交界）—瑞昌一带。在上述地带开展小规模的普查找矿工作可能会收到预期的效果。

本文是在章人骏先生指导下完成的，深表谢意。

收稿日期 1985年12月13日

### 参 考 文 献

- [1] 陈芸菁等, 1985, 科学通报, 4期, 284—287页。

- [ 2 ] 武汉地质学院煤田教研室, 1979, 煤田地质学, 上册, 地质出版社。
- [ 3 ] 章人骏, 1947, 地质论评, 12卷, 241—248页。
- [ 4 ] 章人骏等, 1985, 中国地质科学院宜昌地质矿产研究所所刊, 九号, 1—14页。
- [ 5 ] 彭琪瑞等, 1963, 中国粘土矿物研究, 科学出版社。
- [ 6 ] D.W. Lewis, 1979, Practical Sedimentology, Hutchinson Ross Publishing Comany, p.229.
- [ 7 ] Zhang Renjun, 1981, Sepiolite deposits in South China. Presented at the 7th Inter. Clay Confer. 1981, published in: Palygorskite-Sepiolite, Occurrences, Genesis and Uses. Edited by A. Singer and E. Galan, 1984 Elsevier.
- [ 8 ] Zhang Rejun and Yang Zhengqiang, 1985, Distribution and occurrences of sepiolite in China, 1985, Inter. Clay Confer. Abstracts, Denver, p.265.

## GEOLOGICAL AND PROSPECTIVE SIGNIFICANCE OF THE EARLY PERMIAN, MARINE SEPIOLITE-PHASE TRANSFORMATION IN PINGXIAN-LEPING DEPRESSION

Yang Zhenqiang    Chen Shangqin    Xu Junwen

(Yichang Institute of Geology and Mineral Resources, Yichang, Hubei)

### Abstract

A rare type of marine sepiolite in China was first reported from Leping County, Jiangxi Province in 1947 (R. Zhang, 1947). In 1963, Peng Qirui founed the existence of talc and quartz associated with the sepiolite by means of DTA and XRD. In recent years, Professor R. Zhang considered the talc may be the result of the transformation of crystal structure of sepiolite underdeep buried condition (R.Zhan, 1981; R. Zhang and Z. Yang, 1985). In this paper the authors briefly summarized the achievement of sepiolite phasetransformation both in laboratory experiments and in field observations, which has been reported in publications. It is noticed that sepiolite is stable under hydrothermal condition at temperature below 310°C. At higher temperature sepiolite undergoes the following transformation: sepiolite  $\rightarrow$  (stevensite)  $\rightarrow$  hydrotalc  $\rightarrow$  talc (+ quartz).

Since the associated minerals — talc, stevensite and quartz are major factors to influence the ore quality and evaluation in industry, it is important to deal with the sepiolite phase-transformation during the diagenesis processing. The phase-transformation of sepiolite in the early Permian in south China is an only example in the world, and also a nature example to study sedimentary diagenesis.

The major factors of the transformation are palaeothermals, pressure and geological time. The most important factor for sepiolite to be transformed into talc is palaeo-



temperature. It should be pointed out that the transformation can be taken place at lower palaeotemperature rather than 310°C which obtained from the artificial experiments. A sensible way to determine the palaeotemperature under buried condition is the degree of coalification of the Permian coal seams (Table 1,2). The reflectance of vitrinite is particularly useful since measurements need not be confined to coal, but can be undertaken on other sediments which contain plant fragments preserved as vitrinite. So, vitrinite reflectance in the Permian sedimentary rocks can be used as an indication of burial temperature reached by sepiolite. According to the vitrinite reflectance (Table 3), the authors suggest that the favourable diagenetic temperature for the transformation is below 120°C.

Based on the regional distribution of the Permian coal rank, the authors consider that the sepiolite phase-transformation shows a synchronous relationship with coal metamorphism. It can be shown that the distribution areas of the lower rank of coal (subbituminous coal) conform evidently to those of sepiolite on the map of the trend surface analysis (Fig. 4, ) by means of the computer VICTOR-9000. Therefore, the geological, prospective significance of the phase-transformation for sepiolite lies in the possibility for predicting the existing regions of sepiolite based on the lower rank of coal.