

# 天然粘土样品分析的 伊利石/蒙皂石间层矿物的间层比计算方法

陈洪起 赵杏媛 张有瑜

(石油勘探开发科学研究院, 北京)

乙二醇(EG)处理定向样品的X射线衍射谱图上有无17Å衍射峰,是区分伊利石/蒙皂石无序间层和伊利石/蒙皂石有序间层的重要标志。

实验证明,对于纯样品,伊利石/蒙皂石无序间层矿物的17Å衍射峰强度变化主要决定于间层比(S%)的大小;对于天然样品,尤其是含有分散伊利石的天然样品,伊利石/蒙皂石无序间层矿物的17Å衍射峰强度除了受间层比的影响以外,还受样品中该间层矿物相对含量的影响,即受其它伴生矿物,尤其是分散伊利石相对含量的影响。本文根据具不同间层比的纯伊利石/蒙皂石无序间层矿物与分散伊利石以不同比例的混合样品的X射线衍射分析结果,提出一种适用于天然粘土样品分析的伊利石/蒙皂石无序间层矿物的间层比计算方法,同时还介绍天然粘土样品分析的伊利石/蒙皂石有序间层矿物的间层比计算方法。

伊利石/蒙皂石间层矿物是一种在含油气盆地内广泛分布的粘土矿物,它常作为蒙皂石→伊利石成岩转化的中间产物产出。含油气盆地的蒙皂石→伊利石成岩转化与有机质热演化和油气初次运移等密切相关,不同的伊利石/蒙皂石间层矿物的水化膨胀性能等也不相同。因此,用X射线衍射分析方法研究伊利石/蒙皂石间层矿物的间层比并进而探讨其间层作用类型,不仅可以帮助解决有机质热演化和油气初次运移等石油地质问题,而且还可以为油层保护和井眼稳定等石油钻采工程的设计与施工提供依据,对石油勘探开发具有极其重要的指导意义。

## 一、伊利石/蒙皂石间层矿物及其X射线衍射特征

伊利石/蒙皂石间层矿物是一种由伊利石和蒙皂石两种单元晶层(单位构造层)组成的粘土矿物,两种单元晶层的沿c轴叠积可以是规则的,也可以是不规则的或随机的。

伊利石/蒙皂石规则间层矿物的伊利石单元晶层和蒙皂石单元晶层沿c轴呈周期性重复。伊利石单元晶层与蒙皂石单元晶层之比为1:1的伊利石/蒙皂石规则间层矿物称为累托石或钠板石,其基面间距等于伊利石和蒙皂石两者的基面间距之和,即25Å。在X射线衍射谱图上具有完整的整数基面衍射序列,自然定向样品的(001)衍射峰的d值为25Å;乙二醇饱和处理后,由于蒙皂石单元晶层的膨胀,其(001)衍射峰的d值增大为27Å;加热550℃(恒温2小时)处理后,由于蒙皂石单元晶层的塌陷,其(001)衍射峰的d值收缩为20Å(图1)。

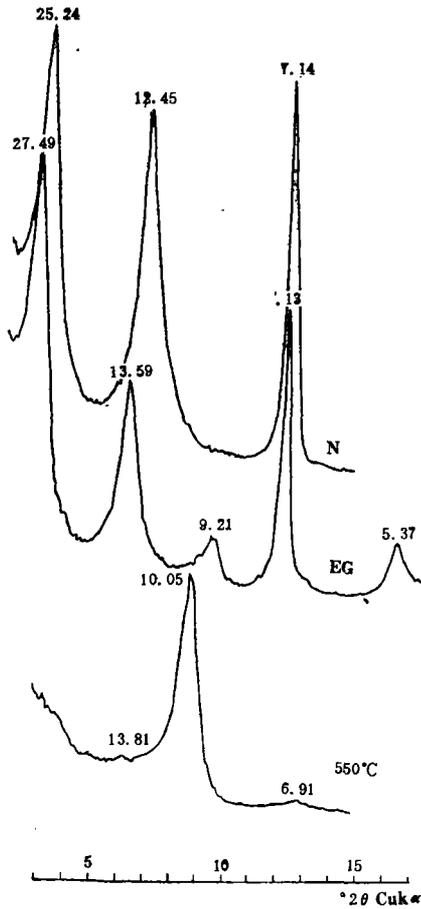


图1 四川盆地二叠系累托石X射线衍射谱图  
 N. 自然定向样品; EG. 乙二醇饱和和处理定向样品;  
 550°C: 加热550°C恒温2小时处理定向样品

伊利石/蒙皂石无序间层矿物的伊利石单元晶层和蒙皂石单元晶层沿c轴呈非周期性重复,与伊利石/蒙皂石规则间层矿物相反,它不具有整数基面衍射序列。自然定向样品的 $(001)_I/(001)_S$ 衍射峰的d值为15Å(伊利石与Ca-蒙皂石的无序间层)(I=伊利石,S=蒙皂石,下同),乙二醇饱和和处理后,增大为17Å,随着伊利石单元晶层数量的增加和蒙皂石单元晶层数量的减少,伊利石/蒙皂石无序间层 $(001)_I/(001)_S$ 衍射峰的d值不变(位置不变),强度变化(峰形变化),即衍射峰低角度一侧的峰谷到峰顶的距离(用l表示)与衍射峰的高度(用h表示)之比 $l/h$ 逐渐减小,直至等于零。同时 $(002)_S$ 和 $(003)_S$ 衍射峰分别向 $(001)_I$ 和 $(002)_I$ 衍射峰移动,即蒙皂石单元晶层的 $(002)$ (8.5Å)和 $(003)$ (5.6Å)衍射峰分别向伊利石单元晶层的 $(001)$ (10Å)和 $(002)$ (5Å)衍射峰移动(图2)。

与伊利石/蒙皂石规则间层矿物不同,伊利石/蒙皂石有序间层的伊利石单元晶层与蒙皂石单元晶层之比大于1:1,间层中含有呈无序或规则状态分布的多余伊利石单元晶层。伊利石/蒙皂石有序间层矿物可以有IS、IIS和ISII,即 $R=1$ 、 $R=2$ 和 $R=3$ 三种

间层作用类型。Środoń和Eaerl(1984)认为,IIS有序类型的伊利石/蒙皂石有序间层矿物并不存在或极为少见。与伊利石/蒙皂石规则间层矿物不同,伊利石/蒙皂石有序间层矿物虽具有大基面间距衍射峰(常见的是其2级、3级或更次一级的基面衍射峰),但不具有完整的整数基面衍射序列(图3)。与伊利石/蒙皂石无序间层矿物不同,伊利石/蒙皂石有序间层矿物不具有17Å衍射峰(乙二醇饱和和处理定向样品)(图3)。

伊利石/蒙皂石间层矿物中的蒙皂石单元晶层含量(S%)称为伊利石/蒙皂石间层矿物的间层比。理论上讲,伊利石/蒙皂石间层矿物的间层比可以从100%递变到0%,它定义了整个蒙皂石—伊利石/蒙皂石无序间层—伊利石/蒙皂石有序间层——伊利石矿物系列。Reynolds和Hower(1970)、Reynolds(1980)计算出大量的伊利石/蒙皂石间层的X射线衍射谱图,结果表明,间层比小于40—50%的多为有序间层,随着间层比的减小,首先形成IS型有序间层,当间层比进一步减小至约15%时,就形成ISII型有序间层。Środoń(1984)进行了伊利石质粘土的X射线衍射研究,结果表明,间层比为

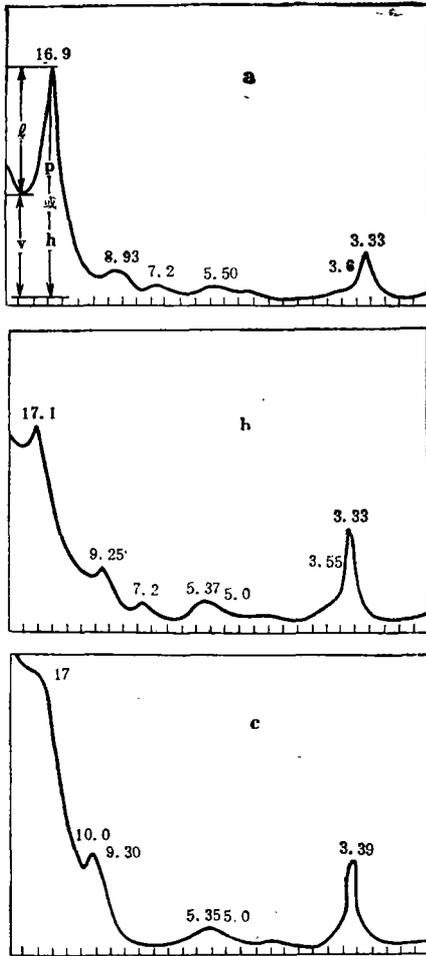


图2 乙二醇饱和处理伊利石/蒙皂石无序间层矿物定向样品的X射线衍射谱图  
(Reynolds和Hower, 1970)

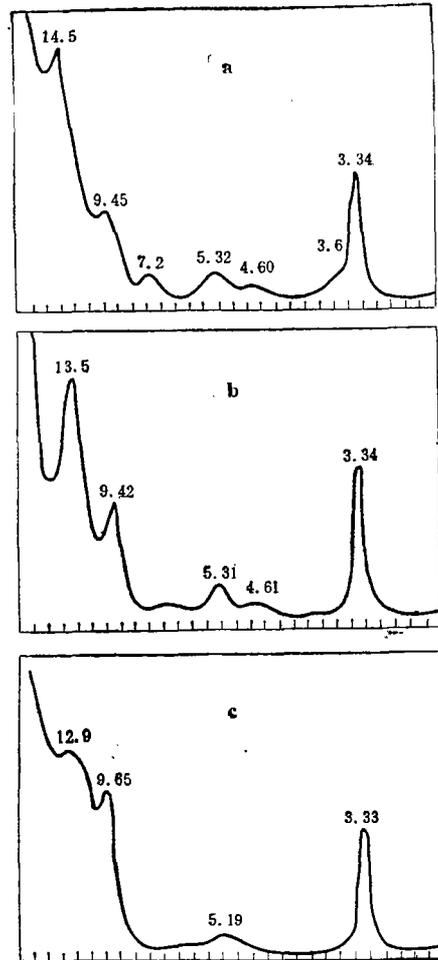


图3 乙二醇饱和处理伊利石/蒙皂石有序间层矿物定向样品的X射线衍射谱图  
(据Reynolds和Hower, 1970)

100—49%的伊利石/蒙皂石间层矿物多为无序间层；间层比小于49%的伊利石/蒙皂石间层矿物多为有序间层。Atsuyuki Inoue等人(1987)进行了蒙皂石→伊利石转化的化学和形态研究，结果表明，间层比为100—50%的伊利石/蒙皂石间层矿物多为无序间层；间层比为50—0%的伊利石/蒙皂石间层矿物多为有序间层。本文赞成środoń(1984)和Atsuyuki Inoue等人(1987)的观点，把间层比等于50%作为伊利石/蒙皂石无序间层和伊利石/蒙皂石有序间层的分界线，主要讨论天然粘土样品分析的伊利石/蒙皂石无序间层矿物和伊利石/蒙皂石有序间层矿物的间层比计算方法。

## 二、伊利石/蒙皂石间层矿物的间层比计算方法

### 1. 无序间层矿物的间层比计算方法

如前所述，乙二醇饱和处理伊利石/蒙皂石无序间层矿物具有17Å衍射峰，其 $l/h$ 比

值随间层比(S%)减小而减小,直至等于零(S%=50%时),显然,对于纯样品,只需在其乙二醇饱和处理定向样品的X射线衍射谱图上量得17Å衍射峰的1/h比值,再利用已作出的1/h—S%关系图(如图5, a)即可求出其间层比。然而,天然粘土样品很少是单矿物相的,除了伊利石/蒙皂石无序间层矿物以外,还常常含有其它伴生矿物,尤其是分散状伊利石。伊利石的10Å衍射峰与17Å衍射峰位置靠近,它的存在势必会影响17Å衍射峰的状态,这时,如果仍按与纯样品相同的方法求其间层比必然会产生相当大的误差,为解决这一问题,作者进行了伊利石/蒙皂石无序间层矿物—分散伊利石混合样品的X射线衍射分析试验。首先选取分别产自辽宁凌源和新疆准噶尔盆地夏53井(1827.9—1830.

56m)二叠系泥岩的纯伊利石/蒙皂石无序间层矿物样品(<2μm)与产自河北邢台章村的纯伊利石样品(<2μm)按不同比例混合(表1)并按常规X射线衍射分析要求分别制做自然风干定向样品、乙二醇饱和处理定向样品和加热550℃、恒温2小时处理定向样品,然后上机分析并分别测量每一乙二醇饱和处理定向样品X射线衍射谱图的17Å衍射峰的1/h值。试验结果综述于图4,表1和图5b。

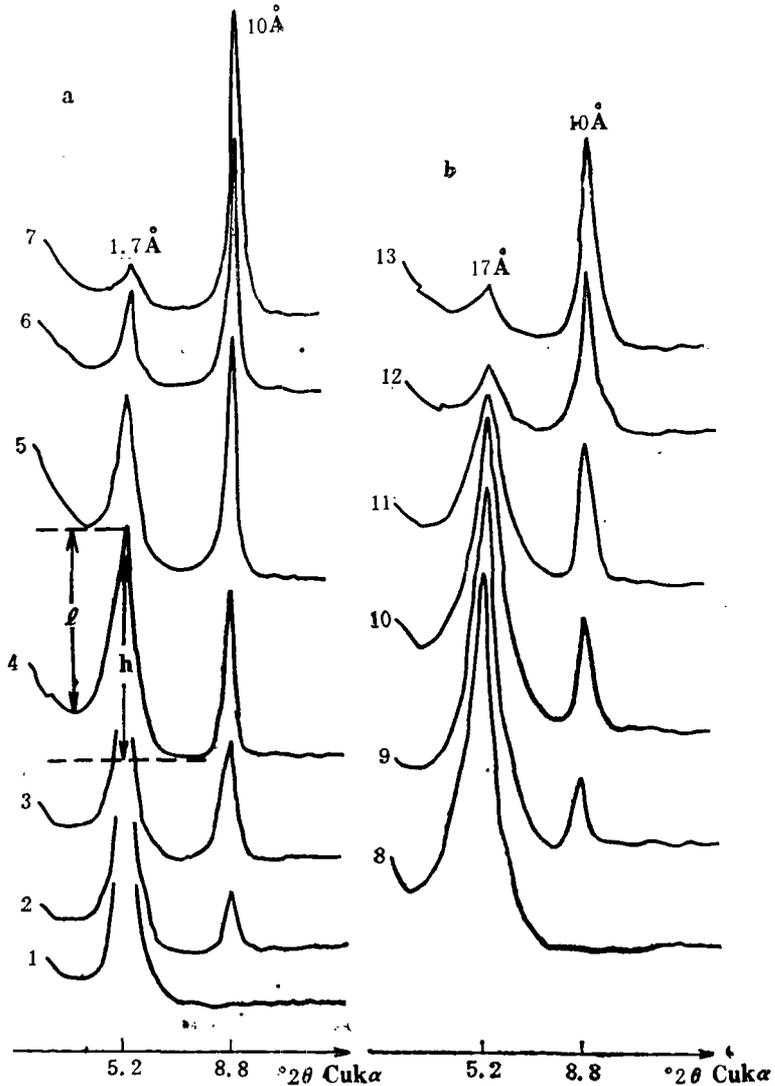


图4 乙二醇饱和处理不同配比伊利石/蒙皂石无序间层—分散伊利石混合物定向样品的X射线衍射谱图

a. 伊利石/蒙皂石无序间层(辽宁凌源)—伊利石(河北章村)混合样品; b. 伊利石蒙皂石无序间层(新疆准噶尔盆地)—伊利石(河北章村)混合样品, (样品号同表1)。

表 1 不同配比伊利石/蒙皂石无序间层(I/S)-伊利石(I)混合样品17Å衍射峰峰形特征数据表

本 文 试 验							本 文 修 正 t/h 法					
样品编号	矿物及次地		样品组成 (%)		17Å 衍射峰 I/h 比值	间层比 (S%) (据 I/h 比值由图 5a 求出)	ΔS%	17Å 衍射峰 I/h 比值	间层比 (S'%) (据 I/h 比值由图 5a 求出)	ΔS% (据 I/h 比值由图 5b 求出)	S%	相对误差 (%)
	I/S	I	I/S	I								
1	江 宁 凌 源	河 北 邢 台 章 村	100	0	0.93	98	0	0.93	98	0	98	0.00
2			90	10	0.92	97	1	0.92	97	2	99	1.02
3			70	30	0.90	95	3	0.90	95	4	99	1.02
4			50	50	0.83	91	7	0.83	91	8	99	1.02
5			30	70	0.76	88	10	0.76	88	11	99	1.02
6			20	80	0.62	81	17	0.62	81	18	99	1.02
7			10	90	0.43	71	27	0.43	71	27	98	0.00
8	新 疆 准 噶 尔 盆 地	河 北 邢 台 章 村	100	0	0.81	93	0	0.81	93	0	93	0.00
9			90	10	0.79	91	2	0.79	91	2	93	0.00
10			70	30	0.75	87	6	0.75	87	4	91	2.15
11			50	50	0.70	85	8	0.70	85	8	93	0.00
12			20	80	0.34	67	26	0.34	67	18	85	8.60
13			10	90	0.29	64	29	0.29	64	27	91	2.15

试验结果(表1、图4、图5b)表明,伊利石/蒙皂石无序间层矿物17Å衍射峰的 I/h 比值随样品中分散伊利石含量的增加而减小,分散伊利石含量从0%增加到90%,可使其17Å衍射峰的 I/h 比值降低0.5左右,由此而求得的间层比(S%)数值相应降低30%左右。显然,如果分析样品中含有分散伊利石,对据 t/h 比值求出的伊利石/蒙皂石无序间层矿物的间层比(S%)必须进行修正,将表1的 I (%) 和 ΔS% 数据绘制成工作曲线(图5b)即为本文的可用于天然粘土样品分析的伊利石/蒙皂石无序间层矿物的间层比计算方法,实际应用时,可按下述步骤进行:

- (1)定性鉴定样品组成
- (2)计算矿物相对含量
- (3)计算间层比

如果样品不含分散伊利石,则利用图5a,据17Å衍射峰的 I/h 比值求间层比;如果样品含有分散伊利石,则首先利用图5a,据17Å衍射峰的 I/h 比值求出初始间层比并暂记为 S'%,然后再利用图5b,据分散伊利石含量 [ I (%) ] 求出修正间层比 ΔS%,最终的间层比等于初始间层比和修正间层比之和,即  $S\% = S'\% + \Delta S\%$ 。

计算实例

图6为一实际天然粘土样品 (<2μm) 分析的X射线衍射谱图,用本文的修正 I/h 法计算该伊利石/蒙皂石无序间层矿物的间层比(S%)。

- (1)定性分性:从图6可以看出,该样品虽有17Å衍射峰,但不具有整数基面衍射序

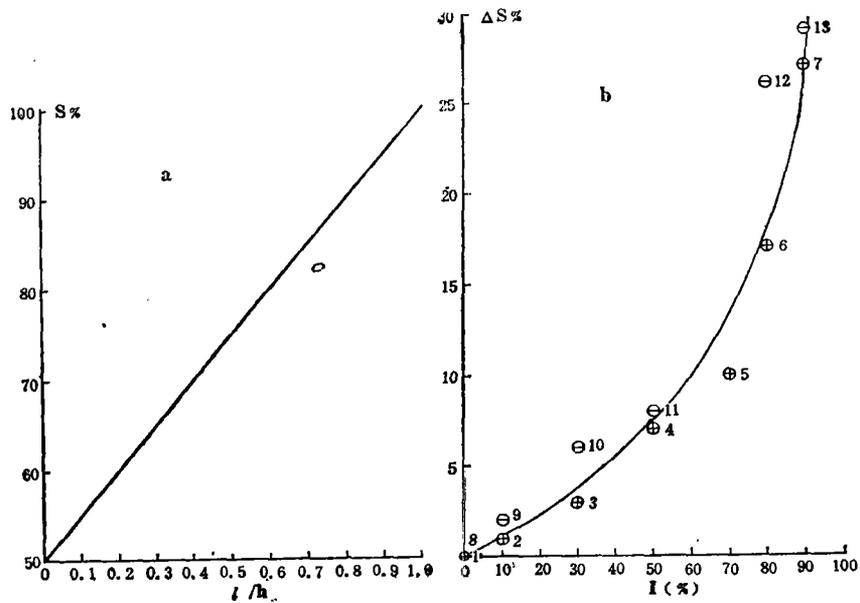


图5 伊利石/蒙皂石无序间层矿物间层比计算方法(修正 $l/h$ 法)工作曲线  
 a. 纯样品分析工作曲线; b. 含分散伊利石样品分析工作曲线

列, 样品以伊利石/蒙皂石无序间层矿物为主, 含有伊利石、高岭石、绿泥石和石英。  
 (2)从图6中测得17A衍射峰的 $l/h$ 比值为0.28并由图5a中求得 $S' \% = 64\%$ 。  
 (3)根据粘土矿物定量分析方法求出伊利石含量为36%并由图5b求得 $\Delta S \% = 5\%$ 。  
 (4) $S' \% + \Delta S \% = 64\% + 5\% = 69\%$ 即为该伊利石/蒙皂石无序间层矿物的间层比。

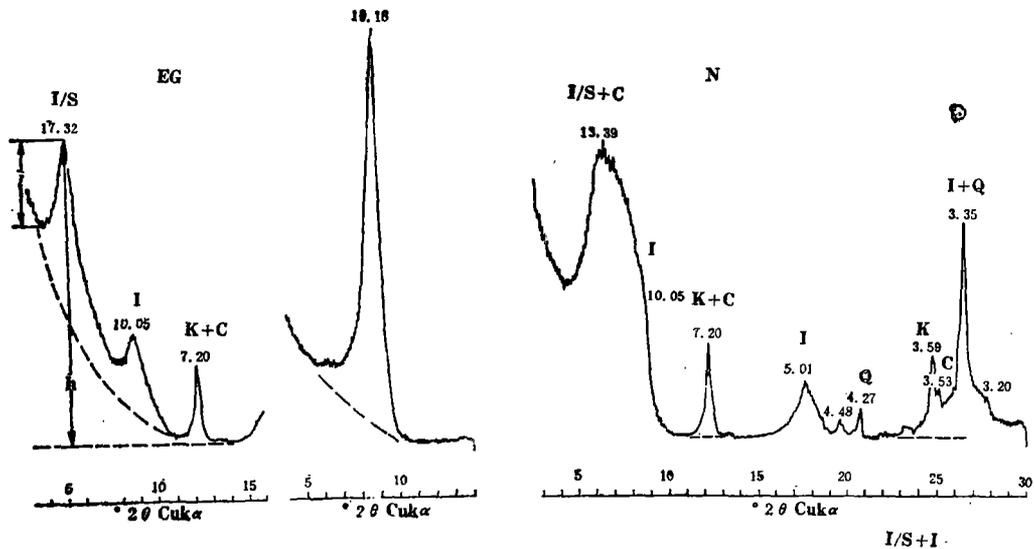


图6 冀东油田高18井3527mEs黑色泥岩粘土样品( $<2\mu\text{m}$ )的X射线衍射谱图  
 N. 自然风干定向样品; EG. 乙二醇饱和和处理定向样品;  $550^\circ\text{C}$ 为加热 $550^\circ\text{C}$ , 恒温2小时处理定向样品。I/S, 伊利石/蒙皂石无序间层; I, 伊利石; K, 高岭石; C, 绿泥石; Q, 石英。

## 2. 有序间层矿物的间层比计算方法

伊利石/蒙皂石有序间层矿物虽具有大基面间距衍射峰,但不具有完整的整数基面衍射序列,实际粘土样品分析,尤其是沉积粘土样品分析时,常常是见不到大基面间距衍射峰,取而代之的是其2级、3级或更次一级的衍射峰(可能与结晶度有关),该2级、3级或更次一级的衍射峰位于蒙皂石(001)衍射峰位置( $2\theta$ )和伊利石(001)衍射峰位置( $2\theta$ )之间,具体位置( $2\theta$ )决定于其间层比大小,或靠近蒙皂石的(001)衍射峰,或靠近伊利石的(001)峰射衍,或位于二者的中间。显然,对于实际样品分析,根据伊利石/蒙皂石有序间层矿物的次级衍射峰的 $d$ 值(自然风干定向样品:10—12.4Å;乙二醇饱和处理定向样品:10—15Å)即可确定其间层比(S%)。关于伊利石/蒙皂石有序间层矿物的间层比计算,środoń(1984)作了十分有意义的研究,作者将其发表的伊利石/蒙皂石有序间层矿物的X射线衍射数据及其相应的间层比数值连同多年来我们实际分析过的中国含油气盆地中伊利石/蒙皂石有序间层矿物的X射线衍射数据及其相应的间层比数值一起汇总成表2和表3。实际样品分析过程中,常常是不会在自然风干定向样品和乙二醇饱和处理定向样品的衍射谱图上同时都具有清楚的特征衍射峰,这时,可据具体情况分别利用表2和表3求出其间层比(S%),如果两种衍射谱图中均有明显的特征衍射峰,可取表2和表3结果的平均值。

表2 伊利石/蒙皂石有序间层矿物自然风干定向样品特征衍射峰的基面间距 [ $d_{(N)}$ Å] 及其间层比(S%)

$d_{(N)}$ Å	S %	$d_{(N)}$ Å	S %	$d_{(N)}$ Å	S %
10.2	5	10.8	21	11.8	40
10.3	8	11.0	25	12.0	43
10.4	10	11.2	29	12.1	45
10.5	13	11.4	33	12.2	47
10.7	18	11.6	37	12.4	49

表3 伊利石/蒙皂石有序间层矿物乙二醇饱和处理定向样品特征衍射的基面间距 [ $d_{(EG)}$ Å] 及其间层比(S%)

$d_{(EG)}$ Å	S %						
10.6	5	11.8	16	13.0	30	14.2	44
10.8	6	12.0	18	13.2	33	14.4	45
11.0	8	12.2	21	13.4	35	14.6	47
11.2	10	12.4	23	13.6	38	14.8	49
11.4	12	12.6	26	13.8	40	/	/
11.6	14	12.8	28	14.0	42	/	/

计算实例

图7为一实际天然粘土样品 ( $<2\mu\text{m}$ ) 分析的X射线衍射谱图, 用本文的方法计算该伊利石/蒙皂石有序间层矿物的间层比。

①定性分析: 从图7可以看出, 该样品不具有 $17\text{\AA}$ 衍射峰, 但 $10\text{\AA}$ — $15\text{\AA}$ 之间有 $11.63\text{\AA}$  (N) 衍射峰和 $13.39\text{\AA}$  (EG) 衍射峰, 样品以伊利石/蒙皂石有序间层矿物为主, 含有伊利石、绿泥石、高岭石和石英。

②自然风干定向样品衍射谱图 (N) 上伊利石/蒙皂石有序间层矿物 (I/S) 特征衍射峰的d值为 $11.63\text{\AA}$ , 由表2查得其间层比等于37%。

③乙二醇饱和和处理定向样品衍射谱图 (EG) 上伊利石/蒙皂石有序间层矿物 (I/S) 特征衍射峰的d值为 $13.39\text{\AA}$ , 由表3查得其间层比为35%。

④该有序间层矿物的间层比为  $(37\% + 35\%) / 2 = 36\%$ 。

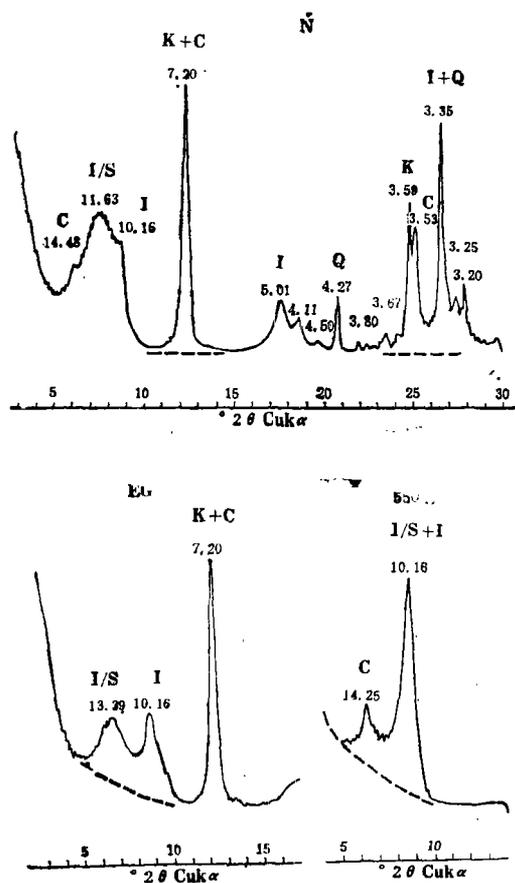


图7 二连盆地哈B井1246m  $K_1$  泥岩粘土样品 ( $<2\mu\text{m}$ ) 的X射线衍射谱图

N. 自然风干定向样品; EG. 乙二醇饱和和处理定向样品;  $550^\circ\text{C}$  为加热 $550^\circ\text{C}$ , 恒温2小时处理定向样品。I/S. 伊利石/蒙皂石有序间层; I. 伊利石; K. 高岭石; C. 绿泥石; Q. 石英。

### 三、讨 论

关于伊利石/蒙皂石间层矿物的间层比计算，国内外许多学者作了大量的工作，相继提出了多种不同的计算方法，如Weaver (1956) 的曲线法、Jonas和Brown (1959) 的三角图法、Reynolds (1970、1980) 法、Eslinger和Savin (1976) 及 Hoffman (1979) 的1/h法和V/P法、渡边隆 (1981) 法和Środoń (1980, 1981, 1984) 法，每种方法都有每种方法的独到之处，同时，每种方法也都有每种方法的局限性。

Weaver的曲线法，Jonas和Brown的三角图法简单、直观，但这两种方法具有一个共同的缺陷，把已经属于伊利石/蒙皂石无序间层的间层矿物仍按蒙皂石对待，不能准确反映蒙皂石→伊利石转变过程的真实情况，尤其不适于成岩序列的蒙皂石→伊利石相转变研究。1/h法和V/P法是Reynolds法的再转化。Reynolds法、1/h法和V/P法比较全面，把伊利石—蒙皂石间层序列划分为无序间层和有序间层两大类，科学地概括了伊利石—蒙皂石间层序列的间层作用特点。但是，这三种方法研究的均是纯样品，不适用于实际的天然粘土样品分析。渡边隆法对于纯伊利石/蒙皂石间层矿物或其含量较高的样品效果较好，但对于大多数实际样品，常常因所研究的衍射峰或宽散或极不明显而难以奏效。Środoń (1981) 在其双奏法 (Środoń, 1980) 的基础上，提出了适用于含分散伊利石样品的伊利石/蒙皂石无序间层矿物间层比计算方法，此法虽然考虑了分散伊利石的影响，但籍以修正的参数 $I_1/I_{1-5}$ 常常因衍射衍宽散或混乱而难以求出。

通过比较不难证明，本文的修正1/h法基本概括了上述各种方法的优点和基本克服了上述各种方法的所有缺点，简单、明了，既适用于纯样品分析，也适用于混合样品分析。

为验证本文修正1/h法的正确性，这里引用Środoń (1981) 的资料并将用修正1/h法计算的间层比与之对比 (表4)，结果表明，除了3R83号样品以外，修正1/h法的间

表 4

Środoń (1981), 表1										本文修正 1/h 法			相对误差 (%)		
膨胀矿物产地	组成 (%)		纯样品 S%	分析峰位置 (*2θCuKα)		S' %	* I <sub>1</sub> /I <sub>1-5</sub>	17Å峰 V/P	ΔS %	17Å峰1/h (=1-V/P)	S' % (由图5a)	ΔS % (由图5b)		S %	
	I/S	I等													
Wyoming 膨润土	100	0	100					0.06		0.94	97	0	97	3.0	
	50	50		15.70	31.69	97	0.30	0.18	3	0.82	91	7.5	99	1.0	
	30	70		15.67	31.61	95	0.64	0.24	5	0.76	88	13	101	1.0	
	10	90		15.65	31.48	90	2.14	0.37	10	0.63	81	27	108	8.0	
上西里西亚阶 (C <sub>1-3</sub> ) 膨润土	2mg	100	0	88				0.15		0.85	92	0	92	4.5	
		50	50		15.79	31.59	80	0.58	0.39	8	0.81	80	7.5	88	0.0
		30	70		15.83	31.58	75	1.26	0.32	13	0.68	82	13	95	8.0
	3R83	100	0	75					0.30		0.70	85	0	85	13.3
		50	50		15.98	31.75	66	0.67	0.50	9	0.50	75	7.5	83	10.7
	3R80	100	0	67					0.29		0.71	85	0	85	26.9
		70	30		16.04	31.62	59	0.42	0.73	8	0.27	63	4	67	0.0
		50	50		16.10	31.67	56	0.74	0.75	11	0.25	62	7.5	70	4.4
		30	70		16.13	31.52	53	1.50	0.86	14	0.14	57	13	70	4.5

\* 伊利石 (002) 衍射峰与15—16 °2θ之间的伊利石/蒙皂石无序间层矿物衍射峰的高度比

层比与Šrodoń法的间层比基本一致，误差小于8%，3R80号纯样品的间层比误差较大（26.87%）的原因可能是Šrodoń（1981）原文的V/P值有误或其测量欠准确。

表1同时还给出了本文修正1/h法的相对误差，从表1中可以看出，只要测量准确，使用修正1/h法可使计算的间层比的相对误差在9%以下。

图4表明，实际粘土样品分析中，伊利石/蒙皂石无序间层矿物含量小到10%或更小，利用本文的修正1/h法仍可以准确地计算出其间层比。

Šrodoń（1984）的伊利石/蒙皂石有序间层矿物间层比计算方法，考虑到了整个谱图的衍射特征（多级衍射特征），全面、准确，作者据此总结归纳和补充的表2和表3，简单、方便，继承了原方法的优点。

（收稿日期：1989年3月20日）

### 参 考 文 献

- 〔1〕陈洪起、赵杏媛，1989，一种定量测定粘土矿物的X射线衍射方法。矿物岩石，第9卷，第4期，p.91—94.
- 〔2〕Weaver, C.E., 1956, The distribution and identification of mixed-layer clays in sedimentary rocks, Amer. Miner., 41, 202—221.
- 〔3〕Jonas, E.C. and Brown, T.E., 1959, Analysis of interlayer mixtures of three clay mineral types by X-ray diffraction, Jour. Sed. Petrology, 29, 1, 77—86.
- 〔4〕Reynolds, R.C. and Hower, J., 1970, The nature of interlayering in mixed-layer illite/montmorillonites, Clays and Clay Minerals, 18, 25—36.
- 〔5〕Eslinger, E.V. and Savin, S.M., 1976, Init. Reports on the Deep Sea Drilling Project XXXV, 489, U.S. Government Printing Office, Washington.
- 〔6〕Hoffman, J. CH., 1979, PhD thesis, Case Western Reserve Univ., Cleveland Ohio, USA.
- 〔7〕Reynolds, R.C., 1980, Interstratified clay minerals. In: G.W. Brindley and G. Brown (Editors), Crystal structures of clay minerals and their X-ray identification, Mineralogical Soc., London, 249—303.
- 〔8〕Šrodoń, J., 1980, Precise identification of illite/smectite interstratification by X-ray powder diffraction, Clays and Clay Minerals, 28, 401—411.
- 〔9〕Šrodoń, J., 1981, X-ray identification of randomly interstratified illite-smectite in mixtures with discrete illite, Clay Minerals, 16, 297—304.
- 〔10〕Šrodoń, J., 1984a, X-ray powder diffraction identification of illitic materials, Clays and Clay Minerals, 32, 337—349.
- 〔11〕Šrodoń, J. and Eberl, D.D., 1984, Illite. In: S.W. Bailey (Editor), Micaceous Minerals. Soc. Amer. Short Course Notes, 495—544.
- 〔12〕Atsuyuki Inoue, et al., 1987, Chemical and morphological evidence for the conversion of smectite to illite, Clays and Clay Minerals, 35, 2, 111—120.
- 〔13〕渡边隆，1981，/矿物学杂志，第15卷，特别号，32—41.

# A PRECISE PROCEDURE OF THE PROPORTION OF SMECTITE LAYER CALCULATION SUITABLE FOR INTERSTRATIFIED ILLITE/SMECTITES ANALYSIS OF NATURAL CLAY SAMPLES

Chen Hongqi    Zhao Xingyuan    Zhang youyu

(Scientific Research Institute of Petroleum Exploration and  
Development, Beijing)

## Abstract

The 17Å reflection of the XRD pattern of oriented preparation ethylene glycol-solvated sample is an effective indicator to distinguish the disorderly from orderly (IS-ordered and ISII-ordered) illite/smectite interstrata.

The experiments in this paper shows that the 17Å reflection intensity of disorderly interstratified illite/smectite varied mainly with the proportion of smectite layers (S%) for the pure sample rather than with the proportion of smectite layers (S%), but also with the disorderly interstratified illite/smectite content (I/S(%)) and other types of mineral contents, especially the content of discrete illite (I(%)) for the mixtures. From the XRD data of mixture samples composed of disorderly interstratified illite/smectite with two different proportions of smectite layers (S%) and different contents of discrete illites (I/S(%)), a precise procedure on the proportion of smectite layers (S%) calculation suitable for disorderly interstratified illite/smectite analysis of natural clay samples has been deduced.

In the paper, a precise procedure on the proportion of smectite layer calculation suitable for orderly interstratified illite/smectite analysis of natural clay samples also has been deduced based on the data of Środoń's publication (1984) and author's practical XRD analyses,