

沉积地层中伊 蒙混层粘土矿物的 晶体结构晶体化学研究^①

雷新荣 刘惠芳 陆 琦

(中国地质大学测试中心, 武汉 430074)

提 要 不规则伊 蒙混层粘土矿物在沉积地层中广泛存在, 通过对 17例伊 蒙混层粘土矿物样品进行系统研究得出: (1)沉积地层中的部分有序型伊 蒙混层矿物的晶层连接概率介于完全随机混层与机械混和物的连接概率之间; (2)伊 蒙混层中的蒙皂石晶层向伊利石的转化分两步完成: 两层水蒙皂石→单层水蒙皂石→伊利石; (3)随着成岩作用的进行(埋藏深度增加), I/S中的 I晶层含量增加, 在此同时, I/S晶体结构中四面体片的类质同相代换增加, 四面体电荷及总层电荷亦增加, 匹配该增加部分电荷的是层间域 K的含量明显增加; (4)在沉积地层中的 I/S混层矿物中, I晶层具有白云母的成分特点, 层电荷为 0.75左右; S晶层则具有纳蒙脱石的成分特点, 层电荷为 0.30左右。

关键词 伊 蒙混层粘土矿物 成岩作用 晶体化学 晶层排布 层电荷

分类号 P 588. 22

第一作者简介 雷新荣 男 34岁 副教授(博士) 粘土矿物、沉积地层分析

1 概 述

在沉积地层中分布着大量的伊利石 蒙皂石混层粘土矿物(以下简称 I/S, I代表伊利石晶层, S代表蒙皂石晶层), 并且绝大多数为不规则混层矿物^[2], 研究地层中的 I/S可以判定成岩作用的进程^[2], 并可划分油田中的第一和第二脱水带^[2], 由于地层中的 I/S多与其它粘土矿物(如高岭石, 绿泥石, 蒙皂石, 伊利石等)共同存在, 因此有关对沉积地层中 I/S晶体结构晶体化学方面的研究相对比较少。Sroden^[5]通过理论计算得出了一系列用于确定样品中 I/S的两层有序型(即 IS型)或四层有序型(即 ISII型)的图表和参数, 仅用于定性地描述 I/S的晶体结构。Velde^[6]研究了某沉积盆地的 I/S后得出, 沉积盆的 I/S中的 I晶层的层电荷为 0.75K/O 10(OH)₂, 其层电荷的起源有的以四面体为主, 有的以八面体为主, 前者为绿磷石型类质同相代换, 后者为白云母型类质同相代换; S晶层的层电荷数为 0.3~0.7不等。

笔者在多年的工作中, 有幸系统地收集到了多例沉积地层中的纯 I/S样品, 在前人工作的基础上, 从晶体结构、晶体化学角度对 I/S进行了系统研究

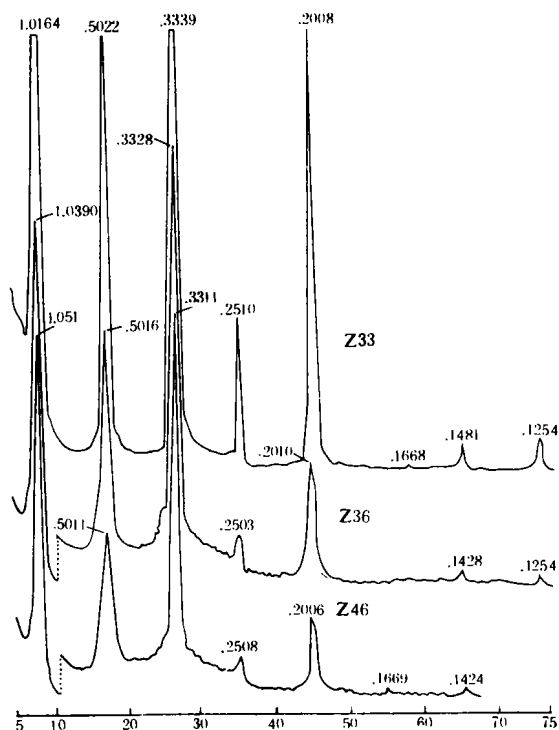


图 1 Z33, Z36, 及 Z46号样粘土矿物
定向片 X射线衍射图谱
d值单位: nm, 角度: ° (CuKα)

Fig. 1 X RD patterns of oriented clay mineral sections
of Sample Z33, Z36 and Z46

① 国家自然科学基金资助项目, 编号 49202020
收稿日期: 1995-12-03

2 不规则伊/蒙混层粘土矿物的晶体结构研究

图 1 为产出于新疆某地侏罗系地层中的三例典型的纯 I/S 样品的定向 X 射线衍射图 (衍射条件为: D/M AX-3B 粉晶衍射仪, Cu 靶, Ni 滤波, 30kV, 30mA, 扫描速度 $2^\circ/\text{min}$), 按地层从老到新样品编号为 Z33、Z36、Z46。对该三例样品的定向 X 射线衍射数据进行 MacEwan 直接付里叶变换分析 (变换方法据 Reynolds^[4], 详细介绍见陆琦等^[2]), 由变换结果所求得晶层厚度及成分参数、晶层分布概率列于表 1 中。

由表 1 可以看出, 三例样品的 S 晶层的厚度具有明显差异, Z46 样为 1.50 nm (相当于两层水蒙皂石), Z33 和 Z36 为 1.25 nm (相当于单层水蒙皂石)。

表 1 Z46、Z36 及 Z33 三例 I/S 样品的晶层排布概率及晶层厚度

Table 1 Arrangement probabilities and crystal layer thicknesses of Sample Z46, Z36 and Z33.

项 目		Z 46	Z 36	Z 33
晶层厚度 (nm)	I 晶层	1.001	1.003	1.003
	S 晶层	1.505	1.253	1.260
成分参数		$P_i^i: P_s$	$0.345: 1.155$	$0.923: 0.077$
晶层 连接 概率	$P_{i \rightarrow i}$	0.927	0.926	0.969
	$P_{i \rightarrow s}$	0.926	0.953	0.947
	$P_{s \rightarrow s}$	0.897	0.880	0.952
	$P_{s \rightarrow i}$	0.430	0.293	0.259

由表 1 中的数据可知, 在该三例样品的概率数据中, $P_{i \rightarrow i} > P_i$; $P_{i \rightarrow s} > P_i$; $P_{s \rightarrow s} > P_s$ (即 I 晶层之后, II 晶层之后, 及 III 晶层之后跟随 I 晶层的概率大于整个矿物中 I 晶层含量), 由此得出, 在这种 I/S 混层矿物中, I 晶层具有明显的分带趋势^[4]。同样, $P_{s \rightarrow s} > P_s$ (即 S 晶层之后跟随 S 晶层的概率大于整个矿物中所含的 S 晶层的概率), 由此可知, 在该混层矿物中, 蒙皂石晶层亦具有分带的趋势。

如果由 A、B 两种晶层组成的混层矿物完全随机型混层, 则 $P_{A \rightarrow A} = P_A$, $P_{B \rightarrow B} = P_B$; 如果所谓的“混层矿物”是由 A、B 两种晶层矿物相所组成的机

械混合物, 则 $P_{A \rightarrow A} = P_A$, $P_{B \rightarrow B} = P_B$ 。上述三例样品的概率数据数据介于完全无序型混层与机械混合之间。另外由 $P_{i \rightarrow i} > P_i$ 可知, 样品中的伊利石晶层具有 II 有序的趋势; 同样, 由 $P_{i \rightarrow i} > P_i$ 可知, 样品中的伊利石晶层还具有 III 有序的趋势, 由 $P_{i \rightarrow i} > P_i$ 可知, I 晶层亦具有 III 有序的趋势……。

另外, 对于 Z46 与 Z36 两例样品, 在其晶层分布概率 $P_{i \rightarrow i}$ 、 $P_{i \rightarrow s}$ 、 $P_{s \rightarrow s}$ 三组数据中, 前两者明显大于后者, 即两个 I 晶层之后再跟随 I 晶层的概率明显大于三个 I 晶层之后再跟随 I 晶层的概率, 三个 I 晶层之后再跟随 I 晶层的概率 ($P_{i \rightarrow i}$) 已经比较接近于样品中 I 晶层的成分参数 (P_i) 了, 这可看作该两例 I/S 具有 IIIS 有序的趋势, 习惯上, 把这种有序记作 ISII, 即四层有序型。

在沉积岩地层中, 随着成岩作用的进行, I/S 混层矿物的演化规律是: (1) 离散蒙皂石 \rightarrow (2) 完全随机的 I/S 混层矿物 \rightarrow (3) 趋于 IS 两层有序类型的 I/S \rightarrow (4) 趋于 ISII 四层有序类型的 I/S \rightarrow (5) 离散型伊利石^[2]。

本文的三例样品处于该演化序列的第 4 阶段 (Z46、Z36 样) 及第 4 阶段向第 5 阶段的演化位置 (Z33 样), 即总体上相当于地层中的第二脱水带位置^[2]。在该带内 I/S 的演化仍可分为两个步骤: 混层中的 S 晶层携带两层层间水 (Z46 样) \rightarrow 携带 \rightarrow 一层层间水 (Z36、Z33 样), 因此可以推测, 在上述蒙皂石通过 I/S 混层演化成为伊利石的整个过程中, 每个蒙皂石晶层向伊利石晶层的演化可能都是分两步走的, 即由两层水蒙皂石演化变成单层水蒙皂石, 再由单层水蒙皂石演化变成伊利石, 在该过程中 I/S 中的蒙皂石晶层排放出层间域的半数水分子, 以后又在转化为离散伊利石时在排放出剩余的半数层间水。

3 沉积地层中不规则伊/蒙混层矿物的晶体化学特征

沉积地层中 I/S 的最显著特征是随着埋藏深度的增加, I/S 矿物中 I 晶层的含量逐渐增加。正是由于这一特征, I/S 可被当作一种二元固溶体系列看待, 如果把这种看法用于它们的化学成分, 则在所有不同层位的 I/S 中 I 晶层应具备固定不变的化学组成, S 晶层也同样。很多学者在这一方面已作了大量工作, 得出的结论是: 尽管不同成因的 I/S 中的 I

晶层之间及 S晶层之间存在着化学成分、层电荷及层电荷来源等方面的差异,但同一种成因的 I/S,其 I晶层都是彼此相同或者相似的, S晶层也一样^[7]。本文即是在此结论的基础上,对一钻孔中产出的 I/S作系统研究,揭示其中 I晶层的晶体化学特征。

样品取自吉林扶余油田某钻孔中,编号 J1~

J14 经 X射线定量分析得出,在这些样品的粘土矿物部分, I/S矿物的含量皆为 98%~ 100%。在 I/S矿物中, I晶层所占的比例 (I/S中 I晶层的含量求法见陆琦等^[3]为 7%~ 90%不等 (一例为离散伊利石矿物),它们的电子探针定量分析结果 I/S中 I晶层含量数据及样品所产生的深度列于表 2中。

表 2 J1~ J13样的电子探针定量分析结果及混层比率数据

Table 2. Electron probe analytical results and ratios of I and S in I/S.

	埋藏深度 (m)	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	伊晶层含量
J1	3732.3	48.181	0.103	34.237	0.745	0.497	0.094	0.099	10.111	100%
J2	3380.5	50.924	0.401	31.253	1.401	0.797	0.060	0.198	8.184	83%
J3	3378.5	51.417	0.543	31.596	1.809	0.986	0.080	0.248	7.827	90%
J4	3376.5	54.877	0.421	32.117	1.322	0.708	0.090	0.246	7.839	82%
J5	3372.8	57.060	0.145	30.994	1.172	0.752	0.371	0.386	7.530	78%
J6	3369.5	51.547	0.594	29.535	0.768	0.106	0.085	0.127	6.516	78%
J7	3362.8	52.102	0.595	28.808	1.029	0.191	0.084	0.194	5.786	78%
J8	3356.7	51.237	0.592	31.912	1.250	0.526	0.014	0.146	7.536	76%
J9	3353.6	55.235	0.442	32.371	1.192	1.033	0.053	0.175	7.337	77%
J10	3350.8	54.488	0.755	31.311	1.337	1.039	0.081	0.162	7.372	77%
J11	3349.5	54.735	0.713	30.372	1.195	0.888	0.083	0.211	6.988	78%
J12	3348.0	53.441	0.606	32.808	1.461	0.985	0.049	0.101	7.903	76%
J13	3346.0	54.203	0.354	31.275	0.927	0.837	0.121	0.213	6.961	73%
J14	3340.4	50.142	0.413	28.633	1.554	0.855	0.175	0.209	6.502	75%

表 3 I/S晶体结构中的阳离子分布计算结果 [按 O₁₀^{(OH)₂}]

Table 3 Cation distribution of I/S minerals with different I/S ratios (calculated according to O₁₀^{(OH)₂})

样品编号		J1	J2	J3	J4	J5	J6	J7	J8	J9	J10	J11	J12	J13	J14
八面体	Al	1.885	1.833	1.819	1.842	1.812	1.899	1.888	1.88	1.846	1.826	1.830	1.844	1.858	1.820
	Fe ²⁺	0.042	0.079	0.100	0.070	0.062	0.044	0.59	0.070	0.063	0.072	0.065	0.078	0.050	0.091
	Mg	0.050	0.080	0.098	0.067	0.071	0.011	0.020	0.052	0.098	0.100	0.086	0.094	0.081	0.089
四面体	Si	3.256	3.427	3.413	3.499	3.592	3.557	3.600	3.427	3.400	3.506	3.557	3.428	3.529	3.519
	Ti	0.005	0.020	0.027	0.020	0.007	0.031	0.031	0.030	0.021	0.037	0.035	0.029	0.017	0.022
	Al	0.739	0.553	0.560	0.481	0.401	0.412	0.369	0.543	0.480	0.458	0.408	0.543	0.453	0.459
层间域	Ca	0.007	0.004	0.006	0.006	0.0025	0.006	0.006	0.001	0.004	0.006	0.006	0.003	0.008	0.013
	Na	0.013	0.026	0.032	0.030	0.047	0.017	0.026	0.019	0.021	0.020	0.027	0.013	0.027	0.028
	K	0.872	0.703	0.663	0.638	0.605	0.574	0.510	0.643	0.593	0.605	0.579	0.647	0.578	0.582
层电荷值 (一)	八面体	0.180	0.185	0.147	0.200	0.301	0.191	0.179	0.121	0.142	0.178	0.209	0.123	0.169	0.178
	四面体	0.739	0.553	0.560	0.481	0.401	0.42	0.369	0.543	0.480	0.458	0.408	0.543	0.453	0.459
	总和	0.899	0.738	0.707	0.681	0.702	0.603	0.548	0.664	0.622	0.636	0.617	0.666	0.622	0.637
伊晶层含量		100%	83%	90%	82%	78%	78%	78%	76%	77%	77%	78%	76%	73%	75%
埋藏深度 (m)		3732.3	3380.5	3378.5	3376.5	3372.8	3369.5	3362.8	3356.7	3353.6	3350.8	3349.5	3348.0	3346.0	3340.4

表 4 I/S晶体结构各位置阳离子分布、电价分布、伊晶层含量及埋藏深度的相关性分析结果

Table 4 Regression analysis results of cation distribution, charge arrangement, illite content in I/S and burial depth

变量编号及名称	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1 埋藏深度	1.0000													
2 伊晶层含量	.8518	1.0000												
3 八面体 Al	.3663	.1280	1.0000											
4 八面体 Fe	-.4321	-.0583	-.6933	1.0000										
5 八面体 Mg	-.2501	-.0999	-.8353	.6167	1.0000									
6 四面体 Si	-.7383	-.7607	-.1511	-.0650	-.1496	1.0000								
7 四面体 Ti	-.5866	-.4556	.0637	.2835	.0112	.3368	1.0000							
8 四面体 Al	.7694	.7781	.1384	.0344	.1423	-.9954	-.4249	1.0000						
9 层间域 Ca	.0021	-.0790	-.4375	-.0472	.0351	.3898	-.5472	-.3187	1.0000					
10 层间域 Na	-.3308	-.1442	-.6048	.2663	.1684	.5185	-.3153	-.4662	.7670	1.0000				
11 层间域 K	.8547	.8528	.0926	-.0878	.0698	-.9306	-.5473	.9503	-.1297	-.3254	1.0000			
12 八面体电荷	-.0681	-.0738	-.506	.1977	-.1268	5398	-.3540	-.4823	.8417	.7684	20611.0000			
13 四面体电荷	.7694	.7781	.1384	.0344	.1423	-.9954	-.4249	1.0000	-.3187	-.4662	.9503	-.4823	1.0000	
14 总层电荷	.8416	.8484	-.0309	-.0673	.0941	-.8454	-.6758	.8815	.0898	-.1181	.9737	-.0116	.8815	1.0000

表 3 所列为据表 2 中 I/S 化学成分按 $O_{10}(OH)_2$ 计算所得出的晶体结构中阳离子分布及层电荷大小。表 4 为相关性分析结果。由相关分析可总结出如下主要结论:

(1) 与埋藏深度 (即成岩作用的进程) 成明显正相关的变量有: I/S 中的 I 晶层含量 (相关因子为 0.8518)、层间域 K 离子 (0.8547)、四面体电荷数 (0.7694)、总层电荷数 (0.8416); 成明显反相关的变量有四面体 Si (-0.7383)。

(2) 随着 I/S 中 I 晶层的含量成明显正相关的变量有: 层间域的 K 离子 (0.8547)、四面体 Al 四面体电荷数 (0.7781) 以及总层电荷数 (0.8416); 成明显反相关的变量有四面体 Si (-0.7607)。

(3) 与四面体电荷成明显正相关的变量有: 四面体 Al (1.0000)、层间域 K (0.9503)、埋藏深度 (0.7694) 及伊晶层含量 (0.7781); 成明显反相关的变量有四面体 Si (-0.9954)。

(4) 与八面体电荷成明显正相关的变量有: 层间域 Ca (0.8417) 及层间域的 Na (0.7684)。成负相关的变量有四面体电荷 (-0.5102)。

(5) 与总层电荷成明显正相关的变量有: 层间域 K (0.9737)、四面体电荷 (0.8815)、四面体 Al (0.8815)、埋藏深度 (0.8416) 及伊晶层含量

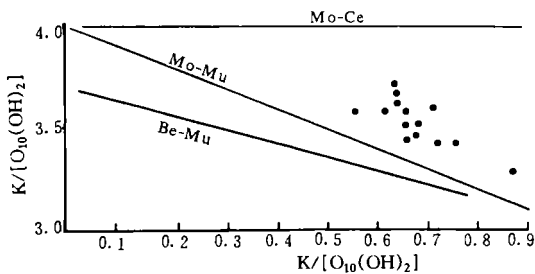
(0.8484); 成明显反相关的变量有: 四面体 Si (-0.8454)。

综合而言,随着埋藏深度的增加,I/S 中的 I 晶层含量明显增加,与此同时,四面体位置的类质同相代换增加(四面体 Si 减少而 Al 增加),而八面体电荷则稍有减少,但是总体上总层电荷的数目明显增加了。平衡该增加部分的电荷的是层间域的明显增加了 K 离子。另外在八面体电荷减少的同时,与之成正相关的层间域 Ca 和 Na 亦减少,该部分的电荷空缺仍由层间域增加 K 离子来弥补。

由于自然界在低温下不能形成钠云母及脆云母^[6],因此可以认为在 I/S 样品中的所有 Na, Ca 离子皆处于 S 晶层的层间域,假定全部的 K 离子皆位于 I 晶层的层间域,则由上述讨论可得出随着埋藏深度的增加,I/S 中的 S 晶层在演化成 I 晶层的过程中,四面体电荷和总层电荷增加,而八面体电荷则有所减少,即由具有蒙脱石性质(层电荷小且主要来源于四面体片)的 S 晶层逐渐演化成具有白云母性质(层电荷大且主要来源于四面体片)的伊利石晶层。

图 2 为上述 I/S 矿物中 Si 含量对 K 含量 [每 $O_{10}(OH)_2$ 单位] 的投影图,图中的三条实线分别代表三个系列的 I/S 的化学成分投影,分别为: (1) $Mo - Ce$ 层电荷全部来源于四面体片的理想蒙脱石与

四硅质云母 (如绿磷石) 所形成的混层; (2) Mo-Mu 理想蒙脱石与理想白云母 (四面体成分为 $3\text{Si} + 1\text{Al}$) 所形成的不规则混层 (3) Be-Mu 贝得石 (四面体成分为 $3.7\text{Si} + 0.3\text{Al}$) 与白云母所形成的不规则混层。从图 2 中的投影点可以看出, I/S 的投影皆非常靠近于 Mo-Mu 线, 由此得 I/S 样品中的 I 晶层具有白云母的成分特点, S 晶层具有蒙脱石的成分性质; 但是投影点并非严格地位于 Mo-Mu 线上, 而是稍向 Mo-Ce 线方向有所扩散, 即表示在 I/S 矿物中的 I 晶层除四面体电荷外, 还具有少量八面体电荷 (向绿磷石方向变化), 这是符合自然界矿物的实际情况的。



Mo. 蒙脱石 Mu. 白云母 Ce. 绿磷石 Be. 贝得石

图 2 I/S 样品中 K 含量对 Si 含量的投影
[每 $\text{O}_{10}(\text{OH})_2$ 单位] (据 Velde & Brusewitz^[7])

Fig. 2 Plot of K vs. Si content in I/S minerals
[calculated based on $\text{O}_{10}(\text{OH})_2$]

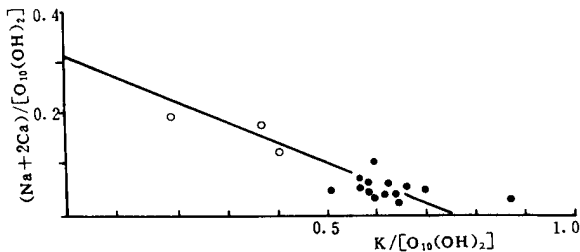


图 3 K 含量对 $\text{Na} + 2\text{Ca}$ 含量的投影

([每 $\text{O}_{10}(\text{OH})_2$ 单位] <据 Velde & Brusewitz^[7]>)
Fig. 3 Plot of the K vs. $(\text{Na} + 2\text{Ca})$ content in I/S
minerals for per $\text{O}_{10}(\text{OH})_2$ unit
[after Velde & Brusewitz, 1986]

图 3 为 I/S 样品中 K 含量 (伊利石层间域) 对 $(\text{Na} + 2\text{Ca})$ 含量 (蒙皂石层间域) [每 $\text{O}_{10}(\text{OH})_2$ 单位] 的投影图, 由于本文所分析的样品中缺少低 K 含量的样品 (即含 I 晶层含量 $40\% \sim 60\%$ 的 I/S 样品), 所以图中引入了三例前人研究的沉积岩地层中

的纯 I/S 样品的成分 (图中的圆圈) 由图中的投影点外推, 得出 I/S 中 I 晶层的 K 含量为 0.75 左右, 即对应的 I 晶层的层电荷应为 0.75 左右, S 晶层的层电荷为 0.30 左右。

另外, 由表 4 可知, S 晶层的层间域所含阳离子主要为 Na, 即 S 晶层为钠蒙脱石。

综上所述, 得出在沉积地层的 I/S 中, I 晶层具有白云母的成分特点, 层电荷 0.75 左右, S 晶层则具有钠蒙脱石的成分特点, 层电荷 0.30 左右。

4 结 语

(1) 沉积地层中的部分有序型伊 蒙混层矿物的晶层分布概率介于完全随机型混层与完全分带型 (即由两种晶层形成的机械混和物) 的连接概率之间;

(2) 在蒙皂石通过伊 蒙混层向伊利石的转化过程中, 蒙皂石晶层的转化分为两个步骤:

两层水蒙皂石 \rightarrow 单层水蒙皂石 \rightarrow 伊利石;

(3) 着成岩作用的进行 (埋藏深度增加), I/S 中的 I 晶层含量增加, 在此同时, I/S 晶体结构中四面体片的类质同相代换增加, 四面体电荷及总层电荷亦增加, 匹配该增加部分电荷的是层间域 K 的含量明显增加。

(4) 在沉积地层中的 I/S 混层矿物中, I 晶层具有白云母的成分特点, 层电荷为 0.75 左右; S 晶层则具有钠蒙脱石的成分特点, 层电荷为 0.30 左右。

参 考 文 献

- [1] 陆琦, 雷新荣. 混层粘土矿物结构的研究. 建材地质, 1991, (增刊), 48~52.
- [2] 陆琦, 雷新荣, 刘惠芳. 不规则伊 蒙混层粘土矿物成因类型及晶体化学分类. 矿物学报, 1991, (11): 97~105.
- [3] 陆琦, 雷新荣, 刘惠芳. 一种不规则伊 蒙混层粘土矿物堆积序列的研究. 地质学报, 1993, 67 (2): 123~130.
- [4] Reynolds R C. Interstratified clay minerals, in crystal structures of clay minerals and their X-ray identification, Mineralogical Society, 1994, 249~304.
- [5] Srodon J. X-ray powder diffraction identification of illitic materials. Clay Miner, 1984, 32, 337~349.
- [6] Velde B. Clay minerals A physico-chemical explanation of their occurrence Elsevier, Amsterdam, 1985, 425.
- [7] Velde B and Brusewitz A M. Composition variation in component layers in natural illite/smectite. Clay Miner, 1986, 34, 651~657.

Crystal Structure and Crystallochemistry Study on Illite/Smectite Interstratified Clay Minerals in Sedimentary Strata

Lei Xinrong Liu Huifang and Lu Qi

(China University of Geosciences, Wuhan 430074)

Abstract

Irregular illite/smectite interstratified clay minerals (I/S) occur frequently in sedimentary strata. Three pure I/S samples from the sedimentary strata in Xinjing, China are analysed in this paper, and it can be seen that the illite layer in I/S has the thickness of 1.00 nm, but the smectite layer has two types in thickness, that is, 1.5 nm for a smectite layer with two layers of interlayer water molecule and 1.25~1.26 nm for a smectite layer with a single layer of interlayer water molecule. It can be concluded from the above results that, during diagenesis, the smectite layers in I/S transform to illite layer by two steps, that is, smectite layer with two layers of interlayer water \rightarrow smectite layer with one layer of interlayer water \rightarrow illite layer. It can also be seen that the layer linking probabilities of the I/S are between those of wholly random interstratification and those of simply physical mixture of two types of crystallites, i. e., $P_1 < P_{11}$, $P_{111} < 1.0$. The structural formulae are calculated for 14 pure I/S samples from the drills of the Fuyu oilfield in Jilin Province according to their electron probe quantitative analyzing results. By regression analysis of 14 variables including elements and charge distribution among tetrahedral, octahedral, interlayer sheets of the I/S samples as well as X-ray diffraction results (ratio of two type layers) and the sample burial depth, it is concluded that along with the continuing of diagenesis (increasing of burial depths), the contents of illite layers in I/S obviously increase (correlation coefficient being 0.85), and the substitutions of Al for Si in the tetrahedral sheet and the tetrahedral charge as well as the layer charge also increase (the coefficients being 0.77, 0.077, 0.085, respectively). By plotting of the contents of Si versus K and $\text{Na} + 2\text{Ca}$ versus K per formula, it can be seen that the illite layer in the I/S of sedimentary strata has a chemical composition characteristic of muscovite with the layer charge of 0.75, and the smectite layer has a character of montmorillonite with the layer charge of 0.30.

Key Words illite/smectite interstratified clay minerals diagenesis crystallochemistry layer arrangement layer charge