

青藏盐湖沉积物中粘土矿物初步研究*

徐 昶

本文是我们从1972年以来开展盐湖沉积物中粘土矿物鉴定和研究的简要总结。它包括柴达木盆地9个盐湖、藏北24个盐湖、藏北11个半咸水湖以及盐湖周围5个地区,计49个湖区171个粘土样资料。所有样品均是我们历来在野外盐湖考察中许多同志参加采集的。粘土样主要是通过X射线衍射仪进行鉴定和研究的,个别样配合了红外、差热、电镜和化学分析。

关于我国盐湖沉积物中粘土矿物的研究,据作者所知,仅藏北某些盐湖前人曾做过工作^[1],但如本文所讨论的有关盐湖沉积物中粘土矿物的许多问题,尚未见到专门性研究论文。

本文根据现有资料,总结了盐湖沉积物中粘土矿物的某些特征,并对粘土矿物成因和形成环境进行了讨论;还试论了镁或铁绿泥石在沉积剖面中的指相意义;讨论了在盐湖形成演化过程中粘土矿物资料的某些应用。我们的工作初步的,但为今后开展这项工作打下了基础。由于作者业务水平有限,本文不妥之处请同志们批评指正。

一、各湖区沉积物中粘土矿物

(一)方法

1. 粘土悬浮液的分离提取

原样自然破碎,低温烘干或室温晾干,一般称取30~50克原样,首先用蒸馏水浸泡溶去可溶性盐类,然后加 H_2O_2 处理有机

质,接着用稀盐酸去除碳酸盐,最后有区别地加分散剂偏磷酸钠,通过沉降分离吸出小于 2μ 粒径的粘土悬浮液,低温烘干贮藏,供鉴定分析用。

2. 粘土试样X射线衍射鉴定和研究

粘土样在X射线衍射鉴定前,首先用柠檬酸钠—保险粉法去除表面铁质,然后用 Mg^{++} —甘油水溶液法制备定向玻璃薄片。在矿物鉴定中主要参考了D.卡诺尔(Carroll)写的有关书籍^[1]及其它文献^[2]。还根据P. E. 贝斯凯(Biscaye)提出的方法^[3]通过X射线衍射峰进行了矿物相对含量的估计。峰面积测量系采用画基线数小方格数的方法^[4]。在X射线衍射图上如何确定镁或铁绿泥石也参考了有关文献[1, 5]。

粘土矿物的X射线衍射鉴定,一般是通过未处理的,不同温度处理的, Mg^{++} —甘油处理的不同衍射图来鉴定和区分矿物,有时还通过不同浓度盐酸处理的衍射图以及其它手段。就我们所碰到的矿物的X射线衍射鉴定简述如下。

蒙脱石: Mg^{++} —甘油水溶液饱和后, (001) d 值从未经处理的 $15\text{\AA}$ 增加到 $18\text{\AA}$, 以此鉴定为蒙脱石(见图1)。

* 高章洪、蔡碧琴、吴俐俐、酆桂芬和胡金泉等同志曾先后参加过样品分离工作。有关单位和同志曾协助某些样的红外、差热、电镜和X射线衍射分析。作者在矿物X射线衍射鉴定中曾得到许冀泉等同志的指导。

[注1] 地质科学院地质矿床研究所和中国科学院西藏综合考察队,“西藏盐湖矿研究报告”,中国科学技术情报研究所,1974.10.(内部资料)。

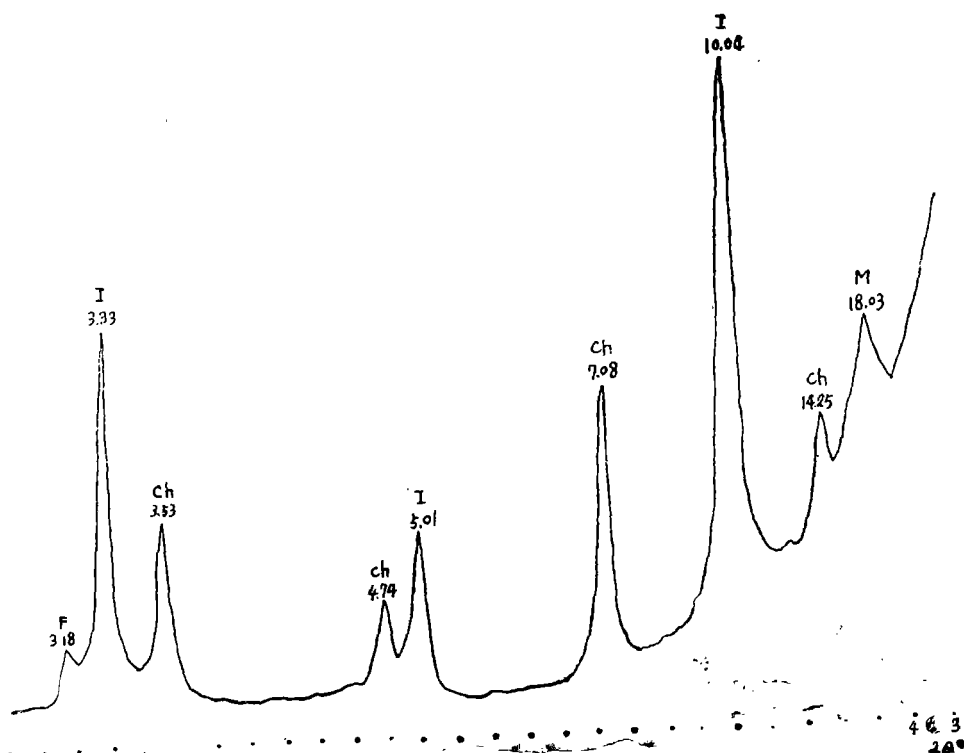


图1 盐湖沉积物中粘土样代表性X射线衍射图(一里坪矿区49号样, $<1\mu$, Mg^{+2} —甘油薄片)
菲利浦衍射仪: Cu K α Ni 34KV 14mA 1° 0.2° 1° 20 2°/分

绿泥石和高岭石: 在衍射图上, 绿泥石清楚可见14.2 Å, 7.08 Å, 4.72 Å, 3.54 Å完整的四条基面反射(见图1)。高岭石有7.12 Å和3.58 Å基面反射。加热590°C 1小时, 则绿泥石14.2 Å强度明显增强, 而高岭石构造破坏呈无定形。2 N HCl 180°C 1小时, 则绿泥石7 Å峰消失, 而高岭石7 Å峰相对不变。此外, 在红外图谱上, 高岭石有3700 cm^{-1} 特征吸收带, 而绿泥石有明显的668 cm^{-1} 吸收带。在电镜照片上, 高岭石一般具完好的六边形。由以上这些方面可以鉴定和区别绿泥石和高岭石。

伊利石: 在衍射图上有10.0 Å, 5.0 Å, 3.33 Å峰的存在, 甘油处理后d值不变化, 以此鉴定为伊利石(见图1)。

混合层矿物: 在 Mg^{+2} —甘油处理的衍射

图上同时出现18 Å和22 Å两个峰, 则前者为蒙脱石, 后者是混合层矿物, 有时见到伊利石10 Å峰在低角度一侧的不对称性, 这也指示某些膨胀性矿物的存在。

坡缕缟石和蛭石: 在有些样品的衍射图上明显的有4.5 Å及3.23 Å两个峰, 但10.5 Å峰不明显(此峰易与伊利石的峰相重叠), 这可能指示坡缕缟石的存在, 在有的衍射图上明显可见12.2 Å峰, 这可能表明蛭石的存在。

此外, 在粘土试样中还经常碰到某些非粘土矿物。如石英: 有4.27 Å峰的出现可鉴定为石英(石英3.33 Å强峰与伊利石的峰相重叠)。长石: 有3.18 Å峰的出现可鉴定为长石(见图1)。在碳酸盐未处理尽的粘土样中, 还发现有碳酸盐矿物的存在。

表 1

青藏盐湖沉积物中的粘土矿物

顺序	湖 名	位 置	样品数	盐类沉积	样品产状 [注 4]	X射线鉴定 结果 [注 5]	备注
1	大柴旦湖	距大柴旦镇西南 4 公里	5	硼盐、石盐、芒硝	ck(10.5m)	1为主,次ch, 少M,F,Q	有化 学分 析数 据有 红资 料
2	一里坪矿区	东距大柴旦镇 230 公里	27	锂矿、石盐等	ck(32.5m)	同上	
3	小别勒湖	察尔汉盐壳别勒滩区段	8	锂镁矿、石盐	ck(51.2m)	除同 上外, 还 有 Mi	
4	大别勒湖	同上	14	同上	ck(101m)	同顺序 1	
5	达布逊湖	大柴旦至格尔木 公路中盐路附近	13	钾镁矿、石盐	ck(40.1m)	1为主,次ch, 少M, F, Q	
6	昆特依湖	冷湖镇西	10	石盐等	ck(34.5m)	同上	
7	尔斯库勒湖	盆地西南边缘	14	锂矿、石盐、芒硝	ck(55.4m)	同 上外, 还有 S(?)	
8	东台吉乃尔湖	盆地中部	4	锂矿、石盐等	ck(11m)	同顺序 1	
9	察尔汉矿区	钾肥厂附近	5	钾镁矿、石盐等	ck	1 为主, 次 ch	
10	班戈错Ⅰ湖	班戈县内	1	硼盐、石盐、芒硝	ck	同上	
11	”Ⅱ湖	”	1	同上	表层	同上	
12	郭加林	申扎县内	2	硼盐等	ck	同上	
13	小崩则错	”	1	石盐	表层	同上	
14	伊布茶卡	”	1	芒硝等	”	1 为主, 次 ch 少 M, 可能 Mi	
15	玛尔果茶卡	”	1	石盐、芒硝	ck	1 为主, 次 ch	
16	孔孔茶卡	”	1	石盐	表层	1, 为主, 次 ch 少 M	
17	肖茶卡	”	1	石盐、芒硝	”	同上	
18	错尼	”	1	”	”	1 为主, 次 ch	
19	尼玛错	”	1	”	”	同上	
20	确旦错	申扎县内	1	石盐	”	同上	
21	洞错	改则县内	1	石盐、芒硝	”	”	
22	查波错	”	1	”	”	”	
23	达瓦错	措勤县内	1	芒硝	”	1为主,次ch, 可能K	
24	嘎仁错	”	1	”	”	1 为主	
25	错纳	革吉县内	1	”	”	1 为主, 次 ch	
26	扎仑茶卡Ⅰ湖	”	26	硼盐、石盐、芒硝	ck及表层	1 为主, 次 ch, 少 M	有电 镜、 红外、 差热 资料
27	”Ⅱ湖	”		”	”		
28	”Ⅲ湖	”		石盐、芒硝	”		
29	别若则错	”	1	表层	1 为主 1 次 ch		
30	茶拉卡	”	1	硼盐、石盐、芒硝	”	”	
31	尼 错	”	1	芒硝	”	1为主,次ch, 可能M	
32	阿翁错	日土县内	1	”	”	1为主,次ch, 可能M, Mi, 还有F	
33	昆沙干湖	噶尔县内	1	硼盐、石盐、芒硝	”	1 为主, 次 ch	

(二)各湖区粘土矿物鉴定结果

各湖区粘土样基本上是通过X射线衍射仪进行鉴定的。湖泊类型划分按照湖泊水体的含盐量高低分为：盐湖(>50克/升)，咸水

湖(50~35克/升)，半咸水湖(35~1克/升)，淡水湖(<1克/升)^[注2]。西藏湖泊名称和所属行政区划也参考了有关资料^[注3]。

现将各湖区粘土矿物鉴定结果和有关资料列于下面表1、表2和表3。

表 2 藏北某些半咸水湖沉积物中的粘土矿物

顺 序	湖 名	位 置	<2μ%	X射线鉴定结果 ^[注5]	备注
1	扎日南木错	措勤县外	27	1为主，次ch	
2	甲热布错	申扎县内	10	同上	
3	达 则 错	”	2.5	1为主，次ch，少M，F	
4	赛 布 错	”	24	1为主，次ch	
5	色 林 错	班戈县内	5	同上	
6	尔 错	”		同上	
7	纳 卡 错	”	45.7	1为主，次ch，少M，K，Q	
8	色哇东错	安多县内	18.7	1为主，次ch	
9	错 那	”	8	同上	
10	物 玛 错	改则县内	17	1为主，次ch，少F	
11	吓 嘎 错	”		1为主，次ch	

表 3 某些盐湖周围土壤中的粘土矿物

顺序	名 称	位 置	样数	<1μ%	产状	X射线鉴定结果 ^[注5]	备注
1	涩北	涩聂湖与东台吉乃尔湖之间	1	4	ck	1为主，次ch可能，M，还有F，Q	
2	格钾公路沿线	达布逊湖附近	2	8	表层	1为主，次ch，少M，还有F，Q	
3	下马一队	扎仓茶卡附近	1	25.9	”	1为主，次ch，可能M	
4	柴达木盆地第三纪粘土层		1		”	1为主，次ch，少M	
5	巴毛穹宗	错尼附近	1		”	同上	

表1、表2和表3注明：

[注2]唐渊、郑喜玉、刘青，“西藏高原湖泊类型一览表”，中国科学院青海盐湖研究所，(内部资料)1980.9。

[注3]西藏自治区革命委员会测绘局，“西藏军区司令部侦察处”，西藏地名资料简编(初稿)(内部资料)，1979.4。

[注4]ck(10.5m)：钻孔样，数字表示井深，

[注5]符号：1—伊利石，ch—绿泥石，M—蒙脱石，K—高岭石，Mi—混合层矿物，P—坡缕缟石，S—蛭石，F—长石，Q—石英，全文皆同。

[注6]徐昶，“青藏盐湖沉积物中粘土矿物初步研究”，中国科学院青海盐湖研究所，文摘见1979全国沉积岩石学会议文摘(内部资料)，(1980年)

[7]许冀泉，我国土壤粘土矿物的分布和演变，中国科学院南京土壤研究所1979(内部资料)

为了减少篇幅,柴达木盆地各湖及藏北扎仓茶卡等湖的粘土样粒度分析结果及各湖区粘土样X射线衍射图,和个别样的差热、电镜、红外分析资料,本文从略。

二、总结和讨论的几个问题

根据以上简要资料及有关资料[注6],我们可以总结和讨论以下几个方面。

(一)盐湖沉积物中含粘土矿物的岩性,粘土矿物组合,及其主要矿物相对含量和分布特征

盐湖沉积物中含粘土矿物的岩性,主要为含盐的,或不含盐的粉砂、淤泥、粘土,基本上是松散的未成岩的沉积物,而且与大量的碳酸盐密切共生,富含有机质。在沉积剖面中成层并与盐类沉积呈交替出现。作粘土样鉴定的原样,一般说,如一里坪矿区和达布逊湖的40个样品中,硅酸盐的平均含量只占全样重量的40~50%,而粘土粒径($< 2 \mu$)一般平均只占全样重量的10%左右。藏北21个盐湖中,粘土粒径平均占全样重15%。总而言之,作粘土矿物鉴定的原样中的粘土成分是很少的。

盐湖沉积物中的粘土矿物组合,作者把它归纳为伊利石—绿泥石型为特征,因为这两种矿物是各湖区普遍存在的。具体地讲就是以伊利石为主,次为绿泥石,不少样品含少量蒙脱石。个别样中还含有少量高岭石,混合层矿物。可能还存在坡缕缟石和蛭石。关于粘土矿物组合,这里顺便提一下的就是前人(见本文注1)在藏北盐湖土样鉴定中没有提到有绿泥石的存在。

就主要粘土矿物各相对含量来讲,普遍是以伊利石为主,次为绿泥石,含少量蒙脱石。如柴达木盆地盐湖中,伊利石含量多数样品为80~90%,而在扎仓茶卡26个样中,伊利石的含量为60~70%。总之,绿泥石的相对含量一般为10~30%。但在个别湖(如

尕斯库勒湖)的少数样品中,蒙脱石的含量要超过绿泥石的含量。

就主要粘土矿物伊利石、绿泥石和蒙脱石来讲,它们在沉积剖面中,其相对含量是有不同变化趋势的,这方面将在后面讨论有关问题时加以论述。

(二)盐湖沉积物中粘土矿物成因和形成环境的初步讨论

就青藏盐湖沉积物中的粘土矿物成因,可以认为是碎屑继承成因占主导地位,但是个别湖也存在转变或蚀变这种成因类型。现就根据实际资料分析如下。第一, $< 2 \mu$ 颗粒中普遍含有长石,这表明风化程度是比较低的。第二,盐湖沉积物中粘土矿物组合与盐湖周围土壤中及半咸水湖中的粘土矿物组合基本上是一致的,这表明矿物来源的关系。这一点是与某些资料的论述相一致的[注7]该资料在论述我国土壤粘土矿物分区中提到,水云母区包括新疆、内蒙高原西部、柴达木盆地、青藏高原大部,土壤粘粒以水云母为主,其次为绿泥石和蒙脱石。不过就盐湖沉积物中的粘土矿物组合来看,作者认为以伊利石(即水云母)——绿泥石型为特征的这种提法较为实际,因为这两种矿物普遍存在于盐湖沉积物中。第三,根据粘土矿物三大成因的一般论述^[6],其中碎屑继承成因的特点是:这种成因是在干燥的气候条件下,以物理风化阶段为主,甚至有长石等矿物的存在。在松散的沉积物中,碎屑继承成因更为重要。这就不难看出,这种成因特点与盐湖中粘土矿物特征是基本相似的。第四,从盐湖沉积物中主要粘土矿物来看,根据一般的论述^[7],这些矿物其形成环境大致为淋滤作用小、弱碱性、碱性条件,半干燥的气候下形成的。而这种环境既是盐湖形成演化的某些基本条件,又是保持原始矿物的稳定性的有利条件,这一点又进一步说明了矿物的碎屑继承性。综合上述可知,盐湖沉积物中粘土矿物成因应是碎屑继承性占主导地位。

那么，粘土矿物在搬运和沉积过程中有没有变化呢？也就是说，粘土矿物的转变或蚀变这种成因有没有呢？作者初步认为这种成因在有的湖中是存在的，这可以从以下几点说明：第一，例如在小别勒湖中有混合层矿物的存在，可以考虑这里是长 168 公里，宽 20~40 公里，盐层厚度 30—50 米的连成一片的大盐壳，它表明这里曾是湖盆中心。我们知道，碎屑沉积物与盐层是交互成层的，随着时间和气候等条件的变化，水溶液中的离子不断迁移富集，而粘土矿物的类质同象取代是很普遍的。因此，在这种条件下产生矿物

的间层化，也就是形成混合层矿物是可以理解的。第二，又如尕斯库勒湖的沉积剖面中，我们从粘土样的 X 射线衍射图上可以看出（见图 2），在剖面中由下往上，绿泥石的相对含量变化不大，蒙脱石的相对含量由明显到几乎看不出来，最后到最显著，而相应的伊利石的含量大致与蒙脱石成为消长的关系，并且看到峰形的差异。在蒙脱石含量越少时，其峰形更呈锯齿状，结晶程度差，也就是无序性增加，而相应的伊利石的峰形也更显得宽。参照文献^[8]，这可以大致认为，在水溶液中含钾离子的条件下，蒙脱石向伊利石转变。

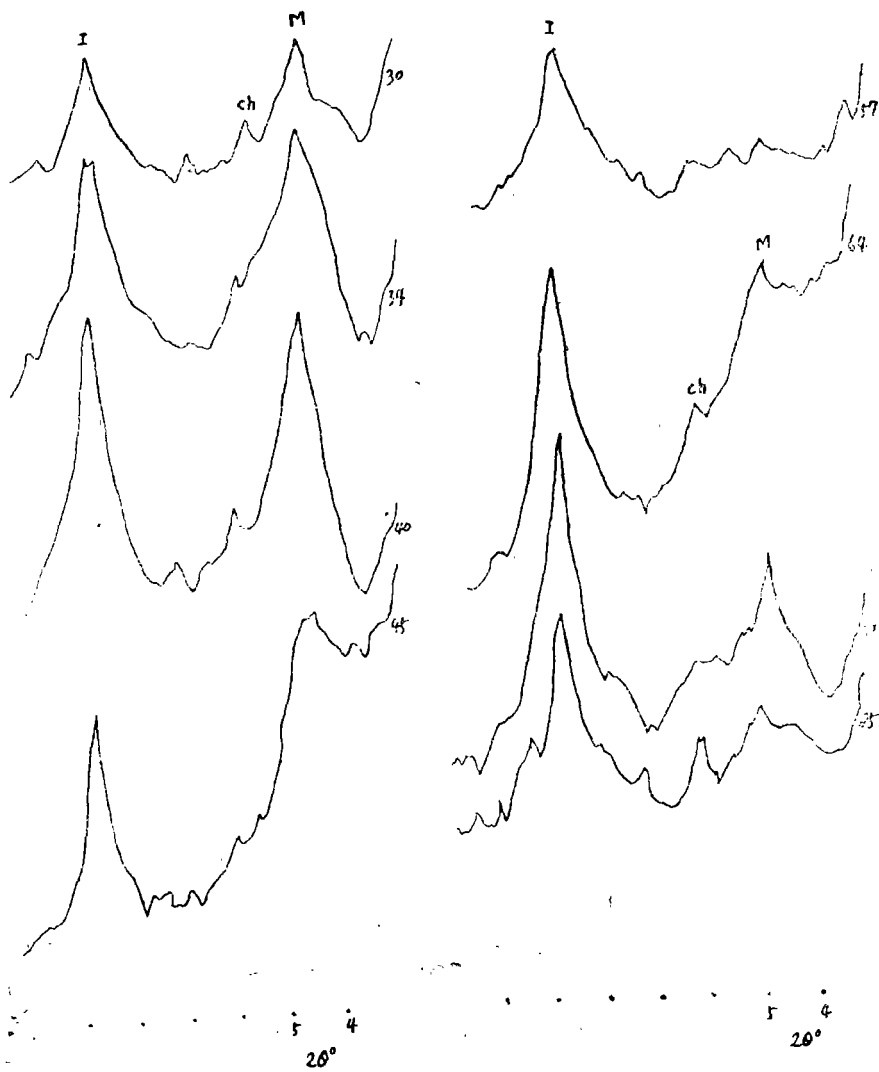


图 2 尕斯库勒湖钻孔中粘土试样 X 射线衍射图 ($<1\mu, \text{Mg}^{2+}$ —甘油薄片)
苏联衍射仪: Cu K α Ni 30KV 7mA 0.5° 0.25° 0.25° 20 1°/分

(三)绿泥石的指相意义和盐湖形成演化过程中粘土矿物资料的应用

现在我们先以大别勒湖 ck 2022 钻孔的

有关资料进行分析和讨论。
我们从表 4 和表 5 以及图 3 中可以看到，在 74 和 78 号样的上部和下部有几方面明显不同。如绿泥石的相对含量，在上部近

表 4 大别勒湖 ck 2022 粘土矿物有关资料

样号	岩性 (野外定名)	井深 (米)	1 (%)	ch (%)	1 (10 Å/ ch(7 Å)	ch(7 Å/ 14 Å)	备 注
26	粉砂中粒石盐	11.9	77	19	1.9	3	1 (%), ch (%), ch(7 Å/ 14 Å)这4项均 是从图 3 中计 算的
41	石盐泥砂	17.1	77	20	1.2	3.4	
45	含泥砂石盐	18.7	76	22	1.4	2.5	
49	石盐粉砂	21.2	79	20	1.2	4.8	
59	粉 砂	31.5	85	14	1.9	3.2	
62	含石膏石盐粉砂	35.9	79	20	1.3	2.8	
74	含盐泥砂	43.9	80	19	1.8	2.5	
78	灰色粘土	47.4	90	有	6.5	3	
89	含盐粘土	59.5	91	7	3	4.7	
91	浅灰色粘土	65.5	88	11	2.8	4	
94	灰色粘土	70.2	81	14	2.6	6	
99	黑色淤泥	79.4	93	有	4.4	5	
106	黑色淤泥	91.2	86	10	2.6	2.3	
111	黑色淤泥	101.1	92	9	3.6	17	

表 5 ck2022粘土样(<1μ)化学分析结果*

样 号	SiO ₂ %	MgO %	K ₂ O %	Na ₂ O %	Fe ₂ O ₃ %	Al ₂ O ₃ + TiO ₂ %
26	48.45	5.11	6.17	0.31	10.33	22.99
41	46.61	5.57	5.93	0.32	12.77	22.41
45	52.15	3.53	5.60	0.26	8.83	21.79
49	48.15	3.63	6.36	0.30	9.50	27.05
59	50.49	3.90	4.43	0.31	7.18	25.69
62	47.60	4.79	5.99	0.30	10.30	25.65
74	49.28	5.34	6.30	0.31	8.62	25.05
78	61.05	1.61	6.00	0.23	2.83	19.80
89	56.26	2.11	6.58	0.35	4.54	24.47
91	55.07	2.21	6.53	0.35	5.20	24.91
94	52.10	2.49	7.36	0.31	5.43	23.64
99	54.13	2.65	6.44	0.31	4.58	24.78
106	59.60	2.40	7.01	0.32	3.30	25.90

*分析者：钮永宁、吕亚平

20%，而下部平均还不到10%；就伊利石（10 Å）与绿泥石（7 Å）峰高比值来看，其上部不到2，而下部平均超过3；再从化学成分来看，Fe₂O₃在上部平均9%，而下部只约4%；MgO的平均含量，在上部超过4%，而下部约2%。以上说明在74和78号样的附近是一个明显的变化层位。就整个剖面的岩性

来看（见本文注4），恰恰在此附近，其下部为无盐层，其上部为碎屑沉积物和盐类沉积物交互成层出现。这样可以推断：在整个剖面呈现弱碱性、碱性条件下，当湖盆进入成盐阶段后，其环境更趋向于碱性，进而有利于我们利用这些资料来分层。

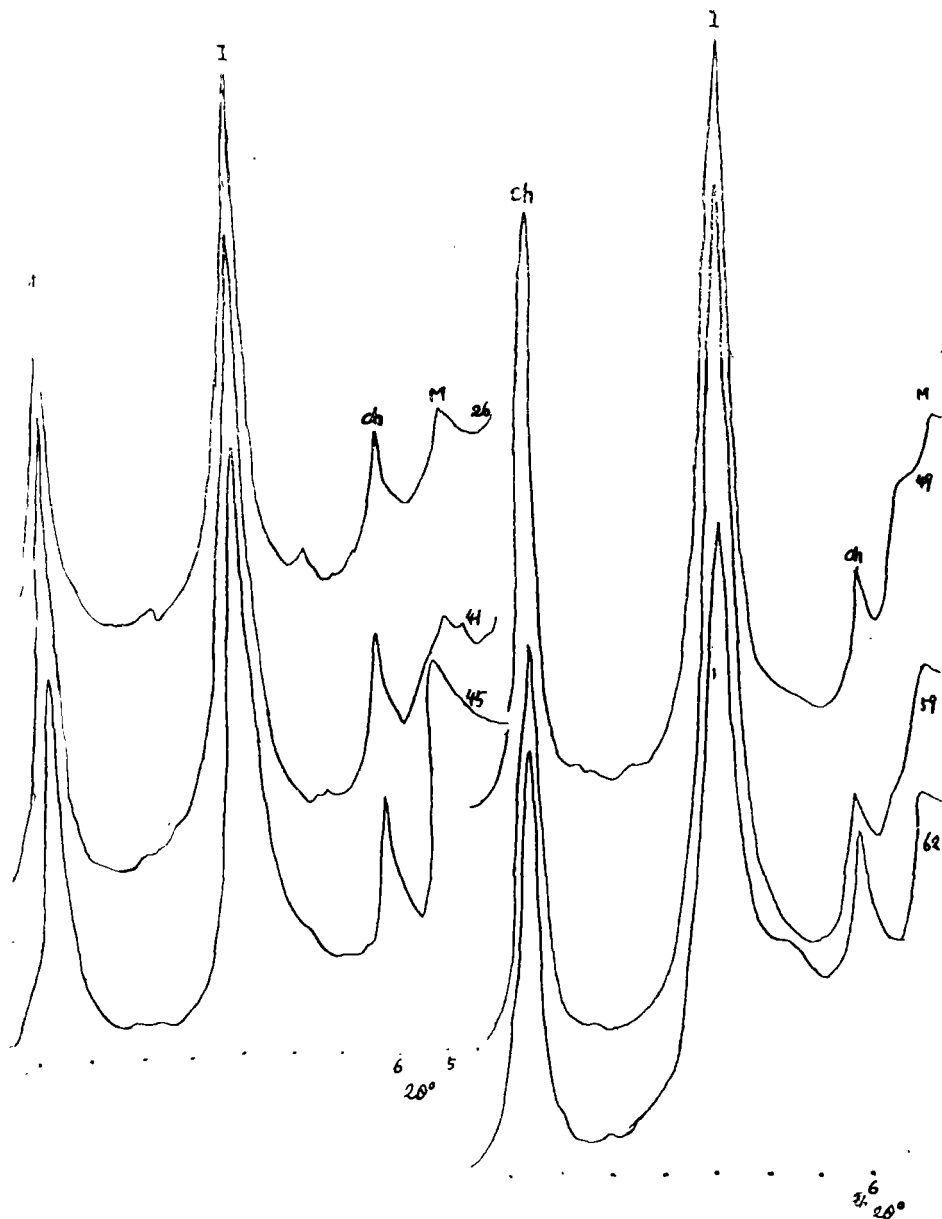


图3 大别勒湖ck2022粘土样X射线衍射图(一)
($<1\mu$, Mg^{2+} —甘油薄片)

丹东衍射仪: Cu K α Ni 30KV 15mA 1° 0.4° 1° 20 1°/分

再看一下绿泥石 7 Å 峰与14 Å 峰比值，参照有关论述^{1,51}等，不难看出，在74 和 78 号样的上部基本为富镁低铁的绿泥石，而下部基本为铁绿泥石。我们知道，上部岩性以含盐粉砂、粉砂石盐和盐层为特征，下部为粉砂、淤泥、粘土，无盐层。这就表明镁或铁绿泥石有着指相意义，值得注意。

又如尔斯库勒湖的沉积剖面中(图 2)，前面已经谈到，从由下往上蒙脱石和伊利石

相对含量的变化可以推断，由下往上在盐湖形成演化过程中，在石盐沉积和碎屑沉积物交互沉积的过程中，其环境还是有变化的。具体说由下往上，先是弱碱性条件(85,71, 64号样)，而后为碱性条件(57号样)，接着是弱碱性及接近中性条件(45, 40, 34号样)，最后上部又趋于弱碱性条件(30号样)，这些环境的变化也反映到岩性上的一些差异，从而利用这些资料有助于我们分层和找矿。

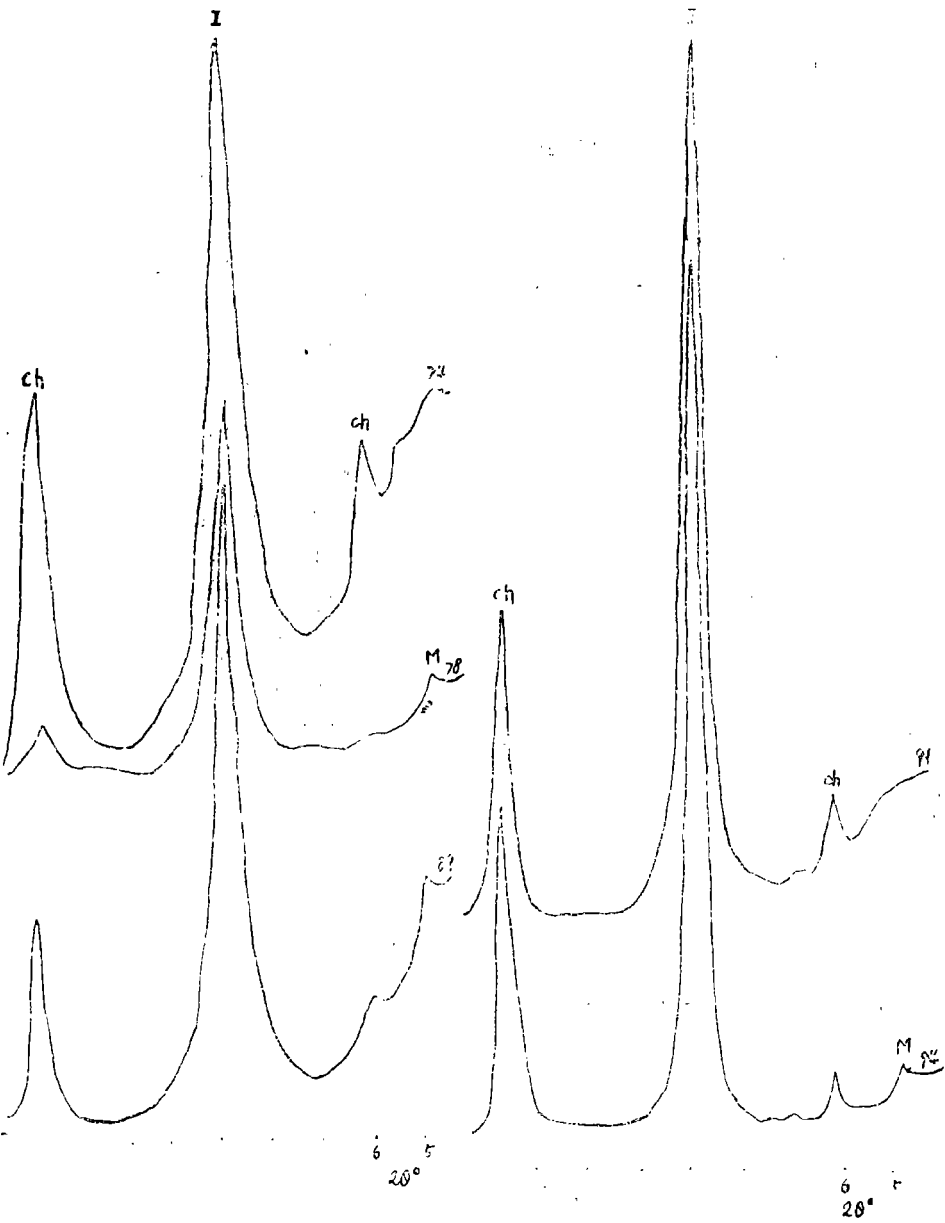


图 3 大别勒湖ck2022粘土样 X 射线衍射图(二)图 3 —②丹东衍射仪

参考文献

- [1] D. Carroll Clay Minerals: A Guide to their X-ray Identification the Geological Society of America 1970.
- [2] P. E. Biscaye: The American Mineralogist, vol. 49, 1964, p. 1281—.
- [3] P. E. Biscaye: Geological Society of America Bulletin, 1965, vol. 76, p. 803—.
- [4] Robert E. Carrer Procedures in Sedimentary Petrology, 1971.
- [5] D. Carroll Proceedings of the International Clay Conference, 1969, Vol. 1, p. 335—338.
- [6] Edited by S. K. Mukiterjee, T. D. Biswas Mineralogy of Soil Clay and Clay Minerals, 1974, Chapter 1.
- [7] Egont Degens: Geochemistry of Sediments a brief survey, 1965, p. 14—17.
- [8] A. Singer and P. Stoffers: Clay Minerals, 1980, vol. 15, p. 291—307.

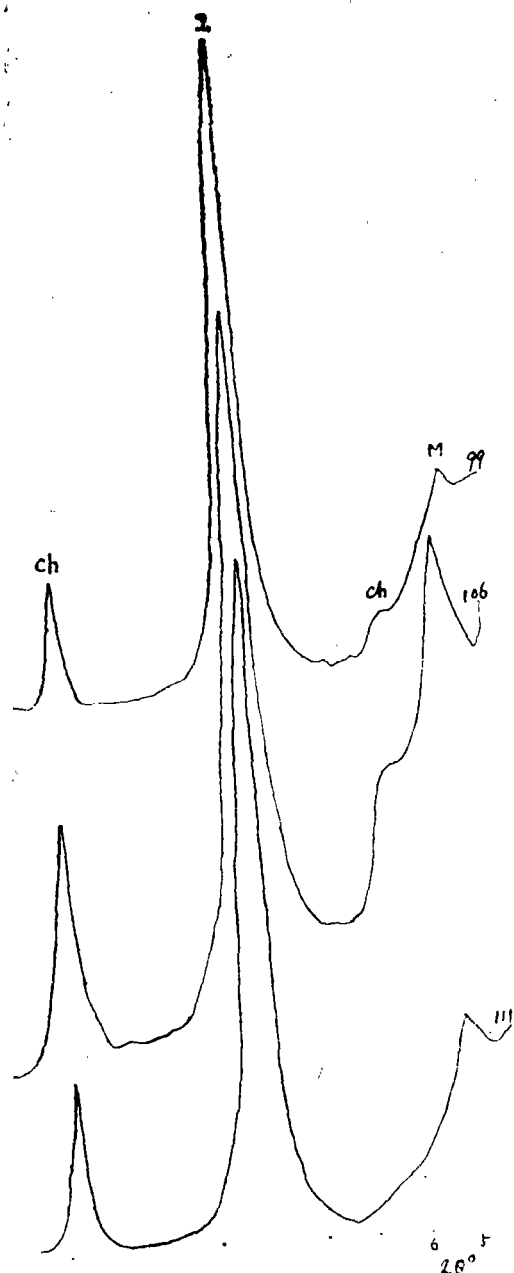


图 3 ③大别勒湖ck2022粘土样 X射线衍射图(三)
丹东衍射仪