

## 中国一些盐湖粘土矿物的初步研究\*

徐 昶

(中国科学院青海盐湖研究所, 西宁)

**提要** 通过X射线衍射和红外对38个盐湖矿物样品分析表明,我国盐湖粘土矿物以伊利石-绿泥石为主要特征,含少量蒙脱石和高岭石等;盐湖粘土化学成分与伊利石粘土化学成分相似,一般具有冷温带大陆粘土化学成分和盐湖粘土化学成分特征。通过分析认为,盐湖粘土矿物基本上是他生的;不同地区盐湖和盐湖沉积不同阶段中粘土资料的同异性,主要受干旱气候和卤水化学成分所控制;利用粘土的 $Al_2O_3/MgO$ 比值大小及矿物等资料,可以反映盐湖沉积过程中的相对淡化或咸化,即气候相对于旱或温湿。

盐湖碎屑物中的粘土矿物长期处于高矿化度卤水的特殊环境中。一个湖泊发展到盐湖阶段,在气候上必然急剧干旱。因此,研究盐湖粘土矿物对讨论盐湖沉积过程中某些气候环境的变化和物质来源等具有重要意义。本文根据1972年以来所获得的38个盐湖资料,对其粘土矿物类型、含量、分布、化学成分及特征等进行了初步分析探讨。

### 一、各湖概况和粘土矿物鉴定结果

首先通过沉降分离获得 $<2\mu m$ 试样。主要采用X射线粉末衍射和红外分析进行矿物鉴定。关于盐湖沉积物中粘土矿物的具体鉴定,可参考文献[4]。各湖概况、粘土矿物鉴定结果及样品产状列于表1。

我们将除去碳酸盐后的 $<2\mu m$ 或 $<1\mu m$ 的试样进行了化学分析。21个盐湖73个粘土样化学成分平均值列于表2。

此外,我们对16个盐湖35个粘土样进行了微量元素的光谱分析。各微量元素的百分含量如下: B和Mn为0.01—0.05%, Ti为0.8—1.0%, Zr为0.01—0.03%, Zn为0.03%, Co和Sn为0.0003—0.003%, Pb为0.0005—0.0008%, Cr为0.001—0.006%, Ga为0.005%, Ni为0.0008—0.005%, V为0.003—0.01%, Mn为0.0001%, Cu为0.005—0.003%, Ag为0.00008—0.0001%。

### 二、粘土矿物类型、含量

由表1和文献[4,5,6]<sup>1)</sup>可知,盐湖粘土矿物以伊利石为主,次为绿泥石,还含少量蒙脱石和高岭石,个别盐湖存在混层矿物等。这种矿物组合,不仅各地区盐湖都十分相似,而且与盐湖地区半咸水湖及土壤中的粘土矿物组合也十分相似;同时,盐湖沉积早期

\* 林乐枝、单兰娣、邵明玉、许开芬、王华安、孙长敏等同志先后参加粘土有关测试,谨此志谢。

收稿日期: 1986年1月8日。

1) 徐昶, 1986。我国盐湖粘土矿物研究。

表 1 盐湖概况和粘土矿物鉴定结果<sup>1)</sup>

Tab. 1 Data and clay minerals of some salt lakes

顺序	湖名	地理坐标		湖面高程 (m)	湖水面积 (km <sup>2</sup> )	水深 (m)	pH	总盐量 (g/L)	湖泊水化学 类型	盐类沉积物	采样 时间	样品产状	样品 个数	矿物鉴定结果
		E	N											
1	查干诺尔	112°54'	43°16'	920	21		9.77	415.8	碳酸盐型	天然碱	1983	钻孔	12	I, Ch, Mo, K
2	吉兰泰	105°42'	39°45'	1023.8	120		6.9	323.83	硫酸镁亚型	石盐, 芒硝, 石膏	1983	同上	6	同上
3	雅布赖	102°50'	39°23'	1230	15.61		7.32	331.51	同上	同上	1983	同上	6	同上
4	察汉淖	108°04'	39°14'	1344	6.5	0.30	10.21	76.19	碳酸盐型	天然碱, 苏打	1983	同上	5	同上
5	额吉淖尔	116°30'	45°14'	830.1	19.5	0.1—0.3	7.56	333.78	硫酸镁亚型	石盐, 芒硝	1983	同上	5	同上
6	大柴旦	95°13'	37°50'	3148.1	36	0.34	7.94	274.504	同上	石盐, 硼酸盐, 芒硝	1972	同上	5	I, Ch, Mo
7	一里坪	92°58'— 93°20'	37°51'— 38°04'	2683	2.68		7.32	327.243	同上	石盐	1972 1982	同上	44	I, Ch, Mo, K
8	大别勒	94°31'	36°59'	2676.57	7.38	0.18	7.00	362.885	同上	石盐, 光卤石	1974	同上	14	同上
9	小别勒	94°39'	37°02'	2676.37	6.25	0.06	6.20	386.922	同上	同上	1974	同上	8	I, Ch, Mo, Mi?
10	达布逊	94°55'— 95°18'	36°50'— 37°06'	2675.57	184—334	0.39—1.20	4.90	472.893	同上	同上	1973 1980	同上	15	I, Ch, Mo, K
11	昆特依	92°45'— 93°25'	38°24'— 39°20'	2723.97	1.667		6.20	328.961	氯化物型	石盐, 芒硝	1973	同上	10	同上
12	东台吉乃尔	93°49'— 94°01'	37°24'— 37°36'	2681.37	116	0.60	7.75	331.533	硫酸镁亚型	石盐	1974	同上	4	I, Ch, Mo
13	察尔汗	93°43'— 96°15'	36°37'— 37°13'	2677—2680	5856		7.00	321.464	硫酸镁亚型— 氯化物型	石盐, 光卤石	1974 1981	同上	95	I, Ch, Mo, K
14	尕斯库勒	90°42'— 90°53'	38°03'— 38°11'	2833.7	103	0.65	7.56	333.278	硫酸镁亚型	石盐	1973 1980	同上	13	同上
15	班戈错 II	89°30'	31°45'	4522			8.65	119.196	碳酸盐型	芒硝, 硼砂	1976	同上	1	I, Ch, K
16	班戈错 III	89°30'	31°42'	4522			8.72	169.303	同上	同上	1976	表层	1	I, Ch
17	郭加林	88°42'	32°00'				8.77	114.170	同上	同上	1976	钻孔	2	I, Ch, K
18	小崩则错	88°40'	32°08'	4528	1		9.50	6.377	同上	石盐	1976	表层	1	I, Ch
19	依布茶卡	86°45'	33°00'	4557	100		8.20	96.815	硫酸钠亚型	芒硝, 石盐	1978	同上	1	I, Ch, Mo, Mi?

(续表 1)

顺序	湖名	地理坐标		湖面高程 (m)	湖水面积 (km <sup>2</sup> )	水深 (m)	pH	总盐量 (g/l)	湖泊水化学 类型	盐类沉积物	采样 时间	样品 产状	样品 个数	矿物鉴定结果 <sup>2)</sup>
		E	N											
20	马尔果茶卡	87°00'	33°50'	4830	80	0.05	7.30	322.582	硫酸镁亚型	石 盐	1978	钻孔	1	I, Ch, K
21	孔孔茶卡	88°06'	33°10'	4775	36		7.40	333.323	硫酸钠亚型	同 上	1978	表层	1	I, Ch, Mo
22	肖茶卡	87°46'	33°05'		14		7.30	320.084	硫酸镁亚型	同 上	1978	同上	1	同 上
23	错 尼	87°15'	34°34'	4902	66.5	58.7	8.71	58.895	同上		1978	同上	1	I, Ch
24	尼玛错										1978	同上	1	同 上
25	确且错	87°30'	34°20'	4867	36.3					石 盐	1978	同上	1	同 上
26	洞 错	84°44'	32°10'	4416	84		8.85	139.741	硫酸钠亚型	芒硝, 石盐	1976	同上	1	同 上
27	查波错	84°12'	33°22'	4505	32		8.20	193.345	同上	石 盐	1978	同上	1	I, Ch, K
28	达瓦错	84°58'	31°17'	4636	111		9.30	35.550	同上	芒硝, 无水芒硝	1976	同上	1	I, Ch, K?
29	嘎仁错	84°58'	30°47'	4830	90		7.40	277.648	同上		1978	同上	1	I, Ch
30	错 纳	82°18'	31°35'		62						1976	同上	1	同 上
31	扎仓茶卡 I	82°31'	32°33'	4300	35.25	0.15	7.93	340.580	硫酸钠亚型	硼酸盐, 芒硝, 石盐	1976	表层 钻孔	8	I, Ch, Mo, K
32	扎仓茶卡 II	82°23'	32°35'	4300	60	1.20	7.99	290.200	同上	同 上	1976	同上	10	同 上
33	扎仓茶卡 III	82°15'	32°35'	4300	35	0.15	7.51	307.900	硫酸镁亚型	石盐, 芒硝	1976	同上	8	同 上
34	别岩则错	82°55'	32°25'	4512	40		8.68	114.975	硫酸钠亚型		1976	表层	1	I, Ch
35	茶拉卡	82°23'	31°40'	4570	10			110.069	碳酸盐型	芒硝, 硼砂	1976	同上	1	I, Ch, Mo, K
36	尼 错										1976	同上	1	I, Ch, Mo?
37	阿翁错	81°44'	32°46'	4427	55		9.23	86.799	碳酸盐型		1976	同上	1	I, Ch, Mo? Mi?
38	噶尔昆沙	79°55'	32°20'		0.52		7.11	365.013	硫酸钠亚型	石盐, 芒硝, 硼砂	1978	同上	1	I, Ch

1) 盐湖概况由中国科学院青海盐湖研究所提供; 内蒙高原湖泊类型一览表(1984.11)、西藏高原湖泊类型一览表(1980.9)及青海高原湖泊类型一览表(1981.5)系内部资料。

2) I——伊利石; Ch——绿泥石; Mo——蒙脱石; K——高岭石; Mi——混层矿物。

表 2 盐湖粘土化学成分平均值 (%)

Tab. 2 Chemical composition of clay in some salt lakes (mean value, %)

地 区 (或阶段)	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	CaO	MgO	相对百分含量		
								Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	K <sub>2</sub> O
青海盐湖	53.21	22.81	7.87	6.19	1.33	0.82	3.24	71	10	19
西藏盐湖	51.33	17.13	4.51	3.93	0.85	0.78	5.23	66	19	15
内蒙古盐湖	54.52	25.02	7.60	4.19	0.82	0.71	4.06	76	11	13
成盐阶段	53.02	23.29	7.59	5.52	0.95	0.79	3.80			
未成盐阶段	53.60	23.56	7.99	5.69	1.27	0.74	3.10			
平均值	53.26	23.40	7.76	5.59	1.08	0.77	3.50			

的未成盐阶段(指尚未出现盐类沉积层)和晚期的成盐阶段(指出现盐类沉积层)中粘土矿物组合也大体一致。

但就粘土矿物的相对含量而言,尤其是高岭石的含量,在盐湖沉积的不同阶段中明显不同。在红外图谱中,高岭石特征的  $3700\text{cm}^{-1}$  吸收带在盐湖成盐阶段中,基本呈“肩”状或“勺”状,表明含量很少;在未成盐阶段中,明显呈“勾”状,表明含量较多。因此,根据盐湖粘土矿物相对含量的多少,我们可将其分为两种组合类型: 1. 盐湖成盐阶段为伊利石-绿泥石组合; 2. 未成盐阶段为伊利石-绿泥石-高岭石组合。

### 三、化学成分

我们以粘土中 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, K<sub>2</sub>O 和 MgO 的相对百分含量作成图 1。由表 2 和图 1 可以看出: 盐湖粘土化学成分与伊利石粘土化学成分相似<sup>[4]</sup>; 盐湖粘土中 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, K<sub>2</sub>O 和 MgO 相对百分含量特征, 一般与冷温带大陆粘土和盐沼泽粘土相似<sup>[7]</sup>。盐湖沉积不同阶段中 MgO 的含量明显不同: 成盐阶段为 3.80%, 未成盐阶段为 3.10%。各地区盐湖中粘土化学成分也有所不同, 尤其表现在 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, K<sub>2</sub>O 和 MgO 的含量上。我们根据盐湖粘土化学成分把盐湖初步分为三个区: 西藏富 MgO 区 (5.23%), 青海富 K<sub>2</sub>O 区 (6.19%), 内蒙古富 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 区 (25.02%)。

### 四、讨 论

#### 1. 控制盐湖粘土矿物基本特征的主要因素

由上述我们已经知道, 就粘土矿物类型而言, 我国广大地区盐湖主要以伊利石-绿泥

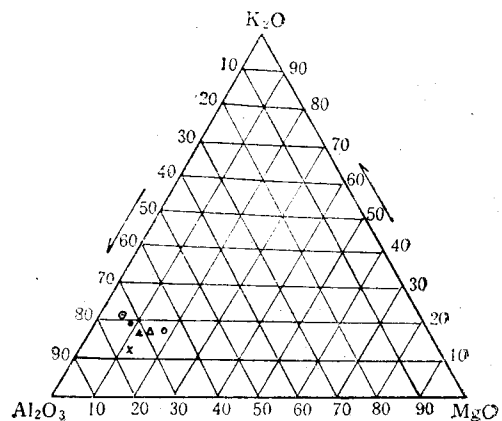


图 1 盐湖粘土中 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, K<sub>2</sub>O 和 MgO 三角图解  
Fig. 1 Triangular diagram of Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MgO and K<sub>2</sub>O of clay in some salt lakes

● 青海盐湖粘土; ○ 西藏盐湖粘土; × 内蒙古盐湖粘土; ▲ 总平均值; △ 大别勒湖粘土(成盐阶段); ○ 大别勒湖粘土(未成盐阶段)。

石为组合特征,这种组合与盐湖地区土壤中粘土矿物组合十分相似。在盐湖发展早期的未成盐阶段中,一般以伊利石-绿泥石-高岭石为组合特征。从粘土化学成分来看,不同地区盐湖粘土中分别富含  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{K}_2\text{O}$  和  $\text{MgO}$ 。在盐湖沉积不同阶段的粘土中,  $\text{MgO}$  等含量具明显差异。是什么因素控制盐湖粘土矿物的这些基本特征呢?从图 2 可以看出,我国盐湖基本分布在东南湿润气候带和西北干旱气候带分界线的西北干旱区内。很显然,干旱气候也是盐湖形成发育的必要条件。因此,盐湖这种粘土矿物组合的形成和稳定,无疑是受干旱气候所控制的。另一个控制盐湖粘土矿物特征的重要因素,就是物质来源不同和盐湖卤水化学成分的影响。例如,大别勒湖沉积剖面曾得出如下结果<sup>[6]</sup>:该湖未成盐阶段粘土中  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{K}_2\text{O}$  和  $\text{MgO}$  相对百分含量具有冷温带大陆粘土化学成分特征,绿泥石基本为 Fe-绿

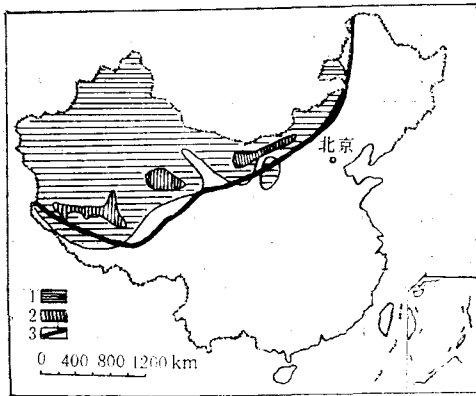


图 2 盐湖分布与气候带关系示意

Fig. 2 Relation between salt lakes distribution and climata zone

1. 盐湖分布区<sup>[3]</sup>; 2. 盐湖工作区; 3. 气候带分界线<sup>[7]</sup>。

泥石,  $\text{MgO}$  含量为 2—2.5%; 而在成盐阶段中,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{K}_2\text{O}$  和  $\text{MgO}$  相对百分含量具有盐沼泽、干湖粘土化学成分特征,绿泥石基本为 Mg-Fe-绿泥石,  $\text{MgO}$  含量为 3.5—5%。又如尕斯库勒湖沉积剖面中,蒙脱石和伊利石呈现互为消长的关系<sup>[5]</sup>等,这些均表明盐湖卤水化学成分对粘土化学成分的影响。物质来源不同影响粘土化学成分也是显而易见的。例如,西藏盐湖粘土中特别富  $\text{MgO}$ ,说明西藏盐湖物质来源有它的独特之处。事实上,热水活动为西藏盐湖提供了重要化学组分,这一点已被许多学者承认。因此,西藏盐湖粘土中  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{K}_2\text{O}$  和  $\text{MgO}$  相对百分含量特征与其它类型粘土化学成分特征均明显不同。青海柴达木盆地盐湖粘土中富含  $\text{K}_2\text{O}$ ,这与该盆地周围岩体中 K 的地球化学背景值较高密切相关。事实上,该盆地中察尔汗—别勒滩一带正是我国大型盐湖钾镁矿床。上述内容表明,研究盐湖粘土化学成分可为研究盐湖成矿元素的地质背景和成矿元素的迁移富集提供某些信息。

## 2. 粘土资料在盐湖沉积过程中的环境意义

根据盐湖粘土矿物主要金属阳离子和形成环境来看,伊利石,主要阳离子为 Si, Al, K, 形成环境为弱碱性,淋滤作用不强等;绿泥石,主要阳离子为 Si, Al, Mg, Fe, 形成环境为碱性;高岭石,主要阳离子为 Si, Al, 形成环境为酸性,淋滤作用较强等;蒙脱石,主要阳离子为 Si, Al, Mg 等,形成环境为弱碱性,淋滤作用不强等。这样,我们可以从盐湖沉积不同阶段中某些粘土资料差异来反映某些气候环境变化。从前面的资料已经知道,盐湖未成盐阶段中,粘土矿物以伊利石-绿泥石-高岭石为特征,粘土中  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{K}_2\text{O}$  和  $\text{MgO}$  相对百分含量具有冷温带大陆粘土化学成分特征;盐湖成盐阶段中,粘土矿物以伊利石-绿泥石为特征,粘土中  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{K}_2\text{O}$  和  $\text{MgO}$  相对百分含量具有盐沼泽、干湖粘土化学成分特征等。这基本反映了盐湖从早期未成盐阶段发展到晚期成盐阶段沉积气候环境

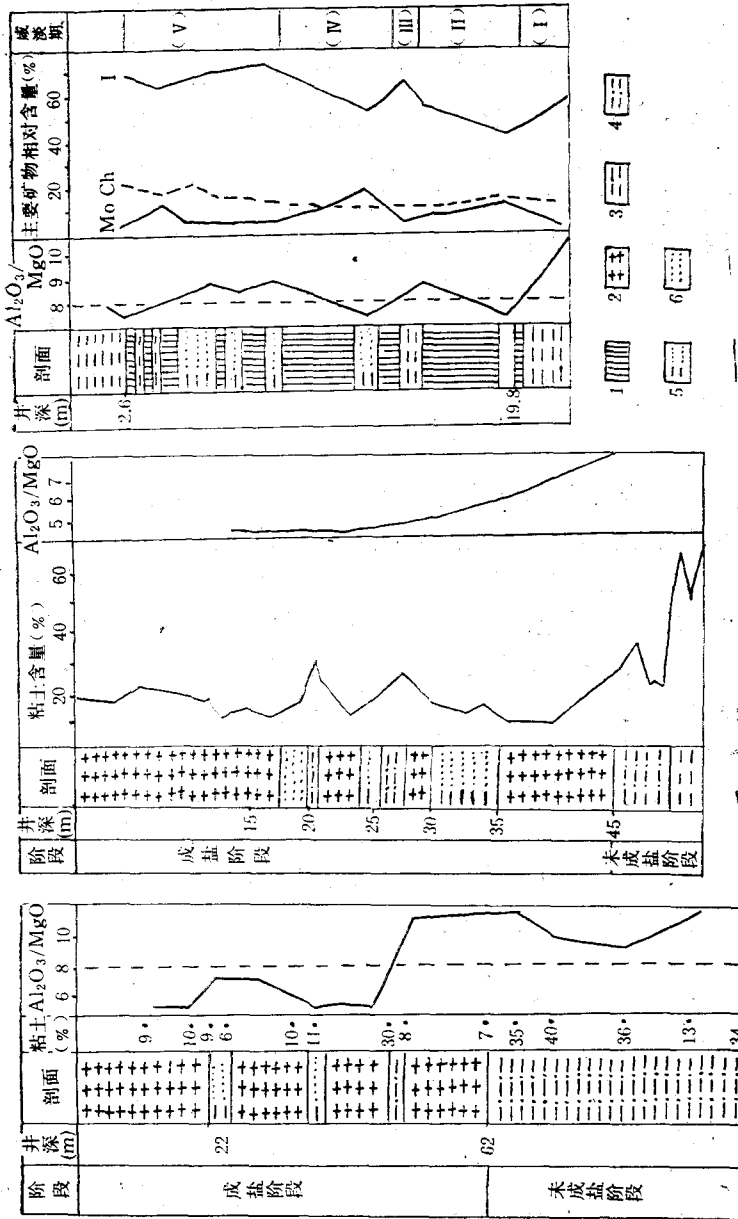


图 3 盐湖沉积剖面中粘土资料

Fig. 3 Data of Clay in sectional sediments of some salt lakes

- 1. 碱层; 2. 石盐层; 3. 粘土层; 4. 粉砂质粘土层; 5. 粘土质粉砂层; 6. 砂质粉砂层。
- (I) 淡化期; (II) 相对淡化期; (III) 相对咸化期; (IV) 相对咸化期; (V) 咸淡频繁交互期。
- I——伊利石; Ch——绿泥石; Mo——蒙脱石。

变化,即从相对温湿、淋滤作用较强、酸性、弱酸性到相对干旱、淋滤作用不强、弱碱性、碱性。

在实际工作中,我们对某些盐湖沉积剖面曾用粘土中  $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{MgO}$  比值大小来反映沉积过程中某些环境变化,并获得一定结果。从图3可以看出,  $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{MgO}$  比值在盐湖未成盐阶段发展到成盐阶段时有一个突然减小的变化;约大于8的  $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{MgO}$  比值与碎屑为主的沉积物相对应,反映盐湖沉积过程中为相对淡化时期;约小于8的  $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{MgO}$  比值与盐类为主的沉积物相对应,反映盐湖沉积过程中为相对咸化时期。作者初步认为,盐湖沉积过程中的相对淡化或相对咸化与气候相对温湿或干旱有联系。因此,粘土中  $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{MgO}$  比值大小可以作为气候环境变化的一种标志。一些事实可以说明这点。例如,大别勒湖成盐阶段主要有4层石盐层(图3左),只有最上部表层石盐层中有钾盐沉积(光卤石等)。而钾盐沉积是盐湖发展最后阶段的产物,显然它是在盐湖持续不断干旱过程中,卤水不断蒸发、浓缩而析出的结果。这与  $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{MgO}$  比值曲线的趋势是吻合的。又如,查干诺尔盐湖沉积剖面中(图3右),碎屑与碱互层沉积,构成多次沉积旋回;而  $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{MgO}$  比值曲线亦相应呈现多次旋回性变化。这些事实都说明,利用粘土中  $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{MgO}$  比值曲线可以作为气候环境变化的标志。

### 3. 盐湖粘土矿物成因

根据现有的资料,作者初步认为,盐湖粘土矿物基本是碎屑成因,也就是说,盐湖粘土矿物是他生的,是从湖周围经搬运而沉积到湖盆的。这方面的佐证有以下几点:(1) 粘土矿物碎屑成因的沉积物岩性特点与盐湖沉积物的岩性特点相似,即松散的,以物理风化为主,风化程度较低等;(2) 盐湖粘土矿物组合与盐湖地区半咸水湖、土壤中粘土矿物组合基本一致;(3) 盐湖粘土某些化学组分具有冷温带大陆粘土化学成分特征,尤其是盐湖未成盐阶段的粘土更为明显。

但是,由于盐湖粘土矿物长期处于高矿化度卤水这样一个特定的环境中,而粘土矿物的类质同象取代是非常普遍的。这样,在盐湖沉积过程中,盐湖卤水化学成分势必对粘土矿物产生影响。由前面资料已知,在盐湖沉积不同阶段中,粘土中某些化学组分的差异,某些矿物类型的不同,某些矿物呈现互为消长的关系等,均初步表明某些粘土矿物在盐湖沉积过程中发生了一些变化,或者自生形成的。

## 五、结 语

中国盐湖粘土矿物以伊利石-绿泥石为主要特征,其次含少量蒙脱石、高岭石和存在混层矿物等;盐湖粘土化学成分与伊利石粘土化学成分相似,一般具有冷温带大陆粘土化学成分和盐沼泽、干湖粘土化学成分特征;不同地区盐湖和盐湖沉积不同阶段中,某些粘土资料显示明显差异。初步认为,盐湖粘土矿物基本特征表现为:受干旱气候和盐湖卤水化学成分这两个主要因素所控制;盐湖粘土矿物基本是他生的,同时某些粘土矿物在盐湖沉积过程中亦发生一定变化;在某些盐湖沉积剖面中,利用粘土的  $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{MgO}$  比值大小及其它粘土资料,可以反映盐湖沉积过程中的相对淡化和咸化,或气候相对干旱与温湿。

## 参 考 文 献

- [1] 中国科学院贵阳地球化学研究所《简明地球化学手册》编译组, 1977。《简明地球化学手册》。科学出版社, 124—125 页。
- [2] 中小学地理编辑室, 1981。地理(全日制五年制小学课本)下册。人民教育出版社, 48 页。
- [3] 郑喜玉, 1984。新疆盐湖及其成因。海洋与湖沼 15(2): 169。
- [4] 徐昶, 1985。青藏盐湖沉积物中粘土矿物的初步研究。地质科学 1: 87—96。
- [5] 徐昶, 1982。柴达木盆地盐湖沉积物中的粘土矿物。矿物学报 3: 226—230。
- [6] 徐昶, 1983。柴达木盆地某些盐湖沉积剖面中粘土矿物的初步研究。沉积学报 1(3): 123—127。
- [7] Braitch, O., 1971. Salt deposits their origin and composition. Springer-Verlay. Berlin, Heidelberg, p. 230.

STUDY OF CLAY MINERALS IN SOME SALT  
LAKES OF CHINA

Xu Chang

(Institute of Salt Lake, Academia Sinica, Xining)

## ABSTRACT.

Based on the data from 38 salt lakes, we can summarize some respects as follows:

1. Clay minerals are mainly illite, secondary chlorite, little montmorillonite, kaolinite and so on. The relative contents of major clay mineral and some other minerals differ in different stages of salt lake sedimentation. The associations of clay minerals are similar to those in soil of this region controlled by dry climate.

2. The major chemical compositions of clay in salt lakes are similar to those of illite clay and continental clay of cold-temperate zone, but characteristics of some chemical compositions of clay in different regions and sedimentary stages of salt lake are evidently different. Those data are useful for discussing material source and mineral origin of salt lake.

3. The changes of clay and mineral contents, their chemical compositions in the salt-forming and non-forming stages of salt lake are regular. Content of Chlorite is less, mainly of the Mg-Fe-Chlorite type.  $Al_2O_3/MgO$  ratio is small in the salt-forming stage and relative fresh water period of salt-forming stage. Those clay data are useful to studying environmental change in the evolutionary process of salt lakes.