

粘土矿物和资源地质学

〔加〕F·J·朗斯塔夫 编

邢顺淦 王行信 辛国强

杜智文 刘先德 译

黑龙江科学技术出版社

粘土矿物和资源地质学

NIANTU KUANGWU HE ZIYUAN DIZHIXUE

加拿大矿物学会

[加]F. J. 朗斯塔夫编辑

邢顺沄 王行信 辛国强

杜智文 刘先德 译

黑龙江科学技术出版社

一九八五年·哈尔滨

封面设计：琪 馨

粘土矿物和资源地质学

加拿大矿物学会

[加]F.J.朗斯塔夫 编辑

邢顺淦 王行信 辛国强 杜智文 刘先德 译

黑龙江科学技术出版社出版

(哈尔滨市南岗区建设街 35 号)

黑龙江新华印刷厂附属厂印刷·黑龙江省新华书店发行

开本 787×1092 毫米 1/16·印张 9 插页 5·字数 190 千

1985 年 3 月第一版·1985 年 3 月第一次印刷

印数：1~2,111

书号：13217·129

定价：2.20 元

前 言

加拿大矿物学会 1981 年年会在加尔加里市召开，会后举办了关于粘土矿物的短期讲座。从事石油资源（普通的或特殊的）勘探和开发的地质工作者，对碎屑岩中粘土矿物的状态，尤其是在人工诱导的流体与岩石相互作用下的粘土矿物状态，愈来愈感兴趣。这个短期讲座及其手册主要是服务于这些人的。

第一、二两章 (Brindley) 主要概括了粘土矿物的结构、化学成分及鉴定。第三章 (Hower) 主要是关于间层粘土矿物的性质和辨别，即粘土矿物研究的一个十分重要但又常被人们忽视的课题。第四章 (Hower) 阐述了页岩中的粘土矿物组合的意义。第五 (Almon & Davies) 和第六 (Thomas) 两章讨论了粘土矿物学与碎屑储集层油气生产的关系。第七章 (Almon) 说明了详细研究碎屑岩中粘土矿物的分布及成岩方式，有助于寻找有利的孔隙度和渗透率分布区。粘土矿物学、成岩作用及砂岩的胶结作用都在第八章 (Boles) 内作了说明。最后，在第九章 (Hutcheon) 讲到了热动力学对解决矿物自生问题的作用。

讲课者和作者对这个短期讲座及其手册都给予了全力帮助，对此我表示感谢。此外，对加尔加里大学会务办公室的 Madeleine Aldridge 夫人的无私援助也表示衷心地感谢。

我希望本书对加拿大石油资源勘探开发的不断发展能有所帮助，或许它会进一步激励加拿大对粘土矿物学的研究，因为这项研究与碎屑岩的成岩作用研究密切相关。

阿尔伯达 埃德蒙顿
阿尔伯达大学地质系
Fred J. Longstaffe
1981 年 3 月

译者序

加拿大矿物学会 1981 年年会 (5 月 14—16 日) 结束后, 在加拿大阿尔伯达省加尔加里市的加尔加里大学, 由加拿大矿物学会举办了关于粘土矿物的短期讲座, 并出版了这本粘土专集。本书由阿尔伯达省埃德蒙阿尔伯达大学地质系 F. J. Longstaffe 教授编辑, 内容丰富, 叙述简明, 联系实际。既对粘土矿物的结构、化学成分及鉴定的基本知识作了简明、扼要、准确的论述, 又总结介绍了粘土矿物研究用于油气资源勘探开发工作中的实践经验和意义, 还利用热动力学理论对矿物的自生问题进行了探讨, 反映了粘土矿物应用于油气资源勘探开发方面的最新成果和动向。因此引起从事石油资源勘探开发的地质工作者的极大兴趣。本书能够介绍到我国来, 对于我们全面认识评价碎屑储集层, 制定有效设计方案, 合理选择钻井液, 完善完井技术; 制定强化增产措施, 提高油田管理水平; 以及对于提高广大油气资源工作者对粘土矿物在油气勘探开发中重要意义的认识, 都有十分积极的作用。在这里, 作为译者和读者特别要感谢张家茂同志给我们提供了这本有价值的原著。

本书由邢顺淦、王行信、辛国强、杜智文、刘先德翻译, 译后相互作了反复校阅。大庆市科学技术协会和大庆石油管理局勘探开发研究院领导积极支持出版, 许文治同志对译稿提出了许多宝贵意见, 赵玉霞、马青山同志完成了绘图及图片翻印工作, 在此一并表示感谢。我们水平有限, 错误和不妥之处恳请读者批评指出。

译者

作 者

W. R. Almon

得克萨斯州休斯顿 Davis, Almon 联合公司

J. R. Boles

加利福尼亚州圣巴巴拉, 加利福尼亚大学地质科学系

G. w. Brindley

宾夕法尼亚州州立大学地球科学系及物质研究试验室

D. k. Davies

得克萨斯州休斯顿 Davis, Almon 联合公司

J. Hower

伊利诺斯州厄巴纳, 伊利诺斯大学地质系

I. E. Hutcheon

阿尔伯达省, 加尔加里, 加尔加里大学, 地质地球物理系

J. B. Thomas

科罗拉多州, 丹佛市, 油藏公司

目 录

第一章 粘土矿物的结构及化学成分	(1)
引言.....	(1)
粘土矿物的基本结构.....	(1)
四面体片和八面体片.....	(2)
典型的层状结构.....	(3)
与粘土矿物有关的层状硅酸盐的分类.....	(4)
1:1 型层状硅酸盐的结构和成分.....	(5)
高岭石族矿物.....	(5)
蛇纹石族矿物.....	(6)
2:1 型层状硅酸盐的结构和成分.....	(6)
叶腊石和滑石.....	(6)
蒙皂石.....	(7)
蛭石.....	(9)
云母(伊利石).....	(10)
绿泥石.....	(11)
海泡石、坡缕石.....	(12)
间层层状硅酸盐.....	(13)
参考文献.....	(14)
第二章 粘土矿物的 X 射线鉴定(包括辅助技术)	(17)
引言.....	(17)
样品的制备.....	(18)
定向样品.....	(18)
非定向样品.....	(19)
根据定向样品资料进行鉴定.....	(19)
>20埃的长基面间距矿物.....	(19)
7—15 埃层间距的非膨胀性矿物.....	(20)
一种类型层为主的膨胀性矿物.....	(22)
无序混合层矿物.....	(23)
根据非定向样品资料进行鉴定.....	(23)
多型变体.....	(24)
b-参数测定.....	(25)
结束语.....	(25)

参考文献	(26)
第三章 混合层粘土矿物的 X 射线衍射鉴定	(30)
引言	(30)
成岩作用的混合层粘土矿物	(30)
混合层粘土矿物的“(001)”衍射图	(31)
伊利石/蒙皂石	(31)
绿泥石/蒙皂石	(41)
结论	(43)
参考文献	(45)
第四章 页岩成岩作用	(47)
引言	(47)
与埋藏深度有关的页岩中的矿物变化	(47)
页岩成岩作用解释	(53)
反应	(53)
页岩化学和矿物学的成岩/碎屑特征	(56)
控制成岩反应程度的因素	(57)
页岩成岩作用对石油生成和运移的意义	(59)
参考文献	(60)
第五章 地层损害和粘土的结晶化学	(63)
摘要	(63)
引言	(63)
粘土成分和油层管理	(67)
高岭石族	(67)
蒙皂石和蒙皂石/伊利石混合层族	(68)
伊利石	(69)
绿泥石	(69)
在砂岩孔隙中的产状	(71)
全分析的作用	(71)
推荐的分析程序	(74)
结论	(74)
三点结论	(75)
参考文献	(75)
第六章 致密含气砂岩中粘土矿物的分类和成岩作用——粘土矿物性质的研究是钻井液的选择、地层的评价和完井工艺的关键	(77)
引言	(77)
致密含气砂岩	(79)
经验关系	(82)
总结	(84)

参考文献	(84)
第七章 荷兰境内北海南部二迭系 Rotliegendes 砂岩的沉积环境和成岩作用	(86)
引言	(86)
沉积环境及地史	(86)
岩石学	(88)
成岩作用及沉积环境	(91)
旱谷沉积物	(91)
风成沉积物	(92)
成岩矿物学	(92)
白云石	(92)
氧化铁	(92)
伊利石	(92)
高岭石孔隙充填	(93)
长石的高岭石化	(94)
石英	(95)
硬石膏	(96)
菱铁矿	(96)
共生顺序	(96)
成岩作用的区域情况	(98)
成岩过程中的化学条件	(98)
成岩物质的来源	(101)
结论	(101)
参考文献	(102)
第八章 粘土成岩作用及其对砂岩胶结作用的影响 (墨西哥湾第三系情况研究)	(103)
引言	(103)
墨西哥湾第三系	(103)
威尔克斯 (始新世) —— 南得克萨斯	(104)
温度——压力资料	(104)
页岩岩石学	(105)
碎屑砂岩岩石学	(106)
成岩的砂岩岩石学	(106)
在胶结作用中粘土成岩作用的重要性	(108)
反应时机	(109)
方解石向铁白云石的转化反应	(109)
产生的胶结物的体积	(110)
成岩矿物分布总结	(110)

弗里奥(渐新世)——南德克萨斯	(111)
页岩与砂岩之间的物质交换	(114)
参考文献	(114)
第九章 热动力学在粘土矿物和自生矿物平衡研究中的应用	(116)
引言	(116)
热动力学和矿物自生作用	(116)
理论上的条件	(118)
单位	(119)
G 作为压力的函数(固体、液体)	(119)
G 作为成分(固体、液体)的函数:平衡常数(K)	(119)
G 作为温度(T)的函数	(120)
平衡的结果	(121)
热动力学的应用	(121)
固体的单一溶解度	(122)
固体和水类型之间的平衡	(122)
隙间水组分的演变	(122)
计算相图的解释	(125)
固体和气体之间的平衡:	(126)
成岩流体的 CO ₂ 含量	(126)
“人工”成岩作用:冷湖焦油砂	(129)
总结	(131)
参考文献	(131)

第一章 粘土矿物的结构和化学成分

引言

尽管“粘土”及“粘土矿物”的含义已为人们所了解，但这两个术语迄今仍没有确切的定义。粘土矿物属于页硅酸盐或层状硅酸盐亚类，其结构由含义确切的硅酸盐层所组成。在这个亚类中，依其层的类型，可划分为族或亚族；而在亚族内，又可依其化学成分划分出特定的种。贝利(Bailey, 1980a)分析了现有的大量层状硅酸盐结构方面的资料认为，由单晶衍射分析所获得的这些资料，仅可用于鉴定颗粒大小有差异的那些粘土矿物；而以微晶形式存在的其它粘土矿物，除使用单晶电子衍射分析外，还需使用粉末衍射分析。矿物的种，主要依其化学成分鉴定。如采用纯样品时，化学分析可提供准确的资料。一种矿物的化学成分，往往决定特有的晶格间距、晶胞参数以及衍射强度等特征的衍射数据，根据这些数据常常可以确定出矿物的种。在深入研究粘土矿物时，很可能主要困难并不是粘土矿物微晶颗粒的大小，而是这种矿物通常存在于不易被分离的混合物之中。应用 X 射线衍射强度资料可以估计混合物中粘土矿物所占的比例，而且如果选择的标准比较合适，还可能进行定量的矿物分析。见布林德利(Brindley, 1980c)最近的评论。

粘土矿物的单个颗粒或晶体，往往呈现出与其基本的层状结构有关的具有一定程度的片状形式，拉长的似条片状和纤维状以及卷曲的似管状和球状的形式也存在，但其基本的形态总是层状结构。粘土矿物颗粒大小由几微米至 0.01 微米（100 埃），或更小。在任一方向上结构的单位晶胞数目，由约 10^3 可到某些情况下的单晶胞。粘土矿物的层状结构及其化学成分，使粘土质物质具有膨胀、可塑及胶体性质。

粘土矿物的基本结构

层状硅酸盐结构，是由四面体配位的原子片和八面体配位的原子片组成。这种片被分别称之为四面体片和八面体片。依据每一个八面体片与四面体片（1 个或 2 个）相连接的情况，可组合成所谓 1:1 或 2:1 层型，常用 T-O 型或 T-O-T 型来表示。层与层之间存在着阳离子、水分子、羟基和水络合物以及有机流体。这些统称为层间物质。依据层和层间物质的种类，可划分出粘土矿物的族。

粘土矿物的晶体结构，不仅取决于层和层间物质的种类，而且与各层相互排列有关。一些术语，如三斜 1-层、单斜 2-层等，就是用来表述每个单位晶胞的层数和总的排列对称性；它们通常可简化为 1TC、2M、3H、3T、6H 等。在大多数情况下，任何一种矿物中，层和层间物质基本上具有相同的结构和化学成分，然而粘土矿物却没有如

此严格的一致性。甚至还有这样的粘土矿物，有一种类型以上的层存在，被称之为间层结构。这种间层结构矿物中，两种（或两种以上）类型的层所占的比率可以相差很大，各种类型层的排列，可能是有序的，也可能是无序的。

在层状硅酸盐中，可能出现以下几种有序和无序的情况：1. 在原子面上，一种阳离子被另一种阳离子部分置换，例如硅被铝部分置换，可能是有序的、局部有序的或无序的。2. 按顺序排好的层，由于天然的或机械的处理，可造成层叠顺序的错乱。3. 在间层结构中，层类型的顺序可能是有序的，也可能是无序的。贝利（1975）和布林德利（1980a、b）曾归纳了层状硅酸盐中有序和无序的类型。

四面体片和八面体片

图 1—1 a 表示基本的、最简单的四面体片结构形式。四面体都是从纸面指向外面

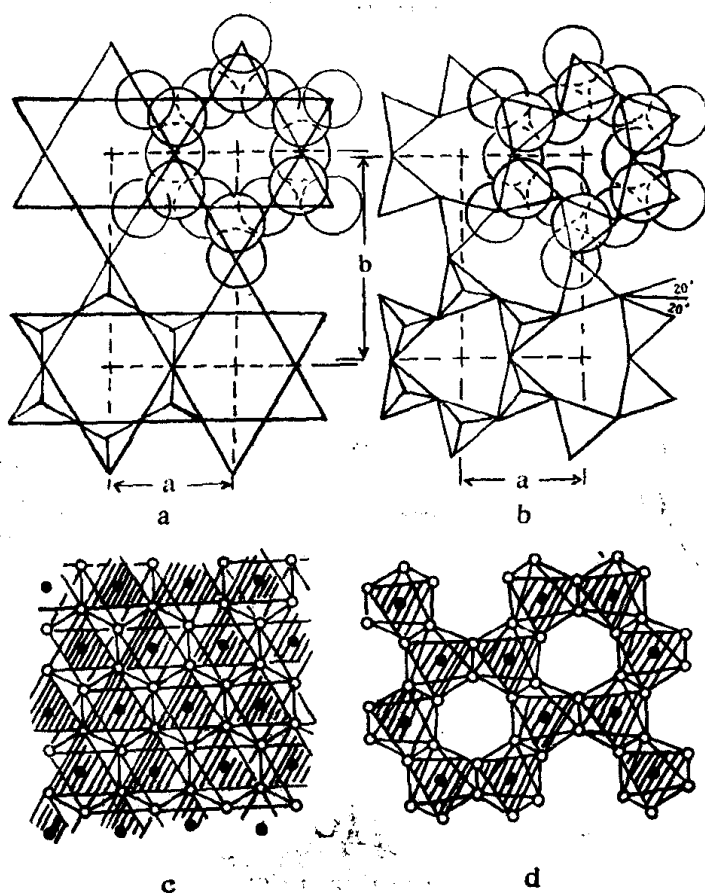


图 1—1 四面体片和八面体片结构

- 理想的四面体片，六方对称。
- 旋转四面体组合的结构(a)。注意 $b(a)$ 参数的减小。
- 三八面体片结构；八面体上面的部分画有影线。
- 二八面体片结构；注意八面体的变形及被阳离子占据的和未被占据的八面体大小的差异。

的；它通过与相邻的四面体共用三个氧而形成连续的片。一般用参数 $\underline{a}$ 和 $\underline{b}$ 来表述单位晶胞；每个单位晶胞的成分是 $T_4 O_{10}$ 其中 T 代表四面体中心的阳离子。当 T 为硅时，T-O 距离接近 1.62 埃，计算出的参数为 $\underline{a} = 5.28$ 埃， $\underline{b} = 9.15$ 埃。但是，如图 1—1 b 所示，四面体常会偏离这种理想的结构。当四面体交替地旋转 $+\alpha$ 和 $-\alpha$ 角度时，计算的参数值就会减少 $\cos \alpha$ 倍。这是四面体片同一个较小的、固定大小的八面体片相配位时，调整排列的主要方式。当四面体的位置部分地被铝离子占据时，因为 AlO_4 四面体比 SiO_4 四面体大 10% 左右，所以整个片的大小就要增加。

基本的八面体片结构，相当于 $Mg(OH)_2$ 和 $Al(OH)_3$ 中的氢氧化物片，分别称之为水镁石和三水铝石。这些成分常写成 $Mg(OH)_6$ 和 $(Al_2\Box)(OH)_6$ ，其中“方框”表示空着的阳离子的位置。前者描述为三八面体片，后者为二八面体片。八面体配位组合是由被缩短的公共边相连接而成的片状结构。三八面体片趋于扁平，但在投影图上（图 1—1c）并不明显。二八面体片正如图 1—1d 所示，被更复杂的方式所修正，其变形近于斜方柱的形式。空位的八面体大于被 Al 或等价的离子所占有的八面体。

典型的层状结构

典型的层状结构有四种，包括两个基本类型：T—O 和 T—O—T 及两种八面体片。这些典型结构及其理论结构式如下：

四面体/八面体比率	二八面体	三八面体
1:1	高岭石 $[Al_2(OH)_4O_2]Si_2O_3$ $= Al_2Si_2O_5(OH)_4$	蛇纹石 $[Mg_3(OH)_4O_2]Si_2O_3$ $= Mg_3Si_2O_5(OH)_4$
2:1	叶腊石 $[Al_2(OH)_2O_4](Si_2O_3)_2$ $= Al_2Si_4O_{10}(OH)_2$	滑石 $[Mg_3(OH)_2O_4](Si_2O_3)_2$ $= Mg_3Si_4O_{10}(OH)_2$

在这些结构式中，方括弧内是八面体片的成分，其中有些氢氧离子被氧离子替换，这些氧也同样属于四面体片。例如，在具有两个四面体片和每个结构式单元共计四个硅的叶腊石中，四个氢氧离子变成为四个氧离子。

在表 1—1 中比较了理想的 Si—O 四面体片，分别以三水铝石和水镁石存在的 $Al(OH)_3$ 和 $Mg(OH)_2$ 八面体片及 1:1 和 2:1 典型结构的 $\underline{a}$ 和 $\underline{b}$ 参数。显然，在二八面体

表 1—1 二八面体、三八面体结构的 $\underline{a}$ 、 $\underline{b}$ 值比较

	二 八 面 体		三 八 面 体	
	$\underline{a}$	$\underline{b}$	$\underline{a}$	$\underline{b}$
理 想 的 Si—O 片	5.28	9.15	5.28	9.15
八 面 体 片	三水铝石*	5.08(b) 8.63(a)	水 镁 石**	5.45 9.44
1:1 层 型	高 岭 石	5.14 8.93	蛇 纹 石	5.31 9.20
2:1 层 型	叶 腊 石	5.16 8.96	滑 石	5.29 9.18

* 三水铝石中的 $\underline{a}$ 和 $\underline{b}$ 参数，正好与层状硅酸盐结构的相反。

** 水镁石是六方晶系， $a_h = 3.147$ 埃， $\underline{a}$ 、 $\underline{b}$ 参数分别为 $\sqrt{3} a_h$ 、 $3a_h$ 。

矿物中, Si—O 四面体片和似三水铝石八面体片分别被缩小和扩大, 而在三八面体矿物中只是对片的单元做较小的调整。

与粘土矿物有关的层状硅酸盐的分类

由于层内阳离子的置换以及各种层间物质的存在, 使得层状硅酸盐的典型结构变得复杂起来。当层内阳离子被低价离子置换时, 如铝置换硅, 镁置换铝, 锂置换镁等, 这些层就获得了负电荷; 而当阳离子被高价离子置换时, 如铝置换镁, 则层内出现正电荷。但是, 包括粘土矿物在内的页硅酸盐, 则层最终电荷总是负的。通常, 层间物质是阳离子, 它提供了补偿的正电荷。在有利的环境下, 这些阳离子的水化或溶解都会引起晶体内的膨胀。这也是许多粘土矿物的一种重要性质。

表 1—2 按矿物族对层状硅酸盐进行了分类, 其根据是: 1. 层型, 1:1 或 2:1; 2. 每个结构单元层电荷 q 的数量; 3. 层间物质的性质(Bailey 等人, 1979; Bailey, 1980b)。根据层的二八面体或三八面体性质, 这些族又可分成亚族。在这个分类中, $q \approx 0.2—0.6$ 的蒙脱石以及 $q \approx 0.6—0.9$ 的蛭石呈现出晶内膨胀, 这是由于层间阳离子的溶解作用引起硅酸盐层之间可逆地吸附了水和其它液体所致。当然, 也不排除其它的机理。图 1—2 为一些层状硅酸盐结构的略图。

表 1—2 层状硅酸盐结构的分类

层 型	族 q = 单位化学式电荷数	亚 族	有 代 表 性 的 种
1:1	高岭石——蛇纹石 ($q \approx 0$)	高岭石 蛇纹石	高岭石、地开石、埃洛石 纤蛇纹石、蛇纹石、叶蛇纹石
	叶腊石——滑石 ($q \approx 0$)	叶腊石 滑石	叶腊石 滑石
2:1	蒙皂石 ($q \approx 0.2—0.6$)	二八面体蒙皂石 三八面体蒙皂石	蒙脱石、绿脱石 皂石、锂蒙脱石
	蛭石 ($q \approx 0.6—0.9$)	二八面体蛭石 三八面体蛭石	二八面体蛭石 三八面体蛭石
	云母 ($q \approx 1$)	二八面体云母 三八面体云母	白云母、钠云母 金云母、黑云母
	脆云母 ($q \approx 2$)	二八面体脆云母 三八面体脆云母	珍珠云母 绿脆云母
	绿泥石 (q 变化)	二八面体绿泥石 三八面体绿泥石 二-三八面体绿泥石	蛭绿泥石 斜绿泥石、鲕绿泥石 锂绿泥石
	海泡石——坡缕石	海泡石 坡缕石	海泡石 坡缕石

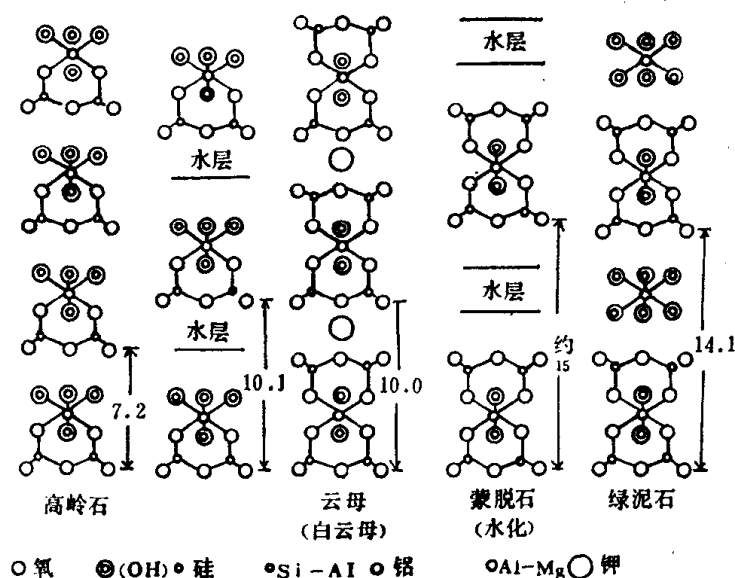


图 1—2 层状硅酸盐结构略图

电中性层和不具层间阳离子的典型层状结构，晶体内一般不膨胀。云母具有较高的层电荷，并且层间具有较强的静电吸引，一般也不膨胀。在 $q \approx 0.6$ 时，蒙皂石和蛭石区别并不明显，但蛭石作为一个族，其膨胀性则不如蒙皂石。晶体内膨胀的大小与层电荷的大小、层间阳离子的种类和数量有关，也与粘土所在的那种溶液的性质或浓度等物理条件有关。晶体内的膨胀量，可由层面（基面）的X射线衍射来测定。

1:1 型层状硅酸盐的结构和成分

高岭石族矿物

此类矿物的成分接近于结构式 $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$ 。它可能存在的唯一化学变化是 Fe^{3+} 置换铝，但这种置换较少见，且规模小。已知三种有序的多型矿物：高岭石、地开石及珍珠陶土，在自然界是以此顺序排列的。高岭石属三斜晶系，每个单位晶胞只有一层；地开石及珍珠陶土具有不同的单斜结构，每个单位晶胞有二层。这些矿物具有不同程度的层叠无序性，是由于形成、搬运或沉积的地质条件，或者研磨等机械处理所造成。这种无序的情况往往是相当多的，在x射线粉末图谱上，曲线的幅度和对称性都有较大的变化。数年前已用衍射曲线广泛地进行了关于结构无序方面的理论研究（见 Plancon 和 Tchoubar, 1976, 1977）。

理想的 Si-O 片结构要比氢氧化铝片结构大。因此，单层高岭石结构将可能形成弯曲的形状，或者是似球形、圆柱形，或者是螺旋形。埃洛石是高岭石族的另一个成员，在电子显微镜下呈现出纤维状、卷曲及弯曲状，是高岭石族矿物中唯一呈现天然水化形式的矿物。在埃洛石中，由于存在厚度约为 2.9 埃的水分子片，高岭石层的 7.15 埃的间距可增加到约 10.1 埃。它不像蒙脱石中那样，水分子不缔合层间阳离子，而且在 60℃ 温度下，或者在室温真空条件下，甚至于长期置于实验室内，水分子都极易被除去。埃洛石脱水以后，就接近高岭石的层间距，并且不易出现再水化。人们曾赋予埃洛石的这些

形式以各种名称, 为了避免含糊不清, 建议采用埃洛石-10 埃和埃洛石-7 埃。

蛇纹石族矿物

本族矿物具有理想的成分 $\text{Mg}_3\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$, 并可进行各种离子交换。与其大小差不多的二价离子也能存在, 例如 Fe^{2+} , 镍能置换镁, 2Al 成对地置换 $\text{Mg} + \text{Si}$ 。理想的 $\text{Si}-\text{O}$ 片大小与氢氧化镁片的大小差不多, 因此发育成卷曲形式的趋势较小。但成分接近于理想结构式的纤蛇纹石, 可发育成以圆柱形或螺旋形层排列的长纤维状。由电子显微镜照片, 可以清楚地看出结构的卷曲形式。从薄纤维束(而不是无定向粉末)所获得的 X 射线资料表明, 这些层是按正或斜的形式排列的, 其层间距接近 7.3 埃, 略大于高岭石的层间距。

鳞蛇纹石 这种蛇纹石是以片状形式出现在块状细粒物质中的。现已识别出的有 1-层三角形和 2-层六边形形式, 但往往很少发现良好的层叠排列。据认为, 由于铝部分地置换了易于使四面体片膨胀和使八面体片收缩的镁和硅, 而使形成弯曲层的趋势减少, 常形成片状层。

叶蛇纹石 蛇纹石矿物的这种形式具有卷曲结构和平面结构的特点。其层具有似波状形式, 即每半个波后, 四面体指向相反方向, 而八面体片则颠倒其位置, 但四面体片仍然是连续的片。因此叶蛇纹石确属页硅酸盐矿物。这种似波状结构是在普通结构上有一个超格子周期。通常超格子参数约为 $\sqrt{3}$ 埃, 其值范围可在 18 埃到 100 埃之间。尽管叶蛇纹石通常是粗的叶片状矿物, 但它作为粘土粒级的矿物也时有出现。

蛇纹石族矿物的少见形式 其中包括由大量铝置换的镁绿泥石 $(\text{Mg}_2\text{Al})(\text{SiAl})\text{O}^x(\text{OH})_4$; 以铁为主要成分的磁绿泥石(以前称为鲕绿泥石——后叙) $(\text{Fe}^{2+}, \text{Mg})_{3-5}(\text{Fe}^{3+}, \text{Al})_x(\text{Si}_{2-x}\text{Al}_x)\text{O}_5(\text{OH})_4$; 镁被镍大量置换的镍磁绿泥石以及各种类似的矿物。在这些矿物中, 磁绿泥石是最主要的, 它存在于沉积铁矿矿床之中, 以前认为它是鲕绿泥石。这种鲕绿泥石是绿泥石族的一种。结构中鉄的可变的氧化作用, 会造成成分的变化以及衍射特征的某些变化。

2:1 型层状硅酸盐的结构和成分

叶腊石和滑石

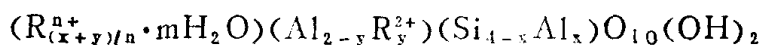
它们的典型结构的成分与理想结构的成分相近。在叶腊石中, 离子交换作用很少, 亦不广泛。但对于滑石, 其它二价离子如 Ni^{2+} , 能够置换滑石的 Mg^{2+} , 也有少量的 2Al , 能够对滑石的 Mg 和 Si 进行成对置换。

这两种矿物都以三斜晶系形式存在, 每个单位晶胞一个层。叶腊石也有二层单斜结构, 但滑石的类似结构却没有被证实(Bailey, 1980a)。由于它们的层堆叠的不规则性, 往往无法识别特殊结构的排列。由于包括分子键在内的弱的层间连接力及长距离的离子引力, 使这些矿物都比较软。叶腊石和滑石的基面间距分别为 9.20 埃和 9.35 埃, 所以在 X 射线粉末图上很容易区别出来。

蒙 皂 石

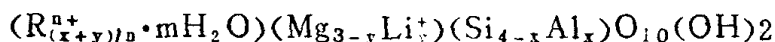
通过四面体和（或）八面体片中离子置换作用，从叶腊石和滑石的结构式可以得出二八面体和三八面体蒙皂石的一般结构式，其层间阳离子提供了必要的电荷平衡。

二八面体蒙皂石：

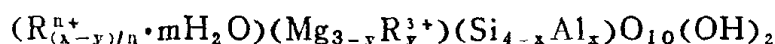


（蒙脱石、贝得石、绿脱石）

三八面体蒙皂石：



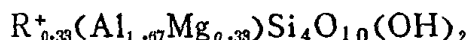
（锂蒙脱石）



（皂石）

在这些结构式中， R^{n+} 代表层间阳离子， mH_2O 代表层间水。在四面体位置，硅部分地由 Al^{3+} 离子置换，但也不排除一些 Fe^{3+} 离子的置换作用。在八面体位置，铝能部分地被 Fe^{3+} 离子置换，镁被 Fe^{2+} 和其它的二价离子置换。在第一和第二个结构式中，四面体片和八面体片总的电荷是负的，但在第三个结构式中，八面体片则为正电荷，它可以部分地平衡一个四面体片的较大的负电荷。

二八面体蒙皂石 其中最重要的是蒙脱石，以八面体的阳离子交换为主，其理想结构式为：



贝得石以四面体的阳离子交换为主，其理想结构式为：



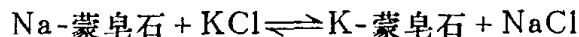
绿脱石也是以四面体的阳离子交换为主，八面体阳离子主要是 Fe^{3+} ，其理想结构式为：



这些理想结构式便于引用，在任何情况下，层电荷均在 0.2—0.6 之间。端员矿物很少见，很可能大多数的八面体蒙皂石是发现于蒙脱石——贝得石系列以及贝得石——绿脱石系列之中的。

三八面体蒙皂石 在主要具有八面体的阳离子交换这点上，锂蒙脱石类似于蒙脱石。 Li^{+} 是唯一的小得足以进入层结构的一价离子。皂石与其它蒙皂石的差别，在于其八面体片需要一个正电荷，以部分地平衡一个较大四面体的负电荷。在这方面，皂石与蛭石相似（后述）。

蒙皂石的阳离子交换反应和膨胀特性 如前所述，蒙脱石中存在的层间阳离子数要比云母中的少，这就造成层间阳离子的水化和溶解，以及可逆的晶内膨胀。由于阳离子水化，层结构的膨胀（扩展），就使原来的阳离子与溶液中的其它离子进行交换，例如：



在混合的 Na、K-蒙皂石和混合的 Na、K 氯化物溶液之间建立了平衡。经过反复处理和（或）使用浓度大的溶液，原始的层间阳离子完全能够被其它阳离子置换。在这