

粘土和粘土矿物译文
选 辑

040.32.02

前 言

《粘土和粘土矿物译文选辑》主要取材于近年来有关的专著和论文集,如埃尔塞维尔科学图书公司出版的沉积学的进展24辑(“膨润土”——地质学、矿物学、性质及用途,1978年版);沉积学的进展25辑(“日本的粘土和粘土矿物”,1978年版英文本);沉积学的进展21辑(“天然和人工合成体系的粘土和粘土矿物”,1977年版)和苏联的论文集“膨润土”,1980年版。少量内容选自美国“沉积学百科全书”、“工业矿物与岩石”和英国矿产资源咨询委员会专题文献资料“漂白土”和“球粘土”。原文由我室业余译网成员节译或摘译,有关同志校对后,情报室全体同志及徐则达、杨双喜同志又分工作了复校;全部插图由省石油队绘图组业余加班绘出,然后编辑成册。

本译文选辑除少量地介绍粘土和粘土矿物某些基本概念以外,着重介绍膨润土的成因、膨润土矿床的工业—成因分类、工艺技术分类、膨润土的研究方法、膨润土的成矿规律性以及工业利用的准则和性质要求;同时还介绍膨润土的工艺技术评价、地质—工业评价、预测评价和主要用途。此外,还简要地介绍了美、苏等世界主要膨润土生产国的矿床地质和实验研究情况。本译文选辑也部分地介绍了高岭土、漂白土、球粘土、海泡石和坡缕石等粘土和粘土矿物。涉及面较广,内容比较多样;而且附有许多插图、统计表、电镜照片和大量实验数据。因此可供从事粘土和粘土矿物、特别是膨润土粘土矿产普查勘探、科研和教学工作参考。

本译文选辑的编辑出版工作,由于时间仓促,加上专业业务水平有限,可能错漏字较多,在译文的措辞表达上也难免有所欠缺,敬希读者提出批评指正,不胜感激。

浙江省地质局情报室

目 录

前言		
粘土	沃内 E·布劳内尔	徐步台译 (1)
粘土成因	乔盖斯 米尔洛特	徐步台译 (5)
粘土矿物的命名和结构	B·维尔代	蔡刚民译 (9)
支配粘土矿物性质的几个因素	霍登 H·默劳	蔡刚民译 (12)
日本的粘土和粘土矿物概况	须藤俊男	蔡行来译 (13)
蒙脱石	B·维尔代	任希文译 (37)
蒙脱石的晶体化学和结构特点及其对膨润土		
性质的影响	M·B·埃里什等	林中坚译 (55)
膨润土地质和矿物学 概要	R·E·格里姆 N·居芬	王鸣盛译 (62)
膨润土的成因类型	R·E·格里姆 N·居芬	张和玮译 (66)
膨润土的研究方法	R·E·格里姆 N·居芬	徐贤育译 (72)
膨润土的性质与用途	R·E·格里姆 N·居芬 张和玮	冯芝因译 (77)
膨润土的研究及其工艺技术性能评价	M·C·麦拉比什维利	蔡刚民译 (97)
膨润土问题及其国民经济意义	B·П·彼特洛夫	蔡刚民译 (101)
美国及其它一些国家膨润土主要产地的地质		
特征和矿物学研究	R·E·格里姆 N·居芬	张和玮译 (109)
苏联膨润土矿床的成因分类和工业分类		
.....	H·B·基尔萨诺夫 A·A·萨比托夫	吴六汀译 (154)
以苏联格鲁吉亚和其它地区若干矿床为例, 介绍膨润土成矿的某些规律性		
.....	Г·A·马恰别利	蔡刚民译 (159)
苏联境内膨润土原料的预测评价		
.....	A·A·萨比托夫 H·B·基尔萨诺夫	吴六汀译 (168)
苏联膨润土矿床地质—工业评价的迫切问题		
.....	B·M·鲍尔祖诺夫 H·П·达尼洛娃	蔡刚民译 (175)
高岭土类矿物	长泽 敬之助	任希文译 (178)
漂白土	D·E·海莱	任希文译 (197)
球粘土	D·E·海莱	任希文译 (203)
海泡石—坡缕石	B·维尔代	汪承松译 (211)
附: 电镜照片及其文字说明		(222)

粘 土

沃内 E·布劳内尔

沉积粘土矿床要含有30%以上的粘土矿物，否则叫做砂、粉砂或泥灰岩矿床。当达到一定含水量时，粘土矿物使沉积物具有独特的可塑性。“粘土”或“粘土粒级”这个术语是指沉积物粒度分析中最小的颗粒部分 ($< 4\mu$)。

粘土的可塑性是湿料成型和除去变形外力后保持其固定形状的能力。粘土矿物使整个粘土矿床具有这种性能是由于粘土微粒有一些基本特性：似片状的粘土形状可沿着外力作用方向呈定向排列，以强化塑性体；粘土微粒的表面能大，造成吸附在颗粒上的水结构有一定的强度和厚度。在沉积矿床中，粘土矿物的最大粒径很少超过 2μ 。粘土粒级的颗粒的性状主要取决于它们的表面力。

粘土矿床的可塑性在某种程度上说是唯一的。除上述可塑性外，粘土还能贮留大量的水，干燥时会增加强度以及具有明显的干缩性。自人类有了文明以来，已发现和利用了沉积粘土的所有这些特性。

粘土矿物

对粘土矿床来说最本质的粘土矿物是层状结构的晶体，因而大多数的粘土矿物呈似片状。粘土矿物与云母、滑石及叶蜡石一起属于二硅酸盐（页硅酸盐）类，它们都是以二维的硅—氧骨架为主的结构。二硅酸盐以硅—氧比 $(\text{SiO}_2)^{-2}$ 为特征。在粘土矿物层 (Layer) 中，这种氧化硅晶层 (Sheet) 与氧化铝晶层（类似水铝矿 $\text{Al}(\text{OH})_3$ ）或与氧化镁晶层（类似水镁石 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ ）相结合。高岭石 $\text{Al}_2(\text{Si}_2\text{O}_5)(\text{OH})_2$ 是由一个氧化硅晶层与一个水铝矿晶层结合成层，而整个晶体则由许多这样的层组成。高岭石是所有粘土矿物中最纯的铝硅酸盐。

蒙脱石族 (Smectite) 在一个似水铝矿层或一个似水镁石层旁边有两个氧化硅层。这个粘土矿物最突出的结构特征是部分 Al^{3+} 离子和氧化硅层中部分 Si^{4+} 离子被取代。由各种可交换的层间阳离子达到其电荷的平衡。最常见的蒙脱石还有一些 Mg^{2+} 离子取代似水铝矿晶层中的 Al^{3+} 离子。蒙脱石的典型结构式是： $(\text{Al}, \text{Mg})_2(\text{Al}_{0.7}\text{Si}_{3.3}\text{O}_{10})(\text{OH})_2\text{X}^{+0.7}$ 。这种矿物的特征是：由于层间水的吸附，致使产生垂直于层面的膨胀作用及其超微细的颗粒。伊利石是一种在晶体结构上类似于蒙脱石族但象云母的粘土矿物。矿物的层由 K^+ 离子彼此相连接。这种矿物缺乏垂直于层面的膨胀作用，它在各方面都更类似于云母。伊利石的典型结构式是 $(\text{Al}_{1.5}\text{Fe}_{0.5}\text{Mg}_{0.5})(\text{Al}_{0.5}\text{Si}_{3.5}\text{O}_{10})(\text{OH})_2\text{K}_{0.5}$ 。它常常含有铁，用于烧制陶瓷中的红色砖。

矿床

沉积粘土矿床是由水或风搬运的各种矿物碎屑，由于携带力减小而沉积形成的。沉积物的性质和数量常取决于气候条件而随时间变化，形成一种纹泥状或层状矿床。这类矿床见于海底和洋底，它们类属于海相，而风成矿床则是风积的粘土。

不言而喻，在沉积粘土矿床中可以发现各种类型和数量的矿物。一种或几种粘土矿物可与其它页硅酸盐矿物（例如白云母、黑云母、绿泥石、叶蜡石及蛭石）一起沉积。石英是粘土矿床中最主要的非可塑性矿物，但是许多其它矿物的碎屑，例如长石、金红石、镁钛矿、锆石、闪石、绿帘石及电气石，也是常见的较少量的矿物。在粘土矿床中，动植物有机体分解而成的含碳物质常与这些矿物紧密共生。方解石和白云石也与粘土矿物密切混合，特别是在海相矿床中。它们的来源一般是与有机物沉淀有直接或间接的关系。

有一种矿床可能是蚀变作用使矿物结构发生改变或新形成的粘土矿床。在这些情况下，有效的成岩营力是淋滤溶液，弱溶组分的溶解以及化学反应，例如氧化—还原、分解和沉淀作用。压力也是蚀变的一个因素。矿床中有些粘土矿物是由这些过程形成或改变的，并且新形成一些其它矿物，例如绿泥石、黄铁矿、微斜长石、钠长石、石英、针铁矿、褐铁矿、赤铁矿、石膏及重晶石。

沉积粘土矿床在世界上是很多的，有几个矿床由于质地纯净或独有的矿物组合而具有很高的经济价值。沉积高岭土就是高纯度矿床的例子。有些高岭土只含有高岭石和石英。这种白粘土经过处理除去石英，可得到细粒的可塑高岭土产品。许多沉积高岭土矿床由于存在绿脱石（囊脱石）、针铁矿、褐铁矿或赤铁矿一类的铁矿物，实际上变成无用的高岭土。球粘土是重要的矿床，因为它们含有大量的细粒高岭石。球土可含有少量其它粘土矿物，其中主要的非可塑性组分是粉砂质粒径的石英。耐火粘土是高岭质的、可塑性差的粘土，它比上述粘土更不纯。在这些粘土中高岭石通常与伊利石、石英、黄铁矿及含碳物质伴生。有一种特殊类型的耐火粘土，压紧成致密的似岩石块，叫做硬质粘土，硬质粘土在水中不会松散或软化。

一种少见但重要的粘土矿床是膨润土，它基本上是蒙脱石族组成，只含有微量的粗粒非可塑性物质。这种粘土在含钾溶液的长期作用下，变成很象伊利石特性的粘土。这类矿床叫做变膨润土*，它们的工业用途不大。伊利石质粘土可能是最多的，它是纯度最低的铝硅酸盐粘土，几乎常含有石英及包括云母的各种各样其它矿物碎屑，许多这些矿床也包含碳质物，保持了一种化学还原环境。这些矿床的颜色从蓝到黑色。红色伊利石质矿床的例子是常见的，它是在以氧化条件为主的环境内形成的。这些外表上不同的伊利石质粘土，在矿物学上是极其相似的。页岩是沉积粘土矿床的一种类型。它是在上覆岩层的压力下固结成层的。

粘土类型

球粘土(Ball clay):球土是一种基本上由高岭土(50%~90%)组成的细粒沉积矿床。它

*有译为亚膨润土。原文为metabentonite 编者注

的其它主要矿物是石英、云母、伊利石或水云母。如同所有的沉积矿床那样，球土可含有少量金红石、镁钛矿、蒙脱石、含碳物质及其它细粒矿物碎屑。氧化铁总含量通常不超过2.5%。这些矿床的粒径微细（80% < 1 μ ）和粘土矿物含量高，使其具有强的可塑性和很大的干缩力。矿床通常呈透镜状和湖积成因；然而，有些矿床是河积的。在陶瓷生产中，球土用来增强烧制白坯的可塑性。它们也用于铸型砂和作为填料。

蓝土 (Blue clay)：蓝土是一种粘土矿物含量可变的(30%~80%)沉积矿床。它的特征颜色来自含碳物质的存在，这种物质产生化学还原条件，可保存二价铁矿物，如FeS和FeO。这类矿床可能是湖泊、港湾、三角洲或海相成因。粘土矿物通常是伊利石，但在有些矿床中也可含有高岭石和蒙脱石族。石英颗粒是常见的主要非可塑性矿物；经常存在从砂到粉砂粒径的其它矿物碎屑。有些蓝土是页岩风化和再沉积而成的，但这种产物仍如同上述的情况。

砖土 (Brick earth)：一种适用于烧制红砖或陶器的沉积粘土矿床有时叫做砖土或砖粘土 (Brick clay)。这类矿床可以是河流、港湾、湖泊、海相或风成的。粘土矿物含量达30%~50%的粘土才适合应用。粘土矿床的其余部分是石英砂和粉砂，在粉砂部分常含有少量的长石、二氧化铁、金红石、镁钛矿、锆石及其它稳定矿物碎屑。碱土金属的硫酸盐和碳酸盐通常被认为是不需要的组分。只有当煅烧试验出现合适的颜色、孔隙度、收缩性及强度时，才能确定最终的适用性。

富土 (Fat clay)：如果沉积粘土中大部分(50%~80%)是粘土矿物，只有少量粉砂粒径的非可塑性矿物碎屑，称之为富土。这类矿床的湿粘土具有很大的可塑性、稠度和容重。由于孔隙度低和粘土矿物吸附大量的水，所以它是不透水的。为了使其具有适用于造型工艺的可塑性，一般需添加非可塑的细料，以便控制收缩性。

贫土 (Lean clay)：如果沉积粘土矿床含有少部分(20%~30%)的粘土矿物，其余是砂或粉砂粒径的非可塑性矿物碎屑，称之为贫土。这类矿床的湿粘土失水性好，土体的孔隙度比通常的粘土要高。它有时叫做粉砂土 (Silty clay)。

硬质粘土 (Flint clay)：硬质粘土是一种块状、致密、坚硬、不水解的及无可塑性的粘土，它具有类似燧石的特性，煅烧时很难熔。它是由很微细的结晶完好的高岭石颗粒组成的。有时，它有过剩的二氧化硅和以硬水铝石 (AlOOH)或勃姆石 (AlOOH)形式存在的铝。虽然对硬质粘土的特殊物理性质还不能确切地加以说明，但这些富铝矿物常常可把高岭石微粒胶结起来。这种粘土的成因有多种解释，如与形成落水洞有关的淋滤作用，直接从胶体溶液中沉淀，以及有选择地淋滤含有机质的风化玄武岩流。这些粘土被用于制作熔炉的材料，在那里它们将转变成成为莫来石 (3 Al₂O₃ · SiO₂)。

底粘土 (Under clay)：底粘土是直接煤层下面的泥质、灰色、不成层的基底层。它的厚度（数厘米到10米）和水平延展范围的变化，看来都与上覆煤层的大小无关。有时，底粘土层与超过可追踪范围的一部分或全部的煤无关。不含碱性物质的底粘土可能经受高温（碱性物质是熔剂）而称为耐火粘土。底粘土由高岭石、伊利石、绿泥石及混合层粘土组成；有些底粘土是钙质的，主要组分是伊利石。紧靠煤层底层的上面几厘米通常含有一些有机物质，例如树椿、树根和细小植物，并且遭受淋滤。某一地区的底粘土常常与可识别的循环方式的

煤层有关，这种关系由Wanless和Weller最先称为“韵律层”（“Cyclothem”）。底粘土的各种工业用途已促进了对它们的研究。

徐步台译自《Encyclopedia of sedimentology》1978, P136~138

局情报室校

粘土成因

乔盖斯 米尔洛特

硅酸盐岩石占地壳的90%，它们通常由石英、长石、云母、闪石、辉石以及各种副矿物组成。当岩石出露于大气中时，这些矿物受到水、氧和二氧化碳的侵蚀作用。水渗入孔穴、裂隙及矿物的显微裂缝，并且溶解较易溶的组份。残留物与水、氧、二氧化碳及一些被溶解的离子又重新组合，形成在地表大气条件下平衡的新硅酸盐矿物（粘土）。粘土主要由粘土矿物组成，它们是很细小的片或晶体，粒径通常 $< 2\mu$ 。

粘土成因

土壤、泥灰、板岩和页岩中的粘土矿物是由新生、继承和转变过程产生的。新生作用（Neoformation）或自生成因（authigenesis）是指存在于环境中的离子原地结晶成粘土矿物。继承作用是先前形成的粘土矿物未作任何改变的碎屑堆积。转变作用是由于环境的地球化学变化，先前形成的粘土矿物发生蚀变。转变作用有两种类型：1. 迁出作用（degradation），从粘土结构中除去离子；2. 加入作用（aggsadation），在粘土结构中加入离子。

所有上述三种过程都受两类环境支配：（1）淋滤环境；（2）封闭环境。淋滤环境是破坏原有的硅酸盐矿物，退化层状硅酸盐，并且转变成粘土矿物。封闭环境是使退化的粘土矿物发生加入作用，并从浓缩和封闭的溶液中形成新的粘土矿物。

热动力学图解：这种图解可使研究者用来预测随溶液 pH 和离子的浓度的变化所形成的矿物序列。图 1 包括两个热动力学图解：（1）三水铝矿，高岭石，Na-蒙脱石（蒙脱石族）和钠长石的稳定区域；（2）三水铝矿，高岭石，白云母（伊利石）和 K-长石的稳定区域。箭号 W 代表随着溶液的 $[H_4SiO_4]$ 、 $[Na^+]$ 、 $[K^+]$ 、 $[Ca^{2+}]$ 和 $[Mg^{2+}]$ 逐渐减少所发生的风化过程的反应途径。相反，箭号 D 代表溶液越来越富集 SiO_2 和各种阳离子时成岩作用带的反应途径。根据这些图解，可确定有关矿物形成序列的可能化学反应，压力和温度的作用只是改变反应速度和平衡状态的位移。

地壳地球化学循环中的粘土矿物

地壳的地球化学循环可用下列阶段组成的一个简化的循环来表示：（1）风化带，该处地壳经受物理和化学风化；（2）沉积带，这里风化产物被搬运、沉积和改造；（3）成岩带，通过埋藏、脱水、压缩及胶结过程将沉积物变成沉积岩；（4）变质带，沉积岩受热、挤压后部分或全部熔融成为变质岩和花岗结晶岩；（5）退化变质和成岩带，由火山和构造作用将结晶岩返回到地表（风化带）。

粘土矿物的形成，发生在退化成岩带的某些范围内，而在风化带要更广泛得多，这些粘土矿物在沉积带中经过搬运、沉积和改造，而在成岩带中发生转变与变化。最后，它们在变质带中遭受破坏，从而形成云母和长石。

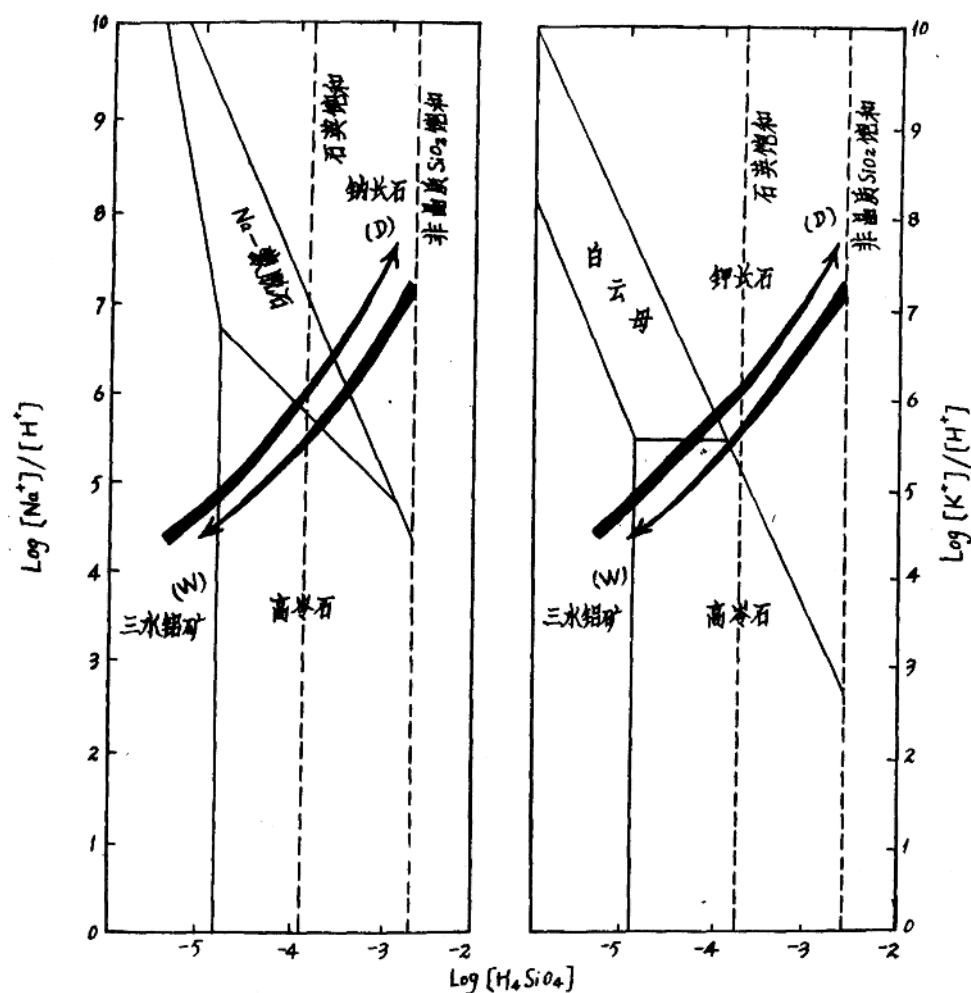


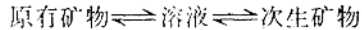
图1 随着 pH 及 SiO_2 与碱性离子的浓度变化, 一些矿物的稳定性图解 (据 Gassels 和 chsist, 1965; Tardy, 1969; Millot 等, 1974)

· 箭号 W 表示风化过程中矿物的序列: 长石, 云母, 粘土矿物, 三水铝矿。箭号 D 表示成岩作用的逆向序列

退化成岩带。在构造上升中, 高温高压下平衡的矿物不再平衡, 在成岩带, 原有的硅酸盐矿物在退化成岩作用下产生粘土矿物。长石和其它铝硅酸盐由于新生作用形成绢云母、细鳞白云母、块云母和伊利石。还有铁镁矿物 (闪石、辉石、黑云母) 经过退化和新生作用产生绿泥石。继承作用是不重要的, 因为在地壳深处的结晶岩中不会产生粘土矿物。

风化带: 风化带是粘土矿物形成最有利的地方。风物质和土壤是继承产于退化成岩作用和富粘土的风化母岩 (如页岩和板岩, 它们是未进入变质作用深带就返回地表的) 中的粘土矿物。因此, 继承作用对风化带中粘土矿物的堆积起重要作用。

还有，在风化带中，溶液渗入原有成岩物质的孔穴、裂隙和显微裂缝，其反应如下：



反应向右边进行，由非层状矿物的新生作用和层状硅酸盐的转变作用(通过迁出过程)发育一系列次生矿物。非层状硅酸盐的新生作用可按下列顺序演化：

斜长石→(绢云母)→蛭石→蒙脱石→Al-蒙脱石族→高岭石→三水铝矿
钾长石→蒙脱石→高岭石→三水铝矿
玻璃→凝胶(水铝英石)→蒙脱石→埃洛石→高岭石→三水铝矿

层状硅酸盐迁出作用引起的转化过程如下：

黑云母→(绿泥石)→蛭石→蒙脱石→Al-蒙脱石族→高岭石→三水铝矿
绿泥石→混合层(绿泥石—蛭石)→蛭石→混合层(蛭石—蒙脱石)→蒙脱石
→三水铝矿
伊利石→混合层(伊利石—蛭石)→蛭石→混合层(蛭石—蒙脱石)→蒙脱石→高岭石
→三水铝矿

在风化环境中，溶液往下迁移通过沉积物和土壤引起较大规模的粘土矿物的新生作用。这种溶液迁移是在沉积物质的大孔隙中发生的。粘土矿物的形成情况如下：从 SiO_2 极不饱和的介质($< 1 \text{ ppmSiO}_2$)中，铝土(凝胶和络合物)形成三水铝矿；在弱碱性介质中，由Si、Fe和Mg同原地的Al相结合成为蒙脱石和Al—Mg—Fe蒙脱石族；在半干旱地区的钙质壳中是含镁粘土矿物—绿坡缕石和海泡石；以及在干燥的低洼地中是钠硅酸盐(方沸石、丝光沸石等)。

在风化作用终止时(即在一种恒定的环境中)，在原有矿物的显微孔隙中形成的粘土矿物和风化沉积物的大孔隙中产生的粘土矿物是与渗入总体系的单一溶液相平衡的。单一次生矿物的发育，例如Vestisols中的蒙脱石，红土中的高岭石及铝土矿中的三水铝矿。

风化带中粘土的成因与气候有非常密切的关系。在冰川地区中，粘土矿物被继承，因为化学风化受限制，只有不发生蚀变的物理风化产生细小微粒(伊利石与绿泥石)。在温带风化地区产生混合层粘土矿物、蛭石及蒙脱石。在半干旱与亚热带的低洼地中，以含铁蒙脱石族占优势。在赤道和湿热带地区中，地表被高岭质的、有时是三水铝矿的外壳所覆盖。所有这些由风化作用形成的粘土矿物可被搬运和沉积到别的地方。

沉积带。在沉积带中粘土矿物主要是继承型的，有时是转变型的，而很少是新形成的。沉积盆地接受两种形式的物质：(1)碎屑矿物微粒；(2)溶液中的离子。当完全是由于碎屑的、机械的或外来的过程堆积粘土时，以及当沉积环境不会使粘土矿物发生任何变化时，这种粘土沉积物是被继承的。一般认为粘土矿物沉积的主要机理是继承作用；许多风成、冰川、河流、湖泊及海相形成的矿床都是碎屑沉积，即粘土矿物来自其它地方。许多地质层序中的粘土矿物都是继承的，例如现代海泥、磨砾层与复理层、山麓沉积物、含铁与含煤相，以及红层。这些地质层序的粘土矿物资料有助于恢复古地理和古气候条件。

许多粘土矿物在地球化学环境中是易受改变的，因此，通过迁出和加入过程发生转变作用。在迁出过程中层间离子被淋滤，改变了粘土矿物晶格的组成，如果这些迁出的矿物被带到饱和更多阳离子的环境中，那么它们会发生加入作用，改组它们的结构，甚至生长发育。说明加入作用的一个极好的例子是法国和摩洛哥的三叠纪粘土(Millot, 1964)。在富阳离子的环境影响下，有一个渐变过程，迁出的伊利石→混合层粘土矿物(伊利石—绿泥石)→柯绿泥

石→结晶完好的三八面体绿泥石。这些转变过程极少是宏观的,而常常是微观的现象;然而,在很多情况下已观测到这种转变,并且指出了发生转变的几个间接的证据:①在含盐的环境中,由于转变作用使形成的伊利石结构中有很丰富的硼;②粘土矿物的 Rb—Sr 年龄测定说明有铷进入粘土结构的转变作用;③海相沉积中 SiO_2 的平衡表明,含硅动物群和植物群没有充分耗尽由江河带来的全部 SiO_2 ,因此, SiO_2 必须由粘土矿物的转变作用被固定下来。

溶液中原地的结晶作用(新生过程)是沉积粘土矿物成因的第三种机理。这种机理不是经常发生的,甚至是很少见的,但它具有一种重要的地球化学意义,即矿物精确地反映了其来源环境的特征。

转变的和新生的粘土是与化学沉淀的大量碳酸盐、硅酸盐、磷酸盐及硫酸盐一起产生的,伴随这些沉淀的一套粘土矿物是蒙脱石、绿坡缕石、海泡石和富镁蒙脱石。前两种粘土矿物是继承的和转变的,而后两种是新生的,并且做过它们的合成试验(天然条件下)。在特殊的地球化学环境中,由新生作用可能形成的其它粘土是海绿石(它也可以是继承的粘土矿物发生转变作用的产物)和蒙脱石(它可由深海火山灰的溶解产物形成)。如果是富含 SiO_2 而各种阳离子少的环境,那么粘土矿物的成因可与蛋白石、方英石或显微晶质石英状的 SiO_2 的直接沉淀有关。

地形也可影响在沉积环境中粘土矿物的成因。如果陆地是不平的地形,从岩石和土壤中带出的粘土物质直接运移到沉积盆地,而继承作用占优势;若陆地是被侵蚀的地形,且发生化学风化作用,则粘土微粒仍被搬运到盆地,但这些矿物要与填充于裂隙中富含阳离子的溶液(来源于化学风化)发生反应,从而引起加入作用的转变过程。如果陆地是很平的地形和受强烈蒸发作用的影响,则碎屑供给是可忽略的,而主要是新形成的粘土矿物。

成岩带。成岩带是位于沉积与变质作用之间的地壳带。其温度不超过 200°C 和压力保持在 3 千巴以下。在成岩带中,继承了沉积作用中的粘土矿物,并且被埋藏、脱水和转变。这种转变过程的序列参看图 1,按箭号 D 所示。高岭石重结晶形成普通的粘土矿物,并且在富钾的环境中蒙脱石族和混合层粘土矿物由加入作用转变成伊利石;而在富含镁的环境中则转变成绿泥石。在成岩过程中由加入作用(与风化过程起相反的作用)重新组构成伊利石(绢云母)和绿泥石(因为它们是在退化成岩过程中组构成的)。

最后,粘土矿物在变质带中被破坏,而形成与变质环境的较高温度和压力相平衡的新矿物(云母和长石)。

徐步台译自《Encyclopedia of sedimentology》1978, P152~155

局情报室校

粘土矿物的命名和结构

B·维尔代

为了避免混淆或误解,必须定义几个在以下讨论中用到的主要术语。这里提出的不是新定义,而是基本词汇表中的简单概况说明。它可作为粘土矿物族中页硅酸盐和其它硅酸盐矿物的物理化学问题讨论的依据。

作为问题的出发点,扼要地描述页硅酸盐所共同的基本晶格是有用的。最基本的特点是一个实际上二维的六方晶系对称网格的 SiO_2 四面体的键系。这一“晶层”网格的一边与复合物的其它氧离子配位,该复合物是由一个共价结合的重要组分连接的;而另一边则由实质上的离子结合或范德华(Van der Waal)型结合配位的。正页硅酸盐结构的键是氧网格,它决定了结构的形状和范围。

大部分普通粘土矿物族的粗略分类,可以基于在八面体层(二八面体或三八面体)中存在的离子数以及在基本晶层结构之间存在的离子的类型和数目(层间离子),后者与氧网格是离子结合的,这些情况列于表1。在离子配位中的阳离子与氧网格结合的情况下(层间离子),无论

表1

顺序	名称	四面体层	八面体位置	主要层间离子	层间电荷	氧网格之间主要结合类型
1	高岭石	1	2	0	0	范德华
2	蛇纹石—7Å 绿泥石	1	3	0	0	"
3	叶蜡石	2	2	0	0	"
4	滑石	2	3	0	0	"
5	白云母、伊利石、绿帘石、海绿石	2	2	K	0.7~1.0	离子
6	蛭石、蒙脱石(三八面体)	2	2.7~3.0	Na, K, Ca, Mg	0.25~0.60	离子
7	蒙脱石(二八面体)、贝得石	2	2	Na, K, Ca, Mg	0.25~0.60	"
8	14Å绿泥石	2	2.7~3.0	(Mg, Fe ²⁺ , Al)	0	范德华

四面体或八面体配位,由于置换作用产生了负的吸引电荷。因为氧网格在类型和数量上是固定的,所以这些置换作用对于整个 2 : 1 构造来说,增加了纯负电荷;同时这种电荷的不平衡由层间位置中主要离子结合的阳离子的加入得到满足。这一基本的 2 : 1 网格包含 $O_{10}(OH)_2$; 唯一与八面体离子配位的是羟基。负电荷为 -22。指出具有 1.0~0.7 之间一种层间电荷的粘土矿物,包含几乎唯一的、作为一个层间离子的钾这一点是重要的。在具低电荷 0.6~0.25 的矿物中,大电荷缺失,不存在碱性或碱土元素。

具有层间电荷在约 0.6 和 0.25 之间的这些矿物属膨胀相矿物;这些矿物容易接受层间位置中离子和极性分子各种不同的结合,从而改变了 $C_{\sin\beta}$ 方向上的总距离。通常,水、甘油或甘醇常改变层间距离,因此等同于一种矿物。当一种矿物在甘醇气体中饱和,其重复距离达 17~18 Å 时,这里就可使用上述完全扩大的术语。具有不同类型的基本层间结构是可能的。虽然每一层要保持其化学的和结构的一致性,但层间矿物的 X-射线衍射提供了整个晶体的平均值。因此,混合层矿物将给出在两种类型层之间的中间性的衍射特征。在 100% 蒙脱石层和膨胀的、非膨胀层的混合层之间,可以区别出“完全膨胀的蒙脱石”。

由于蒙脱石在别处用得很多,本文中也就毫无限制地用了蒙脱石这一术语。该词实际上可具有两个含义,它既可以是一种不确定的膨胀相,不能被赋予专门的命名,因为其鉴定方法是不完善的;也可以是一种专门的二八面体的命名,其膨胀相具有在八面体位置 $M^+x(R^3; -xR^2x)$, $Si_4O_{10}(OH)_2 \cdot nH_2O$ 中的不平衡负电荷的位置。遗憾的是,现行大部分文献坚持不具体的用法,尽管企图将蒙脱石一般术语重新定义为两类——蒙脱石族(二八面体)和皂石(三八面体)膨胀结构。在使用这两种名称时,主要不方便之处是出现一种粘土混合物,往往不可能确定其膨胀相的八面体空间位置。因此,蒙脱石维持其普通的术语名称而非专门术语。然而,用于特殊成分的四硅二八面体蒙脱石的专门矿物名称的表示法还没有制定。

下面讨论中将使用下列术语:蒙脱石——四硅膨胀相,主要是八面体荷电的;蒙脱石类——不确定的膨胀相,二八面体或三八面体蒙脱石——分别为蒙脱石族或皂石。这一方案与现行用法一致,但又比一般情况下略为特殊一些。

在粘土粒级的矿物集合体中(即直径小于 2 微米, Krumbein 和 Pettijhon, 1938),一般还能找到一些其它类型的矿物,除了石英和非晶质矿物以外,两种最重要的矿物组是海泡石—坡缕石和沸石。这两组矿物相类似,在它们的结构中都含有自由水分子。然而,在所有情况下, Si—O 键的性质是十分不同的。

沸石属网硅酸盐类,其结构基于长石的模型,主要的化学置换和结构置换是 $M^+Al = Si$, 即硅取代铝加一个离子(或在取代钙时加 $\frac{1}{2}$ 个离子)。通常,交换两个离子中的一个离子,伴随着增加结构中无束缚的沸石水。由于这种置换作用的意义增加了,所以其结构变得较为“开放”,以及能够发生较为多变的置换作用,例如 NH_4^+ 置换 K^+ 等等。

在天然矿床中,海泡石和坡缕石常伴生一起。它们均呈纤维状,其链状(线性的)结构决定了它们的特征。它们含有羟基、沸石水和结合水。这些矿物主要是含有可变数量 Al^{3+} 、 Ca^{2+} 、 Fe^{2+} 和 Fe^{3+} 离子的硅镁矿物。理想的式子:

海泡石 $Si_{12}Mg_{8(或9)}O_{30}(OH)_{4(或8)} \cdot (OH)_4 \cdot 6(或8)H_2O$; 坡缕石 $Si_8Mg_5O_{20}(OH)_2(OH)_4 \cdot 4H_2O$ 。在海泡石中重要的 Fe^{3+} 置换,产生了铁石棉。通常,海泡石含有的 R^3 比坡

缕石少。在正常的粘土矿物鉴定分析期间，这些矿物保持固定的结构空间。其阳离子交换容量间于非膨胀的页硅酸盐和膨胀型的之间。

钠板石是一种专门的矿物名称和(或)矿物组，它应更严格地定义。实际上，这是一种无序的混合层矿物，具有规则交替的非膨胀层和膨胀层的矿物。这些矿物的主要特征是，由于其膨胀层和非膨胀层的间层作用而出现一种“超结构”反射。钠或钠钾矿物较之钾类矿物趋向于含有少量 $Mg + Fe$ ，因而是贝得石的(四面体荷电)，而含更多钾质的则主要是蒙脱石的。具有50%似云母(伊利石)层的变种，多数是钠或钠钾型，被称为累托石(Brown和Weir, 1963)。也有规则间层矿物含钾更多的类型，它竭力使自己含有更少的膨胀层(30%~35%)，这些层的有序度导致膨胀层数目表面上的减少，利用常规的X—射线衍射曲线可以估计其减少量约20%(Reynolds和Hower, 1970)。至于这些矿物的总成分，一类实际上是伊利石—贝得石系列，另一类是蒙脱石—伊利石系列，两者之间的固体溶液可能是完全的。

虽然钠板石是钠钾型矿物类型，但该术语也用于其中具有30%~50%膨胀层的有序结构，主要含有作为一种层间离子的钾和大量八面体位置中的 Mg^{2+} 和 Fe^{2+} 。自然，钠板石术语的使用和表示法历来是不确切的，或者说不是精确地符合法国 Allevard 的原始样品(Caillière等, 1950)，但它作为一种描述性术语的应用性却是无可否认的。Brown和Weir(1963)无论如何都对实际矿物名称产生怀疑，因为他们把它与50~50膨胀—云母结构相比，两者均为高铝和高钠的，因此被称为累托石。下面讨论中，对于1:1层间矿物的钠质钠云母—贝得石，保留累托石的术语；而对于通常含有30%膨胀层的有序层间矿物的伊利石—蒙脱石，则用钠板石术语。希望在这些矿物之间能存在一种接近完全的总成分系列。两种矿物均以超结构为其特征，导致在X—射线衍射的24~29 Å范围内产生一个确定的极大值。

蔡刚民节译自《Clays and Clay minerals in Natural and Synthetic system》
1977, P 7~12

王鸣盛校

支配粘土矿物性质的几个因素

霍登H·默劳

格里姆已探讨过支配粘土矿物性质的下列五个因素：

1. 粘土矿物的成分
2. 非粘土矿物的成分
3. 有机物质
4. 可交换离子和可溶性盐类
5. 结构

为了全面地表征粘土矿物，必须了解这些因素。下面扼要讨论每一因素。

在支配粘土矿物性质方面，粘土矿物的成分是非常重要的。在粘土矿物中只要有少量的蒙脱石存在，即使与总量完全不成比例，也能强烈影响其有用性质。如同后面将要指出的，每一种粘土矿物由于结构和成分的不同，其性质各不相同。

在一些粘土矿物中，非粘土矿物问题也很重要。当然，在陶瓷粘土中，方解石和黄铁矿碎屑的存在是不利的。在用作造纸工业涂料的高岭土中，存在石英和其它研磨矿物是不利的。其它例子还很多，但就是这些也表明，在确定有用性质之前，精确地确定非粘土矿物的类型和数量是必要的。

有机物质是作为粘土中的分散碎屑物存在的，或者它被吸附在粘土矿物颗粒的表面，有机物质的总量可用标准的化学方法得到。差热分析曲线一般能给出有机物数量的粗略近似值。少量的有机物可产生显著的染色效应；同时，有些有机物具有极高的基本交换容量。格里姆已经指出，一般来说，具有高的基本交换容量的有机物只限于在近代沉积物和土壤中。

粘土矿物中可溶性盐类和可交换离子的存在对有用性质有很大影响。有些盐类能凝聚粘土，结果，当某些工业用途需要分散的粘土时，因凝聚作用而难以达到。正如使用粘土矿物的许多领域所表明的一样，离子交换能影响粘土的性质。粘土矿物的可塑性、干燥性及焙烧性可以受粘土具有的可交换离子的变化而改变。有些粘土矿物的性质可用某一可溶性盐的存在或特殊可交换离子的存在得到解释。

结构也是影响粘土矿物性质的一个重要因素。所谓结构是指在一种粘土中颗粒之间的关系，并涉及颗粒大小的分布、颗粒形状及其排列方向。颗粒大小在陶瓷业、纸张涂料、填料以及使用粘土的几乎任何工业中都是重要的，因为颗粒大小分布的变化能够影响粘土的性质。在大部分粘土中，大小颗粒分布情况的测定需要用湿析法进行，在分析过程中必须特别仔细。颗粒形状也很重要，最好用电子显微镜确定。颗粒定向在某些用途中很重要，如用页岩生产轻质组件。粘土颗粒定向部分太多将导致颗粒组合的减弱。可用岩石显微镜、电子显微镜和X-射线衍射技术确定颗粒的定向。

蔡刚民摘译自《Industrial minerals and Rocks》12 “Clay”，P.271~274 王鸣盛校

日本的粘土和粘土矿物概况

须藤俊男

本章试图对日本的粘土和粘土矿物进行简要的探讨。前半部分包括到目前为止的基本工作，并对国外有关工作的主要趋势作一简评。包括研究：①用 X 射线分析、热分析、电子光学分析等手段揭示出来的粘土矿物的特征；②一些分析程序；③合成；④粘土和粘土矿物在加压、研磨和化学处理过程中性质的变化；⑤其它各种零星项目。本章的后半部分，试图对在日本发现的粘土和粘土矿物的矿物学特征、产出形式和成因作一评介。在整个地质时期内，日本经常发生强烈的火山活动，由于各种类型岩石的热液蚀变和火山灰与玻屑凝灰岩的风化，导致了大量粘土和粘土矿物的形成。

一、粘土和粘土矿物的研究

(一) 发展史

在新泻县小户（东—蒲原一群）发现粘土有强烈的漂白作用。1899年，已故早稻田大学名誉教授小林开始对该粘土（所谓蒲原土）进行研究，试验其在石油工业上的重要作用。他首先了解到该粘土具酸性，因而称它为酸性粘土；特别对粘土化学和对石油工业的重要意义有所了解。这方面的研究因他毕生的工作而得以发展（小林，1912, 1929）。由小林的小组承担的一系列研究工作，已在他的著作酸性白土（酸性粘土）中作了描述（丸善第一版，小林，1919）。在早期，小林对搞清所考察的酸性粘土的性质作出了贡献，即使在今天，他的观点也很接近现代的概念。他进而根据在中性盐溶液处理过程中析出铝而确定的酸度交换（用现代术语）作了研究，指出氧化铝在酸性粘土中所起的重要作用。在这阶段，他和无机、有机和胶体化学工作者有着共同的旨趣，并和土壤学家一道，对搞清日本酸性土壤的性质作出了贡献。酸性土壤很多有意义的性质表现为下列几点：（1）强的脱水能力；（2）对各种物质，如维生素 B 有强的吸附能力；（3）对各种有机化学反应包括脱水、聚合、同分异构化作用、凝结和裂隙蒸馏等的催化能力；（4）与胺苯胺、维生素 A、胡萝卜素等物质起染色反应。根据这些性质和粘土在自然界产出和成因方式，小林提出了他自己的有关石油形成的观点，这也是值得注意的。他和同事们就这样为酸性粘土工业奠定了基础；并在其它领域，如地质学、矿物学和土壤科学激起了研究粘土的广泛兴趣。

北美怀俄明膨润土矿床的开发，可追溯到1888年左右；大约20年以后，日本山形县开始了对膨润土的开采。1930年，国立化学工业研究所 R·重宗证实了日本的这些矿物原料与产在美国的膨润土是相同的。

已故东京大学名誉教授 K·本田根据热平衡原理提出在热重测量（T.G）方面的工作方

法。不少学者相继对包括粘土和粘土矿物的各类物质进行了热重测量的研究（如小林，1940；斋藤，1969）。已故东京大学名誉教授S·高津及其同事（佐远，1923；高津和增田，1926）承担了高岭质粘土和其它有关矿物的热学研究，绘制了DTA（差热分析）和TG曲线，并提出热膨胀和收缩的资料。大多数曲线记录了温度超过1000°C的数据，包括加热和冷却的资料（图2）。这些工作对日本的粘土和粘土矿物的热学研究是开创性的，并且是由高津和他领导的小组结合对长石问题的研究来进行该项工作的，这已为大家所知道。

已故东京大学名誉教授高桥及其同事对海绿石，包括它的矿物性质和成因进行了广泛的研究（高桥和八木，1929，八木，1929、1930、1932a）。这一从沉积学观点出发进行的矿物学研究工作，在日本也是开创性的。

在土壤科学领域中，对日本土壤中粘土的研究，已有较长的历史。自1910年左右起，有



图2 高津及其同事发表的高岭石最早
的DTA曲线(“热曲线”)(佐远，1923)

中性物质：铝土(上图)，长石(下图)

关土壤酸度研究的工作，积极从事者有几位土壤科学家如大工原、小杉和T·关，还有同时代的小林也参加了这一工作。关（1913，1928）后来对日本相当数量的火土灰土壤进行研究，并指出其中一些普通的化学特征，如它们明显地缺乏氧化硅和碱，具有“游离”的氧化铝和对磷酸有强的“吸附力”。这些特征被认为来自于水铝英石。盐入（1934，1935）研究了产在风化浮岩碎屑空隙之间如薄膜状的似胶状物质，并指出这是“水铝英石”。这种物质可以认为是伊毛缟石。另外，盐入开始对日本土壤中粘土电动力学性质进行研究。

川村和船曳（1936）对采自日本不同岩石种类的土壤进行化学成分和X射线粉末衍射图谱的研究，并指出在所研究的样品中广泛地分布着埃洛石。

对于玉虫的工作，诸如有关酸性粘土、膨润土等的粘土和粘土矿物的胶体化学也给予了

注意，如他在有关胶体化学的广泛的报导中已作了描述。（玉虫，1937）

上述早期的研究，都被认为是从事日本粘土和粘土矿物研究的基础。下列各节依次介绍日本学者的工作，有时与国外学者合作，涉及到世界的较重要的研究方向。

(二) X射线研究

自早些时候以来，用检查X射线粉末衍射数据的方法，曾对呈微粒碎片状的粘土矿物晶体结构进行了研究，并提供类似微一晶质的粘土矿物晶体结构测定的结果。虽在许多方面有着极为相似的外貌，但进一步研究表明，粘土矿物总的来讲在晶体结构上是易变的，这可由许多多型和具有卷曲的晶体格架与层状格架无序堆叠的有序无序结构的存在来说明。这种易变性可影响X射线衍射点或线，引起晶胞间距、强度和谱线横切面(Line profiles)的改变。

Hendricks（1940）用某些粘土矿物分析X射线的连续散射，弄清了所谓层状晶架中的