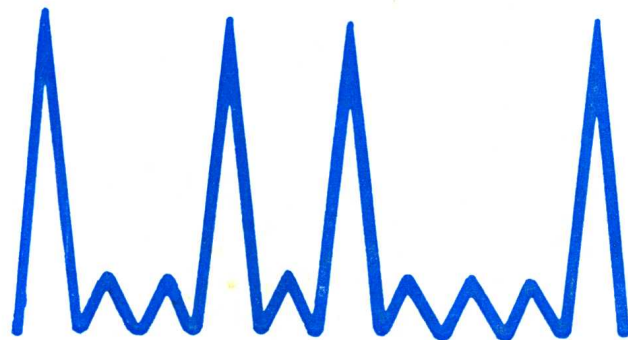
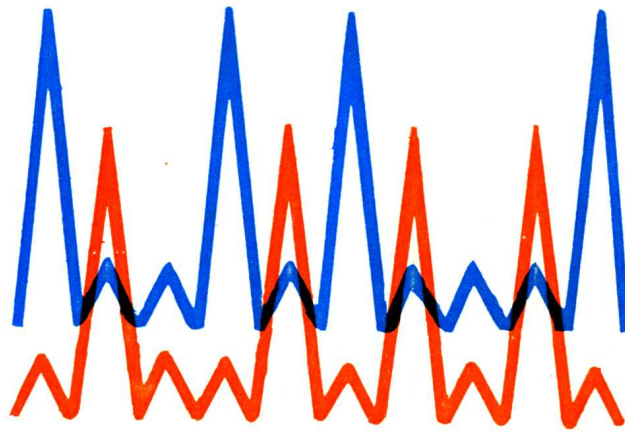


粘土矿物与 粘土矿物分析

赵杏媛 张有瑜 主编



粘土矿物与粘土矿物分析

赵杏媛 张有瑜 主编

海洋出版社

1990·北京

内 容 介 绍

本书在全面介绍粘土矿物基本理论的基础上,系统地介绍了目前常用的粘土矿物分析方法,包括粘土分离,X射线衍射分析、热分析、红外光谱分析、扫描电子显微镜、电子探针、能谱分析、化学分析和同位素分析,并对中国含油气盆地粘土矿物分布特征及其控制因素进行了讨论,最后论述了粘土矿物研究在石油勘探开发中的应用。

本书参考了大量的国内、外最新文献,既重视理论,又重视方法,尤其是最新理论和最新方法,内容充实、资料丰富。本书可供地质、石油等高等院校的地质、石油地质、钻采工程、岩石矿物、非金属矿产,土壤等有关专业的师生参考,也可供从事上述有关专业的科研、生产人员参考。

责任编辑:盖广生

粘土矿物与粘土矿物分析

赵杏媛 张有瑜 主编

海洋出版社出版(北京市复兴门外大街1号)

东营市包装装璜印刷厂
山东省东营新华印刷厂 激光照排排版印制

开本787×1092 1/16 印张:22.25张 字数:541千字

1990年5月第一版 1990年5月第一次印刷

印数:1-1000

ISBN 7-5027-1192-9/K·38 ¥12.00元

本书编写人员：

主 编： 赵杏媛 张有瑜

编写人： 赵杏媛 张有瑜

陈洪起 张亚丽

杨志琼 魏宝和

何锦发 楼甘亮

前 言

粘土和粘土矿物是一种重要的地质矿产资源,在国民经济各个领域中都具有极其重要的意义,它不仅是造纸、陶瓷、纺织、食品加工、洗涤剂、化妆品、钻井泥浆、铸造等工业的重要原料和配料,而且还是石油裂解和精炼的重要催化剂。近年来,人们在利用粘土矿物解决环境污染和处理核废料等方面已经取得了很大的进展。此外,粘土与生命起源问题的研究也日益引起了人们的极大兴趣。

粘土矿物是自然界中分布最广的一种天然产物,约占岩石圈和风化壳总量的一半。粘土矿物研究已成为目前解决一系列基础地质问题的一种重要手段。粘土矿物的研究成果不仅可以用于恢复沉积盆地的古气候、古温度、古盐度、追索物源区和进行地层划分与对比,尤其是哑地层的划分与对比,而且还可以用于研究沉积岩的成岩作用历史和研究石油储层的物性特征。近年来,粘土矿物与油层保护已成为石油地质和钻采工程研究领域的一项重要课题,并把它作为解决防止井壁坍塌,提高钻井速度和质量、保护油层提高采收率等问题的重要途径之一。目前,把粘土矿物研究成果用于解决石油勘探与开发的实际生产问题已经取得了良好的经济效果。

为适应科研和生产的需要,粘土矿物学作为地质学领域中的一门独立学科,自19世纪50年代以来得到了迅速发展。四十年来,国际粘土学术活动频繁,大量的外文粘土矿物学专著陆续发表。为满足石油工业的科研和生产需要,我们在参阅了大量的国内、外最新出版的有关专著和论文的基础上,结合长期从事粘土矿物分析和研究工作的实际工作经验及所积累的大量实际资料编成此书。全书内容主要包括三个部分:第一部分(第一——第六章)全面阐述了粘土矿物的基本概念和理论;第二部分(第七——第十四章)系统介绍了粘土矿物的主要分析方法,包括粘土分离、X射线衍射分析、热分析、红外光谱分析、扫描电子显微镜、电子探针、能谱分析、化学分析和同位素分析;第三部分(第十五、十六章)论述了中国含油气盆地粘土矿物分布特征及其控制因素和粘土矿物研究在石油勘探开发中的应用。

本书第一、二、三、四、五、六、七、十四、十五、十六章由赵杏媛、张有瑜编写,第八章由陈洪起、赵杏媛编写,第九章由张亚丽编写,第十章由杨志琼、赵杏媛编写,第十一章由魏宝和、何锦发编写,第十二章由楼甘亮、张有瑜编译,第十三章由张有瑜编译。全书最后由赵杏媛、张有瑜统一修改、编纂而成。书中插图由中国地质大学(北京)绘图室赵玉栋等同志清绘。

本书初稿完成后,承蒙地质矿产部矿床研究所研究员郑直先生审核了全部文稿,并提出了宝贵的修改意见,在此表示感谢。本书在编写过程中得到了石油大学北京研究生院郝石生教授和中国石油天然气总公司钻井局徐同台副总工程师的热情帮助和支持,在此表示感谢。

本书中所用的分析资料除本书编写人所做外,刘建宪、林西生、郑乃萱、朱德升、章聆等同志也参与了部分分析工作和提供了部分资料,对他们的大力协作和帮助,在此一并表示诚挚的谢意。

由于我们的水平有限,加之时间仓促,书中肯定会存在不少缺点和错误。不当之处,敬请读者批评、指正。

中国石油天然气总公司
石油勘探开发科学研究院
高级工程师 赵杏媛
1990年3月

目 录

第一章 粘土与粘土矿物	(1)
参考文献	(2)
第二章 粘土矿物的基本结构	(5)
第一节 基本结构单元	(5)
一、硅氧四面体	(5)
二、四面体片	(5)
三、八面体与八面体片	(6)
四、三八面体与二八面体	(6)
第二节 基本结构层	(6)
一、1:1层型	(6)
二、2:1层型	(7)
第三节 层间域、层间物、层电荷和单位构造	(8)
第四节 有序-无序和多型	(9)
一、有序-无序	(9)
二、多型	(9)
参考文献	(10)
第三章 粘土矿物的分类与命名	(13)
第一节 分类	(13)
一、分类准则	(13)
二、分类表	(14)
第二节 命名	(16)
参考文献	(19)
第四章 主要粘土矿物族的结构特征	(21)
第一节 蛇纹石——高岭石族	(22)
一、蛇纹石亚族	(22)
二、高岭石亚族	(22)
第二节 滑石——叶蜡石族	(23)
第三节 云母类	(24)
一、三八面体云母	(25)
二、二八面体云母	(25)
第四节 蛭石族	(27)
一、三八面体蛭石亚族	(27)

二、二八面体蛭石亚族	(27)
第五节 蒙皂石族	(27)
一、皂石亚族	(28)
二、蒙脱石亚族	(28)
第六节 绿泥石族	(29)
一、三八面体绿泥石亚族	(30)
二、二八面体绿泥石亚族	(30)
第七节 海泡石——坡缕石族	(31)
第八节 间层矿物	(31)
一、间层矿物的分类与命名	(32)
二、层型	(32)
三、堆积方式	(32)
参考文献	(35)
第五章 粘土矿物的性质	(37)
第一节 引言	(37)
一、粘土矿物的电荷	(37)
二、扩散双电层理论	(40)
三、水化作用	(42)
四、阳离子固定作用	(43)
五、表面积	(43)
第二节 吸附性	(44)
一、物理吸附	(45)
二、化学吸附	(45)
三、离子交换性吸附	(45)
第三节 膨胀性	(49)
一、粘土矿物中的水	(49)
二、粘土矿物水化膨胀作用机理	(50)
三、影响粘土矿物水化膨胀的因素	(51)
第四节 粘土胶体的流变性质	(52)
第五节 粘土——有机质相互作用	(53)
一、高岭石——极性有机分子嵌合复合体	(53)
二、蒙脱石——极性有机分子嵌合作用	(53)
三、离子有机化合物	(54)
四、粘土——聚合物相互作用	(54)
参考文献	(54)
第六章 粘土矿物的成因与分布	(57)
第一节 风化粘土矿物	(58)
一、风化作用	(58)
二、影响风化粘土矿物形成的因素	(60)

三、风化残积粘土岩	(61)
四、土壤	(61)
第二节 自生粘土矿物	(62)
一、粘土的沉积作用	(62)
二、自生粘土矿物	(62)
三、现代沉积物中的粘土矿物	(63)
第三节 成岩粘土矿物	(67)
一、成岩作用	(67)
二、成岩作用过程中的粘土矿物转化	(68)
三、迁积粘土岩	(69)
第四节 蚀变粘土矿物	(70)
一、热液作用	(70)
二、蚀变作用与蚀变粘土矿物	(70)
参考文献	(71)
第七章 粘土分离	(73)
第一节 分散	(73)
一、化学分散法	(73)
二、物理分散法	(74)
第二节 分离	(75)
一、Stokes 沉降法则	(75)
二、沉降虹吸分离法	(75)
三、离心分离法	(78)
第三节 分离程序简介	(79)
参考文献	(83)
第八章 粘土矿物粉末 X 射线衍射分析	(85)
第一节 引言	(85)
一、Bragg 方程	(85)
二、粉末衍射原理	(86)
第二节 X 射线衍射仪	(87)
一、X 射线管	(88)
二、X 射线发生器	(89)
三、测角计	(89)
四、检测器	(90)
五、记录仪	(91)
六、辐射波长	(91)
七、单色辐射	(91)
八、狭缝系统	(91)
第三节 分析程序	(91)
一、制样	(91)

二、分析	(99)
三、衍射谱图的判读	(102)
第四节 主要粘土矿物的 X 射线衍射特征	(106)
一、蛇纹石——高岭石族	(106)
二、滑石——叶蜡石族	(113)
三、蒙皂石族	(114)
四、蛭石族	(119)
五、云母类	(122)
六、绿泥石族	(128)
七、间层矿物	(131)
八、坡缕石——海泡石族	(149)
第五节 定量分析	(154)
一、经验公式法	(154)
二、强度换算法	(155)
三、Schultz 法	(155)
四、修正 Schultz 法	(156)
第六节 基本粒子概念	(161)
参考文献	(163)
第九章 粘土矿物热分析	(167)
第一节 引言	(167)
第二节 热分析方法	(167)
一、差热分析	(167)
二、热重法	(170)
三、差示扫描量热法	(172)
第三节 热分析仪	(175)
第四节 样品预处理	(176)
一、阳离子饱和处理	(176)
二、双氧水(H ₂ O ₂)处理	(177)
三、有机试剂处理	(177)
四、无机盐处理	(177)
五、特殊化学处理	(178)
第五节 定性分析	(178)
一、高岭石——蛇纹石族	(179)
二、叶蜡石——滑石族	(180)
三、蒙皂石族	(181)
四、蛭石族	(183)
五、云母类	(184)
六、绿泥石族	(185)
七、间层矿物	(186)

八、坡缕石——海泡石族	(187)
九、水铝英石、伊毛缟石	(187)
参考文献	(188)
第十章 粘土矿物红外光谱分析	(191)
第一节 红外光谱的基本概念	(191)
一、光的性质、电磁辐射分类	(191)
二、红外吸收光谱的产生	(191)
三、分子光谱与分子能级	(192)
第二节 红外分光光度计的工作原理	(194)
一、色散型红外分光光度计	(194)
二、干涉分光装置——傅里叶变换红外光谱仪	(196)
第三节 样品制备与样品预处理	(198)
一、研磨	(198)
二、去除有机质	(199)
三、碱金属卤化物压片	(199)
四、沉降膜	(200)
第四节 定性分析	(201)
一、高岭石——蛇纹石族	(202)
二、叶蜡石——滑石族	(205)
三、蒙皂石族	(205)
四、蛭石族	(208)
五、云母类	(208)
六、绿泥石族	(211)
七、间层矿物	(212)
八、海泡石——坡缕石族	(214)
九、伊毛缟石、水铝英石	(216)
第五节 定量分析	(217)
一、比耳——朗勃特(Beer—Lambert)定律	(218)
二、定量分析方法	(218)
参考文献	(221)
第十一章 粘土矿物扫描电镜、电子探针、能谱分析	(223)
第一节 引言	(223)
一、扫描电镜分析	(223)
二、电子探针分析	(224)
三、能谱分析	(224)
第二节 仪器工作原理	(225)
一、电子束与固体样品表层的相互作用	(225)
二、检测原理	(227)
第三节 仪器结构	(228)

第四节 实验技术	(232)
一、样品制备	(232)
二、仪器工作条件的选择	(234)
三、定量分析	(234)
第五节 粘土矿物实例	(235)
一、高岭石、埃洛石、迪开石、珍珠石	(235)
二、蒙皂石	(236)
三、伊利石	(236)
四、绿泥石	(237)
五、伊利石/蒙皂石间层矿物	(237)
六、绿泥石/蒙皂石间层矿物	(238)
七、坡缕石、海泡石	(239)
参考文献	(239)
第十二章 粘土矿物化学分析	(247)
第一节 前言	(247)
第二节 样品制备	(247)
一、研磨	(248)
二、样品选择	(248)
三、阳离子饱和	(248)
第三节 主要元素分析	(249)
一、样品分解	(249)
二、分析测定	(250)
第四节 亚铁分析	(250)
一、样品制备	(250)
二、样品分解	(250)
三、影响分析结果的干扰因素	(251)
四、分析过程	(251)
五、分析方法	(251)
第五节 离子交换容量分析	(253)
一、阳离子交换容量(CEC)分析	(253)
二、阴离子交换容量(AEC)分析	(255)
第六节 结构式计算	(256)
一、杂质校正	(256)
二、结构式计算	(258)
第七节 主要粘土矿物的化学特征	(260)
一、高岭石	(260)
二、蛇纹石	(260)
三、叶蜡石、滑石	(260)
四、云母类	(260)

五、绿泥石	(261)
六、蛭石	(261)
七、蒙皂石	(261)
八、间层粘土矿物	(262)
九、坡缕石、海泡石	(262)
第八节. 根据粘土样品的化学成分确定粘土矿物类型	(262)
一、方法	(262)
二、应用实例	(264)
参考文献	(267)
第十三章 粘土矿物同位素分析	(269)
第一节 分析方法简介	(269)
一、氧同位素分析	(269)
二、氢同位素分析	(270)
三、铷—锶同位素分析	(270)
第二节 氧同位素地质温度计	(270)
一、方法原理	(270)
二、应用实例	(272)
第三节 地层水中的氢、氧同位素	(274)
第四节 沉积粘土矿物的 K/Ar 同位素年代分析	(278)
一、方法原理	(278)
二、伊利石、伊利石/蒙皂石间层 K/Ar 同位素年代测定应用实例	(278)
第五节 沉积物、粘土和水的 Rb—Sr 系统	(280)
一、基本知识	(280)
二、岩石的 Rb—Sr 同位素年代测定	(281)
三、粘土矿物的 Rb—Sr 同位素年代测定	(282)
参考文献	(283)
第十四章 粘土矿物分析方法综述	(285)
一、X 射线衍射分析	(285)
二、热分析	(286)
三、红外光谱分析	(286)
四、扫描电子显微镜分析	(287)
五、透射电子显微镜分析	(287)
六、化学分析	(288)
七、同位素分析	(288)
八、Mossbaure 谱分析	(288)
参考文献	(289)
第十五章 中国含油气盆地的粘土矿物特征	(291)
第一节 粘土矿物分布类型	(291)
一、正常转化型	(291)

二、不正常转化型.....	(295)
三、蒙皂石→绿泥石转化型	(296)
四、伊利石+绿泥石组合型	(297)
五、高岭石组合型.....	(297)
六、蒙皂石组合型.....	(297)
第二节 粘土矿物分布的控制因素.....	(302)
一、古环境	(302)
二、成岩作用	(305)
三、来源母质	(309)
参考文献	(310)
第十六章 粘土矿物研究在石油勘探开发中的应用	(313)
第一节 粘土矿物研究在石油地质中的应用	(313)
一、粘土矿物与古水介质	(313)
二、粘土矿物与沉积相带	(314)
三、粘土矿物与地层划分和对比	(314)
四、粘土矿物与有机质热演化	(315)
五、粘土矿物与油气初次运移	(318)
第二节 粘土矿物研究在石油钻采工程中的应用	(319)
一、粘土矿物与储层物性	(320)
二、粘土矿物与油层损害	(321)
三、粘土矿物与井眼稳定	(337)
参考文献	(338)

第一章 粘土与粘土矿物

人类开发利用粘土具有相当悠久的历史。在我国,这种历史一直可以追溯到新石器时期,那时,我们的祖先就已经开始用粘土烧制成各种陶器供生活使用。

早在人类开发利用粘土的初期,人们只是凭着经验去利用粘土的各种特性。直到20世纪20年代的X射线衍射技术诞生以前,人们并不知道粘土的真实本质。19世纪末期,有的学者(如Van Bemmelen, 1888)根据粘土遇水形成胶体的性质,认为粘土的构成物质可能都是非晶质,因为当时认为凡是胶体都是非晶质的。1923年和1924年, Hadding (1923) 和 Rinne (1924) 分别独立地进行了粘土的X射线分析,得出了大部分粘土均为结晶质的结论。1924—1930年期间, Ross (1925) 和 Shannon (1926) 对已被工业利用的粘土进行了光学、热学、X射线性质以及化学成分等方面的研究,再次肯定了大部分粘土均是结晶质的结论。

时至今日,由于粘土物质种类繁多,成分复杂,性质独特,尽管对粘土的研究已有了很大的进展,但是关于粘土和粘土矿物这两个术语也还是没有一个大家均能接受的定义。

关于粘土这个术语的含义各个学科的理解不尽相同,地质学家们强调的是颗粒大小;工程学家们强调粘土的可塑性;而陶瓷学家们强调的则是粘土的烧结性。一般地讲,地质科学领域中的粘土具有两个方面的含义,一、粘土是一个岩石术语,二、粘土是一个粒度术语。

作为一个岩石术语,粘土指的是天然的细粒物质,它是地质作用的产物。粘土是粘土矿物的集合体,具有明显的可塑性。在沉积岩岩石学中,粘土指的是疏松的尚未固结成岩的以粘土矿物为主的沉积物,经过成岩作用以后,就变成为“粘土岩”。显然,粘土与粘土岩是互相对应的。粘土岩是由粘土矿物组成的沉积岩,其中的粘土矿物含量应大于50%。与粘土岩相近的岩石术语还有泥岩、页岩、板岩和泥板岩。

作为一个粒度术语,粘土指的是粒度分析中的最细粒部分,也即粘土级部分。它们主要由粘土矿物组成,其粒径一般都在 $5\mu\text{m}$ 或 $4\mu\text{m}$ 以下,甚至在 $2\mu\text{m}$ 或 $1\mu\text{m}$ 以下,因此,从粒度的观点出发,粘土级部分应该是粒径小于 $5\mu\text{m}$ (或 $4\mu\text{m}$,或 $2\mu\text{m}$,或 $1\mu\text{m}$)的部分。关于粘土级的上限,世界各国和各个学科也不尽一致,譬如,我国的水文工程部门和土壤部门以 $5\mu\text{m}$ 作为粘土级的上限;海洋部门和燃化部门以 $10\mu\text{m}$ 作为粘土级的上限;而沉积岩研究工作中使用的粘土级的上限是 $2\mu\text{m}$ (成都地质学院陕北队, 1978; 表1-2和表1-3)。目前比较统一的粘土级的上限是 $2\mu\text{m}$,我们认为这个上限值是比较合适的,因为粒度大于 $2\mu\text{m}$ 时,常会含有众多的石英、长石、云母和重矿物等非粘土矿物,而粒度小于 $2\mu\text{m}$ 时,非粘土矿物就比较少见。当然,在粒度为 $30-60\mu\text{m}$ 的部分中也有高岭石和蒙皂石等粘土矿物存在,但是这时的高岭石和蒙皂石等粘土矿物多是以集合体的形式存在,并非是单矿物。粘土矿物以大晶体形式产出的情况是不多见的。

从粘土本身的两方面的含义可以看出,粘土这一术语没有成因上的意义,尽管如此,那种把任何成因的、天然的细粒土状物质都叫做粘土的提法也是不确切的(张克勤、陈乐亮, 1988),因为石英和长石等非粘土矿物以及蛋白石、氢氧化铁和氢氧化铝等非晶质的胶体矿物也常呈细粒产出。

尽管上面的定义没有强调粘土的化学成分,但是,与其它的岩石相比,大多数粘土的铝的含量比较高。粘土的化学分析表明,它们主要含氧化硅、氧化铝和水,还有少量的铁、碱金属和碱土金属。简单地说,粘土主要是由含水的层状构造铝硅酸盐矿物组成。

严格地讲,早在X射线衍射技术诞生以前,人们没有把构成粘土主要成分的物质看作是一种矿物,而是把它看作是非晶质物质或晶质物质与非晶质物质的混合物。X射线研究表明,大部分粘土的主要成分是含水的层状构造铝硅酸盐。

人们早已试图把粘土矿物定义为含水的层状构造铝硅酸盐,但是,这种定义也并非十分正确,第一,许多含水的层状构造铝硅酸盐矿物(如云母、绿泥石等)常常是在火成岩和变质岩中作为粗粒组分存在,而另一些含水的层状构造铝硅酸盐(如蒙皂石等)几乎是仅在粘土的细粒组分中出现;第二,许多粘土中常见的或仅限于粘土中的矿物(如海泡石、坡缕石、水铝英石等)并不是层状构造硅酸盐,显然,所有这一些均与上面的定义不相符合。

从上面的讨论可以看出,要想准确地定义粘土矿物确非是一件易事,我们认为,与试图准确定义粘土矿物相比,只给出一个一般性的定义可能会更好一些。

粘土矿物就是通常构成岩石和土壤细粒部分($< 2\mu\text{m}$)的主要成分的矿物。一般情况下,粘土矿物是细分散的、含水的层状构造硅酸盐矿物和层链状构造硅酸盐矿物及含水的非晶质硅酸盐矿物的总称。粘土矿物研究主要是层状构造硅酸盐矿物的研究。

参 考 文 献

1. 格里姆, R. E. 1953. 许冀泉(译). 1960. 粘土矿物学. 第13-32页. 地质出版社.
2. 彭琪瑞等. 1963. 中国粘土矿物研究. 第17-149页. 科学出版社.
3. 王德兹. 1975. 光性矿物学. 第198-237页, 第315-319页. 上海人民出版社.
4. 成都地质学院陕北队. 1978. 沉积岩(物)粒度分析及其应用. 第1-3页. 地质出版社.
5. 长春地质学院贺同兴等. 1980. 变质岩岩石学. 第105-190页, 第208-222页. 地质出版社.
6. 黄汉仁等. 1981. 泥浆工艺原理. 第4-25页. 石油工业出版社.
7. 须藤俊男(日). 1974. 严寿鹤等(译). 马世珍等(校). 1981. 粘土矿物学. 第1-16页. 地质出版社.
8. 华东石油学院岩矿教研室. 1982. 沉积岩石学. 第129-142页. 石油工业出版社.
9. 威维尔, C. E. 和普拉德, L. D. (美). 1973. 张德玉(译). 张天乐(校). 1983. 粘土矿物化学. 第1-3页. 地质出版社.
10. 许冀泉, 熊毅. 1983. 粘粒层状硅酸盐. 土壤胶体(熊毅等, 1983). 第一册. 土壤胶体的物质基础. 第一章. 第1-131页. 科学出版社.
11. 朗斯塔夫, F. J. (加). 1981. 邢顺栓等(译). 1985. 粘土矿物和资源地质学. 第1-16页. 黑龙江科学技术出版社.
12. 张克勤, 张乐亮. 1988. 钻井技术手册(二). 钻井液. 第153-169页. 石油工业出版社.
13. Dorothy Carroll. 1970. Clay minerals: A guide to their X-ray identification, P. 1-6. The Geological Society of America. Special Paper 126.
14. Thorez, J., 1976. Practical identification of clay minerals-A handbook for teachers and students in clay mineralogy. I-IV. P. 1-37. Editions G. LELOTTE, B 4820 DISON (Belgique).
15. Bailey, S. W., 1980. Structures of layer silicates. in: Crystal structures of clay minerals and their X-ray identification (edited by G. W. Brindley and G. Brown, 1980), chapter 1. P. 1-124. Mineralogical Society, 41 Queen's Gate, London SW7 5HR, 1980.
16. Ernő Nemező. 1981. Clay minerals. Part I. P. 19-67. Originally published as Agyagásványok, Akadémiai, Budapest, 1981. Translated by B. Balkay. Printed in Hungary.

17. Toshio Sudo et al. , 1981. Developments in sedimentology 31. Electron micrographs of clay minerals, chapter 1, P. 1-36. KODANSHA LTD. , Tokyo. ELSEVIER Scientific Publishing Company, Amsterdam-Oxford-New York.
18. Veldo, B. , 1985. Developments in sedimentology 41. Clay minerals: A physico-chemical explanation of their occurrence, chapter 1, P. 1-44. ELSEVIER, Amsterdam-Oxford-New York-Tokoyo.
19. Richard H. Bennett and Matthew H. Hulbert. 1986. Clays microstructure, 1, P. 1-3. International Human Resources Development Corporation, Boston-Houston-London.
20. Hall P. L. . 1987. Clays: their significance, properties, origins and uses. in: A handbook of determinative methods in clay mineralogy (Edited by M. J. Wilson, 1987). 1, P. 1-25. Blackie, USA: Chapman and Hall. New York.
21. Newman, A. C. D. and G. Brown. 1987. The chemical constitution of clays. in: Chemistry of clays and clay minerals (edited by A. C. D. Newman, 1987). chapter 1, P. 1-28. Mineralogical Society, Monograph No. 6, Longman Scientific & Technical, Mineralogical Society, 1987.