

G.W. 布莱得利

粘土矿物的
晶体构造与
倫琴射綫鑑定法

科学出版社

56.82
158.1

粘土矿物的晶体構造与 倫琴射線鑑定法

G. W. 布令得利 編
邵 克 忠 譯

科 学 出 版 社

1

РЕНТГЕНОВСКИЕ МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ И КРИСТАЛЛИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ МИНЕРАЛОВ ГЛИН

Изд. Иностранной литературы М. 1955.

內 容 提 要

本書是由英國、法國、澳大利亞及美國的粘土礦物專家所写成的一本論文集；共收集了十四篇論文和兩篇附錄。原書的編輯是著名的粘土礦物學家布令得利(G. W. Brindley)。本書由俄文版譯出，同時參閱了英文本(X-RAY IDENTIFICATION and CRYSTAL STRUCTURES of CLAY MINERALS)。

本書專門論述了用倫琴射綫研究粘土礦物的方法；同時詳細地闡述了粘土礦物的構造、物理性質和化學性質等。其中有兩篇論文詳細地論述了有關粘土礦物無序交織層的層狀構造內倫琴射綫資料。這對目前我國研究粘土礦物具有很大的參考價值。

本書可作為地質工作者、岩石學家、礦物學家，專門利用倫琴射綫研究粘土、礦物的工作者以及教學工作者的參考。

粘土礦物的晶体構造与 倫琴射綫鑑定法

G. W. 布令得利 編

邵 克 忠 譯

*

科學出版社出版 (北京朝陽門大街 117 號)

北京市書刊出版業營業許可証出字第 061 號

中國科學院印刷廠印刷 新華書店總經售

*

1959 年 1 月第 一 版

書 號：1502 字 數：362,000

1959 年 1 月第一次印刷

開 本：850×1168 1/32

(京)0001—1,390

印 張：13 3/4

定價：(10)2.30 元

目 录

36203/16

俄文版譯序	1
英文版序言	8
第一章 实验的方法	G. W. 布令得利 9
緒論	9
粘土矿物構造的概論	10
倫琴射線研究法	14
粉式倫琴射線圖譜的分析	21
粘土矿物的其他研究方法	30
結論	36
参考文献	37
第二章 高嶺石类矿物	G. W. 布令得利 40
概論	40
高嶺石类矿物的結晶構造	42
根据粉式倫琴圖譜鑑定高嶺石类矿物	56
高嶺石矿物的水化作用和脫水作用	63
構造上类似高嶺石的矿物(似高嶺石矿物)	69
結論	83
参考文献	84
第三章 高嶺石类粘土当加热时所發生的相的轉變	
.....	F. M. 李恰尔森 87
緒言	87
在 600—800°C 之間的热效应	87
800—1400°C 区間內的热效应	90
結論	95

1469974

	参考文献	96
第四章	蒙脫石类矿物	D. M. C. 馬克-爱文 97
	概述	97
	構造	99
	化学成分	106
	粉式倫琴圖譜	112
	蒙脫石加热对其粉式倫琴圖譜的影响	141
	結論	141
	参考文献	149
第五章	粘土的云母类矿物	
	 R. E. 格里姆, W. F. 布雷得利, G. 布洛因	153
	緒論	153
	云母的構造	154
	云母的層間同質多像	159
	白云母-伊利石的关系	160
	其它的伊利石类矿物	165
	具有混合層的構造	166
	光学性質	170
	化学成分	171
	陽离子交换的能力	174
	伊利石的加热影响	175
	粘土的云母类矿物名彙	176
	云母及水云母倫琴射線鑑定时时的鑑定特征	179
	結論	186
	参考文献	187
第六章	綠泥石类矿物	G. W. 布令得利, K. 魯濱遜 189
	概論	189
	綠泥石的分类	190
	綠泥石的構造	193
	無序構造	201
	倫琴射線法对綠泥石的鑑定	203

加热时綠泥石的分解	210
参考文献	214
第七章 蛭石及某些类似的具混層的矿物	G. F. 瓦克尔 216
概論	216
蛭石的倫琴射線研究数据	217
根据粉式倫琴圖譜区分蛭石和其它具層狀構造的矿物	222
蛭石內層間水的性質	225
蛭石的物理性質和化学成分	229
云母-蛭石(水黑云母)的混合層狀構造	233
結論	237
第七章的补充材料	238
参考文献	239
第八章 海泡石	C. 凱埃爾 241
概論	241
倫琴射線研究	242
物理性質	243
热学数据的解釋	245
化学分析数据	246
海泡石的分子式和構造	247
結論	248
参考文献	249
第九章 山軟木	C. 凱埃爾, C. 海奈 250
概論	250
化学分析数据	251
倫琴射線研究	252
構造和成分式	253
热学的研究	254
从結晶構造解釋热效应	256
結論	257
参考文献	258

第十章	鋁和鉄的氧化物及氫氧化物	X. П. 魯克西必	259
	概論		259
	倫琴射線研究法		260
	鋁氫氧化物的备制和鑑定		261
	鋁的單水氧化物——氫氧化物低溫处理的产物		263
	無水鋁氧化物		267
	鉄氧化物的天然和合成的水化物		273
	鉄的無水氧化物		277
	加热對於針鉄矿和纖鉄矿的效应		279
	紅土和鋁土矿的性質		281
	鋁和鉄的氧化物的分离方法		281
	参考文献		287
第十一章	出自無序構造層列的倫琴射線衍射		
	 G. 布洛因, D. M. C. 馬克-愛文		288
	概論		288
	層列类型		288
	亨推克和太瑞尔对問題的解釋		289
	全散射公式		290
	函数 Θ 的形式		291
	圖 64—72 的敘述		293
	曲線的应用		299
	数学附录		300
	参考文献		305
第十二章	晶格由無序混合層所組成的矿物的倫琴射線衍射		
	 G. W. 布令得利		306
	概論		306
	从反格子观点討論衍射現象		307
	出自二度有限晶格的衍射		312
	出自有限長度的一度空間晶体的衍射		314
	出自二度空間晶体的粉式衍射圖像		314
	在二度空間衍射現象內晶体大小的意义		316

变钹永石——二度空間晶格的一例	317
粘土矿物, 其間察見有与層的無序錯移相关的衍射效应	321
具“殘缺”的層狀矽酸鹽	322
具有一度、二度或三度空間有序性晶体的衍射效应的对比	323
結論	325
参考文献	325
第十三章 粘土內的非粘土矿物D. M. 馬克-愛文	327
参考文献	337
第十四章 复杂粉式倫琴圖譜的解釋	
..... G. W. 布令得利, D. M. 馬克-愛文	338
标准倫琴圖譜的应用	338
預先的鑑定	339
更詳尽的研究	348
虛衍射效应的判識	349
类質同像代替的現象	350
根据倫琴射線圖譜的定量分析	351
結論	351
参考文献	352
补充	352
参考文献	352
附录 I. 矽鎂石, 作为蒙脫石族矿物的再度鑑定	
..... I. T. 沃斯特, K. П. 牟拉塔	354
矽鎂石的發現来源和它的同义語	354
研究样品的敘述	356
倫琴射線研究	356
物理性質	359
化学成分	360
差热分析	364
关于假拟的滑石水化作用	366
結論	367
参考文献	367

附录 II. 2:1 粘土矿物的分类	Ч. Е. 威維尔	369
概論		369
伊利石和蒙脫石的比較		370
新的分类原理的必要性		374
拟定的分类		375
詞彙		376
總結		376
結論		377
参考文献		378
著者名彙		379
索引		387
矿物和化合物索引		397

俄文版譯序

粘土是沉积岩中分佈最广泛的一种岩石。粘土矿物研究的意义,不仅决定於粘土矿物在沉积岩層和在土壤中的广泛分佈,而且确定了粘土矿物的巨大工業价值。在近年来更越發变得明显:對於各种粘土在工業上的正确应用、對於粘土土壤在水力工程建筑上品質的确定以及對於其他的一些应用,粘土的矿物成分的詳細研究以及矿物成分、構造和性質之間制約关系的判明都是必要的。

应当指出:由於粘土微粒的細分散性,因此对粘土的矿物成分的研究,当应用着一般岩石学的研究方法时(以显微鏡作为基础),不可能更大地向前推进。因此,在我們国家以及国外都曾制定出研究粘土成分和粘土性質的各种特殊方法(化学的、热学的、力学的、光学的、色譜的等等方法)。但是,關於粘土的矿物成分問題,只是剛剛在不久的时期內,当研究家們获得了像倫琴構造分析、电子繞射構造分析以及电子显微鏡这样一些新的方法时,才有可能十足完滿地得以解决。

当倫琴射線用於粘土和組成粘土的矿物的研究时所获得的資料,显得尤其重要。正是由於倫琴射線構造分析用於粘土的研究,在近二三十年来才引起了我們對於粘土的矿物成分,以及對於組成粘土矿物的晶体構造的概念上的根本轉變。在我們面前,出現了蓬勃發展的新矿物学部門——粘土矿物学。代替了關於粘土成分和構造上往昔的、常常是極端近似的以及有时甚至为偶合的一些数据,現在却可能查明粘土和沉积岩細分散(粘土)集合体精確的定量上的矿物成分,並可能研究它們的形态特征。同时,業已确定各种粘土矿物先前所不知道的一些晶体構造的特性,並且在这样的基础上,得以在新的途徑上处理關於这一特殊和有价值的粘土矿物类的矿物种以及矿

物变种的問題。粘土矿物的晶体化学分类,已經被建立。按照这一分类,各种粘土矿物被看作是層狀矽酸鹽和鋁矽酸鹽的各种構造上的代表矿物。在这样的基础上,得以研究在粘土矿物中类質同像广泛存在的条件,得以給出类質同像特性的倫琴化学鑑定法,並且得以計算粘土矿物的構造式。粘土矿物中复杂層狀構造形成的特殊条件已被判明,其間,各种粘土矿物(高嶺石和水云母、水云母和蒙脫石等等)結合而形成構造的整體,在此种構造体内,不同成分和結構的各个層,可以呈有序的排列或呈無序的排列。

除了这些方面而外,一系列的粘土矿物問題,还没有被弄清楚,或者是停留在鑽研的阶段。無疑地,我們現在是在粘土和粘土矿物的矿物成分和構造的研究範圍內,正經歷着鑑定的阶段,而这一阶段是和由於利用新的研究方法所發現的細分散形成体的精确矿物分析的可能性相关的。这一阶段,就其對於沉积岩岩石学和矿物学的意义,可以与火成岩岩石学和矿物学領域內所出現的基本轉变相比;这种轉变是由於利用了偏光显微鏡和費多罗夫旋轉台而發生在上一世紀的後半期的。

应当指出:新的可能性,在粘土矿物研究領域中,現時应用得还远不是想像中認為应当达到的那样广泛。粘土矿物新研究法在应用上的局限性,尤其是倫琴射綫法,在很大的程度上是和这些方法的应用上缺乏足够簡單和有效的方法有关的,同时,也和这种情况有关,即这样一些研究的已有的实验,未能依系統的指導書的方式加以敘述。此外,这里还应当指出附帶的困难,这种困难是由於对一系列分散矿物都缺乏独立的單晶体矿物标本。許多老的粘土矿物名称,实际上符合於分散程度的特性或岩石的矿物成分特性,但是,常常甚至取自既定矿床的某种簡單粘土类型,也並非單独的矿物种。因此之故,一系列基於粘土矿物的倫琴分析比較,(在这里,倫琴衍射圖譜,是被看作固定的、引起衍射圖譜的構造有关),显得不适当。

在同一时期內,現在我們国家以及在国外已完成的倫琴射綫对粘土矿物成分的研究,只是当在某种詳細程度上确定参加在研究

标本內的矿物之構造常数时(这要求着反射指数的确定、晶格的数学常数的确定等等),以及当精确选择标准的材料时,才显得成功。当借助多种方法时,对粘土矿物的綜合研究,以及对加热到一定温度或用有机物质(甘油、乙二醇……)处理过的物料的倫琴射線研究,更特別地显示出成功。这也就是說,如此的研究方式,才使得不仅可能判明多矿物复杂細分散系的矿物成分,而且可能确立被研究的矿物內的有意义的晶体化学关系。

現在出版的俄文翻譯本“粘土矿物的倫琴射線鑑定及其晶体構造”一書,是一部論文集,这一論文集的主要部分,是專門为了剛剛不久在英国建立的大不列顛愛爾蘭矿物学学会粘土矿物部的論文集所准备的材料。英国、法国、澳大利亞以及美国方面在粘土矿物領域內工作的專家,就是論文集的各篇論文的著者。英文版的編輯,是布令得利(G. W. Brindley)——近年来在粘土的倫琴射線研究領域內作过許多工作的一位偉大的英国学者。

很明显地使人感觉到論文集中各篇論文著者的不同文体;不同的材料的敘述方式;敘述的詳細程度以及各篇論文的科学意义也是不平衡的。

書中第一章,粘土的實驗倫琴射線研究法,敘述得過於簡單,且有时很浮淺。該章著者——布令得利——並未給出對於剛剛着手於粘土矿物倫琴射線研究的研究者們所必要的一些材料的足够完滿的論述。但是,准备在这方面工作的讀者在該章內將會找到一系列有价值的材料,这些材料基本上反映了該章著者對於粘土倫琴射線研究特性方面的經驗。

論文集的以下几章(二—九章),專門从事七个主要粘土矿物族的詳細論述,这七个族是:高嶺石族、蒙脫石矿物、云母族、綠泥石族、蛭石族、海泡石族和山軟木族(палыгорскит)。

在这几章內,給出了主要粘土矿物的構造、物理性質和化学性質的足够的完滿論述。有关粘土矿物的晶体化学分論、当加热时的性狀(加热的分異曲線和脫水曲線)以及倫琴法鑑定特征等問題,都进

行了研討。最后的这一問題被研討得最为詳細,而且为了表中的鑑定特征,更引列出表征每一矿物种在倫琴射線衍射圖譜方面的可靠的数据。照例地,被引入該論文集作为主要粘土矿物特征的倫琴射線圖譜,都作了解說。在很多情况中,也引述了表征类質同像系列中各个成員的数据(水云母族、蒙脫石族、綠泥石族),給出了能够判明所研究材料中类質同像对比关系的圖解。對於高嶺石族矿物,並給出倫琴射線圖譜变化的詳尽分析;这些圖譜是表征着晶格完整性的逐漸破坏。那些詳尽的、部分是首次發表当加热处理时各种粘土矿物的倫琴射線研究数据,是十分珍貴的;这就可能在一系列的情况中大大地簡化了混合物中粘土矿物的鑑定特征。關於在利用各种有机作用剂处理后的蒙脫石和蛭石族矿物的晶格变化的知識,也是極端有用的;这給予了借倫琴射線研究判明粘土中粘土矿物的最可靠的方法。同时应当指出:在各章內所論述的材料,並不总是完滿的。其中最差的一章,是馬克愛文(Мак-Эван)關於蒙脫石的論述。該章囊括了關於陽离子交換(借有机化合物的交換)、热力学研究等方面的極端完整選擇的材料,而遺憾的是,該章並未包括有关蒙脫石的構造以及这些構造的晶体化学常数方面的足够完滿的材料。該章給出的蒙脫石族矿物的鑑定方法上所存在的本質上之不足,是和这一情况有关的。

在兩個个别章內(十一章和十二章),詳尽地論述了有关在具有着無序交織層的層狀構造內的倫琴射線衍射資料。這兩章的著者,十分簡捷地敘述了有关兩度空間一般衍射的理論性問題,而尤其珍貴的是,給出了能够借倫琴射線方法判明研究物料中不同类型的复杂層狀粘土矿物的实验方法。

特有的一章(第十章),專門論述了有关包括鋁、鉄氧化物和氫氧化物的岩石的倫琴射線研究。这里,引述了鋁、鉄的氧化物和氫氧化物的各种变种之詳尽而全面的特性,尤其是對於所有这些变种都引列了倫琴射線圖譜以及面間距离的表格。遺憾的是,不同於本書的其他各章,該章在關於鋁、鉄的氧化物和氫氧化物在自然形成体内的

产狀以及它們的倫琴射線研究方面，給出的材料比較少。

在較短的一章(十三章)內，敘述了非粘土礦物的倫琴射線的数据；这些礦物是粘土中常常遇到的混入物。这里，在个别表格中，也列入这些礦物中大多数礦物在倫琴射線圖譜上最强的譜線，根据这些線条，这些礦物当其存在为不多量的混入物时，可以在物料中被确定出来。此外，對於許多这样的礦物，都在特别的表格中列出完滿的衍射数据，遺憾的是，这些数据並非全部精确。例如，對於石英所給出的数据就不是特別精确的。

本書的最后一章(十四章)，專述与粉末倫琴圖譜的解釋有关的問題；这些圖譜是从多礦物复杂粘土系所撮制的。这里介紹了有关粘土形成体的倫琴射線研究法；在这些粘土形成体内我們常常遇到为各种粘土礦物的混入物。作为該章的补充，著者編制了根据倫琴圖譜最强線条作为主要粘土礦物鑑定的綜合表格。在这样表格內，被列入的礦物的面間距离是按照这些距离值的逐漸降低順序而排列的，这样就可能在接近的情况下，迅速地解决關於所研究物料的成分問題。

作为俄文版的附录，本譯本适当結合地給出了在年前剛剛發表的兩篇論文的譯文。这些論文中，确立了特殊的粘土礦物——*стинвен-сита*——屬於蒙脫石族礦物的关系(附录 I)，並且給出了具有四面体陽离子和八面体陽离子数比为 2:1 的全部粘土礦物的新的分类(附录 II)。

总之，本書可以看作是按照統一格式所組成的論文集，其中包括相当完全的關於粘土礦物的礦物学、構造以及倫琴射線鑑定的外国材料。在俄罗斯關於粘土礦物研究上的卓越工作，几乎是未为本書著者們所聞。他們並不知曉苏联對於粘土礦物的晶体構造以及粘土礦物鑑定方面的新工作。因此之故，本書只应当看作是粘土礦物礦物学和粘土礦物倫琴射線鑑定方面的国外工作的論述。

編輯該譯本当时，我們增补了在該論文集出版以后所發表的新的国外工作方面的文献目录。一系列的註釋，只是指出了苏联學者

在有关本書所論述的問題上的一些最重要的工作¹⁾，因为譯本的任务，在於將国外的工作情况报导給苏联的讀者們。

遺憾的是，書中對於粘土矿物的粉末倫琴射線圖譜所作出的間距離表格和反射强度表格，却应用着不同的符号体系，这样就使得它們可能作为比較标准的应用方面大大地增加了困难。對於估計强度的不同尺度，尤为不方便。

由於不可能統一这些数据，我們在譯本內依然保持原文中所应用的强度尺度²⁾。

某些新的矿物名称仍然保存在譯本內；这些名詞有时英文版著者是用得恰当的，但有时要企圖推广为慣用的名称是毫無根据的。例如，他們對於所有蒙脫石族矿物，引入“似蒙脫石 *монтмориллонит*”这样的新名称，對於不完整的高嶺石，引入特有的標誌“耐火粘土”，並且對於那些由兩種不同粘土矿物之混合層所組成的矿物，給了特殊的名彙“混合層狀粘土矿物 (*смешанно-слоистый глинистый минерал*)”。不同於美国的命名，而完全得到俄罗斯学者的同意的，在本書中“伊利云母”这一名称是用作標誌水白云母型的水云母異种的，而並非水云母的同意語，而 1862 年由沙夫琴科夫 (*Савченков*) 所提出的在烏拉尔被他發現的新矿物“山軟木 *палыгорскит*”的名称，則最好是命名为“鎂山軟木”，其后 (1935 年)，拉巴蘭 (*Лавраран*) 又引入很多名称以標誌获自美国的一些相类似的矿物。但是，關於這兩种矿物的相同性，还不能認為是得到最終的解决。

为了讀者們的方便，那些被放在英文版每章結尾处的表格，在本書譯本內提至書中考慮到參閱材料号目的地方。

总之，我們所出版的这一論文集，是使苏联讀者們認識到粘土矿物的倫琴射線圖譜研究領域內作到了什么境界。無疑地，这一論文集對於科学工作者、高等学校教員、以及對於高等学校所有与沉积岩研

1) 在每章尾部的文獻目录中，当編輯时有所增添者，即用星标指明。所有編輯的解釋和增补，只是在脚註內。

2) 關於这点可參閱 51 頁的編者註譯。

究有关的各專業的研究生和学生們,都引起了極大的兴趣。對於从事於利用倫琴射線法專門研究沉积岩的粘土矿物羣的矿物成分的矿物学家、結晶学家以及倫琴射線学家們,这一論文集尤其有用。在这方面說来,这一論文集是最新的和最完全的既有知識的綜合。

II、III、IV、XI、XII 各章的譯出是由斯弗亞金所完成, I、V、VI、VII、VIII、IX、X、XIII、XIV 各章的譯出以及序言是由弗蘭克-卡門尼茲克所完成;附录 I、II 是由米黑也夫(В. И. Михеев)譯出的。

В. А. 弗蘭克-卡門尼茲克

英文版序言

1947年1月,在大不列顛-愛爾蘭礦物學學會之下,組織了任務在於專門研究粘土礦物的一個獨立部門。

這一部門應當通過下列途徑完成粘土礦物及與其相近似的物質的研究方法;這些途徑是:(1)組織意見的交換;(2)促進所獲結果討論的可能性;(3)加強對粘土礦物的興趣;(4)擴大所獲結果的實際應用;(5)各項其它的方法。

早經公認:這個部門的任務之一,將出版特別的專集。起初認為,這樣的專集首先應當收集關於粘土礦物的倫琴射線研究數據的全部圖表。及至當準備這一出版物時才清楚:單純的倫琴射線數據的對比,若沒有對這些數據的相應的研討,是不可能導致應有的成就的;因為粘土礦物和類似礦物的研究,並不能顯出像新材料總結所據有的更多材料。事實上,這些綜合的表格,在美國材料試驗學會所刊發的倫琴射線卡片記載中都已有的。按照一般的常規,當研究粘土的礦物成分時,倫琴射線法需要各種輔助的方法來補充,例如像熱學、化學等各種方法。因此,決定涉及全部專集內,不僅將研討粘土礦物及其結晶構造的倫琴射線鑑定法,而且也討論到研究粘土礦物的輔助方法;因為這些方法可以促成這一基本任務的解決。

在目下粘土礦物學領域上的如此迅速的發展,對於各種問題研究所得的結果也就彼此間有所不同。加之关系到本論文集的不同著者對於其本人所著論文的問題的發展最為通曉,編者不可能變更各論文的内容;因此編者的任務即在於將這些論文排為一定的順序,並且將論文的章節予以統一。因此,引入各章的材料,基本上是保持着各章著者所賦予的原始形式。

每一章就是一個獨立的部分,包括着其單獨的文獻目錄,而且在文獻目錄中個別論文的名称都予以簡寫。一些說明的材料,當在借用中與各原有著述有着某些變化時,也相應地附加說明。

G. W. 布令得利 里德斯克大學 1951 年 1 月