

SY

中华人民共和国石油天然气行业标准

SY/T 5163—2018

代替 SY/T 5163—2010

沉积岩中黏土矿物和常见非黏土矿物 X 射线衍射分析方法

Analysis method for clay minerals and ordinary non-clay minerals
in sedimentary rocks by the X-ray diffraction



2018 — 10 — 29 发布

2019 — 03 — 01 实施

国家能源局 发布

目 次

前言	II
1 范围	1
2 设备、器材与试剂	1
2.1 仪器设备	1
2.2 器材与试剂	1
3 沉积岩中黏土矿物总量和常见非黏土矿物含量分析方法	2
3.1 矿物定性分析	2
3.2 矿物定量分析	3
4 沉积岩黏土矿物中各黏土矿物种类的相对含量分析方法	3
4.1 黏土的提取	3
4.2 定向片制备	4
4.3 各黏土矿物种类的定性分析	5
4.4 黏土矿物相对含量定量分析	6
5 伊利石/蒙皂石间层矿物鉴定方法	8
5.1 伊利石/蒙皂石无序间层矿物鉴定方法	8
5.2 伊利石/蒙皂石有序间层矿物鉴定方法	10
6 伊利石结晶度分析方法	10
7 白云石有序度分析方法	11
8 安全防护	12
9 质量要求	12
附录 A (规范性附录) K 值 (参比强度) 的测定方法	13
附录 B (规范性附录) 黏土提取沉降时间与温度要求	14
附录 C (规范性附录) 绿 / 蒙间层矿物间层比与其特征峰位置确定	15
附录 D (规范性附录) 含绿 / 蒙间层黏土矿物定量方法	16
附录 E (资料性附录) 常见矿物的 X 射线衍射数据及 X 射线衍射图谱	18
附录 F (资料性附录) 常见矿物的 K 值 (参比强度)	35
附录 G (资料性附录) 黏土矿物 X 线衍射谱图	36

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009《标准化工作导则 第1部分：标准的结构和编写》给出的规则起草。本标准代替 SY/T 5163—2010《沉积岩中黏土矿物和常见非黏土矿物 X 射线衍射分析方法》，与 SY/T 5163—2010 相比，除编辑性修改外主要技术变化如下：

- 增加了应用“对称高斯—洛伦兹函数”拟合伊利石 1.000nm 衍射峰的方法 [见 4.4.1.c)]；
- 增加了计算伊利石 / 蒙皂石无序间层矿物间层比的解析计算式 (见 5.1.2.4)；
- 增加了伊利石结晶度 X 射线衍射分析方法 (见第 6 章)；
- 增加了白云石有序度 X 射线衍射分析方法 (见第 7 章)。

本标准由石油地质勘探专业标准化委员会提出并归口。

本标准起草单位：中国石油西南油气田分公司勘探开发研究院、中国石油勘探开发研究院实验中心、中国石油大庆油田勘探开发研究院、中国石化胜利油田勘探开发研究院、国家能源耦(重)油开采研发中心(中国石油辽河油田勘探开发研究院)、中国石油华北油田勘探开发研究院、中海油渤海油田实验中心、中国石油新疆油田实验检测研究院、中国石化无锡石油地质研究所、中石化江苏油田分公司勘探开发研究院、中石化江汉油田勘探开发研究院。

本标准主要起草人：曾理、万茂霞、李晓红、焦玉国、崔松男、董晓东、钟杰、秦冠男、王桂君、杨琦、匡松远、毛树华。

本标准代替了 SY/T 5163—2010。

SY/T 5163—2010 的历次版本发布情况为：

- SY/T 5163—1987，SY/T 5163—1995；
- SY/T 5983—1994；
- SY/T 6210—1996。

沉积岩中黏土矿物和常见非黏土矿物 X 射线衍射分析方法

1 范围

本标准规定了应用 X 射线衍射技术测定沉积岩中黏土矿物和常见非黏土矿物含量分析方法及质量要求。

本标准适用于沉积岩中黏土矿物及石英、方解石、白云石、铁白云石、菱铁矿、硬石膏、石膏、无水芒硝、重晶石、黄铁矿、石盐、斜长石、钾长石、钙芒硝、浊沸石、方沸石的定性与定量分析。

2 设备、器材与试剂

2.1 仪器设备

仪器设备包括：

- 多晶 X-射线衍射仪，光源功率 $\geq 1600\text{W}$ ， 2θ 角准确度小于 0.02° ；
- 射线检测计，能量范围： $50\text{keV} \sim 1.3\text{MeV}$ ；
- 离心机，转速 $\geq 2000\text{r/min}$ ；
- 超声波粉碎机，输出功率 $\geq 1000\text{W}$ ；
- 天平；感量为 0.0001g ；
- 电热干燥箱；
- 高温炉；
- 电热水浴锅。

2.2 器材与试剂

测定实验器材与试剂包括：

- 载玻片；
- 玛瑙研钵；
- 标准筛；
- 烧杯；
- 去离子水；
- 盐酸：分析纯；
- 双氧水：分析纯；
- 乙醇：分析纯；
- 氨水：分析纯；
- 六偏磷酸钠：分析纯；
- 乙二胺四乙酸二钠：分析纯；
- 三氯甲烷：分析纯；

- m) 乙二醇：分析纯；
- n) 氯化钾或氯化镁：分析纯；
- o) 水合联氨：分析纯。

3 沉积岩中黏土矿物总量和常见非黏土矿物含量分析方法

3.1 矿物定性分析

3.1.1 样品处理

- 3.1.1.1 含油岩石样品应洗油处理至荧光四级以下。
- 3.1.1.2 将岩石样品在低于 60℃ 的温度下烘干，冷却至室温后待用。
- 3.1.1.3 将粉碎后的岩石样品研磨至全部粒径小于 40μm 或手指搓捏无颗粒感。

3.1.2 样品粉末压片制作

将样品粉末置于样品载片的凹槽中，使样品被测量面保持粗糙，与样品载片的表面保持平整均匀，避免晶体粉末择优取向。

3.1.3 样品测试与峰强度计算

3.1.3.1 测试条件包括：

- a) CuK α 辐射；
- b) 发射狭缝与散射狭缝宜为 1°，接收狭缝宜为 0.3mm；
- c) 扫描速度：2 θ 为 2°/min；
- d) 采样步宽：2 θ 为 0.02°；
- e) 2 θ 扫描范围：5°—45°。

3.1.3.2 测量样品，获取 X 射线衍射谱图。

3.1.3.3 根据各型 X 射线衍射仪的特性和样品的特点，采用分析软件或人工选择基线点划定基线，参照图 1。

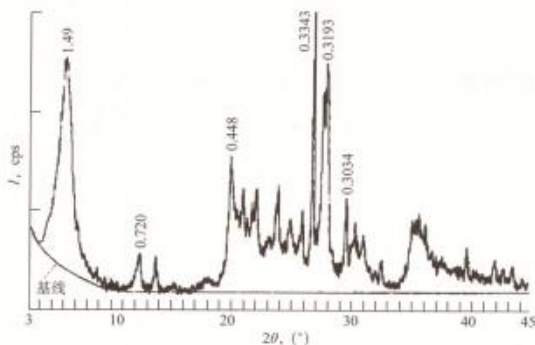


图 1 基线确定示意图

3.1.3.4 计算 X 衍射峰强度，X 衍射峰强度采用扣除背底后的积分强度。

3.1.3.5 根据样品的 X 射线衍射谱图读取相关数据，再与矿物的标准 X 射线衍射数据对比确定矿物

种类, 常见矿物 X 射线衍射数据参见附录 E。

3.2 矿物定量分析

3.2.1 测量衍射图谱上黏土矿物和各种非黏土矿物选定衍射峰的积分强度。

3.2.2 用公式 (1) 计算黏土矿物总量和各种非黏土矿物含量。

$$X_i = \left[\frac{I_i}{K_i} / \left(\sum \frac{I_i}{K_i} \right) \right] \times 100 \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中:

X_i —— i 矿物的百分含量, 用百分数表示;

I_i —— i 矿物选定的衍射峰积分强度;

K_i —— i 矿物的参比强度, K_i 的测定方法见附录 A, 常见矿物的 K_i 值参见附录 F。

3.2.3 在未测定黏土矿物相对含量的情况下, 或当二八面体黏土矿物总的相对含量较低时, 矿物含量的计算公式如下:

$$X_{0.45} = \frac{I_{0.45} / K_{0.45}}{N_2} \times 100 \quad \dots\dots\dots (2)$$

$$X_C = \frac{(I_{0.7} / K_{0.7}) \times R}{N_2} \times 100 \quad \dots\dots\dots (3)$$

$$R = h_{0.353} / (h_{0.353} + h_{0.338}) \quad \dots\dots\dots (4)$$

$$X_i = \frac{I_i / K_i}{N_2} \times 100 \quad \dots\dots\dots (5)$$

$$N_2 = \frac{I_{0.45}}{K_{0.45}} + \frac{I_{0.7}}{K_{0.7}} \times R + \sum_{i=1}^n \frac{I_i}{K_i} \quad \dots\dots\dots (6)$$

$$X_{\text{TCM}} = X_{0.45} + X_C \quad \dots\dots\dots (7)$$

式中:

$X_{0.45}$ ——二八面体黏土矿物总的百分含量, 用百分数表示;

X_C ——三八面体绿泥石的百分含量, 用百分数表示;

$I_{0.7}$ ——高岭石和绿泥石 0.7nm 衍射峰总的强度;

$K_{0.7}$ ——高岭石和绿泥石 0.7nm 衍射峰的参比强度;

$h_{0.353}$ ——绿泥石在 25.2° (2θ) 处的衍射峰高度;

$h_{0.338}$ ——高岭石在 24.8° (2θ) 处的衍射峰高度;

N_2 ——试样中各种矿物被测衍射峰折合强度的代数和。

4 沉积岩黏土矿物中各黏土矿物种类的相对含量分析方法

4.1 黏土的提取

4.1.1 泥岩黏土矿物提取

4.1.1.1 将样品粉碎至小于 1mm 粒径。

4.1.1.2 把粉碎后的样品放在高型烧杯中,加蒸馏水浸泡,用超声波进行分散。

4.1.1.3 若黏土颗粒悬浮,吸取粒径小于 $2\mu\text{m}$ 的悬浮液。不同温度下吸取 10cm 悬浮液所需的时间见附录B。

4.1.1.4 若黏土颗粒不悬浮,按下列步骤处理至黏土颗粒悬浮:

- a) 除去碳酸盐,方法见4.1.3.2;
- b) 用双氧水除去有机质;
- c) 湿磨;
- d) 用蒸馏水反复洗涤;
- e) 加几滴氨水或浓度为5%的六偏磷酸钠溶液。

4.1.1.5 将吸取的悬浮液离心,使黏土颗粒沉降。

4.1.1.6 将离心后的样品在低于 60°C 电热干燥箱中烘干。

4.1.1.7 将烘干后的样品用玛瑙研钵磨至手搓捏无颗粒感,用纸包好,标明样品编号。

4.1.2 砾岩、砂岩、粉砂岩黏土矿物提取

4.1.2.1 粉碎样品至小于 5mm 粒径。

4.1.2.2 含油砂岩洗油至荧光四级以下。执行步骤同4.1.1.4至4.1.1.7。

4.1.2.3 提取粒径小于 $10\mu\text{m}$ 的黏土颗粒。

4.1.3 碳酸盐岩黏土提取

4.1.3.1 粉碎样品至小于 0.2mm 粒径。

4.1.3.2 除去碳酸盐采用以下两种方法:

- a) 稀酸法:将样品用2%~3%的盐酸或用25%的醋酸溶液反复处理至无反应。白云石类矿物需在温度低于 60°C 的水浴上进行加热处理。
- b) 络合法(EDTA):将粉碎的样品用乙二胺四乙酸二钠饱和溶液在低于 50°C 水浴上或电热干燥箱中处理至无反应。

4.1.3.3 把除去碳酸盐的样品用蒸馏水反复洗涤,使黏粒悬浮。

4.1.3.4 执行4.1.1.3,4.1.1.5至4.1.1.7。

4.1.4 火山碎屑岩黏土提取

参照4.1.2和4.1.3进行。

4.2 定向片制备

4.2.1 自然定向片(N片)制备

4.2.1.1 干样法

将 40mg 黏土矿物干样放入 10mL 试管中,加入 0.7mL 蒸馏水或加入适量的丙酮,搅匀,用超声波使黏粒充分分散,迅速将悬浮液倒在载玻片上,风干。

4.2.1.2 悬浮液法

加适量蒸馏水于经离心沉降获得的黏土中,搅匀,吸取 0.7mL ~ 0.8mL 的悬浮液于载玻片上,风干。

4.2.1.3 抽滤法

装置如图 2、图 3 所示。

启动真空泵，将浸泡过的微孔滤膜放在漏斗上。分几次倒入悬浮液，每次倒入的悬浮液 10min 内抽完。待黏土膜达 $30\mu\text{m} \sim 40\mu\text{m}$ 厚时取下滤膜，将滤膜反贴在载玻片上，然后置于培养皿中干燥。



图 2 抽滤漏斗

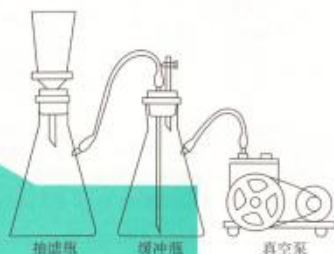


图 3 抽滤装置

4.2.2 自然定向片处理

4.2.2.1 乙二醇饱和片 (EG 片)：将自然定向片置于乙二醇蒸气中进行熏蒸饱和和处理，恒温 $50^{\circ}\text{C} \sim 60^{\circ}\text{C}$ ，恒温时间不少于 8h。

4.2.2.2 高温片：在 $450^{\circ}\text{C} \sim 550^{\circ}\text{C}$ 条件下将乙二醇饱和片恒温不少于 2.5h，自然冷却至室温。经处理后，若伊利石的 0.1nm 峰强度下降太大，则应通过实验调整加热温度与恒温时间。

4.2.3 盐酸片制备

加 6mol/L 的盐酸于 40mg ~ 50mg 样品中，在 $80^{\circ}\text{C} \sim 100^{\circ}\text{C}$ 水浴上加热 15min，冷却后离心洗涤至无氯离子。制片方法同 4.2.1。

4.3 各黏土矿物种类的定性分析

4.3.1 依次测量自然片、乙二醇饱和片、高温片，获取 X 射线衍射谱图。

4.3.2 常见黏土矿物 X 射线衍射鉴定特征见表 1，典型的 X 射线衍射谱图参见附录 G。

表 1 黏土矿物 X 射线衍射鉴定表

矿物	谱图特性			
	自然片	乙二醇饱和片	高温片	盐酸片
高岭石 (K)	有 0.720nm 和 0.358nm 两个衍射峰	0.720nm 和 0.358nm 两个衍射峰无变化	晶格破坏，峰消失	峰位置无变化
绿泥石 (C)	有 1.420nm, 0.710nm, 0.480nm 和 0.353nm 四个衍射峰，其中 0.71nm 峰最强，0.353nm 峰次之	1.420nm, 0.710nm, 0.480nm 和 0.353nm 四峰无变化	1.420nm 峰移动到 1.380nm，其余各峰强度大大减弱以至消失	大多数晶格破坏，峰消失
蒙皂石 (S)	在相对湿度为 50% 时，钙蒙皂石有 1.500nm 峰，钠蒙皂石有 1.25nm 峰	1.700nm, 0.852nm 和 0.562nm 峰	1.700nm 峰移动到 1.000nm	—

表 1 (续)

矿物	谱图特性			
	自然片	乙二醇饱和片	高温片	盐酸片
伊利石 (It)	有 1.000nm, 0.500nm 和 0.333nm 峰, 其中 0.500nm 峰强度约为 1.00nm 峰强度的 1/3	1.000nm, 0.500nm 和 0.333nm 峰无变化	1.000nm 峰位不变, 强度不变或略有变化	峰位置无变化
伊 / 蒙间层矿物 (I/S)	见 5.1 和 5.2			—
绿 / 蒙间层矿物 (C/S)	绿泥石 / 钙蒙皂石: 在 1.500nm ~ 1.420nm 之间有峰; 绿泥石 / 钠蒙皂石: 在 1.420nm ~ 1.250nm 之间有峰	在 1.70nm ~ 1.420nm, 0.852nm ~ 0.710nm 之间分别有一衍射峰, 见附录 C	在 1.420nm ~ 1.000nm 之间出现一个峰	大多数品格破坏, 峰消失

4.4 黏土矿物相对含量定量分析

4.4.1 分峰与拟合处理:

- 确定样品中各黏土矿物种类后, 对衍射谱图进行分峰与拟合处理。
- 拟合线型选用“对称高斯—洛伦兹”函数, 分别计算重叠于 1.000nm 的伊利石 (It) 和伊 / 蒙间层矿物 (I/S) 峰的面积 (如图 4 所示), 分别计算蒙皂石 (S)、绿 / 蒙间层矿物 (C/S) 的峰面积 (如图 5 所示)。

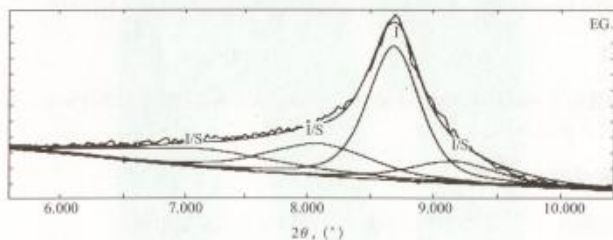


图 4 重叠于 1.000nm 的伊利石 (I) 和伊 / 蒙间层矿物 (I/S) 峰的面积分峰示意图

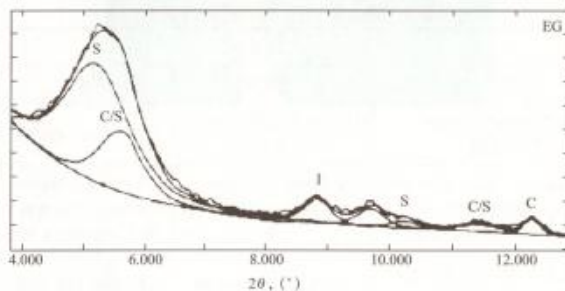


图 5 蒙皂石 (S)、绿 / 蒙间层矿物 (C/S) 的峰面积分峰示意图

c) 当间层比小于 15 时, 取乙二醇饱和片 (EG 片) 1.0nm 峰高度。采用“对称高斯—洛伦兹函数”拟合 1.0000nm 峰, 调整峰型参数, 使拟合峰右侧与自然片 (N 片) 的 1.0nm 峰右侧半高宽处重合, 将该拟合峰认定为伊利石峰 (如图 6 所示)。

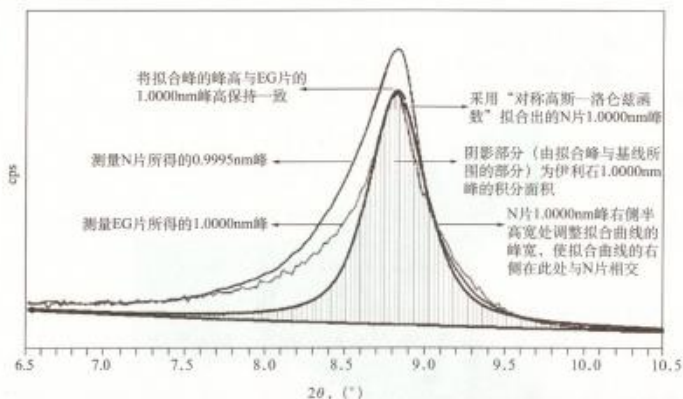


图 6 采用“对称高斯—洛伦兹函数”拟合伊利石 1.0000nm 峰的示意图

4.4.2 矿物组合为 S, I/S, It, K 和 C 时的百分含量计算公式为:

$$K + C = \frac{I_{0.7nm}(N) / 1.5}{I_{0.7nm}(N) / 1.5 + I_{1.0nm}(H)} \times 100 \quad \dots\dots\dots (8)$$

$$K = \frac{h_{0.358nm}(EG)}{h_{0.358nm}(EG) + h_{0.353nm}(EG)} \times (K + C) \quad \dots\dots\dots (9)$$

$$C = (K + C) - K \quad \dots\dots\dots (10)$$

$$S = \frac{I_{1.7nm}(EG) / 4}{I_{1.0nm}(H)} \times [100 - (K + C)] \quad \dots\dots\dots (11)$$

$$It = \frac{I_{1.0nm}(EG) \times [h_{0.7nm}(N) / h_{0.7nm}(EG)]}{I_{1.0nm}(H)} \times [100 - (K + C)] \quad \dots\dots\dots (12)$$

$$I / S = 100 - (S + It + K + C) \quad \dots\dots\dots (13)$$

式中:

- $I_{0.7nm}(N)$ —— 谱图上 0.700nm 衍射峰强度;
- $I_{1.0nm}(H)$ —— 450℃—550℃谱图上 1.000nm 衍射峰强度;
- $h_{0.358nm}(EG)$ —— EG 谱图上 0.358nm 衍射峰高度;
- $h_{0.353nm}(EG)$ —— EG 谱图上 0.353nm 衍射峰高度;
- $I_{1.7nm}(EG)$ —— EG 谱图上蒙皂石 1.700nm 衍射峰强度;
- $I_{1.0nm}(EG)$ —— EG 谱图上 1.000nm 衍射峰强度;
- $h_{0.7nm}(N)$ —— N 谱图上 0.700nm 衍射峰高度;

$h_{0.7\text{nm}}$ (EG) ——EG 谱图上 0.700nm 衍射峰高度；

K ——高岭石含量，用百分数表示；

C ——绿泥石含量，用百分数表示；

S ——蒙皂石含量，用百分数表示；

It ——伊利石含量，用百分数表示；

I/S ——伊利石 / 蒙皂石间层矿物含量，用百分数表示。

4.4.2.1 当只有 K 而无 C 或只有 C 而无 K 时，其百分含量按公式 (14) 计算：

$$K \text{ 或 } C = \frac{I_{0.7\text{nm}}(N)/1.5}{I_{0.7\text{nm}}(N)/1.5 + I_{0.7\text{nm}}(H)} \times 100 \quad \dots\dots\dots (14)$$

4.4.2.2 当只有 S 而无 I/S 或只有 I/S 而无 S 时，其百分含量必须按公式 (15) 计算：

$$S \text{ 或 } I/S = 100 - (It + K + C) \quad \dots\dots\dots (15)$$

4.4.3 矿物组合为 S , C/S , It , K 和 C 时的百分含量计算公式见 D.1。

4.4.4 矿物组合为 I/S , C/S , It , K 和 C 时的百分含量计算公式见 D.2。

5 伊利石 / 蒙皂石间层矿物鉴定方法

5.1 伊利石 / 蒙皂石无序间层矿物鉴定方法

5.1.1 伊利石 / 蒙皂石无序间层矿物必须同时满足 5.1.1.1, 5.1.1.2, 5.1.1.3 所表述的全部识别标示。

5.1.1.1 在自然片谱图上，晶面间距 d 值在 0.1nm — 1.54nm 范围内有衍射峰。

5.1.1.2 在乙二醇饱和片谱图上，5.1.1.1 中所述衍射峰向低角度一侧移动至 1.7nm 处，但谱图中不存在与该峰成整数关系的一组系列峰。

5.1.1.3 在高温片谱图上，5.1.1.2 中所述衍射峰向高角度一侧移动至 1.0nm 处。

5.1.2 伊利石 / 蒙皂石无序间层矿物间层比的计算方法。

5.1.2.1 计算乙二醇饱和片谱图上 1.7nm 峰的鞍峰比 (S_0/P)。

5.1.2.1.1 在乙二醇饱和片谱图上按图 1 方法画基线，基线与 2θ 轴平行，并过 2θ ($^{\circ}2\theta_{\text{CuK}\alpha}$) 之内衍射曲线的最低点。

5.1.2.1.2 在图 7 中测量 P 和 S_0 ，并计算鞍峰比 (S_0/P)。

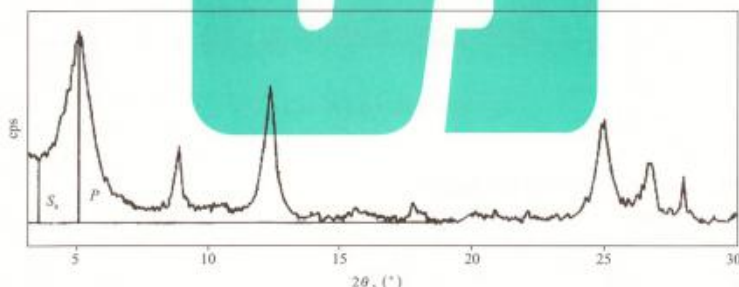


图 7 乙二醇饱和片谱图基线，1.7nm 峰的高度 (P) 及其低角一侧峰鞍高度 (S_0) 示意图

5.1.2.2 计算伊利石和伊利石 / 蒙皂石间层矿物的含量比 [$I/(I/S)$]。

用峰面积计算伊利石和伊利石 / 蒙皂石间层矿物的含量比, 见公式 (16) :

$$I/(I/S) = \frac{I_{1.0nm}(EG)}{I_{1.0nm}(H) - I_{1.0nm}(EG)} \quad \dots\dots\dots (16)$$

式中 :

$I/(I/S)$ —— 样品中伊利石和伊利石 / 蒙皂石间层矿物的含量比 ;

$I_{1.0nm}(EG)$ —— 乙二醇饱和片谱图上 1.0nm 峰强度 ;

$I_{1.0nm}(H)$ —— 450℃ ~ 550℃ 高温片谱图上 1.0nm 强度。

5.1.2.3 根据 $I/(I/S)$ 和 S/P , 查图 8 相应曲线读取间层比 ; 也可采用 5.1.2.4 中相应的拟合解析式计算间层比。

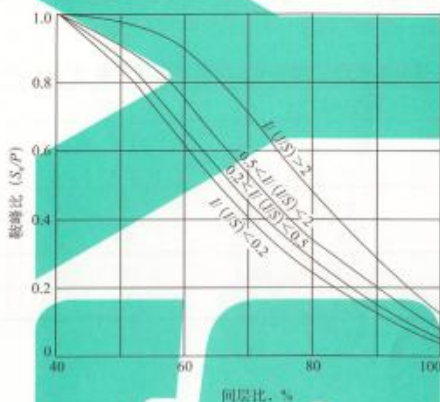


图 8 伊利石 / 蒙皂石无序间层矿物间层比计算曲线

5.1.2.4 计算间层比的拟合解析式 :

当 $2 < I/(I/S)$ 时 :

$$S = -4676.811721X^6 + 14961.12893X^5 - 18995.80847X^4 + 12079.57549X^3 - 3957.326589X^2 + 556.159446X + 73.08292215 \quad \dots\dots\dots (17)$$

当 $0.5 < I/(I/S) < 2$ 时 :

$$S = -1856.875818X^6 + 5586.512188X^5 - 6508.401787X^4 + 3629.62142X^3 - 934.7403654X^2 + 20.39993837X + 103.4844238 \quad \dots\dots\dots (18)$$

当 $0.2 < I/(I/S) < 0.5$ 时 :

$$S = 1491.337501X^6 - 5063.431132X^5 + 6614.155051X^4 - 4238.761892X^3 + 1426.625994X^2 - 303.8546692X + 113.9291474 \quad \dots\dots\dots (19)$$

当 $I/(I/S) < 0.2$ 时 :

$$S = 1249.048449X^6 - 4059.188062X^5 + 5072.755582X^4 - 3125.848028X^3 + 1040.219825X^2 - 245.3238461X + 108.3360807 \quad \dots\dots\dots (20)$$

公式 (17) 至公式 (20) 中:

S ——间层比;

X ——鞍峰比 (S_s/P)。

5.2 伊利石/蒙皂石有序间层矿物鉴定方法

5.2.1 伊利石/蒙皂石有序间层矿物必须具有同时满足 5.2.1.1, 5.2.1.2, 5.2.1.3 所表述的全部识别标示。

5.2.1.1 在自然片谱图上, 晶面间距 d 值在 $1.0\text{nm} \sim 1.54\text{nm}$ 范围内有衍射峰。

5.2.1.2 在乙二醇饱和片谱图上, 5.2.1.1 中所述衍射峰向低角度一侧移动, 但不到 1.7nm 处。

5.2.1.3 在高温片谱图上, 5.2.1.2 中所述衍射峰向高角度一侧移动至 1.0nm 处。

5.2.2 伊利石/蒙皂石有序间层矿物间层比的计算方法: 根据乙二醇饱和片谱图上伊利石/蒙皂石间层矿物的 001/001, 001/002 和 001/003 三个峰的位置查表 2 确定间层比, 三个峰确定的间层比互不相同时, 可以以其中一个峰为准, 也可以取两个峰或三个峰的平均值。

表 2 伊利石/蒙皂石间层矿物间层比与其特征峰位置 ($^{\circ}2\theta\text{CuK}\alpha$) 关系表

间层比	001/001	001/002	001/003
80	—	10.1	16.0
60	—	9.9	16.3
40	—	9.6	16.6
30	6.6	9.4	16.8
20	7.3	9.1	17.0
10	8.3	8.9	17.4

6 伊利石结晶度分析方法

6.1 测试条件见 3.1.3.1。

6.2 采用乙二醇饱和片进行测试, 见 4.2.2.1。

6.3 采用伊利石 (001) 衍射峰 (d 值 $=1.0\text{nm}$) 的半高宽作为伊利石结晶度 KI 。

6.4 如有其他峰的重叠干扰, 采用分峰法将伊利石 (002) 衍射峰分离出来再进行半高宽测量 (见图 9)。

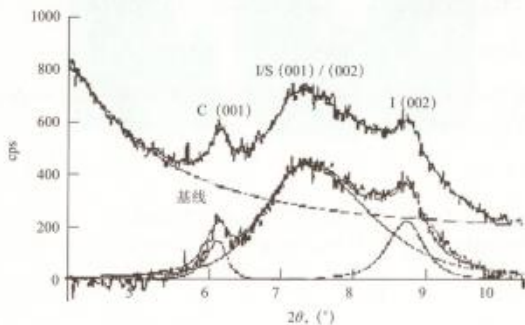


图 9 分峰示意图

7 白云石有序度分析方法

7.1 测试条件见 3.1.3.1, 测角仪扫描范围: 通常选为 $25^{\circ} \sim 40^{\circ}$ ($2\theta\text{CuK}\alpha$), 见图 10。

7.2 采用白云岩样品粉末进行测试, 样品制备方法见 3.1.2。

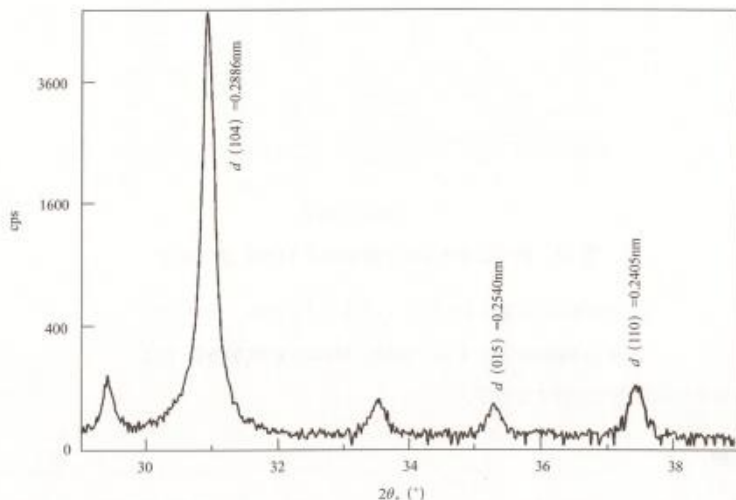


图 10 白云石 X 射线衍射图谱示意图

7.3 白云石有序度与白云石中钙/镁摩尔分数计算方法:

a) 白云石有序度计算:

1) 对测量谱图进行基线划定和分峰处理。

2) 分别读取白云石 (015) 晶面衍射峰 [$d(015) = 0.2540\text{nm}$] 的积分强度值 $I(015)$ 和 $I(110)$ 晶面衍射峰 [$d(110) = 0.2405\text{nm}$] 的积分强度值 $I(110)$, 按公式 (21) 计算白云石有序度:

$$\delta = \frac{I(015)}{I(110)} \quad \dots\dots\dots (21)$$

式中:

δ ——白云石有序度;

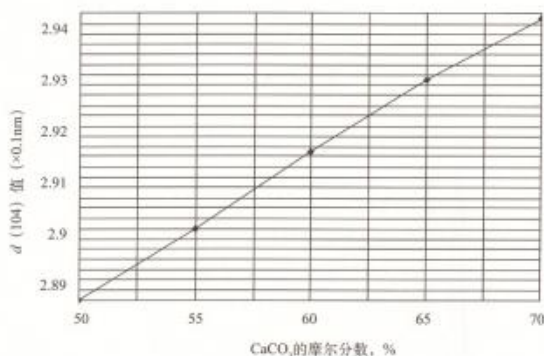
$I(015)$ ——白云石 (015) 晶面衍射峰强度;

$I(110)$ ——白云石 (110) 晶面衍射峰强度。

b) 白云石中钙/镁摩尔分数计算:

1) 图示法: 在测量谱图 (见图 10) 上读取白云石 (104) 晶面衍射峰的 $d(104)$ 值, 按图 11 所示从横坐标上查出与之对应的白云石中 CaCO_3 的摩尔分数 (%), MgCO_3 的摩尔分数 (%) = $100\% - \text{CaCO}_3$ 的摩尔分数 (%)。

2) 公式法: 采用公式 (22) 和公式 (23) 分别计算 MgCO_3 的摩尔分数和 CaCO_3 的摩尔分数。

图 11 白云石中 Ca 离子含量与 $d(104)$ 值关系图

$$\text{MgCO}_3 \text{ 的摩尔分数 } (\%) = -333.33d(104) + 1011.99 \quad \dots\dots\dots (22)$$

$$\text{CaCO}_3 \text{ 的摩尔分数 } (\%) = 100\% - \text{MgCO}_3 \text{ 的摩尔分数 } (\%) \quad \dots\dots\dots (23)$$

7.4 计算结果均保留小数点后 2 位数字。

8 安全防护

8.1 操作人员必须佩戴射线检测计。

8.2 一旦射线检测计报警，立即关闭设备电源。

9 质量要求

黏土矿物和常见非黏土矿物平行试样分析结果的相对偏差应符合表 3 的要求。

表 3 质量要求

矿物含量, %	相对偏差, %
> 40	< 10
> 20 ~ 40	< 20
> 5 ~ 20	< 30
≤ 5	< 40

附录 A
(规范性附录)
K 值 (参比强度) 的测定方法

A.1 参考物质选择

根据参考物质的选择原则, 选用刚玉 ($\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$) 作为参考物质。刚玉的纯度应优于 99.9%, 粒径应小于 $40\mu\text{m}$ 。

A.2 矿物标样的要求

根据待测岩石样品的矿物种类选择矿物标样。矿物标样应结晶良好, 在 X 射线衍射图谱上没有杂质衍射峰, 或者已知其准确含量。粒径应研磨至小于 $40\mu\text{m}$ 。

A.3 测定方法

A.3.1 干燥

将矿物标样和刚玉粉末置于电热干燥箱内, 在 30°C 下恒温 2h, 冷却至室温后待用。

A.3.2 称量

在天平上按 1 : 1 分别称取一定质量的刚玉和矿物标样。

A.3.3 混合

将称量后的样品放在研磨机或玛瑙研钵中研磨, 使其充分混合均匀。

A.3.4 试片制作

按 3.4 的方法制作上机测量用试片。

A.3.5 衍射峰强度的测量

从衍射图谱上分别测量矿物标样和刚玉选定衍射峰的积分强度。

每个样品至少重复制样五次, 并测量相应的衍射峰强度。

A.3.6 计算 K 值

当矿物标样与刚玉按 1 : 1 配制成二相混合试样时, i 矿物的 K 值计算见公式 (A.1):

$$K_i = \frac{I_i}{I_{cor}} \quad \dots\dots\dots (A.1)$$

式中:

K_i —— i 矿物的参比强度;

I_i —— i 矿物某衍射峰的强度;

I_{cor} ——刚玉某衍射峰的强度。

将每次测得的衍射峰强度代入公式 (A.1), 求出 K 值, 然后计算出多次测量的平均 K 值和相对标准偏差。

附 录 B
(规范性附录)
黏土提取沉降时间与温度要求

黏土沉降时间与温度对应见表 B.1。

表 B.1 黏粒沉降时间与温度对应表

温度 ℃	黏度	10cm 的沉降时间 (< 2μm)		温度 ℃	黏度	10cm 的沉降时间 (< 2μm)	
	Pa · s	h	min		Pa · s	h	min
5	1.519×10^{-1}	12	2	20	1.009×10^{-1}	8	0
6	1.473×10^{-1}	11	41	21	9.84×10^{-2}	7	48
7	1.429×10^{-1}	11	20	22	9.61×10^{-2}	7	37
8	1.387×10^{-1}	11	0	23	9.38×10^{-2}	7	26
9	1.348×10^{-1}	10	41	24	9.16×10^{-2}	7	16
10	1.310×10^{-1}	10	23	25	8.95×10^{-2}	7	6
11	1.273×10^{-1}	10	6	26	8.75×10^{-2}	6	56
12	1.239×10^{-1}	9	49	27	8.55×10^{-2}	6	47
13	1.206×10^{-1}	9	34	28	8.369×10^{-2}	6	38
14	1.175×10^{-1}	9	19	29	8.18×10^{-2}	6	29
15	1.145×10^{-1}	9	5	30	8.00×10^{-2}	6	21
16	1.116×10^{-1}	8	51	31	7.83×10^{-2}	6	12
17	1.087×10^{-1}	8	37	32	7.67×10^{-2}	6	5
18	1.036×10^{-1}	8	24	33	7.51×10^{-2}	5	57
19	1.034×10^{-1}	8	12	34	7.36×10^{-2}	5	50

附 录 C
(规范性附录)

绿 / 蒙间层矿物间层比与其特征峰位置确定

绿 / 蒙间层矿物间层比与其特征峰位置 ($^{\circ}2\theta\text{CuK}\alpha$) 关系见表 C.1。

表 C.1 绿 / 蒙间层矿物间层比与其特征峰位置 ($^{\circ}2\theta\text{CuK}\alpha$) 关系表

间层比 S %	无序		有序	
	001/001 峰 d 值	002/002 峰 d 值	001/001 峰 d 值	002/002 峰 d 值
100	1.7nm	0.852nm	—	—
90	1.67nm	0.84nm	—	—
80	1.65nm	0.827nm	—	—
70	1.63nm	0.812nm	—	—
60	1.6nm	0.797nm	1.59nm	0.79nm
50	1.575nm	0.78nm	1.55nm	0.783nm
40	1.55nm	0.761nm	1.53nm	0.769nm
30	1.52nm	0.74nm	—	—
20	1.5nm	0.725nm	—	—
10	1.46nm	0.718nm	—	—
0	1.42nm	0.714nm	—	—

附录 D

(规范性附录)

含绿 / 蒙间层黏土矿物定量方法

D.1 矿物组合为 S、C/S、It、K 和 C 时的定量方法

在乙二醇饱和片谱图上测得相应衍射峰强度，其百分含量按下列公式计算：

$$K + C = \frac{I_{0.7\text{nm}} / 1.5}{\Delta} \times 100 \quad \text{..... (D.1)}$$

$$K = \frac{h_{0.358\text{nm}}}{h_{0.358\text{nm}} + h_{0.353\text{nm}}} \times (K + C) \quad \text{..... (D.2)}$$

$$C = \frac{h_{0.353\text{nm}}}{h_{0.358\text{nm}} + h_{0.353\text{nm}}} \times (K + C) \quad \text{..... (D.3)}$$

$$S = \frac{I_{1.7\text{nm}} / 4}{\Delta} \times 100 \quad \text{..... (D.4)}$$

$$C/S = \frac{I_{C/S} / K_{C/S}}{\Delta} \times 100 \quad \text{..... (D.5)}$$

$$It = \frac{I_{1.0\text{nm}}}{\Delta} \times 100 \quad \text{..... (D.6)}$$

$$\Delta = I_{1.7\text{nm}} / 4 + I_{C/S} / K_{C/S} + I_{1.0\text{nm}} + I_{0.7\text{nm}} / 1.5 \quad \text{..... (D.7)}$$

$$K_{C/S} = 22.2 - 3.5 \times (2\theta) \quad \text{..... (D.8)}$$

式中：

$I_{0.7\text{nm}}$ ——0.7nm 衍射峰强度；

$h_{0.358\text{nm}}$ ——0.358nm 衍射峰高度；

$h_{0.353\text{nm}}$ ——0.353nm 衍射峰高度；

$I_{1.7\text{nm}}$ ——1.7nm 衍射峰强度；

$I_{1.0\text{nm}}$ ——1.0nm 衍射峰强度；

$I_{C/S}$ ——C/S 001/001 衍射峰强度；

C/S——绿泥石与蒙皂石间层含量，用百分数表示。

公式 (D.8) 中的 2θ 为 C/S 001/001 衍射峰位置，单位为度 (°)。

当只有高岭石而无绿泥石或只有绿泥石而无高岭石时，直接按公式 (D.1) 计算。

D.2 矿物组合为 I/S、C/S、It、K 和 C 时的百分含量计算公式

计算公式如下：

$$K + C = \frac{I_{0.7\text{nm}}(N) / 1.5}{I_{C/S}(EG) / K_{C/S} + I_{1.0\text{nm}}(H) + I_{0.7\text{nm}}(N) / 1.5} \times 100 \quad \text{..... (D.9)}$$

$$K = \frac{h_{0.25mm}(EG)}{h_{0.25mm}(EG) + h_{0.075mm}(EG)} \times (K + C) \quad \dots\dots\dots (D.10)$$

$$C = \frac{h_{0.25mm}(EG)}{h_{0.25mm}(EG) + h_{0.075mm}(EG)} \times (K + C) \quad \dots\dots\dots (D.11)$$

$$C/S = \frac{I_{CS}(EG)/K_{CS}}{I_{CS}(EG)/K_{CS} + I_{0.075mm}(H) + I_{0.075mm}(N)/1.5} \times 100 \quad \dots\dots\dots (D.12)$$

$$It = \frac{I_{0.075mm}(EG) \times [h_{0.075mm}(N)/h_{0.075mm}(EG)]}{I_{0.075mm}(H)} \times [100 - C/S - (K + C)] \quad \dots\dots\dots (D.13)$$

$$I/S = 100 - (C/S + It + K + C) \quad \dots\dots\dots (D.14)$$

当只有高岭石而无绿泥石或只有绿泥石而无高岭石时，直接按公式 (D.9) 计算。

附录 E

(资料性附录)

常见矿物的 X 射线衍射数据及 X 射线衍射图谱

E.1 常见矿物的 X 射线衍射数据

常见矿物的 X 射线衍射数据列于表 E.1 至表 E.17, 其中 2θ 为衍射角, d 为晶面间距, I/I_0 为相对强度, hkl 为衍射指数。

表 E.1 刚玉 (Corundum)

2θ (°)	d nm	I/I_0	hkl
25.58	0.3480	66	012
35.16	0.2550	94	104
37.78	0.2379	40	110
43.34	0.2086	100	113
52.54	0.1740	42	024
57.48	0.1602	84	116
61.28	0.1511	8	018
66.50	0.1405	31	124
68.20	0.1374	47	030
化学式	$\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$		
晶系	三方		

表 E.2 石英 (Quartz)

2θ (°)	d nm	I/I_0	hkl
20.86	0.4255	21	100
26.64	0.3343	100	101
36.54	0.2457	9	110
39.46	0.2282	7	102
40.28	0.2237	4	111
42.44	0.2128	5	200
45.78	0.1980	4	201
50.14	0.1818	13	112
54.86	0.1672	4	202
55.30	0.1660	2	103
59.94	0.1542	9	211

表 E.2 (续)

2θ (°)	d nm	hkl	hkl
64.02	0.1453	2	113
67.72	0.1383	6	212
68.14	0.1375	6	203
68.30	0.1372	7	301
化学式	$\alpha\text{-SiO}_2$		
晶系	三方		

表 E.3 方解石 (Calcite)

2θ (°)	d nm	hkl	hkl
23.08	0.3851	8	102
29.42	0.3034	100	104
31.44	0.2843	3	006
36.00	0.2493	11	110
39.42	0.2284	15	113
43.20	0.2092	13	202
47.12	0.1927	6	204
47.54	0.1911	18	108
48.54	0.1874	16	116
56.60	0.1625	3	211
57.40	0.1604	6	212
60.70	0.1524	4	214
61.00	0.1518	3	208
64.68	0.1440	4	300
化学式	CaCO_3		
晶系	三方		

表 E.4 白云石 (Dolomite)

2θ (°)	d nm	hkl	hkl
22.02	0.4033	1	101
24.05	0.3697	2	012
30.95	0.2886	100	104
33.53	0.2671	5	006

表 E.4 (续)

2θ (°)	d nm	M_0	hkl
35.31	0.2539	4	015
37.78	0.2403	3	110
41.15	0.2191	11	113
43.82	0.2064	1	021
44.96	0.2014	6	202
49.31	0.1846	1	204
50.53	0.1804	11	018
54.11	0.1785	10	116
58.92	0.1565	1	211
59.85	0.1543	2	122
63.47	0.1464	2	214
64.52	0.1443	2	208
化学式	CaMg (CO ₃) ₂		
晶系	三方		

表 E.5 铁白云石 (Ankerite)

2θ (°)	d nm	M_0	hkl
16.50	0.5367	< 1	003
23.98	0.3706	5	012
30.84	0.2894	100	104
33.40	0.2678	4	006
35.22	0.2564	2	015
37.28	0.2408	5	110
41.02	0.2196	12	113
43.82	0.2068	1	012
44.84	0.2018	8	202
49.10	0.1851	3	024
50.34	0.1810	11	018
50.92	0.1790	11	116
58.92	0.1568	1	211
59.70	0.1546	3	122
化学式	Ca (Fe, Mg) (CO ₃) ₂		
晶系	三方		

表 E.6 菱铁矿 (Siderite)

2θ ($^{\circ}$)	d nm	hkl	hkl
24.78	0.3590	17	012
32.06	0.2790	100	104
38.38	0.2343	9	110
42.38	0.2131	10	113
46.20	0.1963	10	202
50.82	0.1795	5	024
52.64	0.1737	17	018
52.86	0.1731	21	116
61.54	0.1506	5	122
65.36	0.1427	4	214
66.96	0.1396	3	208
69.34	0.1354	3	300
化学式	FeCO_3		
晶系	三方		

表 E.7 硬石膏 (Anhydrite)

2θ ($^{\circ}$)	d nm	hkl	hkl
22.94	0.3874	2	111
25.48	0.3493	100	020
28.62	0.3116	1	002
31.42	0.2845	13	012
32.02	0.2793	2	121
36.32	0.2472	3	220
38.68	0.2326	7	202
40.84	0.2208	6	212
41.36	0.2181	3	301
43.38	0.2084	6	131
45.48	0.1993	2	103
46.84	0.1938	1	222
48.72	0.1868	8	032
49.20	0.1850	1	321
52.28	0.1748	8	040

表 E.7 (续)

2θ ($^{\circ}$)	d nm	hkl	hkl
52.36	0.1746	6	400
55.76	0.1647	5	232
59.02	0.1564	2	240
60.70	0.1524	1	402
60.80	0.1522	1	133
62.30	0.1489	2	412
65.48	0.1424	1	024
66.94	0.1397	1	242
化学式	CaSO ₄		
晶系	正交		

表 E.8 石膏 (Gypsum)

2θ ($^{\circ}$)	d nm	hkl	hkl
11.62	0.7609	100	020
20.72	0.4283	32	021
23.38	0.3802	23	040
29.10	0.3066	43	041
31.12	0.2872	8	221
33.36	0.2684	9	220
34.52	0.2596	2	151
35.98	0.2494	3	202
40.64	0.2218	6	151
43.32	0.2087	5	242
43.60	0.2074	4	311
45.50	0.1992	2	171
47.80	0.1900	8	080
48.50	0.1875	4	214
50.34	0.1811	4	062
51.32	0.1779	3	262
56.76	0.1621	4	190
化学式	CaSO ₄ · 2H ₂ O		
晶系	单斜		

表 E.9 无水芒硝 (Thenardite)

2θ (°)	d nm	hI_0	hkl
19.00	0.4667	69	111
23.14	0.3841	16	022
28.02	0.3182	54	131
28.98	0.3079	58	040
32.12	0.2784	100	113
33.82	0.2648	49	220
38.36	0.2345	6	133
38.60	0.2331	24	222
40.76	0.2212	6	151
47.32	0.1919	3	044
48.78	0.1865	36	153
49.46	0.1841	6	115
50.68	0.1800	5	224
54.54	0.1681	16	260
55.20	0.1663	8	313
55.30	0.1660	6	171
57.34	0.1606	5	244
59.46	0.1553	12	333
化学式	Na_2SO_4		
晶系	正交		

表 E.10 重晶石 (Barite)

2θ (°)	d nm	hI_0	hkl
20.00	0.4436	14	020
20.44	0.4341	25	101
22.84	0.3890	41	111
24.90	0.3573	44	200
25.90	0.3437	100	021
26.88	0.3314	75	210
28.78	0.3100	80	121
31.56	0.2833	41	211
32.84	0.2725	40	002
38.74	0.2323	13	022

表 E.10 (续)

2θ (°)	d nm	hkl	hkl
40.86	0.2207	19	122
42.68	0.2117	66	311
42.88	0.2107	65	212
43.98	0.2057	12	041
47.02	0.1931	33	132
49.08	0.1855	14	330
54.84	0.1673	16	142
54.94	0.1670	14	411
化学式	$BaSO_4$		
晶系	正交		

表 E.11 黄铁矿 (Pyrite)

2θ (°)	d nm	hkl	hkl
28.48	0.3132	36	111
33.00	0.2712	100	200
37.04	0.2425	66	210
40.72	0.2214	41	211
47.38	0.1917	48	220
56.24	0.1634	72	311
58.96	0.1565	10	222
61.64	0.1503	11	230
64.24	0.1449	24	321
化学式	FeS_2		
晶系	立方		

表 E.12 石盐 (Halite)

2θ (°)	d nm	hkl	hkl
27.34	0.3259	10	111
31.68	0.2822	100	200
45.42	0.1995	51	220
53.84	0.1701	2	311

表 E.12 (续)

2θ (°)	d nm	hkl	hkl
56.44	0.1629	14	222
66.20	0.1411	6	400
化学式	NaCl		
晶系	立方		

表 E.13 斜长石 (Plagioclase)

2θ (°)	d nm	hkl	hkl
13.84	0.6393	11	001
22.02	0.4033	12	201
23.02	0.3860	4	111
23.54	0.3776	13	111
24.22	0.3672	12	130
25.38	0.3507	4	112
26.38	0.3376	4	112
27.92	0.3193	100	002
28.14	0.3169	12	220
30.08	0.2968	5	131
30.46	0.2932	8	022
31.24	0.2861	5	131
33.90	0.2642	2	132
35.04	0.2559	3	241
36.64	0.2451	2	241
37.38	0.2404	2	240
38.84	0.2317	2	331
42.44	0.2128	3	060
42.66	0.2118	2	151
48.18	0.1887	3	422
49.72	0.1832	2	113
49.90	0.1826	3	043
51.12	0.1785	5	204
化学式	Na[AlSi ₃ O ₈]		
晶系	三斜		

表 E.14 钾长石 (Kalifeldspar)

2θ (°)	d nm	hkl	hkl
13.64	0.6487	7	020
21.04	0.4219	17	20 $\bar{1}$
22.30	0.3982	10	111
23.18	0.3834	15	130
25.56	0.3482	21	11 $\bar{2}$
26.42	0.3371	22	220
27.08	0.3290	22	20 $\bar{2}$
27.46	0.3245	100	002
29.44	0.3032	13	131
30.22	0.2955	16	131
30.48	0.2930	7	222
30.76	0.2904	13	022
32.46	0.2756	6	1 $\bar{3}$ 2
34.20	0.2620	7	241
34.92	0.2567	7	112
36.98	0.2429	6	15 $\bar{1}$
38.58	0.2332	5	11 $\bar{3}$
41.78	0.2160	14	060
50.52	0.1805	15	204
50.84	0.1795	6	043
化学式	K[AlSi ₃ O ₈]		
晶系	三斜		

表 E.15 钙芒硝 (Glauberite)

2θ (°)	d nm	hkl	hkl
14.24	0.6215	23	110
18.90	0.4692	13	200
20.26	0.4380	40	111
21.40	0.4149	6	020
22.50	0.3948	100	002
23.40	0.3799	9	202
28.10	0.3173	52	221

表 E.15 (续)

2θ ($^{\circ}$)	d nm	hkl	hkl
28.54	0.3125	66	311
28.66	0.3112	42	220
29.66	0.3010	35	112
30.52	0.2927	10	310
31.24	0.2861	33	022
31.86	0.2807	37	222
33.46	0.2676	58	221
36.30	0.2473	21	311
38.36	0.2345	11	400
41.16	0.2191	5	222
42.18	0.2141	9	331
42.62	0.2120	8	422
43.66	0.2072	9	330
44.50	0.2034	23	114
45.14	0.2007	18	041
45.40	0.1996	21	314
45.84	0.1978	5	004
46.40	0.1955	7	512
47.66	0.1907	8	404
49.60	0.1836	4	421
49.76	0.1831	5	510
50.68	0.1800	10	223
51.38	0.1777	18	133
54.30	0.1688	4	602
56.34	0.1632	11	115
化学式	$\text{Na}_2\text{Ca}(\text{SO}_4)_2$		
晶系	单斜		

表 E.16 浊沸石 (Laumontite)

2θ ($^{\circ}$)	d nm	hkl	hkl
9.36	0.9441	100	110
12.94	0.6836	65	200

表 E.16 (续)

2θ (°)	d nm	hkl	hkl
14.30	0.6189	6	201
17.58	0.5041	10	111
18.76	0.4726	20	220
19.72	0.4498	14	221
21.38	0.4153	79	130
24.30	0.3660	23	401
25.36	0.3509	34	002
26.14	0.3406	12	131
26.50	0.3360	9	312
27.26	0.3269	37	040
27.86	0.3200	18	311
29.44	0.3032	31	420
31.06	0.2877	18	511
31.98	0.2796	8	422
34.82	0.2574	17	241
35.60	0.2520	8	203
36.84	0.2438	20	441
38.08	0.2361	12	151
39.72	0.2267	9	350
40.66	0.2217	6	622
41.42	0.2178	7	060
41.96	0.2151	15	620
46.36	0.1957	11	601
化学式	$\text{CaAl}_2\text{Si}_4\text{O}_{12} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$		
晶系	单斜		

表 E.17 方沸石 (Analcime)

2θ (°)	d nm	hkl	hkl
15.78	0.561	70	211
18.24	0.486	12	220

表 E.17 (续)

2θ ($^{\circ}$)	d nm	hkl	
24.23	0.367	6	321
25.96	0.343	100	400
30.51	0.2927	50	332
31.92	0.2801	5	422
33.25	0.2692	13	431
35.80	0.2506	11	521
37.02	0.2426	8	440
40.47	0.2227	7	611
47.75	0.1903	9	640
48.76	0.1866	5	633
52.45	0.1743	14	732
53.38	0.1715	4	800
54.26	0.1689	5	741
化学式	$\text{NaAlSi}_3\text{O}_8 \cdot \text{H}_2\text{O}$		
晶系	立方		

E.2 常见矿物的 X 射线衍射图谱

常见矿物的 X 射线衍射图谱如图 E.1 至图 E.16 所示。

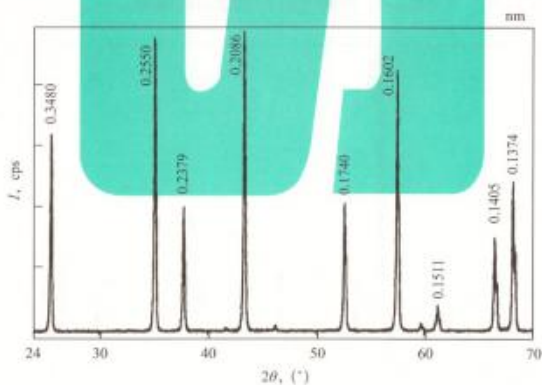


图 E.1 刚玉的 X 射线衍射图谱

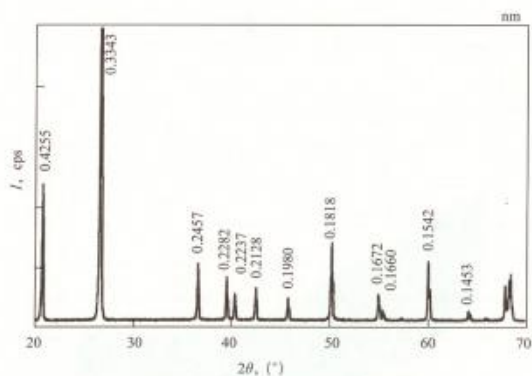


图 E.2 石英的 X 射线衍射图谱

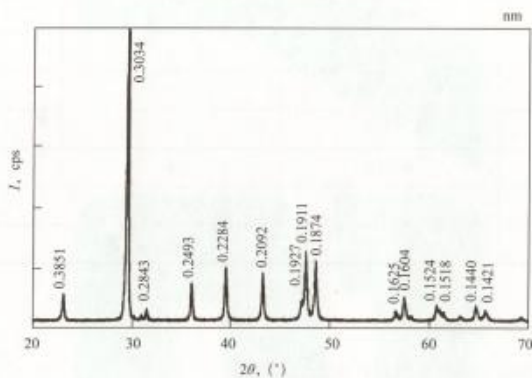


图 E.3 方解石的 X 射线衍射图谱

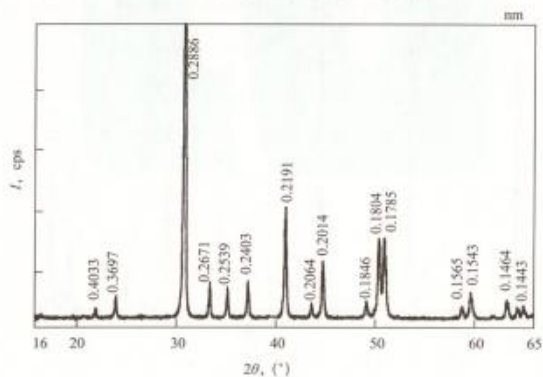


图 E.4 白云石的 X 射线衍射图谱

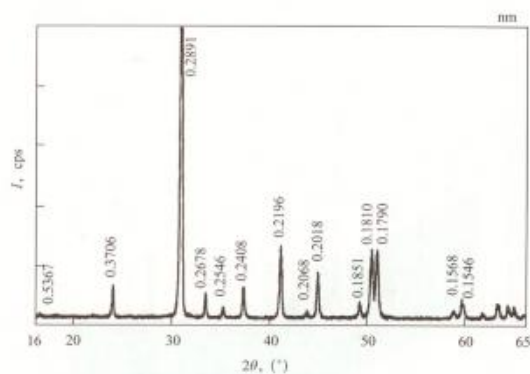


图 E.5 铁白云石的 X 射线衍射图谱

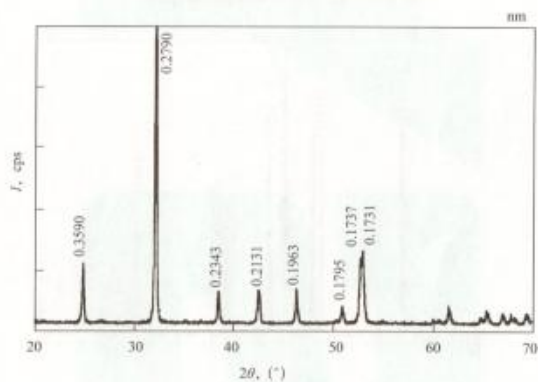


图 E.6 菱铁矿的 X 射线衍射图谱

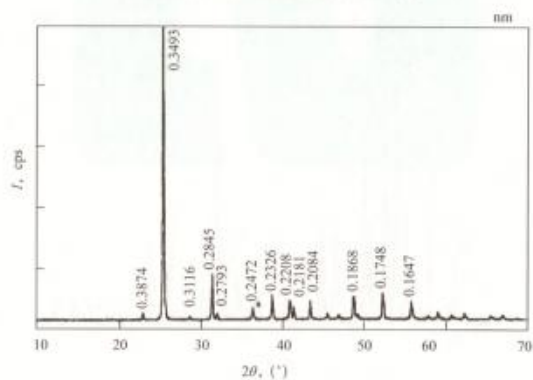


图 E.7 硬石膏的 X 射线衍射图谱

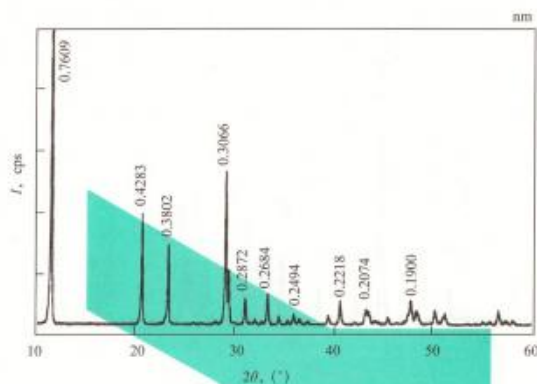


图 E.8 石膏的 X 射线衍射图谱

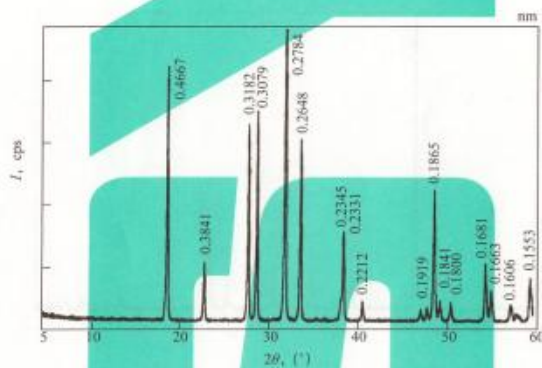


图 E.9 无水芒硝的 X 射线衍射图谱

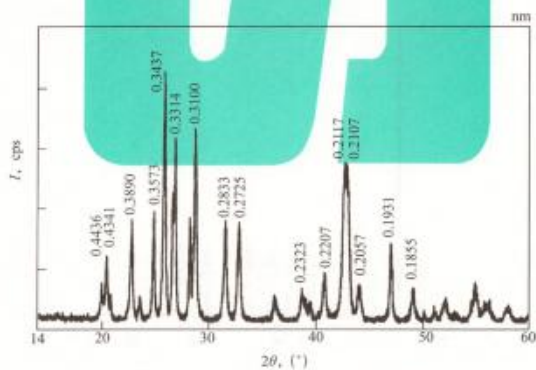


图 E.10 重晶石的 X 射线衍射图谱

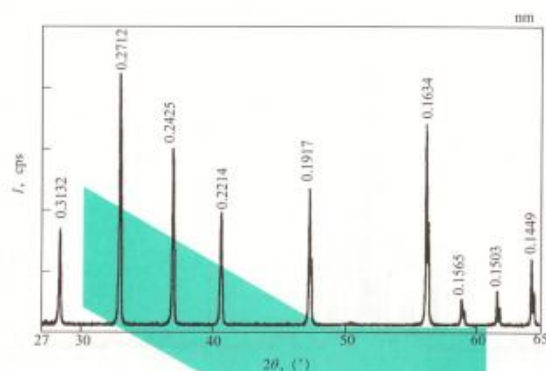


图 E.11 黄铁矿的 X 射线衍射图谱

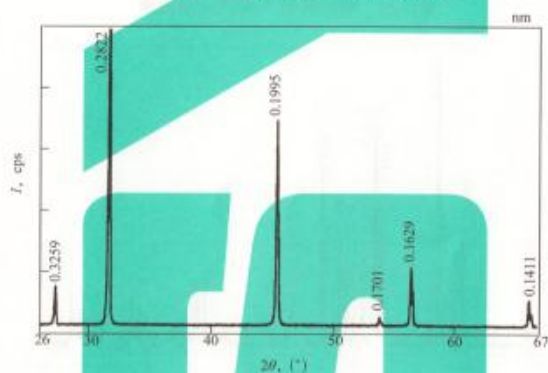


图 E.12 石盐的 X 射线衍射图谱

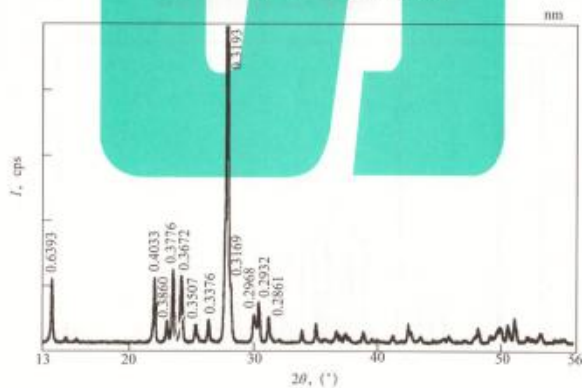


图 E.13 斜长石的 X 射线衍射图谱

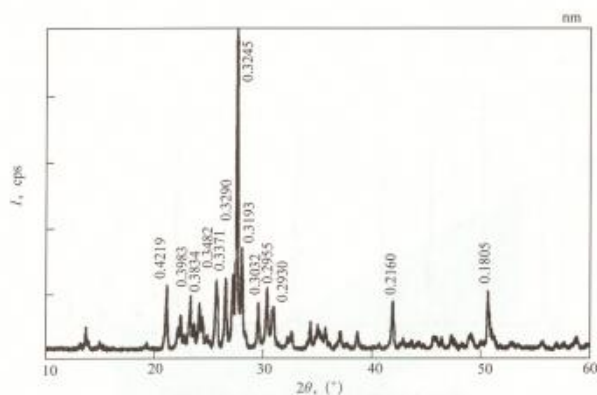


图 E.14 钾长石的 X 射线衍射图谱

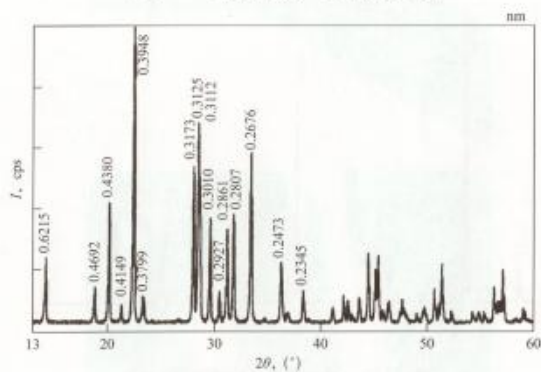


图 E.15 钙芒硝的 X 射线衍射图谱

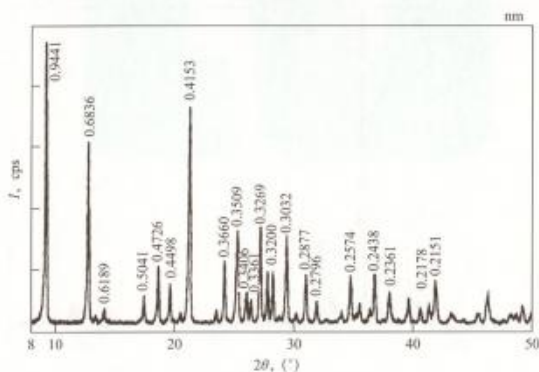


图 E.16 浊沸石的 X 射线衍射图谱

附录 F
(资料性附录)
常见矿物的 K 值 (参比强度)

常见矿物 K 值见表 F.1。

表 F.1 常见矿物的 K 值

名称	化学式	晶系	hkl	$2\theta, (^{\circ})$	d, nm	K
刚玉	$\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$	三方	104	35.16	0.2550	1
石英	$\alpha\text{-SiO}_2$	三方	100	20.86	0.4255	0.91
			101	26.64	0.3343	4.32
方解石	CaCO_3	三方	104	29.42	0.3034	2.86
白云石	$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$	三方	104	30.95	0.2886	2.64
铁白云石	$\text{Ca}(\text{Fe}, \text{Mg})(\text{CO}_3)_2$	三方	104	30.84	0.2894	2.63
菱铁矿	FeCO_3	三方	104	32.06	0.2790	3.20
硬石膏	CaSO_4	正交	020	25.48	0.3493	4.40
			012	31.42	0.2845	0.63
石膏	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	单斜	020	11.62	0.7609	2.40
			041	29.10	0.3066	1.28
无水芒硝	Na_2SO_4	正交	111	19.00	0.4667	0.88
			113	32.12	0.2784	1.49
重晶石	BaSO_4	正交	121	28.78	0.3100	1.96
			211	31.56	0.2833	0.87
黄铁矿	FeS_2	立方	200	33.00	0.2712	2.06
石盐	NaCl	立方	200	31.68	0.2822	5.05
			220	45.42	0.1995	2.78
斜长石	$\text{Na}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$	三斜	002	27.92	0.3193	1.80
钾长石	$\text{K}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$	三斜	002	27.46	0.3245	2.05
钙芒硝	$\text{Na}_2\text{Ca}(\text{SO}_4)_2$	单斜	002	22.50	0.3948	0.58
浊沸石	$\text{CaAl}_2\text{Si}_4\text{O}_{12} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	单斜	110	9.36	0.9441	0.36
方沸石	$\text{NaAlSi}_3\text{O}_8 \cdot \text{H}_2\text{O}$	立方	400	25.96	0.343	2.50
伊利石		单斜	020	19.80	0.448	0.50
蒙皂石, 伊/蒙间层		单斜				
高岭石		三斜				
绿泥石		单斜	002	12.30	0.720	1.74
高岭石		三斜	001			

附录 G
(资料性附录)
黏土矿物 X 线衍射谱图

黏土矿物 X 线衍射谱图如图 G.1 至图 G.11 所示。

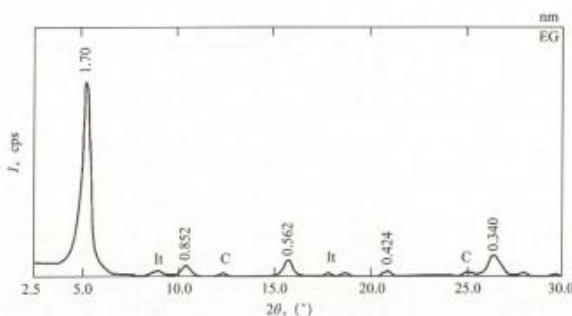


图 G.1 蒙皂石谱图

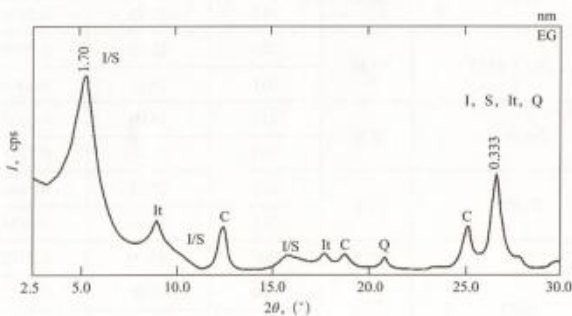


图 G.2 无序 ($R=0$) I/S 间层谱图

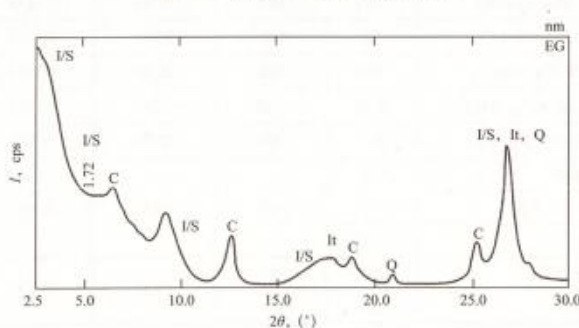
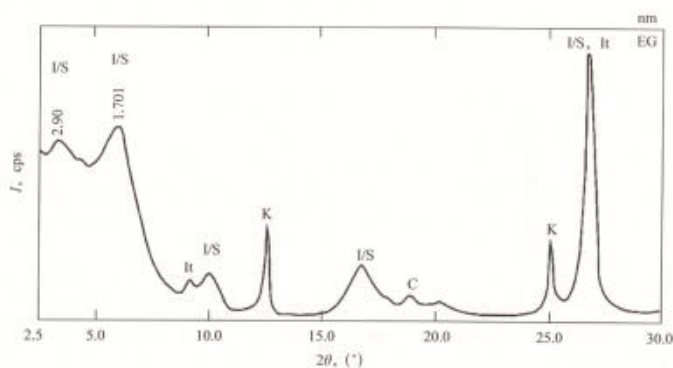
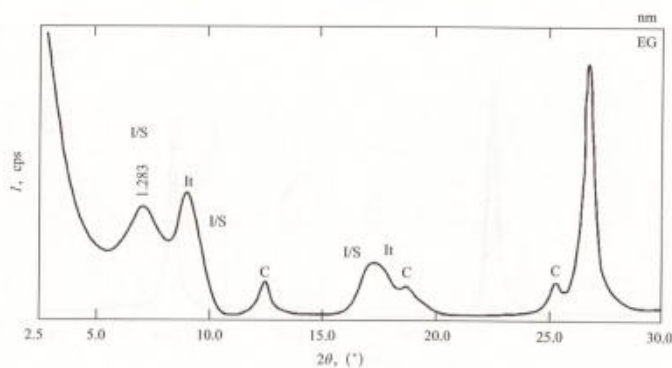
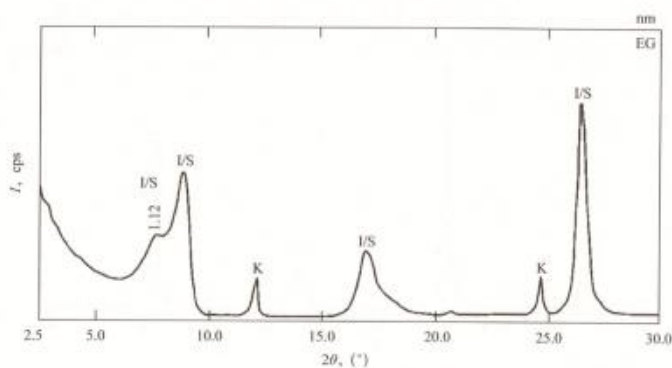


图 G.3 部分有序 ($R=0/R=1$) I/S 间层谱图 (无规则伊 / 蒙间层)

图 G.4 部分有序 ($R=0/R=1$) I/S 间层谱图 (主要为规则伊/蒙间层)图 G.5 $R=1$ 有序 I/S 间层谱图图 G.6 $R \geq 3$ 有序 I/S 间层谱图

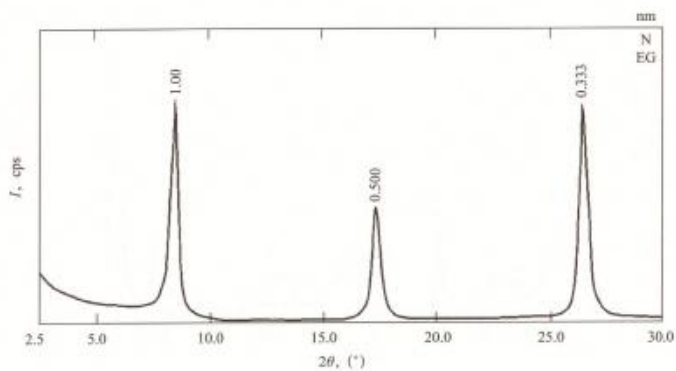


图 G.7 伊利石谱图

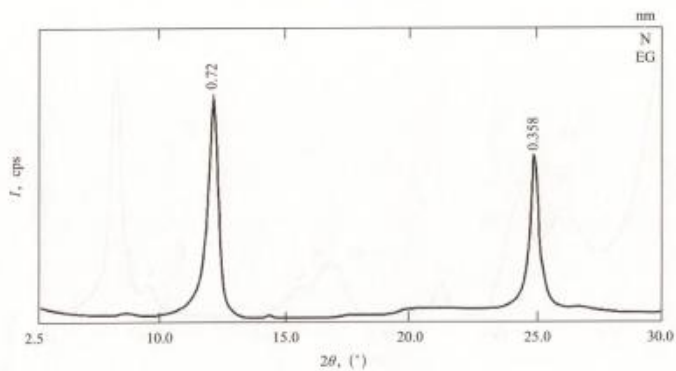


图 G.8 高岭石谱图

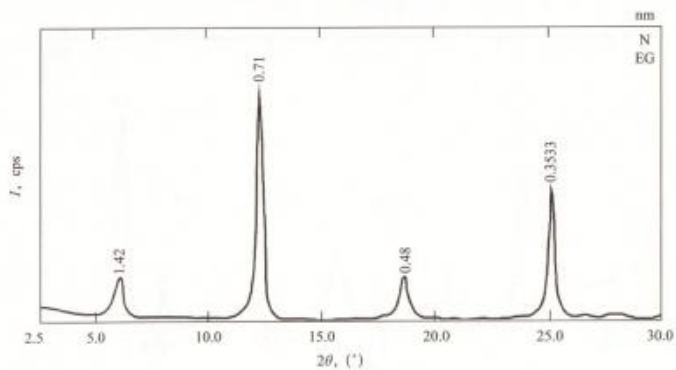


图 G.9 绿泥石谱图

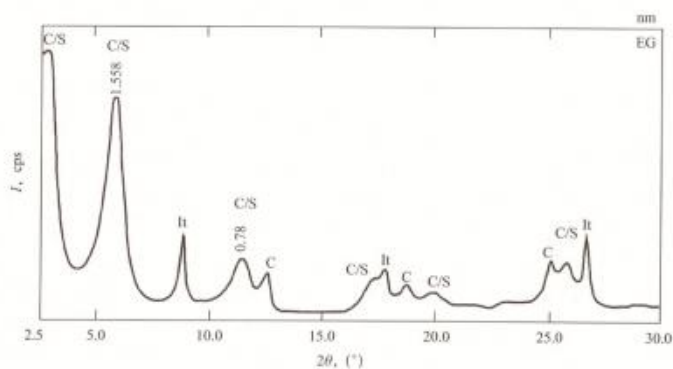


图 G.10 C/S 间层谱图

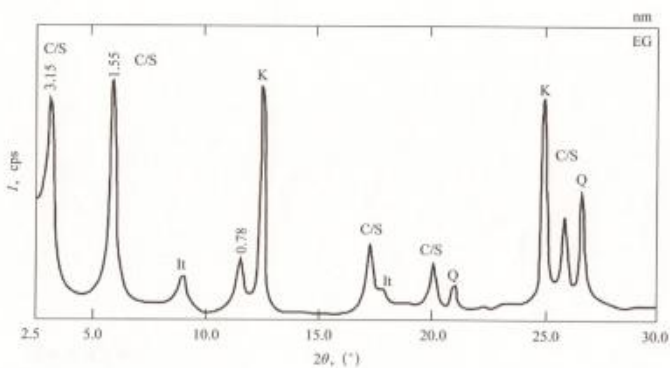


图 G.11 1 : 1 有序 C/S 间层谱图

中华人民共和国
石油天然气行业标准
沉积岩中黏土矿物和常见非黏土矿物
X射线衍射分析方法
SY/T 5163—2018

石油工业出版社出版
(北京安定门外安华里二区一号楼)
北京中石油彩色印刷有限责任公司排版印刷
新华书店北京发行所发行

880×1230毫米 16开本 2.75印张 81千字 印1—500
2019年2月北京第1版 2019年2月北京第1次印刷
书号: 155021·7841 定价: 52.00元
版权专有 不得翻印