

我国层控冰洲石矿床热发光研究

裴静娴

曹俊臣

(中国科学院地质研究所, 北京)

(中国科学院地球化学研究所, 贵阳)

摘 要

本文报道四个地区, 三种成因类型冰洲石矿床的岩石、矿物及工人合成方解石热发光特性。结果表明: (1) 不同地区, 不同成因类型的冰洲石和方解石具有不同的热发光性质; (2) 由于蚀变与蚀变围岩受热的不均一性导致热发光性质有明显的差别; (3) 同一地区的冰洲石和方解石由于热历史的不同致使它们具有不同的热发光表现; (4) 在矿液沿倾斜裂隙上升成矿的过程中, 由于上、下盘受热的差异, 同样导致它们的热发光性质的截然不同; (5) 人工合成样品的热发光测量验证了天然样品所测得的热发光结论。

利用矿物热发光特性, 矿化带与围岩热发光的明显差别, 来探讨矿物乃至矿床的形成条件及热历史有着十分重要的意义。近年来, 对方解石的热发光研究较多, 但对方解石、冰洲石连同所在矿床围岩进行对比研究, 国内外尚未见报道。

对不同成因类型的围岩与矿体进行了系统的热发光测量; 并以合成样品的相应测试作了对比研究, 验证了热发光技术在矿物和矿床成因研究上具有重要的科学价值。

一、矿床类型概述

1. 贵州省麻山冰洲石矿床产于上古生界下二迭统茅口组灰岩中。含冰洲石矿化的方解石脉以充填方式分布于区内背斜轴部, 具工业价值的冰洲石晶体常存在于脉的中间部位或相应的晶洞中。晶体透明度较高, 多呈柠檬黄色或浅黄色。矿床的成矿物质来自围岩(灰岩), 成矿流体为大气降水, 属沉积改造型层控矿床。

2. 河北省彭家沟冰洲石矿床赋存于中奥陶统的灰岩破碎带中, 矿体呈透镜体式短轴脉状产出, 以大气降水为特征的成矿流体对围岩(灰岩)溶解, 搬运并沉淀结晶而成, 仍属沉积改造型层控矿床。

3. 内蒙古小布朗苏冰洲石矿床产于中生界白垩系酸性喷击岩和基性熔岩地层的中上部气孔状或杏仁状玄武岩中, 矿体呈似层状, 冰洲石晶体存在于杏仁体或气孔的空洞中。方解石则多呈囊状体或团块状出现。属火山沉积改造型矿床。

4. 吉林省青龙冰洲石矿床赋存于前震旦纪古老变质岩地层的石墨化和条纹状大理岩中, 含冰洲石矿化的方解石脉是由半透明方解石组成。优质冰洲石晶体往往存在于方解石脉中间

膨大部位的晶洞中,属沉积-热液迭加型层控矿床。

二、样品制备及热发光测量

1. 样品制备

天然冰洲石、方解石及围岩样品取自以上四个矿区,合成样品系采用热水法在高压釜中制备的。

将选用的具有代表性的样品轻轻地压碎,筛选 140—200 目之间的粒径样品取一部分进行测定,即天然热发光 (NTL) 测量。然后将筛选好的其余部分样品置入马福炉内升温到 400℃ 后恒温 2 h 进行退火,再经 $\text{Co}^{60}\gamma$ 源辐照剂量达 10^5R (伦琴) 辐照后的样品进行测量,即为人工热发光 (ATL)。

系统测量是用美国哈肖 (HARSHAW) 化学公司产 2000 型热发光仪上进行的。升温速率为 $12^\circ\text{C}/\text{s}$, 加热同时通入惰性气体,以排除假发光的干扰。

2. 热发光测量

不同矿床类型的冰洲石 NTL 特征:

四个地区的冰洲石,由于各自成矿地质条件不同,NTL 也不同,由 (图 1) 可以看出以下几点:

(1) 成矿时间 前人工作得到的一般规律是在成矿 (或成岩) 条件十分相似的情况下,随着时间的推移及对外界辐射剂量的不断接收累集,热发光的生长速率,最先是低温峰,其次是中温峰,最后是高温峰^[1]。

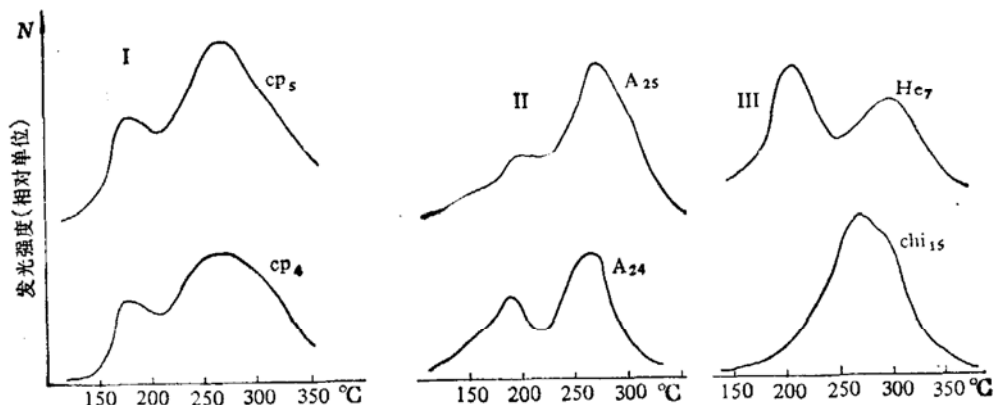


图 1 不同地区冰洲石、方解石 NTL 曲线形态对比

图 1 中, A_{24} 和 A_{25} 为贵州麻山冰洲石测样具有三个峰,分别为 150°C 的低温峰, $170—180^\circ\text{C}$ 的中温峰和 250°C 左右的高温峰;河北彭家沟 C_{p4} 和 C_{p5} 测样为 $170—180^\circ\text{C}$ 和 $250—260^\circ\text{C}$ 两个峰;而内蒙 Chi_{15} 测样只有一个 270°C 左右的中高温峰。由此可以看出:随着成矿时间的延续,热发光的衰减速率与增长速率相对应。成矿时间越早,低温峰,中低温峰衰减越快,峰温逐渐向高温方向位移,最后形成单一的高温峰。即成矿时间越长,低温峰就越低,成矿时间越短低温峰就越高。相比之下,内蒙古成矿作用最短,其次是河北,最年轻的应属贵州麻山冰洲石矿 (见图 1)。

(2) 成矿温度与 TL 的关系 均一法测温表现为,贵州麻山冰洲石形成温度为 $80—$

90℃, 边部方解石结晶温度为 140—143℃; 河北彭家沟矿体内矿物包体的均一温度为 138—144℃; 内蒙古冰洲石和方解石均一温度为 152—155℃; 吉林青龙冰洲石均一温度 240—257℃。前三个地区的成矿温度略有差别, 但都比较低, 因此热发光显示为 (250—270℃) 左右的中温峰, 峰温位移变化不大。但吉林青龙地区成矿温度高, 方解石 (He_7) 的热发光曲线出现了 300℃ 的高温峰。由此可以看出成矿温度与热发光温峰有着相应关系。即成矿温度越低所显示的热发光温峰也相应地低; 反之, 则热发光温峰也相应地高。

(3) 矿化带与围岩的热发光特性 成矿流体的热作用引起矿体、围岩热发光异常, 并与矿体的规模, 矿体与围岩之间的热梯度, 围岩的导热性, 渗透性和微量元素含量等因素有着密切的关系^[2]。因此通过脉体及围岩横剖面上不同部位的天然热发光和人工热发光研究, 对于由灰岩→方解石→冰洲石转化的地质环境及沉积碳酸盐地区的层控冰洲石矿床的成矿条件的探讨有着十分重要意义。

贵州麻山从围岩经过蚀变带 (包括内接触带方解石) — 冰洲石矿石, 天然热发光曲线低温峰逐渐衰减最后保留了高温峰并出现温峰的位移 (图 2)。热发光强度的变化是由弱—强—弱

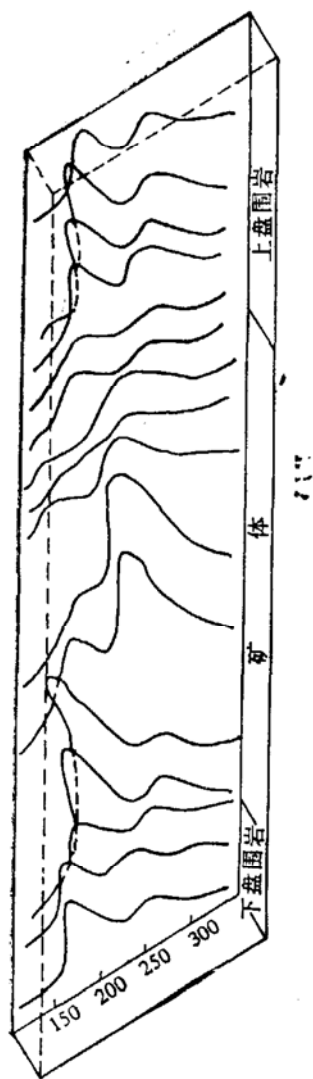


图 2 贵州麻山冰洲石矿脉横剖面 NTL 曲线形态

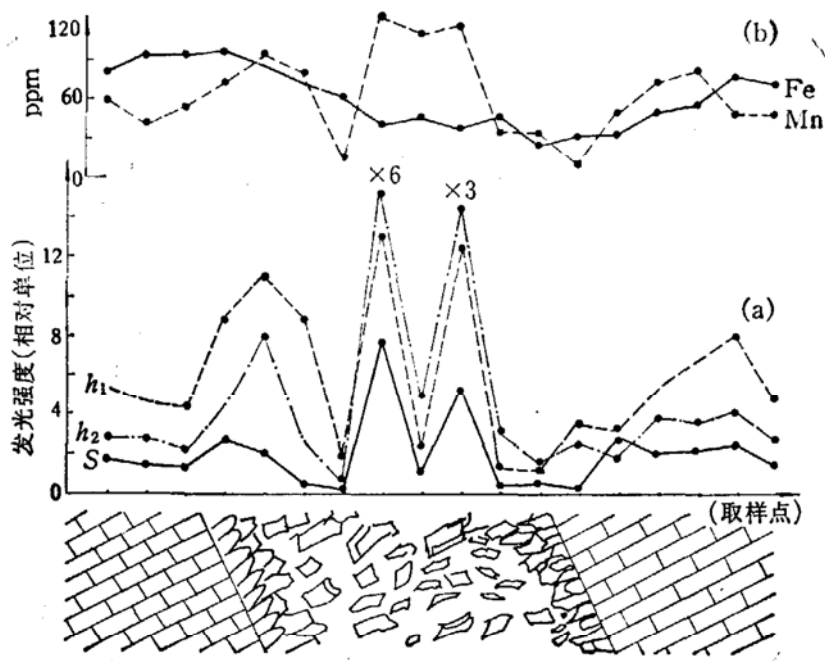


图 3 (a) 贵州麻山冰洲石矿脉横剖面 NTL 强度谱线对比
(b) Fe, Mn, ppm 含量与横剖面发光强度对比关系
(h_1 ——低温峰; h_2 ——中温峰; S——积分面积, 即发光总强度)

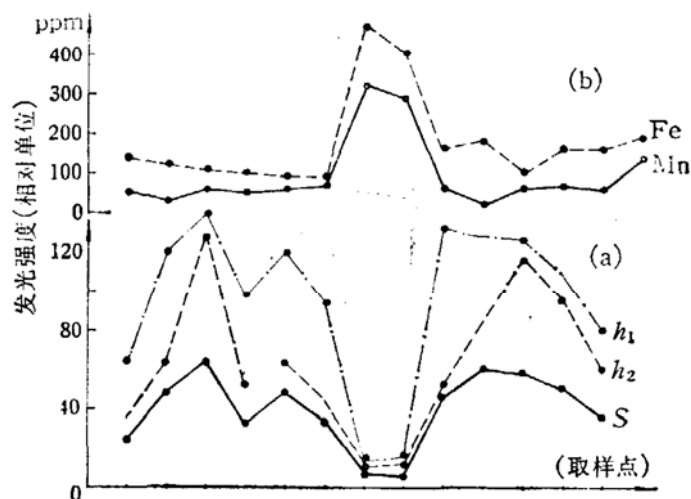


图 4 (a) 河北彭家沟冰洲石矿体与围岩 NTL 强度谱线对比
(b) Fe, Mn, ppm 含量与横剖面发光强度对应关系

(图 3)。图中 h_1 与 h_2 是低温峰和中温强度, S 为总发光强度, 它们都在横剖面上显示出这一强度的变化规律。河北彭家沟横剖面上表现出的 NTL 强度变化规律则是强—弱—强 (图 4)。

两个矿区典型剖面的测定结果显示出总的规律是: 受热蚀变灰岩、脉壁边部的方解石和大矿脉旁边的小分支脉中方解石的 NTL, 170℃ 左右的低温峰强度高于 250℃ 左右的中温峰即 ($h_1 > h_2$), 及居于脉中间部位的冰洲石 NTL, 低温峰明显衰减, 显示出中温峰的增长。这种变化规律除了受所处位置的影响外, 还与受热状态, 成矿时间, 成矿温度以及所含杂质等因素有关 (图 3(b), 4(b))。矿体与其围岩的 TL 变化和 Mn, Fe 含量有关。贵州麻山矿体 Mn 含量 (110—140ppm) 高出围岩 (40—70ppm) 2—3 倍。Fe 含量均在 400—950 ppm 之间, 矿体的 TL 强度高于围岩, 显示出 Mn 的激活作用。河北彭家沟矿体 Mn 含量是围岩

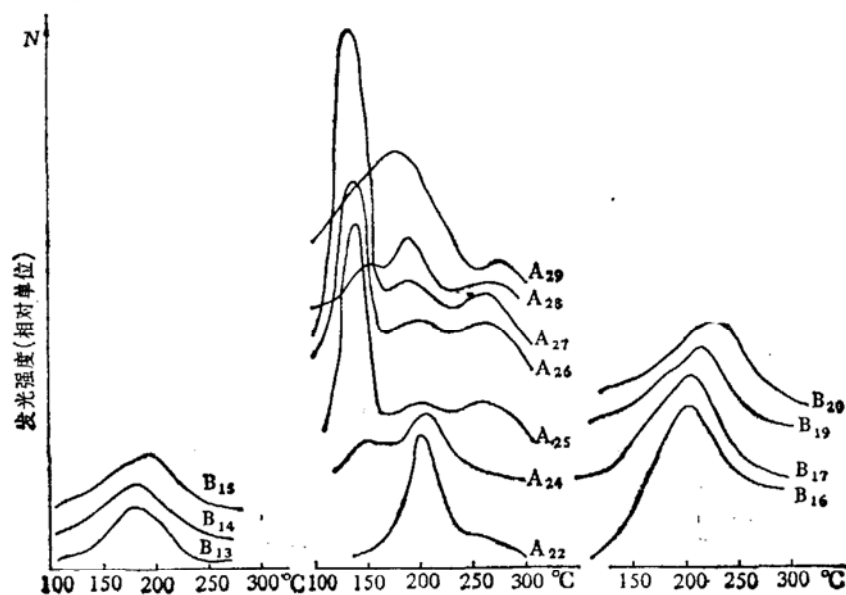


图 5 贵州麻山冰洲石矿 ATL 热发光曲线形态

Mn 含量的 6—10 倍,但发光强度低于围岩。这是由于矿体 Fe 的含量大于围岩 Fe 含量,分别为 3000—4500ppm 和 750—1500ppm。显示 Fe 的淬熄作用大于 Mn 的激活作用。

(4) 热发光晕及 NTL 的不对称性

图 3 和图 5 均显示出矿体两侧有一个清晰可见的 NTL 晕。矿体两侧蚀变带发光强度的逐渐降低与前人所做的一些金属矿脉的情况相似^[3], 主要由于成矿溶液作用,使原围岩贮存的能量提前释放致使 TL 量下降。上盘蚀变围岩与内接触带方解石低温峰强度比下盘小。说明上、下盘热历史有差异,上盘受热时间较长,在成矿晚期余热仍在上升,造成低能级电子提前释放所致。

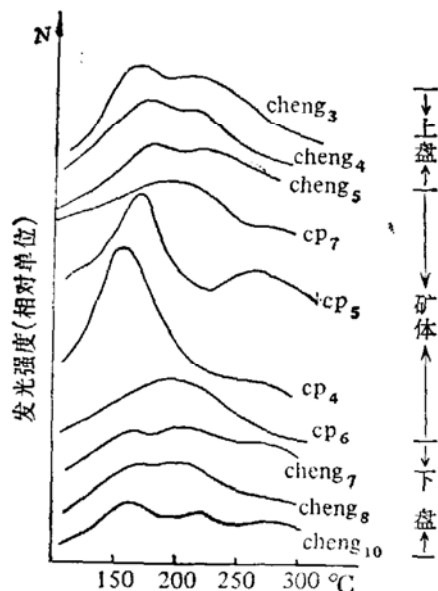


图 6 河北彭家沟冰洲石矿 ATL 热发光曲线形态

3. 人工热发光 (ATL) 测量

贵州麻山, 河北彭家沟冰洲石矿床中所测样品的 ATL 表现出两个地区热发光曲线形态不同, 但本身矿体两侧热发光曲线形态基本上为对称型 (图 5 和图 6)。

两个矿床的冰洲石人工热发光表现出: 贵州麻山为 140°C 左右强度较大的低温峰; 河北彭家沟为 170°C 较弱的中低温峰。因前者为黄色, 在常温下具萤光现象, 故有低能级晶陷比后者多所致。由于冰洲石是一种

结晶程度较高的方解石, 在加热冷却过程中会形成一些因受应力构造而产生的新的晶格缺陷^[4], 对热发光也会产生影响。

4. 室内合成样品的 TL 测量

为了进行对比研究并验证所揭示的地质事件, 我们用水热法合成方解石 (或冰洲石) 进行

表 1 人造方解石实验条件

编 号	溶 剂	平均温度(°C)	高压釜填充度 (%)	恒温时间 (天)
CH ₄ -79-1	0.9% NH ₄ Cl	177.5	83	13
C-79-3	2M K ₂ CO ₃	385	82	16
C-79-7	2MK ₂ CO ₃ + 2MKHCO ₃	382.5	85	13

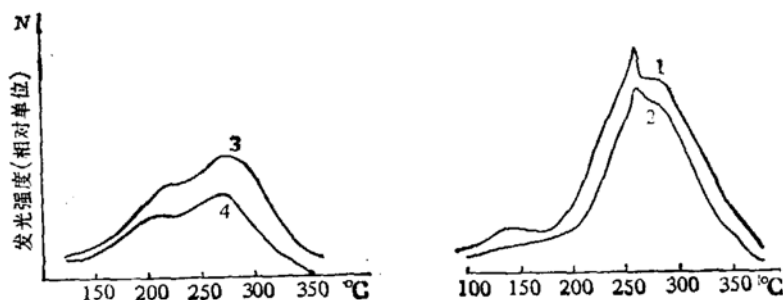


图 7 人造方解石、冰洲石与天然样品热发光曲线形态对比
(虚线为天然样, 实线为人造样, 1, 2——冰洲石, 3, 4——方解石)

了相应的测试。合成样品实验条件见表1: 测量结果合成测样 CH₄-79-1 和 Chi₁₅ 与天然冰洲石发光曲线形态, 峰温完全吻合, 只是天然测样出现有 150℃ 左右峰的衰减。合成样品的温度为 177.5℃, 均一测温为 155℃; 对于高温合成的方解石, 测样 C-79-7 与 Chi₁₅ 进行对比, 它们都具有一个底面积较宽的近 300℃ 的热发光峰; 曲线形态完全一致(图7)。验证了在高温下生成的晶体具高温峰, 缺少或不发育中、低温峰。也为高能级晶陷的形成提供了条件, 另一方面也验证了冰洲石是在相对较低的温度下形成的。

三、结果和讨论

1. 矿物的热发光特征是与生成的温度、压力密切相关, 不同成因类型的冰洲石有不同的热发光特征, 并反映出成矿时代的先后和形成时相对温度的高低。最年青的为贵州麻山冰洲石矿。

2. 冰洲石和方解石由于结晶条件和受热历史不同其天然和人工热发光也不同, 冰洲石天然热发光低温峰弱, 中温峰强, 而人工热发光恰相反。这与其长期较稳定的温度条件下形成有关, 方解石由于同围岩直接接触, 急速冷却热历史短, 天然热发光表现中低温峰较强, 而人工热发光中低温峰比冰洲石弱, 合成样品的热发光测定证实了同一地区内方解石, 冰洲石的成矿温度与均一法测定结果相一致。

3. 典型剖面系统的热发光测量, 出现类似于金属矿床矿脉两侧的热发光晕的存在, 也证实了矿热液的作用对围岩有一定退火作用可改变原围岩的热发光特征。因此, 蚀变与未蚀变围岩的热发光差别也反映了矿床改造的强度。研究结果表明, 河北彭家沟矿床改造强度强于贵州麻山矿床。

4. 热发光测量的结果表明: 矿液沿倾斜裂隙上升、沉淀结晶过程中, 上、下盘受热情况略有差异。上盘比下盘受热时间长, 强度大。而热发光强度比下盘弱。

5. 室内合成样品的天然热发光测量, 其结果表明高温合成方解石测样与同一地区方解石对应; 低温合成测样与同一地区冰洲石对应。人工热发光测量则具有与上述相反的特征, 反映了天然热发光与人工热发光的不同的热效应。

工作中曾蒙河北省第四地质队曲恩泽, 原贵州 117 队赵之龙、曾自陶以及内蒙古赤峰、吉林和龙有关部门的大力支持, 在此一并致谢。

参 考 文 献

- [1] 裴静娴, 矿物物理和矿物材料研究论文集, 科学出版社, 1979, 59—64.
- [2] 中国科学院地质研究所岩溶研究所, 中国岩溶研究, 科学出版社, 1979, 315—330.
- [3] Macdarmid Roy, A., *TL of Geological Materials* (Ed. McDougall, D. T.), Academic Press London and New York, 1968, 547—556.
- [4] Forsi, S. and Eornaca-Rinaldi, G., *ibid.*, 1968, 225—231.