

# 电子探针与微区 X 射线衍射联合应用研究

——以羟硅铍石的鉴定为例

葛祥坤, 范光, 夏晨光, 艾永亮

(核工业北京地质研究院, 北京 100029)

本文通过电子探针分析仪和微区 X 射线衍射仪的联合应用, 建立了在电子探针分析仪上通过背散射电子像亮度, Si、O 能谱峰强度比鉴别疑似羟硅铍石的标志, 快速确定衍射分析位置, 进而利用微区 X 射线衍射仪在光片上进行原位无损分析, 最终确定该矿床矿石中工业铍矿物以独立矿物羟硅铍石存在。

## 1 矿石工业铍矿物的电子探针研究

从已破碎的混合矿石中随机选取样品用环氧树脂粘结后磨制成光块数片, 表面镀碳后供电子探针研究。

研究所用的仪器为核工业北京地质研究院的 JEOL JXA-8100 电子探针分析仪, 配备英国牛津公司的 INCA E350 X 射线能谱仪 (EDS)。由于该仪器未配备专门用于分析 Be 的分光晶体, 即使配备了专门的分光晶体, 也很难对 Be 含量进行定量分析; 所配备的能谱仪对 BeO 含量低于 40% 左右的铍矿物在能谱图上没有任何能谱峰显示, 故本仪器不能对铍矿物进行直接鉴定。然而, 在对该矿床样品光片的电子探针背散射图像观察过程中, 发现样品中有很多比石英亮度低、在能谱图中仅有 Si 和 O 的谱峰出现、且 O 元素峰高大于 Si 元素峰高的矿物。据此我们推断这类矿物很有可能就是化学成分只有 Be、Si、O 或含结晶水的 Be 的硅酸盐矿物 (如硅铍石和羟硅铍石等)。因此可以采用背散射电子像亮度比石英暗, 能谱图中只有 Si、O 两种元素, 且氧元素峰高大于硅元素峰高作为疑似铍矿物的鉴别标志, 快速查找矿石中的疑似铍矿物。

## 2 铍矿物的微区 X 射线衍射研究——羟硅铍石的确认

根据电子探针分析结果, 挑选一个疑似铍矿物相对富集的小区域, 在光片上做好标记, 然后在 X 射线衍射仪上准确定位该目标矿物, 进行微区 X 射线衍射分析。该方法的优点是能够进行矿物微区原位的物相鉴定, 即用单毛细管聚焦入射 X 光束直接照射在光片中待分析的矿物上, 能够对粒径在 100~300  $\mu\text{m}$  左右的矿物进行物相鉴定, 省去了常规粉末衍射需要挑选几十毫克单矿物的麻烦。分析所用衍射仪为核工业北京地质研究院的 PANalytical X'Pert MPD 微区 X 射线衍射仪, 得到的 X 射线衍射谱图和数据见图 1 和表 1。通过 X'Pert Highscore Plus 自动物相分析软件, 确定所测位置的物相组成主要为羟硅铍石 (PDF 卡片号: 01-087-0669), 另外还有少量石英、钠长石及高岭石等物相。从该谱图可以看出, 羟硅铍石的主要衍射峰非常明显, 而其他造岩矿物的衍射峰很弱, 不对羟硅铍石的确定造成干扰。通过微区衍射方法确定的矿物名称具有更高的可信度。

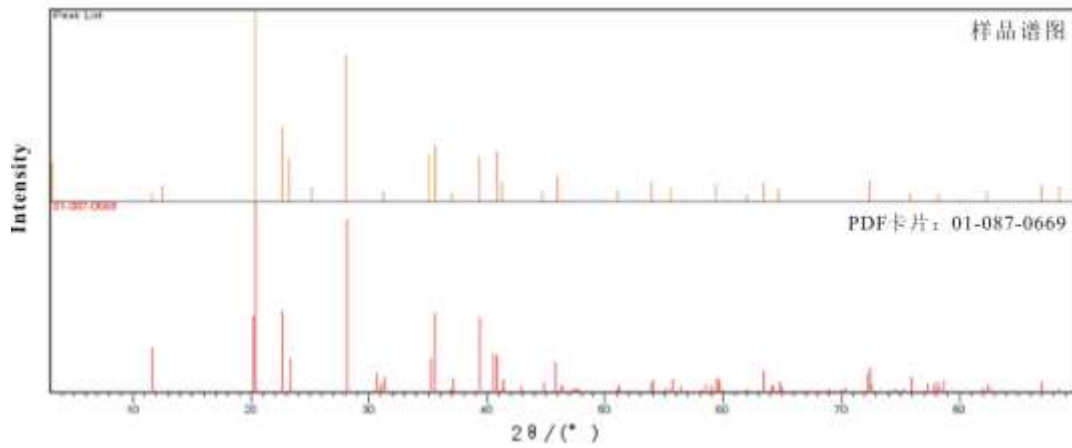


图1 铍矿物的X射线衍射谱图

表1 羟硅铍石微区X射线衍射数据

hkl	PDF卡片: 01-087-0669			实测值		
	2 $\theta$ °	d/Å	Int/%	2 $\theta$ °	d/Å	Int/%
110	11.684	7.56780	23.3	11.6177	7.61091	5.88
130	20.190	4.39460	40.1	20.2379	4.38436	94.05
200	20.367	4.35680	100.0	20.3578	4.35882	100.00
021	22.665	3.92000	42.7	22.6524	3.92220	38.79
040	23.285	3.81700	18.1	23.2213	3.82739	23.10
131	28.153	3.16710	89.9	28.0743	3.17583	74.78
221	30.655	2.91410	10.6	30.5975	2.91943	5.27
060	35.241	2.54470	17.9	35.0629	2.55718	15.86
330	35.560	2.52260	41.8	35.4035	2.53336	31.62
002	39.416	2.28420	39.1	39.3100	2.29013	21.99
061	40.548	2.22300	20.6	40.5293	2.22400	16.16
331	40.830	2.20830	19.8	40.8178	2.20895	24.93
261	45.785	1.98020	16.4	45.7565	1.98135	16.15

### 3 结 论

本次研究建立了电子探针分析仪识别羟硅铍石的标志: 通过背散射电子像亮度比石英暗、能谱图中只有 Si、O 两种元素、且氧元素峰高大于硅元素峰高, 可以快速查明羟硅铍石的发育状态和与其他矿物的关系。通过电子探针和微区 X 射线衍射仪联合应用, 确定新疆某铍矿床的工业铍矿物为羟硅铍石。

微区 X 射线衍射方法是对疑难矿物进行微区原位定名的有效方法, 可以在光片、光薄片上直接对目标矿物进行 X 射线衍射分析, 真正实现微区原位分析, 省去了挑选目标矿物单矿物的繁琐步骤, 尤其对矿物含量少、双目镜下不易辨认的矿物鉴定提供了切实可行的技术手段。同时还可以结合电子探针, 研究其与其他矿物的共生关系。