白云鄂博萤石分布特征及放射性钍元素的影响*

李丹煜,杨 莉,王金龙,王昭静,杨 波

(包钢矿山研究院,内蒙古 包头 014010)

摘 要: 萤石在白云鄂博矿区分布广泛。因各矿段萤石矿化程度不同,将其划分为“四个矿化阶段”。借助显微镜、XRD及SEM研究了各矿化阶段萤石的分布特征,证明了放射性元素钍使得萤石呈现“非均质”的光学性质,也对其“钪化现象”产生了直接影响。

关键词: 白云鄂博;萤石;分布特征;放射性

中图分类号: P624 **文献标识码:** B **文章编号:** 1009-5438(2020)03-0006-04

DOI:10.13647/j.cnki.btgkj.2020.03.002

Distribution Characteristics of Fluorite and Effects of Radioactive Element Thorium in Bayan Obo Deposit

Li Dan-yu, Yang Li, Wang Jin-long, Wang Zhao-jing, Yang Bo

(*Mining Research Institute of Baotou Iron & Steel (Group) Co., Ltd., Baotou* 014010, *Inner Mongolia Autonomous Region, China*)

Abstract: The fluorite is widely distributed in the mining area of Bayan Obo. Its degrees of mineralization are different for each ore block, so it is classified as “four generations”. The distribution characteristics of fluorite in different generations are studied by means of microscope, XRD and SEM, which prove that the radioactive element Th makes fluorite with the optical property of anisotropism and it has direct influence on the replacement of Ca with Sc.

Key words: Bayan Obo; fluorite; distribution characteristics; radioactivity

萤石(CaF_2)作为广泛应用于基建、化工、新材料领域的非金属矿物原料,已被我国列入战略性矿产目录。内蒙古白云鄂博铁铌稀土伴生萤石矿床,作为我国伴生型萤石的重要载体,占据国内萤石总量的半壁江山[1]。本文涉及样品原采于上世纪60年代至今的白云鄂博矿床,具有较强的代表性;借助显微镜、XRD及SEM的联合分析方式,旨在总结出上述样品中的萤石分布特征。

1 分类和试验方式

1.1 晶体结构

萤石晶体结构为等轴晶系,呈立方体或八面体,以Ca^{2+}所形成的面心密堆为基础,四面体间隙位置由F^-填充[2]。晶胞参数a=5.45 Å,Z=4,对称型$3L^44L^36L^{29}PC$,如图1所示。

1.2 分类依据

萤石是白云鄂博矿床中分布广泛、生成时间延续较长的一种矿物,在各矿段分布情况并不均匀[3]。白云鄂博萤石在每一矿化阶段都有产生,大致可将其分为:磁铁矿矿化阶段、赤铁矿矿化阶段、钠辉石化阶段及晚期脉状矿化阶段。本文依照此分类方式进行研究。

* 收稿日期:2020-03-09

作者简介:李丹煜(1992-),女,内蒙古包头市人,助理工程师,现从事工艺矿物学、测绘工程工作。

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

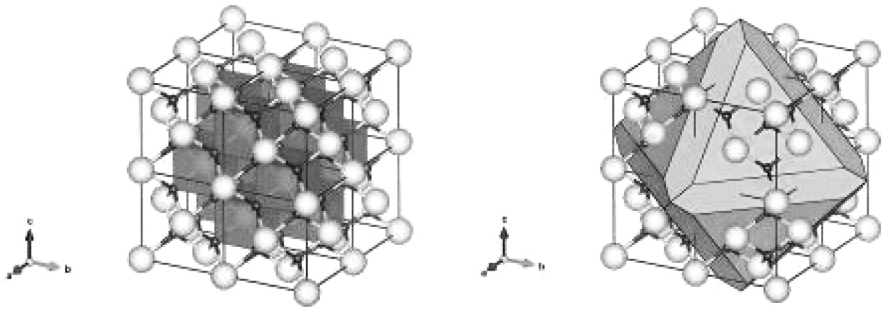


图 1　萤石(Fl) 晶体结构

1.3　试验方式

先将样品制成探针片，选用德国 ZEISS 显微镜进行镜下分析; 选用荷兰 PANalytical B. V. 衍射仪研究样品的物相组成，实验条件: 工作电压 40 kV，工作电流 40 mA。再将探针片表面镀金，选用德国 ZEISS Supra 55 型场发射扫描电镜研究样品的背散射成像及微区成分。实验条件: 加速电压 15 kV，束流 1.00×10^{-8} A，成分分析的束斑直径 1 μm。

2　分析与总结

2.1　磁铁矿矿化与赤铁矿矿化阶段

磁铁矿矿化阶段产生的萤石，多产出于矿体中部的块状磁铁矿矿石中，一般呈星散状不规则粒状分布其中。此矿段萤石多呈浅紫色，部分表面可见两组解理，颗粒大小不均，粒径一般为 0.3 ~ 1.5 mm。共生矿物常见有磁铁矿、独居石、石英、方解石等，如图 2 所示。

赤铁矿矿化阶段的萤石，主要分布于早期氟热液交代阶段形成的条带状及浸染状赤铁矿矿石中。此矿段萤石多呈浅紫色、不规则粒状或粒状集合体形式，常与氟碳铈矿、赤铁矿相间构成条带，条带宽一般为 0.1 ~ 2.0 mm，如图 3 所示。部分赤铁矿呈细粒、透镜状集合体形式分布。共生矿物常见有赤铁矿、氟碳铈矿、独居石、磷灰石、重晶石等。

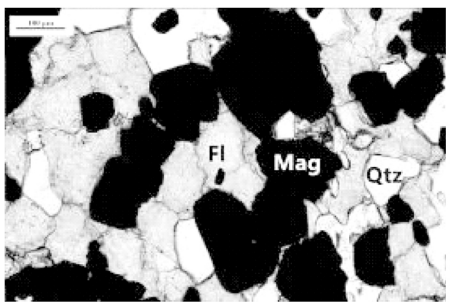


图 2　块状磁铁矿(Mag) 中的萤石(Fl)

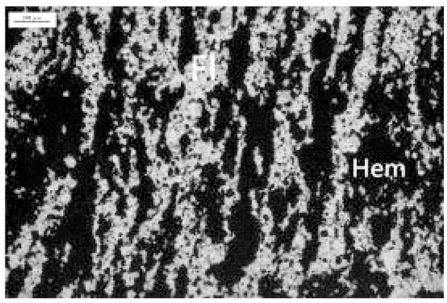


图 3　萤石(Fl) 与赤铁矿(Hem) 定向条带状分布

2.2　钠辉石化与晚期脉状矿化阶段

钠辉石化阶段生成的萤石，主要形成于晚期钠化阶段，伴随有大量钠辉石形成。该矿化阶段的萤石常呈不规则粒状分布于钠辉石矿物间隙，且颗粒粗大，粒径一般为 0.2 ~ 1.0 mm，如图 4 所示。部分萤石呈颜色不均的花斑状颗粒，解理可见，粒径大小不均，一般为 0.2 ~ 2 mm，如图 5 所示。共生矿物常见有钠辉石、独居石、氟碳铈矿、重晶石及磷灰石。

晚期脉状矿化阶段生成的萤石，主要形成于矿体中晚期细脉充填阶段。此矿段萤石或为构成单矿物成分的细脉，或与独居石、重晶石、石英、白云石、氟碳铈矿共生，细脉宽度一般不等，如图 6、图 7 所示。

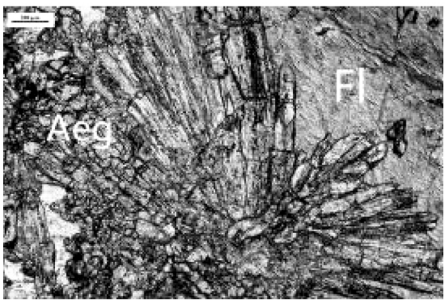


图 4　萤石(Fl) 与放射状霓石(Aeg) 分布

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

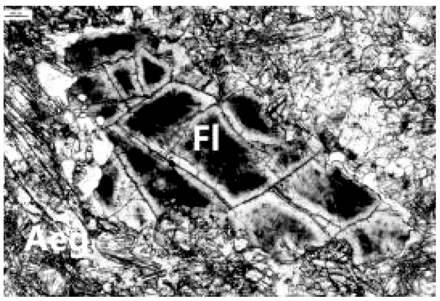


图 5 分布于霓石(Aeg) 中的花斑状萤石(Fl)

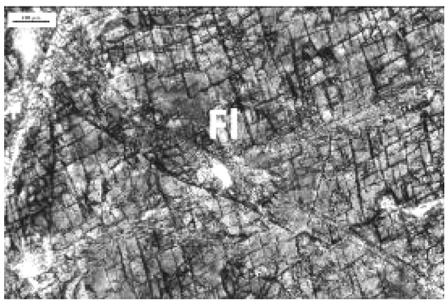


图 6 单矿物细脉状萤石(Fl)

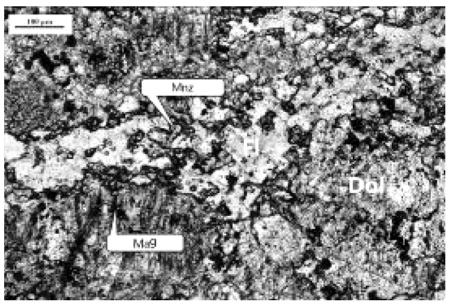


图 7 萤石(Fl) 与独居石(Mnz) 以脉状形式充填于白云石(Dol) 裂隙中

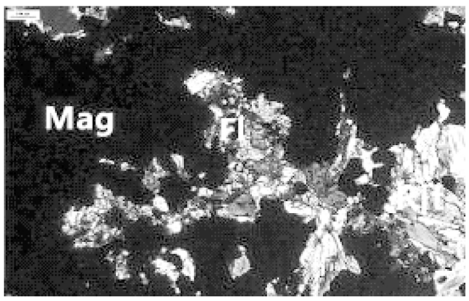


图 8 呈非均质性的萤石(Fl) 与磁铁矿(Mag) 、钠透闪石(Rit) (正交偏光镜下)

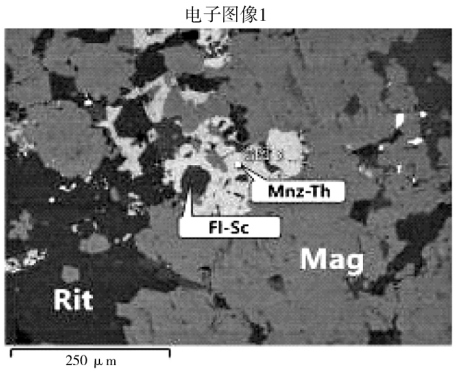


图 9 含钍独居石(Mnz – Th) 、含钪萤石(Fl – Sc) (SEM 点分析图像)

2.3 放射性元素钍对萤石的影响

2.3.1 含钍独居石对萤石的影响

于 100 × 正交偏光镜下可见，萤石以不规则粒状分布于磁铁矿间隙，呈“非均质”包裹于独居石中，如图 8 所示。通过 SEM 点分析图像如图 9 所示，独居石颗粒含钍较高(见图 10) ，而萤石含钪较高(见图 11) 。可以证实，独居石矿物中的放射性钍元素使得萤石在正交偏光下呈不消光状态且钪含量偏高。

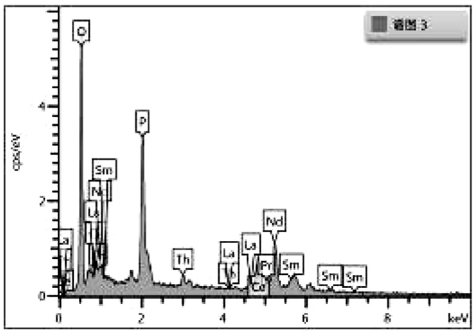


图 10 含钍独居石 SEM 点分析谱图

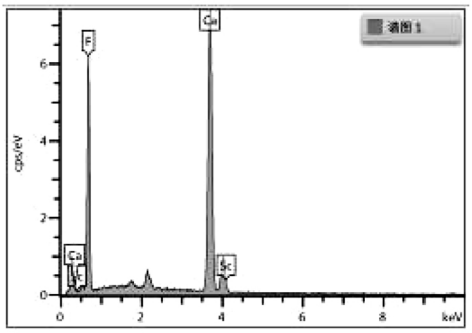


图 11 含钪萤石 SEM 点分析谱图

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

2.3.2　方钍石对萤石的影响

于 50 × 单偏光镜下可见，方钍石呈黄棕褐色—褐色，如图 12 所示；经 XRD 谱图证实样品中方钍石的存在，如图 13 所示。因钍具有放射性，使其相邻的萤石具有放射性晕圈，颜色呈深紫色—紫黑色；越靠近方钍石，萤石颜色越深。经 SEM 面扫描分析可知，深色萤石所成图像与钪元素所成图像相互耦合，说明萤石中钪元素的存在，如图 14、图 15 所示。

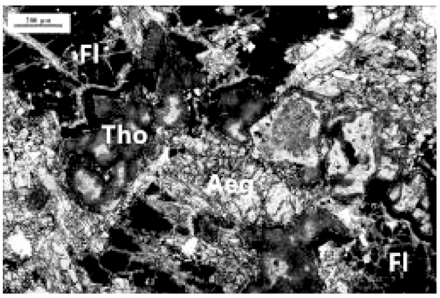


图 12　方钍石(Tho)的放射性使萤石(Fl)有放射性晕圈(单偏光镜下)

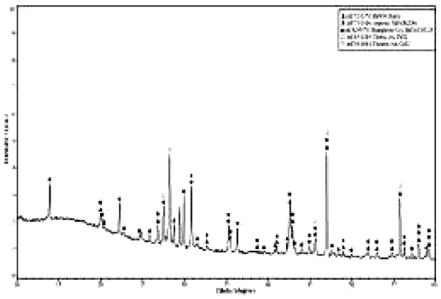


图 13　XRD 谱图证实方钍石(ThO_2)存在

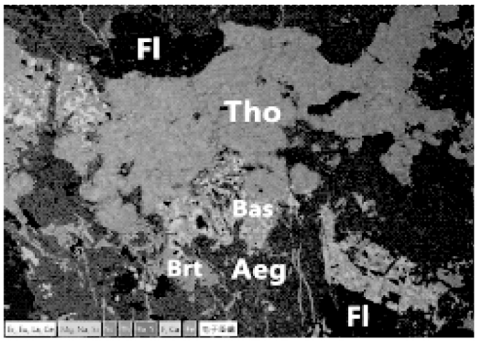


图 14　萤石(Fl) SEM 图像

前人曾对白云鄂博矿区萤石致色机理进行了人工辐照[4-5]，研究发现：放射性辐照造成萤石不同程度的晶体缺陷[6]，使其颜色不均匀加深，可由均质变为非均质[7]。

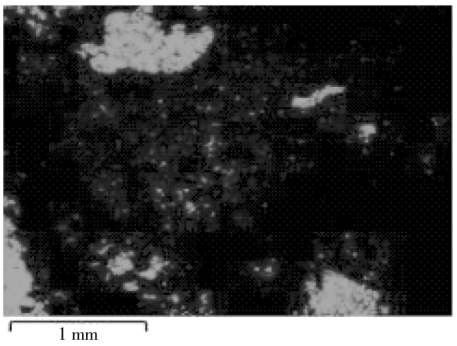


图 15　钪元素(Sc) SEM 图像

本文证实了上述事实，进一步发现放射性钍元素或以含钍独居石形式或以方钍石矿物形式，都能使萤石矿物中钙元素和其相邻的过渡金属元素“钪”发生替代，使其“钪”含量相对偏高；萤石颜色越深，晶体缺陷密度越大，类质同象越容易发生。

3　结论

(1) 赤铁矿矿化阶段及晚期脉状矿化阶段生成的萤石呈条带状分布显著。

(2) 放射性钍元素对萤石的辐照使其颜色呈不均匀深紫色—不透明黑紫色，且呈“非均质”的光学性质，也对其“钪化现象”产生了直接影响。

参　考　文　献

[1] 李敬，高永璋，张浩. 中国萤石资源现状及可持续发展对策[J]. 中国矿业，2017，26(10)：7－14.

[2] 陈平. 结晶矿物学[M]. 北京：化学工业出版社，2005.

[3] 张培善，陶克捷. 白云鄂博矿物学[M]. 北京：科学出版社，1986.

[4] 李新安，刘铁庚，赵云龙. 白云鄂博萤石染色机制研究[J]. 矿物学报，1985，5(2)：164－168.

[5] 张惠芬，曹俊臣，谢先德. 天然萤石的喇曼光谱和发光谱研究[J]. 矿物学报，1996，16(4)：394－402.

[6] 郑惠，李葆华，罗英，等. 萤石颜色研究现状[J]. 河南科技，2015，566(6)：105－107.

[7] 中国科学院地球化学研究所. 白云鄂博矿床地球化学[M]. 北京：科学出版社，1988.

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net