

扫描电子显微镜在研究矿物包裹体子矿物中的应用

盛 继 福

(中国地质科学院矿床地质研究所)

李 亿 斗

(江西地质科学研究所)

子矿物是矿物包裹体内的流体在温压条件改变后沉淀出的细小固体相。多数固体物质随着温度的下降,其溶解度减小。因此,在温度下降时,不仅NaCl、KCl等盐类矿物从饱和状态溶液中结晶出来,而且残留在溶液中的造矿元素及硅酸盐组分也以微细矿物或玻璃体沉淀出来。

长期以来研究包裹体子矿物主要采用光学显微镜测定光性、显微热台测定溶解温度等方法。但 these 方法只适用于某些较大个体或溶解温度不太高的子矿物,而对多数子矿物来说是非常困难的。这是因为子矿物一般非常细小,其光性往往部分或全部为主矿物干扰,因而用光学显微镜只能观察到包裹体中各类细小的固相物质,而不能确定是什么矿物。如Nash和cunningham^[1]对科罗拉多詹姆斯萤石矿床超盐度包裹体进行了详细光学研究,可辨别出12种类型子矿物,但能确认无误的仅氯化钠和氯化钾两种。

电子显微镜,电子探针的问世为研究包裹体子矿物提供了新的途径。Metzger等^[2]总结对比电子探针、扫描电镜优缺点时指出:电子探针适用于火成岩的玻璃包裹体,对于气液包裹体内的子矿物则不适用。因为电子探针必须磨平抛光,而在抛光过程中矿物表面包裹体中的子晶会被破坏和溶解,也避免不了遭受磨料和矿物碎屑的污染;同时,电子探针电子束轰击表面浅,仅能测定样品表面,对处于包裹体孔隙深处的子矿物则难于测定。而扫描电镜则能克服上述缺点。

一、扫描电子显微镜的成像原理与工作方式

扫描电子显微镜的成像原理与工作方式在周剑

雄^[3]、里德^[4]、内山^[5]等有关著作中已有详细论述。在本文中笔者仅结合与研究矿物包裹体中子矿物有关部分做简单的介绍。

扫描电子显微镜的光源类似反光显微镜,但用于观察样品形态的是二次电子图像,这种图像的观察效果近似于实体光学显微镜,但成像过程和图像的明暗变化(即衬度)与光学显微镜又绝然不同,与一般透射或发射式电子显微镜也不相同。在扫描电子显微镜中没有成像投影镜,象的每一个点是逐点扫描、依次记录的。因此,扫描电镜的图像近似电视或电传照片。它用极细微的电子束来扫描测试样品的表面,从而激发出二次电子和背散射电子,通过探测器接收,并转变为电子信号,最后显示在阴极射线管上,从而获得图像。图像的分辨率主要取决于照射试样的电子束的束斑的大小,一般不超过电子束斑的直径。目前,扫描电子显微镜的电子束斑一般为60 Å。扫描电镜的分辨率一般在100 Å左右,少数可达70 Å,而且可以连续放大,放大率10—100000倍以上,有效放大倍数为10000倍左右。扫描电子显微镜还带有X射线微量分析装置,可分析元素周期表中5号硼到92号铀之间的所有元素(带铍窗口的X射线装置只能分析11号钠到92号铀)。

扫描电子显微镜有两种工作方式:

(1) 扫描式。以电子束扫过测试样品表面,在电视屏上产生放大象,并可以通过倾斜和旋转样品达到不同角度的观察。扫描电镜聚焦景深大,比偏光显微镜大500倍。因此,即使子矿物处于包裹体体腔深处,成象也可以很好、立体感强。

(2) 点式。在工作过程中电子束与X射线检测器一起使用。通常电子束射在样品的一个点上,这个点位可以精确地定位在包裹体中的任何一个子

矿物上,并使矿物中的元素产生特征的X射线。所测元素的能谱图显示在多道分析器的荧光屏上。一般在一分钟可得到良好的能谱图。

二、样品的选择、制备和测试

首先在光学显微镜下对光薄片矿物包裹体进行仔细观察,确定包裹体特征、子矿物特征和数量。有条件的还要进行子矿物的光性测定及在显微热台上进行熔化试验,并测其熔化温度,以初步确定子矿物的类别。选出子矿物较多、类别较复杂的样品做扫描电镜研究。然后将所选出的样品(尽量靠近所研究的位置)击碎、选取直径约1毫米左右的碎片十数片用导电胶粘在直径1厘米的金属底座上、使其新鲜面向上,其表面应尽量平行于底座表面,以便增加碎片的表面积和发现有意义的包裹体子矿物的机会。对于云母等解理发育的矿物,可以沿解理劈开,分成厚一毫米,直径小于金属底座的碎片若干片,粘在金属底座上,同样要把新鲜面向上、并平行于底座。标本在破碎前最好能在超声波浴室中清洗,然后把测试样品在喷镀仪内喷镀一层薄薄的金膜,往往一次可以喷镀十数个或更多的样品。

把表面已喷镀好的试样连同其底座一起放入扫描电镜的样品室进行对比研究。首先对样品依次扫描,一旦在荧光屏上发现包裹体体腔中可疑的子晶,就放大定位(放大倍数视子矿物大小而定,一般为1000至20000倍),再用X射线检测仪发出电子束轰击所定位的子矿物,子矿物中的元素发出特征的X射线,在数十秒钟内即可得到良好的图谱,视其需要可摄成照片或用相联的计算机给出各元素的相对数据。由于所测样品表面都喷镀有金膜,因而各样品所测得X射线图谱中都出现Au(金)峰,以及穿透主矿物时所摄取到的元素峰,如石英则会出现Si(硅)峰(图1, 2)。扫描电镜所拍图象照片往往比通过光学显微镜拍摄的照片放大倍数大,且更加富立体感、更加清晰。

三、扫描电镜在研究包裹体子矿物中的应用

在用扫描电镜对矿物包裹体内子矿物研究中取得了较好的结果。如作者在法国地质调查局的实验

室使用了英国制的Stereoscan-250型扫描电镜对西华山矿区含钨石英脉的石英中包裹体内的子矿物进行了扫描和X射线测定,获得了有意义的子矿物氟

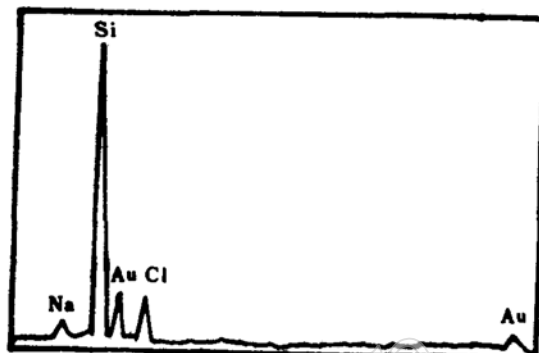


图1 石英包裹体中NaCl子矿物的X射线能谱图

Si为主矿物的成分,Au为镀金薄膜的成分(据能谱照片绘)

Fig. 1 X-ray spectra of NaCl (daughter mineral) in inclusion of quartz

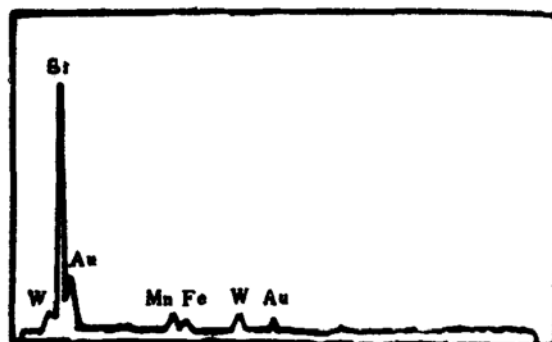


图2 石英包裹体中黑钨矿子矿物的X射线能谱图

Si为主矿物的成分,Au为镀金薄膜的成分(据能谱照片绘)

Fig. 2 X-ray spectra of wolframite (daughter mineral) in inclusion of quartz

化钠、氯化钾、黑钨矿、白云母和绿泥石等(照片1—4)。1977年Metzger⁽²⁾对Nash等⁽¹⁾研究过的科罗拉多詹姆斯页岩矿床进行了扫描电子显微镜研究,除过去Nash已确认的氯化钠和氯化钾子矿物外,还鉴定出钙长石、铁菱锰矿、金云母、石膏、天青石、无水芒硝、钾芒硝和重晶石等。Le Bel⁽⁶⁾对秘鲁的Santa Rosa斑岩铜矿通过扫描电镜对石英包裹体的研究,鉴定出氯化钠、氯化钾、铁绿泥石、黄铜矿、黄铁矿、钛铁矿和石膏等。Clochiatti⁽⁷⁾对红海Zabargad宝石矿床橄榄石中包裹体研究,鉴定

出氯化钠、石膏、钙霞石、滑石和针铁矿。Hallbauer等⁽⁴⁾对南非 Witwatersrand 金矿研究,在石英包裹体中查明了钾长石、白云母、绿泥石、金红石、磷灰石、刚玉、石膏、氯化钠、氯化钾、氟钙石等子矿物。Behr等⁽⁹⁾用扫描电镜研究了纳米比亚铜矿,在钠长石中找到了氯化钠、石膏,在方解石中查出了天青石、氯化钠,在白云石中查出了菱铁矿,在石英中鉴定出氯化钠、氯化钾和氟钙石等子矿物。

用扫描电镜鉴定包裹体子矿物不但能清晰地观察包裹体腔内子矿物的形态,又能得到这些矿物半定量的成分。这些资料综合起来足以确定矿物种属或至少使该子矿物限定在一定的少数矿物种属范围之内。扫描电镜对透明和不透明的子矿物同样适用。但是由于技术原因,扫描电镜不能测定原子系数小于5的元素。扫描电镜测定子矿物不能利用均一法测温的光薄片预先在光学显微镜下进行预选。因此,在测定过程中需要化费很多时间反复搜索,不断的利用X射线能谱检测,往往为了获得有意义的子矿物,做了许多无用的工作。扫描电镜对包裹体研究,也难于区分包裹体类型,也就是说难于说明所测子矿物是属于原生包裹体,还是次生包裹体的。尽管有上述缺点,但扫描电子显微镜毕竟为研究包裹体中子矿物提供了一个可行的手段,在国外已广泛应用。随着科学技术的发展,我国引进和研制的扫描电镜越来越多,开展这方面工作是完全有条件的。

西华山矿区含钨石英脉的扫描电镜工作是在法国地质矿产调查总局实验室进行的。照片和图(按照片描绘的)均在该实验室拍摄。参加测试工作的还有吉拉尼(Giulani)先生。

参考文献

- [1] Nash J. T. et al. 1973. Fluid-inclusion studies of the fluorspar and gold deposits, Jamestown District, Colorado. *Econ. Geol.*, Vol. 68, pp. 1247—1262.
- [2] Metzger P. W. et al. 1977. Scanning electron microscope of daughter minerals in fluid inclusions. *Econ. Geol.*, Vol. 72, No. 2.
- [3] 周剑雄, 1980. 矿物微区分析概论. 科学出版社.
- [4] S. J. B. 里德, 1980. 电子探针显微分析. 上海科学技术出版社.
- [5] 内山等, 1982. 电子探针显微分析仪. 科学出版社.
- [6] LeBel, L. 1976. Preliminary note on the mineralogy of solid phases in quartz phenocryst inclusions in the porphyry copper from Cerro Verde Santa Rosa, S. Peru. *Prac. of COFFI* 9, pp. 129—139.
- [7] Clocchiatti R. et al. 1981. Hydrothermal origin of Zabargad Red Sea peridot gemstone as proved by their inclusions. *Bull. Mineral.*, Vol. 104, pp. 742—752, 354—360.
- [8] Hallbauer D. K. et al. 1980. Fluid inclusions and trace element content of quartz and pyrite pebbles from witwatersrand conglomerates. *Ore Genesis the State of the Art* Edited by G. C. Amstut, pp. 742—752.
- [9] Behr H. J. et al. 1982. Fluid inclusion systems in metaplaya deposits and their relationships to mineralization and tectonics. *Chemical Geology*, Vol. 37, pp. 173—189.

Application of Scanning Electron Microscope in the Study of Daughter Minerals in Fluid Inclusion

Sheng Jifu, Li Yidou

Abstract

In study of daughter minerals in fluid inclusion the scanning electron microscope (SEM) has the advantages of high magnification, good image of the morphology, great depth of focus and ease of sample preparation. In addi-

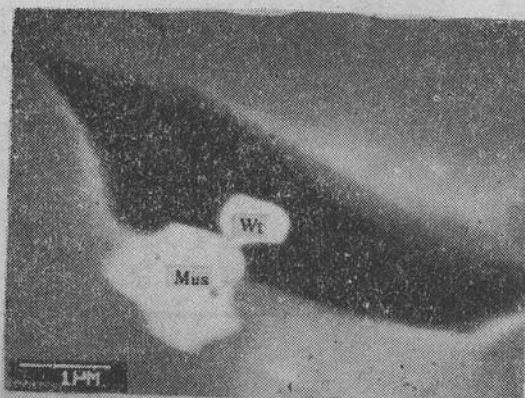
tion, it is equipped with X-ray detector and photograph apparatus.

In the first part of this paper the image-forming principle and the work way of SEM have been introduced in brief. In the second part the selection and preparation of samples and the experimental procedures of the SEM study have been described in particular. In the third part application of SEM in the study of daughter minerals in fluid inclusion has been introduced.

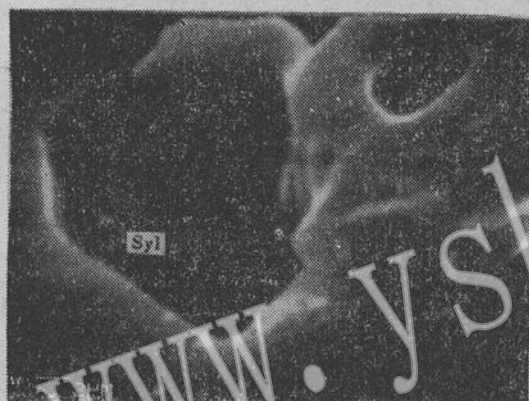
The authors have observed the daughter minerals in fluid inclusions from the Xihuashan tungsten deposit, South China and investigated sylvite, halite, wolframite, chlorite of them under SEM. Besides, the daughter minerals of fluid inclusions were studied in SEM by Metzger and other authors from the Santa Rosa porphyry copper (Peru), the Zabargad gemstone deposit (Red Sea), the Jamestown fluorite deposit (Colorado), the Witwatersrand Au deposit (Azania) and the Cu deposits (Namibia). The above-mentioned results indicate that the study of daughter minerals in fluid inclusions by use of SEM has a bright prospect.



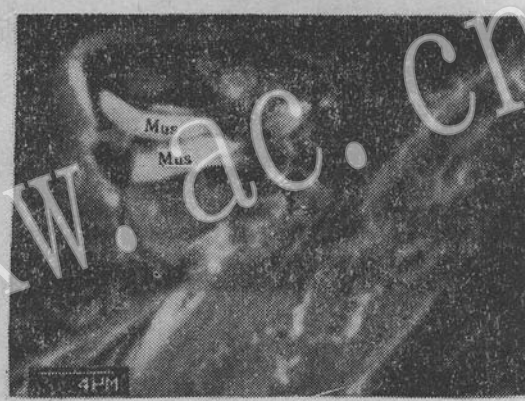
1



2



3



4

图版说明

照片 1 扫描电镜照片。包裹体体腔中的氯化钠 (Hal)、石英 (Q) 子晶，体腔边部尚有黑钨矿 (wt)。

照片 2 扫描电镜照片。包裹体体腔中的黑钨矿

(wt) 子晶，体腔边部有白云母 (Mus.)。

照片 3 扫描电镜照片。包裹体体腔中的氯化钾 (Syl) 子晶。

照片 4 扫描电镜照片，包裹体体腔中的白云母 (Mus) 子晶。