

用同步辐射 X 射线荧光分析法 研究石英脉中金的化学态及元素相关性

应育浦 丁奎首

(中国科学院地质研究所)

邵涵如 徐 青 巢志瑜

(中国科学院高能物理研究所)

提 要 用同步辐射 X 射线荧光(SXRF)二维微区扫描分析法研究新疆一含金石英脉中金的化学态及元素的相关性,发现了一些相关的元素对: Au—Ag, Au—Hg, Ag—Hg, Ti—V, Fe—Co, Fe—As 及 Co—As。金与银形成固溶体。微量铂族元素的存在与基性、超基性岩浆及金的深源有关。

关键词 含金石英脉 同步辐射 X 射线荧光分析 金的化学态 微量元素

1 引 言

同步辐射装置和同步辐射(SR)光源是八十年代迅速发展起来的高科技。SR 光是带电粒子在同步加速器或电子储存环中作圆周运动时沿切线方向发出的一种电磁辐射,它是一种新光源,最重要的特征是:高亮度、高准直性、完全的偏振性、波长范围宽及时间结构好等,因此同步辐射光在现代科学技术领域中有广泛的应用前景。近十年来,同步辐射已应用于地质学研究^[1~3],例如用同步辐射作光源的 X 射线吸收谱、小角度散射、X 射线显微照相、X 射线形貌技术及 X 射线荧光分析等。后者对地质学尤为重要,它实际上是一种 X 射线荧光微探针,它能对试样进行二维的微区扫描分析。由于它灵敏度高、快速并兼有微区扫描功能,因而比电子探针和普通的 X 射线荧光分析要优越得多。1986年后,赵景德先生等人曾用 SXRF 法研究过卡林型金矿,取得了非常重要的引人注目的结果^[4,5]。

北京正负电子对撞机工程顺利完成,与之兼容的同步辐射装置也同时建成并已投入运行,为 SR 应用于我国地质学研究提供了良好的条件。本文的目的是用 SXRF 二维微区分析方法对新疆某一含金石英脉中金的化学态和元素的相关性进行一次尝试性研究。

2 实 验

2.1 样品及其制备

本文选择新疆一个含金石英脉作为研究对象。前人认为该石英脉是一个产在古火山口中受火山活动和区域构造控制的晚期火山热液成因的金矿^①。金赋存在石英脉及蚀变围岩中,石英脉的围岩为基性火山岩。矿石类型为黄铁矿—毒砂—自然金—石英型。被研究的试样是一块石英脉体,含有少量黄铁矿和毒砂,肉眼看不到自然金颗粒,金的品位可达100ppm。该试样切割后研磨成薄片,经过双面抛光,尺寸为25mm×30mm×30μm,用去离子水清洗抛光面,供SXRF分析用。

2.2 实验条件

本实验在北京中国科学院高能物理研究所同步辐射国家实验室X射线荧光实验站进行。所提供的线束为BEPC-4WIA;储存环能量为2.2GeV;平均束流强度为30mA。双面抛光的试样安装在一个由电子计算机控制的、能多维移动的样品台上。在同步辐射的束线真空管道出口处置一充氙气的电离室,以便监测束流的变化。射线束经准直孔后照射到样品平面上,与样品面交角为45°,样品和射线出口处的距离为140mm。由于初次实验,加上束流的可用时间又受限制,故光斑尺寸稍大(150×150μm²)。试样全部置于空气中,故对某些元素的X射线荧光有较大吸收(例如硫元素)。采用Si(Li)探测器,能量分辨为165eV(对5.9KeV的Mn Kα X射线而言)。本实验先对试样进行线扫描,扫描长度为20mm,扫描步距为1mm,在此基础上选择一个2.25×1.8mm²的面积进行仔细的二维扫描分析,扫描步距为150μm,每个扫描点上的测量时间为20秒。在获取扫描数据后,对计数(强度)进行归一化,由电算程序绘出扫描区内各元素的分布图。

3 结果和讨论

在本次含金石英脉的SXRF实验中探测到38种元素的特征X射线,这些元素是:

Si、P、S、Cl、K、Ca、Sc、Ti、V、Cr、Mn、Fe、Co、Ni、Cu、Zn、Ga、As、Se、Br、Sr、Y、Zr、Nb、Ru、Rh、Pd、Ag、Cd、Ta、W、Os、Ir、Pt、Au、Hg、Tl、Pb。

图1是典型的X射线多道谱。几个有代表性的重要元素的SXRF扫描分布示于图2。从扫描平面内的X和Y座标可确定扫描区内各扫描点的相对位置,而纵座标则表示相对同步辐射光强的归一化的计数。从图2中可清楚地看到在2.25×1.80mm²面积内有关元素的分布情况,以及元素之间的相关性,主要结果如下:

(1)金和银的分布非常相似,它们在图2中有对应的峰和谷,形象地表明金和银有密切的关

^① 沈远超. 新疆金矿带综合地质研究(待版), 1991

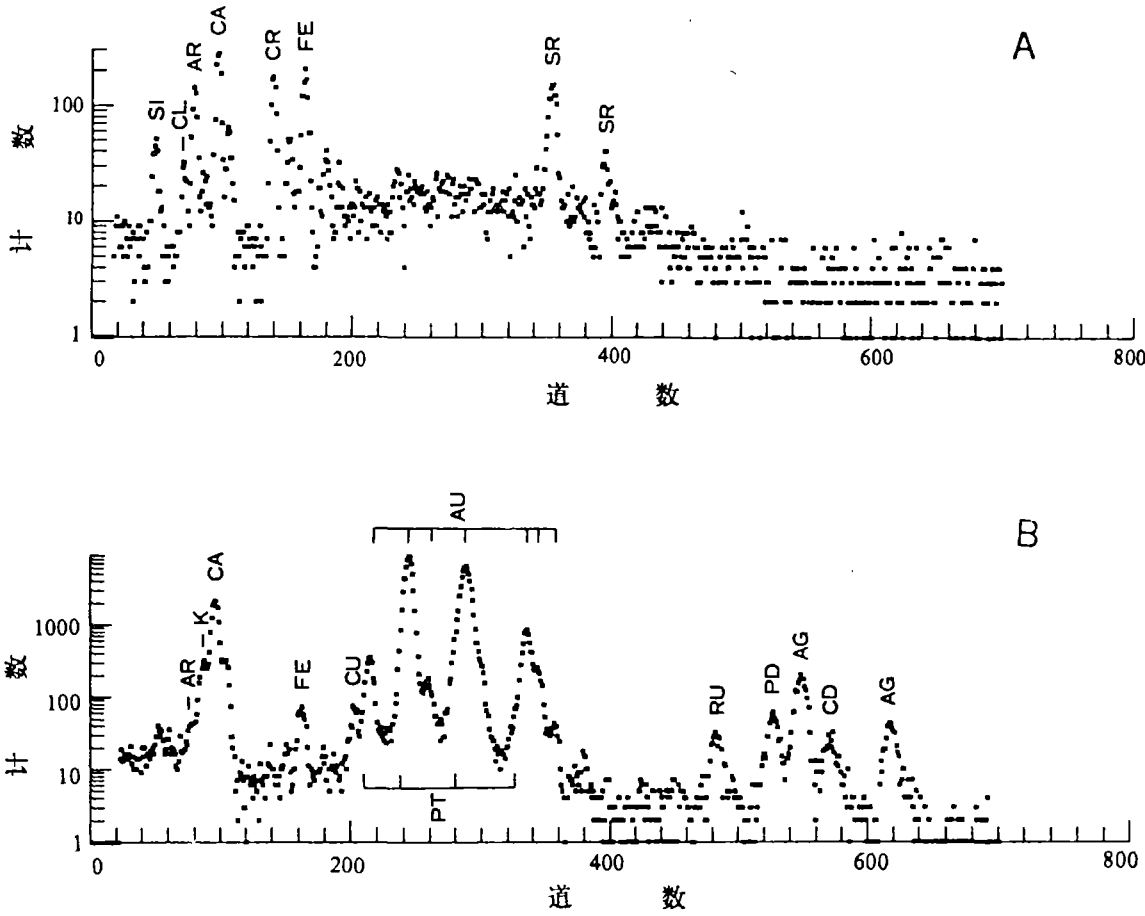


图1 SXRF 多道谱(A-石英,B-富金扫描点)

Fig. 1 SXRF multichannel spectrum(A-quartz,B-a scanning point rich in gold)

系,从计算求得它们的相关系数为0.94。图3反应了这种相关性。据灵敏度曲线计算,金和银含量的平均比值为96:4,说明含金石英脉中金和银形成了银金矿(AgAu)。在图3中有一部分数据点落在纵坐标轴上,说明有一部分银与银金矿无关,它们可能形成自然银或银的化合物(例如硫化物)。

(2)铁和砷之间的关系与上述金和银有相似之处,它们分布在扫描区的相同位置上(图2),并具有很高的相关系数(0.98)。铁和砷平均原子比为1.05:1,虽然因为空气对硫的荧光谱线吸收严重而不能作归一化计算,但这不防碍说明铁和砷形成了毒砂(FeAsS)。铁和砷与金无相关性。

(3)在扫描区内铜与锌的分布是孤岛状的,与其他贵金属元素的分布无关,说明铜和锌各

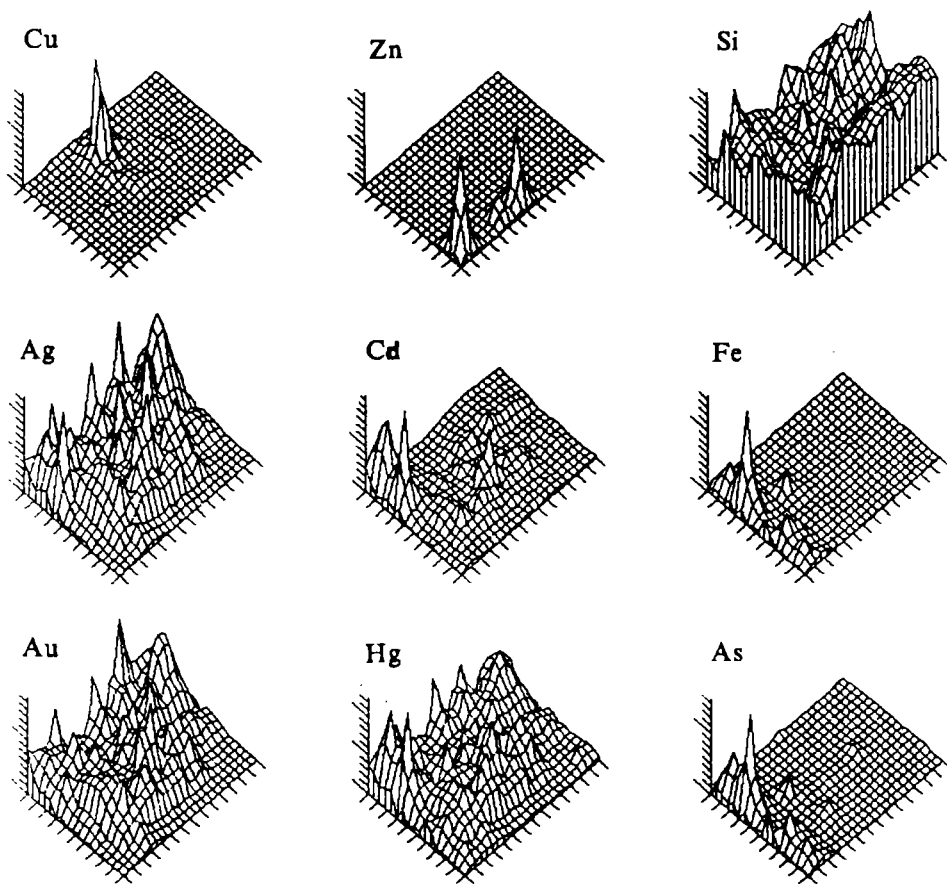


图2 扫描区内元素分布

Fig. 2 Element distribution in the scanning area

自形成与金和银无关的化合物(例如硫化物)。

(4)为了查明元素之间的相关性,对38种元素中任意2种元素之间的相关系数进行计算,最终结果列在表1中,该表只列出相关系数大于0.50的元素对,其中大于0.89的只有7对,它们是Ti—V、Fe—Co、Fe—As、Co—As、Ag—Au、Ag—Hg、Au—Hg。以上结果除表明在含金石英脉中有银金矿及毒砂之外,还表明有含砷和含钴的黄铁矿以及金汞齐(Au_2Hg)的存在,当然,汞的赋存形式还有待研究。

还需要指出的是在图1中显示出铂、钨、钼等微量元素的存在,显然它们与金伴生。由于铂和金的L线系在能量上相近,以及铂族元素浓度很低,所以难以进行定量和半定量分析。尽管如此,铂族元素与金伴生仍不失其重要意义。正如前述,本文涉及的含金石英脉型金矿与基性火山岩和火山活动有关。微量铂族元素的存在和Ti—V元素相关都可能指示金的深部来源。

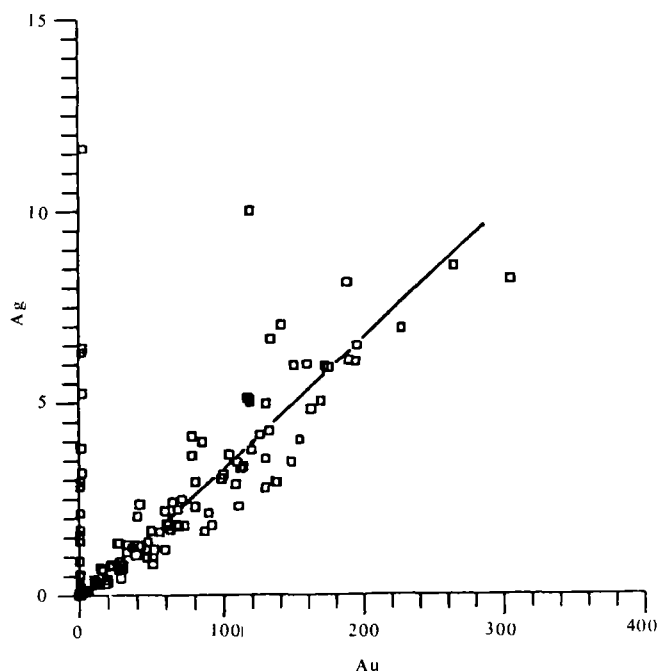


图3 含金石英脉中金和银的相关(相关系数为0.94,纵横座标值为归一化的计数)

Fig. 3 Relationship between Au and Ag in gold-bearing quartz vein

表1 元素对和相关系数

Table 1 Element pairs and correlative coefficients

Fe—As 0.98	Ti—V 0.96	Ag—Au 0.94	Co—As 0.93	Ag—Hg 0.62
Fe—Co 0.90	Au—Hg 0.89	As—Se 0.76	Fe—Se 0.74	Si—K 0.72
Co—Cd 0.66	Hg—Cd 0.66	Ag—Cd 0.62	Co—Se 0.62	Fe—Cd 0.61
As—Cd 0.60	Mn—Ca 0.57	Ti—Ga 0.54	Mn—Sr 0.53	Au—Cd 0.50

4 结 论

这是一次利用国内同步辐射装置研究金矿的试验,它证明 SXRF 法非常适合微粒金的研究,优点在于可以微区扫描,同时测定主元素和微量元素。在微区分析的条件下讨论金与微量

元素的关系,更具真实性,有利于找到金矿的指示元素,有利于探讨金的物质来源和金矿的成因。

我们的实验是初步的,在技术上还要进一步完善,需要从半定量走向定量化。

致谢:本文是北京正负电子对撞机国家实验室的资助项目。感谢同步辐射实验室及 X 射线荧光站的大力支持、热情指导和帮助。

参考文献

- 1 Calas G, Bassett W A, Petiau J, Steinberg M, Tchoubar D and Zarka A. Some mineralogical applications of synchrotron radiation. *Phys. Chem. Minerals*, 1984, 11: 17~36
- 2 Chen J R, Gordon B M, Hanson A L, Jones K W, Kraner H W, Chao E C T, and Minkin J A. Synchrotron X-ray fluorescence and extended x-ray absorption fine structure, *Scanning Electron Microscopy*. 1984, IV: 1483~1500
- 3 Chao E C T and Xie Xiande. Recent developments in techniques and instrumentation, in "Mineralogical Approaches to Geological Investigations". Science Press, Beijing, 1990: 106~108
- 4 Chao E C T, Chen J R, Minkin J A, and Back J M. Synchrotron and micro-optical studies of the occurrence of gold in carlin-type ore samples. *Process Mineralogy VII*, Warrendale, PA. The Metall. Soc., 1987: 143~152
- 5 Chen J R, Chao E C T, Minkin J A, Back J M, Bagby W C, Rivers M L, Sutton S R, Gordon B M, Hanson A L, and Jones K W. Determination of the occurrence of gold in an unoxidized Carlin-type ore sample using synchrotron radiation, *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research*. 1987, B22: 394~400

A STUDY OF CHEMICAL STATE OF GOLD AND ELEMENT RELATIVITY IN A GOLD-BEARING QUARTZ VEIN BY MEANS OF SIRF ANALYSIS

Ying Yupu, Ding Kuishou

(Institute of Geology, Chinese Academy of Sciences, 100029, Beijing)

Shao Hanru, Xu Qing and Cao Zhigu

(Institute of High Energy physics, Chinese Academy of Science, 100039, Beijing)

Abstract

The chemical state of gold and the element relativity in a gold-bearing quartz vein from Xing Jiang province were studied using synchrotron radiation induced X-ray fluorescence analysis. Following element pairs with high correlative coefficients (>0.89) were established: Au—Ag, Au—Hg, Ag—Hg, Ti—V, Fe—Co, Fe—As and Co—As. The gold and the silver combines to become a alloy. Presence of trace platinum group elements indicates that gold could originate from hypogene of the crust.