科 学 通 报
第 38 卷 第 4 期 CHINESE SCIENCE BULLETIN 1993 年 2 月

同步辐射 X-射线荧光法在新疆哈图金矿研究中的应用*

丁奎首 应育浦 徐 青 邵涵如 巢志瑜
(中国科学院地质研究所,北京 100029) (中国科学院高能物理研究所,北京 100080)

关键词 同步辐射 X 射线荧光、金与微量元素相关

本课题组用同步辐射 X-射线荧光法对哈图金矿矿石进行亚毫米束二维分析,旨在查明矿床中 Au 元素的赋存状态及其同有关微量元素的相关性,在此基础上亦对检测到的 Pt, Pd, Ru, Rh 及其它有关共生元素给予一定的讨论. 哈图金矿(包括齐依求 1 — 2 号两矿床)为新疆西准噶尔地区重要的大型金矿. 经研究认为该矿床为一受古火山机构断裂系与区域构造断裂系联合控制的热液矿床[1],将矿物成因组合,亦可将其归之于黄铁矿-毒砂-自然金-石英型. 通过本文结果以及国外有关报道[1],可以看出 SR 荧光微探针比之电子探针具有更低的元素探测极限,不仅能探测矿样中的主元素,也可探测其中微量元素,在这方面成功的例证有对 Carlin 型金矿以及地质上的其它一些研究[2-4].

1 实验工作

1.1 样品的制备

样品采自哈图含金石英脉,用精细的制片工艺将试样加工成 25mm × 30mm, 厚度 < 30 μm 的超薄光片,再以去离子水多次冲洗并在镜下标出测点,以便分析.

1.2 实验条件

利用北京正负电子对撞机国家实验室 BEPC-4WIA 束线所提供的同步辐射,对样品进行线以及二维扫描的分析. 储存环中电子能量为 2.2GeV, 测量中, 平均束流强度为 30mA. 样品置于由计算机控制的步进电机驱动样品台上,在束线真空管道出口处安置一充 Ar 电离室,以监测其束流变化. 光束经准直孔之后照射样品,光斑面积为 150 × 150μm^2. 入射光束和样品面呈 45° 角, 距样品 140mm. 在储存环电子轨道平面内放置一与入射光束呈 90° 角的 Si (Li) 探测器, 距样品 40mm. Si(Li) 探测器能量分辨率为 165eV (对 5.9 keV MnK_α X-射线). 线扫描步进为 1mm, 在 x 和 y 方向上总长度为 20mm; 二维扫描的步距在 x 和 y 方向上均为 150μm, 扫描面积为 2.25 × 1.8mm^2, 测量时间为 20s/点.

2 实验结果与讨论

在每个扫描点上同时测得 39 种元素的特征 X-射线,其中包括 Si, P, Cl, K, Ca, Sc, Ti, V,

1992-09-15 收稿,1992-10-15 收修改稿.
* 北京正负电子对撞机国家实验室资助项目.
1) 新疆维吾尔自治区国家 305 项目办公室, 哈图金矿带地质、物探、化探综合研究及找矿靶区优选, 1990, 12 (内部报告),待刊.

Cr,Mn,Fe,Co,Ni,Cu,Zn,Ga,As,Se,Br,Rb,Sr,Y,Zr,Nb,Ru,Rh,Pd,Pt,Ir,Os,W,Ta,Cd,Ag,Au,Hg,Tl和Pb等。图1为石英脉中富金点的X-射线荧光谱,对上述所测诸元素中任意两元素间的线性相关系数分别作了计算,其中同 Au 相关而其相关系数又 >0.85 者仅有 Ag(0.94),Hg(0.88),Pt(0.88)。此外,尚有 Ti-V,Fe-Co,Fe-As,Co-As 及 Ag-Hg 相关元素对,它们的相关系数分别为 0.96,0.90,0.98,0.93 和 0.89,但这些元素同 Au 无任何相关关系。

图2为几个典型元素的二维分布图,图中水平坐标表示扫描点在 x,y 方向上的位置,垂直坐标为相对同步辐射光光强归一化的计数。图3表示矿样中 Ag 与 Au 的相对变化关系。

(1) 从图1,2可见,Au 与 Ag 在峰位和强度上分布一致,其相关系数 0.94,在某些测点 Au 峰占总谱面积达 90% 以上,表明 Au 元素是以游离自然金形式存在于矿石中。按灵敏度

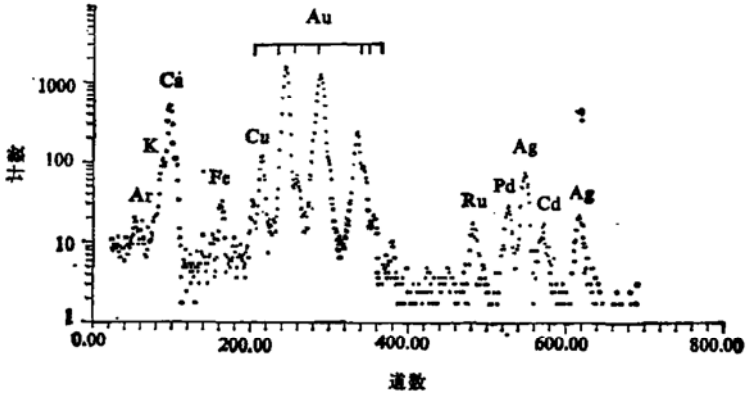


图1 哈图金矿石英脉中富金点的X-射线荧光谱

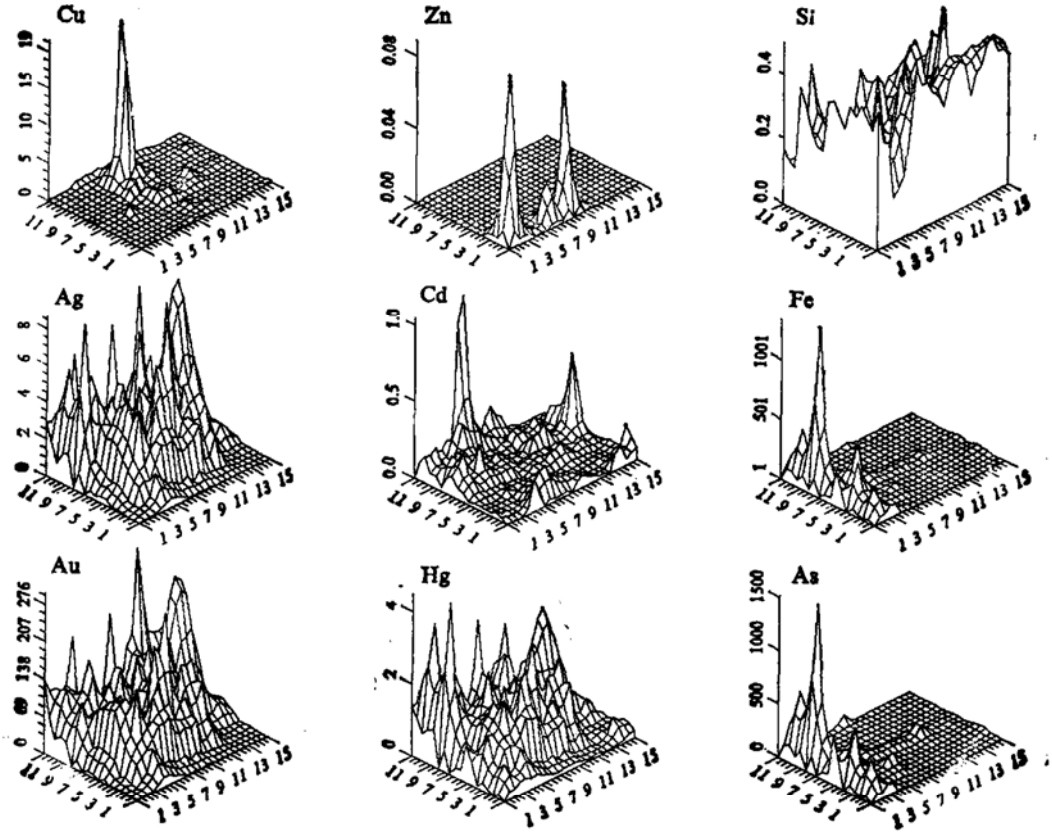


图2 哈图金矿中几个典型元素的二维分布

曲线计算，Au、Ag 含量比约为 96%:4%。在图 3 中可看到一些数据点落在纵坐标线上，此说明至少有一小部分 Ag 与 Au 无关，可能呈独立的不含 Au 的自然银形式存在。

微量 Hg 在本区与 Au 共生值得重视。R. W. 博伊尔指出：在利用原生晕化探找金中最令人满意的指示元素应属 Au,Ag,As,Sb 和 Hg。Polikarpochin 和 Kitaev (1971) 也持同一看法，而且着重强调在探找深部盲矿过程中 As,Sb,Hg 的特殊作用[5]，Hg 在哈图自然金中的存在，对上述化探基本经验也可视为一种证实。至于其存在状态，似乎是以汞齐形式而作为金的微量组成部分。从图 2 还可看到，Cu 的分布很独特，与 Au 截然不同，可能是以类质同象方式存在于硫化物之中，而与自然金无关。

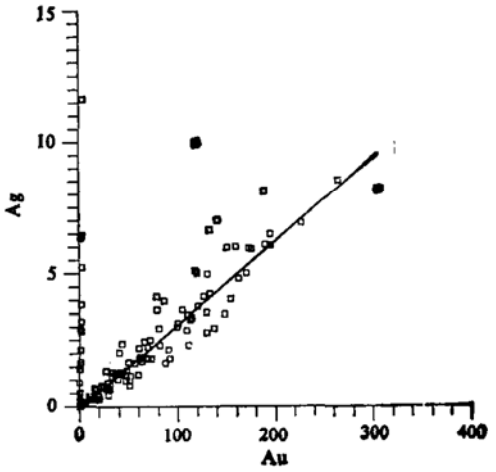


图 3　矿样中 Ag 与 Au 的相关性

(2) 所测样品中 Fe 和 As 的分布极为类似，相关系数 0.98，根据其含量所估算的原子比为 1.05:1，表明两者主要形成毒砂，与 Au 无直接的相关关系。

(3) 从被测样品中 Au 与微量 Pt 的相关性，预示两者可能以固溶相形式存在。由于 Pt 含量甚微，仅从其 X-射线荧光谱的峰强估计，最多属于痕量 (ppb) 级，同 Boyle (1979) 的有关论述颇相一致。他指出，一般含 Au 石英脉中只含痕量的 Pt(< 0.005ppm) 和 Pd(< 0.05 ppm)[6]。Pt 族元素与 Au 共生对金矿的成因有重要的指示意义，据前人研究，Pt,Au 共生往往同超基性杂岩有关[7]，还有人在超基性岩风化壳中发现过含铂族元素的天然金块[8]。据研究，哈图金矿床中的 Au 与 Pt 看来是和区内下石炭系太勒古拉组中的基性玄武岩有关。此类岩浆很可能和矿区外围超基性岩属于同源，来自地幔，所不同处是海底喷出，而非侵入。

3 结　语

(1) 同目前广泛使用的电子探针相比，本文所采用之方法为一更先进的微区探测手段，预计今后它将在地质领域内获得更多的应用。

(2) 用同步辐射对含 Au 矿体进行微区分析能够揭示 Au 的赋存状态，在分析 Au 与有关微量元素的相关性时也可获得有关金矿的成因信息。

致谢　本文得到北京 BEPC 国家实验室的大力支持，工作中叶大年教授提出宝贵建议，在此一并致谢。

参　考　文　献

[1] Knochol, A., *2nd International Workshop Proceeding On XRF and PIXE*, Capri, Italy, June 29—30, 1989, 145.
[2] Chen, J. R. *et al.*, *Nucl. Instrum. Methods Phys. Res.*, 1987, **B22**: 394.
[3] Chao, E. C. T. *et al.*, *Process Mineralogy, V. T, TMS/AIME* (eds. Vassilion, A. H. *et al*), Metallurgical Soc. Inc., Warrendale, PA, 1987, 143.
[4] Chen, J. R. *et al.*, *Nucl. Instrum. Methods Phys. Res.*, 1990, **B49**: 533.
[5] Boyle, R. W. *The Geochemistry of Gold and Its Deposits*, Geological Publishing House, Beijing, 1984, 646—647.
[6] Boyle, R. W., *The Geochemistry of Gold and Its Deposits*, Geological Publishing House, Beijing, 1984, 248.
[7] Fuchs, W., Rose, A. W., *Economic Geology*, 1974, **69**: 333—335.
[8] Roeser, H., Schurmann, K., *The 15th General Meeting of the IMA, Abstracts*, 1990, **2**: 938—939.