

新矿物——安多矿 (RuAs_2)*

中国地质科学院 矿产综合利用研究所铬矿组、探针组
地质矿产研究所铂矿组、探针组

武汉地质学院 X 光实验室, 中国科学院地质研究所 X 光实验室

在我国某地与纯杆岩有关的原生铬矿床和砂铂矿中, 找到了多种铂族元素的砷化物和硫砷化物。砷化物有砷钌矿 (RuAs)、安多矿 (RuAs_2)、砷铂矿 (PtAs_2)、砷铱矿 (IrRuAs_2)。硫砷化物有硫砷铱矿、硫砷钌矿 (Ruarsite)、硫砷铱矿 (Osarsite) 等。这些矿物中的砷钌矿 (Ruthenarsenite)、砷铱矿 (Iridarsenite) Harris 已在 1974 年加拿大矿物学杂志上作过报道。硫砷铱矿 (Osarsite) Snetsinger 1972 年在美国矿物学家杂志上作过报道。安多矿和硫砷钌矿为我国首次发现的新矿物。

安多矿属于压扁白铁矿型结构的钌的二砷化物, 发现于我国西藏某地与纯杆岩有关的铬矿的原生矿和天然砂矿中, 根据产地命名为安多矿 (Anduoite)。矿物标本存放在中国地质博物馆。

一、产状及矿物共生组合

安多矿产于我国西藏某地与紫红色斜辉辉杆岩和纯杆橄岩有关的铬矿床中, 矿化岩石为纯杆橄岩, 含矿岩石蚀变较甚。矿石多呈块状、稠密浸染状及浸染状构造。在人工重砂精矿及砂光片中均可见到。矿石的主要金属矿物为铬尖晶石; 主要脉石矿物为蛇纹石及少量的绿帘石; 还有少量黄铁矿、磁黄铁矿、白铁矿、磁铁矿、黄铜矿、辉钼矿、方铅矿、针镍矿和紫硫镍矿等。共生的其它铂族元素矿物有铱铱矿、钌铱铱矿、硫钌矿、硫砷铱矿、砷铂矿及硫砷钌矿等。

与上述超基性岩有关的冲、洪积砂矿中也同时发现了安多矿。

砂矿分布于含铬超基性岩体的周围。洪积物一般厚 2—3 米, 为一套砂砾层, 底部砾石成份变少。砂铂矿主要分布于近底部的砂砾层中。

砂砾层的组成主要为一些风成石英砂、超基性岩砾石等。主要重砂矿物为铬铁矿、钨钼矿、磁铁矿、石榴石、金红石等。铂族矿物有铱铱矿、铱铱矿、钌铱铱矿、铁钌矿、自然铱及少量的砷铂矿、硫砷铱矿、硫砷铱矿、硫砷钌矿、砷铱矿等。

安多矿等砷化物与硫砷化物常分布在钌铱铱矿颗粒边缘, 与硫砷铱矿紧密共生, 并交代硫砷铱矿。

本文 1978 年 10 月 27 日收到。

* 本文由矿产综合利用研究所周学粹、地质矿产研究所于祖相执笔。

二、物理性质及光学性质

双目镜下呈不规则粒状、块状(见图1—2, 3)。暗铅灰色。金属光泽。粉末为灰黑色。性脆。不溶于1:1的硝酸和盐酸。

反光镜呈白带粉色调,与钨铌铁矿比显粉棕色,而钨铌铁矿呈亮白色。双反射可见。反射多色性从白带灰粉至粉白色。油中双反射明显。非均质性,偏光色从褐黄至灰绿色、淡红至浅绿色。油中非均质性较强,偏光色从明显的红黄色、绿黄色至紫灰色。在砂光片中见其多为多晶集合体状态存在。集合体粒径可达60—100 μ 。

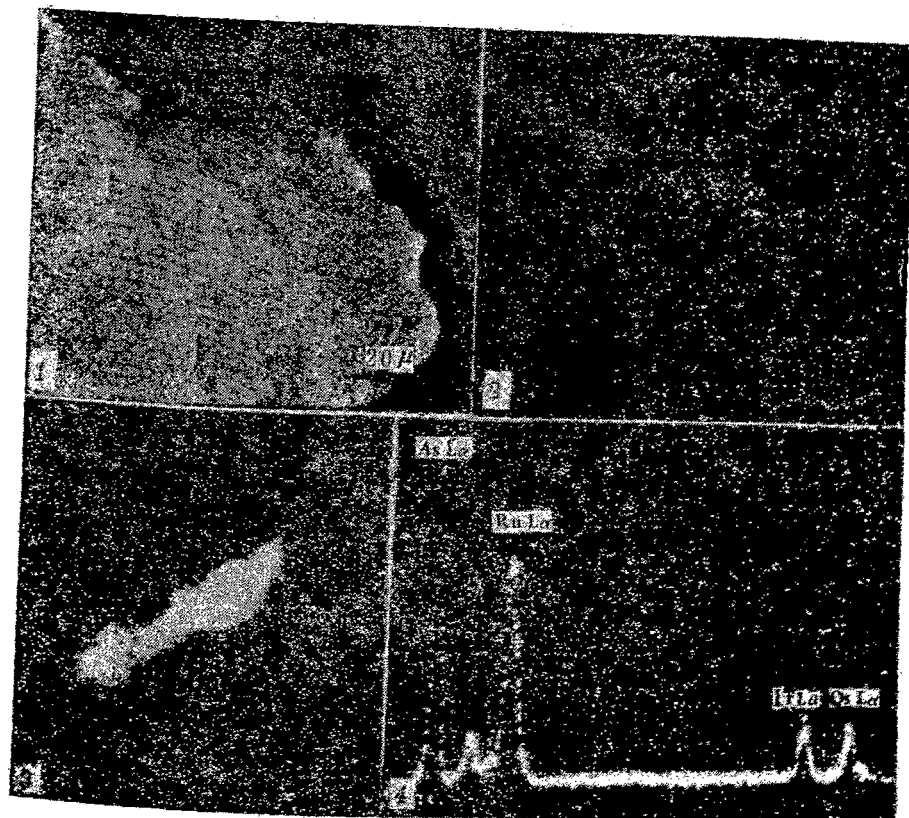


图1—2 安多矿的扫描电子图像, $\times 300$ 。1.背散射电子图像; 2. AsK α X射线图像, 示安多矿交代钨铌铁矿(中心);

图3 呈不规则粒状的安多矿, $\times 540$; 图4 安多矿的X射线能谱图

表1 安多矿的反射率*

样号	反射率(%)	波长 (nm)			
		480 nm	546 nm	589 nm	656 nm
2号样	11 长边	55.1	53.7	55.4	62.5
2号样	11 短边	49.5	46.7	46.6	47.3

中国地质科学院陈殿芬同志测定。

* 由于矿物颗粒细小,误差在2%左右。

在西德 Leitz 的 Ortholux 显微镜, 用 MPV-1 型光电倍增管、以 WC 为标准、玻璃片反射器、实测安多矿(2 号样)的反射率列于表 1。

在苏产 BHM-3 压入型硬度计中, 实测安多矿的显微硬度为 $VHN_{10} 1131-1268$, 平均 $VHN_{10} 1120$ 。另一个颗粒用苏产 MIIT-1 压入型硬度计实测其显微硬度为 $VHN_{30} 1077.9$ (四次平均)。

三、矿物的化学成份

在原生矿中选取三个颗粒(1、2、3 号样)安多矿, 用 EB-3 型电子探针分析, 其结果列于表 2。电子探针分析条件为: 加速电压 30 kV; 吸收电流在 Al_2O_3 上为 $0.02 \mu A$; 电子束直径约 1μ 。RuL $_{\alpha}$ 用 ADP 晶体分析, OsL $_{\alpha}$ 、IrL $_{\alpha}$ 、AsL $_{\alpha}$ 用 LiF 晶体分析。Os、Ru、Ir、As 用纯金属作标样。分析数据全部经 ZAF 修正。在自然砂矿选取的三颗安多矿的分析, 由两种方法进行测定的, 即 X-射线多道能谱仪与电子探针。由 ORTEC 6200 能谱半定量分析取得能谱图(见照片 4)。数十个点分析表明, 安多矿中常含有一定量的铈和少量的铀(图 4)。定量分析用 JSM-35 型扫描电镜晶体分光谱仪进行的。工作电压 25 kV; X-射线出射角 35° ; 电子束直径 $1-1.5 \mu$; 样品电流稳定以铜台 $0.02 MA$ 作比较的相应数值上, 计数时间为 40 秒。分析时用 LiF 晶体测定 OsL $_{\alpha}$ 、IrL $_{\alpha}$ 、CuL $_{\alpha}$ 、AsL $_{\alpha}$ 。用 PET 晶体测定 RuL $_{\alpha}$ 、Sk $_{\alpha}$ 、SbL $_{\alpha}$ 等元素。同时用 KAP 测定 AsL $_{\alpha}$ 。样品测定的标准除砷用砷铂矿外, 其它则全为纯金属。测定结果都用 ZAF 修正。分析结果列于表 2 (4、5、6 号样)。

从图 4 和表 2 所列的六个颗粒的电子探针分析可以看出: 安多矿的主要成份为 Ru 和 As, 并含少量的 Os 和 Ir 及微量的 Cu、Sb、S 等元素。在计算分子式时, 把少量的 Os、Ir 及微量的 Cu 作为以类质同象代替 Ru, 而极微量的 Sb、S 等作为以类质同象代替 As。通过化学式计算, 六个颗粒都十分接近 $RuAs_2$ 。

表 2 安多矿的电子探针分析

含量 (%) 元素 编号	Ru	Os	Ir	Cu	As	Sb	S	总量	化 学 式
1	35.1	4.5	2.6	—	57.0	—	—	99.2	(Ru0.902 Os0.062 Ir0.036)1.00As1.97
2	31.4	7.4	0.8	—	56.7	—	—	96.3	(Ru0.879 Os0.110 Ir0.011)1.00As2.14
3	35.5	5.5	2.0	—	56.9	—	—	99.9	(Ru0.900 Os0.074 Ir0.026)1.00As1.95
4	33.61	6.96	2.44	0.61	56.51	0.04	0.19	100.36	(Ru0.850 Os0.093 Ir0.033Cu0.024)1.000 (As1.928 Sb0.001 S0.015)1.946
5	33.44	7.57	2.41	—	55.74	—	0.20	99.36	(Ru0.894 Os0.107 Ir0.003)1.000 (As1.999 S0.012)2.011
6	33.89	5.24	2.20	—	57.06	—	0.20	98.59	(Ru0.896 Os0.073 Ir0.031)1.000As1.978

样品 1、2、3 为从原生矿中发现, 用 EB-3 型电子探针分析; 样品 4、5、6 为从天然重砂样中发现, 用 JSM-35 型扫描电镜与晶体分光谱仪分析的。

四、X 射线分析

从原生矿中挑取了大小为 $0.01 \times 0.015 \times 0.04 mm^3$ 的解理块, 经武汉地质学院 X 光实验

1979 年

室,沿晶体的 b 轴拍摄了迴摆图及 $h0l$ 、 $h1l$ 、 $h2l$ 华盛顿图。经指标化后,其衍射条件为: $h0l$: $h+l=2n$; $0kl$: $h+l=2n$; $h00$: $h=2n$; $0k0$: $k=2n$; $00l$: $l=2n$ 。属斜方晶系,晶体的衍射符号为 $mmm\ Pnn-$, 可能的空间群: $D_{2h}^{12} = Pnnm$ 或 $C_{2v}^{10} = Pnn2$ 。根据照片测量求得晶胞参数 $a = 5.41\text{ \AA}$, $b = 6.20\text{ \AA}$, $c = 3.04\text{ \AA}$ 。晶胞中含有 $2(\text{RuAs}_2)$, X 光密度 $D_x = 8.692$ 。

用同一样品,由内蒙地质局刘学伦同志设制的“双园旋转相机”上拍摄了安多矿的德拜图,实验条件为: 30 kV , 12 mA , $\text{Fe K}_{\alpha\beta}$ 射线,曝光 130 小时,照相机直径 57.3 mm 。根据单晶分析求得的晶胞参数,对德拜图衍射线进行了指标化(表 3)并进一步根据衍射线的面网间距修正求得晶胞参数为: $a = 5.41\text{ \AA}$, $b = 6.206\text{ \AA}$, $c = 3.01\text{ \AA}$ 。

表 3 安多矿德拜图衍射数据

I	hkl	$d_{\text{实测}}$	$d_{\text{计算}}^*$	I	hkl	$d_{\text{实测}}$	$d_{\text{计算}}^*$
20	101	2.624	2.630	20	212	1.286	1.286
20	111	2.420	2.422	30	$\begin{cases} 420 \\ 331 \end{cases}$	1.238	$\begin{cases} 1.239 \\ 1.238 \end{cases}$
10	220	2.040	2.039	70	$\begin{cases} 411 \\ 150 \end{cases}$	1.210	$\begin{cases} 1.210 \\ 1.209 \end{cases}$
50	121	2.000	2.006	70	132	1.187	1.187
100	211	1.920	1.914	30	421	1.146	1.146
20	310	1.730	1.731	80	430	1.133	1.132
10	031	1.705	1.705	20	151	1.121	1.122
10	221	1.689	1.688	90	341	1.095	1.095
20	131	1.622	1.626	40	322	1.083	1.083
10	301	1.545	1.547	20	510	1.066	1.0659
90	$\begin{cases} 002 \\ 311 \end{cases}$	1.501	$\begin{cases} 1.505 \\ 1.501 \end{cases}$	30	$\begin{cases} 431 \\ 142 \end{cases}$	1.059	$\begin{cases} 1.0596 \\ 1.0595 \end{cases}$
30	231	1.441	1.442	20	440	1.0196	1.0195
10	240	1.346	1.346	30	242	1.0010	1.0033
30	410	1.324	1.321				
20	$\begin{cases} 202 \\ 122 \end{cases}$	1.312	$\begin{cases} 1.315 \\ 1.313 \end{cases}$				

* 根据 $a = 5.41$, $b = 6.206$, $c = 3.01\text{ \AA}$ 。

安多矿 (Anduoite) RuAs_2 与峨眉矿 (Omeiite)^[1] OsAs_2 属一完全类质同象系列。在安多矿的同一产地的原生矿中还发现有 OsAs_2 - RuAs_2 的中间成员矿物 $(\text{Ru}, \text{Os})\text{As}_2$, 它们均属于压扁白铁矿型结构,斜方晶系,同一空间群 $Pnnm$ 。

峨眉矿 (Omeiite) OsAs_2 : $a = 5.409$, $b = 6.167$, $c = 3.021\text{ \AA}$;

安多矿 (Anduoite) RuAs_2 : $a = 5.410$, $b = 6.206$, $c = 3.01\text{ \AA}$ 。

自然界中钨的砷化物,除 1974 年 Harris 发现的砷钨矿 (Ruthenarsenite) $\text{RuAs}^{[2]}$ 外,这次在我国西藏地区又发现了安多矿。但砷钨矿是斜方晶系 MnP 型结构,空间群 Pnma , $a = 5.628$, $b = 3.239$, $c = 6.184\text{ \AA}$ 。而安多矿转为斜方晶系压扁白铁矿型结构,在主要元素 Ru 和 As 的含量及粉末图特征、物性等都极易与安多矿区别。

安多矿的发现,对铂族元素的二硫化物、硫砷化物、二砷化物的晶体结构及晶体化学的研究具有一定意义。

致谢:在完成这一工作期间,西藏地质局、地质五队给以支持和帮助,综合所选矿室帮助富集了人工重砂样、磨片间磨制光薄片,物性组帮助富集了部分样品。作者们表示感谢。

参 考 文 献

- [1] 任迎新等,地质学报, 1978, 2:163.
[2] Harris, D. C. *Canad. Miner.*, 12 (1974), 4: 280.

ANDUOITE, A NEW RUTHENIUM ARSENIDE

Chromium Group and Electron Probe Group, Institute of Utilization, Chinese Academy of Geological Science; Platinum Group and Electron Probe Group, Institute of Geology and Mineral Resources, Chinese Academy of Geological Science; X-ray Laboratory, Wuhan Geologic College; and X-ray Laboratory, Institute of Geology, Academia Sinica

ABSTRACT

In 1976, a few grains of platinum concentrates were found, which proved to be a new ruthenium arsenide by electron microprobe in a semi-quantative analysis.

The platinum placer is of alluvial origin. Anduoite occurs in terraces.

Anduoite has also been found in chromitite deposits in nearby river beds. Most of platinum metals occur in the native state, they are ruthenic osmiridium, ruthenies sysserskite, iridaoplyxene, native osmium. And a small number of the metals occur in sulfide, sulfarsenide, and arsenide which are laurite, ruarsite, ruthenarsenite, irarsite and anduoite, the replacement of which rims along the grain boundaries of osmiridium. Anduoite occurs as single crystals and as xenomorphic granular aggregates.

By single crystal Weissenberg photography, anduoite exhibits an orthorhombic lattice with space group pnm , a 5.41Å, b 6.206Å, c 3.01Å.