

丹巴矿的研究

岳树勤 王文瑛 刘金定 孙淑琼 陈殿芬

(中国地质科学院矿床研究所, 北京)

本文报道了在中国西南某地含铂铜镍硫化物矿床的非磁性人工重砂中发现了葡萄状、球粒状灰白色强金属光泽的矿物, 经电子探针分析, 此矿物由 Cu 和 Zn 两元素组成, 无其他杂质, 与自然铬紧密连生, 证明丹巴矿与自然铬二者同为天然产出的新矿物。关于丹巴矿的文章在发表前经国际矿物协会新矿物和矿物命名委员会通过。

一、产状和共生

丹巴矿产于岩席状的超基性岩体内的含铂铜镍硫化物矿床中。岩体由强烈蚀变的二辉橄榄岩, 斜辉辉橄岩和辉长岩等组成。围岩蚀变有滑石化、蛇纹石化、次闪石化及轻微的菱镁矿化。超基性岩体顺层侵入于短轴背斜倾没轴部的石炭纪大雪组地壳中。岩体下盘围岩主要是石英岩、硅质大理岩等, 上盘围岩为泥质板岩、绢云母石英片岩、薄层大理岩。铜镍硫化物矿体主要赋存于岩体中下部强烈蛇纹石化, 滑石化及次闪石化的辉石橄榄岩中。主要有三种矿石类型: 浸染状, 致密块状和班杂状。前二种主要产于超基性岩体内, 而班杂状矿石则位于超基性岩体与硅质大理岩的接触处。矿物共生组合较多。丹巴矿产于超基性岩与硅质大理岩接触处的块状矿石内, 主要呈细小球粒状及葡萄状集合体(图 1, 2), 集合体的大小约为 0.2—0.05 mm。另一种呈边缘状分布在自然铬的周围(图 3、4、5、6), 边宽约 10μ , 交代自然铬。在自然铬中也含少量 Zn (1.12%) 和 Cu (0.28%) 可能在交代过程中扩散进入到自然铬中。与其伴生的矿物主要有磁黄铁矿、镍黄铁矿、黄铜矿、紫硫镍矿、方黄铜矿、斑铜矿、闪锌矿、方铅矿、硫钴矿、磁铁矿, 此外还有等轴碲铋矿、六方碲铋矿、砷铂矿、峨眉矿、自然金和银金矿等。

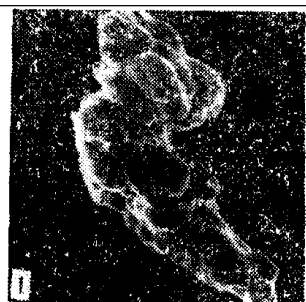


图1 葡萄状丹巴矿的二次电子图象 (440×)



图2 葡萄状丹巴矿的二次电子图象 (850×)



图3 丹巴矿(a)与自然铬(b)的背散射电子图象 (1600×)

本文 1982 年 1 月 7 日收到。

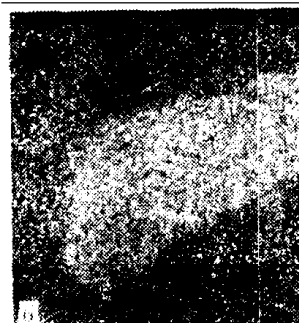
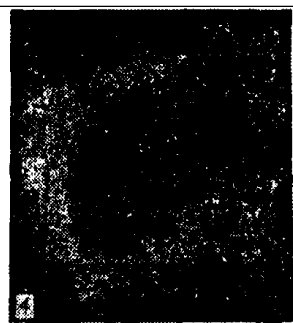


图4 丹巴矿的Cu K α 的X-射线 图5 丹巴矿的Zn K α 的X-射线面 图6 自然铬的Cr K α 的X射线面
面分布图 (1600 $\times$) 分布图 (1600 $\times$) 分布图 (1600 $\times$)

二、物理性质和光学性质

双目镜下银白色,灰白色,强金属光泽,无解理,硬度较软,用 TIMT-3 型显微硬度仪测量其显微硬度 $VHN = 238 \text{ kg/mm}^2$ (10 克), $234-288 \text{ kg/mm}^2$ (20 克),平均 257 kg/mm^2 , 相当莫氏硬度 $H=4.2$ 。由于矿物颗粒细小,最大重量只能用 20 克砝码进行测量,加到 20 克重量时,印痕规整无任何变形及裂纹。以 $Z = 32$ (Zn,Cu) 时,计算比重为 7.36 克/厘米^3 。

反光镜下白色微带浅兰乳色调,较等轴碲铋矿亮,与自然铬比略带黄色,反射率相近。均质无内反射。用 MPV-1 型显微光度仪测量反射率,用 WC 做标准,其数值见表 1。从表 1 可见其反射率随波长增加而减少,从数值看应为白色微带兰绿色调,与观察结果符合。颜色指数定量测量用陈正提出的以等能光源 (S_E) 代替 S_C 光源的等值纵座标法计算,结果是:颜色指数 (S_E),视觉反射率 (R_{v10}) 68.3,色度坐标 $x = 0.3364$, $y = 0.3261$,主波长 $\lambda_d = -519$,浓度 $P_c = 0.0304$,可见浓度很淡,说明基本属白色矿物。

表1 丹巴矿反射率值*

$\lambda(\text{nm})$	405	436	482	526	546	589	644	656	664	700
R (%)	71.3	71	71	68.3	68.5	67.9	66.8	66.6	66.6	65.8

* 邹星同志测。

三、化学成分

电子探针分析样品安装于冷胶中,用金刚石磨料研磨。采用日产 JSM-35 型扫描电子显微镜进行分析,加速电压为 25 KV,吸收电流固定在以铜台为 $2 \times 10^{-8} \text{ A}$ 的相应数值上,以纯铜和锌做标样,用 ZAF 法修正,其结果见表 2。各自的分子式为 $\text{CuZn}_{1.9974}$, $\text{Cu Zn}_{2.0164}$,理论分子式 CuZn_2 。其成分相当合成 Cu-Zn 合金的 γ -相。

表2 丹巴矿的电子探针分析

样 品	Cu	Zn	合 计	注
1	33.12	66.70	99.82	球粒状集合体
2	32.52	67.47	99.99	与自然铬连生

四、X 射线粉晶资料

丹巴矿颗粒是从人工重砂样品中挑选出,用自制的岗多尔非照相机拍摄的,X射线粉晶照片中所有的线谱都能用等轴晶系进行指标,用可变比例尺方法外推出晶胞参数 $a = 7.7615 \text{ \AA}$, 晶胞体积 $V = 467.56 \text{ \AA}^3$ 、 $Z = 32$ (Zn, Cu), $D_H = 7.36 \text{ g/cm}^3$. 晶面间距 d 的实测值和计算值和相对强度 I/I_0 , 以及指标 $h k l$ 都列在表 3, 同时和合成 γ -黄铜进行对比 (见表 3)。

表 3 丹巴矿和合成 γ -黄铜的粉晶数据

丹 巴 矿				合成 γ -黄铜 (A. S. T. M25-1228)		
$h k l$	I/I_0	$d_{\text{实测}} \text{ \AA}$	$d_{\text{计}} \text{ \AA}$	$h k l$	I/I_0	d
300,221	1	2.5815	2.5871	222	7	2.558
311	5	2.3552	2.3402	321	5	2.368
320	4	2.1574	2.1527			
321	10	2.0803	2.0743	330,411	100	2.088
410,322	1	1.8915	1.8824	332	5	1.889
				422	3	1.8085
				510,431	3	1.7376
422	3	1.5901	1.5843			
511,333	1	1.4858	1.4937	600,442	6	1.4767
440	4	1.3732	1.3720			
600,442	1	1.2925	1.2936	631	2	1.3063
				444	3	1.2788
620	3	1.2256	1.2272	550,543	2	1.2530
621,540,443	3	1.2154	1.2121	633,721	10	1.2057
630,642	3	1.1603	1.1570			
631	2	1.1451	1.1444			
710,550,543	1	1.0959	1.0976	741	4	1.0906
等轴晶系: $a = 7.7615 \text{ \AA}$ $V = 467.55 \text{ \AA}^3$ $Z = 32(\text{Zn}, \text{Cu})$ $D_H = 7.36 \text{ g/cm}^3$				等轴晶系: $a = 8.860 \text{ \AA}$ $V = 695.51 \text{ \AA}^3$ $Z = 4$ $D_s = 8.027$		

实验条件,即用自制的岗多尔非照相机拍摄,相机直径 57.3 mm, Cu K_α 射线, 30 KV, 20 ma、曝光 15 小时,晶面间距实测值 d 用比长仪由照片上直接测量计算,相对强度用目估。

五、讨 论

人工合成铜-锌合金(含锌低于 45% 的铜-锌合金工业上称黄铜),已知有 α 、 β 、 γ 、 δ 、 ϵ 和 η 六个相(图 7),可分为两类^[1,2]: 一类为均匀的固溶体,如 α 相, α 相与 β 相联合成为 $\alpha + \beta$ 相。第二类是电子化合物^[3]。

1. α 相 锌替代铜结构中的铜原子形成替代式固溶体。其混溶范围很宽, Cu 含量可达 39%,到 453℃ 时几乎没有改变,一直到 905℃ 时 Cu 含量降到 32%。具 Cu 型结构,为面心立方晶格。

2. 电子化合物 每个相的价电子数目与原子数目间之比(电子浓度)达到一特定值时称

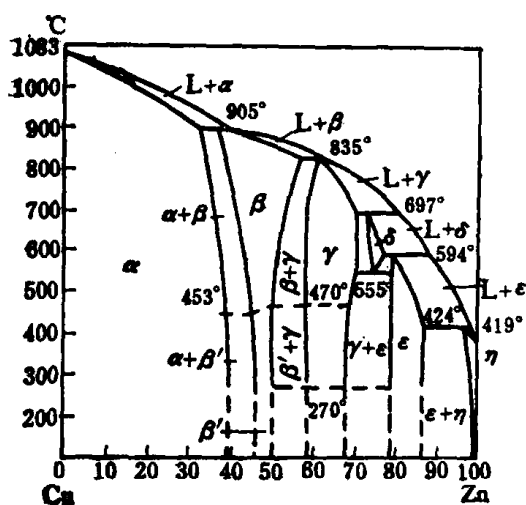


图7 Cu-Zn 合金平衡图

电子化合物。如 $3/2$ (β 相), $21/13$ (γ 相) 和 $7/4$ (ε 相)。较高价的 Zn 加入较低价 Cu 中在平衡图(图 7)中达到相应的位置便形成中间相。每一个相都有一个特定的与原组成元素完全不同的新晶格与之对应。这是化学化合物的标志。但是这类化合物系由金属与金属所形成, 原子在化合物中不呈有序排列。在高温时两种元素往往在晶格上不占据一定的位置, 即呈统计式的排列。当温度降低到某一数值时才发生有序化。因此可将此种化合物看作介于化合物和固溶体之间的中间相。

3. β 相 Cu-Zn 合金的 β 相含锌从 36.5—46%。当平衡时可形成 α 和 β 相的固溶体。从

图 7 可见, β 相的形态很特殊, 随温度下降变得很窄, 所以大多数 β 晶体完全固结之后, 在低温时变得均匀, 根据其成分晶出 α 相或 γ 相。 β 相的价电子数与原子数之比为 $3/2$ 或 $21/14$, 锌原子占据体心位置, 铜原子占据每个角位置或相反。在 $453-470^\circ\text{C}$ 以下时其原子保持有序排列, 在较高温度时铜与锌原子在体心立方晶格中系统统计式地分布 β' 代表有序固溶体。

4. γ 相 其电子浓度为 $21/13$, 成分相当 $\text{Cu}_3\text{Zn}_{13}$ 的固溶体, 该化合物结晶时形成单位晶格由 52 个原子组成的复杂立方体。 γ 相的单位结晶构造是用比 γ 相的格子常数小三倍的, 由 27 个单位体心立方晶格组成的复杂结构来代表 γ 相单位晶格构造的庞杂体。该相在 270°C 发生有序化。

5. ε 相 价电子数与原子数比为 $7/4$ 的 CuZn_3 固溶体, 结晶时形成紧密堆积六方晶格。丹巴矿的价电子数与原子比为 $5/3$, 相当上述的 Cu-Zn 合金的 γ 相。

目前在地球上已发现铜锌合金的 α 相^[4], 其成分为 Cu 66.87%, Zn 32.66%, Pb 0.01, Sn 0.01, 总计 99.55%。我国也发现了 α 相铜锌合金。在月岩上 (Apollo-11.12) 首先在于玄武岩和角砾岩中发现了 α 黄铜^[5]。地球的 α 相在成分和结构上与月岩的 α 相十分相似。

丹巴矿作为超基性岩中的 Cu-Ni 硫化物矿石的副矿物产出, 它不仅与硫化物和铂族等贵金属矿物伴生, 也与一些自然元素如自然铬共生, 这些元素都有较高的熔点及强还原性。

自然元素熔融的温度是标志他们形成温度的上限^[6], 少量元素的加入可以改变自然晶体的熔点。中间金属化合物的熔融温度低于其中最易熔单个元素的温度。从上述可见丹巴矿只能在特定环境下形成, 很可能在低氧逸度条件下与地幔岩浆流动作用有关情况下形成。

参 考 文 献

- [1] Hume-Rothery, W. & Raynor, G. V., *The Structure of Metals and Alloy-3*, Aufl. London, 1954, 155.
- [2] Гуляев А. П., *Металловедение*, 1951, 455—457.
- [3] Taylor, A. et al., *An Introduction to X-ray Metallography*, 1952, 122—124.
- [4] Новгородова М. И., *Геохимия, минералогия*, 1980, 109—110.
- [5] Gay, P. et al., *Proceedings of The Apollo-12 Lunar Science Conference*, 1(1970), 1.
- [6] Charles, F. P., *Ore Deposits*, 1975, 192.