

我国天然锌铜金属互化物的发现和特征

孙燕, 肖渊甫, 王奖臻, 温春齐, 陆彦
(成都理工大学, 四川 成都 610059)

【摘要】 锌、铜金属互化物是罕见的天然合金矿物,由锌、铜两种元素组成。由于形成条件、环境不同及矿物中锌、铜元素含量不同,形成系列锌、铜金属互化物。经过对我国近二十年来发现的各类型天然锌、铜金属互化物产出的地质特征、物理、化学及光学性质进行的系统研究发现,目前我国在不同的地质体中出现多种不同类型的锌、铜金属互化物,该类矿物主要形成于高温、还原且缺氧的条件下,多数与造岩矿物共生,而与多数金属硫化物形成条件不同。

【关键词】 锌铜矿; 锌铜金属互化物; 天然合金矿物; 张衡矿; 丹巴矿

中图分类号: P618.41; P618.43 文献标识码: A

文章编号: 1001-6872(2003)01-0011-04

0 引言

人工合成锌、铜金属互化物——锌铜合金,在冶金工业中已有较长的历史,但天然锌、铜金属互化物是人类近年发现的一个新矿物系列。此类矿物由锌、铜两种金属元素组成,天然锌、铜金属互化物最初发现于“阿波罗-12”宇宙飞船带回的月岩中(1970),随后的20余年中,随着地质科学和对宇宙及外层空间研究的发展,在我国各地不同地质体中陆续发现了不同类型的天然锌、铜金属互化物。由试验得出的锌铜合金平衡相图可知(图1),根据矿物中锌、铜金属元素的含量不同,锌、铜金属互化物可分 α 、 β 、 γ 、 δ 、 ϵ 、 η 6个相。目前我国已发现了 α 、 β 、 γ 相的锌、铜金属

互化物。

1 超基性岩体中的丹巴矿

丹巴矿产于四川丹巴某铜镍硫化物矿床的含矿岩体——基性、超基性杂岩体中,岩体由二辉橄榄岩、斜辉橄榄岩和辉长岩等组成。该矿物呈葡萄状、球粒状,为灰白色的集合体,与自然锌紧密连生。反光显微镜下呈浅蓝白色,均质性,具强金属光泽, $VHN_{10}=238 \text{ kg/mm}^2$,莫氏硬度 $H=4.2$ 。矿物化学成分经电子探针分析 $w(\text{Cu})$ 为 32.52%~33.12%, $w(\text{Zn})$ 为 66.70%~67.74%,由此计算得出化学分子式为 CuZn_2 (表1),其成分相当于锌、铜金属互化物系列中的 γ 相(图1),是以锌为主的锌、铜金属互

收稿日期: 2002-04-20; 改回日期: 2002-11-15

作者简介: 孙燕,女,44岁,副教授(硕士),矿物、岩石、矿床学专业,研究方向:矿产资源工程及经济评价。

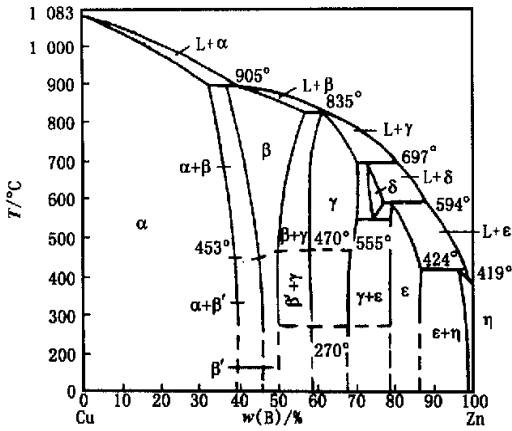


图1 锌铜合金平衡相图

Fig. 1 Equilibrium diagram of Zn-Cu alloy (after Yue Shuqing, et al., 1982)

物。反射率测定发现随波长的增加而减少(表2),在短波段反射率值达到最大,反映该矿物为蓝白色调,与显微镜下观察的结果相一致。颜色指数特征(表3)表明该矿物属白色类矿物。1981年经国际矿物协会新矿物和矿物命名委员会通过批准为新矿物——丹巴矿。

表1 丹巴矿化学成分、w(B)/%及晶体化学式^[2]

Table 1 Chemical compositions and crystal-chemical formulae of Danbaite

序号	Cu	Zn	Σ	分子式
1	33.12	66.70	99.82	CuZn _{1.8547}
2	32.52	67.47	99.99	CuZn _{2.0164}

表2 丹巴矿反射率值^[2]

Table 2 Reflectance values of the zinctopperite

波长/nm	405	436	482	526	589	644	659	700
反射率/%	71.3	71.0	71.0	68.3	67.9	66.9	66.6	65.8

表3 锌铜矿的颜色指数

Table 3 Colour indices of the zinctopperite

颜色指数	西范坪锌铜矿	喀拉通克锌铜矿	丹巴矿
$R_{\text{vis}}/\%$	67.97	79.5	68.3
等能光源			
x	0.357 3	0.382	0.336 4
y	0.337 4	0.386	0.326 1
(Se)			
λ_0/nm	591	577	-519
Fe	0.170 2	0.324	0.030 4

2 陨石中的张衡矿

张衡矿 80 年代初发现于安徽省亳县的陨石中,分布在陨石的基质中,呈不规则粒状,粒度为 0.13 mm × 0.15 mm ~ 0.1 mm × 0.35 mm,与其共生的矿物有橄榄石、顽火辉石、斜长石、铬铁矿、钛铁矿等。为纪念我国古代著名天文学家取名为张衡矿。1985 年 12 月 8 日经国际矿物学会新矿物和矿物命名委员会批准命名该矿物为新矿物。张衡矿镜下呈

金黄色,强金属光泽,显微硬度 $VHN_{10} = 145 \text{ kg/mm}^2 \sim 150 \text{ kg/mm}^2$ (10 g 负荷)^[3]。该矿物化学成分经电子探针分析,其结果如表 4,根据化学成分计算张衡矿的晶体化学式为 CuZn,为铜、锌金属互物系列中的 β 相(图 1)。张衡矿反射率经测定,随波长增加,反射率由 57.5% 增加至 93.7%。

表4 张衡矿化学成分、w(B)/%及晶体化学式^[3]

Table 4 Chemical compositions and crystal-chemical formulae of Zhanghengite (in percentage)

序号	Cu	Zn	Cr	Fe	Al	Σ	分子式
1	50.46	49.32	0.02	0.13	0.06	99.99	Cu _{1.0221} Zn _{0.9713}
2	50.96	48.84	0.00	0.11	0.06	99.97	Cu _{1.0225} Zn _{0.9698}
3	52.77	46.78	0.25	0.13	0.05	99.97	Cu _{1.0682} Zn _{0.9203}
4	53.19	46.35	0.24	0.15	0.05	99.98	Cu _{1.0765} Zn _{0.9117}
5	53.68	45.83	0.25	0.16	0.06	99.98	Cu _{1.0852} Zn _{0.9011}
6	51.69	47.91	0.03	0.11	0.04	99.98	Cu _{1.0511} Zn _{0.9434}

3 基性岩体中的锌铜矿

1983 年新疆地质矿产局在新疆富蕴县喀拉通克铜镍硫化物矿床矿化辉绿岩中发现了一种新的锌、铜金属互化物,与其共生的矿物主要有拉长石、普通辉石、普通角闪石、磁黄铁矿、黄铜矿、镍黄铁矿、紫硫镍矿等,该矿物晶形为它形晶粒状,以单体或集合体产出,晶体最大 0.02 mm,均质性,且无内反射,与自然金非常相似。该矿物化学成分经电子探针测试发现(表 5)与丹巴矿、张衡矿有着很大的区别,从平均化学成分得出晶体化学式为 Cu_{2.893}Zn,近似为 Cu₃Zn。根据图 1 可知该矿物为锌、铜金属互化物系列中的 α 相,暂时命名为喀拉通克锌铜矿。矿物反射率经测定(表 6)随测定波长的增加反射率值增大,在中长波段达到最大,该矿物的颜色指数如表 10 所示,为黄色类矿物。

表5 喀拉通克锌铜矿化学成分、w(B)/%^[4]

Table 5 Chemical compositions of the Kelatongke zinctopperite (in percentage)

序号	Cu	Zn	Fe	Ni	Co	Au	Ag	As	Te	S	Σ
1	70.96	25.65	2.12	0.51	0.02	0.09	0.02	0.27	0.11	0.24	99.99
2	72.30	25.31	1.18	0.38	0.02	0.41	0.13	0.10	0.05	0.12	100.00

表6 喀拉通克锌铜矿反射率值^[4]

Table 6 Reflectance values of the Kelatongke zinctopperite

波长/nm	407	454	488	545	571	591	656	698
反射率/%	34.5	42.7	68.3	79.8	83.4	86.1	88.1	89.6

4 中酸性岩体中的锌铜矿

1989 年在新疆三岔口铜矿床含矿岩体石英闪长岩中发现了与上述矿物不同的锌、铜金属互化物。该矿物与中长石、普通角闪石、石英、磁铁矿、钛铁

矿、自然铁共生,矿物呈他形粒状,浸染状分布,以单体或集合体产出。单晶粒度最大为0.04 mm,集合体可达0.1 mm。显微镜下观察反射色为金黄色。该矿物的化学成分经电子探针测定(表7)铜、锌质量分数可达99.43%,其中含铁较高,由此计算出晶体化学式为 $Cu_{1.83}Zn$,属于锌、铜金属互化物系列中的 α 相。根据化学成分暂时命名为三岔口锌铜矿。反射率经测定,波长由488 nm增至650 nm,反射率变化为52.1%~81.7%(表8),反射率随波长的增加而增加,反映出该矿物为黄色类。

表7 三岔口锌铜矿化学成分·w(B)/%

Table 7 Chemical compositions of the Shanchakou zincopperite

Cu	Zn	Fe	S	Bi	Ag	Ni	Σ	分子式
60.35	33.98	4.08	0.20	0.88	0.13	0.13	99.7	$Cu_{1.81}Zn$

表8 三岔口锌铜矿反射率值^[5]

Table 8 Reflectance values of the Shanchakou zincopperite

波长/nm	488	545	591	656
反射率/%	52.1	69.1	76.6	81.7

5 斑岩体中的锌铜矿

1997年在对四川省盐源县西范坪地区喜山期巨斑状石英二长斑岩研究中,发现了锌、铜金属互化物系列的新变种,暂时命名为西范坪锌铜矿。

西范坪锌铜矿以单体或集合体产出,分布于石英二长斑岩的基质中,与钾长石、钠-更长石、黑云母、石英等共生,呈浸染状分布在造岩矿物的粒间,与黄铜矿、黄铁矿、辉钼矿、斑铜矿等金属矿物伴生。单体粒度一般小于0.1 mm,最大0.5 mm。平均显微硬度为 $VHN_{10}=190 \text{ kg/mm}^2$ (测试条件:NaCl天然解理面, $VHN=20 \text{ kg/mm}^2 \sim 23 \text{ kg/mm}^2$,负荷10 g),相当于莫氏硬度3.8。采用电子探针仪(日本JXA-733型)对西范坪锌铜矿成分进行了测定,结果见表9。其 $w(\text{Cu})$ 为59.15%~65.55%, $w(\text{Zn})$ 为36.32%~39.85%, $w(\text{S})$ 为0.00%~0.42%,根据成分计算出晶体化学式为 $Cu_{6.27-7.00}Zn_4$,近似理论式为 Cu_7Zn_4 ,不同于前面所述各种锌、铜金属互化物,为锌、铜金属互化物中的一新变种矿物。根据该矿物中锌、铜金属元素的含量可确定,西范坪锌铜矿为锌、铜金属互化物系列中的 α 相(图1)。

该矿物在反光显微镜下为它形晶,金黄色,金属光泽,具均质性,与自然金非常相似,反射色略显黄白色。采用Carl Zeiss MPM 800型显微光度计,以WTiC为标准,在空气中测定出西范坪锌铜矿的反

表9 西范坪锌铜矿化学成分·w(B)/%及晶体化学式
Table 9 Chemical compositions and crystal-chemical formulae of the Xifanping zincopperite

序号	S	Fe	Cu	Ag	Zn	As
1	0.00	0.21	61.46	0.02	36.32	0.98
2	0.11	0.59	59.80	0.03	39.37	
3	0.40	0.43	61.40	0.03	38.02	
4	0.42	0.25	59.15	0.13	39.85	
5	0.10	0.33	62.55	0.10	36.79	

序号	Sb	Co	Ni	Σ	分子式
1	0.06	0.02	0.05	99.12	$Cu_{6.98}Zn_4$
2		0.00	0.02	99.91	$Cu_{6.26}Zn_4$
3		0.03	0.00	99.9	$Cu_{6.67}Zn_4$
4		0.00	0.00	99.80	$Cu_{6.27}Zn_4$
5		0.03	0.04	99.94	$Cu_{7.00}Zn_4$

测试者:卢文全

射率(表10)其值随波长的增加而增大,总体反射率值较高,与显微镜下观察其亮度高于黄铁矿,接近自然金的现象吻合。同时反射率在中长波段快速增高,采用等能光源(S_E)以等距(值)波长坐标法计算出锌铜矿的颜色指数(表3),主波长(λ_0)为591 nm,是一黄色类矿物,颜色饱和度(Pe)等于0.170 2,是具明显黄色调的矿物,与喀拉通克锌铜矿相似,与丹巴矿不同,丹巴矿的补偿主波长为负值(-591 nm),是一蓝色类矿物。

表10 西范坪锌铜矿反射率值

Table 10 Reflectance values of the Xifanping zincopperite

波长/nm	420	460	500	540	580	620	660	700
反射率/%	58.23	61.86	67.76	68.82	72.80	75.28	81.00	83.07

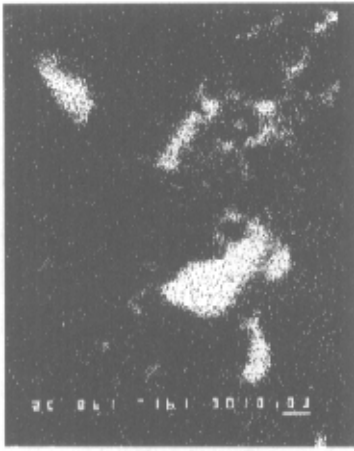
测定人:潘克勤

根据该矿物中锌铜元素电镜扫描分析,在矿物中锌、铜元素分布非常均匀,与该矿物的外形完全一致(照片1,2)。同时也证实 α 相锌铜矿中锌、铜均为均匀类质同相的固溶体。



照片1 西范坪锌铜矿中铜元素X射线(×860)

Photo 1 X-ray scanning image of the element Cu in the Xifanping zincopperite(×860)



照片2 西范坪锌铜矿中锌元素X射线电镜扫描图象($\times 860$)
Photo 2 X-ray scanning image of the element Zn in the Xifaping zincocopperite($\times 860$)

6 讨论

人工合成锌铜合金实验研究表明,锌、铜金属互化物系列矿物根据锌、铜的含量多少可分为 α, β, γ ,

δ, ϵ, η 六个相(图1),其中 α, β 相锌、铜为均匀固溶体。目前我国在各种地质体中已发现了 α 相、 β 相和 γ 相锌、铜金属互化物。这些矿物的产出绝大多数与各种岩体有关,超基性、基性、中酸性深成侵入岩,浅成斑岩,陨石中都有发现。大量实验表明锌、铜金属互化物都是在高温、较强的还原且缺硫条件下形成。根据西范坪铜矿床含矿石英脉中包裹体气液相成分测定,结合矿物共生组合,计算得出西范坪锌铜矿形成时的氧逸度为 $6.92 \times 10^{-25} \sim 2.0 \times 10^{-29}$;硫逸度为 $7.24 \times 10^{-9} \sim 2.14 \times 10^{-7}$ 。同时包裹体测温得知该矿物形成温度为 $350 \text{ C} \sim 300 \text{ C}$ 。由此可知西范坪锌铜矿形成于高温、还原、低硫环境。这一点为该类矿物主要与造岩矿物共生所证实,目前我国发现的各种类锌、铜金属互化物主要赋存于各种造岩矿物粒间。由此我们可以认为锌、铜金属互化物常常形成于成矿作用发生的早期,而且是在成矿体系中硫逸度较低的环境下。锌、铜金属互化物的形成条件与多数金属硫化物形成的条件不同,因此此类矿物很少与金属硫化物共生,该类矿物的出现反映出一种特定的成矿环境。

参考文献

- [1] 肖渊甫,等. 斑岩铜矿中发现罕见矿物-锌铜矿[J]. 地质学报, 1998, 72(2).
- [2] 岳树勤,等. 丹巴矿的研究[J]. 科学通报, 1982, 27(22).
- [3] 王奎仁. 新矿物-张衡矿[J]. 矿物学报, 1986, 6(3).
- [4] 李本海,等. 喀拉通克一号岩体发现的锌铜矿[J]. 地质实验室, 1989, 5(4).
- [5] 郎智君. 新疆石英闪长岩体中发现锌铜矿[J]. 新疆地质, 1990, 8(3).

THE DISCOVERY FEATURES OF THE NATIVE ZINC-COPPER INTERMETALLIC COMPOUNDS IN CHINA

SUN Yan, XIAO Yuan-fu, WANG Jiang-zhen, WEN Chun-qi, LU Yan
(Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China)

Abstract: Zinc-copper intermetallic compounds are the rare native alloy minerals composed of zinc and copper elements. Owing to the differences of the forming conditions, environment and element content of zinc and copper in the mineral, they formed a homogeneous solid solution of the zinc-copper intermetallic compounds series. So far only a few of different zinc-copper intermetallic compounds have been discovered in China. This type of minerals was formed in high temperature and reduction without sulphur. The main type minerals were paragenetic with rock-forming minerals and their forming conditions were different from most metal sulphides. This article has reviewed the geological feature and natures of the physics, chemistry and optics of the zinc-copper intermetallic compounds.

Key words: zincocopperite; zinc-copper intermetallic compound; native alloy mineral; Zhanghengite; Danbaite

ISSN 1001-6872(2003)01-0011-04; CODEN: KUYAE2

Synopsis of the first author: Sun Yan, female, 44 years old, an associate professor (Ms) of mineralogy, petrology and deposit. Now she is engaged in prospecting and economic evaluation of mineral resources.