

一种亟待重新认识的铜矿床——滇中土状铜矿

李志群¹, 李锦武¹, 任治机²

(1. 西南有色地质勘查局地质研究所, 昆明 650216; 2. 西南有色地质勘查局 昆明 650011)

[摘 要] 滇中土状铜矿长期被认为是一种不可利用的铜矿床, 新的湿法冶金技术应用使之成为了效益型铜资源。滇中土状铜矿产于中元古界昆阳群落雪组的土状风化壳内, 分为面型和线型两种矿床类型。主要铜矿物为孔雀石、硅孔雀石、微粒状赤铜矿和黑铜矿、少量残余含铜硫化物。其矿石平均品位均高于原生硫化矿。与原生矿石相比, 土状氧化铜矿石 SiO_2 、 Al_2O_3 、 Fe_2O_3 、 MnO 明显富集, CaO 与 MgO 大量淋失, 由碱性矿石变成了可酸浸的非碱性矿石。土状铜矿不存在次生硫化物富集带, 铜次生富集于氧化带中, 与经典的硫化矿床表生分带明显不同。主要控矿因素为地层岩性、水文地质条件、地形和构造。土状铜矿是新的找矿目标。

[关键词] 土状铜矿 矿床特征 控矿因素 成因 滇中

[中图分类号] P618.41 [文献标识码] A [文章编号] 0495-5331(2000)03-0011-04

1 问题的提出

云南的土状铜矿主要分布在云南中部东川到元江地区的中元古界昆阳群出露区, 多产于落雪组和绿汁江组的土状风化壳内, 自北向南有水库山、小新厂、邵家坡、小新厂、观天、朱家坝、老厂、万宝厂、红龙厂、鸡冠山、白龙厂、青龙厂等十余个探明矿床, 铜储量约 15 万 t, 不少矿床具有扩大远景的潜力。

土状铜矿用传统选矿方法无工业价值, 例如小新厂的选矿回收率只有 15%, 鸡冠山为 40.08%, 红龙厂为 56.3% 等, 长期列为难处理矿石, 或列为表外矿, 或列为不可用资源。90 年代以来, 在元江地区开展的制粒—酸浸—萃取—电积湿法冶金技术的实验成功与应用为土状铜矿的开发利用提供了新的思路和途径。目前, 实际生产中广泛采用泡浸和搅拌浸两种工艺, 取得了良好的经济效益。土状铜矿成为了一种新的铜矿资源, 提出了亟须重新研究的地质课题。

2 矿床地质特征

经一年多的研究, 我们发现土状铜矿一部分地质特征与经典的风化硫化物矿床有明显不同, 主要表现在风化壳剖面结构、品位变化等方面。

2.1 产状与形状

土状铜矿主要产于滇中地区呈近南北向展布的中元古界昆阳群落雪组的土状风化壳内, 仅鸡冠山铜矿产于绿汁江组的土状风化壳中。矿体多呈似层

状、透镜状、囊状、不规则状等。矿体厚度变化极大, 由 0 ~ > 10 m 不等。

矿体长轴展布方向与矿区内主要构造线方向相近, 矿体常成群出现, 形成矿体群。矿体或为地表矿, 或为浅隐伏矿, 以后者为主。

2.2 矿床类型

我们将滇中土状铜矿床分为面型和线型两类。矿床类型主要取决于落雪组地层的风化壳类型。

面型土状铜矿主要分布于南部的元江地区, 代表矿床有青龙厂、白龙厂和鸡冠山铜矿, 其风化壳及矿床主要受地形、岩性和构造控制。线型土状铜矿分布于北部、中部的禄丰、易门、武定和东川地区, 南部仅有红龙厂铜矿, 代表矿床有禄丰小新厂、武定观天和朱家坝, 矿床主要受岩性、地层和构造控制, 且延伸大。

2.3 矿石组份

矿石多呈褐—深褐—暗褐色的土状物, 已不具原岩特征, 为土状结构构造, 局部可残留原生的条纹、条痕状构造。

2.3.1 矿物特征

矿物组成比较简单, 主要由孔雀石、褐铁矿、硅孔雀石、黑铜矿、石英、粘土矿物、氧化锰、白云石和少量残余含铜硫化物组成。

孔雀石: 含量少, 多 < 1%。呈颗粒状、被膜状、脉状、放射状产于白云石、石英颗粒间, 少数污染白云石、石英呈不纯孔雀石, 常与褐铁矿共生。单体粒度一般为 0.004 mm ~ 0.041 mm, 集合体粒度 0.027

[收稿日期] 1998-12-21; [修定日期] 1999-11-25; [责任编辑] 张启芳

[基金项目] 云南省自然科学基金资助项目 (项目编号 1999D0103M) 及国家“九五”科技攻关项目 (编号 95-914-01-03-05) 资助。

mm~0.55 mm。膜厚 0.003 mm~0.100 mm,脉宽 0.165 mm~0.231 mm。

硅孔雀石:含量多<0.5%。呈颗粒状、球粒状、膜状产于石英、白云石间,少数成份不纯。单晶粒度一般在 0.066 mm~0.264 mm 间,集合体粒度 0.33 mm~3.00 mm,膜厚 0.017 mm~0.100 mm。

褐铁矿:含量 15%~20%。土状。X 光衍射分析表明,褐铁矿主要为针铁矿 $\text{FeO}(\text{OH})$ 与褐铁矿 $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ 的混合物^[1]。

石英:含量多大于 80%。无色,呈它形粗大片状或细粒状,表面因褐铁矿染而呈褐色。粒度 0.02 mm~0.025 mm。

白云石:含量 0.5%~1%。粒状,常以细粒集合体方式构成残余斑块。粒径 0.005 mm~0.6 mm。

氧化锰:主要由硬锰矿、软锰矿、水锰矿、黑锰矿构成。含量<1%。黑色,无光泽,常呈薄膜产于石英、白云石表面或产于疏松矿石裂隙中,呈脉状、网状及树枝状。

残余硫化物:含量<0.5%,粒度细小,多<0.010 mm,由不规则状的黄铜矿、斑铜矿、辉铜矿、黄铁矿等组成。

黑铜矿和赤铜矿:含量极少。黑铜矿为烟灰状黑色氧化物;赤铜矿为褐红色粉末状氧化物,两者均呈微粒状分布于褐铁矿及氧化锰中。

从矿物组成看,独立铜矿物含量极低。小新厂褐铁矿含铜高达 3.52%。我们认为铜还以离子和配合离子团存在于褐铁矿、氧化锰和粘土矿物中^[1]。

2.3.2 化学成份

土状铜矿的矿石品位多在 1%以上。同一矿区,土状矿石的平均品位都高于原生硫化矿,例如,小新厂:原生硫化矿 0.49%,混合矿 0.50%,块状氧化矿 0.69%,土状矿 1.22%;邵家坡:原生硫化矿 0.77%,块状氧化矿 0.98%,而土状矿为 1.17%;观天:白云岩 0.24%,块状氧化矿 1.20%,土状氧化矿 1.41%;朱家坝:原生硫化矿 0.80%,土状矿 1.12%;红龙厂:原生硫化矿 1.02%,块状氧化矿 0.83%,土状矿 1.48%等等。

与原生白云岩相比(表 1),风化过程中, Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 淋失, Fe^{2+} 被氧化成 Fe^{3+} ,导致 FeO 降低, Fe_2O_3 富集, SiO_2 、 Al_2O_3 、 MnO 发生次生富集。

SiO_2 、 Al_2O_3 、 Fe_2O_3 、 MnO 与 Cu 呈正消长关系。硅铝系数($\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ 分子比)为 13.66~46.20,均大于 1.15,硅铁铝系数 [$\text{SiO}_2/(\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Al}_2\text{O}_3)$ 分子比]为 5.70~20.93,高于 4.60,属轻度富铝化风化

壳。从铜物相分析结果看,土状铜矿的氧化率多高于 80%,结合率多大于 30%,属难选矿石。

伴生金属主要为钴和银,部分矿区具工业价值,如小新厂的伴生银和老厂的伴生钴等。

2.4 风化剖面

经典的硫化物矿床的表生分带自上而下为:

(1)氧化带。又分出三个亚带(自上而下):完全氧化亚带、淋滤亚带、次生氧化物富集亚带;

(2)次生硫化物富集带;

(3)原生硫化物带。

滇中土状铜矿区经大量深部工程验证表明,不存在次生硫化物富集带,即只存在氧化带和原生硫化物带。

在氧化带中,传统分带自上而下分三亚带,风化程度由强到弱,另外,次生氧化富集亚带是由铜次生硫化物再次氧化形成更富铜的新矿物—赤铜矿、自然铜等的富集带。而滇中土状铜矿的氧化带(表 2)的三个亚带不存在空间上的自上而下必然的叠合关系,而表现为受构造、岩性、地下水条件控制的风化程度上的不同,三个亚带既有上下关系,也有侧向共生关系;在一个地区,有的亚带可以缺失,如梁花箐六号点、红龙厂采场等只有完全氧化带和次生氧化富集带。另外,土状铜矿的次生氧化富集带的铜来自淋滤亚带和完全氧化亚带,而非次生硫化物富集带,多表现为风化更深(原岩残余结构保存更少)、铁和锰大量富集的黑棕色、深棕色土。淋滤亚带一般保留大量的残余原岩结构构造,如层状、纹层状构造等,成层性较好,含有许多白色、黄色的粘土团斑和团块。

氧化带内铜品位变化主要受风化程度和空间位置影响,一般说来,完全氧化亚带中的砖红色、棕红色、红色粘土及腐植土含铜低于 0.5%;淋滤亚带的棕色、红棕色、杂色粘土含铜多低于 1%;次生氧化富集带的黑棕色、棕黑色粘土铜含量多高于 1%,是最佳矿石类型,从空间上看,即便是在次生氧化富集亚带中,浅部位普遍低于深部。

土状氧化矿风化剖面一般厚几 m~几十 m,在断裂发育地段可大于 200 m。

3 控矿因素与成因探讨

土状铜矿主要受地层岩性、水文地质、地形和构造条件控制。除鸡冠山铜矿归属尚有争议外,其它

曾群望. 云南小新厂铜矿的侵蚀迁移及氧化富集,1975。

矿床都产于中元古界昆阳群落雪组白云岩风化壳内,以落雪组中上部 and 底部成矿最为有利。另外,原岩含铜较高且矿化均匀连续则利于形成大规模的土状矿。

表 1 主要矿区岩石化学成分对比

岩性	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO
风化土	56.24 ~ 81.80	3.01 ~ 8.85	0.00 ~ 1.91	0.00 ~ 2.42	5.32 ~ 16.38	0.00 ~ 0.40	1.06 ~ 2.93
白云岩	21.50 ~ 33.23	0.72 ~ 2.99	19.09 ~ 23.77	11.20 ~ 15.69	0.27 ~ 2.88	1.05 ~ 2.40	0.25 ~ 0.60

表 2 滇中土状铜矿床风化剖面结构

氧化程度	氧化分带		矿石类型	主要层位	特 征	铜品位变化
强 弱	氧化带	完全氧化亚带		地表落雪组	砖红色、棕红色粘土	低 高
		淋滤亚带	土状矿	1、地表-近地表落雪组 2、断裂带及背斜轴	棕黑色粘土,残余结构少,Fe ₂ O ₃ 、MnO 高	
		氧化富集亚带	土状矿	1、近地表落雪组 2、断裂带、背斜轴部	深棕色、杂色粘土,多见原岩残余结构构造,砂感明显	
	过渡带	混合矿带	块状氧化矿+硫化矿	近地表落雪组	孔雀石脉充填于含硫化物白云岩裂隙中	低
	原生硫化物带		原生硫化矿	落雪组	含黄铜矿、斑铜矿、黄铁矿白云岩	

从水文地质条件看,落雪组白云岩为含水层,其顶板为鹅头厂组板岩,底板为因民组板岩,二者均为隔水层。落雪组岩石的裂隙和溶洞极其发育,地表及钻孔中都见溶蚀孔和溶洞。小新厂岩溶率为 0.4 % ~ 5.6 %。溶洞的分布与土状矿的产出部位有一些共性,即:(1)在地表以下一定深度发育;(2)沿断裂带最为发育;(3)多发育在白云岩(落雪组)与板岩(鹅头厂组与因民组)接触面附近。含水层有利于风化作用进行。地下水受大气降水补给,水质为重碳酸—钙镁水。成矿作用主要受落雪组层内水文条件控制,白云岩中的成分不均匀性(如各夹层等)及断裂裂隙导水的不均匀性形成了矿化的不均匀性和不连续性。

地形对成矿作用的控制主要表现为较为平缓的山顶及坡地有利于成矿,几乎所有的土状铜矿都产生在这样的地形中。陡峻的坡地不利于土状风化壳及矿床的保存,形成不了土状铜矿(如金钟罩等地)。在同一矿区内,富大矿体也多集中于地形较开阔与平坦的地区。

从构造条件看,富大矿床(体)多产于背斜与断裂叠合部位,如小新厂、鸡冠山、红龙厂等。向斜与断裂的组合或者断裂带内的土状铜矿的规模就要小一些,如观天、朱家坝、青龙厂、老厂、白龙厂等。一个矿区内,土状铜矿体多沿断裂展布。

滇中土状铜矿在成矿作用上有下述特点:

(1)原岩落雪组含硫化物 ≤10 %,多集中于中上部和底部,硫化物多呈细纹层状及星散状分布,故难于在风化过程中形成大量含铜硫酸盐;

(2)土状铜矿是在风化作用晚期土壤化过程中形成的,笔者称为成土成矿作用阶段,成矿作用特殊,处于风化作用的中—晚期;

(3)成矿作用发生于两不透水层间的富水层和易溶层中,具有成矿水动力条件的层控性。

在成矿机理上,我们认为土状铜矿不同于经典模式,其成矿作用分为 3 个阶段:

第一阶段:硫化物分解阶段。白云岩中的原生硫化物在空气和地表水(主要是大气降水)作用下分解,铜呈硫酸铜迁移淋滤,在深部氧化带内逐步与围岩分解出的碳酸盐反应形成沿裂隙产出的孔雀石而沉淀。

第二阶段:铁、锰次生氧化富集阶段。白云岩中的 Ca²⁺、Mg²⁺ 大量迁出,Fe²⁺ 转化为 Fe³⁺ 的氧化物,Mn²⁺ 转化为 Mn³⁺,在氧化带中上部形成铁、锰次生氧化物富集带。

第三阶段:铜的成土成矿作用阶段。地表及浅部白云岩已风化为松散的砂土。孔雀石及少量残余硫化铜进一步分解,铜呈离子、配阴离子团、硫酸铜形式向深部迁移,据笔者研究^[2],在 pH = 6 ~ 8(滇中区地表水 pH 范围),Eh = 0.3 eV ~ 0.8 eV 的条件下,出现铁与锰的高价氧化物与赤铜矿(Cu₂O)、黑铜矿(CuO)、少量自然铜(Cu)与铜离子(Cu²⁺)的共存,其中铜离子吸附于铁与锰的氧化物中,形成了一系列更富铜的矿物组合。这一阶段的成矿作用也导致地表土状矿石贫化。

4 存在问题及解决途径

随着土状铜矿工业利用与地质研究的深入,我们认为目前亟须解决下述几方面的问题:

(1) 土状铜矿床的地质评价。过去把土状铜矿列为表外矿,或作为原生硫化矿或次生硫化物带的找矿标志,故对其矿体圈定、制定工业指标等工作重视不够,应对原资料重新研究,甚至重圈矿体。另外,滇中落雪组出露面积为 7000 km²,土状铜矿找矿前景广阔,尤其是在目前原生硫化矿找矿难度很大的情况下,新的找矿对象有积极的意义;

(2) 土状铜矿中铜多呈(超)显微状态存在,加之过去的地质工作对其重视不够,各矿床研究程度不同,有必要应用现代测试手段进行系统分析,这不仅是个地质问题,而且还有工艺矿物的意义;

(3) 加强新冶金工艺的推广运用。土状铜矿石 CaO 与 MgO 大量流失,使之成为了非碱性矿石,利于湿法冶金技术运用,在运用中,有搅拌浸、堆浸、泡浸等多种方法。除酸浸外,氨浸工艺也是一种值得大力推广的新方法。

总而言之,土状铜矿作为一种需重新评价的铜矿资源正日益引起地质和冶金工作者的重视,其工业地位及科研价值将不断提高,为经济发展和科技进步作出贡献。

[参考文献]

- [1] 李志群. 土状铜矿的地质再认识与湿法冶金新技术应用[A]. 见:材料科学与工程. 北京:中国科学技术出版社, 1998. 529~532.
- [2] 李志群. 含金硫化物基岩区红土型金矿的成矿作用[J]. 矿产与地质, 1996, (6): 380~387.

THE COPPER DEPOSIT NEED TO BE RECOGNIZED AGAIN—EARTHY COPPER DEPOSITS IN THE MIDDLE AREA OF YUNNAN PROVINCE

LI Zhi - qun, LI Jin - wu, REN Zhi - ji

Abstract: Earthy copper deposits in the middle area of Yunnan province have been regarded as an unworthy copper mineral resources for a long time. The new hydrometallurgical technology made these deposits become one of the effective mineral resources. These earthy copper deposits exist in the earthy weathering crust on the surface of Luoxie Formation of Kunyang Group of P₂ and are divided into planar and linear types. Main copper minerals are malachite, chrysocolla, microgranular cuprite and tenorite and residual sulfide minerals. The average copper content of the ores is higher than those of primary sulfide ones. The earthy copper ores are rich SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃ and MnO. CaO and MgO were leached out and the ores become nonalkali from alkali. There's no secondary copper sulfide enrichment zone. The secondary copper enrichment subzone locates in the oxidation zone and this is obviously different from supergene zones of typical sulfide deposits. The main ore - control factors are strata lithological characters, hydrologic geology, landform and structures.

Key words: earthy copper deposits, deposits' characters, ore - control factors, origin, the middle area of Yunnan province



第一作者简介:

李志群(1963年-),男。1984年毕业于武汉地质学院矿产系矿床地质专业,1989年毕业于中国地质大学研究生院,获硕士学位。1990年起就职于西南有色地质勘查局地质研究所,地质工作室主任,高级工程师。主要从事矿床地质、湿法冶金、旅游地质、观赏石、宝玉石及民族民间旅游艺术品研究与产业化开发工作。

通讯地址:云南省昆明市呈贡县 西南有色地质勘查局地质研究所 邮政编码:650216

中国岩石力学与工程学会教育工作委员会 《岩石力学与工程》教材编写工作会议纪要

为了促进和提高我国岩石力学与工程教育事业的发展。中国岩石力学与工程学会于2000年4月18日至20日在北京科技大学召开了《岩石力学与工程》教材编写的工作会议。来自全国各地20所大学的委员和代表共计21人参加了会议。教育工作委员会主任、北京科技大学资源工程学院院长蔡美峰教授主持了会议,并提出了教材编写大纲讨论稿。教育工作委员会副主任中国矿业大学何满朝教授和重庆建筑大学刘东燕教授也分别主持了讨论会。

会议自始至终充满了热烈的学术气氛,各位委员和代表畅所欲言,对教材《岩石力学与工程》的内容的编写和体系的编排提出了许多宝贵的意见和建议。会议的热点是该教材的定位问题,即是适合本科教学的要求,还是适合研究生教学的要求?最后的意见统一到先编一本适应本科教学需要的教材,将来再编一本适合研究生教学要求的教材。会议对教材的内容提出了要求:重点是基本理论、基本方法、基本技能的阐述,强调岩石力学的工程应用,介绍岩石力学研究的新进展。达到重点培养大学生的“三基”和工程应用,并对学生能够开拓视野和创造一定的思维意想空间,为将继续深造指明方向。会议还对每个章节的内容作了深入的讨论,并且将每个章节的内容分解到具体的编写人员。

会议于2000年4月20日圆满结束。