

中国地质科学院

成都地质矿产研究所刊

第10号

地质出版社

中国地质科学院

成都地质矿产研究所刊

第10号

地质出版社

目 录

我国东川式铜矿的成因及其形成机理	仇定茂 (1)
青藏高原成对花岗岩带的形成与演化	刘振声 王洁民 (21)
四川新街岩体钛铬铁矿和钛磁铁矿特征的研究	岳树勤 (33)
滇池湖水与底质的地球化学特征	罗建宁 肖永林 苏俊周 邹培馨 陈喜昌 (43)
我国南方二叠、三叠纪古地理格架新认识	朱忠发 (59)
银杏门植物的起源、分类和演化	杨贤河 (77)
龙门山晚三叠世早期碳酸盐台地腕足动物群落	唐 灵 (91)
四川二郎山奥陶纪介形类的发现及其意义	李玉文 (131)
扬子区西部寒武系与奥陶系的界线	李善姬 钱咏蓁 倪秉方 (155)
中国地质科学院 成都地质矿产研究所所刊第1—10号总目录	(173)

中国地质科学院
成都地质矿产研究所所刊
第10号

责任编辑：赵 叶

地质出版社出版发行

(北京和平里)

地质出版社印刷厂印刷

(北京海淀区学院路29号)

新华书店总店科技发行所经销

开本：787×1092¹/₁₆ 印张11.375 铜版页12页 字数：273000

1989年6月北京第一版 1989年6月北京第一次印刷

印数：1—1270册 国内定价：4.20元

ISBN 7-116-00415-7/P·359

我国东川式铜矿的成因及其形成机理

THE ORIGIN AND MECHANISM OF FORMATION OF COPPER DEPOSITS OF THE DONGCHUAN TYPE IN CHINA

仇 定 茂^①

内容提要 本文对我国东川式铜矿的成因,从多方面作了详细论证。依据矿体赋存状态、产出部位的不同,划分出落雪组底部含藻白云岩铜矿、上过渡层和下过渡层铜矿三个亚类。并对有机质在成矿机理中所起的重要作用作了详细论述。提出了此类矿床的成因,应属沉积—成岩—生物成因。

东川式铜矿位于四川、云南的西昌—滇中地区。以主要分布于云南东川铜矿区而著称。矿带向南延至罗茨、武定、易门,直至元江等地,向北过金沙江延至四川通安地区。整个铜矿带自北向南延伸纵贯约600km。所有矿体均以层状体赋存于前寒武系昆阳群落雪组白云岩及其上、下过渡带中。1941年,谢家荣将这类铜矿命名为东川式铜矿。

一、区域地质背景 (以东川铜矿为例,图1)

东川式铜矿位于“康滇地轴”中段东缘部分。区内构造发育:断裂构造主要表现为一系列大型主干断裂呈南北或近南北向分布;褶皱构造为一系列紧密或紧密倒转褶曲、开阔向斜等相结合组成复式褶皱组。这些构造直接控制了北北东—南南西向东川—易门裂陷槽的形成,以及中上昆阳群的沉积和整个东川式铜矿带的展布。

区内出露地层,主要为一套中元古界昆阳群地层,厚度达10000m以上。少量震旦系、古生界地层不整合覆盖其上;其下伏为下元古界大红山群。

1959年,花友仁将东川出露的昆阳群划分为上、下昆阳群,其间不整合接触为东川运动。1984年,西南有色地质勘探公司314队,把昆阳群划分为上、中、下三个亚群11个组(表1)。

昆阳群地层主要是一套由泥质、碳泥质、钙镁质、砂质组成的板岩、千枚岩、粉砂岩、碳酸盐类白云岩、白云质灰岩组合的浅变质岩系。其中局部夹有沉积变质的钠质岩(前人称火山碎屑岩)。

岩浆岩按其岩性和形成时间不同,分为晋宁期辉绿—辉长岩、辉绿岩和海西期辉长岩

^① 野外共同工作的有杨应选、阙梅英、张立生、万捷等。

两类。本区岩浆岩以晋宁期为主，以其强烈的蚀变区别于海西期，多呈岩床或岩墙、岩脉，沿因民组与落雪组层间断裂带侵入产出。局部地段在岩体接触带形成接触大理岩、蚀变交代岩和叠加型铜矿。据与邻区对比，该岩体属澄江—晋宁期产物。



图 1 云南东川矿区地质图

Fig.1 Geological sketch map of Dongchuan mining area, Yunnan

1—第四系；2—中生界；3—古生界；4—上震旦系；5—下震旦系；6—中元古界麻地组；7—小河口组；8—大营盘组；9—青龙山组；10—黑山组；11—落雪组；12—因民组；13—美党组；14—中元古界（未分层）；15—玄武岩；16—辉绿岩；17—辉长岩；18—侵入角砾岩

表 1 东川铜矿区域地层简表

Table 1 Regional stratigraphical table of Dongchuan copper Deposit

界	系	组	岩 性 描 述
元 古 界	震旦系	灯影组	灯影白云岩, 底部为砂砾岩
		澄江组	紫红色长石石英砂岩
	上昆阳亚群	麻地组	薄层状灰岩夹钙质石英砂岩, 顶部为含藻白云岩
		小河口组	灰色, 灰白色中厚层石英砂岩夹薄层绢云板岩
		大营盘组	灰黑色绢云板岩夹黑色碳质板岩。顶部夹薄层泥灰岩, 石英砂岩; 底部夹多层基性火山岩
	中昆阳亚群	青龙山组	青灰色厚层状藻礁白云岩夹内碎屑白云岩, 硅质薄层白云岩, 碳硅质板岩。顶部为泥砂质白云岩夹结核状灰岩
		黑山组	黑色碳质板岩, 绢云板岩夹基性火山岩和基性岩床贯入。落黑过渡带是东川式铜矿另一含矿层位之一
		落雪组	青灰色中厚层白云岩, 退色化作用为黄白, 灰白色白云岩。底部含藻白云岩、落因过渡带是东川式铜矿的重要含矿层位
		因民组	紫红色泥砂质白云岩夹板岩, 局部含铜铁矿体(稀矿山式), 底部为砾岩、并有基性岩体贯入, 形成侵入交代复杂角砾岩
	下亚昆阳群		分四个组: 自下至上为洒海沟组、望厂组、菜园湾组和平顶山组。主要为一套砂岩、板岩、灰岩组合。有时夹钠质岩

(据西南有色勘探公司314队, 1984, 略加修改)

二、矿床地质-地球化学特征

(一) 含矿建造

东川式铜矿形成于特定的建造环境中, 具有一套完整的岩石组合。即从下而上, 由因民组、落雪组、黑山组和青龙山组组成。反映由海浸→海退的一个完整的沉积旋回。

1. 因民组

紫红色砂板岩与紫色砂泥质白云岩互层, 具特殊的紫色或紫红色, 故习惯称紫色层。呈薄层状、互层状, 层理清楚; 交错层、条带韵律层等原生构造发育; 具变余砂状、泥状结构。岩石普遍含点状赤铁矿, 硫化物少见。表明因民组是在水动力较强, 氧化势位较高的条件下形成的。

2. 落雪组

青灰、深灰色, 中厚层白云岩组合。中下部或底部藻叠层石普遍发育, 是东川式铜矿的主要含铜层位。本组与因民组之间有一厚度不等的过渡层(称下过渡层, 下同), 是东川式铜矿重要含铜层。中部或上部有零星铜矿化, 一般不具工业意义。

3. 黑山组

主要为黑色薄至中厚层碳质板岩、碳泥质白云岩等。以富含黄铁矿为特征。其下与落雪组之间的过渡层（称上过渡层，下同）是东川式铜矿在通安地区主要的含铜层位。

4. 青龙山组

青灰色中厚层块状白云岩或大理岩。

东川式铜矿的含矿建造属于滨海—浅海的粉砂质、泥质、碳酸盐岩相组合。由因民组→落雪组→黑山组，反映了一个完整的海浸→海退沉积旋回，自氧化→还原，从酸性→弱碱性→碱性的沉积环境。东川式铜矿正是处于由氧化相→还原相这一特定的环境中形成的。

（二）含矿围岩及其特征

1. 含藻白云岩

（1）矿物成分和结构

经大量薄片染色和少量 X 光测试证实，落雪组主体成分大部分为白云石组成的白云岩。

含藻白云岩除了主要由微晶白云石组成外，还有少量的石英和偶见钠长石。白云石呈他形微晶状集合体，粒径介于 0.01—0.046mm 之间。石英相对较大，沿着古藻的纹理与白云石组成相间条纹产出。岩石显镶嵌变晶结构，细纹状、纹层状、马尾丝状构造。铜硫化物沿岩石层理或纹层理浸染分布。

（2）化学成分

据化学分析结果，就常量组分来说，含矿和不含矿的含藻白云岩，其组分种类和含量大体相当。从马尾丝铜矿石的分析结果可以看出（见表 3），除了 CaO、MgO、SiO₂ 组分外，其它组分的含量均很低。因此，从化学成分上提供了这样的信息：含藻白云岩的成分，主要是由 Ca、Mg、Si 的氧化物组成；而 Al₂O₃、K₂O 的含量很低，说明该岩石基本上是不含泥质的。Na₂O 的含量低，表明所谓火山物质的影响很弱。

2. 泥砂质白云岩

属下过渡层之产物。除主体成分为泥晶、微晶白云石外，还有石英、绢云母和有时为钠长石等矿物。化学分析结果（表 2），除 SiO₂、CaO、MgO 含量较高外，还含有一定量的 Al₂O₃、K₂O，有时为 Na₂O。表明该岩石含有较多的泥砂质成分，与含藻白云岩的组成有着较大的差异。

表 2 下过渡层岩石化学分析结果（%）

Table 2 Chemical analyses of the rocks in the lower transition bed (%)

岩石类型	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	TiO ₂	K ₂ O	Na ₂ O	P ₂ O ₅	Cu	S	灼减	资料来源
泥砂质白云岩	34.56	7.58	15.09	9.42	1.00	1.70	0.72	0.33	5.85	1.20		1.30	0.51	21.41	
泥砂质白云岩	28.28	6.46	18.89	12.14	1.39	0.98	0.48	0.30	2.46	0.03				28.89	
泥砂质白云岩	24.12	4.36	21.67	13.37	0.94	1.27	0.58	0.25	2.68	0.08				31.14	
泥砂质白云岩	23.92	4.01	20.40	13.55	2.31	1.06	0.60	0.16	1.61	0.09	0.14	0.32			薛步高(1982)
泥砂质白云岩	28.75	4.42	18.38	13.33	0.47	0.98	0.68	0.21	2.62	0.03	0.22	0.47			王春生(1973)

3. 碳质砂泥质白云岩或白云质碳质板岩组合

属上过渡层产物, 组成复杂的互层带。岩石除主体分别为白云石、泥质外, 并相应含有一定数量的碳质、砂泥质和白云质。

(三) 矿床类型及其特征

东川式铜矿根据其产出部位不同, 可划分出三个亚类, 即底部含藻白云岩铜矿、下过渡层铜矿和上过渡层铜矿。

1. 底部含藻白云岩铜矿

该亚类铜矿亦称马尾丝铜矿, 矿体产于落雪组底部含藻白云岩中。主要分布于东川矿区本部。最具有代表性的, 发育最好的是落雪龙山矿段和汤丹矿段。龙山矿段整个含矿地段总长约1600m。汤丹含矿地段长约4200m。矿体沿含矿带断续分布。

龙山矿段位于落雪沟以东, 南接萝卜地矿段, 北邻老山矿段。矿体总长 570m, 延深 700m 以上。矿体规模大, 品位高。

汤丹矿段位于东川矿区东南部, 在白钨腊、新塘两矿段之间。矿段长约5km, 延伸较稳定。

(1) 矿体形态、产状及规模

本类矿体一般沿层呈层状、似层状及扁豆状产出, 与围岩产状一致 (图 2), 属陡倾斜矿体。矿层一般较稳定, 最大延长达数 km, 延深一般达300m 以上。矿体厚 2~10m, 含铜品位相对较低, 扁豆状矿体规模一般较小, 延长多在 200m 以内, 最厚可达 20m, 含铜品位一般较富。

龙山矿段矿体的形态有层状、似层状、扁豆状、条状等。

汤丹矿段矿体主要为层状、似层状。以 1 号矿体为代表。

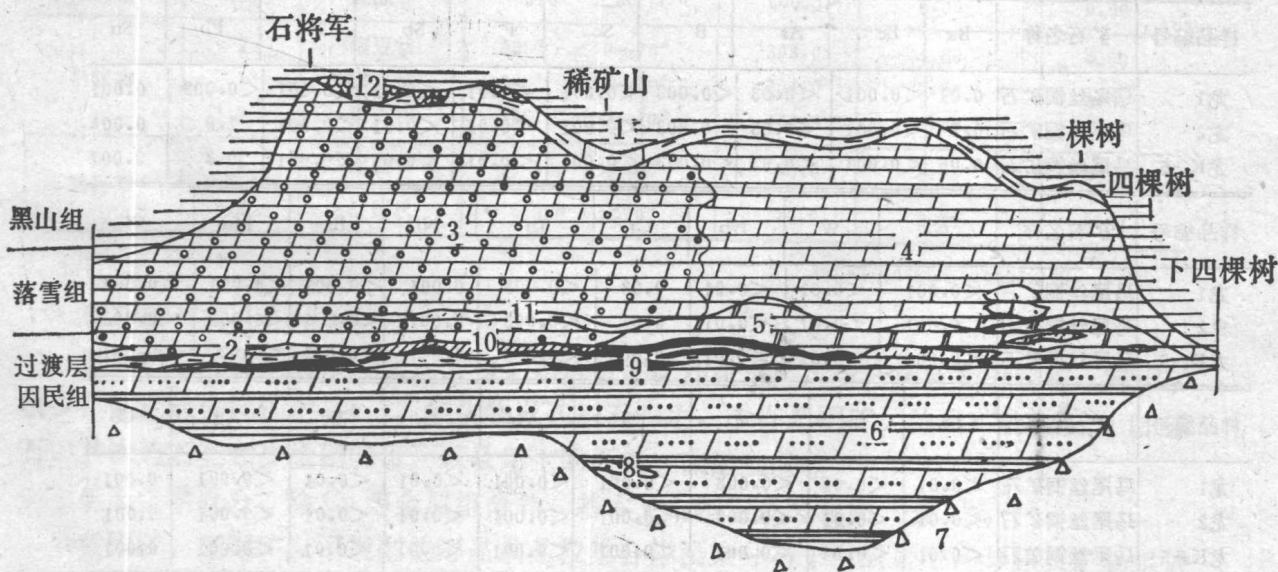


图 2 东川地区地层综合剖面示意图

fig.2 Sketch map of synthetic Columnar section in Dongchuan area

1—黑色碳质板岩; 2—泥砂质白云岩; 3—红色白云岩; 4—青灰色白云岩; 5—黄白色白云岩; 6—紫色板岩与泥砂质白云岩互层; 7—侵入交代复杂角砾岩; 8—稀矿山式铁铜矿; 9—下过渡层铜矿; 10—底部含藻白云岩铜矿; 11—落雪组中泥质白云岩铜矿; 12—上过渡层铜矿

(2) 矿石物质成分和结构构造

龙山、汤丹两矿段组成矿石的金属矿物，主要是斑铜矿、辉铜矿及少量黄铜矿，偶见斜方硫砷铜矿，以及氧化物孔雀石、黑铜矿，偶见自然铜、铜蓝等。脉石矿物主要为白云石，次为石英（有时为钠长石）、方解石、重晶石、电气石和微量有机质等。

斑铜矿、辉铜矿呈他形晶或晶粒集合体充填在白云石、石英粒间，组成镶嵌变晶结构（图版 I，1）。辉铜矿用1:1 HNO₃ 浸蚀后内部显砖状解理。黄铜矿常在斑铜矿中沿一定方向呈细小的叶片状、乳滴状等形成固溶体分离结构。斑铜矿、辉铜矿多沿古藻纹生长线浸染或密集浸染形成马尾丝状、同心圆状、层纹状等构造（图版 I，2—3）。

矿石化学成分，分析结果（表 3）表明，除 Cu、S 含量较高外，均与含藻白云岩成分相当。矿石微量元素经光谱半定量分析结果（表 4），其含量均较低。

表 3 矿石化学分析结果（%）

Table 3 Chemical analyses of the ores from Dongchuan type copper deposits(%)

样品编号	矿石名称	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	TiO ₂	MnO	V ₂ O ₅	灼减	S	Cu
龙1	马尾丝铜矿石	13.38	0.47	2.76	2.25	23.96	14.38	0.26	0.80	0.05	1.79	0.01	33.99	1.21	4.13
龙2	马尾丝铜矿石	35.54	0.70	1.25	0.81	17.68	11.41	0.32	0.40	0.08	0.21	0.01	25.65	0.65	1.88
龙K5-5	马尾丝铜矿石	14.62	0.59	1.25	1.08	24.86	16.49	0.21	0.23	0.04	0.95	0	37.46	0.25	0.83

（测试者：本所化验室）

表 4 矿石光谱半定量分析结果（%）

Table 4 Semiquantitative spectrochemical analyses of the ores from Dongchuan type copper deposits (%)

样品编号	矿石名称	Ba	Be	As	B	Sc	P	Sb	Ge	Pb	Sn
龙1	马尾丝铜矿石	0.01	<0.001	<0.03	<0.003	<0.001	<0.01	<0.01	<0.001	<0.003	0.001
龙2	马尾丝铜矿石	0.3	<0.001	<0.03	0.003	<0.001	<0.01	<0.01	<0.001	1.0	0.001
龙K5-5	马尾丝铜矿石	0.05	<0.001	<0.03	<0.003	<0.001	<0.01	<0.01	<0.001	0.3	0.001

样品编号	矿石名称	Ga	W	Nb	Cr	In	Ni	Bi	Mo	V
龙1	马尾丝铜矿石	<0.001	<0.01	<0.01	0.03	<0.003	0.001	<0.001	<0.001	<0.001
龙2	马尾丝铜矿石	0.001	<0.01	<0.01	0.01	<0.003	0.001	<0.001	<0.001	<0.001
龙K5-5	马尾丝铜矿石	<0.001	<0.01	<0.01	0.003	<0.003	0.001	<0.001	<0.001	<0.001

样品编号	矿石名称	Li	La	Cd	Zr	Yb	Zn	Ti	Ag	Co
龙1	马尾丝铜矿石	<0.01	<0.01	<0.003	<0.001	<0.001	<0.01	<0.01	<0.001	0.001
龙2	马尾丝铜矿石	<0.01	<0.01	<0.003	<0.001	<0.001	<0.01	<0.01	<0.001	0.001
龙K5-5	马尾丝铜矿石	<0.01	<0.01	<0.003	<0.001	<0.001	<0.01	<0.01	<0.001	0.001

（测试者：本所光谱室）

2. 下过渡层铜矿

该亚类铜矿，除形成于东川矿区本部外，在四川通安地区的红旗沟，云南易门铜矿（东矿带），以及罗茨、武定、元江等地均广泛分布。铜矿带的分布，自北向南延伸很远。该

类铜矿虽分布较广,但质量不及前一亚类,品位普遍较低。有的只有经后期构造改造后才被富集成矿。

东川地区,该类铜矿主要发育于因民、落雪、汤丹矿区,次为石将军、白锡腊等地。因民矿区以面山、大劈槽、猴跳崖、磨子山矿段为代表,全区由12个矿段组成,面积约10km²。矿体赋存于下过渡层及因民组顶部黄白色粉砂质泥质白云岩中。猴跳崖、大劈槽—鹦哥架矿段主要产于下过渡层顶部和因民组顶部黄白色粉砂质泥质白云岩内;面山矿段矿体则赋存于下过渡层中部。矿体层位由南向北逐渐增高。汤丹矿区包括汤丹本部和马柱铜两矿段,矿体产于中厚层间夹灰色泥质条带的黄白色泥砂质白云岩中。

四川通安红旗沟矿段(Ⅱ-20矿体),易门铜矿东矿带(铜厂、万宝厂、老厂、七步郎等),元江红龙厂,以及罗茨小新厂等铜矿均属之。

(1) 矿体形态、产状及规模

本类矿体多呈层状、似层状、扁豆状、透镜状产出,与围岩整合(图2)。矿体严格受层位控制。现以因民矿区各矿段矿体产出特征为例列表如下(表5)。

表5 因民矿区各矿段矿体产出特征

Table 5 Occurrence of orebodies in Yinmin mining district

矿段名称	矿体号	形 态	产 状	长度(m)	平均厚度(m)	平均品位(%)
面 山	1	层 状	310—320° ∠50—60°	1900	6.20	0.85
猴跳崖	2	扁豆状	320—340° ∠75°	141.5	3.49	0.78
	5	扁豆状	320—340° ∠75°	100	2.95	1.00
	6	扁豆状	320—340° ∠75°	247.2	6.82	0.97
大劈槽	1	扁豆状	310° ∠60°	300.0	5.00	0.90
稍峡沟	2	扁豆状	335° ∠50—70°	303.0	4.80	0.90
	1	扁豆状	335° ∠50—70°	304.0	1.90	1.07
	3	扁豆状	335° ∠50—70°	160.0	1.00	1.08
鹦哥架	1	似层状	330° ∠70°	90.0	4.98	0.78
	2	似层状	330° ∠70°	70.0	3.80	0.82

(据西南冶金地质勘探公司, 1975)

(2) 矿石成分和结构构造

组成矿石的物质组分,金属矿物主要是黄铜矿和斑铜矿,少许铜蓝和黄铁矿,辉铜矿极少,偶见硫锌锑铜矿(?)。氧化物以孔雀石为主,少许黑铜矿。脉石矿物主要为白云石,其次为石英和少量绢云母,以及后生的石英、碳酸盐等。

矿石化学成分,除Cu等金属组分外,基本上与围岩成分相同(表2)。

黄铜矿、斑铜矿以不规则他形晶或晶粒集合体浸染分布于白云岩中,与脉石矿物组成镶嵌变晶结构,浸染状构造。当硫化物沿层浸染或密集浸染时,形成条带状或韵律带状、条纹状、点线状(图版I, 4—6),以及竹叶状、斜层理,波痕等原生沉积构造。

3. 上过渡层铜矿

主要为分布于四川通安的大箐沟矿段。除此,在东川汤丹矿段、月亮铜、和易门狮子

山、新压，以及元江的铜厂冲等，也有零星分布。

矿体赋存于上过渡层的碳泥质白云岩与含石英粉砂的碳质板岩互层带中。矿体呈层状、似层状、扁豆状，与围岩产状一致。

矿石物质组分，金属矿物主要为黄铜矿，次为斑铜矿，辉铜矿极少。总之，以富含黄铜矿、黄铁矿为特征。并构成沿层的浸染状、点线状、薄层条带状，以及穿层的细脉状构造。

(四) 硫、铅同位素研究

1. 硫同位素组成

东川式铜矿硫同位素已进行了大量的工作，全区测定了44个硫化物矿物，所属层位岩性与矿化情况，从表6、图3中可以看出：

下过渡层铜矿， $\delta^{34}\text{S}$ 从 -0.5‰ 到 13.7‰ ，平均 4.8‰ ，总变化范围较大为 14.2‰ 。

底部含藻白云岩铜矿， $\delta^{34}\text{S}$ 从 4.4‰ 到 6.9‰ ，平均 5.9‰ ，总变化范围为 2.5‰ 。

落雪中部结核状铜矿， $\delta^{34}\text{S}$ 从 9.7‰ 到 16.7‰ ，平均 11.90‰ ，变化范围 7.0‰ 。

上过渡层铜矿， $\delta^{34}\text{S}$ 从 4.3‰ 到 7.4‰ ，平均 4.1‰ ，总变化范围 3.1‰ 。

下过渡层脉状铜矿， $\delta^{34}\text{S}$ 从 -2.0‰ 到 15.2‰ ，平均 7.6‰ ，总变化范围 17.2‰ ；落雪组脉状铜矿， $\delta^{34}\text{S}$ 从 1.7‰ 到 13.1‰ ，平均 6.7‰ ，总变化范围 11.4‰ 。说明脉状矿硫同位素组成与相应层状矿的硫同位素组成基本一致。即脉状矿硫来源于层状矿。

从以上测定可以得出结论：东川式铜矿尽管在沉积成岩后遭受成岩后生和程度不同的期后改造作用，但它的硫同位素组成，在很大程度上仍保持着沉积成因的特征。其 $\delta^{34}\text{S}$ 值以其极大的离散性，不具塔性分布为特点，而与岩浆（热液）型和火山型矿床（接近陨硫硫的硫同位素组成）有着明显的差异。改造后的硫同位素组成基本上继承了沉积成因硫化物硫同位素的特征。这些特点与国内许多沉积型或沉积改造型硫化矿床十分相似。

从以上测定可以得出结论：

东川式铜矿尽管在沉积成岩后遭受成岩后生和程度不同的期后改造作用，但它的硫同位素组成，在很大程度上仍保持着沉积成因的特征。其 $\delta^{34}\text{S}$ 值以其极大的离散性，不具塔性分布为特点，而与岩浆（热液）型和火山型矿床（接近陨硫硫的硫同位素组成）有着明显的差异。改造后的硫同位素组成基本上继承了沉积成因硫化物硫同位素的特征。这些特点与国内许多沉积型或沉积改造型硫化矿床十分相似。

2. 铅同位素组成

对东川式铜矿，重点是对东川地区的含矿岩石和矿石进行了微量铅测定，其结果见表7。

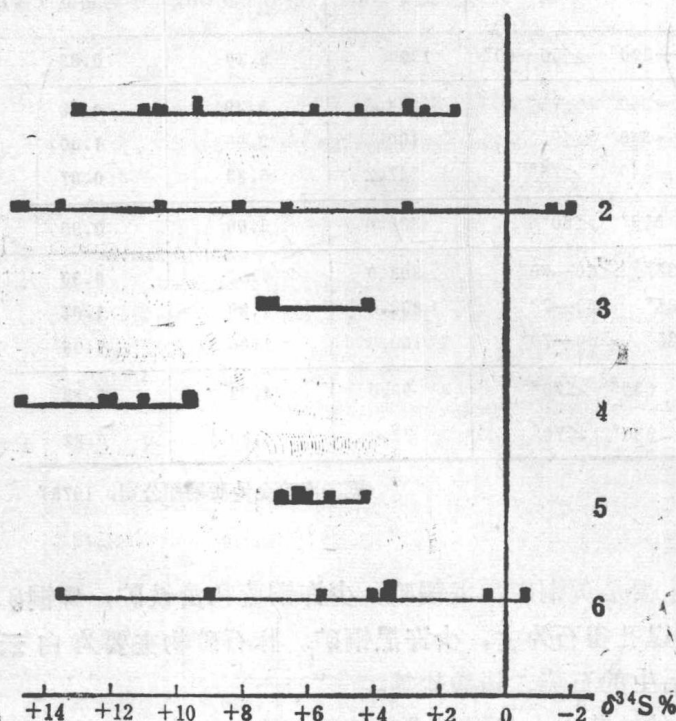


图3 东川式铜矿硫化物的硫同位素组成

Fig. 3 Sulphur isotopic composition of the sulfides from Dongchuan type copper deposits

6—下过渡层铜矿；5—底部含藻白云岩铜矿；4—落雪中部结核状铜矿；3—上过渡层铜矿；2—下过渡层脉状铜矿；1—落雪组脉状铜矿

表 6 东川式铜矿硫同位素测定结果

Table 6 Sulphur isotopic compositions of sulfides from Dongchuan type copper deposits

编 号	测 定 矿 物	$\delta^{34}\text{S}\%$	层位, 岩性与矿化
T31	斑铜矿	5.7	下过渡层底部层状铜矿 (沿层矿化)
L97	辉铜矿	3.5	下过渡层底部层状铜矿 (沿层矿化)
L97	斑铜矿	3.5	下过渡层底部层状铜矿 (沿层矿化)
L98	后生辉铜矿	4.1	下过渡层底部层状铜矿 (沿层矿化)
L98	斑铜矿	3.7	下过渡层底部层状铜矿 (沿层矿化)
L55	原、后生辉铜矿	-0.5	下过渡层下部泥质白云岩 (沿层矿化)
L55	斑铜矿	0.6	下过渡层下部泥质白云岩 (沿层矿化)
L105	后生辉铜矿	13.7	下过渡层上部结核状铜矿
L105	斑铜矿	9.0	下过渡层上部结核状铜矿
T53	斑铜矿	6.4	落雪组底部藻屑白云岩层状矿
L11	斑铜矿	6.2	落雪组底部层状富矿
L14	次生辉铜矿	6.9	落雪组底部藻屑白云岩层状矿
L14	斑铜矿	5.7	落雪组底部藻屑白云岩层状矿
T45-2	斑铜矿	6.5	落雪组底部层状矿
※LK6-5	斑铜矿	4.4	落雪组底部马尾丝铜矿
L17-1	辉铜矿	12.1	落雪组中部白云岩中结核状铜矿
L17-1	斑铜矿	9.7	落雪组中部白云岩中结核状铜矿
L17-2	黄铜矿	12.2	落雪组中部硅质条带内的条带状矿化
L17-2	斑铜矿	11.2	落雪组中部硅质条带内的条带状矿化
L78	辉铜矿	9.7	落雪组中部结核状矿石
L91-1	原生辉铜矿	16.7	落雪组中部结核状矿石
T42-1	黄铁矿	7.1	黑山组底部碳质板岩中结核状铜矿
L86	黄铜矿	7.4	黑山组底部碳质板岩中沿层黄铁矿条带
L25	黄铁矿	4.3	黑山组碳质板岩中结核、团块状黄铁矿
L111	后生辉铜矿	15.2	下过渡层上部网脉、团块状矿
L111	斑铜矿	10.4	下过渡层上部网脉、团块状矿
L113	斑铜矿	14.8	下过渡层上部网脉、团块状矿
T27	斑铜矿	8.1	下过渡层顶部含铜细脉状矿
※yk30-25	黄铜矿	6.7	下过渡层含铜石英碳酸盐脉
※yk14-12	斑铜矿	-2.0	下过渡层含铜碳酸盐脉
※yk30-21	黄铁矿	-1.40	下过渡层含铜碳酸盐脉
※Tk11-12	斑铜矿	13.7	下过渡层脉状矿
L56	后生辉铜矿	3.0	下过渡层中下部辉铜矿脉
T54	斑铜矿	11.0	落雪组底部网状、斑点状矿
T59	斑铜矿	13.1	落雪组上部含铜方解石重晶石脉
T44	黄铜矿	10.8	落雪组底部网状、斑点状矿
L12	斑铜矿	9.4	落雪组底部含富矿的石英白云石脉
T44	斑铜矿	9.4	落雪组底部含斑点状矿的石英白云石脉
T60	黄铜矿	1.7	落雪组上部含斑点状矿石
L71	后生辉铜矿	4.6	落雪组下部含斑点、团块状矿
L71	斑铜矿	2.9	落雪组下部含斑点、团块状矿
L83-3	后生辉铜矿	2.5	落雪组底部含斑点矿的白云石石英脉
L83-2	斑铜矿	2.8	落雪组底部含斑点矿的白云石石英脉
L73	后生辉铜矿	5.9	落雪组下部含斑点团块状矿

※本所张莲英测试

(引自桂林冶金地质研究所资料, 1957),

表 7 东川式铜矿岩石铅矿石铅同位素测试结果

Table 7 Isotopic compositions of the wall rock and ore leads from Dongchuan type copper deposits

样 品 编 号	岩石, 矿物名称	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$
Tk11-10	含藻白云岩	18.155	15.491	37.554
yk30-22	青灰色白云岩	19.284	15.92	38.425
Tk11-11	青灰色白云岩	18.75	15.90	38.43
Tk14-6	青灰色白云岩	20.19	15.97	38.58
Tk11-13	黄白色白云岩	17.461	15.305	37.153
Tk11-14	黄白色白云岩	17.343	15.485	36.992
Tk11-12	粗晶铁白云石	17.229	15.50	36.64
yk14-12	粗晶铁白云石	17.170	15.49	36.77
Tk11-12	斑铜矿	17.977	15.632	38.38
yk30-21	黄铁矿	20.86	16.17	38.25
yk30-25	黄铜矿	18.43	15.757	38.34
Lk6-5	斑铜矿	23.24	15.94	38.54
yzk-11	黄铁矿	18.07	15.59	38.33
yzk-11	黄铁矿	18.38	15.88	38.82

(测试者: 北京核工业部三所)

本区矿石铅、岩石铅同位素组成如下:

岩石铅, $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 从 17.343—20.19, 变化百分数为 16.4%; $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 从 15.305—15.97, 变化百分数为 4.3%; $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 从 36.992—38.58, 变化百分数为 4.3%。

矿石铅, $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 从 17.166—23.24, 变化百分数 35.4%; $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 从 15.49—16.17, 变化百分数为 4.38%; $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 从 36.64—38.82, 变化百分数为 5.95%。

将这些矿石铅、岩石铅样品点投影到 $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 对 $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 座标图上, 即可以清楚地看出, 岩石铅、矿石铅具有良好的线性排列趋势 (图 4a 和 4b), 即 $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 比值随 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 的比值增大而相应发生变化, 说明两者有固定的演化趋势, 其来源是相同的, 演化历史大体相似。

从上述同位素资料来看, 东川式铜矿矿石铅、岩石铅同位素比值变化均较明显, 显然

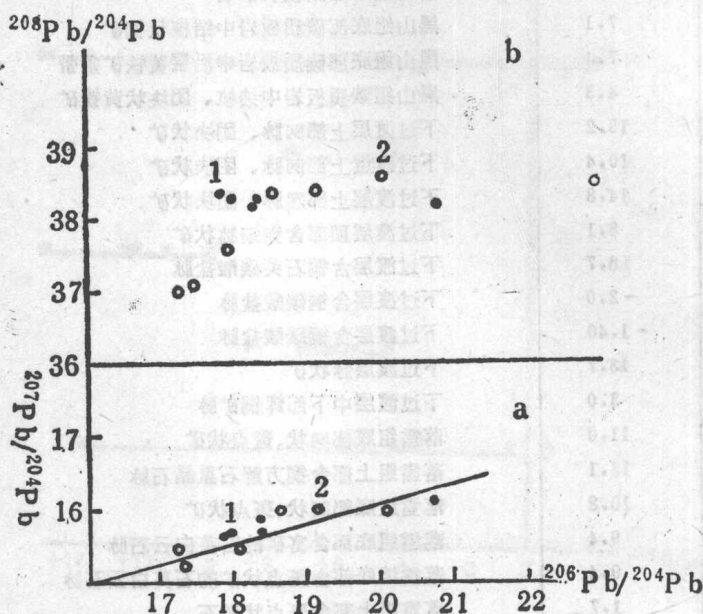


图 4 东川式铜矿铅同位素组成座标图

Fig. 4 $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ and $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ versus $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ of ore lead from Dongchuan copper deposit
1—矿石铅; 2—岩石铅

属于异常铅。这些数据与国内外正常铅矿床实例相比, 如我国南岭及长江中下游一带与燕山期岩浆活动有关的大多数矿床, 它们的矿石铅 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 和 $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 的比值变化百分数只在 1.6% 左右。澳大利亚的卡普顿斯-弗莱特矿床, 美国的克雷德矿床等, 其 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 的比值变化范围为 0.2—0.6%。比较起来, 显然本区的矿石铅、岩石铅同位素变化百分数要大得多。

(五) 矿物包裹体特征

1. 包裹体特征及温度

经测试所见包裹体均主要为液态包体, 气液比为 5—10%, 个别为 15%。包裹体均比较小, 一般为 1—4 μm , 个别 <1 μm 。包裹体形态为椭圆形、多边形及它形等。且含盐度较高。

包体温度, 经 10 个样品所测定的均一温度为 110—250 $^{\circ}\text{C}$, 多数为 200 $^{\circ}\text{C}$ 左右。详见表 8。

表 8 东川式铜矿矿石和岩石包体测定结果

Table 8 Inclusion analyses in the ores and rocks from Dongchuan type copper deposits

编 号	岩石矿石名称	层 位	矿物名称	包体大小 (μm)	包体 类型	气液比 (%)	均一温度 ($^{\circ}\text{C}$)	含盐度 (%)
Tk14-5	含藻泥晶白云岩	落雪组底部	白云石	< 1	液 态	10	214	29
Tk11-15	变泥晶白云岩	下过渡层	石 英	2	液 态	5	200	
Tk11-12	石英斑铜矿石	脉 状	石 英	3	液 态	10	215	
Lk6-6	马尾丝铜矿石	落雪组底部	白云石	1	液 态	5	120	
Lk6-1	条带状石英白云岩	因 民 组	白云石	2	液 态	5	110	21—40
yk14-12	含铜石英白云石脉		石 英	1	液 态	10	200	
yk14-25	白云岩		石 英	4	液 态	5	251	
yk30-5	含石英方解石大理岩		方解石	4	液 态	5	115	
yz-11	泥质白云岩		白云石	1	液 态	15	250	20.5
yz-14	脉状铜矿石			2	液 态	5	115	21.2

(测试者: 本所测温组)

2. 包体成分

选择了能反映东川式铜矿沉积成岩, 并有代表性成岩后生期溶液性质的 10 个岩石样品进行了测试, 其结果从表 9、10 可看出:

(1) 溶液成分以水为主, 其含量占有包裹体总成分的 62.30—84.72%, 平均为 75.5%。据测温资料应属低或中低温热水溶液;

(2) 所有包裹体中均含有一定量的 CO_2 , $\text{H}_2\text{O}/\text{CO}_2$ 比值为 1.88—8.32, 平均为 4.23;

(3) 各类型岩石包体所含气体成分相同, 只是在含量多少上有差异。特别醒目的是样品普遍含甲烷 (CH_4), 尤以汤丹、张口碛为高;

(4) 液体成分中, 除个别出现有 NO_3^- 、 SO_4^{--} 外, 主要是 Na^+ 、 K^+ 、 F^- 、 Cl^- 离子。 Ca^{++} 、 Mg^{++} 由于干扰未作测定;

(5) 成矿介质中总的来说, 阴离子多于阳离子。一般 $\text{K}^+ > \text{Na}^+$, $\text{Cl}^- > \text{F}^-$, 但也有例外。

表 9 东川式铜矿包裹体气相成分分析结果 (mg/kg)
Table 9 Chemical analyses of gaseous inclusion from Dongchuan type copper deposits (mg/kg)

阶段	样品编号	产地	岩石类型	层位	CO ₂	H ₂	O ₂	N ₂	CH ₄	CO	H ₂ O	总量	H ₂ O/ CO ₂	H ₂ O (%) 总量
成 岩 期	汤5-10	汤丹	含囊白云岩	落雪组底部	161.369	0.008	/	20.017	0.118	/	303.426	484.938	1.88	62.3
	面25川-12	面山	含囊白云岩	落雪组底部	1.959	0.041	/	0.332	0.007	/	6.862	9.201	3.50	74.6
	Lk6-2	龙山	白云岩	落雪组	62.758	0.01	/	20.059	0.189	1.701	340.545	425.262	5.43	80.0
	yzk-11	张口洞	白云岩	落雪组	85.256	1.056	/	24.071	2.274	1.361	442.266	556.284	5.19	79.5
成 岩 期	汤D3-2	汤丹	肉色泥质白云岩	下过渡层	53.178	2.447	/	3.603	7.376	2.037	165.518	234.159	3.11	70.7
	面25川-4	面山	肉色泥质条带白云岩	因民组	67.902	0.914	/	7.265	0.114	/	253.613	332.808	3.73	76.2
	老川2-1	老山	紫色钙质板岩	因民组	46.009	0.908	/	8.458	0.114	1.024	173.176	229.689	3.76	75.4
	Tk11-12	汤丹	白云石脉		99.069	1.610	/	10.789	0.339	2.033	403.061	516.901	4.1	77.98
成 岩 后 生	yk14-12	因民	含铁白云石脉		117.328	1.164	/	13.454	0.017	2.074	384.286	518.323	3.28	74.1
	汤采9	汤丹	碳酸盐脉		39.075	1.384	/	13.239	0.852	4.083	325.066	383.70	8.32	84.72

(测试者: 地矿部矿床所包体室)

表 10 东川式铜矿包裹体液相成分分析结果 (μg/10g)
Table 10 Chemical analyses of liquid inclusion from Dongchuan type copper deposits (μg/10g)

阶段	样品编号	产地	岩石类型	层位	Na ⁺	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	F ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	PO ₄ ³⁻	Br ⁻	NO ₃ ⁻
成 岩 期	汤5-10	汤丹	含囊白云岩	落雪组底部	20.20	53.60	/	/	2.52	68.10	/	0	0	0
	面25川-12	面山	含囊白云岩	落雪组底部	35.60	53.60	/	/	110.48	69.32	/	0	0	0
	Lk6-2	龙山	白云岩	落雪组	8.40	24.00	/	/	15.84	25.20	/	0	0	0
	yzk-11	张口洞	白云岩	落雪组	29.00	115.60	/	/	89.10	19.80	/	0	0	0
成 岩 期	汤D3-2	汤丹	肉色泥质白云岩	下过渡层	14.20	30.0	/	/	15.20	77.40	/	0	0	0
	面25川-4	面山	肉色泥质条带白云岩	因民组	12.80	197.20	/	/	15.20	61.80	/	0	0	0
	老川2-1	老山	紫色钙质板岩	因民组	11.33	150.67	/	/	24.00	58.50	/	0	0	0
	Tk11-12	汤丹	白云石脉		95.20	39.00	/	/	7.28	488.00	135.44	0	0	0
成 岩 后 生	yk14-12	因民	含铁白云石脉		79.00	46.60	/	/	4.68	100.80	/	0	0	57.20
	汤采9	汤丹	碳酸盐脉		1.90	24.40	/	/	39.00	9.60	/	0	0	10.23

注: Ca⁺⁺, Mg⁺⁺因干扰大, 未作。

(测试者: 地矿部矿床所包体室)

三、矿床成因探讨

东川式铜矿的成因讨论, 经历了一个较长的阶段。归纳起来, 大体发展演变了以下过程。

在40、50年代, 当时最兴盛的观点是, 认为东川式铜矿的形成与岩浆岩关系密切, 为岩浆热液成因(谢家荣, 1941), 岩浆岩是提供铜质的主要母岩。到60年代初一中全会, 由于在东川地区萝卜地—老背冲和上老龙—牛奶场一带运用地层对比方法找到了新的铜矿基地后, 人们对该类铜矿的成因发生了新的飞跃, 提出了沉积或沉积变质观点(孟宪民, 1960; 龚琳, 1975)为广地质工作者所接受。一直到70年代, 这种观点始终占着统治地位。1975年, 桂林冶金地质研究所提出此类矿床应更名为火山—沉积—浅变质矿床。1984年, 贵州工学院(冉崇英)提出红层汲取—藻控成岩成矿—构造富集的成因模式。作者通过近年来的研究, 认为东川式铜矿的成因应为生物—成岩成矿。本文就此进行探讨。

(一) 地层岩性控制

由因民组、落雪组、黑山组(鹅头厂组)和青龙山组(绿汁江组)组成的中昆阳亚群含矿建造中, 东川式铜矿集中分布在落雪组地层中。南北长约600km的范围内, 凡落雪组地层出露的地段, 一般或多或少都见到有铜的矿化。整个铜矿化带延伸稳定。它不仅仅从空间分布来说连续性较好, 同时, 也是本区铜矿类型中规模最大的铜矿。

在落雪组地层中, 东川式铜矿集中分布在落雪组底部及上、下过渡层中。同一层位中矿化选择性的聚集, 正是说明了铜矿, 除了与叠层石有关外, 还受一定的岩性所控制。

过渡层岩石组成与落雪组不同。除主体成分为白云石外, 还有一定数量的白云母、绢云母、碳质、石英等。据化验资料分析, 除 CaO 、 MgO 外, SiO_2 、 Al_2O_3 、 K_2O 和碳质的含量较高。且 Al_2O_3 、 K_2O 的含量与铜矿化成正消长关系; 如大箐沟铜矿, 当白云岩含碳量在5—15%时, 含矿性最佳。说明岩石所含的碳质、泥砂质对铜矿富集起控制作用。

(二) 铜矿与生物(有机质)关系密切

大量事实表明, 东川式铜矿的富集和分布与落雪白云岩中叠层石有密切的共生关系。铜矿往往有选择叠层石发育的部位富集的明显趋势。凡有叠层石出现的地段, 几乎毫无例外地有铜矿的富集。如落雪矿区龙山矿段由于叠层石层比较厚, 分布很密集且连续性较好, 因此, 马尾丝铜矿也特别发育; 而南面的老山矿段, 由于叠层石少而稀疏, 矿化富集程度和分布的稳定性也相应变差。从区域范围来看, 滇中的罗茨、易门、元江地区和四川通安地区, 虽同样都分布有落雪组的含铜层位, 但由于层状叠层石不发育或发育较差, 其矿化规模和富集程度也相形逊色。

根据包体气相成分分析, 样品普遍含有甲烷(CH_4), 且含量一般相对都较高。推测原始成岩成矿溶液无疑富含有机质。有机质在各种热力作用下的高度不稳定性而易被挥发逸散, 可见, 岩石或矿石在未发生变化之前的含量将会更高。根据有机碳的测定, 凡有不同程度铜矿化的岩石和矿石, 它们的有机碳含量均显著地高于未矿化者^[7]。表明有机碳的含量越接近矿化层位越高, 清楚地显示了有机碳与铜硫化物的富集之间确是有着一定的成因联系。

上述事实说明,叠层石的发育程度和分布连续性、稳定性、很大程度上控制着铜矿在含铜层位中的选择性分布和矿石的富集程度。也就是说,生物及其产物(有机质)在铜矿的沉积-成岩富集过程中曾起着重要的作用。

(三) 含铜层位的地质-地球化学特征

就整个东川式铜矿的产出来看,组成矿体顶、底板的含矿围岩为含藻白云岩、泥砂质白云岩和碳泥质白云岩,而并非是岩浆岩和火山岩。多数矿体附近根本见不到岩体,即便有时见到,也找不到它们之间存在着内在的联系。从微量元素地球化学来看,该岩浆岩中不含矿体中常含有的 Au、Ag、Co、Ge、Mo 等元素。

根据表6—7硫同位素、铅同位素资料,与岩浆(热液)型和火山型矿床相比有着明显的差异,这就排除了东川式铜矿与岩浆岩(包括火山岩)之间的成因联系。包体测温资料表明(表8),与国内层控沉积改造型(铅锌)矿床的成矿温度十分相似。就成矿温度、硫同位素而言,铜矿也不可能属蒸发成岩成矿形成。

(四) 含矿岩系的变质程度和矿石的组构特征

落雪组白云岩、泥砂质白云岩遭受变质作用很浅,或者说,基本上没有遭受变质作用。矿层及上下岩层均不发生同步褶皱和塑性变形。所有岩石结晶颗粒都很细小,呈泥晶-微晶结构和泥状、粉砂结构。矿石除了极个别出现竹叶状、斜层理构造外,很少见到铜硫化物呈碎屑状产出。硫化物经结构浸蚀后也没有发现任何碎屑残留迹象。硫化物在矿石中与脉石矿物共生,组成镶嵌变晶结构,矿物定向排列极不明显。矿石的这种组构特征,说明硫化物不可能形成于沉积阶段,也不可能是变质阶段。因为沉积作用阶段的开放条件和高氧化位势,不利于硫化物的大量形成。只有在相对较封闭的成岩作用条件下,才有利于硫化物的形成。这就排除东川式铜矿沉积或沉积变质成因的可能性。

综上分析,鉴于东川式铜矿带及含矿建造受下昆阳群沉积盆地——裂隙槽控制;矿床有固定的产出层位,地层、岩性、生物控矿明显;矿体呈层状、似层状与围岩产状一致;矿石沉积-成岩特征明显;矿床与岩浆岩(火山岩)无成因联系;沉积阶段铜质虽有预富作用,但铜硫化物定位主要发生在成岩阶段,变质作用影响较小;成矿作用中有机质起了重大作用,等等,因此,该矿床应属于生物-成岩成矿成因。

四、东川式铜矿的成矿作用及形成机理

(一) 铜质来源——矿源层

东川式铜矿的成矿物质来源有两个矿源层,即远源矿源层和近源矿源层。富含铜质的基底变质岩系——云南大红山铜矿的大红山群为远源矿源层;而位于该基底之上的高背景值含铜沉积层——因民紫色层为近源矿源层。与铜矿关系最直接的应是后者。

紫色层成为东川式铜矿含藻白云岩亚型铜矿的矿源层的依据是:

1. 紫色层具有丰富的铜质,其铜的背景值在易门(东带)、东川、通安分别为130ppm、370ppm和1950ppm(杨蔚华等,1984),比铜的克拉克值(0.01%)高出2—4倍,而区内出露的其它地层铜的含量接近克拉克值,表明紫色层为含铜异常层。

2. 矿化与紫色层在空间上的依附性,凡是有紫色层的地方,一般其上覆都有矿体。