

康滇地轴层控铜矿床的成矿机理

国家自然科学基金资助项目

冉崇英 著

地质出版社

157131
024

康滇地轴层控铜矿床的成矿机理

冉 崇 英 著

国家自然科学基金资助项目

地 质 出 版 社

内 容 简 介

本书主要叙述了康滇地轴的东川-易门武层控铜矿床的地质特征、含矿沉积建造、控矿构造、层叠层石相环境与成矿和构造改造成矿；同时论及了碳、氢、氧、硫稳定同位素、微量元素、有机碳和热卤水的地球化学，最后着重探讨了该类型铜矿床的成矿机理。在后记中还增补了地质找矿条件、找矿标志和找矿方向等，书末附了详细的英文摘要。

本书对野外地质工作者、地球化学和矿床研究者以及大专院校师生都有重要的参考价值。

康滇地轴层控铜矿床的成矿机理

冉 崇 英 著

责任编辑 张义勋

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：3.625 字数77,000

1989年1月北京第一版·1989年1月北京第一次印刷

印数：1—1045册 国内定价：1.40元

ISBN 7-116-00410-6/P·355

序

过去一些年以昆明工学院地质系冉崇英教授为首的研究小组,在滇东、川西南一带作了大量有关层控铜矿床的地质研究,并发表了相应的成果。在此基础上冉教授等近年又深入地进行了野外观察和室内分析测试与数据处理工作,获得了不少有关东川式、易门式铜矿床形成机理方面的新成果。稳定同位素的应用,流体包体测温及成分分析,有机质测定及数理统计等,加上野外的详细岩性、岩相观察,使得下列的若干新认识可以立足于较牢靠的基础上。

1. 康滇地轴的两条主干断裂,控制了中元古代藻礁碳酸盐含铜建造的形成和发育。
2. 层状矿受地层、岩相、岩性控制,而脉状矿主要受断裂控制。
3. 层控铜矿床的矿源层包括了含矿地层本身,也包括下覆地层。部分成矿物质如Bi、Pb、Zn等还可能来自深部。
4. 成矿流体具热卤水性质。
5. 有机质对成矿起了重要作用。

元古界中的找矿及层控铜矿床研究,在我国目前是个薄弱环节,冉崇英等同志的贡献正在于他们在需要深入研究的领域中下了功夫,作出了成绩。

祝愿这本专著的出版将进一步推动我国层控矿床及铜矿床科研事业的发展。

涂光炽

1988,8,2

目 录

前言.....	1
第一章 含矿沉积建造.....	2
第二章 矿床类型.....	7
第三章 藻叠层石相环境与成矿.....	10
第四章 矿源层.....	13
第五章 常量与微量元素地球化学.....	24
第六章 有机碳与成矿.....	30
第七章 稳定同位素地球化学.....	33
第八章 矿物包裹体与热卤水成矿.....	36
第九章 构造改造成矿.....	39
第十章 成矿机理探讨.....	42
后记.....	44
参考文献.....	45
图版.....	46
英文摘要.....	48

Contents

Preface	1
Chapter 1 Ore-bearing Sedimentary Formation	2
Chapter 2 Classes of Ore Deposits	7
Chapter 3 Environment Facies of Algal Stromatolites and Their Relation with Mineralization	10
Chapter 4 Source Beds	13
Chapter 5 Geochemistry of Rock-forming and Tracing Elements	24
Chapter 6 Organic Carbon and its Relation with Mineralization	30
Chapter 7 Geochemistry of Stable Isotope	33
Chapter 8 Mineral Inclusions and Hot Brine Mineralization	36
Chapter 9 Tectonism and its Relation with Transformed Mineralization	39
Chapter 10 Discussion on Formation Mechanism of Dongchuan-Yimen Type Copper Deposits	42
Postscript	44
References	45
English Abstract	46
Plates	48

前 言

层控矿床是当今矿床学分支的新兴学科。东川-易门式铜矿是我国著名的层控矿床之一。半个世纪以来，孟宪民等老一辈地质学家和新中国宏大的地质队伍对东川式铜矿的普查勘探与研究作出了重大的贡献，成绩斐然。然而其矿床成因观点仍众说纷纭（先后有岩浆期后热液说、沉积变质说、火山沉积变质说、萨勃哈成岩成矿说、红层汲取-藻控成岩成矿-构造富集成矿模式等）。研究程度未达到现代水平，特别是微观地球化学数据缺乏，显得成因论述空泛。因此，随着现代科学技术的迅猛发展及测试技术手段的日新月异，继续加深其成矿机制的研究，这对于提高我国典型矿床的研究程度，充实研究实例，丰富层控成矿理论具有重要理论意义与学术价值，同时也为扩大生产矿山资源，探索新的找矿方向、前提与标志有一定的指导作用。

自1983年初接受中国科学院科学基金资助，“康滇地轴层控铜矿的成矿机理研究及数理统计分析”（批准文号：82科基金地准字第501号）以来，我们着重对康滇地轴昆阳群中东川-易门式铜矿（其中又重点解剖东川落雪与因民矿床、易门狮山与凤山矿床，也涉及七步郎等矿床）成矿机理的若干问题进行了研究。即：成矿的沉积构造背景，层状与脉状两类矿床（矿体）的特征与联系，矿质来源与演化，含矿流体性状，藻叠层石相环境与成矿，有机碳与成矿，构造改造作用，地球化学及成矿机理。除重视矿床（矿体）地质结构研究、沉积岩相建造分析、构造观测外，还特别加强了微观O、H、S、C稳定同位素组成、矿物包裹体特征、微量元素组合、有机碳与成矿关系等方面的研究。通过这些综合研究（工作量见附表）及数理统计分析，取得了一批新的可靠数据、资料和定量指标，它为编写本书提供了有力的依据。

参加本项目工作或部分工作的有冉崇英、张智筠、胡继祖、高建国、黄美方、刘卫华、王林江以及欧阳嫔嫔、李成明、冯森林、徐勇等。本书由冉崇英执笔，其中引用了上述同志的论文或毕业论文中的某些资料。

在本书编写中，还参考了我组多年来的研究成果以及中国有色金属工业总公司西南地质勘探公司313、314地质队、研究所及易门、东川两矿务局的有关地质资料，同时还得到有关的局（司）、队、所、矿单位和个人的大力支持与帮助，秦淑德同志绘制了图件，谨此一并致谢！

在此，作者要特别感谢中国科学院学部委员、地学部主任、地球化学研究所名誉所长涂光炽教授对本研究项目的指导与关切，并为拙著作序。序文是对作者的莫大鼓舞与有力鞭策。

第一章 含矿沉积建造

康滇地轴呈南北向带状分布，在云南段，西以元谋绿汁江断裂（图1.1，I），东以小江断裂（图1.1，IV）为界，控制着昆阳冒地槽的沉积与展布。其间I—II断裂与II—III断裂分别控制昆阳群中亚群与下亚群的沉积与铜铁矿产。I—IV四条主干断裂带是古老的（太古代？）而又是长期活动的。海槽内二级槽盆的边缘断裂I与II的活动性对东川—易门式铜矿的形成有着重要影响。昆阳群是由变质轻微的砂板岩、白云岩、灰岩组成。董申葆教授（1985）认为，它是热能分布均匀、放射性热源单相变质的区域低温动力变质作用类型，低绿片岩相（千枚岩型）。

东川—易门式铜矿指的是产于康滇地轴南段中昆阳亚群藻礁碳酸盐含铜建造中的铜矿。矿床分布广泛，北起四川通安，南达云南元江（见图1.1，1.2，1.3），成多层产出，产状多样。

东川—易门式铜矿指的是产于康滇地轴南段中昆阳亚群藻礁碳酸盐含铜建造中的铜矿。矿床分布广泛，北起四川通安，南达云南元江（见图1.1，1.2，1.3），成多层产出，产状多样。

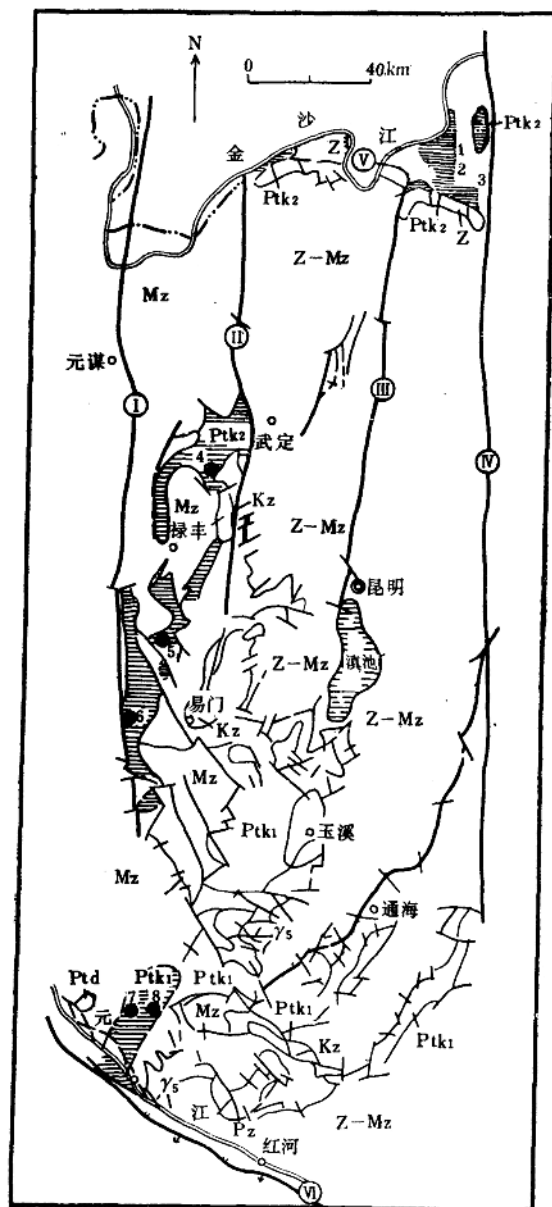


图 1.1 康滇地轴云南段地质构造略图
(据任祖传简化)

Kz—新生界，Mz—中生界，Pz—古生界；
Z—震旦系；PtR₃—昆阳群上亚群；
PtR₂—昆阳群中亚群；PtR₁—昆阳群下亚群；
Ptd—大红山群；Ys—燕山期花岗岩；
I—元谋绿汁江断裂；II—汤郎易门断裂；
III—普渡河滇池断裂；IV—小江断裂；V—
洪门厂宝台厂断裂；VI—红河断裂；•为
主要铜矿床，1—8依次为：因民、落雪、汤
丹、大英厂、狮子山、凤山、鸡冠山、红龙厂

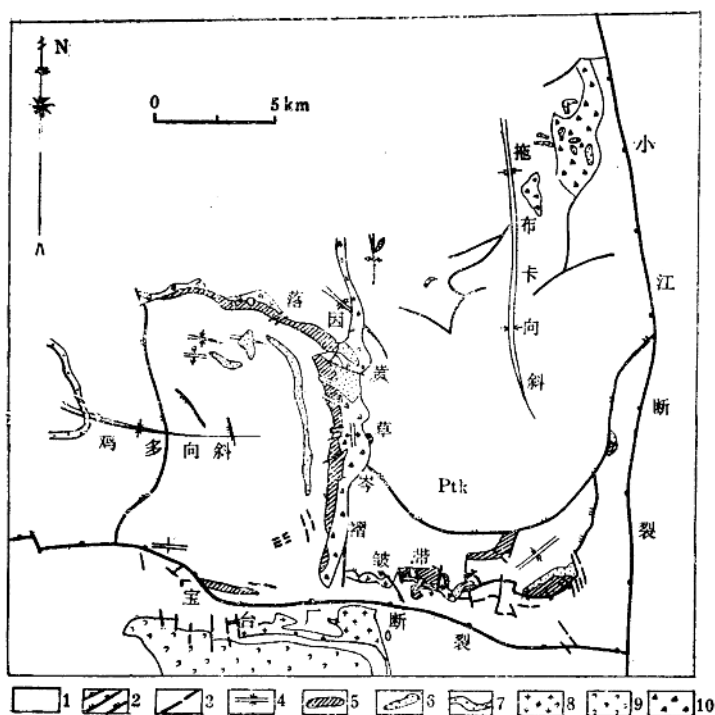


图 1.2 东川铜矿区域地质略图

(据东川地质勘探队, 1973)

1—昆阳群; 2—一、二、三级逆断层; 3—正断层; 4—褶皱轴; 5—含矿地层; 6—晋宁期侵入岩; 7—早期中-基性喷出岩; 8—华力西期侵入岩; 9—二叠纪玄武岩; 10—破碎带

康滇地轴昆阳群地层划分颇有争议。我们充分考虑到地槽(实具冒地槽特征)的整个构造沉积发展历史,把分布于地轴西部变质较深的河口组(相当于图1.1中的大红山群)置于最下部,其上的轻微变质岩(低绿片岩相)分上、中、下三个亚群(图1.1)。每个亚群各分四个组(表1.1, 冉崇英, 1983)。从表1.1看出:地槽早期发育的细碧角斑岩系带来了大红山式铜铁矿床。地槽中期下降(下四组)和晚期下降回返上升(上四组)时期沉积了陆屑含铁建造;而地槽下降的极盛时期(中四组),大规模海侵则沉积了藻礁碳酸盐含铜建造,其中又分两个次级海进旋迴(因民组至黑山组;绿汁江组狮山段至凤山段),带来了几层层状铜矿和一个含脉状铜矿的岩层,即特定的沉积建造,沉积旋迴与地层层位决定了铜矿床多层产出的时控与层控性质。表1.1中,落雪式及狮山式层状铜矿主要产于落雪组下部藻层与底部过渡层以及绿汁江组的黑色层与过渡层。然而并非这些层位普遍含矿,这就涉及岩相、岩性是否有利。

据岩石的成分、颜色、结构、构造,特别是藻叠层石特征,将易门地区昆阳群地层的岩相划分如表1.2。表中概述了各层的主要相标志及相带名称。下昆阳群的黑山头组(*h*)、大龙口组(*d*)及美觉组(*m*)是以青灰色、灰绿色薄至中厚层细碎屑岩为主,水平层理

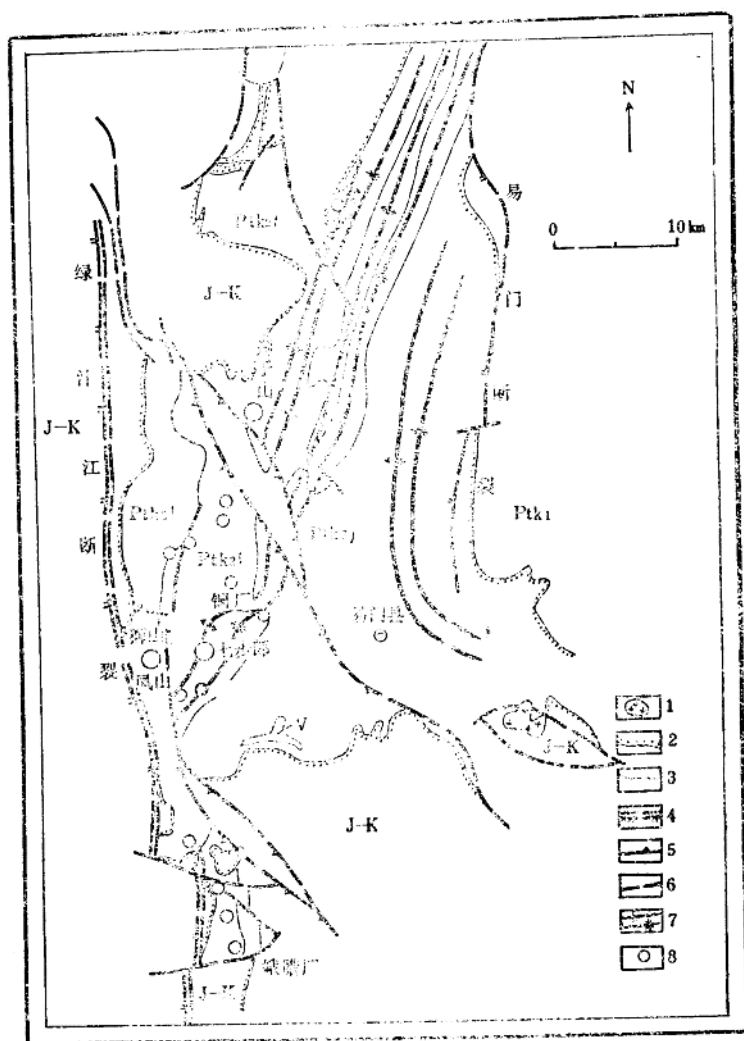


图 1.3 易门铜矿区域地质略图

(据易门地质勘探队, 1973)

Ptk₁—下昆阳群; PtR_{2j}—军哨组; PtR_{2f}—铜厂组; PtR_{2l}—绿汁江组; J-K—侏罗-白垩系, 黄色云母砂页岩夹煤层; V—火山岩; 1—花岗岩; 2—不整合面; 3—地层界线; 4—压性断裂; 5—扭性断裂; 6—性质不明的断裂; 7—背、向斜轴; 8—铜产地

发育, 中部大龙口组白云岩含柱状叠层石, 显示主要是藻礁至前缘斜坡相, 局部跨入盆地边缘泥岩相。中昆阳群出现两个沉积旋回, 第一旋回因民组 (Y)、落雪组 (L) 至鹤头厂组 (C) 是从陆缘海岸碎屑岩相 (y₁₋₂), 紫色砂页岩, 斜层理发育) 到混合坪相、泻湖海湾相、浅滩-礁相、前缘斜坡相、槽盆边缘白云岩泥岩相、陆棚泥岩相到较深水的槽盆软泥岩相 (e₃ 灰绿色薄层板岩, 直线水平层理), 再水退至槽盆边缘碳酸盐岩相, 而后沉积间断; 第二旋回发生于绿汁江组本身, 从 l₂₁ 的陆缘海岸红色碎屑岩相、砂质白云岩混

表 1.1 康滇地轴前寒武系综合地层及含矿沉积建造表
(据冉崇英, 1983)

界群	组	厚度(m)	岩性特征	含矿沉积建造	地槽发展阶段	矿床类型	含铜层位
上震旦系 元古界昆阳群(会理群)	澄江组 (或灯影组)			磨拉石含铁建造	回返上升	沉积铁矿	
	上四组	>3419	砂岩板岩为主夹灰岩、安山岩, 底部有砾岩	晋宁运动 上陆屑含铁建造	晚期下降回返上升	沉积及沉积变质铁矿	
	中四组	132—3035	上部硅质条带白云岩含燧石, 灰岩 下部炭泥质、凝灰质白云岩, 沉凝灰岩	滇越碳酸盐 含铜建造	中 期 下	凤山式脉型铜矿 独山式层状铜矿	主要的 主要的
			上部青灰色薄层灰岩, 黑色板岩 中部灰绿、黄绿色粉砂质条带板岩夹薄层白云岩 下部黑色板岩夹白云岩、沉凝灰岩			大菁沟式层状铜矿	次要的
		40—500	含藻白云岩、泥砂质白云岩夹薄层板岩			落雪式层状铜矿	主要的
		20—1300	紫色板岩白云岩及砂板岩韵律层, 底部有角砾岩			稀矿山式层状铜铁矿 沉积变质热液铁矿	次要的
	下四组	>7525	砂岩板岩为主夹灰岩、火山岩	东川运动(?) 下陆屑含铁建造	降	沉积及沉积变质热液铁矿	
	河口组	>1250		东川运动早期(?) 细碧角闪岩系 含铜铁建造	早期下降	大红山式火山岩型铜铁矿床	

表 1.2 易门地区昆阳群地层岩相表
(据胡继祖等, 1984)

亚群	组	分 层	厚 (M) 度	主 要 相 标 志	相 带 名 称
中 昆 阳 亚 群	绿汁江组	$I_{2\frac{1}{2}}^{-7}$	790	波状层理, 柱状叠层石, 竹叶状灰岩夹炭泥质层	浅滩碳酸盐岩相
		$I_{2\frac{1}{2}}^{\frac{1}{2}}$	800	柱状层状叠层石, 藻屑、藻礁、同生角砾白云岩, 波痕	藻礁相到前沿斜坡白云岩相
		$I_{2\frac{1}{2}}^{-②}$	300	波状层理, 同生角砾	浅滩碳酸盐岩相
		$I_{2\frac{1}{2}}^{\frac{1}{2}}$	94	炭泥质板岩, 水平层理	泻湖炭泥质白云岩相
		$I_{2\frac{1}{2}}^{\frac{1}{2}}$	66	泥砂质白云岩、分选差	砂泥质白云岩混合坪相
		$I_{2\frac{1}{2}}^{\frac{1}{2}}$	120	紫灰色白云岩、板岩互层, 粒序层理、印模	陆缘海岸红色碎屑岩相
	鹅头厂组	e_3	111	薄层灰岩夹泥质膜式薄层	槽盆边缘碳酸盐岩相
		e_4	116	黑灰色板岩、水平层理	陆棚炭泥质岩相
		e_3	700	灰绿色板岩, 直线水平层理	槽盆软泥岩相
		e_2	590	水平波状层理、小斜层理夹砂质纹层	陆棚泥岩相
		e_1	132	黑色炭质板岩、夹白云岩, 水平层理	槽盆边缘白云岩泥岩相
	落雪组	l_2	152	青灰色白云岩, 柱状叠层石为主	藻礁到前沿斜坡相
		l_1	76	灰白色白云岩, 含波状层理, 柱状叠层石	浅滩到礁相
	因民组	y_4	30	黑色炭泥质白云岩	泻湖海湾相
		y_3	60	泥砂质白云岩、有波痕, 透镜状层理	混合坪相
		y_{1-2}	800	灰紫色粒序层理, 有波痕, 斜层理水下斜坡	陆缘海岸红色碎屑岩相
下 昆 阳 亚 群	美党组	m_4	720	灰绿色板岩具水平层理	前缘斜坡泥岩相
		m_3	494	厚层白云岩含柱状叠层石	藻礁到前沿斜坡白云岩相
		m_2	1326	细粒石英砂岩夹板岩、水平层理、透镜状层理	盆地边缘细屑碎岩相
		m_1	256	灰色板岩夹石灰岩、有叠层石	前缘斜坡泥岩灰岩相
	大龙口组	d_7	108	微薄层灰岩夹板岩、水平层理	前缘斜坡到盆地边缘灰岩泥岩相
		d_{5-6}	474	厚层白云岩含柱状叠层石与蠕条豹皮灰岩	礁相到前缘斜坡碳酸盐岩相
		d_{1-4}	1876	青灰色白云岩夹板岩, 透镜状层理	前缘斜坡白云岩相
	黑山头组	h_2	555	灰色板岩夹粉砂岩、水平层理	盆地边缘泥岩相
		h_1	7500	灰色细粒石英砂岩, 分选性好	前缘斜坡碎屑岩相

合坪相 ($I_{2\frac{1}{2}}^{\frac{1}{2}}$)、泻湖炭泥质白云岩相 ($I_{2\frac{1}{2}}^{\frac{1}{2}}$)、浅滩碳酸盐岩相 ($I_{2\frac{1}{2}}^{-②}$) 水进至藻礁相到前沿斜坡白云岩相 ($I_{2\frac{1}{2}}^{\frac{1}{2}}$, 柱状叠层石发育, 有藻屑、藻礁、同生角砾岩、波痕), 而后海水退回至浅滩碳酸盐岩相 (含竹叶状灰岩、波状层理)。

值得注意的是主要铜矿层正好产于两个次级旋回的礁后泻湖—海湾边缘至潮坪的砂泥质夹炭质薄膜的条带状白云岩中, 其次是在礁前槽盆边缘黑色炭质板岩白云岩中, 再就是下部藻礁层 (落雪、因民、汤丹、铜厂等矿床)。前两相带是铜的沉积水盆, 成岩时就地储矿, 后者是铜质经成岩转移而储矿。有机碳质在沉积成岩直至后生改造中对成矿都起着积极的作用。所以, 不纯白云岩或白云岩含炭泥质夹层乃是好的储矿层。脉状矿体也是以白云岩为有利的赋矿岩性。显然这些岩性组合是受岩相环境制约的。至于藻礁的环境意义及其控矿问题, 容后再详细论述。

第二章 矿床类型

东川-易门式铜矿分层状及脉状两类矿床或矿体,兹分述其特征与控矿地质条件。

一、层状矿床

层状(似层状)矿床多层位产出(见表1.1),最主要的为落雪式及狮子山式。落雪式产于落雪组底部过渡层砂泥质白云岩及下部含藻白云岩中(图3.2),其岩相属潮坪海湾相,代表性矿床有云南东川落雪、因民、汤丹、易门铜厂、七步郎、狮子山、里士、四川双凤山等。矿体呈层状或似层状与岩层整合产出,矿床分布广、规模大,而品位不高。矿石构造呈层纹状、马尾丝状、断线状或结核状(图版I, 6—8),硫化铜矿物以胶结物方式出现于白云石晶间间隙中,主要是成岩期生成(图版II, 14)。成矿时有热卤水参与,盐度为14—17wt%, NaCl子晶者达26.3wt%, 卤水含 K^+ 、 Na^+ 、 F^- 、 Cl^- 和 SO_4^{2-} 。 SO_4^{2-}/Cl^- 比值1.67—2.25,属硫酸—氯化钠型,均一温度多在100—200℃,包裹体小(<1 或 $3\mu m$),量不等,以纯液体型为主(占50—90%),脉石矿物白云石的 $\delta^{13}C$ (PDB)为+0.29‰。具海水碳酸盐特征, δD_{H_2O} (SMOW)为-59.7—-83.7‰, $\delta^{18}O_{H_2O}$ (SMOW)为6.43—6.53‰,可能是建造水。 $\delta^{34}S$ 为-10—+16.7‰, S源是海水硫酸盐的细菌还原。矿石有机碳含量0.16—0.28%,容矿岩石(过渡层及落雪白云岩)的有机碳为0.01—0.07%,反映有机质在成矿过程中起了重要作用。矿石含微量元素有: Ba (1976ppm)、Cr (4.7)、Pb (50.5)、Ga (4.6)、Ni (11.4)、Bi (188.9)、Mo (18.9)、Sn (30.6)、V (18.4)、Ag (>81.6)、Co (10.7)、Sr (9.8)、Ti (386)、Y (2.4),而不含B、Nb、La,所含元素大部分来自容岩及下伏矿源层,但矿石与围岩比较, Cu、Pb、Bi、Sn、Ag有明显的富集,而V、Ti、Y、Sr、B、Nb、La则明显减少以至缺失。

狮子山式铜矿层产于狮子山段过渡层灰绿色泥砂质白云岩及黑色层炭泥砂质白云岩中,其岩相属潮坪泻湖相。矿体亦呈层状或似层状与岩层整合产出(图2.1)。矿石构造呈层纹状、条带状、细浸染状或结核状,沿层定向排列(图版I, 5; 图版II, 9、10、13)。矿体成岩期生成,有轻微改造。脉石(白云石)包裹体均一温度(众值)为100—200℃,盐度20.5wt%,以纯液体为主(占70%),个体小(2— $3\mu m$),数量较多,亦含 K^+ 、 Na^+ 、 F^- 、 Cl^- 、 SO_4^{2-} 等, SO_4^{2-}/Cl^- 比值0.4—0.71,属硫酸—氯化钠型,脉石的 $\delta^{13}C$ (PDB)‰为-2.79, C来自海相碳酸盐, $\delta^{18}O_{H_2O}$ (SMOW)=5.31‰,可能是建造水。 $\delta^{34}S$ 为-4.5—+14.9‰,硫源为海水 SO_4^{2-} 的细菌还原,矿石含有机碳0.11—2.06%(平均0.66%),含微量元素有Ba (103ppm)、Pb (195)、Ga (42.8)、Ni (91.94)、Bi (35.1)、Nb (8.09)、Mo (39.6)、Sn (73)、V (42.9)、Ag (9.65)、Co (>44.4)、Sr (50)、Y (9.6)、Ti (1231),主要来自围岩。矿石与围岩相比, Cu、Bi、Ag、Sn明显增加,而Ba、Sr、V、La、Ti、B、Cr则显然减少,以至缺失,其余含量变化不大。

总之,层状矿中的Cu及其他微量元素来自围岩(紫色层为主,也包括过渡层及炭质

白云岩)。其中一部分矿质由于岩石水下风化, 带入海湾—潮坪, 海解汲取出来, 一部分由热卤水从岩石中萃取出来, 成岩过程中, 在有机质的参与下, 或就地或转移至藻礁中, 与硫结合而形成金属硫化物。它的控矿地质条件是矿源层、有利的储矿层 (不纯白云岩或白云岩夹炭泥质夹层), 受地层岩相、岩性控制。

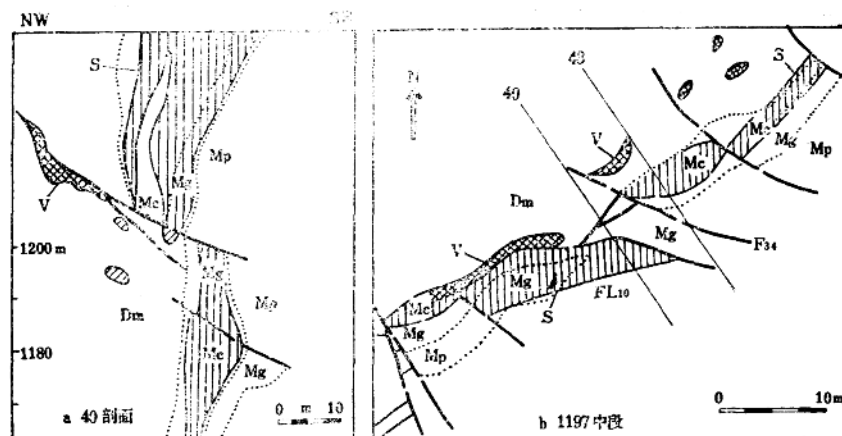


图 2.1 狮山层状矿体与脉状矿体分布关系

Mp—紫色层; Mg—浅色层; Mc—黑色层; Dm—青灰色白云岩; FL₁₀—压性断层; F₃₄—压扭性断层; S—层状矿体; V—脉状矿体

二、脉状矿床或矿体

脉状矿体常分布于层状矿体的上盘白云岩中 (如汤丹、狮山), 或在层状矿的上部地层构成独立的脉型矿床 (如凤山式, 图2.2)。矿体一般沿断裂构造切层产出, 矿石呈斑点状、碎斑状、角砾状、团块状或脉状 (图版 II, 11, 12)。铜矿物结晶粗大, 发生广泛的重熔与交代现象, 与白云石脉、石英脉共生。常构成脉状、囊状等富矿体或使贫矿层富化, 形态变得复杂。金属硫化物的 $\delta^{34}\text{S}$ 值为 $-1.5 \sim +19.5\%$, 值域略变窄, 有一定均一化。它们与层状铜矿的矿物组成相同, 微量元素组合基本一致。脉石矿物包裹体大量出现, 个体变大 (3—10, 甚至20 μm), 类型增多, 纯液体型及液体型为主, 还见气体型, 含 NaCl、KCl 子晶型, 含 CO_2 , 含有机物包裹体。盐度 10—18wt% (NaCl 子晶 > 34wt%), 均一温度一般为 $150^\circ\text{C} \sim 280^\circ\text{C}$ (290°C), 仅狮山弱改造矿床较低, 为 $150 \sim 160^\circ\text{C}$ 。包裹体所含组份也为 K^+ 、 Na^+ 、 F^- 、 Cl^- 、 SO_4^{2-} 等, 属硫酸—氯化钠型, 其 $\text{SO}_4^{2-}/\text{Cl}^-$ 比、 Na^+/K^+ 比、pH 值较之成岩层状矿床一般有所升高, 而 $\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ 比多有所降低。脉石的 $\delta^{13}\text{C}$ (PDB) 为 $-1.64 \sim -0.16\%$ (均值), 示海相碳酸盐碳源, $\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}$ (SMOW): $0.86 \sim 8.95\%$, $\delta\text{D}_{\text{H}_2\text{O}}$ (SMOW) $-46.7 \sim -61.3\%$, 表明成矿流体中的 H_2O 可能也是建造水性质。微量元素组合基本上与层状矿的相同, 但 Mo、Sn、Pb、Zn 富集倍数更高, Ag、Ga、Bi 仍然富集。

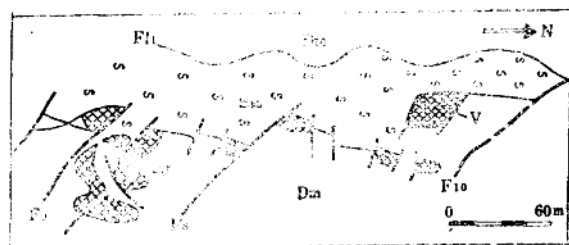


图 3.2 凤山脉型铜矿与构造关系

Dm—白云岩; Skh—穿刺体; E₁—横斜断层; F₁—纵断层; V—矿体

从矿体空间分布, 矿物组成, 微量元素组合, 同位素组成特性, 充分证明脉状矿的成矿物质来源于层状矿及其矿源层。属典型的成岩—改造矿床。它的生成条件是矿源层、储矿层加构造, 三者缺一不可。有关的紫色穿刺体及构造角砾岩是良好的找矿标志。

第三章 藻叠层石相环境与成矿

昆阳群中藻叠层石分布层位广泛。与铜矿关系最密切的首推落雪组中的藻叠层石，兹以东川地区为例分析其环境意义及其与铜矿的关系。

云南东川昆阳群落雪组中的藻叠层石按其总的立体形态可分为层状、柱状和球状三大类，各类再依据其形态变化细节又分为若干型（图3.1）。

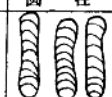
类		型						
层 状 叠层石类	层纹型	波 型				弧 型	箱 型	
		不规则波	规 则 波		非继承波			继承波
			不对称波	对 称 波				
								
柱 状 叠层石类	合并柱型	分叉柱型	合并分叉柱型	柱 型				
				不规则柱	规 则 柱			
					扁 柱	圆 柱		
								
球 状 叠层石类	凝块型	瘤 型	球 型					
			圆 球		椭 球			
			正心圆球	偏心圆球	正心椭圆	偏心椭圆		
								

图 3.1 藻叠层石类型

一些研究者认为藻叠层石的形态变化与水动力条件密切相关，即其形态类别具有指示沉积相环境的意义。根据东川落雪组的沉积特征，笔者对藻叠层石的形成环境有如下认识：层纹型通常形成于闭塞的潮间带上部且延伸至潮上带碳酸盐泥坪。本区一部分层纹型叠层石产于红色白云岩中，并见石膏晶体伴生，显示是超咸化水域，有暴露标志。波型发育于潮间带上部碳酸盐泥坪，特别是在波浪作用微弱有障壁的闭塞海湾地带。不对称波示水流作用缓慢。弧型与箱型多形成于极浅水到间歇暴露环境，潮汐对藻叠层石层纹有不同程度的冲刷与分割。分叉或合并的柱型，通常发育于下潮间低凹润湿处或间歇暴露的藻坪；简单的柱型常形成于海水动荡环境。区内这几种柱型产于青灰色厚层白云岩中，岩石含藻屑与砾屑，显示出下潮间至潮下带动荡水体的特征。扁柱的轴向与潮流运动有关，基本层纹的弓高与波浪作用强弱成正比。凝块型分布领域广泛，见于厚层碳质白云岩中，反映潮下静水环境。瘤型形成于潮下海水频繁动荡地区。球型形成于下潮间至潮下带海水强烈动荡环

境。其中圆球代表的水体比椭球的更为动荡，偏心圆示水体动荡频繁，正心圆示水体连续动荡。

东川落雪组中藻叠层石的分布与发育特征是：下部主要为层状类，中部为柱状与层状类交替，上部为球状类、中小柱夹层纹型，顶部又为层纹型，反映其沉积为自上潮间相到下潮间至潮下相的海进序列（图3.2）。同一地层单位内，垂直于滨岸线方向，由潮上、潮间到潮下带叠层石组合的递变与其在地层剖面上的演化是一致的。平行滨岸线方向，相同的岩相带内，大致有相同的叠层石类型组合。

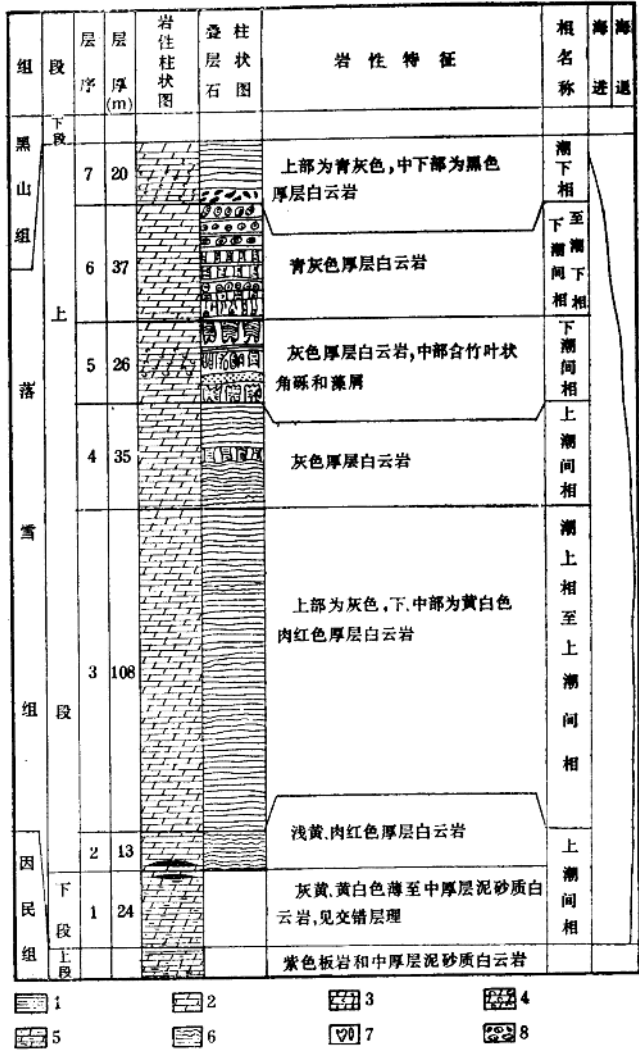


图 3.2 因民地区落雪组岩相柱状图

1—板岩; 2—白云岩; 3—炭质白云岩; 4—竹叶状白云岩; 5—泥砂质白云岩; 6—层状叠层石; 7—柱状叠层石; 8—球状叠层石