

# 滇西大平掌铜多金属矿床火山喷流沉积成因

李 峰<sup>1</sup>, 张富良<sup>2</sup>

(1. 昆明理工大学, 昆明 650093; 2. 云南地勘局第五地质大队, 思茅 665000)

[摘 要] 大平掌矿床由上部层状块状硫化物矿体和下部细脉浸染状矿体组成, 双层结构清楚。块状矿体中发育典型的草莓状和鲕状硫化物。成矿地质背景和矿石中的金属元素及 REE 配分形式、S 同位素组成、流体包裹体特征等均与黑矿型矿床及现代海底热液活动区硫化物矿床相似。矿床属典型的火山喷流沉积成因。

[关键词] 滇西大平掌 喷流沉积型矿床 矿床结构 成因

[中图分类号] P618.41 [文献标识码] A [文章编号] 0495-5331(2001)04-0005-04

大平掌大型铜多金属矿床是近年“三江”地区找铜的一大突破, 倍受关注。作者在矿床地质、地球化学研究的基础上, 认为它是滇西典型的管道式火山喷流沉积矿床。

## 1 矿区地质背景

矿床地处思茅市竹林乡, 构造上位于兰坪—思茅盆地南段西缘, 是南澜沧江铜多金属成矿带的一部分, 形成于古特提斯的岛弧环境, 夹持于北西向区域性酒房断裂和李子菁断裂之间。矿区出露地层为龙洞河组上段( $C_3l^1$ )和下坡头组( $T_2x$ )。龙洞河组上段( $C_3l^1$ )主要为一套分异良好的基性—中酸性—酸性火山岩系, 其中部的( $C_3l^{2-2}$ )角砾状流纹岩及其顶部的硅质岩、沉凝灰岩为含矿层。

矿区总体为向东缓倾的单斜构造, 北西向断裂尤为发育, 次为北东向和近南北向断裂, 它们多切错矿体。如矿区中部的北西向断裂为一由东向西的推覆构造(图 1), 可见英安岩(原定英安斑岩)推覆于块状矿体之上, 并破坏矿体。

矿区西南部出露北西向花岗闪长斑岩体, K-Ar 同位素年龄为 249.8 Ma~305.7 Ma(钟宏等, 1999), 结合其与火山岩呈侵入接触关系, 应为晚石炭世火山期后的浅成侵入产物, 未见与成矿有直接成因联系。

硅化、黄铁矿化、绿泥石化及碳酸盐化广泛发育。矿体下盘蚀变尤强, 上盘微弱。

## 2 矿床地质特征

矿床产于角砾状流纹岩中上部, 顶板为英安岩、凝灰岩和硅质岩, 其中英安岩多与矿体呈断层接触。矿体露头少, 多呈隐伏状, 主要分布标高 1160 m 以上, 埋深 > 80 m。上部为块状多组分硫化物矿体, 下

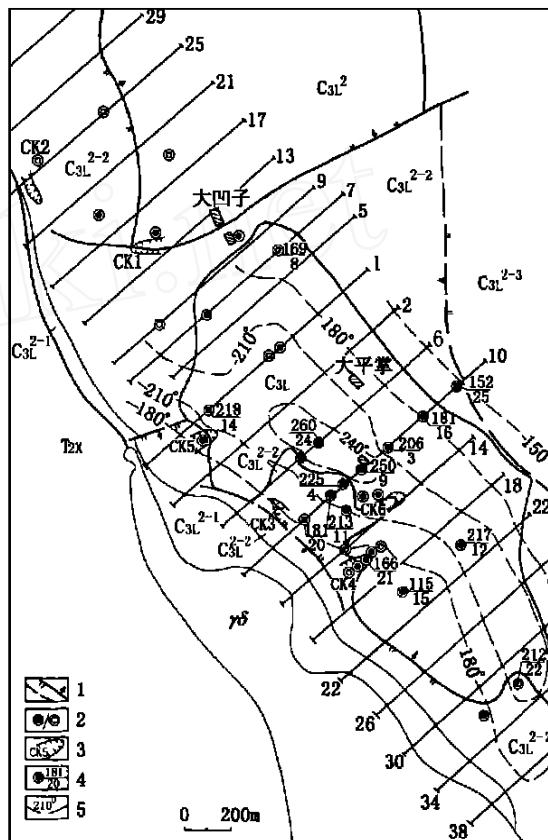


图 1 大平掌铜多金属矿床地质简图

(地质底图据云南地质五大队资料修改)

$T_2x$ —下坡头组灰紫、灰绿色岩屑砂岩、粉砂岩、泥岩互层;  $C_3l^1$ —龙洞河组上段(未分)英安岩夹凝灰岩;  $C_3l^{2-3}$ —龙洞河组上段上部凝灰岩、流纹岩夹细碧岩、角斑岩;  $C_3l^{2-2}$ —龙洞河组上段中部角砾状流纹岩、顶部为硅质岩夹凝灰岩;  $C_3l^{2-1}$ —龙洞河组上段下部石英角斑岩、角斑岩、夹细碧岩;  $\delta$ —花岗闪长斑岩; 1—断层; 2—见矿/未见矿钻孔; 3—采场及其编号; 4—测温点温度/试样号; 5—1100 m 左右标高等温线

部为细脉浸染状矿体, 二者之间连续过渡, 无明显界

[收稿日期] 2000-05-18; [责任编辑] 余大良。

线,虽按矿石结构构造和物质组分可分为 V1、V2 两矿体,但实际为一整体关系(李峰等,2000)。矿床以 Cu 为主,伴有 Zn、Pb、Au、Ag,伴生金达中型规模。

上部块状硫化物矿体(V1):呈层状—透镜状分布于  $C_3 l^{2-2}$  角砾状流纹岩顶部,受后期断裂破坏,总体沿北西向断裂破碎带断续分布,被分割成大小不等的透镜状块体,其中较大者有两个,长 100 m~450 m,宽 80 m~260 m,厚 1.00 m~6.10 m,平均厚 3.28 m,以 6~16 线间最厚(一般 3 m~6 m),向四周变薄(多在 2 m 以下)。主要金属矿物为黄铁矿、闪锌矿、黄铜矿、方铅矿、银黝铜矿、孔雀石、褐铁矿等,总含量达 83.8%。脉石矿物以石英为主,次为方解石、绢云母和少量重晶石、绿泥石等。矿石具微粒—细粒结构、乳浊状结构、交代结构、包含结构、草莓结构、鲕粒结构和块状、碎块状—角砾状、条带—条纹状构造。矿石平均品位:Cu 3.84%、Zn 7.02%、Pb 2.26%、Ag  $147 \times 10^{-6}$ 、Au  $2.92 \times 10^{-6}$ 。矿体顶部的铁帽中,Au 品位相对较高。

下部细脉浸染状矿体(V2):赋存于角砾状流纹岩上部,呈不规则的透镜状,沿北西向火山穹丘连续分布,倾角平缓,已知长 2600 m,宽 100 m~700 m,厚 1.00 m~56.95 m(平均 16 m),厚度总体由中部向四周变薄,在 6~10 线间可见与上部块状硫化物矿体连续过渡,深部与强黄铁矿化气爆角砾岩带相连。金属矿物组成较简单,以黄铁矿和黄铜矿为主,微量闪锌矿、方铅矿、辉铜矿等。脉石矿物以石英、长石、绢云母为主,次为方解石、绿泥石。矿石多具中—粗

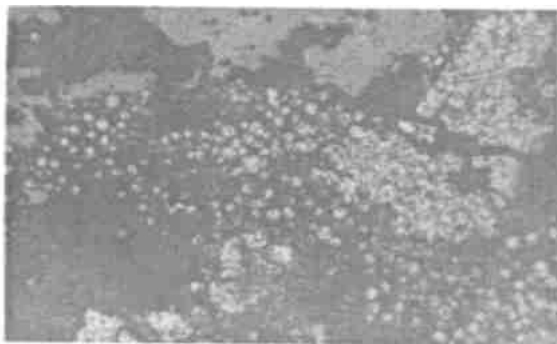
晶结构、交代结构、包含结构和浸染状、细脉状、网脉状构造等。Cu 平均品位 1.10%,Pb + Zn 在 0.5% 左右,Au  $0.1 \times 10^{-6} \sim 1.96 \times 10^{-6}$ 。

### 3 喷流沉积成因的地质地球化学依据

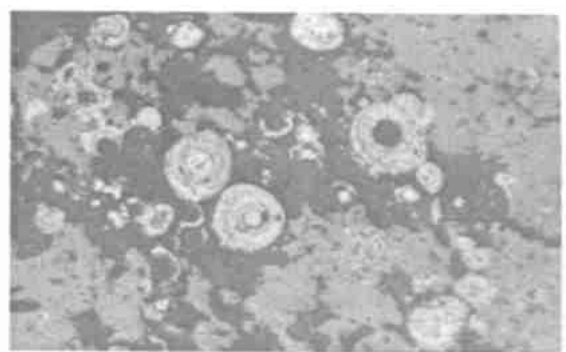
1) 大平掌矿床由上部块状矿体和下部网脉状矿体构成,具上“黑矿”、下“黄矿”的矿化—蚀变分带,喷流沉积矿床的“双层结构”典型。与形成于岛弧环境,产于流纹质火山岩系上部和顶部,与硅质岩共生的日本黑矿(Kuroko)等火山喷流沉积矿床类似。

2) 上部盆地相块状硫化物矿石中发育典型的沉积结构。其中硫化物的莓粒由直径 0.005 mm~0.008 mm 的黄铁矿组成,呈莓群出现(图 2a);鲕粒状硫化物(图 2b)粒径一般在 0.05 mm~0.07 mm,个别达 0.1 mm,鲕核有黄铁矿、石英和闪锌矿等,同心层主要由黄铁矿和黄铜矿交替组成,层数 2~7 层不等,层厚 0.005 mm~0.01 mm,偶见复鲕。并常见重结晶的残余状莓团和鲕群。

3) 矿石的金属元素配分形式与古代及现代海底热液硫化物矿床类似。一般而言,矿床中的次要元素因不形成主要矿石矿物相,比主要成矿元素能更好地揭示成矿作用的特点。据此,作者将大平掌矿床的主要和次要金属元素的配分形式与不同构造环境的古代和现代海底热液硫化物矿床对比(表 1、图 3),发现大平掌铜矿床(尤其是块状矿体)与产于岛弧环境的冲绳海槽、日本上向黑矿(Uwamuki Kuroko deposit)及四川呷村等海底喷流沉积矿床有惊人的相似性。



(a)



(b)

图 2 块状硫化物矿体中的草莓结构(a)和鲕粒结构(b)

a—草莓状黄铁矿  $\times 105(-)$ ; b—由黄铁矿、黄铜矿、闪锌矿等硫化物组成的鲕粒  $\times 105(-)$

相对现代洋脊环境的硫化物矿石,大平掌等岛弧环境中的矿床普遍低 Cu、Fe,显著高 Pb、Sb、As,中等富 Zn、Ag。从物源角度分析,洋脊环境的洋壳主要为相对富 Cu、Fe 的铁镁质岩石,而岛弧环境的“基底”多为陆壳或过渡壳,以发育相对富 Pb、Sb 的长英

质火山岩系为主,在海水循环和热液流体的水—岩反应中,岛弧环境的 VMS 矿床无疑可获得更多的 Pb、Zn、Sb 等。Lydon 等(1984)经大量统计研究提出,VMS 矿床中,  $Zn/(Pb + Zn) = 0.7 \sim 0.85$  时,反映从长英质岩系和沉积岩萃取金属组分的成矿热液特

征,  $Zn/(Pb + Zn) > 0.9$  时,反映从铁镁质岩系萃取金属组分的成矿热液特征。大平掌矿床  $Zn/(Pb + Zn) = 0.76$ ,当属前一类型,也反映成矿物质来源与长英质火山岩有关。

表 1 不同构造环境的古代和现代海底热液硫化物矿床化学成分

| 构造环境       | Cu   | Pb    | Zn    | Fe    | Mn  | Sb     | As     | Se    | Cd     | Ag    | Au       |
|------------|------|-------|-------|-------|-----|--------|--------|-------|--------|-------|----------|
| 1 大平掌块状矿石  | 3.84 | 2.26  | 7.02  | 19.02 | 232 | 237    | 2433   | 691   | 496    | 147   | 2.92     |
| 2 大平掌脉状矿石  | 1.10 | 0.203 | 0.377 | 8.59  | 155 | 3.80   | 6162   | 68    | 6.62   | 34.4  | 0.1~1.96 |
| 3 呷村铜多金属矿床 | 2.34 | 6.90  | 13.50 | 7.14  | 715 | 1638.7 | 1773.4 | 89.3  | 913.4  | 237.2 | 1.0      |
| 4 日本上向黑矿   | 3.96 | 6.70  | 18.25 | 15.80 | 200 | 225.3  | 1135.2 | 211.1 | 845.5  | 81.4  | 2.4      |
| 5 西太平洋冲绳海槽 | 3.48 | 7.06  | 21.67 | 5.84  | 600 | 4455.3 | 5602.1 | 0.9   | 1127.2 | 397.4 | 3.4      |
| 6 大西洋 TAG  | 6.21 | 0.05  | 11.70 | 25.20 | 548 | 20.0   | 78.0   | 47.0  | 410.0  | 80.0  | 2.2      |
| 7 EPR13 N  | 7.83 | 0.05  | 8.17  | 26.00 | 100 | 8.0    | 154.0  | 163   | 960.0  | 49.0  | 0.26     |

注 1:1~2 由地质五大队及本项目资料综合,3~5 引自侯增谦(1996),6 引自 Hannington (1989),7 引自 Fouquet (1993);1~5 为岛弧张裂环境,6~7 为洋脊环境。EPR13 N 为东太平洋洋脊块状硫化物矿石;注 2:Cu, Pb, Zn, Fe—单位为 %;Mn, Sb, As, Se, Cd, Ag, Au—单位为  $10^{-6}$ 。

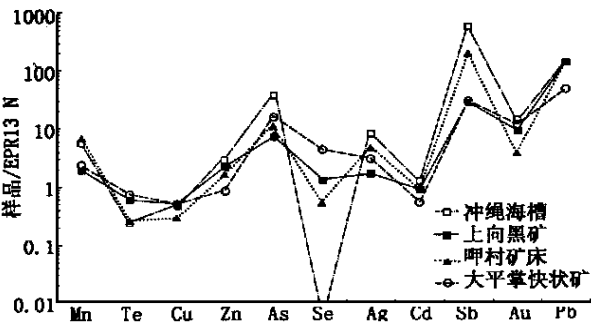


图 3 大平掌铜矿床的主要和次要金属元素配分形式及与典型喷流沉积矿床比较

4) REE 研究表明(详见另文),上部块状硫化物和下部网脉状硫化物的 REE 组成有明显差异,其中前者以正 Eu 异常为特征,揭示成矿流体从深部喷流管道向喷口运移演化过程中, Eu 有富集的趋势;将矿区块状硫化物与现代大西洋中脊 TAG 热液活动区表层块状硫化物及一些海底热液流体的 REE 组成及其配分模式对比,它们在配分曲线形态、 $\delta_{Eu}$ 、 $\delta_{Ce}$ 、 $(La/Sm)_N$ 、 $(Gd/Yb)_N$  等方面很相似。

5) 14 件硫化物的  $\delta^{34}S$  值介于  $-2.1\text{‰} \sim 2.4\text{‰}$  之间(表 2),大部分在零值附近,显示深源硫为主的特点。据 9 件黄铁矿微量元素分析结果,除一件球

藻状黄铁矿  $Co/Ni < 1$  外,其余在  $1.13 \sim 6.86$  之间,也与国内外许多典型海相火山喷流沉积型铜多金属矿床相似。

6) 据 30 余件包裹体样品的研究(李峰等,2000),上部盆地相矿体的流体包裹体均一温度最高为  $223\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,最低  $78\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,平均为  $114\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 181\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,显示典型的低温成矿流体特点。下部管道相细脉浸染状矿体的流体包裹体最高均一温度可达  $298\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,平均在  $152 \sim 268\text{ }^{\circ}\text{C}$  之间。在剖面上,同一钻孔由浅部向深部,均一温度渐增高;以 ZK1005 和 ZK605 孔为中心,均一温度以较大梯度向周围降低。在标高为  $1100\text{ m}$  左右的平面等温线图(图 1),温度高值区位于  $6 \sim 10$  线之间,呈北西向延伸的椭圆形。与厚度大、品位高的块状矿体和细脉浸染状矿体分布区基本一致。

表 2 大平掌矿床硫同位素组成

| 样号         | 测试矿物 | $\delta^{34}S$ ( $\text{‰CDT}$ ) | 样号   | 测试矿物 | $\delta^{34}S$ ( $\text{‰CDT}$ ) |
|------------|------|----------------------------------|------|------|----------------------------------|
| ZK1005-5-1 | 闪锌矿  | 1.8                              | IV-2 | 黄铜矿  | 0.0                              |
| ZK1005-5-2 | 黄铁矿  | -1.7                             | IV-3 | 黄铜矿  | -0.9                             |
| ZK1005-5-3 | 黄铜矿  | 1.2                              | IV-8 | 闪锌矿  | -0.3                             |
| ZK1005-5-4 | 黄铁矿  | -0.4                             | IV   | 黄铜矿  | -0.8                             |
| CK2-1      | 黄铜矿  | -0.9                             | V-4  | 闪锌矿  | -0.1                             |
| CK2-2      | 闪锌矿  | 0.0                              | V-6  | 黄铁矿  | -0.6                             |
| C-1        | 黄铁矿  | 2.4                              | IV-1 | 闪锌矿  | -2.1                             |

矿床地质研究所测试。

表 3 大平掌矿床包裹体分析结果

| 样号        | 矿物名称 | 液体成分( $\mu\text{g/g}$ ) |              |                  |                  |              |               |                    | 气体成分( $10^{-6}\text{ ml/g}$ ) |               |               |             |
|-----------|------|-------------------------|--------------|------------------|------------------|--------------|---------------|--------------------|-------------------------------|---------------|---------------|-------------|
|           |      | $\text{Na}^+$           | $\text{K}^+$ | $\text{Ca}^{2+}$ | $\text{Mg}^{2+}$ | $\text{F}^-$ | $\text{Cl}^-$ | $\text{SO}_4^{2-}$ | $\text{H}_2\text{O}$          | $\text{CO}_2$ | $\text{CH}_4$ | $\text{CO}$ |
| ZK1005-5  | 石英   | 2.75                    | 10.50        | 0.03             | 0.03             | 0.15         | 17.69         | 0.43               | 41.268                        | 0.383         | 0.030         | 0.053       |
| ZK1009-9  | 石英   | 4.03                    | 7.13         | 0.25             | 0.05             | 0.19         | 14.03         | 2.10               | 66.086                        | 1.191         | 0.013         | 0.026       |
| ZK1009-12 | 石英   | 2.20                    | 3.30         | 0.10             | 0.03             | 0.08         | 7.93          | 0.67               | 62.587                        | 0.341         | 0.014         | 0.014       |

中国地质科学院矿床地质研究所测试; $\text{NO}_3^-$ 、 $\text{PO}_4^{3-}$ 、 $\text{Br}^-$ 、 $\text{N}_2$  等未检出。

块状硫化物矿体流体包裹体的平均盐度变化范围小( $5.7\text{ wt \%NaCl} \sim 8\text{ wt \%NaCl}$ ),密度  $0.91\text{ g/cm}^3 \sim 0.97\text{ g/cm}^3$ ,捕获压力为  $33\text{ MPa} \sim 45\text{ MPa}$ 。细脉浸染状矿体流体包裹体的盐度变化较大( $4.5\text{ wt \%NaCl} \sim 13\text{ wt \%NaCl}$ ),密度  $0.82\text{ g/cm}^3 \sim 0.98\text{ g/cm}^3$ ,捕获压力为  $38\text{ MPa} \sim 74\text{ MPa}$ 。成矿流体的盐度和密度由喷流管道的深部向上至浅部,逐渐增高,高值点集中在 ZK605、ZK1005、ZK1003 和 ZK1001 等钻孔区的温

度高值区。流体包裹体成分中(表 3),阳离子主要有  $\text{K}^+$ 、 $\text{Na}^+$ , 次为  $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K/Na}$  比值  $1.5 \sim 3.82$ ,平均  $2.4$ ,明显富 K。阴离子以  $\text{Cl}^-$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$  为主,其次为  $\text{F}^-$ 。气体成分  $\text{H}_2\text{O} > \text{CO}_2 > \text{CO} \geq \text{CH}_4$ 。反映成矿流体高 K,并含一定量  $\text{CO}_2$ 、 $\text{CO}$ 、 $\text{CH}_4$ 、 $\text{F}^-$  等深源气体。3 件深部网脉状矿石样品(石英)的  $\delta\text{D} = -71\text{‰} \sim -84\text{‰}$ ,  $\delta^{18}\text{O} = 7.2\text{‰} \sim 8.7\text{‰}$ ,  $\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}} =$

- 1.34‰ - 2.52‰, 类似于 Kuroko 矿床 ( $\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}} = -1.6\text{‰} \sim -0.3\text{‰}$ ), 在  $\delta\text{D} \sim \delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}$  图上, 投点均落入岩浆水区之外的左方。

近年在 Juan de Fuca 洋脊、大西洋 TAG 区、冲绳海槽 JADE 区等海底热液活动区硫化物等的流体包裹体研究中 (1987, Brett R; 1991, Leitch C H B; 1997, 卢焕章; 1998, 1999, 侯增谦), 发现成矿流体的盐度一般  $< 10 \text{ wt } \% \text{NaCl}$ , 密度也多较低 ( $0.66 \text{ g/cm}^3 \sim 0.95 \text{ g/cm}^3$ ), 均一温度深部高 (最高为  $320^\circ\text{C} \sim 390^\circ\text{C}$ 、喷口处低 (一般  $100^\circ\text{C} \sim 200^\circ\text{C}$ ), 如北 Juan de Fuca 热液活动区深部沉积物流体包裹体的捕获温度达  $380^\circ\text{C}$ , 喷口处仅为  $133^\circ\text{C} \sim 158^\circ\text{C}$  (于增慧, 2000)。目前对现代热液沉积物流体包裹体成分研究不多, 但在南 Juan de Fuca (Brett, 1987)、JADE (侯增谦, 1998) 沉积物的流体包裹体气体成分中, 均发现较多的来自岩浆房或地幔的  $\text{CO}_2$ 、 $\text{CH}_4$  等气体组分, 证实成矿流体有岩浆水的混合。大平掌矿床的成矿流体也有类似情况。结合成矿地质条件和流体的其它特征, 可以认为, 成矿流体具中低温、中低盐度、高压力的性质, 由海水和岩浆水混合而成。

综上所述, 大平掌铜多金属矿床属典型的火山喷流沉积成因, 在许多特征上可与黑矿型矿床和现代海底热液活动区硫化物矿床对比。

#### 4 成矿模式

晚石炭世火山活动的间歇期, 在深部地质营力驱动下, 岩浆房的高温高压富  $\text{CO}_2$ 、 $\text{CO}$ 、 $\text{CH}_4$ 、 $\text{Cl}^-$ 、 $\text{F}^-$  等矿化剂的流体或地幔气沿高渗透性火山管道侵入, 与下渗海水混合, 并通过不断的水-岩反应, 淋滤火山岩中的成矿元素, 形成温度为  $300^\circ\text{C}$  左右的含

矿热液流体。含矿流体向上循环时, 分别在下部管道系统和上部喷口处形成细脉浸染状矿体和块状硫化物矿体。矿床的中心式喷流成矿作用明显, 6 线 ~ 10 线之间为喷流管道中心区, 具有中心式喷流堆积硫化物成矿模式的特征。

中、新生代盆地挤压变形期间, 沿上部块状硫化物矿体顶部形成逆掩断裂或推覆体, 使块状矿体破碎, 产生大量挤压透镜状和角砾状矿石, 部分硫化物还发生重结晶。

鉴于成矿特征, 今后应侧重沿北西向控岩控矿构造带南、北两段寻找新的喷流成矿中心。

#### [参考文献]

- [1] 侯增谦, 浦边澈郎. 古代与现代黑矿型块状硫化物矿床矿石地球化学比较研究[J]. 地球化学, 1996, 25 (3): 228~241.
- [2] 卢焕章. 成矿流体[M]. 北京: 北京科学技术出版社, 1997. 120~151.
- [3] 侯增谦, 张绮玲. 冲绳海槽现代活动热水区  $\text{CO}_2$ - 烃类流体: 流体包裹体证据[J]. 中国科学(D 辑), 1998, 28 (2): 142~148.
- [4] 侯增谦, 艾永德, 曲晓明. 岩浆流体对冲绳海槽海底热水成矿系统的可能贡献[J]. 地质学报, 1999, 73 (1): 57~65.
- [5] 钟宏, 胡瑞忠, 叶造军, 等. 云南大平掌细碧-角斑岩建造的同位素年代学及其地质意义[J]. 中国科学(D 辑), 1999, 29 (5): 407~413.
- [6] 于增慧, 翟世奎. 海底热液沉积物中流体包裹体的研究进展[J]. 海洋地质与第四纪地质, 2000, 20 (1): 93~96.
- [7] 李峰, 庄凤良. 滇西大平掌铜多金属矿床流体包裹体研究[J]. 岩石学报, 2000, 16 (4): 581~586.
- [8] Lydon J W. Volcanogenic massive sulfide deposits, Part 1: a descriptive model[J]. Geoscience Canada, 1984, 11: 195~202.
- [9] Brett R, Evans H T, Gibson E K, et al. Mineralogical studies of sulfide samples and volatile concentrations of basalt glasses from the southern Juan de Fuca ridge[J]. J. Geophys. Res., 1987, 92: 11373~11379.
- [10] Hannington M D. The geochemistry of gold in modern sea-floor hydrothermal systems and implication for gold mineralization in ancient volcanogenic massive sulfide[J]. Toronto: Univ of Toronto, 1989, 1~54.
- [11] Fouquet Y, Stacey U, Charlou J L, et al. Metallogenesis in back-arc environment: The Lou basin example[J]. Econ. Geol., 1993, 88: 2154~2181.

### VOLCANIC - EXHALATIVE - SEDIMENTARY GENESIS OF DAPINGZHANG CU - POLYMETAL DEPOSIT, WESTERN YUNNAN

LI Feng, ZHANG Fu-liang

**Abstract:** There was a typical "two-layer structure" in Dapingzhang Cu-polymetal deposit, which was composed of the upper massive sulfide orebody and lower veinlet-disseminated sulfide orebody. Sulfides with framboidal and oolitic texture have been found from massive sulfide ore. The deposit is similar in geological setting, distribution patterns of metal elements and REE, sulfur isotopic composition, and fluid inclusion characteristics to the Kuroko-type deposit and modern sulfide deposits in some sea-floor hydrothermal activity regions. Based on the above evidences, it is suggested that metallogenesis was related to volcanic-exhalative-sedimentation.

**Key words:** Dapingzhang in western Yunnan, volcanic-exhalative-sedimentary deposit, mineralization texture, genesis



#### [第一作者简介]

李 峰 (1957 年 - ), 男, 1980 年毕业于中山大学地质系, 1983 年获中南矿冶学院硕士学位, 现任昆明理工大学地球科学系教授, 主要从事区域成矿学及资源环境研究与教学工作。

通讯地址: 云南省昆明市环城北路一二一大街文昌巷 1 号 昆明理工大学地球科学系 邮政编码: 650093