

# 宾川幔坳区斑岩铜矿综合信息 三维找矿模型

曹显光

(云南省有色地质局地质研究所, 云南 昆明 650051)

**提 要:** 云南宾川幔坳区位于青藏高原横断山脉东缘, 金沙江有色贵金属矿带南段, 是云南仅次于东川-昭通、个旧-丘北的第三大幔坳区。本文首次概括综合信息三维找矿模型显示, 该区可能赋存一个超大型斑岩系列铜矿床。区内纳米碳、铜、金相互作用是其主要成矿作用之一。

**关键词:** 综合信息; 三维找矿模型; 斑岩铜矿; 宾川幔坳区

**中图分类号:** P618.41, 611.5 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-1885 (2002) 04-353-12

## 1 概 述

铜是我国紧缺矿种之一, 一半以上靠进口, 寻找易采选的斑岩铜矿更显重要。

“三江”南段有色、贵金属矿产资源集中区, 位于特提斯-喜马拉雅斑岩铜、贵金属矿带南段。此带从前南斯拉夫沿匈牙利、罗马尼亚、保加利亚、土耳其、伊朗、中国青藏-云南至缅甸, 呈向北东凸出的弧形有色、贵金属矿带, 长7 000 km以上, 宽20 km~60 km, 斜穿云南, 从滇西德钦到滇南金平直至缅甸, 云南境内长850 km多。该弧形带从北西至南东依次展布超大型斑岩铜多金属矿有: 马尼丹佩克、大克里韦利、雷克斯克<sup>[1]</sup>、寥思德克、“一江两河”(雅鲁藏布江、年楚河、拉萨河)、江达等; 中型斑岩铜矿有雪鸡坪、西范平及本文宾川幔坳区内的北衙铅锌矿(金达大型以上)、小龙潭、马厂箐、金厂箐铜钼金矿、黄厂箐铅铁矿、老街子-干沟金银矿、幔坳区外的金平铜厂、长安冲铜钼矿, 以及缅甸望濑大型斑岩铜矿床。该斑岩铜多金属矿带在NW和SE两侧均有超大型和大型矿床, 惟独云南迄今尚未探获大型及超大型斑岩铜矿, 与850多km长的斑岩铜矿带不成比例。截至2000年底, 全省斑岩铜矿资源仅有 $25 \times 10^4$ t, 只占省内铜矿总储量 $695 \times 10^4$ t的3.59%。

早在1974年, 全国首次寻找斑岩铜矿高潮时, 根据斑岩露头的分布情况, 云南省有色地质物探队踏勘大理地区9 000多 $\text{km}^2$ 后, 选定西起宾川、东至鱼泡江; 南从海哨水库、北至金沙江的2 650  $\text{km}^2$ 进行15万水系沉积物(分散流)普查。在王学仁帮助下, 用108机获得铜、铅、锌三个元素的五次趋势分析剩余异常49个。尔后, 择优对小龙潭斑岩铜矿铜、钼、铅、锌套合的异常进行11万22  $\text{km}^2$ 地球化学土壤测量(次生晕), 12.5万最大极距 $AB=4$  km的电测深点34个, 及5条磁法、联剖、岩石地球化学测量(原生晕)综合剖面

收稿日期: 2002-08-09

作者简介: 曹显光(1935-), 男, 湖南连源人, 教授级高级工程师, 长期从事地球物理(化学)勘查及研究、管理。

13.4 km, 均表明小龙潭区找矿前景很好。本局 310 队在小龙潭区填测 1:1 万 28 km<sup>2</sup> 地质图, 1:2 千地质测量 (含原生晕) 3 km<sup>2</sup>, 并沿区内近 EW 走向的核桃箐断裂两侧的钾化带长 1.05 km、宽 50 m ~ 200 m 范围内钻孔 12 个。由于岩芯采取率仅 32 % ~ 60 %, 最大孔深 281.32 m, 获得的结论难免偏颇, 但仍有 7 孔见矿, 见矿率 58.3 %。如: CK2502 孔, 铜矿厚 185.33 m, 平均品位  $\omega(\text{Cu}) = 0.26\%$ , 而  $\omega(\text{Cu}) > 0.4\%$  者, 厚 26.3 m; 平均品位  $\omega(\text{Mo}) = 0.0253\%$ , 厚 16.83 m。1976 年, 中南矿院刘成湛等 4 人在宾川州城举办全国冶金部教学地质学习班, 以小龙潭为实习点, 多次带领 28 个省 (区) 约 80 名学员到现场研讨, 做了 41 件薄片、包体测温、钻孔原生晕、Eh 和 PH 测定等工作后, 于 1977 年提交报告, 认为“岩体为超浅成或喷出的石英安山斑岩, 围岩蚀变强, 且有明显分带并互相叠加, 与富家坞等斑岩铜矿可类比。但钻孔多打在断裂带或钾化带上, 均未打在含矿性好的石英绢云母化带上, 轻率地否定其工业价值是不恰当的……。”但终因诸多原因, 1977 年 7 月中止了小龙潭地质及山地工程。

笔者自始至终参与该阶段工作: 实地踏勘分散流异常 30 多个, 按局指令于 1993 年提出小龙潭处莫霍面由陡变缓转折部位等 10 条标志, 潜在中—大型斑岩铜矿报告。李文桦等人获得石英二长斑岩含金, 平均品位  $\omega(\text{Au}) = 0.397 \times 10^{-6}$ , 且与铜品位呈正消长的重要成果。1995 年, 李宗光、何毅特、钟立志和中南大学彭省临、胡祥昭等 9 人提交“八五”国家科技攻关计划 (课) 专题 (85—901—04—05) 成果报告, 认为小龙潭可能找到中~大型铜钼矿及中型以上金矿床, 计算 G 级铜储量  $12.7 \times 10^4 \text{ t}$ , 平均品位  $\omega(\text{Cu}) = 0.484\%$ , 钼 5 700 t, 平均品位  $\omega(\text{Mo}) = 0.0292\%$ 。2001 年, 省有色地质局和省铜业公司共同投资进行上钻前的地、物、化工作, 显示在约 6 km<sup>2</sup> 内有 22 个石英二长斑岩、花岗斑岩蚀变矿化露头, 而且露头下部连成一个岩体, 呈“4 凸 2 凹”起伏形态。决定在其中“3 凸”的矿化岩体上施钻。同时, 对 1961 年有色局在慢坳区南部弥渡县黄矿厂铅锌矿地质评价报告的二次开发研究后认为: 该矿上为碳酸盐岩铅、锌、银 (伴生镉、铋、镍) 矿, 中为斑岩型铜 (伴生钼、金), 下为接触带型锡 (伴生钨、铋) 等“三层楼”式的斑岩系列矿床, 亦具较大开发前景。

## 2 宾川慢坳区斑岩铜矿综合信息三维找矿模型

宾川位于昆明 N67°W 约 230 km。处慢坳中部, 是云南省仅次于东川-昭通 (3 200 km<sup>2</sup>), 个旧-丘北 (约 25 600 km<sup>2</sup>) 的第三大慢坳区, 面积 22 200 km<sup>2</sup> (EW 133 km, SN 167 km), 平均坡角 0.4°, 在地幔深 51 km ~ 52 km 的大慢坳内又有两个 51 km、52 km 小凸起的凹凸不平的界面, 非常有利于形成超大型有色贵金属矿床的物理、化学界面<sup>[6,7]</sup>。其地壳厚度与第一个超大型铜、银、铅锌 (伴生锗、镉等) 慢坳区东川-昭通相同, 均为 51 km ~ 52 km, 海拔 1 400 m ~ 3 200 m。经纬度为 100°05'—101°29'E, 25°05'—26°32'N, 即: 西起洱海西大理石

曹显光。云南省宾川县小龙潭斑岩铜矿点物化探资料再研究报告, 云南省有色地质局资料室, 1993. 4。

有色总公司西南地勘局地质研究所、中南工业大学地质系, 扬子地台西缘富碱斑岩铜多金属矿床成矿条件及找矿前景研究, 云南省有色地质局资料室, 1995. 5。

厂, 东至姚安前场镇南北向河沟; 南从弥渡东西向小荒田山, 北到程海中部东西向的光头山。边界与地面地势呈正相关对应良好。辖宾川、祥云及部分弥渡、巍山、大理、鹤庆、永胜、大姚、姚安、南华等 10 个县 (图 1)。交通、水电能源矿产等条件具备。区内尚有高、中、温内生有色贵金属及外生的砂岩铜矿等。

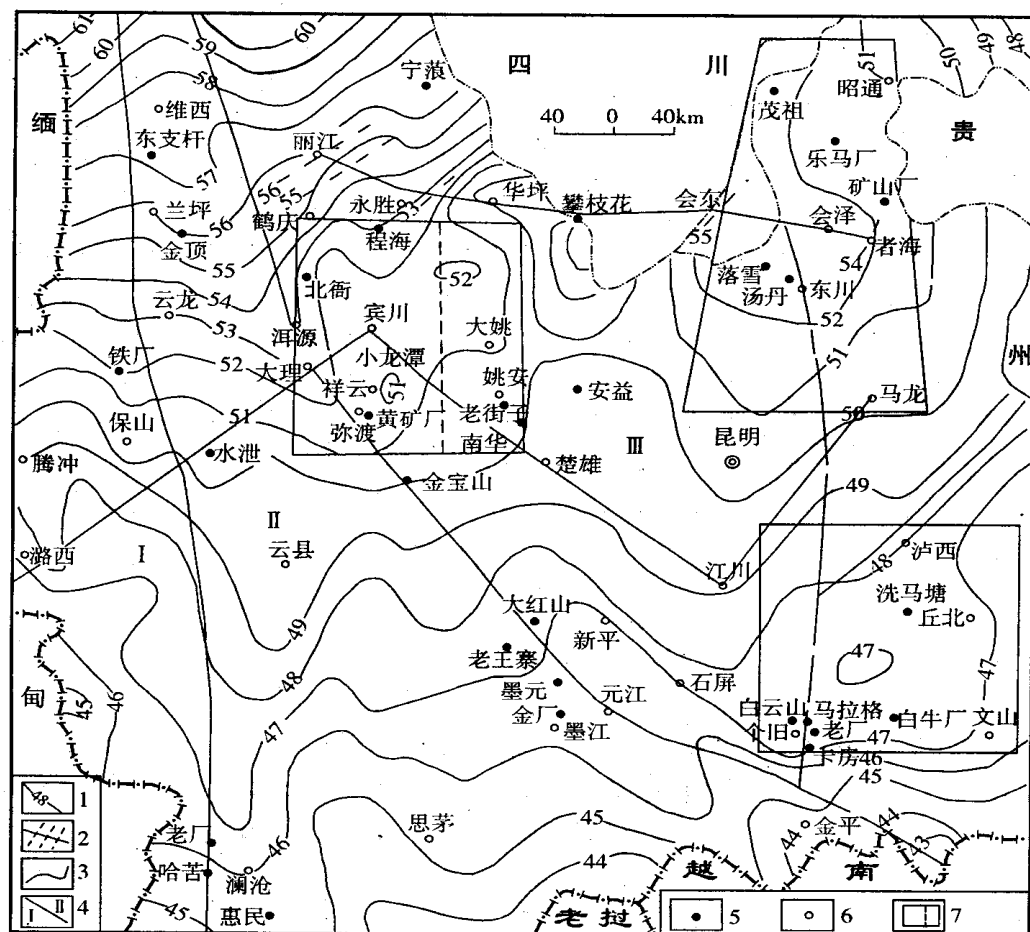


图 1 云南三大幔坳区 (东川-昭通、个旧-丘北、宾川) 超大型有色金属矿床对比图

Fig. 1 Correlation Map of the Superlarge Nonferrous Precious Metal Deposits in 3 Large Mantle Depression Areas (Dongchuan-Zhaotong, Gejiur Quibei, Binchuan), Yunnan

- 1 莫霍面等深线 (km), 2 丽江-者海地震测得莫霍面深 (km), 3 遮放-马龙地质剖面,  
4 板块分界线及编号, 5 大型矿床地 (含预测), 6 市县地名, 7 工作区、坳陷区

## 2.1 地质信息

### 2.1.1 地层

幔坳区出露的地层为三叠系、侏罗系、白垩系等陆相“红层”及含煤地层, 奥陶系—二叠系海相碳酸盐岩、砂页岩等, 厚达 6 000 多 m。富碱斑岩侵位于上三叠统白土田组炭质页岩、砂页岩中, 该层厚 758 m (图 2a)



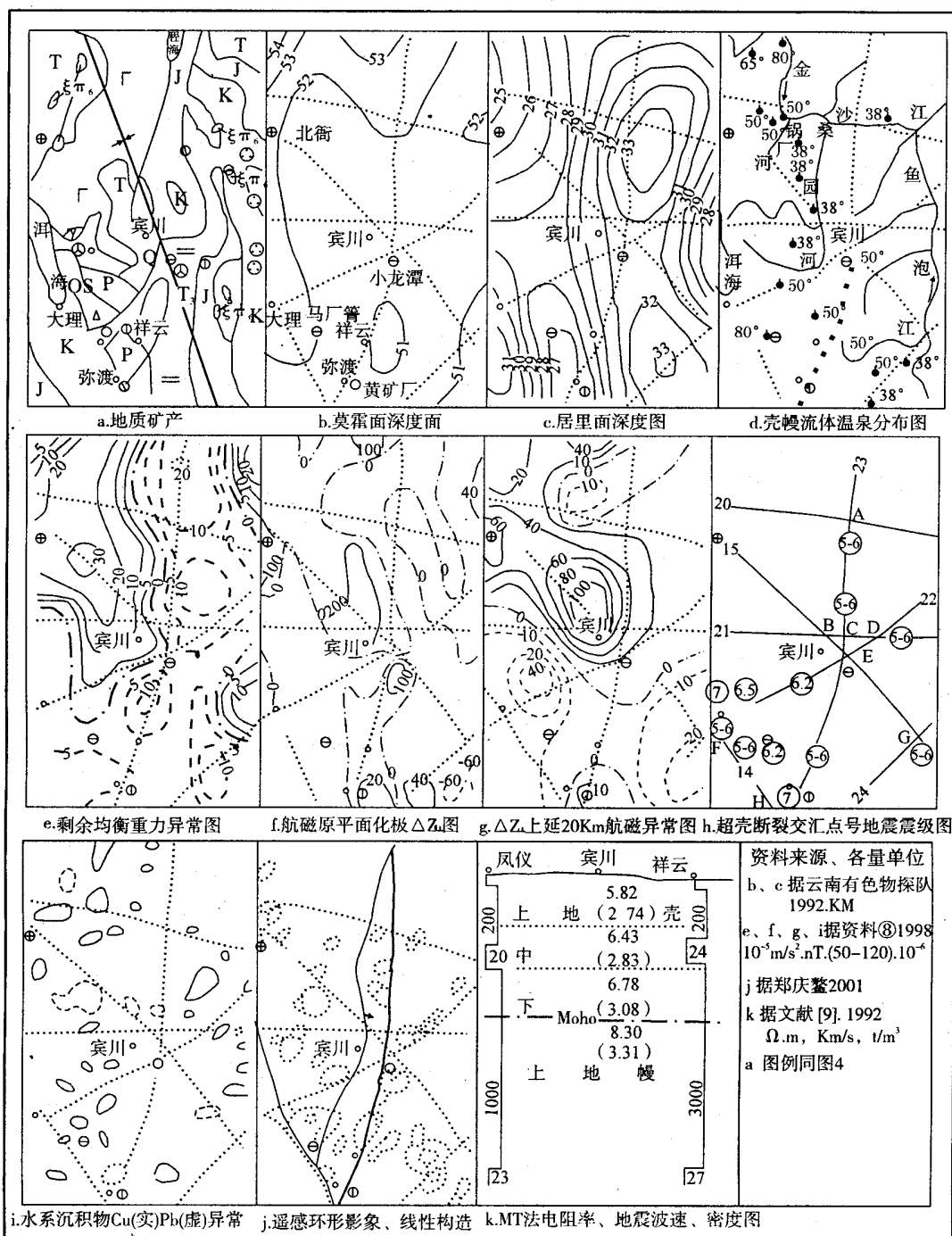


图2 宾川幔坳区斑岩铜矿综合信息三维找矿模型图

Fig. 2 3D Prospecting Model Maps of Comprehensive Information for Porphyry Cu Deposit in Binchuan Mantle Depression Area

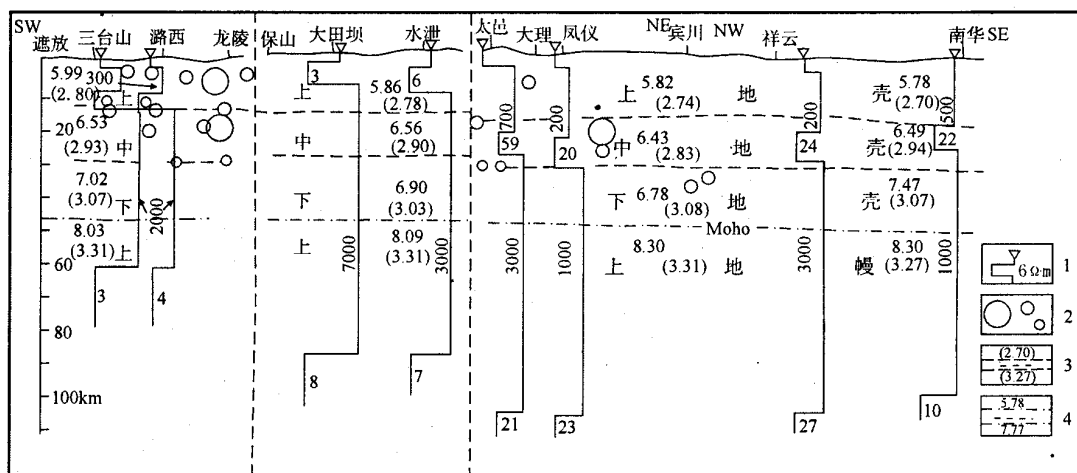


图3 宾川幔坳区与其两侧(潞保、南华) MT法地震二维对比图(据文献[9]重编)

Fig. 3 2D Correlation Map of LMT and Seismic Survey between Binchuan Mantle Depression and Its Both Sides (Revision after Reference [9])

- 1 MT法各层电阻率 ( $\Omega \cdot m$ ), 2 地震震级 ( $M \geq 7.0$ ,  $5.1 \sim 6.9$ ,  $\leq 5.0$ ),  
3. 各层密度 ( $t/m^3$ ), 4 各层波速 ( $km/s$ )

## 2.2 地球物理信息

### 2.2.1 莫霍面

莫霍面与云南  $394 \times 10^3 km^2$  内 32 个大型矿床的空间及成因之间的关系是: 97% 的矿床处于幔坳中心周边 2 km ~ 16 km 的梯度带, 且 88.5% 的矿床位于规模相对大、坡角小于 2° 的幔坳区、带, 超大型矿床的坡角则 90% 以上小于 1.3° (全球亦如此)。据此规律, 可优选出云南赋存大型、超大型矿床区 9 个、带 13 个。宾川幔坳区斑岩系列铜矿床即为其中之一<sup>[6-7]</sup>。区内 51 km、51.5 km、52 km 壳厚线呈不规则的“ω”形, 其内又有两个壳深 51 km、52 km 的小凸起, 这种极不规则的凹凸不平界面非常有利于成矿(关广岳, 1992)。梯变带切应力最大, 坡角 0.4°, 又处印支板块和扬子板块缝合线及程海等 7 条超壳断裂的交汇处, 幔壳岩浆和矿液极易上涌聚集。(图 2b)

### 2.2.2 居里面

当铁磁性矿物达到壳内某一深度且温度达到居里点时, 即具顺磁性。各地的铁磁性矿物和壳内温度不同, 据航磁异常反演所得居里面深度也随之而异。图 2c 可知, 宾川幔坳区的居里面深度有 3 凸(北衙 28 km ~ 25 km, 立拉么-大姚 30 km ~ 26 km, 弥渡 28 km ~ 27 km) 4 凹(铁锁街-黄竹坪 30 km ~ 33 km, 天华山-普昌河 32 km ~ 33 km, 南华-姚安老街子 31 km ~ 33 km, 三后阱-巍山 30 km ~ 31 km)。坡角依次是 6.6°、13° ~ 11.6°、18.4° ~ 18.4° 和 12.1° ~ 13.2°、13° ~ 4.4°、10° ~ 7.1°、14° ~ 18.4°。居里面深度从 25 km ~ 33 km, 变化 8 km, 与东川-昭通、个旧-丘北相似, 但坡角却从 4.4° ~ 18.4°, 变化达 14°, 是云南 21°49' ~ 26°36' N, 97°31' ~ 106°12' E 范围内坡角和变化最大的区域。该区正是印支板块和扬子板块及扬子板块西缘盐源-丽江坳陷与滇中坳陷汇合部位的壳幔变动最大地方, 为矿产资源形成的最佳区域,

故有 2.1.4 节中所述的配套的矿产组合。

### 2.2.3 壳幔流体温泉

研究证实<sup>[8]</sup>: 在北美大陆, 源于地表的大气降雨大规模循环在结晶岩中 10 km ~ 15 km 以上的壳层中, 而在沉积岩中曾发生数百乃至数千 km 大距离运移, 其速率  $n \sim 10$  余 cm/y。这种壳内大规模流体运移对油气和金属矿床 (金、银、铜、铅锌等) 的形成起控制作用。全球大部分大型油田, 大型、超大型金属矿床, 层控有色金属矿床与此有关。造山作用导致深部流体大规模长距离运移; 构造挤压和地势抬升驱使壳幔流体在运移中与围岩发生作用, 产生区域性蚀变交代; 地球物理标志层或界面变化、地震与滑坡等灾害的诱发, 都能与富流体、流体和构造强烈作用有联系。温泉是壳幔热源流体在地表的表露, 与富碱斑岩铜矿同期的产物和标志。本区 38 ℃ ~ 80 ℃ 的温泉较多 (图 2d), 大地热流的区域均值、极大值分别为 84.7 mW/m<sup>2</sup>、103 mW/m<sup>2</sup>, 为云南第 1、3 位 (次于腾冲块体和康滇古隆起), 幔壳热流比为 1.04<sup>[9]</sup>, 表明本区壳幔热流体运动活跃, 携带的含矿组分复杂, 亦是本区重要成矿作用之一。区内更是集中了云南 6 大水系中的 3 大水系、9 个高原湖泊中的两个, 是云南境内少见的壳幔流体活跃域, 可能形成超大型斑岩系列铜矿床的原因之一 (图 2d)。

### 2.2.4 剩余均衡重力异常

应用剩余均衡重力异常说明上、中地壳 (30 km) 质量盈余和亏损。图 2e 显示宾川 NW、NE 及 SE 方向有 3 个正重力异常, 前两者分别沿金沙江、雅砻江西展布。NE 向异常的中心位于华坪县城及其西侧, 最大值  $40 \times 10^{-6} \text{ m/s}^2$ , 是云南境内重力值最高异常, 可能与当地的超基性岩体 (密度 2.76 t/m<sup>3</sup> ~ 2.96 t/m<sup>3</sup>) 高密度体存在有关。距宾川 NW、SE 两个正异常中心平距为 102 km、96 km, 呈近等腰三角形, 与地表出露超基性、基性岩体面积一致, 是寻找相应矿产 (铂钨、铜镍硫化物矿床等) 有利区段。5 个重力低异常呈不规则的“X”形展示, 其中心由北至南顺次位于永胜河口街 ( $-20 \times 10^{-5} \text{ m/s}^2$ )、宾川甸尾 ( $-10 \times 10^{-5} \text{ m/s}^2$ )、宾川乔甸 ( $-10 \times 10^{-5} \text{ m/s}^2$ )、祥云马庄 ( $-10 \times 10^{-5} \text{ m/s}^2$ ) 和大理南 (异常未封闭)。其中河口街、甸尾、乔甸、大理南 4 个异常沿程海超壳断裂分布, 马庄异常处南涧超壳断裂上。异常值和范围大小也是由北向南逐渐减小, 显示北部的低密度体比南部大、厚, 正好与地面出露的富碱斑岩 (密度 2.41 t/m<sup>3</sup>) 北部面积大 (多白岩体出露面积 14 km<sup>2</sup>), 南部出露小且多为岩脉吻合 (因围岩三叠系碳酸盐岩、碎屑岩密度 2.71 t/m<sup>3</sup> ~ 2.56 t/m<sup>3</sup>)。所以, 这 5 个异常中心均应是斑岩体的主要部位。

从小龙潭、马厂箐、黄矿厂 3 个已知的大 (预测)、中型矿床均处于重力零值线的转折部位、即密度变异处的规律, 可利用异常的相同部位, 其正、负异常膨、缩处的特征, 寻找隐伏矿床。

### 2.2.5 T 原平面化极 Z 异常

从图 2f 知: 由北至南有程海西、永胜撒巴山、北衙、宾川及其北部、大姚唔晋唔么、小龙潭及其南部、黄矿厂、祥云罗溪等 8 个 20 nT ~ 200 nT 的正磁异常, 分别由 3 条 OnT 线圈闭, 展布在 4 条超壳断裂及其邻近部位。它们应是基性、超基性岩入侵部位。与地面出露的玄武岩、橄榄岩 [ $K = (460 \sim 6240) \cdot 4\pi \cdot 10^{-6} \text{ SI}$ ,  $J_r = (270 \sim 20000) \cdot 10^{-3} \text{ A/M}$ ] 一致, 说明这些地段有多次岩浆热液加矿液活动, 有利于形成大而富的矿产资源。这些正异常及 OnT 等值线的拐弯和膨缩的特征点, 是寻找隐伏矿床的标志之一。

### 2.2.6 Z 上延 20 km 航磁异常

应用 Z 异常上延 20 km 的目的是为了获得削弱浅部、突出深部磁性地质体的延深规模信息。由图 2g 知：由北至南、从西到东依次有鹤庆倒流阱、程海西、永胜撒巴山、北衙-小龙潭、黄矿厂 5 个 10 nT~100 nT 正航磁异常，表明这些部位的基性、超基性岩体延深较大，其中宾川-北衙最大，它沿隐伏的南华超壳断裂上涌，是云南境内仅次于会泽大井地区第 2 大岩浆岩岩基之地。同样，据小龙潭、马厂箐、黄矿厂等 3 个已知矿床，均处异常的转变部位的特征，其余正、负、0nT 等值线的相同点是寻找隐伏矿床之地。图 2e、2f、2g、2i 据陈元坤资料 简化。

### 2.2.7 超壳断裂和天然地震

依据以上各类信息和参数圈定宾川幔坳区 7 条超壳断裂，它们呈不规则“来”字形（图 2h）：1 条近 SN 向的 23 程海断裂；2 条近 EW 向的 20 金江街断裂、21 宾川断裂；2 条 NW 向的 14 红河断裂、15 南华断裂；2 条 NE 向的 22 大理断裂、24 南涧断裂。超壳断裂带无疑是壳幔薄弱地段（图 2h 用点线展示）。它们有 8 个交汇点（A~H），更是壳幔最脆弱地段，亦是岩浆和矿液上侵及岩体、矿床赋存之地，完全符合图 2a~2g 的 7 节分析。

超壳断裂带可由以下 5 点检验：（1）地史上 5~7 级大地震震中均沿超壳断裂带及其邻近展布（图 2h）；（2）金沙江及其支流锅厂河、桑园河、鱼泡江大拐弯处和终止点为超壳断裂带部位；（3）38℃~80℃温泉也沿超壳断裂带出露（图 2d）；（4）遥感圈定的线性构造（23 程海断裂）对比可知，该断裂带东倾性质及其大致倾角（图 2j）；（5）由人工地震测深检验亦属正确（图 2k）。

### 2.2.8 大地电磁法（MT 法）和人工地震测深

从潞西遮放至南华 410 km 地学断面上 8 个点的 MT 法成果显示（图 2k、图 3），在二维方向上有较大的电阻率变化<sup>[9]</sup>。其中 5 个点（三台山、潞西、太邑、大理、祥云）的壳幔电性结构电阻率由高、低相间的 5 层介质组成；另 3 个点（大田坝、水泄、南华）为 4 层，即缺失第一层。而祥云盆地第一层厚约 3.5 km，其它为 0.3 km~3 km，电阻率为  $n \sim n \cdot 10\Omega \cdot m$ 。推断此层为盆内新生代沉积层和低阻断裂带。如祥云即宾川幔坳区超壳断裂多达 7 条，以怒江、澜沧江和红河 3 大断裂带分块。

壳内低阻层在二维方向上分成两块：第一块为潞西和保山段的上地壳内出现  $6\Omega \cdot m$ 、 $8\Omega \cdot m$  及  $3\Omega \cdot m$ 、 $6\Omega \cdot m$  低电阻率，该层在潞西深约 10 km、厚约 5 km，其北部有近代火山活动，高热流（极大值为  $118 \text{ mW}/\text{m}^2$ ）、负磁异常及低重力异常等特征，推断为壳内的岩浆囊引起。水泄深 3.6 km  $6\Omega \cdot m$  的低电阻异常，笔者曾在 1998 年《澜沧老厂物化探资料研究报告》中提出，可能与该处的富水带、大型铜矿床及炭质岩系综合所致，根据目前提出的幔坳综合三维找矿模型更巩固这一看法；第二块为大理-南华段的中地壳内 19 km~34 km 厚约 7~9 km ( $20 \sim 59$ )  $\Omega \cdot m$  的低阻层，与两侧相邻的潞西、保山、楚雄对比，也是低速层，并与中国大陆东部低阻层相当，可能是现代构造和岩浆活动所致<sup>[9]</sup>，也极有可能与成矿活动和地下水有关。该层埋深由浅至深顺次是：南华（19 km~26 km），祥云（21 km~30 km），大邑（24 km~31 km）和大理（25 km~34 km），其中祥云和大理最厚均达 9 km。地面出露的岩浆

岩种类较多, 有碱性岩、基性岩到超基性岩类, 是多次构造和岩浆活动的反映, 有利于形成超大型斑岩系列铜矿床。

上地幔高导层顶部埋深由潞西 60 km 到大理 110 km, 到南华又变浅为 102 km, 即 SW 和 SE 浅、中部深, 其电阻率也是 SW ( $3\Omega \cdot m$ ,  $4\Omega \cdot m$ ) 和 SE ( $10\Omega \cdot m$ ) 小, 中部太邑、大理高 ( $21\Omega \cdot m$ ,  $23\Omega \cdot m$ ), 应是软流圈顶部的反映。

垂向上高电阻层分为两组: 一组为三台山、潞西、太邑、大理和祥云等 5 个点的第 4 层, 电阻率依次为  $2\,000\Omega \cdot m$ ,  $2\,000\Omega \cdot m$ ,  $3\,000\Omega \cdot m$ ,  $1\,000\Omega \cdot m$  和  $3\,000\Omega \cdot m$ , 深度为 48 km ~ 78 km; 二组为大田坝、水泄和南华等 3 个点的第 3 层电阻率, 分别为  $7\,000\Omega \cdot m$ ,  $3\,000\Omega \cdot m$ ,  $1\,000\Omega \cdot m$ , 深度为 74 km ~ 80 km, 均穿过莫霍面。

人工地震测深纵波 (P) 成果表明: 遮放-南华壳幔速度结构为 3 层, 但横向变化大。例如潞西 → 保山 → 宾川 → 南华均是上、中地壳 P 波波速依次递减, 由 (5.99 ~ 6.53) → (5.86 ~ 6.56) → (5.82 ~ 6.43) → (5.78 ~ 6.49) km/s; 相反, 下地壳 → 上地幔波速则递增, 顺次是 (7.02 ~ 8.03) km/s → (6.90 ~ 8.09) km/s → (6.78 ~ 8.30) km/s → (74.7 ~ 8.30) km/s。可能与各地的岩性、构造活动、流体等不同有关。各层的密度变化规律同上。

从图 3 清晰可见, 潞西的天然地震震源全发生在中地壳以上空间, 而地面出露硅铝质的中酸性岩类和与其相关的矿产组合资源。宾川幔坳内的地震震源处于上、中和下地壳内, 地面上超基性岩、基性岩、中酸性岩和碱性岩类等硅镁质—硅铝质岩浆岩发育, 与岩浆岩匹配对应的高、中低温系列矿床屡有发现。

### 2.3 地球化学信息

1:20 万水系沉积物 Cu、Pb 元素异常图 (图 2i), 在超壳断裂及其两侧, 程度不同地显示以 Cu 为主的成矿域特征。笔者重点研究宾川东部地区  $1\,5\,万\,2\,650\,km^2$  中 Cu, Pb, Zn 等 3 个元素 5 次趋势分析剩余异常 (图 4), 共发现 49 个异常, 且具有一定规律: (1) 异常均沿 51 km、51.5 km 和 52 km 壳厚等深线两侧分布; (2) 所处部位或其邻近, 多数有喜马拉雅期石英正长斑岩、正长斑岩 ( $\epsilon\pi_5^3$ )、角闪石英正长斑岩 ( $\epsilon\pi$ )、辉长岩 ( $\alpha$ )、煌斑岩 (k)、玄武岩 ( $P_b$ ) 及花岗斑岩脉 (体、 $\pi\pi$ ) 露头。少数有斑岩铜矿、铜铅锌矿点 (31 小龙潭、33 雄鲁么)、砂岩铜矿点 (5 铁锁街、18 妙姑苴、29 桥头哨、39 密林庄)、褐铁矿点 (2 中英、28 小鸡山、34 香么所); (3) 绝大多数异常处在复式背斜、超壳断裂及其邻近的次级逆断层上, 符合“褶皱和断裂既是构造虚脱部位, 又是释放运动能量的减压部位; 既是热液通道, 又是赋矿场所”的论点 (涂光炽, 1996); (4) 全部位于上三叠统 ( $T_3^{I^1}$ ) 至中白垩统 ( $K_2$ ) 砂岩、泥岩、粉砂岩、页岩夹煤系地层上。

必须指出: 笔者在报告、中提出:  $1 \times 10^{-6} \leq \omega (Ag) < 1 \times 10^{-6}$  是鉴别斑岩铜矿体和矿化的特征元素, 是根据单矿物、岩石化学分析以及钻孔中矿体、矿化得出的指标, 即黄铜矿、黑云母正长斑岩中 Ag 含量最高, 分别为  $\omega (Ag) = 8 \times 10^{-6}$ ,  $\omega (Ag) = 0.5 \times 10^{-6}$ ; 11 个钻孔中当  $\omega (Cu) \geq 2 \times 10^{-3}$  时,  $\omega (Ag) \geq 1 \times 10^{-6}$ , 而  $\omega (Cu) < 2 \times 10^{-3}$  时, 则  $\omega (Ag) < 1 \times 10^{-6}$ 。和国内外斑岩铜矿区用 Ag 指示矿集区雷同。另外, 依据 Cu、Ag 相关系

云南省宾川地区 (东部一带) 分散流普查工作报告, 云南省冶金局地质勘探公司物探队, 云南省有色地质局资料室, 1978.9



数为 1, 富集系数约为 1, Cu 又是以机械晕为主、迁移距离小等 3 条件, 可以应用  $\omega(\text{Ag}) \geq 1 \times 10^{-6}$  来评价分散流异常揭示的斑岩铜矿体。同时, 参考元素组合、含量及其地质标志, 笔者从 49 个异常中择优选出 22 个, 从北至南、由西到东顺次是: 3 利里阱, 4 尼其石, 5 铁锁街, 7 松坪, 8 朱古拉, 12 黄竹坪, 17 大坪地, 19 哨房山, 20 康宁村, 24 梨子园, 25 烧香山, 28 大树沟 (小鸡山铁矿点南), 30 立拉么, 31 小龙潭, 32 伙凤岗, 33 雄鲁么, 34 香么所, 41 外居苴, 42 余食郎, 43 阱门口, 44 大野猫山, 47 查扎拉 (图 4)。它们都是斑岩铜矿、砂岩铜矿, 或两者兼而有之且受后期含铜基性岩影响富化, 且矿体埋深小的异常。如 31 小龙潭已知为斑岩铜矿异常, 极大值  $\omega(\text{Ag}) = 1.5 \times 10^{-6}$ 。元素组合为 Cu, Mo, Ag, Pb, Zn。常见值为  $\omega(\text{Cu}) = 50 \times 10^{-6}$ ,  $\omega(\text{Mo}) = 3 \times 10^{-6}$ ,  $\omega(\text{Ag}) = 1 \times 10^{-6}$ ,  $\omega(\text{Pb}) = 500 \times 10^{-6}$ ,  $\omega(\text{Zn}) = 900 \times 10^{-6}$ 。异常位于石英正长斑岩、花岗斑岩及斑岩铜矿体上部, 极有可能成为大型规模。

玄武岩 ( $P_b$ ) 的异常元素组合为 Cu, Zn, Pb, Cr, Mo。无 Ag [确切地说  $\omega(\text{Ag}) < 0.2 \times 10^{-6}$  当时检出限], 如 1 北沙井异常。而斑岩铜矿 (化) 和  $P_b$  综合异常, 如 33 雄鲁么异常比 1 北沙井异常多  $\omega(\text{Ag}) = 1.0 \times 10^{-6}$ , 比 31 小龙潭则多了元素 Cr 组合。如此等等。

#### 2.4 遥感信息

据陆地卫星第 7 波段 TM 图象解译, 宾川幔坳区的环形影像沿 7 条超壳断裂及其邻近展布。弥渡黄矿厂与宾川小龙潭同处 23 程海超壳断裂带上, 且环影主要在黄矿厂矿区偏西, 小龙潭环影则偏南 (郑庆鳌, 2001), 已为地面物化探资料证实。线性构造只解译了程海断裂和红河断裂 (图 2j)。其中程海断裂位 23 程海超壳断裂西侧, 按两者平距和深度差异和该断裂带东倾, 倾角在幔坳中部约  $79^\circ$ , 到北部程海则一致。

### 参 考 文 献

- [1] 王之田等. 大型铜矿地质与找矿 [M]. 北京: 冶金出版社, 1994 年 6 月.
- [2] 罗君烈, 李志伟. 云南中西部喜马拉雅岩浆及成矿研究新进展 [J]. 云南地质, 2001, 20 (3): 229 ~ 242.
- [3] 曹显光等. 试论云南地震带与矿产集中区的相关性 [C]. 云南省地球物理学会, 云南地球物理文集 (二). 昆明: 云南大学出版社, 1997, 97 ~ 103.
- [4] 曹显光等. 地震带与矿产密集区的相关性浅析 [J]. 西南矿产地质, 1997 3-4. 11 (3-4). 88 ~ 94.
- [5] 姜泽春. 纳米物质的地球化学活性 [C]. 中国科学院地球化学研究所. 地球化学进展. 贵阳: 贵州科技出版社, 1996, 80 ~ 83.
- [6] 曹显光等. 云南莫霍面形态与大型矿床空间关系探讨 [J]. 云南地质, 2001, 20 (11): 73 ~ 80.
- [7] 曹显光等. 云南壳/幔坳陷与大型矿床的关系及其成因探讨 [C]. 云南省地球物理学会. 云南地球物理文集 (三). 昆明: 云南大学出版社, 2001, 161 ~ 167.
- [8] 贾跃明. 当代流体地质研究的若干重大进展 [J]. 中国地质, 1994 (5): 24 ~ 26.
- [9] 阚荣举等. 云南遮放至马龙地学断面说明书 [A]. 国家地震局地学断面编委会. 地震出版社, 1992.

# 3D PROSPECTION MODEL OF COMPREHENSIVE INFORMATION FOR THE PORPHYRY COPPER DEPOSIT IN BINCHUAN MANTLE DEPRESSION, YUNNAN

CAO Xian-guang

(*Yunnan Institute of Nonferrous Geology, Kunming Yunnan 650051*)

**Abstract:** The Binchuan mantle depression area is located in the central south section of Jinshajiang nonferrous precious metal metallogenetic zone along the east margin of Hengduan Mountains of Qinghai-Tibet plateau. It is the third largest one in scale after Dongchuan-Zhaotong and Gejiu-Qiubei mantle depression area. According to the 3D prospecting model of comprehensive information put forward first in this paper, there is a potential super-large porphyry Cu deposit maybe in this area. One of the metallogenesis is the interaction among nano-meter order C, Cu and Au grains.

**Key Words:** Comprehensive Information; 3D Prospecting Model; Porphyry Cu Deposit; Binchuan Mantle Depression, Yunnan.