

# 激电极化法在滇西北八宝山铜矿床 隐伏矿预测中的应用

张羽洋

(贵州省有色地质矿产勘查局, 贵州 贵阳 550003)

**摘要:** 八宝山铜矿床位于滇西北兰坪—维西地区, 为新发现的铜矿床, 在控矿因素、矿床成因、成矿规律和深部隐伏矿预测等方面的研究尚不足。在总结矿床地质特征的基础上, 重点分析激电极化法在地质找矿中的应用。结果表明, 八宝山铜矿区的岩、矿石存在明显的物性差异, 激电极化法的找矿效果显著, 可在地质条件相似的周围地区的隐伏矿预测中推广应用。

**关键词:** 地质特征; 激电极化法; 隐伏矿预测; 八宝山铜矿床

中图分类号: P631.3<sup>1</sup>24

文献标识码: A

文章编号: 1009-0479-(2009)03-0001-06

## Application of Induced Polarization Method in Forecasting Buried Mine in a Copper Deposit

ZHANG Yu-yang

(Guizhou Institute of Geology and Mineral Resources Exploration for Nonferrous Metals, Guiyang 550005, China)

**Abstract:** Babaoshan copper deposit, located in Lanping-Weixi zone in the northwest of Yunnan province, is a newly-discovered copper deposit in recent years. Researches in aspects as ore-controlling factors, genesis of deposit, metallogenic regularity and predictions in buried mine are still weak. Based on a study of the geological characteristics of Babaoshan copper deposit, this paper emphatically analyzed the application of induced polarization method in prospecting. The research indicated that difference existed in the physical properties of various rocks and ores, and the effect of the induced polarization method was prominent in ore prospecting. The method can be applied to prospect buried mine in similar geological areas.

**Key words:** geological characteristics; induced polarization method; forecast of concealed ores; Babaoshan copper deposit

## 0 引言

滇西北兰坪—维西地区处于金沙江构造带与兰坪盆地的结合部位, 由于地理和自然环境恶劣, 其地质工作相对薄弱<sup>[1-4]</sup>。近年来, 随着地质工作的不断深入, 在该区相继发现了八宝山、大宝山、陈新厂、长土坡、小河箐、腊八山、高宗、铜厂等铜矿床(点), 其铜矿石品位  $w(\text{Cu})$  为 1.01% ~ 9.90%<sup>[5]</sup>。这些矿床(点)主要是通过地表地质填图结合物、化探方法发现的, 在深部隐伏矿预测、成矿规律和矿床成因等方面的研究尚不足。本区的地质实践证明, 激电极化法是一种找矿效果明显的方法<sup>[4-6]</sup>。总结激电极化法在本区找矿中的成功应用, 不仅可以丰富找矿勘查技术, 而且可以进一步指导

收稿日期: 2009-03-23

基金项目: 国家地调项目: 云南大宝山~八宝山铜矿评价 (1212010530303)。

作者简介: 张羽洋 (1979-), 男, 贵州德江人, 助理工程师, 大学本科, 主要从事地质矿产勘查工作。

外围地区找矿。故本文以区内的八宝山铜矿床为例，在研究矿床地质特征的基础上，重点分析激电极化法在地质找矿中的应用。

## 1 地质概况

以兰坪—维西地区以叶枝—雪龙山断裂为界分为东、西两个次级构造单元（图1）：东侧为江达—维西晚二叠世—中生代弧火山岩带（即维西弧火山岩带），西侧为昌都—兰坪中生代双向弧后前陆盆地（即兰坪盆地）。八宝山铜矿床位于西侧的兰坪盆地内。区域内出露地层主要有雪龙山变质岩系（Pt<sub>1-2</sub>）、三叠系中统上兰组（T<sub>2</sub>s）、三叠系上统攀天阁组（T<sub>3</sub>p）、崔依比组（T<sub>3</sub>c）、石钟山组（T<sub>3</sub>s）、侏罗系中统花开左组（J<sub>2</sub>h）、侏罗系上统坝注路组（J<sub>3</sub>b）、白垩系下统景星组（K<sub>1</sub>j）及上第三系中新统双河组（N<sub>1</sub>s）。

区内岩浆岩以侵入岩为主，大多呈岩脉状产出，其空间分布明显受构造控制。岩性以中酸性为主，少量为超基性；侵入时期主要为喜山期，具多期、多阶段侵入特点。

## 2 矿床地质特征

### 2.1 地层及岩性

八宝山铜矿区出露地层简单，主要为侏罗系中统花开左组（J<sub>2</sub>h）、侏罗系上统坝注路组（J<sub>3</sub>b）及白垩系下统景星组（K<sub>1</sub>j）（图2）。侏罗系中统花开左组（J<sub>2</sub>h）按其岩性分为两段：第一段（J<sub>2</sub>h<sup>1</sup>）为浅灰—灰白色薄—中厚层钙质粉砂岩，夹中厚层粗砂岩、砂质粘土岩；第二段（J<sub>2</sub>h<sup>2</sup>）为灰色—浅灰色薄—中厚层灰岩，发育团块状、细脉状方解石，夹灰绿色薄层板岩。侏罗系上统坝注路组（J<sub>3</sub>b）为灰绿色薄层粉砂质板岩，局部夹浅灰色薄层石英砂岩。白垩系下统景星组（K<sub>1</sub>j）为浅灰色中—厚层粗砂岩，局部发育晶洞。铜矿体在矿区内各地层中均有产出，层控特征不明显。

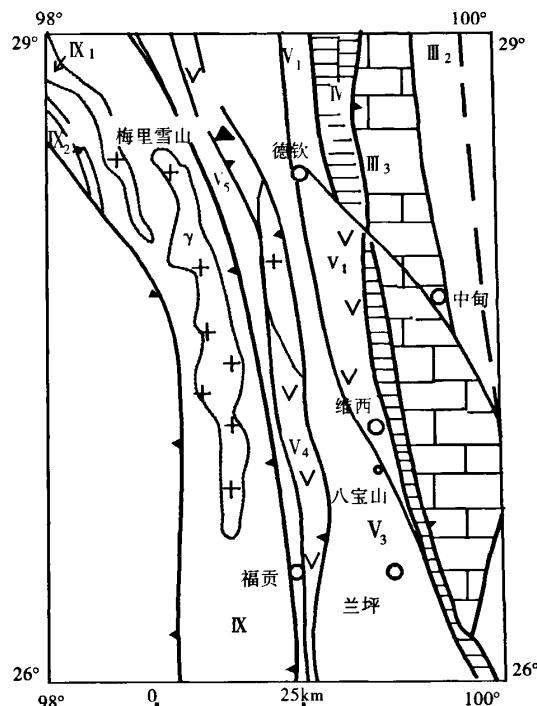
### 2.2 矿区构造

八宝山铜矿区构造以断裂为主，矿体产于断裂带内或附近，构造控矿特征明显。按断裂走向方向，可分为北西向、近南北向及北东向三组（图2）。矿区内主要断裂的特征如下：

F<sub>1</sub>断裂是区域性断裂，为矿区的导矿构造，呈近南北向分布于矿区东部。断裂面呈舒缓波状，倾向西，倾角59°~65°。断裂上盘为J<sub>2</sub>h、J<sub>3</sub>b地层，下盘为K<sub>1</sub>j、J<sub>3</sub>b地层。断裂破碎带宽2.5~5.0 m，带内为石英砂质构造角砾岩，具硅化及褐铁矿化。

F<sub>2</sub>断裂为正断层，位于矿区西部，断层倾向225°~240°，倾角58°~72°，断裂破碎带宽2.5~5.0 m，带内可见透镜状构造角砾岩，具硅化、褐铁矿化。该断裂为矿区的控矿构造，与F<sub>4</sub>断裂的交汇处产出I-②铜矿体。

F<sub>4</sub>断裂控制着I-①和I-②铜矿体，为矿区的主要控矿构造。断裂走向北东—北东东，倾向南



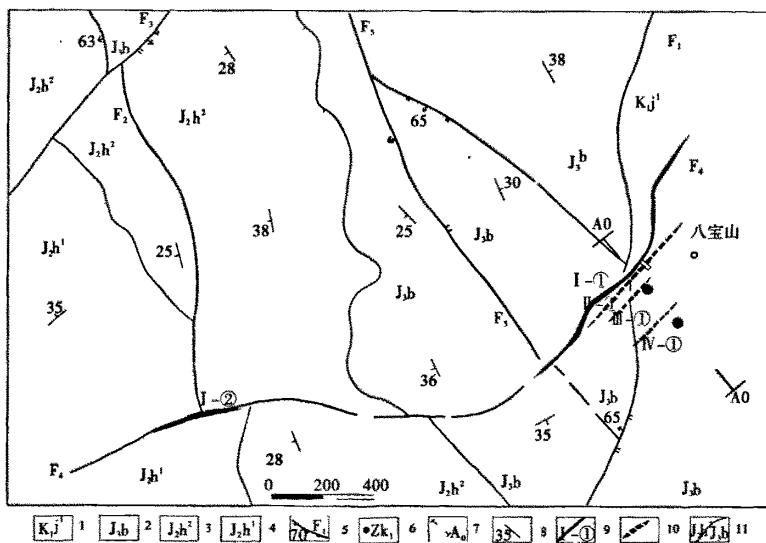
(III<sub>1</sub>为古义敦晚三叠世弧后盆地带；III<sub>2</sub>为中咱—中甸地块；IV为金沙江—哀牢山结合带；V<sub>1</sub>为江达—维西晚二叠世—中生代弧火山岩带；V<sub>2</sub>为昌都—兰坪中生代双向弧后前陆盆地；V<sub>3</sub>为杂多—东达山晚古生代—早中生代弧火山岩带；V<sub>4</sub>为左贡地块；IX<sub>1</sub>为冈底斯—拉萨—腾冲陆块；IX<sub>2</sub>为班戈—腾冲白垩纪岩浆弧带；IX<sub>3</sub>为纳木湖—嘉黎结合带；γ为花岗岩体)

图1 滇西北兰坪—维西地质构造略图

东，倾角在 $66^{\circ}$ 以上。断裂破碎带宽 $1.0 \sim 2.5$  m，带内发育棱角状、次棱角状构造角砾岩，具硅化、褐铁矿化、孔雀石化、兰铜矿化。

### 2.3 矿体特征

截至目前，八宝山铜矿区已发现规模铜矿体两个（I - ①和II - ①矿体），均受断裂控制（图2）。I - ①矿体呈似层状，走向北东，倾向南东，倾角 $48^{\circ} \sim 60^{\circ}$ ；已控制矿体长度700 m，其产出完全受 $F_4$ 断裂的控制。矿石矿物主要为黝铜矿和辉铜矿，及少量黄铜矿、黄铁矿。围岩蚀变主要为重晶石化、硅化及褐铁矿化。矿体厚 $0.73 \sim 8.98$  m，平均 $2.29$  m；Cu品位为 $0.20 \sim 14.07 \times 10^{-2}$ ，平均品位 $1.92 \times 10^{-2}$ ；Ag品位 $1.50 \sim 187.00 \times 10^{-6}$ ，平均品位 $32.57 \times 10^{-6}$ 。



（1为下白垩统景星组一段；2为上侏罗统坝注路组；3为中侏罗统花卉左组二段；4为中侏罗统花卉左组一段；5为断层及编号；6为见矿钻孔；7为勘探线、物探剖面及编号；8为地层产状；9为矿体及编号；10为隐伏铜矿体及编号；11为实测地层界线）

图2 八宝山铜矿区地质简图

II - ①矿体为隐伏矿体，由 $Zk_1$ 和 $Zk_2$ 钻孔控制，产出于与 $F_4$ 断层平行的次一级派生断裂内。矿体走向北东，倾向南东，倾角 $16^{\circ} \sim 40^{\circ}$ ，长约560 m。矿石具他形晶粒状结构、块状构造；矿石矿物主要为黝铜矿、辉铜矿、黄铜矿。围岩蚀变为重晶石化、硅化及褐铁矿化。钻孔揭露铜矿体真厚度为 $0.84 \sim 4.42$  m，平均 $2.63$  m；Cu品位 $0.26 \sim 23.87 \times 10^{-2}$ ，平均品位 $14.97 \times 10^{-2}$ ；Ag品位 $174.24 \sim 250.0 \times 10^{-6}$ ，平均品位 $188.90 \times 10^{-6}$ 。

### 3 激电极化方法实验研究

激电仪器为国产DWJ-1A型微机激电仪，供电8 s，延时、积分为100 ms，信号取数3次；观测参数为一次场电位 $\Delta V$ 、电流 $I$ 和视极化率 $\eta_a$ ；电源由发电机供以直流电，供电电极为不锈钢电极，测量电极为不极化电极（陶瓷罐）。

#### 3.1 岩、矿石物性实验

为确定矿区不同类型岩、矿石的物性参数，系统采集了141块岩、矿石标本进行测定。先将岩、矿石标本浸泡在水中，达饱和后将标本取出至表面晾干；然后用加有适量硫酸铜溶液的潮湿泥团分别与岩矿标本三个方向上的两端接触，在泥团上布置供电、测量电极，测量三个方向的极化率值；取平均值作为每块岩、矿石标本的极化率值，测定结果见表1。

表1 八宝山铜矿区不同岩、矿石极化率 $\eta_a$ 参数统计表

地层代号	岩、矿石及岩性	块数	$\eta_a$ 变化范围/%	$\eta_a$ 几何平均值/%	$\eta_a$ 算术平均值/%
J <sub>2</sub> h <sup>1</sup>	砂岩	39	0.3~1.5		0.8
J <sub>2</sub> h <sup>1</sup>	粘土岩	2	0.7~0.9	0.8	
J <sub>2</sub> h <sup>2</sup>	灰岩	21	0.7~1.3	1.0	
J <sub>2</sub> h <sup>2</sup>	蚀变围岩	38	0.9~4.8		1.6
	铜矿石	41	2.1~34.2		6.4

由表1可以看出：

(1) 不同类型的岩石极化率均<1.5%，且变化范围较小。其中，砂岩极化率变化范围为0.3%~1.5%，统计平均值为0.8%；粘土岩极化率变化范围为0.7%~0.9%，统计平均值为0.8%；灰岩极化率变化范围0.7%~1.3%，统计平均值为1.0%。

(2) 蚀变围岩和铜矿石的极化率明显高于围岩，其变化范围亦较大。蚀变围岩极化率变化范围为0.9%~4.8%，统计平均值为1.6%；铜矿石极化率变化范围为2.1%~34.1%，统计平均值为6.4%。

(3) 由矿区的岩、矿石物性测定结果分析，铜矿石与围岩存在较明显的极化率差异，铜矿石极化率平均值是岩石极化率的3~40倍。这就为激电极化法在本矿区隐伏矿预测的应用提供了前提条件。

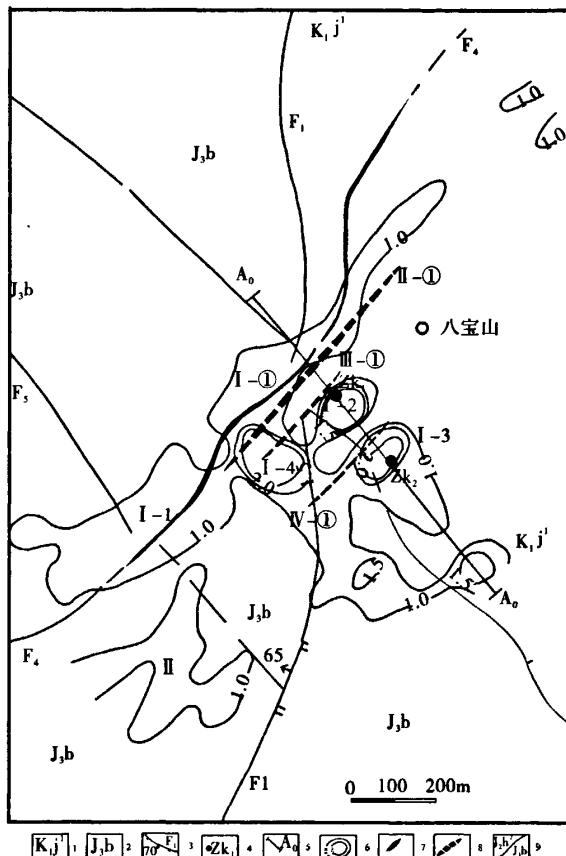
### 3.2 异常下限的确定

在激电异常两侧背景区内，按一定比例抽取具有代表性测线上79个点的 $\eta_a$ 值，取其算术平均值作为矿区极化率的平均背景值，把极化率的平均背景值加上1.5~2.5倍 $\eta_a$ 值的均方差作为异常下限值。经计算，矿区极化率的平均背景值为0.7%，异常下限值为1.0%。

### 4 物探异常及地质分析

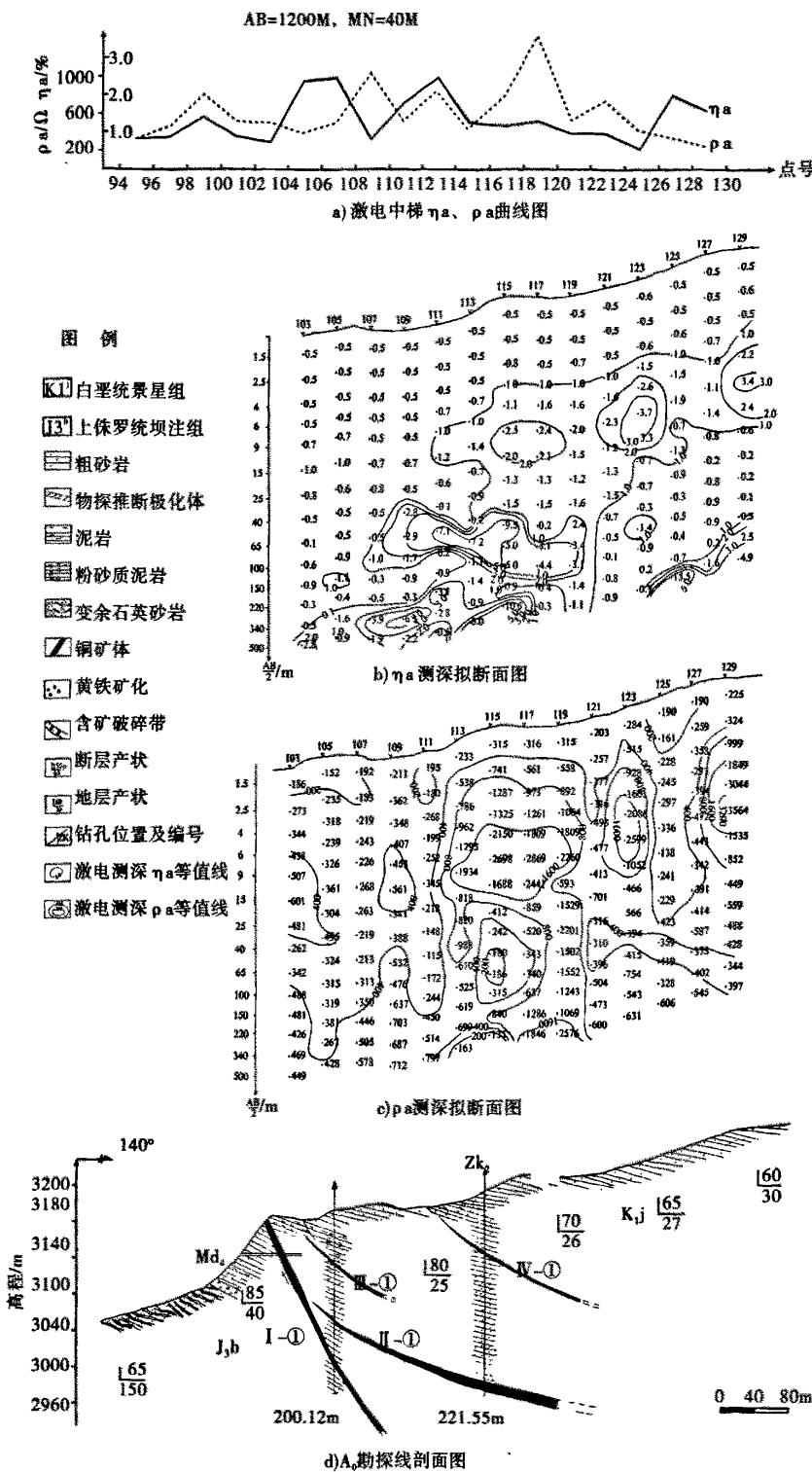
八宝山铜矿区布置了3 km<sup>2</sup>的激电中梯扫面，共发现6个极化率 $\eta_a$ 异常，并对这些异常采用对称四极垂向激电测深。因篇幅所限，本文仅以I号异常为例进行分析研究。

I号异常分布于断裂F<sub>1</sub>与F<sub>4</sub>的交汇部位(图3)。其中，I-1异常走向长约1000 m，与I-①号铜矿脉位置基本吻合；I-2、I-3、I-4三个异常NE-SW宽约300 m，NW-SE长约500 m，其极化率最大值分别为2.5%、2.5%和3.9%。在八宝山铜矿区，近南北向的F<sub>1</sub>断裂为导矿构造，北东向的F<sub>4</sub>断裂及其派生断裂是控矿构造。I号异常区恰好位于F<sub>1</sub>与F<sub>4</sub>的交汇处，具备良好的成矿条件，



(1为下白垩统景星组一段；2为上侏罗统坝注组；3为断层及编号；4为见矿钻孔及编号；5为勘探线、物探剖面及编号；6为激电 $\eta_a$ 等值线及异常编号；7为矿体及编号；8为隐伏铜矿体及编号；9为实测地层界线)

图3 八宝山铜矿区I号异常区地质—物探综合图

图4 八宝山铜矿区A<sub>0</sub>号勘探线地质—物探综合剖面图

I - 1 异常与 I - ①号铜矿体位置的吻合也证实了这一点。I - 2、I - 3、I - 4 三个异常分布在断裂 F<sub>1</sub> 东、西两盘，在地表发育重晶石化、硅化等围岩蚀变。综合地质、物探资料分析，认为 I - 2、I - 3、I - 4 三个异常可能是隐伏矿体的矿致异常，存在较大的找矿潜力。

在 I 号异常区的 A<sub>0</sub> 号勘探线上布置激电测深断面，激电测深点 14 个，激电测深拟断面见图 4。由图 4 可以看出，在 113 ~ 129 号点位之间，AB/2 = 6 ~ 25 m 的激电异常反映极化体离地表很近，顶板埋深 3 ~ 4 m，具有“高阻高极化”特征，推断极化体为矿化、硅化蚀变带；在 103 ~ 119 点位之间和 124 ~ 129 点位之间，AB/2 = (40 m 或 65 m) ~ (340 m 或 500 m)， $\eta_a$  异常等值线值为 1.0% ~ 5.0%，推断该极化体因有矿致异常。

## 5 工程验证

针对 I 号异常区的 I - 2、I - 3 异常，在 A<sub>0</sub> 号勘探线上布置 Zk<sub>1</sub>、Zk<sub>2</sub> 两个验证钻孔（图 4）。Zk<sub>1</sub> 钻孔在孔深 27.85 ~ 51.25 m 处见黄铁矿化，在孔深 57.85 ~ 58.85 m、117.35 ~ 118.45 m 和 163.83 ~ 165.13 m 处均见矿，矿体铅垂厚度为 1.0 m、1.1 m 和 1.3 m，矿石铜品位为 1.6%、19.35% 和 14.07%；Zk<sub>2</sub> 钻孔在孔深 67.70 ~ 68.70 m 和 214.55 ~ 217.15 m 处见矿，矿体铅垂厚度为 1.0 m 和 2.6 m，矿石铜品位为 2.1% 和 22.18%。Zk<sub>1</sub>、Zk<sub>2</sub> 钻孔的见矿情况良好，揭露到 II - ①、III - ① 和 IV - ① 三个隐伏铜矿体（图 4），与 A<sub>0</sub> 号勘探线激电测深剖面推断解释结果相吻合，激电极化法在八宝山铜矿床的隐伏矿预测中取得了显著的找矿效果。

## 6 结语

八宝山铜矿区的铜矿石与围岩电性差异明显，铜矿石的极化率是围岩的 3 ~ 40 倍，故八宝山矿区具备激电极化法找矿的地球物理条件。该区的物探工作反映激电异常明显，验证钻孔的见矿效果显著。这表明激电极化方法在八宝山铜矿区隐伏矿预测中是一种行之有效的方法，可推广应用到地质条件相似的外围地区。

### 参考文献：

- [1] 邵兆刚, 孟宪刚, 冯向阳, 等. 云南兰坪—维西地区成矿与岩石圈构造动力学 [M]. 北京: 地质出版社, 2004.
- [2] 云南省地质矿产局. 云南省区域地质志 [M]. 北京: 地质出版社, 1990.
- [3] 云南省地质矿产局. 区域地质调查报告(1:20 万维西幅) [R]. 1984.
- [4] 杨松, 董家龙, 张振亮, 等. 云南大宝山—八宝山铜矿评价成果报告 [R]. 2008.
- [5] 杨松, 董家龙, 张振亮, 等. 云南兰坪—维西地区铜矿床成矿地质条件研究 [J]. 矿产与地质, 2006, 20(6): 640 ~ 644.
- [6] 董家龙, 杨松, 曾桂强. 云南维西大宝山铜矿床地质—物探找矿研究与成矿预测 [J]. 矿产与地质, 2008, 22(4): 357 ~ 363.
- [7] 舒明. 激发极化法在砚山阿空锰矿区的应用 [J]. 云南地质, 2004, 23(3): 385 ~ 389.
- [8] 杨善乐, 杨绍文. 激电—瞬变电法在那能金矿评价中的应用效果 [J]. 云南地质, 2008, 27(3): 376 ~ 382.
- [9] 尹光候, 杨淑胜. 中甸雪鸡坪斑岩铜矿地质及找矿远景 [J]. 云南地质, 2008, 27(1): 27 ~ 34.

[责任编辑: 贾朝光]