

# 衬值滤波法在化探数据处理及找矿中的应用 ——以乡城—稻城—得荣地区斑岩型铜矿为例

廖敏<sup>1,2</sup>, 李佑国<sup>1</sup>, 费光春<sup>1</sup>, 童蕾<sup>3</sup>

(1. 成都理工大学 地球科学学院, 成都 610059; 2. 四川省地质矿产勘查开发局 化探队, 四川 德阳 618000; 3. 四川省峨眉山市第二中学, 四川 峨眉山 614200)

**摘要:** 川西乡城—稻城—得荣地区地处川西高原, 相对高差一般大于 2 000 m, 高山深切割现象显著。地质背景以及表生地球化学环境变化复杂, 找矿标志不明显, 找矿难度大。采用传统化探方法可能漏掉部分异常强度不大而可能成矿的异常; 或者是矿体有一定埋藏深度而异常较弱未引起足够的重视, 影响找矿效果。子区中位数衬值滤波方法解决了低背景区和高背景区弱小异常的识别问题, 克服了采用全区统一异常下限给异常识别带来的困难。

**关键词:** 化学异常; 衬值滤波; 斑岩型铜矿; 四川省

**中图分类号:** P622.3; P628.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-1412(2007)01-0076-05

## 0 引言

四川西部乡城—稻城—得荣中地带地区位于我国西南三江中北段义敦—中甸岛弧带有色、贵金属矿产集中区南部。自印支期以来, 研究区先后经历了俯冲造山、碰撞造山及陆内汇聚造山等构造动力作用, 每次构造作用都伴随着成矿作用。研究区与著名的云南雪鸡坪—普朗斑岩铜矿带、羊拉夕卡岩—斑岩铜矿带相毗邻, 而斑岩铜矿常具成带、成群分布的特点。由于本区切割较深、地貌条件特殊、表生地球化学环境变化复杂、梯度变化小、找矿标志不明显, 找矿难度大, 需要对本区的地球化学异常采取特殊的处理方法进行分析筛选。

## 1 方法原理

### 1.1 传统方法简介<sup>[2,3,7]</sup>

任何地质体中的元素的正常含量是在一定范围内变化的一系列数值, 是一组随机变量。数理统计告诉我们, 要描述一组随机变量, 最严格的方法就是

求得它的概率分布函数, 即概率  $P$  与含量  $c$  的依赖关系:

$$F(x) = P(c \leq x) = \int_{-\infty}^x f(c) dc$$

式中,  $f(c)$  是概率密度函数,  $P(c \leq x)$  为含量小于等于给定  $x$  值的概率。

经典的地球化学找矿理论以岩石、土壤、水系沉积物测量作为找矿手段, 地壳中化学元素含量的空间分布构成了三维空间的一个曲面, 称之为地球化学面。20 世纪 50 年代以来, 地球化学家基本认为地球化学面的这种变化服从元素在地球化学场的分布, 即正态分布或对数正态分布。因此, 传统地球化学异常下限的确定方法是统计勘察地球化学数据, 判断数据的分布形式, 对于符合正态分布的数据, 其背景值和异常下限按下式算出:

$$C_0 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i = \bar{x}$$

$$C_A = C_0 + 1 \sim 3S$$

$$S = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

式中,  $C_0$  为背景值,  $C_A$  为异常下限,  $S$  为样本方差。若数据服从对数正态分布, 将上式中的  $x$  换成  $\lg x$  即可, 最后再将  $\lg C_0$ ,  $\lg C_A$  换成真数。按照地球化学普查规范(DZ/T 0011-91)的要求, 地球化学背

收稿日期: 2006-01-09; 改回日期: 2006-08-21

作者简介: 廖敏(1975-), 女, 四川绵阳人, 工程师, 硕士研究生, 地图制图学与地理信息工程专业, 主要从事化探数据处理、信息系统建设、数据库开发等工作。

景与异常的划分原则是:

(1) 将原始数据转换为对数值, 反复用  $(\pm 2.5 S)$  进行特高和特低含量的剔除, 将剩余数据进行统计。

$$(2) C_0 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i = \bar{x}; C_A = C_0 + 1.65 S;$$

$$S = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

式中,  $C_0$  为背景值的对数值,  $C_A$  为异常下限的对数值。

## 1.2 衬值滤波方法原理<sup>[2,3,7]</sup>

目前比较常用的主要方法有子区中位数衬值滤波方法, 子区几何平均值衬值滤波方法等。本文采用子区中位数衬值滤波方法进行背景和异常的划分。子区中位数衬值滤波方法是在对已知的各种化探数据处理方法进行系统研究的基础上, 吸收了 EDA (Exploratory Data Analysis) 技术 (史长义, 1993) 和滤波开发出的一种处理 1:20 万区域化探化探扫描面数据的计算机数据处理方法。它根据数据本身所固有的特性来识别异常点, 确定背景总体和异常总体, 且不需要预先对原始数据作任何数学处理。EDA 技术中的一套统计参数是数据集的中位数, 2 个极值点和上下 4 分点。它利用下式来识别异常点 (异常)<sup>[6]</sup>:

$$F_u = Q_u + 1.5 \times S_h$$

$$F_l = Q_l - 1.5 \times S_h$$

其中  $F_u$  和  $F_l$  为异常界限值,  $F_u$  相当于异常上限,  $F_l$  相当于异常下限,  $Q_u$  为上 4 分点,  $Q_l$  为下 4 分点,  $S_h$  为内散度。

EDA 方法中 25 % 的数据点被认为可能是“野”的, 这些“野值”对中位数和节点 (上下 4 分点) 不产生影响。EDA 技术识别异常的一个显著特点就是能够抵抗干扰和“野”数据 (当然也可能是异常) 的影响。子区中位数衬值滤波方法就是在上述 EDA 技术的基础上开发形成的。

具体方法为:

以  $3 \times 3$  个单位格子 (1:20 万化探扫描面中,  $4 \text{ km}^2$  格子) 作为中心窗口, 求其中位数作为中心格子的趋势值 ( $CW_m$ )。取  $9 \times 9$  个单位格子中的中位数作为背景值, 采用  $F_u = Q_u + 1.5 \times S_h$  作为异常下限, 然后计算  $CW_m$  与  $F_u$  的比值  $FC$  (即衬值)。若  $FC > 1$ , 则表明元素具有明显的正异常。根据衬值来圈定地球化学异常可以有效地识别斑岩型铜矿的异常<sup>[5]</sup>。

子区中位数衬值滤波方法用窗口代子区, 以小窗口为局部异常或噪音, 以大窗口为局部背景, 逐点移动, 使得每一个点或子区的背景不同, 把地球化学背景界面看成一个连续起伏变化的曲面。在处理过程中, 自动把一个大区域划分成很多个小子区, 每个小子区均具有自己的地球化学背景值和异常下限值。

## 2 地质概况

乡城—稻城—得荣中带地区 (以下简称研究区) 位于四川省西南部与云南省接壤地带, 主要隶属甘孜藏族自治州乡城、稻城、得荣三县管辖。工作区西起金沙江东岸, 东至稻城县东义乡“三江”成矿带中段东北部。区内地层从前震旦系—三叠系均有出露, 其中以三叠系分布最广。自印支晚期以来, 该区经历了大规模俯冲造山和燕山期碰撞造山过程, 包括弧陆碰撞与陆壳收缩加厚、造山隆升和伸展作用, 最后又遭受新特提斯喜马拉雅期陆内造山阶段 SN 向和 EW 向双向挤压、大规模逆冲—推覆及平移剪切的叠加改造, 形成了极其复杂的构造格局。研究区自西向东可分为金沙江混杂岩、中咱古陆、义敦岛弧带及恰斯—水洛断隆 4 个构造单元。研究区的主构造为义敦岛弧带中轴断裂。

## 3 化探异常筛选和异常查证

### 3.1 异常筛选

通过四川省地调院提供的 1:20 万得荣幅、稻城幅、贡岭幅和古学幅水系沉积物测量的网格化原始数据, 我们先期对数据进行了初步处理, 其结果如图 1 和图 2 所示。图 1 采用传统的化探数据处理方法, 铜的高强度异常主要位于云南省境内, 如雪鸡坪、红山、羊拉、比都、早堆等地区, 四川省境内只有个别异常强度中等的异常, 且大多与目前已知的矿点、矿化点相吻合, 表明大多数铜矿床点和化探异常对应。

图 2 (衬值滤波技术处理) 表明, 该图显示了更加清晰的铜异常, 如早堆—足鸡顶、红卓—吉呷、次林错、汝得共、稻城东、省母、热塘等异常。从图中可以看出, 研究区内异常强度最高的铜异常分布在义敦岛弧带的中轴断裂带, 呈近 SN 向带状分布, 与印

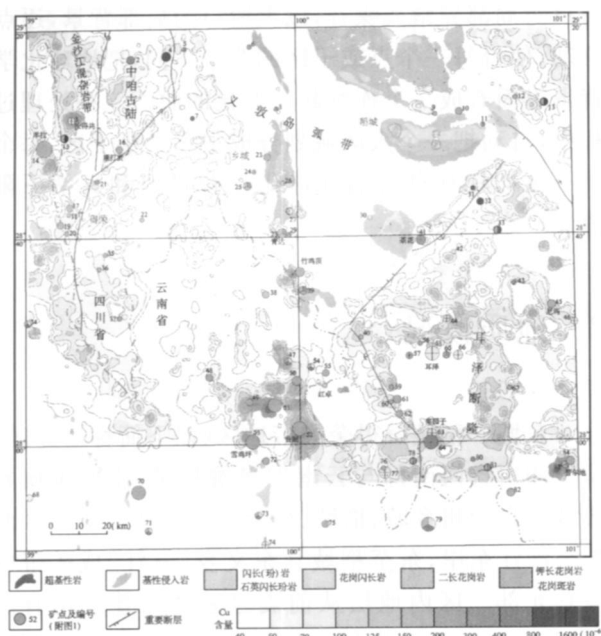


图 1 研究区常规方法铜的地球化学异常图

Fig.1 Traditional method-outlined geochemical anomaly in the study area

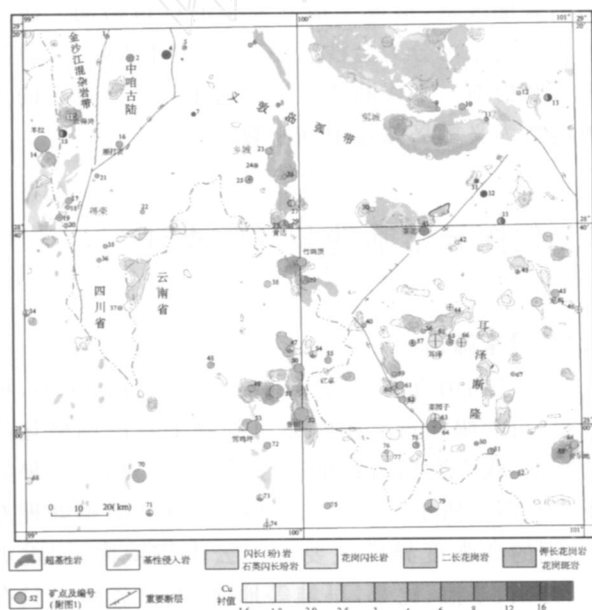


图 2 研究区铜的衬值异常图

Fig.2 Contrast filtering anomaly map of the study area

支期 - 喜山期的斑岩和浅成花岗岩体的分布基本吻合;在稻城花岗岩体的内外接触带上出现铜的异常。此外,茶花岩体的外接触带也见有铜异常的分布。在金沙江混杂岩带,汝得共地区的铜异常强度

相当高,断裂构造可能起着主导作用。在义敦岛弧带的中轴断裂带上,异常呈串珠状 SN 向延伸,并与印支期 - 喜山期的斑岩、浅成花岗岩体的分布基本吻合,从宏观上提供了雪鸡坪 - 普朗斑岩铜矿带北延的证据。

常规法中异常较弱或者没有异常的个别地区,如稻城县东约 8 km 的过瓦异常就出现了较强的衬值异常。斑岩型铜矿往往伴生有 Cu-Mo 综合异常,铜钼综合异常主要有早堆、红山、比都、东义、耳泽、水洛、稻城县东部等地区,这种综合异常可以由钼矿化引起,但主要是铜矿化所造成,特别是对斑岩型铜矿化有一定指示作用。

### 3.2 异常查证

根据 1:20 万化探、1:5 万地质和化探圈定的重要异常、新发现的点和初步安排的点采用高分辨率 X 荧光仪现场分析 Cu, Pb, Zn, As, K, Fe 等元素含量,对可能由矿体引起的水系沉积物地球化学异常进行野外现场验证和异常解释,并对矿化区域(部位)进行追索。重点研究控矿斑岩体的蚀变与矿化特征、对矿化带和控矿构造进行追索。对于露头良好的异常区,穿越异常测量数条岩石地球化学剖面,查明主要成矿元素及其伴生元素的背景含量与异常强度,推断矿(化)体原生晕的性质、空间分带规律,判断有利矿化部位。对于基岩露头差且地表覆盖严重的水系沉积物异常源区,测制土壤地球化学剖面进行异常验证,从土壤中元素组合、成矿元素与伴生元素的浓集中心出现分离现象等规律中寻找矿体的赋存部位,查明矿化地段。在异常浓集中心进行地质观察,选择有利部位布置地表工程(槽探、小圆井、浅井等),揭露、圈定矿化体<sup>[1,4]</sup>。

## 4 查证效果

通过异常查证,集合处理结果,发现了竹鸡顶、热香和红卓等 3 个有突破潜力的新矿点(床),现以热香为例作简单介绍。矿区位于乡城县城 140° 方向约 17 km 处,东经 99°54'15" ~ 99°58'15",北纬 28°47'00" ~ 28°56'00";地处乡城大断裂上盘的娘拥复向斜旺央向斜的核部,出露上三叠统喇嘛垭组第三段海陆交互相长英质砂岩、粉砂岩、粉砂质板岩。燕山晚期茨林措似斑状黑云母花岗岩沿旺央向斜核部侵入,其后的热香含铜花岗闪长岩岩墙、花岗细晶岩沿雨地逆冲断裂带(F<sub>1</sub>)侵入于早期岩体之中构成复

式岩体。铜异常面积 38.85 km<sup>2</sup>,三级浓度分带显著,浓集中心明显,元素组合为 Au,Ag,Cu,W,Sb,As,Sn,Bi;Cu 的衬度值 24.68,变异系数 0.82,富集系数 2.63,平均值 86.71。通过 1:1 万地质草测与 1:1 万土壤剖面测量相配合,初步圈定出铜矿体 1 个,似层状,控制矿体长 1 800 m,水平宽度大于 18.30 m,单样品位 0.12%~2.9%,平均品位 0.47%~0.57%,品位变化系数 92%。品位高低与硅化(暗色石英)强度密切相关,硅化强烈地段较富,铜品位一般为 0.25%~0.64%,最高可达 2.90%。矿区已圈定一个规模宏大的含铜花岗闪长岩岩墙,具有良好的成矿地质条件,经资源量预测,区内资源潜力巨大,在研究区圈出 800 m×1 500 m 的异常,异常具多个高异常中心,异常的视极化率极大值超过 10%,向北西进入云南境内,显示良好找矿前景。

全区共规划出 10 个找矿远景成矿区(图 3)。中心绒—得荣日雨铜矿成矿远景区;乡城县嘎若—得荣顺打贡铜金成矿远景区;得荣子哇—奔都铜金成矿远景区;乡城刀学—青达—热香钨锡铜多金属成矿远景区;稻城竹鸡顶—早堆铜钼成矿远景区;耳泽断隆金银铜成矿远景区;木里茶布朗—固曾铜金成矿远景区;木里县美沟地区金银锌成矿远景区;稻城县省母地区铜钨锡成矿远景区;稻城红卓—吉呷斑岩型铜矿成矿远景区。

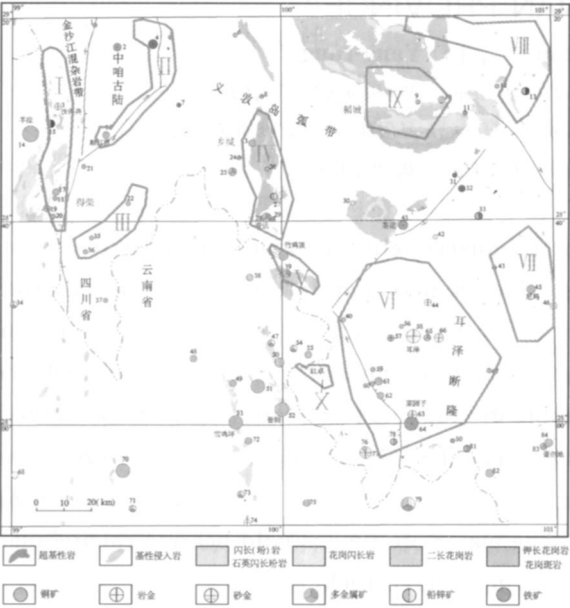


图 3 研究区成矿远景区规划图

Fig.3 Division map of ore prospects in the study area

5 结论

(1)子区中位数衬值滤波方法能够强化低背景地质体异常,对寻找和揭示隐伏矿床起到积极作用;消除和削弱高背景场引起的非矿化异常和扩大异常,能够分割不同矿化空间的异常,准确地指出异常和异常元素的组合特征;在切割深、地貌条件复杂、表生地球化学环境变化复杂的区域采用衬值滤波技术处理化探数据可以有效提取弱化异常信息。

(2)子区中位数衬值滤波方法能够使区域化探异常分类、组合等异常评价工作由定性化转入定量化。

(3)能够客观实际地展现矿化异常的展布形态,且圈定异常不受个别含量或特高值的影响。

(4)该方法通俗易懂,野外地质队应用方便,易于实现计算机自动化运算,提高化探数据处理速度。

(5)本工作区的实际处理应用中,化探数据处理应注意铜钼综合异常和铅锌综合异常对斑岩铜矿矿化的指示作用;运用化学异常筛选和研究斑岩体蚀变特征相结合的方法是比较有效的。

参考文献:

[1] 陈旭,李佑国,黄瑞,等. 川西地区斑岩型铜矿找矿中的地球化学异常的筛选与查证[J]. 新疆地质,2005,23(3):254-257.

[2] 任天翔,伍宗华,姜荣生. 区域化探异常筛选与查证的方法技术[M]. 北京:地质出版社,1998.

[3] 何真毅. 川北高原浅丘陵区地球化学异常的筛选与查证[J]. 物探与化探,2000,24(2):138-145.

[4] 李清,奚小环. 内蒙古东部半干旱区区域化探方法研究[A]. 中国地质学会勘查地球化学专业委员会. 第三届勘查地球化学学术讨论会论文选编[C]. 北京:冶金工业出版社,1986. 176-191.

[5] 史长义. 化探数据解释推断的新方法——EDA 技术[J]. 国外地质勘探技术,1991,(1):38-41.

[6] 史长义. 勘查数据分析(EDA)技术的应用[J]. 地质与勘探,1993,(11):52-58.

[7] 黄瑞. 化探数据处理方法研究——攀西地区铂族元素为例(硕士学位论文)[D]. 成都:成都理工大学地球科学学院,2005.

THE APPLICATION OF THE CONTRAST FILTERING METHOD  
IN GEOCHEMICAL DATA-PROCESSING AND ORE-PROSPECTING:  
THE CASE OF THE PORPHYRY COPPER DEPOSIT IN  
XIANGCHENG-DAOCHENG-DERONG AREA

LIAO min<sup>1,2</sup>, LI Yourguo<sup>1</sup>, FEI Guang-chun<sup>1</sup>, TONG Lei<sup>3</sup>

(1. College of Earth Sciences, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China;

2. The Geochemical Party of Sichuan Bureau of Geoexploration and Mineral Development, Deyang 618000, China;

3. The number 2 middle school in Emeishan city, Emeishan 614200, China)

**Abstract :** The area of Xiangcheng-Daocheng-Derong is located in the western Sichuan continental plateau with relative differential height more than 2000 meter and deep dissection. Geological conditions and surface geochemical environment are complicated and ore marks are weak and the ore prospecting is difficult. Traditional geochemical data processing might miss some anomalies that are not interested because of their low intensity and deep bury but are related to mineralization, or ore bodies. The Subinterval area median contrast filtering method that can recognize weak anomalies of the low-background area and high-background area resolves the problem.

**Key Words :** geochemical anomaly; subinterval area median contrast filtering method; porphyry copper deposit; Sichuan province

(上接第 47 页)

ORE CHARACTER OF YALAO DOMAIN IN WANGXIA  
GOLD DEPOSIT, HAINAN PROVINCE

ZHANG Xiao-wen<sup>1,2,3</sup>, QIN Hai-can<sup>1,2,3</sup>, FU Yang-rong<sup>1,3</sup>

(1. Faculty of Earth Science, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China ;

2. Dawei Company of Mine Resources Development in Hainan, Haikou 570206, China;

3. Geological Survey of Hainan Province, Haikou 570206, China)

**Abstract :** The Wangxia gold deposit is a medium size calcite-quartz vein type gold deposit with low-sulfide. The ore body is controlled strictly by fracture. The useful composition in the ore is simple, harmful composition is less and the major ore mineral is natural gold. The major metallic minerals and also the major gold carrier minerals are arsenopyrite and pyrite. The nonmetallic minerals are quartz and carbonate mineral. The automorphic, hypidiomorphic and xenomorphic granular textures are the main ore textures and vein and disseminated structures are the main ore structure. The forms of nature gold are breccia and long breccia. Gold occurs mainly as interparticle grain, secondly is inclusion gold particle, and fissure gold takes only about 8.2%. The native gold is in micro-size. The major ore type is gold-bearing calcite-quartz vein, secondly is gold-bearing tectonic breccia, and gold-bearing altered rock.

**Key Words :** Wangxia-Yalao gold deposit; ore character; occurrence; Hainan province