

信息提取技术在西南“三江”南段矿产勘查中的应用

陈永清¹ 张生元² 夏庆霖³ 陈建国³

(1. 中国地质调查局发展研究中心, 北京, 100037; 2. 中国矿业大学(北京), 北京, 100083; 3. 中国地质大学(武汉), 武汉, 430074)

摘要:“三江南段”位于印度板块和扬子板块的结合带,是特提斯-喜马拉雅成矿域的重要组成部分,在多旋回的构造岩浆活动过程中,形成了复杂的成矿地质背景和丰富的有色金属和贵金属矿产。文章应用信息提取技术通过对研究区重力、Cu、Zn等水系沉积物地球化学异常的提取,并结合遥感异常模式的研究,结论如下:(1)遥感反映的景观构造模式和重力反映的深部构造模式具有高度的一致性,即,西部(靠近怒江)以SN向构造为主,东部(靠近澜沧江)主要表现为NW向构造样式;(2)矿化带沿深断裂带的走向分布,矿床则多位于不同走向和不同规模断裂的交汇域。(3)克里格方法揭示的Cu、Zn剩余异常模式反映与构造模式相一致的趋势变化,而多重分形滤波技术揭示的Cu、Zn异常模式与已知矿床的分布具有较高的一致性,从而较好的解决了复杂背景下矿致异常信息提取的难题。上述研究为该区矿产资源定量评价奠定了坚实的基础。整个研究工作是分别应用GeoDAS3.0软件系统和MORPAS2.0软件系统完成的。

关键词: MORPAS2.0 软件系统; GeoDAS3.0 软件系统; 多重分形滤波技术; 地质统计学技术; 西南“三江”。

1. 引言

“三江南段”位于印度板块和扬子板块的结合带,是特提斯-喜马拉雅成矿域的重要组成部分,在多旋回的构造岩浆活动过程中,形成了复杂的成矿地质背景和丰富的有色金属和贵金属矿产(图1)。成矿地质背景的复杂性和矿床类型的多样性使得运用传统的方法提取致矿(或矿致)异常产生一定困难。因此我们必须采用新的信息处理技术和综合致矿(或矿致)信息圈定和评价靶区,以减少找矿风险,提高找矿效率。

2. 重力致矿信息提取与重力构造模式

重力信息的最大优点是具有深穿透性。通过对重力异常的分解和解释能够推断隐伏地质体和隐伏断裂的空间分布。王世称等(1989)在长期的科学实践中总结出一套在地质先验前提下重磁信息提取和解译的法则。

2.1 重力延拓图和水平一阶导数图的地质解译

将重力场上延不同的高度(本次研究,1 20万重力数据处理上延高度分别为10km, 5km, 和1km),以突出不同深度地质体的重力场特征。在此基础上对不同延拓高度重力异常分别求取四个方向(0° 45° 90° 135°)的水平一阶导数,并绘制相应的图件。在上述图件上从上向下依次分别提取上述四个方向的水平一阶导数的极大值和极小值轴向特征线,然后分别对同一延拓高度四个方向的轴线特征线图按对应的坐标点相互叠置,提取多于二个方向的重合特征线作为推断的地质体边界。最后,将推断的不同延拓高度异常边界从高到低逐步关联,形成不同深度的重力异常界面,为方便起见,称它们为重力断裂。显然,随着延拓

2.3 编制重力地质异常构造骨架图

将上述推断的不同深度的重力地质异常界面编绘到一张图上,形成重力地质异常构造骨架图(简称重力构造模式)(图2)。该图详细反映了研究区不同方向、不同深度、不同规模的重力地质异常界面的空间分布特征。

2.4 构造模式与矿产分布

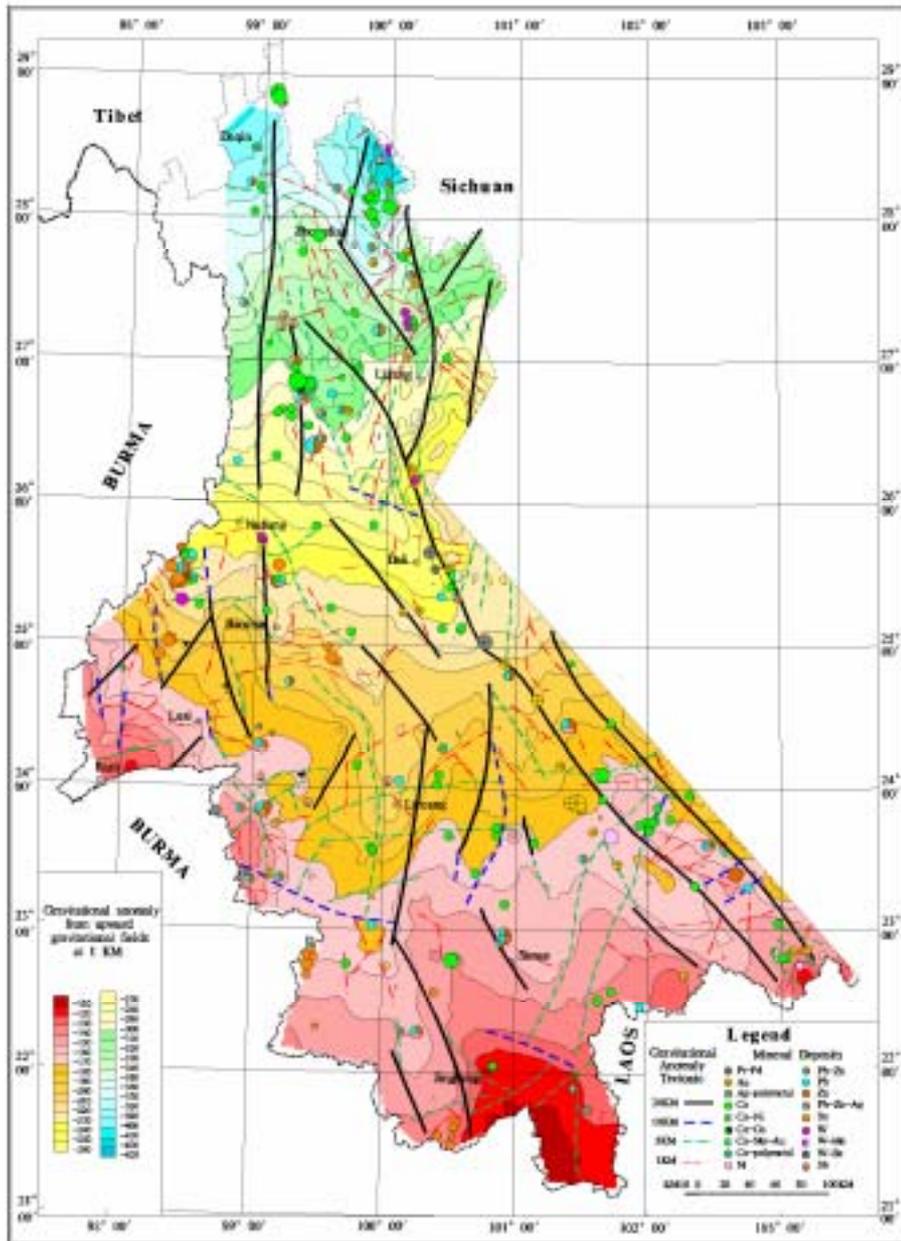


图 2. 西南“三江”南段重力构造模式与矿产分布

根据重力构造模式(图2),结合遥感影像模式(图3)表明:(1)靠近研究区西侧(怒江和澜沧江)的主断裂主要为NS向断裂,靠近研究区东侧(哀牢山和沅江)主断裂主要为NW-SE向断裂;重力构造模式(深部构造模式)与遥感影像模式(浅部构造模式)具有高度的一致性。(2)主断裂具有明显的控矿性质,譬如SN向主断裂对兰坪金顶超大型Pb-Zn

矿床等矿床的控制以及 NW-SE 向主断裂对金宝山大型 Pt-Pd 矿床和老王寨超大型 Au 矿床的控制。(3) 矿床的具体定位受主断裂和次级断裂的交汇域控制。

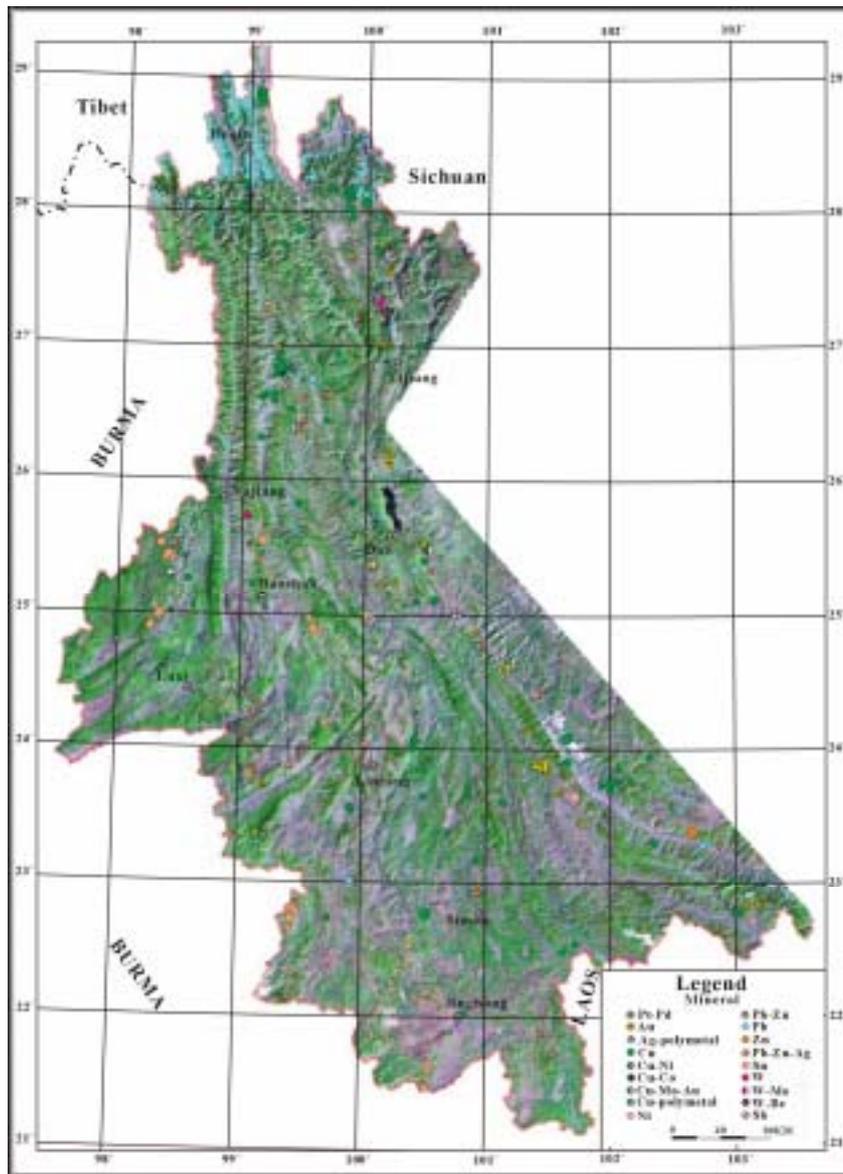


图 3. 西南“三江”南段遥感影像模式与矿产分布(据张忻 1994 影像图编绘)

3. 地球化学致矿信息提取

研究区复杂的地质背景，尤其是玄武岩引起的 Cu 等元素的高背景（陈和夏，2003）使得用传统的数据处理方法，譬如地质统计学方法提取致矿（或矿致）异常的提取遇到了困难（Chen and Zhan，2005）。这里我们引进了多重滤波技术（Cheng, Xu, and Grunsky, 2000；Cheng, Q. M., 2004）分解 Cu、Zn 等元素的地球化学异常与它们的背景，取得了预期的效果。

3.1 多重分形滤波基本原理

地壳物质结构的各向异性通常具有自相似特征，这重特征在频率域中能够表达为下列幂律关系：

$$A(>S) \propto S^{-b} \quad (1)$$

这里 S 是谱能量密度, A 是大于谱能量密度某一临界值 (S_0) 的面积。不同的 β 值在 $\log A(>S) - \log(S)$ 图上能够获取, 这取决于分形滤波器的构造。通常在 $\log - \log$ 图上, 所有直线段服从关系式 (1)。不同的直线段代表了不同的分形关系, 两条直线的交点所对应的横坐标值 (谱能量密度值) 被视为确定分形滤波器的阈值。

三种类型的分形滤波器能被构造: 低通、高通和带通谱能量密度滤波。譬如, 在 $\log A(>S) - \log(S)$ 图上, 服从关系式 (1) 的两条线段相交, 取交点 S_0 作为阈值, 定义两类滤波器: 一类 $G_B(\omega)=1$, 如果 $S(\omega) \leq S_0$, 否则, $G_A(\omega)=0$; 第二类 $G_A(\omega)=1$, 如果 $S(\omega) \leq S_0$, 否则, $G_A(\omega)=0$ 。根据 $G_B(\omega)$ 和 $G_A(\omega)$ 的定义, 滤波器的形状可以是不规则的, 这取决于谱能量密度的复杂性。通常滤波器 $G_A(\omega)$ 中的波数 ω 大于滤波器 $G_B(\omega)$ 。在这个意义上, $G_A(\omega)$ 对应于高频部分, $G_B(\omega)$ 对应于低频部分。 $G_B(\omega)$ 和 $G_A(\omega)$ 能够以这种方式定义: 对这两种滤波器, 谱能量密度分布满足截然不同的幂律关系, 或具有不同的各向异性标度性质。业已证明, 谱能量密度与波谱频率成反比关系 (Li and Cheng, 2004), 即, $G_A(\omega)$ 中的谱能量密度低于 $G_B(\omega)$ 。因此, $G_A(\omega)$ 对应于低能谱量密度, 而 $G_B(\omega)$ 则对应于高能谱量密度, 前者通常被定义为异常滤波器, 后者被定义为背景滤波器。

应用 Fourier 逆变换, 分解后的异常和背景在空间域能以下列函数表达:

$$B = F^{-1}[F(T)G_B], A = F^{-1}[F(T)G_A] \quad (2)$$

这里 F 和 F^{-1} 分别表示 T 的 Fourier 变换和 Fourier 逆变换 (Cheng, 2004)。这种分离异常和背景的 S-A 方法能通过 GeoDAS 软件系统加以实施。该软件是由加拿大 York 大学和加拿大地调局和美国地调局联合开发的。

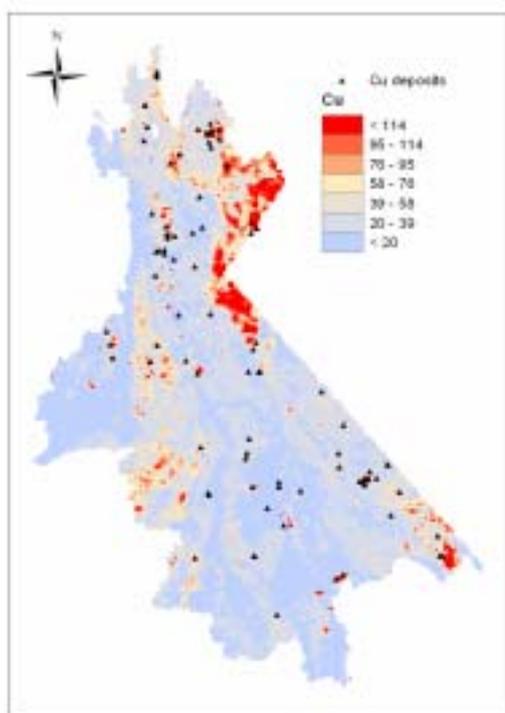


图 4a Cu 原始含量图

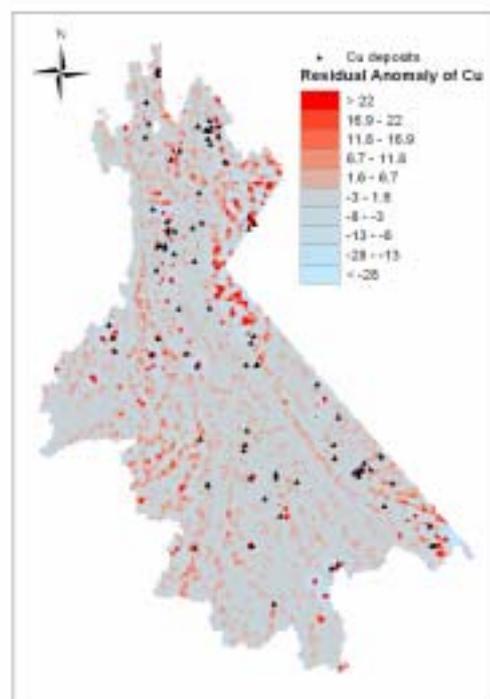


图 4b IDW 方法获取的 Cu 剩余异常图

3.2 Cu 地球化学异常提取

为了对比应用不同的方法提取 Cu 异常的效果,我们首先编制了 Cu 原始数据图(图 4a),该图表明 Cu 高含量主要分布在玄武岩地区(图 4a 和图 1)。玄武岩中 Cu 的平均含量为 196×10^{-6} ,是世界玄武岩 Cu 平均含量的 2.25 倍(陈和夏,2003)。这表明位于玄武岩区的某些大规模的所谓 Cu 异常是由玄武岩喷发事件引起的。然后,使用 Krijing 逆距离加权内插法(IDW)绘制 Cu 剩余异常图(图 4b)。该图反映了受区域构造模式控制的 Cu 高背景含量的区域分布。最后,应用 S-A 法获取了 LnA-LnS 关系图(图 4c)。该方法确保了正如图 4c 中所表明的 S 和 A 之间的幂律关系,具有不同斜率的直线段代表了不同的自相似性,它们通常对应空间域中的不同的地球化学模式。譬如,图 4c 中,用最小二乘法模拟的右边的两条线段的交点确立的阈值 $\ln S_0=9.05$ 。 $S < S_0$ 通常代表异常, $S > S_0$ 代表背景(Cheng, Xu and Grunsky, 2000)。通常,出于圈定和评价靶区的目的,我们只对异常感兴趣。通过逆 Fourier 变换,并取 $\ln S_0=9.05$ 作为阈值绘制 Cu 异常图(图 4d)。该图表明,大多数已知 Cu 矿床分布在 Cu 异常区,同时提供了一些新的异常区(找矿远景区)。

3.3 Zn 地球化学异常提取

类似于研究 Cu 的程序,绘制了 Zn 原始数据图(图 5a)、Zn 剩余异常图(图 5b)、Zn Ln A(>S)-Ln(S) 幂律关系

图(图 5c)和应用 S-A 方法获取的 Zn 异常图(图 5d)。和 Cu 剩余异常图一样,图 5b 主要表明了受构造模式控制的 Zn 的高背景分布。在图 5c 上,取 $\ln S_0=12.52$ 作为阈值,应用 S-A 方法绘制 Zn 异常分布图(图 5d)。该图表明:(1)

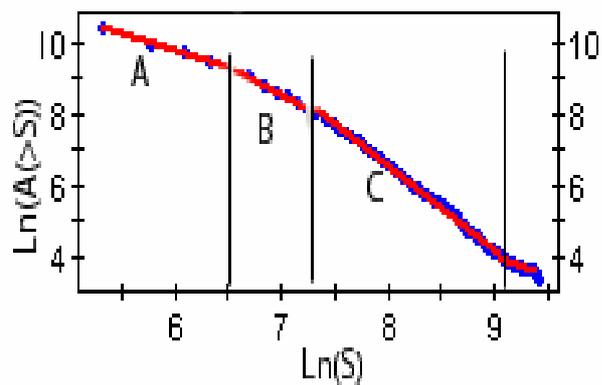


图 4c Cu 的 LnA(>S)-lnS 图, 使用最小二乘法模拟三条具有不同斜率的线段,并分别获取三个临界点: $\ln S_0=9.05$, $\ln S_1=7.3$, and $\ln S_2=6.5$ 。

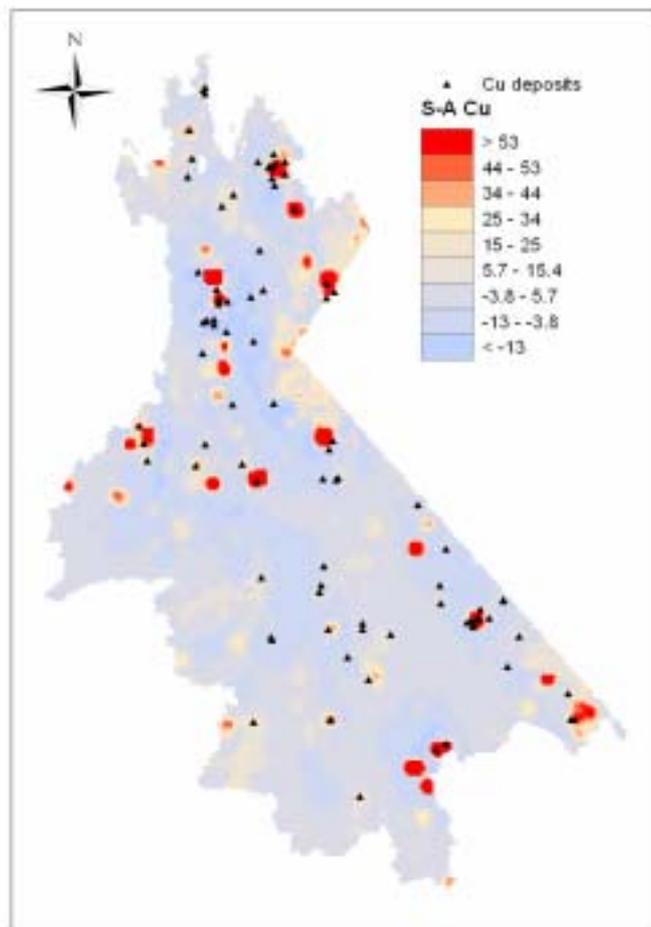


图 4d S-A 法获取的 Cu 异常

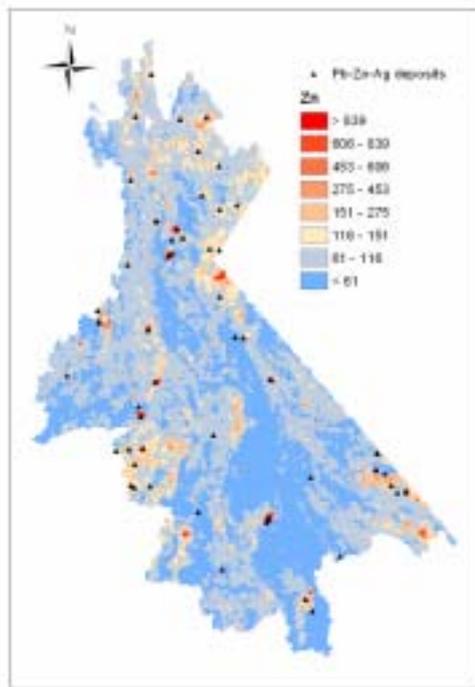


图 5a Zn 原始数据图

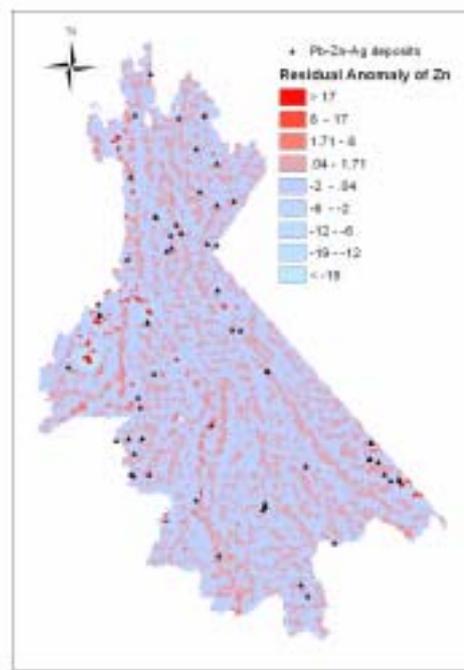


图 5b 应用 IDW 法获取的 Zn 剩余异常图

已知 Zn 矿床空间分布与 Zn 异常具有较高的一致性；(2) 更重要的，揭示了一个新的穿越全区的 NNE 的 Zn 异常带，在该异常带上，分布有包括金顶巨型矿床在内的一系列 Pb-Zn 多金属矿床，从而为研究区 Pb-Zn 多金属矿床的勘查提供了新的靶区。

4. 结论

(1)重力构造分布模式与遥感影像模式的一致性表明研究区像怒江断裂、哀牢山断裂和沅江-红河断裂等主断裂都是深断裂。

(2)主断裂控制该区贵金属和有色金属矿床的空间分布；矿床的具体定位受主断裂和次级断裂交汇域控制。

(3)地质统计学方法揭示的 Cu、Zn 剩余异常反映的是受区域构造模式控制的 Cu、Zn 高背景的趋势分布；而

多重分形滤波技术则揭示了 Cu、Zn 致矿（或矿致）异常的空间分布，其异常与已知矿床在空间分布上具有较高的一致性。

(4)Cu 异常的提取表明，多重分形技术能够克服玄武岩引起的高背景，从而有效提取不同背景上的异常。

(5)揭示了一个新的穿越全区的 NNE 向的 Zn 异常带，在该异常带上，分布有包括金顶巨型矿床在内的一系列 Pb-Zn 多金属矿床，从而为研究区 Pb-Zn 多金属矿床的勘查提供了新的

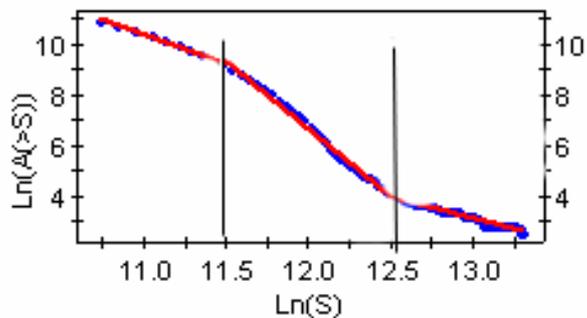


图 5c Zn 的 $\ln A(>S)-\ln S$ 图，使用最小二乘法模拟三条具有不同斜率的线段，并分别获取两个临界点： $\ln S_0=11.52$ ，和 $\ln S_1=11.50$ 。

靶区。

参考文献：

1 . 陈永清、夏庆霖、刘红光。滇东 Pt-Pd-Cu 含矿建造地球化学特征及其含矿性分析。中国地质，2003，30（3）：225-234.

2 . Cheng, Q. M., Xu, Y. G., Grunsky, E.。 Integrated spatial and spectrum analysis for geochemical anomaly separation 。 Nature Resources Researcher, 2000 ,9(1) : 43-56.

3 .Cheng, Q. M.。 A new model for quantifying anisotropic scale invariance and for decomposition of mixing patterns。 Mathematical Geology. 2004，36（3）：345-360.

4 .李庆谋，成秋明。分形奇异(特征)值分解方法与地球物理和地球化学异常重建。地球科学，中国地质大学学报，2004，29（1）：109-118。

5 . 王世称、王于天。1989，综合信息解译的原理与方法。吉林大学出版社，164。

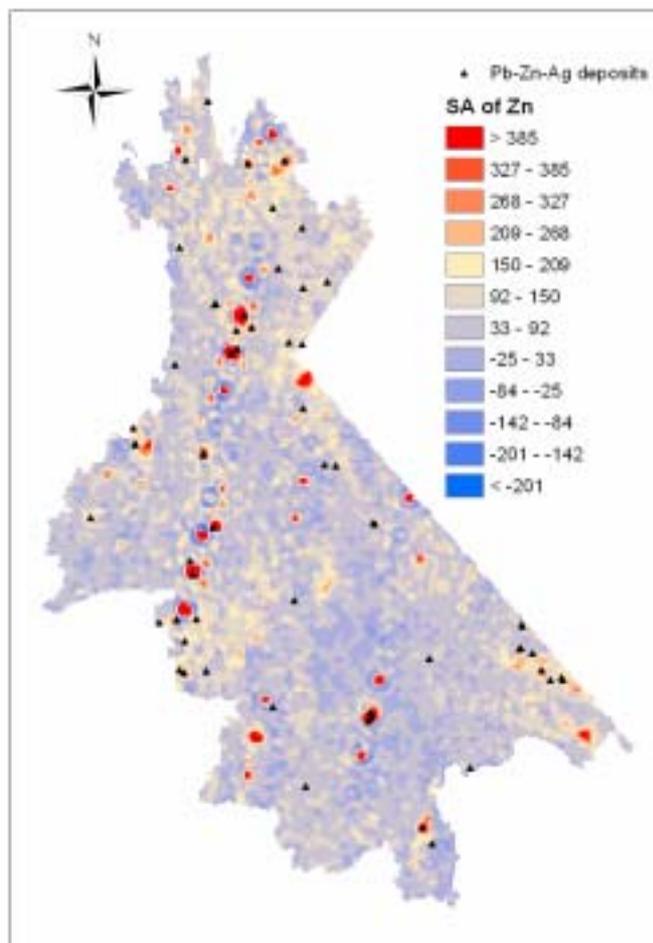


图 5d S-A 法获取的 Zn 异常