

# 勘查地球化学信息二次挖掘应用探讨\*

## A tentative discussion on further exploitation of geochemical data

薛顺荣<sup>1,2</sup>, 肖克炎<sup>1</sup>, 丁建华<sup>1</sup>

(1 中国地质科学院矿产资源所, 北京 100037; 2 云南省地质调查院, 云南 昆明 650051)

XUE ShunRong<sup>1,2</sup>, XIAO KeYan<sup>1</sup> and DING JianHua<sup>1</sup>

(1 Institute of Mineral Resources, CAGS, Beijing 100037, China; 2 Yunnan Geological Survey, Kunming 650051, Yunnan, China)

**摘要** 勘查地球化学是隐伏、半隐伏矿, 难识别矿找矿获取成矿直接信息的主要手段, 是传统宏观矿化露头找矿向微观矿化露头找矿的延续, 在国内外金属矿床, 特别是贵金属矿床的直接或间接发现中发挥了重要作用。如何对区域化探扫面计划形成的, 中国特有的区域性海量地球化学直接找矿信息进行二次挖掘? 在“国务院关于加强地质工作的决定”、信息找矿时代来临的今天尤为重要。文章以云南思茅、景洪地区为例, 从地质的角度探讨了地质背景差异对地球化学信息在元素组合、异常圈定等方面的影响, 据此为一线地质找矿人员充分再次挖掘已有地球化学信息抛砖引玉, 以便更好的加强地球化学异常筛选评价和异常查证工作。

**关键词** 勘查地球化学; 信息; 二次挖掘; 思茅; 景洪

勘查地球化学是隐伏、半隐伏矿, 难识别矿找矿获取成矿直接信息的主要手段, 是传统宏观矿化露头找矿向微观矿化露头找矿的延续。国内外找矿实践证明, 根据勘查地球化学提供的异常信息, 经查证, 在 Au、Ag、Pb、Zn、Mo、Cu、Sb、Hg、W、Sn 等矿种, 特别是贵金属矿种的直接或间接发现中发挥了重要作用。据统计: 国外 20 世纪 70 年代以来, 100 个大型、超大型金属矿床发现中, 地球化学方法起作用的占有所有矿床 74%、占金矿床的 80.6%; 中国所有发现或扩大规模矿床总数中, 地球化学方法起作用的, “六五”期间占 58.5%、“七五”期间占 66%、“八五”期间占 83.4% (王学求, 2003)。

自 1979 年启动了我国区域化探扫面计划 (RGNR) (谢学锦, 1979), 取得已经覆盖全国 600 余万平方千米国土面积的 39 种元素的 3 000 多万的高质量的海量数据 (谢学锦, 2001), 形成中国特有的区域性直接找矿信息。传统按 1:20 万标准图幅采用滑动平均法生成各元素等值线图, 并以统一异常下限确定各元素背景与异常, 并优先对异常面积大、异常元素套合好和异常浓度高的地球化学异常检查, 很少考虑地质构造单元的差异并分别动态处理异常下限, 特别是成矿地质背景复杂的云南, 这种按标准图幅一个异常下限的“一刀切”方法, 导致部分地区丢失异常信息或产生“假”异常信息。

在“国务院关于加强地质工作的决定”中强调地质资料二次开发、信息找矿时代 (谢学锦, 1999a) 来临的今天, 随着计算机技术的普及, GIS 高新技术在地质领域的广泛应用, 基于 GIS 平台开发的矿产资源评价系统 (MRAS) 的完善 (肖克炎等, 1999; 2000), 如何再次挖掘中国已取得的地球化学信息? 不再是地球化学家单独思考、分析处理的问题, 也是广大地质学家从地质角度思考、分析处理的问题。近年来, 以谢学锦院士为代表的地球化学家, 提出了“地球化学块体理论” (谢学锦, 1999b), 从全国的高度为地球化学信息的再次挖掘, 指导区域战略矿产勘查树立了典范。本文以云南思茅、景洪 2 个 1:20 万图幅为研究区, 从地质的角度探讨地质背景差异对地球化学信息在元素组合、异常圈定等方面的影响, 据此为一线地质找矿人员充分挖掘已有地球化学信息抛砖引玉, 以便更好的加强地球化学异常筛选评价和异常查证工作, 为矿产勘查作出更大的贡献。

### 1 地质背景分析

研究区位于云南省西部, 俗称“三江”地区的南段。构造上处在欧亚板块与冈瓦纳板块结合部位, 近南北—北西走向的

\*第一作者简介 薛顺荣, 男, 1965 年生, 高级工程师, 在读博士, 矿产资源评价专业。

澜沧江板块缝合带(王祖光等, 1995; 王懋基, 1999; 王义昭等, 2000; 张翼飞等, 2001)纵贯全区, 将研究区划分为东、西两个成矿地质背景不同的大地构造单元(图1)。缝合带以西为早—中元古代变质岩带和华力西—印支期岩浆岩带; 缝合带以东为晚古生代—三叠纪火山岩带和侏罗纪—新生代红色碎屑岩带。变质岩带赋存沉积变质的“惠民式”铁矿和热液型、石英脉型铅锌矿产, 岩浆岩带赋存花岗岩型锡、钨和石英脉型金矿产, 火山岩带赋存与火山岩有关的铜多金属矿产, 红色碎屑岩带赋存热水沉积型、热水改造型及砂岩型铜、铅、钴、砷等矿产。

研究区因近年大平掌大型铜多金属矿的发现, 显示了其优越的成矿地质背景和巨大的找矿潜力。在新一轮国土资源大调查工作中, 该区列为了矿产资源重点评价地区。为此, 选择该区进行研究对生产一线具有较强的针对性和实践性。

## 2 技术方法与数据准备处理

### 2.1 技术方法

研究的技术方法主要是采用基于地理信息系统(MAPGIS)平台开发的矿产资源评价系统(MRAS)。该系统是集存贮、空间分析、统计分析、矿产资源评价、再现空间信息于一体的专业地理信息系统。在MRAS应用过程中, MRAS获取的是跟空间位置有关的图形、图像以及相关的专业属性等数据, 经过系统的处理、查询、分析等操作后, 得到各种所需要的专题图形、图像、图表和文字等结果, 从而实现MRAS技术下的成果表达, 即研究区元素异常图。

### 2.2 数据准备处理

基于MRAS数据处理主要涉及3方面内容: 一是将地球化学信息生成MAPGIS下点文件专题图层, 并将各元素及含量作为属性数据与其相对应的坐标点进行连接; 二是采用统一的坐标投影系统对地球化学、地质数据进行投影变换, 使各数据信息在统一的地理基础上反映出它们的地理位置和地理关系特征, 即建成研究区地质、地球化学信息统一地理坐标系下的空间数据库, 并以澜沧江板块缝合带为界按两个不规则的地质构造单元提取地球化学信息; 三是分别对研究区全区及以澜沧江板块缝合带为界确定的两个不规则的不同地质背景水系沉积物中微量元素进行数据标准化、多元统计分析, 探讨不分地质背景和区分不同地质背景地球化学信息差异, 动态确定元素异常下限, 圈定元素异常, 从而为一线野外工作人员异常查证提供科学依据。

## 3 地球化学信息特征

### 3.1 元素组合特征

研究工作采用2个图幅网格数据共3833个, 每个数据包括39个元素分析成果进行R型聚类分析和R型因子分析。

R型聚类分析表明(图2): 在250的距离水平尺度上元素分为两大类, 而两大类在一定距离水平尺度上又可再分为不同的小类。I大类元素组合为: Ag、Cu、Hg、Sb、As、Mo、Cd、Au、B、Li、Sr、Na、Ca、Pb、Zn、Co、Ti、V、Fe、Cr、Ni、Mn、Mg。其在150的距离水平上次分为I-1: Ag、Cu、Hg、Sb、As、Mo、Cd、Au、B、Li、Sr、Na、Ca; I-2: Pb、Zn; I-3: Co、Ti、V、Fe、Cr、Ni、Mn、P、F、Mg。II大类元素组合为: Ba、K、Be、Nb、Al、Bi、Sn、W、La、Th、Zr、U、Y。其在80的距离水平上次分为II-1: Ba、K、Be、Nb、Al、Bi、Sn、W; II-2: La、Th、Zr、U、Y。I大类是中、低温热液阶段的元素组合和铁族元素, 与区内的中、低温热液型矿床(点)、中基性火山岩及各种类型铁矿有关的元素组合; II大类是高温热液阶段的元素组合和稀有、稀土、放射性元素, 它们是岩浆岩地球化学作用元素组合, 其中II-1类

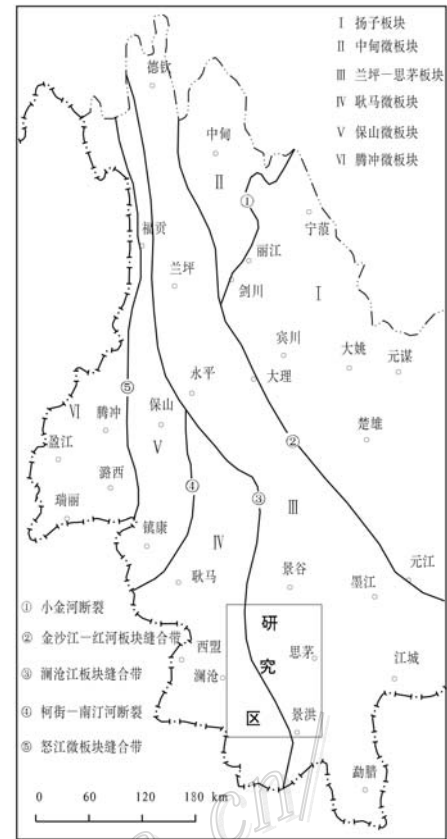


图1 三江地区大地构造分区略图  
(据云南省区域矿产总结修编, 1993)

是比较典型的花岗岩组合, II-2 类是最典型的花岗岩副矿物(磷钇矿、独居石、锆石)元素组合。

R 型因子分析表明: 主因子  $F_1$  中, 载荷大于 0.5 的元素组合与聚类分析的 II 类和 I-3 类相当。它突出地表现了岩浆火山作用是本区最重要的地球化学作用, 其贡献为 31.24%。主因子  $F_1$  由明显的 2 种作用合成, 一种是以 Ba、Be、Bi、La、Nb、

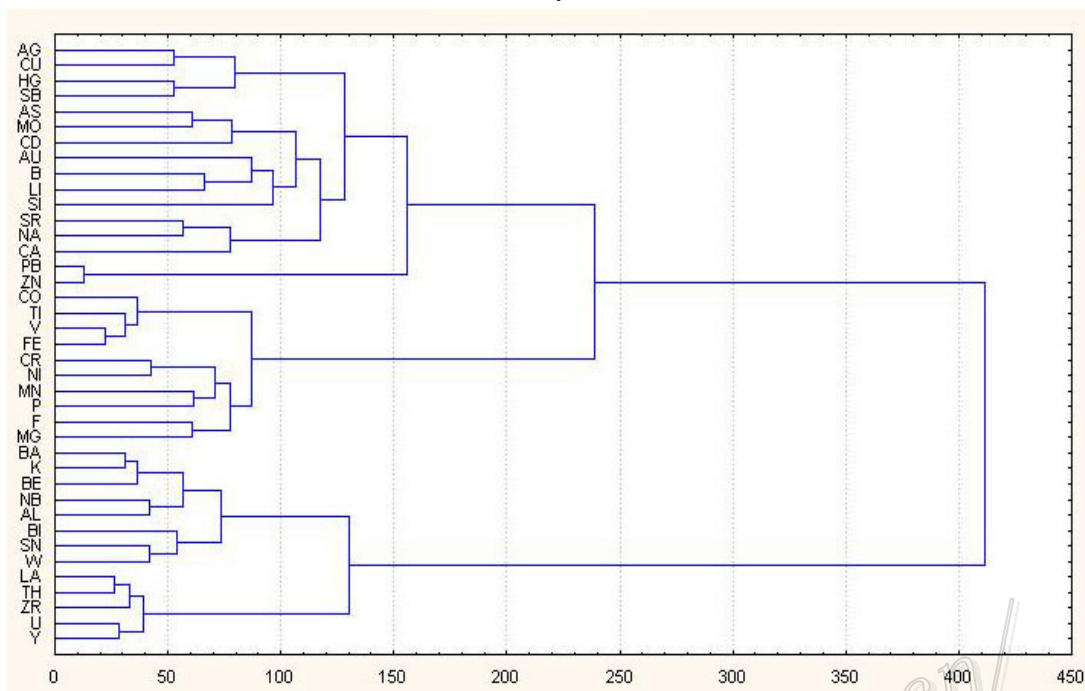


图 2 研究区地球化学元素 R 型聚类谱系图

Sn、Th、U、W、Y、Zr、Al、K (相当于 II 类元素组合) 为代表的酸性岩浆作用; 另一类是以 Fe、Co、Cr、Ni、F、P、Ti、V、Mg (相当于 I-3 类组合) 为代表的中基性火山岩作用。主因子  $F_2$  同样反映了中基性火山岩及火山沉积变质岩分布区的一种富集作用, 充分显示了研究区岩浆火山作用的突出地位, 其贡献为 17.12%。主因子  $F_3$ 、 $F_4$  反映了 Ag、As、Sb、Hg、Cu、Pb、Zn 中低温热液阶段的地球化学作用, 其贡献为 12.17%。以上 4 个主因子累计贡献已达 60.53%, 基本代表了研究区最重要的成矿作用所显示的地球化学元素组合特征。

### 3.2 元素差异特征

根据研究区主要成矿作用及元素组合特征, 选择研究区 3833 件水系沉积物组合样品 39 个元素分析结果中 Ag、Au、Cu、Hg、Mo、Pb、Sb、Sn、Th、U、W、Zn、K 等 13 个元素, 按全区、澜沧江板块缝合带以西和以东分别进行统计和相关分析。

统计分析表明: Sn、W、Th、U、K 高温、能谱元素, 其平均含量、标准差、浓度克拉克值在澜沧江板块缝合带以西明显较全区和澜沧江板块缝合带以东高, 而全区的又高于澜沧江板块缝合带以东的。即这些元素在澜沧江板块缝合带以西发生了活化转移, 并相对富集。而 Ag、Au、Cu、Hg、Mo、Pb、Sb、Zn 等元素, 个别除外, 其平均含量、标准差、浓度克拉克值在澜沧江板块缝合带以东明显较全区和澜沧江板块缝合带以西高, 而全区的又高于澜沧江板块缝合带以西的。即这些元素在澜沧江板块缝合带以东的成矿作用过程中发生活化转移, 并局部富集了, 这与澜沧江板块缝合带以东发现数十个铜多金属矿床(点)相吻合。这一差异, 说明了按传统的元素均值加 2 倍标准差确定异常下限, Cu、Pb、Zn、Au、Ag、Hg、Mo 等元素的异常下限在澜沧江板块缝合带以东的明显高于全区和澜沧江板块缝合带以西的, 而全区的又高于澜沧江板块缝合带以西的; Sn、W、Th、K、U、Sb 等元素的异常下限值正好相反。即说明地质背景差异对地球化学异常确定的影响。如 Cu 按均值加 2 倍标准差确定的异常下限在澜沧江板块缝合带以西为  $34.18 \times 10^{-6}$ , 而以东为  $74.82 \times 10^{-6}$ , 全区为  $69.51 \times 10^{-6}$ 。若统一用  $69.51 \times 10^{-6}$  作异常下限, 则在澜沧江板块缝合带以西的 Cu 大于  $34.18 \times 10^{-6}$ 、小于  $69.51 \times 10^{-6}$  的异常将被遗漏, 而以东的 Cu 大于  $69.51 \times 10^{-6}$ 、小于  $74.82 \times 10^{-6}$  的部分被作为异常扩大(图 3)。

而相关分析表明: Cu 与 Ag、Sb, Pb 与 Zn 在全区和澜沧江板块缝合带以东明显正相关, 相关系数大于 0.5, 其中 Pb 与 Zn 相关系数分别为 0.98 和 0.99; 但在澜沧江板块缝合带以西 Cu 与 Ag、Sb, Pb 与 Zn 则相关性不明显, 表现为 Cu 与

Mo、Zn 明显正相关, 相关系数大于 0.55, Pb 与高温组合元素 Sn、W 和能谱元素 Th、U、K 关系相对密切; 而能谱元素 Th、U、K 和高温组合元素 Sn、W 在不同成矿地质背景区则均表现出明显正相关, 没有显著差异, 且异常区与岩浆火山活动分布区相一致, 这与两个成矿背景区岩浆火山活动产物均广泛分布相吻合。

#### 4 结 论

随着计算机技术的普及, GIS 高新技术在地质领域的广泛应用, 基于 GIS 平台开发的矿产资源评价系统 (MRAS) 的完善, 为地质学家, 特别是一线地质找矿专业技术人员从地质角度再次思考、分析处理在区域化探扫描面计划形成的中国特有的区域性海量地球化学数据创造了条件。通过思茅—景洪地区不划分与划分地质背景对比研究: 在澜沧江板块缝合带以东, 找铜矿应考虑 Cu、Ag、Sb 元素异常组合, 以及分解后的 E<sub>1</sub>、E<sub>2</sub> 和 E<sub>3</sub> 铜异常; 找铅矿主要考虑 Pb 与 Zn 元素异常组合。在澜沧江板块缝合带以西, 找铜矿应考虑 Cu、Mo、Zn 元素异常组合, 以及扩大后的 W<sub>1</sub>、W<sub>2</sub> 铜异常; 找铅矿主要考虑 Pb、Th、U 元素异常组合。即按不同地质背景分别进行地球化学数据处理有利于优化找矿信息, 正确选择元素组合、圈定元素异常, 更好的指导地球化学异常筛选评价和异常查证工作, 同时为进一步部署大比例尺地球化学找矿工作提供科学依据。

**致 谢** 论文涉及的 1:20 万水系沉积物地球化学和地质矿产原始资料是云南省地质矿产勘查开发局广大化探、地质工作人员完成的, 在此对他们所付出的辛勤劳动表示衷心感谢!

#### 主 要 参 考 文 献

- 王懋基. 1999. 中国大陆基底构造的地球物理解释[A]. 见: 第 30 届国际地质大会论文集(第 20 卷), 地球物理[C]. 北京: 地质出版社. 1~9.
- 王学球. 2003. 矿产勘查地球化学: 过去的成就与未来的挑战[J]. 地学前缘, 10(1): 239~248.
- 王义昭, 李兴林, 等. 2000. 三江地区南段大地构造与成矿[M]. 北京: 地质出版社. 1~123.
- 王祖光, 江能人, 等. 1995. 云南岩相古地理图集[M]. 云南科技出版社. 1228.
- 肖克炎, 张晓华, 等. 1999. 应用 GIS 技术研制矿产资源评价系统[J]. 地球科学—中国地质大学学报, 24(5): 525~528.
- 肖克炎, 张晓华, 等. 2000. 矿产资源 GIS 评价系统[M]. 北京: 地质出版社. 1~213.
- 谢学锦. 1979. 区域化探[M]. 北京: 地质出版社. 1~192.
- 谢学锦. 1999a. 论矿产勘查史——经验找矿、科学勘查与信息勘查[A]. 见: 走向 21 世纪矿产勘查地球化学[C]. 北京: 地质出版社. 12~22.
- 谢学锦. 1999b. 矿产勘查的新战略[A]. 见: 走向 21 世纪矿产勘查地球化学[C]. 北京: 地质出版社. 3~11.
- 谢学锦. 2001. 进入 21 世纪的勘查地球化学[J]. 中国地质, 28(4): 11~18.
- 张翼飞, 段锦萍, 等. 2001. 滇西蛇绿岩带地质构造演化与澜沧江板块缝合线研究[M]. 昆明: 云南科技出版社. 1~101.

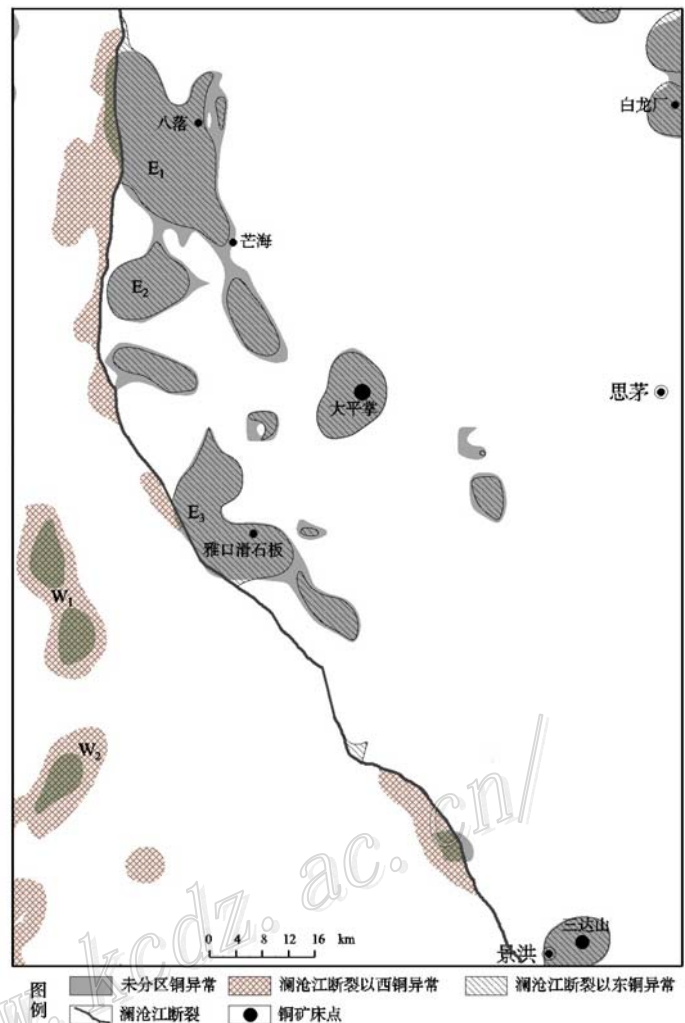


图 3 研究区不划分与划分地质背景区铜异常对比图