文章编号: 1006- 544X (2007) 04- 0474- 06

云南哀牢山成矿带南段金矿控矿因素分析

徐 涛[1,2], 张桂林[1], 张 峰[2]

(1. 桂林工学院 资源与环境工程系, 广西 桂林 541004; 2. 武警黄金地质研究所, 河北 廊坊 065000)

摘 要: 在对云南哀牢山成矿带地质特征研究的基础上, 借助 GIS空间分析功能, 对哀牢山成矿带南段金矿控矿因素进行了分析, 建立了金矿信息找矿模型. 结果显示: 金矿受 NW 向断裂构造控矿明显, 在其周边 3 km范围内是本区有利的找矿远景区; 与岩浆岩关系密切, 岩体在很大程度上控制了金矿床(点)的产出; 与地层关系差; 区内地层和岩浆岩可能为金矿提供了物源, 与金矿关系最为密切的元素化探异常有 Au、Ag、Cu、Pb、Bi.

关键词: GIS; 金矿; 控矿因素; 哀牢山成矿带南段

中图分类号: P612 文献标志码: A

哀牢山成矿带成矿条件优越, 是我国重要的黄金基地之一. 该成矿带分为南北两段, 墨江以北为北段, 以南为南段. 目前, 经地质勘探工作探明且具有一定储量的金矿床有十余处. 在哀牢山南段有大坪、老金山、金竹林、马鹿塘等金矿床 (点); 在北段有老王寨、冬瓜林、金厂等金矿床 (点). 据前人研究成果[1-5], 哀牢山成矿带金矿床 (点) 成因机理基本一致, 矿床类型较为统一, 主要为石英脉型、蚀变岩型及其复合类型金矿床[6-8]. 本文在研究整个成矿带地质特征的基础上, 借助 GIS空间分析功能, 对哀牢山成矿带南段金矿控矿因素进行分析, 并建立金矿信息找矿模型.

1 GIS空间分析流程

空间分析是指利用计算机分析地图及各种专题图, 从中获取和传输空间信息的方法[9]. GIS具备强大的空间信息分析功能, 应用其开展多源地学信息的综合分析, 是开展 GIS矿产资源预测评价的前提[10]. 本次空间分析所采用的流程如下:

(1) 应用地层图层与矿点图层进行叠加、相交分析, 了解地层含矿性, 确定主要含矿层位;

(2) 应用断裂构造图层进行缓冲区分析、点线距离分析和相交分析, 然后分别与矿点图层进行叠加分析, 了解不同走向断层的控矿性及综合控矿特征;

(3) 应用侵入岩图层及其缓冲区图层与矿点图层进行叠加、相交分析, 了解岩浆作用与成矿的关系, 确定岩浆岩成矿专属性;

(4) 应用化探图层与已知矿床 (点) 图层进行叠加、相交分析, 了解各元素异常及其组合与矿床 (点) 的分布、吻合关系;

(5) 在上述分析基础上, 建立研究区金矿区域地质信息找矿模型.

2 区域地质概况

研究区位于云南哀牢山成矿带南段, 构造上处于扬子地台的西南缘, 夹持于红河深大断裂与九甲 – 安定深大断裂之间 (图 1). 区内主要出露地层以古元古界哀牢山群、志留系、泥盆系、石炭系、二叠系、三叠系为主 (图 2). 其中元古代地层主要分布于红河断裂带与哀牢山断裂带所挟

收稿日期: 2006- 11- 06

基金项目: 国土资源部国土资源大调查项目 ([2004] 10200036); 广西区教育厅资助项目 (桂教科研 [2001] 401)

作者简介: 徐 涛 (1978-), 女, 硕士, 研究方向: 构造地质学.

通讯作者: 张桂林, 博士, 教授, E-mail: zhangguilin@glite.edu.cn.

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

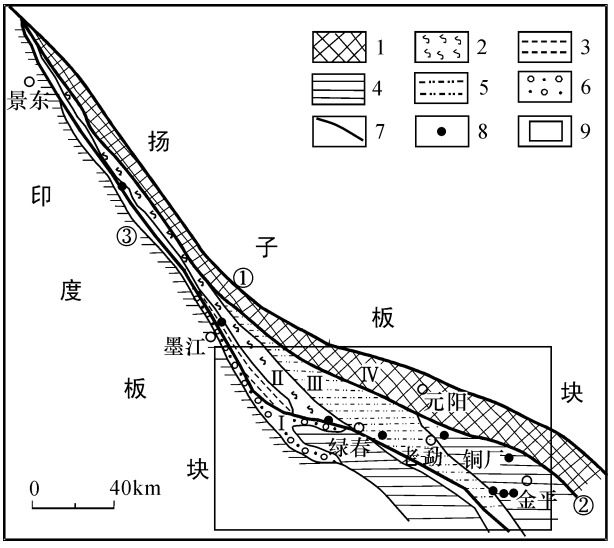

图 1　哀牢山地区大地构造纲要图 (据文献 [6] 修改)

Fig 1　Tectonic setting map of Ailaoshan metallogenic area

Ⅰ—前陆磨拉石建造带; Ⅱ—前缘冲断带; Ⅲ—中央冲断带; Ⅳ—后缘韧性变形带. ①—红河断裂带; ②—哀牢山断裂带; ③—九甲 – 安定断裂带; 1—元古代哀牢山群; 2—古生代浅变质岩; 3—泥盆 – 石炭系构造混杂岩; 4—古生代浅变质地层; 5—古生界—上三叠统; 6—上三叠统一碗水组; 7—冲断带; 8—金矿床 (点); 9—研究区

持区带内, 岩性多属深变质岩系; 其他地层岩性多为浅变质砂页岩、砂板岩、碳酸盐岩建造和火山岩 – 火山沉积岩建造, 三叠系分布最广, 出露于红河断裂以东和哀牢山断裂以西的大部分区域, 整体占据了大于全区面积 1/2的地区, 而泥盆系、石炭系出露最少, 仅在马鹿塘—铜厂一带沿哀牢山断裂分布. 区内断裂构造和岩浆岩极为发育, 并具有明显的多期性特点[1, 5, 6]. NW – SE 向展布的红河断裂、哀牢山断裂、九甲 – 安定断裂最为醒目, 控制了整区的构造格局; 岩浆从印支期至喜马拉雅期均有侵入, 岩石类型齐全, 正常系列的超基性至酸性均有出露, 岩体大多呈小型岩体及脉岩产出, 并沿 NW 向哀牢山深大断裂带断续分布, 受断裂控制十分明显[1, 8, 11–15]. 喜马拉雅期是该区主要的成矿期[4, 7, 14]. 据统计, 区内已知金矿床 (点) 20余处, 且绝大部分分布于哀牢山断裂带以西哀牢山断裂与九甲 – 安定断裂所挟持区段内.

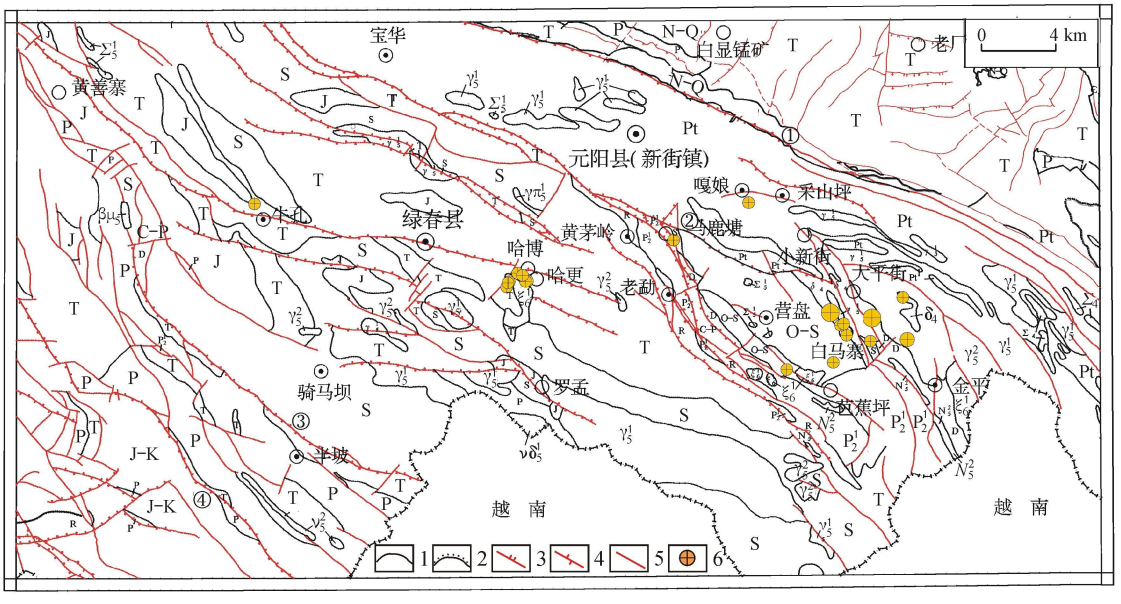

图 2　哀牢山成矿带南段区域地质简图

Fig. 2　Regional geologic sketch map of the southern Ailaoshan metallogenic belt

N – Q—新生界; K—白垩系; J—侏罗系; T—三叠系; P—二叠系; C—石炭系; D—泥盆系; S—志留系; O—奥陶系; Pt—古元古界; ξ_6^1—喜马拉雅山期正长岩、石英正长岩; γ_5^3—燕山期黑云母花岗岩; $\beta\mu_5$—燕山期辉绿辉长岩; γ_5^2—燕山期花岗岩; ν_5^2—燕山期辉长岩; N_5^2—燕山期基性岩; $\nu\delta_5^1$—印支期辉长闪长岩; $\gamma\pi_5^1$—印支期花岗斑岩; γ_5^1—印支期花岗岩; Σ_5^1—印支期斜辉橄榄岩、纯橄榄岩; δ_4—华力西期闪长岩; N_4—华力西期基性岩; Σ_4—华力西期超基性岩; ①—红河断裂带; ②—哀牢山断裂带; ③—九甲—安定断裂带; ④—阿墨江断裂; 1—实测地质界线; 2—地层不整合界线; 3—实测、推测正断层; 4—实测、推测逆断层; 5—实测、推测性质不明断层; 6—金矿床 (点)

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

3 控矿因素分析

3.1 地层与金矿关系

从地层中元素分布特征 (表 1) 来看, 研究区内地层中 Au普遍低于地壳克拉克值, 为典型的负异常背景区. 为了进一步分析地层与金矿的关系, 借助 GIS空间分析功能将金矿床 (点) 与地层做叠加分析, 得到地层与矿产的关系如表 2 由表可见, 区内金矿床 (点) 在元古界地层、泥盆系、志留系和三叠系均有发育, 其中以三叠系高山寨组为最, 产出 7个金矿床 (点), 占全区的35%, 这与郭衍游等[16]对西南三江地区已知的105个矿床的赋矿层位的统计结果十分吻合. 然而, 分析地层的出露面积, 不难发现: ①地层的出露面积与金矿床 (点) 的产出个数基本成正比, 地层的出露面积越大, 产出的金矿床 (点) 越多, 反之越少; ②金矿产出地层较广.

综上所述, 本区地层金元素含量普遍低于克拉克值, 属负异常背景区, 推测认为区内地层可能为金矿提供了物源, 但金矿产出地层较广, 金矿成矿定位对地层的选择性不大, 与地层的关系差.

表 1 主要地层金平均含量

Table 1 Average gold content of main strata w (Au) /10^{-9}

地层	T_3g	T_3y	T_2n	P_1q	C	D_2	S_2	S_1	O_1	Pt	平均值
Au①	0.43	0.80	0.65	0.39	0.48	0.51	0.41	0.79	1.76	0.42	0.61

地层	浅变质岩系	深变质岩系	平均值	黎彤 (1976)
Au[6]	1.18	0.76	0.97	4.3

注: ①西南有色地勘局物探队资料, 1995

表 2 地层与金矿床 (点) 产出概率统计

Table 2 Output probability statistic of strata and gold beds

地层	占总出露面积 /%	矿点数 / 个	矿点数 /占地层出露面积百分数
Pt	15.3	1	6
O	2.2	1	45
D	1.7	1	59
S	14.5	2	14
T	40.0	7	20

3.2 断层与金矿关系

本区构造以断裂构造为主, 按方向可分为 NW、NE、SN、EW 向 4组. 利用 MORPAS软件点线距离分析, 可得到金矿与不同走向断裂构造的邻近关系 (图 3). 金矿的形成与 NW 向的断裂构造关系最为密切, 其次为 NE 向和 EW 向, SN 向断裂与成矿关系最差 (表 3). 为了进一步探讨 NW、NE和 EW 向断裂构造之间的综合控矿作用, 分别以 3 km 为半径对它们作缓冲区分析, 然后进行两两相交分析. 由图 4~6可看出: NW 与 NE向综合控矿作用相对较为明显, 全区已知 20个金矿床 (点)中除 4个金矿床 (点)距离交汇部位较远外, 其余均落入 3 km 缓冲区内或附近; 而 NW 与 EW、NE与 EW 向交汇区仅有少部分已知金矿床 (点)落入, 大部分落入外围较远区, 综合控矿作用较差.

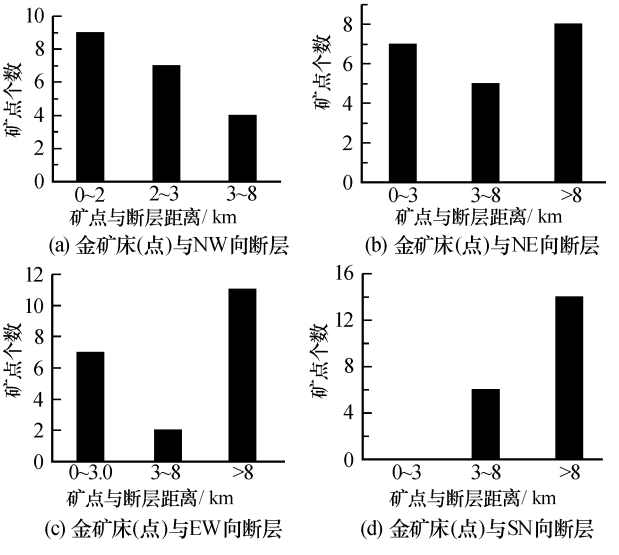

图 3 金矿床 (点) 与断层之间距离统计直方图

Fig. 3 Distance statistic histogram between gold beds and faults

表 3 金矿床 (点) 与断层距离关系统计

Table 3 Distance relation statistics between gold beds and faults

不同走向断层	距断层不同距离金矿床 (点) /个		占总矿床 (点) 百分比 /%	
	3 km	8 km	3 km	8 km
NW 向	16	20	80	100
NE向	7	12	35	60
EW 向	7	9	35	45
SN向	0	6	0	30

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

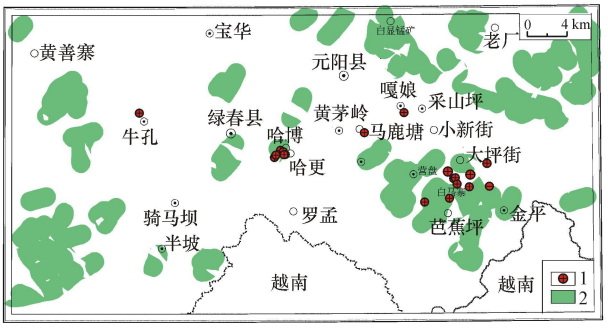

图 4　NW与 NE向 (3 km) 断裂构造相交分析与金矿床 (点) 空间分布关系图

Fig. 4　Relation map of intersect analysis of NW – NE (in 3 km) faults structure and gold distributing area

1—金矿床 (点); 2—断裂构造缓冲区

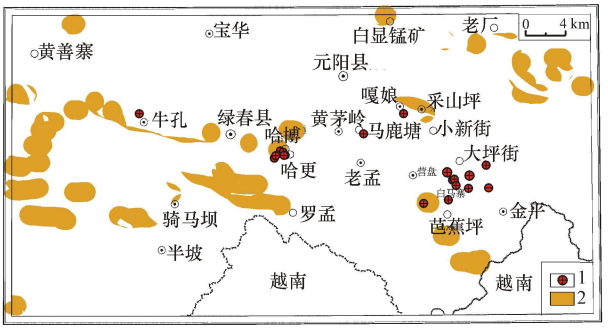

图 5　NW与 EW向 (3 km) 断裂构造相交分析与金矿床 (点) 空间分布关系图

Fig. 5　Relation map of intersect analysis of NW – EW (in 3 km) faults structure and gold distributing area

1—金矿床 (点); 2—断裂构造缓冲区

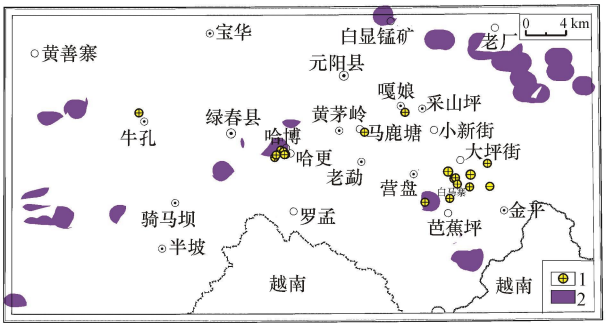

图 6　NE与 EW向 (3 km) 断裂构造相交分析与金矿床 (点) 空间分布关系图

Fig. 6　Relation map of intersect analysis of NE – EW (in 3 km) faults structure and gold distributing area

1—金矿床 (点); 2—断裂构造缓冲区

3.3　岩浆岩与金矿关系

为了探讨金矿与岩浆岩之间的关系, 笔者根据野外实地调研结果, 结合研究区已有文献资料, 对哀牢山成矿带南段已知金矿床 (点) 产出地质特征进行了统计. 由表 4可知, 全区 20个金矿床 (点) 中有 17个产于岩体内部或接触带内及附近. 运用 MapGIS和 MORPAS面缓冲区功能将岩体先作 2 km缓冲区分析, 然后与金矿床 (点) 图层相互叠加 (图 7), 可见全区 20个金矿床 (点) 中有 18个都落入岩体 2 km缓冲区内, 仅有 2个落入外围, 与表 4统计结果基本一致. 由此可见, 岩体在很大程度上控制了金矿床 (点) 的产出, 岩

表 4　已知金矿床 (点) 与岩浆岩关系统计一览表

Table 4　Relation statistics between known gold beds and igneous rocks

成矿亚区	地　质　特　征	产　出　位　置	已知金矿床(点)
大坪 – 金平金矿区	出露地层有 S– D灰岩、白云质灰岩和 T_3碎屑岩; 燕山期闪长岩、花岗闪长岩和喜马拉雅期辉绿岩、煌斑岩脉; NW向断裂为主	产于闪长岩及其与围岩的接触带中的蚀变岩型和石英脉型金矿	大坪、老金山、金竹林、马店、老么多金矿
哈博 – 哈更金矿区	出露地层为志留系和三叠系碳酸盐岩和碎屑岩, 并普遍发育动力变质成千枚岩、板岩; NW向构造破碎带十分发育; 中酸性 – 酸性 – 碱性岩浆岩广泛分布, 以岩株岩基为主	产于接触带的金铜银多金属矿	哈更、哈博、瑶人、阿树、松普金矿床
马鹿塘 – 营盘金矿区	地层为 S– D灰岩、白云质灰岩和 T_3粉砂岩、石英砂岩; 印支期流纹斑岩、英安斑岩和喜马拉雅期辉绿岩、煌斑岩; NW向断裂	产于辉绿岩脉与灰岩接触带的蚀变岩型和石英脉型金矿	马鹿塘、岩脚峰金矿
铜厂 – 勐腊金矿区	出露地层为 C、O、S碎屑岩和碳酸盐岩及 $P_2\beta$玄武岩、安山岩, 广泛发育燕山期铁质基性 – 超基性杂岩和喜马拉雅期碱性岩浆岩; NW向断裂发育并使地层普遍遭受动力变质	与 $P_2\beta$火山岩有关的 Cu、Au矿; 与喜马拉雅期碱性岩有关的 Au、Cu、Mo多金属矿	勐拉铜金矿; 铜厂、长安冲金铜钼多金属矿
牛角寨 – 嘎娘金矿区	地层为哀牢山深变质岩, 岩性以变粒岩、片麻岩、片岩和大理岩为主; 印支期片麻状花岗岩呈 NW向带状分布, 局部见晚古生代和喜马拉雅期基性 – 超基性岩脉; NW、NE向断裂发育	产于哀牢山韧性剪切带中岩浆热液型铜金矿	牛角寨、石头寨铜金多金属矿

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

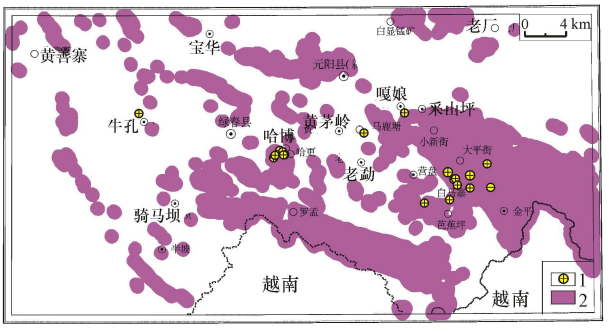

图 7 岩浆岩缓冲分析 (2 km) 与金矿床 (点) 空间分布关系

Fig. 7 Relation of igneous rocks buffer analysis (in 2 km) and gold distributing area

1—金矿床 (点); 2—断裂构造缓冲区

体内部及其外围是成矿的有利部位. 另外, 本区岩浆侵入岩中 Au含量相对较高[8], 如玄武岩平均为 20.3×10^{-9}, 花岗岩为 19.5×10^{-9}, 煌斑岩为 $30\times10^{-9}\sim50\times10^{-9}$, 普遍高于地壳克拉克值, 属高背景异常区. 由此推测认为本区金矿中的 Au可能部分来源于岩浆岩, 这与何明友[4]、李兴振等[8]的分析结果一致.

3.4 化探异常与金矿关系

为了查明化探异常与金矿床 (点) 的关系, 本文以 1∶20万区域地质矿产图为基础图件, 辅以 1∶5万地球化学图等[15-18]化探资料, 先将它们作矢量化处理, 然后分别将区内已知金矿床 (点) 与 Au、Ag、Cu、Pb、Zn、As、Hg、Sb、Mo、Bi元素异常以 MORPAS软件为平台进行叠加, 统计结果见表 5, 其中各元素异常下限依据收集原始图件综合而定. 本区金矿与 Au、Ag、Cu、Pb、Bi元素异常关系最为密切, 次之为 Zn、Mo, 与 Sb、As、Hg异常关系小. 将上述各元素异常以面的形式相互叠加, 最后与金矿床 (点) 进行相交分析, 见图 8. 从中不难发现, 金矿床 (点) 发育区基本上都存在 Au、Ag、Cu、Pb、Bi异常, 且套和较好, 与表 5统计结果较为吻合. 这说明上述元素综合化探异常发育区往往是有利的金矿成矿区段.

4 金矿找矿模型

鉴于上述分析, 结合本区成矿条件和成矿规

表 5 元素化探异常与金矿床 (点) 产出概率统计

Table 5 Output probability statistics of element geochemistry abnormal and gold beds

异常类型	异常下限	金矿床(点)产出数/个	所占百分比/%
Au	1.82	14	70
Ag	0.07	13	65
Cu	15.05	14	70
Pb	14.96	14	70
Zn	31.68	9	45
As	18.73	4	20
Sb	1.64	4	20
Hg	0.04	1	5
Mo	0.45	7	35
Bi	0.27	11	55

注: 异常下限 Au、Hg为 10^{-9}; 其它为 10^{-6}

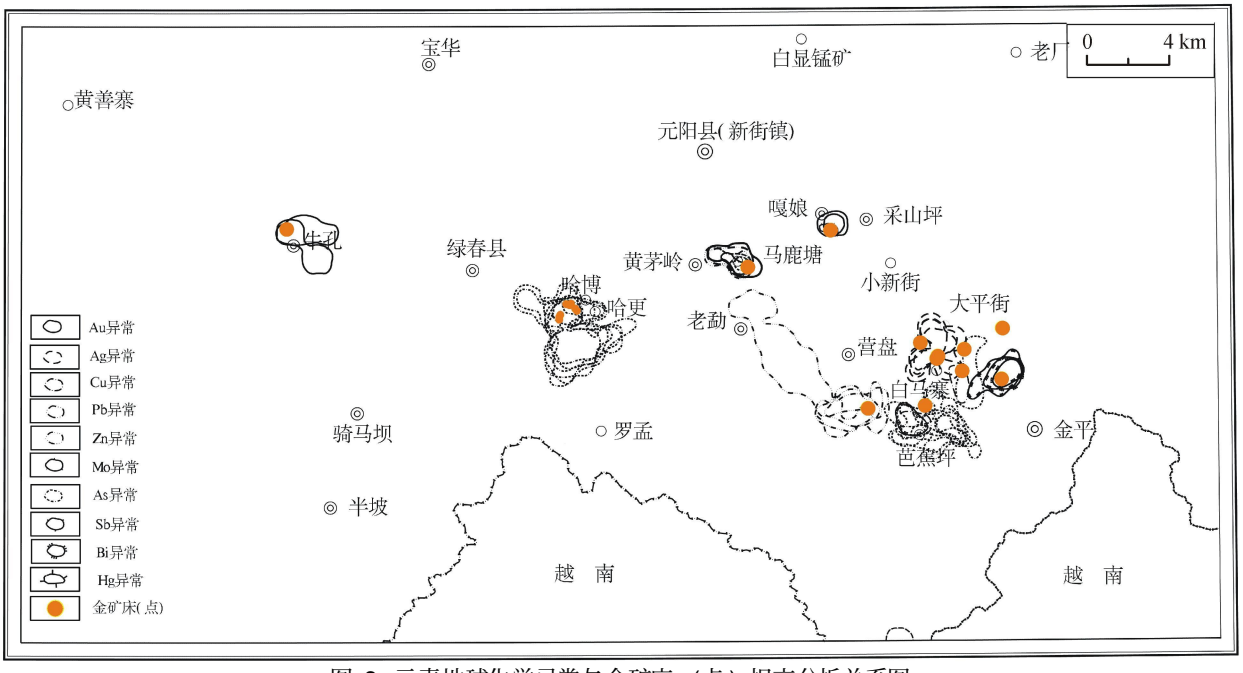

图 8 元素地球化学异常与金矿床 (点) 相交分析关系图

Fig. 8 Intersect analysis relation map of elements geochemistry abnormal and gold beds

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

律[6], 建立如下金矿资源预测模型.

(1) 地层: 本区地层可能为金矿提供了物源, 但金矿在地层中的分布较广, 金矿成矿定位对地层的选择性不大, 与地层的关系较差.

(2) 构造: NW – SE向展布的九甲 – 安定断裂、哀牢山断裂、红河断裂及其次级断裂构造控矿作用显著, 在其周边 3 km 范围内是本区有利的找矿远景区, 其中 NW 与 NE向断裂构造交汇区更为有利.

(3) 岩浆岩: 本区金矿与岩浆岩关系密切, 岩体在很大程度上控制了金矿床 (点) 的产出, 岩体内部及其外围是成矿的有利部位, 金矿中的 Au可能部分来源于岩浆岩.

(4) 地球化学: 本区与金矿关系密切的元素化探异常有 Au、Ag、Cu、Pb、Bi、Zn、Mo, 尤以 Au、Ag、Cu、Ph、Bi元素最为密切.

参考文献:

[1] 胡云中, 唐尚醇, 王海平, 等. 哀牢山金矿地质 [M]. 北京: 地质出版社, 1995.

[2] Wang Erchie, Burchfiel B C. Interpretation of cenozoic tectonics in the right-lateral accommodation zone between the Ailaoshan shear zone and the eastern Himalayan syntaxis [J]. International Geology Review, 1997, 39: 191.

[3] 陈炳蔚, 李永森, 曲景川, 等. 三江地区主要大地构造问题及其成矿的关系 [M]. 北京: 地质出版社, 1991.

[4] 何明友, 胡瑞忠. 哀牢山金矿带深源流体及其成矿作用 [J]. 成都理工学院学报, 1997, 24 (1): 73– 77.

[5] 沈上越, 魏启荣, 程惠兰, 等. 云南哀牢山金矿带成因类型探讨 [J]. 特提斯地质, 1997 (21): 73– 83.

[6] 李定谋, 李保华. 云南哀牢山金矿床的成矿条件 [J]. 沉积与特提斯地质, 2000, 20 (1): 60– 77.

[7] 毕献武, 胡瑞忠, 何明友. 哀牢山金矿带主要金矿床成矿流体特征 [J]. 矿物学报, 1997, 17 (4): 435– 441.

[8] 李兴振, 刘文均, 王义昭, 等. 西南三江地区特提斯构造演化与成矿 (总论) [M]. 北京: 地质出版社, 1999: 208 – 223.

[9] 陈述彭, 鲁学军, 周成虎, 等. 地理信息系统导论 [M]. 北京: 科学出版社, 2000: 1 – 240.

[10] 张峰, 张桂林, 郭晓东, 等. 基于 GIS的云南哀牢山成矿带南段铜矿资源预测 [J]. 桂林工学院学报, 2006, 26 (2): 172– 176.

[11] 毕献武. 哀牢山金矿带金成矿制约机制探讨 [J]. 矿物岩石地球化学通报, 1998, 17 (1): 16– 19.

[12] 郭衍游, 唐菊兴, 韩玲玲. 西南三江北段地区区域控矿因素的 GIS综合分析 [J]. 矿物岩石地球化学通报, 2003, 22 (3): 219– 223.

[13] 杨岳清. 哀牢山南段金的成矿作用 [C] //中国地质学会矿床地质专业委员会. 第五届全国矿床会议论文集. 北京: 地质出版社, 1993.

[14] 张峰. 基于 GIS的云南哀牢山成矿带南段金矿资源成矿预测研究 [D]. 桂林: 桂林工学院, 2006: 1– 88.

[15] 李定谋, 李保华, 曹志敏, 等. 哀牢山蛇绿混杂岩带金矿床 [M]. 北京: 地质出版社, 1998: 5– 11.

[16] 武警黄金十三支队. 哀牢山南段 1: 5万水系沉积物测量 [R]. 昆明: 武警黄金十三支队 (现十支队) 化探组, 1989.

[17] 武警黄金十三支队. 绿春县大水沟 – 江西 1: 5万水系沉积物测量 [R]. 昆明: 武警黄金十三支队 (现十支队), 1993.

[18] 武警黄金十三支队. 李仙江下游江城 – 绿春段 1: 5万水系沉积物测量 [R]. 昆明: 武警黄金十三支队 (现十支队), 1994.

[19] 武警黄金十三支队. 云南省绿春地区重点地球化学异常查证及金矿预查报告 [R]. 昆明: 武警黄金十三支队 (现十支队), 2000.

Analysis of Ore-Control Factors of Gold Deposits in Southern Ailaoshan Metallogenic Belt

XU Tao[1], ZHANG Gui-lin[1], ZHANG Feng[2]

(1. *Department of Resources and Environmental Engineering, Guilin University of Technology, Guilin* 541004, *China*; 2. *Geological Institute for Gold CAPF, Langfang* 065000, *China*)

Abstract: Based on geological features of Ailaoshan metallogenic belt, the ore-control factors are studied by space analysis technology of GIS softs, with which the gold deposits exploration model is proposed. It is indicated that gold deposits in Ailaoshan metallogenic belt are controlled by NW trending faults, forming a favorable exploration target of 3 km zone from the faults. Gold mineralization is related to igneous rocks which determine the occurrence of gold deposit to a large extent. The gold mineralization is poorly related to strata, but the strata, as well as magmatic rocks, may provide source of Au for the gold deposits. Geochemical anomalies, such as Au, Ag, Cu, Pb and Bi, are closely related to gold mineralization.

Key words: geographic information system (GIS); ore-control factors; gold deposit; southern Ailaoshan metallogenic belt

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net