

热带雨林景观区土壤测量的应用效果

贾润幸^{1,2,3}, 方维莹^{1,2}

(1. 中国科学院地球化学研究所 矿床地球化学重点研究实验室, 贵州 贵阳 550002; 2. 北京矿产地质研究院, 北京 100012; 3. 中色金地资源科技有限公司, 北京 100012)

摘要: 老挝中部、北部热带雨林地区的大地构造位置大致处于北西向长山岩浆—构造带和北东向琅布拉邦岩浆—构造带的交汇部位。该区域地表土壤测量分析表明, Cu 与 Pb、Zn、Ag、Sn、Mo、Sb、Hg、As、Cd、Co、Bi 总体呈共消长关系, 为最佳元素组合。本区 Cu、Pb、Zn 等主要成矿元素沿花岗岩与灰岩接触带分布, Cu、Pb、Zn 相关性不大并具有明显的分带性, Cu 分布于接触带靠近花岗岩一侧, Pb、Zn 分布于接触带靠近灰岩一侧, 共伴生组分 Mo、Sn、Bi、Ag、Cd 等异常明显。本区的元素组合可划分为 5 类: ①Cu 与 Ag; ②Pb 与 Bi; ③Zn 与 Cd; ④Sn 与 Mo; ⑤Sb 与 Hg、As。从元素分布特征看, 本区具有矽卡岩的成矿特征, 同时又可能有斑岩成矿的潜力。

关键词: 热带雨林景观区; 土壤测量; 老挝

中图分类号: P632

文献标识码: A

文章编号: 1000-8918(2011)04-0443-05

地球化学勘查是一种重要的勘查手段, 前人针对我国不同景观地区的化探方法已进行了大量的研究与探索^[1-2]。随着我国近年来“走出去”战略的实施, 研究工作主要集中在地质勘查程度普遍较低的发展中国家, 而面对更加多样的特征景观地区, 如何快速缩小找矿靶区, 建立一套科学、完善、快速的评价体系将是摆在我们面前的研究课题。土壤测量是地球化学勘查中运用较早并且非常有效的方法之一^[3-5], 笔者试图以老挝中部金属矿产勘查为例, 探讨热带雨林景观环境下土壤地球化学勘查方法及其效果。

1 工作区概况

工作区大地构造位于老挝北西向长山岩浆—构造带和北东向琅布拉邦岩浆—构造带的交汇部位附近^[6]。在横跨老挝与越南的长山成矿带及其附近已相继发现了富开、赛奔等世界级斑岩铜金矿和其他重要的铅锌、铁、锡等大中型矿床, 该区目前已成为老挝重要的找矿热点地区之一。工作区南部出露的地层主要为下石炭统碳酸盐岩和侏罗系粉砂岩, 北部为印支期中—细粒黑云母花岗岩。矽卡岩矿(化)体产于花岗岩与石炭系碳酸盐岩的接触带, 呈近东西向展布, 并受近东西向的赛松奔大断裂及次级断裂构造的控制和影响。工作区为典型的热带雨林气候, 水系发育, 森林密布, 年降雨量约 1 400

mm, 主要集中在每年的 5~9 月。由于强烈的风化淋滤作用, 地表的花岗岩和矽卡岩矿化体多遭受蚀变而呈黄褐—褐色等土状或半风化状态。该区前期基础地质资料较少, 没有进行过任何比例尺的化探扫面工作。

2 采样及分析方法

从 GoogleEarth 卫星影像图上大致了解该区的地形地貌, 通过现场勘查确定剖面线的布设。在热带雨林地区, 采样网度为 200 m × 40 m, 即线距 200 m, 点间距 40 m 左右。

采样位置的确定以森林罗盘仪和皮尺测量为主, 同时用 GPS 校对。由于在热带雨林地区, 卫星接收信号有时较弱, 导致距离误差较大, 但 GPS 没有累计误差, 其测量值可作为参考, 减少采用森林罗盘仪和皮尺测量时可能存在的累计误差。

土壤测量中的取样层位主要为残坡积层, 即以 C 层或 B + C 层(30~50 cm)为主, 个别地方覆盖较厚, 可取 B 层。采样中如遇矿化、蚀变或有明显构造痕迹的岩石露头, 进行重复采样, 同时采集原生晕样品, 并作详细记录, 以备对比参考。每个样品的取样重量为 400~500 g, 保证晾晒并过筛后, 粒级 - 40 目的样品不少于 150 g。共采集土壤样 448 件。

样品由有色金属桂林矿产地质测试中心分析, 分析方法主要为电感耦合等离子体发射光谱、原子

荧光光谱法等。样品加工及分析方法均按照中华人民共和国地质矿产行业标准《地质矿产实验室测试质量管理规范》DZ/T0130-2006 执行。测试中采用国家一级标样和二级标样进行准确度监控,同时插入 10% 的密码样,检查结果表明,样品测试的准确度和精确度均优于标准,分析质量可靠。

3 土壤地球化学特征

3.1 元素变化特征

从本区土壤样品中各元素相关系数(表 1)可知,Cu 与 Ag、Sn、Cd、Bi, Sn 与 Mo、Hg、As、Bi 的相关系数都大于 0.5,呈明显的正相关关系;Pb 与 Bi、

表 1 工作区土壤样品中各元素相关系数

	Cu	Pb	Zn	Ag	Sn	Mo	Sb	Hg	As	Cd	Ni	Co	Bi
Cu	1.000												
Pb	0.209	1.000											
Zn	0.499	0.148	1.000										
Ag	0.874	0.193	0.460	1.000									
Sn	0.650	0.395	0.254	0.460	1.000								
Mo	0.292	0.493	0.045	0.111	0.595	1.000							
Sb	0.315	0.384	0.093	0.188	0.486	0.523	1.000						
Hg	0.296	0.289	0.340	0.155	0.504	0.505	0.675	1.000					
As	0.320	0.277	0.058	0.168	0.660	0.455	0.751	0.689	1.000				
Cd	0.509	0.039	0.954	0.519	0.236	-0.004	0.035	0.298	0.017	1.000			
Ni	0.091	0.140	0.070	0.088	0.145	0.095	0.536	0.577	0.495	0.024	1.000		
Co	0.253	0.259	0.099	0.093	0.309	0.164	0.275	0.145	0.217	0.038	0.195	1.000	
Bi	0.505	0.744	0.336	0.352	0.582	0.587	0.579	0.520	0.455	0.261	0.202	0.256	1.000

表 2 工作区土壤样品中各元素因子得分系数矩阵

变量	因子 1	因子 2	因子 3	因子 4	因子 5	因子 6
Cu	0.013	-0.041	-0.083	0.486	-0.083	0.028
Pb	-0.263	-0.019	-0.059	-0.030	0.718	-0.024
Zn	-0.018	-0.023	0.530	-0.162	0.015	0.047
Ag	-0.226	0.058	-0.149	0.618	0.043	-0.142
Sn	0.443	-0.161	-0.049	0.140	-0.190	0.104
Mo	0.497	-0.222	0.010	-0.171	0.074	-0.086
Sb	0.048	0.271	-0.074	0.009	0.034	-0.022
Hg	0.203	0.243	0.212	-0.216	-0.092	-0.114
As	0.287	0.200	-0.082	0.026	-0.231	-0.018
Cd	0.010	-0.033	0.509	-0.100	-0.062	-0.001
Ni	-0.417	0.610	-0.062	0.073	0.050	0.000
Co	-0.043	-0.051	0.031	-0.088	-0.064	1.008
Bi	-0.058	-0.013	0.024	0.005	0.468	-0.077

Sb 与 Hg、Sb 与 As 的相关系数分别为 0.744、0.675 和 0.751,呈明显正相关关系;Zn 与 Cd 的相关系数为 0.954,呈强正相关关系;Ag 与 Cd 的相关系数为 0.519,呈正相关关系。

从土壤样品中各元素因子得分系数矩阵看出(表 2),因子 1 中 Sn 与 Mo 的得分因子系数较高;因子 2 中 Sb、Hg、As 的得分因子系数较高;因子 3 中 Zn 与 Cd 的得分因子系数较高;因子 4 中 Cu 与 Ag 的得分因子系数较高;因子 5 中 Pb 与 Bi 的得分因子系数较高。

从各元素聚类分析谱系图(图 1)可以看出,本区的元素组合可划分为 5 类:①Cu 与 Ag;②Pb 与 Bi;③Zn 与 Cd;④Sn 与 Mo;⑤Sb 与 Hg、As。

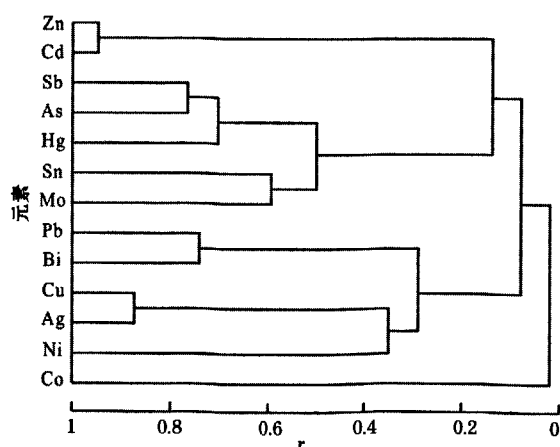


图 1 工作区土壤样品中各元素聚类分析谱系

上述特征表明,本区主要成矿元素 Cu、Pb、Zn 之间的相关性不大,呈分离状态,但除 Ni 外,Cu 与 Pb、Zn、Ag、Sn、Mo、Sb、Hg、As、Cd、Co、Bi 总体呈共消长关系,为最佳元素组合。

3.2 元素异常分布特征

工作区各元素参数统计见表 3,Cu、Pb、Zn、Cd、

Bi 的变异系数(C_v)均大于 2,表明这些表征元素为强分异,是该区有利于成矿的元素,特别是 Zn 和 Cd 的变异系数分别达到 5.157 和 5.19,为主要的成矿元素。

目前,确定化探异常下限的方法很多^[7-8],常用的方法为计算各数据的对数值,剔除部分异常数据

表 3 工作区土壤样品中各元素特征参数

元素	Cu	Pb	Zn	Ag	Sn	Mo	Sb	Hg	As	Cd	Ni	Co	Bi
均值/ 10^{-6}	213.94	104.43	192.56	1.67	23.39	5.48	0.97	0.13	10.88	2.17	16.94	23.42	6.56
中值/ 10^{-6}	47	45.5	63.5	1.3	7.4	4.165	0.58	0.10	6.1	1.055	12.55	23	1.42
变异系数(C_v)	2.862	2.961	5.157	1.081	1.504	1.013	1.129	0.67	1.303	5.19	0.983	0.385	2.445
对数均值	1.435	1.518	1.574	0.108	0.637	0.445	-0.286	-1.105	0.577	-0.007	0.988	1.296	-0.148
对数标准差	0.277	0.254	0.378	0.134	0.325	0.34	0.241	0.278	0.354	0.225	0.371	0.24	0.426
对数异常下限	1.989	2.026	2.329	0.377	1.287	1.126	0.196	-0.55	1.285	0.444	1.73	1.777	0.703
异常下限反算	97.38	106.176	213.206	2.379	19.34	13.366	1.569	0.28	19.263	2.779	53.7	59.778	5.049
最终异常下限/ 10^{-6}	100	100	200	2	20	10	2	0.25	20	3	50	60	5

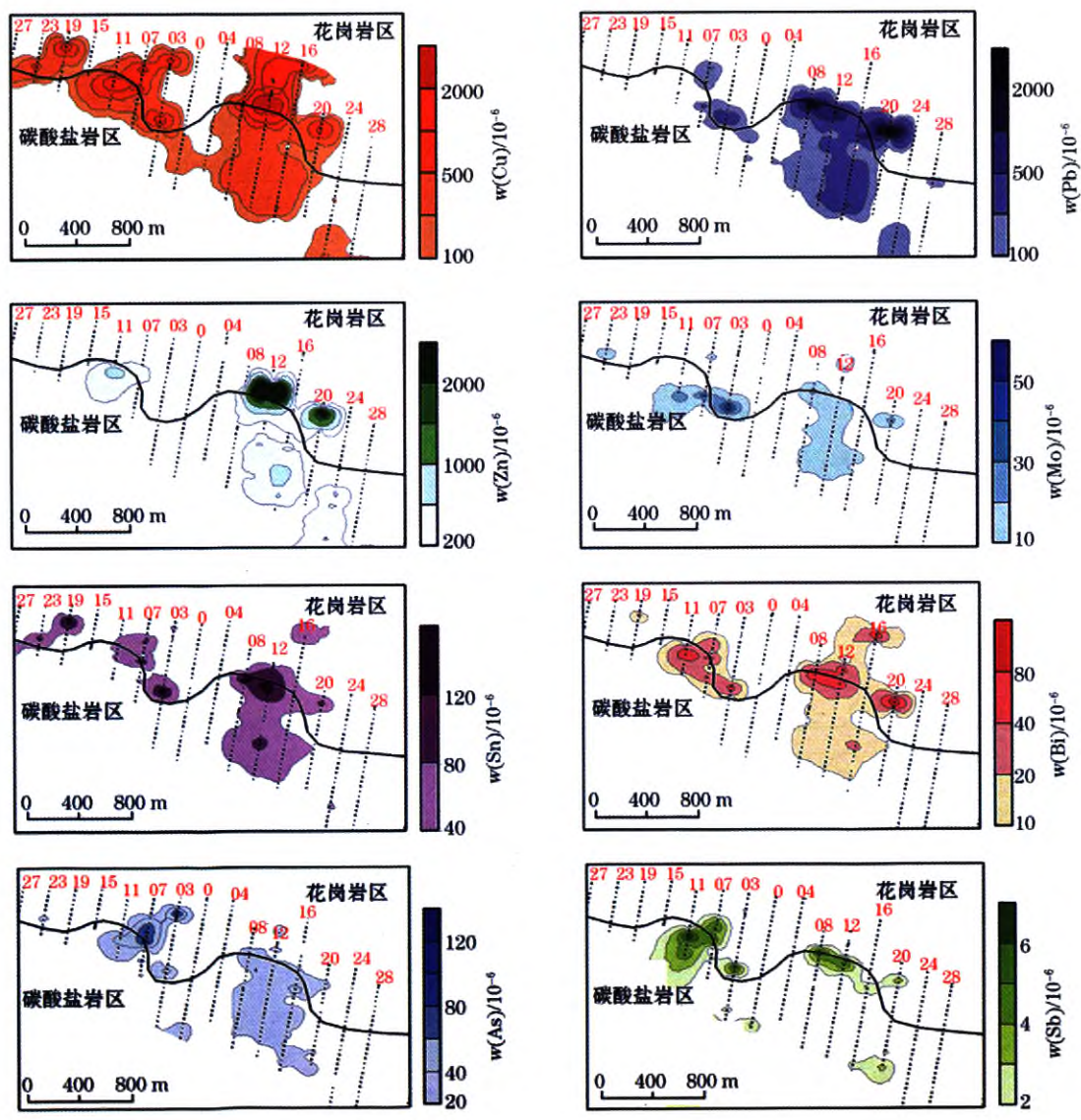


图 2 工作区土壤中元素异常分布

后使对数值符合正态分布,以数据的平均值加 2 倍标准离差作为地球化学异常下限^[9]。由于本区部分样品采于矽卡岩矿化体上,导致其中的 Cu 等成矿元素含量出现特高值。为计算各元素的异常下限,剔除异常高值后,使其频率曲线为正态分布,再分别计算各元素的异常下限。根据最终确定的异常下限,绘制 Cu、Pb、Zn、Mo、Sn、Bi、Sb、As 异常分布图(图 2)。

从图中可以看出,Cu、Pb、Zn 等主要元素的矿化异常区主要分布在花岗岩与灰岩的接触带附近,且 Cu、Pb、Zn 等异常区具有明显的异常分带。Cu 异常主要靠近花岗岩的内侧及西北侧,异常区范围相对较大,从西边的 27 ~ 24 线都有异常出现;Pb、Zn 等异常靠近灰岩的南东侧,在 08 ~ 24 线之间有明显的异常区;Mo 异常区主要分布在 03 ~ 07 线之间,最高含量达 52.36×10^{-6} ,同时在 08 ~ 12 线和 20 线、23 线附近也有异常显示;Sn 和 Bi 等中高温元素的异常区分布在 03 ~ 11 线、08 ~ 20 线及 19 线附近,Sn

最高值大于 200×10^{-6} ,Bi 最高值为 200.12×10^{-6} 。Sb 和 As 异常分布于 03 ~ 11 线,08 ~ 20 线之间,Hg 异常区与 Sb、As 的异常区总体相似,但异常相对较弱且零散。

前人通过对比发现,土壤样品与其对应的基岩及构造岩样品有基本一致的元素分布形式,基岩及构造岩中的矿化指示元素在土壤样品中同样具有矿化指示意义^[10]。研究表明,矿致异常通常具有面积大,元素含量较高,组合元素齐全而复杂的特征^[11]。从表 4 中可看到,本区接触带矿石和矽卡岩中 Cu、Pb、Zn、Sn、Mo、Sb、Bi、Co 等的含量均相对较高,而花岗岩和碳酸盐岩中的有用金属元素均相对较低。对本区上述异常区进行实地检查,结合相应的地质、构造、岩石出露等情况,发现分布于接触带中的异常区主要为矿致异常,其分布范围也基本反映了相应的元素矿化分布范围。从图 3 中也可看出,土壤样品中 Cu、Pb、Zn、Sn 等有用金属元素的高异常点基本与接触带中矿体、矽卡岩矿化体位置对应。

表 4 工作区主要岩石地球化学特征

10^{-6}

采样位置	样数/个	岩石类型	w(Cu)	w(Pb)	w(Zn)	w(Sn)	w(Mo)	w(Sb)	w(As)	w(Cd)	w(Ni)	w(Co)	w(Bi)
花岗 岩区	19	中粗粒花岗岩	23.1	22.8	35.3	4.4	30	0.21	3.36	0.18	4.59	4.56	0.21
	14	细粒花岗岩	26.9	19.9	53.5	8.32	9.48	0.23	5.05	0.48	4.88	4	0.29
	14	斑状花岗岩	87.4	24.7	124	3.25	9.46	0.2	5.69	0.66	2.57	1.97	1.12
接触带	15	铜矿石	14809	67.7	978	155	5.97	7.71	82.1	7.62	16.5	36.9	106
	4	铜锌矿石	8831	65.1	16771	0.66	0.22	1.6	22.4	111	3.38	12.2	127
	7	锌矿石	579	2642	27599	70.1	6.72	1.52	88.8	226	12.1	20.2	73.7
	17	矽卡岩	119	23.6	205	132	17.7	2.28	20.5	2.89	17.7	8.69	3.45
碳酸盐 岩区	7	蚀变大理岩	30	10.2	90.3	3.15	2.03	0.43	5.83	0.4	18	6.62	0.37
	12	大理岩	25.7	5.58	32.9	2.46	2.56	0.23	328	0.2	13.7	2.97	1.07

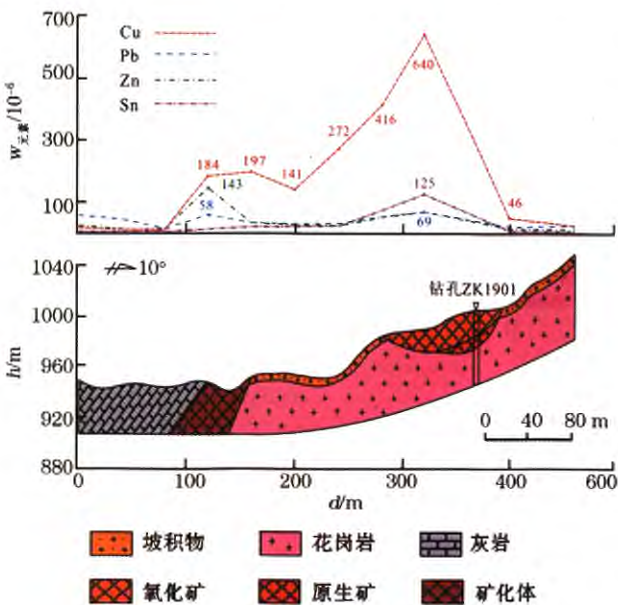


图 3 工作区土壤综合地质剖面

值得一提的是,由于本区地形因素的影响,接触带中位于高处并暴露在地表的氧化矿体经过土壤化后,有用金属元素会随着雨水向南部发生迁移,并在花岗岩与碳酸盐岩分界线的南部产生一些异常假象,如图 2 中 Cu、Pb、Zn、Mo、Sn、Bi 的异常分布,这一点在热带雨林地区值得特别注意。从矿化异常区土壤样品的颜色看,土壤呈深红褐色时,样品中 Cu、Zn、Pb 等的含量相对要高一些,这主要与样品中含有较高的 Fe 有关,这一特征可作为该区重要的找矿标志。

研究表明,矿床类型及相应的成矿地质条件是产生化探组合异常的主要原因,化探异常分布特征受控于矿床的空间分布,一定的组合异常反映特定的矿床类型^[12]。结合本区的地质特征,本区 Cu、Pb、Zn、Mo、Sn、Bi 等异常分布特征总体应为矽卡岩型矿床类型,同时由于 Cu、Mo、Sn、Bi 等中高温元素多靠近侵入岩体一侧,如表 4 中的中粗粒花岗岩,19

件样品中 Mo 的平均含量达到 30×10^{-6} , 所以本区还可能存在斑岩型铜钼矿的找矿潜力。

4 结论

(1) 在热带雨林景观区, 由于地表强烈的风化淋滤作用, 岩石露头相对较少, 土壤测量便可作为一种重要的勘探手段, 有效圈定并缩小找矿靶区。

(2) 本区元素异常区分布面积大, 并具有明显的分带性。Cu 分布于接触带靠近花岗岩一侧, Pb、Zn 分布于接触带靠近灰岩一侧, 伴生组分 Mo、Sn、Bi、Ag、Cd 等的异常明显。

(3) 从元素异常分布特征看, 本区矿床类型总体为矽卡岩型成矿特征, 同时可能还具有斑岩成矿的潜力。

参考文献:

- [1] 禹斌, 李惠, 张国义, 等. 不同地球化学景观区的化探方法及实例[J]. 地质找矿论丛, 2005, 20(增刊): 182.
- [2] 邵军, 王世称, 张炯飞, 等. 大兴安岭原始森林覆盖区化探异常查证方法研究与实践[J]. 地质与勘探, 2004, 40(2): 66.
- [3] 谢学锦, 欧阳宗昕. 中国的勘查地球化学的回顾与展望[J]. 地质论评, 1982, 28(6): 598.
- [4] 李善芳. 地球化学勘查工作的进展[J]. 物探与化探, 1989, 13(5): 333.
- [5] 郝百武, 薛传东, 韩润生, 等. 沟系土壤测量在贵州大厂矿田普晴锡金矿区地质找矿中的应用[J]. 地质与勘探, 2008, 44(6): 73.
- [6] Jia Runxing, Fang Weixuan, Hu Ruizhong. Geochemical characteristics and significances of major elements, trace elements and REE of NM copper polymetal deposit in Laos[J]. Journal of Rare earths, 2010, 28(2): 305.
- [7] 史长义. 异常下限与异常识别之现状[J]. 国外地质勘探技术, 1995, (3): 19.
- [8] 龚庆杰, 张德会, 韩东昱. 一种确定地球化学异常下限的简便方法[J]. 地质地球化学, 2001, 29(3): 215.
- [9] 李长江, 麻士华. 矿产勘查中的分形、混沌与 ANN[M]. 北京: 地质出版社, 1999: 1.
- [10] 陶琰, 高振敏, 王奖臻, 等. 个旧锡矿土壤次生晕地球化学勘查的可行性分析[J]. 地质与勘探, 2002, 38(5): 54-57.
- [11] 夏祥标, 郑来林. 普迟亚地区水系沉积物测量地球化学特征及找矿方向[J]. 物探与化探, 2009, 33(6): 626.
- [12] 王世称, 成秋明, 金若时. 勘查地球化学工作评述[J]. 地质与勘探, 1989, 19(1): 60.

THE APPLICATION EFFECT OF SOIL SURVEY IN RAINFOREST AREA OF LAOS

JIA Run-xing^{1,2,3}, FANG Wei-xuan^{1,2}

(1. Key Laboratory of Ore Deposit Geochemistry, Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guiyang 550002, China; 2. Beijing Institute of Geology for Mineral Resources, Beijing 100012, China; 3. Beijing Donia Resources Co. Ltd., Beijing 100012, China)

Abstract: The work area is located in the north-central part of Laos which is covered by rainforest and close to the intersection between Truong Son North-West trend magma-tectonic belt and North-East trend Louangphabang magma-tectonic belt. The result of soil survey shows that Cu and Pb, Zn, Ag, Sn, Mo, Sb, Hg, As, Cd, Co, Bi together represent a major element association for ore deposits characterized generally by similar growth and decline trends. The metallogenic elements of Cu, Pb and Zn are mainly distributed in the contact zone between granite and carbonate, displaying obvious zoning with other coexisting or associated elements such as Mo, Sn, Bi, Ag and Cd. Cu anomalies are mainly in the inner side close to granite, whereas Pb and Zn anomalies are mostly in the outer side close to carbonate. The soil geochemical characteristics show that the ore deposits in the work area should belong to skarn type with large metallogenic potential.

Key words: rainforest landscape area; soil survey; Laos

作者简介: 贾润幸(1969-), 男, 博士, 高级工程师, 主要从事岩石学、矿床学和地球化学方面的研究。