

# 亚热带岩溶景观区金的表生地球化学异常特征

## ——以云南东部富源胜境关金矿区为例

王瑞廷<sup>1,2</sup>, 欧阳建平<sup>3</sup>

(1. 西北大学地质学系, 陕西西安 710069; 2. 西北有色地质勘查局, 陕西西安 710054; 3. 中国地质大学地球科学学院, 湖北武汉 430074)

**摘要:**利用土壤地球化学和相态分析方法,对云南东部亚热带岩溶景观区内富源胜境关金矿区及其外围金的表生地球化学进行了研究。结果表明:该区金的原生异常是经过表生带而被放大的,表现为在表生介质中形成强化的表生异常,是由于表生带中存在多种地球化学障而引起的;金的表生异常元素组合特征与原生异常基本一致;区内土壤中金赋存主相态是铁锰氧化物相、吸附相和水溶相,且金趋于在土壤腐殖层(A层)富集;金的表生地球化学异常的发育主要受地理景观条件、土壤中的化学物理因素、土壤结构类型、区域构造及岩性和金的表生地球化学性质等因素制约。该景观区内金的表生地球化学异常特征及其制约因素的研究结果,为该区金的表生异常评价提供了理论依据。

**关键词:**亚热带;岩溶景观;金;表生地球化学异常;云南东部

**中图分类号:**P618 **文献标识码:**A **文章编号:**1000-274X(2001)06-0500-06

表生地球化学异常的形成受地理景观条件、表生作用等因素制约,在地表环境中成矿元素(如金、铜等)的分布、运移和富集成晕取决于景观地球化学条件。不同气候、地理景观区内金的表生地球化学异常特征研究,对于金矿勘查及异常优选评价具有重要意义。本文结合云南东部亚热带岩溶景观区富源胜境关金矿的研究,对该区金的表生地球化学异常特征及其发育制约因素进行了探讨。

## 1 地理景观特征及区域地质背景

### 1.1 地理景观特征

胜境关金矿区位于我国扬子地块西南缘滇-黔-桂卡林型金矿密集区内,地处云南省富源县。该区在中国地球化学景观分区上为岩溶区,属中低山岩溶亚景观区。区内气候属亚热带高原型湿润季风气候,年均气温15~18℃,年均降雨量1000~1200mm,远大于年均蒸发量。地表植被不太发育,主要为针叶

林和灌木丛。该区地处云贵高原中部,海拔1800m左右,属中切割中低山区。其土壤类型主要为红褐壤、砖红壤、红壤、棕壤,土壤成熟度较高,厚度大,土壤剖面发育完全,一般均可划分出腐殖层(A)、淋积层(B)和残积层(C)等,且B层最厚。野外测试表明:土壤呈弱酸性—中性,pH 5.3~7.5,平均5.59; Eh 15.2~164.0 mV,平均53.8 mV;电导率较低, Ec 5.8~141.1 μS/cm,平均37.41 μS/cm。该域内地表水系发育,化学风化作用强烈,溶蚀作用居主导地位。

### 1.2 区域地质背景

该区区域上属扬子地台黔川台拗和华南加里东褶皱系的云南部分。区内出露地层主要为:下二迭统上部茅口组(P<sub>1m</sub>),为一套浅海相富含白云质、燧石团块灰岩;上二迭统下部峨嵋山组玄武岩,主要为火山碎屑岩、玄武岩、砂页岩等;有少量下三迭统碳酸盐岩地层。师宗-弥勒断裂与富源-弥勒断裂是区内的主要构造,区内金矿多受该断裂构造带控制。区域

收稿日期:2000-11-29

基金项目:原地质矿产部重点资助项目(96012002)

作者简介:王瑞廷(1969-),男,陕西杨凌人,西北大学博士生,从事矿床地球化学研究。

上滇黔桂接壤区中的卡林型金矿,受右江-南盘江-六盘水裂谷控制<sup>[1]</sup>。

胜境关金矿位于罗平-师宗成矿带上,为原有卡林型金矿在山盆期因下伏碳酸盐岩高度岩溶化引起坍塌后经历红土化作用而形成。区内金矿(化)与二叠系峨眉山组玄武岩密切相关,并受 Au, Hg, As, Cu 异常带控制<sup>[2]</sup>。峨眉山组玄武岩既是区内主要的矿质来源层,又是金矿的主要赋矿岩性,围岩蚀变不强,以硅化、黄铁矿化、毒砂化为主。金矿化常与汞、锑矿物、雄黄、雌黄共生,主要载金矿物为黄铁矿、毒砂。矿石包括原生矿石和表生矿石,原生矿石主要有黄铁矿、毒砂等,表生矿石主要有褐铁矿、粘土矿物等。金呈浸染状产出,多以自然金形式附着于黄铁矿中,矿石金品位平均为  $1 \times 10^{-6} \sim 3 \times 10^{-6}$ 。

## 2 金的表生地球化学异常特征

胜境关金矿区包括东铺金矿点、尖山金矿点、小脑壳金矿点等。对该区水系沉积物、土壤、岩石地球化学异常进行了对比分析,在东铺金矿点布置土壤垂直剖面3条,岩石剖面1条,在尖山金矿点布置土壤剖面1条,并采集7件水系沉积物样品。据样品分析,结合区内1:20万水系沉积物资料,对区内金的表生地球化学异常特征分析如下。

表1 胜境关金矿区成矿及指示元素表生富集系数

Tab. 1 Supergenic enriched coefficient of ore-forming and indicated elements in Shengjingguan gold deposit district

	表生富集系数							
	Au	Ag	As	Hg	Sb	Cu	Pb	Zn
土壤/岩石	12.62	3.93	5.13	0.97	1.05	2.03	0.97	2.54
水系沉积物/岩石(矿区)	2.10	2.0	2.32	0.87	0.43	2.13	2.27	2.98
水系沉积物/岩石(区域)	0.30	0.96	0.92	0.52	0.31	1.11	5.18	2.45

### 2.2 金的存在形式特征

对区内表生介质中的金进行了水溶相、吸附相、自然金相、碳酸盐相、有机相、铁锰氧化物相、硫化物相及硅酸盐相8种不同相态的分析(见图1)。

由图1可知:土壤中金主要以铁锰氧化物相(51.1%)、吸附相(13.8%)和水溶相(9.2%)形式存在,三者占总量的74.1%;表生矿石(土状氧化矿)中金主要以水溶相(27.0%)、自然金相(25.4%)及硅酸盐相(19.2%)形式存在,三者占金总量的71.6%。这可能是因为,区内灰岩中的Fe, Mn类物质通过水解呈氢氧化物沉淀,使土壤中普遍含有较

### 2.1 金在不同介质中的含量特征

分析表明,区内金的平均含量为:岩石  $7.81 \times 10^{-9}$ , 水系沉积物  $16.43 \times 10^{-4}$ , 土壤  $98.58 \times 10^{-9}$ 。显然,矿区内金在表生条件下从基岩到水系沉积物再到土壤,具有明显的富集趋势。表1为该土壤、水系沉积物中 Au, Ag, As, Hg, Sb, Cu, Pb, Zn 等成矿及指示元素相对于岩石的表生富集系数,其中金的表生富集系数为:水系沉积物相对于基岩为2.10, 土壤相对于水系沉积物为6.00, 而土壤相对于基岩高达12.62。这种表生富集明显有利于表生异常的发育,但对于金异常评价可能是一种干扰(如滇东南陆良一带发现有大面积金的区域异常,但至今并未见矿),因为该景观条件下岩溶洼地中的金易被铁锰氧化物及粘土矿物吸附,而引起大面积次生异常。研究发现,在母岩为玄武岩的土壤中 Au, As, Sb, Hg, Cu, Zn 均发生明显富集,且富集程度大于以灰岩为母岩的土壤。区域上,相对于1:20万水系沉积物测量平均值,矿区内土壤及岩石中的 Au, Ag, As, Hg, Sb 均发生明显表生富集,而 Cu, Pb, Zn 则发生表生贫化。从表1中可看出, Ag, As, Cu, Zn 等元素亦具表生富集特征, Hg, Pb 等元素则表现出表生贫化。金在上述3种介质中的含量差异,与红土化作用过程中金表现出较强的活动性有关。

多铁、锰物质和铁、锰结核,从而与表生带更多的金发生吸附和化学反应(如铁锰氧化物与土壤溶液中的金发生共沉淀作用等),导致土壤中铁锰氧化物相(被铁锰氧化物包裹的自然金)、吸附相金的比例增大。同时,区内水质偏酸性,含较多的  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ , 金可以被膏盐层、含有机酸和特殊细菌的孔隙水溶解,且含微细粒金的碳酸盐类岩石在这种  $\text{CO}_3^{2-}$  表生沉淀条件下使金的化合物还原为自然金<sup>[3]</sup>,可能是表生矿石中金主要以水溶相、自然金相存在的原因。据研究,碳酸盐岩风化后的元素有一定数量存在于硅酸盐矿物中,多数成矿成晕元素在铁

和锰的氧化物相中较高<sup>[1]</sup>,与本次研究结果一致。另外,据实测土壤中的 pH, Eh 值,均与固体金区的特

征吻合,说明土壤中的金主要以铁锰氧化物相形式存在。

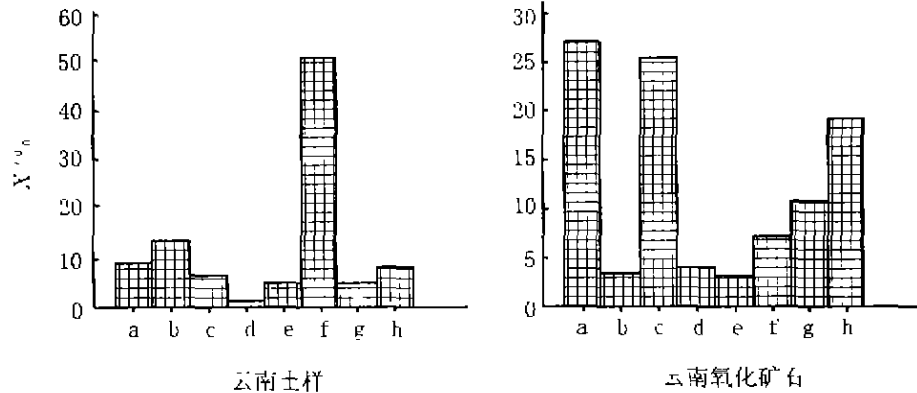


图 1 土壤及氧化矿石中金的相态分布直方图

X%:金在每种赋存相态中的质量分数

a 水溶相 b 吸附相 c 自然金相 d 碳酸盐相 e 有机相 f 铁锰氧化物相 g 硫化物相 h 硅酸盐相

Fig. 1 Distributing hysteogram of gold's existing forms in soil and oxidized ore in Shengjingguan gold deposit

### 2.3 成矿元素表生分散成晕特征

区内金的 1:20 万水系沉积物异常清晰完整,土壤中金最高含量达  $12.960 \times 10^{-6}$ 。这种金的土壤地球化学异常,是基岩金矿化通过分散成晕过程被保留在地表土壤中的地球化学证据。该岩溶区以化学风化与生物风化作用为主,溶蚀、侵蚀与淋滤作用强烈,伴有机破碎和剥蚀作用,红土化作用较普遍。在近地表氧化带内,矿(化)体遭受强烈的淋滤氧化,大多数元素主要以自由离子形式赋存于疏松沉积物和水而迁移。由于岩溶区表生带中存在氢氧化物共沉淀障、碳酸盐障和 Fe, Mn 粘土矿物吸附障等地球化学障,导致矿区内成矿元素在表生分散成

晕过程中逐步富集在水系沉积物和土壤中。同时,土壤的地球化学异常强度较大,能准确地反映出露浅埋矿体的位置和走向,圈定矿化富集范围。另外,岩溶区成矿元素的这种富集与表生介质粒度有一定关系。即:土壤中的金主要赋存于细粒级中,其他造晕元素富集于粗-中粗粒级中;水系沉积物中大部分元素的富集粒度为粗粒级( $>0.218 \text{ mm}$ ),其次为中粗粒级( $0.218 \sim 0.145 \text{ mm}$ )<sup>[4]</sup>。这可能是金在表生氧化过程中,原生矿石中的载金矿物发生氧化、分解,细颗粒金残留于残积土壤中,氧化矿石中的金颗粒次生加大,它们风化搬运后进入水系沉积物所引起的。

表 2 成矿及指示元素在基岩及其上覆土壤残积层中的含量

Tab. 2 Content of ore-forming and indicated elements in bedrocks and overlaid soil residual horizon in Shengjingguan gold deposit district

剖面号	样品性质	Au	As	Sb	Hg	Ag	Cu	Pb	Zn
剖面 1 东铺金矿点	上覆土壤残积层 DT-1	345	3 000	142	2 037	92	115	2.5	95
	基岩(硅化灰岩)DR-15	7.2	2.39	0.93	352	323	36.5	8.5	<6
剖面 2 东铺金矿点	上覆土壤残积层 DT-9	950	500	165	469	<50	240	10	61
	基岩(火山凝灰岩)DR-3	15.9	5.9	1.03	336	<50	6	11.5	17.5
剖面 3 尖山金矿点	上覆土壤残积层 ST-2	14.7	16	3.58	943	140	27.5	2.5	24
	基岩(火山岩)SR-3	3.15	8	2.49	58	<50	6	2.5	17.5
剖面 4 东铺金 矿点背景地段	上覆土壤残积层 LT-5	6.3	11	1.69	85	125	210	2.5	133
	基岩(灰岩)LR-1	4.06	5.37	6.81	56	<50	<6	2.5	10

注: Au, Ag, Hg 质量分数为  $10^{-5}$ , 其他元素为  $10^{-6}$ , DT-1 等为样品编号。

由表 2 可知,区内成矿及指示元素从基岩进入上覆残积层土壤时都发生了明显的表生富集作用,这与该岩溶景观条件有关。因为,在区内的红土化过程中,含金基岩中的细分散金被溶解为络合物或胶体迁移,当遇到残积层中的还原障或吸附剂时金便沉淀下来。

另外,通过岩石、土壤和水系沉积物样品 Au, Ag, As, Sb, Hg, Cu, Pb, Zn 等主要成矿元素 R 型聚类分析,表生异常中成矿及指示元素组合特征与原生异常基本一致,说明表生介质中成矿元素的分散成晕继承了原生异常的某些特征。

总之,由于区内成矿元素表生再富集的分散成晕特征,在矿区及其外围可形成较强的土壤地球化

学异常。在水系、岩溶凹地及喀斯特漏斗发育的局部地段(矿区内)水系沉积物中,金的水迁移系数 1~10.5。由于区内为 Ca 型水,按彼列尔曼分类,金是活跃的迁移元素,可呈多种形式运移<sup>[5]</sup>,能形成明显的水系沉积物地球化学异常。在评价区内的表生地球化学异常时,应具体分析这种表生富集与矿致异常的关系。

#### 2.4 表生带成矿及指示元素的空间变化规律

区内土壤剖面中金的最高质量分数为  $950 \times 10^{-9}$ ,最低  $2.8 \times 10^{-9}$ ,Au, Ag, As, Sb, Hg, Cu, Pb, Zn 等元素在不同地段土壤各层位中的平均含量见表 3。

表 3 不同地段土壤各层位中成矿及指示元素的平均含量

Tab. 3 Average content of ore-forming and indicated elements in each layer of soil in different position of Shengjinguan gold deposit district

位置	层位	Au	Ag	As	Sb	Hg	Cu	Pb	Zn
矿区	A	339.45	0.160	141.00	12.50	407.00	111.50	12.25	133.00
	B	132.31	0.150	37.00	5.05	282.50	203.50	4.13	125.50
	C	219.55	0.090	774.67	87.75	510.67	248.67	3.75	146.50
背景区	A	11.40	0.092	19.40	5.16	177.00	180.00	10.00	115.00
	B	5.40	0.092	14.00	2.99	201.50	235.50	11.50	126.50
	C	5.00	0.130	4.37	0.69	46.67	262.00	4.17	168.67

注:A 腐殖层;B 淋积层;C 残积层;Au, Ag 质量分数为  $10^{-11}$ ,其他元素为  $10^{-9}$ 。

由表 3 可知:矿区土壤各层位中 Au, As, Hg, Sb, Ag 的平均含量明显高于背景区土壤对应层位中的含量,而这些元素组合(即 Au-As-Hg-Sb)恰是区内金矿的异常元素组合,说明空间上土壤地球化学异常与矿(化)体水平位移不大,具较好的对应关系;在垂向上,矿区内 Au, Ag 在 A 层富集, Au, As, Sb, Hg, Pb, Zn 等在 B 层贫化,而 Cu 则在 A 层贫化,在 C 层 As, Sb, Hg, Zn, Cu 等元素出现富集, Au 为次富集。这是因为, C 层由部分分解的基岩组成,基本上为矿化围岩的风化残积土,故 As, Sb, Hg 富集。土壤中 Au 主要以铁锰氧化物相存在, C 层风化程度弱,其铁锰氧化物相对于 A 层较少,故 Au 在 A 层富集,在 C 层次富集。区内土壤中富含的氧化铁表面主要为带可变正电荷的羟基化表面,对  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$  等重金属离子能产生以非静电引力为机理的吸附作用,因此 C 层 Cu, Zn 相对富集<sup>[6]</sup>。成矿及指示元素在垂向上的这种变化规律,在矿体附近的土壤垂直剖面上也有所体现。即:在矿体附近的土壤垂直剖面上 Au, Hg 在 A 层相对富集,异常较强,表明在淋滤作用、有机物质及吸附作用下矿体附近土壤 A

层中 Au, Hg 产生表生富集; Au, As, Sb, Hg 均在 C 层含量较大,异常较强,表现出对矿体的直接“响应”和与原生晕异常的一致性。

### 3 表生异常发育的主要制约因素分析

#### 3.1 地理景观因素

区内主要包括气候、地貌、地形、水系、植被等自然地理要素。岩溶景观区的一个显著特点是石灰岩广布,雨量充沛。由于该区位于云贵高原,属亚热带高原型季风气候,高温、炎热、潮湿,灰岩经长期侵蚀、溶蚀和风化剥蚀作用,其基本造岩元素 Ca, Mg 除极少量在风化淋失中转变为次生碳酸盐进入粘土外,绝大部分被淋失,以  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{HCO}_3^-$  等离子形式转入水溶液后,呈  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$  和  $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$  被搬运;次要造岩元素 Si, Al 主要进入粘土矿物被残留在疏松层;成矿成晕元素亦有微量转入水溶液中, Cu, Pb, Zn, Ag, Cl 等亲硫元素主要呈自由离子,而 Sn, W 等亲石元素常呈稳定矿物形式分散于土壤中。这表明岩溶景观条件下,元素在表生带以自由离

子形式为主,易溶与难溶矿物形式为次赋存于疏松沉积物和水而被迁移,在特殊的地理气候作用下—方面 Ca, Mg 强烈淋失,一方面大部分成矿及指示元素表生富集。

因此,气候条件是决定区内基岩风化方向和强度的基本要素,气候和地形等景观条件影响金在土壤中的活动性与稳定性,地理景观因素对区内表生异常的形成和发育起重要作用。

### 3.2 土壤环境的化学物理条件

土壤样品测试表明:①区内土壤 pH 平均 5.59, 属酸性,是由于土壤中强碱性的氧化亚铁被氧化成为弱碱性的氧化铁,发生铁解作用,在  $\text{SO}_4^{2-}$  参与下形成微酸性的硫化氢被氧化为硫酸的缘故,而 Au, Hg, Ag, Cu, Co, Ni 等元素在酸性、氧化的表生条件下具有较高或中等的活动性<sup>[7]</sup>,因此有利于其表生异常的形成和发育;②Ec 平均 37.41  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ,反映该区淋滤型土壤中铁锰氧化物、硅酸盐稳定矿物及有机质等的吸附、沉淀作用强,元素的离子浓度小; Eh 平均 53.80 mV,据分级标准<sup>[8]</sup>,属相对氧化环境,这对于红土化作用过程中金的沉淀富集有利。

### 3.3 土壤结构类型因素

区内土壤主要为红褐壤、砖红壤、红壤等,不同土壤层位间元素分布变化大, Au, Hg, Sb, As, Ag, Pb 等在 A 层相对富集,而金矿的指示元素 As, Sb, Hg 则在 C 层含量最高,表现出成矿及指示元素的表生富集对基岩含金性质有较强的依赖关系。随着成壤作用的加强,土壤演化程度的加深,由于铁锰氧化物、有机物质的增加和吸附作用, Au, Ag 在 A 层中富集,含量最高。由此可见,土壤不同结构层位的表生地球化学异常的发育强度不同,是由于表生改造分异作用下不同性质的元素表现出不同的地球化学行为而导致的。区内土壤存在着共沉淀障、吸附障、碳酸盐障、生物地球化学障等多种地球化学障<sup>[9]</sup>,在不同结构层位之间形成不同组合特征的复合地球化学障。因而,对通过基岩风化进入表生带的成矿及指示元素,土壤不同层位表现出不同的聚散能力,导致表生异常发育程度不同。另外,土壤的成因及厚度对金的富集也有一定影响,粗粒红土和基岩碎屑的存在可强化金异常的显示。在该岩溶景观区内,相对于基岩中的原生异常,土壤地球化学异常较发育,在进行异常评价时应考虑土壤对表生异常的“放大效应”。

### 3.4 区域构造及岩性

本区相对稳定的区域构造可保证地壳的相对平衡,使风化层得以保存,风化剥蚀的产物易于残留原地,形成巨厚的松散堆积物,化学风化作用可以不断地深入进行,使风化程度加深,加之在生物参与下成壤作用彻底,土壤成熟度高,使基岩中的成矿及指示元素充分进入土壤,因此而发育异常。同时,在稳定的区域构造背景下,外动力地质作用也易形成类似研究区的低山丘陵地貌,从而因地势平缓,排水不畅而造成有限的侵蚀、剥蚀环境,以致有利于成矿成晕。土壤中成矿及指示元素主要来自原生岩石(基岩)风化,基岩中这些元素的组成和含量,决定了土壤中成矿及指示元素的基本特征。母岩岩性决定了风化过程中岩石和矿物的成分、耐风化能力、溶解度、地下水的 pH 及 Eh 条件、地表水向下渗入的深度等,从而影响风化作用的速度和强度,导致形成不同的次生矿物,产生不同岩性风化产物中元素的富集或分散,造成异常强度的差异。Lintern 和 Butt (1993)注意到成壤碳酸盐的存在与异常发育有关,即含碳酸盐成分的样品出现异常的比例高于不含碳酸盐的同类土壤<sup>[10]</sup>。汪明启等人(1996)研究认为,区内母岩为碳酸盐岩的地区与风化基岩相比,土壤中多数元素明显富集,不同土壤层位间元素分布变化较大<sup>①</sup>,与本文结果一致。

### 3.5 成矿及指示元素的表生地球化学性质

据研究,表生条件下金的变价性和形成络合物的能力决定了其形成表生异常的特征,在地表水和孔隙水溶液中,金可能以卤化物和其他无机络合物形式、有机络合物形式、受  $\text{SiO}_2$  及有机物凝胶保护的胶体形式或粘土矿物和氢氧化铁胶体吸附的形式进行迁移。如上所述,该景观区内表生带中存在有氢氧化物共沉淀障、碳酸盐障和 Fe, Mn 氧化物及粘土矿物吸附障等多种地球化学障。因此,以多种形式迁移的金受各种地球化学障的阻拦,便可以从溶液中沉淀而富集于表生介质中,是区内金的表生异常相对于原生异常强度大、较发育的原因。

综上所述,该景观区内表生作用十分复杂,制约表生异常发育的因素众多,除上述因素之外,还包括生物地球化学作用等其他因素,区内腐殖酸等有机质对金的富集作用尚需进一步研究。金及其指示元素在多种地球化学障作用下,在矿区及其外围的次

① 汪明启,第六届全国勘查地球化学学术讨论会论文摘要, 1998, 16-49.

生介质中能产生表生富集效应,从而形成较强的表生地球化学异常。这在评价区内表生异常时是值得重视的,并应在分析研究表生异常形成机制的基础上,从表生异常特征中提取出反映表生富集效应的标志——表生异常成因特征来进行异常评价。

#### 4 结 论

1)研究区内金的表生地球化学异常(土壤和水系沉积物异常)相对于原生异常表现出表生放大效应,原因是该景观区表生带中存在氢氧化物共沉淀障、粘土矿物吸附障等多种地球化学障,从而使以多种形式迁移的金发生了表生富集。

2)研究区内表生介质中金存在主赋存相态,即

土壤中金的主赋存相态是铁锰氧化物相、吸附相和水溶相,其余5种相态所占份额极小。

3)区内金具有表生再富集的成晕特征,且表生异常中金及其指示元素组合特征与原生异常基本一致,表现出表生异常对原生异常的继承性和对应性。

4)在土壤垂直剖面上,金、银等成矿元素趋于在土壤A层(腐殖层)富集,这可能与该景观区内土壤A层的吸附作用及生物作用等有关。

5)表生地球化学异常的形成,受相应表生环境中元素的地球化学行为控制。该景观区内,制约金的表生地球化学异常发育的主要因素有地理景观条件、土壤环境的化学物理因素、土壤结构类型、区域构造及岩性和金的表生地球化学性质等。

#### 参考文献:

- [1] 刘东升. 中国卡林型(微细浸染型)金矿[M]. 南京:南京大学出版社,1994. 142-159.
- [2] 刘远辉. 贵州盘县片区金矿地质特征与成矿分析[J]. 贵州地质,1999,16(1):22-26.
- [3] 刘英俊,曹励明,李兆麟. 元素地球化学[M]. 北京:科学出版社,1984. 318-320.
- [4] 李孝祥,周良臣. 元素富集与样品粒度间的关系[J]. 云南地质,1993,12(4):424-432.
- [5] 吕伯西. 云南省红土型金矿找矿前景[J]. 云南地质科技情报,1994,(2):1-3.
- [6] 马毅杰,陈家坊. 我国红壤中氧化铁形态及其特性和功能[J]. 土壤,1998,(1):1-6.
- [7] 刘英俊. 勘查地球化学[M]. 北京:科学出版社,1987. 148-153.
- [8] 郭世源,周书欣. 地表地球化学作用 Eh 和 pH 值的作用[J]. 地质地球化学,1988,6(12):55-58.
- [9] 任天祥,伍宗华,羌荣生. 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. 4-21.
- [10] RICHARD H M. The application of soil geochemistry to gold exploration in the Black Flag Area, Yilgarn Block, western Australia[J]. Jour of Geochem Explor, 1996, 57: 175-195.

(编辑 张银玲)

### Characteristics of gold's supergenic geochemical anomaly in the subtropical zone of Karst landscape area; A case of Shengjingguan gold deposit, Yunnan province WANG Rui-ting<sup>1,2</sup>, OUYANG Jian-ping<sup>3</sup>

(1. Department of Geology, Northwest University, Xi'an 710069, China; 2. Bureau of Geological Exploration for Nonferrous Metals in Northwest, Xi'an 710054, China; 3. Faculty of Earth Science, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China)

**Abstract:** After studying on the supergenic geochemistry of gold by means of soil geochemistry and phase forms analysis, in Shengjingguan gold deposit, Fuyuan county, and surround region in the Karst landscape area of the subtropical zone in east Yunnan, it indicated that the proto-anomaly of gold in this region was amplified through supergenic in the form of enhanced supergenic anomaly within supergenic media. It mainly results from many kinds of geochemical barrels in the supergenic zone, and the elements assembled feature of supergenic geochemical anomaly of gold is in consistent with that of the proto-anomaly. Main existing forms of gold in soil are iron-manganese's oxides form, adsorbed form and dissolved form in the region, while the element of gold tends to enrich in the layer of soil.

**Key words:** in the subtropical zone; Karst landscape; gold; supergenic geochemical anomaly; eastern Yunnan