

黔西南赖子山背斜东南缘卡林型金矿地质地球化学特征与成矿预测

闫俊¹, 夏勇¹, 谭亲平¹, 王泽鹏², 谢卓君¹, 王景腾², 张洪信²

1. 中国科学院地球化学研究所, 贵州 贵阳 550002;
2. 贵州省地质矿产勘查开发局 117 地质大队, 贵州 贵阳 550018

摘要 黔西南赖子山背斜东南缘卡林型金矿(化)区位于扬子准地台西南缘与右江造山带的衔接部位, 和著名的烂泥沟超大型金矿产于同一背斜(赖子山背斜)上, 是近年来黔西南重点勘查区域。本研究综合利用区域主要地质信息来优选找矿部位, 确定找矿靶区, 并对其资源量进行预测计算, 从而起到指导找矿的作用。重点以成矿远景区地球化学特征研究为基础进行综合信息的成矿预测, 结果表明, 区域内 NE 向展布的赖子山背斜及分布在背斜两翼与之平行的对冲式逆冲断层对成矿极为有利。另外, 利用土壤地球化学测量方法研究异常元素之间的分异程度及其与金矿化的关系, 能够确定有利成矿元素特征。将 Au、As、Sb、Hg 元素异常与构造特征相结合, 可确定元素异常部位及其与金矿化的强弱关系, 并结合方解石稀土及 C、O 同位素拟合的判别函数可初步判定与成矿有关的断裂带特征。将以上与成矿关系密切的因素整理进行资源量计算, 结果表明该区卡林型金矿有较大的开采潜力。

关键词 卡林型金矿; 地质特征; 元素异常与矿化; 成矿预测; 赖子山背斜; 黔西南

中图分类号 P618.51 文献标志码 A 文章编号 1005-2518(2015)02-028-10 DOI :10.11872/j.issn.1005-2518.2015.02.028
引文格式 YAN Jun, XIA Yong, TAN Qiping, et al. Geological and Geochemistry Characteristics and Metallogenic Prediction of Carlin-type Gold Deposit in the Southeast Margin of Laizishan Anticline, Southwest of Guizhou Province[J]. Gold Science and Technology, 2015, 23(2): 28-37. 闫俊, 夏勇, 谭亲平, 等. 黔西南赖子山背斜东南缘卡林型金矿地质地球化学特征与成矿预测[J]. 黄金科学技术, 2015, 23(2): 28-37.

卡林型金矿床是 20 世纪 60 年代在美国内华达州卡林镇发现的一类金矿床, 紧随其后, 我国黔西南于 70 年代末也发现了此类矿床, 随着研究和勘查工作的不断深入, 这类矿床显示出分布集中、储量大且经济价值高的特点^[1-2], 已成为我国乃至世界上非常重要的黄金资源。经过 30 多年的研究, 在卡林型金矿床的成矿作用研究方面取得了许多进展, 积累了丰富的实践经验, 但也遇到了前所未有的困难, 目前常规方法找矿效率偏低, 已不能满足资源的供给, 因此, 研究较大区域或成矿区带的成矿动力学背景及成矿作用过程, 寻找更为有效的

预测找矿方法已经迫在眉睫。

黔西南是我国卡林型金矿集中产出区之一, 自 20 世纪 70 年代末, 地矿部、科研机构以及承办矿业公司相继对该区进行了多项有利的地质勘查工作, 包括区域普查、矿产调查、地层划分、水系沉积物地球化学研究以及与之密切相关的微细脉浸染型金矿床方面的研究, 圈定了 As、Hg、Sb、Au 异常, 并通过异常验证发现了若干卡林型金矿成矿远景区, 划分出尼罗—亭上—安堡—烂泥沟—洛帆一级辰砂重砂异常和板年—平静—烂泥沟三级 Hg-As 找矿远景区等^[3]。黔西南赖子山背斜东南缘卡林型金矿

收稿日期 2014-10-13, 修订日期 2014-11-28

基金项目: 中国科学院矿床地球化学国家重点实验室“十二五”项目群课题“贵州卡林型金矿床‘攻深找盲’理论、方法和示范”(编号 SKLODG-ZY125-01)资助

作者简介: 闫俊(1989-), 女, 陕西渭南人, 硕士研究生, 从事卡林型金矿床成矿远景及预测研究工作。xiao127721@sina.com

通讯作者: 夏勇(1960-), 男, 贵州贵阳人, 研究员, 从事矿床成矿远景及预测研究工作。xiayong@vip.gyig.ac.cn

成矿远景区的找金工作始于90年代,开展的主要工作有金矿点地质填图、土壤化探、物探及施工钻探^[4-6]。但截止目前,区内金矿找矿工作仍未取得重大突破。因此,需加快速度,合理安排规划,提高本区找矿效率。

以黔西南赖子山背斜东南缘卡林型金矿成矿远景区为研究对象,综合类比、研究、总结各典型矿床成(控)矿地质条件及成矿规律,拓展找矿思路,针对具体矿床寻找最优预测和找矿方法,确定找矿靶区,计算资源量,进而科学规划、合理施工,为下一步矿产勘查工作部署提供依据,进而减少勘查风险并提高工作效率。

1 区域地质背景

黔西南赖子山背斜东南缘卡林型金矿成矿远景区位于黔西南卡林型金矿矿集区中部(图1),区域上烂泥沟、水银洞、紫木函、戈塘、板其及丫他等一大批金矿床共同组成黔西南金矿集中区,成为滇黔桂“金三角”的重要组成部分。“金三角”大地构造位置处于扬子准地台西南缘右江褶皱带及其结合

部位,其对应的右江裂谷断裂体系(褶皱、断裂和裂隙)发育于地壳的不同深度和圈层,对裂谷或裂陷盆地的形成、沉积岩相变化、岩浆活动、热液循环体系构成以及各种矿化均起着决定性的控制作用。区内出露地层以泥盆系、石炭系、二叠系和三叠系为主,发育良好且分布广泛,寒武系、白垩—第三系仅零星分布,侏罗系缺失,第四系为类型繁多的陆相沉积。黔西南地区有典型的地层层序(如龙头山、赖子山地层序),岩性主要为碳酸盐岩、不纯碳酸盐岩及细碎屑岩、硅质岩。矿体一般呈似层状、透镜状,与围岩界限渐变。矿石中金属矿物主要有自然金、黄铁矿、毒砂、雄(雌)黄及辉锑矿,非金属矿物主要有石英、方解石和白云石等。以Au、As、Hg和Sb元素高背景值为特征,各元素的分布以及元素间分异特征严格受地质—地球化学背景区划格局制约。黔西南地区位于我国第2条重力梯度带(六盘山—龙门山)上,其上有已勘查出的金矿床,因此,可将重力异常或其他地球物理异常与地质背景等相结合来辅助定位找矿。总的来讲,该区火成岩不发育,是一个岩浆活动微弱的区域,但越来越多的



图1 滇黔桂地区卡林型金矿床分布地质简图^[7]

1-烂泥沟 2-水银洞 3-紫木函 4-戈塘 5-丫他 6-泥堡 7-雄武 8-鲁布格 9-板其 10-高龙 11-八渡 12-革挡 13-马雄 14-隆或; 15-纳哥 16-乐康 17-浪全 18-百地 19-金牙 20-林布 $\gamma\pi$ -燕山晚期花岗岩岩; $\lambda\pi$ -燕山晚期石英斑岩; ΣX -燕山晚期偏碱性超基性岩; Pt-Z-元古宇—震旦系 Pz-古生界 T-三叠系 1.断裂 2.金矿床(点)

研究表明,岩浆活动可能与本区金矿形成具有密切关系,已成为讨论热点。经过30年的不懈努力,黔西南已成为我国最重要的卡林型金矿集中区之一^[8-9],除此之外,与金矿床(点)伴生或独立存在的砷、汞、锑等矿产资源也十分可观^[10-12]。

2 成矿远景区地质特征

黔西南赖子山背斜东南缘卡林型金矿成矿远景区位于扬子准地台西南缘与右江造山带的衔接部位,处于赖子山背斜南东翼及背斜南西倾伏端TP接触带上,有挂榜、平静、尾若、册阳、纳稀—大沟、板纳和板年等金矿(化)点(图2)。

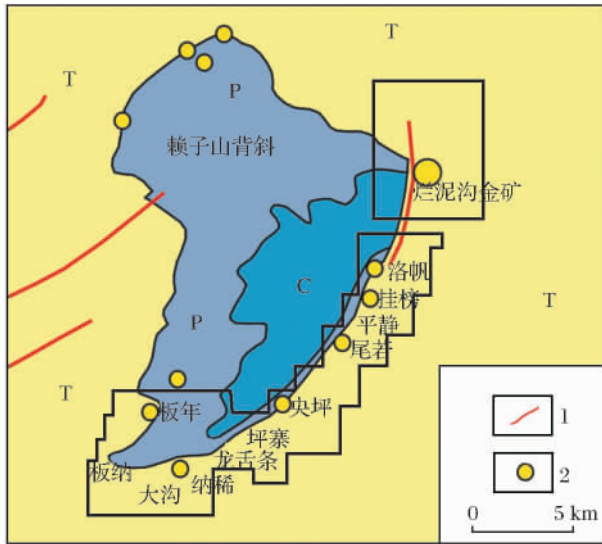


图2 黔西南卡林型金矿远景区矿(化)点划分及位置示意图
C-石炭系 P-二叠系 T-三叠系 1.断层 2.金矿床(点)

根据沉积环境的差异进行勘查远景区的划分,将央坪以东(含央坪)划分为东部成矿远景区,包括洛帆、挂榜、平静、尾若和央坪,为台地边缘斜坡相碳酸盐岩和砂泥岩组合,其余矿点(板年、板纳、龙舌条—石头寨和纳稀—大沟)则构成西部成矿远景区,为开阔台地相浅水碳酸盐岩,其地层划分及岩性对比见图3。

构造在卡林型金矿床形成过程中扮演着十分重要的角色,赖子山背斜东南缘成矿区也不例外,背斜倾伏端、背斜轴转折端、背斜翼部及不同方向、不同序次的断裂破碎带交叉与复合部位都是成矿的有利地带。区内主要褶皱构造为赖子山复式背斜,覆盖全区,并发育一系列次级褶皱,它们与区内NE向(F1-4和F6-9)、NW向(F206-208、

F210-211和F220-221)断裂联合控矿,构成了区内成(容、控)矿构造(图4)。区内金矿点(带)的分布位置及形态严格受构造的控制,划分为层控型和断裂型2类(图5)。层控型矿床主要分布在板年—板纳一带,走向以NE为主,倾向NW,倾角15°左右,与赖子山背斜整体构造线基本一致,控制长300~1000m不等,呈似层状、鞍状和透镜状大致顺层产出;断裂型金矿点则主要发育在不同次序、级别的断裂结合部位,呈似板状和透镜状沿断裂破碎带产出。

区域		东部成矿远景区	西部成矿远景区
三叠系	中统	坡段组(T ₂ P): 泥晶灰岩	许满组(T ₂ Xm): 粉砂岩、泥晶灰岩、生物屑灰岩夹粘土岩
		新苑组(T ₂ XY): 泥晶灰岩、粘土岩、粉砂岩	安顺组(T ₂ a): 白云岩夹灰岩、粘土岩
		紫云组(T ₂ Z): 角砾状灰岩夹泥质条带灰岩	
	下统	罗楼组(T ₂ L): 钙质粉砂岩、细砂岩夹粘土岩、钙质砂岩	夜郎组(T ₂ Y): 泥灰岩、钙质砂岩
二叠系	上统	央坪组(P ₂ Cp): 泥晶灰岩、亮晶生物礁灰岩夹生物屑灰岩	吴家坪组(P ₂ Wj): 泥晶灰岩生物屑灰岩、白云质灰岩夹燧石灰岩、钙质灰岩、粘土岩
		大厂层(P ₂ dc): 粉砂质、硅质、铁铝质粘土岩夹凝灰质粘土岩	
	中统	茅口组(P ₂ m): 亮晶灰岩、生物灰岩	栖霞组(P ₂ q): 泥晶灰岩、生物灰岩夹燧石灰岩、泥质灰岩
石炭系	上统	马平组(C ₂ m): 泥晶生物屑灰岩夹少量亮晶灰岩	黄龙组(C ₂ h): 块状生物屑灰岩夹少量白云岩

图3 黔西南卡林型金矿远景区地层划分及岩性对比

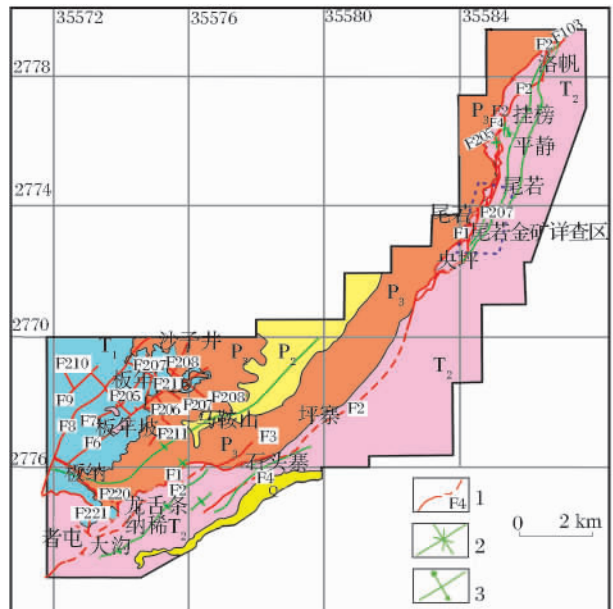


图4 黔西南卡林型金矿远景区地质简图^[13]
1.主要断层及编号 2.向斜轴 3.背斜轴

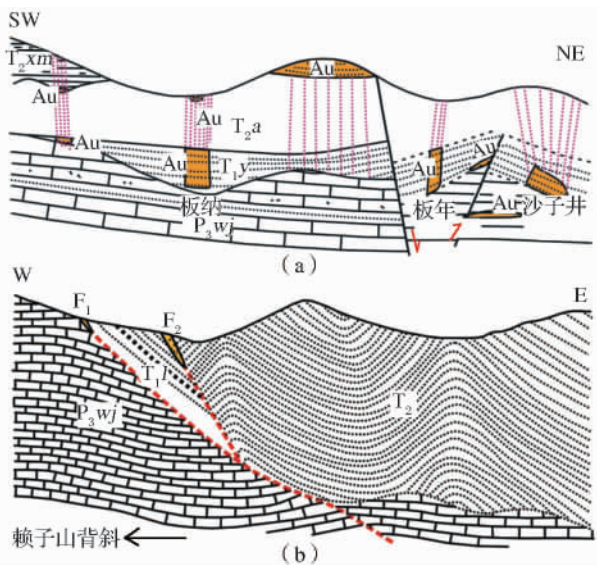


图5 层控型(a)与断裂型(b)卡林型金矿床分布示意图

矿石矿物组分简单,金属矿物主要为黄铁矿、褐铁矿和毒砂等,脉石矿物为石英、方解石和高岭石等,矿石具有自形、半自形粒状和针状嵌晶结构,浸染状、细脉状和角砾状构造。围岩蚀变明显,主要有硅化、黄铁矿化、碳酸盐化、粘土化及毒砂化、脱钙等。其中,黄铁矿化与金矿化关系最为密切。

3 成矿预测研究

3.1 土壤构造地球化学

根据位置及地形特征,在研究区划分出3个代表性区域进行1:1万土壤构造地球化学测量,分别是板年—大沟测量区(测线方向为NW-SE,网距100 m×40 m,控制面积约25.2 km²)、洛帆—挂榜测量区(测线方向为E-W向,线距100~200 m,点距20~40 m,控制面积约3.5 km²)和央坪—坪寨测量区(测线方向为NW-SE,网距200 m×20 m,控制面积约6 km²)。按照网格布置进行采点,对样品的Au、As、Sb、Hg元素进行测定分析,先确定异常参数,再对异常参数进行解释。

异常参数的确定在矿产勘查和成矿预测中占有非常重要的地位。首要工作是计算异常下限,常用方法有稳健估计法、归一法、概率格纸法、85%累计频率法、均值加标准离差法、直方图解法和多重分形法等^[14-15]。根据测试数据特点,板年—大沟测量区运用多重分形法进行下限计算,即建立分形求和模型:

$$N(C_i) = kC_i - D(i > 0) \quad (1)$$

式中: C_i 为元素含量,又称特征尺度; k 为比例常数($k > 0$); D 为一般分维数; $N(C_i)$ 为当元素含量为 C_i 时,所有 $\geq C_i$ 元素含量的和数。

然后将分形求和模型的两边进行对数变形得到一元线性回归模型:

$$\lg N(C_i) = -D \lg(C_i) + \lg(k) \quad (2)$$

散点大致分布在两段直线上(图6),采用最小二乘法分段拟合求出两段线性方程,两段直线的交点为背景与异常的分界点,即异常下限值。其余2个测量区的Au、As、Sb、Hg元素含量基本服从对数正态分布,因此采用累计频率法求异常参数。把样本值 \leq 某个样本的数据 C_i 频率累加,即得到 $\leq C_i$ 累积频率。选取累积频率为85%的样本值作为异常下限,50%时为背景值。经过上述数据及原理计算得出测量区的异常参数(表1)。

异常参数特征表明:不同测量区及不同元素的异常特征均有差异,且分布不均匀。其中,板年—大沟测量区异常衬度从大到小为Hg、Au、As、Sb;洛帆—挂榜测量区为As、Hg、Au、Sb;央坪—坪寨测量区为Hg、As、Sb、Au。异常衬度反映的是异常的明显程度,Au异常强度在板年—大沟最高,洛帆—挂榜次之,央坪—坪寨最低。结合构造特征发现,异常分布严格受断裂、节理及赖子山背斜的控制,控矿断裂组合与异常吻合程度较高,在一定程度上为成矿预测缩小了勘查范围,提高了工作效率。

另外,测量数据取对数后得各元素与Au的相关系数(表2),结果表明板年—大沟测量区Au与As、Sb、Hg元素之间的正相关关系最为明显,表明其异常范围及浓集中心大致重合,也反映出各元素之间存在共生关系,而洛帆—挂榜、央坪—坪寨的相关程度则依次降低。

3.2 成矿构造地球化学

选择远景区内勘查程度较高的尾若矿点作为研究对象,共采集样品24件,包括15号勘探线上的地表矿体露头3件、钻孔岩心JLWR065(见矿)8件、JLWR073(未见矿)11件及160号勘探线上的钻孔岩心JLWR077(未见矿)2件。对采集的所有样品进行全岩微量元素分析,并对样品中充填的方解石脉进行微量元素测试和C、O同位素分析,样品测试由中国科学院地球化学研究所完成。

将岩石中各微量元素含量与大陆地壳中元素丰度^[16]进行比值计算发现,As、Sb具有明显富集的

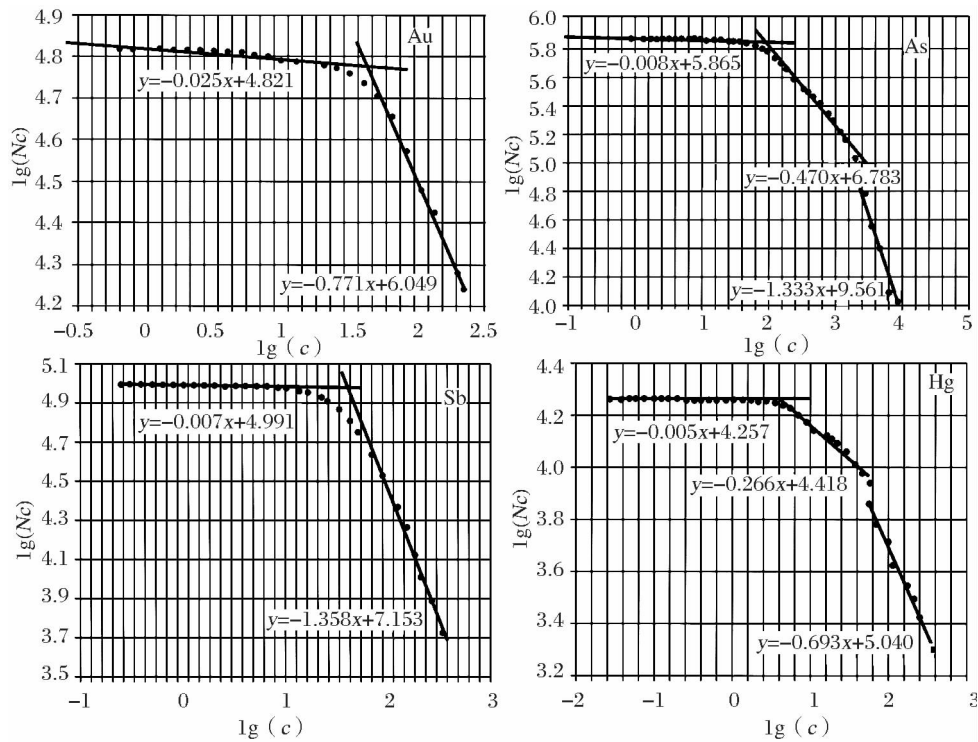


图 6 Au、As、Sb、Hg 元素双对数曲线

表 1 研究区土壤构造地球化学测量成果

($\times 10^{-6}$)

测量区	元素	样本数	最大值	最小值	平均值	标准离差	变化系数/%	背景值	异常下限	异常强度	异常衬度
板年—大沟	Au	6 932	10 260	0.530	23.96	131.930	550.73	8.29	43.65	101.88	12.29
	As	6 932	13 143	0.900	110.97	350.700	316	28.70	100	343.72	11.98
	Sb	6 932	1 018.56	0.240	16.71	34.520	206.60	7.85	39.81	82.35	10.49
	Hg	6 932	582	0.027	4.47	17.430	390.80	0.80	3.98	15.31	19.14
洛帆—挂榜	Au	1 023	360	1	6.67	17.100	254.45	3.20	7.90	26.98	8.43
	As	1 023	25 500	5.600	88.86	398.500	399.76	16	94.94	536.36	33.55
	Sb	1 023	390	0.330	2.72	13.860	509.27	1.30	2.70	10.88	8.37
	Hg	1 023	28.74	0.040	0.47	1.350	287.31	0.20	0.59	1.96	9.80
央坪—坪寨	Au	1 658	92	1	3	0.004	148	2	4	6.80	2.50
	As	1 658	250	3.800	17	20.390	120	11	23.70	49.84	2.94
	Sb	1 658	21.90	0.200	1.26	1.770	140	0.89	1.40	3.58	2.85
	Hg	1 658	5.81	0.036	0.17	0.260	150	0.10	0.25	0.54	3.18

表 2 Au 与 As、Sb、Hg 元素间相关系数

元素	As	Sb	Hg
Au(板年—大沟)	0.81	0.72	0.77
Au(洛帆—挂榜)	0.67	0.66	0.55
Au(央坪—坪寨)	0.52	0.35	0.57

特点,其比值在 100 以上,其他元素 Rb、Ag、Cd、Cs、Tl、Pb、Bi、Th 和 U 等相比大陆地壳均有一定程度的富集。随着构造蚀变由弱变强,金品位由低变高,As、Sb 富集倍数逐渐增大,Cr、Ge、Ni、Cu、Bi 和 Cd 富集倍数也逐渐增大,而 Sr、Cs、Ba 富集倍数则逐渐变小。从具体构造部位来看,板年—大沟测量区 1-1' 剖面的 Au、As、Sb、Hg 含量变化规律(图 7)显示:

Au、As、Sb 及 Hg 沿剖面具有相似的变化规律,各元素的峰值往往出现在断层处和断层的上盘或下盘;Au、As 与 Sb、Hg 之间有一定的分异,且这种分异在一定程度上与 Au 成矿有关,即分异越好, $(Au+As)/(Sb+Hg)$ 比值越大,对成矿越有利,反之不然^[17-18]。

方解石稀土元素地球化学测试是矿化判别的重要步骤。对 JLWR065、JLWR073 钻孔中断裂带处产出的方解石脉进行取样,用各样品的稀土元素含量进行球粒陨石标准化得到分布型式图(图 8(a)、8(b)),而后与此区域和金矿化无关、水银洞金矿和金矿化有关的方解石脉稀土元素球粒陨石标准化分布型式图(图 8(c)、8(d))进行对比后发现:

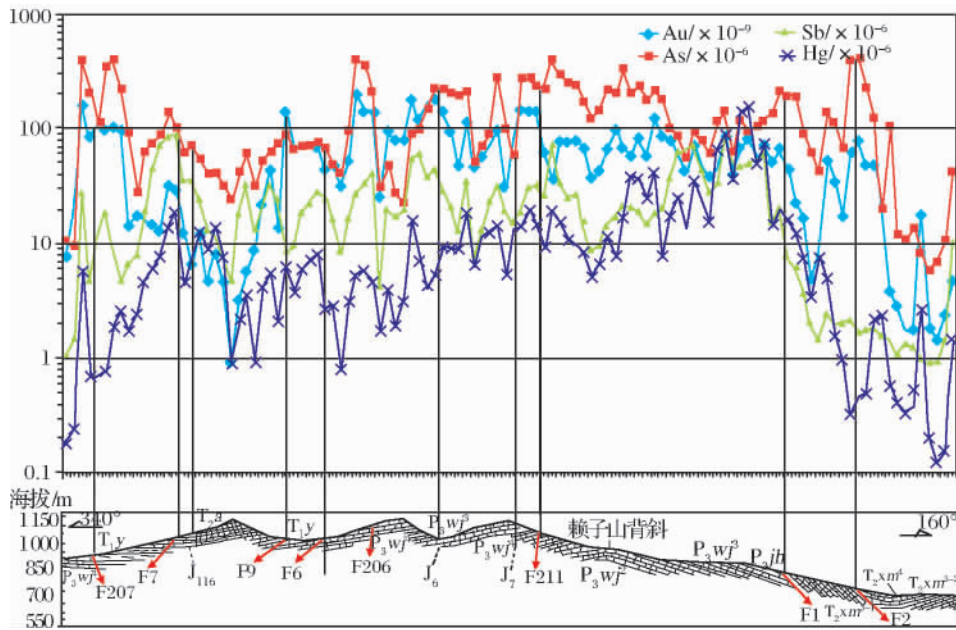


图7 板年—大沟测量区 1-1'剖面 Au、As、Sb、Hg 变化曲线

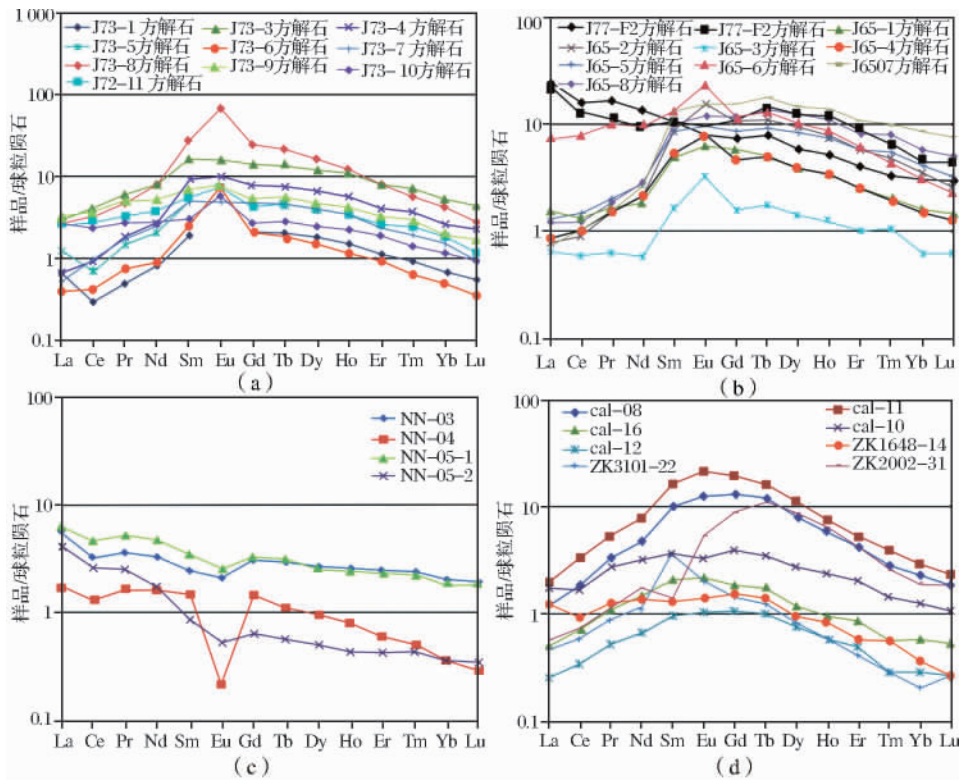


图8 区域方解石稀土元素球粒陨石标准化分布和标准化型式

(a)—钻孔 JLWR073 方解石稀土元素球粒陨石标准化分布图 (b)—钻孔 JLWR065、JLWR077 方解石稀土元素球粒陨石标准化分布图 (c)—区域上与金矿无关的方解石脉稀土元素球粒陨石标准化型式 (d)—水银洞金矿与金矿有关的方解石脉稀土元素球粒陨石标准化型式

与金矿成矿有密切关系的方解石脉和区域上与金矿无关的方解石脉有明显区别。钻孔 JLWR065、JLWR073 中的方解石稀土元素具有明显的中稀土富集特点 和水银洞金矿中与金矿化相关方解石的

曲线形态一致 钻孔 JLWR077 中 2 个样品的方解石稀土分布曲线形态和水银洞金矿中与金矿化无关方解石的曲线形态一致。因此 根据金成矿和相应方解石稀土曲线形态之间的关系，可以推测 JLWR077

见矿可能性小,而钻孔 JLWR073 虽未见矿,但推测其周围或深部见矿的可能性较大^[19]。

为了进一步确定与成矿有关的断裂带,对方解石进行 C、O 同位素测定并收集水银洞金矿矿体内部沿裂隙充填的方解石、簸箕田金矿成矿期和成矿期后方解石及太平洞—紫木函金矿见矿样品内方解石的 $\delta^{13}\text{C}$ 、 $\delta^{18}\text{O}$ 数据联合作图^[20-22](图 9),得出与金矿化有关的方解石 C、O 同位素特征。研究发现,钻孔 JLWR077 稀土特征和区域上与成矿无关方解石一致,但是 C 同位素值 $\delta^{13}\text{C}$ 均 <0 ,这一数值和与成矿有关方解石一致,因此舍弃单变量判别,根据样品的多个变量按照某种运算规则将样品的多个变量组合构成一个新变量,以此作为判别标准^[23]。

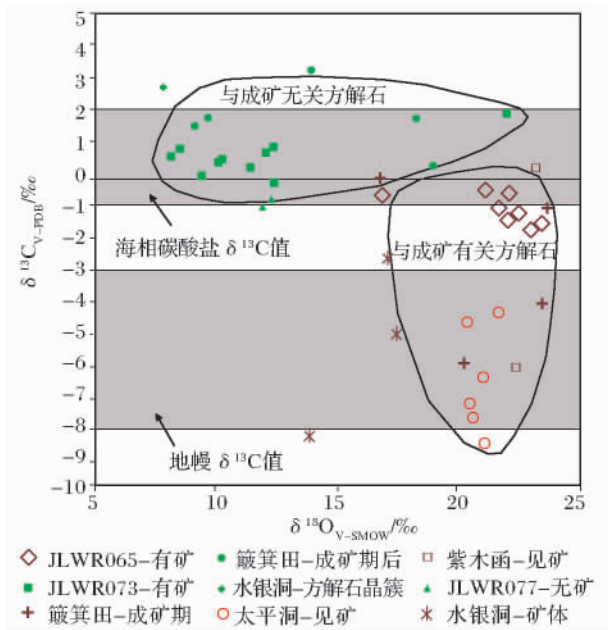


图9 方解石 C、O 同位素分布图^[24]

根据本研究中钻孔所揭示的断裂带中充填方解石及簸箕田金矿成矿期和成矿期后方解石^[20]的稀土元素 La/Gd 值、 $\delta^{13}\text{C}$ 和 $\delta^{18}\text{O}$,以及各钻孔揭示的断裂带见矿情况,应用 SPSS 软件拟合判别函数:

$$Y = (-0.35\delta^{13}\text{C}\text{‰} - 0.33 \frac{\text{La}}{\text{Gd}} + 0.27\delta^{18}\text{O}\text{‰} - 4.23) \quad (3)$$

其中,有矿的重心为 2.05,无矿的重心为 -1.45, 以此得到新的判别函数:

$$x = \frac{\text{La}}{\text{Gd}} \quad y = \delta^{13}\text{C}\text{‰} \quad z = \delta^{18}\text{O}\text{‰} \quad (4)$$

将本次测试数据带入上述判别公式,检验其误判概率,准确率达 89.66%(表 3)。为进一步检验其正确性,收集了太平洞—紫木函金矿^[20]相同观

测变量所记录的新数据,发现 F 值均 <1 ,后经咨询证实均为见矿样品,正确率为 100%。因此,认为此判别函数有效可行,可初步判定断裂带与成矿间的关系。

表 3 回代预测准确率

实际分析结果	判别预测结果		准确率%	总准确率%
	有矿	无矿		
有矿(12)	11	1	91.7	89.66
无矿(17)	2	15	88.2	

4 勘查区找矿效果潜力评价

结合黔西南赖子山背斜东南缘金矿远景区地质概况可知,不论是 Au、Hg、As、Sb 地球化学异常,含矿建造,还是控矿背斜及控矿断裂等方面资料均表明该区具有形成卡林型金矿床的有利条件,而且与邻近已开采矿床具有类比性。因此,需从矿区局部预测理论出发,总结区域成矿规律、建立与勘查区相适应的成矿预测模型,进行靶区优选,并定量预测勘查区资源量,从而进一步丰富矿床成矿预测理论,达到勘查实践找矿的效果^[25]。

4.1 定位找矿靶区

随着数据收集技术(物探、化探、遥感等)和处理技术(计算机技术)的迅速发展以及成矿理论的发展,单一信息的成矿预测方法已演变为多重信息的综合预测方法,定位预测方法趋于成熟。虽然成矿预测方法多种多样,但综合地质信息叠加找矿方法内容全面,故应用于本勘查区。具体步骤是选取 Au、As、Sb 和 Hg 4 个元素地球化学异常、含矿建造、控矿背斜及控矿断裂作为重要预测要素条件,将这些地质信息叠加,以 500 m \times 500 m 为间隔的网格单元法进行预测区的圈定,共计 230 个单元格。其中,西部成矿远景区(板年—大沟)138 个,东部成矿远景区(洛帆—挂榜)92 个(图 10)。

这些圈定的预测区需开展进一步异常评价,首先将找矿要素进行权重划分,从高到低依次为:(Au+As)/(Sb+Hg) \rightarrow Au、As、Sb、Hg 异常 \rightarrow 断裂、褶皱、节理等构造特征 \rightarrow 有利成矿地层以及是否有矿产表现,然后根据各找矿要素与矿化的关系,各单元进行级数划分,评分排序,准确定位,优选靶区,将找矿潜力进行 A、B、C、D、E 类由高到低划分,依据此法对东、西成矿远景区做出预测评价(图 10),寻找高质量潜在矿床。

4.2 资源量定量预测

资源估值是不可缺少的量化依据,可用于局

部、区域和全国性的资源评价计划。定制短期、中期、长期的勘查和开发计划,导出区域、全国性和全球性的资源模型是解决与资源有关的政策问题的重要指标。资源总量估算方法有多种,但要强调的是资源总量估算一定要有充分的地质依据,而且应以地质方法作为资源总量估算的主导方法,成矿理论、成矿规律以及矿床统计规律的研究应是资源总

量估算的基础。Singer^[26]总结了15种基本方法,但较为经典的是区域价值估计法、体积估计法、丰度估计法、矿床模拟估计法、德尔菲法、综合估计法以及特征分析和成因地质模型估计法,大致原理是依据已知矿床的相关特征外推预测矿床。本文以矿床模拟估计法为例,对洛帆—大沟金矿勘查区的资源量进行定量预测。

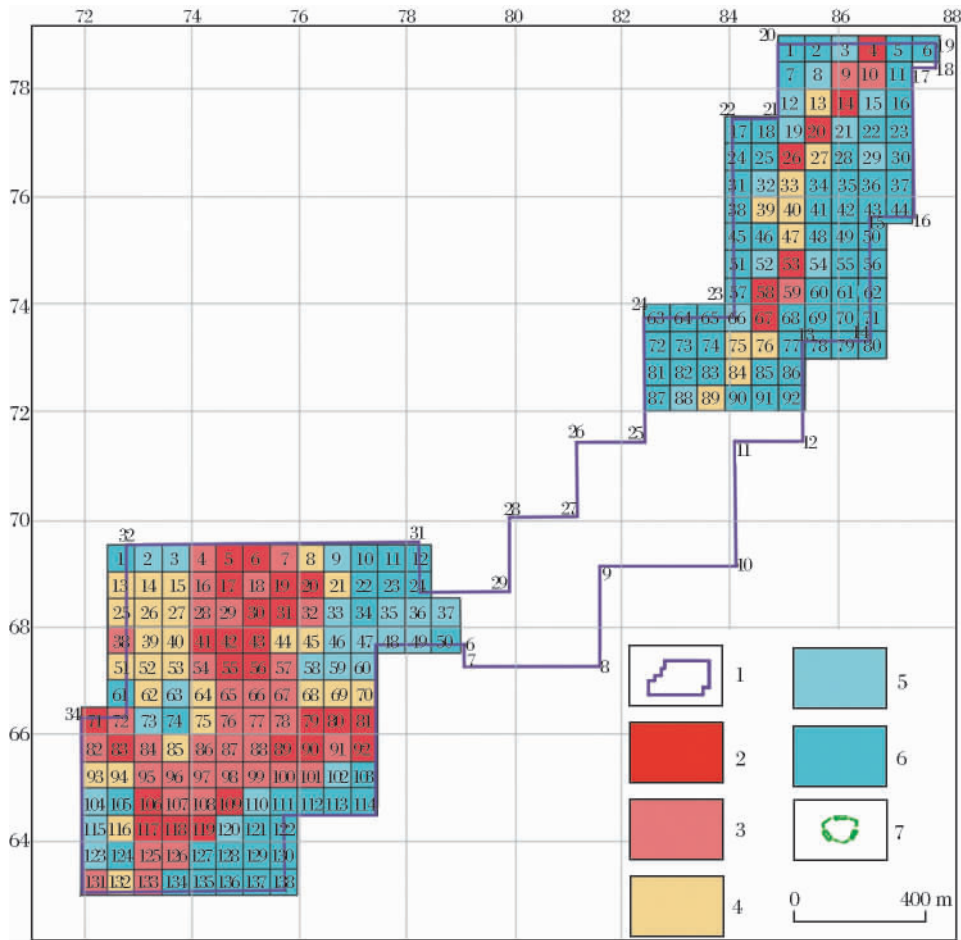


图 10 洛帆—大沟金矿化区网格单元评序及找矿靶区

1.探矿区范围 2.A类网格 3.B类网格 4.C类网格 5.D类网格 6.E类网格 7.找矿靶区及编号

矿床模型法是估计特定地质环境中矿产资源总量的方法,利用已建立的矿床模型对预测区进行资源潜力的评价,实质就是分析所研究地区地质特征与矿床模型的相似程度(表4,图11)。

5 结论

黔西南赖子山背斜东南缘金矿(化)区位于扬子准地台西南缘与右江造山带的衔接部位,处于赖子山背斜南东翼及背斜南西倾伏端。研究区表现为碳酸盐岩和砂泥岩组合,背斜两翼及周缘断裂发育,分布

有多个金矿点,包括有烂泥沟超大型金矿床,还有挂榜、平静、尾若、龙舌条、纳稀及大沟金矿点等。

土壤构造地球化学测量结果表明:在板年—大沟测量区,Au、As、Sb、Hg异常强度和异常衬度均较大,异常分布严格受断裂、节理及赖子山背斜的控制,控矿断裂组合与异常吻合程度较好,且Au与As、Sb、Hg元素正相关程度高;洛帆—挂榜测量区和央坪—坪寨测量区则依次减弱。

成矿元素Au、As、Sb、Hg受构造控制明显,在断裂带及背斜核部明显富集;Au、As、Sb、Hg含量沿

剖面具有相似的变化规律,各元素含量的峰值往往出现在断裂处;Au、As与Sb、Hg的分异程度越高,则矿化越好,且在主要断裂及断裂交会处Au、As与Sb、Hg之间的分异好。

表4 黔西南赖子山背斜东南缘预测区资源量

最小预测区 编号、名称	S/m ²	H/m	K _s	K/kg·m ⁻³	a	Z/t
B5211602002 10 308 000 1 600 0.07 8.1×10 ⁻³ 0.317 29.64 洛帆—央坪						
B5211602004 3 395 200 600 0.07 8.1×10 ⁻³ 0.550 6.35 板年						
B5211602005 9 962 680 1 000 0.07 8.1×10 ⁻³ 0.233 12.60 龙舌条—板纳						

注 S 为预测区面积;H 为预测区深度;K_s 为含矿地质体面积参数;K 为矿体体积含矿系数;μ 为预测区相对于模型区的相似系数;Z 为预测区资源量

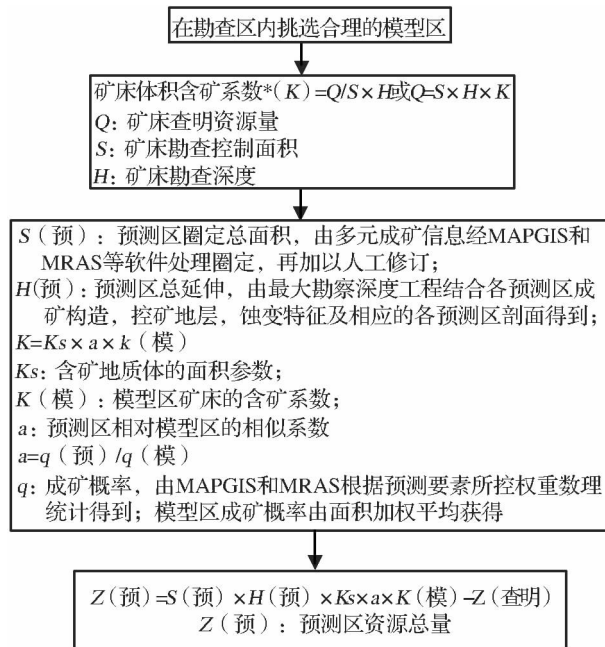


图11 预测区资源量计算流程

以综合地质信息叠加法为本次潜力评价圈定的方法。将研究区划分为230个网格单元,按照主要控矿因素依次赋值、筛选、评价,最终确定出龙舌条—板纳、洛帆—央坪及板年等找矿靶区。采用脉状矿床预测资源量估算方法,对勘查区资源量进行定量预测。结果表明,黔西南赖子山背斜东南缘勘查区资源总量为48.59t,其中查明资源量为5.262t。

参考文献:

[1] 张复新,王立社.秦岭造山带卡林型一类卡林型金矿勘查与研究回顾[J].黄金科学技术,2013,21(5):21-27.

[2] 潘彤,孙丰月,邵军,等.美国与中国西部卡林型金矿的对比[J].地质与资源,2003,12(4):248-252.

[3] 何邵麟,曾昭光,罗明学,等.黔西南金矿勘查地球化学30年:回顾与展望[J].物探与化探,2008,32(5):461-464.

[4] 陈潭钧.册亨板其金矿矿床地质特征及成因初探[J].贵州地质,1986,9(4):325-339.

[5] 陶长贵,刘觉生,戴国厚.册亨丫他金矿床地质特征及成因初探[J].贵州地质,1987,4(2):135-150.

[6] 方策,张焕超.贵州册亨县板年—大沟金矿(化)区地质特征及找矿方向探讨[J].贵州地质,2011,28(2):99-103,113.

[7] 苏文超.扬子地块西南缘卡林型金矿床成矿地球化学研究[D].广州:中国科学院地球化学研究所,2002.

[8] 刘东升,耿文辉.我国卡林型金矿的地质特征、成因及找矿方向[J].地质与勘探,1987,23(12):1-12.

[9] 侯宗林,杨庆德.滇黔桂地区微细脉浸染型金矿成矿条件及成矿模式[J].地质找矿论丛,1989,4(3):1-13.

[10] 范军,肖荣阁.矿床及其组合是地壳演化的标志物[J].矿物学报,1997,17(4):457-462.

[11] 谭仕敏,施国栋,雷良奇,等.中国卡林型金矿的分布规律及找矿前景[J].地质调查与研究,2007,30(4):289-294.

[12] 李得刚,曾小华,关有国,等.中国卡林型金矿床成矿地质特征探讨[J].有色金属:矿山部分,2012,64(1):24-30.

[13] 贵州金洛矿业有限公司.贵州省册亨县洛帆—大沟金矿普查、详查工作总结[R].贵阳:贵州金洛矿业有限公司,2012.

[14] 姚涛,陈守余,廖阮颖子.地球化学异常下限不同确定方法及合理性探讨[J].地质找矿论丛,2011,26(1):96-101.

[15] 孙忠军.矿产勘查中化探异常下限的多重分形计算方法[J].物探化探计算技术,2007,29(1):54-57.

[16] Taylor S R, McLennan S M. The geochemical evolution of the continental crust[J]. Reviews of Geophysics, 1995, 33: 241-265.

[17] 韩润生.隐伏矿定位预测的矿田(床)构造地球化学方法[J].地质通报,2005,24(10-11):978-984.

[18] 胡瑛,陈懋弘,董庆吉,等.贵州锦丰(烂泥沟)金矿床含砷黄铁矿和脉石英及其包裹体的微量元素特征[J].高校地质学报,2009,15(4):506-516.

[19] 夏勇,张瑜,苏文超,等.黔西南水银洞层控超大型卡林型金矿床成矿模式及成矿预测研究[J].地质学报,2009,83(10):1473-1482.

[20] 张瑜,夏勇,王泽鹏,等.贵州簸箕田金矿单矿物稀土元素和同位素地球化学特征[J].地学前缘,2010,17(2):385-395.

[21] 王泽鹏,夏勇,宋谢炎,等.太平洞—紫木函金矿区同位

- 素和稀土元素特征及成矿物质来源探讨[J].矿物学报, 2012, 32(1): 93-100.
- [22] 袁万春, 李远生, 张国平, 等. 滇黔桂地区汞锑金砷等低温矿床组合碳、氢、氧、硫同位素地球化学[J]. 矿物学报, 1997, 17(4): 422-426.
- [23] 罗先熔, 文美兰, 欧阳菲, 等. 勘查地球化学[M]. 北京: 冶金工业出版社, 2008: 120-125.
- [24] Hugh R, Rollison. Using Geochemical Data: Evaluation, Presentation, Interpretation[M]. England: Longman Scientific and Technical Limited, 1993.
- [25] 赵龙云. 矿区找矿效果潜力评价与找矿方向及矿床定位预测实务全书[M]. 北京: 中国矿业大学出版社, 2006: 191-314, 576-659.
- [26] Singer D A. Progress in integrated quantitative mineral resources assessments[J]. Ore Geology Reviews, 2010, 38(3): 242-250.

Geological and Geochemistry Characteristics and Metallogenic Prediction of Carlin-type Gold Deposit in the Southeast Margin of Laizishan Anticline, Southwest of Guizhou Province

YAN Jun¹, XIA Yong¹, TAN Qiping¹, WANG Zepeng², XIE Zhuojun¹, WANG Jingteng², ZHANG Hongxin²

1. Institute of Geochemistry Chinese Academy of Sciences, Guiyang 550002, Guizhou, China;

2. No.117 Team of Geology and Mineral Exploration Bureau of Guizhou, Guiyang 550018, Guizhou, China

Abstract: Laizishan anticline southeast carlin-type gold (mineralization) deposit in southwest of Guizhou Province is located in connection between the southwestern margin of Yangzi paraplatform and Youjiang orogenic belt, is similar to famous super-large Lannigou gold mine, they are found in the same anticline that is Laizishan anticline, and becomes important exploration area in southwest Guizhou region in recent years. We can point out the prospective areas, favorable positions and confirm target regions and calculate resources by the method of superposition comprehensive geological and geochemistry information in the study. Importantly, based on the geochemistry characteristics of prospecting zone to apply in the method, we get some information. Laizishan anticline of north-east and ramp type thrust fault that distributed in limbs of anticline and parallel anticline, those structures are good for carlin-type gold mineralization. Additionally, the soil geochemical characteristics contain the level of differentiation of anomalous elements and how to influence gold mineralization. In the aspect of tectonic geochemistry, elementary anomalies of Au, As, Sb, Hg and structural characteristics are combined to determine location of anomalies, relationships elements and gold mineralization. REE and carbon, oxygen isotopes of calcites can compose a discriminant that can show characteristics of fault belts that relate to ore-forming. Above all, we can find out that Laizishan anticline southeast carlin-type gold (mineralization) deposit has great potential by the result of calculating resources.

Key words: carlin-type gold deposit, geological characteristics, elementary anomalies and mineralization, metallogenic prediction, Laizishan anticline, southwest of Guizhou Province