

黔西南地区台盆相卡林型金矿对比研究

闫俊^{1,2,3}, 张敏¹

(1. 贵州理工学院, 贵州 贵阳 550003;

2. 中国科学院大学, 北京 100049;

3. 中国科学院地球化学研究所, 北京 101408)

摘要:黔西南是滇黔桂卡林型金矿集区的重要组成部分, 据其古地理环境可划分为台地相和盆地相两类, 且二者均有大型、超大型卡林型金矿分布, 因此, 对比黔西南地区卡林型金矿典型成矿特征, 对该地区找矿勘查可起到一定的指导意义。研究选取太平洞金矿、百地金矿分别作为台盆相的代表矿床, 从区域地质背景、矿床地质特征进行了对比研究, 总结出了台盆相卡林型金矿在区域地质、控矿构造、热液蚀变、矿物共生组合、异常元素特征等方面均具有典型特征, 可在找矿勘查工作中依据沉积区域不同有针对性地开展工作。

关键词:卡林型金矿; 台盆相; 对比研究; 黔西南

中图分类号: P642

文献标识码: A

文章编号: 1674-9944(2023)10-0204-07

DOI: 10.16663/j.cnki.lskj.2023.10.046

Comparative Study on the Platform-Basin Facies Carlin-Type Gold Deposits in Southwestern Guizhou

Yan Jun^{1,2,3}, Zhang Min¹

(1. *Guizhou Institute of Technology, Guiyang, Guizhou 550003, China;*

2. *University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China;*

3. *Institute of Geochemistry Chinese Academy of Science, Beijing 101408, China*)

Abstract: Southwestern Guizhou is an important part of the Dian-Guan-Gui Carlin-type gold deposit concentration area, which can be divided into platform facies and basin facies according to its paleogeographic environment, and both of them have the distribution of large and super-large Carlin-type gold deposits, so the comparison of the typical metallogenic characteristics of Carlin type gold deposits in Southwestern Guizhou can play a certain guiding significance for the prospecting and exploration in this area. Taipingdong gold deposit and Baidi gold deposit are selected as the representative deposits of platform-basin facies in this study. The regional geological background and geological characteristics of the deposits are compared and studied. It is summarized that the Carlin-type gold deposits of platform-basin facies have typical characteristics in regional geology, ore-controlling structures, hydrothermal alteration, mineral paragenesis and abnormal element characteristics. In the prospecting and exploration work, the work can be carried out according to different sedimentary areas.

Key words: Carlin-type gold; platform-basin facies; comparative study; southwestern Guicnou

1 引言

卡林型金矿床是 20 世纪 60 年代在美国卡林镇发现的一类金矿床^[1~3], 这类矿床显示出分布集

中、储量大、经济价值高的特点^[3~8], 已成为非常重要的金矿产出类型。经过长期的研究, 在卡林型金矿床成矿机制等方面取得了许多成果, 同时在找矿方面也积累了相当多的经验, 但是也遇到了前所未

收稿日期: 2023-04-18

基金项目: 贵州省科技计划项目(编号: 黔科合基础[2019]1138 号); 贵州省教育厅青年科技人才成长项目(编号: 黔教合 KY 字[2022]356 号)

作者简介: 闫俊(1989-), 女, 硕士, 高级实验师, 研究方向为矿产普查与勘探

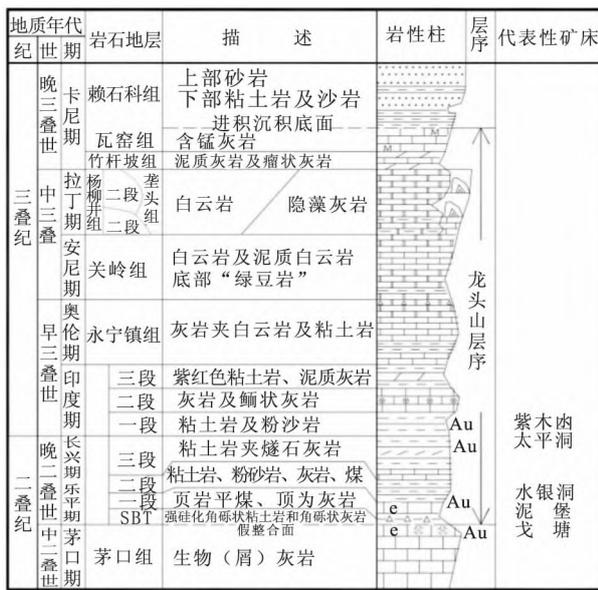
通讯作者: 张敏(1981-), 女, 博士, 副教授, 研究方向为矿产普查与勘探。

有的困难。以本次研究对象太平洞金矿和百地金矿为例,其均发现于20世纪80年代,是我国较早发现并开采的卡林型金矿床,前人在矿床地质特征、成矿物质来源、矿物赋存状态、地球化学特征等方面取得一定的认识^[9~13],但目前常规方法找矿效率偏低,已不能满足资源的供给,找矿勘查遇到瓶颈,因此需开展同一地区不同矿床的对比研究,总结关键控矿因素,加强对黔西南地区卡林型金矿的认识,进一步指导找矿勘查工作。

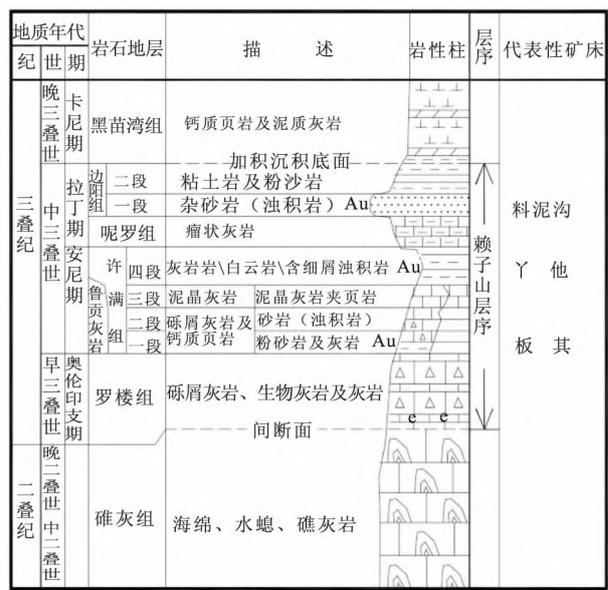
本次研究选取台地相太平洞金矿和盆地相百地金矿为研究对象,分别从区域地质背景、矿床基础地质特征2个大的方面进行对比分析研究。

2 区域地质背景

贵州卡林型金矿主要分布在右江盆地中,其演化历史复杂,但在较大时间尺度上普遍达成共识,即早期拉张裂隙、晚期的挤压造山以及造山后伸展拉张,在早泥盆世开始强烈拉张裂隙,形成了台地—台盆相间的盆地格局^[14]。台地相区处于黔西南西北部,地层主要表现为上二叠统为潮坪相含煤细碎屑岩系,三叠系主要是碳酸盐岩,以龙头山层序为代表(图1(a)),例如太平洞金矿床;台盆相区则处于南东部,其上二叠统仍为碳酸盐岩,三叠系则以细碎屑岩为主,以赖子山层序为代表(图1(b)),例如百地金矿床。



(a)龙头山地层层序



(b)赖子山地层层序

图1 贵州卡林型金矿主要分布

黔西南卡林型金矿的空间展布呈现明显的分级构造控制特征^[15~17],成矿带尺度上,矿床受NE、NW深大断裂的控制,其中太平洞金矿床所在区域受弥勒—师宗断裂控制,百地金矿床所在区域则受南盘江断裂控制。矿田尺度上,太平洞金矿位于扬子准地台西南缘与华南褶皱系右江褶皱带西延部分结合部位的灰家堡背斜西段,左临紫木凶,右接落水洞,与水银洞、簸箕田等金矿床一同构成灰家堡卡林型金矿田(图2)。百地金矿床则属于烂泥沟金矿田的组成部分,联合北部的超大型烂泥沟金矿床,西部的中型板其、Y他金矿床共同组成(图3)。

3 矿床地质特征

3.1 赋矿岩性

太平洞金矿赋矿层位主要集中在二叠系中统

之上的构造蚀变体 Sbt 和二叠系上统龙潭组中,主要由灰色中层生物碎屑灰岩或灰岩,灰色、深灰色中层细砂岩等组成,由于对岩性的选择使得太平洞金矿表现为层控为主、断控为辅的复合型矿床^[17]。百地金矿赋矿层位则是三叠系中统徐满组,主要由为细砂岩、粘土岩等组成,但其地层控制相较于断裂控制不明显,矿体主要和断裂空间位置一致^[18]。

3.2 控矿构造

灰家堡背斜是整个灰家堡金矿集区的主干构造,它贯穿太平洞金矿床全区,为控制金矿产出的宽缓背斜(图2),轴线近东西向,长约20 km,宽约6 km,两翼岩层倾角5°~25°,其中在太平洞矿区中的灰家堡背斜长约5.3 km。矿区内的断裂构造表现为3组:平行背斜轴的逆断层(F₁)、北东向正

断层(F₆、F₁₆)及南北向断层(F₁₁)。此外,太平洞金矿的构造蚀变体(Sbt)是由区域性构造作用形成的,可作为一种构造类型。断裂主导成矿流体的运移,背斜则除运移外起到圈闭的作用^[14]。百地金矿床褶皱和断裂均发育(图4),其中褶皱表现为复

式背斜(弄丁背斜、梁子向斜、百温背斜)及平行于它们的次级褶皱,断裂则多数是平行于褶皱轴向的高角度逆断层(有F₁、F₄、F₄₋₁、F₅、F₇、F₈),还有一些拉张断裂(F₃、F₉),矿床多在断裂蚀变带膨大处或产状陡缓变化地带。

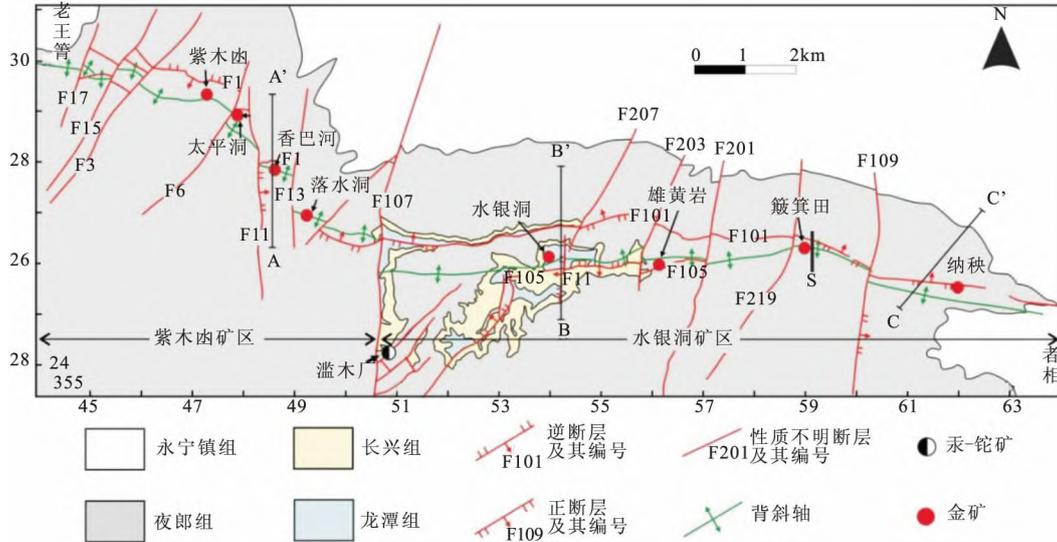
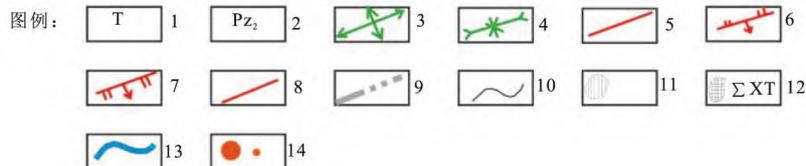
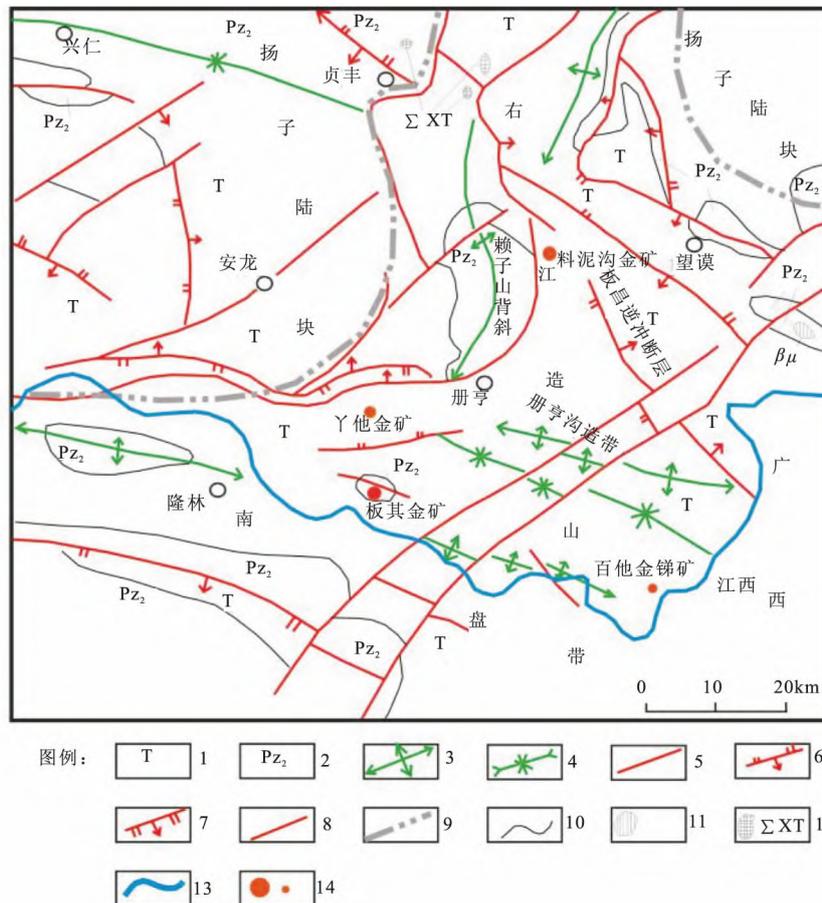
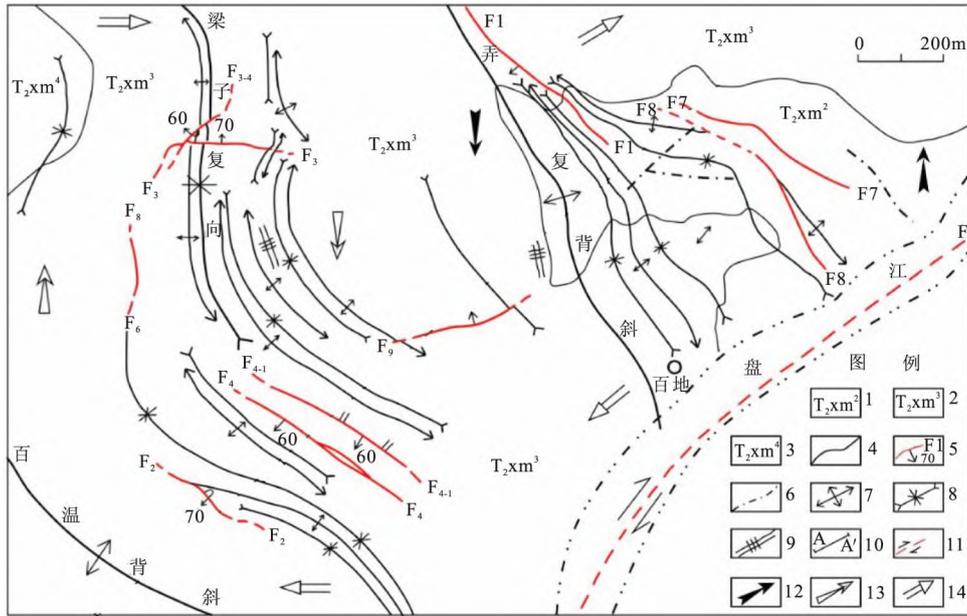


图2 灰家堡背斜地质(据贵州地矿局105地质队修编)



注:1.三叠系;2.上古生界-新生代;3.背斜轴线;4.向斜轴线;5.逆冲推覆构造;6.逆冲断层;7.正断层;8.性质不明断层;9.构造分区线;10.地层界线;11.岩床状辉绿岩;12.偏碱性超基性岩体;13.金(银)矿床。

图3 烂泥沟金矿田地质



注:1. 许满组第二段;2. 许满组第三段;3. 许满组第四段;4. 地层界限;5. 压型断层及编号;6. 节理;7. 背斜轴线;8. 向斜轴线;9. 直立岩层带;10. 构造剖面线及编号;11. 推测区域断裂及错动方向;12. 推测左行直线扭动应力方向;13. 推测右行直线扭动应力方向;14. 推测回弹旋钮运动方向。

图4 百地金矿床构造地质

3.3 热液蚀变

太平洞金矿主要有黄铁矿化、毒砂化、白云石化、硅化、方解石化和雄黄化等。金矿化与围岩蚀变有明显的依存关系,金矿体赋存在多期矿化蚀变作用叠加和多期热液叠加的部位。百地金矿与其相比,成矿期黄铁矿化、毒砂化、硅化都是非常明显

的,但白云石化相对较弱,就缺少了成矿热液与含铁白云石反应,含铁白云石释放铁,从而形成白云石这一过程,这是不是说明百地金矿中Fe的来源主要是流体,而与围岩关系不密切,也进一步为百地金矿层控不明显提供了证据。另外百地金矿在后期并无明显的雄黄化,而表现为辉锑矿化(图5)。

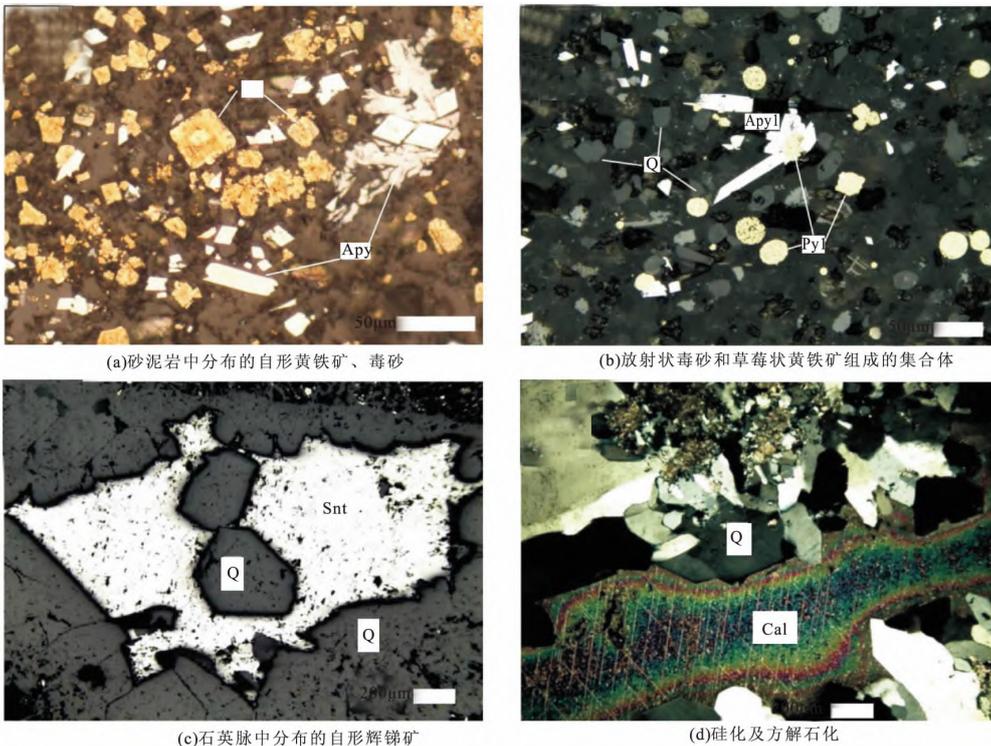


图5 百地金矿热液蚀变及矿物特征

3.4 载金矿物及金的赋存状态

太平洞金矿的载金矿物主要包括载金矿物为黄铁矿、毒砂和辰砂,其中黄铁矿占比最高,约为1.57%^[19]。金的赋存状态主要有2种,一种为自然金,主要表现为不规则粒状及尘点状,其次还有圆粒状、角粒状和条状等。金粒粒径最高14 μm,多数在6~0.4 μm,属次显微细粒粒度;另一种经过金物相分析,可能是包裹金,也就是在黄铁矿等含金矿物的微裂隙中。百地金矿则未见自然金存在,通过原位微量测试分析可知(表1),含金矿物主要是毒砂($Au_{Avg} = 96.4 \times 10^{-6}$)和黄铁矿(0.17×10^{-6}),且Au含量与As、S成正比,与Fe成反比,结合经验公式 $C_{Au} = 0.02 \times C_{As} + 4 \times 10^{-5}$,可推导出在含砷黄铁矿中, $n(Au)/n(As) < 0.02$, Au是以晶格金形式存在,并极有可能是占据了Fe的位置。

表1 百地金矿 Au 含量特征

矿物名称	测点数	平均值
毒砂(成矿期)	23	96.4
毒砂(成矿后期)	3	0.19
黄铁矿(成矿期)	23	0.17
黄铁矿(成矿后期)	21	0.06

3.5 异常元素特征

太平洞金矿本次分析样品共计68件,主要微量元素分析见表2。矿区范围内元素含量整体低,结合主要元素平面图(图5),增高区域与褶皱、断裂等构造贯穿区一致,元素As、Sb含量分布较为典型且规范,受卡林型矿床性质影响大,元素As、Sb、Hg、Tl在滥木场汞铊矿区域含量较高,受汞铊矿床影响明显。百地金矿本次分析样品共计12件,73个点位,其中黄铁矿47个,毒砂26个。其中黄铁矿相较于本地区其他矿床普遍表现为高As,尤其是成矿期,平均值 29235×10^{-6} 。此外相对于分布于砂泥岩中的自形一半自形黄铁矿及脉中他形团块状黄铁矿,与毒砂共生的半自形—他形黄铁矿普遍具有较高的Au、As。且黄铁矿环带明显,微量元素的含量变化从核部到边部具有一定的变化规律,其中元素As从暗核部—亮内环—边部外环表现为低—高—较高(比亮内环含量低),与元素Au、Sb、Tl呈较强正相关(图6)。

3.6 成矿模式

在黔西南卡林型金矿成矿模式上尽管前人做了大量的工作^[6,7,10,16,17],但是仍未达成共识,主要集中在成矿流体来源上,前人提出3种来源,岩浆

表2 主要元素特征值

元素	参数特征			标准偏差
	最小值 /(μg/g)	最大值 /(μg/g)	平均值 /(μg/g)	
V	166	396	291	45
Cr	80	468	203	75
Mn	215	9050	1320	1111
Co	8	1070	64	129
Ni	48	196	96	25
Cu	73	322	122	36
Zn	63	246	127	34
As	1.2	691	37	112
Cd	0.03	0.37	0.14	0.08
Sb	0.25	72	4	10
Hg	0.07	6.36	0.76	0.9
Tl	0.1	2.5	0.4	0.4
Pb	9.6	39.6	20.3	5

热液来源、变质热液来源及盆地水萃取地层成矿物质。成矿期硫同位素的值可在一定程度反映流体来源,其中太平洞金矿主成矿期形成的富砷黄铁矿 $\delta_{34}S$ 值在 $-0.7\text{‰} \sim 4.7\text{‰}$ 范围内变化,暗示富金成矿热液中的硫可能来源于岩浆硫^[20]。百地金矿成矿期黄铁矿 $\delta_{34}S$ 值范围更窄,均在 $-5\text{‰} \sim 5\text{‰}$ 范围,且80%以上集中在 $-3\text{‰} \sim 3\text{‰}$ 范围,毒砂 $\delta_{34}S$ 值均在 $-5\text{‰} \sim 5\text{‰}$ 范围,但在集中在0值附近并靠正值区域,推测其硫可能来源于岩浆硫。在随后的运移机制上表现一致,多沿断裂等构造进行长距离运移,并在此过程中流体具有多期次的涌入作用,导致黄铁矿、毒砂等环带的产生。在成矿就位阶段,太平洞矿床包含层状及透镜状两种形态,其中层状主要是在二叠纪龙潭组,受断裂和灰家堡背斜的共同作用,上面是由高角度逆断层控制的在三叠纪夜郎组的透镜状矿体。而在盆地相的百地金矿则未有下面层状矿体的分布,多是由断层控制的透镜状矿体。

4 对黔西南卡林型金矿找矿勘查的指示作用

从以上对太平洞金矿床、百地金矿床成矿地质特征的描述可以看出,无论是Au、Hg、As、Sb地球化学异常、含矿建造,还是控矿背斜、控矿断裂等各方面均提供了卡林型金矿床成矿的有利条件,二者具有很强的相似性,但同时也存在诸多差异(表3)。

由此在黔西南地区进行找矿勘查中应考虑:①分布空间位置处于台地相还是盆地相,是否具有上述典型成矿特征;②热液蚀变是卡林型金矿的典型

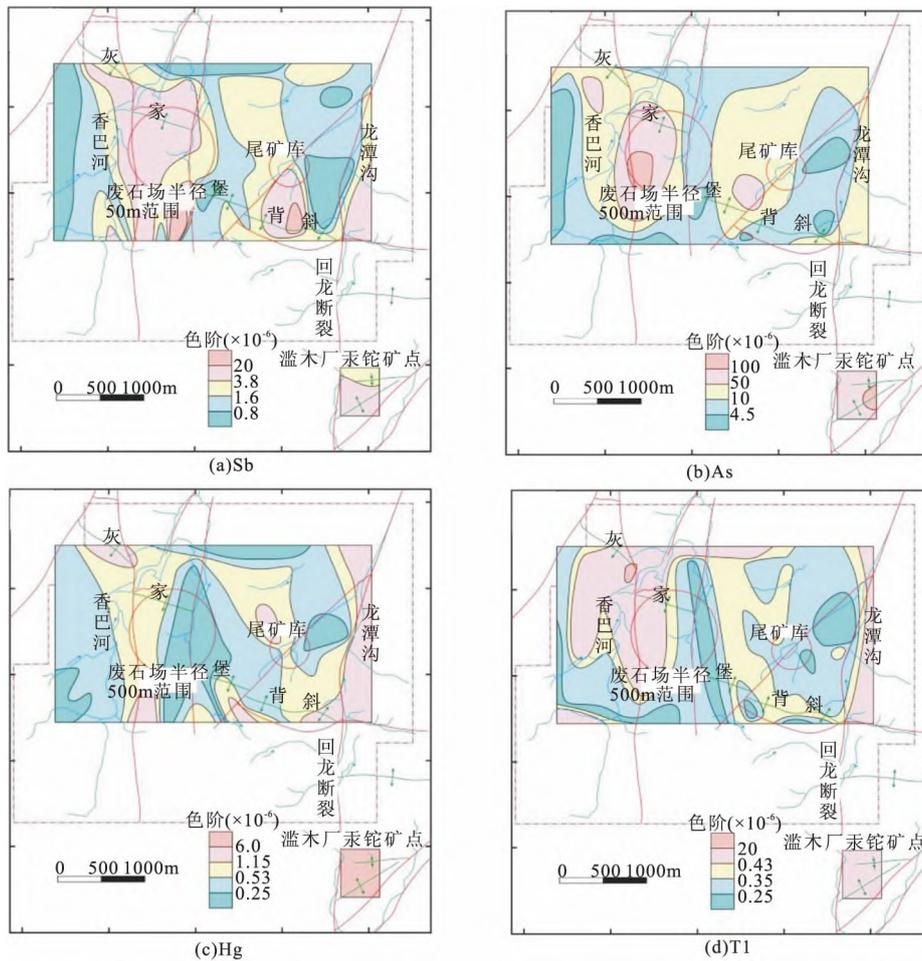


图6 太平洞金矿主要元素平面分布

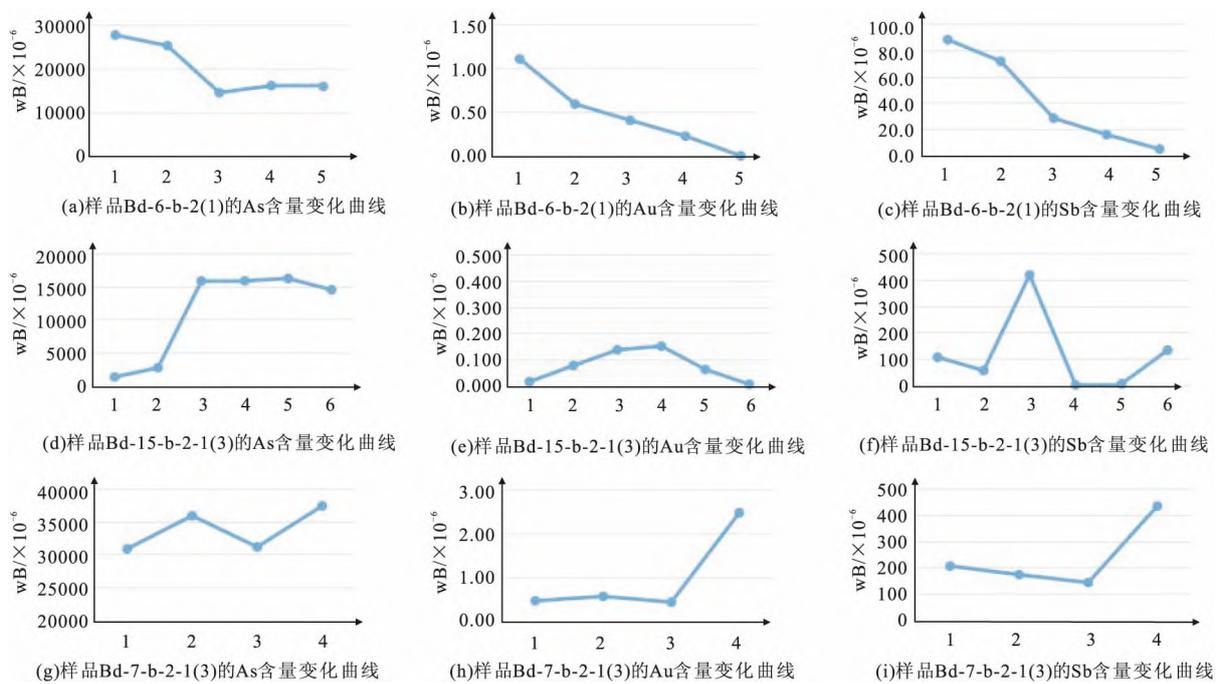


图7 含砷黄铁矿 As、Au、Sb 含量变化曲线

表3 太平洞金矿与百地金矿的对比分析

对比项目	太平洞金矿	百地金矿
大地构造与构造格架	扬子陆块	右江造山带
区域地层	台地型浅水碳酸盐沉积发	盆地相深水—相对深水陆源碎屑浊流沉积
火成岩与岩浆活动	岩浆活动不强烈,主要是二叠纪大陆溢流拉斑玄武岩及同源的浅层侵位的岩床状辉绿岩	岩浆活动不强烈,有二叠纪的偏碱性基性次火山岩和造山期后的偏碱性超基性岩侵位
区域构造	表层构造变形较为强烈,其主体属前陆冲断褶皱带。在平面上,应变的分带现象明显,强应变域多呈线性延伸;弱应变域则呈菱形或三角形块体。其构造方位比较复杂,但以NWW,NW,NE,SN向最为醒目	构造变形强烈,主要是印支—燕山期形成的造山型褶皱和断裂,其构造线主要呈近EW向,以紧闭线状复式褶皱为主,并伴有冲断层,且岩层有明显的缩短应变,区域性板劈理也比较发育
矿床分布	金矿大多沿大型宽缓背斜/穹隆核部分布	金矿大多沿早期孤立碳酸盐台地的边缘分布
区域赋矿地层	上二叠统一下三叠统台地相地层	中三叠统台—盆相地层
赋矿构造	灰家堡背斜构造高点、区域不整合面 SBT 及断裂构造控制金矿的分布	区域同沉积断层控制金矿的分布
赋矿岩性	富 Fe 不纯碳酸盐岩	钙质碎屑岩
控矿构造	高角度断层和背斜或穹隆控制	高角度断层控制
蚀变作用	硫化、去碳酸盐化、硅化	硫化、硅化
载金矿物	含砷黄铁矿	毒砂、含砷黄铁矿
金的赋存状态	自然金、不可见金	不可见金
成矿晚期矿物	石英(方解石)脉,雄黄,雌黄和毒砂	石英(方解石)脉,辉锑矿、毒砂

特征,针对黔西南地区,硅化及后期的硫化(雄黄、雌黄、辉锑矿)范围更为广泛;③矿区范围内特征元素(Au、As、Sb、Hg)异常明显,且部分元素的比值相较于单个元素异常更为突出,例如 Au + As/Sb + Hg,典型元素异常特征也应作为本地区找矿勘查的依据。

参考文献:

- [1] Kuehn C A, Rose A W. Geology and geochemistry of wall rock alteration at the Carlin gold deposit, Nevada[J]. Economic Geology, 1992, 87: 1697—1721.
- [2] 周余国, 刘继顺, 欧阳玉飞, 等. 卡林型金矿的再定义[J]. 黄金, 2008, 11(29): 7—11.
- [3] 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.
- [4] Singer D A. Progress in integrated quantitative mineral resources assessments[J]. Ore Geol. Reviews, 2018, 38(3): 242—250.
- [5] 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.
- [6] 朱赖民, 刘显凡, 金景福, 等. 滇黔桂微细浸染型金矿床时空分布与成矿流体来源研究[J]. 地质科学(英文版), 1998, 33(4): 463—474.
- [7] 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.
- [8] 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.
- [9] Li Z, Peters SG. Comparative Geology and Geochemistry of Sedimentary Rock-hosted(Carlin-type) Gold Deposits in the people's Republic of China and in Nevada, USA[R]. U. S. Geological Survey Open-File Report, 1998: 98—466.
- [10] 夏勇. 贵州贞丰县水银洞金矿床成矿特征和金的超常富集机制研究[D]. 北京: 中国科学院地球化学研究所, 2005.
- [11] 夏勇, 张瑜, 苏文超. 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.
- [12] 方策, 季国松, 吴道远, 等. 贵州册亨县百地金矿地质特征及找矿方向探讨[J]. 矿物学报, 2013, 33(3): 308—314.
- [13] 季国松. 贵州册亨县百地金矿地球化学特征及成因探讨[J]. 贵州地质, 2014, 31(1): 21—26.
- [14] 谢卓君, 夏勇, Jean Cline, 等. 中国贵州与美国内华达卡林型金矿对比及对找矿勘查的指示作用[J]. 矿床地质, 2019, 38(5): 1077—1093.
- [15] 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.
- [16] 王成辉. 贵州水银洞金矿地质特征及成矿规律研究[D]. 北京: 中国地质科学院, 2008.
- [17] 闫俊. 黔西南洛帆一大沟与太平洞卡林型金矿成矿远景及预测[D]. 北京: 中国科学院地球化学研究所, 2015.
- [18] 闫俊, 夏勇, 季国松, 等. 黔西南百地金矿床含锑化合物矿物学特征及金锑共生机制探讨[J]. 新疆有色金属, 2021, 44(5): 24—29, 33.
- [19] 刘建中, 杨成富, 刘全军, 等. 贵州兴仁县太平洞金矿的赋存状态研究[J]. 黄金科学技术, 2010, 18(5): 93—98.
- [20] 赵静, 梁金龙, 李军, 等. 贵州太平洞金矿床载金黄铁矿的矿物学特征及原位微区硫同位素分析[J]. 大地构造与成矿学, 2019, 43(2): 258—270.