

贵州贞丰—普安金矿整装勘查区找矿与研究新进展

刘建中^{1,2}, 李建威³, 周宗桂³, 王泽鹏¹, 陈发恩¹, 祁连素¹, 杨成富¹,
侯林⁴, 靳晓野³, 李俊海¹, 杨炳南⁵, 徐良易¹, 张明¹, 张锦让⁴,
谭礼金¹, 李松涛¹, 龙成雄¹, 付芝康¹, 何彦南¹, 蒙明华¹, 汪小勇¹

(1. 贵州省地质矿产勘查开发局, 贵州 贵阳 550004; 2. 贵州省地质矿产勘查开发局一〇五地质大队, 贵州 贵阳 550018; 3. 中国地质大学(武汉), 湖北 武汉 430074; 4. 中国地质调查局成都地质调查中心, 四川 成都 610081; 5. 贵州省地质矿产勘查开发局一〇三地质大队, 贵州 铜仁 554300)

[摘要]通过贵州贞丰—普安金矿国家级整装勘查区的典型矿床研究, 结合区域成矿地质背景, 厘定了金矿成矿机制, 构建了典型矿床成矿模式和区域成矿模式; 通过成矿地质体、成矿构造与成矿结构面、成矿作用特征标志研究, 构建了区域找矿预测地质模型和隐伏矿找矿的“五合一”技术应用示范体系; 开展了找矿预测及靶区验证, 新发现深埋 800~1 000 m 以下隐伏金矿体; 整装勘查累计查明金资源量 470 t, 其中新增 274 t, 实现贵州金矿找矿历史性突破。

[关键词]金矿; 整装勘查; 成矿模式; 找矿预测; 成矿机制; 贵州

[中图分类号]P618.51 **[文献标识码]**A **[文章编号]**1000-5943(2017)04-0244-11

1 项目概况

贵州贞丰—普安金矿整装勘查区范围隶属贵州省黔西南布依族苗族自治州普安县、兴义市、兴仁县、安龙县和贞丰县(图1)。地理坐标(极值): 东经 104°53'01"~105°40'13", 北纬 25°06'09"~25°34'48", 面积 984 km², 主攻矿种为金矿。

目标: 通过整装勘查, 使整装勘查区内金矿总资源量达 370 t, 其中新增资源量超过 160 t (333 以上大于 80 t); 系统总结该区卡林型金矿的矿床地质特征、成矿规律和控矿因素, 总结和完善成矿模式, 建立找矿模型, 开展成矿预测, 培养科技人才。

项目性质: 第二批国家级整装勘查。

工作部署: ①灰家堡重点工作区; ②泥堡重点工作区; ③戈塘一般工作区; ④包谷地找矿远景区; ⑤纳省找矿远景区。

科研课题: 深部资源预测系统技术与示范、贵州贞丰—普安金矿整装勘查区关键基础研究、贵州贞丰金多金属成矿区成矿背景与找矿方法试验、黔西南矿集区找矿预测、贵州兴仁灰家堡背斜矿山密集区深部战略性勘查、贵州兴仁包谷地矿产地质调查。

整装勘查区位于南盘江—右江成矿区北段之兴(仁)晴(隆)贞(丰) Au—Hg—Sb—Tl—U—萤石成矿带中段, 主要分布有水银洞、紫木凼、泥堡、戈塘等金矿床。区内金矿床产出与背斜密切相关, 水银洞和紫木凼金矿床位于灰家堡背斜, 戈塘金矿床位于戈塘—洒雨背斜, 泥堡金矿床位于泥堡背斜及二龙抢宝背斜。除纳省背斜目前尚未发现金矿外, 区内其他所有背斜均有金矿产出。容矿地层主要为上二叠统龙潭组, 下三叠统夜郎组次之。构造蚀变体(SBT)在区内广泛分布, 具面状矿化特征, 既为金(锑)矿成矿流体运移通道, 又是金(锑)矿就位场所(刘建中等, 2012, 2014, 2015, 2016)。

[收稿日期]2017-07-30

[基金项目]国家重点研发计划“深地资源勘查开采”专项(2017YFC0601500)、黔地矿科合[2009]11号、中国地调局(1212011220721、12120114068101-01、12120114016301、12120114083801、121201010000150008-01、12120115036301)联合资助。

[作者简介]刘建中(1966—), 贵州务川人, 研究员, 主要从事金矿、磷矿勘查与研究。

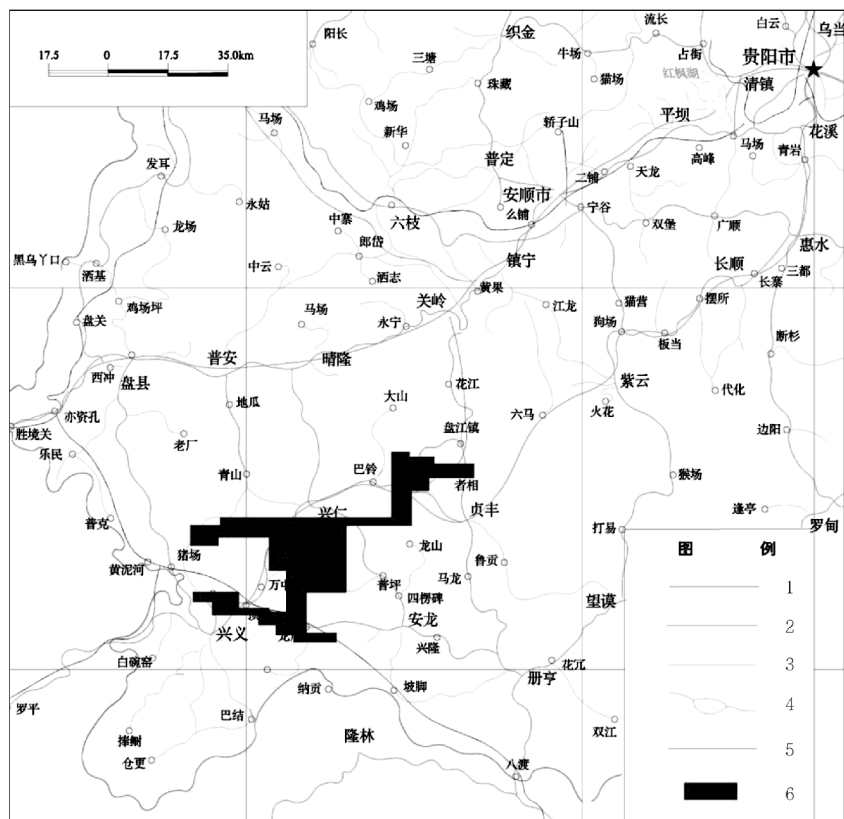


图1 贵州贞丰—普安金矿整装勘查区交通位置图

Fig. 1 Traffic location of Zhenfeng-puan gold fully-equipped exploration area

1—铁路;2—干线公路;3—支线公路;4—河流、水库、湖泊;5—高速公路;6—整装勘查区

2 找矿新进展

截止2017年6月,整装勘查区内累计查明金资源量470 t,2011年以来,新增资源量274 t。主要找矿成果集中于灰家堡和泥堡两个重点工作区。

灰家堡重点工作区:累计查明370 t,其中新增224 t。

泥堡重点工作区:重新厘定了构造格架,认为早期勘探的金矿体为赋存于构造蚀变体(SBT)中的层状矿体,控矿的二龙抢宝背斜为 F_1 的上盘牵引褶曲, F_1 为金矿控矿构造。累计查明70 t,其中新增48 t。

包谷地预测区:新发现7处金矿(化)点。

圈定找矿远景区3个,圈定找矿靶区10个。

对灰家堡背斜圈定的6个靶区中的5个(战马田—雄黄岩—刘家纱厂—纳秧—者相)进行了验证,均发现了埋深800 m以下赋存于上二叠统龙潭组(P_3l)及构造蚀变体(SBT)中的隐伏金矿体(刘建中,2016)。

2.1 水银洞金矿床

近东西向展布的灰家堡背斜为主干构造,西段为紫木凶金矿床(紫木凶矿段、太平洞、香巴河矿段、落水洞矿段),东段为水银洞金矿床(西矿段、中矿段、东矿段、簸箕田矿段、纳秧矿段、者相二矿段)。

矿体主要产出于灰家堡背斜核部向两翼约800~1500 m范围内的二叠系龙潭组所夹的硅化生物碎屑灰岩和中—上二叠统不整合面间因区域构造热液作用形成的构造蚀变体(SBT)中,为全隐伏(矿体埋深150~1400 m)的“层控型”为主、“断裂型”为辅的超大型金矿床,累计查明金资源量290 t(备案333以上260 t),新增备案177 t。控制金矿体300余个,主矿体呈层状、似层状、透镜状产出,产状与岩层产状一致,走向上具波状起伏沿背斜轴向东倾没,空间上具有多个矿体上下重叠、品位高、厚度薄的特点。主要矿体为产于龙潭组碳酸盐岩中的 $IIIc^{+1}$ 、 $IIIc$ 、 $IIIb$ 、 $IIIa$ 、 IIf 含矿层中和构造蚀变体(SBT)中的 Ia 含矿层中的矿体(图2),其中最大的 $Ia-1$ 矿体资源量达69 t(刘建中等,2015,2016)。

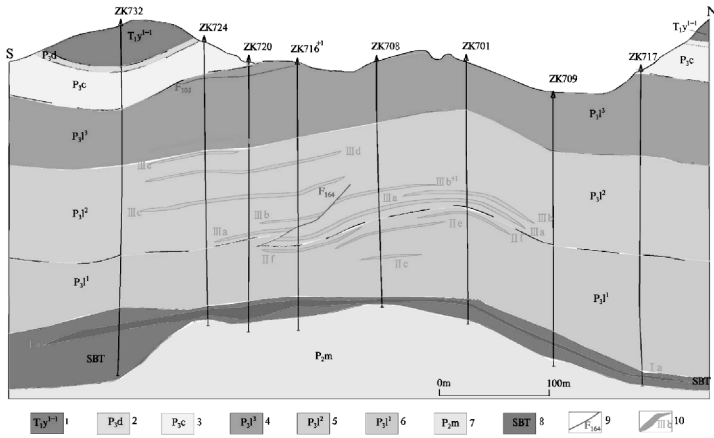


图2 水银洞金矿7勘探线剖面图(刘建中等,2006,2017)

Fig.2 Profile of prospecting line No.7 of Shuiyindong gold deposit

1—夜郎组第一段第一亚段;2—大隆组;3—长兴组;4—龙潭组第三段;5—龙潭组第二段;6—龙潭组第一段;
7—茅口组;8—构造蚀变体;9—断层及编号;10—金矿体

向东倾伏的灰家堡背斜轴部两侧 800 ~ 1 500 m范围是金就位最有利部位。背斜轴倾伏角在小于 5°时,构造相对简单,仅构造蚀变体(SBT)含矿,少见层控碳酸盐岩型金矿体产出;当倾伏角在 8°~ 12°之间时,不但 SBT 含矿,而且龙潭组中见多层叠置的碳酸盐岩型矿体产出,且品位较高(刘帅,2014);SBT 中的金矿化范围远大于龙潭组层控碳酸盐岩型矿体,碳酸盐岩型矿体往往位于灰家堡背斜轴线两侧 8 00 m 左右,而 SBT 中的角砾岩型矿体则以远至 1 500 m 左右。

2.2 泥堡金矿床

北东向展布的泥堡背斜及二龙抢堡背斜为主干构造。

矿体主要产出于泥堡背斜南东翼 F₁ 断裂破碎带及其上盘牵引形成的二龙抢堡背斜核部构造蚀变体(SBT)中,为以断裂型为主,层控型为辅的复合型矿床(图3)。主要矿体为赋存于 F₁ 断层破碎带中的Ⅲ号、构造蚀变体(SBT)中的Ⅳ号含矿体中的矿体,其中最大的Ⅲ-1 矿体达 23 t。

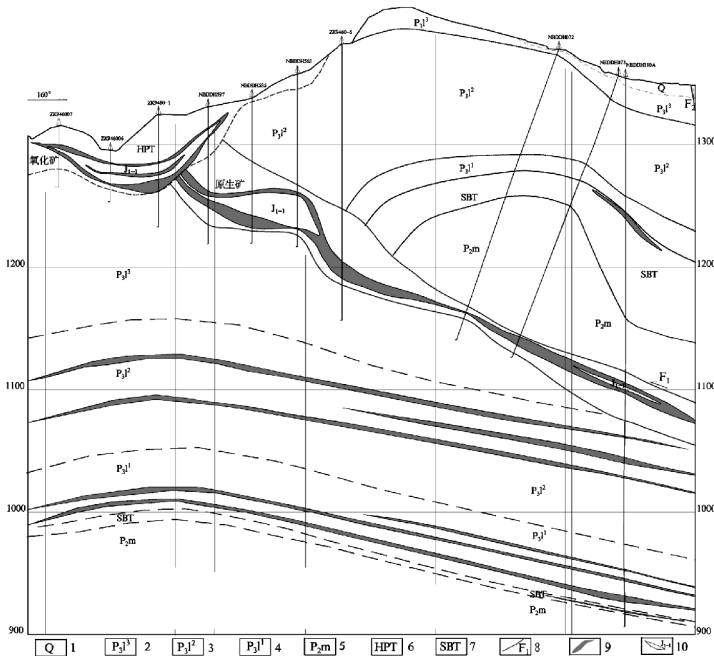


图3 泥堡金矿9460勘探线剖面图(刘建中等,2014;郑禄林,2017)

Fig.3 Profile of prospecting line No.9460 of Nibao gold deposit

1—第四系;2—龙潭组第三段;3—龙潭组第二段;4—龙潭组第一段;5—茅口组;6—滑坡体;
7—断层及编号;8—构造蚀变体;9—金矿体;10—夹石及编号

3.1.2 隐伏岩体

采用小波多尺度分解方法以及窗口滑动平均方法划分布格重力异常的区域场和局部场及其与航磁化极磁异常组合解译成果显示,区内中酸性岩体极为发育,不是早期认识的一些小岩株,而是主体以岩基形式产出(图4),其中较大的4个岩基,几乎占区域面积的25%,特别是整装勘查区深部几乎全为中酸性岩基布满,另有4个以岩株形式产出的中酸性岩体。此外,区内尚有5个基性—超基性岩体,主体分布于F₁以东。除白地金矿分布于基性—超基性岩体范围外,区内金矿床(点)平面上几乎均落在中酸性岩体分布范围内,远离中酸性岩体分布区,则没有金矿床(点)产出。金矿床(点)的这些特征,可能体现了深部隐伏中酸性岩体与成矿作用的密切关系(刘建中、

周宗桂等,2016;杨宇山等,2016)。

3.2 成矿流体

3.2.1 碳—氧同位素

早期碳—氧同位素研究的 $\delta^{18}\text{O} \sim \delta^{13}\text{C}$ 图解显示成矿流体主要来源于海相碳酸盐岩,刘建中等(2012)在发现有一个点落入花岗岩区域后作出了成矿流体“有可能是偶然,但更可能是必然,可能客观真实地反映了来源于花岗岩”的解释。近期研究的成果 $\delta^{18}\text{O} \sim \delta^{13}\text{C}$ 图解(图5),展示了地壳流体中CO₂的3大主要来源(有机源、海相碳酸盐岩和岩浆—地幔源)的C、O同位素组成及从这3个物源经5种主要过程产生CO₂时,及其同位素组成的变化趋势。

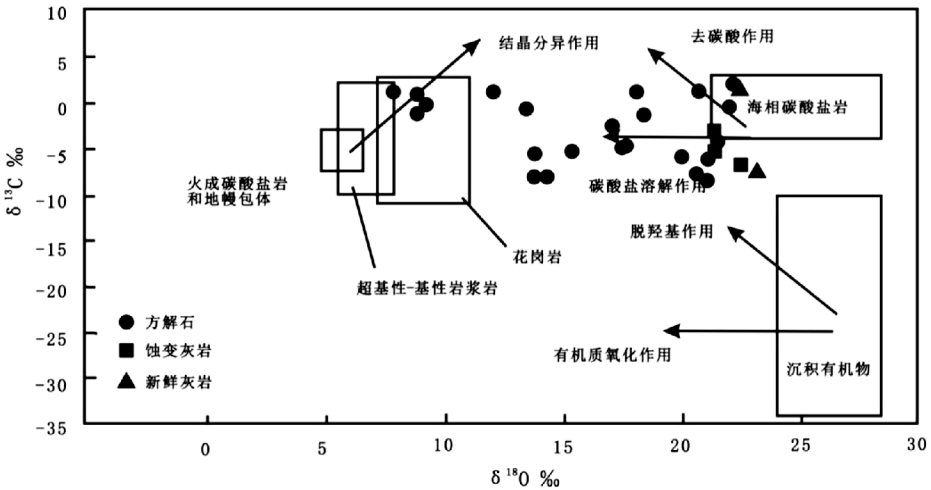


图5 黔西南卡林型金矿石石英中碳、氧同位素组成图解(熊灿娟,2014)

Fig.5 C,O isotope composition in quartz diagram of Carlin-type gold deposit in southwest Guizhou

黔西南卡林型金矿床方解石、矿化硅质灰岩的C、O同位素数据主要落在地幔碳—岩浆碳和沉积碳酸盐的过渡部位,显示了两种流体混合的结果,只是在成矿的不同阶段,混合的比例有所不同。较多投点落在花岗岩区域,可能更多地代表了成矿流体与隐伏花岗岩浆有关(熊灿娟,2014;刘建中等,2016)。

3.2.2 稀有气体同位素

首次开展了与成矿有关的蚀变矿物的流体包裹体稀有气体同位素测定,²⁰Ne/²²Ne值介于9.47~9.96,平均值为9.82,非常接近于地幔值9.8,证实成矿流体中含有一定量的幔源组分。³He/⁴He比值介于0.012~1.436之间,显示大气、壳源以及深部幔源三端元混合模式(图6)。

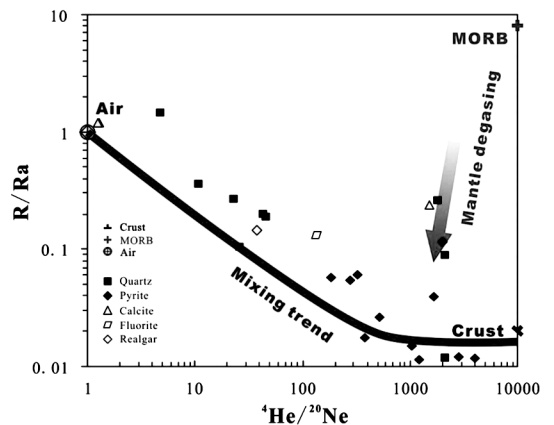


图6 典型金矿床主要蚀变矿物流体包裹体中R/Ra和⁴He/²⁰Ne相关性图解

(刘建中,李建威等,2014,2016;靳晓野,2017)

Fig.6 R/Ra and ⁴He/²⁰Ne relation of major altered mineral fluid inclusion in typical gold deposit

3.2.3 成矿热液运移方向

通过对水银洞金矿、戈塘金矿、泥堡金矿、雄武金矿、大厂锑矿 SBT 稀土元素地球化学及其与金成矿相关的黄铁矿—辉锑矿的 μ 值研究,发现 SBT 均具有铀正异常,泥堡<贞丰背斜<水银洞<雄武<戈塘<大厂;在戈塘—大厂一线,SBT 的铀异常大,而该线两侧 SBT 的铀异常小;可能暗示来源于戈塘—大厂一线南西和南东两侧的深源流体,在该线附近汇集,从而造成了以大厂—戈塘为轴,轴上铀异常大,轴两侧铀异常小的特征;SBT 和典型金矿床中,铅同位素的 μ 值大部分较低(低于 9.58),与金密切相关的热液期黄铁矿的 μ 值低于 9.58,而辉锑矿 μ 值一般较大,超过 μ 值上限(9.58),辉锑矿作为晚期矿物,成矿流体中

加入大量地壳浅部高放射性成因的铅,致辉锑矿 μ 值一般较大,黄铁矿—辉锑矿的 μ 值的从小到大的变化,同样也展示了金沉淀后富锑热液的长距离运移,平面上 μ 值从小到大的连线,可能就示踪了成矿流体的运移方向。认为滇黔桂“金三角”之北东侧边界断层—南丹—昆仑关深断裂(贵州境内的紫云—娅都断裂)和北西侧边界断层—弥勒—师宗深断裂在燕山期复活而成为可能与地幔深部含矿热液上涌的通道,含矿热液沿茅口组与龙潭组或峨眉山玄武岩组之间的构造滑动面运移,两个方向(南西方向和南东方向)的含矿热液分别向北东和北西流动,在戈塘—大厂连线附近汇集,最终集聚于大厂(图 7)(刘建中等, 2012,2015,2016,赵平等,2017)。

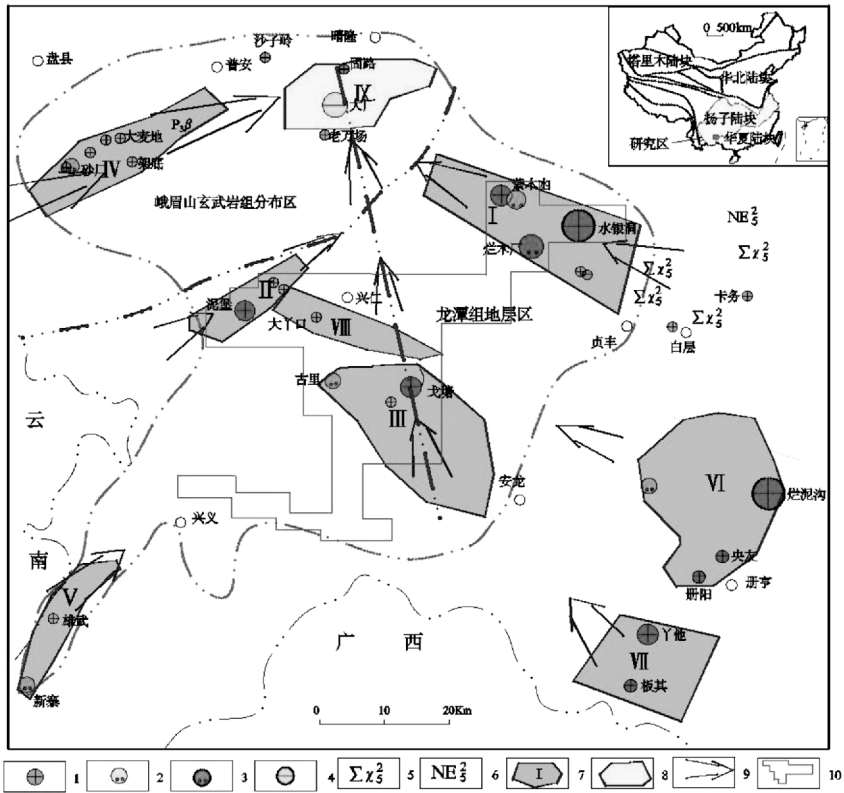


图 7 黔西南地区金锑矿成矿流体运移方向示意图(刘建中等, 2012,2015,2016,赵平等,2016)

Fig. 7 Migratory direction of Au-Sb mineral fluid om southwest Guizhou

- 1—金矿床(点);2—汞矿床(矿化点);3—铊-汞矿床;4—锑矿床(点);5—燕山期偏碱性超基性岩类;6—燕山期基性碱性岩类;
- 7—金成矿区;8—锑成矿区;9—成矿流体运移方向;10—整装勘查区范围
- I—灰家堡金成矿区;II—泥堡金成矿区;III—戈塘-洒雨金成矿区;IV—莲花山金成矿区;V—雄武成矿区;
- VI—烂泥沟金成矿区;VII—板其-丫他金成矿区;VIII—包谷地成矿区;IX—大厂锑成矿区

3.3 成矿物质来源

低温矿床成矿物质来源,一直以来均未能很好解决,往往采用与成矿有关的矿物进行研究以获取间接证据,硫同位素研究是较为常用的手

段。由于难以区分热液期黄铁矿和沉积期黄铁矿,导致早期矿石和围岩的硫同位素组成一致,多被认为成矿与沉积作用有关。刘建中等(2012)开展了与金矿成矿相关的雄黄、辉锑矿进行硫同位素研究,硫同位素的均一化程度较高,具有接近幔源

硫($\delta^{34}\text{S} = 0\text{‰} \sim 3\text{‰}$)的特征。近期(刘建中等, 2014, 靳晓野, 2017)首次成功开展了水银洞金矿含金黄铁矿的原位同位素测定, 黄铁矿内核($\delta^{34}\text{S} =$

$-31.77\text{‰} \sim -41.44\text{‰}$)显示沉积硫特征, 含金的环带($\delta^{34}\text{S} = 2.69\text{‰} \sim 3.16\text{‰}$)显示幔源硫特征(图8), 认为成矿物质来源于深部岩浆作用。

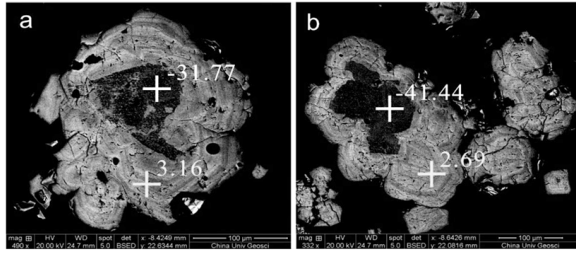


图8 水银洞金矿含金黄铁矿床原位硫同位素组成(刘建中等, 2014, 靳晓野, 2017)
(注:白色十字标记的黄铁矿为沉积成岩期黄铁矿;黄色十字标记黄铁矿为热液成矿期黄铁矿)

Fig. 8 Situ S isotope composition of gold-bearing pyrite in Shuiyindong gold deposit

3.4 成矿年代学

区内主要年代学据显示,同一矿床不同研究方法得出不同年龄数据(刘建中等, 2006; Su WC et al, 2009; 刘平等, 2006; 朱赖民等, 1998; 彭建堂等, 2003, 刘建中等, 2012), 数据集中在 60 ~ 161 Ma。项目组近期对采自泥堡金矿 SBT 底部切穿强硅化、黄铁矿化生屑灰岩(化学分析显示低品位 Au 矿化)的萤石脉进行 Sm-Nd 年龄测定, 获得萤石的 Sm-Nd 年龄为 122 ± 12 Ma 和 126 ± 15 Ma(图9)。郑禄林(2017)采用石英 Rb-Sr 法获取泥堡金矿的层控型和断裂型金矿体成矿年龄分别为 141 ± 2 Ma 和 142 ± 3 Ma。野外及矿相学观察表明在成矿期次与成矿阶段上所分析的萤石样品属于成矿晚期或成矿后热液活动事件的产物, 其等时线年龄可以代表成矿时代的上限(刘建中等, 2014)。结合区域上构造格架定型于燕山期,

中晚侏罗纪地层卷入褶皱构造, 含矿断裂往往切割背斜, 据此认为区域金锑矿成矿年龄处于燕山期中期, 获得的成矿年龄较为可靠。

3.5 成矿机制与成矿动力学

扬子与华夏古板块新元古代碰撞拼贴形成的华南陆块, 在燕山期区域构造(太平洋板块向西俯冲)作用下, 华南陆块处于岩石圈伸展状态, 早期古构造(扬子与华夏古板块碰撞拼贴带)复活, 深部热活动加剧, 岩石圈减薄, 地壳重熔增强, 花岗岩浆上侵, 形成了大致受控于扬子与华夏古板块碰撞拼贴带的大面积低温成矿域(图10)(刘建中等, 2015, 2016, 2017)。

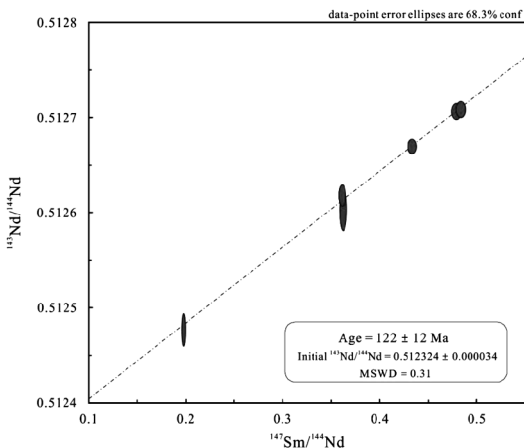


图9 泥堡金矿床 SBT 底部萤石样品的 Sm-Nd 等时线图(刘建中, 李建威等, 2014; 靳晓野, 2017)

Fig. 9 Sm-Nd isochron of fluorite samples in lower SBT in Nibao gold deposit

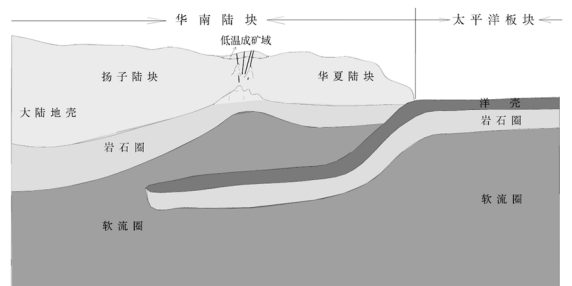


图10 贵州西南部金锑矿成矿动力学机制示意图
(刘建中等, 2016, 2017)

Fig. 10 Metallogenic dynamic mechanics of Au-Sb deposit in southwest Guizhou

携带 Au、Hg、Sb、As、Tl 的深部成矿流体在温度较高和中偏碱性条件下运移, 因压力剧降、大量挥发分逸出、成矿流体物理化学环境的急剧改变, 导致 Au、Sb 等成矿物质依次沉淀, 并使得金、锑富集于不同的空间位置(刘建中等, 2012)。谭亲平(2014)认为: 去碳酸盐化和硫化作用是水银洞金矿床 Au 的主要沉淀机制; Hg、Sb、As 等成矿元素常常

与晚期石英—方解石脉共生的硫化矿物产出,流体冷却可能是他们主要的沉淀机制;另外,成岩期的有机质可能扮演了地球化学障(还原剂)的作用,可能引起 Au、As、Sb、Hg 和 S 形成微小的硫化矿物颗粒包裹在有机质中而沉淀下来。

3.6 成矿模式

通过研究,认为区内金锑矿为一个成矿体系,区内金锑矿成矿可能为一次大规模成矿作用的产物,建立区域成矿模式表述为:与深部花岗岩浆有关的富含 $\text{CH}_4\text{-N}_2\text{-CO}_2$ 和 Au^{3+} 、 As^{3+} 、 Sb^{3+} 、 Hg^{2+} 、 H_2O 的热液,在燕山期区域构造作用下沿深大断裂上涌,含矿流体沿 P_{2m} 与 P_{3l} 或 $\text{P}_{3\beta}$ 间的不整合界面(区域构造滑脱面)侧向运移(南东方向的成矿热液向北西方向运移,南西方向的成矿热液向北东方向运移),成矿热液运移过程中与区域构造滑脱面附近的岩石产生水/岩反应(交代)形

成构造蚀变体(SBT),局部形成金矿体或矿床(如:水银洞 I a 矿体、戈塘金矿床、架底 I 号矿体)。一部分成矿热液沿背斜核部附近发育的(如水银洞之 F_{162} 、 F_{163} 等)斜切层面的断裂构造或一系列节理成为成矿流体穿透一些构造封闭层—如碳质页岩到达另外一些渗透性较好的地层—碳酸盐岩(这些地层上必须有封闭层覆盖)的通道,热液向上运移过程中,碳酸盐岩的顶底板粘土岩形成良好的封闭层阻止热液扩散而导致含矿热液沿孔隙度大的碳酸盐岩侧向运移并富集而成黔西南独特的层控型矿床—水银洞金矿床;另一部分因金沉淀而使得锑含量增高的成矿热液继续沿 P_{2m} 与 P_{3l} 或 $\text{P}_{3\beta}$ 间的不整合界面运移至一个合适的封闭构造(碧痕营穹隆)沉淀形成著名的层控型锑矿床—大厂锑矿床(图 11)(刘建中等,2012,2014,2016);区内的土型金矿床则为卡林型金矿体或金矿化体及 SBT 的风氧化产物。

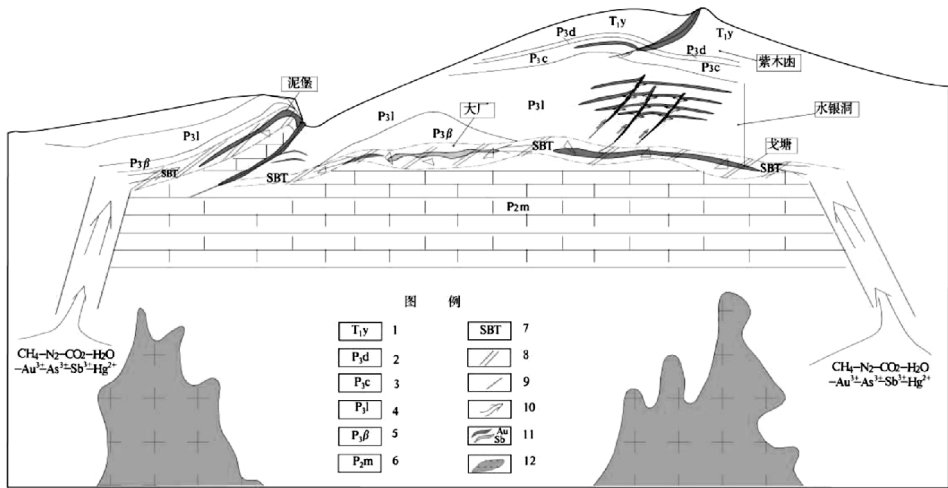


图 11 贵州贞丰—普安整装勘查区金锑矿成矿模式(刘建中等,2012,2014,2016)

Fig. 11 Au-Sb mineral model of Zhenfeng-Puan fully-equipped exploration area in Guizhou

- 1—夜郎组;2—大隆组;3—长兴组;4—龙潭组;5—峨眉山玄武岩组;6—茅口组;7—构造蚀变体;
8—深大断裂;9—断层;10—成矿流体运移方向;11—金-锑矿体;12—花岗岩

3.7 找矿模型

成矿背景:滇黔桂“金三角”地区之黔西南三叠系浅海碳酸盐台地相区。

容矿岩石:生物碎屑灰岩、生物碎屑泥灰岩、生物砂屑灰岩、角砾岩、钙质砂岩、钙质粉砂岩。

成矿环境:低温含金溶(热)液与相对封闭的还原环境。

控矿构造样式:穹隆、背斜或与背斜轴线近于平行之逆断层。

地质标志:构造蚀变体-SBT。

地球化学标志: Au-As-Sb-Hg-Tl 套合最好的地段;高锑异常或锑矿化区是锑成矿有利区,该区金则多表现为矿化,难形成独立金矿体。

矿床就位场所:背斜轴线两侧附近 800 ~ 1 500 m 范围内或者穹隆。

地层标志:上二叠统一下三叠统(SBT—龙潭组—长兴组—大隆组—峨眉山玄武岩组—夜郎组)。

工程揭露位置:层状矿体以揭露 SBT 进入茅口组终孔,断裂型矿体以揭穿断层终孔。

找矿靶区:

金矿:灰家堡背斜、戈塘—洒雨背斜、包谷地复式背斜、雄武背斜、泥堡背斜、贞丰背斜、莲花山背斜及其次级褶皱。

锑矿:碧痕营穹隆(刘建中等,2012,2014,2015,2016,2017)。

3.8 找矿预测地质模型

基于勘查区找矿预测研究方法,构建了区域“三位一体”的找矿预测地质模型(图12)(刘建中等,2015,2016)。

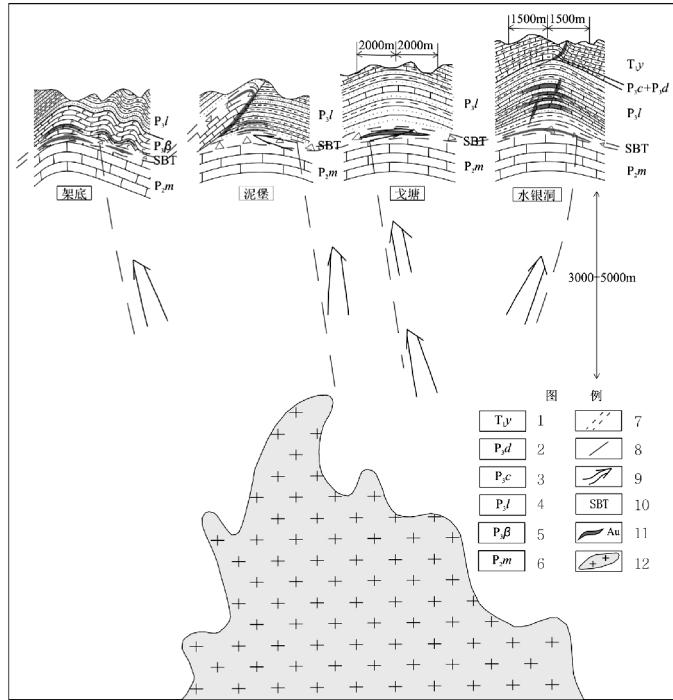


图 12 找矿预测地质模型(刘建中,2015,2016)

Fig. 12 Predicted geologic exploration model

- 1—夜郎组;2—大隆组;3—长兴组;4—龙潭组;5—峨眉山玄武岩组;6—茅口组;7—深大断层;
8—断层;9—含矿流体运移方向;10—构造蚀变体;11—金矿体;12—花岗岩

成矿背景:三叠系浅海碳酸盐台地相区。

成矿地质体:隐伏花岗岩体。

成矿构造:褶皱—断裂构造系统。

褶皱—包括背斜(灰家堡—泥堡—莲花山—包谷地—雄武—贞丰)、穹隆(戈塘—碧痕营);

断裂—构造蚀变体(SBT)和与背斜轴线近于平行之逆断层。

成矿结构面:不整合面(P₂m与P₃l或P₃β)、断裂面、背斜轴面、灰岩与粘土岩(粉砂岩)界面、玄武岩与凝灰岩界面。

结构类型:

(1)矿体宏观特征和矿化样式:层控型—赋存于构造蚀变体(SBT)和碳酸盐岩或凝灰岩;断裂型—赋存于断裂破碎带。

(2)成矿作用空间结构特征:由成矿结构面和成矿地质体构成二元结构模式。

(3)成矿作用时间结构特征:

①成矿早阶段:石英—白云石阶段(玉髓+石

英+白云石);

②成矿主阶段:自然金—黄铁矿—毒砂阶段(自然金+黄铁矿+毒砂);

③成矿晚阶段:雄黄—辰砂—石英—方解石阶段(雄黄+雌黄+辰砂+辉锑矿+方解石+石英)。

成矿作用特征标志:

容矿地层:龙潭组(主)、峨眉山玄武岩组(次)、夜郎组(次)、长兴组(次次)。

容矿岩石:灰岩、钙质砂岩、泥灰岩、凝灰岩。

热液蚀变:硅化、黄铁矿化、毒砂化、雄(雌)黄化、辉锑矿化、白云石化、方解石化、萤石化、辰砂化、滑石化。

矿物组合:黄铁矿—毒砂—雄(雌)黄—辉锑矿—辰砂—石英—白云石—方解石—萤石—滑石—高岭石。

载金矿物:黄铁矿(主)、毒砂(次)。

成矿年龄:110~140 Ma。

地球化学元素组合: Au-As-Sb-Hg-(Tl)。

矿体就位空间:背斜核部 300~1 500 m 或者穹隆周边 2 000 m 范围。

矿体空间特征:层控型矿体多层叠置。

矿体埋深:0~1 500 m。

3.9 找矿方法试验

隐伏矿找矿和二度空间找矿成为常态,有效提取深部成矿信息和准确判别深部构造格架,制约了找矿进程。近年以金矿找矿为目的,进行了物探方法的组合试验,首次开展了有别于传统的构造地球化学弱信息提取试验。

3.9.1 地球物理方法

区内金矿主要赋存于背斜核部附近之龙潭组(碎屑岩组合)中,上覆地层为夜郎组及永宁镇组(泥质碳酸盐岩组合),下伏地层为茅口组(碳酸盐岩组合),在泥堡金矿开展了 AMT、CSAMT、TDIP 等方法试验,AMT 对构造格架能比较有效的判读(刘建中等,2015)。对水银洞金矿 343 勘探线进行 AMT 测量,视电阻率在垂向上表现为“高一低—高”变化模式(杨炳南等,2015,2016),准确判别了主控矿构造灰家堡背斜轴部位置和形态及 SBT 的埋深。

3.9.2 构造地球化学方法

(1)构造地球化学剖面:对水银洞金矿 343 勘探线 6 个钻孔按不同岩性段采集样品。进行 Au、As、Sb、Hg、Tl、U、Cu、Pb、Zn、Ag、Li、Se、V、Co、Ni、Sr、Rb、Ba、Zr、Nb、Ta、Hf、Mo、Th、W、Sn 等 26 个微量元素的多元统计分析(包括 R 型聚类分析、R 型因子分析),利用因子分析所提取的因子组合作因子得分等线图。Au - As - Sb - Hg - Tl - Ag - W 为与水银洞金矿密切相关的矿化因子组合;Au - As - Sb - Hg - Tl - Ag - W 为最佳指示元素,W 元素应做为尾晕指示元素(徐良易,2016)。

(2)构造地球化学剖面:不拘泥于传统化探原生晕中的固定式网格取样,遵循近构造带密和远构造带疏和“发现构造蚀变即采样”的原则,大致采用 100×40 m。采样介质为褶皱构造核部及两翼,断裂构造岩、断层泥、破碎带、节理裂隙带、劈理带、不同岩性界面、矿化蚀变带、裂隙充填物和各种脉体。分析 Au、Hg、As、Sb、Tl 等组合元素,获取成矿信息。

构造地球化学剖面在灰家堡背斜东段有效提取了深部成矿信息,指示区内成矿作用的存在及

其主要位于背斜核部的事实,为工程布置提供依据;在包谷地背斜—泥堡背斜 1:5 万土壤地球化学测量异常区,构造地球化学剖面成果展示了构造与成矿的密切关系。

3.10 隐伏矿找矿“五合一”技术应用示范体系

成矿模式/找矿模型(理论)+音频大地电磁测深 AMT(控矿构造格架)+构造地球化学剖面/剖面(提取深部成矿信息)+钻探(深部勘查手段)+组织(有效的组织管理)(刘建中等,2017)。

4 结论

(1)总结了成矿规律,构建和完善了以 SBT 为核心的与隐伏花岗岩有关的金矿成矿模式,建立了找矿模型。

(2)构造地球化学剖面的探索性工作,隐伏矿找矿中的弱信息提取技术实施,比较有效地提取了深部成矿信息。

(3)初步构建了金矿隐伏矿找矿的“五合一”技术应用示范体系,选择重点区域进行了示范应用,发现了隐伏大型金矿床。

(4)整装勘查区新增 274 t,新增备案 204 t,实现贵州金矿找矿历史性突破。

(5)灰家堡金矿田有望突破 400 t;泥堡金矿床有望超过 100 t;包谷地背斜有望超过 50 t。

[参考文献]

- 杨成富. 贵州水银洞金矿床构造蚀变体的地球化学特征[D]. 贵阳:贵州大学,2011.
- 刘建中,夏勇,陶琰,等. 贵州西南部 SBT 研究[R]. 贵州:贵州省地质矿产勘查开发局,2012.
- 刘建中,夏勇,陶琰,等. 贵州西南部 SBT 与金锑矿成矿找矿[J]. 贵州地质,2014,31(4):267-272.
- 熊灿娟. 贵州水银洞金矿区纳秧金矿床地质及地球化学初步研究[D]. 贵阳:贵州大学,2014.
- 刘帅. 贵州水银洞贵州水银洞超大型金矿控矿因素研究[D]. 贵阳:贵州大学,2014.
- 刘建中,李建威,张锦让,等. 贵州贞丰—普安金矿整装勘查区关键基础地质研究(2014 年度工作报告)[M]. 2014:35-42.
- 谭亲平. 黔西南水银洞卡林型金矿构造地球化学及成矿机制研究[D]. 贵阳:中科院地球化学研究所,2015.
- 刘建中,王泽鹏,杨成富,等. 贵州西南部 SBT 分布区与金锑矿成矿机制与成矿模式[J]. 矿物学报,2015,35(S1):895-896.
- 杨炳南,刘建中,等. 黔西南层控卡林型金矿床电性结构特征—水银洞剖面音频大地电磁测深研究[C]. 2015,中国地质学会

2015 学术年会论文摘要汇编(上册)(274-276).

Liu JZ, Wang ZP, Yang CF, et al. The SBT and gold - antimony Mineralization, SW Guizhou, China[J]. Geolog Soc Am Abstr Progr, 2015, 47(7):89.

刘建中,王泽鹏,王大福,等. 贵州贞丰金多金属成矿区成矿背景研究及找矿方法试验[M]. 2015:16.

徐良易. 黔西南水银洞金矿床构造地球化学特征及其在隐伏矿床找矿中的应用[D]. 贵阳:贵州大学,2016.

刘建中,李建威,侯林,等. 贵州贞丰-普安金矿整装勘查区专项填图与技术应用示范报告[M]. 2016:1-137.

刘建中,周宗桂,张明,等. 黔西南矿集区找矿预测报告[M]. 2016:1-120.

杨宇山,刘天佑,周宗桂,等. 黔西南矿集区找矿预测-物探工作成果报告[M]. 2016:1-59.

刘建中. 贵州贞丰-普安金矿整装勘查发现隐伏金矿体[J]. 中

国地质调查成果快讯,2016,7(1):32-41.

刘建中,王泽鹏,李俊海,等. 贵州西南部 SBT 与金矿成矿动力学及成矿模式找矿模型[J]. 地质论评,2016,62(S):117-118.

刘建中,杨成富,王泽鹏,等. 贵州省贞丰县水银洞金矿床地质研究[J]. 中国地质调查,2017,4(2):32-41.

赵平,李爱民,刘建中,等. 应用 ICP-MS 研究黔西南地区构造蚀变体稀土元素地球化学特征[J]. 岩矿测试,2017,36(1):89-96.

郑禄林. 贵州西南部泥堡金矿床成矿作用与成矿过程[D]. 贵阳:贵州大学,2017.

靳晓野. 黔西南泥堡、水银洞和丫他金矿床的成矿作用特征与矿床成因研究[D]. 武汉:中国地质大学,2017.

刘建中,王泽鹏,杨成富,等. 贵州金矿隐伏矿找矿“五合一”技术应用示范体系[C]. 中国地球科学联合学术年会 2017: P4029-403.

New Progress of Exploration and Research of Zhenfeng-Puan Gold Fully Equipped exploration Area

LIU Jian-zhong, LI Jian-wei, ZHOU Zong-gui, WANG Ze-peng, CHEN Fa-en, QI Lian-su, YANG Cheng-fu, HOU Lin, JIN Xiao-ye, LI Jun-hai, YANG Bin-nan, XU Liang-yi, ZHANG Ming, ZHANG Jin-rang, TAN Li-jin, LI Song-tao, LONG Cheng-xiong, FU Zhi-kang, HE Yan-nan, MENG Ming-hua, WANG Xiao-yong

(1. 115 Geological Party, Guizhou Bureau of Geology and Mineral Exploration and Development, Guiyang 550004, Guizhou, China; 2. 105 Geological Party, Guizhou Bureau of Geology and Mineral Exploration and Development, Guiyang 550018, Guizhou, China; 3. China University of Geosciences, Wuhan 430074, Hubei, China; 4. Chengdu Center of Geological Survey, China Geological Survey, Chengdu 610081, Sichuan, China; 5. 103 Geological Party, Guizhou Bureau of Geology and Mineral Exploration and Development, Tongren 554300, Guizhou, China)

[Abstract] By typical deposit study in Zhenfeng-Puan national gold fully equipped exploration area in Guizhou, according to the regional mineral geologic background, the gold mineralization mechanism is determined, the typical mineralization model and regional mineralization model are build. By study the mineral geology, mineral structure, mineral structural plane, mineral characteristic sign, the regional exploration predict geologic model and ‘5 in 1’ technology usage demonstration of concealed exploration are built up, the exploration prediction and target verification are finished, new concealed gold deposit of 800 ~ 1 000 buried depth is found, the accumulated identify gold resource is 470 T, 274 T new added, make a historical breakthrough.

[Key words] Gold deposit; Fully equipped exploration; New process; Zhenfeng-Puan; Guizhou