

贵州省贞丰县水银洞超大型金矿床地质特征及构造控矿分析

陈发恩^{1,2}, 刘建中^{1,3}, 杨成富^{1,2}, 刘 艳², 张贞翔², 王泽鹏^{1,2}
李俊海^{1,2}, 何彦南², 陈庆刚², 谭代卫², 谭礼金²

(1. 自然资源部基岩区矿产资源勘查工程技术创新中心, 贵州 贵阳 550081; 2. 贵州省地矿局 105 地质大队, 贵州 贵阳 550018; 3. 贵州省地矿局, 贵州 贵阳 550004)

[摘 要] 水银洞超大型金矿位于国家级南盘江-右江成矿区带北部, 探明金资源量超过 290 t, 矿体埋深 150~1 400 m, 为隐伏金矿床。根据水银洞金矿中矿段成矿模式, 开展东部大尺度找矿预测, 实施深部钻探验证, 实现贵州省金矿二度空间找矿重大突破, 是理论指导找矿的典范。主要矿体呈层状、似层状及透镜状赋存于茅口组与龙潭组之间的构造蚀变体 (SBT) 和龙潭组生物碎屑灰岩中, 矿床受构造控制明显, 灰家堡背斜为主要控矿构造。背斜轴部平缓构造简单地段, 矿体只产于 SBT 中; 背斜轴线起伏、倾伏角变化、轴线转向突出、轴面倾斜、隐伏断裂发育等地段, 在 SBT、P₃l、P₃c、P₃d、T₁y₁ 中均有矿体产出, 层控矿体主要产出 P₃l 中部, 同时有断裂型矿体产出; 特别是深部不协调过渡转折地段是金矿体集中产出部位。

[关键词] 金矿; 构造控矿分析; 地质特征; 水银洞; 贞丰; 贵州

[中图分类号] 618.51 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1000-5943(2019)-01-0018-10

1 概况

早期所称的水银洞金矿是指 1995—2004 年勘查的水银洞附近 23-24 勘探线的中矿段, 埋深 150~300 m 隐伏金矿床, 主要矿体呈层状、似层状及透镜状赋存于构造蚀变体 (SBT) 和龙潭组中下部生物碎屑灰岩中, 金资源量超过 60 t, 达到特大型。

随着勘查推进, 不断认识总结成矿规律, 开展成矿规律和控矿因素的研究, 总结成矿模式和找矿模型, 2006 年贵州省地矿局 105 地质队根据建立的成矿模式对灰家堡背斜东段 (东矿段、雄黄岩矿段、簸箕田矿段、纳秧矿段) 进行深部找矿预测, 通过深部钻探验证发现埋深 600~1 400 m 隐伏金矿床, 主要矿体呈层状、似层状赋存于构造蚀变体 (SBT) 和龙潭组生物碎屑灰

岩中, 长兴组、大隆组、夜郎组一段中则呈透镜状产出, 金资源量超过 220 t, 达到超大型, 实现贵州省金矿二度空间找矿重大突破。近年又开展者相二矿段的找矿预测并验证, 新发现达大型矿床规模。

现在所称的水银洞超大型金矿包括西矿段、中矿段、东矿段、雄黄岩矿段、簸箕田矿段、纳秧矿段、者相二矿段等七个矿段 (刘建中等, 2017), 查明备案金资源量超过 290 t。灰家堡金矿田探明金资源量超过 350 t, 远景有望突破 400 t, 成为贵州省最大黄金资源基地 (刘建中等, 2017)。

长期以来, 有众多学者专家对水银洞金矿进行研究, 多数学者主要从成矿物质来源、流体迁移分异富集、流体成分、金富集的地球物化条件及成矿年代学方面进行研究 (刘建中等, 2002, 2005, 2006, 2009, 2012, 2014, 2017; 夏勇等, 2005, 2006; 苏文超等, 2009; 谭亲平, 2014; 刘帅, 2014; 杨成

[收稿日期] 2018-03-30 **[修回日期]** 2018-07-05

[基金项目] 国家自然科学基金项目 (U1812405)、国家重点研发计划“深地资源勘查开采”专项 (2017YFC0601500) 联合资助。

[作者简介] 陈发恩 (1965—) 男, 贵州普定人, 地质高级工程师, 长期从事金矿地质找矿勘探及研究工作。

[通讯作者] 刘建中 (1966—) 男, 研究员, 主要从事金磷矿找矿与研究。

富,2013;靳晓野,2017),且多研究中矿段,而对矿床东段研究较少,特别是构造控矿方面。笔者长期在区内金矿勘查,通过对水银洞超大型金矿床各矿段矿体在空间分布的研究,认为矿体受构造控制明显,灰家堡背斜空间展布形态及构造复杂程度控制金矿体规模形态及矿层多寡,特别是深部不协调过渡转折地段是金矿体集中产出部位。通过该矿床簸箕田矿段、纳秧矿段控矿构造和分析研究,以引起在区域内金矿深部找矿勘探的重视。

2 成矿地质背景

水银洞超大型金矿位于国家级南盘江-右江成矿区带北部,兴仁-安龙金矿带之近东西向灰家堡背斜东段。大地构造位处扬子陆块与华南陆块接合部位,是滇黔桂“金三角”金矿成矿区层控卡林型金矿的代表矿床。

区域出露地层主要为泥盆系至三叠系,以三叠系分布最广,其次为二叠系,地层厚度超过万米。泥盆系至中二叠统以碳酸盐岩(主)夹细碎屑岩和硅质岩的浅海陆棚台、盆相交替频繁的沉积。上二叠统至三叠系沿关岭、贞丰、册亨及罗平一线,台地相和盆地相的沉积分野明显:北西为台地碳酸盐(主)和细碎屑岩(次)沉积,南东为盆地细碎屑岩(主)夹碳酸盐(次)沉积。岩相过渡地带有利于金矿富集成矿,水银洞金矿床处于海陆交互相细碎屑岩(龙潭组)向海相碳酸盐岩(吴家坪组)的过渡地带。

区域构造主要形成时期为燕山期,属前陆冲断褶皱带,在平面上强应变域多成线性延伸,弱应变域则成菱形或三角形块体,构造方位以NNW、NW、NE及SN向构造最醒目,由一系列紧闭的背斜与宽缓的向斜相间排布构成隔槽式褶皱,背斜轴附近常发育有与之平行的低角度逆冲断层(如大山-者相逆冲断层),属于典型的薄皮构造,是地壳浅层复杂滑脱作用的产物。其主要滑脱层是龙潭组的含煤细碎屑岩和夜郎组下部的泥质岩,主滑脱面则是中上二叠统(茅口组与龙潭组)之间的假整合面。

区域内岩浆岩不发育,主要为中晚二叠世之间喷溢的峨眉山玄武岩及同期侵入辉绿岩,其次侵位于二叠系至中三叠统地层中的偏碱性超基性岩。

区域内Au-As-Hg-Sb成矿元素异常受背斜控制,异常叠合区是的成矿有利区段。地表Au、Hg、As、Sb成矿元素异常叠合区指示金矿体的存在,是区域内找金的直接指示标志。

3 矿床地质

3.1 地层

矿区内出露及钻遇地层有中上二叠统茅口组,龙潭组、长兴组及大隆组,下三叠统夜郎组及永宁镇组。

茅口组(P_2m):灰色中厚层至块状生物灰岩,厚度>400 m。

龙潭组(P_3l)厚度218.09~567.21 m,分三段:一段为粉砂质粘土岩、粘土岩,局部夹生物屑灰岩透镜体,自西向东、自南向北厚度变大,碎屑粒度变细,厚度4.65~443.12 m;二段为粘土质钙质粉砂岩、粉砂质粘土岩、粘土岩夹生物屑灰岩及炭质粘土岩或煤线,厚度100.28~129.19 m;三段为细砂岩、粘土质粉砂岩、粉砂质粘土岩、粘土岩及炭质粘土岩或煤线与生物碎屑灰岩、泥灰岩组成不等厚互层,厚度82.07~105.74 m;

长兴组(P_3c):燧石条带或团块生物灰岩,上部夹钙质粘土岩,向东灰岩增加,厚度40.71~49.62 m。

大隆组(P_3d):钙质粘土岩夹生物灰岩及蒙脱石粘土岩,厚度7.13~14.99 m。

夜郎组(T_{1y}):厚度538.49~550.85,分三段。一段为泥灰岩与灰岩组成不等厚互层,厚度186.90~229.71 m;二段为灰岩、鲕粒灰岩组成不等厚互层夹泥灰岩,厚度277.16~319.29 m;三段为泥灰岩夹灰岩,自西向东自变薄。厚度31.62~44.66 m。

永宁镇组(T_{1yn}):只出露底部灰岩、白云质灰岩,厚度>100 m。

3.2 构造

区内先受南北向应力挤压形成了东西向构造;后受东西向应力挤压形成南北向构造;后期东西向挤压对早期形成东西向构造进行复合叠加改造形成北东向构造或使东西向构造发生转向。区内以东西向褶皱断裂构造为主,南北向和北东向褶皱断裂构造次之(图1、图2)。

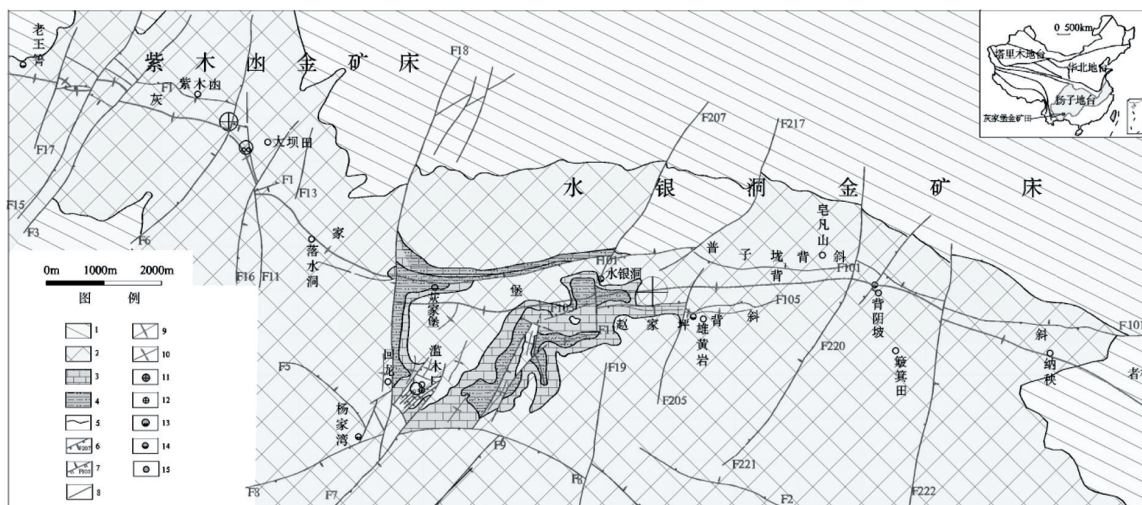


图1 灰家堡金矿田区域地质矿产图(据刘建中等,2015 修改)

Fig. 1 Regional geological map of Huijiabao gold deposit

1—永宁镇组(T_{1yn});2—夜郎组(T_{1y});3—长兴组至大隆组(P_{3c+d});4—龙潭组(P_3l);5—地层界线;6—实测及推测正断层及编号;
7—实测及推测逆断层及编号;8—性质不明断层;9—背斜轴;10—向斜轴;11—金矿床;12—金矿点;
13—汞矿床;14—汞矿点;15—铊矿床

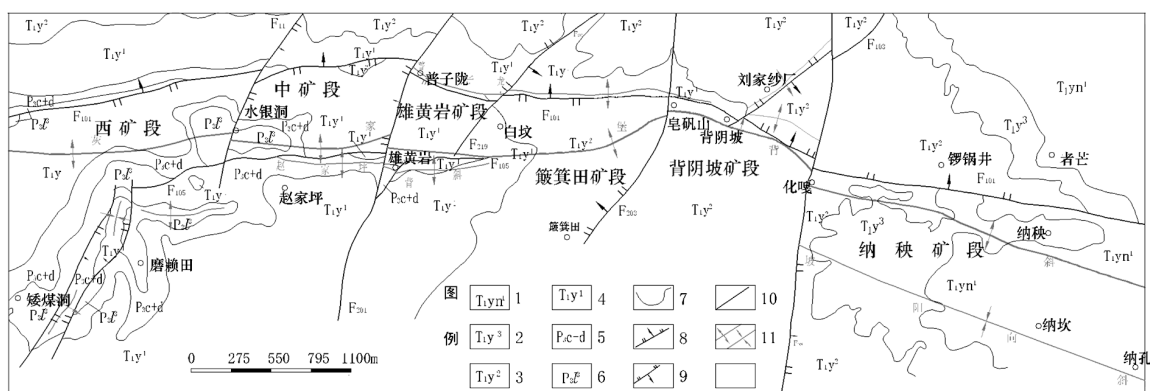


图2 水银洞超大型金矿地质简图

Fig. 2 Geological sketch of Shuiyindong super large gold deposit

1—永宁镇组一段;2—夜郎组三段;3—夜郎组二段;4—夜郎组一段;5—长兴-大隆组;6—龙潭组三段;7—地层界线;
8—正断层;9—逆断层;10—性质不明断层;11—褶皱

3.2.1 褶皱

灰家堡背斜:为灰家堡金矿田的主干构造及控矿构造,为近东西向区域性宽缓短轴背斜,全长25 km,宽6 km。西段控制紫木幽大型金矿床及大坝田中型汞矿床,东段控制滥木厂汞铊金矿床、水银洞超大型金矿床。西段在太平洞至落水洞地段由于受后期构造的影响轴线转为北西向。岩层倾角 $5^{\circ}\sim 35^{\circ}$ 之间,东段秦家湾至皂凡山地段背斜轴向总体近东西,核部地层近于水平,两翼岩层倾角 $10^{\circ}\sim 20^{\circ}$,两翼基本对称;皂凡山至化嘎地段受后期构造叠加轴线向北拱起呈弧线,轴线从北西西向逐渐过渡为南西西向,轴面向南倾斜,倾角 $75^{\circ}\sim 80^{\circ}$,两翼不对称,北翼产状陡,倾角 $20^{\circ}\sim$

50° ,深部局部近直立,南翼产状缓,倾角 $10^{\circ}\sim 15^{\circ}$,核部有近隐伏断层发育;化嘎至纳秧地段轴向为北西西向,近地表与深部褶皱形态不一致,近地表两翼基本对称,轴面近直立,深部两翼不对称,轴面倾向南或北,局部地段两翼发育扰曲,翼部岩层总体倾角 $5^{\circ}\sim 20^{\circ}$ 之间,深部局部地段倾角 $20^{\circ}\sim 45^{\circ}$ 之间,背斜核部向两翼500~1 500 m范围内控制了金矿体的产出。构成了灰家堡背斜Au、Hg成矿带(图1、图2)。

坡阳向斜:呈北西西向展布于矿区南部,区内轴线长2.5 km,宽约1 km。核部地层近于水平,两翼岩层倾角 $5^{\circ}\sim 8^{\circ}$,两翼基本对称。

皂凡山背斜:呈近东西向展布,轴线长

2.3 km,宽数十米。为 F_{101} 逆冲断层上盘牵引褶曲,在皂凡山附近地层直立倒转。向东断续出现,背斜核部虚脱空间透镜状小矿体产出。

刘家纱厂背斜:呈北东向展布,轴线长1.3 km,宽数十米。两翼不对称,南东翼产状较北东翼陡。

3.2.2 构造蚀变体

产于 P_2m 与 P_3l 之间不整合界面附近,由区域性构造滑脱作用和成矿热液蚀变作用形成的构造蚀变岩石即构造蚀变体(SBT),既是构造界面,又是岩性界面和地球化学界面-硅钙界面。是早期沉积作用和后期构造及热液蚀变作用的产物,卷入岩石地层包含了 P_2m 顶部灰岩和 P_3l 底部粘土岩,自上而向下为 P_3l 正常粘土岩→碎裂化粘土岩→硅化碎裂化粘土岩→硅化角砾状粘土岩→强硅化角砾状灰岩→强硅化灰岩→弱硅化灰岩→ P_2m 正常的灰岩,呈渐变关系,蚀变强度依次由弱→强→弱,矿化强度同样如此,普遍具硅化(斑块状及细脉状白色、绿色石英)、黄铁矿化、萤石化、雄(雌)黄化、锑矿化、金矿化等(刘建中等,2005,2006,2009)。厚度1.50~51.32 m,平均厚度20.29 m。金矿体往往产出于硅化角砾状灰岩-硅化角砾状粘土岩中。是区域内成矿流体运移主要通道及金矿体就矿部位。

3.2.3 断裂

F_{101} :展布于灰家堡背斜北翼近轴部,倾向北,倾角 $60^\circ\sim 65^\circ$,垂直断距100~220 m,破碎带宽5~20 m,为逆冲断层,上盘挤压柔皱变形较强,局部地层出现直立、倒转,形成牵引背斜(下寨背斜),下盘变形较弱。为区内导矿和控矿构造,具有多期活动的特点,主要蚀变有褐铁矿化、黄铁矿化、方解石化、硅化。地表控制了普子垄、皂凡山、背阴坡、猫坡金矿点的产出,深部有隐伏金矿体。

F_{105} :展布于灰家堡背斜南翼近轴部,倾向南倾角 $45^\circ\sim 55^\circ$,垂直断距10~50 m,破碎带宽2~25 m,为逆冲断层。变形强度向东向西逐渐变弱,破碎带逐渐变窄。上盘地层牵引成背斜(赵家坪背斜)。主要蚀变有黄铁矿化、雄黄化、方解石化、毒砂化、硅化、褐铁矿化等。为“楼上矿”控矿断层,地表控制了雄黄岩金矿点的产出。具多期活动之特点,局部地段因后期活动而具正断层特征。

F_{103} :走向近北东 45° ,倾向南东,倾角 80° ,断距约10 m,断层具多期活动之特点,褐铁矿化、方解石化发育。为正断层。

F_{109} :走向近南北向,倾向东,倾角 $75^\circ\sim 80^\circ$,断距10~20 m,角砾岩及方解石脉发育,角砾多为菱角状,钙泥质胶结。为右行平移正断层。

F_{201} :走向近北东 $40^\circ\sim 50^\circ$ 左右,走向长大于1.5 km,倾向南东,倾角 80° 左右,断距约10 m,断层具多期活动之特点,为正断层。

F_{219} :展布于皂凡山附近,走向北北东向,倾向西,倾角 60° ,断距20~30 m,角砾岩及方解石脉发育,角砾多为菱角状,钙泥质胶结。为正断层。

3.3 矿体地质特征

3.3.1 矿体特征

研究区为全隐伏金矿床,产于灰家堡背斜轴部附近500~1500 m范围,赋矿层位为 T_1y^1 、 P_3c 、 P_3d 、 P_3l 、SBT,主要赋矿层位为 P_3l^{2-3} ,赋矿岩石主要为生物碎屑灰岩和泥灰岩,金矿体呈层状、似层状、透镜状产出,层控矿体产状与岩层产状一致,走向上具波状起伏向东倾伏、空间上多个矿体上下重叠的特点(图3、图4)。揭露矿体200个,金资源量大于1吨有18个矿体(5~12吨6个,3~5吨2个,1~3吨10个)。矿体空间产出特征有三种类型:

(1)界面型矿体:产出于构造蚀变体(SBT)中的硅化角砾岩型矿体,含矿层编号为Ia(图3、图4)。代表矿体特征:

Ia-1:为水银洞金矿最主要矿体。赋存于构造蚀变体(SBT)中,分布于7-121线,平面上呈长条状不规则多边形,倾向北或南,东西走向长2700 m,南北倾向宽200~950 m,局部地段出现无矿天窗和矿化地段,品位变化数为93.69%,有用组分分布均匀,厚度变化系数为89.46%,厚度较稳定。探明金资源量69252.08 kg,单矿体达特大型矿床规模。

(2)层控碳酸盐岩型矿体:产于灰家堡背斜核部 P_3l 中不纯生物碎屑灰岩中的矿体, P_3l^2 中有8个含矿层, P_3l^3 中有6个含矿层(图3、图4)。代表矿体特征:

IIIc-9:赋存于 P_3l^2 中部生物碎屑灰岩中,分布于319-375线,平面上呈长条状不规则多边形,倾向北或南,走向长1150 m,倾向宽40~680 m,品位变化系数为113.76%,有用组分分布较均匀,厚度变化系数为67.92%,厚度稳定,探明金资源量11868.98 kg,达中型矿床规模。

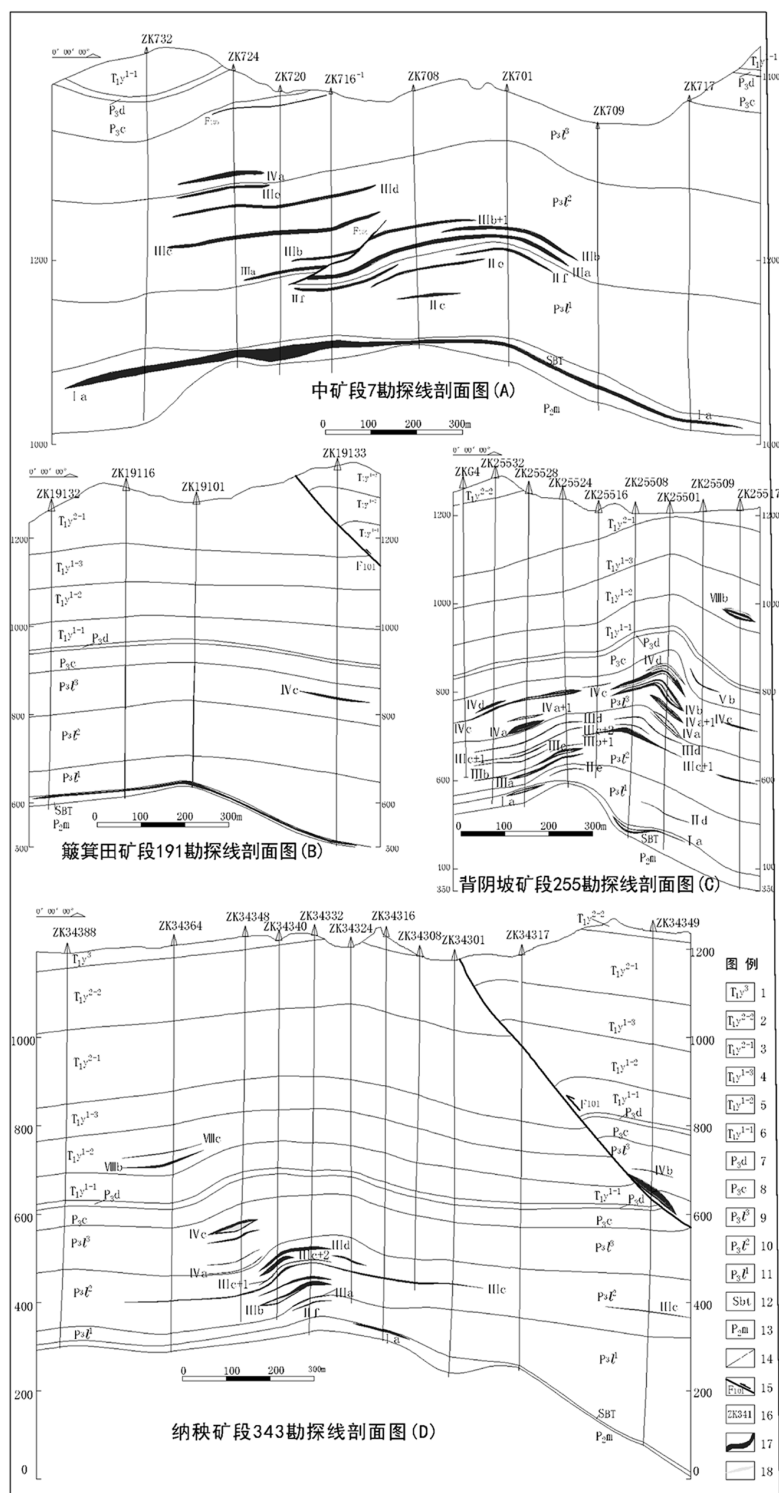


图3 水银洞金矿7、191、255、343勘探线剖面图

Fig. 3 Profile of No.7, No.191, No.255 and No.343 prospecting line in Shuiyindong gold deposit

- 1—夜郎组三段;2—夜郎组二段二亚段;3—夜郎组二段一亚段;4—夜郎组一段三亚段;5—夜郎组一段二亚段;6—夜郎组一段一亚段;
7—大隆组;8—长兴组;9—龙潭组三段;10—龙潭组二段;11—龙潭组一段;12—构造蚀变带;
13—茅口组;14—地层界线;15—断层及编号;16—钻孔编号;17—矿体;18—夹石

Ⅲ c^{+1} -1:赋存于 P_3l^2 中部生物碎屑灰岩中,分布于215-303线,平面上呈长条状不规则多边形似层状,倾向北或南,走向长1 800 m,倾向宽

40~600 m,品位变化系数为94.64%,有用组分分布均匀,厚度变化系数为84.57%,厚度较稳定,探明金资源量8 446.31 kg,中型矿床规模。

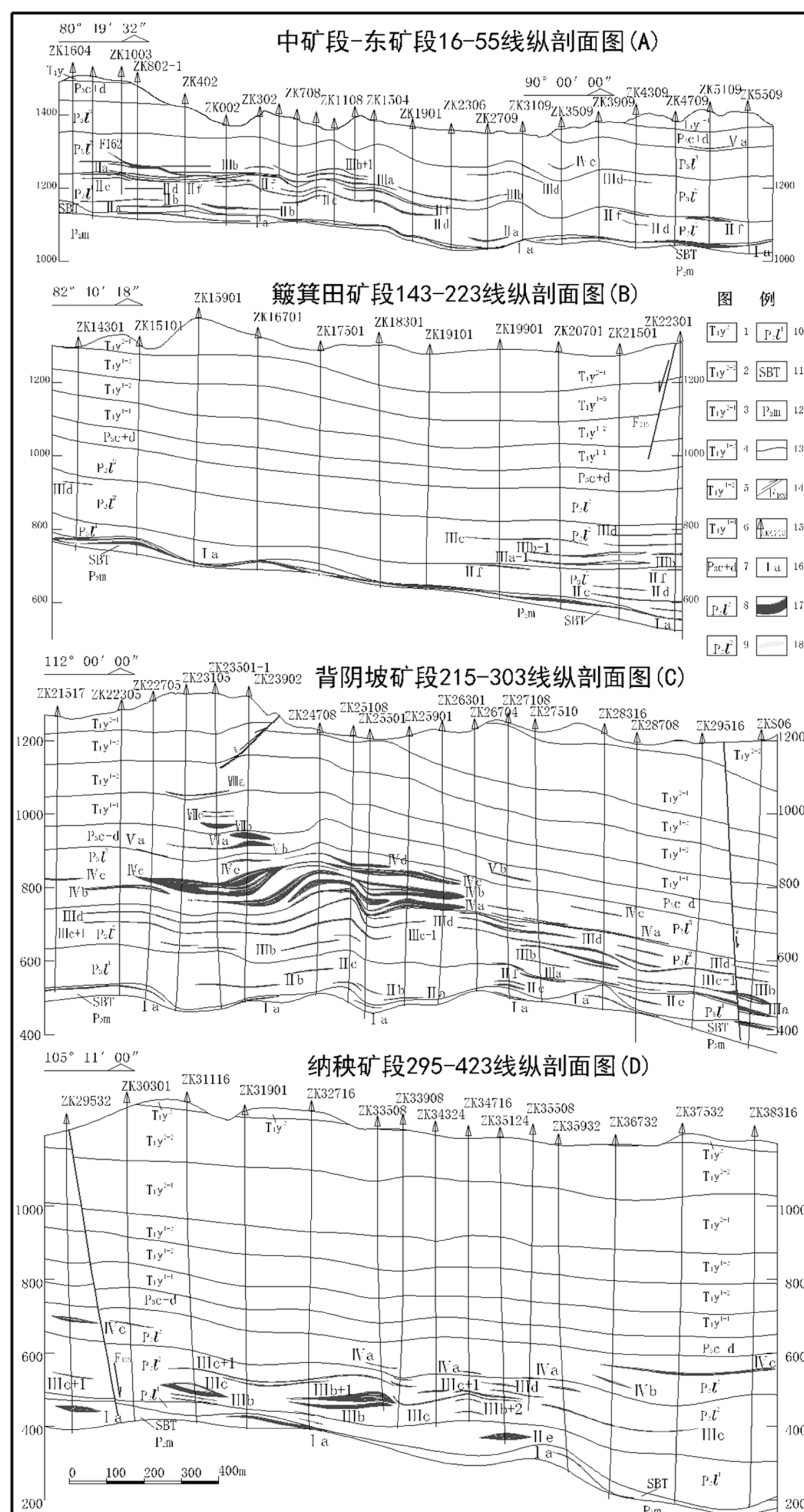


图 4 水银洞金矿纵剖面图

Fig. 4 Vertical profile of Shuiyindong gold deposit

- 1—夜郎组三段;2—夜郎组二段二亚段;3—夜郎组二段一亚段;4—夜郎组一段三亚段;5—夜郎组一段二亚段;6—夜郎组一段一亚段;
7—长兴-大隆组;8—龙潭组三段;9—龙潭组二段;10—龙潭组一段;11—构造蚀变体;12—茅口组;13—地层界线;
14—断层及编号;15—钻孔编号;16—矿体编号;17—矿体;18—夹石

III b-7:赋存于 $P_3 l^2$ 下部生物碎屑灰岩中,分布于 323-347 线,平面上呈长条状不规则多边形,倾向北或南,走向长 550 m,倾向宽 40 ~

120 m,品位变化系数为 140.46%,有用组分较均匀,厚度变化系数为 78.69%,厚度稳定,探明金资源量 6 063.11 kg,达中型矿床规模。

Ⅲd-2:赋存于 P_3l^2 上部生物碎屑灰岩中,分布于 207-291 线,平面上长条状不规则多边形,倾向北或南,走向长 1 720 m,倾向宽 40~590 m,品位变化系数为 132.22%,有用组分分布较均匀,厚度变化系数为 62.50%,厚度稳定,探明金资源量 3 703.34 kg。

Ⅳb-1:赋存于 P_3l^3 下部生物碎屑灰岩中,分布于 223-275 线,平面上长条状不规则多边形,倾向北或南,走向长 1 080 m,倾向宽 40~420 m,品位变化系数为 89.24%,有用组分分布均匀,厚度变化系数为 97.80%,厚度较稳定,探明金资源量 2 956.26 kg。

Ⅳc-5:赋存于 P_3l^3 中部生物碎屑灰岩中,分布于 227-279 线,平面上长条状不规则多边形,倾向北或南,走向长 1 080 m,倾向宽 40~510 m,局部有矿化天窗,品位变化系数为 80.97%,有用组分分布均匀,厚度变化系数为 143.31%,厚度较稳定,探明金资源量 8 696.97 kg,达中型矿床规模。

(3)断裂型矿体:产出于 F_{101} 断层及深部隐伏断层破碎中的断裂型矿体,严格受断层破碎带控制(图 3C)。代表性矿体特征:

F_{101} -1 矿体:赋存于 F_{101} 断层破碎带中,赋矿岩石为 T_1y^1 下部泥灰岩,分布于 283-295 线,呈长条透镜状,产状与断层产状一致,倾向北,走向长 260 m,倾向延深 60~90 m,探明金资源量 1 918.66 kg。

(4)矿体空间产出特征:纳秧矿段(295 线以东)矿体主要产于 P_3l^2 中下部, P_3l^1 、 P_3l^3 中有零星小矿体产出;背阴坡段(205-295 线)矿体主要产于 P_3l^2 中上部和 P_3l^3 中下部, P_3c 、 P_3d 、 T_1y^1 下部有厚度大的透镜状矿体产出, P_3l^1 、SBT 中有零星小矿体产出;簸箕田矿段(215 线以西)矿体主要产于 SBT 中, P_3l 中局部见零星小矿体。断裂型矿体产出于 F_{101} 断层及深部隐伏断层破碎带 T_1y^1 和 P_3l 有利岩性中(图 3、图 4)。

3.3.2 矿石矿物组成

容矿岩石主要为生物屑灰岩、泥灰岩、角砾岩,有少量钙质砂岩,矿石属于难选冶硫化物型矿石,金主要呈包裹金形式存在,含砷黄铁矿是金的主要载体矿物,其次为毒砂,硅酸盐、碳酸盐矿物为金次要载体。

金属矿物以黄铁矿为主,次为毒砂,少见赤铁矿、辉锑矿、辰砂、雄黄。非金属矿物以白云石、方

解石、石英、水云母为主,见少量萤石、重晶石、白钛石及陆源碎屑物等,偶见海绿石。

3.3.3 矿石结构构造

矿石结构有莓状、球状、胶状、自形晶、交代、假象、碎裂等结构。矿石构造有星散浸染状、缝合线、脉(网脉)状、晶洞状、生物遗迹、角砾状、条纹状、薄膜状等构造。

3.3.4 热液蚀变与成矿阶段

热液蚀变有黄铁矿化、白云石化、硅化、毒砂化、雄(雌)黄化、方解石化、辉锑矿化、萤石化、滑石化、辰砂化等,硅化、白云石化、黄铁矿化与金成矿关系密切。

成矿期次和成矿阶段:成矿早期阶段,为石英-白云石阶段,以渗透交代作用为主,形成面状硅化;主成矿期阶段,为自然金-黄铁矿-毒砂阶段,硅化作用最强烈,含砷黄铁矿具有环带结构,毒砂呈矛状、针状,石英呈细网脉状,多与白云石、黄铁矿等组成脉体;成矿晚期阶段,为雄黄-辰砂-石英-方解石阶段,以充填方解石为主,伴有石英、雄(雌)黄、辉锑矿、萤石、石膏等。

4 构造控矿分析

4.1 灰家堡背斜控矿

灰家堡背斜是区内控矿构造,矿体产于灰家堡背斜轴部附近 500~1 500 m 范围。区内至东向西背斜轴向由东西向-南东东向→近东西向→北东东向过渡,总体向东倾伏,由于灰家堡背斜在以上各矿段应力分布不均,影响背斜变形程度、空间形态及构造样式不同,控制了金矿体在不同地段空间产出位置、规模大小、形态复杂程度及矿(层)数。背斜控矿明显,特别是空间上不协调褶皱转换地段是金矿体的主要产出部位(图-3、图-4)。具体分析如下:

中矿段:灰家堡背斜轴面直立,两翼对称平缓,背斜轴线向北凸起,为背斜高点,倾伏角在 5° 左右,两翼岩层倾角 $5^\circ\sim 15^\circ$,应力主要集中在轴线附近,核部变形强烈,节理裂隙发育,层间滑动明显,发育向上斜切隐伏断裂(F_{162})发育,轴线隆起,成矿流体活动强烈,矿化蚀变种类多,空间上矿体(层)多,矿体集中产于深部 P_3l^2 中部生物屑灰岩(Ⅲa、Ⅲb、Ⅲc)中, P_3l^3 生物屑灰岩有零星矿体产出,深部 SBT 起伏小,矿化范围远远大于

其上层控碳酸盐型矿体,代表矿体为 I a-1,是矿床矿层多,品位最高,规模大的地段,见图-3(A)和图-4(A)。有隐伏断裂型矿体存在。

簸箕田矿段:灰家堡背斜轴面直立,两翼对称平缓,背斜北东东倾伏,倾伏角在 5° 左右,两翼岩层倾角 $5^{\circ} \sim 15^{\circ}$,应力均匀,构造变形简单,主要矿体产于 SBT 中, P_3l^2 生物屑灰岩中有零星小矿体产出, T_1y 中未发现金矿体;见图-3(B)和图-4(B)。

簸箕田矿段背阴坡段:由于受后期北东向背斜叠加,灰家堡背斜在该地段为形成隆起,轴线由南东东向→近东西向→北东东向变化,且形成向北凸起弧形。浅部(300 m 以浅)背斜轴面直立,两翼对称,地层为 T_1y^2 灰岩,岩性单一,厚度大,岩石能干性差异小,应力均匀,构造变形简单,岩层倾角 $10^{\circ} \sim 25^{\circ}$ 之间,未发现有金矿体;深部(300 m 以深)背斜轴面向南倾,轴面倾角在 $45^{\circ} \sim 70^{\circ}$,轴面呈上陡下缓向北凸出弧面,为背斜高点隆起,北翼岩层倾角 $15^{\circ} \sim 55^{\circ}$ 之间,南翼岩层倾角 $10^{\circ} \sim 25^{\circ}$,局部有绕曲,地层为 T_1y^1 泥灰岩、 P_3l 细碎屑岩夹生物屑灰岩、 P_3c 灰岩及 P_3d 钙质粘土岩,岩性变化大,能干性差异大,应力主要集中在轴线附近,受后期北东向构造叠加,核部变形强烈,节理裂隙发育,层间破碎滑动明显,向上斜切小断裂发育,轴线弯曲隆起,成矿流体活动强烈,矿化蚀变种类多,硅化蚀变呈现弱(SBT、 P_3l^1)→强(P_3l^{2-3})→弱(P_3c 、 P_3d 、 T_1y^1)变化,空间上矿体(层)最多,矿体主要集中产于深部 P_3l^2 上部和 P_3l^3 中下部的生物屑灰岩(Ⅲc+1、Ⅲd、Ⅳb、Ⅳc)中,代表矿体有Ⅲc+1-1、Ⅲd-2、Ⅳb-1、Ⅳc-5 矿体, T_1y^1 泥灰岩产厚大透镜状金矿体, SBT、 P_3l^1 、 P_3c 及 P_3d 有零星矿体产出。在产状变陡、隐伏小断裂、节理裂隙发育地段,矿体厚度大,品位高,矿层多,有隐伏断裂型矿体存在。见图-3(C)和图-4(C)。

纳秧矿段:浅部(500 m 以浅)背斜轴面直立,两翼对称,背斜轴线向南东东倾伏,倾伏角在 5° 左右,地层为 T_1y 灰岩、泥灰岩,岩性单一,厚度大,岩石能干性差异小,应力均匀,构造变形简单,岩层倾角 $5^{\circ} \sim 15^{\circ}$,未发现金矿体;深部(500 m 以深)背斜轴面向北倾,轴面倾角在 50° 左右,两翼不对称,背斜总体南东东倾伏,倾伏角在 $5^{\circ} \sim 10^{\circ}$ 之间,北翼岩层倾角 $5^{\circ} \sim 15^{\circ}$ 之间,南翼岩层倾角 $15^{\circ} \sim 45^{\circ}$,局部近直立,地层为 P_3l 细碎屑岩夹生

物屑灰岩、 P_3c 灰岩及 P_3d 钙质粘土岩,岩石变化大,能干性差异大,应力主要集中在轴线附近,核部变形强烈,节理裂隙发育,层间滑动明显,向上斜切小断裂发育,轴线有起伏,有小隆起,成矿流体活动强烈,矿化蚀变种类多,空间上矿体(层)多,矿体集中产于深部 P_3l^2 中部生物屑灰岩(Ⅲb、Ⅲc、Ⅲd)中,代表矿体有Ⅲc-9 和Ⅲb-7 矿体, SBT、 P_3l^1 、 P_3l^3 生物屑灰岩有零星矿体产出。产状变陡、隐伏小断裂、节理裂隙发育、次级隆起等地段,矿体厚度大,品位高,矿层多,见图-3(D)和图-4(D)。有隐伏断裂型矿体存在。

4.2 构造蚀变体控矿

构造蚀变体(SBT)是 P_2m 与 P_3l 之间不整合界面上构造蚀变岩石,是沉积、构造及热液蚀变作用的综合产物,受成矿前期区域构造滑脱作用和成矿期热液蚀变作用控制,既是构造界面,又是岩性界面-硅钙界面-地球化学界面,是区域内成矿流体运移主要通道及金矿体就矿部位,是区内主要金矿化体,金矿体主要产出于硅化角砾状灰岩-硅化角砾状粘土岩中。金矿化范围大于其上部层控碳酸盐岩型矿化的矿化范围,主要金矿体产于灰家堡背斜轴两侧近 500~1 000 m 范围内,金矿(化)体受岩溶不整合界面初始地形地貌、灰家堡背斜空间形态、构造复杂程度、卷入造蚀变体岩石及其顶板岩性组合、厚度、蚀变强度、蚀变种类等因素控制。见图-3 和图-4。

4.3 断裂控矿

区内控矿断裂有 F_{101} 、 F_{105} 及深部隐伏断裂(F_{162} 等),其控矿特征为:

F_{101} 和 F_{105} 逆冲断层大致平行发育于灰家堡背斜近轴部发育,倾向南或北,倾角 $30^{\circ} \sim 65^{\circ}$,垂直断距 20~220 m,破碎带宽 5~20 m,上盘挤压柔皱变形较强,局部岩层直立、倒转,形成牵引背斜,下盘变形较弱。具有多期活动的特点,为区内导矿和控矿构造,是区内成矿流体向上运移通道,蚀变强度和矿化强度具有弱→强→弱的特点,具黄铁矿化、毒砂化、雄(雌)黄化、锑矿化、金矿化等。金矿体严格受断层破碎带控制,走向上金矿体产于断层转弯地段,倾向上金矿体产于上下盘牵引膝褶带及断层陡变缓部位,赋矿有利岩性主要为 T_1y^1 泥灰岩和 P_3l 生物屑灰岩(图 4)。构造、蚀变、岩性耦合地段形成大透镜状金矿体。

深部背斜轴附近产状变陡地段,发育隐伏逆冲断裂断裂(F_{162} 等),节理、劈理裂隙发育,有方解石或石英网脉充填,断距较小($<10\text{ m}$),断层带宽 $0.5\sim 5\text{ m}$,具黄铁矿化、毒砂化、雄(雌)黄化、锑矿化、金矿化等。金矿体严格受断层破碎带控制,赋矿有利岩性主要为 P_3l 生物屑灰岩及粉砂岩,矿体主要产于断裂带膨胀部位,构造、蚀变、岩性耦合地段形成大透镜状金矿体。

5 构造控矿规律

5.1 灰家堡背斜控矿

近东西向灰家堡背斜是控制灰家堡矿集区内金、汞矿床的产出,是区内主体构造和控矿构造。背斜构造的变形程度和空间几何形态控制矿体产出空间位置及规模形态,特别是空间上不协调褶皱转换地段是金矿体的主要产出部位。

背斜倾伏角变大(倾伏角 $10^\circ\sim 15^\circ$)、轴线起伏变化、深部构造较浅部构造复杂、褶皱形态不协调等地段,见多层叠置层金矿体产出,且 P_3l 中生物屑灰岩矿体规模大,品位较富(纳秧矿段);背斜轴线转向凸起、轴面倾斜、构造较复杂,深部构造与浅部构造较复杂极不协调,伴有隐伏小冲断层的地段(背阴坡段)不仅SBT和 P_3l 中见多层叠置层控型金矿体产出,且 T_1y^1 中有厚度大的透镜状金矿体,同时逆冲断层破碎带中金矿体;背斜倾伏较缓(倾伏角小于 5°),轴面直立、背斜宽缓对称,褶皱空间形态简单,上下不同地层岩石中形态基本一致地段,仅SBT含矿,矿体规模大,品位贫, P_3l 中少见层控型金矿体产出(簸箕田矿段)(刘帅,2014)。

5.2 构造蚀变体控矿

构造蚀变体既是构造界面,又是岩性界面—硅钙界面—地球化学界面,是沉积、构造及热液蚀变作用的综合产物,是区域内成矿流体运移主要通道及金矿体就矿部位,是区内主要金矿化体,矿化范围远远大于 P_3l 层控碳酸盐岩型矿体的矿化范围,金矿体产于背斜轴两侧附近 $500\sim 1\,500\text{ m}$,金矿(化)体受岩溶不整合界面初始地形地貌、背斜空间形态、构造复杂程度、卷入造蚀变体岩石及其顶板岩性组合、厚度、蚀变强度、蚀变种类等因素控制。

5.3 断裂控矿

F_{101} 、 F_{105} 及隐伏断裂(F_{162})平行发育于灰家堡背斜近核部,具有多期活动的特点,表现为逆冲断层,上盘挤压柔皱变形较强,局部岩层直立、倒转,形成牵引背斜,下盘变形较弱,为矿床内导矿和控矿构造,金矿体严格受断层破碎带控制,金矿体产于构造、热液蚀变、岩性耦合地段。走向上断层转弯、倾向上牵引膝褶带及断层陡变缓部位是成矿有利部位。

6 结论

(1)灰家堡背斜是区内控矿构造,背斜空间变形程度和几何形态控制矿体产出空间位置及规模形态。背斜起伏隆起、轴线转向凸起、轴面倾斜、深部构造较浅部构造复杂、褶皱空间形态上下不协调、伴有隐伏冲断层的地段,控制矿层多,矿体规模大,品位富,伴有断裂型金矿体存在。

(2)构造蚀变体是区域内成矿流体形成金矿体的就矿部位,矿化范围大于其上层控碳酸盐岩型矿体的矿化范围,金矿(化)体受岩溶不整合界面初始地形地貌、背斜空间形态、构造复杂程度、卷入造蚀变体岩石及其顶板岩性组合、厚度、蚀变强度、蚀变种类等因素控制。

(3)平行背斜轴线发育的 F_{101} 、 F_{105} 及近核部隐伏逆冲断裂,是区内成矿流体向上穿层运移的通道,即导矿和控矿构造,断裂、蚀变和岩性耦合地段是成矿有利地段。走向上断层转弯、倾向上牵引膝褶带及断层陡变缓部位金矿体就位部位。

[参考文献]

- 陈发恩,张贞翔,刘建中,等.2012.贵州省贞丰县皂矾山金矿地质特征及找矿远景[J].贵州地质,29(4):259-265.
- 靳晓野.2017.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.
- 刘建中,邓一明,等.2006.贵州省贞丰县水银洞层控特大型金矿成矿条件和成矿模式[J].中国地质,33(1):169-177.
- 刘建中,夏勇,等.2008.层控卡林型金矿床矿床模型[J].黄金科学技术,6(3):1-5.
- 刘建中,夏勇,陶琰,等.2012.贵州西南部 SBT 研究[R].贵州:贵州省地质矿产勘查开发局.
- 刘建中,夏勇,等.2014.贵州西南部 SBT 与金锑矿成矿找矿[J].贵州地质,31(4):267-234.
- 刘建中,李建威,张锦让,等.2014.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)[R].35-42.

- 刘建中,王泽鹏,杨成富,等. 2015. 贵州西南部 SBT 分布区与金锦矿成矿机制与成矿模式[J]. 矿物学报, 35(S1): 895-896.
- 刘建中,王泽鹏,王大福,等. 2015. 贵州贞丰金多金属成矿区成矿背景研究及找矿方法试验[R]. 16.
- 刘建中,李建威,侯林,等. 2016. 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[R]. 1-137.
- 刘建中,周宗桂,张明,等. 2016. 黔西南矿集区找矿预测报告[R]. 1-120.
- 刘建中. 2016. 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, 7(1): 32-41.
- 刘建中,王泽鹏,李俊海,等. 2016. 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, 62(S): 117-118.
- 刘建中,杨成富,王泽鹏,等. 2017. 贵州省贞丰县水银洞金矿床地质研究[J]. 中国地质调查, 4(2): 32-41.
- 刘建中,王泽鹏,杨成富,等. 2017. 贵州金矿隐伏矿找矿“五合一”技术应用示范体系[A]. 中国地球科学联合学术年会, P4029-4031.
- 刘建中,李建威,周宗桂,等. 2017. 贵州贞丰-普安金矿整装勘查区找矿与研究新进展[J]. 贵州地质, 133(4): 244-254.
- 刘帅. 2014. 贵州水银洞超大型金矿控矿因素研究[D]. 贵阳: 贵州大学.
- 李志伟,刘和伟,钱祥贵,等. 2000. 不整合界面及其后期转化在金矿成矿中的意义[J]. 大地构造与成矿学, 24(增刊): 52-57.
- 齐少锋,陈发恩,冯琳,等. 2015. 贵州省贞丰县水银洞金矿地质特征及成因浅析[J]. 中国地质调查, 2(6): 53-58.
- 谭亲平. 2015. 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.
- 王砚耕. 1994. 试论黔西南卡林金矿区域成矿模式[J]. 贵州地质, 11(3): 1-7.
- 徐良易. 2016. 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.
- 夏勇,苏文超,等. 2004. 黔西南水银洞层控卡林型金矿床成矿机理初探[J]. 矿物岩石地气化学通报, 25(增刊): 127-129.
- 熊灿娟. 2014. 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.
- 杨成富. 2011. 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.
- 杨炳南,刘建中,等. 2015. 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]. 中国地质学会 2015 学术年会论文摘要汇编(上册)(274-276).
- 张贞翔,陈发恩,刘艳,等. 2014. 贵州省贞丰县雄黄岩金矿床地质特征及找矿方向[J]. 贵州地质, 31(3): 182-189.

Geological Characteristics and Structural Ore Control Analysis of Shuiyindong Super Large Gold Deposit in Zhenfeng County, Guizhou Province

CHEN Fa-en, LIU Jian-zhong, YANG Cheng-fu, LIU Yan, ZHANG Zhen-xiang,
WANG Ze-peng, LI Jun-hai, HE Yan-nan, CHEN Qing-gang, TAN Dai-wei, TAN Li-jin

(1. Technical Innovation Center of Mineral Resources Exploration Engineering in
Bedrock Area and Natural Resources, Guiyang 550081, Guizhou, China; 2. 105 Geological Party,
Guizhou Bureau of Geology and Mineral Exploration and Development, Guiyang 550018, Guizhou, China)

[Abstract] The Shuiyindong super-large gold deposit is located in the north of the Nanpan river-Youjiang river metallogenic belt, more than 290 ton gold resources area prospected, the buried depth of orebody is 150 ~ 1 400 m and it is concealed gold deposit. According to the Metallogenic mode of Shuiyindong gold deposit, Prospecting prediction, Deep drilling verification found buried depth of 600 ~ 1 400 m Concealed gold deposit, The main ore bodies are stratiform, stratiform-like and lenticular and occurrence in the altered body of the parallel unconformity area between the Maokou formation and the Longtan formation and the Longtan formation bioclastic limestone. The amount of gold resources exceeds 140 tons, and achieve a major breakthrough in the exploration of the second degree of gold deposit in Guizhou. The deposit is controlled by Structure. The main ore-control structure is Huijiabao anticline. Anticlinal axis is gentle, The structure is simple, the ore body is only produced in it. In the location of the anticlinal axis undulates, dip Angle variation, Line thrust, axial plane tilt and buried fault development, the gold deposit occurs in altered body, P_3l , P_3C , P_3d , T_1Y_1 . The Stratabound ore body occurs mainly in the middle parts of P_3l , meanwhile the fracture type ore body occurs in its. The special deep uncoordinated transition zone is the concentration occurrence collocations of the gold ore body. Through the analysis and study of ore deposit control structure, summarize ore-controlling regularity, its provide reference for deep metallogenetic prognosis and Ore Exploration of regional gold deposits.

[Key words] Gold deposit; Ore-controlling structure analysis; geological Characteristics; Bojitian; Zhenfeng; Guizhou