贵州西南部灰家堡金矿田勘查研究进展与深部找矿预测

陈发恩[1],刘建中[*2,3],王泽鹏[1,3],刘　艳[1],杨成富[1,3],王大福[1]
李俊海[1,3],何彦南[1],徐良易[1],谭代卫[1],谭礼金[1],万大学[1]

(1. 贵州省地质矿产勘查开发局 105 地质大队,贵州　贵阳　550018;2. 贵州省地质矿产勘查开发局,贵州　贵阳　550004;3. 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)

[摘　要]贵州西南部灰家堡金矿田位于国家级南盘江-右江成矿区带北部,探明金资源量370 t,近东西向灰家堡背斜为矿田控矿构造,矿体呈层状似层状产于背斜轴线 300～1 000 m 范围,埋深 0～1 400 m,是理论找矿的典型范例。为燕山期成矿。构造地球化学弱信息指示了深部隐伏矿存在的可能,地球物理判别了深部构造形态,为深部工程验证提供间接依据;矿田内局部地段矿体未圈边、深部断裂发现厚大矿体;根据找矿预测模型,开展深部找矿预测,仍有较好找矿潜力。

[关键词]金矿;深部预测;勘查研究进展;灰家堡金矿田;西南部;贵州
[中图分类号]P618.51　[文献标识码]A　[文章编号]1000-5943(2020)-02-0115-09

1　概况

灰家堡金矿田位于贵州省西南部,行政区划属于黔西南州贞丰县和兴仁县,近东西向灰家堡背斜为矿田主体构造,1981 年首先于雄黄岩发现金矿信息,矿田由水银洞超大型和紫木凼特大型金矿床及滥木厂大型汞(铊、金)和大坝田中型汞矿床组成。2010 年以前,探明金资源量 130 t,2011 年至 2019 年,通过国家级贞丰-普安金矿整装勘查,在灰家堡背斜重点勘查区取得重大找矿突破,新增金资源量 240 t,累计查明矿田内金资源量 370 t,成为贵州及“滇黔桂”金三角最大黄金资源产地。目前已建成黄金生产矿山两座(水银洞和紫木凼),在建黄金矿山两座(长田和太平洞),将形成年处理矿石 100 万 t,年产黄金 5 t 的生产规模。通过近年勘探和科研成果,深部仍有找矿潜力,有望超过 400 t(刘建中等,2017)。

区内深部金矿找矿突破是理论→实践→再认识→创新→再实践的过程,查明矿体埋深 0～1 400 m,在滇黔桂“金三角”地区隐伏矿找矿具有引领示范作用(刘建中等,2017)。

2　地质背景

2.1　区域地质

矿田位于国家级南盘江-右江成矿区带北部的滇黔桂“金三角”矿集区。大地构造位处扬子陆块与华夏陆块接合部位。

区域出露地层主要为泥盆系至三叠系,以三叠系分布最广,泥盆系至中二叠统为碳酸盐岩(主)夹细碎屑岩和硅质岩,上二叠统至三叠系分为台地相和盆地相的沉积:台地相区为碳酸盐夹细碎屑岩沉积,盆地相区为细碎屑岩夹碳酸盐岩沉积。

区域构造定型于燕山期,属前陆冲断褶皱带,

[收稿日期]2019-11-04　[修回日期]2020-02-22
[基金项目]国家自然科学基金联合项目(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。Email:2585364825@qq.com

主要构造线有北西西、北西、北东及南北向，以紧闭的背斜与宽缓的向斜相间排布构成隔槽式褶皱为主，背斜轴附近伴有低角度逆冲断层，属于典型的薄皮构造，是地壳浅层复杂滑脱作用的产物。主滑脱面为中上二叠统（茅口组与龙潭组或峨眉山玄武岩组）之间的假整合面。

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

区域内地表浅部 Au-As-Hg-Sb 成矿元素异常均分布在背斜构造带上，各元素组合异常分布区是成矿有利区段。

2.2　矿田地质

2.2.1　地层

矿田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）：灰岩、生物灰岩，厚度>400 m。

龙潭组（P_3l）：上部为细砂岩、粉砂岩、粘土岩夹煤线与生物碎屑灰岩、泥灰岩组成不等厚互层；中部为粉砂岩、粘土岩夹生物屑灰岩及煤线；下部为粉砂岩、粘土岩夹生物屑灰岩透镜体。厚度 218.09～567.21 m，为沿层矿（化）体主要赋矿层位。

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

大隆组（P_3d）：为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）：顶部为泥灰岩夹灰岩；中部为灰岩、鲕粒灰岩组成不等厚互层夹泥灰岩；下部为泥灰岩与灰岩组成不等厚互层，为切层断控矿（化）体主要赋矿层位。厚度 538.49～550.85。

永宁镇组（T_1yn）：为灰岩、白云质灰岩、白云岩及粘土岩，厚度>100 m。

2.2.2　构造

矿田内以近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）。

灰家堡背斜：为矿田的主干构造及控矿构造，总体为近东西向区域性宽缓背斜，长 25 km，宽 6 km，不同地段构造形态有所差异。太平洞以西为背斜向西倾伏，受 F1 逆断层影响，地表与深部轴线不协调，浅部轴线向北移，岩层倾角 15°～25°，北陡南缓，轴面南倾，倾角 65°～70°，深部有隐伏断裂，构成 F1 上盘牵引褶皱；太平洞至落水洞地段受后期构造叠加改造轴线转为北西向，岩层倾角 5°～35°之间，北陡南缓，轴面南倾，倾角 65°～70°；秦家湾至皂凡山地段核部地层近于水平，岩层倾角 10°～20°，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凸起呈弧线，轴面南倾，倾角 65°～80°，

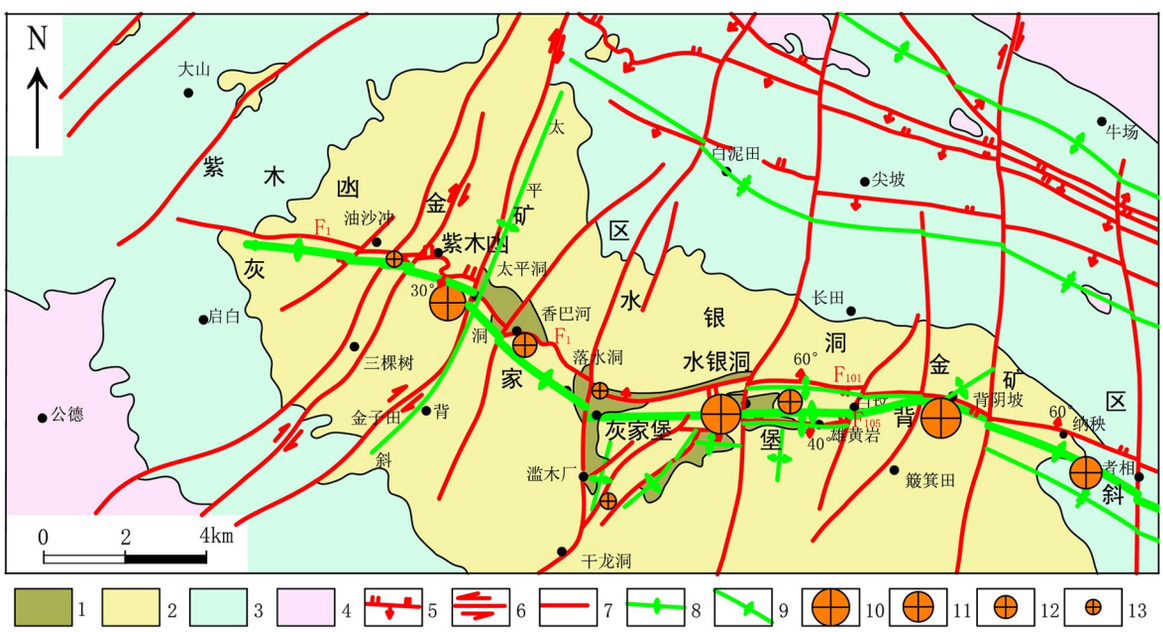

图 1　贵州西南部灰家堡背斜金额矿田区域地质矿产图

Fig. 1　Regional geological and mineral map of Jine ore field in Huijiabao anticline in southwest Guizhou

1—龙潭至大隆组；2—夜郎组；3—永宁镇组；4—关岭组；5—逆断层；6—平移断层；7—性质不明断层；8—背斜轴线；9—向斜轴线；10—特大型金矿床；11—大型金矿床；12—中型金矿床；13—小型金矿床

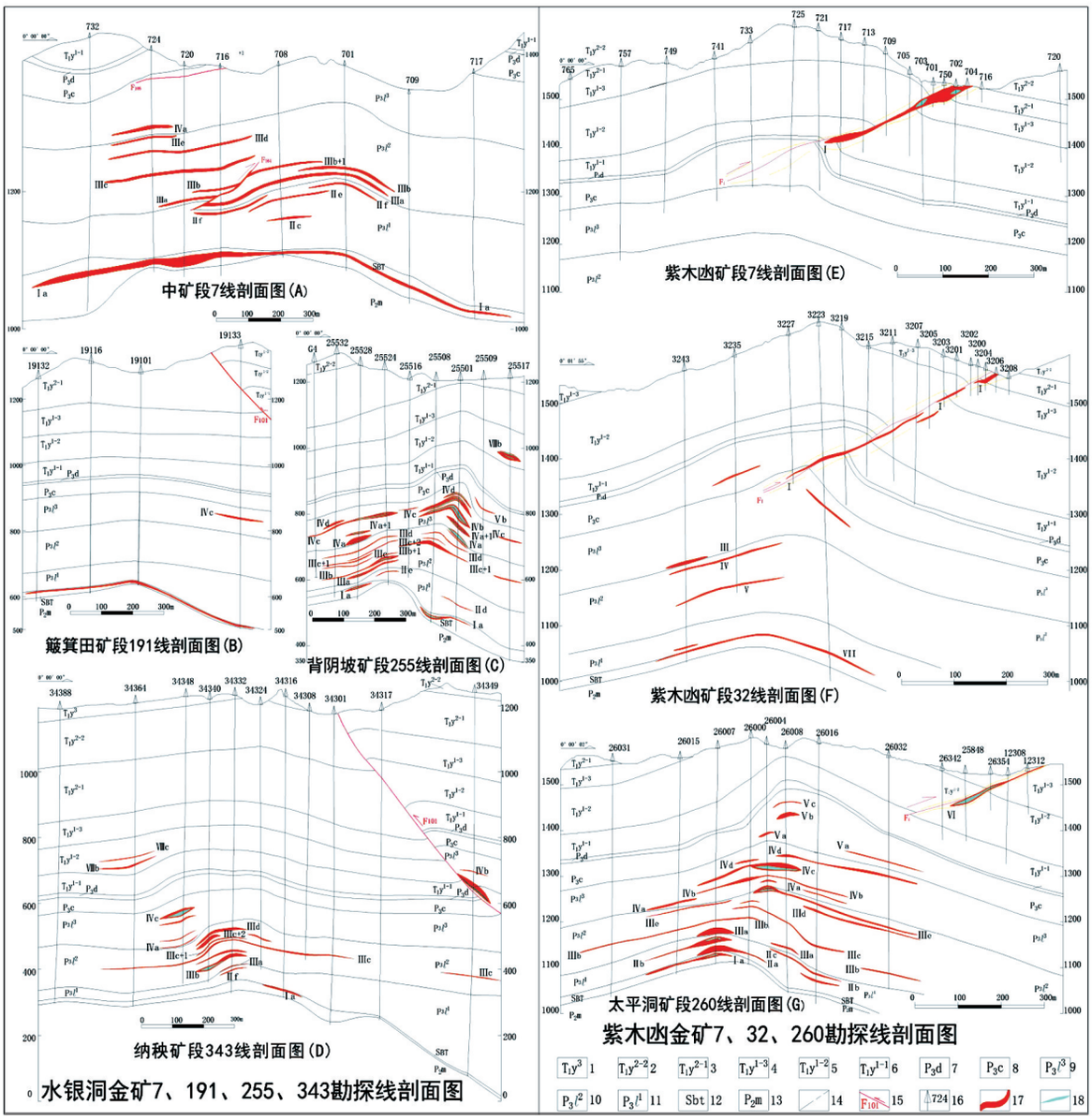

图 2　灰家堡金矿田联合剖面图(陈发恩,2018)

Fig. 2　Joint profile of the Huijiabao gold ore field(Chen Fa-en, 2018)

1—三叠系下统夜郎组三段;2—三叠系下统夜郎组二段二亚段;3—三叠系下统夜郎组二段一亚段;4—三叠系下统夜郎组一段三亚段;5—三叠系下统夜郎组一段二亚段;6—三叠系下统夜郎组一段一亚段;7—二叠系上统大隆组;8—二叠系上统长兴组;9—二叠系上统龙潭组三段;10—二叠系上统龙潭组二段;11—二叠系上统龙潭组一段;12—构造蚀变体;13—二叠系中统统茅口组;14—地层界线;15—断层及编号;16—钻孔编号;17—矿体;18—夹石

北陡南缓,深部局部近直立,北翼地层倾角 20°～50°,南翼地层倾角 10°～15°,近核部发育隐伏断层;化嘎至纳秧地段地表两翼基本对称,轴面近直立,深部两翼不对称,轴面倾向南或北,深部有隐伏断裂或扰曲,两翼背斜近核部 500～1 000 m 范围内控制了金矿体的产出(图 1)。

东西向断裂:出露地表有 F_1(紫木凼断层)、F_{105}(雄黄岩断层)、F_{101}(普子垅断层);断面倾向南或北,倾角 0°～60°,上陡下缓,倾向延深 50～1 200 m。走向、倾向上呈舒缓波状。上下盘岩层都出现牵引揉褶、破碎,揉褶破碎带宽 5～50 m。深部隐伏有 F_{168}及 F_{120}等断裂。

北东向断裂:具有平移性质。倾角 60°～80°,破碎带宽 6～34 m,角砾岩发育,被方解石、泥质胶结。

南北向断裂:为平移断裂,倾角较陡,破碎带宽 3～25 m ,角砾岩发育,被方解石、泥质胶结。

构造蚀变体:沿 P_2m 与 P_3l 不整合界面呈层

状产出(简称 *SBT*),厚度 1.50～51.32 m,平均厚度 20.29 m,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 正常的灰岩的渐变,矿化蚀变强度依次由弱→强→弱,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)。

3　矿体地质

3.1　矿体特征

矿田内金矿产于灰家堡背斜轴部 500～1 000 m 范围,呈层状、似层状、透镜状、板状、脉状产出,走向上具波状起伏、空间上多个矿体重叠分布(图 2)。按空间产出特征分为顺层矿体和切层矿体两类:

顺层矿体按赋矿岩石分为构造蚀变角砾岩型和碳酸盐岩型。

构造蚀变角砾岩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 2)。以水银洞金矿主矿体Ⅰa-1 为典型代表。

Ⅰa-1 矿体:赋存于构造蚀变体(SBT)中,东西走向长 2 700 m,南北倾向宽 200～950 m,局部地段出现无矿天窗和矿化地段,品位变化系数 93.69%,有用组分分布均匀,厚度变化系数 89.46%,厚度较稳定。查明金资源量69 252.08 kg,单矿体达特大型矿床规模。

碳酸盐岩型矿体产于灰家堡背斜轴部及近轴部 P_3l 中不纯生物碎屑灰岩含矿层中,P_3l^2中有 8 个含矿层,P_3l^3中有 6 个含矿层(图 2)。以水银洞金矿Ⅲc-9 和Ⅳc-5 矿体为特征。

Ⅲc-9 矿体:赋存于 P_3l^2中部生物碎屑灰岩中,平面上呈长条状不规则多边形,倾向北或南,走向长 1 150 m,倾向宽 40～680 m,品位变化系数 113.76%,有用组分分布较均匀,厚度变化系数 67.92%,厚度稳定,查明金资源量 11 868.98 kg,达中型矿床规模。

Ⅳc-5 矿体:赋存于 P_3l^3中部生物碎屑灰岩中,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 80.97%,有用组分分布均匀,厚度变化系数 143.31%,厚度较稳定,查明金资源量 8 696.97 kg,达中型矿床规模。

切层矿体产出于 F_1、F_{101}、F_{105}断层及深部隐伏断层破碎中(图 2)。以紫木凼金矿床Ⅰ号矿体为代表。

Ⅰ号矿体:严格受 F_1 断裂破碎带控制,呈板状、似板状沿产出,赋矿层位主要为 T_1y^1、其次为 P_3c+d、P_3l,走向延伸大于 1 700 m,倾向南,倾角 11°～25°,倾向延深 300～500 m,局部地段有无矿天窗,厚度变化系数 95%,厚度较稳定,品位变化系数 105%,有用组份分布较均匀,查明金资源量超过 36 000 kg,单个矿体达大型矿床规模。

3.2　热液蚀变

矿田内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。

3.3　容矿岩石及矿物组成

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。

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。

3.4　金赋存状态

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。属难选冶硫化物型矿石。

4　勘查进展及认识

4.1　找矿理论的拓展认识

矿田内金矿找矿勘查是理论→实践→再认识→创新→再实践的过程。依据西段紫木凼金矿建立两层楼找矿模式(郭振春等,1994)预测东段水银洞金矿(中矿段)成功(刘远辉等, 1994),依据水银洞金矿(中矿段)勘探成果建立灰家堡矿田找矿模式(刘建中等,2003)预测水银洞超大型金

矿东段(雄黄岩、簸箕田、纳秧及者相等矿段)成功。矿体产出从断控为主(紫木凼)→层控为主(水银洞)。矿体空间分布从灰家堡背斜轴部附近 300 m→500～800 m→1 000 m 逐步认识。矿体埋深从 0～300 m→500 m→800 m→1 400 m 逐步加深。生产勘探发现隐伏断裂型工业矿体(杨康等,2017)。矿田内隐伏矿找矿成果显著,实现深部找矿重大突破,近 10 年新增金资源量 255 t,累计查明金资源量 370 t(水银洞矿区 290 t,紫木凼矿区 80 t),成为贵州省最大黄金资源产地,对滇黔桂"金三角"地区隐伏矿找矿具有引领示范作用。深部仍有找矿空间,有望突破 400 t。

4.2　构造控矿规律认识

4.2.1　灰家堡背斜控矿

近东西向灰家堡背斜控制了矿田内金、汞矿床的产出,为矿田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的空间位置及规模形态,特别是背斜轴部隆起、轴向转向变化、倾伏陡缓变化、空间上褶皱上下不协调或伴有隐伏逆冲断裂地段,深部构造较浅部构造复杂,空间上有多层上下交错叠置的含矿层,是矿体集中产出地段,也是富矿的主要产出部位。

4.2.2　构造蚀变体控矿

构造蚀变体是沉积作用、滑脱构造作用及热液作用的综合产物,是区域内金矿体就矿主要部位之一,矿田内金矿体及矿化范围远远大于层控碳酸盐岩型和断控型矿体的矿化范围,金矿体产于背斜轴两侧附近 500～1 000 m,金矿(化)体受不整合界面、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、厚度、蚀变强度、蚀变种类等因素控制。

4.2.3　断裂控矿

F_1、F_{101}、F_{105}及隐伏断裂(F_{162})具有多期活动的特点,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,为矿田内导矿和容矿构造,金矿体严格受断层破碎带控制,矿体产于构造、热液蚀变、有利岩性耦合地段。断层转向、交汇、牵引膝褶带发育及陡变缓部位最有利就矿。

4.3　赋矿层位电性认识

通过音频大地电磁法(AMT)剖面测量显示:上部夜郎组-永宁镇组碳酸盐岩表现为高阻;中部龙潭组-大隆组碎屑岩表现为低阻;下部茅口组灰岩表现为高阻。剖面上表现为上部高组-中部低组-下部高组的三元分层结构,主要含矿地层龙潭组(低组)夹在上覆和下伏高组碳酸盐之间。横向连续性较好,起伏明显。断层总体显示为二维板状体异常向下延伸,有低阻断层和高阻断层,横向上视电阻率曲线发生了较明显的下陷或上凸,电性差异明显,为一个很明显的不连续性面。推断深部背斜形态和隐伏断裂的位置及产状,为深部工程验证提供间接依据。

4.4　构造地球化学进展

近年来构造(岩石)化探成果显示:矿田内 Au、As、Sb、Hg、Tl 组合异常主要沿灰家堡背斜轴线及断裂展布,深部成矿元素异常梯度降低方向与灰家堡背斜倾伏向一致,指示了隐伏矿体的延伸方向,对寻找隐伏矿有很好指导作用。Au、As、Sb、Hg、Ag、W 为矿田的最佳指示元素, As、Sb、Hg、Tl 为前缘晕元素,Au、As、Ag 为矿晕元素,W 是尾晕元素。R 型因子分析显示 Au、As、Sb、Hg、Tl、Ag、W 高得分区域与矿体位置高度耦合,揭示了金矿富集的矿化信息。

5　成矿作用研究

5.1　物质来源

硫同位素:经水银洞含金黄铁矿的原位同位素测定,黄铁矿内核($\delta^{34}S = -31.77‰ \sim 41.44‰$)显示沉积硫特征,含金的环带($\delta^{34}S = 2.69‰ \sim 3.16‰$)显示幔源硫特征(刘建中等,2014 年)。

铅同位素:水银洞金矿热液黄铁矿$^{206}Pb/^{204}Pb$ 为 17.942 ～ 18.452,$^{207}Pb/^{204}Pb$ 为 15.532 ～ 15.642,$^{208}Pb/^{204}Pb$ 为 38.158 ～ 38.729,铅同位素组成有较大的变化,具低 μ 值的特点,部分样品靠近低 μ 值上限(9.58),黄铁矿铅主要来源上地幔,有上地壳铅的混合或混染。

碳氧同位素:矿石中方解石碳同位素主要表现为地幔碳范畴,碳、氧同位素投点较多的落入花岗岩区域,显示了成矿作用与花岗岩的密切关系。

5.2　包裹体测温及成矿年代学

矿田内 200 个流体包裹体显微测温显示金矿

主成矿期流体包裹体的均一温度为 200℃～220℃，盐度 5～6Wt%NaCl；成矿流体具有很高的压力（1 000～2 000 bar），具中-低温超高压热液成矿的特点。方解石的 Sm-Nd 年龄 134-136±3 Ma（苏文超等，2009），为燕山期成矿。

5.3　成矿模式

成矿流体主要来自地幔深部，有地壳的混合或混染，成矿作用与深部隐伏花岗岩的关系密切。富含 CH_4-N_2-CO_2 和 Au^{1+}、Sb^{3+}、Hg^{2+}、As^{3+}、H_2O 高压成矿流体，沿深大断裂上涌至背斜（穹窿）近核部 P_2m 与 P_3l 间区域构造滑脱面时，受 P_3l^1 粘土岩封闭阻挡，流体沿区域构造滑脱面侧向运移，流体与构造滑脱面发生水岩反应形成构造蚀变体-SBT，在背斜轴部富集金矿体，流体沿背斜轴部及近轴部断裂及节理裂隙向上运移至渗透性较好碳酸盐岩，受碳酸盐岩顶底板粘土岩封闭阻隔，沿孔隙度大的碳酸盐岩侧向运移并富集形成层控碳酸盐型矿体，剩余流体沿背斜轴部纵向断裂构造继续往上运移，在有利部位富集形成的断裂型矿体（图 3）。

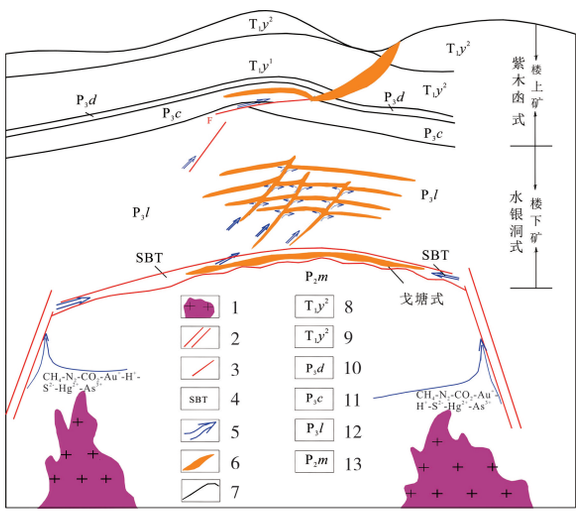

图 3　灰家堡金矿田成矿模式（据刘建中等，2005）

Fig. 3　Metallogenic model of the Huijiabao gold ore field

（According to Liu Jianzhong, 2005）

1—隐伏花岗岩体；2—深大断裂；3—断层；4—构造蚀变体；5—矿液运移方向；6—金矿体；7—地层界线；8—夜郎组二段；9—夜郎组一段；10—大隆组；11—长兴组；12—龙潭组；13—茅口组

6　深部找矿预测

6.1　水银洞金矿深部找矿预测

构造蚀变体：是矿田内成矿流体运移主要通道及金矿体就矿部位，矿化范围大于 P_3l 层控碳酸盐岩型矿体的矿化范围，在远离背斜轴线向两翼 800～1 000 m 仍有工业矿体存在，见表 1，目前钻孔控制主要背斜轴线向两翼 400 m，局部地段构造蚀变体中Ⅰa 矿体未圈边，仍有 200～400 m 找矿空间，走向长有 6 km，矿体埋深在350～1 400 m，控矿要素齐全，见表 2，具有较大找矿潜力。

F_{101}断层：近年来在簸箕田、纳秧等矿段断层破碎带及旁侧发现金矿体，局部存在厚大金矿体（如 ZK28733 垂厚 26.92 m，平均品位 4.56 g/t）。出现厚大矿体地段为上下盘都是夜郎组一段（T_1y^1）泥灰岩（见图 4B），目前揭穿 F_{101}断层破碎带的钻孔较少，但都有矿化显示，延深有 400～800 m 找矿空间，走向长有 8 km，矿体埋深在 330～1 000 m，成矿条件好，见表 2，具有较大找矿潜力。

深部隐伏断裂：近年来在水银洞矿区中矿段生产勘探和纳秧矿段勘探工作中，在深部龙潭组一段（P_3l^1）粉砂岩和粘土质粉砂岩中发现走向与背斜轴线平行的隐伏断裂控制的金矿体，为石英白云石脉含矿，脉宽一般 0.2～0.8 m，品位（Au）3～20 g/t，矿体走向长 100～350 m，倾向延深 30～50 m，局部为厚大矿体（如 ZK42733 垂厚 13.66 m，平均品位 7.04 g/t），埋深 250～1 200 m。成矿条件好，见表 2，有一定找矿潜力，在今后生产勘探和外围勘查工作中应加强研究和引起重视。

6.2　紫木凼金矿区深部找矿预测

紫木凼矿区紫木凼矿段勘探阶段只对发育于龙潭组上部至夜郎组下部的 F_1 断裂带中矿体进行系统控制，仅有零星工程揭露龙潭组中层控型碳酸盐岩矿体，在局部地段存在高品位矿体（ZK3225 垂厚 3.7 m，平均品位 8.02 g/t），构造蚀变体中仍有工业矿体（图 4A）。成矿条件较好，见表 2，是深部找矿有利地段，在紫木凼矿段及以西小紫冲-姚家大坡一带位于灰家堡背斜西段倾伏端，地表夜郎组地层中有 Au、As、Sb、Hg 低缓异常，有矿化蚀变，显示深部有成矿作用，物探剖面较好显示深部背斜存在，主要赋矿地层龙潭组埋深 320～700 m，走向长 6 km，深部构造蚀变体存在，具备成矿条件，见表 2，具有较大找矿潜力。

表 1　水银洞金矿远离背斜轴钻孔深部见矿情况表

Table 1　Mining conditions in the deep hole of the Shuiyin Dong gold deposit far from the anticline

矿段	钻孔	北翼/南翼	距轴线距离(米)	含矿层	埋深(米)	矿体垂厚(米)	品位极值($Au\times10^{-6}$)	品位平均值($Au\times10^{-6}$)
中矿段	ZK3181	北翼	850	Ⅰa	663.73	10.96	1.39～6.84	4.17
	ZK30001	北翼	950	Ⅰa	681.34	2.01	1.26～1.61	1.44
雄黄岩矿段	ZK15112	南翼	1 208	Ⅰa	363.33	0.92	1.28	1.28
	ZK9781	北翼	890	Ⅰa	806.96	5.08	1.86～18.00	5.08
	ZK12972	北翼	827	Ⅲd	408.55	0.80	5.63	5.63
				Ⅳd	445.15	2.43	1.15～1.36	1.24
簸箕田矿段	ZK1672	南翼	821	Ⅰa	238.05	4.97	1.56～2.18	1.83
					245.83	1.80	1.01～1.07	1.04
					287.84	2.75	1.18～1.32	1.26
					302.2	1.45	1.57	1.45
背阴坡矿段	ZK16773	北翼	1 070	F_{101}断裂	578.36	0.82	1.96	1.96
					736.36	1.80	1.21～1.36	1.28
	ZK28797	北翼	1 010	F_{101}	1 082.08	3.78	1.05～2.01	1.45
				Ⅱb	1 110.67	2.04	1.92～1.96	1.94
				Ⅰa	1 190.08	5.94	1.15～2.34	1.58
纳秧矿段	ZK34381	北翼	1 100	断裂	1 149.25	3.57	1.98～2.96	2.44
	K42733	北翼	625	断裂	1 017.28	13.66	2.56～16.00	7.00
	ZK43941	北翼	909	Ⅱb	1 313.28	1.20	3.25	3.25
				断裂	1 331.28	7.00	1.24～3.25	2.02
				Ⅰa	1 398.3	2.98	1.63～3.59	2.51

表 2　灰家堡矿田各地段深部找矿预测要素情况表

Table 2　Elements for deep ore prospecting in various sections of the Huijiabao ore field

预测地段		水银洞金矿区			紫木凼金矿区		
		构造蚀变体(SBT)	F_{101}断裂	深部隐伏断裂	紫木凼矿段深部	姚家大坡-大箐坡	三棵树-干龙洞
控矿要素	构造	背斜轴线1 000 m以内	F_{101}断裂破碎带	隐伏断裂破碎带	隐伏断裂破碎带	背斜西段核部倾伏端	南北向、东西向、北西向背斜断裂叠加
	地层	P_3l^1	P_3l、T_3y^1	P_3l	P_3l	P_3l、T_3y^1	P_3l、T_3y^1
	岩性	角砾岩、角砾状粘土质粉砂岩	角砾岩、生物灰岩、泥灰岩、粘土质粉砂岩、钙质砂岩	生物灰岩、泥灰岩、粘土质粉砂岩、钙质砂岩	生物灰岩、泥灰岩、粘土质粉砂岩、钙质砂岩	角砾岩、生物灰岩、泥灰岩、粘土质粉砂岩、钙质砂岩	角砾岩、生物灰岩、泥灰岩、粘土质粉砂岩、钙质砂岩
	化探	Au、As、Sb、Hg异常	Au、As、Sb、Hg异常	Au、As、Sb、Hg异常	Au、As、Sb、Hg异常	Au、As、Sb、Hg异常	Au、As、Sb、Hg异常
	蚀变	硅化、黄铁矿化、方解石化、辉锑矿化、萤石化	硅化、黄铁矿化、方解石化	硅化、黄铁矿化、方解石化、白云石化雄(雌)黄化	硅化、黄铁矿化、方解石化、白云石化雄(雌)黄化	地表有硅化、方解石化	地表有硅化、方解石化
	矿(化)体	矿体未圈边	矿化普遍存在,局部发现矿体	发现石英-白云石脉含矿,深部钻探发现隐伏含矿体	发现石英-白云石脉含矿,深部钻探发现隐伏含矿体	有矿化体存在,深部构造蚀变体存在	有矿化体存在,深部构造蚀变体中发现矿体
找矿潜力		有较大找矿潜力	有较大找矿潜力	有一定找矿潜力	有较大找矿潜力	有找矿潜力	有找矿潜力

在紫木凼矿区以南三棵树-金子田-干龙洞一带为东西向灰家堡背斜和南北向太平洞背斜叠加部位的过渡地段,灰家堡背斜轴面呈向北凸起向南倾的弧形面,深部可能存在与背斜轴面平行的隐伏断裂,是成矿的有利地段。2018 年贵州省地矿局 105 地质大队开展的 1∶5万大山幅矿调时,构造地球化学测量成果显示该地段存在串珠状低缓 Au、As、Sb、Hg 综合异常,指示深部有成矿流体活动,2012 年在杨家湾施工钻孔深部 SBT 中发现金矿体。该地段也具有找矿潜力。

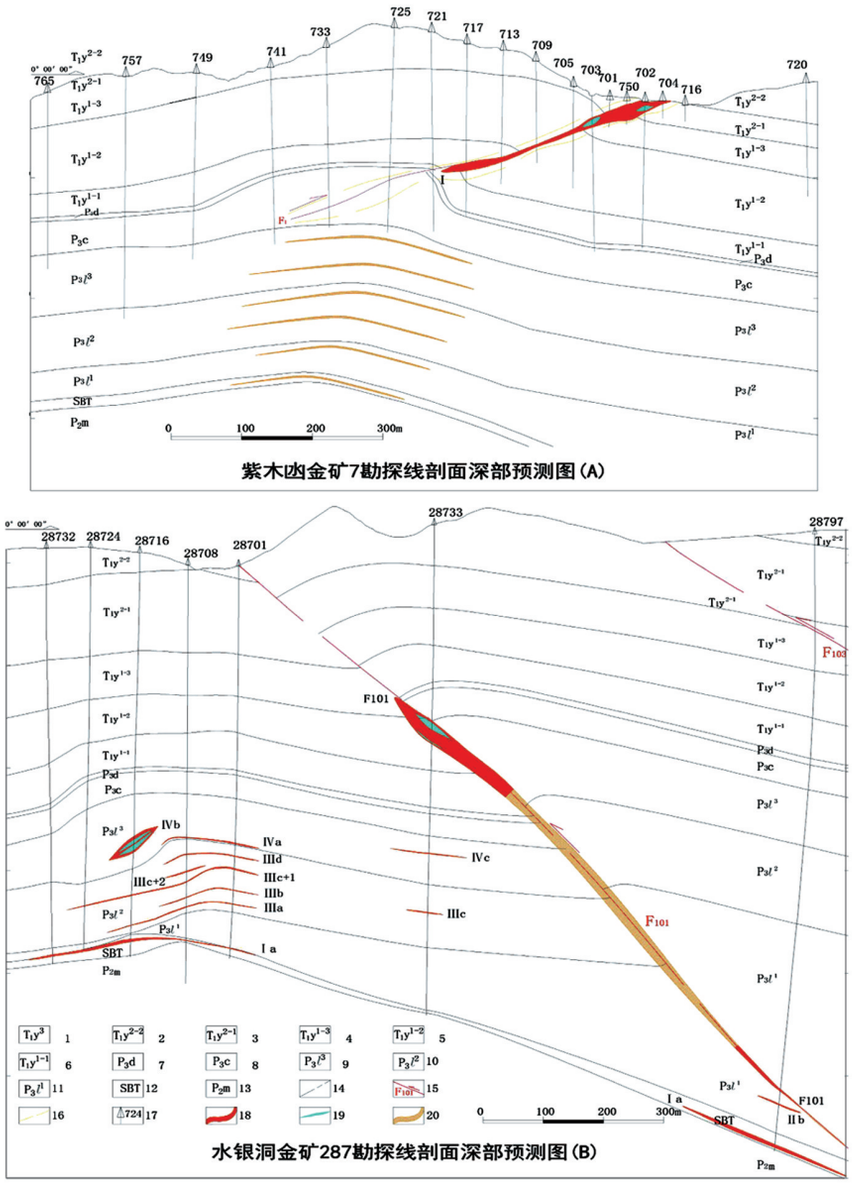

图 4　灰家堡金矿田深部预测联合剖面图(陈发恩,2018)

Fig. 4　Joint profile of deep prediction of the Huijiabao gold ore field (Chen Faen, 2018)

1—三叠系下统夜郎组三段;2—三叠系下统夜郎组二段二亚段;3—三叠系下统夜郎组二段一亚段;4—三叠系下统夜郎组一段三亚段;5—三叠系下统夜郎组一段二亚段;6—三叠系下统夜郎组一段一亚段;7—二叠系上统大隆组;8—二叠系上统长兴组;9—二叠系上统龙潭组三段;10—二叠系上统龙潭组二段;11—二叠系上统龙潭组一段;12—构造蚀变体;13—二叠系中统茅口组;14—地层界线;15—断层及编号;16—矿化蚀变界线;17—钻孔编号;18—揭露矿体;19—夹石;20—深部预测矿体

7　结论

(1)构造蚀变体矿化范围大于顺层矿化和切层断裂矿化的矿化范围,在灰家堡背斜轴线 800～1 000 m 外仍有工业矿体存在,东段主要控制背斜轴线 400 m 以内矿体,局部地段构造蚀变体中矿体未圈边,西段只有零星工程揭露构造蚀变体,发现工业矿体,深部具有较大找矿潜力。

(2)F101 断层既是导矿构造,又是容矿构造。断裂、热液蚀变、有利岩性耦合地段是成矿有利部位。目前揭穿钻孔较少,矿化显示明显,局部地段发现厚大透镜状矿体,延深有 400～800 m 找矿空间,深部具有较大找矿潜力。

(3)生产勘探发现深部龙潭组一段粉砂岩和粘土质粉砂岩中隐伏断裂控制的含金石英白云石脉,初步查明矿体有一定规模,局部有厚大矿体,今后应加强研究和引起重视。

(4)紫木凼矿段深部龙潭组中有零星工程发现层控型碳酸盐岩矿体,具有较大找矿潜力。

(5)紫木凼金矿区西部外围为灰家堡背斜西段倾伏端;南部为东西向灰家堡背斜和南北向太平洞背斜叠加部位的过渡地段,深部可能存在与背斜轴面平行隐伏断裂,是成矿的有利地段。

[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.

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,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,陶琰,等. 2014. 贵州西南部 SBT 与金锑矿成矿找矿[J]. 贵州地质,31(4):267-272.

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.

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.

刘建中,王泽鹏,杨成富,等. 2015. 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,35(S1):895-896.

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. 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:P4029-4031.

刘远辉,刘建中,郭振春,等. 1994《贵州省西南部灰家堡-贞丰背斜金(铊)成矿预测报告》[R]. 1-120.

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.

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.

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.

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.

Exploration research Progress and Deep Prospecting Prediction of Huijiabao Gold Ore Field in Southwest Guizhou

CHEN Fa-en[1], LIU Jian-zhong[2,3], WANG Ze-peng[1,3], LIU Yan[1], YANG Cheng-fu[1,3], WANG Da-fu[1], LI Jun-hai[1,3], HE Yan-nan[1], XU Liang-yi[1], TAN Dai-wei[1], TAN Li-jin[1], WAN Da-xue[1]

(1.105 *Geological Party*, *Guizhou Bureau of Geology and Mineral Exploration and Development*, *Guiyang* 550018, *Guizhou*, *China*; 2. *Guizhou Bureau of Geology and Mineral Exploration and Development*, *Guiyang* 550004, *Guizhou*, *China*; 3. *Engineering Technology Innovation Center of Mineral Resources Explorations in Bedrock Zones*, *Ministry of Natural Resources*, *Guiyang* 550081, *Guizhou*, *China*)

[**Abstract**] The Huijiabao gold ore field in the southwest of Guizhou is located in the northern part of the state-level Nanpanjiang-Youjiang metallogenic belt. The proven gold resource is 370 tons. The layer-like shape is produced in the anticline axis range of 300-1000m, and the burial depth is 0-1400m. It is a typical example of theoretical prospecting. For Yanshanian metallogenesis. Weak tectonic geochemical information indicates the possibility of deep concealed ores. Geophysical discrimination of deep tectonic forms provides an indirect basis for deep engineering verification. The thick ore bodies were found in the ore body without rims and deep faults in local sections. There is still a good prospecting potential in the prospecting model for deep prospecting.

[**Key Words**] Gold deposit; Deep prediction; research progress; Huijiabao gold ore field; Southwest; Guizhou