层控卡林型金矿床矿床模型*
——贵州水银洞超大型金矿

刘建中[1] 夏勇[2] 张兴春[2] 邓一明[3] 苏文超[2] 陶琰[2]
1. 贵州省地质矿产勘查开发局 105地质大队,贵州 贵阳 550018
2. 中国科学院地球化学研究所 矿床地球化学重点实验室,贵州 贵阳 550002
3. 贵州紫金矿业股份有限公司,贵州 贞丰 562200

摘 要:位于滇黔桂"金三角"灰家堡矿集区东段的水银洞超大型金矿床,是成矿预测的成功范例,二度空间找矿取得了重大突破。我们从成矿构造背景、矿床产出地质环境、地质特征、同位素组成、包裹体特征、矿石矿物组合、热液蚀变、矿床(体)空间分带等方面建立了水银洞层控卡林型金矿矿床模型,总结了找矿标志,对于此类金矿找矿有一定的借鉴意义。

关键词:超大型;金矿床;层控卡林型;Sbt;水银洞;贵州
中图分类号:P618.51 **文献标识码**:A **文章编号**:1005-2518(2008)03-0001-05

1 成矿构造背景

黔西南地区大地构造位置处于扬子准地台与华南褶皱系2个Ⅰ级构造单元的交汇部位,大部分地区属华南褶皱系右江褶皱带。大致以云南个旧—贵州普定—广西宾阳3点连线的三角形区域,由区域性北东向弥勒—师宗深断裂、东西向个旧—宾阳深断裂、北西向南丹—昆仑关深断裂围限的三角形夹块,构成了滇黔桂"金三角"(图1)。

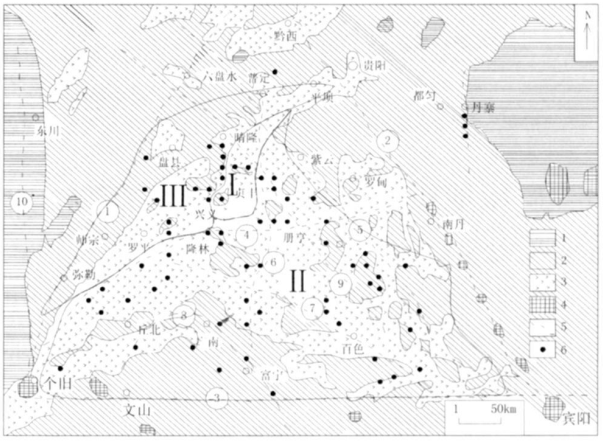


图1 中国西南滇黔桂"金三角区"地质简图
(据杨科佑 1992年资料改编)
1. 元古宇—震旦系;2. 古生界;3. 三叠系;4. 花岗岩体;5. 深断裂;6. 金矿床和金矿点;①师宗—弥勒深断裂;②南丹—昆仑关深断裂;③个旧—宾阳深断裂;④开远—平塘深断裂;⑤紫云—垭都深断裂;⑥普定—册享深断裂;⑦右江深断裂;⑧文山—广南—富宁弧形深断裂;⑨晴隆—册享深断裂;⑩小江深断裂;Ⅰ兴仁—安龙金矿带;Ⅱ右江金矿带;Ⅲ晴隆—罗平金矿带

2 产出地质环境

2.1 主要控矿构造

根据成矿地质环境和成矿作用特征,将"金三角"划分为3个成矿带:兴仁—安龙金矿带,右江金矿带,晴隆—罗平金矿带。水银洞金矿位于兴仁—安龙金矿带中部的灰家堡矿集区东段,矿集区主干构造为东西向展布的两翼大致对称的宽缓灰家堡背斜(图2)。灰家堡背斜轴部直接控制了金矿产出。

2.2 赋矿岩石特征

水银洞金矿的赋矿层位有龙潭组和Sbt。上二叠统龙潭组为海陆交互相沉积,主要为粉砂岩、砂岩、粘土岩、灰岩及煤线组合,特别是顶底板皆为炭质粘土岩或粉砂质粘土岩的生物碎屑灰岩成为主矿体的容矿岩石,控制了层状、似层状矿体的产出,而顶底板炭质粘土岩或粉砂质粘土岩则无含矿显示。薄层碳酸

* **收稿日期**:2008-04-07;**修订日期**:2008-04-25.
基金项目:贵州省自然科学基金项目"贵州省贞丰县水银洞金矿成矿特征及金的超常富集作用"(编号:20033056)、中国科学院地球化学研究所(贵阳)与贵州紫金合作项目"贵州省贞丰县水银洞金矿成矿机理研究"、贵州省科学技术基金项目"卡林型金矿区碳酸盐脉地球化学及其对隐伏矿体的指示作用"(编号:2100)联合资助.
作者简介:刘建中(1966-),男,高级工程师,从事矿床地质勘探工作.

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

盐岩与其顶底板的炭质粘土岩或粉砂质粘土岩构成特殊的岩石组合,顶底板形成良好的遮档屏蔽层,构造作用过程中,迫使含矿热液沿孔隙度大的碳酸盐岩层侧向运移并最终富集形成层状矿体。Sbt为 P_2m 和 P_3l 不整合界面间的区域性构造活动的产物,主要为硅化角砾状粘土岩和强硅化角砾状灰岩组合,是含矿热液远距离运移的通道,也是Ⅰa矿体的就位场所。

2.3 成矿时代

区域构造定型于燕山期,成矿年龄为 60～80Ma,属于燕山晚期。

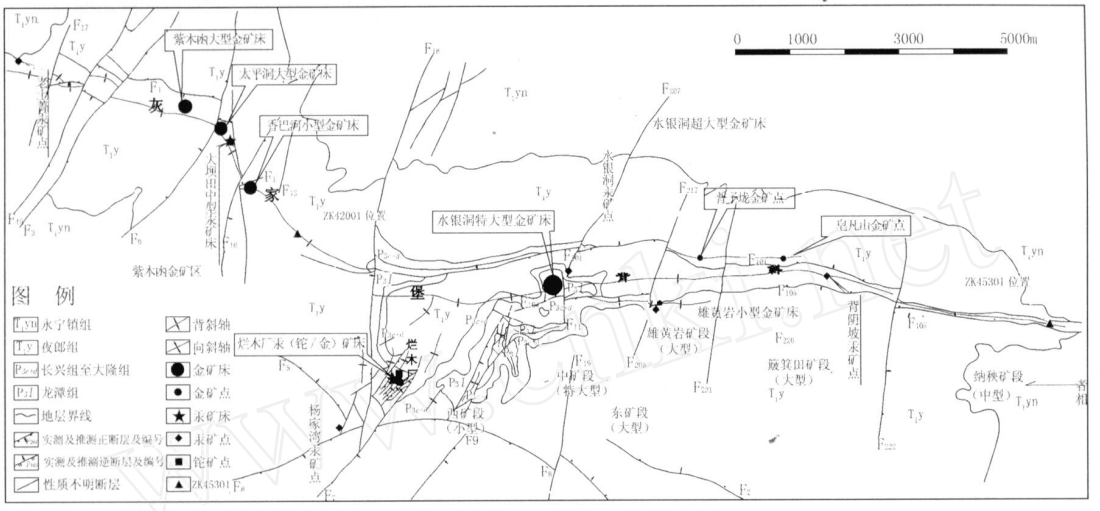


图 2 贵州西南部灰家堡金矿矿集区地质示意图

3 矿床地质特征

3.1 矿体赋存部位

矿体产于二叠系下统龙潭组和龙潭组与茅口组之间由区域构造作用形成的 Sbt中,主要产出在龙潭组中下部和 Sbt中。

3.2 矿体基本特征

水银洞金矿为赋存于二叠系龙潭组地层中的矿体,以层控型为主、断裂型为辅的埋藏于地表 150～1 400m以下的复合型盲金矿床。主要矿体 Ⅲc、Ⅲb、Ⅲa、Ⅱf、Ⅰa呈层状—似层状产出,矿体长多在 500～700m,宽 50～350m,仅 Ⅰa矿体宽 600m,具有品位高、厚度薄、多层矿体上下叠置的特点 (图 3)。是一个以产于碳酸盐岩为主的具 Au、As、Sb、Hg、Tl元素组合,金呈微细—超微细粒浸染状的中—低温层状卡林型金矿床,因主矿体严格赋存于碳酸盐岩而独具特色。

3.3 同位素组成特征

(1) 硫同位素。矿体部分 3件样品 $\delta^{34}S‰$ (+3.18～+7.00),极差 3.82,平均值 +5.63;围岩部分 3件样品 $\delta^{34}S‰$ (+6.01～+8.67),极差 2.66,平均值 +7.19。6件样品总体来看,明显富 S^{34},其 $\delta^{34}S‰$ (+3.18～+8.67),极差 5.49,平均值 +6.42。矿体部分和围岩部分的 $\delta^{34}S‰$ 都非常靠近。由于样品挑选过程中未能将热液成因的砷黄铁矿环带与成岩成因的黄铁矿内核分离,特别是矿石中本身含有相当数量的微细粒成岩成因黄铁矿,因此,矿石的硫同位素组成仍表现为地层中沉积硫的特征。

(2) 铅同位素。水银洞金矿矿石热液黄铁矿铅同位素组成有较大的变化,黄铁矿 Pb同位素组成 $^{206}Pb/^{204}Pb$ 为 17.942～18.452,$^{207}Pb/^{204}Pb$ 为 15.532～15.642,$^{208}Pb/^{204}Pb$ 为 38.158～38.729。一般认为,铅在浸取、转移和沉淀的过程中,铅同位素组成通常是不发生变化的,因而矿石的铅同位素组成的相对稳定或无明显变化,能够说明矿床中成矿物质是单一来源还是具有多来源。水银洞金矿矿石热液中黄铁矿铅同位素组成的变化反映成矿物质可能具有多来源或混合成因。据 Doe(1974)和 Stacey(1975),低 μ 值 (低于 9.58)的铅来自下地壳或上地幔,矿床的形成一般与岩浆活动关系密切,而且在成矿过程中,基本上没有受到地壳物质的混染,具高 μ 值 (大于 9.58)的铅来自铀、钍相对富集的上地壳岩石。水银洞金矿黄铁矿 Pb同位素组成具低 μ 值的特点,部分样品靠近低 μ 值上限 (9.58)。初步认为,水银洞金矿黄铁矿铅主要来源于上地幔,并有上地壳来源铅的混合或混染,成矿流体是与岩浆作用有关的深源成因。燕山期构造岩浆活动形成的成矿流体 (幔源铅)

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

上升溶解地壳铅和混入地壳淋滤铅,同时也包含地层铅在内的混合[3]。

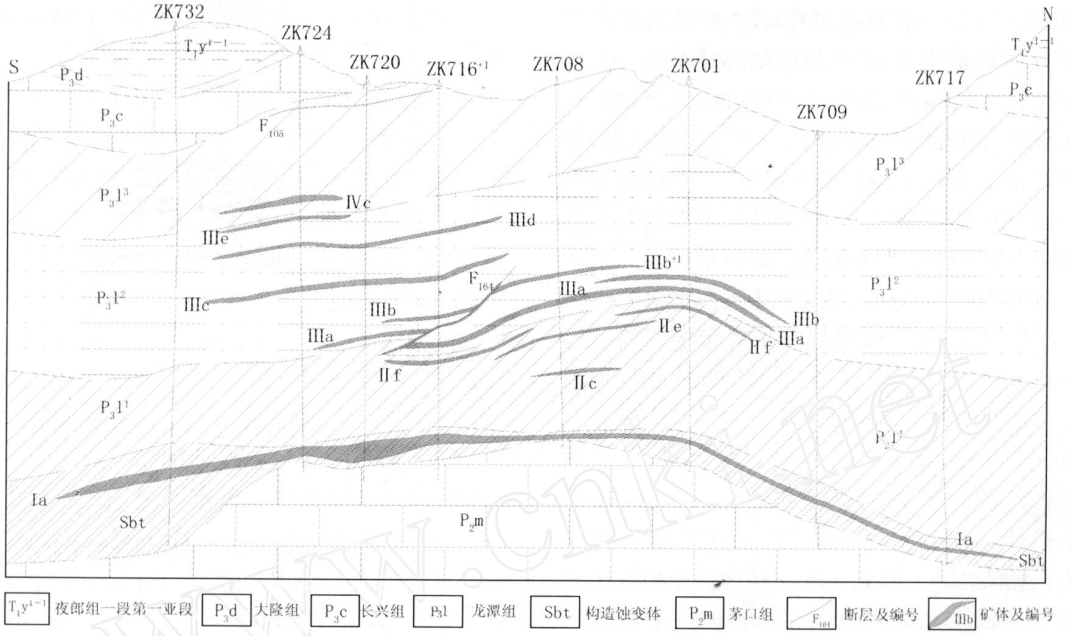


图 3　贵州省贞丰县水银洞金矿 T勘探线剖面图

1.夜郎组一段第一亚段;2.大隆组;3.长兴组;4.龙潭组;5.构造蚀变体;6.茅口组;7.断层及编号;8.矿体及编号

3.4　包裹体特征

(1)包裹体形态大小。孤立状、不规则状分布、负晶形为其特征,一般直径为 5～60μm,多数为 10～50μm。

(2)包裹体类型及物质组成。按室温(25℃)下包裹体的相态特征以及冷冻过程中相的变化,可划分为液相 CH_4 - N_2 - CO_2 ($L_{CH_4+N_2+CO_2}$)、气相 CH_4 - N_2 - CO_2 ($V_{CH_4+N_2+CO_2}$)、气液相 $V_{CH_4+N_2+CO_2}$ + H_2O、富 CO_2流体包裹体四大类。对近 200个不同类型流体包裹体的激光 Raman光谱研究表明,除纯 CO_2相包裹体之外,其他类型流体包裹体中都含有较高的 CH_4(2 913/cm～2 919/cm)、N_2(2 330/cm)和 CO_2(1 285/cm、1 388/cm),其中 $V_{CH_4+N_2+CO_2}$包裹体中 CH_4含量高达 63mol%、N_2为 18mol%、CO_2为 19mol%。

(3)包裹体测温及压力结果。对近 200个流体包裹体显微测温结果表明,主成矿期 $V_{CH_4+N_2+CO_2}$ +L相流体包裹体的均一温度为 200～220℃,盐度 5～6Wt%NaCl;与 $V_{CH_4+N_2+CO_2}$ +L共存的富 CO_2相流体包裹体也显示相同的均一温度范围(200～220℃)。初步压力计算表明,成矿流体具有很高的压力(1 000～2 000bar),显示了超压流体的性质。具中—低温超高压热液成矿的特点。

3.5　矿石矿物组合

金属矿物有黄铁矿、毒砂、赤铁矿、辉锑矿(偶见)、辰砂(偶见)、雄黄(偶见)。

脉石矿物有石英、白云石、方解石、水云母、绢云母、高岭石、萤石、海绿石、沸石、有机炭、变质沥青。

3.6　矿石结构构造

矿石的结构主要有莓状结构、球状结构、胶状结构、自形晶结构、交代结构、假象结构、碎裂结构;构造有星散浸染状构造、缝合线构造、脉(网脉)状构造、晶洞状构造、生物遗迹构造、角砾状构造、条纹状构造、薄膜状构造等。

3.7　围岩蚀变特征

热液蚀变类型有黄铁矿化、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(因矿石中毒砂含量少,故毒砂化仅处于相对较次要的位置)"三化"组合是成矿的必备条件。有利的容矿岩石(生物碎屑灰岩或生物屑砂屑灰岩)能否成矿,取决于是否具有相应的热液蚀变。矿石金含量的高低,取决于黄铁矿(热液期)化的强弱。

3.8　矿床(体)空间分带

水银洞金矿床为赋存于二叠系龙潭组地层,矿体是以层控型为主、断裂型为辅的复合型隐伏矿床。层

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

控型:按容矿岩石类型进一步分为碳酸盐岩型和强硅化角砾状粘土岩型。碳酸盐岩型矿体受灰家堡背斜核部生物碎屑灰岩控制,矿体呈层状、似层状产出,产状与岩层产状一致,具厚度薄、品位富,走向上具波状起伏向东倾没、空间上具多个矿体上下重叠的特点;强硅化角砾状粘土岩型矿体产于 Sbt中,矿体形态与不整合面一致。断裂型:矿体产于背斜近轴部的断距很小的缓倾斜逆断层中,严格受断层破碎带控制。钙质砂岩型矿体则规模小、分散,主要产于龙潭组第一段。

Ⅲc矿体:呈层状 -似层状产于灰家堡背斜近轴部南翼,赋存于龙潭组第二段中部的层状生物碎屑灰岩中,距龙潭组顶界约 160m。倾向南或北,倾角 5°~10°;分布于 16线 ~F11之间。东西走向长约 700m,南北宽 80~280m,平均宽约 220m。

Ⅲa矿体:呈层状 -似层状产于灰家堡背斜轴部,赋存于龙潭组第二段底部的层状含泥质砂质生物碎屑灰岩中,倾向南或北,倾角 5°~10°。东西走向长约 800m、倾向延伸 50~330m,平均宽约 220m。

Ⅰa矿:呈似层状产于灰家堡背斜轴部,赋存于 Sbt(即 P_2m与 P_3l不整合界面的构造蚀变体)中。东西走向长 500m、南北倾向延伸 630m。矿体形态与 Sbt形态一致,倾向南或北。

主要为产于碳酸盐岩中的 Ⅲc、Ⅲb、Ⅲa、Ⅱf矿体和产于 Sbt中的 Ⅰa矿体,Ⅲc与 Ⅲb间相距 25~35m、Ⅲb与 Ⅲa间相距 8~15m、Ⅲa与 Ⅱf间相距 5~11m。此外,Ⅲc上部 7~10m存在 $Ⅲc^{+1}$小矿体,Ⅲb上部 5~10m存在 $Ⅲb^{+1}$小矿体。主矿体集中产出于龙潭组中下部 60m范围内。

4 矿床模式描述

与深部隐伏花岗岩有关的富含 CH_4 - N_2 - CO_2和 Au^{2+}、Sb^{2+}、Hg^{2+}、As^{2+}、H_2O的热液,在燕山期区域构造作用下沿深大断裂上涌,沿 P_2m与 P_3l间的不整合界面(区域构造滑脱面)侧向运移(与岩石发生交代形成构造蚀变体 ——Sbt,局部形成金矿体或矿床,如:水银洞 Ⅰa矿体、戈塘金矿床),背斜核部附近发育的 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[3](图 4)。

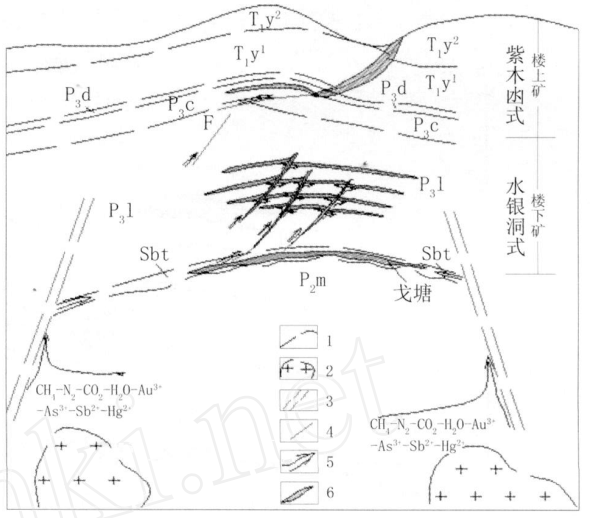


图 4 水银洞金矿床成矿模式示意图

P_2m - 茅口组; Sbt - 构造蚀变体; P_3l - 龙潭组; P_3c - 长兴组; P_3d - 大隆组; T_1y^1 - 夜郎组一段; T_1y^2 - 夜郎组二段. 1. 地层界线; 2. 隐伏花岗岩; 3. 深大断裂; 4. 断层; 5. 矿液运移方向; 6. 金矿体

5 矿床模式应用

5.1 主要控矿因素

(1) 构造。轴线具波状起伏特点的灰家堡背斜严格控制了水银洞金矿床的产出,金矿体的形态与背斜形态基本一致,赋存于背斜轴部附近 300m范围内,由背斜核部向两翼,金矿体则变贫变薄逐渐尖灭;区域性构造作用形成的处于 P_2m与 P_3l不整合界面(沉积间断面)的构造蚀变体(Sbt)控制了 Ⅰa矿体的产出,矿体严格受 Sbt控制;背斜核部附近发育的断裂(F_{162}、F_{163})控制了"断裂型"矿体的产出。P_2m与 P_3l之间的不整合界面为区域性含矿热液运移的通道,F_{162}、F_{163}等斜切层面的断裂构造为含矿热液向上运移的通道。

(2) 蚀变。与金矿化关系密切的蚀变主要是硅化、白云石化、黄铁矿化。硅化和白云石化是成矿的先决条件,最终成矿与否及金含量的高低取决于黄铁矿(热液期)化的强弱。没有相应的蚀变即没有金矿化,热液蚀变强烈部位往往就是金矿体富集部位。

(3) 岩性。金矿化对岩性具有明显的选择性。绝大部分矿体(Ⅲc、Ⅲb、Ⅲa、Ⅱf)都赋存于碳酸盐岩中,仅少部分小矿体(Ⅱc、Ⅱb)赋存于碎屑岩中。主矿体严格受碳酸盐岩控制,金含量在碳酸盐岩中与其顶底板碎屑岩中呈突变关系。碳酸盐岩与其顶底板

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

的粘土岩(或粉砂质粘土岩)成为金成矿的有机组合体;顶底板的粘土岩(或粉砂质粘土岩)形成的良好的屏蔽障,是形成水银洞高品位层控型金矿床(金超常富集)的最直接原因(产于 P_3^1钙质粉砂岩中的小矿体的品位之所以低是因为无屏蔽障使然)。

(4) 孔隙度。岩石孔隙度的多寡,决定了含矿热液的运移能力。特殊的生物碎屑灰岩或生物屑砂屑灰岩因强白云石化而形成大量的孔隙,粒间孔、晶间孔、粒间溶孔广泛存在,孔隙度 3%～15%,大大增强了含矿热液的运移能力,同时也是金选择碳酸盐岩就位的原因。

5.2 找矿主要标志

(1) 构造标志。矿床依附于区域性短轴状灰家堡背斜轴部高点位置。黔西南地区普遍存在的 Sbt及背斜构造是良好的构造找矿标志。背斜轴部易形成断裂而成为深部含矿热液向上运移的通道或就矿场所。

(2) 蚀变标志。细粒浸染状黄铁矿化、硅化、白云石化是找金的蚀变标志。凡有金矿化的地方,都有这几种蚀变组合。

(3) 地层岩性标志。海陆交互相区的龙潭组地层中的碳酸盐岩是找寻类似于水银洞金矿床的地层岩性标志。特别是厚度较薄的碳酸盐岩与厚度大的碎屑岩不等厚互层的组合最为有利。

(4) 地球化学标志。Au、Hg、As、Sb元素组合沿构造轴线分布,指示着成矿元素 Au等在有利构造带的富集规律。Au与 Hg、As、Sb之间往往表现为"不在其中,不离其踪"特点。

5.3 地质经济意义

明确了 Sbt(即位于 P_2m与 P_3l不整合界面之间的强硅化角砾状粘土岩和强硅化角砾状灰岩)为区域性构造活动的产物,明确了 P_2m与 P_3l之间不整合界面作为含矿热液远距离运移的通道,为黔西南区域盲金矿找矿提供了方向。

参考文献

[1] 刘建中,邓一明,刘川勤,等. 贵州省贞丰县水银洞层控特大型金矿成矿条件与成矿模式[J]. 中国地质, 2006, 33(1): 169 - 177.

[2] 刘建中,邓一明,邱林,等. 中国第一个 I类型卡林型金矿床——水银洞金矿地质[J]. 矿床地质, 2006, 25(增刊): 175 - 178.

[3] 刘建中,刘川勤. 贵州水银洞金矿床成因探讨及成矿模式[J]. 贵州地质, 2005, 22(1): 9 - 13.

[4] 刘建中,邓一明,刘川勤,等. 水银洞金矿床包裹体和同位素地球化学研究[J]. 贵州地质, 2006, 23(1): 51 - 56.

[5] 夏勇,陶琰,苏文超,等. 贵州省贞丰县水银洞金矿床地球化学特征及成因探讨[J]. 矿物岩石地球化学通报, 2004, 23(增刊): 79 - 82.

[6] 夏勇,苏文超,张兴春,等. 黔西南水银洞层控卡林型金矿床成矿机理初探[J]. 矿物岩石地球化学通报, 2004, 25(增刊): 127 - 129.

[7] 张兴春,苏文超,夏勇,等. 卡林型金矿不可见金与超压流体(Overpressured fluid)关系探讨——以贵州贞丰水银洞金矿为例[J]. 贵州地质, 2004, 21(4): 274 - 275.

Model of Strata Karlin-type Gold Deposit: The Shuiyingdong Super-scale Gold Deposit

LIU Jianzhong[1], XIA Yong[2], ZHANG Xingchun[2], DENG Yiming[3], SU Wenchao[2], TAO Yan[2]

1. *Geological Party 105, Guizhou Bureau of Geology and Mineral Exploration & Development, Guiyang 550018, Guizhou, China;*

2. *The State Key Laboratory of Ore Deposit Geochemistry, Institute of Geochemistry, CAS, Guiyang 550002, Guizhou, China;*

3. *Guizhou Zijin Mining Stock Company Limited, Zhenfeng 562200, Guizhou, China*

Abstract: The Shuiyingdong super-scale gold deposit, located in the eastern of Huijiabao ore concentration area of Yunnan-Guizhou-Guangxi "Gold Triangle", is a successfuo example for metallogenic prognosis and a second Space exploration of this area made breakthroughs. The model of Shuiyingdong strata Karlin-type gold deposit is discussed based on character of geology, tectonics, isotope, inclusions, minerals, hydrothermal alteration, ore deposit zoning, etc. This article summaried up the prospecting signs, also offersed reference for such gold prospecting.

Keywords: Super-scale; Gold deposit; Strata karlin-type; Sbt; Shuiyingdong; Guizhou

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net