文章编号: 1000-4734(2008) 03-0323-07

岩矿显微组构对水银洞金矿成因的指示

张敏[1,2], 谢飞[3], 谭月[2], 张竹如[2]

(1. 贵州省煤炭设计研究院, 贵州 贵阳 550025; 2. 贵州大学 资源与环境工程学院, 贵州 贵阳 550003;
3. 贵州大学 矿业学院, 贵州 贵阳 550003)

摘要: 黔西南水银洞金矿为产于上二叠统龙潭组中的超大型、高品位金矿床, 矿床由多个金矿体组成。工业金矿体顺层产于龙潭组含煤地层所夹的玄武质、硅质、生物碎屑碳酸盐岩中。对水银洞金矿赋矿地层岩石以及矿石显微组构进行了研究, 矿石中主要载金矿物为细粒黄铁矿, 具再生边、粒内孔隙、铸模孔隙结构及镶边生物矿化构造、铸模式生物矿化构造, 是一典型的具沉积-成岩组构。金矿化与硅化有密切的成因联系, 金与 SiO_2 来源于峨嵋山玄武岩的喷溢活动, 主要金矿体更多显示与峨嵋山玄武岩准同生特征。矿床为沉积-成岩弱改造成因金矿床。

关键词: 水银洞金矿; 显微组构; 龙潭组; 硅化; 黄铁矿化; 沉积-成岩成因
中图分类号: P611; P616.3; P618.51 文献标识码: A
作者简介: 张敏, 女, 1982年生, 硕士, 矿物学、岩石学、矿床学专业. E-mail: hezhangmin@126.com

水银洞金矿是近年黔西南贞丰县发现的一个超大型金矿床, 从发现至今的十余年内有诸多专家对其成因进行了研究, 形成了以下 3个主要的观点: ①燕山期深源流体携带的矿质和矿化剂与下渗大气水混合促使矿质沉淀聚集[1-2]; ②二叠期峨眉山玄武岩喷发与龙潭期沉积形成初始矿源层经燕山期构造活动改造成矿[3]; ③喷流沉积成因[4]。作者系统采集了水银洞金矿床含矿地层岩石, 各工业矿体矿石及其矿体顶、底板围岩样品, 主要进行了岩、矿石显微组构研究, 并据此探讨了水银洞金矿床成因。

1 水银洞金矿成矿地质背景及产出特征

水银洞金矿位于“滇—黔—桂金三角”中部, 在普安旋扭构造变形区内的灰家堡背斜的中段, 矿区出露地层为中二叠统茅口组、上二叠统龙潭组、长兴组及下三叠统夜郎组。该矿床矿体呈多层、多个成群分布于龙潭组地层及龙潭组地层底部与中二叠统茅口灰岩喀斯特不整合面上的“大厂层”硅质岩中(图 1): 茅口灰岩与龙潭组接触处的大厂层(Dcc)硅质岩控制Ⅰa金矿体; 龙潭组一段控制了Ⅱa—Ⅱf矿体, 龙潭组二段控制了Ⅲa—Ⅲd矿体, 龙潭组三段无金矿体产出; 主要工业矿体成群产出, 绝大部分与地层整合。

2 采样情况

(1) 对揭穿整个龙潭组煤系的 ZK810、ZK802+1钻孔进行全孔岩石系统采样;

(2) 对 ZK1610、ZK108、ZK10′01、ZK10′02、ZK10′03等钻孔揭露Ⅱf、Ⅲa、Ⅲb、Ⅲc等主要矿体及相应无矿段进行系统岩石及矿石采样, 对Ⅲb、Ⅲc矿体沿脉及Ⅲb矿体穿脉进行矿石系统采样。

共采样 180件, 所采集样品基本可代表该矿床中各主要工业矿体。

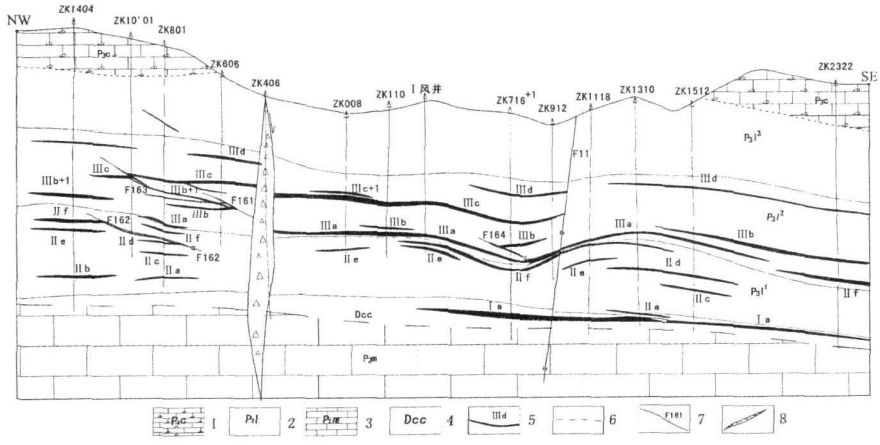
3 矿石中主要显微组构特征

3.1 “大厂层”硅质岩

“大厂层”是多年来地质工作者对黔西南地区覆于中二叠统茅口灰岩喀斯特不整合面上硅质岩的俗称, 不少研究者认为此层为热液硅化成因, 称为角砾状强硅化灰岩, 硅化角砾状粘土岩[3]; 有研究者认为“大厂层”不是沉积地层, 而是构造

收稿日期: 2007-09-19
基金项目: 中国科学院地球化学研究所矿床开放实验室基金

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net



1. 上二叠统长兴组燧石灰岩 2 上二叠统龙潭组 3 中二叠统茅口组厚层块状灰岩
4. 大厂层硅质 5 矿层及编号 6. 喀斯特不整合面 7. 断层 8 断层破碎带

图 1 贵州省水银洞金矿床纵剖面图

Fig. 1. The longitudinal profile of the Shuiyindong gold deposit, Guizhou Province.

析离滑脱作用产物, 称"构造蚀变体"[3]; 但也有不少文献表明此层硅质岩有热水沉积成因[4-5]。

笔者所采集水银洞 ZK810、ZK802+1 钻孔硅质岩样品, 岩石薄片显微镜下具以下特征:

"大厂层"岩石成分复杂, 其组成计有玉髓、石英、玄武质岩屑、方解石、碳质、灰泥质及少量黄铁矿。

岩石具粒屑结构, 杂基基底支撑胶结类型。粒屑见有: 脱玻化玉髓形成的球粒或鲕粒、石英、玄武质岩屑; 基质为泥晶方解石及碳质、灰泥质。

玉髓占岩石成分 20% ~ 30%, 大多玉髓脱玻化, 呈 0.01~ 0.1mm 颗粒状不均匀分布, 正交偏光下呈放射状或十字消光 (图 2 a); 多见玉髓呈球粒或鲕粒 (图 2 b); 石英占岩石成分 10% ~ 30%, 多呈 0.03~ 0.08 mm 自形-半自形细晶集合体或细晶不均匀分布; 玄武质岩屑占岩石成分 10%左右, 多呈 0.01 ~ 0.5 mm 形状不规则具氧化黑边颗粒, 极不均匀分布; 方解石占岩石成分 30% ~ 50%, 多为 < 0.03mm 泥晶方解石, 少量亮晶方解石。

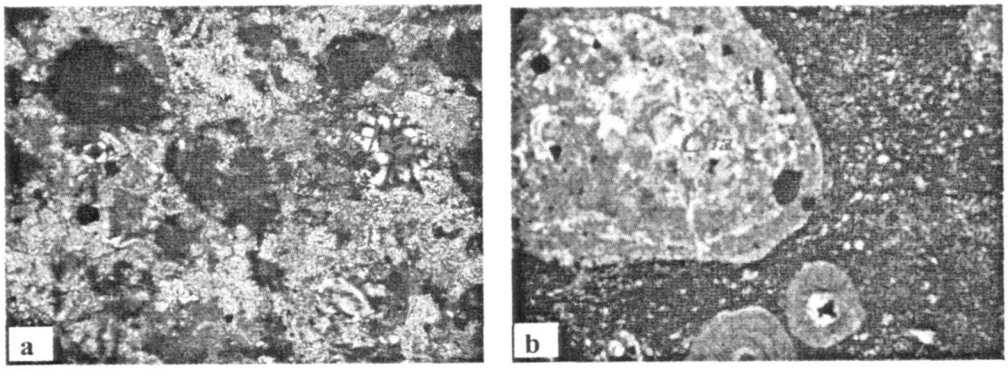


图 2 "大厂层"硅质岩中的玉髓 (Cha-脱玻化玉髓, Ce-泥晶方解石)

Fig. 2. Chalcedony in silicalite in the "Dachang Bed". "Cha"- devitrification chalcedony; "Ce"- micrite calcite.

见多世代矿物交代现象: ①较纯净的 SiO_2 包裹或交代早世代泥晶方解石 (Ce-1)及有机质, 生成自形、半自形及他形晶石英 (Q), 形成泥晶方解石雾心自生石英亮边特征。这种岩石进一步形成内碎屑, 被晚世代泥晶方解石镶边及充填 (图 3 a, b), ②纯二氧化硅呈圆形质点被泥晶方解石包

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net



图 3 “大厂层”泥晶方解石雾心自生石英 (Q–石英, Cc-1–第一期泥晶方解石, Cc-2–第二期泥晶方解石, Cc-3–第三期泥晶方解石)

Fig. 3. The micrite calcite was enclosed by quartz of the “Dachang Bed”. “Q”–quartz, “Cc”–micrite calcite

裹, 水体动荡形成呈园鲕、残园鲕 (图 3 c)。

以上显微组构显示“大厂层”为沉积–成岩成因。

3.2 Ⅲb、Ⅲc、Ⅱf矿体中矿石显微组构特征

(1)组成矿石的物质成分复杂, 计有玄武质岩屑、玄武质玻屑、玄武质晶屑、脱玻化玉髓、自生石英、方解石、生物化石及生物碎屑、黄铁矿、毒砂、辉锑矿、碳质、灰泥质。具粒屑结构, 杂基基底支撑胶结类型及颗粒支撑胶结类型。富矿石中脱玻化玉髓较多, 玉髓呈微—细晶石英集合体, 保留有圆鲕、偏心鲕的特征 (图 3c, 图 4a); 矿石中生物碎屑主要有蜓、珊瑚、藻类、海百合、腕足类、棘皮类、有孔虫、腹足类等 (图 4b、c)。



图 4 (a) Ⅲb矿体矿石, 玄武岩屑、生物碎屑; (b) Ⅱf硅质黄铁矿生物碎屑灰岩富金矿石; (c) Ⅲc矿体矿石玄武质岩屑 (深灰色)、玻屑 (橙)、玉髓 (白)

Fig. 4. (a) Basalt debris and biodetritus in ore-body Ⅲb; (b) silica, pyrite and biocalcarenite in ore-body Ⅱf; (c) basalt debris (plumbeous), vitric fragment(orange) and chalcedony(white) in gold ore-body Ⅲc.

(2)矿石中黄铁矿有三种类型: ①草莓状黄铁矿: 多呈圆形, 单体或集合体产出, 单体粒径 < 0.001 mm; ②细粒黄铁矿—单体或集合体产出, 单体粒径 0.02 ~ 0.05 mm; ③粗粒黄铁矿–浸染状、条带状、结核状广泛分布在矿层及矿层顶、底板和龙潭组整个岩系中。细粒黄铁矿为主要载金矿物, 具变草莓状、环带状及皮壳状结构。其环带状及皮壳状亮边为含砷黄铁矿。电子探针测试, 细粒黄铁矿是该矿床的主要含金矿物, 绝大多数充填或交代生物碎屑、玄武质岩屑、玄武质玻屑、玄武质晶屑、脱玻化玉髓的微孔隙中, 含金 0.28% ~ 0.42% [6] (图 5a, b, c)。

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

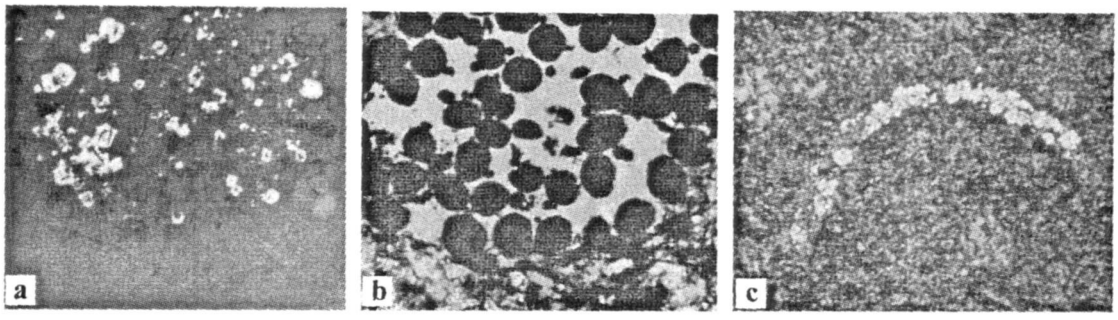


图 5 (a) Ⅲc矿体,细粒黄铁矿充填在玄武岩的微孔隙中; (b)Ⅲc矿层,草莓状黄铁矿群分布在一圆形玉髓中; (c) Ⅲb矿体矿石,具含砷黄铁矿亮边的细粒黄铁矿集中充填交代生物碎片

Fig. 5. (a) The micropores of basalt were filled by exiguous pyrite in ore-body Ⅲc; (b) berry-shaped pyrite flock distributed in rounded chalcedony in orebodyⅢc; (c) the fossil organic fragments were filled by exiguous pyrite in ore-body Ⅲb.

(3)再生边、粒内孔隙、铸模孔隙组构及镶边式生物矿化构造、铸模式生物矿化构造发育: ①再生边组构—草莓状黄铁矿或微细粒黄铁矿颗粒边缘生长出环带状及皮壳状含砷黄铁矿; 早世代泥晶方解石外围生成自形、半自形及他形晶石英,形成泥晶方解石雾心自生石英亮边特证构造。②粒内孔隙—玄武质岩屑、玄武质玻屑、玄武质晶屑、脱玻化玉髓颗粒中微气孔、收缩孔隙被细粒黄铁矿充填; ③铸模孔隙组构—生物化石腔体溶蚀孔隙被细粒黄铁矿充填; ④镶边式生物矿化构造—生物碎屑表面被黄铁矿化; ⑤铸模式生物矿化构造—整个生物体被黄铁矿化((图 6a, b, c)。以上组构中的黄铁矿,均为含金细粒黄铁矿,为早期成岩阶段粒间矿化溶液与沉积颗粒表面反应或粒间矿化溶液充填早先沉积物间隙中形成的构造,反映为沉积成岩期的矿石结构构造特征。

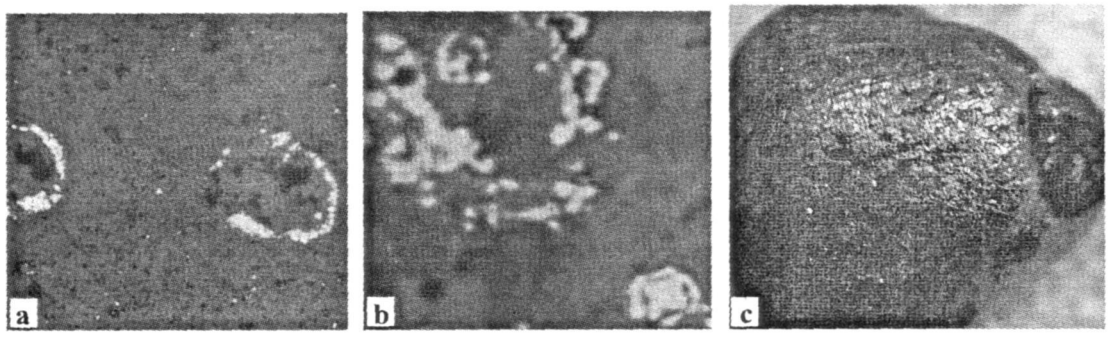


图 6 (a) Ⅲb矿体矿石,细粒黄铁矿集中充填交代生物碎片, 4× 10(-),光片; (b) Ⅲc矿层矿石,黄铁矿沿生物腔体交代, 20× 10(-),光片; (c) Ⅲb矿层矿石,黄铁矿沿贵州螺表面交代(手标本)

Fig. 6. (a) In ore body Ⅲb, the fossil organic fragments were filled or substituted by exiguous pyrite; (b) in ore body Ⅲc, bright dot indicates pyrite, whose metasomatis occurs along the bio-cavities; (c) in ore body Ⅲb, pyrite metasomatism occurs along the surface of Guizhou spirals (hand specimen).

3.3 金矿体顶底板岩石组构特征

水银洞金矿各个矿体底板多为粉砂质、泥质灰岩,见碳泥质层纹,或沉凝灰岩、玄武质凝灰物质、玉髓与泥晶方解石等混杂沉积。底板与矿层中物质相近,主要的区别是: 底板生物碎屑少、细粒黄铁矿少(图 7a)。

大多数矿体顶板为粉砂质粘土岩,见水平微层理的构造,几乎无生物化石,极少凝灰物质及玉髓,普遍见粗粒黄铁矿,该黄铁矿一般不含金,绝大多数 $< 0.001 \times 10^{-6}$ (图 7b)。

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

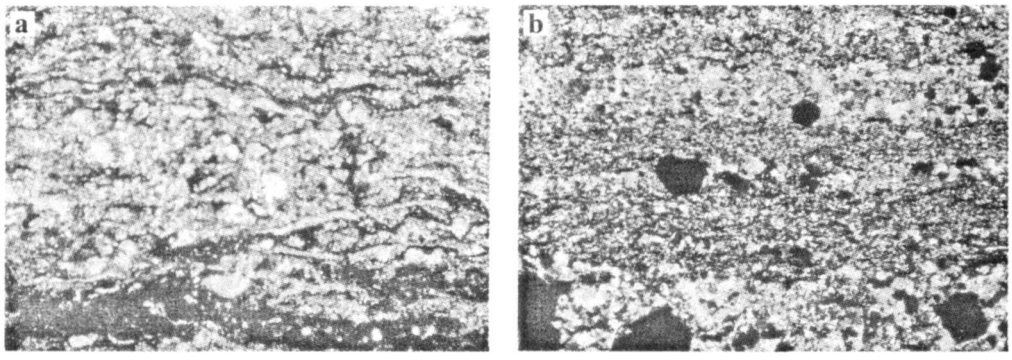


图 7　(a) Ⅲc矿体底板, 钙泥质细砂岩; (b) Ⅱ f矿体顶板, 黄铁矿化粉砂质粘土岩

Fig 7. (a) Calcic-argillaceous fine sandstone at the base of ore body Ⅲc; (b) pyritized fine sandy claystone at the top of ore body Ⅱf.

3 4　非矿碳酸盐岩组构特征

水银洞金矿主要附存在龙潭组中下段 (P_3l^1 – P_3l^2) 层位所夹的碳酸盐岩中, 龙潭组上段 (P_3l^3) 所夹的碳酸盐岩生物碎屑多, 但很少见玄武质凝灰物质、玉髓, 也无金矿化 (图 8a, b)。

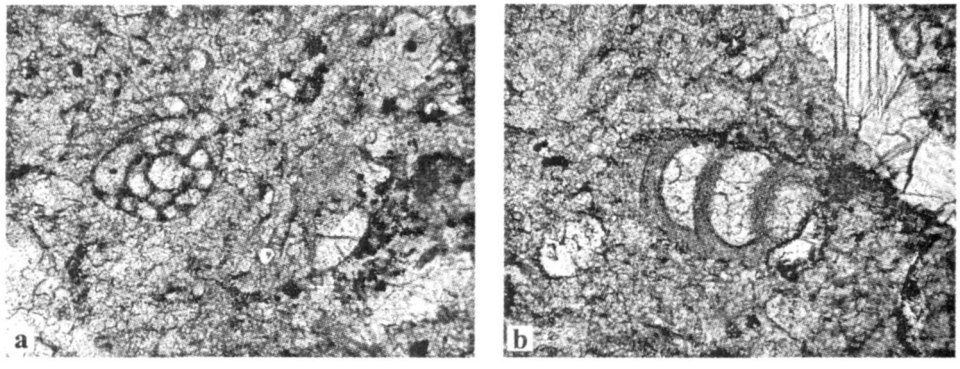


图 8　P_3l^3 煤系中夹的生物碎屑灰岩

Fig 8. Biocalcarenite intercalated in P_3l^3 coal series

4　矿石显微组构的成因指示

4 1　岩、矿石显微组构共同特征

通过对水银洞金矿岩、矿石的显微组构研究, 可知水银洞金矿 "大厂层"及龙潭组中赋存的数个工业矿体, 具有共同的特征: (1)岩石中硅质主要为玉髓, 已脱玻化或重结晶, 具典型的沉积—成岩组构; (2)金矿石为硅质玄武质生物碎屑灰岩, 玄武质凝灰物质和生物碎屑及硅质同时沉淀, 其各类颗粒的微孔隙中充填细粒黄铁矿时, 为金矿石; (3)金矿石中含金黄铁矿的再生边、粒内孔隙、铸模孔隙组构及镶边式生物矿化构造、铸模式生物矿化构造显示沉积—成岩特征; (4)矿体顶、底板为粉砂质、泥质、灰质沉积岩, 生物碎屑少、脱玻化玉髓少、细粒黄铁矿少; (5)龙潭组上段所夹的生物碎屑灰岩很少有玄武质凝灰物质及硅质, 无金矿体产出。

4 2　岩、矿石显微组构对矿床成因的指示意义

任何矿床的形成都离不开两个基本因素, 一是成矿的物质基础, 二是使成矿物质得以富集的条件, 二者表现的特征都会反映在岩、矿石的显微组构中, 即岩、矿石中的成矿迹象。

4.2.1　"大厂层"及各金矿层中硅质来源

水银洞金矿床中, 硅化与金矿化有密切的成因联系, 显微组构指示的"大厂层"及龙潭组中各

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

金矿体均富含硅质,具典型的沉积—成岩组构,为 SiO_2 胶体沉积~陈化~重结晶产物。矿床中丰富的硅来源何处? 已知各种自然水几乎都是 SiO_2 的不饱和水[7], 25℃非晶质 SiO_2 溶解量为 120×10^{-6} ~ 140×10^{-6}, 而海水只含 SiO_2 4×10^{-6}, SiO_2 由河水携入海水中,它们的含量比海水多,但是用任何一种已知试剂也不能使河水中的 SiO_2 絮凝[8]。为此,我们必须假定水银洞金矿床所在的地区在晚二叠世龙潭期沉积盆地中有非正常的 SiO_2 补给及特殊的沉积环境。晚二叠世龙潭期水银洞金矿床西侧濒临峨眉山玄武岩喷溢,为亚热带-热带雨林气候[9],大量的玄武岩灰尘被冲刷进水盆,溶解的 SiO_2 也携入水盆中;区内龙潭期沉积盆地中发育有同生深断裂[9],断裂带有海底热泉携带 SiO_2 加入,加上该水盆东有生物礁阻挡,使其为一潮坪-泻湖-局限台地。该盆地有非正常的 SiO_2 补给及特殊的沉积环境: SiO_2 主要来源于峨眉山玄武岩喷溢活动,在局限水盆中聚集,形成沉积-成岩成因的"大厂层"及龙潭组各金矿体的容矿岩石及矿石。

4.2.2 金的来源

矿石中主要载金矿物为细粒黄铁矿,细粒黄铁矿的含砷黄铁矿亮边是金的主要载体,它呈现的再生边、粒内孔隙、铸模孔隙组构及镶边式生物矿化构造,铸模式生物矿化构造是典型的成岩作用产物。沉积物在成岩作用下受上覆沉积物的挤压生成的同生沉积溶液在沉积物颗粒间发生充填及交代。夹于砂、泥质岩中的碳酸盐岩石中富含生物碎屑,在其颗粒界面及生物腔体中较容易发生选择性溶蚀而形成铸模孔隙;碳酸盐岩石同时富含玄武岩屑及胶体 SiO_2,具收缩的微空洞及裂缝,是同生沉积溶液发生充填及交代的空间。峨眉山玄武岩补给该水盆 SiO_2,同时给水体带来金等成矿物质。通过浓度梯度及侧分泌作用,矿化溶液在沉积颗粒表面反应或充填沉积物间隙中,使含金黄铁矿的形成空间大部分被限制在生物碎屑、玄武岩屑、玄武质晶屑、玉髓等颗粒的内部及颗粒表面。

4.3 水银洞金矿成矿作用

水银洞金矿为沉积-成岩轻微改造金矿床,龙潭组沉积成岩期可能是水银洞金矿的重要成矿期。已勘探及开采的金矿体均顺层产于龙潭组含煤地层中下段及大厂层硅质岩所夹的层状(岩层一般厚 1~4 m)、似层状、扁豆状碳酸盐岩中。矿层顶板突变为为粉砂质粘土岩,见水平微层理的构造,几乎无生物化石,极少凝灰物质及玉髓,普遍见粗粒黄铁矿。即沉积环境从局限的泻湖-潮坪生物繁茂的浅海碳酸盐台地突变为深水盆地相,原先沉积的物质被封存在沉积物中。在沉积物压实成岩的过程中,富含 SiO_2 胶体、金等成矿物质通过浓度梯度差别及侧分泌作用向易溶的、多孔的玄武质生物质碳酸盐岩中聚集产生充填及交代。龙潭期峨眉山玄武岩浆的多次喷溢,沉积古地貌及沉积环境的频繁变化使龙潭组中夹有多个薄层的、多孔的玄武质生物质碳酸盐岩,这些易溶的、多孔的含水夹层空间及其有限,金等成矿物质相对向这些有限空间聚集,使形成多层、多个金品位较高的工业金矿体成为可能。龙潭晚期,峨眉山玄武岩浆的喷溢活动逐渐减弱到停止带给沉积盆地的 SiO_2 及金等成矿物质少,尽管在成岩作用时金品位较高的含煤地层中所夹的生物碳酸盐岩也可形成生物铸模孔隙,但因粒间溶液 SiO_2 及金含量少,不易形成硅化及金矿化。矿床中见有弱辉锑矿化、毒砂化,发生在金矿化期之后,与金矿化关系不大。水银洞金矿主要金矿体更多显示与峨眉山玄武岩喷溢活动准同生特征,为沉积-成岩弱改造成因金矿床。

5 结 论

水银洞金矿为产于上二叠统龙潭组中的超大型高品位金矿床,由数个金矿体组成。各个工业金矿体顺层产于龙潭组含煤地层所夹的玄武质硅质生物碎屑碳酸盐岩中,矿石具沉积-成岩组构,为沉积-成岩弱改造成因金矿床。建议加强龙潭期水银洞地区沉积环境的研究,以期扩大水银洞金矿找矿思路及方向。

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

参 考 文 献:

[1] 刘显凡,苏文超,朱赖民,等 . 滇黔桂微细粒浸染型金矿深源流体成矿机理探讨[J]. 地质和勘探, 1999, 35(1): 14-19.
[2] 朱赖民,胡瑞忠,刘显凡,等 . 关于黔西南微细粒型金矿成因的一些认识[J]. 矿产与地质, 1997, 10, 11(5): 296-302.
[3] 刘建中,刘川勤 . 贵州省水银洞金矿床地质特征及控矿因素研究[A]. 中国科学院地球化学研究所 . 第一届贵州地质矿产发展战略研讨会论文集[C]. 贵阳: 中国科学院地球化学研究所, 2003: 48-52.
[4] 刘家军,刘建明,顾雪祥,等 . 黔西南微细粒浸染型金矿床的喷流沉积成因[J]. 科学通报, 19(42)21-26.
[5] 杨瑞东 贵州晚二叠世硅质岩类型及其沉积地球化学环境[J]. 贵州地质, 1990, 7(2): 171-175.
[6] 付绍洪,顾雪祥,王乾,夏勇,张兴春,等 . 黔西南水银洞金矿床载金黄铁矿标型特征[J]. 矿物学报, 2004, 24(1)75-79.
[7] 刘英俊,曹励明,李兆麟,等 . 元素地球化学[M]. 北京: 科学出版社, 1984: 11.
[8] 佩蒂庄 F J. 沉积岩[M]. 北京: 石油工业出版社, 1981. 423-435.
[9] 徐彬彬,何明德 . 贵州煤田地质[M]. 合肥: 中国矿业大学出版社, 1989, 163-196

THE INDICATIVE FUNCTION OF MICRO FABRICS OF ROCKS AND ORES TO THE ORIGIN OF THE SHUIYINDONG GOLD DEPOSIT

ZHANG Min[1,2], XIE Fei[3], TAN Yue[2], ZHANG Zhu-ru[2]

(1. *Guizhou Colliery Design Research Institute, Guiyang 550025, China;*
2. *Resources and Environment Institute of Guizhou University, Guiyang 550003, China;*
3. *Mining College of Guizhou University, Guiyang 550003, China*)

Abstract The Shuiyindong gold deposit, which occurs in the Longtan Formation of the Upper Permian series, is a super-large, high-grade gold ore deposit. The deposit consists of a number of gold ore bodies which occur in basaltic, siliceous and bioclastic carbonate rocks in the Longtan Formation coal measures. Research on the micro fabrics of rocks and ores indicated that the main gold-carrying mineral is fine-grained pyrite, which possesses regenerated rims, intragrain holes, mold hole fabrics, furring biomineralization structure and mold biomineralization structure. There is a close genetic connection between gold mineralization gold and silicification. Gold and SiO_2 were derived from effusion of the Emei basalt and the main gold bodies mostly show penecontemporaneous characteristics with the Emei basalt. The Shuiyindong gold deposit is of sedimentary diagenesis weakly reworking origin.

Key words: Shuiyindong gold deposit; micro fabrics of rocks and ores; Longtan Formation; silicification; pyritization; sediment-diagenesis genesis

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net