

引用格式: 陈阳阳, 陈兵. 黔西南水银洞卡林型金矿地质地球化学特征及成因[J]. 中国地质调查, 2016, 3(2): 10-14.

黔西南水银洞卡林型金矿地质地球化学特征及成因

陈阳阳¹, 陈兵²

(1. 长安大学地球科学与资源学院, 西安 710054; 2. 黑龙江省第四地质勘察院, 哈尔滨 150036)

摘要: 黔西南水银洞金矿位于灰家堡背斜西段, 是灰家堡卡林型金矿成矿带的重要组成部分。矿体呈层状、似层状产于灰家堡背斜轴部附近 300 m 范围内的二叠系龙潭组大孔隙度生物碎屑灰岩中, 形态与背斜形态基本一致。组成矿体的矿石矿物主要有黄铁矿、毒砂、雄黄及雌黄等。硅化、白云石化、黄铁矿化与金矿关系极为密切。同位素地球化学特征表明, 该矿的成矿物质主要来自深部。通过对水银洞金矿成矿地质条件的研究, 系统总结出该矿床的成矿条件为: 特殊的大地构造背景; 有利的容矿岩石组合; 深部丰富的成矿物质和成矿流体来源。该研究为区内相同类型的金矿勘查工作提供了思路。

关键词: 黔西南; 水银洞; 同位素; 成矿地质条件; 富集机制

中图分类号: P611; P618.51

文献标志码: A

文章编号: 2095-8706(2016)02-0010-05

0 引言

卡林型金矿于 20 世纪 60 年代初首次发现于美国内华达州卡林地区。该类型矿床规模大、品位低, 容矿岩石为沉积岩。金及载金矿物呈浸染状分布, 普遍发育中低温热液矿物组合及 Au-Sb-Hg-As 等微量元素组合。卡林型金矿主要分布在美国和中国^[1]。中国自从在广西省境内首次发现该类矿床之后, 先后在滇黔桂地区、陕甘川地区以及华南一些地区都探明了此类矿床。据统计, 该类矿床所占储量已达到金矿总储量的 20%^[2]。黔西南水银洞金矿是滇黔桂金三角地区 20 世纪 90 年代中期发现的一个特大型卡林型金矿床。矿床规模大、品位高, 部分金品位达几十至 100 g/t, 已突破传统的卡林型金矿床低品位的概念, 这与其特殊的成矿地质条件有关。因此, 开展水银洞金矿床金的富集机制研究具有十分重要的理论和实际意义。本文针对黔西南水银洞卡林型金矿地质地球化学特征及成因进行了较深入的研究与探讨。

1 矿床地质特征

水银洞金矿床位于扬子准地台西南缘与华南

褶皱系右江褶皱带交界部位的兴仁—安龙金矿带^[3], 产于灰家堡背斜西段, 在空间上与紫木垭和太平洞金矿床、烂木厂大型汞-铊矿床, 构成了近东西向的长约 200 m 的灰家堡金-汞-铊矿田(图 1)。

水银洞金矿床赋存于二叠系龙潭组地层中, 矿体以层控型为主, 断裂型为辅。层控矿体产于灰家堡背斜轴附近 300 m 范围内, 呈层状、似层状产出, 产状与岩层产状基本一致, 具厚度薄、品位高等特征。走向上具波状起伏且向东倾没以及空间上多个矿体上下叠置的特点。断裂型矿体产于背斜近轴部、断距很小的缓倾斜断层中, 严格受断层破碎带控制。

矿床的矿石矿物有黄铁矿、毒砂、雄黄及雌黄, 其中以黄铁矿为主, 含量占矿石矿物总量的 95% 以上。毒砂常与黄铁矿共生, 但富集范围相对局限, 含量小于 5%; 雄黄和雌黄呈细脉状分布, 仅见于个别矿层之中, 含量小于 1%。脉石矿物主要为方解石和白云石, 其次为石英, 另含少量高岭石和伊利石。

矿石结构主要有草莓状结构、自形晶结构、它形晶结构、胶状结构、假象结构以及交代残余结构

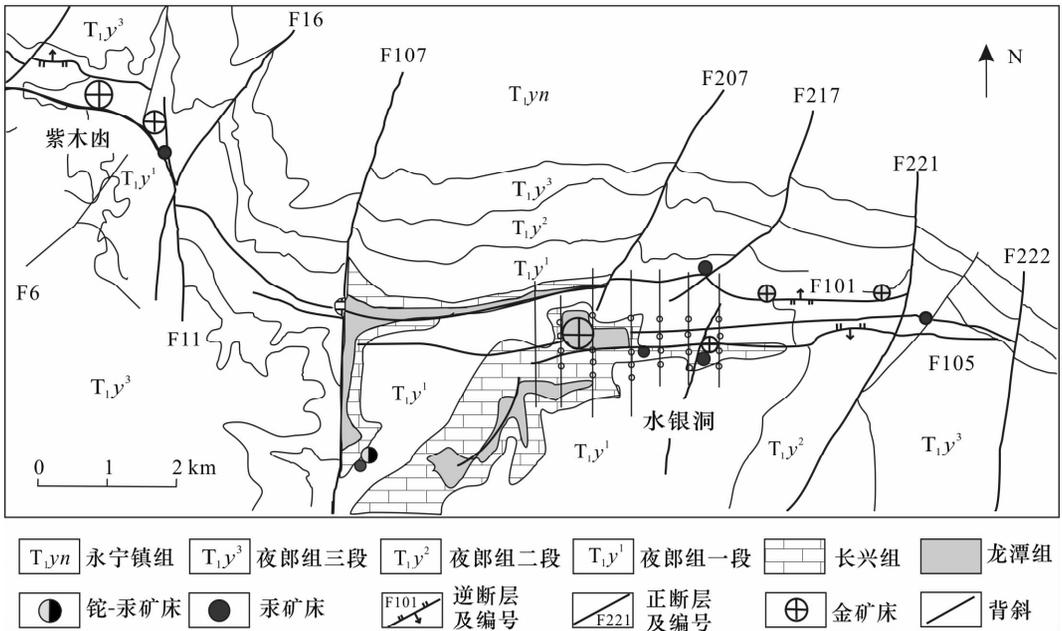


图 1 灰家堡背斜金矿田地质图^[4]

Fig. 1 Geological map of the Huijiabao gold field^[4]

等; 矿石构造主要有浸染状、草莓状、胶状、晶簇状、角砾状以及生物假象等。

矿区内主要的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、滑石化及辰砂化等。其中, 硅化、白云石化、黄铁矿化与金矿关系极为密切(因矿石中毒砂含量少, 故毒砂化仅处于相对较次要的位置), 凡金矿产出部位皆有这 3 种蚀变特征。

2 同位素地球化学

2.1 硫同位素地球化学

水银洞金矿硫同位素分析结果如表 1 所示。

表 1 水银洞金矿硫同位素分析结果^[5]

Tab. 1 Sulphur isotope composition of the Shuiyindong gold deposit^[5]

位置	岩性	矿体编号	$\delta^{34}S/\%$
ZK1618	碳酸盐岩	Ⅲ C	7.00
ZK1404	碳酸盐岩	Ⅱ F	3.18
ZK1130	碳酸盐岩	Ⅲ C	6.72
ZK1618	粉砂质黏土岩	Ⅲ C 顶板	6.91
ZK1404	粉砂质黏土岩	Ⅱ F 顶板	6.01
ZK1130	粉砂质黏土岩	Ⅲ C 顶板	8.67

总体来看, 样品中明显富 $\delta^{34}S$ (3.18‰ ~ 8.67‰), 且矿体和围岩较为接近。统计学分析结

果表明, 矿石中黄铁矿的硫同位素组成变化不大, 极差值为 5.49‰。

夏勇^[6]指出, 矿石中除了有沉积成因硫的特征外, 还有其他来源硫的加入。扫描电镜分析结果表明, 矿石黄铁矿具有沉积成因黄铁矿内核(草莓状)、热液含砷黄铁矿环带以及后期生长表层 3 层结构。由于多数情况下黄铁矿内核所占的比例比热液期黄铁矿环带大的多, 所以硫同位素组成主要代表了沉积成岩期的黄铁矿组成, 而不能代表成矿流体的硫同位素组成。

2.2 铅同位素地球化学

水银洞金矿矿石热液黄铁矿的铅同位素组成有较大的变化(表 2), $^{206}Pb/^{204}Pb$ 为 17.942 ~ 18.452, $^{207}Pb/^{204}Pb$ 为 15.132 ~ 15.642, $^{208}Pb/^{204}Pb$ 为 38.158 ~ 38.729。

表 2 水银洞金矿矿石中热液黄铁矿铅同位素组成^[5]

Tab. 2 Lead isotope composition of pyrites from Shuiyindong gold deposit^[5]

样品编号	$^{206}Pb/^{204}Pb$	$^{207}Pb/^{204}Pb$	$^{208}Pb/^{204}Pb$
Ⅱ e	18.361	15.560	38.452
Ⅱ f	18.383	15.642	38.729
Ⅲ a	18.304	15.540	38.501
Ⅲ b-1	18.452	15.532	38.332
Ⅲ b-2	17.942	15.560	38.158
Ⅲ b-3	18.145	15.551	38.382

一般认为,铅在转移和沉淀的过程中,其同位素组成通常是不发生变化的,因而矿石中铅同位素组成的相对稳定或明显变化能够说明成矿物质是单一来源还是多来源。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 等^[7]和 Stacey 等^[8],低值(低于 9.58)的铅来自下部地壳或上地幔,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;高值(大于 9.58)的铅来自铀、钍相对富集的上部地壳岩石。因此认为,水银洞金矿黄铁矿中的铅主要来自上地幔,并有上部地壳来源铅的混合或混染,成矿流体可能是深源成因。在铅构造模式图上(图 2),铅同位素组成落在造山带附近,表明矿床中的铅为壳幔混合而成。

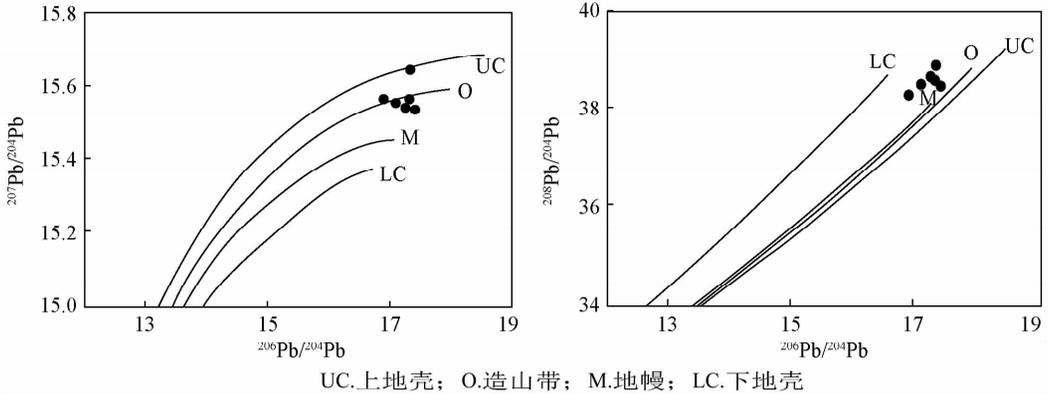


图 2 铅构造模式

Fig. 2 Discrimination diagram of Pb isotope composition for tectonic settings

3 成矿地质条件研究

Teal 和 Jackson^[9]指出,卡林型金矿的控矿因素主要有 4 个方面:①古大陆边缘地壳薄弱部位长期活动带,主断层发育;②地壳减薄的区域性构造背景,多次侵入和高热流;③多期的热液活动;④活化的高渗透性碳酸盐岩围岩。本文通过对水银洞控矿因素和地质条件的研究,认为水银洞金矿的超富集主要基于以下几个方面。

3.1 特殊的大地构造背景

滇黔桂“金三角”地区分布于扬子准地台的西南缘与华南加里东褶皱带西缘右江印支裂谷带的接合部位(深部表现为右江幔隆)。成矿作用与右江裂陷带的产生、发展与演化密切相关。成矿构造环境表现为地块边缘裂陷槽拉张与挤压 2 种环境的交替发展与演化。裂谷带广泛发育各种不同级别和类型的断裂构造和裂隙,既是深部物质流和能量流集中释放的有利场所,也是成矿物质超常富集的可利空间。

区内卡林型金矿分布表现出与古地热场空间分布的高度一致性。庄新国^[10]通过上二叠统煤层

的镜质体反射率,圈定了滇黔桂“金三角”地区上二叠统古地温分布图(图 3),古地热场表现出由裂谷盆地中心向外逐渐降低的趋势。在燕山运动期间,基底早已有的断裂再度复活,并与成矿期一起切穿地壳。深大断裂活动、岩浆活动和异常高地温为深部含金热液向上运移提供了通道和热驱动力。正是由于构造运动提供了热动力条件,促使成矿流体向上运移,并在有利位置沉淀下来。

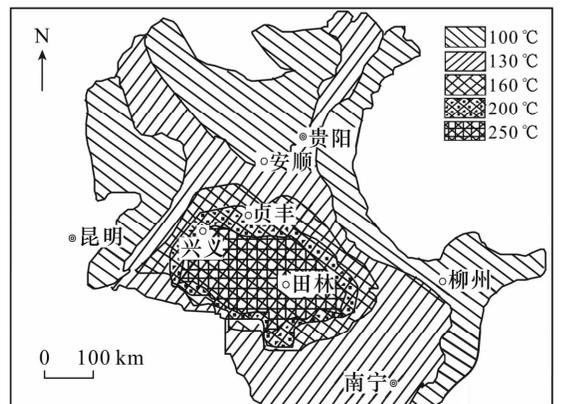


图 3 滇黔桂地区上二叠统古地温分布图^[10]

Fig. 3 Distribution of Upper Permian paleo-geotemperatures in Yunnan-Guizhou-Guangxi area^[10]

3.2 有利的岩性组合

金矿化对岩性具有明显的选择性。当岩石为不纯碳酸盐岩和孔隙度较大的碎裂(块状)岩、角砾岩、钙质粉砂岩、细砂岩时,有利成矿。特别是层薄、成分复杂、孔隙多,顶、底板为透水性差的黏土岩、粉砂质黏土岩时易形成富矿。

水银洞金矿具有特殊的岩性组合:顶底板为黏土岩,矿层以生物碎屑灰岩为主。在地层中,这种黏土岩-生物碎屑灰岩-黏土岩构成了对成矿极为有利的岩性组合。这种组合在龙潭组地层序列中重复出现,形成了多层矿体的产出。这种有利岩性组合,在剖面上构建了含水性从隔水层→含水层→隔水层,渗透性从差→好→差,能干性从小→大→小,化学活性从小→大→小的特点。由于其物理性质的差异,在区域挤压构造的作用下,沿同岩性接触层面易发生层间滑脱,导致微裂隙、层间裂隙密集带,层间破碎带产生,这为深层地下水(指含矿流体)的流动提供了通道,是金等成矿元素能从矿源层中淋滤、渗溶的主要条件。黏土岩由于渗透性差,阻挡了矿液的流动,而生物碎屑灰岩或泥质生物碎屑灰岩由于具有较高的孔隙度和连通度,微裂隙发育、因而顺层或在裂隙、节理附近形成弥散型的蚀变和浸染状的矿化,使矿体与围岩无明显界线。所以矿体严格赋存于生物碎屑灰岩中,其顶底板的黏土岩或粉砂质黏土岩均不含矿,矿体与顶板及底板之间金含量呈突变关系。

3.3 深部丰富的成矿物质与成矿流体

关于层控型卡林型金矿成矿物质与成矿流体的来源有2种观点,一种认为沉积改造^[11],另一种认为深源成因^[12-13]。夏勇^[6]通过对水银洞金矿系统地观察研究,认为水银洞金矿床成矿物质主要来自于深部,后来有浅部物质的加入。聂爱国等^[14]进一步指出黔西南卡林型金矿的成矿物质来源于地幔,峨嵋地幔柱活动产生的玄武岩浆含有大量的金等成矿物质,这些幔源玄武岩浆提供了黔西南金矿床所需金的物质来源。

水银洞金矿的成矿流体具有富含挥发分、低温、低盐度、超高压的特点。水银洞金矿主成矿期的流体包裹体均一温度为200~220℃,盐度(NaCl)5%~6%,压力 $1 \times 10^5 \sim 2 \times 10^5$ kPa^[5]。由于该地区特殊的岩性组合,这种具有高渗透性的成矿流体可在孔隙度大的不纯碳酸盐岩中发生侧向运移和渗透,从而使不纯碳酸盐岩发生去碳酸盐化

和硅化等热液蚀变。在构造作用的影响下,岩石之间产生微裂隙,原有的温压条件被打破,金随含砷黄铁矿或细粒毒砂迅速结晶而快速沉淀下来。同时,由于层状矿体之间存在断裂,成矿流体可能沿着断裂运移到另外一些渗透性较好的地层中,发生去碳酸盐化和硅化等热液蚀变,并为金矿化准备了条件。

4 成矿模式探讨

根据前人研究成果,结合已有的资料分析,认为水银洞金矿的成矿模式为:地壳深部和上地幔富含挥发分的成矿流体,在燕山期构造作用的影响下,沿基底深大断裂向地壳上部运移。由于龙潭组特殊岩性组合(黏土岩-生物碎屑灰岩-黏土岩)构成的圈闭,成矿流体在此处富集起来。随着构造作用的进一步发展,断裂破坏了原有圈闭,使流体的挥发分发生快速逃逸,流体的压力骤降,还原性降低,成矿条件发生巨大变化,Au随含砷黄铁矿或细粒毒砂迅速结晶而快速沉淀下来。由于断层的贯通和有利岩性的重复出现,致使水银洞金矿床具有多层矿体产出。

5 结论

研究表明,水银洞金矿矿石矿物有黄铁矿、毒砂、雄黄及雌黄;硅化、白云石化、黄铁矿化与金矿关系极为密切。同位素地球化学特征表明,该矿的成矿物质主要来自深部,特殊的大地构造背景(两大构造单元扬子准地台与右江褶皱带的接合部位)、有利的容矿岩石组合(大面积分布碳酸盐岩、不纯碳酸盐岩),以及深部丰富的成矿物质和成矿流体来源,是水银洞金矿床缺一不可的成矿因素。这些因素相互作用,共同制约着水银洞超大型卡林型金矿床的形成。

该研究为区内相同类型的金矿勘查工作提供了一定的思路,建议今后对成矿有利部位加大找矿力度。

参考文献:

- [1] Alvarez, Noble D C. Sedimentary rock - hosted disseminated precious metal mineralization at Purisima Concepcion, Yauricocha district, central Peru [J]. *Economic Geology*, 1988, 83 (7):

1368 - 1378.

[2] 薛春纪, 祁思敬, 隗合明, 等. 基础矿床学[M]. 2版. 北京: 地质出版社, 2007: 161 - 163.

[3] 刘建中. 贵州水银洞金矿床矿石特征及金的赋存状态[J]. 贵州地质, 2003, 20(1): 30 - 34.

[4] Su W, Hu C R, Xia Z, et al. Calcite Sm - Nd isochron age of the Shuiyindong Carlin - type gold deposit, Guizhou, China [J]. Chemical Geology, 2009, 258(3/4): 269 - 274.

[5] 刘建中, 邓一民, 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, 33(1): 169 - 177.

[6] 夏勇. 贵州贞丰县水银洞金矿床成矿特征和金的超常富集机制研究[D]. 贵阳: 中国科学院研究生院(地球化学研究所), 2005.

[7] Doe B R, Stacey J S. The application of lead isotopes to problem of ore genesis and prospect evaluation; A review [J]. Economic Geology, 1974, 69(6): 757 - 766.

[8] Stacey J S, Kramers J D. Approximation of terrestrial lead isotope evolution by a two stage model [J]. Earth and Planetary Science Letters, 1975, 26(2): 207 - 221.

[9] Teal L, Jackson M. Geologic overview of the Carlin trend gold deposits and description of recent deep discoveries [J]. STG News-letter, 1997, 31: 1 - 25.

[10] 庄新国. 桂西北地区古地热场特征及其在微细粒浸染型金矿床形成中的作用[J]. 矿床地质, 1995, 14(1): 82 - 89.

[11] 王国芝, 胡瑞忠, 苏文超, 等. 滇 - 黔 - 桂地区右江盆地流体流动与成矿作用 [J]. 中国科学(D辑), 2002, 32(增刊): 78 - 86.

[12] 朱赖民, 金景福, 何明友, 等. 黔西南微细浸染型金矿床成因讨论——矿床时空分布及同位素证据 [J]. 火山地质与矿产, 1997, 18(2): 117 - 126.

[13] 朱赖民, 金景福, 何明友, 等. 论深源流体参与黔西南金矿床成矿的可能性 [J]. 地质论评, 1997, 43(6): 586 - 591.

[14] 聂爱国, 李俊海, 欧文, 等. 黔西南卡林型金矿床形成特殊性研究 [J]. 黄金, 2008, 29(2): 4 - 8.

Geological-geochemical features and genesis of Shuiyindong Carlin gold deposit in southwestern Guizhou Province

CHEN Yangyang¹, CHEN Bing²

(1. College of Earth Science and Resources, Chang'an University, Xi'an 710054, China;
2. Fourth Geological Exploration Institute of Heilongjiang Province, Harbin 150036, China)

Abstract: The Shuiyindong gold deposit is located in the western section of Huijiabao antiline, and it is an important component of Huijiabao Carlin ore field. The orebodies occur in stratified or stratoid shape in high-porosity bioclastic limestone of the Upper Permian Longtan Formation within 300 m near the axis of the Huijiabao anticline. The shape of the orebodies is similar with that of the anticline. The main metal minerals are pyrite, arsenopyrite, realgar and orpiment. The gold mineralization related closely with silicification, dolomitization and pyritization. The geochemical study of isotopes indicates that the ore-forming materials mainly originated from plutonic source. Based on metallogenic condition of the Shuiyindong gold deposit, it is proposed that special tectonic background, favorable hosting rock assemblage and rich ore-forming materials and fluids are favorable conditions for gold mineralization. These are helpful for further understanding of Carlin gold mineralization, and can provide useful recommendations for reasonable exploration of gold resources in southwestern Guizhou Province.

Key words: southwestern Guizhou Province; Shuiyindong; isotope; metallogenic condition; enrichment mechanism

(责任编辑: 刁淑娟)