

# 中国第一个 I 类型卡林型金矿床——水银洞金矿地质\*

## Geological characteristics of the Shuiyindong gold deposit, the first I-type Carlin-type gold deposit in China

刘建中<sup>1,2</sup>, 邓一明<sup>2</sup>, 邱林<sup>2</sup>, 苏文超<sup>3</sup>, 夏勇<sup>3</sup>, 张兴春<sup>3</sup>

(1 贵州地矿局 105 地质大队, 贵州 贵阳 550018; 2 贵州紫金矿业股份有限公司, 贵州 贞丰 562200;

3 中国科学院地球化学研究所, 贵州 贵阳 550002)

LIU JianZhong<sup>1,2</sup>, DENG YiMing<sup>2</sup>, Qiu Lin<sup>2</sup>, SU WenChao<sup>3</sup>, XIA Yong<sup>3</sup> and ZHANG XingChun<sup>3</sup>

(1 No. 1 Geological Party, Guizhou Bureau of Geology and Mineral Exploration & Development, Guiyang 550018, Guizhou, China;

2 Zijin Holding Company Ltd., Zhenfeng 562200, Guizhou, China; 3 Institute of Geochemistry, CAS, Guiyang 550002, Guizhou,

China)

**摘 要** 水银洞金矿床是中国近年来通过成矿预测发现的第一个 I 勘探类型卡林型金矿床, 具品位高、厚度小、多层矿体受地层层位控制的隐伏卡林型金矿床。文章介绍了矿床的区域地质条件、构造、岩石组合特征、热液蚀变类型以及金矿富集规律等, 并提出了该类型金矿的成矿模式。

**关键词** 两层楼; 卡林型; I 类型; Sbt; 水银洞; 贵州

### 1 矿床发现简介

80 年代初对灰家堡背斜汞矿调查时, 于水银洞矿区雄黄岩发现了含金矿化, 开启了灰家堡背斜的找金历史。1982—1993 年间, 断续开展了水银洞地区找矿, 仅发现由断裂控制的地表氧化矿体, 一度认为区内无进一步找金价值。1983 年于灰家堡背斜西段的紫木函地区发现了紫木函和太平洞大型金矿床, 1993 年完成了紫木函金矿床的勘探, 建立了“两层楼”找矿模式, 1994 年开展了灰家堡背斜的大比例尺成矿预测工作, 选定水银洞地区为 A 类找矿靶区, 产于龙潭组地层中的“楼下矿”为探寻对象, 预测资源量 50 t。1995 年施钻验证发现了水银洞层控盲金矿床。仅 2004 年 6 月完成的中矿段勘探即获得平均  $10.95 \times 10^{-6}$  的金资源/储量 54.62 t, 使水银洞金矿成为滇黔桂“金三角”又一个特大型金矿床, 同时填补了中国无第 I 勘查类型卡林型金矿的空白。近年勘查新增数十吨资源, 水银洞金矿有望成超大型矿床。

### 2 关于第 I 勘查类型金矿的定义

第 I 勘查类型: 矿体规模大, 形态简单, 厚度稳定, 构造、脉岩影响程度小, 主要有用组分均匀的层状-似层状、板状-似板状的大脉体、大透镜体、大矿柱 (中华人民共和国地质矿产行业标准 DZ/T0205-2002 《岩金矿地质勘查规范》)。水银洞金矿为第 I 勘查类型 (刘建中等, 2006)。

### 3 水银洞金矿勘查类型划分主要参数 (表 1)

### 4 矿床特征

#### 4.1 赋矿地层

矿床赋存于海陆交互相龙潭组( $P_3l$ )1~2 段及构造蚀变体 (Sbt) 中, 其中  $P_3l^2$  夹的 3 层生物碎屑灰岩为最主要的含矿部

\*第一作者简介 刘建中, 男, 40 岁, 仡佬族, 地质高级工程师, 长期从事矿床地质勘查工作。E-Mail: LiujianZhong868@sina.com

位，在 50 m 距离内产出的矿体占矿床控制储量的 60%。

表 1 水银洞金矿勘查类型划分主要参数

| 矿体   | 长度/m<br>(规模) | 宽度/m<br>(规模) | 形态/复杂程度    | 厚度变化系数/%<br>(稳定程度) | 品位变化系数/%<br>(均匀程度) | 断层破坏情况/影响<br>程度                      |
|------|--------------|--------------|------------|--------------------|--------------------|--------------------------------------|
| IIIc | 700 (大)      | 220 (中)      | 层状-似层状(简单) | 25.89 (稳定)         | 68.37 (均匀)         | 矿体东部边界 F <sub>11</sub> ,<br>几乎无破坏(小) |
| IIIa | 800 (大)      | 220 (中)      | 层状-似层状(简单) | 42.96 (稳定)         | 91.09 (均匀)         | 中部 F <sub>11</sub> (小)               |
| Ia   | 500 (大)      | 630 (大)      | 似层状(简单)    | 122.17 (较稳定)       | 78.64 (均匀)         | 无断层(小)                               |

4.1.1 构造蚀变体 (Sbt)

产于 P<sub>2</sub>m 和 P<sub>3</sub>l 不整合界面附近的一套由区域性构造作用形成的并经热液蚀变的构造蚀变岩石。为一套深灰色中层强硅化灰岩、角砾状强硅化灰岩、硅质岩及角砾状粘土岩组合，包含了 P<sub>2</sub>m 顶部灰岩和 P<sub>3</sub>l 底部粘土岩，弱硅化灰岩-强硅化灰岩-强硅化角砾状灰岩-硅化角砾状粘土岩-碎裂化粘土岩序列即为构造蚀变体 (Sbt) (刘建中等，2006)。厚度 5.08~41.51 m。Ia 矿体产于其中。

4.1.2 龙潭组第一段 (P<sub>3</sub>l<sup>1</sup>)

中层条带状细砂岩夹薄层粘土质粉砂岩和薄层粉砂岩与条带状粘土质粉砂岩组合，平均厚度 90.42 m。II f 赋存于顶部的生物屑砂屑灰岩中。

4.1.3 龙潭组第二段 (P<sub>3</sub>l<sup>2</sup>)

薄至中层粉砂质粘土岩、粘土质粉砂岩夹中层粉砂岩、薄层炭质粘土岩及二至三层煤线 (层) 以及三层 1~2 m 厚中层硅化含生物屑灰岩，平均厚度 103.71 m。IIIc、IIIb、IIIa 赋存于三层硅化含生物屑灰岩中。

4.2 构造格局

灰家堡背斜为矿田主干构造。东起者相，西止于老王箐附近，全长约 20 km，宽约 6 km，岩层倾角较缓，一般 5~20°，轴面近于直立，两翼基本对称。紫木幽大型金矿床、太平洞大型金矿床、大坝田中型汞矿床、滥木厂大型汞 (铊) 矿床、水银洞金矿床及一系列金矿 (化) 点、汞矿 (化) 点一同构成了灰家堡 Au、Hg、Tl 成矿带 (刘建中，2006) (图 1)。

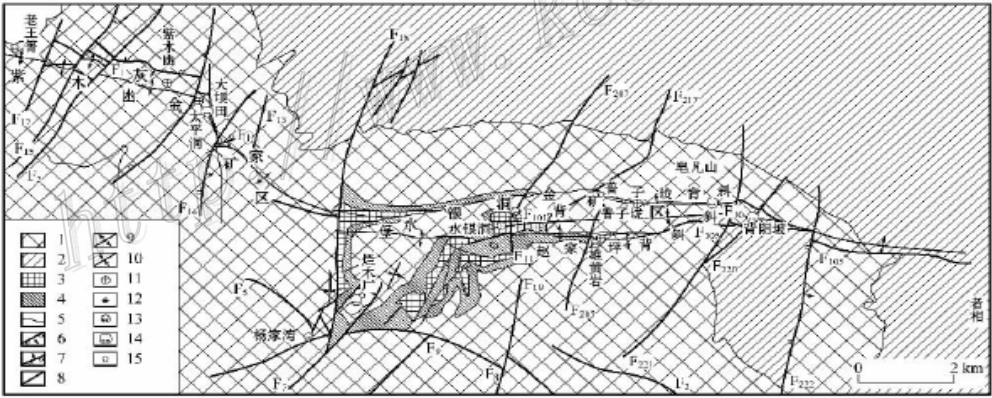


图 1 灰家堡背斜金矿田地质图

1—永宁镇组；2—夜郎组；3—长兴+大隆组；4—龙潭组；5—地层界线；6—正断层；7—逆断层；8—性质不明断层；  
9—背斜轴；10—向斜轴；11—金矿床；12—金矿点；13—汞矿点；14—汞矿点；15—铊矿点

4.3 矿体特征

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、断裂型为辅的复合型盲金矿床。主矿体呈层状、似层状产出于生物碎屑灰岩中，产状与岩层产状一致，走向上具波状起伏向东倾没、空间上具有多个矿体上下重叠、品位高、厚度薄的特点 (刘建中，2005) (图 2)。矿体集中产出于 P<sub>3</sub>l<sup>2</sup> 中下部和 P<sub>3</sub>l<sup>1</sup> 顶部及 Sbt 中，IIIc 矿体距 P<sub>3</sub>l<sup>2</sup> 顶界 55~60 m、IIIb 距 IIIc 25~35 m、IIIa 距 IIIb 8~15m、II f 距 IIIa 5~11m。IIIc、IIIb、IIIa、II f、Ia 为最主要矿体，单矿体分别达中型矿床规模。五个矿体占查明资源/储量的 83.43%。

表 2 矿石矿物成分一览表

| 类别    | 主要矿物    | 次要矿物       | 微量矿物          |
|-------|---------|------------|---------------|
| 氧化物   | 石英      | 玉髓、褐铁矿     | 金红石、白钛石       |
| 硫化物   | 黄铁矿     | 毒砂         | 辉锑矿、雄（雌）黄、黄铜矿 |
| 硅酸盐矿物 | 高岭石     | 白云母、绢云母、长石 | 滑石、石榴子石、沸石、锆石 |
| 碳酸盐矿物 | 白云石、方解石 |            | 孔雀石           |
| 硫酸盐矿物 |         | 石膏         |               |

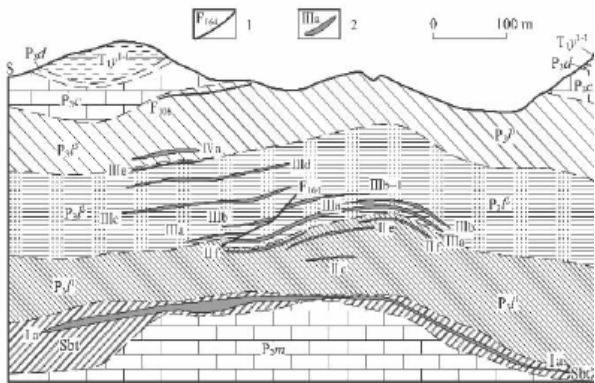


图 2 贵州省贞丰县水银洞金矿床 7 勘探线剖面图

1—夜郎组；2—大隆组；3—长兴组；4—龙潭组三段；5—龙潭组二段；  
6—龙潭组一段；7—构造蚀变带；8—茅口组；9—断层及编号；10—矿体及编号

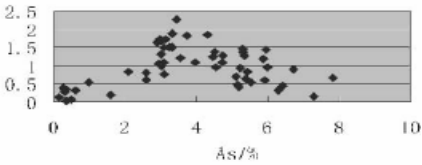


图 3 金-砷关系图解

4.4 矿石矿物成分（表 2）及主要矿物特征

黄铁矿：有他形晶、莓状晶、球形晶、立方体晶、十二面体晶形等。颗粒细小，一般 0.001~0.05 mm。沉积期黄铁矿多呈自形立方体或五角十二面体晶，粒度较大，多呈条带（纹）状产出；热液期黄铁矿颗粒细小，以它形粒状为主，呈星散浸染状产出。

毒砂：常与黄铁矿共生，呈自形菱面体、枣核形、矛状、针状等，粒径 0.02 mm 以下。

白云石：颗粒细小，呈自形菱面体产出，粒度在 0.01~0.05 mm 之间。

石英：颗粒细小，呈斑块状、细脉状充填于溶蚀孔洞，或呈半自形他形粒状分布于溶蚀孔洞中及生物化石表面或交代生物碎屑呈交代矿物存在。

4.5 矿石化学成分及热液蚀变

矿石除 Au 外，其它如 Ag、Sb、Cu、Zn、Pb、Pt、Pd 等有益元素含量甚微。分析表明：SiO<sub>2</sub> 含量达 18.08%~32.80%，硅化强烈；MgO/CaO 达 0.37~0.534，具极强白云石化；主要硫化物为黄铁矿，黄铁矿含量 2.38%~6.90%之间；Au 与其他元素无明显的相关性（刘建中，2003）。

主要有黄铁矿化、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、辰砂化等蚀变。硅化、白云石化、黄铁矿化“三化”组合是成矿的必备条件。

4.6 金的赋存状态研究

含金黄铁矿具“三层式”结构（沉积期内核-砷黄铁矿环带-金沉淀后于砷黄铁矿环带外的黄铁矿生长表层）。采用高分辨率电子探针（CAMECA SX-50 型）进行砷黄铁矿环带中 Au 和 As 的成分扫描，金主要赋存于砷黄铁矿环带中（含量高达 600×10<sup>-6</sup>~1800×10<sup>-6</sup>），Au 与 As 有一定的相关性（含砷 7%~8%的部位往往不含金或含金很低，高金含量与中等砷含量 3%~6%对应）（图 3），这可能说明金在砷黄铁矿环带中以亚微米至纳米级的颗粒状不均匀浸染分布，而不太可能以晶格金（即以 Au<sup>3+</sup>-As 成对置换黄铁矿晶格中的 Fe<sup>2+</sup>-S）的状态存在。最近，苏文超等采用电子探针分析技术在富矿石中首次发现较多的次显微-显微自然金颗粒赋存在含砷黄铁矿的表面，含金黄铁矿粒度主要在 0.5~50 μm 之间（张兴春等，2004）（图 4）。

4.7 成矿期及成矿阶段的划分（表 4）。

表 4 成矿期与成矿阶段划分表

| 特    征 | 沉积成岩期               |                                | 构造-热液期                                            |                                     |
|--------|---------------------|--------------------------------|---------------------------------------------------|-------------------------------------|
|        | 方解石-黄铁矿阶段           | 石英-白云石阶段                       | 自然金-黄铁矿-毒砂阶段                                      | 雄黄-辰砂-石英-方解石阶段                      |
| 矿物组合   | 黄铁矿、方解石             | 玉髓、石英、白云石                      | 自然金、黄铁矿、毒砂                                        | 雄黄、辰砂、方解石、石英、辉锑矿                    |
| 结构构造   | 自形半自形结构、生物碎屑结构、块状构造 | 自形半自形结构、交代结构、包含结构、空洞状构造、生物遗迹构造 | 自形半自形结构、交代结构、包含结构、假象结构、生物遗迹构造、星散浸染状构造、薄膜状构造、环带状构造 | 自形半自形结构、空洞状构造、角砾状构造、脉（网脉）状构造、缝合线状构造 |
| 围岩蚀变   |                     | 硅化、白云石化                        | 黄铁矿化、毒砂化                                          | 硅化、方解石化、雄黄化、辉锑矿化                    |
| 标型元素   | Fe、S、Ca             | Si、Mg                          | Au、S、Fe、As                                        | Si、As、Hg、Sb                         |
| 成矿温度   |                     |                                | 245℃-----                                         | 120℃                                |

4.8 矿床成因探讨

区域构造活动带来的大量的成矿物质沿构造破碎带运移，局部地段直接赋存于构造角砾岩中成矿；多期多次的构造-热液活动，造就了有利的成矿空间，而且是金赖以活化迁移、富集成矿的主要热源和动力源；热液成因的砷黄铁矿环带与成岩成因的黄铁矿内核未能分离，硫同位素组成仍表现为沉积硫；包裹体呈孤立状、不规则状分布，负晶形，一般大小（直径）5~60 μm，分为液态 CH<sub>4</sub>-N<sub>2</sub>-CO<sub>2</sub>(L<sub>CH4+N2+CO2</sub>)、气相 CH<sub>4</sub>-N<sub>2</sub>-CO<sub>2</sub> (V<sub>CH4+N2+CO2</sub>)、气液相 V<sub>CH4+N2+CO2</sub>+H<sub>2</sub>O、富 CO<sub>2</sub> 四类，流体包裹体的激光 Raman 光谱显示除纯 CO<sub>2</sub> 包裹体之外，其他类型中都含有较高的 CH<sub>4</sub>(2 913~2 919 cm<sup>-1</sup>)、N<sub>2</sub> (2 330 cm<sup>-1</sup>) 和 CO<sub>2</sub> (1 285 cm<sup>-1</sup>、1 388 cm<sup>-1</sup>)，主成矿期 V<sub>CH4+N2+CO2</sub>+L 相流体包裹体的均一温度为 200~220℃，盐度 w (NaCl<sub>eq</sub>) 5%~6%，成矿流体具有很高的压力(1 000~2 000 bar)。综上，矿床属产于沉积碳酸盐岩中的卡林型金矿，具有中低温超高压热液成矿的特点。

4.9 成矿模式

与深部隐伏花岗岩有关的富含 CH<sub>4</sub>-N<sub>2</sub>-CO<sub>2</sub> 和 Au<sup>2+</sup>、Sb<sup>2+</sup>、Hg<sup>2+</sup>、As<sup>2+</sup>、H<sub>2</sub>O 的热液，在燕山期区域构造作用下沿深大断裂上涌，沿 P<sub>2</sub>m 与 P<sub>3</sub>l 间的不整合界面侧向运移（与岩石产生交代形成构造蚀变体——Sbt，局部形成金矿体或矿床），背斜核部附近发育的斜切层面的断裂或节理成为成矿流体穿透构造封闭层（如碳质页岩）到达渗透性较好的地层（碳酸盐岩）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独特的层控型矿床-水银洞金矿(刘建中等，2005，2006)（图 5）。

参考文献略

图 4 黄铁矿的电子探针波谱砷 La(A)、金 La(B)成分扫描图像

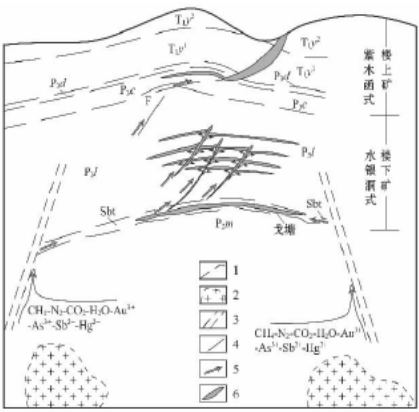
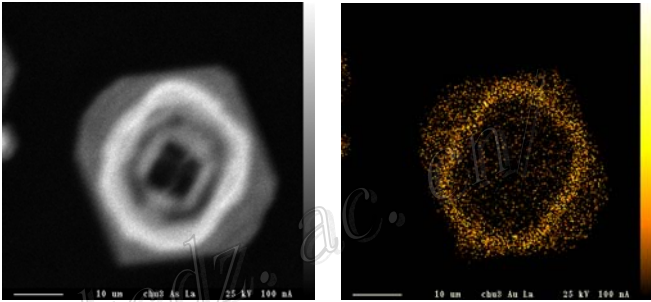


图 5 水银洞金矿床“两层楼”成矿模式示意图

P<sub>2</sub>m—茅口组；Sbt—构造蚀变体；P<sub>3</sub>l—龙潭组；P<sub>3</sub>c—长兴组；P<sub>3</sub>d—大隆组；T<sub>1</sub>y<sup>1</sup>—夜郎组一段；T<sub>1</sub>y<sup>2</sup>—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。