

# 云南白牛厂银多金属矿水文地质特征 及其水害的预测与防治

李瀛玲, 高建国, 贾福聚

(昆明理工大学国土资源与工程学院, 昆明 650093)

**摘要:** 云南白牛厂银多金属矿区位于红河与南盘江两大水系分水岭东侧的德厚河水文地质单元的补给区, 属红河流域。为确保矿山的安全高效开采, 须对矿床的充水通道、充水因素等进行分析。通过对云南白牛厂银多金属矿进行水文地质条件调查, 详细分析矿区的水文地质特征, 认为矿区充水通道主要为矿区的构造破碎带; 矿床充水因素主要为大气降水、地下水、地表水; 地下水是矿床充水的主要水源, 大气降水与地表水是矿床充水的影响因素; 该矿床为顶板和地板直接充水的水文地质条件中等-复杂的岩溶裂隙含水层充水矿床。预测了矿山开采可能会遇到的危险(如雨季发生突水等), 提出了防治措施及建议。

**关键词:** 水文地质特征; 充水因素; 岩溶裂隙含水层充水为主的中等-复杂类型; 云南省

**中图分类号:** P641.4 **文献标识码:** A

## 0 引言

云南白牛厂银多金属矿区位于红河与南盘江两大水系分水岭东侧的德厚河水文地质单元的补给区, 属红河流域。地势南西高、北东低, 最高点为白牛厂后山, 海拔2 276.5 m; 最低处为牛作底河流出矿界处, 标高1 690.00 m, 亦为矿区最低侵蚀基准面位置, 相对高差586.50 m。属构造侵蚀溶蚀低中山、高原侵蚀河谷地貌类型, 沟谷发育, 呈树枝状。

矿区内主要河流有牛作底河、响水沟河、白羊河、核桃冲河、新厂冲沟和老厂大箐沟、洋街子(矿界外)(图1)。牛作底河为矿区的主要河流, 发源于矿区西部外围的放羊坡一大黑山一大红地一级分水岭附近, 在咪尾北西入矿境, 流经矿区北部出矿境, 标高1 690 m左右; 白羊沟、响水沟、核桃冲河均为牛作底河的支流, 发源于矿区中部; 新厂冲沟和老厂大

箐沟位于矿区东部, 发源于大尖坡, 流经阿尾, 最终注入矿区外围的岩峰窝落水洞; 洋街子河位于矿区南东部, 发源于大尖坡、鱼塘、三心附近, 于矿区南界出境, 最终于坝心潜入地下, 排泄于文山境内。矿区属低纬度亚热带气候, 气候温和, 雨量充沛, 年平均气温18.6℃, 最高33.8℃, 最低2.9℃, 无霜期337天, 年降雨量815.8 mm。矿区水文地质条件直接决定着矿井建设及开采阶段的矿井涌水量和防水措施<sup>[1]</sup>, 因此, 随着白牛厂银多金属矿的开采, 为确保安全施工, 有必要对其水文地质条件进行研究。

## 1 矿区水文地质特征

### 1.1 矿区含(隔)水层特征

根据矿区地层岩性、岩溶与裂隙发育程度、富水性等, 将矿区地层划分为以下6个含(隔)水层。

(1)第四系(Q)砂砾石土孔隙含水层。零星分

**收稿日期:** 2012-12-27; **责任编辑:** 赵庆

**作者简介:** 李瀛玲(1988-), 女, 硕士研究生, 从事工程环境地质研究。通信地址: 山西省晋城市城区太行北路109号交通运输执法局; 邮政编码: 048000。

**通信作者:** 高建国(1954-), 男, 教授, 博士, 从事地质资源与地质工程研究。通信地址: 云南省昆明市一二一大街文昌路69号, 昆明理工大学莲华校区; 邮政编码: 650093; E-mail: 969964753@qq.com

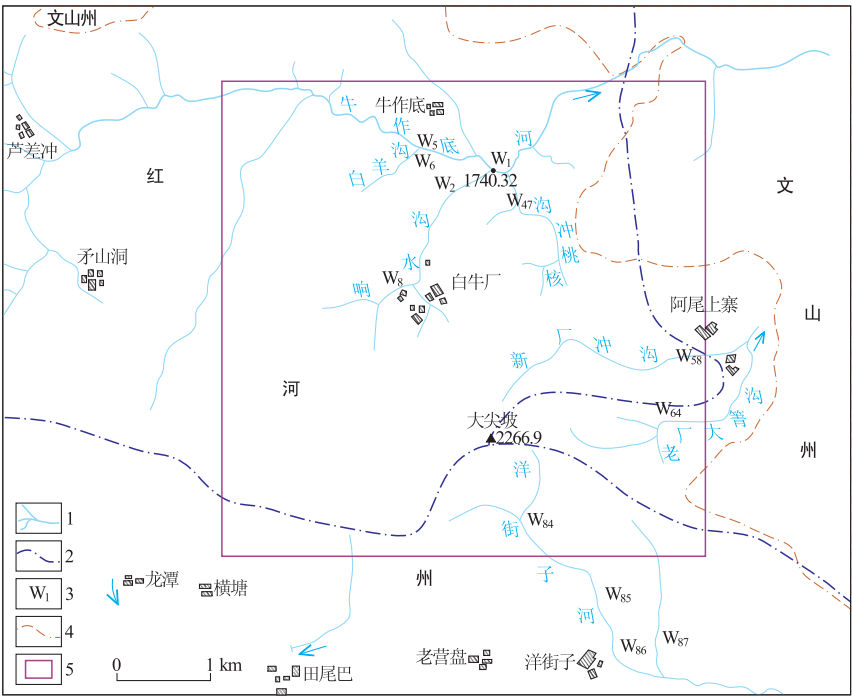


图 1 白牛厂矿区水文地质图

Fig. 1 Hydrogeological map of the Bainiuchang mine

1. 河溪; 2. 水文地质分区界线; 3. 测流点及编号; 4. 红河州与文山州分界线; 5. 矿区范围

布于沟谷及地形低洼地带,岩性为冲积、残坡积砂砾石,砂质黏土及碎石等松散堆积物。厚 0~25.00 m。富水性弱,浅井抽水单位涌水量  $q=0.002\ 1\sim 0.034\ \text{L/s}\cdot\text{m}$ 。

(2)中泥盆统古木组( $D_2g$ )及下泥盆统芭蕉箐组( $D_1b$ )岩溶强含水层。分布于矿区北东角,出露不全。岩性为灰岩、白云岩、生物碎屑灰岩。厚 238~341 m。区域岩溶发育,洼地、漏斗、落水洞、溶洞星罗棋布;并发育岩溶暗河管道,暗河流量 77.93~875.15 L/s,水质类型为  $\text{HCO}_3-\text{Ca}\cdot\text{Mg}$  型,  $\text{pH}=$

7.6,矿化度  $=0.117\sim 0.406\ \text{g/L}$ ;无泉水出露。

该含水层远离矿区,下伏又有相对隔水层下泥盆统坡脚组( $D_1p$ )、坡松冲组( $D_1ps$ ),对矿床充水无影响。

(3)中寒武统龙哈组( $\epsilon_2l$ )白云岩夹粉砂岩岩溶裂隙中等—强含水层。中寒武统龙哈组一至四段( $\epsilon_2l^{a-d}$ )分布于矿区大部分地段,岩性为灰色中厚层夹薄层白云岩、砂质白云岩、粉砂质白云岩夹白云质粉砂岩(占 10%左右),厚 373~531 m。岩溶较发育,中寨至元宝山一带地表分布有洼地、漏斗、落水洞和溶洞。地表裂(溶)隙多呈 NW 向(图 2),面积裂(溶)隙率 2.1%~10%;钻孔中裂(溶)隙高度 0.10~14.73 m,平均 1.89 m,岩溶率 0.07%~20.00%。

由地表向下岩溶与裂隙发育程度逐渐减弱,溶洞、溶(裂)隙无充填的占 79%,充填的占 21%。岩溶发育最低下限标高 1 593.53 m(ZK60-32),钻孔施工时孔内漏水,通过简易水文地质观测,水位一般随孔深加深而逐渐下降;但也有极少数孔如 ZK60-5, ZK79-30 分别在 75 m,230 m 处水位急剧下降,说明该层裂(溶)隙发育,但不均匀。该含水层中地表泉水出露众多,在与第四系接触处出露有上升泉,旱季流量(观测时间 3—4 月和 10—12 月)以 0.002 5~2.97 L/s 居多,个别达 6.279~11.66 L/s(S39, S49),平均 0.984 L/s;泉点出露标高 1 725~2 073 m。据长观点资料统计,雨季流量最大 121.88 L/s(S82),最小 1.52 L/s(S30);旱季流量最大 11.66 L/s(S49),最小 0.08 L/s(S30)。地下水位埋深,沿河谷两岸为 10~15 m,元宝山至马鞍山一带为 61~138 m,水位埋深、标高与地形密切相关。钻孔抽水试验结果(表 1)表明,钻孔水量较小,单位涌水量一般为 0.001~0.013 2 L/s·m,仅 ZK79-26 孔涌水量较大,单位涌水量为 0.177 1 L/s·m。其原因是,涌水量小者主要为覆盖区,岩溶及裂隙发育弱,渗透性差;涌水量大者地表多为裸露区,岩溶发育,钻孔深部裂隙较发育,且 ZK79-26 又位于地下水的局部排泄区。水质类型为  $\text{HCO}_3-\text{Ca}\cdot\text{Mg}$

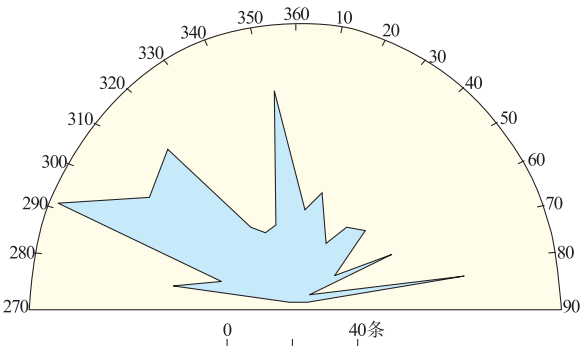


图 2 中寒武统龙哈组裂隙走向玫瑰花图

Fig. 2 Rose diagram of strikes of fissures in middle cambrian Longha formation

(40%),  $\text{HCO}_3 - \text{Mg} \cdot \text{Ca}$  (25%),  $\text{SO}_4 \cdot \text{HCO}_3 - \text{Ca} \cdot \text{Mg}$  (10%),  $\text{HCO}_3 - \text{Ca} \cdot \text{Mg}$  (10%),  $\text{HCO}_3 - \text{Mg} \cdot \text{Ca}$  (5%),  $\text{HCO}_3 - \text{Mg} \cdot \text{Ca} \cdot \text{Na}$  (5%),  $\text{HCO}_3 \cdot \text{SO}_3 - \text{Mg} \cdot \text{Ca}$  (5%) 型。pH 值 6.5~8.5, 其中分析样品 pH 值 7.1~8.5 的占 80%, pH=6.5~7.0 的占 20%。分析样品矿化度 0.112~1.897 g/L, 其中矿化度 0.112~0.221 g/L 者占 90%, 矿化度 0.565 g/L 和 1.897 g/L 的各占 5%。

该地层为矿层顶板, 富水性中等-强, 是矿床顶板充水的主要含水层。

(4) 中寒武统田蓬组 ( $\in_2 t$ ) 灰岩、白云岩、砂泥岩岩溶裂隙弱-中等含水层。岩性为灰至深灰、暗灰色薄至中厚层状生物碎屑、鲕状、核状石灰岩, 粉晶、粉砂质泥岩, 泥质粉砂岩, 粉砂岩夹绢云母粉砂岩, 中部为板岩, 下部为生物碎屑白云岩, 约占 45%, 厚 229.09 m。岩溶发育微弱, 仅见一些细小的溶蚀现象, 地表风化破碎强烈, 钻孔揭露灰岩裂隙宽 0.1~0.2 cm, 溶(裂)隙高 0.6~8.12 m, 岩溶、裂隙发育中等, 发育率 4.10%~17.40%, 多无充填, 少数泥砂、钙质及黏土充填。据钻孔简易水文地质观测, 动水位随孔深缓慢下降, 变幅小。出露泉点 17 个, 泉水流量 0.002 5~1.243 L/s, 仅有 2 个泉点流量分别为 1.961 L/s (S65) 和 2.970 L/s (S61), 平均流量 0.649 L/s, 观测时间为旱季 (3—4 月和 11—12 月), 泉点出露标高 1 740~2 015 m。ZK60-5 和 ZK60-14 孔降深分别为 19.41 m 和 46.32 m, 单位涌水量分别为 0.002 76 L/s·m 和 0.000 47 L/s·m (表 1)。

坑道内滴水、淋水现象较多, 原 PD210 坑道曾测得坑口总流量 1.96 L/s, 水化学类型为  $\text{HCO}_3 - \text{Ca} \cdot \text{Mg}$ ,  $\text{SO}_4 \cdot \text{HCO}_3 - \text{Ca} \cdot \text{Mg}$ ,  $\text{HCO}_3 \cdot \text{SO}_4 - \text{Ca} \cdot \text{Mg}$ ,  $\text{HCO}_3 - \text{Mg} \cdot \text{Ca}$ ,  $\text{SO}_4 \cdot \text{HCO}_3 \cdot \text{Cl} - \text{Ca} \cdot \text{Na}$ 。分析样品中, pH=7.1~8.5 的占 82%; pH=6.5~7 的占 18%。分析样品矿化度 0.083~1.396 g/L, 其中 0.083~0.262 g/L 的占 73%, 0.759~1.396 g/L 的占 27%。

该地层为矿层底板, 富水性弱-中等, 为矿床直接充水含水层。

(5) 中寒武统大丫口组 ( $\in_2 d$ ) 砂板岩裂隙弱含水层。岩性为灰黄色、深灰色粉砂质板岩, 粉砂质泥岩、粉砂岩, 中部夹泥质条带灰岩、核形石灰岩、鲕状灰岩、泥质条带鲕状灰岩, 厚 443.45 m。裂隙、岩溶不发育。据钻孔简易水文地质观测, 动水位随孔深缓慢下降, 变幅小 (0.16~0.40 m, 个别 1.32 m), 静

止水位埋深 30.52~86.82 m, 标高 1 846.58~1 846.46 m, 地下水位埋深与地形密切相关。出露泉点 7 个, 流量 0.039~0.221 L/s (个别 1.243 L/s), 平均 0.30 L/s (不含长观断层泉 S20), 唯长观泉流量最大 52.25 L/s, 最小 1.961 L/s, 平均 11.97 L/s, 泉点出露标高 1 750~1 987 m, 水质类型以  $\text{HCO}_3 - \text{Ca} \cdot \text{Mg}$  为主, 次为  $\text{SO}_4 \cdot \text{HCO}_3 \cdot \text{Cl} - \text{Ca} \cdot \text{Na}$  和  $\text{HCO}_3 \cdot \text{SO}_4 - \text{Ca} \cdot \text{Mg}$ , pH=7.1~8.5, 矿化度 0.083~0.192 g/L, 最大 0.759 g/L。

该含水层富水性弱-中等, 为矿床的间接充水含水层。

(6) 下寒武统大寨组 ( $\in_1 d$ )、冲庄组 ( $\in_1 ch$ ) 砂板岩及灰岩岩溶裂隙弱含水层。上部浅灰色粉砂质板岩, 泥质粉砂岩, 深灰色薄至中厚层状泥质条带灰岩, 鲕状、核形石灰岩; 下部深灰、灰绿色板岩, 粉砂质板岩夹长石石英砂岩或碳质粉砂岩, 未见低, 厚 > 187.45 m。微细裂隙发育, 多呈 NW 向或 NE 向。溶蚀现象不明显。仅出露泉点 5 个, 流量 0.014~0.325 L/s, 平均 0.148 L/s (观测时间 4 月和 11 月)。S12 长观泉点, 流量最大 1.243 L/s, 最小 0.003 L/s, 平均 0.134 L/s。水质以  $\text{HCO}_3 \cdot \text{SO}_4 - \text{Ca} \cdot \text{Mg}$  型为主, 次为  $\text{HCO}_3 - \text{Ca} \cdot \text{Mg}$ ,  $\text{SO}_4 \cdot \text{HCO}_3 - \text{Ca} \cdot \text{Mg}$  型, 矿化度 0.163~0.759 g/L, 最大 1.48 g/L, pH=7~8.5。

该含水层富水性弱, 为矿床的间接充水含水层。

## 1.2 断裂带水文地质特征及对矿床充水的影响

矿区内断裂构造发育, 走向以 NWW 为主, 是矿区的主要控矿构造及容矿构造; 近 SN 向次之<sup>[2]</sup>。主要断裂有  $F_1, F_2, F_3, F_4, F_5, F_6, F_7, F_8, F_9, F_{10}, F_{11}$  等。

### (1) NWW 向断裂。

$F_1$ : 正断层。位于矿区北东部, 走向 NWW, 倾向 SSW, 倾角 60°, 两头延出区外, 长约 5.3 km。上盘地层为寒武系冲庄组至龙哈组, 下泥盆统坡脚组 and 芭蕉箐组; 下盘地层为寒武系大丫口组—龙哈组, 泥盆系坡松冲组—坡脚组及芭蕉箐组。断层破碎带中见断层泥、糜棱岩、构造透镜体及断层角砾, 泉水流量 0.221~2.970 L/s, 断层交汇处泉水流量 1.405~2.970 L/s。富水性弱-中等, 多数地段不导水或导水性差, 而两盘为碳酸盐岩岩溶含水层地段, 导水性好, 但远离矿体, 对矿床充水无直接影响。

$F_2$ : 正断层。东部至核桃冲附近与  $F_1$  相交, 向西经咪尾村延出矿区外, 矿区内长 3.7 km, 倾向 SW, 倾角 48°~70°。上盘地层为寒武系田蓬组; 下

表 1 白牛厂矿区钻孔抽水试验结果

Table 1 Pumping test results of drill holes in the Bainiuchang mine

| 项目              | ZK76-2    | ZK53-1  | ZK51-15 | ZK79-26 | ZK83-5    | ZK60-5  | ZK60-14 | ZK59-8  |
|-----------------|-----------|---------|---------|---------|-----------|---------|---------|---------|
| 抽水试验层位          | $\in_2 l$ |         |         |         | $\in_2 t$ |         |         | $F_3$   |
| 孔深/m            | 184.73    | 220.08  | 410.10  | 347.14  | 173.95    | 232.37  | 326.95  | 200.24  |
| 试验<br>段         | 自/m       | 75.00   | 26.66   | 20.11   | 47.80     | 47.03   | 136.64  | 230.63  |
|                 | 至/m       | 144.63  | 60.08   | 320.00  | 209.50    | 112.00  | 232.37  | 326.95  |
|                 | 长度/m      | 69.63   | 33.42   | 299.89  | 161.70    | 64.97   | 95.73   | 96.32   |
| 静止水位            | 埋深/m      | 75.33   | 27.97   | 21.39   | 25.64     | 3.82    | 86.82   | 42.34   |
|                 | 标高/m      | 1859.30 | 1849.14 | 1924.70 | 1888.60   | 1873.41 | 1846.46 | 1842.23 |
| 恢复水位            | 埋深/m      | 71.50   | 27.26   | 23.25   | 26.18     | 3.52    | 91.48   | 44.92   |
|                 | 标高/m      | 186.13  | 1849.85 | 1922.84 | 1888.06   | 1873.71 | 1841.80 | 1839.65 |
| 降深 S/m          | 11.72     | 18.67   | 52.84   | 17.05   | 53.94     | 19.41   | 46.32   | 43.53   |
| 涌水量 Q/(L/s)     | 0.155     | 0.144   | 0.199   | 3.02    | 0.053     | 0.0535  | 0.022   | <0.0035 |
| 单位涌水量 q/(L/s·m) | 0.0132    | 0.0061  | 0.0038  | 0.1771  | 0.001     | 0.00276 | 0.00047 |         |
| 影响半径 R/m        | 25.89     | 31.52   | 67.33   | 54.96   | 37.02     | 8.68    | 8.75    |         |
| 渗透系数 K/(m/d)    | 0.0175    | 0.0213  | 0.00135 | 0.1045  | 0.0011    | 0.0021  | 0.00035 |         |

盘地层为寒武系大丫口组、冲庄组、田蓬组和泥盆系坡松冲组、坡脚组、芭蕉箐组。上、下两盘与寒武系呈不整合接触。沿断裂带发育宽 5~10 m 的挤压破碎带,断裂带两盘岩石具明显褶皱、破碎及片理化现象。沿断裂带出露泉点 2 个,流量 0.221~0.281 L/s,富水性弱。坑道内断层带干涸无水,但接触面上具涌水和渗水现象,流量 0.027 3~0.25 L/s,断层破碎带不导水,对矿床充水无影响。

F<sub>3</sub>:正断层。位于马路脚凹塘—白羊沟一刀冲坡一线,东部在马路塘凹塘以北交汇于 F<sub>11</sub>,并错断 F<sub>10</sub>和 F<sub>7</sub>,继续向西延伸并延出矿区,矿区内全长 7.6 km,沿走向弯曲延伸,尤其在南东段呈蛇曲状。断层面倾向 SSW,倾角 9°~37°,一般为 24°。断层位于 V<sub>1</sub>矿体之上,大致沿 V<sub>1</sub>矿体与顶板围岩接触部位顺层发育<sup>[3]</sup>。上盘地层为寒武系龙哈组、田蓬组白云岩、砂页岩和泥盆系砂页岩;下盘为寒武系田蓬组和泥盆系坡松冲组粉砂岩及粉砂质泥岩、泥质粉砂岩夹白云岩、泥质条带灰岩。断层带宽 2~50 m,厚 0~20.24 m 不等,由断层角砾、断层泥、碎裂岩组成。角砾成分以白云岩、灰岩和粉砂岩为主,砂质、泥质、白云岩、钙质和硫化物胶结,胶结疏松,地表泉水流量 0.062~0.325 L/s,坑道内该断层顶板具滴水 and 渗水现象,滴水量 0.186 L/s。ZK59-8 孔简易抽水流量 <0.003 5 L/s,单位涌水量 <0.000 08 L/s·m。富水性弱,不导水,该断层破碎带总体属相对隔水层,仅局部地段因断层泥薄或缺失而具微透水现象,对矿床充水影响小。

F<sub>4</sub>:正逆断层。由两断裂 F<sub>4-1</sub>,F<sub>4-2</sub> 组成,走向 NW-SE,呈舒缓波状,东起响水沟东侧,西延至白羊

沟西侧并相交,全长约 1.5 km,断层面倾向 210°~230°,倾角 30°~40°。下盘为中寒武统龙哈组第一、二段白云岩及不整合其上之下泥盆统坡松冲组、坡脚组砂岩、泥岩,粉砂岩;上盘以中寒武统龙哈组第三段砂质白云岩、白云质粉砂岩及不整合其上的下泥盆统坡松冲组砂岩为主。断裂破碎带宽 0.5~7.0 m,见棱角状角砾岩、断层泥,角砾岩为钙质胶结。该断裂两盘的寒武系基底显示上盘下降、下盘上升,而泥盆系盖层则显示上盘上升、下盘下降,断层影响带内见小溶孔,地表泉水流量 0.014~0.464 L/s,最大达 27.74 L/s。富水性弱-中等,局部导水,对矿床充水有间接影响。

F<sub>5</sub>:正断层。位于圆宝山北侧,东止白牛厂北,西与 F<sub>3</sub> 相交,长约 2.4 km,断层倾向 193°~225°,倾角 30°~40°。F<sub>5</sub> 在寒武系基底显示为正断层,在泥盆系盖层则为逆断层。其下盘为中寒武统龙哈组第三段砂质白云岩、白云质砂岩及不整合其上的下泥盆统坡松冲组第一至三段砂岩;上盘为中寒武统龙哈组第四段白云岩和下泥盆统坡松冲组、坡脚组砂泥岩。破碎带宽 0.4~1.2 m,由构造角砾岩及断层泥组成。沿断裂带泉点流量 0.034~0.325 L/s。富水性弱,上、下盘为碳酸盐岩溶含水层地段,具导水作用,而上盘、下盘为碎屑岩含水层地段,不导水。该断层远离矿体,对矿床充水无直接影响。

F<sub>6</sub>:正断层。东与 F<sub>10</sub> 相交,西止响水沟右岸,全长 2 km。断层面倾向 SW,倾角 25°~40°。其上、下盘均为中寒武统龙哈组白云岩、粉砂质白云岩、白云质粉砂岩。破碎带宽 0.5~1.2 m,由构造角砾岩组成。沿断裂带地表仅出露 1 个泉点,流量 0.014 L/

s. 断层上、下盘穿越龙哈组地段具导水作用,对矿床充水有直接影响,但富水性弱,影响小。

**F<sub>7</sub>:**正断层。位于穿心洞北,东止阿尾中寨的 F<sub>11</sub> 交汇后延出区外,西与 F<sub>43</sub> 交汇,全长 5.1 km,倾向 SSW,倾角 34°~55°。上盘地层为中寒武统龙哈组第一至四段,下盘地层为中寒武统田蓬组及龙哈组第一至三段白云岩、砂质白云岩、白云质砂岩及砂岩。断距 <150 m,破碎带宽 0.6~1.8 m,由构造角砾岩组成,局部见断层泥,断层带出露泉点 4 个,流量 0.14~0.391 L/s,最大 1.76 L/s。断层上、下盘穿越中寒武统龙哈组地段具导水作用,但富水性弱,仅局部中等,对矿床充水虽有直接影响,但影响小。

**F<sub>8</sub>:**正断层。位于乌鸦山北部 300 m 处,东与 F<sub>9</sub> 交汇,西与 F<sub>43</sub> 交汇,全长 1.8 km,产状 200°~230°/61°~65°,上、下盘地层均为寒武系中统龙哈组第一至三段白云岩、砂质白云岩、白云质砂岩。断层破碎带宽 0.4~1.10 m,由构造角砾岩组成,局部见断层泥,未见泉水出露。导水性好,但富水性弱又远离矿体,对矿床充水无直接影响或影响小。

#### (2) NE 向断裂。

**F<sub>9</sub>:**正断层。南至图边延出区外,北部与 F<sub>8</sub>, F<sub>7</sub> 断层相交,全长 2.7 km。上、下盘地层均为寒武系中统龙哈组第一至三段白云岩、粉砂质白云岩、白云质粉砂岩,断裂带上未见泉水出露。导水性好,富水性中等,但远离矿体,对矿床充水无直接影响或影响小。

**F<sub>10</sub>:**正断层。位于纵跃冲沟(新厂冲沟上游)东,沿走向呈“S”形,并被 F<sub>7</sub>, F<sub>11</sub>, F<sub>13</sub> 错开,错距 40~120 m,南西端延出区外,北东端与 F<sub>11</sub> 相交,全长约 3.9 km,断层面倾向 NW。断层上盘为中寒武统龙哈组第二至四段白云岩、粉砂质白云岩及白云质粉砂岩,下泥盆统坡松冲组砂岩、粉砂质泥岩及砾岩;下盘为下泥盆统坡松冲组、坡脚组砂、泥岩及中寒武统龙哈组第一、二段和田蓬组第二、三段白云岩、粉砂质白云岩、白云质粉砂岩、灰岩、粉砂岩、粉砂质泥岩、泥质粉砂岩,断裂带附近见泉水点 2 处,流量 0.260~0.325 L/s。断层两盘多为下泥盆统坡松冲组,富水性弱,为相对隔水层,导水性差,对矿床充水无影响,而马路脚凹塘附近两盘为寒武系中统龙哈组、田蓬组白云岩、粉砂质白云岩、灰岩出露区段,断层带具导水作用,对矿床充水有一定影响。

**F<sub>11</sub>:**正断层。南部止于祭天坡以西,并与 F<sub>3</sub> 交汇;向北错断 F<sub>1</sub>, F<sub>13</sub> 后延至矿界外。矿区内全长 2.7 km,沿走向弯曲发育,断层面倾向 E,倾角 57°,

上、下盘地层为中寒武统龙哈组、田蓬组白云岩,粉砂质白云岩,白云质粉砂岩,粉砂岩,粉砂质泥岩、砂岩等。沿断层线两侧 10~30 m,地表泉水流量一般为 0.554~0.610 L/s,最大 2.970 L/s。富水性弱-中等,具导水作用,但大部分远离矿体,对矿区充水无影响,唯新厂冲沟两岸断层两盘为中寒武统龙哈组、田蓬组白云岩、粉砂质白云岩、灰岩出露地段,对矿床充水有直接影响。

除上述断层外,尚有 F<sub>12</sub>, F<sub>13</sub>, F<sub>15</sub>, F<sub>43</sub> 等十几条大小不等走向各异的断层,这些断层大多分布于储量计算区(涌水量估算区)外围,对矿床充水基本无影响或影响小。

## 2 矿床充水因素分析

准确分析矿床充水因素对矿山疏通地下水至关重要<sup>[4]</sup>。根据矿区出露地层岩性、构造及其富水性,以及断层导水性特征和矿体分布特征,矿床充水因素有大气降水、地下水、地表水。

### 2.1 大气降水

大气降水是矿区地下水的主要补给来源,是矿床充水的影响因素<sup>[5]</sup>。矿区发育的岩溶管道是矿区地表水供给地下水的主要通道。地下水动态长期观测结果表明,泉水流量、钻孔水位和坑道涌水量均与降水密切相关,降雨时泉水坑道涌水量大增,钻孔水位突升。枯、雨季地下水流量变化系数 4~414 倍,水位变幅 1.31~26.14 m。

### 2.2 地下水

地下水是矿床充水的主要水源<sup>[6]</sup>。第四系砂砾石土孔隙含水层、下泥盆统坡脚组和坡松冲组砂泥岩裂隙含水层为矿体的间接顶板,富水性弱,为相对隔水层,对矿床充水无直接影响;中寒武统龙哈组白云岩夹粉砂岩岩溶裂隙含水层为矿体的直接顶板,富水性中等-强,地下水可直接进入矿坑,是矿床充水的主要含水层;中寒武统田蓬组灰岩、白云岩、砂泥岩岩溶裂隙含水层为矿体直接底板,虽富水性弱,但地下水直接渗入矿坑,是矿床充水的又一含水层;中、下寒武统大丫口组、大寨组、冲庄组砂板岩及灰岩裂隙岩溶含水层为矿体的间接底板,富水性弱,亦为相对隔水层,对矿床充水无直接影响。

### 2.3 地表水

矿区内的牛作底河及其支流白羊沟、响水沟、核桃冲沟及新厂冲沟、老厂大箐沟,均不同程度地切穿

了矿体顶板——中寒武统龙哈组白云岩夹粉砂岩岩溶裂隙中等-强含水层,和矿体底板——中寒武统田蓬组灰岩、白云岩、砂泥岩岩溶裂隙弱含水层。其中,牛作底河天然状态下地下水补给河水,加之距矿体较远,对矿床充水影响较小;白羊沟天然状态下大部分地段地下水补给河水,仅中寒武统龙哈组分布地段地表水可能补给地下水,但补给量微弱,对矿床充水影响较小;核桃冲沟总体为地下水补给河水(枯季可能河水补给地下水),又距矿体甚远,对矿床充水无直接影响;响水沟天然状态下地下水补给河水,而当地下水位因矿坑排水下降后,则河水补给地下水,对矿床充水有直接影响;新厂冲沟流经地层多为中寒武统龙哈组、田蓬组白云岩夹粉砂岩、灰岩、砂泥岩岩溶裂隙含水层,地下水补给地表水微弱,而地表水在径流途中以渗透形式补给地下水,对矿床充水有直接影响;老厂大箐沟下游流经地层为中寒武统田蓬组灰岩、白云岩、砂泥岩岩溶裂隙含水层,地表水在径流途中以渗透形式补给地下水,对矿床充水有直接影响。

### 3 水害预测与防治建议

#### 3.1 水文地质问题预测

断裂破碎带、大断裂及封闭不好的钻孔等均可成为溃入性充水通道,涌水量大,对矿床开采危险性大<sup>[6]</sup>。矿床开采过程中,尤其是雨季,矿坑涌水量会较大,采用“类比外推法”预测坑道采空区降深255 m处,矿坑系统水位降深335 m,雨季涌水量估计为35 459 m<sup>3</sup>/d,当挖掘到断层或断层交汇处时,存在发生突水的可能性,危及采矿安全。

矿区岩溶十分发育,疏排水容易引起岩溶坍塌。矿床进入深部开采后,疏干范围内的水点将会消失,使沟谷流量减少,会影响下游居民的生产、生活。

综上所述,与矿区水文地质条件密切相关的主要问题有矿坑涌水、地面塌陷和泉水断流等。

#### 3.2 防治水措施及建议

随着矿床的不断开采,水文地质调查工作不能停滞不前,可开展更大范围的水文地质工作,涵盖地下水的补给、径流和排泄区域,对断裂破碎带与地表水的连通性等矿区水文地质问题如矿坑涌水、地面塌陷和泉水断流等进行深入分析,还需要深入研究矿区地质体的空间形态和地下水的运动规律,以及

地表水与地下水之间的水力联系,可以建立矿区的水文地质模型,以指导开采方案和防治水措施的有效实施。

### 4 结论

(1)白牛厂矿区位于区域水文地质单元的上游补给区,地表水系发育,泉点出露较多;矿体赋存于F<sub>3</sub>断裂(层)破碎带或下盘白云岩、粉砂岩、粉砂质泥岩和灰岩之中;F<sub>3</sub>断裂(层)破碎带为相对隔水层;矿体顶板为中寒武统龙哈组岩溶裂隙含水层,富水性中等-强,底板为中寒武统田蓬组一大丫口组岩溶裂隙含水层,局部具承压性,但富水性弱。

(2)矿坑地下水主要靠大气降水补给,具降雨型动态特征,V<sub>1</sub>主矿体大部分位于地下水位以下,少部分矿体位于矿区最低侵蚀基准面以下,矿坑充水的主要来源为寒武系中统龙哈组岩溶裂隙含水层,其次为底板的中寒武统田蓬组一大丫口组裂隙(溶)隙含水层,水文地质条件属于岩溶裂隙含水层充水为主的中等-复杂类型<sup>[7]</sup>。矿区的冲水因素主要是大气降水、地表水和地下水。

(3)矿床开采可能会出现雨季开采或挖掘到断层等处时发生突水情况,还可能发生岩溶塌陷等危险。建议可开展更大范围的水文地质工作,建立矿区水文地质模型,进一步研究矿区地下水的运动规律,便于矿区安全开采<sup>[8]</sup>。

#### 参考文献:

- [1] 牛永强,李世峰. 核桃峪井田华池—洛河组水文地质条件评价[J]. 河北工业大学学报:自然科学版,2012,29(1):62-65.
- [2] 张海华,张洪培,黎强,等. 云南蒙自白牛厂深部资源前景分析[J]. 铜业工程,2012(1):32-36.
- [3] 李晓波,刘继顺,张洪培,等. 云南省蒙自县白牛厂银多金属矿床控矿因素分析[J]. 地质找矿论丛,2005,20(2):111-114.
- [4] 张子平,李永录. 冯记沟煤矿水文地质条件和充水因素分析[J]. 中国煤炭地质,2008,20(1):29-30.
- [5] 沈继芳,于青春,胡章喜. 矿床水文地质学[M]. 武汉:中国地质大学出版社,1992:1-56.
- [6] 罗文金,刘百顺,孙亚伟,等. 河南省新安县郁山铝土矿床水文地质特征[J]. 地质与勘探,2012,48(3):533-537.
- [7] 刘启仁,等. 中国固体矿床的水文地质特征与勘探评价方法[M]. 北京:石油工业出版社,1995.
- [8] 王瑞堂. 石碛沟银多金属矿床水文地质条件分析[J]. 甘肃冶金,2008,30(2):24-26.

## Hydrogeological characteristics and water disaster prediction and prevention in Bainiuchang silver polymetallic deposit, Yunnan

LI Yingling, GAO Jianguo, JIA Fujun

(*Kunming University of Science and Technology Faculty of Land Resource Engineering ,  
Kunming 650093, China*)

**Abstract:** Bainiuchang Ag-polymetallic mining area is situated in the Dehouhe hydrogeological unit and supply area in east side of head water of Honghe river drainage system and Nanpanjiang river drainage system belonging to Honghe river drainage system. In order to keep safe and quick mining the water filling channel and types of water filled is required to be analyzed. Based on investigation of hydrogeological condition and detail water- filling factors analysis it is considered that the structurally cataclastic zone is the main channel, atmospheric precipitation, ground water, surface water the main types of water filled. Groundwater is the main source, meteoric rainfall and surface water are the influencing factors of the water filling. The deposit is of mediumj-complex karst fissure water-filling condition. Water is filled both from roof and bottom and risk is predicted during mining in rainy season and measures for preventing the water filling is put forward.

**Key Words:** hydrogeological characteristics; water-filling factors; mediumj-complex karst fissure water-filling type; Yunnan province