

# 云南会泽 HZT 型铅锌矿床蚀变白云岩特征 及岩石-地球化学找矿标志

文德潇 韩润生 吴鹏 贺皎皎

(昆明理工大学 有色金属矿产地质调查中心西南地质调查所, 云南 昆明 650093)

**摘要:** 蚀变白云岩是会泽超大型铅锌矿床的赋矿围岩。通过矿区调研和近矿围岩典型剖面精细测量, 矿区蚀变中-粗晶白云岩从颜色上可分为4种类型: 肉红中粗晶白云岩、米黄色针孔状粗晶白云岩、灰白孔洞状粗晶白云岩、纯白色粗晶白云岩; 前三者与矿体产出关系密切, 从远矿到近矿依次为: 肉红中粗晶白云岩→米黄色针孔状粗晶白云岩→灰白孔洞状粗晶白云岩→铅锌矿石; 总结了3个带主要矿物组合、组构特征, 认为3个带在白云石重结晶程度、显微构造、黄铁矿、晶洞充填物及裂隙等具明显差异, 据此可作为辨识赋矿白云岩的重要标志。同时, 对比了摆佐组白云岩(矿化粗晶白云岩、粗晶白云岩、白云石化灰岩)主量元素变化特征, 分析了近矿蚀变白云岩主量元素及其比值与矿体距离的相关性, 以及CaO与其他主量元素相关性, 确定了热液蚀变参数有 $SiO_2$ 、 $MgO/CaO$ 、 $K_2O/CaO$ 、 $Al_2O_3/TFe$ 等, 为找矿预测提供理论依据。

**关键词:** 蚀变白云岩; 热液蚀变参数; 显微构造; 会泽铅锌矿床; 滇东北矿集区

**中图分类号:** P614 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-3657(2014)01-0235-11

白云岩是川滇黔铅锌多金属成矿域铅锌矿床最主要的容矿围岩<sup>[1]</sup>(表1), 矿床(矿化点)主要产于粗晶白云岩、硅质白云岩、硅质条带白云岩中, 其次为白云质灰岩。矿区广布的灰质白云岩被认为属沉积成岩成因<sup>[1]</sup>, 而与断裂构造密切相关的粗晶白云岩被认为蚀变成因, 矿石比赋矿岩层形成滞后得多<sup>[2]</sup>。蚀变粗晶白云岩是本区研究的一个重要方向, 前人对其颜色、组构<sup>[3-4]</sup>, 产出形态与构造关系、包裹体特征<sup>[5-8]</sup>进行了研究, 同时通过研究其稀土元素特征, 探讨了其与成矿的关系, 通过成矿实验研究, 认为其可能提供部分成矿物质<sup>[9-11]</sup>。对于蚀变白云岩的时空分布、岩石地球化学与矿化的关系、蚀变白云岩分带性及其矿物学特征、显微构造特征、

蚀变强度等研究甚少, 但围岩岩相研究是矿床模型建立与找矿预测研究的重要内容<sup>[12]</sup>。为此, 本文通过大比例尺精细剖面测量, 对蚀变白云岩时空分布、岩石地球化学与矿化关系进行论述, 并对蚀变白云岩化学组成特征进行参数计算与绘图, 了解岩相和地球化学特征, 为建立矿床模型与找矿预测提供依据。

## 1 矿床地质特征

会泽超大型铅锌矿是中国铅锌、锗生产基地的主力矿山之一, 是滇东北矿集区富铅锌矿床的典型代表, 由矿山厂、麒麟厂大型铅锌矿床及小型银厂坡银铅锌矿床组成(图1)。不少研究者<sup>[1, 3-8]</sup>总结了

收稿日期: 2013-04-02; 改回日期: 2013-10-28

**基金项目:** 国家自然科学基金项目(U1133602; 40863002)、云南省自然科学基金重点项目(2010CC005)、国家危机矿山专项(20089943)、国土资源部公益性行业科研专项(200911007-07)、云南省矿产资源预测评价工程实验室(2010)及省、校创新团队项目(2012、2009)联合资助。

**作者简介:** 文德潇, 男, 1988生, 硕士生, 矿产普查与勘探专业; E-mail: 597103713@qq.com。

**通讯作者:** 韩润生, 研究员, 博士生导师, 流体地球化学及隐伏矿预测研究方向; E-mail: 554670042@qq.com。

表1 川—滇—黔地区铅锌(银、锗)矿床碳酸岩岩性与矿床关系(据文献[1]修改)

Table 1 Relationships between carbonate and lead, zinc (silver, germanium) deposits in the Shichuan-Yunnan-Guizhou region (modified after reference [1])

| 矿床名称  | 矿床规模 | 容矿岩性    | 地层时代              |
|-------|------|---------|-------------------|
| 会泽矿山厂 | 大型   | 粗晶白云岩   | C <sub>1</sub> b  |
| 会泽麒麟厂 | 大型   | 粗晶白云岩   | C <sub>1</sub> b  |
| 彝良毛坪  | 大型   | 粗晶白云岩   | C <sub>1</sub> b  |
| 彝良毛坪  | 大型   | 中-粗晶白云岩 | D <sub>3</sub> zg |
| 巧家茂租  | 大型   | 中-粗晶白云岩 | Є <sub>1</sub> y  |
| 会东大梁子 | 大型   | 中-粗晶白云岩 | Є <sub>1</sub> y  |
| 会泽五星厂 | 中型   | 燧石条带白云岩 | Є <sub>1</sub> y  |
| 会理天宝山 | 大型   | 硅质白云岩   | Є <sub>1</sub> y  |
| 会泽雨碌  | 小型   | 硅质白云岩   | Є <sub>1</sub> y  |
| 汉源团宝山 | 中型   | 灰质白云岩   | Є <sub>1</sub> y  |
| 罗平富乐厂 | 大型   | 白云石化灰岩  | P <sub>1</sub> m  |
| 水城杉树林 | 中型   | 白云石化灰岩  | C <sub>2</sub> w  |
| 会东撒海卡 | 小型   | 白云石化灰岩  | Є <sub>1</sub> y  |

该矿床地质特征:①矿体仅局限于下石炭统摆佐组中—上层位的层间断裂带内;②矿体多呈脉状、透镜状、囊状、扁柱状、网脉状及“似层状”;③构造控矿和热液成矿特征显著,常见矿体骤然尖灭或膨缩等现象,矿体与围岩接触界线截然。剖面上总体呈“阶梯状”分布;④矿石组成简单,主要矿石矿物为方铅矿、闪锌矿和黄铁矿,脉石主要为白云石和方解石;⑤矿床铅锌品位极高(Pb+Zn平均品位大于30%,部分矿石Pb+Zn品位大于60%);共伴生Ag、Ge、Ga、Cd、In等有用元素多;⑥矿体分带明显:铁闪锌矿+粗晶黄铁矿→闪锌矿+方铅矿→细粒黄铁矿+方解石+白云石;⑦围岩蚀变以(铁)白云岩为主,硅化、黄铁矿化等,蚀变仅限于含矿断裂带附近。

## 2 近矿蚀变白云岩特征

### 2.1 岩石组构特征

通过矿区调研和近矿围岩的典型剖面精细测量,矿区蚀变的中-粗晶白云岩,从颜色上可分为4种类型:肉红色中粗晶白云岩、米黄色针孔状粗晶白云岩、灰白色孔洞状粗晶白云岩、纯白色粗晶白云岩,前三者与矿体产出关系密切。从远矿到近矿依次为:肉红色中粗晶白云岩带→米黄色针孔状粗晶白云岩带→灰白色孔洞状粗晶白云岩带→铅锌矿

石(图2)。

肉红色中粗晶白云岩带:白云石(图3-A1)含量大约75%,呈粗晶粒状(粒度0.21~1.48 mm),透明度差,发育不规则晶边、细小双晶纹与镶嵌式消光(图3-C1),且发育短小而密集的晶内裂隙(图3-B1)。不规则晶边是动态重结晶的判断标志之一<sup>[13]</sup>,同时波状消光属于低温动态重结晶光学异常现象<sup>[14]</sup>,即白云石存在动态重结晶作用。少量方解石细脉沿顺层裂隙充填。发育散点状立方体黄铁矿与五角十二面体、立方体假像的散点状褐铁矿(黄铁矿氧化而成)(图3-D1),散点状氧化铁主要分布于黄铁矿及白云石边部,为染色物质。溶蚀孔与裂隙不太发育,溶蚀孔大小为0.3~0.5 mm,见少量亚晶与隐晶质方解石充填于晶间空隙中。该带具有热液与构造作用特征。

米黄色针孔状粗晶白云岩带:具有交代残余的肉红色中粗晶白云岩。白云石(图3-A2)含量约80%,主要呈粗晶粒状(粒度0.24~2.0 mm),并见少量自形细粒状,具有动态重结晶特征:透明度中等,不规则晶边,发育环带状、镶嵌式消光与中等宽度的双晶纹(图3-C2),并发育短小密集的晶内裂隙与穿晶裂隙(图3-B2),其晶内裂隙密度增大。方解石脉呈团块状、微细脉状分布。发育浸染状粗晶黄铁矿(或氧化成褐铁矿,粒度1~10 mm),具五角十二面体、立方体假像、交代残留骸晶结构(图3-D2)。溶蚀孔与裂隙增多,溶蚀孔(1~2 mm)充填物以方解石为主,见少量黄铁矿,在裂隙带与溶蚀孔内有亚晶与隐晶质方解石和少量黄铁矿。该带具有热液与构造作用增强趋势,黄铁矿化增强。

灰白色孔洞状粗晶白云岩带:白云石(图3-A3)含量约80%,主要呈粗晶粒状(粒度0.16~1.44 mm),重结晶现象明显:矿物晶形完整或呈少量五角十二面体假象、晶体洁净、透明度好、不规则晶边、环带状与镶嵌式消光与宽大双晶纹(图3-C3),并发育短小而密集的晶内裂隙(图3-B3)。方解石呈团块状、微细脉状分布。五角十二面体细粒状黄铁矿主要沿节理面、裂隙面与晶洞分布,其含量增加(图3-D3)。晶洞与裂隙增多,晶洞(3~20 mm)充填物为方解石和黄铁矿,裂隙中分布有自形黄铁矿和亚晶、隐晶质方解石。近矿时,发育沿裂隙面分布细铅锌矿脉。该带具有热液与构造作用增强趋势,黄铁矿化增强。

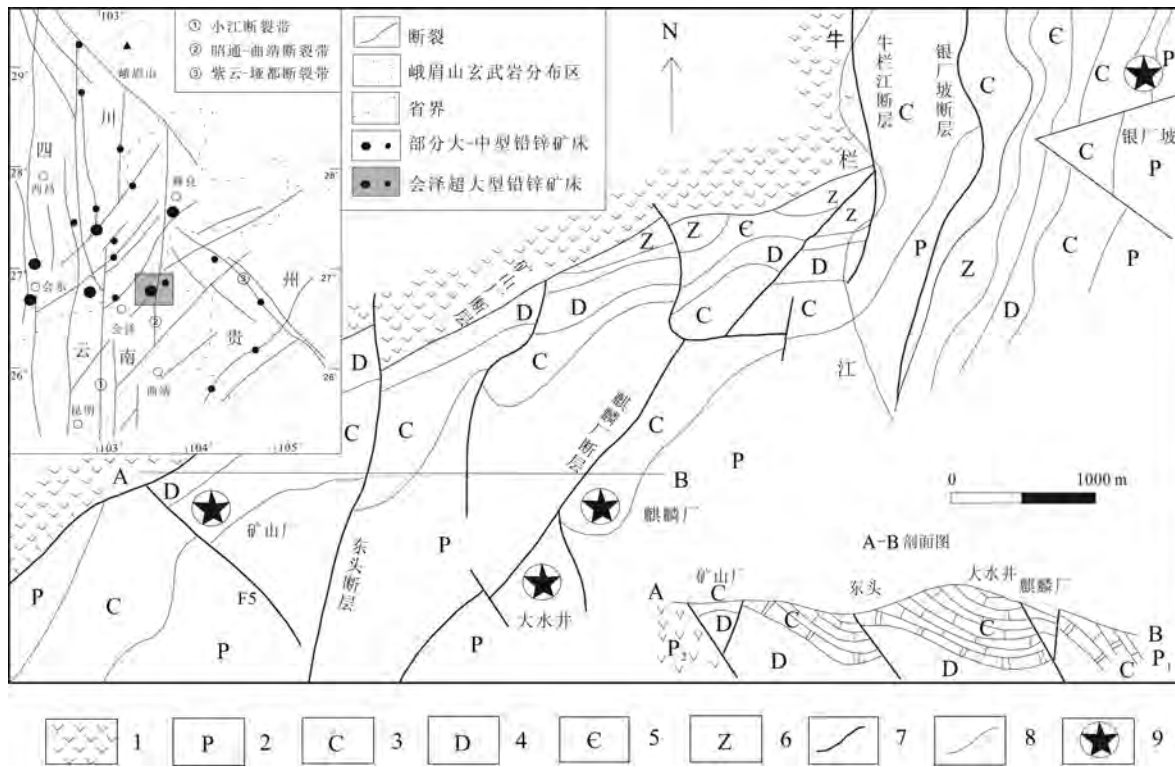


图1 会泽铅锌矿区地质简图<sup>[5]</sup>

1—二叠系峨眉山玄武岩; 2—二叠系: 包括栖霞—茅口组 (P<sub>q+m</sub>) 灰岩、白云质灰岩夹白云岩, 梁山组 (P<sub>l</sub>) 炭质页岩和石英砂岩; 3—石炭系: 包括马平组 (C<sub>3m</sub>) 角砾状灰岩, 威宁组 (C<sub>3w</sub>) 鲕状灰岩, 摆佐组 (C<sub>1b</sub>) 粗晶白云岩夹灰岩及白云质灰岩, 大塘组 (C<sub>1d</sub>) 隐晶灰岩及鲕状灰岩; 4—泥盆系: 包括宰格组 (D<sub>3zg</sub>) 灰岩、硅质白云岩和白云岩, 海口组 (D<sub>3h</sub>) 粉砂岩和泥质页岩; 5—寒武系: 包括第竹寺组泥质页岩夹砂质泥岩; 6—震旦系: 包括灯影组 (Z<sub>2d</sub>) 硅质白云岩; 7—断裂; 8—地层界线; 9—铅锌矿床

Fig.1 Simplified geological map of the Huize Pb-Zn ore district<sup>[5]</sup>

1—Permian Emeishan basalt; 2—Permian: limestone and dolomitic limestone intercalated with dolostone of Qixia Formation—Maokou Formation (P<sub>q+m</sub>); carbonaceous shale and quartz sandstone of Liangshan Formation; 3—Carboniferous: gravel limestone of Maping Formation (C<sub>3m</sub>); oolitic limestone of Weining Formation (C<sub>3w</sub>); sparry dolostone intercalated with limestone and dolomitic limestone of Baizuo Formation (C<sub>1b</sub>); aphanitic limestone and oolitic limestone of Datang Formation (C<sub>1d</sub>); 4—Devonian: limestone, siliceous dolostone and dolostone of Zaige Formation (D<sub>3zg</sub>); siltstone and muddy shale of Haikou Formation (D<sub>3h</sub>); 5—Cambrian: mudstone—shale intercalated with sandy mudstone of Qiongzhusi Formation; 6—Sinian: siliceous dolostone of Dengying Formation (Z<sub>2d</sub>); 7—Fault; 8—Stratigraphic boundary; 9—Lead-zinc deposit

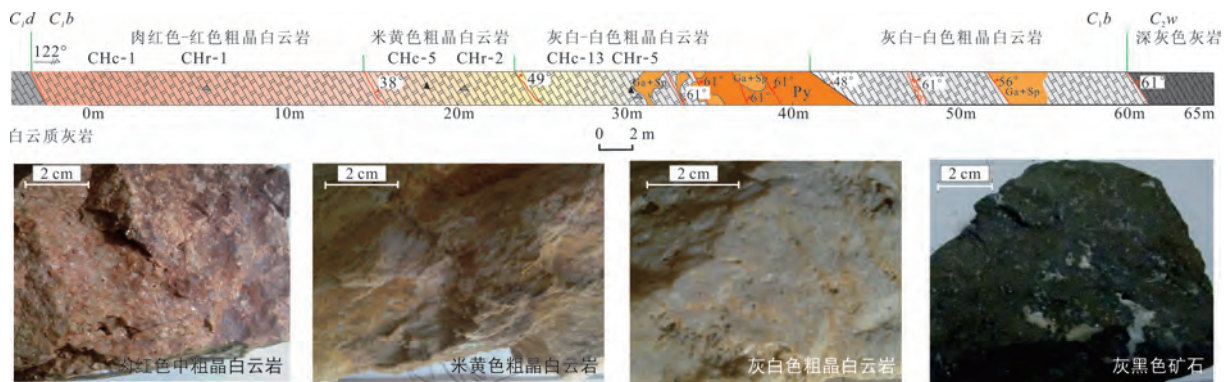


图2 会泽铅锌矿床 1261 中段 86 穿脉蚀变白云岩带编录图

Fig.2 Alteration lithology of Baizuo Formation in No.86 transverse drift at 1261 level, the Huize lead-zinc deposit

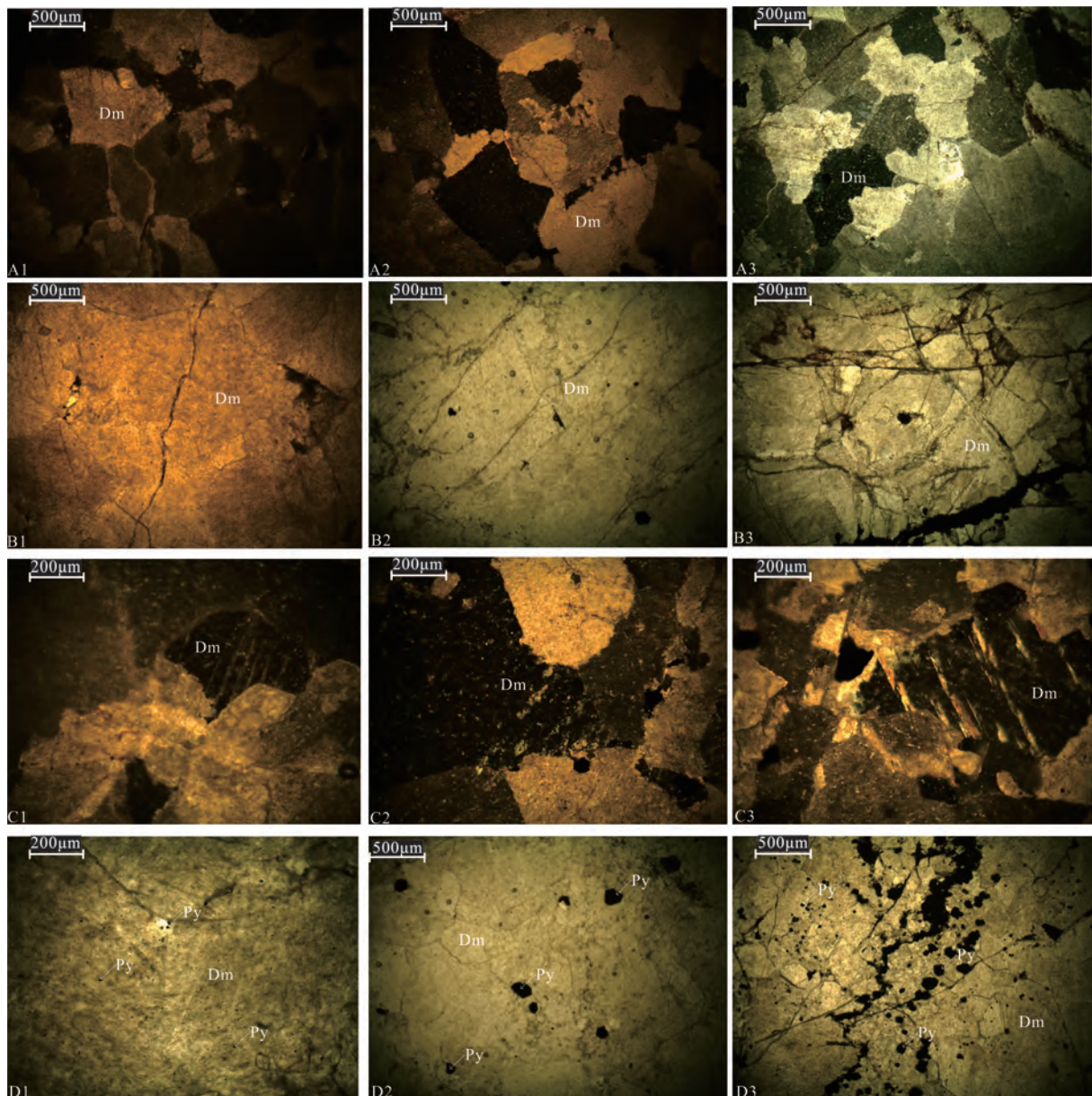


图3 近矿蚀变白云岩镜下特征

A1—粒状白云石具不规则晶边,发育动态重结晶的细小晶粒、环带状与镶嵌式消光(正交);A2—粒状白云岩具不规则晶边,发育动态重结晶的细小晶粒、环带状与镶嵌式消光(正交);A3—粒状白云岩具不规则晶边,发育动态重结晶的细小晶粒、环带状与镶嵌式消光(正交);B1—少量裂隙在白云石中发育(单偏);B2—中等裂隙与散点状黄铁矿在白云石中发育(单偏);B3—大量裂隙在白云石中发育(单偏);C1—细条纹状双晶发育在白云石中(正交);C2—条纹状双晶发育在白云石中(正交);C3—宽条纹状双晶发育在白云石中(正交);D1—黄铁矿呈散点状嵌布于白云石中(单偏);D2—黄铁矿呈浸染状分布于白云石中(单偏);D3—沿白云石裂隙分布大量细粒状黄铁矿(单偏);Dm—白云石;Py—黄铁矿

Fig.3 Microscopic features of near-ore altered dolomite

A1— Granular dolomite crystals with irregular edge, fine particles and wavy extinction (crossed nicols); A2— Granular dolomite crystals with irregular edge, fine particles and wavy extinction (crossed nicols); A3— Granular dolomite crystals with irregular edge, fine particles and wavy extinction (crossed nicols); B1— A few fissures in dolomite crystals (plainlight); B2— Medium fissures and pyrite as scattered spots in dolomite crystals (plainlight); B3— Numerous fissures in dolomite crystals (plainlight); C1— Fine lamellar twin in dolomite crystals (crossed nicols); C2— Lamellar twin in dolomite crystals (crossed nicols); C3— Broad twin in dolomite crystals (crossed nicols); D1— Pyrite as scattered spots in dolomite crystals (plainlight); D2— Disseminated pyrite in dolomite crystals (plainlight); D3— Numerous fine granular pyrite along fissures in dolomite (plainlight); Dm—dolomite; Py—pyrite

### 2.2 热液白云岩分带性

该矿床明显受地层岩性与构造的双重控制<sup>[5,15]</sup>,结合白云岩产状与显微构造特征,认为矿床具有明显蚀变分带规律(图2):灰白色孔洞状粗晶白云岩带、米黄色针孔状粗晶白云岩带、肉红色中粗晶白云岩带,前两者是主要的赋矿围岩。

通过室内手标本与光薄片观察,三个蚀变白云岩带可从白云石矿物学、显微构造、黄铁矿、晶洞充填物、裂隙等特征加以区别。从肉红色中粗晶白云岩→米黄色针孔状粗晶白云岩→灰白色孔洞状粗晶白云岩,其变化规律为(表2):①重结晶白云石从不等粒结构到等粒状结构,从透明度差→透明度中→透明度高。②白云石发育动态重结晶作用形成的不规则晶边,波状消光呈环带状和镶嵌式,其微裂隙从发育晶内裂隙到发育大量晶内、穿晶裂隙的变化,其双晶纹宽度从细小→中等宽度→宽大。双晶纹宽度与应力、温度的大小成正相关<sup>[16-18]</sup>。据此认为从近矿到远矿白云石所受应力与温度的增大。③黄铁矿含量逐渐增多,呈现散点状→浸染状→沿裂隙脉状的变化,其晶形具有从五角十二面体-立方体假像→五角十二面体-立方体假像与交代残留骸晶结构→五角十二面体的变化,反映其形成温度增加<sup>[19]</sup>。④晶洞可以反映热卤水流体(或成矿流体)交代碳酸盐作用强度与范围<sup>[20]</sup>。晶洞充填物可以反映“热卤水”的性质<sup>[21]</sup>。晶洞逐渐增多与增大,反映受热液流体作用增强,显示成矿热液流具有从灰白色晶洞状粗晶白云岩→米黄色针孔状粗晶白云岩→肉红中粗晶白云岩流动的趋势。晶洞充填物从方解石为主→黄铁矿+方解石为主的变化,反映流体有向还原性演化的趋势。裂隙密度依次增加,其中方解石亚晶与隐晶

质含量也明显增加,反映出围岩受构造-流体扰动作用逐渐增强。

## 3 蚀变白云岩主量元素地球化学特征

将元素地球化学信息转换为地质成矿信息是成矿预测的重要内容<sup>[22]</sup>。据此通过摆佐组三类岩石(矿化蚀变白云岩、粗晶白云岩、白云质灰岩)的对比研究和近矿白云岩特征的对比,论证近矿蚀变白云岩与矿体的空间关系,分析其地球化学特征,并引入“热液蚀变指数”,将元素地球化学信息转换为地质成矿信息,为找矿预测提供依据。本次讨论 SiO<sub>2</sub>、CaO、MgO、TFe、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、Na<sub>2</sub>O、K<sub>2</sub>O 变化特征与矿体的空间关系,了解主量元素组分带入与带出特征,通过“热液蚀变指数”研究围岩在蚀变过程中发生水岩反应。

### 3.1 样品采集与分析

样品采自 1261 中段近矿蚀变白云岩,基于勘查地球化学采样间距对研究结果的影响<sup>[23]</sup>,进行大比例尺编录与采样,并对样品进行 AES-MS 分析。AES-MS 对 CaO、MgO、TFe、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、Na<sub>2</sub>O、K<sub>2</sub>O 等元素的分析精度高,可以达到岩石地球化学研究要求,测试数据为表3。矿区摆佐组三类岩石数据见表4。

### 3.2 主量元素地球化学特征

应用相关分析方法对 1261-86 穿脉近矿蚀变白云岩带主量元素进行数据处理,并基于勘查地球化学(分散模式),分析 3 类近矿蚀变白云岩元素、元素比值的空间变化规律,以及在重结晶过程中随 CaO 变化规律。

#### 3.2.1 主量元素特征

CaO、MgO 含量特征:①摆佐组变化特征:CaO

表2 三类近矿蚀变白云岩的分带特征  
Table 2 Zoning characteristics of three types of near-ore altered dolomites

| 白云岩<br>分类 | 白云石重结晶特征 |     |     | 白云石显微构造 |     |           |            | 黄铁矿特征 |                                 | 晶洞构造特征    |         |
|-----------|----------|-----|-----|---------|-----|-----------|------------|-------|---------------------------------|-----------|---------|
|           | 结晶<br>粒度 | 结构  | 透明度 | 微裂隙     | 晶边  | 双晶纹<br>宽度 | 消光<br>类型   | 构造    | 结构                              | 大小<br>/mm | 充填物     |
| 肉红色粗晶白云岩  | 粗晶       | 不等粒 | 差   | 晶内为主    | 不规则 | 细小        | 环带状<br>镶嵌式 | 散点状   | 五角十二面体-立方体假像<br>细粒              | 0.3~0.5   | 方解石为主   |
| 米黄色粗晶白云岩  | 粗晶       | 等粒  | 中   | 晶内、晶间   | 不规则 | 中等        | 环带状<br>镶嵌式 | 浸染状   | 五角十二面体-立方体假像<br>与交代残留骸晶结构<br>粗晶 | 1~2       | 黄铁矿-方解石 |
| 灰白色粗晶白云岩  | 粗晶       | 等粒  | 高   | 大量晶间    | 不规则 | 宽大        | 环带状<br>镶嵌式 | 脉状    | 五角十二面体<br>粗晶                    | 3~20      | 黄铁矿-方解石 |

含量特征(图4):白云岩灰岩 > 粗晶白云岩 > 矿化白云岩。  
 MgO含量特征:粗晶白云岩 > 矿化白云岩 > 白云质灰岩, MgO/CaO变化范围为0.17~0.35,平均0.24。方解石在整个成矿过程中都有形成<sup>[10]</sup>。在宏观上,矿体内部存在大量脉状、团块状方解石,围岩中发育细脉状方解石,从而造成矿化蚀变白云岩的CaO、MgO大于粗晶白云岩。  
 ②近矿蚀变白云岩CaO、MgO含量与矿体的空间关系(图5-A1):CaO含量平均30.78%,越靠近矿体呈减小的趋势,与矿体距离具有一定相关性,而MgO含量平均21.16%,

与矿体距离的线性关系不明显,说明近矿围岩受含矿热液作用,出现Mg<sup>2+</sup>、Ca<sup>2+</sup>不同程度活化迁移,特别是Ca<sup>2+</sup>变化明显。

SiO<sub>2</sub>含量特征(图4):矿化白云岩 >> 粗晶白云岩 > 白云质灰岩,反映出矿化白云岩SiO<sub>2</sub>含量明显不同于粗晶白云岩与白云质灰岩,而粗晶白云岩与白云质灰岩的含量较相近。

TFe含量特征:①摆佐组TFe含量(图4):矿化白云岩 > 粗晶白云岩 > 白云质灰岩,TFe含量具有明显增加趋势。矿化白云岩TFe含量明显不同于粗

表3 三类近矿蚀变白云岩的主量元素特征(%)

Table 3 Major elements in three types of near-ore altered dolomites (%)

| 分析项目                                | 肉红色粗晶          | 米黄色粗晶          | 灰白色粗         | 肉红色粗晶          | 米黄色粗晶          | 灰白色粗            | 灰白色粗           | 元素含量与<br>矿体距离相<br>关性(R) | CaO含量与<br>其他元素相<br>关性(R) |
|-------------------------------------|----------------|----------------|--------------|----------------|----------------|-----------------|----------------|-------------------------|--------------------------|
|                                     | 白云岩<br>(32.4m) | 白云岩<br>(12.4m) | 晶白云岩<br>(1m) | 白云岩<br>[24.3m] | 白云岩<br>[20.5m] | 晶白云岩<br>[19.8m] | 晶白云岩<br>[2.0m] |                         |                          |
| CaO                                 | 32.54          | 31.39          | 31.18        | 30.92          | 30.31          | 29.54           | 29.56          | 0.43                    | ---                      |
| MgO                                 | 21.33          | 21.51          | 21.13        | 20.91          | 21.23          | 20.73           | 21.31          | -0.19                   | 0.456                    |
| K <sub>2</sub> O                    | 0.07           | 0.01           | 0.00         | 0.02           | 0.03           | 0.02            | 0.02           | 0.77                    | 0.484                    |
| Na <sub>2</sub> O                   | 0.05           | 0.03           | 0.03         | 0.04           | 0.05           | 0.05            | 0.05           | 0.44                    | -0.355                   |
| TFe                                 | 1.16           | 1.04           | 1.61         | 0.16           | 1.39           | 4.34            | 1.16           | -0.018                  | -0.4835                  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>      | 0.48           | 0.20           | 0.24         | 0.06           | 0.10           | 0.09            | 0.09           | 0.341                   | 0.848                    |
| MgO+CaO                             | 53.87          | 52.90          | 52.31        | 51.83          | 51.54          | 50.27           | 50.87          | 0.337                   | ---                      |
| MgO/CaO                             | 0.656          | 0.685          | 0.678        | 0.676          | 0.700          | 0.702           | 0.721          | -0.554                  | ---                      |
| TFe/CaO                             | 0.036          | 0.033          | 0.0517       | 0.0052         | 0.0459         | 0.1470          | 0.0393         | -0.213                  | ---                      |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /CaO | 0.0147         | 0.0062         | 0.0076       | 0.0021         | 0.0032         | 0.0030          | 0.0030         | 0.335                   | ---                      |
| K <sub>2</sub> O/CaO                | 0.0020         | 0.00021        | 0.00012      | 0.0008         | 0.0010         | 0.0006          | 0.0007         | 0.773                   | ---                      |
| Na <sub>2</sub> O/CaO               | 0.0016         | 0.001          | 0.00085      | 0.0014         | 0.0015         | 0.0016          | 0.0015         | 0.61                    | ---                      |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /TFe | 0.413          | 0.188          | 0.146        | 0.3934         | 0.0704         | 0.0207          | 0.0758         | 0.587                   | 0.797                    |
| Na <sub>2</sub> O/K <sub>2</sub> O  | 0.784          | 4.704          | 7.333        | 1.794          | 1.520          | 2.772           | 2.193          | -0.720                  | 0.046                    |

注:样品分析在西北有色金属地研测试中心,测试(2010.10),测试方法:AES-MS分析;表中()[]内数字为采样点离矿体的距离,()样品采自86穿脉,[]样品采自94穿脉。TFe=FeO+Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>;R值:以表中7个样品含量与其采样距离或CaO含量进行计算。

表4 摆佐组白云岩元素含量(%)<sup>[5]</sup>

Table 4 Element content (%) of dolomite in Baizuo Formation

| 样号     | 岩性    | SiO <sub>2</sub> | TiO <sub>2</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | TFe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | MnO  | MgO  | CaO  | Na <sub>2</sub> O | K <sub>2</sub> O | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | CO <sub>2</sub> | 烧失量  | 总含量   |
|--------|-------|------------------|------------------|--------------------------------|---------------------------------|------|------|------|-------------------|------------------|-------------------------------|-----------------|------|-------|
| HQ-171 | 矿化白云岩 | 11.6             | 0.3              | 5.2                            | 2.09                            | 0.00 | 8.4  | 38.3 | 0.05              | 0.64             | 0.00                          | 31.2            | 1.60 | 99.38 |
| HQ-172 | 矿化白云岩 | 12.1             | 0.75             | 8.97                           | 6.16                            | 0.00 | 5.9  | 34.6 | 0.04              | 0.53             | 0.25                          | 27.1            | 3.37 | 99.77 |
| HQ-175 | 矿化白云岩 | 13               | 0.52             | 9.92                           | 1.74                            | 0.00 | 10.1 | 28.6 | 0.06              | 2.09             | 0.00                          | 30.1            | 3.2  | 99.33 |
| HR-5   | 粗晶白云岩 | 4.85             | 0.21             | 0.23                           | 0.82                            | 0.01 | 15.1 | 34.9 | 0.04              | 0.04             | 0.00                          | 37.3            | 5.60 | 99.1  |
| HQ-89  | 粗晶白云岩 | 5.39             | 0                | 1.65                           | 0.38                            | 0.01 | 17.8 | 34.2 | 0.05              | 0.16             | 0.00                          | 34.80           | 4.90 | 99.34 |
| HQ-176 | 粗晶白云岩 | 1.96             | 0.17             | 0.09                           | 0.24                            | 0.07 | 20.4 | 33.1 | 0.03              | 0.02             | 0.00                          | 37.90           | 5.30 | 99.28 |
| Sc-33  | 粗晶白云岩 | 3.75             | 0.37             | 0.24                           | 0.2                             | 0.02 | 14.7 | 38.8 | 0.04              | 0.04             | 0.00                          | 37.20           | 4.00 | 99.36 |
| Sc-34  | 粗晶白云岩 | 3.59             | 0.01             | 0.47                           | 0.14                            | 0.01 | 8.9  | 47.1 | 0.04              | 0.01             | 0.00                          | 36.70           | 2.30 | 99.27 |
| Sc-35  | 粗晶白云岩 | 2.21             | 0.06             | 0.23                           | 0.19                            | 0.01 | 15.9 | 42.7 | 0.05              | 0.03             | 0.00                          | 34.52           | 3.45 | 99.35 |
| Sc-32  | 白云质灰岩 | 2.5              | 0.27             | 0.23                           | 0.12                            | 0.01 | 4.9  | 54.1 | 0.02              | 0                | 0.00                          | 37.05           | 0.45 | 99.65 |

注:测试单位为中国科学院地球化学研究所,测试方法:SiO<sub>2</sub>用称重法,其他元素用溶液法。

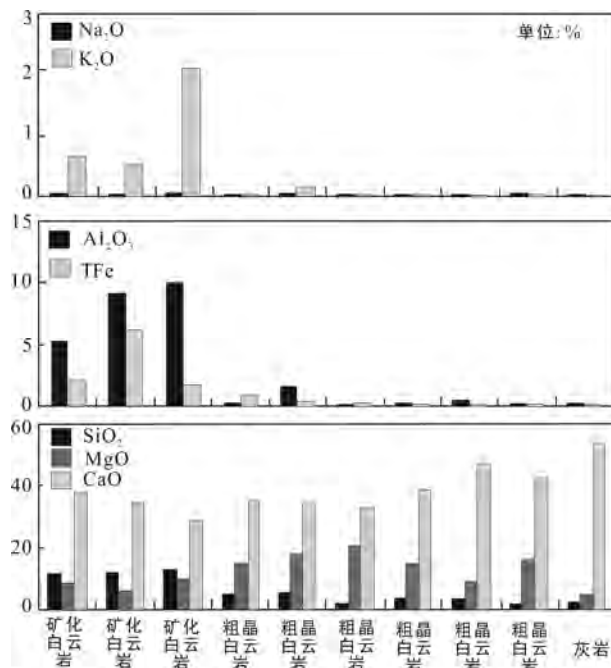


图4 摆左组白云岩地球化学特征

Fig.4 Geochemical characteristics of dolomite in Baizuo

晶白云岩与白云质灰岩,但粗晶白云岩与白云质灰岩 TFe 含量相近。这与宏观特征相一致,只有赋矿蚀变白云岩才发生黄铁矿化。②近矿蚀变白云岩 TFe 与矿体空间关系(图 5-A2):平均 1.55%,与矿体距离线性关系弱,其含量并不是越靠近矿体越高,呈现出从灰白色孔洞状粗晶白云岩>肉红色中粗晶白云岩>米黄色针孔粗晶白云岩,含量两端高中间低,因此可以推断:散点状立方体黄铁矿或褐铁矿化灰白色孔洞状粗晶白云岩中 Fe 质有对肉红色中-粗晶白云岩的继承性。

**Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 含量特征:**①摆佐组 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 含量(图 4):矿化蚀变白云岩>粗晶白云岩>白云质灰岩。这与白云岩夹灰岩与泥质岩组合是有利的成矿岩石组合有关<sup>[5]</sup>。②近矿蚀变白云岩 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 与矿体空间关系(图 5-A3):平均 0.18%,越靠近矿体其含量减小,与矿体距离具有一定的线性相关,其变化可能与热液蚀变作用密切相关。

**Na<sub>2</sub>O 与 K<sub>2</sub>O 含量特征:**①摆佐组 Na<sub>2</sub>O、K<sub>2</sub>O 含量(图 4):矿化白云岩>>粗晶白云岩>白云质灰岩。②近矿蚀变白云岩 Na<sub>2</sub>O、K<sub>2</sub>O 与矿体空间关系:Na<sub>2</sub>O 平均 0.043%,越靠近矿体呈减小趋势,与

矿体距离相关性中等,K<sub>2</sub>O 平均 0.025%,越靠近矿体呈减小趋势,与矿体距离相关性高。矿质沉淀会溢出大量酸性气体<sup>[11]</sup>。酸性气体会促使 Na<sup>+</sup>、K<sup>+</sup> 发生活化,导致围岩中含量降低。围岩 Na<sup>+</sup>、K<sup>+</sup> 变化可能代表矿质沉淀与降温对围岩的影响。

### 3.2.2 主量元素比值特征

①CaO+MgO 平均 51.99%,越靠近矿体呈减小趋势,与矿体距离相关性低。②MgO/CaO 比值平均 0.688,越靠近矿体呈减小趋势(图 5-B1),与矿体距离相关性中等。③TFe/CaO 比值平均 0.051,越靠近矿体呈增大趋势,与矿体距离相关性低。④Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/CaO 比值平均 0.006,越靠近矿体呈减小趋势,与矿体距离相关性低。⑤Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/TFe 平均 0.187,越靠近矿体呈减小趋势(图 5-B2),与矿体距离相关性中等。⑥K<sub>2</sub>O/CaO 平均 0.0007,越靠近矿体呈增大趋势(图 5-B3),与矿体距离相关性高。

### 3.2.3 CaO 与其他主量元素关系

白云岩化过程,就是水/岩反应过程,主要是 CaO 相对含量变化。从矿体到围岩,CaO 含量有降低的趋势。CaO 与其它元素关系:①与 MgO 相关性中等(图 5-C1)。在白云岩重结晶过程中,矿物的溶解度不同可能导致 Ca<sup>2+</sup>、Mg<sup>2+</sup> 不同程度迁移<sup>[24]</sup>。②与 TFe 呈中等负相关(图 5-C2),反映 Fe 可能主要从流体中卸载加入围岩,而 Ca<sup>2+</sup> 是从围岩加入流体相。③与 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 相关性高(图 5-C3),且与 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/TFe 相关性高。④与 Na<sub>2</sub>O 相关性低,与 K<sub>2</sub>O 相关性中等。矿床方解石包裹体中 Na<sup>+</sup> 和 K<sup>+</sup> 具有高度的相关性<sup>[5]</sup>。这说明水岩反应改变了 Na<sup>+</sup> 与 K<sup>+</sup> 地球化学行为的一致性。

### 3.3 “热液蚀变指数”及找矿标志

为了了解白云岩赋矿概率,引入“热液蚀变指数”评价白云岩赋矿的概率大小。国内外对热液蚀变指数确定为富集元素/(富集元素+贫化元素)、富集元素/贫化元素、富集单元素、贫化单元素<sup>[25]</sup>。结合白云岩主量元素地球化学特征,总结元素变化规律为:(1)矿化白云岩 SiO<sub>2</sub>、TFe、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、Na<sub>2</sub>O、K<sub>2</sub>O 含量远远大于未矿化的粗晶白云岩与白云质灰岩。(2)近矿蚀变白云岩元素特征:①靠近矿体,蚀变白云岩中 CaO、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、Na<sub>2</sub>O、K<sub>2</sub>O 及 MgO+CaO、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/CaO、Na<sub>2</sub>O/CaO、K<sub>2</sub>O/CaO、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/TFe 具有减小趋势,其相关性大小的顺序为:K<sub>2</sub>O/CaO(0.773) > K<sub>2</sub>O(0.77) >

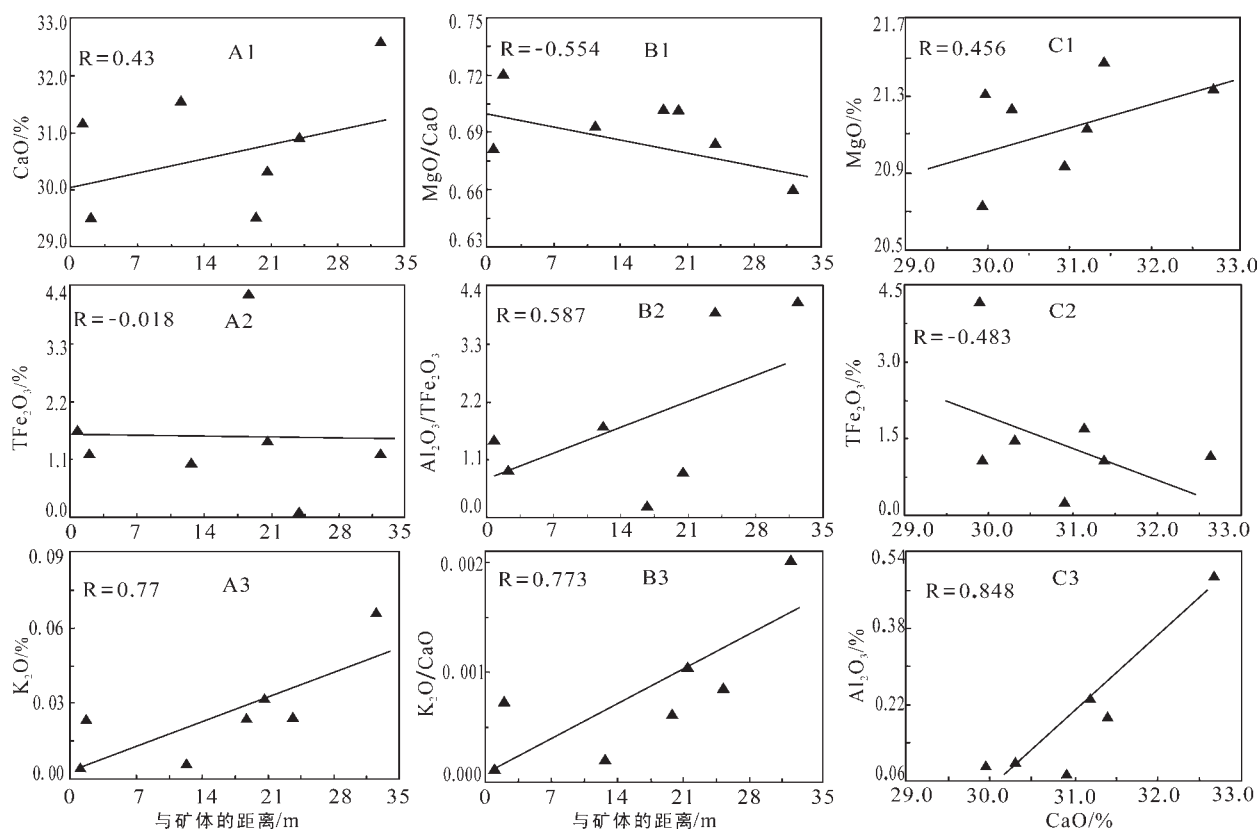


图5 近矿蚀变白云岩部分主量元素相关性分析图

Fig.5 Correlation of some major elements in near-ore altered dolomite

$\text{Na}_2\text{O}/\text{CaO}(0.61) > \text{Al}_2\text{O}_3/\text{TFe}(0.587) > \text{Na}_2\text{O}(0.44) > \text{CaO}(0.43) > \text{Al}_2\text{O}_3(0.341) > \text{MgO} + \text{CaO}(0.337) > \text{Al}_2\text{O}_3/\text{CaO}(0.335)$ 。②靠近矿体, TFe、MgO 以及 MgO/CaO、TFe/CaO、Na<sub>2</sub>O/K<sub>2</sub>O 具有增大趋势, 其相关性大小的顺序为: Na<sub>2</sub>O/K<sub>2</sub>O(-0.720) > MgO/CaO(-0.554) > TFe/CaO(-0.213) > MgO(-0.19) > TFe(-0.018)。③CaO 与其他元素关系: 随 CaO 增加的有 MgO、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、K<sub>2</sub>O、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/TFe、Na<sub>2</sub>O/K<sub>2</sub>O, 随之减小的有 TFe、Na<sub>2</sub>O。其相关性从高到低为: Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(0.848) > Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/TFe(0.796) > K<sub>2</sub>O(0.484) > TFe(-0.483) > MgO(0.456) > Na<sub>2</sub>O(-0.355) > Na<sub>2</sub>O/K<sub>2</sub>O(0.046)。

上述分析说明, 从围岩进入流体的元素为 CaO、MgO、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 从流体带入围岩的元素为 SiO<sub>2</sub>、TFe、Na<sub>2</sub>O、K<sub>2</sub>O。为此确定粗晶白云岩热液蚀变参数为: SiO<sub>2</sub>、MgO/CaO、K<sub>2</sub>O/CaO、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/TFe, 其变化与未矿化粗晶白云岩有明显差异(表5)。

## 4 结论

(1) 矿床具有从肉红中粗晶白云岩→米黄色针孔状粗晶白云岩→灰白色孔洞状粗晶白云岩→铅锌矿石的蚀变分带规律。三类近矿蚀变带的白云石矿物学、显微构造、黄铁矿、晶洞充填物、裂隙等特征存在明显差异, 是识辨赋矿白云岩的重要标志。其中, 黄铁矿的变化特征明显, 其构造出现从散点状→稠密浸染状→脉状的变化, 其结构出现细粒状(立方体)→粗晶(五角十二面体-立方体假像与交代残留骸晶结构)→粗晶(五角十二面体)的变化。

(2) 对于地层, 矿化白云岩 SiO<sub>2</sub>、TFe、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 远远大于未矿化粗晶白云岩与白云质灰岩。近矿蚀变白云岩 MgO/CaO、K<sub>2</sub>O/CaO、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/TFe 等与矿体距离相关性强。其中 K<sub>2</sub>O/CaO 与矿体距离的相关性为 0.77。

(3) 热液蚀变参数为 SiO<sub>2</sub>、MgO/CaO、K<sub>2</sub>O/



表5 白云岩热液蚀变参数  
Table 5 Hydrothermal alteration parameters of dolomite

| 蚀变参数                                | 矿化粗晶白云岩  |             |             | 未矿化粗晶白云岩 |
|-------------------------------------|----------|-------------|-------------|----------|
|                                     | 灰白色粗晶白云岩 | 灰白-米黄色粗晶白云岩 | 灰白-肉红色粗晶白云岩 |          |
| SiO <sub>2</sub> /%                 |          | 12.23       |             | 3.625    |
| MgO/CaO                             | 0.656    | 0.685       | 0.678       | 0.418    |
| K <sub>2</sub> O/CaO                | 0.036    | 0.033       | 0.0517      | 0.0013   |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /TFe | 0.413    | 0.188       | 0.146       | 2.113    |

CaO、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/TFe,这是识辨赋矿白云岩的地球化学标志。其中SiO<sub>2</sub>从非矿化粗晶白云岩到矿化粗晶白云岩的明显变化是值得关注的。

(4)流体与围岩的水岩反应使围岩元素活化。矿物的溶解度差异导致Ca<sup>2+</sup>、Mg<sup>2+</sup>迁移能力不同,特别是Ca<sup>2+</sup>变化明显。TFe主要从流体中进入围岩,使近矿蚀变岩较富含铁。Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>变化与热液作用密切相关。围岩Na<sup>+</sup>、K<sup>+</sup>含量很低,与Ca<sup>2+</sup>相关性中等。

#### 参考文献(References):

- [1] 柳贺昌,林文达.滇东北铅锌银矿床规律研究[M].昆明:云南大学出版社,1999.  
Liu Hechang, Lin Wenda. Pb-Zn-Ag Metallogenic Regularity in Northeast Yunnan[M]. Kunming: Yunnan University Press, 1999(in Chinese).
- [2] 芮宗瑶,叶锦华,张立生,等.扬子克拉通周边及其隆起边缘的铅锌矿床[J].中国地质,2004,31(4):337-346.  
Rui Zongyao, Ye Jinhua, Zhang Lisheng, et al. Pb-Zn deposits on the perimeter of the Yangtze craton and on the margins of its uplifts[J]. Geology in China, 2004, 31(4): 337-346(in Chinese with English abstract).
- [3] 陈进.麒麟厂铅锌硫化矿床成因及成矿模式探讨[J].有色金属矿床与勘查,1993,2(2):85-89.  
Chen Jin. High precision gravity survey over water areas[J]. Geological Exploration for Non-ferrous Metals, 1993, 2(2): 85-89 (in Chinese with English abstract).
- [4] 陈进,韩润生,高德荣,等.云南会泽铅锌矿床地质特征及找矿方法模式[J].地质地球化学,2001,29(4):124-129.  
Chen Jin, Han Runsheng, Gao Derong, et al. Geological characteristics of Huize Pb-Zn Deposit, Yunnan and model of ore-prospecting method[J]. Geology-Geochemistry, 2001, 29(4): 124-129(in Chinese with English abstract).
- [5] 韩润生,陈进,黄智龙,等.构造控矿动力学及隐伏矿定位预测——以云南会泽铅锌(银、锑)矿床为例[M].北京:科学出版社,2006.  
Han Runsheng, Chen Jin, Huang Zhilong, et al. Dynamics of Tectonic Ore-forming Processes and Localization-prognosis of Concealed Orebodies—As exemplified by the Huize Super-large Zn-Pb-(Ag-Ge) District, Yunnan[M]. Beijing: Science Press, 2006 (in Chinese).
- [6] 韩润生,陈进,李元,等.云南会泽铅锌矿床构造控矿规律及其隐伏矿预测[J].矿物学报,2001,21(2):265-269.  
Han Runsheng, Chen Jin, Li Yuan, et al. Ore-controlling tectonics and prognosis of concealed ores in Huize Pb-Zn Deposit, Yunnan[J]. Acta Mineralogica Sinica, 2001, 21(2): 265-269(in Chinese with English abstract).
- [7] 韩润生,刘丛强,黄智龙,等.论云南会泽富铅锌矿床成矿模式[J].矿物学报,2001,21(4):674-680.  
Han Runsheng, Liu Congqiang, Huang Zhilong, et al. Genesis modeling of Huize lead-zinc ore deposit in Yunnan[J]. Acta Mineralogica Sinica, 2001, 21(4): 674-680(in Chinese with English abstract).
- [8] 韩润生,胡煜昭,王学琨,等.滇东北富锗银铅锌多金属矿集区矿床模型[J].地质学报,2012,86(2):280-294.  
Han Runsheng, Hu Yizhao, Wang Xuekun, et al. Mineralization model of rich Ge-Ag-bearing Zn-Pb polymetallic deposit concentrated district in Northeastern Yunnan, China[J]. Acta Geologica Sinica, 2012, 86(2): 280-294(in Chinese with English abstract).
- [9] 黄智龙,陈进,刘丛强,等.峨眉山玄武岩与铅锌矿床成矿关系初探——以云南会泽铅锌矿床为例[J].矿物学报,2001,21(4):681-688.  
Huang Zhilong, Chen Jin, Liu Congqiang, et al. A preliminary discussion on the genetic relationship between Emeishan Basalts and Pb-Zn deposits as exemplified by the Huize Pb-Zn Deposit, Yunnan Province[J]. Acta Mineralogica Sinica, 2001, 21(4): 681-688(in Chinese with English abstract).
- [10] 黄智龙,陈进,韩润生,等.云南会泽超大型铅锌矿脉石矿物方解石稀土元素地球化学[J].矿床地质,2003,21(4):659-666.

- Huang Zhilong, Cheng Jing, Han Runsheng, et al. REE geochemistry of calcites from fault zone of Huize superlarge Pb-Zn deposits in Yunnan Province[J]. *Mineral Deposits*, 2003, 21(4): 659-666(in Chinese with English abstract).
- [11] 张振亮. 云南会泽铅锌矿床成矿流体性质和来源[D]. 中国科学院地球化学研究所, 2006.
- Zhang Zhengliang. Feature and Sources of Ore-Forming Fluid in the Huize Lead-Zinc Ore Deposits, Yunnan Province, China: Evidence from Fluid Inclusions and Water-rock Reaction Experiments[D]. Chinese Academy of Sciences and for the Diploma of the Institute of Geochemistry, 2006(in Chinese with English abstract).
- [12] 裴荣富, 梅燕雄, 瞿泓滢, 等. 矿床类型模型的地质构造背景、成矿环境与容矿岩石组合[J]. *中国地质*, 2013, 40(1): 31-42.
- Pei Rongfu, Mei Yanxiong, Qu Hongying, et al. Geological tectonic settings, depositional environments and ore-hosting rock assemblages for mineral deposits model with universality[J]. *Geology in China*, 2013, 40(1): 31-42(in Chinese with English abstract).
- [13] 胡玲, 刘俊来, 纪沫, 等. 变形显微构造识别手册(M). 北京: 地质出版社, 2009.
- Hu Ling, Liu Junlai, Ji Mo, et al. Manual of Deformation Microstructures[M]. Beijing: Geological Publishing House, 2009 (in Chinese).
- [14] 刘俊来, 关会梅. 含流体相条件下白云岩的低温流动变形-破裂与溶解-结晶的耦合过程[J]. *矿物岩石*, 2005, 25(1): 14-19.
- Liu Junlai, Guan Huimei. Low temperature flow of dolomite rocks at the presence of fluid phase—coupled fracturing and dissolution-crystallization[J]. *J. Mineral. Petrol.*, 2005, 25(1): 14-19(in Chinese with English abstract).
- [15] 张长青, 芮宗瑶, 陈毓川, 等. 中国铅锌矿资源潜力和主要战略持续区[J]. *中国地质*, 2013, 40(1): 248-272.
- Zhang Changqing, Rui Zhongyao, Chen Yuchuan, et al. The main successive strategic bases of resources for Pb-Zn deposits in China[J]. *Geology in China*, 2013, 40(1): 248-272(in Chinese with English abstract).
- [16] Jamison W R, Spang J H. Use of calcite twin lamellae to infer differential stress[J]. *GSA Bulletin*, 1976, 87: 868-872.
- [17] Ferriall D A, Morris A P, Evans M A, et al. Calcite twin morphology: A low-temperature deformation geothermometer[J]. *Journal of Structural Geology*, 2004, 26(8): 1521-1529.
- [18] Ferriall D A, Morris A P. Contrasting styles of fault zone deformation in limestones of the Glen Rose Formation, Edwards Group, and Buda limestone in the Balcones fault system, south-Central Texas[C]//Geological Society of America, Annual Meeting, Anonymous. Abstracts with Programs—Geological Society of America, 2005, 37(7): 215.
- [19] 寇大明, 黄菲, 姚玉增, 等. 黄铁矿晶体形貌学研究进展[J]. *矿物学报*, 2009, 29(3): 333-337.
- Guan Daming, Huang Fei, Yao Yuzeng, et al. Progress in the pyrite crystal morphology[J]. *Acta Mineralogica Sinica*, 2009, 29(3): 333-337(in Chinese with English abstract).
- [20] Davies G R, Smith B S Jr. Structurally controlled hydrothermal dolomite reservoir facies: An overview[J]. *AAPG Bulletin*, 2006, 90(11): 1641-1690.
- [21] Davis G H, Reynolds S J. *Structural Geology of Rocks and Regions*. 2nd ed.[M]. New York: John Wiley, sons. 1996.
- [22] 翟裕生. 中国区域成矿特征及若干值得重视的成矿环境[J]. *中国地质*, 2003, 30(4): 337-342.
- Zhai Yusheng. Regional metallogenic features and some important ore-forming environments of China[J]. *Geology in China*, 2003, 30(4): 337-342(in Chinese with English abstract).
- [23] 谢学锦, 刘大文, 向运川, 等. 地球化学块体——概念和方法学的发展[J]. *中国地质*, 2002, 29(3): 225-233.
- Xie Xuejing, Liu Dawen, Xiang Yunchuan, et al. Geochemical blocks—Development of concept and methodology[J]. *Geology in China*, 2002, 29(3): 225-233(in Chinese with English abstract).
- [24] 张雪彤, 张荣华, 胡书敏. 中低温水热过程中碳酸盐矿物与水界面研究[J]. *矿物学报(增刊)*, 2011, 245-247.
- Zhang Xuetong, Zhang Ronghua, Hu Shumin, et al. Research of water-carbonate and water interface in Low-medium temperature[J]. *Acta Mineralogica Sinica*, 2011, (Supp.): 245-247 (in Chinese with English abstract).
- [25] 张乐骏, 周涛发, 袁峰, 等. 热液矿床中蚀变强度的化学估计及其对找矿勘探的指示[C]//第九届全国矿床会议论文集. 2008: 592-593.
- Zhang Lejun, Zhou Taofa, Yuan feng, et al. Estimating chemistry of alteration intensity and instructions of ore exploration in hydrothermal deposit[C]//The 9th National Conference on Deposit. 2008: 592-593(in Chinese).

## Altered dolomite features and petro-geochemical prospecting indicators in the Huize lead-zinc deposit

WEN De-xiao, HAN Run-sheng, WU Peng, HE Jiao-jiao

*(Land Resource Engineering, Southwest Geological Survey of Nonferrous Metals Resource Geological Survey,  
Kunming University of Science and Technology, Kunming 650093, Yunnan, China)*

**Abstract:** Dolomite is a host rock in the Huize superlarge lead-zinc deposit. The near-ore dolomite shows zonation in space and can be divided into three types, namely grayish white-white coarse-grained (pinhole) dolomite, beige (local miarolitic cavity) coarse-grained dolomite and pale red-red coarse grained crystalline dolomite. The authors analyzed the mineral assemblage zonation and fabric characteristics, and reached the conclusion that there exist significant differences between these types of dolomite in such aspects as the degree of recrystallization in dolomite, microstructure of dolomite, crystalline form of pyrite, vuggy fillings and fissures, and these differences can serve as important indicators for identifying ore-bearing dolomite. The authors also studied element geochemistry of near-ore dolomite and other three types of dolomites in Baizuo Formation (mineralized dolomite, coarse-grained dolomite, and dolomitic limestone). According to the relationships between major element content of dolomites and the distance from the ore body and between major element content of dolomites and CaO content, the authors investigated the alteration of rocks and determined the hydrothermal alteration parameters of the coarse-grained dolomites, which are  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{MgO}/\text{CaO}$ ,  $\text{K}_2\text{O}/\text{CaO}$  and  $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{TFe}_2\text{O}_3$ .

**Key words:** alteration dolomites; microstructures; hydrothermal alteration parameters; Huize lead-zinc deposits; ore concentration area of northeast Yunnan

---

**About the first author:** WEN De-xiao, male, born in 1988, master candidate, majors in mineral resources exploration; E-mail: 597103713@qq.com.

**About the corresponding author:** HAN Run-sheng, male, born in 1964, senior researcher, supervisor of doctor candidates, engages in fluid geochemistry and prediction of concealed ore body; E-mail: 554670042@qq.com.