

大水式金矿——我国新发现的一种金矿类型

高 兰*

(中国地质科学院成矿远景区划室, 北京)

提 要: 甘肃大水金矿是我国近年新发现的一类金矿, 矿物成分简单, 矿石品位高, 易采、易选, 经济效益极好。矿区主要出露中三叠统灰岩、白云质灰岩和印支期闪长玢岩株、闪长玢岩脉。金矿石可分似碧玉岩型、灰岩型、脉岩型和岩溶型四类; 主要矿石为似碧玉岩, 即赤铁矿化隐晶质硅质岩, 似碧玉岩又可分纹层状、块状和角砾状等亚型。区内围岩蚀变主要是硅化、赤铁矿化和碳酸盐化。成矿期、尤其是成矿后方解石脉十分发育。岩石地球化学特征表明, 硅化灰岩矿石、似碧玉岩主要为含金富硅盆地流体充填、交代作用的产物, 形成于近地表、开放的氧化环境。

关键词: 似碧玉岩 岩溶 成矿环境 大水金矿

1 矿床地质特征

1.1 矿床地质

甘肃大水金矿位于甘南玛曲县和碌曲县交界处, 是近几年新发现的一类金矿。迄今为止, 大水金矿田已发现大水、大水西、忠曲、辛曲、贡北、格尔托等多个金矿床(点)。

区域构造属于西倾山背斜的东南翼、大水弧形构造的顶端和西段。区内主要出露中三叠统灰岩、白云质灰岩, 早侏罗统和早白垩统灰质砾岩, 前二者为容矿围岩。区内印支期中基性、中酸性岩发育, 主要有格尔括合闪长玢岩株、忠格扎拉二长斑岩株和忠曲闪长玢岩小岩株, 此外, 数量、规模不等的闪长岩脉遍布全区。

大水金矿由一个主矿体和 30 多个小矿体组成, 其中主矿体金储量占总储量的一半。矿体展布方向有近南北、北东和北西三组, 总体构成北西向矿带。矿体主要呈脉状、似层状、透镜状和不规则块状产在闪长玢岩脉、灰岩(白云质灰岩)和灰质砾岩中, 矿体与围岩为渐变关系, 矿体形态十分复杂, 矿体厚度 0.5~47 m, 变化系数 82%~134%。大水金矿石可分脉岩型、灰岩型、岩溶型和似碧玉岩型等四类, 其中似碧玉岩矿石占 70% 以上。矿石结构主要为隐晶-泥晶结构、胶状结构、交代结构, 块状、角砾状、浸染状、纹层状构造。矿床围岩蚀变: 硅化、赤铁矿化和碳酸盐化。矿物成分简单, 主要矿石矿物有赤铁矿、自然金, 少量雄黄、辰砂和褐铁矿, 矿石矿物总量小于 5%; 脉石矿物有玉髓、方解石、微晶石英、粘土矿物等。矿石品位较高, 平均品位 3~10 g/t, 风暴品位大于 1000 g/t, 变化系数 38%~160%。自然金成色高, 多在 990 以上。

1.2 矿石地球化学特征

(1) 主要化学成分特征: 矿石主要化学成分为 SiO_2 、 CaO (CO_2), 次为 Al_2O_3 和 MgO 。

* 高兰, 女, 1964 年生, 博士, 副研究员, 主要从事矿床地质研究和区划管理工作。邮政编码: 100037

总的来讲, SiO_2 与 Au 成正相关关系, 硅化是金矿化的前提。大部份矿石 SiO_2 含量大于 65%, 其中似碧玉岩的 SiO_2 含量多在 75% 以上, 纹层状似碧玉岩最高, SiO_2 含量超过 90%; 各种矿石 CaO 含量变化较大, 似碧玉岩 CaO 含量较低, 在小于 10% 范围内变化, 灰岩(白云质灰岩)型矿石 CaO 含量最高, 大部分为 20%~35%, 而且白云质灰岩矿石 MgO 含量亦较高, 多大于 10%; 脉岩型矿石 CaO 含量较高, 在似碧玉岩和灰岩型矿石之间变化; 似碧玉岩 Na_2O 、 K_2O 含量较低, 仅 0.1% 左右; 脉岩型矿石 Na_2O 、 K_2O 含量较高, 与原岩成分有关。岩溶矿石化学成分变化较大, 高含量 Al_2O_3 是岩溶矿石的重要特征, SiO_2 含量介于 46%~85% 之间, CaO 含量较低, 仅 0.5%~5%。可分两类: ① 一般岩溶矿石: Al_2O_3 含量 20% 左右, SiO_2 含量 46%~64% 之间; ② 硅化岩溶矿石: Al_2O_3 的含量 8%~9%, SiO_2 含量大于 80%。

(2) 稀土元素分布特征: 总体来讲, 岩体(忠格扎拉岩体和格尔括合) ΣREE 值最高, 其次为脉岩, 似碧玉岩最低。区内岩矿石的稀土元素球粒陨石标准化曲线均为右倾, 属于轻稀土富集型。根据 Ce 和 Eu 异常特征划分出三类: ① 无异常型, 以似碧玉岩、脉岩、白云质灰岩、白云质灰岩矿石为代表; 白云质灰岩较灰岩更富集轻稀土, 白云质灰岩矿石 ΣREE 增加, 曲线形态基本不变。风化硅化脉岩稀土曲线与脉岩接近。② 负 Ce 和负 Eu 异常型, 以灰岩、硅化灰岩矿石、硅结核、硅化脉岩为代表; 硅化灰岩矿石 ΣREE 增加, 标准化曲线负 Ce 和负 Eu 异常基本不变。脉岩型矿石出现弱负 Ce 和负 Eu 两个异常。强硅化脉岩(REE 值降低, 成为脉岩系列最低者, 但弱负 Ce 和负 Eu 两个异常基本不变。③ 负 Ce 和正 Eu 异常型, 以方解石、岩溶型白云质灰岩为代表。

对比纹层状似碧玉岩和脉岩型、灰岩型矿石的硅(分别扣除原岩的稀土组成)的稀土元素球粒陨石标准化曲线可以发现, 似碧玉岩与灰岩型矿石的硅十分一致, 而与脉岩型矿石的硅相去甚远, 说明似碧玉岩与硅化灰岩来源具有一致性。此外, 灰岩型矿石和似碧玉岩的 ΣREE 与金呈正相关关系, 表明在矿化过程中, 稀土元素含量是相对增加的。

2 几个重要成矿特征

2.1 似碧玉岩

广义的似碧玉岩以隐晶质、玉髓质或显晶质硅为主要成分, 通过交代某些方解石或白云石而形成的岩石, 典型似碧玉岩是细粒至隐晶质的硅质岩^[3]。大水金矿似碧玉岩主要由隐晶质玉髓组成, 矿石矿物为自然金、赤铁矿。脉石矿物主要是玉髓、方解石, 少量石英。根据似碧玉岩产状, 结合其结构、构造特征划分 3 个亚类: 块状、层纹状和角砾状似碧玉岩。

(1) 块状似碧玉岩: 致密块状, 由于形成于近地表环境, 大多数呈紫褐色、紫红色和猪肝色等氧化色, 赤铁矿化较强。硅质(玉髓)重结晶明显, 微晶石英呈团块状产出。

(2) 纹层状似碧玉岩: 隐晶质硅质岩(玉髓)与含钙富硅岩(玉髓)呈互层状, 构成纹层理。部分纹层中可见灰质角砾岩, 与无砾纹层渐变并相间产出。含钙富硅岩层(玉髓)为浸染状碳酸盐化似碧玉岩(层), 碳酸盐重结晶明显, 呈团块状和细脉状穿切纹层理。常见纹层状似碧玉岩与硅化灰岩为渐变关系, 纹层较平直, 显微纹层为不规则状, 呈流态变形; 单个纹层可见微粒序, 即自下而上, 由灰质层向硅质层递变。部分纹层状似碧玉岩经压实作

用成为块状似碧玉岩,可见压实作用残留的不规则层理和气孔。

(3)角砾状似碧玉岩:角砾为似碧玉岩、脉岩或灰岩型矿石,胶结物为褐色细晶-粗晶方解石,钙质胶结常常导致矿石品位贫化。硅质胶结角砾岩矿石由于叠加两次硅化,矿石品位较高,是矿区主要的富矿石之一,矿石裂隙发育,裂隙面上可见明金。

2.2 脉岩与金矿化

脉岩是大水金矿重要特征,主要岩性为闪长玢(斑)岩脉,广泛分布于矿区;局部有晚期辉绿岩脉侵位并穿切矿体。闪长玢(斑)岩与金成矿关系密切,根据形成时间可分早、晚两期,早期为闪长玢岩,广泛发生硅化并部分形成脉岩型矿体,约占矿体总量的20%左右。晚期为闪长斑岩,分布局限,可形成部分贫矿体。

大部分脉岩型矿石为风化硅化脉岩,即硅化之前遭受了风化作用。在先期风化过程中形成大量的氧化环带以及垂直环带的微细裂隙,后期的硅化主要沿微细裂隙进行渗滤交代。

脉岩可与灰岩型矿体相伴而生,部分灰岩型矿体中可见硅化脉岩穿插。研究表明,早期脉岩侵位后可能有一次热液活动,致使部分脉岩发生硅化并成矿。但并不是所有脉岩发生矿化,而且大部分灰岩型矿体或似碧玉岩并不与脉岩共生,表明金矿化与脉岩侵位无关。

2.3 碳酸盐脉

大水金矿碳酸盐脉非常发育,主要成分是方解石。碳酸盐脉可形成于矿前、成矿期和成矿后,成矿期深褐色方解石与似碧玉岩矿石密切共生,呈网脉状穿切或作为基质胶结似碧玉岩(角砾)。大量碳酸盐脉形成于成矿后期,为白色、梳状和条带状粗晶方解石脉。

碳酸盐脉以大脉状、网脉状、团块状形式存在,穿切包括似碧玉岩和脉岩在内的所有地质体。它与金矿体、矿化体密切伴生,常常构成垂向分带,是金矿化的间接找矿标志之一。

2.4 岩溶与金矿化

大水金矿岩溶十分发育,除形成规模不等的溶洞外,还发育了多种岩溶产物,如泥质灰岩(白云质灰岩)、钙质岩溶角砾岩和钙质泥岩等,颜色有红色、褐色、黄色、灰色等多种,以红色、褐黄色居多。由于形成于近地表的氧化条件下,岩溶岩中李泽网格环带十分普遍。岩溶岩中沉积纹理发育,可见粒序层理和冲刷构造。大规模的岩溶角砾岩常常出现在大型矿体的周围,岩溶作用与成矿作用相伴生,并为金的析出、迁移和沉淀提供有利成矿环境和重要的容矿空间。

几乎所有岩溶岩、岩溶沉积物都发生金矿化,金含量 $0.047 \times 10^{-6} \sim 0.41 \times 10^{-6}$ 不等,其中以红色者矿化较好,金含量大于 0.2×10^{-6} ;部分岩溶岩形成富矿石,金平均品位1~10 g/t不等。

岩溶作用可分多期,成矿前岩溶形成古溶洞,是似碧玉岩矿体和充填型岩溶矿体的重要容矿空间。成矿后岩溶,主要形成大量的钟乳石和大型岩溶钙壳,它们由方解石和含泥灰岩相间成环带,后者亦金矿化。

3 矿床成因讨论

3.1 成矿环境

研究表明:大水金矿形成于近地表、低温、开放的氧化环境。主要依据有以下方面:①

除极少量雄黄、辰砂外,原生硫化物几乎不发育,主要矿石矿物是赤铁矿和褐铁矿,反映了一种低温、氧化的成矿条件;②方解石的稀土元素标准化曲线中普遍存在Ce负异常,这是因为氧化条件下,Ce易从 $Ce^{3+} \rightarrow Ce^{4+}$,发生Ce亏损;③矿化岩石中广泛发育李泽网格环,属于典型氧化环境下产物;④风化岩溶型富矿石发育,表明岩溶为金提供成矿空间,岩溶期的近地表风化条件有利金富集。

3.2 成矿流体及成矿作用

大水金矿属于浅成低温热液矿床,具有类似热泉成矿作用的特点^[1],其成矿流体为含金富硅盆地热流体,主要特性表现在以下方面:①似碧玉岩矿石单个包裹体的拉曼光谱成分分析表明,包裹体的分子组成主要是液相 H_2O 、气相 CO_2 和 CH_4 ,其中气相成分中, CH_4 最高含量可达20%,表明成矿期流体是富含 CH_4 的,具有盆地流体特征;②硫酸盐、硫化物均不发育,成矿流体属于深层富硅氯化物型卤水,含 Na_2O 、 K_2O ,且 K_2O 略高于 Na_2O ;③主矿石似碧玉岩化学成分表明, SiO_2 是成矿流体的主要成分,其次为 CaO 和 CO_2 ;④似碧玉岩矿石中出现围岩角砾,并与不含角砾的纹层状似碧玉岩相间产出。反映成矿热流体在上升至近地表的沉淀过程中,存在间歇性隐爆作用和平静沉淀作用的交替;⑤碳酸盐脉非常发育,除成矿前和成矿期的褐色碳酸盐脉外,大量碳酸盐脉形成于成矿后期,即成矿后期含矿流体已演变成富 HCO_3^- 型。

近地表环境下,由深部上升的含金富硅流体由于突发的降温、减压沸腾,造成大量隐晶质硅质急剧沉淀,形成极具特色的似碧玉岩型矿体。其次,含矿流体还通过渗滤交代方式形成灰岩和脉岩型矿体。

3.3 金、硅的可能来源

(1)金的来源:地层中灰岩、白云质灰岩的金丰度值为 $0.0028 \times 10^{-6} \sim 0.013 \times 10^{-6}$,平均值 0.0066×10^{-6} ,稍高于地壳克拉克值。岩溶岩和灰岩的金含量显著提高,变化范围从 $0.18 \times 10^{-6} \sim 0.52 \times 10^{-6}$ 。岩浆岩中岩体金丰度值 $0.0037 \times 10^{-6} \sim 0.007 \times 10^{-6}$,平均值 0.0056×10^{-6} ,接近克拉克值,风化岩体金含量略有增加,为 $0.0111 \times 10^{-6} \sim 0.0118 \times 10^{-6}$;脉岩金丰度值 $0.0018 \times 10^{-6} \sim 0.0182 \times 10^{-6}$,平均值 0.009×10^{-6} 。地层和岩浆岩的金丰度相似,接近或稍高于相应岩石的地壳克拉克值,可作为金的部分来源,大部分金来自富硅的盆地流体。

(2)硅的来源:似碧玉岩 $\delta^{30}Si$ 值集中于 $-0.6\% \sim -0.3\%$ 的范围内,落在热水喷出岩的区间^[2];矿石的稀土元素球粒陨石标准化曲线变化较大,不同类型各具特色,分别代表了地层硅质岩、灰岩和脉岩,表明硅的多来源特点,其中硅化灰岩与似碧玉岩的硅为同一来源,主要来自富硅的盆地流体;此外,脉岩期后热液也可能有部分硅的叠加。

参 考 文 献

- 1 郭光裕,候宗林,林卓等.热泉型金矿床成矿模式及成矿远景评价.天津:天津科学技术出版社,1993,1~254.
- 2 丁梯平等.硅同位素地球化学.北京:地质出版社,1994,40.
- 3 Ted G. Theodore and Gail M. Jones, Geochemistry and Geology Of Gold in Jasperoid, Elephant Head Area, Lander County, Nevada. U. S. Geological Survey bulletin. 1992, 1~53.