

西昆仑碳酸盐岩层控铅锌铜矿构造作用

张正伟¹, 张中山^{1,2}, 游富华^{1,2}, 周灵洁^{1,2}, 李玉娇^{1,2}

(1. 中国科学院地球化学研究所 矿床地球化学国家重点实验室, 贵州 贵阳 550002; 2. 中国科学院 研究生院, 北京 100049)

0 引言

在西昆仑地区, 由于晚古生代古特提斯开始裂解, 形成塔西南边缘台地相碎屑岩-碳酸盐岩建造并产出层控型铅锌铜矿床, 经过区域扩张和构造转换阶段后, 在二叠纪末—三叠纪古特提斯关闭; 在麻扎北部形成了三叠系塞力亚克达坂群山间磨拉石沉积^[1], 然而在西昆仑北部表现为强烈隆升作用, 完成了盆山转换^[2]。关于上述的层控型铅锌铜矿床, 经历了长期的研究过程。在 20 世纪 40 年代, 前苏联学者发现成矿线索^[3]。继而对部分矿床进行勘探, 认为矿床属岩浆期后热液型。80 年代中期, 新疆南疆西部矿产图(1:500 000)认为这些矿床属沉积改造型成因^[4]; 进入 21 世纪, 新的研究成果出现多种观点, 多数认为是 MVT 矿床^[5-7], 最近认为是 SEDEX 型和或海相热水沉积型矿床^[8], 也有人提出受地层与构造联合控制的中低温热液脉状铅锌矿床的观点^[9]。上述不同的矿床成因解释可以反映两个假设: 一是矿床的形成作用很可能发生在多个地质时期; 二是矿床形成过程从沉积盆地到盆山转换以及后期的造山作用阶段都有可能发生叠加成矿作用, 只是在某些矿床或某些矿体部位显示某一种主要的成矿作用特点。我们在研究这些矿床过程中也发现存在矿床多成因现象, 如层状矿体与脉状矿体分别有不同的展布方向; 成矿年龄分别有晚古生代和中生代; 包裹体性质类似于沉积改造性特点(简称 STT)。因此本文研究认为, 矿床初始形成为晚古生代, 在古特提斯初始扩张作用下形成台缘凹陷带同生沉积成矿, 然后在上述盆山转换过程中, 改造热液叠加在先期的碎屑岩-碳酸盐岩建造层控型铅锌铜矿床之上, 形成同生沉积-后期改造成矿作用。

1 典型矿床特征

在区域上, 克孜勒陶—库斯拉甫断裂与东侧一

些断裂组成叠瓦状断裂系, 与次级褶皱—断裂交汇部位控制矿床的空间分布, 形成若干等距分布的控矿构造区, 自北向南有铁克里克、塔木—卡拉牙斯卡克、阿巴列克、卡兰古—吐洪木里克、托库孜阿特—坎地里克五个铅-锌(铜、铁)矿化集中区。

1.1 铁克里克铜-铅-银矿床

矿区出露地层主要为泥盆系的黄褐色千枚岩和灰白色石英岩, 在黄褐色千枚岩的层面和裂隙中有石英脉充填, 含有少量方铅矿、黄铁矿、镜铁矿等; 矿化主要见于中段钙质胶结的灰白色中粒石英砂岩内, 厚约 500 m, 主要含两层矿体, 第 I 层以铅矿体为主, 第 II 为铜矿体, 呈层状、似层状, 产状与地层基本一致, 个别地段与岩层相交。矿石类型主要为浸染状和细脉状, 局部地段见有粗晶方铅矿, 金属矿物有方铅矿、黄铜矿、黄铁矿、辉铜矿, 次生矿物有兰铜矿、孔雀石、白铅矿、黄钾铁矾等, 脉石矿物主要为石英、方解石。

1.2 塔木锌-铅矿床

赋存地层为下石炭统卡拉巴西塔格组(*C₁kl*)第一岩性段厚层碎裂状白云岩、白云质灰岩中。矿化带及角砾岩带与地层总体走向一致, 带长 800 m, 最厚 40 m, 由多个矿体组成。矿体呈似层状, 分枝、复合现象明显, 产状变化大。主要矿石矿物为闪锌矿、方铅矿、黄铁矿, 次生矿物有白铅矿、铅矾及铁锰氧化物; 脉石矿物为白云石、方解石、石英、白云母; 总体上成矿有两个阶段: 第一阶段形成致密状矿石, 以锌为主; 第二阶段为脉状, 以铅为主, 后者较粗, 铅锌紧密共生。岩石蚀变以白云石化、方解石化为主, 次为硅化。

1.3 阿巴列克铜-铅-铁矿床

矿体产于下石炭统霍什拉甫组, 呈透镜状位于向斜构造扬起端的紫红色石英砂岩与上覆白云岩接触带的白云岩一侧, 由于白云岩化强烈而不显层理,

基金项目: “十一五”国家科技支撑计划重点项目(2006BAB07B04-04); 中国科学院知识创新工程重点项目(KZCX2-YW-107-6)
作者简介: 张正伟(1959-), 男, 河南南阳人, 研究员, 博士, 从事矿床地球化学研究。E-mail: zhangzhengw@hotmail.com

成角砾状构造,使矿体形态更加复杂。主要矿物为黄铜矿、方铅矿、黄铁矿,少量闪锌矿。地表平均铅含量为 2.06%,向深部有变富趋势。围岩蚀变为白云岩化、硅化、黄铁矿化、绿泥石化。铁矿赋存于向斜两翼,呈脉状产于石英砂岩与厚层状灰岩之间。在矿石成分上,铁矿体中含有少量铜、铅、锌硫化物。

1.4 卡兰古铅-锌-铜矿床

矿体产于下石炭统卡拉巴西塔格组第二岩性段(C_1kl^2)白云质灰岩中呈层状产出。矿体下盘围岩为中薄层状含碳白云质灰岩,上盘为含石英砾石碳酸盐岩或钙质石英砂砾岩,呈灰白色。靠近泥盆系紫红色碎屑岩附近出现零星铜矿化。矿石类型主要有浸染状矿石、细脉状矿石、致密块状矿石以及网脉状矿石等。其中,方铅矿的形成可分为两期,早期结晶较细且致密,后期结晶较粗、呈细脉状或团块状,并穿插于早期形成的矿石之中。构造类型有浸染状、细脉状、致密块状,有的呈网脉状。矿物成分主要为方铅矿它形粒状,其次有黄铜矿、黄铁矿、闪锌矿和微量砷镍矿。脉石矿物主要为白云石、方解石。围岩蚀变以白云岩化和硅化为主。

1.5 托库孜阿特-坎地里克铅-锌-银矿床

产于下石炭统卡拉巴西塔克组灰岩、碳质灰岩和白云质灰岩、大理岩中,矿体呈层状、似层状、透镜状,沿着白云质灰岩与碳质灰岩转换部位产出。现发现矿体六处,大小不等,产状多异,陡缓不大,一般长 50~200 m,厚 0.5~4 m,倾角 30°~60°。矿石矿物以方铅矿、闪锌矿为主,富矿石化学分析结果:Pb 33.13%,Zn 21.8%,Ag 169 g/t。矿石构造主要有块状、条带状、角砾状,浸染状次之,中细粒结构矿体蕴于矿化层中,矿化层已知长度大于 500 m,围岩蚀变不强,以硅化、白云岩化为主。该点属于富铅富锌铅锌银矿点。

2 区域构造控矿作用

西昆仑构造带的演化可以简结三次“特提斯”作用,其构造作用主导了塔西南古大陆边缘以及西昆仑造山带的演化过程。从震旦纪开始,在塔里木南缘拉张形成原特提斯,志留纪大洋封闭,沉积了一套泥盆系陆相碎屑岩。晚泥盆世扬子与塔里木板块拼合,仅存残留海和陆相沉积。

晚古生代在“原特提斯”的基础上发生了一次非常明显的开、合运动——古特提斯。从古特提斯开始扩张到关闭的演化过程中,不同构造阶段分别形成了不同的区域性成矿作用。早石炭世地壳强烈拉

张,在昆中带康西瓦断裂以南形成古特提斯洋,在塔里木南缘发育奥依塔格—库尔良陆内裂陷沉积,形成一些火山容矿的块状硫化物型铜多金属矿化^[10];塔里木盆地再次遭受海侵,形成石炭纪—早二叠世的克拉通陆缘盆地,整合于泥盆系之上沉积了台地边缘相的石炭系碎屑岩—碳酸盐岩,构成了本区铅锌矿的容矿层位^[11]。石炭纪末(300 Ma)古特提斯向北消减,早二叠世由于遭受南北挤压,塔里木盆地地壳与上地幔发生挤压弯曲,形成局部上拱,诱发了基性岩浆的侵入和顺断裂喷发。古特提斯于三叠世纪沿康西瓦断裂带消亡,西昆仑处于隆起剥蚀状态,造山作用使二叠—三叠系遭受了低绿片岩相的动力变质,形成由南向北的逆冲大型韧性剪切带及推覆构造^[12]。晚三叠世—白垩纪,古特提斯洋向北俯冲消减的挤压应力作用不断增加,出现了塔里木盆地南缘由南向北的逆冲高潮,推覆构造前缘下盘发育侏罗纪前陆挤压盆地,后缘出现拉张断陷盆地及其内部的一系列侏罗纪含煤盆地。晚白垩世—始新世新特提斯洋已沿雅鲁藏布江一带向北俯冲消减,使喀喇昆仑一带褶皱变形。在塔西南缘形成山麓地带向内陆盆地推进的大型推覆构造,形成由南向北的逆冲推覆构造带。

3 地球化学与成矿制约

流体包裹体:成矿压力范围分别为 33~65 MPa,对应的成矿深度平均值分别为 5.85~4.24 km,属于浅成矿床;铁克里克、阿帕列克和卡兰古的 w (NaCl) 峰值相似(12%~20%),塔木的盐度相比之下明显偏低(6%~12%)。密度值在 1.0 g/cm³ 左右。成矿流体的多源性特征明显,塔木和乌苏里克等矿段的粗粒闪锌矿和方铅矿大量的形成,可能与外来流体的混入有关,表明塔木—卡兰古铅锌矿床成矿流体并不是单一的,可能存在两种或两种以上流体的混合,成矿流体具有多源性的特点^[13]。

硫同位素:硫化物的硫同位素值具有较宽的范围, $\delta^{34}S$ 值总体在 $(-38.3 \sim +24.0) \times 10^{-3}$,双峰式分布;存在两个主频区间,一以 $\delta^{34}S$ 值主要集中在 $(-6.0 \sim +6.0) \times 10^{-3}$,表明氧化环境;另一以其 $\delta^{34}S$ 值总体分布较宽,均为负值,集中在 $(-32.0 \sim -24.0) \times 10^{-3}$,表现为还原环境,表明与有机质的还原作用有关。这种 $\delta^{34}S$ 值分布可能与含矿岩性、矿石组构存在某种关系。从总体上,可能存在两种不同性质的含硫流体相混合而形成铅锌矿床,硫主要来自地层硫酸盐,没有地幔物质和岩浆参与^[14]。

铅同位素:对该矿带塔木、铁克里克、卡兰古、阿巴列克等代表性矿床 66 件硫化物样品进行了铅同位素组成测定。结果表明,方铅矿样品的 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 为 17.931~18.176(平均 18.017)、 $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 为 15.609~15.818(平均 15.684)、 $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 为 38.197~38.944(平均 38.462);黄铜矿样品的 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 为 17.926~18.144(平均 18.020)、 $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 为 15.598~15.628(平均 15.606)、 $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 为 38.171~38.583(平均 38.262);黄铁矿样品的 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 为 17.980、 $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 为 15.604、 $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 为 38.145。黄铁矿样品的铅同位素组成及其特征值变化范围均不大,但方铅矿与黄铜矿样品的铅同位素特征存在一些差异。综合分析认为,该矿带内方铅矿中的铅主要来源于赋矿围岩和下伏的基底;而基底是黄铜矿的唯一铅源。铅、铜两种元素在成矿过程中主要具分异性^[15]。

成矿年代:阿巴列克铜铅矿床的黄铜矿和黄铁矿样品,它们分别含有 626~14 533 ng Re 以及 0.026~0.36 ng Os, 给出海西期的 331.3±5.2 Ma 等时线年龄^[16]。样品的高 $w(\text{Re})/w(\text{Os})$ 比值、低含量普通 Os 和高放射成因 Os 的组成特性支持这组黄铜矿样品为表壳构造成因。赋矿地层时代与上述等时年龄几乎相近。铼-钨同位素体系显示高 Re 低 Os 含量、高 $w(\text{Re})/w(\text{Os})$ 比值及高的 $^{187}\text{Os}/^{188}\text{Os}$ 同位素比值表明,除了成矿元素来源于陆缘碎屑外,很可能存在于早石炭世沉积盆地的地下水循环过程。与阿巴列克铜铅矿床处于同一成矿带的塔木矿床闪锌矿 Rb-Sr 等时线年龄 337 Ma, 也可作为对比。另外,取自铁克里克矿区粗晶黄铜矿的 Re-Os 模式年龄为(210.1±10.2) Ma, 在塔木和卡兰古矿区采取的粗粒块状矿石石英的 Ar-Ar 年龄分别为 240、228 Ma, 这些被认为代表后期改造热液成矿年龄。

3 讨论与结论

成矿带的赋矿层位具有镁质碳酸盐的特定性,局限在 D_2-C_1 时代,含矿地层形成环境为晚古生代台地边缘凹陷盆地,是古特提斯初始扩张影响的产物。在盆地形成以后的演化过程中,经历了古特提斯扩张期、构造转换期、关闭期和三叠纪以后的造山作用,不同的构造阶段都将有可能发生不同的成矿作用。虽然本文强调了晚古生代地层沉积过程中的沉积喷流成矿作用和三叠纪造山过程中的热液改造

成矿作用,提出了同生沉积-后期改造成矿模式,但不排除在其他构造演化阶段西城相应的成矿作用,如在构造转换期有可能发生盆地转换相应的 MVT 成矿作用。成矿构造演化多阶段性确立了矿床的形成可能受容矿地层的沉积过程和后期构造作用中热液改造的双重特点。这种多期成矿叠加的现象在中国西南层控铅锌矿集中区、湖南西部层控铅锌矿集中区也有明显表现。

参考文献:

- [1] 计文化. 西昆仑-喀喇昆仑晚古生代-一早中生代构造格局[D]. 北京:中国地质大学,2005.
- [2] 陈守建,李荣社,计文化,等. 昆仑造山带二叠纪岩相古地理特征及盆地转换探讨[J]. 中国地质,2010,37(2):374-393.
- [3] Belyaevsky N A. The Main Features of the Stratigraphy of Western Kunlun[J]. Izv. Akad. Nauk. SSSR Ser. Geol., 1949(2):19-30.
- [4] 汪玉珍,吴利忠,邓良栋. 1:500 000 新疆南部西部地质图矿产图说明书[M]. 乌鲁木齐:新疆地矿局,1985.
- [5] 王书来,汪东波,祝新友. 塔里木南西缘 MVT 型铅锌矿床流体包裹体研究[J]. 矿产与地质,2001,15(4):238-242.
- [6] 匡文龙,古德生,刘继顺,等. 西昆仑地区密西西比河谷型矿床的流体包裹体特征研究[J]. 有色矿冶,2005,21(2):1-5.
- [7] 祝新友,汪东波,王书来. 新疆阿克陶县塔木-卡兰古铅锌矿带矿床地质特征[J]. 地质与勘探,2000,36(6):32-35.
- [8] 田培仁,胡庆雯. 西塔里木晚古生代弧形海相热水-火山热水沉积型铅锌(铜)矿区域成矿特征[J]. 矿产勘查,2010,1(2):131-140.
- [9] 袁波. 新疆西昆仑卡兰古、塔木铅锌矿地质特征和矿化富集规律研究[D]. 长春:吉林大学,2007.
- [10] 贾群子,李文明,于浦生,等. 新疆西昆仑块状硫化物铜矿床[M]. 北京:地质出版社,1999.
- [11] 张正伟,彭建堂,肖加飞,等. 塔西南缘沉积岩层控型铅锌矿带区域构造控矿作用[J]. 矿物岩石地球化学通报,2009,28(4):318-329.
- [12] 刘增仁,奚伯雄,袁文贤,等. 塔里木西南缘齐姆根-桑株河地区石炭-二叠系沉积特征及沉积相[J]. 新疆地质,2003,21(3):280-285.
- [13] 冯光英,刘 燊,彭建堂,等. 新疆塔木-卡兰古铅锌矿带流体包裹体特征[J]. 吉林大学学报:地球科学版,2009,39(3):406-414.
- [14] 游富华,张正伟,沈能平,等. 塔西南缘铅锌矿带硫同位素特征及硫的来源探讨[J]. 矿物岩石地球化学通报,2010,36(5):20-25.
- [15] 沈能平,游富华,张正伟,等. 塔西南缘铅锌矿床铅同位素地球化学特征及其意义[J]. 岩石学报,2010,26.
- [16] 张正伟,漆亮,沈能平,等. 西昆仑阿巴列克铜-铅矿床黄铜矿 Re-Os 定年[J]. 岩石学报,2010,26(21):1001-1025.