

东昆仑古生代复合造山过程及金属成矿作用*

Multicyclic Paleozoic Orogeny and Metallogeny in East Kunlun Mountains

张德全 朱华平 闫升好 徐文艺 余宏全

(中国地质科学院矿产资源研究所, 北京 100037)

Zhang Dequan, Zhu Huaping, Yan Shenghao, Xu Wenyi, She Hongquan

(Institute of Mineral Resources, CAGS, Beijing 100037, China)

摘 要 东昆仑地区的古生代造山作用经历了早古生代和晚古生代-印支两个构造旋回, 这里的内生金属成矿作用主要与古生代造山过程有关。该地区的内生金属矿床可分为 2 个矿床组合和 5 种主要的矿床类型, 即喷气矿床组合和造山矿床组合。其中, 前者包括 VHMS 和 SEDEX 两个矿床类型, 主要与板块裂解或俯冲过程有关; 后者包括斑岩型、夕卡岩型铜多金属矿床和造山型金矿床, 大多形成于陆陆碰撞或陆内俯冲环境。不同类型矿床的成矿时代、矿床成因类型和成矿元素组合显示出规律性变化, 这是本区多岛洋/裂陷槽、软碰撞和多旋回复合造山作用控制的结果, 尤其是晚华力西-印支期俯冲带倾角的变化, 可能是导致昆南强烈发育铜多金属矿化的重要原因。

关键词 复合造山带 成矿作用 东昆仑

位于青海省西部的东昆仑地区, 与其周缘地区共同构成东昆仑-柴达木造山亚系, 是青藏高原东北缘的重要地质构造单元。其北侧以昆北断裂带为界, 南部隔东昆南断裂带与巴颜喀拉晚古生代-早中生代造山系相望, 由一系列造山带和微陆块镶嵌而成, 具有复杂的地质演化历史, 该区蕴藏着丰富的矿产资源, 有金边(柴达木盆地周边地区金矿)盐盆(柴达木盆地盐类矿产)金腰带(昆仑山铜多金属矿)之称, 是我国重要的矿产资源基地。

该区自早元古代固结成结晶基底、中晚元古代形成盖层沉积以来, 从古生代开始经历了复杂的大陆裂解与拼合、褶皱造山及断块造山的历史, 并于早中生代重新形成完整的大陆地质构造单元。中新生代以来, 区内构造分异明显, 柴达木盆地持续下降, 周边山系大幅度隆升, 逐渐形成了现今的地质与地貌特征。研究表明, 东昆仑地区的内生金属成矿作用主要与古生代的复合造山过程有关。

1 古生代造山作用

1.1 早古生代构造旋回

这是东昆仑地区的一个重要的构造-岩浆-成矿旋回。

从寒武纪开始, 局部可能起始于晚元古代晚期, 稳定的陆台开始裂解, 地壳发展进入到以拉伸作用为主的新阶段。寒武纪-奥陶纪拉伸裂解呈多岛洋/裂陷槽的构造格局, 形成被分离的小陆块隔开的洋(海)盆。自北向南, 形成昆北、昆南裂陷槽或(小)洋盆。其间被昆中(微)陆块所隔。它们与东昆仑之北的柴达木古陆、柴北缘裂陷槽(局部有小洋)、欧龙布鲁克微陆块、南祁连裂陷槽、中祁连古陆和北祁连洋等一起, 组成了早古生代多岛洋/裂陷槽的构造格局。这种构造格局与经典的威尔逊旋回之大洋的构造格局存在较大的差异。晚奥陶世东昆仑地区洋(海)盆俯冲消减, 泥盆纪最终闭合成一个统一的陆块。大致沿着昆中断裂带现在的位置发生的南北向拉伸最强烈, 地幔物质开始上隆。引张最强烈的时期, 导致昆南带

* 本文系国家地质调查项目(K1.1.3.1 和 200110000001)的部分成果

第一作者简介 张德全, 男, 1946 年生, 研究员, 长期从事矿产勘查及矿床学研究。

出现洋壳。早古生代蛇绿岩套和洋脊型基性火山岩的产出可以表明裂解作用曾经导致洋的形成,被消减和压缩了的洋盆在现在的昆中-昆南断裂之间有明显的证据,由于后期的俯冲消减,其原始规模现在难以估计,也许该洋盆并不是很大。但是,不管其规模大小如何,最重要的是裂陷作用的高峰时期该区有洋盆的存在,其地球化学证据同适度的岩石圈变薄出现的大陆裂谷、或大的大洋台地或岛链的成因相一致(朱云海等,1999)。

东昆仑地区早古生代洋(海)盆是何时开始收缩的,从残存的地层记录很难找到确切的证据。在昆北构造带,早古生代铁石达斯群火山岩组中出现了玄武岩—玄武安山岩—酸性火山岩、火山碎屑岩组合,具有弧后盆地火山岩的特征,据此推测,洋盆在晚奥陶世以前即已开始收缩,并发生了洋壳向北的俯冲作用。东昆仑的弧花岗岩类具有 476~511 Ma 的同位素年龄,表明奥陶纪早期已经出现与板块向北俯冲有关的深成岩浆侵入活动。因此,可以认为洋(海)盆至迟在早奥陶世就已经开始收缩。

S 型花岗岩被认为是陆陆碰撞和/或陆内俯冲的岩石学记录,东昆仑加里东期 S 型花岗岩的已知同位素定年数据介于 412~450.4 Ma 之间,形成时间晚于上述弧花岗岩类。这期间还形成了一系列 NWW—NW 向大型剪切带,对其中的云母 Ar-Ar 法获得的测年数据变化于 399.4 ± 7.8 Ma 至 439.3 ± 7.1 Ma 之间。这些不仅证实东昆仑地区在加里东期曾经存在陆陆碰撞作用,而且表明洋盆至迟在志留纪末期以前已经闭合。但是,东昆仑地区的早古生代碰撞造山过程与经典的威尔逊旋回之碰撞过程差异很大,它表现在:碰撞过程与其后的开裂之时间间隔短(参见后述),从更大区域范围来看,碰撞带常与残余海盆同时存在;虽有磨拉石建造,但不发育,且在更大区域内,陆相磨拉石与浅海陆棚同时异地并存;区内尚未发现早古生代的 A 型花岗岩类或性质相似的火山岩类。这些特征显示东昆仑地区的早古生代碰撞造山过程是“软碰撞”,即碰撞而不造山。

由此可以看出,该区早古生代时期(局部起始于晚元古代)经历了一个从陆台开裂到闭合的全过程,这一构造旋回的特点是多岛洋/裂陷槽及软碰撞。与这一造山过程有关的内生金属矿床作用有两个成矿亚系列:其一是与裂解或俯冲有关,形成于洋/海盆地中的 VHMS 或 SEDEX 型 Cu、Co、Pb、Zn 矿床,其二是与碰撞造山过程有关的夕卡岩、热液脉状 Fe-多金属(包括金、银)矿化。前者是东昆仑地区最重要的 Cu-Co 矿床类型,因为该区这一构造旋回的洋陆转换过程是一个时间长、演化完整的过程,东昆仑地区发育的、规模宏大的铜多金属地球化学异常带,基本扣合在这一时期之火山-沉积建造上;而这一构造旋回的碰撞造山过程是所谓的“软碰撞”过程,从而导致这个过程中的金属成矿作用不发育,只是形成某些矿化而已。

1.2 晚古生代-早中生代构造旋回

这是东昆仑地区的另一个重要的构造-岩浆-成矿旋回。

从泥盆纪开始,东昆仑地区转入相对稳定的演化阶段。区域上中、下泥盆统的缺失指示早古生代洋(海)盆闭合及陆内俯冲碰撞以后东昆仑地区处于一个长期经受剥蚀夷平的阶段,晚泥盆世磨拉石建造(山间盆地沉积建造)的出现,标志早古生代造山旋回的终结。晚泥盆世以后,东昆仑地区主要受南侧阿尼玛卿—巴颜喀拉洋俯冲消减的制约,该洋盆三叠纪时期闭合,并与东昆仑合并形成统一的陆块。

从石炭纪开始,松潘—甘孜拉古特提斯洋(海)分两支插入柴北缘—东昆仑地区的北南两侧。北侧的一支在柴北缘北侧形成宗务隆山—青海南山裂陷槽,局部形成小洋。最近的 1:5 万区调过程中,在青海省天峻县南山一带发现了石炭纪蛇绿岩和大洋拉斑玄武岩,表明宗务隆山裂陷槽的局部地段曾出现过小洋。南侧的一支在东昆仑的南侧,形成阿尼玛卿—巴颜喀拉洋/海,而东昆仑则为陆缘活动带,沿昆南断裂北侧分布的晚二叠—三叠纪前陆盆地沉积组合,显示在晚二叠世至中三叠世的洋陆转换阶段,昆南单元的系列陆块焊接并最终拼贴到昆中单元,整个东昆仑地区乃至其北侧的柴达木、祁连地区最终构成一个整体陆块。

该时期的岩浆活动几乎涵盖了整个柴达木—东昆仑地区,火山岩从东昆仑东部的鄂拉山地区到西部的祁漫塔格地区均有出露。许多前人曾经认定为华力西期的侵入岩也越来越多地被证明是晚二叠世—晚三叠世的产物。因此,可以认为晚古生代-早中生代的构造岩浆活动乃是区内最后一次最强烈的岩浆活动。此外,阿尼玛卿和昆中蛇绿混杂岩带中所显示出的左行斜冲变形,以及其中绢云母的 Ar-Ar 年龄数据 (216.5 ± 4) Ma~ (236.5 ± 0.5) Ma,正好反映这一时期块体之间的斜向碰撞。需要特别指出的是,对东昆仑地区而言,

晚华力西-印支造山过程是叠加在加里东造山带之上的一次复合造山作用,通过这一次造山作用,东昆仑地区的系列陆块(包括昆南、昆中和昆北)才最终焊合在一起,并最终隆起成山。因此,东昆仑地区的古生代造山作用具有多岛洋/裂陷槽、软碰撞、多旋回复合的特点(张德全等,2001)。

晚古生代-早中生代岩浆活动最显著的特征是与俯冲碰撞有关的钙碱性火成岩仅出露在昆仑山南坡。进入昆仑山北坡,大量发育的则是高钾钙碱性系列或钾玄岩系列的岩石。自东昆仑南侧的阿尼玛卿洋向北到昆仑山北坡,晚古生代一早中生代火成岩的 K_2O 、 TiO_2 、REE、HFS和 ϵSr 及 ϵNd 有系统变化,这种岩浆岩极性的横向变化,正好吻合于阿尼玛卿—巴颜喀拉洋的向北俯冲过程。据各地火成岩 K_{60} 值推算的俯冲带深度和地壳厚度表明,该俯冲带在昆南一带的倾角较缓,向北至昆中和昆北一带的俯冲带倾角急剧变陡。俯冲带倾角的变化,在较大程度上控制了该时期矿床类型和成矿元素组合的空间变化(详见后述)。

与这一构造旋回有关的内生金属矿床也由两个矿床亚系列组成:洋/海盆中(与板块裂解或洋陆转换有关)的 VHMS 或 SEDEX 型矿床成矿亚系列;与碰撞造山有关的金-多金属矿床成矿亚系列。前者主要分布于东昆仑南侧的阿尼玛卿构造带,且多是矿点和矿化点,后者则是东昆仑地区最主要的金、铜多金属矿床成矿作用产物。

2 矿床类型及与古生代复合造山带的时空关系

东昆仑地区已有的内生金属矿床大体上可以分成 5 种成因类型: VHMS 型铜多金属、SEDEX 型铜多金属、夕卡岩型铁多金属、斑岩型铜多金属和造山型金矿床。它们可以归并为 2 个矿床组合: 喷气矿床组合和造山矿床组合。其中,前者包括 VHMS 和 SEDEX 两个矿床类型,主要与板块裂解或俯冲过程有关;后者包括斑岩型、夕卡岩型铜多金属矿床和造山型金矿床,大多形成于陆陆碰撞或陆内俯冲环境(图 1)。VHMS 和 SEDEX 型矿床是东昆仑地区重要的铜钴多金属资源来源,如驼路沟 $Co(Au, Cu)$ 矿床、督冷沟—哈尔汗 $Cu(Co)$ 矿床等。它们产于昆南、阿尼玛卿等活动带或裂陷盆地中,并严格受火山岩穹、三级盆地和喷气沉积岩的控制, Pt_3-O_3 、C、P 火山—沉积建造和 T_1-T_2 浊流—类复理石建造是其主要控矿岩系(图 1A 和图 1C)。三级海盆中含矿岩系及喷气沉积岩上扣合的 Cu 、 Co 、 Pb 、 Zn 、 Ag 、 Au 、 Sb 水系沉积物带异常,是确立这类矿化远景区的重要标志。水系沉积物扫描结果显示,昆中断裂和昆南断裂之间有多个铜多

金属异常,从而构成一个 NWW 向的巨大铜多金属地球化学带。它们大多吻合于昆南地区的震旦—寒武纪和奥陶纪火山—沉积岩系,是早古生代拉伸裂解形成的地球化学晕,也显示了昆南地区具有形成 VHMS 和 SEDEX 型铜钴多金属矿床的巨大前景。

晚华力西—印支期陆陆碰撞和陆内俯冲造山作用,导致东昆仑地区强烈的金铜多金属矿化(图 1B 和图 1D)。其中,夕卡岩型矿床目前主要见于昆北构造带,且以铁多金属矿床(如野马泉、肯德可克等)为主,斑岩型 $Cu(Au)$ 矿仅见于昆中和昆南带(如托克妥)。夕卡岩和斑岩型矿床主要受晚华力西—印支期钙碱性和高钾钙碱性侵入体控制,夕卡岩型铁多金属矿产于这类侵入体与不同时代富钙质岩石的接触带,并严格受侵入接触构造控制,斑岩 $Cu(Au)$ 矿化则分布于这类浅成斑岩内外的绢英岩化蚀变带内。 P_2-T_3 陆内造山过程中的钙碱性浅成侵入体、夕卡岩化或绢英岩化蚀变、呈环状分布的 $Cu-Mo-Au$ 组合异常以及低阻、高激化异常,是圈定这些矿化远景区或靶区的基本标志。东昆仑地区已发现多处破碎带蚀变岩型和/或石

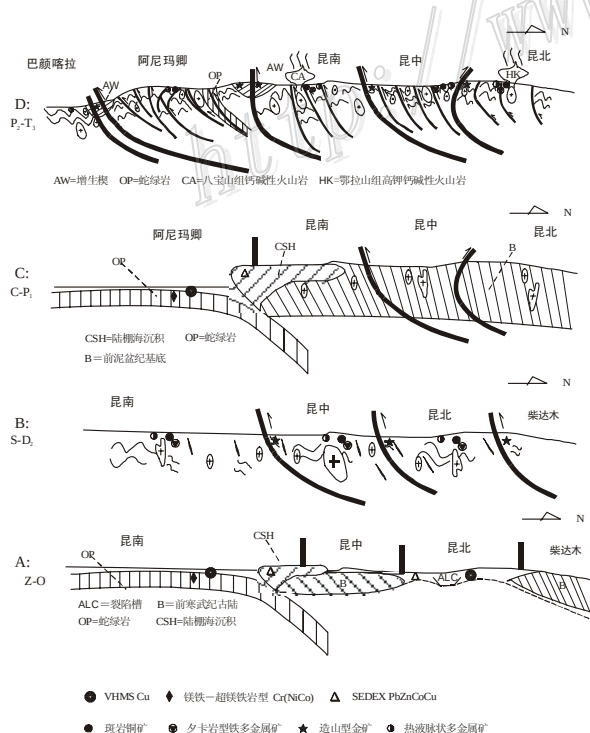


图 1 东昆仑地区古生代构造演化及区域成矿作用示意图

英脉型Au或Au(Sb)矿产地,如五龙沟(昆中带)、开荒北、小干沟(昆南带)、大场、东大滩(北巴颜喀拉带)等,它们就是所谓的“造山型金矿床”(张德全等,2001),是陆陆碰撞或陆内俯冲晚期的产物(图 1B和图 1D)。这些矿床(点)通常沿 3 级构造带(板片)的边部产出,主要受大型剪切带旁侧的韧-脆性断裂带的控制,从而导致每一个矿床中的矿体群在空间上均呈平行斜列式展布。除具有多次构造活动(一般要经历过韧性剪切、压扭性、张扭性三次)的线性构造系统,及黄铁绢英岩化蚀变之外,扣合其上的较好的Au、As、Sb、Hg组合异常,是圈定这类Au或Au-Sb矿化远景区的重要标志。沿巴颜喀拉构造带北部边缘分布的一系列Au-Sb-As-Hg组合异常,显示北巴颜喀拉是非常有前景的金锑成矿带(徐文艺等,2001)。

3 结 论

(1) 东昆仑地区的古生代造山作用经历了早古生代和晚古生代-印支两个构造旋回,具有多岛洋/裂陷槽、软碰撞和多旋回复合造山的特点。这里的内生金属成矿作用主要与古生代造山过程有关。

(2) 东昆仑地区的内生金属矿床可分为 2 个矿床组合和 5 种主要的矿床类型,即喷气矿床组合和造山矿床组合。其中,前者包括 VHMS 和 SEDEX 两个矿床类型,主要与板块裂解或俯冲过程有关;后者包括斑岩型、夕卡岩型铜多金属矿床和造山型金矿床,大多形成于陆陆碰撞或陆内俯冲环境。

(3) 不同类型矿床的成矿时代、矿床成因类型和成矿元素组合显示出规律性变化,如加里东期是喷气矿床组合发育的高峰期,晚华力西-印支期是造山矿床组合发育的高峰期,昆南构造带蕴藏着很好的铜多金属矿床成矿潜力等,这是本区多岛洋/裂陷槽、软碰撞和多旋回复合造山的特点控制的结果,尤其是晚华力西-印支期俯冲带倾角的变化,可能是导致昆南强烈发育铜多金属矿化的重要原因。

参 考 文 献

徐文艺,张德全,阎升好,等.2001.东昆仑地区矿产资源大调查进展与前景展望.中国地质,28(1):25~29.

朱云海,张克信,Pan Y M.1999.东昆仑造山带不同蛇绿岩带的厘定及其构造意义.地球科学,中国地质大学学报,24(2):134~138.

张德全,丰成友,李大新,等.2001.柴北缘-东昆仑地区的造山型金矿床.矿床地质,20(2):137~146.