

东昆仑金成矿作用与区域构造演化的关系

袁万明¹, 莫宣学², 王世成¹, 张雪亭²

(1. 中国科学院高能物理研究所, 北京 100039; 2. 中国地质大学, 北京 100083)

[摘要] 东昆仑分布有丰富的多种热液金矿床, 成矿时代以印支期和燕山早期为主。热液金成矿作用受控于构造热事件。板块构造活动, 特别是陆内造山作用是热液金成矿作用的原动力。昆中断裂带和昆南断裂带控制区域成矿带, 北西向次级构造既控制成矿亚带又是主干导矿构造, 容矿构造亦以北西向或近北西向断裂占优势。

[关键词] 金矿床 构造演化 成矿作用 断裂带 东昆仑

[中图分类号] P618.51 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 0495-5331(2003)03-0005-04

1 区域地质背景及金矿化特征

东昆仑位于青藏高原的北部, 其北侧为柴达木盆地, 南与巴颜喀拉地体相邻。区内构造形迹以断裂为主, 区域性构造方向近东西向, 自北而南分别有昆北断裂带、昆中断裂带和昆南断裂带, 它们向北倾斜, 属于超壳深大断裂带, 亦是板块缝合带^[1], 其中昆南和昆中断裂带延伸 1000 km 以上, 昆北断裂带地表多被第四系覆盖。以昆中和昆南二条断裂带为

界所分割的地域, 自北而南本文分别称之为昆北区, 昆中区和昆南区。加里东晚期昆中洋片沿昆中断裂带向北俯冲; 昆南断裂带从加里东晚期开始, 成为昆南板片的陆内俯冲带(S-C); 华力西期沿昆中断裂带发生一次完整的扩张→俯冲作用(C_1-P_1)^[2]; 与之相对应, 昆南洋片亦由扩张→俯冲(C_2 末- T_3 初); 晚三叠世昆南板片和昆中板片分别沿昆南断裂带和昆中断裂带发生完整的陆内俯冲作用(T_3)^[3-4]。

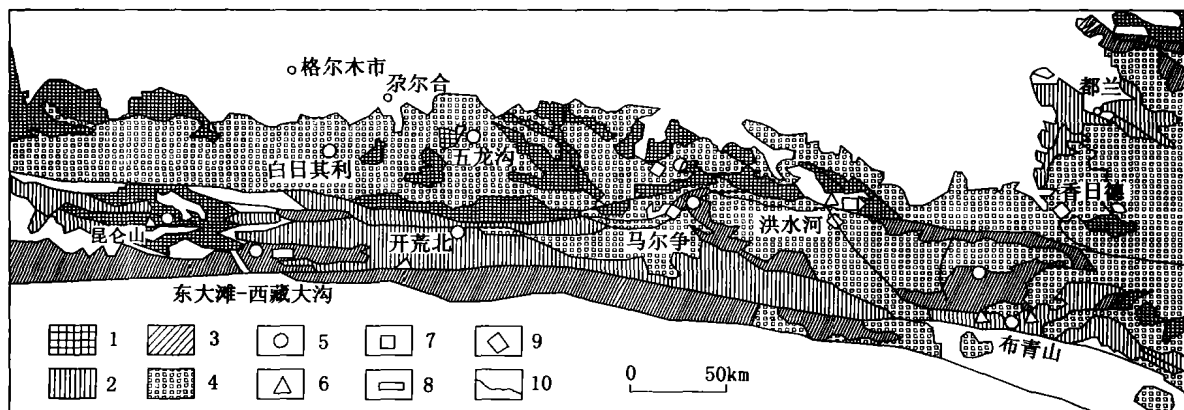


图1 东昆仑地区地质矿产简图

1—元古宙; 2—三叠系; 3—古生界、中生界; 4—中酸性岩; 5—金矿; 6—铜矿; 7—铅锌矿; 8—锑矿; 9—铁矿; 10—断裂带

区内金矿化强而广, 金矿规模较大, 品位较富, 沿构造带集中分布, 现已划分出的含金破碎蚀变带有 13 条, 已发现矿床 10 多处, 矿点星布, 以构造破碎蚀变岩型金矿为主, 石英脉型金矿次之, 另有浸染

型、岩浆隐爆角砾岩型、夕卡岩型和火山岩型等。构造破碎蚀变岩型金矿主要分布在东昆仑的昆中区, 诸如五龙沟矿田、洪水河矿区以及白日其利沟、大水沟、希望沟等地。矿带和矿体严格受构造破碎蚀变

[收稿日期] 2002-03-15; **[修订日期]** 2002-07-22; **[责任编辑]** 余大良。

[基金项目] 国家自然科学基金项目(编号: A050410, 40072068)、中科院院长基金项目(编号: 99-775)和国家博士后基金项目资助。

[作者简介] 袁万明(1956年-), 男, 1997年毕业于中国地质大学, 获博士学位, 现主要从事裂变径迹热年代学及其地学应用研究。

带控制,产于中酸性侵入岩与变质地层接触带附近或岩体中的构造破碎蚀变带中,层位控制不明显,但主体是中深变质岩,赋矿地层为下元古界金水口群、中元古界长城系小庙群和上元古界青白口系丘吉东沟群。构造破碎带由多条近于平行的断裂、裂隙组成,旁侧次级断裂、裂隙发育。五龙沟地区发现3条规模较大、近平行的北西向脆韧性剪切带,控制着五龙沟矿田的分布,矿床和矿体受NW—NNW向断裂的控制,特别是两组断裂交汇处是大矿体—富矿体的集中地段。蚀变范围限于破碎带内,其中硅化、绢云母化、黄铁矿化与成矿关系密切。破碎蚀变带呈狭长带状分布,规模较大,总体呈舒缓波状,时窄时宽。矿体赋存于断裂破碎蚀变带中,在延深方向上多呈串珠状。

2 构造活动对金成矿作用的控制

1)构造活动控制成矿时代。金成矿作用与印支期岩浆活动有关,其中形成较晚并与金成矿作用有关的红石岭钾长花岗岩,Rb—Sr同位素年龄为228.25 Ma^[5],K—Ar同位素年龄为(207.1±31) Ma^①。Ⅲ矿带2号矿体中绢云母的K—Ar同位素年龄为252.9 Ma。另据钱壮志等(1999)^[6]的资料,石灰沟Ⅲ矿带矿石K—Ar等时年龄和方铅矿铅同位素模式年龄分别为197 Ma和210 Ma,与成矿作用有关的闪长玢岩全岩Rb—Sr等时线年龄为209.09 Ma。笔者测得的五龙沟不同成矿带矿石和蚀变岩的锆石裂变径迹年龄为(216.0±11.7) Ma,(235.0±8.9) Ma,(223.3±12.7) Ma和(197.4±18.9) Ma;磷灰石裂变径迹年龄为(200.5±7.1) Ma^[7],其校正年龄为(240±10) Ma。应属于印支晚期(晚三叠世)和燕山早期(早侏罗世),可见,亦显示了成矿作用的多期次性。根据五龙沟Ⅲ矿带2号矿体磷灰石裂变径迹特征对热历史的模拟,并结合各种裂变径迹分析可知,230 Ma以前热事件温度高于160℃而低于300℃,之后快速冷却,最低温度达到70℃(230 Ma),之后开始升温,至190 Ma时温度达到90℃,然后缓慢冷却,直到现今地表温度,其中145 Ma时为70℃。总体特征是先快速降温,后降温速率小,这期间经历较小的升温过程,即多期次成矿作用。洪水河金矿区隐爆角砾岩中锆石和磷灰石的裂变径迹年龄分别为193.7 Ma和150.9 Ma,校正后的磷灰石裂变径迹年龄为(229±20) Ma,与(193.7±9.5) Ma的锆石实测裂变径迹年龄相似。东—西大滩走滑断裂带中最早的同构造花岗岩时代为223

Ma和198 Ma,晚侏罗世(150~140 Ma)又有强烈活动^[8]。因此,洪水河矿区和东大滩矿区成矿时代为印支期末或燕山期初,与五龙沟地区金成矿时代一致。不同矿区金成矿时代相近,表明它们是相同成矿作用所形成。由于洪水河矿区与五龙沟各矿区相距较远(约90 km),所以,东昆仑热液金的成矿作用受控于区域构造—岩浆活动,只有这样,才能在同期异地出现相类似的成矿活动。

2)构造活动控制矿体的分布。金成矿作用受断裂带控制明显,区域性近东西向深大断裂(古缝合带)控制着区域性金成矿带^[8],以昆中断裂带和昆南断裂带为界,可划分出两个一级成矿带,它们存在着众多差异,诸如矿源层、岩浆活动、成矿时间、成矿元素组合、成矿类型、矿床成因以及容矿构造等均不同^[9]。北西向或近北西次级断裂带,控制着金成矿亚带的分布。这些北西向断裂带是金成矿的主干导矿断裂带,其中相当一部分同时亦是容矿构造。韧性剪切带发育,也是本区成矿作用壮观的原因之一。昆中区五龙沟矿田有相互平行的3条脆韧性剪切带,呈北西向展布,长度大于25 km,宽10~100 m,地表均具明显的压扭性脆性断裂,化探异常分布较集中,而且都具有金矿(化)体。昆中区开荒北矿区石英脉分布区本身便是脆韧性剪切带,中三叠统闹仓组板岩类经历了强烈的韧性剪切变形,岩石蚀变强,金化异常突出,在有利地段这些板岩亦构成金矿体。东大滩矿区紧邻昆南断裂带,是典型的韧性剪切带,剪切带依然呈NW向展布。区内脆韧性剪切带总体特征是,呈NW向展布,规模较大;韧性活动与脆性活动兼具,并且是韧性剪切在先,脆性破碎在后,与金成矿作用具有一定的成生联系。脆韧性剪切带与金成矿作用的空间关系主要表现在两方面:一是控制金矿床的分布,即矿体或金矿富集带直接定位于脆韧性剪切带内,如五龙沟矿田的红旗沟矿、开荒北地区的白金沟矿等;二是矿体分布于脆韧性剪切带的次级构造带中。

3)成矿构造。区内容矿构造具有如下两点典型特征,一是以北西向或近北西向断裂占绝对优势,二是矿体定位时的断裂面力学性质为张扭性。容矿断裂虽然均呈北西或近北西向,但倾向可不同,并且昆中金成矿带与昆南金成矿带亦有所不同。昆中金成矿带有四组容矿构造,其中倾向北东二组产状为20°~30°∠63°~69°和40°~55°∠50°~63°,另二

① 青海省地球物理勘查技术研究院,1995。

组向南西倾,产状 $200^{\circ} \sim 220^{\circ} \angle 64^{\circ} \sim 83^{\circ}$ 和 $240^{\circ} \sim 260^{\circ} \angle 40^{\circ} \sim 50^{\circ}$ 。倾向 NE 的容矿构造比倾向 SW 的容矿构造形成时间早。这 4 组容矿构造并非在一个矿区皆有体现,例如洪水河金矿便以 $240^{\circ} \sim 255^{\circ} \angle 40^{\circ} \sim 65^{\circ}$ 组为主。昆南金成矿带主要有二组容矿构造,分别向 NE 和 SW 向倾,一组产状为 $210^{\circ} \angle 35^{\circ} \sim 60^{\circ}$,例如开荒北金矿区;另一组倾向 NE,走向 NW,倾角主要为 $40^{\circ} \sim 65^{\circ}$,例如东大滩矿区。此外,侵入岩与围岩接触带构造、环形构造、弧形构造、格子状构造等,亦可以是容矿构造。例如纳赤台南忠阳山弧形构造,弧内侧为印支期花岗岩,弧顶断裂密集,岩石破碎,分布有纳赤台、小南川、东大滩等金锑矿床(点)和化探异常;东西大滩南格子状构造已发现有金锑矿床及其他矿化线索,重力和化探异常分布亦较多。矿体定位的具体位置,主要受以下构造因素制约:①有其他构造(包括断裂、裂隙、岩层面、接触面等)与容矿构造交汇处;②断裂走向急剧变化部位或断裂倾角急剧变化部位。这些部位属于张开扩容构造,为成矿提供了有利空间,往往形成厚大的金矿体。因此,断裂所控制的矿体具有尖灭再现、膨胀收缩和明显侧伏的特点。金矿化空间分布极不均匀,同一控矿断裂中往往不是整个断裂都赋存有工业矿体,而仅仅在局部地段容矿空间骤然增大、压力降低的扩容构造,才能富集成矿。

3 区域构造活动的控矿机理

1) 区域构造作用控制成矿活动。昆中和昆南缝合带均向北倾斜,沿昆中和昆南缝合带进行的俯冲作用,主要受影响地区分别是昆中区 and 昆南区。五龙沟地区各金矿以及洪水河金矿区,皆位于昆中区,所以主要受昆南板片沿昆中断裂带向北俯冲作用的制约。

2) 五龙沟地区各金矿和洪水河金矿的成矿热历史表明,250 Ma 左右发生一次热液温度较高的成矿活动,显然是昆南断裂带扩张(形成蛇绿岩)结束后,于晚二叠世开始昆南区巴颜喀拉地体与昆中区南昆仑地体间发生强烈的壳幔剪切作用(俯冲),不仅使洋盆消亡,地体拼合,而且导致强烈的岩浆活动和金属成矿作用。

3) 晚三叠世初,这种强烈的 B 型俯冲作用结束,其后即将发生陆内俯冲作用。因此,230 Ma 前后,正值 B 型俯冲结束与陆内 A 型俯冲将要开始的转折时期,构造作用强度明显减弱或者说是处于平静期,所以在 230 Ma 热事件温度降至 70°C 的较低温

度。

4) 晚三叠世昆中板片和昆南板片分别沿昆中断裂带和昆南断裂带经历一次完整的陆内俯冲过程,出现大量火山喷发和花岗岩侵入作用,同时伴随有较强的热液成矿作用。本区热历史从 230 Ma 时的 70°C ,逐渐升至 190 Ma 时的 100°C 左右,这期间基本上是昆中地块和昆南地块分别发生陆内俯冲的时期,所以,区内的这次热液成矿作用根本原因在于区域板块晚三叠世所发生的陆内俯冲作用。

5) 五龙沟地区的低温度成矿活动持续到燕山早期末(145 Ma),说明燕山早期也是有成矿作用发生,可能的形式是成矿强度较低,并且与前次成矿活动相叠加,从而造成现在的矿化状况。燕山期洪水河矿区与五龙沟地区各矿床有所不同,不仅燕山早期成矿,而且燕山晚期亦成矿,其中燕山早期末成矿强度较大,热液温度达到 100°C 。究其原因,仍然与区域构造作用有关。虽然五龙沟地区和洪水河矿区均位于昆中区,但前者在北部,后者在南部,换言之,洪水河矿区距昆南断裂带较近,五龙沟地区则较远。燕山期,特别是燕山晚期,昆南断裂带有构造活动,并且强度减弱,但洪水河矿区首先受影响,而且其影响明显大于五龙沟地区,从而导致洪水河矿区不仅燕山早期热液温度比五龙沟各矿区高,而且在燕山晚期仍有成矿活动,五龙沟地区在燕山晚期的热过程却不明显。另一值得注意的现象,是该两个地区在燕山早期进入最低温度(平静期)的时间不一,五龙沟地区大致为 145 Ma,洪水河地区为 165 Ma 左右,相差约 20 Ma。这可能主要与构造影响的时效性有关。燕山早期昆南板片沿昆中断裂带向北挤压造山,当造山作用结束,应力状态由挤压变为松弛或张性状态时,由于应力传递需一定的时间,所以,洪水河矿区首先松弛而进入平静期,五龙沟地区达到平静期的时间便较晚。

4 东昆仑地区金的区域成矿过程

地层是金成矿的初始矿源层。前寒武纪老变质岩、显生宙火山岩和板岩类是最有可能的矿源层。构造—岩浆作用的强烈影响和改造,良好的风化淋滤条件,导致区内表层地层金丰度偏低,并且很可能通过下迁富集作用而在深部某些部位形成衍生矿源层,这也是金的一次预富集作用。由于含矿地层不同,昆北金成矿带以中高温元素组合为主,而昆中金成矿带以中低温成矿元素组合为主。东昆仑地区区域构造活动时间长、强度大。截止印支期,昆中深断

裂经历 4 次“开合”过程,其中中晚元古代、早古生代和早石炭世,先后 3 次成为 B 型俯冲带,晚三叠世成为 A 型俯冲带。昆南深断裂带亦经历 4 次“开合”过程,其中昆南板片沿该断裂带发生 B 型俯冲和 A 型俯冲各两次。前者时代为中晚元古代和晚华力西期—早印支期,后者时代为加里东期和晚印支期,又以晚华力西期—早印支期 B 型俯冲和晚印支期 A 型俯冲最为典型和强烈。区内各种地质作用无不受区域构造演化的制约。在板块扩张、俯冲、碰撞以及造山结束,均有不同类型、不同强度的沉积作用、岩浆作用和变质作用。岩浆作用和变质作用可通过对早先形成的富 Au 含水地层或矿源层的热影响以及使成矿元素活化析出,形成含矿热液。当然,岩浆活动还可直接提供富矿热液。无论岩浆作用还是变质作用,成矿热液的形成主要与造山期构造演化有关。造山后或非造山期,含矿热液就位于容矿构造。容矿构造主要是 NW 向张扭性断裂或断裂带以及其他构造的扩容释压部位,这类构造不仅提供了成矿空间,而且使含矿热液的物理化学条件改变,导致矿质沉淀,进而形成金矿体。不同金矿类型,是成矿方式不同的表现。昆中区岩浆岩广布,金成矿热液主要与岩浆活动有关,即岩浆热液成因为主,可形成破碎带蚀变岩型、石英脉型和隐爆角砾型。昆南区岩浆岩体零星分布,金成矿热液主要与变质作用和岩浆作用有关,主要形成以变质热液为主的金矿体,成因类型以石英脉型和浸染型为主,也可有蚀变岩型。由于区内岩浆活动主要是华力西期和印支期表现最为强烈,所以,金成矿作用亦以华力西期和印支期为主,燕山期低温成矿作用叠加其上,

进一步促进了成矿规模和富集程度。前述锆石和磷灰石的裂变径迹年龄、成矿作用的热历史模拟以及不同矿区蚀变绢云母的 K-Ar 同位素等年龄,均证实这一点。

总之,区内热液金的成矿作用应与板片俯冲作用和随后的陆内造山作用密切相关。将构造—岩浆—成矿作用统一认识,有利于深化地质研究和指导区内的找矿勘探实践。有关东昆仑热液金的成矿规律及找矿方向,笔者已有专文论述^[9]。

[参考文献]

- [1] 崔军文,朱红,武长得,等. 青藏高原岩石圈变形及其力学[M]. 北京:地质出版社,1992.
- [2] 袁万明,莫宣学,喻学惠,等. 东昆仑早石炭世火山岩地球化学特征及其构造背景[J]. 岩石矿物学杂志,1998,17(4):289~295.
- [3] 袁万明,莫宣学,喻学惠,等. 东昆仑印支期区域构造背景的花岗岩记录[J]. 地质论评,2000,46(2):203~211.
- [4] 袁万明. 东昆仑构造—岩浆活动与金成矿作用[D]. 中国地质大学(北京):博士学位论文,1997.
- [5] 钱壮志,胡正国,刘继庆. 东昆仑北西向韧性剪切带发育的区域构造背景[J]. 成都理工学院学报,1998,25(2):201~205.
- [6] 钱壮志,李厚民,胡正国,等. 东昆仑中带闪长玢岩脉与金矿成矿关系—以石灰沟金矿床为例[J]. 西安工程学报,1999,21(1):1~4.
- [7] Yuan Wanming, Wang Shicheng and Wang Lanfeng. Mineralization ages of gold-hydrothermal deposits in northern zone of eastern Kunlun Mountains based on fission track analysis[J]. Earth Science Frontiers, 2000, 7:329~330.
- [8] 许志琴,李海兵,杨经绥,等. 东昆仑山南缘大型转换挤压构造带和斜向俯冲作用[J]. 地质学报,2001,75(2):156~163.
- [9] 袁万明,莫宣学,喻学惠,等. 东昆仑热液金成矿带及其找矿方向[J]. 地质与勘探,2000,36(5):20~23.

THE RELATIONSHIP BETWEEN GOLD MINERALIZATION AND REGIONAL TECTONIC EVOLUTION IN THE EASTERN KUNLUN MOUNTAINS

YUAN Wan-ming¹, MO Xuan-xue², WANG Shi-cheng¹, ZHANG Xue-ting²

(1. Institute of High Energy Physics, CAS, Beijing 100039; 2. China University of Geosciences, Beijing 100083)

Abstract: There are plenty sources of hydrothermal gold deposits in eastern Kunlun Mountains. Mineralization ages were mainly in Indosinian epoch and early Yanshanian epoch. The hydrothermal mineralizations are controlled by thermal tectonic events. Original dynamical power was resulted from plate tectonic activities, especially from intracontinental orogenesis. Two regional metallogenic belts are constrained by the middle Kunlun faulted zone and the south Kunlun faulted zone. Secondary NW-structures dominated metallogenic subzones and are major structures as passageway for ore fluids. Host structures dominantly are NW- or near NW-faults too.

Key words: gold ore deposit, tectonic evolution, mineralization, fault zone, eastern Kunlun Mountains