

青海五龙沟金矿矿床成因及成矿模式探讨

马国栋^{1,2}, 贾建团², 韩玉³, 陈苏龙³, 李玉莲³

(1. 青海省地质调查局, 青海 西宁 810000; 2. 青海省柴达木综合地质矿产勘查院, 青海 格尔木 816000;
3. 青海省第一地质矿产勘查院, 青海 海东 810600)

摘要:五龙沟金矿是青海省东昆仑成矿带最具找矿潜力的矿床, 分析和研究五龙沟地区金矿床成因、成矿模式对于确定该区成矿类型及进一步找矿工作具有重要的指导和借鉴意义。通过收集五龙沟地区金矿床成矿大地构造背景、区域地层、岩性、构造、岩浆岩等方面的资料, 首先对区内红旗沟-深水潭、百吨沟、岩金沟典型金矿床特征进行了描述; 然后从地层、岩浆岩、构造3个方面对控矿因素和矿床成因进行了系统的分析, 认为五龙沟金矿床经历了长期及多期次的成矿阶段, 复杂的构造演化使金矿床的形成与地层、岩浆岩、构造关系密切。在分析控矿因素和矿床成因的基础上, 建立了金矿床成矿模式, 揭示了成矿地质因素, 直观地反映了五龙沟地区金矿床具有多来源、多成因、多阶段矿化的变化和发展过程。

关键词:五龙沟金矿; 矿床特征; 控矿因素; 矿床成因; 成矿模式

中图分类号: P618.51

文献标志码: A

文章编号: 1009-6248(2016)04-0172-07

Genesis and Metallogenic Model of the Wulonggou Gold Deposit in Qinghai Province

MA Guodong^{1,2}, JIA Jiantuan², HAN Yu³, CHEN Sulong³, LI Yulian³

(1. Qinghai Geological Survey, Xining 810000, Qinghai, China; 2. Qaidam Integrated Comprehensive Exploration Institute of Geology and Mineral Resources of Qinghai Province, Golmud 816000, Qinghai, China;
3. The First Institute of Geology and Mineral Resources of Qinghai Province, Haidong 810600, Qinghai, China)

Abstract: The Wulonggou gold deposit is the most potential deposit for prospecting in Eastern Kunlun metallogenic belt of Qinghai Province. The analysis and study on the genesis and metallogenic model of the Wulonggou gold deposit have some important guidance and reference for defining the mineralization type and carrying out the further ore-prospecting work. After collecting the geological data of the Wulonggou gold deposit, such as ore-forming tectonic background, regional strata, lithological characters, geological structure and igneous rocks, the geological characteristics of typical gold-polymetallic deposits (Hongqigou-Shenshuitan, Baidungou and Yanjingou deposits) in this area have been described respectively. And then, the ore-controlling factors and ore deposit genesis of these deposits have been analyzed systemically from the aspects of strata, magmatic rocks and structure. The results show that the Wulonggou gold deposit has experienced a long and many times of metallogenic stage. The complex tectonic evolution causes the

收稿日期: 2015-06-17; 修回日期: 2016-05-10

基金项目: 中国地质调查局基金项目(12120114003201)

作者简介: 马国栋(1982-), 男, 2014年毕业于中国地质大学, 获硕士学位, 高级工程师, 现主要从事矿床地质研究工作。E-mail: 13897318245@163.com

formation of Wulonggou gold deposit, which has a close relationship with strata, magmatic rocks and tectonic. On the basis of analyzing the ore-controlling factors and ore deposit genesis, the metallogenic model of the Wulonggou gold deposit has been established, and the relevance geological factors for mineralization have been revealed, which intuitively reflect the change and development process of the Wulonggou gold deposit with multiple sources, polygenetic and multi-stage mineralization.

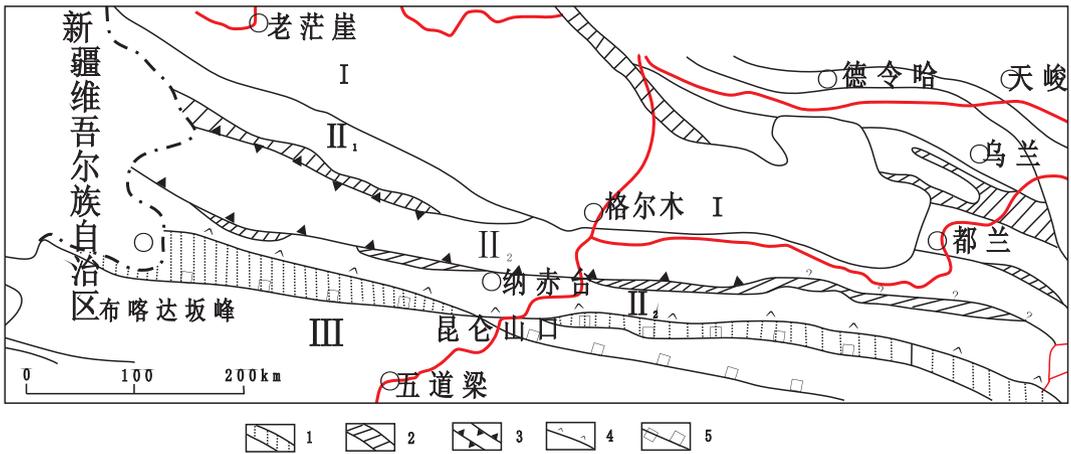
Keywords: Wulonggou gold deposit; features of mineral deposit; ore-controlling factors; genesis of mineral deposit; metallogenic model

近年来,五龙沟地区矿产勘查工作已取得突破性进展,其随着勘查程度的提高而不断扩大,矿产勘查成果不断刷新(张雪亭等,2009),找矿工作进一步提高。许多学者对该区金矿床进行了较为深入的研究,也取得了丰硕的成果,但多为对区内单个矿床进行的分析和研究,缺乏深入系统的研究和总结,对五龙沟地区的金矿床成因和成矿模式涉及较少。而分析矿床成因和建立成矿模式对于矿区进一步勘查均具有重要的意义。笔者在分析和总结五龙沟地区典型矿床特征的基础上,对区内矿床控矿因素和矿床成因进行了分析和研究,建立了五龙沟地区金矿床成矿模式,对该区进一步找矿工作具有重要的指导意

义,同时对寻找构造热液蚀变型矿床具有借鉴意义。

1 区域地质特征

根据青海省地质矿产勘查开发局 2007 年完成的 1:100 万青海省地质图编图成果资料,五龙沟地区位于东昆中陆块(I₁₁)二级构造单元——东昆中岩浆弧带(I₁₁₋₁)三级构造单元(Pt₃-J)(张雪亭等,2007),介于东昆中、东昆北 2 个深断裂之间。区内断裂构造发育,岩浆活动强烈,为东昆中岩浆构造区的重要组成部分(图 1)。总体构造线方向呈北西—南东向。



1. 主缝合带;2. 次缝合带;3. 新元古代—早古生代结合带俯冲方向,一侧有齿者为单向俯冲,两侧有齿者为双向俯冲;4. 晚古生代—早中生代缝合带俯冲方向;5. A 型俯冲带

图 1 东昆仑地区大地构造分区图(青海一勘院,2010)

Fig. 1 The map of tectonic units of eastern Kunlun region

1.1 地层

五龙沟地区属祁秦昆地层区-柴达木南缘分区(I7),区内出露地层主要为元古宇,呈北西—南东向与区内构造线方向基本一致。自北东向南西依次为

古元古代金水口岩群(Pt₁J)→中元古代长城纪小庙组(Chx)→中新元古代青白口纪丘吉东沟组(Qbqj)→下古生奥陶纪祁曼塔格群变火山岩组(OQb)(赵昌新等,2010)。

1.1.1 古元古代金水口岩群(Pt_{1j})

为一套变质程度高的变质岩系,具有由高绿片岩相向麻粒岩相递增变质的特点,属区域动力热流变质作用的产物,区域内出露厚度大于 848.04 m。由于断裂构造和侵入岩浆的肢解,呈小岩块分布,有层无序。同时也是本区出露的基底岩系,由一套深灰色混合岩化中细粒黑云斜长片麻岩、角闪黑云斜长片麻岩及镁质大理岩等组成的中深变质地层,岩石均遭受了不同程度的混合岩化,原岩恢复为泥沙质、泥钙质夹中基性火山岩,类似还原活动环境下的类复理石岩系。据 92 个微金光谱样分析结果统计,该地层平均含 Au 为 6.99×10^{-9} ,大于地壳平均值(1964 年泰勒值),是区内 Au 元素的高背景地层。

1.1.2 长城系小庙组(Ch_x)

其大面积出露于五龙沟岩体南侧,由中细粒角闪斜长片麻岩、黑云石英片岩、变粒岩夹大理岩等组成,区域变质程度达低角闪岩相-绿片岩相。区内出露厚度大于 1 380.5 m。据 141 个微金光谱样分析结果统计,该地层平均 Au 含量较少,但该地层中的构造蚀变带内岩石 Au 平均含量为 53×10^{-9} 。

1.1.3 青白口系丘吉东沟组(Qnqj)

为一套浅变质的滨海-半深海环境沉积的碎屑岩夹碳酸盐岩和浅变质的中基性火山岩。主要岩性为灰绿色变安山质火山角砾岩、片理化安山岩、凝灰质板岩、硅质板岩等,区域内出露厚度大于 678.4 m。

1.1.4 祁曼塔格群变火山岩组(OQb)

其主要由灰绿色变安山质火山角砾岩、片理化安山岩、凝灰质板岩、硅质板岩等组成,区域内出露厚度大于 678.4 m。据 84 件样品分析结果统计(青海省地质八队,1998),该套地层中 Au 平均含量为 9.2×10^{-9} ,其中硅质板岩类可达 12×10^{-9} 。

1.2 构造

1.2.1 断裂构造

区内断裂构造十分发育,是东昆仑地区的一个构造密集分布区(王铜等,2013)。按其走向延伸大致可分为北西-南东、北东-南西向、北西西(近东西)、南北向等 4 组断裂构造。总体构造线呈北西-南东向展布,其中北西-南东向断裂具有切割深、延伸长、长期活动的深断裂特征,控制了区域地质构造演化及地层、岩浆岩、矿产的形成和分布,是构造单元的分界。

1.2.2 变质核杂岩构造

昆中构造带发育若干变质核杂岩构造。五龙沟金矿区处于东北侧的金水口穹窿状变质核杂岩构造与西南侧的格尔木-五龙沟短轴背斜状变质核杂岩构造之间,主体属后者的东北翼。该构造分布于昆中断裂以北地区,总体为短轴状背斜,轴向北西-南东向,长约 120 km,宽约 50~60 km。核部由太古宇一下元古界金水口群组成,南翼依次为中元古界长城系小庙群、上泥盆统及石炭系;东及东北翼五龙沟地区为小庙群、丘吉东沟群,并有印支期花岗岩侵入。

该变质核杂岩构造中,韧性剪切构造十分发育,形成若干规模不等的韧性、韧-脆性剪切带,主要分布于变质核杂岩构造的翼部,以北西-南东向线形分布为主。

1.2.3 脆韧性剪切带

受格尔木-五龙沟变质核杂岩构造控制,区内韧性剪切变形强烈(寇林林等,2015),由北至南形成了岩金沟、萤石沟-红旗沟、三道梁-苦水泉 3 条韧性剪切带。这 3 条韧性剪切带均呈北西-南东向平行展布,带长 10~20 km,宽大于 100 m,倾向北东,倾角 $68^\circ \sim 76^\circ$,表现为一狭长的带状变形、退变质、细粒岩化、糜棱岩化带,其内钩状褶皱、流褶皱等较为发育,岩石普遍具碎裂岩化、糜棱岩化。其中岩金沟金矿床产于该脆韧性剪切带内,红旗沟、深水潭、淡水沟、百吨沟等金矿产于该剪切带内,在三道梁-苦水泉脆韧性剪切带目前仅发现了打柴沟、中支沟等小型金矿床。

上述 3 条脆韧性剪切带也构成了五龙沟地区 3 个主要的控矿构造带,基本控制了区内含金蚀变带及金矿体的分布,为本区寻找金矿(化)体的有利地段,萤石沟-红旗沟脆韧性剪切带是区内最主要的含金矿化带。

区内除新元古代发育的火山岩外,侵入岩类十分发育,其出露面积约占基岩面积的 60% 以上,分别属于中元古代-中生代不同构造演化阶段的岩浆活动产物(李希等,2014)。其总体特征为中元古-新元古代形成片麻状花岗闪长岩、石英闪长岩及二长花岗岩体;早、晚古生代分别形成黑云母花岗岩、黑云母花岗闪长岩、斜长花岗岩及二长花岗岩,组成区内大格勒岩体和五龙沟岩体;中生代印支早期形成红石岭钾长花岗岩株及岩脉,印支晚期-燕山早

期形成超基性-中性杂岩体及闪长玢岩夹脉岩(外滩杂岩体)。资料显示红石岭钾长花岗岩和外滩杂岩体形成时代新,为区内最晚期较强岩浆活动的产物,与金矿化关系密切,其形成年龄(209.09 ± 22.7 Ma)与金矿石形成年龄($197 \sim 210$ Ma)基本一致(青海一勘院,2010);石灰沟岩体与铜铅锌多金属成矿关系密切。

2 典型矿床特征

区内共发现矿(床)点61处,矿产种类主要为贵金属金和有色金属铜、铅、锌、铋、钼,其次为少量的非金属矿产硫及萤石。在五龙沟地区已发现岩金沟、淡水沟、红旗沟、深水潭、百吨沟、中支沟、苦水泉、打柴沟等7个大、中、小型金矿床和黑石山铜多金属矿床,统称为五龙沟金矿。其中以红旗沟-深水潭金矿床(超大型)、百吨沟金矿床(大型)、岩金沟金矿床(中型)较为典型(刘增铁等,2005)。

2.1 红旗沟-深水潭矿床

红旗沟-深水潭金矿床是五龙沟区内规模最大的金矿床,属于典型的构造热液蚀变岩矿床(张金阳等,2012),发现的近200条金矿体均赋存于萤石沟-红旗沟脆韧性剪切带中的Ⅶ、Ⅸ、Ⅹ、Ⅺ4条含矿破碎蚀变带内,其产出严格受控于Ⅶ、Ⅸ、Ⅹ、Ⅺ号4条含矿构造蚀变带(张延林等,2011)。蚀变带沿北西-南东向展布,长 $0.9 \sim 20$ km,工程揭露的矿化带宽 $15 \sim 80$ m,最宽达 100 m,倾向北东。蚀变带内出露岩石为褐铁矿化碎裂岩,岩性为蚀变斜长花岗岩、黄铁矿化碎裂黑云石英片岩,带内硅化、褐铁矿化、辉铋矿化、黄铁矿化等蚀变发育(张金阳等,2012)。

矿体均产于蚀变带内,形态呈透镜状、条带状和脉状,近于平行排列,局部相互沟通,在成矿上具有明显的分段集中特点,矿体与含矿破碎蚀变带产状基本一致,沿走向、倾向有膨大、狭缩、分支复合及尖灭再现现象。倾向北东,倾角 $55^\circ \sim 82^\circ$,控制长度 $40 \sim 800$ m,最大控制斜深 410 m,厚度 $0.82 \sim 40.94$ m,平均矿体厚度 $1.66 \sim 7.77$ m,厚度变化系数 77.89% ;Au品位为 $1.02 \times 10^{-6} \sim 56.6 \times 10^{-6}$,最高达 385.0×10^{-6} ,平均品位为 $1.03 \times 10^{-6} \sim 33.52 \times 10^{-6}$,品位变化系数 99.87% (赵昌新等,2010)。含矿岩性以蚀变斜长花岗岩、碎裂岩为主,有少量为黄铁矿化碎裂黑云石英片岩。矿体顶、底

板为斜长花岗岩和灰黑色黑云石英片岩。

2.2 百吨沟矿床

百吨沟矿区位于萤石沟-红旗沟脆韧性剪切带(侯长才等,2015),矿体产于红旗沟-深水潭矿床Ⅺ号蚀变带的延伸部位,矿体依然出露于构造蚀变带内(Ⅱ、Ⅳ、Ⅶ、Ⅺ),属于构造蚀变岩型金矿,其产出严格受控于这4条含矿构造蚀变带,蚀变带长 $0.4 \sim 3.5$ km不等,揭露的矿化带宽 $8 \sim 40$ m,最宽 60 余米,走向北西-南东向,倾向北东。蚀变带内出露岩石为褐铁矿化碎裂岩、构造角砾岩,主要矿化蚀变为硅化、黄铁矿化、绢云母化和黄钾铁矾化。

区内共圈定金矿体5个,矿体长 $200 \sim 1640$ m,矿体的平均品位为 2.61×10^{-6} ,矿体平均厚度为 3.65 m,最厚单工程厚度 18.58 m。最高品位为 15.5×10^{-6} 。矿体呈条带状,呈北西南东向展布,倾角 $45^\circ \sim 65^\circ$,倾向 $70^\circ \sim 85^\circ$,沿走向有分支和膨大狭缩现象,沿倾向产状变缓,总体上矿体厚度变化不大,深部延伸稳定。

2.3 岩金沟矿床

岩金沟金矿床位于岩金沟韧性剪切带内,已发现的矿体均产于Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ号4条蚀变带内,蚀变带呈北西-南东方向,长度 $0.8 \sim 3.0$ km,宽度 $5 \sim 30$ m,最宽可达 40 m,带内热液蚀变普遍发育,蚀变类型主要有硅化、黄铁矿化、高岭土化、毒砂矿化等,岩石主要为褐铁矿化碎裂岩,黄铁矿化构造角砾岩,原岩为蚀变斜长花岗岩。

矿体呈脉状、似层状或透镜状产于蚀变带内,受构造控制,在走向和倾向上均显示舒缓波状,具有膨胀狭缩和分枝复合现象,倾向北东,倾角 $40^\circ \sim 45^\circ$,矿体控制长 $80 \sim 880$ m,平均厚度 $0.90 \sim 9.41$ m,厚度变化系数为 45.29% ,平均品位为 $1.09 \times 10^{-6} \sim 12.65 \times 10^{-6}$ 。品位变化系数为 59.51% 。含矿岩性为强蚀变的斜长花岗岩、黑云斜长片麻岩等。

3 控矿因素分析

3.1 地层与金成矿关系

区内出露地层有古元古代金水口群、中元古代长城纪小庙组、新元古代青白口纪丘吉东沟组及下古生代祁曼塔格群变火山岩组。前人资料显示,古元古代金水口群、新元古代青白口纪丘吉东沟组、祁曼塔格群均明显高于泰勒值(田承盛,2012),以祁曼

塔格群变火山岩组含 Au 最高,平均值达 14.614×10^{-9} (青海地质八队,1998),为泰勒值的 3.5 倍,其中中基性火山岩、变角闪安山岩的值更高,达 91.42×10^{-9} 和 31.0×10^{-9} (西安工程学院,1998),为泰勒值的 8~25 倍。丘吉东沟组浅变质岩系的硅质岩、砂泥质板岩、石英片岩等各类岩石的含 Au 量平均值为 9.20×10^{-9} (青海地质八队,1998),为泰勒值的 2.3 倍。金水口群的各类片麻岩、碳酸盐岩的 Au 含量为 $5.02 \times 10^{-9} \sim 10.0 \times 10^{-9}$,平均值为 6.99×10^{-9} (青海地质八队,1998),为泰勒值的 1.75 倍(表 1)。

表 1 五龙沟地区主要地层及岩石含 Au 背景统计表

Tab.1 The statistics of Au that of main stratum and rock in Wulonggou area

地 层	样品数 (件)	Au 含量 (10^{-9})	Au 平均含量 (10^{-9})
祁曼塔格群 变火山岩	28	3.446~91.42	14.616
青白口纪 丘吉东沟组	36	5.00~12.00	9.20
长城纪 小庙组	87	2.117~3.857	2.55
古元古代 金水口群	81	5.02~10.00	6.99

从区内上述的 3 个典型矿床特征看,含矿原岩均为古元古代金水口群或侵入岩,说明区内地层各类岩石含 Au 丰度值较高,对金成矿物质具有一定的补充作用,含 Au 较高地层的广泛分布为金成矿提供了重要的物质来源。

3.2 侵入岩与金成矿关系

区内岩浆活动十分频繁,其中以中酸性岩浆活动为主导,与金成矿关系密切,从区内部分侵入岩岩石 Au 含量统计看(表 2,青海地质八队,1998),侵入岩 Au 含量均高于地壳 Au 丰度值,说明具 Au 高丰度值的岩浆侵入体是区内金成矿的另一种物质来源,其为本区提供了来源于地壳深处的丰富的矿质来源。

表 2 五龙沟地区部分侵入岩 Au 含量表

Tab.2 Content of Au that of intrusive rock in Wulonggou area

岩石名称	件数(件)	Au 含量(10^{-9})
晚三叠世二长花岗岩、斜长花岗岩	153	9.16
晚元古代的花岗闪长岩	37	12.16
长英质脉岩、闪长玢岩	15	7.63
石英脉	6	11.5

3.3 构造与金成矿关系

经对上述 3 个典型矿床特征分析,发现五龙沟金矿田严格受本区三大韧性剪切带的控制,所有的金矿体均严格锁定于韧性剪切带内的断裂构造内(陆露等,2011)。据统计整个五龙沟地区具有一定规模的断裂就达 83 条,通过对五龙沟地区已发现的矿床及分布情况进行统计(表 3),发现区内共有金矿床及矿点共 35 个,均分布于不同方向的构造断裂带内。其中位于北北西向、北西向、北西西向金矿床(点)分别占全区的 22.86%、48.57%、17.14%,且均发现 3~6 个大、中、小型金矿床。而南北向断裂带内分布的金矿(点)仅为 11.43%,且没发现金矿床,均为金矿点。

表 3 五龙沟地区各矿产地分布与构造关系统计表

Tab.3 The chart of the relationship between the mining regions and structure

类别	构造	大型 (个)	中型 (个)	小型 (个)	矿点数
金矿	北西西($280^{\circ} \sim 300^{\circ}$)	2	0	2	4
	北西($300^{\circ} \sim 330^{\circ}$)	1	1	4	11
	北北西($330^{\circ} \sim 350^{\circ}$)	1	1	1	3
	南北($350^{\circ} \sim NE10^{\circ}$)	—	0	0	4

统计表明:五龙沟地区金矿床均出露于构造蚀变带内,且严格受控于北北西向、北西向、北西西向断裂带,尤其与北北西向断裂关系密切。

4 矿床成因

4.1 矿床成因探讨

在对五龙沟地区金矿床成矿大地构造背景、区域地层、岩性、构造、岩浆岩、典型矿床特征及控矿因素等方面进行深入分析研究的基础上,认为五龙沟金矿床的形成与地层、构造、岩浆岩有关,经对上述 3 个典型矿床特征分析,发现五龙沟金矿田严格受本区三大韧性剪切带的控制,几乎所有的金矿体均严格锁定于韧性剪切带内的断裂构造内,与构造关系尤为密切。

总之,金矿床形成的基本条件是成矿物质来源。深部岩浆-热活动为成矿提供极丰富的深部物质来源和成矿所需热能量;剪切作用使围岩中矿质活化、

迁移;延伸至深处的剪切断裂带是成矿热液运移的重要通道;浅层次的脆性断裂使大气水易于下渗,与深源流体混合,导致含矿热液形成,于构造有利部位形成工业矿床,是Au富集的重要条件。

4.2 成矿机制

根据前述金矿床控矿因素分析,五龙沟地区金矿在经历了复杂地质演化的东昆仑,于早印支期形成了易于变形蚀变并可构成屏蔽系统的韧性构造岩、易于变形蚀变的岩浆岩,而且造就了联通深部有效的物质运输系统(青海省第一地质矿产勘查院,2010)。

晚印支期—喜马拉雅期的陆内造山阶段,造山隆升使先存韧性变形及相关产物处于地壳浅部,发生脆性变形,形成相关褶皱断裂系统。陆内造山过程中,五龙沟地区无论昆中表壳早期的向南推覆,还是晚期的向北推覆,均处于推覆带的后部,始终处于相对伸展部位,从而易于发生伸展扩容作用。

造山间歇的松弛、伸张和与造山相伴的陆内拆离俯冲作用,一方面使得深部地幔被扰动而上涌,另一方面,上涌的地幔物质易于发生减压批次熔融或熔浆批次减压分离,从而形成具同源异行关系的金矿成矿热液、细晶岩浆和形成角闪斜长片麻岩中晚期石英脉的热液。

在相对封闭弱还原条件下,相对高温(400~490℃)的弱酸性矿液强烈改造不同类型的围岩,成矿物质发生淀积,形成五龙沟地区的金矿床。在矿液改造围岩、淀积矿质的过程中,围岩中封存的变质水等被裹挟参与成矿,且随着成矿作用的进行,下渗的天水不断混入,并参与矿床的形成,以致流体包裹体显示多源水特点,具有晚期低温矿物包体以天水为主趋势。同时由于各类围岩均具明显壳源特征,导致矿床呈现壳幔混源特点。

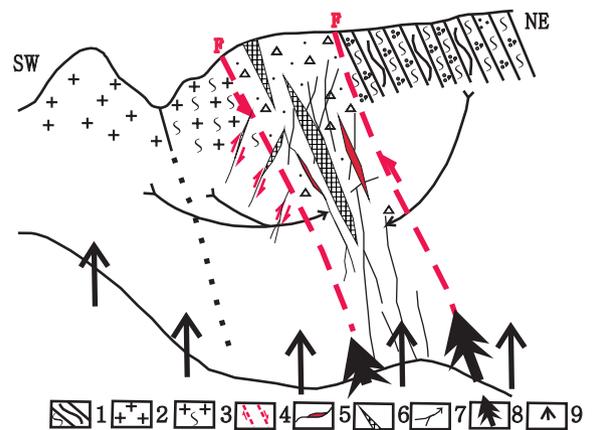
在晚燕山—早中喜马拉雅期长达70 Ma的陆内造山过程中,上述作用的多次准同位发生,使得具体金矿床出现多期矿化现象。

综上所述,复杂的构造演化使五龙沟地区金矿床在时间上经历了长期及多期次的成矿阶段。元古宙各类变质岩及岩浆侵入构造的变质地体,随着印支期—早燕山期韧性剪切带的形成及其褶皱变形,与此构造作用及伴随的岩浆活动导致早期金矿体形成。而晚燕山—喜马拉雅期脆性断裂发育和含矿流体活动导致金矿质的巨量聚集,形成具工业规模的

金矿床。以上说明金矿形成具有主要的成矿时代,但又不止一个时代,成矿演化具有多阶段性和长期性,又具有递进(叠加)性和方向性的特点。

5 成矿模式

在分析控矿因素和总结典型矿床特征及成因的基础上,结合五龙沟地区历年实施的岩石剖面、槽、硐、钻探工程揭露成果资料,建立本区金矿床成矿概念模式(图2)。该成矿模式的建立揭示了成矿地质条件、控矿因素及矿化标志的本质和特征,同时也反映了该区金矿床多来源、多成因、多阶段矿化的变化和发展过程。五龙沟地区金矿具有以下特点:①受变质核杂岩构造及其演化控制。②发生于核杂岩形成后的陆内造山脆性变形过程中。③温度较高的矿液快速运移就位。④成矿环境为相对封闭、弱还原的脆性变形域。⑤成矿物质为以深源为主的壳幔混源,壳源成矿物质和变质水、天水等非深源流体矿质淀积过程中逐渐混入。⑥成矿历时漫长(70 Ma)而多期。⑦矿体大多产于脆性断裂带,而在空间上呈等间距侧列再现、尖灭再现规律分布,少数产于脆性断裂间贯通节(劈)理带褶皱虚脱部位。⑧赋矿围岩差异导致不同类型矿石地球化学特征差异。



1. 前寒武纪变质岩;2. 古生代花岗岩;3. 糜棱岩化带;4. 剪切带;5. 石英脉;6. 金矿体;7. Au无素活化、迁移方向;8. 含矿热液主要来源方向;9. 深部热源及物源扩散方向

图2 五龙沟地区金矿床成矿概念模式图
(据青海一勘院,2009修编)

Fig. 2 Chart pattern concept Wulonggou gold deposit metallogenic area

6 结语

笔者在收集五龙沟金矿成矿地质特征资料的基础上,通过对典型矿床的控矿因素分析,对区内金矿床成因进行了总结,并建立了该区金矿成矿模式。揭示了成矿控矿因素,反映了该区金矿床多来源、多成因、多阶段矿化的变化和发展过程,利用这一成矿模式对五龙沟地区下一步找矿工作具有指导意义。

参考文献(References):

张雪亭,穆一青,王维,等. 青海省矿产资源开发利用战略[J]. 青海国土经略,2009,(06):29-33.

ZHANG Xueting, MU Yiqing, WANG Wei, et al. The strategic of development and utilization on mineral resources in qinghai province [J]. Qinghai Territory Outline, 2009,(06):29-33.

张雪亭,杨生德,杨站君,等. 1:1000000 青海省大地构造图及其说明书[M]. 北京:地质出版社,2007.

ZHANG Xueting, YANG Shengde, YANG Zhanjun, et al. 1:1 million Qinghai Geotectonic Map and Description [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2007.

赵昌新,张延林,马永久,等. 青海省都兰县五龙沟地区红旗沟—深水潭金矿区详查报告[R]. 青海省第一地质矿产勘查院,2010.

王铜,吕古贤. 青海东昆仑中段五龙沟金矿构造特征与矿床学研究[J]. 矿物学报,2013,(S2):970-971.

WANG Tong, LÜ Guxian. Tectonic characteristics and evolution. The Middle East of qinghai kunlun Wu longgou gold deposit study [J]. Journal of Minerals, 2013,(S2):970-971.

寇林林,张森,钟康惠. 东昆仑五龙沟金矿集区韧性剪切带构造变形特点研究[J]. 中国地质,2015,42(2):495-503.

KOU Linlin, ZHANG Seng, ZHANG Kanghui. East kunlun Wulonggou ductile shear zone gold ore concentration area tectonic deformation characteristics research [J]. China Geology, 2015, 42(2):495-503.

李希,袁万明,郝娜娜,等. 东昆仑五龙沟花岗岩特征及其构造背景[J]. 世界地质,2014,33(02):275-288.

LI Xi, YUAN Wanming, HAO Nana, et al. East kunlun Wu-LongGou granite characteristics and tectonic setting [J].

The World Geology, 2014, 33(02):275-288.

刘增铁,任家琪,杨永征,等. 青海金矿[M]. 北京:地质出版社,2005.

LIU Zengtie, REN Jiaqi, YANG Yongzheng, et al. Gold deposit in qinghai [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2005.

张延林,韩玉,张培青,等. 东昆仑五龙沟金矿床Ⅺ号金矿化带特征及找矿前景[J]. 黄金,2011,32(09):9-15.

ZHANG Yanlin, HAN Yu, ZHANG Peiqing, et al. East kunlun Wulonggou gold deposit Ⅺ feature of gold mineralization and prospecting prospect [J]. Gold, 2011, 32(9):9-15.

张金阳,马昌前,李建威. 东昆仑水闸东沟-黄龙沟金矿床硫化物矿物学特征对可见金形成条件的制约[J]. 矿床地质,2012,31(06):1184-1194.

ZHANG Jinyang, MA Changqian, LI Jianwei. East kunlun sluices donggou-huanglong ditch gold sulfide mineralogy features of visible gold forming conditions [J]. Ore Deposit Geology, 2012, 31(6):1184-1194.

侯长才,李宏录,李永太,等. 青海百吨沟地区金矿地质特征及找矿前景[J]. 矿产勘查,2015,(02):142-148.

HOU Changcai, LI Honglu, LI Yongtai, et al. One hundred tons of gold mine area in qinghai geological characteristics and prospecting prospect [J]. Journal of Mineral Exploration, 2015,(02):142-148.

田承盛. 东昆仑中段五龙沟矿集区金矿成矿作用及成矿预测研究[D]. 中国地质大学(北京),2012.

TIAN Chengsheng. Middle East kunlun Wulonggou ore concentration area gold ore mineralization and metallogenic prediction research [D]. China University of Geosciences (Beijing), 2012.

陆露. 东昆仑五龙沟金矿构造控矿特征研究[D]. 中国地质科学院,2011.

LU Lu. East kunlun WuLongGou tectonic ore-controlling characteristics research [D]. Chinese Academy of Geological Sciences, 2011.

青海省第一地质矿产勘查院,成都理工大学. 青海省都兰县五龙沟地区金矿成矿规律研究及大比例尺成矿预测报告[R]. 2010.

The first exploration institute of geology and mineral resources of qinghai province, chengdu university of technology. Wulonggou touraine county of qinghai province regional gold metallogenic regularity study and the large scale metallogenic prediction research report [R]. 2010.