

东昆仑虎头崖多金属矿田成矿 地质特征及找矿标志研究

屈翠侠¹, 刘渭^{1,2}, 杨兴科¹, 何虎军¹, 江万³

(1. 长安大学地球科学与资源学院, 陕西 西安 710054; 2. 陕西省核工业地质调查院, 陕西 西安 710199;
3. 中国地质科学研究院地质力学研究所, 北京 100081)

摘要:虎头崖矿田属于近年来新确立的青海省三轮成矿远景区划及找矿靶区预测中的青海省都兰三级成矿带(Ⅲ₁₁)的西段部分,是青海省十分重要的铜多金属成矿区带。由于该铜铅锌多金属矿床的成矿作用复杂,对成矿控制因素的研究缺少系统性,导致对于矿区的成矿模型的建立仍然不是很明确,其已成为制约找矿突破的瓶颈。通过近年来的研究成果和笔者野外及室内综合分析,总结了与成矿关系密切的容矿地层、控矿构造、岩相分布和侵入体特征,初步建立了该矿田区主要成矿-控矿因素的空间关系,并提出了地质找矿标志。这些认识对进一步分析该区矿床特征、性质、成矿关系和构造背景,以及进一步找矿都将有重要理论和实践指导意义。

关键词:成矿地质特征;祁漫塔格;控矿因素;砂卡岩;找矿标志

中图分类号:P611

文献标志码:A

文章编号:1009-6248(2015)01-0117-10

Metallogenic Characteristics and Ore-prospecting Indicators of the Hutouya Poly-metallic Orefield in East Kunlun

QU Cuixia¹, LIU Wei^{1,2}, YANG Xingke¹, HE Hujun¹, JIANG Wan³

(1. School of Earth Sciences and Resources, Chang'an University, Xi'an 710054, Shaanxi, China;

2. Shaanxi Nuclear Industry Geology Surveying Institute, Xi'an 710199, Shaanxi, China;

3. Institute of Geomechanics, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100081, Beijing, China)

Abstract: The Hutouya orefield is one of the important poly-metallic deposits in the Qimantage area of Qinghai province in recent years. However, as the mineralization of the copper-lead-zinc poly-metallic deposit is very complex, and the study of ore-controlling factors is not systematic at present, the metallogenic model is not clear and the geochemical exploration work runs into bottleneck. Based on recent research results, the author's field and indoor synthetic analysis, this paper summarized ore formation, ore-controlling tectonics, lithofacies distribution and intrusion characteristics. The article preliminarily established the spatial relationships of mineralization and ore-controlling factors in the Hutouya orefield, and put forward ore-prospecting indicators. All these conclusions will have important theoretical and practical significance for studying the deposit characteristics, properties, metallogenic relationship, tectonic background and further ore ex-

收稿日期: 2014-08-05;修回日期: 2015-02-01

基金项目: 中国地质调查局“青海祁漫塔格地区矿田构造研究资助”(1212011220937)

作者简介: 屈翠侠(1986-),女,陕西宝鸡人,博士研究生,从事构造-岩浆与成矿作用的研究。E-mail: 329865708@qq.com

ploration.

Keywords: metallogenic characteristics; Qimantage; ore-controlling factors; skarn; prospecting indicators

祁漫塔格成矿亚带位于青海东昆仑造山带西端,处于柴达木地块、东昆仑造山带、阿尔金断裂所夹持的三角地带(图 1),属于青海省十分重要的铜多金属成矿区带。虎头崖矿田就属于东昆仑西段祁漫塔格成矿亚带和整装勘查区。矿田地处青海格尔木市以西 350 km 的狼牙山—景忍一带,地理坐标为东经 91°30′~91°49′,北纬 37°02′~37°06′。

目前对虎头崖矿床成因的认识有 3 种观点。①矿床主要产于侵入岩接触带附近,具有正接触带矽卡岩亚型和外接触带矽卡岩亚型的接触交代型(刘云华,2006;丰成友,2011)矿床特征,属于典型与酸性岩浆有关的钙、镁矽卡岩型铁、铜、铅、锌、银矿床。②层状矽卡岩矿床(张爱奎,2008)。③海底喷流沉积为主兼后期热液改造的层控矿床(贺忠春等,2009)。笔者基于近年来的研究成果和综合分析,认为该矿床是典型的受地层-构造-岩体控制的具矽卡岩型和热液叠加型的复合矿床。

1 区域地质

祁漫塔格地区地处古亚洲构造域与特提斯构造

域结合部位(丰成友,2011),跨越北祁漫塔格早古生代岩浆弧、祁漫塔格早古生代结合带和中昆仑微陆块二个单元(图 1)。

区内出露地层以元古界、古生界和中生界为主,可分为 4 个构造层:①以金水口群白沙河组、长城系小庙群、蓟县系狼牙山组为主的古—中元古界基底构造层。②以奥陶—志留系滩间山群为主的下古生界构造层。③以泥盆系牦牛山组、石炭系大干沟组、二叠系苏组为主的上古生界构造层。④上三叠统鄂拉山组为主的中生界构造层。

区域构造活动显著,总体上,北西向和近东西向深断裂将本区明显划分出不同的构造单元。北西向次级断裂是主要控岩、控矿构造,北西—近东西向断裂控制着矿体,北东—近南北向断裂大多显示为成矿后构造。

岩浆活动强烈,类型齐全(侵入岩、喷出岩,基性—超基性和中酸性岩均有)且具活动时间长、多旋回性和较明显的分带性(自西向东有加里东期→华力西期→印支—燕山期变化趋势)。其中,以印支期、加里东期呈小岩体、岩脉、岩枝及不规则状产出的中酸性花岗质侵入岩对区内铁、铜、铅、锌、钼、钨、锡等多金属成矿作用意义最大。

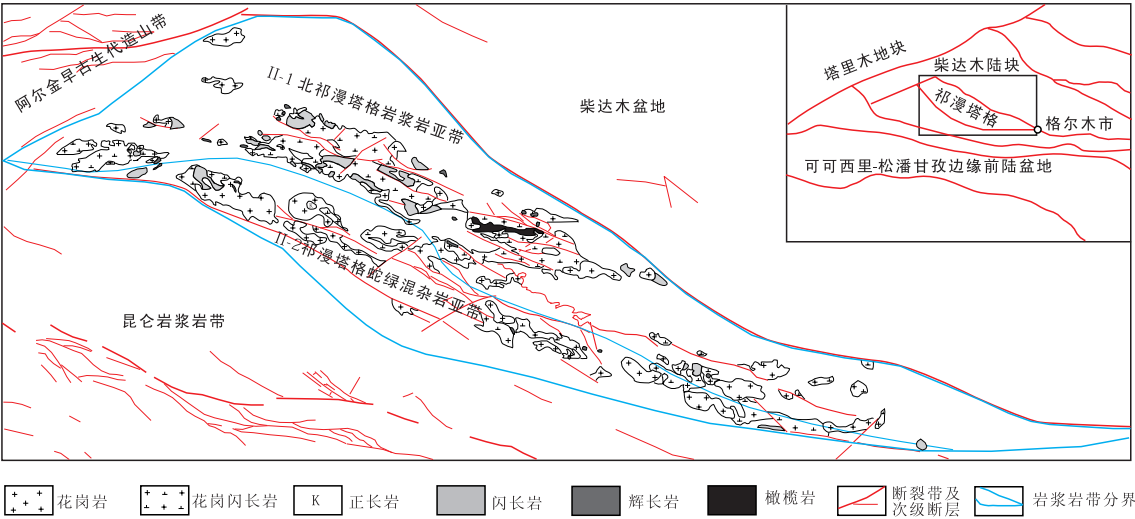


图 1 祁漫塔格地质简图

Fig. 1 Tectonic framework of the Qimantage and adjacent area

2 矿田区地质概况

矿田区内出露地层由老至新有:中元古界蓟县纪狼牙山组、奥陶—志留系潍间山群火山岩组、下石炭统大干沟组、上石炭统締め苏组、上三叠统鄂拉山组等。与成矿有关的地层主要为狼牙山组下岩段的灰岩夹碎屑岩、上岩段的碳酸盐岩、潍间山群的火山岩、上石炭统締め苏组碳酸盐岩。

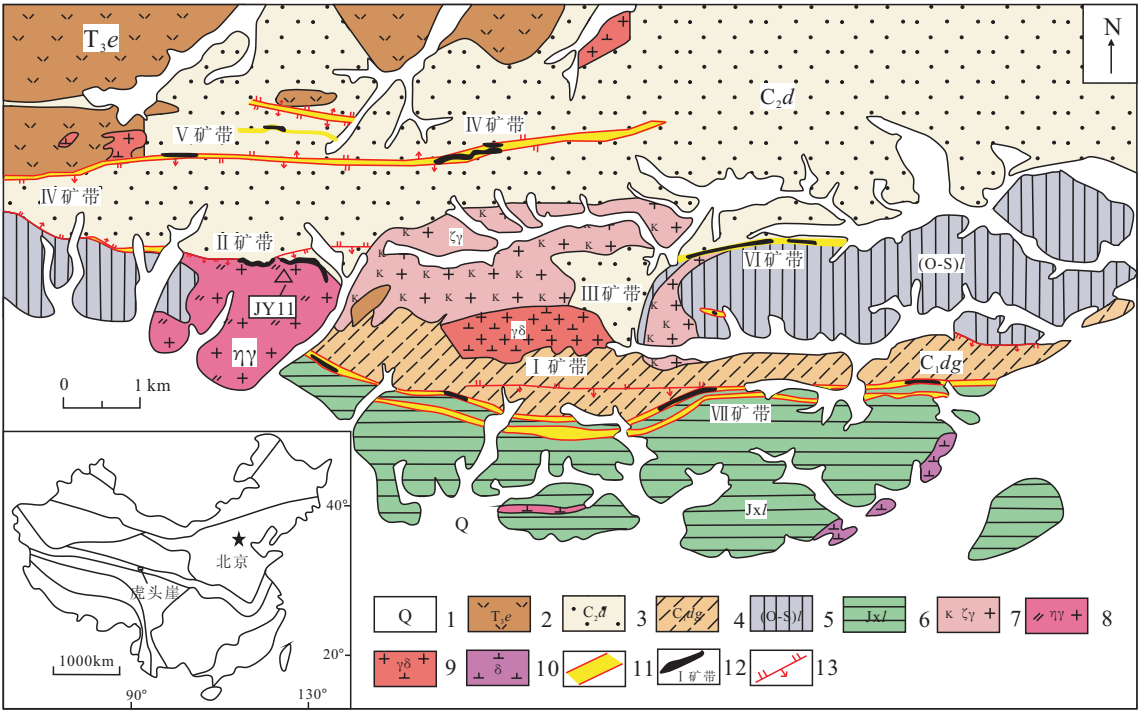
断裂以近东西向为主,主要有 8 条,为 F_1 、 F_2 、 F_3 、 F_4 、 F_5 、 F_6 、 F_7 和 F_8 。其中多条矿带赋存在这类近东西向断层破碎带中,说明这组断裂对成矿具有一定的控制作用;另一方面,受长期挤压、推覆作用的影响,韧性剪切作用较强烈,主要表现在迎庆沟南侧Ⅶ矿带附近的近东西向韧性剪切带的发育。矿田内褶皱以轴向近东西向褶皱为主,主要有景忍背斜、狼牙山向斜及迎庆沟向斜,一般在背向斜轴部形成

近东西向的压扭性断裂带,以及北东向断裂均有明显的控矿作用。

侵入岩有二长花岗岩、花岗闪长岩、闪长玢岩脉及新发现的隐伏于深部石英斑岩体等。多呈不规则小岩基、岩株、岩墙或岩脉状产出,长轴方向北西向,受后期构造和岩浆作用影响侵入体出露不完整。

3 成矿-控矿因素分析

李四光认为,成矿的物质条件和构造条件控制地壳中矿产的分布。研究发现在虎头崖矿田区内,矿化富集之处往往是一定的物质与某种构造地质条件的有机结合,也就是在矿床、矿体附近的地层、构造和中酸性侵入体或热液活动在相应时空条件下的复合产物。这些过程导致矿田区内形成了不同的矿床模式、成矿类型和矿带的典型特征(图 2)。



1. 第四系;2. 上三叠统鄂拉山组;3. 上石炭统締め苏组;4. 下石炭统大干沟组;5. 奥陶—志留系潍间山群;6. 蓟县系狼牙山组;7. 钾长花岗岩;8. 二长花岗岩;9. 花岗闪长岩;10. 闪长岩;11. 矽卡岩化带;12. 矿带及编号;13. 断裂

图 2 虎头崖矿田地质简图(据丰成友 2011,修改)

Fig. 2 Simplified geological map of the Hutouya polymetallic Orefield

3.1 地层与成矿的关系

矿田内与成矿有关的地层主要为狼牙山组上岩

段(Jx/b)、潍间山群火山岩($OSTb$)、下石炭统大干沟组(C_1dg)和上石炭统締め苏组(C_2d)。

蓟县系狼牙山组主要见于矿田南侧,是该矿区的控矿围岩之一,为一套碳酸盐岩和碎屑岩的交互层,岩性为大理岩、白云质大理岩、石英砂岩、含碳灰岩及硅质岩,可见大理岩与含铁石英砂岩接触于断裂带附近(图 3a),地层主要与Ⅶ矿带矽卡岩型铅锌矿床(图 3b)有关。

奥陶系—志留系滩间山群见于虎头崖中部及西部,是矿区内重要的矽卡岩铁多金属矿床的控矿地层,岩性组合比较复杂,有结晶灰岩、大理岩、白云质大理岩、硅质岩、石英砂岩、变质粉砂岩和变质玄武安山岩,属含碳酸盐岩的火山沉积岩系。该地层是矿田内与成矿关系最为密切的地层之一,Ⅱ和Ⅵ矿带(图 3c)与之具有成因联系。

大干沟组见于虎头崖—迎庆沟一带,岩性主要为结晶灰岩、石英砂岩和石英岩屑砾岩等,Ⅰ矿带和

Ⅶ矿带矽卡岩矿床受该地层控制产出。绛敖苏组是矿田北侧主要控矿围岩(图 3d),其岩性为结晶灰岩、大理岩、白云质灰岩、白云岩、石英砂岩等,该地层与矿田内Ⅲ、Ⅳ、Ⅴ、Ⅷ及Ⅸ矿带的矿床成因具有直接关系。

根据最新对区内矿化产出部位和矿体集中分布特征的研究,可将该矿田可划分为 8 个矿带,大部分与矽卡岩有着密切的关系。这些矽卡岩带一般都发育在一定的地层与侵入体的接触带附近或者受断裂破碎带叠加控制,因此,与矽卡岩有关的地层是矿化体分布的关键地段。除此之外,Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ矿带表现为正接触带矽卡岩型,矿化类型为近岩体的较高温的铁锡矿及铜钼矿,而在Ⅳ、Ⅴ、Ⅵ、Ⅶ、Ⅷ矿带则以外接触带矽卡岩亚型为主,矿化类型也以中低温的铅锌矿及铜矿居多(表 1)。

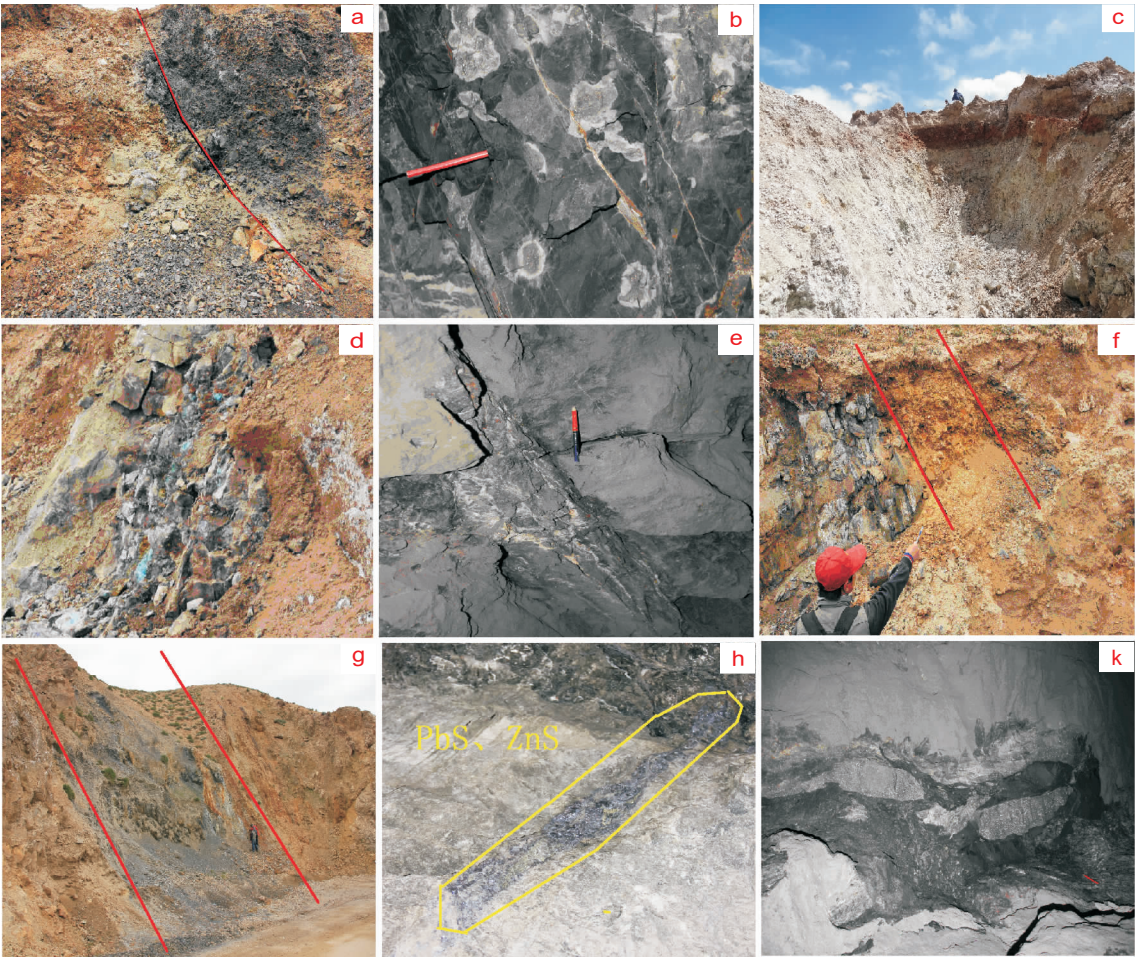


图 3 虎头崖矿田野外地质照片

Fig. 3 Basic geologic feature in the Hutouya orefield

表 1 虎头崖矿田控矿岩性特征
Tab.1 The characteristics of controlling lithologic in the Hutouya orefield

矿带	地 层	相关侵入岩	成矿类型
I	下石炭统大干沟组大理岩	花岗闪长岩	正接触带矽卡岩亚型
II	上石炭统统放苏组大理岩与灰岩互层	二长花岗岩	
III	上石炭统统放苏组大理岩夹白云质灰岩及灰岩	花岗闪长岩	
IV	上石炭统统放苏组灰岩与大理岩互层	石英斑岩/花岗闪长岩	外接触带矽卡岩亚型
V	上石炭统统放苏组灰岩与大理岩互层	石英斑岩	
VI	奥陶—志留纪滩间山群浅灰绿色凝灰岩夹硅质岩	二长花岗岩	
VII	蓟县系狼牙山组大理岩夹灰岩夹含铁石英岩	隐伏花岗岩	
VIII	上石炭统统放苏组大理岩夹白云质灰岩及灰岩	隐伏花岗岩	

表 2 虎头崖矿田微量元素分析结果(10⁻⁶)
Tab.2 Trace element data of the Hutouya orefield(10⁻⁶)

岩石名称	分 析 结 果							
	Cu	Pb	Zn	Sn	W	Ag	Au	Mo
碳酸盐岩	151.58	76.5	208.52	11.67	7.17	0.579	—	—
矽卡岩	1102.18	273.43	736.71	67.5	46.73	2.047	—	—
含铁石英岩	108.02	145.54	263.38	20.56	7.24	0.607	—	—
二长花岗岩	8.11	50.85	57.20	—	—	—	—	1.69
闪长岩	23.3	12.6	73	—	—	—	—	0.65
Ⅶ矿带铅锌矿(硫化物)	1600	4200	5030	—	2.84	—	—	1.05
Ⅶ矿带矽卡岩	—	—	—	—	—	7.84	2.84	—
地壳克拉克值	25	14.8	73	2.3	1.0	0.070	1.8	0.65

注:①Ⅶ矿带矽卡岩、部分矿石及大理岩出于本文;②硅质岩和二长花岗岩引自张爱奎;③硫化物引自刘云华;④地球丰度值引自韩吟文等。

从表 2 中可看出,在整个矿田内,碳酸盐岩、含铁石英砂岩及矽卡岩均有较高的微量元素含量。地层中 Sn、Cu、Pb、Zn、Ag、W 元素含量均高出地壳克拉克值,而矽卡岩则明显高于其他岩石,表明矿体形成于热液作用,并且在此过程中萃取了地层中的有益元素。从不同岩石微量元素含量特征分析,围岩硅质岩和大理岩中 Cu、Pb、Zn 成矿元素含最均较高。除此之外,在矿田内Ⅶ矿区破碎带中采集的化学样,具有较高含量的微量元素 Pb、Zn,而在断裂破碎带形成的矽卡岩中发现较高含量的 Au 和 Ag,这说明在该矿带确实有后期叠加的热液活动。不同时代复杂多变的碳酸盐岩、碎屑岩和变质中基性火山岩地层组合,为矽卡岩铁多金属矿床的形成提供了有利的赋矿围岩。

3.2 控矿构造分析

矿田内构造总体呈近东西向展布,由 F₁、F₂、F₃、F₄、F₅、F₆、F₇和 F₈断裂及狼牙山向斜和景忍背斜组成,其构成了矿田的构造骨架。

从区域上看,矿田构造分级控矿作用明显,不同规模、不同级别的构造,分别控制了矿田、矿床、矿体和矿脉。综合分析矿田控矿构造,认为该矿田中断裂构造可分为 3 级:①区域性北西西构造属于一级构造,主要是为富矿流体提供运移的通道和就位空间,大致控制了矿田的分布。②各矿区近东西向的断裂和褶皱为二级构造,主要控矿构造,控制了各个矿床的空间分布。③三级构造是近东西向次级断裂、接触带构造和北东东向构造,属成矿期的容矿构造,控制了矿体分布。此外,北东向(图 3e)和近南北向断裂对矿体产生了改造作用,是成矿后构造。

断裂控制着岩浆及热液等含矿流体的运移,使深部成矿物质沿断裂不断地向浅部运移并富集成矿,在矿田区表现为Ⅱ、Ⅳ、Ⅴ蚀变矿化带。从构造复合的角度讲,Ⅶ矿带与此关系密切,褶皱构造使本区含矿岩系定位于狼牙山向斜北翼西延部分,呈近东西向,而由于后期近东西向断裂破碎带(图 3f、图 3g)及多次构造变动的改造,加上后期岩浆热液的叠加,使原有的层状、似层状矿体沿走向在裂隙系统进行改造并再次富集成矿,表现为受破碎蚀变带(图 3h)叠加的矽卡岩型铅锌矿床(图 3k)。岩体接触带主要为含矿岩浆热液交代围岩形成矽卡岩型矿床,如Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅵ矿带。不同岩性的接触面空隙度比较发育,为矿液运移沉积提供有利空间,Ⅱ矿带局部具有这些特征,并表现出矽卡岩化的特点。矿体受侵入岩接触带和近东西向断裂破碎带控制明显,在断裂复合部位、不同岩性接触部位,均是成矿有利部位(表 3)。

3.3 中晚印支期侵入岩与成矿的关系

近年来,学者们在该区厘定了多处与中晚印支期(图 4)岩体有关的金属成矿作用。丰成友等对虎头崖矿区Ⅴ和Ⅶ矿带的矽卡岩型辉钼矿所测的 Re-Os 年龄分别为 (225 ± 4.0) Ma(MSWD=0.24)和 (229.9 ± 1.5) Ma(MSWD=0.07),均可代表辉钼矿的结晶年龄;而与铁铜锡铅锌多金属成矿密切相关的花岗闪长岩体和二长花岗岩体的锆石 U-Pb 年龄分别为 (235.4 ± 1.8) Ma 和 (219.2 ± 1.4) Ma;刘云华获得的虎头崖多金属矿区中与成矿关系密切的花岗岩锆石测年为 (204 ± 2.6) Ma。结合图 4,可初步认为,祁漫塔格在中晚印支期不仅曾发生强烈的中酸性岩浆侵入活动,而且还产生了相应的多金属成矿作用,这不仅与莫宣学等提出的东昆仑地区华力西一印支期这个造山旋回相符,而且也印证了该造山运动与成矿的相关性。

表 3 虎头崖矿田主要矿床类型一览表
Tab.3 Main ore deposit types in Hutouya orefield

矿带	含矿岩石	控矿构造	矿体形态	成矿类型	矿化类型
Ⅰ	二长花岗岩与大干沟组大理岩接触带磁铁矿化透辉石矽卡岩	大干沟组与岩体接触带	条带状、脉状、透镜状	矽卡岩型	Fe
Ⅱ	二长花岗岩体与缙敖苏组碳酸盐岩、滩间山群火山岩接触形成的矿化透辉石矽卡岩	缙敖苏组、滩间山群与岩体接触带	条带状,局部膨大缩小	矽卡岩型	Fe、Zn、Cu、Sn
Ⅲ	二长花岗岩体与缙敖苏组大理岩之接触带上的磁铁矿化透辉石矽卡岩	缙敖苏组与岩体接触带	条带状、脉状	矽卡岩型	Fe
Ⅳ	石英斑岩与缙敖苏组接触带及近东西逆断层中多金属矿化透辉石矽卡岩	近东西向断裂破碎带	条带状,局部波状	热液矽卡岩型	Cu、Zn、Pb
Ⅴ	石英斑岩与缙敖苏组内次级断裂中的多金属矿化透辉石矽卡岩	近东西向断裂破碎带	条带状	矽卡岩型	Cu、Zn、Pb
Ⅵ	滩间山群火山岩与缙敖苏组接触的破碎蚀变带中多金属矿化透辉石矽卡岩	北东东向断裂破碎带	条带状	矽卡岩型	Pb、Cu、Zn
Ⅶ	狼牙山组与大干沟组断层接触蚀变内的透辉石矽卡岩	近东西向断裂破碎带	条带状、透镜状,局部波状弯曲	矽卡岩型+断裂破碎带热液型叠加型	Fe、Zn、Cu、Ag
Ⅷ	缙敖苏组内次级断裂中的多金属矿化透辉石矽卡岩	北东东向断裂破碎带	条带状、透镜状	矽卡岩型	Pb、Zn、Cu

在虎头崖矿田内岩浆侵入活动较为强烈,且以中晚印支期中酸性侵入岩为主,呈岩株状或脉状产出,与成矿有关的侵入岩有浅肉红色二长花岗岩、石英斑岩、花岗闪长岩、钾长花岗岩等。二长花岗岩呈岩珠状分布于Ⅱ矿带南侧,侵位于滩间山群和缙敖苏组中,控制着Ⅱ矿带的分布,局部地段绢云母化、

绿帘石化、绿泥石化和碳酸盐化;研究中最新发现的石英斑岩侵位于上石炭统缙敖苏组和上三叠统鄂拉山组中,与Ⅳ、Ⅴ矿带北侧破碎蚀变带有关;钾长花岗岩在北、西和南侧分别侵入于上石炭统缙敖苏组、奥陶一志留系滩间山群和下石炭统大干沟组,在与地层接触带或破碎带上形成数个矽卡岩矿化带。虎

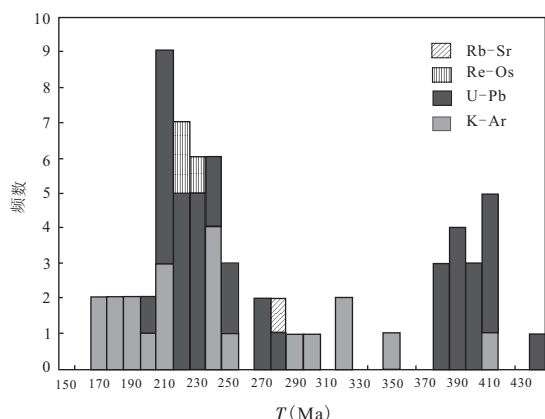


图4 祁漫塔格地区岩体年龄直方图(据张晓飞,2011)

Fig. 4 Age histogram of rock mass in Qimantage

头崖Ⅵ矿带二长花岗岩形成的矿体规模和资源量远超过Ⅱ矿带,形成的矿种以Cu、Pb、Zn矿为主,尤其是出现大量的方铅矿,铁矿很少出现。而Ⅱ矿带成矿矿种为Sn、Fe、Mo、W等,2个矿带具有明显的差异。Ⅵ矿带二长花岗岩岩浆源区具有地幔物质的贡献,Ⅱ矿带二长花岗岩岩浆源区壳源特征明显,二者岩浆源区具有不同的地球化学背景,演化方式亦可能存在一定差异。岩浆源区和演化方式的差异,可能是造成二者成矿能力和成矿专属性差异的主要因素。二长花岗岩、花岗闪长岩Pb、Zn成矿元素含量亦高于地壳丰度,矿石中Cu、Pb、Zn、Mo元素具有明显富集,表明成矿与中酸性侵入岩和围岩存在密切关系,成矿物质很可能来源于地层和岩浆热液。

铅同位素研究表明,虎头崖地区成矿热液主要来源于岩浆(刘云华等,2006)。Ⅶ矿带位于虎头崖南侧,从地表出露来看,矿化可能与二长花岗岩及闪长岩相关;从钻孔资料看,在深部确实有花岗岩和石英斑岩脉产出。这可能暗示虎头崖成矿热液很可能是来源于Ⅵ矿带的二长花岗岩。从矿种来看,Ⅵ矿带二长花岗岩以形Cu-Pb-Zn矿为主,与虎头崖矿床Ⅶ矿带成矿矿种基本一致。推断二长花岗岩形成的岩浆热液对Ⅶ矿带的形成具有重要贡献。

Ⅱ、Ⅳ、Ⅴ、Ⅵ矿带的 $\delta^{34}\text{S}$ 值闪锌矿平均为1.3‰,方铅矿平均为3.72‰,黄铜矿平均为1.85‰,显示岩浆来源硫的特点;Ⅶ矿带闪锌矿的 $\delta^{34}\text{S}$ 为3.51‰~9.81‰,平均6.89‰;方铅矿的 $\delta^{34}\text{S}$ 为4.25‰~9.97‰,平均7.70‰, $\delta^{34}\text{S}$ 值略高于地幔硫的值,硫以岩浆硫为主,有少量海水硫酸盐硫的混入(马圣钊等,2012)。这些都说明,S同位素

研究表现出成矿流体由岩浆热液向岩浆热液+海水过渡的特征。

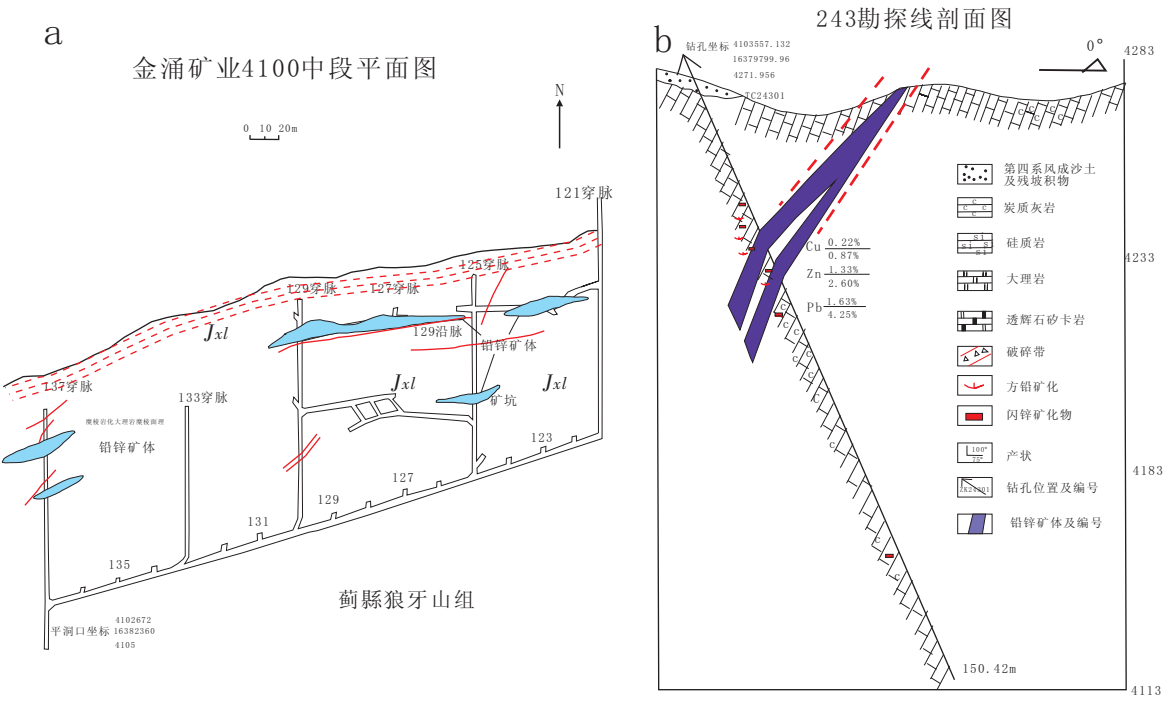
这些中酸性侵入岩在一定的围岩条件下常形成矽卡岩化,成矿作用较为明显,它们的年龄为239~219 Ma,辉钼矿Re-Os测定成矿年龄为230~225 Ma,因此中晚印支期为该区主要成矿期。受岩浆侵入作用及相关热液活动的控制和影响,矿床具有由中央岩体向四周扩展形成由高温向低温过度的成矿特征,岩体是形成该多金属矿床的极为关键因素。

综上所述,成矿矿地层、岩浆侵入活动和构造运动在一定时空关系中的叠加,是形成虎头崖矿田主要的成矿因素。

4 Ⅶ矿带典型矿床特征分析

Ⅶ矿带位于矿田区南侧虎头崖一带,矿带长度可达6~8 km,受近东西向构造控制,矿体主要产在中元古界狼牙山组与下石炭统大干沟组的断层接触蚀变带(图5a)内。矿带产状受F5脆韧性断层破碎带严格控制,矿体在深部主要为南倾(图5b),倾角近直立,局部地段浅部表现为北倾。在破碎蚀变带内,岩石地层普遍具有受脆韧性断层控制的特征。其中带内碳酸盐岩发生韧性变形,具揉皱构造、流状构造、壳褶皱等特征;具有韧性剪切带特征;糜棱面理近东西向;岩石具有后期破碎或破碎再胶结的特征。矽卡岩化蚀变强烈,主要以绿泥石化、绿帘石化、透闪石化、透辉石化为主;多金属矿化以闪锌矿化、方铅矿化为主,伴有黄铜矿化、孔雀石化、褐铁矿化。

综合研究认为,主矿体产出位置与叠加于先期韧性剪切带之上的脆性断裂有关,多见断层破碎带内呈团块状(图3k)、角砾状的铅锌矿体;同时亦有顺糜棱岩化大理岩的糜棱面理的铅锌矿化出现,应为韧性剪切带发育过程中的先期矿化,因此认为应当至少有2个成矿期次。前一期,即顺韧性剪切变形的糜棱面理发生的矿化,多为细脉状,断续发育,延伸不远;后一期应为主矿化期,即与脆性断裂发育有关的矽卡岩型铅锌矿化体。因此,Ⅶ矿带矿化类型表现为矽卡岩型+断裂破碎带热液型叠加型。从成矿特征来看,Ⅶ矿带成矿矿种与Ⅵ矿带Cu-Pb-Zn矿基本一致。



a. VII矿带东段4100中段平面图；b. VII矿带西段243勘探线剖面图

图5 虎头崖Ⅶ矿带矿体特征(据青海三勘院修改,2012)

Fig. 5 Orebody characteristics of the Ⅶ ore belt in the Hutouya orefield

5 结论

(1)虎头崖矿田内赋矿围岩、矿石及岩体均具有较高含量金属微量元素。说明地层中的金属元素预富集作用与成矿的关系密切,而结合对矿田成矿期次的认识,岩浆活动与成矿有着多阶段联系,包括印支期的矽卡岩化阶段和热液叠加改造阶段,其中二长花岗岩和石英斑岩为重要成矿岩体。成矿前一阶段形成矽卡岩,发生接触交代成矿作用;后一阶段为含矿热水、热液沿断裂破碎带叠加成矿作用,形成叠加富矿体。该矿床是典型的兼具矽卡岩型和热液叠加型的复合矿床。

(2)在虎头崖矿田,中晚印支期为主成矿期,矽卡岩化就形成于该阶段。该期中酸性岩体受地层及主要断裂的控制作用,侵位于不同的岩性段及构造复合部位,最终形成铁铜多金属矿床。

(3)矿田区内各个矿带成矿类型主要为矽卡岩型,受岩浆侵入作用和地层分布的控制和影响,矿床

具有由中央岩体(Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ矿带附近)向四周扩展形成由高温向低温过度的成矿特征。

(4)找矿标志:①地层:上石炭统锦敦苏组、下石炭统大干沟组及奥陶—志留系滩间山群与中酸性侵入岩接触带形成的矽卡岩是寻找矿化重要找矿部位。②构造:主矿体受侵入岩体接触带和近东西向断裂破碎带控制明显,在断裂构造复合部位、不同岩性接触部位,均是成矿有利部位,同时应注意南侧复式向斜构造的含矿。③矿化:褐铁矿化、磁铁矿化、孔雀石化、黄钾铁矾等是重要的直接找矿标志。④侵入岩:中晚印支期侵入岩体(枝)与地层的接触部位是成矿有利部位。

参考文献(References):

丰成友,王雪萍,舒晓峰,等. 青海祁漫塔格虎头崖铅锌多金属矿区年代学研究及地质意义[J]. 吉林大学学报, 2011,41(6):1806-1817.

FENG Chengyou, WANG Xueping, SHU Xiaofeng, et al.

- Isotopic Chronology of the Hutouya Skarn Lead-Zinc Polymetallic Ore District in Qimantage Area of Qinghai Province and Its Geological Significance[J]. Journal of Jilin University (Earth Science Edition), 2011, 41(6): 1806-1817(in Chinese).
- 张爱奎, 刘光莲, 丰成友, 等. 青海虎头崖多金属矿床地球化学特征及成矿-控矿因素研究[J]. 矿床地质, 2013, 32(1): 94-108.
- ZHANG Aikui, LIU Guanlian, FENG Chengyou, et al. Geochemical characteristics and ore-controlling factors of Hutouya polymetallic deposit, Qinghai Province [J]. Mineral Deposits, 2013, 32(1): 94-108(in Chinese).
- 丰成友, 赵一鸣, 李大新, 等. 青海西部祁漫塔格地区矽卡岩型铁铜多金属矿床的矽卡岩类型和矿物学特征[J]. 地质学报, 2011, 85(7): 1108-1115.
- FENG Chengyou, ZHAO Yiming, LI Daxin, et al. Skarn Types and Mineralogical Characteristics of the Fe-Cu polymetallic Skarn Deposits in the Qimantage Area, Western Qinghai Province[J]. Acta Geologica Sinica, 2011, 85(7): 1108-1115(in Chinese).
- 潘彤. 青海祁漫塔格地区铁多金属成矿特征及找矿潜力[J]. 矿产与地质, 2008, 22(3): 233-235.
- PAN Tong. Metallogenic characteristics and prospecting potential of the Fe polymetallic deposits in Qimantage area, Qinghai Province[J]. Mineral Resources and Geology, 2008, 22(3): 233-235(in Chinese).
- 李东生, 古风宝, 张海兰, 等. 青海省卡而却卡斑岩型铜矿地质特征及找矿意义[J]. 西北地质, 2012, 45(1): 174-183.
- LI Dongsheng, GU Fengbao, ZHANG Hailan, et al. Geological Characteristics of the Kaerqueka Porphyry Copper Deposit in Qinghai Province and Its Prospecting Significance[J]. Northwestern Geology, 2012, 45(1): 174-183 (in Chinese).
- 张晓飞. 东昆仑祁漫塔格地区虎头崖多金属矿床的成因探讨[D]. 长安大学, 2012.
- ZHANG Xiaofei. Discussion on cause of formation of Hutouya Polymetallic Ore District in Qimantage Area of Eastern Kunlun[D]. Chang'an University, 2012.
- 李欢. 青海虎头崖铅锌矿床地质特征及区域地质背景研究[D]. 长沙: 中南大学, 2011.
- LI Huan. Metallogenic characteristics and geological background of Hutouya lead-zinc deposit, Qinghai [D]. Chang sha: Central South University, 2011.
- 马圣钊. 青海祁漫塔格地区虎头崖铜铅锌多金属矿床蚀变矿化分带及成因[D]. 北京: 中国地质科学院, 2012.
- MAShengchao. Alteration-Mineralization Zoning and Metallogeny of Hutouya Copper-Zinc-Lead Polymetallic Ore Deposit, Qimantage Area, Qinghai Province[D]. Beijing: Chinese Academy of Geological Sciences, 2012.
- 高晓峰, 校培喜, 谢从瑞, 等. 祁漫塔格地区构造-岩浆作用与成矿[J]. 西北地质, 2011, 43(4): 119-123.
- GAO Xiaofeng, XIAO Peixi, XIE Congrui, et al. Discussion on Tectonic-Magmatic Process and Mineralization in the Qimantage Region[J]. Northwestern Geology, 2011, 43(4): 119-123(in Chinese).
- 胡杏花, 朱谷昌, 刘欢, 等. 祁漫塔格矿带虎头崖多金属矿床特征和成矿作用分析[J]. 地质与勘探, 2011, 47(2): 216-221.
- HU Xinghua, ZHU Guchang, LIU Huan, et al. Characteristics and Mineralization of the Hutouya Polymetallic Deposit in the Qimantage Metallogenic Belt[J]. Geology and Prospecting, 2011, 47(2): 216-221 (in Chinese).
- 李洪普. 东昆仑祁漫塔格铁多金属矿成矿地质特征与成矿预测[D]. 中国地质大学(北京), 2010.
- LI Hongpu. A Dissertation Submitted to China University of Geosciences for Doctoral Degree[D]. University of Geosciences, 2010.
- 张晓飞, 李智明, 陈博, 等. 东昆仑祁漫塔格地区滩间山群矽卡岩化成矿作用[J]. 西北地质, 2012, 45(1): 40-47.
- ZHANG Xiaofei, LI Zhiming, CHEN Bo, et al. The Contribution of the Tanjianshan Group Stratum to Skarnization in Qimantage Region, Qinghai Province[J]. Northwestern Geology, 2012, 45(1): 40-47(in Chinese).
- 刘云华, 莫宣学, 张雪亭, 等. 东昆仑野马泉地区矽卡岩矿床地质特征及控矿条件[J]. 华南地质与矿产, 2005, (3): 18-23.
- LIU Yunhua, MO Xuanxue, ZHANG Xueting, et al. Geological feature and ore-control condition of skarn type deposits in Yemaquan area, Eastern Kunlun[J]. Geology and Mineral Resources of South China, 2005, (3): 18-23

- (in Chinese).
- 李智明,薛春纪,王晓虎,等.东昆仑区域成矿特征及有关找矿突破问题分析[J].地质论评,2007,53(5):708-718.
- LI Zhiming,XUE Chunji,WANG Xiaohu,et al. Features of Regional Mineralization and Analysis of the Exploration Development in the Eastern Kunlun Mountains[J]. Geological Review, 2007, 53(5): 708-718(in Chinese).
- 马圣钊,丰成友,张道俊,等.青海虎头崖矽卡岩型多金属矿床蚀变矿化分带特征研究[J].矿床地质,2013,32(1): 109-121.
- MA Shengchao, FENG Chengyou, ZHANG Daojun, et al. Du Songjin. Alteration and mineralization zoning of Hutouya polymetallic deposit in Qimantage area, Qinghai Province[J]. Mineral Deposits, 2013, 32(1): 109-121(in Chinese).
- 伍跃中,乔耿彪,陈登辉.东昆仑祁漫塔格地区构造岩浆作用与成矿关系初步探讨[J].大地构造与成矿学,2011,35(2):233-242.
- WU Yuezhong, QIAO Gengbiao, CHEN Denghui. A Preliminary Study on Relationship between Tectonic Magmatism and Mineralization in Qimantage Area, Eastern Kunlun Mountains[J]. Acta Mineralogica Sinica, 2011, 35(2): 233-242(in Chinese).
- 杨兴科,晁会霞,吕古贤,等.金属矿田构造类型划分与找矿预测思路分析[J].矿物学报,2011, 31(s): 897-898.
- YANG Xingke, CHAO Huixia, LV Guxian, et al. Tectonic classification and thinking analysis for ore prospecting of Metallic ore field[J]. Acta Mineralogica Sinica, 2011, 31(s): 897-898(in Chinese).
- 陈正乐,陈柏林.地质力学矿田构造研究思路、步骤与实践[J].Chinese Journal Nature, 2012, 34(4): 208-215.
- CHEN Zhengle, CHEN Bailin. Thinking, Steps and Practice of Research on Ore-field Structure in Geomechanics[J]. Chinese Journal Nature, 2012, 34(4): 208-215(in Chinese).
- 王秉璋.区域地质调查报告 1:250000 布喀达坂峰幅[R].西宁:青海省地质调查院.2004.
- WANG Bingzhang. Regional geological survey 1: 250000 (Buka -dabanfeng) [R]. Xining: Qinghai Geological Survey Institute,2004.
- 舒晓峰,王雪萍,张雨莲,等.青海虎头崖地区多金属矿床成因类型的厘定及找矿方向[J].西北地质,2012,45(1): 165-173.
- SHU Xiaofen, WANG Xueping, ZHANG Yulian. et al. Determination of Multifarious Genesis and Prospecting of Polymetallic Metallogenic Deposit in Hutouya, Qinghai [J]. North western Geology, 2012, 45(1): 165-173(in Chinese).