

青海省祁漫塔格矿带虎头崖矿田构造控矿特征

刘渭¹ 杨兴科¹ 王守良² 江万³ 于恒彬¹ 何虎军¹

(1. 长安大学地球科学与资源学院, 陕西 西安 710054; 2. 青海省第三地质矿产勘查院, 青海 西宁 810029;
3. 中国地质科学院地质力学研究所, 北京 100081)

摘要:虎头崖矿田位于东昆仑西段祁漫塔格成矿亚带和整装勘查区内。笔者在矿田构造调研和室内多元信息研究分析的基础上,结合前人研究成果,从矿田构造角度探讨了该区矽卡岩成矿地质条件。通过对矿田内主要的构造特征进行总结,认为区内构造活动演化具有多期性,从华力西期—燕山期至少有5次构造运动。对矿田内近东西向、北东东向、北西西向和近南北向构造对成岩成矿的影响及控制作用作了详细分析,并初步分析了区内各级构造对成矿的控制和影响。认为:①近东西向断裂、褶皱和北东东向及北西西向断裂,为主要的控矿(布矿)构造,属成矿期构造,控制了各个矿床的空间分布;②近东西向、北东东向和北西西向次级断裂以及接触带构造,属成矿期的容矿(储矿)构造,控制了矿体的分布;③在矿田内近南北向断裂对岩石和矿体产生了改造作用,认为是成矿后构造;④自印支期以来,主要有两阶段的成矿作用,主要为矽卡岩矿床;⑤找矿构造标志:矿体受侵入岩接触带和近东西向及北东东向构造控制明显,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。这些认识将进一步指导深部及外围找矿工作部署工作。

关键词:祁漫塔格;虎头崖矿田;矿田构造;矽卡岩;构造控矿

中图分类号:P618.130.2 **文献标志码:**A **文章编号:**1000-3657(2014)01-0222-13

青海省祁漫塔格成矿带位于都兰三级成矿带(Ⅲ₁₁)西段,是近年来确立的青海省三轮成矿远景区划带及找矿靶区,为青海省十分重要的铜多金属成矿区带。本世纪初,该带相继发现了虎头崖、维宝、卡而却卡和尕林格等一系列多金属矿床,找矿工作取得历史性突破。值得一提的是,该区不仅是青海省重要的金属矿产基地,也被确定为中国十大新的战略资源接替基地之一,同时还设有中国首批找矿突破行动整装勘查区^[1-13],从而获得广泛关注。近年来,新疆祁漫塔格地区也显示出巨大的找矿潜力^[14-18]。

祁漫塔格地区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)。大地构造位置处于古亚洲与特

提斯构造域结合部位的东昆仑多岛弧盆造山系的西段。据区域构造演化,从北到南可以划分为4个三级成矿带:北祁漫塔格岩浆弧带、祁漫塔格结合带、北昆仑岩浆弧带、南昆仑俯冲消减带^[1-5]。成矿区带隶属秦祁昆成矿域、昆仑成矿省、东昆仑成矿带之祁漫塔格Fe-V-Ti-Au-Cu-Pb-Zn-岩盐成矿亚带^[4-7]。

虎头崖多金属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E91°30'~91°49',N37°02'~37°06'。矿田位于祁漫塔格山北坡,昆北断裂以南,那陵郭勒河断裂以北,属于祁漫塔格结合带(图1)^[1, 8-10]。该矿田内发育矽卡岩型多金属矿床,主要有Fe、Cu、Pb、Zn、Wu和Sn等矿种。

收稿日期:2013-04-06;改回日期:2013-10-21

基金项目:中国地质调查局工作项目(1212011220937)资助。

作者简介:刘渭,男,1987年生,硕士生,主要从事矿产普查与勘探方向的研究;E-mail:121357462@qq.com。

通讯作者:杨兴科,男,1961年生,博士,教授,主要从事矿田构造与成矿预测教学研究;E-mail:xky61@163.com。



图1 青海祁漫塔格矿带和虎头崖矿田构造单元划分略图

1—虎头崖矿田区;2—区域二级断裂;3—区域三级断裂;4—三级构造单元

Fig.1 Tectonic sketch map of Qimantage metallogenic belt and the Hutouya polymetallic ore field

1—Hutouya Orefield; 2—Regional Secondary fault structure; 3—Regional Third fault structure; 4—Third-order tectonic units

1 区域地质概况

区内出露的地层各个时代均有,但以元古宇、古生界和中生界为主,概括起来,可划分为4个构造层^[4,9,10,15,19]: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以奥陶系—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、缙敖苏组为主的上古生界构造层;④以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,从华力西期、印支期到燕山期为区域内构造演化的重要时期。NW向和近EW向深断裂将本区明显划分出不同的构造单元,NW向次级断裂是主要控岩、控矿构造,近EW向和NE向和向断裂控制着矿体,近SN向断裂大多显示为成矿后构造^[3,6,8,9]。

岩浆活动强烈,类型齐全(侵入岩、喷出岩,碱性—超基性和中酸性岩均有)且具活动时间长、多旋回性(中—新元古代、加里东、华力西、印支、燕山)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)^[9-11,20-22]。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。

2 矿床地质特征

2.1 矿田地层

虎头崖矿田出露地层具有南老北新的特点(图2),由老至新有:中元古界蓟县系狼牙山组(Jx1)、奥陶—志留系滩间山群(OS7)火山岩组、下石炭统大干沟组(C₁dg)、上石炭统缙敖苏组(C₂d)、上三叠统鄂拉山组(T₃e)等。与成矿有关的地层主要为狼牙山组上岩段(碳酸盐段Jx1^b)、滩间山群火山岩(OS7^b)、下石炭统大干沟组(C₁dg)和上石炭统缙敖苏组(C₂d)。

2.2 矿田构造

矿田区断裂构造以近东西向、北西西向、北东东向和近南北向为主,主要为F₁、F₂、F₃、F₄、F₅、F₆、F₇(图2)和F₂₁等。其中多条矿带赋存在这类断层破碎带中,说明这些断裂对成矿具有重要的控制作用;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,主要表现在虎头崖南侧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,主要有景忍背斜和狼牙山向斜,一般在背向斜轴部形成近东西向的压扭性断裂带,具有明显的控矿作用^[8-9,15,19-22]。

2.3 矿田岩浆岩

虎头崖矿田内岩浆侵入活动十分强烈,以中晚

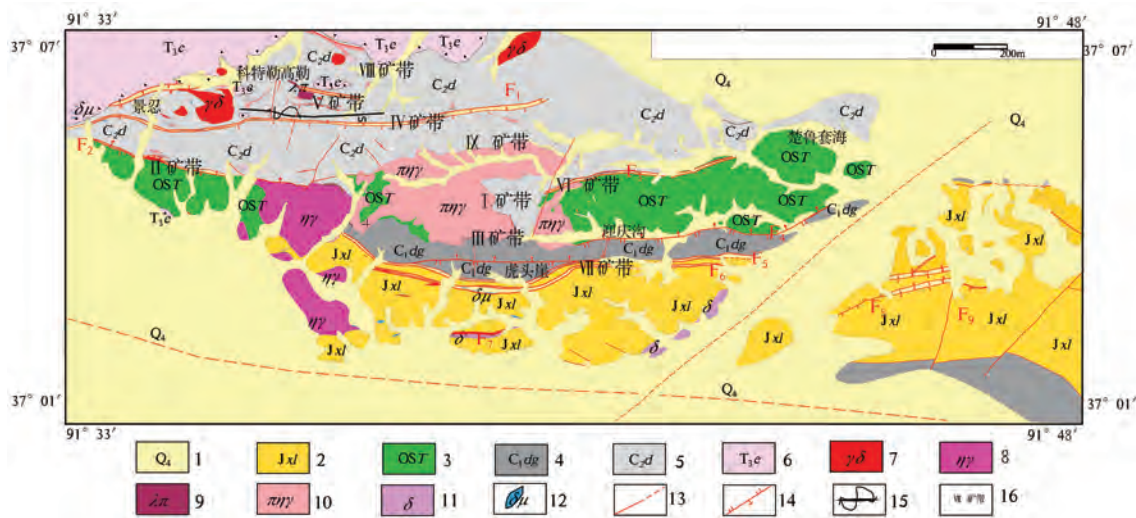


图2 虎头崖多金属矿田地质简图(据文献[9])

1—第四系;2—蓟县系狼牙山组;3—奥陶志留系滩间山群;4—下石炭统大干沟组;5—上石炭统缙敖苏组;
6—上三叠统鄂拉山组;7—花岗闪长岩;8—二长花岗岩;9—石英斑岩;10—似斑状二长花岗岩;11—闪长岩;
12—闪长玢岩脉;
13—推断断层;14—逆冲断层;15—褶皱;16—矿带

Fig.2 Simplified geological map of the Hutouya polymetallic ore field (after reference [9])

1—Quaternary;2—Langyashan Formation of Jixian System;3—Basalt of Cambrian—Ordovician Tanjianshan Group;4— Lower Carboniferous Dagangou Formation;5— Upper Carboniferous Diaosu Formation;6— Late Triassic Elashan Formation;7—Granodiorite;
8—Monzogranite;9—Quartz porphyry;10—Porphyritic monzogranite;11—Diorite;12—Diorite porphyry;13— Inferred fault;
14—Thrust fault;15— Fold;16—Ore belt

印支期中酸性岩为主,呈岩株状或脉状产出,岩性主要有浅肉红色二长花岗岩、灰白色花岗闪长岩、似斑状二长花岗岩和石英斑岩等。二长花岗岩呈岩株状分布于Ⅱ矿带南侧,侵入于滩间山群和缙敖苏组中,控制着Ⅱ矿带的分布;花岗闪长岩侵入于上石炭统缙敖苏组和上三叠统鄂拉山组中,与Ⅳ矿带北侧破碎蚀变带有关;似斑状二长花岗岩在北、西和南侧分别侵入于上石炭统缙敖苏组、奥陶—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;石英斑岩多成小岩株状或隐伏侵入于Ⅳ和Ⅴ矿带地层中,形成矽卡岩矿床(图2)。

2.4 矿田成矿特征

矿田内矿床类型主要为矽卡岩型,主要产自断裂、褶皱和岩体与地层接触带中。已发现大小矿体30多个,矿体最长可达1 km以上,最厚可达12 m,呈脉状、透镜体状、串珠状分布。矿石矿物成分有磁铁矿、闪锌矿、方铅矿、黄铜矿、黄铁矿、毒砂、磁黄铁矿、锡石等;非金属矿物有石榴石、透辉石、透闪石、硅灰石、云母、方解石、阳起石、绿泥石等。围岩蚀变主要发育有硅化、钠长石化、绿帘石化、绿泥

石化、黄铁矿化、角岩化、透闪石化、阳起石化、石榴石化、透辉石化、金云母化和大理岩化等。

3 矿田构造特征分析

矿田构造学是专门研究在矿田范围内控制矿床形成、改造和空间分布的地质构造要素的学科,构造不仅控制矿床形成,同时在很大程度上也影响着矿床的破坏与保存,矿体的形态、产状常由构造(断裂、褶皱、节理和岩性等)控制^[23-28]。虎头崖矿田内与成矿有关的构造主要有侵入岩接触带、断裂、褶皱和韧性剪切带等。

3.1 褶皱特征分析

在虎头崖矿田内,由北向南依次分布着两个主要的褶皱,分别是景忍背斜(图3-a)和狼牙山向斜(图4-a)。除此之外,尚有一些次级褶皱发育(图4-b)。

景忍背斜:背斜轴向近东西向,位于楚鲁套海高勒—景忍东Ⅳ矿带附近,长约2 km,北翼倾角40°左右,南翼50°~65°,枢纽向东缓倾伏,核部及翼部均为上石炭统缙敖苏组组成,背斜轴部形成近东西向的断裂破碎带,沿该断裂带石英斑岩脉(图3-a, 3-b)发生侵入作用,并形成侵入带构造和层间张性

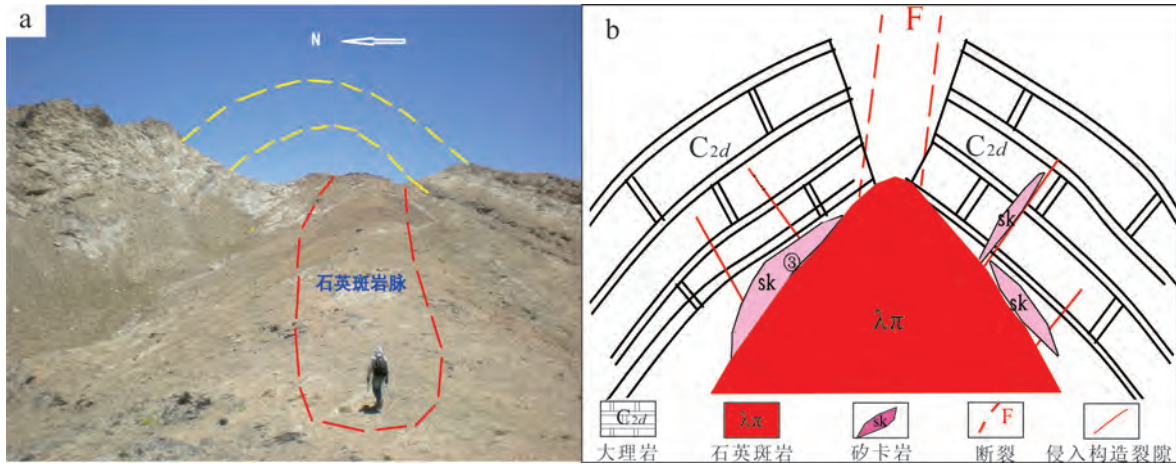


图3 景忍背斜特征及其示意图
Fig.3 Features of Jingren syncline

空间,属成矿期的导矿和容矿构造。热液沿接触带和伴生张裂隙附近形成砂卡岩,这些均与IV矿带和V矿带的具有直接成因关系。

狼牙山向斜:呈现为一复式向斜(图4-a),在VII矿带南侧初步测得北翼以向南陡倾为主,产状:160°~220°∠72°~88°,局部向北陡倾;而南翼北倾,初步获得产状:15°~20°∠40°~60°,通过实测剖面及路线调查,推测枢纽具有呈波状起伏弯曲,并向北东倾伏的特点。该复式向斜北起F₃断层,南至F₇附近。目前在向斜北翼的构造破碎带中已经发现了VII矿带,而F₇附近也存在一条近东西向断裂破碎带,最新钻孔资料也证实了砂卡岩型铅锌矿体的存在。

向斜两翼均可见发育多个轴迹近东西向的次级褶皱,常在不同岩性界面间出现层间扰曲。其中北翼所处的大干沟组和狼牙山组地层的断层接触带附近,岩层普遍发生糜棱岩化。通过平硐实测及钻孔资料,认为向斜应在接触带地层发生韧性变形之前,接受近南北向的挤压作用形成,且该向斜属成矿前构造。

3.2 断裂特征分析

虎头崖矿田是区域构造由NWW向近EW变化的转折部位,对矿化富集十分有利。矿田区内的断裂按照期次划分及展布方向主要有北西西向、近东西向、北东东向和近南北向断裂四组。并形成以近

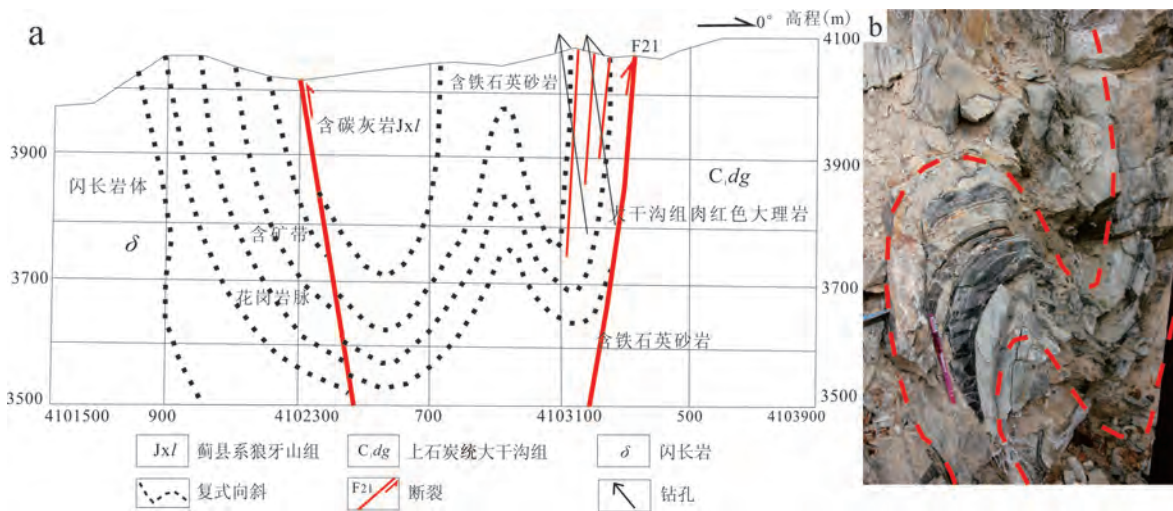


图4 狼牙山向斜特征(据文献[9])
Fig.4 Features of Langyashan syncline (modified after reference [9])

东西向、北东向和北东东为主的破碎蚀变矿化带,其中以Ⅱ、Ⅳ、Ⅴ、Ⅵ、Ⅶ和Ⅷ矿带较为典型,已知的 F_1 、 F_2 、 F_3 、 F_5 、 F_6 、 F_7 和 F_{21} 等一系列断裂均与这些矿带关系密切。

3.2.1 北西西向断裂特征

该组断裂受早期区域性北西西向大断裂控制明显,又因受后期多期次的构造叠加改造作用,局部由北西西逐渐转为近东西向。走向一般为 $280^\circ\sim 310^\circ$,主要为南倾,性质以压扭性、左旋扭动为主,这些断裂延伸具有蛇形弯曲特征,并被近东西向断裂错开。该组构造具有重要的导矿和控矿作用,其与Ⅱ矿带成矿关系密切。

F_2 断裂(图5-a)长度大于8 km,倾向南,倾角 60° 左右,断层表现为早期层间破碎带和后期逆冲断层。早期为发育于上石炭统蒺藜苏组与奥陶—志留系滩间山群火山岩组之间的层间破碎带,后期受近东西向左旋压扭性作用,而发生逆冲推覆,造成老地层超覆于新地层之上。从断层切割改造控制地层看,该组断层具多期活动性^[8-9,11]。该断裂为后期含矿热液提供运输通道,也成为矽卡岩形成的重要条件。该断裂带东段有较大面积的印支期二长花岗岩侵入,并有铜矿体、锡铁矿体以及数条矽卡岩带发育(图6-a);而中段与蒺藜苏组接触带上可见一条走向近东西向铜矿体和数个矽卡岩型铜铅锌矿化体,局部伴生有铜矿化,发育石榴石化、透辉石化、绿帘石化,绿泥石化、碳酸盐化,共圈定矿化体25条。

3.2.2 近东西向断裂特征

该组断裂是矿田内最为发育的断裂,主要由 F_1 、 F_5 、 F_6 和 F_7 以及一系列近东西向次级断裂组成,其也是矿田内与成矿关系最为密切的控矿构造和容矿构造。

F_1 分布在楚鲁套海高勒—景忍东,景忍背斜核部偏南侧,长度大于12 km,宽40~200 m,断层性质为压扭性逆冲断层(图5-b),断裂面倾向南,倾角 $60^\circ\sim 70^\circ$ 。 F_1 断裂破碎带主要切割改造地质体为上石炭统蒺藜苏组碳酸盐岩,西端止于印支期花岗闪长岩体,断裂带地貌上成线性山脊,带内岩石破碎,产状紊乱,见断层角砾岩、断层泥。

该断裂与Ⅳ矿带成矿关系密切,断带中断续发育破碎蚀变带和矽卡岩化(图6-b),同时伴有多金属矿化,多金属矿化强度与矽卡岩化强度呈正相关,矿物主要有透辉石、绿泥石、绿帘石、透闪石、石榴子石、方解石,矿化有黄铜矿化、方铅矿化、闪锌矿化、黄铁矿化、褐铁矿化、孔雀石化、铜蓝,目前已圈出铅锌多金属矿体7条。

F_5 位于狼牙山向斜的北翼,属于断层破碎带叠加的韧性断层(图7-a,b),断层带长大于8 km,断面普遍近于直立,以南倾为主,断层产状: $160^\circ\sim 190^\circ\angle 70^\circ\sim 85^\circ$ 。该断裂具有多期活动性,早期韧性剪切断层顺层(图7-c)发育于蓟县系的老地层与下石炭统新地层接触界面上,并且认为该韧性剪切带最初应为低角度顺层左行(图7-d)滑脱界面,即在老地层狼牙山组与新地层之间发生过顺层滑脱

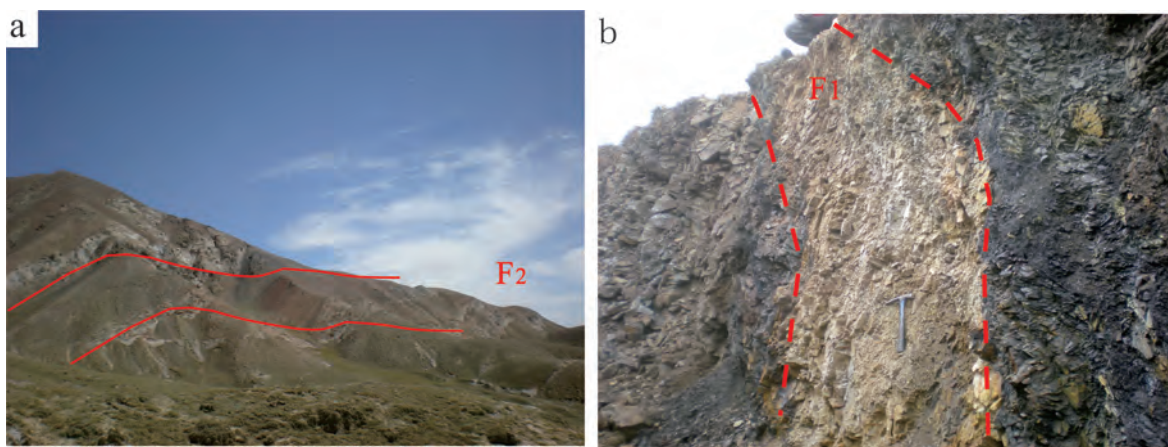


图5 F_1 、 F_2 断裂特征

Fig.5 Structural features of the F_1 and F_2 fault

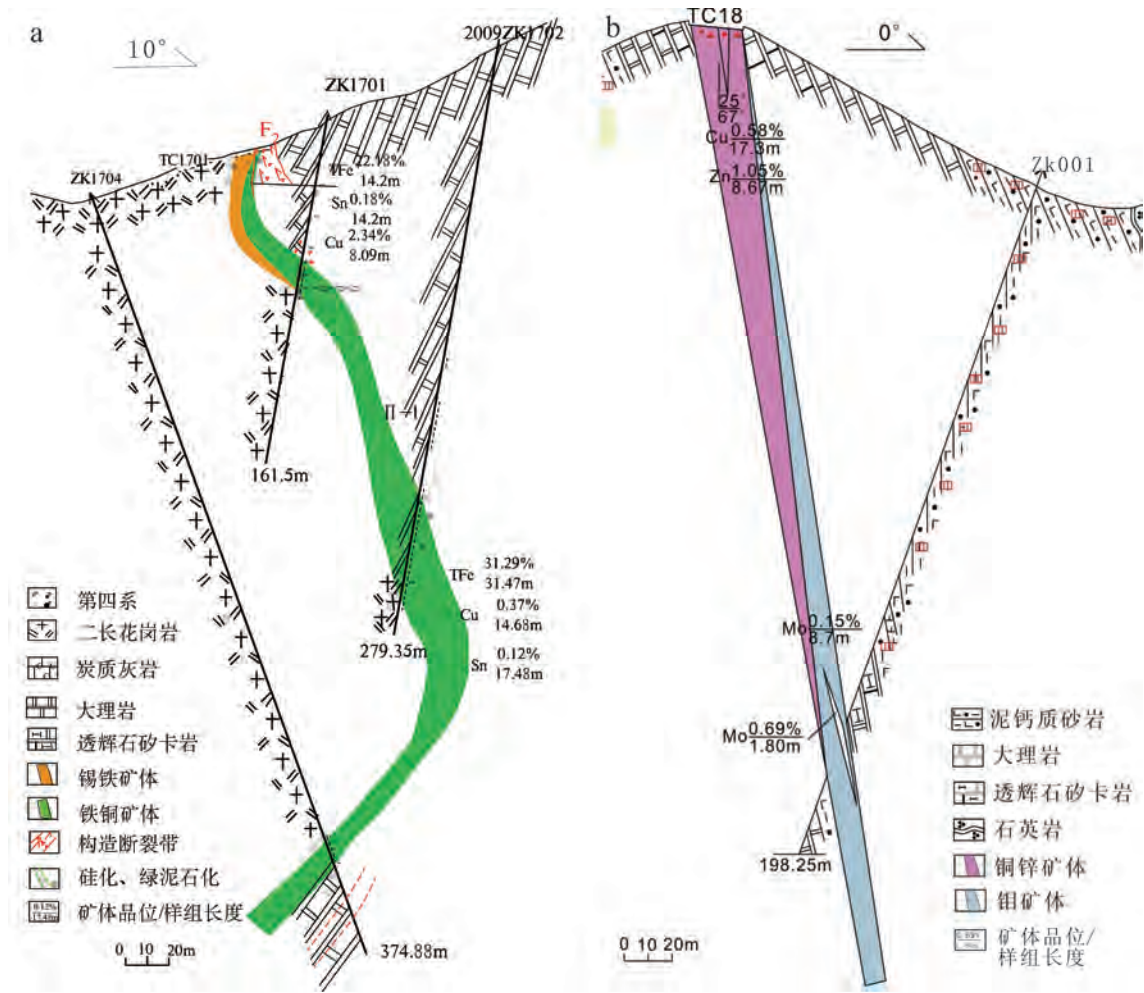


图6 虎头崖矿田 II 矿带和IV 矿带勘探线剖面图(据文献[9])

Fig.6 Exploration line along II ore belt and IV ore belt in the Hutouya ore field (modified after reference [9])

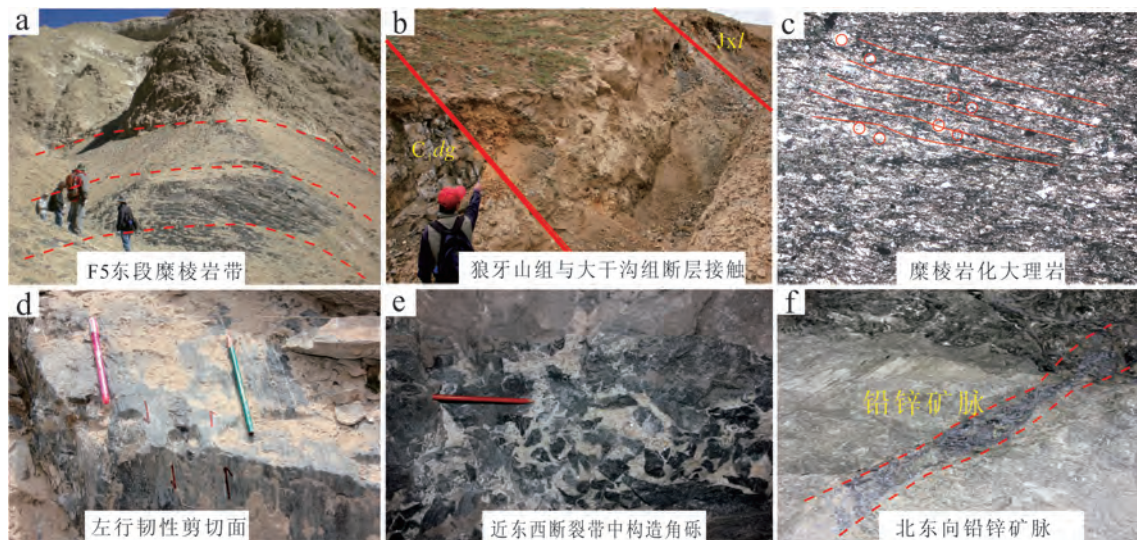


图7 F₅ 断裂特征

Fig.7 Structural features of F₅ fault

作用,这一作用使得老地层逐渐抬升并出露地表,并且在这一过程中部分地层被拉伸减薄乃至消失,所以造成现在的老地层狼牙山组与时代较新的大干沟组以韧性剪切带方式相接触的情况(图8)。之后,受到华力西中晚期区域挤压构造作用,引起狼牙山组地层向北的逆冲推覆,在新老两套地层之间形成了近东西向的断层破碎带,使接触面附近层理产状及糜棱面理发生改造,从而形成陡倾或直立的特点,断层附近断层角砾岩、断层三角面、陡崖、劈理和在平硐中发育的后期近东西构造破碎带(图7-e,f)叠加在韧性断层之上就是重要的证据。

F₆分布在F₅断裂以南,近东西展布的次级层间断裂,具有平移正断层的性质。该断裂倾向南东,倾角70°~85°,地貌反映差。通过观察研究认为,该断裂为发育于蓟县系狼牙山组碳酸盐岩与变质石英砂岩的层间破碎带,从断裂特征来看,推断其与F₅为同期,形成于华力西中晚期由南向北的逆

冲推覆作用。

VII矿带受F₅和F₆断裂控制明显,矿体呈多层状或脉状产出于断裂上盘的元古宇狼牙山群上岩组,矿化带东段矿体走向近东西,地表北倾,倾角75°~85°,延深50 m后改为南倾,倾角70°~85°。西段整个矿体走向已变为70°~250°,倾向南西,倾角75°~85°。通过对地表及平硐内岩相表现进行综合研究,已发现顺糜棱岩化大理岩的糜棱面理发育的矽卡岩型铅锌矿,以及后期近东西向脆性断裂带内呈团块状、角砾状的矽卡岩型铅锌矿体,因此认为在前期韧性变形和后期断裂破碎叠加之后,沿该构造带发生了第一期的矽卡岩化。而在这之后,又有晚期北东东向的断层破碎带叠加发生(图9-a),并产生强烈的矽卡岩化,形成VII矿带的主矿体(图7-f)。矿带内岩石破碎且矽卡岩化蚀变强烈,主要以绿泥石化、绿帘石化、透闪石化、透辉石化为主,同时带内岩石普遍具有小型揉皱等。多金属矿化(图10-

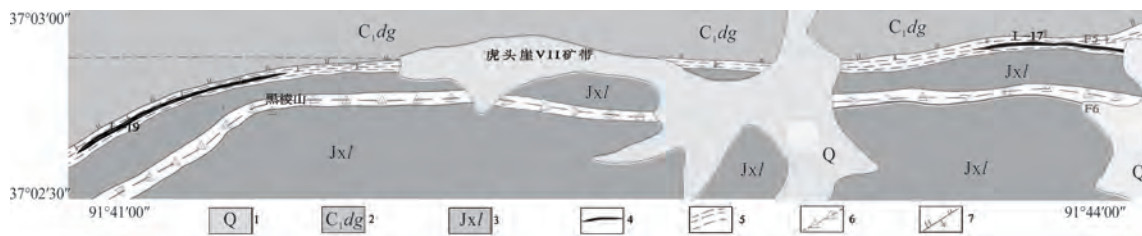


图8 VII矿带地质简图

1—第四系;2—下石炭系大干沟组;3—蓟县系狼牙山组;4—矿体;5—韧性变形带;6—破碎带;7—逆冲断层

Fig.8 Simplified geological map of the VII ore belt

1-Quaternary; 2-Lower Carboniferous Dagangou Formation; 3-Langyashan Formation of Jixian System; 4-Ore body; 5-Ductile deform; 6-Crushed zone; 7-Thrust fault

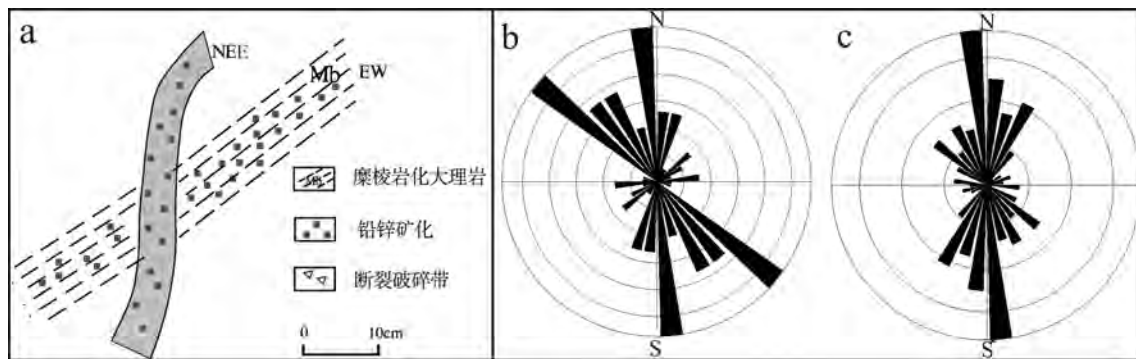


图9 VII矿带断裂特征

a—北东东向矿体叠加于近东西向矿体上;b,c—节理玫瑰花图

Fig.9 Structural features of the VII ore belt

a Nearly east-west is superimposed by north-east east orebody orebody; b, c-Rose diagram of joint

a)以闪锌矿化、方铅矿化、黄铜矿化、铅矾、孔雀石化、褐铁矿化为主,矿化富集程度不一,以铅锌为主。

为了揭示VII带内断裂构造的发展特征及规律,笔者对发育于主断裂两侧的节理测量数据进行统计分析,绘制节理走向玫瑰花图。对VII矿带中元古界狼牙山组地层实测节理进行统计投图(图9-b)分析,得到节理发育特征如下:节理走向以北西最为优势,约占10.86%,其次发育近南北向。对VII矿带早石炭世大干沟组实测节理进行统计(图9-c)分析,得到节理发育特征如下:节理走向以近南北向最为优势,约占10.49%,其次发育北东向和北西向。综合分析研究认为,从不同时代地层所受应力场的不同,结合以上对VII矿带节理产状的分析,认

为发育于华力西—印支期的北西向和北东向节理属稍早期,而南北向的节理属最晚期,属于成矿后构造。

3.2.3 北东东向断裂特征

F₃断裂分布于迎庆沟北侧一带,断层性质目前推断为逆冲断层,走向北东东向60°~80°,南东倾。该断裂发育在印支期钾长花岗岩与上石炭统缙敖苏组大理岩夹碎屑岩及滩间山群凝灰岩夹硅质岩接触部位上,目前认为是控制VI矿带矽卡岩矿床(图10-b)的主控断裂。

F₄断裂长约5 km,走向260°~270°,断面北倾,为压性断层。为奥陶志留系滩间山群和下石炭统大干沟组边界,在断层两侧附近地层可见十分强烈的破碎角砾化和被方解石脉重新胶结的现象,从接触带断裂

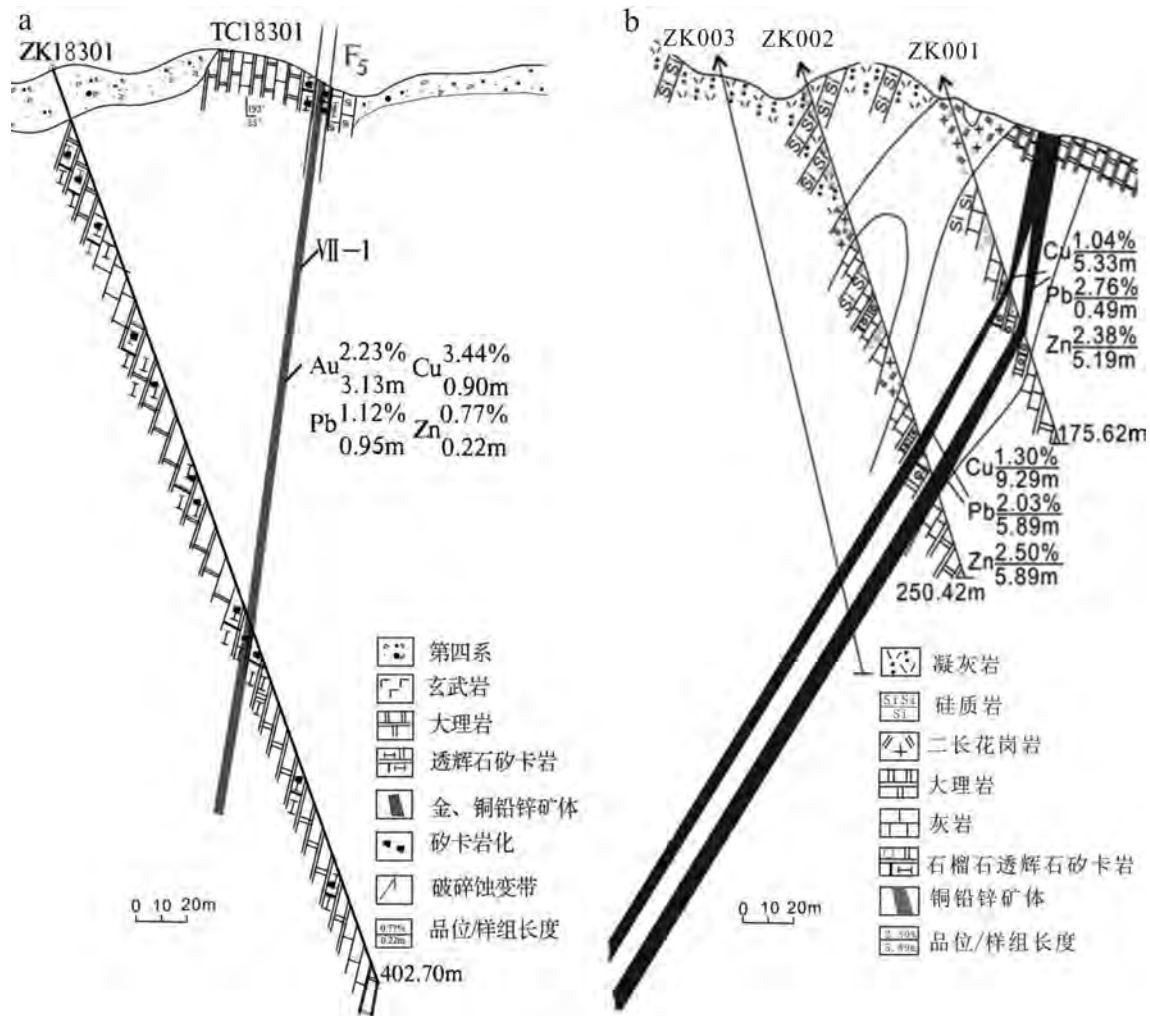


图10 虎头崖矿田VII带和VI矿带勘探线剖面图(据文献[9])

Fig.10 Exploration line along VII ore belt and VI ore belt in the Hutouya ore field (modified after reference [9])

特征和碎裂化的分布趋势来看,认为该断裂在滩间山群地层逆冲推覆于大干沟组地层之上时形成的。

F₂₁断层走向 60°~80°,倾向 150°~170°,倾角 45°~80°,浅部较陡,向深部逐渐变缓,断层具有逆冲挤压性质。其发育于Ⅶ矿带东段至巴音郭勒河,目前地表并未发现,但在平硐和钻孔中都可以确定该断裂的存在,北东东向矿体发育于断裂上盘蓟县系狼牙山组地层中,其为叠加在近东西向矿化体的后期矿体(图 11)。所以综合认为Ⅶ矿带矿化类型表现为矽卡岩型+断控矽卡岩型叠加。

3.2.4 近南北向断裂特征

该断裂组在矿田内广泛分布,走向为 345°~15°,倾向多为西倾,倾角 55°~85°,表现为一系列近南北向右旋的平移走滑断层和张性裂隙。大量的观察统计表明,该断裂具有至少两期活动。早期为近南北向的右行压扭作用,表现为密集排列的劈理发育,在矿田内由南侧至北侧具有变强的趋势;晚期转换为近南北向的左旋张扭性断裂。该断裂为矿田区内最晚期断裂,为成矿后构造,对各个地质体具有改造作用。

3.3 接触带特征分析

矽卡岩矿床产在中到酸性侵入岩与围岩的接触带中,接触带构造通常是含矿熔浆或热液运移和富集的有利地带,尤其是富矿石的产出场所,同时

接触带构造对矿床的矿体空间位置、矿体的形态、产状、规模、内部结构以及矿化类型起着决定性作用^[27, 28, 30]。在矿田内,Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅴ、Ⅵ、Ⅷ和Ⅸ带均有接触带构造控制的矽卡岩发育,特别是在Ⅰ、Ⅲ、Ⅴ矿带其成为主导的控矿和容矿构造。中晚印支期岩体与各个地层碳酸盐岩接触构造对成矿的控制作用,表现为由中心到外侧,从北到南,从深至浅,接触面倾角由陡变缓,控制了矽卡岩型矿床的具体空间位置。岩体的底辟和超覆作用及其滑裂岩带在矿田内也有发育,其派生的各种裂隙、断层、层间滑动是导矿、矿液渗滤、交代及储矿的重要构造。从矿带的矽卡岩发育程度来看,这些中酸性岩体或岩脉与围岩的接触构造往往控制着蚀变和矿化程度,顶部与有利围岩接触时,蚀变和矿化强;围岩层面与岩体界面产状反向截接时有利于成矿;围岩层面与岩体界面同向倾斜时成矿较差。

4 矿田构造与成矿关系分析

根据构造与成矿的时序关系,可以将地质构造划分为成矿构造、成矿前构造与成矿后构造;根据地质构造在矿液流动与堆积中所起的作用,可以将地质构造划分为导矿构造、布矿构造与容矿构造^[28-31]。这些对成矿有着不同影响的构造同属于一个构造体系或分别属于几个构造体系,是一定的构造应力

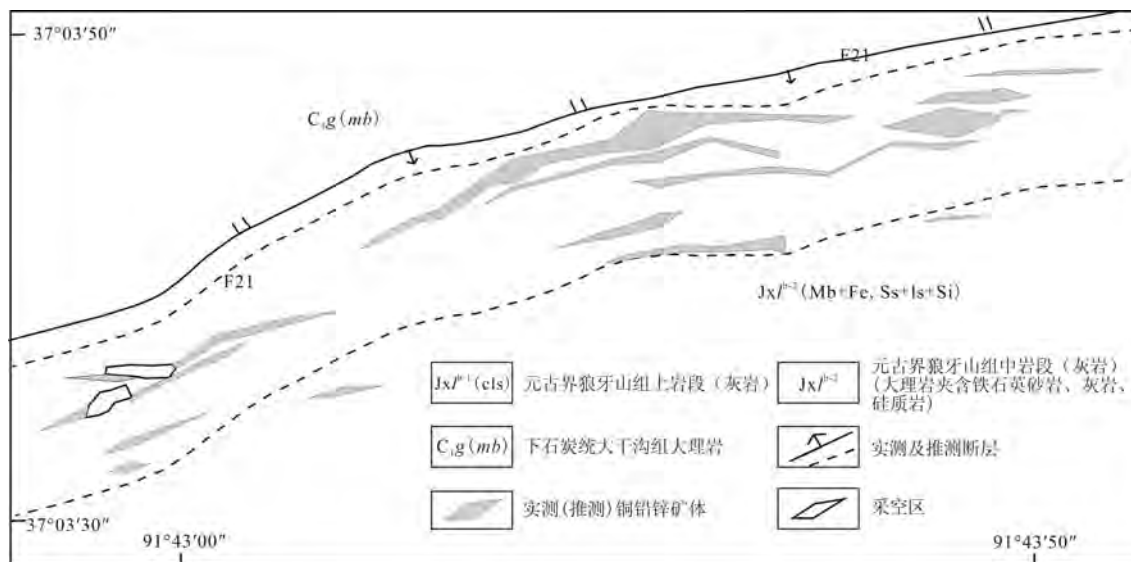


图 11 Ⅶ矿带 4100 中段矿体分布图

Fig.11 Ore body distribution at 4100 level of the Ⅶ ore belt

表1 虎头崖矿田主要矿床类型一览
Table 1 Main ore deposit types in Hutouya orefield

矿带	控矿构造	矿体形态	成矿类型	矿化类型
I	大下沟组地层与岩体接触带	条带状、脉状、透镜状	矽卡岩型	Fe
II	NWW 向断裂及接触带	条带状, 局部膨大缩小	矽卡岩型	Fe、Zn、Cu、Sn
III	缩敖苏组与岩体接触带	条带状、脉状	矽卡岩型	Fe
IV	近EW 向及NWW 向断裂破碎带	条带状, 局部波状	热液矽卡岩型	Cu、Zn、Pb
V	近EW 向及NWW 向断裂破碎带	条带状	矽卡岩型	Cu、Zn、Pb
VI	NEE 向断裂破碎带	条带状	矽卡岩型	Pb、Cu、Zn
VII	近EW 向韧性变形带及NEE 向断层	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	NWW 向断裂破碎带	条带状, 透镜状	矽卡岩型	Pb、Zn、Cu

场作用下的产物。虎头崖矿田内近东西向、北东东向和北西西向断裂构造以及构造复合部位、岩体接触带、不同岩性的接触部位是成矿的有利部位。矿田区内主要矿床特征见表1。

断裂构造控制着岩体及岩浆热液晚期阶段含矿流体的运移,使深部成矿物质沿贯通的断裂构造不断地向浅部运移并富集成矿,如II、IV、V蚀变矿化带。构造复合部位控制成矿如VII矿带,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及北东东向构造变动的改造作用,再有后期岩浆热液的叠加,使原有的层状矿体沿走向在裂隙系统进行改造再富集成矿。岩体接触带控制成矿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,为矿液运移沉降提供有利空间,II矿带局部具有这些特征,并表现出矽卡岩化的特点。

矿田构造总体呈近东西、北西西向、北东向和南北向展布,由F₁、F₂、F₃、F₄、F₅、F₆、F₇和F₂₁断裂及狼牙山向斜、迎庆沟向斜和景忍背斜组成,其构成了矿田的构造骨架。构造分级控矿作用明显,不同规模 and 不同级次的构造,分别控制了矿田、矿床、矿体和矿脉。综合分析矿田控矿构造,认为矿田中构造主要有:①近东西向断裂、褶皱和北东东向及北西西向断裂,为主要的控矿(布矿)构造,属成矿期构造,控制了各个矿床的空间分布;②近东西向和北东东向次级断裂以及接触带构造,属成矿期的容矿

(储矿)构造,控制了矿体的分布;③在矿田内近南北向断裂对延时和矿体产生了改造作用,认为是成矿后构造。

5 结论

虎头崖矿田是青海祁漫塔格矿带北西西向转为近东西向构造的复合部位和印支期岩浆活动显著叠加部位,有利于矿田多金属成矿作用的发生。

(1)构造活动具有多期性,从华力西期—燕山期至少有5次构造运动。第一期为北西西向断裂组,与区域性构造方位一致;第二期为近东西向左行韧性剪切变形;第三期为近南北向挤压作用形成的近东西向压扭性断裂组和褶皱,对成矿贡献重要,局部形成逆冲推覆构造,属矿田的控矿构造;第四期为北东东向断裂组,发育逆冲断层,是该区成矿期重要的控矿构造;最晚期为近南北向右行压扭性断裂和左行张扭性断裂,为成矿后构造。

(2)印支期以来,矿田区内成矿至少有2个阶段,成矿类型主要为矽卡岩型。其中第一阶段为中晚印支期的中酸性侵入体或含矿热液沿近东西向断裂组上侵与围岩相接触,形成矽卡岩矿床;第二阶段为晚印支—早燕山期的岩浆活动携带含矿热液在北东向和近东西向断裂内再次堆积富集,形成矿体。

(3)构造标志:主矿体受近东西向、北东东向,其次为北西西向断裂和侵入体接触带控制明显,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。

参考文献(References):

- [1] 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(地球科学版), 2011, 41(6): 1814-1815.
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): 1814-1815 (in Chinese with English abstract).
- [2] 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): 1109-1117.
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): 1109-1117 (in Chinese with English abstract).
- [3] 丰成友, 李东生, 吴正寿, 等. 东昆仑祁漫塔格成矿带矿床类型、时空分布及多金属成矿作用[J]. 西北地质, 2010, 43(4): 10-17.
Feng Chengyou, Li Dongsheng, Wu Zhengshou, et al. Major types, time space distribution and metallogenesis of polymetallic deposits in the Qimantage Metallogenic Belt, Eastern Kunlun Area[J]. North Western Geology, 2010, 43(4): 10-17 (in Chinese with English abstract).
- [4] 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 with English abstract).
- [5] 潘彤, 罗才让, 伊有昌, 等. 青海省金属矿产成矿规律及成矿预测[M]. 北京: 地质出版社, 2006: 4-25.
Pan Tong, Luo Cairang, Yi Youchang, et al. Metallogenic Laws and Prospecting of Metal Deposits in Qinghai Province[J]. Beijing: Geological Publishing House, 2006: 4-25 (in Chinese with English abstract).
- [6] 潘彤, 孙丰月, 李智明, 等. 青海省东昆仑钴矿成矿系列研究巨[M]. 北京: 地质出版社, 2005: 25-45.
Pan Tong, Sun Fengyue, Li Zhiming, et al. Study on Metallogenic Series of Cobalt Deposits in Eastern Kunlun Orogenic Belt[M]. Beijing: Geological Publishing House, 2005: 25-45 (in Chinese with English abstract).
- [7] 李东生, 古凤宝, 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. Geologic characteristics of the Kaerqueka porphyry copper deposit in Qinghai Province and its prospecting significance[J]. Northwestern Geology, 2012, 45(1): 174-183 (in Chinese with English abstract).
- [8] 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]. 西安: 长安大学, 2012.
Zhang Xiaofei. Discussion on Cause of Formation of Hutouya Polymetallic Ore District in Qimantage Area of Eastern Kunlun[D]. Xi'an: Chang'an University, 2012 (in Chinese with English abstract).
- [9] 青海省第三地质矿产勘查院. 青海省茫崖镇虎头崖地区多金属矿普查2005—2010年工作总结及2011年工作安排[R]. 2011. The Third Exploration Institute of Geology and Mineral Resources of Qinghai Province. The Census Work Summary in 2005-2010 and Working Arrangement of 2011 of Hutouya Polymetallic Ore District in Mangya Town Region of Qinghai Province[R]. 2011 (in Chinese with English abstract).
- [10] 马圣钞. 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.
Ma Shengchao. 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 (in Chinese with English abstract).
- [11] 王松, 丰成友, 李世金, 等. 青海祁漫塔格卡尔却卡铜多金属矿区花岗闪长岩锆石 SHRIMP U-Pb 测年及其地质意义[J]. 中国地质, 2009, 36(1): 74-84.
Wang Song, Feng Chengyou, Li Shijin, et al. Zircon SHRIMP U-Pb dating of granodiorite in the Kaerqueka polymetallic ore deposit, Qimantage mountain, Qinghai Province, and its geological implications[J]. Geology in China, 2009, 36(1): 74-84 (in Chinese with English abstract).
- [12] 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, 2010, 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, 2010, 43(4): 119-123 (in Chinese with English abstract).
- [13] 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): 216-222.
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): 216-222 (in Chinese with English abstract).
- [14] 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. Metallogenic Geological Characteristics and Metallogenic Prediction of Qimantage Iron and Polymetallic Deposit of East Kunlun Mountain[D]. Beijing: China University of Geosciences, 2010 (in Chinese with English abstract).
- [15] 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.
- [16] 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 with English abstract).
- [17] 刘云华. 东昆仑祁漫塔格地区多金属成矿作用及其与花岗岩的关系[D]. 北京: 中国地质大学, 2004.
Liu Yunhua. The Polymetallic Mineralization and its Related Granites in Qimantage, Eastern Kunlun China[D]. Beijing: China University of Geosciences, 2004(in Chinese with English abstract).
- [18] 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]. 地质评论, 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 with English abstract).
- [19] 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. Alteration and mineralization zoning of Hutouya polymetallic deposit in Qimantage area, Qinghai Province[J]. Mineral Deposits, 2013, 32(1): 109-121 (in Chinese with English abstract).
- [20] 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]. Geotectonica et Metallogenia, 2011, 35(2): 233-242 (in Chinese with English abstract).
- [21] 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 (Bukadabanfeng) [R]. Xining: Qinghai Geological Survey Institute, 2004(in Chinese).
- [22] 李文渊. 祁漫塔格找矿远景区地质组成及勘查潜力[J]. 西北地质, 2010, 43(4): 2-10.
Li Wenyuan. The geological composition and metallogenetic prospect in the Qimantage prospective region, East Kunlun[J]. Northwestern Geology, 2010, 43(4): 2-10(in Chinese with English abstract).
- [23] 杨兴科, 姬金生, 张连昌, 等. 东天山大型韧性剪切带基本特征与金矿预测[J]. 大地构造与成矿, 1998, 22(3): 209-218.
Yang Xingke, Ji Jinsheng, Zhang Lianchang, et al. Basic features and gold prognosis of the regional ductile shear zone in eastern Tianshan[J]. Geotectonica et Metallogenia, 1998, 22(3): 209-218 (in Chinese with English abstract).
- [24] 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 with English abstract).
- [25] 陈宣华, 陈正乐, 杨农. 区域成矿与矿田构造研究[J]. 地质力学学报, 2009, 15(1): 1-19.
Chen Xuanhua, Chen Zhengle, Yang Nong. Study on regional mineralizations and ore field structures: Building of mineralizing tectonic systems[J]. Journal of Geomechanics, 2009, 15(1): 1-19 (in Chinese with English abstract).
- [26] 陈正乐, 陈柏林. 地质力学矿田构造研究思路、步骤与实践[J]. 自然杂志, 2012, 34(4): 208-215.
Chen Zhengle, Chen Bailin. Thinking, steps and practice of research on ore-field structure in geomechanics[J]. Chinese Journal of Nature, 2012, 34(4): 208-215(in Chinese with English abstract).
- [27] 梁景时, 漆富勇, 胡论元, 等. 江西安远园岭寨矿区铂矿床地质特征及矿床成因探讨[J]. 中国地质, 2012, 39(5): 1327-1338.
Liang Jingshi, Qi Fuyong, Hu Lunyuan, et al. Geological characteristics and genesis of the Yuanlingzhai molybdenum deposit in Anyuan, Jiangxi Province[J]. Geology in China, 2012, 39(5): 1327-1338(in Chinese with English abstract).
- [28] 石洪召, 张林奎, 任光明, 等. 云南麻栗坡南秧田白钨矿床层控似矽卡岩成因探讨[J]. 中国地质, 2011, 38(3): 673-681.
Shi Hongzhao, Zhang Linkui, Ren Guangming, et al. The genesis of skarnoid from the Nanyangtian stratabound scheelite deposit in Malipo, Yunnan Province[J]. Geology in China, 2011, 38(3): 673-681(in Chinese with English abstract).
- [29] 齐钊宇, 张志, 祝新友. 湖南黄沙坪钨钼多金属矿床矽卡岩地球化学特征及其地质意义[J]. 中国地质, 2012, 39(2): 339-349.
Qi Fanyu, Zhang Zhen, Zhu Xinyou. Skarn geochemistry of the Huangshaping W-Mo polymetallic deposit in Hunan and its geological significance[J]. Geology in China, 2012, 39(2): 339-349(in Chinese with English abstract).
- [30] 张爱奎, 莫宣学, 李云平, 等. 青海西部祁漫塔格成矿带找矿新进展及其意义[J]. 地质通报, 2010, 29(7): 1062-1074.
Zhang Aikui, Mo Xuanxue, Li Yunping, et al. New progress and significance in the Qimantage metallogenic belt prospecting, western Qinghai, China[J]. Geological Bulletin of China, 2010, 29(7): 1062-1074(in Chinese with English abstract).
- [31] 孙忠实, 刘四川, 郑常青. 大兴安岭柴一磨地区控矿构造特征及赋矿规律[J]. 中国地质, 2013, 40(2): 529-538.
Sun Zhongshi, Liu Sichuan, Zeheng Changqin. The ore-control structural features and ore-host regularity of Chaihe-Moguoqi area in the Da Hinggan Mountains[J]. Geology in China, 2013, 40(2): 529-538(in Chinese with English abstract).

Characteristics of ore-controlling structures of the Hutouya orefield in the Qimantage metallogenic belt, Qinghai Province

LIU-wei¹, YANG Xing-ke¹, WANG Shou-liang², JIANG -Wan³,
YU Heng-bin¹, HE Hu-jun¹

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

2. Third Exploration Institute of Geology and Mineral Resources in Qinghai Province, Xining, 810029, Qinghai, China;

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

Abstract: Located in the Qimantag metallogenic subzone and monoblock exploration area, the Hutouya polymetallic ore field belongs to the west segment of East Kunlun Mountains. Based on field investigation of structures and multiple-information analysis as well as previous research results obtained in the ore field, the authors summarized main characteristics of ore-controlling structures, discussed the ore-forming geological conditions from the angle of ore field structure, and analyzed the influence of the nearly EW-, NE- and NWW-trending fractures on the ore belt. The difference between structures of various orders was analyzed in the aspect of their roles in mineralization. Some conclusions have been reached based on a comprehensive analysis: ① Nearly EW, NE- and NWW-striking fractures constitute the main ore-controlling structure and control the spatial distribution of the ore deposits; ② Nearly EW-, NE- and NWW-striking secondary fractures and intrusive contacts belong to the metallogenic epoch and control the distribution of Fe-Cu polymetallic ore bodies; ③ Ore bodies were reformed by NE- and nearly SN-striking fractures; ④ Since the Indosinian period, there have been skarnization mineralization stage and hydrothermal reformation stage related to fault-fractures; ⑤ As for ore-searching directions, the intrusive contact structure, the nearly EW-trending faulted structures, the intersections of faults and the contact areas between different lithological characters are favorable metallogenic areas.

Key words: Qimantag; Hutouya orefield; ore field structure; skarn; ore-controlling structure

About the first author: LIU Wei, male, born in 1987, master candidate, majors in the study of mineral resource prospecting and exploration; E-mail: 121357462@qq.com.

About the corresponding author: YANG Xing-ke, male, born in 1961, doctor, professor, mainly engages in the teaching and study of ore field structure and metallogenic prognosis; E-mail: xky61@163.com.