

文章编号: 1009-6248(2006)02-0078-18

北山造山带的基本成矿特征

杨合群¹, 李英¹, 杨建国¹, 李文明¹, 杨林海¹, 赵国斌¹
叶得金², 赵彦青², 赵建国², 沈存利³, 王新亮³, 苏新旭³

(1. 西安地质矿产研究所, 陕西 西安 710054; 2. 甘肃地质调查院, 甘肃 兰州 730050;)
3. 内蒙古地质调查院, 内蒙古 呼和浩特 010010)

摘要: 北山造山带位于塔里木板块北部边缘, 属于古亚洲构造区南带天山-兴安造山带中西段。区域地壳结构有基底结晶岩系(新太古界)和褶皱岩系(中新元古界), 盖层为古生界, 自上震旦统至二叠系基本连续出露。构造形态为一系列总体东西向向北突出的弧形大断裂分割的断块, 断块内褶皱强烈。岩浆活动频繁, 岩石类型复杂, 花岗岩类可明显分出 S、I 型, 基性-超基性岩可分出铁质和镁质, 火山岩具裂谷火山岩特征, 具有数条蛇绿杂岩, 表明具有较好的成矿环境。本区矿床可分 7 大类: ①与中酸性侵入岩有关热液矿床; ②与火山岩有关热液矿床; ③沉积变质矿床; ④沉积矿床; ⑤喷气沉积-改造矿床; ⑥与基性-超基性岩有关岩浆矿床; ⑦热液再造矿床。根据本区的成矿地质背景, 包括地质条件、矿床分布、矿化分带性、遥感蚀变异常、地球化学异常及地球物理特征等, 提出 10 个找矿远景区。

关键词: 北山造山带; 成矿特征; 找矿方向

中图分类号: P612 文献标识码: A

北山成矿带是我国西北固体金属矿产主要资源地之一, 已发现铜—多金属、铜镍、富铅锌、铀、优质锰等矿产地几十处, 近年来又发现了有潜力的钨矿, 已成为西北地区一个重要资源远景区。尤其是近五年来, 在相邻成矿带相继发现了一些超大型、大型矿床, 如蒙古国的塔林金矿、Oyu-Tolgoi 斑岩型铜矿, 东天山成矿带的土屋-延东斑岩型铜金矿、黄山铜镍矿等, (陈毓川, 1999; 张洪涛, 2004)。

研究区范围为甘蒙北山, 包括甘肃省最西北的酒泉地区北部和内蒙古自治区最西端额济纳旗的西部, 西与新疆维吾尔自治区相接, 北与蒙古国为邻, 面积约 13 万 km²。

1 成矿地质背景

甘蒙北山(以下简称北山地区)处于三大板块

——西伯利亚板块、俄罗斯板块和塔里木-中朝板块之间的古亚洲构造区, 位于该区南带天山-兴安造山系的中段, 靠近塔里木-华北陆块北部边缘的东天山—新疆北山—甘蒙北山—雅干地区。该区跨越了 4 个造山带, 即北天山造山带、中天山造山带、北山-雅干造山带和南天山造山带(左国朝等, 1990; 龚全胜等, 2002; 汤中立等, 2002)。

1.1 地层与沉积建造

区内出露地层最老的太古宇—古元古界敦煌群(Ar Pt₁ D₂), 为一套自高绿片岩相至超变质混合岩相的中深变质岩系, 构成了地壳结构的变质基底, 变质岩 Sm-Nd 全岩同位素年龄为 2 956.53~2 203 Ma(左国朝等, 1990; 魏志军等, 2004), 原岩为陆源碎屑岩-基性火山岩系, 见 TTG 岩。其上为中新元古界(Pt₂₋₃)长城系、蓟县系、青白口系等, 为

收稿日期: 2006-02-18; 修回日期: 2006-04-12

基金项目: 中国地质调查局“北山成矿带找矿重大疑难问题研究”项目(200310200021)

作者简介: 杨合群(1953-), 男, 山西闻喜人, 研究员, 矿床地质专业。通讯地址: 710054, 西安市友谊东路 438 号, 西安地质矿产研究所; 电话 029-87821936; Email: Xayhequn@cgs.gov.cn。

①文中的年代学数据大部分来源于“全国 1:50 万地质图数据库”。

一套浅变质岩系, 变质相低绿片岩-低角闪岩相, 构成了本区的褶皱基底, 变质岩 Sm-Nd 全岩等时线年龄 $1\ 622.6 \sim 1\ 403\ \text{Ma}$ (何世平等, 2002, 2004), 原岩为浅、滨海相陆源碎屑岩-泥岩-碳酸盐岩夹火山岩, 有一定沉积旋回。古生界盖层自上震旦统至二叠系基本是连续沉积, 沉积建造有早古生代的海相到晚古生代的海陆交互相, 最后为陆相。早古生代构造环境为板块分裂-离散期至会聚早期, 出现陆内裂谷、被动大陆边缘、活动大陆边缘、岛弧系等环境, 形成了下震旦统冰碛岩之上的上震旦统镁质碳酸盐岩建造、寒武系含磷硅质岩-碎屑岩建造、下奥陶统硅质岩-浊积岩建造、中上奥陶统火山岩-碎屑岩-碳酸盐岩建造及志留系巨厚火山岩-泥质碎屑岩-碳酸盐岩建造, 发育于火山弧和弧后盆地。晚古生代进入了洋盆闭合期, 边缘海-陆缘海中发生伸展, 出现了裂陷槽沉积建造, 包括泥盆系陆源碎屑岩-中酸性火山岩建造和石炭系浅海相火山岩-深水硅岩-碎屑岩-碳酸盐岩建造, 最晚在板内发生了裂谷和陆缘断裂的再次走滑, 形成海陆交互相-陆相火山岩-碎屑岩建造 (张国英, 2006)。中生界主要出露的为陆相沉积建造, 如山麓-河湖相砾岩-碎屑岩建造, 湖相泥砂岩夹煤系, 红色砂砾岩夹石膏等 (图 1) (张二朋等, 1998)。

1.2 区域构造

研究区的基本构造特征是由一系列北东东—北西西走向、向北突起的弧形大断裂分割的块断构造形成了基本的构造格局 (何世平等, 2002)。大断裂基本平行展布, 间隔 $30 \sim 40\ \text{km}$ 。块断内发育了与区域构造线走向基本一致的褶皱构造和次级断层, 褶皱构造多为由紧闭褶皱组成的复式背向斜, 断裂构造为逆断层, 包括逆掩断层和逆冲断层。此外还发育了一组共轭断裂, 为北东和北西走向的平移或斜冲断层。在此之上, 叠加了一组侏罗纪短轴向斜, 构成了本区基本构造形态。

1.2.1 主要断裂构造

根据对 30 幅 1:20 万区域地质调查报告提供的研究区近 200 条实测断裂及其性质的统计分析, 确定了区内近东西向的主要断裂带有 16 个, 分别是: ①吐-哈南缘断裂东延。②英姿山-黄石坪断裂。③康古尔断裂。④苦水-红石山断裂。⑤雅满苏断裂。⑥清河口-蓬勃山南断裂。⑦阿其克库都克断裂。⑧旱山地块南断裂。⑨捷山子-星星峡断裂。⑩红柳河

断裂。⑪白云山-洗肠井断裂。⑫方山口-同昌口-文革山断裂。⑬明舒井-殷家庄断裂。⑭北山南缘断裂。⑮疏勒河断裂。⑯蘑菇台-石城断裂。

1.2.2 褶皱构造

区内褶皱构造十分发育。褶皱形态有复式向斜、复式背斜、倾覆褶皱、单斜等, 类型上可分为紧闭褶皱、宽阔褶皱、倒转褶皱, 以及穹窿和坳陷等。时间上主要发育于盖层的下古生界、上古生界、中生界、第三系和第四系。褶皱构造的时间序列为: 前加里东褶皱—加里东褶皱—华力西褶皱—燕山褶皱—喜马拉雅褶皱, 可能还应增加青藏褶皱。各阶段褶皱的形态、类型和分布有明显的差异。前加里东褶皱形态多为单斜或线状褶皱, 加里东褶皱为开阔和平缓的大—中型背向斜, 华力西褶皱一般为复式褶皱, 燕山褶皱多成平缓、开阔的背斜、向斜, 控制了区内侏罗纪盆地的分布。喜马拉雅褶皱一般为短轴、平缓的向斜构造, 控制了第三纪和第四纪沉积盆地的分布。本区还发生了青藏运动, 褶皱构造主要为第四纪向斜盆地。

1.3 岩浆岩类

1.3.1 侵入岩类

北山地区侵入岩出露面积超过总基岩面积的 $1/3$, 反映出本区岩浆-热事件在地壳演化中的重要作用。

(1) 花岗岩类: 本区的花岗岩类岩浆活动贯穿于地壳演化的各个时期。包括前加里东期最古老的 TTG 岩套 (英云花岗岩-奥长花岗岩-灰色片麻岩)、花岗闪长岩、花岗岩, 加里东期英云闪长岩 (早期), 花岗岩 (中期), 以及斜长花岗岩、石英二长闪长岩、花岗闪长岩 (晚期) 等。华力西期花岗岩类岩石类型最多, 包括了多种钙碱性花岗岩和碱性花岗岩, 花岗闪长岩。印支期—燕山期主要是偏碱性的花岗岩。前加里东期花岗岩主要零星分布于古老地块中, 范围很广, 但面积很小。加里东早期花岗岩局限于本区中心偏西一线, 仅有几个岩体。华力西早期花岗岩分布也十分局限。印支期—燕山期花岗岩仅出现于图幅东西两端。

区内大面积出露的为华力西中晚期花岗岩, 次为加里东晚期, 出露面积超过侵入岩出露总面积的一半以上, 并成带分布。以明水—公婆北山—石板井—小黄山及方山口—牛圈子—三道明水—五道明水两道线为界, 可以分为北带, 中带和南带。

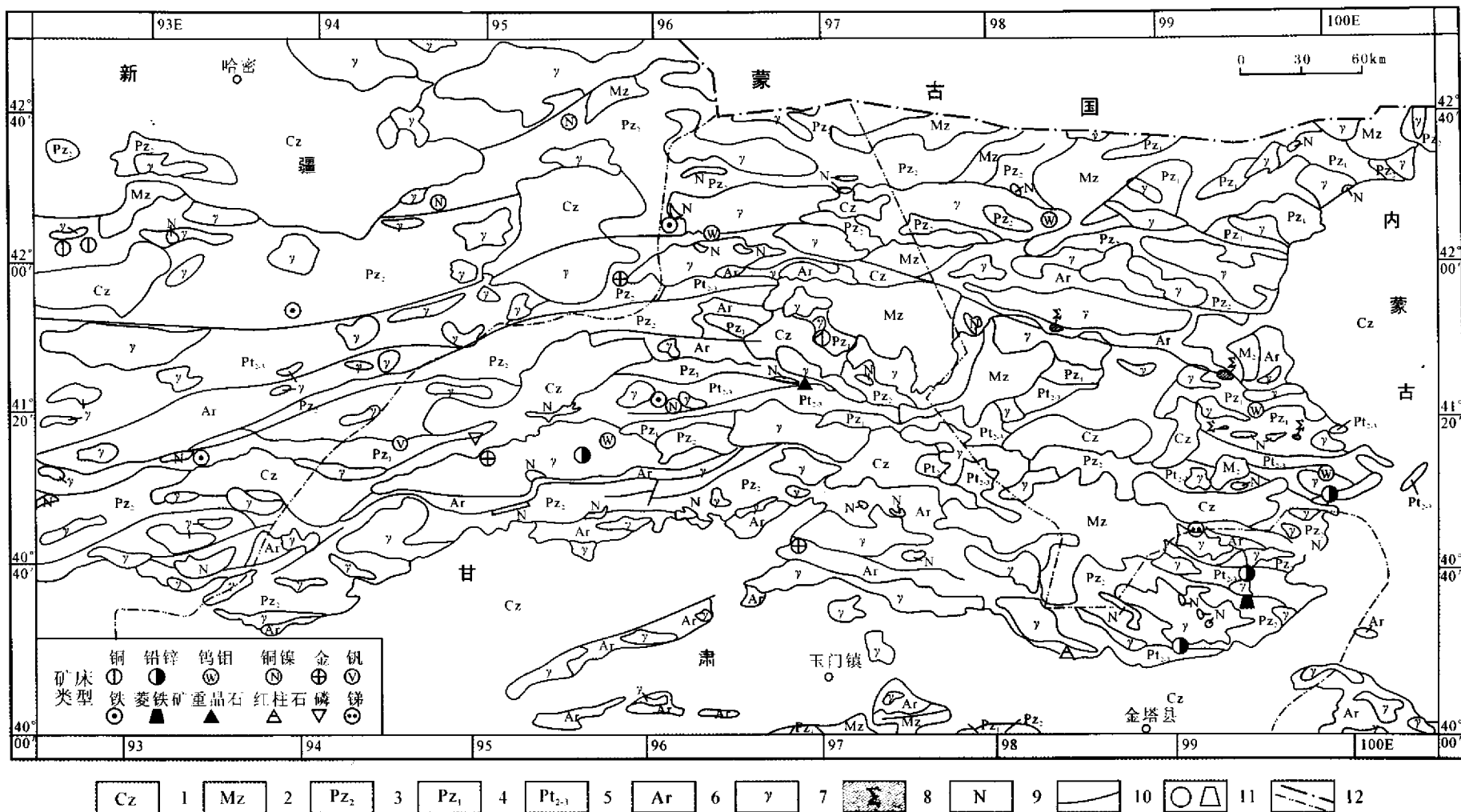


图 1 甘蒙北山地质矿产图

Fig. 1 Geological and Minerals map of Beishan

1. 新生界; 2. 中生界; 3. 上古生界; 4. 下古生界; 5. 中新元古界; 6. 新太古界; 7. 花岗岩类; 8. 超基性岩类; 9. 基性岩类; 10. 实测断层; 11. 大中型矿床; 12. 国界、省区界

对研究区 301 个花岗岩时代、岩性统计分析,华力西期共 245 个。其中,中期 162 个,并以酸性岩为主(158 个)。统计了全区 30 幅 1:20 万区调报告中的花岗岩岩石化学数据,共 480 组,并进行了花岗岩类型的图解判别。 $\text{Na}_2\text{O}-\text{K}_2\text{O}$ 图解(图 2)判别

出本区的花岗岩类 59.3% 为 S 型,38.5% 为 I 型,A 型仅占 2%。在区域空间分布上有明显的规律:北部以 I 型为主;中带 I 型比例下降,转变为以 S 型为主;至南带,明显以 S 型为主。

花岗岩年代学共有 57 个岩体的 87 组数据,集

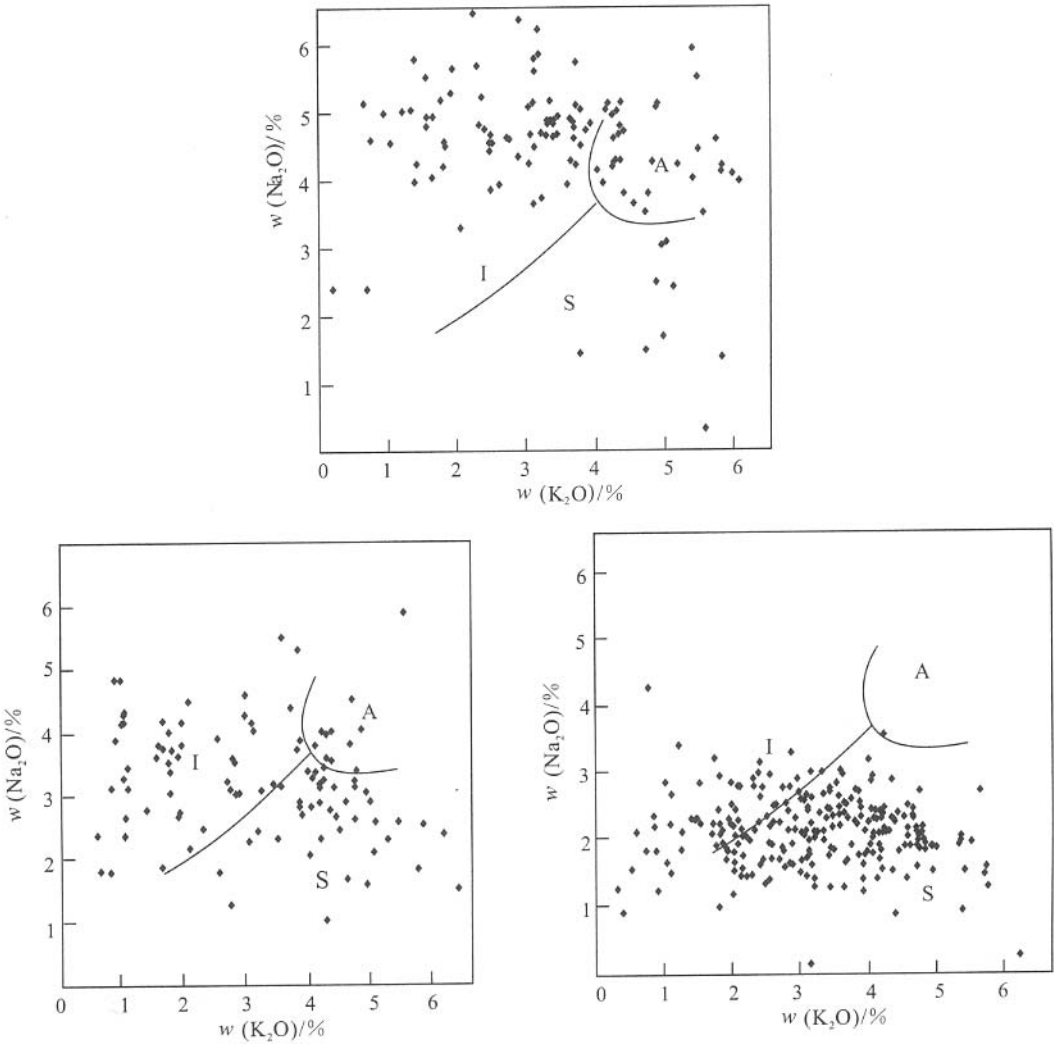


图 2 北山花岗岩类型判别图

Fig.2 Granite type differentiation diagram of Beishan
(左图北带 117 个,中图中带 107 个,右图南带 256 个)

中于 990~880 Ma、730~620 Ma、500~470 Ma、430~330 Ma 和 280~190 Ma 等五个时间段。990~880 Ma 段,有前加里东期花岗岩,以显著的片麻状构造为特征。其他 4 个时段分别与兴凯期、加里东中期、加里东晚期—华力西中期、华力西晚期—印支期等构造活动期相对应。

(2) 基性岩类:北山地区的基性-超基性岩类可

分为两大类,即板内环境下侵入的与铜镍矿化有关的基性岩和洋壳环境下形成的与铬铁矿化及块状硫化物铜矿化有关的基性-超基性岩类。前者主要沿区域深大断裂侵入,后者主要在蛇绿杂岩带中。

对区内 72 个基性岩类的岩性进行分类。其中,基性岩占 72%,超基性岩占 28%。主要基性岩岩石类型为辉长岩,占基性岩体总数的 86%。超基性岩

主要为强蚀变未分超基性岩，蚀变类型有：超基性岩的蛇纹石化、滑石菱镁岩化等。

基性岩体的侵入、就位时间多为华力西晚期至印支早期，少数为加里东期、华力西早中期。最新获得的两个基性侵入岩（辉长岩）体的同位素年代学数据为，Sm-Nd 全岩等时线年龄 1 319.77 Ma 和 246.03 Ma，地质时期相当于蓟县纪和三叠纪。具有铜镍矿化的基性岩体一般侵入于区域大断裂中，与区内 7 条深大断裂有密切的空间和成因关系。

根据我们多年来的研究成果，对与铜镍矿床有关的基性岩类的含矿性判别有一定指标，说明基性岩的成矿专属性。依岩浆的化学性质，可将其分为两大类，即铁质岩浆系列和镁质岩浆系列，它们的分界为 $m/f=6$ ， $m/f=(\text{MgO}+\text{NiO})/(\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{FeO}+\text{MnO})$ （原子数比）。铁质岩浆系列形成的岩石，主要为辉长岩类、单辉辉石岩类和单辉橄榄岩类，与之有关的矿化类型主要为钒钛磁铁矿，硫化铜镍矿，次为铬铁矿化。镁质岩浆系列形成的岩石，主要为橄榄岩类、辉橄岩类和纯橄岩类，与之有关的矿化类型为铬铁矿化，并且还可进一步的分类。

统计了全区 30 幅 1：20 万图幅说明书中的基性-超基性岩岩石化学分析数据，补充了部分对蛇绿岩研究提供的数据，共计 192 个。采用 $\text{FeO}^*-\text{MgO}-\text{Al}_2\text{O}_3$ 图解进行判别（图 3），从图解中可以看出，本区的基性-超基性岩类，主要可分为 3 大类，即富镁

质（MgO 含量大于 70%，图中左部），富铁镁质（图中中部）和富铁质（图中右部）。说明本区有较好的铜镍矿的找矿前景。

从图 4 判别本区的基性岩类主要形成于扩散-会聚板块边界环境，以岛弧和活动大陆边缘为主。板内环境的产物很少，大陆板块内的相对较多，大洋板块内的仅是个别。由此可见，本区的基性、超基性岩类主要形成于扩张边缘-活动大陆边缘的岛弧、弧后盆地、裂隙槽等，少部分形成于板内裂谷。这些认识与岩石学、稀土元素地球化学分析结果一致。

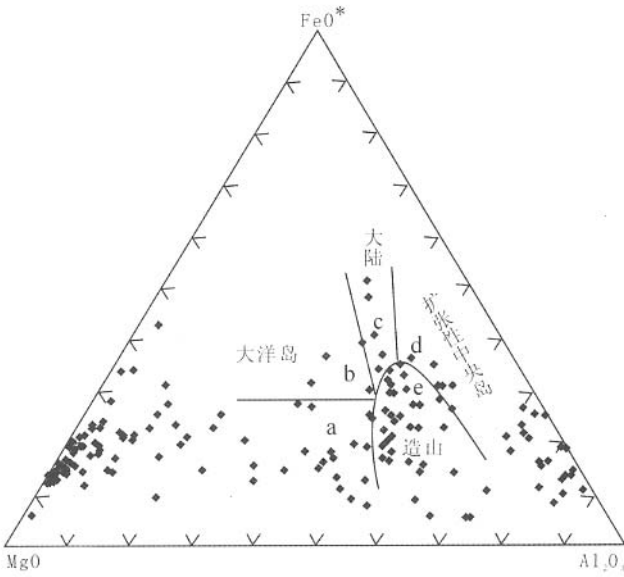


图 4 基性岩类形成构造背景判别图

Fig. 4 Structural setting of basic rocks of Beishan

$\text{FeO}^* = \text{FeO} + 0.899\text{Fe}_2\text{O}_3$ (TFeO)。

- a. 扩张板块边界；b. 洋岛玄武岩（板内）；c. 大陆溢流玄武岩（板内）；d. 临近洋脊海岛玄武岩（中性岩）；e. 岛弧与活动大陆边缘（会聚边界）

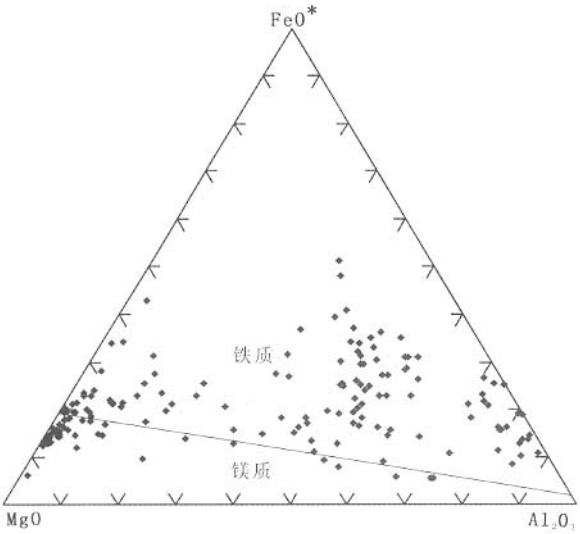


图 3 北山地区基性岩类岩石类型判别图

Fig. 3 Basic rock type differentiation diagram of Beishan

1.3.2 火山岩类

北山地区古生代火山岩和蛇绿杂岩分布非常广泛，Rb-Sr 全岩等时线年龄在 333.9~938.3Ma（何世平等，2002）。空间上主要集中于 3 个带：①北带明水—路井—线以石炭纪、泥盆纪火山岩为主。②中带沿公婆泉—石板井—洗肠井—线，产出了本区最主要的志留纪和奥陶纪火山岩系。③南带主要出露的是二叠纪和石炭纪火山岩系。本区火山活动贯穿了整个古生代，形成于不同的构造背景，是本区重要热事件之一。

1.4 变质变形作用

北山地区经历过多期次的构造运动和复杂的岩浆侵入,因而变质作用有区域变质、动力变质、接触变质,以及各种与岩浆活动有关的叠加变质作用。变质期包括阜平期、五台期、晋宁期,以及加里东期、华力西期、印支期—燕山期等(左国朝等,1990,1996;何世平等,2002;聂凤军等,2002)

2 主要矿床及特征

研究区内金属矿产十分丰富,优势矿种有铜、镍、金、铁、钨、锡、钼、铅锌、银、稀有、稀土、钒、铀等。目前已对20多种矿产进行了勘探与评价,共发现金属矿床90余处,其中大中型以上矿床20余处。

矿床类型可分出7大类:①与中酸性侵入岩有关的热液矿床,包括斑岩型(公婆泉铜矿、白山堂铜矿、流沙山钼金矿)、矽卡岩型(辉铜山铜矿、狼娃山铁矿)、石英脉-蚀变岩型(红尖兵山钨矿、鹰嘴红山钨矿、七一山钨钼锡矿、明锡山锡矿)等三个亚类。②与火山岩有关的热液矿床(黑鹰山铁矿、阿木苏锑矿)。③沉积变质矿床(七角井子铁矿)。④沉积矿床(方山口钒铀磷矿)。⑤喷气沉积-改造矿床(花牛山铅锌矿)。⑥与基性-超基性岩有关的岩浆矿床(红石山铬矿、黑山铜镍矿)。⑦热液再造矿床:包括石英脉型(460、南金山、新金厂、老金厂、210等金矿),石英脉-蚀变岩型(拾金坡金矿、小西弓金矿、老硐沟金铅矿)和蚀变岩型(小宛南山金矿)。

2.1 公婆泉斑岩铜矿床

公婆泉斑岩型铜矿床位于甘肃肃北蒙古族自治县公婆泉东15 km,地理坐标:东经 $97^{\circ}08'06''\sim 97^{\circ}14'00''$,北纬 $41^{\circ}41'55''\sim 41^{\circ}44'15''$ 。矿田面积105 km²,包括3个矿区及3个矿点。该矿床1958年由甘肃地质局花牛山队发现勘探,甘肃冶金四队1974~1983补充工作,查明为中型铜矿床。

2.1.1 地质背景

该矿床位于塔里木板块东北缘窑洞加如-公婆泉岛弧带东端的公婆泉大火山穹窿上(左国朝,1995),公婆泉复向斜与平头山大豁落山复背斜的交

切带内,在空间上受岛弧带和北西西向大断裂控制。

矿区范围内出露的地层主要为志留系中上统公婆泉群玄武岩、安山岩、粗安岩、石英粗面岩和流纹岩,以英安岩和安山岩最为发育。区内断裂构造多呈北西向和近S—N向分布,分别属于逆断层和平移断层,与矿体空间关系密切。侵入岩花岗闪长斑岩、英安斑岩、石英闪长玢岩和二长花岗岩以及辉长岩。其中,花岗闪长斑岩、石英闪长玢岩和英安斑岩均是重要的容矿围岩。

英安斑岩($\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$)=6.03%~8.07%,平均值6.91%, $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}=3.94\sim 5.16$;花岗闪长斑岩($\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$)=5.69%~8.90%, $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}=0.15\sim 1.4$ 。英安斑岩和花岗闪长斑岩皆属钙-碱性系列。岩石化学成分判别为I型花岗岩。在微量元素环境判别图上,它们大多位于岛弧花岗岩区,部分位于同碰撞或板内花岗岩区(聂凤军等,2002)。铅同位素特征也指示了它们的同源性。英安斑岩的锆石U-Pb年龄为435.4 Ma,Rb-Sr全岩等时线年龄为411.9 Ma^①,K-Ar表面年龄为 (372 ± 16) Ma;花岗闪长斑岩的K-Ar表面年龄 $(336\sim 341)$ Ma。

2.1.2 矿床地质

公婆泉铜矿床有3个矿区,主要储量集中于一矿区(图5)。已圈出154个铜矿体,多数分布于一矿区。其中,77个矿体产于花岗闪长斑岩体中,50个产于石英闪长玢岩体中,27个产于英安斑岩体中,部分产于斑岩体边部的角岩-矽卡岩化带及二长花岗岩中。矿体多陡倾,呈透镜状、楔状、分枝状及不规则状(图6)。矿体呈群出现,集中呈带状分布,矿带延伸方向大致同斑岩体产状相同或略有斜交,沿倾向矿带最大延伸可达1 000 m。铜矿体一般长40~420 m,厚2~34 m,倾斜延伸大于100 m。最大矿体(104号)地表长250 m,宽2~40 m,延深大于520 m。矿化有3种类型,以斑岩型为主,次为火山热液型和矽卡岩型。火山热液型铜矿化集中于斑岩体近侧围岩安山岩中,矽卡岩型铜铁矿化产于二长花岗岩的外接触带。氧化矿以下的原生矿一般无次生富集带。

铜矿石主要呈细粒浸染状、细脉浸染状,局部见团块状、网脉状、稠密浸染状、角砾状等构造。

① 甘肃有色地质研究所,甘肃北山地区海相火山岩及其与铜多金属矿成矿关系研究,1995。

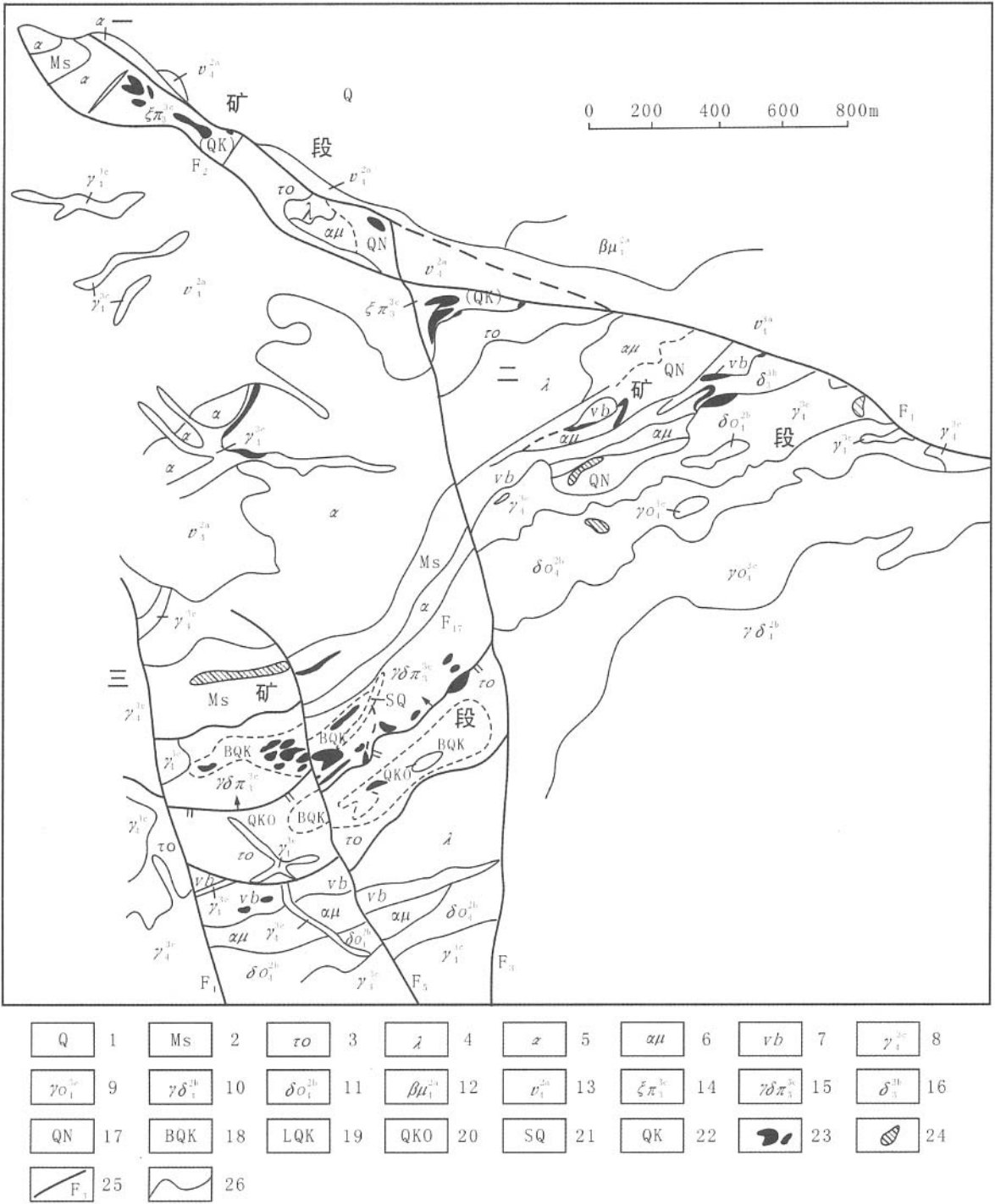


图 5 公婆泉铜矿床矿区地质略图

Fig. 5 Minefield geological sketch of Gongpoquan copper deposit

1. 第四系; 2. 角岩; 3. 石英粗面岩; 4. 流纹岩; 5. 安山岩; 6. 安山玢岩; 7. 火山角砾岩; 8. 花岗岩; 9. 更长花岗岩; 10. 花岗闪长岩; 11. 石英闪长岩; 12. 辉绿玢岩; 13. 辉长岩; 14. 英安斑岩; 15. 花岗闪长斑岩; 16. 细粒闪长岩; 17. 石英钠长石化带; 18. 黑云母石英钾长石化带; 19. 黑云母绿泥石英钾长石化带; 20. 石英钾长石钠长石化带; 21. 绢云母次生石英岩化带; 22. 石英钾长石化带; 23. 矿体; 24. 矿化体; 25. 断层; 26. 地质界线

矿石结构主要有共结边、叶片状、格状、穿插、交代和乳滴状等结构。矿石矿物以黄铜矿、黄铁矿、斑铜矿为主，次为辉铜矿，少量方铅矿、闪锌矿及辉钼矿。原生矿物自内向外有黄铜矿、黄铁矿、斑铜矿→黄铁矿、黄铜矿→黄铁矿的分带。脉石矿物以石英、钾长石、斜长石为主，次为黑云母、绿泥石、绢云母、白云母、伊利石、电气石、红柱石、绿帘石和方解石等。矿石类型大部为细脉浸染型矿石，少量石英-黄铁矿-黄铜矿脉状矿石和矽卡岩型矿石。

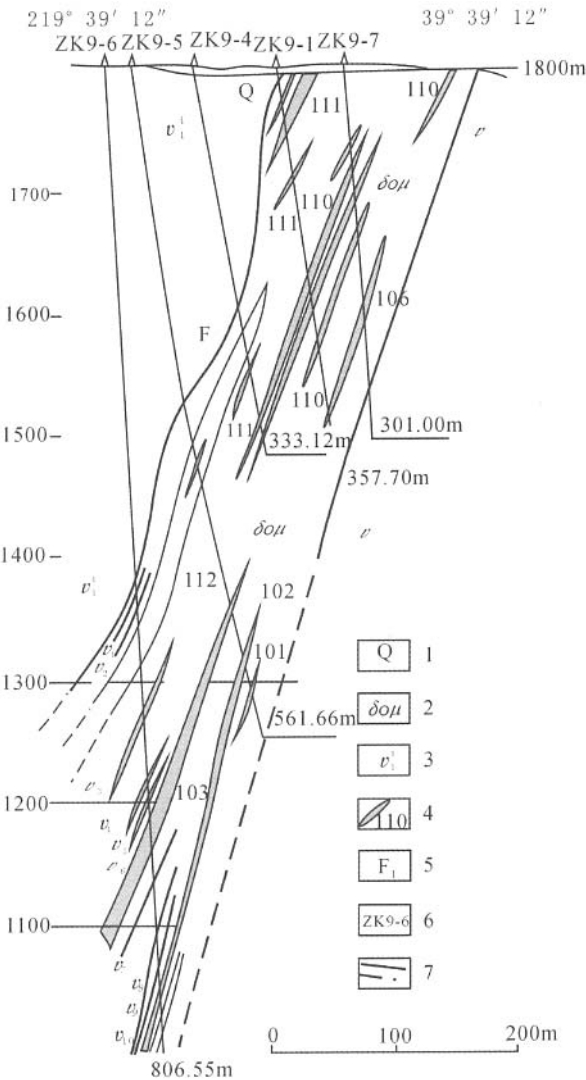


图 6 公婆泉铜矿一矿区一矿段
9 勘探线剖面

Fig. 6 Prospecting profile 9 of Gongpoquan copper ore deposit

1. 第四系；2. 石英闪长玢岩；3. 辉长岩；4. 矿体及编号；5. 断层及编号；6. 钻孔及编号；7. 地质界线

一矿区 78 个工业矿体铜平均品位 0.690%，其中≥1%者占一矿区的 44.33%，二矿区 5 个矿体平均 Cu 品位 0.644%。

2.1.3 围岩蚀变

围岩蚀变普遍且较强烈，主要有钾硅酸盐化、绢英岩化、黄铁矿化、青盘岩化、绿帘石化、碳酸盐化和更钠长石化、泥化等。围岩蚀变分带性较明显，以赋矿斑岩体为中心，向外依次可分为 5 个带：绢云次生石英岩带、黑云母石英钾长石化带、青盘岩化带、角岩化带和石英钠长石化-矽卡岩化带。斑岩型铜矿体主要产于钾化蚀变带（绢云次生石英岩带）内。

2.1.4 矿床成因

硫同位素特征：矿石 $\delta^{34}\text{S}$ 值，黄铜矿为 1.9‰，黄铁矿为 2.7‰，总体上显示硫来自于深源（聂凤军等，2002）。

成矿物理化学条件：根据王大为等（1995）对斑岩型铜矿石中石英包裹体的研究表明，成矿流体的盐度 $w(\text{NaCl}_{\text{eq}})$ 为 4.2%~11.2%，密度为 0.8~0.9，pH 值为 6.7~6.8， K^+/Na^+ 大于 1，显示富钾特征。氧逸度较高，成矿时的压力相当于 3.5 km 埋深时的静水压力。均一温度为 115~315℃。总体上显示成矿流体属于高—中温、富钾、低盐度、低密度的弱碱性流体特征。

铜矿石的 S、Pb 和 Nd 同位素示踪研究表明，公婆泉铜矿床成矿物质主要来自于含矿斑岩体，铜矿的形成主要与含矿斑岩体的侵位、演化有关。成矿环境为志留纪岛弧构造环境。铜矿化形成于英安斑岩冷却晚期。

2.2 流沙山钼-金矿床

矿床位于内蒙古自治区西部的额济纳旗境内，地理坐标东经 98°23′00″，北纬 42°15′15″。自 20 世纪 70 年代由甘肃地矿局四队发现后勘查，探明为中型钼矿床。

矿床产出于黑鹰山-流沙山背斜的倾没端。含矿岩系为下石炭统白山组，为一套中酸性火山岩，主要岩性有英安岩、流纹岩、英安质凝灰熔岩等。矿区内花岗质侵入岩占基岩出露面积的 80%，主要岩石类型有石英闪长岩、花岗闪长岩、黑云母二长花岗岩和显微文象花岗岩，以及一些辉绿岩和细晶岩脉，容矿岩石为石英闪长岩和花岗闪长岩。矿化主要受侵入体环型断裂系统的控制，成矿后又受到区

域性逆冲断裂带的破坏。控矿的环型断裂带长径大于 1 000 m，短径约 600 m，环宽 300 m 左右，由一系列近于平行的断裂面、裂隙带及破碎带构成。含

钼-金石英脉多沿这些断裂-裂隙贯入，构成了环状矿化体（图 7）。

2.2.1 成矿侵入岩的主要特征

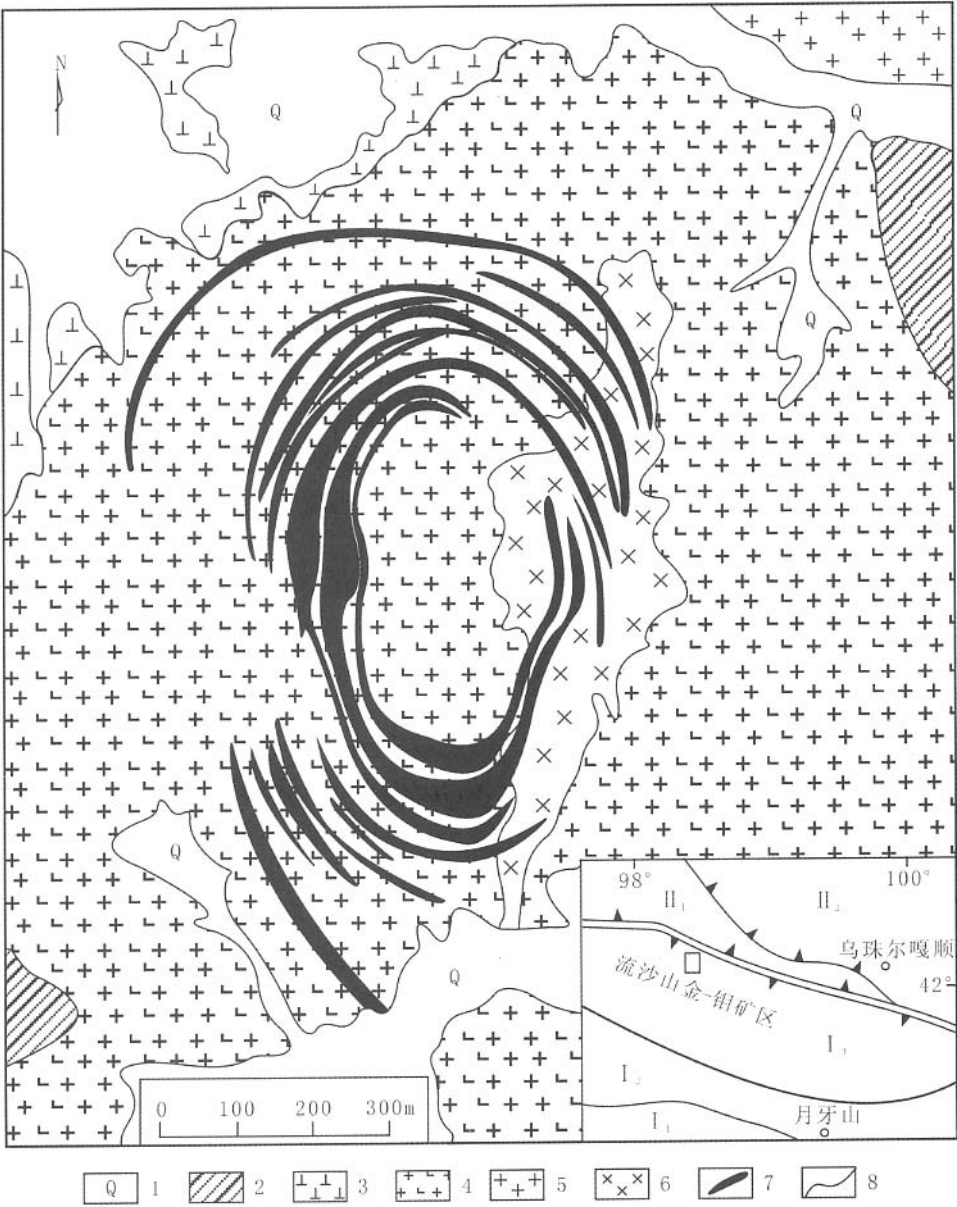


图 7 内蒙古额济纳旗流沙山钼-金矿床地质简图

Fig. 7 Geological map of Liushashan Mo-Au ore deposit

1. 新生界；2. 石炭系；3. 黑云二长花岗岩；4. 花岗闪长岩；5. 石英闪长岩；6. 闪长岩；
7. 矿体；8. 地质界线。I. 旱山地块；II. 哈准地块

流沙山花岗质侵入岩为一岩基状杂岩，出露面积约 110 km²。岩相分带清楚，岩石种类较多，主要为石英闪长岩、花岗闪长岩、黑云母二长花岗岩、闪长岩。据岩石化学判别属于 I 型花岗岩。稀土配分型

为轻稀土富集，重稀土平缓的右倾型，稀土参数 $\Sigma\text{REE} = 87.53 \times 10^{-6} \sim 115.63 \times 10^{-6}$ ， $\text{LREE}/\text{HREE} = 5.34 \sim 7.09$ ， $\delta\text{Eu} = 0.63 \sim 0.69$ 。

前人资料表明（聂凤军等，2002），两件角闪石

的 K—Ar 表面年龄值为 (261 ± 3) Ma 和 (262 ± 4) Ma, 与辉钼矿的 Re—Os 同位素等时线年龄 (260 ± 10) Ma (2σ) 一致, $\epsilon_{\text{Nd}}(t) = 2.74 \sim 10.89$, 均为正值。说明成矿发生于华力西期, 推断含钼金中酸性岩浆来源于年轻幔源物质的重熔。

2.2.2 围岩蚀变

矿区的围岩蚀变受成矿期侵入体和侵入构造的控制, 由岩体核部向外呈环带状。主要的蚀变带由内向外有: 硅化带→钾化带绢英岩化带→青盘岩化带。

2.2.3 矿化特征

矿区内已圈定出钼—金矿体(群) 22 个。其中, 1 号矿体为工业矿体。矿体中 Mo 含量 $0.08\% \sim 1.22\%$, 平均 0.24% ; Au 含量 $0.9 \sim 14.5 \text{ g/t}$, 平均 5.4 g/t ; WO_3 含量 $0.09\% \sim 0.86\%$, 平均 0.4% 。

钼—金矿体成脉状、囊状、柱状及透镜体状分布于闪长岩体内, 整体上构成了一些环状矿体群。单个矿体(群) 长度 $115 \sim 1\,000 \text{ m}$, 宽度 $4 \sim 22 \text{ m}$, 已控制延深 400 m 。环状矿体空间的密集度由内向外, 逐渐变小, 产状由向环内陡倾 ($65^\circ \sim 85^\circ$) 转变为向北东缓倾 ($35^\circ \sim 50^\circ$)。矿体与围岩无明显的界线, 矿体边界由品位确定。

主要矿石矿物有原生矿物辉钼矿、白钨矿、自然金、辉铋矿、黄铁矿、黄铜矿, 次生矿物有钼钙矿、钼华、褐铁矿和孔雀石; 脉石矿物有石英、钾长石、黑云母、绿泥石、绢云母、萤石、钛铁矿、磁铁矿等。辉钼矿为鳞片状、薄膜状和微细粒; 自然金为粒状和微细片状, 它们与黄铁矿有密切的共生关系。

依据矿石的结构构造, 可划分为 3 种类型, 即钾长石脉型、石英脉型和细脉浸染型。前两种矿石结构构造简单, 为粒状或脉状构造; 细脉浸染型矿石, 有线脉、网脉、团块、浸染等构造。

根据矿物共生组合、矿石结构构造, 以及各种脉体的穿插关系, 可将成矿过程划分为早、晚两个成矿期。早期为气成热液期, 形成了钾长石脉的钾长石—石英—磁铁矿—白钨矿组合, 伴生有黄铁矿、辉铋矿和辉钼矿; 晚期为热液期, 又可分为两个阶段: 早阶段为石英—硫化物阶段, 形成了石英—萤石—白钨矿—辉钼矿组合, 伴生有辉铋矿、黄铜矿、黄铁矿、方铅矿、自然金、银金矿等; 晚阶段为石英—碳酸盐阶

段, 形成了石英—方解石—黄铁矿组合。

2.2.4 矿床成因

流沙山钼金矿床是华力西期构造岩浆活动的产物, 矿体的空间展布形态明显受环状裂隙的控制, 矿床类型为与花岗岩有关的热液成因钾长石—石英脉型矿床。有关花岗岩浆可能起源于年轻幔源岩浆岩的重熔。

2.3 七一山钨—锡矿床

七一山钨—锡矿床位于内蒙古自治区阿拉善盟额济纳旗境内, 地理坐标: 东经 $99^\circ 35' 51''$, 北纬 $41^\circ 23' 01''$ 。1974~1975 年和 1977~1981 年, 甘肃酒泉地调队勘查确定该矿床为大型铷—萤石、中型钨—锡、小型铍—钼共生矿床。

矿床产出于北山杂岩区的北部边缘, 北与旱山地块相邻, 属中天山隆起带的东延部分。区域上处于旱山—凤尾山复向斜轴部, 局部为斜山—东七一山向斜。区域出露地层为前寒武系北山杂岩, 其上不整合了志留系公婆泉群巨厚火山—沉积岩系。矿区内花岗岩类侵入岩分布广泛, 岩石类型有闪长岩、石英闪长岩、花岗闪长岩、斜长花岗岩、黑云花岗岩及花岗斑岩等, 出露形态为岩基、岩株、岩墙、岩脉等, 主要形成于前加里东期和加里东期(图 8)。

2.3.1 成矿花岗岩的基本特征

东七一山花岗岩株侵入于北山杂岩中, 呈串珠状展布, 长轴走向北东—南西, 长约 3.5 km , 宽 $0.4 \sim 15 \text{ km}$, 出露面积约 2 km^2 。岩石类型主要为似斑状黑云花岗岩、花岗斑岩, 次为斜长花岗岩和石英闪长岩。似斑状黑云花岗岩中含有约 40% 的钾长石 ($1:20$ 万区调), 副矿物有锆石、磁铁矿等。侵入体蚀变显著, 有硅化、钠长石化、云英岩化、叶蜡石化, 接触带附近有较宽的矽卡岩化带, 矽卡岩矿物有符山石、石榴子石等。岩石化学分析表明, 东七一山石英闪长岩岩基的 $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ 值为 $0.41 \sim 0.37$, $\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} = 5.85\% \sim 6.24\%$; 而花岗岩株的 $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ 值为 1.15 , $\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} = 7.9\%$, 说明两者岩石成因类型有一定差异。区域上获得的花岗岩 Rb—Sr 全岩等时线年龄为 $(649 \pm 56) \text{ Ma}$, 判断为 S 型花岗岩(左国朝, 1992), 矿区内获得的黑云花岗岩黑云母 K—Ar 表面年龄为 $(512 \pm 3) \text{ Ma}$ (聂凤军等, 2002), 两者配合, 提供出岩体冷却时间段。

2.3.2 矿床地质特征

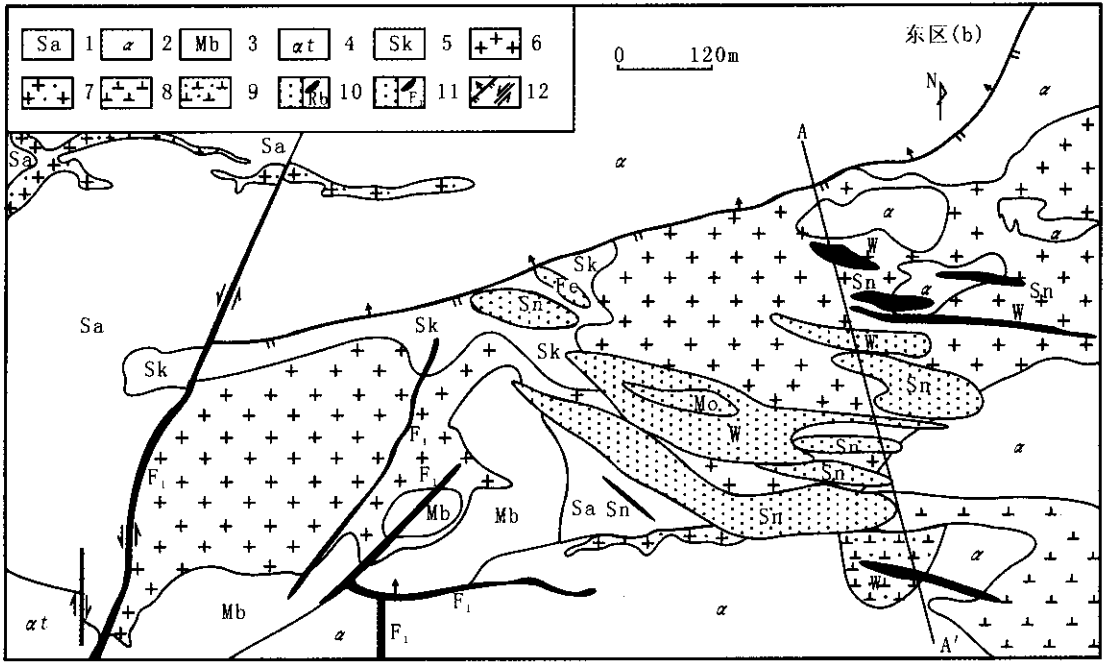


图 8 东七一山钨-锡-多金属矿床东矿段地质图

Fig. 8 Geological map of Dongqiyishan W-Sn-polymetal ore deposit

志留系：1. 凝灰质砂岩；2. 安山岩；3. 大理岩，中元古界：4. 安山质凝灰岩；5. 砂卡岩；6. 黑云母花岗岩；7. 钠长石化花岗岩；8. 斜长花岗岩；9. 石英闪长岩；10. 金属矿体；11. 萤石矿体；12. 断层

容矿岩石：黑云花岗岩类，接触带附近大理岩及其他变质岩类。

矿化类型：细脉浸染状、网脉状和脉状。

矿体特征：共确定了 108 个矿体。其中，萤石矿 37 个，钨矿 11 个，锡矿 28 个，铷矿 17 个，钼矿 2 个，铍矿 2 个，共生矿 11 个。两个最大的金属矿体是 27 号、52 号，长度 400~700 m，厚度 80~173 m，延深 200~550 m。矿体形态有似层状、脉状、透镜体状及不规则状。矿体形态、规模、产状受构造裂隙的控制（图 9）。

围岩蚀变：花岗岩中有硅化、绢云母化、钠长石化、云英岩化、绿泥石化和碳酸盐化，接触带及围岩中有砂卡岩化、绿泥石化和碳酸盐化。

矿石特征：由于成矿元素多样，矿石类型也多样。不同类型矿石中矿物组合和元素组合也不相同。钨矿石多在石英脉、钾长石脉和花岗岩脉中，主要矿石矿物为黑钨矿、白钨矿、锡石、自然锡，以及一些钼、铋硫化物。WO₃ 含量 0.1%~2.07%，平均 0.17%，伴生 Sn 含量 0.009%~0.53%。锡矿石多在砂卡岩中，多为浸染状，主要矿石矿物有锡石、

胶锡矿、白钨矿，以及磁铁矿、黄铁矿及黄铜矿等。Sn 含量 0.1%~4.71%，平均 0.288%。萤石矿石为条带、块状构造，粒状一半自形粒状结构，萤石-玉髓-方解石-石英组合，CaF₂ 含量 56.06%~98.89%，平均 81.7%。其他矿石的主要矿石矿物和品位：铷矿石载体矿物锂云母、鳞云母，Rb 含量 0.1%~0.215%，平均 0.133%；钼矿石浸染状辉钼矿，Mo 含量 0.03%~0.134%，平均 0.052%；钼矿石绿柱石、铁锂云母，Be 含量 0.1%~0.43%，平均 0.172%；铁（锡）矿石磁铁矿、锡石，TFe 为 50%~60%，平均 58.95%。

矿化分带性：成矿元素以岩体为中心具有水平和垂直分带。水平上由岩体和边缘 100 m 内为 Rb-W-Mo，100~200 m 为 Sn-Fe-Cu，200 m 之外为 CaF₂。由上而下为 Sn-W-Mo。

萤石的地球化学：萤石的稀土配分型有两种：一种为平缓右倾型，与变质岩相似；另一种为中稀土亏损型，有显著的负 Eu 异常，与花岗岩相似。微量元素指示了它们有两种成因，即热液-沉积成因和伟晶-气液成因。

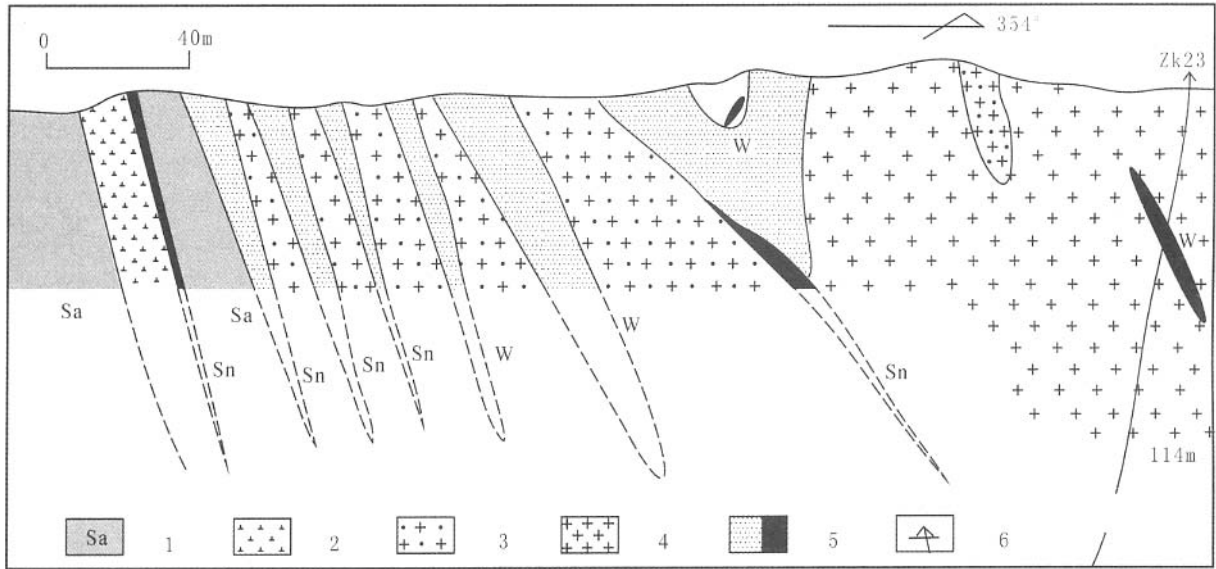


图 9 东七一山铷-钨-锡-多金属矿床第 32 号勘探线剖面图

Fig. 10 Prospecting profile 32 of Dongqiyishan Rb-W-Sn-polymetal ore deposit

1. 凝灰质砂岩；2. 斜长花岗斑岩；3. 钠长石化花岗斑岩；4. 黑云母花岗斑岩；5. 矿体；6. 钻孔

2.3.3 矿床成因

七一山萤石-铷-钨-锡矿床为与花岗岩有关的热液成因。本区花岗岩为 S 型， $\delta^{18}\text{O}$ 为 10‰， $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 初始比值大于 0.707 2；5 个萤石的 Sm-Nd 等时线年龄为 $(511 \pm 5) \text{ Ma}$ (2σ)， $\epsilon_{\text{Nd}}(t)$ 值 $-4.29 \sim -4.27$ (聂凤军等，2002)。根据这些资料综合推断成矿花岗岩浆起源于古老陆壳的重熔。

2.4 鹰嘴红山钨矿床

该矿床位于内蒙古自治区阿拉善盟额济纳旗境内，距东七一山约 45 km，地理坐标东经 $99^{\circ}50'00''$ ，北纬 $41^{\circ}06'00''$ 。1958 年由甘肃地质局祁连山队勘探确定为中型钨矿床。

2.4.1 地质背景

鹰嘴红山钨矿床位于哈萨克斯坦板块马鬃山中间地块东段北侧，盘陀山—古硐井东西向挤压隆起带东端，其北侧 15 km 处即是马鬃山中间地块与公婆泉-月牙山地体的分界线红柳河-马鬃山-月牙山深大断裂带。区内出露的地层主要是中元古界蓟县系平头山群下岩组灰白色大理岩夹杂色大理岩、黑色碳质板岩及灰白色硅化大理岩。侵入岩有华力西期中—粗粒似斑状黑云母花岗岩，岩体内相变较明显。受矿区北侧红柳河-马鬃山-月牙山深大断裂多次活动影响，花岗岩体内部断裂和裂隙带分布广泛，充填有花岗细晶岩、花岗伟晶岩、辉长岩、煌斑岩

岩脉（或岩枝）和石英脉。3 组裂隙发育，走向分别为北东 $40^{\circ} \sim 80^{\circ}$ 、北西 $270^{\circ} \sim 300^{\circ}$ 、北西 330° ，其中北东向和部分北西向裂隙带直接控制着含钨石英脉的产出形态和空间分布，为重要的导矿和赋矿构造（图 10）。

2.4.2 矿床地质

含矿岩体：鹰嘴红山岩体是一个弱分相的花岗岩基，出露面积约 150 km^2 。主要岩石类型有黑云母花岗岩、似斑状二长花岗岩等，见斜长花岗岩脉、电气石脉、萤石脉和含金石英脉等，北部接触带有黑钨矿化。含矿地段岩性为似斑状二长花岗岩，其中钾长石含量可达 35%，副矿物为锆石、磷灰石和磁铁矿。由此认为具有 S 型花岗岩的基本特征。最近，笔者用锆石 U-Pb 法测定花岗岩年龄为 $373.8 \sim 398.9 \text{ Ma}$ ，形成于泥盆纪。

钨矿化：主要呈含钨石英脉在鹰嘴红山黑云母花岗岩体北侧内接触带的裂隙带内产出，整个矿化带东西长 1 800 m，南北宽 800 m，由东、西两个矿段组成。西矿段东西长 900 m，南北宽 $40 \sim 80 \text{ m}$ ，矿带延深不超过 50 m，其内共发现和圈定含钨石英脉 113 条，单个含矿脉体长度为 $3 \sim 10 \text{ m}$ ，最长 88 m，宽度 $0.2 \sim 0.5 \text{ m}$ ，最宽 1.10 m，矿脉间距一般 $2 \sim 15 \text{ m}$ ；西矿段石英脉倾向 $\text{SE}10^{\circ} \sim 50^{\circ}$ ，倾角 $46^{\circ} \sim 65^{\circ}$ 。东矿段长 185 m，宽 70 m，矿带延深 $70 \sim 140$

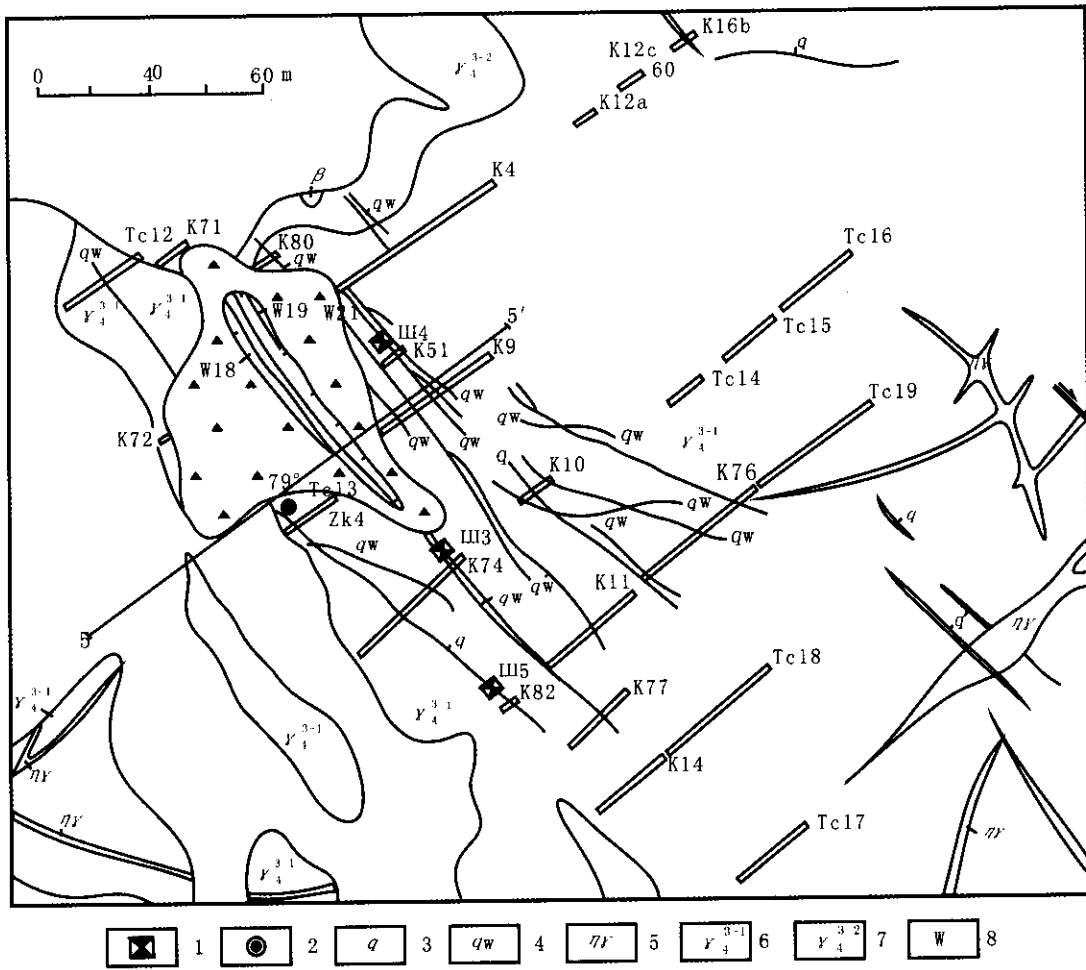


图 10 鹰嘴红山钨矿床东矿区西段地质图

Fig. 10 Geological map of the west part of east Yingzuihongshan W ore deposit

1. 浅井; 2. 钻孔; 3. 石英脉; 4. 含钨石英脉; 5. 花岗斑岩脉; 6. 黑云母花岗岩; 7. 二长花岗岩; 8. 钨矿脉

m, 由 36 条含钨石英脉所构成, 单个含矿脉体长 4~10 m, 最长 170 m, 宽 0.1~0.5 m, 最宽 2.5 m, 矿脉间距 1~10 m; 东矿段石英脉分别倾向 NE50°~60°、SW10°~40°, 倾角分别为 85°~88°和 40°~50°, 岩体向围岩凸出部位控制了东矿段含钨石英脉群的分布。

矿床主要钨矿体有 21 条, 17 条钨矿体分布在西矿段, 4 条钨矿体分布在东矿段。以东矿段 W18 号钨矿脉规模最大, 长 102 m, 厚 0.35~3.8 m, 平均厚度 2.80 m, 由北西向南东变薄, 最大倾斜延深不超过 70 m, 产状近于直立; 其次为东矿段的 W20、W19 和西矿段的 W11、W3、W15 号钨矿体, 其余钨矿体长度、厚度分别在 25 m、0.5 m 以下, 倾斜延深多在 20 m 以内。钨矿脉形态简单, 可见膨缩、

分支复合现象, 部分矿脉沿走向尖灭侧现、雁行排列。根据西矿段花岗岩中发育围岩残留体、含钨石英大脉主要分布在东矿段等情况分析, 岩体剥蚀程度西矿段比东矿段略浅。

矿石: 钨矿石金属矿物有黑钨矿(钨锰铁矿)和白钨矿, 次为辉钼矿、黄铜矿、黄铁矿、方铅矿和毒砂; 脉石矿物以石英为主, 次为电气石、钾长石、绢云母、绿柱石、黄玉、萤石、方解石。钨矿的生成有 3 期: 第一期斑柱状黑钨矿是主要成矿期; 第二期为团块状黑钨矿; 第三期为细脉状黑钨矿, 伴有白钨矿、绿柱石。470 件矿石化学分析结果表明, WO₃ 含量大于 5% 的样品有 13 件, 1%~5% 的样品为 14 件, 0.2%~1% 的样品为 145 件, 0.1%~0.2% 的样品为 89 件, 小于 0.1% 的样品为 209 件。

矿体埋藏浅,具有一定矿石储量,并伴生有钼、铌等,可供地方开采。

矿石呈半自形—自形板柱状结构、交代残余结构、晶簇状构造、浸染状构造、团块状构造、细脉状构造,局部见有块状构造。

矿石类型主要为白钨矿-黑钨矿-石英脉矿石、电气石-黑钨矿-石英脉矿石,次为白钨矿-黑钨矿-毒砂-石英脉矿石。

围岩蚀变:矿体围岩蚀变强烈,主要有硅化、云英岩化,次为电气石化、绢云母化、高岭土化、黄铁矿化等。其中,硅化与钨矿化关系密切,一般在矿脉两侧形成 0.1~0.3 m 宽的强硅化带,内含星点状白钨矿。

2.4.3 矿床成因

初步研究结果表明,该矿床属于与花岗岩有关的高温热液石英脉型钨矿床。

2.5 黑山铜镍矿床

黑山铜镍矿床位于甘肃肃北县境内,柳园镇正东北直线约 60 km,地理坐标:东经 96°00′46″,北纬 41°22′54″。1994~1996 年甘肃地勘局评价为中型镍矿床。

2.5.1 地质背景

红柳河-牛圈子基性、超基性杂岩带中,出露有两类岩体:一类为铁质超镁岩类,主要包括黑山岩体、黑山北岩体、大山头复式岩体(包括庙庙井岩体)、马鬃山复式岩体(包括马鬃山东超基性杂岩体)及营毛沱北岩体等;另一类为镁质超镁岩类,有红柳河岩体、牛圈子杂岩体、独红山岩体、锡林柯博岩体、双井子岩体等。前者含铜镍矿化。

2.5.2 矿床地质

黑山含铜镍矿基性-超基性岩体分布于花牛山-黑山裂谷的中北部。矿区内出露地层主要为青白口系大豁落山组大理岩(岩体的南、西、东部)及寒武系双鹰山组硅质板岩、千枚岩及重晶石岩(岩体的北部)。矿区位于双鹰山断裂带南侧,褶皱和断裂均较发育。矿区内断层按走向可分为近 EW、NE、NW、NNW 向 4 组。其中,近 EW 向为逆断层,规模较大且具有多期活动的特点;NE 向多为平移断层。近 EW 向的 F₅、F₆ 断层均向西撒开,向东收敛于黑山岩体。矿区中部为一倒转背斜,轴向近东西,轴面南倾,轴部被黑山岩体侵位(图 11)。

含矿岩体:岩体平面上呈“鸭梨”形,在剖面

上呈上缓下陡的漏斗状,向西南倾伏。岩体出露面积 0.25 km²,主体沿 310°方向展布,长约 625 m,宽 470 m,延深大于延长,已控制 562 m,瞬变电磁推断在 1 km 以上。总体产状为向南西倾斜并向西倾伏的岩株。岩体主体为角闪橄榄岩,占岩体面积的 94%;主体西南侧分布有北西向不规则条带状、北西向不规则条带状。岩石组合为:角闪辉长岩-石英正长岩-含云母斜长角闪辉橄岩-含云母角闪辉橄岩-含云母斜长角闪橄岩-辉石岩-辉长岩。据岩体的岩石组合、岩相分布和相互关系,可分两次侵入:第一次侵入分布在岩体的南部边缘,为角闪辉长岩相,岩石组合主要为角闪辉长岩及其内部的石英正长岩团块。第二次侵入以橄岩类为主,还有少量辉石岩相和辉长岩相,是主要的含矿岩相。含矿岩体的镁铁比值(m/f)在 1.38~2.50,平均值为 1.98,介于中国(1.25)和世界(2.03)角闪橄岩之间,表明黑山主岩体为铁质和富铁质超镁岩类。主岩体 LREE/HREE 值为 2.65~11.12,属轻稀土富集型。 δEu 值 0.87~1.3,有弱的负铕异常,(La/Yb)-REE 图解靠近大陆拉斑玄武岩与碱性拉斑玄武岩部位。

矿体:目前已发现 5 个矿体,平面形态为似层状、豆荚状和不规则枝杈状。长数十米至数百米,宽 1~100 m,产状与岩相带产状基本一致,倾角 60°~90°。矿体有两个产出形态,一是主体岩相中下部的悬浮状矿体(3 号矿体);二是岩体底部接触带矿体(2 号、5 号矿体)。已探明资源量镍达中型,铜为小型,平均品位镍为 0.33%,铜为 0.12%。

矿石矿物主要为磁黄铁矿、镍黄铁矿、黄铜矿,其次为黄铁矿、紫硫镍矿、磁铁矿、钛铁矿等。脉石矿物主要为橄榄石、普通角闪石、斜长石、单斜辉石、斜方辉石、黑云母、蛇纹石、次闪石、纤闪石、绿泥石,其次为石榴子石、葡萄石、绿帘石、方解石、菱镁矿、滑石、绢云母、伊丁石和楣石等。矿石构造以星点浸染状、细脉浸染状为主,少量呈块状;结构为半自形—他形粒状,局部发育海绵陨铁状。矿石自然类型主要有浸染状铜镍含长角闪橄岩矿石和含铜镍董青石黑云母角岩矿石,此外还有少量的块状矿石和海绵陨铁状矿石。

围岩蚀变:有蛇纹石化、滑石化、次闪石化和绿泥石化等蚀变;岩体围岩泥质岩石具角岩化、白云质大理岩具褪色现象。

2.5.3 矿床成因

布。W元素异常规模较小,集中在西部大口子东山和东部玉山一带。已发现和评价白山堂铜矿、北山铁矿、玉山钨矿等多处多金属矿,是Cu、Pb、Zn、W等多金属成矿有利区带。

玉山钨矿区出露地层主要为石炭系干泉组大理岩、变砂岩、千枚岩、变火山岩及蓟县系平头山组碳酸盐化石英岩、大理岩、变砂岩,呈近东西向展布。华力西二长花岗岩呈不规则带状、脉状近东西向分布于矿区内。钨矿产于花岗岩外接触带。

矿石化学成分:WO₃一般0.15%~6.42%,最高10.5%~12.43%,玉髓型钨矿石全区平均WO₃2.00%;结晶灰岩型钨矿石全区平均1.31%。

目前,甘肃地质调查院正在对该钨矿进行评价。

3.2 新发现的国庆钨矿

该矿化带由西安地质矿产研究所综合研究项目组2003年国庆节期间踏勘发现,位于盘陀山复合花岗岩体北缘接触带。含矿岩体侵入于长城系白湖组,沿区域背斜轴部贯入,构成一个花岗闪长岩-花岗岩侵入岩带。早期侵入岩为花岗闪长岩,晚期侵入的为红色花岗岩,钾长石含量可达45%,并且有强烈的电气石化, SiO₂ 平均75%, K₂O+Na₂O=7.35%~8.5%, K₂O/Na₂O=1.27。钨矿化与晚期红色花岗岩有关。

经踏勘确定,矿化带长度约7.5 km,宽度在50~200 m。矿化分布于花岗岩接触带附近200 m内,矿化类型有蚀变花岗岩型,石英脉型。所采集的73个样品WO₃含量>0.02%的有46个,最高含量为2.24%,说明钨矿化十分普遍。

甘肃地调院初步确定,钨矿化带长约1400 m,宽100~170 m。在矿化带中圈出白钨矿体9个,单个矿体长60~930 m,宽5~90 m。矿体呈大脉状和似层状,倾向北东35°左右,倾角43°~70°。

矿石自然类型可分为两类:①玉髓脉型白钨矿矿石:细粒-显微粒状变晶结构,稀疏浸染状构造。矿物成分主要为玉髓、萤石、石英、白钨矿、褐铁矿、赤铁矿等。玉髓45%~60%,萤石26%~37%,石英13%,白钨矿7%~9%,褐铁矿1%~3%,赤铁矿2%~3%。该类型是矿区的富矿石,WO₃含量平均约1.76%,白钨矿呈半自形—他形晶粒状结构,多呈他形粒状,粒度0.02~0.2 mm左右。②结晶灰岩型白钨矿矿石:层状白钨矿在其中呈云团状、细一大脉及浸染状,WO₃含量1.31%。

2005年探槽揭露圈定13 m宽黑钨矿体,WO₃平均品位0.120 5%,长度需进一步控制,根据填图资料推断可能长达400 m。

3.3 区域找矿靶区

根据地质条件、已知矿床分布、矿化分带性,参考矿致蚀变异常、地球化学异常及地球物理特征等,通过综合分析,确定了10个以铜、钨为主的找矿远景区,成因类型为斑岩型铜钼矿、火山岩型铜-多金属矿、岩浆型铜镍矿和岩浆热液型钨锡稀有矿。

(1)红柳岩岩浆型铜镍矿、岩浆热液型钨矿找矿远景区:出露有印支期花岗岩和基性岩,侵入于变质基底和二叠纪基性火山岩中,有较好的铜镍锌异常和钨异常。

(2)盘陀山岩浆热液型钨矿找矿远景区:出露有加里东晚期和华力西期花岗岩,侵入于褶皱基底,有石炭纪火山岩,已知有鹰嘴红山钨矿床,新发现国庆钨矿化带,有钨、钼异常和遥感蚀变异常。

(3)红山井岩浆热液型锡矿找矿远景区:出露有华力西晚期—印支期花岗岩,侵入于变质基底和二叠纪火山岩中,有区内强的锡异常和遥感蚀变异常。

(4)流沙山斑岩型找矿远景区:出露有华力西晚期花岗岩,侵入于石炭系,已知流沙山斑岩型钼矿床,有遥感蚀变异常。

(5)红石山岩浆型、火山岩型、斑岩型找矿远景区:出露有华力西晚期基性-超基性岩(北部岩带)和花岗岩,侵入于石炭纪基性火山岩中,西有白山钼矿床,为黄山铜镍矿带的东延,东有红石山铬矿床,有铜异常和遥感蚀变异常。

(6)公婆泉火山岩型、斑岩型、岩浆热液型找矿远景区:出露有区内最厚的志留纪基性火山岩,侵入有华力西中晚期花岗岩,已知公婆泉斑岩型(次火山岩型)铜矿床,有强的铜、钨异常。

(7)白山堂岩浆热液型、火山岩型找矿远景区:出露有褶皱基底和二叠纪火山岩系,侵入有华力西中期花岗岩和基性岩,已知白山堂铜矿床,新发现玉山钨矿,有明显的钨异常和铜、锡及遥感蚀变异常。

(8)星星峡岩浆热液型找矿远景区:华力西中期花岗岩侵入于褶皱基底,岩体边部见多金属矿化,有钨异常和遥感蚀变异常。

(9)黑山岩浆型、火山岩型、斑岩型找矿远景

区:为区内重要的基性-超基性岩带之一,出露有奥陶纪、志留纪和二叠纪火山岩,已知黑山铜镍矿床,有显著的钼异常和锌异常、遥感蚀变异常。

(10) 月牙山火山岩型找矿远景区:为区内重要的基性-超基性岩带之一,出露有奥陶纪火山岩系,西安地矿所 2003 年踏勘发现有铜-锌-多金属矿化线索。

4 结论

(1) 北山成矿带应为东天山成矿带的东延部分,向东又与阴山成矿带相接,属于塔里木-中朝板块北缘的巨型成矿带的中段。

(2)、该区具有形成斑岩型铜钼矿床、硫化铜镍矿床、火山岩型和矽卡岩型铜-多金属矿床的良好成矿地质背景,是我国重要的铜资源潜力地区。

(3) 该区华力西期花岗岩类分布广泛,其中 S 型花岗岩类,已知有 3 个钨矿床,并新发现多处钨矿点,显示出具有寻找钨矿的良好前景。

(4) 该区敦煌陆块北部的早古生代被动大陆边缘上,发育了一个陆缘裂谷系(裂隙槽),具有形成 SEDEX 型铅锌多金属矿床成矿条件,已发现了花牛山矿床,应注意扩大找矿远景区,并确定新的靶区。

参考文献:

- 左国朝,何国琦,等.北山板块构造及成矿规律[M].北京:北京大学出版社,1990.
- 聂凤军,江思宏,白天明,等.北山地区金属矿床成矿规律及找矿方向[M].北京:地质出版社,2002.
- 左国朝,李茂松,等.甘蒙北山地区早古生代岩石圈形成和演化[M].兰州:甘肃科学技术出版社,1996.
- 何世平,任秉琛,姚文光,等.甘肃内蒙古北山地区构造单元划分[J].西北地质,2002,35(4):30-40.
- 魏志军,黄增保,金霞,等.甘肃红石山地区蛇绿混杂岩地质特征[J].西北地质,2004,37(2):13-18.
- 聂凤军,江思宏,张义,等.中蒙边境及邻区斑岩型铜矿床地质特征及成因,矿床地质,2004(2)176-189.
- 龚全胜,刘明强,李海林,等.甘肃北山造山带类型及基本特征[J].西北地质,2002,35(3):28-34.
- 张国英.甘肃北山北部红石山地区泥盆纪雀儿山群及古孢子化石组合基本特征[J].西北地质,2006,39(1):83-88.
- 聂凤军,江思宏,胡朋,等.甘肃北山红尖兵山钨矿床地质

- 特征及成矿物质来源[J].矿床地质,2004,23(1):11-18.
- 何世平,周会武,姚文光,等.甘肃北山中泥盆统砾岩中放射虫的发现及其地质意义[J].西北地质,2004,37(3):24-28.
- 龚全胜,刘明强,梁明宏,等.北山造山带大地构造相及构造演化[J].西北地质,2003,36(1):11-17.
- 汤中立,等.华北古陆西南缘(龙首山-祁连山)成矿系统及成矿构造动力学[M].北京:地质出版社,2002.
- 陈毓川.中国主要成矿区带矿产资源远景评价[M].北京:地质出版社,1999.
- 张二朋,顾其昌,郑文林.西北地区区域地层[M].武汉:中国地质大学出版社,1998.
- 张洪涛,陈仁义,韩林芳.重新认识中国斑岩铜矿的成矿条件[J].矿床地质,2004,23(2):150-163.

References:

- Zuo Guochao, Li Maosong, et al. Formation and Evolution of the Early Paleozoic Lithosphere in the Beishan Area, Gansu—Inner Mongolia, China [M]. Lanzhou: Gansu Science and Technology Press, 1996.
- Zuo Guochao, He Guoqi et al. Plate Tectonics and Metallogenic Regulations in Beishan Region [M]. Beijing: Peking University Press, 1990.
- Zhang Erpeng, Gu Qichang and Zheng Wenlin. Regional Stratigraphy in Northwest China [M]. China University of Geosciences Press, 1998.
- Chen Yuchuan. Mineral Resources Assessment of Major Metallogenic Provinces in China [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1999.
- Tang Zhongli, et al. Metallogenic Systems and Metallogenetic Dynamics in the Southwest Margin (the Longshoushan Mountains and the Qiliangshan Mountains) of North China Palecontinent [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2002.
- Gong Quansheng, Liu Mingqiang, Li Hailing, et al. The Type and Basic Characteristics of Beishan Orogenic Belt, Gansu [J]. Northwestern Geology, 2002, 35(1): 83-88.
- He Shiping, Zhou Huiwu, Yao Wenguang, et al. Discovery and Significance of Radiolaria from Middle Devonian Conglomerate in Beishan Area, Gansu [J]. Northwestern Geology, 2004, 37(3): 24-28.
- Zhang Guoying. Features of the Strata for Devonian Queershan Group in Hongshishan Area of Beishan's

- Northern Belt, Gansu [J]. *Northwestern Geology*, 2006, 39 (1): 83-88.
- Nie Fengjun, Jiang Sihong, Bai Daming, et al. Metallogenic Studies and Ore Prospecting in the Conjunction Area of Inner Mongolia Autonomous Region, Gansu Province and Xinjiang Uygur Autonomous Region (Beishan Mt.), Northwest China [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2002.
- Nie Fengjun, Jiang Sihong, Hu Peng, et al. Geological Features and Ore-forming Material Sources of Hongjianbingshan Tungsten Deposit in Beishan Mountain, Gansu Province [J]. *Mineral Deposits*, 2004, 23 (1): 11-19.
- Zhang hongtao, Chen Renyi and Han Linfang. Reunderstanding of Metallogenic Geological Conditions of Porphyry Copper Deposits in China [J]. *Mineral Deposits*, 2004, 23 (2): 150-163.
- Wei Zhijun, Huang Zengbao, Jin Xia, et al. Geological Characteristics of Ophiolite Migmatitic Complex of Hongshishan Region, Gansu [J]. *Northwestern Geology*, 2004, 37 (2): 13-18.
- He Shiping, Ren Bingchen, Yao Wenguang, et al. The division of Tectonic Units of Beishan Area, Gansu- Inner Mongolia [J]. *Northwestern Geology*, 2002, 35 (4): 30-40.
- Nie Fengjun, Jiang Sihong, Zhang Yi. Geological Features and Origin of Porphyry Copper Deposits in China-Mogolia Border Region and Its Neighboring Areas [J]. *Mineral Deposits*, 2004, 23 (2): 176-189.
- Gong Quansheng, Liu Mingqiang, Liang Minghong, et al. The Tectonic Facies and Tectonic Evolution of Beishan Orogenic Belt, Gansu [J]. *Northwestern Geology*, 2003, 36 (1): 11-17.

Main Metallogenic Characteristics in the Beishan Orogen

YANG He-qun¹, LI Ying¹, YANG Jian-guo¹, LI Wen-ming¹,
YANG Lin-hai¹, ZHAO Guo-bin¹, YE De-jin², ZHAO Yan-qing²,
ZHAO Jian-guo², SHEN Cun-li³, WANG Xin-liang³, SU Xin-xu³

(1. *Xi'an Institute of Geology and Mineral Resources, Xi'an 710054, China;*

2. *Geological Survey of Gansu Province, Lanzhou 730050, China;*

3. *Geological Survey of Nei Mongol, Huhehaote 010010, China)*

Abstract: The Beishan orogen located along the northern margin of the Talimu massif belongs to the western-central portion of the Tianshan-Xing'an orogen of the Paleo-Asia tectonic domain. The crustal components in the region include: late Archean crystallization basement, middle-late Proterozoic fold series and Paleozoic cover of upper Sinian to Permian stratigraphic system. Structure is characterized by fault blocks are divided by a series of arc-form faults in a east-west stretch. In side he blocks, there are intensive folds and active magmatism. Granites can be classified to I-and S-type, and mafic and ultramafic rocks are Fe-rich and Mg-rich kinds. Volcanics possess continental rift feature. A number of ophiolite zones have been found in the area. All these indicate an excellent metallogenic setting. Seven types of ore deposit have been reposted in the area: ① intermediate-acid intrusion-related hydrothermal ore deposit; ② volcanic hydrothermal ore deposit; ③ meta-sedimentary ore deposit; ④ sedimentary ore deposit; ⑤ exhalative sedimentary reworked deposit; ⑥ basic-and ultrabasic magma-related ore deposit; ⑦ hydrothermal reworked ore deposit. Ten target prospecting areas have been pinpointed according to detailed geological work.

Key words: Beishan orogen; metallogenic characteristics; prospecting target