

祁连成矿带钨矿成矿特征及其区域找矿标志

杨钟堂¹ 肖思云¹ 肖朝阳¹ 李宝强¹ 段永民² 苏亮红³

(1.西安地质矿产研究所,陕西 西安 710054; 2.甘肃省地质调查院,甘肃 兰州 730000;
3.青海省地质调查院,青海 西宁 810000)

摘要:在对祁连成矿带内钨的区域成矿地质和地球化学背景,钨及钨多金属矿床地质特征等综合分析基础上,将本区钨及钨多金属矿床初步划分为夕卡岩型、石英脉型、云英岩型以及海相火山岩型等 4 种类型,指出元古代及早古生代,特别是元古宙各时代的含钨中基性火山岩—碎屑岩和碳酸盐岩地层、与造山构造作用(俯冲造山和/或碰撞造山)有关具有多阶段侵入的以偏碱性和钙碱性成分为主的复式中酸性岩浆侵入体以及多组构造系统复合是本成矿带钨矿床,特别是大型钨矿床的主导控制因素。进一步总结了本区钨矿区域找矿标志。

关键词:钨矿成矿特征;控制因素;找矿标志;祁连成矿带

中图分类号:P618.67 **文献标识码:**A **文章编号:**1000-3657(2004)03-0301-07

钨矿是中国优势矿产资源,以往由于勘探及开采工作程度的差异,现有的钨矿大多数分布在华南地区,而其他地区则很少。因此在西部地区寻找新的钨矿资源基地,以加强战略储备,满足经济建设需求,乃是当务之急。祁连成矿带是中国重要的Ⅱ级多金属成矿带,20 世纪 70 年代即已发现探明塔儿沟大型钨矿床。90 年代小柳沟钨矿床的发现以及近期在小柳沟钨矿床外围的钨(铜、钼)资源评价所取得的突破性进展,显示出在该带找寻超大型钨矿床的前景。作者近年通过对典型钨矿床、矿点和矿化点的野外实地调查和已有地质矿产资料和成果的综合分析,对祁连成矿带钨矿成矿特征、成矿规律及找矿方向进行了研究。

1 区域成矿背景

1.1 成矿地质背景

祁连山为一复合性造山带,曾经历了元古宙时期的原始大陆裂解、愈合,震旦纪末至志留纪大陆裂谷演化(俯冲体制与裂谷体制共存),志留纪末的碰撞造山作用以及泥盆纪以后的陆内造山作用等复杂的构造演化过程。早元古代原始陆壳发生裂解,形成的以北大河岩群、达肯大坂岩群为代表的海相细碎屑岩—中基性火山岩—镁质碳酸盐岩的表壳裂陷沉积建造和以渥源群为代表的海相细碎屑岩—碳酸盐岩的表壳坳陷沉积建造是本成矿带内钨、铜等多金属矿产的含矿层。中—晚元古代代表活动陆缘或大陆裂谷构造环境的兴

隆山群、朱龙关群、托莱南山群的碎屑岩—中基性火山岩—碳酸盐建造等则是本区铁、铜、钨、金、铅锌等矿产的赋存地层,早古生代的海相火山岩系地层,特别是与中基性火山喷发—沉积岩系有关的地层也大都具有较高含量的钨以及与其相关的成矿元素。

祁连造山带岩浆活动强烈,基性、超基性岩和中、酸性岩均有出露。加里东期和华力西期是区内中酸性岩浆活动的鼎盛时期,与成钨关系密切的中、酸性岩主要形成于该时期,其次为印支期。综合研究可将区内加里东期和华力西期的中酸性岩自北向南划分为北祁连北部岩带、北祁连南部岩带、中祁连岩带、南祁连岩带、柴达木北部岩带以及沿阿尔金构造带南缘断裂带分布的阿尔金岩浆岩带。该时期花岗岩存在有以北祁连南缘断裂带为轴线,分别向北、向南,岩体形成时间有逐渐变新,岩石化学的 A/NCK 比值和 K_2O 的含量有逐渐增高,花岗岩类型从 I 型、I-S 过渡型逐渐向 S 型花岗岩(如南祁连)过渡等变化趋势。现有资料分析表明与成钨关系密切的花岗岩体主要分布在北祁连南缘断裂带及其两侧的北祁连南部岩带和中祁连岩带的北缘,成矿岩体既有 I 型,也有 S 型以及二者之间的过渡型。其次分布在北祁连北部岩带和南祁连岩带,成矿岩体以 S 型花岗岩为主。

地质的以及区域重力和航磁资料显示出,祁连造山带的主体构造为北西西向,其次为北东—北东东向,再次为北北西向。受多组构造系统控制,成矿带内部显示为大小不等

收稿日期:2003-12-10;改回日期:2004-02-28

基金项目:中国地质调查局国土资源大调查项目(200110200081)资助。

作者简介:杨钟堂,男,1950 年生,副研究员,主要从事构造地质学及区域成矿控制研究;E-mail: xayzhongtang@cgs.gov.cn。

的菱形格状构造特征,局部呈现为环状构造。现有钨矿床、矿(化)点展布大多受格状构造结点控制。

1.2 白钨矿、黑钨矿重砂异常分布特征

统计表明该成矿带内分布有 39 处白钨矿、黑钨矿以及与其有关的重砂异常,自南而北大致可划分为石油河脑—金佛寺带、大通—下古城—白银带、永昌—海源带、大柴旦—德令哈北—刚察带、平安—永靖—榆中一带以及柴达木北缘带,其中石油河脑—金佛寺带和永昌—海源带分布于北祁连成矿带内,余者则分布于中南祁连成矿带内。单个重砂异常多为长条形和椭圆形,其次为不规则状,展布方向有东西向、北西向,也有南北向的。面积最小仅 8km²,最大的可达到 120km²。39 处异常中,大于 10 km² 的重砂异常数量占总数的 84%,见矿率平均为 88%。主要矿物为白钨矿,其次为黑钨矿。矿物组合主要有锆石、锡石、铅矿物、黄铁矿、曲晶石、泡铋矿、钛铁矿,其次有辉钼矿、重晶石和少量磁铁矿、黄金、磷灰石、金红石等。对各重砂异常分布区的地质特征分析,凡异常展布范围内多有中酸性侵入体发育,岩体侵入地层多为前寒武纪地层,其次为奥陶纪和志留纪的火山岩及火山碎屑岩地层。地表矿化石英脉发育。部分异常则可能由岩体中的白钨矿副矿物富集引起。

1.3 钨元素区域地球化学特征

依据地球化学特征和构造地质条件,可将该成矿带划分为 5 个构造地球化学分区。对全区及各分区的钨及其相关元素的元素富集及分异特征对比分析表明,中祁连分区的钨

元素的富集系数和变异系数值均较大,其次为北祁连、柴达木北缘和南祁连。从钨元素地球化学块体的分布(图 1)明显反映出区内钨元素地球化学块体主要沿北祁连南缘断裂构造带和柴达木北缘断裂构造带分布,其他地区则零星分布。从北西向东南,具有近于等间距的分段集中,且北东向成带的分布特征,这种棋盘格式的展布状态反映了钨地球化学异常展布受到区内北西西向和北东向构造—岩浆岩带的双重控制。区内主要的钨矿床、矿点大都产于钨的地球化学块体的范围内。汤中立^[4]等人对祁连及龙首山地区的地层和岩浆岩的区域元素地球化学研究表明,祁连成矿带内元古宙—下古生界的 Cr、Ni、W、Hg、Au、Sb、As 等元素的异常系数大,属较强—强分异元素,其中前长城系中 W 的变异系数值最高(0.84),并指出中祁连隆起带的 Sb、W、Ni 等都达到强分异,特别是 W 达到 3.1,为祁连成矿带之最。岩浆岩中 W 的变异系数值为中酸性岩(0.56)—酸性岩(0.55)—碱性岩(0.24)—中性岩(0.20)。

2 钨及钨多金属矿床、矿(化)点地质特征

本区已发现钨及钨多金属矿床和矿点、矿化点近 20 处(图 1),其中大型钨矿床 2 处,小型 2 处,矿点 16 处,其成矿时代以加里东期为主,其次为华力西和印支期。依据矿床特征,可将本区钨及钨多金属矿床类型划分为夕卡岩型、石英脉型、云英岩型以及海相火山岩型等 4 类。

2.1 夕卡岩型钨矿床

夕卡岩型钨矿床是成矿带内最重要的矿床类型,大型

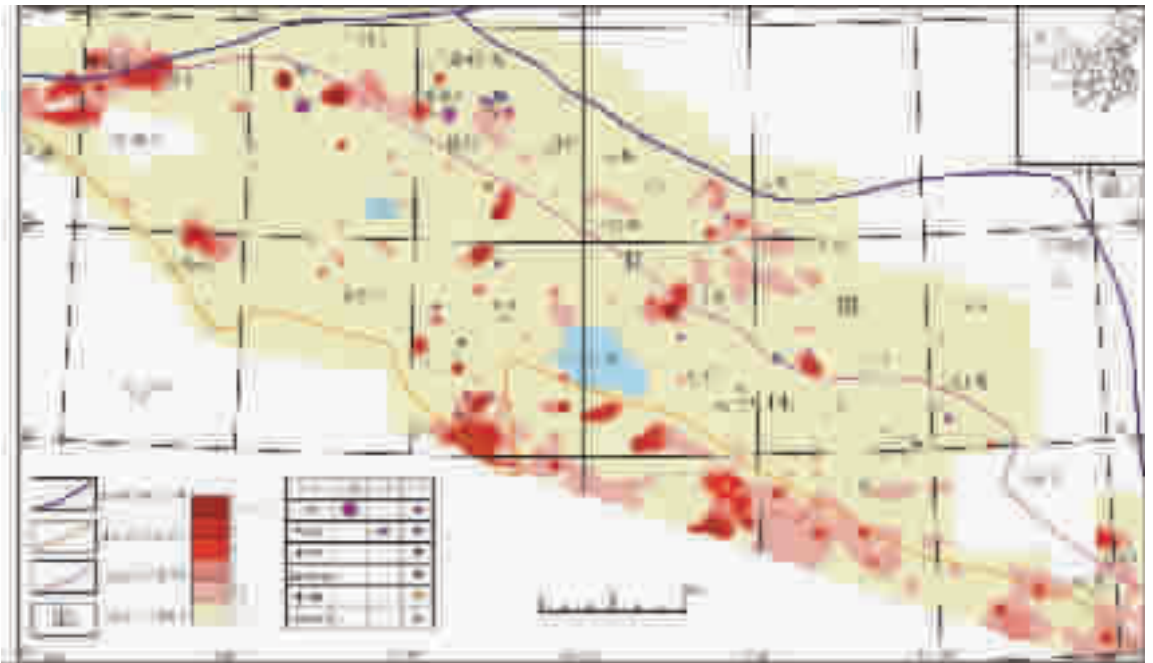


图 1 祁连成矿带钨矿床、矿点及钨元素地球化学块体分布图

Fig.1 Distribution of tungsten deposits and occurrences and tungsten element geochemical blocks in the Qilian metallogenic belt

表 1 塔尔沟—小柳沟钨矿床成矿地质特征对比
Table 1 Comparison of minerogenic geological features between the Ta'ergou and Xiaoliugou tungsten deposits in the Qilian metallogenic belt

矿床		塔尔沟矿床	小柳沟矿床
大地构造单元		中祁连隆起带北缘	北祁连造山带南缘
赋矿围岩	地层	下元古界北大河群	中元古界朱龙关群
	建造及岩性	斜长角闪(片)岩夹大理岩、浅粒岩、石英岩、云母石英片岩等	绢云绿泥千枚岩、角闪云母片岩、灰岩、玄武岩
岩浆岩	成岩时代	加里东中期为主(442~459Ma)	加里东期—华力西期
	岩石组合	花岗闪长岩—石英二长岩—黑云母花岗岩—正长闪长岩	二长花岗岩、斜长花岗岩斑岩枝
	岩体特征	具多阶段侵入的复式岩体特征	多阶段侵入
	化学特性	钙碱性和偏碱性为主,以过渡型(I-S型)和S型花岗岩为主,A/CNK 值在 0.83~1.14 之间变化,其中后期的花岗岩脉的值均在 1.04~1.07 左右	钙碱性,S型花岗岩为主,K ₂ O/Na ₂ O 比值变化大,A/CNK 值在 0.95~2.56 之间,平均值为 1.48
	成矿元素含量	黑云母二长花岗岩以及中期形成的花岗岩脉 W、Sn 含量较高,分别是黎形值的 6 倍和 3 倍。而花岗岩基花岗闪长岩—石英二长岩等 W、Sn 含量均较低	W 是黎形值的数倍,Cu、Pb 是黎形值的 2~3 倍,Bi、Mo 则是黎形值的数十倍到数百倍。其中二长花岗岩的含量普遍大于斜长花岗岩斑岩的相应值
	形成构造环境	板块俯冲造山或(和)碰撞造山环境	同碰撞造山环境
构造控制特征		矿床受区域北西向深大断裂与北东向和东西向断裂构造控制,夕卡岩型白钨矿矿体受顺层交代的层间裂隙和脉状分枝的裂隙控制,石英脉型黑钨矿矿体受北西向、北东向、北北西向、北北东向及北西西向等不同序次的裂隙构造控制,北西西向裂隙构造是主要赋矿构造	矿区受区域北西向构造带与北东—北东东向构造带的复合控制,由花岗岩侵位导致的穹窿构造形成的层间裂隙、放射状、环状断裂控制了各类型白钨矿的产出
成矿时代		加里东中—晚期(459~412Ma),具多阶段成矿特征	加里东期(462Ma)及其以后,具多期次、多阶段成矿
矿床类型		夕卡岩型和石英脉型,后者成矿时代晚于前者	夕卡岩型和石英脉型
伴生有用组分		Be、Li、Nb、Ta 等	Cu、Mo、Sn、Au、Bi 等
围岩蚀变		夕卡岩化、硅化、绢云母化、萤石化、电气石化	硅化、夕卡岩化、绿泥石化、绿帘石化、黄铁矿化、大理岩化、碳酸盐化、绢云母化、高岭土化等

钨矿床如小柳沟、塔尔沟等,小型矿床如杂子黑,矿点如花石峡、朱岔、卡浪沟和哈拉尕吐等。有关塔尔沟和小柳沟矿床的成矿特征及其成因已多有研究^[2-9],归纳之,其主要成矿地质特征见表 1。

产于柴达木北缘构造—岩浆岩带的杂子黑钨矿床也为—典型的夕卡岩型白钨矿床。该矿区处于欧龙布鲁克隆起带的布赫特山隆起北缘,区内出露下元古界达肯大坂岩群的变质碎屑岩及碳酸盐岩地层,矿区南侧有杂子黑富斜花岗岩体出露。区内断裂构造发育,由东西向主干断裂(上下岩性段层间断层破碎带)和北东东向压扭性分支断裂组成“入”字形构造。主干断裂长 500 余米,宽 10~70 m,为张性断裂。华力西晚期中酸性侵入岩较发育,呈岩株状的富斜花岗岩及花岗闪长岩岩瘤和岩脉出露于矿区南东侧。对花岗岩岩石化学成分研

究表明,花岗闪长岩的 A/CNK 值为 0.78~0.92,富斜花岗岩的 A/CNK 值为 1.03,矿区平均值为 0.92。在 CaO—FeOt+MgO 图和 SiO₂—FeOt/(FeOt+MgO) 图中均位于 IAG+ CAG+CCG 范围,属岛弧(大陆弧)I 型花岗岩及大陆碰撞花岗岩类型。岩石具夕卡岩化、透闪石化和绿泥石化等蚀变。青海省地质科学研究所研究资料表明^[9],该区富斜花岗岩钨元素的含量值(32.2×10⁻⁶)普遍高于本区同类岩体的一个数量级,区域地层对比表明矿床赋矿地层的钨含量也普遍高于其他层位,可作为该矿床的矿源层。

钨、锌矿化产于富斜花岗岩体外接触带呈东西向展布的层状夕卡岩中。矿化夕卡岩和矿体均赋存于断层上盘,明显受构造控制。主矿体呈似层状产出,产状与围岩一致,一般厚 2~3 m,延深大。矿石类型有闪锌矿白钨矿矿石、白钨矿矿

① 邹治平,黄传俭.甘肃省肃北蒙古族自治县塔尔沟钨矿床特征(内部报告),1988.

② 青海省地质科学研究所.青海省主要有色金属矿产成矿规律与成矿预测研究,1986.

石、闪锌矿矿石。闪锌矿白钨矿矿石呈他形一半自形粒状结构、浸染状构造,由闪锌矿、白钨矿、黄铁矿、磁黄铁矿以及石英、绿泥石、透辉石、方解石等组成。白钨矿矿石为他形粒状结构,浸染状构造,矿石矿物主要有黄铁矿、磁黄铁矿、白钨矿,次为黄铜矿、闪锌矿。闪锌矿矿石呈浸染状构造,矿石矿物为黄铁矿、磁黄铁矿、闪锌矿及少量白钨矿。

2.2 石英脉型

石英脉型钨矿床,除前述塔儿沟和小柳沟矿床有分布,且与夕卡岩型相伴产出以外,区内许多矿点均属于该矿床类型,产于中祁连隆起带西段的野马河钨矿床属典型的石英脉型钨矿床类型。野马河钨矿矿区出露地层为下元古界北大河岩群,岩性为薄层状结晶灰岩、大理岩夹云母石英片岩。加里东期黑云母花岗岩发育,侵入于北大河岩群中,呈椭圆形岩基产出,东西长 14 km,南北宽 6 km,面积达 80 km²。岩体分带明显,主要由肉红色似斑状花岗岩(边缘相)和灰色斑状黑云母花岗岩(内部相)组成。此外区内尚发育闪长玢岩脉、细晶岩脉、长英岩脉等。黑钨矿、辉钨矿产于石英脉中,矿体即是含钨钼矿的石英脉。矿脉厚度沿走向、倾向变化不大。石英脉大小不一,一般宽 0.3~1 m,长 10~20 m。含矿石英脉多产于岩体内部相,部分产于边缘相,个别产于北大河岩群中。部分石英脉具分带现象,边部石英、云母结晶较差,具云英岩化,含少量黄铜矿、黑钨矿,至中部石英脉结晶较好,一般黑钨矿含量高。矿脉多沿北北东及北北西两组节理充填,矿脉与围岩接触面平直。矿石的矿物成分主要为黑钨矿,其次为辉钨矿,尚有黄铜矿、方铅矿、毒砂、白钨矿及锡石、辉铋矿、泡铋矿等。脉石矿物有石英、云母、萤石等。矿石构造主要为团块状构造,次为细脉状构造。黑钨矿呈粒状、板状集合体,辉钨矿呈片状集合体分布于石英脉中。矿石主要成分为钨和钼,伴生组分为锡、铋、铜、铅等。

2.3 云英岩型

该类矿床的成矿母岩和直接围岩均为花岗岩,具有典型的云英岩化,有的地方云英岩本身就是矿体。如柴达木北缘的拉克外玛矿点和北祁连北带的馒头山钼钨矿点等。拉克外玛矿区出露印支期柯柯赛二长花岗岩,岩体呈一长轴为北西向的岩株产出,为一复式岩体,岩性复杂,主要为肉红色粗粒—似斑状黑云母二长花岗岩,次为中细粒二长花岗岩、中细粒斜长花岗岩、石英闪长岩以及晚期的石英闪长玢岩脉,其中粗粒—似斑状黑云母二长花岗岩可能为钨的成矿母岩。花岗岩内裂隙构造较发育,有近东西向、北东向和北西向 3 组,其中第一组为控矿裂隙。围岩蚀变主要沿石英脉旁侧及花岗岩中的裂隙构造发育,蚀变类型有云英岩化、绢云母化、碳酸盐化、萤石化及高岭土化,其中云英岩化与钨矿化关系密切。云英岩化发育于含钨石英脉旁侧的云英岩带中,云英

岩带一般宽 10~30 cm,个别达 2 m。云英岩化强烈且蚀变带宽度较大部位,含钨石英脉的厚度往往较大,WO₃的品位较富。含钨石英脉主要产于肉红色粗粒—似斑状黑云母二长花岗岩中,其次产于中细粒二长花岗岩、中细粒斜长花岗岩中,沿北东、北西、近东西向断裂充填。受多组裂隙控制,矿脉走向上具分支复合、尖灭再现和尖灭侧现现象。矿脉矿石矿物主要为黑钨矿、白钨矿,含少量自然铋、辉钼矿及黄铜矿等;表生氧化矿物有钨华、泡铋矿、钼华、孔雀石及褐铁矿等;脉石矿物以石英为主,次有少量绢云母、方解石。矿石主要呈浸染状构造。主要元素为钨,伴生有益组分为铋(平均含量 0.075%)。

2.4 海相火山岩型

目前仅在中南祁连南部沙柳河一带有发现,如沙柳河南区钨多金属矿点。该矿点位于阿尔茨托山复式背斜南翼,东西向走向断裂发育,规模较大,其次为北东向和北西向断裂且斜切地层。区内中等变质的中基性火山岩、碎屑岩和碳酸盐岩建造(该套地层是否为前人所划定的上奥陶统滩间山群,尚有待进一步研究)的黑云斜长片麻岩夹大理岩、斜长角闪(片)岩为主要含矿层位。夕卡岩发育,类型复杂但以(石榴)透辉石夕卡岩为主。含矿层普遍具黄铁矿化(磁黄铁矿化),绿泥石化、蛇纹石化强烈,地表有不规则的氧化带,厚达 300 m 以上。区内岩浆侵入体主要为印支期的二长花岗岩(213~240 Ma),岩石化学特征反映为高硅富钾中碱性。A/CNK 值在 0.76~1.26 之间,K₂O/Na₂O 在 2.27~1.83 之间。花岗岩的白钨矿、辉钨矿、锡石等重砂含量较高,部分人工重砂样品辉钨矿含量达到 15%,白钨矿 12%。Sn、Cu、Pb、Zn、Mo 等相关元素含量也普遍高于相应岩石的平均值。矿区还出露斜长花岗岩斑岩墙(K-Ar 年龄为 186 Ma)及花岗岩斑、闪长玢岩、闪长岩岩脉及石英脉等^①。

钨、锡、铜、铅矿化沿 4 条东西向层间断裂构造破碎带分布构成矿化带,含矿岩石主要为斜长角闪岩,其次为二云斜长片麻岩、夕卡岩等。矿化带内矿体多呈透镜状和似层状,走向近东西,个别呈北东或北西向。矿体多为复合矿体,以铅锌钨锡复合矿体和钨锡复合矿体为主,其他为铜硫矿体。矿石组分沿走向和倾向变化较大,矿石矿物主要有黄铜矿、白钨矿、锡石、磁黄铁矿、方铅矿、闪锌矿等,矿石品位以中低品位为主。矿石主要呈粒状结构和柱状结构,次为交代结构及乳浊状结构,少量隐晶和胶状结构,矿石构造主要为浸染状,次为脉状,少见块状、网脉状、条带状、团块状等。

围岩蚀变主要为夕卡岩化,次为绿泥石化,局部碳酸盐化、硅化、蛇纹石化及绢云母化、粘土化等,以硅化和绿泥石化与成矿关系密切。此外,普遍发育黄铁矿化及磁黄铁矿化,该类蚀变强烈地段往往有铅锌钨锡矿体存在。

① 青海省地质科学研究所,青海省主要有色金属矿产成矿规律与成矿预测研究,1986.

就目前本区所发现的以上4种类型的钨及钨多金属矿床规模而言,以塔尔沟、小柳沟等为代表的具有多种矿床类型相叠加的钨及钨多金属矿床规模往往较大,它们往往与前震旦纪地层和加里东期和(或)加里东—华力西期中酸性侵入岩密切相关,且严格受深大断裂和其他多组断裂构造复合控制,区内大型的钨及钨多金属矿床都属该类型矿床。而单一石英脉型和云英岩型的矿床规模则往往较小。鉴于目前仅发现一处海相火山岩型矿床,很难对其作中肯的分析,但值得在今后的工作中予以重视。

3 成矿控制因素及区域找矿标志

3.1 钨矿成矿控制因素

总结区内各类型钨矿床的成矿特征,可将祁连成矿带内钨矿成矿主导控制因素概括为3条。

(1)矿源层:本区钨矿赋存地层时代多样,包括下元古界变质岩系、长城系和奥陶系海相火山沉积岩系、志留系碎屑岩等。区域地层微量元素地球化学分析表明它们都具有较高含量的钨以及与其相关的成矿元素。钨以及与其相关的成矿元素的高含量层位往往与火山岩—沉积碎屑岩关系密切,而且层位中往往具有与火山沉积物质构成喷发—沉积旋回韵律层的碳酸盐岩层,它们是随着深部的火成岩浆物质的海底喷发沉积而形成的。塔尔沟矿区的斜长角闪岩(片岩)钨元素含量最高,其次为白云母(化)绢云石英片岩;小柳沟矿区的千枚岩和云母角闪片岩中的Cu、Zn、Bi等元素含量高,火山岩及碳酸盐岩中的W元素含量高;沙柳河矿区的黑云斜长片麻岩夹大理岩、夕卡岩混合岩化片麻岩、斜长角闪片岩为本区的主要含矿层位。对火山岩的研究表明,塔尔沟的斜长角闪岩(片岩)原岩主要为具有大洋拉斑玄武岩稀土元素地球化学特征的基性火山岩,小柳沟矿区及临近地区的朱龙关群火山岩则属于大陆溢流玄武岩系,夏林圪等^[9]研究认为该大陆溢流玄武岩系派生于岩石圈之下地幔柱源的部分熔融,既具有洋岛玄武岩范畴的微量元素和同位素成分,也有喷发中所通过的大陆岩石圈的微量元素的贡献。沙柳河矿区含矿层则具海底喷气沉积成因。这不仅说明本区显生宙以前的不同时代地层存在有成钨、钼的矿源层,而且这些大量的成矿物质主要来源于地壳深部。毫无疑问,矿源层的存在是该成矿带钨矿成矿,特别是大型矿床形成的关键。

(2)岩浆岩:无论哪种类型的钨矿床,矿区无一例外的都有花岗岩侵入体存在。本区与钨成矿有关的岩体大多具有多阶段侵入的复式岩体特征,岩体侵入时代有加里东—华力西期及印支期,但以加里东中—晚期为主,岩石组合以花岗闪长岩—二长花岗岩—钾长花岗岩—黑云母花岗岩为主,岩石化学特性表现为钙碱性和偏碱性,既有S型也有I型,一般早期

阶段形成I型或I+S型,晚期阶段形成S型花岗岩。氧同位素测定其 $\delta^{18}\text{O}$ 值在+8.2‰~+12.9‰之间,最高值为+14.59‰,综合研究表明,其岩浆多源自地壳深部3~8 km,且具有部分地壳物质熔融性质,成岩温度750~950℃。值得重视的是与钨矿有关的花岗岩的钨元素及相关元素地球化学背景值都较高,如塔尔沟矿区黑云母二长花岗岩以及中期形成的花岗岩脉的钨、锡含量高,分别是相应黎形值的6倍和3倍;小柳沟矿区花岗岩的钨钼等成矿元素含量均高于黎形值,是黎形值的数倍到数百倍。沙柳河矿区的二长花岗岩体的白钨矿、辉钼矿、锡石等重砂含量高,Sn、Cu、Pb、Zn、Mo等相关元素含量也普遍高于相应岩石的平均值。孕子黑矿区的花岗岩的钨元素含量也较高。这些均反映了岩浆在上侵定位过程中,携带了一定的钨成矿物质,而所携带的钨成矿物质部分可能来源于熔融的地壳,部分则可能来源于地壳深部。据钨矿体及矿化体的赋存部位多在岩体的内外接触带内,有的矿床的矿体直接围岩就是花岗岩体本身等现象分析,表明区内的古生代中酸性岩浆活动不仅为矿源层成矿物质的活化聚集提供了热能,同时还为成矿物质的再富集携带了大量新的成矿物质,可以说,区内花岗岩的侵入活动对钨及钨多金属矿的成矿具有双重作用。

(3)构造控制:北祁连南缘断裂构造带和柴达木北缘断裂构造带均为区内重要的构造带,前者既是北祁连与中祁连的地理分界,也是加里东时期北祁连洋板块与中祁连古陆板块的缝合带。后者在早古生代时期,沿柴达木北缘一线曾发生过小范围的、短时间所形成的局限小洋盆的俯冲造山过程^①,成为一晚加里东地壳对接带。现已发现的钨及其多金属矿床也多分布于该两个带上。对与钨成矿有关的中酸性侵入体的形成构造环境分析表明,其大多数属于与板块俯冲作用有关的岛弧(大陆岛弧)花岗岩和碰撞造山以及碰撞后隆升期花岗岩。值得注意的是,在受控于北祁连南缘断裂构造带的钨成矿带中,大多数矿床(点)都位于该断裂带内和该断裂带南侧中祁连隆起带北缘岩浆岩带内,钨矿床的这种定位和分布极有可能与加里东时期北祁连洋板块向南向北的双向俯冲造山作用有关。此外,区域重磁异常反映了区内存在有NE向隐伏断裂构造带,具拉张性质且与区域NW向断裂正交,易于导岩导矿和矿液活化转移再聚集,区内一些大中型钨矿床多赋存在这两组断裂复合部位。成矿带内钨元素异常及主要钨元素地球化学块体的分布即表现出受北祁连南缘断裂带和柴达木北缘断裂带与北东向构造的复合控制,从而呈现出自北西而东南的等间距性分段集中、北东成带的棋盘格式的展布状态。

矿床构造分析表明本成矿带钨矿床、矿点产出受到北西西向主干构造与其他方向构造控制,而钨矿体和矿化体的

①中国地质科学院矿产资源研究所,青海省地质矿产勘查开发局,柴达木盆地北缘成矿地质环境及多金属矿产预测,2000.

赋存则受到两组或两组以上的低序次开放性构造系统控制。这些次级开放性构造系统的形成除了构造成因以外,还有岩体上侵期间由于热致与流体驱动作用而形成的断裂系统以及岩体冷凝收缩而形成的裂隙系统,其中前者是构造物理学和流体动力学过程相耦合的结果,后者是岩浆岩的热力学作用所致。塔尔沟矿区的夕卡岩型白钨矿矿床受到地层和层间滑脱构造的双重控制已是不争的事实,而叠加其上的脉型黑钨矿矿体也已被大量的勘探工作证实是区域东西向构造和北西向构造系统的低序次断裂(裂隙)复合控制,在剖面和平面上均显示出多字型的尖灭再现特征,且在两组断裂交汇处和尖灭再现部位,矿体大而富。小柳沟矿区的花岗岩侵位于近南北向和北东向两组断裂的交汇部位,由于岩体上侵期间的热致与流体驱动作用,不仅使矿源层成矿物质活化聚集,而且由于构造物理流体动力学作用在花岗岩侵入体顶部和边部岩层形成环状、放射状断裂或裂隙,为含矿热液上升沉淀制造了空间,控制了脉状矿体(或矿化体)的产出;拉克外玛钨矿点矿化体的产出则可能是主要受岩体冷凝收缩而形成的裂隙系统控制的典型,该侵入体内裂隙构造较发育,有近东西向、北东向和北西向,含钨石英脉主要沿这些断裂充填,主要控矿裂隙为近东西向。矿脉走向上具分支复合、尖灭再现和尖灭侧现现象。

此外对钨矿成矿及其产出的控制因素还包括诸如含矿层岩石的岩性特征、岩浆的侵入方式等,这些将在有关典型钨矿床的研究中予以讨论,这里不再赘述。

3.2 区域找钨标志

对不同类型钨矿床的产地地质特征的综合研究分析,可以将本区的区域找钨标志总结为以下几点:

(1)地层:元古代及早古生代的海相火山岩-沉积岩地层,特别是寻找元古宙各时代的中基性火山岩-碎屑岩和碳酸盐岩互层的复理式沉积韵律层。

(2)岩浆岩:与造山构造作用(俯冲造山和/或碰撞造山)有关的以偏碱性和钙碱性成分为主且具有多阶段侵入的复式酸性岩浆侵入体,如花岗闪长岩、二长花岗岩、钾长花岗岩、黑云母花岗岩、石英闪长岩及花岗斑岩等,岩体的形成时代以加里东时期为主,其次为华力西期和印支期,特别注意那些副矿物中具有较丰富的白钨矿、黑钨矿、闪锌矿、方铅矿及毒砂、锡石等矿物,附近具有白钨矿等重砂异常分布的酸性侵入岩体。

(3)构造:区内北西向的区域深大断裂控制了钨矿带的产出,而单一矿床则受到与深大断裂平行的北西向构造与北东向及近东西向构造的复合控制,因此,在有合适的矿源层以及有中酸性岩浆侵入的条件下,寻找那些有不同方向构造相交的地段,有可能找到具有一定规模的钨矿床。

(4)存在钨、钼、铜等化探异常和白钨矿、黑钨矿、锡石等重砂异常的地段。区内大多数矿床如野马河、塔儿沟、大黑山、后长川等矿床点均是根据重砂异常发现的。

(5)重视区域钨及其相关元素地球化学异常特别是钨地球化学块体的分析和研究,那些钨地球化学异常较多、分布集中且具有白钨矿、黑钨矿、锡石等重砂异常及钨的找矿线索等的地段,都是值得重视的。

致谢:野外工作期间,曾得到甘肃省地质调查院、青海省地质调查院、甘肃省有色地质勘查局所属有关单位的支持和帮助,在此一并表示感谢。

参考文献(References):

- [1] 汤中立,白云来,徐章华,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,2002.6~16.
Tang Zhongli, Bai Yunlai, Xu Zhanghua, et al. Metallogenic Systems and Metallogenic Dynamics in the Southwest Margin (The Longshou Mountain and the Qilianshan Mountains) of North China Palecontinent [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2002, 6~16 (in Chinese with English abstract).
- [2] 毛景文,杨健民,张招崇,等.北祁连山小柳沟钨矿床 Re-Os 同位素测年及其意义[J].地质论评, 1999, 45(4): 412~417.
Mao Jingwen, Yang Jianmin, Zhang Zhaochong, et al. Re-Os age dating of molybdenites in the Xiaoliugou tungsten deposit in the northern Qilian mountains and its significance[J]. Geological Review, 1999, 45(4): 412~417 (in Chinese with English abstract).
- [3] 毛景文,杨建民,张作衡,等.甘肃肃北野牛滩含钨花岗质岩石学、矿物学和地球化学研究[J].地质学报, 2000, 74(2): 142~155.
Mao Jingwen, Yang Jianmin, Zhang Zuoheng, et al. The study on petrology, mineralogy and geochemistry of tungsten-bearing granitic rocks in the Yeniutan, Subei County, Gansu Province [J]. Acta Geologica Sinica, 2000, 74(2): 142~155 (in Chinese with English abstract).
- [4] 张作衡,毛景文,杨建民,等.甘肃小柳沟石英脉型钨矿床成矿流体地球化学研究[J].地球学报, 1999, 20(增刊): 292~297.
Zhang Zuoheng, Mao Jingwen, Yang Jianmin, et al. Study on geochemistry of ore-forming fluids in Xiaoliugou W (Mo) deposit, Gansu Province [J]. Acta Geoscientia Sinica, 1999, 20(Supplement): 292~297 (in Chinese with English abstract).
- [5] 张作衡,毛景文,杨建民,等.北祁连加里东造山带塔尔沟夕卡岩-石英脉型钨矿床地质及成因[J].矿床地质, 2002, 21(2): 200~211.
Zhang Zuoheng, Mao Jingwen, Yang Jianmin, et al. Geology and genesis of Taergou skarn-quartz vein type tungsten deposit in North Qilian Caledonian orogen, northwest China [J]. Mineral Deposits, 2002, 21(2): 200~211 (in Chinese with English abstract).
- [6] 周廷贵,张道忠,周宏.甘肃小柳沟铜钨多金属矿床地质特征及成因探讨[J].西北地质, 1999, 32(3): 1~10.
Zhou Tinggui, Zhang Daozhong, Zhou Hong. A preliminary discussion on geological characteristics and genesis of the Xiaoliugou Cu-W deposit, Gansu [J]. Northwestern Geology, 1999, 32(3): 1~10 (in Chinese with English abstract).
- [7] 杨钟堂,贾群子,肖朝阳,等.塔尔沟-小柳沟钨矿集区成矿条件及区域找钨[J].矿床地质, 2002, 21(增刊): 515~518.

Yang Zhongtang, Jia Qunzi, Xiao Chaoyang, et al. Metallogenic geological conditions of Taergou -Xiaoliugou W-collecting area and regional prospecting in Qilian metallogenetic belt[J]. *Mineral Deposits*, 2002, 21 (Supplement): 515~518 (in Chinese with English abstract).

[8] 安涛, 周继强. 甘肃小柳沟钨多金属矿地质特征及成矿模式[J]. *甘肃地质学报*, 2002, 11 (2): 54~66.

An Tao, Zhou Jiqiang. The geological character and metallogenic model of W-multimetal ore deposit in Xiaoliugou, Gansu[J]. *Acta*

Geologica Gansu, 2002, 11 (2): 54~66 (in Chinese with English abstract).

[9] 夏林圻, 夏祖春, 任有祥, 等. 北祁连山构造-火山岩浆-成矿动力学[M]. 北京: 中国大地出版社, 2001. 36~49.

Xia Linqi, Xia Zuchun, Ren Youxiang, et al. Tectono-Volcano-Magmatic Ore-forming Dynamics in North Qilian mountains[M]. Beijing: China Land Press, 2001. 36~49 (in Chinese with English abstract).

Minerogenic features of tungsten deposits in the Qilian metallogenetic belt and regional ore indications

YANG Zhong-tang¹, XIAO Si-yun¹, XIAO Chao-yang¹, LI Bao-qiang¹,
DUAN Yong-min², SU Liang-hong³

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

2. Gansu Institute of Geological Survey, Lanzhou 730000, Gansu, China;

3. Qinghai Institute of Geological Survey, Xining, 830000, Qinghai, China)

Abstract: On the basis of an integrated analysis of the tungsten minerogenic geological and geochemical settings and geological features of tungsten and tungsten-polymetallic deposits, four types of tungsten and tungsten-polymetallic deposits in the Qilian metallogenetic belt are primarily distinguished, i.e. skarn type, quartz vein type, greisen type and marine volcanic type. There are three dominant ore-controlling factors for tungsten deposits, especially large ones, in this metallogenetic belt, i.e. Proterozoic and Early Paleozoic tungsten-bearing intermediate-basic volcanic-clastic rocks and carbonate rocks, composite intermediate-acid magmatic intrusions mainly of subalkaline and calc-alkaline compositions associated with orogenic processes (subductional orogeny and/or collisional orogeny) and multiple tectonic systems. Furthermore, the regional ore indications of tungsten deposits are summarized.

Key words: tungsten; minerogenic feature; controlling factor; ore indication; Qilian metallogenetic belt, Northwest China