

# 北祁连山西段塔儿沟夕卡岩型 -石英脉型钨矿床

毛景文<sup>1\*</sup> 张作衡<sup>1</sup> 张招崇<sup>2</sup> 杨建民<sup>1</sup> 王志良<sup>1</sup>

(中国地质科学院, 北京: 1 矿床地质研究所, 2 地质研究所)

**提 要:** 塔儿沟钨矿床位于北祁连山加里东造山带的西南边缘, 具体产出于距野牛滩花岗闪长岩体 300~500 m 的外接触带中。野牛滩岩体由花岗闪长岩和黑云母花岗岩组成, 岩石学、岩石化学和微量元素资料证明这套岩石为一种介于 I 型与 S 型花岗岩之间的一种过渡型花岗岩类, 成矿与花岗闪长岩有关。钨矿床的矿化类型有夕卡岩型、石英黑钨矿脉型和云英岩型三种。夕卡岩型矿体呈似层状及透镜状, 以大理岩、斜长角闪岩等为成矿主岩; 石英黑钨矿脉型矿体形态复杂, 以石英云母片岩、角闪片岩和斜长角闪岩为成矿主岩; 云英岩型矿化不具工业价值。夕卡岩化是夕卡岩型矿化的主要蚀变类型, 与石英黑钨矿脉型矿化有关的蚀变也比较强烈, 以筒状的白色蚀变晕为特征, 具有分带性, 从矿脉向外, 依次出现石英化、石英黑云母化和黑云母斜长角闪岩。

**关键词:** 夕卡岩型矿床 石英黑钨矿脉型矿床 过渡型花岗岩 北祁连山西段 塔儿沟

北祁连山是一个典型的加里东期造山带, 以产于奥陶纪玄武质安山岩中的铜矿床和产于中新元古代千枚岩中的“镜铁山式”铁矿而闻名。在过去 10 年中, 塔儿沟和小柳沟两个大型钨多金属矿床相继被发现, 每个矿床钨金属储量均可达 20 万吨。它们与加里东期碰撞前花岗质岩石有成因联系。本文介绍与花岗质岩石有关的塔儿沟矿床的基本特征。

## 1 区域地质背景

塔儿沟钨矿床位于北祁连山加里东造山带的西南边缘。矿区及其外围出露的地层有: 古元古代北大河群片岩及大理岩夹层、斜长角闪岩和长石石英黑云母岩; 中元古代蛇绿岩; 中新元古代镜铁山群灰绿色和红色千枚岩; 新元古代大柳沟群灰岩和白杨河群砾岩以及奥陶纪玄武岩、玄武质安山岩和灰岩。毛景文等<sup>[1]</sup>在塔儿沟矿床以北几公里的柳沟峡地区发现了震旦纪火山岩, 并通过单矿物锆石测得的同位素年龄为  $636 \times 10^6 \sim 741 \times 10^6$  a。北大河群长石石英黑云母岩的 Sm-Nd 等时线年龄为  $1980 \times 10^6$  a<sup>[2]</sup>。通过对熬油沟蛇绿岩中辉绿岩墙内的单矿物锆石测年, 获得朱龙关群的年龄为  $1783 \times 10^6 \sim 1840 \times 10^6$  a<sup>[1]</sup>。

北祁连造山带在地质历史演化过程中发生了多期构造运动, 但加里东期是最强烈的一次。夏林圻等<sup>[3]</sup>指出, 北祁连山在元古代末期到奥陶世经历了裂陷, 并且在中奥陶纪开始闭合。在晚奥陶世和早泥盆世由于碰撞作用开始闭合和隆起。张招崇等<sup>[4]</sup>认为北祁连山造山带西段奥陶世出现了四个拉斑玄武岩和安山质玄武岩或玄武质安山岩带, 其中三个带形成

\* 毛景文, 男, 1956年生, 研究员, 长期从事矿床地质和地球化学研究工作。邮政编码: 100037

于裂谷环境而一个形成于岛弧环境。最近,毛景文等<sup>①</sup>在该地区确认了两个花岗岩带和一个碱性岩带。花岗岩带分布于北祁连西段的南部边缘,由花岗闪长岩和黑云母花岗岩组成,它们分别形成于碰撞前或碰撞期。碱性岩带也分布于该地的南部边缘,部分切穿了花岗岩带。

## 2 野牛滩花岗闪长岩体

塔儿沟钨矿床位于北祁连山西段的西南边缘,在空间上与花岗岩带中的野牛滩花岗闪长岩体有关。该岩体长约 30 km,宽 5~10 km,出露面积达 220 km<sup>2</sup>,呈外倾式接触,倾角 50°~70°。侵入围岩有下元古界北大河群和奥陶系火山岩。岩体主要由主体花岗闪长岩和少量黑云母花岗岩组成。岩体由中心向外,由粗粒甚至巨晶似斑状相逐渐过渡到中粗粒似斑状相。在野牛滩岩体的外接触带发育有宽 500~800 m 的热蚀变带。北大河群片岩中的碳酸盐夹层由于交代作用部分形成了夕卡岩。大量的黑云母花岗岩呈岩墙或小岩株侵入于花岗闪长岩体中。在两个阶段花岗岩形成之后,还有一系列花岗伟晶岩墙、电气石伟晶岩和白云母伟晶岩墙、花岗细晶岩墙和石英闪长岩墙产出于花岗闪长岩体及其附近地区。

根据矿物组合,花岗闪长岩可以分为花岗闪长岩和含辉石花岗闪长岩。花岗闪长岩由角闪石、黑云母、斜长石、石英和条纹长石组成。副矿物组合有榍石、磁铁矿、磷灰石和褐帘石。含辉石花岗闪长岩由斜长石(50%~55%)、黑云母(10%)、角闪石(5%~10%)、辉石(5%)、石英(10%)和钾长石(15%)组成。其矿物的生成顺序为:辉石→黑云母和角闪石→斜长石→钾长石→石英。副矿物组合有榍石、锆石和磷灰石。黑云母花岗岩为细粒或中细粒结构,主要由斜长石(45%~50%)、钾长石(10%~20%)、石英(30%~50%)和黑云母(15%~20%)组成,主要的副矿物有磷灰石、锆石和钽石。

在中国地质科学院岩矿测试技术研究所对总共 35 件样品进行了全分析、微量元素和稀土元素分析。花岗闪长岩中 SiO<sub>2</sub> 的含量为 57.33%~64.94%,主要值集中于 60%~63%,铝质指数 A/CNK (Al/Ca + Na + K) 为 0.77~1.18,属过铝质花岗岩。黑云母花岗岩中 SiO<sub>2</sub> 的含量为 65.14%~71.18%,其铝质指数为 1.05~1.25,属高铝质花岗岩。在 SiO<sub>2</sub> 对 MgO、Na<sub>2</sub>O + K<sub>2</sub>O、FeO + Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、MnO、CaO、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 和分异指数 (DI) 图解上可以看出,从花岗闪长岩到黑云母花岗岩,随着 SiO<sub>2</sub> 含量的升高, MgO、MnO、CaO、FeO + Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 和 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 的含量逐渐降低, K<sub>2</sub>O + Na<sub>2</sub>O, K<sub>2</sub>O 或 Na<sub>2</sub>O 呈现出无规律性的变化,不过分异指数与 SiO<sub>2</sub> 呈正相关性。我们将稳定组分 TiO<sub>2</sub> 做为判别岩浆演化的标尺,其结果表明岩体从花岗闪长岩到黑云母花岗岩, Ni、V 和 Ba 与 TiO<sub>2</sub> 具有较好的相关性。花岗闪长岩的稀土元素总量为 141.02 × 10<sup>-6</sup>~240.94 × 10<sup>-6</sup>, La/Yb 值为 10.33~30.79, δEu 为 0.6~0.79, 黑云母花岗岩的稀土元素总量为 141.02 × 10<sup>-6</sup>~190.55 × 10<sup>-6</sup>, La/Yb 值为 19.31~36.17, δEu 值为 0.51~0.93。

邹治平等<sup>②</sup>对野牛滩岩体进行了 Rb-Sr 同位素测年,其结果为 441.97 × 10<sup>6</sup> a, 锶初始比值 (I<sub>Sr</sub>) 为 0.7145, 反映了成岩物质来自地壳本身。花岗闪长岩和黑云母花岗岩的主要组分

① 毛景文等, 1988, 北祁连山西段镜铁山式铁铜矿床成矿规律和成矿预测

② 邹治平等, 1988, 甘肃省肃北蒙古族自治县塔儿沟钨矿床地质

在 ACF 图上的投影结果表明它们为 S 型花岗岩。

塔儿沟矿床所有的矿化作用在空间上与花岗闪长岩体有关，均发生于野牛滩花岗闪长岩的外接触带或岩体中。尽管黑云母花岗岩比花岗闪长岩经历了更好的分异演化作用，但钨矿化与黑云母花岗岩无关。

### 3 矿化类型和矿化阶段

塔儿沟钨矿床依其矿体的产出特征可以分为三种矿化类型，即夕卡岩型，石英黑钨矿脉型和云英岩型。夕卡岩型矿体呈似层状及透镜状（图 1），以早元古宙条带状大理岩、斜长角闪岩和角闪石英片岩为成矿主岩。矿体分布于塔儿沟背斜轴部。夕卡岩矿化形成的矿带长 2.4 km，宽 200 m，总体沿 315° 方向延伸。单矿体一般长 200~1000 m，宽 3~30 m。夕卡岩的主要组成矿物为石榴石、透辉石，符山石、阳起石、萤石和白钨矿、石英、黄铁矿、黄铜矿等。白钨矿的矿化强度与夕卡岩化呈消长关系，夕卡岩化越强，硫化物越发育，白钨矿就越富集。矿石含  $WO_3$  为 0.18%~0.60%，BeO 0.003%~0.03%。

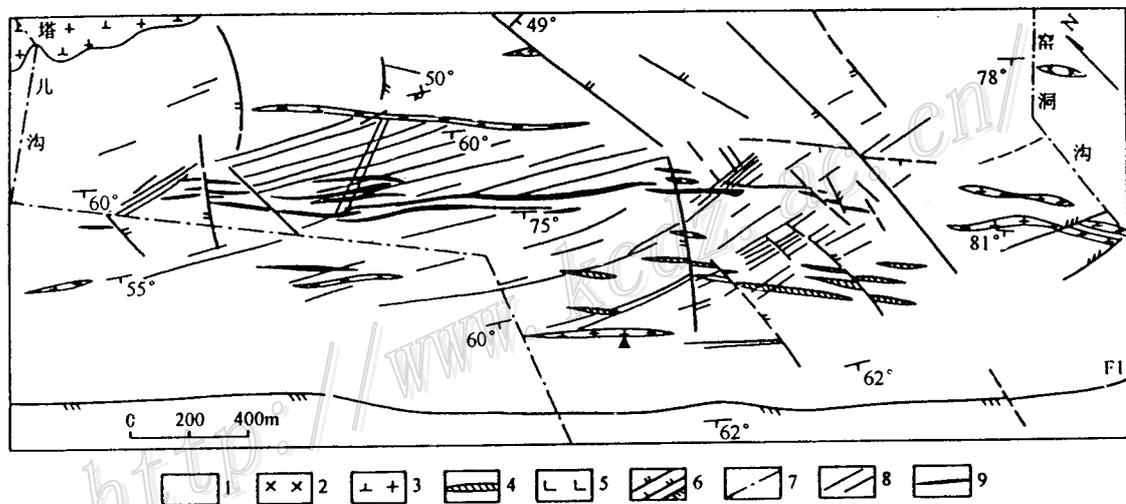


图 1 塔儿沟矿区地质略图

(据邹治平 1988 年资料，已简化)

- 1—前长城系；2—中新元古代辉长岩；3—加里东中晚期花岗闪长岩；4—花岗伟晶岩；5—煌斑岩；6—断层；  
7—航遥解译断层；8—石英黑钨矿；9—白钨矿体

石英黑钨矿脉型矿体沿  $115^{\circ}\sim 120^{\circ}$  方向延伸，倾向  $20^{\circ}\sim 35^{\circ}$ ，倾角  $60^{\circ}\sim 70^{\circ}$ （图 1）。成矿主岩为石英白云母片岩、角闪片岩和斜长角闪岩，矿体产于塔儿沟背斜的轴部及靠近轴部的两翼地区。在长 2900 m，宽 200~800 m，约  $2\text{ km}^2$  的范围内发现了具工业价值的矿脉 180 多条。单矿体长 100~500 m，宽 5~30 cm，延深 200~600 m，矿体成群产出，形态复杂，具尖灭再现和分支复合等特征。矿石的组成矿物有：石英、萤石、黑钨矿、白钨矿、白云母、毒砂、黄铁矿、黄铜矿、磁黄铁矿、绿柱石等。主要有用组分的品位为： $WO_3$  0.367%~6.36%，BeO 0.03%~0.54%，Sn 0.01%~0.05%， $Li_2O_3$  0.02%， $Nb_2O_5$  <

0.04%， $Ta_2O_5$  0.01%。

塔儿沟矿床中云英岩型矿化比较弱，云英岩型矿脉非常细小，发育于矿带的伟晶岩和片岩等围岩中。云英岩的主要组成为：石英、白云母、白钨矿、黑钨矿、萤石和硫化物。云英岩型矿化不具工业价值。

## 4 蚀变

虽然塔儿沟钨矿床与野牛滩花岗闪长岩体有关，但岩体的蚀变非常弱。白云母化和钾长石化在花岗闪长岩体中少量发育。夕卡岩化是矿区内的主要蚀变类型，发育在岩体的外接触带中，由部分来自岩浆的热液交代片岩中的大理岩夹层而形成。与石英黑钨矿脉型矿化有关的蚀变比较强烈，以脉状的白色蚀变晕为主要特征。晕圈显示出蚀变分带性，例如从脉向外，依次出现石英化、石英黑云母化蚀变岩和黑云母斜长角闪岩。此外，还发育有萤石化、电气石化、云英岩化和绢云母化。

## 5 流体包裹体

流体包裹体在石英、绿柱石和萤石中均很发育，但是比较小，一般为 $2\sim 10\ \mu\text{m}$ 。根据气/液比值的不同，可以将包裹体分为液相包裹体，气液两相包裹体、含 $L_{CO_2}$ 多相包裹体和含子矿物包裹体。我们选取了50件石英黑钨矿脉中的石英进行了均一温度和盐度等参数的测定。通过温度、密度和盐度之间的关系<sup>[6]</sup>来计算流体的密度。利用法国产 Chaixmeca ( $-180\sim +600^\circ\text{C}$ ) 冷热台进行测定，总共获得了244个数据。这些数据表明：均一温度的范围从 $240^\circ\text{C}$ 到 $320^\circ\text{C}$ ，高峰值为 $270^\circ\text{C}$ ，盐度为 $8.3\%\sim 12\%\ \text{NaCl}$ ，密度为 $0.75\sim 1.01\ \text{g}/\text{cm}^3$ ，总体上盐度与均一温度呈线性关系。

## 6 讨论及结论

### 6.1 花岗闪长岩的特殊性

世界上绝大多数钨矿床均与花岗质岩石有密切关系，空间上表现为多阶段成岩晚阶段成矿或多阶段成岩多阶段成矿。然而，塔儿沟钨矿床在空间上与早阶段的花岗闪长岩有密切联系，而与晚阶段的黑云母花岗岩无关。野牛滩含钨花岗岩具有特殊性，它不同于以高侵位高分异为特征的过铝质含钨花岗岩（如中国南岭地区花岗岩和中欧 Erzgebirge 地区的花岗岩），也不同于含 W、Mo 的高 Si 富碱质组分（华南型）和钙碱性花岗岩（东秦岭型或哈萨克斯坦型）。野牛滩花岗岩的  $Na_2O + K_2O$  的含量为  $5.12\%\sim 9.29\%$ ，铷同位素初始值为 0.7154，反映出 S 型花岗岩的特征，另一方面，它又富含 Sr、Co、Cr 和 Ba，出现了磁铁矿、榍石、锆石、金红石和磷灰石组合，又反映出分别具 Chappell 等<sup>[7]</sup>和 Ishihara<sup>[8]</sup>的 I 型或磁铁矿型花岗岩的特征，因此，我们认为野牛滩岩体应属于过渡类型的花岗岩。

### 6.2 塔儿沟钨矿床的基本特征

塔儿沟钨矿床与花岗岩有关，主要由夕卡岩型和石英黑钨矿脉型矿体组成。不过，这两

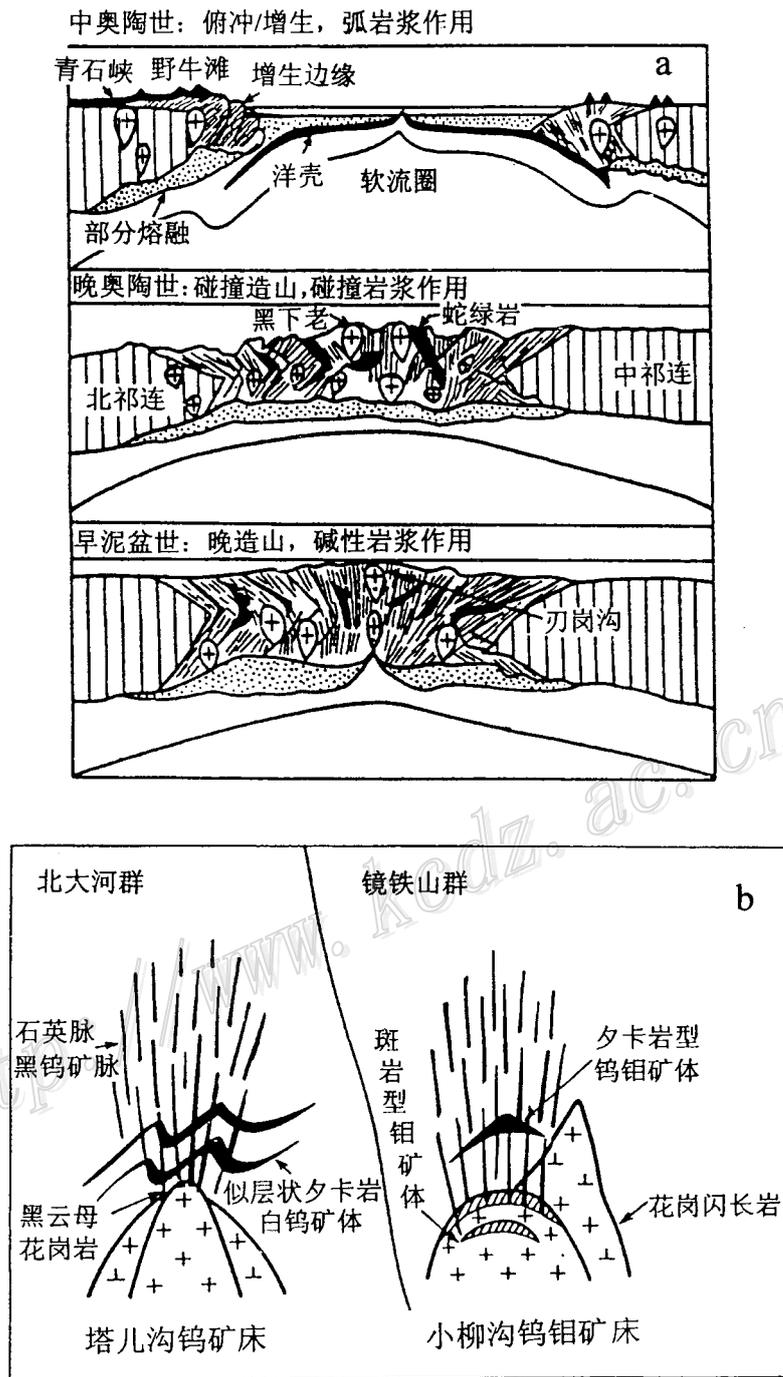


图 2 北祁连山西段钨矿成矿环境 (a) 和成矿模式 (b) 图

类矿体均分布于距离岩体 300~500 m 的外接触带中，而不是象南岭地区<sup>[9]</sup>和东秦岭地区<sup>[5]</sup>与花岗岩有关钨矿床或钨、钼矿床产于岩体附近。塔儿沟矿床中夕卡岩一般为钙质夕卡岩，但它产出于前寒武纪层状变质岩系。作为与花岗岩有成因联系的矿床，塔儿沟矿床中 Li、

Nb 和 Ta 的含量比较低。

### 6.3 塔儿沟钨矿床成矿模型

钨、锡和钼等元素在地球演化过程中逐渐向地壳运移<sup>[10]</sup>, 导致在局部地层中含量增加, 钨的预富集是形成钨矿的先决条件。在北祁连山地区经历了多次构造活动, 以早元古宙和古生代两大开合过程为最主要特征。在这些构造活动过程中, 壳幔反映十分强烈, 导致深部钨等金属元素不断向地壳运移。邹治平等 (1988) 指出, 北祁连山西段前寒武纪北大河群为富钨地层, 同时是花岗闪长岩浆的物质来源。在晚奥陶世板块的碰撞前期, 深部地壳重熔成花岗闪长岩浆。钨、铍、钼以及一些金属元素通过分异作用逐渐富集到岩体顶部, 通过交代和沉积作用形成矿床。在岩体演化过程中, 榍石代替钛铁矿, 反映了岩浆的结晶作用处于相对氧化环境。层状夕卡岩受变质岩系中的大理岩夹层控制, 岩体周围的裂隙系统有利于石英黑钨矿脉型矿体的形成。根据北祁连山西段加里东期构造演化程式和带状分布的花岗岩及花岗岩演化与成矿特点, 兹提出钨矿形成背景和成矿模式图 (图 2)。

本文是原国家计委科技找矿项目 (JG9471902) 的部分成果, 还得到原地质矿产部跨世纪人才基金资助, 同时也是 IGCP-373 项目的一部分。值此, 非常感谢甘肃地勘局酒泉地调队对我们工作的支持与合作。

### 参 考 文 献

- 1 毛景文, 张招崇, 杨建民等. 北祁连山西段前寒武纪地层单颗粒锆石测年及地质意义. 科学通报, 1997, 42 (13): 1414~1417.
- 2 毛景文, 张招崇, 左国朝等. 北祁连山西段北大河群钨-铍同位素测年. 地球科学, 1998.
- 3 夏林圻, 夏祖春, 徐学义. 北祁连山海相火山岩岩石成因. 北京: 地质出版社, 1996.
- 4 张招崇, 毛景文, 杨建民等. 北祁连山西段早奥陶世阴沟群火山岩的构造背景. 岩石矿物学杂志, 1997, 16 (3): 193~200.
- 5 《中国矿床》编委会. 中国矿床 (中册). 北京: 地质出版社, 1994: 5~186.
- 6 Ahamad S N, Rose A W. Fluid inclusions in porphyry and skarn ore at Santa Rita. *Econ. Geol.*, 1986, 47: 125~148.
- 7 Chappell B W, and White A J R. Two contribution granite types. *Pacific Geol.*, 1974, 8: 173~174.
- 8 Ishihara S. The magnetite-series and ilmenite-series granitic rocks. *Mining Geol.*, 1997, 27: 81~97.
- 9 Mao Jingwen, Chen Yuchuan, Bi Chengsi and Li Hongyan. Geology of tin deposits in China. *Scientia Geologica Sinica*, 1995, 4: 121~177.
- 10 Lehmann B. Granite-related rare-metal mineralization: a general geochemical framework. 1994, 342~349, eds. R. Seltmann, Horst Kampf & Peter Moller, *Metallogeny of Collisional Orogens*, Czech Geological Survey, Prague, 1994.