

# 祁连山与钨矿化有关的花岗岩类的基本特征\*

## Basic characteristics of granitoids related to tungsten mineralization in the Qilian mountain

全守村, 贾群子, 郭周平, 王 伟

(西安地质矿产研究所, 陕西 西安 710054)

QUAN ShouCun, JIA QunZ, GUO ZhouPing and WANG Wei

(Xi'an Institute of Geology and Mineral Resource, Xi'an 710054, Shaanxi, China)

**摘 要** 在对祁连成矿带与钨矿化有关花岗岩的时空分布、区域地质、地球化学、同位素及其成矿特征等综合分析基础上, 初步总结了钨型, 钨-钼型和铌-钼-钨型三类花岗岩的特征, 侵入时期以加里东期为主, 华力西期次之, 以 I-S 为主的复式花岗岩体为钨矿床的形成提供最有利的物源和热源, 为进一步寻找大型-超大型钨矿床提供找矿标志和特征提示。

**关键词** 钨; 矿化特征; 花岗岩类; 祁连山

祁连山位于秦祁昆巨型造山带的中段。岩浆活动强烈又频繁, 中酸性侵入岩尤为发育, 侵入活动遍及各个地质时期; 加里东期为区内岩浆活动的鼎盛时期。区内重要的铜、钨、铅锌等矿产的形成与加里东期岩浆活动有成因关系。

### 1 花岗岩类的时空分布

祁连地区花岗岩类(以石英>5%或  $\text{SiO}_2 > 60\%$  的指标)总计 500 多个, 出露总面积二万多平方千米, 岩体形态多样, 以加里东期岩体数量最多, 分布面积最大, 与区内重要的钨、钼等矿产关系密切, 其次为华力西期和印支期(图 1)。

花岗岩类的岩石类型较为齐全, 但以二长花岗岩、花岗闪长岩、花岗岩、英云闪长岩、石英闪长岩为主(图 1)。

### 2 花岗岩体地质特征

祁连地区已知与钨矿化有关花岗岩体共计 18 个, 其中 9 个岩体的地质特征见表 1。在区域分布上, 与钨矿化有关的花岗岩产出呈北西向成带、北东向分段集中展布。

主要侵入时代为加里东期中晚期, 岩石类型以二长花岗岩为主, 岩石组合为二长花岗岩-花岗闪长岩-花岗岩-斜长花岗岩(图 2)。

### 3 岩石化学特征

对已知与钨矿化有关的花岗岩类的 87 个岩石化学数据(见表 2 和表 3), 进行了成因类型判别。

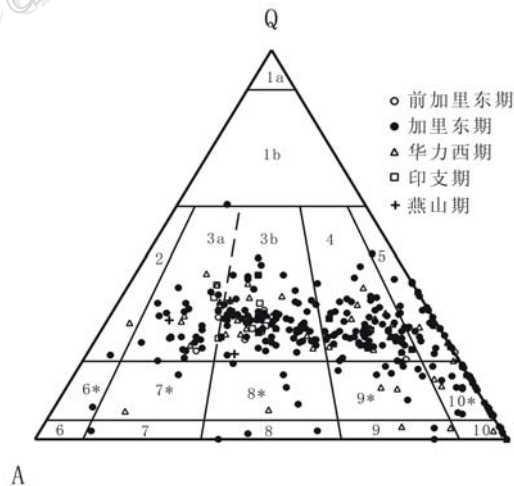


图 1 祁连花岗岩类 Q-A-P 图

1a—硅英石; 1b—富石英花岗岩类; 2—碱长花岗岩; 3a—花岗岩; 3b—二长花岗岩; 4—花岗闪长岩; 5—英云闪长岩; 6\*—石英碱长正长岩; 7\*—石英正长岩; 8\*—石英二长岩; 9\*—石英二长闪长岩; 10\*—石英闪长岩; 6—碱长正长岩; 7—正长岩; 8—二长岩; 9—二长闪长岩; 10—闪长岩

\*本文得到中国地质调查局国土资源大调查项目(1212010531703)的资助

第一作者简介 全守村, 男, 1979 年生, 研究实习员, 主要从事矿床地质研究。E-mail: xaqshoucun@cgs.gov.cn

表 1 与钨矿化有关花岗岩类的岩体地质特征

| 岩体名称 | 岩体地质特征                                                                                                                                               |
|------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 金佛寺  | 岩体位于酒泉南金佛寺, 北西向长椭圆形, 面积600km <sup>2</sup> , 侵入于下奥陶统阴沟群和下志统千枚状板岩, 砂质板岩, 变质砾岩等, 主要由中粗粒、中粒及斑状的黑云母二长花岗岩组成, 原生流动构造不发育, 但内裂隙发育, 多被细粒花岗岩、花岗伟晶岩、花岗细晶岩和石英脉充填。 |
| 石油河脑 | 岩体位于肃北县东200km, 近东西走向, 长13km, 宽2~3km, 面积30km <sup>2</sup> , 侵入于北大河群片岩中, 岩石类型以花岗闪长岩为主, 岩石组合为花岗闪长岩-二长花岗岩-斜长花岗岩。                                         |
| 野牛滩  | 岩体为复式岩体, 分布于塔儿沟-野牛滩一带, 面积280km <sup>2</sup> , 以似斑状花岗闪长岩为主, 岩石组合为花岗闪长岩-二长花岗岩; 呈北西向岩基侵入于北大河群和阴沟群, 后期脉岩发育。                                              |
| 小柳沟  | 岩体侵入于长城系朱龙关群中, 地表岩体不发育, 仅见花岗斑岩和二长花岗岩脉, 出露面积0.01km <sup>2</sup> , 深部有隐伏的二长花岗岩体存在。岩石组合为二长花岗岩-花岗闪长岩-似斑状二长花岗岩。                                           |
| 南杂日岛 | 岩体位于祁连山西120km, 面积14km <sup>2</sup> , 侵入于元古界托赖岩群, 岩石组合为花岗闪长岩-二长花岗岩。                                                                                   |
| 大黑山  | 岩体位于青海省大通县, 面积98km <sup>2</sup> , 侵入于元古界托赖岩群, 岩石类型以二长花岗岩为主, 岩石组合为二长花岗岩-花岗闪长岩-斜长花岗岩。                                                                  |
| 后长川  | 岩体为复式岩体, 分布于兰州北, 面积2.4km <sup>2</sup> , 侵入于长城系兴隆山群, 以二长花岗岩为主, 岩石组合为二长花岗岩-花岗闪长岩-斜长花岗岩。                                                                |
| 大峡   | 岩体位于西宁市东, 面积13.30km <sup>2</sup> , 侵入于前寒武纪变质岩系中, 岩石组合为二长花岗岩-花岗闪长岩。                                                                                   |
| 杂子黑  | 岩体位于青海省乌兰县, 面积50km <sup>2</sup> , 侵入于元古界达肯大坂岩群, 岩石组合为花岗闪长岩-斜长花岗岩。                                                                                    |

表 2 与钨矿化有关花岗岩类的岩石化学成分平均值及对比(%)

| 岩体名称  | 样数   | SiO <sub>2</sub> | TiO <sub>2</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | FeO  | MnO  | MgO  | CaO  | Na <sub>2</sub> O | K <sub>2</sub> O | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | 资料来源         |
|-------|------|------------------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|------|------|------|------|-------------------|------------------|-------------------------------|--------------|
| 金佛寺   | 9    | 69.61            | 0.46             | 15.13                          | 0.65                           | 2.15 | 0.06 | 0.92 | 2.17 | 3.63              | 4.03             | 0.19                          | (1)(2)(3)(4) |
| 石油河脑  | 4    | 69.39            | 0.33             | 16.49                          | 0.80                           | 1.01 | 0.04 | 0.45 | 1.83 | 2.83              | 4.82             | 0.13                          | (5)(6)       |
| 野牛滩   | 42   | 64.20            | 0.59             | 15.03                          | 0.84                           | 4.47 | 0.12 | 2.38 | 4.08 | 2.65              | 3.93             | 0.28                          | (6)(7)(8)(9) |
| 小柳沟   | 7    | 73.13            | 0.22             | 12.94                          | 0.85                           | 0.85 | 0.05 | 0.55 | 1.03 | 3.31              | 4.23             | 0.11                          | (6)          |
| 南杂日岛  | 3    | 74.57            | 0.05             | 13.42                          | 0.71                           | 0.62 | 0.06 | 0.18 | 0.64 | 3.83              | 4.60             | 0.03                          | (6)(10)      |
| 大黑山   | 13   | 71.00            | 0.24             | 14.45                          | 0.73                           | 1.78 | 0.15 | 0.68 | 1.84 | 3.33              | 4.14             | 0.11                          | (6)(11)      |
| 后长川   | 2    | 73.45            | 0.16             | 13.90                          | 0.31                           | 1.30 | 0.05 | 0.63 | 1.51 | 3.31              | 4.16             | 0.05                          | (6)          |
| 大峡    | 3    | 68.02            | 0.38             | 15.69                          | 0.54                           | 2.04 | 0.04 | 0.76 | 2.14 | 4.52              | 4.05             | 0.17                          | (6)          |
| 杂子黑   | 4    | 64.40            | 0.55             | 16.10                          | 1.08                           | 2.83 | 0.08 | 2.27 | 4.85 | 3.25              | 3.16             | 0.12                          | (12)         |
| 祁连山   | 87   | 68.30            | 0.39             | 14.65                          | 0.83                           | 2.64 | 0.08 | 1.45 | 2.82 | 3.17              | 3.93             | 0.18                          |              |
| 华南花岗岩 | 1227 | 72.05            | 0.28             | 13.72                          | 0.98                           | 1.96 | 0.08 | 0.66 | 1.38 | 3.22              | 4.54             | 0.12                          | (13)         |
| 中国花岗岩 |      | 70.31            | 0.31             | 14.68                          | 1.37                           | 1.80 | 0.08 | 1.01 | 2.01 | 3.76              | 3.87             | 0.19                          | (14)         |

资料来源: (1)1/20 万酒泉幅区域地质测量报告, 1969; (2)1/20 万肃南幅区调报告; (3)甘肃省地质局, 1974. 1/20 万祁连山幅区域地质调查报告; (4)张德全等, 1995; (5)甘肃省地质矿产局酒泉地质矿产调查队, 1987. 塔儿沟矿区详细普查地质报告; (6)本文; (7)毛景文等, 2000; (8)地质部甘肃省地质局, 1969. 1/20 万玉门市幅区域地质测量报告(上册); (9)邹治平, 黄传俊, 1988. 甘肃省肃北蒙古族自治县塔儿沟钨矿床特征; (10)青海省地质局, 野牛滩幅区域地质测量报告, 1968; (11)1/5 万, J47E016021(扎麻图幅), 1999; (12)青海省地质局, 1968. 1/20 万乌兰幅区域地质测量报告书; (13)中国科学院地球化学研究所, 1979; (14)转引自王中刚, 赵振华, 邹天人, 等. 1998. 阿尔泰山花岗岩类地球化学. 北京: 科学出版社. 64-65.

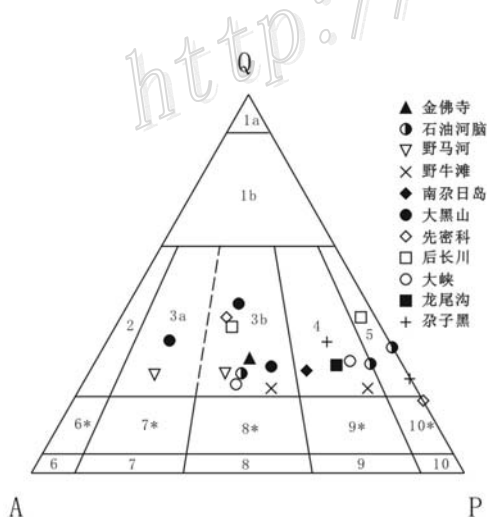


图 2 与钨矿化有关花岗岩类 Q-A-P 图

1a—石英岩; 1b—富石英花岗岩类; 2—碱长花岗岩; 3a—花岗岩; 3b—二长花岗岩; 4—花岗闪长岩; 5—英云闪长岩; 6\*—石英碱长正长岩; 7\*—石英正长岩; 8\*—石英二长岩; 9\*—石英二长闪长岩; 10\*—石英闪长岩; 6—碱长正长岩; 7—正长岩; 8—二长岩; 9—二长闪长岩; 10—闪长岩。

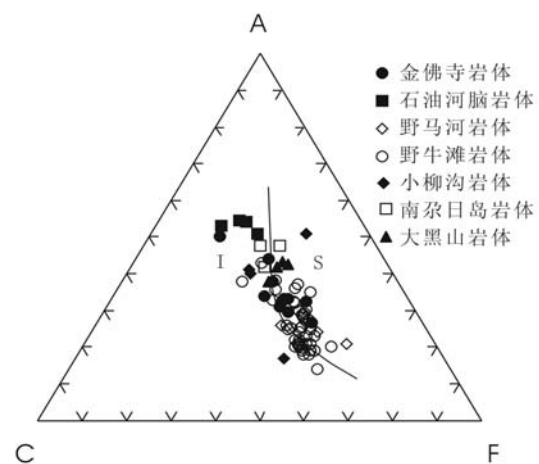


图 3 与钨矿化有关的花岗岩类 A-C-F 图

表 3 与钨矿化有关花岗岩类的特征值变化范围

| 岩体名称 | 样数 | w(SiO <sub>2</sub> )/% | A/CNK           | w(Na <sub>2</sub> O)+w(K <sub>2</sub> O)/% |
|------|----|------------------------|-----------------|--------------------------------------------|
| 金佛寺  | 9  | 67.65~72.26            | 1.01~1.14(1.06) | 6.87~9.84(7.65)                            |
| 石油河脑 | 4  | 65.45~73.32            | 1.12~1.37(1.24) | 6.79~8.80(7.65)                            |
| 野牛滩  | 42 | 60.19~74.04            | 0.77~1.25(0.95) | 4.32~9.29(6.58)                            |
| 小柳沟  | 7  | 67.40~77.60            | 0.95~1.24(1.09) | 6.60~8.28(7.53)                            |
| 南荻日岛 | 3  | 73.93~75.61            | 1.04~1.11(1.08) | 8.32~8.61(8.43)                            |
| 大黑山  | 13 | 64.27~75.35            | 0.92~1.35(1.09) | 5.00~9.46(7.47)                            |
| 后长川  | 2  | 72.14~74.76            | 1.08~1.11(1.09) | 6.81~8.13(7.47)                            |
| 大 峡  | 3  | 62.65~72.82            | 0.97~1.05(1.00) | 7.94~9.46(8.57)                            |
| 泵子黑  | 4  | 61.51~69.33            | 0.79~1.04(0.93) | 6.10~6.55(6.40)                            |

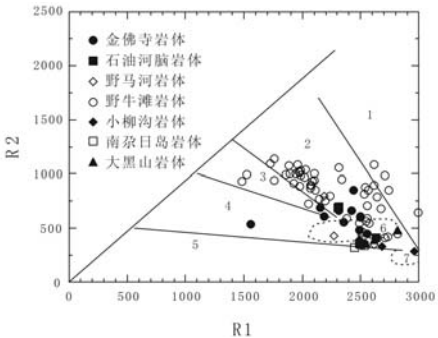


图 4 与钨矿化有关的花岗岩类 R<sub>1</sub>-R<sub>2</sub> 图  
1—地帽分离; 2—板块碰撞前的; 3—碰撞后的抬升; 4—造山晚期的; 5—非造山的; 6—同碰撞的; 7—造山期后的。

区内与钨矿化有关的花岗岩类的 SiO<sub>2</sub> 含量变化大, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/(Na<sub>2</sub>O+CaO+K<sub>2</sub>O)的分子比值在 0.77~1.37 之间较宽的范围内变化; w(Na<sub>2</sub>O)+w(K<sub>2</sub>O)为 4.32%~9.84%, 具有过渡型 (I-S) 花岗岩的基本特征。已发现钨矿床的成矿母岩, 它们在花岗岩 ACF 判别图解 (图 3) 上, 大部分集中在界线附近, 主要为过渡型 (I-S)。

对与钨矿化有关花岗岩的构造环境投图分析, 它们分布大部分集中在 6 区、3 区和 2 区 (图 4)。

4 稀土元素地球化学

从与钨矿化有关的岩体与尚未发现钨矿化的岩体的稀土配分模式图(图 5)看出, 有较明显的差别, 与钨矿化有关花岗岩的配分型一般斜率中等, 富轻稀土, 弱右倾, 各岩体的稀土元素分布型式相似, ΣREE 为(62.89~326.09)×10<sup>-6</sup>, 各岩体的稀土总量变化较大, Eu/Eu\* (δEu) 0.11-0.66, 中度到明显负 Eu 异常。尚未发现钨矿化的花岗岩的配分型斜率较高, 更富轻稀土, ΣREE 为(63.16~139.01)×10<sup>-6</sup>, Eu/Eu\* (δEu) 0.78~1.40, 微弱负 Eu 异常到无异常甚至正 Eu 异常。

5 同位素特征

锶 (<sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr) 初始值 (I<sub>Sr</sub>) 除个别岩体 (如小柳沟矿区) 的数据偏大外, 其余大多数在 0.706~0.719 之间 (表 4), 属过渡型地壳壳源和壳幔混合型。这一点与华南含钨花岗岩相比要复杂, 且来源相对较深。

6 成矿特征

从表 5 可以得出, 与钨矿化有关花岗岩类的成矿特征为:

- ①W 含量是黎彤值 (地壳丰度 1.1×10<sup>-6</sup>, 1976) 的 10 倍以上, W 含量较高, 这为矿床的形成提供了物源;
- ②以钨为主的成矿类型为矽卡岩型、石英脉型和云英岩型;
- ③钼、铌钽等矿产, 常与钨共生, 成矿类型为花岗岩型、石英脉型和云英岩型;
- ④钨或钨钼矿床具有共生性的特点, 矽卡岩型与石英脉型共生, 有时为花岗岩型, 它们在形成时间上相近, 空间上相邻;
- ⑤矿化中心部位为钨或钨钼铜, 向外出现铅锌, 再向外为锑、砷、汞, 构成从高温到低温与花岗岩有关的多元素成矿系列。

7 结 论

通过对花岗岩区域地质背景、时空分布特征, 对已知与钨矿化有关花岗岩的岩体地质、成矿、地球化学和同位素特征的对比分析, 归纳出了以下几点结论:

- ①在区域分布上, 呈北西向成带、北东向分段集中展布, 成矿元素含量较高, 为矿床的形成提供了物源和热源。以侵入于前寒武系古地层中的花岗岩成矿最为有利。
- ②与钨、钼等矿产有关的花岗岩岩体多为复式岩体; 岩石类型以二长花岗岩为

表 4 与钨矿化有关花岗岩体的<sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr初始值

| 岩体名称 | 岩石类型   | I <sub>Sr</sub> | 成岩时代        | 来源 |
|------|--------|-----------------|-------------|----|
| 金佛寺  | 石英二长岩  | 0.707           | 419.87±0.4  | 1  |
|      | 二长花岗岩  | 0.7079          | 403.77±0.08 | 1  |
| 石油河脑 | 黑云母花岗岩 | 0.70934*        | 392-406     | 2  |
| 野牛滩  | 石英二长岩  | 0.7175          | 441.97      | 3  |
| 小柳沟  | 二长花岗岩  | 0.74410*        | 305.7±1.9   | 2  |
| 先密科  | 花岗岩    | 0.71087*        | 436-488     | 2  |
| 后长川  | 二长花岗岩  | 0.7083          | 419±11      | 4  |
|      |        | 0.7095          | 423.2±11.3  | 4  |
| 华南   | 二长花岗岩  | 0.7166-0.7121   | 160-140     | 5  |

资料来源: 1. 张德全, 等, 1995; 2. 本文; 3. 邹治平, 黄传俭, 1988. 甘肃省肃北蒙古族自治县塔尔沟钨矿床特征(内部报告); 4. 甘肃地矿局, 1996. 1/5万青城乡幅; 5. 翟裕生, 等, 1996. \* 测得<sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr值经换算后计算出的锶初始值 (I<sub>Sr</sub>)

主, 岩石组合为二长花岗岩-花岗闪长岩-花岗岩; 常见与 Mo、Cu、Nb-Ta 等共生或伴生。③SiO<sub>2</sub> 含量变化大; 成因类型为 I-S 过渡型。④与钨矿化有关的花岗岩类与尚未发现钨矿化的花岗岩类的稀土配分模式有明显区别, 与钨矿化有关的花岗岩类的配分型一般斜率中等; 中度到强烈负 Eu 异常, 各岩体的稀土元素分布型式相似。⑤铈 (<sup>87</sup>Sr/ <sup>86</sup>Sr) 初始值大多数在 0.706~0.720 之间, 属过渡型地壳壳源和壳幔混合型。⑥以钨为主的成矿类型为矽卡岩型、石英脉型和云英岩型, 有时为花岗岩型; 钼、铌钽等矿产, 常与钨共生; 钨或钨钼矿床具有共生性的特点, 矽卡岩型与石英脉型共生, 它们在形成时间上相近, 空间上相邻; 矿化中心部位为钨或钨钼铜, 向外出现铅锌, 再向外为锑、砷、汞, 构成从高温到低温与花岗岩有关的多元素成矿系列。

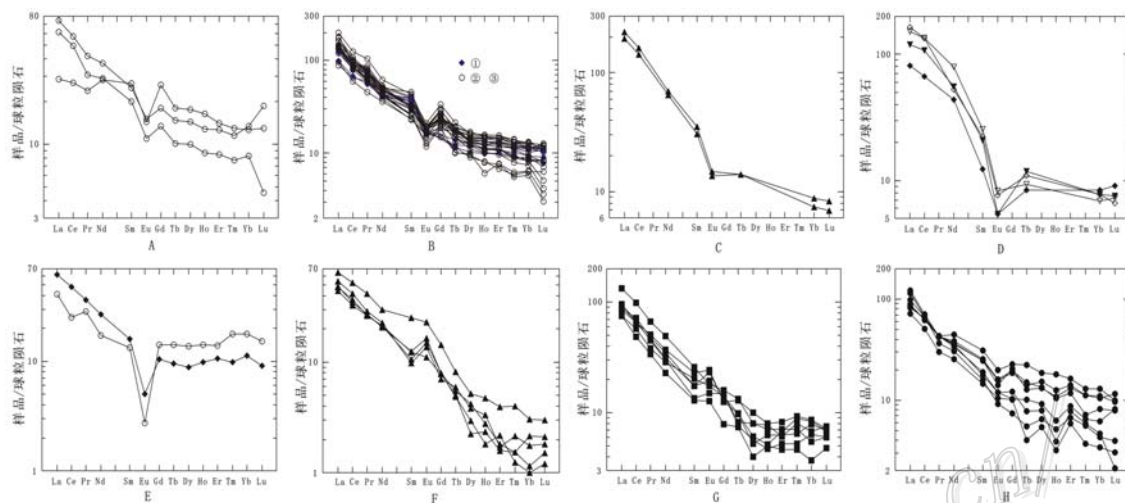


图5 花岗岩类的REE配分模式

**花岗岩类:**A-E. 与钨矿化有关的花岗岩, F-H. 尚未发现钨矿化的花岗岩: A—金佛寺岩体, B—野牛滩岩体, C—石油河脑岩体, D—大黑山岩体, E—小柳沟岩体, F—贾台岩体, G—孔子沟岩体, H—喇嘛山岩体; **数据来源:** A. 张德全, 等, 1995; B. ①本文. ②毛景文, 等, 2000. ③邹治平, 黄传俭. 1988. 甘肃省肃北蒙古族自治县塔尔沟钨矿床特征(内部报告); C. D. E. 本文; F-G. 王崇礼, 等, 2000. 甘肃南祁连山北坡金铜矿产成矿规律. 控矿靶区优选研究报告; H. 吴才来, 等, 2001. 球粒陨石平均值采用 Boynton(1984)给出的球粒陨石稀土含量推荐值

表5 与钨矿化有关花岗岩岩体的成矿特征

| 岩体名称 | 成矿特征                                                                                                                                    | 成矿元素组合  |
|------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| 金佛寺  | W元素含量 $2.62 \times 10^{-6}$ , 内外接触带均有钨矿体产出, 云英岩化、硅化、矽卡岩化, 矿床类型及规模: 石英脉型钨钼铜矿化, 内外接触带发现钨钼铜铅锌矿(化)点多处, 构成以钨钼为主的多金属成矿带                       | W、Mo、Cu |
| 石油河脑 | W元素含量 $17.80 \times 10^{-6}$ , 矿体产于外接触带, 矽卡岩化、透闪石化、阳起石化、黄铁矿化, 矿床类型及规模: 矽卡岩型白钨矿点                                                         | W、Mo    |
| 野牛滩  | W元素含量 $34.86 \times 10^{-6}$ , 矿体产于岩体外接触带, 矽卡岩化、硅化、云英岩化, 矿床类型及规模: 矽卡岩型和石英脉型大型钨矿床, 向外围出现石洞沟银-铅矿床、向南还出现其他大坡锑、砷矿化点                         | W、Be    |
| 小柳沟  | W元素含量 $9.55 \times 10^{-6}$ , 外接触带、岩体中均有矿体产出, 矽卡岩化、硅化、云英岩化, 矿床类型及规模: 石英脉型大型钨钼矿床和矽卡岩型大型钨矿床, 以深部成钨花岗岩为中心, 向上向外成矿元素显示钨、钼、铜钨、钼钨、钼、铜、铅锌的分带系列 | W、Mo    |
| 南郊日岛 | 矿体产于岩体中, 云英岩化、硅化, 矿床类型及规模: 花岗岩型钨钼钽矿点                                                                                                    | W、Nb、Ta |
| 大黑山  | W元素含量 $17.04 \times 10^{-6}$ , 矿体产于外接触带, 矽卡岩化、硅化、云英岩化, 矿床类型及规模: 矽卡岩型钨钼矿点                                                                | W、Mo    |
| 后长川  | W元素含量 $171.2 \times 10^{-6}$ , 矿化体产于外接触带, 且与石英脉关系密切, 矽卡岩化、硅化、云英岩化, 矿床类型及规模: 石英脉型钨矿点                                                     | W       |
| 大峡   | W元素含量 $18.39 \times 10^{-6}$ , 矿床类型及规模: 矽卡岩型钨矿点                                                                                         | W       |
| 孕子黑  | 矿体产于外接触带, 矽卡岩化、透闪石化和绿泥石化, 矿床类型及规模: 矽卡岩型小型钨多金属矿床                                                                                         | W、Zn    |

## 参考文献

- 毛景文, 张招崇, 杨建民, 等. 2003. 北祁连山西段铜金铁钨多金属矿床成矿系列和找矿评价. 北京: 地质出版社. 93~143.
- 毛景文, 张作衡, 杨建民, 等. 2000. 甘肃肃北野牛滩含钨花岗岩岩石学、矿物学和地球化学研究. 地质学报, 74(2): 142~155.
- 吴才来, 杨经绥, Trevor IRELAND, 等. 2001. 祁连南缘喇嘛山花岗岩 SHRIMP 锆石年龄及其地质意义. 岩石学报, 17(02): 215~221.
- 杨钟堂, 肖思云, 肖朝阳, 等. 2004. 祁连成矿带钨矿成矿特征及其区域找矿标志. 中国地质, 31(3): 301~307.
- 翟裕生, 姚书振, 崔彬, 等. 1996. 成矿系列研究. 中国地质大学出版社. 59~61.
- 张德全, 孙桂英, 徐洪林, 等. 1995. 祁连山金佛寺岩体的岩石学 and 同位素年代学研究. 地球学报, 37(4): 375~385.
- 中国科学院地球化学研究所. 华南花岗岩类地球化学. 科学出版社, 1979.