

doi:10.3799/dqkx.2012.134

# 乌日尼图钨钼矿矿床特征与早白垩世花岗岩的关系

尚恒胜<sup>1</sup>, 高维裕<sup>2</sup>, 师春<sup>1</sup>, 余存林<sup>3</sup>, 左玉山<sup>1</sup>, 王 骏<sup>1</sup>

1. 内蒙古自治区地质调查院, 呼和浩特 010020

2. 内蒙古第七地质矿产勘查院, 呼和浩特 010020

3. 内蒙古自治区地质矿产勘查开发局, 呼和浩特 010020

**摘要:** 通过对内蒙古苏尼特左旗乌日尼图铜铅锌钨钼矿地质背景、矿床地质特征、矿床成因类型、岩石化学特征的研究, 总结归纳了乌日尼图钨钼矿与小型中酸性岩体的成矿关系、围岩对成矿的控制作用、围岩蚀变类型与成矿的关系、钨钼等多金属矿的地球物理、地球化学特征, 以及矿床的区域展布和时间演化规律。指出中生代早白垩世中酸性岩体为本矿区的矿源体, 且该岩石类型亦为二连—东乌旗—梨子山成矿带上钼矿的重要矿质来源, 是内蒙古草原覆盖区寻找钨钼多金属矿应重点关注的岩石类型。

**关键词:** 钨钼矿; 早白垩世花岗岩; 地球化学; 矿床。

中图分类号: P612

文章编号: 1000-2383(2012)06-1259-09

收稿日期: 2012-09-08

## Relationship between Characteristics of Tungsten and Molybdenum Ore Deposits in Wurinitu and Early Cretaceous Granite

SHANG Heng-sheng<sup>1</sup>, GAO Wei-yu<sup>2</sup>, SHI Chun<sup>1</sup>, YU Cun-lin<sup>3</sup>, ZUO Yu-shan<sup>1</sup>, WANG Tao<sup>1</sup>

1. Geological Survey Institute of Inner Mongolia, Hohhot 010020, China

2. Seventh Geological Mineral Exploration Institute of Inner Mongolia, Hohhot 010020, China

3. Inner Mongolia Bureau of Geology and Mineral Resources, Hohhot 010020, China

**Abstract:** The geological settings, geological characteristics, petrochemical features of tungsten and molybdenum ore deposits in Wurinitu of Sunitezuoqi, Inner Mongolia, are studied in detail, metallogenic relationship between the characteristics of tungsten and molybdenum ore deposit in Wurinitu and that of small neutral and acid rock bodies is explored and the controlling effect of its wall rocks on the mineralization is discussed, and the relationship between the alteration types of the wall rocks is also probed. In addition, geophysical and geochemical features of tungsten and molybdenum deposits, the distribution and evolution laws of the deposits are presented in this paper. It is found that neutral and acid rock bodies in Early Cretaceous granite are source rocks for the metallogenic belt in Erenhot-Dongwuqi-Lizishang and is promising for future tungsten and molybdenum mineral exploration in the grassland of Inner Mongolia.

**Key words:** tungsten molybdenum ore deposits; Early Cretaceous granite; geochemistry; ore deposits.

乌日尼图钨钼多金属矿床位于内蒙古中部草原覆盖区苏尼特左旗北部乌日尼图一带, 该矿是内蒙古自治区地质调查院于2005年在苏尼特左旗乌日尼图银多金属矿评价时发现的, 2008—2009年内蒙古昆泰路桥投资有限公司委托内蒙古自治区地质调查院对其进行了详查, 估算钨和钼矿产资源量均达中型规

模。目前该矿由内蒙古第九地质矿产勘查院做地质勘探, 有望成为复合型钨钼大型矿床。笔者从找矿发现到普查、详查, 经历了一个比较完整连续的勘查过程, 在整理乌日尼图铜铅锌钨钼矿详查报告中, 总结归纳了矿床的成矿规律、矿床特征及与深部矿化岩体的关系。2010年笔者有幸参与了覆盖区矿产综合预测项

**基金项目:** 中国地质调查局“内蒙古二连—东乌旗成矿带铜矿评价”项目(No. 资[2003]030-02); 内蒙古昆泰路桥有限公司“内蒙古苏尼特左旗乌日尼图铜铅锌钨钼矿详查”项目。

**作者简介:** 尚恒胜(1954—), 男, 正高级工程师, 主要从事区域地质调查及矿产勘查工作。E-mail: Shanghengsheng2011@163.com

目的研究,协助项目组对乌日尼图隐伏矿(钨钼矿)进行了有关微弱、低缓找矿信息的收集. 本文旨在能为覆盖区矿产综合预测研究捕捉到一些找矿有用信息、辅助信息、间接信息,为研究提供参考.

### 1 区域地质概况

二连—东苏旗以北地区,古生代大地构造位置属西伯利亚板块东南大陆边缘东乌旗—扎兰屯火山型被动陆缘及二连—贺根山板块对接带北部;区域成矿带属古亚洲成矿域内蒙古—大兴安岭成矿省;西伯利亚板块南东部活动陆缘古生代岛弧火山活动

带的二连—东乌旗—梨子山钨、铁、锌、铅成矿亚带,为古亚洲洋成矿域的一部分.

区域地层主要为下古生界奥陶系中下奥陶统乌宾敖包组( $O_{1-2w}$ ):为一套海相、浅海相碎屑岩夹碳酸盐岩及火山岩组合;下古生界奥陶系中奥陶统巴彦呼舒组( $O_2b$ ):为浅海相陆源碎屑岩夹灰岩透镜体岩石组合;上古生界泥盆系下泥盆统泥鳅河组( $D_{1n}$ ):为滨—浅海相碎屑岩夹灰岩,间有火山喷发的岩性组合;上古生界石炭—二叠系上石炭下二叠统宝力高庙组( $C_2P_{1bl}$ ):岩性组合为陆相中酸性火山岩、火山碎屑岩为主夹少量正常沉积碎屑岩. 中生界由上侏罗统( $J_3$ )中性—中酸性火山岩及中生界下

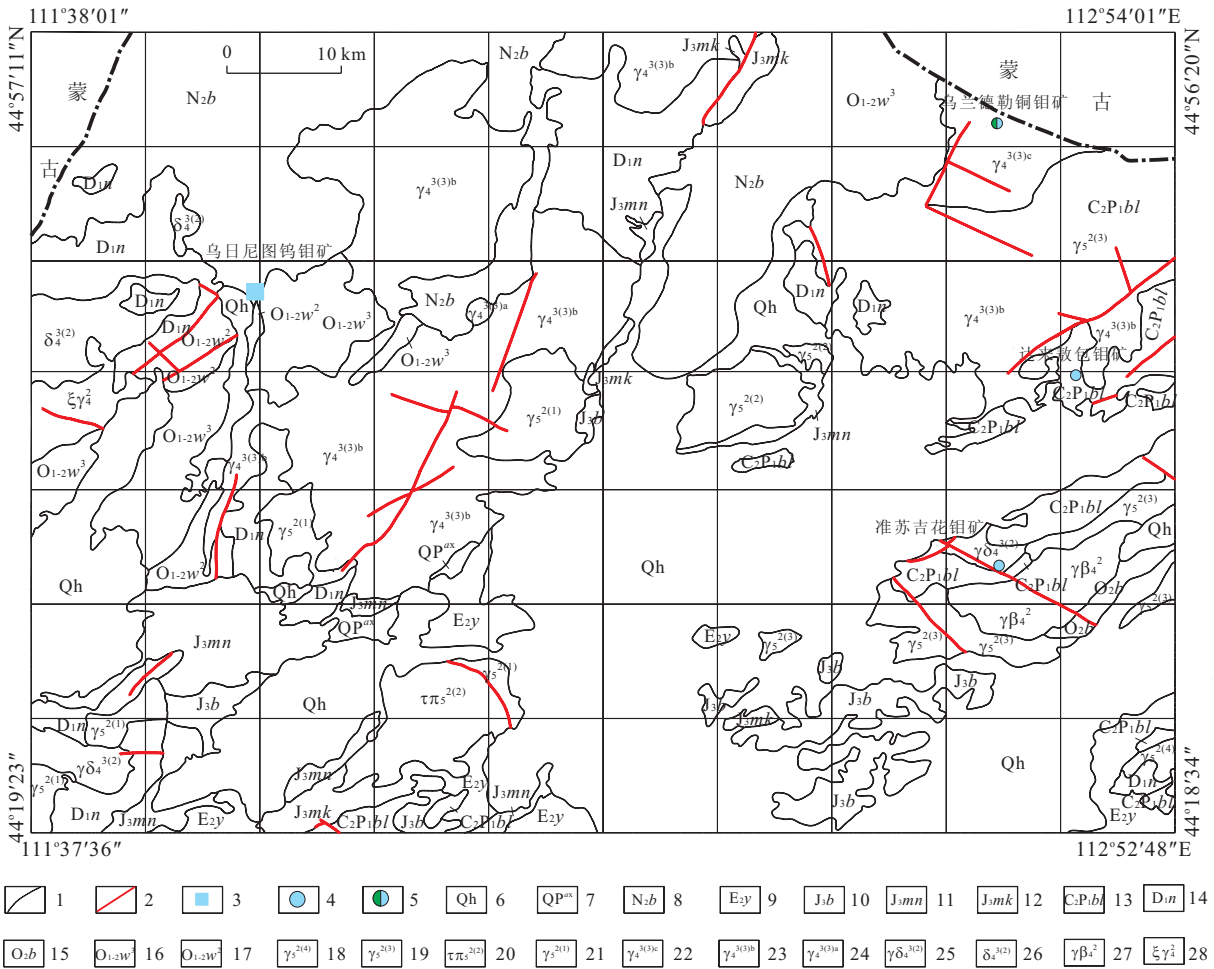


图 1 区域地质矿产图  
Fig. 1 Regional geological and mineral map

1. 地质界线; 2. 断层; 3. 乌日尼图钨钼矿及详查区范围; 4. 钨矿; 5. 铜钨矿; 6. 第四系冲、洪积; 7. 更新统阿巴嘎组; 8. 新近系上新统宝格达乌拉组; 9. 古近系始新统伊尔丁曼哈组; 10. 上侏罗统白音高老组; 11. 上侏罗统玛尼吐组; 12. 上侏罗统满克头鄂博组; 13. 上石炭下二叠统宝力高庙组; 14. 下泥盆统泥鳅河组; 15. 中奥陶统巴彦呼舒组; 16. 中下奥陶统乌宾敖包组第三岩段; 17. 中下奥陶统乌宾敖包组第二岩段; 18. 燕山早期黑云—二长花岗岩; 19. 燕山早期黑云母花岗岩; 20. 燕山早期石英粗面斑岩; 21. 燕山早期钾长花岗岩; 22. 华力西晚期中细粒黑云母花岗岩; 23. 华力西晚期中粗粒黑云母花岗岩; 24. 华力西晚期黑云母—二长花岗岩; 25. 华力西晚期花岗岩闪长岩; 26. 华力西晚期闪长岩; 27. 华力西中期黑云母花岗岩; 28. 华力西中期中长花岗岩

白垩统(K<sub>1</sub>)河流、湖泊及沼泽相的含煤地层、碎屑岩组成。

区域岩浆岩主要为华力西中期(γ<sub>4</sub><sup>2</sup>)、华力西晚期(γ<sub>4</sub><sup>3</sup>)黑云母二长花岗岩、闪长岩、中细粒花岗闪长岩、中细粒黑云母花岗岩、花岗闪长岩等,其次为燕山早期(γ<sub>5</sub><sup>2</sup>)、碱性花岗岩、黑云母钾长花岗岩、中酸性黑云母二长花岗岩、黑云母花岗岩等.岩体受控于区域构造,呈北东向展布。

本区古生代地质构造跨越 2 个大地构造单元,以北东向展布的二连-贺根山蛇绿构造杂岩带(板块对接带)为界,北西部属西伯利亚板块东南大陆边缘,南东部属华北板块北部大陆边缘.本区经历了锡林浩特古陆块的形成、古亚洲洋陆缘增生和滨太平洋大陆边缘活动 3 个阶段.以西伯利亚东南大陆边缘增生为演化主体,其基本演化格局受北部西伯利亚板块与南部华北板块之间古亚洲洋的生成、演化和消亡过程所控制.进入中生代,本区以拉张裂陷为主,主要表现为古生代基底断裂发生继承性活动;在早白垩世形成北东向断裂构造;新生代仍以拉张裂陷为主,表现为前新生代基底断裂进一步复活,形成了叠置于中生代基底之上的新生代拗陷;更新世沿部分北东向与北西向基底复活断裂有幔源玄武岩喷溢(图 1)。

## 2 矿区地质特征

### 2.1 地层

矿区地表除出露少量花岗斑岩和零星地层外,均为第四系风成砂土、砾石层和植被所覆盖.零星出露的地层单元为奥陶系中下奥陶统乌宾敖包组(O<sub>1-2w</sub>)二段.岩石由紫灰、绿灰色砂质板岩、泥板岩、变质粉砂岩、粉砂质板岩组成,局部地段夹石榴石砂卡岩和安山岩,地层厚度大于 1 025 m.岩石板理、变余层理较为发育,地层倾向 93°~95°,倾角 36°~42°左右.岩石特别破碎,硅化蚀变较强烈(图 2)。

### 2.2 岩浆岩

区内岩浆岩主要为灰白色花岗斑岩或花岗质石英斑岩(同位素年龄 129.4 Ma),岩体出露的面积约 0.12 km<sup>2</sup>,呈小岩株或不规则脉状产出,地下呈脉状或不规则脉状产出.浅部岩体多东倾,倾角 30°~40°左右,与地层产状基本一致,深部少数岩脉产状平缓,倾角约 10°左右.地表脉岩最窄处在 30 m 左右,最宽处可达 160 m;地下脉宽一般在 10~20 m 左右,与乌宾敖包组(O<sub>1-2w</sub>)呈侵入接触.岩石未见矿化,仅见泥化、高岭土化、轻度绿帘石次生蚀变。

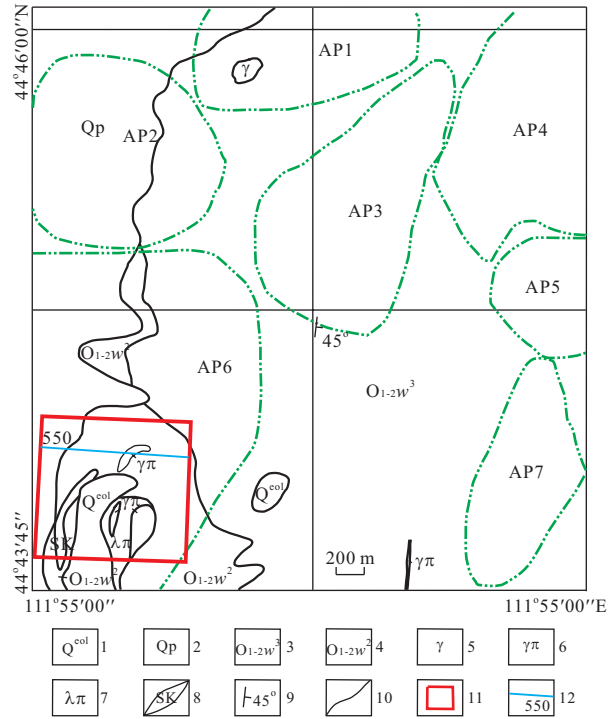


图 2 乌日尼图矿区地质简图

Fig. 2 Wurinitu mining area geological sketch

1. 第四系风成砂土; 2. 第四系砾石层; 3. 中下奥陶统乌宾敖包组三段; 4. 中下奥陶统乌宾敖包组二段; 5. 细粒花岗岩; 6. 花岗斑岩; 7. 石英斑岩; 8. 砂卡岩; 9. 地层产状; 10. 实测地质界线及侵入岩界线; 11. 详查区范围; 12. 550 勘探线位置

### 2.3 构造

断裂构造由于基岩出露零星及第四系砂土掩盖,矿区内不甚发育.但根据燕山晚期花岗斑岩的形态特征、产出方向等认为,花岗斑岩的产出完全受控于北北东-北东向压扭性构造,该组构造裂隙为北东向主构造派生的次级构造.岩体沿北北东-北东向构造裂隙侵入充填,形成走向 28°~40°方向不规则状岩脉,最长 440 m,最短 280 m,出露宽度 50~180 m.岩脉产状(120°~130°)∠30°,深部岩脉倾角多在 10°~22°之间.区域构造显示,该花岗斑岩体的产出与北东向压扭性断层的活动诱导有关,是区域主断裂构造的次级派生构造的产物。

## 3 矿床地质特征

乌日尼图钨钼矿主要赋存在中下奥陶统乌宾敖包组(O<sub>1-2w</sub>)与细粒二长花岗岩(133.6 Ma)、二长花岗斑岩(129.4 Ma)外接触带,矿体受岩层中构造裂隙所控制,矿体呈似层状、似板状产出.矿体东倾,倾角在 30°左右.矿体延深大于 1 000 m,南北长大于

500 m. 单层辉钼矿体最大厚度 57 m, 最小厚度 1.6 m. 辉钼矿多集中于中下部, 规模大于白钨矿; 而白钨矿主要分布在辉钼矿上部, 且多数为独立产出的钨矿体, 少数为共生的钨钼矿体、钨钨矿体、钨铜矿体、钨铜钨矿体. 钨矿赋矿标高大多数为 800~1000 m, 部分在 400~700 m. 其构造简单, 未见断层对矿体造成破坏作用, 仅见少数地段具挤压破碎现象, 部分碎裂岩还具辉钼矿化. 花岗斑岩为成矿期后岩体, 深部花岗斑岩体多呈脉状, 在局部对矿体造成了轻度破坏, 总体上未对矿体造成不良影响. 矿化特征为细脉—浸染状, 且以硅化细脉状为主. 浸染状矿化主要见于细粒花岗岩中, 粉砂质板岩浸染状矿化发育程度较差(图 3).

围岩中的热液蚀变作用非常强烈, 从早期到晚

期可分为矽卡岩化、硅化、绢云母化、云英岩化、黄铁

矿化、绿帘石化、萤石矿化、碳酸盐化等, 其中以矽卡岩化、硅化、云英岩化、黄铁矿化最为突出, 各种蚀变相互叠加在一起, 形成相互穿插的蚀变岩, 蚀变分带性不明显.

矽卡岩化: 主要由钙铁榴石及钙铝榴石、透辉石、透闪石、符山石、石英、云母(多绿泥石化)、阳起石等组成. 粒径多在 0.2~5.0 mm 左右, 呈透镜状夹于粉砂质板岩中.

硅化: 主要为细小石英脉在岩石中的穿插, 脉宽 1~3 mm, 部分 1 cm 左右. 比较粗大的石英脉从内到外一般由细粒石英、白云母、辉钼矿组成. 中心部位由重结晶的细粒石英组成; 次外层由白云母组成, 白云母一般垂直脉壁生长; 最外层即石英脉壁, 多数被鳞片状辉钼矿充填, 形成辉钼矿线. 辉钼矿最宽为 1~3 mm. 硅化作用贯穿于整个热液作用过程.

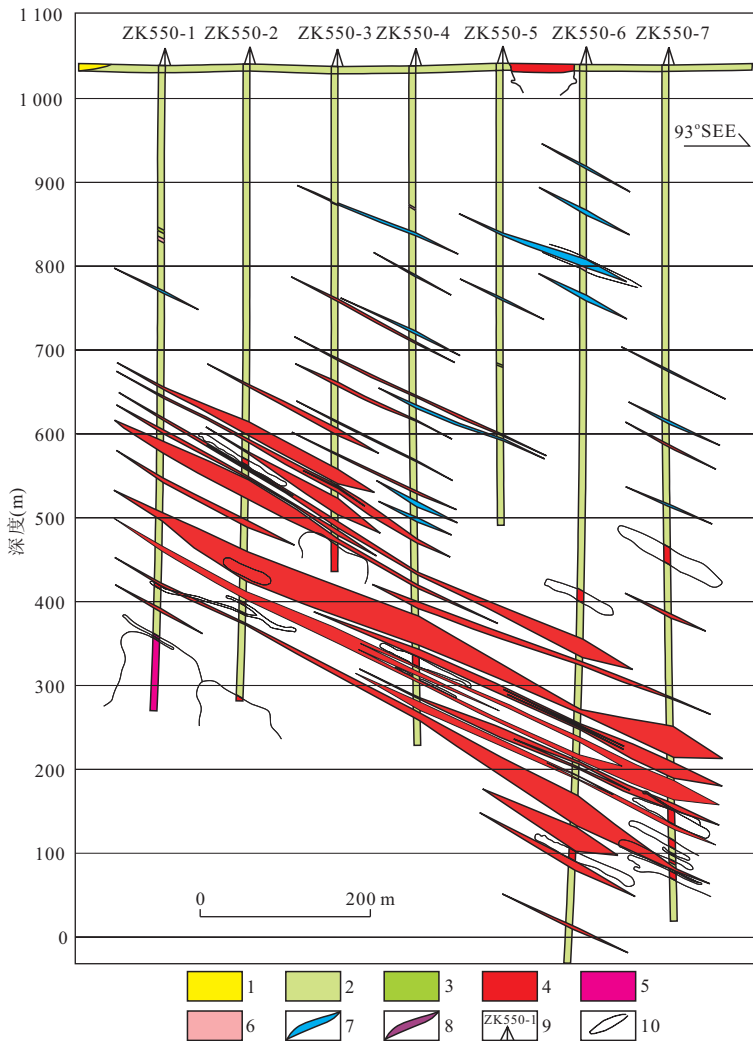


图 3 乌日尼图矿区 550 勘探线剖面

Fig. 3 Wurinitu mining 550 exploration line profile

1. 第四系; 2. 粉砂质板岩; 3. 大理岩; 4. 花岗斑岩; 5. 细粒二长花岗岩; 6. 破碎带; 7. 钼矿; 8. 钨矿; 9. 钻孔; 10. 隐伏花岗斑岩体

黄铁矿化:基本可以分为两期,早期黄铁矿一般呈粒状,多呈自形晶或半自形晶浸染状产出,粒径 1~3 mm,常与萤石、绢云母等共生;晚期以面状黄铁矿或脉状黄铁矿为主,多沿裂隙分布,形成黄铁矿薄膜和不规则细脉,黄铁矿化与成矿关系较为密切。

矿化类型主要为辉钼矿化、白钨矿化、黄铜矿化、闪锌矿化、辉铋矿化、磁铁矿化、方铅矿化等,以前二者为主。矿化主要产于裂隙中,辉钼矿与后期穿入的硅质细脉关系密切,白钨矿一般产于破碎裂隙中。中细粒二长花岗岩中见辉钼矿呈浸染状产出,达边界品位或工业品位。辉钼矿化受裂隙控制明显,主

要呈硅化细脉状产出,分布较集中,矿化连续性较好,形成似层状、似板状矿体,其规模较大,与地层中的硅化—绢云母化、云英岩化蚀变关系密切。随着距细粒二长花岗岩体渐远,硅化—绢云母化蚀变减弱,钼矿化强度亦随之减弱,甚至虽有硅化,但未见矿化,表明硅化具多阶段性和多期次性。辉钼矿的另一特点是呈浸染状产出,多沿硅化细脉边部的围岩(板岩)呈浸染状分布,所以构成了细脉—浸染型辉钼矿体。内接触带主要为浸染型辉钼矿,多呈星散状均匀分布在细粒二长花岗岩体中。

白钨矿化多受乌宾敖包组(O<sub>1-2</sub>w)粉砂质板岩

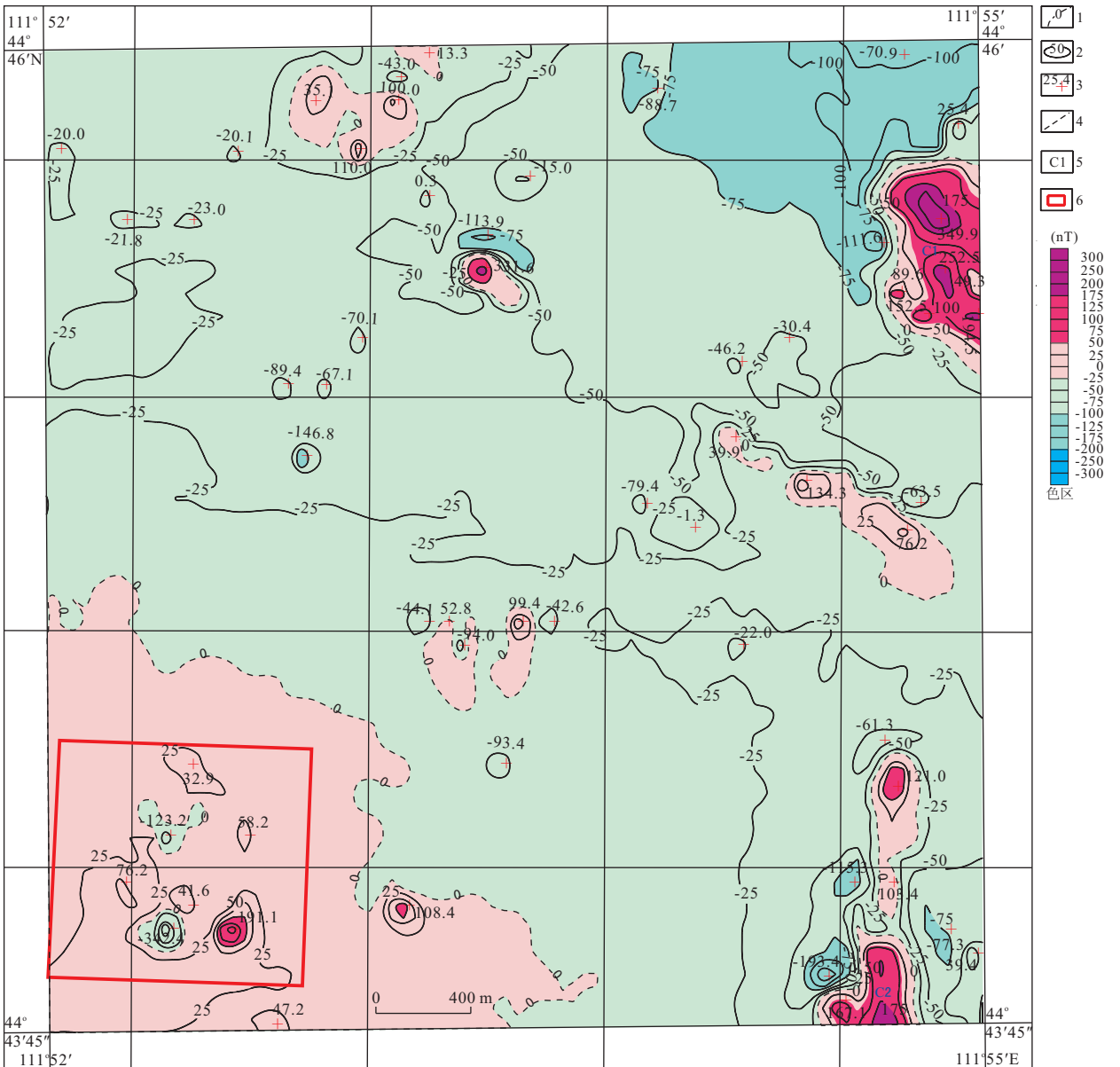


图 4 高精度磁测等值线平面图

Fig. 4 High precision magnetic measurements isoline map

1. 磁测零值线; 2. 磁测等值线; 3. 极值; 4. 推测断烈; 5. 磁异常编号; 6. 详查区范围



裂隙及变余层理控制比较明显,与硅化、云英岩化关系密切。白钨矿化主要呈断续的板状、粒状形成细条带状或石英细脉状,有的为不规则粒状,呈满天星状分布。其规模一般较小,厚度在 1.2~9.0 m 左右。可独立形成矿体,也可与闪锌矿、黄铜矿、辉钼矿共生,局部见与黑钨矿共生。矿化连续性差,不均匀。

## 4 矿区地球物理、地球化学特征

### 4.1 矿区地球物理特征

乌日尼图勘查区进行了 1:10 000 GDP-32 II 电法测量,以 3% 的视极化率值圈定出 3 处异常,即 DJ1、DJ2、DJ3,矿区位于 DJ2 异常南部,矿区(面积 1 km<sup>2</sup>)完全被包括在其中。异常处在带状高背景上,异常强度高,连续性好。视充电率异常强度总体为 10~30 ms,异常显示出深源场的特征,且极化体规模较大。异常区处在中低电阻率带上,强度在 100~250 Ω·m 之间,显示出极化体的低阻特征。

矿区视充电率强度较高,重点异常上布置了可控源测深剖面。视充电率异常清晰,空间分布特征十分清楚。西侧视充电率较高,呈高背景场或带状异常

场;东侧视充电率较低,呈低值区或低背景场,受地层控制明显。

综合推断 DJ2 异常是金属硫化物富集的结果,属铜铅锌多金属矿致异常。经钻探验证,在视极化率 8.57% 附近见铅铜薄层矿体。详查区位于视极化率高值区南,视极化率仅为 4%~5%,但发现了乌日尼图矿床中最大的钨钼矿体,由 26 个钻孔控制,矿体最大厚度为 32.79 m。这种现象说明,利用电法测量对铜、铅、锌等金属硫化物找矿效果较佳,而对硫化物辉钼矿和含氧盐矿物白钨矿的找矿效果较差。

### 4.2 地面高精度磁测

矿区高精度磁测等值线平面图显示,大部分区域呈背景分布,ΔT 一般值-75~75 nT。中部出现北西向分布的串珠状正磁异常带,正磁异常主要为沿断裂充填的或溢出的磁性物质引起,是断裂构造带反映。西南部 ΔT 从 0~125 nT,低缓平稳,推测西南部有隐伏花岗岩岩体的存在。根据邻区物性资料,上奥陶统乌宾敖包组(O<sub>1-2</sub>w)的变质粉砂岩、粉砂质板岩、绢云母板岩、泥质板岩的磁化率和剩余磁化强度平均值分别为 77×4π×10<sup>-6</sup> (SI)、49×10<sup>-3</sup> (A/m),不具有磁性。在高精度磁测等值线平面图上,ΔT 一般值为

表 1 AP6 号异常地球化学特征

Table 1 AP6 anomalous geochemical characteristics

元素	面积 S(km <sup>2</sup> )	极大值 max	均值 $\bar{x}$	衬度 Ac	规模 Ac×S	离差 δ	浓度分带	备注
W	2.914	597.470	48.000	4.800	13.986	57.300	4	
Mo	1.221	31.930	2.380	1.587	1.937	2.440	4	
Cu	1.687	519.900	59.100	2.366	3.990	65.500	4	该组元素为成矿元素与主要伴生元素,组合好,强度高,浓集中心明显
Ag	1.834	3.341	0.370	1.831	3.358	0.270	4	
Pb	0.607	802.700	73.900	2.957	1.796	119.000	4	
Zn	0.940	961.000	189.000	2.400	2.200	180.000	4	
As	1.351	894.000	161.649	2.021	2.729	86.289	4	
Sb	1.103	46.930	8.319	2.080	2.294	6.460	4	
Hg	1.669	94.500	21.667	1.444	2.411	11.633	3	为主要的伴生元素,与主成矿元素相吻合
Sn	2.147	100.000	11.132	2.226	4.780	10.654	4	
Bi	1.486	1 030.600	38.432	7.686	11.424	89.615	4	
Au	0.330	9.620	2.748	1.832	0.605	1.829	3	分布在上述元素异常范围内

注: Au、Hg 的含量单位为 10<sup>-9</sup>, 其余元素的含量单位为 10<sup>-6</sup>。

表 2 岩石化学成分表(%)

Table 2 Chemical characteristics of rocks

岩性	样品数	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>	烧失量	总量
1 细粒花岗岩	3	76.40	0.065	13.04	0.41	0.62	0.04	0.18	1.15	3.45	4.56	—	0.10	100.13
2 细粒花岗岩	4	76.44	0.130	11.88	0.92	2.45	0.04	0.00	0.28	3.10	5.48	0.03	0.50	100.25
3 斑状花岗岩	17	75.12	0.160	12.35	0.73	1.94	0.01	0.06	0.45	3.78	4.79	0.03	0.54	99.96
4 二长花岗斑岩	1	73.03	0.200	13.13	1.48	0.80	0.05	0.97	1.35	3.38	4.25	0.05		99.82
5 二云花岗岩	6	74.32	0.120	13.60	0.90	1.24	0.09	0.55	0.79	3.12	4.52	0.10		99.35

注: 1、2 号样为乌日尼图样品; 3 号样为小东沟样品,程小珍等(2007); 4 号样为准苏吉花样品; 5 号样为黎彤和饶纪龙(1963)中国二云花岗岩。

-75~75 nT,由此推测该低缓异常是由隐伏花岗岩岩体引起(尚恒胜等,2012)(图4)。

#### 4.3 矿区地球化学特征

乌日尼图地区进行了1:10 000土壤地球化学测量,异常重现性好,强度较高,并进一步划分了AP1~AP7异常区,矿区位于AP6号异常之中(图2)。

AP6号异常:该异常位于测区西南部,分布面积为2.9 km<sup>2</sup>。异常区出露地层为中下奥陶统乌宾敖包组二、三段(O<sub>1-2</sub>ω<sup>2</sup>、O<sub>1-2</sub>ω<sup>3</sup>)变质粉砂岩、粉砂质板岩、绢云母板岩、泥质板岩等,并有花岗斑岩岩株侵入,在其外接触带粉砂质板岩内见呈断续带状分布的砂卡岩,走向近南北。花岗斑岩出露的面积约为0.12 km<sup>2</sup>,与围岩呈侵入接触关系。

异常由W、Mo、Cu、Pb、Zn、Ag、As、Sb、Hg、Au、Sn、Bi组合而成,呈面形分布。主成矿元素及主要伴生元素W、Mo、Cu、Pb、Zn、Ag异常套合好,分布面积大,强度高,浓集中心明显,与As、Sb、Hg、Sn、Bi伴生元素相叠合。该异常元素复杂,组合好,分布面积大,强度高,浓集中心明显,头晕元素发育,具有明显的斑岩型铜、钼矿指示元素组合特征(表1)。

### 5 深部矿化岩体成矿地质特征

#### 5.1 二长花岗岩岩石地质特征

乌日尼图钨钼矿生成与深部的淡粉色细粒二长花岗岩、细粒斑状二长花岗岩关系密切,除二长花岗岩本身含矿外,钨钼矿体主要产在二长花岗岩与中下奥陶统乌宾敖包组(O<sub>1-2</sub>ω)外接触带。深部细粒二长花岗岩多呈脉状体,或不规则状脉体,可能为岩株上部的细小支脉。岩石具碎裂岩化,沿裂隙分布次生片状白云母,片径0.2~0.8 mm,金属矿物沿裂隙散状分布于压碎的矿物颗粒间;黄铁矿半自形粒状,粒径0.2~0.3 mm,斜长石半自形粒状,弱绢云母化,粒径0.5~1.2 mm,钾长石他形粒状,泥化粒径0.4~1.0 mm,石英他形粒状。斜长石含量35%,钾长石含量40%,石英约20%,次生白云母5%。

斑状二长花岗岩,似斑晶钾长石呈半自形粒状,泥化粒径5~6 mm,石英半自形粒状,粒径4 mm,斜长石半自形板状,具绢云母化、白云母化,粒径4 mm。基质由细粒石英、钾长石、斜长石组成。钾长石他形板状,粒径0.5~1.5 mm,斜长石半自形板状,绢云母化、白云母化,粒径0.5~1.0 mm,岩石弱碎裂,沿裂隙面分布他形细粒石英及脉状白云母,金

属矿物黄铁矿少量。似斑晶钾长石约5%,石英约5%,斜长石少量;基质钾长石35%,斜长石30%,石英15%,次生石英5%,白云母5%,黄铁矿少量。

乌日尼图深部小岩体与区域上淮苏吉花钼矿化岩体、小东沟钼矿化岩体岩石化学成分(程小珍等,2007)相似,为铝过饱和岩类,与中国二云花岗岩化学成分对比,SiO<sub>2</sub>、K<sub>2</sub>O、Na<sub>2</sub>O均偏高,Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、MnO偏低,属富碱质花岗岩类侵入岩(表2)。这种岩浆演化特征有益于岩浆活动晚期促使硅、钾、钠转入溶液,引起广泛的硅化、绢云母化等蚀变(赵一鸣和李文蔚,2012)。

#### 5.2 成矿时间

聂凤军等(2007)对克什克腾旗小东沟辉钼矿进行了(Re-Os)成矿年龄测定,获辉钼矿成矿年龄值135.5±1.5 Ma;中国地质大学(北京)刘翠等(2011)对乌日尼图辉钼矿化细粒花岗岩进行了(LA-ICP-MS)同位素测年分析,获成岩年龄值133.6±3.3 Ma;陶继雄等(2009)对乌兰德勒辉钼矿成矿时代进行了(Re-Os)测定,获辉钼矿成矿年龄值134.0±4.2 Ma;武利文等(2009)对内蒙古新巴尔虎左旗罕达盖地区进行区域矿产调查中,在钻孔ZK11-01采集辉钼矿和隐伏斑状花岗岩体同位素样,经中国地质科学院测试取得的钼矿中辉钼矿Re-Os同位素等时线年龄值为132.7±2.3 Ma,隐伏花岗斑岩体锆石U-Pb图年龄值为130.4±1.3 Ma(内蒙古自治区地质调查院,内蒙古新巴尔虎左旗海日嘎乌拉等四幅1:5万区域矿产调查报告,2009)。据此判断钼矿形成于早白垩世,且成矿与隐伏花岗斑岩体关系密切。

根据乌日尼图、乌兰德勒、克什克腾旗小东沟、新巴尔虎左旗罕达盖辉钼矿及矿化岩体同位素测年资料得知,上述几个地区的细粒二长花岗岩、斑状花岗岩的矿物特征、化学成分、成矿时代基本相同。考虑到钼矿体与斑状花岗岩的空间分布关系,推测岩体中的辉钼矿的形成时间晚于或略晚于细粒二长花岗岩、斑状花岗岩。无论是斑岩型钼矿床还是细粒二长花岗岩、斑状花岗岩,它们的形成时间均为早白垩世,属燕山期中期中酸性岩浆及相关热液上侵定位的产物。

综上所述,在二连一东乌旗一梨子山成矿带上,与辉钼矿有关的岩体均产于早白垩世中期。

### 6 矿床成因探讨

钨钼矿成矿的全过程可以分为岩浆期、砂卡岩

期和热液期。由于构造运动、岩浆活动和成矿作用旋回和阶段发展特点的不同,构成矿床不同的矿石建造。深部的细粒二长花岗岩构成岩浆期含矿岩浆最早期的斑岩型矿床建造,虽然与中生代典型的斑岩型钼矿存在一定差异,如蚀变类型不全,不具蚀变分带性或分带性不明显,但矿体产于早白垩世中细粒二长花岗岩体中,蚀变类型以硅化、绢云母化、云英岩化为主,与斑岩型辉钼矿相同。外接触带构成矽卡岩型黑钨矿—白钨矿—辉钼矿—黄铜矿建造、矽卡岩型白钨矿—辉钼矿建造。热液期为晚期成矿阶段,是本矿床的主要成矿期,也是外接触带构成的、矿床建造最完整的矿化区段。岩浆期后热液沿裂隙交待围岩或以网脉状、细脉状硅质矿化脉穿插围岩成矿。该期可细分为 2 个阶段。

(1) 石英硫化物阶段:这一阶段形成本区最主要的工业矿体,脉体变化大,一般呈网脉状及细脉状,以细脉状为主。矿化石英脉可分为 2 组,一组与板理近于平行的细石英脉为矿化石英脉,产状  $93^\circ \angle (20^\circ \sim 36^\circ)$ ; 与板理有一定夹角且大于板理产状的粗大石英脉为不含矿石英脉;另一组含矿石英脉与板理大角度斜交,平行于岩心轴,产状为  $(170^\circ \sim 190^\circ) \angle (80^\circ \sim 85^\circ)$ 。细脉状石英脉含矿,粗大石英脉不含矿。该组含矿石英脉的形成比低角度含矿石英脉形成较晚,切穿与之斜交的早期含矿石英脉。平行于岩心轴、不含石英脉的构造裂隙中同样含矿,在构造裂隙面上可见辉钼矿形成的构造擦痕,表明成矿后仍有构造活动,但对矿体的破坏程度不大。这充分说明,矿区中有一组与地面近于垂直的构造裂隙为矿化裂隙,但成矿期晚于前两期矿化石英脉的形成,局部见该期构造穿插了矿化石英脉。

(2) 石英碳酸盐阶段:主要形成石英、方解石和碳酸盐细脉或网脉,并切割早期的岩脉或矿脉,该阶段基本无矿化,碳酸盐细脉可以贯穿整个矿体和围岩,对矿体基本无破坏作用。

故该矿床成因类型应为:中—高温热液型铜铅锌钨钼矿床,但深部存在斑岩型矿体,所以又属于斑岩型矿床或似斑岩型矿床。

## 7 草原覆盖区找矿标志及方向

根据对近年来乌日尼图地区工作获得的地质、物化探资料综合分析,乌日尼图主要以钨、钼矿种为主,其次为铜、铅、锌等,成矿地质特征、找矿标志及应引起关注的问题可以概括为以下几点:

(1) 钨钼矿床在时间上、空间上、成因上与深部的早白垩世中期的浅红色细粒二长花岗岩有关,该岩石具辉钼矿化,呈细粒浸染状产出,是本矿区唯一的成矿母岩,与区域上乌兰德勒、准苏吉花、小东沟、罕达盖的细粒花岗岩、斑状花岗岩同为早白垩世形成的含矿岩体;与区内地表及深部出露的早白垩世晚期花岗岩斑岩没有矿床成因关系,该期花岗岩斑岩仅见轻微的高岭土化及绿泥石化,未见钨钼矿化。所以在内蒙草原覆盖区寻找钨钼金属矿重点应关注深部的早白垩世中期的细粒二长花岗岩、斑状花岗岩,岩体年龄约在 130~145 Ma 年之间。

(2) 二连—东乌旗—梨子山成矿带中矽卡岩型多金属矿床发育,该类型矿床在本成矿带占有一定比例,如朝不楞铁锌矿、融冠铅锌矿、白音诺尔铅锌矿、黄岗梁铁矿、谢尔塔拉铁锌矿等。乌日尼图矿床的发现主要是依据地表零星的矽卡岩引起高度重视的结果。矿区中矽卡岩为顺层产出,离岩体较远,是渗透溶液交代灰岩、大理岩形成的(赵一鸣和林文蔚,2012)。区内有矿化矽卡岩和无矿矽卡岩之分,表明本区矽卡岩矿化具多期性、多阶段性和多样性。地表无矿矽卡岩中 Pb、Zn、Ag 等元素含量大于  $1000 \times 10^{-6}$ ,这指示了覆盖区的找矿有利部位,浓缩了覆盖区的找矿靶区,为草原(砂土)覆盖区的找矿起到了关键标志性作用。

(3) 钨钼矿化的蚀变见有硅化、绢云母化、云英岩化、黄铁矿化、萤石矿化、绿泥石化、绿帘石化、电气石化、矽卡岩化、黑云母化等,应重点关注硅化、矽卡岩化、云英岩化、黄铁矿化等,蚀变愈发育,分布范围愈大,对成矿愈有利。

(4) 乌日尼图、乌兰德勒、准苏吉花等几个矿区的地球化学特征表明,钼元素异常值随地区的不同而有所差异。准苏吉花地区钼元素  $10 \times 10^{-6} \sim 20 \times 10^{-6}$  为矿致异常;乌兰德勒地区钼元素大于  $30 \times 10^{-6}$  为矿致异常;而乌日尼图地区钼元素在  $3 \times 10^{-6} \sim 10 \times 10^{-6}$  即为矿致异常。所以化探异常虽然是找矿的重要手段之一,但也要结合地质工作方法综合分析研究,如蚀变类型、蚀变强度、蚀变规模以及不同地区的地质背景值分析,才能取得良好的找矿效果。

(5) 物探激电方法对寻找钨钼矿效果不是十分奏效。笔者根据准苏吉花矿区、乌日尼图矿区的物探视极化率高异常区对比发现,在高异常区见钨钼矿,低异常区同样也可见矿,品位甚至比高异常区还高。也就是说,钨钼矿的产出和发育与高激电异常没有



直接关系。地面高精度磁测及重力测量是判别深部花岗岩体的有效方法,因此对深部小岩体的寻找要考虑地面高精度磁法测量及重力测量的使用。深部的早白垩世中酸性小岩体,无论是产出地面(小东沟)或深埋地下(乌日尼图、乌兰德勒、准苏吉花、罕达盖)均与辉钼矿关系密切。

## 8 结论

乌日尼图钨钼矿床产于早白垩世中期细粒二长花岗岩体及外接触带中下奥陶统乌宾敖包组( $O_{1-2w}$ )中。早白垩世大规模中酸性岩浆活动为钨钼矿床的形成提供了动力、热力和物质来源,形成了既有内接触带似斑岩型钼矿床,又有外接触带的热液型、矽卡岩型和云英岩型钨钼矿床类型。追根溯源,燕山晚期早白垩世小型细粒二长花岗岩、花岗岩、斑状花岗岩体是辉钼矿的矿源体,同时钨钼的成矿作用也是本区中生代构造—岩浆活动的重要组成部分。由于中生代的大规模岩浆活动,形成了似斑岩型、矽卡岩型、热液型和云英岩型钨钼矿床,乌日尼图、乌兰德勒、准苏吉花、小东沟、罕达盖等钨钼矿基本是同期、同矿种岩浆活动的产物。其中乌日尼图、乌兰德勒矿床结构基本相同,即深部(下部)为细粒二长花岗岩、花岗岩、斑状花岗岩形成浸染形钼矿体,而外接触带则形成热液型钼矿体,只不过赋矿岩石不同而已。乌日尼图外接触带赋矿岩石为中下奥陶统粉砂质板岩,乌兰德勒为华力西晚期花岗闪长岩、石英闪长岩、闪长岩等;而准苏吉花、小东沟仅见细粒二长花岗斑岩和细粒花岗岩产出,形成了似斑岩型钼矿床。因此,对该期岩浆岩在二连—东乌旗—梨子山成矿带上要引起高度重视。

## References

Cheng, X. Z., Song, L. Y., Liang, H., 2007. Analysis on potential for ore prospecting in the peripheral region of Xiaodonggou molybdenum deposit. *Mineral Resources and Geology*, 21(2): 131—135 (in Chinese with English abstract).

Li, T., Rao, J. L., 1963. The average chemical composition of igneous rocks in china. *Acta Geologica Sinica*, 43(3): 271—280(in Chinese with English abstract).

Liu, C., Deng, J. F., Xu, L. Q., et al., 2011. A preliminary frame of magma-tectonic-Mo metallogenic events of Mesozoic Era in DaHinggan Mountains and Xiao Hing-

gan Mountains areas. *Earth Science Frontiers*, 18(3): 166—178.

Nie, F. J., Zhang, W. Y., Du, A. D., et al., 2007. Re-Os isotopic dating on molybdenite separates from the Xiaodonggou porphyry Mo deposit, Hexigten Qi, Inner Mongolia. *Acta Geologica Sinica*, 81(7): 898—905 (in Chinese with English abstract).

Shang, H. S., Li, Z. Q., Lu, Y., et al., 2012. The detailed investigation report of copper, lead, zinc, tungsten and molybdenum ores in Wurinitu of Sonid zuoqi in Inner Mongolia. Geological Survey Institute in Inner Mongolia (internal information).

Tao, J. X., Wang, T., Chen, Z. H., et al., 2009. The Re-Os isotopic dating of molybdenite from the Wulandele molybdenum-copper polymetallic deposit in Sonid Zuoqi of Inner Mongolia and its geological significance. *Rock and Mineral Analysis*, 28(3): 249—253 (in Chinese with English abstract).

Wu, L. W., Kong, F. J., Gong, Z. Z., et al., 2009. The 1 : 50 000 regional mineral resources survey report of Harigawula and other four breadths in Berhu zuoqi of Inner Mongolia. Geological Survey Institute in Inner Mongolia (internal information).

Zhao, Y. M., Lin, W. W., 2012. Skarn deposits of China. Geological Publishing House, Beijing.

## 附中中文参考文献

程小珍,宋雷鹰,梁晖,2007. 内蒙古小东沟钼矿外围找矿前景分析. *矿产与地质*, 21(2): 131—135.

黎彤,饶纪龙,1963. 中国岩浆岩的平均化学成分. *地质学报*, 43(3): 271—280.

刘翠,邓晋福,许立权,等,2011. 大兴安岭—小兴安岭地区中生代岩浆—构造—钼成矿地质事件序列的初步框架. *地质前缘*, 18(3): 166—178.

聂凤军,张万益,杜安道,等,2007. 内蒙古小东沟斑岩型钼矿床辉钼矿铼—钨同位素年龄及地质意义. *地质学报*, 81(7): 898—905.

尚恒胜,李志强,吕英,等,2012. 内蒙古自治区苏尼特左旗乌日尼图铜铅锌钨钼矿详查报告. 内蒙古自治区地质调查院(内部资料).

陶继雄,王弢,陈郑辉,等,2009. 内蒙古苏尼特左旗乌兰德勒钼铜多金属矿床辉钼矿铼—钨同位素定年及其地质特征. *岩矿测试*, 28(3): 249—253.

武利文,孔凡吉,巩智镇,等,2009. 内蒙古新巴尔虎左旗海日嘎乌拉等四幅 1 : 5 万区域矿产调查报告. 内蒙古自治区地质调查院(内部资料).

赵一鸣,林文蔚,2012. 中国矽卡岩矿床. 北京:地质出版社.