



内蒙古牙克石地区钼多金属矿床地质特征及找矿方向

卢昱润, 李蕴峰, 陈 卓, 裴赢政, 徐立明, 魏小勇

中国地质调查局 哈尔滨自然资源综合调查中心, 黑龙江 哈尔滨 150000

摘 要: 牙克石地区位于大兴安岭中段西坡得尔布干断裂的南东侧, 隶属于兴-蒙成矿带, 已发现钼多金属矿床(点)20 余处, 显示了较好的成矿条件及巨大的找矿潜力。在区域地质矿产调查的基础上, 通过对区域地质背景及典型矿床的对比分析, 划分了钼多金属矿床的类型, 分析了矿床的成因及找矿方向。研究认为区域钼多金属矿床主要有斑岩型、岩浆热液型、云英岩型、破碎带蚀变岩型、夕卡岩型、细脉浸染裂隙充填型, 成矿多与花岗(斑)岩体及断裂构造有关, 成矿过程与华北板块与蒙古地块的陆-陆碰撞和古太平洋板块向亚洲板块俯冲有关, 是多个板块运动联合作用的产物。研究区内铅锌银钼矿的发现, 体现了化探工作找矿的有效性。因此, 在该地区进行矿产勘查工作, 应充分考虑成矿地质背景和 1:20 万水系沉积物地球化学异常的吻合程度, 利用地质、物探、化探、GIS 技术精准预测远景区及靶区, 以期寻找中生代斑岩型和热液脉型钼多金属矿床, 兼顾晚古生代斑岩型钼矿。

关键词: 钼矿床; 矿床类型; 成矿条件; 找矿方向; 大兴安岭

GEOLOGICAL CHARACTERISTICS AND PROSPECTING DIRECTION OF MOLYBDENUM POLYMETALLIC DEPOSITS IN YAKESHI REGION, INNER MONGOLIA

LU Yu-run, LI Yun-feng, CHEN Zhuo, PEI Ying-zheng, XU Li-ming, WEI Xiao-yong

Harbin Natural Resources Comprehensive Survey Center, CGS, Harbin 150000, China

Abstract: More than 20 molybdenum polymetallic deposits and occurrences have been discovered in Yakeshi region which is located on the southeast of Derbugan fault on the western slope of central Daxinganling Mountains and belongs to Xing'an-Mongolian metallogenic belt, showing good metallogenic conditions and great prospecting potential. Based on the regional geological and mineral survey, the types of molybdenum (Mo) polymetallic deposits are classified and the deposit genesis and prospecting direction are analyzed through comparative study of regional geological background and typical deposits. It is considered that the Mo-polymetallic deposits mainly include porphyry type, magmatic hydrothermal type, greisen type, fractured altered rock type, skarn type and porphyry-disseminated fissure filling type. The mineralization is mainly related to granite (porphyry) rock mass and fault structure. The ore-forming process is the result of the combined action of several plate movements, involving the continent-continent collision between North China Plate and Mongolia Block and the subduction of paleo-Pacific Plate towards Asiatic Plate. The discovery of Pb, Zn, Ag and Mo deposits in the area reflects the effectiveness of geochemical exploration. Therefore, the mineral exploration in the region should fully consider the coincidence degree between metallogenic geological background and

收稿日期: 2021-11-29; 修回日期: 2021-12-06. 编辑: 张哲.

基金项目: 中国地质调查局项目“应用地质多元数据模型构建与综合评价”(DD20211584).

作者简介: 卢昱润(1988—), 女, 硕士, 工程师, 主要从事地球物理、地球化学勘探方面工作, 通信地址 黑龙江省哈尔滨市南岗区保健副路 1 号, E-mail//525732580@qq.com

通信作者: 李蕴峰(1993—), 男, 主要从事应用地质调查工作, 通信地址 黑龙江省哈尔滨市南岗区保健副路 1 号, E-mail//358185725@qq.com

1:200 000 stream sediment geochemical anomaly, and use geological, geophysical, geochemical prospecting and GIS for accurate prediction of prospect and target areas, in order to prospect for Mesozoic porphyry and hydrothermal vein type Mo-polymetallic deposits as well as the Late Paleozoic porphyry molybdenum deposits.

Key words: molybdenum deposit; deposit type; metallogenic condition; prospecting direction; Daxinganling Mountains

0 前言

牙克石地区行政区划隶属于呼伦贝尔市,位于内蒙古自治区西北部大兴安岭中段。研究区是东北地区重要的多金属矿产地,矿产资源勘查潜力巨大。近年来,多家科研、勘查机构都在该区开展了区域地质调查及矿产勘查工作,查明了多种金属资源分布情况,积累了丰硕的研究成果。本文在充分收集以往勘查成果的基础上,对区域地质背景、成矿地质特征、矿床(点)分布规律、成矿类型及找矿方向进行深入研究,以期为区域钼多金属矿产勘查工作提供理论依据。

1 区域地质背景

研究区位于西伯利亚板块、华北板块和古太平洋板块三者夹持的中间地带,处于滨太平洋构造域大兴安岭中生代岩浆岩带北段,兴安陆块中部,得尔布干断裂的南东侧,大兴安岭主脊断裂的西北侧,隶属于兴-蒙成矿带^[1-3](图1)。

区域内地层分布广泛,出露地层主要有古元古代兴华渡口岩群中深变质岩系,古生界奥陶系铜山组板岩、砂砾岩、长石砂岩、凝灰砾岩,裸河组凝灰砂岩、长石砂岩、硬砂岩、生物灰岩、砂砾岩、砾岩、硅化砂岩、粉砂质板岩,多宝山组变质砂板岩,苏呼河组板岩、泥岩、绿泥黄铁绢英岩、石英片岩,志留系卧都河组石英砂岩、粉砂质板岩、砂砾岩、粉砂岩、板岩,泥盆系根里河组杂砂岩、凝灰质砂岩、绿泥板岩、凝灰岩,大民山组灰岩、凝灰质砂岩,石炭系宝力高庙组中性火山喷出岩,格根敖包组英安质火山碎屑岩、凝灰质碎屑岩、安山质熔岩,二叠系孙家坟组细砂岩、粗碎屑岩、泥质板岩、粉砂岩、凝灰岩、底砾岩,三叠系老龙头组碎屑岩,侏罗系万宝组凝灰岩、泥岩、砂岩、粉砂岩、砾岩,塔木兰沟组玄武岩、英安玄武岩、火山碎屑岩,满克头鄂博组英安质晶屑凝灰岩、流纹岩、流纹质晶屑凝灰岩,玛尼吐组流纹英安岩、流纹质凝灰熔岩、凝灰角砾岩,白音高老组流纹质、英安质火山碎屑岩,新近系红岭组白云岩、

页岩、粉砂岩、硅质岩、石英粉砂岩、砂岩,第四系河漫滩砂砾层、亚黏土和现代河床冲积物(图2)。

区域上岩浆岩较为发育,出露岩石类型主要有吕梁期辉长岩,华力西中期白岗质花岗岩、钾长花岗岩、黑云花岗岩,燕山期二长花岗岩、花岗闪长岩,其中燕山期岩体多以岩株形式出现。区域脉岩较为发育,穿插在地层或岩体中,主要有正长斑岩、闪长玢岩、花岗细晶岩、花岗斑岩等岩石类型。区域岩浆活动形成的成矿流体与成矿作用关系密切,在上升过程中淬取、活化围岩中钼铅锌等金属元素,带来丰富的成矿物质。

区域断裂构造发育,褶皱次之。区域上总体构造线方向为北东向,主要形成于古生代—中生代,主要断裂构造有北北东向阿荣旗断裂带(F6)、嫩江断裂带(F5)、大兴安岭主脊断裂(F4)、北东向鄂伦春—头道桥断裂带(F3)、得尔布干断裂(F2)、呼伦湖西—额尔古纳河断裂带(F1)、北西向木哈尔断裂带(F7)、哈里沟断裂带(F8),控制着地层、岩体、矿产的展布方向。这些断裂构造小者几百米至数千米(如岩山断裂、岭上断裂),大者可达数十至百千米(如得尔布干断裂、大兴安岭主脊断裂、鄂伦春—头道桥断裂带),一般的断裂长度多为数十千米。

2 成矿类型

据公开的地质资料显示,研究区内已发现钼—铜—铅—锌多金属矿床(点)10余处(表1),具有代表性的中型矿床有岩山钼矿床^[4]、秧草沟铅锌银钼矿床^[5]、腰房子钼矿床^[6],小型矿床有一十七公里钼矿床^[7]、翠干公路岭上铅锌钼矿床^[8]、大南沟钼矿床^[9]、外新河铜钼矿床^[10]、新帐房钼矿床^[11]、二站沟铅锌钼矿床^[12],以及雅鲁大东沟^[13]、巴林等众多钼铜铅锌多金属矿化点,显示了良好的成矿条件和巨大的找矿潜力。

牙克石地区钼多金属矿床主要矿种为钼、铅锌银钼、铅锌钼、铜钼,成矿元素组合为Mo、Pb-Zn-Ag-Mo、Pb-Zn-Mo、Mo-Cu,其中工业价值比较大的是前3

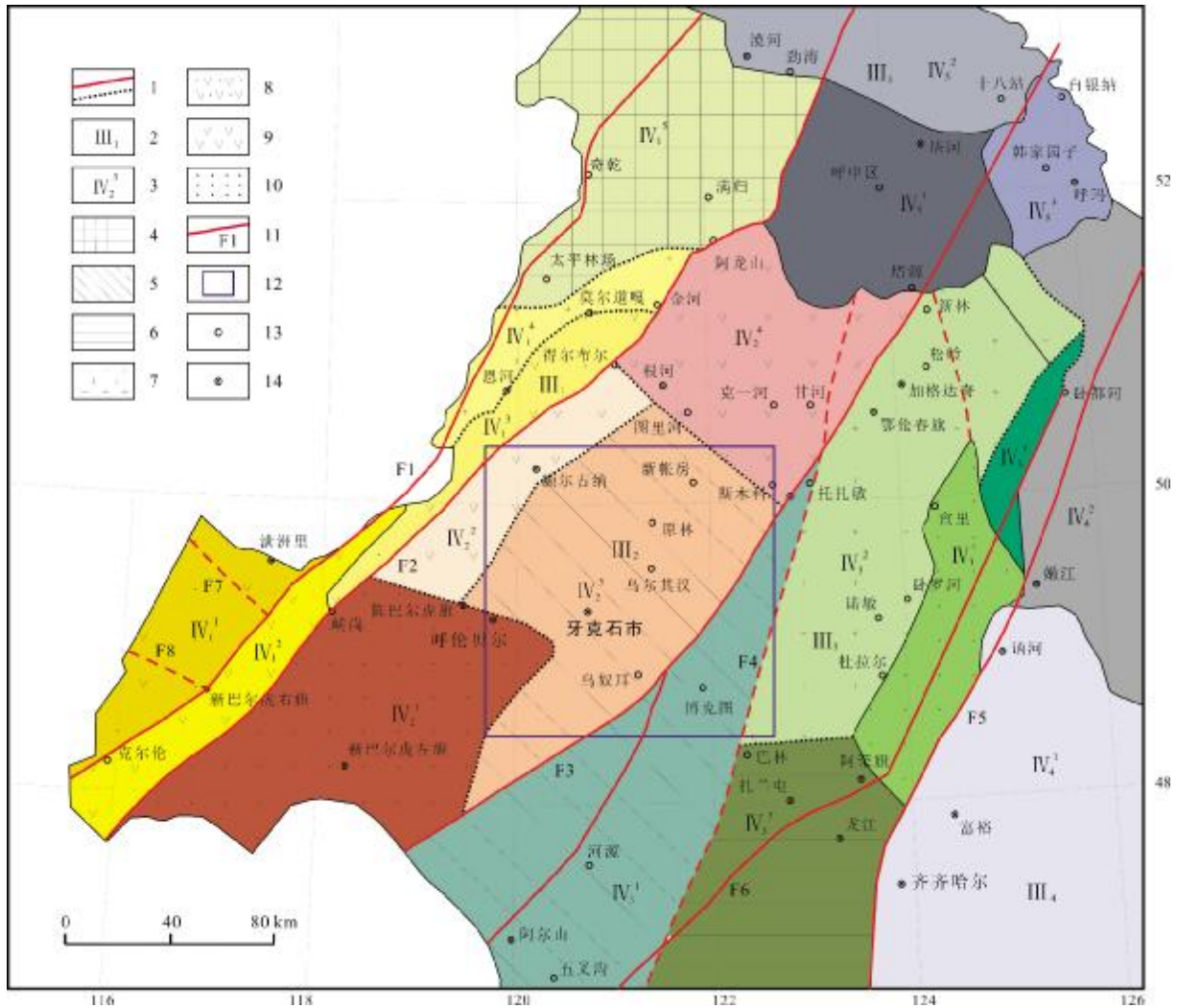


图1 大兴安岭中北段构造单元分区图

(据文献[2]修改)

Fig. 1 Tectonic division of central-northern Daxinganling Mountains

(Modified from Reference [2])

1—构造单元分区及主要断裂界线(tectonic boundary of major fault); 2—三级构造单元编号(third-order tectonic unit and number); 3—四级构造单元编号(fourth-order tectonic unit and number); 4—元古宙隆起区(Proterozoic uplift); 5—早古生代隆起区(Early Paleozoic uplift); 6—晚古生代隆起区(Late Paleozoic uplift); 7—以华力西期侵入岩为主体的岩浆杂岩区(magmatic complex zone dominated by Variscan intrusive rock); 8—中生代侵入-火山岩隆起区(Mesozoic intrusive-volcanic uplift); 9—中生代火山岩盆地(Mesozoic volcanic basin); 10—白垩纪断陷盆地(Cretaceous fault basin); 11—断层(fault); 12—研究区(study area); 13—县/市(county/city); 14—乡/镇(township)

种. 矿床规模多为中小型及矿点, 矿床类型主要有岩浆热液型、破碎带蚀变岩型、细脉浸染裂隙充填型、斑岩型、云英岩型、夕卡岩型, 成矿多与花岗(斑)岩体及断裂构造有关, 部分与夕卡岩、蚀变凝灰岩有关. 根据区域地质背景、矿床位置及矿体赋存空间, 牙克石地区钼多金属矿床主要分布在北北东向大兴安岭主脊断裂、北东向鄂伦春-头道桥断裂带、北东向得尔布干断裂的中间地带. 北东和北西向断裂组合呈网格状, 这

既是重要的控岩控矿构造, 也是三级、四级构造单元的分界线. 这些断裂是含矿流体运移的主要通道, 控制着成矿元素的分布, 因此研究区内矿床分布具有北东成带、北西成列的特点, 形成了岩山、秧草沟、腰房子、新帐房、岭上 5 个明显的矿集区. 研究区内的钼铜铅锌多金属矿床都产于中酸性侵入岩或次火山岩附近, 主要岩性有花岗斑岩、石英斑岩、二长花岗岩、花岗闪长岩、云英岩化细粒白岗岩, 或产于大理岩带内的夕卡

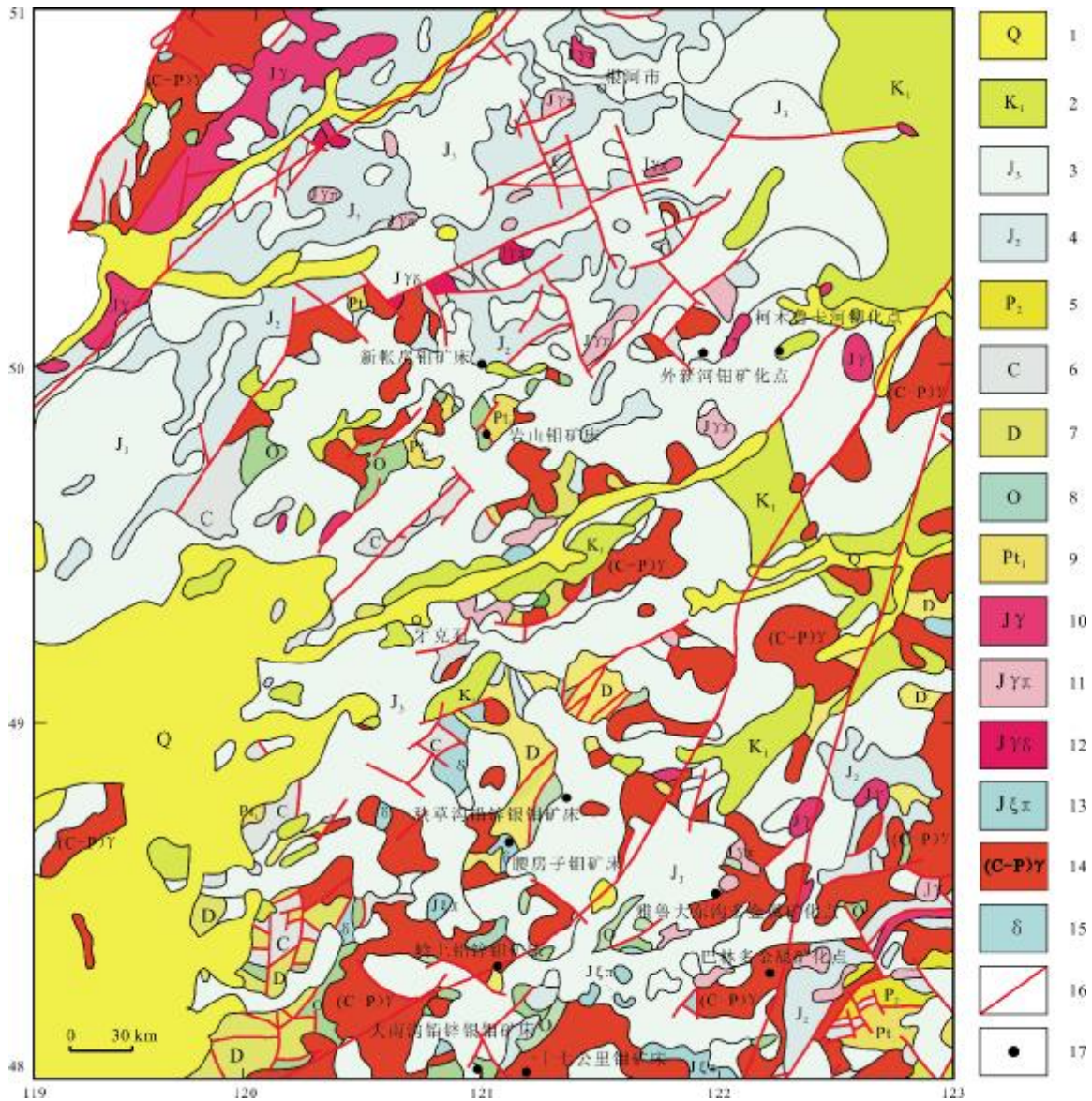


图 2 牙克石地区地质矿产图

Fig. 2 Geological and mineral map of Yakeshi region

1—第四系 (Quaternary); 2—下白垩统 (Lower Cretaceous); 3—上侏罗统 (Upper Jurassic); 4—中侏罗统 (Middle Jurassic); 5—上二叠统 (Upper Permian); 6—石炭系 (Carboniferous); 7—泥盆系 (Devonian); 8—奥陶系 (Ordovician); 9—古元古界 (Paleoproterozoic); 10—燕山期花岗岩 (Yanshanian granite); 11—燕山期花岗斑岩 (Yanshanian granite porphyry); 12—燕山期花岗闪长岩 (Yanshanian granodiorite); 13—燕山期正长斑岩 (Yanshanian syenite porphyry); 14—华力西期花岗岩 (Variscan granite); 15—闪长岩 (diorite); 16—断裂 (fault); 17—矿床及矿化点 (deposit/mineralized spot)

岩中. 地层和岩浆岩控制矿体分布明显, 远离接触带则无矿化. 岩山钨矿床中, 以花岗斑岩为围岩的辉钨矿 Re-Os 年龄为 126.6 ± 1.8 Ma, 以兴华渡口群为围岩的辉钨矿 Re-Os 年龄为 125.2 ± 1.7 Ma, 长石石英脉中辉钨矿 Re-Os 年龄为 125.3 ± 1.8 Ma. 新帐房钨矿床 Re-Os 成矿年龄为 134 ± 2 Ma. 钨矿床形成与燕山中晚期岩浆活动密切相关, 成矿时代为燕山晚期.

3 成矿条件

牙克石地区位于大兴安岭中段西坡, 钨多金属矿床位于得尔布干断裂带与大兴安岭主脊断裂之间, 鄂伦春晚华里西褶皱带内, 分布在陈巴尔虎旗-额尔古纳中生代火山岩盆地、根河中生代火山岩盆地、海拉尔白垩纪含煤盆地、乌尔其汉-乌奴耳古生代隆起区中^[14-16](图 1). 其成矿作用机理为: 早侏罗世, 蒙古-鄂

表1 牙克石地区钼多金属矿床特征参数统计表

Table 1 Characteristic parameters of Mo-polymetallic deposits in Yakeshi region

矿床名称	矿种	规模	矿床类型	矿床特征	资料来源
岩山	钼	中型	岩浆热液型	钼矿体主要赋存于兴华渡口群与花岗斑岩、石英斑岩、花岗闪长岩等隐伏岩体的接触带及其附近;长石石英脉中辉钼矿 Re-Os 年龄为 125.3 ± 1.8 Ma;围岩为花岗斑岩的辉钼矿 Re-Os 年龄为 126.6 ± 1.8 Ma,兴华渡口群围岩中辉钼矿 Re-Os 年龄为 125.2 ± 1.7 Ma;成矿时代为燕山晚期	文献[4]
秧草沟	铅锌银钼	中型	破碎带蚀变岩型	圈定 19 个铅锌银钼矿体,6 个钼矿体,含矿岩性主要为灰绿-灰黑色英安质凝灰岩、英安质晶屑凝灰岩、安山质凝灰岩、透辉石夕卡岩、流纹岩,主要金属矿物为方铅矿、闪锌矿、辉银矿、辉钼矿、黄铁矿、褐铁矿,还有少量黄铜矿、磁铁矿	文献[5]
腰房子	钼	中型	细脉浸染充填型、斑岩型	共圈定辉钼矿体 105 条,矿体围岩为侏罗系上统白音高老组流纹质、英安质火山碎屑岩,矿体形态不规则、不连续,成矿过程中围岩蚀变主要有钾化带、黄铁-绿泥石化-绢云母化带、硅化-绿泥石化带	文献[6]
一十七公里	钼	小型	破碎带蚀变岩型	已发现钼多金属矿体 14 条,矿体主要赋存于碎裂状绿泥黄铁绢英岩、构造蚀变岩、蚀变花岗斑岩中,围岩以碎裂状绿泥黄铁绢英岩、构造蚀变岩为主;矿体呈脉状、细脉状,控制长度 800 m,最大延深 307 m	文献[7]
岭上	铅锌钼	中型	斑岩型、破碎带蚀变岩型	矿体赋存于断裂破碎蚀变带及花岗斑岩中,含矿岩石为英安岩,矿化蚀变带长 300~600 m,宽 200~300 m,金属矿物有黄铁矿、闪锌矿、方铅矿、辉钼矿、磁铁矿、褐铁矿等;矿床的成因与花岗斑岩及北西向断层关系密切	文献[8]
大南沟	钼	小型	斑岩型	钼矿(化)体赋存于晚白垩世花岗斑岩中,围岩为早白垩世中粗粒二长花岗岩;辉钼矿体呈层状-似层状,产于花岗斑岩中,走向 62° ,倾向 155° ,倾角 $13\sim 18^\circ$,矿体厚度均匀	文献[9]
外新河	铜钼	小型	斑岩型	已发现钼矿(化)体 3 条,矿体产于侏罗纪云英岩化细粒白岗岩中,其中 I 号矿体较大,控长 80.00 m,平均厚度为 20.30 m,北西走向;II、III 号矿(化)体较小;主要金属矿物有辉钼矿、黄铁矿、黄铜矿	文献[10]
新帐房	钼	中型	云英岩型	成矿岩体为云英岩化细粒白岗岩,近矿围岩为细粒花岗岩,Re-Os 成矿年龄为 134 ± 2 Ma	文献[11]
二站沟	铅锌钼	小型	夕卡岩型	铅锌钼矿体主要赋存于大理岩层内的夕卡岩中,矿体受地层和岩浆岩控制明显,远离接触带无矿化	文献[12]
大东沟	钼	矿点	斑岩型	发现两个钼矿化点,其中 4 号钼矿化点矿化脉宽约 20 m,长大于 80 m,分布在早白垩世花岗岩外接触带玛尼吐组北西向次级断裂中,矿化岩石为碎裂蚀变凝灰岩;5 号钼矿化点赋存于花岗斑岩体内,矿化岩石类型为碎裂蚀变花岗斑岩,金属矿物可见片状辉钼矿、镜铁矿及晕黄色铁钼矿	文献[13]

霍次克板块向南俯冲消减引起蒙古-鄂霍次克洋的闭合,使得华北板块和蒙古地块之间发生猛烈的陆-陆碰撞,区域造山带的构造体制由挤压转变为伸展模式^[17-19];中侏罗世以来,古太平洋板块由东向西开始向亚洲板块俯冲,区域构造格局演变为滨西太平洋构造域,成矿系统演变为滨太平洋体制^[20];早白垩世期间,太平洋板块俯冲进入高峰期,地壳再次挤压加厚造山,诱发大规模弧后伸展作用,使得乌奴耳-鄂伦春断裂、得尔布干深断裂带、西拉木伦河断裂、大兴安岭中脊断裂、嫩江断裂等北东-北北东向构造复活^[2],成为幔源物质上涌的良好通道(图 1),同时诱发的弧岩浆作用,使得岩浆-流体活动进入高峰期,形成大量中酸性岩浆和成矿流体,导致大量花岗岩类和中酸性火山岩发育.因此,研究区内大面积分布中生代陆相沉积岩以

及火山岩,局部出露中新元古界变质基底和古生代火山-沉积地层(海相-海陆交互相),尤其是印支期二长花岗岩-钾长花岗岩,燕山期二长岩、花岗斑岩、石英斑岩、正长斑岩、流纹斑岩等,以及侏罗系-白垩系的砂岩、粉砂岩、砾岩、火山碎屑凝灰岩、熔结凝灰岩等.因此,牙克石地区乃至大兴安岭地区钼多金属成矿作用动力来源于蒙古-鄂霍次克洋闭合导致的华北板块与蒙古地块之间的陆-陆碰撞,以及古太平洋板块向亚洲板块俯冲,促进大规模多类型矿床的形成,所以成矿作用是多个板块联合作用的结果.

晚白垩世以来,大兴安岭地区进入岩石圈伸展减薄体制^[3],中酸性岩浆活动减弱,大面积玄武岩喷发.多期岩浆活动诱发了大规模的成矿事件^[18],形成了岩山、秧草沟、腰房子、新帐房、岭上 5 个明显矿集区.总

之,在中生代构造动力推动下,研究区内深部岩浆发生明显的物质分异,大量花岗质岩浆就是在这种条件下形成的.地壳物质在高温花岗质岩浆流体沸腾作用下发生熔融,使得地壳部分物质被交代萃取而加入岩浆流体,形成高密度的富钼(铅锌银铜)成矿液体.在合适的火山通道、火山碎屑构造部位,特别是多组断裂构造交汇处附近,富钼(铅锌银铜)的花岗岩质流体发生沉淀,形成了 Mo、Pb、Ag、Cu 等矿化,成矿时代为晚中生代(燕山中晚期).

4 找矿方向

根据以往找矿经验,该地区所发现的钼多金属矿床几乎都是优选 1:20 万水系沉积物地球化学异常作为工作目标(图 3),采用 GIS 技术,利用 1:100 000 或 1:50 000 水系沉积物地球化学测量精准圈定成矿预测区,确定找矿战略区;通过 1:10 000 或 1:20 000 大比例尺物化探(电法、磁法、土壤、岩屑地球化学测量)详查工作缩小找矿靶区,大比例尺物化探异常基本代表了钼矿床深部原始成矿位置^[21-25].因此在矿产勘查过程中,要以圈定预查区和找矿靶区为目标,在找矿远景区内选择工作程度低,且成矿条件好,1:20 万化探异常、矿点、矿化点分布较多、找矿潜力较大的地区,作为部署战略性矿产远景调查的具体工作区^[23],利用地表或深部工程查证物化探异常寻找目标矿种(体).如在博克图地区地球化学土壤 Mo、W 元素异常形态规整,套合好,向外侧有 Cu、Pb、Zn 元素异常重叠部位,是寻找钼多金属矿床的重要找矿标志.这就需要深入研究矿床的成矿地质背景,建立地质、物探、化探、遥感等综合信息的找矿模型,进行精准的成矿预测.

目前,牙克石地区发现的钼多金属矿床多发育在中生代花岗斑岩类与地层接触带附近,单钼矿床、共(伴)生多金属(Pb-Zn-Ag-Mo)矿床都有发现,成矿类型主要是与构造-岩浆岩相关的斑岩型和夕卡岩共(伴)生矿床,特别是斑岩型钼多金属矿床的工业价值较高.矿床的赋存形式主要有石英脉型、破碎蚀变岩型、斑岩型、角砾岩型.钼矿化同钾化、硅化关系密切,因钾长石化、黄铁矿化、硅化蚀变而呈浅肉红色.因此应将中生代与构造-岩浆岩相关的斑岩型钼矿床作为找矿重点,这与大兴安岭北段钼多金属矿床的成因类型和目标矿种具有一致性.在寻找斑岩型矿床时,应

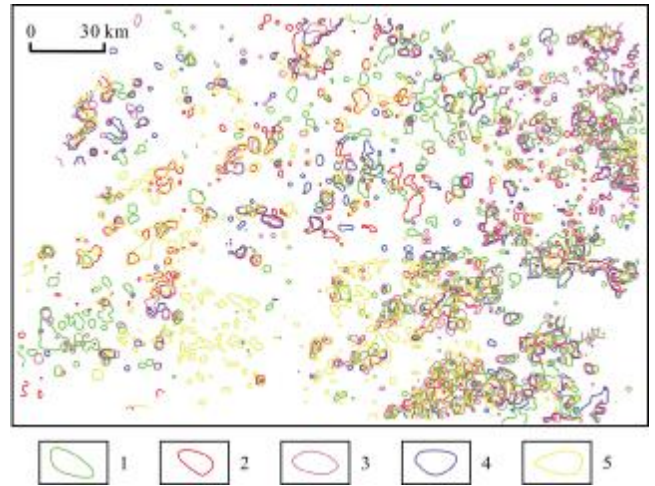


图3 研究区 1:20 万水系沉积物地球化学异常图
Fig. 3 Geochemical anomaly map of 1:200 000 stream sediment survey in the study area

1—钼异常(Mo anomaly); 2—锌异常(Zn anomaly); 3—银异常(Ag anomaly); 4—铅异常(Pb anomaly); 5—铜异常(Cu anomaly)

把燕山期构造-岩浆带作为找矿重点,特别是要关注环状构造、火山穹隆、断裂交汇区.

由于牙克石地区森林植被覆盖较厚,原地地质露头比较少见,利用地表露头及矿化蚀变找矿成功的机率比较小,寻找隐伏矿体已成为找矿的主要方向.研究表明,脉型钼矿可能是斑岩型钼矿在垂向上的变化,指示了深部可能存在斑岩型钼矿^[26].因此在勘查重点区中,要把地表出露的含石英脉、辉钼矿化及其上下盘产出的蚀变带作为寻找矿化体的直接标志,特别是在燕山晚期花岗岩侵入体内外接触带附近,要注重把具有钾化、硅化蚀变特征且有石英脉充填的构造作为找矿重点^[27].同时要加强对石英脉型钼矿床的深部探测,寻求找矿突破.如在土岭村一带发现多处同心环状构造以及放射状断裂构造,这些构造中石英脉发育,并具有比较普遍的钼矿化,地球化学勘查显示高温元素浓集中心明显,推测该区深部可能存在含钼隐伏斑岩体,因此应利用探矿工程验证深部含矿隐伏岩体存在的可能性.

5 结论

(1)牙克石地区已发现钼多金属矿床(点)20 余处,成矿矿种主要为钼、铅锌银钼、铅钼、铜钼,成矿元素组合为 Mo、Pb-Zn-Ag-Mo、Pb-Zn-Mo、Mo-Cu,矿床分布具有北东成带、北西成列的特点,形成了岩山、

秧草沟、腰房子、新帐房、岭上 5 个明显的矿集区。

(2)通过对牙克石地区区域地质背景、成矿条件、成矿类型的综合分析,研究区的矿床类型主要有斑岩型、岩浆热液型、云英岩型、破碎带蚀变岩型、夕卡岩型、细脉浸染裂隙充填型,钼矿床的形成与燕山中晚期岩浆活动密切相关,成矿时代主要为燕山晚期。

(3)牙克石地区成矿多与花岗(斑)岩体及断裂构造有关,成矿作用来源于华北板块与蒙古地块的陆-陆碰撞和古太平洋板块向亚洲板块俯冲,断裂构造是含矿流体运移的主要通道,控制着成矿元素的分布。

(4)1:20 万水系沉积物地球化学异常在钼多金属矿床勘查过程中发挥了重要作用,具有快速、高效、简捷的特点。因此在钼多金属矿床勘查过程中,要充分考虑成矿地质背景和 1:20 万水系沉积物地球化学异常的吻合程度,利用地质、物探、化探、GIS 技术精准预测成矿区,以期找到中生代斑岩型和热液脉型钼矿为主,兼顾晚古生代斑岩型钼矿。脉型钼矿可能是斑岩型钼矿在垂向上的变化,要加大已有矿床攻深找盲工作力度,以取得找矿工作突破。

参考文献(References):

- [1]张强,邹灏,龙训荣,等.我国钼矿床研究现状与展望[J].金属矿山,2016(6):107-112.
Zhang Q, Zou H, Long X R, et al. Research status and prospects of the molybdenum deposits in China[J]. Metal Mine, 2016(6): 107-112.
- [2]余全,李红红,李进文,等.内蒙古大兴安岭中北段铜铅锌金银多金属矿床成矿规律与找矿方向[J].地质学报,2009,83(10):1456-1472.
She H Q, Li H H, Li J W, et al. The metallogenetical characteristics and prospecting direction of the copper-lead-zinc polymetal deposits in the northern-central Daxing'anling Mountain, Inner Mongolia[J]. Acta Geologica Sinica, 2009, 83(10): 1456-1472.
- [3]宋丙剑,张艳军,李涛,等.塔源-新帐房地区钼及含钼多金属矿床成矿机制及找矿前景分析[J].中国钼业,2018,42(2):15-21.
Song B J, Zhang Y J, Li T, et al. Discussion on metallogenic mechanism and ore-searching prospect for molybdenum-polymetallic deposit in Tayuan-Xinzhangfang area[J]. China Molybdenum Industry, 2018, 42(2): 15-21.
- [4]曾子华,刘德朋,陈彪,等.内蒙古牙克石岩山钼矿床矿石 Re-Os 和相关岩浆岩锆石 U-Pb 年龄测定[J].地质与勘探,2015,51(1):45-52.
Zeng Z H, Liu D P, Chen B, et al. Re-Os dating of the molybdenum deposit and zircon U-Pb ages of related magmatic rocks in the Yanshan area, Yakeshi, Inner Mongolia[J]. Geology and Exploration, 2015, 51(1): 45-52.
- [5]苏胜民,刘洪祺,张红涛,等.内蒙古牙克石市秧草沟铅锌银钼矿化探特征及找矿意义[J].西部资源,2012(2):123-126.
Su S M, Liu H Q, Zhang H T, et al. Geochemical exploration characteristics and their ore-searching significance in Yangcaogou Pb-Zn-Ag-Mo area, Yakeshi City of Inner Mongolia [J]. Western Resources, 2012(2): 123-126.
- [6]魏鑫,李凌霄,周炜.内蒙古牙克石市腰房子钼矿特征及找矿标志[J].云南地质,2016,35(3):376-380.
Wei X, Li L X, Zhou W. The feature and prospecting criteria of Yaofangzi Mo deposit in Yakeshi, Inner Mongolia[J]. Yunnan Geology, 2016, 35(3): 376-380.
- [7]矫明波.内蒙古牙克石市一十七公里地区钼矿区矿床成矿地质条件与成因探讨[J].硅谷,2010(7):8,4.
Jiao M B. Discussion on metallogenic geological conditions and genesis of Mo deposit in Yishiqigongli area, Yakeshi, Inner Mongolia [J]. Silicon Valley, 2010(7): 8, 4. (in Chinese)
- [8]潘建,常立海,王嵩莉,等.牙克石市翠干公路岭上铅锌钼多金属矿床地质特征简述[J].吉林地质,2012,31(1):49-54.
Pan J, Chang L H, Wang S L, et al. Geological features of Cuigan mountain lead-zinc polymetallic deposit, Yakeshi City, Inner Mongolia [J]. Jilin Geology, 2012, 31(1): 49-54.
- [9]张玉明.物化探技术在内蒙古牙克石大南沟钼矿勘查中的应用[C]//河南省地质学会 2019 年学术年会论文集.三门峡:河南省地质学会,2019:5.
Zhang Y M. Application of geophysical and geochemical prospecting technology in the exploration of Danangou molybdenum deposit in Yakeshi, Inner Mongolia [C]//2019 Proceedings of the Annual Conference. Sanmenxia: Geological Society of Henan, 2019: 5. (in Chinese)
- [10]内蒙古第六地质矿产勘查开发院.内蒙古自治区牙克石市外新河矿区钼矿详查报告[R].全国地质资料馆,2007.(in Chinese)
The Sixth Institute of Geology and Minerals Survey and Development of Inner Mongolia. Detailed investigation report of Mo deposit in Waixinhe mining areas, Yakeshi, Inner Mongolia [R]. National Geological Data Museum, 2007.
- [11]赵岩,吕骏超,陈江,等.大兴安岭北段新帐房钼矿地质与 S、Pb 同位素地球化学特征[J].有色金属(矿山部分),2016,68(5):17-23.
Zhao Y, Lv J C, Chen J, et al. Geological and S, Pb geochemical characteristics of Xinzhangfang Molybdenum Deposit in the northern Greater Khingan Mountains region [J]. Nonferrous Metals (Mine Section), 2016, 68(5): 17-23.
- [12]王国良.牙克石二站沟钼多金属矿地质特征及成因类型[J].自然科学文摘版,2016(4):181.

- Wang G L. Geological characteristics and genetic types of Mopolymetallic deposits in Erzhangou, Yakeshi [J]. *Natural Science*, 2016(4): 181. (in Chinese)
- [13] 郭维, 杨瑞. 内蒙古东牙克石市雅鲁大东沟钼矿成矿地质特征及找矿标志[J]. *世界有色金属*, 2020(1): 63-65.
- Guo W, Yang R. Metallogenic geological characteristics and prospecting criteria of Dadonggou molybdenum deposit, Yalu, Dongyakeshi, Inner Mongolia [J]. *World Nonferrous Metals*, 2020(1): 63-65.
- [14] 刘希瑶, 王德力, 刘驰. 大兴安岭北部中生代花岗岩类地球化学特征及地质意义[J]. *地质与资源*, 2020, 29(3): 207-211, 281.
- Liu X Y, Wang D L, Liu C. Geochemistry of Mesozoic granitoids in northern Daxinganling Mountains: Geological implication [J]. *Geology and Resources*, 2020, 29(3): 207-211, 281.
- [15] 陈卓, 李向文, 张胜江, 等. 黑龙江十五里桥金矿龙江组火山岩地球化学特征及构造背景分析[J]. *地质与资源*, 2019, 28(5): 413-422.
- Chen Z, Li X W, Zhang S J, et al. Geochemistry and tectonic setting of the volcanic rocks of Longjiang Formation in Shiwuliqiao gold deposit, Heilongjiang Province [J]. *Geology and Resources*, 2019, 28(5): 413-422.
- [16] 胡军海, 杨华本, 周传芳, 等. 大兴安岭北段漠河富源沟林场早侏罗世花岗岩——年代学、地球化学特征及构造意义[J]. *地质与资源*, 2018, 27(3): 224-234, 278.
- Hu J H, Yang H B, Zhou C F, et al. Early Jurassic granites in Fuyuangou Forest Farm of Mohe County, northern Daxinganling Mountains: Chronology, geochemistry and tectonic implications [J]. *Geology and Resources*, 2018, 27(3): 224-234, 278.
- [17] 杨祖龙, 张德全, 李进文, 等. 得尔布干成矿带西南段矿床类型、成矿分带及找矿方向[J]. *矿床地质*, 2009, 28(1): 53-62.
- Yang Z L, Zhang D Q, Li J W, et al. Ore-forming types, metallogenic zoning and potential prospecting areas in southwestern sector of Deerbugan metallogenic belt [J]. *Mineral Deposits*, 2009, 28(1): 53-62.
- [18] 赵一鸣, 张德全. 大兴安岭及其邻区铜多金属矿床成矿规律与远景评价[M]. 北京: 地震出版社, 1997.
- Zhao Y M, Zhang D Q. Metallogeny and prospective evaluation of copper-polymetallic deposits in the Da Hinggan Mountains and its adjacent regions [M]. Beijing: Seismological Press, 1997.
- [19] Deng C Z, Sun D Y, Li G H, et al. Early Cretaceous volcanic rocks in the Great Xing'an Range: Late effect of a flat-slab subduction [J]. *Journal of Geodynamics*, 2019, 124: 38-51.
- [20] 吴涛涛, 陈聪, 刘凯, 等. 大兴安岭北部伊图里河地区二长花岗岩的成因及构造背景[J]. *地质学报*, 2016, 90(10): 2637-2647.
- Wu T T, Chen C, Liu K, et al. Petrogenesis and tectonic setting of the monzonite granite in Yitulihe area, northern Great Xing'an Range [J]. *Acta Geologica Sinica*, 2016, 90(10): 2637-2647.
- [21] 戴慧敏. 大兴安岭成矿带中北段铜多金属矿床地球化学建模及潜力评价研究[D]. 北京: 中国地质大学(北京), 2016.
- Dai H M. Geochemical modeling and evaluation of the potential copper resource of the northern section in the Greater Khingan Mountains metallogenic belt [D]. Beijing: China University of Geosciences, 2016.
- [22] 赵丕忠, 谢学锦, 程志中. 大兴安岭成矿带北段区域地球化学背景与成矿带划分[J]. *地质学报*, 2014, 88(1): 99-108.
- Zhao P Z, Xie X J, Cheng Z Z. Regional geochemical background and metallogenic belt division of north Da Hinggan Mountain [J]. *Acta Geologica Sinica*, 2014, 88(1): 99-108.
- [23] 邵积东, 王守光, 赵文涛, 等. 大兴安岭地区成矿地质特征及找矿前景分析[J]. *地质与资源*, 2007, 16(4): 252-256, 262.
- Shao J D, Wang S G, Zhao W T, et al. Geological characteristics and prospecting potential in Daxinganling region [J]. *Geology and Resources*, 2007, 16(4): 252-256, 262.
- [24] 郝士龙, 李成禄, 胡忠贤. 黑龙江省嫩江市播根里地区地球化学异常特征及找矿潜力[J]. *地质与资源*, 2020, 29(5): 419-428, 410.
- Hao S L, Li C L, Hu Z X. Geochemical anomaly characteristics and prospecting potential in Bogenli area of Nenjiang City, Heilongjiang Province [J]. *Geology and Resources*, 2020, 29(5): 419-428, 410.
- [25] Li Y, Xu W L, Tang J, et al. Geochronology and geochemistry of Mesozoic intrusive rocks in the Xing'an massif of NE China: Implications for the evolution and spatial extent of the Mongol-Okhotsk tectonic regime [J]. *Lithos*, 2018, 304/307: 57-73.
- [26] 陈衍景, 张成, 李诺, 等. 中国东北钼矿床地质[J]. *吉林大学学报(地球科学版)*, 2012, 42(5): 1223-1268.
- Chen Y J, Zhang C, Li N, et al. Geology of the Mo deposits in Northeast China [J]. *Journal of Jilin University (Earth Science Edition)*, 2012, 42(5): 1223-1268.
- [27] 贾斌, 邵军, 赵震宇, 等. 大兴安岭成矿带铜多金属矿勘查选区研究成果报告[R]. 沈阳: 中国地质调查局沈阳地质调查中心, 2006.
- Jia B, Shao J, Zhao Z Y, et al. Reports of exploration target optimization on copper polymetallic deposits in the Daxinganling metallogenic belt [R]. Shenyang: Shenyang Center of China Geological Survey, 2006. (in Chinese)