

doi:10.6053/j.issn.1001-1412.2025.01.004

# 内蒙古自治区苏尼特右旗别鲁乌铜矿外围矿区 金矿物质组分及金赋存状态研究

王佳奇<sup>1</sup>, 韩久会<sup>2</sup>

(1. 天津市地球物理勘探中心, 天津 300170;

2. 内蒙古煤炭建设工程(集团)总公司, 呼和浩特 010010)

**摘要:** 内蒙古自治区别鲁乌铜矿外围矿区东北部发现一岩浆热液型金矿床。本文通过野外勘探工作, 结合标本观测、光薄片鉴定、化学成分分析等方法, 查明矿区东北部金矿带主要为石英脉型金矿石, 赋存于晚石炭系本巴图组绢云千枚岩中, 矿石以定向构造、块状构造为主。载金矿物以硅化石英为主, 黄铁矿次之, 黄铁矿向浅地表氧化为褐铁矿; 自然金呈独立金赋存状态, 与其他金属矿物无明显接触; 以裂隙金为主(80%)、粒间金次之(20%), 粒径 0.002~0.05 mm, 微粒金( $\leq 0.01$  mm)占 75%, 总体属微(细)粒金。金矿形成过程按矿脉相互穿插关系、矿物共生组合及围岩类型分为气成热液期、热液期、表生期, 成矿作用以热液期为主, 热液期可分为 3 个阶段: 石英-硫化物阶段、金-石英-硫化物阶段、碳酸盐阶段。

**关键词:** 金矿; 物质组分; 赋存状态; 别鲁乌铜矿床; 内蒙古

**中图分类号:** P618.51; P616 **文献标识码:** A

## 0 引言

矿区大地构造位置处于希拉木伦断裂南侧, 北侧紧邻温都尔庙杂岩体, 整体位于白乃庙岛弧之中(图 1a-b)<sup>[1-6]</sup>。区内发育断裂构造和褶皱, 主要控矿构造为 NE 向断裂(图 1c)<sup>[7]</sup>。矿区位于白乃庙-别鲁乌图铜-钼多金属矿化集中区<sup>[8-11]</sup>, 矿产丰富, 西南有白乃庙铜(钼、金)多金属矿<sup>[12-15]</sup>, 南部有别鲁乌图铜钼矿床<sup>[11-12, 16-17]</sup>, 东南有毕力赫金矿<sup>[18-19]</sup>、哈达庙金矿<sup>[20-21]</sup>。毛景文、江思宏、唐文龙、朱永峰、付超等学者先后对该区域的成矿规律、成矿演化等进行了深入调查分析和总结研究, 对本区矿产勘查提供了理论支撑<sup>[22-26]</sup>。

矿区 2011—2015 年进行了地质测量和物探、化探测量、槽探、钻探等普查工作, 最终确定以金为主攻矿种。2016—2018 年转入详查阶段, 于矿区东北

部圈定 2 条金矿体, 2019 年转入勘探阶段, 通过系统的探矿工程工作, 目前已探明金矿石储量  $36.5 \times 10^4$  t。作者通过对矿区野外资料整理, 结合标本观测、光薄片鉴定、化学成分分析等方法, 查明该金矿矿石矿物特征、化学组成、金的赋存状态, 进一步分析了矿石矿物生成顺序, 为研究金矿成因和其成矿规律提供了依据。

## 1 矿床地质

区内出露中元古界、古生界和新生界地层。中元古界地层只分布在乌兰敖包浑迪断裂带(F<sub>19</sub>)以北的锡林浩特一磐石地层分区, 出露温都尔庙群地层, 包括桑达来呼都格组绢云绿泥片岩和哈尔哈达组硅铁质岩及石英片岩组合。古生界地层包含石炭系本巴图组变质砂岩、阿木山组灰岩及石炭系尔汉图群哈拉组玄武岩、徐尼乌苏组变质细砂—粉砂

收稿日期: 2024-07-10; 改回日期: 2024-12-25; 责任编辑: 赵庆

作者简介: 王佳奇(1987—), 男, 硕士, 主要从事矿产勘查工作。通信地址: 天津市河东区广瑞西路 67 号, 天津市地球物理勘探中心。邮政编码: 300170。E-mail: 717037764@qq.com

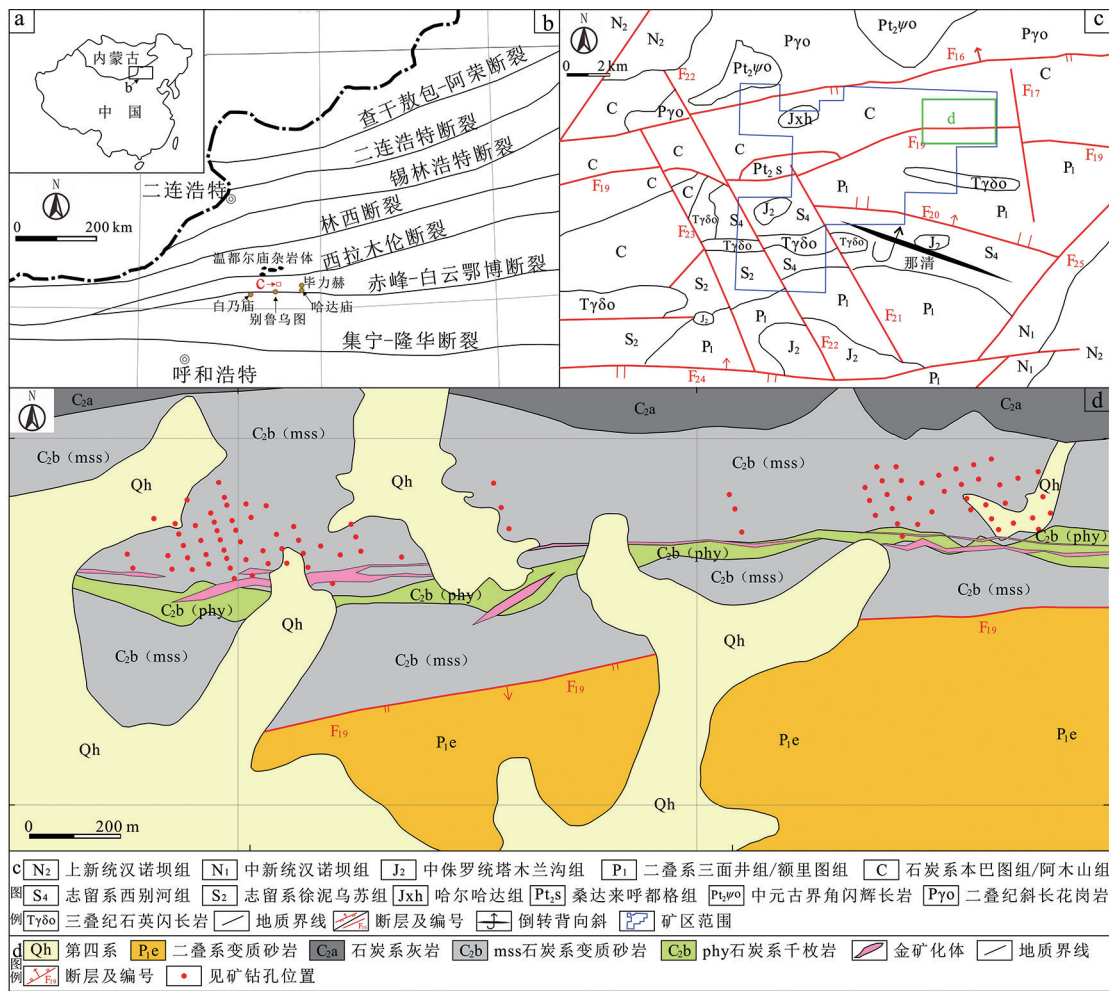


图1 矿区区域地质构造简图(a—c)及东北区金矿地质简图(d)

Fig. 1 Map showing regional geological structure (a-c) and sketch of the Au deposit (c)

岩、西别河组变质含砾不等粒岩屑杂砂岩；二叠系三面井组变质中粒长石砂岩、额里图组安山质含集块角砾晶屑凝灰岩。本区的中生界地层不发育，仅矿区中部及南部零星出露中侏罗统塔木兰沟组玄武岩。新近系中新统汉诺坝组为玄武岩；新近系上新统宝格达乌拉组为泥岩。第四系全新统分布广泛(图1c)。

褶皱构造位于矿区南部那清一带，呈近EW向展布，核部为志留系西别河组，长约6000余米，两翼由三面井组和额里图组组成，两翼产状为：北东翼向NE倾，倾角 $50^{\circ}\sim 56^{\circ}$ ，南西翼向SW倾，倾角 $50^{\circ}\sim 56^{\circ}$ ，背斜中部有中生代早期云英闪长岩和闪长玢岩两期次强烈岩浆侵入。受区域推覆断裂(F<sub>19</sub>)的影响，造成整体构造形态为向北倾的倒转背斜(图1c)。

区内发育多组不同方向、不同期次断裂构造，其中与金矿化关系比较密切的为NEE向和NWW

向断裂，矿区内发现的金矿体绝大多数位于这2组断裂构造带内，尤其NEE向F<sub>16</sub>和F<sub>19</sub>断裂是本区最主要的导矿和控矿构造(图1d)。区内岩浆活动频繁，以中元古界侵入岩、二叠纪侵入岩、三叠纪侵入岩和白垩纪侵入岩为主，其中以三叠纪岩浆活动最为剧烈。

### 1.1 矿体特征

勘探区东北部金矿赋存于近EW向的F<sub>6</sub>和F<sub>19</sub>断裂之间的变形挤压带内，该变形挤压带宽30~300m，断续出露长度超过7km。构造带产状与地层产状基本一致，倾向 $340^{\circ}\sim 20^{\circ}$ ，倾角 $40^{\circ}\sim 80^{\circ}$ 。该变形挤压带对金矿的形成和空间分布起着重要的作用。矿体主要赋存于晚石炭系本巴图组绢云千枚岩、变质砂岩内的石英脉中，地表出露较差，多为隐伏矿体。

### 1.2 矿石特征

矿石为贫硫化物石英网脉状蚀变岩型，主要赋

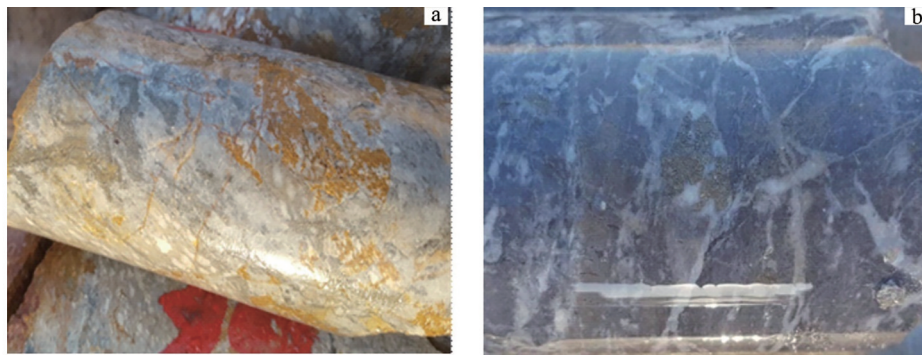


图 2 矿石岩心照片

Fig. 2 Ore core photos

a. 浅部氧化矿石(黄铁矿氧化呈褐铁矿); b. 深部原生矿石(石英网脉及黄铁矿化)

存岩性为绢云千枚岩、变质砂岩,其次为硅化蚀变岩。矿石结构主要为粒状变晶结构、鳞片状变晶结构,矿石构造以细脉状、浸染状为主(图 2)。

### 1.3 矿石成分特征

#### (1) 矿石化学成分

本次共采集 23 件矿石化学全分析样品,通过表 1 可见,金含量变化较大,为  $0.7 \times 10^{-6} \sim 31.5 \times 10^{-6}$ 。虽然在个别单样品中 As、S 达到综合评价指标,但平均品位低,且 As、S 元素含量变化系数较

大,分布极不均匀且无规律,难以综合回收利用。

#### (2) 矿石矿物组成特征

经室内矿石标本观察和光、薄片实验室鉴定,确定矿物主要有黄铁矿(图 3a—b)、钛铁矿(图 3b)、自然金(图 3a),闪锌矿、磁铁矿、毒砂、方铅矿、电气石等少量。脉石矿物主要为石英、绢云母、白云石、钾长石、钠长石、方解石、绿泥石等(图 3c—d)。

黄铁矿(Py):含量 1%~2%,呈半自形-他形粒状,多具立方体晶形,粒径 0.05~1.2 mm,部分呈

表 1 样品化学分析结果统计

Table 1 Chemical analysis of samples

分析元素	最大值	最小值	平均值	标准偏差	变化系数
Au	31.5	0.1	3.52	6.46	183.45
Ag	1.05	<1.0	—	—	—
Cu	0.012	0.001	0.004	0.004	94.63
Pb	0.024	0.001	0.003	0.005	159.66
Zn	0.032	0.002	0.007	0.007	100.82
WO <sub>3</sub>	0.035	0.001	0.008	0.008	100.62
Sb	0.008	0.001	0.003	0.002	60.49
Mo	0.005	0.001	0.002	0.002	69.07
As	0.29	0.001	0.048	0.067	140.92
C	4.07	0.6	1.82	0.82	44.99
S	3.47	0.003	0.78	0.95	121.92
Co	0.008	0.001	0.003	0.002	65.4
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16.71	8.959	12.65	2.5	19.76
CaO	9.11	1.62	4.59	2.33	50.68
K <sub>2</sub> O	3.95	0.043	1.62	1.16	71.51
MgO	4.5	0.59	1.98	0.9	45.52
MnO	0.13	0.034	0.071	0.029	40.76
Na <sub>2</sub> O	6.57	1.58	3.77	1.67	44.21
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.71	0.028	0.159	0.194	122.27
TiO <sub>2</sub>	2.34	0.16	0.86	0.72	83.73
FeO	7.45	0.34	2.64	2.23	84.5
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	7.74	0.14	2.91	2.3	78.93
SiO <sub>2</sub>	73.96	43.32	59.4	8.31	13.99
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	0.22	<0.01	—	—	—

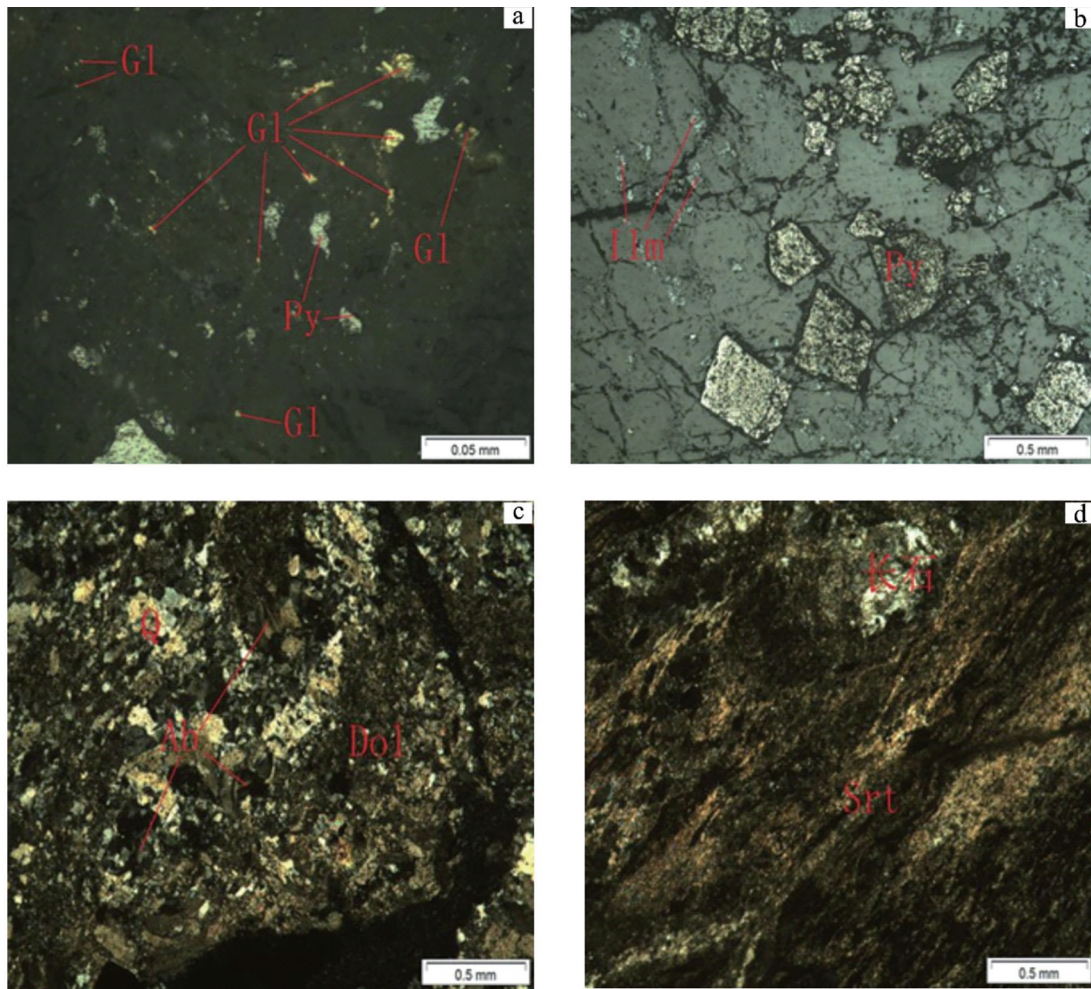


图3 矿石镜下显微照片

Fig. 3 Microscopic photo of ore

Py. 黄铁矿; Ilm. 钛铁矿; Gl. 自然金; Q. 石英; Dol. 白云石; Srt. 绢云母; Ab. 钠长石

星点状分布,部分晶粒有压碎现象,部分在岩石裂隙中呈断续脉状分布(图3b)。

钛铁矿(Ilms):少量,不规则状、粒状、絮状,粒径0.01~0.2 mm,稀疏状分布,多已白钛石化(图3b)。

自然金(Gl):金黄色,正交反射光下具闪光现象,粒径极微细-中细粒,粒径0.002~0.05 mm,与其他金属矿物没有较明显的接触关系,少量与黄铁矿伴生,大部分为独立金,多沿岩石裂隙分布(图3a)。

## 2 金矿赋存状态

### 2.1 金的形态粒度

镜下观察金的形态主要为自然金,呈粒状和不规则粒状,边界大多不平整,呈尖角粒状和枝叉状,粒径极微细,粒径0.002~0.05 mm,其中,中粒金(0.037~0.074 mm)含量较少,占5%;细粒金

(0.037~>0.01 mm)含量中等,占20%,微粒金( $\leq 0.01$  mm)含量最高,占75%,总体属微(细)粒金。

### 2.2 金的赋存状态

矿石主要的载金矿物为石英、黄铁矿等,金含量与黄铁矿含量没有直接关系。依其赋存状态划分为裂隙金、粒间金,以裂隙金为主,自然金分布在石英裂隙及裂隙附近,大部分与其他金属矿物没有较明显的接触关系,相对含量占80%;粒间金呈星散状分布于与其伴生的褐铁矿颗粒间和黄铁矿颗粒间,占20%。

## 3 成矿过程划分

金矿形成过程按矿脉相互穿插关系、矿物共生组合及围岩类型可分为气成热液期、热液期、表生期,

表 2 矿石矿物形成期次及顺序

Table 2 Sequential stages of formation of minerals

矿物	气成热液期	热液期			表生期
		早期阶段	中期阶段	晚期阶段	
石英	-----	-----	-----	-----	
钾长石	-----	-----			
钠长石	-----				
白云石		--	-----	-----	
方解石			-----	-----	
绿泥石				-----	-----
绢云母				-----	-----
高岭土				-----	-----
黄铁矿		-----	-----	-----	-----
磁铁矿			-----		
钛铁矿	---	-----	---		
赤铁矿	--		---		---
褐铁矿				-----	-----
黄铜矿		-----			
毒砂		-----			
电气石	--	-----	--		
自然金		--	--	-----	

注:长度代表形成时间;疏密程度代表相对含量。

成矿作用以热液期为主。

(1)气成热液期:该成矿期以形成大量石英和电气石为特征,并广泛分布钾长石、钠长石和磁铁矿。围岩蚀变以硅化、电气石化、绢云母化和碳酸盐化为主。

(2)热液期:该成矿期又可分为早期、中期和后期 3 个成矿阶段。

早阶段:为石英-硫化物阶段,主要特征为形成大量石英、黄铁矿、钾长石、电气石和磁铁矿,伴生有少量自然金。热液蚀变为绢云母化、黄铁矿化、硅化、钾化和电气石化。

中阶段:为金-石英-硫化物阶段,并形成金矿石。矿石矿物组合为黄铁矿、黄铜矿、钛铁矿、自然金、闪锌矿、毒砂、方铅矿。脉石矿物组合为角闪石、方解石、斜长石、石英、白云石、绢云母、绿泥石。典型热液蚀变为硅化、黄铁矿化、绿泥石化、绢云母化和高岭土化。

晚阶段:为碳酸盐阶段,以形成大量的碳酸盐矿物为特征,该阶段形成的金矿化较弱。

(3)表生期:原生金矿石在地表遭受氧化淋滤作用,不仅可形成褐铁矿,也可使原生矿石中的金进一步富集,形成氧化型金矿石。

## 4 结论

(1)矿区东北部金矿带主要为石英脉型金矿石,赋存于晚石炭系本巴图组绢云千枚岩中。

(2)载金矿物以硅化石英为主,黄铁矿次之,黄铁矿向浅地表氧化为褐铁矿;自然金呈独立金赋存状态,与其他金属矿物无明显接触,以裂隙金为主(80%)、粒间金次之(20%),粒径 0.002~0.05 mm,微粒金( $\leq 0.01$  mm)占 75%,总体属微(细)粒金。

(3)金矿形成过程按矿脉相互穿插关系、矿物共生组合及围岩类型划分为气成热液期、热液期、表生期。成矿作用以热液期为主,分为石英-硫化物阶段、金-石英-硫化物阶段、碳酸盐阶段等 3 个阶段。

## 参考文献:

- [1] 李文博,陈衍景,赖勇,等. 内蒙古白乃庙铜金矿床的成矿时代和成矿构造背景[J]. 岩石学报, 2008, 24(4): 890-898.
- [2] 邵积东,王惠,张梅,等. 内蒙古大地构造单元划分及其地质特征[J]. 西部资源, 2011(2): 51-56.
- [3] 李刚,刘正宏,徐仲元,等. 内蒙古白乃庙逆冲推覆构造的组成及其构造特征[J]. 吉林大学学报(地球科学版), 2012(Z2): 309-319.
- [4] 王挽琼. 华北板块北缘中段晚古生代构造演化: 温都尔庙-集宁火成岩年代学地球化学的制约[D]. 吉林大学, 2014.
- [5] 欧阳旺. 内蒙古毕力赫金矿床地质与控岩-控矿构造分析[D]. 中国地质大学(北京), 2017.
- [6] 周振华,车合伟,欧阳荷根,等. 内蒙古白乃庙铜-金-钼矿床成矿机制——来自流体包裹体和 He-Ar 同位素的证据[J]. 地质学报, 2017, 91(3): 542-560.
- [7] 张盼,李敬华,蔡海涛,等. 内蒙古苏尼特右旗别鲁乌铜矿外围矿区岩金矿物化探特征分析[J]. 资源信息与工程, 2022, 37(3)

- :14-19.
- [8] 沈存利,苏宏伟,王守光. 内蒙古铜矿床区域成矿特征初步研究[J]. 西北地质,2004,37(3):43-50.
- [9] 李俊建,彭翼,张彤,等. 华北地区成矿单元划分[J]. 华北地质,2021,44(3):4-24.
- [10] 付超,李俊建,唐文龙,等. 华北地区硫矿资源特征及成矿规律[J]. 吉林大学学报(地球科学版),2022,52(6):1879-1893.
- [11] 胡雯. 内蒙古别鲁乌图铜多金属矿床成因探讨及成矿模式[J]. 西部资源,2023(6):29-33.
- [12] 聂凤军,裴荣富,吴良士. 内蒙古白乃庙地区铜(金)和金矿床钹、锶和铅同位素研究[J]. 矿床地质,1994,13(4):331-344.
- [13] 肖荣阁,彭润民,王美娟,等. 华北地台北缘西段主要成矿系统分析[J]. 地球科学,2000(4):362-368.
- [14] 李进文,赵士宝,黄光杰,等. 内蒙古白乃庙铜矿成因研究[J]. 地质与勘探,2007(5):1-5.
- [15] 周志广,张达,谷永昌,等. 内蒙古白乃庙逆冲推覆构造特征及其地质意义[J]. 大地构造与成矿学,2018(1):1-17.
- [16] 徐通,李鹏,王银川,等. 内蒙古别鲁乌图铜硫多金属矿成因类型及找矿标志[J]. 西北地质,2014(2):20-24.
- [17] 郭硕,何鹏,刘洋,等. 内蒙古别鲁乌图铜多金属矿床锆石 U-Pb 年龄和 S-Pb 同位素特征及其地质意义[J]. 现代地质,2020(1):40-50.
- [18] 张赋,睢程晨,申峻峰. 内蒙古苏尼特右旗毕力赫金矿床成矿地质特征[J]. 地质与资源,2012,21(5):437-440.
- [19] 黄柯,朱明田,张连昌,等. 内蒙古毕力赫金矿——一种特殊类型的金矿? [J]. 矿物学报,2015,35(S1).
- [20] 聂凤军,张洪涛. 内蒙古哈达庙含金侵入杂岩体稀土元素地球化学研究[J]. 地质找矿论丛,1989(4):62-70.
- [21] 郝百武,蒋杰. 内蒙古镶黄旗哈达庙金矿杂岩体年代学、地球化学及其形成机制[J]. 岩石矿物学杂志,2010,29(6):750-762.
- [22] 唐文龙,李俊建,彭翼,等. 华北地区铜矿资源特征及成矿规律研究[J]. 地质找矿论丛,2021,36(2):131-142.
- [23] 毛景文,周振华,武广,等. 内蒙古及邻区矿床成矿规律与成矿系列[J]. 矿床地质,2013,32(4):715-729.
- [24] 江思宏,张莉莉,刘翼飞,等. 兴蒙造山带成矿规律及若干科学问题[J]. 矿床地质,2018,37(4):671-711.
- [25] 朱永峰,张云迪,蒋久阳,等. 兴蒙造山带中与古亚洲洋演化有关的成矿系统初步研究[J]. 矿床地质,2022,41(3):449-468.
- [26] 付超,党智财,李俊建,等. 华北地区金矿成矿规律及资源潜力[J]. 中国地质,2022,49(4):1179-1197.

## Study on ore material of Au-minerals in Au deposit in surrounding of Bieluwu Cu deposit in Sunituyue Banner, Inner Mongolia

WANG Jiaqi<sup>1</sup>, HAN Jiuhui<sup>2</sup>

(1. Tianjin Geophysical Exploration Center, Tianjin 300170, China;

2. Inner Mongolia Coal Construction Engineering (Group) Co., Hohhot 010010, Inner Mongolia Autonomous Region, China)

**Abstract:** In surrounding (northeast) of Bieluwu Cu deposit occurs a magmatic hydrothermal Au deposit. Field investigation, samples and thin section observation of the Au deposit were carried out. It is a quartz vein type Au deposit occurring in sercite phyllite of Late Carboniferous Benbatu formation with directional and massive structure. The gold carrier is silicified quartz, then pyrite. The pyrite is oxidized to limonite upward surface. Native gold occur independently without evident contact with other metal minerals. 80 percent of the gold is fissur gold, 20 percent intergranular gold. On the whole the gold is fine to micro-grained gold, 0.002~0.05 mm and 75% less than or equal to 0.01 mm. According to cutting relationship of gold veins, paragenesis of minerals and enclosing rock types the gold metallogenic process includes quartz-sulfide stage, gold-quartz-sulfide stage and carbonate stage and two epoches, i. e. the main pneumatogenic hydrothermal epoch and sepergene epoch.

**Key Words:** Au ore; ore material; occurrence; Bieluwu Cu deposit; Inner Mongolia