

蒙古国北肯特金成矿带毕利赫金矿床辉长岩 岩石地球化学特征及找矿意义

张 帅¹, 范 羽¹, 石传军¹, 李江鹏¹, 燕军利¹, 韩世炯²

(1. 蒙古正元有限责任公司; 2. 吉林大学地球科学学院)

摘要:毕利赫金矿床是北肯特金成矿带西南部新发现的浅成中低温热液型金矿床, 矿体赋存于辉长岩中, 受近南北向断裂控制, 含金石英脉型和蚀变岩型矿体呈透镜状、脉状产出。通过系统分析毕利赫金矿床赋矿围岩辉长岩的岩石地球化学特征, 并与北肯特金成矿带内典型金矿床(如博洛、那仁陶勒盖等金矿床)对比, 探讨其成矿规律及找矿潜力。主量元素、稀土元素、微量元素分析结果显示, 辉长岩富Mg、Fe、Ca, 具有弱负Eu异常特征, 与北肯特金成矿带内以中酸性岩体为赋矿围岩的金矿床差异显著。毕利赫金矿床成矿与晚三叠世岩浆热液活动相关, 提出北肯特金成矿带西南部基性岩分布区及砂金矿集区附近是岩金矿勘查的潜在靶区, 需重点关注基性岩体内部断裂及接触带。

关键词:蒙古国; 北肯特金成矿带; 毕利赫金矿床; 地质特征; 辉长岩; 岩石地球化学特征; 找矿意义

中图分类号: TD15 P618.51

文献标志码: A

文章编号: 1001-1277(2025)06-0069-07

doi: 10.11792/hj20250614

引 言

蒙古国目前已发现金矿床300多处, 探明金属量已超过2 000 t^[1]。其中, 北肯特金成矿带位于蒙古国中北部, 是蒙古国最重要的金成矿带之一^[2], 包含大量岩金矿床和砂金矿床, 前人估算该成矿带金储量大于600 t^[3-18]。典型岩金矿床包括博洛金矿床、盖特苏尔特金矿床、查干楚伦特金矿床、苏吉盖特金矿床、额仁金矿床及那仁陶勒盖金矿床等, 主要分布在该成矿带的中北部地区。砂金矿床主要沿图拉河流域分布在北肯特金成矿带西南部的扎马尔地区, 该地区是蒙古国最大的砂金矿床开采地区, 共计30家企业从事砂金矿床开采, 年产金约8 t。

近几十年, 该地区大部分砂金矿床已经开采完, 因此金矿的勘查和开采活动重心向岩金矿床转移^[4]。毕利赫金矿床位于蒙古国中央省扎马尔苏木境内, 南东距首都乌兰巴托市230 km, 是近年来新发现的金矿床。目前, 该矿床已探获金属量超过1 t, 且在主矿体深部及外围仍在开展勘探工作。本文重点阐述了毕利赫金矿床的地质特征及赋矿围岩辉长岩岩石地球化学特征, 并与北肯特金成矿带内典型金矿床进行对比, 以期为该地区金矿床的勘查提供参考。

1 区域地质背景

毕利赫金矿床的大地构造位置位于北蒙古褶皱系, 哈拉弧后/弧前盆地内(见图1)。区域内地层以寒武系—奥陶系哈拉组为主, 为一套单一的复理石沉积序列, 岩石发生强烈褶皱并遭受低绿片岩相区域变质作用, 主要由变质粉砂岩、片岩等组成。毕利赫金矿床处于以巴彦湖与彦格湖断裂为边界构成的断裂内, 该断裂为主断裂, 延伸约400 km。区域内西北向断裂和主断裂相交处为金矿化富集区域^[5]。区域岩浆岩较发育, 主要岩性为辉长岩、闪长岩、花岗闪长岩及黑云花岗岩等, 岩体中均穿插有闪长岩脉、石英斑岩脉和长英质岩脉。

2 矿区地质特征

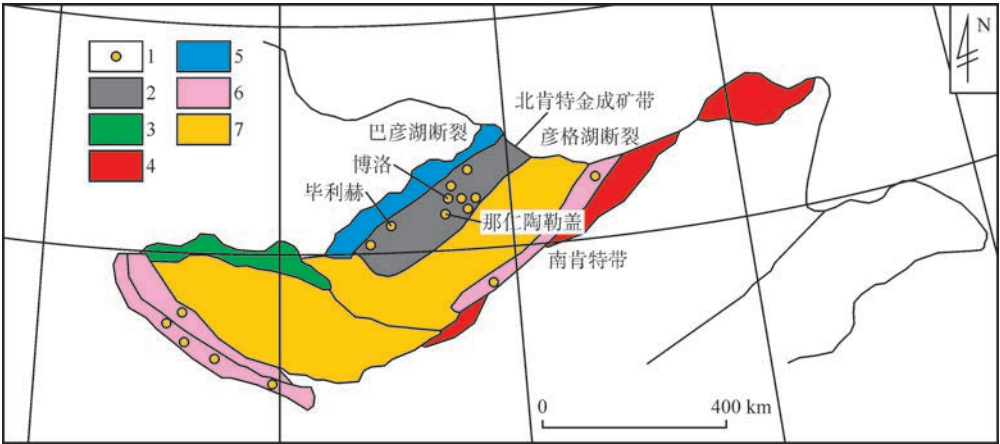
2.1 地 层

矿区内地层出露简单, 主要为中寒武统一奥陶统哈拉组(C_2-O_1hr)(见图2-a), 分布在矿区西北部, 岩性主要为变质砂岩, 呈深灰色, 细粒变晶结构, 致密块状构造或层理构造, 主要成分是石英、长石、云母等。第四系(Q)出露面积较广, 主要为冲积物和残坡积物。

收稿日期: 2025-01-05; 修回日期: 2025-03-19

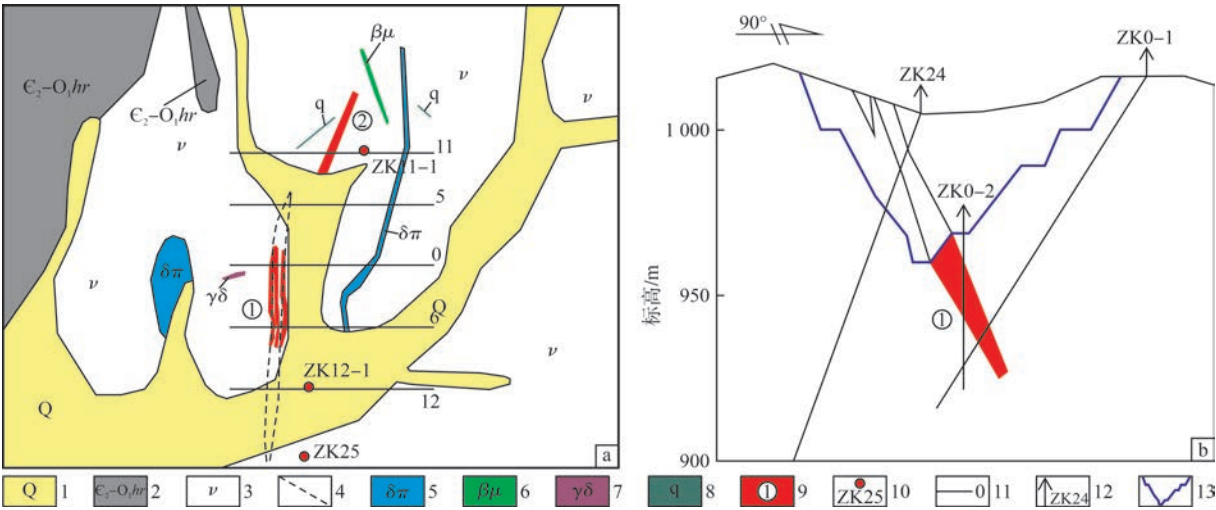
基金项目: 国家重点研发计划项目(2022YFE0119900)

作者简介: 张 帅(1984—), 男, 高级工程师, 从事地质矿产勘查和相关研究工作; E-mail: 287725781@qq.com



1—金矿床 2—哈拉后/弧前盆地 3—克拉通地块 4—增生楔 5—岛弧 6—增生成矿带 7—泥盆系—石炭系浊流沉积盆地
图1 蒙古国中北部主要构造单元及矿床分布(据文献[4]修改)

Fig. 1 Distribution of main tectonic units and ore deposits in the central and northern regions of Mongolia



1—第四系 2—哈拉组 3—辉长岩 4—断裂 5—闪长玢岩 6—灰绿岩 7—花岗闪长岩 8—石英脉 9—矿体及编号
10—见矿钻孔及编号 11—勘探线及编号 12—剖面钻孔及编号 13—露天开采界线

图2 毕利赫金矿区地质简图(a)及0勘探线剖面图(b)

Fig. 2 Geological sketch of the Bex Unl Gold Mining District (a) and the profile of Exploration Line 0 (b)

2.2 构造

矿区内断裂发育,其中,北北西向断裂是穿越矿区中部的区域性深大断裂,走向 $330^{\circ}\sim 350^{\circ}$,控制了辉长岩的侵位形态,其次级断裂在形迹上表现为数量众多的北北西向—北西向岩脉,岩性主要为闪长玢岩、细粒花岗岩等。近南北向断裂为区域性深大断裂产生的次级断裂,形迹上表现为石英脉、硅化蚀变带等,是矿区的主要容矿构造。北东向断裂主要分布在矿区东北部,为区域性深大断裂所产生的次级断裂,走向约 45° ,形成时代晚于近南北向断裂,对成矿起破坏作用。

2.3 岩浆岩

矿区内岩浆活动强烈,主要岩性为辉长岩,中粗粒结构,块状构造,主要成分为斜长石、辉石等,其次为角闪石、黑云母等,分布于矿区中东部,出露面积较广,侵入哈拉组地层中,并形成较强的接触交代蚀变。

此外,矿区内还发育细粒花岗岩脉、花岗闪长岩脉、闪长玢岩脉等。

3 矿床地质特征

3.1 矿体特征

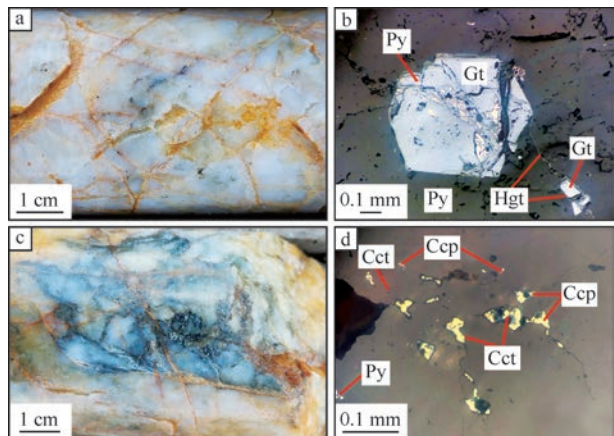
矿区内共发现2条矿体,编号分别为①号、②号。
①号矿体是矿区内的主矿体,矿体类型为含金石英脉型,局部出露地表,呈透镜状、脉状。矿体在走向和倾向上有膨大缩小、分支复合现象,有时分支成3~4条石英脉。矿体走向长约200 m,控制最大斜深约100 m,总体走向 10° ,倾向 90° ,倾角 $65^{\circ}\sim 75^{\circ}$ 。矿体平均厚度3.81 m,平均金品位 7.63×10^{-6} 。矿体顶底板围岩主要为辉长岩,多发生较强的硅化、绢云母化、绿泥石化,矿体上盘常出现1~3 m宽的闪长玢岩脉(见图2-b),该矿体为目前正在开采的矿体。
②号矿体类型为蚀变岩型,与①号矿体相邻,位

于其北部,规模较小,走向长约60 m,控制最大斜深约20 m,总体走向10°,倾向90°,倾角60°~70°。矿体出露地表,形态规则,平面形态呈板状,剖面形态呈透镜状。矿体平均真厚度3.88 m,平均金品位 9.66×10^{-6} 。矿体顶底板围岩主要为辉长岩。

3.2 矿石特征

矿石类型主要为含金石英脉型和蚀变岩型。其中,含金石英脉型矿石是主要矿石类型,由于矿体整体埋藏较浅,大部分为氧化矿石。蚀变岩型矿石多为①号矿体石英脉中间所夹或下盘的蚀变辉长岩或蚀变闪长玢岩。

矿石原生金属矿物主要有黄铁矿、黄铜矿、毒砂、自然金等,次生金属矿物为针铁矿、水针铁矿、辉铜矿、孔雀石、铜蓝、含锰矿物等(见图3);非金属矿物主要是石英、斜长石、辉石、角闪石、绢云母、榍石等。



Py—黄铁矿 Ccp—黄铜矿 Gt—针铁矿 Hgt—水针铁矿 Cct—辉铜矿

图3 毕利赫金矿床矿石照片

Fig. 3 Photographs of the ores in the Berx Unl Gold Deposit

矿石结构以半自形—他形粒状结构、等轴状结构、不规则板状结构、蚀变残余结构为主。矿石构造一般为稀疏浸染状构造、斑点状构造、细脉条带状构造,以及少量溶洞状构造及蜂窝状构造。自然金呈亮黄色,等轴状或不规则状,粒径0.01~0.02 mm,多分布在黄铁矿、水针铁矿中。

3.3 围岩蚀变

毕利赫金矿床围岩蚀变主要有硅化、褐铁矿化、绿泥石化、绢云母化、碳酸盐化、高岭土化等。其中,硅化和绢云母化是矿区内普遍存在的现象,尤其是①号矿体两侧围岩硅化、绢云母化强烈,与矿化关系密切,蚀变带厚度一般小于3 m,从矿体至围岩,蚀变强度逐渐变弱。

3.4 成矿阶段

根据矿石及矿物相互穿插关系,毕利赫金矿床的形成过程可分为3个阶段:第一阶段,热液活动早期,断裂形成的赋矿空间有限,含矿热液无法大规模充

填,在北部发生热液交代蚀变作用,形成石英、黄铁矿、毒砂、金、绢云母等矿物组合,构成了②号矿体;第二阶段,随着近南北向断裂进一步活动,形成了充分的容矿空间,含矿热液进一步沿开放系统充填,在中南部形成石英、金、黄铁矿、黄铜矿等矿物组合,构成了①号矿体,并且在围岩中广泛发育硅化、绢云母和绿泥石化;第三阶段,随着构造活动的减弱,已基本无矿化,主要形成石英和方解石,黄铁矿含量极少,基本不形成金,该阶段主要出现在①号矿体深部和南部。

3.5 矿床成因

矿区内北北西向断裂是控岩构造,早期辉长岩沿该断裂侵位后,岩浆期后热液沿辉长岩内部近南北向断裂活动,沿构造薄弱部位上侵充填,并伴随围岩热液蚀变形成矿化石英脉。后期又叠加花岗闪长岩及浅色闪长玢岩等多期次岩脉相继侵入,破坏矿体,使得早期矿物受构造挤压作用发生破碎和流动,造成了金元素的富集。近地表带在风化作用影响下,原生硫化物成分发生氧化作用,产生了金的次生富集^[19-22]。综上所述,认为毕利赫金矿床成因类型为浅成中低温热液型。

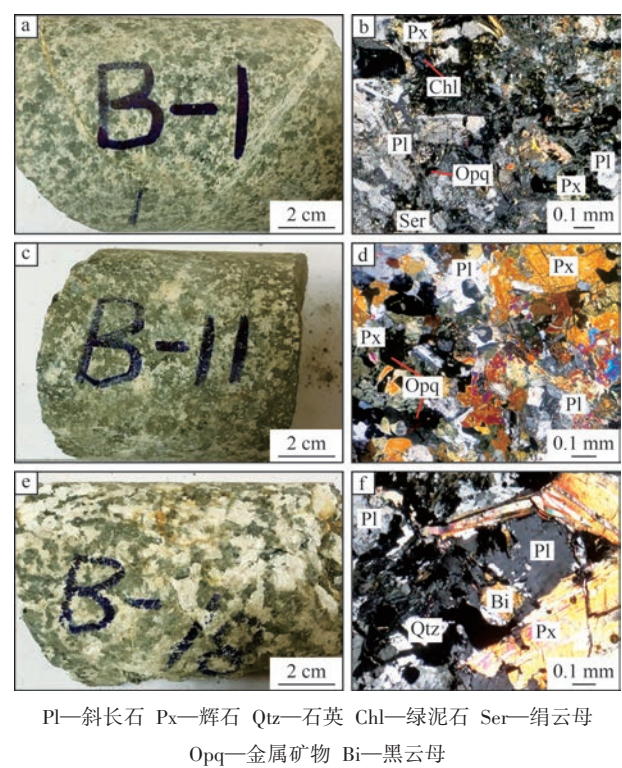
4 岩石地球化学特征

4.1 样品采集及样品特征

本次工作采集了毕利赫金矿床赋矿围岩辉长岩样品3件。为了进行对比分析,采集了那仁陶勒盖金矿床赋矿围岩花岗闪长岩样品3件。结合前人对博洛金矿床黑云母花岗岩的地球化学研究成果^[6]进行对比分析。

辉长岩取自不同钻孔的不同深度,岩石新鲜,无蚀变。其中,B-1样品取自ZK25钻孔126 m深处,B-11样品取自ZK12-1钻孔20 m深处,B-18样品取自ZK11-1钻孔13 m深处。辉长岩呈中粗粒结构,块状构造,主要成分为斜长石、辉石。其中,斜长石为白色,半自形—他形,多呈板状,粒径0.5~2.5 mm,被绢云母、绿帘石、绿泥石部分交代,部分颗粒中含角闪石棱镜包裹体,占比50%~60%。辉石为深绿色,半自形—他形,短柱状,粒径0.5~2.5 mm,有时被绿泥石、绢云母交代,占比30%~40%。次要矿物为绢云母、石英、绿泥石、绿帘石等,呈小颗粒形式出现。副矿物主要为磷灰石、锆石及少量金属矿物(见图4)。

花岗闪长岩取自不同钻孔的不同深度,岩石新鲜,无蚀变。NR-1样品取自ZK9-1钻孔128 m深处,NR-2样品取自ZK13-1钻孔163 m深处,NR-3样品取自ZK7-4钻孔580 m深处。花岗闪长岩呈灰白色,半自形—中细粒结构,块状构造,主要由斜长石、钾



Pl—斜长石 Px—辉石 Qtz—石英 Chl—绿泥石 Ser—绢云母
Opq—金属矿物 Bi—黑云母

图4 毕利赫金矿床辉长岩岩石学特征照片

Fig. 4 Photographs of the petrological characteristics of the gabbro in the Berx Unl Gold Deposit

长石、石英、黑云母组成。

4.2 测试方法

全岩的主量元素、微量元素、稀土元素分析在中国冶金地质总局山东局测试中心完成。主量元素采用X射线荧光光谱法测试,使用的检测设备为ARL 9900XP型X射线荧光光谱仪。微量元素采用电感耦合等离子体质谱法测试,使用的检测设备为X Series2型电感耦合等离子体质谱仪。

4.3 分析结果

4.3.1 主量元素

主量元素、微量元素及稀土元素测试结果见表1。由表1可知:辉长岩SiO₂质量分数为44.16%~47.74%,Al₂O₃质量分数为16.95%~20.80%,Na₂O质量分数为1.68%~2.06%,K₂O质量分数为0.52%~1.03%,CaO、MgO和TF_{e2}O₃质量分数分别为10.24%~11.40%、6.76%~8.67%和6.23%~11.88%。花岗闪长岩SiO₂、Al₂O₃质量分数分别为68.51%~69.06%和14.87%~15.23%,Na₂O、K₂O质量分数分别为3.23%~3.77%和2.86%~3.15%,CaO、MgO和TF_{e2}O₃质量分数分别为2.57%~2.83%、1.30%~1.49%和2.37%~2.88%。

辉长岩相对富Mg、Fe和Ca,低Si和K。花岗闪长岩富Si、Na,低Mg、Fe和Ca。在TAS图解(见图5-a))中,辉长岩落入了橄榄辉长岩、(亚)碱性辉长岩区

表1 主量元素、微量元素及稀土元素测试结果
Table 1 Test results of major elements, trace elements and rare earth elements

元素及特征值	花岗闪长岩			辉长岩		
	NR-1	NR-2	NR-3	B-1	B-11	B-18
SiO ₂	68.51	69.06	68.77	44.16	47.74	47.17
TiO ₂	0.40	0.35	0.33	1.56	1.41	0.64
Al ₂ O ₃	14.87	15.23	14.88	19.90	16.95	20.80
TF _{e2} O ₃	2.88	2.58	2.37	11.88	9.69	6.23
MnO	0.06	0.06	0.05	0.14	0.15	0.08
MgO	1.49	1.43	1.30	6.76	8.67	7.83
CaO	2.83	2.71	2.57	10.24	11.10	11.40
Na ₂ O	3.61	3.77	3.23	1.68	1.84	2.06
K ₂ O	2.86	3.15	3.12	0.64	1.03	0.52
P ₂ O ₅	0.15	0.14	0.13	0.14	0.14	0.04
LOI	2.55	1.33	2.41	2.87	1.18	2.80
Rb	69.20	69.80	68.50	17.90	35.40	12.30
Ba	913.00	751.00	864.00	191.00	183.00	153.00
Th	9.27	10.80	14.00	0.94	—	0.90
U	2.11	2.57	3.99	0.18	0.19	0.18
Nb	8.00	5.60	9.04	3.65	2.92	2.23
Sr	597.00	566.00	466.00	491.00	296.00	495.00
Nd	19.30	17.50	16.90	20.30	11.40	9.95
Zr	171.00	151.00	141.00	33.40	86.20	37.90
Hf	4.40	4.23	3.97	1.14	2.28	1.00
Sm	3.02	2.85	2.71	5.77	3.36	2.18
La	30.20	25.80	27.10	9.31	6.06	7.53
Ce	52.40	46.00	47.20	24.00	15.20	17.00
Pr	5.39	4.81	4.74	3.80	2.22	2.23
Nd	19.30	17.50	16.90	20.30	11.40	9.95
Sm	3.02	2.85	2.71	5.77	3.36	2.18
Eu	0.59	0.58	0.52	1.45	1.11	0.62
Gd	3.21	2.93	2.84	6.22	4.03	2.31
Tb	0.35	0.33	0.31	0.94	0.66	0.32
Dy	1.85	1.78	1.71	5.50	4.22	1.81
Ho	0.36	0.34	0.33	1.04	0.84	0.35
Er	1.14	1.13	1.09	2.99	2.50	1.06
Tm	0.17	0.17	0.17	0.40	0.36	0.15
Yb	1.23	1.30	1.22	2.49	2.43	1.02
Lu	0.18	0.20	0.19	0.33	0.33	0.14
Y	10.90	10.80	10.50	27.50	22.60	9.96
ΣREE	119.39	105.72	107.03	84.54	54.72	46.67
w(LREE)/w(HREE)	13.06	11.92	12.62	3.25	2.56	5.52
w(La) _N /w(Yb) _N	17.61	14.24	15.93	2.68	1.79	5.30
δEu	0.58	0.61	0.57	0.74	0.92	0.84

注:主量元素单位为%;微量元素及稀土元素单位为10⁻⁶。

域,花岗闪长岩和博洛金矿床黑云母花岗岩分别落入花岗闪长岩和花岗岩区域。在w(K₂O)-w(SiO₂)图解(见图5-b))中,辉长岩属于钙碱性系列,花岗闪长岩和博洛金矿床黑云母花岗岩属于高钾钙碱性系列。

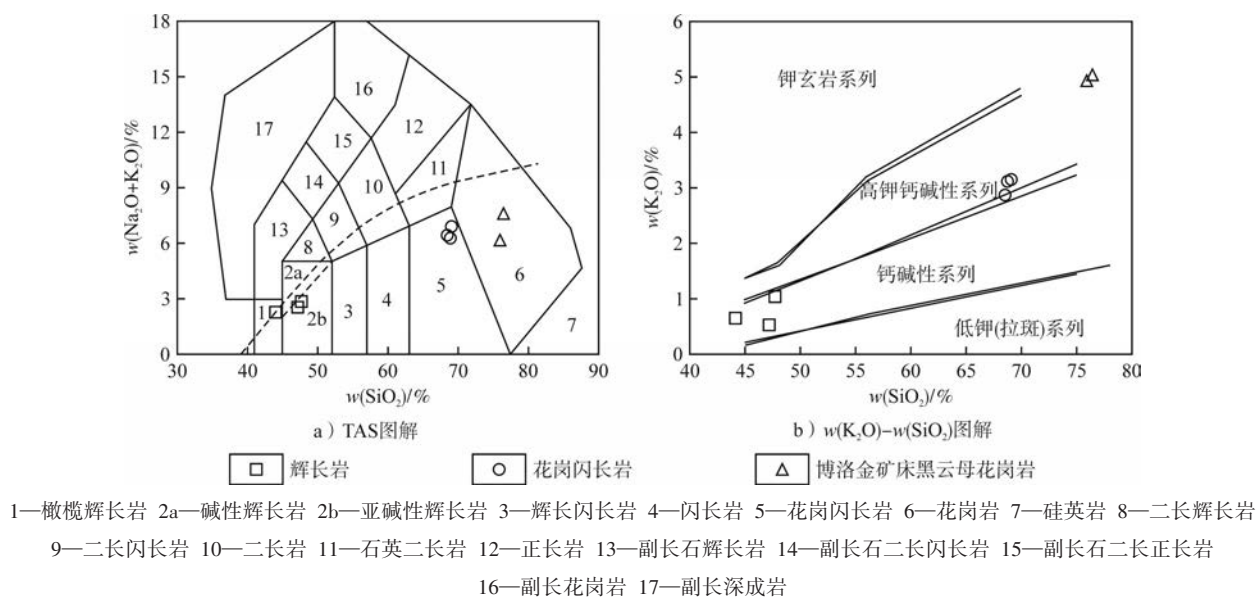


图5 岩石类型和系列划分图解(博洛金矿床黑云母花岗岩数据引自文献[6])

Fig. 5 Diagram for rock type and series classifications

4.3.2 稀土元素和微量元素

本次分析的6件样品稀土元素质量分数($46.67 \times 10^{-6} \sim 119.39 \times 10^{-6}$)相对较低,均低于上部地壳稀土元素质量分数(146×10^{-6})^[11]。辉长岩 $w(\text{LREE})/w(\text{HREE})$ 值较低,为 2.56 ~ 5.52, $w(\text{La})/w(\text{Yb})$ 值为 1.79 ~ 5.30;而花岗闪长岩具有较高的 $w(\text{LREE})/w(\text{HREE})$ 值,为 11.92 ~ 13.06,以及较高的 $w(\text{La})/w(\text{Yb})$ 值,为 14.24 ~ 17.61,表明那仁陶勒盖金矿床花岗闪长岩比毕利赫金矿床辉长岩具有更强的轻重稀土元素分异特征。

在稀土元素球粒陨石标准化配分模式图(见图 6-a))上,不同岩性表现出来的形态有所差异。辉长岩呈较弱向右倾型,具有弱负 Eu 异常($\delta\text{Eu}=0.74 \sim 0.92$)特征。但是,B-18 样品右倾趋势更明显,表现出更强的轻稀土元素富集、重稀土元素亏损特征。花岗闪长岩呈明显右倾型,具有中等负 Eu 异常($\delta\text{Eu}=0.57 \sim 0.61$)特征,表现出轻稀土元素富集、重稀土元素亏损特征。而博洛金矿床黑云母花岗岩呈典型的“海鸥型”曲线,呈轻稀土元素富集、重稀土元素平坦的分布模式,具有较强的负 Eu 异常($\delta\text{Eu}=0.19 \sim 0.41$)特征。

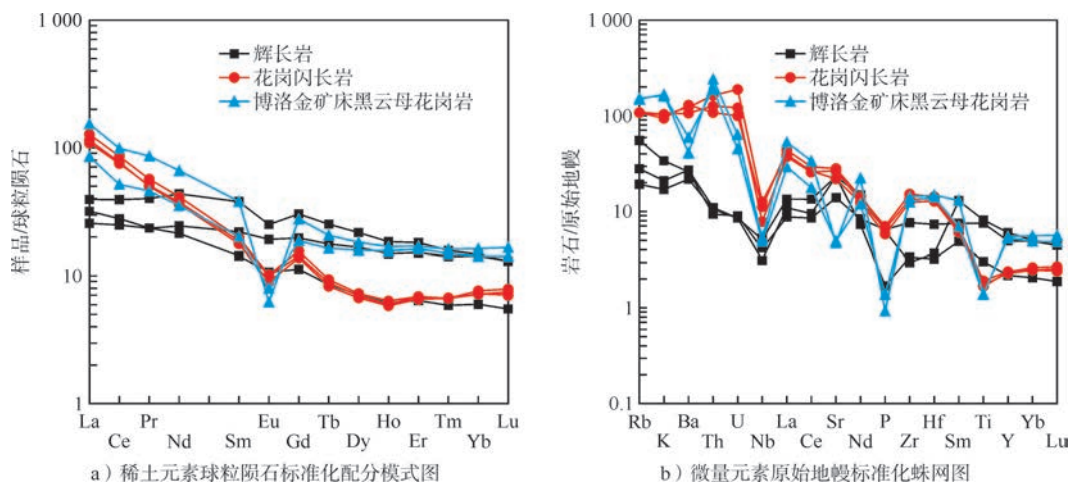


图6 稀土元素和微量元素模式图

Fig. 6 Patterns of rare earth elements and trace elements

在微量元素原始地幔标准化蛛网图(见图 6-b))中,辉长岩富集大离子亲石元素 Rb、K 等,高场强元素 P、Nb、Zr、Hf 表现出较弱的亏损。花岗闪长岩和博洛金矿床黑云母花岗岩具有较相似的曲线,富集大离子亲石元素 Rb、K 等,具有较弱的 Nb、P、Ti 亏损。

5 讨论

5.1 典型金矿床对比

北肯特金成矿带内大中型岩金矿床大多集中分布在其中部,包括博洛金矿床(金金属量约 66 t,平均

金品位 3.52×10^{-6})^[14]、盖特苏尔特金矿床(金金属量约51 t,平均金品位 3.1×10^{-6})、苏吉盖特金矿床(金金属量约75 t,平均金品位 3.3×10^{-6})及那仁陶勒盖金矿床(金金属量约8 t,平均金品位 7.2×10^{-6})^[18]等。毕利赫金矿床是北肯特金成矿带西南部新发现的金矿床,通

过与博洛金矿床、盖特苏尔特金矿床^[15]、那仁陶勒盖金矿床^[16]等典型金矿床进行对比(见表2),分析毕利赫金矿床与其他典型金矿床的异同点,为在矿区及周边的找矿工作提供参考。

1)赋矿围岩:毕利赫金矿床完全产于辉长岩中,

表2 典型金矿床对比结果

Table 2 Comparison of typical gold deposits

矿床名称	博洛金矿床	盖特苏尔特金矿床	那仁陶勒盖金矿床	毕利赫金矿床
地理位置	E106°10'00",N48°45'00"	E106°35'00",N48°37'30"	E105°55'00",N48°34'30"	E104°36'40",N48°32'20"
金金属量/t	66	51	8	>1
平均金品位/ $\times10^{-6}$	3.52	3.1	7.2	8.1
赋矿围岩	变质砂岩和黑云母花岗岩	流纹岩和花岗岩	变质砂岩和花岗闪长岩	辉长岩
控矿构造	北东向断裂	北东向断裂	北东向断裂	近南北向断裂
矿体特征	矿带北东向延伸>1 km,平均厚度20~30 m	2个矿带总长度约1.5 km,宽度至少300 m	长度大于1 500 m,呈脉状、似脉状、透镜状、囊状	长度约260 m,平均厚度3.8 m,呈透镜状、脉状
矿石类型	主要为蚀变岩型,次为含金石英脉型	主要为蚀变岩型,次为含金石英脉型	含金石英脉型	主要为含金石英脉型,少量为蚀变岩型
矿石构造	浸染状和网脉状	浸染状和网脉状	稀疏浸染状、斑点状、角砾状及细脉条带状	稀疏浸染状、斑点状
矿石矿物	黄铁矿、毒砂,少量闪锌矿、方铅矿、黄铜矿、黝铜矿、自然金、银金矿等	黄铁矿、毒砂,少量闪锌矿、方铅矿、黄铜矿、黝铜矿、自然金等	毒砂、黄铁矿、自然金、黄铜矿,次为方铅矿、砷黝铜矿、辉银矿、碲银矿、白铁矿等	黄铁矿、毒砂、黄铜矿、自然金等
围岩蚀变	硅化、绢云母化、青磐岩化	硅化、绢云母化、钾化	硅化、绿泥石化、绢云母化及高岭土化	硅化、褐铁矿化、绿泥石化、绢云母化等
成岩时代	黑云母花岗岩441.9~467.5 Ma ^[4,6]		花岗闪长岩中黑云母K-Ar年龄为216 Ma $\pm$ 20 Ma	
成矿时代	蚀变含水矿物 ⁴⁰ Ar- ³⁹ Ar年龄185~210 Ma ^[17]	蚀变含水矿物 ⁴⁰ Ar- ³⁹ Ar年龄178 Ma ^[17]	蚀变花岗闪长岩中绢云母K-Ar年龄220 Ma $\pm$ 20 Ma	

距离地层较远,且主要赋矿围岩为辉长岩,而其他典型金矿床基本都产在岩浆岩和地层接触带上。二者在赋矿围岩和地球化学特征差别较大。

2)控矿构造:毕利赫金矿床产于近南北向次级断裂内,且断裂规模较小,而其他典型金矿床基本都受北东向断裂控制,断裂走向与区域深大断裂一致。

3)矿体及矿石特征:毕利赫金矿床与其他典型金矿床相比,矿体长度较小,但作为石英脉型矿体厚度较大;矿石类型主要为含金石英脉型,次为蚀变岩型,而其他典型金矿床以蚀变岩型矿石为主,或只有含金石英脉型矿石。毕利赫金矿床主要矿石矿物为黄铁矿、毒砂、黄铜矿、自然金等,构成相对较简单。

4)成岩成矿时代:北肯特金成矿带岩浆活动主要分为2期^[6,17],第一期为中一晚奥陶世形成的博洛金矿床黑云母花岗岩(441.9~467.5 Ma),第二期为晚三叠世形成的哈扎尔花岗闪长岩(216 Ma $\pm$ 20 Ma)。而金成矿作用主要集中在晚三叠世—早侏罗世(178~220 Ma)。毕利赫金矿床未开展成岩成矿时代研究,笔者更倾向于毕利赫金矿床的辉长岩和金矿化均为晚三叠世形成,辉长岩作为矿体的赋矿围岩,为矿体的形成提供容矿空间,其与金的成矿作用需进一步研

究。

5.2 找矿指示意义

毕利赫金矿床位于北肯特金成矿带西南段,距离该成矿带内典型中大型金矿床集中分布的区域较远(>120 km),位于图拉河流域的扎马尔砂金矿集区,距离最近的砂金矿区仅4 km。在近几年的勘查中,在毕利赫金矿床西南方向27 km处发现1处金矿床,正处于勘查阶段,该矿床与最近的砂金矿床距离不到2 km。因此,该区域岩金矿床的勘查重心可适当向扎马尔砂金矿床附近转移,目前该地区的岩金矿床规模相对较小,但有埋藏浅、品位高的优点,便于露天开采,投资回报周期短,适合中小企业投资勘查。

毕利赫金矿床赋矿围岩为辉长岩,其岩性及地球化学特征与其他典型金矿床的赋矿围岩差别明显,表明该成矿带内金矿化不仅可形成于中酸性岩体中,在基性岩体中也可形成较具规模的金矿床。因此,在该地区找矿工作中应加大对基性岩的重视,尤其关注基性岩与地层接触部位,以及岩体内部断裂的观察与研究。

北肯特金成矿带的博洛、盖特苏尔特、查干楚仑特、苏吉盖特等金矿床沿断裂或剪切带分布,均被识别为造山带型金矿床^[3]。笔者在毕利赫金矿床和那

仁陶勒盖金矿床进行了多次勘查工作,认为这2个金矿床类型属于浅成中低温热液型。本地区该类金矿床存在含金石英脉出露差,围岩蚀变范围小、强度低,金矿化分布不均匀等问题。因此,在后续找矿勘查工作中应更加注重对含金石英脉的识别,发现后增加地表取样密度,避免错过金矿化。

6 结 论

1) 毕利赫金矿床赋存于辉长岩内的近南北向断裂中,矿体以含金石英脉型为主,围岩蚀变以硅化、绢云母化特征,成矿与晚三叠世热液活动相关。

2) 与北肯特金成矿带典型金矿床相比,毕利赫金矿床在赋矿围岩(辉长岩)、控矿构造(近南北向断裂)及矿石类型(以含金石英脉型为主)等方面具有显著差异,表明该成矿带内金矿化可发育于多种岩性环境中。

3) 岩石地球化学特征显示,赋矿围岩辉长岩富Mg、Fe、Ca,具有弱负Eu异常特征,稀土配分模式与中酸性岩围岩矿床明显不同,指示其成矿过程独立于围岩岩浆演化。

4) 北肯特金成矿带西南部扎马尔砂金矿集区及基性岩分布区是未来找矿重点方向,建议加强基性岩体内部断裂、接触带及浅表含金石英脉的勘查。

【参 考 文 献】

- [1] 张义波. 蒙古国矿业投资指南[M]. 北京:地质出版社, 2023.
- [2] 李俊建. 蒙古地质矿产概况[M]. 天津:天津科学技术出版社, 2013.
- [3] GOLDFARB R J, TAYLOR R D, COLLINS G S, et al. Phanerozoic continental growth and gold metallogeny of Asia [J]. *Gondwana Research*, 2013, 25(1): 48–102.
- [4] CHINBAT K, MASAHIDE A. Mineralogy of the Boroo Gold Deposit in the North Khentei Gold Belt, Central Northern Mongolia [J]. *Resource Geology*, 2015, 65(4): 311–327.
- [5] 丁清峰, 孙丰月, 梁海军. 内蒙古虎拉林金矿床地质特征及成因探讨[J]. *黄金*, 2006, 27(10): 6–12.
- [6] 侯万荣, 聂凤军, 江思宏, 等. 蒙古国博洛大型金矿区花岗岩SHRIMP锆石U–Pb测年及地质意义[J]. *地球学报*, 2010, 31(3): 331–342.
- [7] MIDDLEMOST E A K. Naming materials in the magma/igneous rock system [J]. *Earth-Science Reviews*, 1994, 37(3/4): 215–224.
- [8] 刘强, 李大鹏, 张岩, 等. 蓬莱黑岚沟金矿区岩浆作用对成矿制约: 岩石地球化学、年代学证据[J]. *黄金*, 2023, 44(9): 93–102.
- [9] WRIGHT J B. A simple alkalinity ratio and its application to question of non-orogenic granite genesis [J]. *Geological Magazine*, 1969, 106(4): 370–384.
- [10] MANIAR P D, PICCOLI P M. Tectonic discrimination of granitoids [J]. *Geological Society of America Bulletin*, 1989, 101(5): 635–643.
- [11] JAGOUTZ O, SCHMIDT M W. The composition of the foundered complement to the continental crust and a re-evaluation of fluxes in arcs [J]. *Earth and Planetary Science Letters*, 2013, 371/372: 177–190.
- [12] BATCHELOR J D, SEARS D W G. Metamorphism of eucrite meteorites studied quantitatively using induced thermoluminescence [J]. *Nature*, 1991, 349: 516–518.
- [13] SUN S S, MCDONOUGH W F. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: Implications for mantle composition and processes [J]. *Geological Society of London Special Publications*, 1989, 42(1): 313–345.
- [14] 白云帆. 蒙古国矿产资源投资区域优选研究[D]. 北京:中国地质大学(北京), 2018.
- [15] CHINBAT K, MASAHIDE A, HIROTO O, et al. Gold mineralization of the Gatsuurt Deposit in the North Khentei Gold Belt, Central Northern Mongolia [J]. *Resource Geology*, 2014, 64(1): 1–16.
- [16] 张帅, 张义波, 石传军. 蒙古国北部那仁陶勒盖金矿床地质特征及成因探讨[J]. *黄金*, 2019, 40(8): 29–32.
- [17] 陈龙, 赵元艺. 蒙古博洛金矿床研究进展[J]. *地质通报*, 2017, 36(1): 112–126.
- [18] 吴涛涛, 金鑫, 王庆双, 等. 蒙古国那仁陶勒盖金矿床原生晕特征及深部预测[J]. *地质与资源*, 2022, 31(3): 351–358, 302.
- [19] 齐雨宁, 孙国胜, 冯德胜, 等. 内蒙古敖汉旗岱王山金矿床流体包裹体特征及矿床成因[J]. *黄金*, 2024, 45(3): 67–71.
- [20] 宋志勇, 向胤合, 刘占坤, 等. 胶西北新东庄金矿床蚀变岩石地球化学特征与成矿作用[J]. *黄金*, 2024, 45(8): 89–93, 98.
- [21] 叶柄杨, 高茂凯, 刘宇轩, 等. 吉林二道沟金矿床地质特征及成矿物理化学条件研究[J]. *黄金*, 2024, 45(12): 114–120.
- [22] 李成禄, 曲晖, 赵忠海, 等. 黑龙江省浅成低温金矿床成矿地质特征及矿床成因[J]. *黄金*, 2013, 34(2): 10–15.

Petrogeochemical characteristics of gabbro and prospecting significance in the Berx Uul Gold Deposit, North Khentei gold metallogenic belt, Mongolia

Zhang Shuai¹, Fan Yu¹, Shi Chuanjun¹, Li Jiangpeng¹, Yan Junli¹, Han Shijiong²
(1. Mongolia Zhengyuan Co., Ltd.; 2. College of Earth Sciences, Jilin University)

Abstract: The Berx Uul Gold Deposit is a newly discovered epithermal gold deposit in the southwestern part of the North Khentei gold metallogenic belt. The orebodies are hosted in gabbro and controlled by nearly NS-trending faults, with lenticular or vein-shaped occurrences of gold-bearing quartz veins and altered rock-type orebodies. By systematically analyzing the geochemical characteristics of the gabbro (host rock) in the Berx Uul Gold Deposit and comparing them with those of typical gold deposits in the North Khentei gold metallogenic belt (e.g., Boroo, Naren Tolgoi gold deposits), this study explores metallogenic patterns and prospecting potential. Results from major elements, rare earth elements, and trace elements indicate that the gabbro is enriched in Mg, Fe, and Ca, with a weak negative Eu anomaly, significantly differing from gold deposits hosted in intermediate-acid rocks within the North Khentei gold metallogenic belt. The mineralization of the Berx Uul Gold Deposit is associated with Late Triassic magmatic hydrothermal activity. This study proposes that mafic rock distribution areas and the vicinity of placer gold clusters in the southwestern part of the North Khentei gold metallogenic belt are potential target areas for rock gold exploration, with a focus on fractures within mafic rock masses and contact zones.

Keywords: Mongolia; North Khentei gold metallogenic belt; Berx Uul Gold Deposit; geological characteristics; gabbro; petrogeochemical characteristics; prospecting significance