

内蒙古乌拉特后旗呼和呼都格金矿区地质特征及矿床成因分析

许联刚

陕西地矿研究院有限公司 陕西 咸阳 712000

摘要：本文对内蒙古乌拉特后旗呼和呼都格金矿区地质特征及矿床成因展开分析。阐述了该区域地理位置与地质概况，详细介绍矿区地层、构造、岩浆岩及围岩蚀变特征。经研究，矿床成因与岩浆源、地层源相关，成矿流体为大气降水与岩浆混合热液，在构造控矿与热液充填交代作用下形成，属岩浆热液型脉状金矿床。最后提出找矿标志与方向，为后续找矿工作提供依据。

关键词：地质特征；矿床成因；找矿标志；岩浆热液型金矿；呼和呼都格金矿区

引言：金矿资源在经济发展中占据关键地位，内蒙古乌拉特后旗呼和呼都格金矿区凭借独特地质条件，具有重要研究价值。该地区地质构造复杂，多期构造运动与岩浆活动为成矿提供了良好条件。研究其地质特征及矿床成因，不仅能加深对该区域成矿规律的认识，还能找矿工作提供科学指导，助力矿产资源的高效开发利用，对地区经济发展意义重大。

1 乌拉特后旗地理位置及地质概况

乌拉特后旗位于内蒙古自治区巴彦淖尔市西北部，北与蒙古国南戈壁省接壤，国境线长195.25公里，总面积2.5万平方公里，占全市总面积的38%。旗内以阴山山脉为界，形成“南粮、北牧、中矿山”的自然格局：南部为河套平原，依托黄河自流灌溉，是“天赋河套”绿色农产品生产基地；北部为高原戈壁，拥有3650万亩天然牧场，是优质畜产品输出基地；中部阴山山脉蕴藏丰富的矿产资源，涵盖铅、锌、铜、铁、硫等46个品种，总储量超60亿吨。从地质构造看，乌拉特后旗地处华北板块北部边缘变形带西段，受加里东期、华力西期等多期次构造运动影响，褶皱、断裂构造发育^[1]。区域地层以中元古代渣尔泰群为主，岩性包括角闪黑云石英片岩、炭质板岩、钙质千枚岩等，为多金属成矿提供了物质基础。此外，阴山山脉南北两侧风能、太阳能资源富集，年可利用风时超7300小时，年日照时数3400小时，具备建设大型清洁能源基地的潜力。

2 呼和呼都格金矿区地质特征

2.1 矿区地层

呼和呼都格金矿区地处狼山—渣尔泰山铜、铅、锌多金属成矿带核心区域，区域地层归属华北地层区阴山地层分区，受多期构造—岩浆事件叠加影响，地层出露

与成矿作用密切相关。区内以新太古界色尔腾山岩群和上元古界渣尔泰山群阿古鲁沟组为主；色尔腾山岩群：为矿区基底变质岩系，可进一步划分为东五分子岩组（Ar³Sdw）和柳树沟岩组（Ar³Sl）。前者以斜长角闪岩为主，夹少量黑云斜长片麻岩，受区域动力变质作用改造，发育糜棱岩化、片理化及透入性叶理，局部见眼球状构造，反映早期韧性剪切变形；后者岩性以黑云斜长片麻岩为主，含石榴子石、十字石等特征变质矿物，显示中高压区域变质环境^[2]。该岩群与上覆地层呈角度不整合接触，其刚性基底特征为后期断裂构造发育提供了力学界面。阿古鲁沟组：为矿区主要赋矿地层，岩性组合复杂，包括褐铁矿化绢云石英千枚岩、含炭质砂质灰岩、变余粉砂岩等。该地层受多期热液叠加改造，硅化、黄铁矿化广泛发育，形成“千枚岩基底+蚀变脉体”的典型赋矿结构。其中，褐铁矿化绢云石英千枚岩因富含有机质及粘土矿物，成为金元素迁移沉淀的重要载体；砂质灰岩中的溶蚀孔隙和层间破碎带为成矿流体提供了储集空间。野外可见石英脉沿层间裂隙充填，与围岩呈渐变过渡关系，表明热液活动与地层岩性具有选择性耦合特征。

2.2 矿区构造

矿区构造以断裂体系为核心控矿要素，北东向断裂为一级导矿-容矿构造，控制金矿体的宏观展布；北西向、近东西向次级断裂为二级容矿构造，通过构造交汇形成扩容空间，促进金矿化富集；（1）主断裂带：宽60-80米，倾向160°-170°，倾角45°-55°，具多期活动特征。断裂带内发育糜棱岩化带（带宽10-20米）、碎裂岩带（带宽30-50米）及断层泥带（带宽5-10米）三级结构。糜棱岩化带中斜长石动态重结晶、石英波状消光现

象明显,指示早期韧性剪切变形;碎裂岩带内角砾呈棱角状-次棱角状,硅质、碳酸盐胶结,反映后期脆性破裂叠加。断裂带内石英脉呈网脉状、透镜状产出,脉宽0.5-5米,局部见辉绿岩脉、角闪岩脉穿插,表明岩浆热液与构造活动具有时空耦合关系。(2)次级断裂:以北西向F₁断裂和近东西向F₂断裂为代表,与主断裂呈“入”字型交汇,形成菱形构造格架。交汇部位发育构造透镜体、羽状裂隙等扩容空间,为成矿流体沉淀提供有利场所。典型矿体如I号矿体,受东倾石英细脉控制,矿体呈透镜状,长轴方向与北东向断裂斜交,控制延深70.5米,厚度1.2-3.8米,平均品位Au1.87g/t。矿石中见黄铁矿呈浸染状、细脉状分布,与石英、绢云母共生,表明成矿作用与构造扩容-流体充填过程密切相关。

2.3 矿区岩浆岩

区域岩浆活动以二叠纪中酸性侵入岩为主体,与金成矿在时空上具有密切成因联系,岩体与围岩接触带是金矿化的核心部位;花岗闪长岩(P_{γδ}):呈岩株状侵入于色尔腾山岩群与阿古鲁沟组接触带,出露面积约0.8km²。岩石呈灰白色,中细粒半自形粒状结构,矿物成分以斜长石(An₃₀₋₄₅)为主(含量50%-60%),次为石英(20%-25%)、钾长石(15%-20%),含微量绿帘石、磷灰石。岩体与围岩接触带发育2-5米宽的热液蚀变带,自岩体向外依次为钾化带(钾长石化、黑云母化)→绢英岩化带(绢云母化、硅化)→青磐岩化带(绿帘石化、绿泥石化),金矿化主要赋存于绢英岩化带中^[3]。黑云母花岗岩(P_γ):出露于矿区西南部,面积约0.5km²,呈细粒-中细粒结构,黑云母含量较高(5%-10%),局部见压碎结构及片理化现象。岩体原生节理发育,以层节理为主,节理面见绿泥石化、碳酸盐化蚀变,为成矿流体提供了渗透通道。与阿古鲁沟组接触部位发育角岩化带,见硅化、黄铁矿化叠加,局部形成工业矿体。脉岩:以辉绿岩脉、花岗斑岩脉为主,走向北东向、南西向,宽度0.5-3米,穿插于断裂带及岩体接触带中。辉绿岩脉中见黄铁矿化、绿泥石化,花岗斑岩脉中发育细粒石英-黄铁矿脉,表明脉岩活动与热液成矿具有同步性。

2.4 围岩蚀变

矿区内围岩蚀变呈带状、面状分布,与金成矿关系密切的蚀变类型包括绿泥石化、绢云母化、硅化及黄铁矿化,各蚀变类型在空间上相互叠加,形成典型蚀变分带:一是绿泥石化:分为构造-热液型与区域变质型两类。前者分布于断裂带及矿脉上下盘,绿泥石呈叶片状、鳞片状集合体,与石英、黄铁矿共生,蚀变强度与

金品位呈正相关;后者广泛发育于色尔腾山岩群中,绿泥石呈基质充填于角闪石、黑云母解理缝中,蚀变范围广但强度弱,与成矿无直接关联。二是绢云母化:普遍发育于矿脉两壁及接触带,绢云母呈细鳞片状,定向排列形成泥状构造,系成矿构造强烈扭动下斜长石蚀变产物。蚀变带宽度0.5-3米,与金矿化关系最为密切,野外可见自然金沿绢云母解理缝充填。三是硅化:表现为石英脉充填或局部硅质增强,发育于矿化蚀变带中部。石英脉呈乳白色、烟灰色,具梳状、晶簇状结构,与黄铁矿、毒砂共生,是金矿体的直接标志。硅化强度与金品位呈正相关,强硅化带(SiO₂含量>80%)中金品位可达3-5g/t。四是黄铁矿化:黄铁矿为主要载金矿物,呈自形-半自形粒状、浸染状、细脉状分布。根据共生关系可分为三期:早期黄铁矿呈草莓状,含Co/Ni比值低,与硅化同期形成;中期黄铁矿呈立方体、五角十二面体,含金量高,与绢云母化、碳酸盐化共生;晚期黄铁矿呈他形粒状,沿裂隙充填,含金量低。黄铁矿化强度是判别矿石贫富的重要标志,强黄铁矿化(>5%)岩石本身即为金矿石。

3 呼和都格金矿区矿床成因分析

3.1 成矿物质来源

岩浆源:二叠纪中酸性岩浆活动为成矿提供了主要物质来源。岩浆热液携带Au、Ag、Cu等成矿元素,沿断裂构造上升,与围岩发生交代作用,形成金矿体。地层源:阿古鲁沟组地层中的Au背景值较高,且富含有机碳、硫化物等还原剂,有利于金元素的富集。

3.2 成矿流体特征

流体来源:成矿流体为大气降水与岩浆水混合热液,以大气降水为主。流体中富含CO₂、CH₄等挥发分,降低了成矿温度和压力,促进金的沉淀。物理化学条件:成矿温度为中低温(150-300℃),压力为中低压(100-300MPa),pH值呈弱酸性,氧化还原电位适中,有利于金的络合物分解和沉淀。

3.3 成矿机制

构造控矿:北东向断裂为导矿构造,北西向断裂为容矿构造,两者交汇部位形成构造扩容空间,为成矿流体提供了富集场所。热液充填交代:成矿流体沿断裂上升,与围岩发生水-岩反应,形成绿泥石化、绢云母化等蚀变。随着温度、压力降低,Au以自然金形式沉淀于石英脉、黄铁矿裂隙中。

3.4 矿床类型

呼和都格金矿区属构造控制的与燕山期中酸性侵入岩有关的岩浆热液型脉状金矿床。其典型特征包括:

(1) 矿体形态, 呈透镜状、脉状, 严格受断裂构造控制。(2) 矿石类型, 以含金石英脉型为主, 自然金呈分散浸染状分布于石英裂隙中, 载金矿物主要为黄铁矿。

(3) 围岩蚀变, 以绿泥石化、绢云母化、硅化、黄铁矿化为特征, 蚀变分带明显。

4 呼和呼都格金矿区找矿标志与找矿方向

4.1 找矿标志的确立

4.1.1 基于地质特征与成因分析的找矿标志

地层标志: 上元古界渣尔泰山群阿古鲁沟组是主要赋矿地层, 尤其是褐铁矿化绢云石英千枚岩、砂质灰岩等岩性段。构造标志: 北东向断裂与北西向断裂交汇部位是金矿体富集的有利地段, 断裂带内发育的糜棱岩化、碎裂结构、褐铁矿化现象是直接找矿标志。岩浆岩标志: 二叠纪中酸性侵入岩(如花岗闪长岩、黑云母花岗岩)与围岩接触带是金矿化的主要部位, 岩体内部发育的辉绿岩脉、石英脉等脉岩也是重要标志。

4.1.2 蚀变、构造、岩浆岩等找矿标志的详细描述

蚀变标志: 绿泥石化、绢云母化、硅化、黄铁矿化是金矿化的直接指示。其中, 强烈绢云母化、绿泥石化的岩石本身即为金矿石, 黄铁矿化的强弱可作为判别矿石贫富的标志。构造标志: 断裂带内的石英脉、褐铁矿化现象是重要的找矿线索。例如, I号矿体受东倾石英细脉控制, 形成挤压破碎带含金石英脉, 矿体地表出露长度78米, 平均品位Au1.87g/t。岩浆岩标志: 岩体与围岩接触带的蚀变分带明显, 从中心向外依次为硅化(含金石英脉)→绿泥石化构造破碎带→绢云母化断层泥→强烈蚀变围岩(黄铁矿化、绿泥石化为主)→弱蚀变围岩→正常岩石。蚀变带的宽度随矿化强弱程度而变化, 矿化强烈时蚀变带宽度可达数米。

4.2 找矿方向建议

深部找矿: 矿区浅部资源已基本探明, 深部仍存在较大潜力。建议沿已知矿体向深部延伸勘探, 重点关注

北东向断裂的深部延伸部位。外围找矿: 在矿区外围开展1:1万地球化学测量, 寻找与已知矿区相似的地球化学异常(如Au、As、Sb、Bi等元素组合异常), 特别是异常强度高、面积大、元素组合好的区域。综合找矿: 结合地质、地球物理、地球化学等多方法手段, 对矿区进行三维立体勘探, 揭示隐伏矿体的空间分布规律^[4]。例如, 利用高精度磁法、激发极化法等物探方法探测断裂构造和岩浆岩体的空间展布, 结合土壤地球化学测量、岩石地球化学测量等化探方法圈定异常靶区。新技术应用: 引入无人机航测、三维地质建模等新技术, 提高找矿效率和精度。例如, 利用无人机航测获取矿区高分辨率影像, 结合GIS技术进行地质解译, 快速圈定找矿靶区; 利用三维地质建模技术, 对矿区地质构造、岩浆岩体、矿体等进行可视化展示, 为深部找矿提供直观依据。

结束语

通过对内蒙古乌拉特后旗呼和呼都格金矿区地质特征及矿床成因的系统研究, 明确其成矿机制与矿床类型, 确立找矿标志并提出找矿方向。深部、外围找矿潜力大, 综合运用多种方法手段及新技术, 有助于提高找矿效率与精度。后续研究可进一步深化成矿规律认识, 为矿产资源勘查开发提供更坚实的理论支撑, 推动区域矿业经济可持续发展。

参考文献

- [1]徐永,张忠,常时旗,等.内蒙古乌拉特后旗呼和呼都格金矿区地质特征及矿床成因分析[J].西部资源,2023(3):97-100.DOI:10.3969/j.issn.1672-562X.2023.03.028.
- [2]秦燕,王成辉,王登红,等.中国金矿床成矿年代学研究进展[J].地球学报.2023,44(4).DOI:10.3975/cagsb.2022.112501.
- [3]马德清.内蒙古狼山地区元古界渣尔泰山群底部太古界乌盖群的厘定[J].内蒙古科技与经济.2021,(16).67-69.
- [4]张世峰,尚佳楠,朱文慧.铅锌矿矿区地质特征与矿床条件分析及开采技术优化[J].粘接,2024,51(11):125-127+131.