

多宝山—黑河地区典型金矿床成矿作用差异性

闫宝龙^{1,2}, 李国栋^{1,2}, 籍哲羽^{1,2}, 胡玲云^{1,2}, 林楠^{1,2*}

1. 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 150086

2. 自然资源部哈尔滨黑土地地球关键带野外科学观测研究站, 黑龙江 哈尔滨 150086

DOI:10.61369/ME.2025040019

摘 要 : 多宝山—黑河地区金矿资源丰富, 研究其典型金矿床成矿作用差异性对深入理解区域成矿规律及找矿具有重要意义。本文详细剖析了该地区争光、三道湾子等典型金矿床地质特征, 从成矿物质来源、流体性质、成矿温度及压力、构造控制等方面深入探讨成矿作用差异性。通过分析, 旨在为该地区后续金矿勘查及成矿理论研究提供了重要参考依据。

关 键 词 : 多宝山—黑河地区; 金矿床; 成矿作用; 差异性

Differences in mineralization of typical gold deposits in the Duobaoshan-Heihe area

Yan Baolong^{1,2}, Li Guodong^{1,2}, Ji Zheyu^{1,2}, Hu Lingyun^{1,2}, Lin Nan^{1,2*}

1. Harbin Natural Resources Comprehensive Survey Center of China Geological Survey, Harbin, Heilongjiang 150086

2. Harbin Black Soil Earth Critical Zone Field Scientific Observation and Research Station of the Ministry of Natural Resources, Harbin, Heilongjiang 150086

Abstract : The Duobaoshan-Heihe area is rich in gold resources, and studying the differences in mineralization of typical gold deposits is important for a deeper understanding of regional metallogenic laws and prospecting. This article provides a detailed analysis of the geological characteristics of typical gold deposits such as Zhengguang and Sandaowanzi in the region, and deeply explores the differences in mineralization from the aspects of ore-forming material sources, fluid properties, ore-forming temperature and pressure, and tectonic control. Through analysis, it aims to provide an important reference for subsequent gold exploration and metallogenic theory research in the region.

Keywords : Duobaoshan-Heihe area; gold deposits; mineralization; difference

引言

多宝山—黑河地区大地构造位置处于兴蒙造山带东段, 区域内构造运动频繁, 岩浆活动强烈, 具备极为有利的金成矿地质条件。近年来, 该地区陆续发现了争光、三道湾子等多个具有一定规模的金矿床, 这些金矿床的产出, 表明该区域具有巨大的金矿找矿潜力。不同金矿床在地质特征、成矿作用等方面存在一定差异, 深入研究这些差异性, 对于准确把握区域成矿规律、有效指导后续金矿勘查工作以及完善区域成矿理论体系均具有重要意义。目前, 针对该地区单个金矿床的研究已有不少成果, 但对各典型金矿床成矿作用差异性的系统对比研究仍显不足。

一、区域地质背景

多宝山—黑河地区位于兴蒙造山带东段, 大地构造位置特殊。区域内出露地层涵盖新元古界至新生界。新元古界为结晶基底, 以片麻岩、变粒岩等变质岩为主。古生界地层丰富, 奥陶系多宝山组海相火山岩与铜金成矿关联紧密, 其铜、金含量远超黑龙江省平均背景值与地壳克拉克值。中生界以陆相火山岩和沉积岩为主, 新生界为松散沉积物。

区域构造复杂, 主要构造线呈 NW 向、NE 向和近 EW 向。NW 向的罕达气—多宝山—三矿沟断裂规模宏大, 深刻影响地层、岩浆岩分布及矿产形成。NE 向构造与 NW 向相互交织, 构建起区域构造格架, 为矿液运移和富集创造条件^[1]。岩浆活动贯穿多期, 加里东期、华力西期、印支期和燕山期均有岩浆岩产出^[2]。燕山期岩浆活动与金成矿关系尤为密切, 形成众多与金成矿相关的浅成—超浅成侵入体, 如花岗斑岩、闪长玢岩等, 为金成矿提供物质基础与热动力。

通讯作者: 林楠, 邮箱: 444012756@qq.com

二、典型金矿床地质特征

（一）争光金矿床

1. 矿区地质

矿床位于嫩江县境内，赋矿地层为中奥陶统多宝山组火山岩，岩性以安山岩、凝灰岩为主^[3]。矿体受 NW 与 NE 向断裂交汇带控制，呈脉状、透镜状产出，共圈定矿体 28 条，单矿体长 50 ~ 350m，平均厚度 1.2 ~ 3.8m，平均品位 3.5 ~ 8.2g/t。

2. 矿石特征

金属矿物以黄铁矿（含量 5% ~ 12%）、黄铜矿（1% ~ 3%）为主，自然金呈微粒状（0.01 ~ 0.05mm）赋存于黄铁矿裂隙中^[4]。

脉石矿物为石英（30% ~ 50%）、绢云母（10% ~ 20%）。矿石结构以半自形粒状为主，构造呈浸染状、条带状。

3. 围岩蚀变

蚀变类型包括硅化、黄铁矿化、绢云母化，具明显分带性：矿体中心为强硅化 - 黄铁矿化带（石英含量 > 60%），向外过渡为绢云母化带（绢云母含量 20% ~ 30%），外围为绿泥石化带^[5]。

（二）三道湾子金矿床

1. 矿区地质

矿床位于黑河市西北 50km，赋矿地层为上侏罗统塔木兰沟组粗安岩。矿体受 NW 向断裂带控制，呈脉状成群产出，单矿体长 100 ~ 800m，平均厚度 0.8 ~ 5.2m，平均品位 4.2 ~ 10.5g/t。

2. 矿石特征

金属矿物以碲金矿（2% ~ 5%）、斜方碲金矿（1% ~ 3%）为主，含少量自然金（< 1%）。脉石矿物为玉髓（40% ~ 60%）、高岭石（10% ~ 15%）^[6]。矿石结构具碎裂结构、交代结构，构造以角砾状、网脉状为特征。

3. 围岩蚀变

蚀变以硅化、高岭土化为主，伴生黄铁矿化。蚀变强度与矿体距离正相关，矿体附近硅化率 > 70%，向外 50m 内降至 30% 以下。

（三）其他矿床简述

宽河金矿床赋存于古生界变质岩与中生代花岗岩接触带，矿体受 NE 向断裂控制，矿石矿物为自然金 - 黄铁矿组合，平均品位 2.8 ~ 6.5g/t。上马场金矿床产于侏罗系火山岩中，以石英 - 自然金脉为特征，平均品位 3.0 ~ 5.8g/t。

三、成矿作用差异性分析

（一）成矿物质来源差异

1. 争光金矿床

通过对争光金矿床矿石铅同位素研究发现，其铅同位素组成变化范围相对较窄， $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 比值在 18.3-18.6 之间， $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 比值在 15.5-15.7 之间， $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 比值在 38.5-39.0 之间。这种铅同位素组成特征与区域内燕山期岩浆岩的铅同位素组成较为相似，表明其成矿物质可能主要来源于燕山期岩浆活动，同时可能有少量地层物质的参与。对矿石硫同位素分析显示， $\delta^{34}\text{S}$ 值集中在 -2‰ ~ +2‰ 之间，接近陨石硫同位素组成，说明硫源具有深源岩浆特征^[7]。此外，稀土元素分析结果表明，矿

石稀土元素配分模式与燕山期闪长玢岩相似，具有轻稀土相对富集、重稀土相对亏损的特点，进一步佐证了成矿物质主要来源于岩浆。

2. 三道湾子金矿床

三道湾子金矿床铅同位素组成变化范围相对较宽， $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 比值在 18.1-18.8 之间， $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 比值在 15.4-15.8 之间， $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 比值在 38.0-39.5 之间。这表明其成矿物质来源较为复杂，可能既有岩浆来源，又有地层来源。硫同位素分析结果显示， $\delta^{34}\text{S}$ 值变化范围为 -4‰ ~ +6‰，离散度较大，说明硫源可能来自多个方面，除岩浆硫外，可能有部分地层硫的混入。氢氧同位素研究发现，成矿流体的 δD 值在 -120‰ ~ -80‰ 之间， $\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}$ 值在 4‰ ~ 8‰ 之间，显示成矿流体主要为岩浆水与大气降水的混合水，这也暗示成矿物质来源的复杂性，大气降水在运移过程中可能萃取了地层中的部分成矿物质。

3. 对比总结

总体来看，争光金矿床成矿物质来源相对较为单一，主要与燕山期岩浆活动密切相关，岩浆提供了主要的成矿物质和热动力。而三道湾子金矿床成矿物质来源更为复杂，岩浆、地层以及大气降水在成矿过程中均起到了重要作用，不同来源物质的混合使得成矿体系更加复杂多样。这种成矿物质来源的差异，可能是由于两个矿床所处地质环境不同以及成矿时期构造 - 岩浆活动的差异所导致。争光金矿床位于燕山期岩浆活动强烈区域，岩浆岩与矿床空间关系紧密；而三道湾子金矿床所在区域地层发育，且经历了多期构造运动，地层物质更容易参与到成矿过程中，同时大气降水的混入也改变了成矿流体的性质和物质组成。

（二）成矿流体性质差异

1. 争光金矿床

对争光金矿床流体包裹体研究表明，成矿流体主要为 H_2O - NaCl 体系，流体包裹体均一温度范围较广，在 150-350℃ 之间，峰值温度约为 250℃。盐度（ $w(\text{NaCl})_{\text{eq}}$ ）范围在 5% ~ 15% 之间，属于中低盐度流体。流体密度在 0.8-1.0g/cm³ 之间。从成矿早期到晚期，流体包裹体均一温度和盐度呈现出逐渐降低的趋势。这表明成矿过程中，随着温度和压力的降低，成矿流体与围岩发生了充分的物质交换和化学反应，导致流体性质发生改变^[8]。在成矿早期，高温、中低盐度的流体从岩浆中分离出来，携带大量成矿物质沿断裂等通道运移；到了成矿晚期，流体温度和盐度降低，成矿物质逐渐沉淀析出。

2. 三道湾子金矿床

三道湾子金矿床流体包裹体研究显示，其成矿流体同样为 H_2O - NaCl 体系，但均一温度范围相对较窄，在 120-280℃ 之间，峰值温度约为 200℃。盐度（ $w(\text{NaCl})_{\text{eq}}$ ）范围在 3% ~ 10% 之间，属于低盐度流体。流体密度在 0.7 ~ 0.9g/cm³ 之间。与争光金矿床不同的是，三道湾子金矿床成矿流体在不同阶段温度和盐度变化相对较小。这可能是由于该矿床成矿过程中受大气降水影响较大，大气降水的持续混入稀释了成矿流体，使得流体性质相对稳定。在成矿早期，岩浆水与大气降水混合形成成矿流体，随着成矿作用进行，大气降水的比例可能逐渐增加，但由于其持续稳定的补给，使得流体温度、盐度等性质没有发生剧烈变化。

3. 对比总结

相比之下，争光金矿床成矿流体温度和盐度相对较高，且在

成矿过程中变化明显,反映出其成矿过程与岩浆热液活动关系密切,岩浆热液在成矿过程中占据主导地位,随着成矿进行,热液与围岩相互作用强烈。而三道湾子金矿床成矿流体温度和盐度较低,且变化相对平稳,说明大气降水在成矿流体中起到了重要作用,成矿过程受外界因素(如大气降水补给)干扰较大,导致流体性质相对稳定。这种成矿流体性质的差异,对金的迁移和沉淀机制产生了重要影响,进而影响了矿床的形成和矿石特征。

(三) 成矿温度和压力差异

1. 争光金矿床

根据流体包裹体测温以及矿物共生组合关系等方法估算,争光金矿床成矿温度范围为150–350℃,平均成矿温度约为250℃。利用流体包裹体压力计估算成矿压力,结果显示成矿压力在100–300MPa之间。在成矿早期,温度和压力相对较高,随着成矿作用的进行,温度和压力逐渐降低。例如,在石英–黄铁矿阶段,成矿温度可达300–350℃,压力在250–300MPa;到了石英–碳酸盐阶段,温度降至150–200℃,压力也降低至100–150MPa。这种温度和压力的变化

2. 三道湾子金矿床

三道湾子金矿床成矿温度范围120–280℃,平均约200℃,相比争光金矿床温度较低。成矿压力估算结果显示在80–200MPa之间,低于争光金矿床。成矿过程中温度和压力变化相对缓和,未出现大幅度波动。这与该矿床成矿流体受大气降水影响大有关,大气降水持续补给使成矿体系相对稳定,温度和压力变化不明显。相对较低的温度和压力条件,决定了该矿床成矿过程中矿物沉淀机制与争光金矿床不同,可能更利于低温矿物组合形成,如碲化物等在这种环境下更易沉淀富集。

3. 对比总结

两矿床成矿温度和压力存在明显差异。争光金矿床成矿温度和压力较高,且变化显著,反映其成矿受岩浆热液主导,热液活动对成矿过程影响强烈。三道湾子金矿床成矿温度和压力较低,变化缓和,表明大气降水参与的成矿过程相对稳定。这种差异影响了成矿化学反应速率、矿物结晶顺序和沉淀方式,是造成两矿床矿石矿物组合和结构构造不同的重要因素^[9]。例如,争光金矿床较高温度和压力下,可能形成结晶程度较好、高温稳定的矿物;而三道湾子金矿床较低温度和压力环境,有利于形成一些低温矿物和特殊矿物组合,如碲化物等。

(四) 构造控制作用差异

1. 争光金矿床

争光金矿床受NW、NE、NNE向断裂构造联合控制。这些断裂相互交织,形成复杂的构造网络,为成矿流体运移和矿体定位

提供通道与空间。NW向断裂规模大,切割深,是区域重要的导矿构造,可将深部岩浆热液引导至浅部;NE和NNE向断裂则对矿体分布和形态起到重要控制作用,矿体多沿这些断裂的次级构造或交汇部位产出。例如,在断裂交汇区域,应力集中,岩石破碎程度高,有利于成矿流体聚集和沉淀,形成富矿体。此外,构造活动的多期性也影响了矿床形成,早期构造活动为岩浆侵入创造条件,后期构造活动则促使成矿流体再次运移和富集,对矿体进行叠加改造。

2. 三道湾子金矿床

三道湾子金矿床主要受NW向断裂控制,该断裂规模较大,走向稳定,是控矿的关键构造。断裂带内岩石破碎,形成良好的容矿空间,成矿流体沿断裂带上升并充填其中,形成脉状矿体。与争光金矿床不同,该矿床较少受其他方向断裂明显影响,矿体形态和分布主要取决于NW向断裂的产状和规模变化。断裂的张性特征有利于成矿流体的运移和扩散,使得矿化范围相对较广。同时,断裂活动的阶段性控制了成矿过程,不同阶段的断裂活动导致成矿流体多次注入,形成多期矿化叠加,使矿体厚度和品位在一定范围内变化。

3. 对比总结

虽然争光金矿床和三道湾子金矿床都受断裂构造控制,但构造控制作用存在明显差异。争光金矿床受多组断裂联合控制,构造网络复杂,为成矿提供了更多的运移通道和容矿空间,且构造活动的多期性对矿床叠加改造作用显著。三道湾子金矿床主要受单一方向NW向断裂控制,构造控矿作用相对简单直接,断裂的张性特征和阶段性活动对矿体形成和矿化特征影响较大。这种构造控制作用的差异,使得两矿床在矿体形态、规模、分布规律以及矿化强度等方面表现出不同特点^[10]。例如,争光金矿床矿体形态更复杂,在断裂交汇部位易出现富矿体;而三道湾子金矿床矿体沿NW向断裂呈相对规则的脉状产出,矿化连续性较好。

四、结语

多宝山—黑河地区典型金矿床成矿作用差异显著:争光金矿成矿物质以岩浆源为主,成矿流体为中高温、中低盐度岩浆热液,成矿压力100–300MPa,受多组断裂控制;三道湾子金矿物质来源复杂,流体为中低温、低盐度混合流体,压力80–200MPa,受单一NW向断裂控制。这种差异由构造演化、地层性质及流体–围岩作用决定,形成“岩浆驱动”与“多元混合”模式。研究存在成矿时代与深部流体研究不足,未来需结合定年与建模技术深入探索,为深部找矿提供指导。

参考文献

- [1] 刘宝山,张春鹏,程招勋,等.黑龙江争光大型金矿成矿流体 He–Ar–S 同位素组成及成矿流体来源的示踪[J].中国地质,2023,50(03):952–961.
- [2] 崔子佳,陈建平,朱仁维,等.黑龙江多宝山—黑河地区铜多金属矿综合信息定量预测[J].地质学刊,2023,47(01):54–65.
- [3] 郝宇杰.黑龙江省多宝山矿集区成矿作用与成矿规律研究[D].吉林大学,2015.
- [4] 龚晶晶,赵海旋,唐世新,等.黑龙江黑河争光金矿异常结构模式研究[J].地质与勘探,2017,53(02):247–258.
- [5] 李运,符家骏,赵元艺,等.黑龙江争光金矿床年代学特征及成矿意义[J].地质学报,2016,90(01):151–162.
- [6] 张志华,孙丰月,舒旭.黑龙江三道湾子金矿 Au–Ag–Te 系列矿物特征及其成矿阶段分析[J].地质与勘探,2018,54(S1):1416–1424.
- [7] Heald P, Foley N K, Hayba D O. 1987. Comparative anatomy of volcanic–hosted epithermal deposits acid–sulfate and adularia–sericite types U[J]. Economic Geology, 80: 1–26.
- [8] 阮诗昆.黑龙江嫩江三矿沟—多宝山—争光成矿带地质特征与成矿规律[J].地质学刊,2019,43(01):50–56.
- [9] 张朋,乔树岩,赵华伟,等.黑龙江伊春蜂房沟金矿流体包裹体特征及矿床成因机制[J].世界地质,2011,30(03):335–344.
- [10] 杨继权,杨钦.论黑龙江右岸北西向构造带的确立及其对成矿的控制作用[J].地质与资源,2015,24(05):428–432.