

Research on Metallogenic Process and Deep Prospecting Direction of Tugral Gen Large Cu-Ni Sulfide Deposit in East Tianshan Mountains

Zhaoming Zhao

Xinjiang Kunlun Blue Diamond Mining Development Co., Ltd., Hami, Xinjiang, 839000, China

Abstract

Tugral Gen large Cu-Ni sulfide deposit is located in the eastern part of the Cu-Ni metallogenic belt in the East Tianshan Mountains. The ore-bearing rocks are mainly composed of gabbro and peridotite facies, in which the peridotite facies was formed after gabbro facies, and they are not the products of homologous magma evolution. The known ore bodies in Tugral Root have typical characteristics of magmatic channel mineralization, and the ore bodies mainly exist in the turning, expanding and gently inclined parts of magmatic channel. Ore-bearing rocks can be divided into three parts according to their morphological characteristics: the eastern part, the middle part and the western part. The change of olivine Fo value in peridotite phase in the lower part of the middle part is similar to that in the western part, and it is obviously larger than that in ore-bearing rock phase in the upper part of the middle part, indicating that there are at least two stages of magma participating in mineralization. There is an obvious positive correlation between S and platinum group elements in the ore, and there is a good positive correlation between the elements in IPGE and PPGE. The main factors controlling the content of platinum group elements in the ore are the partial melting degree of magma source area and "R factor", and only a weak separation and crystallization of sulfide has taken place.

Keywords

East Tianshan Mountain; Tugral root large copper-nickel mine; sulfide aggregation; metallogenic process; deep mineral exploration direction

东天山图拉尔根大型铜镍硫化物矿床成矿作用过程及深部找矿方向研究

赵照明

新疆昆仑蓝钻矿业开发有限责任公司, 中国·新疆 哈密 839000

摘要

图拉尔根大型铜镍硫化物矿床位于东天山铜镍成矿带东段, 赋矿岩体主要由辉长岩和橄榄岩相组成, 其中橄榄岩相形成时代明显晚于辉长岩相, 二者不是同源岩浆演化的产物。图拉尔根已知矿体具有典型的岩浆通道成矿的特征, 矿体主要赋存在岩浆通道中转弯、膨大及缓倾斜部位。赋矿岩体依据形态特征可以分为东段、中段和西段三部分, 其中中段下部与西段橄榄岩相中橄榄石Fo值变化相似, 且明显大于中段上部含矿岩相, 表明至少存在两期岩浆参与成矿。矿石中S与铂族元素之间呈现明显的正相关性, IPGE和PPGE内部各元素之间具有良好的正相关性, 控制矿石中铂族元素含量的主要因素是岩浆源区部分熔融程度和“R因子”, 硫化物仅发生了微弱的分离结晶作用。

关键词

东天山; 图拉尔根大型铜镍矿; 硫化物聚集; 成矿过程; 深部找矿方向

1 概述

图拉尔根大型铜镍矿床自2003年发现以来, 大量学者对其岩体特征、矿体特征、形成时代、母岩浆成分、岩浆演化过程及成矿模型等开展了大量的研究工作, 并形成了一系列重要认识。近年来, 随着深部资源的持续开采, 亟须对图拉尔根矿床深部找矿方向及潜力进一步明确。因此, 论文在

综合最新深部找矿进展及前人研究成果的基础上, 进一步从矿物晶体化学和铂族元素地球化学角度入手, 对图拉尔根矿床成矿过程, 尤其是硫化物聚集的规律及下一步的找矿方向进行研究, 为服务深边部勘查工作提供依据。

1.1 I号岩体特征

图拉尔根矿体均赋存于I号岩体中, 侵位于中-上石炭统的含角砾晶屑凝灰岩、含角砾岩屑凝灰岩中。岩体呈北东-南西向展布, 东段埋深浅, 西南段埋深深度大, 整体向南东方向翘起, 岩体总体形态呈“反Z”型的特征。以勘探线9行为界, 向东岩体出露地表, 长约740m, 宽30~50m,

【作者简介】赵照明(1986-), 男, 中国甘肃天水人, 本科, 工程师, 从事地质勘查研究。

出露地表面积约 0.035km²。由 9 行向西至 19 之间,岩体呈隐伏状,其产状急剧变陡,近于直立,顶板控制深度约为 115m,最大控制深度约 600m。继续向南西方向,岩体产状急剧变缓,呈水平状展布。

从岩相角度看, I 号岩体平面及剖面上均表现出明显的环带状杂岩体的特征,由中心向外依次为角闪橄榄岩相→角闪辉橄岩→角闪辉长岩,其中辉长岩相分布不连续,主要分布在超镁铁质岩体外侧,部分钻孔中见有少量的辉长岩捕虏体,也表明辉长岩形成时代较早。该矿床中主要矿石类型为浸染状、海绵陨铁状、珠滴状和块状矿石,其中以浸染状和海绵陨铁状矿石为主。

1.2 矿体特征

图拉尔根矿床中矿体多呈似层状和透镜状产出,但不同部位的矿体形态也具有明显的差异。在含矿岩体东段,岩体总体埋深较浅,多呈倾角较缓的似层状产出,矿体多产于岩体上部或中部,主要矿石类型为星点状和稀疏浸染状,但在 8~10 行附近,矿体则主要产于岩体下部,且发育有少量的块状矿石,这可能与含矿岩体在该处突然膨大有关。岩体中段(9~19 行),矿体最为集中,从典型勘探线剖面及纵投影图看,矿体整体呈“葫芦状”,矿体厚大部位的两端由较细小的颈部相连,依据该形态将中段矿体分为上、下两部分。从目前矿体的赋存规律看,矿体多产于含矿岩体的上部,海绵陨铁状富矿产于浸染状贫矿的上部,这一特征与国内其他典型铜镍矿床矿体产出顺序具有明显的差异。由 19 线向西,矿体主要呈近水平状,矿体主要产于岩体中上部的角闪橄榄岩相中,沿走向具有分枝复合的现象,矿石以稀疏浸染状为主。近年来,随着西段勘查程度的进一步提高,矿体规模略有增加,但整体产状变化不大。

2 样品采集及分析方法

为进一步对比图拉尔根矿床不同部位含矿岩体之间矿物成分与成矿元素之间的差异,在对前人分析数据进行统计的基础上,本文重点选择矿床西段的稀疏浸染状矿石进行样品采集,开展了橄榄石电子探针及全岩铂族元素分析工作。橄榄石电子探针分析工作在自然资源部岩浆作用成矿与找矿重点实验室完成,电子探针仪器型号为 KEOL JXA-8230,单矿物点分析时电压 20kV,电流 10nA,束斑直径 1 μ m。矿石全岩 Ni、Cu、S 元素的分析测试在自然资源部岩浆作用成矿与找矿重点实验室完成。Ni、Cu 采用 ICP-MS 测定,S 含量测定采用燃烧碘量法。铂族元素的测试工作在国家地质实验测试中心完成,分析采用 PE300D 型等离子质谱仪完成测试,分析过程中标样 UMT-1 和 WPR-1 和样品一起进行测试,分析误差优于 10%。

3 分析结果

3.1 橄榄石电子探针

结合前人及本次研究的分析结果,图拉尔根矿床中

橄榄石 Fo 值变化范围为 77.1~85.4, Ni 含量变化范围为 707~1807ppm。中段矿体上、下部岩石中橄榄石的 Fo 值存在明显差异,其中上部橄榄石 Fo 值较小,变化范围为 72~82;下部橄榄石 Fo 值变化范围为 82~85,但二者橄榄石中 Ni 含量相似。西段含矿岩体中橄榄石 Fo 值也较大,与中段下部的含矿岩体中橄榄石 Fo 值一致,明显大于其上部含矿岩体相应值。

3.2 铂族元素

为充分对比图拉尔根矿床中不同矿石类型中成矿元素含量的差异,本文系统搜集了前人的研究数据。结合本文获取的数据表明,当 S 含量大于 0.5% 时, S 与所有铂族元素均呈较好的正相关性,但 S 与 PPGE (Pt 和 Pd) 的相关性要略优于与 IPGE (Os、Ir、Ru、Rh) 之间的相关性。

为了进一步反映铂族元素之间的相关性,本文对 S 含量大于 0.5% 的样品进行了 100% 硫化物计算,假设所有的硫化物均由磁黄铁矿、镍黄铁矿和黄铜矿组成,且所有的铂族元素均以类质同象形式赋存于硫化物中。100% 硫化物计算后显示, Ir 与 Os、Ru、Rh 之间呈现明显的正相关性,但 Ir 与 Pt、Pd 之间的正相关性明显较差, Pd 与 Pt 之间则呈明显的正相关性。在图拉尔根矿床中 PGE 元素明显亏损,且 IPGE 的含量明显低于 PPGE,表明该矿床矿石为 PGE 亏损的。

4 讨论

4.1 铂族元素含量控制因素

研究表明,矿石中铂族元素的含量主要受以下因素控制:①母岩浆性质及其元素含量;②硫化物熔离的量(硅酸盐岩浆/硫化物熔体质量比,R 因子);③硫化物分离结晶作用。由于 PGE 具有很强的亲硫性,它们在硫化物和硅酸盐熔体之间具有较高的分配系数,而 Cu、Ni 在硫化物和硅酸盐熔体之间的分配系数则较低,所以即便是少量的硫化物熔离也将导致残余岩浆中 PGE 明显亏损。孙赫等(2008)通过对图拉尔根矿床中铂族元素研究认为,图拉尔根矿床中 PGE 亏损的主要原因是其部分熔融程度较低,导致大部分的 PGE 保留在残余地幔中。Wang Yujian et al., (2018) 研究认为较低的部分熔融程度是导致图拉尔根矿床中 PGE 亏损的主要原因。Wang Yalei (2022) 则进一步对成矿过程中的岩浆的“R 因子”进行模拟计算,认为图拉尔根矿床中较低的“R 因子”也是导致图拉尔根矿床中 PGE 含量较低的关键因素之一,且通过对比不同部位矿石的“R 因子”认为,图拉尔根矿床成矿过程中至少有两期岩浆参与成矿。通过综合本文及前人的研究数据,发现 IPGE 与 PPGE 之间除个别样品外,均呈现出明显的正相关性,表明硫化物熔离后未发生明显的分离结晶作用。综合上述分析,认为控制图拉尔根矿床中铂族元素含量的关键因素是较低的部分熔融程度和“R 因子”。

4.2 岩浆侵位期次及硫化物聚集过程

研究表明铜镍硫化物矿床成矿过程中,普遍存在多期次岩浆参与成矿,这也是导致能够形成有重要经济价值矿床的关键因素,多期岩浆参与成矿可以为矿床提供更丰富的成矿元素。通过年代学研究表明图拉尔根矿床中辉长岩与超镁铁岩形成时代差距较大,二者不是同一时期的产物。除此之外,在赋矿的超镁铁质岩相中,不仅在宏观地质特征上,岩相之间仍存在明显的突变关系。在矿物地球化学方面,中段含矿岩体上部与下部橄榄石成分也存在明显差异,西段岩体中橄榄石 Fo 值与中段下部岩石中相应值相似,与中段上部存在明显差异,进一步表明了矿床形成时至少存在 2 期岩浆的侵位。

图拉尔根矿床在整体形态上呈典型的“管状”特征,在矿体分布规律上也与典型的“岩浆通道成矿”模型具有明显的相似性。通过对世界范围内典型铜镍硫化物矿床的研究表明,多数铜镍硫化物矿床均形成于岩浆通道的开放系统内。玄武质岩浆在深部岩浆房内发生硫化物熔离作用后,在后期构造作用下,沿岩浆通道上侵,在成矿有利部位发生硫化物的有效聚集,形成有经济价值的矿体。在岩浆通道内,携带硫化物的含矿岩浆主要在以下部位聚集成矿:①产状陡峭通道的中心部位;②岩浆通道的突然膨大部位;③岩浆通道的转弯部位;④岩浆通道缓倾斜的底部。此外,在上部岩浆房的入口部位往往也会发育大量的块状硫化物,在岩浆通道成矿作用过程中,硫化物的聚集沉淀更多的受含矿岩浆在流动过程中物理过程控制,如流速及重力作用的影响而发生聚集。

对比图拉尔根铜镍矿床的成矿特征,我们发现,其成矿过程也较好地遵循了通道成矿的特征。在岩体东段 8~12 行,由于岩体产状的突然变陡,携带硫化物的岩浆流速降低,导致密度较大的硫化物在此发生聚集,形成于岩浆通道缓倾斜的底部。在岩体中段,存在上、下两层矿体,该处岩体厚度为已知探明岩体中最大处,也是岩体产状转弯处,含硫化物的岩浆在此由于流速在转弯内拐角处降低,导致密度较大的硫化物和橄榄石更倾向于在该处聚集。除此之外,在典型勘探线剖面上(11 行),上部矿体在含矿岩体突然膨大部位发生了明显的硫化物聚集,这些特征都表明图拉尔根矿床硫化物的聚集特征符合典型的岩浆通道成矿的特征。

5 结语

目前在矿床西段 51 线已开展深部钻探验证工作,钻探结果表明,在 731.45m 以浅均为角砾晶屑凝灰岩,向深部可见粗粒辉长岩和辉长闪长岩,且向深部至 883.75m 处,仍未见圈闭,局部可见少量的硫化物,主要为黄铁矿、磁黄铁矿和黄铜矿等。结合已探明矿体外围也产出有辉长岩的特征,推测深部含矿岩相可能与辉长岩为共用同一通道,但是该钻孔中所见的辉长岩与已知矿体外围辉长岩是否为同一期岩浆活动的产物仍有待进一步研究,且该问题的解决对于进一步确定含矿岩体的可能产出部位具有一定意义。

在深部找矿勘查过程中,除了继续开展深部钻探工作以外,进一步开展物探测量工作十分必要。前提勘探过程中相继开展了磁法、重力、激电中梯、浅层地震、CSAMT、AMT 和 EH4 等工作,总体来说重力和磁法与岩体对应较好,电法工作对深部矿体的是均效果较差,这可能是由于电法有效探测深度和矿床深部开采活动综合影响的结果。下一步在开展深部找矿工作时,可考虑尝试采用有效探测深度更大、抗干扰能力更强的电法测量手段(如频谱激电或广域电磁)。除进一步开展地表物探工作外,结合后期开展的钻探工作,有必要开展系统的三分量磁测工作,通过综合分析,探测井旁是否有磁化率更高的超基性岩体存在。除钻探及物探手段外,在开展进一步钻探验证的基础上,进一步开展系统的岩相调查、矿物晶体化学及成矿元素地球化学等工作,查明岩相的空间变化规律,进而“顺藤摸瓜”综合确定含矿岩体可能的赋存位置。

参考文献

- [1] 翟明国,胡波.矿产资源国家安全、国际争夺与国家战略之思考[J].地球科学与环境学报,2021,43(1):1-11.
- [2] 李鑫,王敦科,赵树铭.新疆哈密白鑫滩岩浆型铜镍硫化物矿床的发现[J].新疆地质,2014,32(2):466-469.
- [3] 王亚磊,张照伟,尤敏鑫,等.东天山白鑫滩铜镍矿锆石 U-Pb 年代学、地球化学特征及对 Ni-Cu 找矿的启示[J].中国地质,2015,42(3):452-467.
- [4] 杨万志,田江涛,李大海,等.东天山路北铜镍矿的发现及其意义[J].矿物岩石地球化学通报,2017,36(1):112-120.
- [5] 陈寿波,孙海微,吴林楠,等.东天山图拉尔根岩浆铜镍矿床岩浆通道及深部成矿潜力分析[J].新疆地质,2019,39(4):524-528.