

# 某铜镍矿床成矿规律与找矿前景研究

李 磊

青海黄河上游水电开发有限责任公司 青海 西宁 816000

**摘要：**本文以某铜镍矿床为研究对象，系统分析矿区地质背景、矿体与矿石特征，探究成矿条件、时代及过程，建立“慢源岩浆熔离-断裂控位-接触带富集”成矿模式。优化地质测量、物化探等找矿方法，提炼多类找矿标志，圈定不同等级找矿靶区并评价资源潜力。结果表明，矿区成矿条件优越，一级、二级靶区具优先勘查价值，研究区及邻区找矿前景广阔，可为该区域铜镍矿勘查及同类矿床研究提供可靠依据。

**关键词：**铜镍矿床；成矿规律；找矿前景

**引言：**铜镍矿是重要战略性矿产资源，广泛应用于冶金、电子等领域，保障其资源供给具有重要现实意义。研究区地处天山-兴安造山系北天山造山带，位于区域铜镍成矿远景区核心部位，受海西期岩浆活动及断裂构造影响，成矿条件有利。当前该矿床成矿规律未系统梳理，找矿方向不明确，因此开展本次研究，厘清成矿机制、优化找矿方法，为后续勘查提供科学指导。

## 1 研究区地质背景

### 1.1 区域地质概况

(1) 区域构造位置：研究区属天山-兴安造山系北天山造山带，位于哈萨克斯坦-准格尔板块准格尔微板块觉罗塔格晚古生代沟弧带东北部，处于康古尔-黄山深大断裂带北东段，为铜镍成矿提供了有利构造条件。(2) 区域地层特征：自老而新主要出露晚古生代地层，以火山-沉积岩组合为主，岩性为玄武岩、辉长岩、砂岩及碳质灰岩，分布于断裂带两侧，其中与铜镍成矿相关的镁铁-超镁铁质岩地层沿断裂带呈带状分布。(3) 区域岩浆活动：海西期岩浆活动强烈，主要发育镁铁-超镁铁质岩体，沿北西-南北向断裂侵入分布，为同源岩浆分异产物，其侵位规律与区域断裂分布一致，是铜镍成矿的核心物质来源。

### 1.2 矿区地质特征

(1) 矿区地层：出露玄武岩、橄榄岩等，厚度130-250m，呈整合接触，含矿地层为橄榄岩相，岩性以蛇纹石化橄榄岩为主，自中心向边缘岩性逐渐变细，矿化程度随之减弱。(2) 矿区构造：以断裂构造为主，伴生小型褶皱，断裂呈近东西向与北东向交汇，控制矿体分布，构造对矿体起富集作用，矿区构造中等复杂。(3) 矿区岩浆岩：岩体呈不规则状，面积约0.19km<sup>2</sup>，分为橄榄岩相、辉长岩相，矿物以橄榄石、辉石为主，地球化学特征指示岩浆源区为地幔橄榄岩，与铜镍成矿密切相关<sup>[1]</sup>。

### 1.3 矿区地球物理与地球化学特征

(1) 地球物理特征：存在中高重力、高磁、低阻、高极化复合异常，异常区与镁铁-超镁铁质岩体及矿体空间对应，物化探成果显示异常区为找矿有利靶区。(2) 地球化学特征：土壤、岩石中Cu、Ni含量异常，伴生Co元素富集，异常区域与矿体、岩浆岩分布一致，圈定的地球化学异常区为成矿有利区域。

## 2 矿床成矿规律研究

### 2.1 矿体特征

(1) 矿体形态、产状与规模：矿体主要呈似层状、脉状产出，局部为透镜状，整体形态较规则。走向以近东西向为主，倾向北偏东，倾角45°-68°，局部受构造影响倾角发生变化。单矿体长度80-320m，平均长度190m；厚度2.3-15.6m，平均厚度7.8m；延深60-210m，平均延深125m，矿体规模中等，整体连续性较好。(2) 矿体分布规律：平面上，矿体主要集中分布于矿区中部及东北部，沿镁铁-超镁铁质岩体与地层接触带呈带状分布；剖面上，矿体多赋存于岩体中下部，随岩体埋深增加厚度略有变薄。矿体分布严格受地层、构造及岩浆岩控制，其中断裂构造为矿体定位提供了通道，镁铁-超镁铁质岩体为矿体提供了物质基础，接触带附近为矿体富集有利部位。

### 2.2 矿石特征

(1) 矿石物质成分：矿石矿物组成主要包括有用矿物和脉石矿物，有用矿物以黄铜矿、镍黄铁矿为主，少量磁黄铁矿、紫硫镍铁矿，其中黄铜矿含量1.2%-3.8%，镍黄铁矿含量0.8%-2.5%，主要以半自形-他形晶粒状嵌布于脉石矿物中，粒度0.02-0.3mm，嵌布关系较复杂。脉石矿物主要为橄榄石、辉石、斜长石，少量蛇纹石、绿泥石，含量占矿石总量的85%以上。(2) 矿石结构与构造：矿石主要结构为晶粒结构、交代结构，局部

可见固溶体分离结构,晶粒结构以中细粒为主,交代结构多表现为黄铜矿交代橄榄石、辉石。矿石构造以浸染状、块状为主,局部为细脉状、网脉状,浸染状矿石分布最广,主要产于矿体中上部;块状矿石主要集中于矿体核心部位,矿化程度最高。(3)矿石化学成分:矿石中Cu含量1.0%-4.0%,平均2.3%;Ni含量0.7%-2.8%,平均1.6%;伴生元素Pt含量0.03-0.12g/t,Co含量0.05%-0.18%,可综合回收利用。有害组分主要为S、As,其中S含量2.5%-5.8%,As含量0.01%-0.05%,均低于矿石加工选冶评价限值,对矿石利用无明显不利影响<sup>[2]</sup>。

### 2.3 成矿条件分析

(1)地层条件:含矿地层为晚古生代镁铁-超镁铁质岩地层,岩性以橄榄岩、辉长岩为主,岩石孔隙度较高,具有良好的容矿性能。该地层岩相稳定,分布连续,为岩浆侵位和矿液富集提供了有利的物理空间,是铜镍矿床形成的重要容矿基础。(2)构造条件:矿区控矿构造主要为近东西向断裂及岩体与地层接触破碎带,断裂构造既是岩浆侵位的通道,也是矿液运移和矿体定位的关键场所。接触破碎带岩石破碎,裂隙发育,为矿液沉淀富集提供了有利空间,断裂活动的多期性进一步促进了矿体的富集<sup>[3]</sup>。(3)岩浆条件:成矿岩浆来源于上地幔橄榄岩部分熔融,岩浆演化过程中发生明显的硫化物熔离作用,是铜镍矿化的核心物质来源。岩浆沿断裂带侵位,侵位深度适中,侵位过程中岩浆冷却缓慢,为硫化物充分熔离、沉淀提供了充足时间,符合幔源岩浆成矿理论。

### 2.4 成矿时代与成矿过程

(1)成矿时代:通过对矿体伴生岩浆岩样品进行同位素测年,确定矿床成矿时代为海西晚期(305-290Ma),与区域镁铁-超镁铁质岩体侵位时代一致,属于区域晚古生代铜镍成矿期的重要组成部分,契合区域成矿时间背景。(2)成矿过程:结合“深部熔离预富集”理论,矿床成矿过程分为三步:一是上地幔橄榄岩部分熔融形成富镁铁岩浆,深部发生初步硫化物熔离预富集;二是富矿岩浆沿断裂带向上侵位,侵位过程中进一步发生硫化物熔离;三是矿液在断裂带及接触破碎带中运移,受温度、压力降低影响,铜镍硫化物矿物沉淀富集,最终形成矿床,据此建立了“幔源岩浆熔离-断裂控位-接触带富集”的成矿模式。

## 3 找矿标志与找矿方法

### 3.1 找矿标志

(1)地质找矿标志:地层标志为晚古生代镁铁-超镁铁质岩地层,岩性以蛇纹石化橄榄岩、辉长岩为主,

是容矿的核心地层;构造标志为近东西向断裂及岩体与地层接触破碎带,破碎带内岩石裂隙发育、矿化明显;岩浆岩标志为海西期镁铁-超镁铁质岩体,岩体呈不规则状分布,与矿体空间对应;矿化蚀变标志主要为蛇纹石化、绿泥石化、硅化,蚀变强度与矿化程度正相关,蚀变带范围大于矿体分布范围。(2)地球物理找矿标志:重力异常阈值为 $120-150 \times 10^{-5} \text{m/s}^2$ ,磁异常阈值为500-800nT,低阻异常阈值为 $100-300 \Omega \cdot \text{m}$ ,高极化异常阈值为5%-12%,上述复合异常区与矿体、镁铁-超镁铁质岩体精准对应,可作为隐伏矿体的有效识别标志。(3)地球化学找矿标志:Cu异常浓度下限为 $100 \times 10^{-6}$ ,Ni异常浓度下限为 $50 \times 10^{-6}$ ,伴生Co、Pt异常浓度下限分别为 $10 \times 10^{-6}$ 、0.05g/t,异常呈明显的内、中、外分带,内带为矿化核心区,中带为矿化外围,外带为异常晕圈,异常规模与矿体规模呈正相关,符合地球化学勘查规范<sup>[4]</sup>。(4)遥感找矿标志:遥感影像上,矿化蚀变区呈褐红色、浅褐色异常色调,边界模糊;镁铁-超镁铁质岩体呈暗黑色块状影像,纹理均匀。结合遥感地球化学融合技术,可清晰识别蚀变异常与岩浆岩异常的空间叠加区,叠加区为找矿有利区域。

### 3.2 找矿方法优化与应用

(1)地质测量方法:采用1:10000比例尺地质测量,覆盖整个矿区及外围5km范围,精度符合固体矿产地质勘查测量规范;矿区中部及东北部矿化集中区,采用1:2000比例尺详细地质填图,重点圈定矿体、构造及蚀变带,填图成果为找矿靶区圈定提供了基础数据,应用效果良好。(2)地球物理探测方法:针对矿区岩体分布特征,优化重力测量点距为 $50\text{m} \times 50\text{m}$ 、磁法测量点距为 $40\text{m} \times 40\text{m}$ 、电法剖面线距为100m,提升异常识别精度。重力、磁法联合探测用于圈定岩浆岩分布范围,电法探测重点排查隐伏断裂及隐伏矿体,有效解决了浅部矿体勘查盲区问题。(3)地球化学勘查方法:土壤测量采用网格布设,网格密度为 $100\text{m} \times 20\text{m}$ ,采样深度为0-50cm;岩石测量重点采集矿体及蚀变带岩石样品,每点采集3件平行样;水系沉积物测量沿矿区周边水系布设采样点,间距500m。所有样品均送专业实验室测试,严格遵循测试规范,确保样品代表性与分析准确性<sup>[5]</sup>。

### 3.3 找矿靶区圈定原则与方法

(1)圈定原则:结合矿床成矿规律及找矿标志,遵循“三位一体”勘查预测模型核心思路,核心原则为成矿条件优越(地层、构造、岩浆岩匹配)、找矿异常明显(物化遥异常叠加)、资源潜力较大(矿化连续、规模可观),同时兼顾交通可达性,确保靶区具备后续勘

查价值。(2)圈定方法:采用综合分析法,整合地质测量、物化探、遥感等多源数据,对各类信息进行叠加分析。圈定一级靶区2个,位于矿区中部,具备完整成矿条件,物化遥异常叠加明显,矿化程度高;二级靶区3个,位于矿区东北部,成矿条件较好,异常较明显;三级靶区4个,为矿区外围异常区,成矿潜力有待进一步验证,明确了各等级靶区的空间范围及勘查优先级。

#### 4 找矿前景评价与结论建议

##### 4.1 找矿前景评价

(1)靶区资源潜力评价:结合各等级找矿靶区成矿条件及异常特征,一级靶区成矿条件优越、物化遥异常叠加明显,估算潜在Cu资源量1.2-1.8万吨, Ni资源量0.8-1.3万吨;二级靶区潜力中等,潜在Cu资源量0.5-0.9万吨, Ni资源量0.3-0.6万吨;三级靶区需进一步验证,潜在资源量暂无法精准估算,整体靶区资源潜力良好。(2)区域找矿前景分析:研究区处于区域铜镍成矿远景区核心部位,成矿规律与区域海西期镁铁-超镁铁质岩体成矿特征一致,邻区存在同类岩体及矿化异常,推测研究区及邻区存在连续成矿带,具备扩大找矿范围、发现新矿体的潜力,找矿前景广阔。(3)找矿可行性分析:技术上,现有物化探、钻探技术可满足勘查需求,矿石加工选冶性能良好,有害组分含量达标;经济上,靶区交通可达,矿石品位中等,综合回收价值较高,开发效益可观;环境上,矿区远离生态敏感区,勘查及开发过程中可采取有效环保措施,整体找矿及开发工作具备可行性。

##### 4.2 研究结论

(1)研究区位于天山-兴安造山系北天山造山带,受海西期岩浆活动及断裂构造控制,成矿模式为“幔源岩浆熔离-断裂控位-接触带富集”,地层、构造、岩浆岩是核心控矿因素,其中镁铁-超镁铁质岩体为成矿提供物质基础,断裂构造控制矿体定位。(2)提炼出地质、物化遥多类有效找矿标志,优化了地质测量、物化探等找矿方法,圈定的各级找矿靶区资源潜力明确,一级、二级靶区具备优先勘查价值,为后续找矿工作提供了可靠依据。

##### 4.3 下一步工作建议

(1)勘查工作建议:对一级靶区部署钻探工程,布设钻孔8-10个,孔深150-250m,重点验证矿体延深及规模;二级靶区开展坑探工程,布设探槽5-8条,重点揭露地表及浅部矿体;同步配套物化探工作,细化异常范围,明确勘查工作量重点集中在靶区核心部位。(2)深入研究建议:针对本次成矿机理研究不够细化的不足,后续重点开展岩浆演化及硫化物熔离过程专项研究;优化找矿技术,引入高精度遥感及深部探测技术,解决隐伏矿体勘查难题;补充矿石加工选冶试验,进一步提升资源综合回收效率,填补现有研究空白。

##### 结束语

本次研究系统完成了某铜镍矿床成矿规律与找矿前景的全面探究,明确了核心控矿因素与成矿模式,提炼有效找矿标志并圈定具有潜力的找矿靶区,验证了找矿工作的可行性与经济性。研究成果填补了该矿床系统研究的空白,为同类铜镍矿床成矿规律研究及勘查工作提供参考。后续需按建议推进勘查与深入研究,进一步挖掘资源潜力,推动区域铜镍矿产资源高效、绿色开发利用。

##### 参考文献

- [1]李文渊.东昆仑原、古特提斯构造转换与岩浆铜镍钴硫化物矿床成矿作用[J].地球科学与环境学报.2022,44(1):76-79.
- [2]李良,孙丰月.东昆仑成矿带岩浆铜镍硫化物矿床成矿地质条件与成矿规律[J].吉林大学学报.2022,52(5):106-109.
- [3]李猛.新疆若羌县阿确墩地区1:5万红土岭等四个图幅矿产地质调查工作主要进展及成果[J].中国地质调查.2021,23(5):67-70.
- [4]张照伟.中国西北地区岩浆铜镍矿床地质特点与找矿潜力[J].西北地质.2021,11(1):95-97.
- [5]罗志波.西昆仑造山带东端新C-2013-198航磁异常处含钴镍矿化超镁铁质岩的发现及其找矿意义[J].地质与勘探.2020,30(3):241-243.