

# 青海省绿梁山蛇绿岩超基性岩型 硫化镍矿床特征研究

刘 嘉<sup>1, 2</sup>, 许荣科<sup>2</sup>, 曾小华<sup>1</sup>, 蔡鹏捷<sup>2</sup>

(1 湖北省地质调查院, 湖北 武汉 430034; 2 中国地质大学(武汉)地质调查研究院, 湖北 武汉 430074)

研究区位于青海省西北部绿梁山一带, 柴达木盆地北缘。行政区划属青海省海西蒙古族藏族自治州大柴旦行政委员会管辖, 东距德令哈市约 200 km。区域上位于柴达木地块与南祁连地块拼合的缝合带位置, 该地区经历了自晋宁期-喜山期的长期造山运动, 是中国重要的金属成矿带之一, 其基础地质及矿产找矿工作一直备受重视。绿梁山蛇绿岩超基性岩型硫化镍矿是近年来该缝合带中发现的新类型矿床; 该类型矿床规模较大, 已发现的两条矿化带, 宽 120~300 m, 延伸 3~5 km, 岩体矿化稳定。这一新类型矿床的发现为该区找矿开辟了新的方向。同时由于该缝合带规模较大, 以基性-超基性岩为标志的蛇绿混杂岩数量多, 分布广, 因此, 在该成矿带寻找超基性岩型硫化镍矿的找矿具有较大潜力。

文章通过对绿梁山超基性杂岩体的地质特征、矿化特征、岩石地球化学特征、形成时代及环境、镍的赋存状态、镍矿化成因及岩体含矿性等问题进行较为系统的研究和探讨, 获得了以下几点认识:

(1) 绿梁山超基性杂岩体根据地质特征和矿化特征上的不同可分为两个部分: 东部富铬铁矿的落凤坡超基性杂岩体和西部富镍的鱼卡石棉矿(地名)及开屏沟东超基性杂岩体。落凤坡超基性杂岩体产于鱼卡河超高压变质带中, 构造侵位含榴辉岩包体的中元古界鱼卡河岩群的片岩岩组, 未见到辉长岩伴生或侵入。岩体具有从下至上依次为蛇纹岩、透辉石化蛇纹岩及二辉石岩组成的多旋回堆积相序, 具明显的高压型堆积岩类特点, 富含铬铁矿, 部分地段达到矿床级别; 石棉矿及开屏沟东超基性杂岩体产于滩间山蛇绿杂岩带中, 被辉长岩侵入且伴生有滩间山群的变玄武岩。岩体具有从下至上依次为蛇纹石化纯橄岩、蛇纹石化辉橄岩和橄榄辉石岩组成的堆积相序, 主要的矿化为镍矿化, 镍矿化主要分布于蛇纹石化纯橄岩偏底部的位置。

(2) 通过对两部分超基性杂岩体岩石地球化学特征的对比研究, 结合岩体中铬尖晶石矿物化学研究成果, 以及滩间山群变玄武岩的相关研究成果, 获得了以下认识:

① 主量元素特征上, 两部分超基性杂岩体都具有高 Mg 低  $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、FeO、CaO 贫碱的特点,  $\text{Mg}/\text{Fe}^*$  比值较高, 为镁质或镁铁质超基性岩; 区别是石棉矿及开屏沟东的超基性杂岩体具有相对较低的  $\text{Mg}/\text{Fe}^*$  比值, 和相对较高的铝含量。

② 微量元素特征上, 两部分超基性杂岩体的大离子亲石元素 Rb、Ba、Pb、U、Sr、Th 富集, 高场强元素 Nd、Ce、Zr、Hf、Ti 和重稀土 Yb、Y 亏损, 基本符合岛弧岩浆的地球化学特征; 稀土元素分布形式上, 石棉矿及开屏沟东的超基性杂岩体具有明显的 SSZ 型蛇绿岩的地幔橄榄岩特征, 而落凤坡超基性杂岩体 REE 丰度存在较大差异, 可能与岩浆源区中有熔体贯入有关。

③ 利用落凤坡超基性杂岩中铬尖晶石的  $\text{Cr}^\#$ - $\text{Mg}^\#$  图解, 结合其高压型堆积岩特点, 判别落凤坡超基性杂岩体形成于岛弧或者是弧前盆地环境中, 为 SZZ 型蛇绿岩套的堆晶岩系部分。

④ 石棉矿及开屏沟东的超基性杂岩体与滩间山群变玄武岩一同产于滩间山蛇绿杂岩带中, 两者关系密切。绿梁山地区的滩间山群变玄武岩形成的构造环境与岛弧弧间或弧后性质的小洋盆相近(王惠初等, 2005), 因此认为超基性杂岩体最有可能形成于岛弧或弧前盆地环境, 并且两者共同构成了形成于岛弧环

境的 SZZ 型蛇绿岩组合, 超基性杂岩组成熔融地幔残余和堆晶岩系部分, 滩间山群变玄武岩为熔岩部分。

(3) 对开屏沟东超基性杂岩进行锆石 LA-ICP-MS U-Pb 定年, 得到岩体形成年龄为  $(456.4 \pm 5.8) \text{ Ma}$ , 形成时代为奥陶纪, 对应区内加里东期大洋俯冲消减形成多岛弧盆系的时间。

(4) 对镍矿化超基性杂岩体利用扫描电镜和电子探针分析进行镍赋存状态的研究, 确定了岩体中存在有硫化镍矿物, 并初步估算出硫化镍相的镍占到岩体全镍含量的一半。结合镜下鉴定结果, 确定了岩体中硫化镍矿物的矿物组合为镍黄铁矿  $((\text{Fe}, \text{Ni})_9\text{S}_8)$ -赫硫镍矿  $(\text{Ni}_3\text{S}_2)$ , 并见有少量的钴镍黄铁矿  $((\text{Co}, \text{Ni})_9\text{S}_8)$  和砷镍矿  $(\text{Ni}_{12-x}\text{As}_8)$ 。而这种矿物组合指示了贫 S 的母岩浆环境 (Kullerud, 1963)。

(5) 岩体中硫化镍矿物为浸染状构造, 颗粒很小  $0.02 \sim 0.3 \text{ mm}$  不等, 多呈他形不规则粒状分布于硅酸盐矿物间隙之中, 这些特征说明其形成与硫化作用有关, 是岩浆分异结晶的产物。而硫化镍矿物较为集中的出现在蛇纹石化纯橄岩的偏底部位置, 这说明在岩浆阶段可能发生了重力分异, 使得之后的硫化镍矿物分离结晶于岩体底部位置。

综上所述, 绿梁山超基性杂岩体中的硫化镍矿为蛇绿岩超基性岩型岩浆硫化镍矿。这种在蛇绿岩中形成硫化镍矿床在世界范围内的实例很少, 典型的有产于菲律宾的 Acoje 铬铁矿床伴生的镍矿床, 矿化地段长至少可达  $5 \text{ km}$ , 硫化矿物主要为单硫铁矿、黄铁矿、镍黄铁矿、紫硫镍矿等。该矿床被认为形成于俯冲带环境, 同样, 镍硫化物呈液滴状产于辉石岩和纯橄岩组成的层状岩体偏底部部分的蛇纹石化纯橄岩中,  $w(\text{Ni})$  变化在  $0.25\% \sim 8\%$ , 平均  $1.5\%$ , 铂含量  $1/3$  盎司/t (Leonid, 1969)。与本次发现的镍矿化具有一定的相似性和可比性。此外, 近几年在中国西藏的班公湖岛弧带 (曲晓明等, 2009) 和新疆萨尔托海铬铁矿 (谭娟娟等, 2010) 中也发现有这种蛇绿岩超基性岩型岩浆硫化镍矿化。说明该类型矿化具有一定的普遍性, 同时也具备形成大型矿床的可能。结合该区的物探成果, 含镍超基性杂岩体内具有明显的激电异常, 激电高极化低阻地段与已知镍矿化体相吻合, 并且存在显著的磁异常, 磁异常上延指示有较大延深, 低阻高极化异常很可能由隐伏的地质体引起, 具有较好的深部找矿前景。

## 参考文献

- 曲晓明, 赵元艺, 王瑞江, 等. 2009. 西藏班公湖-怒江成矿带上发现硫化镍矿[J]. 矿床地质, 28(6): 727-834.
- 谭娟娟, 朱永峰. 2010. 新疆萨尔托海铬铁矿中的 Fe-Ni-As-S 矿物研究[J]. 岩石学报, 8: 2264-2274.
- 王惠初, 陆松年, 莫宣学, 等. 2005. 柴达木盆地北缘早古生代碰撞造山系统[J]. 地质通报, 24(7): 603-612.
- Kullerud G. 1963. Thermal stability of pentlandite[J]. Canadian Mineralogist, 7: 535-366.
- Leonid B. 1969. Ore deposits of the Philippines An introduction their to geology[J]. Econ. Geol., 64: 644-666.