

青海化隆基性-超基性岩带铜镍矿 成矿条件与找矿潜力

张照伟^{1,2}, 李文渊¹, 高永宝^{1,2}, 郭周平¹, 张江伟¹, 李侃¹, 张利忠³

(1. 中国地质调查局西安地质调查中心, 陕西 西安 710054; 2. 长安大学资源学院, 陕西 西安 710054; 3. 内蒙古第五地质矿产勘查研究开发院, 内蒙古 包头 014010)

摘要: 青海化隆基性-超基性岩带是南祁连山一条重要岩带, 其内产出若干基性-超基性岩体。通过对化隆基性-超基性岩带的基本地质特征及化隆群结晶基底的综合研究, 结合已有研究成果及其相关其他地质信息, 发现该基性-超基性岩带中的岩体都不同程度侵位于化隆群中, 并具有相似的地质地球化学特征和成矿地质条件。加之带内几处典型的铜镍成矿表现, 可见青海化隆基性-超基性岩带具有较好的铜镍成矿条件与找矿潜力。现有的野外工作及找矿实践亦表明了, 在巨厚红层覆盖下所发育的基性-超基性岩体表现了重要的铜镍矿化显示, 同时提示在化隆基性-超基性岩带还有发现新的同类型岩体和铜镍矿床的潜在条件, 其资源潜力较好。

关键词: 基性-超基性岩; 成矿条件; 找矿潜力; 化隆; 青海省

中图分类号: P618.41; P618.63 **文献标识码:** A

1 引言

古亚洲域构造和特提斯域构造共同作用的秦-祁-昆造山带, 在中国显生宙大陆壳形成中具有重要作用(程裕淇, 1994; 姜春发, 1993, 2002; 董国安等, 2007)。位于青海省东部的化隆基性-超基性岩带, 主要出露于拉脊山以南、黄河以北, 西起青海湖东南的裕龙沟(元者寺附近), 经贵德县的阿什贡, 东到化隆县的塔加, 长约 160 km, 平均宽 20 km, 呈西窄东宽的楔形(图 1)。带内出露一定数量规模不等的基性-超基性岩体, 共有岩体群 32 处, 单个岩体上百个。其内所发现的几处铜镍矿床(点)与基性-超基性岩侵入体关系密切(李文渊, 1996, 2004; 孙延贵等, 2001; 陆松年

等, 2006; 梁光河等, 2007; 李彤泰, 2011)。但其他岩体的含矿性并不清楚, 鉴于地表红层深度覆盖的地貌特点, 其下隐伏基性-超基性岩体的发现及含矿性亟待研究。笔者通过化隆基性-超基性岩体的结晶基底及成矿地质条件分析, 结合岩体的地球化学研究, 试图建立带内基性-超基性岩体与铜镍成矿的关系, 并研究其成矿地质条件, 总结化隆基性-超基性岩带基本特征, 进而指出该基性-超基性岩带的资源潜力与找矿方向。

2 区域地质背景

青海化隆基性-超基性岩带位于祁连褶皱系的化隆隆起带内, 被夹持于拉脊山南缘断裂与青海南

收稿日期: 2011-08-20; 修回日期: 2011-10-20

基金项目: 国家科技支撑重点项目课题(2006BAB01A01); 地质大调查项目(1212010918024、1212011121088、1212011121092 和 1212010911032)

作者简介: 张照伟(1976-), 男, 助理研究员, 在读博士, 从事岩浆作用矿床及区域成矿研究。E-mail: zhaoweiz@126.com

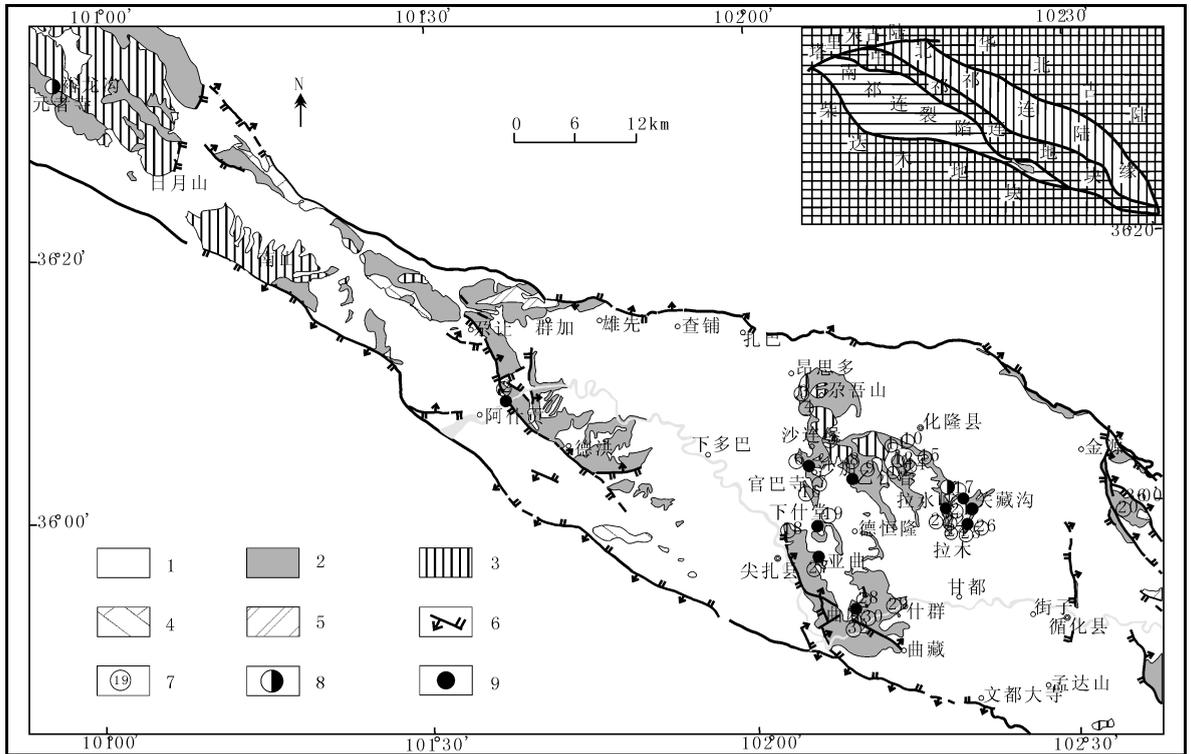


图 1 青海化隆碱性-超碱性岩带地质分布简图

Fig. 1 The sketch geological map of Hualong basic-ultrabasic rocks belt in Qinghai

- 1. 古近系及第四系; 2. 化隆群变质岩; 3. 花岗岩; 4. 花岗闪长岩; 5. 闪长岩; 6. 断层;
- 7. 碱性-超碱性岩体位置及编号; 8. 铜镍矿; 9. 镍矿

山断裂之间。地层以元古宇化隆群为主，在漫长的地史发展演化过程中，自早元古代褶皱隆起以后，一直处于稳定的剥蚀区。从相对意义上讲，它在褶皱系中具有台型构造特征。到了中、新生代才接受少量沉积，使老的构造基底被掩盖了一层新的红色岩系。元古宇化隆群是一套以石英岩、黑云母石英片岩、二云母片岩、石英片岩、角闪片岩、黑云斜长片麻岩、混合片麻岩和混合岩为主体的、变质程度较深的中—深变质岩系（汤中立等，1995，2006；万渝生等，2001），混合岩化显著，是一套槽型浅海-滨海相类复理石建造。在这套变质岩系之上直接被新生代西宁群和贵德群红层角度不整合覆盖（图 2）。带内多数碱性-超碱性岩体都不同程度地侵位到化隆群关藏沟岩组中，所就位的该类岩体与铜镍成矿密切相关，主要表现有拉水峡、关藏沟、曲马、科却、沙加、乙什春、下什塘、亚曲及裕龙沟等铜镍矿（化）点（图 2）。

区内断裂构造多分布于岩带的边部，往往是大地构造单元的分界线，属区域性大断裂。主要构造

线方向均呈北西向，大断裂有 2 条：北部是拉脊山南缘大断裂，为化隆隆起带与拉脊山优地槽褶皱带的分界线，也是化隆岩带与拉脊山岩带的分界线；南部是青海南山深大断裂，为化隆隆起带与秦岭褶皱系的青海湖南山冒地槽褶皱带的分界线。岩带内碱性-超碱性岩的侵位可能受隆起带内的次级断裂构造所控制（殷鸿福等，1998；夏林圻等，2001；许志琴等，2006；徐旺春等，2007；夏昭德等，2011）。化隆碱性-超碱性岩带内由于大面积被古近系、第四系覆盖，总的褶皱面貌不清。在化隆南部主要是由 2 个向斜和 2 个背斜组成。

3 岩带基本特征

3.1 岩体规模、形态及产状

化隆岩带内岩体规模较小，其出露密度不大，分布零散，单个岩体多数长几十至百余米，最大者长 1 300 m、宽 10~78 m，小者长度仅几米（表 1）。岩体形态多呈短轴状，平面形态为透镜状及脉

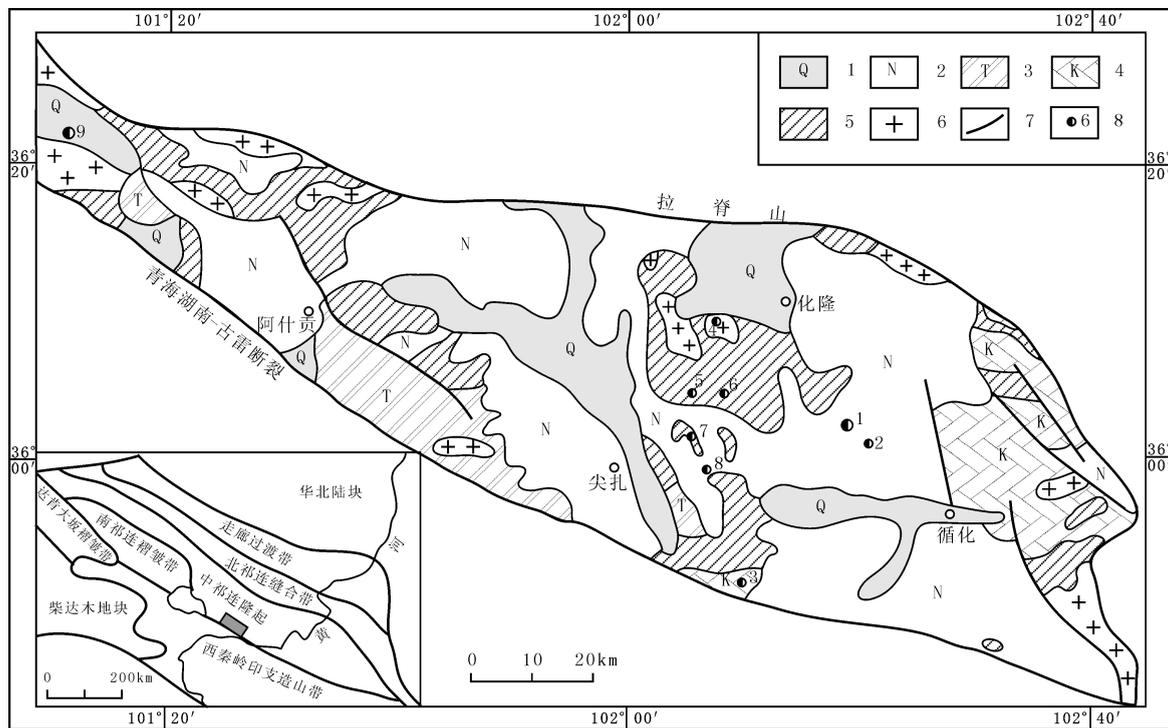


图2 南祁连化隆岩群及岩浆铜镍矿点地质分布简图 (据张照伟, 2009 修改)

Fig. 2 The sketch geological distribution map of Hualong Group and magmatic Cu-Ni deposits in South Qilian Mountains (After Zhang Zhaowei, 2007)

1. 第四系; 2. 古近系; 3. 三叠系; 4. 白垩系; 5. 化隆群; 6. 花岗岩类; 7. 断层; 8. 铜镍矿点及编号
 铜镍矿点名称: 1. 拉水峡; 2. 关藏沟; 3. 曲马; 4. 科却; 5. 沙加; 6. 乙什春; 7. 下什塘; 8. 亚曲; 9. 裕龙沟

表1 化隆岩带主要岩体特征一览表

Tab. 1 The characteristics of main intrusions in Hualong

岩体名称	岩石类型	规模		形态	产状		
		长/m	宽/m		走向	倾向	倾角/°
科 却	辉石岩		30 左右		北西		
沙 加	辉石岩辉长岩	100	40	近椭圆状	北北西	北东东	45
乙什春	苏长岩辉长岩	1 000	300	不规则葫芦状	北东	南东	50~60
拉水峡	橄辉岩辉石岩	150	15.28	不规则透镜状	北西—南东	北—南东	50-直立
下什塘	橄榄岩辉石岩	>160	45	不规则透镜状	北北西	北东	60 左右
亚 曲	苏长岩闪长岩	680	100	透镜状	北北西	北东东	45~60
关藏沟	(二辉) 辉石岩	40	1.51	透镜状	北西—北西西	北东—北北东	60 左右

状, 次为巢状、团块状、不规则状、等轴状和椭圆状等。岩体总的展布方向以北西向为主, 倾向以北东为主, 倾角中等。

3.2 岩体类型

岩带内的岩体类型总的属基性-超基性杂岩类, 而各岩体的岩石类型主要是橄榄岩、辉石岩、角闪石岩及辉长岩等。

角闪石岩型岩体, 全部或绝大部分由角闪石岩或黑云母角闪石岩、辉石角闪石岩和橄榄角闪石岩

所组成, 本类型以裕龙沟、拉水峡等岩体为代表, 是岩带内重要的成矿岩体类型。橄榄岩型岩体, 由橄榄岩组成, 有少量的二辉辉石岩、角闪石岩和紫苏辉长岩, 代表岩体有阿什贡、尕吾山村等。而二辉辉石岩-紫苏辉长岩型岩体, 由二辉辉石岩及紫苏辉长岩组成。岩石中以含斜方辉石为特征, 斜长石牌号为 $An=50\sim 80$, 化学成分是 Mg 高 Ca 低, 岩体铜镍矿化普遍。以加家、沙家等岩体为主要代表。单辉辉石岩-辉长岩型岩体, 由单辉辉石岩、辉长岩

或其中一种岩石组成。其特征是岩石中不出现斜方辉石，辉石岩与辉长岩常常由于辉石和斜长石的增减而彼此过渡。岩石化学成分是 Ca 高 Mg 低，岩体无铜镍矿化或矿化微弱。该岩体类型是岩带内主要岩体类型，代表岩体有沙家、乙什春和小窑沟等。

3.3 岩体地球化学特征

经岩石化学分析，拉水峡岩体的 m/f 为 0.5~1.9，平均为 1.1。裕龙沟岩体 m/f 为 0.8~4.5，平

均 3.0。亚曲岩体的 m/f 为 1.0~2.3，平均为 1.5，均属于铁质系列。在 $SiO_2-Na_2O+K_2O$ 图上，样品均投影在亚碱性系列区（图 3-A）。在 AFM 图解上，除拉水峡个别样品外均投影于钙碱性系列区（图 3-B）。

从稀土元素配分图上也可以看出（图 4-A），化隆基性-超基性岩带内的岩体均具轻稀土富集型特征，显示明显的负 Eu 异常，说明岩浆演化过程中发生了大量斜长石等的分离结晶作用。

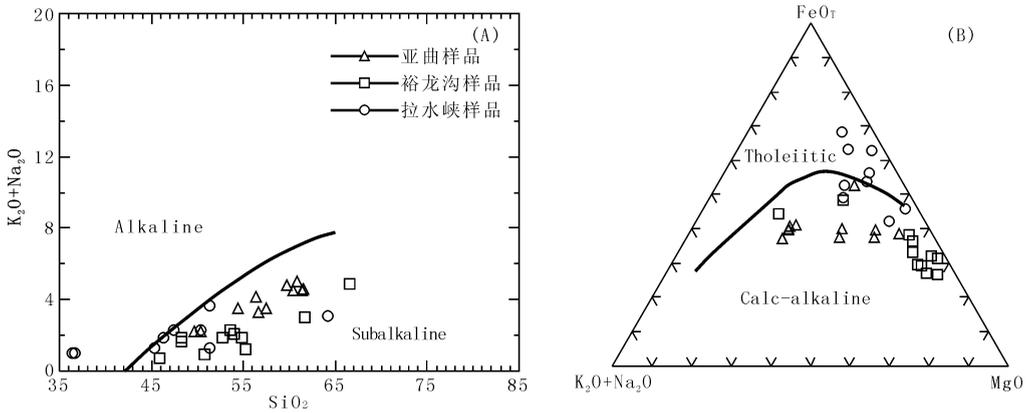


图 3 (A) 岩石化学分类 $SiO_2-Na_2O+K_2O$ 图解和 (B) 岩石化学分类 AFM 图解
 Fig. 3 (A) Chemical classification of rocks $SiO_2-Na_2O+K_2O$ diagram and (B) AFM diagram from Hualong intrusive rocks

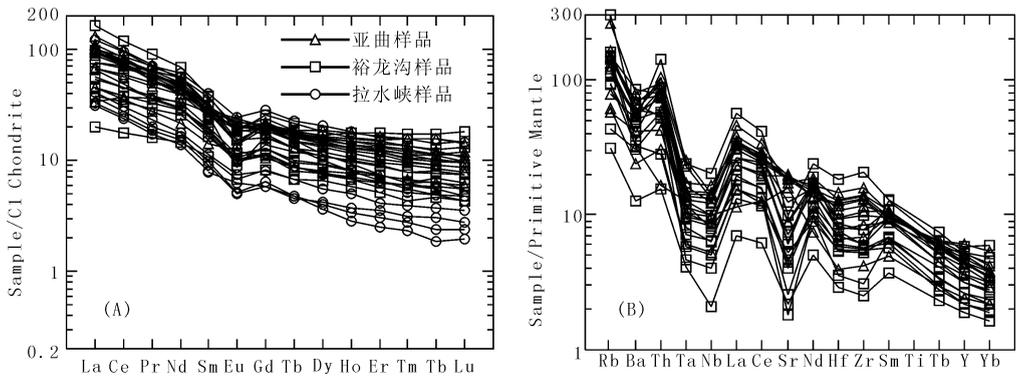


图 4 (A) 化隆岩带岩体稀土元素配分模式图及 (B) 微量元素蛛网图

(球粒陨石标准化值据 Boynton, 1984; 标准地幔数据据 Sun and McDonough, 1989)

Fig. 4 (A) REE patterns and (B) trace elements spider diagram from Hualong intrusive rocks

微量元素特征基本一致，总体上显示出相容元素（如 Ni, Cr, Co, V）含量高，不相容元素（如 Rb, Ba, Th, U 等）含量低的特点（图 4-B）。微量元素蛛网图中具有 Nb、Ta 负异常，可能与热液

蚀变和地壳混染有关。

同时对化隆基性-超基性岩带内的裕龙沟岩体和亚曲岩体进行了锆石 U-Pb ID-TIMS 精确定年，获得 (442.7 ± 1.6) Ma 和 (440.74 ± 0.33) Ma，

为加里东期岩体。

4 成矿条件

4.1 地质条件

化隆基性-超基性岩带内的岩浆活动比较强烈,基性-超基性岩侵入体以拉水峡、乙什春和沙加等岩体为代表,与区内已知铜镍矿床(点)密切相关,侵入在元古宇化隆岩群内。化隆岩群是一套以石英岩、黑云母石英片岩、二云母片岩、石英片岩、角闪片岩、黑云斜长片麻岩、混合片麻岩和混合岩为主体的、变质程度较深的中-深变质岩系。化隆岩群又分为智尕昂、关藏沟及鲁满山三个岩

组,其透入性片理、片麻理发育,原始层理基本荡然无存,属层状无序地层类型,变形强烈,样式复杂。同时,其内岩石经历了多次构造作用,不管是变质还是变形都显示了变质岩的构造变形变质结晶基底的特征。

由于化隆群的时代存在争议,故对化隆群黑云斜长片麻岩中的碎屑锆石利用 LA-ICP-MS 方法进行了 U-Pb 同位素测年研究,数据集中于 893 Ma 与 919 Ma 两个峰值,还存在 1 000~1 600 Ma 的古老锆石(图 5)。初步研究认为化隆群基底形成于晋宁期,这与祁连山及其邻区中获得的 9~10 亿年的构造岩浆事件年龄基本一致,它们共同反映了中国西部受全球新元古代 Rodinia 超大陆聚合事件的影响。

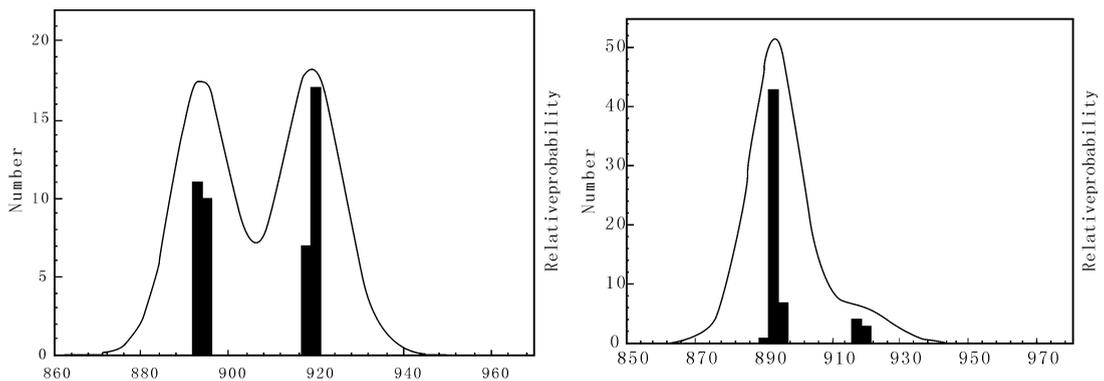


图 5 化隆群黑云斜长片麻岩 U-Pb 同位素测年结果

Fig. 5 U-Pb Isotopic dating results of biotite plagioclase gneiss from Hualong Group

化隆基性-超基性岩带内的岩体均无一例外地侵入到化隆群中,化隆群所在的化隆微陆块为岩体的就位与铜镍矿的形成奠定了地质条件。

4.2 典型矿床

产于化隆断隆带内的拉水峡铜镍矿床,矿化的基性-超基性岩体产于元古宇片麻岩中的两组断裂交汇处,为断裂构造控矿,基性-超基性岩及其围岩(片岩、片麻岩)蚀变强烈,蚀变的片岩、片麻岩和花岗岩和花岗伟晶岩的局部地段有铂或铜、镍矿化,在两组断裂交汇处,有脉状矿体。可见,脉状矿化与花岗岩、花岗伟晶岩的侵入活动有关(图 6)。

基性-超基性杂岩体呈岩瘤状产于元古宇片麻岩、角闪片岩的层间断裂,呈北西-南东向展布。岩体出露长 100 余米,宽 5~12 m。岩性以角闪岩为主,其次有黑云母角闪石岩、辉石角闪石岩,岩石片理化明显,含矿岩体顺层产于元古宇片麻岩

中。构成北西西向基性-超基性岩带,其展布方向与区域构造线方向一致。

已查明有 I、II 号含铂铜镍矿体及一些零星小矿体。其中, I 号矿体规模较大,主要产于角闪岩体与片麻岩接触带的岩体一侧,部分矿体进入片麻岩。II 号矿体规模次之,产于古元古界片麻岩中的石英角闪片岩层间。I 号矿体走向长 150 m,倾向延深 200 m,厚 14.17~23.37 m,呈不规则、透镜状,贯入角闪石岩和片麻岩的断裂或裂隙中,呈北西西向展布; II 号矿体产于北西向和北东向断裂交汇处,长 30 m,宽 38.21 m,延深 23 m,为一近南北向产出的上宽下窄的楔形体。

矿石具他形粒状结构、溶蚀、交代结构、变余海绵陨铁结构,块状、浸染状、角砾状、环状、细脉状构造。氧化矿石具土状结构,块状、多孔状构造。主要金属矿物有黄铁矿、紫硫镍铁矿、黄铜矿

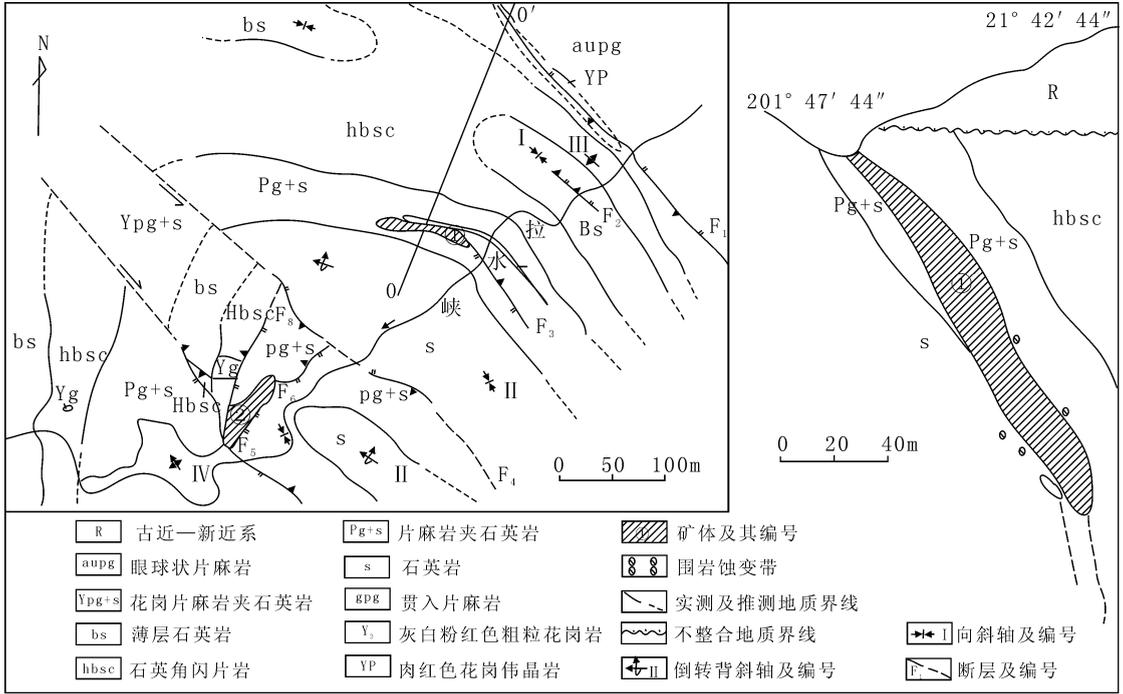


图 6 拉水峡铜镍矿地质简图 (据李文渊, 2004 修改)

Fig. 6 The sketch geological map of Lashuixia Cu-Ni deposit (After Li Wenyan, 2004)

和辉铁镍矿, 少量镍磁黄铁矿、闪锌矿、辉钼矿、硫铁镍矿和磁铁矿等。脉石矿物有长石、角闪石、黑云母、橄榄石、磷灰石和绿泥石等。次生矿物有镍绿泥石、含镍高岭土、水云母、蓝铜矿、孔雀石、玉髓、高岭土及少量长石、石英。

围岩蚀变以黄铁矿化、绿泥石化为主, 次有碳

酸盐化、绿高岭土化、褐铁矿化、黑云母化、次角闪石化和叶蜡石化等。可见拉水峡铜镍矿床是典型的岩浆熔离型矿床, 该类型也是该基性-超基性岩带内典型的矿床类型。

除拉水峡典型矿床之外, 其他矿床特征详见典型矿床一览表 (表 2)。

表 2 化隆岩带典型矿床特征一览表

Tab. 2 The characteristics of typical Ni-Cu deposits in Hualong

名称	岩石类型	褶皱		断裂		矿床特征		围岩蚀变
		轴向	形态	方向	发育程度	形状, 产状	主要矿石矿物	
拉水峡	露头极少, 主要为角闪片岩类	北西西	向北西倾伏的复背斜	以北西及北北西为主	极发育, 达 10 多条	多数为透镜状, 产状为北东 $10^{\circ} \angle 60^{\circ}$ 倾向, 北西 $330^{\circ} \angle 50^{\circ}$	黄铁矿、黄铜矿、紫硫镍矿	黄铁矿化、绿泥石化、高岭土化
沙加	有少量出露, 以辉长岩类为主, 次是辉石岩	北北西	向东北倾斜倾角为 60° 左右的倒转背斜	以北北西向和北西向为主, 次为北东东向和东-西向	极发育	矿体小, 数目多, 以囊状、透镜状、脉状为主产状为北北西走向倾角较陡	黄铜矿、黄铁矿含镍磁黄铁矿辉钼矿	黑云母化、绿泥石化
亚曲	辉长岩辉石岩	北北西	向北北东倾斜倒扇形复背斜	以北北西及东-西向为主	极发育达 10 多条	矿体为豆状及不规则状、产状为 $65^{\circ} \angle 60^{\circ}$	黄铜矿、黄铁矿含镍磁黄铁矿镍黄铁矿辉钼矿	黑云母化、绿泥石化、角闪石化

4.3 成矿表现

带内与铜镍矿有关的基性-超基性岩主要赋存

在下元古界关藏沟组下岩段和中岩段底部。因此, 与此类岩体有关的铜镍矿也主要受此层位控制。当

较刚性的智昂组巨厚石英岩和其上覆的较塑性的关藏沟组杂岩层(黑云石英片岩、黑云斜长片麻岩、混合岩、角闪片岩及薄层石英岩等),在晋宁运动时期发生较强烈的褶皱变形时,在那刚、塑岩层差异较大的变化部位上形成了较明显的层间构造滑动带。因此,来自深处的基性-超基性岩岩浆,当其上侵到该构造滑动带时,便主要以顺层侵入的方式在此构造面上形成了较大的含铜镍矿的基性-超基性岩杂岩体。

5 找矿潜力

化隆基性-超基性岩比较发育,并在化隆群变质岩中顺层产出,受新近系广泛覆盖影响,基性-超基性岩体出露面积都很小(张国伟等,1998;张旺生等,2003;张照伟等,2009;赵恒川等,2007;李丽等,2010)。已发现有岩浆熔离型矿床,如拉水峡铜镍钴(铂)矿床和关藏沟铜镍矿点,显示带内基性-超基性岩成矿系统岩浆熔离成矿作用强烈。但该地区基性-超基性岩体出露规模较小,一些矿床的矿体规模与其赋矿岩体规模不成比例,推测其深部可能有较大的隐伏岩体。根据岩体基本特征和地貌地形条件,开展了高精度地面磁法和电法工作,从物探结果可以看出,所圈定的物探异常与已有矿床点吻合较好。在综合分析物探异常并结合地质实际情况进行了深部钻探验证,在深度覆盖的红层下面,不仅发现了隐伏的基性-超基性岩体,并且伴有铜镍矿化。

基于该带独特的深覆盖条件与成矿地质条件,已有的物探及地质特征均表现出了该成矿带的基性-超基性岩发育地段是基性-超基性岩成矿系统岩浆熔离型铜镍矿床的成矿远景区和重要找矿潜力地区,主攻岩体类型为角闪石岩型及橄榄辉石岩型岩体,对于地球物理表现出来高背景下的磁异常,往往隐伏有基性-超基性岩体,且岩体多伴有铜镍矿化,可见是其重要找矿方向。

6 结论

青海化隆基性-超基性岩带具有较好的铜镍成矿地质条件,带内发育的拉水峡等铜镍矿床表现出

了较好的找矿潜力。岩带内基性-超基性岩体发育,其地质特征及含矿性均具有铜镍成矿的良好条件,表现出了较好的资源潜力与找矿潜力。由此可见,具有该成矿表现的化隆基性-超基性岩带是寻找岩浆铜镍矿床的重要地区,带内因深覆盖尚未出露的基性-超基性岩体是其重要找矿发现和研究方向。

参考文献 (References):

- 程裕淇. 中国区域地质概论 [M]. 北京:地质出版社, 1994.
- Cheng Yuqi. Outline to the regional geology of China [M]. Geological Publishing House, Beijing, 1994 (in Chinese).
- 董国安, 杨宏仪, 刘敦一, 等. 龙首山群碎屑锆石 SHRIMP U-Pb 年代学及其地质意义 [J]. 科学通报, 2007, (6): 1572-1585.
- Dong Guo, an, Yang Hongyi, Liu Dunyi, et al. Detrital Zircon SHRIMP U-Pb geochronology of Longshoushan group and its geological implications [J]. Chinese Science Bulletin, 2007, (6): 1572-1585 (in Chinese).
- 李彤泰. 新疆哈密市黄山基性-超基性岩带铜镍矿床地质特征及矿床成因 [J]. 西北地质, 2011, 44 (1): 54-60.
- Li Tongtai. Geological features and metallogenesis of Cu-Ni deposit in Basic-to-Ultrabasic Zone of Huangshan, Hami Area [J]. Northwestern Geology, 2011, 44 (1): 54-60 (in Chinese).
- 姜春发. 中央造山带主要地质构造特征 [J]. 地质研究, 1993, (27): 107-108.
- Jiang Chunfa. The major geological and structural characteristics of Central Orogenic Belt [J]. Geology Research, 1993, (27): 107-108 (in Chinese).
- 姜春发. 中央造山带几个重要地质问题及其研究进展 [J]. 地质通报, 2002, 21 (8-9): 453-455.
- Jiang Chunfa. Several important geological problems about the Central Orogenic Belt and progress in its research [J]. Geological Bulletin of China, 2002, 21 (8-9): 453-455 (in Chinese).
- 梁光河, 徐兴旺, 肖骑彬, 等. 大地电磁测深法在铜镍矿勘查中的应用 [J]. 矿床地质, 2007, 26 (1): 120-127.
- Liang Guanghe, Xu Xingwang, Xiao Qibin, et al. Application of magnetotelluric method to Cu-Ni ore exploration [J]. Mineral Deposits, 2007, 26 (1): 120-127 (in

Chinese with English abstract) .

李文渊. 中国铜镍硫化物矿床成矿系列与地球化学 [M]. 西安: 地图出版社, 1996.

Li Wenyuan. Metallogenic series and geochemistry of nickel-copper sulfide deposits in China [M]. Xi'an Map Publishing House, Xi'an, 1996 (in Chinese) .

李文渊. 祁连山主要矿床组合及其成矿动力学分析 [J]. 地球学报. 2004, 25 (3): 313-320.

Li Wenyuan. Main ore deposit association and its metallogenic dynamics analysis in Qilian mountains [J]. Acta Geoscientica Sinica, 2004 (in Chinese with English abstract) .

陆松年, 于海峰, 李怀坤, 等. “中央造山带” 早古生代缝合带及构造分区概述 [J]. 地质通报, 2006, 25 (12): 1369-1380.

Lu Songnian, Yu Haifeng, Li Huaikun, et al. Early Paleozoic suture zones and tectonic divisions in the “Central China Orogen” [J]. Geological Bulletin of China, 2006, 25 (12): 1369-1380 (in Chinese with English abstract) .

孙延贵, 田琪. 秦、祁、昆三大造山带的结合特征 [J]. 青海地质, 2001, 16 (1): 16-20.

Sun Yangui, Tian Qi. Features of junction of Qinling, Qilian and Kunlun orogenic belts [J]. Geology of Qinghai, 2001, 16 (1): 16-20 (in Chinese with English abstract) .

汤中立, 闫海卿, 焦建刚, 等. 中国岩浆硫化物矿床新分类与小岩体成矿作用 [J]. 矿床地质, 2006, 25 (1): 1-9.

Tang Zhongli, Yan Haiqing, Jiao Jiangang, et al. New classification of magmatic sulfide deposits in China and ore-forming process of small intrusive bodies [J]. Mineral Deposits, 2006, 25 (1): 1-9 (in Chinese with English abstract) .

汤中立, 李文渊. 金川铜镍硫化物 (含铂) 矿床成矿模式及地质对比 [M]. 北京: 地质出版社, 1995.

Tang Zhongli, Li Wenyuan. Metallogenic model of Jinchuan nickel-copper sulfide (PGE) deposit and its geological correlation [M]. Geological Publishing House, Beijing, 1995 (in Chinese) .

万渝生, 许志琴, 杨经绥, 等. 祁连造山带及邻区前寒武纪深变质基底的时代和组成 [J]. 地球学报, 2001, 75 (4): 375-384.

Wan Yusheng, Xu Zhiqin, Yang Jingsui, et al. The Precambrian high-grade basement of Qilian terrane and neighboring areas: its ages and compositions [J]. Ac-

ta Geoscientica Sinica, 2001, 75 (4): 375-384 (in Chinese with English abstract) .

夏林圻, 夏祖春, 任有祥, 等. 北祁连山构造-火山岩浆-成矿动力学 [M]. 北京: 中国大地出版社. 2001.

Xia Linqi, Xia Zuchun, Ren Youxiang, et al. Tectonic-volcanic magma-metallogenic dynamics [M]. China Earth Publishing House, Beijing, 2001 (in Chinese) .

夏昭德, 姜常义, 夏明哲, 等. 镁铁质-超镁铁质层状岩体基本特征及岩浆作用 [J]. 西北地质, 2011, 44 (1): 85-94.

Xia Zhaode, Jiang Changyi, Xia Mingzhe, et al. Characteristics and magmatism of mafic-ultramafic layered intrusions [J]. Northwestern Geology, 2011, 44 (1): 85-94 (in Chinese) .

许志琴, 杨经绥, 李海兵, 等. 中央造山带早古生代地体构造与高压/超高压变质带的形成 [J]. 地质学报, 2006, 80 (12): 4970-6081.

Xu Zhiqin, Yang Jingsui, Li Haibing, et al. The early tectonic framework and the formation of the high-pressure (HP) and ultra-high pressure (UHP) metamorphic belt at the Central Orogenic Belt (COB) [J]. Acta Geoscientia Sinica, 2006, 80 (12): 4970-6081 (in Chinese with English abstract) .

徐旺春, 张宏飞, 柳小明. 锆石 U-Pb 定年限制祁连山高级变质岩系的形成时代及其构造意义 [J]. 科学通报, 2007, 52 (10): 1174-1180.

Xu Wangchun, Zhang Hongfei, Liu Xiaoming. U-Pb zircon geochronology constraints the forming age of high grade metamorphic rock in Qilian mountains and its tectonic implications [J]. Chinese Science Bulletin, 2007, 52 (10): 1174-1180 (in Chinese) .

殷鸿福, 张克信. 中央造山带的演化及其特点 [J]. 地球科学-中国地质大学学报, 1998, 23 (5): 438-442.

Yin Hongfu, Zhang Kexing. Evolution and characteristics of the Central Orogenic Belt [J]. Earth Science-Journal of China University of Geosciences, 1998, 23 (5): 438-442 (in Chinese with English abstract) .

张照伟, 李文渊, 高永宝, 等. 南祁连山隆微地块铜镍成矿地质条件及找矿方向 [J]. 地质学报, 2009, 83 (10): 1-7.

Zhang Zhaowei, Li Wenyuan, Gao Yongbao, et al. Metallogenic geological conditions and prospecting direction in Hualong Micro-Massif, South Qilian Mountain [J]. Acta Geologica Sinica, 2009, 83 (10): 1-7 (in Chinese) .

张旺生, 冯光胜, 高山, 等. 拉脊山-化隆变质核杂岩构造

及其隆升机制探讨 [J]. 地球科学, 2003, 28 (4): 407-413.

Zhang Wangsheng, Feng Guangsheng, Gao Shan, et al. Metamorphic core complex structure and uplifting mechanism in Lajishan-Hualong area [J]. Earth Science, 2003, 28 (4): 407-413 (in Chinese with English abstract).

李丽, 王育习, 李行, 等. 一种新构造类型的含铜镍矿化基性-超基性杂岩体 [J]. 西北地质, 2010, 43 (3): 47-56.

Li Li, Wang Yuxi, Li Hang, et al. A new structural type of basic-ultrabasic complex with Ni-Cu mineralization [J]. Northwestern Geology, 2010, 43 (3): 47-56 (in Chinese).

赵恒川, 汪明启, 李明奎. 拉水峡铜镍矿地气异常特征及其意义 [J]. 青海科技, 2007, (6): 28-33.

Zhao Hengchuan, Wang Mingqi, Li Mingkui. The geogas anomaly characteristics of Lashuixia nickel-copper de-

posit and its significance [J]. Qinghai Science, 2007, 28-33 (in Chinese).

张国伟, 柳小明. 关于“中央造山带”几个问题的思考 [J]. 地球科学—中国地质大学学报, 1998, 23 (5): 443-448.

Zhang Guowei, Liu Xiaoming. Some remarks on China Central Orogenic System [J]. Earth Science-Journal of China University of Geosciences, 1998, 23 (5): 443-448 (in Chinese with English abstract).

Boynton W V. Geochemistry of the rare earth elements; meteorite studies [A]. Henderson P. Rare Earth Element Geochemistry [C]. Amsterdam: Elsevier, 1984: 63-114.

Sun S S, McDonough W F. Chemical and isotope systematics of ocean basalts: implications for mantle composition and processes [A]. Saunders A D, Norry M J. Magmatism in the Ocean Basins [C]. Geol Soc Spec Publ 42, 1989: 313-345.

Ni-Cu Mineralization Conditions of Hualong Basic-Ultrabasic Rocks Belt in Qinghai Province and Its Prospecting Potentiality

ZHANG Zhao-wei^{1,2}, LI Wen-yuan¹, GAO Yong-bao^{1,2},

GUO Zhou-ping¹, ZHANG Jiang-wei¹, LI Kan¹, ZHANG Li-zhong³

(1. *Xian Center of Geological Survey, CGS Xian 710054, China*; 2. *School of Earth Sciences and Land Resources, Chang'an University, Xian 710054, China*; 3. *Inner Mongolia No.5 Geology & Minerals Prospecting Development Institute, Baotou 014010, China*)

Abstract: Hualong basic-ultrabasic rocks belt is a great important rock belt in South Qilian mountains, and it develops many basic-ultrabasic intrusions. All the basic-ultrabasic intrusions intrude into Hualong Group, and have similar geological and geochemical characteristics and geological conditions by the comprehensive research of basic geological characteristics and crystalline basement in Hualong group on the basis of research achievement. Together with several typical copper and nickel formation ore features, therefore, it suggests that Hualong basic-ultrabasic rocks belt has good metallogenic condition of Ni-Cu and prospecting potentiality. Field work and ore-prospecting practice proved that bearing-ore basic-ultrabasic intrusions under thick red cover have good mineralization, and there are potentials for finding new similar intrusions and Ni-Cu deposits in the Hualong basic-ultrabasic rocks belt, and it will have great resources potentiality.

Key words: basic-ultrabasic rocks; mineralization conditions; prospecting potentiality; Hualong; Qinghai Province