

图1 熬油沟地区地质简图

(据相振群等, 2007 略作修改)

Pt₂bd. 北大河群; Pt₂zl. 朱龙关群; Pt₃jt. 镜铁山群; Pt₃dl. 大柳沟群; Q₁₋₂. 奥陶系;
K. 白垩系; 1. 基性火山岩; 2. 基性侵入岩; 3. 不整合界面

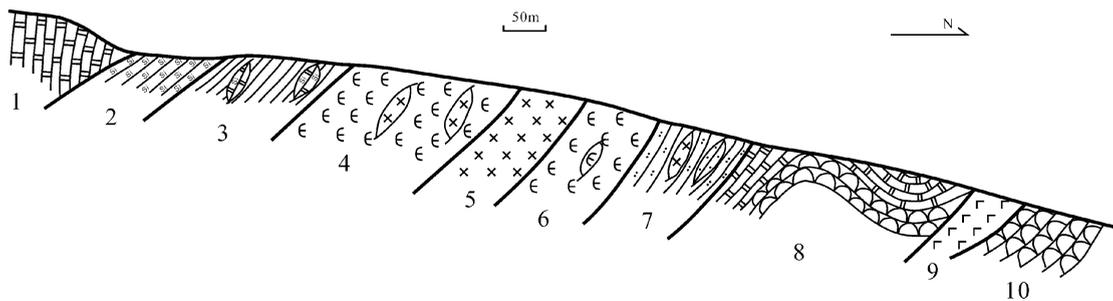


图2 熬油沟蛇绿岩剖面图

1. 白云岩; 2. 紫红色硅质岩; 3. 紫红色硅质板岩夹硅化灰岩; 4. 超基性岩夹辉长岩团块; 5. 辉长岩团块; 6. 超基性岩夹超基性岩团块及滑石菱镁岩; 7. 凝灰岩夹辉长岩及砂质团块; 8. 白云岩覆盖于枕状玄武岩之上; 9. 辉石粒玄武岩; 10. 枕状熔岩

白云岩、硅化灰岩、滑石菱镁岩等。其各个单元岩石呈构造岩片形式产出，剖面上构成自南向北逆冲的叠瓦状构造。辉长岩多呈透镜体产于超基性岩中，超基性岩破碎严重，其一是因为它本身较易遭受风化破碎，其二是因为超基性岩形成后遭构造混杂变形强烈。基性火山熔岩具有枕状构造，说明为海相火山岩的喷发，并且伴有大量的杏仁体和气孔构造。

3 熬油沟蛇绿岩研究进展

3.1 年代学方面的认识

熬油沟蛇绿岩从被识别到现在，地质工作者先后使用了不同的手段对其形成时代进行研究。不同学者对于该地区的蛇绿岩形成时代可以归为3大类：

(1) 根据灰岩中的藻灰结核，认为其为震旦纪

蛇绿岩（肖序常等，1978）。

(2) 利用单颗粒锆石蒸发法测得其中的辉绿岩岩墙的年龄分别为 $1\ 840 \pm 2\ \text{Ma}$ 、 $1\ 784 \pm 2\ \text{Ma}$ 和 $1\ 783 \pm 2\ \text{Ma}$ ，属中元古代（毛景文等，1997）；利用 SHRIMP 锆石 U-Pb 法测得熬油沟蛇绿岩形成于中元古代早期，大约 $1\ 777\ \text{Ma}$ 左右，为迄今为止报道的中国最古老的蛇绿岩（张招崇等，2001）；利用 Sm-Nd 等时线测得其中的基性熔岩的年龄为 $2\ 349 \pm 158.9\ \text{Ma}$ ，为古元古代（夏林圻等，2000）。

(3) 根据区域对比认为其为早—中奥陶纪蛇绿岩（冯益民等，1996）；利用 SHRIMP 锆石 U-Pb 法测得北祁连熬油沟辉长岩中锆石 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 表面年龄加权平均值为 $503.7 \pm 6.4\ \text{Ma}$ ，属早古生代（相振群等，2007）。

相振群还认为张招崇等辉绿岩墙的锆石测年结果中（ $1\ 777 \pm 28$ ）Ma、（ $1\ 466 \pm 26$ ）Ma、（ $2\ 561 \pm 39$ ）Ma 三组年龄可能为来源于北大河群碎屑岩中捕获锆石的年龄。由于相振群等所测得的辉长岩的年龄值（ 503.7 ± 6.4 ）Ma 与张招崇所测得的辉绿岩墙的“第二期变质年龄”（ 507 ± 9 ）Ma 在误差范围内完全一致，认为 $503 \sim 507\ \text{Ma}$ 应该代表辉长岩和辉绿岩形成的时间，也就是熬油沟蛇绿岩的形成时间。

由于辉长岩是在岩浆房中形成的堆晶岩，相对于冷凝速度较快的辉绿岩而言，会更容易形成原生锆石。辉绿岩在岩浆侵位过程中会捕获围岩中的锆石，使得锆石年龄测试结果复杂（相振群等，2007）。所以同源深成的辉长岩的锆石作为测年对象会更佳。

综合前人的研究认识以及结合野外实地调研，笔者的观点倾向于熬油沟蛇绿岩应形成于早古生代，前人通过锆石 U-Pb 法测得的元古宙的年龄可能北大河群碎屑岩中捕获锆石的年龄。

3.2 蛇绿岩形成的构造环境

通过对蛇绿岩中拉斑玄武岩的地球化学以及矿物学研究，认为它们为洋中脊玄武岩。然而，由于深海洋壳因俯冲而消亡，真正的洋中脊玄武岩很难被添加到陆壳上来，所以一般不代表宽阔的大洋中心环境，熬油沟蛇绿岩辉绿岩岩墙的存在证明了扩张作用的存在，且微量元素的特征判别表明，扩张速率为中速扩张。考虑到地幔富集程度不高，认为

它可能是小洋盆初始扩张时的扩张脊环境中形成的（张招崇等，1998）。

通过对年代学的研究得出：熬油沟地区在中元古代曾经历了拉张→洋盆→俯冲→闭合的过程，而洋盆为中元古代早期形成的，其闭合的年龄上限大约在 $1\ 466 \pm 26\ \text{Ma}$ 左右；在 $507 \pm 9\ \text{Ma}$ 左右经历过一次变质事件，且北祁连山及其邻区存在统一的新太古代和古元古代结晶基底，它们在中元古代早期发生裂开（张招崇等，2001）。

根据辉绿岩中富含捕获锆石、朱龙关群熬油沟剖面岩石组合中富含碳酸盐岩、玄武岩气孔和杏仁构造十分发育等特征分析，熬油沟朱龙关群不是典型的大洋蛇绿混杂岩，可能发育于大陆弧（后）环境（相振群等，2007）。

综上所述，可以看出前人资料对于熬油沟蛇绿岩的构造环境判别存在较大争议。根据野外实地观察及实测剖面，认为该区早古生代的构造环境可能为一个有限的洋盆，在有限洋盆的消亡过程中形成了熬油沟蛇绿岩，该蛇绿岩并不完全具备典型大洋蛇绿岩的特征。

4 结论

(1) 熬油沟蛇绿岩的岩石组合为超基性岩、辉长岩、基性火山熔岩（玄武岩）、硅质板岩、白云岩、硅化灰岩、滑石菱镁岩等，各个单元岩石均呈构造岩片形式产出，剖面上构成自南向北逆冲的叠瓦状构造。辉长岩多呈透镜体产于超基性岩中，超基性岩构造混杂变形强烈。

(2) 熬油沟蛇绿岩大约形成于 $503 \sim 507\ \text{Ma}$ ，为早古生代早奥陶纪，该蛇绿岩可能不是典型的大洋蛇绿混杂岩，其形成时的构造环境可能为一有限小洋盆，在有限洋盆消亡过程中产生了一套具以上岩石组合特征的蛇绿岩。

参考文献：

相振群，陆松年，李怀坤，等．北祁连西段熬油沟辉长岩的锆石 SHRIMP U-Pb 年龄及地质意义．地质通报，2007，26（12）：1686-1691．

- 张招崇, 周美付, Paul T Robinson, 等. 北祁连山西段熬油沟蛇绿岩 SHRIMP 分析结果及其地质意义 [J]. 岩石学报, 2001, 17 (2): 222- 226.
- 张招崇, 毛景文, 左国朝, 等. 北祁连西段中元古代早期蛇绿岩的发现及其地质意义. 矿物岩石地球化学通报, 1998, 17 (2): 114~118.
- 张招崇, 毛景文, 杨建民, 等. 北祁连熬油沟蛇绿岩岩石成因的地球化学研究 [J]. 地质学报, 1998, 72 (1): 42- 51.
- 张招崇, 毛景文, 左国朝, 等. 北祁连山西段熬油沟蛇绿岩岩石成因的矿物学研究 [J]. 矿物学报, 1999, 19 (1): 77- 82.
- 张旗, 孙晓猛, 周德进, 等. 北祁连蛇绿岩的特征、形成环境及其构造意义 [J]. 地球科学进展, 1997, 12: 366- 393.
- 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.
- 夏林圻, 夏祖春, 赵江天, 等. 2000. 北祁连山西段元古宙大陆溢流玄武岩性质的确定. 中国科学 (D 辑), 2000, 30 (1): 1- 8.
- 徐学义, 赵江天, 李向民, 等. 北祁连山早古生代硅质岩稀土元素特征及构造环境意义 [J]. 地质科技情报, 2003, 22 (3): 22-26.
- 毛景文, 张招崇, 杨建民, 等. 北祁连西段前寒武纪地层单颗粒锆石测年及其地质意义 [J]. 科学通报, 1997, 42 (13): 1414- 1417.
- 肖序常, 陈国铭, 朱志直. 关于北祁连古板块构造的几点认识 [J]. 地质科技, 1974, (3): 73- 78.
- 冯益民, 何世平. 蛇绿岩与造山作用—北祁连造山带例析 [C]. 蛇绿岩与地球动力学研究. 北京: 地质出版社, 1996: 134- 138.
- Dick H J B and Bullen T. Chrom ian spinel as a petrogenetic indicator in abyssal and alpine type peridotite and spatially associated lavas [J]. Contrib. Mineral. Petrol. , 1984, 86: 54-76.

青海东昆仑下得波利铜钼矿花岗岩 地球化学特征

张雨莲¹, 宋忠宝¹, 李志强², 张晓飞³, 陈向阳¹, 贾群子¹, 栗亚芝¹

(1. 西安地质调查中心, 陕西 西安 710054; 2. 青海省第五地质矿产勘查院, 青海 西宁 810012; 3. 天津市地质矿产测试中心, 天津 300191)

下得波利铜钼矿地处青海省东昆仑成矿带, 矿区位于诺木洪乡西南约 80 km 处。该区的地质工作始于 20 世纪 50 年代, 青海第五地质矿产勘查院 2009 年在化探异常查证过程中发现了该矿, 实现了东昆仑成矿带斑岩型找矿的重大突破。本区以往的地质研究程度很低, 前人有对成矿斑岩的地球化学、年代学和成矿流体做了研究, 但笔者在野外调研过程中发现, 下得波利铜钼矿床的铜钼矿化也有发生在矿区破碎花岗岩中, 相关研究较少, 笔者详细地研究了花岗岩主量、微量、稀土元素特征, 以期探讨矿床地质特征, 矿区内岩浆岩的形成环境及矿床成因问题, 为本区进一步寻找斑岩型矿床以及区域成矿物质来源和成矿规律的研究提供了新的资料。

1 区域及矿区地质特征

研究区夹持于昆中与昆南断裂之间, 大地构造属东昆仑南坡俯冲增生杂岩带, 区内断裂构造发育, 岩浆活动强烈, 为成矿作用奠定了较好的成矿地质背景。

下得波利铜钼矿床分为埃坑德勒斯特北、埃坑德勒斯特南、下得波利 3 个矿区, 其中斑岩体地表仅在埃坑德勒斯特北矿区出露, 在埃坑德勒斯特南地区钻孔岩心也有发现花岗斑岩和花岗岩。矿区内

出露地层主要有早中三叠纪洪水川组安山岩、安山质熔结凝灰岩, 晚三叠纪八宝山组长石石英砂岩、复成分砾岩、含砾长石砂岩夹流纹岩、凝灰岩等。矿区内岩浆活动强烈, 侵入岩有花岗斑岩、碎裂中细粒花岗岩、粗粒黑云母花岗岩、中粒闪长岩、闪长玢岩。闪长玢岩穿切矿化层, 为成矿后脉岩。其中花岗斑岩和碎裂中细粒花岗岩与成矿关系密切, 是铜钼矿化赋存的直接围岩, 另外火山岩流纹岩也是赋矿围岩之一。

区内断裂构造发育, 以北西向和近南北向两组断裂为主。断裂规模大, 地表形成宽几米至百米的破碎带。破碎带及两侧高岭土化、黄铁矿化、碳酸岩化及褐铁矿化较为发育。埃坑德勒斯特发现的铜钼矿化体部分产于北西向破碎带中, 也是异常区主要的控矿构造。埃坑德勒斯特南地区发现两条南北走向的构造破碎带, 均宽约 200 m、长约 1 km。破碎蚀变带内发现南倾宽约 40 cm 的钼矿破碎脉。下得波利异常区目前发现的矿化体主要于破碎带内的后期酸性岩脉中, 两组断裂交汇部位铜矿化最强, 矿体宽度最大。

目前, 通过钻孔和坑道揭露, 在埃坑德勒斯特北异常区共圈出 8 条铜矿体, 2 条钼矿体。总体上矿体呈北西西向展布, 矿化体呈透镜状, 含矿岩性主要为碎裂岩化花岗斑岩。岩石高岭土化、碳酸岩化、硅化、钾化、黄铁矿化、黄钾铁矾化较强。

收稿日期: 2012-10-20

基金项目: 地质调查专项“青海省岩浆岩时空分布与成矿作用研究”(1212011121089)

作者简介: 张雨莲 (1984-), 女, 研究实习员, 矿床地质学研究。E-mail: zhoh321@163.com