新疆喀拉通克镁铁-超镁铁岩体中橄榄石的特征及成因意义

杨素红，王若梅，姜超
长安大学地球科学与资源学院，陕西西安，710054

喀拉通克矿床位于阿尔泰加里东褶皱系和准噶尔海西褶皱系结合部位的，是中亚造山带中的典型矿床，矿区构造活动强烈，岩性复杂，岩相齐全，成矿岩体小，岩体基性程度低，矿床规模大，工业矿体分布相对集中，矿石品位高，具有重要的研究意义。橄榄石的化学成分不仅受到母岩浆的控制，而且还会受到岩浆的结晶分异、硫化物融离、结晶后与晶间硅酸盐的反应等影响（Duke and Naldrett，1978；Li and Naldrett，1999；李士彬等，2008），因此，橄榄石对研究岩体成因信息和成岩成矿过程有重要的指示意义。

橄榄石为橄榄苏长岩及橄榄辉绿辉长岩中的主要的造岩矿物之一，暗绿色，含铁量越高，颜色越深，显微镜下无色，半自形-它形粒状，糙面显著，裂纹发育，常被黑云母、角闪石及辉石包裹形成包橄结构，矿化较好的橄榄苏长岩中还发育海绵陨铁结构，发生的蚀变有蛇纹石化、滑石化等。

我国 20 个含矿岩体的 68 个橄榄石化学分析结果统计表明，它们均属于镁橄榄石-铁橄榄石系列，与铜镍矿有关的橄榄石 Fo 值变化与 77.3～88.9，属贵橄榄石（师占义，1994）。从电子探针分析结果可知，大部分橄榄石 Fo 值(Fo=100×Mg/(Mg+Fe))介于 70.93～81.39 之间，为贵橄榄石。喀拉通克橄榄石的 Fo 值比一般的碱性玄武岩中橄榄石的 Fo 含量（一般在 80％以上）及岛弧钙碱性玄武岩中的橄榄石的 Fo 含量（大多在 90％以上）低，也较其它地区含岩浆型 Ni-Cu-(PGE)硫化物矿床的层状岩体中的橄榄石的 Fo 略低（汤中立等，1995）。同一橄榄石中 Fo 核部较边部值低，可能是结晶橄榄石与残余熔浆发生物质交换引起 MgO 降低的结果。

橄榄石除 MgO、FeO、SiO_2 等主要元素外，其他元素含量很低。CaO 的含量均小于 0.1%，表明它们结晶时冷却速度较慢，压力较高，同时也表明了喀拉通克岩体可能与地幔柱无关（来自地幔柱的岩浆形成的橄榄石 CaO 一般在 0.2%以上）。MnO 的含量为 0.3%-0.5%，MnO 含量随着橄榄石中 Fo 值的而减小呈现增加的趋势。Ni 含量从 572～2252ppm，变化范围很大，同一件样品的 Ni 含量变化最高达 1072ppm。在 Fo-NiO 图解上，橄榄石部分落在 Ni 含量正常区，部分落在 Ni 含量亏损区，说明可能在深部发生过硫化物的融离作用。

利用橄榄石-熔体平衡原理，以岩体中橄榄石的最高 Fo（81.39）值可以得到共存熔体的 MgO/FeO_T（$wMgO/wFeO=0.56K_DFo/(1–Fo)$，$K_D^{Ol/Melt}=0.30$）为 0.7347，大部分岩石样品中的 MgO/FeO_T 大于 0.7347，说明岩石的成分不能代表共存熔体成分，进入高位岩浆房的母岩浆中有过剩的橄榄石加入母岩浆为经历深部橄榄石结晶分离作用的演化岩浆（李刚柱；2008）。

利用岩体中最基性的岩相橄榄苏长岩的平均 FeO 含量(13%)（柴凤梅；2006）就可以估算出进入岩浆房母岩浆 MgO 的含量为 9.56%。由于橄榄石的 Fo 含量过低，且岩石地球化学数据计算的岩石平均 $Mg^{\#}$仅为 0.62，表明 MgO=9.56%的岩浆不是地幔直接熔融形成的，可能是经历了深部岩浆房分离结晶作用的产物，因此 MgO=9.56%的岩浆不能代表母岩浆，喀拉通克母岩浆可能为 MgO 含量>9.56%的高镁拉斑玄武质岩浆，又由于岩浆中存在含水矿物角闪石和黑云母，说明岩浆含水，则喀拉通克岩体的母岩浆是含水的高镁拉斑玄武质岩浆。

注：本文为新疆富蕴县喀拉通克铜镍矿区及外围勘查项目（编号 XXKY2010-3）的成果。
收稿日期： 2013-03-13； 改回日期： 2013-03-31；责任编辑：郝梓国。
作者简介：杨素红，女，1987 年生。在读硕士，矿物学、岩石学、矿床学专业。Email:suhong15029288214@163.com。

据橄榄石中最高的 Ni 含量可以确定初始岩浆中 Ni 的含量（$Ni^{melt}=Ni_{Olmax}/D_{Ni}^{Ol\text{-}melt}$，$D_{Ni}^{Ol\text{-}melt}=7$），喀拉通克橄榄石中最高的 Ni 含量为 2252ppm，得到喀拉通克母岩浆中 Ni 的含量为 322ppm，原始地幔中 Ni 的含量为 2000×10^{-6}，由部分熔融模型的关系式可以得到原始地幔的部分熔融程度为 13%。

因此，喀拉通克母岩浆为含水的高镁拉斑玄武质岩浆，为原始地幔发生 13%的部分熔融的产物。

参 考 文 献 / References

柴凤梅.2006.新疆北部三个与岩浆型 Ni-Cu 硫化物矿床有关的镁铁－超镁铁质岩的地球化学特征对比研究.北京: 中国地质大学博士学位论文, 1～164.

李刚柱.2008.新疆喀拉通克铜镍硫化物矿床成矿岩浆作用.甘肃:兰州大学.

李士彬.2008.硫化物熔离对岩浆硫化物含矿岩体中橄榄石 Ni 含量的影响.矿物岩石地球化学通报, 27(2): 146～152.

师占义.1994.橄榄石标型特征及其找矿意义.西北地质科学, 15(1): 11～16.

王福同，马天林，刘光海.1992.新疆喀拉通克 Cu-Ni-Au 成矿带成矿作用与找矿模式.北京:地质出版社.

王建中.2010.新疆喀拉通克铜镍硫化物矿床成矿作用.西安:长安大学.

王润民，赵昌龙.1991.新疆喀拉通克一号铜镍岩浆硫化物矿床.北京: 地质出版社, 151～170.

张招崇，闫升好，陈柏林，何立新，何永胜，周刚.2003.新疆喀拉通克基性杂岩体的地球化学特征及其对矿床成因的约束.岩石矿物学杂志，22(3): 217～224.

张招崇，王福生.2003.一种判别原始岩浆的方法–以苦橄岩和碱性玄武廖群安岩为例.吉林大学学报，33(2): 130～134.

Barnes S J. 1986. The effect of trapped liquid crystallization on cumulus mineral compositions in layered intrusions. Contrib. Mineral, Petrol., 93(4): 524～531. doi:10. 1007/BF00371722.

Li C S, Naldrett A J. 1999. Geology and pet rology of the Voisey's Bay int rusion:reaction of olivine with sulfide and silicate liquids. Lithos, 47 (1～2): 1～31. doi:10. 1016/ S0024-4937 (99) 00005-5.

Naldrett A J. 2004. Magmatic sulfide deposit: geology, geochemistry and exploration. New York: Springer–Berlin Heidelberg, 1～724.

Roeder P L , Emslie R F. 1970. Olivine–liquid equilibrium. Contrib Mineral Petrol, 29: 275～289.