

新疆富蕴县希勒库都克矿区岩浆混合作用经历了一个快速的均一化过程

龙灵利¹⁾, 王京彬¹⁾, 王玉往¹⁾, 王莉娟¹⁾, 廖震¹⁾, 邓小华¹⁾,
高立明²⁾, 赵路通¹⁾, 孙志远¹⁾

1) 北京矿产地质研究院, 北京, 100012; 2) 中材地质工程勘查研究院有限公司, 北京, 100102

位于新疆北部东准噶尔盆地东北缘富蕴县境内的希勒库都克矿床是一个以斑岩型铜钼矿化为主的中型矿床, 其成矿作用与区内岩浆混合作用关系密切(王玉往等, 2008; 王玉往等, 2010; 龙灵利等, 2010; 龙灵利等, 2014)。

矿区中北部出露的“香蕉岩体”即花岗闪长岩体中发育大量的安山质暗色微粒包体, 暗色包体中均可见磷灰石针状结构、钾长石的更长石环斑结构、斜长石具有反环带以及发育黑云母、角闪石等暗色矿物团块等(王玉往等, 2008), 这些现象表明研究区存在岩浆混合作用; 花岗闪长石及其中的暗色微粒包体(玄武安山玢岩、细粒辉长闪长岩) U-Pb 年代学结果(分别为 $326.8 \pm 2.1\text{Ma}$ 、 $327.6 \pm 2.4\text{Ma}$ 和 $329.3 \pm 2.3\text{Ma}$) (龙灵利等, 2010) 进一步佐证了其作为岩浆混合作用的产物, 结合岩浆混合岩安山玢岩($331.9 \pm 2.1\text{Ma}$) 的年代学结果, 推测岩浆混合作用的时间相对较短, 于近同时形成岩浆混合岩。

以往研究结果显示包体和寄主岩石以及岩浆混合岩中斜长石、角闪石的主要氧化物对 SiO_2 呈线性关系; 与岩浆混合作用相关各岩类主量元素主要氧化物(TiO_2 、 Al_2O_3 、 MgO 、 FeO) 对 SiO_2 同样呈现连续的一致的线性关系, 微量和稀土元素配分曲线模式相似(王玉往等, 2008), 上述特征表明寄主岩和包体间发生了明显的成分交换, 且这些成分在二者间趋于平衡。进一步同位素地球化学研究发现, 寄主岩和暗色包体 Sr-Nd 同位素成分同样具有趋同性, 其 $\epsilon_{\text{Nd}}(t)$ 及 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 初始比值较为类似(寄主花岗闪长岩 $\epsilon_{\text{Nd}}(t) = 6.10$, $(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_i =$

0.701583 ; 暗色包体 $\epsilon_{\text{Nd}}(t) = 6.69 \sim 8.09$, $(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_i = 0.701725 \sim 0.701903$), 岩浆混合岩安山玢岩也与之类似($\epsilon_{\text{Nd}}(t) = 5.95$, $(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_i = 0.702785$)。锆石由于具有很高的 Hf 同位素体系封闭温度, 后期地质作用难于对其造成干扰, Hf 同位素在岩浆混合作用过程中不易达到同位素平衡, 故锆石 Hf 同位素原位分析可以揭示岩浆形成过程的复杂性(Griffin et al., 2002; 胡芳芳等, 2005; 吴福元等, 2007)。而研究区寄主花岗闪长岩和其中暗色包体锆石 Hf 同位素分析结果也表现出一定的相似性, 二者 $\epsilon_{\text{Hf}}(t)$ 均为正值, 且大部分数据范围重叠, 这表明岩浆混合两端元岩浆已经受到对方的混染, 成分趋于均一, 似乎锆石是在岩浆混合之后(熔体中 Hf 同位素达到平衡) 结晶所致, 岩浆混合岩 Hf 同位素组成则位于寄主岩和暗色包体分布范围偏中间的部位($^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf}$ 值为 $0.282904 \sim 0.282987$, $\epsilon_{\text{Hf}}(t)$ 为 $11.7 \sim 14.6$, 平均地壳二阶段模式年龄为 $406 \sim 592\text{Ma}$; 暗色包体中锆石 $^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf}$ 值为 $0.282933 \sim 0.283017$, $\epsilon_{\text{Hf}}(t)$ 为 $10.4 \sim 15.3$, 平均地壳二阶段模式年龄为 $345 \sim 676\text{Ma}$; 岩浆混合岩安山玢岩中锆石 $^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf}$ 值为 $0.282902 \sim 0.282983$, $\epsilon_{\text{Hf}}(t)$ 为 $10.5 \sim 14.3$, 平均地壳二阶段模式年龄为 $457 \sim 669\text{Ma}$)。上述地球化学研究表明, 研究区寄主岩和包体所代表的端元岩浆在混合作用过程中, 发生了成分交换及均一化。该现象(特别是 Sr-Nd-Pb 同位素均一化) 在很多地区的岩浆混合中普遍存在, 如澳大利亚 Lachlan 褶皱带(Elburg, 1996)、葡萄牙 Nelas 地区(Silva et al., 2000)、胶东文登长山南(胡芳芳等, 2005)、秦岭东江口地

注: 本文为国家自然科学基金(41202064) 和国家重点基础研究发展计划项目(2014CB440803) 联合资助成果。

收稿日期: 2015-02-05; 改回日期: 2015-02-28; 责任编辑: 黄敏。

作者简介: 龙灵利, 女, 1979 年生。博士, 教授级高级工程师, 矿床地质地球化学专业。Email: longlingli799@163.com。

区、同仁地区（李雷等，2012；黄雄飞等，2014）等。

综合研究区与岩浆混合作用相关各岩类年代学、主微量元素地球化学及 Nd-Hf 同位素地球化学特征，本文认为希勒库都克矿区与成矿密切相关的岩浆混合作用经历了一个快速的均一化过程。

参 考 文 献 / References

- 胡芳芳, 范宏瑞, 杨进辉, 翟明国, 金成伟, 谢烈文, 杨岳衡. 2005. 胶东文登长山南花岗岩闪长岩的岩浆混合成因: 闪长质包体及寄主岩石的地球化学、Sr-Nd 同位素和锆石 Hf 同位素证据. 岩石学报, 21 (3): 569-596.
- 黄雄飞, 莫宣学, 喻学惠, 李小伟, 杨梦楚, 罗明非, 和文岩, 于峻川. 2014. 西秦岭印支期高 Sr/Y 花岗岩类的成因及动力学背景—以同仁地区舍哈力吉岩体为例. 岩石学报, 30 (11): 3255-3270.
- 李雷, 张成立, 周莹, 田会全, 李小菲. 2012. 秦岭早中生代壳幔岩浆混合作用——来自东江口花岗岩体闪长质包体的地球化学证据. 高校地质学报, 18 (2): 291-306.
- 龙灵利, 王京彬, 王玉往, 王莉娟, 李秋立, 王书来, 蒲克信, 张会琼, 廖震. 2010. 新疆希勒库都克铜钼矿区岩浆混合作用: 来自锆石 U-Pb 年代学的证据. 岩石学报, 26 (2): 449-456.
- 龙灵利, 王京彬, 王玉往, 王莉娟, 廖震, 邓小华, 赵路通, 孙志远, 李德东. 2014. 准噶尔北缘希勒库都克铜钼矿区与岩浆混合作用相关岩类和含矿花岗斑岩的锆石微区 Hf 同位素研究及其成岩成矿指示意义. 矿床地质, 33 (增刊): 425-426.
- 王玉往, 王京彬, 王书来, 王莉娟, 丁汝福, 蒲克信. 2008. 新疆富蕴希力库都克地区岩浆混合作用及其成矿意义. 地质学报, 82 (2): 221-233.
- 王玉往, 王京彬, 王书来, 龙灵利, 王莉娟, 蒲克信, 汪树栋, 唐萍芝. 2010. 新疆希勒库都克铜钼矿床地质特征和成因探讨. 新疆地质, 28 (4): 370-376.
- 吴福元, 李献华, 郑永飞, 高山. 2007. Lu-Hf 同位素体系及其岩石学应用. 岩石学报, 23 (2): 185-220.
- Elburg M A. 1996. Evidence of isotopic equilibration between microgranitoid enclaves and host granodiorite, Warburton Grano-diorite, Lachlan Fold Belt, Australia. Lithos, 38: 1-22.
- Griffin W L, Wang X, Jackson S E, Pearson N J, O'Reilly S Y, Xu X S, Zhou X M. 2002. Zircon chemistry and magma mixing, SE China: In-situ analysis of Hf isotopes, Tonglu and Pingtan igneous complexes. Lithos, 61:37-269.
- Silva M M V G, Neiva A M R, Whitehouse M J. 2000. Geochemistry of enclaves and host granite from the Nelas area, central Portugal. Lithos, 50:153-170.