图3 阿舍勒富镁英安岩(a)和富镁玄武岩(b)REE分布模式

造山带处于蒙古洋岛弧的构造环境,由于大洋板块的消减作用,大洋上地幔橄榄岩通过底辟上升被带到浅部并发生部分熔融,形成了本区中泥盆统阿尔泰镇组的枕状玄武岩,这是一套典型的岛弧拉斑玄武岩.之后,残余的难熔的地幔橄榄岩再次发生部分熔融,便形成了阿舍勒矿区中泥盆统阿舍勒组富镁火山岩系的原始岩浆-高硅、富镁玄武岩岩浆.

致谢 张旗教授审阅本文初稿并提出宝贵意见,本文得到国家三〇五项目办资助(编号:96-915-01-01),在此一并表示衷心感谢.

参 考 文 献

- 1 叶庆同,傅旭杰,张晓华.阿舍勒铜锌块状硫化物矿床特征.矿床地质,1997,(2):97~105
- 2 Klingberg B M E T, Kushiro I. Melting of a chromite-bearing harzburgite and generation of boninitic melts at low pressures under controlled oxygen fugacity. Lithos, 1996, 37: 1~13
- 3 张旗.玻安岩和玻玄岩地球化学特征和成因的探讨.地球化学,1990,(3):207~214
- 4 Pearce J A, Norry M J. Petrogenetic implications of Ti, Zr, Y and Nb variation in volcanic rocks. Contr Mineral Petrol, 1979, (69): 33
- 5 Hickey R L, Frey F A. Geochemical characteristics of boninite series volcanics: implications for their source. Geochim Cosmochim Acta, 1982, 46: 2099~2115

(1998-07-20 收稿, 1998-12-26 收修改稿)

洪古勒楞蛇绿岩 Sm-Nd 同位素特征及时代界定

黄建华 金章东* 李福春

(南京大学成矿作用国家重点实验室, 南京 210008. * 联系人)

摘要 洪古勒楞蛇绿岩 Sm-Nd 的等时线年龄为 $(626 \pm 25) \text{ Ma}$, $\epsilon_{\text{Nd}}(t) = 8.40$, 模式年龄 $T_{\text{DM}}^{\text{Nd}}$ 值界于 $(1180 \sim 1208) \text{ Ma}$ 之间, 说明该蛇绿岩形成于晚震旦晚期. 岩相组合、岩石化学、稀土配分、微量元素以及铬铁矿的伴生等特征进一步表明, 洪古勒楞蛇绿岩的岩浆来源于轻稀土富集的自亏损地幔源区, 并形成于古大洋中脊, 现存为碰撞带中的洋壳残片.

关键词 蛇绿岩 Sm-Nd 等时线年龄 洪古勒楞

位于北准噶尔构造褶皱带内著名的洪古勒楞蛇绿岩, 自 50 年代末发现以来, 因其较为完整的出露层序及其赋存的一百多个铬铁矿矿体, 已引起国内外许多地质学者的广泛关注^[1~4].

<https://engine.scichina.com/doi/10.1360/csb1999-44-9-1004>

然而,对于洪古勒楞蛇绿岩形成时代的归属却一直是通过区域综合地层对比、推测而划定的(由最早划的泥盆纪、中泥盆-早石炭世到早古生代(早于420Ma))^[2,3],始终缺乏直接可靠的化石或同位素年龄证据.同样地,关于该蛇绿岩成因也认识不一,从而该蛇绿岩在区域地质演化中应具有的重要意义,一直未能得到很好地体现.本文报道了洪古勒楞蛇绿岩 Sm-Nd 同位素特征和等时线年龄的研究成果,首次确定该蛇绿岩形成于晚震旦世,从而解决了长期争论的时代归属问题,并且该年龄与前人确定古中亚-蒙古大洋存在的东部内蒙古贺根山蛇绿岩和西部哈萨克斯坦斋桑泊一带蛇绿岩的形成时代^[2]相一致,进而为深入探讨其成因机制和区域地质演化提供了重要依据.

1 区域地质概况和蛇绿岩的地球化学特征

洪古勒楞蛇绿岩出露于天山-内蒙-大兴安岭古生代构造褶皱带的西部边缘,大致沿和布克-克拉麦丽断层呈 NEE 向展布,与上覆中奥陶统地层呈断层接触,出露面积约 15km²(图1).蛇绿岩中有两大堆积岩系列:一是以橄榄石+斜长石矿物组合为主的堆积岩,其代表高压条件下直接从岩浆房结晶的产物;二是以单斜辉石+斜方辉石+斜长石+尖晶石矿物组合为主的堆积岩,其代表低压条件下的岩浆结晶产物.该蛇绿岩岩石类型发育较齐全,从顶到底依次为熔岩→岩墙(?)→堆积深成岩→构造橄榄岩,层序上与大洋岩石圈理想层序基本一致.按岩石成因又可将其分为变质橄榄岩相、堆积岩相、火山岩相和沉积岩相等4个相带,并在堆积岩相带中呈多次堆积的韵律层.洪古勒楞蛇绿岩经历过多期变质事件的叠加,但变质程度较浅,属于近中压的葡萄石-绿纤石变质矿物组合岩相,并经过强烈构造变形的叠加改造.

图1 洪古勒楞地区地质构造略图

1. 第四系, 2. 第三系红层, 3. 二叠系中基性-酸性火山岩, 4. 泥盆系碎屑岩灰岩, 5. 志留系中基性火山岩, 火山碎屑浊积岩, 6. 奥陶系中基性火山岩夹灰岩, 7. 不整合面界线, 8. 超镁铁, 镁铁岩, 9. 断层

洪古勒楞蛇绿岩中变质橄榄岩和堆积岩在 FAM 三角图中均分布在 FM 线附近,且靠近端员点 M, A 值很小,表明橄榄岩和地幔斜辉橄岩组成相近,变异不强烈;而堆积岩具橄榄石富 Mg 贫 Fe、斜长石富 Ca 贫 Na 特征.枕状玄武岩、安山玢岩的4个样品在 SiO₂-K₂O+Na₂O 图解中,3个投在碱性岩区,另一个落在拉斑玄武岩区;在 SiO₂-<FeO>/MgO 和 <FeO>-<FeO>/MgO 图解中则都落在拉斑玄武岩区,从而表现为古大洋洋底产物.该蛇绿岩各类岩石的微量元素与典型蛇绿岩中各类岩石^[4]对比具有相似特征,即从堆积岩到喷出岩 Ni, Cr, Co 依次降低,直至斜长花岗岩中基本缺失.稀土元素总量从超镁铁岩到喷出岩逐渐增高(6.35~155.11),具同源演化特点,且均表现为 LREE 富集型.δEu 介于 0.80~1.38 之间,δCe 则介于

0.64~1.38之间. 在 $(\text{La}/\text{Yb})_N$ -($\text{La}/\text{Sm})_N$ 关系图上可以看出, 基性熔岩由接近标准型(“N”型)和过渡型(“T”型)的岩石组成. 另外, $(\text{La}/\text{Sm})_N$ - La_N 和 $(\text{Ce}/\text{Yb})_N$ - Ce_N 图解表明蛇绿岩的各类岩石是玄武岩岩浆熔融分离的产物. 各类岩石在图中又具有明显的线性关系, 进一步说明本区蛇绿岩是同源不同阶段演化的结果.

2 Sm-Nd 同位素特征及时代讨论

洪古勒楞蛇绿岩 Sm-Nd 同位素测定结果列于表 1, 其 Sm-Nd 等时线见图 2. 从图 2 中可以明显看出等时线拟合度良好, 具很好的线性相关, 计算得到等时线年龄为 $(626 \pm 25) \text{ Ma}$ (1σ), 相关系数为 0.99599. 这一成果是目前关于该蛇绿岩获取的最精确、也是最老的年龄. 初始的 $(^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd})_{\text{CHUR}} = 0.511831 \pm 6$, $\epsilon_{\text{Nd}}(t) = 8.40 \pm 0.38$. 由表 1 可见, 蛇绿岩等时线年龄 $(626 \pm 25) \text{ Ma}$ 小于该等时线上各样品的模式年龄 $T_{\text{DM}}^{\text{Nd}}$ 值 ($1180 \sim 1208 \text{ Ma}$), 而且前述已表明本区蛇绿岩是同源玄武岩岩浆不同阶段演化的产物, 即此等时线不是混合线, 从而说明该等时线年龄可以代表蛇绿岩的形成时间^[6,7], 且可信度高 ($r = 0.99599$). 各样品的 $\epsilon_{\text{Nd}}(t)$ 值、 $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$ 值及富集 LREE 等地球化学特征表明洪古勒楞蛇绿岩的岩浆来源于轻稀土富集的自亏损地幔源区.

表 1 洪古勒楞蛇绿岩 Sm-Nd 同位素数据^{a)}

样号	岩石名称	Sm ($\times 10^{-8}$)	Nd ($\times 10^{-8}$)	$^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$	$^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$	$\epsilon_{\text{Nd}}(t)$	$T_{\text{DM}}^{\text{Nd}}/\text{Ma}$
2K-1	斜长花岗岩	8.15	24.89	0.1979	0.513063 ± 22	8.21	1190
2K-2	斜长岩	0.01	0.04	0.1412	0.512830 ± 50	8.20	1190
2K-4	含斜辉辉石斜长岩	0.20	0.88	0.1870	0.513040 ± 38	8.63	1204
2K-5	橄长岩	0.25	0.76	0.1986	0.513090 ± 50	8.68	1206
2K-6	含辉石橄长岩	0.13	0.44	0.1734	0.512990 ± 39	8.74	1208
2K-8	辉长岩	0.22	0.72	0.1885	0.513010 ± 38	7.92	1180

a) 测定单位: 地质矿产部宜昌地质矿产研究所; 计算公式及参数^[5]: $\epsilon_{\text{Nd}}(t) = 0.25T^2 - 3T + 8.5$, $(^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd})_{\text{CHUR}} = 0.512638$, $(^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd})_{\text{CHUR}} = 0.1967$

同时, 在上覆于中奥陶统布鲁克其组之上的中志留统沙尔布尔组底砾岩中, 发现了蛇绿岩砾石和含晚奥陶世化石的灰岩角砾和岩块, 以及产于斜辉橄榄岩相和堆积岩系的超镁铁质堆积岩相下部的豆荚状、透镜状铬铁矿, 进一步表明洪古勒楞蛇绿岩是由先成的地幔熔离玄武岩岩浆侵位结晶分异而成, 其形成时代可确定为晚震旦世晚期.

3 结论

(1) 根据不整合面上的蛇绿岩砾石, 洪古勒楞蛇绿岩就位时间应早于中奥陶世. 本文 Sm-Nd 同位素等时线年龄首次确定其形成时代为晚震旦世晚期 $(626 \pm 25) \text{ Ma}$.

(2) 该蛇绿岩岩石组合较为齐全, 根据岩石化学、稀土元素以及 $\epsilon_{\text{Nd}}(t)$ 值较高(约为 8.40)等特征, 表明洪古勒楞蛇绿岩的岩浆来源于轻稀土富集的自亏损地幔源区, 并形成于古大洋中脊, 而不同于前人关于形成于陆壳拉张大洋、弧前或弧后的观点. 相信这一认识将对古中亚-蒙古大洋的存在、北准噶尔盆地晚震旦世的地质演化发展产生积极的推动作用.

图 2 洪古勒楞蛇绿岩的 Sm-Nd 等时线图