

<http://www.geojournals.cn/georev/ch/index.aspx>

内蒙古锡林浩特锡林郭勒杂岩的 原岩年代和变质年代

郝旭

徐备

(河北煤炭建筑工程学院地质系, 河北邯郸)

(北京大学地质学系)

内容提要 锡林浩特市西南白音塔拉地区锡林郭勒杂岩出露在华北板块北缘古生代褶皱带中的强烈变形变质地层中, 主要由石英片岩、黑云母石英片岩夹斜长角闪岩组成。Sm-Nd 全岩等时线年龄为 1286 ± 26 Ma, 应相当于锡林郭勒杂岩的原岩形成年龄。 $\epsilon_{Nd}(t)$ 值为 8.5 ± 0.6 , 说明岩浆来源于亏损地幔源区。Rb-Sr 全岩等时线年龄为 659.9 ± 29.3 Ma, 被解释为末期变质变形年龄。该年龄表明华北板块北部大陆边缘演化历史中, 曾于晚元古代末期发生过强烈构造运动, 而锡林郭勒杂岩可能是这次构造运动所形成的褶皱变质带, 属于华北板块北缘元古宙造山带的组成部分。

关键词 锡林郭勒杂岩 Sm-Nd 同位素 Rb-Sr 同位素 内蒙古

内蒙古锡林郭勒地区有一套被称为锡林郭勒杂岩的变质岩系, 它可分为东、西两部分, 东部见于锡林浩特市东北约 100km 的巴音高勒地区, 出露面积约 500km²; 西部见于锡林浩特市西南约 20km 的白音塔拉和该市以东 20km 的地区, 出露总面积为 600km²。长期以来对这套具角闪岩相—绿片岩相变质和强烈变形岩系的研究极少, 对其时代和构造意义存在不同认识。邵济安把它称为古地体^[1], 《内蒙古自治区区域地质志》中将它归属早元古代, 但同时报道巴音高勒地区 U-Pb 同位素年龄为 1060Ma^[2]; 而唐克东等则认为它是古生代花岗-变质岩的一部分^[3]。由于锡林郭勒杂岩是华北板块北缘古生代褶皱带内出露面积最大的变形变质地层单位, 故查明其原岩形成年龄、变质年龄对于解释华北板块北缘前古生代构造演化具有关键性意义。本文报道了锡林郭勒杂岩的 Sm-Nd 和 Rb-Sr 同位素年代学研究结果。

1 地质概况

白音塔拉地区的锡林郭勒杂岩出露面积约 450km², 其中分布在西部、东部的较为零星并受到强烈剪切变形, 而北部的较连续, 出露面积约 220km², 是本文研究的重点(图 1)。

笔者沿岩层倾向方向进行了约 5km 的路线剖面踏勘, 基本贯穿了本区锡林郭勒杂岩的层序。观察结果显示岩层及其片理走向近东西, 片理中到高角度南倾, 发育公里级规模的同斜紧闭褶皱。变质岩层从北向南可分为 5 个大层, 依次为: (1) 绿泥石英片岩与黑云母石英片岩互层; (2) 斜长角闪岩; (3) 浅粒岩和变粒岩; (4) 斜长角闪岩; (5) 浅粒岩和变粒岩。其中(2), (4)两

注: 本文为香港霍英东教育基金会青年教师基金资助项目。

本文 1996 年 4 月收到, 5 月改回, 郝梓国编辑。

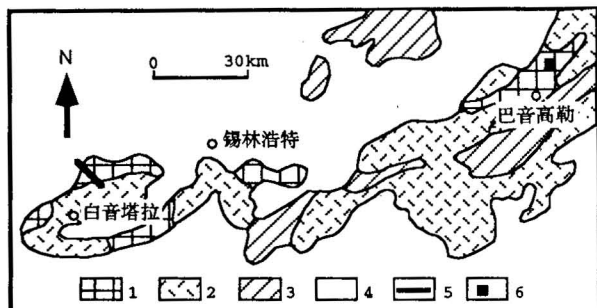


图1 锡林郭勒杂岩的分布

Fig. 1 Distribution of the Xilin Gol complex

- 1—锡林郭勒杂岩;2—花岗岩;3—上古生界;4—中—新生界;
5—本文采样剖面;6—前人同位素定年工作的地点
1—Xilin Gol complex;2—granites;3—the upper Paleozoic;
4—the Mesozoic—Cenozoic;5—sampling position of this
paper;6—sampling position of published isotopic date

层延伸方向稳定,宽度约数十米,与(1),(3),(5)层连续产出且片理方向一致,表明这些层序为准同时形成的。全岩样品取自第4层斜长角闪岩,岩石为暗绿色,中粒或中细粒结构,块状构造,角闪石60%,斜长石35%—40%,其余为副矿物。推测其原岩属中基性火山岩,代表锡林郭勒杂岩原岩形成时的岩浆活动。

2 实验方法与结果

沿第4层按顺序采集斜长角闪岩样品4块,同时用于Sm-Nd和Rb-Sr全岩等时线测定。根据同位素地质年代学原理,Sm-Nd同位素体系在强烈的变质作用中仍可保持其系统的封闭性^[4],故Sm-Nd同位素方法是测定超基性岩、基性或中基性火山岩形成年龄的最理想方法。而Rb-Sr同位素体系则易受破坏,在变质过程中发生同位素重置,故多用来研究变质年代^[5]。据此笔者将结合地质特征讨论这两类等时线的年代学意义。

表1 锡林郭勒杂岩 Sm-Nd 和 Rb-Sr 同位素分析结果

Table 1 Sm-Nd and Rb-Sr analysis data of the Xilin Gol complex

样品号	Sm($\times 10^{-6}$)	Nd($\times 10^{-6}$)	$^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$	$^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}(2\sigma)$	$\epsilon_{\text{Nd}}(t)$	$\epsilon_{\text{Nd}}(0)$
SH6	2.404	9.280	0.156657	0.512736 ± 8	8.5366	1.9117
SH7	3.415	11.680	0.178837	0.512905 ± 7	8.5084	5.2084
SH8	2.973	10.032	0.179231	0.512925 ± 10	8.5041	5.5985
SH9	3.217	10.740	0.181143	0.512944 ± 7	8.5599	5.9691
样品号	Rb($\times 10^{-6}$)	Sr($\times 10^{-6}$)	$^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}(2\sigma)$		
SH6	50.78	275.710	0.53192	0.709868 ± 32		
SH7	12.20	283.663	0.12419	0.706014 ± 20		
SH9	27.18	310.056	0.25310	0.707100 ± 12		

样品的化学分离和质谱测定均在中国科学院地质研究所完成,所用质谱仪为VG354型。Nd同位素比值测定以 $^{146}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}=0.7219$ 为标准化值,对BCR-1标样 $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ 的测定值为 $0.512637 \pm 4(2\sigma)$ 。实验全流程Nd,Sm空白本底均为0.1ng。对Sr同位素标样NBS987测定的 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 值是 $0.710220 \pm 10(2\sigma)$,实验全流程Sr,Rb的空白本底分别是 2×10^{-10} 和 3×10^{-10} 。同位素等时线年龄计算采用York(1966)的方法。各种参数如下: $\lambda(^{147}\text{Sm})=6.54 \times 10^{-12} \text{a}^{-1}$, $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}=0.1967$, $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}=0.512638$, $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}=0.0760$, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} =$

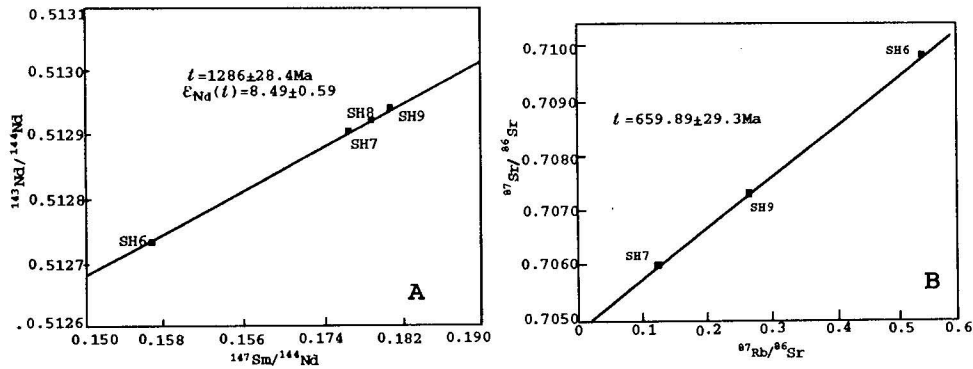


图 2 Sm-Nd 全岩同位素等时线(A)和 Rb-Sr 全岩同位素等时线(B)图

Fig. 2 Sm-Nd isochron plot (A) and Rb-Sr isochron plot (B) for the Xilin Gol complex

0.7045。测定数据及等时线见表 1 和图 2。Sm-Nd 全岩样品为 4 个,所构成的等时线年龄为 $1286 \pm 26 \text{Ma}$, $\epsilon_{\text{Nd}}(t)$ 值为 8.5 ± 0.6 。Rb-Sr 全岩测试样品除 SH8 未上线外,其余 3 个样品构成相关性很好的等时线,年龄为 $659.9 \pm 29.3 \text{Ma}$ 。

3 地质解释和讨论

Sm-Nd 全岩等时线的 4 个点相关性很好, $\text{MSWD} = 0.007$, 各样品的 $\epsilon_{\text{Nd}}(t)$ 值变化于 8.51 到 8.56 之间,显然为同源岩浆作用的产物,符合等时线成立的条件。4 个样品的 $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ 及 $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$ 值沿采样方向依次增大,反映了样品间同位素分馏特征的系统变化。该组样品在 $\epsilon_{\text{Nd}}(t)$ 值随时间演化图中(图 3)显示一致的同位素组成和演化趋势,表明 Nd 同位素体系未受到明显扰动。因此等时线年龄 1286Ma 可作为本区锡林郭勒杂岩中火山岩的成岩年代。前已述及野外观察的互层特征说明火山活动与沉积作用是连续交替进行的,故这一数值也应相当于锡林郭勒杂岩的原岩形成年龄,它表明该岩系于中元古代形成。等时线 $\epsilon_{\text{Nd}}(t)$ 值为 8.5 ± 0.6 ,表明岩浆来源于亏损的地幔源区。

Rb-Sr 全岩等时线由 3 个点组成,等时线年龄为 $659.9 \pm 29.3 \text{Ma}$ 。由于 Rb-Sr 体系在变质事件中的开放性,该年龄显然代表 Rb-Sr 体系的重置时间即变质时代。需要强调的是,这个变质年代数据对于解释华北板块北缘构造演化具有重要意义,因为以锡林郭勒杂岩为代表的区域性中-浅变质和强烈变形岩层之上不整合覆盖中志留统以后的弱变形变质地层,说明发生过一次重要的构造运动,使华北板块北缘结束元古宙陆缘发育阶段进入古生代发展阶段,但长期以来未得到这次构造运动的年代学证据,而本文所获的 Rb-Sr 同位素等时线年龄给出了这个重要信息。

综上所述,白音塔拉地区锡林郭勒杂岩的同位素研究揭示了以下构造演化特征:

(1) 本区锡林郭勒杂岩的原岩中火山岩形成年龄为 $1286 \pm 26 \text{Ma}$, $\epsilon_{\text{Nd}}(t)$ 值为 8.5 ± 0.6 ,表明华北板块北缘中元古代时有来源于亏损地幔源区的中基性火山活动及其大陆边缘建造。

(2) 巴音高勒地区锡林郭勒杂岩的 U-Pb 同位素年龄 1060Ma , Sm-Nd 全岩年龄

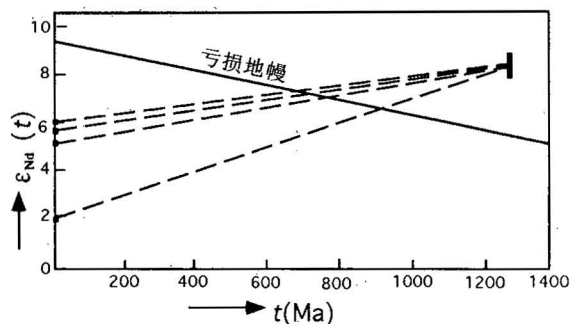


图3 $\epsilon_{Nd}(t)$ 值随时间演化图

Fig. 3 $\epsilon_{Nd}(t)$ versus time plot for the Xilin Gol complex

1025Ma^[6],而本文所得白音塔拉地区的年龄是1286Ma,故锡林郭勒杂岩可能于13—10亿年间形成。白音塔拉地区出露其下部层位,巴音高勒地区出露其上部层位。

(3) Rb-Sr全岩等时线年龄表明华北板块北缘在元古宙末期受到强烈构造事件的影响,正是它导致锡林郭勒杂岩发生大规模区域变形和变形作用。

近年来华北板块北缘前古生代构造演化的研究已不再局限于白云鄂博地区的中元古代裂谷。苏尼特左旗的温都尔庙群Sm-Nd同位素研究表明其形成时代为1511Ma,并可能属于华北板块北

缘中元古代被动火山陆缘,但仍未对其褶皱变质时代和原因作出回答^[7]。而本文的Sm-Nd同位素研究表明白音塔拉地区锡林郭勒杂岩也属中元古界,Rb-Sr同位素研究则揭示了其经受重要区域变质和变形作用的具体时间。看来这两个散布于古生代褶皱带内的“古地体”可能具有相同的构造属性,即都曾属于华北板块北缘中元古代大陆边缘并演变为晚元古代末造山带的褶皱变质带。

韩宝福博士帮助计算等时线的MSWD值并与笔者多次讨论,在此表示感谢。

参 考 文 献

- 1 邵济安. 中朝板块北缘中段地壳演化. 北京大学出版社, 1991.
- 2 内蒙古自治区地质矿产局. 内蒙古自治区区域地质志, 北京: 地质出版社, 1986.
- 3 唐克东, 张允平. 内蒙古缝合带的构造演化. 肖序常, 汤耀庆主编: 古中亚复合巨型缝合带南缘构造演化, 北京科学技术出版社, 1991.
- 4 McCulloch M T, Wasserburg G J. Sm-Nd and Rb-Sr chronology of continental crust formation, *Science*, 1978, 200: 1003—1011.
- 5 Crocker C H, Collerson K D, Lewry J F, Bickford M E. Sm-Nd, U-Pb and Rb-Sr geochronology and lithostructural relationships in the southwestern Rae province; constraints on crustal assembly in the western Canadian shield. *Precambrian Research*, 1993, 61: 27—50.
- 6 徐备, 陈斌, 邵济安. 内蒙古锡林郭勒杂岩Sm-Nd, Rb-Sr同位素年代研究. *科学通报*, 1996, 2: 153—155.
- 7 徐备, 陈斌, 张臣, 白志强, 王宏伟, 张强. 华北板块北缘中段含铁变质岩系的时代和构造环境初探. *地质论评*, 1994, 40(4): 307—311.

Sm-Nd, Rb-Sr ISOTOPIC GEOCHRONOLOGY OF THE XILIN GOL COMPLEX, INNER MONGOLIA, CHINA

Hao Xu

(Department of Geology, Hebei Mining and Civil Engineering Institute, Handan, Hebei)

Xu Bei

(Department of Geology, Peking University, Beijing)

Abstract

Exposed in the Baiyan Tal area near Xilinhot City, the Xilin Gol complex is composed of quartz schists intercalated with amphibolites. In this paper the authors report Sm-Nd and Rb-Sr isotopic data for the amphibolites. Four whole-rock samples yield a Sm-Nd isochron age of 1286 ± 26 Ma, which suggests that the complex was probably formed about 1286 Ma ago. This isochron has a $\epsilon_{Nd}(t)$ value of 8.5 ± 0.6 , implying that magma might be derived from a depleted mantle. Five whole-rock samples define a Rb-Sr isochron age of 660 ± 29 Ma. This age is explained as an important tectonic event. The authors suggest that the Xilin Gol complex was a segment of the north continental margin of the North China plate during the middle Proterozoic and underwent a metamorphic and deformation event during the late Proterozoic orogeny.

Key words: Xilin Gol complex, Sm-Nd age, Rb-Sr age, Inner Mongolia

作者简介

郝旭,男,生于1953年。1978年毕业于河北地质学院矿产普查勘探专业。现为河北煤炭建筑工程学院地质系讲师,从事岩石学、遥感地质等的教学工作。通讯处:河北省邯郸市河北煤炭建筑工程学院地质系,邮政编码:056038。

地球学报

——中国地质科学院院报

1979年创刊,原名《中国地质科学院院报》,1994年改名为《地球学报》,季刊。《地球学报》是中国地质科学院主办的高级综合性地学学术性刊物,是全国自然科学核心期刊,在国内外具有广泛影响,为世界众多研究机构及图书馆馆藏图书。主要刊登地质领域内的新理论、新突破、新进展、新发现及中国地质科学院特色研究领域内的新成果,是地学工作者的重要参考书。1997年,本刊由邮局发行,邮发代号:82—53,每期116页,全年定价28元。刊号:ISSN 1006—3021, CN11—3471/P。

编辑部地址:北京阜外百万庄26号,邮政编码:100037,电话:6831·1133—2220。