

白云鄂博群同位素地质年代学研究

刁 乃 昌

(沈阳地质矿产研究所)

摘要 铅同位素分析结果表明,白云鄂博群的物质来源始于1310Ma,矿化时间为665Ma。底部尖山组Rb—Sr等时年龄为 749.6 ± 62.11 Ma、 753.99 ± 42.28 Ma、 685.91 ± 24.12 Ma。其上部鲁特组K—Ar年龄为607.9Ma,以上可划归震旦纪地层。胡吉尔图组及上部地层具有 353 ± 30 Ma的Rb—Sr等时年龄、200Ma左右的K—Ar年龄,应划归古生代。白云鄂博群之上的志留纪地层Rb—Sr等时年龄分别为 327 ± 36 Ma、 314.29 ± 28 Ma及 260 ± 11 Ma。

白云鄂博群是分布在内蒙古阴山纬向构造带北缘,厚度相当大、东西长达500km的一套浅变质岩层,关于其时代归属问题,异议较多,笔者仅采用放射性同位素计时方法,讨论其地质年龄。但是,由于本区位于内蒙古地轴北缘,北部直接与海西地槽褶皱带相接,而且在南部发育有大面积的后期岩浆岩,这些岩浆活动伴随构造运动的发生,有可能将放射性体系破坏;另外,浅变质岩石很难达到同位素均匀化,可以不同程度地保留源区物质的时代信息。这些都给同位素地质年代学研究带来了较大的困难,非深入研究难以确定其真实年龄。

一、U—Th—Pb年龄及Pb—Pb模式年龄

从五十年代开始,对白云鄂博群就进行了同位素地质年代学研究,曾获得了下列数据^[1]:白云鄂博矿区白云岩中方铅矿模式年龄($^{203}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$)为1462.69Ma、铅同位素年龄($^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$)为1223.04Ma;独居石的Th—Pb年龄(等时线)=1682.99Ma;西矿主矿体下盘白云岩、东矿条带状粗粒铁矿中浑园状磷灰石Th—Pb年龄为605.64Ma、U—Pb及 ^{207}Pb — ^{208}Pb 平均年龄为 1574.95 ± 8.78 Ma。

以前曾有些资料,将容矿白云岩沉积年龄定为1600Ma。其依据中占比重较大的是独居石的Th—Pb年龄及磷灰石的U—Pb、Pb—Pb年龄。但独居石由于某些特殊类型的子体的连续丢失作用能引起通常的不一致性及强烈的逆向不一致性,所以独居石的Th—Pb年龄看来是不可靠的^[2]。磷灰石属于测试年龄方面应用和研究都不多的一种矿物,因为放射成因铅含量不高,从而在普遍铅校正时,亦会造成逆向不一致性,故对磷灰石样品的数据要慎重对待。

为了确定这些数据所表征的时代信息,选用了碳酸岩及碳酸盐中较为稳定矿物做为研究对象,其同位素组成及计算值列入表1。

利用表1中的数据,做出了铅同位素图示(图1)。由图1可见,白云岩中方铅矿,白云岩岩石铅同位素组成比较接近,而磷灰石、独居石中的铅同位素组成与之差异较大,表

现为明显的异常铅,可按两阶段铅处理。现将含放射成因铅较低的样品的模式年龄1314 Ma定为 t_2 ,经过普遍铅多阶段年龄计算图得出 t_1 为665 Ma。这样可理解为,该岩组物质来源于1314 Ma,成岩时间为665 Ma(见图2)。

表1 白云鄂博矿区铅同位素组成及源区特征参数值

Table 1. Lead isotopic composition and characteristic parameters of the source region in the Bayan Obo ore district

参 数	样 号 及 矿 物					白 云 岩 中 独 居 石				
	2083/24 白云岩中 方 铅 矿	2303-32 白云岩	CK-9 白云岩 中 矿 脉	S地T-2 炭质灰岩		81-0-11	81-0-03	81-03-H	Bs-50	Bs-50-②
(X) $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	15.92	16.08	16.23	20.19		17.89	18.32	18.19	22.22	23.00
(Y) $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	15.24	15.31	15.32	15.69		15.40	15.50	15.45	19.92	16.03
(Z) $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	35.78	36.07	35.77	37.75		41.38	39.80	38.36	41.63	44.53
ϕ	0.74792	0.74095	0.7260							
模式年龄 t (100Ma)	13.14	12.69	11.87							

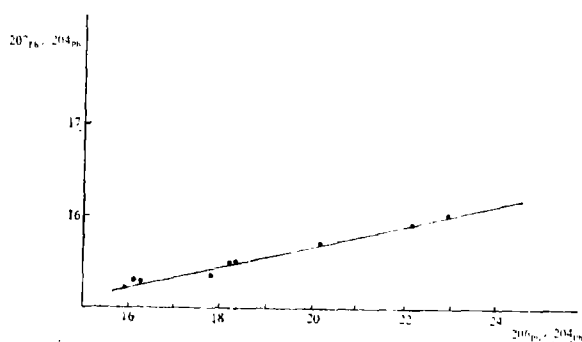


图1 Pb同位素图示

Fig. 1 Diagram of Pb isotopes.

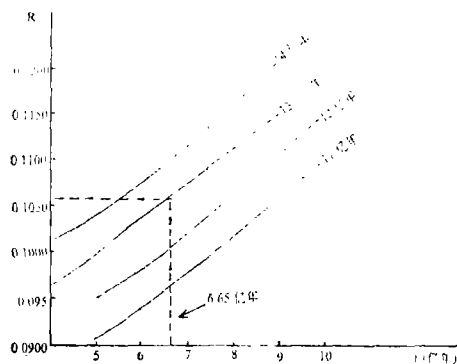


图2 普遍铅两阶段年龄计算图

Fig. 2. Two-stage common lead age calculation.

二、Rb-Sr同位素组成特征

已经获得的年代学资料表明,哈达岭、尖山至查汗鄂博一带沿宽背斜北翼黑板岩走向方向采集了一组Rb-Sr年龄样品,得到由七点构成的等时线,其中相关系数 $r = 0.9923$,初始值 $(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_0 = 0.7229 \pm 0.0034$,年龄为 $753.99 \pm 42.28\text{Ma}$ 。在宽沟背斜南翼都拉哈拉与巴音博格都之间、尖山及以东一带黑板岩中获得一条十点构成的Rb-Sr等时线,其中相关系数 $r = 0.99$,初始值 $(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_0 = 0.7079 \pm 0.0016$,年龄为 $749.60 \pm 62.11\text{Ma}^{(1)}$ 。此外,还有尖山以东的背斜南翼西段板岩中确定的一条Rb-Sr等时线,其相关系

$r = 0.9992$, 初始值 $(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_0 = 0.7253 \pm 0.0017$, 年龄为 $685.91 \pm 24.12\text{Ma}^{(1)}$ 。这三条等时线基本上表达了黑色板岩的形成时代, 平均年龄为 729.83Ma 。至于东西两段 锶的初始值具有一定的差异, 只能是沉积环境及物质来源不同所致, 西段陆源碎屑偏多些。

为了确定白云鄂博群中上部胡吉尔图组钠闪绿泥绿帘石岩的同位素年龄, 笔者曾与内蒙古地质矿产局102地质队李士勤等人共同采集了一组 Rb-Sr 全岩样品、经长春地质学院中心实验室测定, 等时年龄为 $353 \pm 30\text{Ma}$ (见表2、图3)。

在白云鄂博敖包乡实测剖面上采集了绿帘角闪石岩, 它属于志留系阿布盖河组浅变质岩石, 经 Rb-Sr 法测时, 结果如表3所示。

利用表3中的数据, 做出阿布盖河组 Rb-Sr 全岩等时线 (图4), 结果为: 相关系数 $r = 0.9598$ 、锶初始比值 $a = 0.70395$ (截距)、斜率 $b = 0.004676$ 等时年龄 $= 327 \pm 36\text{Ma}$ 。

表2 胡吉尔图组全岩 Rb-Sr 同位素组成

Table 2. Whole-rock Rb-Sr isotopic composition in Hujiltu Formation

样品号	$^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	Sr (ppm)	Rb (ppm)	等时年龄 (Ma)
T8401-12	1.9350	0.73443	216.67	148.57	$t = 353 \pm 30$ $a = 0.72410$ $b = 0.0051945$ $r = 0.98224$
" -2	2.2215	0.73567	214.49	168.86	
" -5	1.1330	0.73012	281.7.	113.11	
" -6	1.3552	0.73125	218.93	105.14	
" -7	1.4280	0.73196	212.80	107.69	
" -9	1.4181	0.73106	278.80	140.11	
" -10	1.7620	0.73265	229.98	143.60	

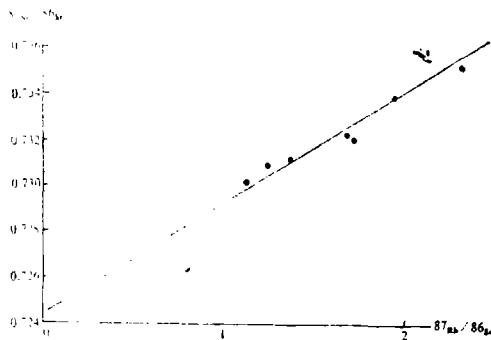


图3 胡吉尔图组(H_{12}) Rb-Sr 全岩等时线

Fig. 3 Rb-Sr whole-rock isochron of the Hujiltu Formation (H_{12}).

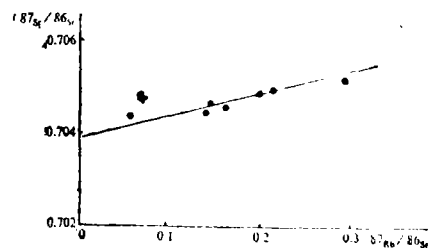


图4 志留系阿布盖河组 Rb-Sr 全岩等时线

Fig. 4 Rb-Sr whole-rock isochron of the Silurian Abugai River Formation.

于白云鄂博敖包乡实测剖面上采集了志留系黑云母片岩, 经 Rb-Sr 法年龄测定, 结果列入表4。

依靠表4中数据, 做出志留系黑云母片岩 Rb-Sr 等时线, 其中相关系数 $r = 0.9944$ 、锶同位素初始比为 0.7042 ; 斜率 $b = 0.00448$, 等时年龄 $t = 314.29 \pm 28\text{Ma}$ (图5)。

在敖包乡实测地质剖面上, 采集了志留系上部板岩、石榴石片岩进行了 Rb-Sr 法测时, 结果如表5所示。

表 3 志留系阿布盖河组Rb-Sr同位素组成

Table 3. Rb-Sr isotopic composition of the Silurian Adugai River Formation

样 号	$^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	Sr(ppm)	Rb(ppm)
Rs-3-3	0.2921	0.70528	833	82
" -5	0.0551	0.70422	1119	21
" -11	0.1393	0.70466	1390	65
" -16	0.1578	0.70460	914	49
" -17	0.0660	0.70432	991	22
" -21	0.1343	0.70442	1409	64
" -22	0.1888	0.70493	964	61

表 4 志留系黑云母片岩Rb-Sr全岩等时线

Table 4 Rb-Sr whole-rock isochron of Silurian biotite schist

样 号	$^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	Rb(ppm)	Sr(ppm)
Rs-5-1	0.3160	0.70567	79	736
" -5	0.1917	0.70511	54	832
" -7	0.2316	0.70526	6	80
" -8	0.2675	0.70540	63	698

表 5 志留系板岩、石榴石片岩Rb-Sr同位素组成

Table 5. Rb-Sr isotopic composition of Silurian slate and garnet schist

样 号	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	$^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$	Rb(ppm)	Sr(ppm)
Rs-4-2	0.75106	8.3183	165	59
" -4	0.74155	5.8056	126	65
" -7	0.73033	2.6532	74	83
" -9	0.73921	4.8358	116	72
" -13	0.73234	3.2726	87	79
" -15	0.74545	6.6625	122	54

据其Rb-Sr同位素组成，做出了老留系板岩，石榴石片岩Rb-Sr等时线图（图6），其中相关系数 $r = 0.9950$ 、铷初始值 $a = 0.72032$ 、截距 $b = 0.0037019$ 、年龄 $t = 260 \pm 11\text{Ma}$ 。

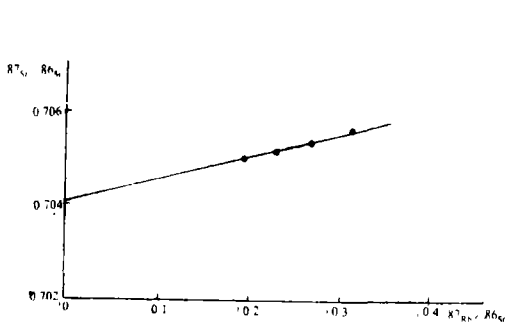


图 5 志留系黑云母片岩Rb-Sr等时线图
Fig. 5. Rb-Sr isochron of Silurian biotite schist.

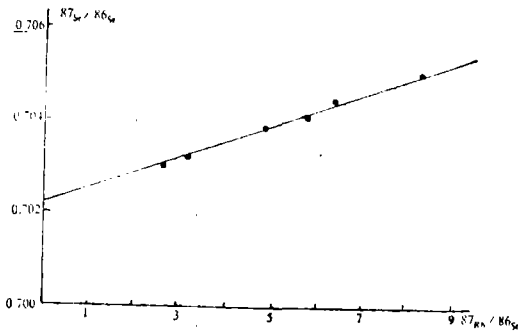


图 6 志留系板岩、片岩Rb-Sr等时线图
Fig. 6. Rb-Sr isochron of Silurian slate and schist.

RS-3、RS-5二条等时线 Sr 初始值均为 0.704 左右,基本上反映了火山成因的物质来源,而 RS-4 则表现出有陆源碎屑加入, Sr 初始值略高。它们不同程度地受到海西期中酸性侵入岩活动的影响,年龄值略低些。

值得提出的是 RS-2 这条 Rb—Sr 全岩等时线,这是在阿牙登组颇具代表性的微含泥质的碳酸岩地层中所取的 Rb—Sr 等时年龄样品,经放射性同位素测时,得到了异乎寻常的结果(见表6及图7)。

表 6 阿牙登组灰岩 Rb—Sr 同位素组成

Table 6. Rb—Sr isotopic Composition of the Ayadeng Formation limestone

样 号	$^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	Sr(ppm)	Rb(ppm)
Rs-2-5	0.03660	0.70650	1072.23	13.91
" -6	0.06931	0.70810	686.42	16.86
" -9	0.2436	0.72122	110.10	9.50
" -10	0.2486	0.72422	154.86	13.64
" -12	0.2949	0.72180	139.07	14.45

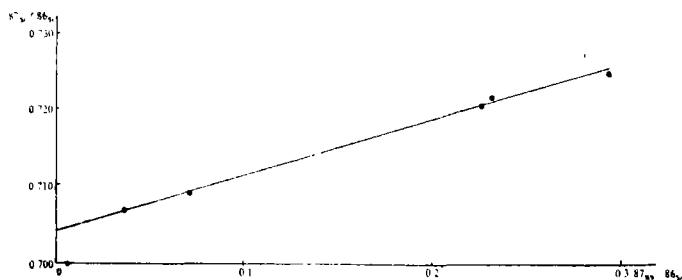


图7 阿尔登组灰岩假等时线图

Fig. 7. Isochron of the Aysdeng Formation limestone.

这是一条假等时线,是由 Rb/Sr 和 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 比值差异较大的两种组分混合而成,表明了阿牙登组碳酸岩在某一个时期获得了具有与原岩差别很大的 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 物质之后,成为封闭系统,使其异常的 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Rb}$ 比值保存于岩石之中,造成了这条假等时线。该等时线的斜率为 0.07006,年龄为 4765Ma,高于地球年龄。它虽然在年代学研究上没有实际意义,但它可为阿牙登组碳酸盐成因提供信息,估计为碳酸盐岩浆的侵入与海水相互作用的结果。

三、K—Ar 年龄数据分析

经 K—Ar 法测定,哈特布齐的比鲁特组炭质板岩年龄为 609.7Ma,点树忽洞南部侵入比鲁特组的角砾云母橄榄岩年龄为 405.5Ma。区内岩石受到海西期岩浆活动的影响,使某些层位的岩石产生了 Ar 的逸失,出现偏低的年龄。所测的 K—Ar 年龄数据见表 7。

综合前述数据,做出了同位素年龄变化趋势图(图8),可对白云鄂博群的同位素地质年代有一个直观的认识。白云鄂博群较底部的火山组黑板岩的 Rb—Sr 等时年龄为 $749.6 \pm 62.11\text{Ma}$, $753.99 \pm 42.28\text{Ma}$ 及 $685.91 \pm 24.12\text{Ma}$, 其上层位的哈拉霍疙特组铅同位素两阶段模式年龄为 665Ma; 上部比鲁特组 K—Ar 年龄数据为 607.9Ma。依据上述数据可将以上

表 7 K-Ar 年龄数据表

Table 7. K-Ar age data

样品号	采样地点及经纬度	岩性	钾含量 (%)	^{40}Ar (10^{-6}g/g)	空气氩 (%)	$^{40}\text{Ar}/^{40}\text{K}$	年龄值 ^① (Ma)
T-10	宽沟高位东 1.5km 109°50' 41°49'	尖山组 炭质板岩	4.0	0.08170	2.7	0.01712	272.6
T45-2	腮林忽洞 109°53' 41°50'	黑云母石英片岩	6.25	0.1277	4.5	0.01713	272.8
T43-1	点树忽洞南 109°53' 41°49'	侵入比鲁特组之角 砾云母橄榄岩	0.24	0.00756	51	0.02642	405.5
T8434	阿勒胡图格 109°49' 41°58'	与石英脉共生之绿 泥石绿帘石脉	0.091	0.02750	61.3	0.01266	206.2
T8428	点树忽洞 109°57' 41°53'	三叠纪酸性火山岩	3.55	0.4740	6.9	0.01122	183.2
T8406	哈拉敖包西北2km 109°57' 41°48'	斑点斑岩	2.46	0.4771	10.8	0.01653	264.2
T8429	哈特布齐 109°57' 41°53'	比鲁特组上部炭质 板岩	0.075	0.05011	9.3	0.0420	607.9
T8405	呼吉儿图 109°17' 41°49'	阿牙登组底部砾岩 胶结物	0.73	0.00719	64	0.0083	137.5

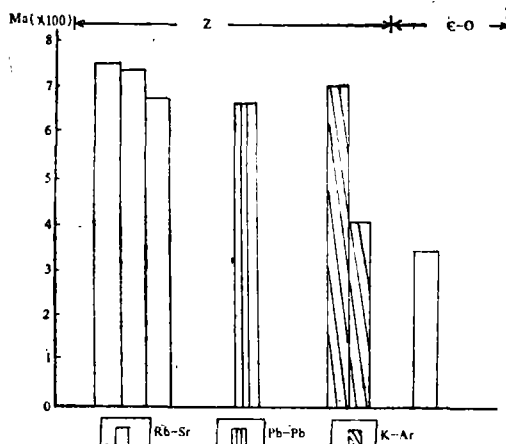
① $\lambda_k = 0.581 \times 10^{-10} \text{年}^{-1}$ $\lambda_\beta = 4.962 \times 10^{-10} \text{年}^{-1}$ 

图8 同位素年龄变化趋势图

Fig. 8. Trend of variation of isotopic ages.

的地层（包括无法获得年龄数据的白音宝拉格组）划归震旦纪地层。胡吉尔图组及上部地层具有 353 ± 30 Ma的Rb-Sr年龄、200 Ma左右的K-Ar年龄等，可将原白云鄂博群的这部分地层划归古生代。这部分地层的年龄值偏低，概因海西期花岗岩、闪长岩及基性岩脉活动的影响（ 255.2 ± 8.2 Ma，于津生，1981； 223.9 Ma，刁乃昌，1985），致使胡吉尔图组等同位素封闭系统受到破坏，造成年龄值略低。而其上部志留系同位素年龄控制在 327 ± 36 Ma、 314.29 Ma、 260 ± 11 Ma之间，故从年代学观点，胡吉尔图组及其上的阿牙登组时代应归属寒武—奥陶纪范围。

参 考 文 献

- [1] 全国同位素地质年龄数据汇编（四），地质出版社，1986。
- [2] B.R.多伊，铅同位素地质，科学出版社，1975。

A STUDY ON ISOTOPE CHRONOLOGY OF THE BAYAN OBO GROUP

Diao Naichang

Abstract

The results of lead isotope analysis indicate that the materials of the Bayan Obo Group originated at 1314 Ma B. P. and that the mineralization occurred at 6650 Ma B.P. The Jianshan Formation at the base of the group has Rb-Sr isochron ages of 749.6 ± 62.11 Ma, 753.99 ± 42.28 Ma and 685.91 ± 24.12 Ma. The Bilute Formation above it has a K-Ar age of 607.9 Ma. The two Formations may be assigned to the Sinian. The Hujiltu Formation and the strata above it have a Rb-Sr isochron age of 353 ± 30 Ma and a K-Ar age of about 200 Ma, so should be assigned to the Paleozoic. The Pb-Sr isochron ages of the Silurian strata overlying the Bayan Obo Group are 327 ± 36 Ma, 314.29 ± 28 Ma and 260 ± 11 Ma respectively.