卷(Volume)24,期(Number)2,总(Total)96
页(Pages)53－56,2004,6,(Jun,2004)

西藏马攸木金矿区黑云母的 $^{40}Ar/^{39}Ar$ 法定年

温春齐[1]， 多 吉[2]， 温 泉[1]， 张胜祥[2]，
范小平[2]， 徐 凌[1]， 霍 艳[1]， 罗小军[3]

1.成都理工大学地球科学学院,四川 成都 610059;
2.西藏自治区地质矿产勘查开发局,西藏 拉萨 850000;
3.西南交通大学,四川 成都 610031

【摘 要】 对西藏马攸木地区安山岩中黑云母样品进行$^{40}Ar/^{39}Ar$快中子活化法测年,其坪年龄为34.16 Ma±0.12 Ma,等时年龄为33.54 Ma±0.05 Ma,坪年龄代表黑云母的结晶年龄。测试结果表明,冈底斯-雅鲁藏布江成矿带西段可能存在喜马拉雅中期的岩浆喷发作用,且喜马拉雅中期可能对本区金矿的形成提供了热源和部分物质来源。

【关键词】 $^{40}Ar/^{39}Ar$定年;黑云母;安山岩;金矿区;马攸木;西藏
中图分类号:P597⁺.3 **文献标识码**:A
文章编号:1001－6872(2004)02－0053－04

马攸木金矿床是近年发现的西藏首例规模较大的独立岩金矿床[1,2]。该矿区位于冈底斯-雅鲁藏布江成矿带西段拉昂错-柴曲背斜核部南翼。该背斜核部为震旦-寒武系齐贡巴群绿泥石英片岩、绢云石英片岩、绢云母绿泥石方解石片岩等,是矿体主要赋存层位(围岩),两翼为晚古生代和中生代地层。在震旦-寒武系齐吾贡巴群地层中发育构造蚀变破碎带及成群出现的含硫化物石英脉,控制着本区岩金矿化。矿区西北出露松托嘎岩体,野外观察和室内薄片鉴定为中性岩类。鉴于该区研究程度较低,目前矿区尚无有关年龄数据,安山岩中黑云母的氩-氩法年龄可作为一个参考。

1 样品采集与分选

马攸木金矿区北西的松托嘎岩体由边缘的云闪安山岩逐渐过渡到中心部位的云闪英安玢岩。样品MBP-9-1,MBP-9-2,MBP-9-3分别采自松托嘎岩体的边(MBP-9-1),中(MBP-9-2),内(MBP-9-3)部。野外观察,岩石颜色由边到内为灰黑色→灰色→灰

收稿日期:2004－01－11; **改回日期**:2004－03－28
基金项目:西藏自治区重点科技项目资助
作者简介:温春齐,男,58岁,教授(博士),矿床学专业,研究方向:矿床学及矿床地球化学.

白色，但均具斑状结构、块状构造；岩石由斑晶（斜长石、黑云母和角闪石）和基质（隐晶质）组成。镜下观察，斑晶含量由边到内具减少的趋势（40%→35%→28%）；但斜长石斑晶含量较稳定（20%±），黑云母和角闪石斑晶含量具降低趋势（分别为 10%→10%→5%和 10%→5%→3%）；内部岩石（MBP-9-3）并含少量（2%～3%）石英斑晶。基质为浅黄褐色玻璃质（含少许斜长石微晶）→显微隐晶质（含少许斜长石及角闪石等微晶）→隐晶质（长英质）。从岩体边部到内部，岩石的化学成分有 SiO_2，Al_2O_3，Fe_2O_3，K_2O（表 1），重稀土元素（La，Ce，Nd，Sm）及 Au，Ni，Zn 等有增高的趋势（表 2）；而 TiO_2，FeO，CaO，MgO，Na_2O，H_2O^+，Ag，As，Co 等有降低的趋势。其他成分（如 MnO，P_2O_5，CO_2，Eu，Yb，Lu，Sb，S）则没有明显的变化。

测试所用黑云母取自松托嘎岩体边部的云闪

表 1 马攸木金矿区中性岩的化学成分 $w(B)/\%$

Table 1 Chemical composition of medium rock from Mayoumu gold ore area (in percentage)

序号	样号	名称	SiO_2	Al_2O_3	TiO_2	Fe_2O_3	FeO	CaO	MgO	K_2O	Na_2O	MnO	P_2O_5	H_2O^+	S	CO_2	小计
1	MBP-9-1	云闪安山岩	63.92	13.53	0.75	1.44	2.36	3.93	1.94	2.89	4.04	0.057	0.21	4.74	0.047	0.61	100.464
2	MBP-9-3	云闪英安玢岩	65.92	14.68	0.72	1.76	1.89	3.73	1.74	3.31	3.24	0.053	0.20	2.27	0.048	0.62	100.181

测试单位：西南冶金地质测试中心

表 2 马攸木金矿区中性岩微量元素质量分数 $w(B)/10^{-6}$

Table 2 Rare element levels of medium rock from Mayoumu gold ore area (in $[\times 10^{-6}]$)

序号	样号	名称	Cd	Sc	Cr	Co	Ni	Zn	Rb	Sr	Cs	Ba	Zr	Hf	Ta	Th	U
1	MBP-9-1	云闪安山岩	0.31	7.1	191	12.1	<6	118	148	<40	1.30	723	185	5	1.11	11.2	3.3
2	MBP-9-3	云闪英安玢岩	0.48	6.84	138	10.4	66	156	157	544	10.9	878	83	4.9	1.01	14.19	4.6
序号	样号	名称	As	Sb	W	Mo	Se	Ag	Au	La	Ce	Nd	Sm	Eu	Tb	Yb	Lu
1	MBP-9-1	云闪安山岩	4.9	0.5	18.6	2.8	0.4	0.8	28.5	32.95	71.18	42.40	7.89	1.12	1.26	1.77	0.17
2	MBP-9-3	云闪英安玢岩	2.2	0.4	4.4	1.8	0.8	0.2	125.8	37.89	78.71	44.72	8.75	1.11	0.9	1.77	0.19

测试单位：成都理工大学应用核技术及自动化工程学院中子活化分析；$w(Au)/10^{-9}$

安山岩（MBP-9-1），样品新鲜，无后期蚀变。岩石经破碎、过筛、拣选，直至粒级为 40 目～60 目。然后通过砂盘淘洗、自然晾干，磁选，最后在双目镜下检查提纯黑云母，其纯度达 99%以上。

2 分析方法和结果

利用黑云母进行 $^{40}Ar/^{39}Ar$ 定年的实例很多，只不过有的采用微区激光探针[3～6]，有的采用单矿物快中子活化[8]。本次测试样品（MBP-9-1）是在中国原子能科学研究院的 49-2 反应堆 H8 孔道中心位置进行快中子照射，使样品中的 ^{39}K 经过 $^{39}K(n,p)^{39}Ar$ 核反应变成 ^{39}Ar。照射时间为 53 h，中子积分通量为 $1.32\times10^{18n}/cm^2$。用于监测中子通量的标准样为中国标准样 ZBJ 角闪石（132.8 Ma±1.4 Ma）和澳大利亚标准样 GA1500 黑云母（98.8 Ma±0.5 Ma）。测试仪器为英国 RGA-10 气体源质谱诺计（VSS 公司）测量氩同位素，原始数据做了时间零点、质量歧视、分馏效应、空白本底（空白加垫本底为：$^{40}Ar=2.4\times10^{-14}$ mol，$^{39}Ar=5.8\times10^{-16}$mol，$^{38}Ar=4.6\times10^{-16}$ mol，$^{37}Ar=3.1\times10^{-16}$ mol，$^{36}Ar=5.4\times10^{-16}$ mol）和 K，Ca，cl 干扰同位素及 ^{37}Ar 放射性衰变校正。样品质量为 0.212 3 g，照射参数 J=0.010 832，$\lambda=5.543\times10^{-10}$/a。对 $^{40}Ar^*/^{39}Ar$ 同位素比值和年龄误差以 1σ 计（表 3）。

3 讨论与结论

马攸木金矿床黑云母样品给出的 ^{40}Ar-^{39}Ar 年龄谱属于“马鞍型”年龄谱（图 1），“马鞍型”年龄谱表明测试样品黑云母含过剩氩[7～9]。这类过剩的 ^{40}Ar 主要有两个相：一为低温相，主要含在流体包裹体之中（因流体包裹体含 K，Cl），在 400℃～600℃之间析出，^{39}Ar 析出量为 5.32%；二是高温相，主要赋存于黑云母晶体之中，在 1 300℃以后析出，这部分过剩 ^{40}Ar 所占比例很小，^{39}Ar 析出量仅为 0.766%。故低温和高温部分气体给出的视年龄，不具地质年代学意义。而年龄谱中坪年龄或最小视年龄一般代表了黑云母的结晶时代[9,10,12]。马攸木金矿区安山岩中黑云母样品的坪年龄为 34.16 Ma±0.12 Ma，最小视年龄为 25.55 Ma±0.32 Ma，其中坪年龄部分包括 660℃～1 300℃8 个中温阶段。

由图 1 可见，马攸木英安岩中黑云母的 $^{40}Ar/^{39}Ar$ 坪年龄由 8 个加热阶段的数据点构成，^{39}Ar 析出量占总量的 93.62%。由于 ^{40}Ar-^{39}Ar 定年实验是在一个样品（而不是一组样品）上完成的，故参加坪

表 3 西藏马攸木安山岩中黑云母^{40}Ar-^{39}Ar年龄测定

Table 3 ^{40}Ar-^{39}Ar fast-neutron activation analysis data of biotite from Mayoumu

加热阶段	加热温度/℃	$(^{40}Ar/^{39}Ar)_m$	$(^{36}Ar/^{39}Ar)_m$	$(^{37}Ar/^{39}Ar)_m$	$(^{38}Ar/^{39}Ar)_m$	$^{39}Ar_k 10^{-12}$mol	$(^{40}Ar^*/^{39}Ar_k)\pm1\sigma$	$^{39}Ar_k$/%	视年龄/Ma $t\pm1\sigma$
1	420	19.194	0.046 6	0.207 32	0.057 6	2.737	5.500±0.005	1.82	104.42±1.35
2	540	7.814 1	0.022 1	0.140 43	0.042 0	5.242	1.316±0.003	3.50	25.55±0.32
3	660	4.972 6	0.010 9	0.093 9	0.028 6	8.490	1.763±0.001	5.66	34.14±0.41
4	780	3.575 7	0.006 0	0.063 1	0.018 6	15.31	1.795±0.000	10.2	34.75±0.41
5	880	2.979 1	0.004 1	0.046 1	0.014 1	22.27	1.754±0.000	14.8	33.96±0.40
6	960	2.456 7	0.002 4	0.031 4	0.010 1	37.58	1.729±0.000	25.0	33.49±0.40
7	1 040	2.886 7	0.003 7	0.046 7	0.015 37	24.59	1.777±0.000	16.4	34.41±0.41
8	1 120	3.180 7	0.004 8	0.054 9	0.018 1	19.25	1.765±0.000	12.8	34.17±0.41
9	1 200	4.571 4	0.009 5	0.091 3	0.034 0	9.743	1.776±0.002	6.50	34.38±0.42
10	1 300	9.794 5	0.027 3	0.249 08	0.078 0	3.386	1.757±0.007	2.26	34.03±0.47
11	1 420	27.232	0.080 8	0.574 38	0.195 95	1.147	3.520±0.020	0.766	67.52±1.55

测试单位：中国科学院地质所 Ar-Ar 定年室；测试人：桑海清，2003

年龄计算的数据点满足等时线对样品同时、同源和化学封闭的条件[7,8,11]，可以进行等时线年龄计算。其结果如图 2 所示，计算得马攸木安山岩中黑云母样品等时线年龄为 33.54 Ma±0.05 Ma，初始值$(^{40}Ar/^{36}Ar)_0$=294.2±1.22。相关系数为 0.999 76，表明构成的等时线的 8 个数据点线性相当好。同时，初始值$(^{40}Ar/^{39}Ar)_0$=299.4±3.55，与尼尔值(295.5±5)(表 4)基本一致，亦表明所测试样品中无显著的过剩氩或氩的丢失。即测试结果受过剩^{40}Ar的影响很小，坪年龄准确可信。由此可见，坪年龄(34.16 Ma±0.12 Ma)与等时年龄(33.54 Ma±0.05 Ma)值十分接近，反映了黑云母样品年龄准确可靠，坪年龄可以代表黑云母的结晶时代。而最小视年龄(25.55 Ma±0.32 Ma)可能表示后期的又一次热事件。

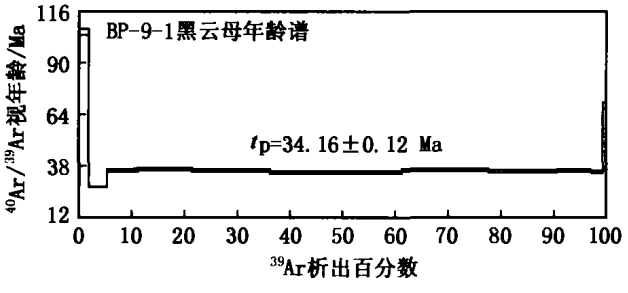


图 1 马攸木矿区黑云母的^{40}Ar-^{39}Ar年龄谱

Fig. 1 ^{40}Ar-^{39}Ar age spectrum of biotite from Mayoumu gold ore area

黑云母样品$^{40}Ar/^{39}Ar$定年表明，马攸木金矿区安山岩体的成岩年龄为 25.23(最小视年龄的极小值)～34.28 Ma(坪年龄的极大值)，与藏东粗面安山岩中黑云母的$^{40}Ar/^{39}Ar$年龄(32.6 Ma～34.4 Ma)(表 4)基本一致。而本区云闪安山岩黑云母的坪年龄(34.16 Ma±0.12 Ma)、等时线年龄(33.54 Ma±0.05 Ma)正好置于藏东粗面安山岩中黑云母

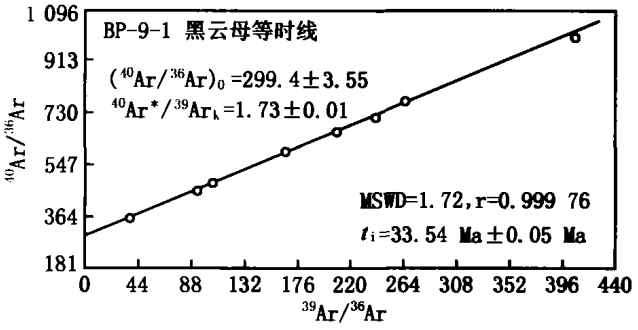


图 2 马攸木矿区黑云母的 Ar-Ar 测年等时线

Fig. 2 Ar isochron age of biotite from Mayoumu gold ore area

的$^{40}Ar/^{39}Ar$年龄(32.6 Ma～34.4 Ma)之内。这一年龄域相当于国际地层时代对比表[13]中老第三纪渐新世(23.3 Ma～35.4 Ma)。

表 4 藏东粗面安山岩中黑云母的氩年龄测定[12]

Table 4 $^{40}Ar/^{39}Ar$ age determination of biotite in trachyandesite from eastern Tibet

样号	坪年龄/(Ma±σ)	等时线年龄/(Ma±σ)	初始值(±σ)$(^{40}Ar/^{39}Ar)_0$	加权均方差	加热阶段数
96YN131	32.8±0.2	32.8±0.2	298.0±16.9	0.5	7
96YN132	33.9±0.3	33.9±0.3	288.4±2.9	2.1	11
96YN135	33.1±0.2	33.1±0.2	332.9±18.8	0.9	8
96YN137	34.1±0.3	34.1±0.3	297.4±6.1	1.7	11

Chung S L *et al* 认为，印度与亚洲陆-陆碰撞时代为 30 Ma～41 Ma[12]，即 40 Ma 前开始的印度与亚洲的陆-陆碰撞，使上地幔岩浆沿雅鲁藏布江缝合带上侵形成侵入岩，或喷发到地表形成火山岩。冈底斯-雅鲁藏布江成矿带的岩浆活动不仅提供了大量热源，而且可能提供部分金属元素(如 Au)的来源。本区安山岩边部 Au 的质量分数(28.5×10^{-9})明显低于安山岩中心部位岩石中(w_{Au}为125.8×10^{-9})(表 2)。边部安山岩岩石中 Au 的亏损，可能意味着边部岩石中 Au 的带出。属于喜马拉雅中期的成矿作用。

参考文献

[1] 多吉,温春齐,刘建林,等.西藏普兰县马攸木砂金矿床的发现及其意义[J].**地质通报**,2003(11/12):

[2] 温春齐. 西藏马攸木金矿床的发现及其意义[J].**成都理工大学学报(自然科学版)**,2003,30(3):253.

[3] Layer P W,Hall C M,York D. the derivation of $^{40}Ar/^{39}Ar$ age spectra of single grains of hornblende and biotite by laser step-heating [J]. **Geophysical Research Letters**,1987,14(7):757-760.

[4] Renne P R. Excess 40Ar in biotite and hornblende from the Noril'sk 1 Intrusion, Siberia; implications for the age of the Siberian Traps [J]. **Earth and Planetary Science Letters**,1995,131(3—4):165-176.

[5] Kelley S P,Bartlett J M,Harris N B W, *et al*. Pre-metamorphic Ar-Ar ages from biotite inclusions in garnet. ; Innovative applications of $^{40}Ar/^{39}Ar$ microanalytical research[J]. **Geochimica et Cosmochimica Acta**,1997, 61(18):3 873-3 878.

[6] 桑海清,王松山,胡世铃,等.迁安蟒山岩体黑云母的$^{40}Ar/^{39}Ar$ 年龄谱及封闭温度[J].**岩石学报**,1992,8(4):332-340.

[7] 桑海清,王松山,胡世铃,等.石英$^{40}Ar/^{39}Ar$ 定年方法及 Ar 同位素质谱分析[J].**质谱学报**,1994,(2):138-148.

[8] Zeitler P K,Fitz G J D. Saddle-shaped $^{40}Ar/^{39}Ar$ age spectra from young, microstructurally complex potassium feldspars[J]. **Geochimica et Cosmochimica Acta**, 1986,50(6):1 185-1 199.

[9] Harrison T M,McDougall I. Excess ^{40}Ar in metamorphic rocks from Broken Hill, New South Wales; implications for $^{40}Ar/^{39}Ar$ age spectra and the thermal history of the region[J]. **Earth and Planetary Science Letters**,1981, 55(1):123-149.

[10] Lanphere M A,Dalrymple G B . Identification of excess $^{40}Ar/^{39}Ar$ age spectrum technique[J]. **Earth and Planetary Science Letters**, 1976,32,(2):141-148.

[11] Foland K A. $^{40}Ar/^{39}Ar$ incremental heating plateaus for biotites with excess argon[J]. **Chemical Geology**,1983,41(1):3-21.

[12] Chung Sun Lin,Lo Ching Hua,Lee Tung yi, *et al*. Diachronous uplift of the Tibetan Plateau starting 40 Myr ago[J]. **Nature (London)**, 1998,394(6695):769-773.

[13] 王鸿祯,李光岑编译.**国际地层时代对比表**[M]. 北京:地质出版社,1990.

^{40}Ar-^{39}Ar DATING OF BIOTITE IN ANDERNITE FROM MAYOUMU GOLD ORE AREA IN TIBET,CHINA

WEN Chun-qi[1], DOU Ji[2], WEN Quan[1], ZHANG Sheng-xiang[2],
FAN Xiao-ping[2], XU Lin[1], HUO Yan[1], LUO Xiao-jun[3]

(1. *Chengdu University of Technology Institute of Earth Science,Chengdu* 610059,*China*;
2. *Tibet Bureau of Geology and Mineral Exploration and Development,Lhasa* 834000;
3. *Southwest Jiaotong University,Chengdu* 610031,*China*)

Abstract: Biotite from the major ore-forming stage of the Mayoumu gold deposit in the Ali region of Tibet, was analysed by the $^{40}Ar/^{39}A$ fast-neutron activation dating technique, which gave a well-defined plateau age of 34.16 Ma±0.12 Ma and an isochron age of 33.54 Ma±0.05 Ma . The plateau age represents crystalline time of biotite. Combined with the geologcal features,it is concluded that there existed a magmatic eruption process in the western part of Gangdese-Yalu Tsangpo (Yaluzangbu) metallogenic belt at the middle Himalaya stage. In this stage, it may have provided hot sources and some metallic element for mineralization of gold in this area.

Key words: $^{40}Ar/^{39}Ar$ dating;biotite;andernite;gold ore area;Mayoumu;Tibet

ISSN 1001—6872(2004)02—0053—04; CODEN:KUYAE2

Synopsis of the first author: Wen Chunqi,male,58 years old,a professor of ore deposit. Now he is engaged in ore deposit and ore deposit geochemistry.