

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

河南洛宁太华岩群斜长角闪岩的锆石 $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 和角闪石 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年龄

倪志耀^{1,2)} 王仁民³⁾ 童英³⁾ 杨淳⁴⁾ 戴潼漠⁵⁾

1) 成都理工大学地球科学学院, 610059; 2) 中国科学院地质与地球物理研究所, 北京, 100029

3) 北京大学地球与空间科学学院, 100871; 4) 中国地质科学院地质研究所, 北京, 100037

5) 中国科学院广州地球化学研究所, 510640

内容提要 运用单颗粒锆石逐层蒸发法和角闪石 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 阶段加热法研究了河南洛宁太华岩群斜长角闪岩的同位素年龄。获得锆石 $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 年龄为 $2675 \pm 2 \text{ Ma}$, 角闪石 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 坪年龄和等时线年龄分别为 $2372.98 \pm 47.46 \text{ Ma}$ 和 $2349.10 \pm 46.98 \text{ Ma}$ 。锆石 $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 年龄代表了斜长角闪岩原岩的形成时代, 而角闪石 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年龄则为其变质时代, 与 Sm-Nd 等时线年龄($2351 \pm 103 \text{ Ma}$)相一致。上述年龄数据表明河南洛宁地区太华岩群形成于新太古代, 在古元古代遭受过一次角闪岩相变质作用。

关键词 锆石 角闪石 同位素年龄 斜长角闪岩 太华岩群 河南洛宁

传统意义上的太华岩群断续出露于华北古陆块南缘的陕西省小秦岭和河南省崤山、熊耳山、鲁山、舞阳一带, 普遍认为是一套遭受强烈变形变质的结晶岩系。已发表的有关太华岩群的年龄数据主要集中在西部小秦岭和东部鲁山、舞阳一带。在熊耳山地区, 仅有张宗清等(1998)报道过斜长角闪岩的全岩 Rb-Sr 和 Sm-Nd 等时线年龄。本文报道我们新近获得的该地区(河南省洛宁县)太华岩群斜长角闪岩中锆石 $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 和角闪石 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年龄, 并讨论其地质意义。

1 区域地质概况

研究区位于河南省西部、熊耳山北侧的洛宁县南部(图1)。该区出露的地层主要为太华岩群的变质火山-沉积岩系和中元古代熊耳群火山岩系, 此外, 尚有第三纪(古近纪-新近纪)的沉积地层。其中, 第三系与太华岩群为断层接触, 而熊耳群火山岩系在北部与太华岩群为断层接触, 南部则为角度不整合接触。

熊耳山地区太华岩群自下而上可划分为5个岩性组, 即草沟组、石板沟组、龙潭沟组、龙门店组和段沟组等(关保德等, 1996)。在研究区内只出露石板沟

组和草沟组, 它们呈整合接触关系。其中, 石板沟组(Arths)分布广泛, 厚度巨大, 岩性复杂, 主要由角闪斜长片麻岩、斜长角闪岩和黑云斜长片麻岩等组成, 夹有变粒岩和大理岩等岩层。在该地层中尚有许多超镁铁岩透镜体存在, 主要为蛇纹岩, 其次为辉石岩和角闪石岩, 部分辉石岩已变为透闪石岩。草沟组(Arthc)主要由黑云斜长片麻岩和角闪斜长片麻岩组成, 其次有斜长角闪片麻岩和斜长角闪岩等。另外, 在石板沟组尚有闪长岩体侵位, 在草沟组则有辉长岩体侵位。

区内太华岩群经历了多期构造-热事件改造, 混合岩化作用强烈, 变质程度大多达到角闪岩相。由于草沟组混合岩化强烈, 矿物的次生蚀变强。另外, 也为了便于与张宗清等(1998)的同位素年龄相对比, 我们仍选择研究区内出露广泛, 厚度巨大, 岩石相对新鲜的石板沟组的斜长角闪岩作为同位素年龄测定的对象。

2 岩石学与地球化学特征

用于同位素年龄测定的斜长角闪岩样品采自洛宁县南部崇阳沟中的凉粉沟(图1), 与张宗清等(1998)同位素样品的采集地相距不远。在剖面上, 该

注: 本文为国家自然科学基金资助项目(编号 49872065)的成果。

收稿日期: 2002-11-24, 改回日期: 2003-03-05; 责任编辑: 郝梓国。

作者简介: 倪志耀, 男, 1963年生。1999年毕业于北京大学地质学系, 获岩石学博士学位; 2002年于中国科学院地质与地球物理研究所博士后流动站出站。现在成都理工大学地球科学学院从事教学与科研工作。通讯地址: 610059, 四川省成都市二仙桥东三路1号, 成都理工大学地球科学学院; 电话: 028-84078809; Email: niziyao@163.com。

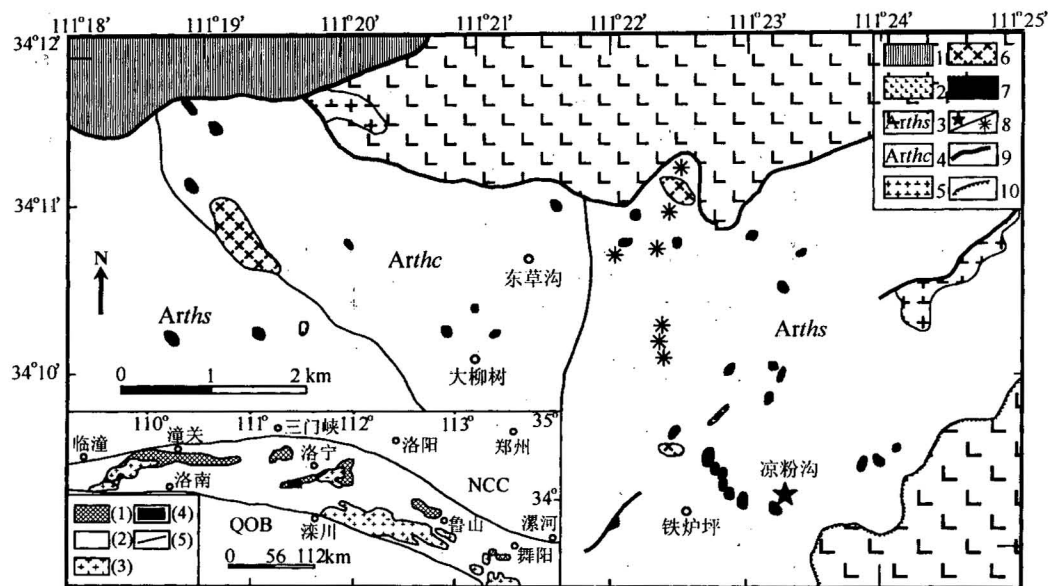


图 1 研究区区域地质简图

Fig. 1 Simplified geological map of study area

1—第三系(古近系—新近系); 2—熊耳群; 3—太华岩群石板沟组; 4—太华岩群草沟组; 5—闪长岩; 6—辉长岩; 7—蛇纹岩; 8—同位素年龄样取样点(本文; 张宗清等, 1998); 9—断裂; 10—不整合; NCC—华北克拉通; QOB—秦岭造山带; (1)—太华岩群; (2)—古元古代之后盖层; (3)—花岗岩; (4)—研究区; (5)—区域性断裂带

1—Tertiary; 2—Xionger Group; 3—Shibangou Formation in Taihua Group; 4—Caogou Formation in Taihua Group; 5—diorite; 6—gabbro; 7—serpentinite; 8—locality of isotopic sample (this paper; Zhang Zongqing et al., 1998); 9—fault; 10—unconformity; NCC—north China craton; QOB—Qinling orogenic belt; (1)—Taihua Group; (2)—covering strata after early Proterozoic; (3)—granite; (4)—study area; (5)—areal fracture zone

斜长角闪岩与透闪石岩、辉石岩和蛇纹岩等透镜状超镁铁岩构造块体呈断层接触(图2)。灰黑色, 柱状变晶结构, 块状构造。矿物颗粒大小为 (0.4×1.2) mm~ (0.6×1.0) mm, 主要矿物为角闪石(50%)和斜长石(40%), 次要矿物为黑云母, 副矿物有钛铁矿、金红石和榍石等。其中, 斜长石为灰白色, 单偏光

下无色, 表面较脏, 已发生不同程度的绢云母化, 多分布在角闪石颗粒之间。相对较新鲜的斜长石颗粒具明显的聚片双晶, 用垂直 (010) 晶带最大对称消光法测得其 An 值为26。角闪石具浅绿色至浅黄色的多色性, $Ng \wedge Z = 13^\circ \sim 15^\circ$, 表面干净, 局部呈集合体形式产出, 集合体内部多有钛铁矿和金红石存在。部

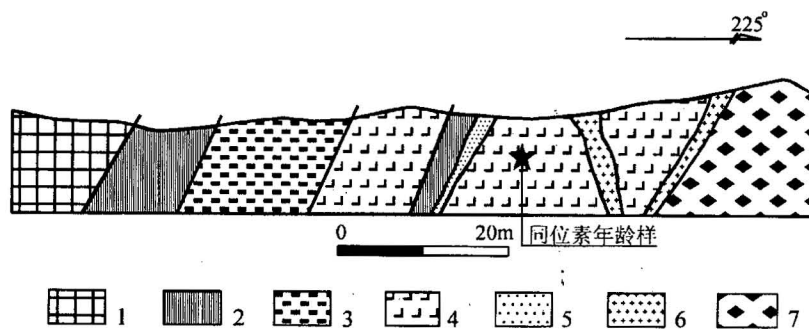


图 2 同位素样品在剖面中的取样位置

Fig. 2 Locality of isotopic sample in section

1—混合岩化角闪斜长片麻岩; 2—蛇纹岩; 3—辉石岩; 4—斜长角闪岩; 5—构造破碎带; 6—长英质脉; 7—透闪石岩
1—Migmatized amphibole-plagioclase gneiss; 2—serpentinite; 3—pyroxenite; 4—plagioclase amphibolite; 5—structural fracture zone; 6—felsic dyke; 7—tremolitite

表 1 斜长角闪岩的主元素(%)、稀土元素(ug/g)和微量元素(ug/g)成分

Table 1 Major, REE and trace element compositions for plagioclase amphibolite

SiO ₂		TiO ₂		Al ₂ O ₃		FeO		Fe ₂ O ₃		MnO		MgO		CaO		Na ₂ O		K ₂ O		P ₂ O ₅		LOI		Total	
50.53		0.91		15.84		5.02		2.43		0.12		8.70		8.56		3.31		1.56		0.07		2.56		99.61	
La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Y	Rb										
11.4	26.5	3.2	14.8	4.01	1.30	4.85	0.78	5.03	1.00	2.91	0.41	2.70	0.40	25.0	60.5										
Sr	Cs	Ba	U	Th	Zr	Hf	Nb	Ta	Sc	V	Cr	Co	Ni	Cu	Zn										
313	0.83	360	0.27	1.00	57.6	1.58	4.12	0.48	19.4	225	396	40.2	314	22.0	95.5										

注:主要元素由中国科学院地质与地球物理研究所 XRF 分析;稀土和微量元素由核工业北京地质研究院 ICP-MS 分析。

分钛铁矿颗粒边部有榍石反应边存在。

斜长角闪岩的地球化学成分见表1,稀土元素和微量元素的配分模式如图3。从表1和图3中我们可以发现,该斜长角闪岩的 SiO₂ = 50.53%, Mg[#] = 68.95, Nb/Y = 0.17, Zr/TiO₂ = 0.006, 具亚碱性系列玄武岩类地球化学特征。球粒陨石标准化稀土元素配分模式为轻稀土富集型, (La/Yb)_N = 2.85, (La/Sm)_N = 1.79, ΣREE = 79.29 ug/g, Eu/Eu* = 0.90, 明显不同于 E-MORB。在 MORB 标准化的微量元素配分模式图中,大离子亲石元素强烈富集,并且 Ce 和 Sm 也有一定富集,可能属于钙碱性的火山弧(VAB)玄武岩。

3 年龄测定结果

3.1 锆石²⁰⁷Pb/²⁰⁶Pb 年龄

用于年龄测定的锆石颗粒挑选是在河北省区域地质调查大队实验室(廊坊市)完成的。挑选出的锆石为暗棕色,长柱状,晶形完整,棱角清楚,无裂纹,

无熔蚀,透明度高。颗粒大小比较均匀,多为 240 μm × 100 μm。

锆石晶体²⁰⁷Pb/²⁰⁶Pb 年龄的测定是在中国地质科学院地质研究所同位素实验室热离子质谱计 MAT261 上完成的,所用方法为锆石晶体热离子质谱计上直接逐级蒸发—沉积法。该方法由 Kober (1986) 首创,刘敦一等(1988)对其实验流程作了相应改正并首次用于国内的锆石定年工作。该方法的缺陷是所分析的年龄数据有可能是一种混合年龄,没有任何地质意义,是由于锆石颗粒中含有更古老的残留锆石之故。从我们的锆石样品的阴极发光研究来看,锆石颗粒具有明显、规则的同心环带结构,表明锆石形成于岩浆结晶作用,没有任何不规则的残留锆石,所获得的年龄不是一种混合年龄,具有成因意义。

测定时的标样为美国铅标准 NBS981, 年龄计算所采用的衰变常数为: λ²³⁸U = 1.55125 × 10⁻¹⁰/a; λ²³⁵U = 9.8485 × 10⁻¹⁰/a; ²³⁸U/²³⁵U = 137.88。具体

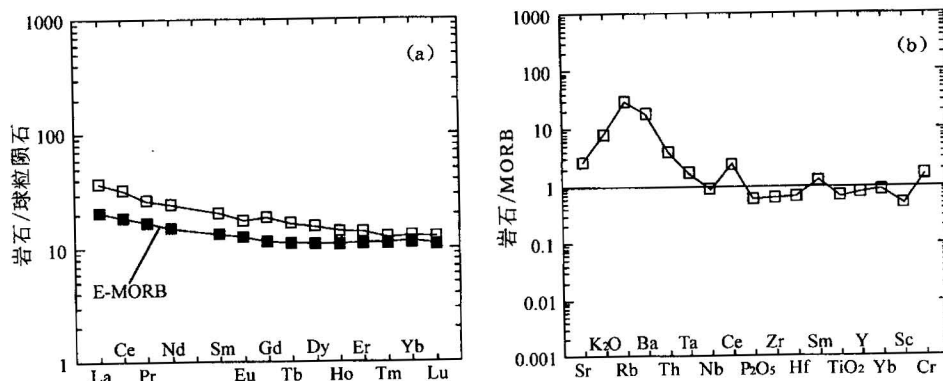


图 3 斜长角闪岩的球粒陨石标准化 REE (a) 和 MORB 标准化微量元素配分型式 (b)

Fig. 3 Chondrite-normalized REE (a) and MORB-normalized trace element (b)

distribution pattern for plagioclase amphibolite

球粒陨石标准化值据 Boynton(1984); MORB 标准化值据 Pearce(1982); E-MORB 的 REE 成分据 Sun and McDonough(1989)
Chondrite and MORB normalizing values after Boynton(1984) and Pearce (1982) respectively; E-type MORB compositions after Sun and McDonough(1989)

操作流程详见 Kober(1986)、刘敦一等(1988)和宋彪(1994,1995)等文献。测定结果见表2,误差为 2σ 。从表2可知,第二个颗粒(No. 2)的前四个阶段的 $(^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb})_{\text{rad}}$ 值随着测定工作的进行而逐渐变大且至第4次趋于最大值,第5和第6次测定的 $(^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb})_{\text{rad}}$ 值虽然低于第4次,但在误差范围内仍属基本一致,它们的年龄值也差不多。因此,我们可以这样认为:第4次至第6次的 $(^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb})_{\text{rad}}$ 值已经处于稳定,它们的年龄数据可以代表锆石的结晶年龄。鉴于第4次测定结果的普通铅含量最低,铅丢失最少,其年龄数据应该最为可靠,所以我们取 $2675 \pm 2 \text{ Ma}$ 作为斜长角闪岩原岩的形成时代。

第一个颗粒和第三个颗粒的年龄值明显低于第二个颗粒的年龄值,它们分别为 $2458 \pm 3 \text{ Ma}$ 和 $2502 \pm 2 \text{ Ma}$ 。这有两种可能,一是它们为斜长角闪岩原岩形成之后地质作用所形成的锆石,代表相应地质事件的年龄;二是它们不代表任何地质事件的年龄,是由于普通铅丢失造成的,没有任何地质意义。据我们在双目镜下观察及阴极发光研究,上述不同年龄

锆石的形态及其特点没有明显的差别,故仅仅根据锆石固有的晶体形态,还不能简单得出它们是成岩作用还是后期变质作用所形成的结论。另外,从数据的测试结果来看,第一个颗粒只有两组数据,而第三个颗粒更是仅有一组数据,难以确定它们的 $(^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb})_{\text{rad}}$ 值是否达到最大值且趋于稳定。这样,要正确分析不同年龄的地质意义还需结合区域地质背景和其他同位素资料,这在下面加以具体分析。

3.2 角闪石 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年龄

角闪石的单矿物挑选也是在河北省区域地质调查大队实验室完成的。在挑选出干净的角闪石样品后,将该样品用铝箔包裹,与标样一同置于核反应堆进行快中子照射,照射时间为65h31min,积分中子通量为 10^{18} n/cm 。冷却后的样品装入全不锈钢超高真空提取、纯化系统,用电子轰击炉进行阶段加热,析出气体经海绵钛、蒸发钛纯化后转入质谱进行静态 Ar 同位素的测定。实验测定是在桂林矿产地质研究院同位素室英制 MM1200型稀有气体质谱计

上进行的。该仪器的灵敏度为 $3 \times 10^{-4} \text{ A/mmHg}$,真空度为 10^{-9} mmHg , ^{40}Ar 的本底为 10^{-14} mol , ^{36}Ar 、 ^{37}Ar 、 ^{38}Ar 和 ^{39}Ar 的本底为 10^{-16} mol 。实验测定所用标样为中国标样 ZBJ 角闪石,其年龄值为 132.5 Ma , $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 为5.3247,测定结果见表3和图4,误差为 1σ 。数据的具体处理方法见王松山(1992)和 York(1969)。

从图4中可以看出,所测角闪石的坪年龄和等时线年龄分别为 $2372.98 \pm 47.46 \text{ Ma}$ 和 $2349.10 \pm 46.98 \text{ Ma}$,两者在误差范围内基本一致,排除了有过剩氩存在的可能性,表明它们所反映的年龄数据准确可靠。角闪石的 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年龄表明,角闪石形成于 $2372.98 \pm 47.46 \text{ Ma}$ 与 $2349.10 \pm 46.98 \text{ Ma}$ 之间,为古元古代角闪石相变质作用的产物。

4 结论与讨论

张宗清等(1998)对熊耳山地区太华岩群的变质岩进行过 Sm-Nd 和 Rb-Sr 同位素地质年代学研究,获得了3个年龄数据。它们是:全岩 Sm-

表 2 斜长角闪岩中锆石年龄测定数据

Table 2 Isotopic age data of single-grain zircon for plagioclase amphibolite

No	序号	组数	锆石中的铅同位素测定值			计算结果	
			$^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{204}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$(^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb})_{\text{rad}}$	年龄(Ma)
1	1	8	0.2733 $\pm$ 25	0.16001 $\pm$ 66	0.0000651 $\pm$ 2	0.15919 $\pm$ 66	2458 $\pm$ 3
	2	6	0.2367 $\pm$ 41	0.16081 $\pm$ 32	0.000046 $\pm$ 10	0.16023 $\pm$ 32	
2	1	5	0.19604 $\pm$ 19	0.17267 $\pm$ 7	0.0000360 $\pm$ 22	0.17222 $\pm$ 7	2675 $\pm$ 2
	2	6	0.19660 $\pm$ 12	0.17346 $\pm$ 40	0.0000378 $\pm$ 24	0.17299 $\pm$ 40	
	3	4	0.19590 $\pm$ 10	0.17478 $\pm$ 49	0.0000348 $\pm$ 26	0.17435 $\pm$ 49	
	4	5	0.21881 $\pm$ 58	0.18298 $\pm$ 17	0.0000477 $\pm$ 51	0.18239 $\pm$ 17	
	5	2	0.22224 $\pm$ 57	0.18328 $\pm$ 16	0.0000870 $\pm$ 10	0.18222 $\pm$ 16	
	6	3	0.22390 $\pm$ 29	0.18374 $\pm$ 29	0.0001430 $\pm$ 16	0.18198 $\pm$ 29	
3	1	10	0.24435 $\pm$ 45	0.16489 $\pm$ 15	0.0000312 $\pm$ 26	0.16450 $\pm$ 15	2502 $\pm$ 2

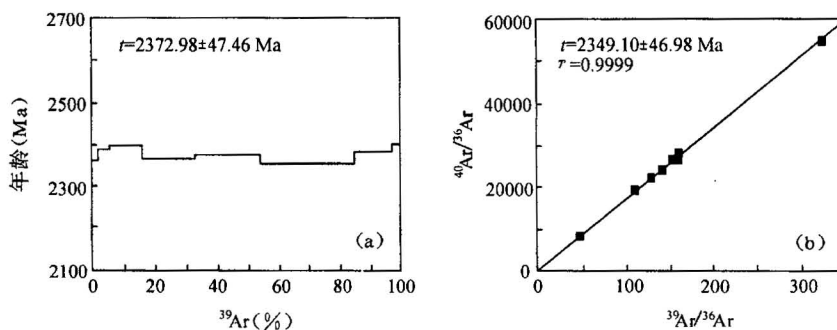
注: $(^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb})_{\text{rad}}$ 代表放射性成因铅。

表 3 斜长角闪岩中角闪石年龄测定数据

Table 3 ^{40}Ar - ^{39}Ar analysis and calculation results of amphibole for plagioclase amphibolite

加热阶段	加热温度(°C)	^{39}Ar (%)	^{40}Ar (%)	(Ar) _r (%)	$^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$	$^{39}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$	$^{37}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$	视年龄(Ma)
1	700	1.20	1.17	96.30	7987.691	46.50779	17.24323	2362.70 $\pm$ 236.71
2	950	3.87	3.90	98.89	26761.17	156.9158	6.271842	2388.53 $\pm$ 48.55
3	1000	10.51	10.70	98.69	22706.45	132.0963	2.958037	2396.32 $\pm$ 36.29
4	1050	17.43	17.40	98.76	23917.22	142.121	1.981562	2369.16 $\pm$ 54.22
5	1100	21.28	21.33	98.90	26909.43	159.1985	3.194019	2376.81 $\pm$ 37.92
6	1150	30.34	30.02	99.45	53865.51	325.8145	0.0315575	2354.91 $\pm$ 12.20
7	1200	12.23	12.32	98.46	19302.99	112.9971	4.653328	2384.99 $\pm$ 19.64
8	1350	3.14	3.16	98.93	27783.29	161.248	17.23629	2402.66 $\pm$ 41.97

注:照射参数 J=0.0142562;r 代表放射性成因氩。

图4 角闪石的 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 坪年龄(a)和等时线年龄(b)Fig. 4 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ plateau(a) and isochron age (b) of amphibole

Nd 模式年龄为 2914 ± 79 Ma, 全岩 Sm-Nd 等时线年龄为 2351 ± 103 Ma 和全岩 Rb-Sr 等时线年龄为 1539 ± 46 Ma。他们将上述年龄数据分别解释为太华岩群变质岩原岩的形成时代、太华岩群所经历的古元古代变质事件和中元古代变质事件的时代。其中, 全岩 Sm-Nd 等时线年龄与我们所获得的角闪石的 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年龄相一致, 表明太华岩群在古元古代确曾遭受过一次区域变质作用, 也可能是太华岩群变质岩原岩首次发生角闪岩相变质作用的事件。从这一点上来看, 2458 ± 3 Ma 和 2502 ± 2 Ma 的锆石 $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 年龄可能是普通铅丢失造成的, 没有任何地质意义; 全岩 Sm-Nd 模式年龄明显大于本次研究所获得的锆石 $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 年龄 (2675 ± 2 Ma), 因而将其解释为太华岩群变质岩原岩的形成时代可能有些不妥。从 Sm-Nd 模式年龄的地质意义(江博明, 1989; 李献华, 1996)来看, 太华岩群斜长角闪岩原岩可能是一种“壳-幔”岩浆岩。至于全岩 Rb-Sr 等时线年龄 (1539 ± 46 Ma) 所反映出的中元古代变质事件, 在本次研究中没有相应的年龄数据可以加以对比, 无法加以讨论。

有关太华岩群的年龄数据已取得不少, 特别是在小秦岭和鲁山、舞阳地区更多(张国伟等, 1988; 沈福农, 1994; 关保德等, 1996; 周汉文等, 1998)。由于所取得的年龄数据大多不太一致, 有的差异较大, 从而导致了太华岩群是新太古代还是古元古代之争。这可能有以下3个方面的原因: 一是不同同位素年代学方法的误差; 二是太华岩群经历了多期次的构造-热事件改造, 使得岩石中的同位素体系发生相应改变; 三是现存于华北古陆块南缘的小秦岭、崤山、熊耳山、鲁山和舞阳等地的太华岩群不是一种简单的、形成时代基本一致的地层单元, 而是因构造作用

拼贴于华北古陆块南缘的构造块体。通过对现有年龄数据的对比分析, 结合太华岩群的地质特征, 我们认为太华岩群非一般意义上的地层单元, 而是一种由形成时代不同的若干岩块组合而成的特殊构造单元(王仁民等, 2002)。

致谢: 野外工作曾得到河南省地质矿产厅区域地质调查大队黎世美高级工程师的帮助, 在此表示衷心的感谢。

参 考 文 献

- 关保德, 等. 1996. 河南华北地台南缘前寒武纪—早寒武世地质和成矿. 武汉: 中国地质大学出版社, 1~11.
- 江博明. 1989. 太古代岩石的定年——方法论和局限性的讨论. 地球化学, (2): 103~120.
- 李献华. 1996. Sm-Nd 模式年龄和等时线年龄的适用性与局限性. 地质科学, 31(1): 97~104.
- 刘敦一, 赵敦敏. 1988. 用热离子发射质谱计直接测定单颗粒锆石 $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 年龄. 地质论评, 34(6): 496~505.
- 沈福农. 1994. 河南鲁山太华群不整合的发现和地层层序厘定. 中国区域地质, (2): 135~140.
- 宋彪. 1994. 质谱计逐级蒸发-沉积测定单颗粒锆石年龄原理及可靠性的证明——兼论锆石同位素年代学的实用性. 地球学报, 7(1~2): 206~217.
- 宋彪. 1995. 质谱计蒸发-沉积测定单颗粒锆石年龄原理及讨论. 地质论评, 41(3): 245~251.
- 王仁民, 倪志耀, 童英. 2002. 是地层单元还是构造单元. 中国地质, 29(3): 281~285.
- 王松山. 1992. 氯对 ^{40}Ar - ^{39}Ar 定年的制约及数据处理. 地质科学, (4): 369~378.
- 张国伟, 梅志超, 周鼎武, 等. 1988. 秦岭造山带的形成及其演化. 西安: 西北大学出版社, 1~16.
- 张宗清, 黎世美. 1998. 河南省西部熊耳山地区太古宙太华群变质岩的 Sm-Nd, Rb-Sr 年龄及其地质意义. 见: 程裕淇主编. 华北地台早前寒武纪地质研究论文集. 北京: 地质出版社, 123~132.
- 周汉文, 钟增球, 凌文黎, 等. 1998. 豫西小秦岭地区太华杂岩斜长角闪岩 Sm-Nd 等时线年龄及其地质意义. 地球化学, 27(4): 367~372.

References

- Boynton W V. 1984. Cosmochemistry of the rare earth elements; Mete-

- orite studies. In: Henderson P, ed. Rare Earth Element Geochemistry. Amsterdam; Elsevier Scientific Publishing Company, 91.
- Guan Baode, et al. 1996. The Precambrian-Lower Cambrian Geology and Metallogensis in the South Border of the North China Platform in Henan Province. Wuhan: China University of Geosciences Press, 1~11 (in Chinese with English abstract).
- Jahn B M. 1989. Dating of Archean rocks: A discussion of methodology and limitations. *Geochimica*, (2): 103~120 (in Chinese with English abstract).
- Kober B. 1986. Whole-grains evaporation for ($^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$)-age-investigation on single zircons using a double-filament thermal ion source. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 93: 490~492.
- Li Xianhua. 1996. A discussion on the model and isochron ages of Sm-Nd isotopic systematics; suitability and limitation. *Scientia Geologica Sinica*, 31(1): 97~104 (in Chinese with English abstract).
- Liu Dunyi, Zhao Dunmin. 1988. Direct determination of the $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ age of single grain zircon by use of the thermal emission mass spectrometer. *Geological Review*, 34(6): 496~505 (in Chinese with English abstract).
- Pearce J A. 1982. Trace element characteristics of lavas from destructive plate boundaries. In: Thorpe R S, ed. *Andesites; Orogenic Andesites and Related Rocks*. Chichester: John Wiley & Sons, 525~547.
- Shen Funong. 1994. The discovery of unconformity within the Taihua Group and definition of its stratigraphic sequence in the Lushan area, Henan. *Regional Geology of China*, (2): 135~140 (in Chinese with English abstract).
- Song Biao. 1994. Principle of the single-zircon stepwise evaporation-deposition technique and the applications of zircon geochronology. *Acta Geoscientia Sinica*, 7(1~2): 206~217 (in Chinese with English abstract).
- Song Biao. 1995. The principle of dating single-grain zircon using the technique of stepwise evaporation-deposition on the Mass Spectrometer-with a discussion. *Geological Review*, 41(3): 245~251 (in Chinese with English abstract).
- Sun S S, McDonough W F. 1989. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts; implications for mantle composition and processes. In: Saunders A D, Norry M J, eds. *Magmatism in the Ocean Basins*. Geological Society Special Publication, 42: 313~354.
- Wang Renmin, Ni Zhiyao, Tong Ying. 2002. Stratigraphic unit or tectonic unit? *Geology in China*, 29(3): 281~285 (in Chinese with English abstract).
- Wang Songshan. 1992. Constraints of chlorine on $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ dating and calculation of high precise $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ ages. *Scientia Geologica Sinica*, (4): 369~378 (in Chinese with English abstract).
- York D. 1969. Least-squares fitting of straight line with correlated errors. *Earth and Planetary Science Letter*, 5: 320~324.
- Zhang Guowei, Mei Zhichao, Zhou Dingwu, et al. 1988. Formation and evolution of the Qinling orogenic belt. Xi'an: Northwest University Press, 1~16 (in Chinese with English abstract).
- Zhang Zongqing, Li Shimei. 1998. Age of Sm-Nd and Rb-Sr from metamorphic rocks in the Archean Taihua Group in Xiongershan area, Henan Province and their geological significance. In: Cheng Yuqi, ed. *Collected Works of Geology of Early Precambrian in North China Craton*. Beijing: Geological Publishing House, 123~132 (in Chinese).
- Zhou Hanwen, Zhong Zengqiu, Ling Wenli, et al. 1998. Sm-Nd isochron for the amphibolites within Taihua complex from Xiao Qinling area, western Henan and its geological implications. *Geochimica*, 27(4): 367~372 (in Chinese with English abstract).

$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ Age of Zircon and $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ of Amphibole from Plagioclase Amphibolite in the Taihua Group, Luoning, Henan, China

NI Zhiyao^{1,2)}, WANG Renmin³⁾, TONG Ying³⁾, YANG Chun⁴⁾, DAI Tongmo⁵⁾

1) College of Earth Sciences, Chengdu University of Technology, Chengdu, Sichuan, 610059

2) Institute of Geology and Geophysics, Chinese Academy of Sciences, Beijing, 100029

3) School of Earth and Space, Peking University, Beijing, 100871

4) Institute of Geology, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing, 100037

5) Guangzhou Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou, Guangdong, 510640

Abstract

The isotopic geological age of plagioclase amphibolite from the Taihua Group in Luoning County, Henan Province, China has been determined by whole-grain evaporation on single zircon using a double-filament and step-heating $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ spectra of amphibole. The single-grain zircon $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ age is 2675 ± 2 Ma and amphibole $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ plateau and isochron ages are 2372.98 ± 47.46 Ma and 2349.10 ± 46.98 Ma respectively. The former is the crystallization age of plagioclase amphibolite protolith, the later is the metamorphic age and similar to the Sm-Nd isochron age (2351 ± 103 Ma). The isotopic age of plagioclase amphibolite show that the Taihua Group belong to the Neoarchean and suffered the amphibole-facies metamorphism in the Palaeoproterozoic subsequently.

Key words: zircon; amphibole; isotopic age; plagioclase amphibolite; Taihua Group; Henan Province