

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*

周汉文^{①,②} 钟增球^② 凌文黎^② 钟国楼^② 徐启东^②

(① 中国科学院广州地球化学研究所 广州 510640)

(② 中国地质大学 武汉 430074)

摘 要 小秦岭地区太华杂岩以多种产状出露于表壳岩系和花岗质片麻岩中,经历了角闪岩相变质作用。其空间上的密切共生和地球化学演化特征说明它们是弧后盆地扩张不同阶段的产物。不同产状的斜长角闪岩几乎具有一致的 Sm-Nd 等时线年龄(2542 ± 57) Ma,表明斜长角闪岩形成于新太古代,不支持太华杂岩时代二分为太古宙和古元古代的观点。 (2542 ± 57) Ma 代表了华北地台南缘新太古代张裂事件的年代。

关键词 Sm-Nd 等时线年龄 斜长角闪岩 张裂 华北地台 太华杂岩 小秦岭

分类号 P597

沿中朝准地台南缘,断续出露一系列近东西向分布的太古宙杂岩体,如登封杂岩体、鲁山杂岩体、熊耳山杂岩体、崤山杂岩体、小秦岭杂岩体。它们是中朝准地台基底的重要组成部分。这些杂岩体中普遍发育斜长角闪岩。系统的岩石地球化学研究表明,豫西小秦岭地区太华杂岩中的斜长角闪岩的原岩为拉斑玄武岩,是华北古陆南缘拉张构造背景下基性岩浆活动的产物^[1]。确定其形成时代对深入研究中朝准地台的构造演化无疑是很重要的。本文报道小秦岭地区太华杂岩中斜长角闪岩全岩 Sm-Nd 等时线年龄研究结果,并讨论其地质意义。

1 区域地质背景

小秦岭地区太华杂岩位于中朝准地台南缘,横跨华北地台和祁连-北秦岭褶皱带两大不同构造单元,主要由表壳岩系和花岗质片麻岩组成。表壳岩系是一套经受中深变质的海相中基性岩和沉积岩,主要由黑云斜长片麻岩、角闪斜长片麻岩、斜长角闪岩、孔兹岩、黑云母变粒岩以及石英岩、大理岩和磁铁石英岩等组成。花岗质片麻岩是变质变形的古老岩浆岩,属 TTG 岩套^[2,3],侵入于表壳岩系^[2,4]。根据陕西境内太华杂岩被古元古界铁铜

第一作者简介:周汉文 男 34岁 副教授 岩石学

* 本文为武警黄金指挥部课题“东陶金矿及外围变质岩、岩浆岩与成矿关系的研究”的部分研究成果,并得到地质矿产部壳幔体系组成、物质交换及动力学开放研究实验室基金资助

收稿日期 1997-10-23,改回日期 1998-04-14

沟组不整合覆盖以及鲁山、舞阳地区太华杂岩的同位素年龄资料(鲁山地区太华杂岩角闪斜长片麻岩锆石 U-Pb 年龄 2620Ma, 磷灰石 U-Pb 年龄 2658Ma, 舞阳地区超基性岩磷灰石 U-Pb 年龄 2580Ma), 太华杂岩形成于新太古代^[3]。

太华杂岩遭受强烈的变质变形改造。以角闪岩相区域变质作用为主, 局部出现麻粒岩相组合, 普遍叠加绿片岩相退变质作用。峰期变质作用发生于古元古代(2087 ± 120) Ma^[5]。多期变形改造导致杂岩体中存在多期面状和线状构造, 区域构造线近东西向。

2 斜长角闪岩产状及岩相学

多期变形改造的斜长角闪岩位态不代表原始状态。层状和似层状斜长角闪岩多位于弱变形域, 透镜体状者一般位于强变形带内。斜长角闪岩明显有多种产状类型: 与表壳岩系密切共生的类型, 以含石榴子石和较多黑云母(10%)为特征; 产于花岗质片麻岩中的类型, 局部混合岩化, 以不含石榴子石、少量黑云母(<5%)为特征。岩石中矿物定向排列表明峰期变质与变形是同时发生的。在金洞岔的简易公路边, 花岗质片麻岩中的斜长角闪岩透镜体具有冷凝边, 变余冷凝边宽 2—3cm, 其颜色比透镜体内部深, 粒度细, 偏光显微镜下发现其矿物组成与透镜体内部相似, 只是含较多的黑云母。在许多地方, 斜长角闪岩透镜体可以沿片麻理走向追索, 说明为花岗质片麻岩形成后侵入的脉岩, 由于后期的剪切变形形成透镜体。根据岩石的地质产状、岩石组合、矿物组合及地球化学特征, 将研究区斜长角闪岩分为三种岩石组合类型^[1], 其特征分述如下。

第一组合类型(A类): 与表壳岩系的变粒岩、黑云斜长片麻岩、大理岩以及片岩等共生, 呈层状或透镜体状产出, 岩石类型以石榴黑云斜长角闪岩为主, 岩石含褐红色黑云母(6%—8%), 铁铝榴石含量可达 5%—10%, 角闪石 40%—45%, 斜长石 ($An = 45.0—52.0$) 20%—35%, 峰期变质的普通角闪石有褐色—黄绿色多色性, 边部退变为蓝绿色的阳起石。

第二组合类型(B类): 分布广且大都与花岗质片麻岩在空间上共生, 呈透镜体产出, 岩石类型主要包括斜长角闪岩、透辉斜长角闪岩、钾长角闪岩, 以不含或含少量黑云母为特征。斜长角闪岩, 由角闪石(50%—70%)、斜长石($An = 28.0—36.5$) (30%—50%), 黑云母(3%—5%)、石英(10%—20%)及少量副矿物如磷灰石、磁铁矿、榍石等组成。透辉斜长角闪岩中, 透辉石的含量一般为 5%—10%, 角闪石 40%—60%, 斜长石($An = 27.8—30$) 30%—45%, 石英 10%—20%, 不含或含少量黑云母。钾长角闪岩, 其中斜长石($An = 31.6$) 的含量在 10% 左右, 角闪石 30%—40%, 微斜长石($Or_{89-27} Ab_{10-54} An_{0-19}$) 含量高达 30%—45%, 含少量石英(<8%)和黑云母(<5%)。

第三组合类型(C类): 主要呈透镜体状产出于花岗质片麻岩中, 与第二类变基性岩的产状相似, 岩石类型以黑云斜长角闪岩为主。黑云斜长角闪岩中, 黑云母含量可达 10%, 斜长石($An = 30—35$) 35%—45%, 角闪石 40%—45%, 石英 10%—15%, 含微量副矿物磷灰石。

选择上述 A 和 B 类样品进行 Sm-Nd 同位素分析。分析的 A 类样品主要采自观音堂和焕池峪一带的表壳岩系中, B 类样品主要采自东闯的坑口—杨寨峪、观音堂—抢马一带的 TTG 岩套中。

3 斜长角闪岩的 Sm-Nd 同位素分析结果

采用常规化学流程分离 Sm、Nd, Sm-Nd 同位素组成在中国地质大学(武汉) MAT-261 多接收器质谱仪上测定, Nd 同位素标准化值为 $^{146}\text{Nd} / ^{144}\text{Nd} = 0.7219$, 仪器偏差用 La Jolla 标准 $^{143}\text{Nd} / ^{144}\text{Nd} = 0.511860$ 校正。测定玄武岩国家标样 GBW04419 的 $\text{Sm} = 3.03\mu\text{g} / \text{g}$, $\text{Nd} = 10.1\mu\text{g} / \text{g}$, $^{143}\text{Nd} / ^{144}\text{Nd} = 0.512758 \pm 12(2\sigma)$ 。 $\epsilon_{\text{Nd}}(t)$ 值参照球粒陨石数据计算, 采用参数为 $(^{147}\text{Sm} / ^{144}\text{Nd})_{\text{CHUR}} = 0.1967$, $(^{143}\text{Nd} / ^{144}\text{Nd})_{\text{CHUR}} = 0.512636$ 。 钕模式年龄 T_{DM} 参照亏损地幔源^[6], 用 ISOPLLOT 软件^[7]计算。 Sm-Nd 分析结果列于表 1。 分析样品的 Sm-Nd 比值的变化为 0.21—0.31, 8 个数据点构成一线性相关很好的 Sm-Nd 等时线 ($\text{MSWD} = 0.26$), 年龄为 $(2542 \pm 57)\text{Ma}$ (2σ , 下同), $\epsilon_{\text{Nd}}(t) = +1.6 \pm 1.2$ (图 1), 样品的模式年龄为 2.62—2.70Ga, 平均 $T_{\text{DM}} = 2.66\text{Ga}$ 。

表1 小秦岭地区太华杂岩中斜长角闪岩的Sm-Nd同位素分析结果
Table 1 Sm-Nd isotopic compositions for amphibolites within Taihua complex from Xiao Qinling area

岩石类型	样 号	Sm(μg/g)	Nd(μg/g)	¹⁴⁷ Sm/ ¹⁴⁴ Nd	¹⁴³ Nd/ ¹⁴⁴ Nd(±2σ)	T _{DM} (Ga)
A	95F4	4.58	21.61	0.1335	0.511659± 9	2.63
	95A2	9.62	44.18	0.1372	0.511713±15	2.65
	95B12	3.66	11.90	0.1939	0.512675±14	2.66
B	95E3-1	6.99	30.54	0.1443	0.511851± 7	2.62
	95E3	7.35	32.68	0.1417	0.511789± 5	2.66
	95E5	6.32	24.43	0.1631	0.512151± 8	2.70
	95A7	8.65	38.89	0.1401	0.511766± 9	2.65
	95E47	6.29	24.56	0.1613	0.512110± 6	2.73

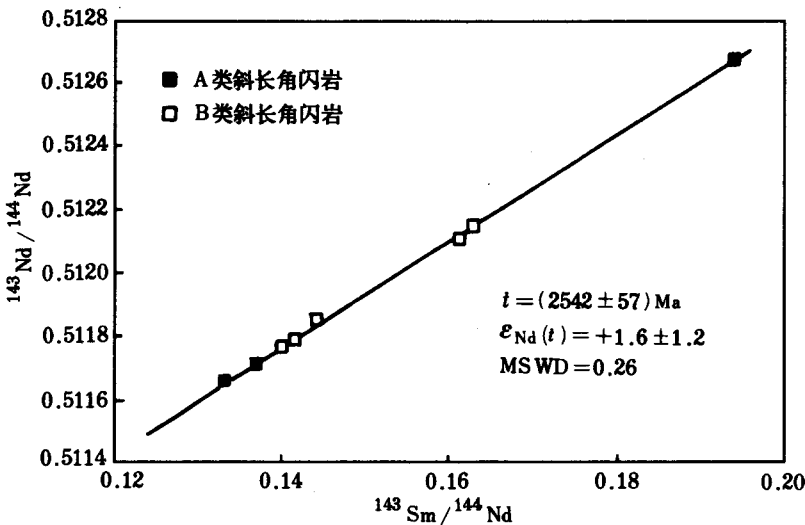


图1 小秦岭地区太华杂岩中斜长角闪岩全岩Sm-Nd等时线图
Fig. 1 Sm-Nd isochron diagram for the amphibolites within Taihua complex from Xiao Qinling area

4 讨 论

A 和 B 两类斜长角闪岩产状存在差异, A 类与典型的表壳岩系共生, B 类产于花岗质片麻岩(TTG 岩套)中, 一般都认为前者为表壳岩系的组合之一, 而后者为难熔残余。TTG 岩套明显侵入于表壳岩系中^[6], 如果是这样的话, 则 A、B 两类斜长角闪岩应具有不同的初始同位素比值和形成年龄, 将其拟合等时线会给出虚假的年龄^[8]。但系统的地球化学研究表明, A、B 两类岩石实际上是华北地台南缘拉张构造背景下基性岩浆活动的产物^[1]。系统的区域调查表明, 这些斜长角闪岩是侵入于太华杂岩表壳岩系和 TTG 岩系的基性脉岩, 与表壳岩系和 TTG 岩系同时经历区域变质变形, 形成斜长角闪岩。我们将 A、B 两类斜长角闪岩分别进行等时线计算, A 类斜长角闪岩的 3 个数据点构成的等时线年龄为 $(2558 \pm 13) \text{ Ma}$, 初始钕同位素比值 $(^{143}\text{Nd} / ^{144}\text{Nd}) = 0.509403$, B 类岩石的 5 个数据点构成的等时线年龄为 $(2536 \pm 21) \text{ Ma}$, 初始钕同位素比值 $(^{143}\text{Nd} / ^{144}\text{Nd}) = 0.509425$ 。可见, 分别由 A、B 类岩石得到的等时线年龄与全部样品的年龄及初始钕同位素比值在误差范围内一致, 说明 A 和 B 类斜长角闪岩大致是同源的, 或者至少它们的初始同位素比值是很接近的, 也说明 A 和 B 类斜长角闪岩的形成基本上是同时的。它们的形成是华北地台南缘张裂事件的标志。稀土元素较不活泼, 一般情况下 Sm 和 Nd 对蚀变和变质作用是稳定的, 可以较好地保持体系封闭。因此, 斜长角闪岩的全岩 Sm-Nd 等时线年龄 $(2542 \pm 57) \text{ Ma}$ 是可信的, 基本代表了其原岩(基性岩浆岩)的形成时代, 即代表了华北地台南缘的一次张裂事件的时代。

传统意义的太华群在岩石组合上划分为下亚群和上亚群^[2,9], 下亚群为拉斑玄武岩和 TTG 岩系, 上亚群为石英岩、石墨片麻岩、富铝片麻岩、大理岩和磁铁矿石岩等, 是具有孔兹岩系特征的一套沉积变质岩系^[4]。这种划分为大部分学者接受。但两者的关系及时代归属争议颇多。林宝钦等认为, 上下太华群之间存在重要的沉积间断, 根据鲁山地区雪花沟斜长角闪片麻岩中磷灰石 U-Pb 年龄 2658 Ma 认为属于新太古代^[2]。鲁山、登封地区的 TTG 岩套中获得的锆石颗粒蒸发年龄 2800 Ma 和 $(2841 \pm 6) \text{ Ma}$, 无疑证实太华杂岩中 TTG 岩套是新太古代结晶的^[10,11]。也就是说, 传统的太华群下亚群属新太古代。太华群上亚群目前尚无可靠的年龄资料, 丁莲芳^[12,13]提出了太华群上亚群属于古元古代的微体植物证据。但是, 我们的研究资料不支持太华杂岩的表壳岩系属于古元古代, 其沉积年龄大于等于 $(2542 \pm 57) \text{ Ma}$, 亦应属于新太古代。

现有的研究说明, 在所研究的基性岩形成之前, 华北地台南缘在 28 亿年已存在硅铝质陆壳^[10,11]。在小秦岭地区, TTG 岩套中的斜长角闪岩虽受到变质作用改造, 在有些露头仍然可以看到基性岩边部的冷凝边, 说明这些基性岩是岩墙, 证明早在 25 亿年以前, 华北地台南缘已完全克拉通化, 具有刚性块体的特征。表壳岩系中的基性岩及 TTG 岩套中的基性岩是 25 亿年华北地台南缘张裂背景上岩浆活动的产物, 近东西向的分布说明张裂是南北向的, C 类基性岩的元素地球化学特点已具有板内性质^[1]。在登封地区, 太华杂岩北部的登封杂岩中发育的绿岩带是华北地台南缘 $(2509 \pm 16) \text{ Ma}$ 发育的裂谷产物^[14]。这意味着华北地台南缘新太古代的张裂可能由边缘向内部发展。太华杂岩中的基性岩浆活动

与登封杂岩中绿岩带的发育可能是25亿年左右华北地台南缘同一拉张构造背景下岩浆活动的产物。

小秦岭地区太华杂岩中的斜长角闪岩的初始钕同位素比值与陨石值相比是亏损的($+1.6 \pm 1.2$),说明其岩浆是来自略亏损地幔。所有分析样品的模式年龄在误差范围内基本一致。

虽然运用Sm-Nd同位素组成进行物源性质和年代学研究是大尺度和粗线条的^[15],但是结合地质学、岩石学和地球化学研究,我们的研究结果至少可以证明,小秦岭地区太华杂岩中斜长角闪岩的形成代表了华北地台南缘的新太古代张裂事件,传统太华群中的上亚群至少应归属于新太古代。

作者对在野外工作中给予大力支持的中国人民武装警察黄金部队九支队致以衷心的感谢。评审人的严格评审、客观中肯的批评和建设性的意见,极大地帮助了本文的修改,与胡霭琴研究员的讨论受益匪浅,作者在此深表谢忱。

作者得到孙大中院士多年的指导和关怀,在他离开我们一周年之际,撰此文以表达对孙老师的怀念之情。

参 考 文 献

- 1 周汉文,李献华,钟增球等. 豫西小秦岭地区太华杂岩中斜长角闪岩地球化学及其大地构造意义. 地球化学, 1997, 26(2): 87—100.
- 2 林宝钦,陶铁镛. 豫陕小秦岭地区太古代主要含金地层地质特征研究. 见:林宝钦等主编. 中国金矿类型区域成矿条件文集(3)——小秦岭地区. 北京:地质出版社, 1989. 1—46.
- 3 河南省地质矿产局. 河南省区域地质志. 北京:地质出版社, 1989. 20—28.
- 4 卢良兆,徐学纯,刘福来. 中国北方早前寒武纪孔兹岩系. 长春:长春出版社, 1996. 245—251.
- 5 周汉文,李献华,钟增球等. 小秦岭太华杂岩中大理岩Pb-Pb等时线年龄及其地质意义. 地球学报, 1997, 71(增刊): 49—51.
- 6 DePaolo D J. Neodymium isotopes in the Colorado Front range and crust-mantle evolution in the Proterozoic. Nature, 1981. 291:193—196.
- 7 Ludwig R K. ISOPLOT—A plotting and regression program for radiogenic-isotope data, version 2. 70. U. S. Geological Survey Open File Report 91—445, 42.
- 8 Claoue-Long J C, Thirlwall M F, Nesbitt R W. Revised Sm-Nd systematics of Kambalda greenstones, Western Australia. Nature, 1984, 307:697—701.
- 9 程裕淇主编. 中国区域地质概论. 北京:地质出版社, 1994. 90—96.
- 10 Zhang Guo-wei, Bai Yu-bao, Sun Yong *et al.* Composition and evolution of the Archean crust in central Henan, China. Precamb Res, 1985, 27:7—35.
- 11 Kroner A, Compston W, Zhang GW *et al.* Age and tectonic setting of Late Archean greenstone-gneiss terrain in Henan Province, China, as revealed by single-grain zircon dating. Geology, 1988, 16:211—215.
- 12 丁莲芳. 豫西太华群微体植物的发现及其意义. 地质论评, 1996, 42(5): 459—464.
- 13 丁莲芳. 对豫西小秦岭太华群的重新认识. 西安地质学院学报, 1996, 18(4): 1—8.
- 14 李曙光, Hart S R, 郭安林等. 河南中部登封群全岩 Sm-Nd同位素年龄及其构造意义. 科学通报, 1987, 22: 1728—1731.
- 15 李献华. Sm-Nd模式年龄和等时线年龄的适用性与局限性. 地质科学, 1996, 31(1): 97—104.

Sm-Nd ISOCHRON FOR THE AMPHIBOLITES WITHIN TAIHUA COMPLEX FROM XIAO QINLING AREA, WESTERN HENAN AND ITS GEOLOGICAL IMPLICATIONS

Zhou Hanwen^{①, ②} Zhong Zengqiu^② Ling Wenli^② Zhong Guolou^② Xu Qidong^②

(^① Guangzhou Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510640)

(^② China University of Geosciences, Wuhan 430074)

Abstract

Taihua complex from the Xiaoqinling area, western Henan, consists of supracrustal sequence and granitic gneisses. The amphibolites occur as enclaves or bands within the supracrustal sequence (A-type amphibolites) and granitic gneisses (B-type amphibolites) of the Taihua complex. Their mineral assemblages suggest that they may have been subject to amphibolite facies metamorphism. A whole rock Sm-Nd isochron age of (2542 ± 57) Ma was obtained, with $\varepsilon_{\text{Nd}}(t) = +1.6 \pm 1.2$, suggesting that the formation of the Taihua complex must be $\geq (2542 \pm 57)$ Ma (2σ). The whole rock Sm-Nd isochron age of three analyzed specimens of A-type amphibolites was the same as that of five of B-type amphibolites. The Sm-Nd isotopic composition, combined with available petrological, geological and geochemical, indicates that amphibolites from the south margin of Sino-Korean craton are Late Archean in emplacement age. The whole rock Sm-Nd isochron age of (2542 ± 57) Ma was the age of extension event in the south margin of Sino-Korean craton. Their positive $\varepsilon_{\text{Nd}}(t)$ value suggests an extended event of depletion of subcontinental mantle sources in the south margin of Sino-Korean craton in Late Archean of (2542 ± 57) Ma.

Key words: Sm-Nd isochron age, amphibolite, extension, Sino-Korean craton, Taihua complex, Xiao Qinling