

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

大别造山带东部假玄武玻璃及其围岩的 K-Ar 和⁴⁰Ar-³⁹Ar 年龄及地质意义

刘建民¹⁾ 董树文¹⁾ 张家声²⁾ 刘晓春¹⁾ 陈 文³⁾ 陈柏林¹⁾

1) 中国地质科学院地质力学研究所, 北京, 100081; 2) 中国地震局地质研究所, 北京, 100029

3) 中国地质科学院地质研究所, 北京, 100037

内容提要 发育在大别造山带东部的假玄武玻璃是区域内 NE—SW 向断裂带快速滑移形成的构造岩。地质产状、显微构造及岩石化学研究表明, 这些假玄武玻璃主要由超碎裂岩化作用所形成。假玄武玻璃及围岩的全岩(包括部分单矿物)K-Ar 年龄测定表明, 大别造山带的假玄武玻璃形成于 81~93 Ma 之间。本文同时测定了叠加在假玄武玻璃基质之上的多硅白云母的激光⁴⁰Ar/³⁹Ar 年龄为 78.9 Ma。显微构造及所获得的年龄数据显示, 这些沿 NE—SW 向断裂发育的假玄武玻璃是在晚白垩世(80~90 Ma)时期伴随着大别造山带整体隆升过程形成的, 而与早期板块俯冲过程无关。同时, 不同定年方法在数据上的一致性还表明, 全岩 K-Ar 方法在确定某些假玄武玻璃及含假玄武玻璃的断裂构造年代时, 可能仍然是一种行之有效的方法。

关键词 大别造山带 假玄武玻璃 全岩 K-Ar 年龄 激光⁴⁰Ar-³⁹Ar 年龄

假玄武玻璃是由陨石冲击或地震断层的快速滑移而形成的一种暗色脉状、网脉状隐晶质岩石(Shand, 1916; Magloughlin and Spray, 1992)。在显微结构上, 假玄武玻璃通常表现为两种类型: 一种是由于陨石冲击或断层的剪切摩擦热使母岩发生摩擦熔融形成的(玻璃质假玄武玻璃)(Magloughlin and Spray, 1992); 另一种则仅仅表现为母岩的超碎裂岩化(Philpotts, 1964; Wenk, 1978; Lin, 1996), 两者野外产状几乎完全一致。地震成因的假玄武玻璃可以沿走滑地震带的整个深度范围内发育, 浅可以仅仅在地下几百米的脆性变形域内形成, 深可以发育在地下 60~80 km 的韧性变形领域(Austrheim and Boundy, 1994)。因此, 假玄武玻璃不仅可以作为判断断裂带存在或活动的标志, 还可以作为断裂带或造山带冷却或抬升历史的标志。其中, 假玄武玻璃的年代学研究是关键因素。利用逐级加热或激光⁴⁰Ar/³⁹Ar 定年技术确定玻璃质假玄武玻璃及含假玄武玻璃的脆性断层的年龄已经证实是一种可行的方法(Reimold et al., 1990, 1992; Trieloff et al., 1994; Kelley et al., 1994; Spray et al., 1995; Magloughlin et al., 2001; Sherlock and Hetzel, 2001; Muller et

al., 2002; Davidson et al., 2003)。然而, 由于母岩继承 Ar 的影响, 对于由超碎裂岩化作用形成的非玻璃质假玄武玻璃的定年问题, 尤其是利用全岩 K-Ar 方法确定该种假玄武玻璃的年代仍然处于争论之中(Reimold et al., 1990; Kelley et al., 1994; Spray et al., 1995; Sherlock and Hetzel, 2001; Muller et al., 2002)。最近, 笔者对大别造山带东部沿 NE—SW 向断裂带分布的超碎裂岩化形成的假玄武玻璃进行了全岩 K-Ar 年代学测试分析。同时, 还对在假玄武玻璃基础上形成的多硅白云母进行了激光⁴⁰Ar/³⁹Ar 年代学分析, 并结合区域相关地质事件及年代学数据对全岩假玄武玻璃的 K-Ar 年代学进行了约束。结果证明全岩 K-Ar 在确定该地区的假玄武玻璃年代学方面仍然是一种实用的方法和手段。同时, 所获年龄数据为进一步说明大别造山带晚期抬升历史提供了佐证。

1 区域地质概况及样品描述

大别山是华北与扬子陆块碰撞造山带, 经历了陆壳深俯冲和超高压变质作用以及超高压变质岩的多阶段大规模折返作用(Okay et al., 1992; 从柏林

注: 本文为国家自然科学基金项目(编号 40172077)和国土资源大调查项目(编号 200013000169)资助成果。

收稿日期: 2003-05-12; 改回日期: 2004-02-10; 责任编辑: 刘淑春。

作者简介: 刘建民, 男, 1964年生, 博士。现为中国地质科学院地质力学研究所研究员, 主要从事构造地质学及地球化学的研究工作。通讯地址: 100081, 北京民族大学南路11号; Email: liujianmin@vip.sina.com。

等,1994;王清晨等,1994;Hacker et al.,1996,2000;游振东等,2000)。区域上,从南到北可以划分为下扬子前陆褶皱断带、南大别高压—超高压变质带、北大别正片麻岩穹隆带及北淮阳加里东对接带等4个不同的岩石—构造单元(Hacker et al.,2000),并共同构成了一个相对完整的递进变质带。造山带东部边缘为NE向的郯庐断裂带所截切。造山带内白垩纪花岗岩大面积出露,其锆石年龄为 $129.1 \pm 2.6 \sim 125.6 \pm 0.3$ Ma,而由角闪石和黑云母 K/Ar 及 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 所反映的冷却年龄也大致在 133~121 Ma (Hacker et al.,1996,1998,2000)之间变化,反映了白垩纪大别山大规模的冷却抬升作用。另外,花岗岩和较其略早的花岗质片麻岩的钾长石 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 多扩散域模式年龄为90~110 Ma (Ratschbacher et al.,2000),反映了区域内再活化热事件的存在。研究区东部发育了一系列 NE—SW 走向并穿切了上述白垩纪花岗岩的走滑(右形或左行)正断层,部分具逆冲性质。大部分断裂带具有长期、复杂的演化历史。多数是在较其稍早的同方向韧性剪切带基础之上于燕山期—喜马拉雅期发育起来的。沿着构造带各种性质的构造岩广泛发育,且不同性质的构造岩如糜棱岩、角砾岩、碎裂岩等具有混杂性,说明构造带经历过由早期浅—中深部构造相的挤压剪切到后期浅部构造相的脆性变形的转变过程。

本文研究的假玄武玻璃主要沿着上述 NE—SW 向断裂带或剪切带发育(图1)。比较典型的两个出露点分别位于北大别岳西北部 170 km 处 ($\text{N}31^{\circ}05.24'$, $\text{E}116^{\circ}19.33'$) 和南大别水吼 SW30 km ($\text{N}30^{\circ}39.30'$, $\text{E}116^{\circ}21.76'$) 处,前者含假玄武玻璃的主断裂带围岩为二长花岗质片麻岩,主断裂带内侧发育有肉红色的花岗细晶岩脉,其边部发生糜棱岩化,假玄武玻璃正是在糜棱岩化基础上发育而成的。假玄武玻璃主要呈简单的脉状产出,脉与母岩接触界线非常平直(图版 I-1);显微构造显示,该点假玄武玻璃基质中包含了大量糜棱岩岩屑(图版 I-2)或穿切糜棱岩(图版 I-3),显示了假玄武玻璃晚于糜棱岩而形成。岩石化学成分(表1)表明,假玄武玻璃与所在的糜棱岩成分基本一致,而与二长花岗质片麻岩的成分明显不同,说明该点假玄武玻璃起源于糜棱岩化的花岗细晶岩脉。

位于南大别水吼南侧及东南侧 ($\text{N}30^{\circ}41.11'$, $\text{E}116^{\circ}26.42'$) 的假玄武玻璃,其母岩均为二长花岗质片麻岩,显微构造及扫描电镜(SEM)影象特征均显示,假玄武玻璃的基质为碎裂—超碎裂岩化的结

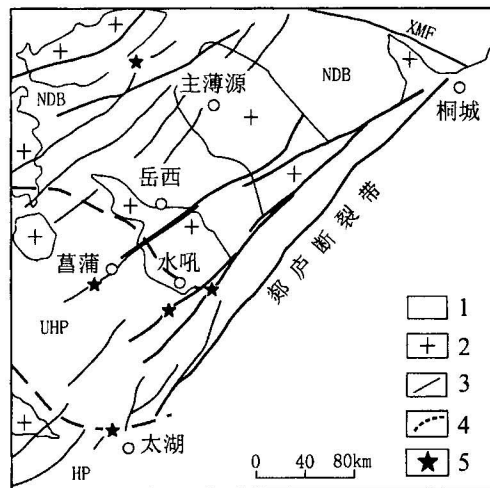


图1 大别造山带假玄武玻璃采样位置图

Fig. 1 Sketch map of the eastern Dabieshan showing the localities where pseudotachylites have been found. NDB—北大别地块; XMF—晓天—磨子潭断裂; UHP—超高压变质单元; HP—高压变质单元; 1—大别群变质杂岩; 2—中生代花岗岩; 3—断层; 4—推测地质单元界线; 5—取样位置. NDB—Northern Dabieshan block; XMF—Xiaotian—Mozitan fault; UHP—ultrahigh-pressure metamorphic rocks; HP—high-pressure metamorphic rocks; 1—Dabie Group metamorphic complex; 2—Cretaceous granites; 3—fault; 4—inferred tectonic boundary among the main geological units; 5—localities of pseudotachylite

表1 大别山假玄武玻璃及其围岩岩石化学成分(%)

Table 1 Analyses of pseudotachylites and their host rocks from the Dabieshan (%)

样号	Pst1-1	Pst1-2	Pst1-3	Pst1-4	Pst3-1	Pst3-2	Pst5-1	Pst5-2
岩性	二长 片麻岩	花岗 细晶岩	糜棱岩	假玄武 玻璃	二长 片麻岩	假玄武 玻璃	超高压 片麻岩	假玄武 玻璃
SiO ₂	57.52	67.27	66.90	69.87	70.60	91.03	59.06	63.52
Al ₂ O ₃	17.53	16.53	15.80	14.90	14.39	3.38	16.39	16.93
TiO ₂	0.87	0.44	0.45	0.26	0.30	0.05	1.24	0.88
MnO	0.16	0.07	0.08	0.03	0.11	0.10	0.24	0.15
MgO	3.27	0.77	1.03	0.54	0.32	0.14	2.81	0.87
FeO	3.90	1.08	0.88	1.20	1.24	0.56	3.86	0.93
Fe ₂ O ₃	2.80	2.11	2.56	2.41	1.70	1.35	2.98	5.80
CaO	5.44	1.84	0.87	0.55	0.72	0.20	5.49	0.38
Na ₂ O	4.38	3.93	3.35	4.37	4.74	1.25	4.54	2.47
K ₂ O	2.87	5.40	5.61	5.49	5.20	0.92	1.15	5.35
P ₂ O ₅	0.39	0.14	0.19	0.08	0.05	0.01	0.26	0.25
CO ₂	0.09	0.12	0.26	0.11	0.05	0.09	0.09	0.09
H ₂ O ⁺	1.20	0.80	1.68	0.58	0.30	0.24	2.14	2.00
Total	100.42	100.5	99.66	100.39	99.72	99.32	100.25	99.62

注:样品由中国地质科学院国家地质实验测试中心用 X-射线荧光光谱法(XRF)测试。Pst1-1为岳西北部主薄源含假玄武玻璃断裂带的围岩; Pst1-2为主薄源卷入断裂带的花岗细晶岩脉; Pst1-3为主薄源糜棱岩化的花岗岩细晶岩脉; Pst1-4为主薄源假玄武玻璃; Pst3-1为水吼南假玄武玻璃围岩; Pst3-2为水吼南假玄武玻璃; Pst5-1为太湖假玄武玻璃围岩; Pst5-2为太湖假玄武玻璃。

构(图版 I-4,5)。虽然岩石化学成分表明,假玄武玻璃与二长花岗质片麻岩之间存在一定程度的变化(表1),显示局部后期热液活动或构造叠加比较强烈。但是,从母岩到假玄武玻璃表现为围岩的递进剪切破碎及多期假玄武玻璃的特点(图版 I-6),说明假玄武玻璃起源于其所在母岩。另外,位于研究区南部太湖附近(N30°27.78',E116°14.84')的假玄武玻璃,其围岩为二云母斜长片麻岩,假玄武玻璃基质的显微结构与水吼假玄武玻璃相似,也主要为碎斑结构,但该点假玄武玻璃基质中发育了大量网脉状多硅白云母(图版 I-7),其成分与围岩中的多硅白云母存在明显差异(表2)。利用电子探针测定其主要变化指标 Si 原子数值为3.38,明显高于围岩多硅白云母的相应指标(3.27),显示是在较围岩高的压力下形成的(Zhou et al., 2001)。说明该白云母是叠加在假玄武玻璃之上形成的,因此,为限定该地区假玄武玻璃的形成年龄提供了较好的约束目标。

表 2 太湖水库大坝断裂带中与假玄武玻璃共生的多硅白云母成分(%)

Table 2 Analyses of phengites developed in the pseudotachylite from Taihu and its host rock (%)

样号	1	2	3	4
SiO ₂	48.84	46.58	49.24	47.24
TiO ₂	0.45	0.87	0.47	1.11
Al ₂ O ₃	26.40	24.75	27.09	27.60
Cr ₂ O ₃	0.04	0	0.06	0
FeO	5.77	7.23	5.36	6.15
MnO	0	0	0	0.05
MgO	1.59	1.30	1.54	1.32
CaO	0	0.03	0	0
Na ₂ O	0.10	0	0	0.33
K ₂ O	10.07	9.35	10.00	10.27
Total	93.26	90.10	93.76	94.07
Si	3.383	3.367	3.379	3.269
Al ^N	2.154	2.107	2.189	2.249
Ti	0.023	0.047	0.024	0.058
Fe ²⁺	0.334	0.437	0.308	0.356
Mg	0.164	0.139	0.158	0.136
Na	0.013	0	0	0.044
K	0.89	0.862	0.875	0.907
阳离子总量	6.961	6.959	6.933	7.019

注:样品由中国地质大学(北京)电子探针实验室测定;样品1~3为新生白云母;4为超高压片麻岩中白云母。

2 分析结果

我们分别选取北大别岳西北、南大别水吼南和太湖等3个不同地点的假玄武玻璃(各1个样品)和取自岳西北的1个糜棱岩(该点假玄武玻璃的母岩)样品进行了全岩 K-Ar 年龄分析,同时,对岳西北含假玄武玻璃构造带的围岩中的钾长石进行了 K-Ar

年龄分析。另外,对研究区南部太湖地区的假玄武玻璃基质中发育的多硅白云母进行了激光微区⁴⁰Ar/³⁹Ar 测年。采样位置见图1。

全岩及单矿物的 K-Ar 和 Ar-Ar 测年分析在中国地质科学院地质研究所同位素地质年代学实验室进行。用于⁴⁰Ar/³⁹Ar 测年的矿物用超声波清洗后被封进石英瓶中送核反应接受中子照射。照射工作是在中国原子能科学研究所的“游泳池核”B5孔道中进行的,中子流密度为 $7.6 \times 10^{12} \text{ n} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,照射总时间为55 h,积分中子通量为 $1.5 \times 10^{18} \text{ n} \cdot \text{cm}^{-2}$;同期接受中子照射的还有用做监控样的 ZBH-25 黑云母国内标准样。样品的质谱分析是在 MM-1200B 质谱计上进行的。所有的数据都经过质量歧视校正、大气氩校正、空白校正和干扰元素同位素校正。⁴⁰K 衰变常数 = $5.543 \times 10^{-10} \text{ a}^{-1}$;年龄误差以2 σ 给出。

2.1 全岩及单矿物的 K-Ar 年龄

全岩及单矿物的 K-Ar 年龄分析数据见表3。包括假玄武玻璃及其母岩和含假玄武玻璃断裂带的围岩在内的 K-Ar 年龄变化在 $81.3 \pm 1.4 \sim 93.6 \pm 1.4$ Ma 之间很窄的范围内。其中,①岳西北部主薄源花岗质片麻岩中钾长石的 K-Ar 年龄为 93.6 ± 1.4 Ma,这一年龄值与前人所测此类钾长石⁴⁰Ar/³⁹Ar 多扩散域模式年龄及初始活化年龄(90~110 Ma, Hacker et al., 2000)相近,也与郯庐断裂带主期断裂年龄(98 Ma, 陈江峰等, 1993)相近。②假玄武玻璃的母岩,即糜棱岩的全岩 K-Ar 年龄为 93.4 ± 1.4 Ma;③该点假玄武玻璃的全岩 K-Ar 年龄为 92.51 ± 1.36 Ma,与其母岩糜棱岩及花岗质片麻岩的钾长石的年龄完全一致。说明假玄武玻璃是紧邻糜棱岩之后发生的加速运动的反映,这与显微构造的观察结果相吻合。假玄武玻璃形成深度应该位于构造地震带的韧-脆性的过渡环境,即相当于地壳下9~10 km 的深度。

取自水吼和太湖的假玄武玻璃全岩 K-Ar 年龄分别为 81.3 ± 1.4 Ma 和 92.9 ± 1.6 Ma,与岳西北部假玄武玻璃的年龄基本一致,说明这些假玄武玻璃是同一时代产物。其中,所获得的水吼81.3 Ma 年龄可能受后期热液或构造事件改造所影响,这可从岩石化学成分变化中得到部分说明。与围岩相比,该点假玄武玻璃中硅含量增加达20%,相应地,其他元素也存在某种程度变化。但元素含量的变化对同位素年代学的具体影响还有待进一步的研究。

2.2 多硅白云母激光⁴⁰Ar/³⁹Ar 年龄

取自研究区南部太湖的假玄武玻璃基质中新生多硅白云母的激光 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年龄数据列于表4。实验测定了5个数据,除了一个年龄值(42.6 ± 1.3 Ma)偏低外,其余4个数据变化为 $79.0 \pm 11.0 \sim 87.9 \pm 3.2$ Ma,以误差的平方导数作为权重,利用 ISOPLOT 程序计算4个数据加权平均年龄值为 78.9 ± 7.3 Ma,较该点假玄武玻璃的全岩 K-Ar 年龄值(92.9 Ma)年轻了大约14 Ma。考虑到一方面,所测白云母为叠加在假玄武玻璃之上的产物;另一方面,所研究的假玄武玻璃为超碎裂岩化作用所形成,故不能排除假玄武玻璃中继承 Ar 或过剩 Ar 对多硅白云母年龄的影响。所以,两种方法所得同位素年代学数据在地质意义上均是可靠的。同时,也反映出该断层具有多期活动性,假玄武玻璃及多硅白云母则分别代表了断裂带前后两次主要活动的产物。而所测 42.6 Ma 的年龄值,一方面可能反映了 Ar 同位素组成在矿物中的分布不均匀;另一方面,也可能是反映了后期地质事件的改造,因为,野外产状及显微构造均反映假玄武玻璃受后期脆性构造的破坏而形成程度不等的菱形块体。

表3 大别山东部假玄武玻璃及其相关岩石的全岩及单矿物 K-Ar 定年结果

Table 3 Data of bulk and individual mineral K-Ar ages of the pseudotachylite and the related host rocks from the eastern Dabieshan

样品	岩石类型	质量 (mg)	粒度 (m)	K (%)	$^{40}\text{Ar}_{\text{放}} \times 10^{-9}$ (mol/g)	$^{40}\text{Ar}_{\text{放}}$ (%)	表面年龄 (Ma)	矿物 (岩石)
主-1	花岗岩片麻岩	24.76	40~60	9.43	1.5713	96.98	93.6 ± 1.4	钾长石
主-2	糜棱岩	47.0	40~60	4.45	0.7402	96.25	93.4 ± 1.4	全岩
主-3	假玄武玻璃	45.15	40~60	4.48	0.7375	94.87	92.5 ± 1.4	全岩
水吼-1	假玄武玻璃	45.0	40~60	3.09	0.4458	92.73	81.3 ± 1.4	全岩
太湖-1	假玄武玻璃	42.75	40~60	1.78	0.2942	89.52	92.9 ± 1.6	全岩

注:样品由中国地质科学院地质研究所 K-Ar 和 Ar-Ar 同位素研究室陈文测定。

根据白云母同位素封闭温度为 350°C 左右,按正常地温梯度 ($30 \sim 40^\circ\text{C}/\text{km}$) 计算,多硅白云母所在深度大致为 $9 \sim 12$ km,与全岩 K-Ar 年龄所推测的深度及显微结构构造所反映的假玄武玻璃形成深度大致吻合。另外,张家声(1992)研究了大别山东麓(安徽桐城—潜山)韧性剪切带中发育的假玄武玻璃,认为其形成条件与绿片岩相变质作用的温压条

件相当,深度大致为 $10 \sim 15$ km。由此,可以推断,包括假玄武玻璃在内的这些构造岩在 80 Ma 左右处于地壳下 $9 \sim 12$ km 的深度。

表4 大别山太湖假玄武玻璃基质中新生多硅白云母的激光微区 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 定年结果 ($J=0.015603$)

Table 4 Data of the Laser probe $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ ages of the phengite overprinting on the pseudotachylite from the Taihu in Dabieshan ($J=0.015603$)

点号	$(^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar})_{\text{m}}$	$(^{36}\text{Ar}/^{39}\text{Ar})_{\text{m}}$	$(^{37}\text{Ar}/^{39}\text{Ar})_{\text{m}}$	^{39}Ar (10^{-14} mol.)	$^{40}\text{Ar}^*/^{39}\text{Ar}$	年龄 (Ma)
p-1	11.1000	0.02778	0.08316	1.80	2.8930	79.0 ± 11.0
p-2	5.4662	0.007669	0.08035	6.52	3.2012	87.9 ± 3.2
p-3	2.4346	0.003061	0.08401	9.80	1.5313	42.6 ± 1.3
p-4	3.8151	0.003774	0.08473	5.30	2.7014	74.5 ± 1.7
p-5	4.3214	0.004762	0.007128	4.20	2.9100	80.1 ± 1.4

注:样品由中国地质科学院地质研究所 K-Ar 和 Ar-Ar 同位素研究室陈文测定。

3 地质意义

大别造山带现有同位素年代学数据集中反映了从超高压变质岩(UHP)形成($220 \sim 240$ Ma)到 $130 \sim 120$ Ma 期间(陈江峰等,1995)多阶段折返作用的过程,然而,来自大别山周边盆地的资料表明,造山带晚白垩世以来的隆升作用是大别造山带非常重要的构造事件(杨巍然等,2000)。而造山带内部 NE 向断裂的广泛发育也表明在晚白垩世大规模的花岗岩侵位之后,大别造山带普遍处于陆内造山作用和伸展体制之下,形成与之相应的断裂或使早期的断裂再次活动,但这一时期的演化历史很少有相应的年代学数据加以支持。

不同学者曾经利用磷灰石裂变径迹年龄来确定造山带晚期的冷却历史(陈江峰等,1995;李奇等,1995;杨巍然等,2000;吴玺虹等,2002),但所得数据具有较大的不确定性。

假玄武玻璃是地震断层快速滑移的直接产物,它可以沿走滑地震带整个深度发育。因此,造山带内假玄武玻璃的存在及年代学的确定可以较好的说明断裂带或造山带冷却或抬升的历史。

根据前述假玄武玻璃及相关岩石、矿物年代学的研究,大别山假玄武玻璃是在 $80 \sim 90$ Ma 期间形成的地震岩,而叠加在假玄武玻璃构造带之上的多硅白云母的激光微区 ^{40}Ar - ^{39}Ar 年龄为 78.9 Ma;由于假玄武玻璃是地震构造带快速滑移的产物,因此,其 K-Ar 和 ^{40}Ar - ^{39}Ar 年龄数据基本上代表了相应矿物或岩石的形成时间,所得矿物或岩石形成时的温度也接近于封闭温度。因此,上述年代学数据说明至

少在80 Ma 左右时,南、北大别山仍然位于白云母的同位素封闭温度(350℃)等温面附近,也就是说,大别山在120~130 Ma 抬升到当时的白云母(黑云母)同位素封闭温度等温面以后,曾经基本上处于停止状态,直到80 Ma 的时候,大别山才又重新整体抬升。

另外,本文获得的大别山假玄武玻璃的全岩 K-Ar 年龄,和区域地质事件的发生顺序相一致。因此,所获得的假玄武玻璃全岩年龄(92 Ma)可以作为大别山假玄武玻璃形成的年龄上限;而叠加在假玄武玻璃之上的多硅白云母可以代表假玄武玻璃形成之后的构造(热)事件,该年龄(78.9 Ma)可以作为假玄武玻璃形成的下限。因此说,大别山假玄武玻璃的全岩 K-Ar 年代学方法和数据是可信的。同时也证实了全岩 K-Ar 年代学技术在确定某些假玄武玻璃及含假玄武玻璃的断裂构造的年代时仍然是一种切实可行的方法。

参 考 文 献

- 陈江峰,董树文,邓衍尧,陈移之. 1993. 大别造山带钾氩年龄的解释——差异上升的地块. 地质论评, 39(1): 15~22.
- 陈江峰,谢智,刘顺生,李学, Foland K A. 1995. 大别山造山带冷却年龄的 ^{40}Ar - ^{39}Ar 和裂变径迹年龄测定. 中国科学(B辑), 25(10): 1086~1091.
- 从柏林,王清晨. 1994. 中国超高压变质岩评述. 科学通报, 39(24): 2214~2218.
- 李奇,陈文奇,马宝林,王清晨,孙敏. 1995. 华北扬子板块碰撞后热演化史的初步研究. 地震地质, 17(3): 193~203.
- 王清晨,从柏林,翟明国. 1994. 可能的元古代岛弧:来自北大别片麻岩的岩石学证据. 见:中国科学岩石圈构造演化实验室年度报告(1993~1994). 北京:地震出版社, 37~47.
- 吴玺虹,刘顺生, Jonckheere R, Wagner G A. 2002. 东大别地区磷灰石裂变径迹年龄的构造意义初析. 地质科学, 37(3): 343~349.
- 杨巍然,王国灿,简平. 2000. 大别造山带构造年代学. 武汉:中国地质大学出版社, 1~141.
- 游振东,索书田,钟增球,桑隆康,张泽民. 2000. 大别山超高压变质岩的退变质显微构造:折返过程的启示. 地质学报, 74(3): 224~233.
- 张家声. 1992. 化石地震及地震成因讨论. 见:马宗晋主编,大陆多震层研究,国际大陆多震层学术讨论会选集. 北京:地震出版社, 354~363.

References

- Austrheim H and Boundy T M. 1994. Pseudotachylites generated during seismic faulting and eclogitization of the deep crust. Science, 265(1): 82~83.
- Chen Jiangfeng, Dong Shuwen, Deng Yanyao, Chen Yizhi. 1993. Interpretation of K-Ar ages of the Dabie orogen—a differential uplifted block. Geological Review, 39(1): 15~22 (in Chinese with English abstract).
- Chen J F, Xie Z, Liu S S, Li X, Foland K A. 1995. Dating of the cooling ages of ^{40}Ar - ^{39}Ar and fission track in the Dabieshan orogenic belt. Science in China (Edition B), 25(10): 1086~1091

(in Chinese).

- Cong Bailin, Wang Qingchen. 1994. Review on the ultrahigh pressure metamorphic rocks in China. Chinese Science Bulletin, 39(24): 2214~2218 (in Chinese).
- Davidson C, Davis K J, Bailey C M, Tape C H, Singleton J, Singer B. 2003. Age, origin, and significance of brittle faulting and pseudo-tachylite along the coast shear zone, Prince Rupert, British Columbia. Geology, 31(1): 43~46.
- Hacker B R, Wang X, Eide E A, Ratschbacher L. 1996. The Qinling-dabie ultra-high-pressure collisional orogen. In: Yin A and Harrison T M, ed. The tectonic evolution of Asia. Cambridge University Press, 345~370.
- Hacker B R, Ratschbacher L, Webb L, Ireland T, Walker D, Dong S. 1998. U/Pb zircon ages constrain the architecture of the ultrahigh-pressure Qinling-Dabie orogen, China. Earth. Planet. Sci. Lett., 161: 215~230.
- Hacker B R, Ratschbacher L, Webb L, McWilliams M O, Ireland T, Calvert A, Dong S, Wenk H R, Chateigner D. 2000. Exhumation of ultrahigh-pressure continental crust in east central China: Late Triassic-Early Jurassic tectonic unroofing. J. of Geophys. Research, 105(B6): 13339~13364.
- Kelley S P, Reddy S M, Maddock R. 1994. Laser-probe $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ investigation of a pseudotachylite and its host rock from the Outer Isles Thrust, Scotland. Geology, 22: 443~446.
- Li Qi, Chen Wenji, Ma Baolin, Wang Qingchen, Sun Min. 1995. Thermal evolution history after collision of north China plate with Yangtze plate. Seismology and Geology, 17(3): 193~203 (in Chinese with English abstract).
- Lin A. 1996. Injection veins of crushing-originated pseudotachylite and fault gouge formed during seismic faulting. Engineering Geology (An International Journal), 43: 213~224.
- Magloughlin J F, Spray J G. 1992. Frictional melting processes and products in geological materials: introduction and discussion. Tectonophysics, 204: 197~206.
- Magloughlin J F, Hall C M, van der Pluijm B A. 2001. $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ geochronometry of pseudotachylites by vacuum encapsulation: North Cascade Mountains, Washington, USA. Geology, 29: 51~54.
- Muller W, Kelley S P, Villa I M. 2002. Dating fault-generated pseudotachylites: comparison of $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ stepwise-heating, laser-ablation and Rb-Sr microsampling analyses. Contrib. Mineral Petrol., 144: 57~77.
- Okay A I, Sengor A M C. 1992. Evidence for intracontinental thrust-related exhumation of the ultrahigh-pressure rocks in China. Geology, 20: 411~414.
- Philpotts A R. 1964. Origin of Pseudotachylites. American Journal of Science, 262: 1008~1035.
- Reimold W U, Jessberger E K, Stephan T. 1990. $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ dating of pseudotachylite from the Vredefort Dome, South Africa: a progress report. Tectonophysics, 171: 139~152.
- Reimold W U, Stephan T, Jessberger E K. 1992. Testing young $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ ages for Vredefort pseudotachylites. South African Journal of Science, 88: 563~573.
- Ratschbacher L, Hacker B R, Webb L, McWilliams M O, Ireland T, Dong S, Calvert A, Chateigner D, Wenk H R. 2000. Exhumation of ultrahigh-pressure continental crust in east central China: Cretaceous and Cenozoic unroofing and the Tan-Lu fault. J. of Geophys Research, 105(B6): 13303~13338.
- Shand S J. 1916. The pseudotachylite of Parijs (Orange Free State). And its relation to "trap-shoten gneiss" and "flinty crush-rock". Geological Society of London Quarterly Journal, 14: 999~1006.
- Sherlock S C, Hetzel R. 2001. A laser-probe $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ study of

- pseudotachylite from the Tambach Fault Zone, Kenya: direct isotopic dating of brittle faults. *J. of Structural Geology*, 23: 33~44.
- Spray J G, Kelley S P, Reimold W U. 1995. Laser-probe $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ dating of coesite-bearing and stishovite-bearing pseudotachylites and the age of the Vredefort impact event. *Meteoritics*, 30:335~343.
- Trieloff M, Reimold U W, Kunz J, Boer R H, Jessberger E K. 1994. $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ thermochronology of pseudotachylite at the Ventersdorp Contact Reef, Witwatersrand basin. *South African Journal of Geology*, 97:365~384.
- Wang Q C, Cong B L, Zhai M G. 1994. Probably Proterozoic Island Arc: Petrology evidence from the genesis in the northern Dabieshan. The Annual Reports of the Laboratory on the Tectonic-Evolution of Lithosphere (1993~1994), the Chinese Academy of Sciences. Beijing: Seismological Press, 37~47 (in Chinese).
- Wenk H R. 1978. Are pseudotachylites products of fracture or fusion? *Geology*, 6:507~511.
- Wu Qianhong, Liu Shunsheng, Jonckheere R, Wagner G A. 2002. Primary analysis on tectonic implication of apatite fission track ages from eastern Dabie area, China. *Chinese Journal of Geology*, 37(3):343~349 (in Chinese with English abstract).
- Yang Weiran, Wang Guocan, Jian Ping. 2000. Tectono-chronology of the Dabieshan orogenic belt. Wuhan: China Geological University Press, 1~141 (in Chinese with English abstract).
- You Zhendong, Suo Shutian, Zhong Zengqiu, Sang Longkang, Zhang Zemin. 2000. Retrogressive microstructures in high-pressure and ultrahigh-pressure metamorphic rocks in the Dabie Mountains: enlightenment to the exhumation process. *Acta Geologica Sinica*, 74(3):224~233 (in Chinese with English abstract).
- Zhang Jiasheng. 1992. Fossil earthquakes and the cause of earthquakes. In: Ma Zongjin, eds. *Studies on the continental seismogenic layer*, Selections of the International Symposium on the Continental Seismogenic Layer. Beijing: Seismological Press. 354~363 (in Chinese with English abstract).
- Zhou Yong, Xu Ronghua, Yan Yuehua, Pan Yusheng, Tsanyao Frank Yang, Wei Lo, Wu Chunming. 2001. Dating of the Karakorum strike-slip fault. *Acta Geologica Sinica* (English Edition), 75 (1): 10~18.

图版说明

1. 北大别岳西地区的假玄武玻璃(Pst)野外露头照片。图中虚线及箭头分别代表主断裂带(F)边界及断裂的运动方向。含假玄武玻璃断裂带的围岩为二长花岗质片麻岩(Gn)。
2. 北大别岳西地区的假玄武玻璃(Pst)的显微结构照片。假玄武玻璃基质内部发育大量糜棱岩质碎斑或岩屑(Mt),说明假玄武玻璃较糜棱岩形成时间略晚,正交偏光。
3. 北大别岳西地区的假玄武玻璃(Pst)的显微结构照片。假玄武玻璃(Pst)穿切糜棱岩(Mt),说明假玄武玻璃较糜棱岩形成时间晚,正交偏光。
4. 南大别水吼地区的假玄武玻璃基质(Pst)的普通光学显微结构照片。示假玄武玻璃基质的碎裂结构,正交偏光。
5. 南大别水吼地区的假玄武玻璃基质的扫描电镜(SEM)影象特征,假玄武玻璃基质显示超碎裂结构。照片中数字为矿物成分测定点:1,3—钠长石碎斑;2—硅质;4,5—钾长石碎斑。
6. 南大别水吼地区的假玄武玻璃基质的普通光学显微结构照片。示假玄武玻璃(Pst)显微结构及所示构造叠加特征,Pst-I, II 分别示早、晚期假玄武玻璃脉;I—II—III 阶段分别示构造岩的递进剪切破裂,Pl—斜长石,正交偏光。
7. 南大别太湖地区假玄武玻璃基质中发育的网脉状多硅白云母,太湖水库大坝,正交偏光。Pl—斜长石,Pst—假玄武玻璃;1~4—多硅白云母(Phe)成分测定点。

K-Ar and ^{40}Ar - ^{39}Ar Ages of Pseudotachylites and Their Wall Rocks from the Eastern Dabie Mountains and Their Implications

LIU Jianmin¹⁾, DONG Shuwen¹⁾, ZHANG Jiasheng²⁾, LIU Xiaochun¹⁾, CHEN Wen³⁾, CHEN Bailin¹⁾

1) *Institute of Geomechanics, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing, 100081*

2) *Institute of Geology, China Seismological Bureau, Beijing, 100029*

3) *Institute of Geology, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing, 100037*

Abstract

Pseudotachylites developed along the NE-SW trending faults in the eastern Dabie Mountains are a tectonite formed by ultracataclasis of rapid faulting, which is testified by the characteristics of its occurrence and microstructure, as well as lithochemistry. The bulk K-Ar ages of the pseudotachylites and their respective wall rocks from different localities yielded a narrow range of 81~93 Ma, and moreover, the laser probe $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ dating of phengite overprinting the pseudotachylite gave a weighted mean age of 78.9 Ma. These results show that the pseudotachylites from the eastern Dabie Mountains formed along the NE-SW-trending fault zone during the uplifting of the orogenic belt at 80~90 Ma, which places important constraints on the cooling and exhumation history of the Dabie Mountains during and after the Late Cretaceous. Furthermore, the correspondence of the ages obtained from the above two different methods suggests that the bulk K-Ar dating technique is still an effective method to determine the age of some crushing-generated pseudotachylites and therefore the age of the pseudotachylite-bearing faults, especially for younger tectonic events.

Key words: eastern Dabie; pseudotachylite; bulk K-Ar age; laser probe $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$

