

武当地块耀岭河群火山岩的时代归属： 单锆石 U-Pb 年龄的制约

蔡志勇^{1,2,3)}, 熊小林¹⁾, 罗洪³⁾, 吴德宽³⁾, 孙三才³⁾, 饶帮良³⁾, 王寿琼³⁾

1) 中国科学院广州地球化学研究所, 510640; 2) 中国科学院研究生院, 北京, 100039;

3) 鄂西北地质矿产调查所, 湖北襄樊, 441003

内容提要:一般认为武当地块耀岭河群火山岩成岩年龄是 700~1000Ma, 与全球 Rodinia 超大陆裂解作用有关。本文从武当地块不同地点的耀岭河群火山岩中获得 13 颗锆石进行 U-Pb 法年龄测定, 结果显示其年龄值具有高度的一致性, 时代为 632 ± 1 Ma, 属震旦纪底界年龄, 滞后于全球 Rodinia 超大陆裂解作用。作者认为本文测定的这组年龄值代表了耀岭河群火山岩的成岩年龄。耀岭河群火山岩的成岩年龄精确厘定对研究耀岭河群火山岩的地质含义有一定参考价值, 同时也可能对秦岭 Rodinia 超大陆裂解等大地构造观点产生影响。

关键词: 武当地块; 耀岭河群; 火山岩; 单锆石 U-Pb 年龄; 早震旦纪

秦岭造山带是中央造山带的重要组成部分, 武当地块是南秦岭构造带前震旦纪基底岩块的重要组成部分, 也有人认为该地块属于南秦岭构造带的过渡基底。武当地块主体由武当群组成, 其上为耀岭河群及其他显生宙地层, 耀岭河群主要出露于武当地块区周缘, 并相对集中于北部和西部(图 1)。

耀岭河群主要由基性火山岩—中酸性火山岩组成, 关于其火山岩的形成时代尚无定论, 主要认识包括:

耀岭河群归属下震旦统(阎廉泉, 1959)。

耀岭河群“其年龄应大于 700Ma”(邢裕盛等, 1982)。

耀岭河群含有南华冰期的冰渍层, 时代应为中震旦世(刘鸿允 1991, 1999)。

耀岭河群其中的基性火山岩与武当地区基性侵入岩墙群为 0.82~0.78Ga 形成的大陆裂谷型同源岩浆岩, 为晋宁期构造—岩浆作用的产物(凌文黎等, 2002; 王寿琼, 1994, 1995, 1996)。

耀岭河群变质火山岩原岩可能形成于中元古代末至新元古代早期。全岩 Sm-Nd 等时年龄为 1016 ± 101 Ma, 可能代表其形成年龄(张宗清等, 2002a)。

耀岭河群主体形成于南华纪, 是全球 Rodinia 超大陆在新元古代晚期南华纪裂解过程中的产物(李怀坤等, 2003)。

除上述观点外, 已有的同位素年龄资料显示或观点^①(张宗清等, 2002b; 周鼎武等, 1999; 蔡学林等, 1999; 秦正永等, 1997; 赵银胜, 1997; 陈晋镛等, 1991; 湖北省地质矿产局, 1990), 耀岭河群年龄跨度为 700~1000Ma。

一般认为耀岭河群形成于大陆裂谷环境, 是南秦岭曾经发生过重大裂解事件的证据, 因此, 厘定其形成时代, 不仅对于耀岭河群的归属, 而且对于判别其在全球 Rodinia 超大陆裂解作用中的位置等都具有重要意义。本文在对耀岭河群进行详细的地质研究的基础上, 采用单锆石 U-Pb 法测年方法进行年龄测定, 结合前人工作及研究成果, 厘定耀岭河群的形成时代, 并简要讨论了其意义。

1 样品采集及岩石岩相特征

武当地块火山岩中含锆石量少, 且分选困难, 以往研究中除了 20 世纪 90 年代陈晋镛等(陈晋镛等, 1991, 秦正永等, 1997)采用单锆石 U-Pb 法定年做过少量工作外, 其后鲜有新的报道。本次研究样品

注: 本文为原地质矿产部项目“鄂西北地区耀岭河群火山岩系对金银多金属矿的控矿因素、成矿规律及找矿标志成矿预测研究”(编号 85-01-081-08)资助的成果。

收稿日期: 2006-10-17; 改回日期: 2007-01-08; 责任编辑: 郝梓国。

作者简介: 蔡志勇, 男, 1965 年生。在职博士生, 教授级高级工程师。主要从事矿床地质学及岩石学研究。电话: 0717-7822377; Email: zhiyongcai@vip.sina.com。

采自武当地块不同地点(檀山、双掌、高庙等地),据湖北省地质志(湖北省地质矿产局,1990)及多幅 1:5 万填图资料,属耀岭河群火山岩(图 1),样品包括基性火山岩和酸性火山岩(岩石特征见表 1),全岩人工重砂大样单样重量 8~16 kg 不等,经鄂西北地质矿产调查所实验室岩矿鉴定,淘洗,挑选锆石群,送天津地质矿产研究所实验室挑选单颗锆石进行 U-Pb 年龄测定。

研究样品属于一套由基性火山岩到中酸性火山岩的复杂组合,岩性包括板内碱性玄武岩和板内拉斑玄武岩及其共生的酸性岩石英安岩、流纹岩。基性火山岩中 SiO₂ 含量为 43.19%~51.78%,中酸性火山岩 SiO₂ 含量为 51.78%~73.41%。Na₂O>K₂O,Al₂O₃ 11%~17%,总体富 Fe、Mg、Na 贫 K。

2 样品同位素测试及结果

天津地质矿产研究所同位素室从所送锆石群中分离出一批锆石单矿物样品,它们均为透明、柱状、自形晶体完好的岩浆结晶锆石。由李惠民研究员进

行了铀-铅同位素年龄测定并计算,测试流程详见文献(张玉清等,2003)描述,结果见表 2 及图 2。

这批锆石有些有裂纹及细小的包体,因此有的锆石所含非放射成因铅稍高,扣除这些非放射成因铅时对 ²⁰⁷Pb/²⁰⁶Pb 表面年龄的影响较大,但对 ²⁰⁶Pb/²³⁸U 表面年龄的影响较小。而所测的绝大部分锆石的三个表面年龄在实验误差范围内是一致的。因此选用精度较高的 ²⁰⁶Pb/²³⁸U 表面年龄作为这些锆石的真实年龄;R_z5 号样品锆石甚少,仅几个颗粒,所获得年龄为 1618±55Ma。从锆石形态特征看,这些锆石并不是岩石中的岩浆结晶锆石,而是形成该岩石的岩浆上升时从下部老地层中捕获的锆石,因此这些锆石年龄并不代表该岩石的生成年龄,而只是反映了下部老地层的年龄信息;R_z9 号锆石样稍稍老一些(718±7Ma),但所测锆石仍然是岩浆结晶锆石,代表了岩石的生成年龄;R_z1 号样品和 R_z10-1 号样品分别作了两个和三个锆石数据点的测定。因为这两个样品的锆石形态稍复杂一些。但测定结果表明这些形态稍不同的锆石仍有非常一致

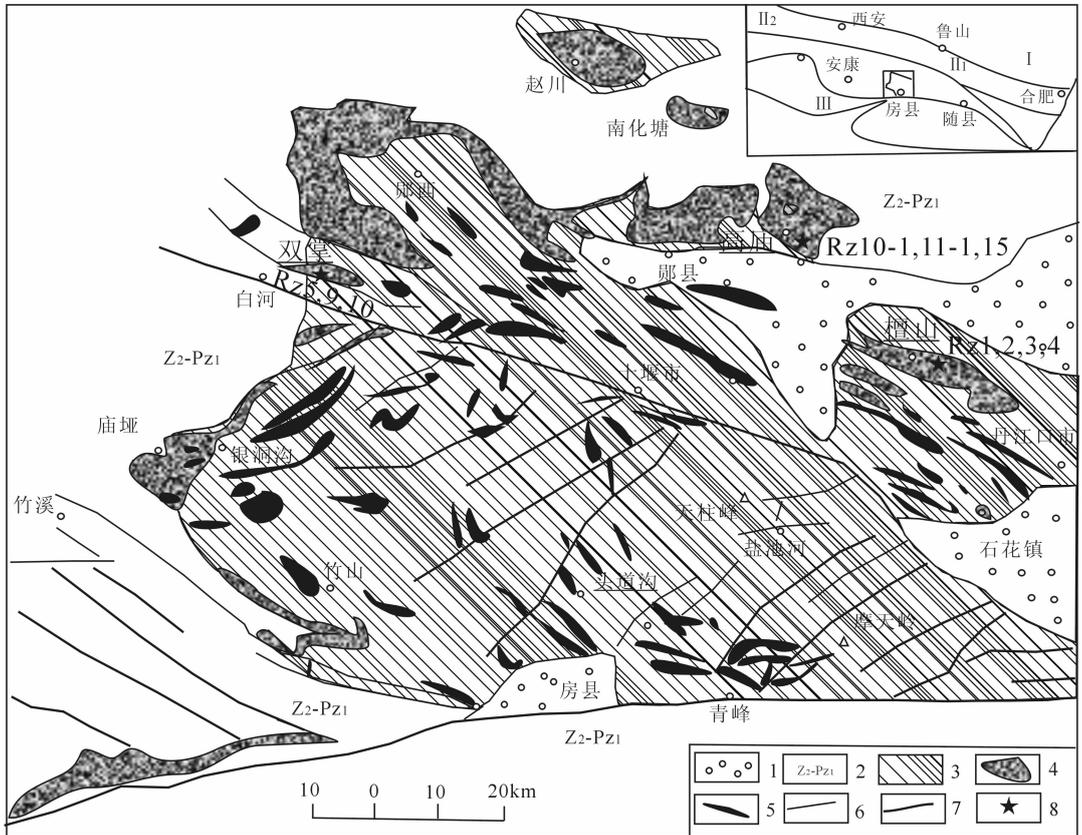


图 1 武当地块地质略图

Fig. 1 Sketch geological map of Wudang block

1—白垩系-第四系;2—上震旦统-古生界;3—武当群;4—耀岭河群;5—基性岩墙;6—岩层界线;7—断层;8—采样点
1—Cretaceous to Quaternary; 2—upper Sinian to Paleozoic; 3—Wudang Group; 4—Yaolinghe Group; 5—basic dike; 6—terrane borderline; 7—fault; 8—sampling spot

表 1 耀岭河群火山岩岩相特征

Table 1 The lithofacies characteristics of volcanics rocks of the Yaolinghe Group

人工重砂	锆石点	地点	岩石	岩性特征
Rz1	1	檀山	变细碧岩	含钠长石 32%, 黑云母 23%, 阳起石 15%, 绿帘石 15%, 绿泥石 5%, 白钛石 <7%, 石英 3%, 少量褐铁矿、磁铁矿、磷灰石。具显微纤状磷片花岗变晶结构, 片状构造。黑云母呈黄褐色磷片状与淡绿色纤状阳起石及绿帘石、细粒状绿帘石等夹杂分布一起, 钠长石多呈显微粒状, 少量呈微晶板条状, 分布于纤、片状矿物间较均匀, 呈平行排列
Rz1	2			
Rz2	3			
Rz3	4			
Rz4	5	双掌(洞池)	变石英角斑质含砾凝灰岩	含钠长石 35%, 石英 33%, 绢云母 20%~18%, 绿泥石 8%~10%, 榍石、白钛石 2%, 少量黑云母、绿帘石、磁铁矿、电气石、磷灰石。具变余岩屑晶屑结构, 片状构造。岩石中含少量晶屑和岩屑残余, 晶屑以钠长石为主, 见几颗石英, 分别呈不规则板状或它形粒状, $d=0.96 \times 0.6 \sim 0.24 \text{mm} \pm$, 岩屑为由显微粒状长英矿物组成的石英角斑岩, 粒径多小于 2mm
Rz9	6		变粗面岩	含钾长石、钠长石 90%, 黑云母 4%~5%, 绢白云母 4%~3%, 石英 <2%, 少量褐帘石、褐铁矿、绿帘石、白钛石、磷灰石。为变余粗面结构, 略具定向构造。钠长石与钾长石一样, 呈微晶板条状, 有的钠长石周围分布一圈钾长石, 有的钠长石呈细条纹状成嵌晶分布于钾长石中, 钾、钠长石小板条紧密共生, 平行排列, 褐色叶片状黑云母及细鳞片状绢白云母大致定向分布于其间, 黑云母分布不均匀, 有的聚集呈条带状, 石英多呈小团状集合体
Rz10	7		变细碧岩	含钠长石 28%~32%, 绿泥石 28%~24%, 绿帘石 18%, 黑硬绿泥石 12%, 绢云母 4%, 白钛石及榍石 8%, 褐铁矿 <1%, 石英 <1%。具显微纤状磷片花岗变晶结构, 片状构造
Rz15	8	高庙	流纹斑岩	含钾长石 48%、钠长石 5%, 石英 26%, 绢云母 15%, 黑硬绿泥石 3%, 少量黑云母、萤石、褐帘石、白钛石、褐铁矿、磁铁矿。为变余晶屑岩屑结构, 略具片状构造。岩石中含少量晶屑和岩屑残余, 晶屑以钾长石为主, 呈不规则板状或粒状, 有的具格子双晶, 有的具钠长石条纹成嵌晶, $d=1.68 \times 1.2 \sim 0.36 \text{mm} \pm$, 有的钾长石晶屑缝隙处分布有黑硬绿泥石, 见几颗钠长石晶屑及个别石英晶屑残余分别呈不规则板状及它形粒状
Rz10-1	9		变角斑岩	含钠长石 65%~68%, 绢云母 10%, 黑硬绿泥石 15%~12%, 绿泥石 5%, 方解石 1%, 石英 <1%, 磁铁矿 <1%, 褐铁矿 2%, 磷灰石 0.1%。为变余粗面结构, 略具片状构造。钠长石多呈显微粒状, 少量呈微晶板条状平行排列, 具变余粗面结构特征, 其间分布有细鳞片状绢云母、绿泥石等, 大致呈定向排列, 岩石略具片状构造特征
Rz10-1	10			
Rz10-1	11	变细碧岩	含钠长石 42%~40%, 绿泥石 34%, 石英 8%~10%, 黑云母 4%, 绿帘石 3%, 绢(白)云母 2%, 白钛石、榍石 6%, 少量方解石、磷灰石、褐铁矿。具变余间片结构, (略具皱纹)片状构造	
Rz11-1	12	双掌	变粗面岩	含钠长石 65%~68%, 绢云母 10%, 黑硬绿泥石 15%~12%, 绿泥石 5%, 方解石 1%, 石英 <1%, 磁铁矿 <1%, 褐铁矿 2%, 磷灰石 0.1%。为变余粗面结构, 略具片状构造。钠长石多呈显微粒状, 少量呈微晶板条状平行排列, 具变余粗面结构特征, 其间分布有细鳞片状绢云母、绿泥石等, 大致呈定向排列, 岩石略具片状构造特征
Rz5	13	双掌	变细碧岩	含钠长石 42%~40%, 绿泥石 34%, 石英 8%~10%, 黑云母 4%, 绿帘石 3%, 绢(白)云母 2%, 白钛石、榍石 6%, 少量方解石、磷灰石、褐铁矿。具变余间片结构, (略具皱纹)片状构造

的年龄; Rz11-1 号锆石的测定结果非常好, 三个表面年龄完全一致, 而且精度也很好(表面年龄为 $619 \pm 3 \text{Ma}$), 因此只作了一个锆石的测定。

年龄测定结果: $632 \pm 1 \text{Ma}$ 。

3 讨论及结论

3.1 已有的同位素测年结果

前人对耀岭河群火山岩开展的测年结果见表 3。

由上表可以看出, 对耀岭河群火山岩采用的测年方法主要为 Sm-Nd 全岩等时线法, 次为 U-Pb 锆石法、Rb-Sr 全岩等时线法及 TIMS 法锆石 U-Pb, 年龄集中于 700~1000 Ma 之间。

由于武当地块经历了复杂的变质变形作用, 其内发育的火山岩, 如耀岭河群火山岩与武当群火山岩, 如果不是野外连续追索, 宏观上往往难以区分; 对产于相同层位的样品, 采用不同的测年方法, 其结果亦可能不同。

3.2 本文所测定的单锆石 U-Pb 年龄代表了耀岭河群火山岩组合的成岩年龄

耀岭河群目前认为是与下伏武当群呈平行不

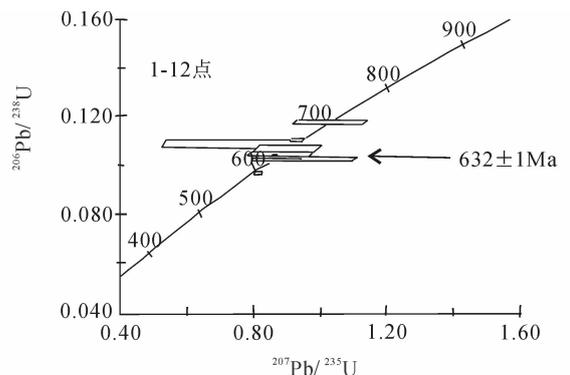


图 2 耀岭河群火山岩锆石 U-Pb 同位素一致图解
Fig. 2 Concordia diagram showing U-Pb zircon data for the volcanic rocks from the Yaolinghe Group

整合接触, 与上覆陡山沱组(或灯影组)呈断层接触的一套基性熔岩和火山碎屑岩。因此, 宏观上限定其成岩年龄应小于武当群年龄。尽管耀岭河群与下伏武当群变沉积岩组(杨坪组)之间的接触关系仍有些分歧(断层接触还是不整合接触?), 但其间存在沉积间断是公认的(湖北省地质矿产局, 1990; 陈晋镛等, 1991; 胡健民等, 1995; 蔡学林等, 1995; 秦正永

表 2 耀岭河群火山岩锆石 U-Pb 同位素分析结果

Table 2 U-Pb zircon isotopic data of the volcanic rocks from the Yaolinghe Group

人工重砂 样号	锆石点	重量 (μg)	浓度			同位素原子比率					表面年龄(Ma)		
			U ($\mu\text{g/g}$)	Pb ($\mu\text{g/g}$)	普通铅 含量(ng)	$^{206}\text{Pb}/$ ^{204}Pb	$^{208}\text{Pb}/$ ^{206}Pb	$^{206}\text{Pb}/$ ^{238}U	$^{207}\text{Pb}/$ ^{235}U	$^{207}\text{Pb}/$ ^{206}Pb	$^{206}\text{Pb}/$ ^{238}U	$^{207}\text{Pb}/$ ^{235}U	$^{207}\text{Pb}/$ ^{206}Pb
Rz1	1	10	559	116	0.24	92.96	0.2824	0.1046 (8)	0.8773 (1009)	0.06083 (663)	641	640	633
Rz1	2	10	374	48	0.038	348	0.1923	0.1010 (4)	0.8506 (159)	0.06110 (105)	620	625	643
Rz2	3	10	385	144	0.64	40.53	0.4854	0.1025 (8)	1.004 (108)	0.07100 (717)	629	706	957
Rz3	4	10	406	66	0.11	145	0.2071	0.1032 (6)	0.8808 (709)	0.06192 (469)	633	641	671
Rz4	5	10	554	165	0.47	56.7	0.2599	0.1088 (15)	0.7251 (2045)	0.04835 (1305)	666	554	116
Rz9	6	10	397	119	0.33	64.1	0.3221	0.1178 (9)	1.027 (111)	0.06322 (645)	718	718	716
Rz10	7	10	344	52	0.034	357	0.3533	0.1070 (10)	0.9044 (995)	0.06131 (638)	655	654	650
Rz15	8	20	120	23	0.067	134	0.5143	0.1020 (6)	0.8510 (627)	0.06053 (420)	626	625	623
Rz10-1	9	10	3396	541	0.59	210	0.3406	0.1039 (4)	0.8538 (213)	0.05960 (139)	637	627	589
Rz10-1	10	10	1506	200	0.10	474	0.3707	0.09674 (35)	0.8114 (123)	0.06083 (84)	595	603	633
Rz10-1	11	20	1373	191	0.086	1228	0.3435	0.1104 (4)	0.9282 (204)	0.06098 (125)	675	667	639
Rz11-1	12	10	1846	242	0.047	1418	0.3950	0.1008 (4)	0.8398 (233)	0.06044 (158)	619	619	619
Rz5	13	10	355	216	0.56	74.6	0.1561	0.2898 (15)	3.983 (126)	0.09968 (294)	1641	1631	1618

注:同位素分析在天津地质矿产研究所同位素室完成,分析和计算均由李惠民研究员完成。 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 已对实验空白($\text{Pb}=0.05\text{ng}$, $\text{u}=0.002\text{ng}$)及稀释剂作了校正。其他原子比率中的铅同位素均为放射成因铅同位素,括号内的数字为 2σ 。绝对误差,如 $0.1020(6)$ 表示 $0.1020 \pm 0.0006(2\sigma)$ 。锆石形态:1—紫红色透明长柱状自形晶;2—紫红色透明短柱状自形晶;3—紫红色透明长柱状小晶体;4—紫红色透明长柱状自形晶;5~6—浅紫红色长柱状自形晶;7—浅紫红色短柱状晶体;8—浅黄色透明柱状晶体;9—浅黄色柱状晶体;10—无色透明长柱状晶体;11—无色透明短柱状晶体;12—浅黄色透明短柱状晶体;13—深紫红色透明短柱状晶体。

表 3 耀岭河群火山岩年龄一览表

Table 3 Ages of volcanic rocks of the Yaolinghe Group

测试对象	采样地点	测试方法	资料来源	年龄值(Ma)
变基性火山岩	郟西涧池	Sm-Nd 全岩等时线	吴期江等,1989	1104.7 ± 51
变细碧岩	应山浣坊湾 两郟	U-Pb 锆石 U-Pb 锆石	湖北省地质志,1990	780 967 ± 79
变基性火山岩	安康牛山	Sm-Nd 全岩等时线	张宗清,1994	1010 ± 41 1019 ± 81
变基性火山岩与变流纹岩	丹江口檀山 丹江口檀山	Sm-Nd 全岩等时线 Rb-Sr 全岩等时线	王寿琼等,1996	1079.8 1105.3
变细碧岩与变流纹岩	郟西双掌	Sm-Nd 全岩等时线		711 ± 53 805.8 ± 36.5
变细碧岩	郟西双掌	Sm-Nd 全岩等时线		762.99
变流纹岩	郟西双掌	Sm-Nd 全岩等时线		869.2
变流纹岩	郟西双掌	Rb-Sr 全岩等时线		228 ± 6 329 ± 145
基性火山岩为主,夹少量酸性火山岩 火山凝灰岩	陕西省石泉水库附近 河南省淅川县城北桥沟村南	TIMS 法锆石 U-Pb		李怀坤等,2003

注:表中资料转引自胡健民等^①,并补充了新资料。

等, 1997), 仅两者之间缺失的地层及时间间断目前尚未确定。故其底界小于武当群变沉积岩组年龄应无争议, 最近报道的武当群上部变沉积岩组时代归属单锆石 U-Pb 年龄结果显示其时代为 $744 \pm 36 \text{Ma}$ (蔡志勇等, 2006), 因此限定耀岭河群火山岩年龄应小于此值。从区域上看, 陡山沱组变碎屑岩中夹细碧质火山岩建造, 据曹安俊等^①研究表明, 上震旦统陡山沱组中的变细碧质火山岩与耀岭河群变细碧角斑岩系同属碱钙性岩, 微量元素特征极为相似, 胡健民等(2004)认为“灯影组也常常在不同露头上以不同岩段分别直接覆盖在耀岭河组之上”, 均暗示耀岭河群火山喷发活动延续到陡山沱组形成时期或更晚。

本文测试样品均采自武当地块耀岭河群火山岩中, 采样方法及测试手段均可靠, 因此, 得出的数据可信。其中 12 号点的三组 U-Pb 表面年龄完全一致, 且位于谐和线上, 表明该锆石对 U-Pb 同位素体系保持完全封闭, 未受到后期变质事件的扰动, 因此其年龄值是可信的(涂荫坎等, 2001; W 康普斯顿等, 1992), 可解释为岩浆侵位年龄(刘敦一等, 1992); 所测锆石数据点除 13 号点外, 1~12 点在 U-Pb 谐和图上形成一条曲线, 说明它们具有共同成因(张宗清, 1996); 同时根据岩石地球化学特征(王寿琼, 1995), 指示这批样品在各方面具有极大的相似性, 由此可见本文样品所采的火山岩为一套同时喷发的火山岩组合, 是同一次热事件的产物。

本文所采集的样品的产出地点, 均为本区典型的、公认的耀岭河群分布区(前述), 因此测年数据应该代表了耀岭河群火山岩组合的成岩年龄。

4 结论

通过单锆石 U-Pb 法定年, 确定武当地块耀岭河群火山岩的成岩年龄时代为 $632 \pm 1 \text{Ma}$ 。国际地层委员会 2004 年发布的《国际地层表》中埃迪卡拉系(Ediacaran)的底界的推断年龄为 630 Ma。最近报道的陡山沱组底部的 SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄为 $628.3 \pm 5.8 \text{Ma}$ (Yin et al., 2005), 此定年结果与稍后报道的陡山沱组底部热离子质谱单颗粒锆石蒸发法的定年结果基本一致(Daniel et al., 2005)。表明中国震旦系的底界年龄约为 630 Ma 是可信的。因此耀岭河群火山岩应为震旦纪底界年龄, 滞后于全球 Rodinia 超大陆裂解作用。耀岭河群火山岩的成岩年龄精确厘定对研究耀岭河群火山岩的地质含义有一定参考价值, 同时也可能对秦岭 Rodinia

超大陆裂解等大地构造观点产生影响。

致谢: 天津地质矿产研究所李惠民研究员测定了全部同位素样品, 并对测定结果作出了详细说明; 中国地质科学院地质力学研究所胡健民研究员对本文提出了指导意见, 中国地质调查局发展研究中心邱瑞照博士、中国地质大学周肃博士对全文提出了建设性建议, 鄂西北地质矿产调查所刘兴义高级工程师与作者进行了有益探讨, 参加项目研究工作的尚有戴绍华、李定远两位高级工程师, 作者在此一并致谢!

注释

- ① 鄂西北地质矿产调查所. 1995. 1:5 万大木厂幅、老营仓幅联测区域地质调查报告; 天津地质矿产研究所. 1995. 1:5 万土门幅、杨家村幅、郧西县幅、河夹店幅联测区域地质调查报告; 西安工程学院. 1998. 1:5 万白河县幅、三岔幅联测区域地质调查报告.
- ② 西安工程学院. 1998. 1:5 万白河县幅、三岔幅联测区域地质调查报告.
- ③ 湖北省地质调查院. 2003. 湖北武当地区铜、银矿控矿条件、成矿规律及找矿方向研究科研报告, 项目编号为 2002 年 AA301C103.

参考文献

- 蔡学林, 石绍清, 吴德超, 等. 1995. 武当山推覆构造的形成与演化. 成都科技大学出版社.
- 蔡志勇, 罗洪, 熊小林, 吴德宽, 吴贤亮, 孙三才, 杨军. 2006. 武当群上部变沉积岩组时代归属问题: 单锆石 U-Pb 年龄的制约. 地层学杂志, 30(1): 60~63.
- 陈晋镡, 秦正永, 王寿琼, 万义文. 1991. 武当群地质特征. 天津科技翻译出版公司.
- W 康普斯顿, R T 皮金. 1992. 西澳大利亚杰克希尔山更为古老的碎屑锆石的证据. 见高劭主编: 早太古代地壳形成及演化-颗粒锆石 U-Pb 同位素测年研究与应用. 北京: 冶金工业出版社.
- 湖北省地质矿产局. 1996. 湖北省岩石地层. 中国地质大学出版社.
- 湖北省地质矿产局. 1990. 湖北省地质志. 北京: 地质出版社.
- 胡健民, 郭力宇, 宋子新, 李侠, 刘护军. 1995. 扬子地块北缘武当山岩群与耀岭河岩群不整合接触关系的地质意义. 西安地质学院学报, 17(1): 22~27.
- 胡健民, 赵国春, 马国良, 张森琦, 高殿松. 2004. 秦岭造山带武当地区古生代伸展构造. 地质科学, 39(3): 305~319.
- 李怀坤, 陆松年, 陈志宏, 相振群, 周红英, 郝国杰. 2003. 南秦岭耀岭河群裂谷型火山岩锆石 U-Pb 年代学. 地质通报, 22(10): 775~781.
- 凌文黎, 程建萍, 王欲华, 周汉文. 2002. 武当地区新元古代岩浆岩地球化学特征及其对南秦岭晋宁期区域构造性质的指示. 岩石学报, 18(1): 25~36.
- 刘敦一, 沈其韩, 张宗清, 等. 1992. 中国早太古代地壳演化: 迁西杂岩的 U-Pb 地质年代学. 见高劭主编: 早太古代地壳形成及演化-颗粒锆石 U-Pb 同位素测年研究与应用. 北京: 冶金工业出版社.

- 刘鸿允. 1991. 中国的震旦纪. 北京: 科学出版社.
- 刘鸿允等著. 1999. 中国中东部晚前寒武纪地层与地质演化. 北京: 科学出版社.
- 秦正永, 刘兴义, 胡小蝶, 等. 1997. 武当地区构造解析及成矿规律. 北京: 地质出版社.
- 涂荫玖, 杨晓勇, 李惠民, 郑永飞. 2001. 皖东南黄片麻岩的锆石 U-Pb 年龄. 岩石学报, 17(1): 157~160.
- 王寿琼. 1994. 中秦岭南部耀岭河群稀土元素特征及其构造环境分析. 河南地质, 12(4): 319~327.
- 王寿琼. 1995. 耀岭河群地球化学特征及其意义. 湖北地质, 9(2): 72~83.
- 王寿琼. 1996. 鄂西北地区耀岭河群同位素年龄讨论. 湖北地质, 10(1): 49~55.
- 邢裕盛, 刘桂芝, 乔秀夫, 高振家, 王自强, 陈元, 全秋琦. 1982. 中国上前寒武系. 见: 中国地质科学院主编, 中国地层概论. 北京: 地质出版社.
- 阎廉泉. 1959. 秦岭区域地质测量及普查工作的基本成就. 地质月刊, (11): 32~35.
- 张玉清, 王弢, 贾和义, 张志祥. 2003. 内蒙古中部大青山北西乌兰不浪紫苏斜长麻粒岩锆石 U-Pb 年龄. 中国地质, 30(4): 394~399.
- 张宗清. 1996. 同位素年代学方法的应用和限制. 见: 张炳熹等. 岩石圈研究的现代方法. 北京: 原子能出版社.
- 张宗清, 张国伟, 唐索寒. 2002a. 南秦岭变质地层同位素年代学. 北京: 地质出版社.
- 张宗清, 张国伟, 唐索寒, 王进辉. 2002b. 武当群变质岩年龄. 中国地质, 29(2): 117~125.
- 赵银胜. 1997. 湖北北部耀岭河群、武当山群、随县群(大狼山群)之我见. 地层学杂志, 21(1): 77~80.
- 周鼎武, 张成立, 周小虎, 桑海清. 1999. 武当地块基性岩墙群⁴⁰Ar-³⁹Ar 定年及其地质意义. 岩石学报, 15(1): 14~20.
- Daniel Condon, Zhu M Y, Samuel Bowring, Wang W, Yang A H, Jin Y G. 2005. U-Pb ages from the Neoproterozoic Doushantuo Formation, China. Science, 308: 95~98.
- Yin C Y, Tang F, Liu Y Q, Gao L Z, Liu P J, Xing Z Y, Wan Y S, Wang Z Q. 2005. U-Pb zircon age from the base of the Ediacaran Doushantuo Formation in the Yangtze Gorges, South China: constraint on the age of Marinoan glaciation. Episodes, 28(1): 48~49.

Forming Age of the Volcanic Rocks of the Yaolinghe Group from Wudang Block, Southern Qinling Mountain: Constraint from Grain-Zircon U-Pb Dating

CAI Zhiyong^{1,2,3)}, XIONG Xiaolin¹⁾, LUO Hong³⁾, WU Dekuang³⁾,
SUN Sancai³⁾, RAO Bangliang³⁾, WANG Shouqiong³⁾

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

2) Graduate school, Chinese Academy of Sciences, Beijing, 100039

3) Northwestern Hubei Survey of Geology and Mineral Resources, Xiangfan, 441003

Abstract

The forming age of volcanic rocks of the Yaolinghe Group from Wudang block, Southern Qinling Mountain was previously thought to be between 700 and 1000 Ma and its origin is closely related with the evolution of the supercontinent Rodinia in common. We collected 13 zircon grains from the volcanic rocks of the Yaolinghe Group. U-Pb dating of these grain zircons shows that the age of the volcanic rocks is 632 ± 1 Ma, indicating a difference from the age previously suggested. The authors argue that the zircon U-Pb dating result is credible and the 632 ± 1 Ma should represent the forming age of the volcanic rocks of the Yaolinghe Group. Hence, the grain-zircon U-Pb dating constrains the volcanic rocks of the Yaolinghe Group to be formed during the late Sinian Period. This study may have certain reference value to study the geological meanings of the volcanic rocks of the Yaolinghe Group, and may influence some standpoints about Rodinia super continent split in Qinlin belt.

Key words: volcanic rocks; Yaolinghe Group; zircon U-Pb dating; late Sinian

