

海南岛古生代岩石Rb-Sr年代学和氧同位素研究*

方中 夏邦栋 于津海

(南京大学地球科学系 南京 210008)

陶仙聪 杨杰东 李惠民

(南京大学现代分析中心 南京 210008)

摘要 海南岛抱板群上部混合片麻岩和混合花岗岩的Rb-Sr等时线年龄为600.8Ma, 上部混合片麻岩和斜长角闪岩的Rb-Sr等时线年龄为470.1Ma, 岳岭群黑色板岩的Rb-Sr等时线年龄为537Ma。抱板群是寒武—奥陶纪地层在海西期经历区域变质作用形成的。岛上广泛分布的似斑状花岗岩质的Rb-Sr全岩等时线年龄为320.7Ma; 岩石-矿物内部等时线年龄为316.4Ma。它们是由52.3%地壳硅铝质岩石和47.7%地下壳基性岩石所构成。

关键词 海南岛 Rb-Sr年代学 氧同位素

海南岛西部东方县、昌江县一带出露有该岛最古老的变质岩系, 包括条带状和眼球状混合片麻岩、斜长角闪岩、混合花岗岩、片岩、板岩和千枚岩等(图1)。其中产有含金石英脉型金矿和石碌铁钴铜矿床。在东部琼海县亦有小块片麻岩出露。上述变质地层中没有保存可靠的化石, 夏邦栋等(1979)根据地层和构造地质学对比, 定为古生界。过去对变质岩的年代学研究仅限于石碌群(中国科学院华南富铁队 1986; 张仁杰等 1989)。笔者的下列工作将有助于确定海南岛变质岩的时代。

1. 岳岭群黑色板岩Rb-Sr年代学

1964年广东省区测队的1/20万海南岛区测报书中, 把东方县境内一套至今未发现化石的黑色复理石建造的细碎屑岩命名为岳岭群。根据构造和岩性对比, 把时代划为泥盆—石炭纪。夏邦栋等(1979)曾对岳岭群作过详细的沉积构造和沉积相研究。笔者在东方县玉道附近, 从昌化江河谷底部至西岸边剖面上采集了未风化的命名岳岭群的岩石, 在岩石

地层厚度15m范围内分层采集黑色泥质板岩和墨绿色、黑色粉砂质板岩样品(图1中样品序号14, 表1中YL编号)。岩层具复理石韵律, 单层厚度10~30mm, 其中没有微纹层; 在岩石薄片未观察到较粗的残留长石碎屑。墨绿色和黑色粉砂质板岩中含有一定量的绿泥石。选测5个板岩样品, 其中4个全岩样的Rb-Sr等时线年龄 537 ± 64 Ma(图2)。首次证实岛西存在寒武纪地层。

2. 抱板群混合片麻岩Rb-Sr年代学

岛西部东方县抱板村和红泉农场附近的抱板群混合片麻岩与岳岭群为断层接触关系。抱板群内部的岩石成分变化较大。在抱板复背斜核部该群下部(海南地质大队称为抱板群)的岩石有富含钾长石和黑云母的花岗质混合片麻岩、黑云斜长片麻岩、石榴黑云斜长片麻岩和混合花岗岩等。在复背斜的东翼抱板群的上部(海南地质大队称为南碧沟组), 除了片麻岩和混合花岗岩外, 斜长角闪岩、黑云变粒岩和片岩等增多。最外围是片岩、千枚岩和变质砂岩等。岩石的变质程度由复背斜核部向翼部逐渐降低。混合片麻岩中的石榴子石具筛状结构, 属残留矿物; 还见有浑圆状残留锆石。片麻岩具有中-粗粒结晶的条带状或眼球状构造, 依北东走向定向排列并与区域构造线方向一致。片麻岩中还含有一定

本文于1991年3月20日收到, 1992年2月25日第三次
改回。

* 国家自然科学基金资助项目

第一作者简介: 方中 男 52岁 副教授 同位素地
质学专业

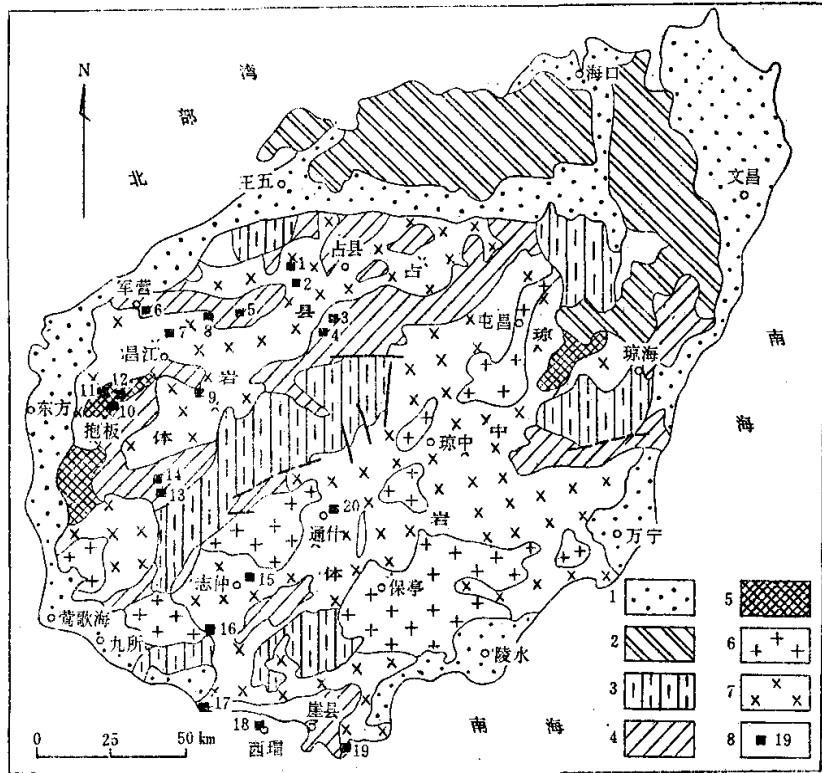


图1 海南岛地质略图及采样位置

1. 第四纪覆盖层; 2. 喜山期构造层; 3. 燕山期构造层; 4. 加里东—海西构造层; 5. 混合片麻岩分布区; 6. 燕山期花岗岩; 7. 海西期花岗岩; 8. 采样位置及样品序号。

Fig.1 Schematic geological map and the locations of samples, Hainan Island, China

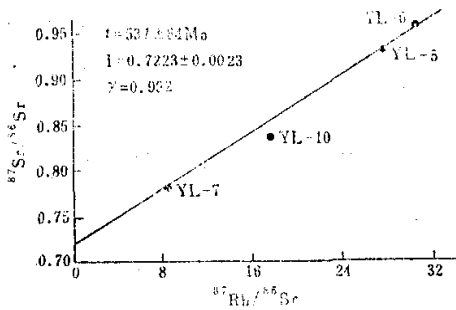


图2 岳岭群黑色板岩 Rb-Sr 全岩等时线

Fig.2 Rb-Sr whole rock isochron of black slates in Yueling Group

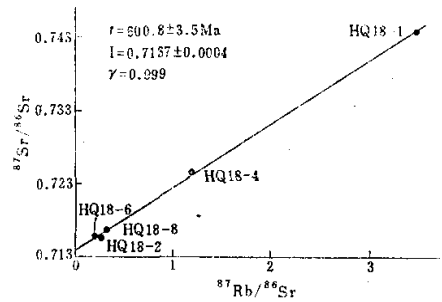


图3 抱板群下部混合片麻岩 Rb-Sr 等时线

Fig.3 Rb-Sr isochron of migma gneiss in Baoban Group

表 1 海南岛古生代变质岩Rb-Sr同位素测定结果

Table 1 The results of Rb-Sr isotopes measured from Paleozoic metamorphosed rocks in Hainan Island

地层	样品号	岩石名称	Rb(ppm)	Sr(ppm)	$^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$
岳岭群(玉道)	YL-1	黑色粉砂质板岩	169.4	20.35	20.8597	0.94607 ± 7
	YL-5	黑色泥质板岩	130.7	18.36	27.1737	0.92446 ± 8
	YL-6	黑色泥质板岩	108.5	13.03	30.2969	0.98106 ± 9
	YL-7	墨绿色粉砂质板岩	101.2	42.99	8.1069	0.78575 ± 7
	YL-10	黑色泥质板岩	159.7	40.32	17.5648	0.8392 ± 9
(14)	$t = 537 \pm 64\text{Ma}$, $(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_i = 0.7223 \pm 0.0023$, $\gamma = 0.992$					
抱板群下部	HQ18-2	黑云斜长片麻岩	32.44	365.94	0.2568	0.71572 ± 7
	HQ18-4	黑云混合片麻岩	88.87	217.35	1.1853	0.72444 ± 40
	HQ18-6	黑云斜长片麻岩	26.17	368.39	0.2057	0.71567 ± 6
	HQ18-8	黑云斜长混合片麻岩	43.47	394.14	0.3194	0.71647 ± 7
	HQ18-11	花岗岩混合片麻岩	185.7	155.17	3.4754	0.74351 ± 7
	HQ18-4Kf	钾长石	265.70	314.88	2.4493	0.74084 ± 10
	HQ18-4Bi	绿泥石化黑云母	233.53	34.64	19.677	0.80219 ± 40
(11)	$t_{\text{WR}} = 600.8 \pm 3.5\text{Ma}$, $(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_i = 0.71374 \pm 4E-5$, $\gamma = 0.999$ $t_{\text{WR-M}} = 257.5 \pm 40.3\text{Ma}$, $(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_i = 0.72551 \pm 0.0068$, $\gamma = 98.8$					
抱板群上部	DLⅡ2-1	斜长角闪岩	25.81	133.34	0.9242	0.71676 ± 8
	DLⅡ6-1	混合花岗岩	234.4	126.68	6.9937	0.73659 ± 8
	DLⅡ12-2	黑云母混合片麻岩	155.5	201.52	2.9106	0.73005 ± 9
	DLⅡ22-1	黑云母混合片麻岩	147.9	52.319	9.9657	0.77895 ± 10
	DLⅡ30-1	斜长角闪岩	17.01	108.13	0.5801	0.72202 ± 10
(12)	$t = 470.1 \pm 3.9\text{Ma}$, $(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_i = 0.7106 \pm 0.0001$, $\gamma = 0.919$					

① HQ 列样品由作者测定; YL和DLⅡ系列样品由天津冶金地质研究院分析。地层名称下括号中的数字为图 1 中的采样号。

数量的片岩、斜长角闪岩和变质砂岩等残留体,其延长方向亦为北东向。笔者采集了复背斜核部抱板群下部条带状、眼球状混合片麻岩和混合花岗岩样品(图 1 中序号 11, 表 1), 其 Rb-Sr 全岩等时线年龄 600.8Ma(图 3); 其中样品 HQ18-4 的全岩、微斜长石和强烈绿泥石化黑云母组成的等时线年龄为 $257.5 \pm 40.3\text{Ma}$ 。上列抱板群下部混合片麻岩 Rb-Sr 全岩等时线年龄与西沙群岛花岗岩片麻岩 Rb-Sr 全岩等时线年龄 598Ma(编纂小组 1983)相一致, 可能代表了一次区域性的成岩年龄。HQ18-4 号样品中的 Rb-Sr 全岩-矿物内部等时线年龄与岛西南部峨文岭混合片麻岩内角闪岩残留体的角闪石 K-Ar 年龄 311Ma 以及占县花岗岩和琼中花岗岩体中的部分锆石年龄(全国同位素地质年龄汇编小组 1986)相近, 反映了海西-印支期地质作用时代。

从抱板群复背斜构造的不同位置取样, 在复背斜核部采得抱板群下部混合片麻岩 Rb-Sr 全岩等时线年龄 600.8Ma; 在复背斜东翼部采得抱板群上部混合片麻岩等的 Rb-Sr 全岩等时线年龄 470.1Ma(表 1); 以及在该东翼外侧的 Rb-Sr 石榴群干枚岩等的 Rb-Sr 全岩等时线年龄 330Ma(富铁研究队, 1986)。看来, 该地区的构造地层层序与 Rb-Sr 年代学数据是一致的。

3. 海西期花岗岩的 Rb-Sr 年代学和氧同位素

海南岛中南部大面积出露的占县岩基和琼中岩基之间为古生代变质岩和中生代陆盆相沉积层。两岩基的岩性基本相同(夏邦栋等 1990), 主要是花岗岩、二长花岗岩、石英二长岩、黑云母花岗岩和花岗闪长岩等。暗色矿物和长石斑晶呈北东向区域性定向排列。斑晶成分以微斜长石为主, 粒径为数毫米至数十毫米不等, 个别斑晶达 150×20

表2 海南岛古生代似斑状花岗岩Rb-Sr同位素测定结果
Table 2 Results of Rb-Sr isotopes measured from Paleozoic porphyroblastic granites in Hainan Island

图1中序号	样号	地点及岩石名称	Rb(ppm)	Sr(ppm)	⁸⁷ Rb/ ⁸⁶ Sr	⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr
7	DP-3	昌江县大坡, 花岗岩	191.82	215.84	2.57488	0.72053 ± 70
	DP-15	昌江县大坡, 花岗岩	309.54	95.61	9.40818	0.74410 ± 8
	DP-21	昌江县大坡南, 二长花岗岩	154.49	279.97	1.59762	0.71322 ± 600
1	XH-9	儋县西华农场, 二长花岗岩	273.57	148.9	5.3302	0.73851 ± 20
20	TZ-1	通什自治州, 黑云母花岗岩	204.43	291.89	2.02877	0.71798 ± 20
17	XDT	崖县小洞天, 花岗闪长岩	148.32	268.44	1.8000	0.71504 ± 30
18	XM-1	西瑁岛花岗岩	151.50	201.13	2.18325	0.72416 ± 4
$t = 320.7 \pm 6.2 \text{Ma}, (^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_i = 0.7087 \pm 0.0002, \gamma = 0.999$						
	DP-3	昌江县大坡, 花岗岩	191.82	215.84	2.57488	0.72053 ± 70
	DP-3k	花岗岩中的斜长石	443.68	288.06	4.46984	0.73889 ± 10
	DP-3b	花岗岩中的黑云母	1046.4	10.98	313.03	2.12320 ± 30
$t = 316.4 \pm 1.9 \text{Ma}, (^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_i = 0.7138 \pm 0.0005, \gamma = 0.999$						

注：表中数据由笔者测定

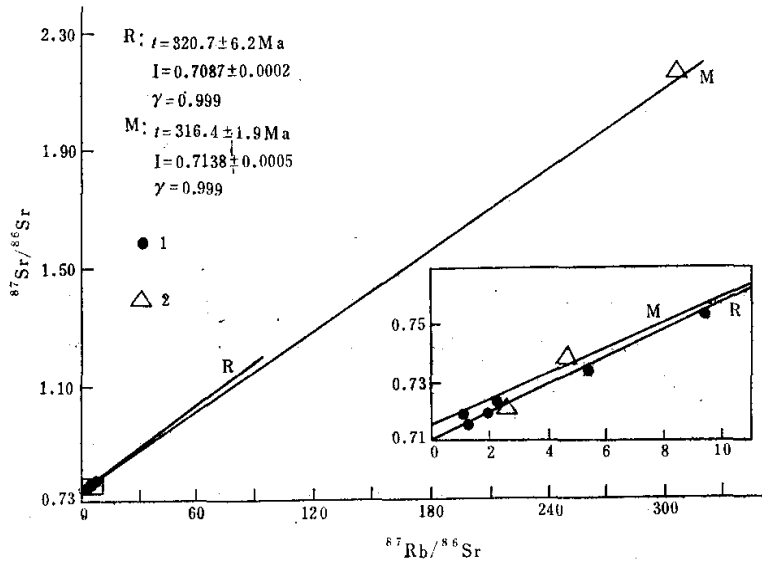


图4 似斑状花岗岩Rb-Sr全岩及矿物内部等时线

(1) 全岩等时线点; (2) 岩石-矿物内部等时线

Fig.4 Rb-Sr isochron of porphyroblastic granites in Hainan Island

mm², 内部具环带构造, 包裹黑云母和斜长石等小颗粒。岩体中常见富黑云母变粒岩等暗色包体, 其排列方向与花岗岩的片麻理方向一致。暗色包体与花岗岩有明显界线, 也有显渐变过渡关系。

似斑状花岗岩岩石Rb-Sr全岩等时线年龄为 $320.7 \pm 6.2 \text{Ma}$, $I_{s_f} = 0.7087 \pm 0.0002$; 全岩-微

斜长石-黑云母 Rb-Sr 内部等时线年龄为 $316.4 \pm 1.9 \text{Ma}$ (表2, 图4)。上述两种等时线年龄的一致性表明海南岛花岗岩主体, 海西期似斑状花岗岩成岩以后其Rb-Sr同位素体系未受到扰动。在 Rb-Sr 关系图和 ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr-1/⁸⁶Sr 关系图中花岗岩均呈良好的线性关系分布, 具有二元混合系的特点, 可

以按Faure(1986)提出的Sr同位素二元混合模式进行该花岗岩物质组分计算(Faure 1986; 刘昌实等 1989)。在计算中,以抱板群混合片麻岩作为上地壳酸性端元,以芙蓉田农场水库边的阳起石岩(经原岩恢复为拉斑玄武岩)和西华农场粗晶辉石闪长岩为基性端元代表。经计算得出,海南岛海西期花岗岩质岩石由上地壳酸性端元 52.3% 和基性端元

17.7% 混合组成。

海西期花岗岩全岩氧同位素, $\delta^{18}\text{O}$ 值为 9.39% ~ 15.56% D 。表 3 列出了笔者所获的结果,反映了花岗岩是地壳岩石经交代重熔的特点,与 Sr 同位素研究的结论是符合的。仅有西瓊岛花岗岩 $\delta^{18}\text{O}$ 为 6.02%, 系岩石蚀变, 长石高岭土化和黑云母绿泥石化所致。

表 3 海南岛海西期似斑状花岗岩氧同位素分析结果

Table 3 The results of O isotopes from Hercynian porphyroblastic granites in Hainan Island

图 1 中程号	样号	采样位置	岩石名称	$\delta^{18}\text{O}(\text{‰})$	备注
7	DP-3	昌江县大坡	花岗岩	12.97	
1	XH-9	占县西华农场	二长花岗岩	11.38	
8	FLT-6	占县芙蓉田农场	黑云母花岗岩闪长岩	11.38	
17	XDT	崖县小洞天	花岗岩闪长岩	9.89	
20	TZ-1	通什自治州	黑云母花岗岩	9.85	
18	XM-1	西瓊岛	花岗岩	6.02	长石高岭土化蚀变

表中数据由宜昌地质矿产研究所测定

应用花岗岩中共生矿物对的铷地质温度计(涂光炽 1983)可以计算花岗岩的成岩温度。根据表 2 中微斜长石和黑云母的铷含量算得温度为 530 $^{\circ}\text{C}$ 。

综合本课题组以往研究的成果(Fang 1988;

1990; 夏邦栋等。1990; 1991A, B)和本文资料,笔者以为,由于海南岛仅古生代地层总厚度已超过 12km(富铁研究队。1986),在晚古生代裂谷构造背景下,高的地热梯度 50~60 $^{\circ}\text{C}/\text{km}$,使深部地壳岩石经花岗岩化而形成花岗岩是完全可能的。

参 考 文 献

- 中国科学院华南富铁科学研究所。1986。海南岛地质与石碌铁矿地球化学。北京:科学出版社。
- 王赐银, 李寿元, 刘家旺。1979。海南岛东方县抱板混合岩体的岩石学特征及其成因、时代探讨。南京大学学报地质专刊(一), 23~42
- 全国同位素地质年龄数据汇编小组。1986。全国同位素地质年龄数据汇编(第四集)。北京:地质出版社, 644
- 刘昌实, 朱金初。1989。滇西临沧岩基源区物质定量模拟。岩石矿物学杂志, 8(1):1~11
- 沈发奎, 刘秋。1984。攀枝花裂谷支双峰式火山岩。矿物岩石, 4(1):1~15。
- 涂光炽。1983。地球化学。北京:科学出版社。
- 张仁杰, 冯少南, 徐光洪, 蒋大海, 吴炜。1989。Chuarua-Tawuia生物群在海南岛石碌群中发现及意义。中国科学日辑, (3):304~311
- 夏邦栋, 任震鹏。1979。海南岛石碌及其外围地区的地质和沉积建造。南京大学学报, 地质专刊(一), 43~55
- 夏邦栋, 于津海, 方中, 王赐银, 楚雪君。1990。海南岛海西一印支期花岗岩的地球化学特征及成因。地球化学, (4):365~373
- 夏邦栋, 于津海, 方中, 王赐银, 施光宇。1991。海南岛石炭纪双峰式火山岩及其板块构造背景。岩石学报, (1):54~61
- 夏邦栋, 施光宇, 方中, 于津海, 王赐银, 陶仙聪, 李惠民。1991。海南岛晚古生代裂谷作用。地质学报, (2):103~115
- 编集小组。1983。全国同位素地质年龄数据汇编(第三集)。北京:地质出版社, 350
- Barberi F et al. 1972. Volcanism in the Afar Depression: Its tectonic and magmatic significance. Tectonophysics, 15:19~29
- Barberi F et al. 1982. Chemical aspects of rift magmatism, In edited by G. Palmason, Continental and oceanic rifts, 223~258
- Condie K C. 1982. Plate tectonics and crustal evolution (2nd edition), Pergamon Press Inc., New York.

① 据海南地质大队1/5万志仲镇区测报, 1987。

- Fang Zhong, 1988. Geochronology and Sr, O isotope studies of granites in Hainan Island, China. *Chemical Geology*, 70(1/2), 20
- Fang Zhong, Tao X, Xia B and Yang J. 1990. Isotopic records on Paleozoic crust evolution within Hercynian rift in Hainan Island, China. *Geological Society of Australia Abstracts*, No. 27, 83.
- Faure G, 1986. Principles of isotope geology. John Wiley and Sons Inc., p.141~248
- Taylor S T and McLennan S M. 1985. The continental crust: Its composition and evolution. Blackwell Scientific Publications, 46~95

STUDY ON Rb-Sr GEOCHRONOLOGY AND THEIR OXYGEN ISOTOPES OF PALEOZOIC ROCKS ON HAINAN ISLAND

Fang Zhong, Xia Bangdong and Yu Jinhai

(Department of Earth Sciences, Nanjing University, Nanjing, 210008)

Tao Xiangcong, Yang Jiedong and Li Huimin

(Centre of Modern Analysis, Nanjing University, Nanjing, 210008)

Key words: Hainan Island; Rb-Sr geochronology; O-isotopic geology

Abstract

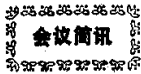
The oldest rocks on Hainan Island located in the northern part of South China Sea are gneiss and migmatitic granites which are exposed at the nucleus of Baoban anticlinorium. Their Rb-Sr whole-rock isochron is 600.8Ma, $I_s = 0.7137$; and their gneiss-microcline-chloritization biotite isochron is 257Ma, and $I_s = 0.7255$. The other gneiss and amphibolites exposed on the eastern limb of the anticlinorium give Rb-Sr whole-rock isochron of 470.1Ma, $I_s = 0.7106$. K-Ar age of hornblende from amphibolite relict in the gneiss is 311 Ma. Black slate of Yuling Group gives its Rb-Sr isochron of 537Ma, and $I_s = 0.7223$. The metamorphic rocks of Baoban Group are firstly determined to be of Cambrian-Ordovician system, which were metamorphosed in the middle-late Hercynian period.

The porphyroblastic granites exposed over a area of 8000km² on the island are composed of granites, monzonites and granodiorites. Their Rb-Sr whole-rock isochron is 320.7Ma, $I_s = 0.7087$; and granite-microcline-biotite isochron is 316Ma, $I_s = 0.7138$. A calculation with the isotope systematics of two-component mixtures proposed by Faure(1986) suggests that the granites are made up of Paleozoic upper-crustal rocks (52.3%) and lower-crustal roc-

ks (47.7%). This is also supported from data of Oxygen isotopes (average value $\delta^{18}\text{O} = +10.2$), trace elements and REE.

A rifting on the island had taken place in middle-late Paleozoic. It led to the development of bimodal basic-felsic volcanic rocks within the Devonian—Carboniferous strata, such as in the fifth and the sixth formations of Shilu Group and other corresponding formations.

The Rb-Sr isochron of the sixth formation of Shilu Group is 330Ma which may be considered as the age of the largest rifting expansion. The granite isochron of 320 Ma is considered as the age of the rifting convergence. These granites of 320 Ma were formed from crustal materials in the environment of higher heat flow value and at convergent pressure in deeper part of the Hercynian rift.



发挥女地质工作者作用研讨会即将在京召开

为增进女地质工作者的团结,总结交流她们近十年来的工作业绩和学术成就,反映她们共同关心的问题,相互激励,继往开来,为祖国的地质事业做出更大的贡献,在庆祝中国地质学会成立七十周年的同时,中国地质学会女地质工作者委员会定于今年10月上旬在京召开发挥女地质工作者作用研讨会。会议将研讨女地质工作者在野外地质勘查中

的现状和未来,她们在科研、教育、管理与情报出版各个领域里做出的成就和业绩,地质科技工作的开拓和创新,人才培养和信息传播,地质经济管理中的改革开放等问题,目前各项准备工作都在积极地进行之中,我们预祝大会顺利召开,圆满成功。

(于洁 供稿)