

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

浙西南19亿年花岗闪长岩的地质特征 及发现意义

胡雄健 许金坤 童朝旭 陈程华

(浙江省第七地质大队, 丽水)



通过详细的地质调查和综合研究, 笔者首次在浙西南前寒武纪变质基底中发现以龙泉淡竹花岗闪长岩体为代表的吕梁期花岗岩, 并以锆石U-Pb法测得其结晶年龄为 $1878 \pm 27 \text{ Ma}$ (2σ), 从而肯定了我国东南大陆边缘早元古代变质地层的存在。并在此基础上提出浙闽克拉通的概念, 认为它隶属于中国早前寒武纪陆台。

关键词 花岗岩 早元古代 锆石U-Pb年龄 浙闽克拉通

1 地质概况

浙西南地区分布有江山-绍兴深断裂南东侧露头面积最大的区域变质岩系(图1), 其向南与闽北前寒武系连为一体, 共同组成华夏古板块的变质基底。具有确切地质依据和同位素年代学证据的早元古代花岗岩, 首先发现于浙西南龙泉地区。

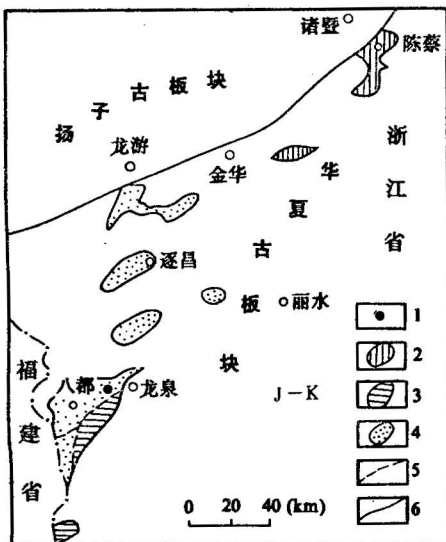


图1 浙南元古宙区域变质岩分布略图
Fig. 1 Distribution of areal metamorphic rocks of the Proterozoic in southern Zhejiang

1—淡竹花岗闪长岩; 2—中-上元古界陈蔡群; 3—中元古界龙泉群; 4—下元古界八都群; 5—韧性剪切带; 6—江山-绍兴断裂带

1—Danzhu granodiorite; 2—Chencai Group of Middle-upper Proterozoic; 3—Longquan Group of Middle Proterozoic; 4—Badu Group of Lower Proterozoic; 5—ductile shear belt; 6—Jiangshan—Shaoxing fault zone

龙泉地区变质岩系由下元古界八都群 ($>1.9\text{Ga}$) 和中元古界龙泉群 ($1.0\text{—}1.4\text{Ga}$) 组成, 彼此以大型韧性剪切带为界 (图 1)。八都群主要区域变质岩石类型为黑云斜长 (石英) 变粒岩、黑云 (石英) 片岩和少量斜长角闪岩, 这些岩石经历了角闪岩相 (蓝晶石-矽线石带) 区域中高温变质作用和四期褶皱变形。区域混合岩化作用普遍而强烈 (局部出现混合花岗岩), 使得整个岩系的外貌被改造成混合花岗质杂岩系, 尤以黑云条带状混合岩最为发育。尽管八都群的原岩建造以含碳富铝的陆源碎屑岩系为主, 普遍含有晶质石墨 ($\delta^{13}\text{C}\text{‰} = -25$) 和富铝变质矿物, 但也有一小部分属于典型的同变质期花岗岩侵入体 (γ_1)^[1], 龙泉淡竹片麻状花岗闪长岩即为之代表。

2 淡竹花岗闪长岩的地质特征

2.1 地质产状和岩相学特征

该岩体位于龙泉市西约 20 km 淡竹村附近, 平面上呈等轴状, 出露面积约 1 km^2 , 侵位于八都群中下部层位。岩体围岩为含石榴石墨黑云变粒岩、含石墨黑云石英片岩和含石墨黑云条带状混合岩, 虽因浮土覆盖而未见岩体与变质围岩的直接接触关系, 但两者在短距离内所表现出来的颜色、形貌、组构和成分的显著差异, 说明彼此不可能存在渐变过渡关系, 而且在野外还可观察到最近围岩 (露头间距 3—5 m) 的边缘混合岩化现象。与周围变质岩石相比, 淡竹岩体的块体性、均匀性十分醒目。

淡竹花岗闪长岩呈灰-灰白色, 致密坚硬, 变形变质改造显著, 具片麻状构造, 中粗粒花岗岩变晶结构。矿物组成为中-更长石 (45%)、石英 (25%)、钾长石 (10%)、黑云母 (15%)、铁铝榴石 ($\leq 5\%$)。岩体中发育大量岩石包体 (图 2), 大者 $>50\text{ cm}$, 小者仅几个厘米, 大部分包体的色率高于寄主岩石。包体呈凸镜状、扁豆状、饼状、角砾状、不规则状, 明显已遭压扁变形或旋转变形, 长轴多与主岩的片麻理相合谐或微角度相交, 少数则明显截切片麻理。包体的成分有角闪斜长变粒岩、细粒含辉石斜长角闪岩、黑云变粒岩、淡色花岗质岩石、石英质岩石以及暗色不明成分者, 以前三类包体为主。包体呈片麻状、条带状、块状构造, 细粒 (中细粒) 变晶结构。绝大多数包体与主岩间界线清晰、规整而不具交代渐变关系。显然, 淡竹花岗闪长岩中岩石包体主要为捕虏体, 反映了在岩浆上侵过程中, 曾有过不断捕获 (同化) 沿途围岩的历史。因此, 该



图 2 淡竹花岗闪长岩中的角闪斜长变粒岩包体
Fig. 2 Amphibole plagioclase leptynite enclave
in Danzhu granodiorite

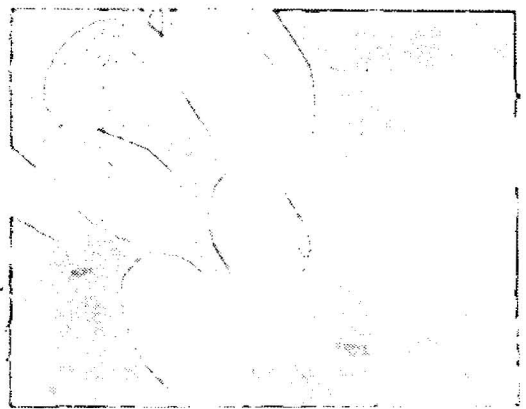


图 3 淡竹花岗闪长岩中的锆石晶形
(电镜下, $\times 150$)
Fig. 3 Zircon crystal shapes in Danzhu
granodiorite
(electronic microscope, $\times 150$)

岩体属异地花岗岩类, 因为原地或半原地型花岗岩(包括混合花岗岩)往往与围岩呈渐变过渡关系且包体成分单一并与主岩间有着较明显的交代现象。

周新民教授(1990, 面告)经详细的微观组构研究认为, 该岩体有较典型的火成结晶特征。

2.2 副矿物特征

人工重砂副矿物有石榴石(大量)、钛铁矿(2455g/t)、磁铁矿(665g/t)、锆石(207g/t)、重晶石(184g/t)、磷灰石(84g/t)、角闪石、绿帘石、铋华以及种类众多的金属硫化物, 如辉铋矿、辉钨矿、方铅矿、闪锌矿、黄铁矿等。锆石多为无色-微黄色, 少数呈棕黄色, 透明度好, 自形-半自形, 晶棱表面常见熔蚀圆化现象, 但变圆部分仍光滑明亮(图3)。锆石长0.2—0.4mm, 宽0.03—0.1mm, 长宽比以2:1—3:1居多(占93%)。主要晶型为{100}{110}{111}{311}{131}聚形, 其中{100}和{111}或单独{100}相对较不发育, 这种复四方双锥{311}相当发育的锆石常见于基性岩、中性岩和偏基性花岗岩中^[2], 八都群斜长角闪岩(原岩为大陆拉斑玄武岩)中的锆石相对发育{311}^[1]。如表1所示, 淡竹岩体中不同颗粒锆石的成分接近, 显示出单一成因的特点, ZrO_2/HfO_2 值也与花岗岩中锆石的“标准值”(20—40)^[1]相一致。相比之下, 八都群副变质成因的长英质变粒岩中的锆石, 则几乎都呈浑圆状, 长宽比为1:1—1:1.5的占90%以上, 而且晶体形态难于辨认^[1]。

表1 锆石的电子探针分析结果

Table 1 The result of electron-probe analysis of zircons

序 号	SiO ₂	HfO ₂	ZrO ₂	ZrO ₂ /HfO ₂
1	29.19	2.62	66.77	25.5
2	30.90	1.95	66.73	34.2
3	30.98	2.80	56.84	20.3
4	20.39	2.45	79.90	32.6
5	24.69	2.58	71.33	27.6
平均值(\bar{x})	27.69	2.48	68.31	28.0
均方差(s)	5.09	0.32	8.36	5.6
变化系数(U)	18.40	13.97	12.24	20.0

测试单位: 云南昆明冶金研究所物质成分研究室。

岩体中的石榴石以铁铝榴石为主, 与八都群长英质副变质岩中的铁铝榴石相比, 具明显富Ca、Fe, 贫Mg、Al(表2)。

2.3 常量元素和微量元素地球化学特征

淡竹花岗闪长岩的SiO₂含量较低且CaO>MgO、K₂O>Na₂O、ANKC<1(表3), 原岩恢复结果属正变质岩类, 在Q-Ab-Or图上投影点位于共熔点附近, 显示了岩浆成因特点。在花岗岩An-Ab-Or分类图中, 亦位于花岗闪长岩区。

岩体的稀土总量较高, LREE显著富集, Eu具中等亏损, 反映原始岩浆曾经发生斜长石的分离结晶作用。REE图谱向右陡倾斜(图4), 明显不同于HREE近乎平坦的混合花岗岩的稀土型式^[3]。事实上, 沉积岩的(La/Yb)_N>15的很少^[4]。

岩体中相对较高的铁族元素(Cr、Ni、Co、V)丰度暗示着原始岩浆可能源自偏基性岩石。

由表3可以看出, 淡竹花岗闪长岩的较低的DI(分异指数)、ANKC、NKA值及HREE的强烈亏损, 都与华南同熔系列花岗岩相一致^[3]。但其贫Na富K, REE含量高, Eu明显亏损的特点又与陆壳重熔型花岗岩^[3]相吻合。岩石中较多的铁铝榴石、钛铁矿含量也表明它具有S型花岗岩的性质。根据上述特征并结合区域地质背景分析, 淡竹花岗闪长岩应是早元古区域中高温变质作

表 2 石榴石的电子探针分析结果

Table 2 The result of electron-probe analysis of garnets

岩系	序号	化学成分(%) ^②									分子组成(%)				
		SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	K ₂ O	Alm	Pyr	Spe	And	Gro
淡竹岩体	1	34.04	0.13	20.78	9.00	26.67	1.50	2.63	6.11	0.04	65.61	11.64	3.70	7.41	11.64
	2	31.97	0.08	19.54	18.70	20.34	0.39	5.79	4.64	0.43	53.11	27.12	3.95	15.82	
	3	35.23	0.00	19.96	6.79	28.26	1.54	1.68	7.18	0.04	62.38	6.67	10.00	5.24	15.71
八都群岩石	4	34.56	0.09	21.39	11.04	25.28	0.86	4.38	0.77	1.05	66.59	28.50	2.30	2.60	
	5 ^①	39.38	0.26	21.16	0.96	30.43	0.85	4.22	1.96	0.06	73.66	18.19	2.06	3.13	2.96
	6	37.21	0.00	23.39	1.43	29.01	0.00	6.01	2.63	0.00	67.47	24.95		4.49	3.10
	7	37.69	0.00	21.32	0.00	32.14	2.74	3.53	1.45	0.00	74.47	14.61	6.43		4.32
	8	37.07	0.00	23.32	1.50	27.97	0.00	6.78	2.76	0.00	64.16	27.68		4.63	3.47

① 单矿物化学分析。② 电子探针分析中的[FeO]均按电价差价法进行了换算。

岩石名称：4—黑云斜长变粒岩；5—黑云长石石英岩；6—8—黑云条带状混合岩。

Alm—铁铝榴石；Pyr—镁铝榴石；Spe—锰铝榴石；And—钙铁榴石；Gro—钙铝榴石。

测试单位：1—3 为昆明冶金研究所物质成分研究室；4—8 为中国地质科学院矿床地质研究所。

表 3 淡竹花岗闪长岩的主要和微量元素成分

Table 3 Major and trace element compositions of Danzhu granodiorite

SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	H ₂ O ⁺	灼失	总量
61.37	1.69	13.55	1.91	6.51	0.11	1.74	4.21	2.00	3.58	0.43	1.77	1.81	100.68
La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Dy	Er	Yb	Lu	REE	δEu	$\left(\frac{\text{La}}{\text{Yb}}\right)_N$
90.46	167.43	21.16	76.32	14.02	2.09	11.02	6.86	2.59	1.57	0.21	397	0.50	38.0
V	Cr	Co	Ni	Rb	Sr	Ba	Zr	Y	Nb	Cr/Ni	DI	ANKC	NRA
39	35	18.5	15	160	260	470	80	31.5	22	1.9	60.2	0.92	0.53

DI = Q + Or + Ab(C.I.P.W.); ANKC = Al₂O₃ / (Na₂O + K₂O + Al₂O₃), 均为分子数; NKA = (Na + K) / Al, 均为原子数。

注: REE、Y 由湖北省地质实验研究所分析; 其余由浙江省第七地质大队化验站分析。

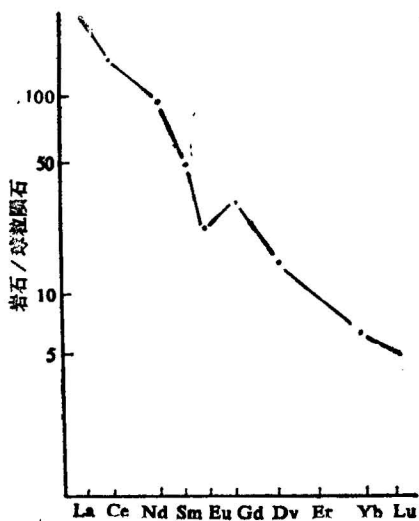


图 4 淡竹花岗闪长岩的稀土分布型式
Fig. 4 REE distribution pattern of Danzhu granodiorite

用后期，由于地热流的进一步发展变化而引起深部地壳重熔的产物（该岩体中大量的黑云变粒岩包体中未见到八都群同类岩石中普遍出现的晶质石墨，也从另一个侧面反映其岩浆及捕虏体并非原地），其源岩很可能是太古宙不成熟的硅镁质陆壳，由于岩浆熔融体在上侵过程中曾与以陆源碎屑岩系为主体的八都群发生过较强烈的同化混染作用，以致在化学成分上兼具同熔型和重熔型^[3]的特点。

3 锆石U-Pb年龄

淡竹花岗闪长岩的常规锆石U-Pb年龄测定结果如表4、图5所示，4种不同粒级的结晶锆石的²⁰⁷Pb/²⁰⁶Pb表面年龄为1870—1939Ma，样点大多集中分布于一致曲线与不一致线的上交点附近，并具有极好的线性关系（ $r=0.9999$ ），年龄值为 1878 ± 27 Ma（ 2σ ）。孙大中等（1991）用同样样品所做的单颗粒锆石U-Pb法测年结果与之非常一致。显然， 1878 ± 27 Ma（ 2σ ）代表了锆石的结晶年龄，亦即淡竹花岗闪长岩的侵位时间。鉴于早前寒武纪岩浆花岗岩的出现与中深变质作用密切相关，且通常发生于区域变质旋回的晚期^[5]，因此认为，作为岩体围岩的八都群的成岩时代应 >1.9 Ga，这已得到有关同位素年代学资料的证实^[1]。

表4 淡竹花岗闪长岩体中锆石同位素成分

Table 4 The U-Pb isotopic data of zircon in Danzhu granodiorite body

序号	样重 (mg)	粒 度 (目)	浓度($\times 10^{-6}$)		原 子 比 值				表面年龄(Ma)		
			U	Pb	$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{204}\text{Pb}}$	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{206}\text{Pb}}$	$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{238}\text{U}}$	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{235}\text{U}}$	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{206}\text{Pb}}$	$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{238}\text{U}}$	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{235}\text{U}}$
1	8.67	-120 +140	232.58	64.52	2 137	0.11498	0.25935	4.11157	1 880	1 486	1 656
2	3.38	-140 +200	374.52	105.13	1 282	0.11444	0.26447	4.17313	1 870	1 513	1 675
3	8.79	-200 +260	284.72	76.76	1 204	0.11578	0.25325	4.04280	1 892	1 455	1 648
4	5.24	-260 +300	1 475.39	86.80	909	0.11889	0.05406	0.88623	1 939	340	644

测试单位：地质矿产部天津地质矿产研究所同位素室。

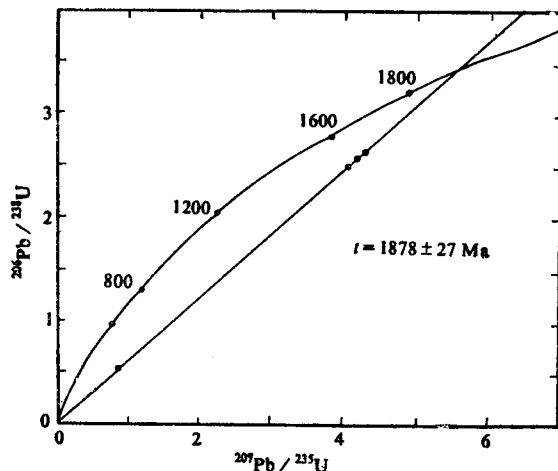


图5 淡竹花岗闪长岩锆石的U-Pb曲线图

Fig. 5 U-Pb diagram of zircons from Danzhu granodiorite

4 地质意义

自A. W. Grabau (1924) 提出“华夏古陆”的命题以来, 有关中国东南大陆边缘变质基底的时代和性质的论争一直没有间歇, 近年随着大陆岩石圈研究的深入开展, 这一争论更是“高潮叠起”。董申保等^[5]推测本区可能是扬子克拉通的东延部分; 水涛等^[6]论证为统一的中元古代漂移古大陆—华夏古陆; 许靖华等^[7]则提出包括本区在内的华南在元古宙—中三叠世为一洋盆, 印支运动使之封闭而成为特提斯型造山带的设想; 郭令智等^[8,9]认为本区是发生于奥陶纪的 地体碰撞造山带, 其中包含八都群在内的大陆地壳基底是中、晚元古代时镶嵌在原南华洋海板块上的外来大陆亲缘地体; 兰玉琦等^[10]则称中国东南大陆边缘自元古宙以来就以沟-弧-盆形式向洋增生扩张, 浙闽变质岩出露区为震旦纪—早古生代的岛弧; 任纪舜^[11]重申华南加里东地槽—一个拗拉槽型陆内地槽的概念, 浙、闽、粤沿海的华夏古陆只能是加里东造山之后的古陆。因此, 浙西南19亿年花岗闪长岩的发现, 对更全面、深入的认识华夏古板块的陆壳基底和中国东南岩石圈的结构与演化提供了新的地质内容。

龙泉淡竹花岗闪长岩的发现和确证, 不但填补了华夏古板块岩浆侵入活动的一个空白, 丰富了浙江省最古老的表壳岩系一下元古界八都群的建群依据和内容, 而且还充分证实了本区的陆壳基底早在1.9Ga之前就已有相当的规模。综合现有的地质、地球化学、地球物理和同位素年代学资料分析, 1.9±0.1 Ga 是本区最重要的造陆时期, 造就了浙(南)闽(北)以及整个华夏古板块的统一的结晶基底, 后续的地壳变动都离不开这一陆壳基底的底板垫托作用。简单的说, 至少在浙西南地区自早元古代以来就不复有大洋地壳的出现及其消减作用。为便于表述本区早元古代这一次重要的大陆生长事件及其产物, 笔者建议分别称之为浙闽运动和浙闽克拉通, 后者很可能属于中国早前寒武纪陆台的一部分。

扬子变质地区及其北缘, 已普遍被承认是华南最古老的变质基底^[3]。近年来, 已不断从中辨识出属于岩浆侵入成因的灰色片麻岩和TTG(英云闪长岩-奥长花岗岩-花岗闪长岩)岩浆岩组合^[4,12]。浙西南下元古界八都群中, 同样发育不同性质和类型的同变质期岩浆花岗岩^①。除淡竹岩体外, 笔者最近又用单颗粒锆石U-Pb法分别测得龙泉地区泉坑眼球状花岗岩和侵入于糜棱花岗岩之中的竹口变质期后伟晶岩的年龄为1 889±95Ma和1 743±8Ma(2σ)。显而易见, 龙泉地区早元古代花岗岩的发现, 对综合考虑整个南部中国早前寒武纪大陆地壳演化历史和建立统一的年代构造格架展示了新的前景。

感谢地质矿产部天津地质矿产研究所沈保丰研究员、金文山副研究员等在工作中给予的帮助和指导; 张筱岚清绘了文内插图。

参 考 文 献

- 1 胡雄健, 许金坤, 童朝旭, 陈程华. 浙西南前寒武纪地质. 前寒武纪地质, 第5号, 北京: 地质出版社。
- 2 王濮, 潘兆槽, 翁玲宝. 系统矿物学(中册). 北京: 地质出版社, 1984. 170—171页。
- 3 徐克勤, 朱金初, 刘昌实, 沈渭洲, 徐士进. 华南花岗岩类的成因系列和物质来源. 南京大学学报(地球科学), 1989, (3): 1—16。
- 4 高山, 张本仁. 扬子地台北部太古宙TTG片麻岩的发现及其意义. 地球科学, 1990, 15(6): 675—680。
- 5 董申保. 中国变质作用及其与地壳演化的关系. 北京: 地质出版社, 1986。
- 6 水涛, 徐步台, 梁如华, 邱郁双. 中国浙闽变质基底地质. 北京: 科学出版社, 1988。
- 7 许靖华, 孙枢, 李继亮. 是华南造山带而不是华南地台. 中国科学(B辑), 1987, (10): 1107—1115。

① 胡雄健. 浙江省龙泉地区吕梁期花岗岩的地质特征及成因探讨. 浙江地质科技情报, 1990, (3)。

- 8 汪新, 杨树峰, 施建宁, 郭令智, 施央申. 浙江龙泉碰撞混杂岩的发现及其对华南碰撞造山带研究的意义. 南京大学学报(自然科学), 1988, 24(3): 367—376.
- 9 郭令智, 施央申, 卢华夏, 马瑞士, 黄火根, 杨树峰. 武夷—云开震旦纪—早古生代沟、弧、盆褶皱系、造山带、盆地、环太平洋构造. 北京: 地质出版社, 1990. 116—121页.
- 10 兰玉琦, 叶葵, 沈炳祥, 刘伟德. 中国东南大陆边缘若干问题的认识. 地质科学, 1990, (1): 37—40.
- 11 任纪舜. 论中国南部的大地构造. 地质学报, 1990, 64(4): 275—287.
- 12 吴根耀, 张受华. 康定片麻岩岩石化学特征的初步研究. 矿物岩石, 1990, 10(2): 23—30.

THE GEOLOGICAL CHARACTERISTICS OF 1.9 Ga GRANODIORITE IN SOUTHWESTERN ZHEJIANG AND ITS SIGNIFICANCE

Hu Xiongjian, Xu Jinkun, Tong Chaoxi and Chen Chenghua

(No. 7 Geological Party of Zhejiang Province)

Abstract

The authors first discovered 1.9 Ga magmatic granite in Precambrian metamorphic basement of southwestern Zhejiang, which is the oldest granite in southeastern China. The representative granite body is the Danzhu granodiorite at Longquan. This paper discusses the geological occurrence, petrography, accessory minerals and geochemistry of the granite body. The zircon U-Pb isochron age of the body is 1878 ± 27 Ma (2σ), which confirms that there exists the Lower Proterozoic in the Zhejiang-Fujian metamorphic rocks. The authors put forward also the concert of the Zhejiang-Fujian Craton, and think that it is a component part of the Early Precambrian Chinese Platform.

Key words: granite, Early Proterozoic, zircon U-Pb isochron age, Zhejiang-Fujian Craton

作者简介

胡雄健, 生于1957年7月, 1982年毕业于长春地质学院地质系区域地质普查专业。现为浙江省第七地质大队工程师, 从事前寒武纪变质地质学研究。通讯地址: 浙江省丽水第七地质大队。邮政编码: 323000。

讣告

第四届全国政协委员、中国地质科学院矿床地质研究所一级研究员、前中国地质学会矿物专业委员会主任、《岩石矿物学杂志》主编、著名地质学家矿物学家蒋溶先生, 因病医治无效, 于一九九三年八月十三日五时三十五分不幸逝世。终年九十一岁。

蒋溶先生遗体告别仪式, 定于八月二十八日十时在北京八宝山革命公墓礼堂举行。

蒋溶先生治丧委员会

1993年8月18日