

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

浙西南中元古界龙泉群的地质年代学

胡雄健 许金坤 童朝旭 陈程华

(浙江省第七地质大队, 丽水)



龙泉群区域变质岩系的时代一直被归属于震旦纪-早古生代(闽北的相当层位被置于震旦系)。笔者首次获得该群的全岩等时线年龄为 1376.5 ± 82.1 Ma (Sm-Nd) 和 988.6 ± 40.2 Ma、 951.7 ± 11.4 Ma (Rb-Sr), 由此确定龙泉群的时代为中元古晚期(1000—1400Ma), 其主期区域变质年龄约为 950 ± 50 Ma。龙泉群副变质的Nd模式年龄 $t_{DM} = 1.8-2.0$ Ga, 其主要蚀源区为早前寒武纪陆壳。变质基性火山岩的 $\epsilon_{Nd}(t) = 1.63 \pm 0.63$, 反映其岩浆源自壳下亏损地幔并经古老硅铝壳的污染。结合基础地质研究成果分析, 龙泉群系早元古代浙闽克拉通内地槽(裂陷槽)火山-沉积产物, 属内硅铝壳造山带而非洋壳残块。

关键词 同位素年龄 变质基底 浙江省

浙西南(暨闽北)前寒武纪变质基底具明显的双层结构, 有关它们的地质时代归属业已成为探讨中国东南大陆边缘地壳演化历史的关键所在。以往的年代学工作对其中相对古老的中深变质岩系的论述甚多, 而对另一套相对较年轻的、变质较浅的龙泉群及相当层位者的同位素年代学研究则少有兼顾。本文根据最近完成的科研成果^①, 以区域地质构造背景为基础, 着重讨论浙西南龙泉群的Sm-Nd、Rb-Sr年代学及其地质意义。

1 地质概况

在浙江省江山-绍兴古陆对接带^[1]南东侧的大片中生代沉积岩、火山岩覆盖区内, 呈“天窗”式出露多块变质基底, 其中面积最大者是毗邻闽北的浙西南龙泉地区(图1)。80年代初以前, 本区的区域变质岩系都被归置于前震旦纪陈蔡群(建瓯群), 1983年, 张健康等将分布于龙泉变质岩区东部的一套片岩系单独划分出来建立震旦纪龙泉群^②。嗣后完成的浙江省区域地质志(1985)扩大了龙泉群的分布范围, 并将之时代扩展到震旦纪-早古生代, 其所凭借的地质年代学证据主要是侵位于该群中的伟晶岩白云母K-Ar年龄330 Ma和邻区闽北相当层位中发现的微古化石^[2]。1:400万中国变质地质图(1987)接受了这一推论, 但对其地质构造特征则几乎未作任何评述^[3]。笔者等通过数年详细的地质调查和研究, 对龙泉群的分布作了新的厘定, 并确认其与相邻的下元古界八都群^[4]之间为大型韧性剪切带所分隔(图1)。

龙泉群的变质岩石组合为含石榴二云变粒岩、二云石英片岩、二云片岩、绿帘斜长角闪(片)岩、黑云阳起片岩、含铁石英岩和大理岩等, 原岩为大陆拉斑玄武岩-浅海相砂泥质岩-碳酸盐岩建造。经历了高绿片岩相(局部可达低角闪岩相)区域变质作用, $T = 480-580^{\circ}\text{C}$, $P = 0.4-1.0$ kbar。

① 胡雄健等, 浙西南前寒武纪地质, 1989(科研报告出版中)。

② 张健康, 汪承松, 浙西南龙泉-查母片岩系的层位归属, 浙江地质科技情报, 1983(4), 本文1990年5月收到, 1991年2月改回, 郝梓国编辑。

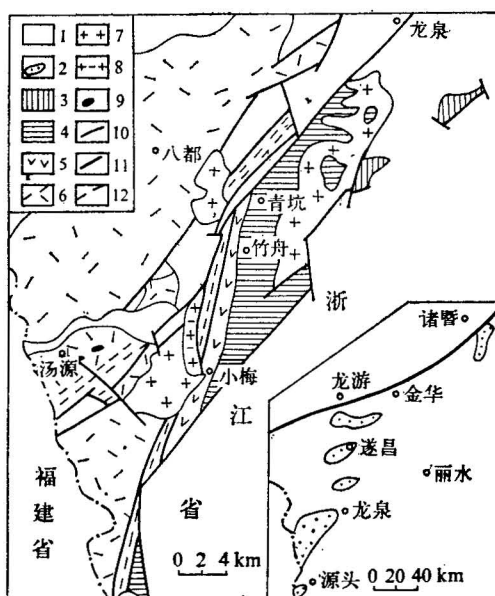


图 1. 浙西南龙泉地区地质略图

Fig. 1 Schematic geological map of Longquan area of south-western Zhejiang province

1—侏罗纪沉积岩火山岩; 2—元古宙区域变质岩; 3—中元古界龙泉群上部建造; 4—龙泉群中部建造; 5—龙泉群下部建造; 6—下元古界八都群; 7—显生宙花岗岩; 8—晋宁期花岗岩; 9—镁铁、超镁铁质侵入杂岩; 10—脆性断裂; 11—江山—绍兴断裂带; 12—韧性剪切带及其拉伸线理走向

1—Jurassic sedimentary rock and volcanic rock; 2—Proterozoic regional metamorphic rock; 3—upper formation of Mesoproterozoic Longquan Group; 4—middle formation of Longquan Group; 5—lower formation of Longquan Group; 6—Palaeoproterozoic Badu Group; 7—phanerozoic Eon granite; 8—Jinning period granite; 9—mafic and ultramafic intrusive complex; 10—brittle fault; 11—Jiangshan-Shaoxing fault zone; 12—ductile shear zone and their stretching lineation strike

0.6 GPa, 无区域混合岩化而可能存在同构造期岩浆型花岗岩。龙泉群至少经历过 3 期褶皱变形, 线性构造形迹醒目, 早期 (主期) 变形形成近南北向轴面西倾的等斜线性褶皱系——是本群之基本构造格架。叠加的韧性剪切变形十分显著, 面理的构造置换强烈, 除褶皱转折端外, 原始层理 (S_0) 平行轴面片理 (S_1)。从总体上看, 龙泉群基本属于有序变质地层单元, 成层性及韵律性清楚, 标志层 (组) 稳定而醒目, 如属火山硅铁建造的含铁石英岩层总是伴随变质拉斑玄武岩 (绿帘斜长角闪岩) 层而出现, 走向断续延长大于 30 km。根据构造解析和岩性地层研究, 龙泉群在整体上显示为倒转序列, 即由西向东, 岩层由老趋于变新, 并可相应的划分出 3 种变质建造类型, 下部为绿帘斜长角闪岩-含榴二云变粒岩 (浅粒岩) 建造, 原岩具有双峰式火山岩组合特征, 其中已有部分岩层被裹入大型韧性剪切带之中 (图 1); 中部 (主体) 为含榴二云变粒岩-二云石英片岩-二云片岩建造, 原岩为砂泥质碎屑岩类; 上部为斜长角闪岩-二云变粒岩-大理岩建造, 原岩主要是碎屑岩和碳酸盐岩。本文所述之同位素测年样品均采自于龙泉群中下部。

龙泉群向南延入闽北, 并被称为震旦系 (吴垵组、东岩组、龙北溪组)^[5], 彼此的岩石组合、原岩建造、变形变质特征基本一致, 同属一个变质地层地体。

2 地质年代学

2.1 测试条件

龙泉群的 Sm-Nd、Rb-Sr 等时线年龄样品的化学制样工作在净化实验室中进行, 同位素分析均由地质矿产部天津地质矿产研究所同位素室在 VG 354 质谱仪上完成。采用双流程分离法, Nd 的分馏校正因子为 $^{146}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}=0.7219$, Sr 的分馏校正因子 $^{86}\text{Sr}/^{88}\text{Sr}=0.1194$ 。对 JMC 和 BCR-1 Nd 同位素的测定结果分别是 $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}=0.511134 \pm 0.001\%$ 和 $0.512646 \pm 0.001\%$; (NBS)987 和 (NBS) 607 的 Sr 测定值分别是 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}=0.71025 \pm 0.001\% - 0.002\%$ 和 1.20036。实验室全流程 Nd 的空白本底为 $6.5 \times 10^{-10}\text{g}$ 。等时线年龄计算采用 D.York (1969) 双误差回归程序。

2.2 Sm-Nd 等时线年龄

Sm-Nd 测年样品采自于龙泉青坑-小梅一线, 沿岩层走向采集龙泉群下部建造角闪质岩石 5 个, 中部建造二云变粒岩样品 1 个, 全岩的 Sm-Nd 同位素分析结果及单个样品的 Nd 模式年龄 (t_{DM}) 等参数见表 1, 等时线示于图 2。

表 1 龙泉群 Sm-Nd 同位素数据及参数
Table 1 Sm-Nd isotopic data and parameters of Longquan Group

序号	样号	岩性	Sm (10^{-6})	Nd (10^{-6})	$^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$	$^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$	$2\sigma(\%)$	$\epsilon_{\text{Nd}}(t)$	t_{DM} (Ga)
1	3669-Sm	绿帘斜长角闪岩	0.897	2.29	0.236 0	0.513 082	0.004	1.74	—
2	Q-Sm-1	绿帘斜长角闪岩	3.830	12.99	0.178 2	0.512 538	0.002	1.31	2.6
3	3723-Sm	绿帘斜长角闪岩	3.906	14.01	0.168 2	0.512 471	0.003	1.70	2.3
4	Xmb1	含绿帘斜长角闪岩	3.638	13.55	0.162 3	0.512 425	0.002	1.92	2.1
5	3736-Sm	斜长角闪岩	6.713	34.47	0.117 7	0.511 863	0.005	-1.19	2.0
6	Zb34	二云变粒岩	7.290	38.48	0.114 5	0.511 969	0.002	1.45	1.8

注: $\epsilon_{\text{Nd}}(t) = \left[\frac{(^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd})_s^t}{(^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd})_{\text{CHUR}}^t} - 1 \right] \times 10^4$; 其中: $(^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd})_s^t = (^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd})_s - (^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd})_s(e^{\lambda t} - 1)$,

$$(^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd})_{\text{CHUR}}^t = 0.512638 - 0.1967(e^{\lambda t} - 1), \quad t_{\text{DM}} = \frac{1}{\lambda} \ln \left[\frac{(^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd})_s - 0.513151}{(^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd})_s - 0.213} + 1 \right]$$

t —岩石结晶年龄, s —样品, $\lambda = 0.00654 \text{ Ga}^{-1}$ 。

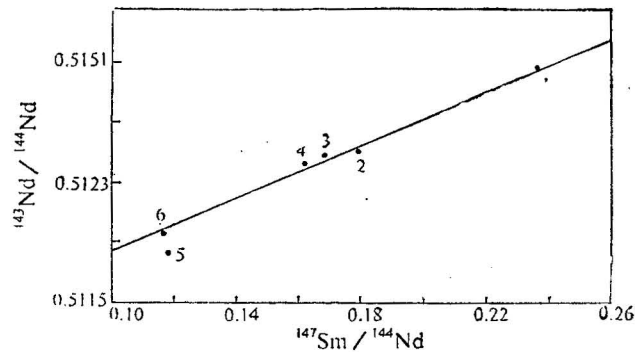


图 2 龙泉群 Sm-Nd 全岩等时线 (图中序号同表 1)

Fig. 2 Sm-Nd whole-rock isochron of Longquan Group
(numbers in the figure are the same as in table 1)

经薄片观察, 所有的角闪质岩石样品都比较新鲜, 普通角闪石呈长柱状定向排列而显片状构造, 且黄绿—蓝绿色多色性。斜长石呈半自形粒状, 部分有轻微绢云母化蚀变现象。绿帘石含量一般为 5—10%, 呈细粒自形—半自形晶粒均匀分布。除 1 号样品的 REE 图谱呈 LREE 弱亏损型式外 $(\text{La}/\text{Yb})_{\text{N}} = 0.7$, 基本上都属 LREE 轻微富集型, 而且 ΣREE 和 $(\text{La}/\text{Yb})_{\text{N}}$ 变化较大, Eu 异常不明显, $\delta\text{Eu} = 0.89—1.00$ 。原岩恢复表明, 1—4 号样品为大陆拉斑玄武岩。5 号

样品采自条带状白云石大理岩凸镜体边部,原岩为混合型沉积物(泥灰岩类)。二云变粒岩具条状构造,云母和长英质矿物分别聚集成“层”(片理),斜长石表面多具绢云母化,具有典型的沉积岩 REE 图谱特征,原岩为杂砂岩类。

由表 1 可见,1—4 号角闪质岩石样品的 $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ 比值变化误差 $<0.2\%$, 当属同源岩套^[6], 近乎一致的单个样品的 ϵ_{Nd} 值 (1.31—1.91) 也反映了这一点。由此构成的 Sm-Nd 全岩等时线具有良好的回归性质, 均方差 $\text{MSWD}=0.0373$, 相关系数 $r=0.9991$, 等时线年龄 $t=1376.5 \pm 82.1 \text{ Ma}$ (2σ), $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ 初始比值 $I_{\text{Nd}}=0.510945 \pm 42$, $\epsilon_{\text{Nd}}(t)=1.63 \pm 0.63$ (图 2)。由于稀土元素不易受风化蚀变和变质作用的影响^[7], 而且高绿片岩相变质条件也不足以导致 Sm-Nd 体系的重新均一化, 因此, $1376.5 \pm 82.1 \text{ Ma}$ (2σ) Sm-Nd 等时线年龄代表了岩石的成岩年龄。在图 2 中, 6 号变粒岩样品也恰好位于上述等时线上, 由此共同确定的年龄为 $1389.2 \pm 47.2 \text{ Ma}$ (2σ), $\text{MSWD}=0.0409$, 这可能只是一种偶合, 或者是彼此具有一致的 I_{Nd} 或相似的原岩之故。据此, 龙泉群的下限年龄约为 1400 Ma 。

副变质成因的 5 号角闪质岩石样品与 1—4 号样品明显不属于同源岩套而偏离于上述等时线(表 1、图 2), 但该样品和 6 号二云变粒岩具有一致的 Sm-Nd 比值 (0.19), 而且 Sm、Nd 同位素测定值远离亏损地幔参考点 (DM), 从而有着合理的、比较精确的 Nd 模式年龄^[6] $t_{\text{DM}}=1.8-2.0 \text{ Ga}$, 这表明龙泉群沉积物的蚀源区至少有相当一部分是早前寒武纪陆壳——浙闽克拉通^[4], 因为副变质岩的 t_{DM} 代表了物源区的平均年龄^[8]。至于 1—4 号变质玄武岩样品的 t_{DM} (2.1—2.6 Ga) 则由于 Sm/Nd 比值 (0.27—0.39) 明显超出于地壳岩石的正常值 (0.14—0.24) 而使之失去原有意义^[8], 换言之, 这四个样品的 Sm、Nd 同位素组成距 DM 参考点太近而使计算的 t_{DM} 不够精确^[6]。

2.3 Rb-Sr 等时线年龄

相对来说, Rb-Sr 体系的抗热干扰能力要大大逊于 Sm-Nd 体系, 以致在不同的地质环境中往往会达成新的平衡(均一化)。因此, 区域变质岩的 Rb-Sr 等时线年龄通常多可反映变质热事件。

龙泉群 Rb-Sr 测年的全部样品均采自青坑-竹舟之间的一个窄小范围之内, 层位相当于中、下部建造, 同位素测定结果如表 2 所示。在图 3 中, 它们明显的分属 3 条优选回归直线 T_1 、 T_2 和 T_3 , 其年代学意义分述如下。

T_1 (1—5 号): 由 4 个角闪质岩石和 1 个含铁石英岩组成, 前者的矿物组成及含量明显的偏离于龙泉群典型的变质拉斑玄武岩(绿帘斜长角闪岩), 而且岩石多有不同程度的蚀变现象, 结合野外产状等特征推测其原岩主要是基性火山凝灰岩或火山沉积岩类。岩石学和地球化学研究表明, 龙泉群含铁石英岩(局部呈磁铁石英岩)属于火山硅铁建造, 与角闪质岩石有着密切的成因联系和共生关系。该 5 个全岩样品组成的等时线年龄 $t_1=988.6 \pm 40.2 \text{ Ma}$ (2σ), $I_{\text{Sr}}=0.71151 \pm 10$, $\text{MSWD}=1.543$, $r=0.9907$, 其相对较高的 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 初始比值可能与原岩为不纯的火山作用产物有关。

T_2 (6—8 号): 样品新鲜, 由两个绿帘斜长角闪岩和一个浅粒岩组成(后者呈夹层状或互层状与角闪质岩石共生), 原岩为龙泉群下部建造的双峰式火山岩系, 此获得一条回归较好的等时线, $t_2=951.7 \pm 11.4 \text{ Ma}$ (2σ), $I_{\text{Sr}}=0.70523 \pm 9$, $\text{MSWD}=0.512$, $r=0.9983$ 。

一般说来, 不宜将不同性质的岩石样品置于一组等时线中, 但是, 古老的变质岩系能否保持原始的 Rb、Sr 同位素体系已受到普遍的怀疑, 因为区域变质作用完全可使之重新均一化而开始第二次计时, 由此可望获得比较接近的变质年龄^[9]。在实际工作中, 为得到一条良好的回归直

表 2 龙泉群 Rb-Sr 同位素数据
Table 2 Rb-Sr isotopic data of Longquan Group

序号	样号	岩性	Rb ($\times 10^{-6}$)	Sr ($\times 10^{-6}$)	$^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$
1	zb42	含斜长角闪岩	6.11	190.40	0.0929	0.7122
2	zhb7	含斜长绿帘角闪岩	25.56	290.70	0.2645	0.7153
3	青-18	黑云阳起片岩	19.42	194.80	0.2885	0.7147
4	青-30	黑云阳起片岩	4.66	142.20	0.0947	0.7134
5	H青-6	含铁石英岩	4.42	15.89	0.8061	0.7229
6	zb40	绿帘斜长角闪岩	52.11	255.70	0.5898	0.7117
7	zhb3	绿帘斜长角闪岩	15.73	231.20	0.1969	0.7079
8	zb43	二云斜长浅粒岩	144.40	193.80	2.1610	0.7346
9	zhb2	二云变粒岩	154.00	97.11	4.6080	0.7490
10	zb34	二云变粒岩	163.10	86.71	5.4080	0.7538
11	H青-3	二云变粒岩	178.40	109.90	4.7340	0.7501
12	青-23	二云变粒岩	154.90	114.60	3.9090	0.7407
13	青-59	二云变粒岩	193.70	117.30	4.7750	0.7540

测试者: 天津地质矿产研究所同位素室卢伟

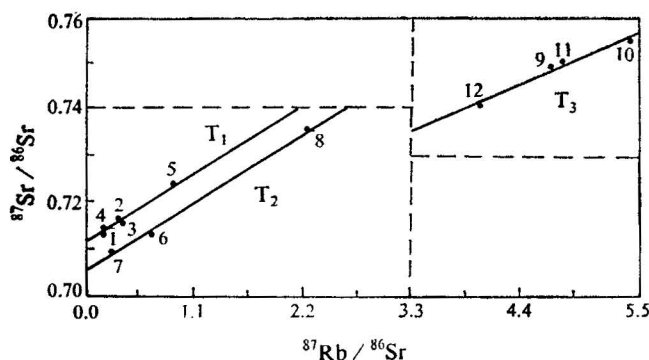


图 3. 龙泉群 Rb-Sr 全岩等时线 (图中序号同表 2)

Fig. 3 Rb-Sr whole-rock isochron of Longquan Group
(numbers in the figure are the same as in table 2)

线, 采用不同性质 (Rb/Sr 比值不同) 的变质岩样品进行等时线定年的实例也是屡见不鲜的。上述两条等时线年龄在误差范围内基本一致, 都近似的代表了龙泉群的区域变质年龄, 即龙泉群的变质高峰期大体上发生于 950 ± 50 Ma。换言之, 龙泉群的成岩年龄应 ≥ 1000 Ma。

T₃ (9—13 号): 全部由二云变粒岩组成, 原岩为杂砂岩类, 样品的 $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ 和 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 比值明显高于 T₁、T₂ 而反映了彼此间不同的地球化学性质。按最小二乘法求得等时线年龄 (舍去偏差较大的 13 号样品 ($t_3 = 616.1 \pm 104.1$ Ma (2σ), $I_{\text{Sr}} = 0.70745 \pm 700$, $r = 0.9724$)。显然, 该组样品的 Rb-Sr 体系已不封闭, 样点比较离散, 精度较差, 属于参考等时线, 年代学意义不明确, 或许反映了后期退变质事件。但无论如何, 龙泉群的时代属于前寒武纪而不包括过去所推测的早古生代则是可以肯定的。

2.4 邻区闽北“龙泉群”的年代学资料

近年来, 福建在政和等地相当于龙泉群的变质岩层中发现了一批微古植物化石 (疑源类) 和

几丁虫,对它们的所属时代目前还存有分歧,主要有两种意见,认为属于震旦纪的^[9]和认为属于前震旦纪的^[1]。鉴于我国对疑源类的研究尚处于资料积累阶段^[10],对它们所能反映的前寒武纪地层时代意义仍需借助于同位素年龄等资料的印证。尽管如此,现有的微古化石研究成果在肯定龙泉群属于前寒武系这一点上则是统一的。

在闽北建瓯相当于龙泉群的层位中还获得云母石英片岩的锆石 $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 年龄 924 Ma^[11],角闪质岩石 Rb-Sr 等时线年龄 838 Ma 和 1 225 Ma^①,借此亦说明这套岩系应属前晋宁期构造层。

2.5 与年代有关的区域地质特征对比

众所周知,中国南方震旦系是一套台相盖层沉积,以出现稳定分布的冰水沉积物和小壳动物化石为特征,而龙泉群显然不属于这一建造类型。国际地科联前寒武地层分会最近推出的元古宙划分方案(1989)将晚元古代 Cryogenian (覆冰纪)的时代下限置于 850 Ma^[9],可见有着全球性意义的冰成岩事件始于 850 Ma 之后,这似乎可从另一个角度证实龙泉群的时代应 > 850 Ma。

综上所述,浙西南龙泉群无疑应属于晋宁旋回的产物,成岩时代为中元古代晚期(1 000—1 400 Ma),早(主)期变质年龄约为 950 ± 50 Ma。

3 龙泉群年代学研究的地质意义及有关问题讨论

笔者对龙泉群首次进行的 Sm-Nd、Rb-Sr 年代学研究,不但为确定该群(暨闽北相当层位)的成岩、变质年龄提供了依据,而且也大大有助于了解龙泉群的大地构造性质和地质演化历史。事实上,对龙泉群及其相当岩系的时代和构造环境的不同认识,已导致对中国东南大陆边缘早期地壳演化性质的众说纷云^[1-4,12]。

Sm-Nd 体系受变质变形作用的影响较小,因此不但可据以获得相对较精确的前寒武纪变质火山岩的成岩年龄,而且在研究地壳演化、大陆生长和化学地球动力学诸领域都大有用武之地^[7,9]。龙泉群绿帘斜长角闪岩(变质拉斑玄武岩)Sm-Nd 等时线的 $\epsilon_{\text{Nd}}(t) = 1.63 \pm 0.63$,表明其原始岩浆可能源于壳下亏损地幔,并在向上运移过程中受到先前花岗岩陆壳的强烈污染。龙泉群副变质岩的 $t_{\text{DM}} = 1.8 - 2.0$ Ga,亦反映该岩系形成、发展于早前寒武纪克拉通陆壳背景之上,属于内硅铝层造山带性质,相对较高的 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 初始比值(0.70523—0.71151)也支持了这一认识。

详细的地质、地球化学研究表明,本区不存在与龙泉群同时代的蛇绿岩系、席状岩墙群、钙碱性火山岩和其他侧向扩张证据,一些学者将早元古代八都群中的斜长角闪岩、中元古代龙泉群中的绿帘斜长角闪岩和龙泉狮子坑-汤源一带不明时代的镁铁、超镁铁质侵入杂岩体(后者显著富集轻稀土并亏损 Eu)理解为蛇绿(混杂)岩系并由此将龙泉群视之为古生代洋壳残块的看法^[12],是难以令人信服的。作为地体构造学说创建人之一的 D.V.Howell 教授经实地考察(1989),也不认为龙泉地区有前中生代的构造混杂岩系存在。

结合地质背景、地球化学和地球物理资料分析^[2,4,14],龙泉群应是早元古代浙闽克拉通(≥ 1.9 Ga)——可能属于早前寒武纪中国陆台^[3]的一部分^[4]——拉张裂解环境(裂隙槽)下的火山-沉积产物,在其造山期间发生(A型)俯冲的是壳下地幔而非大洋地壳,即在龙泉群的整体构造演化史中,始终存在着大陆地壳的底板垫托作用而没有大洋地壳的出现及其消减作用。

① 边效曾,周伟栋.福建省古生代地体构造的演化.岩石圈演化对比 IGCP 267 学术会议论文,1990.

根据龙泉地区新近发现的吕梁期花岗岩^① 结晶锆石 U-Pb 年龄等资料确定的浙南(闽北) 结晶基底的克拉通化时间为 1.9 ± 0.1 Ga, 八都群的成岩上限年龄被厘定为 2050 Ma^[4]。借此, 八都群和龙泉群之间至少存在 5 亿年以上的沉积间断, 因此, 所谓的浙闽变质基底的双层结构并非一些学者所称的“上、下亚群”^[1] 关系, 而是构造性质与演化历史完全不同的克拉通结晶基底(下元古界八都群) 和内硅铝壳褶皱造山带(中元古界龙泉群)^[15] 的关系。

4 结论

1. 浙西南龙泉群的时代为中元古代晚期(1000—1400 Ma), 相当于国际前寒武地层分会(1989) 新近命名的 Stenian 和 Ectasian, 主(早) 期区域变质年龄为 950 ± 50 Ma;

2. 龙泉群副变质岩的 $t_{DM} = 1.8 - 2.0$ Ga。变质拉斑玄武岩的 $\epsilon_{Nd}(t) = 1.63 \pm 0.63$, 表明原始岩浆源自壳下亏损地幔且经古老硅铝壳混染;

3. 龙泉群是发育于早元古代浙闽克拉通之上的裂隙槽火山-沉积变质岩系, 属内硅铝壳造山带而非洋壳残块。

衷心感谢地矿部天津地质矿产研究所沈保丰、高凡、白瑾、金文山、曹秀兰、林源贤等在工作中所给予的帮助、指导; 苏明清绘了文内插图。

参 考 文 献

- 1 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.
- 2 浙江省地质矿产局. 浙江省区域地质志. 北京: 地质出版社, 1989. 10—35 页.
- 3 董申葆等. 中国变质作用及其与地壳演化的关系. 北京: 地质出版社, 1986.
- 4 胡雄健, 许金坤, 康海男, 童朝旭, 陈程华, 叶国贵. 浙西南下元古界八都群的地质特征及意义. 中国区域地质, 1991.
- 5 龚世福, 林锦雄. 试论福建省前寒武纪地层的划分对比. 福建地质, 1987, 6(2): 71—107.
- 6 江博明. 太古代岩石的定年——方法学和局限性的讨论. 地球化学, 1989(2): 104—115.
- 7 Henberson P. Rare earth element geochemistry. Springer-Netherlands; Elsevier Science Publishers, 1984.
- 8 沈渭洲, 凌洪飞. 对《东南沿海基底杂岩的同位素年代学研究》一文的几点商榷意见. 中国地质科学院南京地质矿产研究所所刊, 1990, 11(3): 89—90.
- 9 孙大中. 前寒武纪地质年代学问题的探讨. 中国区域地质, 1990(4): 289—300.
- 10 陈晋镛, 张惠民, 朱士兴. 元古宙地层对比方法的回顾——以中国资料为基础. 见: 前寒武纪地质(第3号). 北京: 科学出版社, 1987. 18—33 页.
- 11 李根坤. 福建基底时代的探讨. 福建地质, 1989, 8(3): 159—180.
- 12 汪新, 杨树峰, 施建宁, 郭令智, 施央申等. 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.
- 13 张维权. 闽西北变质火山岩地球化学性质. 福建地质, 1987, 5(2): 36—50.
- 14 刘平山, 浙南重. 磁特征及对基底构造的初步探讨. 浙江地质, 1988, 4(1): 53—60.
- 15 童朝旭, 胡雄健, 许金坤, 康海男, 叶国贵, 陈程华. 从龙泉群的构造变形特征看龙泉一政和内硅铝壳造山带的构造演化. 浙江地质, 1991, 7(1).

① 胡雄健. 浙江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).

GEOCHRONOLOGY OF THE MIDDLE PROTEROZOIC LONGQUAN GROUP IN SOUTHWESTERN ZHEJIANG

Hu Xiongjian, Xu Jinkun, Tong Chaoxu and Chen Chenghua

(Geological Party No. 7, Bureau of Geology and Mineral Resources of Zhejiang Province, Lishui, Zhejiang)

Abstract

The high greenschist-facies regional metamorphic series of the Longquan Group has been long inferred to be of Sinian-Early Paleozoic age. But the whole-rock isochron ages of the group obtained by the authors for the first time are 1376.5 ± 82.1 Ma (Sm-Nd), 988.6 ± 40.2 Ma (Rb-Sr) and 951.7 ± 11.4 Ma (Rb-Sr), from which it is suggested that its rock formation age is late Middle Proterozoic (1.0-1.4 Ga), and its regional metamorphic age is about 950 ± 50 Ma. According to the isochron of the metabasic volcanics $\epsilon_{Nd}(t) = 1.63 \pm 0.63$, the authors consider that the primordial magma was derived from the depleted mantle below the crust and contaminated by old silica crust. On this basis coupled with an analysis of the geological setting, the Longquan Group is the volcano-sedimentary product of a taphrogenic trough within the early Proterozoic Zhejiang-Fujian craton.

Key words: isotopic age, metamorphic basement, Zhejiang

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，现为浙江省地质矿产厅第七地质大队工程师，从事浙西南前寒武纪地质和金属矿产研究。通讯处：浙江省丽水地质大队。邮政编码：323000。