

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

# 对赣东北晚古生代放射虫的初步认识

王博 舒良树

南京大学地球科学系, 210093

**内容提要** 基于以往大量的研究成果和基本地质事实,人们已认同江南造山带是一个新元古代的碰撞造山带。最近,一些研究者根据在赣东北新元古代蛇绿混杂岩带中发现的晚古生代含放射虫硅质岩,认为该蛇绿岩带中的硅质岩至少是晚古生代的产物,进而提出一个解体江南古陆、江南地区曾存在晚古生代—中生代板溪洋的命题。根据野外调查、室内化学分析等综合研究,本文认为赣东北含放射虫硅质岩是大陆边缘浅水相沉积产物,稀土元素特征不支持大洋地壳上的深水环境。强烈的印支期构造事件有可能使晚古生代含放射虫硅质岩发生构造运移,并与新元古代蛇绿岩彼此混杂。

**关键词** 放射虫 硅质岩 蛇绿混杂岩 赣东北

赣东北位于江南古陆东段,北邻扬子板块,南与华南加里东褶皱带相接。其南界和北西界分别被江山—东乡断裂、赣东北断裂所限(图1)。长期以来,江南造山带一直被认为是前震旦纪的构造带(郭令智等,1980;任纪舜等,1990; Ren Jishun, 1993; 舒良树等,1995)。沿赣东北断裂带出露有大小不等的200多处蛇绿岩碎块,各种现代测年技术得出该蛇绿岩年龄值为1 Ga左右(表1)(周新民等,1989;周国庆等,1991; Li Xianhua et al., 1994; 徐备等,1989; Chen Jiangfeng et al., 1991),并有 $866 \pm 14$  Ma的高压蓝闪石片岩(舒良树等,1993),代表新元古代地体的拼贴缝合带。最近一些学者(赵崇贺等,1995; 何科昭等,1999, 2000)在赣东北蛇绿混杂岩的硅质岩块中发现了石炭纪—二叠纪放射虫,认为其属于深水相环境,推测当时可能存在一个古大洋。

表1 赣东北蛇绿岩测年值

Table 1 Dating data of the Northeastern Jiangxi ophiolitic rocks

地点及测年对象	年龄	方法	资料来源
歙县伏川超镁铁岩	$1024 \pm 30$ Ma	Sm-Nd 法	周新民等, 1989
德兴—弋阳蛇绿岩	$1154 \pm 43$ Ma	Sm-Nd 法	周国庆等, 1991
	$968 \pm 23$ Ma	SHRIMP 法	Li et al., 1994
	$930 \pm 34$ Ma	Sm-Nd 法	徐备等, 1989
	$1034 \pm 24$ Ma	Sm-Nd 法	Chen et al., 1991
蓝闪石片岩中蓝闪石	$866 \pm 14$ Ma	K-Ar 法	舒良树等, 1993

根据前人的研究成果及近几年的发现,笔者围

绕赣东北蛇绿岩带含放射虫硅质岩进行了一些野外调查、采样和室内化学分析等工作,取得了一些新认识。现将成果介绍如下,并与同行商讨,以期取得对该地区构造演化的共识。

## 1 地质概况

赣东北蛇绿混杂岩带主要沿东乡—德兴—歙县一带分布,呈 $NE30^\circ \sim 40^\circ$ 展布,宽约10~20 km,长逾200 km。各地段出露的蛇绿混杂岩规模和完整程度各不相同,主要由变质斜辉橄榄岩、堆积橄榄岩、堆积辉长岩、闪长岩、辉绿岩墙、玄武岩、角斑岩、硅质岩等组成,岩石组合齐全。超镁铁岩具洋中脊岩石地球化学特征。大部分地段其原始剖面结构已遭破坏,排列无序,产状混乱,具构造侵位之特征。岩石普遍遭受韧性剪切变形作用,糜棱岩发育。早震旦世的志棠组砾岩、砂砾岩和砂岩岩层呈角度不整合覆盖在新元古代上墅群的变质火山岩系之上;不整合面上下岩石类型、变质变形互不相同。

根据前人研究,赣东北至少经历过4期构造事件:①新元古代九岭和怀玉两地体拼贴增生,导致蛇绿混杂岩、韧性剪切带、推覆和走滑构造在赣东北断裂带普遍发育,并有高压蓝闪石片岩形成。②加里东期构造事件,以上泥盆统粗碎屑岩不整合覆盖于前泥盆系之上为标志。③印支期构造事件,以区域性褶皱、推覆、隆升、脆性变形为特征,伴有区域垮

收稿日期:2000-10-26;改回日期:2001-04-29;责任编辑:王增吉。

作者简介:王博,男,1978年1月生,2000年毕业于南京大学地球科学系,现为硕士研究生。通讯地址:210093,南京大学地球科学系;Email: mg0029031@ymail.nju.edu.cn。通讯作者:舒良树,男,1951年生。教授,博士生导师。构造地质专业。通讯地址:210093,南京大学地球科学系;Email: lsshu@nju.edu.cn。

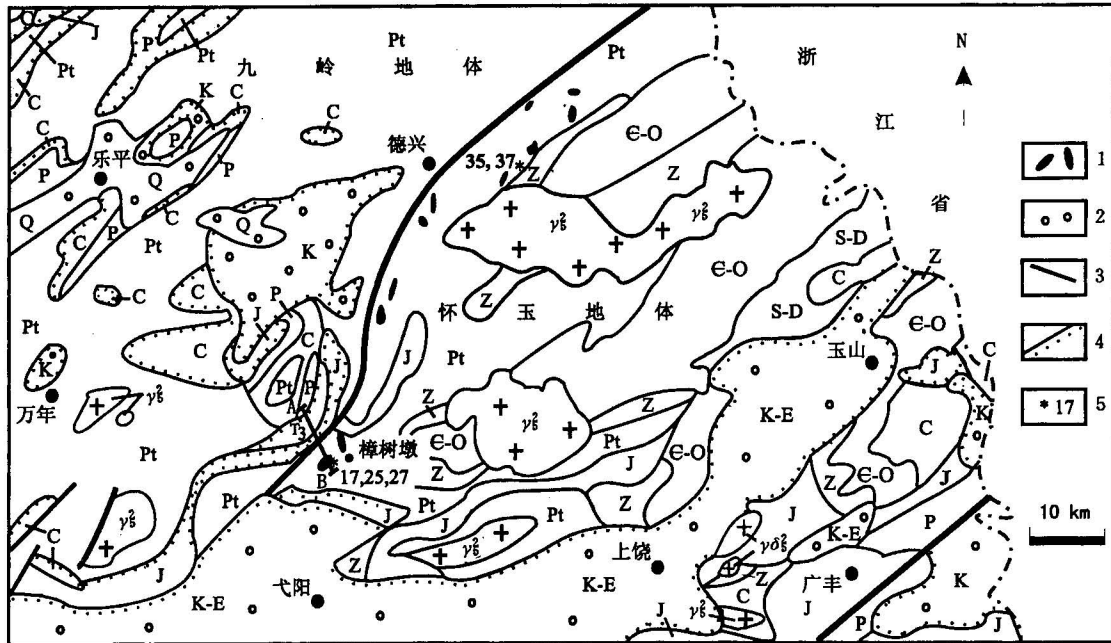


图1 赣东北地区地质构造简图(据江西地质矿产局区调队1:5万德兴图组,1984,略修改)

Fig.1 Geological and tectonic sketch map of the northeastern Jiangxi region

Pt—元古宙; Z—震旦系; E—O—寒武系—奥陶系; S—D—志留系—泥盆系; C—石炭系; P—二叠系; T<sub>3</sub>—上三叠统; J—侏罗系; K—E—白垩系—下第三系;  $\gamma_5^2$ —燕山期花岗岩;  $\gamma_5^\delta$ —燕山期花岗岩闪长岩; 1—蛇绿混杂岩; 2—红层; 3—断层; 4—不整合接触; 5—采样位置  
Pt—Proterozoic; Z—Sinian; E—O—Cambrian—Ordovician; S—D—Silurian—Devonian; C—Carboniferous; P—Permian; T<sub>3</sub>—Upper Triassic; J—Jurassic; K—E—Cretaceous—Eogene;  $\gamma_5^2$ —Yanshanian granite;  $\gamma_5^\delta$ —Yanshanian granodiorite; 1—ophiolitic rock; 2—red bed; 3—fault; 4—unconformity contact; 5—sampling position

塌作用。上三叠统粗碎屑岩不整合覆盖于前三叠纪岩层之上。④ 燕山期伸展裂陷和大规模岩浆活动。

## 2 含放射虫硅质岩

### 2.1 含放射虫硅质岩沉积环境的研究现状

一般认为,放射虫是一种浮游微体生物,可以生活在海洋的各个深度,不同深度具有不同属种。例如,挪威北部大陆架、我国的东海、南海都有丰富的放射虫生活着。放射虫死亡后既可以埋藏于浅海区,也可以埋藏在远洋深海海底。因此,人们发现的放射虫既有产于深海相地层、也有产于浅海相地层中的。

稀土元素地球化学特征是判断硅质岩沉积环境的一种常用方法。Shimizu等(1977)认为,在浅水环境中,Ce以和其他稀土元素同样的方式进入浅水相沉积物,而在深水环境中,相对于其他稀土元素,Ce则被有选择地搬运,故造成深海相硅质岩具明显Ce负异常。根据吉磊(1992)研究成果,深海沉积的硅质岩其稀土分布大都有一个明显的Ce负异常,而陆相河流和陆棚环境下沉积的硅质岩不具Ce负异常。

Shimizu等(1977)对深海钻探计划(DSDP)中获取的硅质岩岩心作REE分析,发现太平洋深海区的样品其 $\delta Ce$ 值较小,为0.22~0.29,均具明显Ce负异常(表2中DSDP17-167-85, DSDP16-162-7 microfossil)。但取自加勒比海的DSDP硅质岩样品 $\delta Ce$ 值则为0.47,负异常较弱(表2中DSDP4-29C-1)。另外,一个加拿大安大略和二一个日本岐阜的陆相硅质岩样品,其 $\delta Ce$ 分别为1.21,1.02,1.37,均具Ce正异常(表2中Gunflint和750824-14,750824-15),与深海硅质岩截然不同。Murray等(1990)认为,稀土元素可以作为不同海相硅质岩和页岩沉积环境的示踪。他们在已有的生物地层学、沉积学、矿物学和地球化学的资料基础上,根据美国加州侏罗纪—白垩纪硅质岩的REE研究成果,将该区划分为三种沉积环境:①覆盖在枕状熔岩之上的红色富锰硅质岩(离洋中脊400km以内), $\delta Ce$ 为0.29,代表洋中脊环境;②与页岩互层的薄层硅质岩, $\delta Ce$ 为0.55, $\Sigma REE$ 较低,形成于洋底环境;③被杂砂岩所覆盖的绿色硅质岩, $\delta Ce$ 为0.90~1.30, $\Sigma REE$ 很

表 2 硅质岩和硅质微体化石稀土元素分析数据( $\times 10^{-6}$ )(据 Shimizu et al., 1977)

Table 2 REE concentration in cherts and siliceous microfossils ( $\times 10^{-6}$ )(after Shimizu et al., 1977)

样品号	DSDP 17-167-85	DSDP 16-162-7 microfossil	DSDP 4-29C-1	Gunflint	750824-14	750824-15
La	3.97	0.311	12.35	0.0785	4.77	5.15
Ce	2.18	0.1519	12.16	0.1946	10.04	14.94
Nd	2.92	0.355	12.75	0.0738	4.56	5.45
Sm	0.531	0.0797	2.72	0.01536	0.920	1.250
Eu	0.1295	0.01994	0.706	0.00453	0.202	0.270
Gd	0.645	0.0666	3.08	0.01790	0.866	1.115
Dy	0.598	0.0802	2.87	0.0222	0.727	1.024
Er	0.388	0.0458	1.674	0.01681	0.451	0.544
Yb	0.355	—	1.440	0.01632	0.445	0.492
Lu	0.0551	0.00669	0.219	0.00236	0.0672	0.0731
Ce/Ce*	0.290	0.224	0.467	1.21	1.02	1.37

低,形成于大陆边缘环境。

### 2.2 赣东北含放射虫硅质岩的地质特征

据报道(赵崇贺等,1995;何科昭等,1999,2000),在赣东北蛇绿混杂岩带中发现的晚古生代放射虫硅质岩主要出露在弋阳樟树墩蛇纹石矿区和德兴茅桥等地,呈透镜状、薄层状或“无根”块体分布,暗灰色,质地坚硬,具细的水平纹层,镜下具隐晶质结构。阴极发光测试表明,此类硅质岩为沉积成因,其放射虫基本保存完整,个体尚能鉴定。

据王玉净等(1995),南京天宝山、安徽巢湖、泾县和南陵等地二叠系的孤峰组均产有丰富的放射虫

化石,计 7 属 16 种,分属 6 个科,三个化石组合带。值得一提的是,在弋阳县樟树墩 NW 方向 8 km、18~22 km 处和 NNW 方向 11 km、正北 12 km 等多处,如傅家、曹溪等地,出露有大片灰—灰黑色硅质岩,最宽达 1000m,层位为二叠系茅口组( $P_1m$ ),与宁镇地区含放射虫硅质岩的孤峰组层位相当。

### 2.3 硅质岩样品放射虫的鉴定结果

我们在前人发现晚古生代放射虫的弋阳樟树墩蛇纹石矿区、德兴茅桥观音堂的共同地点和相同剖面上,采集了 20 余件硅质岩和硅质泥岩样品(图 2,图 3)。这些样品呈灰—深灰色,致密坚硬,大多可见

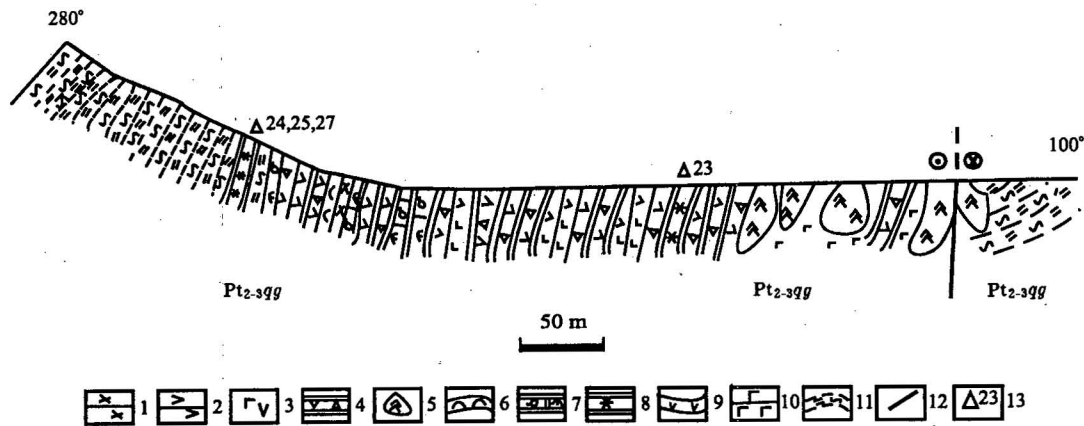


图 2 弋阳樟树墩超镁铁岩地质剖面图

Fig. 2. Geological section of ultramafic rocks in Zhangshudun, Yiyang County

1—辉长辉绿岩; 2—蛇纹石化异剥辉石岩; 3—变安山岩—玄武玢岩; 4—变基性熔岩; 5—超镁铁岩; 6—滑石片岩; 7—大理岩; 8—含放射虫硅质岩; 9—千枚状凝灰岩; 10—变细碧岩; 11—千枚岩; 12—断层; 13—放射虫硅质岩产出位置,同赵崇贺等(1995);其中样品号码为本次采样编号; Pt<sub>2-3gg</sub>—中—新元古代漆工群

1—Gabbroic diabase; 2—serpentinized diallage pyroxenite; 3—meta-andesite, basaltic porphyrite; 4—meta-basic lava; 5—ultramafic rock; 6—talc schist; 7—marble; 8—radiolarian-bearing siliceous rock; 9—phyllitic tuff; 10—meta-splite; 11—phyllite; 12—fault; 13—sampling position of radiolarian-bearing siliceous rock, same as the position of Zhao Chonghe et al., 1995; The numbers show the sampling number for this paper; Pt<sub>2-3gg</sub>—Qigong Group of Meso—Neoproterozoic

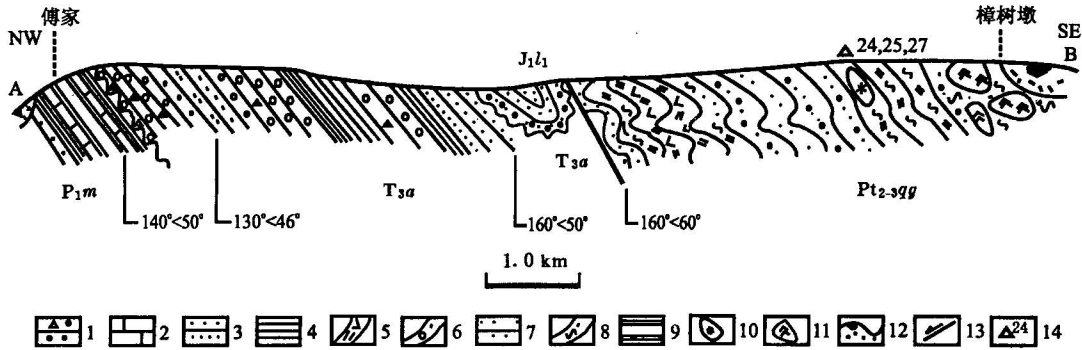


图3 弋阳县傅家—樟树墩地层剖面图

Fig. 3 Stratigraphic section from Fujia to Zhangshudun, Yiyang County

1—砂岩—砾岩；2—灰岩；3—砂岩—粉砂岩；4—页岩；5—片岩；6—变质砂岩—变质砾岩；7—石英砂岩；8—绿泥石千枚岩；9—硅质岩；10—含放射虫硅质岩；11—超镁铁岩；12—浮土；13—断层；14—放射虫硅质岩产出位置；Pt<sub>2-3qg</sub>—中—新元古代漆工群；P<sub>1m</sub>—下二叠统茅口组；T<sub>3a</sub>—下三叠统安源组；J<sub>1l1</sub>—下侏罗统林山组

1—Sandstone, conglomerate; 2—limestone; 3—sandstone, silt rock; 4—shale; 5—schist; 6—meta-sandstone, meta-conglomerate; 7—quartz sandstone; 8—chlorite phyllite; 9—siliceous rock; 10—radiolarian-bearing siliceous rock; 11—ultramafic rock; 12—covering bed; 13—fault; 14—sampling position of radiolarian-bearing siliceous rock; Pt<sub>2-3qg</sub>—Qigong Group of Meso—Neoproterozoic; P<sub>1m</sub>—Maokou Formation of Lower Permian; T<sub>3a</sub>—Anyuan Formation of Upper Triassic; J<sub>1l1</sub>—Linshan Formation of Lower Jurassic

微细水平纹层，呈团块或透镜状分布在千枚岩中。经显微镜下观察，挑选出7件可能有放射虫的样品送南京地质古生物研究所作放射虫分析。经王玉净研究员浸泡处理并亲自鉴定，7件样品中均未找到任何放射虫。

2.4 硅质岩稀土元素分析与对比

笔者对所采硅质岩样品中编号为17、25、27、35、37的5件样品进行了稀土元素分析，结果见表3。从中可见，Ce含量为 $2.41 \times 10^{-6} \sim 73.65 \times 10^{-6}$ ，Ce异常为0.8026~1.3509。按Murray等(1990)的判别标准，该硅质岩属于大陆边缘硅质岩类。以Sun等(1989)的球粒陨石测定值为标准化参数，作出硅质岩稀土元素配分曲线(图4)。从该配分曲线上可以看出：①Ce的配分值比洋中脊或深海区Ce的配分比值大一个数量级；②洋中脊、深海区硅质岩都表现明显的Ce负异常，而本区硅质岩为弱负异常或正异常；③本区硅质岩稀土元素配分曲线和日本岐阜地区的三叠纪—侏罗纪硅质岩稀土元素配分曲线(图5中的3,4)相近，Ce异常值也相近(本区为0.80~1.35，日本陆相硅质岩为1.0~1.4)，与吉磊(1992)的赣南浅海相硅质岩Ce异常值0.76~0.94也十分相近。因此，虽然笔者在同一剖面同一位置所采硅质岩中未发现放射虫，但该硅质岩既不是洋中脊沉积，也不是大洋底沉积，而是大陆边缘浅水相沉积产物。这与江西地质矿产局(1984)对赣北地区古

生代沉积环境的分析判断基本一致。

表3 含放射虫硅质岩REE分析数据( $\times 10^{-6}$ )

Table 3 REE concentration of radiolarian-bearing siliceous rocks ( $\times 10^{-6}$ )

样品号	17	25	27	35	37
La	1.540	17.01	18.17	31.96	47.08
Ce	2.411	51.40	40.19	63.33	73.65
Pr	0.3153	4.994	4.838	7.398	8.634
Nd	0.8465	19.30	17.82	29.05	34.28
Sm	0.1475	4.083	3.652	5.434	6.791
Eu	0.0420	0.7936	0.7443	0.9054	1.107
Gd	0.2519	4.625	3.535	4.977	6.819
Tb	0.0260	0.6484	0.4952	0.7323	0.9660
Dy	0.2893	4.220	3.225	4.992	6.137
Ho	0.0633	0.8784	0.6533	1.224	1.293
Er	0.1524	2.217	1.651	2.980	3.368
Tm	0.0268	0.3466	0.2618	0.4908	0.5377
Yb	0.1632	2.447	1.734	3.434	3.761
Lu	0.0266	0.3983	0.2658	0.5446	0.5920
Y	1.983	20.96	15.74	28.21	33.18
Ce 异常 <sup>①</sup>	0.8026	1.3509	1.048	0.9729	0.8313

注：①Ce 异常 =  $Ce^* / ((La^* + Pr^*) / 2)$ ，其中Ce\*、La\*、Pr\*均为球粒陨石标准化值。②数据由南京大学地球科学系中心实验室1999年测定，分析人：裘丽雯

李献华(2000)对赣东北蛇绿混杂岩中的含放射虫硅质岩也作了地球化学研究，其Ce/Ce\*为0.91~1.22，故他认为这些硅质岩都形成于大陆边缘环境(未做化石鉴定)。

樟树墩以北二叠纪茅口组(P<sub>1m</sub>)存在硅质岩与

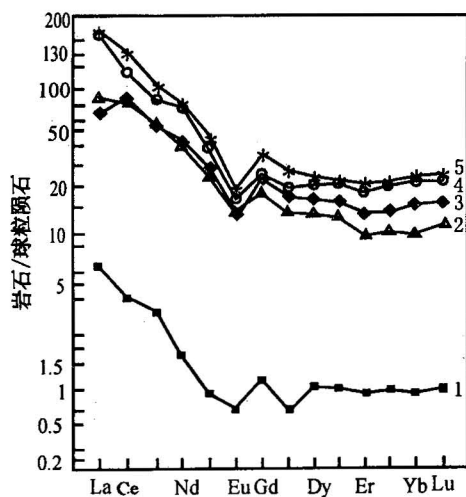


图 4 赣东北断裂带含放射虫硅质岩球粒陨石  
标准化 REE 配分曲线

Fig. 4 Chondrite-normalized REE distribution patterns of the radiolarian-bearing cherts in the northeastern Jiangxi fault zone

1—17 号样；2—27 号样；3—25 号样；4—35 号样；5—37 号样  
1—Sample 17; 2—sample 27; 3—sample 25;  
4—sample 35; 5—sample 37

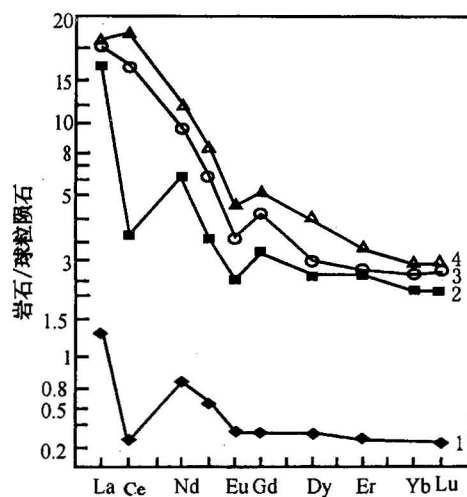


图 5 硅质岩球粒陨石标准化 REE 分布模式

Fig. 5 Chondrite-normalised REE patterns of cherts

1—DSDP 样品 17-167-85(深海硅质岩); 2—DSDP 样品 16-162-7(深海硅质岩); 3—样品 750824-14(陆相硅质岩); 4—样品 750824-15(陆相硅质岩)

1—Sample DSDP 17-167-85 (deep-sea chert); 2—sample DSDP 17-167-85 (deep-sea chert); 3—sample 750824-14 (terrestrially exposed cherts); 4—sample 750824-15 (terrestrially exposed cherts)

生物碎屑灰岩互层的现象(图 3),属浅水相沉积组合。近年发现的石炭纪—二叠纪含放射虫硅质岩,笔者怀疑它可能来源于樟树墩以北原地型的茅口组,不是蛇绿岩套的原始成员。

### 3 问题讨论

#### 3.1 三个逐渐相变的地层区

根据俞剑华等(1988)和江西地质矿产局(1984)的研究,大致以石台—宣城一线和绍兴—江山—东乡断裂为界,华南可划分为扬子、江南和东南等三个地层区。从震旦系到志留系,扬子地区为碳酸盐台地相,岩性主要为碳酸盐岩、硅质岩、生物碎屑岩、砂屑砾屑灰岩等;东南地层区则主要为碎屑—火山碎屑相沉积,岩性为碎屑岩、火山碎屑岩等;江南地层区沉积环境介于二者之间,地层属过渡类型,生物逐渐相变。在震旦纪—志留纪期间,从扬子沉积区到江南沉积区,再到东南沉积区,三者是逐渐过渡的(图 6)。据江西地质矿产局(1984),赣东北古生代地层序列中的每一个地层组和段,均由标准化石所确证,属陆缘台地环境。因此,如果在江南区存在一个古生代的大洋,则和古生代三个逐渐相变沉积区的空间展布是明显不协调的。

#### 3.2 印支期构造事件

本区印支期构造事件表现明显:① 晚三叠世的安源组区域不整合在前三叠纪地层之上;② 所有三叠纪以前的地层都被卷入到同一个大规模的褶皱变形体系中;③ 脆性推覆作用非常明显,滑塌、垮塌构造也很普遍。在乐平塔前、萍乡上栗市等地,元古宙千枚岩块推覆到了二叠纪—三叠纪的煤系地层之上;在九岭山南北两麓,元古宙变质岩块滑塌堆积在晚古生代沉积盆地中,一些古生代岩块也垮塌混杂在前寒武系构造体中。

位于赣东北断裂带北西侧的原地型二叠纪的茅口组硅质岩形成于陆缘台地环境,与赣东北新元古代蛇绿混杂岩中含二叠纪放射虫硅质岩的陆缘背景一致。这暗示,或许有一部分茅口组硅质岩在后来被构造混杂到了古老的蛇绿岩中。赣东北新元古代蛇绿混杂岩已遭受过非常强烈的剪切变形,按理其硅质岩中所含的放射虫很难被完整保存;如果彼此共存的放射虫和蛇绿岩是相同时代的,则这种巨大的变质变形反差(蛇绿岩被强烈变质和韧剪,而放射虫却保存完整)是令人难以理解的。如果把赣东北蛇绿混杂岩中含放射虫硅质岩理解成樟树墩以北原地型茅口组岩石的一部分,它的目前出露位置是印支期

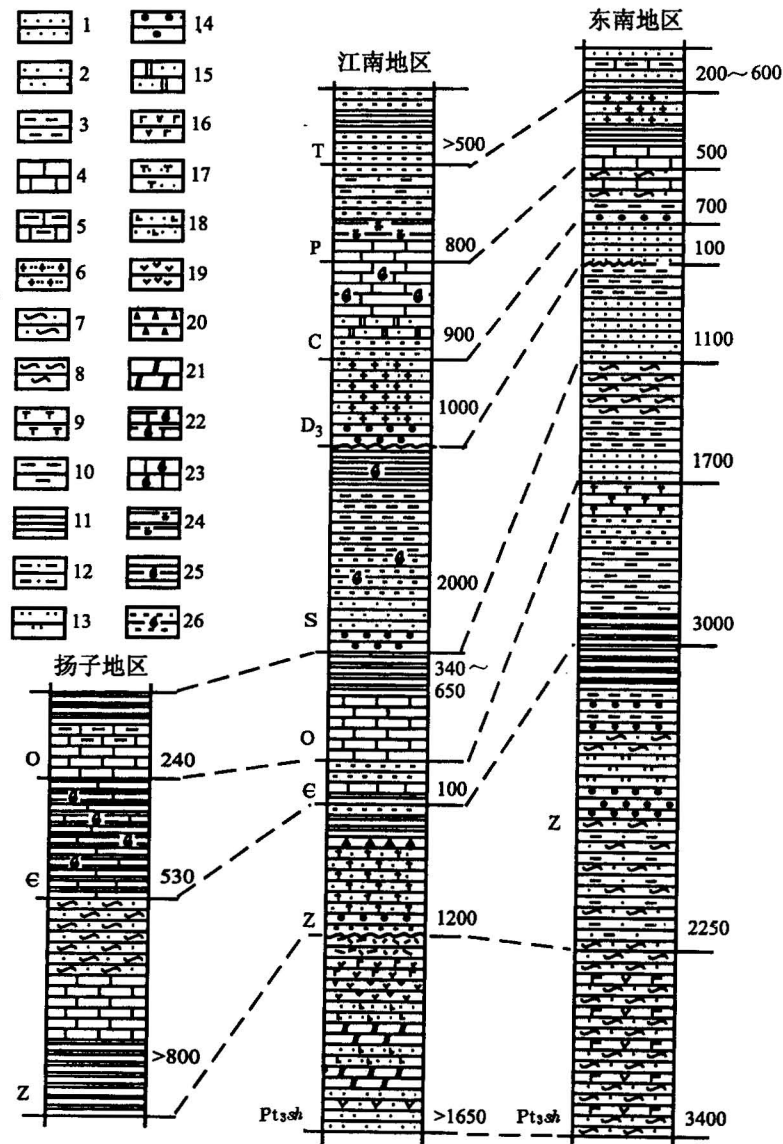


图6 扬子—江南—东南新元古代—三叠纪地层柱状图(扬子地区,据俞剑华等,1988;江南地区,据江西地质矿产局区调大队1/5万区调报告,1987;东南地区,据江西地质矿产局,1984)

Fig. 6 Stratigraphic columns from Neo-Proterozoic to Triassic in Yangtze, Jiangnan and Southeast China

1—砂岩; 2—粉砂岩; 3—泥岩; 4—灰岩; 5—泥灰岩; 6—石英砂岩; 7—千枚岩; 8—千枚岩化板岩; 9—凝灰岩; 10—板岩; 11—页岩; 12—绢云千枚岩; 13—石英岩; 14—砾岩; 15—白云质灰岩; 16—玄武岩; 17—玄武质凝灰岩; 18—钙质粉砂岩; 19—安山岩; 20—冰碛岩; 21—大理岩; 22—生物屑白云岩; 23—生物屑灰岩; 24—放射虫硅质岩; 25—生物屑页岩; 26—生物屑泥岩

1—Sandstone; 2—siltstone; 3—mudstone; 4—limestone; 5—argillaceous limestone; 6—quartz sandstone; 7—phyllite; 8—phyllitization slate; 9—tuff; 10—slate; 11—shale; 12—sericite phyllite; 13—quartzite; 14—conglomerate; 15—dolomitic limestone; 16—basalt; 17—basaltic tuff; 18—calcite-siltstone; 19—andesite; 20—tillite; 21—marble; 22—bioclastic dolomite; 23—bioclastic limestone; 24—radiolarian-bearing siliceous rock; 25—bioclastic shale; 26—bioclastic mudstone

强烈构造作用的结果(使其由北向南卷入到新元古代蛇绿混杂岩中),似乎是一种比较合理的解释。最近,郭令智等(1996)提出,该区晚古生代的向南逆冲和滑覆是一期非常重要的构造叠加活动,导致石炭纪一二叠纪的放射虫硅质岩被卷入到了古老的蛇绿

混杂岩带中。

#### 4 结论

(1) 稀土元素特征表明,赣东北含放射虫硅质岩形成于大陆边缘环境。

(2)赣东北含放射虫硅质岩不是蛇绿岩套的原始成员,而可能是在印支期构造事件中,因推覆或垮塌从樟树墩北侧原地型茅口组硅质岩区被卷入到新元古代蛇绿混杂岩带中的,其构造属性这一问题仍需进一步研究和论证。

本研究得到王玉净研究员、徐备教授的帮助和卢华复教授、马瑞士教授的指导,一并致谢。

### 参 考 文 献

- 郭令智,施央申,马瑞士. 1980. 华南大地构造格架和地壳演化. 国际交流地质学术论文集(1). 北京:地质出版社,109~116.
- 郭令智,卢华复,施央申等. 1996. 江南中、新元古代岛弧的运动学和动力学. 高校地质学报,2(1):1~13.
- 何科昭,赵崇贺,乐昌硕等. 1999. “板溪群”构造属性的再认识与思考. 地学前缘,6(4):353~362.
- 何科昭,聂泽同,赵崇贺等. 2000. 赣东北晚古生代放射虫化石综述. 现代地质(中国地质大学研究生院学报),14(1):1~7.
- 吉磊. 1992. 稀土元素:海相硅质岩沉积环境的有效指标. 地质论评,38(5):444~448.
- 江西地质矿产局. 1984. 江西省区域地质志. 北京:地质出版社,1~921.
- 李献华. 2000. 赣东北蛇绿混杂岩带中硅质岩的地球化学特征及构造意义. 中国科学(D辑),30(3):284~290.
- 任纪舜,陈廷恩,牛宝贵等. 1990. 中国东部及邻区大陆岩石圈的构造演化与成矿. 北京:科学出版社,1~205.
- 舒良树,周国庆,施央申等. 1993. 江南造山带东段高压变质蓝片岩及其地质时代研究. 科学通报,38(20):1879~1882.
- 舒良树,施央申,郭令智等. 1995. 江南中段板块—地体构造与碰撞造山运动学. 南京:南京大学出版社,1~174.
- 王玉净,齐敦伦. 1995. 苏皖南部孤峰组放射虫动物群. 微体古生物学,12(4):374~387.
- 徐备,乔广生. 1989. 赣东北晚元古代蛇绿岩的 Sm-Nd 同位素年龄及原始构造环境. 南京大学学报(地球科学),3(3):108~114.
- 俞剑华,陈敏娟,方一亭等. 1988. 中国东南大陆边缘震旦系及下古生界发育特征与地层地体. 南京大学学报(地球科学版),1(1):1~8.
- 赵崇贺,何科昭,莫宣学等. 1995. 赣东北深断裂带蛇绿混杂岩中含晚古生代放射虫硅质岩的发现及其意义. 科学通报,40(23):2161~2163.
- 周新民,邹海波,扬杰东等. 1989. 安徽歙县伏川蛇绿岩套的 Sm-Nd 等时线年龄及其地质意义. 科学通报,34(16):1243~1245.
- 周国庆,赵建新. 1991. 华南扬子克拉通东南缘赣东北蛇绿岩 Sm-Nd 同位素研究. 科学通报,36(2):129~132.

### References

- Bureau of geology and Mineral Resources, Jiangxi Province. 1984. Regional Geology of Jiangxi Province. Beijing: Geological Publishing House, 1~921(in Chinese).
- Chen Jiangfeng, Foland K A, Xing Fengming, et al. 1991. Magmatism along the southeast margin of the Yangtze block Precambrian collision of the Yangtze and Cathysian block of China. *Geology*, 19: 815~818.
- Guo Lingzhi, Shi Yangshen, Ma Ruishi. 1980. Tectonic framework and crustal evolution of South China. International Symposium of Geology. Beijing: Geological Publishing House, Vol. 1:109~116

- (in Chinese).
- Guo Lingzhi, Lu Huaifu, Shi Yangshen, et al. 1996. On the Meso-Neoproterozoic Jiangnan Island Arc: its kinematics and dynamics. *Geological Journal of Universities*, 2(1): 1~13(in Chinese with English abstract).
- He Kezhao, Zhao Chonghe, Yue Changshuo, et al. 1999. Reexamination and impressions on "Banxi Group". *Earth Science Frontiers*. 6(4): 353~362(in Chinese with English abstract).
- He Kezhao, Nie Zetong, Zhao Chonghe, et al. 2000. Discovering Fossils on the Late Paleozoic radiolarian in Northeast Jiangxi Province. *Geoscience*, 14(1): 1~7(in Chinese with English abstract).
- Ji Lei. 1992. Rare Earth Elements: the effective indicator of depositional environments of marine cherts. *Geological Review*, 38(5): 444~448(in Chinese with English abstract).
- Li Xianhua. 2000. Geochemical characteristics and its tectonic implication of cherts in ophiolitic mélangé, Northeast Jiangxi. *Science in China(Series D)*, 30(3): 284~290(in Chinese).
- Li Xianhua, Zhou Guoqing, Zhao Jianxin, et al. 1994. SHRIMP ion microprobe zircon U-Pb age and Sm-Nd isotopic characteristics of the NE Jiangxi ophiolite and its tectonic implications. *Chinese Journal of Geochemistry*, 13(4): 317~325.
- Murray R W, Brink M B, Jones D L, et al. 1990. Rare earth elements as indicators of different marine depositional environments in chert and shale. *Geology*. 18(3): 268~271.
- Ren Jishun. 1993. Relation of East Gondwana to the revolution of Asian Continent. In: Pereira J J, Ng T F, Khoo T T. eds. Gondwana dispersion and Asian accretion. IGCP project 321, Third International Symposium, Kuala Lumpur.
- Ren Jishun, Chen Tingyu, Niu Baogui, et al. 1990. Tectonic evolution and mineralizations of the continental lithosphere in eastern China and adjacent regions. Beijing: Science Press, 1~205(in Chinese).
- Shimizu H, Masuda A. 1977. Cerium in chert as an indication of marine environment of its formation. *Nature*, 266(29): 346~348.
- Shu Liangshu, Zhou Guoqing, Shi Yangshen, et al. 1993. High-pressure metamorphic blue schist in the eastern section of Jiangnan Orogenic belt and its geological age. *Chinese Science Bulletin*, 38(20): 1879~1882(in Chinese).
- Shu Liangshu, Shi Yangshen, Guo Lingzhi, et al. 1995. Plate tectonic evolution and the kinematic of collisional orogeny in the middle part of the Jiangnan, Eastern China. Nanjing: Publishing House of Nanjing University, 1~174 (in Chinese with English abstract).
- Sun S S, Mc Donough W F. 1989. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes. In: Saunders A D, Norry M. eds. *Magmatism in the Ocean Basins*. Geol. Soc. London, Spec. Publ., 42:313~345.
- Wang Yujing, Qi Dunlun. 1995. Radiolarian Fauna of the Gufeng Formation in southern part of Jiangsu and Anhui Provinces. *Acta Micropalaeontologica Sinica*, 12(4): 374~387(in Chinese with English abstract).
- Xu Bei, Qiao Guangsheng. 1989. Sm-Nd Isotopic age and tectonic setting of the Late Proterozoic ophiolites in Northeastern Jiangxi Province. *Journal of Nanjing University(Earth Sciences)*, (3): 108~114(in Chinese with English abstract).
- Yu Jianhua, Chen Minjuan, Fang Yiting, et al. 1988. The developmental characteristic and the terrane tectonics of Sinian and Early

Paleozoic in the continental margin of Southeast China. *Journal of Nanjing University (Earth Sciences)*, (1): 1~8 (in Chinese with English abstract).

Zhao Chonghe, He Kezhao, Mo Xuanxue, et al. 1995. Discovery and significance of the Late Paleozoic radiolarian-bearing cherts in the ophiolitic melange within the deep fault belt in Northeast Jiangxi. *Chinese Science Bulletin*, 40(23): 2161~2163 (in Chinese).

Zhou Guoqing, Zhao Jianxin. 1991. Sm-Nd isotopic study of ophiolite

in the northeastern Jiangxi at the southeastern margin of the Yangtze craton, South China. *Chinese Science Bulletin*, 36(2): 129~132 (in Chinese).

Zhou Xinmin, Zou Haibo, Yang Jiedong, et al. Sm-Nd Isochron for the ophiolitic suite at Fuchuan, Shexian County, Anhui Province and its geological implications. *Chinese Science Bulletin*, 34(16): 1243~1245 (in Chinese).

## Notes on Late Paleozoic Radiolarians of Northeastern Jiangxi Province

WANG Bo, SHU Liangshu

*Department of Earth Sciences, Nanjing University, Nanjing, 210093*

### Abstract

Based on lots of study results and geologic evidence, the Jiangnan belt has been considered as a Neoproterozoic collision orogenic belt. Recently, some researchers found Late Paleozoic radiolarian cherts in Neoproterozoic ophiolitic melange blocks in the Northeastern Jiangxi; thus they proposed that the cherts in the ophiolitic melanges are at least the Late Paleozoic product. From this viewpoint, they further suggested that the Jiangnan craton may have broken up and that a Paleozoic ocean, called the "Banxi Ocean", occurred in this region. According to synthetic researches on the lithology, geochemistry and so on, the authors suggest that the radiolarian cherts belong to continental-margin shallow-water sediments, and the REE patterns of the cherts do not support the viewpoint of deep-water environment above oceanic crust. The strong Indosinian tectonic event may have caused these rocks to be displaced at first and then mixed with Neoproterozoic ophiolitic rocks.

**Key words:** radiolarian; chert; ophiolitic melange; northeastern Jiangxi

---