

论华南(北部)前震旦纪基本构造格局与演化

章泽军 张 志 秦松贤 蔡雄飞

(中国地质大学地球科学学院,湖北 武汉 430074)

摘 要 华南(北部)古元古代已有物质记录,且可能曾连于一体。古元古代末期吕梁造山运动揭开华南构造运动的序幕,形成以浙江龙泉、江西星子等为代表的古岛,并被随后的中元古代沉积物不整合所覆。地质学及古地磁学证据表明,中元古代中后期或之前其被裂解为扬子板块与华夏板块,各板块具有不同的运动特征。大致在 1 100~800 Ma 期间,华夏板块与扬子板块完成拼贴与碰撞,这一称之为与格林威尔相当的晋宁运动标志着华南前震旦纪演化的结束。

关键词 华南(北部) 前震旦纪 构造格局

Pre-Sinian Basic Tectonic Framework of Northern South China and Its Evolution

ZHANG Zejun ZHANG Zhi QIN Songxian CAI Xiongfei

(Faculty of Earth Sciences, China University of Geosciences, Wuhan, Hubei, 430074)

Abstract Pre-Sinian Paleoproterozoic material records available in northern South China suggest that the Yangtze plate had been pro-lolly connected with Cathaysia there at that time. The terminal Paleoproterozoic Lüliang movement was a prelude to tectonic movement in South China. This movement gave rise to paleo-islands represented by the Longquan paleo-island in Zhejiang and Xinzi paleo-island in Jiangxi, which were later overlain unconformably by Mesoproterozoic sediments. Geological and paleomagnetic evidence indicates that South China broke up into the Yangtze plate and Cathaysian plate in or before the middle-late Mesoproterozoic. The two plates have characteristics of different styles of movement. During 1 100 to 800 Ma, amalgamation and collision between the Cathaysian plate and Yangtze plate were completed. The Jinning movement, which is considered to be equivalent to the Greenville orogeny, marks the end of the evolution of the pre-Sinian basic tectonic framework of South China.

Key words northern South China Pre-Sinian tectonic framework

自从 Grabau(1924)提出华夏古陆的设想以来,华南是否存在前震旦纪变质基底?华夏古陆是否存在?以及华夏古陆的时空位态等是地学界十分关注而又长期存在纷争的热点课题。特别是许靖华教授用薄壳板块构造模式与冲撞型造山解释华南大地构造,并提出“是华南造山带而不是华南地台”的新认识后(许靖华,1980,1987a,1987b),将纷争推向了新的高潮。就是在这种几经反复的纷争过程中,积累了大量的资料,不断将华南前震旦纪大地构造研究引向深入。虽然以上命题尚未达成统一的共识,但其进展是令人瞩目的。特别是分隔扬子与华夏两大板块的江绍碰撞带以及将扬子板块东部分割成怀玉山板块(地体)、九岭板块(地体)的赣东北碰撞带与同期板内变形(图 1)研究取得了全面的进展,现就组成这一基本构造格局各要素的基本特点及其成生演化进行简要论述。

1 造山带基本特征

江绍碰撞带与赣东北碰撞带记载了前震旦纪以来的造山信息,控制着华南(北部)的基本构造格局,根据其各自不同的构造信息特点,为揭示华南前震旦纪构造演化提供了依据。

1.1 江绍碰撞带

江绍碰撞带分隔扬子板块与华夏板块,东起绍兴,向南西经江山、东乡至萍乡(后转向 SSW 延入北海?)除江山-绍兴(简称江绍碰撞带)一带可见碰撞造山带信息之外,其余多被盖层掩盖。

江绍碰撞带遭受强烈构造压缩而呈直立紧闭褶皱,并被不同尺度的逆冲断层或韧性剪切带将带内的火山岩、花岗岩类或片麻状花岗类分割成狭窄的条带状,并在走向上发生塑性流动,形成暗、浅色矿物相间的条带(水涛等,1988)。在平水一带表现为

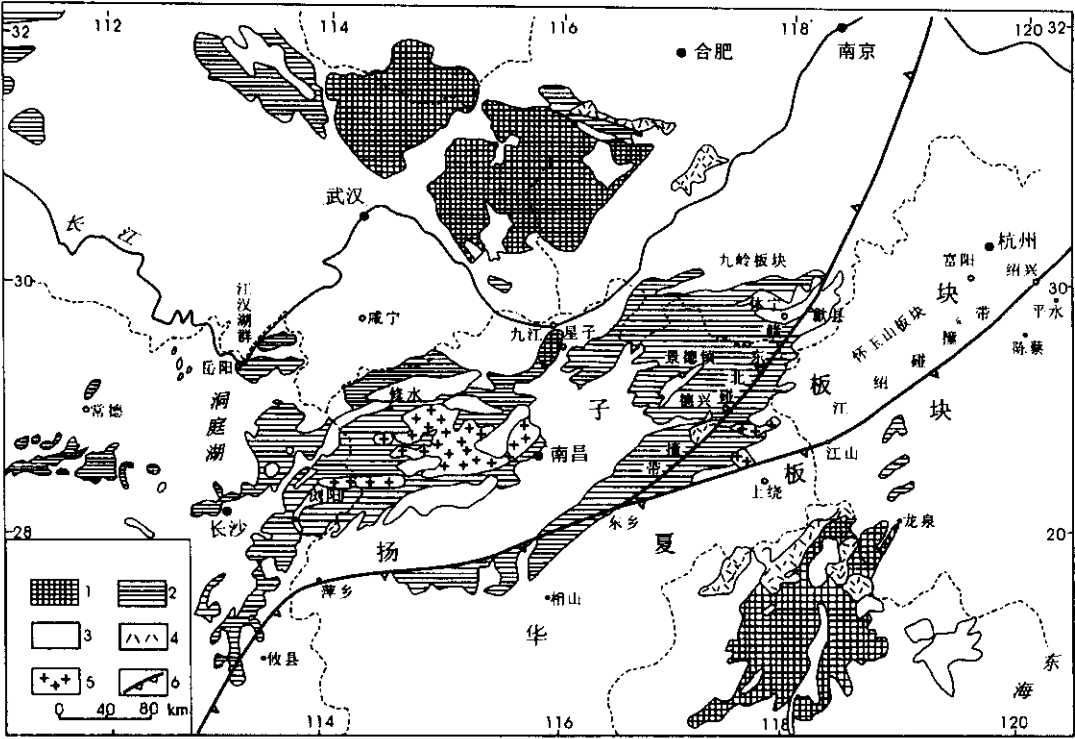


图 1 华南前震旦纪地质构造简图

Fig.1 Pre-Sinian geological tectonic sketch map of South China

1-古元古代 2-中元古代 3-Z-Q 盖层 4-火山岩 5-前震旦纪花岗岩 6-造山带

1-Paleoproterozoic 2-Mesoproterozoic 3-Z-Q cover 4-volcanic rock 5-Pre-Sinian granite 6-orogen

左行韧性剪切带,带中的火山岩、花岗岩类已强烈糜棱岩化和绿片岩相变质。向南西经陈蔡延至铁砂街一带则为糜棱岩带或由斜长角闪岩类、长英质岩类和大理岩类构成混杂岩(程海,1991a,1991b)。这套角闪岩相的混杂岩形成于洋中脊,经历了强烈的构造变形,并在由 SE 向 NW 推覆过程中形成了一系列向 SE 倾斜的糜棱岩带和片理构造,变质事件发生在 832 Ma 和 844 Ma(程海,1991)。

沿带热液事件频繁(邢凤鸣等,1992),其中海相火山-沉积建造主要集中在绍兴、富阳一带,双溪坞群下部平水组由具多个喷发旋回(旋回顶部为沉积岩或硅质岩)的细碧-角斑岩系组成,Sm-Nd 内部等时线年龄为 978.4 ± 44.4 Ma(章邦桐,1990), 1012 ± 28 Ma(沈渭洲等,2000)。双溪坞群中部北坞组、章村组以中酸性火山岩为主,上部岩山组以凝灰岩为特征(唐红峰等,1998)。富阳章村双溪坞群及上墅组下段与上段火山岩全岩 Sm-Nd 年龄分别为 1154 ± 122 Ma、 894 ± 75 Ma 和 808 ± 59 Ma(邓家瑞等,1998)。

热液事件的另一类型是深成超镁铁辉闪岩(844 Ma 和 832.3 ± 6.8 Ma)与闪长岩(888.42 ± 10 Ma)大致在 900~800 Ma 间(周新民,1992)发生岩浆混

合。超镁铁辉闪质岩浆和闪长质岩浆沿江绍断裂带活动,形成了璜山-石角复合侵入体,其中闪长质岩浆的活动比辉闪质更广泛,大致在 $802.3 \pm 8 \sim 795$ Ma 期间形成了许多时代相近沿断裂带呈线形分布的独立小(闪长)岩体。

江绍断裂带具有与板块会聚常见的混杂蛇绿岩带相类比的混杂岩带(水涛等,1988),属碰撞-拼贴(深位韧性剪切)型式的缝合带(邢凤鸣等,1992)。沿断裂带分布的侵入体及火山岩提供的年龄值说明拼贴完成在 800 Ma 之前,而断裂带中糜棱岩 K-Ar 同位素稀释法年龄 744 Ma(邢凤鸣等,1992), 370 ± 10 Ma(程海,1991),标志着拼贴之后仍存在着多期活动。不同时代的岩石具有相同的磁组构,碰撞带的最后剧烈活动不早于晚三叠世,并延续至燕山期末。

1.2 赣东北碰撞带

赣东北碰撞带呈 NE 向分隔九岭板块与怀玉山板块,东起浙江长兴,向南西入皖,赣经德兴与江绍碰撞带交汇于东乡。

赣东北碰撞带是一个深达莫霍面,由若干平行或近于平行、倾向 NW 的压性断裂组成,其宽可达 20 km(华仁民,1998)。同时又是集构造混杂堆积、

蛇绿岩套、高压变质蓝片岩、花岗岩、火山岩于一体的构造-岩浆活动带。

蛇绿岩呈 SW 向分布于歙县与德兴一带。歙县(伏川)蛇绿岩套呈 NE 向分布达 40 km,由纯橄榄岩、方辉橄榄岩、堆晶辉石岩、伟晶辉长岩、辉长岩、富钠闪长岩和石英细碧岩、角斑岩和凝灰质千枚岩组成,被推覆于前寒武纪歙县花岗闪长岩之上。花岗闪长岩体黑云母 K-Ar 同位素年龄分别为 877 Ma 和 953 Ma(叶德隆,1991),蛇绿岩套 Sm-Nd 同位素等时线年龄值 $1\,024 \pm 30$ Ma(周新民,1989)。

德兴蛇绿岩分布在弋阳-德兴-婺源一带漆工群中下部,包括变质橄榄岩、超基性-基性堆积岩、闪长岩、辉绿岩和变质火山岩。蛇绿岩的 Sm-Nd 同位素等时线年龄为 929.73 ± 33.8 Ma(徐备,1989), $1\,034 \pm 24$ Ma(章邦桐,1990;沈渭洲,2000), $1\,154 \pm 43$ Ma(周国庆等,1989)。

德兴一带蛇绿岩起源于亏损型或中等亏损上地幔(徐备,1989),地壳物质的混染不明显。伏川的基性岩浆虽有资料显示属强亏损型地幔(叶德隆,1991),但多数结果表明,起源于弱亏损地幔,并可能受到硅铝壳的混染(周新民,1989)。周国庆(1989)指出德兴一带蛇绿岩与钙碱质火山岩伴生,歙县蛇绿岩被许村花岗岩、休宁花岗岩、歙县花岗岩、马金岭花岗岩所环绕,推论两地的蛇绿岩具有不同的大地构造背景,李献华(2000)则明确指出,前者为远离大陆的原始大洋弧及弧后盆地环境,后者则靠近大陆边缘的弧后盆地,或者为陆壳内小洋盆(周新民等,1989)。一般认为,二者属弧后边缘海环境下形成的小洋盆碎块与岛弧或弧后海环境。

高压变质蓝片岩仅零星出露于德兴、弋阳一带,与蛇绿岩碎块紧密共存。如德兴西湾蓝片岩原岩为基性火山岩和闪长岩,高压矿物组合为蓝闪石-绿帘石-绿泥石-钠闪石-钠长石-石英,含少量硬玉。蓝闪石 K-Ar 年龄为 866 ± 14 Ma,形成于碰撞挤压拼贴机制(舒良树,1993a,1993b)。

花岗岩主要分布在歙县一带。休宁、许村、歙县 3 个 S 型堇青石花岗岩体为同造山期或属晚碰撞花岗岩,且侵入于中元古宙上溪群牛屋组,被震旦系休宁组砂岩沉积覆盖。三岩体均以堇青石花岗闪长岩为主,少量为堇青石二长花岗岩,具有由岩浆结晶而成的铁铝榴石和堇青石,其温压分别为 $780 \sim 820$ °C $2 \sim 7$ kPa。岩浆起源于不成熟的下地壳,属同造山期(唐红峰,1997)或为碰撞造山作用晚期挤压松弛条件的产物(徐夕生等,1992)。分布于歙县与德兴之间的石耳山花岗岩主要为斑状花岗岩,其次为黑云母二长花岗岩、黑云母花岗岩等。单颗粒锆石

U-Pb 年龄为 765 ± 49 Ma 和 825 ± 3 Ma(唐红峰等,1997),前者代表锆石结晶年龄,后者为岩石形成年龄。属碰撞造山作用趋于结束或结束后不久地壳重熔的产物,具造山后花岗岩特点。

火山岩分布在江绍碰撞带与赣东北碰撞带之间,大体可分为两大部分。下部双桥山群夹有细碧岩和角斑岩。Sm-Nd 等时线年龄为 $1\,112.9 \pm 53$ Ma(马长信等,1993)。上部登山群和松木坞群为一套浅变质海陆交互相火山岩系,全岩 Sm-Nd 等时线年龄为 828.7 ± 35.9 Ma(马长信等,1993)和 817.6 ± 83.7 Ma(陈思本等,1988)。

火山岩岩石类型具有从基性、中性到酸性连续变化的特点。安山岩类占重要地位,岩浆性质属中等碱度率,化学全分析构成以安山岩为峰顶的单峰式分布,主要元素与微量元素显示岛弧低钾拉斑玄武岩、钙碱性玄武岩(部分高铝玄武岩)和橄榄安粗岩,呈岛弧岩浆演化趋势,应属成熟岛弧的火山岩建造(徐备,1990)。赵凤清等则认为,这套火山岩表现出双峰式特点,中-基性火山岩 SiO_2 含量较高, ϵ_{Nd} 值与 MgO 含量低,在成分上表现出演化程度较高,表明其来源于弱亏损地幔源,同时有一定程度的地壳混染作用,形成于大陆裂谷环境(赵凤清等,1997)。根据综合地学信息判断后者可能性较大。

晚期岩浆活动以单一的辉绿岩墙及由辉绿岩与花岗斑岩组成的复合岩墙为标志。岩墙群走向与构造线方向一致,其时代与富阳上墅组火山岩相同,属后造山阶段形成的侵入岩,岩墙群的出现标志碰撞造山作用的结束(唐红峰,1997)。

2 板内建造与变形

华南前震旦纪普遍存在双层结构型式,即由结晶基底和浅变质基底两个构造层组成”。根据构造演化类型的不同可分为“扬子式”与“华夏式”两种基本型式(金文山等,1997)。

2.1 扬子板内建造

该板块按其构造特点又可分为江南构造域与怀玉山构造域。

2.1.1 江南构造域 结晶基底仅出露于庐山星子县称星子(岩)群(谢国刚,1997)。为一套角闪岩相变质岩系,与上覆双桥山群呈角度不整合或构造改造为隐蔽不整合接触。斜长角闪岩中锆石 U-Pb 法年龄 $1\,869 \pm 40$ Ma(谢国刚,1997a,1997b)。

褶皱基底由中元古界组成,分布广泛。在江西北部呈近 EW 向面状分布,统称双桥山群,自下而上分为横涌组、计林组、安乐林组、修水组等 4 个岩组。为一套以深海-次深海相为主的陆源碎屑-火山

碎屑-熔岩建造。安乐林组至横涌组主要分布在赣东北一带。西部仅出露安乐林组与修水组,从东向西地层层位变新,火山碎屑减少,火山熔岩消失。

从赣北向西进入湖南后被称之为冷家溪群,以浅变质砂板岩为主体,千枚岩 Pb-Pb 年龄 $1\,738 \pm 87$ Ma (刘海臣等,1994)。唐晓珊等测得 Rb-Sr 年龄值自下而上依次为雷神庙组 $1\,566$ Ma、黄浒洞组 $1\,322 \sim 1\,358$ Ma、小木坪组 $1\,157 \sim 1\,280$ Ma (唐晓珊等,1994)。

从赣北向北东入皖南与之对应的地层序列为上溪群。兰田一带底部为灰绿色薄—厚层变长石岩屑砂岩类与板岩,具浊积岩和滑塌浊积岩特征。中上部为灰—深灰色中厚层变质砂岩、凝灰质长石岩屑砂岩、夹粉砂质板岩、变凝灰质细砾岩和泥砾岩等。

休宁至屯溪,下部为变质粉砂岩、千枚状粉砂岩夹细碧岩和石英角斑岩等,有同期辉长辉绿岩、辉长闪长岩等,中上部则变为以石英绢云千枚岩夹板岩条带为主。

褶皱基底之上新元古代板溪群主要分布在湖南境内,角度不整合于冷家溪之上,微角度不整合-假整合面伏于震旦系之下,是一套钙质板岩-大理岩段(锆石 U-Pb 年龄为 933.2 Ma, Rb-Sr 年龄为 921 Ma),黑色炭质板岩段(Rb-Sr 年龄为 855 Ma, 锆石 U-Pb 年龄为 845.4 Ma),火山碎屑岩段(锆石 U-Pb 年龄为 827.9 Ma, Re-Sr 年龄为 830 Ma)等标志层段延展稳定、层位不变,并构成了有别于其他地层成层有序的特定岩石组合(唐晓珊等,1994)。刘海臣等对五强溪采用全岩 Pb 同位素测定其等时线年龄为 $1\,335 \pm 124$ Ma (刘海臣等,1994)。

在赣北与之对应的落可崇组以紫红色凝灰质砾岩、凝灰质砂岩、层凝灰岩夹火山角砾岩及中酸性火山岩为主的磨拉石建造。仅零星分布于武宁落可崇一带,与下伏双桥山群及上覆莲沱组均呈角度不整合接触(刘亚光等,1997)。

2.1.2 怀玉山构造域 该构造域指赣东北碰撞带与江绍碰撞带所夹持的复杂地带。除了蛇绿岩被认为属中元古代晚期外,主要出露中元古界双溪坞群。以安山岩-英安岩-流纹岩建造为主体的中、酸性火山岩夹沉积岩,上部见紫红色熔结凝灰岩夹含角砾碎屑,具陆相喷发特点。

2.2 扬子板内变形

前震旦纪浅变质岩系中的构造变形一般认为存在 3 期,局部出现 4 期(马长信等,1992),实质上在图面上表达并确定形成于震旦纪之前的迄今为止发现只有 2 个世代的构造形迹,即早期近 SN—NW 向褶皱系统与晚期近 EW—NE 向构造系统(章泽军

等,1998)。

2.2.1 近 SN—NW 向褶皱 近 SN 向—NW 向褶皱变形较弱。从赣北向西至湘、鄂,向东入皖、浙均可寻其踪迹。与之伴生的劈理、断裂等分割性构造以及次级褶皱极不发育或至今尚未被识别。从区域上看,在赣西北北部轴迹弯转曲折,展现多种形态,以致在露头尺度上难以辨认其存在。赣西北南部 SN 向褶皱清晰可辨,保留完好。其从赣西北向东至赣东北则变为 NW 向。枢纽波状起伏,大致以 $1 \sim 2$ km 的间距扬起、倾伏交替变更为基本特征。横剖面上呈开阔简单型,或个别略显为同斜倒转。

2.2.2 近 EW—NE 向构造系统 近 EW—NE 向构造系统以褶皱变形为主,与此伴生的断裂次之。

近 EW—NE 向褶皱广为分布,变形强烈。从赣西北至赣东北总体由近 EW 向渐变为 NE 向展布,由一系列不同级别、且两翼多被不同级别的次级褶皱所复杂化的同斜紧闭褶皱所组成。除了小褶皱枢纽呈近 EW 向展布指示早期近 SN 向褶皱的存在外(Ggish 等,1992),可见到 NE 向褶皱横跨叠加早期 NW 向褶皱。

赣西北侵位于近 EW 向褶皱核部的山口-漫江花岗岩岩体,单颗粒锆石直接蒸发年龄 846 ± 7 Ma、 805 ± 25 Ma,与九岭复式岩体年龄值 937 Ma、 874 Ma 和 759 Ma 一致(刘细元,1997),说明晚期褶皱应在 800 Ma 之前形成。

2.3 华夏板块

古元古代地层主要分布在闽浙龙泉与陈蔡地区,分别称之为八都群、陈蔡群。根据侵位于闽北八都群(麻源群)主要为黑云斜长变粒岩、黑云石英片岩、黑云片岩和少量斜长角闪岩,根据侵位于八都群中的淡色花岗闪长岩锆石 U-Pb 年龄值为 $1\,878 \pm 27$ Ma (胡雄健等,1993)及地质特征,属古元古代。上覆中元古界龙泉群(马面山群)下部为斜长角闪岩、微晶纳长(二长)变粒岩,上部由十字石榴云母斜长石英变粒岩、云母石英片岩、石榴云母片岩、大理岩和石英岩组成。与下伏八都群以大型韧性剪切带为界(徐志刚,1995)。

浙江诸暨一带的陈蔡群变质程度为角闪岩相。斜长角闪岩中颗粒锆石蒸发年龄为 $1\,945.7 \pm 2.5$ (-2.6) Ma 和 $2\,641 \pm 9.4$ (-9.5) Ma,片麻状花岗闪长岩颗粒锆石 U-Pb 法年龄为 220 Ma、 835 Ma、 $1\,752$ Ma、 $1\,782$ Ma 和 $2\,381$ Ma。结合变质变形特点及区域对比厘定为古元古代(金文山,1997)。

就沉积建造而言,华南中元古代之前呈分别在龙泉、星子等地剥蚀成古陆,继此之后大范围沉积,并在中元古代末造山为陆。新元古界以板溪群为代

表的沉积域显然缩小,在赣北除局部残存磨拉石建造之外,几乎没有沉积记录,造成大范围内震旦纪直接不整合于中元古界双桥山群之上。

3 构造演化

在华南元古宙物质记录中,留存有3个构造事件界面,界面I为中元古界与古元古界之间的不整合面,界面II为新元古界与中元古界之间的不整合面,界面III为新元古界内部震旦系与青白口系之间。这三个界面及其由它们所分隔的岩石地层系统诸存在着全部华南构造演化的信息。

3.1 古元古代构造演化阶段

现位浙西南龙泉一带的八都群、陈蔡群、赣北星子群以及鄂西北崆岭群具有大致相同的地质背景,同位素年龄多在1 800~2 500 Ma之间,无疑为古元古代物质记录。其中八都群、星子群与上覆中元古界为角度不整合接触或断层接触(谢国刚,1997)。这一界面可能标志着吕梁造山运动的结果,使其现位的龙泉、星子等地上升为陆,部分区域仍在接受沉积。来自古地磁信息表明,华北、扬子和华夏三板块从古元古代到中元古代早期的APWPs特征基本一致,运移方向相近,古纬度接近,即从北纬的10°左右穿过赤道到南纬的中低纬度区,表明这几个板块关系非常密切,很可能处于统一的陆壳块内(舒良树等1993)。

3.2 中元古代构造演化阶段

华南中元古代裂解在扬子东南部与华夏板块北缘相继发育中元古代、新元古代早期岛弧-弧后盆地型火山-沉积建造(程海,1991;周新民等,1989;舒良树,1993),两板块拼贴碰撞于1 100~800 Ma之间(程海,1991;沈忠悦,1999;周新民,1989;徐志刚,1995),很可能在中元古代晚期“赣皖浙古海湾渐趋作剪刀式收缩”,即赣东北碰撞带与江绍碰撞带相继闭合。与之伴随蛇绿岩侵位以及花岗岩、火山岩等一系列热液活动。这种相继碰撞产生的碰撞力向板内传递,形成了相应的两期褶皱叠加。在区域上形成板溪群不整合覆于中元古界之上,这一界面就是晋宁运动的记录。

3.3 新元古代构造演化阶段

新元古代物质记录区已明显缩小,此时赣北广大区域仅在武宁落可寨村局部残存,新元古界与下伏中元古界为不整合接触。

南口纪晚期至1 500 Ma以后,华北、华夏板块极移曲线与扬子板块极移曲线具有较大差别,前二者向北西绕行,构成一个向北突出的弧形于北纬0°附近到最高10°区间游移,而扬子板块则转向西南

方向,中元古代晚期又相互靠近。多在南纬10°~30°间游移。舒良树等(1993)的研究结果表明,1 515±241 Ma时九岭地体位于南纬24.6°。显然支持了上述推论。这说明中元古代时扬子板块相对华夏板块、华北板块有过一定距离的分开或旋转运动。形成裂陷槽这一阶段江南古陆与扬子板块属于同一陆块。

4 讨论与结论

4.1 不整合界面与构造运动的关系

构造运动存在与否的主要判别标志是角度不整合界面,但对于前震旦纪而言,历经多次构造的叠加与改造, P_{t1}/P_{t2} 、 P_{t2}/P_{t3} 、 P_{t3}/Z 等之间的原始角度不整合界面几乎不可能存在,只能根据构造变动较弱地带所残留的部分信息及构造学、地层学、年代学等综合分析加以确定。例如赣西北原称修水群与双桥山群为角度不整合的修水县城观音阁剖面就是其典型例证,地层学家所认定的角度不整合面,实质上为断层接触,并非构造变动前的接触关系,详细的1:5万区域地质调查已证明区域上二者为整合接触,且无论从构造样式或是地球化学特征,均判别“修水运动不成立”。在华南前震旦纪类似于这类构造运动界面甚多,是一个有待统一的问题。

一个构造界面是否对应一次构造运动是值得探讨的问题。按板块构造理论,任何一次造山作用都是在一定时间尺度内连续发生,只是随着时间的推移,不同区域其构造运动表现的内容不同而已。在特定条件下造山作用可能留下两个或多个不整合面(郝杰,1992),赣北落可寨组之上下两个角度不整合界面均为晋宁运动所为就是其典型例证。一次构造运动在所波及的范围内并非同时出现,如四堡运动、梵净山运动、武陵运动等就有可能是晋宁运动在不同地区的相继表现形式。因此,华南前震旦纪继吕梁运动之后的晋宁运动是一次时间跨度较长(200~300 Ma),涉及范围较广,碰撞带及板内变形齐全、完全可以与全球格林威尔造山运动对比的造山事件(Li,1995;郭进京等,1999;陆松年,1998;李江海等,1999)。

4.2 关于碰撞带内不同时代混杂堆积的讨论

许靖华(1980,1987)曾提出,板溪群是蛇绿混杂岩可能是从碰撞带中推出来的。并有证据说明碰撞于印支期或中生代。随后徐树桐等(1993)在皖南前震旦纪变质岩中发现古生物化石,支持了许靖华等的结论,并提出“江南古陆”不存在。特别是1995年后,赵崇贺等相继在赣东北断裂带蛇绿混杂岩中发现含晚古生代放射虫硅质岩及相应的古生物化石

(赵崇贺等,1995;杨晓松等,1997;周正国,1999),由此得出“板溪群”不是前震旦纪的一个变质地层,而是一个复杂岩带,进一步说明江南古陆不存在(何科昭等,1999)。但这一结论并未得到多数学者的支持。李曰俊等认为,板溪群是一套成层有序、呈面状分布的正常的沉积地层(刘海臣等,1994;李曰俊等,1994;任纪舜,1990)。1:5万详细的区域地质调查成果也排除了“兰田构造窗”^①等之类的说法。实质上,愈来愈多的事实进一步肯定了前震旦纪碰撞造山以及由此奠定的基本构造格局与演化(李曰俊等,1994;任纪舜,1990;程裕淇等,1994;马长信,1988;凌洪飞等,1996;邓家瑞,1998;汪新等,1989;王昆等,1993)而碰撞带内古生代地层等组分只不过是晋宁期之后构造叠加的结果。

4.3 结论

根据以上分析与讨论,可以得出以下基本结论:

(1)华南在中元古代之前并未分离,其中龙泉、星子等地域在古元古代末时曾经上升为古岛,遭受过剥蚀,即为吕梁运动留下的痕迹。

(2)晋宁运动为华南区域性持续运动,其时限为1100~800 Ma,在此期间,不同的区域有可能形成一个或多个构造不整合界面。碰撞造山带及其蛇绿混杂岩、花岗岩、火山岩等热液事件以及板内构造变形组成一个构造事件群,与格林威尔运动相当。

(3)碰撞带具有多期构造叠加,其内的硅质岩及其含古生物化石的混杂体是后期构造叠加的结果,不能由此否定呈面状分布、成层有序的前震旦纪浅变质地层的客观存在。

参 考 文 献

- 陈思本,徐祖丰. 1988. 赣东北前震旦纪变质火山岩的同位素年龄及其地质意义. 中国区域地质, 7(2):187~188.
- 程海,胡世玲,唐朝辉. 1991. 赣东北铁砂街变质混杂岩块的同位素年代. 中国区域地质, 10(2):151~154.
- 程海. 1991. 浙西北晚元古代早期碰撞造山带的初步研究. 地质论评, 37(3):203~213.
- 程裕淇主编. 1994. 中国区域地质概论. 北京:地质出版社, 458.
- 邓家瑞,张志平. 1998. 华夏古陆晚前寒武纪的活动痕迹. 前寒武纪研究进展, 21(2):46~53.
- 邓家瑞,张志平. 1998. 闽、浙、赣、皖前寒武纪构造格局探讨. 地质论评, 44(6):561~567.
- 郭进京,张国伟,陆松年等. 1999. 中国新元古代大陆拼合与 Rodinia 超大陆. 高校地质学报, 5(2):148~156.
- 郝杰,李曰俊,胡文虎. 1992. 晋宁运动和震旦系有关问题. 中国区域地质, 11(2):131~140.
- 何科昭,赵崇贺,乐昌硕等. 1999. “板溪群”构造属性的再思考. 地学前缘, 4(4):353~362.
- 胡雄健,许金坤,童朝旭等. 1993. 浙西南 19 亿年花岗闪长岩的地质特征及其发现意义. 地质论评, 39(6):557~563.

- 华仁民. 1988. 赣东北深大断裂带形成机制的讨论. 南京大学学报, 24(1):62~69.
- 金文山,孙大中主编. 1997. 华南大陆深部地壳结构及其演化. 北京:地质出版社, 7, 133~167.
- 李江海,穆剑. 1999. 我国境内格林威尔期造山带的存在及其对中元古代末期超大陆再造的制约. 地质科学, 34(3):259~272.
- 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.
- 李曰俊,郝杰,鲁刚毅等. 1994. 论板溪群与板溪蛇绿混杂岩. 地质论评, 40(2):97~105.
- 凌洪飞,沈渭洲,章邦桐. 1996. 浙闽前寒武纪基底地壳的形成和增长时代. 地质论评, 42(3):232~238.
- 刘海臣,朱炳泉. 1994. 湘西板溪群及冷家溪群的时代研究. 科学通报, 39(2):148~150.
- 刘细元. 1997. 江西九岭中元古代地层变形变质特征及其演化序列. 前寒武纪研究进展, 20(2):58~65.
- 刘亚光主编. 1997. 江西省岩石地层. 武汉:中国地质大学出版社, 28~29.
- 陆松年. 1998. 新元古时期 Rodinia 超大陆研究进展述评. 地质论评, 44(5):489~495.
- 马长信,刘荣贵,吕桂德. 1992. 赣东北前震旦纪地质. 北京:地质出版社, 223.
- 马长信,项新葵. 1993. 赣东北前寒武纪变质地层铍模式年龄初步研究. 地质科学, 28(2):145~150.
- 马长信. 1988. 江西北部前寒武纪地壳演化特征与成矿作用的关系. 中国区域地质, 7(1):37~43.
- 任纪舜. 1990. 论中国南部的大地构造. 地质学报, 64(4):275~288.
- 沈渭洲,凌洪飞,李武显等. 2000. 中国东南部花岗岩类的 Nd 模式年龄与地壳演化. 中国科学(D辑), 30(5):471~478.
- 沈忠悦,方大钧,叶瑛等. 1999. 江山-绍兴碰撞带的磁组构特征及其构造地质意义. 科学通报, 44(10):1093~1098.
- 舒良树,孙岩,李雅绵. 1993. 江南造山带中段古地磁特征与构造意义. 南京大学学报, 29(1):125~134.
- 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,周国庆. 1988. 赣东北元古代地体拼贴带中高压变质矿物的发现及其构造意义. 南京大学学报(自然科学), 24(3):421~429.
- 水涛,徐步阶,梁如华等著. 1988. 中国浙闽变质基底地质. 北京:科学出版社, 74.
- 唐红峰,李武显,周新民. 1998. 浙赣皖交界区新元古代火山-沉积岩系的比较. 地质学报, 72(1):34~41.
- 唐红峰,张光辉,周新民等. 1997. 一个造山后花岗岩基:石耳山花岗岩的形成时代和成因. 南京大学学报(自然科学), 33(4):587~595.
- 唐红峰,周新民,支利庚. 1997. 皖南许村晚元古代复合岩墙群的出现及其意义. 科学通报, 42(1):64~66.
- 唐晓珊,黄建中,何开善. 1994. 论湖南板溪群. 中国区域地质, 13(3):274~277.
- 汪新,马瑞士. 1989. 怀玉山蛇绿混杂岩及碰撞缝合线的确定. 南京大学学报(地球科学), 1(1):72~81.
- 王昆,吴安国,张玉清. 1993. 江西省区域地质概论. 中国区域地质, 12(3):200~210.
- 谢国刚,李均辉,李武显等. 1997. 庐山前震旦纪岩石中锆石 U-Pb 法定年龄与其地质意义. 地质科学, 32(1):110~115.
- 谢国刚. 1997. 论江西双桥山群的底界问题. 中国区域地质, 16(4):410~414.

① 安徽 332 地质队. 兰田幅、休宁幅、屯溪幅 1:5 万区调报告.

邢凤鸣,徐祥,陈江峰等. 1992. 江南古陆东南缘晚元古代大陆增生史. 地质学报, 66(1):59~72.

徐备,乔广生. 1989. 赣东北晚元古代蛇绿岩套的 Sm-Nd 同位素年龄及原始构造环境. 南京大学学报, 25(3):410~416.

徐备. 1990. 论赣东北—皖南晚元古代沟弧盆体系. 地质学报, 64(1):33~42.

徐树桐,陈冠宝,陶正等. 1993. 皖南变质岩中古生物化石及其大地构造意义. 中国科学(B辑), 23(6):652~658.

徐夕生,周新民. 1992. 华南前寒武纪 S 型花岗岩类及其地质意义. 南京大学学报(自然科学), 28(3):423~432.

徐志刚. 1995. 华南晚前寒武纪剪刀式开合构造及其动力学. 地质学报, 69(4):285~295.

许靖华,孙枢,李继亮. 1987. 是华南造山带而不是华南地台. 中国科学(10):1107~1115.

许靖华. 1980. 薄壳板块构造模式与冲撞型造山运动. 中国科学, (11):1081~1089.

许靖华. 1987. 中国南方大地构造的几个问题. 地质科技情报, 6(2):13~27.

杨晓松,薛重生,张克信等. 1997. 赣东北浅变质岩系中微体古生物化石及其大地构造意义. 科学通报, 42(4):409~412.

叶德隆,邓晋福,孙平等. 1991. 皖南蛇绿岩的初步研究. 地球科学, 16(2):143~152.

章邦桐,凌洪飞,沈渭洲等. 1990. 浙江绍兴西裘双溪坞群细碧-角斑岩的 Sm-Nd 等时线年龄. 南京大学学报, 26(1):70~78.

章泽军,曾佐勋,张雄华. 1998. 论赣西北中元古界双桥山群构造样式地层序列及地质意义. 中国区域地质, 17(4):365~370.

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.

赵凤清,金文山,甘晓春等. 1997. 赣东北-浙西北登山群和松本坞群中火山岩的地球化学. 前寒武纪研究进展, 20(2):51~57.

周国庆,赵建新. 1991. 华南扬子克拉通东南缘赣东北蛇绿岩的 Sm-Nd 同位素研究. 科学通报, 36(2):129~132.

周国庆. 1989. 赣东北元古代蛇绿岩和高温高压变质岩的发现及意义. 南京大学学报, 25(2):25~35.

周新民,朱云鹤. 1992. 江绍断裂带的岩浆混合作用及其两侧的前寒武纪地质. 中国科学(B辑), (3):296~303.

周新民,邹海波,杨杰东等. 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(2):135~140.

周正国,乐昌硕,何科昭等. 1999. 赣东北登山群中新发现几丁虫化石及其意义. 科学通报, 44(4):435~435.

References

Cheng Hai, Hu Shiling, Tang Zhaohui. 1991. New recognition on the isotopic geochronology of the Tieshajie group in the southern part of northeastern Jiangxi. Regional Geology of China, 10(2):151~154 (in Chinese).

Cheng Hai. 1991. The late proterozoic collision orogen in northwestern Zhejiang province. Geological Review, 37(3):203~213 (in Chinese).

Cheng Yuqi editor of chief. 1994. Generality on regional geology of China. Beijing Geological Publishing House 458 (in Chinese).

Chen Shibei, Xu Zhufeng. 1988. Isotopic age of presinian metamorphic volcanic rock in northeastern Jiangxi and its geological significance. Regional Geology of China, 7(2):187~188 (in Chinese).

Deng Jiarui, Zhang Zhiping. 1998. Late precambrian tectonic framework in Fujian, Zhejiang and Jiangxi. Geological Review, 44(6):561~567 (in Chinese with English abstract).

Deng Jiarui, Zhang Zhipin. 1998. The active trace of late precambrian in Cathaysia. Progress in Precambrian Research, 21(2):46~53 (in

Chinese with English abstract).

Ggish S K, Mandal N, Khan D, Deb S K. 1992. Modes of superposed buckling in single layers controlled by initial tightness of early folds. Journal of Structural Geology, 14(4):381~394.

Ggish S K, Mandal N, Khan D, Deb S K. 1992. Modes of superposed buckling in single layers controlled by initial tightness of early folds. Journal of Structural Geology, 14(4):381~394.

Guo Jinjing, Zhang Guowei, Lu Songnian et al. 1999. Neoproterozoic continental block collage of China and rodonia supercontinent. Geological Journal of China Universities, 5(2):148~156 (in Chinese with English abstract).

Hao Jie, Li Yuejun, Hu Wenhui. 1992. Problems related to the Jinning movement and the Sinian system. Regional Geology of China, 11(2):131~140.

He Kezhao, Zhao Chonghe, Le Changshou et al. 1999. Reexamination and impressions on "Banxi group". Earth Science Frontiers, 6(4):353~362 (in Chinese with English abstract).

Hsü K J. 1980. Thin-skinned plate-tectonic model for collision-type orogenesis. Scientia Sinica, (11):1081~1089.

Hsü K J, Sun Shu, Li Jiliang. 1987. Huanan Alps, not south China Platform. Scientia Sinica (Ser. B), (10):1107~1115.

Hsü K J. 1987. Several problems on tectonic of south China. Geological Science and Technology Information, 6(2):13~27.

Hu Xiongjian, Xu Jinkun, Tong Chaoxu et al. 1993. The geological characteristics of 1.9 Ga granodiorite in southwestern Zhejiang and its significance. Geological Review, 39(6):557~563 (in Chinese).

Hua Renmin. 1988. A discussion on the forming mechanism of northeast Jiangxi deep fault. Journal of Nanjing University (earth sciences edition), 24(1):62~69 (in Chinese).

Jing Wenshan, Shun Dazhong editor of chief. 1997. Continental deep crustal structure and its evolution in southern China. Beijing Geological Publishing House, 7:133~167 (in Chinese with English abstract).

Li Jianghai, Mu Jian. 1999. Tectonic constraints from chinese cratonic blocks for the reconstruction of rodonia. Scientia Geologica Sinica, 34(3):259~272 (in Chinese with English abstract).

Li Xianhua. 2000. Geochemical features of silicalite within ophiolite melange belt in northeastern Jiangxi and its tectonic significance. Scientia Sinica (D), 30(3):284~290 (in Chinese with English abstract).

Li Yuejun, Hai Jie, Lu Gangyi. 1994. The Banxi group and the Banxi ophiolite melange. Geological Review, 40(2):97~105 (in Chinese).

Li Z X, Zhang L H, Christopher McA Powell. 1995. South China in Rodinia: part of the missing link between Australia-East Antarctica and laurentia? Geology, 23(5):407~410.

Li Z X, Zhang L H, Christopher McA Powell. 1995. South China in Rodinia: part of the missing link between Australia-East Antarctica and laurentia? Geology, 23(5):407~410.

Ling Hongfei, Shen Weizhou, Zhang Bangtong. 1996. The formation and accretion ages of the precambrian crustal basement in Zhejiang and Fujian provinces. Geological Review, 42(3):232~238 (in Chinese with English abstract).

Liu Haicheng, Zhu Binquan. 1994. Study on the age of Banxi and Lengjiaxi group in western Hunan province. Chinese Science Bulletin, 39(2):148~150 (in Chinese).

Liu Xiyuan. 1997. The characteristics of deformation and metamorphism for the mesoproterozoic stratum and its evolutionary series in the Jiuling area Jiangxi province. Progress in Precambrian Research, 20(2):58~65 (in Chinese with English abstract).

Liu Yaguang editor of chief. 1997. Stratigraphy (lithostratic) of Jiangxi

- province. Wuhan: China University of Geosciences Press, 28~29 (in Chinese with English abstract).
- Lu Songnian. 1998. A review of advance in the research on the neoproterozoic rodinia supercontinent. *Geological Review*, 44(5): 489~495.
- Ma Changxin, Xiang Xinkui. 1993. Preliminary study of the Nd isotopic model ages of the precambrian metamorphic stratum in northeastern Jiangxi province. *Scientia Geologica Sinica*, 28(2): 145~150 (in Chinese).
- Ma Changxin. 1988. The characteristics of the evolution of the precambrian crust in northern Jiangxi and their relationship with mineralization. *Regional Geology of China*, 7(1): 37~43 (in Chinese).
- Ma Changxing, Liu Ronggui, Li Guide. 1992. Pre-Sinian period geology in northeastern Jiangxi. Beijing: Geological Publishing House, 223 (in Chinese).
- Ren Jishun. 1990. On the geotectonics of southern China. *Acta Geologica Sinica*, 64(4): 275~288 (in Chinese).
- Shen Weizhou, Ling Hongfei, Li Wuxian et al. 2000. Nd isotopic model ages of granite rock in southeastern China and crustal evolution. *Scientia Sinica (D)*, 30(5): 471~478.
- Shen Zhongrue, Fang Dajun, Ye Ying et al. 1999. Paleomagnetism features in Jiangshan-Shaoxin collision belt and its tectonic significance. *Chinese Science Bulletin*, 44(10): 1093~1098 (in Chinese with English abstract).
- Shu Liangshu, Sun Yan, Li Yiajin. 1993. Paleomagnetism features and its tectonic significance in the middle part of the Jiannan belt, South China. *Journal of Nanjing University (Natural Sciences Edition)*, 29(1): 125~134 (in Chinese).
- Shu Liangshu, Zhou Guoqing, Shi Yangsheng et al. 1993. High-pressure metamorphic blueschist and its tectonic significance in the eastern part of the Jiannan belt. *Chinese Science Bulletin*, 38(20): 1879~1883 (in Chinese).
- Shu Liangshu, Zhou Guoqing. 1988. The first discovery of the high-pressure minerals in the collage zone of proterozoic terrains in north Jiangxi and its tectonic significance. *Journal of Nanjing University (Natural Sciences Edition)*, 24(3): 421~429 (in Chinese).
- Shui Tao, Xu Bujie, Liang Ruhua et al. 1988. Geology of metamorphic basement in Zhejiang and Fujian province of China. Beijing: Science Press, 74 (in Chinese).
- Tang Hongfei, Zhang Guanghui, Zhou Xinmin et al. 1998. A post-orogenic granite batholith: the age and genesis of Shiershan granite. *Journal of Nanjing University (natural sciences edition)*, 33(4): 587~593 (in Chinese with English abstract).
- Tang Hongfeng, Li Wuxian, Zhou Xinmin. 1998. Comparison of neoproterozoic volcanic-sedimentary rocks from the Zhejiang-Jiangxi-Anhui border area. *Acta Geologica Sinica*, 72(1): 34~41 (in Chinese with English abstract).
- Tang Hongfeng, Zhou Xinmin, Zhi Liying. 1997. Discovery of late proterozoic composited rock wall cluster in Xuchen, southern Anhui and its geological significance. *Chinese Science Bulletin*, 42(1): 64~66 (in Chinese with English abstract).
- Tang Xiaoshan, Huang Jiangzhong, He Kaishan. 1994. On the Banxi group in Hunan. *Regional Geology of China*, 13(3): 274~277 (in Chinese).
- Wang Kun, Wu Anguo, Zhang Yuqing. 1993. A brief account of regional geology of Jiangxi province. *Regional Geology of China*, 12(3): 200~210 (in Chinese).
- Wang Xin, Ma Ruishi. 1989. The discovery of an ophiolite melange and fossil collision suture in Huaiyushan. *Journal of Nanjing University (earth sciences edition)*, 1(1): 72~81 (in Chinese).
- 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 edition)*, 25(3): 41~416 (in Chinese).
- Xu Xisheng, Zhou Xinmin. 1992. Precambrian s-type granitoids in south China and their geological significance. *Journal of Nanjing University (natural sciences edition)*, 28(3): 423~433 (in Chinese).
- Xie Guogang, Li Junhui, Li Wuxian et al. 1997. U-Pb zircon dating of presinian rocks at Lushan Mt. and its geological implication. *Scientia Geologica Sinica*, 32(1): 110~115 (in Chinese).
- Xie Guogang. 1997. On the lower boundary of the Shuangqiaoshan group in Jiangxi. *Regional Geology of China*, 16(4): 410~414 (in Chinese with English abstract).
- Xing Fengming, Xu Xiang, Chen Jiangfeng et al. 1992. The late proterozoic continental accretionary history of the southeastern margin of the Yangtze platform. *Acta Geologica Sinica*, 66(1): 59~72 (in Chinese).
- Xu Bei. 1990. The late proterozoic trench-basin-arc system in northeastern Jiangxi-southern Anhui provinces. *Acta Geologica Sinica*, 64(1): 33~42.
- Xu Shutong, Cheng Guanbao, Taozheng et al. 1993. Discovery of fossil in metamorphic rock in southern Anhui province and its tectonic significance. *Scientia Sinica (D)*, 23(6): 652~658 (in Chinese).
- Xu Zhigang. 1995. Late precambrian scissors-type opening-closing tectonics and its dynamics in south China. *Acta Geologica Sinica*, 69(4): 285~293 (in Chinese with English abstract).
- Yang Xiaosong, Xue Chongsheng, Zhang Kexin et al. 1997. Microfossil in epimetamorphic rock in northeastern Jiangxi and its tectonic significance. *Chinese Science Bulletin*, 42(4): 409~412 (in Chinese with English abstract).
- Ye Delong, Deng Jinfu, Sun Ping et al. 1991. A preliminary study of the Wannan ophiolite, Anhui province. *Earth Science*, 16(2): 143~152 (in Chinese).
- Zhang Bangtong, Ling Hongfei, Shen Weizhou et al. 1990. Sm-Nd isochronic age of spilite-keratophyre of shuangxiwu group in Xiqiu, Shaoxing, Zhejiang province. *Journal of Nanjing University (Earth Sciences Edition)*, 26(2): 9~14 (in Chinese).
- Zhang Zejun, Zeng Zuoxun, Zhang Xionghua. 1998. Structural style and stratigraphical sequence of the middle proterozoic Shuang qiaoshan group in northwestern Jiangxi and their geological significance. *Regional Geology of China*, 17(4): 365~370 (in Chinese with English abstract).
- Zhao Chonghe, He Kezhao, Mo Xuanxue et al. 1995. Discovery of silicite with late paleozoic radiolaria within ophiolite melange zone of northeastern Jiangxi deep fault and its significance. *Chinese Science Bulletin*, 40(23): 2161~2163 (in Chinese with English abstract).
- Zhao Fengqing, Jin Wenshan, Gan Xiaochun et al. 1997. Geochemistry of the volcanics in dengshan group and songmuwu group from northeast Jiangxi Province and northwest Zhejiang province. *Progress in Precambrian Research*, 20(2): 51~57 (in Chinese with English abstract).
- Zhou Guoqing, Zhao Jianxin. 1991. Study on Sm-Nd isotopic age of ophiolite in northeastern Jiangxi province, located at southeastern margin of Yangtze craton, southern China. *Chinese Science Bulletin*, 36(2): 129~133 (in Chinese).
- Zhou Guoqing. 1989. The discovery and significance of the northeastern Jiangxi ophiolite and relevant high temperature-high pressure metamorphic rocks. *Journal of Nanjing University (earth sciences edition)*, 25(2): 25~35 (in Chinese).
- Zhou Xinmin, Zhou Haibo, Yang Jiedong et al. 1989. Sm-Nd isochrone age of ophiolites in Fuchuan of Xi county, Anhui province and its geological implication. *Chinese Science Bulletin*, 34(16): 1243~1245 (in Chinese).
- Zhou Xinmin, Zhu Yunhe. 1992. Magmatic mixing in Jiangshan-Shaoxin fault and precambrian geology at its two sides. *Scientia Sinica (B)*, (3): 296~303 (in Chinese).
- Zhou Zhengguo, Yue Changshuo, He Kezhao et al. 1999. Fresh discovery of chitinozoa fossils in Dengshan group in northeastern and its significance. *Chinese Science Bulletin*, 44(4): 435~435 (in Chinese with English abstract).