

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

早古生代镇浙地块与秦岭多岛小洋盆的演化

殷鸿福 黄定华

(中国地质大学, 武汉)



本文根据古地理、古生物地理、古地磁、地球化学及火山岩工作成果, 提出镇安-浙川地块是早古生代自南秦岭裂离而较早缝合于北秦岭的一小型地块、早古生代秦岭是个多岛小洋盆, 具有包括镇浙地块在内的五列岛屿。由于扬子、华北板块及其间列岛的同向不等速漂移, 导致了缝合过程不同于经典的板块碰撞, 这是特提斯多岛洋盆缝合的一大特点, 以此解释东秦岭加里东期“碰撞而不造山”的问题。

关键词 东秦岭多岛小洋盆 加里东运动 镇浙地块

我们近年来的工作表明, 南秦岭北部的镇安-浙川构造岩相带(下文称镇浙地块), 在早古生代曾裂离扬子板块而较早与华北板块南部大陆边缘的北秦岭岛弧带缝合。本文提出了加里东期秦岭多岛小洋盆的闭合过程并不同于经典模式, 这样就可以解释加里东期末南秦岭与华北缝合而不造山的问题。

1 镇浙地块从扬子板块裂离向北秦岭缝合

1.1 古地理的论证

镇浙地块是指东秦岭商丹对接带以南, 沿凤县镇安断裂向东经赵川、关防滩一线以北的地区, 是中、南秦岭早古生代的相对隆起单元。在宁陕-白河一线以北是它的南斜坡; 包括宁陕、白河、安康等地为凹陷单元, 往南紫阳-平利带及高滩-兵房街带在寒武纪时为扬子台缘斜坡, 奥陶纪时裂陷为半深海-深海相, 并以城口-房县弧形断裂带与扬子板块相接。从未经构造复原的古地理图(图1)可以看出, 镇浙地块在寒武纪伊始为出露海面的小型古陆, 经早寒武世早期短暂海侵后, 于早寒武世中期至早、中奥陶世为水下高地, 接受碳酸盐台地及潮坪沉积, 显然浅于宁陕-安康裂陷带, 称为镇浙地块。从寒武纪早期到晚期, 底栖三叶虫群落从镇浙地块不断向南推进, 而漂游群落不断退缩, 说明该地块海水不断变浅, 地壳逐步抬升^[1]。奥陶纪时, 其南宁陕-白河及紫阳-平利带裂陷加剧, 伴有双峰式火山岩喷发、镇浙地块从扬子板块裂离而逐渐向北秦岭靠近, 从沉积缺失时间看, 本地

注: 本文系国家自然科学基金项目资助(编号 49290100)。

本文 1994 年 1 月收到, 1995 年 2 月改回, 王毅编辑。

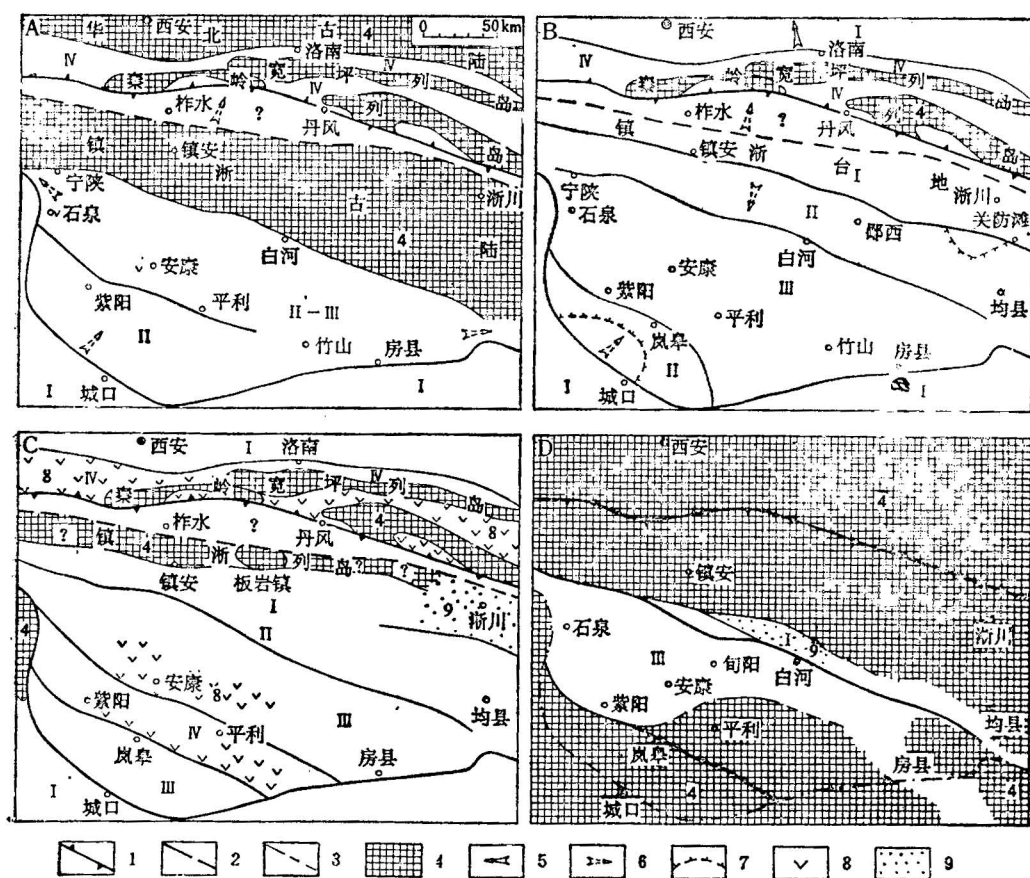


图1 东秦岭早古生代古地理略图

Fig. 1 Sketch map of Early Palaeozoic palaeogeography of East Qinling

A 寒武纪伊始(梅树村期); B 早寒武世晚期; C 中、晚奥陶世; D 晚志留世; I. 碳酸盐台地及滨岸相; II. 碳酸盐陆棚; III. 外陆棚及半深海硅灰质、泥灰质及碳硅泥质相; IV. 深海复理石、放射硅质岩、火山岩相; 1. 缝合线; 2. 同沉积或后生断裂; 3. 相界; 4. 蚀蚀区; 5. 海侵方向; 6. 海退方向; 7. 水下隆起; 8. 火山岩, 在C图中包括奥陶-志留纪火山岩; 9. 滨岸碎屑岩

A Earliest Cambrian (Méishucun Stage); B Early Cambrian; C Middle-Late Ordovician; D Late Silurian; I. carbonate platform and littoral facies; II. carbonate shelf; III. outer shelf and bathyal siliceous-calcareous, marly and carbonaceous-siliceous-argillaceous facies; IV. abyssal flysch, siliceous radiolarites and volcanic facies; 1. suture line; 2. syndepositional or subsequent fault; 3. facies boundary; 4. erosional area; 5. direction of transgression; 6. direction of regression; 7. submarine uplift; 8. volcanics, including Ordovician-Silurian volcanics in map C; 9. littoral clastics

块镇安-板岩镇断裂以北缺晚奥陶世-早泥盆世沉积,而断裂以南沉积至中志留世才结束,仅缺晚志留世至早泥盆世早期沉积,与南秦岭其它区相似,表明镇浙地块断裂以北的部分成陆较其以南地区早,可能从晚奥陶世起至早泥盆世均为陆地。从地块局部地区及地块南侧志留泥盆纪接受了来自华北及扬子的双源沉积看,此陆地应已与北秦岭缝合。至中泥盆世海侵时,本区又形成一系列岛屿,该岛屿体系域可西延至甘肃宕昌^[2]。

1.2 古生物地理的论证

表 1 综合了东秦岭早古生代的古生物区系资料。其中, 属于华北板块的鄂尔多斯南缘陇县、耀县、铜川(陇、耀、铜)一带与秦岭紧邻, 生物区关系密切。镇浙地块及其南斜坡带自东而西包括南召-青山(南)、浙川-邓县(浙)、均县-丹江(均)、山阳-商南(山)、凤县-红花铺(凤)等地。这些在表中均予注明。在秦岭内部区划方面, 将紫阳-平利和高滩-兵房街两带合并为一, 代表扬子北缘的斜坡带; 宁陕-安康带代表扬子板块与镇浙地块之间的裂陷带, 其化石保存不佳, 研究也较差。

从表 1 可以明显看出, 以宁陕-安康裂陷带为界, 以南的紫阳、高滩两带在早古生代一直属于扬子生物区系, 是扬子板块外缘斜坡带上以漂游型为主或漂游、底栖混合的生态区。镇浙地块则不同, 下面按时代详述之。

早寒武世的梅树村期和筇竹寺期, 海水未达华北南缘, 秦岭各区具有与扬子区相似的三叶虫、软舌螺及其它带壳化石, 因不能与华北比较, 故未列入表内。早寒武世沧浪铺及龙王庙期, 扬子与华北的生物分区性不明显; 秦岭各区虽漂游三叶虫偏多, 但那是水深导致的生态分异而非古生物地理分异。镇浙地块于中、晚寒武世开始, 含有华北分子, 如中寒武世均县小区 22 个国内已知的底栖三叶虫属中, 见于扬子及华南的有 19 个, 见于华北的 11 个, 见于塔里木的 9 个, 其中 *Mapania*, *Luia*, *Lisaniella* 及 *Peronopsis*, *Anomocarella* 的一些种以分布于华北为主。晚寒武世均县小区的五个三叶虫属中, *Bergeronites* 见于华北及扬子, *Mansuyia* 见于华北。镇浙地区均县一带这些华北分子的出现, 似乎与晚寒武世宁陕-安康带开始出现张裂期的双峰式火山岩^[4]相对应。

早奥陶世镇浙地块的腕足类和牙形石为扬子型。鸚鵡螺类中, 红花园期的 *Coreanoceras* 类属于满洲角石组合, 扬子、华北均有。在大湾期及牯牛潭期(后者相当于中奥陶兰维恩期), 扬子及华北的鸚鵡螺类明显不同, 而山阳、商南的吊床沟组所产鸚鵡螺类(表 1)及腹足类(*Maclurites* 等五属)均见于华北、东北南部的上马家沟组, 仅 *Cameroceras**shiechi* 为扬子区前环角石组合的分子, 故镇浙地块鸚鵡螺类在此二期显示了华北型为主的特点。

镇浙地块生物区系在中、晚奥陶世发生一个突变, 由以扬子型为主变为以华北型为主, 在几个主要门类中, 唯三叶虫偏扬子型, 但仅见于陕北富平的 *Plimerina fupingensis*。其余门类如珊瑚、牙形石、鸚鵡螺均近华北型。另一重要门类腕足类盛产于浙川石燕河组, 但此时华北与扬子的腕足类区系划分不明显, 故未列入表中。总的来说, 在中、晚奥陶世镇浙地块生物区系与华北南缘的陇县、耀县、铜川一带非常接近。而不同于扬子, 显示已有一定隔离。

志留纪时经加里东运动, 古地理面貌有了重大改变。华北南缘隆起不接受沉积。南秦岭得胜铺等地原来深水凹陷的许多地区, 如岚皋、竹山、竹溪, 海水变浅, 有大量底栖生物群。无论较深水的笔石相或浅水的介壳相(珊瑚、腕足类为主, 还有三叶虫、腹虫类、海百合、层孔虫等), 均基本上属扬子型。由于华北南缘已隆起不接受沉积, 华北与扬子的关系应主要通过陆相生物区系比较来加以判断。这里, 需要指出两个重要的古生物地理现象。其一, 在相当于北秦岭的北淮阳带, 河南固始的石炭纪杨山组底砾岩砾石中, 获得日射珊瑚 *Heliolites* cf. *anhuiensis* Deng, 该种原产于扬子区早志留世浅水相的高家边组(安

表 1 华北板块、扬子板块早古生代生物区系与秦岭对比表
Table 1 Correlation of Early Palaeozoic faunal provinces of the North China and ycmgtze plates with those of Qinling

		寒 武 纪			早奥陶世(卡拉道克及阿伦尼格世)				
秦 岭	华北板块	早寒武世 (中、晚期)	中寒武世	晚寒武世	腕足类	三叶虫	牙形石	笔石	鸚 鵝 螺 (大湾期)
		莱德利基虫类 椭圆头虫类、 古杯类	华 北 型	华 北 型	华 北 型	华 北 型	北美中大陆型	华 北 型	华 北 型 (珠角石类为主)
		莱德利基页类 椭圆头虫类 古杯类 漂游三叶虫 (<i>Arthricocephalus</i>)	1) 扬子(台地) 型(浙) 2) 扬子(台缘) 型(均), 含华北型 分子	扬子台缘型, 含 华北分子(均) <i>Bergeronites</i> <i>Mansuyia</i>	扬子型(凤) <i>Sinorthis</i> <i>Mimella</i>		北大西洋 型(浙)		华北型为主(山) <i>Armenoceras</i> <i>Saetoceras</i> 混有扬子型分子 “C.” <i>heselichi</i>
	宁陕-安康裂陷带								
秦 岭	紫阳-平利 高滩-兵房街 斜坡带	漂游三叶虫 (<i>Kootenia</i>)	扬子(台外)型 (以漂游三叶虫为 主)	扬子(台缘)型 (底栖与漂游混 合)	/	扬子(台缘)型	/	扬子(台缘)型 (大西洋型-太平 洋型)	
	扬子板块	莱德利基虫类 椭圆头虫类 古杯类 漂游三叶虫 (<i>Kootenia</i>)	扬子型, 由中心 向外依次为台地 型、台缘型、台外 型、 a_1, a_2 , 会此	扬 子 型	扬 子 型	扬 子 型	北大西洋型	扬 子 型 (大西洋型)	扬 子 型 (前环角石-内角 石类)

中、晚奥陶世(兰多维世以后)							志留纪		泥盆纪
三叶虫	珊瑚	牙形石	笔石	笔石	笔石	笔石	笔石	笔石	笔石
华北板块	华北型 (中-波型与西伯利亚型混合, 后者有 <i>Favosites</i> , <i>Amsassia</i>)	北美大陆型 (陇, 铜)	大西洋型-太平洋型分子 <i>Abrograptus</i> , <i>Syodograptus</i> (陇, 耀)	华北型(笔石)类; 陇-铜地区与喇叭角石类混生	笔石	笔石	笔石	笔石	笔石
镇浙地块	华北型为主, <i>Favosites</i> , <i>Amsassia</i> , <i>Plasma</i> , 均有(凤山, 浙)	与陇、铜相同(浙)		华北型 (<i>Fengfengoceras</i>) (南) 及扬子型 (<i>Sinoceras</i>) (浙)	笔石	笔石	笔石	笔石	笔石
秦岭					笔石	笔石	笔石	笔石	笔石
宁陕-安康裂陷带					笔石	笔石	笔石	笔石	笔石
紫阳-平利高滩-兵房街斜坡带					笔石	笔石	笔石	笔石	笔石
扬子板块	扬子型 (中-波型的型) <i>Agetolites</i> , <i>Plasmoporella</i>	北大西洋型	不典型的扬子型 (缺 <i>Tang yagi</i> , <i>Pleurogy</i> , <i>Lui</i>)	(喇叭角石类, <i>Sinoceras</i>)	笔石	笔石	笔石	笔石	笔石

注: 资料来源[1,2和以下1-6]。

附注: 1) 李亚梅, 曹宜铎, 殷鸿福, 杨家驊等. 秦巴地区寒武纪-三叠纪地层古生物及其主要地层含矿性的研究, 西安地质矿产研究所课题报告, 1991, 250页。

2) 付力楠, 胡云绪, 张子福, 王树洗. 秦巴地区的志留系, 西安地质矿产研究所课题报告, 1989, 142页。

3) 马润华. 陕西的奥陶系, 陕西地质局区域地质测量队出版, 1987, 150页。

4) 马润华. 陕西的奥陶系, 陕西地质局区域地质测量队出版, 1990, 164页。

5) 赵兴本. 陕西的志留系, 陕西地质局区域地质测量队出版, 1987, 85页。

6) 周国顺, 席运宏, 王德有, 冯述斌. 东秦岭南坡古生代地层及古生物, 河南省地矿厅地质研究所课题报告, 1989, 212页。

徽含山)及罗惹坪组(三峡),砾石中还有早古生代至泥盆纪的牙形石、介形类及蓝藻,说明该区有早古生代的浅水沉积,并且志留纪时与扬子区浅水沉积关系较密^[3],其二,在宁夏中宁中卫地区中、晚泥盆世的中宁组及石峡沟组中,发现湖盆相鱼类和植物化石。其鱼类化石 *Quasipetalichthys*, *Bothriolepis*, *Sinolepis* 与 *Remigolepis* 与华南及东南区相同^[4]。植物化石有 *Eolepidodendron wusihense*, *Hamatophyllum verticillatum*, *Sphenopteridium taihuensis*, 为江浙一带五通组所特有^[5]。这一陆相生物群与中国南方如此相近,说明当时扬子板块与华北板块间有陆相的通道,应已缝合。

总之,对上述古生物地理资料表明: 镇浙地块从晚寒武世-早奥陶世开始向华北移动,到中、晚奥陶世时已十分接近华北板块南缘而与扬子板块相距较远。志留纪后可能由于华北和扬子两板块缝合,导致浅海和陆相生物的混合。从更大范围看生物分区情况,华北及祁连与扬子,在寒武、奥陶纪时生物区别显著,到志留、泥盆纪时趋于接近,石炭纪后基本一致但仍有区别^[6]。

1.3 古地磁的论证

关于华北与扬子两板块漂移的古地磁学研究,已发表过许多文章^[7-10]。他们共同的结论是: 两板块极移曲线的重合主要发生在印支运动时期;从旋转方向看,应是由东向西闭合的;多数论文倾向于寒武纪时华北在南纬十几度至 30° 左右,而扬子邻近赤道。一些论文显示了两者的古纬度在奥陶、志留两纪之交相同,但有一篇论文^[10]明确认为此二板块在志留纪时缝合。这些工作共同的缺点是: 对于秦岭地区,由于多次构造热事件造成退磁的困难,有关成果很少;另设想寒武纪时华北在扬子之南,似与地质实际不相符。

这种情况最近有了改变。吴汉宁等^[11]提出丹凤群是与华北及扬子相分离的独立块体。刘育燕等^[13,14]的研究结果认为,寒武纪时华北、秦岭、扬子由北向南顺序排列,在古生代三者同时北移,但华北慢于扬子,直至中三叠纪至晚白垩世缝合。这里特别要提出刘育燕等关于佛坪-郧县断隆^[13]或秦岭地块^[14]的论述,根据他们所述的采样地点,该断隆或“秦岭地块”就是本文的镇浙地块。刘育燕等提出,该地块具有与华北、扬子板块不同的演化史,构成独立的地质构造单元。寒武纪时,华北、镇浙(即刘的秦岭地块)、扬子古纬度分别为北纬 2.9° 和南纬 5.5° 及 17.0° ,镇浙地块距华北近而离扬子远。在共同北移过程中,华北板块和镇浙地块以反时针旋转占优势,扬子板块以顺时针旋转占优势。因此从相对距离及旋转方向看,镇浙地块更近于华北。以上论述除三叠纪两板块缝合外,其它与本文结论完全一致。

古地磁工作者据华北与扬子三叠纪或侏罗纪后古地磁极近于重合以及极移曲线近于一致,得出“三叠纪后南北才缝合”的结论。本文认为,两个板块的开始缝合,与全面缝合而达到二块体在动力学上的一致性,两者在古地磁学上的表现应有不同。在板块开始缝合时,它们的古地磁极位置应当是不重合的;华北板块,扬子板块仍然可以分别作逆时针和顺时针旋转,因而它们的视极移曲线亦应是不相符的。在缝合以后,经历了海西、印支期的剪刀式旋转,又经历了印支-燕山期数百公里的陆内碰撞导致的陆壳缩短¹⁾,才形成侏罗纪

1) 吴正文等,北秦岭地区推覆构造格局及其演化。地质矿产部“七·五”攻关项目——秦巴基础地质项目报告,1986。

以后南北二板块古地磁极重合及视极移曲线一致, 它们标志着全面缝合导致了动力学上的一致, 而并不标志着开始缝合。开始缝合在时间上应当更早。

1.4 地球化学的论证

张本仁等^[1]与高山等^[6]分别对秦岭的纯碳酸盐岩及细碎屑沉积岩的地球化学研究, 得出互相符合的二点重要结论, 即:

(1) 浙川小区(相当于本文镇浙地块的东部)震旦-石炭纪沉积岩地球化学与南秦岭其余地区表现出不一致性, 这可能暗示着该区在古生代相对独立于南秦岭其它部分, 而一直作为一个微地块在运动, 但它的细碎屑岩与纯碳酸盐岩地球化学均较为接近华北。

(2) 南秦岭其它地区的陆源碎屑源区(根据细碎屑岩地球化学判断)及海水成分(根据纯碳酸盐岩判断)在志留-泥盆纪发生了重要变化, 不再像震旦-奥陶纪时那样与扬子完全一致, 而显示出与华北板块及北秦岭具有相同特征, 说明那时海水已成一体, 且接受了主要来自北秦岭活动大陆边缘的近源低成熟度物质。这说明华北与扬子板块的缝合发生于志留-泥盆纪。

以上地球化学结论亦与本文古地理、古生物地理结论一致。

1.5 火山岩的论证

位于镇浙地块之间的宁陕-安康裂陷带, 在早古生代一直是一深水槽, 那里广泛发育的双峰式火山岩, 在紫阳、平利、岚皋一带有晚奥陶世至早志留世含金伯利岩的碱性岩侵位。表明它是拉张裂陷性质, 与镇浙地块的北移相呼应。也表明镇浙地块与南秦岭南带(紫阳-平利及高滩-兵房滩两带)之间只有陆壳拉张, 从未大洋化。火山岩及深水碳硅质岩沉积被浅海相泥盆系覆盖, 说明加里东期后南秦岭其它地区亦已与镇浙地块及华北相连。该火山岩带向东越过武当地块后, 与随州南部的 ϵ_{2-3} ?— S_1 玄武质火山岩带相连, 后者已发现早奥陶世(古城畛群)及早志留世(蓝家畛组)化石。火山岩发育的时间大致为奥陶-志留纪, 也有迹象表明可能提前至晚寒武世(二道桥组第一段)^[1]。向西至勉略地区, 从原三河口群中分出, 暂划归寒武纪的地层中亦含火山岩。该火山岩带由于变质, 辨认有困难, 故其规模及时代尚难定论。另外浙川均县地区以南这一含火山岩的裂陷带被武当地块从中隔断, 难以证实镇浙地块东段的均、浙地区与扬子及南秦岭其它区域间有裂离。问题在于武当地块与南秦岭的紫阳-平利、高滩-兵房街二带又均被青峰断裂斜切, 而与扬子板块呈断裂接触。武当地块是否为推覆体或燕山期后隆升地质体, 目前尚有争议。白河断裂以北的耀岭河群火山岩系中, 曾获400Ma左右同位素数据; 浙川地区中奥陶世的岷峨组, 为凝灰岩夹安山岩。这些迹象表明, 目前还不能排除早古生代火山岩带在武当地区存在的可能。

2 秦岭早古生代多岛小洋盆的演化的特殊过程

2.1 秦岭是类似于南海-印支的多岛小洋盆

秦岭早古生代小洋盆, 一些人估计为1000km左右或更大^[1, 41, 2], 其中散布着五列岛屿

1) 吴正文等. 北秦岭地区推覆构造格局及其演化. 地质矿产部“七·五”攻关项目——秦巴基础地质项目报告, 1986.

2) 付力浦, 胡云锦, 张子福, 王树洗. 秦巴地区的志留系. 西安地质矿产研究所课题报告, 1989. 142页.

(图2),最北的一列以宽坪群为代表,次北的一列以秦岭群为代表。宽坪群与华北之间的陶湾群,可能是弧后盆地,宽坪群与秦岭群之间的二郎坪群为弧间盆地,也有人认为是小洋盆,秦岭群以南的丹凤群则代表小洋盆。这两列以南便是镇浙地块及佛坪古岛(?),它是南秦岭的被动大陆边缘上的裂离物,有时被浅水覆盖为水下高地。镇浙地块以南还有一列岛屿,其中碧口古岛有人怀疑是由南方推覆而来的外来体;武当地块已有迹象表明为早古生代的古岛屿,但亦有认为是推覆而来的外来体,亦可能二者兼具。此外在牛山、平利二个前震旦系出露区,当时是否是古岛屿还存在疑问。除此四列以外,在秦岭洋南侧的扬子浅海,还存在以汉南古岛、高川古岛(O-D)和黄陵古岛为代表的一系列岛屿。由此可见扬子与华北缝合过程并不是二个板块面对面相撞,而是通过其间多列岛屿以不同方式增生于华北,最后扬子拼贴于华北的过程,这是特提斯多岛洋特有的一种陆-陆碰撞类型。北秦岭的宽坪群、秦岭群二者属于主动大陆边缘岛弧,它们于加里东期通过弧间、弧后盆地造山而缝合于华北,造山动力可能来自沿商丹带的洋壳俯冲。镇浙地块约在奥陶-志留纪时缝合于北秦岭,这一缝合使镇浙地块变为华北板块的一部分。南秦岭的其它部分稍

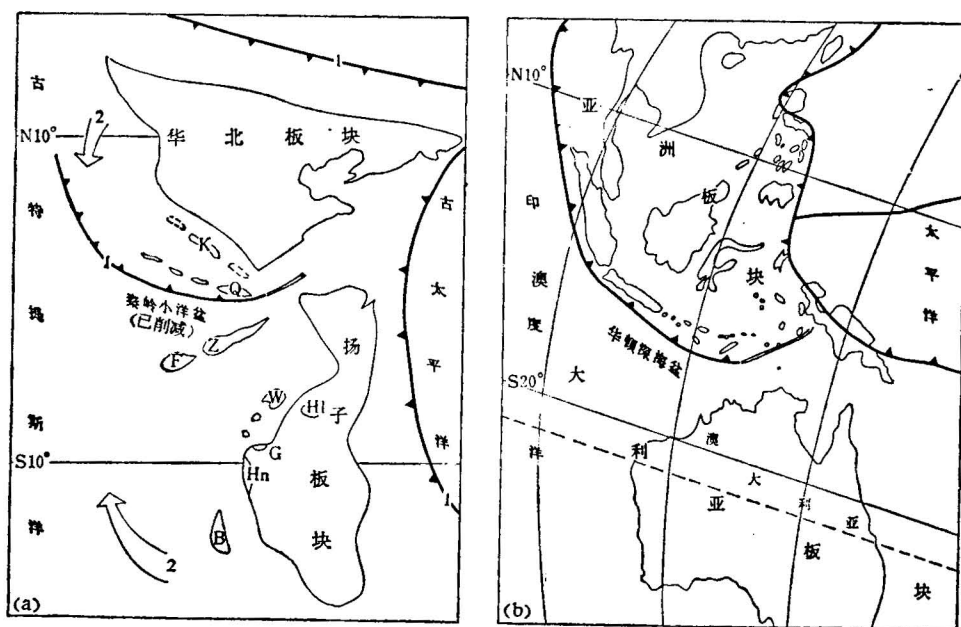


图2 加里东期缝合开始时扬子-华北板块(a)与现代澳-亚板块(b)的比较图

Fig. 2 Comparison between situations of the Yangtze and North China plates (a) at the beginning of Caledonian suturing and the Australian and Asian plates (b) at the modern time

扬子与华北的定位根据奥陶、志留纪古地磁资料,主要是文献[18]以及[14]之图2,[15]之图2。图中锯齿线(1)为洋壳俯冲带,平行线为陆壳缝合线,箭头(2)为板块旋转方向;古岛屿代号: B 碧口; F 佛坪;

G 高川; H1 黄陵; Hn 汉南; K 宽坪群; Q 秦岭群; W 武当

Location and orientation of the Yangtze and North China plates are based on palaeomagnetic data of the Ordovician and Silurian, mainly on references [18], Fig. 2 of [14] and Fig. 2 of [15]. Dented line-oceanic subduction zone; parallel lines-suture line between continental plates; arrow-direction of plate rotation. Symbols of palaeo-islands: B Bikou; F Fuping; G Gaochuan; H1 Huangling; Hn Hannan; K Kuanping Group; Q Qinling Group; W Wudang

后通过宁陕-安康裂陷带闭合而与北方相连,最终导致了扬子,华北板块的缝合,但均未造山。

秦岭多岛小洋盆的古地理和古构造格局与现代亚、澳两洲之间南海-印尼多岛小洋盆很相似(图2),只是在主缝合带位置上有差异,另外华北是一个正在北移的小板块,不像现代亚洲已是相对不动的庞然大物。现代的澳大利亚和当时的扬子板块一样,也是向北俯冲于北方的亚洲板块(当时是华北板块)之下。澳大利亚板块在中中新世已沿瓜哇海沟与亚洲板块缝合,但并未完全缝合,其西侧仍为华顿(Wharton)深海盆呈喇叭状向西开口于印度洋洋盆,这和当时扬子与华北板块在东秦岭缝合,而向西呈喇叭状开口于古特提斯洋一样。

2.2 南秦岭在加里东期末只缝合而不造山

秦岭及邻区加里东运动的表现,除了北秦岭属造山性质外,其南部大面积是以假整合为标志的隆升造陆。地层缺失的程度: 扬子区的高川小区为下奥陶统一泥盆统,镇浙地块镇安-板岩镇断裂以北为上奥陶统一泥盆统,华北大部分地区为下奥陶统一泥盆统,后者的隆升可能与北秦岭造山有关,其余地区为中志留统一上志留统或下泥盆统。据张国伟教授面告,在公馆地区还见到志留泥盆系过渡的情况。对中、南秦岭泥盆系与下古生界存在不整合接触或具有磨拉石性质底砾岩的事实尚有争议^[17],但亦仍有一部分确系不整合,如赵川东小里沟九里坪组 D_3j 与震旦系灯影组之间;镇安桐木岭下泥盆统上部(或中泥盆统下部)与志留系之间;柞水南磨口峡牛耳川组 D_2n 与晚元古界耀岭河群之间;旬阳神河镇黑沟及安康二郎沟丁家河沟泥盆系砂岩与志留系千枚岩之间,等等。此外在西秦岭,亦是既有整合(如迭部地区),亦有不整合,后者如天水以南大草滩群 D_3dc 与下伏下古生界之间,西成地区中泥盆统与下伏吴家山群之间(后者曾获志留纪孢粉组合),碧口地区三河口组 D_1s 与下伏震旦系咀台砾岩之间,均为不整合接触。总的来说在东秦岭是以假整合为主,不整合为次。

接触面以下的古地质,在陕西境内中、南秦岭,泥盆系下伏地层从中、上志留统、寒武-奥陶系至晚元古界震旦系都有。从宏观看前泥盆纪古地质面并非同一时间面,而呈波状起伏,可能具有宽缓褶皱。有些平行不整合的现象可能是由于小范围内微角度不整合不易察觉,以及印支-燕山运动的强迫协调化所造成。虽然如此,我们不能否认,东秦岭志留纪与泥盆纪之间没有明确的造山运动。从资料来看,造山时间是在 100Ma 以后的中三叠世。

现在的问题是,人们把缝合,陆-陆碰撞和造山运动等同起来了,认为碰撞必造山,无造山运动即不承认有过碰撞。既然南秦岭加里东无造山运动,那么扬子与华北当时就不曾碰撞。本文认为这个等式是不成立的。白文吉等^[18]以喜马拉雅山、藏北、祁连山等许多实例,论证了缝合或碰撞以后并未造山。前文已述,秦岭的情况与现在南海-印支多岛小洋盆相似,当时的扬子可比拟现在的澳大利亚。澳大利亚板块已经与亚洲板块碰撞并俯冲于其下,但澳大利亚板块亦并未造山。

因此,我们认为,南秦岭和扬子板块在加里东末时曾发生过不同于一般典型模式的缝合或碰撞作用。其碰撞而不造山的原因,可能有如下几条:

(1) 当时华北与扬子之间的碰撞是在它们同向北移过程中, 因各自的运移速率不同而发生的。具体来说, 位于碰撞南侧的扬子板块运移速率大于北边的华北板块, 便后发先至而和后者相撞。但这样碰撞的总动量应为两板块各自所有动量之差, 因此它远小于两板块相向碰撞的动量之和, 即

$$MV = m_1v_1 - m_2v_2 \ll m_1v_1 + m_2v_2$$

(MV 为总动量, 下标 1 代表扬子, 下标 2 代表华北)。在这种情况下, 碰撞产生的应变能将难以达到造山所需之临界值, 自然也就无法发生相应的大规模造山事件了。

(2) 当时扬子与华北的缝合或碰撞是经过多个次一级过程而完成的, 其中包括北秦岭的二列岛弧增生于华北边缘, 镇浙地块与秦岭岛弧相拼合, 宁陕-安康裂陷带收缩闭合使南秦岭各带合而为一, 最后南北呈剪刀式地由东向西缝合。还有可能由于相撞板块边界的不规则性造成二者的接触线不是连续的, 而是岬角处碰撞, 而湾入处仍在俯冲。由此可以想像, 华北与扬子板块的碰撞总动能被三、四次小型的, 岛与岛或岛与陆之间的碰撞所消耗; 再加上每两个相撞列岛在该期碰撞前后多无严格的边界约束, 使这一碰撞过程中的动能更大量地消耗于小块体接触后产生的变位效应中。这样一来, 因碰撞而造山的趋势被大大缓和甚至遏止, 使之碰撞而不造山。这有可能是包括秦岭在内的多岛小洋盆板块运动的一大特点。

为什么在加里东期拼接后要延迟 100Ma 至中三叠世后才造山呢? 这里面也存在着二种可能: 其一, 加里东期拼接与印支期造山, 两者可能分属二次构造旋回。其二, 后者可能是前者所开始的长期过程的结果。从后一可能说, 根据多刚体系统动力学理论^[19-21], 当一刚体撞上另一刚体后, 被撞体所受应力反射波回达碰撞边缘(前锋)时, 可以使二碰撞体分开, 这时如主动撞体的动能尚未耗尽, 还会产生第二次、第三次碰撞。每次碰撞可以使前方块体加速北移, 而使后方块体减速。这样, 在每次碰撞后, 便会有一个两块体间距离增大, 即拉张的短暂过程, 这可能是南秦岭在晚泥盆世至早三叠世一再发生拉张的力学机制。理论上说, 需要前方(华北)块被撞后不再北移而保持不动, 这时北移的后方(扬子)块在撞上前方块后, 继续往前作陆内俯冲, 挤压, 使积累的应变能达到某个临界值后, 造山过程方可开始。华北是于晚二叠世与西伯利亚南缘最后缝合, 可以认为从该时起华北板块再不能作自由北移, 而扬子板块继续北移, 与之再次强烈碰撞, 所以中三叠世后才开始造山。可与之比拟的是藏北班公湖-东巧-丁青侏罗纪小洋盆, 它的缝合年代为侏罗纪末、白垩纪初(约 150Ma±), 而上升为藏北高原估计为晚第三纪以后(约 23Ma), 相差也是 100Ma。并且这里相撞的是两个小板块, 即羌塘-唐古拉和冈底斯-拉萨, 与秦岭多岛小洋盆的情况相似。此外, 非线性系统对外界的激励在某些条件下有时间滞后响应的特点, 就秦岭与扬子的碰撞来看, 其间的几何非线性, 介质非线性和物理非线性都是明显无疑的, 它们的碰撞过程也就是一种特定的非线性过程。因此从碰撞到造山经历了一段时间滞后也是很自然的事情。

秦岭多岛小洋盆的这一演化特点在特提斯具有普遍意义。古特提斯、中特提斯、新特提斯和现代的印度洋都是在冈瓦纳裂解物北移增生于欧亚大陆这一总过程中, 于裂解块体带的后方张裂而形成的。现代印度洋是阿拉伯半岛、印度次大陆、澳大利亚这一块体带自非洲、南极洲裂解, 扩张而形成的, 在这个意义上可以叫做现代特提斯。从古特提斯至

印度洋的演化, 始终充满着裂解块体, 前方(北方)的正在向欧亚大陆增生, 后方(南方)的正在从冈瓦纳裂解, 所以它们始终是一个多岛洋, 而不同于大西洋和太平洋。它们的板块运动过程应有其特殊性, 不能照搬从大西洋和太平洋得来的模式。研究秦岭多岛小洋盆的板块运动过程。可能有助于我们理解和预测例如从中国南海到印尼群岛这一小洋盆的演化。

本文承张本仁教授、杨家骝教授、王治平教授和刘育燕副教授提供宝贵资料, 特此致谢。

参 考 文 献

- 1 杨家骝. 东秦岭-大巴山寒武纪地层、岩相古地理及三叶虫动物群. 武汉: 中国地质大学出版社, 1992, 192页.
- 2 刘本培, 周正国, 肖劲东, 陈北岳. 秦岭泥盆纪沉积相带分异及其大地构造意义. 古大陆边缘沉积地质文集. 武汉: 中国地质大学出版社, 1993. 1—10页.
- 3 金福全, 颜怀学. 北淮阳地区地层研究的新进展. 合肥工业大学学报, 1987, 9(1): 3—13.
- 4 潘江, 霍福臣, 曹景宣, 顾其昌, 刘时雨等. 宁夏陆相泥盆系及其生物群. 北京: 地质出版社, 1987. 237页.
- 5 赵修祜, 吴修元, 顾其昌. 宁夏南部晚泥盆世植物化石. 古生物学报, 1986, 25(5): 544—560.
- 6 殷鸿福主编. 中国古生物地理学. 武汉: 中国地质大学出版社, 1988. 329页.
- 7 Lin J; Fuller M, Zhang W Y. Preliminary Phanerozoic polar wander paths for the North and South China Blocks, *Nature*, 1985, 313: 444—449.
- 8 翟永建, 周桃秀. 华南和华北两陆块显生宙的古地磁及构造演化. 地球物理学报, 1989, 32(3): 292—306.
- 9 吴汉宁, 常承法, 刘椿, 钟大赉. 依据古地磁资料探讨华北和华南块体运动及其对秦岭造山带构造演化的影响. 地质科学, 1990(3): 201—214.
- 10 张瑞林. 用华北与扬子陆块古地磁探讨秦巴地区的构造演化. 西安地质矿产研究所所刊, 1991, 32: 61—70.
- 11 方大钧, 杨树锋, 郭亚宾, 金国海, 陈汉林等. 中国三大板块晚古生代、中生代古地磁结果与构造演化、相互关系的初探. 现代地质学研究文集(上), 南京大学出版社, 1992. 267页.
- 12 吴汉宁, 陈岩, 周鼎武. 秦岭丹凤群蛇绿岩古地磁学再研究. 地球物理学报, 1992, 35(3): 361—368.
- 13 刘育燕, 杨巍然, 森永速男, 足立泰久, 杨志华, 安川克巳. 东秦岭造山带古地磁研究的初步结果. 地球科学, 1992, 17(1): 79—85.
- 14 刘育燕, 杨巍然, 森永速男, 足立泰久, 米泽隆文, 安川克巳. 华北陆块、秦岭地块及扬子陆块构造演化的古地磁证据. 地质科技情报, 1993, 12(4): 6—10.
- 15 张本仁, 高山, 谷晓明, 谢千里, 郭孝明. 华北与扬子板块志留-泥盆纪对接的海水成分证据, IGCP321项中国工作组编, 亚洲的增生. 北京: 地震出版社, 1993. 107—112页.
- 16 高山, 张本仁, 谷晓明, 谢千里, 郭孝明. 华北与扬子板块志留-泥盆纪对接的沉积地球化学证据. 中国科学(B辑), 1991(6): 645—651.
- 17 于在平. 华北与扬子板块结合时代和过程探讨. IGCP 321项, 中国工作组编. 亚洲的增生. 北京: 地震出版社, 1993. 103—106.
- 18 白文吉, 胡旭峰, 杨经绥, 周美付. 山系的形成与板块构造碰撞无关. 地质评论, 1993, 39(2): 111—115.

THE EARLY PALAEOZOIC ZHEN'AN-XICHUAN BLOCK AND THE EVOLUTION OF THE SMALL QINLING ARCHIPELAGIC OCEAN BASIN

Yin Hongfu and Huang Dinghua

(*China University of Geosciences, Wuhan, Hubei*)

Abstract

Based on studies of palaeogeography, palaeobiogeography, palaeomagnetism, geochemistry and volcanic rocks, this paper proposes that the Zhen'an-Xichuan block was a small block formed by its separation from South Qinling in the Early Palaeozoic and its suturing onto North Qinling earlier than other parts of South Qinling. The paper further demonstrates that Qinling was a small archipelagic ocean basin with five rows of islands including the Zhen'an-Xichuan block. As the Yangtze and North China plates and the islands between them migrated in the same direction at different velocities, their assembling process was different from the classic plate collision. This is one of the major characteristics of plate suturing of the Tethyan archipelagic ocean basin and may be used to explain the problem that Caledonian collision did not necessarily result in orogeny in eastern Qinling.

Key words: eastern Qinling small archipelagic ocean basin, Caledonian movement, Zhen'an-Xichuan block

作 者 简 介

殷鸿福, 1935年生, 1956年毕业于北京地质学院地勘系, 1961年研究生毕业于该院古生物地层专业。现为中国科学院院士, 中国地质大学教授。通讯处: 湖北武昌喻家山中国地质大学地球科学院, 邮政编码: 430074。