

当前造山带研究的几个重要问题

马文璞

(中国地质大学,北京,100083)

摘 要 讨论了3个问题:(1) 造山带的演化是全球大陆岩石圈演化的重要组成部分,大陆联而不合的现象是两拼接陆块与居间造山带未统一克拉通化的构造标志。造山带演化后期山根是如何消失的,以及它与两侧陆块的一体化过程等问题的研究应成为下一步探索的首选目标。(2) 阿尔泰型碰撞造山带的提出具有普遍意义,此类由宽阔消减-增生杂岩组成的造山带,其地球动力学环境可能类似于今天的东南亚,与毗邻长命大洋盆地的复杂边缘海体系有关。(3) 斜向会聚和碰撞必然导致平行造山带的走向滑动。应重视此类运动在造山带复杂变位中的作用。

关键词 碰撞造山带的演化 阿尔泰型造山带 走向滑移

CLC P542

板块构造理论是60年代地球物理学家们通过对洋底的研究提出来的。70年代把它应用到大陆时,人们很快意识到大洋与大陆岩石圈在组成、结构和物理性状上存在根本不同。早期或经典板块构造理论在大陆上的应用还存在很多缺陷,阐述刚性岩石圈板块在地球表面运动规律的板块构造理论并不适用于变形的板块边缘即造山带;后者不但是大陆构造最活跃的部分,而且大陆上现在表现为刚性的克拉通也是过去40亿年期间由造山带逐步转化来的,大陆所含95%以上的地质历史记录有相当部分就体现在全球变形板块边缘的发展及其向刚性体的转化过程。本文拟就近十余年来造山带研究中提出和关注的3个重要问题作一简短的评述。

1 造山带的演化与大陆的“联而不合”

在早期板块构造学说中,大陆碰撞是作为会聚板块边界的一种类型提出来的。当时认为浮力效应使一个大陆不可能消减到另一大陆之下,从而两者一旦碰撞,其间的运动就会被迫停止而转移到旁侧新生成的消减带上。居间洋盆的消失在当时也失去了进一步研究的手段。但是事实证明造山带的演化是一个远为复杂而漫长的过程。以喜马拉雅带为例,这个全球最年轻和最高大的山系连同青藏高原是印度和欧亚大陆碰撞的产物。两大陆拼合、居间新特提斯洋消失至今已超过50 Ma(请注意:志留纪的全部延续时间还不到30 Ma)。可是这一地区的构造活动并未显示出丝毫的减弱,相反它的碰撞应变还进一步扩展到了中亚腹地到东南亚的辽阔地域。天山山脉因此而回春抬升,楼兰古城因干旱化而被遗弃在

收稿日期:1998-10-05 修改稿收到日期:1998-11-10

作者简介:马文璞,男,1930年生,教授,构造地质学专业。

本研究受国家自然科学基金项目(编号:49472150,49572154)资助。

滚滚黄沙中,阿尔金和红河断裂分别左行错移了 350 km 和 550 km 以上^[1,2]等都是明显的例证。

综合已获得的资料,碰撞造山带的演化总的可分为 4 个阶段:

(1) 前碰撞或安第斯阶段 本阶段涉及碰撞缝合带所代表的两大陆之间的洋盆从收缩开始以来的漫长演化,包括活动陆缘体系的发育和先期的弧-陆碰撞。因此,不同造山带之间情况可以有很大的不同。但是既然都包含俯冲洋壳与毗邻大陆边缘的相互作用,这一阶段的记录将以含大洋亲缘物质,以及岩浆中有幔源组分参与为特征。在空间上它主要沿当时的大陆边缘分布。这一阶段的演化在早期的板块构造理论中已得到充分的论述。

(2) 碰撞阶段 本阶段始于洋盆闭合,所以主要是仰冲和俯冲陆壳以及它们间残余海盆的相互作用。多数情况下缝合是一个沿造山带走向演进的穿时过程而不是一次突发事件;洋盆中的海山和其他海底高地随着下伏洋壳的俯冲首先从消减带中拆离,成为外来块体进入野复理石;大陆边缘不规则的突出岬角最先撞击对侧,引发局部变形、走滑和旋转;然后才是两陆块逐渐全面拼合,以及伴随这一过程发生的海水退却、原大陆边缘沉积、蛇绿混杂堆积和弧前盆地复理石挤压变形。以研究较清楚的喜马拉雅带为例,碰撞最早在 60 Ma 前从巴基斯坦西北部的科希斯坦(Kohistan)开始,那里最老的榴辉岩相峰期变质 Sm-Nd 年龄为 49 Ma^[3],向东逐渐变新,拉达克—西藏南部为 50 Ma,所以大陆碰合的持续时间在 10 Ma 以上,还伴随着印度陆块逆时针转动了约 15°。对秦岭—大别造山带来说缝合则是自东向西演进的。概括而言,豫皖交界处的石炭系已是海陆交互相含煤沉积(杨山煤系)^[4],同样性质的地层出现在陕西东部的商县到周至地区,其时限自石炭纪到早二叠世^[5]。而在宕昌、合作一带的西秦岭及更西的松潘—甘孜盆地,下、中三叠统还保持远海环境的泥质碳酸盐浊积岩,说明那里直到中生代初残余洋盆尚未消失^[6]。

(3) 叠瓦冲断或阿尔卑斯阶段 大陆碰撞只是减缓了板块的会聚速度,并未使之停止,持续的挤压导致构造叠置,所以这一阶段的主要效应是使地壳增厚并出现山根。如青藏高原的陆壳厚度现在已超过 75 km^[7],地壳的倍叠不可避免地改变了下盘层板的热力学条件,使得区域热动力变质作用发生。在西北喜马拉雅,跟在早期榴辉岩相高压变质后面的是 40~30 Ma 的高角闪岩相到麻粒岩相区域变质作用。这一过程最终可能使深部地壳发生局部熔融,喜马拉雅浅色花岗岩已证明源自下伏陆壳基底,并且是陆内俯冲的产物^[3]。赵文津等^[8]认为,青藏高原最新一轮 INDEPTH 深地震剖面上,藏北部分,包括羊八井热田范围在内的亮点与低阻层,就是岩浆流体聚积的局部熔融带。它位于中地壳部位,厚度从 16~26 km。地壳增厚、山根出现在地貌上的反映是产生高耸的山系,它向外侧的逆冲加载就形成大规模的前陆盆地,后者在地质记录中以磨拉石建造为标志。

地壳沿碰撞缝合带增厚的同时,会聚应变还扩展到造山带范围以外的广阔地区,其最主要的表现是地块沿走滑断裂大幅度的侧向位移。Tapponier^[9]把南海和汾渭裂谷系的生成与印度—欧亚碰撞联系了起来。类似的实例还有土耳其陆块沿北和东阿纳托利亚断层向爱琴海方向滑动^[10],以及鄂霍斯克陆块是源自图瓦—蒙古东北端的走向滑移等^[11]。可以看出,80 年代发展起来的这种挤出或逸脱构造在时间上出现在碰撞导致的地壳增厚阶段,空间上则发生在造山带外更宽广的地域,甚至引起毗邻克拉通活化。

(4) 坍塌或拆离阶段 岩石圈是由地壳和下伏上地幔组成。大陆岩石圈下部在地壳增厚期间的榴辉岩相相变以及它的温度低于以下的软流圈地幔,使得前者可能变得比后者更

致密一些。这种结构产生了潜在的重力失稳,导致拆沉作用发生^[12],岩石圈地幔为软流圈地幔所取代。后者的上拱又促使地壳局部熔融和侧向流动,地表也随之沉陷。这种作用曾广泛见于科罗拉多和阿根廷南部的普纳高原^[13]等地,今天正在紧挨直布罗陀海峡的西地中海 Alboran 海盆中进行^[14]。Alboran 盆地位于阿尔卑斯造山带上,区域构造以发育自盆地向外推覆的低角度逆冲席为特点。但是盆地本身却是拉张成因的,并为厚达 7 km 的中新世和更年轻沉积所覆盖。地球物理资料表明,地震上活跃、高速和高 Q 值的岩石圈上地幔目前已下沉到 60 km 深度以下,其上为低速和强烈衰减的地震缺失带,代表了取代前者的上拱了的软流圈地幔,地表则是高热流和年轻的火山活动。因此,拉伸是在地壳增厚的基础上发生的。Dewey^[15]提出,演化后期当板块的会聚应力消失以后,造山带会在其自重下发生伸展坍塌。这些作用的结果都趋向于使地壳减薄、山根消失,伸展构造取代了挤压,逆冲断层以正断的方式再活动,地表的构造体制发生了反转。变质核杂岩及其伴生的、位于剥离断层上盘的伸展异地系是本阶段持续发展的产物。可以认为,正是经历了这一过程,造山带岩石圈的性状才逐步与毗邻克拉通趋于一致,即完成了造山带的克拉通化。

应该强调指出,以上所述只是模式化的概括,实际情况远为复杂得多。如高喜马拉雅结晶基底是由主中央冲断层(MCT)向南掩冲就位的。但是结晶基底的顶界却是一巨大的藏南拆离带,未遭受 350 °C 以上的亚变质沉积岩直接盖在曾经受 650 °C 以上变质作用的夕线石相片麻岩之上,意味着其间构造缺失了 10~15 km 的地层剖面^[16]。嘉黎断裂系以南的藏南也有东西向引张造成的一系列近南北向裂谷。如何评价这些同造山期的伸展作用?此外,即使造山带的每一段都按序发展,由于沿走向演化的穿时性,它们在空间的叠加也会产生错综复杂的图景。

由此可见,对接的两陆块并不是碰撞—完成就一体化的,大陆联而不合是我国学者在造山带研究中获得的一个重要的规律性认识,对于揭示大陆岩石圈演化和深部地质过程的长期性有深刻的意义。赵越等^[17]在讨论印度—欧亚始新世的碰撞时说:“作为大陆它们已连为一体,作为独立的板块它们至今仍具有不同的运动方向和旋转。”“只要平行造山带的走滑运动仍在继续,相邻板块将各自保持独立的运动,古地磁极也不可能重合。”任纪舜等^[18]提出大陆联而不合是软碰撞特有的产物,尽管他在同一文章中又说:“印度尽管已与西藏碰撞,但在动力学上并未成为一个单位。前者仍属印—澳板块,后者则属欧亚板块。”他认为:“秦岭—大别造山带是泥盆纪碰撞的,但是中朝和扬子地台此后仍处于联而不合的状态。”“动力学上焊接成一个单位是中—晚侏罗世时在长时间的多旋回叠瓦造山之后才完成。这解释了两陆块磁极移曲线在中生代时的会合。”

从上述可知,喜马拉雅造山带目前总体上仍处在地壳增厚的演化阶段,青藏高原与印度在运动学和动力学上尚未协调一致,从而暗示两陆块还未一体化。我国东部的地质演化是自侏罗纪起一致的,来自华北和扬子的磁极移曲线到晚白垩世已完全重合,说明陆块的一体化在此之前已经完成。Zhao^[19]认为最可能的时间是中—晚侏罗世。卢欣祥等^[20]提出,侵入商丹缝合带的晚三叠世沙河湾奥长环斑花岗岩是拆沉作用导致的下地壳重熔产物。在淮阳带,中侏罗世到早白垩世正是红层和陆相火山岩大规模喷发的时期。含有超高压变质岩的大别造山带地壳厚度现为 40 km,莫霍面平坦^[21],说明山根已经消失。这些事实是否提示大陆的一体化到造山带演化的第 4 阶段才完成?阐明造山带与其邻侧大陆一体化的过程及其深部机理应成为未来工作中需要着力探讨的问题。

2 有关阿尔泰型造山带

研究历史悠久的经典造山带如阿尔卑斯和喜马拉雅都是大陆间碰撞的产物。有没有在其它构造环境下生成的新型造山带? A.M.C.Sengör 从 90 年代初起提出这一问题,但是直到 1996 年才在一篇近 200 页的长文^[11]中完成了理论概括。他提出

存在两类造山带:一类位于先存大陆块之间,缝合带窄,总的没有陆壳物质添加,阿尔卑斯和喜马拉雅都属于这种类型,他称之为特提斯型。另一类造山带由宽阔的消减-增生杂岩组成,周期性向洋跃迁的岩浆弧把这些增生楔体连同洋壳碎片焊接起来,因此代表演化期间有大量新生地壳物质添加的一类,他把这一类型的造山带称为突厥型(turkic type),1996 年又改称为阿尔泰型。他认为整个中亚和向东的图瓦-蒙古,乃至我国新疆和东北都属这一类型造山带。类似的实例还包括阿拉斯加和日本等。

在前苏联的所有专著和教科书中,中亚历来是被划分成哈萨克斯坦-天山、阿尔泰-萨彦和蒙古-鄂霍斯克等许多独立的造山带论述的。那里识别出来的蛇绿岩带就有 13 条之多^[22]。但与此同时,长期以来也认识到中亚的构造与经典造山带有很大的不同,主要是缺乏大型陆块和磨拉

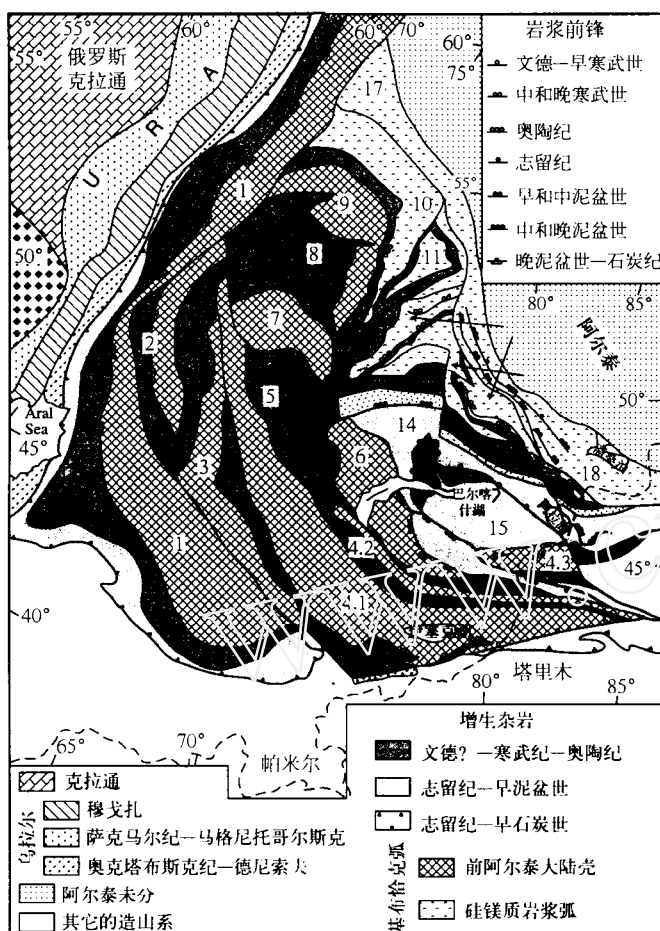


图 1 中亚造山带哈萨克斯坦—天山段概略构造图

(据 Sengör 等, 1996)^[11]

Fig. 1 Generalized tectonic map of the Kazakhstan-Tianshan sector of the central Asian orogenic belt

石前渊;蛇绿岩带最长的也不过 200 km,被夹持在增生楔中而不是老大陆之间。Sengör 在 1992 年时就指出^[23],困难不是找不到缝,而是缝太多却没有足够的陆块;吉尔吉斯天山的几乎所有部分都有深水沉积、复理石和蛇绿岩系,但却找不到相当于奥地利阿尔卑斯纳布那样的上叠陆块,或者如冈底斯那样以前寒武系为核的岩浆弧。似乎这里缝合带两侧相撞的大陆也是由同一造山作用在早期幕中生成。前人的构造解释是源于对喜马拉雅模式的无限夸张。图 1 是中亚造山带哈萨克斯坦—天山段的概略构造图。在经过如图 2 所示方法的系统复原以后, Sengör 恢复了 Hamilton 1970 年提出的乌拉尔、哈萨克斯坦高地和阿尔泰—西

萨彦可能是一急剧马蹄形弯折了的单一造山系的观点,认为它们是由排成一列的基布恰克弧(Kipchak Arc)和图瓦—蒙古弧组成。在方法学上,Sengör 强调岩浆前锋对恢复缝合带内

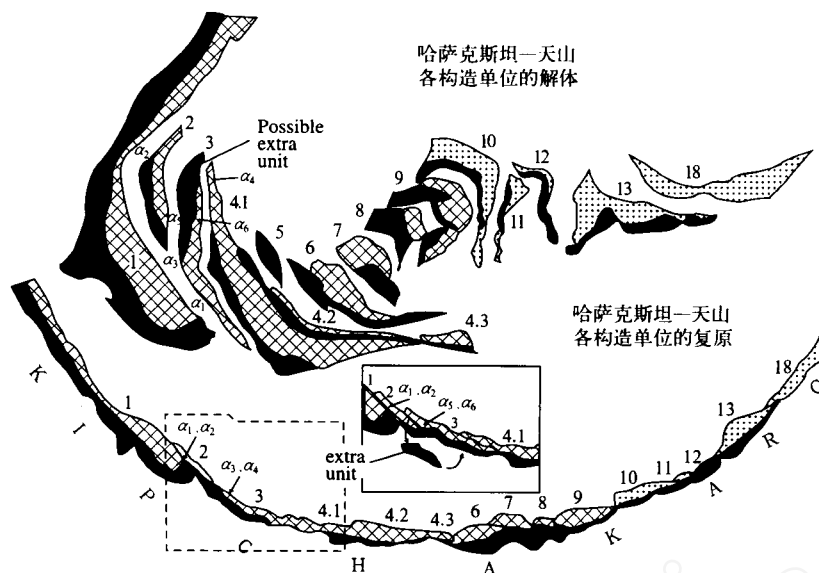


图2 再造基布恰克弧的方法

(据 Sengör 等, 1996)^[21]

Fig.2 Method employed in the reconstruction of the Kipchak arc

a_1 与 a_2, a_3 和 a_4 ...是错位前彼此匹配的点。

图中部的框图示单位2与3之间的缺失是如何根据区域地质复原的

部构造的意义。他说如果消减—增生杂岩变得非常宽(超过 600 km)时,原来在它后面的弧岩浆轴就会开始向洋侧迁移,并侵入消减—增生杂岩本身。在岩浆热的作用下,增生体局部可变质甚至重熔,在弧前区产生花岗闪长岩和英云闪长岩,把这一世代的增生杂岩转变成弧地块。如果这个过程不止一次发生,就会出现一系列全由消减—增生物质加上弧岩浆岩组成的复合体。在后期变形的情况下,这些缺乏标志性单位、组合单调的区域构造将变得非常难于辨认,化石岩浆前锋可用来作为恢复其原始连续性的构造标志。相反,在连续生长的消减—增生杂岩中用蛇绿岩作为构造标志却可能产生误导,因为它们在这里已不再像特提斯型碰撞造山带中那样具有古构造实体的意义。

从图2可以看出,把变形后的地质体不作任何“展平”或复原就直接进行再造,其结果可能引发许多争论。但不论 Sengör 对中亚造山带的具体解释在多大程度上符合实际情况,那里是由单一弧系还是由几个不同世代的洋盆组成,新类型造山带模式的提出在以下几方面是有启示意义的:

(1) 一些学者从不同的角度提出了“硬”和“软”碰撞问题,尽管还没有严谨、统一的定义。阿尔泰型造山带将是“软”碰撞发生的最有利的构造场所。

(2) 除天山—兴蒙造山带以外,我国位于塔里木—柴达木与扬子陆块之间的松潘—甘孜和华南造山带可能也属于阿尔泰型造山带。就后者来说,华夏地块虽然拥有以八都群为代表的仅次于华北、塔里木和扬子的中国第4个克拉通型地区^[24],但是它的范围很小。一个更加明显的事实是,闽北—浙南的基底岩系与同属华夏地块的其他地区基底,如云开

大山、海南岛抱板群等,无论在时限上还是组成上都差别很大。这些零散的基底淹没在同华南造山带一样的早古生代变质复理石、变质陆源碎屑岩和火山-深成岩的“基质”中,它们共同组成了宽广的环扬子陆块变形带^[25]。从更大的范围看,印支陆块、西加里曼丹陆块和巴占(Bacon)群岛上可能属前寒武系的高角闪岩相片麻岩带^[26]是东南亚仅有的基底岩系出露区,目前被包围在众多火山弧、蛇绿混杂堆积和弧后盆地之间,未来它们将成为印度、澳大利亚和中国大陆之间的一个巨大的阿尔泰型造山系。因此,阿尔泰型和特提斯型有可能分别对应于前人曾提出过的陆缘和陆间造山带。前者的发育始终与毗邻的长命大洋盆地有关。

(3) 大量新生物质的添加意味着阿尔泰型造山带是显生宙期间地球上陆壳生长的主要场所。Sengör 对此的计算表明,在阿尔泰带演化期间有约 $5.3 \times 10^6 \text{ km}^3$ 的新生物质进入,这些岩石大部分来自地幔而不是老地壳物质的再循环。非常有趣的是,最近江博明^[27]也从不同的角度提出,位于西伯利亚、中朝和塔里木克拉通之间的东中亚造山带(East-Central Asian orogenic belt)是世界上显生宙期间地壳最主要的生长场所,从外贝加尔到蒙古北部和从新疆经内蒙古南部到中国东北的两条巨型碱性正长岩、碱性花岗岩和 A 型花岗岩带无疑是世界上最大的显生宙岩体带。洪大卫等^[28]对新疆北部后一岩带晚石炭世到早二叠世后造山碱性花岗岩的 Sr, Nd 同位素研究表明,其 $I(\text{Sr})$ 为 0.704 7~0.705 1, $\epsilon(\text{Nd}, t)$ 为 +4.4 ~ +5.0, t_{DM} 为 1 000~500 Ma,清楚揭示上述岩体来自地幔。两者空间上的共生反映了幔源岩浆与消减-增生杂岩在成因上的联系。

(4) Sengör 对阿尔泰型造山带形成过程的解释为流行的地体构造提供了另一种工作假说,例如他认为地体占总面积 95% 以上的阿拉斯加也属于阿尔泰型造山带。因此,从根本上说,这两种假说的分歧植根于不同的思路和哲学。

3 平行造山带走向的走滑位移

早期的地质学家从地层叠置现象认识到垂直方向的地壳运动,地槽概念就是有关地壳先沉降然后隆升的理论。上世纪末对阿尔卑斯褶皱-逆冲构造的观察得出横过造山带存在巨大的挤压缩短,从而将造山带的变形研究提高到了二维尺度。20 世纪 40 年代苏格兰大格兰(Great Glen)断层左行 110 km 断距的确定,以及对北美圣安德列斯走滑系等的研究已揭示出还存在第三维,即平行造山带方向的运动,古地磁测定反映出的地块旋转也是通过其边界上的走滑运动实现的。在板块运动方向与其边界走向相近,如西南太平洋的情况下,板块边界就表现为近东西向的索朗(Sorong)断裂,它从巴布亚新几内亚的“鸟头”部分向西到苏拉威西的距离超过 1 500 km,断裂带宽 10~20 km。Charlton^[29]根据断裂南北两侧原来同一、后被错断的 Salawati 和 Tomori 盆地的分析,得出断裂自晚中新世(7~6 Ma)以来已左行走滑了约 900 km。尽管如此,对平行造山带走滑运动的普遍意义最近十几年来才逐渐为人们所认识。Sengör 在总结阿尔泰型造山带的研究时^[11]提到了“以前未曾料到的走滑断裂活动的频率和幅度”。他认为斜向消减作用会把弧前区的岩片从岩浆弧前缘切下来,并沿长命的消减前缘错移数百 km 或更多,走滑断裂发生在造山带发展的所有阶段中,造山带的马蹄形弯折在大多数情况下也是走滑作用造成的。

苏门答腊南侧的走滑变形为平行造山带走向的构造效应提供了极好的现代实例。由于

欧亚大陆边缘在这一区段由近东西向的巽他弧向西逐渐转成南北向的安达曼弧,正在向北消减的印度洋板块与上覆欧亚板块的会聚关系也从爪哇以东的正向变为以西的斜向。北西走向的苏门答腊岛正好处在由以正向会聚为主变为以平移走滑为主的急剧过渡部位(图3)。现代苏门答腊岛是一个科迪勒拉型的大陆边缘,新生代的火山弧沿岛的南缘分布,与岛的长轴一致的苏门答腊断层控制着活火山的出露。向外海方向的尼亚斯(Nias)岛上出露消减-增生杂岩和第三纪中期的陆坡沉积,代表外弧脊。因此以它和顺延的明打威群岛为界,此线外侧为增生楔分布区,内侧与苏门答腊岛之间则是弧前盆地。Malod等^[30]的成果证明原来认为增生体与弧前区之间的挠曲实际上是一条走滑断层——明打威(Mentawai)断层。它与以北的苏门答腊断层一起把弧前区隔成长条形的明打威板片。苏门答腊断层是一右行走滑断裂,其错距从巽他海峡的50~70 km随俯冲斜度的加大,到安达曼海达到460 km以上。明打威板片、亚齐(Aceh)板片以及更往西南的增生区也分别沿苏门答腊和明打威断层相对向西北移动(图3)。

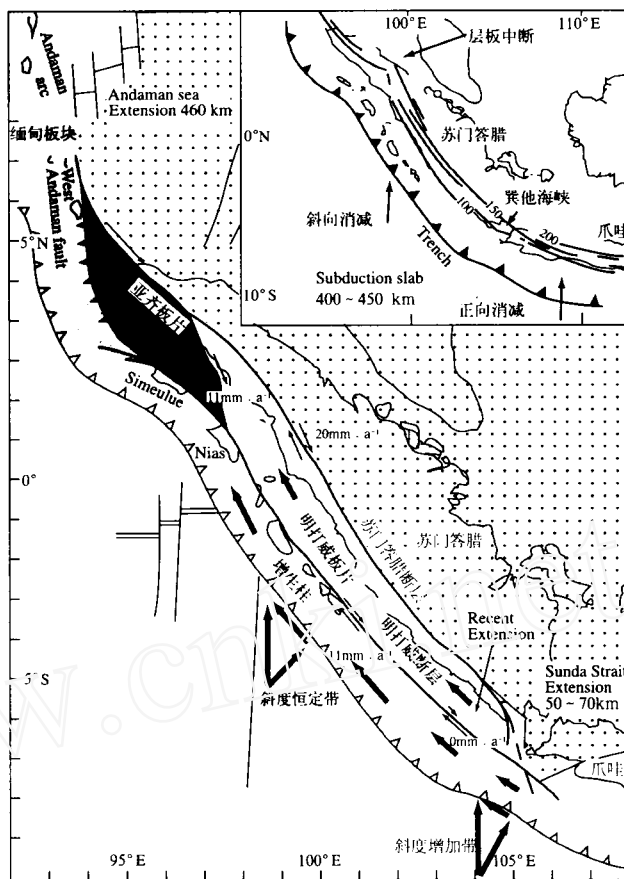


图3 苏门答腊地区消减作用的地球动力学图解

(据 J. A. Malod 等, 1996)^[30]

Fig.3 The geodynamic framework of Sumatra area subduction
点区为欧亚板块

4 结语

两个不同组分、结构和历史的大陆拼接以后,经由居间造山带岩石圈增厚、剧烈变形和两侧陆块联而不合、造山带去根,到最终变为统一的克拉通是一个长期而复杂的历史过程,因此应从大陆岩石圈演化的角度来看待造山带的演化,应查明造山带构造体制转变的深部背景,以及浅部地质与深部壳、幔及岩石圈、软流圈之间是如何相互作用的。对喜马拉雅和青藏高原的研究成果使我们得以大致了解造山带的前期演化以及它们的深部机制。对造山带的后期发展,特别是它们如何转变成克拉通还所知甚少。近年来对大别造山带区域构造、深部地质,包括超高压变质带折返机制等的研究以及正在实施的苏北东海县大陆科学钻,有望提供这方面的答案,从而有利于填补这一世界前沿课题的空白。

大陆由拼合到统一克拉通化的时限似乎与两侧陆块的差异程度有关。与秦岭—大别造山带相比,天山在二叠纪完成对接、海相沉积消失以后,早中生代时准噶尔和塔里木的地史演化

就一致了,即基本上没有出现大陆联而不合的阶段。这反映了准噶尔与塔里木陆块组成与结构的相近,还是它们还未真正进入统一的克拉通化阶段?

在拼合的地质体不是刚性的基底陆块,而是高度含水的消减-增生杂岩的情况下,结构和物理性状的巨大差异必然会导致不同类型造山带出现。从这个角度讲,阿尔泰型造山带的提出具有普遍意义。它发育在象今天的东南亚和东北亚那样远离大陆克拉通,却长期毗邻大洋盆地的复杂边缘海体系中,不同世代多个边缘海小洋盆的消减提供了地质上所看到的宽阔增生杂岩、蛇绿混杂体和岩浆弧的复杂共生。如果这种类比能够成立,一方面它提示中亚造山带可能也曾邻近过一长命的大洋盆地,但另一方面它又不大象仅由单一的弧系组成。所以这方面的探索还有很长的路要走。

斜向会聚和碰撞必然导致平行造山带的走滑运动,而斜向相互作用又是自然界最常见的情况。我国造山带的研究中,倾向滑移(包括逆冲推覆等挤压缩短和伸展拆离)受到了普遍的重视,但是对平行造山带方向的运动虽屡见提及,具体成果文献中介绍得还不多。事实证明,组成造山带的各岩石-构造带几乎全部是彼此构造接触的,它们间除了叠覆即倾向滑移关系以外,必然还存在走向滑移。以秦岭一大别造山带而论,组成北淮阳带的一些主干断裂,如信阳—舒城断裂、确山南部断裂等,都有明显的走滑形迹,只是重视不够,未投入足够工作量而已。提出以上问题,目的是希望能引起讨论,以推动共同的研究工作。

参 考 文 献

- 1 葛肖虹,刘俊来. 北祁连造山带的形成与背景. 地学前缘,1999,5(4):223~228
- 2 Harrison T M, Leloup P H, Ryerson F J. Diachronous initiation of transtension along the Ailao Shan-Red River shear zone, Yunnan and Vietnam. In: Yin A, et al, eds. *The Tectonic Evolution of Asia*. Cambridge: Cambridge University Press, 1996. 208~226
- 3 Le Fort P. Evolution of the Himalaya. In: Yin A, et al, eds. *The Tectonic Evolution of Asia*. Cambridge: Cambridge University Press, 1996. 95~105
- 4 马文璞. 大别山北麓的石炭系及其大地构造意义. 地质学报,1991,6(1):17~26
- 5 邓宝. 陕南山阳早石炭世植物群之发现及其地层意义. 地质学报,1978,52(1):15~21
- 6 Zhou D, Graham S A. The Songpan-Ganzi complex of the West Qinling Shan as a Triassic remnant ocean basin. In: Yin A, et al, eds. *The Tectonic Evolution of Asia*. Cambridge: Cambridge University Press, 1996. 281~299
- 7 Nelson K D, Zhao W J, Brown L D, et al. Partially molten middle crust beneath southern Tibet: synthesis of Project INDEPTH results. *Science*, 1996,274:1684~1688
- 8 Zhao W J, Nelson K D, Xu Z X, et al. Intracontinental underthrusting structure of the Yarlung Zangbo Suture and the molten layer features — a comprehensive study of INDEPTH results. *Continental Dynamics*, 1996,1(2):81~93
- 9 Tapponier P. On the mechanics of the collision between India and Asia. In: Coward M P, ed. *Collision Tectonics*, Spec Pub 19 Geol Soc London, 1986. 115~157
- 10 Burke K, Sengör A M C. Tectonic escape and the evolution of the continental crust. In: Barazange M, ed. *Reflection Seismology: the Continental Crust*. Washington D C: AGU Geodynamics Series, 1986,14:41~53
- 11 Sengör A M C, Natal'in B S. Paleotectonics of Asia: fragments of a synthesis. In: Yin A, et al, eds. *The Tectonic Evolution of Asia*. Cambridge: Cambridge University Press, 1996. 486~640
- 12 Houseman G. From mountain to basin. *Nature*, 1996,379:771~772
- 13 Kay R W, Kay S M. Delamination and delamination magmatism. *Tectonophysics*, 1993,219:177~189
- 14 Seber D. Geophysical evidence for lithospheric delamination beneath the Alboran Sea and Rif-Betic mountains. *Nature*, 1996,379:785~790
- 15 Dewey J F. Tectonic evolution of the India/Eurasia collision zone. *Eclogae Geologicae Helvetiae*, 1989,82:717~734
- 16 Searle M P. Cooling history, erosion, exhumation, and kinematics of the Himalaya-Karakoram-Tibet orogenic belt. In: Yin A, et al, eds. *The Tectonic Evolution of Asia*. Cambridge: Cambridge University Press, 1996. 110~137

- 17 赵越,杨振宇,马醒华. 东亚大地构造发展的重要转折. 地质科学,1994,29(2):105~119
- 18 Ren J S,Niu B G,Liu Z G. Microcontinents,soft collision and polycyclic suturing. *Continental Dynamics*,1996,1(1):1~9
- 19 Zhao X X,Coe R S. Paleomagnetic constraints on the collision and rotation of North and South China. *Nature*,1987,327:141~144
- 20 卢欣祥,肖庆辉,王晓霞,等. 秦岭印支期沙河湾奥长环斑花岗岩及其动力学意义. 中国科学(D辑),1996,26(3):244~248
- 21 王清晨,从柏林,马力. 大别造山带与合肥盆地的构造耦合. 科学通报,1997,42(6):575~580
- 22 Ермонов Р В. 哈萨克斯坦的蛇绿岩. 新疆地质科技,1991(1):39~69
- 23 Sengör A M C. The Paleo-Tethyan Suture: a line of demarcation between two fundamentally different architectural styles in the structure of Asia. *The Island Arc*,1992,1:78~91
- 24 胡雄健. 浙西南早元古代花岗岩、伟晶岩的单颗粒锆石 U-Pb 年龄. 科学通报,1992,11:1016~1018
- 25 马文璞. 八布蛇绿岩和突厥型造山带. 科学通报,1998,43(13):1363~1364
- 26 Malaihollo J F A, Hall R. The Eeology and tectonic Evolution of the Bacon region,East Indonesia. In: Hall R,et al, eds. *Tectonic Evolution of SE Asia*. *Geol Soc London Spec Pub*,1996. 483~497
- 27 Jahn B M. Continental growth in the Phanerozoic: Evidence from the East-Central Asian orogenic belt. *Abstract of IGCP-420 First Workshop*. Urumqi,Xinjiang,China, 1998. 1~2
- 28 Hong D W,Wang S G,Jahn B M. Genesis of positive(ϵ_{Nd}), granitoids in northern Xinjiang and middle inner-Mongolia and implications for continental growth. *Abstract of IGCP-420 First Workshop*. Urumqi,Xinjiang,China, 1998. 16
- 29 Chalton Tim R. Correlation of the Salawati and Tomori Basins, eastern Indonesia: A constraint on left-lateral displacements of the Sorong fault zone. In: Hall R,et al, eds. *Tectonic Evolution of SE Asia*, *Geol Soc London, Spec Pub*, 1996, 106: 465~481
- 30 Malod J A,Kemal B M. The Sumatra margin: oblique subduction and lateral displacement of the accretionary prism. In: Hall R,et al, eds. *Tectonic Evolution of SE Asia*. *Geol Soc London, Spec Pub*, 1996, 106: 19~28

SOME IMPORTANT PROBLEMS ON CURRENT OROGEN RESEARCHING

Ma Wenpu

(China University of Geosciences, Beijing, 100083)

Abstract Three problems are discussed in this paper. (1) The evolution of orogenic belt constitutes the main part of the global continental lithosphere growth. The phenomenon of continent connected but not united is a tectonic mark, which indicates the amalgamated continents and the interjacent orogen did not complete the unified crotonization. How the orogenic root zones to be cut in the later evolutionary stage and the unified process with the neighboring continental blocks should be taken as a prior task in the future researching work. (2) The Altai type orogen is of widespread significance. It composed of broad subduction-accretionary complex and its tectonic setting is possibly similar to that of the southeast Asia nowadays. The evolution of this giant and complex marginal sea edifice is related to the subduction of the long-live neighboring oceanic basin. (3) The oblique convergence and collision must result in strike-slip along the orogenic belt. More attention should be paid to their effects in such a complicated dislocation of the orogenic belts.

Key words evolution of collision orogenic belt, Altai type orogenic belt, strike-slip