

郯庐断裂带的平移运动与成因

朱 光, 刘国生, 牛漫兰, 宋传中, 王道轩

(合肥工业大学资源与环境工程学院, 安徽 合肥 230009)

摘要: 在华北、华南板块碰撞期间, 郯庐断裂带究竟是何种边界仍是没有解决的重大地质问题, 许多学者对此提出了不同的构造解释模式。关于郯庐断裂的平移距离仍存在着较大的分歧与有待深入研究之处。在华北、华南板块拼合之后, 郯庐断裂带发生了一次大规模的左行平移, 其糜棱岩的 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年龄为 132~119 Ma, 指示为早白垩世的平移活动, 平移活动中伴生了强烈的岩浆活动。这期左行平移标志着中国东部构造的重大转折, 是滨太平洋构造对前期古特提斯构造的叠加, 其动力学机制为太平洋区伊佐奈岐板块突然出现的高速斜向俯冲。

关键词: 郯庐断裂带; 大别-苏鲁造山带; 左行平移; 构造模式; 伊佐奈岐板块

中图分类号: P542+.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1671-2552(2003)03-0200-08

世界上长逾千米的大型平移断层多不是局部构造运动的结果, 而是区域板块运动的产物, 如美国西部的圣安德烈斯右行平移断层^[1-3]、新西兰的阿尔卑斯右行平移断层^[4-7]、土耳其的North Anatolian 平移断层^[8-10]、苏格兰的大格伦平移断层^[11, 12]、日本列岛上左行平移的中央构造线^[13-16]等。中国东部 NNE 走向的郯庐断裂带, 在中国境内长达 2 400 km。这条巨型断裂带的形成也应是板块运动的结果, 并且记录了中国东部中生代以来板块活动与演变的历史。对该断裂带平移运动与形成机制的正确认识, 不仅是对断裂带本身的了解, 也是揭示中国东部板块汇聚过程与地球动力学演变的重要途径。

郯庐断裂带最醒目的地质现象是将大别-苏鲁造山带大幅度左行错开。然而, 这一错移发生在华北与华南板块陆-陆碰撞的同时还是之后, 或者兼而有之, 一直是争论不休的问题。该断裂带在大别造山带以南的突然消失、在华北板块北界上平移幅度的突减及其他一些地质现象, 使许多学者主张该断裂带起源于华北与华南板块的碰撞造山期间。但是, 其同碰撞成因究竟是何种机制, 许多学者提出了不同的解释模式, 代表性的有转换断层模式^[17-22]

(图 1-A)、缝合线模式^[23-26]、图 1-B)、嵌入模式^[27] (图 1-C)、撕裂断层模式^[28, 29]、图 1-D)、枢纽断层模式^[30] (图 1-E) 等。事实上, 郯庐断裂带的同造山形成机制仍处于假说阶段, 以目前的研究程度还难以定论, 这也制约了对郯庐断裂带许多问题的深入认识。

1 断裂带的平移距离

郯庐断裂带南起长江北岸湖北广济, 经安徽庐江、江苏宿迁、山东郯城、渤海, 过沈阳后分为西支的依兰-伊通断裂带和东支的密山-抚顺断裂带(也称敦化-密山断裂带), 总体呈缓 S 状北北东向延伸(图 2)。对该断裂带内多处出露的左行平移构造及两侧一系列地质体的左行错开, 前人曾进行过系统的研究与总结^[20, 22, 31, 32], 都无可争议地表明其曾发生了左行平移。然而, 由于郯庐断裂带在左行平移之后又先后发生了强烈的伸展活动^[33]和逆冲活动^[34], 特别是其伸展活动造成的大量断陷盆地覆盖, 给正确认识该断裂带的平移运动带来了许多困难。

关于郯庐断裂带的平移距离, 一直是研究者非常关注与不断探索的问题。根据岩相带及地质体等对比, 徐嘉炜^[35]曾主张郯庐断裂带的最大左行平移

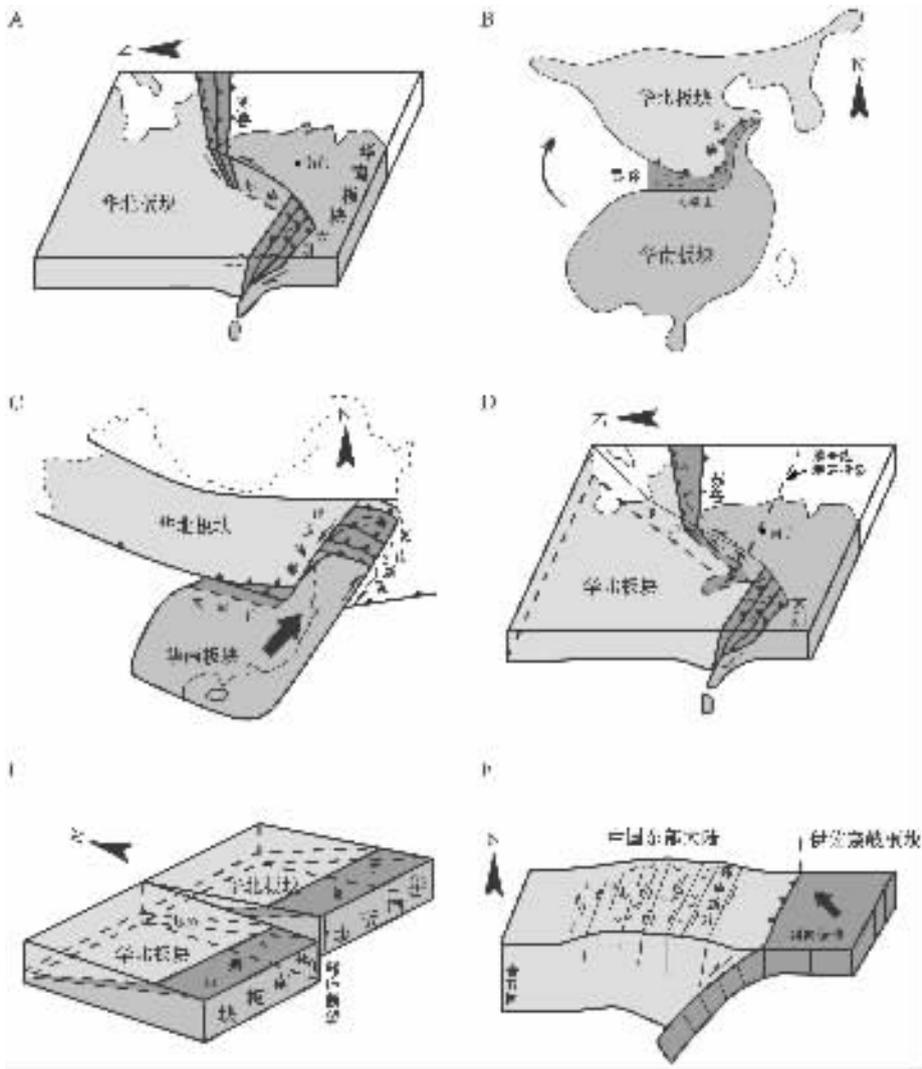


图1 郯庐断裂带构造模式图

Fig. 1 Tectonic models of the Tan-Lu fault zone

A—转换断层模式 ;B—缝合线模式(据Gilder等,1999);C—嵌入模式(据Yin等,1993);
 D—撕裂断层模式(据Li,1994) E—枢纽断层模式(据Chang,1996) F—陆内平移模式

幅度达740 km,使鲁西、辽东地块错开,向南、北两端位移幅度减小,并且认为这一平移运动发生在晚侏罗—早白垩世^[36]。陈丕基^[37]也据断裂带两侧晚侏罗—早白垩世沉积与生物群对比,认为其最大左行平移达740 km。可是,对于这一平移距离也有一些学者提出了质疑^[22,32],关键是断裂带两侧地质体对比的多解性及华北板块北界平移幅度锐减的不协调。因而这一问题还需要更加深入的研究。

目前大家所公认的是,大别—苏鲁造山带在郯庐断裂带两侧被大幅度左行错开(图2),特别是其中超高压变质带的错开。万天丰等^[32]根据华北板块南

缘的确山—合肥断裂与五莲—青岛断裂在郯庐断裂带上端点的错开,主张其错距为430 km。笔者认为,恢复这一造山带的错距应该对比断裂带两侧造山带北界上缝合线型信阳—舒城断裂与五莲—青岛断裂的错开和牵引弯曲,其左行平移距离应为550 km左右。Gilder等^[25]依据古地磁资料对比,也主张郯庐断裂带的视左行平移距离至少为500 km。虽然大别—苏鲁造山带是郯庐断裂带两侧最可靠的错开标志体,但是由于对郯庐断裂带起源与平移演化的认识不统一,大别—苏鲁造山带的错开机制与各阶段的贡献仍然没有解决。因而,要想真正查明郯庐断裂带对此

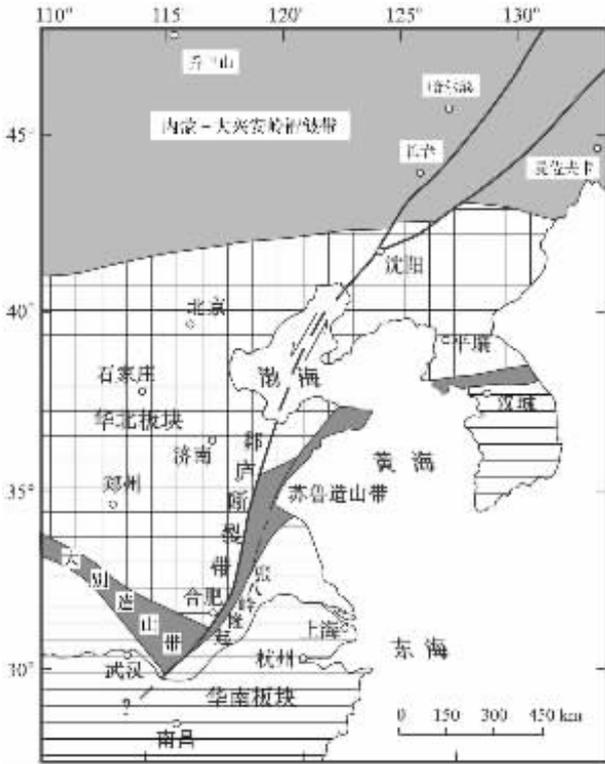


图2 郯庐断裂带构造简图

Fig. 2 Tectonic sketch map of the Tan-Lu fault zone

造山带的平移距离,必须首先深入研究该断裂带是否具有同造山起源及同造山机制。判断郯庐断裂带的平移距离,不能仅静态地对比现今断裂带两侧的地层、地质体或构造带,还必须考虑其起源、机制及多期演化等复杂性。

华北板块北界上的赤峰-开原断裂可见被郯庐断裂带北段的依兰-伊通、密山-抚顺断裂带左行错移(图2),其中密山-抚顺断裂带将其左行平移幅度达150 km^[38,39],依兰-伊通断裂使其左行平移了50 km左右^[32],两者的累计错距达200 km左右。姚大全^[38]基于具体构造研究认为,郯庐断裂带大平移在华北板块北缘地区被部分分解为旁侧的逆冲-推覆活动,即断裂带两侧块体的平移幅度实际上要大于具体标志体的错开距离,并解释这是断裂带大平移在此锐减的主要原因。郑亚东等^[40]研究发现,早-中燕山期的阴山-燕山构造带,其西段和中段的构造方向以东西向为主,而在接近郯庐断裂带的东段却转变成北东-北北东向,这显然指示了郯庐断裂带左行平移在华北板块北侧的存在。Uchimura等^[41]的古地磁研究表明,密山-抚顺断裂带西侧黑龙江

七台河地区和东侧本溪地区晚侏罗-早白垩世古磁偏角与古磁极明显有别,指示白垩纪时该断裂带东侧块体相对发生了 $37.7^{\circ} \pm 16.6^{\circ}$ 的顺时针旋转,即断裂带在白垩纪发生了显著的左行平移。这些远离大别-苏鲁造山带的左行平移现象,显然与印支-早燕山期华北、华南板块的碰撞无关,应是造山之后在郯庐断裂带上发生的大规模陆内左行平移活动。

2 断裂带早白垩世的平移运动

如上所述,苏鲁造山带以北的郯庐断裂带也出现了大规模的左行平移。其平移活动既出现在华北板块北部,也发生在东北地区各地块上,应是中国东部各陆块南北向拼贴之后发生的陆内平移活动。

2.1 左行平移构造特征

根据笔者近年来的研究,大别、苏鲁造山带之间的郯庐断裂带,在高级变质基底中(如大别群、肥东群、五河群、胶南群)广泛发育了NE-NNE向左旋走滑韧性剪切带。剪切带内大量出现的是低绿片岩相糜棱岩类,包括粗糜棱岩、糜棱岩、超糜棱岩和干糜岩。这些韧性剪切带在断裂带内呈多条剪切带相间出现,表现为组合型韧性剪切带形式。韧性剪切带倾角陡立,多为 $70^{\circ} \sim 80^{\circ}$,以东倾为主,呈现典型走滑剪切带的特征。在大别造山带东缘,由于这些韧性剪切带的走滑运动,造山带内原先北西西向的面理被牵引成NEE \rightarrow NE \rightarrow NNE向。断裂带上张八岭隆起南段的肥东地区,一系列NE-NNE向的左旋走滑韧性剪切带也将肥东群中原先的面理改造成北东-北北东向,而远离这些剪切带的部位仍有近东西向的造山构造保留。在显微镜下,这些糜棱岩中普遍出现了绿泥石对角闪石、黑云母的交代,显然是造山期高级变质之后发生的韧性剪切带退变质作用。这也指示这些剪切带低绿片岩相糜棱岩的形成环境与造山期的高温、高压变质明显有别,是发生在造山之后的左行平移活动的产物。

郯庐断裂带另一类造山之后的走滑构造,为出现在中生代火成岩中的NE-NNE向脆性、脆-韧性左行平移断裂。近年来的野外工作发现,无论是山东段还是安徽段的郯庐断裂带上,早白垩世(年龄见后文)火山岩(山东青山组、安徽毛坦厂组)和侵入岩中都常出现以脆性为主、局部岩体中呈脆-韧性的左行平移断层。如山东沂水道托花沟、北展、安丘南流镇、李家小戈、夏坡牟家庄、莒县浮来山等地的青山

组火山岩,安徽肥东龙山、庐江金牛、长岗、柯坦一带的毛坦厂组火山岩,都发现其中有NE—NNE向的左行平移断层。在安徽段北部张八岭隆起上的早白垩世管店、瓦屋刘、瓦屋薛岩体及庐江一带的许多正长斑岩岩脉中,也常见NE向的脆性、脆—韧性左行平移断层。瓦屋刘岩体内这些左行平移断层中局部已出现了金矿点。庐江长岗早白垩世火山岩中的左行平移断层中形成有萤石矿脉。张八岭隆起西缘的早白垩世(年龄见后文)安山玄武质熔岩(肥东龙山),露头上是宽达1 km的北北东向左行平移断裂带,主断面产状为 $300^{\circ} \angle 80^{\circ}$ 。野外观察发现,该断裂破碎带广泛受到火山热液交代,表现为大量铁碧玉沿断裂破碎带充填及蚀变形成了孔雀石和绿帘石。这指示左行平移断裂活动与早白垩世火山喷发是同期的。

2.2 早白垩世平移的同位素年代学证据

大别与苏鲁造山带之间的郟庐断裂带内,一系列左旋走滑韧性剪切带的糜棱岩可被用于同位素年代学定年,以确定其形成时代。

笔者曾报道了大别山东缘和张八岭隆起段郟庐断裂带6个糜棱岩类全岩的 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 测年结果^[42]。所获得的大别山东缘桐城挂车一带郟庐断裂带内的 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 全岩坪年龄分别为(124.67±0.73)Ma(超糜棱岩)、(128.36±0.64)Ma(超糜棱岩)、(130.61±0.88)Ma(糜棱岩)和(132.50±0.35)Ma(糜棱岩),皆属于早白垩世。最近又从该处韧性剪切带上获得糜棱岩中白云母的 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 坪年龄为(127.62±0.19)Ma(将另文发表),与全岩年龄基本吻合。特别是同一采场(桐城童铺北胡老屋)上的3个糜棱岩全岩、超糜棱岩全岩和糜棱岩中白云母的 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 坪年龄分别为(130.61±0.88)Ma、(128.35±0.64)Ma、(127.62±0.19)Ma,在误差范围内相互吻合,指示分析结果是可靠的。显微镜下观察显示,在所分析的走滑韧性剪切带糜棱岩的形成过程中普遍发生了低绿片岩相(退)变质作用。这一变形—变质温度一般大于白云母K—Ar体系的封闭温度(350℃左右),从而使同位素体系重置而记录变形—变质事件。这些不同地点的样品及同一地点的不同样品年龄的一致性反映了韧性剪切带中一次广泛而稳定的热事件,而不是局部的热扰动(如岩浆活动),因而记录的应是糜棱岩形成过程中的变形—变质热事件,即走滑事件。笔者认为(127.62±0.19)Ma的糜棱岩中白云母

$^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 坪年龄最真实地记录了该段走滑变形的冷却年龄。

所获得的张八岭隆起以北、蚌埠隆起东缘上郟庐韧性剪切带内千糜岩全岩 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 坪年龄为(120.96±0.66)Ma,张八岭隆起南段韧性剪切带上糜棱岩全岩 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 坪年龄为(120.48±0.75)Ma。最近又从张八岭隆起南段获得超糜棱岩全岩 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 坪年龄为(118.75±0.45)Ma。这3个数据在误差范围内基本吻合,皆属早白垩世。笔者解释它们反映了该段郟庐断裂走滑变形的冷却年龄。大别山东缘与张八岭隆起段冷却年龄相差8 Ma左右,可能是前者走滑期间或稍后较快抬升的反映。

这一系列的 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 测年结果及相应的变形变质现象表明,在郟庐断裂带南段地表所见的这些大规模低温走滑糜棱岩是早白垩世初形成的。由此证明了郟庐断裂带在早白垩世发生了大规模的左旋走滑运动。这一走滑运动的时间要比华北板块与华南板块于印支期沿大别—苏鲁造山带的陆—陆碰撞时间晚1亿年左右,显然是碰撞之后的构造,与造山带没有成因上的联系。至于大别、苏鲁造山带之间的郟庐断裂带内是否有造山期高温走滑糜棱岩存在及其准确年龄,仍需今后的进一步工作。

2.3 早白垩世平移的岩浆活动证据

大型平移断层由于其产状陡、切割深,在平移运动中往往会诱发岩浆活动。而这些岩浆活动往往又是断裂发生大规模平移活动的重要标志。巨型的郟庐断裂带,也是中国东部重要的岩浆活动带(图3)。该断裂带山东段控制形成了大规模的青山组火山岩。这些火山岩的一系列K—Ar全岩年龄为(100.7~125 Ma)^[43],Rb—Sr年龄为(111.4~119.6)Ma^[44],皆指示为早白垩世。该带内火山岩与带外鲁东、鲁西同期的中酸性、钙碱性火山岩相比,碱性显著增高,主要属于富碱、富钾的橄榄安粗岩系^[45],具有大型断裂控制下的岩浆活动特点。郟庐断裂带张八岭隆起北段西缘,有规律地出现了3个长形、NNE向排列的花岗岩体,自北向南依次为管店、瓦屋刘、瓦屋薛岩体^[45],排列现象明显指示是受断裂带控制侵位的岩体。牛漫兰等^[45]从瓦屋刘、瓦屋薛岩体中分别获得了黑云母 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 坪年龄为(127.87±0.46)Ma和(120±0.5)Ma。李学明等(1985)从管店岩体中获得了锆石U—Pb年龄为(128±1)Ma。另外,牛漫兰等^[45]还从该带西缘肥东龙山毛坦厂组安山玄武质熔岩中获得了

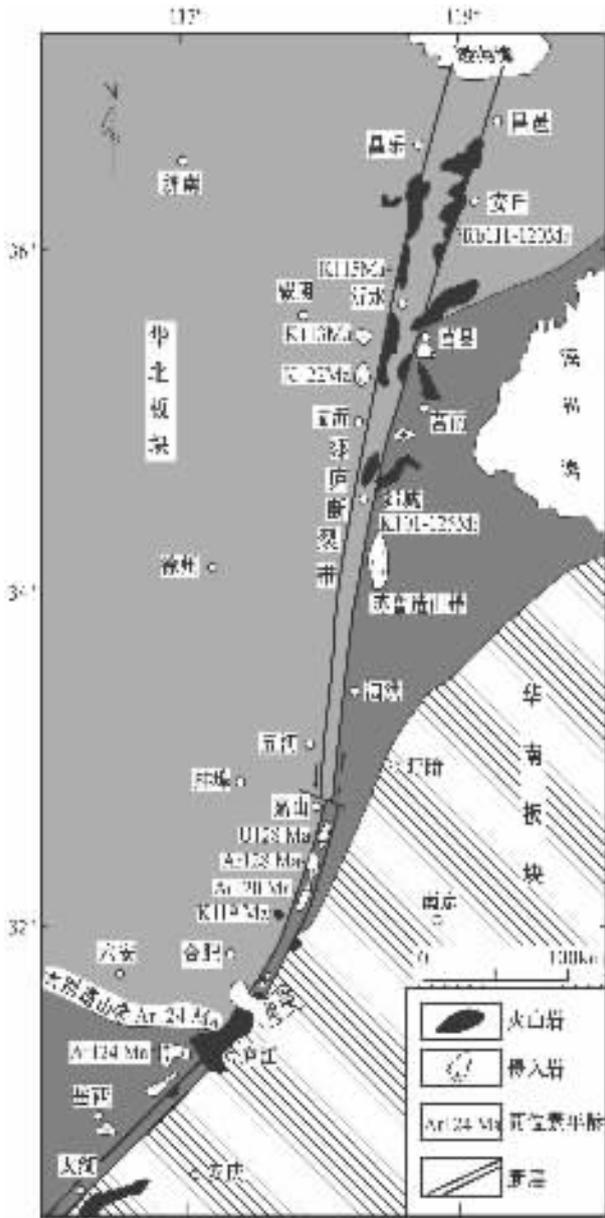


图3 郯庐断裂带中、南段早白垩世岩浆岩分布简图

Fig. 3 Distribution of Early Cretaceous igneous rocks along the middle and southern segments of the Tan-Lu fault zone

K—K-Ar年龄; Ar—⁴⁰Ar/³⁹Ar年龄; Rb—Rb-Sr年龄; U—U-Pb年龄

(119.2±2.3)Ma的K-Ar全岩年龄。这一系列数据都指示郯庐断裂带安徽段的岩浆活动也发生于早白垩世。

郯庐断裂带上这一系列早白垩世岩浆岩,一方面其分布受断裂带的控制,另一方面前已述及其中常出现北东—北北东向的左行平移断层的切割。这

反映该断裂带早白垩世的岩浆活动为同走滑期岩浆活动。郯庐断裂带上早白垩世的大规模岩浆活动,也指示这期间断裂带发生了强烈的活动,即强烈的左行平移运动。应当指出的是,郯庐断裂带上早白垩世岩浆岩内至今地表没有发现左旋走滑韧性剪切带,并且它们有时与变质岩内走滑韧性剪切带并列出现(如肥东段)或火山岩覆盖在韧性剪切带之上(如沂沭断裂带),这暗示断裂带内早白垩世的岩浆活动出现在大规模左行平移(及随之发生的走滑隆升)的后期,而岩浆活动时的平移活动可能比早阶段已大为减弱。

3 早白垩世左行平移的形成机制

郯庐断裂带在早白垩世左行平移运动的发生,标志着中国东部大地构造的重要转折。在此之前,中国东部处于古特提斯构造域板块的南北汇聚和随后的陆内俯冲、前陆变形之中,以东西向构造占主导地位。随着郯庐断裂带在早白垩世左行平移的出现,中国东部同期还形成了一系列NE—NNE向的左行平移断裂^[46],如较大规模的在东南地区有长乐—南澳断裂^[47]、丽水—海丰断裂、莲花山断裂、吴川—四会断裂等,在下扬子地区有天目山—白际山断裂、宁国—绩溪断裂、茅东断裂等,在鲁东地区有牟平—青岛断裂。这一系列左行平移断裂的出现,使中国东部早期东西向的构造格架转变为平行于大洋俯冲带北东—北北东向的构造格架。郯庐断裂带早白垩世的岩浆活动同样也不是孤立的现象。在中国东部,早白垩世是最强烈的岩浆活动期,出现了大规模以中酸性、钙碱性为主的岩浆侵入与喷发。这些岩浆岩带主要呈NE—NNE向展布,多受同方位断裂系统的控制,如宁芜火山岩盆地、庐枞火山岩盆地等。因而,郯庐断裂带在早白垩世的构造—岩浆活动是中国东部同期动力学演化的缩影。它们叠加在印支期板块南北汇聚而形成的古特提斯东西向构造之上,是在中国东部活动大陆边缘的转换挤压(transpression)岩浆弧环境下出现的(图1-F),显然应该是太平洋区大洋板块强烈活动的产物。

根据Engbretson等^[48]和Maruyama等^[49]的研究,中侏罗世时(180 Ma)开始出现在东亚大陆东部的伊佐奈岐(Izanagi)板块,是以非常缓慢的低速(4.7 cm/a)正向俯冲于东亚大陆之下的。到早白垩世初期(140Ma),可能由于太平洋超地幔柱的活动^[50],伊

佐奈岐板块突然改变了运动方向和速度,以30 cm/a的高速向正北斜向俯冲于东亚大陆之下(俯冲带走向北东)。在早白垩世中期(120 Ma)还保持着高速俯冲(20.7 cm/a),运动方向逐渐变成NNW向,仍为高斜度斜向俯冲。这一时期的高斜度俯冲在日本东北及远东东部甚至出现无俯冲的转换边缘(transform margin)。Larson^[50]研究发现,早白垩世太平洋的高速扩张还与当时全球海平面、气温的迅速上升、黑色页岩的大量形成及大量海底高原的出现相吻合。太平洋的扩张速率从120 Ma至80 Ma出现递减,在80 Ma时已大大降低。由此可见,早白垩世伊佐奈岐板块突然出现的高速斜向俯冲与郟庐断裂带大规模的左行平移和强烈的岩浆活动在时间上是一致的,在成因上也是明显耦合的。笔者认为,正是由于早白垩世伊佐奈岐板块高速斜向俯冲于东亚大陆之下,使中国东部呈现活动大陆边缘上的左旋压扭与岩浆弧环境,从而发生了郟庐断裂带及旁侧断裂系的大规模左行平移及同期的岩浆活动。东亚大陆边缘早白垩世的转换挤压、岩浆弧环境,类似于北美西部滨太平洋边缘晚白垩世至古近纪时由法拉隆(Farallon)板块的斜向俯冲导致的转换挤压、岩浆弧环境^[51]。

4 结 语

郟庐断裂带自1957年发现以来,经过几代人的努力,对该断裂带在许多方面已有了很深入的认识。由前述可见,对该断裂带的认识已不仅仅是断裂本身的问题,而是涉及到中国东部中生代以来板块动力学与运动学以及古特提斯构造向滨太平洋构造转换的重大地学问题。然而,由于该断裂带复杂、多期的演化及巨大的规模,仍然存在一些悬而未决的难题。除前述的平移距离问题外,笔者认为目前最关键的问题是其起源及其早期形成机制,并且后者还制约着前者的认识。关于郟庐断裂带的起源目前主要存在两种观点:一些学者主张郟庐断裂带起源于同造山构造,并提出了不同的模式^[17-30];另一些学者^[36,46]则认为,郟庐断裂带在华北板块与华南板块碰撞造山期间并不存在,起源于晚侏罗—早白垩世,属于滨太平洋构造在古特提斯构造之上的叠加。应当注意的是,郟庐断裂带的真实历史也有可能是早期起源于同造山构造,而后在滨太平洋构造活动中又被利用为陆内左行平移断裂,并向北延

伸。因为,该巨型平移断裂带没有板块边界上强大的动力起源历史是很难形成的,即仅仅通过太平洋区大洋板块俯冲的远程动力,很难想象会一步形成长逾2400 km的巨型平移断裂带。

关于郟庐断裂带早期起源目前认识不统一的主要原因是,对大别、苏鲁造山带之间的郟庐断裂带还缺乏深入、细致的研究工作,特别是在断裂带内构造方面和同位素年代学方面缺乏详细、可靠的证据。而对这一地段郟庐断裂带的深入研究应是解决其同造山形成机制的关键所在。前人的模式大多建立在区域构造与区域地层分析对比的基础之上,常有多解性,因而难以成为共识。另一方面,郟庐断裂带在早白垩世又发生了大规模的左行平移,并且改造或破坏了前期的构造现象,又使正确认识其同造山形成机制更加复杂化。因而,对郟庐断裂带多学科、多手段、扎实的研究应当继续深入,相信会对大陆动力学理论的创新做出更多的贡献。

参考文献:

- [1] Henstock T J, Levander A, Hole J A. Deformation in the lower crust of the San Andreas Fault System in northern California[J]. *Science*, 1997, 278: 650-653.
- [2] Unsworth M J, Malin P E, Egbert G D, et al. Internal structure of the San Andreas fault at Parkfield, California[J]. *Geology*, 1997, 25: 359-363.
- [3] Wakabayashi J. Distribution of displacement on and evolution of a young transform fault system: the northern San Andreas fault system, California[J]. *Tectonophysics*, 1999, 18(6): 1245-1274.
- [4] Sutherland R. The Australian-Pacific boundary and Cenozoic plate motions in the SW Pacific: Some constraints from Geosat data[J]. *Tectonics*, 1995, 14: 819-831.
- [5] Norris R J, Cooper A F. Erosional control on the structural evolution of a transpressional thrust complex on the Alpine fault, New Zealand[J]. *Journal of Structural geology*, 1997, 19: 1323-1342.
- [6] Walcott R I. Modes of oblique compression: Late Cenozoic tectonics of the South Island of New Zealand[J]. *Reviews of Geophysics*, 1998, 36: 1-26.
- [7] Little T A, Holcombe R J, Ilg B R. Ductile fabrics in the zone of active oblique convergence near the Alpine fault, New Zealand: Identifying the neotectonic overprint[J]. *Journal of Structural Geology*, 2002, 24: 193-217.
- [8] Sengör A M C. The North Anatolian transform fault: its age, offset and tectonic significance[J]. *J Geol. Soc. London*, 1979, 136: 269-282.

- [9] Barka A, Akyuz H S, Cohen H A, et al. Tectonic evolution of the Nixsar and Tasova-Erbaa pull-apart basins, North Anatolian fault zone: their significance for the motion of the Anatolian block[J] *Tectonophysics*, 2000, 322: 243~264.
- [10] Gundogdu M N, Gourgau A. Late Cenozoic tectonics and volcanism along the North Anatolian fault: new structural and geochemical data[J] *Tectonophysics*, 2001, 338: 135~165.
- [11] Soper N J, Strachan R A, Holdsworth R E, et al. Sinistral transpression and the Silurian closure of Iapetus[J] *J. Geol. Soc. London*, 1992, 149: 871~880.
- [12] Stewart M, Strachan R A. Structure and early kinematic history of the Great Glen Fault Zone, Scotland[J] *Tectonics*, 1999, 18(2): 326~342.
- [13] Ichikawa K. Geohistory of the Median Tectonic Line of Southwest Japan[J] *Mem. Geol. Soc. Jpn.*, 1980, 18: 187~212.
- [14] Yamamoto H. Kinematics of mylonite rocks along the Median Tectonic Line, Akaishi range, central Japan[J] *Journal of Structural Geology*, 1994, 16: 61~70.
- [15] Ito T, Ikawa T, Yamakita S, et al. Gently north-dipping Median Tectonic Line (MTL) revealed by recent seismic reflection studies, Southwest Japan[J] *Tectonophysics*, 1996, 264: 51~63.
- [16] Otofujii Y I, Enami R, Yokoyama M, et al. Miocene clockwise rotation of Southwest Japan and formation of curvature of the Median Tectonic Line: Paleomagnetic implications[J] *J. Geophys. Res.*, 1999, 104(B6): 12895~12905.
- [17] Zhang Zh M, Liou J G, Coleman R G. An outline of the plate tectonics of China[J] *Geol. Soc. Am. Bull.*, 1984, 95: 295~312.
- [18] Hsu K J, Li J, Chen I, et al. Tectonic evolution of Qinling Mountains, China[J] *Ecolgae. Geol. Helve.*, 1987, 80: 735~752.
- [19] Watson M P, Hayward A B, Parkinson D N, et al. Plate tectonics history, basin development and petroleum source rock deposition onshore China[J] *Marine and Petroleum Geology*, 1987, (4): 205~225.
- [20] Xu J W, Zhu G, Tong W X, et al. Formation and evolution of the Tancheng-Lujiang wrench fault system: a major shear system to the northern of the Pacific Ocean [J] *Tectonophysics*, 1987, 134: 273~310.
- [21] Okay A I, Sengor A M C. Evidence for intracontinental thrust related exhumation of the ultra-high-pressure rocks in China[J] *Geology*, 1992, 20: 411~414.
- [22] 王小凤, 李中坚, 陈柏林, 等. 郟庐走滑断裂系的形成演化及其地质意义[A] 见: 郑亚东等主编. 第30届国际地质大会论文集[C] 北京: 地质出版社, 1998.14: 176~196.
- [23] Lin J L, Fuller M. Paleomagnetism, North and South China collision, and the Tan-Lu fault[J] *Phil.Trans.Roy.Soc.Lond.*, 1990, A331: 589~598.
- [24] Zhang K J. North and South China collision along the eastern and southern North China margins [J] *Tectonophysics*, 1997, 270: 145~156.
- [25] Gilder S A, Leloup P H, Courtillot V, et al. Tectonic evolution of the Tancheng-Lujiang (Tan-Lu) fault via middle Triassic to Early Cenozoic paleomagnetic data [J] *Journal of Geophysical Research*, 1999, 104(B7): 15365~15390.
- [26] 肖文交, 周兆秀, 杨振宇, 等. 大别-郟庐-苏鲁造山带复合旋转拼贴作用[J] *地球科学进展*, 2000, 15(2): 147~153.
- [27] Yin A, Nie S Y. An indentation model for the North and South China collision and the development of the Tan-Lu and Honam fault system, eastern Asia[J] *Tectonics*, 1993, 12(4): 801~813.
- [28] Li Z X. Collision between the north and south blocks: A crust-detachment model for suturing in the region east of the Tan-Lu fault[J] *Geology*, 1994, 22: 739~742.
- [29] Chung S L. Trace element and isotope characteristics of Cenozoic basalts around the Tanlu fault with implications for the eastern plate boundary between north and south China[J] *The Journal of Geology*, 1999, 107: 301~312.
- [30] Chang E Z. Collision orogene between north and south China and its eastern extension in the Korean Peninsula[J] *Journal of Southeast Asian Earth Sciences*, 1996, 13(3~5): 267~277.
- [31] Xu J W, Zhu G. Tectonic models of the Tan-Lu fault zone, eastern China[J] *International Geology Review*, 1994, 36: 771~784.
- [32] 万天丰, 朱鸿. 郟庐断裂带的最大左行走滑断距及其形成时期[J] *高校地质学报*, 1996, 2(1): 14~27.
- [33] 朱光, 王道轩, 刘国生, 等. 郟庐断裂带的伸展活动及其动力学背景[J] *地质科学*, 2001, 36(3): 269~278.
- [34] 朱光, 刘国生, 牛漫兰, 等. 郟庐断裂带新第三纪以来的挤压活动与深部过程[J] *地震地质*, 2002, 24(2): 265~277.
- [35] 徐嘉炜. 郟-庐断裂带的平移运动及其地质意义[A] 见: 第26届国际地质大会论文集(I) [C] 北京: 地质出版社, 1980.
- [36] 徐嘉炜, 马国锋. 郟庐断裂带研究的十年回顾[J] *地质论评*, 1992, 38(4): 316~324.
- [37] 陈丕基. 郟庐断裂巨大平移的时代与格局[J] *科学通报*, 1988, 33(4): 289~293.
- [38] 姚大全. 中朝地台北缘东段的平移剪切和推覆构造[J] *中国区域地质*, 1989(3): 262~268.
- [39] 王小凤, 李中坚, 陈柏林, 等. 郟庐断裂带[M] 北京: 地质出版社, 2000.
- [40] 郑亚东, Davis G A, 王琼, 等. 燕山带中生代主要构造事件与板块构造背景问题[J] *地质学报*, 2000, 74(4): 289~302.
- [41] Uchimura H, Kono M, Tsunakawa H, et al. Paleomagnetism of late Mesozoic rocks from northeastern China: the role of the Tan-Lu fault in the North China Block [J] *Tectonophysics*, 1996, 262: 301~319.
- [42] 朱光, 宋传中, 王道轩, 等. 郟庐断裂带走滑时代的⁴⁰Ar/³⁹Ar年

- 代学研究及其构造意义[J]中国科学(D辑), 2001, 31(3): 250~256.
- [43] 苏尚国, 周珣若, 顾德林. 山东沂水郯庐断裂带中段中生代火山岩特征及演化[J]地质论评, 1999, 45(增刊): 565~571.
- [44] 邱栓生, 王德滋, 周金城, 等. 山东中生代橄榄安粗岩系火山岩的地质、地球化学特征及岩石成因[J]地球科学, 1996, 21(5): 546~552.
- [45] 牛漫兰, 朱光, 刘国生, 等. 郯庐断裂带中南段中生代岩浆活动的构造背景与深部过程[J]地质科学, 2002, 37(4): 393~404.
- [46] Xu J W. The Tancheng-Lujiang Wrench Fault System[C] Chichester(UK): John Wiley and Sons Ltd., 1993.
- [47] 王志洪, 卢华复. 长乐-南澳韧性剪切带 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 热年代学研究[J]中国科学(D辑), 1997, 27(4): 294~299.
- [48] Engebretson D C, Cox A, Gordon R G. Relative motions between oceanic and continental plates in the Pacific basin[J] The Geological Society of America, 1985, Special Paper 206: 1~59.
- [49] Maruyama S, Isozaki Y, Kimura G, et al. Paleogeographic maps of the Japanese Islands: plate tectonic synthesis from 750 Ma to the present[J] Island Arc, 1997, 6: 121~142.
- [50] Larson R L. Geological consequences of superplumes[J] Geology, 1991, 19: 963~966.
- [51] Rusmore M, Gehrels G, Woodsworth G J. Southern continuation of the coast shear zone and Paleocene strain partitioning in British Columbia-southeast Alaska[J] Geol. Soc. Am. Bull., 2001, 113(8): 961~957.

Transcurrent movement and genesis of the Tan-Lu fault zone

ZHU Guang, LIU Guosheng, NIU Manlan,

SONG Chuanzhong, WANG Daoxuan

(College of Resources and Environmental Engineering, Hefei University of Technology, Hefei 230009, Anhui, China)

Abstract: It is still an outstanding major scientific issue what type of boundary the Tan-Lu fault was during collision of the North and South China plates. Different interpretative tectonic models have been proposed. Divergent views exist as to the magnitude of displacement of the fault zone and more studies are needed. The fault zone experienced a large-scale left-lateral displacement after the collage of the North and South China plates. $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ ages of relative mylonites range from 132 to 119 Ma, indicating Early Cretaceous wrench faulting. The Early Cretaceous wrench faulting was accompanied by intense magmatism. The left-lateral displacement of the Tan-Lu fault zone in the Early Cretaceous marks very important tectonic turning in eastern China, which shows overprinting of circum-Pacific tectonics on pre-existing Tethys tectonics. Its dynamic mechanism is the sudden onset of high-speed oblique subduction of the Izanagi plate in the Pacific region.

Key words: Tan-Lu fault zone; Dabie-Sulu orogenic belt; left-lateral displacement; tectonic model; Izanagi plate