

亚洲东部碰撞构造: 郯庐—尚塔尔碰撞带研究

张培强¹, 马 宇²

(1. 中国地质大学“岩石圈构造、深部过程及探测技术”教育部重点实验室, 北京, 100083;

2. 中国地质科学院地质力学研究所, 北京 100081)

摘 要: 沿郯城—庐江断裂带两侧各约 500 km 内发育的中生代以来白云母花岗岩、二云母花岗岩和 A 型花岗岩, 五大连池、科洛和二克山火山岩带的强碱性富钾火山岩, 高⁸⁷Sr/⁸⁶Sr 值、低 ϵ_{Nd} 值的中新生代玄武岩, 沿郯庐断裂带两侧盆地广泛发育的磨拉石建造, 稀土元素 ΣREE , $\Sigma LREE$, $\Sigma LREE/\Sigma HREE$ 从老到新均逐渐增高; 郯庐断裂带莫霍面深度明显大于两侧盆地; 郯庐断裂带两侧地块的不连续与差异; 沿郯城—庐江断裂带展布的华北地台北缘及东缘的高压麻粒岩、NNE 向展布的日照、莒南、东海榴辉岩超高压带和安徽张八岭高压蓝片岩带; 郯庐断裂带内表现的强烈挤压构造; 郯庐断裂带东侧胶辽—苏北黄海负磁异常区不同于周围地质体(正磁异常区)等, 所有证据都指示着南起安徽庐江, 经山东郯城、黑龙江佳木斯, 北至俄罗斯尚塔尔群岛的断裂带及其两侧构造带为一构造碰撞带: 郯庐—尚塔尔碰撞带, 郯庐—尚塔尔断裂带为碰撞带的缝合线。松辽盆地、华北盆地、苏北盆地等成煤、成油气等矿产的盆地是碰撞的结果。碰撞带的(突出)应力集中区鲁西—胶东超高压带碰撞区、燕山—辽东碰撞区是中国东部地震的高发区。碰撞的主要动力机制为日本海和鄂霍次克海的张开及菲律宾板块的俯冲。

关键词: 郯庐—尚塔尔碰撞带; 油—气—煤盆地; 地震; 渤海湾形成

中图分类号: P548 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-1412(2006)03-0203-07

1 前言

1.1 研究现状

郯城—庐江断裂带(简称郯庐断裂带)^[8]纵贯亚洲东部大陆边缘, 总体呈 NNE 走向, 南起长江, 北达黑龙江以北, 绵延 2400 多 km, 跨越具有不同演化历史的吉黑、华北、华南等地块, 对亚洲东部中生代以来的沉积环境、岩浆活动、变质作用、矿产的形成与分布都有着明显的控制作用。同时, 它也是一条地震活动带和火山活动带。(图 1)

1.1.1 大地构造学观点

对于郯庐断裂带的性质、演化及动力学机制, 存在以下 6 种主要的观点:

(1) 王小凤等(2000)认为郯庐断裂带为走滑断裂系(走滑距离 100~370 km), 是比较有代表性的

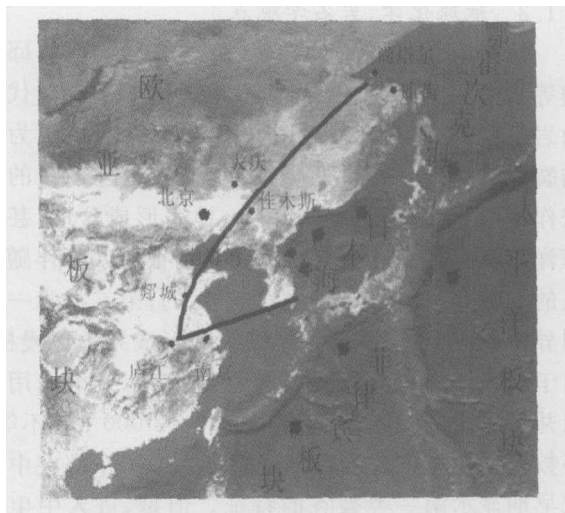


图 1 郯庐—尚塔尔碰撞带卫星影像图

Fig. 1 Sattelite image of Tanlir Shangtaer collision zone

观点。

(2) 以徐嘉伟等(1984, 1985, 1992, 1993) 为代表, 认为郯庐断裂带为大型平移断层, 最大平移幅度 740 km, 主平移时代为晚侏罗—早白垩世(140~110 Ma)。

(3) 周导之等(1980) 认为是地缝合线—边界线转换断层带, 作为华北与华南板块的缝合线。

(4) 李春昱(1975), Okay 等(1992) 提出的转换断层模式。认为郯庐断裂的形成与华北、扬子陆块沿秦岭—大别造山带碰撞有关, 转换断层的活动时限为晚古生代—中生代侏罗纪。

(5) Yin 等(1993) 提出碰撞嵌入模式。嵌入碰撞时代为早二叠世晚期—晚三叠世(或早侏罗世)。

(6) 李树靖等(1985), 邓乃恭(1984) 认为郯庐断裂带是我国东部一个独立的巨型构造体系, 称为更新华夏系。

以上观点从运动学角度分析归纳为两种机制: 一是 Cascadia 太平洋的单剪运动机制; 二是特提斯消失的陆块拼合转换机制^[8]。

1.1.2 地层学观点

乔秀夫等(2001) 以灾变事件为基础, 结合地层、沉积、层序、古生物及盆地演化等综合地层研究方法, 得出郯庐断裂是新元古代晚期地壳裂开并频繁发生地震的古郯庐带, 及郯庐断裂在中生代并无巨大平移的结论^[18]。

1.1.3 地球化学、岩石学观点

池际尚、刘若新、邓晋福、路凤香、鄂莫岚、邱家骧等将中国东部(包括郯庐断裂带两侧)的新生代火山岩都归属于大陆裂谷型。Kazmin(1987) 认为大陆裂谷的作用方式有两类: 第一类为通过不断的扩张作用, 引起岩石圈均衡下沉, 地表形成盆地、甚至海洋, 并充填大量沉积物, 火山作用很弱并不伴随明显的上隆, 它是在大陆破裂时产生的; 第二类为一系列异常地幔向上底辟, 在地壳下部形成异常地幔柱, 由于其密度小而导致岩石圈均衡抬升, 火山作用较强并伴随明显的上隆, 延伸达 100~2 000 km 不等。多数地球化学家及岩石学家们认为中国东部在中生代早期显示第一类裂谷的特征。但是, 进入中生代晚期至新生代, 火山作用较强, 地幔大规模上隆并呈地幔柱状局部上拱, 裂谷已经转化成第二类型^[4, 7, 10, 17]。

1.2 问题的提出

(1) 基于对中国东部新生代火山岩岩石学、地球化学特征及动力学研究, 无论是第一类裂谷还是第二类裂谷, 垂直断裂带表现的构造主应力都是以张

性为主。而基于郯庐断裂带的性质、演化及动力学机制研究, 大地构造学前 5 种观点对构造的解释是大型平移、走滑、转换断层等。其表现的构造主应力都是以剪切为主。

这就出现了一个很大的问题: 不同的学科, 对同一范围的地质体进行研究, 得出的结论竟然大相径庭。

(2) 从岩石学、地球化学等角度出发, 邓晋福^[10] 认为, 中国东部燕山期火成岩是环太平洋构造—岩浆—成矿带的一个重要组成部分, 其中有 3 个疑难问题始终未得到解决: ①在岩石学、地球化学特征上, 它们具有类似于安第斯火成岩那样的环太平洋大陆边缘弧火成岩特征, 因此人们常常把它们看作为太平洋洋壳俯冲的产物。但是, 东部燕山期火成岩可深入内陆达 1 000 km 以上(离海沟的距离), 用现今的俯冲作用模型无法解释。据此, 有人提出它们是陆内造山带或裂谷带产物。然而, 这又无法解释它们的弧火成岩岩石学、地球化学特征, 多年来成为一个焦点问题。②大致以大别造山带为界, 其南地区的火山岩展布宽度较窄(约 450 km), 呈带状分布, 用洋壳俯冲的模型解释分歧较少; 但其北地区火山岩分布的宽度可达 1 000 km 以上, 呈面状分布, 难以用简单的俯冲模型解释。为什么南、北火山岩的分布形态有这么大的差异? ③多次幕式的水平挤压(逆冲断层、造山花岗岩侵入事件、磨拉石堆积)与拉伸构造(拉伸或中性的火山沉积盆地、变质核杂岩的形成)的交替发育, 表明浅部陆壳有多次幕式反转构造, 这是东部中生代的一个重要特征, 至今还没有获得比较满意的解释。

另外, 根据裂谷理论, 裂谷中心的断裂带部位地壳厚度由于底辟作用而最薄, 向两侧逐渐增厚。但实际情况是中心的断裂带部位地壳厚度(平均约 35 km)明显大于其西侧盆地的地壳平均厚度(约 30 km)。

(3) 从构造学、沉积学、古生物学的角度出发, 走滑、平移、转换断层等观点存在着一些问题: ①古地磁的原始数据表明, 郯庐断裂带东侧华南地块晚侏罗世发生了 13°~27° 逆时针旋转, 而郯庐断裂带西侧地块则有 3°~5° 顺时针旋转。走滑理论在解释这种现象时使用特定的计算机程序对数据进行了特殊处理, 消除了断裂带西侧地块顺时针旋转的背景。但这种解释很牵强。②实际观测到的郯庐断裂带在构造上表现的是以压性为主的断裂带, 几乎未找到明显的剪切证据; 有力的巨大左旋证据更是缺乏。

③乔秀夫等经过详细的野外生物地层对比及对古盆地、古构造及层序界面的实地勘查^[18], 认为郯庐断裂带不存在巨大平移或走滑的详细证据。《山东省区域地质志》也对巨大平移或走滑提出了质疑。④上述观点对断裂带两侧中生代晚期至新生代大面积的岩浆岩分布难以做出合理的解释。⑤上述观点对渤海湾的张开难以做出合理的解释。

2 新观点建立的主要依据

目前通过收集大量前人工作资料及以往实际工作, 已经获得了以下证据。

2.1 岩石学、地球化学证据

Condie(1982)^[2]对碰撞带岩浆作用解释如下: “碰撞带是以不同的火成岩组合, 具有相对的岩石类型数量变化作为一条自然演化带为特征。在碰撞之前, 仰冲板块以钙—碱质火山作用为特征。由于地壳加厚, 钙—碱质火山作用逐渐地让位于双模式火山作用, 局部地让位于碱性火山作用。与碰撞带共生的双模式火山的地球化学和同位素特征与大陆裂谷火山相似, 而关于它们的成因需要同样的限制。”郯庐断裂带两侧的晚侏罗世—白垩纪: 吉黑地块和华北地块早期为以中酸性为主的钙碱系列火成岩, 晚期为以中基性火山岩为特征的碱性系列火成岩; 这与碰撞带岩浆岩的分布、产出特征相一致。新生代: 吉黑地块为富钾的碧玄岩, 华北地块为富钠的碱性玄武岩^[4]。富钾碧玄岩往往是碰撞带后期的产物, 说明碰撞带已经进入造山时期。

莫宣学教授依据 Condie(1982)对板块构造与地壳演化的论述, 将碰撞带岩浆岩组合的主要特征总结为 3 个特征: ①高铝花岗岩(尤其是含白云母花岗岩), 高 Al_2O_3 、高 SiO_2 、高 K_2O 的酸性火山岩; ②高⁸⁷Sr/⁸⁶Sr 值, 低 ϵ_{Nd} 值; ③常与磨拉石建造相伴。

郯庐断裂带两侧的岩浆岩组合完全符合上述特征。

(1) 特征岩石: 白云母花岗岩和二云母花岗岩的形成是陆内俯冲的岩石学记录。中国大陆中生代以来(J 与 K_1) 白云母花岗岩和二云母花岗岩与 A 型花岗岩类与碰撞带吻合得很好。高钾火山岩是陆—陆碰撞后陆内岩浆岩组合的特征, 暗示这种系列的岩石与陆壳厚度加大及陆壳富钾有关。五大连池、科洛和二克山火山岩带以强碱性的富钾火山岩为特征: 新近纪为超镁铁质的白榴苦橄岩, 以含白榴石和

霞石为特征; 第四纪为基性—中性的白榴碧玄岩、白榴玄武岩, 以含白榴石为特征。

(2) 高⁸⁷Sr/⁸⁶Sr 值, 低 ϵ_{Nd} 值, 表明陆壳组分的显著贡献。涂勘等(1992)^[4]将五大连池—牡丹江地区作为北区, 长白山—山东—苏皖地区作为中区, 浙江—海南—南海海域作为南区, 将 Sr, Nd, Pb 同位素组成变化进行了分析, 认为“相对而言, 南区的玄武岩低⁸⁷Sr/⁸⁶Sr 值(0.7029~0.7045)而高 Nd($\epsilon_{\text{Nd}} = +3.3 \sim +8.2$); 北区则高⁸⁷Sr/⁸⁶Sr 值(0.7040~0.7054)而低 Nd($\epsilon_{\text{Nd}} = +2.6 \sim -5.9$), 其中又以五大连池的钾质火山岩⁸⁷Sr/⁸⁶Sr 值最高(0.7051~0.7054), Nd 最低($\epsilon_{\text{Nd}} = -4.0 \sim -5.9$); 中区 Sr, Nd 同位素组成与北区、南区部分重合。而北区和中区的新生代玄武岩不论从总体上看还是从具体的地区看, 其同位素组成特点都是当²⁰⁶Pb/²⁰⁴Pb 较低时,⁸⁷Sr/⁸⁶Sr 则较高, 而¹⁴³Nd/¹⁴⁴Nd 又较低。”

(3) 常与磨拉石建造相伴。碰撞带内分布有大量白垩纪带状近源快速沉积的砾岩、砂砾岩、砂岩等磨拉石建造。如早白垩世巨厚的陆屑杂砂岩磨拉石建造莱阳群, 中、晚白垩世沿胶莱拗陷和碰撞带延伸方向分布的王氏群、大盛群砂砾岩、砂岩等磨拉石建造, 在冀辽等地的上孙家湾组或大峪组砂砾岩、砂岩等磨拉石建造, 松辽盆地的磨拉石建造等。

(4) 其他。碰撞带随着时代由老变新, 岩石中 SiO_2 质量分数减少, $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ 增高, Al_2O_3 明显减少, TiO_2 , P_2O_5 , CaO , FeO , MgO 则呈增加趋势, 岩石碱性明显增强, 稀土元素 ΣREE , ΣLREE , $\Sigma\text{LREE}/\Sigma\text{HREE}$ 从老到新均逐渐增高。说明随着碰撞带岩石圈厚度增加, 岩石中壳源物质增加。

2.2 岩石圈厚度证据

中科院张宏福(未发表)认为(图 2), 郯庐断裂带在白垩纪晚期至古近纪早期岩石圈厚度最小, 此后岩石圈又逐渐变厚。在莫霍面等厚图中, 断裂带的厚度约为 35 km, 其西侧的盆地厚度约为 30 km(大庆为 29 km), 说明郯庐—尚塔尔碰撞带在白垩纪晚期至古近纪早期由于碰撞作用开始逐渐增厚。

2.3 沉积学证据

乔秀夫等(2001)^[18]以灾变事件为基础, 结合地层、沉积、层序、古生物及盆地演化等地层研究方法, 重新对古郯庐断裂带(胶辽徐淮地区)上震旦统岩组对比, 发现了许多问题: ①辽南永宁群与淮南曹店组砾岩非同一时代, 前者为青白口系, 后者为晚震旦系。除层位不同外, 辽东半岛永宁群燧石砾

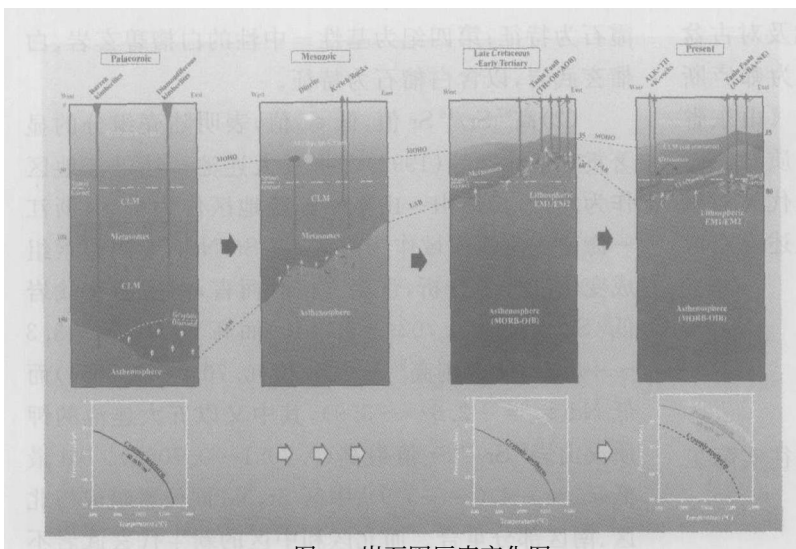


图 2 岩石圈厚度变化图

Fig. 2 Thickness variation of lithosphere

岩的砾石来源于华北雾迷山组燧石层, 不必与远距 800 km 的淮南曹店组砾岩(仅数米厚)相联系, 况且曹店组的砾石成分与辽南永宁群很不一致; ②淮南刘老碑组长期以来置于青白口系, 一直与辽南的南芬组对比, 现改为晚震旦世, 层位远高于辽南的南芬组; ③十三里台组红色叠层石灰岩(建材称“东北红”)过去被认为系由苏皖北部魏集组红叠层石灰岩远距离平移至辽南的结果, 二者为同一层位。经对比, 魏集组与十三里台组系不同的层位; ④郯庐断裂带之东的许多地质体在郯庐断裂带以西缺失, 如辽河群及其中十分发育的菱镁矿在郯庐断裂带之西并未发现; ⑤从岩石学及矿物学角度所反映的岩石圈深部物质, 辽宁瓦房店的金刚石岩筒与山东境内郯庐断裂带之西的金伯利岩岩筒并非同源, 而是早古生代在瓦房店原地爆发, 并非由山东平移至辽南的。

总之, 郯庐断裂带两侧地块的不连续与差异并非巨大平移错开的结果, 而是由于两个块体(华北及胶辽朝)经历不同而产生的。

2.4 高压带证据

华北地台北缘、东缘等地相继发现了高压麻粒岩, 形成压力 1.3 GP^[5]。

安徽的张八岭发育低温高压的蓝片岩带, 其 SSE 线理发育部位的多硅白云母⁴⁰Ar-³⁹Ar 法测定结果为 (244.2 ± 0.5) Ma, (212.6 ± 0.4) Ma 和 (222.6 ± 0.6) Ma。^[8]

华北北缘新发现的高镁安山岩 ($w(\text{SiO}_2) > 53\%$, $w(\text{MgO}) > 8\%$, 年龄 142 Ma) 指示了洋壳的俯冲(据张宏福, 未发表)。

大别与胶南两条分别延伸上百公里的含柯石英、金刚石、蓝闪石矿物及榴辉岩的高压-超高压变质带被认为是世界上第 3 个高压-超高压变质带, 在早、中三叠世时二者是一体的, 晚三叠世开始平移或走滑, 造成胶南高压-超高压变质带被移至目前的位置^[15]。

但是仔细观察胶南含榴辉岩高压-超高压变质带, 发现其展布方向有明显的变化: 诸城以东展布方向为 NEE 向, 日照以西展布方向为 NNE 向。按照高压带的展布方向, 将其分为 3 条, 即 NEE 向展布的胶东(荣成、青岛、诸城)超高压带、近 EW 向展布的大别(湖北英山、河南罗山)超高压带和 NNE 向展布的郯庐(日照、莒南、东海)超高压带。将 3 条高压-

超高压变质带中榴辉岩的年龄值^[1, 3, 6, 8]做同位素年龄曲线图(图 3)进行对比, 发现存在一些问题:

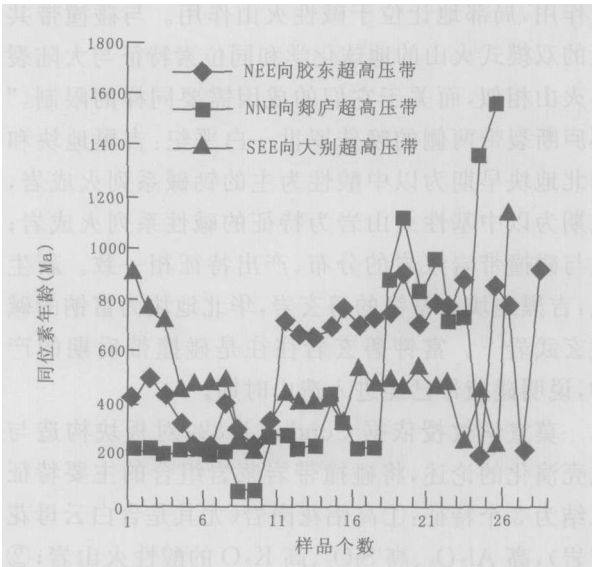


图 3 胶东、郯庐、大别高压-超高压变质带同位素年龄曲线图

Fig. 3 The plot showing isotope age curves of Jiaodong, Tanlu and Dabie ultra pressure belts

(1) NEE 向胶东高压-超高压变质带: 榴辉岩的同位素年龄与其围岩(花岗岩片麻岩)的变质年龄集中在 700~900 Ma 区间^[13], 属晋宁期, 是高压-超高压变质作用的主期。说明晋宁期胶东地块曾经与另一地块发生碰撞, 形成碰撞造山带。少量榴辉岩 400 Ma 和 200 Ma 的同位素年龄值则指示该造山带

是多旋回的,加里东期和印支期造山带曾经再次活动,但是其高压—超高压变质作用远不如晋宁期。其最小年龄值大于 200 Ma,说明印支期该造山带的基本构造格局已经定型,高压—超高压变质作用在 200 Ma 结束。

(2) NNE 向郯庐高压—超高压变质带:近邻于郯庐断裂带的西侧,其展布方向也与郯庐断裂带走向一致。带内榴辉岩同位素年龄值明显分成了最大和最小两组,榴辉岩的围岩(花岗片麻岩)年龄值也同样分成了大、小两组。其小的一组年龄值在 55~240 Ma 之间,主要集中在 200 Ma 左右,是 3 个高压—超高压变质带中年龄值最小的一组,属印支期;而大的一组年龄值在 720~2 000 Ma 之间,平均值 900 Ma,又是所有高压—超高压变质带中最大的一组年龄值,属晋宁期。大的一组年龄值与胶东高压—超高压变质带的超高压变质作用年龄相近,说明该带与胶东高压—超高压变质带曾经共同经历了晋宁期的造山运动。在此之后的近 500 Ma,该带一直沉寂。直到印支期,随着日本海和鄂霍次克海的张开,菲律宾板块的俯冲,使得郯庐断裂带两侧地块发生碰撞,第二旋回造山作用开始。第二碰撞造山旋回沿郯庐断裂带进行,新的高压—超高压变质作用的产物(榴辉岩)在断裂带西侧的原苏鲁高压—超高压变质带内大量产出,但由于主压应力方向发生了改变,榴辉岩的展布方向与郯庐断裂带的展布方向近一致,主压应力方向为近 EW 向。此旋回是该带高压—超高压变质作用主期。55 Ma 左右的喜马拉雅造山期,陆—陆碰撞仍在持续,高压—超高压变质作用也在持续。该带的推覆造山阶段在此时拉开了序幕,郯城马陵山开始崛起。

(3) SEE 向展布的大别高压—超高压变质带:也是一个多旋回造山带。它经历了 3 次造山运动。少量 700~1 130 Ma 榴辉岩同位素年龄值反映晋宁期华北板块和扬子板块对接而成统一块体,形成板块俯冲—碰撞造山带。大量的 400 Ma 左右的榴辉岩同位素年龄值反映了加里东运动是该带高压—超高压变质作用的主期,并最终结束了洋壳的发展历史,形成陆—陆碰撞造山带。个别 250~300 Ma 榴辉岩同位素年龄值则反映印支运动在该带形成推覆造山带,奠定了大别造山带基本格局。其高压—超高压变质作用在 250 Ma 时结束。

因此,上述 3 个带是展布方向不同、形成时期不同、发展和终止时期也不相同的超高压带。200 Ma 时,造成胶东、大别超高压带的近 SN 向压力减弱或

消失,取而代之的是形成 NNE 向超高压带的近 EW 向压力的逐渐增强。

综上,华北地台北缘、东缘等地的高压麻粒岩、华台北缘指示洋壳俯冲的高镁安山岩(142 Ma)、安徽张八岭的低温高压蓝闪石片岩带((244.2±0.5)~(212.6±0.4) Ma)及 NNE 向展布的郯庐(日照、莒南、东海)超高压榴辉岩带((265.8±2.3)~(55.51±0.71) Ma)在空间上形成了一条沿碰撞带内大断裂带展布,在时间上也基本一致的高压—超高压带。这是碰撞带存在的重要证据。

2.5 构造学证据

郯庐断裂带的形成应该追溯到联合古陆的解体,也就是元古代末期,胶辽朝地块开始向东漂移,与之相伴随的是东部地壳厚度被逐渐拉薄。至早奥陶世,随着拉伸作用的加剧,形成了两堑夹一垒的高角度正断层的雏形。此时的沉积物开始受到断裂的控制。直到三叠纪的中、晚期,由于日本海和鄂霍次克海的张开,胶辽朝—尼古拉耶夫斯克(庙街)地块开始西移,并与吉黑地块、华北地块碰撞。中侏罗世以前,碰撞主要表现在两大地质体的突出部分——鲁西与胶东超高压带碰撞区和燕山与辽东碰撞区。由图 1 可以看出,日本海的张开使得燕山与辽东碰撞区的主压应力方向为近 EW 向,而鲁西与胶东超高压带碰撞区的主压应力方向为 NE—SW 向,也正是在这两个方向的应力作用下,渤海湾才会被逐渐拉开并在近 EW 向张裂和 NNE 向断裂的交汇处沉陷。

侏罗纪晚期,渤海湾被进一步拉开,随着胶东—苏北地质体的楔入及菲律宾板块的俯冲,胶东—苏北地质体发生了 15°~25°逆时针旋转,其西侧地质体发生了 5°顺时针旋转。渤海湾以北地区开始发育火山盆地,苏北盆地亦在此时开始形成。

鄂霍次克海近 EW 向的压力和日本海近 EW 向压力与 NE—SW 向压力作用持续至今,这种作用形成了碰撞带内沿断裂带两侧发育成油、气、煤炭等矿产的沉积盆地,并分布有广泛的中、新生代火山岩。而断裂带本身也成了碰撞带的缝合线。渤海湾南部两堑夹一垒的高角度正断层此时除高角度断面外,其内部已经完全被以压性为主的构造特征所代替——断带内表现为强烈的挤压和破碎、断面中的寒武系灰岩断片发育有香肠状构造、断层泥发育并见有磨圆度尚佳的断层角砾、断裂附近岩层常发生剧烈褶皱等。渤海湾以北,压性为主的主构造两侧次级压扭性构造发育,火山活动持续至今。目前,两

大高压碰撞区依然是两个碰撞地质体的碰撞应力集中区,因此,大的地震活动也主要集中在这两个区。

2.6 地球物理特征

从余钦范所做的磁异常区分布图^[9](图4)上可以明显看出,胶辽-苏北黄海负磁异常区是不同于周围地质体(正磁异常区)的独立地块。王小风等古地磁研究原始数据表明,郯庐断裂带东侧华南地块晚侏罗世发生了 $13^{\circ}\sim 27^{\circ}$ 逆时针旋转,而郯庐断裂带西侧地块则有 $3^{\circ}\sim 5^{\circ}$ 顺时针旋转。说明随着渤海湾的张开和胶东-苏北黄海地块自北东方向的楔入碰撞,造成了胶东-苏北黄海地块 $13^{\circ}\sim 27^{\circ}$ 逆时针旋转和郯庐断裂带西侧地块则有 $3^{\circ}\sim 5^{\circ}$ 顺时针旋转。同时也造成了苏南地区一系列的近EW向展布的弧形褶皱的形成。

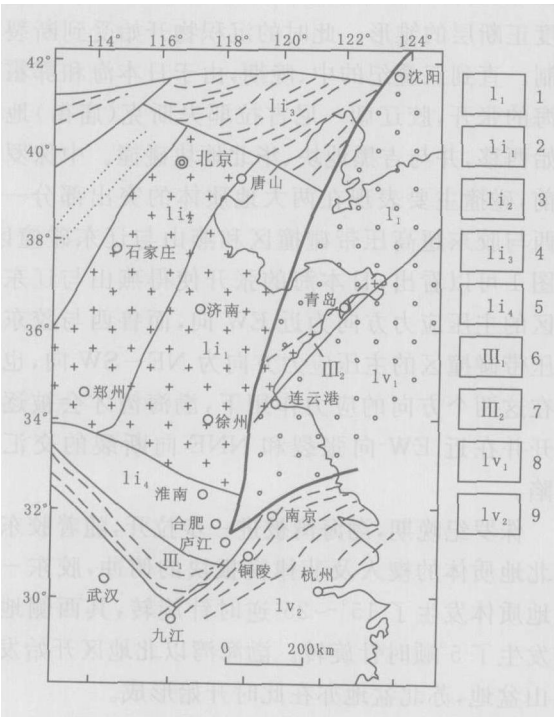


图4 磁异常区分布图

Fig. 4 Magnetic anomaly distribution map

3 碰撞带发展简史

(1)碰撞带东部的胶辽朝地块自新元古代开始裂解,奥陶纪完全裂解^[6]。从此开始了碰撞带内断裂两侧地块沉积的差异。在持续的拉伸作用下,古生代末期至中生代初期,高角度的张性深大断裂的雏形形成。至中生代末期,大断裂及其两侧地壳已经很薄,厚度小于30 km。

(2)随着日本海和鄂霍次克海的张开,碰撞带东部的胶辽朝地块又重新向西漂移。根据NEE向日照、莒南、东海超高压带榴辉岩年龄207.8~265.8 Ma,可知碰撞时间为二叠纪—三叠纪。

(3)侏罗纪是碰撞带内大断裂两侧盆地雏形的形成时期。渤海湾由于近EW向和近NE向挤压碰撞的共同作用开始张裂拉开。同时随着碰撞的持续,郯庐断裂带东侧华南地块在晚侏罗世发生了 $13^{\circ}\sim 27^{\circ}$ 逆时针旋转,其西侧地块则发生了 $3^{\circ}\sim 5^{\circ}$ 顺时针旋转。至此,中国东部的NEE向构造格架基本形成。

(4)白垩纪—古近纪是我国东部油、气、煤的重要成矿期。松辽盆地、华北盆地及苏北盆地内巨厚的磨拉石沉积、酸性岩浆和玄武岩的喷发、构造的发育等为油、气、煤的成矿创造了良好的条件。伴随着碰撞的加剧,渤海湾拗陷被逐渐拉大,在两组断裂的交汇处形成“十”字型拗陷,并迅速堆积了巨厚的磨拉石沉积物,形成了渤海湾的雏形。

(5)新近纪,根据NEE向日照、莒南、东海超高压带榴辉岩另一组年龄55.51~57.09 Ma,碰撞带进入一个新阶段。大规模的碱性玄武岩喷发,形成了碰撞带两侧总宽度达1000 km的火山岩带。此时,渤海湾西、南两侧继续沉陷,以致连几个岛状凸起也被覆盖,渤海湾的面积达到最大^[4]。

(6)第四纪,各个盆地被沉积物充填,形成平原。火山作用还在继续,长白山天池火山1900年还喷发过。强烈的地震始终让人难以忘怀,300余年前超过8级的郯城大地震、1976年的唐山7.8级大地震、1995年9月20日山东苍山5.2级地震、1995年10月6日唐山5.0级地震、1996年12月16日北京顺义4.5级地震都与该碰撞带有关。另外,沿碰撞带缝合线经常分布有地热泉,是今后可开发的绿色能源。

总之,松辽盆地、华北盆地、苏北盆地、三江盆地及完达山盆地均为碰撞形成。盆地的演化,油、气、煤的成矿都与碰撞有着直接的关系。渤海湾的裂开、沉陷及成矿也是碰撞直接造成的。因此,中国东部油、气、煤的成矿与找矿研究,应与碰撞带的演化、动力机制研究相结合。此外,中国东部的大地震也与碰撞有着密切的关系。

参考文献:

1] 杨建军. 苏鲁榴辉岩及有关超基性岩[M]. 北京:地质出版社,

- 1991.
- 2] 康迪 K C (张雯华, 李继亮, 译). 板块构造与地壳演化 M]. 北京: 科学出版社, 1986.
 - 3] 高山, Yumin Qiu, 凌文黎, 等. 大别山英山和熊店榴辉岩单颗粒锆石 SHRIMP U-Pb 年代学研究 J]. 地球科学——中国地质大学学报, 2002, 27(5): 558-563.
 - 4] 刘若新. 中国新生代火山岩年代学与地球化学 M]. 北京: 地震出版社, 1992.
 - 5] 许志琴, 耿瑞伦, 肖庆辉, 等. 中国大陆科学钻探先行研究 M]. 北京: 冶金工业出版社, 1996.
 - 6] 凌贤长. 中国鲁东造山带岩石圈动力学 M]. 香港: 雅园出版社, 2001.
 - 7] 邱家骧. 五大连池—科洛—二克山富钾火山岩 M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1991.
 - 8] 王小凤, 李中坚, 陈柏林, 等. 郯庐断裂带 M]. 北京: 地质出版社, 2000.
 - 9] 考沃特 M P, 里斯 A C (徐贵忠译). 碰撞构造 M]. 北京: 地质出版社, 1990.
 - 10] 邓晋福, 赵海玲, 莫宣学, 等. 中国大陆根—柱构造——大陆动力学钥匙 M]. 北京: 地质出版社, 1996.
 - 11] 柴育成. 碰撞造山带大地构造相的变形相及平衡剖面研究 M]. 北京: 地质出版社, 1995.
 - 12] 王东坡, 刘招君, 刘立. 松辽盆地演化与海平面上升 M]. 北京: 地质出版社, 1994.
 - 13] 王沛成, 刘建文, 宋志勇, 等. 胶南—威海造山带与罗迪尼亚 (Rodinia) 超大陆相关问题的初步探讨 J]. 山东地质, 2001, 17(6): 27-31.
 - 14] 宋奠南. 山东中新世代盆地基本特征及演化特征 J]. 山东地质, 2001, 17(5): 5-10.
 - 15] 徐嘉伟. 初论大别山碰撞带 Z]. 合肥: 合肥工业大学学术讨论会, 1981.
 - 16] 王鸿祯. 中国古地理图集 M]. 北京: 地图出版社, 1985.
 - 17] 邓晋福, 莫宣学, 罗照华, 等. 火成岩构造组合与壳—幔成矿系统 J]. 地学前缘, 1999, 6(2): 259-270.
 - 18] 乔秀夫, 高林志, 彭阳. 古郯庐带新元古界——灾变·层序·生物 M]. 北京: 地质出版社, 2001.
 - 19] 余钦范, 马杏垣. 华北地区航磁图像处理结果和地震构造解释 J]. 地震地质, 1989, 11(4), 5-13.

STUDY ON COLLISION TECTONICS IN THE EAST ASIA: TANLU-SHANGTAER COLLISION ZONE

ZHANG Pei-qiang¹, MA Yu²

(1. Key Laboratory of Lithospheric Tectonics and Lithoprob ing Technology,
China University of Geosciences, Ministry of Education, China. Beijing 100083, China;
2. Institute of Geomechanics, CAGS, Beijing 100081, China)

Abstract: Muscovite granite, two mica granite and A-type granite developed within 500km on the either sides of Tancheng-Lujiang fault zone since Mesozoic Era, strong alkali and K-rich volcanics of Wudalianchi, Keluo and Erke volcanic belt and the Mesozoic-Cenozoic basalts with high $87\text{Sr}/86\text{Sr}$ and low ϵNd value and molasses formation developed in basins on the either sides of Tancheng-Lujiang fault zone are all characterized by gradual ΣREE , ΣLREE , $\Sigma\text{LREE}/\Sigma\text{HREE}$ increment from the old to young; Moho interface bellow Tancheng-Lujiang fault zone is evidently deeper than that bellow basins on the either sides of the fault zone; blocks on the either sides of the fault zone are not continuous and uniform; high pressure granulite along the fault zone occurs in the north and east margins of the north China platform and “Rizhao-Junan-Donghai” ultra-pressure NNW eclogite belt and Zhangbaling high pressure blue schist belt in Anhui province; strong compression structure is developed in the fault zone; the Jiaoliao-Subei-Huanghai negative magnetic anomaly zone in the eastern Tancheng-Lujiang Fault Zone is contrast with the surrounding positive magnetic anomaly. All these are the evidences to lineate a tectonic collision zone extended from south at Lujiang, Anhui province, through Tancheng, Shandong province and Jiamusi, Heilongjiang province to north at Shangtaer archipelago in Russia. Tancheng-Lujiang fault zone is the suture of the collision zone. The major dynamic mechanism of collision is the opening of Japanese Sea and Okhotsk sea and subduction of Philippine Plate.

Key Words: Tanlu-Shangtaer collision zone; oil-gas-coal basins; earthquake; formation of Bohaiwan