

长江中下游转换构造结与区域成矿背景分析

宋传中¹⁾, 张华¹⁾, 任升莲¹⁾, 李加好¹⁾, Lin Shoufa^{1,2)}, 涂文传¹⁾, 张妍¹⁾, 王中¹⁾

1) 合肥工业大学资源与环境工程学院, 合肥, 230009;

2) Department of Earth Sciences, University of Waterloo, Ont., Canada N2L 3G1

内容提要:中国东部中生代以来的地壳运动频繁, 构造演化复杂, 岩浆活动剧烈, 成矿作用多样, 是不同体制构造转换的重要地区。长江中下游地区是中生代特提斯构造体制与太平洋构造体制转换的经典地区, 是两大构造体制交汇和转换的焦点部位, 具有岩石圈物质重组、结构重建的时-空演化关系。长江中下游转换构造结是中国东部中生代特提斯构造体制与太平洋构造体制转换的产物, 大别造山带、郯庐断裂带和长江中下游成矿带直接记录了两大构造体制转换的过程、沉积-构造-岩浆-成矿的时空关系和动力学背景。长江中下游转换构造结内构造叠加强烈, 规律明显, 以长江复合构造带和铜陵-杭州构造带为代表的 NE-SW 向构造带和 NW-SE 向构造带, 严格控制着区内燕山期岩浆活动和长江中下游成矿带的展布; 长江中下游转换构造结内具有结点成矿的规律, 不同规模的 NE-SW 向构造带与 NW-SE 向构造带的交切处正是区内矿集区和重要矿床的分布位置。

关键词:中生代; 长江中下游; 构造结; 岩浆活动; 成矿带

横贯中国东西的秦岭-大别造山带作为特提斯构造体作用作用的标志, 于印支晚期实现了中国南、北两大板块的拼合, 形成统一的中国大陆(张国伟, 1996, 2006; 宋传中, 2009); 中国东部北东向构造作为太平洋构造体制的产物, 在燕山期以近乎垂直的方式叠加于先期近东西向的构造之上, 实现了具有全球意义的两大构造体制的转换, 也基本奠定了当今中国东部的构造格架。综合分析两大构造的基本特征和时-空关系, 揭示两大构造体制转换的精细过程, 探讨两大构造体制背景下的深部过程和浅表效应等地球动力学问题, 已经成为当今地球科学研究的前沿领域和热点问题, 也是进一步认识中国东部多种自然资源成因和分布的重要理论基础。

中国东部中生代以来的地壳运动频繁, 岩浆活动强烈, 成矿作用复杂, 是不同时期、不同体制构造转换的重要地区。而长江中下游作为中国东部构造体制转换的典型地区, 正处于近东西向特提斯构造体制与北东向太平洋构造体制交汇、衔接和转换的焦点部位, 具有在不同动力学背景下深部过程与浅

部响应的时-空演化关系, 以及相应的物质重组、结构重建的叠加规律(宋传中, 2010a, 2010b), 故称“长江中下游转换构造结”。

长江中下游转换构造结内真实记录了两大大构造体制转换的动力学背景下不同时期、不同方式, 相互叠加、相互干扰的各种地质作用的复合地质现象, 并以沉积作用、构造过程、岩浆活动和成矿机制等现象表现出来, 这正是特提斯、太平洋两大构造体制转换的有力证据。无疑, 进一步认识长江中下游转换构造结, 对探索中国东部中生代深部过程与浅部响应等大陆动力学问题, 揭示长江中下游成矿带形成机制有重要的科学意义(图1)。

1 长江中下游转换构造结的主要标志

长江中下游转换构造结主要包括大别造山带、郯庐断裂带、江南隆起带和长江中下游成矿带四大著名的地质标志, 这些标志体内直接记录了两大大构造体制转换的过程和方式, 都是当今地球科学研究的热点。精细研究长江中下游转换构造结的沉积

注: 本文为国家自然科学基金项目(编号 40372097, 40772131, 41072161)、中国地质调查局科技项目(编号 1212011121114)、安徽省公益性地质研究项目(编号 2008-g-5)、合肥工业大学重大项目预研基金项目(编号 HGGZY00008)、中石化基础研究项目(编号 20070902)联合资助成果。

收稿日期: 2011-03-10; 改回日期: 2011-04-26; 责任编辑: 郝梓园。

作者简介: 宋传中, 男, 1955年生。博士, 教授, 博士生导师, 主要从事构造地质学与成矿背景研究。Email: czsong69@163.com。

DOI: CNKI: 11-1951/P. 20110512. 0827. 006 网络出版时间: 2011-5-12 8:27:29

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/11.1951.P.20110512.0827.006.html>

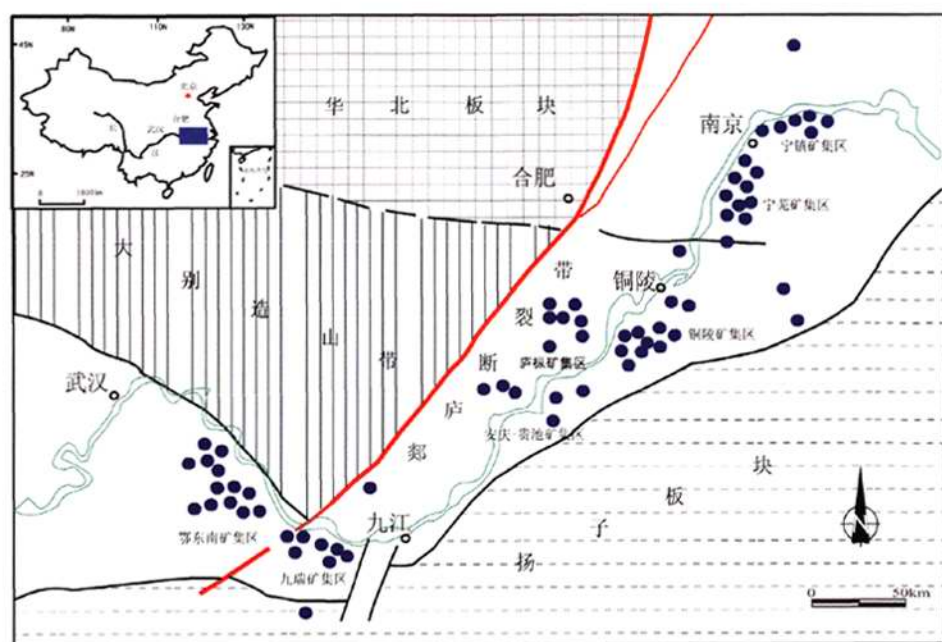


图1 长江中下游转换构造结示意图(图内蓝色的圆点为主要矿床的分布位置)

Fig.1 Schematic diagram of the transform structural knots along the middle and lower reaches of Yangtze River (Blue dots showing the locations of the distribution of major deposits)

构造-岩浆-成矿的时空关系和动力学机制,将会获得创新性的大陆动力学研究成果,并指导区内深部找矿。

1.1 大别造山带

大别造山带位于秦岭-大别造山带的东段,是这一复合型大陆造山带的重要组成部分。该造山带西起南阳盆地,东端被郃庐断裂带所截,北界为信阳-六安断裂带,南界为襄樊-广济断裂带。大别造山带多期构造活动强烈,变形复杂,板块深俯冲、高压-超高压变质岩折返,后期强烈隆升等特征构造均已经达成共识,并成为当今大陆造山带研究的典范:①大别造山带内发育有大量以榴辉岩为代表的高压-超高压变质带,为扬子与华北两大板块陆-陆碰撞的产物,是深部物质剧烈抬升的重要标志;该高压-超高压变质岩形成深度大于100km,曾经历了从深俯冲到折返的一个复杂的构造演化过程(李曙光,1998),主要形成于晚印支期(245~210Ma)。②在大别造山带内,先期为造山期俯冲-碰撞导致的逆冲推覆构造和深部物质折返;后期为中生代晚期以来的复合伸展和剥离构造(图2),强烈叠加于造山带先期构造之上,形成以罗田和岳西为核心的大型穹隆,并有大量燕山期花岗岩的侵入。

襄樊-广济断裂带是扬子板块与秦岭-大别造山带的拼合带,也是中国南北两大板块全面封闭,中国大陆最后形成的标志,虽然多期构造叠加明显,但板块汇聚方式和运动方向记录真实,保留完好,在随州地区出露清晰。该断裂带卷入的岩系主要有元古界的随州群、古生代地层和大量的基性岩条带,为典型的“叠瓦状”构造组合,产状一般为 $25^{\circ}\sim 67^{\circ}$,大量平行发育规模不等的断层、劈理和面理倾向稳定,倾角有规律变化,上缓下陡,大量不对称的紧闭褶皱、构造透镜体等均表现出北盘向南的逆冲运动学特征(图3);矿物生长线理和拉长线理的优势产状为 $5^{\circ}\sim 25^{\circ}$,且不受后期构造活动的影响。

武汉-怀宁前陆断褶带位于襄樊-广济断裂带的南侧,呈向南凸出的弧形,是扬子板块与秦岭-大别造山带汇聚和演化过程中最重要的变形带之一(Liu et al., 2005)。在大洪山地区前陆断褶带构造线NW-SE向展布,主体为 140° 方向延伸的线状褶皱,轴面向北东倾斜;主要构造样式为紧闭褶皱和逆冲断层组合,总体表现为由北东向南西的逆冲运动学特征。在武汉、鄂州及地区构造线的方向为近东西向,以紧闭的线状褶皱和逆冲断层为主要特征,褶皱构造多为斜歪褶皱或倒转褶皱,轴面向北倾斜,显示

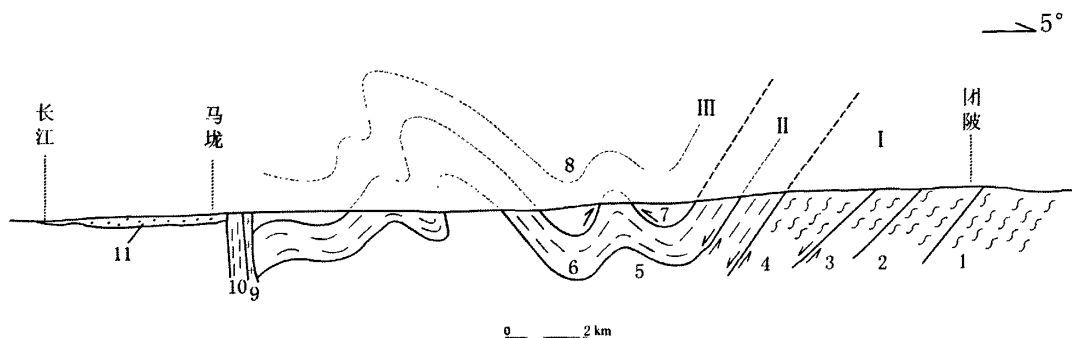


图 2 大别山南缘团陂-马垅剖面图

Fig. 2 The profile of Tuanpi-Malong in the southern margin of Dabie orogenic belt

1—太古界大别群包河头组;2—大别群铁冶组下段;3—大别群铁冶组中段;4—大别群铁冶组上段;5—大别群麻桥组下段;6—大别群麻桥组上段;7—大别群飞虎山组下段;8—大别群飞虎山组上段;9—侵入岩;10—片麻岩;11—白垩—第三系;I—铁冶岩片;II—麻桥岩片;III—飞虎山岩片

1—Baohetou Formation of Dabie Group in Archean;2—the lower member of Tieye Formation of Dabie Group;3—the middle member of Tieye Formation of Dabie Group;4—the upper member of Tieye Formation of Dabie Group;5—the lower member of Maqiao Formation of Dabie Group;6—the upper member of Maqiao Formation of Dabie Group;7—the lower member of Feihushan Formation of Dabie Group;8—the upper member of Feihushan Formation of Dabie Group;9—intrusive rock;10—gneiss;11—Cretaceous-Tertiary; I—Tieye slices; II—Maqiao slices; III—Feihushan slices

出由北向南挤压逆冲的应力学状态。在大别山东端的宿松、太湖、怀宁地区中生代以来地壳活动频繁,构造叠加强烈,但大别造山带南缘前陆断褶带的构造变形依然保存完好,主要构造标志为北东向展布的逆冲断层和推覆构造,大别造山带的宿松群和张八岭群,由北西向南东方向逆冲掩盖在扬子板块北缘的侏罗系、三叠系和古生代地层之上。

1.2 郯庐断裂带

郯庐断裂带是一条北东向纵跨中国东部多期活动的大型剪切带(Gilder et al., 1999;朱光等,2001,2004;宋传中等,2003;Zhu et al., 2005),位于大别造山带东端,横切秦岭-大别造山带,并将其东侧的苏鲁造山带左行错开 300 km 以上。作为中国东部最大的平移断裂,记录了中国东部中生代以来板块活动与演化历史。郯庐断裂带主要发生过两次左行平移活动,奠定了大别造山带东端,乃至中国东部当今的构造格架。

早期剪切带走向为 $50^{\circ} \sim 60^{\circ}$,糜棱面理优势走向为 60° ,倾向 NW 或 SE,倾角较陡;矿物拉伸线理近水平,线理倾伏角一般不超过 20° 。早期活动发生于印支晚期秦岭-大别-苏鲁造山带的同造山过程中(182 Ma),为中国南北两大陆板块碰撞过程中的转换断层,以韧性变形为主,活动范围仅限于大别造山带与苏鲁造山带之间。剪切带糜棱岩中大量 S-C 组构、旋转残斑等,均指示为左旋平移的运动学特

征。

晚期剪切带走向为 $25^{\circ} \sim 40^{\circ}$,切割早期剪切带,二者走向存在 $10^{\circ} \sim 20^{\circ}$ 的夹角;剪切带陡倾,倾角大,多为 $70^{\circ} \sim 80^{\circ}$,以向东倾者居多。线理平缓,倾角多为 15° ,带内旋转岩块和牵引构造均指示了左旋走滑性质。晚期再次左行平移活动发生于侏罗纪末期(137.2~143.3 Ma),以脆-韧性为主,代表了整个中国东部这一时期构造的发育特征。

白垩纪开始中国东部转为伸展、拉张的动力学背景,大量的火山喷发和大规模的岩浆活动;接着红色断陷盆地产生,以郯庐断裂带为代表的 NE 向的平移断层转化为张性断层,进而发育形成 NE 向线状断陷盆地或规模不等的裂谷带,并充填了大量的红色沉积物(K-E),形成中国东部大量的红色盆地。

1.3 江南隆起带

江南隆起带位于雪峰-江南隆起带北段,是雪峰-江南隆起带的重要组成部分,呈 NE-SW 方向展布,主要出露一套元古界(双桥山群/板桥组)浅变质的基底岩系,其周缘则卷入了古生代和中生代的地层(郭福祥,1998)。

江南隆起带的北侧为瑞昌-铜陵断褶带,在通山、瑞昌一带表现为多层滑脱褶皱带,滑脱面多发育在软弱物质层和不整合面上,以顺层滑动断层的形式出现,导致扬子板块北缘盖层变形的上、下不协调性。其中志留系泥岩、页岩是研究区内最重要的滑

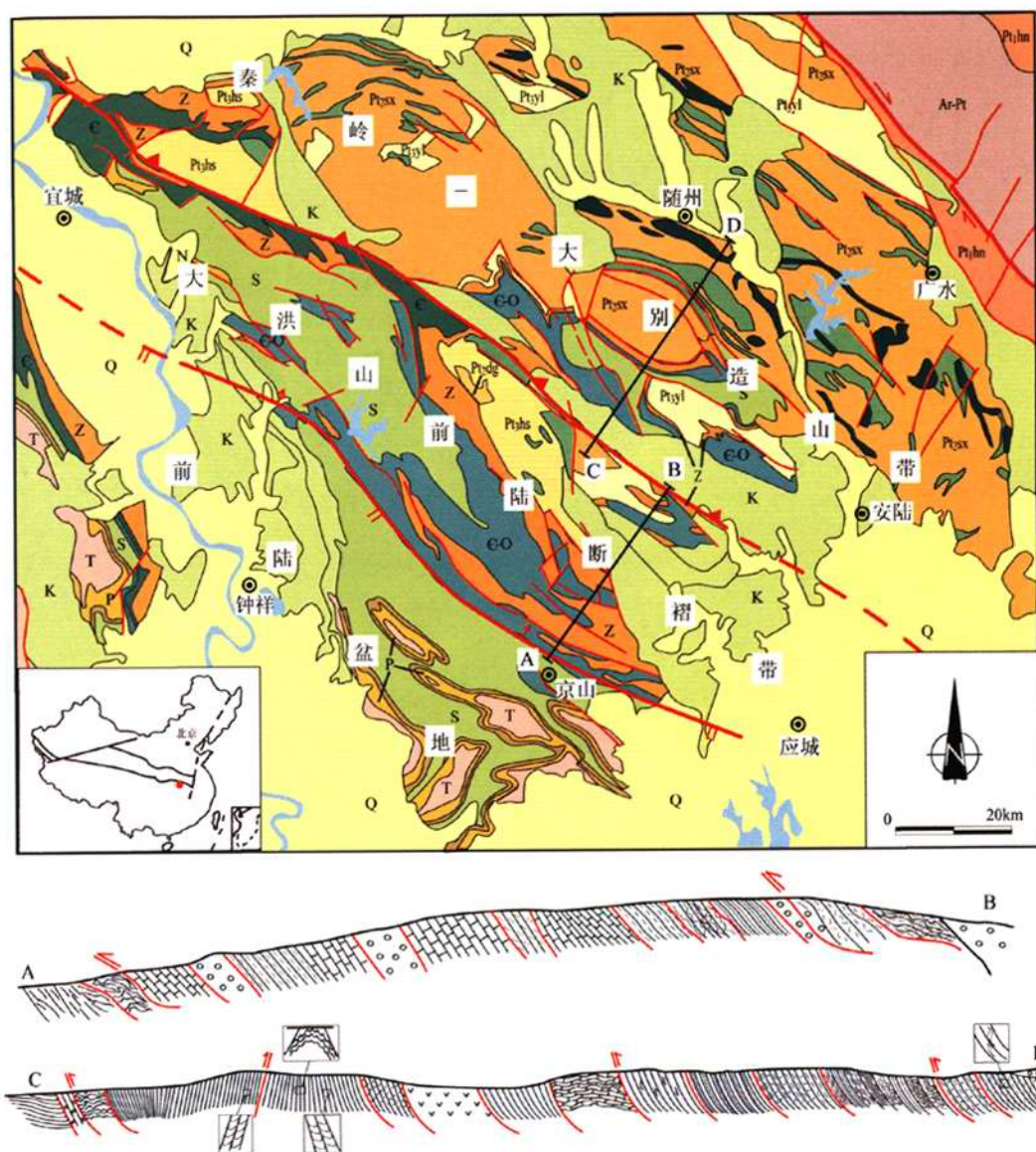


图3 随州地区地质图和构造剖面图

Fig. 3 Geological map and structural profile of Suizhou area

A-B—京山-宋河构造剖面图; C-D—三阳-府河剖面图

A B—Structural profile of Jingshan Songhe; C D—Profile of Shanyang Fuhe

脱层,在上、下地层不协调变形过程中起到调节作用;上覆的晚古生代地层变形以东西向近平行排列的线状褶皱为主,褶皱轴面均为北倒南倾;而下古生代地层构造为近东西向延伸的宽缓褶皱,变形明显减弱。

瑞昌-铜陵断褶带在池州、铜陵一带的主要构造为NE-SW向的线状褶皱束和断裂带。区内褶皱以

紧闭褶皱、箱状褶皱、扇形褶皱和强烈揉皱为主,轴面多向南倾,指示了由南向北的运动学特征。在武昌、铜陵地区同样两期褶皱叠加明显,后期近南北向的褶皱叠加在先前近东西向的褶皱之上,二者枢纽延伸方向近乎垂直,是燕山早期太平洋构造作用叠加于印支晚期特提斯构造作用的结果,成为两大构造体制转换的真实记录。

江南隆起带内不同时期构造的叠加十分强烈，主要发育有近 E-W 向和 NE-SW 向两个构造线方向。近 E-W 向构造发育的元古代浅变质和周缘的古生代地层中，褶皱类型多样，以较为紧闭的等斜褶皱为主要构造形式；在板桥组浅变质岩内，原始沉积的砂岩层理(S_0)、变质产生的千枚岩面理(S_1)和变形形成的同斜褶皱面(S_2)清晰可辨(图 4)，三者的总体走向基本一致，并与周缘古生代地层中褶皱的延伸方向相同，均为近 E-W 向；该构造线与雪峰—江南隆起带的地貌形态、山脉走向和元古界浅变质基底岩系的展布方位并非一致。NE-SW 向延伸的构造主要为大量产状直立、相互平行、变形强烈剪切带(S_2)和与其相伴的相同走向的褶皱；剪切带内发育有单剪变形为主的构造片岩、初糜棱岩，并有大量

的石英脉顺层灌入；变形石英脉、构造透镜体和不对称褶皱均指示了该构造是 SE-NW 向挤压应力作用的结果(图 4)。该构造线与雪峰—江南隆起带的地貌形态、山脉走向和元古界浅变质基底岩系的展布方位基本一致。

2 长江中下游转换构造结内两条重要的构造带

长江中下游及其邻区有两条重要的构造带尤其值得关注，它们不仅记录了长江中下游转换构造结的形成和演化，而且是中国东部中生代以来岩石圈的深部过程和浅表相应的见证，并控制着长江中下游地区的构造、岩浆与成矿等有成因联系的多种地质作用的发生和发展(图 5)。

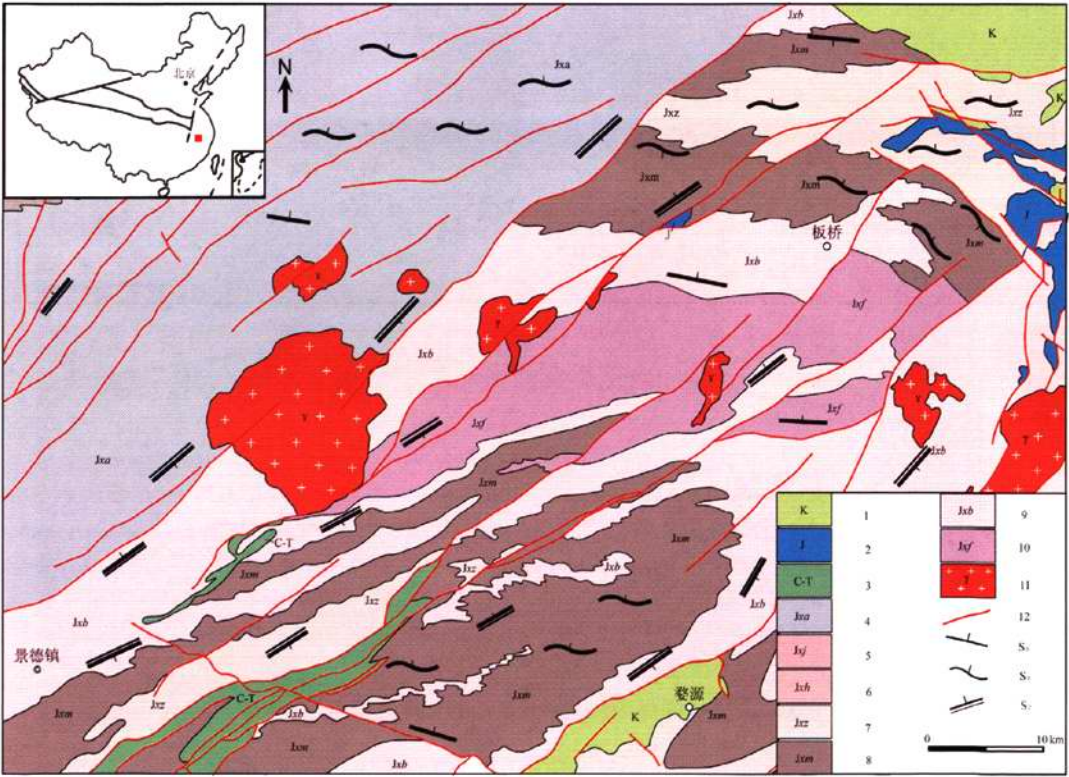


图 4 祁门—景德镇地区构造地质图(下图黑色箭头为区内最大主压应力的方向)

Fig. 4 Structural map of Qimen-Jingdezhen area (Black arrow showing the direction of the maximum compressive principal stress in the region)

1—白垩系;2—侏罗系;3—石炭系—三叠系;4—安乐山组;5—计林组;6—横涌组;7—郑家坞组;8—木坑组;9—板桥组;10—佛子坑组;11—花岗岩;12—断层; S_0 —原生层理; S_1 —早期面理; S_2 —晚期面理
1—Cretaceous; 2—Jurassic; 3—Carboniferous-Triassic; 4—Anlelin Group; 5—Jilin Group; 6—Hengyong Group; 7—Zhengjiawu Group; 8—Mukeng Group; 9—Banqiao Group; 10—Fozikeng Group; 11—Granite; 12—fault; S_0 —original bedding; S_1 —the earlier foliation; S_2 —the later foliation

2.1 长江复合构造带

长江复合构造带位于秦岭-大别造山带南缘与扬子板块北缘之间,是扬子北缘复合构造带(开县-秭归-潜江-大冶-怀宁-南京)的东段,江汉盆地以东的地区。该带包括桐柏-大别造山带、武汉-怀宁断褶带、九岭-江南隆起带、瑞昌-铜陵断褶带和大冶-宿松对接带等构造单元,是中生代不同时期构造体制叠加,不同方向构造复合、联合的结果。长江复合构造带北部的桐柏-大别造山带和武汉-怀宁前陆断褶带由北向南逆冲,主要形成于印支晚期,是特提斯构造体制作用的产物;而南部的九岭-江南隆起带和瑞昌-铜陵断褶带,则由南向北逆冲,主要形成于燕山早期,是太平洋构造体制作用的产物;位于二

者中间的大冶-宿松对接带是上述两大构造体制作用下,不同方向应力叠加,多期构造复合联合而最终形成的复杂构造带(宋传中,2010b)。所以,长江复合构造带是中生代特提斯构造体制与太平洋构造体制转换的产物,是两大构造叠加、复合的经典记录。

横跨大别山南缘和九岭北缘的地震反射剖面(Dong et al., 2004; 董树文等, 2005, 2010),揭示了长江复合构造带深部的“双鳄鱼式”构造组合和被吞没的部分武汉-怀宁前陆断褶带深部状态,其特征:①大别山南缘岩片总体南厚北薄,向南逆冲在前陆断褶带之上,最厚处在黄梅、蕲春一带,厚约10 km;②大别山南缘岩片由北向南逆冲的前锋带位于武穴地区,与后期扬子板块北缘由南向北逆冲的前锋带

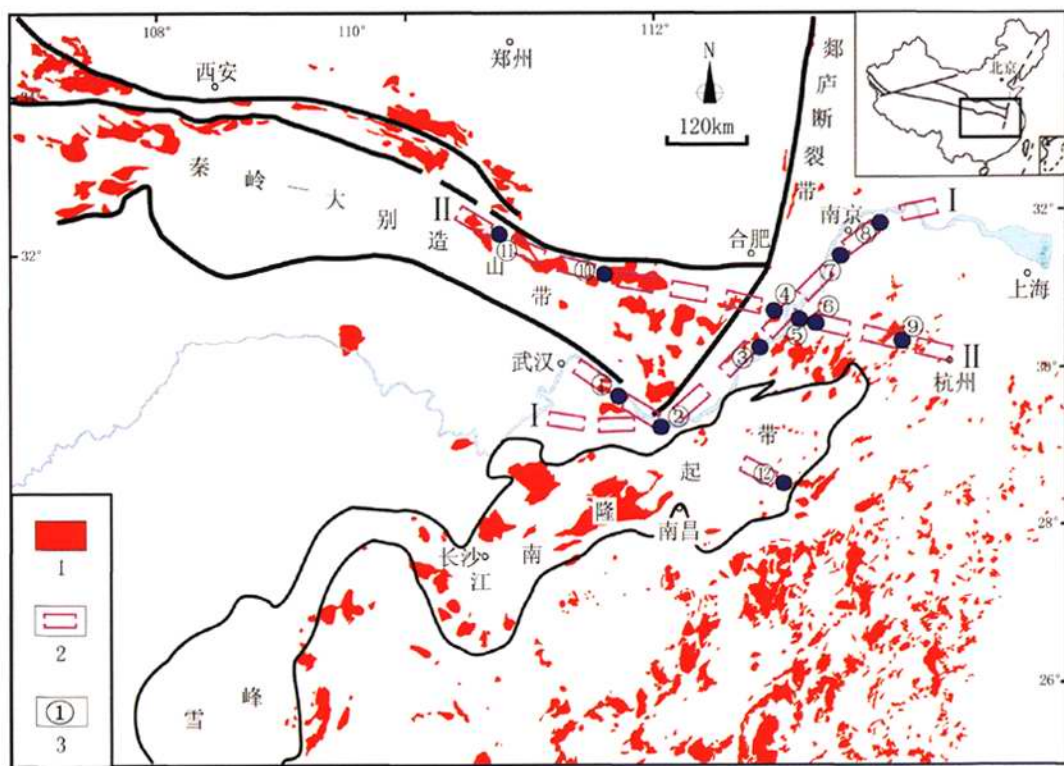


图5 长江中下游转换构造结的综合构造图

Fig. 5 General structural map of the transform structural knots along the middle and lower reaches of Yangtze River

1—燕山期花岗岩;2—重要构造带;3—重要成矿区;I—长江复合构造带;II—铜陵-杭州构造带;①—鄂东南矿集区;②—九瑞矿集区;③—安庆矿集区;④—庐枞矿集区;⑤—铜陵矿集区;⑥—姚家岭矿;⑦—宁芜矿集区;⑧—宁镇矿集区;⑨—大冶尖矿;⑩—银山矿;⑪—老湾矿;⑫—德兴矿

1—Yanshanian granite; 2—important tectonic belts; 3—important metallogenic areas; I—Yangtze River compound structural belt; II—Tongling-Hangzhou tectonic belt; ①—ore concentration area in southeastern Hubei; ②—Jiurui ore concentration area; ③—Anqing ore concentration area; ④—Luzong ore concentration area; ⑤—Tongling ore concentration area; ⑥—Yaojialing deposit; ⑦—Ningwu ore concentration area; ⑧—Ningzhen ore concentration area; ⑨—Dawujian deposit; ⑩—Yinshan deposit; ⑪—Laowan deposit; ⑫—Dexing deposit

构成对冲式,对接在长江北岸;③在武穴地区,武汉-怀宁前陆断褶带几乎全部被大别山岩片由北向南掩盖,地表很少出露;而在深部地震反射波组十分清晰,整体形成向南开口的“鳄鱼构造”,垂向加厚、南北缩短的武汉-怀宁前陆断褶带明显被吞于口中;④扬子北缘地壳上、下两部分变形截然不同,上部由南向北逆冲,下部由南向北俯冲,形成另一个向北开口的“鳄鱼结构”,共同吞没着具有复合性质的前陆断褶带;⑤长江复合构造带深部地球物理状态复杂多变,除多层叠置、犬牙交错清晰的清晰地震反射波组外,同时出现大量蛇形弯曲的反射空白区,综合分析认为是发育在长江复合构造带深部特殊构造控制下的岩浆房,这种特殊构造带的深部物理状态与浅表地质现象的完美呼应,自然不难理解(图 6)。

2.2 铜陵-杭州构造带

在铜陵隆起的北缘发育一条破碎带,向西经庐

枞盆地,跨过郯庐断裂带,沿大别造山带北缘继续向西延;向东则经过宣城盆地南缘、杭州湾南岸,继续向东延至东海。该带具有如下特征:①地表由一系列小规模破碎带和正断层构成,横切北东向构造,但未造成大规模的岩块位移;②从皖南到大别山北部有一系列规模不等的燕山期岩体分布(图 5),不受郯庐断裂带的控制;带内另有大量燕山期岩脉灌入,并呈左阶式分布;③构造带南北两侧的构造明显有别,成为中生代晚期以来隆升与断陷的主要分界线;带南为大别造山带、江南隆起带和浙西地块;带北为周口盆地、合肥盆地和苏皖盆地构造区;④该带为明显的中国东部一条近东西向的重力异常带,重力值南高北低;⑤近期研究表明,该带也是华北克拉通减薄与华南岩石圈再造的分界线。

可见,铜陵-杭州构造带在长江中下游转换构造结的形成和中国东部中生代构造演化过程中有其特

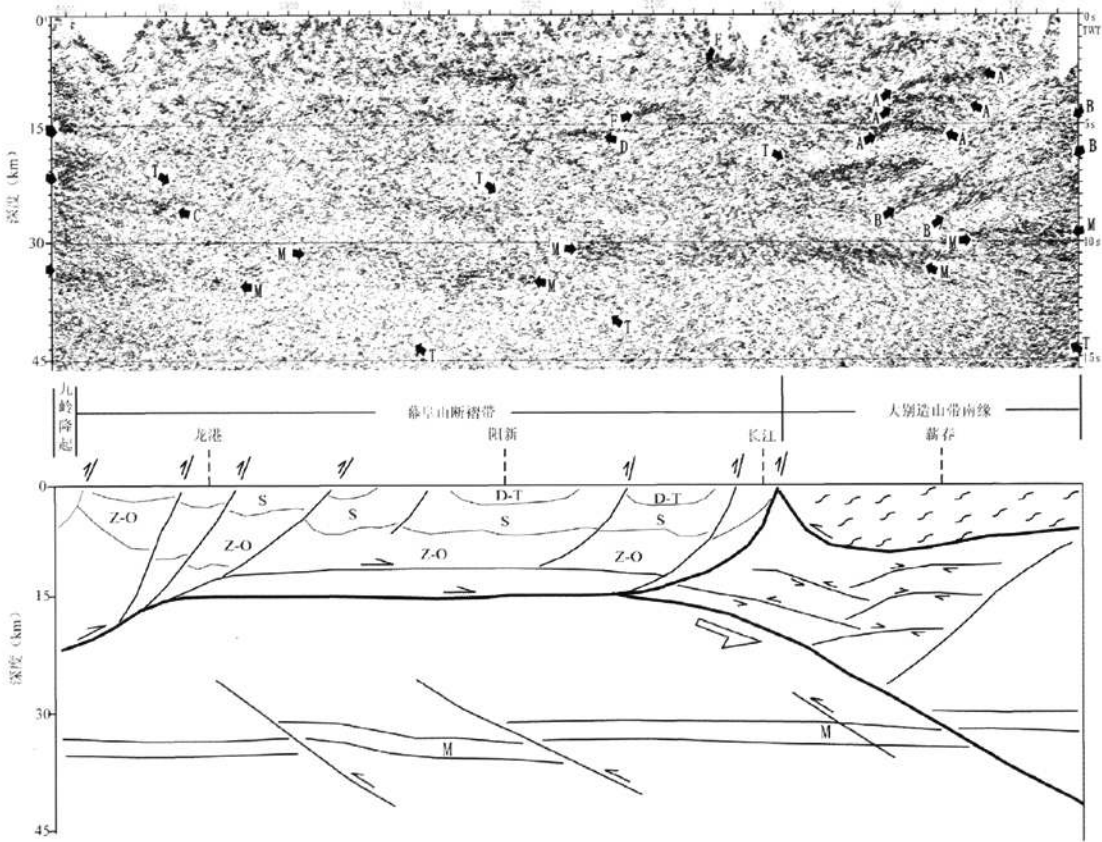


图 6 长江复合构造带深部构造的地震解释剖面(据董树文等,2005 资料修改解释)

Fig. 6 The seismic section of deep tectonics in Yangtze River structural compound belt
(Modify the interpretation of data from Dong Shuwen, et al., 2005)

殊的构造意义。

3 长江中下游转换构造结的构造演化

中国东部尤其是长江中下游地区中生代以来先后经历了特提斯构造体制与太平洋构造体制的影响,地壳运动频繁,构造演化清晰,岩浆活动强烈,成矿作用复杂,并形成长江中下游转换构造结,成为中国东部深部过程与浅表响应,特提斯与太平洋两大构造体制转换过程和大陆动力学研究的良好场所。

3.1 印支晚期特提斯构造体制下的挤压作用

在特提斯构造体制的作用下,印支晚期扬子板块向 NE 方向($220^{\circ}\rightarrow 40^{\circ}$)斜向俯冲在秦岭-大别造山带之下,东部地区首先闭合,近 EW 向展布的挤压构造相继产生,并向西逐渐发展。中三叠世扬子板块与秦岭-大别造山带全面闭合,具有俯冲带性质的襄樊-广济断裂带和武汉-怀宁前陆断褶带相继形成(220 Ma),研究区开始转为陆内构造演化阶段。

随后,位于秦岭-大别造山带东端,具有转换断层性质的郧庐断裂带产生(190~182 Ma),并以左旋平移的运动学方式将苏鲁造山带向北错开 300km 以上(Zhu, 2005)。中国东部大规模的平移运动,加之局部应力场导致的构造形迹的转变,使得长江中下游地区原近 EW 向的构造线在逆时针转动下被左行平移错开,或被改造为 NE 向的构造格局

3.2 燕山早期太平洋构造体制下的挤压作用

晚侏罗世是古太平洋板块活动的一个重要时期,也是特提斯构造体制向太平洋构造体制转换的重要时期。这一时期,古太平洋构造体制 SE \rightarrow NW 的挤压作用下由东向西发展,扬子板块北缘强烈褶皱,并形成一系列由 SE \rightarrow NW 逆冲的叠瓦状构造;同时,秦岭-大别造山带南侧和东侧大规模的前陆断褶带再次加剧,并持续向东南方向逆冲发展,形成向南凸起的弧形构造带;二者在大冶-宿松-怀宁-南京一带对接,形成具有特殊意义的长江复合构造带,基本奠定了长江中下游,乃至中国东部当今的构造格局。另外,郧庐断裂带以左旋平移的性质再次活动;长江中下游及其邻区的侏罗系地层发生变形(董树文, 2005; Li, 2009, 2010);江南隆起内及其邻区相互垂直的两期构造叠加明显。

燕山早期除了在扬子板块北缘与秦岭-大别造山带之间开始形成长江复合构造带之外,研究区内平行太平洋板块挤压的方向上,还产生了以铜陵-杭州构造带为代表的大量规模不等 SE-NW 展布的张性破碎带的正断层,成为另一方向的重要构造带,

二者严格控制着后期的岩浆活动和成矿作用。

3.3 燕山晚期太平洋构造体制下的伸展作用

白垩纪是中国东部太平洋构造体制下,挤压应力向伸展应力转换的重要时期。早白垩世扬子板块北缘、大别造山带南缘和东端开始由区域性的挤压构造转换为区域性的伸展构造,中国东部出现大规模火山喷发和岩浆活动。晚白垩世直到始新世(145~125Ma),中国东部强烈的伸展作用持续进行,华北岩石圈剧烈减薄,位于其南部边缘的长江中下游及其邻区内区域性的断陷盆地发育,包括长江断裂带在内的苏皖盆-岭构造区形成,红色沉积物和多砾石的互层标志着地壳脉动式伸展活动的频繁,只是伸展构造的发育强度小于华北地区。

4 长江中下游转换构造结的岩浆与成矿

4.1 长江中下游的岩浆活动

长江中下游转换构造结内燕山期的岩浆活动十分强烈(常印佛等, 1991, 1996; 唐永成等, 1998; 张旗等, 2003; 徐夕生等, 2004; 李献华, 2007; Zhou et al., 2007; 周涛发等, 2008; 张岳桥, 2009; 闫峻等, 2009),主要为中酸性侵入岩和双峰式火山岩,发生在 145~125Ma 左右。区内岩石类型主要有花岗岩、石英二长岩、石英闪长岩、花岗闪长岩、花岗闪长斑岩等,多呈中-浅层相的小岩体、岩枝或岩墙,埋藏较浅。火山活动主要发育在庐枞、繁昌、宁芜等火山盆地以及大别山北部,以早白垩世陆相基性-酸性火山岩广泛分布为特征(Richards, 2002; 闫峻等, 2009),主要岩性为凝灰岩、凝灰质角砾岩、流纹岩、流纹质角砾岩、玄武岩、安山岩等。

长江中下游转换构造结内燕山期岩浆活动明显受区内构造格局控制,以 NW 向和 NE 向展布为主。NW 向岩浆活动带规模较大,以中酸性岩浆为主,受以铜陵-杭州构造带为代表的 NW 向张性断层组合控制,具有区域性构造展布的意义(图 7)。NE 向展布的岩体规模较小,主要是沿地层界面和发育在向斜转折端处平行枢纽方向的张性断层灌入的岩株。

4.2 长江中下游成矿带

长江中下游成矿带是以热液型多金属矿床为主的矿集区,与中生代中酸性岩浆活动密切相关,自然是长江中下游转换构造结中主要的地质标志之一。作为我国铜、铅、锌、铁、金多金属成矿带之一,长江中下游成矿带从大冶到铜陵、宁芜一带,由鄂东南、

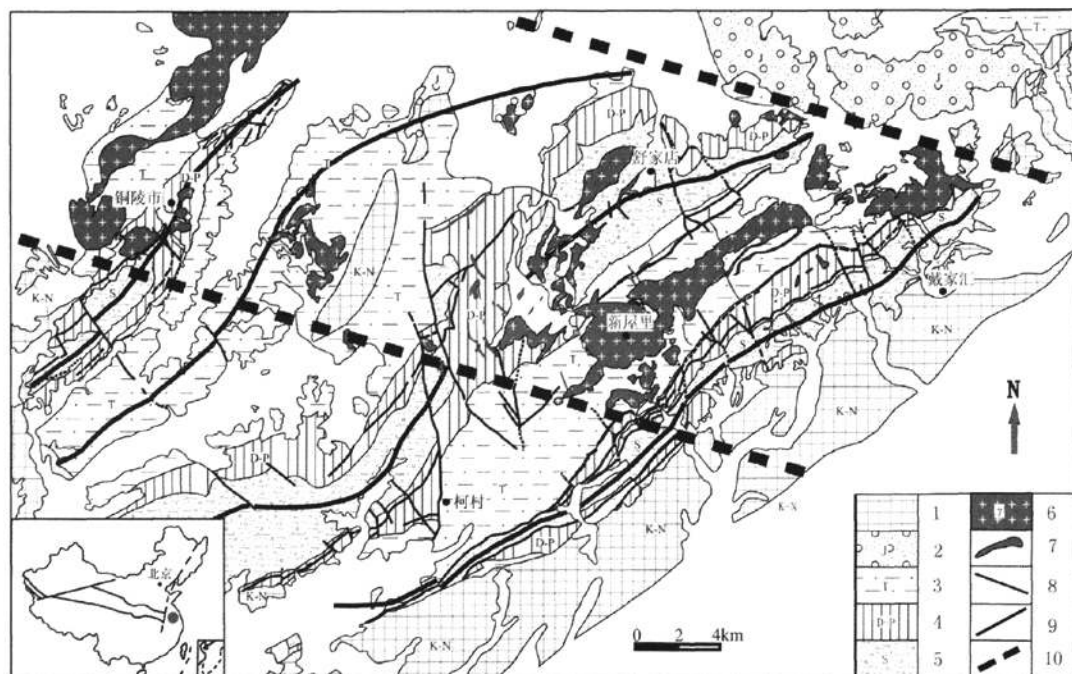


图7 铜陵地区岩浆分布图

Fig. 7 Distributions of magma in Tonling area

1—白垩纪—第三系;2—侏罗系;3—三叠系;4—泥盆系—二叠系;5—志留系;

6—花岗岩;7—岩脉;8—断层;9—褶皱轴迹;10—岩浆分布带

1—Cretaceous-Neogene; 2—Jurassic; 3—Triassic; 4—Devonian-Permian; 5—Silurian; 6—granite;

7—dike; 8—fault; 9—fold axial trace; 10—magmatic belt

九瑞、安庆、庐枞、铜陵、宁芜和宁镇多个矿集区组成,成矿带分布在断隆区、断凹区和隆凹过渡区等不同的构造单元内,经历了中生代复杂的构造复合联合、转换叠加、爆发式的多阶段岩浆活动、强烈的壳幔相互作用等大陆动力学过程,具有多类型的成矿流体演化和大规模的复合成矿作用背景,已经成为我国新一轮深部找矿的三大示范区之一(常印佛等, 1991;唐永成, 1998;张旗等, 2003;徐夕生, 2004; Zhou et al., 2007)。

4.3 构造结点的成矿作用

综上所述,长江中下游转换构造结内构造叠加强烈,发育典型,标志明显,规律性强,主要表现为NE-SW向构造和NW-SE向构造。NE-SW向构造主要有长江复合构造带、郯庐断裂带、江南隆起带和长江中下游成矿带,另有从属于上述构造带的不同规模、不同类型的断层和褶皱要素等;NW-SE向构造主要在铜陵-杭州构造带,另有以大冶-德兴构造带为代表的若干小型构造带和断裂带,它们构成长江中下游转换构造结内有规律交织的构造系统。

沿长江中下游转换构造结内这两个方向的构造带(构造系统)均成为燕山期岩浆活动的主要通道,严格控制着区内岩浆岩的分布,沿构造带均有大量的火山活动、岩浆灌入。因此,长江中下游成矿带的展布形式严格受长江中下游转换构造结中构造系统的控制,尤其是在不同规模的NW-SE和NE-SW两个方向构造带的交结点处,更是岩浆和成矿流体有利的运移通道和良好的就位空间,所以,在不同规模、不同类型的构造结点处不同规模的热液型矿床尤为集中(图1,5),常常形成重要的矿集区和大型矿床(结点成矿),以鄂东南矿集区、九瑞矿集区、铜陵矿集区、庐枞矿集区和姚家岭铜、铅、锌多金属矿最为典型。

5 结语

总之,中国东部中生代以来的地壳运动频繁,构造演化复杂,岩浆活动剧烈,成矿作用多样,是不同时期、不同体制构造转换的重要地区;长江中下游地区又是中国东部构造体制转换的典型地区,正处于

近东西向特提斯构造体制与近南北向太平洋构造体制交汇和转换的焦点部位,具有在不同动力学背景下深部过程与浅部响应的时-空演化关系,以及岩石圈物质重组、结构重建的叠加规律。

长江中下游转换构造结是中生代特提斯构造体制与太平洋构造体制转换的产物,大别造山带、郧庐断裂带、江南隆起带和长江中下游成矿带直接记录了两大构造体制转换的过程、沉积-构造-岩浆-成矿的时空关系和动力学背景。长江中下游转换构造结内构造叠加强烈,规律明显,以长江复合构造带和铜陵-杭州构造带为代表的 NE-SW 向构造带和 NW-SE 向构造带,严格控制着区内燕山期岩浆活动,进而控制着长江中下游成矿带的展布;长江中下游转换构造结内具有“结点成矿”的规律,不同规模的 NE-SW 向构造带与 NW-SE 向构造带的交切处正是区内矿集区和重要矿床的分布位置。

参 考 文 献

- 常印佛,刘湘培,吴言昌. 1991. 长江中下游钢铁成矿带. 北京:地质出版社. 71~76.
- 常印佛,董树文,黄德志. 1996. 论中-下扬子“一盖多底”格局与演化. 火山地质与矿产, 17(1~2): 1~15.
- 董树文,高锐,李秋生,刘晓春,钱桂华,黄东定,匡朝阳,李三忠,管焯,白金,贺日政,李朋武. 2005. 大别造山带前陆深地震反射剖面. 地质学报, 79(5): 595~601.
- 董树文,项怀顺,高锐,吕庆田,李建设,战双庆,卢占武,马立成. 2010. 长江中下游庐江-枞阳火山岩矿集区深部结构与成矿作用. 岩石学报, 26(9): 2529~2542.
- 郭福祥. 1998. 中国南方中生代大地构造属性和南华造山带褶皱过程. 地质学报, 72(1): 22~33.
- 李献华,李武显,李正祥. 2007. 再论南岭燕山早期花岗岩的成因类型与构造意义. 科学通报, 52(9): 981~991.
- 李曙光,聂永红,张宗清. 1998. 俯冲陆壳与上地幔相互作用——Ⅱ大别山碰撞镁铁-超镁铁岩的 Sr, Nd 同位素地球化学. 中国科学(D 辑), 28: 18~22.
- 宋传中,朱光,刘洋,牛漫兰,刘国生. 2003. 郧庐断裂带肥东韧性剪切带的变形规律、同位素年龄及其构造意义. 地质论评, 49(1): 10~17.
- 宋传中,张国伟,王男生,李加好,陈泽超,蔡志川. 2009. 秦岭洛南—栾川构造带的变形分解与年代学制约. (中国科学 D 辑), 39(2): 144~156.
- 宋传中,黄文成, Lin Shoufa, 任升莲, 李加好, 涂文传. 2010a. 长江中下游转换构造结的特、属性及其研究意义. 安徽地质, 20(1): 14~19.
- 宋传中, Lin Shoufa, 周涛发, 闫峻, 任升莲, 李加好, 涂文传, 张妍. 2010b. 长江中下游及其邻区中生代构造体制转换. 岩石学报, 26(9): 2835~2849.
- 唐永成, 吴言昌, 储国正, 邢凤鸣, 王永敏, 曹奋扬, 常印佛. 1998. 安徽沿江地区铜金多金属矿床地质. 北京:地质出版社. 60~85.
- 徐夕生, 范钦成, O'Reilly S Y, 蒋少涌, Griffin W L, 王汝成, 邱检生. 2004. 安徽铜官山石英闪长岩及其包体锆石 U-Pb 定年与成因探讨. 科学通报, 49(18): 1883~1891.
- 闫峻, 刘海泉, 宋传中, 徐夕生, 安亚军, 刘佳, 戴立群. 2009. 长江中下游繁昌—宁芜火山盆地火山岩锆石 U-Pb 年代学及其地质意义. 科学通报, 54(12): 1716~1724.
- 张国伟, 郭安林, 刘福田, 孟庆任, 肖庆辉. 1996. 秦岭造山带三维结构及其动力学分析. 中国科学(D 辑), 26(增刊): 1~6.
- 张国伟, 郭安林, 姚安平. 2006. 关于中国大陆地质与大陆构造基础研究的思考. 自然科学进展, 16(10): 1210~1215.
- 张旗, 简平, 刘敦一, 王元龙, 钱青, 王焰, 薛怀民. 2003. 宁芜火山岩的锆石 SHRIMP 定年及其意义. 中国科学(D 辑), 33(4): 309~314.
- 张岳桥, 徐先兵, 贾东, 舒良树. 2009. 华南早中生代从印支期碰撞构造体系向燕山期俯冲构造体系转换的形变记录. 地学前缘, 16(1): 234~247.
- 周涛发, 范裕, 袁峰. 2008. 长江中下游成矿带成岩成矿作用研究进展. 岩石学报, 24(8): 1665~1678.
- 朱光, 宋传中, 王道轩, 刘国生, 徐嘉伟. 2001. 郧庐断裂带走滑时代的⁴⁰Ar/³⁹Ar 年代学研究及其构造意义. 中国科学(D 辑), 31(3): 250~256.
- 朱光, 王道轩, 刘国生, 牛漫兰, 宋传中. 2004. 郧庐断裂带的演化及其对西太平洋板块运动的响应. 地质科学, 39(1): 36~49.
- Dong S W, Gao R, Cong B L, Zhao Z Y, Liu X C, Li S Z, Li Q S and Huang D D. 2004. Crustal structure of southern Dabie ultrahigh-pressure orogen and Yangtze foreland from deep seismic reflection profile. *Terra Nova*, 16(6): 319~324.
- Gilder S A, Leloup P H, Courtillot V, Chen Y, Coe R S, Zhao X, Xiao W, Halim N, Cogn J-P and Zhu R. 1999. Tectonic evolution of the Tancheng-Lujiang (Tan-Lu) fault via Middle Triassic to Early Cenozoic paleomagnetic data. *Journal of Geophysical Research*, 104(B7): 15,365 15,390.
- Li S Z, Kusky T M, Liu X C, Zhang G W, Zhao G C, Wang L and Wang Y J. 2009. Two-stage collision-related extrusion of the western Dabie HP-UHP metamorphic terranes, central China: Evidence from quartz c-axis fabrics and microstructures. *Gondwana Research*, 16(2): 294~309.
- Li S Z, Zhao G C, Zhang G W, Liu X C, Dong S W, Wang Y J, Liu X, Suo Y H, Dai L M, Jin C, Liu L P, Hao Y, Liu E S, Wang J and Wang T. 2010. Not all folds and thrusts in the Yangtze foreland belt are related to the Dabie orogen: Insights from Mesozoic deformation south of the Yangtze River. *Geological Journal*, 45(5~6): 650~663.
- Liu S F, Nummedal D, Yin P G and Luo H J. 2005. Linkage of sevier thrusting episodes and Late Cretaceous foreland basin megasequences across southern Wyoming (USA). *Basin Research*, 17(4): 487~506.
- Zhou T F, Yuan F, Yue S C, Liu X D, Zhang X and Fan Y. 2007. Geochemistry and evolution of ore-forming fluids of the Yueshan Cu-Au skarn- and vein-type deposits, Anhui Province, South China. *Ore Geology Reviews*, 31(1~4): 279~303.
- Zhu G, Wang Y S, Liu G S, Niu M L, Xie C L and Li C C. 2005.

⁴⁰Ar/³⁹Ar dating of strike-slip motion on the Tan-Lu fault zone, East China. *Journal of Structural Geology*, 27(8): 1379 ~1398.

Transform Tectonic Node of the Middle and Lower Reaches of the Yangtze River and Analysis of Regional Metallogenic Settings

SONG Chuanzhong¹⁾, ZHANG Hua¹⁾, REN Senglian¹⁾, LI Jiahao¹⁾,
LIN Shoufa^{1,2)}, TU Wenchuan¹⁾, ZHANG Yan¹⁾, WANG Zhong¹⁾

1) *School of Resources and Environment, Hefei University of Technology, Hefei, 230009, China;*

2) *Department of Earth Sciences, University of Waterloo, Ont., Canada N2L 3G1*

Abstract

East China, which had experienced frequent crustal movement, complex tectonic evolution, intense magnetism, and diverse mineralization since the Mesozoic era, is an important area in various tectonic regime transform. The Middle and Lower Reaches of the Yangtze River is a typical area where the tectonic system converted from Mesozoic Tethys tectonic regime to the Pacific tectonic regime. It is a focal point of the two tectonic regimes met and transformed, with the relationship between spatial and temporal evolution of lithospheric material reorganization and structural reconstruction. The structural knots of the Middle and Lower Reaches of Yangtze River were the result of tectonic regime transition between Tethys and Pacific tectonic regimes in eastern China, The Dabie Orogenic belt, Tan-Lu Faulting belt, and Middle-Lower Reaches of Yangtze River metallogenic belts directly recorded the transition process of the two tectonic regimes, spatial-temporal relations between deposition-tectonic-magmatic-metallogenic and dynamic setting. The Middle and Lower Reaches of Yangtze River structural knot has distinct regularity of structural overlapping. The magmatic activity and the distribution of the metallogenic belt along the Middle and Lower Reaches of the Yangtze River area are controlled strictly by NE-SW trending structural belt represented by Yangtze River compound structural belt and NW-SE trending structural zones represented by Tongling-Hangzhou structural belt. Node-type mineralization can be found within the structural knots of the Middle and Lower Reaches of Yangtze River. Therefore, the intersection positions between various-scale NE-SW trending structural belts and NW-SE trending structural belts are the locations of ore concentration areas and important deposits.

Key words: The Middle and Lower Reaches of Yangtze River; Tectonic node; Research Activities; Metallogenic Belt