

doi:10.3799/dqkx.2014.100

武夷—云开中生代沉积盆地演化

唐婷婷¹, 何卫红^{2,3}, 王成刚⁴, 纪星星³, 郝奕玮³, 邹亚锐¹

1. 中国地质大学地质调查研究院, 湖北武汉 430074
2. 中国地质大学生物地质与环境地质国家重点实验室, 湖北武汉 430074
3. 中国地质大学地球科学学院, 湖北武汉 430074
4. 武汉地质矿产研究所, 湖北武汉 430223

摘要: 将武夷—云开地层大区分为5个地层区, 通过综合分析前人对该地区中生代岩石地层、生物地层、同位素年代学及构造等研究, 对研究区中生代沉积盆地类型进行划分, 并探讨该区沉积盆地—大地构造演化史。研究区中生代共经历了3个重要演化阶段: 早—中三叠世, 该区地壳抬升, 海平面总体下降, 海水向西—西南方向逐渐退出, 形成混积陆表海; 晚三叠世—早侏罗世, 该区发生海侵, 形成海陆交互陆表海; 中侏罗世—白垩纪, 由于受古太平洋板块西北低俯冲的影响, 台湾地区形成了一系列俯冲增生杂岩带, 内陆地区以政和—大浦断裂为界, 西部发育(火山)断陷盆地; 东部发育弧内裂陷盆地, 晚期形成断陷盆地。

关键词: 武夷—云开; 中生代; 沉积; 构造; 演化。

中图分类号: P534 **文章编号:** 1000-2383(2014)08-1140-15 **收稿日期:** 2014-03-20

Evolution of Mesozoic Sedimentary Basins in Wuyi-Yunkai Area

Tang Tingting¹, He Weihong^{2,3}, Wang Chenggang⁴, Ji Xingxing³, Hao Yiwei³, Zou Yaru¹

1. Institute of Geological Survey, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China
2. State Key Laboratory of Biogeology and Environmental Geology, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China
3. Faculty of Earth Sciences, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China
4. Wuhan Institute of Geology and Mineral Resources, Wuhan 430223, China

Abstract: In order to study the sedimentary basin evolution of the Wuyi-Yunkai area, in this paper the area is divided into 5 stratigraphic regions. Based on the previous studies on the lithostratigraphy combinations, fossil assemblages, isotopic geochronology and tectonics of this area, types of sedimentary basin in the Wuyi-Yunkai area are identified, and their formation and evolution are investigated. The evolutionary history of the sedimentary and tectonic features of the study area shows that the basin and structure have experienced three major evolutionary stages in Mesozoic. In the Early-Middle Triassic, the research area entered the marine-continental alternating epicontinental sea stage because of transgressions with the crust uplifting, the main sea level dropping and the sea gradually receding to the west or southwest. In the Middle Jurassic-Cretaceous, a series of subduction-accretionary complex belt formed in Taiwan, and inland areas were bounded by the Zhenghe-Dapu fracture, with fault basin (including volcanoes) developed in the west and its east entering evolutionary stage of intra-arc graben basin whose late stage was fault basin evolution, mainly influenced by the low subduction of the Pacific plate.

Key words: Wuyi-Yukai; Mesozoic; sedimentology; tectonics; evolution.

武夷—云开地区位于东经 108°00′~122°10′, 北纬 12°00′~30°20′(图 1), 涵盖了浙、闽、湘、赣、粤、桂 6 省以及台湾和海南两岛。中生代是武夷—云开大地构造格局发生剧烈变化的时期(任纪舜,

1984;董树文等,2007)。印支运动和燕山运动在改造研究区古生代沉积面貌的同时,也决定了中生代的沉积充填及发展演化(王德发和陈建文,1996)。多年来,华南中生代岩浆活动以及岩浆活动机制一直是

国内地质学研究的热点问题之一(李献华等, 1997; 陈培荣等, 1999; 徐先兵等, 2009; 刘琼颖等, 2013)。然而前人对中生代盆地沉积演化研究较少, 且多数是将武夷—云开地区与扬子板块盆地的物质成分、展布规律、边界特点、构造体制转化等方面的问题放在一起讨论(王德发和陈建文, 1996; 刘文均, 1998; 舒良树等, 2004b; Shu *et al.*, 2009), 或侧重于单个小盆地或小范围几个盆地的几何学和物质成分研究(孟立丰, 2012)。而将武夷—云开视为一个整体, 对其进行中生代各阶段沉积盆地、构造机制、岩浆活动的研究相对较少。本文将武夷—云开作为一个整体进行研究, 对其内部各时段的岩石组合、化石组合、沉积特点进行研究, 揭示武夷—云开中生代盆地发育的时空关系, 根据中生代大地构造背景(结合岩浆活动及构造特点), 探讨研究区中生代沉积—构造耦合关系。

1 武夷—云开中生代大地构造背景

华南板块中生代的构造演化可以分为 3 个阶段, 分别为早—中三叠世、晚三叠世—早侏罗世、中侏罗世—白垩世。

早—中三叠世受印支构造运动的影响, 陆壳隆升, 同时在印支期 SN 向挤压的作用下, 形成了全区内轴向近 EW 的早期褶皱(图 1), 并导致地块发生挤压增厚, 诱发地壳重熔, 产生了印支期过铝(S 型)花岗岩岩浆活动(舒良树等, 2004a, 2004b; Wang *et al.*, 2007)。产生的花岗岩(240 Ma)是在华南地壳增厚的基础上由地壳物质部分熔融形成的, 即由加厚陆壳中含水矿物脱水熔融形成(Wang *et al.*, 2007)。

晚三叠世早期, 挤压变形消失, 但岩浆活动较为强烈, 产生的花岗岩(220 Ma)为后碰撞岩浆底侵作用形成的热对流触发而成, 或在碰撞峰期之后应力松弛伸展阶段的降压导水条件下形成(周新民, 2003; Sun *et al.*, 2005)。晚三叠世晚期—早侏罗世存在一个岩浆活动沉寂期, 将印支期岩浆序列和侏罗纪岩浆序列分开。

早—中侏罗世地层受大洋板块的低角度俯冲的影响, 形成轴向 NE-NNE, 局部 SN 向的晚期褶皱(图 1), 呈面状展布(张岳桥等, 2009)。褶皱构造开始于 170 Ma, 持续到 135 Ma, 主要形成于 160 Ma 之前的晚侏罗世(张岳桥等, 2012)。同时期地壳增厚作用和壳幔相互作用导致软弱的华夏加里东褶皱基底

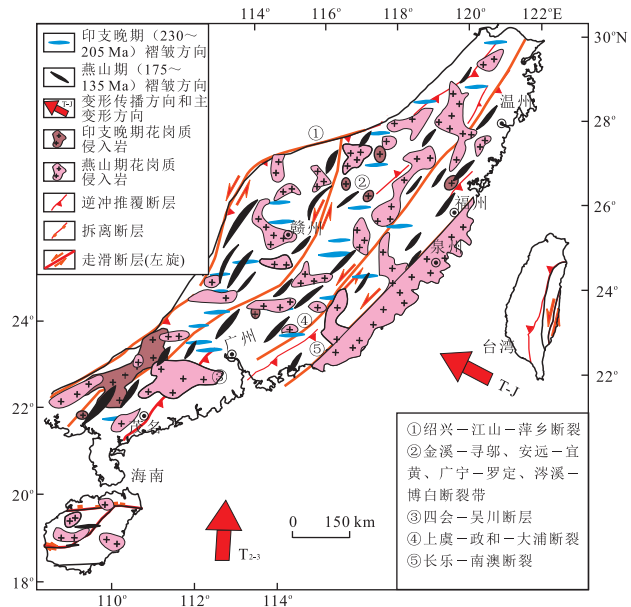


图 1 武夷—云开中生代构造事件略图(据舒良树等(2004a, 2004b), 万天丰(2004))

Fig.1 The event of Mesozoic tectonic in the Wuyi-Yunkai area

的再次强烈复活, 产生的地壳重熔及壳幔相互作用导致了晚侏罗世岩浆活动, 东南沿海地区岩浆弧相继出现。早期岩浆岩(183~175 Ma)呈带状分布, 是板内伸展构造背景下软流圈上涌的结果(Wang *et al.*, 2008; 徐先兵等, 2009)。晚期花岗岩(165~135 Ma)以钙碱性花岗岩为主, 其大地构造背景与大洋板块俯冲作用所形成的伸展型活动大陆边缘有关。此次运动产生的 NNE 向褶皱构造系与印支运动晚期形成的 EW 褶皱轴, 指示了研究区从印支期以东西向构造为主的特提斯构造域向燕山早期以 NNE 向构造为主的滨太平洋构造域转换。白垩纪后, 华南地区处于陆内岩石圈伸展环境。由于地幔上涌, 地壳受到强烈拉张作用, 形成了一系列 NE-NNE 向的断陷盆地(胡瑞忠等, 2007)。断陷盆地中发育有巨厚的红色磨拉石建造和双峰式火山岩夹层, 且盆地内部重力值高(余心起等, 2005)。同时在水平伸展的背景下, 大规模的正断层使得地壳较深层次的物质被拖至地壳浅层, 从而形成华南地区广泛发育的变质核杂岩(Lin *et al.*, 2000; Wang *et al.*, 2001)。晚燕山时期形成的火成岩与早中生代时期的火成岩存在巨大的差异, 大家普遍认为由于板块俯冲和碰撞的原因, 导致早期的火成岩主要为过铝质的 S 型花岗岩和部分 I 型花岗岩, 且主要分布在华南的偏西地区(Zhou and Li, 2000)。晚中生代时期由于岩石圈伸展作用, 华南地区的火成岩主要

以 A 型花岗岩、高钾 I 型花岗岩、双峰式火山岩和板内基性脉岩为主。其分布区域主要集中在东南沿海地区和华南内部的 NE-NNE 向深大断裂两侧(李献华等,2000;范洪海等,2005;邱检生等,2005)。

2 各地层区沉积特征

研究区北界为绍兴—江山—萍乡断裂带,即江绍—钦防对接带(潘桂棠等,2009),南临东南亚陆缘岛弧带、西接北越马江(松马)印支期造山带(舒良树等,2004a;潘桂棠等,2009)。区内上虞—政和—大浦、四会—吴川断裂和金溪—寻乌、安远—宜黄、广宁—罗定、涔溪—博白断裂带是制约中生代盆地性质和演化以及展布规律的重要边界(舒良树等,2004a;潘桂棠等,2009)(图 1)。根据断裂带边界和对沉积盆地的综合分析,将武夷—云开划分成罗霄—大容山、武夷、东南沿海、海南和台湾 5 个地层区(图 2),并对各地层区时空构架与盆地类型进行了划分(图 3~6)。

2.1 罗霄—大容山地层区

罗霄—大容山地层区,东西两界大致受绍兴—江山—萍乡断裂带、金溪—寻乌、安远—宜黄、广宁—罗定、涔溪—博白断裂带所控制(舒良树等,2004a;梁兴和吴根耀,2006)(图 1,图 2)。

2.1.1 早—中三叠世 该区上二叠统一下三叠统为连续沉积,早三叠世继承晚二叠世的沉积环境,为混积陆表海演化阶段。除沉积陆棚相碳酸盐岩外,还大量沉积了滨浅海相细粒陆源碎屑岩(左景勋等,2003;马永生等,2009)。如在大容山地区主要以滨浅海相细粒陆源碎屑岩大冶组和台地缓坡—斜坡相碳酸盐岩组合罗楼组为特点(杨遵仪等,2000;左景勋等,2003);赣南、湘东南、粤北地区则主要沉积了滨浅海相细粒陆源碎屑岩,如赣南沉积了铁石口组、湘东南为张家坪组、粤北为大冶组(左景勋等,2003)。中三叠世,本区地壳抬升,海平面主体下降,海水向西、西南逐步退出并伴随陆内挤压造山作用(方宗杰等,1989;刘宝裙和许效松,1994;王德发和陈建文,1996;陈汉宗等,2003;舒良树,2012),使该区沉积残缺不全,仅在粤北、赣西南地区出露泻湖—潮坪相黄盆组,主要岩性为泥质砂岩、砂质泥岩、粉砂岩,产植物、双壳类 *Gervillia* sp.、海百合茎 *Isocrinus candelabrum* 等化石(汪啸风等,2005)。

2.1.2 晚三叠世—早侏罗世 沿鹰潭—吉安—河源—潮州一线发生海侵(王鸿祯,1985;马永生等,

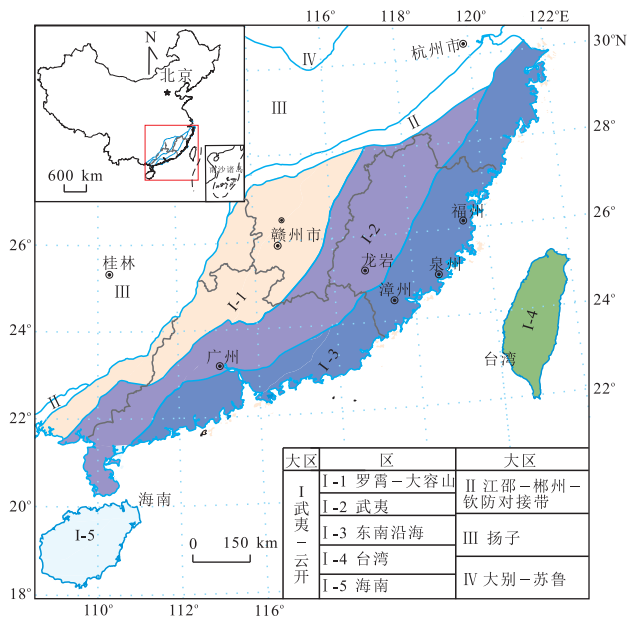


图 2 武夷—云开地层分区及其地理位置示意(据潘桂棠(2009)修改)

Fig.2 Sketch map of the Wuyi-Yunkai area stratigraphic subregion and location

2009),在这一凹陷带形成滨浅海相沉积。同期湘东南、赣中南地区接受河湖相沉积,而桂东、粤西北地区则接受滨岸—沼泽和河湖相沉积,进入海陆交互陆表海演化阶段(图 3)。

赣西南地区,晚三叠世以安源群潮坪—泻湖相煤碎屑岩和安塘组河流—湖泊相含煤碎屑岩沉积为特点(易菲霆等,2011),含双壳类 *Gervillia* cf. 和 *Bakevillia* sp.、植物化石 *Anthrophyopsis* sp.、*Otozamites* sp.等(刘亚光,1997)。早侏罗世,仅发现水北组湖泊相含煤碎屑岩组合整合覆盖于晚三叠世地层之上,产双壳类 *Tutuella rotunda*、植物等化石(汪啸风等,2005)。

湘东南地区,晚三叠世以出炭垅组、杨梅垅组、唐垅组滨岸沼泽—河口湾三角洲砂页岩含煤组合为沉积特点,产双壳类、植物等化石(杨遵仪等,2000)。早侏罗世以心田门组、茅仙岭组湖泊、潮成三角洲相砂页岩和长石石英砂岩组合为沉积特点,含植物、双壳类等(汪啸风等,2005)。

大容山地区,晚三叠世—早侏罗世,以天堂组、那周尾组、大岭组湖泊相砂岩—粉砂岩—泥岩组合为特点,产双壳类 *Ferganoconcha*、*Sphaerium*、植物 *Ponozamites lanceolatus* 等(殷保安,1997)。

粤北地区,晚三叠世以良口群(红卫坑组、小水组、头木冲组)海陆交互相碎屑岩沉积和小云雾山组

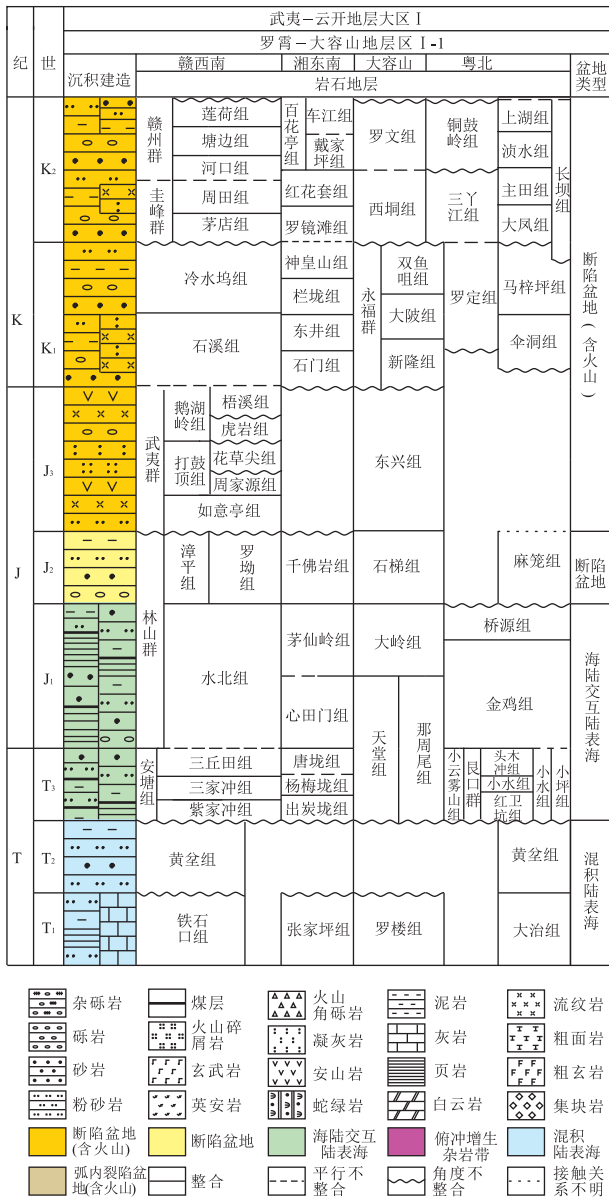


图 3 罗霄—大容山地区岩石中生代地层时空格架与盆地类型划分

Fig.3 The stratigraphic time-space frame and basin types in the Luoxiao-Darong Mountain area during Mesozoic

内陆盆地山间湖泊相磨拉石沉积为特点(南颐 and 周国强, 1996), 其中红卫坑组为河流三角洲相含煤碎屑岩建造组合, 小水组为浅海潮坪相粉砂岩—泥岩建造组合, 头木冲组为滨岸—沼泽相砂岩—泥岩建造组合, 这 3 个组构成海进—海退的过程, 产双壳类 *Bakevelloides-Cuneige-rvillia*、*Jiangxiella-Modiolus* 组合和植物 *Ptilozamites-Lepidopteris* 组合(高振家等, 2000). 早侏罗世, 在粤北地区韶关市发现金鸡组、桥源组, 其中金鸡组沉积了泻湖—沼泽相含煤碎屑岩, 产丰富的头足类及海相双壳类, 桥源组

沉积了浅海潮坪相砂岩—粉砂岩—泥岩建造组合, 含植物 *Coniopteris hymenophylloides*、*Phlebopteris cf. brauni* 等化石(汪啸风等, 2005).

2.1.3 中侏罗世 武夷山隆起, 在山体 NW 侧和南岭 S 侧产生了一个沉积低地(舒良树等, 2004a), 形成断陷盆地(图 3). 在赣西南、湖南承坪、粤北、大容山地区沉积了类磨拉石建造为主的碎屑岩系, 主要为厚—巨厚块状紫红、黄、灰色等杂色砂岩夹砂砾岩、薄层砂泥岩(陈建文和王德发, 1996; 余心起等, 2003). 具体为千佛岩组湖泊、潮成三角洲相砂页岩、长石石英砂岩组合; 漳平组、麻笼组、罗坳组、石梯组河湖相砂岩—粉砂岩组合(南颐 and 周国强, 1996; 王思恩等, 2000).

2.1.4 晚侏罗世—早白垩世 中侏罗世后, 燕山运动进入强烈活动期, 发生了强烈的火山活动, 如赣中南形成以 NNE 向断裂为主导的火山岩带, 赣中称峡江—广丰火山岩带, 火山岩为流纹岩—安山岩—英安岩系列, 赣南称全南—寻坞火山岩带, 为玄武岩—流纹岩岩系, 过渡性岩性较少(江西省地质调查研究院, 江西省大地构造相图说明书, 2012), 同时伴有同时代 A 型花岗岩、橄榄辉长岩(舒良树等, 2004b), 其玄武岩的颗粒锆石 U-Pb 年龄值为 170 ± 1 Ma, 流纹岩 Rb-Sr 等时线年龄为 165 ± 2 Ma(邓平等, 2004). 同期还沉积了大量河湖相碎屑岩, 形成断陷盆地(含火山)(图 3).

粤北地区, 晚侏罗世未发现沉积记录, 早白垩世沉积地层有罗定组、伞洞组、马梓坪组湖泊相砾岩—砂岩—粉砂岩—泥岩夹火山岩组合, 含双壳类 *Pseudocardinia* sp.、介形类 *Darwinula oblonga*、植物等化石(高振家, 2000).

赣西南地区, 晚侏罗世主要以如意亭组—鹅湖岭组、周家源组—梧溪组流纹岩—流纹质熔结凝灰岩—火山角砾岩组合为特点. 其中如意亭组粗面岩 SHRIMP 锆石 U-Pb 测年为 142 ± 1 Ma(巫建华等, 2011), 打鼓顶组安山岩样品 Rb-Sr 法定年龄为 141.21 Ma(张万良, 2000), 鹅湖岭组凝灰岩 U-Pb 定年为 157.2~158.2 Ma(孟祥金等, 2012). 早白垩世主要以冷水坞组、石溪组火山河湖相沉积为特点, 主要为凝灰岩、安山岩、火山角砾岩以及砂砾岩、砂岩. 产双壳类 *Nakamuranaia chingshanensis*、叶肢介 *Bairdestheria chekiangensis*、介形虫及植物等化石(高振家等, 2000).

湘东南地区, 未见晚侏罗世地层出露. 早白垩世, 以紫红色厚—巨厚层状砾岩、砂岩不整合覆盖于

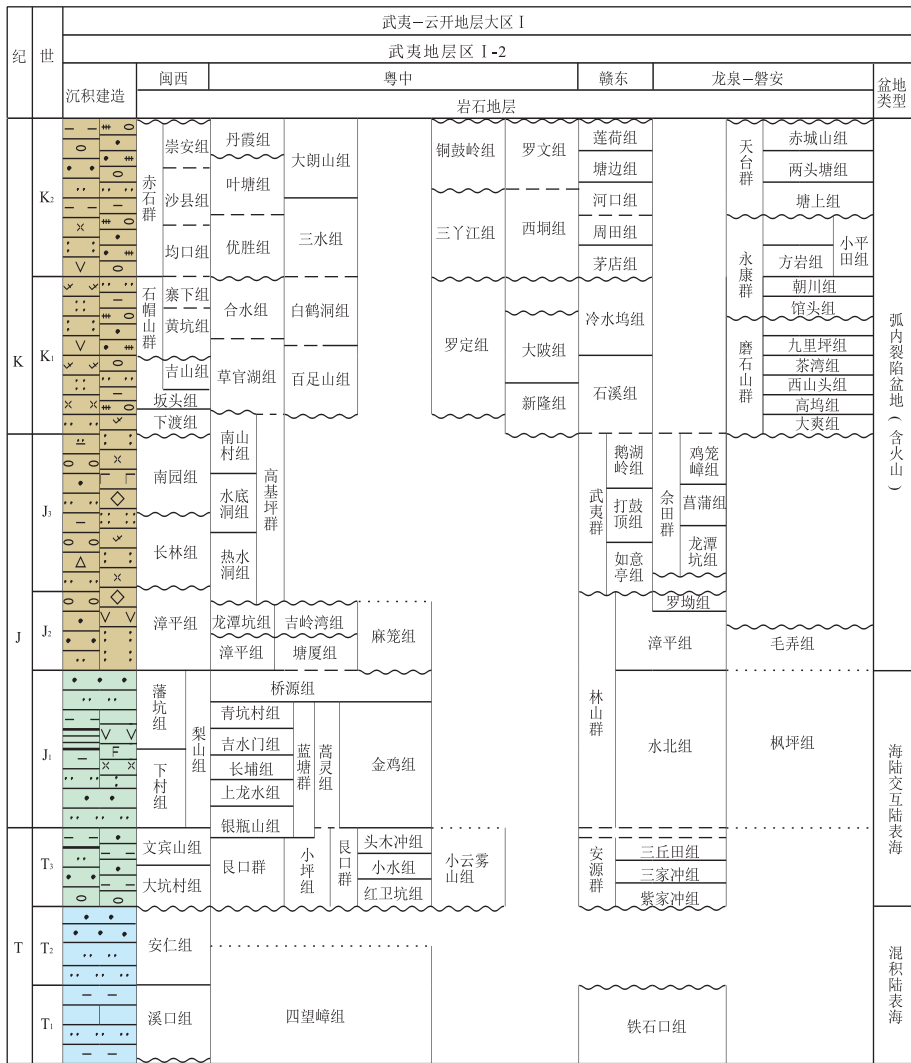


图 4 武夷地区层岩石中生代地层时空格架与盆地类型划分(图例同图 3)

Fig.4 The stratigraphic time-space frame and basin types in the Wuyi area during Mesozoic

中侏罗世地层之上,自下而上划分为石门组、东井组、栏垅组、神皇山组,产双壳类、介形虫、轮藻、植物等化石(汪啸风等,2005)。

大容山地区,晚侏罗世在六万大山—大容山一带沉积有东兴组湖泊泥岩—粉砂岩组合,产叶肢介、植物等(殷保安,1997)。早白垩世,沉积地层有新隆组、大坡组、双鱼咀组,为河湖相沉积;其岩性主要为紫红色砾岩、砂岩、粉砂岩、泥质(钙质)粉砂岩等,含介形虫、双壳类、叶肢介、腹足类、恐龙及轮藻、植物、孢粉等化石(汪啸风等,2005)。

2.1.5 晚白垩世 该区进入断陷盆地演化阶段(图 3),盆地大多呈 NNE-NS 向展布,由于物源与盆地落差大,盆地内沉积速度快、厚度大、粒度较粗(舒良树等,2004a)。

粤北地区,晚白垩世以铜鼓岭组、长坝组、大风

组—上湖组红色复成分砾岩、砂砾岩、粉砂岩、泥岩为主,含三丫江组酸性火山碎屑岩(高振家等,2000)。

赣西南地区,晚白垩世沉积了赣州群、圭峰群河湖相砾岩—砂岩—泥岩组合(郝怡纯等,2000;谢爱珍,2001)。产恐龙蛋化石 *Frenelopsis* sp.、*Elongatolithus* sp.、叶肢介 *Opsipolygrapta* sp.、介形类 *Darwinula oblonga*、轮藻 *Gyrogona quangjiangjica*、古脊椎动物等(郝怡纯等,2000;谢爱珍,2001;刘细元等,2004)。其中赣州群周田组单矿物石英自旋共振测年为 87.5~96.5 Ma(刘细元等,2004)。

湘东南地区,晚白垩世以罗镜滩组—车江组湖泊三角洲—红冲积相紫红色砂砾岩、杂砂岩、泥岩沉积为特点,产介形虫、轮藻、恐龙蛋等化石(汪啸风等,2005)。

大容山地区,晚白垩世沉积了西垌组、罗文组湖泊相砂岩—粉砂岩组合,产介形类化石 *Cyprois* 和 *Cyprideatera* 及轮藻化石 *Obtusochara lanpingensis* 和 *Hornichara lagenalis* (郝怡纯等,2000)。其中西垌组单矿物锆石 U-Pb 测年为 102.8 ± 1.4 Ma, K-Ar 测年为 136 Ma (广西省地质调查研究院,广西省大地构造相图说明书,2012)。

2.2 武夷地层区

武夷地层区,位于罗霄—大容山与东海沿海地层区之间,东部以上虞—政和—大浦断裂为界,西受金溪—寻乌—安远—宜黄—广宁—罗定—涔溪—博白断裂带断裂带所控制(舒良树等,2004a;梁兴和吴根耀,2006)(图1,图2)。

2.2.1 早—中三叠世 早三叠世,该区处于陆棚、近滨、前滨沉积环境(马永生等,2009),划分为混积陆表海演化阶段(图4)。在闽西、粤南、赣东、龙泉—磐安地区沉积了溪口组、铁石口组、四望嶂组滨岸粉砂岩、泥岩、泥灰岩建造组合。中三叠世浙江、福建、广东地区受构造作用的影响,褶皱隆起,仅在三明、龙岩等地沉积了细碎屑岩—安仁组。

2.2.2 晚三叠世—早侏罗世 该区地层较发育,以海相地层过渡到海陆交互相再至陆相沉积为特点,为海陆交互演化阶段(图4)。

粤中地区,晚三叠世沉积了良口群、小坪组、小云雾山组,其中良口群为一套含煤碎屑岩,不整合覆盖于中三叠世地层之上,富含植物化石及瓣鳃类化石(陈汉宗等,2003;姚伯初等,2011);小坪组为一套滨海相含煤粗碎屑岩,富含植物和双壳类等化石(陈汉宗等,2003);小云雾山组为湖泊相砾岩—砂岩—泥岩建造组合。晚三叠世—早侏罗世沉积了一套穿时地层为蓝塘群,前人认为其为浅海陆棚—深海沉积(陈汉宗等,2003;姚伯初等,2011);广东省地质调查研究院认为其是砂岩与泥岩粗细相间沉积组合,为浅海潮坪相沉积(广东省地质调查研究院,广东省大地构造相图说明书,2012)。早侏罗世沉积了蒿灵组、金鸡组,分别为海陆交互碎屑岩—火山岩沉积和潮坪—沼泽沉积,含双壳类 *Pleuromya* sp.、菊石和植物化石;覆盖于蒿灵组、金鸡组、蓝塘群之上的桥源组也为海陆交互相含煤碎屑岩沉积(陈汉宗等,2003;姚伯初等,2011)。

闽西以南平—连城—武平一线为界,北侧为陆相沉积,沉积了大坑村组—梨山组含煤湖泊碎屑岩组合,不整合覆盖于安仁组之上,富含植物 *Clathroptcris mcinscioides*、叶肢介等化石(汪啸风等,

2005)。分界线南侧局部有海湾—泻湖相沉积,并伴随较强的火山活动。沉积了下村组、藩坑组,其中下村组为一套以陆相沉积为主、后期夹有海相沉积的碎屑岩系,含早侏罗世植物及海相半咸水双壳类化石;藩坑组为一套以中基性、中酸性火山岩为主,下部夹滨、浅海相及陆相碎屑岩的火山岩。产植物化石和海相动物化石,如菊石、双壳类、腹足类、腕足类等(段九春,2013)。

赣东地区安源群为一套海陆交替相含煤碎屑岩组合,上、下部夹煤层,中间为海相层(高振家等,2000)。平行不整合覆盖其上的水北组为灰白、灰绿色厚层长石石英砂岩夹粉砂岩、泥岩,下部常含砾石,发育交错层理,为湖泊相沉积。产双壳类 *Tutuel-la rotunda*、植物等化石(王思恩等,2000)。

2.2.3 中侏罗世—白垩纪 早侏罗世后,受古太平洋板块俯冲的影响,在引张作用下,进入弧内裂陷盆地(含火山)演化阶段(图4)。如龙南县东坑早—中侏罗世盆地为弧内裂陷代表之一,盆地走向近 S-N,两侧边缘正断层朝盆地中心拉张。盆地形态上以长条形为主,部分呈不对称菱形,盆地中火山岩以双峰式特点,代表当时裂解拉张环境,盆地受拉张活动的控制,沉降幅度大,沉降中心亦为沉积中心,向盆心逐渐加大(邓平等,2004)。

粤中梅州—惠州一带,中侏罗世后燕山运动进入强烈活动期,发育规模宏大的多期火山喷发与火山碎屑岩沉积。早期为中—基性火山岩活动,岩性为安山岩和安山质火山碎屑岩,归于吉岭湾组;后期以酸性火山喷发岩为主,岩性主要为英安质凝灰岩、流纹质凝灰岩、流纹岩、英安岩等,岩石地层单位包括塘厦组、漳平组、高基坪群(南颐和周国强,1996)。晚侏罗世构造强烈活动后,白垩纪沿东向断裂,发育一系列北东向的串珠状断陷盆地。盆地内陆湖泊相发育,沉积草官湖组—丹霞组、百足山组、朗山组等,上部为复成分砾岩、砂岩、粉砂岩、泥岩等,之后伴随火山喷发,沉积了火山喷发沉积相红色碎屑岩建造、火山碎屑岩建造,晚期盆地大多含有膏盐或硝盐沉积。

赣中地区,中侏罗世沉积地层主要为河湖相沉积,沉积了漳平组曲流河砂岩、粉砂岩组合和罗坳组滨湖砂岩、粉砂岩组合。之后火山活动强烈,在定南—资溪一带沉积了武夷群,下部为浅湖相含砾砂岩、粉砂岩组合,中部为安山岩—英安岩、熔结凝灰岩、角砾凝灰岩,上部为熔结凝灰岩夹正常碎屑岩。产双壳类 *Ferganoconcha* sp.、叶肢介 *Yanjiestheria sinensis*、介形虫、植物及昆虫化石(王思恩等,

2000).在定南—寻乌一带,沿东向断裂,发育一条火山岩带,火山岩主要赋存于晚侏罗世菖蒲组、鸡笼嶂组中.菖蒲组岩性为玄武岩、英安岩和少量流纹岩,构成典型的双峰式火山岩组合.鸡笼嶂组是一套整合(喷发不整合)于菖蒲组玄武岩之上的酸性火山碎屑岩系,以流纹质熔结凝灰岩为主(刘亚光,1997).早白垩世以石溪组、冷水坞组火山河湖沉积为特点,晚白垩世以赣州群湖泊相砾岩—砂岩—粉砂岩夹玄武岩、凝灰岩组合和圭峰群巨厚的红色碎屑岩系沉积为特点.

闽西地区,中侏罗世,发育一套陆内盆地沉积的杂色碎屑岩,含丰富的植物、双壳类、叶肢介及介形虫等化石,归于漳平组.晚侏罗世—早白垩世早期是福建省火山活动的鼎盛时期,形成了一套巨厚的陆相中酸性火山岩系,包括长林组、南园组和下渡组,岩性主要为流纹岩、英安流纹质(熔结)凝灰岩,夹碎屑岩(福建省地质调查研究院,福建省大地构造相图说明书,2012).早白垩纪是福建火山活动的衰亡时期,火山活动多以盆地的形式出现,以火山岩夹沉积岩形式产出,包括黄坑组、寨下组和吉山组.晚白垩世火山活动消失,下部沉积了以湖泊相沉积为主的细碎屑岩—均口组、沙县组,上部沉积了以河流相为主的粗碎屑岩—崇安组(高振家等,2000).

浙东南龙泉—磐安一带,中侏罗世沉积了毛弄组,为含火山碎屑岩和煤陆相沉积组合.其中毛弄组下段英安质晶屑凝灰岩中锆石 SHRIMP 年龄为 180 ± 4 Ma(张国全等,2012).此带缺失晚侏罗世地层,至早白垩世,沉积了磨石山群、永康群、天台群.其中磨石山群以角度不整合覆盖于毛弄组之上,由酸性—中酸性火山岩和火山碎屑岩夹沉积岩组成(汪庆华,2001).永康群—天台群也发育酸性火山岩,但双峰式火山岩较前期更加发育,以区域上出现大面积红色陆源碎屑岩建造为特征(张国全等,2012),含淡水双壳类、腹足类、恐龙蛋、孢粉化石(高振家等,2000;罗以达和俞云文,2004).此时玄武岩底侵作用增强,如会昌玄武岩(约 108 Ma)(孟立丰,2012),火山岩浆活动到达顶峰(张国全等,2012).

2.3 东南沿海地层区

东南沿海地层区西以上虞—政和—一大浦断裂带和四会—吴川断层为界,北起浙江宁波地区,南至广东沿海地区,包括闽、浙、粤三省(李秀卿,1985)(图 1,图 2).

2.3.1 早—中三叠世 该区延续了中二叠世沉积特点为混积陆表海演化(图5),沉积了四望嶂组临

滨粉砂岩—泥岩—泥灰岩建造组合(南颐 and 周国强,1996).

2.3.2 晚三叠世—早侏罗世 沿海地区受古太平洋板块碰撞的影响,部分地区发生海侵,并伴有轻微火山活动.沉积了湖泊、河流至海相地层,并伴有火山岩发育,为海陆交互陆表海演化阶段(图 5).

广东沿海地区,晚三叠世以良口群、小坪组、小云雾山组湖泊—沼泽相含煤碎屑岩为沉积特点.早侏罗世沉积了蓝塘群、金鸡组、桥源组砂岩—粉砂岩—泥岩含煤组合以及嵩灵组双峰式火山碎屑岩,其中嵩灵组 Sm-Nd 测年为 176 ± 15 Ma(广东省地

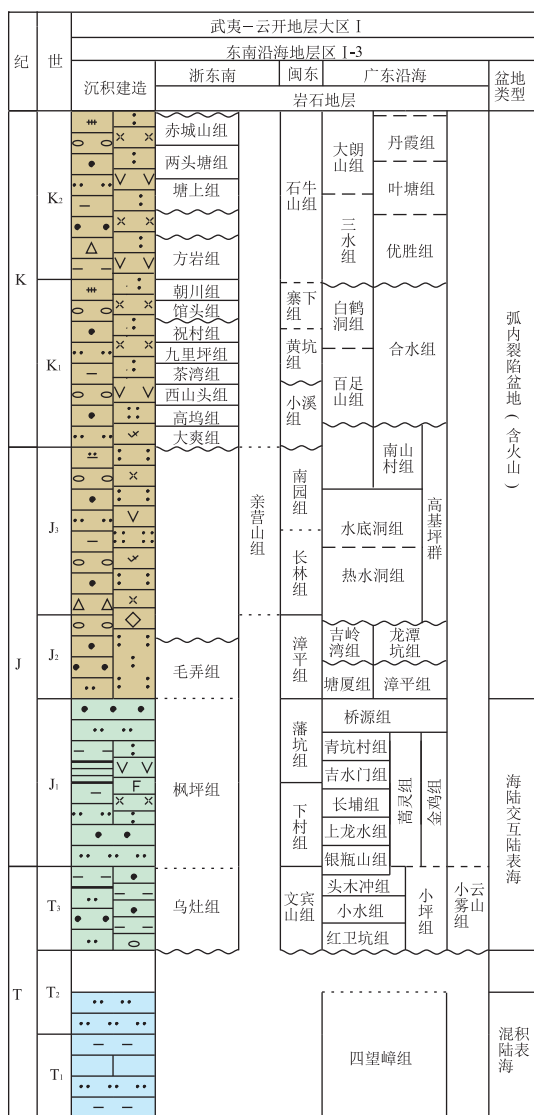


图 5 东南沿海分区岩石中生代地层时空格架与盆地类型划分图(图例同图 3)

Fig.5 The stratigraphic time-space frame and basin types in the southeast coastal area of the China during Mesozoic

质调查研究院,广东省大地构造相图说明书,2012).

闽东地区,晚三叠世沉积了文宾山组湖泊相含煤碎屑岩(许中杰等,2013),早侏罗世沉积了下村组、藩坑组.早期以陆相沉积为主,中期沉积物中夹有海相碎屑岩,含海相双壳类化石,后期被中基、中酸性火山岩覆盖(段九春,2013).

浙东南地区,晚三叠世—早侏罗世沉积地层较为简单,仅沉积了乌灶组、枫坪组,下部为一套陆相含煤粗碎屑岩,产植物及叶肢介化石;上部为砂砾岩夹粉砂岩、泥岩,为河流—湖泊相,产瓣鳃类 *Fergancocha* aff. *Estheriaeformis Chernyshev* 和植物化石(俞国华等,1996).

2.3.3 中侏罗世—白垩纪 早侏罗世后,受欧亚板块东南边缘断块向古太平洋板块仰冲作用的影响,东南沿海地区产生拉张断陷作用,在南岭东段塔背和陂头岩体中发现了同属 A 型花岗岩类的正长岩—花岗岩组合(陈培荣等,2004;李献华等,2007),以及南岭燕山早期大规模 I 型/分异 I 型花岗岩(李献华等,2007),代表当时的裂解拉张环境,测年值为 160~180 Ma(李献华等,1997,2000;陈培荣等,1999).受引张力作用的影响,大规模的岩浆喷发发生,形成大面积以酸性火山岩为主的沉积—火山岩建造,进入弧内裂陷盆地演化阶段(图 5).

广东沿海地区,中侏罗世—白垩纪演化与武夷地层区梅州—惠州一带演化类似,中生代火山活动频繁,早期为中基性火山岩活动,后期火山活动以酸性火山喷发岩为主.白垩纪以后,该地区火山活动减弱,盆地内以河湖相砾砂岩—砂岩—泥岩夹酸性火山岩沉积为特点.

闽东地区,中侏罗世以漳平组湖泊相砂岩—粉砂岩沉积为特点(李霞,2013),晚侏罗世—白垩纪火山活动强烈,其中晚侏罗世火山岩分为两类:第 1 类为熔岩、火山碎屑(熔)岩类岩石,主要赋存于南园组中,岩性主要有流纹岩、英安流纹质(熔结)凝灰岩等,总体呈 NE 向大面积展布,是闽东中生代火山岩带的主体岩石;第 2 类为火山碎屑沉积岩,主要赋存于长林组中,岩性主要有火山角砾岩、凝灰质砂砾岩、凝灰质砂泥岩等.白垩纪火山岩主要分为 3 类:第 1 类为(玄武)安山岩—钙碱性流纹质火山碎屑岩建造组合,赋存于黄坑组、寨下组中;第 2 类为高硅高钾火山岩—酸性碎斑熔岩—潜火山岩建造组合,赋存于石牛山组中;第 3 类为陆相沉积—火山喷发岩组合,赋存于小溪组中(段九春,2013).

浙东南地区,中侏罗世沉积了毛弄组,以含砾砂

岩、粉砂岩、泥岩、英安质凝灰岩夹煤层沉积为特点,为火山喷发相及山间湖沼相(王思恩等,2000).晚侏罗世地层—亲营山组,岩性为云母(石英)片岩夹浅(变)粒岩含夕线石(红柱石),偶夹含石墨二云石英片岩(高振家等,2000),原岩为花岗岩,属于变质侵入岩类(冯艳芳等,2011).白垩纪时火山岩到鼎盛时期,赋存于磨石山群、永康群、天台群中.

2.4 台湾地层区

台湾地层区东界为花莲—台东断裂带,以东为菲律宾海板块,中间以屈尺—潮州断裂带为界,是西太平洋岛弧的一环,位于欧亚板块与太平洋板块结合带上,又为琉球弧与吕宋弧的汇合点(黄辉和叶寿生,1996;耿威等,2013)(图 1,图 2).

台湾中央山脉西部缺乏中生代沉积记录.东部大南澳地区,中生代晚期南澳运动导致强烈的褶皱、断裂活动、区域变质作用、混合岩化作用和岩浆活动,形成大南澳群变质杂岩,并构成台湾西部基底(Tzen 和康继本,1993),分布于台湾中央山脉以东,自下到上分为开南岗(片麻岩)岩组、太鲁阁(大理岩)岩组、长春(绿片岩)岩组和玉里(片岩)岩组(福建省地质调查研究院,台湾省大地构造相图说明书,2012)(图 6).由于大南澳岩群变质较深,构造复杂,化石稀少,又缺乏足够的地质年龄资料,研究程度

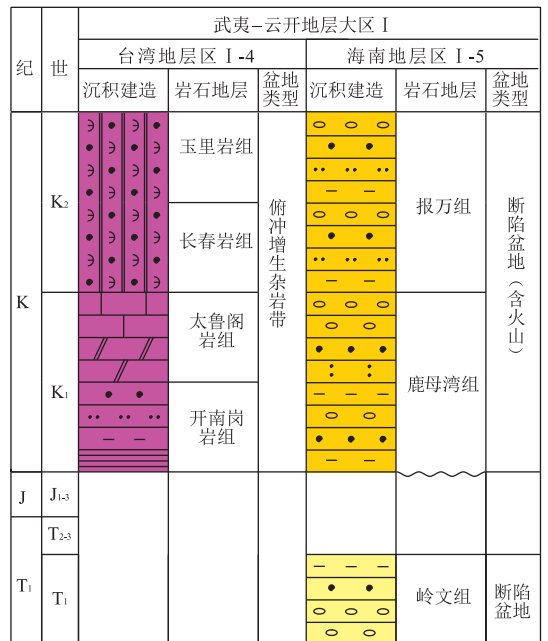


图 6 海南、台湾地区岩石中生代地层时空格架与盆地类型划分(图例同图 3)

Fig.6 The stratigraphic time-space frame and basin types map in the Hainan and Taiwan area during Mesozoic

低,具体地质时代有待进一步研究.太鲁阁带花岗岩 U-Pb 锆石测年测得结晶年龄为 85~90 Ma (Tzen 和康继本,1993).

2.5 海南地层区

海南地层区,位于欧亚板块、印度—澳大利亚板块和菲律宾板块的交界部位.

中生代,受海西—印支期印支和华南块体碰撞、拼合运动影响成为一体,属华南的一部分(陈新跃,2006),同期形成大面积与印支造山运动碰撞挤压有关的花岗岩,前人研究认为其应形成于三叠纪(夏邦栋等,1990;方中等,1993,1995;葛小月等,2003;李孙雄等,2005).且在河口—屯昌发现蛇绿混杂带年龄为 199~263 Ma(高天钧等,1999).

受构造运动的影响,海南地层区主体隆升、地层缺失,目前发现的三叠纪沉积岩仅有岭文组且只出露于定安县翰林镇及琼海九曲镇一带,出露面积约 11.6 km²,为一套碰撞隆升后的陆相磨拉石建造(陈新跃

等,2011),被认为是碰撞事件和地壳抬升的标志(李孙雄等,2005).岭文组为山间盆地河湖相沉积,下段为砾岩、含砾细砂岩;上段为泥岩、泥质粉砂岩.产植物 *Phyllothea* sp.、*Equisetites* sp.、*Walchia* sp.、孢粉及昆虫等化石(高振家等,2000).为华力西期—印支期陆内裂陷槽封闭后的产物.岭文组的沉积代表该区进入断陷盆地演化阶段(图 6).白垩纪,海南地层区进入断陷盆地(含火山)演化阶段,以鹿母湾组滨湖砾岩—砂岩—泥岩夹酸性火山岩组合和报万组砂岩—泥岩组合为特点,含植物、孢粉、轮藻、介形虫、蚂蚁类昆虫等生物化石(付璐露等,2010).

3 中生代构造—盆地演化历史

研究区中生代盆地—构造演化历史经历了 3 个重要演化阶段,受到两次大地构造运动的制约(王清晨和蔡立国,2007;姚伯初等,2011),分别为晚二叠

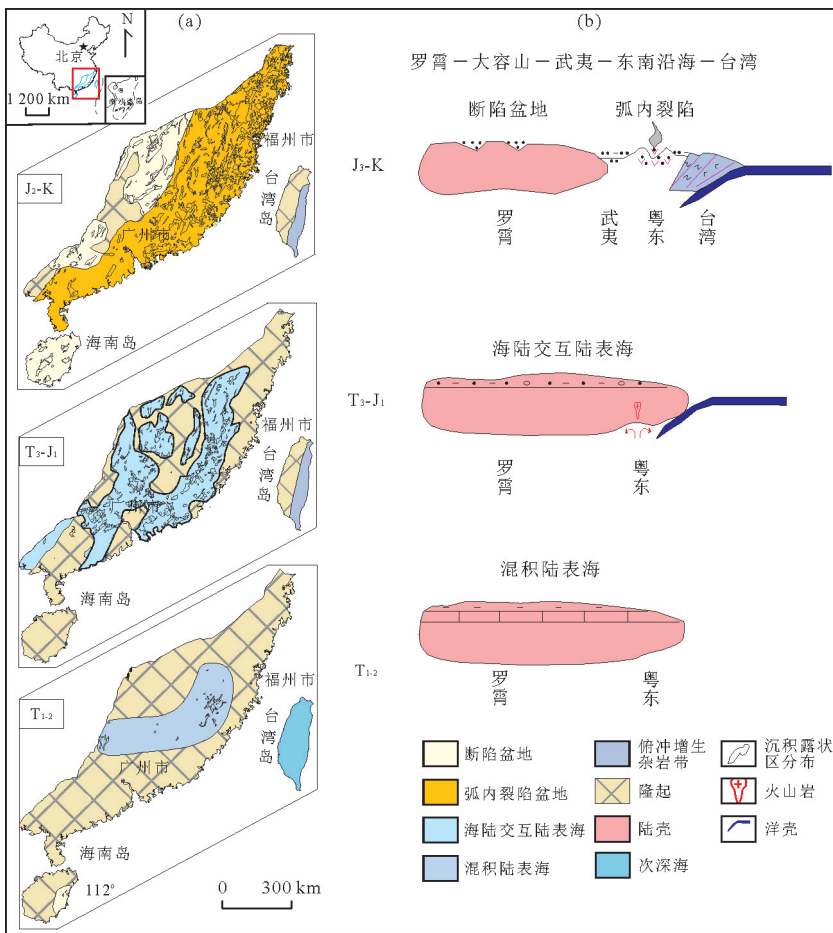


图 7 (a)武夷—云开中生代各时段沉积露头 and 盆地分布和(b)武夷—云开中生代大地构造—沉积演化示意

Fig.7 Each period distribution of Mesozoic strata and tectonic map in the Wuyi-Yunkai area (a) and sketch map of Mesozoic tectonic and sedimentary evolution (b);据 Li and Li,2007;孟立丰,2012

世至三叠世的印支运动和晚侏罗世到早白垩世的燕山运动。(1)中一晚三叠世,地壳抬升,海平面总体下降,海水向西、西南逐步退出(方宗杰等,1989;刘宝珺和许效松,1994;王德发和陈建文,1996;陈汉宗等,2003;舒良树,2012),研究区沉积由碳酸盐缓坡相演变成以碎屑岩夹碳酸盐岩相为主。(2)晚三叠世到早侏罗世,研究区发生海侵,接受海相—海陆交互相—陆相沉积。(3)以政和—大浦断裂为界,西部发育受断层控制的湖泊—河流相碎屑岩沉积,部分地层中发育火山岩;东部发育多期次、大面积分布的火山岩,岩石组合为流纹岩—英安岩—安山岩—玄武岩或流纹岩—英安岩—安粗岩—粗面岩,属于钙碱—弱碱系列(姚伯初等,2011)。下文对3个盆地—构造演化阶段分别进行阐述。

早—中三叠世,受印支运动的影响,武夷—云开地层大区发生了强烈的陆内褶皱变形,其褶皱轴方向为EW向(刘琼颖,2013)。该时期,云开—武夷山以东是不断上升的陆缘滨浅海区,海水缓慢向西南退去,沉积相从浅海碳酸盐岩台地过渡至潮坪陆源碎屑岩沉积,为混积陆表海演化阶段(图7a,7b)。

晚三叠世,环太平洋海域沿断裂带海侵,海侵范围东北向从粤中向粤东、粤北,至江西;西北向从粤东发育至闽北地区(马永生等,2009;姚伯初等,2011),这一凹陷带接受了浅海相沉积,部分为深海相沉积(姚伯初等,2011)。同期赣中南、湘东南、闽西北、浙东南地区接受河湖相沉积,而桂东、粤南地区则接受滨岸—沼泽和河湖相沉积,进入海陆交互陆表海演化阶段。

早侏罗世,受古太平洋板块俯冲的影响,沿政和—大浦大断裂形成岩浆弧,后由于俯冲板块在自身榴辉岩相变引起的重力拉拽作用下开始发生拆沉,然后后撤,此时火山岩的面积开始扩张,在赣南、闽、浙、粤形成大面积岩浆弧(Li and Li,2007)。以政和—大浦断层为界,西部形成断陷盆地(含火山),东部为弧内裂陷(含火山)盆地和断陷盆地(图7a,7b),并在粤北地区首次出现了基性辉长岩体——霞岚岩体(Zhu *et al.*,2010)。

台湾中生代受古太平洋板块俯冲影响,产生一系列绿片岩、石英片岩、大理岩、角闪岩和镁铁质—超镁铁质岩的白垩纪高压蓝片岩俯冲增生杂岩(图7b)。

海南中生代构造演化与古特提斯带的演化密切相关,印支期华南板块向印支板块俯冲,至早三叠世发生碰撞,在五指山地区沉积了下三叠统磨拉石建

造的岭文组,并形成了与华南褶皱带大体一致的NW-NWW向褶皱带(陈新跃,2006),进入断陷盆地演化。至白垩纪时,进入断陷盆地(含火山)演化阶段(图1)。

4 结论

(1)根据各地层区各时段岩石组合、化石组合、沉积特点以及大地构造—沉积演化,将研究区中生代盆地划分了混积陆表海、海陆交互陆表海、弧内裂陷(含火山)、断陷盆地、断陷盆地(含火山)5种类型。

(2)早—中三叠世,研究区内陆地壳抬升,海平面主体下降,海水向西、西南逐步退出,进入混积陆表海演化阶段。此时海南地区受华南板块向印支板块俯冲的影响在五指山地区形成断陷盆地,且该阶段一直延续至白垩世。

(3)晚三叠世—早侏罗世,环太平洋海域沿断裂带海侵,这一凹陷带主体接受了浅海相沉积,部分地区为深海相沉积。同期赣中南、湘东南、闽西北、浙东南地区接受河湖相沉积,而桂东、粤南地区则接受滨岸—沼泽和河湖相沉积,进入海陆交互陆表海阶段。

(4)侏罗纪后主要受古太平洋板块低俯冲的影响,台湾形成了一系列俯冲增生杂岩带,内陆地区形成NNE向褶皱,以政和—大浦断裂为界,西部发育断陷盆地(含火山);东部早期形成多期次、大面积分布的火山岩,进入弧内裂陷盆地演化阶段,晚期为断陷盆地演化。

致谢:本文得到了中国地质调查局发展研究中心、西安地质调查中心、成都地质调查中心、沈阳地质调查中心、天津地质调查中心、武汉地质调查中心、南京地质调查中心、各省地质调查院提供的大量基础资料,对本文的形成起到了奠基和指导作用,在此谨表谢意。

References

- Chen, H.Z., Sun, Z., Zhou, D., 2003. Distributions of Mesozoic Lithofacies and Marine Strata in South China. *Journal of Tropical Oceanography*, 22(2): 74—82 (in Chinese with English abstract).
- Chen, J.W., Wang, D.F., 1996. Sedimentary Evolution of Sedimentary Basins in Mesozoic-Cenozoic, Central Eastern China. *Earth Science—Journal of China University of*

- Geosciences*, 21(4): 441—448 (in Chinese with English abstract).
- Chen, P.R., Kong, X.G., Ni, Q.S., et al., 1999. Ascertainment and Implication of the Early Yanshanian Bimodal Volcanic Associations from South Jiangxi Province. *Geological Review*, 45 (Suppl.): 734—741 (in Chinese with English abstract).
- Chen, P.R., Zhou, X.M., Zhang, W.L., et al., 2004. Petrogenesis and Significance of Early Yanshanian Synite-Granite Complex in Eastern Nanling Range. *Science in China (Series D)*, 34(6): 493—503 (in Chinese).
- Chen, X.Y., 2006. Hercynian and Indosinian Structural Overprinting and $^{40}\text{Ar}-^{39}\text{Ar}$ Geochronology of Hainan Island, South China (Dissertation). Graduate University of Chinese Academy of Sciences (Guangzhou Institute of Geochemistry), Guangzhou (in Chinese with English abstract).
- Chen, X.Y., Wang, Y.J., Fan, W.M., et al., 2011. Zircon U-Pb Ages, Hf Isotopic Composition of Zhizhong Granitic Intrusion in Ledong Area of Hainan Island and Their Tectonic Implications. *Geochimica*, 40 (5): 454—463 (in Chinese with English abstract).
- Deng, P., Shu, L.S., Yu, X.Q., et al., 2004. The Early-Middle Jurassic Basins and the Features of Igneous Rocks in Western Fujian-Southern Jiangxi Region. *Acta Petrologica Sinica*, 20(3): 521—532 (in Chinese with English abstract).
- Dong, S.W., Zhang, Y.Q., Long, C.X., et al., 2007. Jurassic Tectonic Revolution in China and New Interpretation of the Yanshan Movement. *Acta Geologica Sinica*, 81 (11): 1449—1461 (in Chinese with English abstract).
- Duan, J.C., 2013. Sediment Logical Characteristics and Hydrocarbon Source Rocks Development Regularity of the Mesozoic in Fujian and Zhejiang Region. China University of Geosciences, Beijing (in Chinese with English abstract).
- Fan, H.H., Wang, D.Z., Shen, W.Z., et al., 2005. Formation Age of the Intermediate-Basic Dikes and Volcanic-Intrusive Complex in Xiangshan, Jiangxi Province. *Geological Review*, 51(1): 86—91 (in Chinese with English abstract).
- Fang, Z.J., Wang, L., Liang, C.L., et al., 1989. New Advance of Mesozoic Coal-Bearing Stratigraphy of Sandu Area, Zixing County, Hunan. *Journal of Stratigraphy*, 13 (3): 193—204 (in Chinese with English abstract).
- Fang, Z., Xu, S.J., Chen, K.R., et al., 1993. The Minerogenesis of Shilu Iron Ores with Special Reference to Sm-Nd Isotope Geochemical Characteristics of Shilu Group Bimodal Volcanic Rocks in Hainan Island. *Geochimica*, 22 (4): 326—336 (in Chinese with English abstract).
- Fang, Z., Yu, J.H., Xia, B.D., et al., 1995. Sm-Nd Isotopic Characteristics of Hercynian-Indosinian Granites and Xenoliths in Hainan Island, South China. *Journal of Nanjing University (Natural Science Edition)*, 31 (2): 338—343 (in Chinese with English abstract).
- Feng, Y.F., Deng, J.F., Xiao, Q.H., et al., 2011. Zircon U-Pb SHRIMP Isotopic Dating of Granitic Garnet-Biotite Gneiss of the Aojiao Group at Aojiao Village of Dongshan County, Fujian Province, and Its Geological Significance. *Geology in China*, 38 (1): 103—108 (in Chinese with English abstract).
- Fu, L.L., Shen, Z.Y., He, L., et al., 2010. Cretaceous Paleomagnetic Results from Hainan Island and Its Tectonic Implications. *Acta Geologica Sinica*, 84 (2): 184—194 (in Chinese with English abstract).
- Gao, T.J., Wang, Z.M., Wu, K.L., et al., 1999. Tectonometric Evolution and Metallogeny of the Taiwan Strait and Adjacent Regions. Geological Publishing House, Beijing (in Chinese).
- Gao, Z.J., Chen, K.Q., Wei, J.Y., et al., 2000. China Lithostratigraphic Dictionary. China University of Geosciences Press, Wuhan (in Chinese).
- Ge, X.Y., Li, X.H., Zhou, H.W., 2003. Geochronologic, Geochemistry and Sr-Nd Isotopes of the Late Cretaceous Mafic Dike Swarms in Southern Hainan Island. *Geochimica*, 32 (1): 11—20 (in Chinese with English abstract).
- Geng, W., Zhang, X.H., Wen, Z.H., et al., 2013. A Review on Response of Arc-Continent Collision in Coastal Range, Eastern Taiwan Island. *Geological Review*, 59 (1): 129—136 (in Chinese with English abstract).
- Hao, Y.C., Su, D.Y., Yu, J.X., et al., 2000. Cretaceous Stratigraphy of China. Geological Publishing House, Beijing (in Chinese).
- Hu, R.Z., Bi, X.W., Peng, J.T., et al., 2007. Some Problems Concerning Relationship between Mesozoic-Cenozoic Lithospheric Extension and Uranium Metallogenesis in South China. *Mineral Deposits*, 26 (2): 139—152 (in Chinese with English abstract).
- Huang, H., Ye, S.S., 1996. Lithostratigraphic of the Taiwan Province. China University of Geosciences Press, Wuhan (in Chinese).
- Li, S.X., Yun, P., Fan, Y., et al., 2005. Zircon U-Pb Age and Its Geological Significance for Qiongzong Pluton in Qiongzong Area, Hainan Island. *Geotectonica et Metallogenia*, 29(2): 227—233, 241 (in Chinese with English abstract).
- Li, X., 2013. Subdivision and Characteristic of Tectonic Units

- in Fujian Province. *Global Geology*, 32(3): 549—557 (in Chinese with English abstract).
- Li, X. H., Hu, R. G., Rao, B., 1997. Geochronology and Geochemistry of Cretaceous Mafic Dikes from Northern Guangdong, SE China. *Geochimica*, 26(2): 1—28 (in Chinese with English abstract).
- Li, X. H., Li, W. X., Li, Z. X., 2007. On the Genetic Classification and Tectonic Implications of the Early Yanshanian Granitoids in the Nanling Range, South China. *Chinese Science Bulletin*, 52(9): 981—991 (in Chinese).
- Li, X. H., Zhou, H. W., Liu, Y., et al., 2000. Mesozoic Shoshonitic in the Yangchun Basin, Western Guangdong, and Their Tectonic Significance: I. Petrology and Isotope Geochronology. *Geochimica*, 29(6): 513—520 (in Chinese with English abstract).
- Li, X. Q., 1985. The Mesozoic Tectonic Patterns and Their Evolutions along the Coast of Southeast China. *Geology of Fujian*, 27(3): 27—40 (in Chinese with English abstract).
- Li, Z. X., Li, X. H., 2007. Formation of the 1 300-km-Wide Intracontinental Orogen and Postorogenic Magmatic Province in Mesozoic South China: A Flat-Slab Subduction Model. *Geology*, 35(2): 179—182.
- Liang, X., Wu, G. Y., 2006. Mesozoic Evolution of the Ganjiang Fault Zone and Related Geodynamic Settings. *Chinese Journal of Geology*, 41(1): 64—80 (in Chinese with English abstract).
- Lin, W., Faure, M., Moni, P., et al., 2000. Tectonics of SE China: New Insights from the Lushan Massif (Jiangxi Province). *Tectonics*, 19(5): 852—871.
- Liu, B. J., Xu, X. S., 1994. Lithofacies Paleogeography of South China (Sinian-Triassic). Science Press, Beijing (in Chinese).
- Liu, Q. Y., He, L. J., Huang, F., 2013. Review of Mesozoic Geodynamics Research of South China. *Progress in Geophysics*, 28(2): 633—647 (in Chinese with English abstract).
- Liu, W. J., 1998. Evolution of Sedimentation of South China Plate in the Hercynian-Indosinian Stage. *Journal of Chengdu University of Technology*, 25(2): 222—230 (in Chinese with English abstract).
- Liu, X. Y., Zhong, C. D., Zhang, Y. Z., et al., 2004. Redefinition of the Late Cretaceous Zhoutian Formation, Jiangxi Province. *Geological Survey and Research*, 27(4): 217—222 (in Chinese with English abstract).
- Liu, Y. G., 1997. Stratigraphic Units in Jiangxi. China University of Geosciences Press, Wuhan (in Chinese).
- Luo, Y. D., Yu, Y. W., 2004. Age of the Yongkang Group and Regional Stratigraphic Correlation. *Geology in China*, 31(4): 395—399 (in Chinese with English abstract).
- Ma, Y. S., Chen, H. D., Wan, G. L., 2009. Atlas of Construction-Sequence and Lithofacies Palaeogeography in South China. Science Press, Beijing (in Chinese).
- Meng, L. F., 2012. Mesozoic Tectonic Evolution of the Southeast China Block—A Study from the Mesozoic Basins (Dissertation). Zhejiang University, Hangzhou (in Chinese with English abstract).
- Meng, X. J., Xu, W. Y., Yang, Z. S., et al., 2012. Time Limit of Volcanic-Magmatic Action in Lengshuikeng Ore Field, Jiangxi: Evidence from SHRIMP Zircon U-Pb Ages. *Mineral Deposits*, 31(4): 831—838 (in Chinese with English abstract).
- Nan, Y., Zhou, G. Q., 1996. Stratigraphy (Lithostratigraphic) of Guangdong Province. China University of Geosciences Press, Wuhan (in Chinese).
- Pan, G. T., Xiao, Q. H., Lu, S. N., et al., 2009. Subdivision of Tectonic Units of China. *Geology in China*, 36(1): 1—28 (in Chinese with English abstract).
- Qiu, J. S., McInnes, B. I. A., Jiang, S. Y., et al., 2005. Geochemistry of the Mikengshan Pluton in Huichang County, Jiangxi Province and New Recognition about Its Genetic Type. *Geochimica*, 34(1): 20—32 (in Chinese with English abstract).
- Ren, J. S., 1984. The Indosinian Orogeny and Its Significance in the Tectonic Evolution of China. *Acta Geoscientica Sinica*, 6(2): 31—44 (in Chinese with English abstract).
- Shu, L. S., 2012. An Analysis of Principal Features of Tectonic Evolution in South China Block. *Geological Bulletin of China*, 31(7): 1035—1053 (in Chinese with English abstract).
- Shu, L. S., Deng, P., Wang, B., 2004a. Lithology, Kinematics and Geochronology Related to Late Mesozoic Basin-Mountain Evolution in the Nanxiong-Zhuguang Area, South China. *Science in China (Series D)*, (1): 1—13 (in Chinese).
- Shu, L. S., Zhou, X. M., Deng, P., et al., 2004b. Geological Features and Tectonic Evolution of Meso-Cenozoic Basins in Southeastern China. *Geological Bulletin of China*, 23(9): 876—884 (in Chinese with English abstract).
- Shu, L. S., Zhou, X. M., Deng, P., et al., 2009. Mesozoic Tectonic Evolution of the Southeast China Block: New Insights from Basin Analysis. *Journal of Asian Earth Sciences*, 34(3): 376—391. doi: 10.1016/j.jseae.2008.06.004
- Sun, T., Zhou, X. M., Chen, P. L., et al., 2005. Strongly Peralu-

- minous Granites of Mesozoic in Eastern Nanling Range, Southern China: Petrogenesis and Implications for Tectonics. *Science in China (Series D)*, 48 (2): 165—174. doi:10.1360/03yd0042
- Tzen, F. Y., Kang, J. B., 1993. Tectonic Evolution of the Tananao Schist Complex, Taiwan. *Marine Geology Renditions*, (6): 18—23 (in Chinese).
- Wan, T. F., 2004. Outline of Chinese Geotectonics. Geological Publishing House, Beijing (in Chinese).
- Wang, D. F., Chen, J. W., 1996. Sedimentary Evolution of Sedimentary Basins in Mesozoic-Cenozoic, Central-Eastern China. *Earth Science—Journal of China University of Geosciences*, 21(4): 101—108 (in Chinese with English abstract).
- Wang, D. Z., Shu, L. S., Faure, M., 2001. Mesozoic Magmatism and Granitic Dome in the Wugongshan Massif, Jiangxi Province and their Genetic Relationship to the Tectonic events in Southeast China. *Tectonophysics*, 339: 259—277. doi:10.1016/S0040—1951(01)00130—5
- Wang, H. Z., 1985. Atlas of the Palaeogeography of Chinese. Map Press, Beijing (in Chinese).
- Wang, Q. C., Cai, L. G., 2007. Phanerozoic Tectonic Evolution of South China. *Acta Geologica Sinica*, 81(8): 1025—1040 (in Chinese with English abstract).
- Wang, Q. H., 2001. Discussion of Ages of the Jiande Group and the Moshishan Group in Zhejiang. *Volcanology & Mineral Resources*, 22(3): 163—169 (in Chinese with English abstract).
- Wang, S. E., Zheng, S. L., Yu, J. S., et al., 2000. Stratigraphy of Chinese: Jurassic. Geological Publishing House, Beijing (in Chinese).
- Wang, X. F., Chen, X. H., et al., 2005. Chinese Geological Age of Each Stratigraphic Division and Correlation. Geological Publishing House, Beijing (in Chinese).
- Wang, Y. J., Fan, W. M., Sun, M., et al., 2007. Geochronological, Geochemical and Geothermal Constraints on Petrogenesis of the Indosinian Peraluminous Granites in the South China Block: A Case Study in the Hunan Province. *Lithos*, 96(3—4): 475—502. doi: 10.1016/j.lithos.2006.11.010
- Wang, Y. J., Fan, W. M., Cawood, P. A., et al., 2008. Sr-Nd-Pb Isotopic Constraints on Multiple Mantle Domains for Mesozoic Mafic Rocks beneath the South China Block Hinterland. *Lithos*, 106(3—4): 297—308. doi: 10.1016/j.lithos.2008.07.019
- Wu, J. H., Xiang, Y. X., Liu, S., 2011. Wuyi Group of Southern Jiangxi and Its Geological Age. *Journal of Stratigraphy*, 35(2): 200—208 (in Chinese with English abstract).
- Xia, B. D., Yu, J. H., Fang, Z., et al., 1990. Geochemical Characteristics and Origin of the Hercynian-Indosinian Granites of Hainan Island, China. *Geochimica*, (4): 365—373 (in Chinese with English abstract).
- Xie, A. Z., 2001. Discussion About Subdivide of Guifeng Group and Sedimentary System and Character of Facial Model in Late Cretaceous in Xijiang Basin. *Journal of East China Geology Institute*, 24(1): 5—10 (in Chinese with English abstract).
- Xu, X. B., Zhang, Y. Q., Jia, D., et al., 2009. Early Mesozoic Geotectonic Process in South China. *Geology in China*, 36(3): 543—593 (in Chinese with English abstract).
- Xu, Z. J., Cheng, R. H., Wang, L. L., et al., 2013. Mineralogical and Element Geochemical Characteristics of the Late Triassic-Middle Jurassic Sedimentary Rocks in Southwestern Fujian Province: Constraints on Changes of Basin Tectonic Settings. *Acta Petrologica Sinica*, 29(8): 2913—2924 (in Chinese with English abstract).
- Yang, Z. Y., Zhang, S. X., et al., 2000. Stratigraphy of China: Triassic. Geological Publishing House, Beijing (in Chinese).
- Yao, B. C., Zhang, L., Wei, Z. Q., et al., 2011. The Mesozoic Tectonic Characteristics and Sedimentary Basins in the Eastern Margin of South China. *Marine Geology & Quaternary Geology*, 31(3): 47—60 (in Chinese with English abstract).
- Yi, F. T., Wu, Y. D., Zuo, W. G., 2011. Coal Accumulation Regular Pattern and Resource Evaluation in Shaoshan Coalfield, Hunan. *Coal Geology of China*, 23(2): 5—9 (in Chinese with English abstract).
- Yin, B. A., 1997. Stratigraphy (Lithostratigraphy) of Guangxi. China University of Geosciences Press, Wuhan (in Chinese).
- Yu, G. H., Fang, B. X., Ma, W. P., et al., 1996. Stratigraphy (Lithostratic) of Zhejiang Province. China University of Geosciences Press, Wuhan (in Chinese).
- Yu, X. Q., Shu, L. S., Deng, P., et al., 2003. The Sedimentary Features of the Jurassic-Tertiary Terrestrial Strata in Southeast China. *Journal of Stratigraphy*, 7(3): 254—263 (in Chinese with English abstract).
- Yu, X. Q., Shu, L. S., Yan, T. Z., et al., 2005. Prototype and Sedimentation of Red Basins along the Ganhang Tectonic Belt. *Acta Sedimentologica Sinica*, 23(1): 12—20 (in Chinese with English abstract).
- Zhang, G. Q., Wang, Q. S., Yu, Y. P., et al., 2012. Stratigraphic Age and Subdivision of Volcanic Rocks in Eastern Zhejiang. *Journal of Stratigraphy*, 36(3): 641—652 (in Chinese with English abstract).

- Zhang, W. L., 2000. Stratigraphic Attribution of Volcanic Series in Shengyuan Basin. *Uranium Geology*, 16(2): 99—101 (in Chinese with English abstract).
- Zhang, Y. Q., Dong, S. W., Li, J. H., et al., 2012. The New Progress in the Study of Mesozoic Tectonics of South China. *Acta Geoscientica Sinica*, 33(3): 257—279 (in Chinese with English abstract).
- Zhang, Y. Q., Xu, X. B., Jia, D., et al., 2009. Deformation Record of the Change from Indosinian Collision-Related Tectonic System to Yanshanian Subduction-Related Tectonic System in South China during the Early Mesozoic. *Earth Science Frontiers*, 16(1): 234—247 (in Chinese with English abstract).
- Zhou, X. M., 2003. My Thinking about Granite Geneses of South China. *Geological Journal of China Universities*, 9(4): 556—565 (in Chinese with English abstract).
- Zhou, X. M., Li, W. X., 2000. Origin of Late Mesozoic Igneous Rocks in Southeastern China: Implications for Lithosphere Subduction and Underplating of Mafic Magmas. *Tectonophysics*, 326(3—4): 269—287. doi: 10.1016/S0040-1951(00)00120-7
- Zhu, W. G., Zhong, H., Li, X. H., et al., 2010. The Early Jurassic Mafic-Ultramafic Intrusion and A-Type Granite from Northeastern Guangdong, SE China: Age, Origin, and Tectonic Significance. *Lithos*, 119(3—4): 313—329. doi: 10.1016/j.lithos.2010.07.005
- Zuo, J. X., Tong, J. N., Zhao, L. S., 2003. Relationship between the Differentiation of Lithopaleogeography and the Movement of Blocks in the Early Triassic in South China. *Geological Science and Technology Information*, 22(2): 29—34 (in Chinese with English abstract).
- ### 附中文参考文献
- 陈汉宗, 孙珍, 周蒂, 2003. 华南中生代岩相变化及海相地层时空分布. *热带海洋学报*, 22(2): 74—82.
- 陈建文, 王德发, 1996. 中国中东部中、新生代盆地类型及沉积充填序列. *地球科学——中国地质大学学报*, 21(4): 441—448.
- 陈培荣, 孔兴功, 倪琦生, 等, 1999. 赣南燕山早期双峰式火山岩的厘定和意义. *地质论评*, 45(增刊): 734—741.
- 陈培荣, 周新民, 张文兰, 等, 2004. 南岭东段燕山早期正长岩—花岗岩杂岩的成因和意义. *中国科学(D辑)*, 34(6): 493—503.
- 陈新跃, 2006. 海南海西、印支期构造变形及其⁴⁰Ar—³⁹Ar年代学研究(学位论文). 广州: 中国科学院研究生院(广州地球化学研究所).
- 陈新跃, 王岳军, 范蔚茗, 等, 2011. 海南五指山地区花岗岩片麻岩锆石 LA-ICP-MS-U-Pb 年代学特征及其地质意义. *地球化学*, 40(5): 454—463.
- 邓平, 舒良树, 余心起, 等, 2004. 闽西—赣南早一中侏罗世盆地及其火成岩特征. *岩石学报*, 20(3): 521—532.
- 董树文, 张岳桥, 龙长兴, 等, 2007. 中国侏罗纪构造变革与燕山运动新诠释. *地质学报*, 81(11): 1449—1461.
- 段九春, 2013. 闽浙地区中生界沉积特征与烃源岩发育规律. 北京: 中国地质大学.
- 范洪海, 王德滋, 沈渭洲, 等, 2005. 江西相山火山—侵入杂岩及中基性脉岩形成时代研究. *地质论评*, 51(1): 86—91.
- 方中, 徐士进, 陈克荣, 等, 1993. 海南岛石碌群中双峰火山岩 Sm-Nd 同位素特征兼论石碌铁矿成矿背景. *地球化学*, 22(4): 326—336.
- 方中, 于津海, 夏邦栋, 等, 1995. 海南岛海西—印支期花岗岩和暗色包体的 Sm-Nd 同位素特征. *南京大学学报(自然科学版)*, 31(2): 338—343.
- 方宗杰, 王烈, 梁承礼, 等, 1989. 湖南资兴三都中生代含煤地层研究的新进展. *地层学杂志*, 13(3): 193—204.
- 冯艳芳, 邓晋福, 肖庆辉, 等, 2011. 福建东山县澳角村澳角群花岗质石榴黑云片麻岩锆石 SHRIMP U-Pb 定年及其地质意义. *中国地质*, 38(1): 103—108.
- 付璐露, 沈忠悦, 贺丽, 等, 2010. 海南岛白垩纪古地磁结果及其构造地质意义. *地质学报*, 84(2): 184—194.
- 高天钧, 王振民, 吴克隆, 等, 1999. 台湾海峡及其周边地区构造岩浆演化与成矿作用. 北京: 地质出版社.
- 高振家, 陈克强, 魏家庸, 等, 2000. 中国岩石地层辞典. 武汉: 中国地质大学出版社.
- 葛小月, 李献华, 周汉文, 2003. 琼南晚白垩世基性岩墙群的年代学、元素地球化学和 Sr-Nd 同位素研究. *地球化学*, 32(1): 11—20.
- 耿威, 张训华, 温珍河, 等, 2013. 台湾东部海岸山脉对弧陆碰撞的响应. *地质论评*, 59(1): 129—136.
- 郝治纯, 苏德英, 余静贤, 等, 2000. 中国地层典: 白垩系. 北京: 地质出版社.
- 胡瑞忠, 毕献武, 彭建堂, 等, 2007. 华南地区中生代以来岩石圈伸展及其与铀成矿关系研究的若干问题. *矿床地质*, 26(2): 139—152.
- 黄辉, 叶寿生, 1996. 台湾省岩石地层. 武汉: 中国地质大学出版社.
- 李孙雄, 云平, 范渊, 等, 2005. 海南岛琼中地区琼中岩体锆石 U-Pb 年龄及其地质意义. *大地构造与成矿学*, 29(2): 227—233, 241.
- 李霞, 2013. 福建省大地构造单元划分及基本特征. *世界地质*, 32(3): 549—557.
- 李献华, 胡瑞忠, 饶冰, 1997. 粤北白垩纪基性岩脉的年代学和地球化学. *地球化学*, 26(2): 1—28.
- 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.
- 李献华, 周汉文, 刘颖, 等, 2000. 粤西阳春中生代钾玄质侵入

- 岩及其构造意义. I. 岩石学和同位素地质年代学. 地球化学, 29(6): 513—520.
- 李秀卿, 1985. 东南沿海中生代构造格局及其演化. 福建地质, 27(3): 27—40.
- 梁兴, 吴根耀, 2006. 赣江断裂带中生代的演化及其地球动力学背景. 地质科学, 41(1): 64—80.
- 刘宝珺, 许效松, 1994. 中国南方岩相古地理图集(震旦纪—三叠纪). 北京: 科学出版社.
- 刘琼颖, 何丽娟, 黄方, 2013. 华南中生代地球动力学机制研究进展. 球物理学进展, 28(2): 633—647.
- 刘文均, 1998. 海西—印支期华南板块的沉积特点. 成都理工大学学报, 25(2): 222—230.
- 刘细元, 袁存堤, 张永忠, 等, 2004. 江西省晚白垩世周田组的再划分. 地质调查与研究, 27(4): 217—222.
- 刘亚光, 1997. 江西省岩石地层. 武汉: 中国地质大学出版社.
- 罗以达, 俞云文, 2004. 试论永康群时代及区域地层对比. 中国地质, 31(4): 395—399.
- 马永生, 陈洪德, 王国力, 2009. 中国南方构造—层序岩相古地理图集. 北京: 科学出版社.
- 孟立丰, 2012. 华南中生代构造演化特征——来自沉积盆地的研究证据(学位论文). 杭州: 浙江大学.
- 孟祥金, 徐文艺, 杨竹森, 等, 2012. 江西冷水坑矿田火山—岩浆活动时限: SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄证据. 矿床地质, 31(4): 831—838.
- 南颐, 周国强, 1996. 广东省岩石地层. 武汉: 中国地质大学出版社.
- 潘桂棠, 肖庆辉, 陆松年, 等, 2009. 中国大地构造单元划分. 中国地质, 36(1): 1—28.
- 邱检生, McInnes, B. I. A., 蒋少涌, 等, 2005. 江西会昌密坑山岩体的地球化学及其成因类型的新认识. 地球化学, 34(1): 20—32.
- 任纪舜, 1984. 印支运动及其在中国大地构造演化中的意义. 地球学报, 6(2): 31—44.
- 舒良树, 2012. 华南构造演化的基本特征. 地质通报, 31(7): 1035—1053.
- 舒良树, 邓平, 王彬, 等, 2004a. 南雄—诸广地区晚中生代盆地演化的岩石化学、运动学与年代学制约. 中国科学(D 辑), (1): 1—13.
- 舒良树, 周新民, 邓平, 等, 2004b. 中国东南部中、新生代盆地特征与构造演化. 地质通报, 23(9—10): 876—884.
- Tzen, F. Y., 康继本, 1993. 台湾大南澳片岩杂岩的构造演化. 海洋地质译丛, (6): 18—23.
- 万天丰, 2004. 中国大地构造学纲要. 北京: 地质出版社.
- 王德发, 陈建文, 1996. 中国中东部沉积盆地在中、新生代的沉积演化. 地球科学——中国地质大学学报, 21(4): 101—108.
- 王鸿祯, 1985. 中国古地理图集. 北京: 地图出版社.
- 王清晨, 蔡立国, 2007. 中国南方显生宙大地构造演化简史. 地质学报, 81(8): 1025—1040.
- 汪庆华, 2001. 试论浙江建德群和磨石山群时代. 火山地质与矿产, 22(3): 163—169.
- 王思恩, 郑少林, 于菁珊, 等, 2000. 中国地层典: 侏罗系. 北京: 地质出版社.
- 汪啸风, 陈孝红, 2005. 中国各地质时代地层划分与对比. 北京: 地质出版社.
- 巫建华, 项媛馨, 刘帅, 2011. 江西南部武夷群及其地质时代. 地层学杂志, 35(2): 200—208.
- 夏邦栋, 于津海, 方中, 等, 1990. 海南岛海西—印支期花岗岩的地球化学特征及成因. 地球化学, (4): 365—373.
- 谢爱珍, 2001. 信江盆地晚白垩世沉积体系特征与圭峰群地层划分的讨论. 华东地质学院学报, 24(1): 5—10.
- 徐先兵, 张岳桥, 贾东, 等, 2009. 华南早中生代大地构造过程. 中国地质, 36(3): 543—593.
- 许中杰, 程日辉, 王燎亮, 等, 2013. 闽西南地区晚三叠世侏罗世沉积岩矿物和元素地球化学特征: 对盆地构造背景转变的约束. 岩石学报, 29(8): 2913—2924.
- 杨遵仪, 张舜新, 2000. 中国地层典: 三叠系. 北京: 地质出版社.
- 姚伯初, 张莉, 韦振权, 等, 2011. 华南东部中生代构造特征及沉积盆地. 海洋地质与第四纪地质, 31(3): 47—60.
- 易菲霆, 伍意德, 左文贵, 2011. 湖南韶山煤田聚煤规律及资源评价. 中国煤炭地质, 23(2): 5—9.
- 殷保安, 1997. 广西壮族自治区岩石地层. 武汉: 中国地质大学出版社.
- 俞国华, 方炳兴, 马武平, 等, 1996. 浙江省岩石地层. 武汉: 中国地质大学出版社.
- 余心起, 舒良树, 邓平, 等, 2003. 中国东南部侏罗纪—第三纪陆相地层沉积特征. 地层学杂志, 27(3): 254—263.
- 余心起, 舒良树, 颜铁增, 等, 2005. 赣杭构造带红层盆地原型及其沉积作用. 沉积学报, 23(1): 12—20.
- 张国全, 王勤生, 俞跃平, 等, 2012. 浙江东部火山岩地区的地层时代和划分. 地层学杂志, 36(3): 641—652.
- 张万良, 2000. 盛源盆地火山岩系地层的时代归属. 铀矿地质, 16(2): 99—101.
- 张岳桥, 董树文, 李建华, 等, 2012. 华南中生代大地构造研究新进展. 地球学报, 33(3): 257—279.
- 张岳桥, 徐先兵, 贾东, 等, 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. 地质学前沿, 16(1): 234—247.
- 周新民, 2003. 对华南花岗岩研究的若干思考. 高校地质学报, 9(4): 556—565.
- 左景勋, 童金南, 赵来时, 2003. 中国南方早三叠世岩相古地理分异演化与板块运动的关系. 地质科技情报, 22(2): 29—34.