

doi:10.3969/j.issn.2097-0013.2022.04.001

南岭地区白垩纪至古近纪陆相盆地及其对 气候变化与构造域转换的制约

徐先兵

XU Xian-Bing

中国地质大学(武汉)地球科学学院,湖北 武汉 430074

School of Earth Sciences, China University of Geosciences, Wuhan 430074, Hubei, China

摘要:南岭地区白垩纪至古近纪陆相盆地对华南晚中生代-新生代早期气候与构造具有重要制约意义。通过综述盆地的分布规律、沉积时代、沉积厚度、物质来源和构造特征,本文讨论了华南晚白垩世-古近纪气候变化和构造域转换。以3条近E-W向花岗岩带为界,南岭地区白垩纪至古近纪陆相盆地可以划分为北部、中部和南部三个亚带。中部亚带以晚白垩世至古近纪盆地为主,盆地规模与沉积厚度变化大。以NNE向郴州-临武断裂为界,南岭地区北部亚带和南部亚带均可以划分为东西两段,其西段以规模较大的白垩纪至古近纪盆地为主,而东段主要发育晚白垩世至古近纪盆地。巨厚的红层说明白垩纪至古近纪以湿热环境为主。但晚白垩世中期风成沉积和蒸发岩却指示短期的干旱性沙漠气候,是东南沿海NE-SW向山脉和南岭地区E-W向山脉隔绝水汽运移的结果。基于碎屑锆石U-Pb年代学的物源分析指示南岭地区中部南雄盆地上白垩统底部和古新统物源以盆地周缘基岩为主,而南部和北部盆地白垩系物源以南岭地区中部和盆地周缘基岩为主。这种物源差别指示南岭地区经历了早白垩世、晚白垩世和古新世三期伸展作用。早、晚白垩世盆地的迁移和两期NW-SE伸展作用指示古太平洋板块在白垩纪发生由西向东的后撤、断离和角度变陡。而白垩纪与古近纪伸展应力场由NW-SE向转变为NE-SW向,指示华南内陆由古太平洋域向新特提斯域的构造转换发生在白垩纪与古近纪之交。

关键词:白垩纪-古近纪盆地;气候变化;构造转换;南岭地区;华南板块

中图分类号:P548

文献标识码:A

文章编号:2097-0013(2022)04-0569-14

Xu X B. 2022. Constraint of Cretaceous to Paleogene Terrestrial Basins in the Nanling Area on Climate Changes and Tectonic Transition. *South China Geology*, 38(4):569–582.

Abstract: Cretaceous to Paleogene terrestrial basins in the Nanling area have important constraint on early climate changes and tectonic transition for the South China Block from late Mesozoic to Cenozoic. On the basis of overviews of distribution rules, depositional ages and thickness, provenances and structural features of terrestrial basins, Cretaceous to Paleogene climate changes and tectonic transition were discussed for the South China Block. The Nanling area can be divided into northern, middle and southern parts according to the three E-W Late Jurassic granitic belts. The middle part is mainly characterized by Late Cretaceous to Paleogene basins with varied exposed areas and depositional thickness. Both northern and southern parts can be divided into eastern and western segments by the NNE-striking Chenzhou-Linwu fault. The western segment is featured by bigger Cretaceous to Paleogene basins whereas the eastern segment by Late Cretaceous to

收稿日期:2022-7-4;修回日期:2022-7-19

基金项目:中国地质调查局地质调查项目(DD20190811)

作者简介:徐先兵(1983—),男,副教授,主要从事构造地质与地质调查的教学与科研工作,E-mail:xbxu2011@cug.edu.cn

Paleogene basins. Thick red beds indicate wet and hot climate conditions in the Nanling area during Cretaceous to Paleogene. During the middle Upper Cretaceous, aridity desert climate documented by aeolian deposits and evaporites occurred as a result of steam isolation by NE-SE striking mountains in the Southeast Coast and E-W striking mountains in the Nanling area. Provenance analysis through detrital zircon U-Pb ages imply that the lowest Upper Cretaceous and Paleocene in the Nanxiong Basin were derived mainly from peripheral bedrocks whereas Cretaceous to Paleogene basins in both the southern and northern parts from the middle part and its peripheral bedrocks. The disparity indicates that the Nanling area underwent three stages of extension throughout Early Cretaceous, Late Cretaceous and Paleocene. Migration of the Early and Late Cretaceous basins and two stages of NW-SE extension indicate the retreat, foundering and steepening of the Paleo-Pacific Plate during Cretaceous from west to east. The extension shift of Cretaceous and Paleogene from NW-SE to NE-SW imply that tectonic transition from the Paleo-Pacific to Neo-Tethys regimes occurred in the interior South China at the boundary of the Cretaceous and Paleogene.

Key words: Cretaceous to Paleogene basins; climate changes; tectonic transition; the Nanling area; South China Block

南岭地区呈近E-W向展布于华南板块桂北-湘南-粤北-赣南地区,在地貌上由一系列NNE-NE向山脉与山间谷地组成(李四光, 1942; 舒良树等, 2006; 徐先兵等, 2021)。南岭地区既是中新世以来的长江水系(Zheng H B et al., 2013)和珠江水系(Cao L C et al., 2018)的分水岭,又是华南和华中地区气温、季节、农业生产和人文的重要分界线(徐先兵等, 2021)。目前对于南岭地区的隆升时代存在以下三种不同认识:(1)晚三叠至中侏罗世沉积盆地的物源分析指示南岭地区于晚三叠世晚期至早侏罗世早期隆升成陆并成为华南板块内部近E-W向分水岭(Xu X B et al., 2016, 2021a),与南岭地区早-中侏罗世后造山-裂谷型岩浆作用相耦合(Chen P R et al., 2002; Zhou X M et al., 2006; He Z Y et al., 2010);(2)类盆-岭构造解析和年代学数据指示南岭地区隆升于晚侏罗世至早白垩世(Wang D Z and Shu L S, 2012; Lin W and Wei W, 2020);(3)碎屑锆石和磷灰石热年代学指示南岭地区于晚白垩世末期-古新世隆升成山(Tao N et al., 2017, 2019; Wang Y et al., 2020)。南岭地区发育的白垩纪至古近纪陆相盆地,是该地区隆升作用的良好地质记录,但目前对其形成时代、物质来源与隆升过程的研究尚不够深入。本文在综述白垩纪至古近纪陆相盆地的展布规律、形成时代、沉积厚度、物质来源与构造特征的基础上,讨论了南岭地区隆升过程与华南板块中

生代至新生代的气候变化和构造域转换。

1 地质背景

近E-W向南岭地区位于华南板块南部,横跨扬子地块、华夏地块及其缝合带,其东、西边界分别为NNE向衡阳-永州-桂林断裂(F1)和NNE向邵武-河源断裂带(F5)(舒良树等, 2006; 姜峰等, 2020; 徐先兵等, 2021; 夏元等, 2022)。南岭地区中部由三条近E-W向晚侏罗世花岗岩带组成,即北带-骑田岭与九峰岩体,中带-九嶷山、大东山与贵东岩体,南带-花山、姑婆山与佛冈岩体(图1)。晚侏罗世花岗岩侵入于泥盆系至二叠系碳酸盐岩与南华系至志留系碎屑岩之中。

在地形地貌的数字高程图中,南岭地区整体表现为近E-W向大型山脉,但被发育其间的NNE-NE向白垩纪至古近纪盆地、NNE-NE向干流和NW向支流水系肢解(图2)。在南岭近E-W向晚侏罗世花岗岩带的北侧,长江水系发育,以NNE向诸广山岩体为界,长江水系又可以划分为东部赣江水系和西部湘江水系;而在近E-W向晚侏罗世花岗岩带的南侧,珠江水系发育。以NW向禾洞和连阳花岗岩带为界,珠江水系又可以划分为北江水系和西江水系。自南岭近E-W向晚侏罗世花岗岩带向北和向南,地形逐渐变缓,主要表现为北东向大-中型盆地

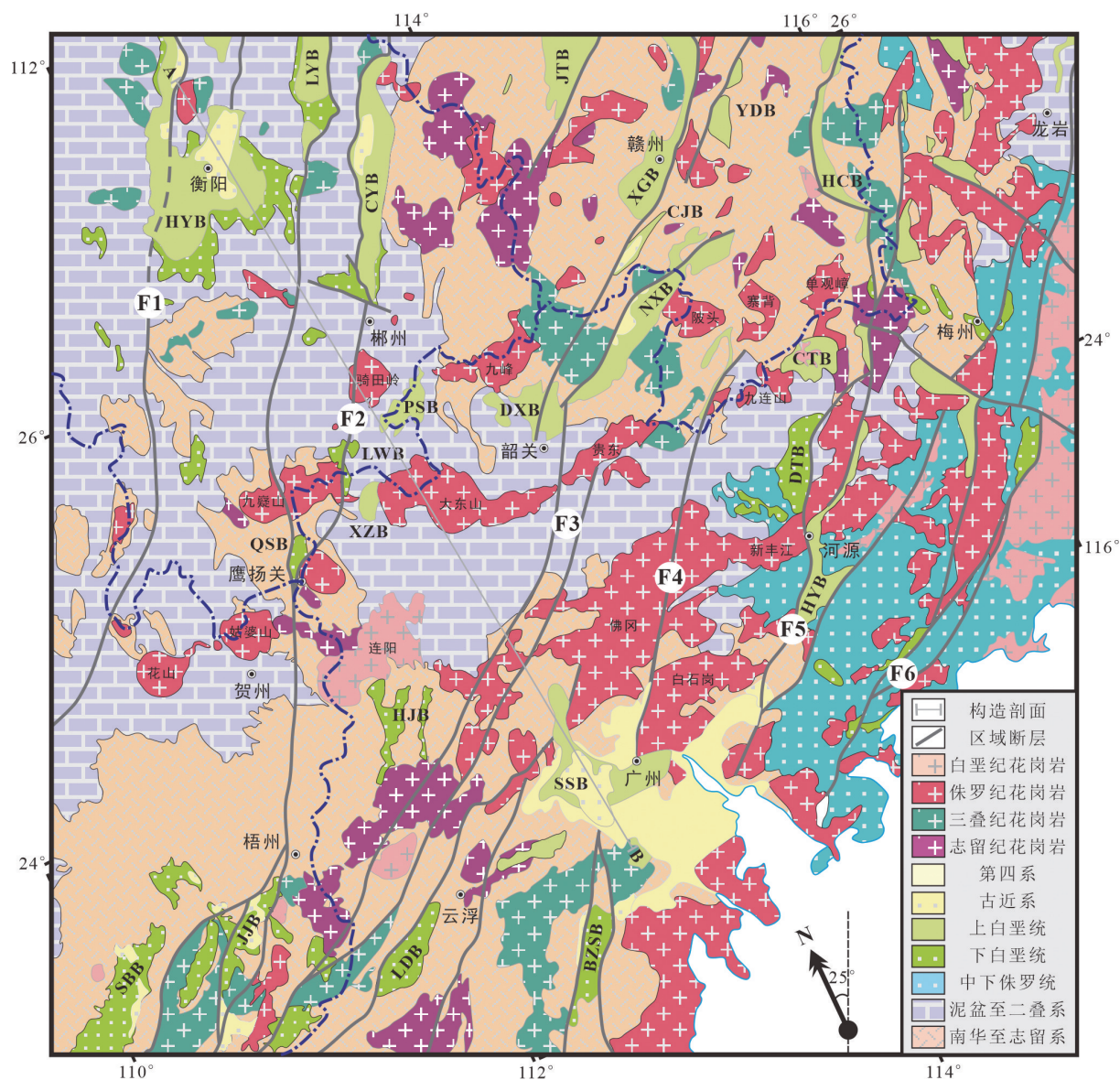


图 1 南岭地区地质简图

Fig. 1 Sketch geological map of the Nanling area

F1.衡阳-永州-桂林断裂; F2.郴州-临武断裂; F3.赣江-吴川-四会断裂; F4.广州-恩平断裂; F5.邵武-河源断裂; F6.政和-大埔-莲花山断裂; HYB.衡阳盆地; LYB.醴陵-攸县盆地; CYB.茶陵-永兴盆地; JTB.吉安-泰和盆地; XGB.兴国-赣州盆地; YDB.于都盆地; HCB.会昌盆地; QSB.清水盆地; LWB.临武盆地; XZB.星子盆地; PSB.坪石盆地; DXB.丹霞盆地; NXB.南雄盆地; CJB.池江盆地; CTB.长塘盆地; DTB.灯塔盆地; HJB.怀集盆地; SSB.三水盆地; HYB.河源盆地; SBB.社步盆地; JJB.金鸡盆地; LDB.罗定盆地; BZSB.百足山盆地

及其间的不连续山脉。

由于南岭山脉整体近 E-W 向展布,且整体呈 E-W 向带状隆升并成为分水岭,因此以 3 条近 E-W 向晚侏罗世花岗岩带为界,可将南岭地区划分为北部、中部和南部三个亚带。三个亚带均发育白垩纪至古近纪陆相盆地,但三个亚带的盆地具有不同的规模、沉积厚度与形成时代(表 1)。

2 盆地展布

南岭地区中部发育的白垩纪至古近纪盆地包括清水盆地、临武盆地、星子盆地、坪石盆地、丹霞盆地、南雄盆地、长塘盆地和灯塔盆地等(表 1)。中部盆地按规模可以分为两种:第一种盆地规模相对

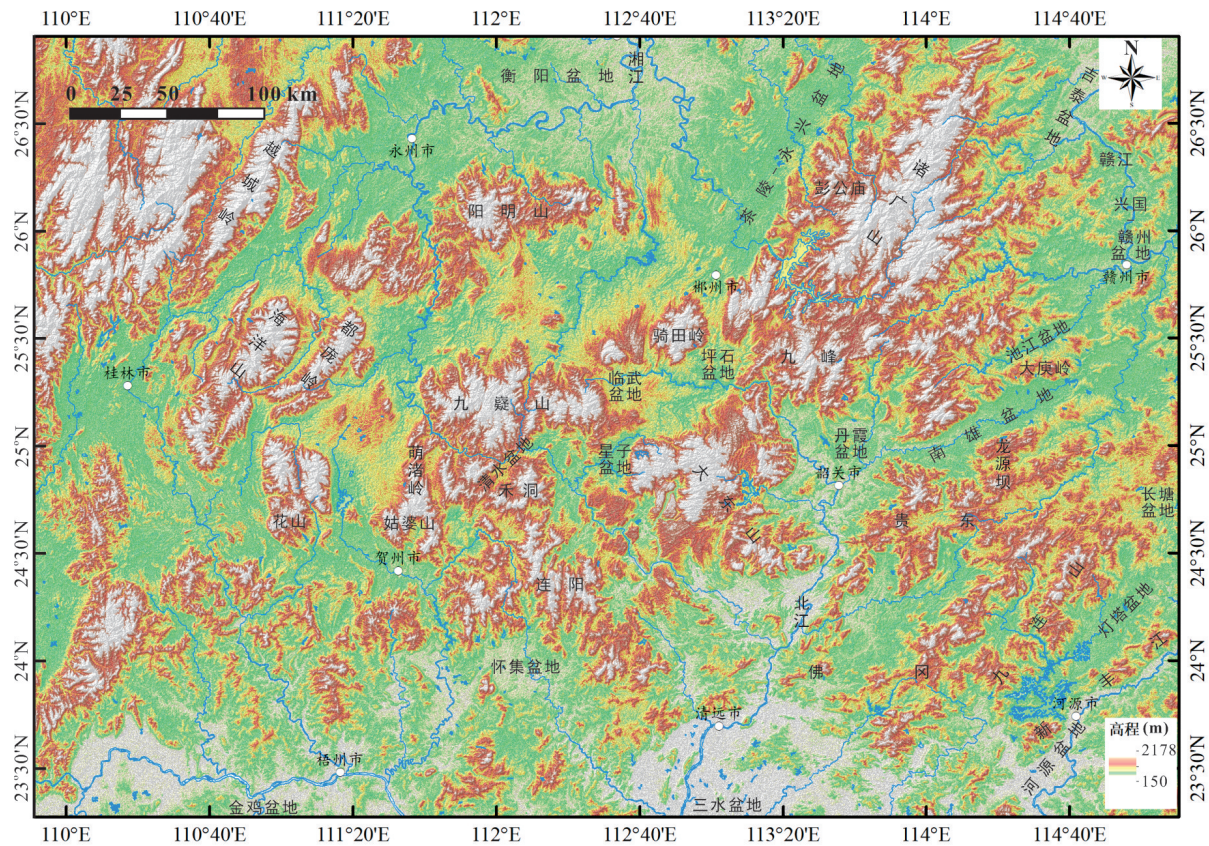


图2 南岭地区地形地貌图

Fig. 2 Topographic and geomorphic map of the Nanling area

较小,平面形态呈近圆形或近菱形,面积在210~570 km²之间,长宽比小于3:1,以坪石盆地、丹霞盆地和长塘盆地为代表;第二种盆地规模相对较大,平面形态呈长条状,长宽比大于3:1,面积大于1000 km²,以南雄盆地和灯塔盆地为代表。

南岭地区北部的白垩纪-古近纪盆地包括衡阳盆地、醴陵-攸县盆地、茶陵-永兴盆地、吉安-泰和盆地、兴国-赣州盆地、于都盆地和会昌盆地等。大部分盆地的平面形态呈长条状,长宽比大于3:1,面积在600~4000 km²之间,以茶陵-永兴盆地和兴国-赣州盆地为代表;而衡阳盆地的平面形态呈近圆形,长宽比约为1:1,面积大于6000 km²。

在南岭地区南部,主要发育怀集盆地和三水盆地。怀集盆地规模相对较小,平面形态表现为近正方形,其面积约为805 km²;而三水盆地规模相对较大,平面形态呈现为菱形,其面积约为3300 km²。

3 沉积时代

南岭地区中部白垩纪至古近纪盆地总体规模相对较小,仅发育下白垩统或上白垩统(张显球, 1999),故其沉积厚度相对也较小,一般小于1000 m。但丹霞盆地和南雄盆地的规模相对较大,沉积相对连续,其厚度分别为>4650 m和>3600 m(图3)。丹霞盆地由上侏罗统(160-155 Ma)伞洞组中酸性火山岩(华琛, 2020)、下白垩统马梓坪组泥砂岩、上白垩统长坝组砂砾岩和丹霞组砂砾岩构成(张显球, 1992; 张显球和林小燕, 2013)。南雄盆地主要由上白垩统和古新统组成(张显球等, 2006; 沈鹏飞, 2014)。上白垩统自下而上为长坝组(下部砾岩与上部泥砂岩)、大风组、主田组和湊水组(泥砂岩),而古新统自下而上为上湖组(泥岩)、浓山组(下部为砾岩夹砂岩,上部为含砾粗砂岩)和

表 1 南岭地区白垩纪-新近纪盆地概况一览表

Table 1 List of Cretaceous to Paleogene basins in the Nanling area

构造位置	盆地名称	盆地规模 (km ²)	地层时代	沉积厚度 (m)	边界断层	同位素年龄 (资料来源)
南岭构造带北带	衡阳盆地(HYB)	> 6000	K ₁ -K ₂ -E ₁ -E ₂	> 5000	SE 侧 NNE 向正断层	136-54 Ma (断层活动) (Li J H et al., 2013, 2016)
	湖南 醴陵-攸县盆地 (LYB)	~2100	K ₁ -K ₂ -E ₁		SE 侧 NNE 向正断层	133 Ma, 80 Ma (基性岩) (马铁球等, 2012; Meng L F et al., 2012)
	茶陵-永兴盆地 (CYB)	~2200	K ₁ -K ₂ -E ₁	> 4941	NW 侧 NNE 向正断层	
	吉安-泰和盆地 (JTB)	~4000	J ₃ -K ₂		SE 侧 NE 向正断层	168-63 Ma (基性岩) (Wang Y J et al., 2003; 王岳军等, 2004; 余心起等, 2005; Meng L F et al., 2012)
	江西 兴国-赣州盆地 (XGB)	~1262	K ₂		SE 侧 NE 向正断层	
	于都盆地(YDB)	~600	K ₂		NW 侧 NE 向正断层	
	会昌盆地(HCB)	~650	K ₁ -K ₂ -E ₁	~2400	NW 侧 NE 向正断层	111-108 Ma (火山岩) (Chen C H et al., 2008; 钟志菲和巫建华, 2015)
	南岭构造带中部—三条花岗岩带					
	北带 临武盆地(LWB)	~210	K ₁ -K ₂		无边界断层	
	坪石盆地(PSB)	~240	K ₁ -K ₂		无边界断层	
南岭构造带南带	丹霞盆地(DXB)	~500	J ₃ -K ₁ -K ₂	> 4650	NW 侧 NNE 向正断层	160-155 Ma (火山岩) (华琛, 2020)
	南雄盆地(NXB)	~1240	K ₂ -E ₁	> 3600	NW 侧 NE 向正断层	~96 Ma (基性岩) (舒良树等, 2004)
	清水盆地(QSB)	~400	K ₁		两侧 NNE 向正断层	
	中带 星子盆地(XZB)	~220	K ₁ -K ₂		NW 侧 NNE 向正断层	
	长塘盆地(CTB)	~570	K ₁ -K ₂	> 1040	无边界断层	103-97 Ma (酸性岩浆岩) (巫建华等, 2012; 贾小辉等, 2014)
	灯塔盆地(DTB)	~1000	K ₁ -K ₂		SE 侧 NE 向正断层	
	怀集盆地(HJB)	~805	K ₁ -K ₂	~1500	无边界断层	
	三水盆地(SSB)	~3300	K ₁ -K ₂ -E ₁ -E ₂	> 4677	NW 向边界断层	58-28 Ma (火山岩) 董月霞等, 2006; Zhou H M et al., 2009; 袁晓博和方念乔, 2019)
	广东 罗定盆地(LDB)	~875	K ₁ -K ₂		NW 侧 NE 向正断层	
	百足山盆地(BZSB)	~1000	K ₁ -K ₂ -E ₁		两侧 NNE 向正断层	
南岭构造带南带	河源盆地(HYB)	~725	K ₂ -E ₁	> 4000	NW 侧 NNE 向正断层	79-34 Ma (岩浆活动) (Chung S L et al., 1997; Wang Q M et al., 2022)
	广西 社步盆地(SBB)	~2500	K ₁		SE 侧 NE 向正断层	
	金鸡盆地(JJB)	~650	K ₁ -E ₁		两侧 NNE 向正断层	

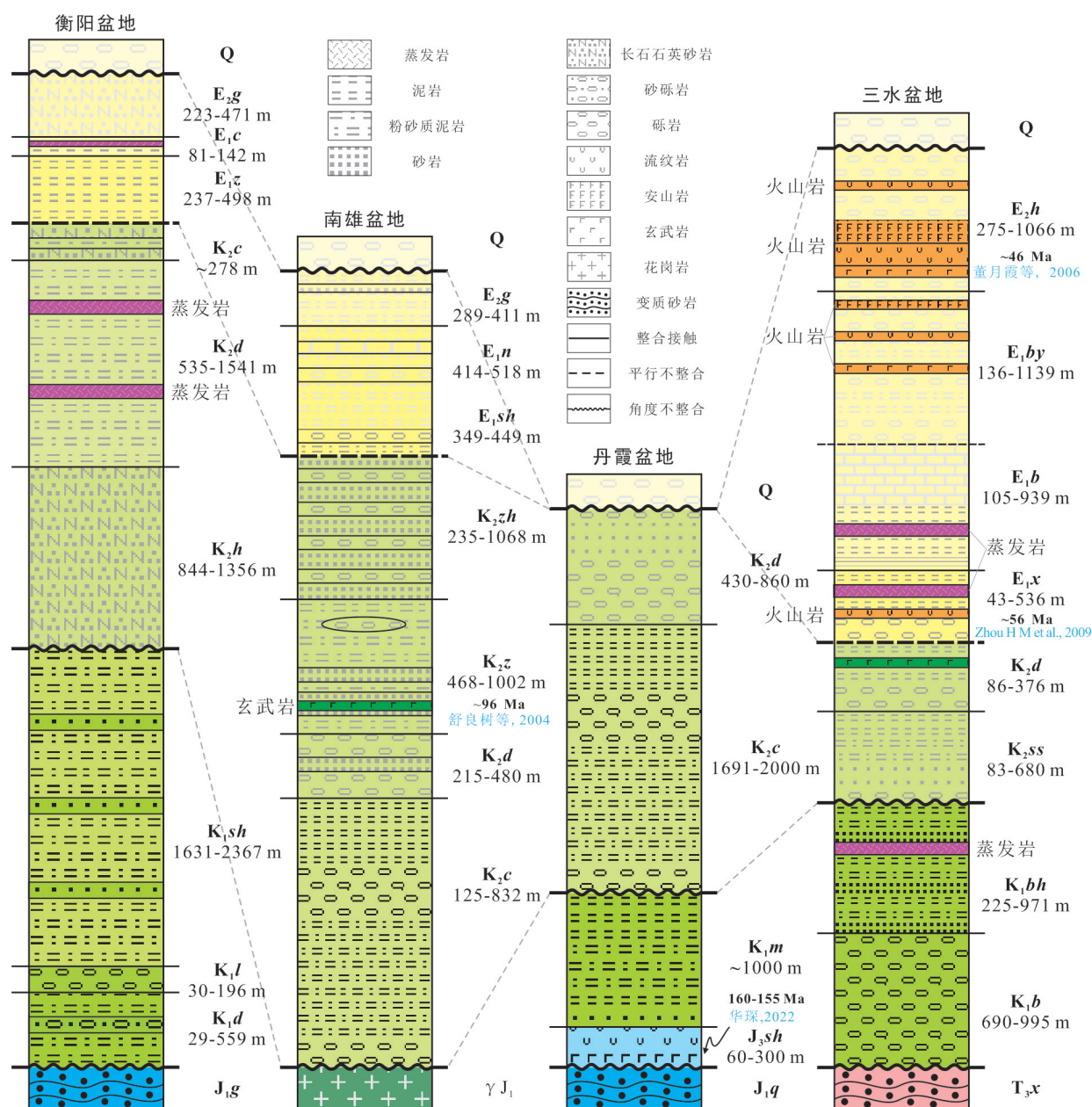


图3 南岭地区白垩纪-古近纪典型盆地的地层柱状图

Fig. 3 Stratigraphic columns of typical Cretaceous to Paleogene basins in the Nanling area

衡阳盆地: J₁g. 下侏罗统高家田组; K₁d. 下白垩统东井组; K₁l. 下白垩统栏垅组; K₁sh. 下白垩统神皇山组; K₂h. 上白垩统红花套组; K₂d. 上白垩统戴家坪组; K₂c. 上白垩统车江组; E₁z. 古新统枣市组; E₁c. 古新统茶山坳组; E₂g. 始新统高岭组; Q. 第四系。南雄盆地: γJ₁. 早侏罗世花岗岩; K₂c. 上白垩统长坝组; K₂d. 上白垩统大风组; K₂z. 上白垩统主田组; K₂zh. 上白垩统淡水组; E₁sh. 古新统上湖组; E₁n. 古新统浓山组; E₂g. 始新统古城组。丹霞盆地: J₁q. 下侏罗统桥源组; J₁sh. 上侏罗统伞洞组; K₁m. 下白垩统马梓坪组; K₂c. 上白垩统长坝组; K₂d. 上白垩统丹霞组。三水盆地: T₃x. 上三叠统小平组; K₁b. 下白垩统百足山组; K₁bh. 下白垩统白鹤洞组; K₂ss. 上白垩统三水组; K₂d. 上白垩统大塍山组; E₁x. 古新统莘庄组; E₁b. 古新统埤心组; E₁by. 古新统宝月组; E₂h. 古新统华涌组。

古城组(砾岩和含砾粗砂岩)(张显球等, 2013)。非鸟类恐龙的灭绝、哺乳动物的出现、古地磁、δ¹³C 负漂移、总汞含量、环境磁学与地球化学等指示南雄盆地中白垩系与古近系界线应该位于上湖组底部

灰黄色底砾岩中(童永生等, 2002, 2013; Clyde et al., 2010; Zhao M T et al., 2021)。

南岭地区北部的盆地规模相对较大, 时空分布规律性明显。以郴州-临武断裂为界, 其西部盆地规

模大,沉积时代自早白垩世持续到古近纪,以衡阳盆地和茶陵-永兴盆地为代表;而其东部的盆地规模相对较小,沉积时代以晚白垩世为主,局部可见古近纪沉积,以兴国-赣州盆地和会昌盆地为代表。衡阳盆地由下白垩统东井组、栏垅组和神皇山组,上白垩统红花套组、戴家坪组和车江组,古新统枣市组和茶山坳组以及始新统高岭组构成(湖南省地质调查院, 2017),其总厚度 > 5000 m(图3)。碎屑锆石 U-Pb 年代学指示下白垩统神皇山组和上白垩统戴家坪组的最大沉积年龄分别为~125 Ma 和~92 Ma(Yan Y et al., 2011), $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年代学指示侵入于下白垩统神皇山组之中的玄武岩形成于~71 Ma(Meng L F et al., 2012)。生物地层、化学地层和磁性地层指示衡阳盆地古近系茶山坳组和高岭组分别沉积于古新世晚期与始新世早期(Ting S Y et al., 2003; Wang Y Q et al., 2019)。茶陵-永兴盆地由下白垩统栏垅组和神皇山组,上白垩统罗镜滩组、红花套组和百花亭组,古新统枣市组构成(湖南省地质调查院, 2017),其沉积厚度 > 4941 m。兴国-赣州盆地由上白垩统茅店组、周田组和河口组构成(江西省地质调查研究院, 2017),最年轻的碎屑锆石 U-Pb 年龄指示茅店组和周田组最大沉积年龄分别为~125 Ma 和~105 Ma(Wang J et al., 2022)。会昌盆地由下白垩统石溪组双峰式火山岩和上白垩统茅店组、周田组、崇安组碎屑岩构成(江西省地质调查研究院, 2017),其沉积厚度为~2400 m。火山岩锆石 U-Pb 和 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年代学指示石溪组酸性和基性火山岩分别形成于~111 Ma 和~108 Ma(Chen C H et al., 2008; 钟志菲和巫建华, 2015)。

南岭地区南部的怀集盆地和三水盆地的规模也相对较大,沉积厚度也较厚。怀集盆地主要沉积下白垩统罗定组和三丫江组、上白垩统铜鼓岭组(广东省地质调查院, 2017),厚度为~1500 m。三水盆地主要沉积下白垩统百足山组和白鹤洞组、上白垩统三水组和大塍山组、古新统莘庄组、埤心组和宝月组、始新统华涌组(广东省地质调查院, 2017),总厚度 > 4677 m(图3)。锆石 U-Pb 年代学指示三水盆地新生代火山岩形成于~56 Ma、~45 Ma 和~28 Ma(董月霞等, 2006; Zhou H M et al., 2009; 袁晓博和方念乔, 2019),与早期的火山岩 K-Ar 和 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$

年龄(58~38 Ma)基本一致(Chung S L et al., 1997; Zhu B Q et al., 2004)。

4 物质来源

衡阳盆地下白垩统碎屑锆石 U-Pb 年龄构成~240 Ma、~830 Ma 与~1870 Ma 的主峰值和~440 Ma、~2450 Ma 的次峰值(图4a),与区域内中下侏罗统砂岩、中泥盆统石英质砂砾岩的碎屑锆石 U-Pb 年龄谱(图4b)、湘江与赣江河沙的碎屑锆石 U-Pb 年龄谱(图4c)、显生宙多期花岗岩的锆石 U-Pb 年龄谱基本一致(徐先兵等, 2009, 2021),指示其主要来源于南岭地区中部前白垩纪碎屑岩的重循环和显生宙花岗岩。

南岭地区中部南雄盆地下部上白垩统长坝组(又称为松山组)碎屑锆石 U-Pb 年龄主要为 800~1550 Ma,其峰值为~1260 Ma(图4d),明显不同于显生宙碎屑岩和现代河沙的碎屑锆石 U-Pb 年龄谱(图4b, c),但与其北缘的澜河片麻岩中碎屑锆石 U-Pb 年龄谱(图4b)基本一致(Xu X S et al., 2005),指示其物源主要为南岭地区中部南雄盆地北部的前泥盆纪围岩。

南岭地区中部南雄盆地和丹霞盆地、北部衡阳盆地与兴国-赣州盆地、南部三水盆地的上白垩统中上部的碎屑锆石 U-Pb 年龄谱基本一致(图4e, f, g),指示其具有相似的物源区。碎屑锆石的年龄峰值为~150 Ma、~240 Ma、410~450 Ma、850~960 Ma、1780~1885 Ma 和~2450 Ma,与区域内中下侏罗统砂岩、中泥盆统石英质砂砾岩的碎屑锆石 U-Pb 年龄谱(图4b)、湘江与赣江、北江河沙的碎屑锆石 U-Pb 年龄谱(图4c, h)、显生宙多期花岗岩的锆石 U-Pb 谱基本一致(徐先兵等, 2009, 2021),指示其物源主要为南岭地区中部基岩。相较于上白垩统下部长坝组,上白垩统中上部明显增加了~150 Ma 的碎屑锆石 U-Pb 年龄峰值,与南岭地区晚侏罗世花岗岩(徐先兵等, 2009, 2021)年龄一致,指示南岭地区中部在晚白垩世发生了明显的去顶作用,导致晚侏罗世花岗岩剥露至地表并遭受强烈的剥蚀作用。

南雄盆地古近系浓山组碎屑锆石 U-Pb 年龄峰值主要为~240 Ma(图4i),指示其主要物源为南岭地区中部盆地两侧的三叠纪花岗岩,与其中所含的

三叠纪花岗岩砾石一致(张族坤等,2019)。而南岭地区南部三水盆地古近系华涌组揭示的四期显生宙岩浆活动(Huang D Y et al., 2022),与区域内中下侏罗统砂岩、中泥盆统石英质砂砾岩的碎屑锆石 U-Pb 年龄谱(图 4b),湘江、赣江和北江河沙中碎屑锆石 U-Pb 年龄谱(图 4c, h)、显生宙多期花岗岩的锆石 U-Pb 年龄谱基本一致(徐先兵等, 2009, 2021),指示其主要物源同样为南岭地区中部。

5 构造特征

南岭地区白垩纪-古近纪盆地与下伏前白垩纪岩层呈角度不整合接触或断层接触(图 1, 3, 5),断层性质以正断层为主(Shu L S et al., 2009)。

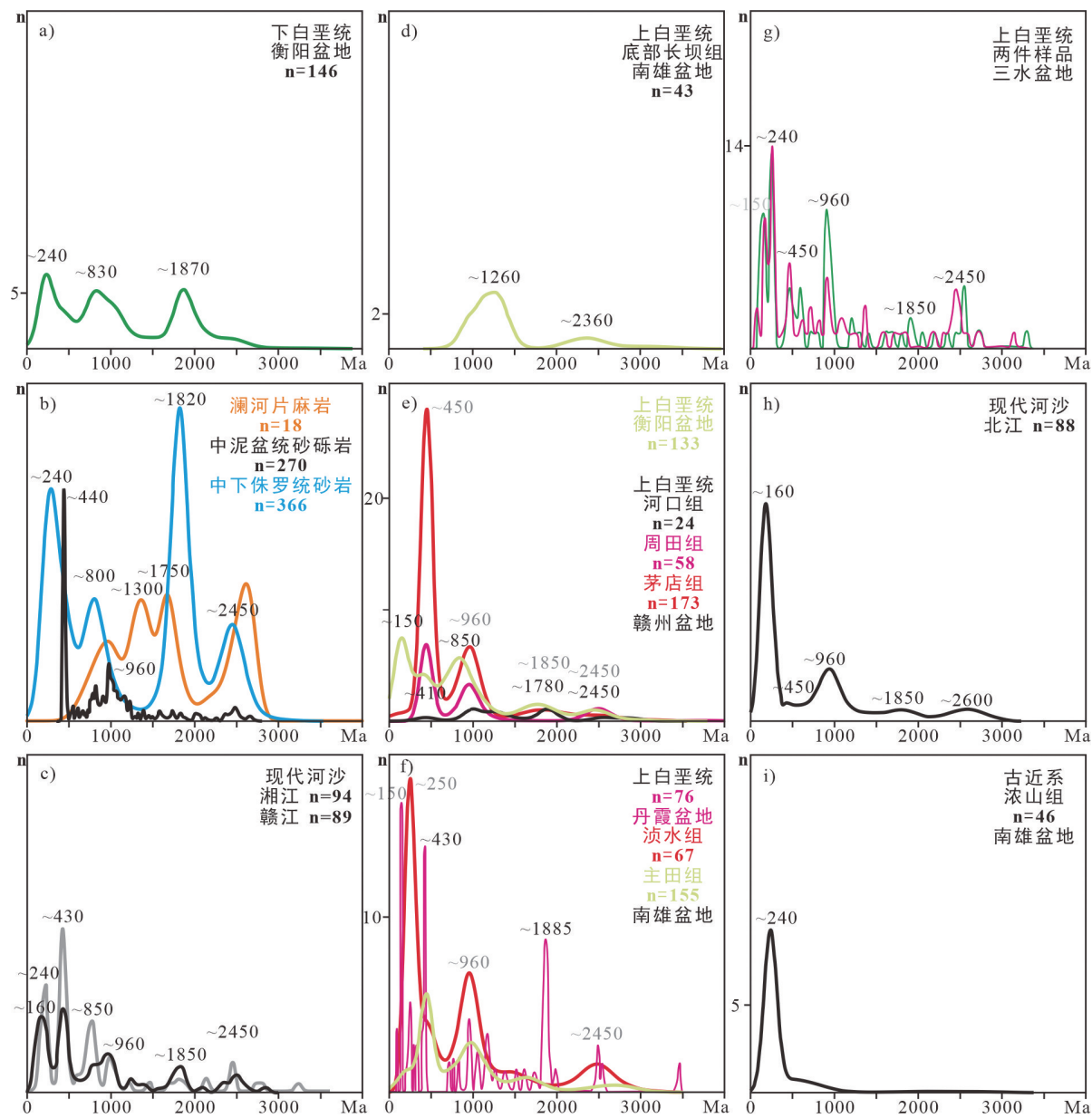


图 4 南岭地区白垩纪至古近纪盆地碎屑岩与围岩碎屑锆石 U-Pb 年龄 KDE 分布图

Fig. 4 Kernel density estimation diagrams of detrital zircon U-Pb ages from clastic rocks and wall rocks of Cretaceous to Paleogene basins in the Nanling area

锆石 U-Pb 年龄来源: Xu X S et al., 2005; Yan Y et al., 2011; He M Y et al., 2013; Meng L F et al., 2015; 贾磊, 2016; 张族坤等, 2019; 杨庆坤等, 2020; 陈家驹等, 2021; Xu X B et al., 2021a; Wang J et al., 2022

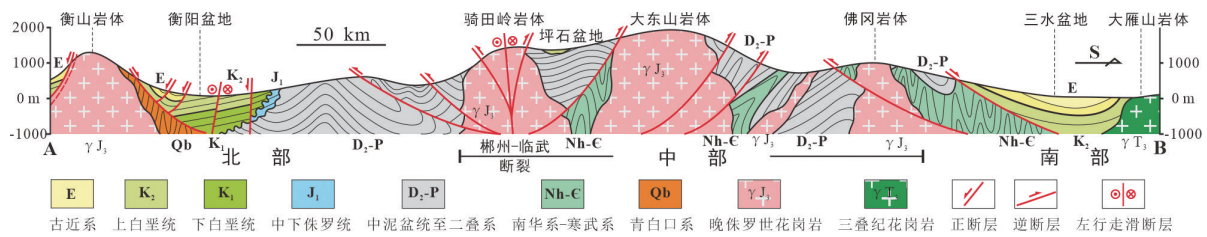


图5 南岭地区N-S向构造剖面图

Fig. 5 N-S-striking structural section of the Nanling area

南岭地区中部的清水盆地、星子盆地、丹霞盆地、南雄盆地及灯塔盆地与下伏岩层呈断层接触,断层位于盆地西北侧或南东侧,性质以正断层为主,且沉积中心向边界的正断层一侧迁移。沉积中心迁移指示北北东向正断层活动于晚白垩世-古新世。南雄盆地西北侧边界断层早期表现为拆离断层,晚期表现为左旋走滑断层。云母 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年代学和基性岩锆石U-Pb年代学指示正断作用发生于117~95 Ma(舒良树等, 2004; 李出安和邹和平, 2011)。而临武盆地、坪石盆地和长塘盆地与下伏岩层呈角度不整合,其沉积中心无明显迁移规律。坪石盆地中主要沉积了上白垩统长坝组,其东部局部沉积了上白垩统丹霞组,其性质为山间盆地。长塘盆地由上白垩统(~97 Ma)合水组和优胜组火山-沉积岩组成(巫建华等, 2012),且被雪山嶂花岗斑岩侵入,其性质为火山盆地。

南岭地区北部白垩纪至古近纪盆地的北西或南东边界为北北东向正断层,其沉积中心向边界断层一侧迁移,属半地堑盆地。白垩纪至古近纪盆地的边界在郴州-临武断裂以西主要表现为拆离断层,而在郴州-临武断裂以东主要表现为正断层。钠长花岗岩锆石U-Pb年代学和构造-热年代学指示北北东向拆离断层开始活动于~136 Ma,持续到~54 Ma(Li J H et al., 2013, 2016),与下白垩统-上白垩统-古新统沉积中心向边界断层一侧迁移指示的断层活动时代至少持续到古新世相一致。整体上,在郴州-临武断裂以西,北北东向边界拆离断层的活动时代为早白垩世至古新世;而郴州-临武断裂以东,北北东向边界正断层的活动时代为晚白垩世至古新世,正断作用和盆地形成均有明显向东迁移的趋势。

南岭地区南部白垩纪至古近纪盆地同样受控

于北北东向正断层。在怀集盆地西侧,北北东向正断层控制了晚白垩世沉积的展布,且沉积中心向边界断层一侧迁移,属半地堑盆地;而在怀集盆地东侧,北北东向正断层表现为早白垩世罗定组和盆地基底的边界。怀集盆地内下白垩统与上白垩统向东侧边界断层迁移指示正断层活动于早白垩世晚期至晚白垩世。三水盆地边界断层位于盆地西缘石角、大塘至永安一带,早白垩世、晚白垩世和古新世沉积逐渐向西迁移,指示北北东向正断层活动于早白垩世至古新世。

6 气候与构造意义

中国白垩系至古近系以陆相沉积为主,海相和海陆交互相地层的分布相对局限,而华南地区白垩系至古近系主要发育在大量的小规模陆相盆地之中(陈丕基, 2000; 余心起等, 2003; Xu X B et al., 2011; 曹珂, 2013; Li J H et al., 2014a; 席党鹏等, 2019, 2021; 宋博文等, 2020)。南岭地区及邻区白垩纪-古近纪碎屑岩主要沉积于河流和湖泊沉积环境,发育于热带-亚热带干旱-半干旱性气候条件(刘玲等, 2012; Chen L Q et al., 2017; 王瑞和姜宝玉, 2021)。其中,南雄盆地详细记录了72~71.5 Ma湿热、71.5~66 Ma干冷与66~62.8 Ma湿热的三阶段环境变化(Ma M M et al., 2018)。南岭地区中部和北部的衡阳盆地、醴陵-攸县盆地、丹霞盆地发育晚白垩世风成沉积(黄乐清等, 2019; Cao S et al., 2020; 杨庆坤等, 2020; Yu X C et al., 2021),其厚度大于300 m,形成于炎热干旱的气候条件(Cao S et al., 2020)。南岭地区白垩纪-古近纪盆地中还发育晚白垩世与晚古新世膏盐等蒸发岩,同样指示干旱炎热的气候条件(刘成林等, 2016; 王九一等,

2021)。风成沉积与蒸发岩的耦合指示南岭地区中部和北部在晚白垩世为炎热干旱的气候条件,是南岭地区近E-W向山脉与东南沿海NE-SW向山脉联合阻止古太平洋水汽向西运输的结果(Cao S et al., 2020; Chen Y et al., 2022)。而南岭地区北部和南部的古近系蒸发岩可能与古新世-始新世极热事件(PETM)有关(Röhl et al., 2007; Chen Z L et al., 2016; Xie Y L et al., 2020)。

南岭地区白垩纪至古近纪盆地主要受控于NNE-NE向正断层,其形成时代由NW向SE变新,沉积厚度也由NW向SE变薄,指示NW-SE向伸展也由西向东传播,是平板俯冲的古太平洋板块在白垩纪由西向东发生回撤、断离和角度变陡的结果(Zhou X M and Li W X, 2000; Li Z X and Li X H, 2007; Li J H et al., 2018)。物源分析结果表明南岭地区中部三叠纪花岗岩在早白垩世已经抬升至地表、遭受剥蚀并为北部衡阳盆地提供物源,而晚侏罗世花岗岩直至晚白垩世中期才抬升至地表,遭受剥蚀,并为中部南雄盆地、北部衡阳盆地和兴国-赣州盆地、南部三水盆地提供物源。三叠纪花岗岩和晚侏罗世花岗岩在不同时期的剥蚀指示早白垩世和晚白垩世两期强烈的伸展作用,其最小的水平主应力均为NW-SE向(徐先兵, 2011; Li J H et al., 2014b; Xu X B et al., 2011, 2016, 2021b; Chu Y et al., 2020)。南岭地区中部在晚白垩世早期和古新世也发生了两期强烈的伸展作用,其最小的水平主应力分别为NW-SE向和NE-SW向(Xu X B et al., 2021b),导致中部南雄盆地上白垩统长坝组和古新统浓山组仅接受盆地周缘围岩的补给。华南板块晚白垩世早期和古新世发生两期伸展作用分别与古太平洋板块俯冲导致的NW-SE向伸展、印-亚陆陆碰撞应力释放导致的NE-SW向伸展有关(Li J H et al., 2012, 2014a, b; Xu X B et al., 2016, 2021b; 梁承华等, 2019; Chu Y et al., 2020)。

南岭地区白垩纪至古近纪盆地记录了三期伸展作用,分别为早白垩世NW-SE向伸展、晚白垩世NW-SE向伸展和古新统NE-SW向伸展。晚侏罗世花岗岩、白垩纪盆地向东迁移与两期NW-SE伸展作用是古太平洋板块向西俯冲于华南板块之下的结果(Zhou X M and Li W X, 2000; Li Z X and Li X

H, 2007; Li J H et al., 2014b),而古新统NE-SW向伸展作用是印度与欧亚大陆碰撞的远程效应(Li J H et al., 2014a; Xu X B et al., 2016, 2021b; 梁承华等, 2019)。而在华南板块的东缘东海地区和南缘南海地区,古近纪构造应力场主要表现为NW-SE或N-S向伸展作用(Lee and Lawver, 1994; Ren J Y et al., 2002; Cukur et al., 2012; Ye Q et al., 2020),与南岭地区古近纪NE-SW向伸展明显不一致。因此,华南内陆在中生代-新生代之交经历了由古太平洋构造域向新特提斯构造域的转换(Li J H et al., 2012, 2014a; Xu X B et al., 2016, 2021b)。

7 结论

通过对南岭地区白垩纪至古近纪盆地的展布规律、沉积时代、沉积厚度、物质来源以及构造特征的综述,取得以下主要认识:

(1)据南岭地区白垩纪至古近纪盆地的展布可以进行南北分带和东西分区。南岭地区以近E-W向晚侏罗世花岗岩带为界可以划分为北部、中部和南部三个亚带,而以NNE向郴州-临武断裂带为界可以将南岭地区划分为东段和西段。

(2)华南在白垩纪至古近纪总体表现为温暖潮湿的环境,而在晚白垩世中期却处于干旱性沙漠气候,是东南沿海地区NE-SW向山脉和南岭近E-W向山脉隆升导致大洋水汽被隔离的结果。

(3)南岭地区白垩纪与古近纪伸展应力场方位由NW-SE向转变为NE-SW向,其变化指示华南内陆由古太平洋域向新特提斯域的构造转换发生在白垩纪与古近纪之交。

感谢两位匿名审稿专家和编辑的建议和意见,极大地提高了论文的质量、规范性与可读性。

参考文献:

- 曹珂. 2013. 中国陆相白垩系地层对比[J]. 地质论评, 59(1): 24-40.
- 陈家驹, 徐先兵, 梁承华, 徐亚东. 2021. 湘东南中泥盆统石英砂砾岩物源分析及其大地构造意义[J]. 地球科学, 46(10):3421-3434.

- 陈丕基. 2000. 中国陆相侏罗、白垩系划分对比述评 [J]. 地层学杂志, 24(2):114-119.
- 董月霞, 肖龙, 周海民, 曾广策, 王方正, 王旭东, 向华, 赵太平, 柳小明. 2006. 广东三水盆地双峰式火山岩:空间展布、岩石学特征及其盆地动力学意义 [J]. 大地构造与成矿学, 30(1):82-92.
- 广东省地质调查院. 2017. 中国区域地质志·广东志 [M]. 北京:地质出版社.
- 湖南省地质调查院. 2017. 中国区域地质志·湖南志 [M]. 北京:地质出版社.
- 华琛. 2020. 粤北丹霞盆地晚侏罗世早期火山岩成因及地球动力学机制 [D]. 东华理工大学硕士学位论文.
- 黄乐清, 黄建中, 罗来, 王先辉, 刘耀荣, 梁恩云, 马慧英. 2019. 湖南衡阳盆地东缘白垩系风成沉积的发现及其古环境意义 [J]. 沉积学报, 37(4):735-748.
- 贾磊. 2016. 三水盆地与茂名盆地白垩系构造沉积特征及其对古南海俯冲的响应 [D]. 中国地质大学(北京)硕士学位论文.
- 贾小辉, 王晓地, 杨文强, 牛志军. 2014. 粤北雪山峰A型花岗岩的形成时代、地球化学特征及其成因 [J]. 矿物岩石, 34(3):40-49.
- 江西省地质调查研究院. 2017. 中国区域地质志·江西志 [M]. 北京:地质出版社.
- 李出安, 邹和平. 2011. 广东南雄断裂带 Ar-Ar 年龄及其地质意义 [J]. 中山大学学报(自然科学版), 50(1):129-132.
- 李四光. 1942. 南岭何在 [J]. 地质论评, 7(6): 253-265+395.
- 梁承华, 徐先兵, 李启铭, 桂林, 汤帅. 2019. 江南东段地区 NE-SW 向断裂带断层滑移矢量反演及其大地构造意义 [J]. 地球科学, 44(5):1761-1772.
- 刘玲, 李祥辉, 王尹, 周勇, 曹珂. 2012. 浙闽地区白垩纪早中期黏土矿物组成特征及其古气候显示 [J]. 沉积学报, 30(1):120-127.
- 刘成林, 余小灿, 赵艳军, 王九一, 王立成, 徐海明, 李坚, 王春连. 2016. 华南陆块液体钾、锂资源的区域成矿背景与成矿作用初探 [J]. 矿床地质, 35(6):1119-1143.
- 娄峰, 于玉帅, 林碧美, 陈洪仁, 周永洪, 周梅林. 2020. 广东河源断裂带基性岩脉时代及其与铀成矿关系 [J]. 华南地质, 36(2):117-128.
- 马铁球, 闫全人, 陈辉明, 向忠金, 周柯军, 李彬. 2012. 湖南攸县新市玄武岩锆石 LA-ICP-MS U-Pb 定年及其地球化学特征 [J]. 华南地质与矿产, 28(4):340-349.
- 沈鹏飞. 2014. 南雄—丹霞盆地白垩纪沉积序列演化特征及其对南海构造转换的响应 [D]. 中国地质大学(北京)博士学位论文.
- 舒良树, 邓平, 王彬, 谭正中, 余心起, 孙岩. 2004. 南雄-诸广地区晚中生代盆山演化的岩石化学、运动学与年代学制约 [J]. 中国科学(D辑:地球科学), 34(1):1-13.
- 舒良树, 周新民, 邓平, 余心起. 2006. 南岭构造带的基本地质特征 [J]. 地质论评, 52(2): 251-265.
- 宋博文, 张克信, 徐亚东, 侯亚飞, 季军良, 骆满生. 2020. 中国古近纪构造-地层区划及地层格架 [J]. 地球科学, 45(12):4352-4369.
- 童永生, 李茜, 王元青. 2013. 中国早古近纪陆相地层划分框架研究 [J]. 地层学杂志, 37(4):428-440.
- 童永生, 李曼英, 李茜. 2002. 广东南雄盆地白垩系—古近系界线 [J]. 地质通报, 21(10):668-674.
- 王瑞, 姜宝玉. 2021. 中国晚白垩世古水系展布及其对鸭嘴龙类分布的影响 [J]. 古地理学报, 23(3):581-599.
- 王九一, 刘成林, 王春连, 余小灿, 颜开, 高超. 2021. 晚白垩世—古近纪华南蒸发岩矿床形成的构造和气候耦合控制 [J]. 地质学报, 95(7):2041-2051.
- 王岳军, 廖超林, 范蔚茗, 彭头平. 2004. 赣中地区早中生代 OIB 碱性玄武岩的厘定及构造意义 [J]. 地球化学, 33(2):109-117.
- 巫建华, 徐勋胜, 刘帅. 2012. 赣南-粤北地区晚白垩世早期长英质火山岩 SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄及其地质意义 [J]. 地质通报, 31(8):1296-1305.
- 席党鹏, 孙立新, 覃祚煊, 李国彪, 李罡, 万晓樵. 2021. 中国白垩纪岩石地层划分和对比 [J]. 地层学杂志, 45(3): 375-401.
- 席党鹏, 万晓樵, 李国彪, 李罡. 2019. 中国白垩纪综合地层和时间框架 [J]. 中国科学:地球科学, 49(1):257-288.
- 夏元, 徐先兵, 陈家驹. 2022. 华南鹰扬关构造带的大地构造属性与构造演化过程:基于构造解析的认识 [J]. 地质论评, 68(6):2006-2020.
- 徐先兵, 张岳桥, 贾东, 舒良树, 王瑞瑞. 2009. 华南早中生代大地构造过程 [J]. 中国地质, 36(3):573-593.
- 徐先兵. 2011. 武夷山地区显生宙构造变形与年代学研究 [D]. 南京大学博士学位论文.
- 徐先兵, 梁承华, 陈家驹, 徐亚东. 2021. 南岭构造带基础地质特征与成矿地质背景 [J]. 地球科学, 46(4): 1133-1150.
- 杨庆坤, 刘富军, 华琛, 陈律, 陈光剑, 陈留勤. 2020. 粤北丹霞盆地晚白垩世丹霞组风成砂岩物源特征及古气候意义 [J]. 干旱区资源与环境, 34(6):73-80.
- 余心起, 舒良树, 邓平, 王彬, 祖辅平. 2003. 中国东南部侏罗纪—第三纪陆相地层沉积特征 [J]. 地层学杂志, 27(3):254-263.

- 余心起, 舒良树, 邓国辉, 王彬, 祖辅平. 2005. 江西吉泰盆地碱性玄武岩的地球化学特征及其构造意义 [J]. 现代地质, 19(1):133-140.
- 袁晓博, 方念乔. 2019. 三水盆地中渐新世火山记录的新建与南海扩张 [J]. 地质通报, 38(4):689-695.
- 张显球, 李罡, 黎汉明. 2006. 广东南雄盆地南雄群的介形类动物群 [J]. 微体古生物学报, 23(2):115-153.
- 张显球, 张喜满, 侯明才, 李罡, 黎汉明. 2013. 南雄盆地红层岩石地层划分 [J]. 地层学杂志, 37(4):441-451.
- 张显球, 林小燕. 2013. 粤北丹霞盆地白垩系长坝组的介形类动物群 [J]. 微体古生物学报, 30(1):58-86.
- 张显球. 1992. 丹霞盆地白垩系的划分与对比 [J]. 地层学杂志, 16(2):81-95.
- 张显球. 1999. 广东省白垩—第三纪盆地地质概况 [J]. 广东地质, 14(3): 53-57.
- 张族坤, 徐亚军, 刘强, 杨坤光, 杜远生. 2019. 华南东部白垩纪晚期-古近纪构造转换的沉积记录——以粤北南雄盆地为例 [J]. 大地构造与成矿学, 43(3):575-589.
- 钟志菲, 巫建华. 2015. 江西会昌盆地埃达克质粗面岩年代学、地球化学与成因研究 [J]. 东华理工大学学报(自然科学版), 38(2):167-175.
- Cao L C, Shao L, Qiao P J, Zhao Z G, van Hinsbergen D J. 2018. Early Miocene birth of modern Pearl River recorded low-relief, high-elevation surface formation of SE Tibetan Plateau [J]. Earth and Planetary Science Letters, 496: 120-131.
- Cao S, Zhang L M, Wang C S, Ma J, Tan J, Zhang Z H. 2020. Sedimentological characteristics and aeolian architecture of a plausible intermountain erg system in Southeast China during the Late Cretaceous [J]. Geological Society of America Bulletin, 132(11-12): 2475-2488.
- Chen C H, Lee C Y, Shinjo R. 2008. Was there Jurassic paleo-Pacific subduction in South China?: Constraints from $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ dating, elemental and Sr-Nd-Pb isotopic geochemistry of the Mesozoic basalts [J]. Lithos, 106(1-2): 83-92.
- Chen L Q, Steel R J, Guo F S, Olariu C, Gong C L. 2017. Alluvial fan facies of the Yongchong Basin: Implications for tectonic and paleoclimatic changes during Late Cretaceous in SE China [J]. Journal of Asian Earth Sciences, 134: 37-54.
- Chen P R, Hua R M, Zhang B T, Lu J J, Fan C F. 2002. Early Yanshanian post-orogenic granitoids in the Nanling region—Petrological constraints and geodynamic settings [J]. Science in China Series D: Earth Sciences, 45(8): 755-768.
- Chen Y, Meng J, Liu H, Wang C S, Tang M, Liu T, Zhao Y N. 2022. Detrital zircons record the evolution of the Cathaysian Coastal Mountains along the South China margin [J]. Basin Research, 34(2): 688-701.
- Chen Z L, Ding Z L, Yang S L, Zhang C X, Wang X. 2016. Increased precipitation and weathering across the Paleocene-Eocene Thermal Maximum in central China [J]. Geochemistry, Geophysics, Geosystems, 17(6): 2286-2297.
- Chu Y, Lin W, Faure M, Allen M B, Feng Z T. 2020. Cretaceous exhumation of the Triassic intracontinental Xuefengshan Belt: Delayed unroofing of an orogenic plateau across the South China Block? [J]. Tectonophysics, 793: 228592.
- Chung S L, Cheng H, Jahn B M, O'Reilly S Y, Zhu B Q. 1997. Major and trace element, and Sr-Nd isotope constraints on the origin of Paleogene volcanism in South China prior to the South China Sea opening [J]. Lithos, 40(2-4): 203-220.
- Clyde W C, Ting S Y, Snell K E, Bowen G J, Tong Y S, Koch P L, Li Q, Wang Y Q. 2010. New paleomagnetic and stable-isotope results from the Nanxiong Basin, China: Implications for the K/T boundary and the timing of Paleocene mammalian turnover [J]. The Journal of Geology, 118(2): 131-143.
- Cukur D, Horozal S, Lee G H, Kim D C, Han H C. 2012. Timing of trap formation and petroleum generation in the northern East China Sea Shelf Basin [J]. Marine and Petroleum Geology, 36(1):154-163.
- He M Y, Zheng H B, Clift P D. 2013. Zircon U-Pb geochronology and Hf isotope data from the Yangtze River sands: Implications for major magmatic events and crustal evolution in Central China [J]. Chemical Geology, 360: 186-203.
- He Z Y, Xu X S, Niu Y L. 2010. Petrogenesis and tectonic significance of a Mesozoic granite-syenite-gabbro association from inland South China [J]. Lithos, 119(3-4): 621-641.
- Huang D Y, Su Y T, Lian X N, Gao J. 2022. Fossil caddis cases from the lower Eocene Huachong Formation of the Sanshui Basin, Foshan City, Guangdong Province, South China with detrital zircon analyses [J]. Palaeontology, 5(2): 105-112.
- Lee T Y, Lawver L A. 1994. Cenozoic plate reconstruction of the South China Sea region [J]. Tectonophysics, 235

- (1-2): 149-180.
- Li J H, Zhang Y Q, Dong S W, Li H L. 2012. Late Mesozoic-Early Cenozoic deformation history of the Yuanma Basin, central South China [J]. *Tectonophysics*, 570-571: 163-183.
- Li J H, Zhang Y Q, Dong S W, Su J B, Li Y, Cui J J, Shi W. 2013. The Hengshan low-angle normal fault zone: Structural and geochronological constraints on the Late Mesozoic crustal extension in South China [J]. *Tectonophysics*, 606: 97-115.
- Li J H, Ma Z L, Zhang Y Q, Dong S W, Li Y, Lu M A, Tan J Q. 2014a. Tectonic evolution of Cretaceous extensional basins in Zhejiang Province, eastern South China: Structural and geochronological constraints [J]. *International Geology Review*, 56(13): 1602-1629.
- Li J H, Zhang Y Q, Dong S W, Johnston S T. 2014b. Cretaceous tectonic evolution of South China: A preliminary synthesis [J]. *Earth Science Reviews*, 134(1): 98-136.
- Li J H, Shi W, Zhang Y Q, Dong S W, Ma Z L. 2016. Thermal evolution of the Hengshan extensional dome in central South China and its tectonic implications: New insights into low-angle detachment formation [J]. *Gondwana Research*, 35(1): 425-441.
- Li J H, Dong S W, Cawood P A, Zhao G C, Johnston S T, Zhang Y Q, Xin Y J. 2018. An Andean-type retro-arc foreland system beneath northwest South China revealed by SINOPROBE profiling [J]. *Earth and Planetary Science Letters*, 490(1): 170-179.
- Li Z X, Li X H. 2007. Formation of the 1300-km-wide intracontinental orogen and postorogenic magmatic province in Mesozoic South China: A flat-slab subduction model [J]. *Geology*, 35(2): 179-182.
- Lin W, Wei W. 2020. Late Mesozoic extensional tectonics in the North China Craton and its adjacent regions: a review and synthesis [J]. *International Geology Review*, 62(7-8): 811-839.
- Ma M M, Liu X M, Wang W Y. 2018. Palaeoclimate evolution across the Cretaceous-Palaeogene boundary in the Nanxiong Basin (SE China) recorded by red strata and its correlation with marine records [J]. *Climate of the Past*, 14(3): 287-302.
- Meng L F, Li Z X, Chen H L, Li X H, Wang X C. 2012. Geochronological and geochemical results from Mesozoic basalts in southern South China Block support the flat-slab subduction model [J]. *Lithos*, 132-133: 127-140.
- Meng L F, Li Z X, Chen H L, Li X H, Zhu C. 2015. Detrital zircon U-Pb geochronology, Hf isotopes and geochemistry constraints on crustal growth and Mesozoic tectonics of southeastern China [J]. *Journal of Asian Earth Sciences*, 105: 286-299.
- Ren J Y, Tamaki K, Li S T, Junxia Z. 2002. Late Mesozoic and Cenozoic rifting and its dynamic setting in Eastern China and adjacent areas [J]. *Tectonophysics*, 344(3-4): 175-205.
- Röhl U, Westerhold T, Bralower T J, Zachos J C. 2007. On the duration of the Paleocene-Eocene thermal maximum (PETM) [J]. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 8(12): 1-13.
- Shu L S, Zhou X M, Deng P, Wang B, Jiang S Y, Yu J H, Zhao X X. 2009. Mesozoic tectonic evolution of the Southeast China Block: New insights from basin analysis [J]. *Journal of Asian Earth Sciences*, 34: 376-391.
- Tao N, Li Z X, Danišik M, Evans N J, Batt G E, Li W X, Pang C J, Jourdan F, Xu Y G, Liu L P. 2017. Thermochronological record of Middle-Late Jurassic magmatic reheating to Eocene rift-related rapid cooling in the SE South China Block [J]. *Gondwana Research*, 46(1): 191-203.
- Tao N, Li Z X, Danišik M, Evans N J, Li R X, Pang C J, Li W X, Jourdan F, Yu Q, Liu L P, Batt G E, Xu Y G. 2019. Post-250 Ma thermal evolution of the central Cathaysia Block (SE China) in response to flat-slab subduction at the proto-Western Pacific margin [J]. *Gondwana Research*, 75: 1-15.
- Ting S Y, Bowen G J, Koch P L, Clyde W C, Wang Y Q, Wang Y, McKenna M C. 2003. Biostratigraphic, chemostratigraphic, and magnetostratigraphic study across the Paleocene-Eocene boundary in the Hengyang Basin, Hunan, China [J]. *Special Papers of the Geological Society of America*, 369: 521-535.
- Wang D Z, Shu L S. 2012. Late Mesozoic basin and range tectonics and related magmatism in Southeast China [J]. *Geoscience Frontiers*, 3(2): 109-124.
- Wang J, Yuan Y J, Zhang D X, Chang S C. 2022. Detrital zircon geochronology of Late Cretaceous successions in the Ganzhou Basin, South China: evidence of a major tectonic transition [J]. *Geological Society, London, Special Publications*, 521: 1-12.
- Wang Q M, Li H L, Li T D, Ding X Z, Zhen J W, Zhang M, Fan Y X. 2022. Two-episode Tectono-thermal Events of

- the Heyuan Fault in Late Cretaceous and Oligocene and their Tectonic Implications, Southernmost South China Block [J]. *Acta Geologica Sinica (English Edition)*, 96(2): 447-459.
- Wang Y J, Fan W M, Guo F, Peng T P, Li C W. 2003. Geochemistry of Mesozoic mafic rocks adjacent to the Chenzhou-Linwu fault, South China: implications for the lithospheric boundary between the Yangtze and Cathaysia blocks [J]. *International Geology Review*, 45(3): 263-286.
- Wang Y Q, Li Q, Bai B, Jin X, Mao F Y, Meng J. 2019. Paleogene integrative stratigraphy and timescale of China [J]. *Science China Earth Sciences*, 62(1): 287-309.
- Wang Y, Wang Y J, Li S B, Seagren E, Zhang Y Z, Zhang P Z, Qian X. 2020. Exhumation and landscape evolution in eastern South China since the Cretaceous: New insights from fission-track thermochronology [J]. *Journal of Asian Earth Sciences*, 191: 104239.
- Xie Y L, Wu F L, Fang X M, Zhang D W, Zhang W L. 2020. Early Eocene southern China dominated by desert: Evidence from a palynological record of the Hengyang Basin, Hunan Province [J]. *Global and Planetary Change*, 195: 103320.
- Xu X B, Zhang Y Q, Jia D, Shu L S. 2011. U-Pb Dating of volcanic rocks and granites along the Wuyishan belt: constraints on timing of late Mesozoic tectonic events in southeast China [J]. *Acta Geologica Sinica (English Edition)*, 85(1): 130-144.
- Xu X B, Tang S, Lin S F. 2016. Paleostress inversion of fault-slip data from the Jurassic to Cretaceous Huangshan Basin and implications for the tectonic evolution of southeastern China [J]. *Journal of Geodynamics*, 98: 31-52.
- Xu X B, Liang C H, Chen J J, Xu Y D. 2021a. Provenance analysis of Jurassic basins along Chaling-Chenzhou-Linwu Fault, South China: Implications for palaeogeographic reconstruction and Mesozoic tectonic transition [J]. *Geological Journal*, 56(5): 2656-2675.
- Xu X B, Liang C H, Xu Y D. 2021b. Kinematic analysis of fault-slip data in the Nanling area and Cretaceous to Paleogene tectonic evolution of the Central South China Block [J]. *Journal of Asian Earth Sciences*, 221: 104951.
- Xu X S, O'Reilly S Y, Griffin W L, Deng P, Pearson N J. 2005. Relict Proterozoic basement in the Nanling Mountains (SE China) and its tectonothermal overprinting [J]. *Tectonics*, 24(2): 1-17.
- Yan Y, Hu X Q, Lin G, Santosh M, Chan L S. 2011. Sedimentary provenance of the Hengyang and Mayang basins, SE China, and implications for the Mesozoic topographic change in South China Craton: Evidence from detrital zircon geochronology [J]. *Journal of Asian Earth Sciences*, 41(6): 494-503.
- Ye Q, Mei L F, Shi H S, Du J Y, Deng P, Shu Y, Camanni G. 2020. The influence of pre-existing basement faults on the Cenozoic structure and evolution of the proximal domain, northern South China Sea rifted margin [J]. *Tectonics*, 39(3): e2019TC005845.
- Yu X C, Wang C L, Bertolini G, Liu C L, Wang J Y. 2021. Damp-to dry aeolian systems: Sedimentology, climate forcing, and aeolian accumulation in the Late Cretaceous Liyou Basin, South China [J]. *Sedimentary Geology*, 426: 106030.
- Zhao M T, Ma M M, He M, Qiu Y D, Liu X M. 2021. Evaluation of the four potential Cretaceous-Paleogene (K-Pg) boundaries in the Nanxiong Basin based on evidences from volcanic activity and paleoclimatic evolution [J]. *Science China: Earth Sciences*, 64(4): 631-641.
- Zheng H B, Clift P D, Wang P, Tada R J, Jia J T, He M Y, Jourdan F. 2013. Pre-miocene birth of the Yangtze River [J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110(19): 7556-7561.
- Zhou H M, Xiao L, Dong Y X, Wang C Z, Wang F Z, Ni P Z. 2009. Geochemical and geochronological study of the Sanshui basin bimodal volcanic rock suite, China: implications for basin dynamics in southeastern China [J]. *Journal of Asian Earth Sciences*, 34(2): 178-189.
- 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 [J]. *Tectonophysics*, 326(3-4): 269-287.
- Zhou X M, Sun T, Shen W Z, Shu L S, Niu Y L. 2006. Petrogenesis of Mesozoic granitoids and volcanic rocks in South China: a response to tectonic evolution [J]. *Episodes*, 29(1): 26-33.
- Zhu B Q, Wang H F, Chen Y W, Chang X Y, Hu Y G, Xie J. 2004. Geochronological and geochemical constraint on the Cenozoic extension of Cathaysian lithosphere and tectonic evolution of the border sea basins in East Asia [J]. *Journal of Asian Earth Sciences*, 24(2): 163-175.