

桂东南地区晚白垩世岩浆作用与构造动力学研究

郭万幸

桂林理工大学地球科学学院, 广西 桂林

收稿日期: 2026年3月26日; 录用日期: 2026年5月18日; 发布日期: 2026年5月28日

摘要

桂东南及邻区(粤西、海南岛)位于华南板块南缘, 地处太平洋构造域与特提斯构造域的交汇部位, 是研究晚中生代大陆边缘动力学演化的关键区域。本文系统总结了该地区近年来发表的白垩纪岩浆岩年代学数据, 结果显示晚白垩世岩浆活动可划分为两期: 第一期(120~100 Ma)为构造体制转换期, 早期(~116 Ma)以A型花岗岩记录古太平洋板块后撤引发的伸展, 晚期(~104 Ma)以埃达克质岩及斑岩-矽卡岩型Cu-Mo矿化记录新特提斯洋脊俯冲(平板俯冲)引发的短暂挤压; 第二期(102~79 Ma)为双后撤叠加伸展期, 以广泛的A型花岗岩及W-Sn矿化为特征, 受古太平洋板块俯冲后撤主导、新特提斯板块后撤协同的共同制约。值得注意的是, 伸展背景的岩浆活动(~116 Ma)早于挤压背景的埃达克质岩(~104 Ma), 揭示了构造体制的快速转换, 可能是古太平洋板块此时正处于后撤伸展阶段, 导致桂东南地区为伸展背景, 而新特提斯板块正处于北向俯冲, 导致了挤压构造背景。

关键词

桂东南, 晚白垩世, 岩浆岩, 古太平洋板块, 新特提斯板块, 构造动力学

Study on Late Cretaceous Magmatism and Tectonic Dynamics in Southeastern Guangxi

Wanxing Guo

College of Earth Sciences, Guilin University of Technology, Guilin Guangxi

Received: March 26, 2026; accepted: May 18, 2026; published: May 28, 2026

Abstract

Southeastern Guangxi and its adjacent areas (western Guangdong, Hainan Island) are located at the

southern margin of the South China Block, at the intersection of the Pacific and Tethyan tectonic domains, making them a key region for studying the dynamic evolution of continental margins during the Late Mesozoic. This paper systematically summarizes recently published geochronological data on Cretaceous magmatic rocks in the region. The results show that Late Cretaceous magmatic activity can be divided into two stages. The first stage (120~100 Ma) is a tectonic regime transition period: its early part (~116 Ma) is characterized by A-type granites recording extension induced by the rollback of the Paleo-Pacific slab, while its late part (~104 Ma) is marked by adakitic rocks and porphyry-skarn Cu-Mo mineralization recording a transient compression event caused by Neo-Tethyan ridge subduction (flat-slab subduction). The second stage (102~79 Ma) is a double-rollback extensional stage, characterized by widespread A-type granites and W-Sn mineralization, jointly governed by the dominant rollback of the Paleo-Pacific slab and the cooperative rollback of the Neo-Tethyan slab. It is noteworthy that the extensional magmatism (~116 Ma) predates the compressional adakitic rocks (~104 Ma), revealing a rapid tectonic regime transition. This may be explained by the fact that the Paleo-Pacific slab was in a rollback extensional phase at that time, resulting in an extensional setting in southeastern Guangxi, while the Neo-Tethyan slab was undergoing northward subduction, which led to a compressional tectonic background.

Keywords

Southeastern Guangxi, Late Cretaceous, Magmatic Rocks, Paleo-Pacific Plate, Neo-Tethyan Plate, Tectonic Dynamics

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

华南板块中生代构造演化是东亚大地构造研究的核心议题之一，其中晚中生代大规模岩浆活动的构造动力学机制长期存在争议。传统观点认为，华南晚中生代岩浆岩的形成与古太平洋板块向欧亚大陆的俯冲密切相关，属于活动大陆边缘岩浆弧的组成部分[1][2]。然而，近年来高精度年代学和地球化学研究表明，华南南缘(包括桂东南地区)的晚白垩世岩浆岩在时空分布和岩石组合上与浙闽沿海地区存在显著差异，呈现出东西向展布的特征，暗示其可能同时受到新特提斯构造域的影响。

桂东南地区位于扬子板块与华夏板块的结合部位——软杭结合带的西南段，同时处于太平洋构造域与特提斯构造域的交汇区域，构造位置十分关键。该区晚中生代岩浆活动强烈，发育大量花岗岩类及火山岩，是研究华南晚白垩世构造-岩浆演化的理想地区。近年来，随着高精度云母 ^{40}Ar - ^{39}Ar 定年、锆石 U-Pb 定年和辉钼矿 Re-Os 定年技术的广泛应用，桂东南地区积累了大量的晚中生代岩浆岩年龄数据，为建立精细的年代学格架奠定了基础。同时，岩石地球化学和同位素示踪研究也为探讨岩石成因和构造背景提供了重要约束。

鉴于此，本文在系统整理桂东南地区晚白垩世岩浆岩年龄数据的基础上，结合已有文献的地球化学和同位素资料，总结该区岩浆岩的时空分布特征和岩石成因，重点探讨两大构造域在区域构造演化中的时空耦合关系，拟解决以下关键科学问题：1) 桂东南地区晚白垩世岩浆活动的精细年代学格架与三期演化序列；2) 不同期次岩浆岩(~116 Ma A 型花岗岩、~104 Ma 埃达克质岩、102~79 Ma A 型花岗岩)的源区属性与构造指示；3) 新特提斯洋脊俯冲、新特提斯板块后撤与古太平洋板块后撤三者时间上的耦合与转换机制，尤其是伸展背景岩浆活动早于挤压背景岩浆活动这一关键事实的动力学解释(图 1)。

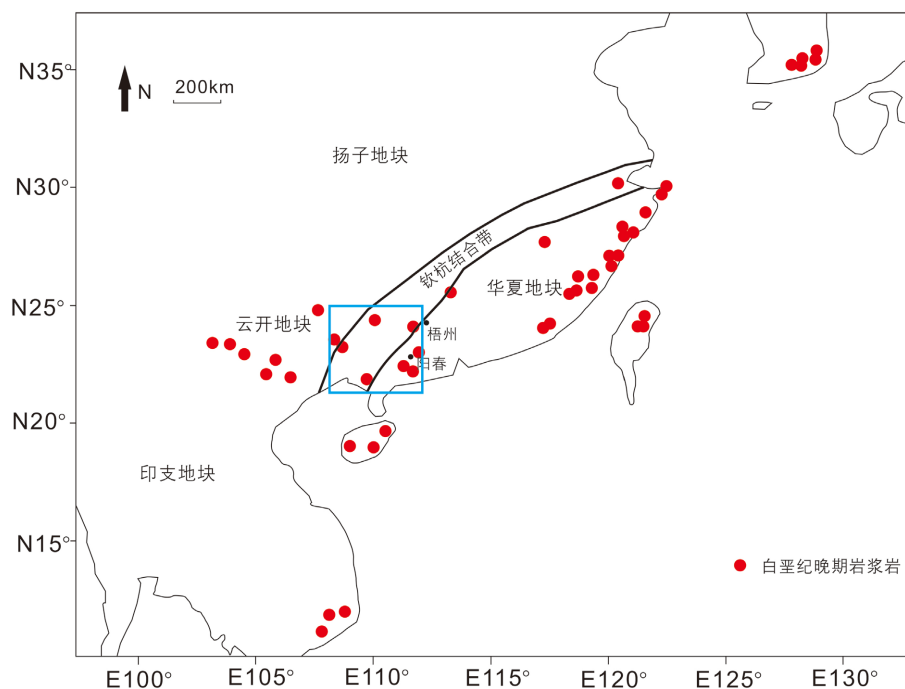


Figure 1. Distribution of Late Cretaceous magmatic rocks in South China (Base map modified from [16])
图 1. 华南白垩纪晚期岩浆岩分布情况(底图根据[16]修改)

2. 区域地质背景

桂东南地区大地构造上位于钦州 - 杭州结合带西南段, 北东向的博白 - 岑溪断裂带贯穿全区, 是区域上重要的构造分界线。区内出露的地层主要有元古界 - 古生界的变质基底, 以及中生界的火山 - 沉积岩系。区域内各时期构造 - 岩浆作用十分复杂, 发育有大量北东向的断裂构造以及岩浆岩[3]-[9]。

博白 - 岑溪断裂带是一条长期活动的深大断裂, 控制了区域岩浆岩的分布格局。研究表明, 该断裂带在晚中生代发生了强烈的伸展活动, 沿断裂带发育一系列断陷盆地和岩浆岩带。水文盆地等白垩纪盆地的碎屑锆石研究表明, 这些盆地具有断陷拉分盆地的性质, 形成于白垩纪伸展构造背景[10]。

从构造域位置来看, 桂东南地区处于太平洋构造域与特提斯构造域的交汇部位, 其构造演化必然受到两大构造体制的叠加影响。关于古太平洋板块对华南地区的俯冲是否会对桂东南地区产生影响以及俯冲影响范围的划定, 全球典型实例[11]-[13]表明, 平板俯冲的最大影响距离普遍小于 1500 km, 且这一距离主要受俯冲板片角度、地幔楔流变性和上覆板块岩石圈厚度等因素控制。然而, 云南、广西等华南腹地距离古太平洋俯冲体系前缘的水平距离超过 2000 km, 已显著超出上述影响范围。这意味着, 如果仅以古太平洋俯冲作为单一的构造驱动力, 难以合理解释该区域晚中生代岩浆活动的时空分布特征。此外, 晚白垩世构造重建结果指示, 该时期太平洋板块整体处于俯冲后撤阶段[14]-[16]。伴随弧前伸展和弧后拉张作用, 这与桂东南地区发育的板内伸展型岩浆岩组合相吻合, 进一步支持区域构造背景可能受多板块相互作用的控制。

梁承华等(2019)通过区域构造研究表明, 华南东部白垩纪至新生代的古构造应力场经历了多期演化。基于江南东段(景德镇 - 歙县剪切带、球川 - 萧山断裂)断层滑移矢量反演, 共厘定出 7 期构造应力场: 早白垩世早期(136~125 Ma)为 NW-SE 向伸展; 早白垩世晚期(125~107 Ma)为 N-S 向挤压与 E-W 向伸展; 早白垩世末期至晚白垩世早期(105~86 Ma)为 NW-SE 向伸展; 晚白垩世中期(86~80 Ma)为 NW-SE 向挤压与 NE-SW 向伸展; 晚白垩世晚期至始新世末期(80~36 Ma)为 N-S 向伸展; 始新世末期至渐新世早期(36~30

Ma)为 NE-SW 向挤压与 NW-SE 向伸展；渐新世早期至中新世中期(30~17 Ma)为 NE-SW 向伸展。其中，前 4 期与古太平洋板块俯冲、后撤及微地块碰撞有关；第 5 期受新特提斯板片后撤控制；后两期与印-亚碰撞远程效应相关。这一应力场演化序列表明，华南东部白垩纪以来受伸展与走滑构造体制交替控制，为理解桂东南地区晚白垩世岩浆活动的构造背景提供了区域尺度约束[17] (图 2)。



Figure 2. Shallow intrusive rocks of diabase in Bobai, southeastern Guangxi
图 2. 桂东南博白辉绿岩浅层侵入岩

3. 华南晚中生代动力学模型

晚中生代是华南大陆重要的构造演化时期。特殊的构造环境控制了区内一系列断陷盆地和大规模岩浆岩的形成，众多学者以华南晚中生代岩浆岩为对象，从岩石类型、年代学、地球化学、分布规律及成因等方面探讨区域构造演化，提出了一系列动力学模型。

1) 太平洋板块俯冲角度变陡模型：古太平洋板块在中生代发生平板俯冲，随后俯冲角度逐渐变陡，导致岩浆活动向东南方向迁移，并形成大规模陆内造山带和火成岩省[12] [18]。

2) 板片拆沉 + 软流圈上涌 + 陆内伸展模型：古太平洋板块与欧亚大陆相互作用，平板俯冲后期发生板片拆沉、后撤，诱发软流圈上涌，控制了华南中生代多期基性岩浆活动[19]。

3) 板片拆沉 + 菲律宾板块碰撞 + 岩石圈伸展模型：180~150 Ma 陆内造山，150~135 Ma 俯冲后撤与拆沉引发伸展，135 Ma 后强烈减薄形成火成岩省；其间伴随菲律宾板块碰撞导致的挤压事件，110 Ma 后再次进入伸展阶段[20] [21]。

4) 新特提斯板块俯冲模型：认为华南晚白垩世的构造 - 岩浆 - 成矿作用受新特提斯洋向北俯冲及板片后撤控制。主要证据包括：① 晚白垩世(~100 Ma)欧亚大陆南缘发育一条东西向埃达克岩带，与洋脊俯冲的板片熔融特征一致[22]；② 桂东南六王石英斑岩(98 Ma)具有过铝质、显著 Eu 负异常及负 $\epsilon_{\text{Hf}}(t)$ 值(-3.2 ~ -1.6)，指示中元古代地壳重熔，其形成被归因于新特提斯俯冲[23]；③ 阳春盆地埃达克质岩(104~107 Ma)及石垌 Cu-Mo 矿床(辉钼矿 Re-Os 101~103 Ma)同样难以用太平洋俯冲解释，而符合新特提斯洋脊平板俯冲模型[16]。这些证据共同表明，位于太平洋与特提斯构造域过渡带的桂东南地区，其白垩纪中晚期岩浆活动受到新特提斯构造域的显著影响。

4. 晚白垩世岩浆岩年代学特征

年代学数据汇总

通过对桂东南及邻区(海南岛东缘、阳春盆地、广东东源、佛子冲等)岩浆岩及相关矿床年龄数据的系统统计(表1),可将该区域的岩浆活动归纳为一个显著的峰值期——早白垩世晚期至晚白垩世早期(116~96 Ma)。

Table 1. Geochronological data of magmatic rocks and related skarns in southeastern Guangxi and adjacent areas

表 1. 桂东南及相邻地区岩浆岩及相关矽卡岩年代学数据

No.	样品编号	采样地点	岩石类型	年龄(Ma)	测试方法	来源
1	HN21-01	海南岛东缘	花岗闪长岩	106.79 ± 0.73	云母 ⁴⁰ Ar- ³⁹ Ar	张玉莲等(2025)
2	HN21-12	海南岛东缘	黑云二长花岗岩	97.08 ± 0.74	云母 ⁴⁰ Ar- ³⁹ Ar	张玉莲等(2025)
3	HN21-18	海南岛东缘	黑云二长花岗岩	96.81 ± 0.54	云母 ⁴⁰ Ar- ³⁹ Ar	张玉莲等(2025)
4	SL01	阳春盆地	花岗闪长岩	106.6 ± 1.3	锆石 U-Pb	张丽鹏(2017)
5	SL30	阳春盆地	花岗闪长岩	104.4 ± 1.0	锆石 U-Pb	张丽鹏(2017)
6	ZK8502-594	阳春盆地	石英闪长岩	103.9 ± 0.5	辉钼矿 ⁺ Re-Os	张丽鹏(2017)
7	ZK4503-662	阳春盆地	矽卡岩	101.5 ± 0.9	辉钼矿 ⁺ Re-Os	张丽鹏(2017)
8	ZK4503-686	阳春盆地	矽卡岩	101.7 ± 0.6	辉钼矿 ⁺ Re-Os	张丽鹏(2017)
9	SL27-1	阳春盆地	石英脉	101.3 ± 0.4	辉钼矿 ⁺ Re-Os	张丽鹏(2017)
10	SL33	阳春盆地	石英脉	102.5 ± 0.4	辉钼矿 ⁺ Re-Os	张丽鹏(2017)
11	DY05-1	广东东源	粗中粒黑云母二长花岗岩	116.1 ± 1.7	锆石 U-Pb	叶升明(2024)
12	DY10-1	广东东源	花岗斑岩	106.75 ± 1.2	锆石 U-Pb	叶升明(2024)
13	LW-16	佛子冲	花岗斑岩	102.1 ± 1.2	锆石 U-Pb	张学娇(2023)
14	LW-08	佛子冲	矽卡岩	102.4 ± 2	锆石 U-Pb	张学娇(2023)
15	CX16	六王镇	石英斑岩	98 ± 0.64	锆石 U-Pb	刘兴源(2022)
17	LC01	陆川	黑云母二长花岗岩	104.8 ± 0.8	锆石 U-Pb	吴高逊等(2023)
18	LC02	陆川	花岗细晶岩	103.9 ± 1.0	锆石 U-Pb	吴高逊等(2023)
14	19XZT-01	新州塘	安山岩	100.5 ± 1.7	锆石 U-Pb	李衣鑫等(2023)
15	19XZT-02	新州塘	安山岩	98.6 ± 1.5	锆石 U-Pb	李衣鑫等(2023)
16	20XZT-02	新州塘	安山岩	98.6 ± 0.7	锆石 U-Pb	李衣鑫等(2023)
17	20XZT-04	新州塘	安山岩	98.4 ± 0.7	锆石 U-Pb	李衣鑫等(2023)
18	19DY-02	大业镇	英安岩	99.2 ± 1.6	锆石 U-Pb	李衣鑫等(2023)
19	YMP02	油麻坡	矽卡岩	100.1 ± 3.3	辉钼矿 ⁺ Re-Os	蔡明海等(2018)
20	YMP1	油麻坡	矽卡岩	96.67 ± 1.33	辉钼矿 ⁺ Re-Os	冯定素等(2016)
21	YMP2	油麻坡	矽卡岩	98.26 ± 1.36	辉钼矿 ⁺ Re-Os	冯定素等(2016)
22	YMP14	油麻坡	白云母花岗岩	103.3 ± 1.2	锆石 U-Pb	冯定素等(2016)
23	YMP30	油麻坡	黑云母花岗闪长岩	109.7 ± 1.1	锆石 U-Pb	冯定素等(2016)

海南岛东缘: 张玉莲等(2025)获得的花岗闪长岩及黑云二长花岗岩的云母 ⁴⁰Ar-³⁹Ar 年龄集中在 107~97 Ma, 记录了该时期的快速剥露事件[24]。

阳春盆地: 张丽鹏(2017)获得石炭岩体(花岗闪长岩、石英闪长岩)锆石 U-Pb 年龄为 107~104 Ma, 辉钼矿 Re-Os 年龄为 101~103 Ma, 显示了典型的成岩成矿同期性[16]。认为新特提斯板块的俯冲是石炭 Cu-

Mo 矿床的成因。

广东东源：叶升明(2024)识别出三期岩浆活动，其中与本研究主题相关的晚白垩世早期粗中粒黑云母二长花岗岩年龄为 116 Ma，花岗斑岩为 107 Ma [25]。认为形成于燕山期地壳减薄的伸展构造环境中，在伸展构造背景下，地幔上涌的高温诱发下地壳的中元古代岩石发生部分熔融，岩浆上升并侵位形成了青溪复式岩体花岗岩。

佛子冲：张学娇(2023)测得锆石 U-Pb 花岗斑岩年龄为 102 Ma，矽卡岩石榴子石 U-Pb 年龄为 102 Ma [26]。其形成于与新特提斯板块向华南大陆俯冲的构造背景和燕山晚期拉张伸展的构造动力学背景。

六王镇：刘兴源等(2022)测得锆石 U-Pb 花岗斑岩年龄为 98 Ma，根据其地球化学特征，证明其形成可能受到新特提斯板块俯冲的影响[23]。

陆川：吴高逊等(2023)获得锆石 U-Pb 年龄为 105 Ma 和 104 Ma，结合地球化学特征，认为陆川岩体形成于早白垩世晚期古太平洋板块向华南板块俯冲后撤导致的弧后伸展背景[27]。

新州塘、大业镇：李衣鑫等(2023)获得安山岩和英安岩，锆石 U-Pb 年龄分别为 99~100.5 Ma、99 Ma，均形成于早白垩世晚期。结合地球化学特征，表明它们的形成与晚中生代华南大陆的拉张伸展构造密切相关[28]。

油麻坡：冯定素等(2016)获得油麻坡复式花岗岩体锆石 U-Pb 年龄和矽卡岩型辉钼矿 Re-Os 年龄分别为 103 Ma、110 Ma 和 97 Ma。蔡明海等(2018)获得该地区矽卡岩型辉钼矿 Re-Os 年龄为 100 Ma [29] [30]。

上述年龄数据一致表明，该地区在 116~96 Ma 期间经历了一次强烈的构造 - 岩浆 - 热事件。值得注意的是，海南岛东缘的云母 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 冷却年龄(97~107 Ma)普遍略晚于粤西地区(阳春盆地、广东东源)的锆石 U-Pb 结晶年龄(104~116 Ma)。这一差异反映了岩浆侵位后区域冷却过程的时空不均匀性，可能与晚白垩世伸展背景下的剥露作用有关。此外，该期岩浆活动与区域上两期成矿事件(~104 Ma Cu-Mo 成矿、~103 Ma Pb-Zn 成矿)在时间上高度吻合，暗示岩浆作用与成矿具有密切的成因联系。

通过对桂东南及邻区岩浆活动以及前人的研究结果，我们将其进一步划分为两个明确的阶段：

第一期(120~100 Ma)——构造体制转换期：可进一步细分为两个小阶段。第一个小阶段(~116 Ma)以广东东源青溪复式岩体粗中粒黑云母二长花岗岩(116.1 ± 1.7 Ma)为代表，属于高分异 A₂ 型花岗岩，记录了古太平洋板块后撤引发的伸展背景；第二个小阶段(110~100 Ma)为岩浆活动主峰期，包括阳春盆地石菴岩体(107~104 Ma)、陆川岩体(105~104 Ma)、佛子冲花岗斑岩(102 Ma)等，其中~104 Ma 的埃达克质岩记录了新特提斯洋脊俯冲引发的短暂挤压事件。

第二期(102~79 Ma)——双后撤叠加伸展期：以 A 型花岗岩及相关的 W-Sn 成矿为特征，包括六王石英斑岩(98 Ma)、新州塘安山岩 - 英安岩(100~98 Ma)以及海南岛东缘的黑云二长花岗岩(97~96 Ma)，记录了古太平洋板块与新特提斯板块共同后撤叠加导致的伸展峰期。

5. 构造动力学背景：两大构造域的耦合作用

5.1. 新特提斯板块的洋脊俯冲与后撤转换

新特提斯洋在晚白垩世的演化包含两个截然不同的动力学过程：洋脊俯冲和板块后撤。二者在时间上先后发生，对华南南缘产生不同的构造效应。

1) 洋脊俯冲阶段(~110~100 Ma)：板块重建表明，约 110 Ma 时，新特提斯洋脊开始俯冲至华南南缘之下，当时的俯冲带距离桂东南地区约 1000 km [16]。洋脊的浮力导致平板俯冲，产生区域性短暂挤压，并诱发板片部分熔融形成高氧逸度的埃达克质岩浆。桂东南及邻区~104 Ma 的埃达克质岩及相关斑岩 - 矽卡岩型 Cu-Mo 矿床(如石菴)正是这一过程的产物。

2) 板块后撤阶段(<100 Ma): 约 100 Ma 之后, 新特提斯洋脊完全俯冲, 板片重力失稳开始发生后撤。后撤导致弧前伸展和弧后拉张, 地幔楔流动诱发软流圈上涌, 形成 A 型花岗岩及 W-Sn 成矿。桂东南六王石英斑岩(98 Ma)及新州塘火山岩(100~98 Ma)即形成于这一伸展背景[23]。

孙卫东等(2018)研究指出, 新特提斯洋脊在约 100~110 Ma 俯冲时, 存在板片的分异演化: 前片下沉导致挤压, 后片缓慢后撤引发伸展。这一机制可以合理解释为何在同一构造域内, 早期(~104 Ma)形成挤压背景下的埃达克质岩与 Cu-Mo 矿床, 而晚期(~103~98 Ma)则出现伸展背景下的矽卡岩型 Pb-Zn 矿床及 A 型花岗岩[16] [31]。

5.2. 古太平洋板块的俯冲后撤与区域伸展

值得注意的是, 古太平洋板块的后撤并非始于晚白垩世, 而是可以追溯到早白垩世晚期(~120 Ma)。广东东源地区~116 Ma 的 A₂ 型花岗岩正是这一早期后撤过程的产物, 记录了地壳减薄背景下的低压熔融。因此, 古太平洋板块后撤导致的伸展背景在时间上早于新特提斯洋脊俯冲引发的短暂挤压事件, 这一认识对于理解两大构造域的耦合关系至关重要。

进入晚白垩世早期, 构造体制发生重大转换, 由挤压逐渐向伸展过渡。越来越多的研究表明, 华南地区的白垩纪构造演化以压缩和拉伸事件交替发生为特征[32] [33]。Li 等(2014)通过对华南地区白垩纪盆地地岩浆活动与古构造应力场综合分析, 揭示了在中国南部的构造演化过程中具有挤压 - 伸展交替的特征, 数据表明, 在晚白垩世早期的 NW-SE 向压扭作用, 可能与西菲律宾地块与东亚大陆边缘的碰撞有关[33]-[35], 晚白垩世(107~90 Ma)的 A 型花岗岩和双峰式火山岩广泛发育, 构成了宽 600 km 的 NE 向岩浆岩带, 且岩浆活动呈现出从内陆向沿海逐渐年轻的发展趋势[36]-[38]。可能是俯冲的太平洋板片向 ESE 方向后撤的结果, 这些交替出现的挤压和伸展作用波具有相同的 WNW-ESE 方位, 与该时期古太平洋板片俯冲的运动方向一致[18] [39]。

古太平洋板块俯冲后撤的影响范围并不仅限于东南沿海。最新研究表明, 其导致的地壳伸展减薄效应从东南沿海一直延伸到雪峰山以西超过 1000 km。雪峰山以西的恩施、建始、来凤等晚白垩世盆地以高角度正断层为界, 呈典型的半地堑形态, 古应力场反演显示 NW-SE 向伸展体制, 与华南地块白垩纪伸展方向高度一致[40]。

深部动力学过程方面, Zhou 等(2025)通过数值模拟研究揭示, 在古太平洋板块持续俯冲的背景下, 远场挤压应力通过大陆板块传播, 导致下岩石圈地幔在流变性薄弱带发生水滴状拆沉。这一拆沉过程从约 160 Ma 开始, 持续至约 80 Ma, 拆沉水滴的迁移触发了地幔上涌流, 推动了地表伸展环境的形成[41]。

5.3. 两大构造域的协同作用

综合板块重建模型与区域岩浆 - 成矿记录, 桂东南地区晚白垩世两大构造域的相互作用可划分为三个明确的演化阶段(图 3)。

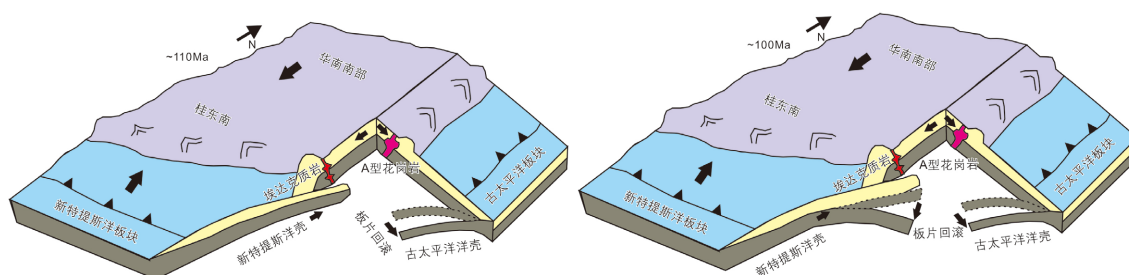


Figure 3. Late Cretaceous tectonic dynamic evolution model of southeastern Guangxi (Base map modified from [23])
图 3. 桂东南地区晚白垩世构造动力学演化模式图(底图根据[23]修改)

阶段一(~120~110 Ma): 古太平洋后撤主导的初始伸展期。古太平洋板块自早白垩世晚期开始持续后撤, 导致华南陆缘整体处于弧后伸展背景。这一过程的最早响应即为广东东源地区~116 Ma 的高分异 A₂ 型花岗岩, 记录了地壳减薄条件下的低压熔融。此时, 新特提斯洋脊尚未俯冲至华南南缘, 影响微弱。

阶段二(~110~100 Ma): 新特提斯洋脊俯冲导致的短暂挤压期。约 110 Ma, 新特提斯洋脊开始俯冲至华南南缘之下。洋脊的浮力导致平板俯冲, 产生区域性短暂挤压, 这解释了为何在区域性伸展背景下会出现~104 Ma 的埃达克质岩及与之相关的挤压背景 Cu-Mo 矿床(如石碇)。此时期古太平洋后撤的伸展效应被新特提斯洋脊俯冲的挤压效应所“叠置”或“掩盖”。

阶段三(<100 Ma): 两大板块后撤叠加主导的主伸展期。约 100 Ma 后, 新特提斯洋脊完全俯冲, 板片重力失稳开始后撤; 与此同时, 古太平洋板块持续后撤。两大板块的后撤效应在时间上重叠、空间上叠加, 触发了强烈的软流圈上涌和地壳减薄, 形成了 102~79 Ma 广泛分布的 A 型花岗岩、双峰式火山岩及 W-Sn 成矿大爆发。桂东南及邻区在这一时期达到了伸展峰期。

两大构造域的“此消彼长”机制可概括为: 古太平洋板块后撤提供了长期的、背景性的伸展环境; 新特提斯洋脊俯冲则在其间插入了一次短暂的挤压事件。当洋脊完全俯冲后, 新特提斯板块也转入后撤, 与古太平洋后撤形成合力, 导致伸展峰期。桂东南地区所处的特殊构造位置(两大构造域交汇带), 使其成为记录这种复合构造体制的理想地区。

综上所述, 古太平洋板块后撤提供了长期的、背景性的伸展环境, 而新特提斯洋脊俯冲则在其间插入了一次短暂的挤压事件; 当洋脊完全俯冲后, 新特提斯板块也转入后撤, 与古太平洋后撤形成合力, 触发了伸展峰期。两大构造域在桂东南地区的这种“此消彼长”与“叠加协同”关系, 是理解华南陆缘晚中生代构造演化的关键。

6. 结论

1) 桂东南及邻区在晚白垩世早期(116~96 Ma)发育一期重要的岩浆活动, 年龄峰值集中于 110~100 Ma, 记录了岩浆侵位及其随后的快速冷却过程。海南岛与粤西地区的年龄差异反映了区域伸展背景下的剥露时空不均一性。

2) 该时期岩石组合包括具埃达克质岩特征的花岗闪长岩(~104 Ma)和高分异 A₂ 型花岗岩(116~106 Ma), 两类岩石均显示壳源为主、兼有幔源物质混入的特征, 形成于伸展减薄的构造背景。

3) 华南及邻区白垩纪构造动力学表现出显著的非单一板块控制特征。早期(~104 Ma), 新特提斯板块的洋脊俯冲(平板俯冲)是形成埃达克质岩及 Cu-Mo 成矿的主因; 晚白垩世(102~79 Ma), 构造体制由挤压向伸展转换, 古太平洋板块俯冲后撤(主导)与新特提斯板块后撤(协同)共同作用, 导致地壳减薄、A 型花岗岩侵位及 W-Sn 成矿爆发。两大构造域在桂东南地区的叠加与转换, 为理解华南陆缘晚中生代构造演化提供了关键约束。

参考文献

- [1] Shu, L.S., Yao, J.L., Wang, B., et al. (2021) Neoproterozoic Plate Tectonic Process and Phanerozoic Geodynamic Evolution of the South China Block. *Earth-Science Reviews*, **216**, Article 103596. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2021.103596>
- [2] 李建华, 董树文, 赵国春, 等. 华南晚中生代大陆变形、深部过程及动力学[J]. 地质学报, 2024, 98(3): 829-861.
- [3] 覃小锋. 桂东南那卜韧性剪切带的基本特征及形成机制[J]. 华南地质与矿产, 2002(2): 13-23.
- [4] 覃小锋, 潘元明, 李江, 等. 桂东南云开地区变质杂岩锆石 SHRIMP U-Pb 年代学[J]. 地质通报, 2006, 25(5): 553-559.
- [5] 覃小锋, 潘元明, 夏斌, 等. 云开地块北缘构造带中变质基性火山岩的地球化学特征及其大地构造意义[J]. 地球化学, 2007, 36(3): 311-322.

- [6] 覃小锋, 王宗起, 胡贵昂, 等. 两广交界地区壶洞片麻状复式岩体的年代学和地球化学: 对云开地块北缘早古生代构造-岩浆作用的启示[J]. 岩石学报, 2013, 29(9): 3115-3130.
- [7] Wang, Y.J., Fan, W.M., Cawood, P.A., *et al.* (2007) Indosinian High-Strain Deformation for the Yunkaidashan Tectonic Belt, South China: Kinematics and $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ Geochronological Constraints. *Tectonics*, **26**, TC6008. <https://doi.org/10.1029/2007tc002099>
- [8] 王磊, 龙文国, 周岱, 等. 桂东南大容山晚二叠世花岗岩锆石 U-Pb 年龄和 Sr-Nd-Hf 同位素特征及其地质意义[J]. 地质通报, 2016, 35(8): 1291-1303.
- [9] 郭尚宇, 黄锡强, 农军年, 等. 云开地块西北缘三堡韧性剪切带变形特征及 $^{40}\text{Ar}-^{39}\text{Ar}$ 年代学研究[J]. 大地构造与成矿学, 2020, 44(3): 357-366.
- [10] 杨启军, 李聪聪, 杨金豹. 广西水汶盆地火山岩的地质地球化学特征——岑溪——博白断裂带中生代走滑过程的岩浆活动响应[J]. 矿产与地质, 2022, 36(4): 781-795.
- [11] Coney, P.J. and Reynolds, S.J. (1977) Cordilleran Benioff Zones. *Nature*, **270**, 403-406. <https://doi.org/10.1038/270403a0>
- [12] Li, Z.X. and Li, X.H. (2007) Formation of the 1300-km-Wide Intracontinental Orogen and Post-Orogenic Magmatic Province in Mesozoic South China: A Flat-Slab Subduction Model. *Geology*, **35**, Article 179. <https://doi.org/10.1130/g23193a.1>
- [13] Espurt, N., Funicello, F., Martinod, J., Guillaume, B., Regard, V., Faccenna, C., *et al.* (2008) Flat Subduction Dynamics and Deformation of the South American Plate: Insights from Analog Modeling. *Tectonics*, **27**, TC3011. <https://doi.org/10.1029/2007tc002175>
- [14] Liu, L., Xu, X.S. and Zou, H.B. (2012) Episodic Eruptions of the Late Mesozoic Volcanic Sequences in Southeastern Zhejiang, SE China: Petrogenesis and Implications for the Geodynamics of Paleo-Pacific Subduction. *Lithos*, **154**, 166-180. <https://doi.org/10.1016/j.lithos.2012.07.002>
- [15] 夏炎, 刘磊, 徐夕生. 中国东南部晚中生代 A 型花岗岩类与古太平洋板块俯冲-后撤[J]. 矿物岩石地球化学通报, 2016, 35(6): 1109-1119+1070-1071.
- [16] 张丽鹏. 特提斯闭合与白垩纪成矿——以阳春盆地为例[D]: [博士学位论文]. 广州: 中国科学院广州地球化学研究所, 2017.
- [17] 梁承华, 徐先兵, 李启铭, 等. 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, 2019, 44(5): 125-136.
- [18] Zhou, X.M. and Li, W.X. (2000) Origin of Late Mesozoic Igneous Rocks in Southeastern China: Implications for Lithosphere Subduction and Underplating of Mafic Magmas. *Tectonophysics*, **326**, 269-287. [https://doi.org/10.1016/s0040-1951\(00\)00120-7](https://doi.org/10.1016/s0040-1951(00)00120-7)
- [19] 孟立丰. 华南中生代构造深化特征——来自沉积盆地的研究证据[D]: [博士学位论文]. 杭州: 浙江大学, 2016.
- [20] 周静. 浙西北早白垩世花岗岩质岩石成因与构造演化[D]: [博士学位论文]. 杭州: 浙江大学, 2016.
- [21] 孙立强. 南岭诸广山地区中生代花岗岩成因及其对铀成矿作用的启示[D]: [博士学位论文]. 南京: 南京大学, 2018.
- [22] Zhang, L.P., Deng, J.H., Sun, S.J., *et al.* (2023) Subduction of the Neo-Tethys Ridge beneath the Eurasian Continent during the Cretaceous. *Ore Geology Reviews*, **154**, Article 105302. <https://doi.org/10.1016/j.oregeorev.2023.105302>
- [23] 刘兴源, 李赛赛, 张洪瑞, 等. 晚白垩世特提斯洋盆向华南大陆俯冲: 来自桂东南六王石英斑岩的证据[J]. 矿物岩石地球化学通报, 2022, 41(2): 374-387.
- [24] 张玉莲, 张万峰, 郑德文, 等. 海南岛白垩纪快速剥露的 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年代学证据及其古地理意义[J/OL]. 地质学报, 2026: 1-15. <https://link.cnki.net/doi/10.19762/j.cnki.dizhixuebao.2025041>, 2025-05-20.
- [25] 叶升明. 广东东源地区青溪复式岩体地球化学、年代学特征及成因分析[D]: [硕士学位论文]. 南昌: 东华理工大学, 2024.
- [26] 张学娇. 广西龙湾铅锌矿床年代学和地球化学特征及地质意义[D]: [硕士学位论文]. 桂林: 桂林理工大学, 2023.
- [27] 吴高逊, 王磊, 金鑫鏢, 等. 桂东南晚中生代陆川岩体的成因及其构造意义[J]. 华南地质, 2023, 39(1): 37-53.
- [28] 李衣鑫, 康志强, 许继峰, 等. 桂东南早白垩世晚期火山岩年代学, 地球化学特征及地质意义[J]. 地球科学, 2023, 48(8): 2872-2887.
- [29] 冯定素, 毛景文, 陈懋弘, 等. 广西油麻坡钨铋矿床成岩成矿年代学研究及其地质意义[J]. 矿床地质, 2016, 35(3): 491-508.
- [30] 蔡明海, 彭振安, 李超, 等. 桂东南油麻坡钨铋矿床 Re-Os 同位素年龄及其地质意义[J]. 地质学报, 2018, 92(5):

- 993-1002.
- [31] 孙卫东, 林秋婷, 张丽鹏, 等. 跳出南海看南海——新特提斯洋闭合与南海的形成演化[J]. 岩石学报, 2018, 34(12): 3467-3478.
- [32] Cui, J., Zhang, Y., Dong, S., Jahn, B., Xu, X. and Ma, L. (2013) Zircon U-Pb Geochronology of the Mesozoic Metamorphic Rocks and Granitoids in the Coastal Tectonic Zone of SE China: Constraints on the Timing of Late Mesozoic Orogeny. *Journal of Asian Earth Sciences*, **62**, 237-252. <https://doi.org/10.1016/j.jseaes.2012.09.014>
- [33] Li, J.H., Zhang, Y.Q., Dong, S.W., *et al.* (2012) Late Mesozoic-Early Cenozoic Deformation History of the Yuanma Basin, Central South China. *Tectonophysics*, **570**, 163-183. <https://doi.org/10.1016/j.tecto.2012.08.012>
- [34] Li, J.H., Zhang, Y.Q., Dong, S.W., *et al.* (2014) Cretaceous Tectonic Evolution of South China: A Preliminary Synthesis. *Earth-Science Reviews*, **134**, 98-136. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2014.03.008>
- [35] Faure, M., Lin, W., Chu, Y. and Lepvrier, C. (2016) Triassic Tectonics of the Ailaoshan Belt (SW China): Early Triassic Collision between the South China and Indochina Blocks, and Middle Triassic Intracontinental Shearing. *Tectonophysics*, **683**, 27-42. <https://doi.org/10.1016/j.tecto.2016.06.015>
- [36] 陈卫锋, 陈培荣, 徐夕生, 等. 华南白垩纪玄武质岩石的地球化学特征及其对太平洋板块俯冲作用的制约[J]. 中国科学: D 辑(地球科学), 2005, 35(11): 1007-1018.
- [37] 肖倩茹, 赵涵, 王强, 等. 浙西燕山期岩浆岩成岩构造背景及成矿响应[C]//2018 中国地球科学联合学术年会论文集. 2018: 135-137.
- [38] Jahn, B.M., Chen, P.Y. and Yen, T.P. (1976) Rb-Sr Ages of Granitic Rocks in Southeastern China and Their Tectonic Significance. *Geological Society of America Bulletin*, **87**, 763-776. [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1976\)87<763:raogri>2.0.co;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1976)87<763:raogri>2.0.co;2)
- [39] Xu, X.S., Suzuki, K., Liu, L., *et al.* (2010) Petrogenesis and Tectonic Implications of Late Mesozoic Granites in the NE Yangtze Block, China: Further Insights from the Jiuhuashan-Qingyang Complex. *Geological Magazine*, **147**, 219-232. <https://doi.org/10.1017/s0016756809990367>
- [40] Zhang, Q.H., Qiu, L., Yan, D.P., *et al.* (2025) Impact of Slab Rollback on the Surface of Overriding Plate: Late Cretaceous Extension and Topographic Evolution to the West of the Xuefeng Orogen in the South China Block. *Tectonics*, **44**, e2024TC008354. <https://doi.org/10.1029/2024tc008354>
- [41] Zhou, S.D., Wu, B. and Wang, X.L. (2025) Secular Lithospheric Delamination Controls Late Mesozoic Magmatism and Basin Evolution in South China. *Earth and Planetary Science Letters*, **671**, Article 119660. <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2025.119660>