

青藏高原东南缘腾冲地块白垩纪岩浆作用研究现状

蔡瑾, 刘丽薇, 何琪贵

桂林理工大学地球科学学院, 广西 桂林

收稿日期: 2024年12月10日; 录用日期: 2025年2月3日; 发布日期: 2025年2月12日

摘要

腾冲地块处于青藏高原东南缘, 地质构造复杂, 岩浆活动频繁, 变形变质作用强烈, 特别是地块内的高黎贡构造带、叫鸡冠梁子矿床和泸水-龙陵-瑞丽俯冲增生杂岩保存了较丰富的白垩纪岩浆作用记录, 为正确认识腾冲地块中生代的构造演化提供了理想窗口。本文综合目前有关腾冲地块白垩纪岩浆作用的重要文献资料, 综述了腾冲地块白垩纪岩浆活动特征、岩石成因及其形成演化过程。整体看来, 腾冲地块白垩纪岩浆作用的地球动力学机制主要与板块的俯冲作用有关, 主要受控于中特提斯洋的演化。

关键词

腾冲地块, 中生代, 岩浆作用, 中特提斯洋

Current Research of Cretaceous Magmatism in Tengchong Block, Southeastern Tibet

Jin Cai, Liwei Liu, Qigui He

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

Received: Dec. 10th, 2024; accepted: Feb. 3rd, 2025; published: Feb. 12th, 2025

Abstract

Tengchong block is located in the southeastern margin of Qinghai-Tibet Plateau, with complex

文章引用: 蔡瑾, 刘丽薇, 何琪贵. 青藏高原东南缘腾冲地块白垩纪岩浆作用研究现状[J]. 地球科学前沿, 2025, 15(2): 149-156. DOI: 10.12677/ag.2025.152017

geological structure, frequent magmatic activities and strong deformation and metamorphism. In particular, the Gaoligong tectonic belt, Jiaojiguanliangzi deposit and Lushui-Longling-Ruili subduction accretion complex in the block have preserved numerous Cretaceous magmatism records, providing an ideal window for correctly understanding the Mesozoic tectonic evolution of Tengchong block. In this paper, the characteristics of Cretaceous magmatism, rock genesis and its formation and evolution process in Tengchong block are summarized by synthesizing the current important literature materials about Cretaceous magmatism in the block. On the whole, the geodynamic mechanism of Cretaceous magmatism in Tengchong block is mainly related to plate subduction and primarily controlled by the evolution of the Meso-Tethys Ocean.

Keywords

Tengchong Block, Mesozoic, Magmatism, Meso-Tethys Ocean

Copyright © 2025 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

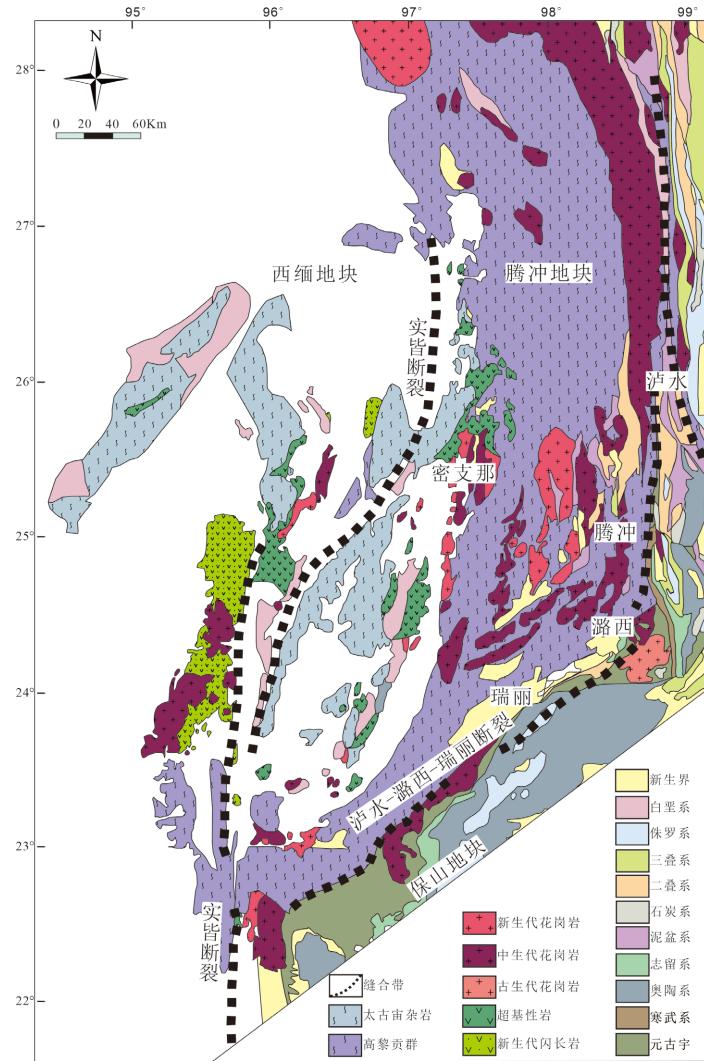
1. 引言

青藏高原东南缘由多个地块和缝合带构成，其形成经历了漫长而复杂的板块运动过程。腾冲地块的边界由高黎贡构造带和密支那蛇绿岩带所界定，东与保山地块相邻，西与西缅地块相接(图 1)。在地质历史时期，腾冲地块经历了多次重要的构造事件[1]，这些事件深刻地塑造了其现今的地质特征。特提斯班公湖 - 怒江洋的俯冲以及腾冲与保山地块的碰撞拼合(170~100 Ma)，对腾冲地块产生了深远影响[2]。随后，新特提斯雅鲁藏布 - 密支那洋的俯冲和印度板块向北的俯冲碰撞(150~65 Ma)，进一步加剧了地块的变形和演化[2]。这些板块运动导致腾冲地块发生大规模的旋转、逃逸和走滑(35~17 Ma)，使其成为一个多期变形、岩浆活动和变质作用叠加的复杂地块[3]。

腾冲地块内的岩浆活动频繁且多样，主要集中在中 - 新生代[4]。从早白垩世到新生代，不同时期的岩浆岩在岩石类型、地球化学特征和分布上呈现出明显的差异，这些岩浆活动与板块俯冲、碰撞等地质过程密切相关[5]，为研究地块的构造背景提供了重要线索。例如，早白垩世的岩浆岩可能是怒江洋俯冲过程中地幔楔物质部分熔融以及壳源物质部分熔融的产物[6]，而新生代的火山岩则可能与区域应力调整和深部地幔岩浆活动有关[7]。

高黎贡构造带及其东南缘的俯冲增生杂岩带是腾冲地块构造演化的重要记录。该杂岩带由多种岩石类型组成，包括蛇纹石化橄榄岩、玄武岩、辉长岩、硅质岩和浊积岩等[8]，其形成过程与怒江洋的俯冲、板块碰撞以及增生作用密切相关，经历了从洋壳俯冲初始阶段到最终碰撞拼合的多个阶段[9]。研究该杂岩带的岩石组合、地球化学特征和形成时代，有助于揭示腾冲地块在特提斯洋演化过程中的构造环境变化和物质循环过程。

由此看来，通过对腾冲地块的研究，不仅可以深入了解其自身的构造演化历史，还能为探讨青藏高原东南缘乃至整个东特提斯构造域的形成与演化提供关键信息，同时有助于揭示地幔物质的循环过程以及不同地块之间的相互作用机制，具有重要的科学意义。因此，本研究旨在综合现有相关重要文献资料，对腾冲地块的构造特征、岩浆活动以及俯冲增生杂岩带的形成与演化等研究现状进行综述，为理解青藏高原东南缘的构造格局和地质过程提供资料。

**Figure 1.** Simplified geological map of Tengchong block**图 1. 腾冲地块地质简图**

2. 地质背景

青藏高原东南缘包含腾冲地块、怒江结合带和保山地块三个二级构造单元，地质构造极为复杂。大地构造上，腾冲保山地区属于缅泰马微陆块北部。在三叠纪时，该地块处于古特提斯主洋盆(昌宁-孟连古特提斯洋)封闭前陆部位[10]。新特提斯洋扩张时，其间形成班公湖-怒江洋盆东延分支海槽，该海槽于早侏罗世闭合，致使腾冲地块和保山地块碰撞，形成高黎贡碰撞构造带[11]。以泸水-龙陵-瑞丽大断裂为界，腾冲地块与保山地块的基底岩石类型差异明显。

腾冲地块地层特征复杂多样，涵盖了从元古代到新生代的多个时期，岩石类型丰富，且经历了不同程度的变质和变形作用。腾冲地块的构造特征以NE-SW向的断裂带为主，构造带包括深变质的高绿片岩相到角闪岩相变质带，以及两侧的低变质绿片岩相带[4]，其中，东侧低变质绿片岩带的浅变质岩原岩包含早古生代至中侏罗世海相和海陆交互沉积岩，西侧低变质绿片岩带主要为晚古生代和中生代的浅海-滨海相沉积序列[11]。高黎贡山群被认为是腾冲地块的古老结晶基底，年代大致为新元古代到早古生代，岩性结构与其他类似的高山结晶杂岩带(如喜马拉雅结晶杂岩等)相似，主要由变质岩组成，这些变质岩包

括黑云斜长片麻岩、黑云母质斜长变粒岩、云母片岩、石英岩等，变质强度达绿片岩相和角闪岩相，高黎贡山群整体向南西延伸至缅甸，成为 Mogok 片麻岩系的一部分[12] [13]。在基底岩层之上，腾冲地块有厚厚的沉积盖层，包含了不同的沉积环境和地质时期。东南部的沉积岩主要由古生代的碎屑岩和碳酸盐岩组成，覆盖着中生代和新生代的岩层；西北部的地层则以高黎贡山群为代表，具有较强的混合岩化特征，包含新元古代到早古生代的陆源沉积，特别是大陆玄武岩和花岗岩的组合[14] [15]。

在中生代和新生代时期，腾冲地区经历了强烈的火山活动，其中，中生代侵入岩主要为早白垩世闪长岩 - 花岗闪长岩 - 花岗岩，呈带状分布于构造带中，与围岩呈侵入接触关系[6]。中生代火山岩为早白垩世英安岩和流纹岩，主要分布于高黎贡及其东南缘的龙陵 - 瑞丽、西北缘的梁河一带[4] [12] [16]。

3. 腾冲地块白垩世岩浆作用

3.1. 高黎贡构造带

3.1.1. 岩石类型

高黎贡构造带(高黎贡剪切带)位于腾冲和保山地块之间，是新生代重要的走滑断裂系统。该带内发育有不同时代的岩浆岩，以发育早白垩世花岗岩为主[17]。这些花岗岩类岩石在矿物组成、结构和构造上存在一定差异，但总体以长石、石英为主要矿物，部分含有角闪石、黑云母等矿物[17]。除花岗岩类外，还存在少量的石英闪长岩、辉长 - 闪长质包体等岩石类型[5]。

3.1.2. 岩浆源区与成因

Zhu 等[17]研究了青藏高原东南部高黎贡构造带早白垩世晚期石英闪长岩 - 花岗闪长岩 - 二长花岗岩组合，这套岩石组合具有不同的岩浆源区。石英闪长岩中未发现包晶矿物，因此排除了包晶矿物夹带模型；其地球化学特征与岩浆演化过程中斜长石、钛铁矿等矿物的分异一致，但 REE 模式不支持简单的基性 - 酸性两端元混合模型，且与花岗闪长岩 - 二长花岗岩组合在元素和同位素特征上存在差异，表明源区不同。花岗闪长岩和二长花岗岩在地球化学图解中的线性趋势支持岩浆混合或分离结晶模型，岩石学证据也表明存在岩浆混合过程[17]。拉萨地块中部和北部在约 113 Ma 发生岩浆爆发，与俯冲的班公湖 - 怒江洋壳板片断裂有关，该岩浆作用具有双峰式特征[18]，指示伸展环境，伴有地壳生长。高黎贡带的花岗岩类岩石具有指示地幔参与的特征，如 SiO_2 含量范围宽、含角闪石、锆石 Hf 同位素组成变化大等[9] [16]，表明其形成与俯冲有关，而非陆内环境。腾冲地块与拉萨地块经历了相似的构造 - 岩浆历史[5]，约 120~110 Ma 的广泛岩浆作用可能由班公湖 - 怒江洋壳板片断裂触发，板片断裂导致的地幔上涌使各种源区发生部分熔融，形成了带内不同类型的岩浆岩。

3.2. 泸水 - 龙陵 - 瑞丽俯冲增生杂岩

3.2.1. 岩石类型

泸水 - 龙陵 - 瑞丽断裂带走向与高黎贡构造带一致，具有右行走滑剪切特点[4]，其活动时代与区域构造演化相关。在断裂带及周边区域，花岗岩类岩石是主要的岩浆岩类型之一。近年来的地质调查在高黎贡东南缘泸水 - 龙陵 - 瑞丽俯冲增生杂岩带发现了玄武岩和辉长岩等基性岩类，并通过年代学特征分析得出，185 Ma 代表辉长岩侵位时代[4]，该年龄与拉萨 - 南羌塘地块间班怒带蛇绿岩带形成时代一致，体现了怒江洋初始俯冲时代。早白垩世中酸性火山岩的发现[19] [20]，进一步证实了腾冲地块东部存在早白垩世火山活动。泸水 - 龙陵 - 瑞丽断裂带内发现的早白垩世中酸性火山岩主要为流纹岩、英安岩及流纹质熔结角砾岩等，这些岩石表现出强烈的富硅(SiO_2)、富碱特征，并属于高钾钙碱性[19] [20]。龙陵 - 瑞丽大断裂还广泛发育同期花岗质侵入岩。二长花岗岩主要分布在潞西市邦木村一带，呈北东 - 南西向

展布，侵入于古元古代高黎贡山群变质岩中。岩石为浅灰色中细粒似斑状结构，含有斜长石、钾长石、石英、黑云母及白云母等矿物成分，显示出钙碱性 I 型花岗岩特征，并具有岛弧型花岗岩的地球化学属性。该类岩石的锆石 U-Pb 年龄集中在 120.5 ± 1.7 Ma，表明其形成于早白垩世初期[21]。片麻状花岗岩则广泛见于腾冲地块，这些岩石经历了强烈的构造变形与深熔作用，呈现出明显的片麻理构造。矿物组合包括碱性长石、斜长石、石英和黑云母，部分长石形成眼球状变斑晶。锆石 U-Pb 年龄数据显示其原岩形成于约 456 Ma 的早古生代，而在早白垩世(约 117~66 Ma)期间再次经历了深熔作用，导致了新的岩浆事件[22]。

3.2.2. 岩浆源区与成因

根据前人对泸水 - 龙陵 - 瑞丽俯冲增生杂岩带内基性 - 超基性岩的地球化学特征、稀土配分模式、微量元素蛛网图、构造环境判别图解的分析结果[4]，超基性岩主要为方辉橄榄岩，经历了高度的部分熔融和熔体抽离，为 SSZ 型橄榄岩，形成于弧前构造背景；基性岩以玄武岩和辉长岩为主，属于洋岛/海山型，来源于富集地幔，玄武岩的 $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ (0.512647~0.51280) 分布与南太平洋南端岩浆一致，表明岩浆来源于受到俯冲远洋沉积物改造地幔的 Pitcairn 洋岛玄武岩。结合年代学特征，反映其地幔源区受到了原特提斯俯冲洋壳物质的改造，形成于不均一的富集地幔。中酸性火山岩(约 130 Ma)显示出 TiO_2 含量较低 (0.58%~0.85%)，类似于岛弧区钙碱性火山岩；同时，它们强烈富集大离子亲石元素如 Rb、K、Th、Pb 等，相对于原始地幔可达 1000 倍左右，表明岩浆源区可能有地壳物质加入。通过锆石 U-Pb 定年技术获得的数据揭示，该地区火山岩的年龄约为 130.0 ± 1.7 Ma，这与班公湖-怒江洋闭合时间(约 159~99 Ma)相近，且与藏东八宿地区朱村组火山岩的形成时期一致，结合区域地质资料和同位素年代学结果可以推断，这些火山岩是在早白垩世怒江洋闭合过程中，由于板块俯冲碰撞造山作用所引起的岩浆活动产物，反映了特提斯演化过程中的岩浆响应[19][20]。二长花岗岩(约 120.5 Ma)则形成于早白垩世岛弧构造环境中，属于钙碱性 I 型花岗岩，具有典型的岛弧型花岗岩特征。这类花岗岩的岩浆源区可能是俯冲带上方增厚的地壳，在高温低压条件下经历了部分熔融，结果表明其是在板块俯冲碰撞造山作用过程中产生的岩浆活动产物[21]。片麻状花岗岩原岩形成于早古生代，锆石 U-Pb 年龄为 456 Ma，这时期的岩浆可能源于地壳深熔作用或古老下地壳的部分熔融。随后，在早白垩世(约 117~66 Ma)，由于班公湖 - 怒江 - 泸水 - 瑞丽洋关闭，左贡 - 保山微板块向南西俯冲至波密 - 腾冲微板块之下，引发了强烈的挤压、陆内俯冲碰撞，导致区域地壳加厚并发生部分熔融，形成了大规模的中酸性岩浆[22]。

3.3. 腾冲县叫鸡冠梁子(JJGLZ)矿床

3.3.1. 岩石类型

腾冲地块位于班公湖-怒江缝合带(BNSZ)和印度河 - 雅鲁藏布江 - 密支那缝合带(IYMSZ)之间，叫鸡冠梁子(JJGLZ)矿床是近年在中缅边境附近发现的中型 - 大型矽卡岩型铁多金属矿床。矿区地层单元主要为二叠系空树河组，是铁多金属矿床的主要赋矿地层，岩性包括角岩、灰岩、大理岩和矽卡岩透镜体等，发生了强烈的矿化和蚀变[23]。Cao 等[24] 2014 年在空树河组解体出被矿化和蚀变围绕着的早白垩世中细粒黑云母二长花岗岩，花岗岩具有斑状结构，主要矿物包括钾长石、斜长石、石英、黑云母和白云母等，基质由石英和长石组成，含少量磁铁矿、锆石等。花岗斑岩与成矿关系最密切。叫鸡冠二长花岗斑岩富 Si、Al、K，贫 Mg、Fe、Ca，平均铝饱和指数(A/CNK)为 1.16，表现为 S 型花岗岩特征，CIPW 计算的刚玉标准矿物体积分数为 0.44%~3.36%，平均 1.99%。表明叫鸡冠二长花岗斑岩为过铝 - 强过铝质，矿物组成中含有指示过铝质的白云母矿物[24]。研究进一步发现，矿区经历了区域变质和热液交代作用，围岩蚀变包括矽卡岩化、硅化、黄铁矿化和云英岩化等，矿石矿物主要有赤铁矿、磁铁矿、黄铁矿和锡

石等，脉石矿物有石英、长石和绢云母等，矿石结构构造多样，除铁外，还含有多种重要金属元素[24]。

3.3.2. 岩浆源区与成因

Cao 等[24]认为叫鸡冠梁子花岗岩岩体更接近 S 型花岗岩，结合锆石 $\varepsilon_{\text{Hf}}(t)$ 值为负，判断其为大陆碰撞花岗岩类(CCG)，属于含白云母过铝质花岗岩类(MPG)，单阶段和两阶段 Hf 模式年龄分别为 907 Ma 和 1361 Ma，表明其由古老地壳部分熔融形成。叫鸡冠梁子花岗岩具有较高的 SiO_2 含量(71.94%~74.25%)和较低的 $\text{TFeO} + \text{MgO} + \text{TiO}_2$ 值(1.48%~1.85%)， $\text{TFeO} + \text{MgO} + \text{TiO}_2$ 值随 SiO_2 含量变化保持稳定，与天然泥质岩熔融实验结果一致[25]，表明该岩体岩浆可能来源于以泥质成分为主的沉积岩原岩。辉钼矿 Re-Os 年龄(122 ± 0.7 Ma)与花岗岩锆石 U-Pb 年龄(120 ± 0.6 Ma)相近[24]，表明成矿与岩浆活动同期，且与早白垩世岩浆活动密切相关。矿床产于花岗岩体与碳酸盐岩接触带，矿体与围岩呈渐变过渡，矿石矿物多样，地质特征及成矿年龄表明矽卡岩化和金属氧化物形成与热液交代作用有关[24]，与班公湖-怒江成矿带的铁矽卡岩型矿床相似，暗示腾冲地区可能是班公湖-怒江成矿带向东南延伸的部分，成矿潜力大。

4. 腾冲地块白垩纪岩浆作用的地球动力学机制

前人对于青藏高原东南缘区域构造演化的认识存在诸多不同观点，特别是关于班公湖-怒江洋在腾冲地块周边的俯冲方向及演化过程争议较大。主流认识主要有中-新特提斯洋向北或向南俯冲、双向俯冲、拉萨地块与羌塘地块碰撞导致地壳增厚熔融以及拉萨地块沿班公湖-怒江缝合带向北俯冲[13]。腾冲地块及其沿怒江断裂带均发育了大量与中-新特提斯演化有关的岩浆作用[4] [19] [20] [24] [26]。有研究表明，自 250 Ma 以来的岩浆作用携带了大量的新生物质增生到腾冲地块的古老基底中[12]。

Qi 等[26]通过高黎贡山岩石组合(闪长岩、花岗闪长岩和花岗岩的组合)及其地球化学特征(如金属性、富碱、富集轻稀土和大离子亲石元素、Eu 和 Ba、Nb、Ta、P、Ti 负异常等)、锆石 Hf 同位素特征(显示地幔物质贡献)以及区域地层沉积特征(直到约 118 Ma 仍为海相沉积)和混杂岩带(类似班公湖-怒江缝合带的蛇绿混杂岩特征)均表明，高黎贡造山带的早白垩世岩浆岩形成于与俯冲相关的构造环境，是俯冲向碰撞转换过程中的产物。

Cao 等[24]关于腾冲北部叫鸡冠梁子(JJGLZ)矿床及其花岗岩体的研究表明，花岗岩岩体属于同碰撞和后碰撞花岗岩，代表了班公湖-怒江缝合带同碰撞挤压事件的结束和后碰撞伸展事件的开始，并进一步提出，晚侏罗世-早白垩世，班公湖-怒江洋壳向南俯冲，随后中特提斯洋关闭，腾冲地块与保山地块在早白垩世初碰撞，构造体制转变。

Xie 等[27]通过对勐连岩基进行研究，得出 132~122 Ma 的 I 型花岗岩代表大陆地壳再造；122~112 Ma 的钙碱性 I 型花岗岩平均成分接近大陆地壳，其形成与地幔物质加入有关，说明地幔物质加入古老地壳熔体可能是碰撞带地壳生长的有效过程。

Fang 等[13]在其研究中明确了腾冲地块早白垩世岩浆岩的形成与班公湖-怒江洋向东北俯冲密切相关，并进一步通过对老乡坑岩体的详细研究，证实了在早白垩世时期，该洋盆的俯冲方向为东北向，且其俯冲过程引发了地幔物质上涌和地壳物质熔融，进而形成了高分异 I 型花岗岩，而非此前研究认为的 S 型花岗岩。

腾冲地块与周边地块(如保山地块、西缅甸地块等)的相互作用关系一直是研究的重点和难点。有部分学者认为，高黎贡构造带是腾冲与保山地块之间的边界性中特提斯缝合带，向北经东构造结与班怒带相连，其依据包括高黎贡构造带内发育与班公湖-怒江缝合带侵位时代和构造背景一致的早白垩世花岗岩带和多金属成矿带[8]；腾冲地块内地质特征与拉萨地块相似，而与保山地块和南羌塘地块不同[28]；以及腾冲地块与保山地块内花岗岩锆石地壳模式年龄和古生代沉积岩碎屑锆石年龄峰值存在不同[29]。此外，高黎贡东南缘俯冲增生杂岩带的岩石组合、块体性质和时代与拉萨-南羌塘地块之间班公湖-怒江缝合

带内的 SSZ 型蛇绿带一致[9]，进一步证明了腾冲地块与班公湖-怒江缝合带在构造演化上的联系，说明腾冲地块在区域构造体系中是班公湖-怒江缝合带构造演化的重要组成部分，其构造背景受到班公湖-怒江洋俯冲、闭合等过程的显著影响。在中特提斯洋演化过程中，腾冲地块与班公湖-怒江缝合带所在区域共同经历了洋壳俯冲、板块碰撞等一系列构造事件[30]，形成了现今复杂的构造格局。因此，整体看来，腾冲地块白垩纪岩浆作用的地球动力学机制主要与板块的俯冲作用有关，主要受控于中特提斯洋的演化。

5. 结语

腾冲地块白垩纪岩浆活动频繁，特别是泸水-龙陵-瑞丽俯冲增生杂岩带保存有较典型的与俯冲作用相关的基性-超基性岩，为正确认识腾冲地块的大地构造演化提供了依据。整体看来，腾冲地块白垩纪岩浆作用的地球动力学机制主要受控于中特提斯洋的演化。

基金项目

本研究受广西自然科学基金项目(2022GXNSFAA035620)资助。

参考文献

- [1] Metcalfe, I. (2013) Gondwana Dispersion and Asian Accretion: Tectonic and Palaeogeographic Evolution of Eastern Tethys. *Journal of Asian Earth Sciences*, **66**, 1-33. <https://doi.org/10.1016/j.jseas.2012.12.020>
- [2] 莫宣学, 潘桂棠. 从特提斯到青藏高原形成: 构造-岩浆事件的约束[J]. 地学前缘, 2006, 13(6): 43-51.
- [3] Tappognier, P., Peltzer, G., Le Dain, A.Y., Armijo, R. and Cobbold, P. (1982) Propagating Extrusion Tectonics in Asia: New Insights from Simple Experiments with Plasticine. *Geology*, **10**, 611-616. [https://doi.org/10.1130/0091-7613\(1982\)10<611:petian>2.0.co;2](https://doi.org/10.1130/0091-7613(1982)10<611:petian>2.0.co;2)
- [4] 戚学祥, 沈辉, 韦诚, 等. 高黎贡东南缘龙陵-瑞丽俯冲增生杂岩带与中特提斯洋演化[J]. 岩石学报, 2021, 37(10): 3067-3094.
- [5] Zhu, R., Lai, S., Qin, J., Zhao, S. and Wang, J. (2017) Late Early-Cretaceous Quartz Diorite-Granodiorite-Monzogranite Association from the Gaoligong Belt, Southeastern Tibet Plateau: Chemical Variations and Geodynamic Implications. *Lithos*, **288**, 311-325. <https://doi.org/10.1016/j.lithos.2017.07.021>
- [6] 李再会, 林仕良, 丛峰, 等. 滇西腾冲-梁河地块石英闪长岩-二长花岗岩锆石 U-Pb 年龄、Hf 同位素特征及其地质意义[J]. 地质学报, 2012, 86(7): 1047-1062.
- [7] Qi, X., Zhu, L., Grimmer, J.C. and Hu, Z. (2015) Tracing the Transhimalayan Magmatic Belt and the Lhasa Block Southward Using Zircon U-Pb, Lu-Hf Isotopic and Geochemical Data: Cretaceous—Cenozoic Granitoids in the Tengchong Block, Yunnan, China. *Journal of Asian Earth Sciences*, **110**, 170-188. <https://doi.org/10.1016/j.jseas.2014.07.019>
- [8] 邹光富, 林仕良, 李再会, 等. 滇西潞西邦木二长花岗岩 SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄及其构造意义[J]. 中国地质, 2011, 38(1): 77-85.
- [9] Qi, X., Wei, C., Zhang, C., Zhang, S., Hu, Z. and Ji, F. (2019) Southward Extension of the Bangonghu-Nujiang Suture: Evidence from Early Cretaceous Intermediate and Felsic Magmatism in the Gaoligong Orogen, China. *Journal of Asian Earth Sciences*, **175**, 1-25. <https://doi.org/10.1016/j.jseas.2018.09.007>
- [10] 潘桂棠, 李兴振, 王立全, 等. 青藏高原及邻区大地构造单元初步划分[J]. 地质通报, 2002, 21(11): 701-707.
- [11] 莫宣学, 邓晋福, 董方浏, 等. 西南三江造山带火山岩-构造组合及其意义[J]. 高校地质学报, 2001, 7(2): 121-138.
- [12] 李再会, 林仕良, 丛峰, 等. 滇西腾冲-梁河地块早白垩世岩浆作用[J]. 矿物岩石地球化学通报, 2012, 31(6): 590-598.
- [13] Fang, Y., Zhang, Y., Zhang, S., Cao, H., Zou, H. and Dong, J. (2018) Early Cretaceous I-Type Granites in the Tengchong Terrane: New Constraints on the Late Mesozoic Tectonic Evolution of Southwestern China. *Geoscience Frontiers*, **9**, 459-470. <https://doi.org/10.1016/j.gsf.2017.04.007>
- [14] Xu, Y., Yang, Q., Lan, J., Luo, Z., Huang, X., Shi, Y., et al. (2012) Temporal-Spatial Distribution and Tectonic Implications of the Batholiths in the Gaoligong-Tengliang-Yingjiang Area, Western Yunnan: Constraints from Zircon U-Pb Ages and Hf Isotopes. *Journal of Asian Earth Sciences*, **53**, 151-175. <https://doi.org/10.1016/j.jseas.2011.06.018>

- [15] Zhao, S., Lai, S., Qin, J. and Zhu, R. (2016) Tectono-Magmatic Evolution of the Gaoligong Belt, Southeastern Margin of the Tibetan Plateau: Constraints from Granitic Gneisses and Granitoid Intrusions. *Gondwana Research*, **35**, 238-256. <https://doi.org/10.1016/j.gr.2015.05.007>
- [16] 戚学祥, 沈辉, 任玉峰, 等. 高黎贡西北缘早白垩世火山活动与怒江洋俯冲: 来自流纹岩岩石地球化学、锆石 U-Pb 定年和 Hf 同位素的证据[J]. 岩石学报, 2020, 36(10): 2946-2962.
- [17] Zhu, R., Lai, S., Qin, J., Santosh, M., Zhao, S., Zhang, E., et al. (2020) Genesis of High-Potassium Calc-Alkaline Per-aluminous I-Type Granite: New Insights from the Gaoligong Belt Granites in Southeastern Tibet Plateau. *Lithos*, **354**, Article 105343. <https://doi.org/10.1016/j.lithos.2019.105343>
- [18] 吴浩, 李才, 胡培远, 等. 藏北班公湖-怒江缝合带早白垩世双峰式火山岩的确定及其地质意义[J]. 地质通报, 2014, 33(11): 1804-1814.
- [19] 白宪洲, 贾小川, 杨学俊, 等. 滇西龙陵-瑞丽断裂带早白垩世火山岩 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 定年和地球化学特征[J]. 地质通报, 2012, 31(2): 297-305.
- [20] 高永娟, 林仕良, 丛峰, 等. 滇西腾冲地块东南缘早白垩世火山岩锆石 U-Pb 定年及地质意义[J]. 沉积与特提斯地质, 2012, 32(4): 59-64.
- [21] 邹光富, 林仕良, 李再会, 等. 滇西潞西邦木二长花岗岩 SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄及其构造意义[J]. 中国地质, 2011, 38(1): 77-85.
- [22] 丛峰, 林仕良, 李再会, 等. 滇西腾冲地块片麻状花岗岩的锆石 U-Pb 年龄[J]. 地质学报, 2009, 83(5): 651-658.
- [23] 杨正香, 邓明国, 赵泓一, 等. 滇西叫鸡冠梁子铁多金属矿床成因及成矿流体来源探讨—来自方解石流体包裹体证据[J]. 矿产与地质, 2023, 37(3): 493-500.
- [24] Cao, H., Zhang, S., Lin, J., Zheng, L., Wu, J. and Li, D. (2014) Geology, Geochemistry and Geochronology of the Jiaojiguaniangzi Fe-Polymetallic Deposit, Tengchong County, Western Yunnan (China): Regional Tectonic Implications. *Journal of Asian Earth Sciences*, **81**, 142-152. <https://doi.org/10.1016/j.jseaes.2013.11.002>
- [25] Patiño Douce, A.E. and Johnston, A.D. (1991) Phase Equilibria and Melt Productivity in the Pelitic System: Implications for the Origin of Peraluminous Granitoids and Aluminous Granulites. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, **107**, 202-218. <https://doi.org/10.1007/bf00310707>
- [26] 戚学祥, 朱路华, 胡兆初, 等. 青藏高原东南缘腾冲早白垩世岩浆岩锆石 SHRIMP U-Pb 定年和 Lu-Hf 同位素组成及其构造意义[J]. 岩石学报, 2011, 27(11): 3409-3421.
- [27] Xie, J., Zhu, D., Wang, Q., Zhao, Z. and Zhang, S. (2020) Compositional Changes of Granitoids from the Menglian Batholith in SW China at ca. 122 Ma: Implications for the Origin of Decoupled Nd-Hf Isotopic Compositions and Crust Generation in Collision Zones. *Lithos*, **364**, Article 105550. <https://doi.org/10.1016/j.lithos.2020.105550>
- [28] Xie, J., Zhu, D., Dong, G., Zhao, Z., Wang, Q. and Mo, X. (2016) Linking the Tengchong Terrane in SW Yunnan with the Lhasa Terrane in Southern Tibet through Magmatic Correlation. *Gondwana Research*, **39**, 217-229. <https://doi.org/10.1016/j.gr.2016.02.007>
- [29] 陈福坤, 李秋立, 王秀丽, 等. 云南特提斯带保山-腾冲地块早古生代岩浆岩[C]//第八届全国同位素地质年代学和同位素地球化学学术讨论会论文集. 出版地: 出版者, 2005: 101.
- [30] Ren, Y.F., Wang, X.L., Duan, L.J., et al. (2023) Origin and Tectonic Setting of Cretaceous Ophiolites in the Tengchong Area, West Yunnan: Implications for the Block Movement in the Southeastern Tibet Plateau. *Journal of Asian Earth Sciences*, **254**, Article 105743. <https://doi.org/10.1016/j.jseaes.2023.105743>