

广西桂林地区中上泥盆统斜坡相研究

刘文才

桂林理工大学地球科学学院, 广西 桂林

收稿日期: 2025年9月18日; 录用日期: 2025年10月15日; 发布日期: 2025年10月28日

摘 要

广桂林地区因为台盆相间的构造格局在晚泥盆世 - 下石炭世发育到达顶峰, 导致其普遍发育连接台地和海盆的斜坡。这种在斜坡的不同位置因为其水深的变化, 沉积岩岩相也不同。通过对桂林市近郊五条剖面的实测以及前人资料, 归纳总结出晚泥盆世晚期海水深度的变化速率导致五指山组在区内尖灭; 桂林地区台缘上斜坡与下斜坡的区别可能在于榴江组岩相的不同; 桂林北部地区的沉积环境相较于南部地区较为稳定。

关键词

广西桂林, 中上泥盆统, 斜坡相

Study on Slope Facies of Middle-Upper Devonian in Guilin Area, Guangxi

Wencai Liu

College of Marine Geosciences, Guilin University of Technology, Guilin Guangxi

Received: September 18, 2025; accepted: October 15, 2025; published: October 28, 2025

Abstract

Due to the interlaced tectonic framework of the platform and basin, the development of the Guang-guilin area reached its peak in the late Devonian-lower Carboniferous, resulting in the wide-spread development of slopes connecting the platform and the basin. Because of the change of water depth in different positions of the slope, the lithofacies of sedimentary rocks are also different. Based on the measured data of five profiles in the suburbs of Guilin and previous data, It is concluded that the change rate of seawater depth in the late Late Devonian led to the pinch-out of the Wuzhishan Formation in the area. The difference between the upper slope and the lower slope of the platform margin in Guilin area may be due to the different lithofacies of the Liujiang

Formation. The sedimentary environment in the northern part of Guilin is more stable than that in the southern part.

Keywords

Guilin of Guangxi, Middle-Upper Devonian, Slope Facies

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

泥盆纪, 地球系统发生剧烈变化[1], Gavin L. Foster 等对地球气候 CO₂ 浓度研究表明泥盆纪时 CO₂ 浓度达到最高值(2000 ppm), 在石炭纪地球历史上首次接近前工业化水平(280 ppm) [2]。泥盆纪到石炭纪是地球从温室转变为冰室, 弗拉斯阶 - 法门阶(F-F)与泥盆纪 - 石炭纪(DCB)发生晚古生代的两次短暂的冰川作用, 且伴随两次一级生物灭绝事件[3]。晚泥盆期间, 风化作用增强, 海洋缺氧加强[4]。晚泥盆世, 海平面升降频发, 这种频发的升降运动导致广西地区不同沉积相区发生差异沉降, 伴随着碳酸盐台地相对地抬升, 以及盆地的快速下沉。差异沉降导致海沟的深度不一, 从而导致台地间台盆的容纳空间不同[5]。这种差异沉降往往是地壳运动的结果, 但地壳运动在不同地点、不同时间、不同地质条件等要素下, 往往是不均衡的, 即在不同地方, 相同的地壳运动影响并不相同[6]。

广西晚泥盆世台地相、斜坡相与盆地相的沉积相相互交织在一起, 在构造作用的影响下, 各个盆地与斜坡的深度与宽度不, 共同组成广西台盆相间的沉积模式。这种特殊的沉积模式与环境变化与生物物种灭绝与恢复具有密切的关系, 台地相、斜坡相与盆地相地层内化石种类丰富, 例如牙形石、竹节石、笔石、有孔虫、腕足、介形虫等古生物化石。台地相、斜坡相与盆地相古生物种类不同, 生物灭绝事件早泥盆世少于中晚泥盆世, 且在早石炭世得到恢复[7]。例如华南地区珊瑚在晚泥盆世晚期至早石炭世时恢复, 并成为海洋生态的主导[8]。桂林地区斜坡相在台盆相间的局面下, 作为台地与海盆之间相连接的脐带, 其地层具有深水 - 半深水的指示意义, 其对当时海洋环境的再现与恢复和生物演化具有重大意义。

2. 区域地质概况

晚古生代时期, 华南陆块位于古特斯洋东部靠近赤道纬度的地区[9]。加里东运动使得华南地区地壳抬升成陆, 扬子陆块因为与东部的华夏陆块大洋关闭碰撞衔接使其面积增加。广西地区除了钦防一带残留深水海槽, 其志留纪 - 泥盆纪沉积连续, 区内其余泥盆系角度不整合下伏地层[10][11]。早泥盆世开始, 华南陆块开始接受海相沉积, 早泥盆世多为滨岸边碎屑岩沉积, 随着海侵的进程, 中泥盆世开始出现浅海沉积, 晚泥盆世早期, 基底断裂以及海侵加强, 台地破碎肢解, 深水海盆形成, 在海盆处, 硅质岩沉积出现。晚泥盆世晚期, 法门期海退导致海盆水深变浅, 榴江组(D₃l)硅质岩和硅质页岩沉积逐渐被五指山组(D₃w)扁豆状灰岩、泥灰岩与泥质条带替代。广西东南部云开岛隆起, 南宁以北虽保持台盆相间的格局, 但水深变浅, 区内硅质岩沉积仅在钦州 - 玉林一带以南部分地区(图 1)。

桂林市位于广西东北部, 区内出露出露地层碳酸盐岩地层以中、上泥盆统和下石炭统最为广泛[12]。桂林市下泥盆统至中泥盆统艾菲尔阶主要以碎屑岩沉积为主, 中泥盆统吉维特阶海相碳酸盐岩沉积。上泥盆统弗拉斯阶至法门阶, 同沉积升降运动导致桂林地区出现两套不同的沉积相, 一种是开阔台地与局限台地为主的台地沉积, 另一种是台地边缘斜坡 - 海盆沉积。

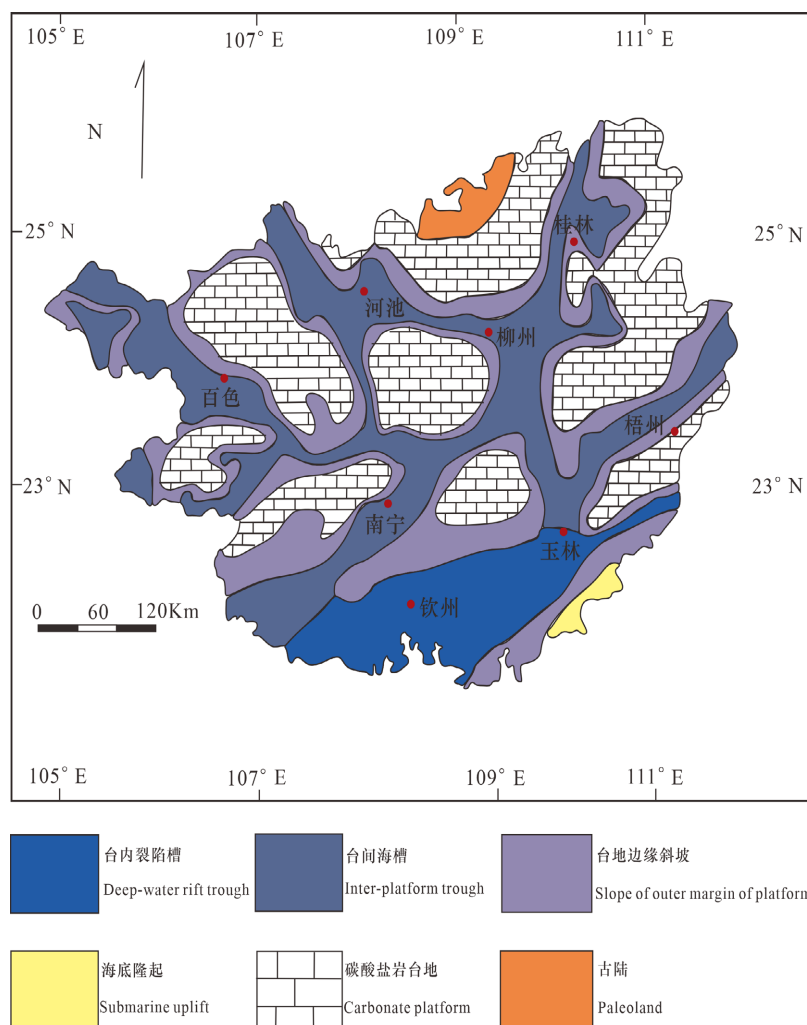


Figure 1. Paleogeographic map of late Devonian in Guangxi
图 1. 广西晚泥盆世古地理图

3. 广西斜坡相基本特征

广西泥盆系分布广泛, 岩相变化复杂, 自上世纪二十年代以来, 丁文江、朱庭祜、乐森璈、李四光等老一辈地质学家先后研究并建立了一些重要的地层单位。随着地质工作的开展, 根据岩性、沉积相、古生物等特征, 将广西泥盆系划分为曲靖型、象州型、北流型和南丹型四种地层类型(表 1)。桂林地区台盆相间的沉积构造格局, 造就了其斜坡相普遍沉积, 因此桂林地区斜坡相与台盆相间的格局关系密切。桂林斜坡相属于南丹型沉积类型, 区内其所属该类型的地层单位有榴江组、巴漆组、谷闭组与五指山组(图 2)。榴江组沉积相为台盆-斜坡相, 岩性多为灰黑-黑色薄层硅质岩。部分沉积有硅质泥岩与薄层泥晶灰岩, 例如桂林兴安地区的榴江组(图 3(a))。含丰富的竹节石、菊石、腕足类、牙形石等化石。巴漆组为台盆-斜坡相, 岩性复杂, 层内出露竹叶状灰岩(图 3(b))、含硅质团块微晶灰岩(图 3(c))、薄层条带状灰岩、与生物碎屑灰岩。含丰富的竹节石、珊瑚、菊石、层孔虫的化石。谷闭组为岩性为灰-灰白色中-厚层灰岩、瘤状灰岩(图 3(d)、图 3(e))、硅质岩、泥质条带灰岩。五指山组岩性为灰-灰黑色扁豆状微晶灰岩(图 3(f))与泥质条带灰岩, 值得注意的是谷闭组有人将瘤状灰岩定为扁豆状灰岩, 二者差异与它们中泥质含量的多少有关。

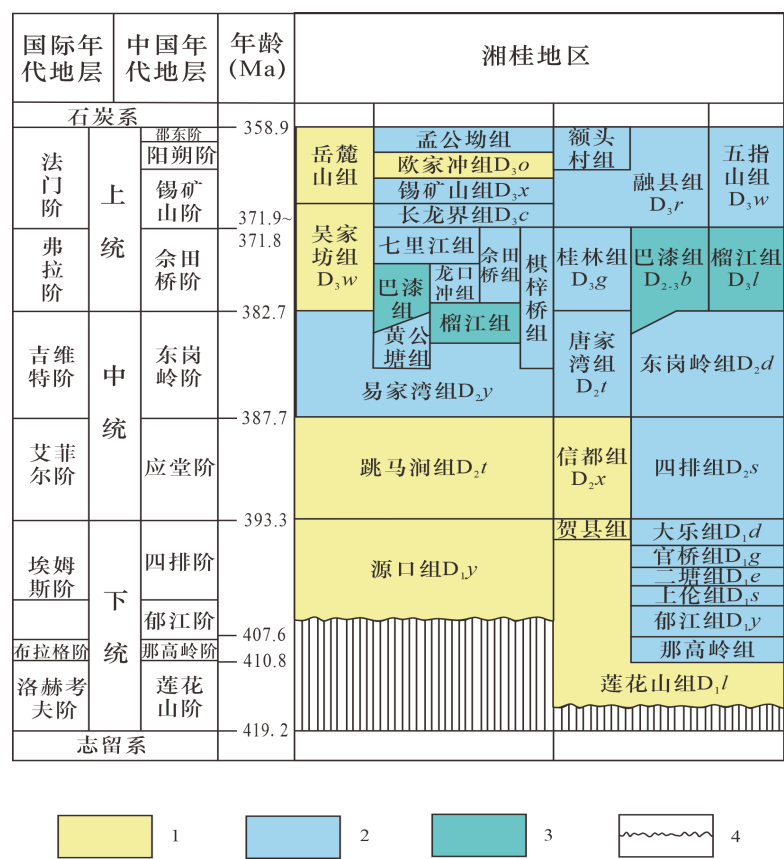


Figure 2. Devonian lithostratigraphic framework in Hunan and Guangxi area. 1. Interactive marine; 2. Neritic facies; 3. Platform basin-platform margin slope facies; 4. Angular unconformity
图 2. 湘桂地区泥盆纪地层架构。1. 海陆交互相；2. 浅海相；3. 台盆 - 台缘斜坡相；4. 角度不整合

Table 1. Table of main characteristics of Devonian sedimentary types in Guangxi (Bureau of Geology and Mineral Resources Development of Guangxi Zhuang Autonomous Region, 1985)

表 1. 广西泥盆系沉积类型主要特征表(广西壮族自治区地质矿产开发局, 1985)

类型/特征		曲靖型	象州型	北流型	南丹型
岩石特征	灰岩	无或局部少量	灰、深灰色，中层，含泥质较高	灰白色、浅灰色，中厚层、块状，质较纯	深灰、灰黑色，薄中层，微层理发育
	白云岩	无或局部少量	少量	少或中等	局部少量
	硅质岩	无	无或少	无	较普遍
	火山岩	无	无	少量或无	无，局部少或中等
	碎屑岩	主要	少量	无或局部少量	局部普遍
生物特征	菊石	无	无	缺少	普遍
	笔石	无	无	无	少量
	竹节石	无或局部厚壳型	少量厚壳型	缺少	普遍，薄壳型
	三叶虫	无	少见	无	普遍
	腕足类	无或局部少量	厚壳型，石燕贝类为主	厚壳型，缺失石燕为主	小型薄壳，无皱贝类为主
		珊瑚	无或局部可见单带型	多见	无，局部见小型单体，单带型

续表

鱼类	下统无颌类、盔甲类，中统沟鳞鱼	无或局部少见	无	无
变质作用	未变质	未变质	未变质	局部地区变质
主要沉积环境	滨海	局限或开阔台地、滨海相	台地边缘富氧动荡环境	盆地或台地上较深水宁静环境
代表地区	桂林、贺县	武宣、象州	北流、德保	南丹、那坡



Figure 3. Characteristics of important rock outcrops
图 3. 重要岩石露头特征

以上地层同为台盆 - 台缘斜坡相，但岩性差异明显，这是由于沉积环境所导致，晚泥盆世随着海退进行，水深较深的台盆还是保持钙质沉积物供给不到的深度，硅质沉积物供给依旧为主导，便还是沉积硅质岩[13]。华南地区区域性构造运动与同沉积断裂共同作用的导致的沉积分异直到上二叠统才得以缓解，这期间台地与台缘斜坡的沉积特征差异明显[14]。方积义在桂林市上泥盆统研究中指出桂林组(D_{3g})至融县组(D_{3r})白云岩化加强，发育鸟眼状构造，水深变浅。榴江组(D_{3l})与其下伏伏岗岭组(D_{2d})岩性变化指示中泥盆世晚期到晚泥盆世早期，海盆逐渐变深，五指山组(D_{3w})扁豆状灰岩与泥质条带灰岩属于台地边缘的重力流沉积[15]。吴君亮近年来对桂东北地区 D/C 界线的研究表明，泥盆纪与石炭纪交界，桂东北地区台盆相间格局加强至鼎盛时期，台地相与台盆斜坡相两种相序 D/C 界线都表明海水深浅的变化。

台地相上唐家湾组(D_{2t})上覆桂林组(D_{3g})、融县组(D_{3r})、额头村组(D_{3e})出现白云岩化加强、鸟眼构造、鲕粒等。台盆-台缘斜坡相上榴江组(D_{3l})下伏东岗岭组(D_{2d})并无台盆相的特征,中上泥盆统之交的巴漆组(D_{2-3b})与榴江组(D_{3l})开始出现硅质结核与层间褶皱(图 3(g)~(i))。而且这些现象向上继续加强,从而导致五指山组在区域上尖灭[16]

4. 斜坡相剖面特征

为了更好地了解桂林地区斜坡相特征,结合前人研究,选取桂林兴安县大地上村剖面、菜子岩剖面、灵川迪塘村剖面、阳朔县杨堤剖面与阳朔县垌村剖面进行研究(图 4)。

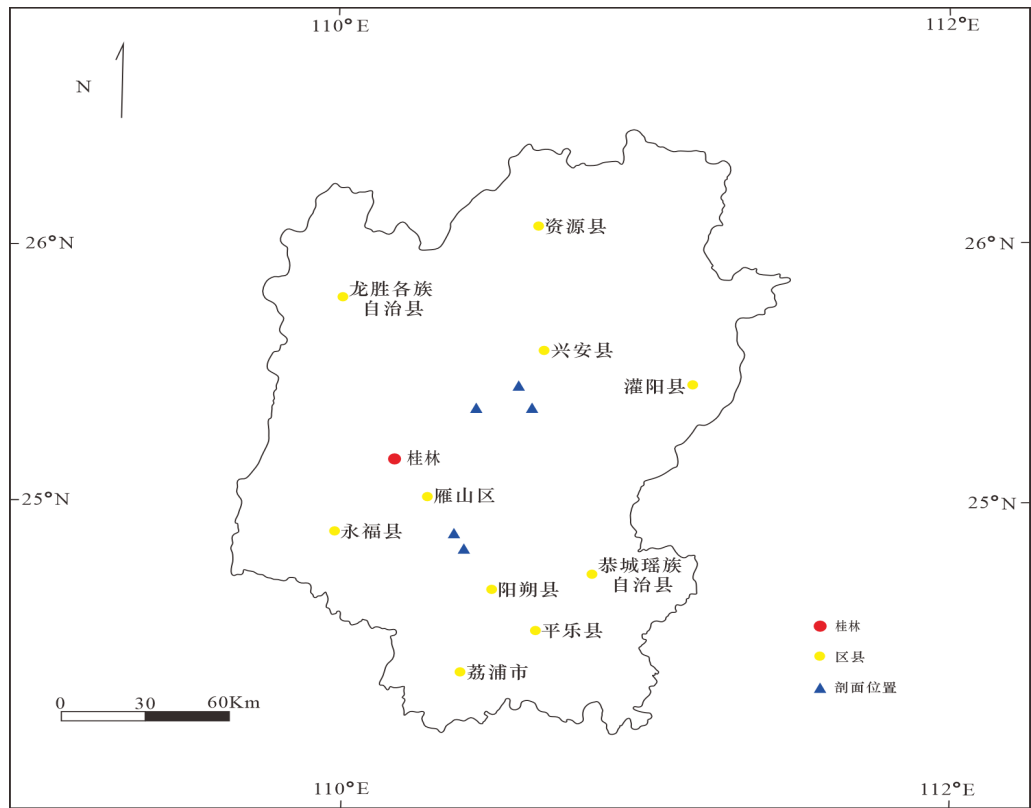


Figure 4. Study section position
图 4. 研究剖面位置

4.1. 大地上剖面

地上剖面位于桂林市兴安县高尚镇大地上村,坐标 25.49271056°N, 110.59318174°E,剖面露头沿盘山公路-农田展布,露头发育良好。实测剖面地层年代包含中上泥盆统-下石炭统,地层组段由老到新涉及东岗岭组(D_{2d})、榴江组(D_{3l})、五指山组(D_{3w})和鹿寨组(C_{1l2})。鹿寨组为一套页岩与薄层硅质页岩;五指山组为灰黑色-灰色扁豆状灰岩夹泥质条带灰岩。扁豆体呈扁豆状,鸟眼状,多为泥晶灰岩及微晶灰岩,基质呈条带状与波浪状夹与扁豆体之间,厚 177 m。榴江组上段为泥晶灰岩夹硅质条带,下段为薄层状硅质岩,富含竹节石。东岗岭组为灰白色泥灰岩。

4.2. 迪塘村剖面

迪塘村剖面位于桂林市灵川县灵田镇迪塘村北东 1.5 Km,与大地上剖面相距 16.6 Km,坐标

25.41230606°N, 110.45384398°E。剖面露头连续, 整合接触。该剖面地层组段与大地上剖面一致, 岩性相似, 此剖面扁豆灰岩沉积环境也属台缘下斜坡环境。鹿寨组硅质岩夹有泥晶灰岩且五指山组厚度相较于前者较少, 五指山组厚度为 34 m。这表明沉积环境是由深变浅, 但变浅的速率更快。

4.3. 杨堤剖面

杨堤剖面位于桂林市阳朔县葡萄镇, 坐标 24.96722413N, 110.38550335E。前人对此剖面已进行过全面详细的地质工作, 尤其是以此条剖面研究晚泥盆世弗拉阶-法门阶(F-F)之交的海底环境变化及海洋生产力变化[17] [18]。剖面地层组段由老到新为信都组(D_{2x})、唐家湾组(D_{2t})、民塘组(D_{2m})、榴江组(D_{3l})、五指山组(D_{2w})和融县组(D_{3r}), 信都组岩性为浅灰-褐灰色薄-中厚层石英砂岩, 与上覆地层唐家湾组整合接触。唐家湾组下部为灰白色薄-中厚层状层孔虫白云岩; 中部为中-厚层白云岩; 顶部为薄层白云质灰岩, 与上覆地层民塘组整合接触。民塘组下部为黑色薄-中厚层泥晶灰岩、条带状灰岩; 中部为灰-深灰色薄-中厚层白云质灰岩; 上部为黑色薄-中厚层硅质灰岩, 与上覆地层榴江组整合接触。榴江组为薄层黑色硅质岩, 与上覆地层五指山组整合接触。五指山组为灰-灰白色中厚层扁豆状灰岩夹泥灰岩与泥质条带灰岩, 厚 89.80 m, 与上覆地层融县组整合接触。融县组为灰-灰白色中-厚层微晶灰岩。此剖面五指山组扁豆状灰岩相较于大地上和迪塘村剖面, 其泥质含量少前两处。

4.4. 垌村剖面

垌村剖面位于桂林市阳朔县葡萄镇垌村, 与杨堤剖面相距离 3.5 Km, 坐标 24.94170670N, 110.40643988E。李镇梁、刘泰工和王成源等地质工作者对此剖面有过研究, 建立了较为完整的生物年代序列[19]。与杨堤剖面有所区别的是五指山组岩性的变化。将此剖面五指山组分为上下两段, 下段底部为灰色薄层泥质条带灰岩。中部为灰色薄-中厚层扁豆状灰岩, 可见薄层扁豆状灰岩夹泥质条带灰岩, 其扁豆体有的近似一层泥质条带灰岩。基质因风化淋滤呈网格状暴露在灰岩之上, 含泥质较低的扁豆状灰岩扁豆体中发育缝合线构造。顶部为灰-灰黑色中-厚层白云质灰岩和灰色中-厚层鲕粒灰岩, 厚 41.2 m。五指山组上段(D_{3w2})可见夹硅质条带灰岩、薄-中厚层灰岩与黑色薄层硅质岩, 上段厚约 24.6 m。此剖面同样为相对海平面较浅的台缘上斜坡沉积环境, 五指山下段(D_{3w1})顶部的鲕粒灰岩表明当时海平面动荡。

4.5. 菜子岩剖面

菜子岩剖面位于桂林市兴安县高尚镇菜子岩, 系 2001 年广西区域地质调查研究院率先发现并进行初步的研究描述, 李华于 2005 年~2008 年期间对该剖面进行研究并建立与国际牙形石分带一致的生物分带, 廖卫华 2013 年根据此剖面, 研究其四射珊瑚与床板珊瑚的种类[20] [21]。该剖面谷闭组(D_{3gb})岩性复杂, 下部岩性与唐家湾组(D_{2t})相似, 但古生物化石明显少于后者, 往上为类似巴漆组(D_{2-3b})的薄-中厚层硅质条带灰岩, 谷闭组中上部为硅质岩与生物碎屑灰岩。

5. 讨论

上述五条剖面均为沉积环境由下往上发生变化的剖面(图 5), 沉积环境由浅-深-浅-深变化的剖面有两条, 为迪塘村剖面与大地上剖面。这两条剖面变现为从中泥盆世开阔台地的环境, 晚泥盆世沉积环境变深, 硅质岩沉积占主导。榴江组上部的夹硅质条带灰岩表明当时水深达到碳酸盐岩沉积物与硅质沉积物共同沉积的界面, 往上五指山组沉积厚度变化指示海水变化的速率影响扁豆状灰岩的沉积。两条剖面为浅-深-浅-浅, 分别是杨堤剖面与垌村剖面, 它们两条剖面同样能够指示中泥盆世-晚泥盆世沉积环境突变。从陆-滨海-局限台地-台缘斜坡-开阔台地变化, 垌村剖面五指山组下段顶部沉积的鲕粒灰岩表明当时海洋环境动荡。上段沉积硅质条带灰岩与硅质岩, 其原因可能为当时五指山组沉积环境

为靠近台地边缘斜坡上部环境，硅质沉积物由动荡的海水，从斜坡下部带到斜坡上部沉积。菜子岩剖面为浅-深-浅的沉积环境变化，其谷闭组底部白云岩表示其从局限的环境过渡，剖面沉积环境较稳定。从五个剖面的位置结合它们的沉积环境来看，桂林北部兴安地区的沉积环境相对于南部杨堤地区稳定。这是由于加里东运动过后，断裂带在区内以北东向延伸，可能导致桂林南部海水比北部海水更深[22]。

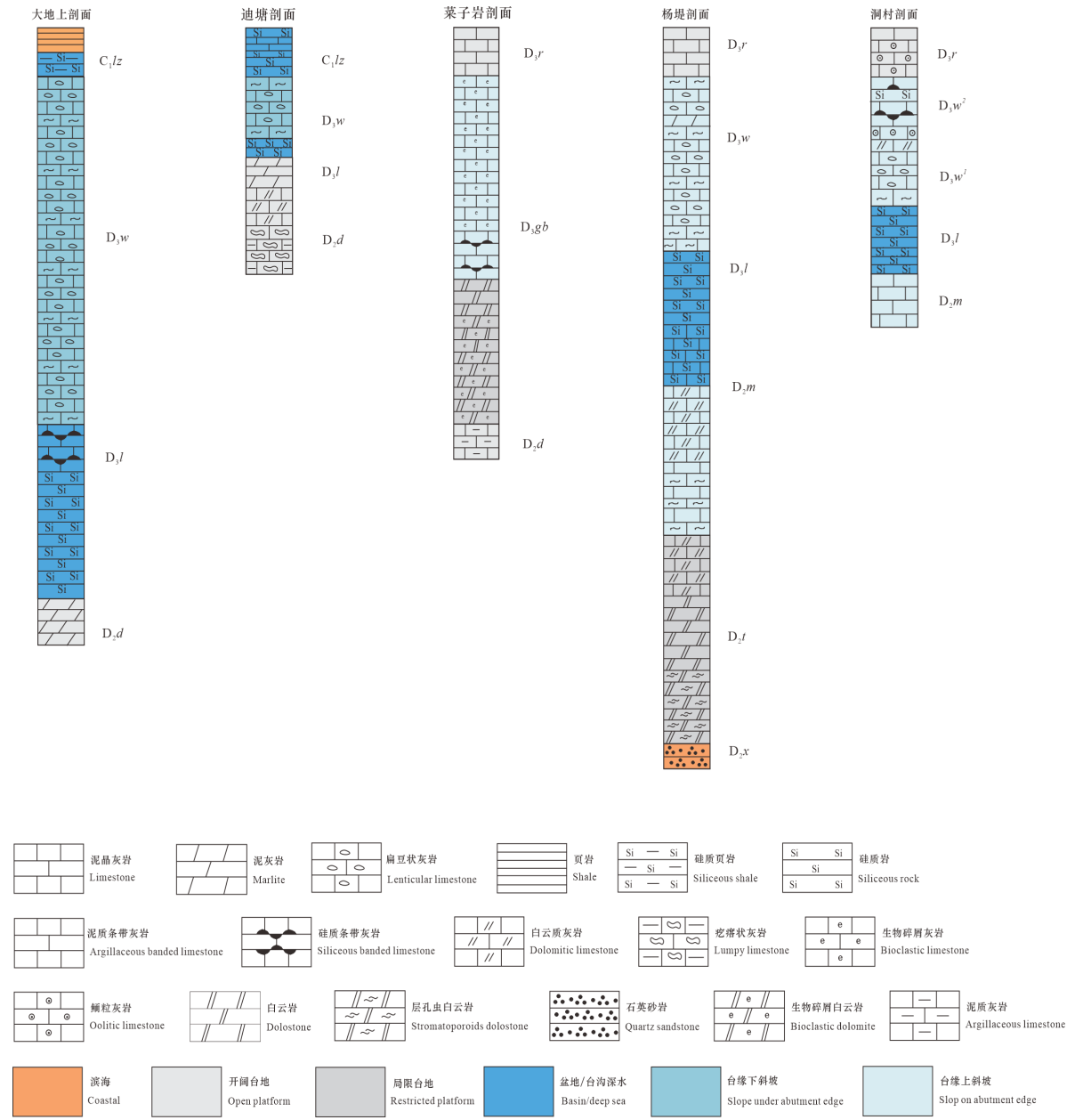


Figure 5. Study section stratigraphic histogram and its sedimentary environment
图 5. 研究剖面地层柱状图及其沉积环境

6. 结论

通过野外观察与桂林地区斜坡相剖面进行研究，得到以下几点认识：(1) 广西桂林地区中泥盆统桂林地区开始由碎屑岩沉积转为海相沉积，在中上泥盆统过渡时期开始出现斜坡相，巴漆组与榴江组层间褶

皱、硅质结核体的出现并向上加强,反映海水水深变化速率快导致五指山组在区内尖灭。(2) 桂林中上泥盆统的台缘斜坡相可以分为两种,一种是水深较深的台地边缘下斜坡,例如桂林兴安大地上剖面与灵川迪塘剖面,一种是水深较浅的台地边缘上斜坡,例如杨堤剖面与桐村剖面。二者的一个显著的区别可能在于榴江组上段出现的夹硅质条带灰岩。(3) 桂林地区北部沉积环境相对于南部较稳定。

参考文献

- [1] 郅文昆, 马学平, 徐洪河, 等. 中国泥盆纪综合地层和时间框架[J]. 中国科学: 地球科学, 2019, 49(1): 115-138.
- [2] Foster, G.L., Royer, D.L. and Lunt, D.J. (2017) Future Climate Forcing Potentially without Precedent in the Last 420 Million Years. *Nature Communications*, **8**, Article No. 14845. <https://doi.org/10.1038/ncomms14845>
- [3] Qie, W., Algeo, T.J., Luo, G. and Herrmann, A. (2019) Global Events of the Late Paleozoic (Early Devonian to Middle Permian): A Review. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **531**, Article ID: 109259. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2019.109259>
- [4] Liu, J., Luo, G., Algeo, T.J., Qie, W., Yao, L., Huang, J., *et al.* (2024) Marine Sulfate Sulfur Isotopic Evidence for Enhanced Terrestrial Weathering and Expansion of Oceanic Anoxia during the Devonian-Carboniferous Transition. *Global and Planetary Change*, **239**, Article ID: 104494. <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2024.104494>
- [5] Chen, D., Guo, Z., Jiang, M., Guo, C. and Ding, Y. (2016) Dynamics of Cyclic Carbonate Deposition and Biotic Recovery on Platforms during the Famennian of Late Devonian in Guangxi, South China: Constraints from High-Resolution Cycle and Sequence Stratigraphy. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **448**, 245-265. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2015.11.043>
- [6] 钟铿, 李志才, 李明声. 广西区域地质梗概[J]. 广西地质, 1984(0): 20-30.
- [7] Shen, B., Shen, S., Wu, Q., Zhang, S., Zhang, B., Wang, X., *et al.* (2022) Carboniferous and Permian Integrative Stratigraphy and Timescale of North China Block. *Science China Earth Sciences*, **65**, 983-1011. <https://doi.org/10.1007/s11430-021-9909-9>
- [8] Yao, L., Aretz, M., Wignall, P.B., Chen, J., Vachard, D., Qi, Y., *et al.* (2020) The Longest Delay: Re-Emergence of Coral Reef Ecosystems after the Late Devonian Extinctions. *Earth-Science Reviews*, **203**, Article ID: 103060. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2019.103060>
- [9] Hou, H., Ma, X., Zhou, H., Ogg, J.G. and Shen, Y. (2022) The End-Devonian Hangenberg Event and Its Aftermath in South China: Stratigraphic and Sedimentary Records from Shallow to Deep Water Facies. *Earth-Science Reviews*, **232**, Article ID: 104137. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2022.104137>
- [10] 杜远生, 龚一鸣, 吴诒, 等. 黔桂地区泥盆纪层序地层和台内裂陷槽的形成演化[J]. 沉积学报, 1997(4): 13-19.
- [11] 凌绍年, 龚云, 黄祥林. 广西印茶-天等地区泥盆纪地层序列及沉积演化探讨[J]. 南方自然资源, 2022(4): 33-38.
- [12] 冯佐海, 梁金城, 李晓峰. 桂林市褶皱构造对岩溶塌陷的控制作用[J]. 中国地质灾害与防治学报, 2000(3): 44-47, 51.
- [13] 石丰江. 论广西榴江组沉积环境[J]. 广西地质, 1985(2): 35-38.
- [14] 刘超, 陆刚, 张喜, 等. 桂西北天峨孤立碳酸盐岩台地晚古生代沉积特征与演化[J]. 地质论评, 2014, 60(1): 55-70.
- [15] 方积义. 桂林地区上泥盆统碳酸盐岩沉积相[J]. 沉积学报, 1985(4): 73-82, 160.
- [16] 吴亮君, 王璞珺, 吴继文, 等. 桂东北 D/C 界线沉积特征及对台盆相间演化的启示[J]. 地质学报, 2024, 98(4): 1244-1262.
- [17] 曾剑威, 徐冉, 龚一鸣. 泥盆纪 F-F 之交海底热液活动与海洋酸化: 来自稀土元素的证据[J]. 中国科学: 地球科学, 2011, 41(8): 1089-1099.
- [18] 徐冉, 龚一鸣, 谭雪娇, 等. 广西桂林杨堤晚泥盆世弗拉期-法门期之交上、下 Kellwasser 事件的差异与海洋生产力变化[J]. 地球科学(中国地质大学学报), 2015, 40(2): 357-371.
- [19] 许冰, 顾兆炎, 刘强, 等. 广西桂林桐村上泥盆统碳同位素正偏移与全球一致性的记录[J]. 科学通报, 2003(8): 856-862.
- [20] 李华, 马学平, 韦龙明. 广西菜子岩剖面中上泥盆统界线附近沉积相与海平面变化——兼论华南吉维期中期的海退及时间[J]. 古地理学报, 2009, 11(5): 503-512.
- [21] 廖卫华, 邓占球, 马学平, 等. 广西桂林菜子岩剖面中-上泥盆统界线附近的珊瑚动物群[J]. 古生物学报, 2013, 52(1): 1-17.
- [22] 刘家洪. 桂中地区泥盆系层序岩相古地理研究[D]: [硕士学位论文]. 成都: 成都理工大学, 2009.