

广西贺州地区寒武系沉积环境及其演化分析

刘溪茜¹, 何幼斌¹, 游国庆², 裴羽¹, 李佐峰¹, 邢杨¹

(1.长江大学地球科学学院, 武汉 430100 2.中国地质科学院地质研究所, 北京 100037)

摘要: 贺州地区临近扬子陆块和华南新元古代—早古生代造山带的边界, 对该区寒武系沉积环境及其演化进行分析, 有助于进一步阐明寒武纪华南海盆西南缘的特征, 进而为扬子板块和华南新元古代—早古生代造山带的界限划分提供一些依据。综合分析岩石类型及其组合、生物化石、沉积构造等特征, 对研究区沉积环境及演化进行了研究。结果表明: 研究区寒武系岩性主要为砂岩和泥(页)岩, 多形成类复理石韵律。生物化石以原始海绵化石 *Protospongia* sp. 以及舌形贝 *Obolus* sp.、*Lingulella* sp. 等为主。沉积环境以陆棚、斜坡及盆地边缘为主。区内在早寒武世初期至早寒武世中期、早寒武世中期至早寒武世末期、中寒武世初期至晚寒武世末期寒武纪发生了 3 次较大规模的海侵、海退旋回过程, 海平面总体上呈下降趋势。研究区早寒武世可能处于华南海盆裂解拉张最大规模阶段。

关键词: 寒武系; 贺州地区; 复理石; 沉积环境; 沉积演化

中图分类号: P534.41

文献标志码: A

Evolution of sedimentary environments of Cambrian deposits in Hezhou Area, Guangxi Province

Liu Xixi¹, He Youbin¹, You Guoqing², Pei Yu¹, Li Zuofeng¹, Xing Yang¹

(1.School of Geosciences, Yangtze University, Wuhan 430100, China;

2.Institute of Geology Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037, China)

Abstract: Hezhou area is close to the boundary between the Yangtze Plate and the Neoproterozoic-early Paleozoic Orogenic Belt of South China. By analysing sedimentary environments of Cambrian sequence we further clarify characteristics of southwestern part of the South China basin in Cambrian, which provides evidence for defining the southwestern boundary between Yangtze Plate and Neoproterozoic-early Paleozoic South China Orogenic Belt. Through the comprehensive analysis of rock types and their association, sedimentary structures, fossils and other characteristics, we studied sedimentary environment and its evolutionary during Cambrian. The Cambrian is mainly composed of sandstones and mudstones (shales), which often occurs as flysch rhythm. Fossils include *Protospongia* sp., *Obolus* sp., *Lingulella* sp. etc. Sedimentary environments are mainly varying among shelf, slope and marginal basin. Three large-scale transgressive-, regressive cycles have been recognized during Cambrian in the study area. They are early stage of early Cambrian to middle stage of early Cambrian, middle stage of early Cambrian to late stage of early Cambrian, and early stage of middle Cambrian to late stage of late Cambrian, respectively. In the vertical direction, the sea level gradually dropped in general trend. In early Cambrian of the studied area, the Southern China basin may be at a stage of maximum tensile and breakup..

Key words: Cambrian; Hezhou area; flysch; sedimentary environment; sedimentary evolution

长期以来, 扬子古陆和华南新元古代—早古生代造山带的寒武纪研究一直是中外地质学家研究和关注的热点^[1-4]。贺州地区的寒武系为一套沉积连续并分布广泛的陆源碎屑岩^[5], 贺州地区临近扬子陆块和华南新元古代—早古生代造山带的边界, 位于华南新元古代—早古生代造山带内^[6], 并且寒武纪是华南大地构造演化阶段中的一个关键时期, 研究这个时期的沉积环境以及沉积演化, 对扬子陆块和华南新元古代—早古生代造山带的西南缘边界位置的确定具有重要意义。笔者在野外地质观察和室内岩石学研究的基础上, 结合区域地质调查资料

基金项目: 中国地质调查局项目(1212011120117)

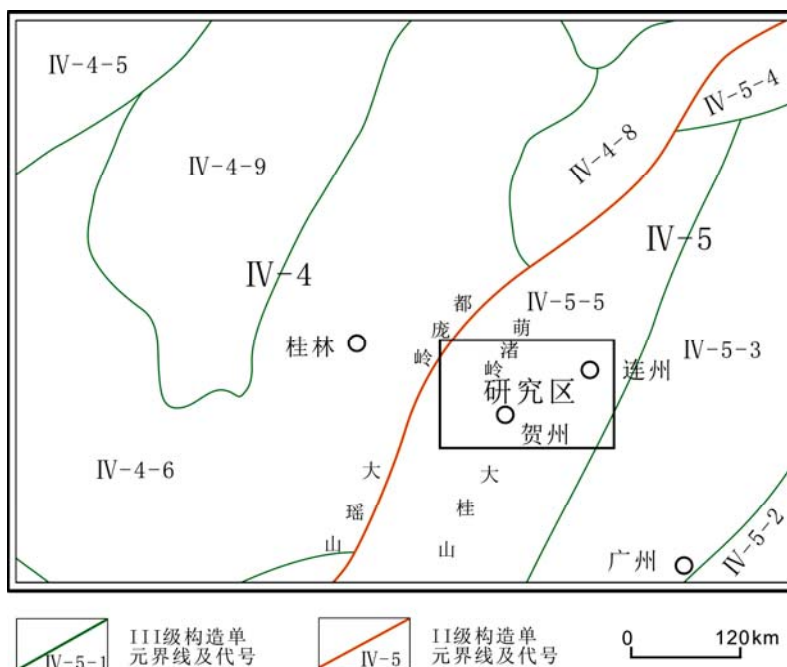
作者简介: 刘溪茜(1991—), 女, 硕士研究生, 主要研究方向为沉积学

通信联系人: 何幼斌, 教授, 主要研究方向为沉积学教学和研究工作, heyoubin@yangteu.edu.cn

和前人有关研究区及临区的研究成果,对研究区内寒武纪的沉积环境及其演化以及所反映的寒武纪华南海盆西南缘的特征进行系统分析,以及为扬子板块和华南新元古代—早古生代造山带的界限划分提供一些依据。

1 区域地质背景

研究区位于桂、粤、湘3省(区)交界处,大部分位于广西壮族自治区东北部,地处萌渚岭、都庞岭和大龙山交汇部位(图1)。四堡运动之后,研究区地壳经历了晋宁期、加里东期、印支期、燕山期和喜山期5期的构造运动,形成了多向、多序次的复杂多样的构造形迹。华南大陆的大地构造分区迄今仍存在分歧与争议,本文采用刘训等^[6]的分类方案。研究区由扬子陆块和华南新元古代—早古生代造山带2个Ⅱ级构造单元组成,主要位于华南新元古代—早古生代造山带的IV-5-5云开晚古生代沉降带中,临近扬子陆块与华南新元古代—早古生代造山带分界线(图1)。南华纪海水侵入,南华纪—奥陶纪测区经历了板内拗拉盆地的发展到消亡的过程。志留期末发生强烈的加里东运动,形成加里东褶皱区,华南新元古代—早古生代造山带初步形成^[7]。



注: IV-4: 扬子陆块; IV-4-5: 八面山陆缘盆地; IV-4-6: 湘桂滇黔晚古生代-早古生代陆缘沉降带; IV-4-8: 浙赣湘晚古生代陆缘沉降带; IV-4-9: 江南晚元古代造山带; IV-5: 华南新元古代-早古生代造山带; IV-5-2: 武夷-珠江古生代裂陷带; IV-5-3: 粤湘赣早古生代沉降带; IV-5-4: 武功山陆缘沉降带; IV-5-5: 云开晚古生代沉降带

图1 研究区大地构造分区图^[6]

寒武系在研究区分布较广,主要分布在研究区西南部和北部,东部及西北角也有小部分出露(图2),主要为海相陆源碎屑岩,化石稀少。根据岩性组合、岩相特征,可划分为清溪组和边溪组、小内冲组和黄洞口组。其中的清溪组、边溪组分布于研究区内湖南省江华县码市到广西贺州市桂岭一线以西地区(图2中A区),小内冲组和黄洞口组则分布在该线以东地区。在广西贺州市大宁、南乡、广东省怀集县马宁圩一带(图2中B2区)以东地区,黄洞口组可划分为3个岩性段,而西南地区(图2中B1区)难以分段(表1)。

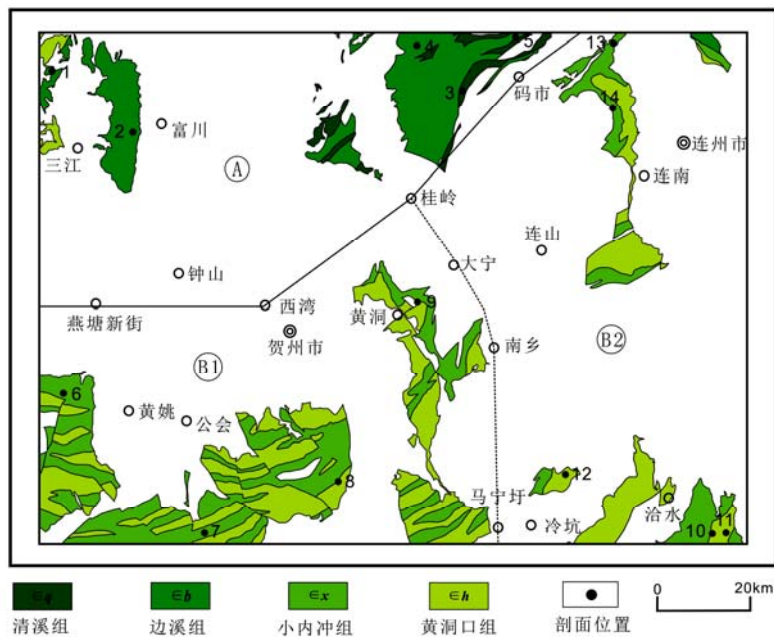


图2 研究区寒武纪地层分布

表 1 研究区寒武系地层划分对比

年代单位			岩石单位		
界	系	统	A 区	B1 区	B2 区
下古生界	寒武系	上中统	边溪组一段($\in b^1$) 边溪组二段($\in b^2$) 边溪组三段($\in b^3$)	黄洞口组($\in h$) (未分段)	黄洞口组一段($\in h^1$) 黄洞口组二段($\in h^2$) 黄洞口组三段($\in h^3$)
		下统	清溪组($\in q$)	小内冲组($\in x$)	

注：分区位置见图2

2 岩石类型和特征

研究区内寒武系岩石类型主要有碎屑岩、碳酸盐岩、硅质岩(表 2), 其中以碎屑岩为主, 碳酸盐岩和硅质岩次之。碎屑岩包括砂岩、粉砂岩和泥(页)岩。

表2 研究区寒武系岩石类型及分布

岩石类型	组成	主要分布层位
碎屑岩	砂岩：杂砂岩、长石石英砂岩、岩屑长石砂岩 粉砂岩 泥(页)岩：砂质或粉砂质泥(页)岩、碳质 或含碳质泥(页)岩	清溪组、边溪组、 小内冲组、黄洞口组
碳酸盐岩	纹层灰岩	清溪组
硅质岩	薄层硅质岩	清溪组、黄洞口组

2.1 砂岩

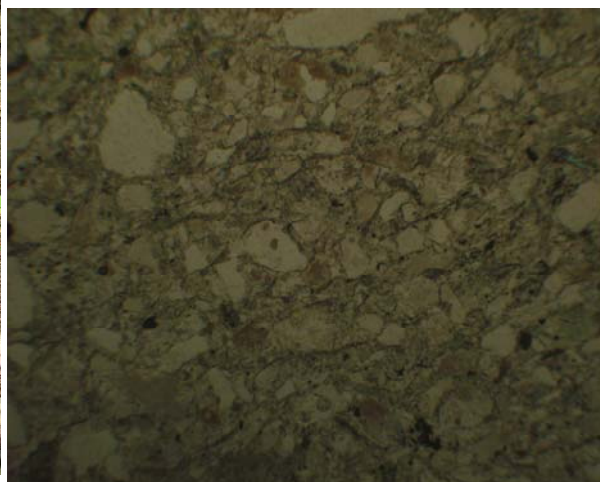
砂岩是本区寒武系的主要岩石类型,广泛分布于清溪组、边溪组、小内冲组以及黄洞口组中,主要有杂砂岩、石英或长石石英杂砂岩、长石石英砂岩、岩屑长石砂岩等岩石类型。砂岩一般与粉砂岩、泥(页)岩组成韵律性互层,具有正粒序或块状层理的砂岩可组成鲍马序列的 A、B 段。

杂砂岩：是本区寒武系的最主要岩石，这类岩石的颜色为灰绿色—青灰色、深灰—灰黑色，呈

厚层-块状，多具正粒序，发育平行层理，局部见泥质团块、底冲刷面、小型交错层理、透镜层理、滑塌构造，细粒、中细粒及不等粒砂质结构(图 3(a))。碎屑成分主要为石英，占 40%~85%，含长石及少量白云母、黑云母，普遍含岩屑。局部含泥砾，还有微量的锆石、电气石、金红石、绿泥石等，砂粒一般呈半滚圆~棱角状，有的为次棱角~棱角状；填隙物占 15%~20%，以绢云母为主，有少量的绿泥石、碳质和铁褐矿等。



(a)杂砂岩，小内冲组



(b)杂砂岩，小内冲组，正交偏光，物镜×25 倍，对角线长 0.8 mm



(c)泥岩，局部风化为高岭土，小内冲组



(d)含砾长石石英砂岩，黄洞口组

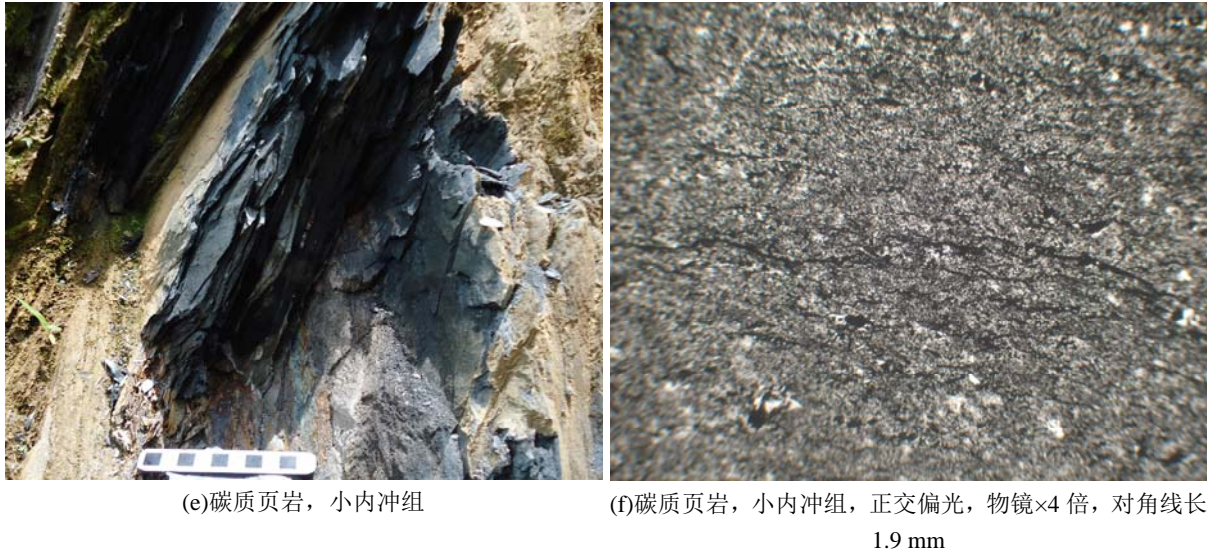


图3 广西贺州地区寒武系砂岩和泥(页)岩

长石石英砂岩: 分布相对较少, 呈深灰—青灰色, 呈厚层块状(图 3(d))。中粗粒和不等粒及中细粒砂质结构, 碎屑中有石英 78%~80%、长石 9%~11%及少量的白云母、电气石、锆石, 不等粒者含砾石且多为石英砾, 呈次棱角—次圆状; 充填物为绢云母和黏土矿物共 8%~9%, 有时含少量黄铁矿和碳质。

岩屑长石砂岩: 黄绿、浅绿—灰绿色及灰—青灰色, 中厚层及块状。发育小型交错层理、包卷层理, 偶见砂质、泥质条带。碎屑物由石英 41%~43%、长石和岩屑 40%、绿泥石和黑云母 2%~3%、白云母 1%~2%及微量的电气石、锆石、白钛石组成, 呈次棱角—半滚圆状; 充填物小于 13%~14%, 有绢云母、绿泥石、褐铁矿等。

2.2 粉砂岩

在本区寒武系中出现不多, 灰绿色、黄绿色、深灰—黑色, 中薄层状, 具交错层理, 为粉砂质和泥质粉砂结构, 有的地区具变余结构, 可构成鲍马序列的 C 段。碎屑由石英 60%~80%、长石 5%及少量绿泥石、微量白钛石、锆石、磷灰石、电气石等组成, 充填物为绢云母和铁质(共占 15%), 粉砂物呈滚圆至棱角状。

2.3 泥(页)岩

砂质或粉砂质泥(页)岩: 在本区寒武系中分布范围广泛, 呈灰绿、深灰—灰黑色, 薄层状(图 3(c)), 为显微鳞片泥质结构, 有的地区为变余泥质显微鳞片变晶结构的板岩, 可构成鲍马序列的 D、E 段。由 85%~95%的绢云母及少量砂质、粉砂质、绿泥石、碳质、铁质组成, 绢云母多具定向排列, 显片状构造, 有时含结核状、星点状黄铁矿及磷结核。页岩中常发育水平层理, 属于悬浮沉积。

碳质和含碳质泥(页)岩: 呈灰黑—黑色, 薄层状产出, 发育水平纹层(图 3(e)), 富含碳质, 有时含硅质, 含少量的绢云母和石英等, 岩层中可见结核状黄铁矿及磷结核。

2.4 硅质岩

出现在清溪组以及测区东南和北东角的晚寒武世黄洞口组第三段中, 灰黑—黑色, 薄层状, 微粒或隐晶结构, 含少量绢云母类黏土矿物。

2.5 碳酸盐岩

出现在研究区西北角的清溪组^[7]，为灰—深灰色纹层状石灰岩，中层透镜状，发育近水平纹层，为粉晶结构、粒状变晶结构，大部分为方解石，含少量碳质和石英及褐铁矿。

3 古生物特征

研究区寒武纪中生物种类较前寒武纪明显增多，但是种类单一。不同种类反映当时不同的沉积环境^[7]。

海绵动物化石在研究区寒武系中分布较广，各组中均产有原始海绵化石 *Protospongia* sp.，主要赋存于泥(页)岩中，海绵动物通常生活于深水、缺氧的环境中，在 200 m 深度以下最为丰富^[8-10]。在研究区寒武系中可见两种类型的无绞纲腕足类化石，在边溪组第二段产腕足类 *Lingulella* sp.(圆货贝)，*Lingulella* sp.(圆货贝)的壳由碳酸钙组成，该属栖居浅海水域^[7]。在边溪组第三段以及黄洞口组中产腕足类 *Obolus* sp.(舌形贝)，*Obolus* sp.(舌形贝)表栖锚定在软的泥质基底或缠绕在其他大型生物表面，营假漂浮生活^[11]。在黄洞口组还采有 *Acrothele* sp.、*Ualborthella* sp.等^[7]。无铰腕足类大都生活在潮汐带及水深小于 30 m 的滨浅海区。研究区寒武系中的微古植物化石多为以球藻、次球藻群为主的浮游植物，它们曾广泛分布在海洋中，营表层水浮游生活^[9-10,12-13]。在清溪组底部采有微古植物坚密光球藻 *Leiopsophaera* sp.及 *Lophomiuscula* sp.、*Leiomiuscula minuta* Naum 等。贺州市七星岭地区产出大量的微古孢子植物化石，在小内冲组中上部产微古孢子植物化石 *Tyloligotriletes* sp.等，在黄洞口组下部产微古孢子植物化石 *Acanthotriletes* sp.等^[7]。

4 沉积环境及演化

4.1 清溪组沉积环境

清溪组以砂、泥(页)岩颜色较深，(含)碳质泥岩较多为主要特征。岩性主要为深灰—灰黑色厚层细粒、中—细粒、少量中粒、粗中粒(长石)石英杂砂岩夹中—薄层泥(页)岩、(含)碳质泥岩，或互层，向上泥(页)岩增多(图 4)。页岩中发育水平纹层，普遍含星点状黄铁矿及磷结核，并产原始海绵化石 *Protospongia* sp.和水平虫迹，反映其沉积环境可能为较深水的还原环境；杂砂岩底部可见冲刷面，表明较强的水动力条件；滑塌构造反映了斜坡相的沉积特点，杂砂岩中还可可见正粒序层理，这说明可能具有浊流沉积。因此，整体上可能反映为较深水的斜坡环境。

本组 3~4 层灰黑色碳质泥岩夹石煤层及薄层硅质岩，碳质泥岩中可见黄铁矿条带及磷结核，表明其沉积环境为安静的深水、还原的盆地边缘环境特点；本组 5~8 层岩石颜色以深灰、灰黑色为主，由细粒长石石英杂砂岩与泥(页)岩、碳质泥岩组成的鲍马序列 AE、CE 等组合，且出现具有斜坡环境特征的滑塌构造，杂砂岩中可见正粒序层理、底冲刷面，反映了还原环境，可见反映较深水体的原始海绵化石 *Protospongia* sp.和水平虫迹，以上说明本组 2 层沉积环境为斜坡环境。本组 9~10、11 层岩性主要以灰色厚层中—细粒石英杂砂岩夹灰黑色泥(页)岩、深灰色粉砂岩与泥(页)岩、碳质泥岩互层为特征(图 4)，页岩中发育水平层理，反映较安静的沉积环境。相比本组 1 层碳质含量减少，砂岩粒度变粗，反映沉积环境变浅，可能为深水陆棚环境。本组 12~17 层与本组 5~8 层的岩性以及构造特征相似(图 4)，在恭城三江彭家一带地区，上部发育碳质泥岩夹灰—深灰色纹层灰岩透镜体反映沉积环境水体更深，所以本组 12~17 层为斜坡沉积环境，局部为盆地边缘沉积。综上所述，本组沉积时期经历了盆地边缘—斜坡—陆棚—斜坡的沉积演化过程(图 4)。

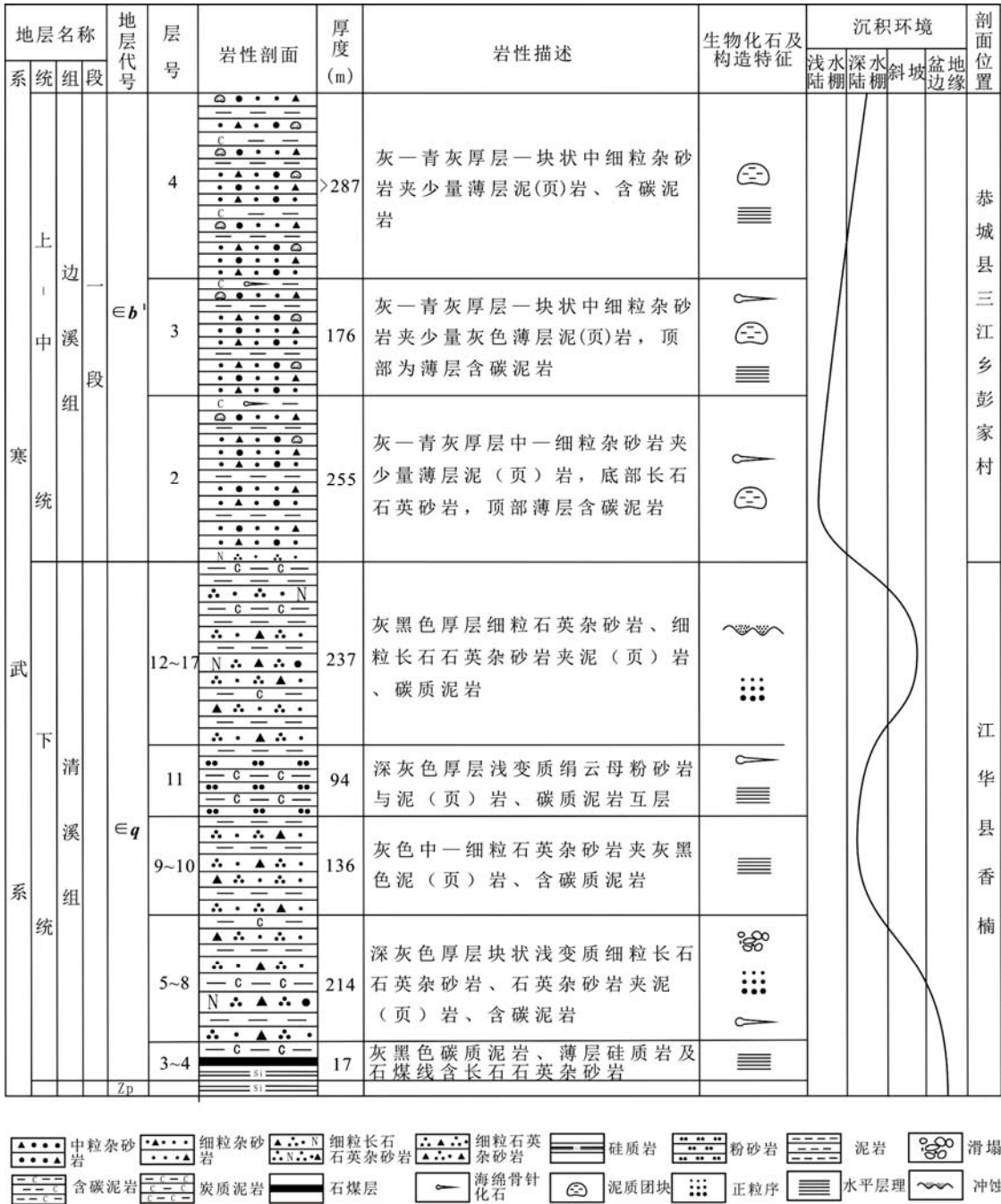


图4 清溪组、边溪组一段岩石特征及沉积环境分析

4.2 边溪组沉积环境

边溪组岩性主要为灰、青灰、深灰色厚层细粒、中细粒杂砂岩及(长石)石英杂砂岩夹灰、灰绿、深灰色中—薄层泥(页)岩，少量含碳泥岩和粉砂岩及(含细砾)不等粒长石石英杂砂岩。与清溪组相比，边溪组的杂砂岩及粉砂岩相对增多，且粒度变粗，泥(页)岩、(含)碳泥岩减少，且岩石颜色变浅，说明本组沉积环境的水体整体上较清溪组浅。本组沉积构造丰富，既有在水动力条件较弱的环境下形成的波纹层理、小型交错层理及水平层理，也有在水动力条件较强的环境下形成的底冲刷面。本组既有产出处于较深环境的原始海绵化石 *Protospongia* sp.，也有产出处于较浅环境的无纹纲腕足类 *Lingulella* sp.、*Obolus* sp.(图4~5)。在恭城县三江乡彭家村剖面中边溪组一段3~4层岩性主要为青灰、深灰色厚层中细粒杂砂岩及(长石)石英

杂砂岩夹灰、灰绿、深灰色中—薄层泥(页)岩, 少量含碳泥岩(图 4), 青灰—深灰色的岩石颜色反映了还原环境, 页岩中常发育水平层理, 反映沉积环境安静, 原始海绵化石 *Protospongia sp.*和水平虫迹出现在含碳泥岩中, 表明水

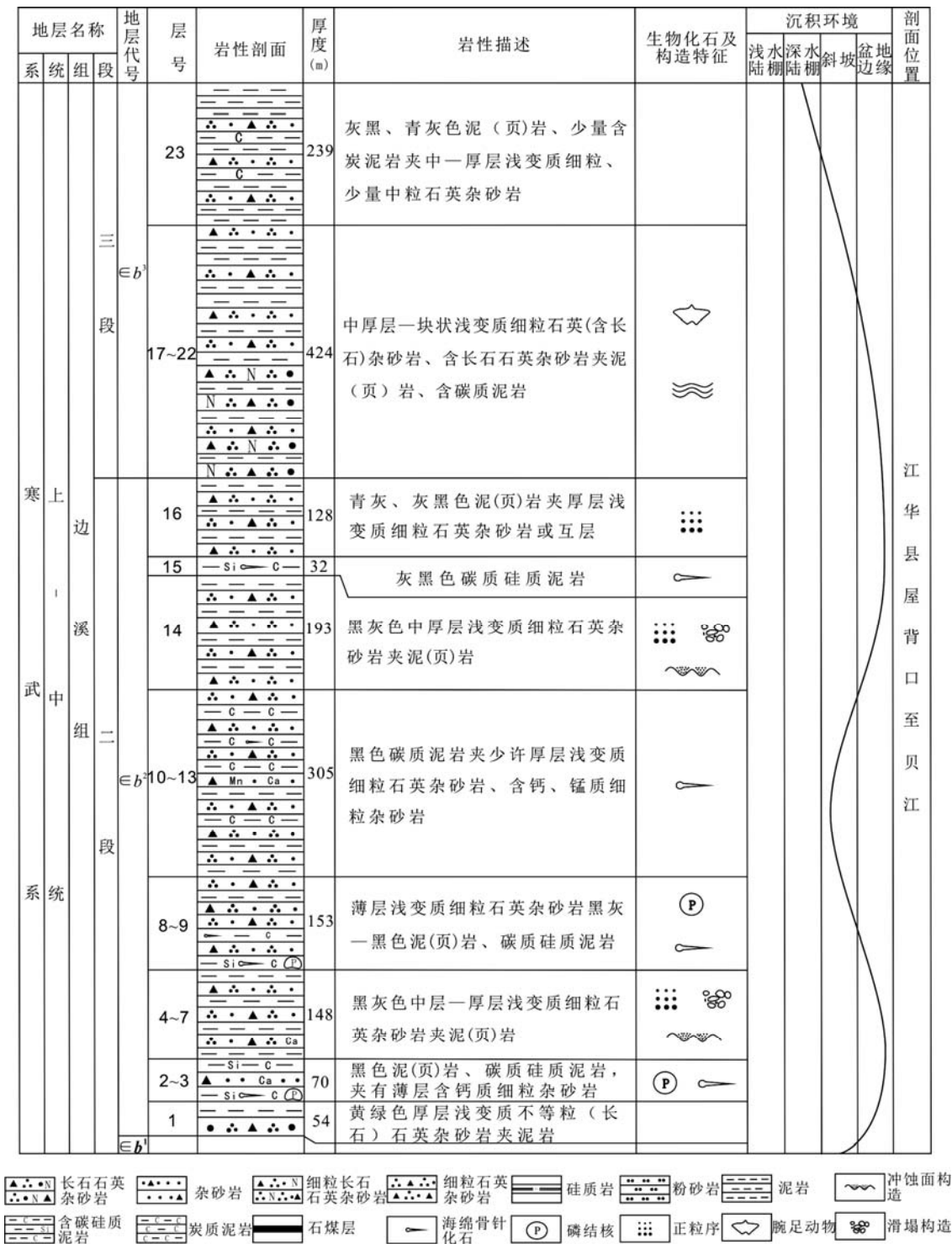


图 5 边溪组二段、三段岩石特征及沉积环境分析

体较深, 且未发现具斜坡特征的沉积构造, 表明可能为深水陆棚的沉积环境。在江华县屋贝口至贝江剖面中边溪组二段的 1~9 层岩性主要为黑色、灰黑色中—厚层细粒杂砂岩与黑色薄层泥(页)岩、粉砂岩构成不等厚互层, 泥(页)岩、(含)碳泥岩的增多(图 5)。岩石颜色以黑灰色—黑色为主, 反映了还原环境, 原始海绵化石 *Protospongia sp.*和水平虫迹的出现说明水体

有一定深度, 细粒杂砂岩与粉砂以及泥(页)岩组成的鲍马序列 ACE、AE 等组合, 杂砂岩中发育正粒序层理, 底部可见冲刷面, 为浊流沉积特征, 且具有斜坡相特征的滑塌构造发育, 说明沉积环境为斜坡环境。在边溪组二段 10~13 层以及 15 层中发育的少许硅质泥岩以及泥(页)岩中发育普遍含磷结核说明沉积环境较深, 所以边溪组二段大部分为斜坡沉积, 局部沉积环境较深, 为盆地边缘沉积。边溪组三段岩性为灰—青灰色中厚层—块状细粒杂砂岩与薄层泥(页)岩、粉砂岩构成不等厚互层(图 5)。与边溪组二段层相比, 砂岩粒度变粗, 砂岩中发育波纹层理、小型交错层理等沉积构造, 反映水动力条件不强, 无纹纲腕足类 *Lingulella* sp.、*Obolus* sp. 的出现, 说明水体变浅, 所以, 边溪组三段可能为陆棚沉积。综上所述, 本组沉积时期经历了陆棚—斜坡—陆棚的沉积演化过程(图 4~5)。

4.3 小内冲组沉积环境

小内冲组岩性主要为黄绿、灰绿、青灰色中—厚层细粒、中细粒及中粒、不等粒(含长石)杂砂岩、(长石)石英杂砂岩夹中—薄层泥(页)岩、粉砂质泥(页)岩、(含)碳质泥(页)岩, 偶夹粉砂岩。与清溪组相比, 小内冲组岩石颜色以黄绿—灰绿色为主, 泥(页)岩减少, (含)碳质泥岩少见, 以岩屑为主的杂砂岩少见, 说明本组沉积环境明显较清溪组浅。本组的沉积构造包括波纹层理、小型交错层理、底冲刷面等。本组在底部和顶部产原始海绵化石 *Protospongia* sp.(图 6)。贺州市七星岭地区产较丰富的孢子化石, 在研究区的邻区的临武炭头坪、怀集县史屋村, 前人采有无纹纲腕足类化石 *Ualbirthella*.sp、*Obolus*.sp 等。本组 62~67 层岩性主要为灰、灰黑色中层细粒岩屑长石砂岩与灰、灰黑色泥(页)岩、碳质泥岩互层(图 6), 灰—灰黑的岩石颜色以及碳质泥岩中少量的磷结核和黄铁矿团块或条带(图 7), 反映了还原环境, 原始海绵化石 *Protospongia* sp. 的出现说明水体有一定深度, 砂岩中可见正粒序层理、小型交错层理, 底部可见冲刷构造, 砂岩与泥(页)岩组成的鲍马序列 ACE、ABDE、AE 等组合反映浊流沉积特征。以上可表明本组 62~67 层多为斜坡沉积环境。本组 68~73 层岩性主要为青灰、中—厚层细粒岩屑长石砂岩夹中—薄层泥(页)岩, 偶夹粉砂岩(图 6)。砂、泥(页)岩的颜色主要为青灰色, 反映弱还原的沉积环境, 砂岩中发育波痕、小型交错层理等构造, 泥岩局部见砂质透镜体, 说明水动力条件较之前变弱, 在临武炭头坪等地区, 本组中上部出现反映较浅沉积环境的无纹纲腕足类, 表明沉积环境较之前变浅。本组 74~82 层的沉积特征与本组 62~67 层相似(图 6), 反映沉积环境为斜坡环境。综上所述, 本组沉积时期经历了斜坡—陆棚—斜坡的沉积演化过程(图 6)。

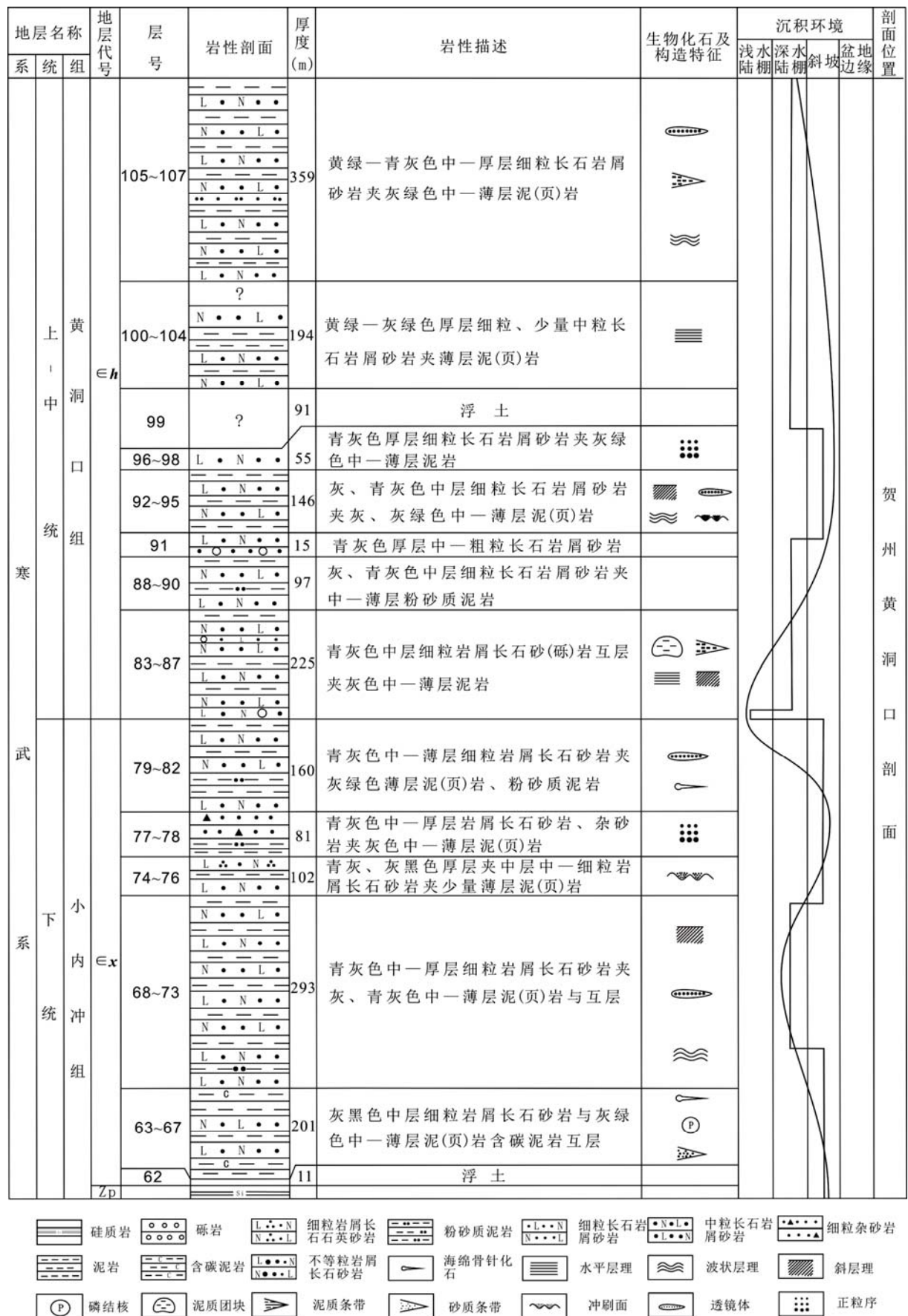
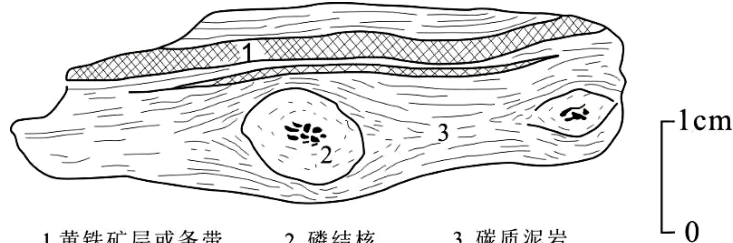


图6 小内冲组及黄洞口组岩石特征及沉积环境分析



a)小内冲组碳质泥岩中黄铁矿条带及磷结核



1.黄铁矿层或条带 2.磷结核 3.碳质泥岩

(b)小内冲组碳质泥岩中黄铁矿条带及磷结核素描图

图7 贺州黄洞口剖面小内冲组底部碳质泥岩

4.4 黄洞口组沉积环境

黄洞口组岩性主要是黄绿、灰绿中—厚层细粒、中细粒杂砂岩夹中—薄层泥(页)岩、粉砂质泥岩,偶夹灰绿色、黄绿色薄粉砂岩。与小内冲组相比,本组泥(页)岩含量减少,(含)碳质泥岩少见;与边溪组相比,本组化石类型主要以较浅水的 *Oblus* sp.等无绞纲腕足类为主。说明本组沉积环境水体较小内冲组、边溪组浅。本组砂岩中主要发育泥质条带、波痕、小型交错层理等沉积构造,页岩中水平层理发育(图6)。本组83~91层以及99~107层岩性主要为黄绿—青灰色中—厚层细粒长石岩屑砂岩夹中—薄层灰绿色泥(页)岩(图6),本组中岩石的黄绿、灰绿、青灰等颜色反映了弱氧化—弱还原环境,产无绞纲腕足类化石 *Oblus* sp.,反映水体较浅,砂岩中主要发育的波痕、小型交错层理等沉积构造反映整体水动力条件不强,以上反映深水陆棚的沉积特征。本组83~87层以及91层出现的2~3层含砂砾岩和1~2层细砾岩,砾石呈次棱角-次圆状,说明搬运距离不远,砂岩具平行层理、底冲刷面,反映局部水动力条件较强,表明沉积环境更浅,所以本组83~91层以及99~107层沉积环境大部分为深水陆棚沉积,局部沉积环境更浅,为浅水陆棚沉积。本组92~98层为灰、灰绿色砂岩与灰黑色薄层泥(页)岩、粉砂质泥岩构成不等厚互层(图6),灰绿色—灰黑色的岩石颜色反映了弱还原—还原的沉积环境,砂岩总体向上变少,泥(页)岩具大量水平纹层、小型交错层理、包卷层理、透镜状层理;砂岩含少量泥砾和透镜状、扁椭圆状砂砾,具正粒序层理,可见由砂岩与泥(页)岩组成的鲍马序列ABC、AE、ABCDE、CDE等组合(图8),反映了重力流的沉积特征,以上表明本组92~98层为斜坡沉积环境。综上所述,本组沉积时期经历了陆棚—斜坡—陆棚的沉积过程(图6)。

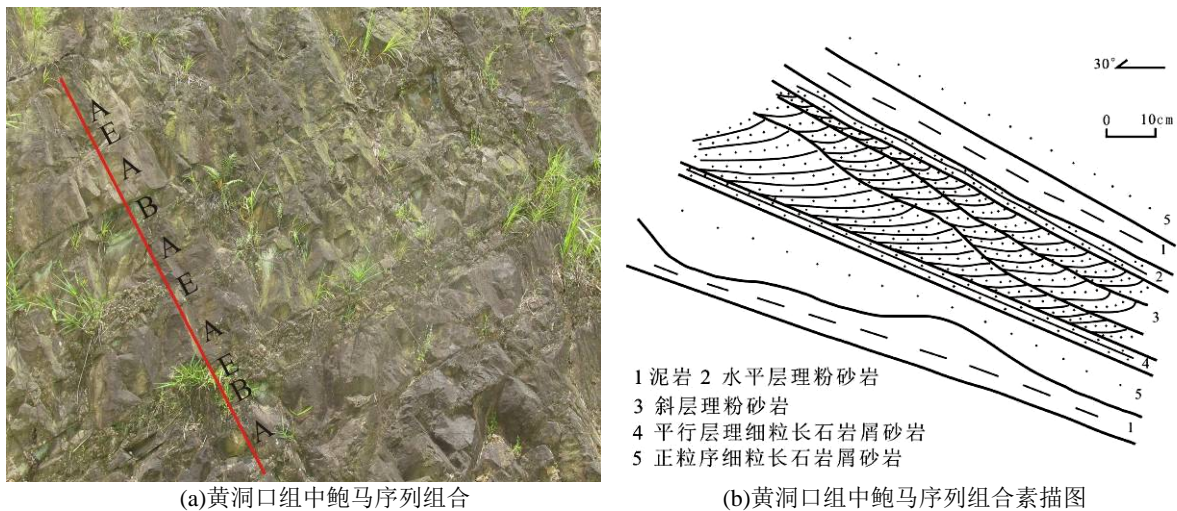


图8 贺州黄洞口剖面黄洞口组中部鲍马序列组合

4.5 沉积环境横向变化

在近南北方向选取贺州大坪街、贺州七星岭、贺州黄洞、江华香楠以及江华罗得形 5 个剖面进行沉积环境的横向对比(图 9)。晚震旦世末大规模海侵结束后测区海平面发生较明显变浅,在原有的深海盆地硅质岩相之上形成寒武纪的盆地边缘—陆棚相的砂、泥(页)岩沉积。从 5 个剖面寒武系底部岩石既有硅质岩、(含)碳质、硅质泥(页)岩,也有杂砂岩来看,说明沉积环境的水体深浅不一,贺州大坪街、贺州七星岭、贺州黄洞以陆棚环境和斜坡环境为主,而江华香楠和华罗得形以斜坡环境和盆地边缘环境为主,北区的沉积环境比南区的沉积环境要深,研究区向北由陆棚过渡为斜坡及盆地边缘环境。通过对研究区岩石类型及其组合、生物化石、沉积构造以及对沉积环境纵向分析和横向对比等特征的研究,认为以江华码市、贺州桂岭、西湾、燕塘一线为界将研究区寒武纪划分为两大沉积相区(图 10)。北西部划为深水陆棚—斜坡相区,分布地层为清溪组和边溪组,南东部划为陆棚相区,分布地层为小内冲组和黄洞口组。

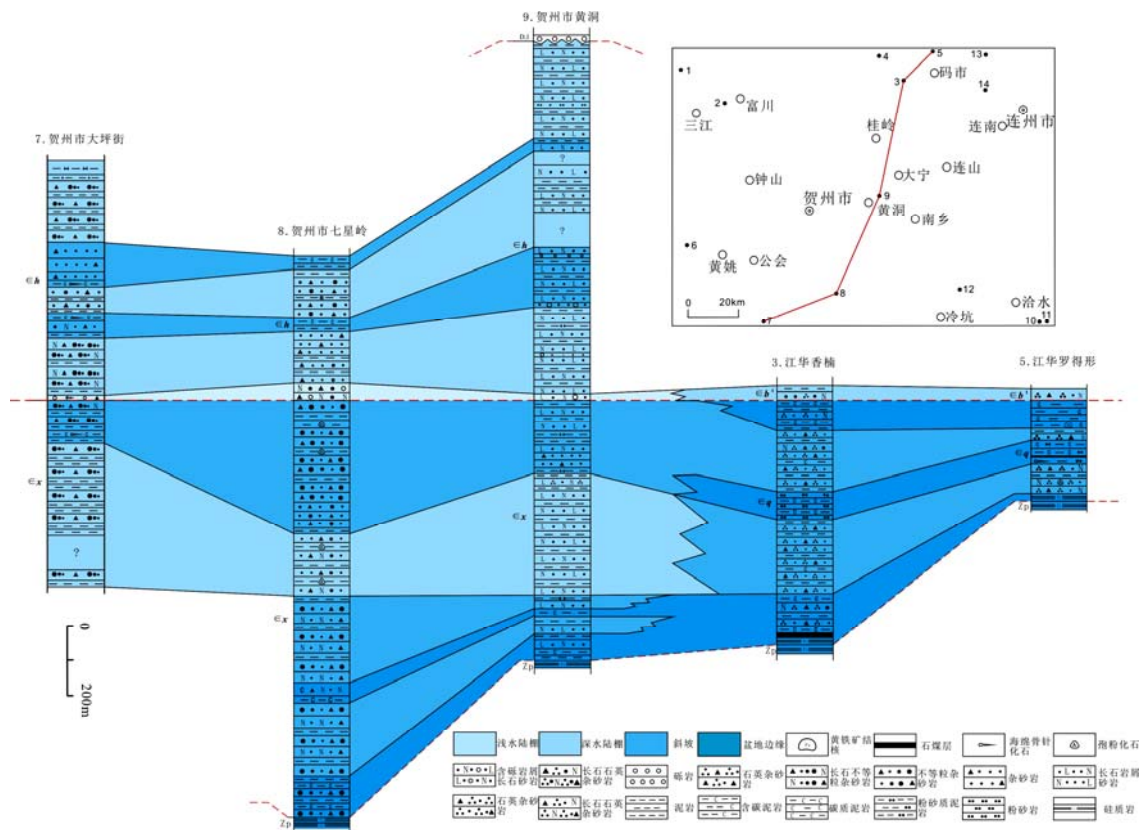


图9 研究区寒武系剖面及沉积环境对比

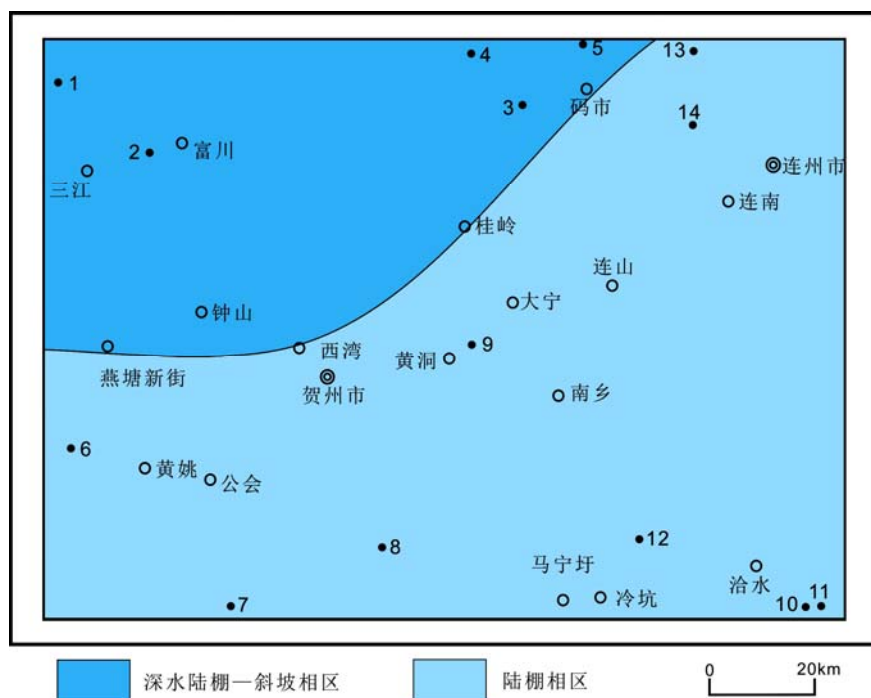


图 10 研究区寒武系沉积相展布

5 沉积演化

晚震旦世末大规模海侵结束后,研究区内海平面上升^[14-17]。在早寒武世初期,在深水陆棚—斜坡相区主要为斜坡沉积环境,部分是盆地边缘沉积环境(图 4);在陆棚相区主要为斜坡沉积环境(图 6)。在早寒武世中期,相比早寒武世初期,岩石颜色由灰黑色变为灰—青灰

色、泥质含量减少,砂岩粒度由细粒变为中—细粒,构成下细上粗的沉积构造,反映海平面逐渐下降,沉积环境变浅,主要为深水陆棚—斜坡的沉积环境(图 4~6)。早寒武世末期,整个研究区内黄铁矿及磷结核发育、碳质泥岩增多,砂岩粒度由下至上逐渐变细,反映了一个海平面上升的过程(图 9)。早寒武世末期海侵规模较大,研究区西北全为盆地相碳质泥岩沉积。中—晚寒武世的沉积环境总体变浅,中寒武世早期初时出现一套浅海陆棚相的砂砾岩沉积物,覆盖于早寒武世晚期的斜坡相的砂、泥(页)岩之上,反映海水有明显的变浅过程,之后向上岩石颜色由灰—青灰色变为黄绿—绿灰色、砂岩粒度由中—细粒变为细粒、泥(页)岩含量增多,表明海水加深,反映了一个海进的过程(图 5~6)。中—晚寒武世后期深水陆棚—斜坡相区和陆棚相区出现了代表较浅沉积环境的无绞网腕足类化石,沉积物粒度变粗,构成下细上粗的沉积构造,反映了一个海退的过程(图 5~6)。

整个研究区是主要处在盆地边缘与较深水陆棚—斜坡相之间交替变化的,容纳空间的增长与沉积速率相近,属追赶式沉积。总的来说,区内寒武纪发生了 3 次较大规模的海侵、海进旋回,海水总体向上变浅。第一次为早寒武世初期至早寒武世中期,第二次为早寒武世中期至早寒武世末期,第三次为中寒武世初期至晚寒武世末期(图 4~6)。

6 沉积相展布所反映的大地构造特点

通过选取由西北向东南了位于扬子板块和华夏板块的界限周边的桂林周边地区的临桂县东岭剖面、兴坪大源林坊剖面和灌阳水车老棚剖面以及本文研究区内的恭城彭家剖面和贺州黄洞剖面进行横向沉积环境对比分析(图 11),可以反映分界线两侧沉积环境的变化以及大地构造特点,并结合古流向等区域资料,分析扬子西南缘震旦纪-早古生代的海盆特征,进而提出扬子板块和华南新元古代—早古生代造山带的界限划分的一些判别依据。

灌阳以及恭城地区沉积环境较深(图 11),砂、泥(页)岩颜色以灰—灰黑色为主,(含)碳质、硅质泥岩较多,清溪组顶部发育灰—深灰色纹层灰岩透镜体,为斜坡—盆地边缘沉积,从分界线向北西、向东南,杂砂岩及粉砂岩相对增多,泥(页)岩减少,为斜坡—陆棚沉积。以上表明从桂北到桂东,沉积环境由浅变深再由深变浅。桂东地区古流向资料显示有多向性,结合区域资料进行分析,可知,其中的北西向和北东向是物源迁移方向^[18-22],其物源可能来自东南或南西部的华夏或云开古陆,而桂北地区的古流向以北东向为主^[18-22],其物源可能来自扬子板块西南向的滇中古陆和牛首山岛。寒武系扬子古陆主要为碳酸盐沉积,向东南由碳酸盐台地过渡为陆棚、斜坡及盆地。华夏古陆以陆源碎屑沉积为主,向北西由浅海陆棚过渡为斜坡及盆地。桂东沉积影响主要受控于活动性较强的华夏古陆,而桂北的沉积影响主要受控于扬子古陆。

华南海盆在寒武系处于“裂谷”的进一步发展形成华南古被动大陆边缘的阶段^[18-23]。位于扬子古陆东南陆缘的桂东—桂东北地区在晚震旦世和早寒武世早期华南海盆裂解拉张达到最大规模,晚震旦世培地组的硅质岩、早寒武世早期清溪组发育的灰黑色碳质泥(页)、硅质泥(页)岩及磷结核都反映此时为饥饿盆地,为欠补偿沉积。这与位于华南海盆的桂东地区沉积特征不同,受控于其南东活动性较强的华夏古陆的桂东地区总体以砂岩和泥岩形成类复理石韵律的重力流沉积为特征,海水有深浅变化,以陆棚—斜坡沉积环境为主。随后桂北—桂东北地区在中—晚寒武世,由于华南海盆挤压闭合,发生热沉降,为被动边缘沉积盆地沉积特征,但盆地范围相对缩小斜坡—陆棚范围扩大,水体整体下降。桂东地区的整体沉积环境也变浅,由斜坡环境过渡为陆棚环境,说明扬子古陆与华夏古陆的闭合造山运动,研究区的构造性质由早寒武世的引张转为了中—晚寒武世的挤压性质。现在华南大陆的大地构造分

区仍存在分歧与争议^[22-27]，现有 3 种被大多数学者认同的划分方案，分别为程裕淇^[25](图 11 中 A)，任纪舜等^[26](图 11 中 C)以及本文所使用的刘训等^[6](图 11 中 B)。按照以上描述，认为临桂县东岭剖面应位于扬子板块，兴坪大源林坊剖面、灌阳水车老棚剖面、恭城彭家剖面应临近两者分界线，贺州黄洞剖面应位于华夏板块，故认为刘训等^[6](图 11 中 B)的扬子板块与华夏板块的划分比较合理。

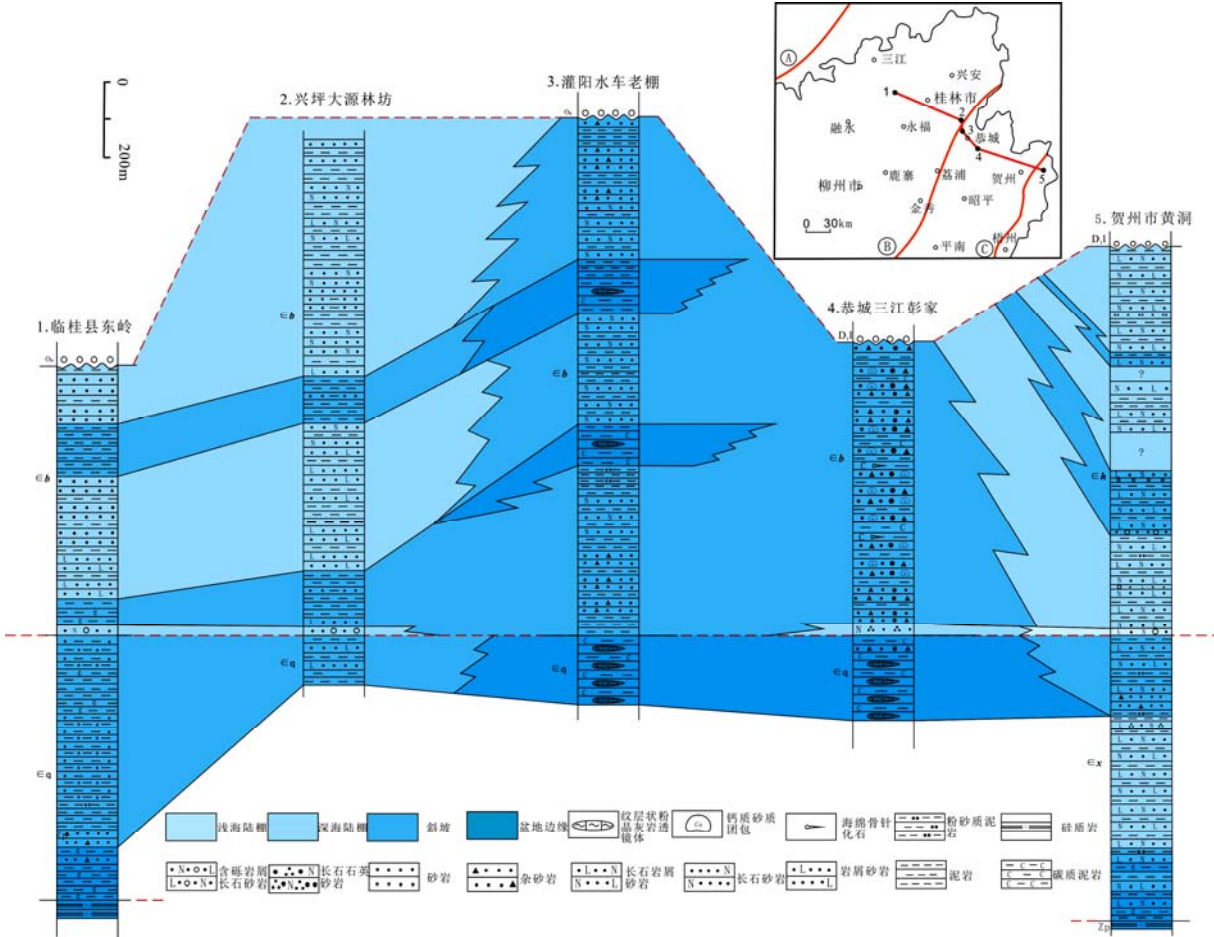


图 11 扬子板块和华南新元古代—早古生代造山带的界线两侧寒武系剖面对比

7 结 论

- 1)研究区寒武系岩石类型以砂岩、泥(页)岩为主。砂岩包括杂砂岩、石英或长石石英杂砂岩、岩屑长石砂岩等；泥(页)岩以砂质或粉砂质泥(页)岩和碳质泥岩为主。
- 2)研究区寒武纪以江华码市—贺州桂岭—西湾、燕塘一线为界可划分为两大沉积相区，北西部为深水陆棚—斜坡相区，主要以斜坡环境为主；南东部为陆棚相区，以陆棚环境为主。在早寒武世初期、早寒武世中期和中寒武世初期分别发生了 3 次较大规模的海进。
- 3)研究区早寒武世的沉积特征可能代表了华南海盆裂解拉张达到最大规模阶段的产物，中—晚寒武世的沉积特征说明了华南海盆挤压闭合，研究区的构造性质由早寒武世的引张转为了中—晚寒武世的挤压。

致谢

广西壮族自治区地质调查院王汉荣总工、广西壮族自治区地质调查院李江总工、中国地质大学(北京)张传恒教授在资料收集和野外工作中给予了大力支持，在项目开展过程中，刘

训研究员给予了悉心指导，在此致以诚挚的感谢。

[参考文献] (References)

- [1] 王剑, 潘桂棠. 中国南方古大陆研究进展与问题评述[J]. 沉积学报, 2009, 27(5): 818-825.
Wang Jian, Pan Guitang. Neoproterozoic South China palaeocontinents: an overview [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2009, 27(5): 818-825. (in Chinese)
- [2] Charvet J, Shu Liangshu, Faure M, et al. Structural development of the Lower Paleozoic belt of South China: Genesis of an intracontinental orogen [J]. Journal of Asian Earth Sciences, 2010, 39(4): 309-330.
- [3] 王鹏鸣, 于津海, 孙涛, 等. 湘桂震旦-寒武纪沉积岩组成的变化—对华南构造演化的指示[J]. 中国科学: 地球科学, 2013, 43(11): 1893-1906.
Wang Pengming, Yu Jinghai, Sun Tao, et al. Composition variations of the SinianCambrian sedimentary rocks in Hunan and Guangxi provinces and their tectonic significance [J]. Science China: Earth Sciences, 2013, 43(11): 1893-1906. (in Chinese)
- [4] 杨自彝. 华南南部寒武纪碎屑岩沉积特征及其大地构造意义[D]. 北京: 中国地质大学, 2010.
Yang Ziben. Sedimentary Characteristics of the Cambrian Clastic Rocks in Southern Part of South China and Their Geotectonic Implications [D]. Beijing: China University of Geosciences, 2010. (in Chinese)
- [5] 杜晓东, 邹和平, 苏章款, 等. 广西大瑶山—大明山地区寒武纪砂岩-泥岩的地球化学特征及沉积-构造环境分析[J]. 中国地质, 2013, 40(4): 1112-1128.
Du Xiaodong, Zou Heping, Su Zhangxin, et al. Geochemical characteristics and sedimentary-tectonic setting of the Cambrian sandstones and mudstones in Dayaoshan-Damingshan area, Guangxi [J]. Geology in China, 2013, 40(4): 1112-1128. (in Chinese)
- [6] 刘训, 游国庆. 中国的板块构造区划[J]. 中国地质, 2015, 42(1): 1-17.
Liu Xun, You Guoqing. Tectonic regional subdivision of China in the light of plate theory [J]. Geology in China, 2015, 42(1): 1-17 (in Chinese)
- [7] 广西壮族自治区地质矿产局. 广西壮族自治区区域地质志[M]. 北京: 地质出版社, 1985: 23-55.
Guangxi Zhuang Autonomous Region Bureau of Geology and Mineral Resources. Regional Geology of Guangxi Zhuang Autonomous Region [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1985: 23-55. (in Chinese)
- [8] 杨兴莲, 赵元龙, 朱茂炎, 等. 贵州丹寨寒武系牛蹄塘组海绵动物化石及其环境背景[J]. 古生物学报, 2010(3): 348-359.
Yang Xinglian, Zhan Yuanlong, Zhu Maoyan, et al. Sponges from the early Cambrian Niutitang formation at DanZhai, Guizhou and their environmental background [J]. Acta Palaeontologica Sinica, 2010(3): 348-359. (in Chinese)
- [9] 胡杰. 桂东北较深水相前寒武纪-寒武纪之交的硅质微生物岩[J]. 微体古生物学报, 2008, 25(3): 291-305.
Hu Jie. The cherty microbolite in the deeper water facies during the Precambrian-Cambrian transitional period in northeast Guangxi province, China [J]. Acta Micropalaeontologica Sinica, 2008, 25(3): 291-305. (in Chinese)
- [10] Xiao Chuantao, Chen Zhiyong, Liu Li, et al. Ordovician cephalopod biofacies of South China and its provincialization [J]. Journal of China University of Geosciences, 2006, 17(3): 221-230.
- [11] 蒋金晶, 何幼斌, 罗薇, 等. 湘南地区寒武系沉积环境分析[J]. 地质通报, 2012, 31(7): 1094-1104.
Jiang Jingjing, He Youbin, Luo Wei, et al. An analysis of the Cambrian sedimentary environment in southern Hunan Province [J]. Geological Bulletin of China, 2012, 31(7): 1094-1104. (in Chinese)
- [12] 韦盛孔. 广西平南县金秀地区寒武纪微古植物群[J]. 广西地质, 2001, 14(4): 3-5.
Wei Shengkong. The Cambrian micro-flora fossils from Pingnan-Jinxu area in Guangxi [J]. Guangxi Geology, 2001, 14(4): 3-5. (in Chinese)
- [13] 罗薇, 何幼斌, 蒋金晶, 等. 湘南地区奥陶系岩石组合及其沉积环境[J]. 地质通报, 2012, 31(7): 1105-1114.
Luo Wei, He Youbin, Jiang Jingjing, et al. An analysis of Ordovician rock association and sedimentary environment in southern Hunan Province [J]. Geological Bulletin of China, 2012, 31(7): 1105-1114. (in Chinese)
- [14] Zhang Guowei, Guo Anlin, Wang Yuejun, et al. Tectonics of South China continent and its implications [J]. Science China Earth Sciences, 2013, 56(11): 1804-1828.
- [15] Wang Jian, Li Zhengxiang. History of Neoproterozoic rift basins in South China: implications for Rodinia break-up [J]. Precambrian Research, 2003, 122(1/2/3/4): 141-158.
- [16] Jones B, Manning D A C. Comparison of geochemical indices used for the interpretation of palaeoredox conditions in ancient mudstones [J]. Chemical Geology, 1994, 111(1/2/3/4): 111-129.
- [17] Zhang Guowei, Guo Anlin, Wang Yuejun, et al. Tectonics of South China continent and its implications [J]. Science China Earth Sciences, 2013, 56(11): 1804-1828.
- [18] 舒良树, 于津海, 贾东, 等. 华南东段早古生代造山带研究[J]. 地质通报, 2008, 27(10): 1581-1593.
Shu Liangshu, Yu Jinghai, Jia Dong, et al. Early Paleozoic orogenic belt in the eastern segment of South China [J]. Geological Bulletin of China, 2008, 27(10): 1581-1593. (in Chinese)
- [19] Shu Liangshu, Faure M, Yu Jinhai, et al. Geochronological and geochemical features of the Cathaysia block(South China): new evidence for the Neoproterozoic breakup of Rodinia [J]. Precambrian Research, 2011, 187(3/4): 263-276.
- [20] 杨明桂, 祝平俊, 熊清华, 等. 新元古代—早古生代华南裂谷系的格局及其演化[J]. 地质学报, 2012, 86(9): 1367-1375.
Yang Minggui, Zhu Pingjun, Xiong Qinghua, et al. Framework and evolution of the Neoproterozoic-Early

- Paleozoic South-China rift system [J]. *Acta Geologica Sinica*, 2012, 86(9): 1367-1375. (in Chinese)
- [21] Li Sanzhong, Santosh M, Zhao Guochun, et al. Intracontinental deformation in a frontier of super-convergence: a perspective on the tectonic milieu of the South China Block [J]. *Journal of Asian Earth Sciences*, 2012, 49(30): 313-329.
- [22] 陈懋弘, 梁金城, 张桂林, 等. 加里东期扬子板块与华夏板块西南段分界线的岩相古地理制约[J]. *高校地质学报*, 2006, 12(1): 111-122.
- Chen Maohong, Liang Jincheng, Zhang Guilin, et al. Lithofacies paleogeographic constraints of Southwestern boundary between Yangtze and Cathaysian plates in Caledonian [J]. *Geological Journal of China Universities*, 2006, 12(1): 111-122. (in Chinese)
- [23] 饶家荣, 肖海云, 刘耀荣, 等. 扬子、华夏古板块会聚带在湖南的位置[J]. *地球物理学报*, 2012, 55(2): 484-502.
- Rao Jiarong, Xiao Haiyun, Liu Yaorong, et al. Location of the Yangtze-Cathaysia plate convergence zone in Hunan [J]. *Chinese journal of Geophysics*, 2012, 55(2): 484-502. (in Chinese)
- [24] Boynton W V. Chapter 3-Cosmochemistry of the Rare Earth Elements: meteorite studies [J]. *Developments in Geochemistry*, 1984, 2: 63-114.
- [25] 程裕淇, 沈永和, 张良臣, 等. 中国大陆的地质构造演化[J]. *中国区域地质*, 1995 (4): 289-294.
- Cheng Yuqi, Shen Yonghe, Zhang Liangchen, et al. Tectonic constitution and evolution of the Chinese Continent [J]. *Regional Geology of China*, 1995(4): 289-294. (in Chinese)
- [26] 黄汲清, 任纪舜, 姜春发, 等. 中国大地构造基本轮廓[J]. *地质学报*, 1977(2): 117-135.
- Huang T K, Ren J S, Jiang C F, et al. An outline of the tectonic characteristics of China [J]. *Acta Geologica Sinica*, 1977(2): 117-135. (in Chinese)
- [27] Li Zhengxiang, Li Xianhua, Wartho J A, et al. Magmatic and metamorphic events during the early Paleozoic Wuyi-Yunkai orogeny, Southeastern South China: New age constraints and pressure-temperature conditions [J]. *The Geological Society of America Bulletin*, 2010, 122(5/6): 772-793.