



论文

广西运动的进程: 来自生物相和岩相带的证据

陈旭^{①*}, 张元动^①, 樊隽轩^①, 唐兰^②, 孙海清^③^① 中国科学院南京地质古生物研究所, 现代古生物学及地层学国家重点实验室, 南京 210008;^② 广西大学资源与冶金学院, 南宁 530004;^③ 湖南省地质调查院, 湘潭 411100

* E-mail: xuchen@nigpas.ac.cn

收稿日期: 2012-02-16; 接受日期: 2012-05-12

国家自然科学基金(批准号: 40772002, 41172034)和国家科技重大专项任务(编号: 2011ZX05008-001)资助

摘要 广西运动的启动时间在华南不同地点可能存在差异, 需要在多个地区开展精细的地层学研究, 以精确再现此次运动的进程. 笔者重新采集并研究了广东境内若干地点的奥陶系始兴组和龙头寨组(与赣南的陇溪组相当)的笔石, 认为广东境内笔石黑色页岩相转为近岸浅水碎屑岩相略早于赣南, 因此可能指示广西运动还有一个由南而北的过程. 笔者还根据多年来积累的关于珠江盆地西部和江南斜坡带(包括闽西、粤东、桂北、湖南、赣东北、皖南和浙西等地)的奥陶系地层与古生物资料, 论证了珠江盆地和江南斜坡带从晚奥陶世桑比期至凯迪晚期生物相、岩相带的横向展布格局及其演替过程, 从而进一步印证了广西运动进程中的不同阶段特征, 并探讨了该运动对扬子地台的影响.

关键词广西运动
奥陶系
笔石
生物相带和岩相带
华南

遍布华南的泥盆系与其下覆寒武系-志留系不同层位地层之间的大间断, 表现为地层间的角度不整合或平行不整合接触, 是华南古生代地层中最重要的构造界面. 我国地质部门和油气资源勘查部门普遍以此界面来划分不同的构造层, 代表华南一次重大地质事件. 笔者等在最近发表的“赣南奥陶纪笔石地层序列与广西运动”^[1]一文中, 提出赣南陇溪组深水相含笔石地层与其上滯江组巨厚的近岸浅水碎屑岩系间的生物相、岩相剧变的发生时间, 指示了其构造背景即广西运动发生的时间值, 这一地质时间界定在凯迪期(Katian Stage)初, 即相当于 *Diplacanthograptus caudatus*-*D. spiniferus* 带(图 1). 笔者试图从生物地层学出发, 通过生物相、岩相带纵向变化的研究, 追索其大地构造背景, 来判别广西运动的发生和进程. 最近, 张元动、樊隽轩等于 2010 年 3 月又赴南

岭以南的粤北地区进一步展开野外考察, 他们在南颐先生的热情指导下, 重新研究并采集了粤北不同地点的始兴组(与赣南的陇溪组相当)的笔石, 并向南一直追索到粤南台山县深井新厂沿海一线, 完成了从粤北到粤南的全部野外工作. 与此同时, 笔者等还汇集了多年来积累的关于珠江盆地西部和江南过渡带, 包括闽西、粤东、桂北、湖南、赣东北、皖南至浙西等地奥陶系的地层与古生物资料, 得以进一步探讨华南广西运动的发生及进程, 特别是相关的生物相、岩相带的横向展布格局.

1 粤北至粤南的奥陶纪地层

粤北的奥陶系研究主要是广东区测队在上世纪 50 年代进行的, 南颐、吴兆同于 1959 年对这一地区

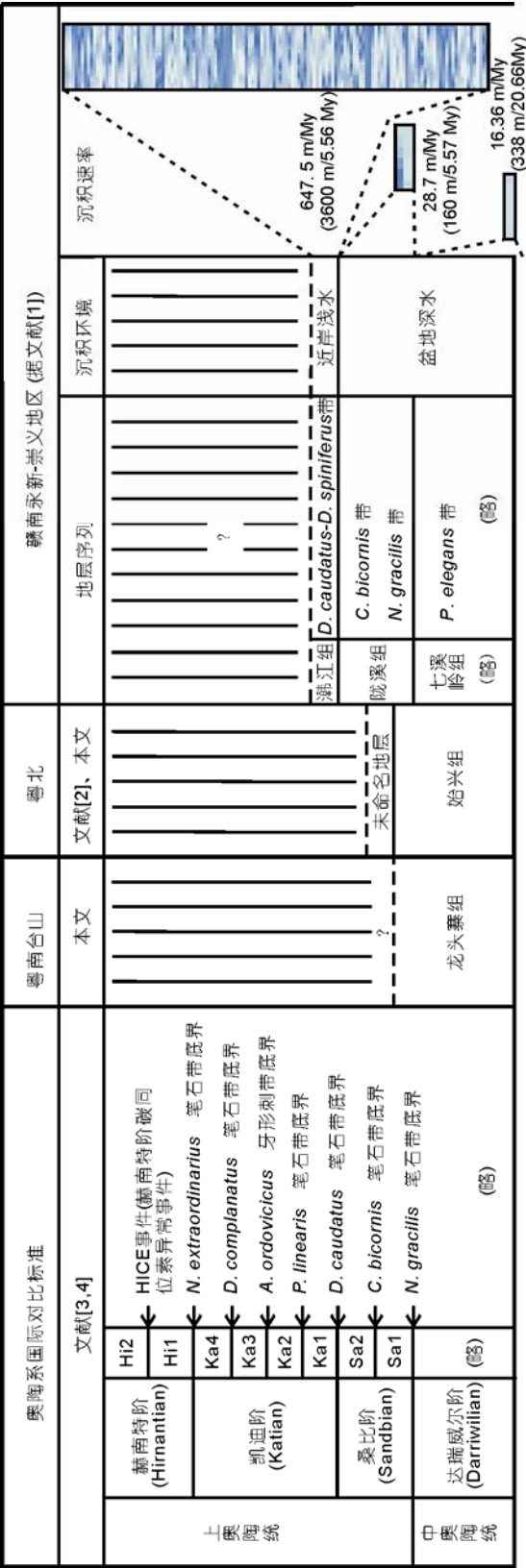


图 1 赣南、粤北和粤南上奥陶统的对比

奥陶纪含笔石地层作了总结^[2]. 两位先生提出粤北曲江、始兴一带的奥陶纪含笔石地层主要有两套, 即下部的灵溪岩系(组)和上部始兴岩系(组), 均为含笔石的黑色及灰绿色粉砂岩和页岩, 始兴组最上部的地层被他们划为 *Dicellograptus sextans* 带, 属晚奥陶世. 其上为一套不含化石的灰绿色、灰白色粉砂岩, 厚达 700 多米, 他们将此 700 多米的粉砂岩初定为奥陶-志留系. 在始兴组之下的灵溪组黑色页岩中, 产 *Expansograptus hirundo* 带(下部)和 *Archiclimacograptus? confertus* 带(上部)的笔石, 属中奥陶世. 这两个岩组的厚度都不超过 300 m. 张元动和樊隽轩等在南颐先生等提供的诸多始兴组剖面 and 产地中, 选择了仁化县溪背和新丰县杨梅岭两个地点, 并在仁化县溪背村的始兴组近顶部采获笔石 *Nemagraptus exilis* (Lapworth), *Dicellograptus cf. sextans* (Hall), *D. cf. sextans exilis* Elles et Wood, *Cryptograptus tricornis* (Carruthers), *Skiagraptus* sp., *Glossograptus fimbriatus* (Hopkinson), *G. cf. hystrix* Ruedemann, *Pseudoclimacograptus scharenbergi* (Lapworth) 和 *Xiphograptus* sp. 等. 又在新丰县杨梅岭的始兴组内采获笔石 *Dicranograptus sinensis* Ge, *Rectograptus geinitzianus* Hall 和 *Pseudazygograptus* sp. 等.

上述两个产地始兴组近顶部的笔石主要包括 *Nemagraptus exilis*, *Dicellograptus cf. sextans*, *Dicranograptus sinensis*, *Glossograptus fimbriatus* 和 *Pseudoclimacograptus scharenbergi* 等. 根据这一组合特征, 可以确定 *N. gracilis* 带的存在, 但这一组合是否可以再上延到较高的层位则难以确定. 如果与南、吴发表的笔石名单进行对比, 仍可发现南、吴二位先生当时把始兴组的顶部确定为 *D. sextans* 带是正确的, 只是在当前的材料中由于 *Nemagraptus* 属的出现, 将此带改为 *N. gracilis* 带就更为合适. 这样, 始兴、灵溪、曲江和新丰等地的始兴组近顶部则应相当桑比阶(Sandbian Stage)的下部^[3,4], 其顶界应低于赣南陇溪组的顶界. 粤北始兴组之上的一套 700 多米的粉砂岩, 由于未见任何化石, 难于确定其时代. 按其地层顺序可将之与陇溪组上部对比, 但也可能还包括相当于濞江组下部的层位(图 1). 粤北的始兴组向南可延至台山县深井圩的新厂村(此即下奥陶统新厂组的标准地点). 1977 年笔者之一(陈旭)随穆恩之老师等赴该地进行野外工作, 该地奥陶系的顶部地层称为龙头寨组, 当时即采获笔石 *Pseudoclimacograptus*

scharenbergi (Lapworth) 和 *Dicellograptus sextans exilis* Elles et Wood 等, 因此新厂的龙头寨组也应相当 *N. gracilis* 带的地层. 由于露头有限, 穆恩之等于 1977 年, 以及这次张、樊等在新厂均未发现其上是否还有更高的地层.

综上, 粤南-粤北-赣南地区桑比阶和凯迪阶(Katian Stage)的地层已可进行较为准确的对比(图 1). 不难看出, 从粤南到赣南, 上奥陶统底部相当于始兴组和陇溪组的地层都是由桑比阶的黑色笔石页岩或粉砂岩组成, 但前者顶界略低于后者, 其上均剧变为凯迪阶濞江组下部的近岸浅水的碎屑岩, 凯迪阶中部以上的奥陶纪地层全部缺失或遭受剥蚀, 指示当时该地区已形成古陆, 并成为珠江盆地西部新增的物源供给区. 广东境内笔石黑色页岩相转为近岸浅水碎屑岩相略早于赣南, 可能指示广西运动还有一个由南而北的过程, 值得进一步研究.

2 闽西永安的奥陶纪地层

从南岭南北向东直至东南沿海, 唯有福建永安魏坊一隅, 曾由骆金锭等发现过奥陶纪中期的笔石^[5], 当时鉴定为 *Didymograptus* sp., (有可能是 *Expansograptus* sp.), 虽仅一个笔石断枝, 却能肯定永安地区存在奥陶纪中期的海盆. 这一海盆是否和粤赣的奥陶纪海盆连成一片, 倒是 30 年来一直存在的疑问. 在考察了赣南到广东各地的奥陶系之后, 笔者认为, 张国伟等在《中国南方大地构造分区图》(文稿, 个人通信)中提出的赣中地块的范围, 正是分隔晚奥陶世珠江盆地西部(湘、赣、粤)与同时期珠江盆地东部(闽西)之间的一个古陆, 张国伟先生多次在公开的学术会议上报告和展示这一重要图件的初稿, 笔者征得他本人同意后, 遵照张国伟等所提“赣中地块”的原意而称之为赣中古陆. 从江西省区域地质志的 4 幅地质图中^[6], 可以明确地判读出在新干-安福-兴国-石城-南丰(即武夷山以西)范围内, 有一个早古生代地层的缺失区, 它的范围也正是赣中古陆之所在. 这个赣中古陆面积不大却很重要, 濞江组的分布紧邻赣中古陆的西侧, 其巨厚的近岸碎屑岩沉积可能就来自该古陆. 粤北至粤南与之同期的细碎屑物也可能有一部分来自赣中古陆, 只是搬运了一定的距离. 对于赣中古陆的性质、详细范围和影响区域, 还需要开展大量工作, 其中特别是关于沉积相变化的研究, 以更

好地解释该古陆与周边奥陶系沉积的关系。

3 粤西、桂东的奥陶纪地层

粤北至粤南的始兴组、龙头寨组及其上的含笔石细碎屑岩系向西到德庆-封开地区, 据南颐、吴兆同^[7]的资料虽仍是一套砂页岩系, 但其中夹含了少量三叶虫(*Iliaenus*, *Synhomalonatus* 等)和腕足动物化石(*Metorthis*, *Orthis* 等)。南、吴认为此砂页岩系相当于三峡的“艾家山系底部”。如是, 则大致和赣南的濞江组相当。德庆-封开地区奥陶系之上为志留系下部的连滩组, 该组在其标准地点郁南连滩, 据 Chang 和 Sun (张席湜、孙云铸)^[8]和汪啸风^[9]的研究, 连滩组发育了完整的兰多维列统含笔石地层。可见这一地区的奥陶系和志留系之间是连续沉积, 并一直保持着一套较深水的碎屑岩沉积, 但在奥陶纪地层中夹含少量浅水的壳相化石。除德庆-封开地区之外, 据邝国毅先生最近面告, 在云开大山另一侧的岑溪市坡塘至容县都目亦发育了与德庆-封开地区相同的奥陶纪地层, 其中亦夹含少量浅水的壳相化石。因此这一地区的奥陶纪地层, 与粤北-粤南的情况有所不同, 可以认为代表不同的相带, 而且还界定了与其南的钦防盆地的界线。因为岑溪、容县、封开、德庆夹含浅水壳相化石的奥陶系不可能与广西玉林、北流的深水相笔石地层属于相同的沉积环境。钦防盆地位于十万大山与云开大山南段之间, 发育一套从早古生代一直到泥盆纪厚度很大的细粒碎屑岩系, 属笔石相地层^[10], 笔者等曾称之为云开地块(Yunkai Block), 并认为可能是一个印支期的外来体^[11]。但它究竟是否和珠江盆地连成一体, 还有待下一阶段的进一步工作。

桂东的奥陶系也是一套含笔石的碎屑岩系。笔者之一(陈旭)虽曾提及桂平和平南等地从中奥陶世开始为一套含笔石地层^[12], 但是桂东大部分地区奥陶系出露均甚零星, 难以测得完整剖面, 因此长期以来都以笔者等研究过的桂北兴安升坪-黄隘剖面为参照^[13]。这一剖面的整个奥陶系至志留系底部地层出露完好, 对于上奥陶统, 陈旭等当时沿用了胡乐组一名, 包括 *Geitonograptus suni* 带(相当于 *N. gracilis* 带), 为一套含笔石的粉砂岩, 此外又沿用了赣南的濞江组、石口组和当地的田岭口组, 这些地层自下而上包括了 *Leptograptus flaccidus trentonensis* 带、*Dicello-*

graptus cf. elegans 带和 *D. complanatus* 带三个笔石带。最近笔者(陈、唐)与韩乃仁、王建辉等重访此剖面, 发现继续使用胡乐组、濞江组和石口组三名颇为不妥, 因为兴安剖面的整个奥陶系主要都是一套含笔石的砂页岩系, 与赣南的上奥陶统不同。可暂将兴安的上奥陶统暂称为田岭口组, 留待今后再进一步细分。唐兰等在桂东恭城马林源剖面采用了兴安的奥陶系划分, 把那里的上奥陶统底部的含笔石地层称为田岭口组, 并建立 *N. gracilis* 带, 其岩性为硅质岩和粉砂质板岩^[14]。

如上所述, 粤西-桂东的奥陶系比赣南-粤南地区发育更为完整, 但与赣南-粤南以濞江组为代表的近岸碎屑岩相带不同, 可能是一个水体更深一些的笔石相细碎屑岩和硅质岩相带。

4 湘中至湘南的奥陶纪地层

湘中及湘南的奥陶系与桂东的奥陶系相连, 属同一个含笔石的砂页岩和硅质岩相带。从赣南向西, 距之最近的一个奥陶纪笔石地层剖面位于湘南永兴九潭。湖南区调所曾在此地的一套奥陶纪笔石页岩、粉砂岩地层中采获笔石, 经笔者之一(陈旭)鉴定, 主要分子为 *Rectograptus amplexicaulis* (Hall), *Leptograptus flaccidus* (Hall), *L. flaccidus macilentus* Lapworth 等。前者的地质延限较长, 在英国常见于凯迪早期至中期地层中^[15], 但在我国新疆柯坪则见于印干组的 *Diplacanthograptus lanceolatus* 带和 *D. spiniferus* 带(凯迪早期)^[16], 相当于赣南的濞江组。这样在永兴与永新-崇义间的同期异相变化便得以确定。

湘中及湘南的奥陶系近年来一直以刘义仁、傅汉英发表的祁东双家口剖面为参照剖面^[17]。该地的下奥陶统与赣南相同, 为一套砂页岩, 称爵山沟组; 中奥陶统也沿用赣南的七溪岭组, 为夹含笔石黑色页岩的砂页岩系; 上奥陶统底部为百马冲组, 岩性为黑色碳质页岩夹薄层硅质岩, 大致相当于笔石 *Nemagraptus gracilis* 带; 其上为双家口组, 为 18 m 厚的远源的黑色硅质岩、硅质页岩, 自下而上划分出 *Dicellograptus divaricatus rigidus* 带, *Climacograptus bicornis* 带, *C. wilsoni* 带和 *Dicranograptus clingani* 带, 看来主要是桑比阶的地层。双家口组之上为城步组, 为 16.5 m 厚的深色泥岩, 下部夹少量硅质泥岩, 自下而上划分出 *Diplacanthograptus spiniferus* 带、*Clima-*

cograptus pygmaeus 带、*Dicellograptus johnstrupi* 带和 *Dicellograptus complanatus* 带, 相当于凯迪早期至中晚期的地层. 刘义仁和傅汉英^[18]还报到了湘南的天马山组, 为含笔石的深灰色泥岩、硅质泥岩及灰绿色细砂岩(厚 130 m), 以及其上为灰黑色含笔石的板状页岩的谢家湾组. 这两个组自下而上含 *Dicellograptus complanatus*-*D. complexus* 带、*Climacograptus textus* 带、*Diceratograptus mirus* 带、*Paraorthograptus uniformis* 带和 *Diplograptus* 带. 包括了凯迪晚期至赫南特期的地层. 刘义仁和傅汉英^[18]认为这一套地层分布在双峰天马山、城步大梁头、东安大庙口和祁阳大忠桥, 因此整个湘南的奥陶系都是一套完整的远岸深水笔石相地层.

最近, 笔者之一(孙)在湘中绥宁县关峡、隆回县小香溪和宁乡县黄材一线工作, 并采获了不同层位的笔石. 这些地点的奥陶系及志留系底部也都是深水的笔石相页岩和砂岩. 这些地点的笔石经笔者之一(陈旭)鉴定, 在绥宁关峡见有中奥陶世至晚奥陶世早期的 *Cryptograptus* sp., 晚奥陶世凯迪晚期的 *Dicellograptus* cf. *ornatus* Elles et Wood 和 *Appendispinograptus supernus* (Elles et Wood)等, 以及志留纪兰多维列世早-中期的 *Glyptograptus* cf. *sinuatus* Nicholson 及 *Monoclimacis* sp.; 在隆回小香溪见有中奥陶世达瑞威尔期的 *Archiclimacograptus caelatus* (Lapworth)等、晚奥陶世凯迪晚期的 *Dicellograptus minor* Toghil 及 *Yinograptus disjunctus* (Yin et Mu)等、赫南特期的 *Normalograptus persculptus* (Elles et Wood), *N. sp. ex gr. N. extraordinarius* (Sobolevskaya) 等, 以及志留纪初的鲁丹期的 *Normalograptus* cf. *imperfectus* (Legrand) 和 *Sudburigraptus* cf. *longus* (Chen et Lin)等; 在宁乡黄材见有兰多维列世鲁丹期的 *Normalograptus zhui* (Yang), *N. mirnyensis* (Obut et Sobolevskaya) 和 *Dimorphograptus extenuatus* Elles et Wood 等. 上述这些发现不但说明了湘中一线的奥陶系直至志留系底部均为远岸深水的笔石相地层, 而且还界定了珠江盆地与江南斜坡带的界线.

5 江南斜坡带的上奥陶统

中国南方奥陶纪的古地理格局主要包括扬子地台、江南斜坡带和珠江盆地三个部分, 它们之间的界线已有不少论文发表和论证^[12,19,20]. 珠江盆地源自穆

恩之^[19]的珠江区, 是指中国笔石地层分区中的一个地层区. 由于和笔石等门类的生物地理分区一致, 因此后来被通用于生物地理和古地理的范畴内^[20-23]. 在这些论文中, 珠江盆地及与之相关的江南斜坡带和扬子地台的范围, 均已论及并附有分布图件, 因此在本文中不再重复. 珠江地层区和珠江盆地并不是构造单元, 因此它与相关的众多不同时期的构造单元的对应关系就不在本文中讨论.

本节只涉及江南斜坡带的上奥陶统, 而其划分与对比已臻完善. 在浙西、皖南、赣东北和赣西北, 相当于赣南陇溪组、粤北始兴组、粤南龙头寨组、湘中白马冲组的地层均为胡乐组, 为笔石相的硅质页岩和硅质层^[23]. 向西南至湘中雪峰山地区为烟溪组上段, 也是一套黑色笔石页岩^[24,25]. 只是到了黔东南麻江-三都地区上奥陶统大多缺失^[26,27]. 可见在晚奥陶世桑比期, 江南斜坡带和珠江盆地西部都是一片笔石相黑色页岩、硅质岩, 难以分出不同岩相带, 这是桑比期 *N. gracilis* 带全球性的海平面上升和黑色页岩事件所致.

江南斜坡带从晚奥陶世凯迪早期开始与珠江盆地同期的生物相、岩相发生了较以前更明显的分异, 发育了较深水的瘤状灰岩, 称为硯瓦山组, 分布区包括皖南宁国、旌德、黄山、黟县等地^[28,29]、浙北临安^[30,31]、诸暨^[32]、浙西龙游、常山、江山及赣东北玉山^[33]和赣西北的修水流域^[34]. 硯瓦山组由修水流域至洞庭湖以西相变为磨刀溪组上部的含锰灰岩^[24]. 周志毅等从湘中材料入手, 提出从扬子台地到珠江盆地一系列的三叶虫生物相带, 凯迪阶早期在扬子台缘到江南斜坡带为 *Cyclopygid* 生物相带, 代表深外陆棚盆地斜坡(如桃江地区), 再深则为同期的 *Cyclopygid-Girvanopyge* 生物相带(如祁东地区)^[35,36]. 因此岩相带和生物相带在界定江南斜坡带到珠江盆地的变化上, 获得了一致, 从而使生物相带的展布在古地理格局及大地构造背景的分析上, 发挥了重要的作用.

6 华南晚奥陶世岩相、生物相带演替

晚奥陶世桑比期早期(*N. gracilis* 带)发生全球性海平面上升, 在扬子地台上主要体现在黑色笔石页岩充填到同期碳酸盐台地的凹陷内, 沉积了庙坡组

黑色笔石页岩, 其中富含 *N. gracilis* 笔石动物群和三叶虫、腕足动物等壳相动物群(图 2)^[37]. 在扬子地台的广大地区则分布着大田坝组为代表的浅水碳酸盐岩及 *Lituites* 鹦鹉螺动物群. 在江南斜坡带和邻近斜坡带的珠江盆地西侧, 则沉积了黑色硅质页岩和硅质层, 其中只发育 *N. gracilis* 笔石动物群, 而不见壳相动物群. 在珠江盆地内的赣中古陆边缘的黑色笔石相地层中, 则不同程度地含有粉砂岩及砂岩. 因此, 桑比期在扬子地台上明显分化出两种不同的岩相和生物相, 即含 *N. gracilis* 笔石动物群的黑色页岩相和含有 *Lituites* 鹦鹉螺动物群的碳酸盐岩相. 而在珠江盆地内只有一种笔石碎屑岩-硅质岩相, 在这同一种岩相内只是在碎屑物的含量上略有不同. 这一时期, 不但在珠江区内岩相的微小变化是连续渐变的, 就是珠江区与江南斜坡带之间的相变也是连续过渡的.

进入凯迪早期, 即广西运动发生的时期, 华南的岩相和生物相进一步分异(图 3). 在赣中古陆的西侧明显出现以濞江组为代表的巨厚的碎屑岩相, 其中

只含少数的笔石, 这种巨厚的碎屑岩相地层向南相变为细碎屑岩相, 厚度明显减薄. 而向西则逐渐相变为远岸、较深水的笔石相细碎屑岩系, 同时也分布着三叶虫 *Cyclopygid-Girvanopyge* 相带, 厚度也有所减薄. 濞江组代表的巨厚近岸碎屑岩的西界可能就在崇义以西的湘赣两省交界处. 笔者之一(陈旭)曾鉴定过崇义古亭附近的凯迪晚期的笔石^[38], 现在看来, 这一当时基于保存不良的标本的鉴定结果, 尚待重新研究. 在江南斜坡带内岩相、生物相也有变化. 其东段包括皖南、浙北、浙西、赣东北、赣西北, 为以砚瓦山组为代表的较深水瘤状灰岩; 其西段在湘中表现为磨刀溪组的含锰灰岩. 这一时期的江南斜坡带均为三叶虫 *Cyclopygid* 生物相带. 从江南斜坡向上到扬子台地, 则广布了以鹦鹉螺 *Sinoceras* 动物群为代表的较深水的收缩纹石灰岩, 陈均远等称之为宝塔相^[39].

值得注意的是在桂西南右江大断裂以西南的地区, 包括那坡、安德(镇)、德保、靖西和大新等地, 下

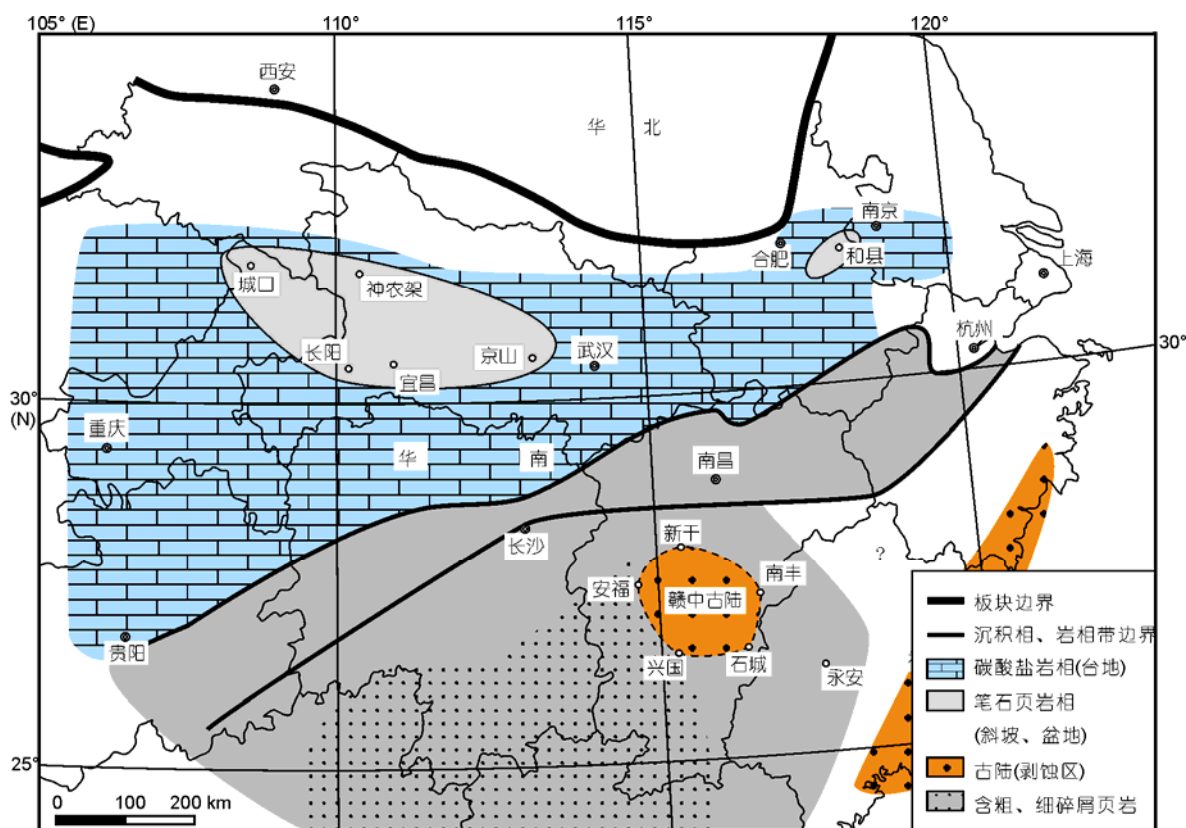


图 2 华南晚奥陶世桑比阶 *Nemagraptus gracilis* 带的岩相带和生物相带分布

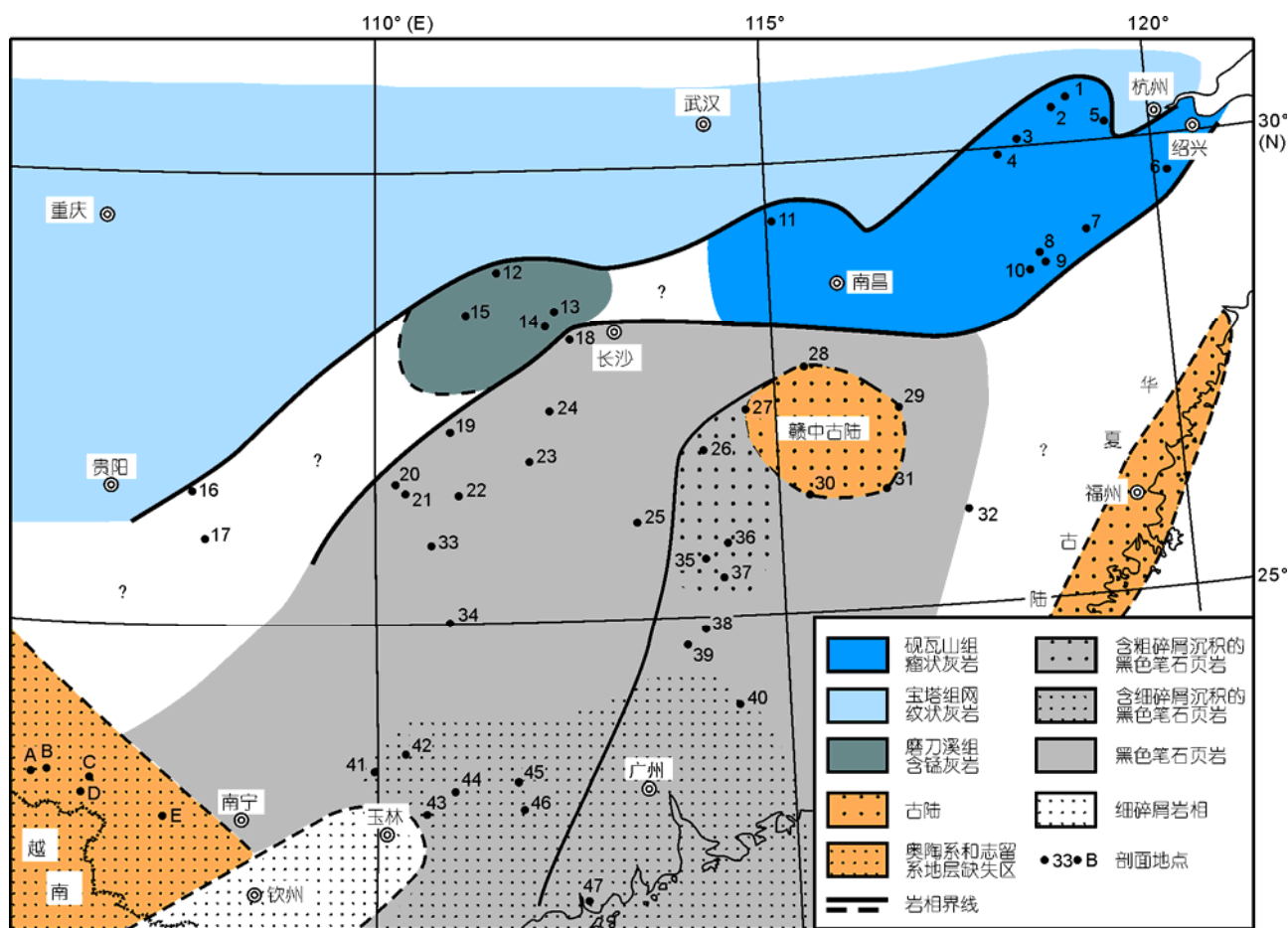


图 3 华南晚奥陶世凯迪期早期的岩相带和生物相带分布

奥陶系剖面地点: 1. 安徽宁国新岭; 2. 安徽宁国胡乐司; 3. 安徽太平-旌德(黄山地区); 4. 安徽黟县宏潭; 5. 浙江临安-昌化; 6. 浙江诸暨应店街; 7. 浙江龙游; 8. 浙江常山黄泥塘; 9. 浙江江山黄泥岗; 10. 江西玉山李家棚、紫湖口; 11. 江西武宁新开岭(修水流域); 12. 湖南桃源九溪; 13. 湖南益阳南坝村; 14. 湖南桃江响涛园; 15. 湖南安化大福坪; 16. 贵州麻江; 17. 贵州三都同高; 18. 湖南宁乡黄材; 19. 湖南隆回小香溪; 20. 湖南绥宁关峡; 21. 湖南城步大梁头; 22. 湖南东安大庙口; 23. 湖南祁东双家口; 24. 湖南双峰天马山; 25. 湖南永兴; 26. 江西永新潞江; 27. 江西安福; 28. 江西新干; 29. 江西南丰; 30. 江西兴国; 31. 江西石城; 32. 福建永安魏坊; 33. 广西兴安升坪-华江; 34. 广西恭城马林源-五马; 35. 江西崇义古亭; 36. 江西崇义对耳石; 37. 江西大余吉村乡; 38. 广东始兴花山; 39. 广东仁化灵溪溪背; 40. 广东新丰杨梅岭; 41. 广西桂平; 42. 广西平南; 43. 广西容县都目; 44. 广西岑溪波塘; 45. 广东德庆回龙圩; 46. 广东郁南连滩; 47. 广东台山深井新厂。此外, 在广西右江盆地缺失奥陶系, 地点包括: A. 广西那坡; B. 广西靖西安德; C. 广西德保; D. 广西靖西; E. 广西大新

泥盆统以角度不整合覆盖在寒武纪晚期地层(果乐组)之上, 果乐组中产有 *Prochuangia* 和 *Proceratopyge* 等相当于“长山期”的三叶虫^[40]。有的学者据此而推测广西运动发生在寒武纪末至奥陶纪初^[41]。当前研究显示, 在右江断裂带以西南的这一地区, 位于不整合面下盘的寒武纪晚期地层具有稳定的生物相和岩相特征, 并未出现向上快速变浅的沉积序列, 这表明缺失的奥陶系和志留系中至少有一部分是由于广西运动发生抬升后遭受剥蚀所致。桂西南一隅可能是广西运动发生后抬升最强烈的地区。

7 浙西皖南晚奥陶世凯迪晚期的岩相、生物相

在凯迪晚期, 珠江盆地西部的岩相、生物相稳定, 基本上继承了凯迪早期的格局, 但此时的华夏古陆向西可能与赣中古陆连成一体, 在江南斜坡带的东段形成浙皖海盆^[42], 在该期以 *Dicellograptus complexus* 带为主的时间段内形成明显的岩相、生物相带分异(图 4)。在江山-常山-玉山地区(国际上简称为 JCY 地区)形成一个局部地区性的海湾。据李越等研究^[43], 湾内由西南向东北方向展布着从玉山祝宅

下镇组的层孔虫生物层和腕足动物生物层, 到玉山王家坝的点礁群, 再到玉山鸡头山-常山灰埠的三衢山组灰泥丘带, 再向东北则相变为同期含少量腕足动物和笔石的长坞组页岩-粉砂岩, 但不发育浊积岩。我们把这一相带称为礁相-页岩相带(I), 与它对应的是 11 个腕足动物群落^[44]。与此相带平行的是一条同期的窄长的于潜组浊积岩相带(II), 它分布于淳安潭头、临歧至临安板桥一线^[33,42], 其中夹含很少的笔石层。穆恩之早期曾鉴定过临安于潜组中的笔石, 为 *D. complexus* 带的笔石动物群^[45]。笔者等于 2006 年又在临安英公水库-上骆家的于潜组中发现笔石 *Dicellograptus tenuiculus* Mu et al., 此种也是 *D. complanatus*-*D. complexus* 带的分子。

淳安-临安浊积岩相带西北与之平行的是从皖南黄山地区至天目山的一条相带(III), 分布着同期的新岭组含笔石的砂页岩为特征的盆地斜坡相沉积, 戎嘉余、陈旭^[42]称此地带为皖南斜坡。新岭组产出与扬

子地台五峰组相似的笔石动物群^[46,47], 但分异度和丰度都大为减低, 可称之为低分异度的五峰笔石动物群。这一相带的北界即为扬子地台的边缘, 从太湖以南-安吉、广德-宁国、泾县-石台、黟县间连成一线。上述三个相带与北东-南西向的球川-萧山断裂带和马金-乌镇断裂带大致平行^[33], 说明这两条断裂带可能在奥陶纪已经活动, 从而控制了沉积地层和相带的延伸。

浙西皖南从凯迪晚期开始出现的生物相和岩相带的剧烈分异, 特别是在短期内形成了巨厚的浊积岩相沉积(II), 指示了华夏古陆东端的快速抬升、剥蚀等强烈的构造运动背景。陈旭、戎嘉余等^[48]曾根据华南扬子地台志留纪特列奇期末的古地理演变, 提出华夏古陆不断扩展并在特列奇末期造成扬子地台整体上升, 认为它的构造背景是志留纪华南与华北有一次对撞或相向的运动, 下扬子则首当其冲。看来这一过程在浙西皖南一带在凯迪晚期就已开始,

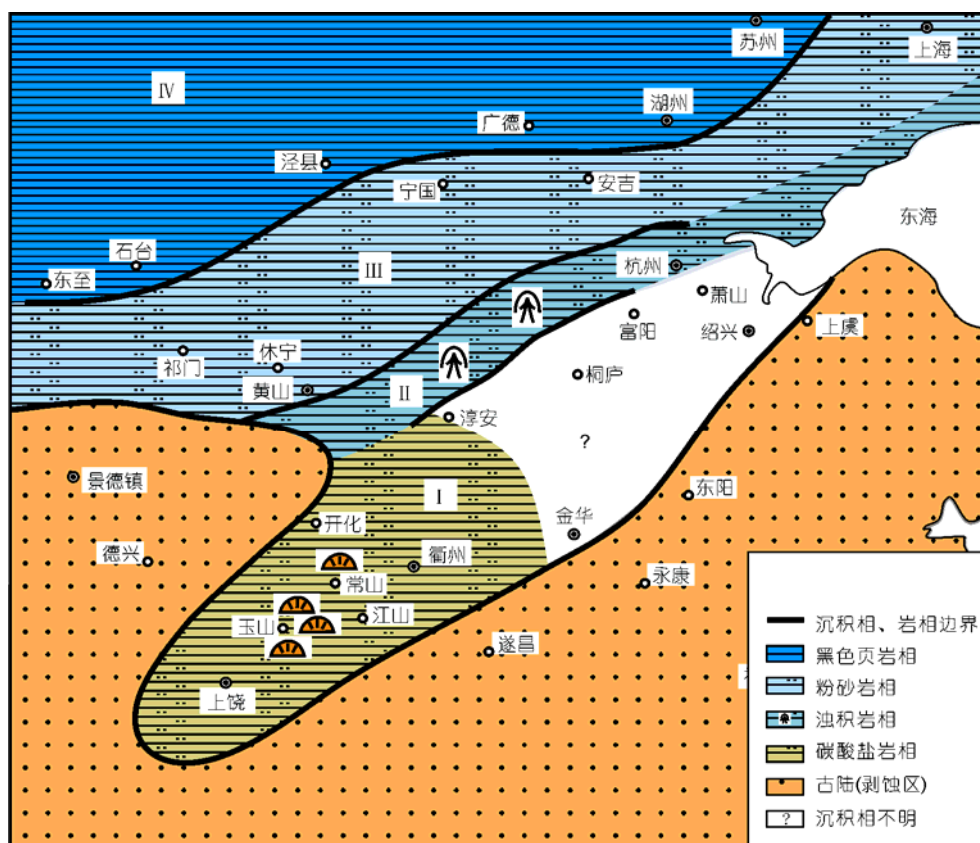


图 4 浙西-皖南地区晚奥陶世凯迪期晚期的岩相和生物相分布

江南过渡带的东界已为江绍断裂带改造

它们应该都是广西运动的组成部分.

8 结论与展望

广西运动的启动时间在华南不同地点存在一定差异, 广东境内若干地点的奥陶系始兴组和龙头寨组(与赣南的陇溪组相当)的笔石动物群显示, 广东境内笔石黑色页岩相转为近岸浅水碎屑岩相略早于赣南, 因此可能指示广西运动存在一个由南向北扩展的过程.

根据珠江盆地西部和江南斜坡带(包括闽西、粤东、桂北、湖南、赣东北、皖南和浙西等地)的奥陶系地层与古生物资料, 对这两个地区的晚奥陶世桑

比期-凯迪晚期的生物相和岩相带进行了分析, 其横向展布格局及演替过程显示了广西运动在各个阶段具有不同的特征.

限于篇幅, 本文只讨论了广西运动在桑比期至凯迪期的发生过程. 在其后的赫南特期至志留纪初的进程, Chen 等^[49]曾发表过三幅扬子区的古地理图及相带分布型式, 戎嘉余等^[50]最近发表了基于浙赣交界地区(三山地区)腕足动物生态群落分布和演替, 推论该区华夏古陆在奥陶纪-志留纪之交的扩展. 但是由广西运动导致华南从晚奥陶世至志留纪全过程的进程和演变, 远比想象的复杂, 尚待今后与诸多同行一同细细探讨.

致谢 笔者等在广东的野外工作得到南颐先生的热情指导, 并提供地质资料; 本文写作过程中蒙张国伟教授多次提出指导性意见, 文成之后又蒙张国伟和戎嘉余教授审阅文稿; 成俊峰和陈清协助打印文稿和清绘插图; 在此一并致谢.

参考文献

- 1 陈旭, 张元动, 樊隽轩, 等. 赣南奥陶纪笔石地层序列与广西运动. 中国科学: 地球科学, 2010, 40: 1621–1631
- 2 南颐, 吴兆同. 粤北曲江始兴奥陶纪地层及笔石群. 广东地质通讯, 1959, 1: 5–22
- 3 陈旭, Bergström S M. 奥陶系研究百余年: 从英国标准到国际标准. 地层学杂志, 2008, 32: 1–13
- 4 Bergström S M, Chen X, Gutiérrez-Marco J C, et al. The new chronostratigraphic classification of the Ordovician System and its relations to major regional series and stages and to $\delta^{13}\text{C}$ chemostratigraphy. *Lethaia*, 2009, 42: 97–107
- 5 骆金锭, 洪祖寅, 陈文彬. 福建永安魏坊发现奥陶纪的笔石. 古生物学报, 1980, 19: 511–512
- 6 江西省地质矿产局. 江西省区域地质志. 北京: 地质出版社, 1984. 1–921
- 7 南颐, 吴兆同. 粤西德封一带奥陶纪地层与化石群之发现. 广东地质通讯, 1959, (10): 11, 29
- 8 Chang H C, Sun Y C. A new graptolite fauna from Lientan, Kwangtung. *Res Rec Dep Geol, Peking Univ*, 1939, (2): 9–17
- 9 汪啸风. 对广东连滩文头山组笔石群及其时代的新认识. 地质学报, 1978, 52: 303–317
- 10 穆恩之, 陈旭, 倪寓南, 等. 广西钦州、玉林地区的志留系和泥盆系. 地层学杂志, 1988, 12: 241–254
- 11 Chen X, Zhang Y D, Li Y. Ordovician Basin Analysis of China. In: Cooper J D, Droser M L, Finney S C, eds. *Ordovician Odyssey: Short Papers for the Seventh International Symposium on the Ordovician System*. SEPM, 1995, 77: 245–249
- 12 卢衍豪, 朱兆玲, 钱义元, 等. 中国奥陶纪的生物地层和古地理. 南京地质古生物研究所集刊, 1976, 7: 1–83
- 13 陈旭, 杨万容, 何自强, 等. 广西兴安奥陶纪含笔石地层. 地层学杂志, 1981, 5: 36–45
- 14 唐兰, 韩乃仁, 张元动. 广西恭城奥陶纪含笔石地层. 地层学杂志, 2004, 28: 158–167
- 15 Zalasiewicz J A, Taylor L, Rushton A W A, et al. Graptolites in British stratigraphy. *Geol Mag*, 2009, 146: 785–850
- 16 Chen X, Ni Y N, Mitchell C E, et al. Graptolites from the Qilang and Yingang formations (Caradoc, Ordovician) of Kalpin, western Tarim, Xinjiang, China. *J Paleont*, 2000, 74: 282–300
- 17 刘义仁, 傅汉英. 中国奥陶系韩江阶、石口阶的候选层型剖面——湖南祁东双家口剖面. 地层学杂志, 1989, 13: 161–192
- 18 刘义仁, 傅汉英. 湖南南部的晚奥陶世地层——兼论“韩江期”和“石口期”. 湖南区测, 1976, 2: 19–31
- 19 穆恩之. 中国笔石的研究. 古生物学报, 1980, 19: 143–151
- 20 Chen X, Rong J Y. Ordovician plate tectonics of China and its neighbouring regions. In: Webby B D, Laurie J R, eds. *Global Perspectives on Ordovician Geology*. Rotterdam: A. A. Balkema, 1992. 277–292
- 21 穆恩之. 中国奥陶系生态地层的类型与生物地理区. 古生物学基础理论丛书, 中国古生物地理区系. 北京: 科学出版社, 1983. 16–31
- 22 Chen X. Arenig to Llanvirn graptolite provincialism of South China. In: Chen X, Erdtmann B D, Ni Y N, eds. *Graptolite Research Today*.

- Nanjing: Nanjing University Press, 1994. 223–239
- 23 Chen X, Rong J Y, Wang X F, et al. Correlation of the Ordovician Rocks of China. *Int Union Geol Sci Publ*, 1995, 31: 1–104
 - 24 湖南省地质矿产局. 湖南省区域地质志. 中华人民共和国地质矿产部专报. 北京: 地质出版社, 1988. 1–719
 - 25 中南区区域地层表编写小组. 中南地区区域地层表. 北京: 地质出版社, 1974. 1–534
 - 26 穆恩之, 朱兆玲, 陈均远, 等. 西南地区的奥陶系. 见: 中国科学院南京地质古生物研究所, 著. 西南地区碳酸盐生物地层. 北京: 科学出版社, 1979. 108–154
 - 27 焦惠亮. 贵州省岩石地层(奥陶系和志留系). 见: 董卫平, 主编. 全国多重地层划分对比研究(52). 武汉: 中国地质大学出版社, 1997. 89–113
 - 28 钱义元, 李积金, 李蔚稭, 等. 安徽南部震旦系及下古生界的新认识. 中国科学院地质古生物研究所集刊, 1964, 地层文集第 1 号: 21–66
 - 29 焦世鼎. 安徽黟县宏潭奥陶纪笔石地层. 南京地质矿产研究所刊, 1983, 4: 61–74
 - 30 罗以达, 俞国华, 张岩, 等. 浙江杭州地区中下奥陶统岩石地层研究. 中国地质, 2008, 35: 648–655
 - 31 张元动, 俞国华, 罗璋. 浙江临安板桥奥陶系胡乐组笔石新材料及其意义. 地层学杂志, 2010, 34: 1–7
 - 32 葛梅钰. 浙江、昌化、诸暨、绍兴等地奥陶纪笔石地层. 中国科学院地质古生物研究所集刊, 1964, 地层文集 1 号: 98–126
 - 33 Zhang Y D, Chen X, Yu G H, et al. Ordovician and Silurian Rocks of Northwest Zhejiang and Northeast Jiangxi Provinces, SE China. Hefei: University of Science and Technology of China Press, 2007. 1–189
 - 34 俞剑华, 夏树芳, 方一亭. 江西修水流域的奥陶系. 南京大学学报(自然科学版), 1976, (2): 57–77
 - 35 周志毅, 周志强, 袁文伟. 湘鄂西部地区晚奥陶世三叶虫相和古地理演化. 地层学杂志, 2000, 24: 249–263
 - 36 Zhou Z Y, Zhou Z Q, Yuan W W. Middle Caradoc trilobite biofacies of western Hubei and Hunan, South China. *Acta Univ Carolinae-Geol*, 1999, 43: 385–388
 - 37 陈旭, 丘金玉. 宜昌奥陶纪的古环境演变. 地层学杂志, 1986, 10: 1–15
 - 38 陈旭, 萧承协, 陈洪治. 华南五峰笔石动物群的分异及缺氧环境. 古生物学报, 1987, 26: 326–344
 - 39 陈均远, 林德斯冲, 张俊明. 宝塔相——“时尚”于奥陶纪的一种生物沉积作用类型. *Palaeoworld*, 1991, 1: 28–29
 - 40 韩乃仁, 唐兰, 韦仁山, 等. 广西靖西果乐晚寒武世地层. 桂林工学院学报, 2000, 20: 350–355
 - 41 吴浩若. 重新解释广西运动. 科学通报, 2000, 45: 555–558
 - 42 戎嘉余, 陈旭. 华南晚奥陶世的动物群分异及生物相、岩相分布模式. 古生物学报, 1987, 26: 507–535
 - 43 Li Y, Kershaw S, Mu X N. Ordovician reef systems and settings in South China before the Late Ordovician mass extinction. *Palaeogeogr Palaeoclimat Palaeoecol*, 2004, 205: 235–254
 - 44 詹仁斌, 戎嘉余. 浙赣边区晚奥陶世腕足动物群落分布型式. 科学通报, 1995, 40: 932–935
 - 45 穆恩之. 中国含笔石地层. 中国地质学基本资料专题总论文集, 1959, 第 3 号: 1–75
 - 46 穆恩之, 葛梅钰, 陈旭, 等. 安徽南部奥陶纪地层新观察. 地层学杂志, 1980, 4: 81–86
 - 47 李积金. 皖南奥陶系的分带、对比及一些重要笔石的记述. 中国科学院南京地质古生物研究所丛刊, 1983, 6: 133–158
 - 48 陈旭, 戎嘉余, 主编. 中国扬子区兰多维列统特列奇阶及其与英国的对比. 北京: 科学出版社, 1996. 1–162
 - 49 Chen X, Rong J Y, Li Y, et al. Facies patterns and geography of the Yangtze region, South China, through the Ordovician and Silurian transition. *Palaeogeogr Palaeoclimat Palaeoecol*, 2004, 204: 353–372
 - 50 戎嘉余, 詹仁斌, 许红根, 等. 华夏古陆于奥陶-志留纪之交的扩展证据和机制探索. 中国科学: 地球科学, 2010, 40: 1–17