中国科学: 地球科学 2010 年 第 40 卷 第 12 期: 1621 ~ 1631
www.scichina.com earth.scichina.com
《中国科学》杂志社
SCIENCE CHINA PRESS

论 文

# 赣南奥陶纪笔石地层序列与广西运动

陈旭*, 张元动, 樊隽轩, 成俊峰, 李启剑

现代古生物学和地层学国家重点实验室, 中国科学院南京地质古生物研究所, 南京 210008
* E-mail: xuchen@nigpas.ac.cn

收稿日期: 2010-03-21; 接受日期: 2010-09-18
中国科学院知识创新工程方向性项目(编号: KZCX2-YW-122)、国家重点基础研究发展计划项目(编号: 2006CB806402)、国家自然科学基金(批准号: 40772002)和国家科技重大专项任务(编号: 2008ZX05008-001-001)资助

**摘要** 赣南崇义-永新地区的奥陶系是一套以连续沉积的黑色含笔石地层为主的碎屑岩系, 是华南珠江盆地奥陶系的代表. 但其中的上奥陶统部分存在着较为严重的划分和对比问题. 笔者等在重新研究了其中有关的重要笔石属种之后, 发现由不同著者建立的石口组和花面垄组即为湘江组的一部分, 其下陇溪组为上奥陶统桑比阶(Sandbian Stage)的沉积. 在重新厘定了崇义-永新地区奥陶系划分和对比的基础上, 笔者提出陇溪组黑色含笔石地层与其上湘江组巨厚碎屑岩系之间的生物相和岩相的剧变, 正是广西运动在赣南的表现, 从而为广西运动的发生提供了重要的时间值.

**关键词**
陇溪组
湘江组
桑比阶
奥陶纪
笔石
广西运动

穆恩之先生[1]总结了中国奥陶纪笔石的演化、分类和分布, 首次提出了一个较完善的中国奥陶系笔石带的序列以及洲际间的对比方案, 并提出中国早、中奥陶世的笔石按动物群类型分为华中型和华南型, 前者接近西欧的"大西洋笔石动物群", 后者接近澳洲和美洲的"太平洋动物群". 他后来又提出了中国奥陶纪笔石地层分区的概念, 将中国南部分为华中区(扬子区)和华南区(珠江区), 后者进而分为江南分区和南岭分区[2]. 在穆恩之先生的研究基础上, 陈旭等[3]和戎嘉余、陈旭[4]同年先后发表了他们对华南晚奥陶世地层和动物群的研究, 尽管他们都再分了次一级的相带, 但其后他们均认为华南的奥陶系主要由扬子地台和华夏古陆以及夹于其间的珠江盆地和江南斜坡带等相区地层组成[5]. 奥陶纪江南斜坡带是指皖南、浙西、赣北、湘西北、黔东北至黔东南的狭长地带, 其中奥陶系为含笔石相地层夹含壳相碳酸盐岩地层, 而其东南, 即诸暨、江山、上饶、武宁、桃江、安化、怀化、玉屏、凯里至三都一线以东南的广大地区为珠江盆地的范围. 目前扬子地台和江南斜坡带的奥陶系及笔石序列已基本建立[6], 虽仍有待不断深入和细化, 但基本序列看来不需再作大的变动. 但珠江盆地奥陶纪的笔石带序列, 特别是上奥陶统的笔石带仍存在较大的问题, 这也是本文要深入讨论的重要原因. 而正因为珠江区上奥陶统不同地层单元纵向上的变化可能搭载了生物相和岩相演替的信息, 而这一演替时刻又反映了广西运动的起始之时, 因此这种相演替的时间值及其展布把华南上奥陶统地层学的问题和华南构造背景联系起来, 这也引起构造学家们的兴趣. 不同派别的大地构造学家的理论体系有所差别, 名词系统更有变化, 但是他们对时间值的关注却是共同的.

引用格式: Chen X, Zhang Y D, Fan J X, et al. Ordovician graptolite-bearing strata in southern Jiangxi with a special reference to the Kwangsian Orogeny. Sci China Earth Sci, 2010, 53: 1602–1610, doi: 10.1007/s11430-010-4117-6

## 1 赣南的上奥陶统: 前人研究与存在问题

赣南崇义-永新地区的奥陶系是珠江盆地奥陶系的代表之一(图 1), 从下奥陶统至上奥陶统下部均为连续的碎屑岩系, 含丰富的笔石. 该套地层最早由张浅深等[7]报道, 此后肖承协、黄学涔[8]和肖承协等[9]初步建立了以崇义县思顺乡樟木曲、对耳石、黄背和白石坳等剖面为基础的下-中奥陶统的笔石带, 并由李积金等[10]发表了下-中奥陶统*Tetragraptus approximatus*带至*Pterograptus elegans*带笔石的系统古生物研究成果, 共计描记笔石 45 属、168 种, 其中仅有 3 个新种, 可以说*P. elegans*带以下的含笔石地层序列已基本确立.

魏秀喆等[11]发表了江西永新-宁冈地区以陇溪(现改名为湖面上)、漍江(现改名为汗江)、梗背、石口一线为主的奥陶纪笔石地层的报告, 其中的笔石当时经由穆恩之先生鉴定, 自下而上建立了爵山沟组、七溪岭组、陇溪组、漍江组和石口组. 前两个组的地层与肖承协等[9]和李积金等[10]的*P. elegans*带之下的地层相当. 但后三个组则分别建立了*Dicranograptus nicholsoni diapason*带(陇溪组)、*Climacograptus diplacanthus*带和*Climacograptus spiniferus*带(漍江组下部和上部), 以及*Orthograptus quadrimucronatus-Climacograptus caudatus*带(石口组). 特别需要说明的是魏秀喆等[11]的漍江组和石口组均为大套碎屑岩相地层, 其中只夹含少量的笔石页岩薄层, 因此要采获这些层位中的分异度很低的笔石动物化石实属不易, 更何况这些地层均已浅度变质, 流劈理(flow cleavage)十分发育, 常使笔石枝和笔石胞管强烈变形, 给笔石的鉴定和分类造成很大的困难. 若稍有不慎, 不但误定, 而且还会人为地产生大量的所谓"新种".

肖承协等历年来在崇义和永新地区采集了大量的笔石标本, 其中除崇义地区中奥陶统的标本由李积金等[10]发表之外, 永新和崇义两地的上奥陶统笔石标本分别由魏秀喆和肖承协等[11,12]于 20 世纪 60 和 80 年代首先报道, 后来又由黄枝高等[13]以专著形式进行了系统的描述. 在该笔石专著中黄枝高等将陇溪组改称胡乐组, 自下而上识别出*Glossograptus hincksii-Glyptograptus* cf. *teretiusculus*带、*Nemagraptus gracilis*带和*Dicranograptus sinensis*带; 将漍江组的笔石带改为*Didymograptus asymmetricus-Glossograptus notatus*带(下部)和*Dicranograptus clingani*带(上部); 将石口组的笔石带改为*Orthograptus* cf. *quadrimucronatus*带(下部)和*Dicellograptus johnstrupi*带(上部)[13]. 他们同时在石口组之上新建了一个岩石地层单位——花面垄组, 识别出一个笔石带, 即*Dicellograptus anceps-Climacograptus supernus*带. 该专著共报告了笔石 25 属、277 种[13], 其中 142 新种、23 新亚种, 极大地超过了穆恩之先生鉴定的、由魏秀喆等采自永新地区陇溪组、漍江组和"石口组"的笔石类群数量.

## 2 陇溪组、漍江组、"石口组"和"花面垄组"的再研究

上述彼此差别很大的地层分组、生物分带以及对笔石动物群的鉴定和描记, 又发生在研究华南珠江盆地上奥陶统的关键地区, 不得不引起同行的关注. 极为遗憾的是, 魏秀喆等[11]地层报告中所鉴定的、大量不易采获的笔石标本, 以及黄枝高等[12]发表的笔石古生物专著的模式标本均告遗失, 要在构造如此复杂、上奥陶统笔石保存较差的地区再重获如此大量的标本, 几乎已不可能. 但为了澄清上述地层乃至由此牵涉到的广西运动的问题, 笔者之一(陈旭)与戎嘉余、张国伟和舒良树诸教授于 2008 年 11 月对崇义和永新的奥陶系进行了观察; 最近笔者等又于 2009 年 9 月在崇义和永新地区专门选择了陇溪组、漍江组、"石口组"和"花面垄组"的关键层段重新进行研究, 幸运地又采获了不少笔石标本.

笔者等首先观察并重新采集了陇溪组的标准地点(永新陇溪村, 现改名为湖面上村)和崇义对耳石与之相当地层的笔石, 认为根据魏秀喆等[11]的原意在崇义地区仍用陇溪组, 而不应该称胡乐组. 胡乐组系许杰先生[14]命名, 标准地点在皖南宁国县胡乐司滥泥坞, 为一套硅质页岩, 后来方一亭等[15]又重新研究了标准地点的胡乐组. 胡乐组还广泛分布在浙江西部, 岩性与皖南的相似. 在常山夹含硅质层, 而且底界较标准地点的胡乐组更低, 显示了它的穿时性[16]. 但分布于皖南、浙西的胡乐组与赣南崇义的同期地层在岩性上明显不同, 因此在永新-崇义地区继续使用陇溪组更为合适.

永新和崇义地区的陇溪组均为一套以黑色硅质、炭质板岩为主的地层, 在其中一些层位中夹含分异

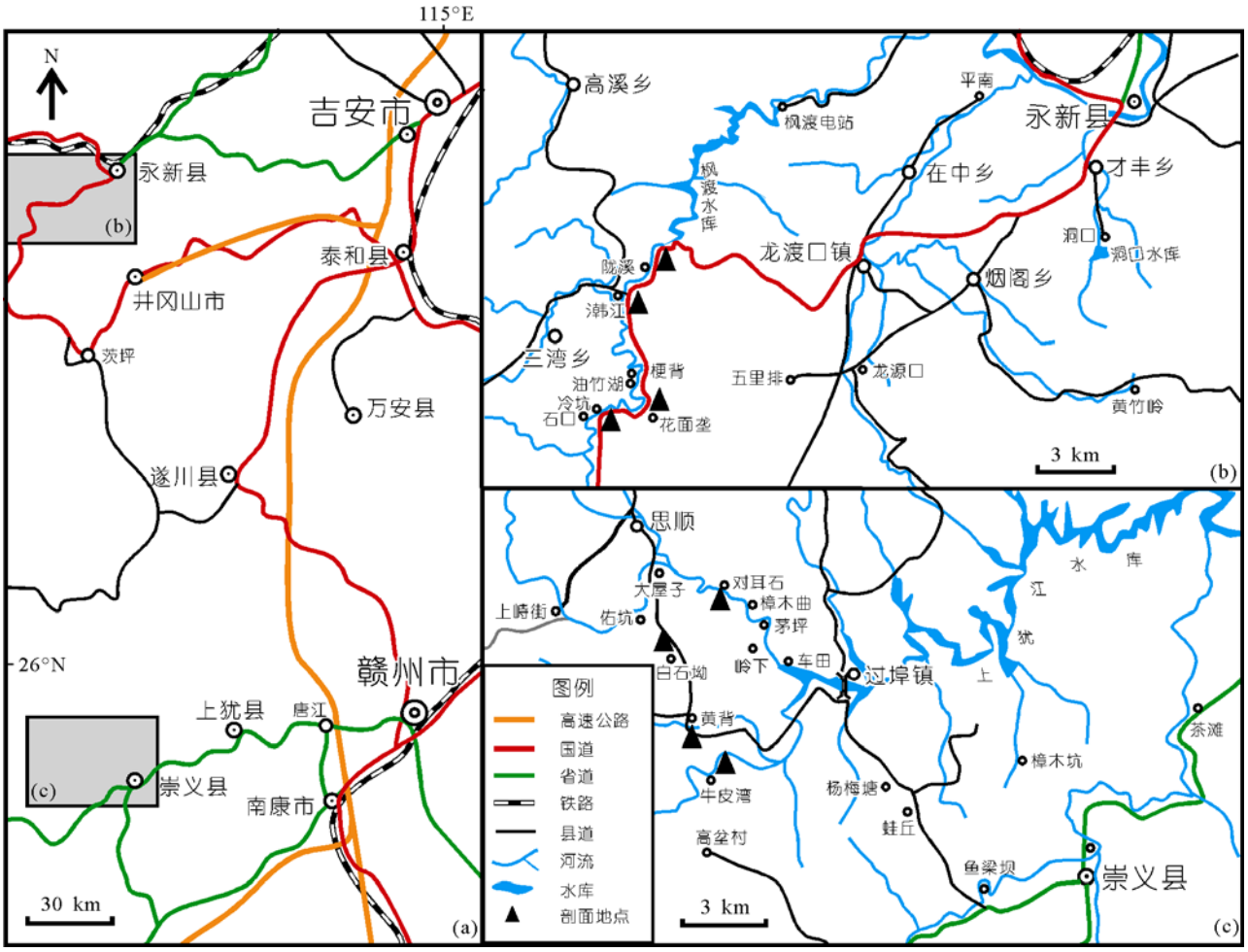


**图 1　江西永新、崇义地区奥陶系主要剖面的交通位置图**

度适度的笔石动物群. 永新西南陇溪村为陇溪组的标准地点. 我们这次又采获的笔石层位如下:

AGG 16 (319 国道 850 公里路碑, GPS: 26°52.714′N, 114°1.745′E): *Cryptograptus tricornis* (Carruthers), *Dicranograptus rectus* Hopkinson, *D. sinensis* Ge, *D. brevicaulis* Elles and Wood, *Dicellograptus* cf. *D. gurleyi* Lapworth, *D.* cf. *D. sextans* (Hall), *Leptograptus validus* Lapworth, *Orthograptus* cf. *O. calcaratus* Lapworth (=*O. calcaratus* Lapworth, Ge, 1963), *Hustedograptus teretiusculus* (Hisinger), *Pseudoclimacograptus scharenbergi* (Lapworth), *Normalograptus brevis* (Elles and Wood).

AGG 16a(比 AGG 16 层位略高): *Dicranograptus* sp., *Dicellograptus pumilus* Lapworth, *Normalograptus brevis* (Elles and Wood).

上述AGG 16 层的笔石属于典型的*Nemagraptus gracilis*带的笔石动物群, 尽管没有采到*N. gracilis* (Hall)一种, 但根据这一笔石动物群的组分还是可以确定为*N. gracilis*带. 需要说明的是, *H. teretiusculus* (Hisinger)和*D. sinensis* Ge这两个种: 由于过去*H. teretiusculus*带被作为*N. gracilis*带之下、达瑞威尔阶顶部笔石带的带化石, 因此容易造成一见此种出现便定为*H. teretiusculus*带的误解. 近年来的研究表明, *H. teretiusculus*(Hisinger)是一个时限很长的种, 它最早出现于挪威的*P. elegans*带[17], 在新疆柯坪出现的层位与之大致相当[18]; 而这一种又可上延到*N. gracilis*带甚至更高的层位[19]. 因而此种笔石不宜再作为带化石. *Dicranograptus sinensis*带由穆恩之[2]所建. *D. sinensis* Ge的模式标本产自安徽宁国胡乐司(即胡乐组的标准地点)的胡乐组中, 该种最早由夏广胜[20] 发表, 惜未注明其分带意义. 而方一亭等[15]重新研究胡乐组标

准剖面时发现, *D. sinensis* Ge竟与*Climaco- graptus bicornis* (Hall), 甚至*Diplacanthograptus spiniferus* (Ruedemann)同层出现. 笔者也发现, AGG 16层中*D. sinensis* Ge与其他常见于*N. gracilis*的分子共同出现. 看来, *D. sinensis* Ge也是一种时限较长的种, 以此作为带化石也不妥当. 在分析了这两种笔石之后, 再把崇义-永新地区的"胡乐组"自下而上分为"*Glossograptus hincksiiGlyptograptus* cf. *teretius-culus*", "*Nemagraptus gracilis*" 和 "*Dicranograptus sinensis*"三个带的方案就值得商榷了. 但是, 永新陇溪村的陇溪组地层中确实包括了高于*N. gracilis*带的地层(图 2). 笔者等采集的AGG 16a层位中, *N. gracilis*带的常见分子消失, 而出现了*Dicellograptus pumilus* Lapworth, 此种笔石在英国和挪威均只见于相当于凯迪阶(Katian Stage)的地层中[23,24], 因此陇溪组中应包括*N. gracilis*带以上的桑比阶(Sandbian Stage)上部的地层.

陇溪组以独特的黑色硅质、炭质板岩的岩石特征以及桑比阶特征的笔石动物群很容易与其上的涛江组大套碎屑岩及其笔石动物群区别开来. 因此崇义对耳石附近被划归"胡乐组"、"涛江组"和"石口组"底部的黑色硅质、炭质板岩[12,13]均为陇溪组的地层. 对耳石一带的陇溪组黑色板岩中褶皱和断层十分发育, 如果不依靠其中所含的笔石动物群的准确鉴定来对比地层, 就很容易把因褶皱和断层而重复出现的相当地层, 误以为是上下不同的地层而叠加起来. 这不但在崇义地区如此, 在珠江区的其他地点也常会发生. 为此, 笔者等对照肖承协、黄枝高的剖面在对耳石附近采集了三个地点的陇溪组地层, 其中的笔石鉴定如下.

(1) 对耳石电站房边黑色浅变质粉砂岩和硅质板岩. 采集层编号 AGG 1, GPS: 25°47.444′N, 114°9.870′E, 其中产如下笔石: *Xiphograptus* sp., *Glossograptus fimbriatus* (Hopkinson), *Cryptograptus tricornis* (Carruthus), *C. gracilicornis* (Hsu), *Pseu-dazygograptus incurvus* (Ekström), *Dicellograptus gurleyi* Lapworth, *D. divaricatus* (Hall), *D. sextans exilis* Elles and Wood, *Jiangxigraptus mui* Yu and Fang, *Dicranograptus* sp.

(2) 对耳石电站房与对耳石电站隧道东口之间的水渠边, 于黑色硅质板岩(夹含风化后为灰色的板岩)中采获笔石, 此层相当于肖承协等[12]剖面的"涛江组顶部第23层"和"石口组底部第24层"的层位. 我们的采集层编号为AGG 7, GPS: 25°47.504′N, 114°9.689′E. 笔石动物群如下: *Nemagraptus gracilis*

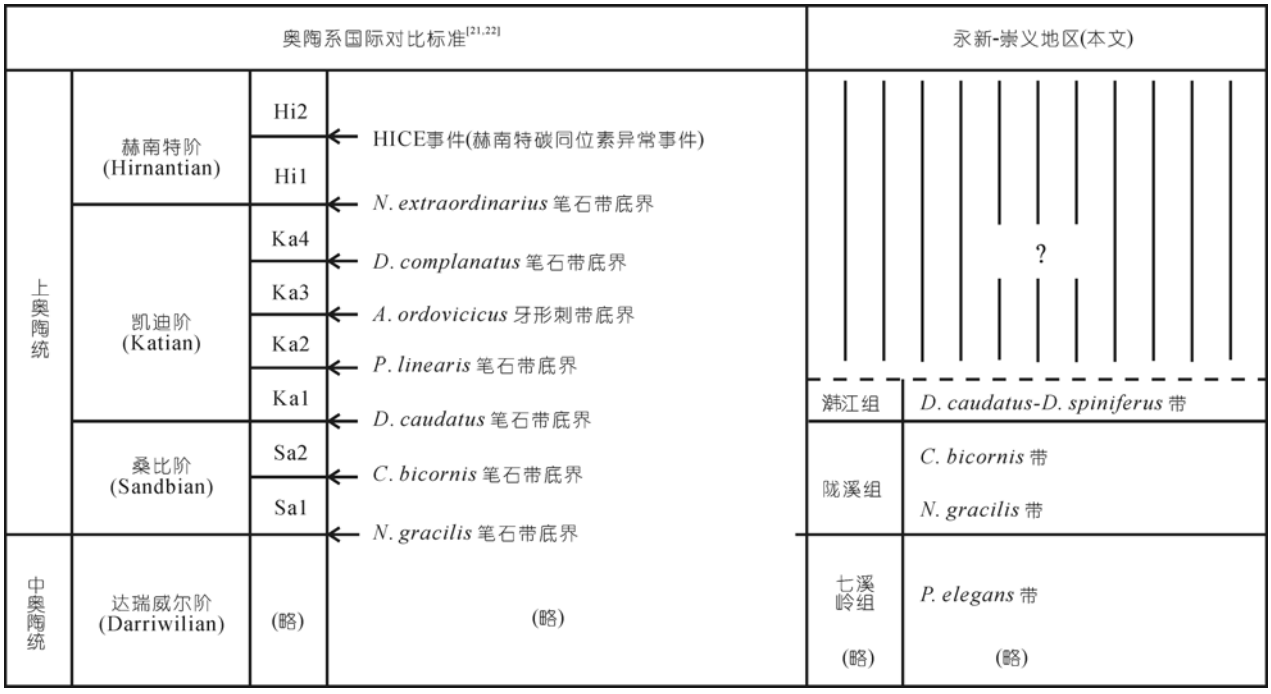


**图 2　江西永新-崇义地区上奥陶统含笔石地层的划分与对比**

(Hall), *Xiphograptus* sp., *Pseudazygograptus incurvus* (Ekström), *Dicellograptus sextans exilis* Elles and Wood, *Dicranograptus brevicaulis* Elles and Wood, *Pseudoclimacograptus scharenbergi* (Lapworth), *Normalograptus brevis* (Elles and Wood).

(3) 对耳石电站房对岸, 及樟木曲-对耳石水渠旁的陇溪组黑色硅质板岩(夹含风化后为浅灰色的板岩)中采获一层笔石 AGG 4, GPS: 25°47.383′N, 114°10.053′E. 其中产如下笔石: *Pseudazygograptus incurvus* (Ekström), *Dicellograptus sextans exilis* Elles and Wood, *Jiangxigraptus mui* Yu and Fang, *Archiclimacograptus caelatus* (Lapworth), *Diplacanthograptus* sp., *Reteograptus geinitzianus* Hall.

从上述陇溪组三个地点所采的笔石来看, 对耳石一带由肖承协等[12]和黄枝高等[13]所描述的含笔石黑色硅质板岩层, 依据其中的笔石动物群, 显然可以划入*N. gracilis*带. 其中不仅出现了*N. gracilis* (Hall)本身, 还出现了该带的许多主要分子. 但是笔者等此次在崇义地区未能重新采获*N. gracilis*带以上地层的笔石, 幸运的是, 黄枝高等[13]所描记的笔石中确有产自崇义思顺对耳石的*Climacograptus bicornis* (Hall)(见文献[13]中第 128 页的图版 20 和图 8)和*C. bicornis tridentatus* Lapworth(文献[13]中第 128 页的图版 20 和图 10). 这两个标本尽管已经遗失, 但从图像上仍可确定为这两个种. 因此崇义和永新地区的陇溪组大致包含了上奥陶统桑比阶的两个笔石带, 即*N. gracilis*带和*C. bicornis*带. 此外, 穆恩之和陈旭曾将华南相当于*N. gracilis*带的笔石地层划为*Dicranograptus nicholsoni diapason*带[25], 这是因为当时尚未在华南普遍发现*N. gracilis* (Hall)的缘故. 魏秀喆等因而也沿用了这一地层对比方案[11]. 事实上, *D. nicholsoni diapason* Gurley在原产地的美国纽约州也没有很准确的层位, 仅指出为“Lower *Dicellograptus* Shale”[26]. 目前我们已在本区普遍发现了*N. gracilis* (Hall)和*N. gracilis*带笔石动物群的情况下, 再继续使用*D. nicholsoni diapason*带显然是不适宜的.

从永新县进入宁冈县(现为井冈山市)境之前, 沿 319 国道有一系列的小村庄, 即陇溪村、溔江村、梗背村、花面垄村和石口村. 魏秀喆等建立的陇溪组、溔江组和石口组[11], 以及肖承协等识别的“五峰组”[12](黄枝高等改为花面垄组[13])均沿此线而建. 但是溔江组、石口组和花面垄组均为一套风化后呈灰黄色、灰绿色的板岩、粉砂岩和细砂岩, 偶尔夹含深灰色及灰黑色板岩薄层, 在灰黑色板岩薄层中产分异度很低的笔石动物群. 据笔者等观察, 这三个岩组之间很难区分, 而且因断层和褶皱而多次重复, 又缺乏明显的标志层可以借鉴和对比. 魏秀喆等[11]根据穆恩之先生对笔石的鉴定在溔江组内建立了下部的*Climacograptus diplacanthus*带和上部的*Climacograptus spiniferus*带. *Climacograptus diplacanthus*是Bulman[27]根据Holm准备的瑞典标本建立的笔石种, 它与Ruedemann[28]在美国建立的*Climacograptus spiniferus* Ruedemann特征一致, 层位相当. Mitchell[29]以后者为模式种建立了新亚属*Climacograptus* (*Diplacanthograptus*), 目前不少著者都把它独立成属. 笔者认为, *C. diplacanthus*和*C. spiniferus*是同种, 因此魏秀喆等[11]的这两个笔石带实际上是同一个带. 魏秀喆等[11]在石口组中建立的*Orthograptus quadrimucronatus- Climacograptus caudatus*带更值得讨论. *O. quadrimucronatus* (Hall) 一种是一个延限很长的种, 它在北美洲首次出现于*Corynoides americanus*带[30], 在我国新疆首现于*Diplacanthograptus lanceolatus*带[31], 而*Climacograptus caudatus* Lapworth现应改为*Diplacanthograptus caudatus* (Lapworth), 后者是凯迪阶最底部笔石带的带化石, 其上为*D. spiniferus*带. 因此魏秀喆等[11]确立的溔江组和“石口组”笔石带的上下关系并不存在, 这也从一个侧面说明了这两个组是同一个岩石地层单元, 没有必要从溔江组中再分出一个识别不出底界的“石口组”.

笔者等试图在溔江组的标准地点重新采集笔石标本, 遗憾的是, 由于修建 319 国道的缘故, 位于溔江村附近的溔江组的产笔石层位的路段被拓宽, 道路内侧加护坡, 已不可能大规模挖掘、采集笔石标本. 笔者等建议将陇溪组之上的大套碎屑岩都称为溔江组, 其中仅发育一个笔石带, 根据穆恩之先生原来的鉴定, 统称为*Diplacanthograptus caudatus-Diplacanthograptus spiniferus*带. 魏秀喆等[11]报导的溔江组厚 1508 m, “石口组”厚 2736 m, 笔者等把上述陇溪组的化石点和下述的花面垄组的化石点(层位接近“石口组”的顶部)的GPS数据, 通过地层的平均倾向与倾角加以简单换算, 得到新的溔江组的参照厚度为 3600 m. 当然这是一个很不准确的厚度, 因为它并没有排除其间地层的重复和丢失, 但即使如此也比原来溔江组和“石口组”的总厚度(4234 m)要小一些.

关于陇溪组之上大套碎屑岩系是否全部属于漭江组, 最后一个关键问题就是“花面垄组”的问题了. 花面垄村是介于梗背村和石口村之间的一个小村落, 也即所谓“花面垄组”的标准地点. 笔者等很幸运地在“花面垄组”的标准地点采到了足以确定地层时代的笔石标本, 笔石均采自夹含在大套灰色板岩、薄层粉砂岩和细砂岩的黑色板岩薄层中. 编号为AGG 20, GPS: 26°49.137′N, 114°1.422′E. 笔石动物群如下: *Glossograptus hincksii* (Hopkinson), *Dicellograptus forchammeri* (Geinitz), *Leptograptus* cf. *L. incises* Lapworth, *Amplexograptus praetypicalis* Riva, *Pseudoclimacograptus stenostoma* (Bulman), *Normalograptus brevis* (Elles and Wood). 如果我们简单地分析一下花面垄村的笔石组合就不难发现, 这一笔石动物群也正是上述漭江组笔石动物群的组成部分. *Glossograptus hincksii* (Hopkinson)的出现有力地说明了这一动物群延限的上限, 因为此种舌笔石最高层位在英国不超过*Climacograptus wilsoni*带[32], 这也是整个舌笔石属的上限, 在澳大利亚, 舌笔石属的上限为Gi2, 即*Orthograptus calcaratus*带, 并与*Amplexograptus praetypicalis* Riva 和 *Diplacanthograptus caudatus* (Lapworth)同属一个笔石带[33]. *A. praetypicalis* Riva在花面垄笔石组合中也有出现. *D. forchammeri* (Geinitz)是一个时限很长的种, 可以从*N. gracilis*带上延至*P. linearis*带, 因此意义不大. 而其他三种笔石都是从*N. gracilis*带上延而来. 因此花面垄组的笔石组合大致相当于*D. caudatus*带, 正是本文重新厘定的漭江组的组成部分, 而不是相当于扬子区五峰组的地层. 黄枝高等[13]描记的*Diceratograptus mirus* Mu(通常为五峰组特有)共有三块标本, 其中两个标本(参见文献[13]中图版 11、图 14 和 16)属于双头笔石(*Dicranograptus*), 另一个(参见文献[13]中图版 11 和图 15)则是由两个叉笔石(*Dicellograptus*)的笔石体互相叠加所致.

在上述讨论中, 我们已牵涉到多种被黄枝高等[13]用作带化石的笔石, 但还有几种尚需论及, 如被作为思顺对耳石“漭江组”底部标志的*Didymograptus asymmetricus*和*Glossograptus notatus*, 这两种都是黄枝高等[13]当时建立的新种. 一般新种是不宜作为带化石的, 何况前者可能就是*Xiphograptus norvegicus* (Berry, 1964)的同名种, 此种见于挪威达瑞威尔阶上部*Didymograptus murchisoni*带的上部. 对作为思顺对耳石“漭江组”另一个带化石的*Dicranograptus clingani* Carruthers (参见文献[13]中图版 12、图 3 和 4), 仅根据图版笔者等难以提出意见. 对于思顺对耳石和永新漭江附近“石口组”的带化石*Dicellograptus johnstrupi* Hadding (参见文献[13]中的图版 8、图 5 和 6、图版 9 和图 10), 从图版看, 其始部形态与模式标本(文献[34]中的Tafl.3 和Figs. 12~18)有所区别, 与*Dicellograptus pumilus* Lapworth比较接近. 黄枝高等[13]的“花面垄组”的两种带化石, *Dicellograptus anceps* Nicholson 和 *Appendispinograptus supernus* (Elles and Wood) (=*Climacograptus supernus* Elles and Wood), 前者图像所示标本(参见文献[13]中图版 6 和图 8)的笔石体始端被覆盖, 难以判别; 后者(参见文献[13]中的图版 23 和图 6)所示图像中笔石体始端的第一对胞管和一对底刺与*A. supernus* (Elles and Wood)的不同, 但由于挤压变形, 的确难以进一步判断应属何种. 黄枝高等[13]还描记了对耳石一带较高层位的笔石, 其中特别重要的是*Diplacanthograptus caudatus* (Lapworth)(即文献[13]中的*Climacograptus caudatus* Lapworth, 图版 21 和图 5), 但图像过于模糊而难以确定. *D. caudatus* (Lapworth)一种牵涉到凯迪阶(Katian Stage)的底界, 该种最重要的特征之一是拟胎管(parasicula)的出现, 这在上述标本中更难确定. 黄枝高等[13]描记的所有对耳石一带所谓“胡乐组”以上的笔石, 均产自黑色含硅质板岩之中, 从岩石地层的角度出发, 都属于陇溪组, 如果我们在对耳石一带上述AGG 1, AGG 4 和AGG 7 诸层位采集的笔石鉴定无误的话, 这些陇溪组的笔石都是桑比阶的分子. 这样, 从永新到崇义陇溪组的分布是稳定的、可对比的.

崇义和永新上奥陶统地层遭受断层和褶皱变动, 又缺乏特征的标识层, 因此笔者等的化石点, 均测定了GPS点位, 以便于同行们考察和验证. 本文中论及的重要笔石均使用显微镜绘图仪(Camera Lucida)绘制插图, 流劈理影响明显, 因而图像旁均标明流劈理的方向, 以利于同行们判别, 保存较好的标本才进行照相. 多年来各国研究笔石的同行都采用显微镜绘图仪绘制笔石图像, 近 30 年来这类仪器性能已十分良好, 这种绘图不仅准确, 而且还能清楚地表示鉴定者对各种笔石构造的理解和判断是否深入准确. 只靠照相制成图版, 而有不少图像又不够清晰, 要据此对笔石进行准确研究是远远不够的, 这也是过去我

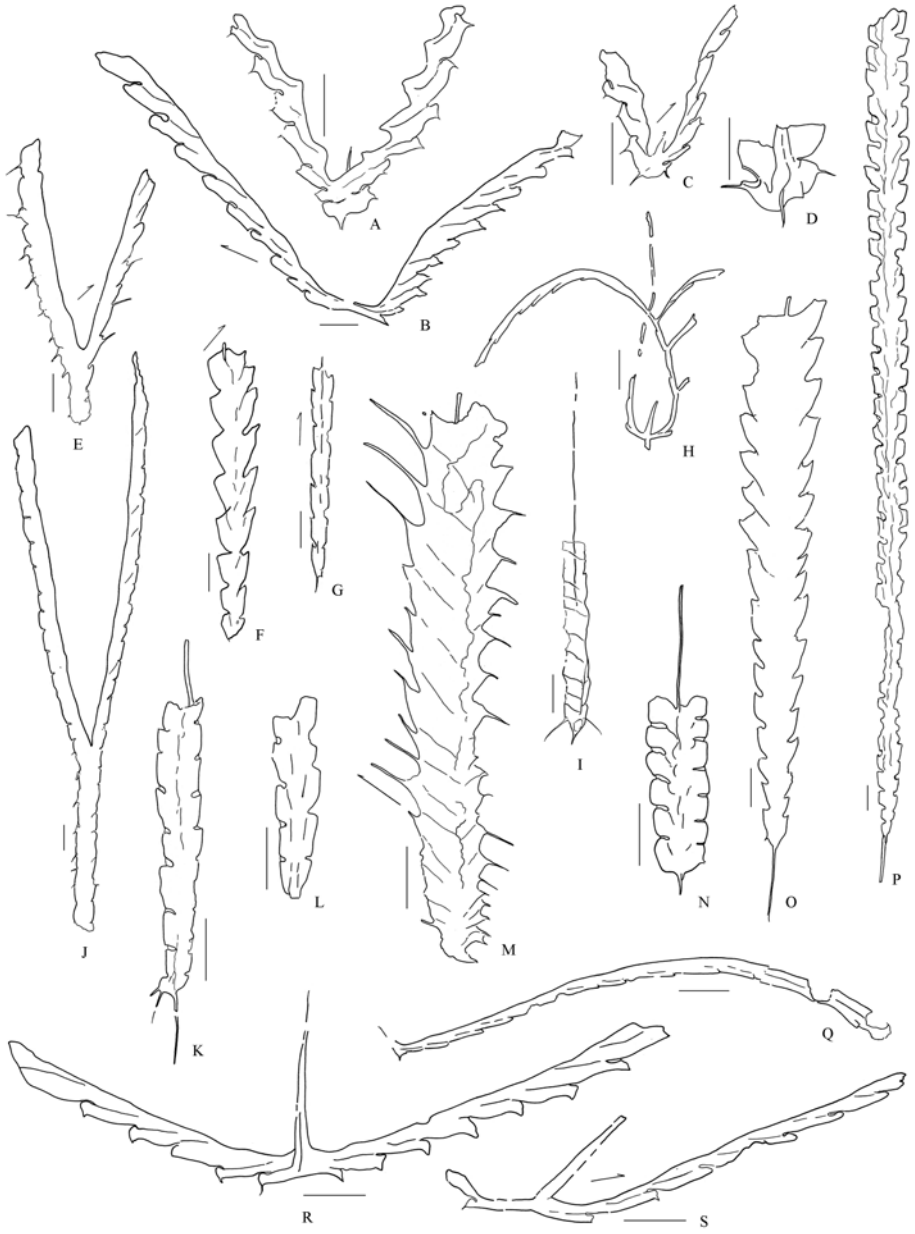


**图 3　江西永新-崇义地区晚奥陶世桑比期陇溪组笔石显微镜绘图仪制图**

A. *Jiangxigraptus mui* Yu and Fang, NIGP151784 (AGG-4); B. *Dicellograptus forchammeri* (Geinitz), NIGP151785 (AGG-20); C. *Dicellograptus sextans exilis* Elles and Wood, NIGP151786(AGG-7); D. *Amplexograptus praetypicalis* Riva, NIGP151787 (AGG-20); E. *Dicranograptus brevicaulis* Elles and Wood, NIGP151788 (AGG-16); F. *Orthograptus* cf. *O. calcaratus* (Lapworth) (=*O. calcaratus* Lapworth, Ge, 1963), NIGP151789 (AGG-16); G, L. *Normalograptus brevis* (Elles and Wood), G. NIGP151790 (AGG-16), L. NIGP151791 (AGG-20); H. *Nemagraptus gracilis* (Hall), NIGP151792 (AGG-7); I. *Cryptograptus tricornis* (Carruthers), NIGP151793 (AGG-1); J. *Dicranograptus rectus* Hopkinson, NIGP151794 (AGG-16); K. *Diplacanthograptus* sp., NIGP151795 (AGG-4); M. *Glossograptus hincksii* (Hopkinson), NIGP151796 (AGG-20); N. *Pseudoclimacograptus stenostoma* (Bulman), NIGP151797 (AGG-20); O. *Hustedograptus teretiusculus* (Hisinger), NIGP191798 (AGG-16); P. *Archiclimacograptus caelatus* (Lapworth), NIGP151799 (AGG-4); Q. *Pseudazygograptus incurvus* (Ekström), NIGP151800 (AGG-1); R. *Leptograptus validus* Lapworth, NIGP151801 (AGG-16); S. *Leptograptus* cf *L. incisus* Lapworth, NIGP151802 (AGG-20). 图中比例尺长度=1 mm, 箭头指示流劈理的方向. 所有标本均保存在中国科学院南京地质古生物研究所标本馆, 野外号 AGG1~AGG14 为崇义标本, AGG15~AGG20 为永新标本




**图 4　江西永新-崇义地区晚奥陶世桑比期陇溪组笔石照片**

A. *Dicellograptus forchammeri* (Geinitz), NIGP151785 (AGG-20, 同插图 3B); B. *Dicellograptus sextans exilis* Elles and Wood, NIGP151786 (AGG-7, 同插图 3C); C. *Jiangxigraptus mui* Yu and Fang, NIGP151784 (AGG-4, 同插图 3A); D. *Orthograptus* cf. *O. calcaratus* (Lapworth) (=*O. calcaratus* Lapworth, Ge, 1963), NIGP151789 (AGG-16, 同插图 3F); E. *Dicranograptus brevicaulis* Elles and Wood, NIGP151788 (AGG-16, 同插图 3E); F. *Glossograptus hincksii* (Hopkinson), NIGP151796 (AGG-20, 同插图 3M); G. *Glossograptus fimbriatus* (Hopkinson), NIGP151803 (AGG-1); H. *Amplexograptus praetypicalis* Riva, NIGP151787 (AGG-20, 同插图 3D); I. *Dicellograptus* cf. *D. gurleyi* Lapworth, NIGP151804 (AGG-16); J. *Dicranograptus rectus* Hopkinson, NIGP151805 (AGG-16); K. *Pseudazyograptys incurvus* (Ekström), NIGP151806 (AGG-1); L. *Hustedograptus teretiusculus* (Hisinger), NIGP151798 (AGG-16, 同插图 3O); M. *Leptograptus validus* Lapworth, NIGP151801 (AGG-16, 同插图 3R); N. *Cryptograptus tricornis* (Carruthers), NIGP151807 (AGG-16); O. *Reteograptus geinitzianus* Hall, NIGP151808 (AGG-4). 图中比例尺长度=1 mm

国发表在各种图册和国内著作中的大量属种, 不但难以在国际间流通和被承认, 即使在国内也难以准确地被同行认识和引用的原因之一.

综上所述, 笔者等将永新-崇义上奥陶统含笔石地层对比如下(图 2).

## 3 追溯广西运动

笔者以上述大段笔墨论及赣南上奥陶统的笔石生物地层和岩石地层, 剖析它们的划分和对比, 固然首先是为了解决地层学的问题, 但却也隐含了一个更进一步的目的, 即获得赣南晚奥陶世生物相和岩相转变的一个准确的时间值, 因为这种生物相和岩相的转变是有其构造背景的, 它牵涉到泥盆系与下伏地层间的大面积不整合面所体现的广西运动究竟始于何时? 这个生物相和岩相转变的界面的横向对比, 又可圈出广西运动开始时影响了多大的区域? 这样, 地层学的研究就自然地或者说必然地与构造学的研究联系在了一起, 我们的研究也因此拓宽了它的意义. 而要确定这个时间值, 关键就在于确切厘定笔石的属种分类. 在本文对笔石分类学深入研究的基础上, 笔者确定这个时间值正是由陇溪组的深水笔石相转为涛江组浅水碎屑岩相的时间值, 它相当于凯迪初期的 *D. caudatus*-*D. spiniferus* 带.

广西运动(Kwangsian Movement)由Ting[35]提出, 代表在华南普遍存在的泥盆系与其下伏地层之间不整合所指示的一次构造运动. 他认为广西运动更好地体现了加里东运动(Caledonian Movement)在华南的表现. 黄汲清先生则持不同意见[36], 他认为广西运动不仅在广西发育得好, 而且在湖南、广东和江西亦如此, 并认为在没有完全了解广西运动之前, 暂时将欧洲的名称"加里东运动"用于中国领土是合适的. 两位前辈的意见至今在我国均在引用. 2006 年秋, 笔者之二(陈旭和樊隽轩)曾访问苏格兰, 考察了加里东运动的经典地区, 更体会到与我国广西运动有很大的不同, 二者不仅发生在不同的古板块上, 而且在时限、过程和性质上均有很大的不同, 因此在华南还是采用广西运动为妥. 关联到广西运动一名, 国内学者多有不同名称和用法, 如郁南运动、崇余运动等[37], 笔者等也曾引用过崇余运动[38]. 但若用广西运动代表华南发生在泥盆纪之前早古生代的一系列构造事件的一个过程, 特别是发生在奥陶纪和志留纪期间有古生物证据和基于准确生物地层研究基础之上的整个过程, 倒不失为一种可行的办法.

从凯迪期开始, 赣南所涉及的珠江盆地东侧邻近华夏古陆的部分, 由深水笔石相转变为浅水碎屑岩相是一个沉积环境的巨大转变. 崇义深水笔石相的七溪岭组从下奥陶统弗洛阶底部*Tetragraptus approximatus*带至中奥陶统近顶部*Pterograptus elegans*带共厚 338 m[10], 历时约 20.66 Ma(463.04~483.70 Ma, 参见文献[39]), 估算黑色笔石页岩的平均沉积速率为 16.36 m/Ma. 以永新陇溪组深水笔石相地层的*N. gracilis*和*C. bicornis*两个笔石带的历程来估算, 历时约 5.57 Ma(460.86~455.29 Ma, 参见文献[39]), 陇溪组的厚度为 160 m, 估算其平均沉积速率可增至 28.7 m/Ma. 而永新的涛江组(包括原石口组和花面垄组在内), 按我们保守的估计厚度为 3600 m, 涛江组的浅水碎屑岩相地层以*D. caudatus*和*D. spiniferus*两个笔石带为计, 历时与陇溪组大体相当, 为 5.56 Ma(449.73~455.29 Ma, 参见文献[39]). 如是, 则其估算的平均沉积速率可猛增至 647.5 m/Ma, 可见当时真可谓是泥沙俱下, 代表了一个快速沉降、快速堆积的前陆盆地环境, 这种沉积环境的突变的构造背景, 指示了广西运动的构造背景. 陈旭等[40~42]主要根据湖南奥陶系的材料, 曾推断广西运动形成华夏古陆前缘的增生楔发生在*Dicranograptus clingani*带之后, 或大致始于*D. spiniferus*带. 现在看来, 本文对江西南部上奥陶统的研究可与之呼应.

追溯广西运动还有待于研究工作的进一步展开和深入. 笔者等将在两广和华南展开类似的研究, 届时或可一窥珠江盆地在广西运动进程中的全貌, 并可望联系到整个华南. 如果能得到构造和沉积研究的同行的共同努力, 定能深入探讨广西运动的过程和机制. 地层学, 特别是生物地层学和基于之上的年代地层学, 是当前历史阶段解决地质时间框架的基础, 它首先要基于门类古生物学的分类学研究, 化石的鉴定准确与否, 特别是重要地质事件所涉及的地层时代的确定和对比准确与否至关重要. 这种最基础的研究既"枯燥费时", 又不能"立竿见影"; 既不象演绎地质历史那样生动壮观, 也不像寻找矿产那样能直接为国民经济作出贡献, 但它却如高楼大厦的地基, 舍此不可. 本文希望能为说明这一并不高深的道理提供一个实例.

**致谢** 蒙戎嘉余、张国伟、舒良树教授在 2008 年共同考察崇义和永新地区奥陶系剖面, 成文后又蒙戎、张二位审阅文稿, 并提供宝贵意见. 在“中国海相地层研究”工作中得到各位同行的帮助, 陈金春同志协助野外工作, 审稿人提出修改建议, 特此致谢.

## 参考文献

1 穆恩之. 正笔石及正笔石式树形笔石的演化、分类和分布. 中国科学, 1974, (2): 174—183
2 穆恩之, 李立新, 葛梅钰, 等. 中国奥陶纪笔石序列及生物地理分区. 国际交流地质学术论文集(为 26 届国际地质大会撰写), 1980, 4: 35—42
3 陈旭, 肖承协, 陈洪冶. 华南五峰期笔石动物群的分异及缺氧环境. 古生物学报, 1987, 26: 326—344
4 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
5 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—291
6 Chen X, Rong J Y, Zhou Z Y. Ordovician Biostratigraphy of China. In: Zhang W T, Chen P J, Palmer A R, eds. Biostratigraphy of China. Beijing: Science Press, 2003. 121—171
7 张浅深, 俞受鋆, 黄建辉, 等. 江西南部前泥盆纪地层的初步观察. 地质学报, 1964, 44: 388—404
8 肖承协, 黄学涔. 江西崇义早奥陶世笔石地层. 江西地质科技情报, 1974, (3): 1—24
9 肖承协, 薛春汀, 黄学涔. 江西崇义早奥陶世笔石地层. 地质学报, 1975, (2): 112—125
10 李积金, 肖承协, 陈洪冶. 江西崇义早奥陶世宁国期典型太平洋笔石动物群. 中国古生物志, 2000, 总号第 189 号(新乙种第 33 号): 1—188
11 魏秀喆, 肖承协, 陈胜高, 等. 江西永新、宁冈一带奥陶纪笔石地层. 地层学杂志, 1966, 1: 65—76
12 肖承协, 夏天亮, 王昭雁. 对江西崇义地区奥陶系的新观察. 地层学杂志, 1982, 6: 64—71
13 黄枝高, 肖承协, 夏天亮. 江西崇义-永新地区中上奥陶统重要笔石动物群. 北京: 地质出版社, 1988. 1—322
14 许杰. 长江下游之笔石化石. 国立中央研究院地质研究所专刊, 1934, 甲种 4: 1—106
15 方一亭, 冯洪真, 俞剑华. 安徽省宁国县胡乐地区的胡乐组. 地层学杂志, 1989, 13: 269—278
16 Chen X, Zhang Y D, Bergström S M, et al. Upper Darriwilian graptolite and conodont zonation in the Global Stratotype section of the Darriwilian Stage (Ordovician) at Huangnitang, Changshan, Zhejiang, China. Palaeoworld, 2006, 15: 150—170
17 Maletz J. Graptolites from the *Nicholsonograptus fasciculatus* and *Pterograptus elegans* Zones (Abereiddian, Ordovician) of the Oslo region, Norway. Greifswald Geowissensch Beitraeg, 1997, 4: 5—98
18 周志毅, 陈旭, 王志浩, 等. 奥陶系. 见: 周志毅, 陈丕基, 主编. 塔里木生物地层和地质演化. 北京: 科学出版社, 1990. 56—130
19 Obut A M, Sobolevskaya R F. Graptolites of the Ordovician of Taimyr (in Russian). Moscow: Akademia Nauk, 1964. 1—92
20 夏广胜. 安徽笔石化石. 合肥: 安徽科学技术出版社, 1982. 1—166
21 Chen X, Bergström S M. Ordovician study in hundred years: From British Series to international standard. J Stratigr, 2008, 32: 1—14
22 Bergström S M, Chen X, Schmitz B, et al. First documentation of the Ordovician Guttenberg $\delta^{13}C$ excursion (GICE) in Asia: Chemo-stratigraphy of the Pagoda and Yanwashan formations in southeastern China. Geol Mag, 2009, 146: 1—11
23 Elles G L, Wood E M R. A Monograph of British Graptolites. Palaeontograph Soc London, 1904, 4: 135—180
24 Williams S H, Bruton D L. The Caradoc-Ashgill boundary in the central Oslo Region and associated graptolite faunas. Norsk Geol Tidsskrift, 1983, 63: 147—191
25 穆恩之, 陈旭. 中国的笔石. 北京: 科学出版社, 1962. 1—171
26 Rudemann R. Graptolites of New York (part 2). New York State Mus Mem, 1908, 11: 1—481
27 Bulman O M B. On the graptolites prepared by Holm, Pt.1: Certain ‘Diprionidian’ Graptolites and their development. Arkiv för Zoologi, 1932, 24A: 1—45
28 Ruedemann R. The Lower Silurian shales of the Mohawk Valley. Bull New York State Museum, 1912, 162: 1—145
29 Mitchell C E. Evolution and phylogenetic classification of the diplograptacea. Palaeontology, 1987, 30: 353—405
30 Goldman D, Bergström S M, Mitchell C E. Revision of the Zone 13 graptolite biostratigraphy in the Marathon, Texas, standard succession and its bearing on Upper Ordovician graptolite biogeography. Lethaia, 1995, 28: 115—128
31 Chen X, Ni Y N, Mitchell C E, et al. Graptolites from the Qilang and Yingan formations (Caradoc, Ordovician) of Kalpin, Western Tarim, Xinjiang, China. J Paleont, 2000, 74: 282—300
32 Elles G L, Wood E M R. A Monograph of British Graptolites (Index). Palaeontograph Soc London, 1918. 527—539

33 VandenBerg A H M, Cooper R A. The Ordovician graptolite sequence of Australasia. Alcheringa, 1992, 16: 33—85
34 Hadding A. Der Mittlere Dicellograptusschiefer auf Bornholm. Lunds Universitets Årsskrift, 1915, 11: 1—39
35 Ting V K. The orogenic movements in China (Presidential Address of the 6th Annual Meeting). Bull Geol Soc China, 1929, 8: 151—170
36 Huang T K. On major tectonic forms of China. Geol Mem Ser A, 1945, 20: 1—165
37 吴浩若. 重新解释广西运动. 科学通报, 2000, 45: 555—558
38 陈旭, 戎嘉余, 周志毅, 等. 上扬子区奥陶-志留纪之交的黔中隆起和宜昌上升. 科学通报, 2001, 46: 1052—1056
39 Sadler P M, Cooper R A, Melchin M. High-resolution, early Paleozoic (Ordovician-Silurian) time scales. Geol Soc Amer Bull, 2009, 121: 887—906
40 陈旭, 戎嘉余, Rowley D B, 等. 对华南早古生代板溪洋的质疑. 地质论评, 1995, 41: 389—400
41 陈旭, 米切尔. 塔康运动与广西运动的地层学证据. 地层学杂志, 1996, 20: 305—314
42 Chen X, Rowley D, Rong J Y, et al. Late Precambrian through Early Paleozoic stratigraphic and tectonic evolution of the Nanling region, Hunan Province, South China. Intl Geol Rev, 1997, 39: 469—478