

我国早期后生动物群的特异埋藏机理探讨

杨瑞东 赵元龙

摘要 通过对早期后生动物群产出层位的沉积特征、沉积层序和化石埋藏特征的研究,认为在海湾和局限海环境,早期后生动物群往往产于海侵体系中,而陆棚环境则保存在低水位体系;同时提出了两种早期后生动物群埋藏保存机理,一种是沉积事件(风暴流或浊流)破坏了生物生态环境,使生活在正常环境中的生物大量死亡,并被快速埋藏保存;另一种是海平面脉动引起环境变化,使早期后生动物死亡,在还原环境下埋藏保存。因此,认为海平面变化与早期后生动物群的埋藏保存有着密切关系。在提出两种早期后生动物群特异埋藏机理的基础上,并认为由前寒武纪至寒武纪,只要沉积环境、沉积序列类似,就有可能发现早期后生动物群,这对寻找新的早期后生动物群具有重要的指导意义。

关键词 早期后生动物群 埋藏学 沉积序列

第一作者简介 杨瑞东 男 35岁 博士 从事地层、古生物学和沉积学研究

Discussion on Taphonomy of Early Metazoan Biota in China

Yang Ruidong^{1, 2} Zhao Yuanlong²

1(Dept of Earth Science, Nanjing University Nanjing 210093)

2(Guizhou University of Technology Guiyang 550020)

Abstract

The following results are obtained from the study of taphonomic characteristics fossil taphonomic sequence and sedimentary sequence of early metazoan biota discovered in China: (1) The emdedded and preserved condition is controlled by event layer (tempestite or turbidite) and sedimentation rate takes main part in fossil embedition and preservation. (2) Close relationship preservation of the early metazoan biota between sea-level changes, this is, which always occur in transgressive system of shallow water bay and restricted sea, early metazoan biota occur in the shelf margin systems.

Based on sedimentary environments of the early metazoan biota. two buried models of the early metazoan biota are established. Eventually, it is indicated that new early metazoan biota may be discovered by above-mentioned condition which is benefit to preserve biota.

Key words early metazoan biota sedimentary environment taphonomy fossil buried sequence

1 前言

地层中常常保存有大量的生物化石，其保存与当时沉积环境中生物量、生物体的骨骼构造、水动力、氧化还原条件和沉积速率等有密切关系，同时还受成岩作用的溶蚀破坏。上述因素是决定生物体能否保存为化石的关键。然而，对于前寒武纪至寒武纪的早期后生动物群来讲，生物体绝大多数为软躯体，往往不具硬体骨骼，因此，其能否保存为化石对沉积环境、沉积条件要求就更加苛刻。随着在我国先后发现了一些早期后生动物群之后〔1~4〕，对其埋藏、保存如此完整、丰富的软体动物化石的形成环境条件的研究就显得日益重要。通过对澄江动物群、凯里动物群、庙河生物群产出层位的沉积特征、沉积层序和埋藏环境及化石埋藏序列的研究，发现这些动物群具有特定的化石埋藏序列，并且与沉积事件和海平面变化有着密切关系。

2 早期后生动物群产出层位的沉积特征及沉积层序

目前，在我国前寒武纪至寒武纪已发现多个早期后生动物群，其中以澄江、淮南、庙河和凯里动物群最为典型。它们分别属海湾、局限海及陆棚环境〔1~4〕。现将凯里、澄江和庙河动物群产出层位的沉积特征及沉积层序分述如下。

2.1 凯里动物群

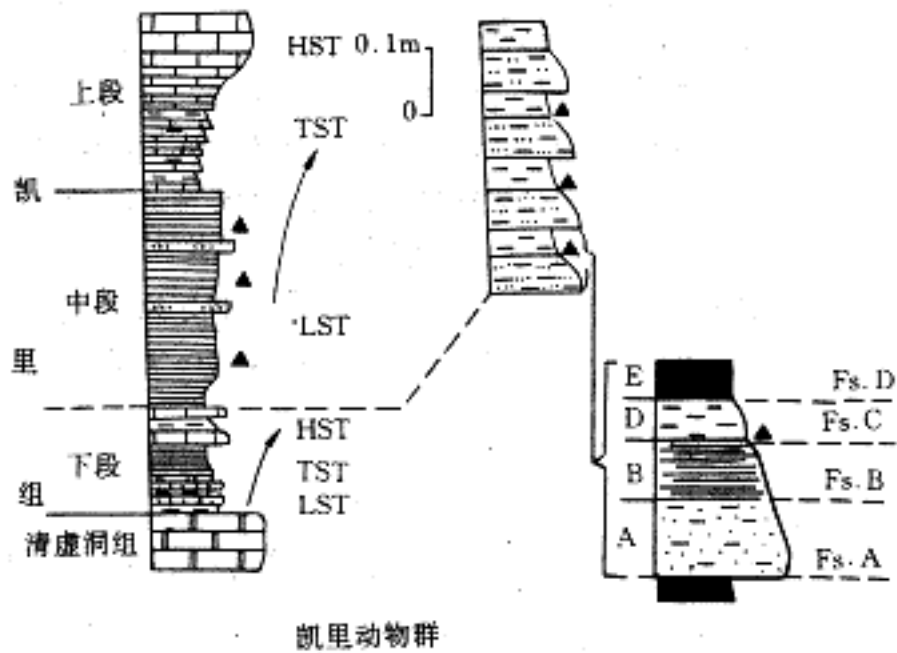
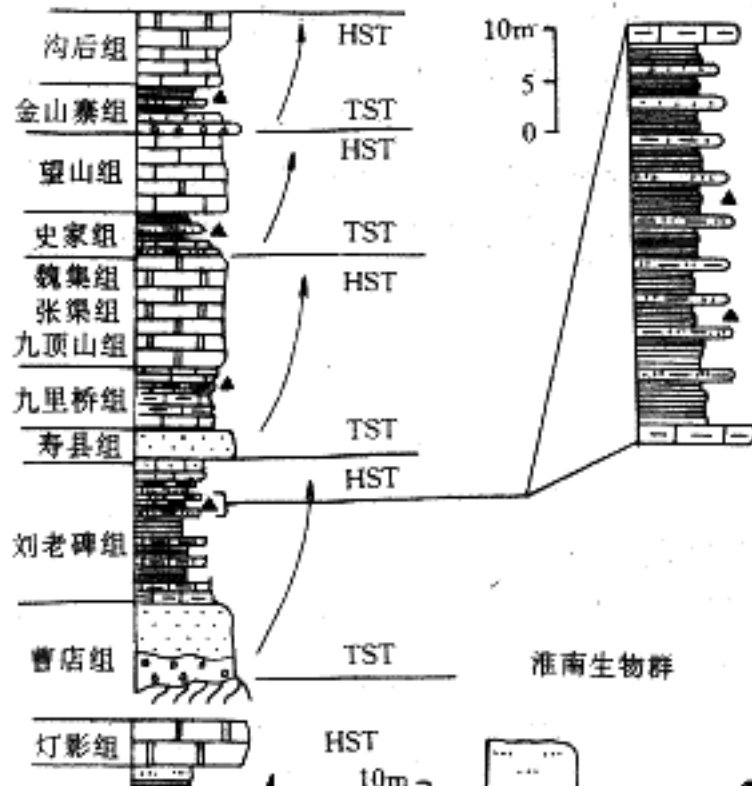
凯里动物群产于中、下寒武统凯里组，其古地理位置处在江南区与扬子区的过渡带上，沉积环境为陆棚浅海〔4〕，产动物群层位相当于寒武纪第四个沉积层序的低水位体系〔5、6〕。凯里组为一套泥质粉砂岩、粉砂质泥岩、泥岩组成，三者常构成韵律性沉积：韵律层属低密度浊积岩，常由鲍玛序列B、D、E段组成，A段偶有出现，C段不发育，沉积序列以BDE、BE最为发育，另外还有少量的ABDE序列。鲍玛序列A、B、D、E段沉积特征和化石埋藏层的对应关系如下：

化石埋藏层A：灰色、绿灰色粉砂质泥岩，泥质粉砂岩，无或很少具层理构造，仅含大型三叶虫Kaotiaia头鞍及少量的Pagetia头、尾化石，其中产大量的潜穴Treptichnus bifurces。其厚0~3 cm；代表水动力强，快速沉积的环境，多分布在鲍玛序列A段。

化石埋藏层B：具水平层理的粉砂质泥岩、钙质泥岩，大量的Pagetia沿层面密集分布，化石头、尾分离，常具有弱的定向性排列，Pagetia化石丰度可达20~30个/dm²，最多可达50个/dm²，有少量的宏观藻化石，厚1~3 cm；多分布在鲍玛序列B段。

化石埋藏层C：灰绿、黄绿色泥岩，具少量水平纹理，含有非常丰富的、完整的化石，从微地层角度分析，凯里化石库(动物群)就产于该序列，凯里化石库中11个门类化石，特别是那些具软躯体的如蠕形动物、水母状化石、海绵、棘皮动物和大量的结构脆弱、难以保存为化石的软舌螺、棘皮动物和藻类化石等，此外还有丰富的三叶虫和非三叶虫节肢动物都保存在该层中，厚1~2 cm。其主要分布在鲍玛序列D段。水母状化石、海绵、棘皮等化石平行层面保存，未见化石保存状态与层面斜交。

化石埋藏层D：黄绿色块状泥岩，化石保存好，但化石从数量、门类上明显减少，缺少如刺胞动物、棘皮、软舌螺、Wiwaxia、蠕形动物、水母状化石、多孔动物等软体化石，仅有带壳三叶虫化石。该序列以大多数三叶虫Pagetia头尾不分离和具有丰富的层面觅食迹Phycodes、Palaeophycus化石为特征。厚1~2 cm，其主要分布在鲍玛序列E段。



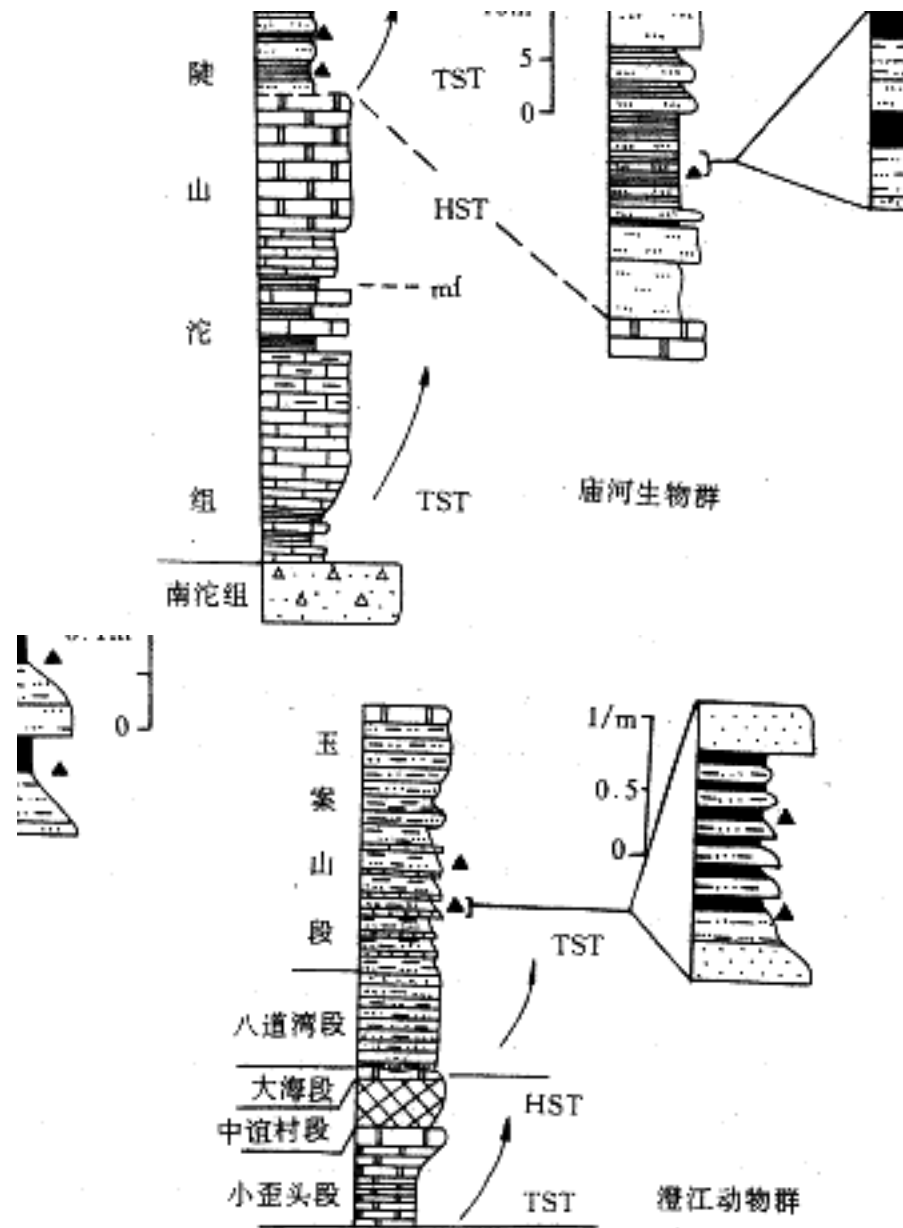


图1 生物(动物)群产出层位的层序地层、沉积层序特征
动(植)物群产出层位

Fig.1 Sedimentary sequence characteristics of the fossil buried formation

上述的化石埋藏层在贵州台江二郎剖面20~24层(即凯里动物群产出层位)中以BCD序列为主,少量为ABCD、BD序列呈韵律性出现(图1),而具有软体的动物化石都保存在BCD序列的C层中,每个韵律厚约4~10 cm。这种在韵律性沉积层内,所赋存的化石群(组合)随韵律性沉积呈韵律性出现称化石埋藏序列。

2.2 澄江动物群

1984年发现的澄江动物群,其古地理处于牛首山半岛与川滇古陆间的海湾环境,其产于早寒武世筇竹寺组玉案山段中下部,为一套砂岩、粉砂岩、泥岩。玉案山段首先被认为是浅海内陆棚陆源碎屑沉积〔7〕,或解释为滨海陆源碎屑沉积〔8〕。但玉案山段之下动物群产出层位之下的八道湾段,由粗—细粒砂岩、粉砂岩组成,发育有冲洗层理及其它交错层理,还有丘状层理、工具模等沉积构造,属风暴沉积〔5,6〕。从

层序地层分析，澄江动物群产出层位属上扬子地台区第二个四级层序的海侵体系〔3, 6〕

在保存澄江动物群的筇竹寺组玉案山段中下部，砂岩、粉砂岩、泥岩在剖面上呈韵律性沉积，每个韵律层厚0.5~1.5 m(图1)，这些韵律层为风暴沉积成因，其特征如下：

韵律层底部有侵蚀面，侵蚀面上为杂色砂岩，含大量的白云母片，其中未见完整化石，仅有少量的生物碎片，属风暴沉积A层；厚5~60 cm，砂岩层向上渐变为具平行层理或交错层理的粉砂岩，含少量的生物碎片，为风暴沉积B层，厚5~20 cm。具有丘状层理的C层一般缺失。风暴沉积D层为具有水平纹层的泥岩，粉砂质泥岩，其中产丰富的具软躯体的生物化石，澄江动物群主要保存在这层内，动物群中的水母状化石、海绵、非三叶虫节肢动物等具有扁平躯体的化石都沿层面保存，很少发现有斜交层面保存的化石，厚0.1~10.0 cm。E层为块状泥岩层，其中含化石少，代表正常的、水体宁静的环境下沉积产物，厚2~10 cm。

在沉积剖面上以BDE、ACDE、ADE沉积序列为主，D层中往往发育大量的次级风暴沉积韵律层，主要为BDE序列，其中B段具有平行层理的泥质粉砂岩或粉砂质泥岩，厚1~2 cm，D段为泥岩，含有丰富的动、植物化石，厚1~2 cm，E段为块状泥岩，化石少，厚1~2 cm。

2.3 庙河生物群

庙河生物群产于晚前寒武震旦纪陡山沱组上部的粉砂岩与泥岩互层层段内，其沉积环境为局限海环境〔2〕，从沉积层序分析，其位于南沱冰期之后的第二个层序的海侵体系内(图1)。粉砂岩和泥岩呈韵律性沉积，粉砂岩磨圆度差，分选好，碎屑颗粒以石英为主，具有波状层理，泥页岩主要矿物成分为伊利石，其中黑色页岩出现了Ce严重亏损，因此，认为其是在强还原环境下形成的产物〔2〕。

化石在韵律层中保存在粉砂岩之上泥页岩下部，化石主要为宏观藻类、类水母、海绵、蠕虫和微观藻类，其中宏观藻类和海绵是底栖固着生活，藻类还保存有根和其原来的生长状态，因此，其应属原地埋藏化石群。粉砂岩和泥页岩层上部很少有化石保存。

3 动物群特异埋藏机理

对我国早期后生动物群的埋藏机理研究以前仅作过少量的工作〔2, 7~13〕，而且对它们的埋藏机理解释众说不一。澄江动物群的埋藏模式就有5种：(1)认为海进事件造成海水周期性贫氧，造成大量生物群体死亡〔7〕；(2)风暴引起的快速悬浮泥质沉积物将这些生物快速埋藏〔8〕；(3)风暴流引起的密度流搬运沉积形成〔9〕；(4)由节肢动物分析结果认为是原地埋藏〔10〕；(5)细小泥质沉积物由风从陆地上带来并快速沉积埋藏动物群〔8〕。然而上述的埋藏模式均不能圆满解释动物群的埋藏过程。凯里动物群的埋藏机理也没有作过深入研究，仅在深讨其沉积环境时作了试探性的工作，认为是原地埋藏形成〔11〕。庙河生物群也仅作了初步研究，认为其埋藏环境是局限滞流海盆，是原地埋藏〔2〕。

通过上述分析、解剖，发现动物群埋藏保存与沉积层序，沉积速率有密切联系。(1)从沉积层序分析，后生生物群均产于海侵体系和低水位楔中；海侵期和低水位期，由于大量的陆源碎屑供给和风暴对陆源碎屑物质的改造，沉积速率高，同时水体相对

浅,有利于生物繁殖。进入高水位期,沉积速率变慢,具有软躯体和结构脆弱的生物基本被破坏或氧化腐烂,很难保存为化石;这在庙河动物群中甚为明显,以藻类来说,在海侵体系中不仅有大量的微古植物化石,而且有大量的宏体藻类化石,但在高水位体系中仅保存有很强抗磨和抗腐蚀外壳的微古植物化石,很难看到宏观藻类化石踪迹。(2)阵发性水流作用引起事件沉积,对动物群埋藏保存起着重要作用,这在凯里动物群和澄江动物群埋藏中最为明显。(3)海平面脉动引起沉积环境变化,从而使生活在正常环境中的生物大量死亡,并在缺氧环境下埋藏保存,庙河生物群、淮南生物群和蓝田植物群的埋藏保存属于这一类型。通过上述分析、总结可建立两种早期后生生物埋藏模式。

3.1 阵发性水流作用埋藏模式

这一模式是建立在澄江、凯里动物群产出层位的沉积特征和化石埋藏特征基础上。这里阵发性水流指风暴流或浊流,它们在宁静的海湾、陆棚中出现,使富含 H_2S 和细粒物质的底层水体上涌,如同“赤潮”将生活在水体中生物大量杀死,同时将生活在海底的底栖生物随上涌水体上浮,特别是那些具有软躯体的生物。在事件早期(A层沉积时),沉积速率很高,但水动力很强,生物尸体几乎都被破坏,且象藻类及具软躯体的“轻”生物被阵发水流从海底带到水体中,或生活在水体中的生物才开始“中毒”死亡,因此,在A层中仅只有大型三叶虫碎片及斜交和垂直层面的生物潜穴(逃逸迹)。B层沉积时,沉积速率高,水动力强,沉积以侧向加积为主,这时只有Pagetia等带硬壳的生物保存为化石,但化石常被分选改造,化石头、尾分离,呈定向排列。C层沉积时,沉积速率仍较高,但水动力弱,这时浮在水体中死亡的“轻”生物大量沉降下来,由于水动力弱,沉积速率高,因此,大量的具软躯体和“轻”生物被保存下来,事件结束后,海底处于正常沉积(D层沉积时),这时水动力很弱,沉积速率也很低,生物只有正常死亡,生物死亡后没有得到快速埋藏而被氧化分解,因此,仅保存少量具壳体的化石,它们以壳小,壳壁薄的三叶虫和腕足为主,化石保存完好,有些腕足化石双壳相连^[12],这种埋藏机理与贵州三叠系菊石和双壳类化石群埋藏相似^[13]。这种沉积特征类似现在南黄海海水中的悬浮体及底部浑水层沉积^[14]。

3.2 海平面脉动作用埋藏模式

上述的阵发性水流作用埋藏模式对庙河生物群的埋藏不适用。因在庙河生物群中发现有大量的具有根部的、保存有藻类生活时生长状态的藻类化石,其应属原地埋藏保存生物群。

庙河生物群的埋藏机理以前被认为是局限滞流海盆环境下的沉积埋藏,局限滞流海盆上部水体与正常浅海水体一致,而下部水体处于滞流状态,由于下部水体宁静,氧不能到达海底,导致海底相对缺氧,这种相对还原环境的存在,以及大量细粒泥质沉积发育,使得庙河生物群中各门类生物保存为精美完好的化石^[2]。然而,这种埋藏机理确不能很好地解释生物群中藻类大部分具有固着器和保存有生活时的生长状态,按这个机理,藻类就生活在滞流还原环境中,据现代藻类生活环境,藻类主要生活在含氧水体^[15],何况庙河生物群中藻类有红藻、褐藻、绿藻、蓝藻和硅藻等如此丰异度、丰富度很高的藻类植物群,将其生活环境解释为还原环境是不妥。另外,这一埋藏机理也无法解释营底栖生活的、生活在正常海水中的海绵生物。同样解释不了为何生物群几乎只保存在紧邻粉砂岩层之上的泥页岩层下部,而在泥页岩层上部或很厚的泥页岩中很少有化石的现象。

通过对保存庙河生物群的陡山沱组沉积特征和沉积序列分析,结合化石保存和沉

积地球化学特征,认为庙河生物群埋藏机理是海面脉动引起。即海平面降低时,水体处于动荡的氧化环境,这时由于海面下降,陆上侵蚀作用强烈,有大量的陆源碎屑供给,结果形成了含有丰富生物碎片的具有波状层理的粉砂岩层,随后海平面上升,水体加深,水动力减弱,这时在泥质海底上开始生活大量的藻类、海绵和近海底生活的类水母生物等,但随着水体愈来愈加深,环境就变为缺氧的滞流海盆,大量的生活在海底的生物死亡,并得到完整地保存,而在海盆完全缺氧时沉积的泥质物质—黑色泥页岩中就很少有底栖生物化石。海平面这种脉动形成一系列粉砂岩、泥页岩的韵律层,所产化石层位也间隔性出现(图1),这一埋藏机理较合理地解释庙河生物群的埋藏问题,同时,它也适合于解释蓝田植物群和淮南生物群的特异埋藏。对蓝田植物群、淮南生物群保存地层的沉积特征、沉积层序和化石保存特征等在此就不赘述。

4 结语

早期后生动物群埋藏保存表明,它们往往保存在碎屑岩系中的粉砂岩向泥岩过渡层位。对现已发现的早期后生动物群层位的沉积特征、沉积层序和埋藏机理研究之后,我们可以在条件类似的沉积环境的相似沉积层序中寻找新的动物群,其对研究早期后生动物有着重要意义。

通过对这些动物群埋藏学研究,发现在事件层(风暴、浊流)沉积序列的D段内、海侵体系和低水位体系中化石最丰富,保存最完整,化石种类齐全,因此其对研究生物化石带、寻找生物化石都具有普遍的参考价值。贵州三叠系中的贵州龙动物群产于拉丁期大海退之后的海侵体系中^[13]。黔南石炭系Triticites,Pseudoschwageria的出现及顶峰带均分布在海侵体系中^[16]。化石大量保存在海侵体系,可能是沉积速率高的原因。

作者得到杨湘宁教授、施贵军副教授的指导和帮助,在此表示感谢。

国家攀登专项目95-专-01、国家自然科学基金(49772085)和贵州省科委基金资助项目

作者单位:杨瑞东 南京大学地球科学系 南京 210093

赵元龙 杨瑞东 贵州工业大学 贵阳 550020

参考文献

- 1 陈均远,周桂琴,朱茂炎.澄江动物群.台湾:国立自然博物馆,1995.1~222
- 2 丁莲芳,李勇,胡夏嵩等.庙河动物群.北京:地质出版社,1996.1~100
- 3 Chen Junyuan.Precambrian metazoans of the Huai River drainage area(Anhui,E.China): their taphonomic and ecological evidence.Lethaea,1988,69:189~215
- 4 赵元龙,黄友庄,袁金良等.凯里化石库.贵州地质,1996,13(2):105~112
- 5 刘宝王君,许效松,潘杏南等.中国南方古大陆沉积地壳演化与成矿.北京:科技出版社,1993.50~115
- 6 蒲心纯,周浩达,王熙林等.中国南方寒武纪岩相古地理与成矿作用.北京:地质出版社,1993.40~70
- 7 张文堂.澄江动物群及其中的三叶虫.古生物学报,1987,26:223~236

- 8 Hou X G, Remskold L, Bergstrom J. Composition and preservation of the Chengjiang fauna—a Lower Cambrian soft-bodied biota, *Zool. Scr.*, 1991, 20: 395 ~ 411
- 9 Jin Yugan, Wang Huayu, Wang Wei. Palaeoecological aspects of brachiopods from chiungchussu Fm. of Early Cambrian age, eastern Yunnan, China. *Palaeoecology of China*, 1991, 1: 25 ~ 47
- 10 Chen Junyuan, Bergstrom J, Lindstrom M. Fossilized soft-bodied fauna. *National Geographic Reserch and Exporation*, 1991, 7(1): 8 ~ 19
- 11 张正华, 沈建伟, 赵元龙等. 贵州台江中寒武世凯里动物群保存环境初探. *古生物学报*, 1996, 35(5): 603 ~ 622
- 12 黄友庄, 王化羽, 赵元龙. 贵州台江早、中寒武世凯里组的腕足动物. *古生群学报*, 1994, 33(3): 335 ~ 344
- 13 杨瑞东. 黔中、黔南三叠纪古生态、古群落研究. *岩相古地理*, 1996, 16(6): 42 ~ 47
- 14 李凡, 徐善民, 姜秀珩等. 南黄海海水中悬浮体跃层及底部浑水层. *海洋科学*, 1991, (5): 42 ~ 458
- 15 福迪B著, 罗迪安译. *藻类学*. 上海: 上海科学技术出版社, 1980. 1 ~ 449
- 16 李儒峰, 刘本培, 赵澄林. 黔南Triticited带旋回层序碳同位素特征及冰川型海平面变化. *地质学报*, 1996, 70(4): 342 ~ 349

收稿日期: 1997-11-04 收修改稿日期: 1998-04-13

作者: 杨瑞东 赵元龙 Yang Ruidong Zhao Yuanlong

Yuanlong(贵州工业大学, 贵阳, 550020)

刊名: 沉积学报 

英文刊名: ACTA SEDIMENTOLOGICA SINICA

年, 卷(期): 1999, 17(1)

被引用次数: 8次

参考文献(16条)

1. 陈均远;周桂琴;朱茂炎 澄江动物群 1995
2. 丁莲芳;李勇;胡夏嵩 庙河动物群 1996
3. Chen Junyuan Precambrian metazoans of the Huai River drainage area(Anhui, E. China): their taphonomic and ecological evidence 1988
4. 赵元龙;黄友庄;袁金良 凯里化石库[期刊论文]-贵州地质 1996(02)
5. 刘宝王君;许效松;潘杏南 中国南方古大陆沉积地壳演化与成矿 1993
6. 蒲心纯;周浩达;王熙林 中国南方寒武纪岩相古地理与成矿作用 1993
7. 张文堂 澄江动物群及其中的三叶虫 1987
8. Hou X G; Remskold L; Bergstrom J Composition and preservation of the Chengjiang fauna—a Lower Cambrian soft-bodied biota 1991
9. Jin Yugan; Wang Huayu; Wang Wei Paleaeological aspects of brachiopods from chungchussu Fm. of Early Cambrian age, eastern Yunnan, China 1991
10. Chen Junyuan; Bergstrom J; Lindstrom M Fossilized soft-bodied fauna 1991(01)
11. 张正华;沈建伟;赵元龙 贵州台江中寒武世凯里动物群保存环境初探 1996(05)
12. 黄友庄;王化羽;赵元龙 贵州台江早、中寒武世凯里组的腕足动物 1994(03)
13. 杨瑞东 黔中、黔南三叠纪古生态、古群落研究 1996(06)
14. 李凡;徐善民;姜秀珩 南黄海海水中悬浮体跃层及底部浑水层 1991(05)
15. 福迪B;罗迪安 藻类学 1980
16. 李儒峰;刘本培;赵澄林 黔南Triticited带旋回层序碳同位素特征及冰川型海平面变化 1996(04)

引证文献(8条)

1. 张茂恒,孔兴功 江苏盱眙震旦纪混合沉积体系的特征[期刊论文]-吉林大学学报(地球科学版) 2011(5)
2. 杨瑞东,赵元龙,毛家仁,聂爱国,陈笑媛 贵州台江中寒武世凯里生物群古生态研究[期刊论文]-沉积学报 2002(1)
3. 杨瑞东,毛家仁,张位华,姜立君,高慧 贵州早寒武世早期黑色页岩中生物化石保存及生态学研究[期刊论文]-沉积学报 2004(4)
4. 杨瑞东 晚震旦世陡山沱期后生生物群的古生态环境探讨[期刊论文]-岩相古地理 1999(5)
5. 杨荣军,王宇轩,赵元龙 黔东南Oryctocephalus indicus的分布及其意义[期刊论文]-沉积与特提斯地质 2007(3)
6. 张兴亮,舒德干 试论动物非矿化组织的保存[期刊论文]-沉积学报 2001(1)
7. 张永忠 辽西义县组热河生物群埋藏学与古生态学研究[学位论文]博士 2004
8. 杨瑞东 贵州早、中寒武世藻类化石的研究[学位论文]博士 1999

本文链接: http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical_cjxb199901027.aspx