

doi: 10.12029/gc20180615

陈孝红, 张森, 王传尚, 李志宏. 2018. 湖北宜昌志留系纱帽组几丁虫生物地层学[J]. 中国地质, 45(6): 1259–1270.

Chen Xiaohong, Zhang Miao, Wang Chuanshang, Li Zhihong. 2018. Chitinozoan biostratigraphy of the Silurian Shamao Formation in Yichang of Hubei Province[J]. Geology in China, 45(6): 1259–1270(in Chinese with English abstract).

湖北宜昌志留系纱帽组几丁虫生物地层学

陈孝红 张森 王传尚 李志宏

(中国地质调查局武汉地质调查中心, 湖北 武汉 430223)

摘要: 调查分析了湖北宜昌龚家冲志留系纱帽组剖面 156 件样品, 在其中 95 件泥岩、粉砂岩样品中发现大量保存精美的早志留世几丁虫化石。自下而上识别出 *Conochitina malleus*, *Plectochitina pseudoagglutinans*, *Eisenackitina dolioliformis*, *Eisenackitina causiata* 等生物带。每一个几丁虫生物带均代表一次几丁虫多样性发展, 由新生分子和已知分子所构成的组合特征能很好地与拉脱维亚、爱沙尼亚和沙特阿拉伯等国外同期地层的几丁虫组合进行对比。宜昌地区志留系几丁虫生物带与笔石、牙形石带的关系显示宜昌地区纱帽组的地质延限大致与笔石 *Stimulograptus sedgwickii* 带至 *Oktavites spiralis* 带相当, 特列奇阶底界位于纱帽组第二段底部, 与几丁虫 *Plectochitina pseudoagglutinans* 生物带的底界位置接近。同期地层, 在重庆涪陵焦石坝等地为产大量笔石的富有机质页岩, 是页岩气的重要储层, 因此, 这一研究成果对于深入认识我国南方志留系页岩气储层的分布发育特点具有重要意义。

关键词: 几丁虫; 生物地层学; 纱帽组; 页岩气; 志留系; 湖北

中图分类号: P534.43 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-3657(2018)06-1259-12

Chitinozoan biostratigraphy of the Silurian Shamao Formation in Yichang of Hubei Province

CHEN Xiaohong, ZHANG Miao, WANG Chuanshang, LI Zhihong

(Wuhan Center of China Geological Survey, Wuhan 430223 Hubei, China)

Abstract: One hundred and fifty-six samples from the Silurian Shamao Formation of the Gongjiachong, Yichang were investigated. Ninety-five samples collected from gray-greenish mudstone and siltstone contain well-preserved and very abundant Early Silurian chitinozoans. Five chitinozoan biozones, which in ascending order are *Conochitina malleus*, *Plectochitina pseudoagglutinans*, *Eisenackitina dolioliformis*, *Eisenackitina causiata* and some other biozones, were recognized. Each chitinozoan biozone is diverse and contains new species occurring with well-known species. They can be correlated with chitinozoan biozones established from the contemporary strata of Latvia, Estonia and north Central Saudi Arabia. The correlation between the chitinozoan biozones and the graptolite and conodont biozones indicates that the geological range of the Shamao Formation in the Yichang area can be roughly correlated with the interval ranging from the upper part of *Stimulograptus sedgwickii* to *Oktavites spiralis* graptolite

收稿日期: 2016-08-29; **改回日期:** 2018-05-30

基金项目: 国家自然科学基金项目“中扬子地区志留系几丁虫复苏、多样性与环境变化”(44172031)资助。

作者简介: 陈孝红, 男, 1964 年生, 研究员, 主要从事地层古生物、页岩气调查工作; E-mail: yccxiaohong@163.com。

biozones. The basal boundary of the Telychian stage is located on the bottom of 2nd member of the Shamao Formation, which is close to the basal boundary of the Plectochitina pseudoagglutinans chitinozoa biozone. At the same time, the stratum in Jiaoshiba, Fuling of Chongqing and other places is organic rich shale that contains large amounts of graptolite, which is an important reservoir of shale gas.

Key words: chitinozoa; biostratigraphy; Shamao Formation; the stratum Silurian; Hubei

About the first author: CHEN Xiaohong, male, born in 1964, senior researcher, mainly engages in the study of stratigraphic paleontology and shale gas survey; E-mail: yccxiaohong@163.com.

Fund support: Supported by National Natural Science Foundation of China (No. 44172031).

1 引 言

目前,志留系是我国南方页岩气勘探开发的主力储层,但长期以来对志留系,特别是志留系上部纱帽组及其相当层位地层的划分对比尚有不同看法,制约了对南方志留系页岩气储层分布发育特点的认识。为此,本文选择志留系纱帽组的典型地区开展几丁虫生物地层学精细研究,以期对南方志留系页岩气储层分布发育特征的研究提供年代学依据。纱帽组源于谢家荣、赵亚曾(1925)在宜昌罗惹坪所创纱帽山层,系指罗惹坪群之上的一套砂页岩相地层,时代定为兰多维列统(Llandovery)。南京地质古生物研究所(1974)将纱帽层中下部划出建立石屋子组,上部改称纱帽组,并认为此两组的时代为中志留世。阎国顺等(1978)、倪寓南(1978)等根据宜昌地区志留系笔石的再研究,否定宜昌地区存在Llandovery统上部及更高层位的地层。汪啸风等(1987)将原始的纱帽组划分为四个岩性段,其中纱帽组一至三段与南京地质古生物研究所(1974)在宜昌地区建立的石屋子组范围接近,时代定为Llandovery统,而将其上未发现化石记录的纱帽组第四段与英国的Wenlock下部对比。戎嘉余等(1990)基于纱帽组笔石、几丁虫和牙形石生物地层研究成果的综合分析,认为宜昌地区纱帽组上部砂岩段的岩性与四川秀山地区秀山组下段的岩性相似,时代相当,不超出笔石*M. crispus*的历程,整个纱帽组的时代相当*S. turriculatus*到*M. crispus*或*S. sedgwickii*到*S. turriculatus*带。之后王成源等(2010)在宜昌西部秭归杨林剖面纱帽组最顶部灰岩中发现*P. eopennatus*带至*P. celloni*带下部*P. a. angulatus*亚带的牙形石。由于秭归杨林纱帽组顶部灰岩层之下为一套中—细粒长石石英砂岩,与宜昌罗惹坪剖面纱帽组上部砂岩的岩性接近,而牙形

石*P. a. angulatus*亚带的时代与笔石*M. crispus*带的时代相当,因此,如果秭归杨林一带志留系顶部灰岩下覆砂岩与宜昌地区志留系纱帽组顶部砂岩对比正确,则同样证明宜昌地区纱帽组上部砂岩的时代最高不超过笔石*M. crispus*带的时代,属于特列奇期早期。但值得注意的是,在宜昌罗惹坪志留系剖面上,纱帽组含笔石地层之上砂岩厚度较大,区域内砂岩的相变特征明显,因此,秭归地区纱帽组顶部灰岩的层位与宜昌地区纱帽组的精确对比关系尚缺乏最直接的古生物依据。此外,特列奇阶底界是否从纱帽组内部穿过,或者说宜昌地区志留系特列奇阶底界具体位置的确定也缺乏直接的化石依据。宜昌地区志留系纱帽组几丁虫化石较丰富,且年代学意义初步显现(耿良玉,1986;耿良玉等,1988;陈孝红,1996;Geng et al., 1997),为此,本文拟在宜昌地区志留系纱帽组典型剖面精细测量和几丁虫样品的系统采集、分析和研究基础之上,通过几丁虫生物地层序列的建立及其全球对比来讨论或确定纱帽组的顶、底界的时代以及特列奇阶底界的位置问题,并分析讨论南方志留系页岩气储层的分步发育特点。

2 材料和方法

由于汪啸风等(1987)描述的宜昌王家湾—马鞍山志留系标准剖面上的纱帽组所在位置已经基本被植被覆盖,剖面沿线虽有零星露头出现,但风化严重,采样困难,因此,本次研究选择与典型剖面平行的龚家冲溪沟(图1),采用钢尺直接测量岩层厚度的方法,对志留系纱帽组剖面进行了重新测量。纱帽组的含义采用纱帽组的传统意见,以罗惹坪组上*Pentamerus*灰岩的消失为底界,其上与中泥盆统云台观组平行不整合接触。

实测结果显示,宜昌龚家冲志留系纱帽组一段

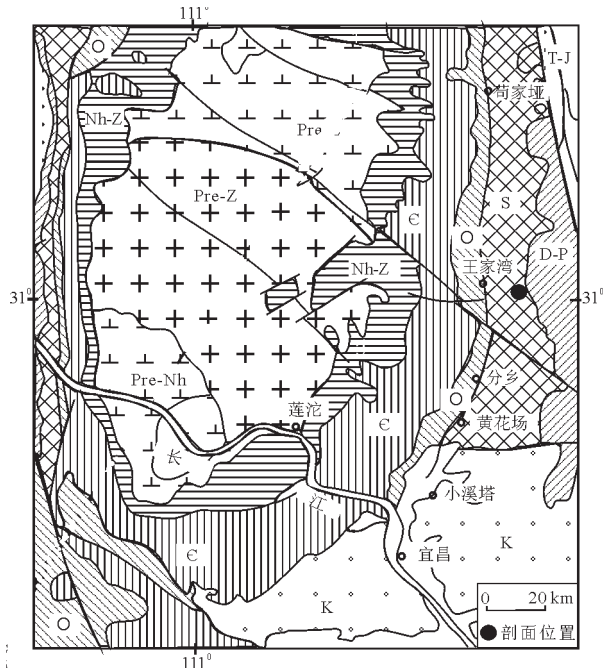


图1 三峡地区地质简图(据陈孝红等,2017)

Pre-Nh—前南华系; Pre-Z—前震旦系; Nh-Z—南华系—震旦系;
C—寒武系; O—奥陶系; S—志留系; D-P—泥盆系—二叠系; T-J—
三叠系—侏罗系; K—白垩系

Fig.1 Sketch geological map of the Yangtze Gorges (after
Chen Xiaohong et al., 2017)

Pre-Nh—Pre-Nanhua System; Pre-Z—Pre-Sinian; Nh-Z—Nanhua-
Sinian; C—Cambrian; O—Ordovician; S—Silurian; D-P—Devonian-
Permian; T-J—Triassic-Jurassic; K—Cretaceous

厚96.9 m,主要由下部27.8 m泥岩夹少量泥质粉砂岩和上部粉砂岩、砂岩组成,与下伏罗惹坪组灰岩整合接触。该段顶部砂岩中发育透镜状层理,产水平虫迹和垂直钻孔,具有潮间-潮上环境特点,暗示纱帽组一段上部可能发生过一次海平面相对下降事件。与王家湾纱帽组第二段相似,龚家冲剖面上纱帽组二段底部泥质粉砂岩中发育三层杂色砂岩,岩性上表现为泥岩与泥质粉砂岩不等厚互层,厚约93.1 m(图2)。以泥岩发育为特色的纱帽组第三段在龚家冲剖面厚约172.3 m。其下部84.5 m以泥岩为主,上部87.8 m厚地层中粉砂质含量有所增加,表现为泥岩与泥质粉砂岩不等厚互层。纱帽组第四段厚68.1 m,岩性具有二分性特点,下部46.8 m主要为细砂岩、粉砂岩夹少量泥岩,与下覆纱帽组第三段之间表现为岩性转换面。纱帽组四段上部21.3 m主要为泥质粉砂岩夹少量细砂岩,与上覆泥

盆系云台观组平行不整合接触(图3)。

样品采集主要针对纱帽组各段发育的泥岩、粉砂质泥岩和泥质粉砂岩进行。样品采集密度依据纱帽组以往生物地层研究程度和化石产出情况确定。对于以往有其他大化石,如笔石、牙形石等化石发现的纱帽组一段至三段下部的几丁虫样品采集按照1:1000剖面实测分层的原则,逐层采集几丁虫样品46件。在尚未有化石记录的纱帽组三段上部和第四段则加密采样,共采集样品110件(图2)。全部样品在实验室破碎至黄豆大小后,按照陈孝红等(2009)介绍的几丁虫分析方法,采用盐酸、氢氟酸和硝酸对样品顺序处理、镜检后,在其中95个样中发现有保存完整有几丁虫化石。采用扫描电镜对几丁虫进行了观察、扫描,获得化石扫描照片1012面。结果表明,除了纱帽组第四段上部约21.3 m粉砂质泥岩中没有几丁虫化石外,纱帽组第一段、二段和三段,特别是纱帽组第四段中下部均有大量保存完整的几丁虫化石发现,从而为纱帽组的划分对比提供了可靠的古生物依据(图4,图5)。

3 几丁虫生物带划分与对比

基于几丁虫的地层分布延限和共生特征,将宜昌龚家冲纱帽组的几丁虫自下而上划分为 *Conochitina malleus*, *Plectochitina pseudoagglutinans*, *Eisenackitina dolioliformis*, *Eisenackitina causiata* 等几丁虫生物带。每一个几丁虫生物带均以带化石的首次出现为底界。

3.1 *Conochitina malleus* 生物带

出现在纱帽组一段,以 *Conochitina malleus* 的出现和繁盛为特点。*Conochitina malleus* 带最初由 Nestor et al. (2003) 依据爱沙尼亚的资料所建立,用以代表 *C. alargada* 带至 *E. dolioliformis* 带之间的几丁虫组合。但 Loydell et al. (2003, 2010) 根据拉脱维亚 (Latvia) 地区的钻孔资料,认为 *Conochitina malleus* 通常与 *Conochitina alargada* 共生,出现在 *Conochitina alargada* 带的上部,为埃隆期晚期产物。

Conochitina malleus 生物带共生的几丁虫主要有 *Conochitina iklaensis*, *Conochitina emmastensis*, *Conochitina edjelensis*, *Conochitina elongata* 等。其中 *Conochitina emmastensis* 曾被认为是爱沙尼亚志留系埃隆阶上部至特列奇阶下部的典型分子,层位

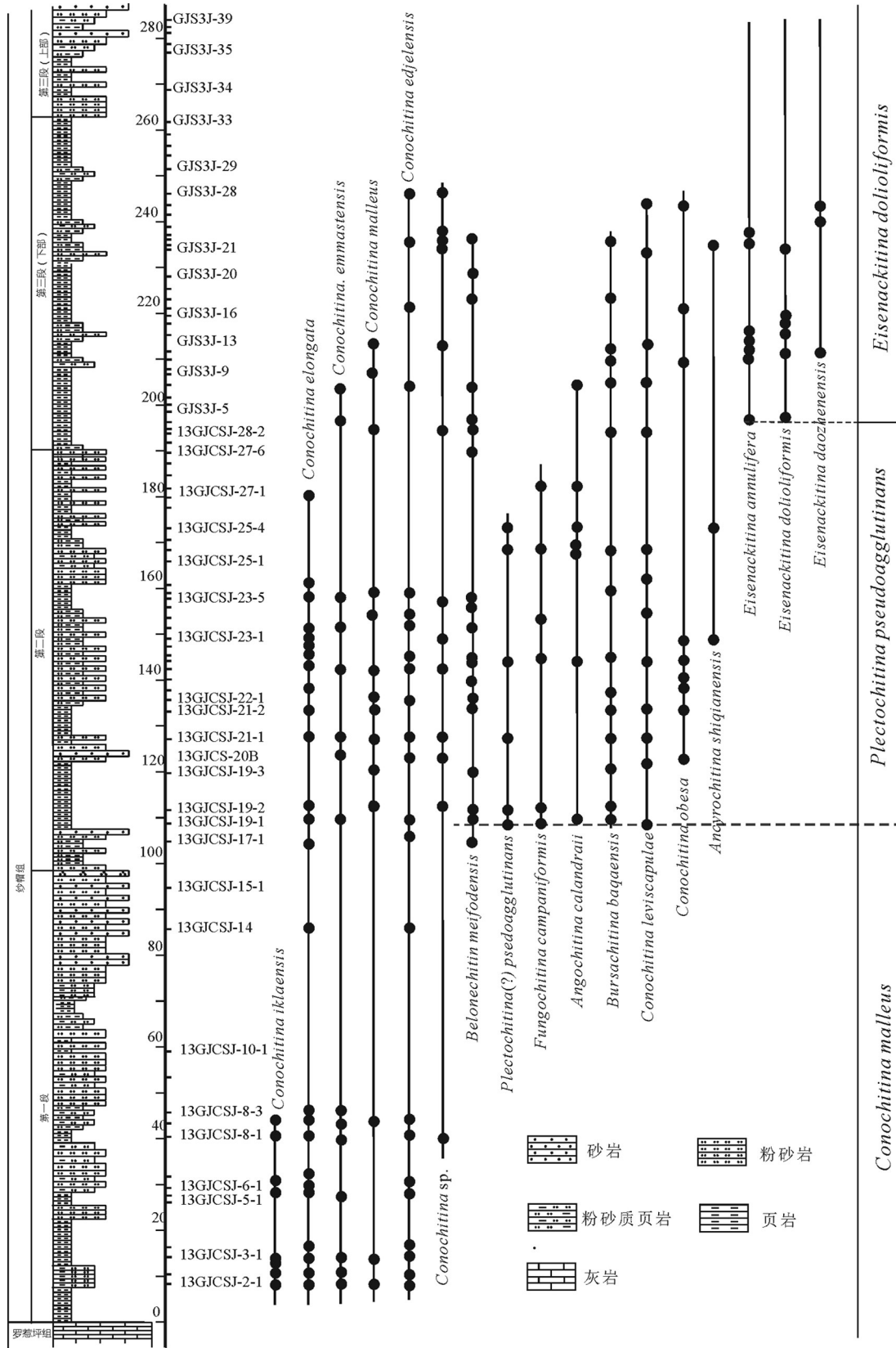


图2 湖北宜昌龚家冲志留系纱帽组下部几丁虫

Fig.2 Chitinozoans through the lower part of the Silurian Shamao Formation in Gongjiachong, Yichang, Hubei

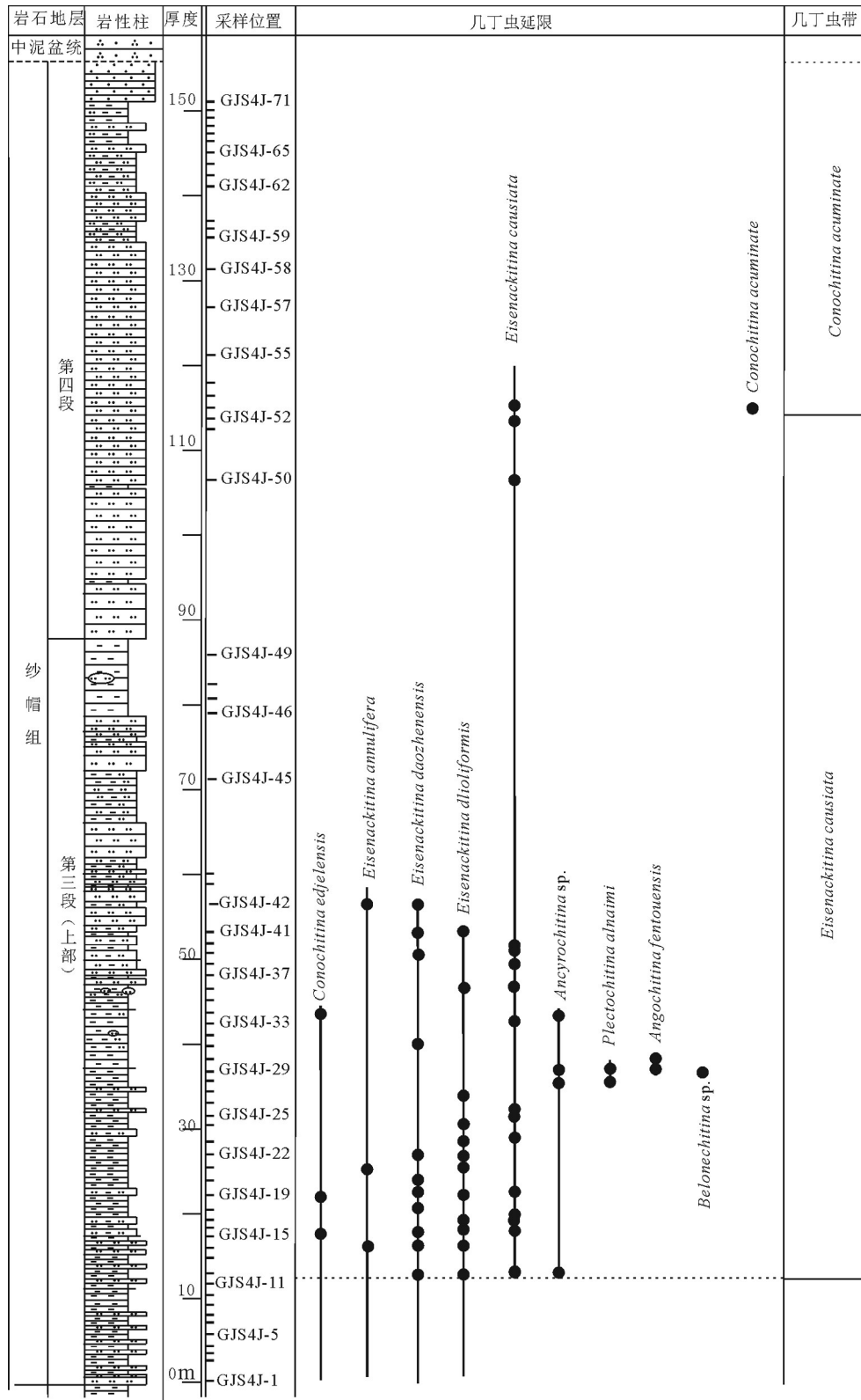


图3 宜昌龚家冲下志留统纱帽组三段上部至第四段几丁虫(图例见图2)

Fig.3 Chitinozoans through 4th Member of the Lower Silurian Shamao Formation along the Gongjiachong section, Yichang, Hubei (legends as for Fig. 2)

上大致与笔石 *Stimulograptus sedgwickii* 带至文洛克统下部 *C. centrifugus*-*C. murchisoni* 相当(Nestor, 1990; Geng et al., 1997)。*Conochitina iklaensis* 和 *Conochitina edjelensis*, *Conochitina elongata* 的地质延限接近,从鲁丹阶出现,一直可以延续到笔石 *S. sedgwickii* 带或特列奇阶下部(Nestor, 1990; Butcher, 2013)。综上分析,本文认为 *Conochitina malleus* 生物带应与笔石 *S. sedgwickii* 带对比,为埃隆期晚期产物。

3.2 *Plectochitina pseudoagglutinans* 延限带

出现在纱帽组二段,为本文新建化石带。该带以带化石的出现和繁盛为特点。带化石 *Plectochitina pseudoagglutinans* 广泛见于撒哈拉阿尔及利亚、利比亚、沙特阿拉伯、利比亚、伊朗南部,西班牙西北部、佛罗里达和爱沙尼亚志留系兰多维列统中部(Ghavidel-syooki and Vecoli, 2007)。Ghavidel-syooki 和 Vecoli(2007)认为该几丁虫的分布大致与 Verniers et al., (1995) 的 *Eisenackitina dolioliformis* 带对比,但当前剖面所划分的 *Plectochitina pseudoagglutinans* 带并未产出 *E. dolioliformis*, *P. pseudoagglutinans* 严格分布在 *Eisenackitina dolioliformis* 最低层位之下。由于国外 *Eisenackitina dolioliformis* 带之下通常存在一个明显的层序不整合面,推测当前剖面所划分的 *Plectochitina pseudoagglutinans* 带的时限大致与特列奇期早期相当。

该带共生的几丁虫主要有 *Funugochitina campaniformis*, *Belonechitina meifodensis*, *Angochitina calandrai*, *Bursachitina baqaensis*, *Conochitina leviscapulae* 等。其中, *Funugochitina campaniformis* 曾见于下扬子地区志留系坟头山组(Geng, 1997)。*Busurchitina baqaensis* 是 Paris et al. (2015) 在沙特阿拉伯中北部 Qusaiba 地区志留系特列奇阶底部附近建立的 *Angochitina hemeri* 带上部的常见分子,后者的时代与笔石 *S. sedgwickii* 带的上部至 *S. halli* 带对比(Paris et al., 2015)。几丁虫的上述组合特征,显示宜昌地区的 *Plectochitina pseudoagglutinans* 几丁虫带应大致与扬子地区特列奇阶下部几丁虫组合特征相似(Geng, 1997),与沙特阿拉伯中北部 Qusaiba 地区志留系的 *Angochitina hemeri* 几丁虫带上部对比(图6),在层位上大致与

笔石 *S. sedgwickii* 带的上部相当,为特列奇阶下部几丁虫生物带。

3.3 *Eisenackitina dolioliformis* 延限带

分布在纱帽组三段下部,底界与 *Eisenackitina dolioliformis* 的始现位置一致。该几丁虫带以 *Eisenackitina* 分子,如 *E. dolioliformis*, *E. annulifera* 和 *E. daozenensis* 的出现和繁盛为特点,伴生的几丁虫主要有从前一组合延续而来的 *Conochitina edjelensis*, *Conochitina leviscapulae*, *Bursachitina baqaensis* 和 *Ancyrochitina shiqianensis* 等。

Verniers et al. (1995) 最初依据 Nestor (1994) 在爱沙尼亚 Kirikukula 岩心 Rumba 组下部发现的几丁虫组合建立 *Eisenackitina dolioliformis* 带时,认为该几丁虫生物带的地质延限大致与埃隆期晚期笔石 *S. sedgwickii* 至特列奇期中期笔石 *M. crenulata* 带对比。但进一步研究结果发现,爱沙尼亚地区 Rumba 组底界面是一个不整合界面,Rumba 组下部没有笔石化石发现(Mullinet et al., 2001)。有笔石化石控制的 *E. dolioliformis* 的最低延限见于东波罗的海地区笔石 *Spirograptus turriculatus* 带内部,但东波罗的海地区含笔石 *S. turriculatus* 带地层与下伏埃隆阶含 *S. sedgwickii* 带笔石地层之间通常为不整合接触(Mullin et al., 2001; Verniers, et al., 2002; Loyedell et al., 2003, 2010),因此东波罗的海地区的 *E. dolioliformis* 的底界并不完全清楚。根据当前 *Eisenackitina dolioliformis* 连续出现在特列奇阶下部 *Plectochitina pseudoagglutinans* 带之上,且 *Plectochitina pseudoagglutinans* 亦产出于 Verniers et al. (1995) 所划分的 *Eisenackitina dolioliformis* 带,推测 *E. dolioliformis* 的最低延限可能要追溯到特里奇阶底部,与笔石 *S. guerichi* 带顶部或 *S. turriculatus* 带底部相当的地层(图6)。

3.4 *Eisenackitina causiata* 带

见于纱帽组三段上部(图3),以 *Eisenackitina causiata* 的出现和繁盛为特点。*Eisenackitina causiata* 被认为是 *Eisenackitina dolioliformis* 的可能后裔,广泛见于威尔士、加拿大、比利时和布拉格盆地等地特列奇阶上部 *Oktavites spiralis* 笔石带至文洛克统下部(Mullin et al., 2001)。共生的几丁虫主要有从上一组合延续而来的 *E. dolioliformis*, *E. annulifera* 和 *E. daozenensis*, 以及新兴的

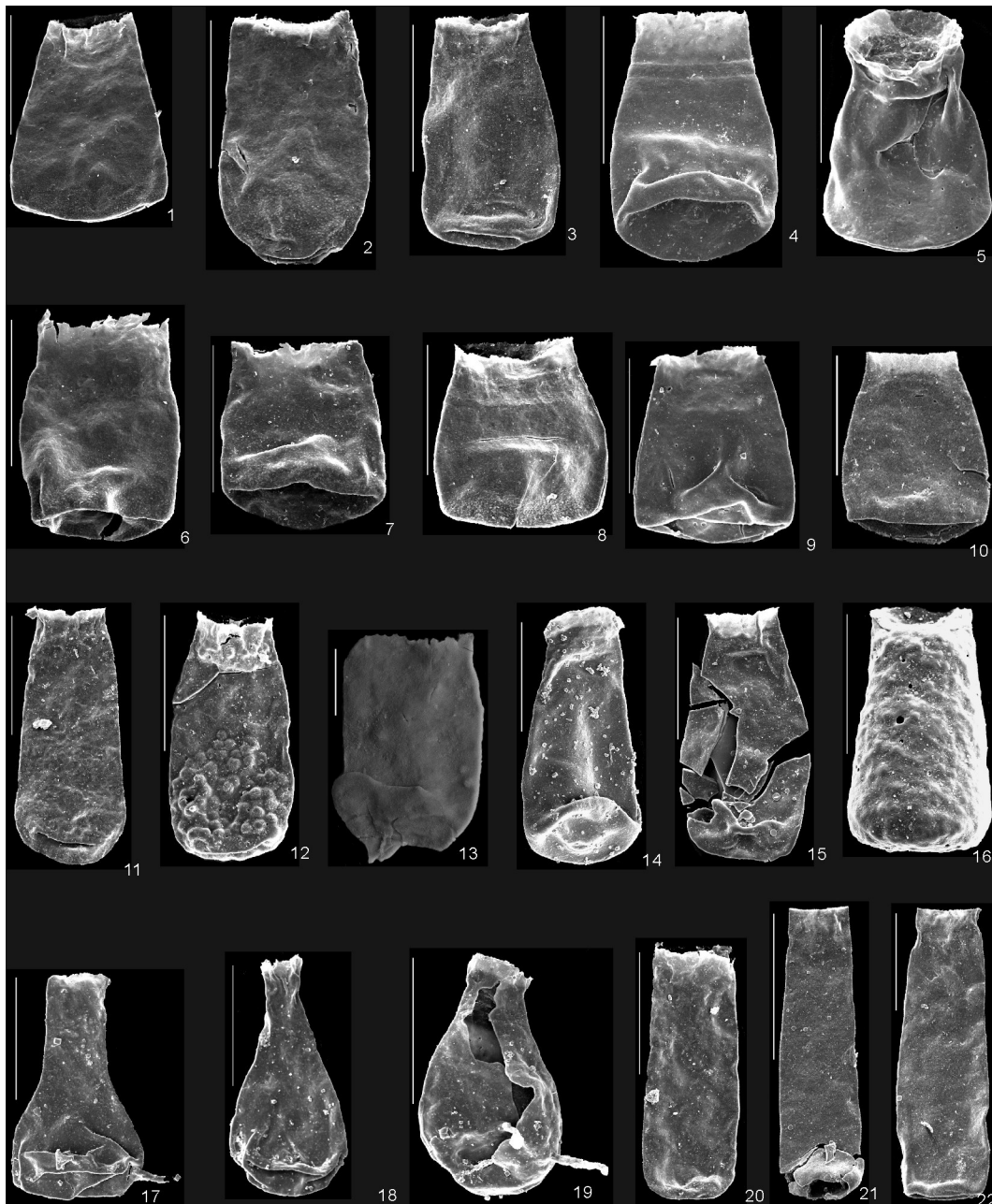


图4 湖北宜昌龚家冲下志留统纱帽组几丁虫(标尺刻度为100 μ m)

Fig.4 Lower Silurian Shamao Formation Chitinozoans from Gongjiachong, Yichang, Hubei(Scale bars equal to 100 μ m)

- 1-*Eisenackitina daozenensis* Geng, 1986, GJS4J-42-253; 2, 7-*Eisenackitina causiata* Verniere, 1999, 2.GJS4J-42-255, 7. GJS4J-17-116;
 3-*Conochitina edjelensis* Taugourdeau 1963, 13gicsj-5-2-096; 4-*Conochitina leviscapula* Mullins and Loydell,2001, 13gicsj-23-4-150;
 5,16-*Conochitina obesa* Geng, 1997, 13gicsj-19-5-141, 16. GJS3J-12-155; 6-*Eisenackitina dolioliformis* Umonova, 1976, GJS3J-21-015;
 8-*Eisenackitina anulifera* Verniere, 1999, GJS3J-11-151; 9, 10-*Bursachitina bakaensis* Paris et al., 2015, 9. 13gicsj-19-4-126, 10.13gicsj-19-5-144;
 11-*Conochitina malleus* Van Grootel, 1990, 13gicsj-2-1-030; 12,15-*Conochitina emmasterensis* Nestor, 1982, 12. 13gicsj-2-1-026, 15-13gicsj-2-2_043;
 13-*Conochitina acuminate* Eisenack, 1959, HwS1s-33-006; 14-*Conochitina* sp.; 13gicsj-19-2-075; 17-*Plectochitina* sp., 13gicsj-19-1-050;
 18-*Fungochitina campaniformis* Geng, 1997, 13gicsj-19-2-064; 19-*Plectochitina pseudoagglutinans* Taugourdeau, 1963) 13gicsj-19-2-087;
 20-*Conochitina elongata* Taugourdeau, 1963, 13gicsj-2-1-025; 21, 22-*Conochitina iklaensis* Nestor, 1980, 21. 13gicsj-2-2_057, 22. 13gicsj-3-1-067

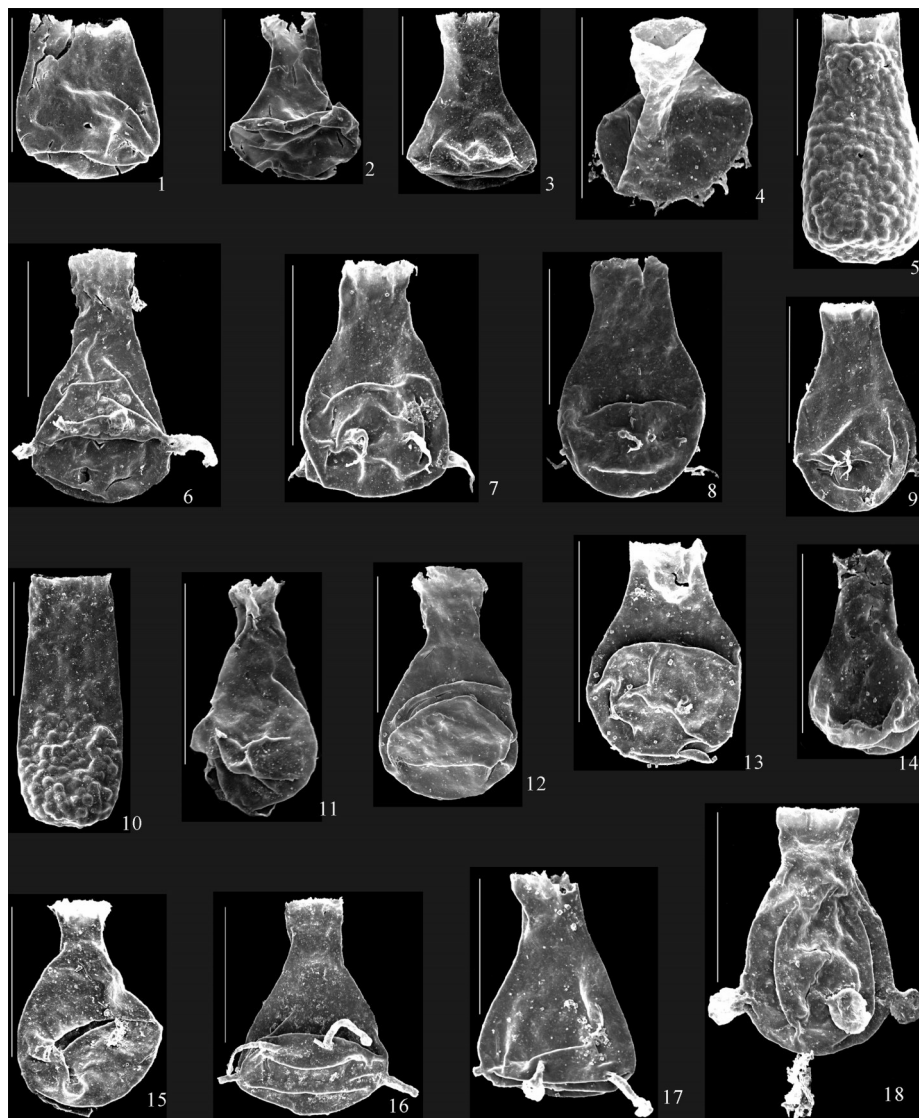


图5 湖北宜昌龚家冲下志留统纱帽组几丁虫

Fig.5 Lower Silurian Shamao Formation Chitinozoans from Gongjiachong, Yichang, Hubei

1-*Euconochitina silurica* Taugourdeau, 1963, GJS4J-50-270; 2, 4-*Plectochitina alnaimi* Paris et al., 2015, 2. GJS4J-12-087, 4. GJS4J-29-190; 3-*Fungochitina* sp., GJS4J-34-1-227; 5-*Conochitina malleus* Van Grootel, 1990, GJS3J-12_170; 6, 16, 17, 18-*Plectochitina pseudoagglutinans* (Taugourdeau, 1963), 6. 13gcsj-19-1_034, 16. 13gcsj-19-1-032, 17. 13gcsj-19-2-084, 18. 13gcsj-19-1_033; 7-9-*Ancyrochitina shiqianensis* Geng; 1990, 7. 13gcsj-25-4_0408, 8. GJS3J-21_016, 9. 13gcsj-25-4_046; 10-*Conochitina elongata* Taugourdeau, 1963, 13gcsj-19-1_021; 11, 14-*Angochitina fentouensis* Li and Geng, 1985, 11. GJS4J-30_196, 14. GJS4J-30_192; 12, 13, 15-*Angochitina calandrii* cramer, 1966, 13gcsj-22-5_089; 13. 13gcsj-25-2-002, 15. 13gcsj-27-3-062

Ancyrochitina sp., *Plectochitina alnaimi*, *Angochitina fentouensis* 和 *Belonechitin* sp.等。其中 *Plectochitina alnaimi* 是 Paris et al., (2015) 在沙特阿拉伯中北部 *Qusaiba* 典型地区志留系特列奇阶底界附近建立的 *Angochitina hemeri* 带下部的常见分子, 较当前标本的层位略低。*Angochitina fentouensis* 最初见于南京坟头山组, 与几丁虫 *Angochitina longicollis* 共生, 证明 *Eisenackitina causiata* 的分布与早志留世晚期全球广

泛分布的 *Angochitina longicollis* 带对比, 后者的层位与笔石 *O. spiralis* 带地层相当 (Verniers et al., 1995), 与上述 *Eisenackitina causiata* 的分布时代一致。

3.5 *Conochitina acuminata* 带

目前仅在纱帽组第四段中部厚层状砂岩所夹粉砂质泥岩中的一个样品中发现一枚疑似 *Conochitina acuminata* 标本。虽然从已知标本的数量和地层分布间隔上均不具备建立化石带的条件,

年代地层	标准笔石带 (嘉余, 2000)	几丁虫带			宜昌地区		
		拉脱维亚 (Loydell, 2010)	沙特阿拉伯 (Paris, 2014)	爱沙尼亚 (Nestor, 2003)	几丁虫带 (本文)	岩石地层	
文洛克统	<i>Cyrtograptus centrifungus</i>			<i>Margachitina margaritane</i>			
	<i>Cyrtograptus insectus</i>		<i>Euconochitina silurica</i>	<i>Conochitina proboscifera</i>			
	<i>Cyrtograptus lapworthi</i>	<i>Conochitina acuminata</i>			<i>Conochitina acuminata</i>	四段	
	<i>Oktavites spiralis</i>	<i>A. longicollis - C. proboscifera</i>		<i>Angochitina longicollis</i>	<i>Eisenackitina causiata</i>		
	<i>Monograptus griestoniensis</i>	<i>Eisenackitina dolioliformis</i>	<i>Tanuchitina obtusa</i>	Interzone III	<i>Eisenackitina dolioliformis</i>	三段	纱帽组
	<i>Streptograptus crispus</i>						
	<i>Spirograptus turriculatus</i>		<i>Angochitina macclurei</i>	Conochitina emmastensis	<i>Plectochitina pseudoagglutinans</i>	二段	
	<i>Spirograptus guerchi</i>				<i>Conochitina malleus</i>	一段	
	埃隆阶	<i>Stimulograptus sedgwickii</i>		<i>Angochitina hemeri</i>	Interzone II		
		<i>Lituigraptus convolutus</i>	<i>Conochitina alargada</i>	<i>Conochitina alargada</i>			罗惹坪组
		<i>Monograptus triangularis</i>			<i>Conochitina cf. protract</i>		龙马溪组

图6 宜昌地区志留系纱帽组几丁虫序列及其对比

Fig.6 The chitinozoan sequence of the Silurian Shamao Formation in Yichang area and its correlations

但这是目前在纱帽组第四段地层中见到的层位最高,且有重要地层对比意义的化石,故此建立 *Conochitina acuminata* 带,代表峡东地区志留系最高层位的几丁虫化石组合,留待今后进一步研究。

新建的 *Conochitina acuminata* 几丁虫生物带出现在纱帽组第四段中部,底界以带化石的出现为标志,化石组合上以带化石的出现为特征。共生的其他几丁虫主要是从前一组延续而来的 *Eisenackitina causiata* 等。时代上与拉脱维亚地区志留系同名几丁虫带对比,与笔石 *Cyrtograptus lapworthi* 生物带相当 (Mullins et al., 2001; Loydell et al., 2010),属于特列奇期晚期产物。

4 纱帽组的划分与对比

宜昌龚家冲志留系纱帽组丰富而连续分布的几丁虫为纱帽组时代的划分和对比提供了最直接的依据。根据纱帽组几丁虫生物地层序列及其对比上看,分别以 *C. malleus* 和 *Plectochitina pseudoagglutinans* 为代表的几丁虫组合指示纱帽组一段和二段的时代分别与笔石 *S. sedgwickii* 和 *S. guerchi* 带相当,分别对应于埃隆期晚期和特列奇期

早期。但这一对比观点与前人依据上述地层中笔石化石组合所确定的时代不完全一致。倪寓南 (1978) 在纱帽组一段和二段建立有笔石 *Retioclimateis typica* 带,与英国的 *Spirograptus turriculatus* 笔石带对比。后汪啸风等 (1987) 更名为下部 (纱帽组一段) *Climacograptus nebula* 带和上部 (纱帽组二段) *Monograptus cf. drepanoformis* 带,并认为其与英国的 *Spirograptus turriculatus* 笔石带或 *S. turriculatus* 带上部至 *Streptograptus crispus* 笔石带下部对比。考虑到国外有证据证明,笔石 *Spirograptus turriculatus* 带或相当地层中的几丁虫以 *Eisenackitina dolioliformis* 的出现和繁盛为特色 (Loydell et al., 2003, 2010),而在当前剖面上的 *Eisenackitina dolioliformis* 始现于纱帽组三段下部,据此,并考虑宜昌王家湾剖面的上述笔石化石的地质延限较长,本文更趋向认为纱帽组一段的时代属于埃隆期晚期,与笔石 *S. sedgwickii* 带的时代相当,宜昌地区特列奇期的底界大致从纱帽组二段底部通过。由于王成源等 (2010) 将倪世钊等 (1987) 在纱帽组二段顶部发现的牙形石 *Pterospathodus celloni* 修订为 *Pterospathodus eopannatus*。而

Pterospatodus eopannatus 带的地史分布与几丁虫 *Eisenackitina dolioliformis* 的地质延限接近,大致与笔石 *Streptograptus crispus* 带至 *Monoclimacis crenulata* 带下部对比(王成源等, 2010; Loydell et al., 2003)。因此,几丁虫生物地层所获得纱帽组一段和二段上述年代地层划分意见与牙形石生物地层的最新研究结果一致,也与纱帽组三段的几丁虫以 *Eisenackitina dolioliformis* 繁盛为特色相吻合。

由于化石缺乏,以往对纱帽组上部时代的归属看法不一。汪啸风等(1987)认为宜昌王家湾纱帽组第三段含有秀山动物群,其上覆纱帽组第四段时代可能属于文洛克统早期地层,但戎嘉余等(1990)基于纱帽组笔石、几丁虫和牙形石生物地层研究成果的综合分析,认为宜昌地区纱帽组上部砂岩段的岩性与四川秀山地区秀山组下段的岩性相似,时代相当,不超出笔石 *M. crispus* 的历程,整个纱帽组的时代相当 *S. turriculatus* 到 *M. crispus* 或 *S. sedgwickii* 到 *S. turriculatus* 带。之后王成源等(2010)在宜昌西部秭归杨林剖面纱帽组最顶部灰岩中发现 *P. eopennatus* 带至 *P. celloni* 带下部 *P. a. angulatus* 亚带的牙形石。由于牙形石 *P. a. angulatus* 亚带的时代与笔石 *M. crispus* 带的时代相当,而含牙形石灰岩之下为一套与宜昌王家湾纱帽组第四段相似的砂岩沉积,因此,从岩性上看,上述牙形石材料的发现似乎进一步佐证了戎嘉余等(1990)关于纱帽组上部时代的看法。但事实是,宜昌王家湾纱帽组三段下部几丁虫 *Eisenackitina dolioliformis* 带的分布与牙形石 *P. eopennatus* 带的地质延限接近,纱帽组第三段上部则出现有特列奇阶上部 *Oktavites spiralis* 笔石带至文洛克统下部的几丁虫典型分子 *Eisenackitina causiata* (Mullins et al., 2001), 以及在南京江宁坟头组 *Angochitina longicollis* 带的常见几丁虫分子 *Angochitina fentouensis*, 特别值得重视的是在宜昌王家湾、龚家冲纱帽组四段中发现少量的 *Conochitina acuminata* 标本,进一步证明,宜昌上述地区纱帽组上部的时限应该高于 *M. crispus* 带的时代,进入了与笔石 *Cyrtograptus lapworthi* 生物带相当的特列奇阶上部(Mullins et al., 2001; Loydell et al., 2010)。

纱帽组几丁虫生物地层的上述年代地层学意义亦为宜昌地区最近的笔石生物地层学研究成果

所证实。根据本文作者之一王传尚研究员对远安石桥宜地1井岩心中的笔石研究结果,在宜地1井龙马溪组上部见笔石 *Hubeigraptus arcuatus* 与 *Lituigraptus convolutus* 共生,暗示汪啸风等(1987)所建立 *H. arcuatus* 带是与 *L. convolutus* 带对比,而不是与 *S. sedgwickii* 带对比。此外,该井深729.4~750.7 m 纱帽组一段笔石中见有产较多的始短纤细的笔石 *Pristiograptus regularis*, 推测纱帽组一段的时代与笔石 *L. convolutus* 至 *S. sedgwickii* 带对比,与上述几丁虫生物带的对比结果一致。从区域对比上看, *S. sedgwickii* 带地层在宜昌地区主要表现纱帽组黄绿色碎屑沉积,但在宜昌以西的重庆涪陵至四川华蓥山一带,以及北部的神农架林区同期地层为富有机质的黑色页岩,按岩性置于龙马溪组中(陈旭等, 2017), 显示出南方志留系龙马溪组明显的穿时性特点。由于志留系龙马溪组富有机质页岩是南方最重要的页岩气储层,因此,与四川、重庆龙马溪组上部富有机质页岩相当层位的几丁虫在宜昌地区纱帽组中的发现进一步证明晚奥陶世开始的宜昌上升严重制约了南方志留系页岩气储层的分布和发育特征。

5 结 论

(1)宜昌地区纱帽组几丁虫化石丰富,自下而上划分为 *Conochitina malleus*, *Plectochitina pseudoagglutinans*, *Eisenackitina dolioliformis*, *Eisenackitina causiata* 和 *Conochitina acuminata* 五个几丁虫生物带。他们的组合特征和地层分布能很好地与拉脱维亚、爱沙尼亚及沙特阿拉伯中北部等地同期地层的几丁虫组合进行对比。

(2)几丁虫生物地层序列及其与笔石、牙形石带的对比指示宜昌地区纱帽组的地质时代大致与笔石 *S. sedgwickii* 带至 *C. lapworthi* 带的地层间隔对比,跨越了埃隆阶顶部和特列奇阶绝大部分地层。宜昌地区志留系特列奇阶的底界与几丁虫 *Plectochitina pseudoagglutinans* 的底界一致,大致从宜昌王家湾纱帽组第二段底部穿过。

(3)区域地层对比结果显示,宜昌地区纱帽组一段向西至重庆涪陵、四川华蓥山,向北至鄂西神农架相变为龙马溪组上部富有机质页岩,证明开始于晚奥陶世的宜昌上升严重制约了南方志留系页

岩气储层的分布和发育特点。

致谢: 审稿专家对论文提出了宝贵修改意见, 在此一并致以诚挚的谢意!

References

- Butcher A. 2013. Chitinozoans from the middle Rhuddanian (lower Llandovery, Silurian) "hot" shale in the E1-NC174 core, Murzuq Basin, SW Libya [J]. *Review Palaeobotany & Palynology*, 198: 62-91.
- Chen Xiaohong. 1996. Upper Llandovery Chitinozoan from eastern Yangtze Gorges [J]. *Geology and Mineral Resources of South China*, (3):61-69 (in Chinese with English abstract).
- Chen Xiaohong, Wang Chuanshang, Zhang Miao. 2009. Ordovician Chitinozoan from South China [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1-260 (in Chinese).
- Chen Xiaohong, Zhang Miao, Li Zhihong, Zhang Baomin, Peng Zhongqin, Zhou Peng, Wei Kai. 2017. Chitinozoans from the Siurian Luoreping Formation in the Yichang, Hubei, China and their significance for chronostratigraphy [J]. *Journal of Stratigraphy*, 41(3):266-272 (in Chinese with English abstract).
- Chen Xu, Fan Junxian, Wang Wenhun, Wang Hongyan, Nie Haikuan, Shi Xuwen, Wen Zhidong, Chen Dongyang, Li Wenjie. 2017. Stage- progressive distribution pattern of the Lungmachi black graptolitic shales from Guizhou to Chongqing, Central China[J]. *Science China Earth Sciences*, 60: 1133-1146.
- Eisenack A. 1959. Neotypen baltischer Silur- Chitinozoen und neue Arten [J]. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie- Abhandlungen*, 108(1):1-20.
- Geng Liangyu. 1986. Lower Silurian chitinozoans from Bayu of Daozhen, Guizhou and Dazhongba of Yichang, Hubei [J]. *Acta Palaeontologica Sinica*, 25(2): 117-128 (in Chinese with English abstract).
- Geng Liangyu. 1990. Chitinozoa near Aeronian-Telychian Boundary at Leijiatun of Shiqian, N. Guizhou[J]. *Acta Palaeontologica Sinica*, 29(5): 623-636(in Chinese with English abstract).
- Geng Liangyu, Cai Xirao. 1988. Sequence of Llandoveryan Chitinozoans in Yangtze region [J]. *Acta Palaeontologica Sinica*, 27(2): 116-155 (in Chinese with English abstract).
- Ghavidel- syooki M, Vecoli M. 2007. Latest Ordovician- Early Silurian chitinozoans from the eastern Alborz Mountain Range, Kopet- Dagh region, northeastern Iran: biostratigraphy and palaeobiogeography [J]. *Review Palaeobotany & Palynology*, 145: 173-192.
- Li Zaiping, Geng Liangyu. 1985. Chitinozoans from Fentou Formation in Jiangning, Nanjing and their stratigraphic significance [J]. *Acta Palaeontologica Sinica*, 24(6): 596-604.
- Loydell D K, Mannil P, Nestor V. 2003. Integrated biostratigraphy of the lower Silurian of the Aizpute- 41 core, Latvia [J]. *Geological Magazine*, 140: 205-229.
- Loydell D K, Nestor V, Mannil P. 2010. Integrated biostratigraphy of the lower Silurian of the Kolka- 54 core, Latvia [J]. *Geological Magazine*, 147: 253-280.
- Mullin G, Loydell D. 2001. Intergrated Silurian chitinozoan and graptolite biostratigraphy of the Banwy River section, Wales [J]. *Palaeont*, 44: 731-781.
- Nanjing Institute of Geology and Paleontology. 1974. Handbook for Stratigraphy and Paleontology of West-South China [M]. Beijing: Science Press, 1-454 (in Chinese).
- Nestor H, Einasto R, Mannik P, Nestor V. 2003. Correlation of some lower- middle Llandovery reference sections in central and southern Estonia and sedimentation cycles of lime muds [J]. *Proceedings of the Estonian Academy of Sciences, Geology*, 52: 3-27.
- Nestor V. 1980. Middle Llandoveryan Chitinozoans from Estonia [J]. *Eesti NSV Teaduste Akadeemia Toimetised*, 29: 136-142.
- Nestor V. 1982. New wenlockian species of Conochitina from Estonia [J]. *Eesti NSV Teaduste Akadeemia Toimetised*, 31(4): 146-151.
- Nestor V. 1990. Silurian chitinozoans [J]. 80-83.
- Nestor V. 1994. Early Silurian chitinozoans of Estonia and North Latvia [J]. *Academia*, 4: 1-163.
- Ni Yunan. 1978. Lower Silurian graptolites from Yichang, Western Hubei [J]. *Acta Paleontologica Sinica*, 14: 33-66, +120-123 (in Chinese with English abstract).
- Paris F, Miller M A, Al-Hajri S, Zalasiewicz J. 2015. Early Silurian chitinozoans from the Qusaiba type area, North Central Saudi Arabia [J]. *Review of Palaeobotany & Palynology*, 212: 127-186.
- Rong Jiayu, Chen Xu, Wang Chengyuan, Geng Liangyu, Wu Hongji, Deng Zankui, Chen Tingen, Xu Juntao. 1990. Comments on some problems concerning the Silurian correlation in South China[J]. *Journal of Stratigraphy*, 14(3):161-177.
- Rong Jiayu, Chen Xu. 2000. Comments on Silurian Chronostratigraphy of China [J]. *Journal of Stratigraphy*, 24(1): 27-35.
- Taugourdeau P. 1963. Étude de quelques espèces critiques de Chitinozoaires de la région d' Edjelé et compléments à la faune local [J]. *Revue de Micropaléontologie*. 6:130-44.
- Umnova N I. 1976. Structural types of the prosome and operculum in the chitinozoa and their association with genera and species[J]. *Paleontological Journal*. 4: 393-406.
- Van Grootel G. 1990. Litho and biostratigrafische studie met Chitinozoa in het westelijk deel van het Massief van Brabant. Unpublished ph. D. thesis, Rijksuniversiteit Gent.
- Verniers J, Nestor V, Paris F, Dufka, P, Sutherland S, Vangroothl G. 1995. A global chitinozoa biozonation for the Silurian [J]. *Geological Magazine*, 132: 651-666.
- Verniers J. 1999. Calibration of chitinozoa versus graptolite biozonation in the Wenlock of the Builth Wells district (Wales, U.

- K.), Compared with other areas in Avalonia and Baltica. *Bollettino della Societa Paleontologica Italiana* 38, 359–380.
- Verniers J, Grootel G V, Louwye S, Diependaele B. 2002. The chitinozoan biostratigraphy of the Silurian of the Ronquières–Monstreux area (Brabant Massif, Belgium) [J]. *Review of Palaeobotany & Palynology*, 118(1):287–322.
- Wang Chengyuan, Chen Lide, Wang Yi, Tang Peng. 2010. Affirmation of *Pterospathodus eopennatus* Zone (Conodont) and the age of the Silurian Shamao Formaio in Zigui, Hubei as well as the correlation of the related strata [J]. *Acta Palaeontologica Sinica*, 49 (1): 10–28 (in Chinese with English abstract).
- Wang Xiaofeng, Ni Shizhao, Zeng Qinluan, Xu Guanghong, Zhou Tianmei, Li Zhihong, Lai Caigen, Xiang Liwnen. 1987. Biostratigraphy of the Yangtze Gorges Area (2) Early Paleozoic Era [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1–640(in Chinese).
- Hsieh C Y, Chao Y T. 1925. A Study of the Silurian section at Lo Jo Ping, I Chang District, W. Hupeh[J]. *Bulletin of the Geological Society of China banner*, 4(1): 39–44.
- Yan Guoshun, Wang Xiaofeng. 1978. Sanxi Stratigraphic Division of Geological Bureau of Hubei Province. Stratigraphy and Paeontology from Sinian to Permian in Saxia Area [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1–381(in Chinese).
- 陈孝红. 1996. 峡东地区上兰多维列统的几丁虫. *华南地质与矿产*, (3): 61–69.
- 陈孝红, 王传尚, 张森. 2009. 华南地区奥陶纪几丁虫[M]. 北京: 地质出版社, 1–260
- 陈孝红, 张森, 李志宏, 张保民, 彭中勤, 周鹏, 危凯. 2017. 湖北宜昌地区志留系罗惹坪组几丁虫及其年代意义[J]. *地层学杂志*, 41(3): 266–272.
- 陈旭, 樊隽轩, 王文卉, 王红岩, 聂海宽, 石学文, 文治东, 陈冬阳, 李文杰. 2017. 黔渝地区志留系龙马溪组黑色笔石页岩的阶段性渐进展布模式[J]. *中国科学: 地球科学*, 47: 720–732.
- 耿良玉. 1986. 贵州道真巴渔、湖北宜昌大中坝下志留统几丁虫化石[J]. *古生物学报*, 25(2): 117–128.
- 耿良玉. 1990. 黔北石阡雷家屯志留系埃隆阶—特列奇阶界线附近几种胞石之记述[J]. *古生物学报*, 29(5): 623–636.
- 耿良玉, 蔡习堯. 1988. 扬子区志留纪兰多维列统胞石序列[J]. *古生物学报*, 27(2): 116–155.
- 李再平, 耿良玉. 1985. 南京江宁坟头组几丁虫化石及其时代意义[J]. *古生物学报*, 24(6): 596–604+695–697.
- 南京地质古生物研究所. 1974. 西南地区地层古生物手册[M]. 北京: 科学出版社, 1–454.
- 倪寓南. 1978. 湖北宜昌早志留世笔石[J]. *古生物学报*, 14(4): 33–66+120–123.
- 戎嘉余, 陈旭, 王成源, 耿良玉, 伍鸿基, 邓占球, 陈挺恩, 徐均涛. 1990. 论华南志留系对比的若干问题[J]. *地层学杂志*, 14(3): 161–177.
- 戎嘉余, 陈旭. 2000. 中国志留纪年代地层学述评[J]. *地层学杂志*, 24(1):27–35.
- 王成源, 陈立德, 王怿, 唐鹏. 2010. *Pterospathodus eopennatus* (牙形刺) 带的确认与志留系纱帽组的时代及相关地层的对比[J]. *古生物学报*, 49(1):10–28.
- 汪啸风, 倪士钊, 曾庆鑫, 许光红, 周天梅, 李志宏, 赖才根, 项礼文. 1987. 长江三峡地区生物地层学(2): 早古生代分册[M]. 北京: 地质出版社, 1–640.
- 阎国顺, 汪啸风. 1978. 湖北省地质矿产局三峡地层研究组. 峡东地区震旦纪至二叠纪地层古生物[M]. 北京: 地质出版社, 1–381.

附中文参考文献