

海桩纲化石在中国的发现: 广西寒武系芙蓉统 *Phyllocystis* 一新种

韩乃仁^①, 陈贵英^{①②*}

① 桂林工学院资源与环境工程系, 桂林 541004;

② 中国地质大学地球科学学院, 武汉 430074

* 联系人, E-mail: cgy@glite.edu.cn

收稿日期: 2007-08-14; 接受日期: 2007-10-29

广西科学基金项目(编号: 0542005)和地质资源与地质工程广西高校人才小高地创新团队建设项目资助

摘要 对采自广西果乐寒武系芙蓉统果乐组的新棘皮动物门海桩纲角首类化石进行了研究, 建立新种一个: 靖西叶果 *Phyllocystis jingxiensis* sp. nov.. 新种特征: 个体较小, 萼心形, 窄而厚的十块边缘板组成封闭的萼框, 边缘板没有明显的瘤或刺; 上中板和下中板均呈多角形, 但上中板略大; 辐棒后端肥厚, 后半段与 M_4 , M_5 连接处相接; 口缘板三块; 桩腕始部约分 10 节, 其上位面盖板基本水平, 下位面盖板向两侧倾斜; 桩锥形; 桩腕末端较长, 其上见清晰步带沟; 靴孔及肛锥模糊显现于萼部上位面右前角及底端.

关键词

Phyllocystis
海桩纲
棘皮动物
寒武系
广西

海桩纲(Stylophora)属于棘皮动物门海扁果亚门(Homalozoans), 是一个十分稀有的化石门类. 全球海桩化石从中寒武世到晚石炭世均有报道, 主要在奥陶纪—泥盆纪发育, 但亚洲极少, 2000 年以前仅韩国和蒙古曾有报道^[1,2]. 1998 年, 韩乃仁在广西靖西开展野外工作时发现了海桩化石. 2000 年, 韩乃仁等^[3]报道广西靖西晚寒武世地层时列出了海桩的两幅照片, 这是中国关于海桩化石的首次报道.

1 海桩化石的一般特征

象其他“海果类”棘皮动物一样, 海桩是不对称的扁平生物, 缺少辐射对称的痕迹. 其身体由很多骨板组成的萼部和一个桩腕组成. 口位于桩腕中部, 步带沟的始端, 肛在萼的底端. 海桩的萼(theca)象一个扁平的盒子, 前面有一个可以以关节活动的腕, 称桩腕(aulacophore). 萼多不对称, 偶见近对称者. 萼分上位面(superior face)和下位面(inferior face), 上位面微凸, 动物生活时向上, 其上覆以上中板(supracen-

trals 或 supracentralia); 下位面平或微向上凹, 是动物生活时休息的一面, 其上覆以下中板(infracentrals 或 infracentralia). 海桩以上位面为上, 桩腕为前定上下、左右、前后. 萼的四周称壳框或萼框(frame 或 framework), 由口缘板(adorals 或 adoralia)和边缘板(marginal plate 或 marginalia 或 marginals)组成. 口缘板二块或三块, 位于上位面, 桩腕插入萼部周围; 边缘板细长, 窄而厚, 其数量和位置依不同种类而变化, 但同一种内边缘板的数量和位置是基本恒定的. 以角首类海桩叶果属为例, 口缘板三块, 分别命名为 A_1 , A_0 和 A_1' , A_1' 在左侧, A_0 在中间, A_1 在右侧. 上位面边缘板 8 块, 从萼部前方向后方, 右侧边缘板依次为 M_2 , M_3 , M_4 , M_5 , M_6 , 左侧依次为 M_2' , M_3' 和 M_4' , M_4' 与 M_6 相接或相邻, M_2 与口缘板 A_1 相邻, M_2' 与口缘板 A_1' 相邻. 下位面边缘板 10 块, 右侧由前向后依次为 M_1 , M_2 , M_3 , M_4 , M_5 和 M_6 , 左侧为 M_1' , M_2' , M_3' 和 M_4' , M_4' 与 M_6 相接或相邻, M_1 和 M_1' 与上位面的口缘板大致对应. 下位面的 M_1' 向后延长成辐棒(zygal), 使萼

的下位面有一向内突出的, 由前到后的骨棒支持. 枢棒后方与M₅相接(见图 1)^[4].

“Aulacophore”是Ubaghs^[5]提出的, 它带有一个沟, 但没有柄和茎的意义(希腊文aulacos为沟或凹沟之意; phoras为支架之意). 在此, 它被解释为是一个腕附肢, 并带有一个步带. 棘皮动物的腕多呈辐射对称, 并有多条, 但海桩只有一条, 故称之为单腕. 李凤麟(1987)、张永铭(1988)在编写《古生物学教程》和《古生物学》讲义时, 均采用了Jefferies的命名法(1967, 1969, 1986 等), 将aulacophore译为“茎尾”, 即认为海桩属于脊索动物门之钙索动物的一种命名术语. 张永铭(1988)在《古生物学》中提到“后端有一突起称茎尾(tail)”, 也属此意. 现古生物学中aulacophore广泛用于棘皮动物门海桩纲, 意指承载一条步带的一支单腕, 故本文将其译为“桩腕”, 代表海桩的单腕之意, 其与海星、蛇尾及海百合的腕所起的机能作用是一样的, 结构则不完全相同, 是海桩纲的专有名词.

桩腕包括三部分: 桩腕始部(proximal aulacophore)、桩腕中部(median aulacophore)和桩腕末端(distal aulacophore). 桩腕始部膨胀中空, 其上有叠覆状盖板保护或由四块板组成环, 通常是一个环插入另一个环. 始部突出到萼的前部. 萼前部一般是一个弧形后凹的萼面, 所以桩腕的始部又称为桩腕插入部(Jefferies 称茎尾插入部); 桩腕中部粗壮的中间段

即桩锥(stylocone或styloid), 它是中空的锥状体, 前小后大, 是连接步带沟与桩腕始部的中间环节, 它的前端被认为是口(mouth)^[4]. 桩腕末端是一细长条带, 上位面中间的小沟为步带沟(ambulacral groove), 步带沟的两侧为一系列的小骨片(ossicles), 小骨片外侧为覆盖板, 动物活着时覆盖板是打开的, 遇有危险时覆盖板才盖在步带沟上^[4]. 口的位置在步带沟内后末端, 靠近桩锥的前部. Ubaghs^[5]先前认为, 口位于桩腕始部与萼接触的地方, 这也是口缘板的命名来历. 虽然它们现在已被认为不是口缘板, 但仍沿用口缘板的名称(A₀, A₁, A_{1'}). Lefebvre^[4]认为此处的孔是水孔(hydropore), 而不是口孔(图 2).

研究者对海桩分类位置的看法不同, 大致有两种, 一种认为海桩是棘皮动物的一个单元^[6,7], 以Ubaghs为代表; 另一种认为海桩属于钙索动物, 是脊索动物最原始的起源^[8,9], 以Jefferies为代表, 两派争论一直延续至今. 由于观点不同, 到目前为止, 海桩共有 4 种术语系统^[10]. 笔者从生物构造角度出发, 认为步带是棘皮动物的标志性构造, 步带的存在, 应视其为棘皮动物. 因此, 我们使用Ubaghs在Treatise on Invertebrate (Part S)的术语^[5]. Parsley^[11], David等^[12], Lefebvre^[13]也曾著文专门讨论海桩的分类问题, Lefebvre^[13]认为钙索动物研究者认为“海桩与脊索动物同源”的基本假设是无效的, 并认为海桩是棘皮

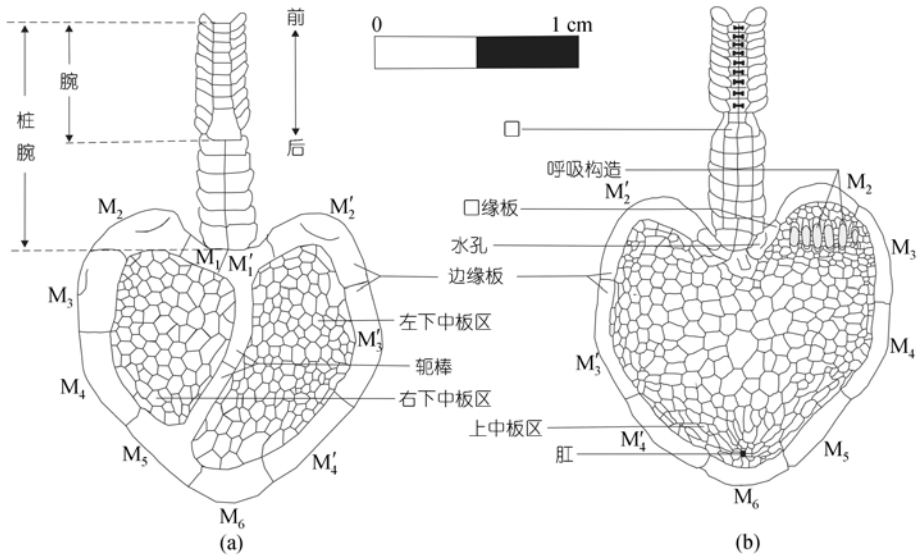


图 1 角首类海桩 *Phyllocystis blayaci* Thoral 1935 的形态(桩腕和萼)
法国黑山下奥陶统Saint-Chinan组, 依Lefebvre^[4]重绘. (a)下位面; (b) 上位面

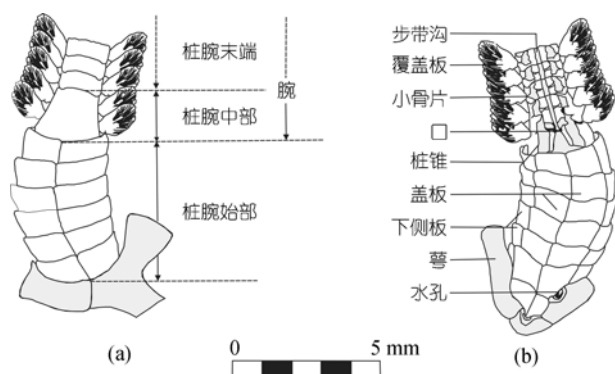


图 2 角首类海桩 *Phyllocystis blayaci* Thoral 1935 的桩腕形态

法国黑山下奥陶统 Saint-Chinian 组, 依 Lefebvre^[4]重绘. (a) 下位面; (b) 上位面

动物. 但海桩是一种特殊的棘皮动物, 身体不呈辐射对称, 步带只有一条, 生活方式也是很少移动, 而且化石并不丰富.

Phyllocystis 在法国有两种, *P. blayaci* Thoral 1935 和 *P. crassimarginata* Thoral 1935, 产于下奥陶统. 美国有 *P. sp.*^[7], 产于寒武系芙蓉统, 北非(摩洛哥)也有发现^[5]. 中国广西发现的 *P. jingxiensis* sp. nov. 应为第四处, 第四个种.

2 新材料与地层学

Phyllocystis jingxiensis (sp. nov.) 的 5 块标本发现于广西壮族自治区靖西县果乐乡西北约 0.5 km 处(图 3). 地层为寒武系芙蓉统中部果乐组^[3]. 果乐组以较深水陆棚相薄层状泥质条带微晶灰岩、钙质泥岩、钙质粉砂岩为主夹少量白云岩, 在岩性和岩相上与邻区贵州和滇东南相同层位地层略有不同. 果乐组所产化石既有 *Dictyella*^[14], *Tsinania*, 也有 *Lotagnostus*, *Proceratopyge*, 还有可在澳大利亚见到的 *Lophosaukia*, *Prosaukia* 类化石, 以及笔石 *Dictyonema*, *Callograptus*, 腕足类 *Billingsella*, *Palaeostrophia*, *Plectostrophia* 等, 化石主要产于钙质泥岩中. 与以上化石共生的有极少量的棘皮动物门海桩纲和始海百合纲化石, 其中海桩化石产于灰色及黄色钙质泥岩中. 果乐寒武系芙蓉统含海桩地层岩性与滇东南博菜田组相似^[15], 而与湘西同期地层有较大差别^[16], 可能属于斜坡相寒武系^[17].

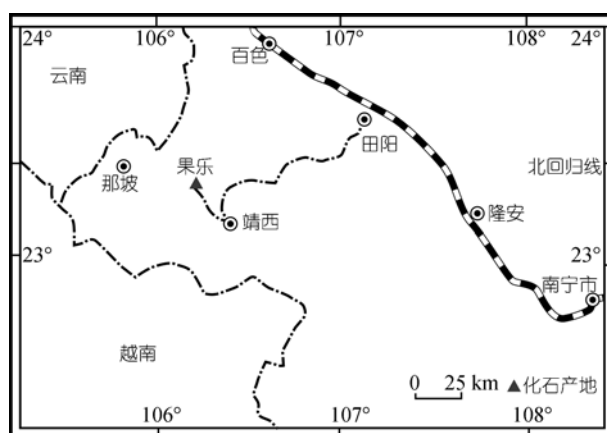


图 3 化石产地交通位置示意图

当前的海桩标本产于 H151-6 层^[3](图 4). 与其共生的三叶虫有 *Niobella*, *Lophosaukia*, *Eoshumardia*, *Dictyella*, *Hewenia*, *Proceratopyge*, *Rhaptagnostus*, *Neognagnostus* 等, 同层位还产有其他海桩纲化石, 我们将另文研究.

化石描述依据 5 块标本. 1998 年, 韩乃仁采到第一块标本(登记号: NIGP123468); 后广西区域地质调查研究院韦仁山等采到三块标本(登记号: NIGP123469, NIGP123470 及 NIGP123471). 2004 年, 韩乃仁又采到一块标本(登记号: NIGP123467). 所有标本保存于中国科学院南京地质古生物研究所标本室.

3 埋藏学与古生态学

海桩为海洋生物, 其化石多发现于泥质沉积中. 产于广西靖西的海桩化石发现于寒武系芙蓉统果乐组灰色及黄色钙质泥岩中, 岩层中三叶虫化石丰富, 但海桩化石稀少, 另有少量腕足类化石. 在采集了大量三叶虫化石的同时, 仅分散发现了十几块海桩化石标本. 说明海桩是一类十分稀少并且不喜欢聚居的动物. 从身体结构看, 海桩的骨骼强度较弱, 移动能力较差, 仅适合于生活在水动力较弱, 水体略深的平静海底, 这也可从与其共生的保存了原地埋葬蜕壳状态的三叶虫化石以及产出海桩化石的沉积物特征得以证明. 推测海桩幼年期为漂游生活, 成年期基本固着生活, 活着时以下位面平躺于海底, 用桩腕上的腕刺或边缘板上的刺瘤固着海底, 以桩腕末端迎流(水流), 步带张开用以摄取水流中的营养物质^[4].

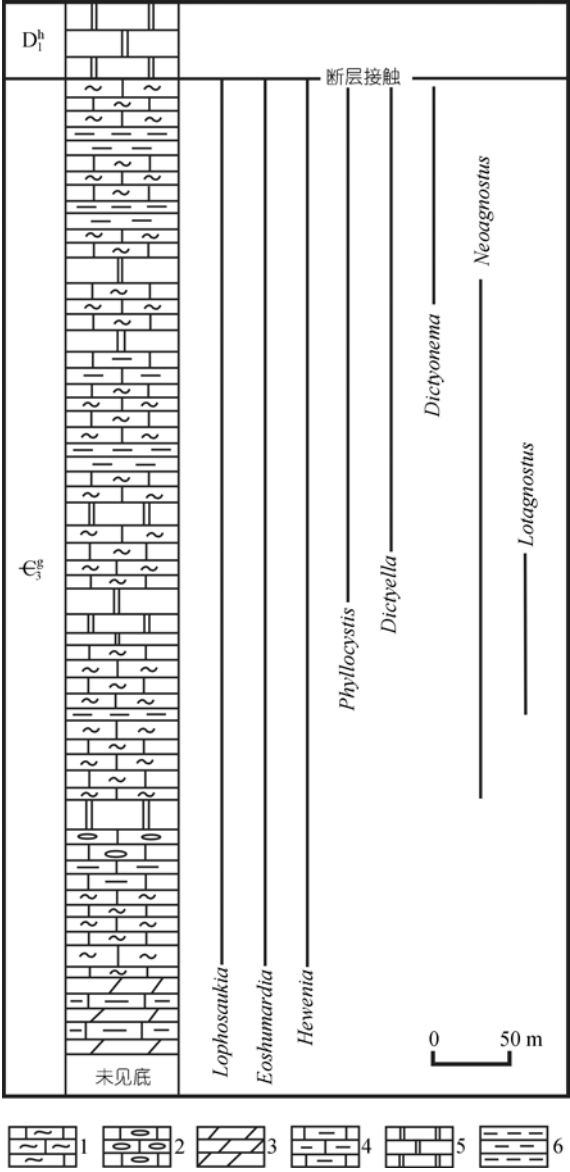


图4 广西靖西寒武系芙蓉统果乐组柱状剖面图

1. 泥质条带灰岩, 2. 扁豆状灰岩, 3. 泥灰岩, 4. 泥质灰岩, 5. 白云岩, 6. 钙质泥岩

4 系统古生物学

棘皮动物门 Phylum Echinodermata

海扁果亚门 Subphylum Homalozoa
Ubahgs & Caster, 1967

包括“海果类”(Carpoid)的海桩纲(Stylophora)、海笔纲(Homostelea)和海箭纲(Homoistellea), 寒武纪-泥盆纪. Kolata 等 [18] 在美国 Oklahoma 南部的 Pennsylvanian 亚系 Morrowan 统(相当于中国的上石

炭统底部)发现了新的海桩类帽首日 *Jaekelocarpus*, 说明在泥盆纪之后, 起码在石炭纪早期还有海桩类.

海桩纲 Class Stylophora Gill & Caster, 1960

身体具萼和腕附肢. 萼部凹陷, 向前变厚, 具独特的上、下位面构造, 萼框由边缘板组成, 口位于桩腕中部, 肛位于相对的萼末端; 桩腕由三部分组成——一个宽的中空的始部, 盖有叠覆的鳞片状板或者分成四附节的环, 中部是圆锥形的桩椎, 末部由单个的系列小骨片组成; 桩椎和末端的骨片带有一个中沟, 典型的侧凹, 沟和凹陷都带有可移动的可移动的盖板. 中寒武世—中泥盆世, 少量晚石炭世 (见图 1).

角首日 Order Cornuta Jaekel, 1901

海桩类, 有不对称的萼, 薄而弯曲的上、下位面, 面上有许多镶嵌成花纹的板; 萼框由窄而厚的边缘板和三个口缘板组成, 口缘板简化, 不延伸到下位面; 下位面被 M_1' 和 Z 联合而成的明显凸起分成两部分, 枢棒脊出现于凸起内面; 下位面前端和侧面边缘板下常发育有突起, 右后角之 M_3 或 M_c 则发育有刺状突起; M_4' 和 M_5' 两块板连接在 M_3' 后面; 舌板(glossal)和指状板(digital)通常出现在发育很好的后肛叶(posterior anal lobe)的两侧, 常见肛锥(anal pyramid); 小孔构造在上位面右前角; 右口缘孔在 A_1 和 M_1 之间; 桩腕始部的上板(tectals, 也称盖板)较下位面的下侧板(inferolaterals)小. 桩椎上面和小骨片上有凸起的纵向中沟及横向的槽; 桩椎下面和小骨片或平滑, 或带有小刺. 中寒武世—晚奥陶世.

Lefebvre 和 Vizcaino [10] 对角首日做了修订研究 [10], 描述了法国黑山和布列塔尼的新角首类, 其论文对角首目的研究史及描述术语做了详细讨论, 本文基本引用 Lefebvre & Vizcaino 的修订.

靴果科 Family Cothurnocystidae Bather, 1913

Lefebvre 和 Vizcaino(1999)修订的靴果科特征是: 萼右侧有一个额外的边缘板 M_c 插入到 M_2 和 M_3 之间, M_c 或 M_3 发育刺状突起; 边缘板狭窄, 下面有粗壮的瘤; M_4 退化或缺失; 两块或三块口缘板. 寒武纪芙蓉世—晚奥陶世.

经对比研究, Lefebvre 和 Vizcaino 的 M_c 即

Ubaghs 的 M_3 。为了便于与其他海桩类对比, 本文新种的边缘板命名仍采用 Ubaghs(1967)的命名, 即不用 M_c 这一名称。

讨论: 靴果科按惯例包括 *Cothurnocystis*, *Phyllocystis*, *Chauvelicystis* 和 *Nevadaecystis* 4 个属, 后又增加了 *Acuticarpus*, *Archaeocothurnus*, *Ponticulocarpus*, *Drepanocarpus* 及 *Flabellcystis* 5 个属^[19-22], 各属形态特征差异较大。 *Cothurnocystis* 萼部靴形, 萼部后方具突出的刺板、舌板和指状板。 *Chauvelicystis* 萼部歪桃形, 但在萼后端有一较大的缺口, 轭板横向伸出一小板。 *Nevadaecystis* 萼部厚靴形, 无轭板, 无 M_c 板, 边缘板发育粗短的边缘刺。 *Acuticarpus* 萼部三角形, M_2' 几乎成 90° 角弯曲。 *Archaeocothurnus* 萼部靴形, 边缘板宽, 舌板大, 突出于萼部后方^[19]。 *Ponticulocarpus* 萼部靴形, 萼部后端由舌板、指状板和第三块板封闭, 下位面 M_1 与 M_3 之间, 上位面左口缘板 (A_1') 与 M_2' 之间发育桥板^[20]。 *Drepanocarpus* 萼部梨形, 高大于宽, 边框粗壮^[21]。 *Flabellcystis* 萼部近心形, 轭板后端分叉, 分叉处壳框成锐角向萼腔内面凹进, 边缘板 11 块^[22]。 *Phyllocystis* 萼部心形, 边缘板 10 块, 各板首尾相接形成完全封闭的壳框, 无舌板和指状板, 较易与其他属区别。在介绍一般的角首类海桩时, 除了用 *Ceratocystis* 外, 最常用的就是 *Phyllocystis*^[4,5,10], 用以介绍角首类形态和萼上、下位面的各部分构造。

Derstler(1979)提出以单个的属 *Phyllocystis* 建立 *Phyllocystidae* 科。Lefebvre 等^[10]将这一建议修订, 将此科降为 *Phyllocystinae* 亚科, 归入 *Cothurnocystidae* 中。

叶果属 Genus *Phyllocystis* Thoral, 1935

模式种: *Phyllocystis blayaci* Thoral, 1935 法国黑山下奥陶统

Lefebvre & Vizcaino(1999)修订的 *Phyllocystis* 的特征是: 萼心形, 萼面覆以镶嵌成网格状的外表皮; 窄而厚的边缘板组成封闭的萼框; 口缘板三块; 下位面边缘板 M_2 和 M_2' 有突起, M_c 和 M_3' 有瘤或刺, M_3 有瘤、刺或退化的刺突; M_4 缺失, 舌板和末端板缺失; 没有后肛叶, 肛锥在上位面。一块边缘板铰接在 M_3' 之后(缺 M_4' 或 M_5'); 靴孔或缝孔位于上位面右前角。

时代: 寒武纪芙蓉世—早奥陶世。

地理分布: 美国内华达州; 法国黑山; 北非(摩洛哥); 中国广西。

靖西叶果(新种) *Phyllocystis jingxiensis* nov. sp.

图 5(a)~(e); 图 6 中(a)~(e)

词源: jingxi, 化石产地“靖西”之汉语拼音, 意为化石产于靖西。

模式标本(Holotype): NIGP123468(图 5(a); 图 6(a))

材料、产地及层位: 共 5 块标本, 正模一块, 下位面内模(登记号 NIGP123468, 图 5(a); 图 6(a)); 副模四块: 一块上位面内模(登记号 NIGP123469, 图 5(e); 图 6(d)), 一块上位面为主的复合模(登记号 NIGP123470, 图 5(b); 图 6(b)), 二块下位面内模(登记号 NIGP123467, 图 5(c); 图 6(c); NIGP123471, 图 5(d); 图 6(e))。化石产自广西靖西县果乐乡寒武系芙蓉统中部果乐组灰色至黄色钙质泥岩中。

特征: 个体较小, 萼心形, 窄而厚的 10 块边缘板组成封闭的萼框, 边缘板没有明显的瘤或刺; 上中板和下中板均呈多角形, 但上中板略大; 轭棒后端肥厚, 后半段与 M_4 , M_5 连接处相接; 口缘板三块, 其中 A_1 和 A_1' 较长, A_0 则很短; 桩腕始部约分 10 节, 其上位面盖板基本水平, 下位面盖板向两侧倾斜, 两侧见上斜的腕刺; 桩锥锥形, 向前变窄; 桩腕末端较长, 其上见清晰步带沟; 靴孔及肛锥位于萼部上位面右前角及底端(图 5 和 6)。

描述: 在所有五块标本中, NIGP123468 和 NIGP123470 保存完整, 其余三块则部分缺损。

萼部形态及度量: 萼较小, 心形, 明显不对称。萼度量尺寸如下: NIGP123468 高 5 mm, 宽 5.6 mm; NIGP123470 高 8.6 mm, 宽 9.6 mm; NIGP123469 高 9.6 mm, 宽 11.7 mm; NIGP123467 宽 8.8 mm, 因萼后端未保存, 高度未知; NIGP123471 因受压已经变形。萼框较窄, 由 10 块边缘板及 3 块口缘板组成。萼前边缘呈弧形, 凹向后方(NIGP123468, NIGP123470, NIGP123467)。上位面覆以较大的、镶嵌成花纹状的多角形上中板(NIGP123469, NIGP123470), 下位面覆以较小的多角形下中板(NIGP123471)。轭棒清晰, 与 M_1 后延部分轻微错开(NIGP123468), 将下位面分割成 2 个近等大的部分, 其后端膨大, 与边缘板 M_4 和 M_5 连接处相接(NIGP123468); 上位面标本

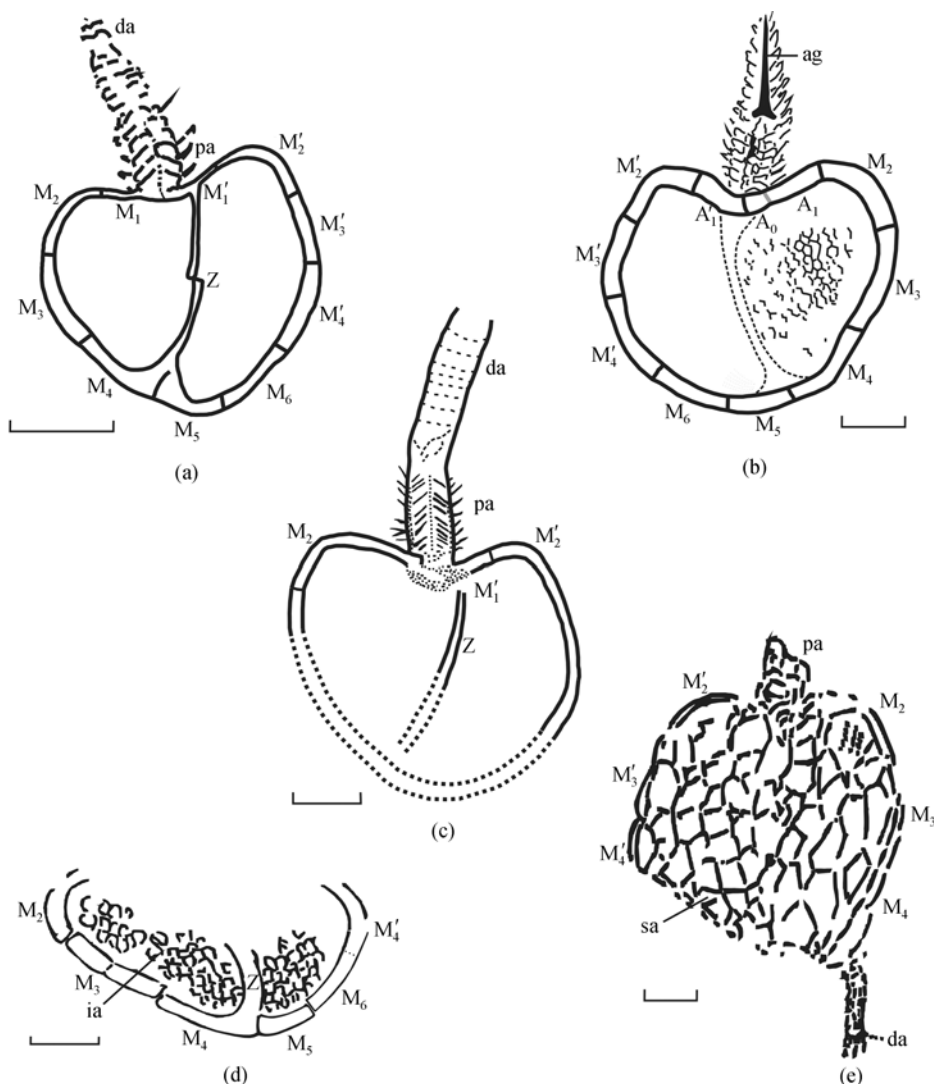


图5 角首类海桩 *Phyllocystis jingxiensis* sp. nov.的形态(比例尺 2 mm), 中国广西寒武系芙蓉统

(a) 下位面内模(正模, NIGP123468; 图 6(a)); (b) 上位面为主复合模(NIGP123470; 图 6(b)); (c) 不完整下位面内模(NIGP123467; 图 6(c)); (d) 不完整下位面内模(NIGP123471; 图 6(e)); (e) 上位面内模(NIGP123469; 图 6(d)). A₁, A₀, A₁' 口缘板; M₁, M₁' ...边缘板; ag. 步带沟; da. 桩腕末端; pa. 桩腕始端; Z. 轭棒; sa 上中板区; ia 下中板区

NIGP123470 萼面中央可见清晰的轭棒印痕, 将萼面划分成近乎等大的两部分, 这可能是受压合作用的影响, 将下位面的轭棒压印于上位面的结果. 笔者认为, 此标本既有清晰的步带沟(上位面的典型特征), 又可见轭棒(下位面特征)印痕, 应为复合模标本, 它以上位面特征为主, 反映了下位面的部分特征. 该标本的右上角还隐约可见靴孔, 萼面底端模糊显现肛锥轮廓.

边缘板: 在所有标本中, NIGP123468, NIGP123470的边缘板保存最好. 可见M₁和M₁'位于

下位面桩腕插入部, M₁短而直, M₁'呈T形, 向后延长成轭棒前段. M₂及M₂'较长并且弯曲, 分别位于萼部的右上角和左上角; M₃较长, 弧形外凸; M₄较长并后端膨大; M₅较短; M₃', M₄'及M₆稍短. NIGP123471因被压扁, 边缘板之间明显错开; NIGP123469边缘板保存不好; NIGP123467后端未保存, 前面部分边缘板分隔不太清楚. 所有边缘板均未见明显的刺、瘤或突起.

口缘板: 只能在上位面标本NIGP123470上看到. 口缘板三块, 其中A₁和A₁'较长, A₀短小.

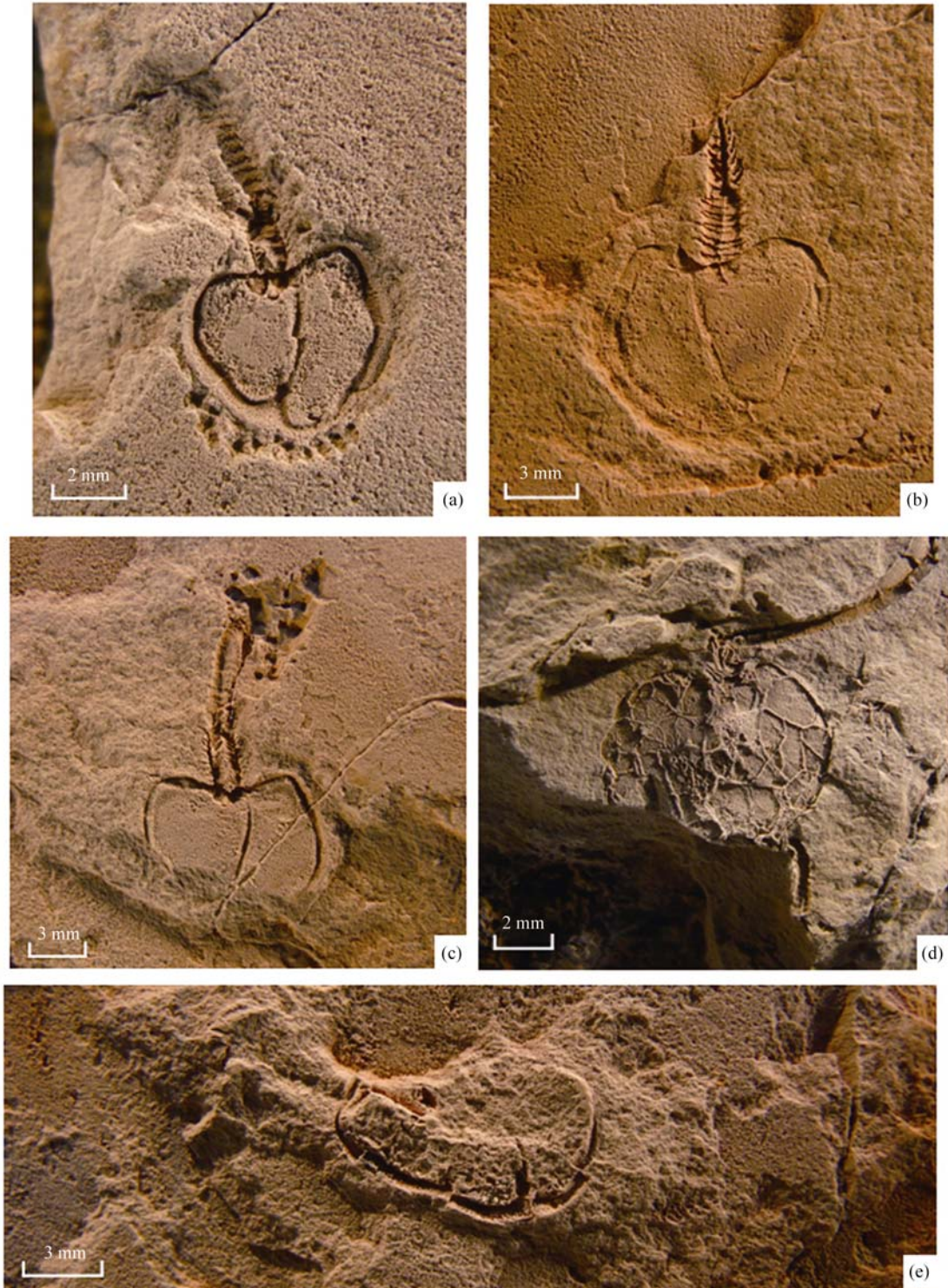


图 6 *Phyllocystis jingxiensis* sp. nov

(a) 下位面内模, 登记号 NIGP 123468, 正模; (b) 上位面为主的复合模, 登记号 NIGP 123470; (c) 下位面内模, 萼后部未保存, 登记号 NIGP 123467; (d) 上位面内模, 登记号 NIGP 123469; (e) 下位面萼后端内模, 登记号 NIGP 123471. 所有标本保存于中国科学院南京地质古生物研究所标本室; 所有标本皆为 *Phyllocystis jingxiensis* sp.nov., 产于广西靖西果乐寒武系芙蓉统

桩腕: NIGP123468, NIGP123467 的桩腕始部和 NIGP123470 的整个桩腕保存良好(末端可能不全). 桩腕始部约分 10 节, 上位面盖板基本水平, 下位面盖板向两侧倾斜, 桩腕两侧有上斜的腕刺, 其中 NIGP123467 每侧可见 9 枚. 桩锥锥形, 向前变窄, 长约 1mm(NIGP123470). 桩腕末端较长, 可见 8 节, 其上盖板打开, 步带沟出露(NIGP123470).

比较: 最早描述 *Phyllocystis* 的是 Thorall (1935), 他描述了 2 个种, *P. blayaci* 和 *P. crassimarginata*, 模式种为 *P. blayaci*. 广西标本(*P. jingxiensis*)与 *P. blayaci* 相比有以下共同特征: (1) 萼部心形, 个体较小, 上中板和下中板镶嵌成花纹状; (2) 十块窄而厚的边缘板组成封闭的萼框, 口缘板三块; (3) 均具靴孔. 但 *P. jingxiensis* 与 *P. blayaci* 的区别也很明显: (1) *P. jingxiensis* 的 M_5 很短, M_6 明显向萼框左侧偏移, M_4 后端膨大; 而 *P. blayaci* 的 M_4 和 M_5 与其他边缘板没有明显差异, M_6 位于萼框底部中央. (2) *P. jingxiensis* 軛棒后段膨大并与 M_4 和 M_5 连接处相接; 而 *P. blayaci* 的軛棒后段未见明显膨大, 且只与 M_5 相接. (3) *P. jingxiensis* 的所有边缘板均未见明显的瘤、刺或刺突; *P. blayaci* 则在 M_2 和 M_2' 下面有突起, M_3 和 M_3' 有瘤或刺, M_4 有瘤、刺或退化的刺突. 此外, *P. jingxiensis* 的上中板每块板的面积较大, 但无明显排列规律, *P.*

blayaci 的上中板中间较大, 边缘略小. 从 *P. blayaci* 的地模标本 [23] 看, 其桩腕基部腕刺保存不明显, 而在比基部长近 1 倍的末端部分两侧的腕刺非常明显; *P. jingxiensis* 则桩腕基部腕刺很明显, 而末端部分未见明显的腕刺. *P. jingxiensis* 与 *P. crassimarginata* 外形、大小均相似, 但 *P. crassimarginata* 发育缝孔(上中板之间的小孔), *P. jingxiensis* 则见模糊的靴孔, 这正是 *Phyllocystis* 不同种的区别之一. Ubaghs 描述的一块美国 Nevada 寒武系芙蓉统的 *Phyllocystis* sp. 标本仅保存了萼部下位面的前半部分, 其右下中板区的宽度几乎等于左下中板区的两倍, 而 *P. jingxiensis* 的左、右下中板区宽度则大致相等; 美国标本的 M_2' 下面明显有 4 个瘤, M_2 上的瘤也在弯曲部外侧明显可见 [7], 与 *P. jingxiensis* 较平整的板面完全不同.

5 意义

海桩化石不仅十分稀有, 我们对其知之甚微, 而且构造复杂, 研究难度较大. 迄今为止, 中国尚无学者对海桩化石进行较为详细的研究, 本文也仅是一次较为粗浅的尝试. 但作为纲一级的门类, 其发现、研究丰富了我国古生物学研究的内容, 填补了我国在这一化石门类研究的空白, 无疑具有重要的古生物学意义.

致谢 法国 Dijon Universite de Bourgogne 的 Bertrand Lefebvre 博士惠赠许多有关海桩的论文, 并对所采标本属的确定提出意见; 昆明理工大学陈重泰教授、中国地质大学李凤麟教授帮助借阅了海桩的相关资料; 标本采集中, 广西大学唐兰副教授及广西区域地质调查研究院韦仁山高级工程师给予了帮助; 陈建平帮助完成化石照相; 王亮、万方良、朱宗强帮助绘制了部分插图, 在此一并致谢.

参考文献

- 1 Lee Seung-Bae, Lefebvre B, Choi D K. Morphometric analysis of Jremadocian (earliest Ordovician) Kirocystid mitrates (Echinodermata, Stylophora) from the Taebaeksan Basin, Korea. *Geobios*, 2004, 37: 731—748
- 2 Lee Seung-Bae, Lefebvre B, Choi D K. Latest Cambrian Cornutes (Echinodermata: Stylophora) from the Taebaeksan Basin, Korea. *J Paleontol*, 2005, 79(1): 139—151
- 3 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(4): 350—355
- 4 Lefebvre B. Functional morphology of stylophoran echinoderms. *Palaeontol*, 2003, 46(3): 511—555
- 5 Ubaghs G. Stylophora. In: Moore R C, ed. *Treatise on Invertebrate Paleontology. Part S, Echinodermata 1*. New York: Geological Society of America, 1968. S495—S564
- 6 Bather F A. Caradocian cystidea from Girvan. *Trans Roy Soc Ed*, 1913, 49: 359—529 [DOI]
- 7 Ubaghs G. *Cothurnocystis* Bather, *Phyllocystis* Thorall and an undetermined member of the order Soluta (Echinodermata, Carpoidea)

- in the Uppermost Cambrian of Nevada. *J Paleontol*, 1963, 37: 1133—1142
- 8 Jefferies R P S. *Ceratocystis perneri* Jaekel—a Middle Cambrian chordate with echinoderm affinities. *Palaeontology*, 1969, 12: 494—535
 - 9 Jefferies R P S, Lewis M, Donovan S K. *Protocystites menevensis*—a stem-group chordate (Cornuta) from the Middle Cambrian of South Wales. *Palaeontology*, 1987, 30: 429—484
 - 10 Lefebvre B, Vizcaino D. New Ordovician cornutes (Echinodermata, Stylophora) from Montagne Noire and Brittany (France) and a revision of the Order Cornuta Jaekel 1901. *Geobios*, 1999, 32(3): 421—458
 - 11 Parsley R L. The echinoderm classes Stylophora and Homoiostelea: non Calcichordata. *Paleontol Soc Papers*, 1997, 3: 225—248
 - 12 David B, Lefebvre B, Mooi R, et al. Are homalozoans echinoderms? An answer from the extraxial-axial theory. *Paleobiology*, 2000, 26(4): 529—555 [\[DOI\]](#)
 - 13 Lefebvre B. Homologies in Stylophora: a test of the “Calcichordate theory”. *Geobios*, 2000, 33(3): 359—364
 - 14 韩乃仁, 陈贵英. 广西寒武纪三叶虫 *Dictyella* 完整虫体的发现及其意义. *古生物学报*, 2004, 43(3): 416—419
 - 15 罗惠麟. 滇东南寒武系的划分与对比. *地质学报*, 1984, 58(2): 87—96
 - 16 彭善池. 湖南桃源、慈利一带的晚寒武世地层及三叶虫序列. *地层学杂志*, 1990, 14(4): 261—276
 - 17 彭善池. 斜坡相寒武系. “中国地层研究二十年”. 合肥: 中国科学技术大学出版社, 2000. 23—38
 - 18 Kolata D R, Frest T J, Mapes R H. The youngest carpoid: occurrence, affinities and life mode of a Pennsylvanian (Morrowan) mitrate from Oklahoma. *J Paleontol*, 1991, 65(5): 844—855
 - 19 Sumrall C D, Sprinkle J, Guensburg T E. Systematics and paleoecology of Late Cambrian echinoderms from the western United State. *J Paleontol*, 1997, 71(6): 1091—1109
 - 20 Sumrall C D, Sprinkle J. *Ponticulocarpus*, a new cornuted-grade stylophoran from the Middle Cambrian Spence Shale of Utah. *J Paleontol*, 1999, 73(5): 886—891
 - 21 Smith A B, Jell P A. A new cornute carpoid from the Upper Cambrian (Idamean) of Queensland. *Mem Queensl Museum*, 1999, 43(1): 341—350
 - 22 Martí Mus M. The Ordovician cornute *Flabellicystis rushtoni* n. gen. n. sp. (Stylophora, Echinodermata) and its phylogenetic position within the group Cornuta. *Paläontol Zeitschrift*, 2002, 76(1): 99—116
 - 23 Vizcaino D, Alvaro J J, Lefebvre B. The lower Ordovician of the southern Montagne Noire. *Ann Soc Geól du Nord*, 2001, T8: 213—220