

文章编号: 1006-544X (2009) 02-0247-05

寒武纪三叶虫 *Sinoproceratopyge kiangshanensis* Lu 的卷曲与蜕壳

陈贵英^{1,2}, 韩乃仁²

(1. 中国地质大学(武汉)地球科学学院, 武汉 430074; 2. 桂林理工大学资源与环境工程系, 广西 桂林 541004)

摘要: 标本为 *Sinoproceratopyge kiangshanensis* Lu 的未成年体(分节期), 采自浙江江山碓边寒武系芙蓉统排碧阶最上部 *Sinoproceratopyge kiangshanensis* 带。标本明显卷曲, 除大部分胸节被压于头甲之下, 其余保存较好。自由颊与固定颊明显裂开, 并略有错位, 推测为一正在蜕壳的标本, 卷曲属蜕壳过程中的行为。因头大尾小, 胸节数不多, 认为其有完全卷曲的能力, 可能属半螺旋型卷曲。与美国密苏里寒武系芙蓉统三叶虫和中国辽宁复洲湾 *Stephanocare* 的卷曲进行了比较讨论, 认为与美国密苏里寒武系芙蓉统三叶虫的卷曲相似而与辽宁复洲湾 *Stephanocare* 的卷曲不同。

关键词: 寒武系; 三叶虫; *Sinoproceratopyge*; 卷曲; 蜕壳

中图分类号: Q915.819.1

文献标志码: A

有关寒武系三叶虫的卷曲一直鲜有报道, 仅 Stitt (1983)^[1], McNamara (1986)^[2], 王敏成、熊宪政 (1989)^[3] 等三四例。原刺尾虫类 (Ceratopygidae) 更未见卷曲标本的报道。1980年, 韩乃仁、李罗照在浙江江山碓边上寒武统(即现在的寒武系芙蓉统)采集化石时, 李罗照在当时的华严寺组 *Pseudoglyptagnostus clavatus* - *Sinoproceratopyge kiangshanensis* 带^[4]采到一块 *Sinoproceratopyge kiangshanensis* Lu 的正反面标本, 其尾甲因卷曲伸至头甲前方, 自由颊与固定颊裂开, 并略有错动, 显示了蜕壳初期的特征。

Sinoproceratopyge 在江山碓边、大陈, 常山西阳山以及玉山古城一带较为常见。卢衍豪、林焕令 (1989) 以产于浙江常山的 *Proceratopyge kiangshanensis* Lu 1964 建立了新亚属 *Proceratopyge* (*Sinoproceratopyge*)^[5], 其描述中说明标本采于浙江常山西阳山上寒武统华严寺组。Jell 列出的“三叶虫常见属名”中, 将 *Proceratopyge* (*Sinoproceratopyge*) 亚属提升为 *Sinoproceratopyge* 属^[6], Peng Shanchi 仍

将其作为亚属对待^[7]。本文赞同 Jell 的意见, 将其视作为独立的属。彭善池 (2000) 在《中国地层研究二十年 (1979—1999)》“斜坡相寒武系”中, 将寒武系分为 4 个统, 由上至下分别为湖南统、武陵统、黔东统和滇东统^[8]; 湖南统(后改名为芙蓉统)分为 2 个阶, 下面是瓦尔岗阶(后改名为排碧阶), 上面为桃源阶^[9]。为适应国际寒武系年代地层划分的变化, 彭善池 (2008)^[10] 对华南寒武系年代地层系统进行了进一步修订, 芙蓉统由 2 阶划分为 3 阶, 排碧阶不变, 在桃源阶上部新建了牛车河阶。排碧阶以湘西花垣县排碧乡四新村附近的排碧剖面为国际层型剖面和点位 (“金钉子”), 该阶包括 3 个三叶虫带, 其中最下一个带是 *Glyptagnostus reticulatus* 带, *Glyptagnostus reticulatus* 的首现点亦是芙蓉统的底界^[11]; 最上一个带为 *Corynexochus plumula* - *Sinoproceratopyge kiangshanensis* 带。再向上为桃源阶的 *Agnostotes orientalis* - *Irvingella angustilimbata* 带。本文标本为排碧阶最上一个带的带化石。

收稿日期: 2009-02-11

基金项目: 广西地质工程中心重点实验室开放基金资助项目 (桂科能 07109011-K006)

作者简介: 陈贵英 (1965—), 女, 博士研究生, 地层学与古生物学专业。

张文堂 (1995)^[12] 提出新疆北天山西段、柯坪地区和 Troedsson 研究的库鲁克塔格南部地区以及浙江西部等地的寒武系均属斜坡相地层。彭善池 (2000)^[8] 则认为, 这些地区与典型的斜坡区在岩相和生物相特征上还不太相似, 并同意林焕令等 (1990, 1995)^[13-14] 和卢衍豪等 (1974)^[15] 的意见, 除柯坪地区的寒武系属台地相外, 其他地区应属盆地相沉积。本文同意彭善池的意见。

Order Asaphida Salter, 1864

Family Ceratopygidae Linnarsson, 1869

Genus *Sinoproceratopyge* Lu et Lin, 1980

Sinoproceratopyge kiangshanensis Lu

(图 1)

- 1964 *Proceratopyge kiangshanensis* Lu 卢衍豪, 37 页, 图版 8, 图 3^[16]。
 1965 *Proceratopyge kiangshanensis* 卢衍豪等, 550 页, 图版 115, 图 5^[17]。
 1974 *Proceratopyge kiangshanensis* 卢衍豪等, 89 页, 图版 2, 图 2^[15]。
 1989 *Proceratopyge* (*Sinoproceratopyge*) *kiangshanensis* 卢衍豪等, 151 页, 图版 25, 图 4-10^[5]。

描述 头宽, 半椭圆形, 颊面微凸; 头鞍明显凸起, 背沟窄深。头鞍两侧平行, 前侧角圆润, 长宽比 1.5:1; 头鞍前沟清晰, 比背沟略浅; 鞍沟四对, 后两对较明显, 前两对模糊, 不与背沟相连, 第三对深且清晰, 微向后斜伸, 最后一对深坑状, 近与背沟平行, 后端微分叉。颈沟向后弯曲, 靠近背沟处变浅。颈环宽度与后边缘相等, 约为头鞍长度的 1/10, 最后一对鞍沟间的中瘤模糊。

眼脊短, 在头部外模标本上 (图 1b) 清楚。两个眼叶皆被不同程度破坏, 在未破坏的右侧自由颊上 (图 1a) 可见眼叶位于头盖横中线位置, 呈半圆形弯曲, 略向侧向外抬起。固定颊宽约为头鞍宽度的 1/2 强。后侧翼及后边缘横向长略大于头鞍宽, 后侧翼纵向略长, 面线后支切于背沟到颊角长度的 2/3 处。内边缘未保存, 但从头盖与自由颊相对位置可看出内边缘略窄。外边缘宽, 也未保存。面线前支仅左侧部分保存, 与中轴作 45°角向前向外扩张, 越过前边缘沟后向内转, 切于外边缘。活动颊宽, 边缘沟宽且深, 颊刺短小并已折断。

胸甲被卷于头甲之下, 仅在右侧可见与尾甲相连的两个肋叶, 后一肋节清楚, 前一肋节不太清楚 (图 1b)。肋沟深, 随肋节外端后弯。后一肋节明显后错, 肋沟后部已盖在尾肋前部之上。从头、胸、尾的位置推测, 胸甲与头甲是相连的, 胸甲近尾轴处的宽度不到头宽的 1/2。

尾位于头下前方, 可见尾外模 (图 1a) 及尾正面 (图 1b)。背沟深, 尾轴由前向后呈锥形延伸, 轴前的关节半环已被破坏。可见 6 节清晰的轴环节, 前 3 节轴节沟清楚, 轴节前大后小, 末节后端深入后边缘, 其与第 6 节分界模糊。尾肋部分除第 1 肋节独立分出, 其余分节不清。尾第 1 肋节肋沟后面部分向后伸出前肋刺, 肋沟与前肋刺均向后延伸, 与肋节几乎成直角。尾边缘沟较浅, 模糊显现。

度量 头长 2.3 mm; 头宽 5.0 mm; 头鞍长 1.7 mm; 头鞍宽 1.05 mm; 尾长 1.1 mm; 尾宽 2.4 mm; 尾轴长 1.0 mm; 尾轴宽 0.5 mm。

比较 当前标本是一个小型三叶虫标本, 头最大宽度才 5.0 mm, 比浙江常山西阳山的标本小很多。由于胸甲被压于头甲之下, 胸节数未知, 只能推断其为成年早期标本, 或者为胸节未达到 9 节的分节期标本。标本前两对鞍沟模糊及尾肋沟不清楚等特点说明其还不太成熟, 但从头鞍两侧平行、前缘弧形, 尾甲外形和尾轴 6~7 节等特征看, 其确为 *Sinoproceratopyge kiangshanensis*。标本采自浙江江山碓边大豆山, 层位上也属卢衍豪、林焕令 (1989) 的第 13 个带, 即 *Pseudoglyptagnostus clavatus* - *Sinoproceratopyge kiangshanensis* 带^[5]。

卷曲和蜕壳 *Sinoproceratopyge kiangshanensis* Lu 是一个不完全的“卷曲”标本。虽然未看到胸甲, 但从头前露出的完整尾甲的方向可以看出, 这正是其卷曲的方向。但其卷曲不完全, 而且是一个不完整的卷曲标本。从头与尾的大小比例可以看出, 标本属于小尾型三叶虫, 如果是完整的卷曲标本应该是螺旋型或半螺旋型卷曲 (Whittington, 1996)^[18]。标本自由颊和固定颊之间有明显裂隙, 而且自由颊向内向前挤动, 损坏了头部右侧的眼叶, 表明该标本正处于蜕壳初始阶段, 面线已经裂开, 并有微小错动。不完全卷曲可能是蜕壳动作的一部分, 因为小尾型三叶虫的完全卷曲常常是尾卷入到头前边缘下面, 即螺旋型

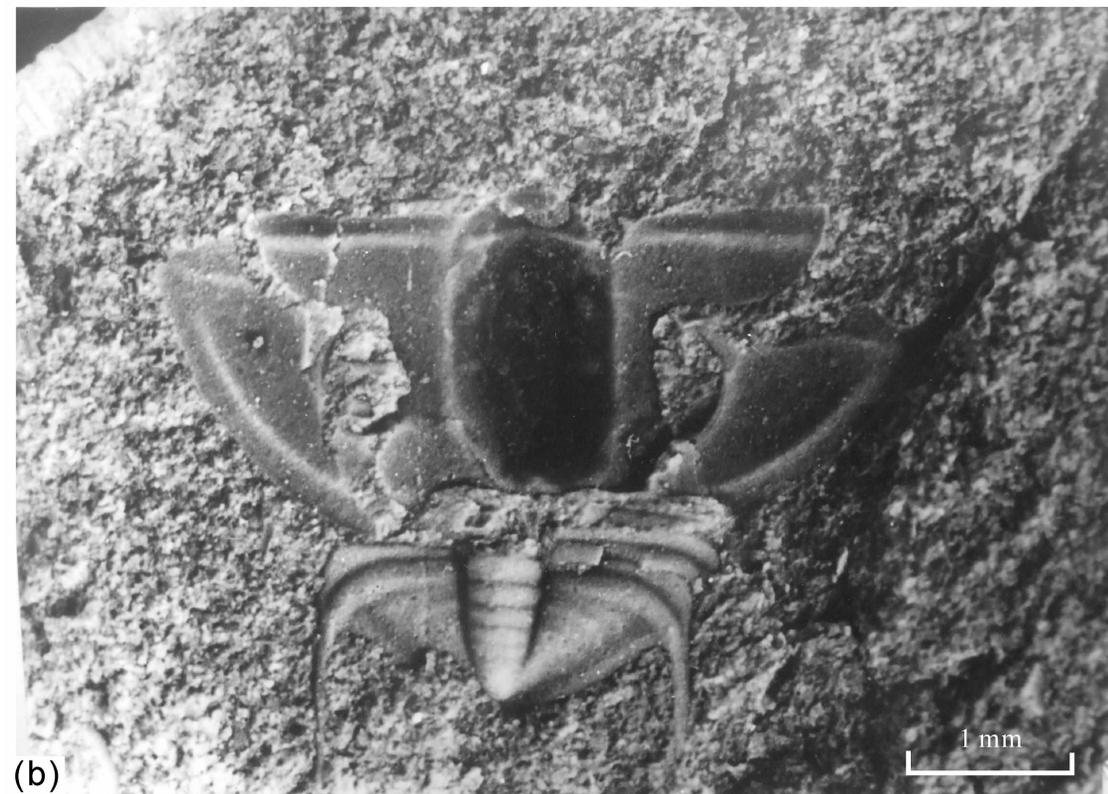
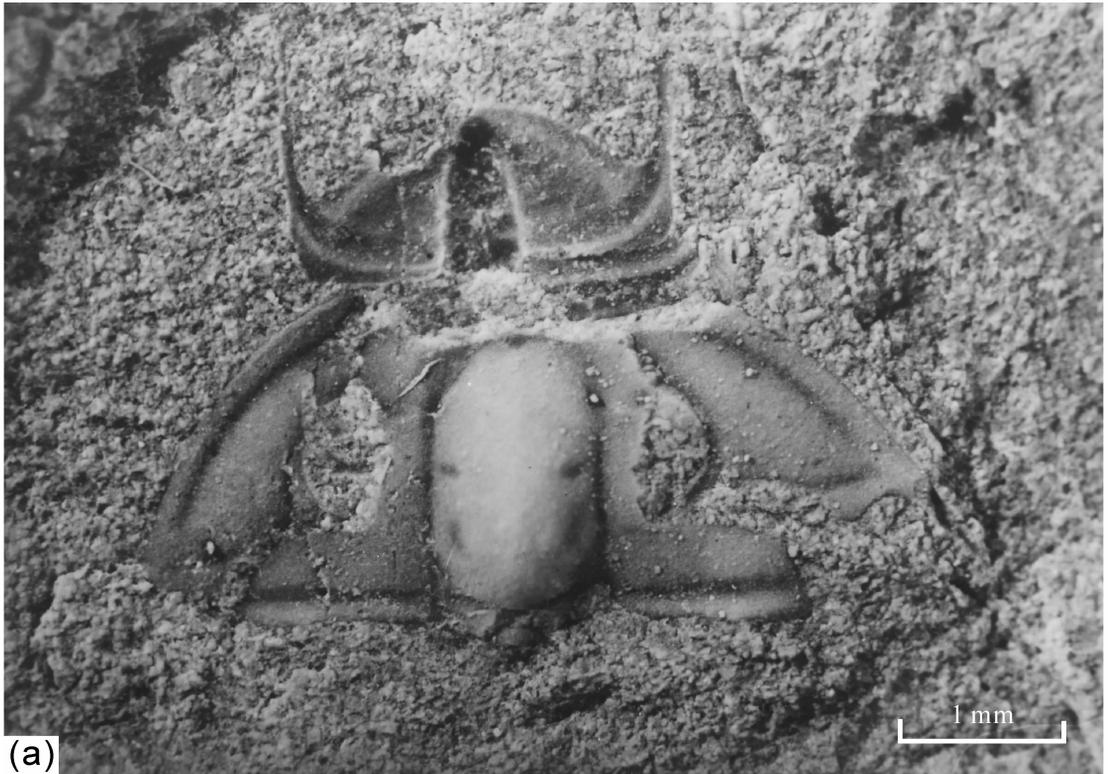


图1 *Sinoproceratopyge kiangshanensis* Lu 的卷曲标本

Fig. 1 An enrollment specimen of *Sinoproceratopyge kiangshanensis* Lu

a—头为内核，尾为外模，标本登记号：NIGP 123447；b—头为外模，尾为内核，标本登记号：NIGP123446

a. Internal mould of cephalon, external mould of pygidium. Cat. No. NIGP 123447

b. External mould of cephalon, internal mould of pygidium. Cat. No. NIGP123446

或半螺旋型卷曲,至少也是半螺旋型卷曲(Whittington, 1990)^[19]。因此,该标本的卷曲只是个初步,它不是为了卷曲完全,而是为了方便蜕壳而弯卷的。标本面线刚刚裂开,虫体卷曲,应为一正在蜕壳的标本,且处于蜕壳初始阶段,故标本为尸体而非蜕皮。三叶虫在蜕壳时会因种种原因导致蜕壳不成功而死亡:其一,三叶虫的蜕壳过程本身是有风险的,不是每次蜕壳都能成功,据研究,约有1/3甚至更多的节肢动物因蜕壳不成功而死亡;其二,三叶虫蜕壳时也是它最脆弱的时候,容易遭到外敌的侵袭而导致死亡;其三,蜕壳时的环境变化也可以导致三叶虫在蜕壳时突然死亡。本文标本属何种原因蜕壳不成功而死亡,由于没有充足的证据,笔者不敢妄下结论。

Stitt (1983)^[1]描述了美国 Missouri 上寒武统 Davis 组 4 属 5 种卷曲的三叶虫,4 个属分别是 *Cliffia*、*Sulcocephalus*、*Elyaspis* 和 *Bynumina*, 均为 1 mm 左右的小型三叶虫卷曲标本,是典型的褶颊虫类小尾型三叶虫,卷曲类型全部是部分螺旋卷曲,以尾轴第一轴节为制约器官,与头前腹边缘的前拱相接合,形成特殊的接合构造。

中国寒武纪卷曲标本还有王敏成、熊宪政(1989)^[3]描述的辽东半岛南部复州湾寒武系崮山组上部灰黄色瘤状灰岩中的王冠头虫(*Stephanocare*)卷曲标本。*Stephanocare* 是近等尾型的三叶虫,其卷曲头尾相衔,头部前缘的锯齿与尾部后缘的边缘刺相互嵌合,属球型卷曲,比较接近奥陶纪 *Asaphidae* 类三叶虫的卷曲。王敏成、熊宪政(1989)的标本是稳定地块极少量完整的三叶虫,虽然化石的产出层位与浙江标本比较接近,但动物群不一样,化石组合也不太相同。

辽宁复州湾中寒武世早期的 *Dorypyge* 尚未发现卷曲标本(韩乃仁, 1984)^[20],但尾腹边缘与头前腹边缘的大小吻合,且胸节 7 节,可能具有卷曲的能力,而且应该是球型卷曲,即头尾相衔(Bergstrom, 1973)^[21]。

中国奥陶纪三叶虫 *Remopleurides* (韩乃仁, 1983)^[22]的卷曲是头下的腹脊插入尾中轴的凹槽中, *Calymenesun* (韩乃仁, 1993)^[23]则是尾后端插到头腹边缘下面,为半螺旋型卷曲。*Sinoproceratopyge* 头比尾大很多,应该也是螺旋型卷曲或半螺旋型卷曲,但其胸节数不多,因此,更可能是半

螺旋型卷曲^[24]。但究竟属何种卷曲类型,有待发现完全卷曲的标本加以证实。

感谢:长江大学李罗照教授惠赠标本,中科院南京地质古生物研究所彭善池教授帮助解释 *Sinoproceratopyge kiangshanensis* 的层位及寒武系分统、分阶情况,在此一并致谢!

参考文献:

- [1] Stitt J H. Enrolled Late Cambrian trilobites from the Davis Formation, Southeast Missouri [J]. *Journal of Paleontology*, 1983, 57 (1): 93 - 103.
- [2] McNamara K J. Techniques of exuviation in Australian species of the Cambrian trilobite *Redlichia* [J]. *Alcheringa*, 1986, 10: 403 - 412.
- [3] 王敏成, 熊宪政. 王冠头虫的卷曲 [J]. *辽宁地质*, 1989 (3): 254 - 261.
- [4] 卢衍豪, 林焕令, 韩乃仁, 等. 江山常山地区寒武—奥陶系界线剖面地质旅行指南 [Z]. 寒武系—奥陶系和奥陶系—志留系界线讨论会. 南京, 1983: 1 - 15.
- [5] 卢衍豪, 林焕令. 浙江西部寒武纪三叶虫动物群. 中国古生物志, 总号第 178 册, 新乙种第 25 号 [M]. 北京: 科学出版社, 1989: 1 - 287, 图版 1 - 28.
- [6] Jell P A, Adrain J M. Available generic names for trilobites [J]. *Memoirs of the Queensland Museum*, 2003, 48 (2): 331 - 553.
- [7] Zhou Zhiyi, Zhen Yongyi. *Trilobite Record of China* [M]. Beijing: Science Press, 2008: 162 - 207.
- [8] 彭善池. 斜坡相寒武系 [M] // 中国科学院南京地质古生物研究所. 中国地层研究二十年 (1979—1999). 合肥: 中国科学技术大学出版社, 2000: 23 - 38.
- [9] 彭善池. 湖南桃源及慈利晚寒武世早期地层及三叶虫动物群 [C] // 中国科学院南京地质古生物研究所研究生论论文集第 1 号. 南京: 江苏科学技术出版社, 1987: 53 - 134.
- [10] 彭善池. 华南寒武系年代地层系统的修订及相关问题 [J]. *地层学杂志*, 2008, 32 (3): 239 - 245.
- [11] Peng Shanchi, Babcoex L E, Lin Huangling, et al. Cambrian stratigraphy at Paibi, Hunan Province China: GSSP and reference section for the base of the Furongian Series and the Paibian stage in Cambrian System of China and Korea [M]. Hefei: University of Science and Technology of China Press, 2005, 136 - 146.
- [12] 张文堂. 中国寒武系研究的回顾 [C] // 王鸿祯. 中国地质学科发展的回顾——孙云铸教授百年诞辰纪念文集. 武汉: 中国地质大学出版社, 1995: 148 - 155.
- [13] 林焕令, 王宗哲, 张太荣, 等. 寒武系 [M] // 周志毅, 陈丕基. 塔里木生物地层和地质演化. 北京: 科学出版

- 社, 1990: 8-55.
- [14] 林焕令, 周志毅, 倪寓南, 等. 寒武系地层及古地理轮廓 [M] // 周志毅, 林焕令. 西北地区地层、古地理和板块构造. 南京: 南京大学出版社, 1995: 21-41.
- [15] 卢衍豪, 朱兆玲, 钱义元, 等. 生物-环境控制论及其在寒武纪生物地层学上的应用 [Z]. 中国科学院南京地质古生物研究所集刊, 1974, 第5号: 27-110.
- [16] 卢衍豪, 钱义元. 三叶虫类 [M] // 华南区标准化石手册. 北京: 科学出版社, 1964: 1-173.
- [17] 卢衍豪, 张文堂, 朱兆玲, 等. 中国的三叶虫 (下册) [M] // 中国各门类化石. 北京: 科学出版社, 1965: 363-766, 图版 67-135.
- [18] Whittington H B. Sphaeroidal enrollment and thoracic characters in *Beltella depressa* and other olenid trilobites [J]. *Palaeontology*, 1996, 39 (2): 377-388.
- [19] Whittington H B. Articulation and exuviation in Cambrian trilobites [J]. *Phil. Trans. R. Soc. Lond B*, 1990, 329: 27-46.
- [20] 韩乃仁. 辽宁中寒武统叉尾虫一新种 [J]. 桂林冶金地质学院学报, 1984, 4 (2): 15-18.
- [21] Bergstrom J. Organization, life and systematics of trilobites [J]. *Fossils and Strata*, 1973, 2: 1-66.
- [22] 韩乃仁. 浆肋虫的卷曲 [J]. 古生物学报, 1983, 22 (1): 113-117.
- [23] 韩乃仁. *Calymenesun granulosa* Lu 的背壳及接合构造 [J]. 古生物学报, 1993, 32 (5): 587-595.
- [24] Fortey R A, Owens R M. Enrollment in the classification of trilobites [J]. *Lethaia*, 1979, 12: 219-226.

Enrollment and Exuviation of the Cambrian Trilobite *Sinoproceratopyge kiangshanensis* Lu

CHEN Gui-ying^{1,2}, HAN Nai-ren²

(1. Faculty of Earth Sciences, China University of Geoscience, Wuhan 430074, China;

2. Department of Resources and Environmental Engineering, Guilin University of Technology, Guilin 541004, China)

Abstract: An enrolled meraspid trilobite specimen of *Sinoproceratopyge kiangshanensis* Lu, collected from the upmost part of Furongian of Cambrian in Jiangshan, Zhejiang Province, is described. It is well preserved except the thoracic segments covered by the cephalon. With the free cheek splitting from the fixed cheek, it is believed that in the process of exuviation, the enrolling was an inevitable movement. With a big cephalon, small pygidium and a few thoracic segments, the *Sinoproceratopyge kiangshanensis* is considered to be completing on enrollment, probably then a "hemispiral enrollment". The enrollment is similar to that of the trilobites from Upper Cambrian of Missouri in America, but different from that of *Stephanocare* from Liaoning.

Key words: Cambrian; trilobite; *Sinoproceratopyge*; enrollment; exuviation