

山东东平寒武系馒头组顶部胸针球接子 (*Peronopsis* Hawle and Corda, 1847)的新材料*

孙智新¹⁾ 王平丽¹⁾ 赵方臣^{2,3)} 袁金良²⁾**

1) 山东科技大学地球科学与工程学院, 山东青岛 266590, szxabc1024@sina.com, wangpingli@126.com;

2) 中国科学院生物演化与环境卓越创新中心, 中国科学院南京地质古生物研究所, 南京 210008, fczhao@nigpas.ac.cn, yuanjl403@126.com;

3) 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

提要 山东泰安东平寒武系馒头组徐庄阶顶部的 *Bailiella lantenoisi* 带内发现了一种完整保存的球接子类三叶虫 *Peronopsis rotundatus* Ergaliev, 1980, 这是该种在中国的首次发现, 也是首次在原产地哈萨克斯坦之外被发现。该种的发现为华北地区这一时期较为单调的球接子类群增加了新成员, 证明具有类似形态特征的 *Peronopsis* 同一类群曾在同一时期在全球广泛的出现。该种的发现也为 *Bailiella lantenoisi* 带与国际寒武系第三统第五阶顶部 *Ptychagnostus gibbus* 带的对比提供了新证据。

关键词 胸针球接子 新材料 馒头组 寒武系 山东

1 前言

华北地区寒武系与国际寒武系同期地层的精确对比是学界十分关注的问题。其中第五阶内由于华北地区“区域性分子”较多, 而球接子类三叶虫十分匮乏, 因而在精确对比上存在困难(Peng, 2009)。

这一时期除毛庄阶和徐庄阶的下部存在一些可对比的三叶虫类群外, 最重要的区域性分子是徐庄阶顶部 *Bailiella lantenoisi* 带的球接子 *Ptychagnostus sinicus* Lu, 1957。由于这一种在北美大盆地和澳大利亚的出现(Öpik, 1979; Robison, 1982, 1984), 可将 *Bailiella lantenoisi* 带的时代控制在 *Ptychagnostus gibbus* 带内(Zhang, 1986; Sun, 1989), 可见球接子类三叶虫对华北地区第五阶的这一层位对比十分重要。虽然 *Bailiella lantenoisi* 带中的球接子除 *Ptychagnostus sinicus* 外, 还有 *Peronopsis taitzuhoensis* Lu, 1957, *P. universalis* Yuan et al., 2012(袁金良等, 2012)和 *P. interstrictus* (White, 1874), 但除 *P. sinicus* 外, 其他几种在地层上分布的时限较长, 用他们很难做精确对

比, 因而继续研究这一层位的三叶虫尤其是有区域对比意义的分子仍很重要。

2016、2017年, 笔者对山东省泰安市东平县郝沟寒武系馒头组 *Bailiella lantenoisi* 带内的三叶虫进行了较详细的采集(插图 1-A), 除发现有 *P. sinicus* 外, 更采集到一种新的球接子, 经鉴定为 *Peronopsis rotundatus* Ergaliev, 1980, 此种原产于哈萨克斯坦 *Triplagnostus* (= *Ptychagnostus*) *gibbus* 带下部(Ergaliev, 1980)。这是该种在中国的首次发现, 也是其首次在原产地外被发现。同时, 与 *P. rotundatus* 形态类似的 *Peronopsis* 类群也在全球的 *Triplagnostus gibbus* 带内广泛出现。这些情况说明 *P. rotundatus* 的发现使 *Bailiella lantenoisi* 带与国际上 *Ptychagnostus gibbus* 带的对比更加确凿, 也为在这一层位发现更多具有国际对比意义的三叶虫提供了线索。

2 地层简介

馒头组是广泛出露于华北地区的岩石地层单位, 以紫红色和砖红色页岩为特征。其以灰岩结束,

收稿日期: 2018-03-14

* 国家自然科学基金(青年基金)(41402011)资助。中国科学院大学提供部分经费资助。

** 通讯作者: 袁金良, 研究员, 主要从事寒武纪、泥盆纪至二叠纪地层及三叶虫动物群研究。

大套页岩出现为底界;页岩或砂岩结束,大套灰岩出现为顶界。馒头组可进一步划分为石店段(云泥岩夹页岩)、下页岩段、洪河段(砂岩)和上页岩段。其厚度和岩性在山东比较稳定,层型厚 215 m,上页岩段由西向东尖灭。馒头组中的砂质砾岩(洪河段顶部)、交错层理(石店段)、石盐假晶(石店段)的存在表明其属于近岸的潮坪环境沉积(刘怀书等,1991)。

馒头组三叶虫丰富,其在山东的最低层位为 *Redlichia chinensis* 带,顶部最高为 *Bailiella lantenoisi* 带,最多可包含 13 个三叶虫带,代表从寒武系沧浪铺阶上部或第四阶中上部(Series 2, Stage 4)到徐庄阶顶部或第五阶顶部(Series 3, Stage 5)的地层

(袁金良等,2012)。本文所述标本采自山东泰安市东平县郝沟剖面(插图 1-A,B)。化石产于距离馒头组顶部 9 m(上页岩段)的紫红色夹黄绿色页岩之中(B2,B5),位于 *Bailiella lantenoisi* 带中部。此层生物单调,与 *Peronopsis rotundatus* 共生的有三叶虫 *Bailiella lantenoisi* (Mansuy, 1916), *Ptychagnostus sinicus* Lu, 1957, *Proasaphiscus (Honanaspis) honanensis* Chang, 1959, 还有藻类、腕足类、软舌螺和节肢动物 *Tuzoia* (插图 1-C)。三叶虫 *Bailiella lantenoisi* 带,时代为徐庄期(Hsuehuangian)晚期,相当于华南寒武纪第三世台江期(Taijiangian)最晚期或国际上第五期(Stage 5)最晚期(彭善池, 2009; 袁金良等, 2012)。

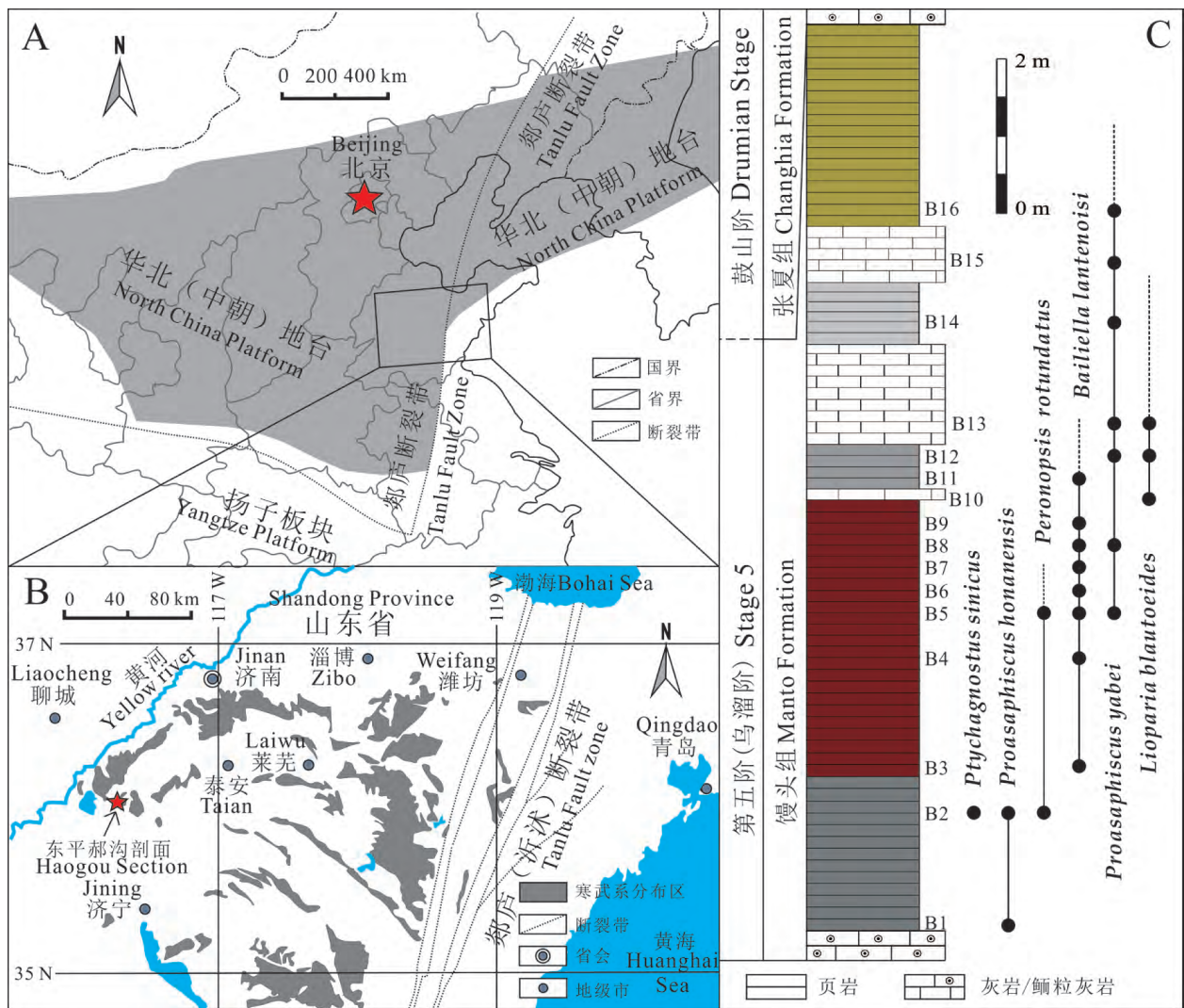


插图 1 化石产地位置与柱状剖面图

Location map showing the fossil sites at Haogou, Dongping in western Shandong, and its biostratigraphic characteristics.

A,B. 剖面位置图;C. 剖面岩性和化石分布柱状图, B1—B16. 标本采集号。

A, B. Map showing the distribution of the Cambrian outcrops and fossil locality of the Haogou section, northern Dongping County;

C. Lithological columns and species distribution in the top of Manto Formation in Haogou section. B1—B16. Collection Number.

3 系统古生物学

三叶虫纲 Class Trilobita Walch, 1771

球接子目 Order Agnostida Salter, 1864

胸针球接子科 Family Peronopsidae Westergård, 1936

胸针球接子属 Genus *Peronopsis* Hawle and Corda, 1847

异名录可参考袁金良等(2012)和 Naimark(2012)的研究

模式种 *Battus integer* Beyrich, 1845, p. 44, pl. 1, fig. 19, 捷克波希米亚, 中寒武统 Jince 组, *Paradoxides* (*Paradoxides*) *gracilis* 带。

特征 头部边缘窄, 尾部边缘宽而平。头部和尾部无纹饰。头鞍前叶次方形或半椭圆形, 前端圆润, 缺失鞍前中沟。头鞍后叶中部两侧微向后扩大, 后部向后收缩变窄, 后端宽圆, 基底叶小, 头鞍瘤小, 位于 F2(F 为侧头鞍沟)之后。前一对横穿头鞍沟(F3)浅而直, F2 浅或缺失。尾轴强烈突起, 较宽长, 向后收缩呈尖拱形, 后缘圆润, 不伸达尾边缘沟, 在第二个轴环(M2)处微收缩变窄, 其上有长卵形的轴瘤。尾轴沟较深, 尾轴环沟(F1 和 F2)极浅或消失, 缺失或发育轴后中沟。尾边缘沟较宽而浅。尾后侧部具或不具一对短小侧刺。

讨论 *Peronopsis* 是一分布极广、时代延限很长的球接子属, 在球接子类分异度较低的寒武系第三统第五阶(苗岭统乌溜阶)具有重要的地层对比和系统演化意义。有关 *Peronopsis* 属种已经有很多的讨论, 本文仅对 *P. rotundatus* 进行阐述。

不难发现, 寒武纪第三世第五期晚期之前的 *Peronopsis* 基本都具有很宽的尾中轴, 一些个体宽度甚至达到尾部宽度的一半以上, 如 *P. montis* Matthew, 1886, *P. longinqua* Öpik, 1979, *P. prolixia* Öpik, 1979, *P. bonnerensis* Resser, 1938 等。与这些情况不同, *P. rotundatus* 具有非常窄长的尾中轴, 其宽度只有尾部宽度的 1/3。有趣的是, 具有类似特征的 *Peronopsis* 也在全球同时期出现, 如北美 *Ptychagnostus gibbus* 带的 *P. gaspensis* Robinson, 1978 和 *P. interstricta* (White, 1874), 瑞典与澳大利亚 *Ptychagnostus gibbus* 带的 *P. scutalis* (Salter in Hicks, 1872; Westergård, 1946; Öpik, 1979)等, 可见窄长的尾中轴这一特征具有鲜明的时代特点和地层对比意义。因此 *P. rotundatus* 在山东 *Bailiella lantenoisi* 带的发现, 是这一层位与国际上 *Ptychagnostus gibbus* 带对比的新证据。

Naimark 在对 *Peronopsis* 进行重新研究归并的过程中, 将该属按照性状组合的不同分为 20 个类型(亚类型), 并以类型为单位讨论了其系统关系(Naimark, 2012)。上一段提及的窄长尾轴类群因被划分为不同类型而被分入了许多不同的属中, 如 *P. rotundatus* 置于 *Quadragnostus* Howell, 1935, 而 *P. gaspensis* 与 *P. interstrictus* 置于 *Itagnostus* (Öpik, 1979)中, *P. scutalis* 则被置于 *P. (Svenax)* 亚属中。但笔者认为, 壳体的不易变异特征, 如其尾部形状、宽度与分节情况, 头鞍前叶形状等, 在球接子分类鉴定中应该是非常重要的。如头鞍前叶次方形且前部不尖锐、前中沟不发育、尾中轴分节模糊等特征, 应作为 *Peronopsis* 与同期相似类群如 *Acadagnostus* Kobayashi, 1939, *Pentagnostus* Lermontova in Vologdin *et al.*, 1940 和 *Pseudoperonopsis* Harrington, 1938 等相互区别的重要性状, 至于尾刺有无、边缘宽窄等易于变化的性状, 则是次一级的分类特征。因而笔者认为, 将 *P. gaspensis*, *P. scutalis*, *P. rotundatus* 等特征性状类似、生存时代相同的种因其他次一级分类特征置于不同的分类单元中不合适。

因此, *Peronopsis rotundatus* 应当与其所在的类型(类型 VI)分开讨论, 并置于 *P. interstricta* 与 *P. gaspensis* 所在的窄长尾轴这一类群中, 而不是与这一类群互为姊妹群; 基于上一段的看法, 这些窄长尾轴类群更适宜作为一个单系进行讨论(以下简称窄支系), 而不适合被孤立在不同的演化支系中。有关这一类群在这一时期球接子演化中的关系将在下文中讨论。

时代分布 亚洲(中国华北、华南、西北, 哈萨克斯坦, 乌兹别克斯坦, 俄罗斯西伯利亚, 伊朗)、澳大利亚(昆士兰)、欧洲(法国、西班牙、瑞典、英国、挪威、捷克)、北美洲(加拿大纽芬兰、美国)、南美洲(阿根廷)和南极洲; 寒武系第二统顶部至苗岭统古丈阶 *Glyptagnostus stolidotus* 带。

圆形胸针球接子 *Peronopsis rotundatus* Ergaliev, 1980

(插图 2-A—F)

? 1957 *Ptychagnostus sinicus* Lu, 卢衍豪, 259 页, 图版 137, 图 18。

? 1965 *Ptychagnostus sinicus* Lu, 卢衍豪等, 37, 38 页, 图版 3, 图 17, 非图 16, 18。

1980 *Peronopsis* ? *rotundatus* Ergaliev, p. 63, 64, pl. 1, figs. 5—9.

2008 *Onymagnostus rotundatus* (Ergaliev), Ergaliev and Ergaliev, p. 117, 118, pl. 3, figs. 11, 12.

- 2008 *Onymagnostus convexus* Ergaliev, Ergaliev and Ergaliev, p. 118, pl. 3, fig. 16, non figs. 13—15.
- 2012 *Quadragnostus rotundatus* (Ergaliev), Naimark, p. 1003, 1013, figs. 7-j, 7-k.

正模 头盖(Ergaliev, 1980, pl. 1, fig. 5)。

材料 6 个完整的背壳标本。

描述 头部边缘窄,边缘沟较浅,整体较平滑。鞍前区较宽,约占头部长度 1/3。头鞍前叶半椭圆形,前端圆润。鞍前中沟微弱,只在基部靠近头鞍处发育,不贯穿鞍前区。头鞍后叶中部微向后扩大,后部向后收缩变窄,后端宽圆,基底叶小。头鞍分节不明显,F2 几乎消失不见,F3 浅而直。头鞍瘤小,位于 F2 之后。胸部两节,轴部宽度向后变窄。尾轴较窄长,占中轴宽度的 1/3,整体为倒三角形,在第二个轴环(M2)处微变窄,向后收缩并在后端呈现较圆润的角度,末端不到达尾边缘沟。尾轴收缩处有长卵形的瘤,除此之外尾轴平滑,第一对尾轴环沟(F1)极浅,第二对(F2)消失。尾轴沟较深,轴后中沟缺失。尾部边缘宽而平,尾边缘沟较宽而浅,边缘后侧具一对短小侧刺。头部和尾部无明显纹饰。

比较与讨论 与哈萨克斯坦的模式标本相比,山东标本的头鞍前叶前缘更加宽圆,尾轴更窄,后边缘沟更浅,有微弱而不贯通的鞍前中沟。这些差异作为种内差异处理,两者可认为在种级上近似或一致。卢衍豪报道的 *Ptychagnostus sinicus* 共有三块标本,其中一个尾部(卢衍豪,1957,259 页,图版 137,图 18)尾轴平滑且分节极微弱,末端尖锐,而另一块来自同一产地的尾部分节却十分清晰,不像是保存的原因,若排除拍摄原因,鉴于在山东 *Pt. sinicus* 与 *P. rotundatus* 共生,则这一平滑的尾部可能归于 *P. rotundatus* 中。Ergaliev 建立的 *Onymagnostus convexus* (Ergaliev and Ergaliev, 2008) 的标本中,均存在这种尾轴平滑窄长的尾部(Ergaliev and Ergaliev, 2008, pl. 3, fig. 16; pl. 4, figs. 26, 27),笔者认为这些与 *P. rotundatus* 产地与层位均相同的标本也应该归入此种。

一直以来,这一种是否置于 *Peronopsis* 是有争论的。Ergaliev 曾将其移动到 *Onymagnostus* 中(Ergaliev and Ergaliev, 2008)。虽然 *Peronopsis rotundatus* 尾轴形态确实与 *Onymagnostus* 接近,但 *Onymagnostus* 尾轴分节明显,头鞍前叶尖圆,鞍前中沟清楚,边缘沟形态明显,属于 *Ptychagnostidae* 科,这些可与 *P. rotundatus* 相区别,因此本文仍

将该种置于 *Peronopsis* 中。虽然如此,但 *Peronopsis rotundatus* 与 *Onymagnostus* 的某些种有密切关系是明显的,其实对于这样的过渡类型分子,严格的确定其属的地位并没有必要,反而限制了对其系统位置的思考。全球同期出现了一系列窄长尾轴的 *Peronopsis*,这些类型与 *P. rotundatus* 的差别还是显而易见的,如 *Peronopsis gaspensis* 的尾部具有轴后中沟,头鞍前叶圆,头鞍前区窄;*P. interstricta* 尾中轴更宽,具有轴后中沟,头鞍前叶圆,头鞍前区窄;*P. scutalis* 也具有轴后中沟,尾轴较短;*P. brunfloensis* Westergård, 1946 尾轴较宽且呈柱形。总而言之,相比 *P. rotundatus* 而言,它们普遍具有更宽的尾轴和轴后中沟,而且鞍前区较窄。

Naimark 曾将 *P. rotundatus* 和其他几种 *Peronopsis* 置于 *Quadragnostus* Howell, 1935 中(Naimark, 2012)。Naimark 归并于此属内的几个种与 *P. rotundatus* 有较多可比较之处,其中,*P. solus* (Howell, 1935)的尾轴边缘与后边缘接触;*P. columbiensis* Rasetti, 1951 尾中轴略宽;*P. fallax conica* Kobayashi, 1939 的尾边缘宽,尾轴上有许多凹坑;*P. fallax depressa* Westergård, 1946 的尾中轴较宽,有非常明显的横中沟,头鞍前叶近似方形,头鞍分区较明显。但也有几个种与上面几个类型相差较大,如 *P. cylindrica* Westergård, 1946 的头盖近似方形,头鞍前叶椭圆形,头鞍分区极明显,尾中轴和尾边缘宽;*P. quadrata* (Tullberg, 1880)的头盖特征也与上一种类似。头鞍的特征对于球接子的分类无疑是重要的,将这两个种与上面那些头鞍前叶较尖的类型共置于一属似乎并不妥当。

虽然笔者对 Naimark 认为窄长尾轴类群属于不同类群的看法不甚赞同,但 Naimark 对于这些种之间相互演化关系的认识还是有一定道理的。在 *P. rotundatus*-*P. interstricta*-*P. gaspensis* 这一关系中,尾轴逐渐变长,轴后中沟逐渐显现,头鞍前叶向前收缩越来越慢,以至近于圆形;而 *P. scutalis* 中轴窄而短,可能由与其类似但中轴更粗壮的 *P. interstricta* 演变而来。以上相对关系与 Naimark 表述一致,只是他将这些类型置于了不同的演化支系中。正如前文所述,包括 *P. rotundatus*, *P. interstricta*, *P. scutalis*, *P. gaspensis* 的这些窄长尾轴类群更适宜作为一个单系进行讨论,而不适合被孤立在不同的演化支系中。

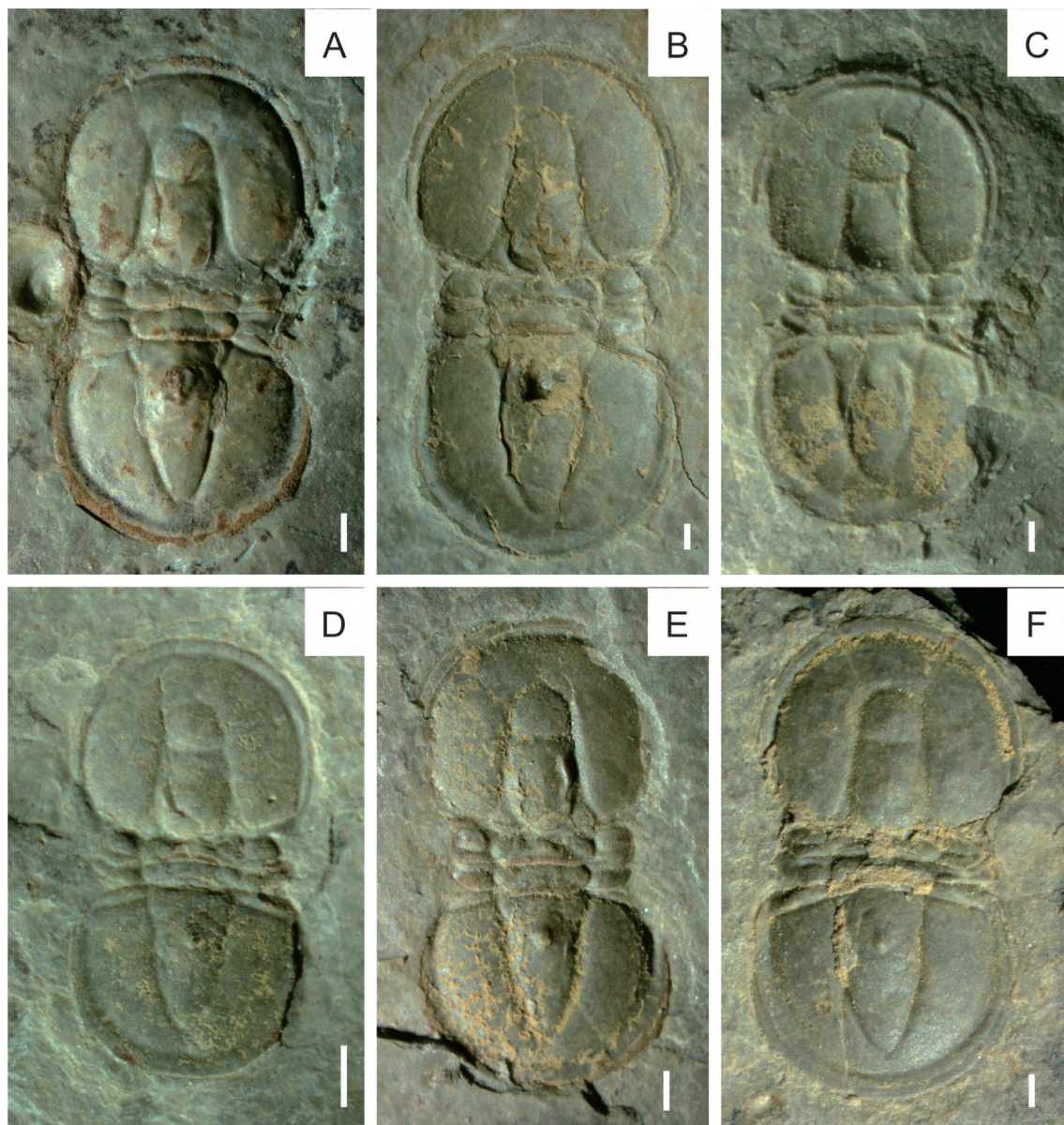


插图2 A—F. *Peronopsis rotundatus* Ergaliev, 1980 完整背壳标本, NIGP167968—167973。

全部标本采自山东省东平县郝沟剖面。比例尺为 1 mm。

A—F. Complete exoskeletons of *Peronopsis rotundatus* Ergaliev, 1980, NIGP167968—167973.

All specimens were collected at Haogou Section, Dongping County, Shandong Province. Scale bars: 1 mm.

Euagnostus Whitehouse, 1936 与窄长尾轴支系的 *Peronopsis* 具有亲缘关系,二者共同具有较窄长的、后端收缩较快的尾轴, *Euagnostus* 较圆的头鞍前叶和轴后中沟也应该继承自窄长尾轴支系,因而认为 *Euagnostus* 与 *Peronopsis* 应当合并的看法确有其基础(Jell and Robison, 1978),窄长尾轴支系应该是 *Euagnostus* 的祖先类型。有学者认为 *P. interstricta* 应该置于 *Euagnostus* 中(Laurie, 2004), *P. interstricta* 与 *P. gaspensis* 尾边缘沟更窄,确实比窄长尾轴支系基干分子更接近 *Euagnostus*。但正如前面所说,对于这些过渡分子,确定其精确的

归属意义并不很大,因而本文仍将这些种置于 *Peronopsis*。有学者认为 *Doryagnostidae* Kobayashi, 1939 起源于 *P. gaspensis* (Robison, 1978), *Doryagnostus wasatchensis* Robison, 1978 与 *P. gaspensis* 确有许多相近之处,但 *Doryagnostus* 具有贯通的前中沟,因而不具备前中沟的 *Euagnostus* 应该是窄支系与 *Doryagnostus* 的中间类型。由于无前中沟是 *Peronopsis* 的重要特征, *Euagnostus* 也并不具备 *Doryagnostus* 中非常有代表性的尾横中沟,因此这一属更适合置于 *Peronopsidae* Westergård, 1936 而不是 *Doryagnostidae*。

窄长尾轴支系与 *Ptychagnostidae* 的原始类群如 *Onymagnostus* 也很相似,尤其是位于支系基干的 *P. rotundatus*。但两者的区别上文也已经阐明,且 *P. rotundatus* 并非 *Peronopsis* 中最接近 *Onymagnostus* 的分子(Robison, 1978)。因而,一种可能的情况是:窄长尾轴支系与 *Ptychagnostidae* 及其亲缘的 *Peronopsis* 互为姊妹群。因此,这一支系是一个很明显的过渡类群,其既是 *Euagnostus* 乃至 *Doryagnostidae* 的基干,又是 *Onymagnostus* 乃至 *Ptychagnostidae* 的姊妹群(插图 3)。

Naimark 将 *P. interstricta* 与 *P. gaspensis* 置于 *Itagnostus* (Öpik, 1979) 中,并认为 *Itagnostus* 是最接近 *Euagnostus* 的 *Peronopsis* (Naimark,

2012)。笔者赞同 *P. interstricta* 与 *P. gaspensis* 是最接近 *Euagnostus* 的 *Peronopsis*, 但不认为它们属于 *Itagnostus*。*Itagnostus* 的中轴较宽,没有轴后中沟,头尾边缘沟较宽,这些特点与窄支系的基干分子 *P. rotundatus* 仍能看出一些过渡,但直接与 *P. interstricta* 和 *P. gaspensis* 乃至 *Euagnostus* 相比差别还是较大的。因而本文建议将原始意义的 *Itagnostus* 作为窄支系的姊妹群处理,但这个群在演化上比 *Ptychagnostidae* 所在的姊妹群更接近窄长尾轴支系。

产地层位 中国华北山东、辽宁(?)、哈萨克斯坦卡拉套地区;寒武系第三统第五阶 *Ptychagnostus gibbus* 带。

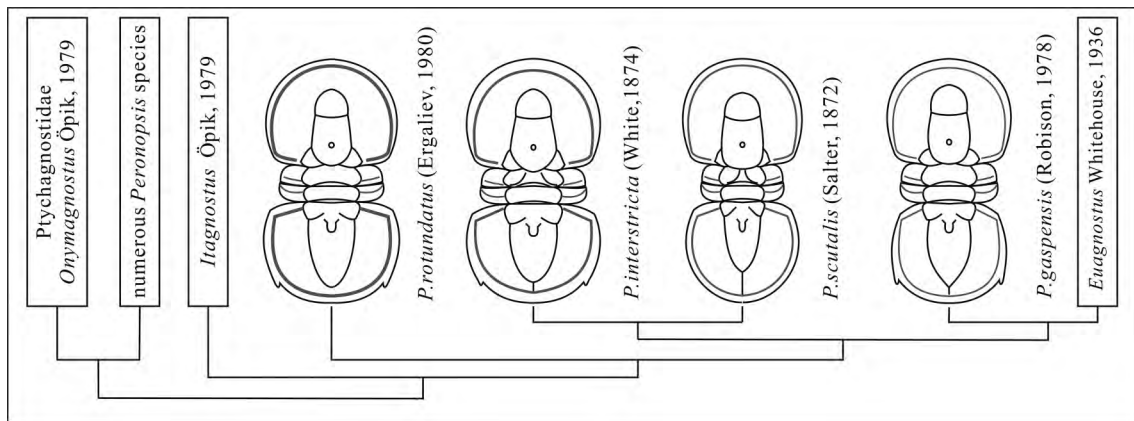


插图 3 全球 *Ptychagnostus gibbus* 带窄尾轴支系 *Peronopsis* 的演化关系示意图

Sketch map showing the evolutionary relationships among the narrow pygidium axis *Peronopsis* branch in the world during the *Ptychagnostus gibbus* Zone.

致谢 中国科学院南京地质古生物研究所彭善池研究员帮助鉴定并给出球接子研究方法的有益建议,唐山高健先生给出修改意见,山东交通学院宋翔宇首先采集到部分标本并赠予笔者研究,山东科技大学地球科学学院本科生张道元、管涛、赵显烨、卢婕、李文雪参与标本采集,评审专家提出宝贵修改建议,在此一并致谢。

参 考 文 献 (References)

- Ergaliev G Kh, 1980. Trilobites from the Middle and Upper Cambrian of the Lesser Kara-Tau. Alma-Ata: Akademiy I Nauk Kazakhskoi SSR. 1—211 (in Russian).
- Ergaliev G Kh, Ergaliev F G, 2008. Agnostids from the Middle and Upper Cambrian of the Aksai State Geological Reserve in Southern Kazakhstan, Part 1. Almaty: Gylm. 1—359 (in Russian).
- Harrington H J, 1938. Sobre las faunas del Ordoviciano inferior del norte Argentino. Revista del Museo de la Plata, New Series, **1**: 109—289.
- Hawle I, Corda A J C, 1847. Prodrom einer monographie der böhmischen Trilobiten. Abhandlungen der Königlichen Böhmischen Gesellschaft der Wissenschaften, V. Folge, Prague, **5**(5): 1—176.
- Hicks H, 1872. On some undescribed fossils from the Menevian Group. Quarterly Journal of the Geological Society (London), **28**: 173—185.
- Howell B F, 1935. Some New Brunswick Cambrian agnostians. Bulletin of the Wagner Free Institute of Science, **10**: 13—16.
- Jell P A, Robison R A, 1978. Revision of a late Middle Cambrian trilobite faunule from northwestern Queensland. University of Kansas Paleontological Contributions Paper, **90**: 1—21.
- Kobayashi T, 1939. On the agnostids (Part 1). Journal of the Faculty of Science, Tokyo University, Section 5: 69—198.
- Laurie J R, 2004. Early Middle Cambrian trilobite faunas from NTGS Elkedra 3 corehole, southern Georgina Basin, Northern Territory. Memoirs of the Association of Australasian Palaeon-

- tologists, **30**: 221—260.
- Lermontova E V, 1940. Class Trilobita. In: Vologdin A G (ed.), Atlas of the Leading Forms of the Fossil Faunas of the USSR. (1) Cambrian. Council of the Peoples' Commissars of the USSR, Geological Committee. All Union Scientific Research Institute. Moscow-Leningrad: State Publishing House of Geological Literature. 112—162 (in Russian).
- Liu Huai-shu (刘怀书), You Wen-cheng (游文澄), Liu Shu-cai (刘书才), 1991. Cambrian. In: Bureau of Geology and Mineral Resources of Shandong Province (ed.), Regional Geological Gazetteer of Shandong. Beijing: Geological Publishing House. 78—104 (in Chinese with English summary).
- Lu Yan-hao (卢衍豪), 1957. Arthropoda, Trilobita. In: Nanjing Institute of Geology and Palaeontology, Academia Sinica (ed.), Index Fossils of China, Invertebrata III. Beijing: Geological Publishing House. 249—294 (in Chinese).
- Lu Yan-hao (卢衍豪), Chang Wen-tang (张文堂), Chu Chao-ling (朱兆玲), Chien Yi-yuan (钱义元), Hsiang Li-wen (项礼文), 1965. Trilobites of China. Beijing: Science Press. Vol. 1: 1—362; Vol. 2: 363—766 (in Chinese).
- Matthew G F, 1886. Illustrations of the fauna of the St. John Group continued. III. Descriptions of new genera and species, including a description of a new species of *Solenopleura* by J F Whiteaves. Transactions of the Royal Society of Canada, **3**(4): 29—84.
- Naimark E B, 2012. Hundred species of the genus *Peronopsis* Hawle et Corda, 1847. Paleontological Journal, **46** (9): 945—1057.
- Öpik A A, 1979. Middle Cambrian agnostids: Systematics and biostratigraphy. Bureau of Mineral Resources Geology and Geophysics Australia Bulletin, **172**: 1—188.
- Peng Shan-chi (彭善池), 2009. Review on the studies of Cambrian trilobite faunas from Jiangnan Slope Belt, South China, with notes on Cambrian correlation between South and North China. Acta Palaeontologica Sinica (古生物学报), **48**(3): 437—452 (in Chinese with English summary).
- Rasetti F, 1951. Middle Cambrian stratigraphy and faunas of the Canadian Rocky Mountains. Smithsonian Miscellaneous Collections, **116**(5): 1—277.
- Resser C E, 1938. Middle Cambrian fossils from Pend Oreille Lake, Idaho. Smithsonian Miscellaneous Collections, **97**(3): 1—12.
- Robison R A, 1978. Origin, taxonomy, and homeomorphs of *Doryagnostus* (Cambrian, Trilobita). University of Kansas Paleontological Contributions, **91**: 1—10.
- Robison R A, 1982. Some Middle Cambrian agnostoid trilobites from western North America. Journal of Paleontology, **56**: 132—160.
- Robison R A, 1984. Cambrian Agnostida of North America and Greenland, Pt. 1, Ptychagnostidae. University of Kansas Paleontological Contributions, **109**: 59.
- Salter J W, 1864. A monograph of British trilobites. Part 1. Palaeontographical Society, London. Monograph, Volume for 1862: 1—80.
- Sun Xiao-wen, 1989. Cambrian agnostids from the North China Platform. Palaeontologica Cathayana, **4**: 53—129.
- Tullberg S A, 1880. Om Agnostus-arterna i de Kambriska Aflagrignarna vid Andrarum, Sveriges Geologiska Undersökning, Series C, **42**: 1—38.
- Walch J E I, 1771. Die Naturgeschichte der Versteinerungen Dritter Theil. Zur Erläuterung der Knorr'schen Sammlung von Merkwürdigkeiten der Natur. Nürnberg: Paul Jonathan Felstecker. 1—235.
- Westergård A H, 1936. *Paradoxides ölandicus* beds of Öland: with the account of a diamond boring through the Cambrian at Mossberga. Sveriges Geologiska Undersökning, Series C, **394**: 1—66.
- Westergård A H, 1946. Agnostidea of the Middle Cambrian of Sweden. Sveriges Geologiska Undersökning, Avhandlingar och Uppsatser, Series C, **477**: 1—140.
- White C A, 1874. Preliminary report upon invertebrate fossils collected by the expeditions of 1871, 1872, and 1873, with descriptions of new species. Report of the United States Army Geographical and Geological Exploratory Surveys West of the 100th Meridian. 5—27.
- Whitehouse F W, 1936. The Cambrian faunas of northeastern Australia. Parts 1 and 2. Memoirs of the Queensland Museum, **11**: 59—112.
- Yuan Jin-liang (袁金良), Li Yue (李越), Mu Xi-nan (穆西南), Lin Jih-pai (林日白), Zhu Xue-jian (朱学剑), 2012. Trilobite fauna of the Changhia Formation (Cambrian Series 3) from Shandong and Adjacent Area, North China. Part 1 and Part 2. Palaeontologia Sinica, Whole Number 197, New Series B, Number 35: 1—757 (in Chinese with English summary).
- Zhang Wen-tang, 1986. Correlation of the Cambrian of China. Palaeontologica Cathayana, **3**: 267—285.

NEW MATERIAL OF *PERONOPSIS* HAWLE AND CORDA,
1847 (AGNOSTIDA: TRILOBITA) FROM THE UPPERMOST PART OF THE
MANTO FORMATION (CAMBRIAN SERIES 3, STAGE 5)
IN DONGPING, SHANDONG PROVINCE

SUN Zhi-xin¹⁾, WANG Ping-li¹⁾, ZHAO Fang-chen^{2, 3)} and YUAN Jin-liang²⁾

1) College of Earth Science and Engineering, Shandong University of Science and Technology,
Qingdao 266590, Shandong, China, szxabc1024@sina.com, wangpingli@126.com;

2) The Centre for Innovation and Excellence in Life and Palaeoenvironment, Chinese Academy
of Sciences, Nanjing Institute of Geology and Palaeontology, Chinese Academy of Sciences,
Nanjing 210008, China, fczhao@nigpas.ac.cn, yuanjl403@126.com;

3) State Key Laboratory of Palaeobiology and Stratigraphy, Nanjing Institute of Geology and
Palaeontology, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008, China

Key words *Peronopsis*, new materials, Manto Formation, Cambrian, Shandong

Abstract

Peronopsis rotundatus Ergaliev, 1980 has been collected in the uppermost part of the Manto Formation (Cambrian Series 3 Stage 5) at Haogou, Dongping County, Shandong Province. It is the first record of the complete specimens of the species in China and Kazakhstan, and provides

new evidence of the evolutionary relationships among the narrow pygidial axis of *Peronopsis* branch with similar morphological characteristics during the Cambrian Stage 5 (Late Hsuehuangian). New materials also offer a direct testimony for the biostratigraphic correlation between the *Bailiella lantenoisi* Zone and the *Ptychagnostus gibbus* Zone at the top of the Cambrian Stage 5 between the North China Craton and other parts of the world.