

DOI: 10.16108/j.issn1006-7493.2019005

引用格式: 韩乔羽, 李国祥, 王平丽, 高健, 韩颖, 张天禄, 孙智新. 2019. 华北板块寒武系开腔骨类 (Chancelloriids) 化石新材料[J]. 高校地质学报, 25 (4): 633-640

华北板块寒武系开腔骨类(Chancelloriids)化石新材料

韩乔羽¹, 李国祥², 王平丽^{1*}, 高健³, 韩颖¹, 张天禄¹, 孙智新¹

1. 山东科技大学 地球科学与工程学院, 青岛 266590;
2. 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;
3. 中国科学院 南京地质古生物研究所, 南京 210008

摘要: 文章对采自华北板块山东潍坊、河北唐山和辽宁大连的寒武系开腔骨类化石的新材料进行了研究, 这些化石鉴定为 *Chancelloria* 属。辽宁大连地区的 *Chancelloria* 产自寒武系第二统第四阶馒头组下部的黄绿色页岩; 山东潍坊地区的 *Chancelloria* 产自苗岭统乌溜阶馒头组上部的黄绿色页岩和鼓山阶张夏组的深灰色中厚层灰岩; 河北唐山地区的 *Chancelloria* 产于芙蓉统江山阶长山组的薄层灰岩, 该层位是目前 *Chancelloria* 属在中国产出的最高层位, 也是全球的最高层位之一。这些来自华北寒武系第二统一芙蓉统的 *Chancelloria* 骨片与早期的骨片相比, 展现出骨片形态趋于规则、基面从浑圆趋于平整、骨片整合度提升的特点, 进一步印证了之前关于此类问题的研究结论。

关键词: 开腔骨类; *Chancelloria*; 寒武系; 芙蓉统; 华北板块

中图分类号: Q915 文献标识码: A 文章编号: 1006-7493 (2019) 04-633-08

New Material of Chancelloriids from Cambrian, North China

HAN Qiaoyu¹, LI Guoxiang², WANG Pingli^{1*}, GAO Jian³, HAN Ying¹, ZHANG Tianlu¹, SUN Zhixin¹

1. College of Geological and Engineering, Shandong University of Science and Technology, Qingdao 266590, China;
2. State Key Laboratory of Palaeobiology and Stratigraphy, Nanjing Institute of Geology and Palaeontology, Chinese Academy of China, Nanjing 210008, China;
3. Nanjing Institute of Geology and Palaeontology, Chinese Academy of China, Nanjing 210008, China

Abstract: Chancelloriids is a kind of typical Cambrian fauna with an enigmatic biological affinity. Isolated sclerites of chancelloriids are widespread in Cambrian sedimentary rocks, but chancelloriid sclerites have been seldom reported from the Cambrian of North China. Herein we described some isolated sclerites of chancelloriids from Cambrian rocks of this area. Specimens were collected from three localities, i.e., Weifang, Tangshan and Dalian. The isolated sclerites were identified as *Chancelloria*. According to trilobite biostratigraphy of the co-occurring trilobites, the age of *Chancelloria* sclerites from Dalian is considered as Stage 4, Cambrian Series 2; the age of sclerites of *Chancelloria* sclerites from Weifang is considered as Wuliuan-Drumian, Cambrian Miaolingian; the age of *Chancelloria* sclerites from Tangshan is considered as Jiangshanian, Furongian, and these sclerites are the latest occurrence in China and one of the latest occurrences in the world. The *Chancelloria* sclerites from Cambrian Stage2-Furongian, North China, show that these sclerites tend to be more regular, the basal surfaces tend to be flatter and the integration and organization of sclerites got improved. These support the conclusions of previous studies.

Key words: Chancelloriids; *Chancelloria*; Cambrian; Furongian; North China Platform

Corresponding author: WANG Pingli, Associate Professor; E-mail: p_lwang@126.com

收稿日期: 2019-01-15; 修回日期: 2019-03-19

基金项目: 国家自然科学基金 (41402011; 41890844) 和山东科技大学研究生科技创新项目 (SDKDYC170316) 联合资助

作者简介: 韩乔羽, 女, 古生物学与地层学硕士研究生; E-mail: 1406645945@qq.com

*通讯作者: 王平丽, 女, 副教授, 主要从事寒武纪古生物学、地层学研究; E-mail: p_lwang@126.com

1 引言

开腔骨类(Chancelloriids)是一类常见于寒武纪的海洋底栖生物,也是最原始的多细胞后生动物类群之一,开腔骨类动物外部形态为细长杯状体,大多数体表覆盖星射状或叉状骨片(*Allonnia nuda* 体表骨片分布极其稀疏或缺少骨片),内部为巨大的空腔(Demidenko, 2000; Bengtson and Hou, 2001; Janussen et al., 2002; Randell et al., 2005; Moore et al., 2013; Yun et al., 2017; Cong et al., 2018; Zhao et al., 2018)。上世纪初期,因为开腔骨类动物具有骨针状的射骨(射管),Walcott(1920)将其置于六射海绵纲。20世纪中后期,由于开腔骨类具有复合结构的骨片和中空的射骨,有学者将其归为腔骨动物纲(Coeloscleritophora)(Bengtson and Missarzhevsky, 1981; Beresi and Rigby, 1994)。有学者将开腔骨类与多种生物(环节、软体、海鞘、腕足动物等)进行比较,他们认为开腔骨是一类多祖源的并系生物(Janussen et al., 2002; Bengtson and Collins, 2015),因此目前开腔骨类依然是分类位置不明的动物类群(Elliott and Martin, 1987; 钱逸, 1999)。

开腔骨类以往在华南板块报道较多,不仅有大量的离散骨片化石,而且有保存完整的外骨骼化石(钱逸, 1999; 李国祥, 1999; 朱才伐等, 2003; Bengtson and Hou, 2001; Janussen et al., 2002; Randell et al., 2005; Yun et al., 2017; Cong et al., 2018; Zhao et al., 2018)。与华南板块相比,中朝板块有关开腔骨类的报道大多为简单提及,主要有:(1)陕西洛南县(潘兵等, 2015)、河南鹤壁(刘琦等, 2012)、河南叶县(冯伟民等, 1994)、山东临沂(王雨楠等, 2010)、内蒙古白云鄂博(张鹏远等, 1993)、韩国Taebaeksan盆地(Hong et al., 2016)的下寒武统地层中产出过开腔骨类,但上述文献并未报道属种;(2)韩国Mungyeong(Lee, 2006)、陕西陇县(Yun et al., 2016)、甘肃祁连山(周志强等, 1996)、吉林通化(岳昭等, 1990)的下寒武统以及辽宁本溪的中寒武统(段吉业等, 2005)发现过*Chancelloria*; 韩国Mungyeong(Lee, 2006)、陕西陇县下寒武统(Yun et al., 2016)发现过*Archiasterella*; 内蒙古赤峰下寒武统发现过*Onychia*(谭励可和于明旭, 1997); 此外,牛绍武等

(2016)依据在内蒙古包头下寒武统地层中发现的骨片建立新属*Tetrapetalia*。

近年来本课题组分别在山东潍坊、河北唐山和辽宁大连的寒武系地层中发现了开腔骨类的离散骨片,扩大了这类生物的地理分布,并延伸了其中朝板块的时代延限,为开腔骨类的系统分类、演化等研究提供了新的材料。

本次研究共涉及标本4件,所有标本皆存放在山东科技大学地球科学与工程学院。图1~3使用Coreldraw X6软件绘制或裁剪并拼合成图版。图3(A~K)使用体视显微镜NikonSMZ1000在镁光灯下拍摄。图3(L)使用佳能EOS 5D照相机在自然光下拍摄。化石尺寸测量使用ImageJ软件。

2 化石产地与层位

华北板块位于中国中北部(图1)。西北以阴山造山带为界,东北以大兴安岭褶皱带为界,南缘以秦岭—大别山造山带为界,东部为左旋式走滑断层—郯庐断裂(韩作振等, 2009)。本文描述的开腔骨化石标本采自华北板块三个剖面的寒武系地层(图1),即大连市瓦房店复州湾的双山剖面、潍坊市西郊的五党山剖面及唐山市开平区的凤山剖面。

辽宁省东部地区大连市瓦房店复州湾的双山剖面出露早寒武世馒头组下部地层。*Chancelloria*骨片(标本号为SDUST-DL-C1, SDUST代表山东科技大学, DL代表大连, C代表*Chancelloria*)产于该剖面馒头组黄绿色页岩中,同层位产出的三叶虫属于*Redlichia chinensis* Zone,是馒头组最底部的三叶虫带,因此,其地质时代为国际上寒武纪第二世第四期(图1; 彭善池, 2009)。

山东省潍坊市西郊的五党山剖面出露中寒武世地层,自下而上依次为馒头组顶部、张夏组和崮山组底部,三个组之间均为整合接触,目前在该剖面发现过保存有肠道系统的三叶虫、保存有附肢的软舌螺、腕足、双壳、藻类、海绵骨针等(Wang et al., 2014),岩层中含大量结核、生物潜穴、生物扰动构造,前人推测其保留生物软体构造的原因是海洋浊流的快速埋藏,使生物软体免遭破坏(孙智新等, 2015)。*Chancelloria*骨片集合体标本(标本号为SDUST-WDS-C2, WDS代表五党山)产于该剖面馒头组顶部含大量生物碎屑的

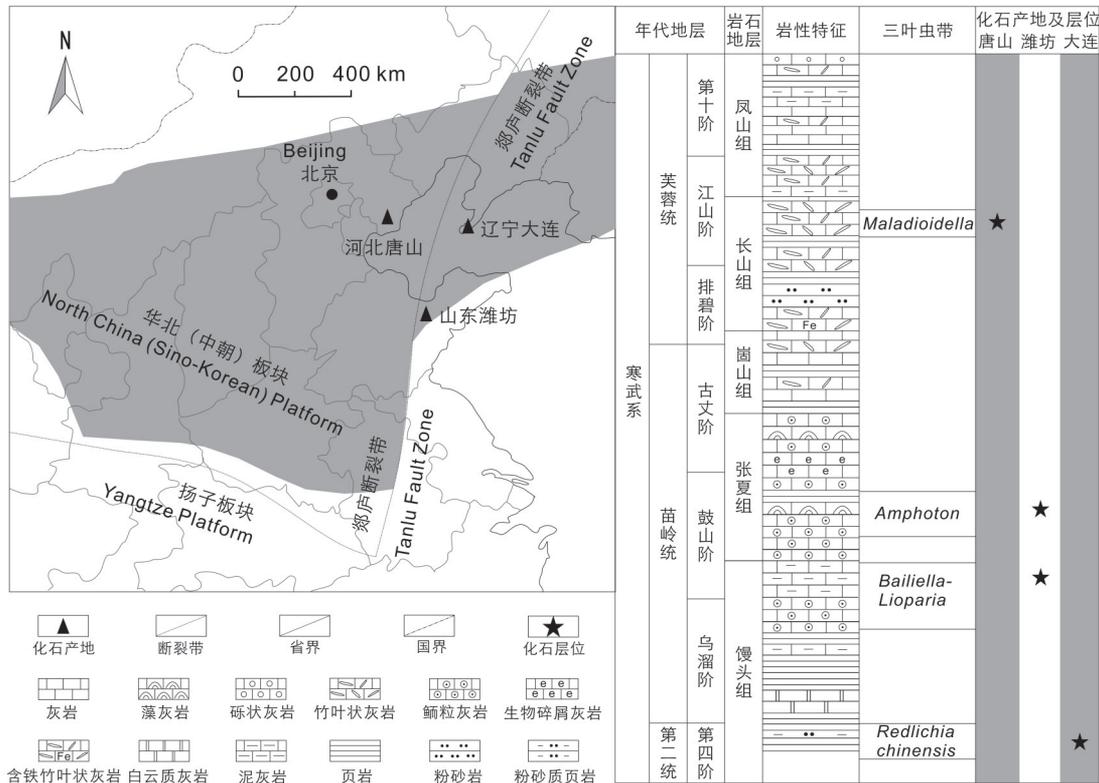


图1 化石产地及层位图(修改自卢衍豪等,1982;河北省地质矿产局,1989;项礼文等,1999;彭善池,2009;韩作振等,2009;孙智新等,2018)

Fig. 1 Location map of studied sections and fossil bearing horizons

黄绿色页岩中,同层位产出的三叶虫属于 *Bailiella-Lioparia* Zone,是馒头组最顶部的三叶虫带,因此, *Chancelloria* 地质时代为寒武纪苗岭世乌溜期最晚期(图1;彭善池,2009;袁金良等,2012)。*Chancelloria* 的离散骨片(标本号为 SDUST-WDS-C1)产于张夏组深灰色中厚层灰岩中,同层位产出的三叶虫属于 *Amphoton* Zone。因此, *Chancelloria* 地质时代为寒武纪苗岭世鼓山期(图1;彭善池,2009;袁金良等,2012)。

河北省唐山市开平区的凤山剖面为“凤山组”的标准剖面(孙云铸,1924),本文唐山标本产自该剖面凤山组之下的长山组。长山组已经和凤山组合并为炒米店组(张增奇和刘明渭,1996),但唐山地区长山组和炒米店组定义相差较大,故本文暂用“长山组”。“长山组”下部紫红色竹叶状灰岩夹页岩,上部灰色灰岩、砾屑灰岩夹灰色、黄绿色页岩。*Chancelloria* (标本号为 SDUST-TS-C1, TS代表唐山)产于“长山组”薄层灰岩中,属于三叶虫带 *Maladioidella* Zone,因此,其地质时代为寒武系芙蓉统江山阶(图1)(彭善

池,2009)。该层位是目前 *Chancelloria* 在中国产出的最高层位,也是世界上最高的产出层位之一,目前只有伊朗北部地区中寒武世底部至晚寒武世的 Mali 组第三段曾有过 *Chancelloria* 的化石报道(Mostler and Mostler-Yazdi, 1976; Hamdi et al., 1995)。

3 系统古生物学

门纲未定 Phylum and Class uncertain

开腔骨目 Order Chancelloriida Walcott, 1920

开腔骨科 Family Chancelloriidea Walcott, 1920

开腔骨属 Genus *Chancelloria* Walcott, 1920

模式种 *Chancelloria eros* Walcott, 1920 (正模标本基于完整外骨骼化石建立)。

特征 个体呈细长杯状或袋状,具有星射状或玫瑰花瓣状骨片组成的外骨骼。骨片经常呈辐射对称,尺寸变化较大,多数情况下为几毫米至十几毫米,最常见的骨片具有1个中央射骨(中央圆盘),5~8个侧射骨,侧射骨环绕中央射骨形成

玫瑰花瓣状骨片。也有无中央射骨，3~4个侧射骨的骨片。以上属征参照 Bengtson 和 Collins (2015)。

时代及分布 寒武纪；遍布世界各主要板块。

开腔骨 (不定种) *Chancelloria* sp. indet.

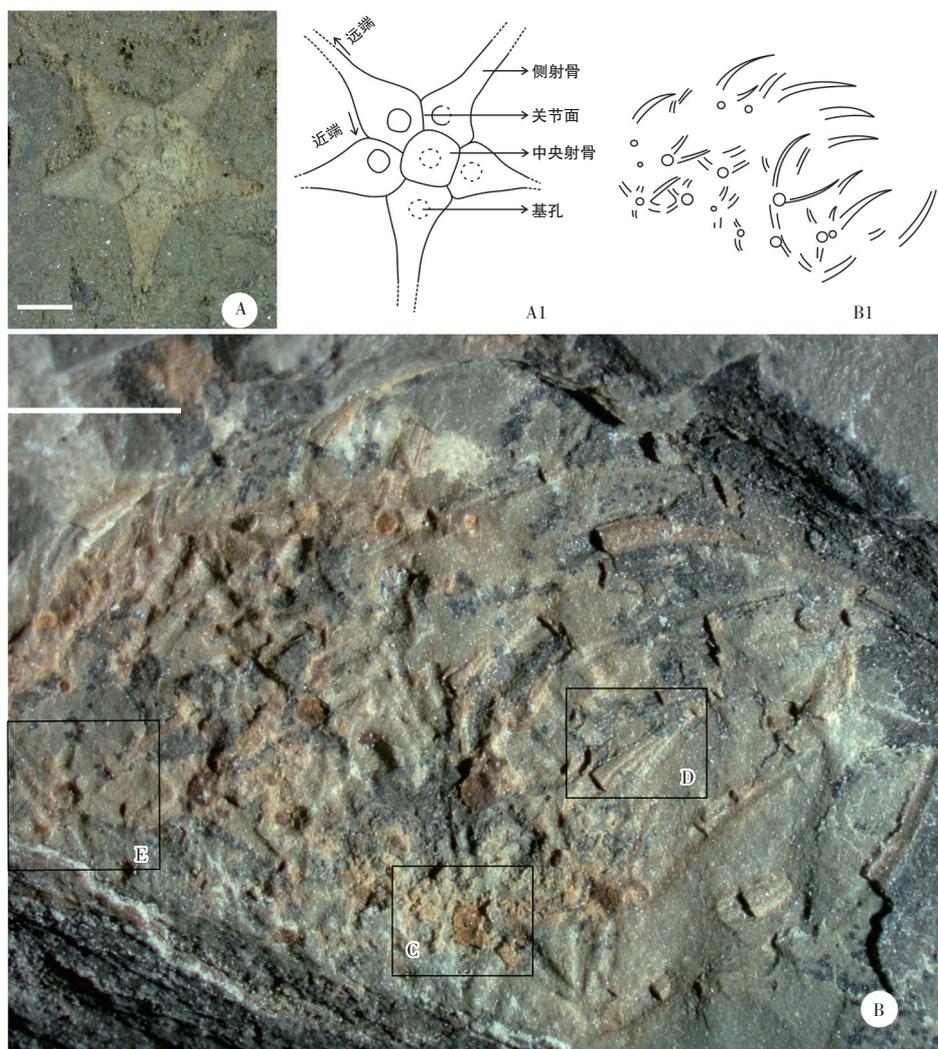
(图2, 3)

材料 3块标本为离散骨片，标本号为SDUST-WDS-C1, SDUST-DL-C1, SDUST-TS-C1。1块标本为不完整的骨片集合体，标本号为SDUST-WDS-C2。

描述 标本分别来自以上三个产地。

(1) 辽宁大连寒武系馒头组底部黄绿色页岩的骨片 (标本号: SDUST-DL-C1) (图2A) 呈五角星状，由5个侧射骨和1个中央射骨组成 (5+1

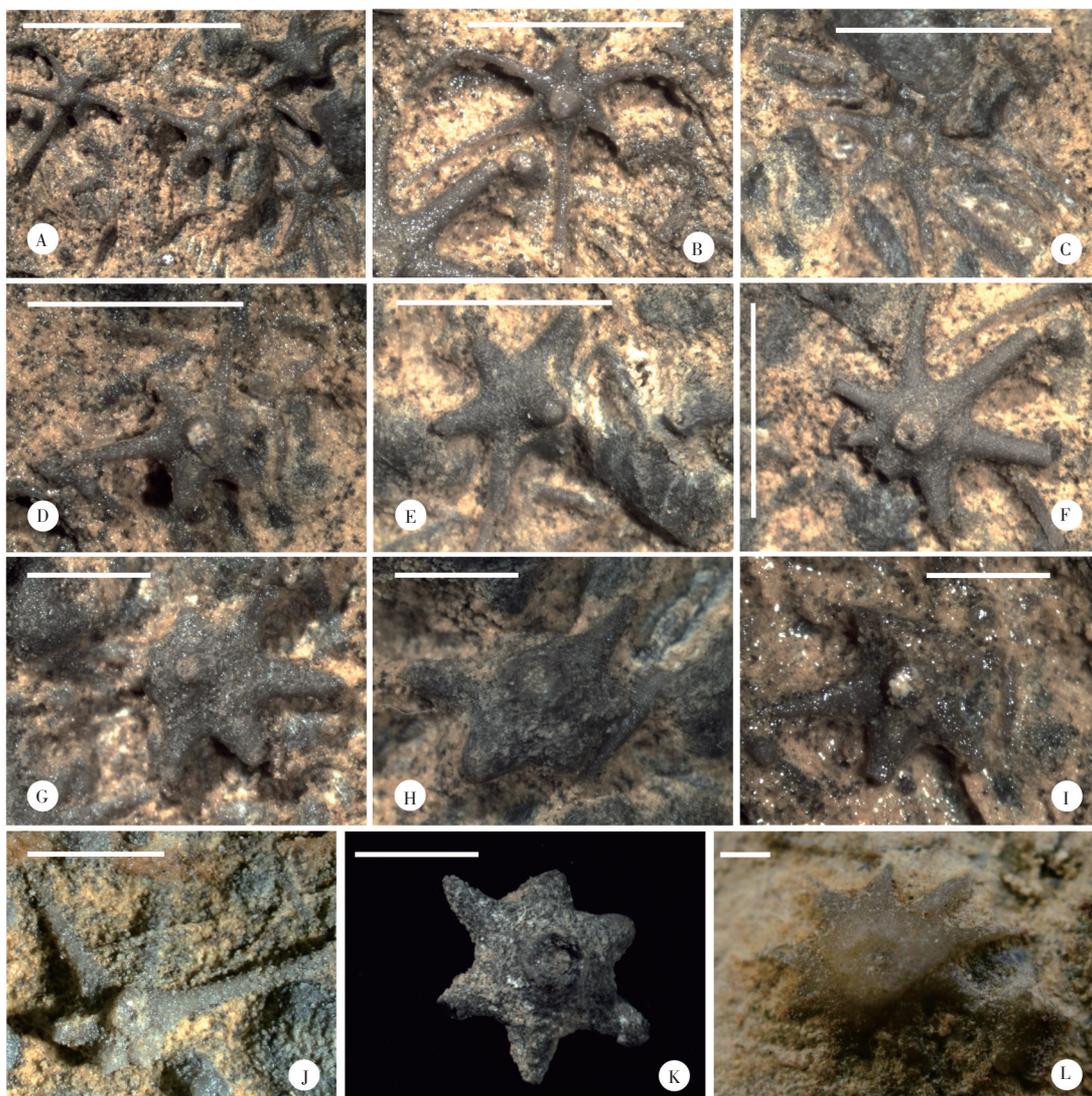
型) (表1)，射骨壁薄，壳壁原始成分为碳酸钙质 (Bengtson et al., 1990)。各侧射骨环绕中央射骨在同一平面 (前人称其为基面) 呈放射状生长，基面平整，可清晰地见到各个射骨相互铰接 (前人称射骨相互铰接的位置为基部)。射骨从基部 (近端) 向远离基部方向 (远端) (图2A1) 均匀变细，中央射骨基部呈圆形至五边形。所有射骨均在远端断裂，推测射骨原本细长，向外伸长时远端弯曲，与基面形成较大角度而断裂。骨片呈复合状，最大宽度约5 mm (表1) (长度测量基于远端断裂的射骨)，各个射骨形态以及大小基本相同，外形近于辐射对称。可见射骨基部生长一个



(A) 辽宁大连双山剖面馒头组中的 *Chancelloria* sp. indet. 骨片, 标本号 SDUST-DL-C1, A1 为 A 素描图及术语; (B) 山东潍坊五党山剖面馒头组中的 *Chancelloria* sp. indet. 骨片集合体, 标本号 SDUST-WDS-C2, B1 为 B 素描图; (C) 骨片基部的圆形突起; (D) 为射骨中间的纵向凹槽; (E) 5个侧射骨环绕1个中央射骨; 图片上的比例尺均为1 mm

图2 华北地区寒武系馒头组页岩中的 *Chancelloria* 骨片

Fig. 2 *Chancelloria* sclerites from shale of the Manto Formation of Cambrian, North China



A-K: 标本号 SDUST-WDS-C1, *Chancelloria* sp. indet. 离散骨片, 产于山东潍坊五党山剖面张夏组灰岩中, 拍摄于标本湿的状态下; A 为 B-E 的整体; L: 标本号 SDUST-TS-C1, *Chancelloria* sp. indet. 离散骨片, 产于河北唐山凤山剖面“长山组”灰岩中; 图片上的比例尺均为 5 mm

图 3 华北地区寒武系灰岩中的 *Chancelloria* 骨片
Fig. 3 *Chancelloria* sclerites from Cambrian limestones, North China

表 1 *Chancelloria* sp. indet 骨片测量 (mm)

Table I Measurements of *Chancelloria* sclerites (sp. indet) (mm)

产地及层位	标本号	最大宽度	射骨数量	中央射骨直径	侧射骨长度
唐山, 寒武系“长山组”	SDUST-TS-C1	27	9+?	未见	5~6
潍坊, 寒武系张夏组	SDUST-WDS-C1	6~8	6~7+1	1~1.5	4~6
潍坊, 寒武系馒头组	SDUST-WDS-C2	>4	5+1 (部分无法辨别)	0.5	4~5 (部分无法辨别)
大连, 寒武系馒头组	SDUST-DL-C1	5	5+1	1	>1

基孔 (图 2A)。

(2) 山东潍坊寒武系馒头组顶部黄绿色页岩的标本 (SDUST-WDS-C2) (图 2B) 为不完整的骨片集合体, 保存较差。体表骨片密集分布, 相互叠覆, 骨片分布无明显的规律性。射骨呈弯曲长

刺状, 约 4~5 mm 长, 0.5 mm 宽, 多数射骨在保存过程中发生断裂。骨片基部可见深褐色的圆形突出物 (图 2C), 直径约为 0.5 mm。由于标本保存较差, 大部分骨片形态无法辨别, 隐约可见 5+1 型骨片 (图 2E) (表 1)。所有弯曲的射骨均向同一方向

伸出,大致呈花束状,可能为顶簇(开腔骨类顶部)或是外骨骼边缘的部分。部分射骨中间可见一段细长的纵向凹槽(图2D),推测为原本内部中空的射骨因埋藏时期的压实作用所致,进一步证实了 *Chancelloria* 射骨具有中空的内腔(有时候埋藏期会被磷酸盐矿物充填),这也是前人将其归为腔骨动物纲的重要依据。

(3) 山东潍坊寒武系张夏组中厚层灰岩中的骨片(SDUST-WDS-C1)(图3A-K)射骨数量不同,B-D,J,L为6+1型,F为7+1型(表I),E,G,H,I骨片破碎。射骨横截面为圆形,各侧射骨在基面呈放射状生长,基面平整,中央射骨垂直于侧射骨,所有射骨在基部相互铰接,大部分射骨只保留了基部,远端断裂,与标本SDUST-DL-C1相似。骨片宽度约6~8 mm(表1),外形近辐射对称,可见骨片复合结构(图3J),未见基孔,可能位于骨片背部。射骨壁厚约0.05 mm,可见射骨内腔被与宿主地层相同的碎屑物质充填(图3H,K),因此推测该生物射骨内腔原本为中空的。

(4) 河北唐山地区寒武系“长山组”薄层灰岩中的骨片(DUST-TS-C1)(图3L)具有9个侧射骨,未见中央射骨和基孔,可能位于骨片背部。骨片保存较好,直径约27 mm,外形辐射对称。各侧射骨在同一平面呈放射状生长,侧射骨短粗,约5~6 mm长(表1),呈锥状。基部发育较好,基面中心具有一个疣状物。未见射骨之间具有明显的铰接结构。

比较 标本SDUST-DL-C1和SDUST-WDS-C1与 *Chancelloria eros* (Bengtson and Collins, 2015, 12页,图10)的5~7+1型骨片极为相似,均近似辐射对称,射骨数量相同,多数为细长骨针状,尺寸相似,均可见到骨片复合结构。此外, *Chancelloria eros* 产出于寒武系苗岭统的布尔吉斯页岩生物群(505 Ma),产出时代与SDUST-WDS-C1一致,略晚于SDUST-DL-C1;不同的是 *Chancelloria eros* 中央射骨细长,而本文描述的化石中央射骨普遍保存较差,无法确认其长度,本文根据其骨片形态将其置于 *Chancelloria* 属。

SDUST-WDS-C2与 *Chancelloria eros* 的完整外骨骼(Bengtson and Collins, 2015, 12页,图10)相比,骨片尺寸、射骨弯曲形态十分相似,并且二者产出时代一致,但是SDUST-WDS-C2外骨骼保存

不完整,本文根据其具有侧射骨环绕中央射骨的骨片形态(图2E),暂将其置于 *Chancelloria* 属。

SDUST-TS-C1骨片尺寸较大,产出时代较晚,与前人报道的形态区别较大。SDUST-TS-C1与 *Chancelloria eros* (Bengtson and Collins, 2015, 10页,图1)相比,相似之处为骨片形态均为辐射对称;不同之处为SDUST-TS-C1骨片尺寸较大,基面面积较大,侧射骨数量较多,并且侧射骨属于短粗型,而 *Chancelloria eros* 射骨形态呈细长针状。SDUST-TS-C1与 *Chancelloriella irregularis* (开腔骨类 *Chancelloriella* 属模式种)相比,较多的侧射骨数量、相对宽阔的基部具有一定相似性,但 *Chancelloriella irregularis* 骨片尺寸较小,通常骨片形态不规则,多数两侧对称而不是辐射对称,且多出现于寒武纪梅树村期(Moore et al., 2013),而SDUST-TS-C1产出于寒武系芙蓉统。本文依据其骨片形态暂将其置于 *Chancelloria* 属。

讨论 关于开腔骨类的分类学研究,一直以来有不同观点。*Chancelloria* 的离散骨片形态变化较大,射骨形态、数量区别较大,分类可靠性差,目前多数为不定种。*Chancelloria* 中央射骨可呈圆盘状(朱才伐等, 2003; Bassett-Butt, 2015)、短粗按钮状(Moore et al., 2013)以及细长骨针状,也有无中央射骨的骨片出现(Bengtson and Collins, 2015)。并且在同一个开腔骨个体内的骨片之间形态、大小可能不同,如 *Chancelloria eros* 同时具有3~4+0型和5~7+1型骨片(Bengtson and Collins, 2015),在部分开腔骨类 *Allonnia* 属个体中,顶簇位置的骨片尺寸大于固着端(Cong et al., 2018; Zhao et al., 2018)。因此关于是否可以依据开腔骨类离散骨片定种的观点目前存在争议。本文将标本SDUST-DL-C1, SDUST-WDS-C1, SDUST-TS-C1暂定为 *Chancelloria* sp. indet.。标本SDUST-WDS-C2由于只保留了外骨骼边缘部分,未见完整个体形态,无法准确鉴定出种,因此将其定为 *Chancelloria* sp. indet.。

产地与层位 标本SDUST-DL-C1产于辽宁大连市复州湾镇双山剖面馒头组,寒武系第二统第四阶;标本SDUST-WDS-C2产于山东潍坊市潍城区五党山馒头组,寒武系苗岭统乌溜阶;标本SDUST-WDS-C1产于山东潍坊市潍城区五党山和张夏组,寒武系苗岭统鼓山阶;标本SDUST-TS-C1产

于河北唐山市开平区双桥镇冶里村凤山剖面“长山组”，寒武系芙蓉统江山阶。

4 讨论

(1) 关于开腔骨类动物的皮肤结构出现一些讨论。Bengtson 等 (2001) 提出，开腔骨类由矿化的骨片和非矿化的皮肤组织构成，皮肤分布在骨片之间，骨片裸露在外部。Janussen 等 (2002) 认为开腔骨类的骨骼外部具有细胞表皮层，因此为嵌入型内骨骼生物。Bengtson 等 (2015) 依据布尔吉斯页岩的开腔骨类标本，认为没有证据表明骨片嵌入在皮肤下面。Yun 等 (2017) 发现开腔骨类异射骨属 (*Allonnia*) 标本骨片之间具有横向分布的微小褶皱，并推测是弹性的皮肤组织。本文描述的标本未见骨片被软体组织或皮肤包裹的现象，其中，SDUST-WDS-C2 (图 2B) 保存了该生物外骨骼边缘部分，可见伸出的射骨裸露在外部，应该不属于嵌入型内骨骼生物。

(2) 关于开腔骨类骨片结构的演变前人研究较少。Moore 等 (2013) 通过比较不同时代开腔骨类骨片的复合结构时发现：目前世界上最早的开腔骨类化石记录大致出现在中国的寒武纪梅树村期早期 (即国际上的寒武纪 Tommotian 早期)，这些骨片通常具有浑圆的关节面 (即射骨相互铰接的面)，骨片的射骨大小不一，形态不规则，每个射骨更像是一个独立的个体，说明早期的骨片结构松散，整合程度较低，组织较差。

而产出时代相对较晚 (早寒武世晚期—中寒武世) 的骨片则关节面平整，说明射骨之间铰接更加紧密；骨片辐射对称，形态规则，体现了骨片组织程度较好，结构稳定。因此 Moore 等 (2013) 认为开腔骨类骨片的复合结构是在该类生物进化过程中由分散的单元逐渐整合而成的。关于早期开腔骨类的骨片结构松散这一现象，钱逸等 (2000) 也曾有过发现，产于我国湖北房县、陕西西乡的下寒武统灯影组顶部西嵩坪段的“瓶状微化石” *Cambrothyra* 与开腔骨类的 1+0 型骨片极为相似，应视为开腔骨类的“散架骨片”，这些“散架骨片”应是离散骨片的单枝。

本文讨论的标本来自寒武纪第四期—江山期，这些标本与寒武纪早期的开腔骨类相比，骨片的关节面从浑圆趋于平整 (图 2A)，骨片呈辐射

对称，射骨大小基本相同，形态越来越规则 (图 3)，体现了骨片随时间具有整合程度提升的趋势 (见上文描述部分)，进一步印证了前人对开腔骨类动物骨片结构演化的认识。此外，通过比较本文以及前人描述的标本，发现开腔骨类骨片的长度和直径有随时间逐渐增大的趋势 (表 1)。

致谢： 山东科技大学地球科学与工程学院吕大炜、孟元库老师提出宝贵建议，本科生地质工程 2015 级一班唐重阳、水文与水资源工程 2015 级二班王雪瑞等协助采集标本，硕士研究生 2016 级硕研一班魏宁帮助标本拍摄，在此一并感谢。

参考文献 (References)

- 段吉业, 安素兰, 刘鹏举, 等. 2005. 华北板块东部寒武纪地层、动物群及古地理[M]. 北京: 雅圆出版社.
- 冯伟民, 钱逸, 戎治权. 1994. 河南叶县下寒武统辛集组单板类和腹足类化石的研究[J]. 微体古生物学报, 11(1): 1-19.
- 韩作振, 陈吉涛, 张晓蕾, 等. 2009. 鲁西寒武系第三统张夏组附枝菌与附枝菌微生物灰岩特征研究[J]. 地质学报, 83(8): 1097-1103.
- 河北省地质矿产局. 1989. 河北、北京和天津区域地质志[M]. 北京: 地质出版社.
- 刘琦, 黄迪颖, 龚一鸣. 2012. 河南鹤壁寒武纪馒头组海绵化石[J]. 地球科学——中国地质大学学报, 37(2): 129-135.
- 李国祥. 1999. 四川峨眉寒武纪早期的 Chancelloriids[J]. 古生物学报, 38(2): 238-247.
- 卢衍豪, 朱兆玲, 张进林, 等. 1982. 河北唐山晚寒武世地层的再研究[J]. 地层学杂志, (2): 85-91.
- 牛绍武, 张鹏远, 孙淑芬, 等. 2016. 多门类化石在内蒙古白云鄂博群中的发现与宽沟群的建立[J]. 地质通报, 35(11): 1753-1770.
- 潘兵, 苗玉兰, 杨慧宁, 等. 2015. 陕西洛南下寒武统辛集组疑难管状化石[J]. 微体古生物学报, 32(S4): 384-395.
- 彭善池. 2009. 华南斜坡相寒武纪三叶虫动物群研究回顾并论我国南北寒武系的对比[J]. 古生物学报, 48(3): 473-452.
- 钱逸. 1999. 中国小壳化石分类学与生物地层学[M]. 北京: 科学出版社.
- 钱逸, 孙卫国, 何廷贵, 等. 2000. 陕南、鄂西下寒武统西嵩坪段“瓶状微化石”再研究[J]. 古生物学报, 17(3): 317-326.
- 孙云铸. 1924. 中国北部寒武纪动物化石[M]. 农商部地质调查所.
- 孙智新, 袁金良. 2015. 华北地台寒武系第三统潍坊生物群[G]. 中国古生物学会第 28 届学术年会论文摘要集: 56-57.
- 孙智新, 王平丽, 赵方臣, 等. 2018. 山东东平寒武系馒头组顶部胸针球接子[J]. 古生物学报, 57(3): 287-294.
- 谭励可, 于明旭. 1997. 内蒙古赤峰红花沟原太古宙中的微体化石及其意义探讨[J]. 地质论评, 43(1): 33-44.
- 王雨楠, 黄迪颖, Lieberman B S. 2010. 山东寒武系馒头组等刺虫化石的发现[J]. 古生物学报, 49(3): 398-406.
- 项礼文, 朱兆玲, 李善姬, 等. 1999. 中国地层典—寒武系[M]. 北京: 地质出版社.
- 袁金良, 李越, 穆西南, 等. 2012. 山东及邻区张夏组 (寒武系第三统) 三叶虫动物群[M]. 北京: 科学出版社.

- 岳昭, 高志林, 乔秀夫, 等. 1990. 吉林通化地区寒武系底界时代及下寒武统沉积环境探讨[J]. 地质论评, 36(3): 229-237.
- 张鹏远, 李双庆, 王长尧, 等. 1993. 白云鄂博地区地质构造特征[G]. 天津地质矿产研究所刊: 1-86.
- 张增奇, 刘明渭. 1996. 山东省岩石地层[M]. 武汉: 中国地质大学出版社.
- 朱才伐, 董熙平, 陈孟莪. 2003. 湖南花垣中寒武世晚期开腔骨类化石[J]. 北京大学学报, 39(5): 716-726.
- 周志强, 曹宣铎, 赵江天, 等. 1996. 祁连山东部早古生代地层和沉积-构造演化[J]. 西北地质科学, 17(1): 1-58.
- Bengtson S and Collins D. 2015. Chancelloriids of the Cambrian burgess shale [J]. *Palaeontologia Electronica*, 18(1.6A): 1-67.
- Bengtson S, Conway Morris S, Cooper B J, et al. 1990. Early Cambrian fossils from South Australia [G]. *Memoir 9 of the Association of Australian Palaeontologist*: 364.
- Bengtson S and Missarzhevsky V V. 1981. Coeloscleritophora—a major group of enigmatic Cambrian metazoans [J]. *US Geological Survey*, 21: 19-21.
- Beresi M S and Rigby J K. 1994. Sponges and chancelloriids from the Cambrian of western Argentina [J]. *Journal of Palaeontology*, 68(2): 208-217.
- Bassett-Butt L. 2015. Systematics, biostratigraphy and biogeography of brachiopods and other fossils from the middle Cambrian Nelson limestone [J]. *Antarctica, GFF*, 138(3): 377-392.
- Bengtson S and Hou X G. 2001. The integument of Cambrian chancelloriids [J]. *Acta Palaeontol.*, 46(1): 1-22.
- Cong P Y, Harvey T H P and Williams M. 2018. Naked chancelloriids from the lower Cambrian of China show evidence for sponge-type growth [J]. *The Royal Society*, 285: 1-7.
- Demidenko Y E. 2000. New chancelloriids sclerites from the lower Cambrian of South Australia [J]. *Paleontological Journal*, 34(4): 20-24.
- Elliott D K and Martin D L. 1987. *Chancelloria*, an enigmatic fossil from the Bright Angle shale (Cambrian) of Grand Canyon, Arizona [J]. *Journal of the Arizona-Nevada Academy of Science*, 21(2): 67-72.
- Hamdi B, Rozanov A Y and Zhuravlev A Y. 1995. Latest middle Cambrian metazoan reef from northern Iran [J]. *Geological Magazine*, 132(4): 367-373.
- Hong J S, Choh S J and Lee D J. 2016. Distribution of chancelloriids in a middle Cambrian carbonate platform deposit, Taebaek Group, Korea [J]. *Acta Geologica Sinica*, 90(3): 783-795.
- Janussen D, Steiner M and Zhu M Y. 2002. New well-preserved scleritomes of chancelloridae from the early Cambrian Yuanshan Formation (Chengjiang, China) and the middle Cambrian wheeler shale (Utah, USA) and paleobiological implications [J]. *Paleontological Society*, 76(4): 596-606.
- Lee B S. 2006. Skeletal microfossils from the lower and middle Cambrian of southwestestern Mongteong, Korea [J]. *The Paleontological Society of Korea*, 22(2): 293-303.
- Moore J L, Li G X and Porter S M. 2013. Chancelloriid Sclerites from the lower Cambrian (Meishucunian) of eastern Yunan, China, and the early history of the group [J]. *Palaeontology*, 57(4): 833-878.
- Mostler V H and Mosleh-Yazdi A. 1976. Neue poriferen au sober kambrischen gesteine der Mali Formation in Elburzgebirge (Iran) [J]. *Geol Palaont Mitt Innsbruck*, 5(1): 1-26.
- Randell R D, Lieberman B S, Hasiotis S T, et al. 2005. New chancelloriids from the Early Cambrian Sekwi Formation with a comment on chancelloriid affinities [J]. *Paleontological Society*, 79(5): 987-996.
- Walcott C D. 1920. Middle Cambrian Spongiae, Smithson [J]. *Misc. Cllins*, 67: 261-364.
- Wang P L, Sun Z X and Yuan J L. 2014. Preliminary study on an exceptionally well preserved fauna from the Mantou Formation, Cambrian Series 3, Weifang City Shandong [G]. Nanjing: Nanjing University Press: 185-188.
- Yun H, Zhang X L and Li L Y. 2017. Chancelloriid *Allonnia erjiensis* sp. nov. from the Chengjiang Lagerstatten of South China [J]. *Journal of Systematic Palaeontology*, 16(5): 435-44.
- Yun H, Zhang X L, Li L Y, et al. 2016. Skeletal fossils and microfacies analysis of the lowermost Cambrian in the southwestern margin of the North China Platform [J]. *Journal of Asian Eastern Sciences*, 129: 54-66.
- Zhao J, Li G B and Selden P A. 2018. New well-preserved scleritomes of chancelloriida from early Cambrian Guanshan biota, eastern Yunan, China [J]. *Journal of Paleontology*, 43: 1-17.