

华南兰多维列世几种磷灰质微体化石*

王 成 源

(中国科学院南京地质古生物研究所)

磷灰质硬体存在于现代和地质历史中, 早古生代的一些磷灰质生物硬体可以作为化石保存下来。在志留纪常见的磷灰质微体化石或磷灰质化石碎片中, 有牙形刺、无颌类的鳞片、锥石、无铰纲腕足类、环节动物多毛纲的虫管, 节肢动物(鲎类、剑尾目、光甲目等), 似软舌螺, 一些分类地位不明的小壳化石和其他未知类别经过磷酸岩矿化作用而形成的磷灰质化石。

早古生代的一些零星的、分散的磷灰质骨片, 早为古生物学家所瞩目。这些磷灰质微体化石, 由于只是残片, 不能窥其全貌, 所以在鉴定、研究时都有一定的困难, 但它对探讨多种生物的起源和演化历史却是至关重要的。尽管多数磷灰质骨片产地零星、数量亦少, 但古生物学家仍对这些少有的磷灰质骨片做了仔细的观察和描述, 并对其分类位置进行了多方面的探讨, 特别是那些涉及早期脊椎动物化石记录的磷灰质微体化石。虽多数骨片均小于 2 mm, 但这些微体化石的记述是相当详尽的。已知北美奥陶纪鱼的磷灰质骨片产地有 13 处 (Nitecki *et al.*, 1975), 而世界有关异甲鱼类 *Anatolepis* 的上寒武统的产地只有一处 (Repetski, 1978)。

本文记述的 *Hadimopanella*, *Anatolepis*? 和几枚无颌类鳞片, 可能将我国脊椎动物的化石记录下延到兰多维列世早期, 代表目前我国已知的脊椎动物化石的最低层位。

Hadimopanella 是一疑难化石, 至目前为止它仅发现于土耳其 (Gedik, 1977, 1989), 西伯利亚 (Bengtson, 1977), 斯匹茨卑尔根 (Wrona, 1982), 西班牙 (Van den Boogaard, 1983), 格陵兰 (Peel and Larsen, 1984), 斯堪的纳维亚半岛 (Berg-Madsen, 1985), 爱沙尼亚和吉尔吉斯 (Märss, 1988) 的下寒武统和中寒武统以及寒武-奥陶系界线地层中, 在 南极洲西部中新世的冰川漂砾中也发现此属 (Wrona, 1987)。本文描述的 *Hadimopanella silurica* sp. nov. 不仅是此属在中国的首次报道, 也是此属在世界志留纪的唯一纪录, 它扩大了此属的地质地理分布。自 *Hadimopanella* 发现至今, 古生物学家普遍认为它是某种动物的外皮骨片 (external dermal sclerites, Bengtson, 1977; Wrona, 1982; Märss, 1988)。骨片的底部与边缘附在软体组织内, 而有瘤节的冠盖 (Capping) 则露在软体组织之外。但他们同时认为 *Hadimopanella* 与早期的脊椎动物, 特别是无颌类的骨骼相似, 均有三层微细构造。骨片的海绵状中层结构与异甲类的骨片中层组织相似。在 *Kaimenella* (属 *Hadimopanellidae* 科) 的底层有较大的孔, 与早期的鱼 *Poracanthodes* 和 *Tylodus* 的鳞片也相似, 但由于缺少齿质管 (dentinal tubules) 又很难归于无颌类。不过 *Hadimopanella* 仍有可能是某种异甲类的体鳞。我国古鱼类专家王念忠, 在看到本文描述的标本图片后, 认为可能是盾皮鱼类的鳞片(私人通信)。

* 国家自然科学基金 4870090 项目资助, 为中英志留纪研究项目的阶段成果之八。

Hadimopanella silurica 是一种新种,不仅在时代上与 *Hadimopanella* 的所有已知种不同,在构造上也不同于所有已知种。个体较大,瘤节大小不一,分布不规则,无边缘放射线,内部有水平层,均是新种的重要特征。

本文记述的 *Hadimopanella silurica* 仅知 1 个产地,即陕西宁强石嘴子沟莫家附近的王家湾组。与牙形刺 *Hadrognathus staurognathoides*, *Spathognathodus guizhouensis*, *S. parahasi* 产于同一层位,大致相当于特列奇阶的 *Monograptus crispus* 带。

Anatolepis? 可能是异甲类,它有异甲类常见的 3 层结构。但 *Anatolepis*? 常见的标本,仅是一些破碎的磷灰质瘤节骨板,大小一般也不超过 2 mm。对这样小的骨板要解决分类地位是困难的。Voronin *et al.* (1982) 报道蒙古的 *Maikhanella multa* Zhegallo 的瘤节骨板同样有不规则的瘤节,但个体大得多。Nowlan *et al.* (1985) 描述了加拿大育空地区的前寒武系-寒武系界线层上的几种瘤节骨板,其中瘤节骨板 A 和 B,表面均有不规则的瘤节,而底面光滑或有起伏,他们认为这些骨板的分类地位不清,但与 Hoare *et al.* (1983) 描述的多板纲 (Polyplacophoran) 的尾板很相似。类似的瘤节骨板同样见于美国的奥陶系。

本文记述的瘤节骨板同样是很小的,无论在形态还是在构造上,均与 Repetski (1978) 描述的美国 Wyoming 州上寒武统的异甲类 *Anatolepis* cf. *A. heitzi* 相似。*Anatolepis* 是 Bockelie 和 Fortey (1976) 根据斯匹茨卑尔根的磷灰质瘤节骨板建立的。自建立起,多数人认为它是无颌类中的异甲鱼类,但最近 Susan Turner 给笔者的信中认为 *Anatolepis* 也可能是某种节肢动物的残片,她也将本文描述的瘤节骨板鉴定为 *Anatolepis*。王念忠则认为可能是盾皮鱼类或总鳍鱼类的骨片(私人通信)。Bengtson 在给作者的信中认为,要考虑本文记述的 *Anatolepis*? 是锥石体壁的可能性。

本文同样记述了另 3 个鳞片,鳞片 A 和 C 具有较典型的花鳞鱼类鳞片的特征,而鳞片 B 也具有无颌类鳞片的特征。由于这 3 个鳞片每种只有一个标本,暂不能切片研究其内部构造。*Anatolepis*? sp. 和鳞片 C 均产自贵州石阡香树园组,与牙形刺 *Spathognathodus abruptus*, *Distomodus* sp., *Panderodus* sp., *Belodella* sp. 等化石共存,时代为兰多维列世埃隆期 (Aeronian) 中晚期。

我国志留纪脊椎动物,主要是鱼形动物(无颌类和鱼类)化石,已有一定的研究基础。据潘江(1986)总结,中国志留纪脊椎动物均为区域性分子,已有 9 属 16 种,并可建立 6 个化石组合。但是以往的所有研究均限于志留纪脊椎动物大化石,对于志留纪脊椎动物微体化石只是在最近才涉及到(王念忠、董致中,1989)。按已有资料,我国脊椎动物化石的最低层位是溶溪组上部,即发现属无颌类多鳃鱼目的湖南大庸鱼 (*Dayongaspis hunanensis*) 的层位(潘江、曾祥渊,1985)。

王家湾组中的 *Hadimopanella silurica* sp. nov. 及其他鳞片,可能也是区域性分子,它与 *Dayongaspis* 的关系不清,因为 *Dayongaspis* 及其相关的鱼的鳞片,至今还没有描述,无从对比。王家湾组与溶溪组时代相当,即 *Hadimopanella silurica* sp. nov. 与鳞片 A 和 C 之时代与 *Dayongaspis* 一致。

贵州石阡香树园组异甲类 *Anatolepis*? sp. 和无颌类鳞片 B 的发现,使我国脊椎动物化石的时代下延至志留纪早期。相信在不久的将来,会在我国的奥陶纪、寒武纪地层发现脊椎动物的磷灰质微体化石。也可能业已发现,但当作其他化石来记述,因为笔者怀疑,已发表的寒武纪的某些小壳化石,可能就是无颌类的鳞片,尚待进一步研究。

一、化石描述

门、纲、目未定

哈地莫潘骨片科 *Hadimopanellidae* Märss, 1988*

(?= *Utahphosphidae* Wrona, 1987)

特征 带有圆或长圆形磷灰质骨片的疑难动物,骨片上方表面带有瘤节,有一边缘,下表面有稀疏的孔,此科仅知 2 属: *Hadimopanella* Gedik, 1977 和 *Kaimenella* Märss, 1988。

哈地莫潘骨片属 Genus *Hadimopanella* Gedik, 1977

1977 *Lenargyrion* n.g., Bengtson, p. 753.

模式种 *Hadimopanella oezgueli* Gedik, 1977

特征 小的磷灰质骨片,形状圆到椭圆,底面平或微凸,上面呈锥状,其表面有小的瘤节,边缘有平的边缘带。内部由 3 层构成,中部物质多孔。上方冠盖由瘤节面 (nodular surface) 和围坡 (girdle) 构成。冠盖较致密,色深,似珧琅质。骨片下方有水平的底层,常不保存。

讨论 *Hadimopanella* 最早发现于土耳其 (Gedik, 1977) 和西伯利亚 (Bengtson, 1977) 的早寒武世。Bengtson (1977) 认为它是某种疑难动物的外皮骨片。而后 Van den Boogaard (1983) 在西班牙中寒武统发现了大量的 *Hadimopanella oezgueli*, 对其形态构造进行了细致的描述,但对其分类地位没有提出看法,仍作为疑难化石。Märss (1988) 描述了爱沙尼亚寒武-奥陶系界线层上的 *Hadimopanella* 和新属 *Kaimenella* Märss, 1988, 并建立新科 *Hadimopanellidae* Märss, 1988, 他认为 *Hadimopanella* 具有早期脊椎动物即无颌类的骨片特征,但它的归属仍不确定。他指出了 *Hadimopanella* 骨骼的 3 层结构特征及其与异甲类的相似性。*Kaimenella reticulata* 的骨片可区分出 3 层: 下部的网状层,中部的海绵状核蕊和上方的似珧琅质层。下面的层状底层经常不保存。

Wrona (1982) 认为 *Hadimopanella* 的核蕊来源于中皮层 (mezodermal), 而上覆的珧琅质层则来源于外皮层 (ectodermal)。*Hadimopanella* 可能为盾甲类的鳞盾 (aspidin; Gross, 1967), 也可能是异甲类的鳞盾 (Tarlo, 1961)。

Bengtson (1977) 在讨论 *Lenargyrion* 的骨片功能时认为,上方的似珧琅质层较紧密,可能是脊椎动物的皮齿 (odontodes=dermal teeth), 起保护作用,利于推进运动或捕捉食物。作为皮骨片 (dermal sclerites) 其宽阔的基部有利于锚定在皮层上,而其上的瘤节则增加摩擦力。按 Bengtson (1977) 的设想,所有骨片都是上方外露,但并不相接。不同骨片的上方,大致在体壁的同一平面上。在骨片内没见到生长节律或生长层。另一种解释是,骨片可能是某种钻孔动物的口盖,但这种可能性是很小的。骨片可能是早期脊椎动物的皮齿,但在骨片内缺少齿质管,又不可能将其归入无颌类,当然也可以假定,它与脊椎动物骨骼组织是异体同源 (homology)。

* Boogaard, 1989 认为 *Hadimopanella* 应归 *Utahphosphidae* Wrona, 1987, 但 Gedik, I (1989) 认为 *Hadimopanellidae* 科有效。

骨片的分类位置悬而未决, 骨片的形态构造表现出它与原始的脊椎动物外皮骨骼 (dermal skeleton) 的相似, 但作为脊椎动物的证据是远远不能令人信服的, 也可能这种骨片来源于一种未知的与脊椎动物无关的无脊椎动物。本文作者倾向于无颌类体鳞的说法。

Wrona (1987) 曾建立 *Utahphosphidae* 新科, 包括 *Utahphospha* Müller et Miller, 1976 和 *Hadimopanella* Gedik, 1977 两属, 并认为这两个属可能与 *Milaculum* Müller, 1973 有关。*Milaculum* 的骨片圆形或多边形, 有明显的矿化层 (mineralized layer) 将骨片相连, 与 *Hadimopanella* 区别较大, 这两个属与 *Milaculum* 也没有多大相似性, 本文作者仍用 *Hadimopanellidae* 科。

Hadimopanella 一属包括如下种: *Hadimopanella antarctina* Wrona, 1987, *H. apicata* Wrona, 1982, *H. ataseveri* Gedik, 1989, *H. collaris* Märss, 1988, *H. coronata* Boogaard, 1989, *H. knappologica* (Bengtson, 1977), *H. inurselae* Gedik, 1989, *H. oezgueli* Gedik, 1977, *H. oskayi* Gedik 1989, *H. saiti* Gedik, 1989, *H. turkseni* Gedik, 1989 和 *H. silurica* sp. nov.

此属已成为寒武纪地层的重要建带化石 (Gedik, 1989)。

志留哈地莫潘骨片(新种) *Hadimopanella silurica* sp. nov.

(图版 I, 图 1a—3f)

特征 方圆形、长圆形或卵圆形磷灰质骨片, 下面平或微凸, 上面高起呈锥状, 称冠盖, 其中部瘤节面 (nodular face) 由大小形态均不规则的瘤节组成。围坡 (girdle) 一般无瘤节, 边缘光滑、无放射状构造。内部可分辨出水平层状构造和含垂直纤维的构造。

描述 仅 3 个磷灰质骨片标本, 最大的 1 个呈卵圆形, 中等的 1 个近方圆形, 而小的 1 个近长圆形。3 个标本的最大直径为 0.88 mm 至 1.34 mm。磷灰质骨片下面平或微凸, 粗糙不平, 并有微孔。上方表面为锥状, 中部最高 0.28 mm 至 0.61 mm。骨片高与底部最大直径的比例为 1:1.7 至 1:2.1。由大小形态均不规则的瘤节组成中部的瘤节面, 瘤节低矮, 没有尖顶, 多数瘤节集中在中部 (图版 I, 图 1a), 数量不等, 13 到 21 个, 极少瘤节可达边缘 (图版 I, 图 3a)。瘤节大者可达 0.16 至 0.22 mm, 小者直径仅为 0.05 至 0.10 mm。所有瘤节均较光滑。多数瘤节紧密相靠, 个别瘤节孤立。多数轮廓为圆形或卵圆形。中部的瘤节面与底部的边缘之间的斜坡, 称围坡。围坡上通常无瘤节, 但亦可偶尔见瘤节。围坡表面光滑, 在镜下 ($\times 160$) 表面粗糙, 并微弱可见与边缘平行的不清晰的同心线 (图版 I, 图 3d)。围坡侧视平直或微凹 (图版 I, 图 1b, 3c)。骨片边缘光滑无饰, 没有在 *Hadimopanella oezgueli* 的标本上常见到的边缘放射线 (骨片核蕊暴露出的表面部份)。

本种正模标本, 在上下表面扫描照像后, 不慎但恰巧从中部碰断, 因而内部构造清晰可见。骨片可清楚地分为两部份。上方表面, 即冠盖, 由黑色致密的连续的似珧琅质层构成, 此层在瘤节处较厚, 而在围坡略薄, 其边缘厚度为 0.023 mm, 而中部最厚可达 0.088 mm。骨片的核蕊可见明显的水平层和垂直的纤维构造。有两层颜色较深的水平层状构造 (图版 I, 图 3c, 3e, 3f) 与垂直纤维束较发育的浅色的层互层。单个纤维束 (图版 I, 图 3f) 仅为 1 μm 宽。这些纤维束即相当于 Bengtson (1977) 所描述的孔道, 可能抗酸性最差。纤维束在下方表面因受酸腐蚀而表现为孔。但在断开的新鲜面上, 因无酸的腐蚀, 仍表现为纤维。垂直的纤维曾被 Wrona (1982) 描述过, 但水平层状构造是首先在当前的标本上见到的。Bengtson (1977, 插图 4d) 描述的孔道可能是垂直纤维受腐蚀后留下的空间。垂直纤维束与水平层状构造也可

能代表骨片生长的节律。

比较 新种个体较大,比本属寒武纪的标本大4至6倍,新种在时代上不同于 *Hadimopanella* 的所有已知种,在构造上差别也甚大。新种瘤节面的瘤节大小排列极不规则,边缘无放射线,内部有水平层和垂直纤维束,均不同于常见于寒武系的本属的已知种。有可能是代表本科内的一新属。

产地层位 3个标本同产于陕西宁强石嘴子沟莫家附近的王家湾组,与 *Hadrognathus staurognathoides*, *Spathognathodus guizhouensis*, *S. parahasi*, *Ozarkodina* sp. 等牙形刺共存,同层还产大量叶虾类碎片和鲎类化石,相当于国内 *Spathognathodus guizhouensis*-*S. parahasi* 组合带或英国的 *H. staurognathoides* 带。大致与产 *Dayongaspis hunanensis* 的溶溪组的时代一致。

无颌类(异甲鱼类),科未定

曙鳞鱼(未定种) *Anatolepis*? sp.

(图版 II, 图 4—7)

仅4块带瘤节的磷灰质骨板,分为2种类型。骨片类型A(图版 II, 图 5a, b)上方表面具有规则排列的网状瘤节,纵列明显,横向亦成行。瘤节低矮,上方经常有磨损现象,瘤节大小一致、间距相同。骨板薄,下方平,无装饰。侧方新鲜断口,在镜下($\times 600$)可见有薄的、致密的、暗色的上方表层(图版 II, 图 5b 上方)和相对厚的浅色多孔的组织。这种构造与 Repe-tski (1978) 描述的美国 Wyoming 上寒武统的 *Anatolepis* cf. *A. heitzi* 相似,也是异甲类所具有的构造。但当前标本没有见到底层(basal lamellar layer)。骨片类型B,其上方构造与骨片类型A一致,仅瘤节排列纵向与横向更为规则,瘤节表面也有磨损,纵向排列有时比横向明显,最大差别在于骨片厚度不均,下方有一高起的纵脊(图版 II, 图 4b, 4c),纵脊中有一疏松的孔道,在保存好的断面上,同样可以见到暗色的上表层,但无底层。

当前的标本,与美国上寒武统的 *Anatolepis* cf. *A. heitzi* 相似,但瘤节的排列远比后者规则得多,而骨片类型B的下方有纵脊也不同于 *Anatolepis* cf. *A. heitzi*。

典型的 *Anatolepis heitzi* 具有菱形的鳞片,边界清晰,与上寒武统的 *Anatolepis* cf. *A. heitzi* 区别较大,后者仅有瘤节,瘤节与骨板边界不清,呈过渡关系。值得注意的是,不能排除当前标本是锥石体壁碎片的可能。

产地层位 贵州石阡,兰多维列统香树园组下部,时代与无颌类鳞片C相同。

无颌类鳞片 A

(图版 II, 图 1a, b)

仅1个标本,冠部方圆,表面具有大小、形状不规则的瘤节。瘤节经常前后方向拉长,侧视前方冠部凸出,颈部较明显,基部边缘薄,髓腔大而深、具有花鳞鱼鳞片的基本特征。

产地层位 陕西宁强石嘴子沟莫家,王家湾组。与 *Hadimopanella silurica* sp. nov. 同层。

无颌类鳞片 B

(图版 II, 图 2)

仅1个标本,冠部近菱形,似珧琅质,淡黄色。表面平,有很多裂纹,颈部收缩不明显,较低

矮,基部宽阔,充填物多细孔。

产地层位 贵州石阡香树园组底部,同层产牙形刺 *Distomodus combinatus*, *Distomodus* sp., *Aulodus* sp., *Plectospathodus* sp., *Spathognathodus abruptus*。

无颌类鳞片 C

(图版 II, 图 3)

仅 1 个标本,冠部长圆形,表面极不规则,凸起的表面相对平缓而凹下的沟较深,颈部不明显。髓腔内有充填物。当前标本与 Fredholm (1988) 描述罗德洛阶的 *Andreolepis hedi* 的外骨骼有些相似。

产地层位 陕西安强石嘴子沟莫家,王家湾组。

二、致 谢

笔者在工作中得到 Susan Turner 博士、T. Märss 博士、S. Bengtson 教授、D. Fredholm 博士、Palmer 博士等国外专家的帮助,他们分别给作者寄来有关参考文献,特别是 S. Turner 博士对化石鉴定提出了宝贵意见。国内鱼类专家潘江、王士涛、王念忠和刘时藩均给作者以帮助,提出参考意见,在此一并致谢。

参 考 文 献

- 王士涛、夏树芳等, 1980: 安徽巢县志留纪无颌类和鱼类化石的发现及地层意义。中国地质科学院院报地质研究所分刊, 1(2)。
- 王成源, 1980: 云南曲靖上志留统牙形刺。古生物学报, 19(5)。
- 王成源, 1981: 云南曲靖玉龙寺组时代的新认识。地层学杂志, 5(3)。
- 王念忠、董致中, 1989: 中国志留纪鱼类微体化石的首次报道。古生物学报, 28(2)。
- 方润森、江能人等, 1985: 云南曲靖地区中志留世一早泥盆世地层及古生物。云南人民出版社。
- 刘嘉龙、毕德昌, 1976: 关于华东志留、泥盆纪含鱼层时代的商榷。地质科学, 2 期。
- 刘时藩, 1983: 四川秀山无颌类化石。古脊椎动物与古人类, 21(2)。
- 刘玉海, 1975: 川滇早泥盆世的无颌类。古脊椎动物与古人类, 13(4)。
- 戎嘉余, 1985: 论中国志留系的建阶问题。地层学杂志, 9(2)。
- 林宝玉等, 1984: 中国的志留系。地质出版社。
- 潘 江, 1986: 中国志留纪脊椎动物群的初步研究。中国地质科学院院报, 15。
- 潘 江、傅力浦, 1985: 陕南发现早志留世脊椎动物化石。地球, 3 期。
- 潘 江、曾祥渊, 1985: 湘西早志留世溶溪组无颌类的发现及其意义。古脊椎动物学报, 23(3)。
- Aldridge, R. J. and S. Turner, 1975: Britain's oldest agnathans. Geol. Mag., 112: 419—420.
- Bengtson, S., 1977: Cambrian button-shaped phosphatic microfossils from the Siberian Platform. Palaeontology, 20: 751—762.
- Berg-Madsen, V., 1985: Middle Cambrian biostratigraphy, fauna and facies in southern Baltoscandia. Acta Univ. Upsal. Abstr. Upps. Diss. Fac. Sci., 781: 1—37.
- Bockelie, T. and R. A. Fortey, 1976: An early Ordovician vertebrate. Nature (London), 260: 36.
- Boogaard, M. v. d., 1983: The occurrence of *Hedimopanella oexgueli* in the Lancara Formation in NW Spain. Proc. K. ned. Acad. Wet., B86: 331—341.
- Boogaard, M. v. d., 1989: A problematic microfossil, *Hadimopanella coronata* sp. nov., from the Ordovician of Estonia. Ibid., 92(3): 179—190.
- Bryant, W. L., 1936: A study of the oldest known vertebrate, *Astraspis* and *Eriptychius*. Prpc. Amer. Phil. Soc., 76: 409—427.
- Denison, R. H., 1967: Ordovician vertebrates from western United States. Fieldiana Geology, 16(6): 131—192.
- Eisenack, A., 1964: Microfossilien aus dem Silur Gotlands Phosphatische Reste. Paläont. Z., 38(3/4): 170—179.
- Fredholm, D., 1988: Vertebrates in the Ludlovian Hemse beds of Gotland, Sweden. Geologiska Föreningens i Stockholm Föreläsningar, 110(2): 157—179.
- Gedik, I., 1977: Orta Toroslar'da konodont biyostratigrafisi. Türk. Jeol. Kurumu Bül., 20: 35—48.

- Gedik, I., 1989: *Hadimopanella* biostratigraphy in the Cambrian of the Western Taurids: A new biostratigraphic tool in the subdivision of Cambrian System. Geological Bulletin of Turkey, 32: 65—78.
- Gross, W., 1967: Über Thelodontier-Schuppen. Palaeontographica A127: 1—67.
- Hoare, R. D., R. M. Mapes, and D. E. Atwater, 1983: Pennsylvanian Polyplacophora (Mollusca) from Oklahoma and Texas. J. Paleont. 57: 992—1000.
- Märss, T., 1988: Early Palaeozoic Hadimopanellids of Estonia and Kirgizia (USSR). Proc. Acad. Sciences Estonian SSR. Geology, 37(1): 10—16.
- Müller, K. J., 1973: *Milaculum* n. g. ein phosphatisches Microfossil aus dem Altpaläozoicum. Paläont. Z., 47(3/4): 217—228.
- Müller, K. J. and J. F. Miller, 1976: The problematic microfossil *Usahphospha* from the Upper Cambrian of the west United States. Lethaia 9: 391—395.
- Nitecki, M. H., R. C. Gutschick, and J. E. Repetski, 1975: Phosphatic microfossils from the Ordovician of the United States. Fieldiana Geology, 35: 1—9.
- Nowlan, G. S., G. M. Narbone, and W. Friz, 1985: Small shelly fossils and trace fossils near the Precambrian-Cambrian boundary in the Yukon Territory, Canada. Lethaia, 18: 233—256.
- Peer, J. S., and N. H. Larsen, 1984: *Hadimopanella apicaata* from the Lower Cambrian of western North Greenland. Greenlands Geol. Unders. Bull., 121: 89—96.
- Repetski, J. E., 1978: A fish from the Upper Cambrian of North America, Science, 200: 529—531.
- , 1981: An Ordovician occurrence of *Usahphospha* Müller et Miller. J. Paleont., 55(2): 395—400.
- Tarlo, L. B., 1961: The earliest vertebrates. New Scientist, 14: 151—153.
- Turner, S., 1982: A new articulated thelodont (Agnatha) from the Early Devonian of Baitain. Palaeontology, 25: 879—889.
- Turner, S. and J. Dixon, 1971: Lower Silurian thelodonts from Prince of Wales Island, Northwest Territories. Lethaia, 4: 385—392.
- Turner, S. and M. A. Murphy, 1988: Early Devonian vertebrate microfossils from the Simpson Park Range, Eureka County, Nevada. J. Paleont., 62(6): 959—964.
- Voronin, Yu. I., L. G. Voronova, N. V. Grigorieva, N. A. Drozdova, A. Yu. Zhurviev, A. L. Ragozina, A. Yu. Rozanov, T. A. Sayutina, V. A. Syssoiev and V. D. Fonin, 1982: The Precambrian-Cambrian boundary in the geosynclinal areas (the reference section of Salany-Gol, MPR). The Joint Soviet-Mongolian Paleontological Expedition. Transactions 18: 150.
- Wang, S. T., Z. Z. Dong and S. Turner, 1986: Discovery of Middle Devonian Turiniidae (Thelodonti: Agnatha) from western Yunnan, China. Alcheringa, 10: 315—325.
- Wrona, R., 1982: Early Cambrian phosphatic microfossils from southern Spitsbergen (Hornsund Region). Palaeont. Pol., 43: 9—16.
- Wrona, R., 1987: Cambrian microfossil *Hadimopanella* Gedik from glacial erratics West Antarctica. In: Palaeontological results of the Polish Antarctic expedition, Part I. Palaeont. Polon., 49: 37—48.
- Тийу Мярсс, 1986: Позвоночные силура Эстонии и Западной Латвии. 1—10⁴ стр., 1—34 таб., Таллин “Валгус”.

SOME LLANDOVERY PHOSPHATIC MICROFOSSILS FROM SOUTH CHINA*

Wang Cheng-yuan

(Nanjing Institute of Geology and Palaeontology, Academia Sinica)

Summary

Phosphatic fossil fragments, commonly less than 2 mm. in maximum size, occur in acid residues of Llandovery rocks for preparing conodonts. Of great importance is the discovery of the problema-

* Supported by the National Natural Sciences Foundation No. 4870090 as contribution paper No. 8 to the transhemisphere Telychian Project.

tic microfossil *Hadimopanella* from the Telychian (Llandovery) Wangjiawan Formation in Ningqiang, Shaanxi. The significant occurrence of the species *Hadimopanella silurica* extends the known stratigraphic and geographic range for the genus *Hadimopanella*, which is reported for the first time from the Silurian. The question on affinities of *Hadimopanella* is still left open. Whereas the sclerites of this genus appear to show some identity with the structure of a primitive vertebrate dermal skeleton, but the evidence for vertebrate affinity is far from convincing. It is most possible as Bengtson has supposed that these *Hadimopanella* specimens probably represent the dermal sclerites of an animal.

The earliest known vertebrate, ever found in China is the jawless *Dayongaspis hunanensis* described by Pan, J. and Zeng, X. Y. (1985) from the uppermost part of the Rongxi Formation. The Wangjiawan Formation containing *Hadimopanella silurica* and agnathan scales A and C described in the present paper is exactly in the same age as the Rongxi Formation (Early Telychian, Late Llandovery).

The oldest known vertebrates, the heterostracan fish are primarily represented by isolated scales and tuberculate plates. Four fragments of phosphatic tuberculate plates representing an unnamed species of *Anatolepis*? and one agnathan scale were collected from the Xiangshuyuan Formation. Histologically these tuberculate plates show a typical heterostracan structure consisting of bony thin outer layer and a "spongy" aspidin, but the basal lamellar layer is not preserved. Fragments of *Anatolepis*? sp. and agnathan scale B are records indicating the lowermost horizon of the known vertebrate in China.

Phylum, Class and Order incertae sedis

Family Hadimopanellidae Märss, 1988

(?=Utahphosphidae Wrona, 1987)

Diagnosis (Märss, 1988) Problematic animal with circular to elongated phosphatic sclerites; the latter ones with marginal brim, covering the external surface with tubercles. Visceral surface pierced by sparse pores.

Genus *Hadimopanella* Gedik, 1977

Type species *Hadimopanella oezgueli* Gedik, 1977

Diagnosis Small phosphatic sclerites circular to oblong in outline. Lower surface of the base smooth or slightly convex; upper surface conical, with a nodular face and girdle. Internal structure consisting of capping and core.

Species assigned to the genus *Hadimopanella antarctica* Wrona, 1987, *H. apicata* Wrona, 1982, *H. ataseveri* Gedik, 1989, *H. collaris* Märss, 1988, *H. coronata* Boogaard, 1989, *H. knappologica* (Bengtson, 1977), *H. inurselae* Gedik, 1989, *H. oezgueli* Gedik, *H. oskayi* Gedik, 1989, *H. saiti* Gedik, 1989, *H. turkseni* Gedik, 1989, and *H. silurica* sp. nov.

Hadimopanella silurica sp. nov.

(Pl. I, figs. 1a—3f.)

Diagnosis Sclerites circular in outline or in the shape of oval to oblong discs. Lower surface smooth and slightly convex. Upper surface consists of a conical surface with many irregular minute nodes in the central part. Thick internal core consisting of several layers, covered with a thin darker and denser hyaline layer (as the capping).

Description Sclerites circular, oval or oblong in outline. Observed size ranging from 0.88 mm

to 1.34 mm. Lower side of sclerites smooth, generally slightly convex; upper side covered with irregular nodes in central part. Two cone-like apex situated centrally or slightly displaced eccentrically on the upper side. Nodular face smaller than lower surface, with the nodes irregularly distributed in the central part, sometimes reaching to the margin (Pl. I, fig. 3a). Nodes on a specimen generally varying in size, with smaller and larger ones distributed rather irregularly. No radial striae on the outer part of the girdle. Capping covering whole surface of sclerites. Surface of girdle showing rough under microscope (Pl. I, fig. 3d).

Fresh fracture surface clearly showing internal structure of sclerites. Nodular face and girdle formed by a continuous hyaline layer which is somewhat thicker in the nodular face and thinner in the girdle. Core appearing less dense than the capping. Fresh fracture of the core clearly showing horizontal layers alternating with longitudinal fibred layer (Pl. I, figs. 3c, 3e and 3f.). No porosity or canals as described by Bengtson (1977) in the core, but some small porosity visible in the lower surface of sclerites, possibly resulting from the acid erosion. Fine fibres protected by the capping and their nearest horizontal layer. No fibres in the horizontal layer. Internal structure particularly strongly different from those of the known species of *Hadimopanella*, the size of sclerites large, several times than those of the known species of *Hadimopanella*, too.

Locality and Horizon The three specimens described here were collected from the middle part of the Wangjiawan Formation nearby the Mujia village at Shizuizigou of Ningqiang County, Shaanxi, in association with the conodonts *Hadrognathus staurognathoides*, *Spathognathodus guizhouensis*, *S. parahassi* and *Ozarkodina* sp..

图 版 说 明

标本均保存在中国科学院南京地质古生物研究所标本室,标本采集号与登记号由“/”隔开。

图 版 I

本图版的 3 个标本均产自陕西宁强石嘴子沟莫家附近的王家湾组。

1a—3f. *Hadimopanella silurica* sp. nov.

1a, b. 上视与侧视, TT380/110337, $\times 50$, 副模 (paratype)。1a. 可见瘤节的不规则的分布。1b. 瘤节均较低矮, 下面平或微凸, 围坡直或微凹。(标本照像后破碎)。

2a, b. 上视与侧视, 长圆形标本, TT380/110338, $\times 50$, 副模 (paratype)。2a. 瘤节密集, 2b. 围坡陡。

3a—f. 正模 (holotype) 3a, b. 上视与下视, 瘤节可达边缘。3c. 新鲜断面, 可见上方致密的似珧琅质层(冠盖), 在核蕊中部有 2 个水平层, $\times 80$; 3d. 上视, $\times 160$, 表面粗糙, 无边缘放射线; 3e. 3c 的局部, $\times 180$, 两水平层明显; 3f. 3e 的再放大, $\times 600$, 可见水平层与垂直的纤维束。

图 版 II

本图版标本除注明者, 均产于贵州石阡香树园组。

1. 无颌类鳞片 A

1a, b. 冠视与底视, TT380/110340, $\times 50$, 陕西宁强石嘴子沟莫家, 王家湾组。(标本照像后破碎)。

2. 无颌类鳞片 B

2a—c. 冠视, 侧视与底视, TT380/110341, $\times 50$ 。

3. 无颌类鳞片 C

3a, b. 冠视、底视, TT380/110342, $\times 50$ 。产地层位同鳞片 A。

4—7. *Anatolepis*? sp.

4a, b. 骨板 A, 冠视与底视, TT813/110343, $\times 50$ 。

4c. 4b 的局部放大, $\times 180$, 新鲜断面较致密, 仅在下方脊间有孔道。

5. 骨板 B, TT817/110344, $\times 100$ 。5b, 5a 断面的局部放大, $\times 600$, 可见上覆的致密的似珧琅质层和下方的多细孔的较疏松的组织。

6. 骨板 C, TT817/110345, $\times 100$ 。

7. 骨板 D, TT817/110346, $\times 100$ 。



