

震旦纪晚期管壳化石类群及其意义^{*}

张录易

华洪

(国土资源部西安地质矿产研究所 西安 710054) (西北大学地质系 西安 710069)

提要 扼要介绍陕西宁强地区震旦系灯影组高家山段种类繁多, 保存精美, 实属国内外所罕见的管壳化石类群, 该类化石暂按管壳形态结构分为单层管壳类 and 多层管壳类。前者以 *Chenella* 为代表, 后者又分具套管式结构类以 *Sinotubulites* 为代表和具叠锥套合式结构类以 *cloudinids* 为代表。类似管壳化石在世界已有 11 个产地, 层位稳定, 对于末元古纪的时代划分和揭示早期动物的演化方向具有重要意义; 同时在一定程度上说明前寒武纪与寒武纪生物演化的连续性, 寒武纪之初生物“大爆发”并非“突然”。

关键词 管壳化石类群 高家山生物群 陕西 宁强

1 序言

陕西安宁强晚震旦世高家山生物群中最为突出的是管壳化石类群, 其类型之多样、化石保存之精美, 均为国内外所罕见。这些化石个体普遍宏大, 与早寒武世梅树村期多门类小壳化石明显有别, 代表了目前公认最早的动物矿化事件。

自本世纪 70 年代初期纳米比亚纳玛群 (Nama Group) 中首次发现管壳化石 *Cloudina* 以来 (Germs, 1972a, b), 相继在中国鄂西峡东地区灯影组白马沱段 (陈孟莪和王义昭, 1977; 陈孟莪、陈忆元和钱逸, 1981)、南极洲 Shackleton 冰河区? Taylor 组 (Yochelson and Stump, 1977)、巴西 Corumba 群 Tamengo 组 (Hahn and Pflug, 1985; Zaine and Fairchild, 1987)、墨西哥 Sonora 西北部 La Cienega 组 (McMenamin, 1985)、美国加利福尼亚州东部 White Inyo 山脉? Reed Dolomite (Taylor, 1986)、中国陕西安宁强灯影组高家山段 (张录易, 1986; 张录易等, 1992)、美国内华达州 Esmeralda 县和加利福尼亚州东部 White Inyo 山脉 Deep Spring 组 (Signor, Mount and Onken, 1987)、西班牙中部 Cijara 组上部

Olistostroma 段 (Palacios, 1989)、阿曼 Huqf 群 Ara 组 (Coway Morris, Mattes and Chen, 1990) 和乌拉圭 Arroyo del Soldado 群 (Gaucher and Sprecher-mann, 1999) 等地区发现类似的管壳化石, 其地理分布几乎遍布全球。产出层位虽然有少数有可能为下寒武统, 但绝大部分是产于末元古系的上部。普遍认为管壳化石类群可能成为新元古代晚期地层对比的良好标志 (Grant, 1990; Conway Morris *et al.*, 1990; 孙卫国, 1994)。

2 管壳化石类群主要特征

高家山生物群中的管壳化石类群主要产于陕西安宁强县宽川铺和高家山一带的灯影组高家山段, 与具矿化壳壁的瓶状微化石 *Protolagena*, *Sicylagena* 和球状、棒状、杯状等化石共生, 也与蠕形动物化石 *Gaojiashania*, *Ningqiangella* 等共生。它在高家山生物群中已占绝对优势 (占已命名的后生动物化石属种的 80%)。目前由于研究程度低, 在对其谱系归属还不十分清楚之际, 仅按照管壳形态结构进行了初步的划分, 暂分单层管壳类和多层管壳类。多层管壳类又细分为管套管式结构类和叠锥套合式结

收稿日期: 2000-02-10

^{*} 国家自然科学基金 (No. 49772081) 和孙卫国优秀中青年人才专项基金资助项目。

构类。

单层管壳类:以 *Chenella* 为代表, 现已描述有 4 种和 1 未定种: *Chenella laevis* Zhang *et al.*, 1992 (图版 I, 图 5), *C. canaliculata* Zhang *et al.*, 1992 (图版 I, 图 4), *C. costata* Zhang *et al.*, 1992, *C. regularis* Zhang *et al.* (插图 1-4; 图版 I, 图 13), ? *C. sp.*。该类化石特征为: 化石体为单层壁, 次圆柱状或圆柱状管, 直或稍弯曲, 微有锥度, 现有实体标本均为两端开口, 外表面光滑, 管径 1—4mm, 保存长 9—25mm。管壁为钙质或磷酸钙质组成。该类化石以管壁外纹饰有无纵肋、纵沟进行细分。

管套管式结构类:以 *Sinotubulites* 为代表。多层壳壁平行套合组成的圆筒状或稍具锥度的管体, 两端开口(目前尚未见到有封闭端), 管直或稍弯, 管内壁光滑, 外壁表面常见各种形态的纹饰, 纹饰按突起的相对大小, 垂直或斜交管体长轴的横向纹饰分别称环脊、环纹; 平行管体较大突起者称纵褶, 凹陷者称纵沟, 纵向小纹饰称条纹。这些表面纹饰多由多层壁褶皱起伏强度不同作叠瓦状叠合在管体外表面上的反映。管体横断面可见明显的多层结构, 近管腔者多围绕圆或椭圆形呈较规则的圆环套合, 有时在一侧层间间隙很小, 另一侧则较大; 多层壁强褶皱类型者外层呈现尖锐的“刺”状, 形成多边形外观。横断面形态多变, 即使是同一管体上其不同部位横

断面形态也变化无常。管壳成分多为强硅化的磷酸钙质。目前该类化石已描述有 2 属 3 种: *Sinotubulites baimatuoensis* Chen, Chen *et al.*, 1981, *S. cienegensis* McMenamin, 1985 (图版 I, 图 10), *Qinella levis* Zhang, Li *et al.*, 1992(图版 I, 图 7, 11, 12, 19)。

叠锥套合式结构类:是以 *cloudinids* 为代表的末端开口, 始端封闭的次圆锥柱状或柱状的管, 管体呈多层壁叠锥套合式结构。自 *Germis*(1972a) 报道了纳米比亚纳玛群的管壳化石以来, 陆续在巴西、西班牙、阿根廷、阿曼等地末元古纪地层(个别认为属下寒武统)中发现类似的化石。陕西宁强地区此类化石相当丰富, 类型繁多, 保存精美, 仅最为常见的 *Cloudina* 和 *Conotubus* 就有 2 属 13 种: *Cloudina sinensis* Zhang, Li *et al.*, 1992, *C. lijiaogouensis*; *C. sp. A*; *C. sp. B*, *C. sp. C*; *Conotubus hemiannulatus* Zhang *et al.*, *C. gaojiashanensis* Zhang *et al.*, *C. mimicus* Zhang *et al.*, *C. impositus* Zhang *et al.*, *C. hamatus* Zhang, *C. cephalotus* Zhang; *C. adpressus* Zhang, *C. varius* Zhang, Li *et al.*, 1992(张录易等, 1992)。

Cloudina 壳体均为单体, 次圆柱状, 具一定锥度, 微弯到强烈弯曲, 局部见缩缢现象, 有的管体下部扭曲。管壳末端开口, 始端多为半球状封闭。管

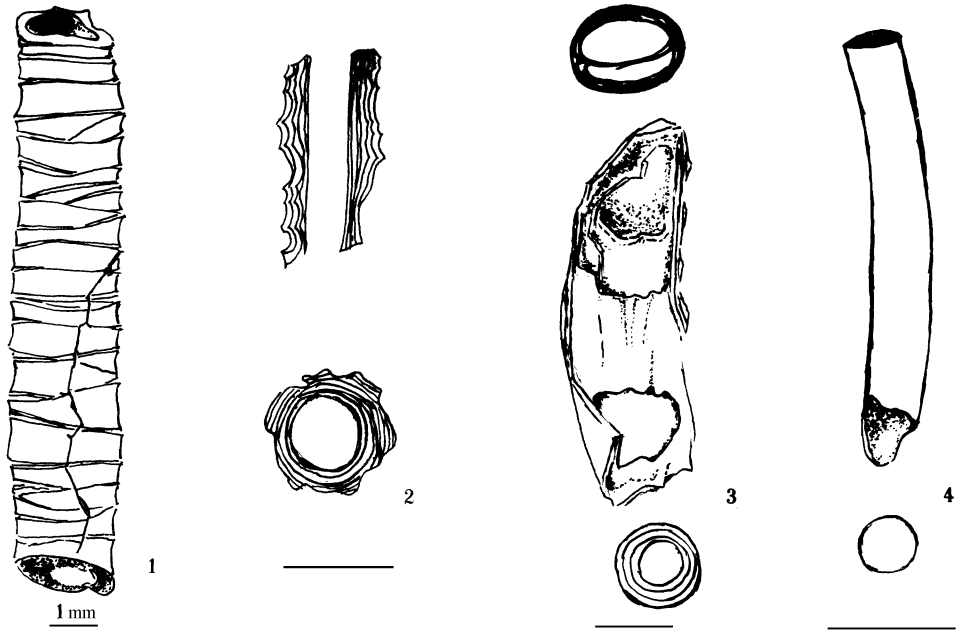


插图 1 管壳化石类群形态特征(比例尺 1 mm)

The morphological attributes of tubular fossils

1, 2. *Sinotubulites cienegensis* McMenamin; 3. *Qinella levis* Zhang, Li *et al.*; 4. *Chenella regularis* Zhang *et al.*

4. *Chenella regularis* Zhang *et al.*

径多为 0.2—0.6 mm, 最大直径为 1.6 mm, 保存长度 6—9 mm。管壳表面环脊、环纹发育, 有的环脊突出表面呈环檐。环状纹饰可平行、斜交, 间距不等。不同标本纹饰种类和纹饰排列方式各不相同, 变化较大(插图 2)。壳壁为多层层状壁, 为典型的叠锥套合式结构(插图 3-A)。纵切面上每层壳壁都向始部逐渐收敛并与前层壁交汇形成共壁, 共壁在管腔一侧表面光滑; 每层壳壁呈锥状在管体表面收敛与相邻壳壁相连, 形成环脊, 环脊之间也有环状生长线即环纹。体表面除环脊环纹外, 还具较为规则的瘤状突起, 呈现粗糙面貌。经扫描电镜观察, 每一瘤体均由微小的球状体聚合而成, 据推测可能是由附生的菌类生物磷酸盐化所形成。在横断面上, 多层壁围绕近圆形或椭圆形共壁呈不同心状套合, 可以在一侧重叠成共壁, 在另一侧形成较大的层间间隙, 有的间隙很大(插图 2-9), 造成横断面形态多变, 即使是同一管体其不同部位的横断面形态也变化无常。但形成的外层基本上还是圆形或椭圆形。管壳有乳白色和黑褐色两种, 乳白色 Ca 为 100% (标本号 644); 黑褐色为弱硅化磷酸盐质 (Ca 为 54.3%, Si 为 4.8%, P 为 40.9%)。

对于 *Cloudina* 的归属, 有许多学者作过讨论。

Germes (1972) 建属时暂时将它归入 *Cribriocyathea* Vologdia 1961 (纲), ? *Pterocyathida* Jankouskas 1965 (目), ? *Vologdinophyllidae* Radugin 1964 (科), 并认为与龙介类 (serpulids) 可能也有亲缘关系。虽然有人将其与古杯类进行比较, 但 Hill (1972) 认为二者不存在什么联系。这个建议后来被 Glaessner (1976) 所认可, 同时他进一步提出 *Cribriocyatheans* 与 *Cloudina* 完全可以与龙介类的多毛类 (Polychaetes) 相对比。然而 Hahn 和 Pflug (1985) 则怀疑二者之间有亲缘关系, 并建立 *Cloudinidae* 科, Conway Morris 等 (1990) 也赞同这一观点, Grant (1990) 则认为 *Cloudina* 属腔肠动物或更高等的类型。

笔者近年来发现 *Cloudina* sp. A (插图 2-7; 图版 I, 图 1, 6) 口前部管内具中间开口的半球体, 应为 *Cloudina* 的口部真实构造; *C. lijagouensis* (插图 2-9; 图版 I, 图 3) 体侧部半球状构造, 应为侧部出芽生殖现象; *Cloudina sinensis* (插图 2-4, 图版 I, 图 2, 17) 具共管现象; *Cloudina* 的叠锥套合式生长方式, 颇似腔肠动物珊瑚类的萼部出芽生殖现象, 每一叠锥体上均有细密的生长纹, 也颇似珊瑚类的生长线, 显示与腔肠动物可能存在一定的亲缘关系,

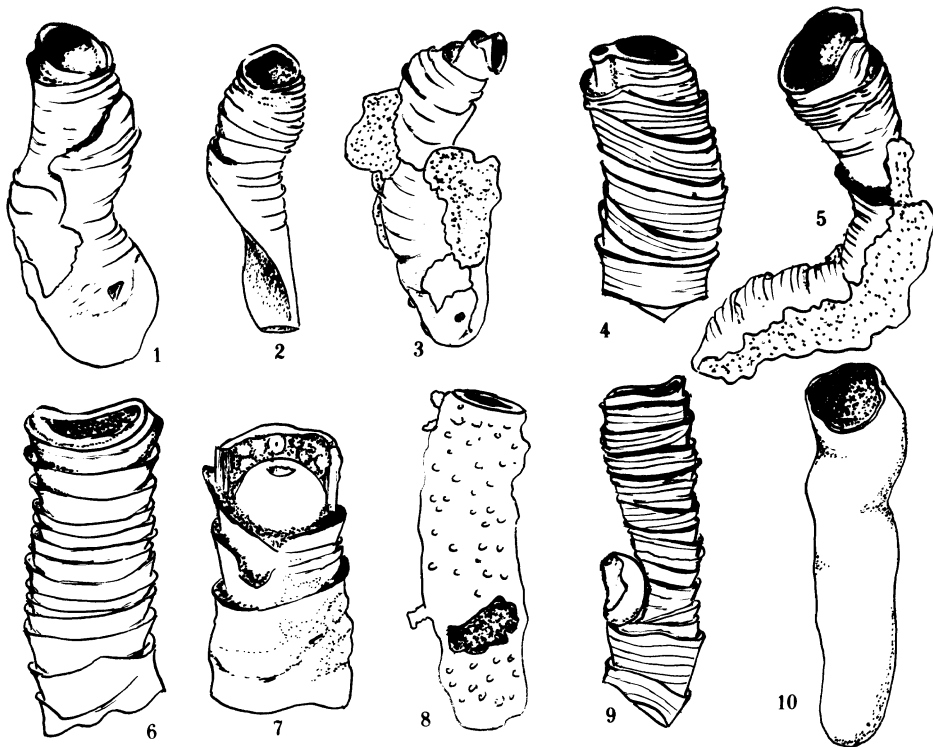


插图 2 Cloudinids 形态特征

Morphological characteristics of cloudinids

1—6. *Cloudina sinensis*; 7. *C. sp. A*; 8. *C. sp. B*; 9. *C. lijagouensis*; 10. *C. sp. C*.

然而,对其亲缘关系的探讨尚需进一步寻找证据。

Conotubus: 锥、锥柱状,直或自然弯曲至强烈弯曲,层状壁呈叠锥套合式结构,纵断面上多层壁彼此近于平行并与管体长轴斜交,在管内可交汇成共壁;多层壁在管体表面由于出露长短不一而形成不对称的环檐、环脊、环纹;横断面可形成不同心的圆环套合;化石平卧在层面上,全为原地保存;化石可以分出明显的背腹,背面上拱呈弧形,环檐、环脊、环纹等,纹饰清楚;腹面略凹,由于与基底接触表面凹凸不平,纹饰不清。多块标本化石开口端保存有两条黄铁矿化的条带,怀疑是生物触须或触手构造,但仍需进一步化石证据。另一特殊现象是 *Conotubus* 可能的生殖增生构造,在管体的开口端突然长出一个管径略小的锥状体,原母锥体停止生长,这种现象可以进行2—3次(图版I,图16)。

Conotubus 的叠锥套合式结构颇似 *Cloudina*, 显示二者之间存在一定的亲缘关系。但前者个体普遍较大,且有明显的背腹之分及特殊的增生现象,粉砂岩中者常呈黄铁矿化保存,产于灰岩中者,具钙化的壳壁。

本区管壳化石类群 *Cloudina* 和 *Sinotubulites* 共生,这在国内外还没有先例。从 *Germes* (1972) 报道 *Cloudina* 到陈孟莪等 (1981) 建立的 *Sinotubulites* 属,现有许多文献中发现两者容易混淆。如1975年王义昭在中国宜昌白马沱发现管壳化石时最初定为? *Cloudina* sp. (陈孟莪、王义昭, 1977), 因化石硅化,微构造保存太差,随后重新定为 *Sinotubulites* Chen, Chen et Qian 1981 (陈孟莪等, 1981); 另从 Glaessner (1984) 的 *Cloudina hartmannae* *Germes* 附图上发现,图C有可能是套管式结构的化石;再者,Grant (1990) 重新研究了纳米比亚纳玛群的 *Cloudina* 后,除厘定了 *Cloudina* 没有芽分叉再生特征外,他所建立的 *Cloudina* 壳层构造复原图解——在始端壳壁向始部拱起的结构特征(插图3-B)作为管体的初始生长特征,笔者认为把弯曲的 *Cloudina* 管体纵向斜切面壳壁表现特征的误解,而对芽分叉再生现象的否定也依据不足。由此看来,若把管壳化石形态结构弄明白,只有依靠完美的立体标本。陕西北强地区 *Cloudina* 和 *Sinotubulites* 共生,两者管体形态清晰,区别显著,可用酸蚀法获得精美的立体标本,所以为该化石系统分类、命名创造了有利条件。

特别值得指出的是,近来在许多管壳化石壳壁上发现了大量菌藻类化石(图版I,图14,18,19),

其与管壁形成的关系及其在生物矿化中的作用尚待进一步研究。

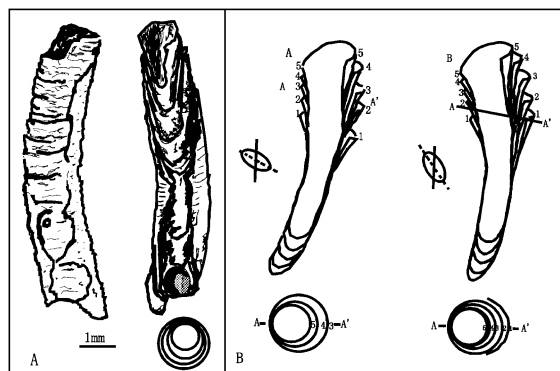


插图3 陕西北强 *Cloudina*(A)与 Grant (1990) *Cloudina*(B)壳构造再造图比较

The comparison of *Cloudina* (A) in Ningqiang, Shaanxi and the reconstruction sketch of *Cloudina* (B) in Grant (1990)

3 意义

1. 管壳化石类群化石特征明显,世界分布比较广泛,产出层位稳定,它们有可能与全由软躯体后生动物组成的 Ediacaran 动物群成为并驾齐驱的末元古纪时代的重要标志;由于它们通常产于末元古系序列的上部,也将可能成为末元古纪晚期地层对比的良好标志(Conway Morris et al., 1990; Grant, 1990; 孙卫国, 1994)。

2. 陕西北强地区震旦系-寒武系是连续沉积层序,地层中所有化石记录基本代表了当时生物界的概貌,管壳化石类群在寒武系之下震旦系中大量发现,在一定程度上说明了前寒武纪与寒武纪生物演化的连续性;寒武纪之初的生物“大爆发”,并非完全“突然”、“神奇”和“难以理解”(张录易等, 1992; 舒德干等, 1993),为达尔文进化论提供了证据。

3. 生物带壳(或称原始骨骼、具骨骼化、具矿化壁和具硬体的后生动物等)首次出现是生物演化史上一次重大事件,后生动物由软躯体到带硬体具骨骼化构造是生物进化中质的飞跃,具重大意义(杜汝霖, 1992; 陈孟莪, 1993; 丁莲芳, 1994)。但生物带壳演化的始点以及最初阶段的概貌至今仍然是个谜(蒋志文, 1987)。目前流行的说法是以小壳化石为先导的骨骼化石的大量出现则标志着寒武纪的起始,生物带壳演化发生在距今大约 643 Ma 前后,晚前寒武纪晚期(相当中国灯影(峡)期)古动物似乎显得十分贫乏(蒋志文, 1987)。我国近十年来发现的震旦纪庙河生物群(丁莲芳等, 1992, 1996; 陈孟莪

等, 1991, 1992, 1993, 1994)、蓝田生物群(毕治国等, 1987; 陈孟莪, 1994)、瓮安生物群(张昀, 1989; 袁训来等, 1993, 1995; 薛耀松等, 1992; Li Guoxiang *et al.*, 1997)、西陵峡生物群(陈孟莪等, 1981; 赵自强等, 1988)、高家山生物群(张录易, 1986; 张录易等, 1992)以及辽东地区发现的满家滩生物群和金县生物群(洪作民, 1989)等, 充分说明了带壳生物在震旦纪已经历了相当一段时间系统演化, 从高家山带壳生物体大和构造复杂性, 适应辐射早已发生, 所以带壳生物演化的始点比流行的说法还应提前。另一方面也说明最年轻的 Ediacaran 生物和寒武纪带壳化石之间显而易见的缝隙, 通常称为“Kotlin 间隔”是人为虚构的(Grottinger *et al.*, 1996)。

4. 高家山管壳化石的化石材料丰富、精美, 大部分可以分离出较完整的个体, 微构造保存也好, 管壁构造清晰, 可分单层和多层两类, 多层者又细分具套管式和叠锥套合式结构。现已积存数百枚(块)不同类型的化石标本, 为系统研究管壳化石类群的形态特征分类等提供了先决条件。

5. 高家山管壳化石成分多样, 有钙质的、磷质的和铁质的等。由于磷酸盐具有高度的复制能力(Runneger, 1985)、黄铁矿的交代能将骨骼微细构造特征得以保存, 也能将丰富多彩的软躯体活灵活现地显示出来。这就为深入研究管壳生物形态学、组织学以及埋藏学等提供了最基础的材料。

6. 震旦纪管壳化石类群是介于 Ediacaran 软躯体动物群和寒武纪小壳动物群之间, 对探讨早期生物演化理论和探索后生动物源头都具有重要意义。

参考文献

丁莲芳, 1994. 晚前寒武纪主要生物事件与事件地层界. 西安地质学院学报, **16**(4): 10—16.

丁莲芳, 李 勇, 陈会鑫, 1992. 庙河生物群. 见: 丁莲芳等. 扬子地台北缘晚震旦世—早寒武世生物群研究. 北京: 科学技术文献出版社. 21—31.

丁莲芳, 李 勇, 胡夏嵩等, 1996. 震旦纪庙河生物群. 北京: 地质出版社. 1—221.

毕治国, 王贤方等, 1987. 皖南震旦系. 地层古生物论文集, **19**: 27—30.

孙卫国, 1994. 末元古系地层学. 地球科学进展, **9**(1): 62—65.

杜汝霖, 1992. 前寒武纪古生物学及地史学. 北京: 地质出版社. 42—51.

陈孟莪, 1993. 我国早期生命进化研究的进展和展望. 地球科学进展, **8**(2): 9—13.

陈孟莪, 1999. 震旦纪生命大爆炸——浅论地史早期动物的演

化. 前寒武纪研究进展, **22**(3): 36—47.

陈孟莪, 王义昭, 1977. 峡东区上震旦统灯影组中段的管状动物化石. 科学通报, **22**(4—5): 219—221.

陈孟莪, 陈祥高, 劳秋元, 1975. 陕南震旦系上部地层中的后生动物化石. 地质科学, (2): 181—190.

陈孟莪, 陈忆元, 钱 逸, 1981. 峡东区震旦系寒武系底部的管状动物化石. 中国地质科学院天津地质矿产研究所所刊, **3**: 117—124.

陈孟莪, 萧宗正, 1991. 峡东区上震旦统发现宏体化石. 地质科学, (4): 317—324.

陈孟莪, 萧宗正, 1992. 峡东震旦系陡山沱组宏体生物群. 古生物学报, **31**(5): 513—529.

陈孟莪, 鲁刚毅, 萧宗正, 1994. 皖南上震旦统蓝田组的宏体藻类化石——蓝田植物群的初步研究. 中国科学院地质研究所集刊, **7**: 252—267.

张 昀, 1989. 前寒武纪生命演化与化石记录. 北京: 北京大学出版社. 94—107.

张录易, 1986. 陕西宁强晚震旦世晚期高家山生物群的发现和初步研究. 中国地质科学院西安地质矿产研究所所刊, **13**: 67—88.

张录易等, 1992. 高家山生物群. 见: 丁莲芳等. 扬子地台北缘晚震旦世—早寒武世生物群研究. 北京: 科学技术文献出版社. 33—63.

洪作民, 1989. 辽南上先寒武系地质研究进展及其意义. 辽宁地质, **1**: 89—94.

林世敏, 张录易等, 1986. 陕南震旦系上统高家山组发现的后生动物、遗迹化石和宏观藻类. 陕西地质, **4**(1): 9—17.

罗惠麟, 蒋志文, 武希初等, 1984. 中国云南晋宁梅树村震旦系—寒武系界线层型剖面. 昆明: 云南人民出版社. 24—36.

赵自强, 邢裕盛, 丁启秀等, 1988. 湖北震旦系. 武汉: 中国地质大学出版社. 97—110.

袁训来, 王启飞, 张 昀, 1993. 贵州瓮安磷矿晚前寒武纪陡山沱期的藻类化石群. 微体古生物学报, **10**(4): 409—420.

袁训来, 李 军, 陈孟莪, 1995. 晚前寒武纪后生植物的发展及其化石证据. 古生物学报, **34**(1): 90—99.

蒋志文, 1987. 初期生物的带壳演化及晚前寒武纪的终止. 前寒武纪地质, (3): 515—523.

舒德干, 陈 苓, 1993. 软躯体化石库的研究. 见: 肖庆辉等, 当代地质科学前沿—今后值得重视的前沿研究领域. 武汉: 中国地质大学出版社. 223—227.

薛耀松, 唐天福, 俞从流, 1992. 贵州晚震旦世陡山沱期具骨骼动物化石的发现及其意义. 古生物学报, **31**(5): 530—539.

Conway Morris S, Mattes B W, Chen Menge, 1990. The early skeletal organism Cloudina: new occurrences from Oman and possibly China. Amer. Jour. Sci., **290A**: 245—260.

Fedonkin M A, Runneger B, 1992. Proterozoic metazoan trace fossils. In: W J Schopf and Klein C (eds.), The Proterozoic Biosphere: A multidisciplinary study. Cambridge: Cambridge Uni. Press. 389—395.

Germes G J B, 1972a. New shelly fossils from Nama Group, South-West Africa. Amer. Jour. Sci., **272**: 756—761.

Germes G J B, 1972b. Trace Fossils from the Nama Group South-West Africa. J Paleont., **46**(6): 864—870.

Gaucher C, Sprechermann P, 1999. Upper Vendian skeletal fauna of the Arroyo del Sodado Group, Uruguay. *Beringeria*, **23**:55—91.

Glaessner M F, 1984. The dawn of animal life—a biohistorical study. Cambridge: Cambridge university Press. 74—105.

Grant S W F, 1990. Shell structure and distribution of *Cloudina*, A Potential index fossil for the Terminal Proterozoic. *Amer. J. Sci.*, **290A**: 261—294.

Grotzinger J P, Saylor, B Z, Pelechaty, S M, Bowring, S A, 1996. Calibrating the Terminal Proterozoic Time Scale. 30th International Geological Congress Abstracts. Vol. 2 of 3, Beijing, China. 4-14, August 1996. 47.

Hahn G, Pflug H D, 1985. Die *Cloudinidae* n. fam., Kalkp Rohren aus dem Vendium und Unter-Kambrium. *Senckenbergiana Lethaea*, **65**: 413—431.

Knoll A H, Carroll S B, 1999. Early animal evolution: emerging views from comparative biology and geology. *Science*, **284** (5423): 2119—2137.

Li Guoxiang, Xue Yaosong, Zhou Chuanming, 1997. Late Proterozoic tubular fossils from Doushantuo Formation of Weng'an, Guizhou, China. *Palaeoworld*, **7**: 29—35.

McMenamin M A S, 1985. Basal Cambrian small shelly fossils from the La Cienega Formation, Northeastern Sonora, Mexico. *J. Paleont.*, **59**: 1414—1425.

Palacios T, 1989. Microfossiles de pared organica del Proterozoico Superior (Region Central de la Peninsula Iberica) : *Palaeontographica*, Abteilung A, **135**: 226—262.

Runneger B, 1985. Shell microstructures of Cambrian mollusks replicated by phosphate. *Alcheringa*, **9**: 245—257.

Signor P W, Mount J F, Onken B R, 1987. A pretrilobite shelly fauna from the White Inyo Region of eastern California and western Nevada. *J. Paleont.*, **61**(3): 425—438.

Sun Weiguo, 1986. Late Precambrian pennatulids (sea pen) from the eastern Yangtze Gorge, China: *Paracharia* gen. nov. *Precambrian Research*, **31**: 361—375.

Taylor M E, 1986. Late Precambrian mollusc-like fossils from Inyo County, California. *Science*, **153**: 198—201.

Yochelson E L, Herrera H E, 1974. Un fossil enigmatico del Cambri-co Inferior de Argentina. *Ameghiniana*, **11**: 283—294.

Yochelson E L, Stump E, 1977. Discovery of early Cambrian fossils at Taylor Nunatak, Antarctica. *J. Paleont.*, **51**: 872—875.

Zaine M F, Fairchild T R, 1987. Novas consideracoes sobre os fosseis da Formacao Tamengo, Grupo Corumba, SW do Brasil: *Anais X Congresso Brasileiro de Paleontologia*, Rio de Janeiro, **1987**: 797—807.

LATE SINIAN TUBULAR SHELL FOSSILS AND THEIR SIGNIFICANCE

ZHANG Lu-Yi

(Xi'an Institute of Geology and Mineral Resources, CAGS, Xi'an 710054, China)

HUA Hong

(Department of Geology, Northwest University, Xi'an 710069)

Key words: Tubular shell fossil assemblage, Gaojiashan Biota, Ningqiang

Summary

The advent of organisms with skeletons was long considered to have occurred in the lowermost Cambrian. Germs (1992) described the first Precambrian skeletal fossil *Cloudina* from the Nama Group of Namibia. Since then, similar fossil assemblages have been found in Upper Vendian sequences of Argentina (Yochelson and Herrea, 1974), China (Chen and Wang, 1977; Chen *et al.*, 1981; Zhang, 1986; Zhang *et al.*, 1992), Antarctica (Yochelson and Stump, 1977), Brazil (Hahn and Pflug, 1985; Zaine and Fairchild, 1987), Mexico (McMenamin, 1985), North America (Taylor, 1986; Signor *et al.*,

1987), Spain (Palacios, 1989), Middle East (Conway Morris *et al.*, 1990) and Uruguay (Gaucher and Sprechermann, 1999), and as important as the Ediacaran Fauna, they have potential significance in the subdivision of the terminal Proterozoic and in the study of early evolution of animals, and to some extent in disclosing the mystery of the “Starting Point” and primary stage of the earliest bioskeletonization. Highly variable and delicately preserved, the tubular shell fossil assemblage in Gaojiashan section of Sinian Dengying Formation in Ningqiang, Shaanxi can be subdivided into two types in morphology, namely, single-layered tubular shell, represented by *Chenella*, and multi-layered fossils including column-in-column structures and cone-in-cone structures,

represented by *Sinotubulites* and cloudinids respectively.

Chenella, straight or slightly curved cylindrical structure, generally smooth on the external wall, and rarely bear longitudinal sculpture. 1—4 mm in diameter, and 9—25 mm in preserved length. Four species have been established mainly based on the sculptures on their outer wall, i. e. *Chenella laevis* Zhang *et al.*, 1992, *C. canaliculata* Zhang *et al.*, 1992, *C. costata* Zhang *et al.*, 1992 and *C. regularis* sp. nov. Zhang *et al.* Hua.

Sinotubulites, nearly cylindrical structure, with thick wall and prominent irregular surface ornaments including longitudinal sculptures and annulations. Two genus and three species have been erected, namely, *Sinotubulites baimatuensis* Chen, Chen *et al.* Qian, 1981, *S. cienegensis* McMenamin, 1985;

Qinella levis Zhang, Li *et al.* Deng, 1992.

Cloudinids, straight to sinuous conical tubes of possible cone-in-cone structure, with the initial part closed and terminal part opened, multiple walls nearly parallel to each other, and somewhat oblique to the long axis intersecting with the inner wall to form a common wall. Conotubular fossils in this biota are quite diversified, and only *Cloudina* and *Conotubus* are discussed in the paper. Following is the list of species ascribed to cloudinids: *Cloudina sinensis* Zhang, Li *et al.* Dong, *C. lijiagouensis*, *C. sp. A*, *C. sp. B*, *C. sp. C*, *Conotubus hemiannulatus* Zhang *et al.* Lin, *C. gaojiashanensis* Zhang *et al.* Lin, *C. mimicus* Zhang *et al.* Lin; *C. impositus* Zhang *et al.* Lin; *C. hamatus* Zhang, *C. cephalotus* Zhang, *C. adpressus* Zhang, *C. varius* Zhang, Li *et al.* Dong.

图版说明

所有标本保存在国土资源部西安地质矿产研究所。图版 I, 图 4, 5, 8, 13, 16 的产地为陕西宁强高家山, 其余为宽川铺李家沟。化石产出层位均为上震旦统灯影组高家山段。

图版 I

1. *Cloudina* sp. A

侧视, ×56; 登记号: 9236。

2, 17. *Cloudina sinensis* Zhang, Li *et al.* Dong, 1992

2. 侧视, ×39; 登记号: 0585;

17. 顶视, ×90; 登记号: 4379。

3. *Cloudina lijiagouensis* Zhang, Li *et al.* Dong, 1992

横断面, ×45; 登记号: 9235。

4. *Chenella canaliculata* Zhang, Li *et al.* Dong, 1992

Holotype, ×4; 登记号: GHF9-2E。

5. *Chenella laevis* Zhang, Li *et al.* Dong, 1992

Paratype, ×4; 登记号: GNF11-2-79。

6. *Cloudina* sp.

口部特征, ×270; 登记号: 99311。

7, 11, 12, 19. *Qinella levis* Zhang, Li *et al.* Dong, 1992

7. 侧视, ×13; 0604;

11, 12. 侧视, ×8.6; 登记号: 0599;

19. 图 7 局部放大, 示石内藻。

8. *Conotubus hemiannulatus* Zhang, Li *et al.* Dong, 1992

背视, ×8.6; 登记号: 0599。

9, 14, 18. *Cloudina* sp.

9. 断口侧视, ×19; 登记号: 4370;

14. 是 18 的左上角局部放大;

18. 为 9 的壳壁的局部放大, 示菌藻结构。

10. *Sinotubulites cienegensis* Mcmenamin, 1985

侧视, ×12; 登记号: 0643。

13. *Chenella regularis* Zhang *et al.* Hua

Holotype, ×16; 登记号: 0605。

15. *Cloudina* sp.

侧视, ×27; 登记号: 0550。

16. *Conotubus* sp.

手标本风化表面, ×1.5; 登记号: XG30。