

瓮安生物群与宽川铺生物群中球形类化石研究

刘云焕, 李 勇, 邵铁全, 于 波, 付淑青, 韩会平, 李园园, 李荣西

(长安大学 地球科学与国土资源学院, 陕西 西安 710054)

[摘要] 通过对获自瓮安生物群与宽川铺生物群中大量球形类化石的系统研究, 建立了便于交流和深入讨论的球形类化石形态分类方案, 对各种类型的球形类化石进行了属性探讨, 并按形态属描述球形类化石4个新类型(相当于形态属), 8个新种类(相当于形态种)。研究表明球形类化石是一个多源的非正式生物类群, 包括动物性和植物性球形类化石, 具有丰富的研究内涵, 对揭示早期生物的起源、演化、多样性及胚胎发育具有深远意义。

[关键词] 球形类化石; 瓮安生物群; 宽川铺生物群; 系统研究

[中图分类号] Q913.8 [文献标识码] A [文章编号] 1672-6561(2005)04-0005-09

[作者简介] 刘云焕(1967-), 女, 河北唐县人, 工程师, 博士研究生, 从事地层及古生物研究。

球形类化石(Spheroidal fossils)是指晚前寒武纪—寒武纪初期地层产出的大小在几十微米至2.5 mm, 外壁成分为磷质、钙质、有机质, 表面光滑或具低丘状、瘤突状表饰, 呈实心、空心或部分充填的球形、近球形化石的总称, 不包括鲕粒、豆粒、核形石等球形颗粒, 也不包括表面具明显刺饰的刺球类微古植物^[1,2]。其产出层位主要集中在寒武纪早期和震旦纪陡山沱期含磷地层中。由于这些化石的球壁成分目前测得多为磷酸钙质, 而许多学者认为这种磷酸钙质成分是生物体在埋藏过程中被磷酸盐化而成, 故将其称为磷酸盐化球形类化石(phosphatized spheroidal fossils)^[3]。

对球形类化石的研究, 最早伴随前寒武纪—寒武纪界线地层小壳化石研究而开始的。最初的研究者均将其作为小壳化石中分类位置不明的类群处理, 曾有球蛋化石^[4]、球状化石^[5]、球形壳类^[2]等不同称谓。先后描述了10属15种, 但系统分类位置未定。后经过归并和厘定, 仅有少数属种被保留沿用(如 *Olivooides multisulcatus* Qian; *Olivooides pearformis* Li; *Archaeooides granulatus* Qian; *Archaeooides kuanchuanpuensis* Qian)。

1986年, 岳昭从获自陕南宽川铺生物群的球形

类化石中发现一些中层外表具棘刺状构造的特殊类型, 将其定为海绵芽球^[6]。后来岳昭和 Bengson 1997年又提出 *Olivoooides* 可能与锥石类或钵水母类有关, 开创了早寒武世球状化石胚胎学研究新领域^[7]。

关于贵州晚震旦世瓮安生物群中球形类化石的研究相对要晚。1986年, 陈孟莪、刘魁梧从贵州瓮安磷矿获得大量球形类化石标本, 建立了两属三种, 并将其作为大型藻球类^[8]。1993年尹磊明和薛耀松报道了获自贵州瓮安磷矿陡山沱组地层的球形类化石, 分为刺球类、瘤球类和板球类, 认为可能与沟鞭藻类具有亲缘关系^[9]。薛耀松等1995年又对这些球状化石中具多分体特征类型进行了系统研究, 共鉴定7属13种, 且将其归入绿藻纲团藻目或绿球藻目^[10]。1998年, 肖书海等提出瓮安磷矿中具2, 4, 8, 16, ...分裂的系列球形类为动物胚胎化石^[11]; 李家维等提出瓮安生物群中具细胞结构的海绵化石^[12]。从而引起了国际学术界的广泛关注, 使瓮安生物群的研究成为古生物学界的热门课题。关于瓮安生物群中球形类化石的“藻类说”与“胚胎说”之争、对海绵化石的真伪之争不断见诸文献^[11~15]。

最近, 笔者对产自早寒武世宽川铺生物群和晚震旦世瓮安生物群的大量球形类化石标本(近2万枚)进行了系统研究。发现这些球形类化石在形态上、大小上、表面装饰、外壁厚薄与结构、内部充填状况及构造、内部细胞分裂特征、内部子细胞的数量

目、形态、排列方式等方面都存在明显差异。无论将这些球形类化石作为藻类看待还是作为动物卵(包括胚胎)看待,这些差异都可能是生物类别属性的表现。这说明,球形类化石是一个复杂的、可能包含众多生物类别的多源集合体,其中既有动物化石,也有植物化石。动物化石中可能包括动物胚胎化石或其他类别化石;植物化石中也可能包含有不同门类的藻类化石。所以,针对不同类型的球形类化石标本,分别对其进行系统研究和归类属性探讨,是当前乃至今后较长一段时间内的迫切任务之一。

为此,笔者依据所观察的大量球形类化石标本及其各种类型所具有的大小、形态、结构构造等客观特征,提出了球形类化石的形态分类系统,并列举了各种类型已描述建立的代表属种(或种类)。进行球形类化石形态类型分类的目的,是为了更深入地探讨不同类型球形类化石的生物分类位置及归属,减少讨论中误会和混乱,最终实现对球形类化石的生物系统分类和属种命名。

在详细阐述各类球形类化石特征的基础上,分别对其可能的生物属性进行了探讨。按形态属描述球形类化石 4 个新类型、8 个新种类。这不仅进一步丰富了球形类化石的内容及对早期生物面貌的认识,而且对探讨地球早期生物起源、演化、多样性及胚胎发育提供了重要证据。

1 宽川铺生物群中球形类化石特征

宽川铺生物群是以陕南宁强宽川铺为典型地区,对扬子地台北缘梅树村阶所有动、植物化石群的总体命名^[2]。宽川铺生物群的层位在以含软躯体生物化石为主的高家山生物群地层之上,含三叶虫、古介形虫为代表的节肢动物群地层之下。该生物群包含大量小壳化石、微古植物化石、遗迹化石。其中的球形类化石在宽川铺剖面的宽川铺段地层中十分丰富,特别是宽川铺段上部的磷矿层中,球形类化石的属种类型和个体数量都是整个上扬子区同期地层中最多的。

宽川铺生物群中的球形类化石,直径约 0.3~2.5 mm,以单胞球形类化石(Unicellular spheroides)为主,外形可呈圆球形、卵形、橄榄形。按外表壁光滑或具瘤饰之特点可划分为光滑球形体和具饰球形体两大类,两者分别以 *Olivoides* Qian, 1977 和 *Archaeoides* Qian, 1977 为代表。

光滑球形体的特征为:直径 0.3~2.5 mm,形态为球形、椭球形、不规则球形;球壁成分为磷质、钙质或有机质;球体实心、中空或部分充填,球壁成分与内部充填物成分一致或不同;外表面光滑无饰。该类化石中,当球壁为薄的单层结构时,球体多为中空或为次生物充填,球壁多发生皱缩和变形,可见沟槽、凹坑和皱缩,表明原始的球壁为柔软的有机质;当球壁为较厚的单层或多层结构时,成分多为磷酸钙或钙质,外壁多圆鼓光滑而无皱,偶尔有浅的小坑;球体内部可见方解石、石英质或磷酸质不完全充填,形成一些镜下可观察到的管状、网状构造,可能代表了内部残余的软组织痕迹。部分壳壁为三层壁:外层具有原生有机质壁,表面光滑;内层较薄;中层较厚,具栉壳状、星梳状结构^[2,7]。

具饰球形体特征为:直径 0.5~2 mm,外形为球形、椭球形;外壁薄,成分为磷酸钙质,偶有小坑;呈规则或不规则的乳突(中心无孔或有孔)或瘤突。钱逸先生将该属化石按瘤饰特点的不同分别确定为两个种,即 *Archaeoides kuanchuanpuensis* Qian, 和 *Archaeoides granulatus* Qian, 1977, 本次还新发现脑纹状的疣突古球蛋 *Archaeoides tuberculatus*。前者产于宽川铺生物群,后两者主要产于瓮安生物群。

另外,该生物群中还有密集大积球藻和具棘刺状构造的“海绵芽球”^[6]及可能的动物胚胎化石^[7,16]。

2 瓮安生物群中球形类化石特征

瓮安生物群是对产于贵州瓮安地区陡山沱组磷矿层中所有动植物化石群落的总称。该生物群中除有大量微古植物、多胞藻类、管柱状微骨骼化石外^[17~19],还产有大量球形类化石。这些球形类化石在数量和类型上都十分丰富。笔者从一个采自瓮安北斗山磷矿重 1.2 kg 的样品中,就挑选出大小不同的球形类化石 9 000 多粒。其中最小直径 30 μ m,最大直径 2.5 mm,一般直径 0.3~1.5 mm。从类型而言,瓮安生物群中既有单胞球形类(Unicellular spheroid group),又有多胞球形类(Multicellular spheroid group);单胞球形类化石既有光滑球形类又有具饰球形类,具饰球形类以具瘤饰 *Archaeoides granulatus* 和具脑纹状疣突 *Archaeoides tuberculatus* 为代表,其总体特征与前述宽川铺生物群中的单胞球形类特

征基本一致;而多胞球形类相对要复杂多样,可分为裂胞球形体(Division spheroid subgroup)、聚合球形体(Multiball spheroid subgroup)和球聚体(Contacting spheroid subgroup)三类。

2.1 裂胞球形体

裂胞球形体外形呈球形,直径 0.8~2 mm,球体均具有一个共同的外壁,外壁成厚或薄,单层或多层;外表光滑;内部子细胞呈等二分半球形、等三分橘瓣形、等四分四面体形以及等八分、等十六分等多边形。裂胞球形体的最大特点就是球形母细胞经过一次或多次分裂,形成同形等大的非球形子细胞,子细胞均向球体中心收缩集结。所有分裂子细胞中,除三分子细胞具有各自独立的光滑膜壁外,其他分裂子细胞均未有膜壁保存。根据分裂子细胞的数目,可将裂胞球形体分为二分胞、三分胞和多分胞三种类型(相当于形态属)。二分胞沿用前人“古对胞藻”属名(*Eozygion* Schopf et Blacic, 1971);三分胞新建三胞藻属 *Tricellulphycus*(相当于新的形态属);多分胞沿用 *Parapandorina* 一名。在上述三种类型中可依据化石特征进一步分为不同的种类(相当于形态种)进行描述。

2.2 聚合球形体

聚合球形体外形呈球形或近球形,直径 0.8~2.5 mm,球体呈或厚或薄的共同外壁,内包众多的子球体。子球体呈球形或近似球形,直径 30~100 μm ,各具独立的光滑薄层膜壁。依据聚合球形体的外形可分为规则聚球体和不规则聚球体两种类型。前者外形为规则球体或近于规则的球形体,内部子球体亦为规则球形,子球体彼此紧密相切聚合;后者外形不规则,呈葫芦形或椭球形,内部子球体呈球形或不规则形,等大或不等大,子球体紧密相切聚合。对规则聚球体类型以前人大聚球藻属(*Megaclonophycus* Xue et al, 1995)为代表,进一步分为密聚大积球藻 *M. onustus* Xue, 1995 和凸球大积球藻 *M. extanus* (New kind)两个种类(相当于形态种)。不规则聚球体是本次发现的新类型,被命名为 *Variclonophycus*(New type),相当于一个新形态属,并分为葫芦形不规则聚球藻 *Variclonophycus cucurbita*(New kind)和蜂巢状不规则聚球藻 *Variclonophycus favosus*(New kind)两个新种类。

2.3 球聚体

球聚体(Contacting spheroid)是球形类中的一个特殊类型。其主要特征是由两个以上的球形体

呈两球紧贴状、三球相切状、三球串珠状、四球垒卵状聚合而成一个整体。整体外形呈 8 字形、宝塔形、三环形和球形,无共同外壁。相聚的子球体为球形或近球形,直径 0.3~1.2 mm;各具光滑或带表饰的外壁。同一球聚体中的子球体或同形等大,或同形不等大。依据球聚体的子球体数目不同,可分为双球聚合体、三球聚合体和四球聚合体三种类型(相当于形态属)。其中双球聚合体和三球聚合体为新类型,分别命名为 *Bisphaeridium* (New type)和 *Trisphaeridium*(New type)两个新的形态属。对四球聚合体,沿用前人所建的 *Colossotetrahedron* 属名。而对三球聚合体 *Trisphaeridium* 属按三球的聚合方式不同而分为 *T. sphaerida* (New kind)和 *T. tyrriiform*(New kind)两个新种类(相当于形态种)。

3 球形类化石的形态分类方案

由于球形类化石属性的多源性和分类位置的不确定性,目前尚难进行生物系统分类研究。但为了便于讨论和交流,避免讨论对象不明确而造成的混乱,利用球形类化石在形态、大小、结构等方面的客观特点进行形态分类研究是完全必要的。

据笔者所掌握的球形类化石资料 and 前人研究的相关资料,提出球形类化石的形态分类方案。分类级别采用类(Group)、亚类(Subgroup)、类型(Type)、种类(Kind)四个等级,其分类依据如下:

(1)类:据化石个体是单个细胞,还是由多个细胞组合而成进行“类”的划分,前者定为单胞球形类,后者定为多胞球形类。

(2)亚类:主要据多胞球形类中子细胞形态及排列组合方式。其中母细胞由分裂的非球形子细胞拼贴而成,定为裂胞球形体亚类;在公共外壁包裹下的母细胞由球形子细胞相切聚合而成,定为聚合球形体亚类;无公共外壁包裹的双球、三球、四球相切聚合而成的母细胞,定为球聚体亚类。

(3)类型:单胞球形类中据球体表面是否具表饰,分为光滑球形体和具饰球形体两个类型;多胞球形类的裂胞球形体亚类中,据裂细胞数目的多少分为二分胞、三分胞属、多分胞 3 个类型;多胞球形类的聚合球形体亚类中,据聚合体形态是否为球形,分为规则聚球体类型和不规则聚球体类型;多胞球形类的球聚体亚类中,据球聚体中子细胞数量

及组合方式分为双球、三球、四球聚合 3 个类型。

(4) 种类: 单胞球形类的种类划分根据单球体外表装饰; 多胞球形类的种类划分据聚合体或球聚体外表整体形态命名(前人已命名的属种除外)。

类为最高分类级别; 亚类为类的辅助再分单元; 类型是对类或亚类的再分单元, 相当于形态属; 种类是该方案中级别最低的基本分类单元, 相当于形态种(表 1)。

4 球形类化石生物属性讨论

对球形类化石属性历来有动物论和植物论两大观点。持动物观的有: 动物卵^[4]、海绵芽球^[6]、原始的原生动物壳^[1, 2]、刺细胞动物胚胎^[7]、两侧对称动物的胚胎^[11]、动物胚胎的原肠胚期^[20, 21]。持植物观的有: 植物化石^[22]、藻类^[8, 10, 13]、疑源类^[9]。这些认识都是基于各自对某类球形类化石的某些特殊结构构造的解释。

笔者研究, 球形类化石在形态、大小、结构、构

造上的差异, 与其属性类别有密切的关系。所以对球形类化石不能一概而论, 完全否定其动物性或完全否定其植物性都是不可取的。

就目前发现的球形化石而言, 单胞球形类所提供的信息非常有限, 对其生物属性的讨论十分困难, 但仍可从各个种类所具有的特征进行尝试性探讨。如 *Olivoooides multisulcatus* 所具有的外壁薄、单层、表光、多皱的特征, 表现其成岩前外壁具柔韧性, 而非硬质, 笔者倾向视其为动物卵; *Olivoooides cf. interseclcutus* 外形呈纺锤形, 外壁有绕长轴方向旋卷的特点, 大约具有 1. 25 个旋圈, 在中槽侧面可见内外相通的缝, 与有孔虫的口孔非常相似, 可能属原始有孔虫^[1, 2]; *Olivooide pearlformis* 外壁分为 3 层, 表面光滑、中层较厚且具星梳状结构、直径在 0. 6 ~ 0. 8 mm, 笔者基本同意前人将其解释为锥状动物 *punctatus* 胚胎化石的看法; 对具饰球形体(包括 *Archaeooides granulatus*, *Archaeooides tuberculatus*, *Archaeooides kuanchuanpuensis* 3 个种类) 与某些藻类和微古植物形态结构相似, 笔

表 1 球形类化石形态分类方案

Table 1 Form Classification for Spheroidal Fossils

| 类(Group) | 亚类(Subgroup) | 类型(Type) | 种类(Kind) |
|--|---|--|---|
| 单胞球形类 (Unicellular spheroid group) | | 光滑球形体 (Smooth spheroid type) 以 <i>Olivoooides</i> Qian, 1977 为代表 | 多沟橄榄蛋 <i>Olivoooides multisulcatus</i> Qian, 1977 |
| | | | 中槽橄榄蛋 <i>Olivoooides intersulcatus</i> Qian, 1977 |
| | | | 珍珠橄榄蛋 <i>Olivoooides pearlformis</i> Li, 1992 |
| | | 具饰球形体 (Ornamented spheroid type) 以 <i>Archaeooides</i> Qian, 1977 为代表 | 瘤突古球蛋 <i>Archaeooides granulatus</i> Qian, 1977 |
| | | | 疣突古球蛋(新种类) <i>Archaeooides tuberculatus</i> (New kind) |
| | | | 宽川铺古球蛋 <i>Archaeooides kuanchuanpuensis</i> Qian, 1977 |
| 多胞球形类 (Multicellular spheroid group) | 裂胞球形体亚类 (Division spheroid subgroup) | 二分胞 <i>Eozygion</i> Schopf et Blacic, 1971 | |
| | | 三分胞属 <i>Tricellulphycus</i> (New type) | 分裂三胞藻(新种类) <i>Tricellulphycus isolatus</i> (New kind) |
| | | 多分胞 <i>Parapandorina</i> Xue et al., 1995 | <i>Parapandorina raphospissa</i> Xue et al., 1995 |
| | | | <i>Parapandorina beidoushanensis</i> Xue et al., 1995 |
| | | | <i>Parapandorina beidoushanensis vor. cylindrica</i> Xue, 1995 |
| | | | <i>Parapandorina quadribulatus</i> Xue et al., 1995 |
| | | | <i>Parapandorina bulbifera</i> Xue et al., 1995 |
| | | | <i>Parapandorina ovimpositum</i> Xue et al., 1995 |
| | | | |
| | 聚合球形体亚类 (Multiball spheroid subgroup) | 规则聚球体类型(Regular multiball spheroid type) 以 <i>Megaclonophycus</i> Xue et al., 1995 为代表 | 凸球大积球藻(新种类) <i>Megaclonophycus extamus</i> (New kind) |
| | | | 密聚大积球藻 <i>Megaclonophycus onustus</i> Xue et al., 1995 |
| | | 不规则聚球体类型(Irregular multiball spheroid type) <i>Atotosclonophycus</i> (New type) 为代表 | 葫芦形不规则聚球藻 新种类 <i>Atotosclonophycus acurbita</i> (New kind) |
| | 球聚体亚类 (Contacting spheroid subgroup) | 双球聚合型 <i>Bisphoeridium</i> (New type) | 蜂巢状不规则聚球藻 新种类 <i>Atotosclonophycus favosus</i> (New kind) |
| | | | 对称双球种(新种类) <i>Bisphaeridium symmertrica</i> (New kind) |
| | | 三球聚合型 <i>Trisphoeridium</i> (New type) | 球形三球种(新种类) <i>Trisphaeridium sphaerida</i> (New kind) |
| | | | 塔形三球种(新种类) <i>Trisphaeridium tyrriformis</i> (New kind) |
| | | 四球聚合型 <i>Colossotetrahedron</i> Xue et al., 1995 | 垒卵状巨四面球藻 <i>Colossotetrahedron ovimpositum</i> Xue et al., 1995 |

者倾向视其为藻类。

对于直径 $30 \sim 100 \mu\text{m}$ 的单胞球形体, 很难判断其是单胞球形类, 还是聚合球形体中的子球体, 对这类化石的归属目前尚难定论。

在多胞球形类中, 包括有裂胞球形体、聚合球形体和球聚体三个亚类。其中裂胞球形体有属藻类分裂的化石, 也有动物胚胎的可能; 二分胞体、三分胞体、四分胞体在藻类中常见, 特别是“等三分胞体”, 从现代生物学观点看, 应属藻类; 而分裂方式为 2, 4, 8, 16, ... 的系列分裂球, 裂细胞呈有规律的立体几何排列, 如果能确定球状体直径在分裂过程中基本不变, 可将其解释为动物胚胎化石。

对聚合球形体母体具有共用外壁, 子球体也各自具有独立薄壁等特征, 与许多藻类的特征相同, 倾向于将其视为藻类。

球聚体特殊的排列、形态、巨大细胞直径、球形子细胞各自独立, 未见共有外壁等特征, 目前将其置于藻类已是大家的共识。分歧只在于将其置于绿藻门、红藻门或褐藻门。

以上讨论可看出: 球形类化石是一个多源的非正式生物类群。既有动物化石也有植物化石, 可能包含藻类和疑源类, 由于多源性而增加了其生物归属难度。研究中要注意不能根据某一类化石的归属成果而将所有球状化石笼统归入某一门类, 如部分球形化石被归入后生动物胚胎而认为所有球状化石皆与后生动物有关, 这样极易造成混乱。

5 化石描述

球形类化石新类型和新种类描述如下:

5.1 单胞球形类

单胞球形类 *unicellular spheroid group*

具饰球形体 *Ornamented spheroid type*

古球蛋属 *Archaeooides* Qian, 1977

属征 化石呈圆球、扁圆球、椭圆球状, 直径 $0.5 \sim 2.5 \text{ mm}$ 。球壁薄, 成分为几丁质或磷酸钙质。球体内部中空或被次生沉淀物充填; 球壁表面见不规则脑纹状疣突、规则的球状瘤突或分布不均匀的乳头状突起等多种装饰。球壁也可形成内凹的小坑。

讨论 本属化石主要依据球面有各种突起装饰的特点而区别于 *Olivoooides* 属。该属不包括内部具有分裂子细胞的类型。依据表面突起的不同可分为 3 个种, 将脑纹状或不规则疣突定为 *A. tuberculatus* (new kind), 球状瘤突定为 *A. granula-*

tus Qian, 1977, 乳头状突起定为 *A. kuanchuanpuensis* Qian, 1977。

分布与时代 上扬子区, 晚震旦世至早寒武世。疣突古球蛋(新种类) *A. tuberculatus* (New kind) (图版 I, 13~16)

描述 单胞球形体, 直径 $300 \sim 1\,000 \mu\text{m}$; 球壁成分以磷酸钙质和钙质为主, 具多层结构(图版 I, 15)。最外层较厚, 表面具各种不规则脑纹状、疣状突起装饰; 内层较薄, 平而光滑; 球壁多呈外突浑圆状, 偶有内陷而形成的凹坑或凹槽(图版 I, 16); 球体中空或被部分充填(图版 I, 15), 或全部充填(图版 I, 14); 充填物成分为方解石、磷酸钙或石英质, 偶见黄铁矿晶体。在部分充填的球体空腔中, 可见类似钟乳结构的次生管状构造(图版 I, 15)。当具有疣突装饰的外壁脱落后, 可形成无光泽、无壳质感光面球形体, 可与 *Olivoooides* 区别。

讨论 新种主要以球壁表面具有不规则疣状和脑纹状突饰, 可与具规则瘤状突起的 *A. granulatus* 和具短刺状、乳突状的 *A. kuanchuanpuensis* 相区别。

产地及层位 贵州瓮安北斗山磷矿, 陡山沱组上段。

5.2 多胞球形类

多胞球形类 *Multicellular spheroid group*

裂胞球形体 *Division spheroid subgroup*

三胞藻属(新类型) *Tricellulphycus* (new type)

特征 由 3 个瓣状子细胞构成的球形体, 其直径 $550 \sim 800 \mu\text{m}$ 。构成聚球体的 3 个子细胞在大小形态上基本一致, 其直径 $200 \sim 350 \mu\text{m}$; 子细胞形态呈橘瓣形; 子细胞各具独立的壁, 表面光滑。子细胞内空或被充填, 内容成分为钙质或磷酸钙质, 或两者同时存在。聚合体虽未见有共同的外壁, 但仍显示出由一个细胞分裂而成 3 个细胞的特点。

讨论 新属以其由三个同形等大的独立子细胞组成而区别于所有已知化石。

分布与时代 贵州瓮安, 晚震旦世陡山沱期。分裂三胞藻(新种类) *T. isolatus* (new kind)

(图版 II, 3~4)

材料 同类化石 10 多枚。

来源 *Isolatus*, 拉丁文为分裂之意, 因该种子细胞呈分裂瓣状而得名。

描述 聚合体呈球形, 直径 $650 \sim 800 \mu\text{m}$; 子细胞呈桔瓣状, 各占 $1/3$ 球体, 呈 120° 紧贴, 相互接合面平, 但有明显接合缝, 显示由母细胞分裂而成的特点。子细胞各具独立细胞壁, 表面光滑, 中空

者可见壁内凹成坑或皱; 充填满者为实心体, 显示裂细胞向内收缩集结的性质。内容物为钙质或磷酸钙质, 或两者兼有。未保存公共外壁。

讨论 三分细胞体与呈 2, 4, 8, 16 等级数分裂的裂胞球形化石(或被前人解释为动物胚胎化石)明显不同。这种分裂细胞体在藻类中常见, 应归属植物类无疑。同时, 这类化石的发现, 对探讨与其共生的其他裂胞球形类化石的植物属性有重要意义。

产地及层位 贵州瓮安陡山沱组上段。

多胞球形类 Multicellular spheroid group

聚合球形体亚类 Multiball spheroid subgroup

规则聚球体类型 Regular multiball spheroid type

大积球藻属 *Megaclonophycus* xue et al. 1995

凸球状大积球藻(新种类) *M. extanus* (new kind)

(图版 II, 12)

来源 *extanus*, 拉丁文意为凸出。

描述 由若干小球形细胞镶嵌在一个大球体中, 形成凸球状聚合体。聚合体直径 1 600 μm ; 被包嵌小球体数目不定, 直径为 370 μm , 呈无规律排列。表面每个小球体一半嵌入大球体中, 一半明显凸出于大球体表面, 出露部分高达 170 μm 。这些突出的小球体脱落后, 留下一个个小坑, 显示镶嵌的特点。小球体与大球体成分均以钙质和磷酸钙质为主。

讨论 小球体脱落后留下的圆形小坑可能受后期挤压变形影响, 导致其断面略呈多边形; 小球体以充填物相隔而互不接触, 且小球体数目较少, 与 1995 年薛耀松定名的密集大积球藻 *Megaclonophycus onustus* 明显不同。该类化石内包嵌多个突出的小球体, 应属聚合球形体, 但以其奇异的形态而区别于所有已知化石, 故作新种类描述。

分布与时代 贵州瓮安, 晚震旦世陡山沱期。

不规则聚球体(新类型) *Atoctosclonophycus* (new type)

来源 *Atoctos*, 拉丁文意为不规则。

特征 由共有外壁包裹的多球体聚合而成, 整体形态不规则而呈多种形态。

讨论 该标本与呈圆球形的 *Megaclonophycus* 不同, 故建立新类型。

分布与时代 贵州瓮安, 晚震旦世陡山沱期。

葫芦形不规则聚球藻(新种类) *A. Cucurbit* (new kind)

(图版 II, 16)

来源 *Cucurbita*, 拉丁文意为葫芦。

描述 聚球体外形葫芦状。葫芦体由大小两球构成, 两者共有外壁渐变过渡, 以收缢的凹沟分界; 大球直径 1.3~1.5 mm, 小球直径 0.5~0.6 mm, 在小球的一端具有柄状锥突, 其长度约 150 μm ; 葫芦体

长度约 2 mm。在葫芦体大球端, 内包多个直径 300~500 μm 的小球。小球形态不规则, 呈彼此相切堆积; 小球壁薄。聚球体外壁厚, 表面无饰。

讨论 该化石内包多个小球体的特征, 属于聚合球形体, 但其独特的形态区别于所有已知化石, 故作为新类型描述。

产地及层位 贵州瓮安北斗山磷矿, 陡山沱组上段。

蜂巢状不规则聚球藻(新种类) *A. favosus*

(new kind)

(图版 II, 17, 19)

来源 *favosus*, 拉丁文意为蜂巢。因子细胞脱落后留下许多多边形小坑, 使母细胞断面似蜂巢而得名。

描述 断面为近多边形的子细胞分布于母细胞中, 所形成的聚合体呈不规则椭球状, 子细胞大小近相等, 相互间由填充物分隔。子细胞与母细胞直径为 1:8~1:20, 每个子细胞有独立的外壁包裹, 表面可见子细胞镶嵌其中。从断面看, 有的子细胞破损脱落而留下一个个小坑, 酷似蜂巢(图版 II, 17)。子细胞与充填物成分均以钙质和磷酸钙质为主。

讨论 子细胞数量相对较少且断面形状为不规则多边形, 相互间以填充物分隔互不接触。子细胞具独立的外壁、聚合体具多层外壁等特点, 与 *Megaclonophycus onustus* Xue et al 以及 *M. extanus* 明显不同, 也不同于所有已知化石。所以作为新种类描述。

产地及层位 贵州瓮安, 陡山沱组上段。

多胞球形类 Multicellular spheroid group

球聚体亚类 Contacting spheroid subgroup

双球聚合型(新类型) *Bisphaeridium*

(new type)

特征 聚合体为两个同形等大的球形体相切聚合而成, 未见有公共外壁。

讨论 无公共外壁包裹的两球体聚合成一集合体, 表现出明显的聚合性质, 与有外壁并具分裂性质的 *Eozygion* 明显不同, 故建立新类型。

对称双球种(新种类) *B. symmetrica* (new kind)

(图版 II, 13)

来源 *Symmetrica*, 拉丁文意为对称。

描述 聚合体为两个同形等大的球形细胞, 成对以一平面拼贴而成哑铃状。群体被共有外壁包裹, 大小 183 μm × 76 μm 。外形酷似一枚花生(图版 II, 13), 子球体表面可见脑纹状表饰, 子球体直径约 100 μm 。两个小球壁上有内陷凹坑, 显示成

岩前具较柔软性质。

讨论 球状细胞成对, 但未包裹在共有外壁中, 不符合 *Eozygion* 的特征。

产地及层位 贵州瓮安, 陡山沱组上段。

三球聚合型(新类型) *Trisphaeridium*(new type)

特征 由大小相同或不同的 3 个球体依次直线排列拼贴或三个球体相切聚合, 长度 450 ~ 800 μm ; 子细胞呈球形, 直径 200 ~ 350 μm , 各自具有独立的细胞壁, 表面光滑或具疣突装饰, 球形子细胞内中空, 或被不同程度充填, 充填物以钙质和磷酸钙质为主, 不具公共的外壁。

讨论 无公共外壁包裹的 3 个球体直线排列或三球相切聚合与呈分裂状态的三分胞明显不同, 故建立新类型。

产地及层位 贵州瓮安, 陡山沱组上段。

塔形三球种(新种类) *T. tyrriiformis* (new kind)
(图版 II, 14)

来源 *Tyrriiform*, 拉丁文意为塔形

描述 聚合体外形为 3 层宝塔状, 由大中小 3 个球体依次直线排列聚合而成, 在小球的末端渐变为锥状; 大球体直径 800 μm , 中球体直径 580 μm , 小球体直径 400 μm , 整个聚合体长 1 725 μm ; 聚合体表面无饰。

讨论 该化石不具共有外壁, 由 3 个小球体聚合而成, 应属球聚体; 该化石区别于所有已知化石, 故定为新种类。

分布与时代 贵州瓮安, 晚震旦世陡山沱期。

球形三球种(新种类) *T. sphaerida* (new kind)
(图版 II, 9 ~ 10)

描述 化石为三球互切的聚合体, 直径 550 ~ 800 μm ; 子细胞呈球形, 直径 200 ~ 350 μm , 表面光滑(图版 II, 9)或具瘤突(图版 II, 10); 其内中空或被充填; 充填物钙质或磷酸钙质; 子细胞壁各自独立, 未见共有外壁。

讨论 该新种以子细胞呈球形, 不具共有外壁的特征, 可区别于其他各种球形化石。因其不具有共有外壁而区别于密集大积球藻 *Megacolonophycus onustus* Xue et al., 1995。新种球形子细胞的接合方式与 *Colosotetrahedron* Xue et al., 1995 相同, 但球形子细胞数目不同。目前的分歧是将其置于绿藻门(?)或红藻门(?)或褐藻门。

产地及层位 贵州瓮安北斗山磷矿, 上震旦统陡山沱组上段。

[参 考 文 献]

- [1] 李勇. 上扬子区晚震旦世地层古生物研究[D]. 西安: 西北大学地质系, 2002.
- [2] 丁莲芳, 张录易, 李勇, 等. 扬子地台北缘晚震旦世—早寒武世早期生物群研究[M]. 北京: 科学技术文献出版社, 1992
- [3] 李国祥, 钱逸. 磷酸盐球状化石研究述评[J]. 微体古生物学报, 1999, 16(3): 287 ~ 296.
- [4] 钱逸. 华中西南区早寒武世梅树村阶软舌螺纲及其他化石[J]. 古生物学报, 1977, 16(2): 255 ~ 278.
- [5] 罗惠麟, 蒋志文, 武希彻, 等. 云南东部震旦系—寒武系界线[M]. 昆明: 云南人民出版社, 1982
- [6] 岳昭. *Olivoides* 属的微结构及其系统位置[J]. 中国地质科学院地质研究所所刊, 1986, 14: 147 ~ 162.
- [7] Bengtson, Yue Zhao. Fossilized metazoan embryos from the earliest cambrian[J]. Science, 1997, 277: 1645 ~ 1648.
- [8] 陈孟莪, 刘魁梧. 晚震旦世陡山沱期磷块岩中微体化石的发现及其地质意义[J]. 地质科学, 1986, (1): 46 ~ 53.
- [9] Yin Leiming, Xue Yaosong. An extraordinary microfossil assemblage from Terminal Proterozoic phosphate deposits in South China[J]. Chinese J Bot, 1993, 5(2): 168 ~ 175.
- [10] 薛耀松, 唐天福, 俞从流. 贵州瓮安—开阳地区陡山沱期含磷岩系的大型球形绿藻化石[J]. 古生物学报, 1995, 34(6): 688 ~ 706.
- [11] Xiao Shuhai, Zhang Yun, Knoll A H. Three dimensional preservation of algae and animal embryos in a Neoproterozoic phosphite[J]. Nature, 1998, 391: 553 ~ 558.
- [12] Li Chia wei, Chen Jun yuan, Hua Tzu en. Precambrian with cellular structures[J]. Science, 1998, 279: 879 ~ 882.
- [13] 薛耀松, 周传明, 唐天福. “动物胚胎”对瓮安地区陡山沱组微体化石的错误解释[J]. 微体古生物学报, 1999, 16(1): 1 ~ 4.
- [14] 肖书海, 安德鲁. 诺尔. 是胚胎还是藻类? ——兼答薛耀松、周传明、唐天福先生[J]. 微体古生物学报, 1999, 16(3): 313 ~ 323.
- [15] 袁训来. 新元古代陡山沱期瓮安生物群研究概况[J]. 微体古生物学报, 1999, 16(3): 281 ~ 286.
- [16] Yue Zhao, Bengtson. Embryonic and post embryonic development of the Early Cambrian Cnidarian *Olivoides*[J]. Lethaia, 1999, 32: 181 ~ 195.
- [17] 薛耀松, 唐天福, 俞从流. 贵州晚震旦世陡山沱期具骨骼化石的发现及其意义[J]. 古生物学报, 1992, 31(5): 530 ~ 539.
- [18] Li Guoxiang, Xue Yaosong, Zhou Chuanming. Late proterozoic tubular fossils from the doushantuo formation of weng Guizhou, China[J]. Palaeoworld, 1997, (7): 29 ~ 37.
- [19] 李勇, 张兴亮. 贵州瓮安新元古代陡山沱组磷酸盐管柱状微体化石新材料[J]. 古生物学报, 2003, 42(2): 200 ~ 207.
- [20] 尹崇玉, 高林志, 邢裕盛. 贵州瓮安震旦纪陡山沱期磷酸盐球状化石的新观察[J]. 地质学报, 2001, 75(2): 145 ~ 150.
- [21] 尹崇玉, 高林志, 邢裕盛. 贵州瓮安陡山沱期矿化生物群的研究进展和意义[J]. 地球学报, 2002, 23(1): 47 ~ 54.
- [22] 陈孟莪. 四川峨眉麦地坪剖面震旦系—寒武系界线的新认识及有关化石群记述[J]. 地质科学, 1982, (1): 46 ~ 53.

Study of the spheroidal fossils in Weng' an biota and Kuanchuanpu biota

LIU Yun huan, LI Yong, SHAO Tie quan, YU Bo, FU Shu qing,

HAN Hui ping, LI Yuan yuan, LI Rong xi

(School of Earth Sciences and Resources Management, Chang'an University, Xi'an 710054, China)

Abstract By systematically studying on spheroidal fossils gathered from Weng' an Biota and Kuanchuanpu Biota, the authors put forward a table of form classification for spheroidal fossils for everybody easy to communicate and discuss and inquire in to animal or plant attribute of spheroidal fossils. According to the form genus 4 new types (equal to the form genus) and 8 new kinds (equal to the form species) of the spheroidal fossils are described. The spheroidal fossil is an informal biota from various sources. It includes spheroidal fossils of animal and plant. Study on these fossils has very abundant content, and has far reaching significance for revealing the origin, evolution, diversity and development of embryos of metazoans.

Key words: spheroidal fossil; Weng' an biota; Kuanchuanpu biota; systematical study

[英文审定: 杨家喜]

图 版 说 明

化石标本均保存于长安大学资源学院; 采集号为 WA 者, 采自贵州瓮安北斗山磷矿上震旦统陡山沱组上段; 采集号为 KP, NKLI 者, 采自陕西安强宽川铺下寒武统灯影组宽川铺段(图版说明中 D, C 分别代表底片号、采集号)。

图版 I (化石全部为单球体类)

1~4, 宽川铺古球蛋 *Archaeooides Kuanchuanpuensis* Qian, 1977

1. $\times 75$, 示球面乳突、乳突中心的小孔; D 0060; C KP;
2. $\times 60$, 示球面乳突及小坑; D 9389; C NKLI 90 2;
3. $\times 90$, 示内核; D 9387; C NKLI 2;
4. $\times 75$, 示球面构造; D 9060; C KP;

5~6, 8, 17, 瘤突古球蛋 *Archaeooides granulatus* Qian, 1977

5. $\times 60$, 示球壁表面的圆丘状突起; D 0087; C WA /9;
6. $\times 90$, 示多层壁及内部构造; D 0089; C WA /9;
8. $\times 60$, 示多层壁及内部构造; D 9065; C WA /9;
17. $\times 78$, 示多层壁及内部特征; D 9017; C WA /9;

13~16, 疣突古球蛋(新种类) *Archaeooides tuberculatus* (new kind)

13. $\times 100$, 外表视; D 0066; C WA /13;
14. $\times 90$, 半球视内部全充填; D 0059; C WA /14;
15. $\times 65$, 多层壁及不完全充填; D 0085; C WA /9;
16. $\times 80$, 示球壁上的凹陷; D 0049; C WA /14

7, 9, 19 珍珠橄榄蛋 *Olivoooides pearlformis* Li, 1992

7. $\times 72$, 示光滑球面及薄的球壁; D 9058; C KP;
9. $\times 90$, 光滑球面及破口; D 0061; C KP;
19. $\times 95$, 球壁断面、内部充填; D 0115; C WA /13;

10~12, 18 多沟橄榄蛋 *Olivoooides multisulcatus* Qian, 1977

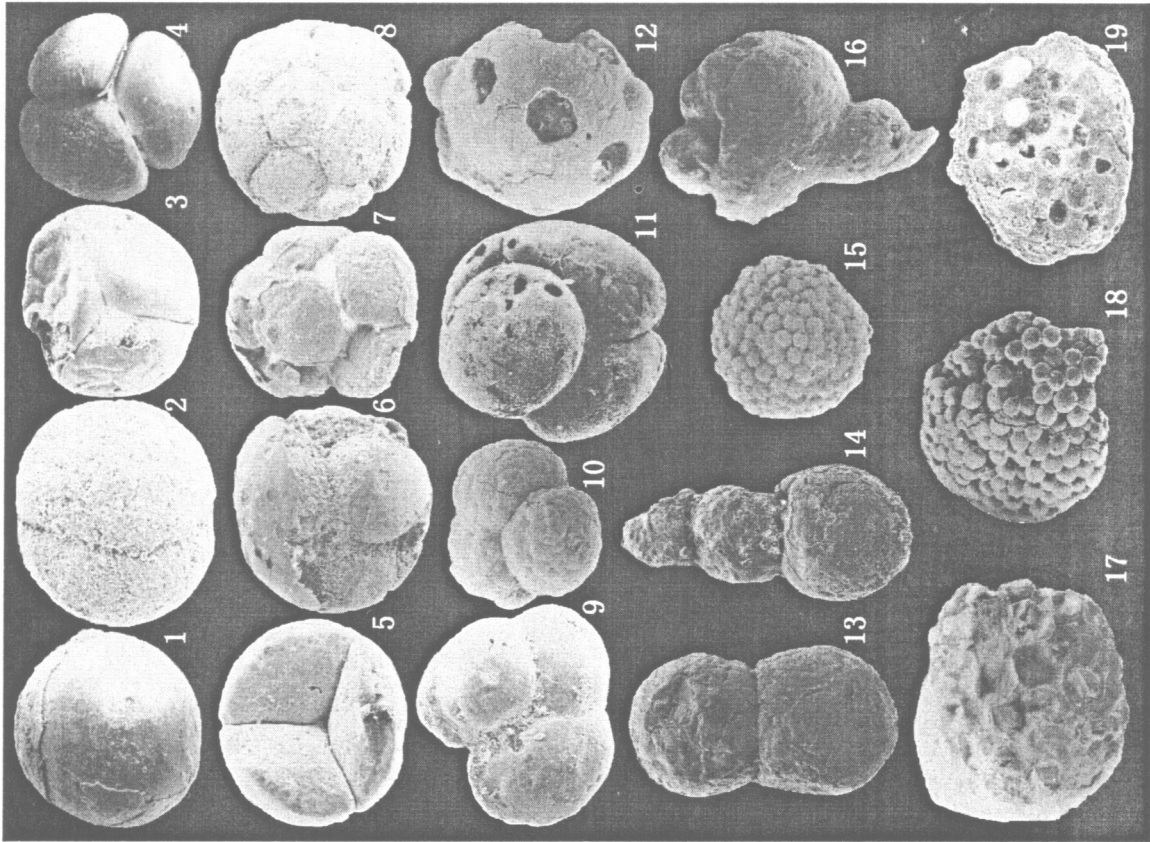
10. $\times 90$, D 0052; C WA /14;
11. $\times 75$, D 0055; C KP;
12. $\times 85$, D 9097; C KP;
18. $\times 80$, D 0053; C WA /14

图版 II (化石全部为多球体类)

1, 珍珠橄榄蛋 *Olivoooides pearlformis* Li, 1992

1. $\times 60$, 外表视; D 0082; C WA /9;
- 2, 古对胞藻(未定种) *Eozygion* sp.
2. $\times 120$, 外视, 无表壁; D 0076; C WA /13;
- 3~4 分裂三胞藻(新种类) *Tricellulophycus isolatus* (new kind)
3. $\times 100$, 外表整体视; D 0079; C WA /14;
4. $\times 100$, 无外壁; D 0077; C WA /14;
- 13, 对称双球种(新种类) *B. Symmetrica* (new kind)
13. $\times 50$, 示成对的球形细胞; D 0083; C WA /9;
- 9~10 球形三球种(新种类)
- Trisphaeridium sphaerida* (new kind)
9. $\times 150$, 光面; D 0072; C WA /13;
10. $\times 100$, 饰面; D 9093; C WA /9;
- 14, 塔形三球种(新种类) *T. Tyriform* (new kind)
14. $\times 60$, 侧视; D 0084; C WA /9;
- 11, 垒卵状巨四面球藻 *C. ovimpositum* Xue, 1995
11. $\times 52$, 外表视; D 0034(薛耀松 1995 年图版)
- 5~8 北斗山副实球藻
- Parapandorina beidoushanensis* Xue et al., 1995
5. $\times 100$, 无表壁四分体(正面的一个子细胞已经脱落); D 0075; C WA /13;
6. $\times 110$, 四分体; D 0073; C WA /13;
7. $\times 110$, 八分体; D 0074; C WA /13;
8. $\times 100$, 十六分体; D 0078; C WA /14;
- 15, 18, 密集大积球藻
- Megaclonophycus onustus* Xue et al., 1995
15. $\times 100$, 外壁脱落; D 9059; C KP;
18. $\times 90$, 外表视; D 0016(薛耀松 1995 年图版)
- 16, 葫芦形不规则聚球种(新种类) *A. cucurbita* (new kind)
16. $\times 54$, 侧视; D 9096; C WA /9;
- 12, 凸球状大积球种(新种类) *M. extanus* (new kind)
12. $\times 54$, D 9085; C WA /9;
- 17, 19, 蜂巢状不规则聚球藻(新种类) *A. favosus* (new kind)
17. $\times 86$, 细胞蜂巢状排列; D 9005; C WA /9;
19. $\times 120$, 多层外壁及小球体间有充填物; D 0090; C WA /9

图版 II



图版 I

