

震旦生命

袁训来

著

The Sinian Life

执着追求是探索未知世界的一把金钥匙，
它开启了震旦纪化石宝库的大门，
再现了距今 6 亿年前后复杂的生命世界。



中国科学技术大学出版社

袁训来——著



震旦生命

中国科学技术大学出版社

内容简介

20 世纪 90 年代以来,对中国震旦系地层中保存的化石(瓮安生物群、蓝田生物群、庙河生物群、埃迪卡拉生物群)的一系列发现和研究,充分说明了复杂生命在寒武纪大爆发之前有一个更加久远的演化历史,这是对达尔文进化理论的诠释和重要补充。本书用通俗易懂的语言再现了作者及其研究团队参与、亲历的中国震旦纪四大化石库的发现和过程;作者还提供了早期生命的精美化石图片和复原图,配以文字说明,详细解读了早期生命的形态及演化过程,也展示了他们所取得的一系列重要科研成果。在全书的字里行间展现了他们团结合作和执着追求的科学精神,每一次新的探索和突破都体现了他们清晰的科学研究思路。

图书在版编目(CIP)数据

震旦生命 / 袁训来著. —合肥:中国科学技术大学出版社, 2019.2
ISBN 978-7-312-04626-1

I. 震… II. 袁… III. 震旦纪—古生物—生物群—研究—中国
IV. ① Q911.72 ② Q991.631

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2019) 第 034199 号

*

出版 中国科学技术大学出版社
安徽省合肥市金寨路 96 号, 230026
<http://press.ustc.edu.cn>
<https://zgkxjsdxcb.tmall.com>
印刷 安徽联众印刷有限公司
发行 中国科学技术大学出版社
经销 全国新华书店

*

开本 710mm×1000mm 1/16
印张 12.5
字数 122 千
版次 2019 年 2 月第 1 版
印次 2019 年 2 月第 1 次印刷
定价 66.00 元

袁训来

中国科学院南京地质古生物研究所
中国科学院生物演化与环境卓越创新中心
现代古生物学和地层学国家重点实验室
中国科学院大学

中国科学院南京地质古生物研究所研究员、博士生导师，
现代古生物学和地层学国家重点实验室主任。首批“新世纪
百千万人才工程”国家级人选，国家杰出青年基金获得者，
全国优秀科技工作者，科学中国人（2005）年度人物。长期
从事地球早期生命研究，做出了一系列具有重大国际影响的
创新性成果。埃迪卡拉纪“蓝田生物群”和“瓮安生物群”
的命名者和重要研究者。主持的重要成果分别入选 2005 年
度和 2007 年度“中国基础研究十大新闻”等。

前言

“这些化石是如何被发现的，咋知道深山老林里的岩层中有化石？”经常会有人问起这样的问题。古生物学是一门传承性极强的学科，中国老一辈地质学家为这个学科的发展打下了坚实的基础。特别是上世纪六七十年代，在全国地质矿产普查和地质填图的过程中，他们翻山越岭，用双脚丈量着中国的崇山峻岭，用双手触摸着山体中坚硬的岩层，中国多数重要的早期生命的化石宝库，就是在那段艰苦岁月中发现的蛛丝马迹。正是在前辈们的指引和鼓励下，现如今，我们肩负着使命、怀揣着希望，沿着他们的足迹寻找着珍稀化石，并逐步揭示它们的科学内涵。

生命是地球最具特色的现象，

这一物质存在的特殊形式并不是地球天生固有的，它的出现可以追溯到 38 亿年前的冥古时代。生命最初的形式是单细胞的原核微体生物。构成生命的基本元素没有特别之处，如碳、氢、氧、氮、硫、磷等在宇宙中广泛分布，只是它们经过了数亿年一系列极其复杂的演化，才产生了具有新陈代谢、生殖和遗传等特殊功能的原始细胞。毫无疑问，保存精美的化石是人们认识生物演化历史最重要的科学依据。但是，由于地球上发生了“沧海桑田”的地质演变，第一个细胞产生前的系列演化证据几乎都没有保存下来。岩石中保存的最古老的生物活动痕迹出现在距今 38 亿年前后，那个时期的化石并不是可以

与现代生物进行形态对比的有形生物，而是一些生物参与的沉积构造或生物遗留下来的生物大分子结构。现已发现的、保存了有形生物遗体的岩层不早于 35 亿年。距今 35 亿—25 亿年的太古代的生物化石无一例外都可以归入微体的原核单细胞生物。真核单细胞生物也许出现在距今 25 亿—22 亿年大气氧化的那段时间，但可靠的化石记录非常有限。可靠的真核单细胞生物化石在距今 16 亿年之后的中元古代地层中较为常见。直到 7.5 亿年前后的新元古代大冰期前夕，地球生物圈的面貌还是以原核生物为主。

可以说，自生命出现以来的近 30 亿年间，地球的陆地几近荒漠，

海洋中大量繁盛着原核生物，以蓝细菌为代表的原核生物构成了海洋生态系统的主体，该时期广泛分布的叠层石就是这些微生物形成的沉积构造。早期的真核生物也主要以单细胞形式存在，其生存的空间非常有限，大部分都生活在海水的表层含氧区域。我们在元古代页岩中用浸泡法获得的以球形有机质形式保存的化石（常称为“疑源类”），大部分都是在表层海水浮游生活的单细胞真核生物的休眠期囊孢。

新元古代大冰期之后的“震旦纪”（距今 6.35 亿—5.4 亿年），国际上正式的名称是“埃迪卡拉纪”，那时地球生物圈、大气圈和海洋环境已经发生了巨大改变，随着全球性的极端寒冷事件（也称“雪球地

球事件”) 的结束, 全球变暖, 氧气含量明显升高, 真核多细胞复杂生物, 包括多细胞藻类和动物均已出现。这一时期, 以宏体真核多细胞生物为主体的复杂生态系统, 打破了长达 30 亿年的、以叠层石—微生物席生态系统“一统天下”的总体格局。

中国震旦系地层中保存的化石为认识复杂生物的早期演化历程提供了独特的证据。上世纪 90 年代以来, 有关瓮安生物群、蓝田生物群、庙河生物群、埃迪卡拉生物群

的一系列发现和研究, 使得人们充分认识到, 复杂生命在“寒武纪大爆发”之前有一段更加久远的演化历史。这些发现是对达尔文进化理论的诠释和重要补充。

作者和研究团队成员亲身经历了中国震旦纪四大化石库的发现和研究过程, 这一对复杂生命“追根求源”的工作, 长期以来得到了老一辈地质学家的帮助和指导。谨以此书对他们的无私奉献、关爱和支持致以诚挚的敬意!

目 录

第1章 / 瓮安生物群 1

- 1.1 陈孟莪先生把黑色磷块岩送给张昀老师 / 4
- 1.2 第一次去瓮安磷矿, 矿长请我们吃饭 / 6
- 1.3 黑色石头是早期生命研究者的最爱 / 10
- 1.4 磷块岩中的发现远远超过了张昀老师的预想 / 16
- 1.5 走进瓮安生物群研究的大门 / 22
- 1.6 化石保存在两种不同类型的岩石中 / 26
- 1.7 著名的动物胚胎化石 / 30
- 1.8 寻找下“蛋”的“鸡”成为焦点和难点 / 36
- 1.9 也许, 在瓮安磷矿永远找不到下“蛋”的“鸡” / 44
- 1.10 有一位学生想尝试胚胎化石研究 / 52
- 1.11 他在胚胎化石中发现了细胞分化的证据 / 56
- 1.12 胚胎化石还需要深入研究 / 60
- 1.13 6 亿年前的瓮安也许是这样的 / 64

第2章 / 庙河生物群 67

- 2.1 金玉玗先生为我引见陈孟莪先生 / 70
- 2.2 走两个小时的上山路才能到庙河生物群的发掘点 / 74
- 2.3 这些化石都是肉眼可见的宏体化石 / 78
- 2.4 可靠的动物化石少, 主要是藻类 / 86

- 2.5 三峡很穷但很美 / 94
- 2.6 与肖书海一起采集庙河生物群化石 / 98

第3章 / 蓝田生物群 103

- 3.1 再次得到陈孟莪先生的指点 / 106
- 3.2 标本和科学意义都挖掘得不够 / 110
- 3.3 心中一直想着瓮安生物群中下“蛋”的“鸡”是啥样的 / 114
- 3.4 带着明确的科学目的,再次回到皖南蓝田 / 118
- 3.5 科学是美的 / 124
- 3.6 生物群中有藻类也有动物,它们都是肉眼可见的宏体生物 / 134
- 3.7 它们也许生活这样的环境中 / 142
- 3.8 多细胞生物也许起源于台地上的深水区域 / 146

第4章 / 埃迪卡拉生物群 153

- 4.1 在老乡家的石瓦片上发现了化石 / 156
- 4.2 青石板太硬,不是我们不努力,是真的敲不动 / 162
- 4.3 要成大事,必须有“天时、地利与人和” / 166
- 4.4 “顺藤摸瓜”也不是容易的事 / 172
- 4.5 一个月后,才挖到第一块原层位保存的埃迪卡拉化石 / 180

结束语 / 184

图目录 / 186

致谢 / 190

第1章

瓮安生物群

在细胞水平、组织水平上
认识复杂多细胞生物早期演化



瓮安生物群

产自贵州省瓮安县瓮安磷矿埃迪卡拉系（震旦系）陡山沱组磷块岩之中，距今约 6 亿年。该生物群包含有多细胞藻类、动物和动物胚胎、疑源类、蓝藻等多种类型的生物化石。这是一个特殊埋藏的化石生物群，生物死亡后发生了快速的磷酸盐化和硅化作用，微细结构保存精美，一些动物和藻类化石具有细胞和组织结构。透过瓮安生物群这一独特的窗口，人们能够在细胞和组织水平上窥视到早期动物和藻类的内部结构和发育特征。

知识链接

磷酸盐化作用和硅化作用：是生物保存为化石的重要过程。在一些特殊的环境下，隐晶质（微小颗粒）的二氧化硅或磷酸盐渗透进生物体，或在生物体表面快速沉淀和结晶，把生物体改变成不易分解和破碎的化石。这一过程类似于“果脯”的制作过程，在高温的水体中，糖或蜂蜜渗透进水果的果肉中，使得水果原来的成分所剩无几，基本都由糖或蜂蜜替换掉了，但是水果的外形得以完好地保存。



原植体：植物的形态结构上的术语。原植体（thallus）呈丝状或片状，大小不一，小的仅数个细胞。原植体无根、茎、叶的分化，无输导组织。多细胞藻类（如绿藻、红藻、褐藻）、真菌及苔类的营养体均属此类。具有原植体的植物统称为原植体植物。



疑源类：一个非正式的分类学术语，为了分类描述的方便。定义为：“未知或可能多样生物亲缘关系的小型微体化石，由单一或多层有机成分的壁包封的中央腔组成；对称性、形状、结构和装饰多种多样，中央腔封闭或以孔、撕裂状不规则破裂、圆形开口等多种方式与外部相通。”根据“疑源类”的字面就可以理解，这类化石的生物亲缘关系未知或不能确定，但越来越多的研究表明，其中绝大部分类型属于绿藻或海生杂色藻类，少部分可能与单细胞原生生物、真菌孢子囊或动物的卵有关。

1.1 陈孟莪先生把黑色磷块岩送给张昀老师

第一次接触瓮安磷矿的磷块岩,是在1985年冬天的某一个下午,陈孟莪先生跟北京大学地质系张昀教授约好在中关村的技物楼见面,我当时正在技物楼张老师的实验室做本科毕业论文。记得当时陈先生从一个老式皮包中拿出一块用旧报纸包裹了很多层的黑色石头,跟张老师说:“这是贵州瓮安磷矿的磷块岩,你是研究地球早期生命的,对在岩石薄片观察化石有经验,这块石头你切切看,里面肯定有化石,也许能发现你感兴趣的东西。”第二年开春天气变暖

后,张昀老师请当时北京大学地质系负责做岩石薄片的贾师傅磨制了二十来片,记得当时听他说起,好像在这些薄片中发现了一些具有细胞结构的藻类化石。也就是在那年的暑假,张老师带着我和另一位同学来到了贵州瓮安磷矿。



古隆中

中间是张昀教授（已故），左边是肖书海教授，右边是作者。

1986年夏天考察湖北荆襄磷矿时，顺路拜谒襄樊古隆中。荆襄磷矿与瓮安磷矿属于同一时代，张老师觉得这里面也许有类似瓮安磷矿的化石，但经过后来的研究发现，这里的磷矿中只含有一些蓝藻化石，叠层石非常发育，但没有多细胞生物化石的痕迹。在这“三顾茅庐”之地，张老师跟我们俩讲起，人一辈子也就匆匆数十年，很短暂，要有点追求，为后人留下点永恒的东西，比如像我们古生物学者在岩石中找到一些新的化石属种，也算是一种贡献。现如今，张老师离开我们很多年了，但他在瓮安磷矿中发现和命名的瓮安藻、原叶藻、红藻的生殖巢等一系列多细胞生物化石，为我们认识多细胞生物起源及其早期演化提供了重要的实证材料。

1.2 第一次去瓮安磷矿，矿长请我们吃饭

瓮安磷矿属于贵州省司法厅管辖，一般人进入这个地方并不容易，我们当时带着北京大学的红头介绍信找到了矿长，说是搞地质的学生来磷矿实习。矿长看到介绍信非常兴奋，说他的父亲就是北大毕业的，对我们格外亲切，“来，我请你们吃饭。”当时的瓮安磷矿新建了职工住宿区、篮球场、招待所等，还有一个职工食堂。我们从贵阳下火车后坐了一整天的汽车，傍晚时分才来到矿上，的确非常饿了。矿长带我们来到职工食堂，走进一间桌

上堆满剩饭剩菜的小房间，说这些饭菜是刚刚矿领导没有吃完的饭菜，扔掉太可惜，现在厨师都已经下班回家了，如果我们不介意的话，挑几样吃饱肚子吧。记得好像当时连张老师在内，我们三人都没介意，不但吃得很饱，还很香。

吃完饭，我们住进了矿上的招待所，两块五一个房间。第二天一大清早，张老师就把我们叫起床，在矿上的职工食堂带上几个馒头就出发了。根据以前陈孟莪先生的指点，那块黑色磷块岩来自一个叫磨坊