

doi: 10.12029/gc20200307

冯伟民. 2020. 病毒与细菌等微生物在地球生物演化史上的作用[J]. 中国地质, 47(3): 655–663.

Feng Weimin. 2020. The role of viruses and bacteria and other microorganisms in the history of the earth biological evolution[J]. Geology in China, 47(3):655–663(in Chinese with English abstract).

病毒与细菌等微生物在地球生物演化史上的作用

冯伟民

(中国科学院南京地质古生物研究所, 江苏 南京 210008)

摘要:病毒与细菌统称为微生物。病毒与细菌之害是生物生存遭遇到的最大的灾害,不仅在人类社会历史上留下了深重灾难,而且在地球生物演化史上也是大灭绝的重要推手。虽然病毒和细菌难以形成实体化石,但却以一种特殊的分子化石成为了侦探地质时期生物大灭绝的神针。本文以地球微生物学为指导,以蓝细菌和绿硫细菌分子化石为例,综合有关研究成果,解读了微生物学、病毒和细菌以及微生物岩的有关知识,帮助人们认识地球生物演化史上二次重要的大灭绝事件。本文还从人类演化过程中的农业革命,阐明了人菌共生关系及带来的启示。

关键词:病毒;细菌;微生物学;生物演化;大灭绝;绿硫细菌;蓝细菌

中图分类号:Q913.2;P571 文献标志码:A 文章编号:1000-3657(2020)03-0655-09

The role of viruses and bacteria and other microorganisms in the history of the earth biological evolution

FENG Weimin

(Nanjing Institute of Geology and Palaeontology, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008, Jiangsu, China)

Abstract: Viruses and bacteria are generally called microorganisms. The disaster of viruses and bacteria is the biggest one encountered by living creatures. It not only has left a serious disaster in the history of human society but also has been an important promoter of the mass extinction in the history of the evolution of the Earth's life. Although it is difficult for viruses and bacteria to form solid fossils, a special molecular fossil has become a magic needle for the detection of biological extinction in geological times. With earth microbiology as the guide and cyanobacteria and green sulfur bacteria molecular fossils as the study case, the authors comprehensively explained relevant research results and interpreted the relevant knowledge of microbiology, viruses and bacteria, and microbial rocks, thus helping people understand the two most important events of mass extinction in the history of the earth's biological evolution. This paper also clarifies the association relationship between human and fungus based on the enlightenment from the agricultural revolution in the process of human evolution.

Keywords: viruses; bacteria; microbiology; biological evolution; mass extinction; green sulfur bacteria; cyanobacteria

About the author: FENG Weimin, male, born in 1960, senior researcher, mainly engages in paleontology research; E-mail: wmfeng@nigpas.ac.cn.

Fund support: supported by National Natural Science Foundation of China(No. 41772020).

收稿日期:2020-05-09;改回日期:2020-05-20

基金项目:国家自然科学基金面上项目“雅鲁藏布江缝合带东段的放射虫与新特提斯洋的演化”(41772020)资助。

作者简介:冯伟民,男,1960年生,研究员,主要从事古生物研究工作;E-mail: wmfeng@nigpas.ac.cn。

1 引 言

2020年新冠病毒疫情突然大暴发,世界各国无一幸免,人类正在饱受病毒的伤害。此时,人们渴望了解病毒的兴趣徒然大增,有关病毒的知识成了当前科技界和媒体传播的热点。然而,尽管生物学家已经积累了大量的关于病毒如何进化的知识,但至今无人知晓病毒是何时出现的,也不知道它们从何而来(Wessner, 2010; Jin, 2020; Wang, 2020)。人类对于地球历史中的生物演化现象的认识,更多地来自于化石记录。遗憾的是,病毒和细菌难以变成实体化石,因此科学家一般地只能通过研究今天的病毒是如何进化的,以及利用生化和遗传信息来创建和推测病毒的进化史(Suchard et al., 2018)。

2 病毒与细菌的分类与特点

微生物分为8大类:病毒、细菌、真菌、放线菌、立克次体、支原体、衣原体、螺旋体(图1)。病毒和细菌是微生物的重要成员,也是生物界的重要组成部分,它们的主要特点如下。

2.1 病毒

病毒是由核酸和蛋白质等少数几种成分组成的“非细胞生物”,它的生存必须依赖于活细胞。病毒的结构为蛋白质衣壳和核酸(核酸为DNA或RNA)。其大小一般直径在100 nm左右,最大的病毒直径为200 nm的牛痘病毒,最小的病毒直径为28 nm的脊髓灰质炎病毒。据《科学美国人》2020年

5月30日报道,自然界中存在26万~160万种动物病毒,感染人类略多于200种病毒的生命活动的一个显著特点是只能寄生在某种特定的活细胞内才能生活,并利用宿主细胞内的环境及原料快速复制增值。在非寄生状态时呈结晶状,不能进行独立的代谢活动。以噬菌体为例,其生存过程是“吸附→DNA注入→复制+合成→组装→释放”(中国科学院微生物研究所,2020)。

现代病毒被认为是在它们各自的进化路径上演化而来(Tang, 2020)。病毒是不属于任何王国的无细胞寄生实体,严格来说,并非生物家族的一员,它仅是一个蛋白质构成的外壳包着一些遗传物质如RNA或DNA(图2)。病毒比细菌小很多,仅细菌千分之一。与大多数生物体不同,病毒不是细胞,不能分裂。相反,它们感染宿主细胞,利用宿主的复制过程产生相同的后代病毒颗粒(Ye, 2020)。病毒感染各种生物,如细菌、植物和动物。病毒并不进行代谢或生长,而是以成熟的形式进行组装。

2.2 细菌

细菌的细胞结构简单,胞壁坚韧,多以二分裂方式繁殖和水生性强的原核生物,一般生活在温暖、潮湿和富含有机质的地方,其主要是单细胞的原核生物,有球形,杆形,螺旋形,细菌的基本结构为细胞膜、细胞壁、细胞质、核质(特殊结构有荚膜、鞭毛、菌毛、芽胞),细菌的繁殖主要以二分裂方式进行(图3)。单个细菌用肉眼是看不见的,当单个

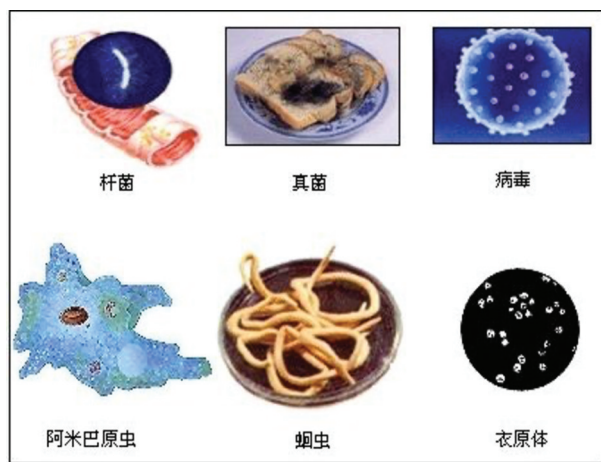


图1 微生物部分成员

Fig.1 Some members of microorganisms

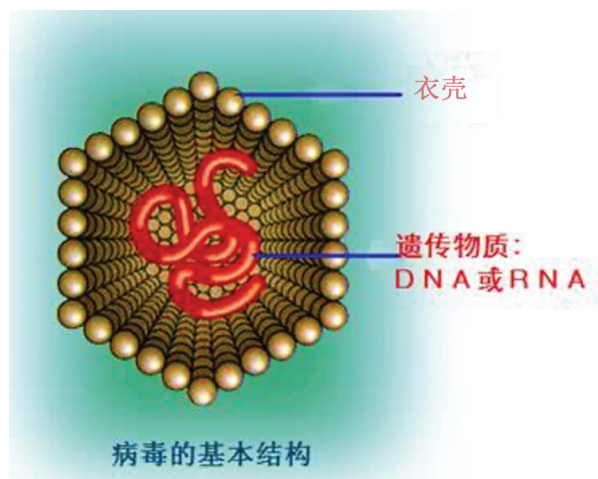


图2 病毒基本结构图

Fig.2 The basic structure diagram of virus

或少数细菌在固体培养基上大量繁殖时,便会形成一个肉眼可见的,具有一定形态结构的子细胞群落,不同种类的细菌菌落的大小,形状光泽度颜色硬度透明度都不同,是菌种鉴定的重要依据。

3 微生物在研究地球生命史中的重要作用

3.1 研究微生物的学科与手段

现在有一门学科叫地球生物学(Geobiology),专门系统地研究地质历史时期微生物这个大家族对地球环境系统的作用,它是现代生命科学与地球科学相互渗透而形成的交叉学科,需要同时借助现代生命科学和地球科学这两大基础学科的理论体系和技术方法研究地球系统中生物与环境的相互作用。

地球生物学中的分支学科地球微生物学(Geomicrobiology)则是研究微生物与地球环境的相互作用。其分子水平上的研究则由分子地球生物学(Molecular geobiology)来完成。为了建立地球系统科学的全新认知体系,地球生物学特别关注微生物的作用(谢树成等, 2009)和利用(赵忠泉等, 2020)。微生物包括细菌、病毒、真菌以及一些小型的原生生物、显微藻类等在内的一大类生物群体(图1),只能在显微镜、电子显微镜下才能发现。微生物涵盖了有益与有害的众多种类,许多与人类密切相关,据悉约有1000多种细菌、病毒、立克次体、螺旋体、寄生虫等病原体在威胁着人类的生命。

微生物一直是地球能量传递中的重要角色,无论是在有光生物圈的太阳能转换还是黑暗生物圈地下热能和化学能转换,微生物都起到了最初从环

境中摄取能量,最后把能量从生物圈返回给环境的作用,而其他生物都是在食物链能量传递中起着中间环节的作用。

微生物还在生态系统构建和运作中扮演着不可替代的角色。传统古生物学研究主要为无脊椎动物、古植物和脊椎动物,它们仅是生态系统上层组成部分,是科学家长期以来比较熟悉和研究的重点。但是,人们对于生态系统底层的大部分成员的系统研究还相当缺乏了解,对构成生命体系三大类群中的古细菌和真细菌的研究工作近半个世纪以来才刚刚起步。古细菌和真细菌都是微生物,恰恰对全球变化以及地球表层系统起着重要乃至关键的作用,它们是生物与环境相互作用过程中极为重要的纽带,如蓝细菌、硫酸盐还原菌、甲烷菌等微生物功能群对海洋固碳作用、早期成岩作用等影响深刻(谢树成等, 2011)。因此,微生物构成了地球生命的根基。

但是,微生物也是生物灾害中危害最大的一种类型,尤其病毒和有害细菌在人类社会发展史上造成了无数次瘟疫大灾难,世界历史上有让人恐怖的十大瘟疫,如中世纪黑死病、第三次鼠疫、查士丁尼瘟疫、美洲瘟疫等(Li et al., 2020),我国有记载的大小瘟疫也有726次之多(Zhen, 2020),当前正在蔓延的新冠病毒是人类历史上首次出现的全球性全面暴发的一场瘟疫。微生物造成的累累罪行甚至可以追溯到地球历史久远的年代,它们在历次生物大灭绝中起着推波助澜甚至至关重要的作用。

3.2 地球史上微生物的标记

由于微生物家族都是肉眼难以辨别的小不点成员,要识别地质历史时期微生物家族的“庐山真面目”显然是相当困难的。但是,大自然的演化过程,总是带来意想不到的神来之笔。在化石家族中,有一类称之为化学化石(或分子化石)的引起了科学家的关注,它是生物死亡后残留在沉积物中的有机分子,如氨基酸、糖类、脂肪酸、烃、酚及色素等,只有在特殊的仪器设备帮助下才能检测出来。科学家根据微生物形成的分子化石,已经揭开了部分具有特殊功能的微生物群体的神秘面纱,能够帮助我们了解在地球历史过程中它们所扮演的角色和作用。

另一个研究微生物的对象是叠层石,它是一种微生物岩,是现代和地质历史时期底栖微生物(主要是蓝细菌)在浅海环境形成的最具代表性的一种沉

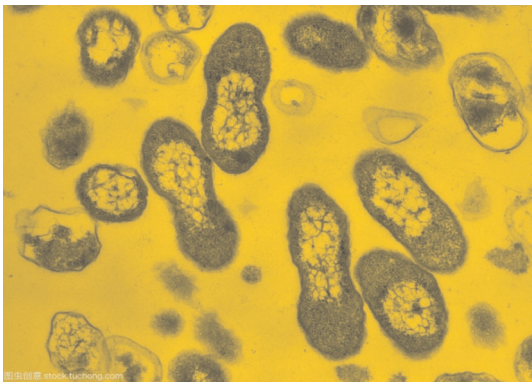


图3 百日咳细菌照片

Fig.3 Bacteria photo of pertussis

积构造(图4),换言之,叠层石是无机界和有机界混合响应的产物。当蓝藻等低等微生物的生命活动在潮汐影响下引发周期性的矿物沉淀、沉积物捕获和胶结作用,从而形成了叠层状的生物沉积构造。这在前寒武纪未变质的碳酸盐沉积中是最常见的一种“准化石”。因纵剖面呈向上层层凸起而起名叠层石。现代海洋叠层石主要分布在澳大利亚西海岸、美国佛罗里达及中东波斯湾等地区。在地球演化的早期,叠层石曾广泛出现,但是在大约6亿年前海洋动物爆发以后,这些微生物形成的沉积构造明显萎缩。

因此,科学家可以根据保存在地层中的“分子化石”和“叠层石”等微生物岩特殊沉积构造来研究地质历史时期的蓝细菌和其他细菌。地球微生物学就可以根据分子化石和这些沉积构造探测蓝细菌等微生物存在的可能性及指相等意义。

4 微生物在侦破生物大灭绝中的作用

4.1 地球第一次生命大灭绝背后推手

地球早期是一个无氧的还原环境,生命就诞生在无氧的海洋中。最初的生命系统可能是由自养的蓝细菌和异养的细菌组成。蓝细菌(图5)与细菌的区别在于细胞膜内有些叶绿素,所以它可以吸收二氧化碳和太阳光,进行光合作用,并制造出有机物供自己生存所需,同时释放出氧气。现在高等植物的这种产氧功能很可能就是从蓝细菌经过长时间演化而来的。而细菌没有叶绿素,所以只能靠其他有机物或无机物来养活自己。

地球从早期的无氧大气环境变成现在的有氧大气环境,差不多经历了23亿年,也就是地球演化的一半时间才实现的,科学界称之为第一次大氧化作用(Holland, 2006)。显然,蓝细菌对地球有氧大气环境的形成功不可没,是海洋生态系统初级生产者的组成部分,处于食物链的最底层,可以称得上是我们这个大千世界里最底层的“默默耕耘者”。

蓝细菌在现代环境中分布十分广泛,从水生到陆生生态系统,从热带到南极都有分布。由于蓝细菌本身没有硬体骨骼,所以在漫长的地质历史时期,虽然曾经发育过大量的蓝细菌,但常常因腐烂和分解而很难直接保存为化石。但是,科学家发现,组成蓝细菌的特征性有机物质在一定条件下常常能保存下来,这些特征性的有机物质就是“分子化石”。另外,蓝细菌在生命活动过程中会形成诸如“叠层石”之类的特殊的微生物沉积构造。

蓝细菌在长期演化过程中,向海洋和大气释放了大量的氧气,对改善大气有氧环境居功至伟,但却是地球上第一次生物大灭绝的幕后推手。因为在地球生命出现后相当长的一段时期,海洋中的生命已经生机勃勃,它们大多数是以海底热泉喷出的甲烷、氢等为能量源的“专性厌氧菌”,它们结构简单,没有保护基因的膜,遗传物质完全裸露在外,称为“原核生物”。但是,它们的致命弱点是一接触到氧气就会死亡。因此,当氧气出现时,有氧环境对这些原本厌氧的原核生命产生了致命的伤害,导致了绝大多数生命的灭绝。斯坦福大学研究人员发现,当地球大约23亿年前发生第一次大氧化事件,导致了高达99.5%的生命消失,使得那些残留的厌氧细菌只能退缩躲在



图4 叠层石(引自<https://image.baidu.com/>)
Fig.4 Stromatolite (after <https://image.baidu.com/>)



图5 蓝细菌(引自<https://image.baidu.com/>)
Fig.5 Cyanobacteria (after <https://image.baidu.com/>)

深海或黑暗无氧环境中,延续和支撑着地球生命的根基。这样的结果相对于6600万年前恐龙灭绝显得更为惨烈(Dutkiewicz et al., 2006)。

4.2 逮住二叠纪末大灭绝的凶手

2.52亿年前,地球上出现了一次规模最大的生物灭绝事件,当时的地球万物凋零,可谓一片荒凉。那到底是谁在作祟,有这么大的能耐,把地球搅得天翻地覆?还是让我们先了解一下二叠纪时代的生物面貌,继而认识二叠纪末生物大灭绝的来龙去脉吧。

4.2.1 二叠纪生物与地质背景

二叠纪(距今2.989~2.521亿年)是古生代最后一个纪,历时4680万年。这是一个生物演化的重要时期,海生无脊椎动物中主要门类仍是古生代海洋常见的优势类群,如珊瑚、腕足类和菊石,而石炭纪就已繁盛起来的筴类在二叠纪也依然延续着一派繁盛景象。但这些动物群的组成成分却发生了重要变化。节肢动物的三叶虫只剩下少数代表,腹足类和双壳类有了新的发展。脊椎动物在二叠纪发展到了一个新阶段。鱼类中的软骨鱼类和硬骨鱼类等有了新发展,软骨鱼类中出现了许多新类型,软骨硬鳞鱼类迅速发展。当时称霸海洋的生物可能是牙形动物和鱼类家族,它们是广阔的海洋里四处游走、横行霸道的“主动摄食”家族。这些动物有牙齿,可以残忍地将食物撕碎,而鱼类个头又大,它们最大的长达好几米,所以其他生物都是它们的“盘中餐”(Rong et al., 2004, 2014)。

陆地上出现了许多两栖类,常见的有迷齿类的蜉蝣。爬行动物中的杯龙类在二叠纪有了新发展;中龙类游泳于河流或湖泊中,以巴西和南非的中龙为代表。还有盘龙类、兽孔类、二齿兽等,这些爬行动物高大威猛,身长可达五六米,长得有点像现在的蜥蜴。另外也有恐龙的祖先,如杯龙目爬行类。哺乳动物的先驱——温血爬行动物兽孔类亦开始发展(图6)。

二叠纪是地壳运动较为活跃的时期,那时古大陆板块间的相对运动加剧,世界范围内的许多大陆发生碰撞而拼合在一起,并陆续形成了褶皱山系。安加拉古陆与波罗古陆的碰撞,形成了乌拉尔山脉,贯通南北两极的超级大陆最终形成。

二叠纪时期全球构造活动与岩浆活动也异常活跃。在西伯利亚及中国西南地区有超过200万

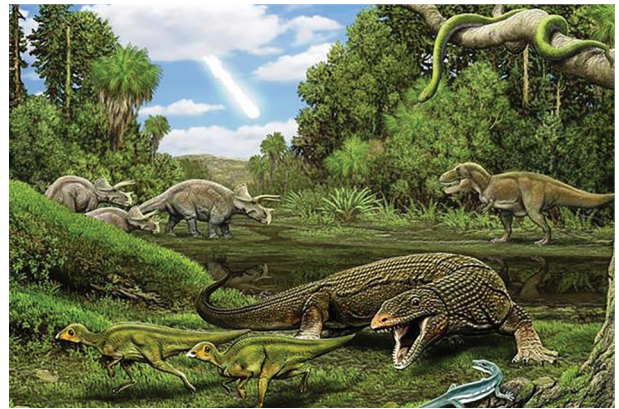


图6 二叠纪生物(引自 <https://image.baidu.com/>)

Fig.6 Permian creatures(after <https://image.baidu.com/>)

km²的大规模的玄武岩形成;全球海平面曾发生剧烈的升降。尽管陆地气候大部分温暖潮湿,但在陆地上出现了大型内陆盆地,那里的气候异常炎热干燥,而在中纬度地区有一块宽阔的沙漠干旱地带,南极则是另一番景象,披盖有一个巨大的冰盖。

陆地面积的进一步扩大,海洋范围的缩小,自然地理环境的剧烈变化,加上复杂的构造运动大大促进了生物界的演化,预示着生物发展史上一个巨变时代的到来。

4.2.2 悲惨的大灭绝

当时光流逝到二叠纪末,全球发生了地质历史中规模最大、影响最为深远的生物集群灭绝事件。但与古生代前两次大灭绝主要局限于海洋生物不同,二叠纪末生物大灭绝不仅导致了海洋中90%的物种灭绝,而且使75%的陆生生物未能摆脱灭绝的厄运,其灭绝率超过列居第二位的奥陶纪末灭绝率的一倍,较之白垩纪末的灭绝率更是高得多(Shen et al., 2018)。

在此次大灭绝中,繁盛于古生代早期的三叶虫、四射珊瑚、横板珊瑚、筴类有孔虫等全部绝灭,腕足动物、菊石、棘皮动物、苔藓虫等也遭受严重的打击。曾长期统治浅海底域的腕足动物,如长身贝目、正形贝目等全部消亡,连深水海域里的放射虫等也惨遭重创。华夏双壳类动物群53.4%的属和96.5%的种突然集群灭绝。这次灭绝事件也使93%鱼类遭到了灭绝,尽管软骨鱼中的肋刺鲨类此时继续发展,旋齿鲨和异齿鲨都是其中的著名代表。

二叠纪末的生物灭绝事件对地球生态系演变

的影响也是空前的,生物礁生态系统全面崩溃,并导致了自奥陶纪建立起来的由海百合—腕足动物—苔藓虫组成的海洋表生、固着底栖滤食性动物群落迅速退出历史舞台,为中生代由现代软体动物—甲壳动物—硬骨鱼构成的活动性底栖、内生和肉食性生物群落的崛起创造了条件。

在陆生生物中,不同气候带的特征植物群消亡,当时位于赤道地区的以大羽羊齿为代表的热带雨林植物群,在二叠纪末与海洋生物同时遭到快速毁灭性打击。庞杂的蕨类植物绝大部分灭绝,仅有些草本植物遗留下来。大量的昆虫从此消失。在二叠纪最有代表性的陆生动物就是四足类的脊椎动物,但至二叠纪末,63%的四足类的科迅速灭绝。总之,地球表面一片万物凋零、毫无生机的凄惨景象(图7)。

中国科学家通过华南地区的地质古生物资料研究表明,二叠纪末大灭绝是在大约6万年很短地质时期内发生的,属于典型的突发性的灾变式超大型生物灭绝事件(Shen et al., 2018)。那么,如此惨烈的生物大灭绝究竟是何原因导致的呢?

4.2.3 侦破大灭绝的神针

生物大灭绝原因纷繁复杂,起因于全球性的多种可能的灾变环境,如全球气候变化(变冷或变暖)、大范围火山活动、海洋环境恶化(如短期内海平面升降、酸化、毒化、甲烷大量排放)和天外来客(如彗星、陨石)撞击地球。

科学家发现二叠纪末大灭绝事件发生的前后都有温度剧烈变化、海洋酸化和缺氧、海洋微生物爆发等现象出现,所有这些都说明剧烈的气候环境变化是导致生物大灭绝发生的原因,其幕后黑手大多指向地球内部的活动造成的大规模火山喷发(Kamo et al., 2003,)。

二叠纪末,西伯利亚地区有范围广泛的约200多万 km²发生玄武岩喷溢,使大气层中二氧化碳浓度急剧升高,导致全球气候剧变,酸雨和温度大幅变化及海洋缺氧等。当时南北极温度不断升高,造成海洋难以形成环流,大量绿硫细菌聚集在一起,形成的大量硫化氢气体难以沉积到海底。

绿硫细菌是一种适合生存于厌氧、硫化氢丰富的透光带环境中的自养型菌类,能利用硫化氢、单质硫等进行光合作用。绿硫细菌的标志化合物是一些具类异戊二烯侧链的芳香烃(例如,2-烷基-1,



图7 二叠纪末生物大灭绝(引自 <https://image.baidu.com/>)
Fig.7 Biological extinction in the late Permian(after <https://image.baidu.com/>)

3, 4-三甲基苯和含有40个碳原子的 C₄₀ isorenieratene 和 isorenieratane)(Xie et al., 2009)。科学家利用气相色谱-质谱联用仪,已经分别从浙江长兴煤山和澳大利亚珀斯盆地二叠纪末地层中检测到这类化合物,而且,这两个地方的剖面都反映在2.52亿年前曾存在两个绿硫细菌繁盛的高峰,说明这次事件是全球性的(Crice et al., 2005)。

让人意想不到的是,绿硫细菌喜欢灿烂的阳光,但却根本容不得半点氧气。它生活于富含硫化氢(H₂S)且水体分层的透光带底部,嗜硫成性,以HS⁻为电子供体,靠细菌色素及少量类胡萝卜素捕获光能进行光合作用营生。因此,对动物来说,古海洋中绿硫细菌的光顾将预示着一场灾难的到来,水体透光带将处于一种富含H₂S的极度缺氧的环境。

科学家还在二叠纪末岩石中发现了另一类由蓝细菌形成的分子化石,其特征性有机物质在一定条件下能够被保存下来。科学家利用一些精密仪器从中检测出一种叫做2-甲基藿烷的有机分子,可以用来确定当时这个地方是否存在蓝细菌及其丰度,就像刑侦人员利用DNA指纹确认犯罪嫌疑人一样。

在二叠纪末的亚洲、欧洲和大洋洲中低纬度地区的整个浅海广泛分布着一种称之为“钙质微生物”的岩石,它的外观较易辨认,大多呈现“花斑状”或“豹皮状”构造,这是一种由蓝细菌等微生物组成的岩石,往往覆盖在动物大量消失的地层之上。动物的大量灭绝,使原来啃食和破坏蓝细菌的威胁大为减少,加上海洋表层水体的富营养化,以及温室效应所引起的强烈蒸发作用带来的盐度变化,都使得蓝细菌获得充分繁殖(Xie et al., 2009)。

因此,科学家推测,二叠纪末,西伯利亚及世界

各地范围广泛的玄武岩火山喷溢,使大气层中二氧化碳浓度急剧升高,导致全球气候剧变,酸雨和温度大幅变化及海洋缺氧等。当时南北极温度不断升高,直至赤道与两极的温度没有了梯度变化,呈现出均温状态,造成海洋难以形成环流,整个古海洋成了缺氧、毒化的“一潭死水”,大量绿硫细菌聚集在一起,海底淤泥中产生的有毒硫化氢从海底上升到透光层直至散发到大气,弥漫至整个大陆,结果不仅使浮游生物遭殃,食物链断裂,原有的海洋动物由于不适应这样的恶劣环境而灭绝,还有一部分有毒硫化氢溢出海面到达大气层,破坏了臭氧层,使紫外线增强,造成了陆地上动植物的异常和整个生态系统的崩溃(Shen et al., 2009, 2018)

由绿硫细菌地层、动物灭绝地层和“钙质微生物”(蓝细菌层)组成的岩石地层序列,很好勾勒出了二叠纪末大灭绝的变化过程,充分反映了地球环境的剧变,有毒气体的蔓延,致使海洋动物的大量灭绝,又造成了蓝细菌的大肆泛滥。分子化石无疑为侦破这一重大地质事件立下了赫赫战功。

5 与人类相伴而行的微生物病菌

5.1 农业革命带来的病根

人类演化至新石器,开始驯养动植物,开启了农业革命时代。科学研究表明,很多致病病菌在分支系统图中,与一些家畜身上的病菌有着很近的亲缘关系,也就是说它们在分子遗传学上具有相似性。而且,通过追溯古人类驯养动物的历史轨迹,发现随着驯化时间的增长,人类与家畜之间的共有传染病也随之增多。像疯牛病、禽流感、麻疹(牛)、口蹄疫、肺结核(牛)、流行性感(猪和鸭)、百日咳(猪和狗)、恶性疟疾(禽鸟)等疾病都是一万年前驯化动物馈赠给人类的遗产(图8)。

此外还有来自黑猩猩的艾滋病病毒、禽类的禽流感病毒及蝙蝠带来的冠状病毒,无不在提醒人类,大多数恶性病毒传染病都是野生动物体内的病毒通过“跨界”传播给人类的(Liu, 2020)。英国《自然》杂志曾在2008年做过统计,1410种人类疾病中,新出现的传染病有60%是人畜共患,其中72%又是以动物为宿主的病原体引起的。在目前已知的大约200种人畜共患病中,至少有70种与异域宠物有关,沙门氏菌、鹦鹉热感染、毒蛇伤人、鳄鱼咬伤等等。显然,在

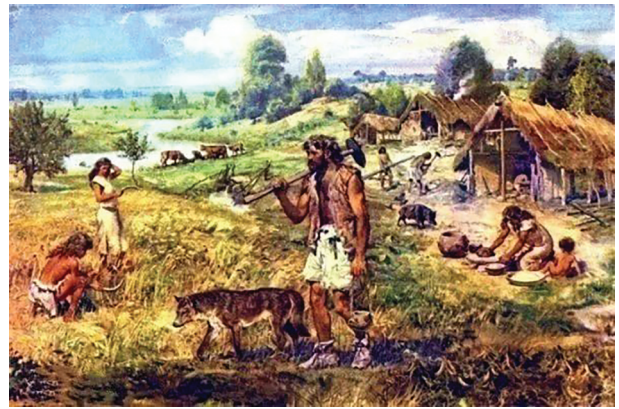


图8 农业革命开始的驯养家畜(引自 <https://image.baidu.com/search/>)

Fig.8 Domesticated domestic animals at the beginning of the agricultural revolution
(after <https://image.baidu.com/search/>)

人类饲养的家畜和宠物中,还隐藏着许多伺机致人类于死地的未知病菌(Feng, 2020)。

总之,从距今1~1.2万年前开始,人类不断驯化野生动物,逐渐影响了生物赖以生存的环境,一些流行性病菌也随之在家养动物中产生,并在人类与驯养动物之间不断地交叉感染。随着人类交往越来越密切,病菌形成了越来越广阔的繁殖市场,迸发出旺盛的生命力。因此,驯化动植物所引发的农业革命,开启了人类全新的生态系统,也密切了人类与病菌的关系,人类与病菌相伴又抗争的历史还将长期延续下去,为此,我们应该保持清醒的认识。

5.2 人类行为当自省

自然法则已经血淋淋地告诉我们,人类不能自以为是大自然的主宰者与统治者,只是大自然生物大家庭中的一个成员。大自然中的生物,并不是人类的生杀予夺的资源,它们理应是这个大家庭中与人类平等的一员。地球上的生命应该都具有在自己的栖息地里生存和繁衍的自由,而人类对自然资源的过度开发和对气候的负面影响其实是对其他生物的侵权行为,最终会受到自然的惩罚。

非典、禽流感、新冠病毒就是大自然对于人类破坏生态平衡的严厉处罚。美国著名病毒学家约瑟夫·麦科明克在《第四级病毒》里写道“在病毒的世界里,人类才是入侵者。人类的活动侵犯了它们藏伏之地,迫使它们暴露了出来。人类并不适合于这些病毒的寄生,人不能供养病毒长期生存。相



图9 人与新冠病毒(引自 <https://new.qq.com/rain/a/20200221A02ZBM00>)

Fig.9 Human and novel coronavirus (COVID-19)(after <https://new.qq.com/rain/a/20200221A02ZBM00>)

反,对于病毒,人是没有出路的宿主,人死了,病毒也就与之俱亡。”(Joseph, 1997)(图9)。

著名的病毒学家斯蒂文·S·摩尔斯(Steven S Morse)警告说:“病毒不会移动,但是很多病毒都到过世界各地。”确实,病毒不会跑,不会走,不会游泳,不会爬,它们只依附载体“移动”到各个地方。大约60%已知的传染疾病,都是最近才开始在人类之间传播。在今年新冠肺炎疫情肆虐下,覆巢之下,焉有完卵?无辜的精灵,正在用生命预演着人类的未来。

但愿我们从人类演化史获得警醒,从大自然中学会敬畏自然,敬畏万物,克制欲望,不滥杀无辜,凡事适可而止。要与动植物和谐相处,与大自然协同演化,让人类真正成为大自然生态平衡的推动力。

6 结 论

(1) 微生物是地球生物圈的重要成员,在能量转化和生态系统构建和运作中扮演着不可替代的角色。同时,微生物也是生物灾害中危害最大的一种类型,尤其是病毒和有害细菌在人类社会历史上造成了许多重大瘟疫,在地质历史上也是多次生物大灭绝的重要推手。

(2) 在地质历史中,形成了成千上万种的细菌与病毒,有些可能被封存在冰川中、或封存在已死亡的古生物化石中、或生活在地表或深海底部热泉中、或者寄生在现代动植物体中。因此,我们在开发利用这些资源时,一定要慎之又慎,以免给人类带来不可预料的灾难。

(3) 由于微生物家族肉眼难以识别,要识别地

质历史时期的微生物家族的“庐山真面目”是相当困难的。但是,它们毕竟在地质历史中还是留下了其蛛丝马迹,我们要发挥古生物专家熟悉生物进化史的特长,探索极端环境下微生物演化的历史与特征,完善学科建设并造福于人类。

References

- Crice K, Cao Changqun, Love G D, Bottcher M E, Twitchett R J, Grosjean E, Summons R E, Tugeon S C, Dunning W, Jin Yugan. 2005. Photic zone euxinia during the Permian-Triassic superanoxic event[J]. *Science*, 307:709-714.
- Dutkiewicz A, Volk H, George S C, Ridley J, Buick R. 2006. Biomarkers from Huronian oil-bearing fluid inclusions: An uncontaminated record of life before the Great Oxidation Event[J]. *Geology*, 34(6), 437. <https://doi.org/10.1130/G22360.1>.
- Feng Weimin. 2020. Is domestication of animals and plants a source of infectious diseases? [J]. *Global*, 10: 55-57(in Chinese).
- Joseph McCormick. 1997. "Class IV Virus"[M]. Changchun: Jilin Publishing House.
- Holland H D. 2006. The oxygenation of the atmosphere and oceans. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 361(1470), 903-915. <https://royalsocietypublishing.org/doi/abs/10.1098/rstb.2006.1838>.
- Jin Dongyan. 2020. The past and present of human coronaviruses: where they come from and where they go. *New Coronavirus Series* 41. *Sina Science and Technology "Science Master"*. <https://tech.sina.cn/d/bk/2020-04-13/detail-iircuyvh7439332.d.html>.
- Kamo S L, Czamanske G K, Amelin Y, Fedorenko V A, Davis D W, Trofimov V R. 2003. Rapid eruption of Siberian flood-volcanic rocks and evidence for coincidence with the Permian-Triassic boundary and mass extinction at 251Ma[J]. *Earth and Planetary Science Letters*, 214:75-91.
- Institute of Microbiology, Chinese Academy of Sciences. 2020. Microbiology classification. http://www.im.cas.cn/kxcb/wswdjt/201010/t20101028_2998683.html.
- Li Shixue, Shan Ying. 2020. Latest research advances on novel coronavirus pneumonia[J]. *Journal of Shandong university Health sciences*, 58(3): 19-25(in Chinese with English abstract).
- Liu Ning. 2020. The enemy of life—the past and present of the virus. *Web of Science* (in Chinese).
- Li Deyao, Yang Xingwen, He Zhaokai, 2020. Popular science anti-epidemic | Plague: Thousand-year black death haze. *Kepu.gov.cn* (in Chinese). <http://www.kepu.gov.cn/www/article/4d2f3c94246b4273b605432ee6071df2>
- Qiu Zilong. 2020. Know yourself and know yourself: Regarding viruses, you must know these secrets. *New Coronavirus Series* 8. *Sina Science and Technology "Science Master"*. <https://tech.sina.com.cn/scientist/2020-02-07/doc-iimxxste9467544.shtml>.

- Rong Jiayu, Fang Zongjie. 2004. Biological Extinction and Recovery—Evidence from the Paleozoic and Triassic in South China [M]. Beijing: Science Press (in Chinese with English abstract).
- Rong Jiayu, Xu Hankui, Feng Weimin, Fu Qiang. 2014. Ancient Disaster—Biological Extinction [M]. Nanjing: Jiangsu Science and Technology Press (in Chinese).
- Shen S Z, Ramezani J, Chen J, Cao C Q, Erwin D H, Zhang H, Xiang L, Schoepfer S D, Henderson C M, Zheng, Q F, Bowring S A, Wang Y, Li X H, Wang X D, Yuan D X, Zhang Y C, Mu L, Wang J, Wu Y S. 2018. A sudden end—Permian mass extinction in South China: GSA Bulletin. <https://doi.org/10.1130/B31909.1>.
- Shen Shuzhong, Wang Yue, Cao Changqun, Wang Xiangdong, Wang Wei, Zhang Hua. 2009. Permian biological extinction and Triassic biological recovery[C]//Century Leap: Brilliant Chinese Paleontology. Beijing: Science Press, 126–131 (in Chinese).
- Shen Shuzhong, Wang Yue. 2018. Biological extinction at the end of the Permian. 214–227. Biological evolution and environment [C]//Biological Evolution and Environment. Hefei: China University of Science and Technology Press, 214–227 (in Chinese).
- Suchard M A, Lemey P, Baele G, Ayres D L, Drummond A J, Rambaut A. 2018. Bayesian phylogenetic and phylodynamic data integration using BEAST 1.10[J]. Virus Evolution, 4(1): vey016.
- Tang Cheng. 2020. Where does the virus come from? Science compound (in Chinese).
- Xie Shucheng, Ruan Xiaoyan, Wang Yongbiao. 2009. Little Microbes tell the great disaster of the earth[C]//A Leap in the Century—A Brilliant Chinese Paleontology. Beijing: Science Press, 120–125.
- Xie Shucheng, Yin Hongfu, Shi Xiaoying. 2011. Geobiology: The Interaction and Co-evolution of Life and the Earth's Environment[M]. Beijing: Science Press, 1–345(in Chinese with English Abstract).
- Wang Liming. 2010. Where did the new coronavirus originate from? The global pandemic may be inevitable. The new coronavirus series 30. Sina Science and Technology "Science Master" (in Chinese). <https://tech.sina.com.cn/scientist/2020-03-11/doc-iimxyqvz9496846.shtml>.
- Wang Liming. 2020. Where did the new coronavirus originate from? A global pandemic may be inevitable. New Coronavirus Series 30. Sina Science and Technology "Science Master"(in Chinese).
- Wessner D R. 2010. The origins of viruses. Nature Education, 3(9), 37.
- Ye Sheng. 2020. How are viruses different from cells? Human knowledge of viruses is very limited. New Coronavirus Series 31. Sina Science and Technology "Science Master" (in Chinese). <https://tech.sina.com.cn/scientist/2020-03-12/detail-iimxyqvz9773689.d.html>.
- Zhao Zhongquan, Sun Ming, Wan Xiaoming, Chen Shenghong, Zhao Jing, Song Lijun, Li Hui, Qiang Kunsheng, Liang Yongxing. 2020. The application of microbial exploration technology to the oil and gas survey of Chaoshan depression[J]. Geology in China, 47(3): 645–654(in Chinese with English abstract).
- Zheng Hong. 2020. Epidemic prevention in Chinese history. Gmw.cn (in Chinese). http://www.gmw.cn/xueshu/2020-02/17/content_33565257.htm.

附中文参考文献

- 仇子龙. 2020. 知己知彼:关于病毒,这些秘密你必须知道. 新型冠状病毒之系列八. 新浪科技《科学大家》. <https://tech.sina.com.cn/scientist/2020-02-07/doc-iimxxste9467544.shtml>
- 冯伟民. 2020. 驯养动植物是传染病根源吗? 环球, 10: 55–57.
- 黄波. 2020. 聚焦新冠疫情:人体防御病毒的免疫力究竟是什么? 新型冠状病毒之系列二十. 新浪科技《科学大家》. <https://tech.sina.com.cn/roll/2020-02-25/doc-iimxyqvz5600205.shtml>.
- 金冬雁. 2020. 人类冠状病毒的前世今生:从哪里来,又要到哪里去. 新型冠状病毒之系列四十一. 新浪科技《科学大家》. <https://tech.sina.com.cn/d/bk/2020-04-13/detail-iircuyvh7439332.d.html>
- 李德瑶, 杨兴雯, 贺兆锴. 2020. 科普抗疫 | 鼠疫:千年黑死病阴霾. 中国科普网. <http://www.kepu.gov.cn/www/article/4d2f3c94246b4273b605432ee6071df2>
- 李士雪, 单莹. 2020. 新型冠状病毒肺炎研究进展述评[J]. 山东大学学报(医学版), 38(3): 1–7.
- 刘宁. 2020. 生命的宿敌——病毒的前世今生. 科学网(www.sciencenet.cn).
- 戎嘉余, 方宗杰. 2004. 生物大灭绝与复苏—来自华南古生代和三叠纪的证据[M]. 北京:科学出版社.
- 戎嘉余, 许汉奎, 冯伟民, 傅强. 2014. 远古的灾难—生物大灭绝[M]. 南京:江苏省科技出版社.
- 沈树忠, 王玥, 曹长群, 王向东, 王伟, 张华. 2009. 二叠纪生物大灭绝与三叠纪生物复苏[C]//世纪飞跃——辉煌的中国古生物学. 北京:科学出版社. 126–131.
- 沈树忠, 王玥. 2018. 二叠纪末生物大灭绝[C]//生物演化与环境. 合肥:中国科技大学出版社, 214–227.
- 唐骋. 2020. 病毒从哪里来? 科学大院.
- 王立铭. 2020. 新冠病毒到底是从哪里起源? 全球大流行可能难以避免. 新型冠状病毒之系列三十. 新浪科技《科学大家》. <https://tech.sina.com.cn/scientist/2020-03-11/doc-iimxyqvz9496846.shtml>.
- 约瑟夫·麦科明克. 1997. 第四级病毒[M]. 长春:吉林出版社.
- 叶盛. 2020. 病毒与细胞有何不同? 人类对病毒的认知很有限. 新型冠状病毒之系列三十一. 新浪科技《科学大家》. <https://tech.sina.com.cn/scientist/2020-03-12/detail-iimxyqvz9773689.d.html>.
- 谢树成, 阮小燕, 王永标. 2009. 小小微生物诉说地球大灾难[C]//世纪飞跃——辉煌的中国古生物学, 北京:科学出版社, 120–125
- 谢树成, 殷鸿福, 史晓颖. 2011. 地球生物学:生命与地球环境的相互作用和协同演化[M]. 北京科学出版社. 1–345.
- 郑洪. 2020. 中国历史上的防疫斗争. 光明网. http://www.gmw.cn/xueshu/2020-02/17/content_33565257.htm.
- 赵忠泉, 孙鸣, 万晓明, 陈胜红, 赵静, 宋立军, 李辉, 强昆生, 梁永兴. 2020. 微生物勘探技术在潮汕坳陷油气勘探中的应用初探[J]. 中国地质, 47(3): 645–654.
- 中科院微生物研究所. 2020. 微生物分类. http://www.im.cas.cn/kxcb/wswdjt/201010/t20101028_2998683.html.