

地质微生物学：一门新兴的交叉学科

李文均¹，蒋宏忱²

¹ 中山大学生命科学学院，有害生物控制与资源利用国家重点实验室，广东 广州 510275

² 中国地质大学（武汉），生物地质与环境地质国家重点实验室，湖北 武汉 430074

Geomicrobiology: a new interdisciplinary subject

Wenjun Li¹, Hongchen Jiang²

¹ State Key Laboratory of Biocontrol, School of Life Sciences, Sun Yat-Sen University, Guangzhou 510275, Guangdong Province, China

² State Key Laboratory of Biogeology and Environmental Geology, China University of Geosciences, Wuhan 430074, Hubei Province, China

地质微生物学 (Geomicrobiology) 涉及地质学和微生物学,是一门研究地质环境与微生物相互作用的交叉学科。没有地质微生物就没有我们现在所看到的地球,更没有地球上的动植物和人类。地质微生物在地球上无处不在、种类繁多、功能丰富,且在漫长的地质演化历史中发挥着举足轻重的作用。

地质微生物决定了地球生态系统的演化方向。微生物大约占据生命进化树的 2/3,具有 30 多亿年的地球演化历史。地球早期产氧光合作用使得地球大气层由缺氧向有氧方向演化,导致真核生物广泛出现,进而形成目前丰富多彩的地球生态系统。

地质微生物改造了地球环境,使地球区别于任何其它星球。地质微生物直接调控岩石矿物的风化、土壤的形成、元素的迁移与转化等地质过

程,在维持土壤健康方面起着重要作用;它们直接参与碳、氮、硫、磷等重要生源要素的循环,是地球表层生态系统中最为活跃的力量;它们也直接参与温室气体的排放与消耗,因而对全球气候环境变化起到重要的调控作用;微生物还可以将岩石矿物中的有害重金属释放到环境中(酸性矿山废水),从而造成环境污染;此外,某些微生物类群在重金属污染的治理方面发挥着重要作用。

地质微生物直接参与形成地球上形形色色的资源和能源。它们参与金属元素的迁移、转化、富集与成矿,能通过生命代谢活动将岩石矿物中的重金属淋滤出来并富集成矿,且在低品位矿石的选冶中发挥重要作用。此外,某些微生物类群也参与油气的形成、稠油的降解,可以为油气开采提供新的技术,也可为油气能源和某些伴生金

属(如金、铀等)资源勘探提供指导。

极端地质环境(高温、低温、高盐、极端 pH、高压、高放射性、寡营养等等)中的微生物也是一种重要的自然资源,它们菌体本身、基因、和代谢产物都具有重要的生物工程应用价值。

从本世纪初,地质微生物学得到了蓬勃发展。美国国家自然科学基金委员会(NSF)于2000年前后就成立了地球生物学学科,专门支持地质与微生物的交叉学科研究,2007年开始先后支持12个关键带(树冠顶端到岩石-地下水界面, critical zone, CZ)监测站(critical zone observatory, CZO)项目。该项目覆盖了不同气候、地貌、岩石类型背景下的生态系统,研究水-土壤-大气-岩石-生物之间的相互作用,地质微生物是其中的重点研究内容。此外,全球开展的国际海洋微生物调查计划(International Census of Marine Microbes Program, ICoMM),由伍兹霍尔海洋研究所主导、其它众多欧美研究院所参与,并于2004年启动,主要调查编录全球海洋中已知的微生物(细菌、古菌、原核动物、病毒)并从生态和进化的角度探索未知海洋微生物多样性(<http://www.coml.org/projects/international-census-marine-microbes-icommm>)。经过十余年的调查研究,取得了一系列原创性的成果,极大地丰富了人们对海洋环境微生物资源、生态功能的认识,同时提升了开发海洋资源的能力。近些年来,国际学术界已经把微生物作为一种自然资源。如:2011年发起的地球微生物计划(Earth Microbiome Project),旨在建立全球各种环境介质的菌种库、基因库与代谢途径。截止2014年,该计划已经分析沉积物、水体、人体微生物样品共计3万多个,并开发建立了一套数据分析软件。2015年10月,国内外学者在国际顶尖杂志 *Science*

与 *Nature* 连续发文,强烈呼吁启动国际微生物组计划,研究特定环境中所有微生物及其基因与环境的相互作用。随着生物技术的发展,微生物组学正在成为世界各国争相发展的一个战略性科技领域。

在国内,地质微生物学也得到了蓬勃发展,2016 中国科学院学部发起了“中国深部地下生物圈计划”学科发展战略研究项目,系统探讨地壳深部生物圈的起源、物质营养与能量来源、深部生物圈和岩石圈-水圈之间的相互作用、深部生物的多样性、代谢特性、进化历史和环境适应特征、深部生命和表层生物圈之间的关系以及深部生物圈与气候变化、碳循环的关系等内容。2016 年国家自然科学基金委员会生命科学部,联合地球科学部、化学科学部和信息科学部,启动“水圈微生物驱动地球元素循环的机制(水圈微生物)”重大研究计划,选择典型水圈环境,聚焦微生物参与的碳、氮、硫等元素循环的地球微生物学过程,开展微生物学与地质学交叉学科的前沿研究,揭示功能微生物和群落结构及其与环境之间的相互作用新类型,发现元素循环与能量代谢新途径及其对生态与地质过程的贡献,阐明水圈微生物驱动碳、氮、硫等元素的生物地球化学元素循环新机制。2017 年我国科技部也推出了“中国微生物组计划”,以“国家需求导向、科学假设驱动、技术创新支撑”为基本原则,以与能源资源、环境、健康、工农业和海洋等领域相关的重点领域和内容为主要抓手,拟通过中国微生物组计划的实施,主导国际大科学计划并强化我国在相应领域的话语权,显著提升我国科技创新和科技成果转化能力,催生一批基于颠覆性技术的战略性新兴产业,为我国经济社会发展和人类文明进步做出应有的贡献。

在此背景下, 中国微生物学会于 2017 年 10 月正式批准成立了地质微生物学专业委员会, 旨在进一步推动地质微生物学学科发展、开发地质微生物资源、培养综合性人才、扩大中国地质微生物学的国际影响。

目前, 国内地质微生物学研究领域的同仁先后在北京、武汉、广州等地成功举办六届地质微生物学学术研讨会, 扩大了地质微生物学的影响、促进国内地质微生物学的发展和研究队伍的不断壮大。首届国内地质微生物学学术会议于 2008 年 10 月在中国地质大学(北京)举行, 会议主题主要探讨极端环境条件下(高热、高盐、寒冷和深部地下等)的地质微生物过程, 共有 50 多位美国和中国科学家参会。此次会议对中美地质微生物学交流产生了深远影响。在这次会议的促进下, 美国自然科学基金委员会(NSF)国际研究和教育伙伴计划(PIRE)资助、美国内华达大学牵头的腾冲 PIRE 项目(2010-2016)获批。该项目是参照美国黄石公园等其它地热区的研究经验, 对中国最大地热区——腾冲进行的一项比较研究, 项目共有近 10 位中方学者参加国际合作研究。同时, 我国国家科技部立项资助、云南大学牵头的国际合作重点项目(2013-2016, 外方合作单位和科学家均为上述 PIRE 项目的主要承担单位和核心 PI 成员)主要以我国西部的云南、西藏热泉为研究对象,

分析热泉微生物在碳、氮元素物质循环中的作用; 有针对性地挖掘与热泉碳、氮元素循环相关的可培养热泉微生物资源并确认其生态功能, 进而深度挖掘特殊功能高温微生物资源; 进一步推动我国热泉微生物资源深度开发, 促进我国地质微生物学学科发展及相关专业人才培养, 提升我国大众对热泉地质微生物的科学认知和科学素养。

第六届地质微生物学学术会议于 2017 年 6 月 10-12 日在广州中山大学南校区举行, 会议主题包括: 计算机模拟与微生物信息学、地下深部生物圈、微生物-矿物相互作用及电子转移、水圈微生物与元素地球化学循环、地质微生物能源转化、地质微生物记录古环境重建和地质微生物环境修复, 参会人数首次突破 400 人。参会学者交流热烈, 同时也受到国内科学界的广泛关注。第七届地质微生物学学术会议将于 2018 年 6 月 8-11 日在上海光大会展中心举行 (<http://geomicrobiology.sjtu.edu.cn>)。

本期《微生物学报》专刊以地质微生物学为主题, 选取了微生物-矿物相互作用及电子转移、水圈微生物-元素地球化学循环、地质微生物能源转化、深部生物圈及相关方法等领域的 17 篇文章, 与读者共享。希望通过本专刊, 进一步扩大地质微生物学在国内的影响、促进地质微生物学相关学科的发展和融合。