

---

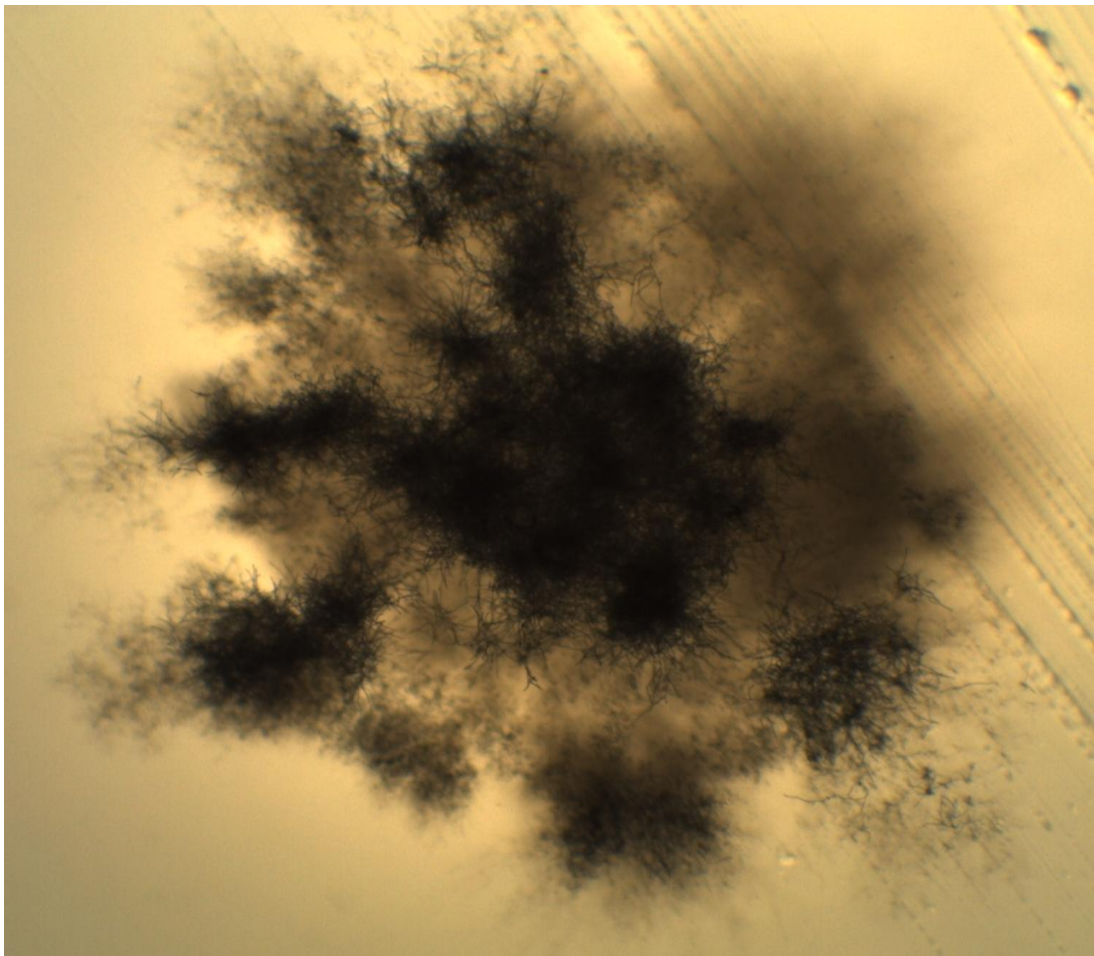
盎亿泰地质微生物技术（北京）有限公司

# 地质微生物学研究进展

---

2012年7月1日

第2期（总第2期）



研发部编辑

---

盎亿泰地质微生物技术（北京）有限公司

北京昌平科技园华通路11号409-411室

电话：010-64411688 传真：010-69728772

## 目 录

## 专 题

海洋低氧带影响冷泉轻烃微渗漏在沉积物表层的生物地球化学转化式.....	3
晚二叠纪生物大灭绝后生物复苏的时间和模式.....	5
自然界中微生物种间电子传递的新模式: 导电矿物中的电流.....	7
在不同温度下油气藏水样中微生物群落结构的分子学分析.....	9
产甲烷微生物对二环芳烃的生物降解.....	10
富含天然气水合物的海床沉积物中细菌的优势.....	11
几种极端环境下的微生物.....	12
“慢动作”(Slo-mo)微生物拓展了生命的边界.....	15
数十亿年前岩石加快多细胞生命的出现和进化.....	17
人类诱发了地震! ? .....	19
固定化红球菌生物反应器处理石油烃.....	20
微生物摄能新模式: 矿物光催化作用刺激非光合作用微生物的生长.....	21
老谜团的新思路: 低温现代海水环境下微生物促成富镁白云石形成.....	23
新视角看煤的生物甲烷转化: 来自圣胡安煤层气盆地的野外和实验室研究解释转化新焦点...25	
宏转录组学技术显示深海热液羽状流水体中微生物以甲烷氧化菌和无机营养菌为主.....	26

## 短 讯

太平洋发现 8600 万年前细菌: 千年繁殖一次.....	27
温家宝总理到中国地质大学(武汉)视察.....	29
中国地质调查局领导到盎亿泰地质微生物公司调研.....	30

## 专题

### 海洋低氧带影响冷泉轻烃微渗漏在沉积物表层的生物地球化学转化模式

海洋中冷泉轻烃微渗漏在沉积物的表层会发生一系列的生物地球化学转化过程,已知这个过程包括了甲烷氧化菌和硫酸盐还原菌的协同作用,并会在表层沉积物以下一定深度形成硫酸盐/甲烷交换界面(sulfate/methane transition, SMT)。近日,德国不莱梅大学的科学家发现,海洋中低氧带(oxygen minimum zones, OMZ)会对这个生物地球化学过程产生影响,处于低氧带和低氧带以下的轻烃生物地球化学转化有细微的差别。这项研究发表在2012年第9期的《生物地质科学》(《Biogeosciences》)上。

研究结果显示:如果沉积物表层正好处于低氧带中,会严重抑制多毛虫和甲壳类等多细胞高等生物的生长,围绕着冷泉轻烃泄露点,一般会形成橙色硫细菌、白色硫细菌和背景区三个环形带(如图1),SMT处于较浅的位置。

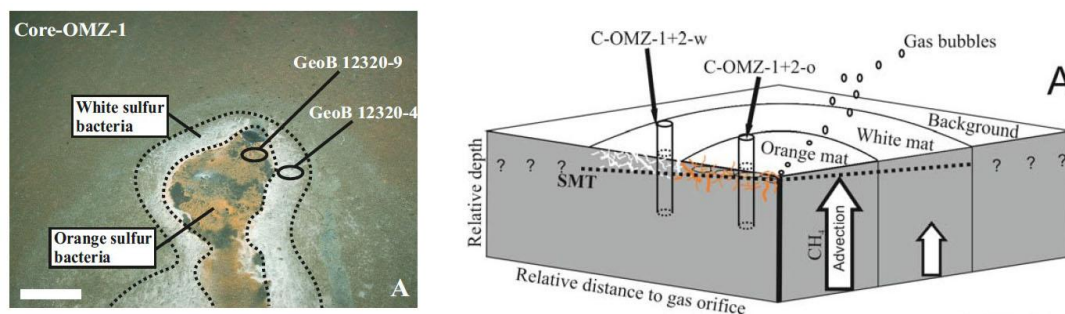


图1 处于低氧带的冷泉轻烃生物地球化学转化过程

如果沉积物表层处于低氧带之下,较为充足的氧气使得多毛虫和甲壳类等多细胞高等生物发育,围绕着冷泉轻烃泄露点,则会形成白色硫细菌、多毛虫及小型甲壳类动物、大的甲壳类动物三个环形带(图2),SMT由于多细胞动物的生物扰动作用(bioirrigation)会处于较深的位置。

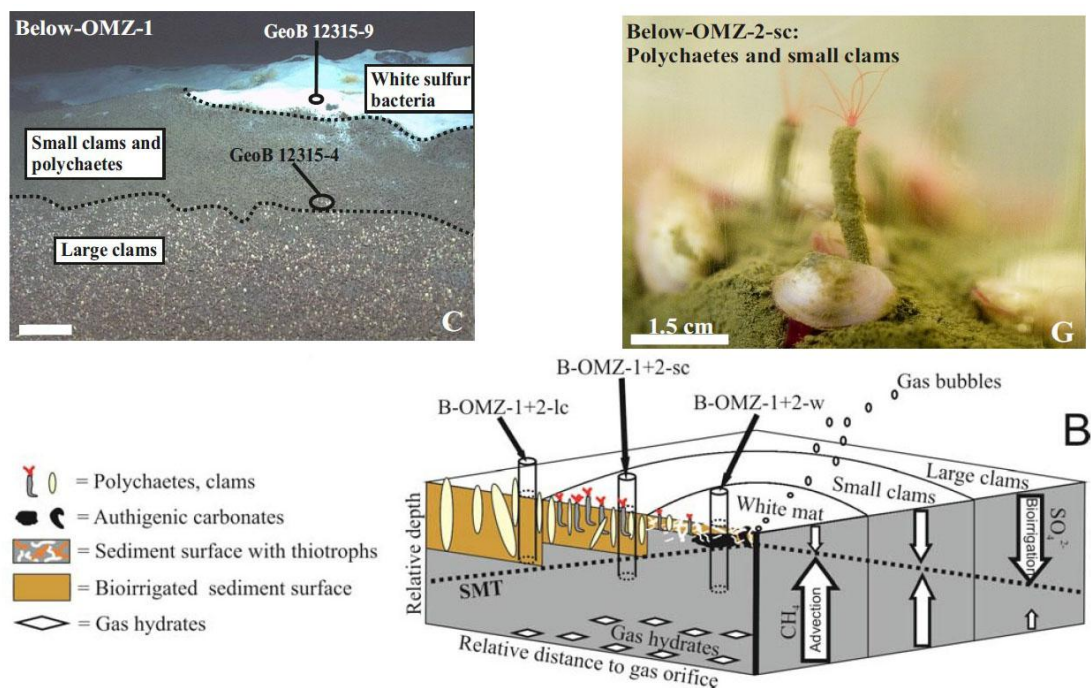


图2 处于低氧带之下的冷泉轻烃生物地球化学转化过程

编辑: 郝纯

资料来源:

<http://www.biogeosciences.net/9/2013/2012/bg-9-2013-2012.html>

## 晚二叠纪生物大灭绝后生物复苏的时间和模式

发生在大约2亿5千万年前的晚二叠纪生物大灭绝,使全球大约有90%的物种灭绝。这个大事件对于之后的三叠纪生态系统和生物多样性有着极其重要的影响,甚至在一定程度上影响着现今的生态系统和生物多样性。这次生物大灭绝后生物多样性是如何恢复的呢?2012年5月《Nature》子刊《Nature Geoscience》上发表的一篇综述文章对晚二叠纪生物大灭绝后生物复苏的时间和模式进行了归纳,并对这个问题作出了回答。

2亿5千万年前生物大灭绝是由一系列的物理环境变化引起的,这包括了全球暖化、酸雨、海洋酸化以及海洋缺氧等,其中某些环境因素在接下来的5到6百万年间反复发生。从晚二叠纪之后的早三叠纪到中三叠纪这段时期中,生态系统从低营养等级生物到高营养等级生物逐步得到恢复(见图3)。图3中a为晚二叠纪生物大灭绝以前海洋生态系统示意图,在大灭绝发生之后的b中,海洋生态环境中主要为低营养等级的微生物,之后逐渐出现双壳类、腕足类和海百合,直到后来出现高营养等级的海洋鱼类和海洋爬行动物。

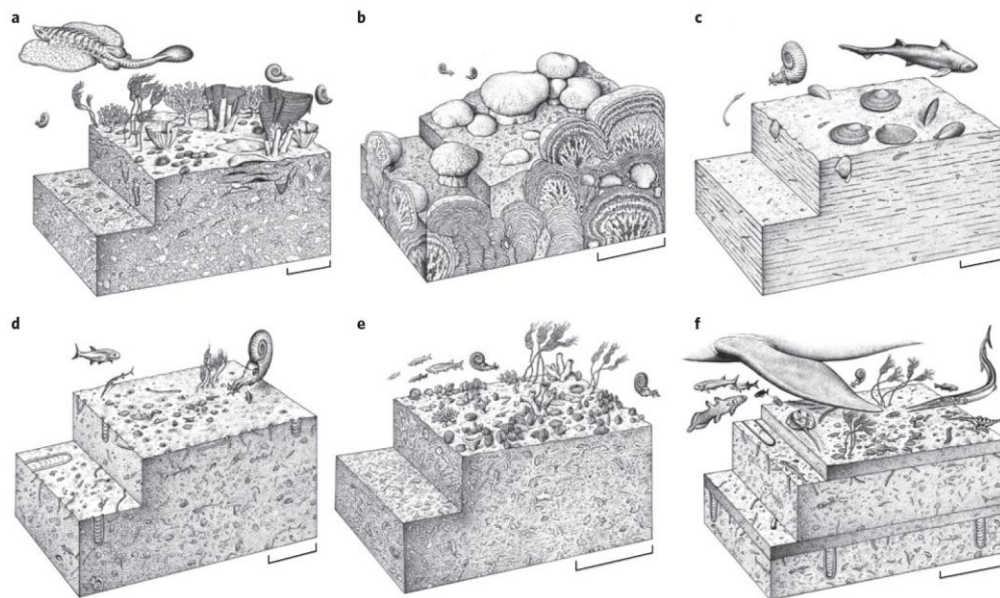


图3 晚二叠纪生物大灭绝以前和以后的海洋生态系统示意图

文章中还总结了影响生物恢复速度和机制的三个重要因素:时间、生物自身内在和环境外在因素的影响、生物在生态系统所处的营养等级。就时间而言,有些生物恢复得十分快,大约1到2百万年即可恢复,相比之下有些恢复得慢的物种需

---

要5到10百万年。生物自身内在的(生态系统动力的)和环境外在的(物理环境的)因素影响着生物恢复的过程,这两个因素可能各自单独起作用,也可能共同作用影响生物恢复。最后,生物在生态系统所处的营养等级可能是生物恢复的决定性因素,一般而言,处于高营养等级的生物恢复较慢,在大约8百万年的时间段中高营养等级的生物才得以缓慢地恢复。

编辑: 郝纯

资料来源:

<http://www.nature.com/ngeo/journal/v5/n6/abs/ngeo1475.html>

## 自然界中微生物种间电子传递的新模式：导电矿物中的电流

电子传递是氧化还原反应中十分重要的过程,不同的微生物种群个体之间一样有电子的传递和交流,以前一般认为这样的电子传递主要通过两种途径:一是通过氧化还原化学物质的扩散作用传递电子,二是通过微生物细胞之间的直接接触传递电子。日本科学家近期证明了自然界中还有第三种途径----通过导电物质中电流来传递电子,相关研究发表在2012年6月19日最新一期的《PNAS》杂志上。

长期以来,人们已经知道在实验室条件下,微生物在氧化有机物的同时可以将电子传递给电极(阳极)并现成电流,在阴极另一种微生物可以接受电子并将硝酸盐还原,这就是微生物燃料电池的原理。但是在自然界中是否存在这样通过电流传导的微生物种间电子交流一直未知。

科学家近期发现了硫还原地杆菌可以通过导电性的磁铁矿纳米粒子形成电流把电子传递给脱氮硫杆菌,同时整个过程伴随着醋酸盐的氧化和硝酸盐的还原。如果用铁离子作为氧化还原化学物质通过扩散来进行电子传递,这两种微生物之间依然能产生醋酸盐氧化和硝酸盐还原的反应,只不过效率比上述电流介导的电子传递低一个数量级。图4显示了添加不同导电性能的矿物对于醋酸盐和硝酸盐代谢速度的影响(红色曲线)。

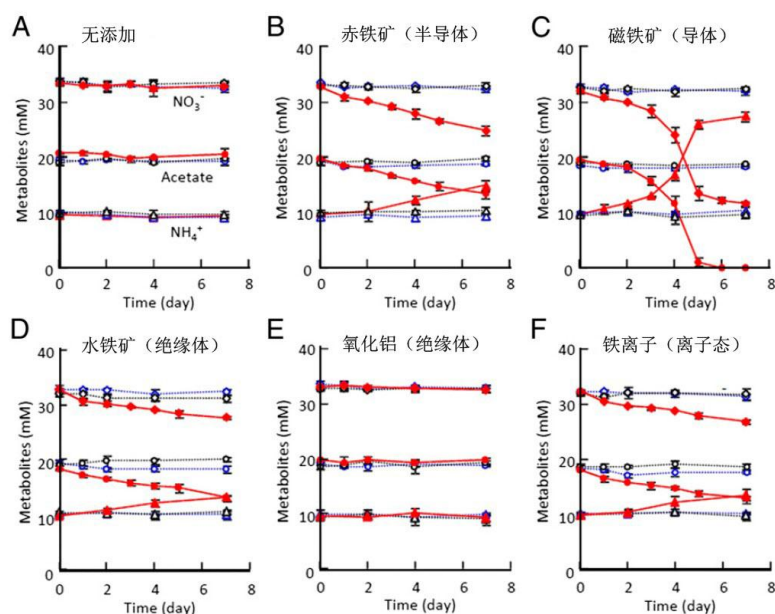


图4 不同导电性能的矿物对于醋酸盐和硝酸盐代谢速度的影响

该研究虽然主要着眼于微生物种间电子传递新模式的研究,但同时从另一个方面展现了导电矿物粒子和电流对于地质微生物代谢的促进作用,这一点对于提高地质生物反应器的反应效率具有极大的意义。可以想象今后人们可以通过向地下注入导电矿物粒子及其电流来提高地质生物反应器的反应速度。

编辑: 郝纯

资料来源:

<http://www.pnas.org/content/109/25/10042.abstract>



## 在不同温度下油气藏水样中微生物群落结构的分子学分析

油气藏由于其特殊的温度、压力和盐度等各种因素而成为地下极端厌氧环境的代表。微生物在这种环境中的能量转移和物质转化过程中起到了十分重要的作用。其中比较有代表性的是硫酸盐还原菌, 尽管其产生的硫化氢能腐蚀钻井设备, 但是它也能作为提高微生物石油采收率中主要参与的微生物之一。自从硫酸盐还原菌第一次从油田水中分离出来, 人们越来越关注油气藏中微生物的生态多样性和代谢能力的研究。目前已经从油田中分离了大量能够控制不同代谢过程的细菌和古菌的物种, 而非培养的方法如 16S rRNA 检测和功能基因检测能对这些地下深层的生态系统提供更多的微生物信息。

在油气藏中, 不同的微生物群落结构主要依赖于环境中物理和化学条件, 包括温度, PH 值和盐度。而温度是一项调节微生物的活性并决定微生物群落组成的重要环境因素。

华东理工大学应用化学研究所和生物工程重点实验室的研究者们采集了中国 3 个油田的 6 个不同温度生产井的水样进行研究。相关研究结果发表在 2012 年第九期的《Biogeosciences Discuss》杂志上。为了更好的对比不同温度油气藏的微生物群落变化, 这些样品主要分为两类: 一类是高温样品 (45-63°C), 一类是低温样品 (20-37°C)。采用 16S rRNA 基因序列的方法对 6 个不同温度的水驱油气藏的样品中微生物群落进行分析, 其结果表明: 在这种地下的生态环境中呈现出微生物群落的生理学多样性和温度依赖性。在高温的油气藏中, 大多数的古菌的属于嗜热古菌, 包括 *Thermococcus*, *Methanothermobacter* 和 *Thermoplasmatales*, 大多数的细菌都属于 *Firmicutes*, *Thermodesulfobacteria*; 在低温油气藏中, 大多数的古菌都属于 *Methanobacterium*, *Methanocelleus* 和 *Methanocalculus*, 大多数的细菌属于 *Proteobacteria*, *Bacteroidetes* 和 *Actinobacteria*。典型相关性分析(CCA)表明: 温度、矿化度、离子类型和易挥发的脂肪酸都与微生物的群落结构有关。从地质历史时期上看, 这些微生物是能够在油气藏的这种环境条件下生存, 并且代谢原始的深部地下环境中的有机物的。

编辑: 李雪

资料来源: [www.biogeosciences-discuss.net/9/5/5177/2012/bgd-9-5177-2012.pdf](http://www.biogeosciences-discuss.net/9/5/5177/2012/bgd-9-5177-2012.pdf)

## 产甲烷微生物对二环芳烃的生物降解

多环芳烃 (PAH) 广泛存在于富甲烷的地下环境中, 如油藏和受燃油污染的地下含水层, 然而有关这些化合物在产甲烷菌存在的条件下被生物降解的事实还鲜为人知。近期, 加拿大卡尔加里大学生物科学系的一个石油微生物研究小组在《FEMS Microbiology Ecology》上发表文章阐述了多环芳烃在缺少电子受体条件下的代谢作用。他们在实验中将产甲烷菌和原油一起富集培养来观测其对萘、1-甲基萘 (1-MN)、2-甲基萘 (2-MN) 和 2,6-二甲基萘 (2,6-diMN) 等的生物降解能力。当甲烷被作为一个代谢指标来测量时, 相对于未加基质的空白样所产生的 51-56 $\mu\text{mol}$  甲烷来看, 在加入了 2-甲基萘和 2,6-二甲基萘后的培养中产生约 400 $\mu\text{mol}$  的甲烷。与此相反, 在丰富的萘和 1-甲基萘培养中却没有大量的甲烷产生。在进一步的实验中, 对富含 2-甲基萘和 2,6-二甲基萘培养基代谢产物分析时, 发现分别有 2-萘甲酸和 6-甲基-2-萘甲酸生成。通过焦磷酸测序技术对微生物群落进行了分析后发现这些利用多环芳烃而富集物种主要是与鬃毛甲烷菌 (*Methanosaeta*) 和甲烷囊菌属 (*Methanoculleus*) 联系最为密切的古细菌以及与梭菌科 (*Clostridiaceae*) 关系最密切的细菌种群, 这表明在该培养中这些物种在萘衍生物的甲烷代谢中发挥重要作用。

原油中甲基取代萘分布的变化很大, 它们主要受来源、热应力和生物降解等因素的影响。随着成熟度的增加, 热力学稳定的异构体不断富集, 甲基取代萘的最终分布反映了它们的相对稳定性。因此, 一些甲基萘的比值常可以用来评价原油成熟度的参数。该小组的研究结果给原油生物降解模拟实验提供了非常宝贵的信息, 可用相应细菌来降解原油中的芳烃来研究不同生物降解程度的原油中芳烃生物标记化合物的变化。同时也提醒油气地球化学工作者在利用甲基萘比值表征已发生生物降解原油成熟度时应谨慎选择相关参数。另外, 该研究也再一次证实了  $\beta$ -取代化合物比  $\alpha$ -取代化合物更容易遭生物降解。

编辑: 徐荣德

资料来源:

<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1574-6941.2012.01328.x/abstract>

## 富含天然气水合物的海床沉积物中细菌的优势

目前已知大陆边缘海底沉积物中有机碳的降解构成了地球上最大的甲烷库。而安达曼海海底沉积物则构成了约占全球 1% 的海源性有机碳和生物气。

美国俄勒冈州立大学的研究者们近期研究了安达曼海地天然气水合物发生区 (GHOZ) 中微生物的丰度和多样性,其成果刊登在近期的《Microbiology Ecology》。他们的显微镜细胞计数结果显示大多数的安达曼海海底沉积物层中含有相对低的微生物丰度,约为  $10^3$ - $10^5$  cell  $\text{cm}^{-3}$ 。并且尽管他们采用了 DNA 和脂类检测技术,但是始终没有检测到古菌的存在。另外,其末端限制性片段多态性统计分析显示在天然气水合物发生区 (GHOZ) 的上部、内部和下部存在不同的微生物多样性。细菌 16S rRNA 基因引物标记的焦磷酸测序结果显示在所有区域检测到的细菌中硬壁菌门的细菌占优势。

总之,来自美国俄勒冈州立大学研究者们研究结果显示,与其它含有生物气的海底样品相比,安达曼海这个深海海底沉积物中存在着独特的微生物群落结构和较低的细胞丰度。相关研究结果有助于科学家们重新估算全球海底沉积物中微生物的丰度。

编辑: 盖永锋

资料来源:

<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1574-6941.2012.01311.x/abstract>

## 几种极端环境下的微生物

最近几十年地质微生物学有了长足的发展,地球上的各种极端环境(如深部地层岩石、干旱的沙漠、深海热液喷口)中的微生物都有研究,甚至火星上都有生命存在的迹象报道。中国地质大学(北京)的董海良教授在《Episodes》杂志上将几种极端环境下微生物的研究进展及成果作了总结介绍。

### 大陆深部生物圈

研究陆壳深部地质微生物过程有一系列原因,包括我们对生命起源的好奇心和其它星球上是否也有生命存在(如火星)。深部存在的微生物常常在生物治理、微生物提高采油率和生物技术等方面有独特的价值。地层深部往往是厌氧、高(或低)pH、高温高压、高放射、高盐环境,这些特别的条件培育了特有的微生物和新颖的代谢功能。

深部微生物因为特殊的地球化学、水文和地质条件具有不同的代谢特征,这些代谢功能的特殊性限制了对它们的培养,这种困难是多重性的,实验室的模拟条件和它们漫长的生长速率是主要的困难。尽管如此,通过非培养和同位素的证据,证实深部地层微生物常常是厌氧的、嗜热的化能无机自养,这与浅表层微生物有明显的不同。有些生物具有显著的耐辐射性。通常陆壳环境微生物有三个类别:表层地下水/热水型、沉积盆地/油藏型、结晶变质/火成岩型。这几类的微生物具有以下几种能量代谢类型:还原金属离子(嗜热微生物)、有机质降解(异养和发酵微生物)、硫氧化等。

### 沙漠

沙漠广泛分布于地球的各个角落。由于极度缺水,光合蓝细菌是这些环境中的主要生存者,这些生存者生活在地表几毫米深具有光泽的岩石如石英、鹅卵石、岩盐及石膏上。这种微环境一方面利于平衡 $\text{CO}_2$ 、 $\text{N}_2$ 和光以利于光合作用和固定 $\text{N}_2$ ,另一方面保护免受强照射高温及干旱。

异养细菌在沙漠环境中广泛存在,它们的量与年降雨量有关。众多研究表明沙漠异养群落由 $\alpha$ 变形杆菌、放线菌、曲挠细菌、厚壁菌、芽单胞菌、腐霉菌、栖热菌/奇异球菌组成。它们的代谢功能仍未知,部分变形杆菌的细菌可能进行好氧不产氧光合作用。

沙漠因和火星有很多相似的特征被认为是研究火星生命的良好替代者,这些特征包括硫酸盐的沉淀、低含量的耐高温有机物、低数量的可检测细菌及等量的左旋/右旋氨基酸等。研究证实有机物质可能保存在长地质时期的硫酸盐矿物中。实际上,盐的沉淀正是预言火星存在生命的四个可能之一,微生物生命和它们存在的信号在这种沉淀中通过非破坏性光谱很难检测的到,特别是当它们生活在岩石表面下几毫米时。生活在沙漠里的微生物适应了沙漠这种在火星(抑或是其它星球)上普遍存在的极端干旱和高辐射的环境。当这些微生物生活在岩石表面以下时,由于岩石的屏蔽效应,使得它们忍受强辐射和干旱的能力大大提高。

### 海洋

覆盖超过三地球分之二表面的海洋充满了生命,全球海洋系统的地质微生物过程近几十年来吸引了越来越多的眼球。科学家们对普通海底、含水合物的沉积和海底热液喷口等这些海洋地质环境中的微生物进行了很多研究。

#### 生物量和分布

沉积物中生物量一般随着深度增加降低,从表层的  $1.4-4 \times 10^9/\text{cm}^3$  到平均深度(500m)的  $2.76 \times 10^6/\text{cm}^3$ 。通过完整的细胞和带极性头的膜脂在海底下 800m 深度检测到了微生物存在。海洋浅表层沉积原核生物量估计占全球总量的 50%-80%,具有活性的生物量占 10%。随深度增加沉积物的温度、年龄、孔隙度是生物量的三个限制因素。老的沉积物含有少的可降解有机质,缺乏支撑生命的能量来源,但在含有水合物的环境中是个例外。

#### 微生物多样性

地球上已培养的原核生物约有 6000 种,通过分子微生物学技术有越来越多的生物被发现。估计海洋里细菌的多样性有几千个 taxa,最近每年约有 360 个新的细菌 taxa 提交到 GenBank 中,使得细菌总的多样性达到上万个 taxa。限于克隆文库估计细菌多样性的缺陷,细菌多样性可能要大得多,可达到  $10^6-10^9$  个目。

#### 微生物能量来源

地球表面包括水圈和海洋沉积物中的所有生命,都直接或间接通过光合作用生物利用太阳提供能量。在沉积物表层,微生物的生存依赖还原洋壳中的化学物质来提供“暗能量”。通过化学能量,无机自养微生物可以存活并生长良好。通过 FISH 染色技术, Schippers 发现海底年龄为 10 个百万年深度超过 400m 的沉积物中,

原核生物大约有 4% 的是活着的, 检测到的活体细胞全部为细菌, 更新周期为 0.25 到 22 年。不像陆架和含水合物的环境, 深海沉积物中可利用的有机质的量是很低的, 对于无机自养型微生物, 它们可以利用  $\text{CO}$ 、 $\text{CO}_2$  和  $\text{CH}_4$  为碳源。对于非自养微生物, 有机质是贫乏的, 能作为其碳源的底物还不清楚。研究发现 3.5 百万年的洋壳流体可以支持微生物生长, 包括硝酸盐还原菌、嗜热硫酸盐还原菌和嗜热的醇解异养微生物。Horsfield 证实非生物介导的海洋有机质的降解产物可以为微生物提供代谢底物。

#### 微生物对地质过程的影响

微生物在洋壳与海水间的岩性变化、化学和同位素交换以及碳、铁、硫等元素循环中起重要作用。一个显著例子是微生物在洋壳玄武岩风化过程中起重要作用已经通过实验室培养和原位试验所证实。

编辑: 张勇

资料来源:

<http://www.mendeley.com/research/geomicrobiological-processes-extreme-environments-review-1/>

## “慢动作”(Slo-mo)微生物拓展了生命的边界 ——深海海底发现能利用极低氧气的微生物群落,让我们对生命存在的界限有了新的思考

绝大多数人在水下会为多坚持一分钟而挣扎,海豹可以坚持超过一小时,而太平洋海底数十米深处的微生物却能做得更好。

丹麦奥尔胡斯大学地质微生物中心的 Hans Roy 和他的小组发现的微生物(姑且被称之为生命),利用微乎其微的氧气,具有极低的代谢速率。它们进行生命基本需求的物质更替周期需要上百乃至上千年。这项发现发表在 2012 年 5 月的《Science》上。

好氧微生物需要氧气产生能量维持跨膜电势和保持酶及 DNA 正常运转。但厌氧微生物可以利用硫酸盐、硝酸盐和硫替代氧气,这种产能方式比有氧呼吸要低,因此研究者认为海底生物可能仅需绝对低的能量维持生命,它们做了正确的选择:这些像“电视迷”样微生物有八亿六千万岁了。

多年来,科学家认为海底高压、低氧、低营养和低能量供应这种苛刻的条件,不适合生命生存。但海底沉积物中微生物的发现点亮了对微生物应对能量极度匮乏环境的研究。

慢的沉降速率:北太平洋环流(一个强大的环流体系)与对应的南太平洋环流是海洋里最贫营养的两个区域。在这里,Roy 的小组发现氧气可以穿透海底沉积达 30m。Roy 说:“这没有好的解释,老的观点认为没有什么能穿透半英寸沉积物,很明显我们错过了一些东西,那就是缓慢的沉降速率,在这个区域,沉积物的积累是一个难以置信的慢速”。

事实上,这种沉降速率非常缓慢,如果说有一粒谷物落在海床上,那么要 1000 年之后才会有另一粒落在它上面。这就意味着如果有东西可以吃落在它上面的东西,它可以享用上百至上千年才会被消耗掉。埋藏下来的是非常贫乏的,即使是微生物它们吃的速度也非常缓慢,而且,当没有东西可以吃的时候,细菌就不再呼吸,氧气就游离在它们周围了。

鉴于奥尔胡斯地质微生物中心和 NASA Ames 研究中心天体生物学部提议的

“慢动作”生命的发现，组织了一个由地质微生物学家和计算机模型家组成的研讨会，来探索微生物生命的极限和生物对能量的需求。“Microenergy 2012”于五月份在奥尔胡斯举行。

组织者 Jørgensen 说：“生命的极限远远超出了我们的想象，在这里我们看到了我们理解之外的低能量生命，但是我们必须承认，我们还不知道这个极限在哪里”。这就是微生物研究者痴迷于 NASA 的原因。也许火星的表面不适合生命存在，但是在地下，Jørgensen 说：“在地球地下深部就能量而言是可以获取的，这些研究证实生命在这种条件下是能生存的”。Jørgensen 强调他不是指在火星上存在生命，但是要承认：“现在是时间挑战哪里没有生命的时候了”

编辑：张勇

资料来源：

<http://www.nature.com/news/slo-mo-microbes-extend-the-frontiers-of-life-1.1066>

9



## 数十亿年前岩石加快多细胞生命的出现和进化

我们应该感谢“善良”的花岗岩。根据最近研究，如果不是数十亿年前超大陆上富含金属的花岗岩形成以及随后被腐蚀，那么包括人类在内的多细胞生命的进化将会被阻止或延误。

在地质历史的大部分时间里，地球上仅存在单细胞有机体。英国阿伯丁大学地球科学家约翰·帕内尔认为，多细胞生命的某些关键蛋白质以及从单细胞演化而来的某些蛋白质都需要重金属元素，特别是铜，锌和钼等。以往的研究表明，多细胞生命在 16-12 亿年前之间进化而来。研究人员认为在进化之前，这些至关重要的金属隐匿于生命蓬勃的环境中——被“扣押”在大洋深处的贫氧环境中或被“约束”在地壳古矿床中，等待着被侵蚀。

现在，帕内尔和他的同事们提出了另一种符合新地质证据的观点：关键金属是由一种非常稀有的花岗岩受侵蚀而来，这种花岗岩在 19 亿年前地球大陆板块碰撞形成超级大陆后大量形成。该小组的分析说明，大量沉积的各种花岗岩（化学组成使得其在矿床的金属富集）非常容易被侵蚀，而不是分散在形成于 18-13 亿年前之间由地壳深处以熔融物的形式上升至地表并结晶的岩石中。

研究人员说，全球大量的地质记录表明这种形式的花岗岩在上升至沿海和近地表环境时即开始被侵蚀并产生各种金属。举例来说，原本如海底沉积物一般沉积在古老岩石中的铼同位素比值揭示了超大陆的侵蚀高峰大约在 19 亿年前。此外，大量的硫酸盐矿物质（尤其是在干旱环境下富矿水体的蒸发产生矿物质）的形成开始出现在大约 17 亿年前，这是一个在富矿岩石沉积中发现金属硫化物的标志，因此也在此过程中释放出金属，这些微量金属在单细胞生物体中与蛋白质结合最终形成多样化的多细胞生命。该研究在线发表于本月的《Geology》杂志上。

亚利桑那州立大学的生物地球化学家阿里尔·安巴尔说：“该小组的研究结果非常有趣并耐人寻味，尽管大约在 24 亿年前大气中氧浓度的上升增强了侵蚀作用，进而增大了环境中金属含量，但是大量即时形成的花岗岩毋庸置疑是这些金属的一个重要来源。

加利福尼亚州圣迭戈的 J. Craig Venter 研究所微生物生理学家克里斯·杜邦说：“现代生物体的遗传研究表明，蛋白质增大了多细胞的可能性，特别是那些需

要锌的蛋白质,但如果没有这种金属,多细胞的演化将会推迟。在16-12亿年前生命的发展受到了束缚,之后由于金属的缘故开始发展。问题是我们还不知道在那期间海洋中金属含量,而且我们仍然要去寻找这些金属的来源”。



19亿年前大量形成后又遭腐蚀并为多细胞生命演化奠定基础富含金属的花岗岩  
(图为在芬兰被侵蚀的岩石,小图为抛光岩石样品)

编辑:徐荣德

资料来源:

[http://news.sciencemag.org/sciencenow/2012/06/you-owe-your-life-to-rock.html?  
ref=em](http://news.sciencemag.org/sciencenow/2012/06/you-owe-your-life-to-rock.html?ref=em)

## 人类诱发了地震! ?

石油和天然气开采中的液压破碎法从形式上被认为是一种水力压裂法,美国国家研究委员会(NRC)曾发布报告认为水力压裂法是仅由一个或两个地震激发的地震幕而引起。但美国13个州已发生的数百个有感地震皆由水力压裂和其他工业活动向地下注入废水而造成的,并且地热能的开发、石油和天然气采收率的提高甚至简单的油气开采都会引发地震。该委员会还发现抽水蓄能发电厂由于将大量的二氧化碳捕获至地表“可能会潜在的诱发更大的地震事件”,并建议在历史上已有有感地震发生的地区进行上述工程前应进行地震风险评估。虽然一些国家的规定在向着这个方向努力,但目前还没有实施。

另外,该委员会在最新一期(2012年6月18日)美国《PNAS》发表文章称,二氧化碳捕获与封存(CCS)很有可能诱发更大的地震。CCS技术旨在通过捕捉、液化和高容量注射于地下的方法来减少二氧化碳排放到大气之中。该技术目前是一个由联合国政府间气候变化委员会正在考虑的“可行的策略”,然而也有一些专家对此持否定态度,认为虽然还没有大型相关项目正在进行,但需要长时间将体积庞大的流体储存地面以下的想法是不切实际的。

研究指出,在全球范围内,全球每年约生产270亿桶石油,CCS的工作将需要每年消除约35亿吨二氧化碳,或约同体积286亿桶。之前在世界各地众多地点开展注入巨量二氧化碳的项目,随着时间的流逝,在短短几十年时间内通过现代化的地震网显示,地震在内陆几乎无处不发生。

美国国家研究委员会指出,CCS将涉及长时间注入地下最大量的流体,可能会导致更大的地震。然而,由于现在还没有较多的CCS项目在实施,因此对其实际的风险尚难评估,还需要更多的研究来证实。

编辑:徐荣德

资料来源:

<http://scim.ag/NRCfrack>

<http://www.pnas.org/content/early/2012/06/13/1202473109.abstract>

<http://paper.sciencenet.cn/htmlpaper/20126201015819124941.shtm>

## 固定化红球菌生物反应器处理石油烃

某些微生物能够降解(氧化)石油烃或以石油烃为其碳源生长,基于微生物的这个能力所开发的生物法降解石油废水技术是环境生物处理的一个重要手段。这项技术被广泛的认为是一种潜在的高效、低成本的清洁处理方法。日前,俄罗斯科学家在石油烃的降解研究中采用了一种新的处理模式----细胞固定化技术,此研究发表于2012年5月《Environmental Engineering and Management Journal》杂志上。

固定化细胞技术,就是将具有一定生理功能的生物细胞,用一定的方法将其固定,作为固体生物催化剂而加以利用的一门技术。研究发现,固定化细胞反应器可以提高细菌对烃类的氧化降解能力,增强细菌对有毒物质的耐受能力,使细胞在极端污染环境中也能长期维持活性。生物处理器利用红球菌可降解广谱有机物的能力,可将其以碎屑式固定化错落固定于柱形罐体中处理含油污水。以往的研究显示,红球菌具有超强的酶活性,它的生态学和生物学意义非凡,这使其在环境治理过程扮演着重要的角色。研究中生物反应器所处理的石油烃由一系列复杂的烃类物质组成,为了增强微生物的反应效率,实验采用了 *Rhodococcus ruber* IEGM 615 和 *Rhodococcus opacus* IEGM 249 两种工程菌共同处理碳氢化合物。含油液体(2%, v/v)被排压(流速 0.6、1.2 及 2.0ml/min)到生物反应器中留存处理两周, C<sub>11</sub> 到 C<sub>19</sub> 的脂肪烃最大降解率可达到 88%-99%,长链脂肪烃和环状芳香族烃类的降解程度相对较低(30%-55%)。

研究表明,固定化细胞反应器可以实现对微生物的反复利用,增强了微生物的抗逆性,可以显著提高其石油降解率。此外,经过降解处理过程的固定化细胞具有更强的一碳(苯,苯酚)及芳香族(菲,蒽)碳氢化合物和抗生素耐受能力。目前,科学家们正试图通过改变红球菌的细胞膜结构、质粒及与降解碳氢化合物相关的基因等方面增强其胞体对高浓度石油烃的耐受力。

编辑: 武淑娇

资料来源:

[http://omicron.ch.tuiasi.ro/EEMJ/pdfs/vol11/no3\\_supl/S\\_6\\_pdf/233\\_051\\_10894.pdf](http://omicron.ch.tuiasi.ro/EEMJ/pdfs/vol11/no3_supl/S_6_pdf/233_051_10894.pdf)

## 微生物摄能新模式:

### 矿物光催化作用刺激非光合作用微生物的生长

来自北京大学鲁安怀教授、吴晓磊教授团队、中国地质大学(北京)董海良教授和怀俄明大学 Jin song 教授等科学家的联合研究成果揭示了一种新的微生物摄能模式,非光合作用细菌能利用半导体矿物在可见光下发生光催化作用所产生的光生电子作为生长能量,从而形成了继光能营养型和化能营养型之后发现的第三种营养类型——“光电能营养型”,该研究成果已经在今年4月份的《Nature Communications》杂志上发表。

长期以来,人们一直认为地球上微生物生命活动的能量来源主要是太阳能和化学物质(包括有机物和无机物)储存的能量。相应地,光能营养与化能营养成为地球上微生物生长代谢的两种基本的能量营养模式。传统的经典理论认为,光能营养型微生物由于含有光合色素,可利用太阳能将二氧化碳、水和其它无机物质合成为自身组成部分与营养物质。而化能营养型微生物由于缺少光合色素,自身不能直接转化与利用太阳光能量,只能从物质化学反应中通过元素化合价变化获取价态电子能量。

该研究成果对这些理论的普适性提出了挑战,发现自然界常见的半导体矿物如金红石( $\text{TiO}_2$ )、针铁矿( $\text{FeOOH}$ )和闪锌矿( $\text{ZnS}$ )等,在可见光下发生光催化作用所产生的光生电子,可沿着半导体矿物与微生物之间所形成的长程电子传递链最终传递给微生物,刺激并促进非光合化能自养型微生物氧化亚铁硫杆菌(*Acidithiobacillus ferrooxidans*)和非光合化能异养型微生物产碱杆菌(*Alcaligenes faecalis*)的大量生长,并能显著改变土壤微生物群落构成。实验研究证实,半导体矿物日光催化作用促进非光合化能型微生物的生长量,与光子能量(波长)和光子-电子转化效率呈密切正相关关系。在固定光强下( $8 \text{ mW/cm}^2$ ),当波长从620 nm依次递减到420 nm时,氧化亚铁硫杆菌的细胞浓度增加一个数量级,体系光子-电子转化效率也从0.17%升高到0.33%。在此条件下整个体系的光能-生物质能转化效率为0.13‰到0.18‰。在模拟日光条件下,非光合化能异养型微生物粪产碱杆菌的细胞浓度较暗室无光照条件下增加三个数量级。产碱杆菌在天然红壤微生物群落中的比例从初始不到5%左右,5天后迅速增加到70%左右,

且一直维持在该浓度水平,相应暗室模拟对照实验中该菌比例却只有8%左右浓度水平。

该研究成果将会改变人类对地球上微生物生命活动、能源获取与利用方式的理解,也为认识地球早期生物质能量的获取途径提供新思路,具有重要的理论意义。在发展新型的微生物培养技术、发酵工业技术、生物化工技术和环境生物技术等方面,具有广阔的应用前景。

编辑: 邓诗财

资料来源:

<http://www.nature.com/ncomms/journal/v3/n4/full/ncomms1768.html>

## 老谜团的新思路:

### 低温现代海水环境下微生物促成富镁白云石形成

来自德国基尔亥姆霍兹海洋研究中心 Tina Treude 教授和瑞士苏黎世 ETH 地质研究所 Judith Mckenzie 教授的联合研究团队在《Geology》杂志上发表的最新研究成果显示在现代海水盐度的低温厌氧环境下,微生物胞外物质调节作用能够促使原生富镁白云石的形成。

自从法国科学家 Déodat Dolomieu 在 1791 年发表了有关白云石矿物的经典文章之后,围绕白云石的成因争论一直持续了两个多世纪。白云石[CaMg (CO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>]是一种具有有序结构的碳酸盐矿物,无论在理论上还是在经济意义上都占有十分重要的地位。白云岩是沉积盆地中一种重要的油气储集岩,是油气的主要储层类型之一,同时,白云石的形成在全球碳循环中起着重要作用,大气圈中的 CO<sub>2</sub> 固定到白云石中,对于早期地球的逐渐变冷从而导致生命的出现可能做出了重要贡献,因此白云石包含着有关地球发展演化历史的重要信息。白云岩在前寒武纪和古生代地层中极其普遍,但在全新世沉积中却十分罕见,代之以大量石灰岩的沉积,其中的原因众说纷纭,尚无定论,这就是地质学中著名的“白云石”问题,而最近提出的微生物成因论解释了部分低温环境下的白云石成因问题。

在白云石的微生物成因研究过程中,硫酸盐还原菌作为一种常见的在高盐环境下能调节环境促进白云石生成的细菌而广为业内研究人员知晓,但是其具体的结核形成过程还是研究甚少。

本文的研究人员在实验室利用模拟海水,在低温环境下(21°C)第一次利用硫酸盐还原菌 *Desulfobulbus mediterraneus* 进行实验,在厌氧环境下实现了富镁白云石的沉淀。白云石结晶和单一菌属的生物膜(Biofilm)胞外物质密切相关,该生物膜通过改变微环境 Mg/Ca 离子比值从而提供了一个成核模板。在初始的单一球体成核(约 50 纳米)完成以后,聚合作用促使颗粒进一步生长,形成粒径约 2~3 微米的白云石球体。

白云石微生物成核也造成了 Mg/Ca 比值和 <sup>44</sup>Ca/<sup>40</sup>Ca 分馏差异,生物膜包括细胞核胞外物质的量值分别为 0.87 ± 0.01 和 0.48‰ ± 0.11‰,白云石结晶的量值分别为 1.02 ± 0.11 和 <-0.08‰ ± 0.24‰,而实验模拟溶液在结晶形成后的量值为

$4.53 \pm 0.04$  和  $1.10\text{‰} \pm 0.24\text{‰}$ , 可见  $44/40\text{Ca}$  值有一个从溶液至生物膜再至矿物结晶的逐步分馏变得越来越贫重 Ca 的过程。这些数据显示出来一个两步的分馏过程, 该过程中 Ca 先被纳入到生物膜中, 然后被纳入到沉淀形成的矿物晶格中。

本文的研究成果揭示出微生物代谢形成胞外物质的过程能够克服动力学屏障, 促进形成动力学条件为不易形成的富镁白云石。本文的研究成果揭示出微生物代谢形成胞外物质的过程能够克服动力学屏障, 促进形成动力学条件为不易形成的富镁白云石。另外, 由于论文结论证明钙同位素分馏可能很大程度上依赖于前期的微生物分馏, 而不是简单的液体环境和矿物之间的分馏, 所以作者还质疑了 Ca 同位素系统作为古海水地球化学状态表征的应用, 说明没有将微生物分馏作用纳入考虑体系的同位素解释可能会带来问题。

本文是利用微生物学知识对一个长期争论的白云石问题的一个新解释, 是对白云石微生物成因理论体系的一个重要补充。

编辑: 邓诗财

资料来源:

<http://geology.gsapubs.org/content/early/2012/05/18/G32923.1>



## 新视角看煤的生物甲烷转化:

### 来自圣胡安煤层气盆地的野外和实验室研究解释转化新焦点

据美国奥克拉哈马大学 Boris Wawrik、周集中教授研究团队和菲利普石油公司以及 Dariusz 生物地化公司的联合研究团队在《FEMS》发表的最新研究成果显示,煤层的微生物甲烷转化效率并不是受产甲烷生物量限制,而是受煤组份的活化和降解控制。

作者对新墨西哥州圣胡安盆地的煤层生物甲烷转化进行了详细研究,对煤层水进行了微生物富集培养、代谢产物监测和非培养微生物方法研究。16S rRNA 基因序列分析显示了产甲烷菌的存在,这些产甲烷菌包括醋酸营养型的、氢气营养型的和甲基营养型类,但是主要以甲烷杆菌属和甲烷微菌属占主导。作者还利用煤层水和煤层样品进行产甲烷实验,结果显示两者结合能稳定的产生甲烷,但是煤的热成熟度和产甲烷作用之间并没有显示出明显关联。同时在利用富含厚壁菌 (*Firmicutes*) 的样品进行的实验中,煤的甲烷转化明显变多。在富含多种环链和短链脂肪酸代谢物的样品中,古菌的多样性也显得更为丰富。而添加了乳酸盐、氢气、甲酸盐和短链醇等刺激物的实验样品也明显比没有添加刺激物的要生成更多的甲烷。相对应的,利用乙酸盐的产甲烷作用却没有被观察到。对代谢产物的检测结果发现了大量的芳香环中间产物,如苯甲酸盐、苯甲酸、邻苯二甲酸和甲酚等等。饱和和未饱和丁二酸的存在也预示了正构烷烃和环烷烃/烯烃的代谢作用。对与芳香烃和脂肪烃底物的厌氧代谢作用相关的功能基因的基因芯片分析验证了大量参与该过程的功能基因的存在。前人的研究多将煤层中产甲烷菌的性质作为煤层甲烷微生物转化的关键,但是作者强调,这可能是一个错误的方向。产甲烷菌并不是整个过程的关键,相反,煤的起始厌氧降解才是整个降解反应的关键。因此,对完成煤组份的初始厌氧降解激活的微生物种类的确定是一个关键点。研究结果显示厚壁菌的一些关联菌可能在初始激活过程中具有重要作用。

本文对煤的微生物甲烷转化过程提出了新的关注点,对以后进行原位激化煤层气生成的战略布局具有重要指导作用。

编辑: 邓诗财

资料来源: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1574-6941.2011.01272.x/full>

## 宏转录组学技术显示深海热液羽状流水体中微生物以甲烷氧化菌和无机营养菌为主

微生物在深海热液喷口柱的地球化学过程中起到了调节的作用,这个调节作用是海洋地下元素和能量转换的通道。然而尽管微生物对海洋地球化学过程有着重要的影响,但是海底热液羽状流中微生物群落的生态和活动并没有得到很好的研究。

近期,来自美国的研究者们采用宏基因组技术和宏转录组学技术分析了瓜伊马斯盆地热液羽状流,及其上方和其相邻的卡门盆地背景水体中微生物的群落结构。他们刊登在《ISME》上的文章结果显示:在羽状流和背景区水体中都是甲烷氧化菌和化能无机自养生物占优势,尽管在羽状流中总RNA的浓度和微生物介导的锰氧化率都有明显的增加。并且宏转录组技术结果中显示在瓜伊马斯盆地海底环境(如热液沉积物和海底烟囱)丰度较高的微生物并不在羽状流中占优势。研究者们用宏基因组重组技术重建了羽状流中优势微生物种群的基因组,包括海洋古菌第一组、甲基球菌、SAR324  $\delta$  变形菌、SUP05 $\gamma$  变形菌。基因转录图谱结果显示,这些基因组中大量表达的功能基因包括无机化能营养的氨氧化单氧酶基因(*amo*)、甲烷氧化单氧酶基因(*pmo*)和硫还原酶基因(*sox*)。并且在羽状流和背景区中,*amo*和*pmo*的基因表达量处在同一水平上,但是*sox*基因在羽状流中的表达量要比在背景区中的表达量高10-20倍。

根据上述研究结果,研究者们认为瓜伊马斯盆地热液羽状流中的生物地球化学反应是由微生物介导的在海水中进行的,而不是在海底沉积物和海底烟囱中进行的。并且热液柱为加利福尼亚深海湾的地球化学反应提供了主要的电子供体。

编辑: 盖永锋

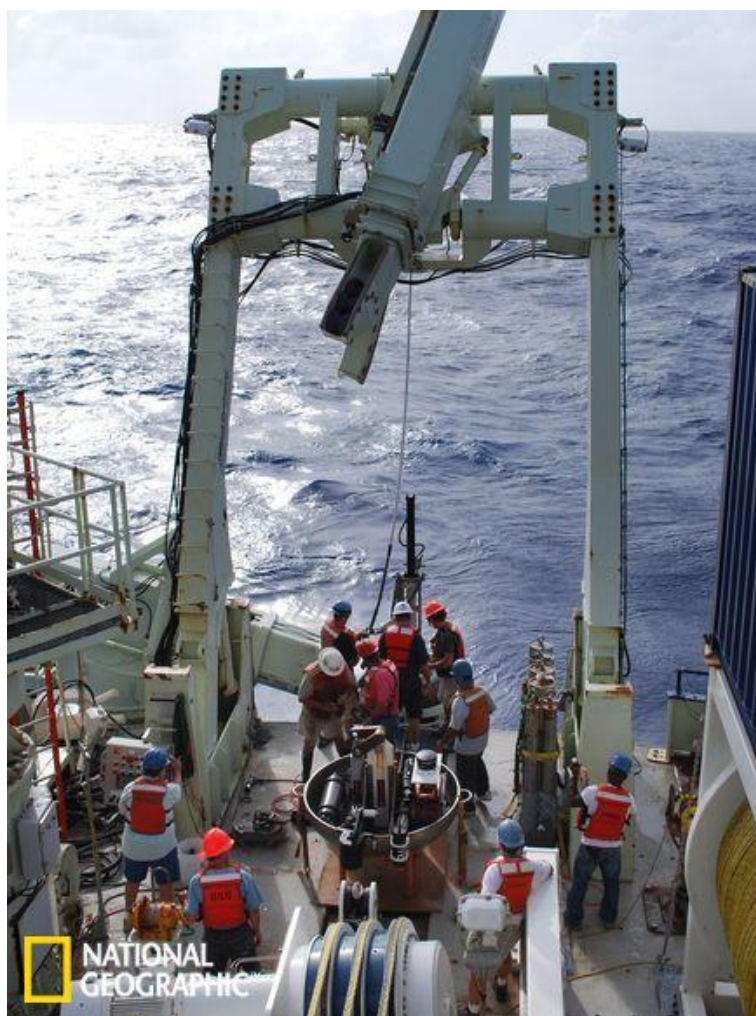
资料来源:

<http://www.nature.com/ismejournal/vaop/ncurrent/abs/ismej201263a.html>

## 短 讯

### 太平洋发现 8600 万年前细菌:千年繁殖一次

据美国国家地理网站报道,科学家们近日研究发现,由于生长极其缓慢,被深埋在海底下长达 8600 万年之久的一个细菌菌落竟然仍然存活着。这就意味着它们从恐龙时代存活至今。这些微生物以同样和它们一同被困在淤泥中的有机物质为食。一项最新研究指出,这些微生物并不是孤独的:这种微生物可能是这颗地球上最常见的有机体,构成了地球上 90% 以上的单细胞生命体。



一份钻探样本被从洋底提取上来



这是一种细菌的照片，这种细菌的样子和此次最新研究中所描述的古老细菌样子很像

科学家们对这些深海细菌了解不多，它们甚至连名字都没有，因为它们的DNA和任何现存的细菌种类都不匹配。从基因的层面上讲，这些深海细菌“看上去和任何已知的细菌种类都不同，这制约了DNA技术发挥它的作用。”而海洋微生物学家丹尼·昂内斯库(Danny Ionescu)说他们“这些深海细菌中的大部分在实验室中根本无法培养。”昂内斯库来自德国马克斯普朗克研究所，他说：“它们已经适应了贫瘠的环境，很多时候我们是在过度喂养它们。”

由于这些微生物生存的环境极端贫瘠，它们的繁殖已经相应地变得极端缓慢，这和其他种类的细菌非常不同，很多细菌体在短短几天之内就能从一个分裂成数百万个。根据测量数据进行的计算显示，这些细菌大约每数百年至数千年才繁殖一次，这样的速度并不令人惊讶，其它一些生命体，如海绵，可以存活更久。马克斯普朗克研究所的昂内斯库表示：“让这项研究显得有趣的地方在于，它展示了生命竟然可以在如此贫瘠的地方生存。”他说，这种生命体的慢动作生活方式“打破了我们对于我们所知晓的生命极限的认识。”

资料来源：

[http://www.stdaily.com/stdaily/content/2012-05/24/content\\_472685.htm](http://www.stdaily.com/stdaily/content/2012-05/24/content_472685.htm)

## 温家宝总理到中国地质大学(武汉)视察



5月18日至20日,中共中央政治局常委、国务院总理温家宝在湖北省武汉市调研经济运行情况并主持召开六省经济形势座谈会。19日晚,温总理在工作间隙到中国地质大学(武汉)视察并与学校校师生进行了交流。

温家宝总理视察了生物地质与环境地质国家重点实验室,并听取了实验室关于在全球二叠系——三叠系界线层型、地球生物学、烃源岩和页岩气等研究领域已经取得科学进展和标志成果的汇报。随后,温家宝总理在教室与师生代表进行亲切交流并做了重要讲话。温总理在讲话中深刻论述了地质科学的重要性,指明了地质科学发展的六点方向,并深情回忆了大学时代的学习生活。他说:“我上大学的那个年代,从大的方面讲,地质学的综合性主要表现在地质学与地球物理、地球化学等的结合,地质勘查工作运用遥感、测试、钻探、掘进等技术手段。现在看来不够了,它要涉及天体、地球、环境、生物的变化和相互作用以及信息、航天、海洋、生命等现代科学技术的应用。”

资料来源

<http://www.cugb.edu.cn/readRecord.action?ID=2500>

[http://news.xinhuanet.com/politics/2012-05/30/c\\_123211213.htm](http://news.xinhuanet.com/politics/2012-05/30/c_123211213.htm)

## 中国地质调查局领导到盎亿泰地质微生物公司调研



2012年5月24日,中国地质调查局党组成员、副局长李金发带领局机关有关部门负责同志到盎亿泰地质微生物技术(北京)有限公司进行调研。

李金发一行首先抵达位于北京昌平科技园的盎亿泰公司总部,参观了公司环境及核心实验室,随后与公司总裁梅海博士及相关部门负责人进行了座谈。公司总裁梅海介绍了公司基本情况及近年来的工作业绩,并且结合实例对地质微生物技术进行了详细阐述。李金发在座谈中说,通过参观和交流,感触颇深,收获不少,对地质微生物技术也有了进一步的了解和认识。盎亿泰公司不仅将新的技术引进,而且不断探索、深化,已在实践工作中取得了良好的示范和效果。他指出,科技创新无止境,应该及时梳理和总结地质微生物技术应用成果,继续深化,形成良好的、完善的方法体系;还要不断拓展新领域,不仅将其用于常规油气勘查中,让其在非常规能源,甚至金属矿产领域发挥作用,为找矿突破战略行动做好支撑。梅海总裁表示,盎亿泰公司会再接再厉,为解决我国矿产资源短缺问题做贡献。



图为地调局领导与盛亿泰公司所有人员合影

资料来源:

<http://www.cgs.gov.cn/xwtzgg/jrgengxin/15489.htm>