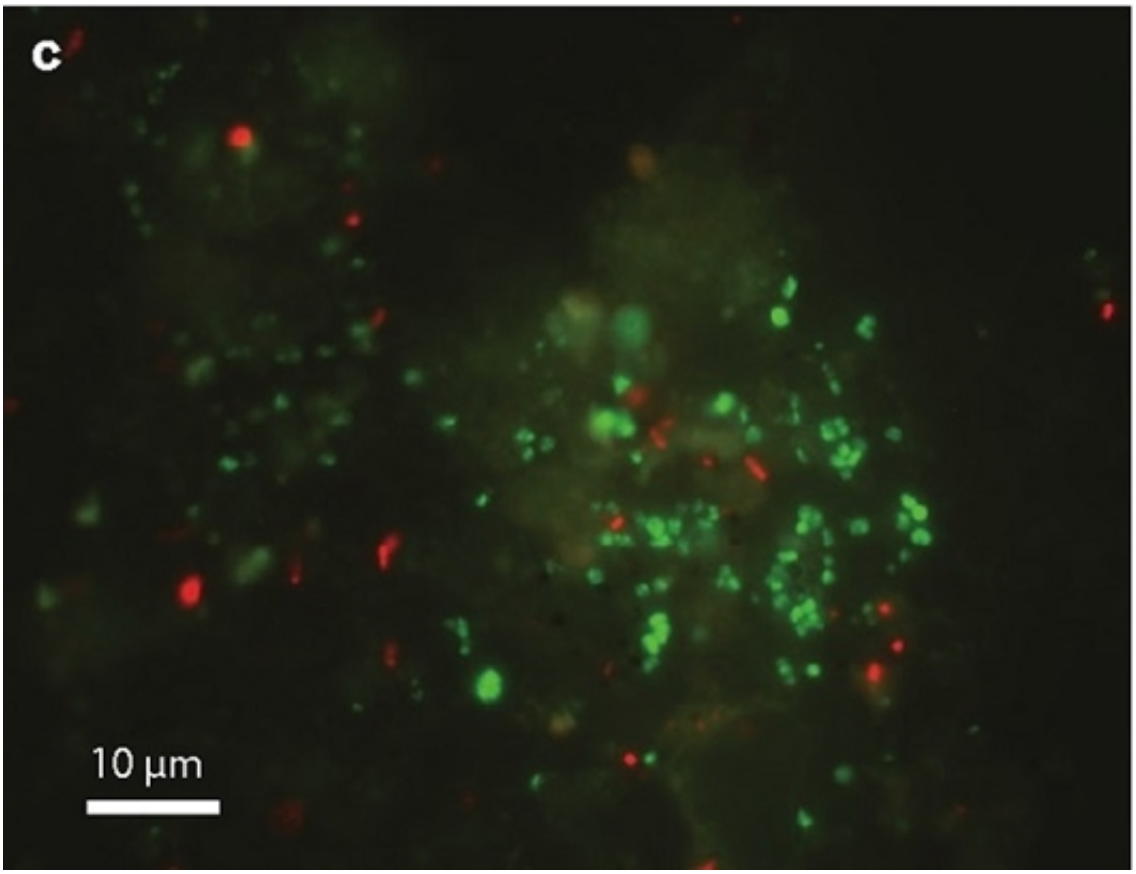
老油田有望“复活”！神秘古菌“吃”石油产甲烷

作者：writer 来源：爱科学

本文原地址：https://www.iikx.com/news/progress/16947.html

本文仅供学习交流之用，版权归原作者所有，请勿用于商业用途！

老油田有望“复活”！神秘古菌“吃”石油产甲烷。



荧光显微镜照片（CARD-FISH），绿色代表新古菌Ca. Methanoliparum。承磊供图

传统的原油开采技术，难以驱动地下油藏全部原油的运移，仍然有过半原油开采不出来。科学家相信，能在油藏环境中存活的厌氧微生物有可能成为人类的帮手。利用沼气发酵原理，将液态原油降解成气态甲烷，形成油气共采，是科学家致力于探索的一条道路。

北京时间12月23日，《自然》（Nature）在线发表农业农村部沼气科学研究所（以下简称沼科所

）能源微生物创新团队的最新研究成果。该团队与深圳大学、德国马克斯普朗克海洋微生物研究所、中石化微生物采油重点实验室等单位合作，发现一种来自油藏的新型的产甲烷古菌，可在厌氧环境下直接氧化原油中的长链烷基烃产生甲烷，突破了产甲烷古菌只能利用简单化合物生长的传统认知，拓展了对产甲烷古菌碳代谢功能的认知。

这一研究完善了碳素循环的生物地球化学过程，并为枯竭油藏残余原油的生物气化开采——地下沼气工程奠定了科学基础。

不能吃的石油烃

原油的主要成分是由几十个碳链形成的比较复杂的碳氢化合物。

早在上世纪末，德国科学家首次在《自然》报道了石油烃可以被厌氧微生物降解转化为甲烷。但是，这种生物降解过程与传统的沼气发酵类似，需要多种不同类型的细菌和古菌，通过互营代谢来完成。

2008年，加拿大科学家在《自然》报道油藏中也存在这样的混合菌群降解原油产甲烷过程。

论文共同通讯作者、深圳大学教授李猛告诉《中国科学报》，互营代谢是指有机质分解降解产生甲烷的时候，需要细菌和产甲烷古菌——两种不同类型的微生物——通过彼此依赖、互不可分的方式共同生存。这是一种紧密的合作，如果分开，它们就没有办法推动食物链的转化。

在缺氧环境下，有机质被降解产生甲烷的过程俗称沼气发酵。论文作者、沼科所研究员白丽萍说，过去的观点认为，产甲烷古菌仅能通过乙酸发酵、CO2还原、甲基裂解和氧甲基转化等四条途径产生甲烷。其所能利用的底物非常简单，主要是一碳或者二碳化合物。

以前的教科书告诉我们，对于由几十个碳组成的烷烃和烷基烃这种复杂有机物，产甲烷古菌是不可能直接‘吃’掉它们的。之前，也没有微生物直接降解石油烃生成甲烷或者二氧化碳的研究报道。论文通讯作者、沼科所研究员承磊说。

沼科所所长王登山告诉《中国科学报》，40年来，沼科所一直在从事厌氧微生物的基础研究，并保存有全国最大的厌氧微生物模式物种近600种（全球有2000多种），是我国沼气工程标准的主要制定者，开发设计建造了一系列有代表性的户用和大中型沼气工程。这为找到可直接降解石油烃的微生物奠定了科研基础。

论文第一作者、沼科所周卓介绍，厌氧微生物是地球上数量最多、物种最丰富的生物资源。但由于技术原因，目前分离鉴定的厌氧微生物物种不足0.1%，大部分还属于微生物暗物质。科学家知道它们存在，但是不知道它们是一种什么样的存在。

产甲烷古菌就是一种独特的厌氧微生物，对氧气敏感，通常在空气中暴露几分钟就会死亡。它之所以被称为古菌，是因为这种独特的生命早在35亿年前就存在于地球之上。它拥有很多头衔：地球上最早的生命形式之一、全球大气甲烷排放主要贡献者、沼气发酵过程中的的关键功能微生物。

意外发现让神秘古菌现身

找到这种新的产甲烷古菌是一个意外的发现。承磊说，他的团队从2005年开始厌氧烃降解产甲烷研究，但工作开展起来非常难。

石油烃厌氧降解产甲烷的生长周期一般需要一两年时间，文献报道的最长培养时间超过800天。虽然承磊笑说，可以把培养物放在实验室慢慢长，科研人员出去玩两年回来后再观察研究都来得及，但实际上，这种超长待机时间是非常枯燥的，也极其考验科研人员的耐心和耐力。

2019年，他们突然发现一份来自于油藏的培养物待机时间超短——生长周期大概两到三个月。比以往的培养周期都要快很多，这个现象让我们非常关注。承磊说，通过数十年的前期工作，他们获得了一个利用长链石油烃产甲烷的培养物，它可以直接降解碳13到碳34的长链烷烃，以及侧链烷烃大于13的环己烷和环己苯。

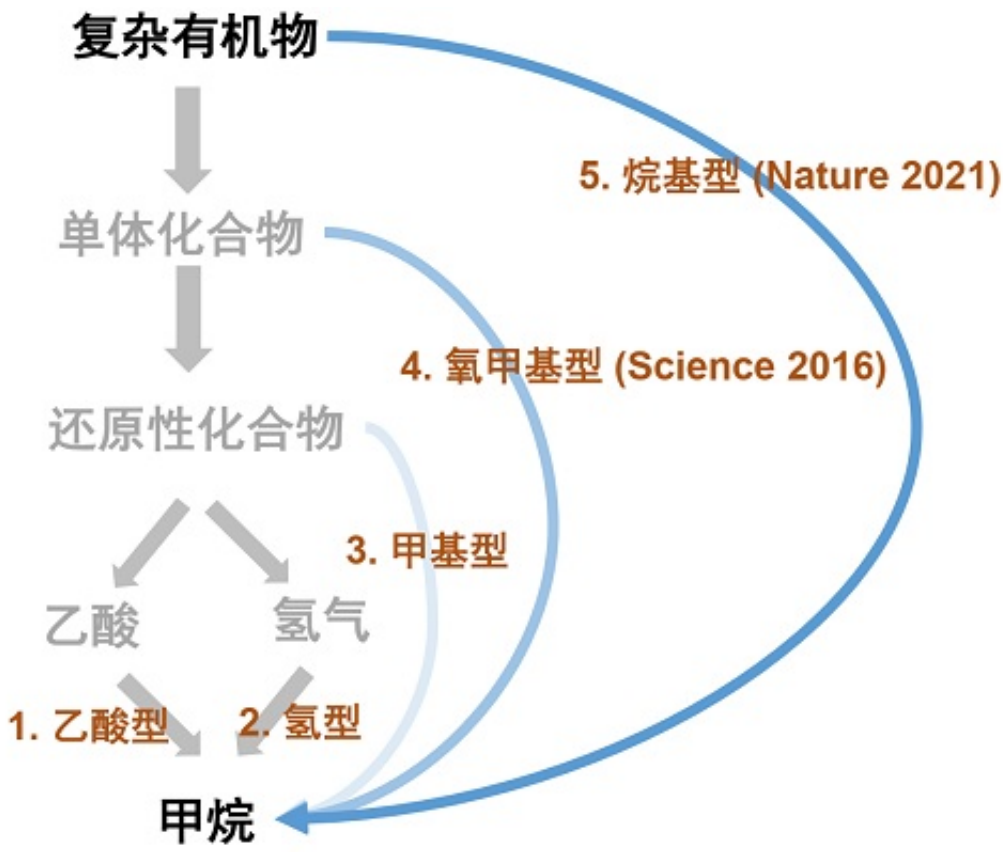
于是我们就想知道这里面可能是什么微生物，通过什么机制如此快速的转化利用石油烃。也就是在这个时候，国外科学家提出了自然界中可能存在直接降解烷烃产生甲烷的新古菌，但是没有证据支撑。我们再重新分析这个培养物的时候，的确发现了它的踪迹，而且丰度非常高。承磊回忆说，但这个培养物中还有很多种微生物，需要提供多个不同维度的证据。

周卓介绍，他们首先通过稳定碳同位素标记试验，证实加入的正构烷烃几乎完全转化为甲烷和二氧化碳。

再通过宏组学分析，他们发现了一种新型的古菌Ca. Methanoliparum。这一古菌具有完整的烃降解与甲烷产生的代谢途径，并且这些途径在培养烃降解产甲烷过程中都是高丰度表达的。

进而，他们采用高分辨率质谱技术，检出了烷烃降解产甲烷过程中的关键中间代谢产物，从而进一步证实了这种新型古菌的碳代谢途径。

结果发现，Ca. Methanoliparum可以直接氧化长链烷基烃，它通过β—氧化、伍德—永达尔（Wood-Ljungdahl）途径进入产甲烷代谢，不需要通过互营代谢来完成。也就是说，这一古菌仅凭一己之力就完成了共营代谢中需要多种细菌和古菌联手才能完成的分解工作。他们因而提出了第五条甲烷产生途径。



五条产甲烷途径示意图承磊供图。 承磊供图

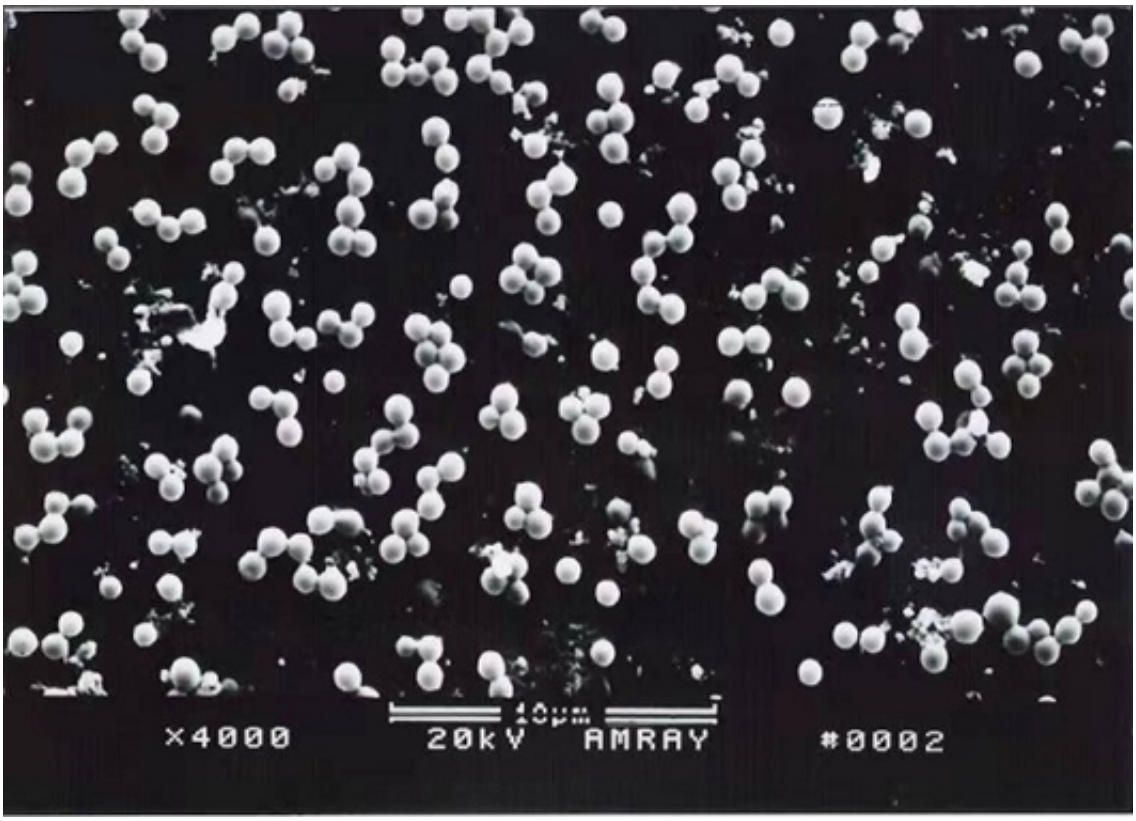
第五种甲烷产生途径的提出，完善了我们探索全球碳素生物地球化学循环的认知。承磊说。

论文作者、中石化微生物采油重点实验室教授汪卫东告诉《中国科学报》，这也说明在油藏条件下，还有丰富的未知微生物存在，它们有着不同的功能。其中一些微生物以不同的方式在降解原油，将其转化成甲烷或天然气。

多样化的应用前景

传统的原油开采技术，主要是应用化学物质或水压力来驱动地下深层的原油运移。这种利用物理和化学方法采油的技术，仍然有超过一半的原油残留在地下油藏，难以被开采利用。汪卫东说，基于这项研究成果，将有可能利用地下厌氧微生物的作用，把液态的原油降解变成气态的甲烷，形成油气共采，最终达到比较高效率的原油开采利用率。这也可延长油藏的开发寿命，有望让老油田复活。

多年来，承磊团队与胜利油田等一线油气生产单位保持着紧密合作。他们对此项成果非常关注。



从胜利油田分离的一种产甲烷古菌扫描电镜照片。 承磊供图

王登山认为，这项由0到1的基础研究认知，为人们开发地下沼气工程奠定了理论基础。地下的油不用抽出来，可以直接把油变成气，让气体出来，进行甲烷的收集。这相当于我们把沼气池修在了几千米的地下油藏中，形成平方公里尺度的巨大‘地下沼气池’。因此，基于该项成果的技术攻关一旦突破，对枯竭油藏进行油气共采，增产的油气总量将达到数亿吨，这将为缓解我国能源对外依赖度，保障国家能源安全提供科学支撑。

由于省去了原油开采炼化加工等巨大的排碳过程，代替以绿色可持续的生物转化过程，直接获得甲烷这一清洁能源，减少了碳排放，这是一项绿色环保低碳技术。当然，这还需要国家作顶层设计，整合全国的优势力量，依靠我们科学家和工程技术人员更多的攻关和努力才能完成。王登山建议。

此外，这种新型产甲烷古菌，将有可能作为一种全新的合成生物学的底盘细胞，具有更广泛的应用前景。（来源：中国科学报李晨）

相关论文信息：https://doi.org/10.1038/s41586-021-04235-2

版权声明：凡本网注明来源：中国科学报、科学网、科学新闻杂志的所有作品，网站转载，请在正文上方注明来源和作者，且不得对内容作实质性改动；微信公众号、头条号等新媒体平台，转载请联系授权。邮箱：shouquan@stimes.cn。

作者：李猛等 来源：《自然》

更多 科学进展 请访问 https://www.iikx.com/news/progress/

本文版权归原作者所有，请勿用于商业用途，爱科学iikx.com转发