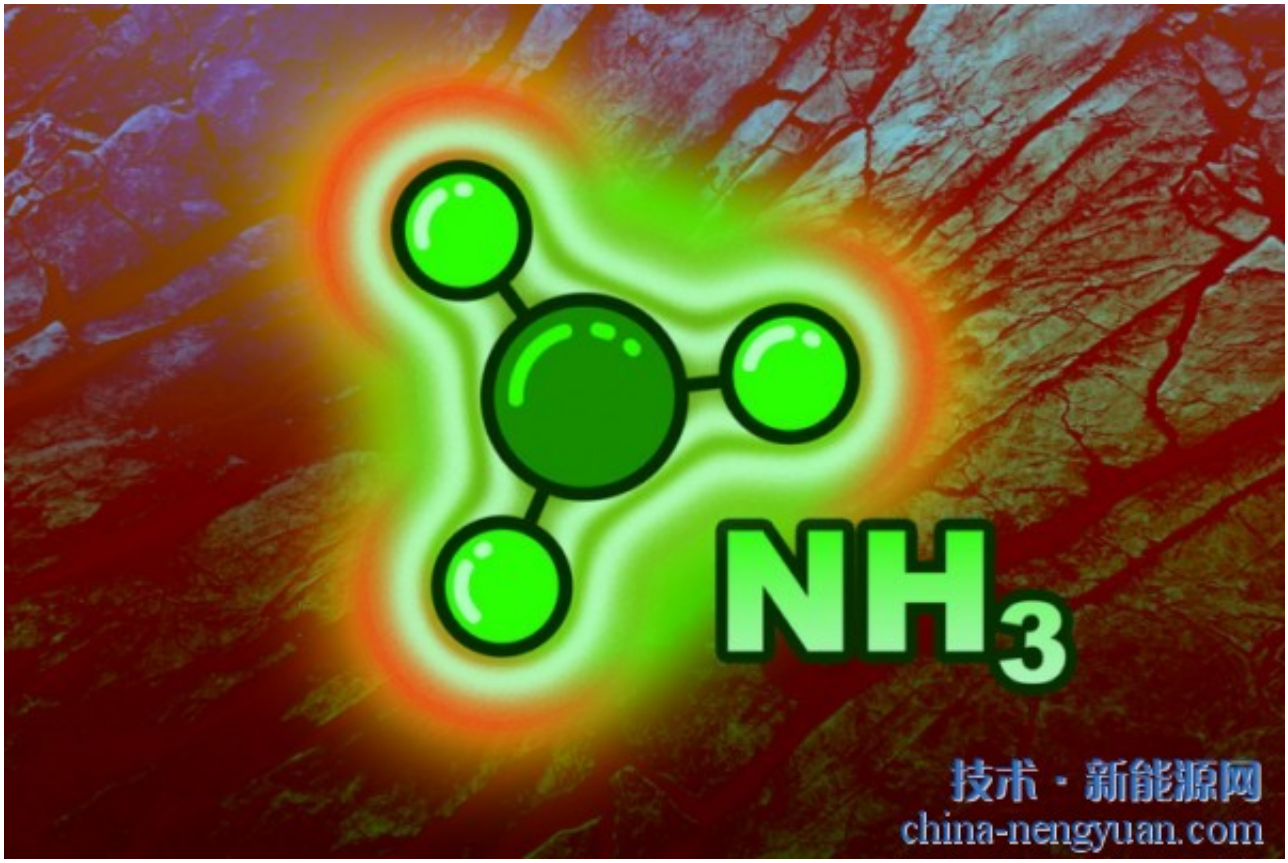
麻省理工：在地下生产清洁氨



一种新技术带来这样一种可能：利用地球本身作为化学反应堆生产绿色燃料，这可以减少对化石燃料的需求。

氨是当今世界上生产最广泛的化学物质，主要用作氮肥的来源。它的生产也是温室气体排放的主要来源，在整个化学工业中是最高的。

现在，麻省理工学院（MIT）的一组研究人员已经开发出一种创新的方法来制造氨，而不需要通常需要高温高压的化石燃料动力化工厂。相反，他们找到了一种方法，利用地球本身作为化学反应器，在地下生产氨。该过程利用地球自然产生的热量和压力、以及已经存在于地下的矿物的反应性，免费提供生产场所并且无排放。

该团队设计的诀窍是将水注入地下，注入富含铁的地下岩石区域。水携带着氮源和金属催化剂颗粒，使水与铁反应生成干净的氢，而氢又与氮反应生成氨。然后用第二口井将氨泵到地面。

这一过程已经在实验室中进行了演示，但尚未在自然环境中进行，今天发表在《焦耳》杂志上。该论文的共同作者是麻省理工学院材料科学与工程教授Iwnetim Abate和Ju Li，博士后Yifan Gao，以及麻省理工学院的其他五人。

Gao博士回忆说，“当我第一次在实验室用岩石制造氨时，我非常兴奋。”

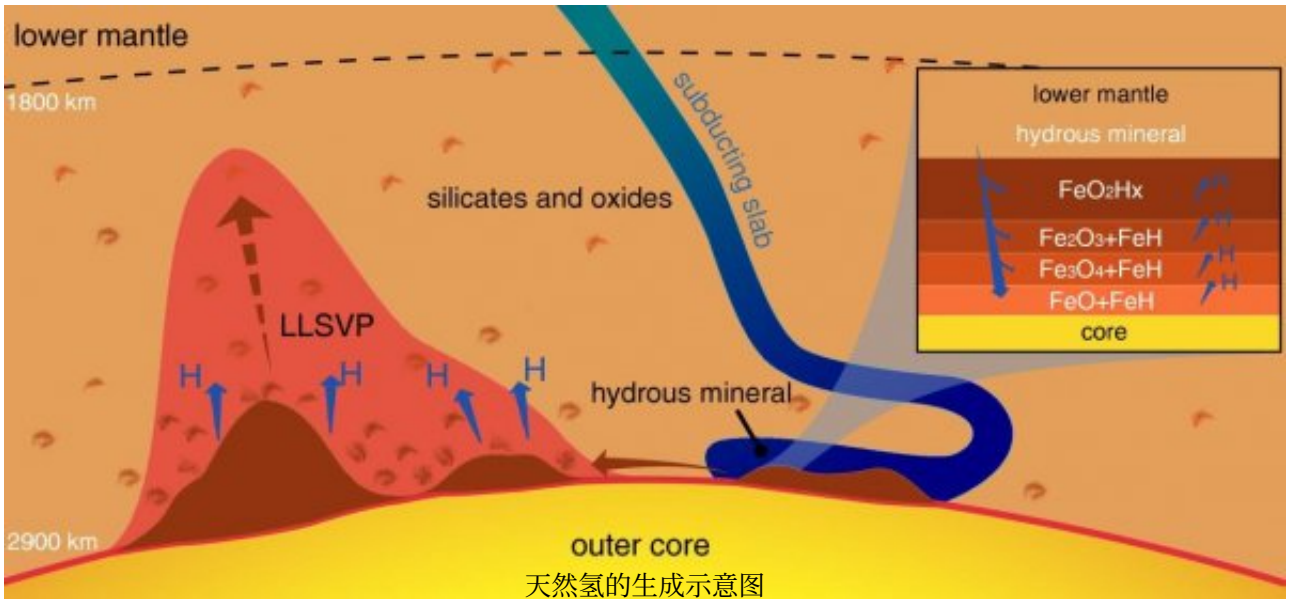
“我意识到这代表了一种全新的、从未报道过的氨合成方法。”

制造氨的标准方法被称为哈伯-博世法，该方法是20世纪初在德国开发的，用于替代天然氮肥来源，如开采的蝙蝠粪矿床，这些肥料正在枯竭。但是哈伯-博世工艺是非常耗能的：它需要400摄氏度的温度和200个大气压，这意味着它需要巨大的装置来提高效率。世界上的一些地区，如撒哈拉以南非洲和东南亚，很少或根本没有这样的工厂在运行。因此，这些地区的肥料短缺或成本极高，限制了他们的农业生产。

“哈伯-博世过程”很好。它起作用了，”Abate说。“如果没有它，我们将无法养活目前世界上80亿人口中的2亿人。”他指的是世界上使用氨基肥料种植食物的人口比例。“但由于排放和能源需求，需要一个更好的过程，”他说

。

在使用哈伯-博世法的工厂排放的温室气体中，大约20%的燃料燃烧产生热量，剩下的80%用于制造氢。但是氨，即NH3分子，只由氮和氢组成。公式中没有碳，那么碳排放从何而来呢？生产所需氢气的标准方法是用蒸汽处理甲烷气体，将气体分解成纯氢气，然后被使用，二氧化碳气体被释放到了空气中。



天然氢的生成示意图

其他制造低排放或零排放氢气的方法也存在，比如利用太阳能或风能发电将水分解成氧气和氢气，但这种方法可能很昂贵。这就是为什么Abate和他的团队致力于开发一种系统来产生他们所谓的地质氢。世界上的一些地方，包括非洲的一些地方，已经发现通过水和富含铁的岩石之间的化学反应，在地下自然产生氢。这些天然存在的氢气可以开采，就像天然甲烷储层一样，但这些矿床的范围和位置仍然未被充分探明。

Abate意识到，这个过程可以通过泵入含有铜和镍催化剂颗粒的水来创造或加强，以加速这一过程，并将水注入富含铁的岩石已经存在的地方。

他说：“我们可以把地球当作一个工厂来生产清洁的氢气流。”

他回忆起自己对制氨过程中氢气排放问题的思考：“啊哈！我当时想的是，我们把这个地质制氢的过程和制造哈伯-博世氨的过程联系起来会怎么样？”

这将解决地下氢气生产过程中最大的问题——即一旦氢气产生，如何捕获和储存氢气。氢是一种非常微小的分子——是所有分子中最小的——而且很难被控制。但是通过在地下实施整个哈伯-博世过程，唯一需要被送到地面的物质就是氨本身，它很容易捕获、储存和运输。

完成这一过程所需的唯一额外成分是在注入地下的水-催化剂混合物中加入氮源，如硝酸盐或氮气。然后，当氢与富含铁的岩石相互作用后从水分子中释放出来时，它可以立即与水中携带的氮原子结合，而地下深处的环境提供了哈伯-博世过程所需的高温和高压。在注入井附近的第二个井将氨泵出并进入地面上的储罐。

Abate说，“我们称之为 **地质氨**。因为我们正在利用地下温度、压力、化学物质和地质上存在的岩石直接产生氨。”

运输氢气需要昂贵的设备来冷却和液化氢气，而且几乎没有运输氢气的管道（除了炼油厂附近），而运输氨则更容易、更便宜。这大约是氢运输成本的六分之一，而且仅在美国就已经有超过5000英里的氨管道和1万个终端到位。此外，Abate解释说，与氢不同，氨已经有了相当大的商业市场，到2050年，其产量预计将增长两到三倍，因为它不仅用于肥料，还用作各种化学过程的原料。

例如，氨可以直接在燃气轮机、发动机和工业炉中燃烧，为化石燃料提供了一种无碳替代品。人们正在探索它作为

海运和航空的替代燃料，并可能作为太空推进剂。

地质氨的另一个好处是，未经处理的废水，包括农业径流，往往已经富含氮，可以作为水源，并在此过程中得到处理。

Abate说，“我们可以解决处理废水的问题，同时从这些废物中创造出有价值的东西。”

Gao补充说，“这个过程，不涉及直接的碳排放，提供了减少高达1%全球二氧化碳排放量的潜在途径。"

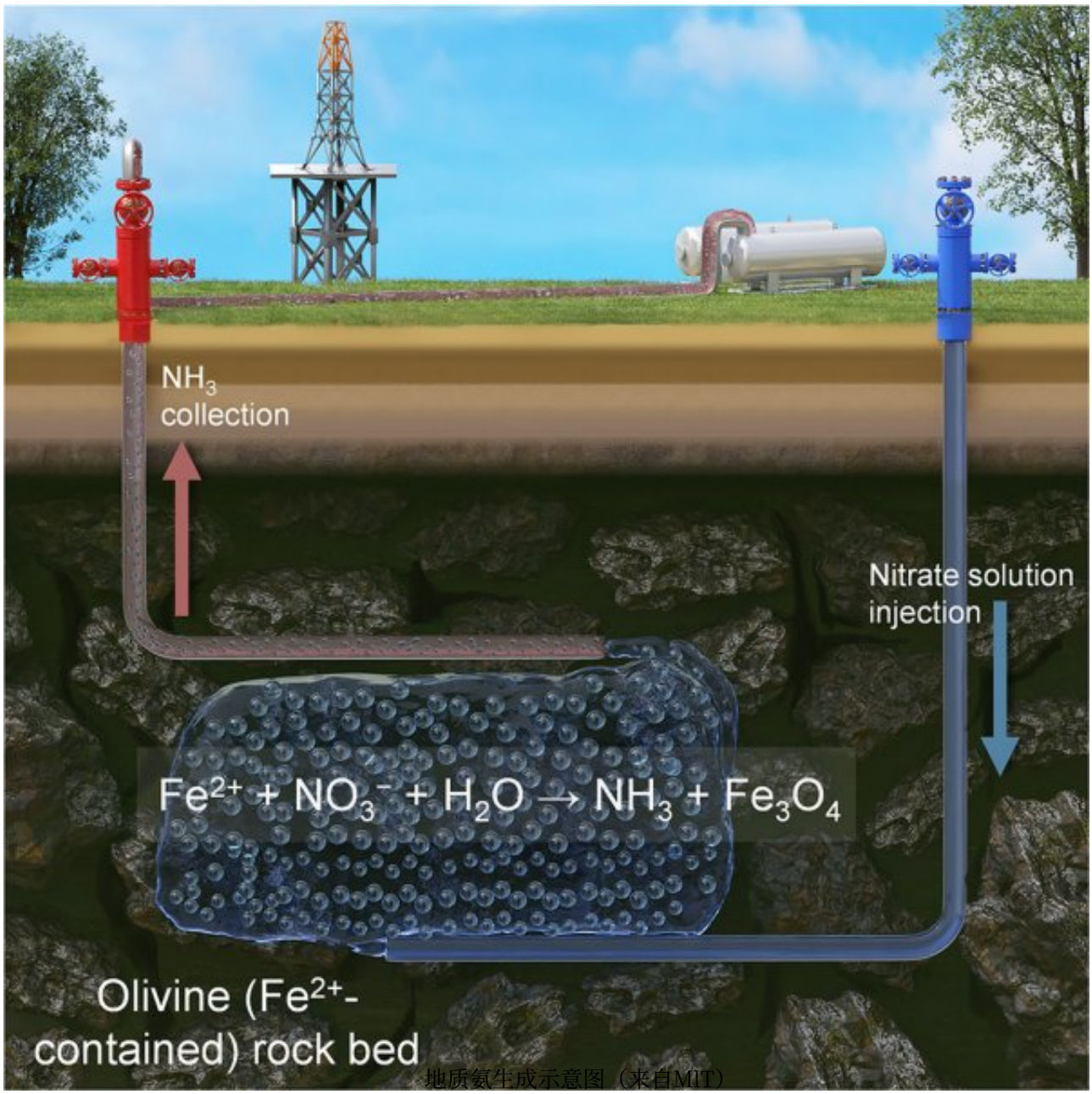
他说，“为了走到这一步，克服了无数的挑战，从许多失败的尝试中吸取了教训。例如，在确定最有效的催化剂之前，我们测试了各种条件和催化剂。”

该项目由麻省理工学院气候大挑战项目的旗舰项目——工业电气化和脱碳中心——提供种子资金。

该中心联席主任Yet-Ming Chiang教授说：“我不认为以前有任何故意把地球当作化学反应堆的例子。这是这种方法的一个关键新颖之处。”

Chiang强调，尽管这是一个地质过程，但它发生得非常快，不符合地质时间尺度。

他说，“反应在几个小时内基本结束。反应如此之快，这回答了一个关键问题：你必须等待地质反应的发生吗？答案绝对是否定的。”



地质氨生成示意图（来自MIT）

Elsa Olivetti教授是麻省理工学院新成立的气候项目的任务主管，她说，

“这个团队的创造性思维对麻省理工学院产生大规模影响的能力是无价的。”

“例如，将这些令人兴奋的结果与对氢气聚集周围地质的深入了解相结合，代表了气候项目旨在支持的整个研究所的努力。”

美国地质调查局的地质学家杰弗里·埃利斯（Geoffrey Ellis）没有参与这项工作，他说：

“这是未来可持续发展的重大突破。他补充说，虽然要在试点阶段验证这一点，并将其推向商业规模，显然还需要做更多的工作，但已经证明的概念确实具有变革性。”

“设计一个系统来优化Fe2还原硝酸盐的自然过程的方法是非常巧妙的，并且可能会导致这些方面的进一步创新。”

该过程的初步工作已经在实验室完成，所以下一步将是使用真正的地下场地来证明这一过程。

Abate说，“我们认为这种实验可以在未来一到两年内完成。这可能为在其他化学生产过程中使用类似的方法打开大门。”

该团队已经申请了专利，并致力于将该工艺推向市场。

Gao说，“在前进的道路上，我们的重点将放在优化工艺条件和扩大测试规模上，目标是在不久的将来实现地质氨的实际应用。”

该研究小组还包括来自麻省理工学院的Ming Lei、Bachu Sravan Kumar、Hugh Smith、Seok Hee Han和Lokesh Sangabattula。额外的资金由美国国家科学基金会提供，部分由麻省理工学院提供。

点击查看论文原文

（素材来自：MIT 全球绿色燃料网、全球氢能网、新能源网综合）

原文地址：http://www.china-nengyuan.com/tech/220307.html