

# 奥马尔·亚基：网状化学——气候变暖的解决方案 | 2023腾讯科学WE大会视频回顾

Original 小WE姐 腾讯科学WE大会 2023-11-18 03:31 Posted on 北京

收录于合集

#2023腾讯科学WE大会

17个 >

## 演讲回顾

2023年腾讯科学WE大会圆满落幕。7位全球顶尖科学家与我们分享了物理学、材料科学、农业科学、生命科学等领域的多项突破性进展。

大会原声字幕版视频和嘉宾演讲全文将陆续放出，欢迎收看！

干燥的沙漠真的可以造水？奥马尔·亚基在WE大会上，为大家介绍了金属有机框架（MOF）等目前已知的多孔性最强的新材料，以及探索从空气中获取饮用水资源等技术的过程。

以下是奥马尔·亚基视频回顾：



以下是奥马尔·亚基演讲全文：

首先我想讲一个故事。我出生在约旦首都安曼。10岁那年，有一天在学校午饭时间，图书馆在这个时间本来应该是关闭的，可我拧了一下门把手，发现门竟然没锁。然后我就进去了，而我看到

的东西改变了我的一生。我看到了分子示意图，而我也是后来才知道它们是分子，从此我就爱上了分子。

我对学习一直热情满满，并且专注于这些分子，但我并没有想到有一天分子研究成了我一生的工作。后来我们发明了最大规模的（框架）材料，这种全新的化学材料有望解决全球气候问题。

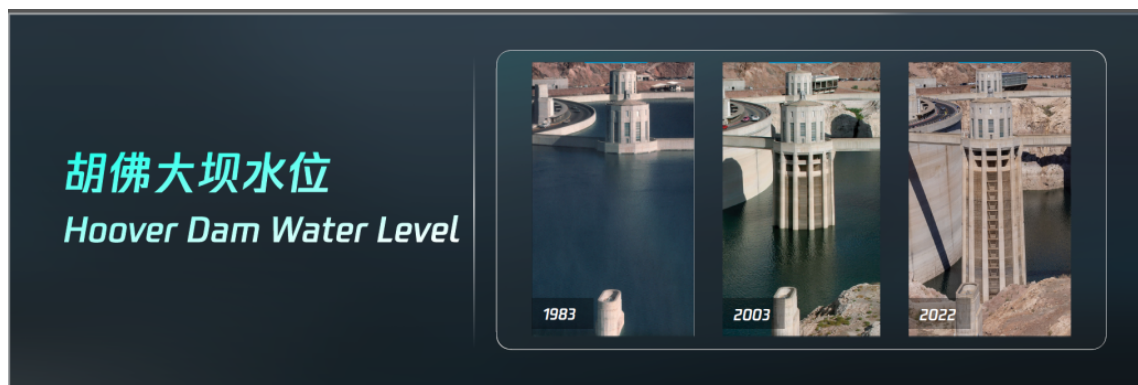
今天我想和大家分享我的科研之旅，这一全新的化学领域叫做“网状化学”。“Reticular”（框架/网状）是一个拉丁词语，意思是“网”或“网状的”，框架材料都是网格化的结构。

我想讲一下这种特殊的化学材料如何能够解决气候问题。但首先我想说一些严峻的事实，我们的地球正在“大声呼救”，世界各地的情况都可以证明这一点。澳大利亚大堡礁一半的珊瑚礁都消亡或褪色了，由于海水升温，那里的珊瑚礁可能要100年才能恢复。



我们来看这张图。紫色部分表示每年天气事件的数量较过去更为严重。我想大家对此并不陌生，当下我们正在经历更恶劣的天气。无论是海水升温、地面高温，还是山火肆虐都越发频繁。现在气候问题已然迫在眉睫，直接影响着我们的生活和家园，以及全球人类的生计，尤其是粮食生产。

这是另一个令我尤其担忧的天气灾害：马里布是美国最美的城市之一，我的家就离这里不远，但那里发生了山火。2022年加州山火的过火面积达到430万公顷，并且山火发生频率是过去均值的数倍。这让我非常担忧。



我曾经住在亚利桑那州，第一份正式工作就始于这里。那里的胡佛大坝是北美最大的水坝。大家可以看到，自1983年到现在，胡佛大坝的水位已经降到危险的低水平。胡佛大坝供应着1600万人的生活用水，那里的人们未来将去哪里寻找新的水源？

还有另一件令人关切的问题，也能证明水资源危机的存在。全球三分之一的地方都在面临水供给危机。联合国预计到2040年，全球五六十亿人口都将面临每年至少3个月的水供给短缺。这让人很担忧，不是吗？尤其是年轻人正在大力呼吁亟需改变当前的局面。

但也有好消息。我说这些的目的并不是让大家沮丧，而是让大家看到这些问题是真实存在的，我会与大家分享我们的解决方案。

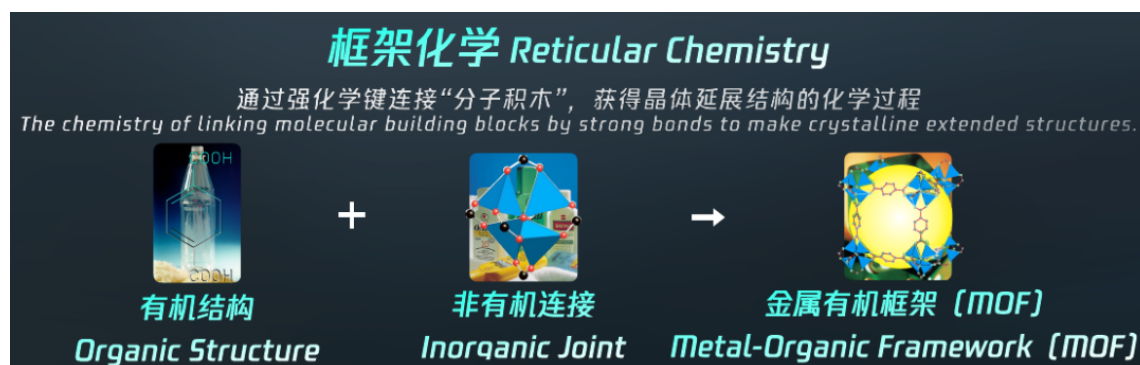
说到解决方案，首先我们要了解问题的原因，然后采取措施去应对。而这个原因就是这两种小分子，就我们所知它们是目前已知最小的一些分子。

一个是二氧化碳。现在向大气排放的二氧化碳超出过往，这也导致了气候变化和水资源危机，也许我们能通过从空气中取水来解决这个问题。解决气候问题和水资源问题的难点在于，如何将空气中或电厂烟道气中的二氧化碳分离出来。这意味着我们要从多种物质中只分离出一种物质来。

空气中含有氮气、氧气、水和其它分子，它们的含量与二氧化碳的含量不同。那么我们如何从空气中只提取出二氧化碳或水分子呢？这是难点所在。而化学元素周期表可以赋予我们答案。

我们的方法是，将分子重新连接在一起组合成新的材料。

我来举个例子。我们选用的材料都是常见材料，包括有机材料和无机材料。



这里展示的是塑料遮阳材料的组成部分，将这些组成部分重新结合制成全新的材料，也就是**金属有机框架材料 (MOFs)**。这就是它的化学结构。有机结构作为支撑无机结构起到连接作用，从而制成金属有机框架。蓝色的是金属氧化物，最左边的材料是有机支撑结构。黄色的球是内部空间，这个空间可以锁住二氧化碳或水分子。

真正的突破在于我们不仅可以制造这种材料，还可以在原子和分子上对其进行改造。我们与他人合作，在20世纪90年代中期发现了金属有机框架，并且制造了几十万种金属有机框架材料，通过我们开发的化学方法制成了这样的材料。



接下来展示给大家看到的是其中一种MOF。它们是像小钻石一样的微型晶体。我们放大其中一个晶体，你可以肉眼看到它们。如果放大到分子级别来观察，你会看到晶体内部是框架式的结构。这是一种非常开放式的框架结构，能够让气体填满内部的空间，然后将气体压缩进材料的孔隙中。气体分子粘在内部的孔隙中，比分子彼此粘在一起要更有优势。我们可以把气体压缩进这些材料的孔隙中。

MOF-200的“比表面积”为6400 m<sup>2</sup>/g  
MOF-200 has surface area of BET 6,400 [每克物质的表面积相当于一个足球场]  
[equivalent to a football field in one gram]

H. Furukawa, N. Ko, Y. B. Go, N. Aratani, S. B. Choi, E. Choi, A. O. Yazaydin, R. Q. Snurr, M. O'Keeffe, J. Kim, O. M. Yaghi, Science, 2010, 239, 424-428

我来给大家展示一下。请看这个正在旋转的金属有机框架，你所看到的每个部分都是一个吸附点，那些灰色的原子和粉色的原子都是吸附点。这就意味着我们可以量身打造能够从空气中分离出二氧化碳、水或其它物质的材料，这取决于调整改造材料中的孔隙。

1克这样的材料，大小不超过这个圆圈。但1克这样的材料摊开的表面积可以覆盖一个足球场，可以达到6400平方米，而你的家可能也就100多平方米。这就是框架化学的力量。

接下来我讲一下它的应用价值。

通过多年的研究，我们成功开发了金属有机框架，就是屏幕上正在旋转的这个结构体。我们来看它内部的孔隙，这些小的集群有一个绿色的“头”，我们把它叫做“初级胺”（primary

amines)，通过将分子构造进孔隙中，就可以收集空气或电厂烟道气中的二氧化碳，而且只收集二氧化碳。



我们来看一下效果。如图所示，空气中的二氧化碳含量约为400ppm，当空气通过MOFs时，二氧化碳就被吸附住了。过滤后的气体中二氧化碳含量低于2ppm，几乎可以忽略不计。因此MOFs是有效的。从空气中分离吸附二氧化碳的技术问题解决了，剩下的就是工程设计和商业化了。

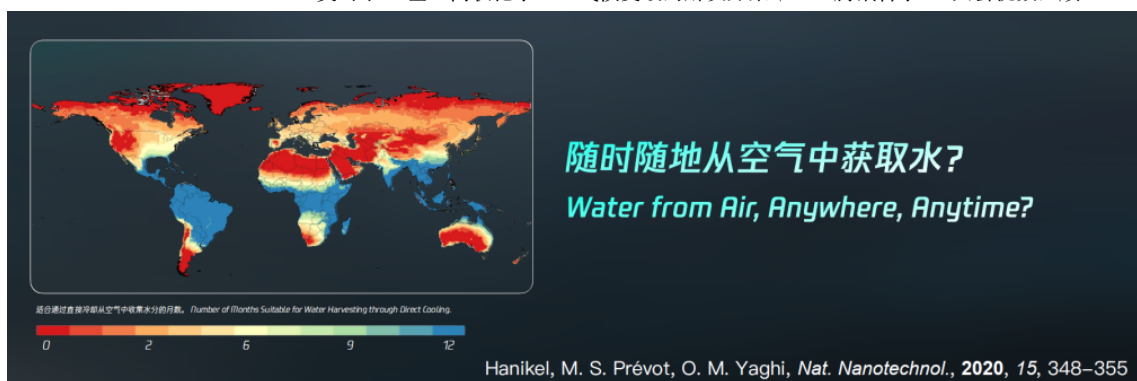
我们看来另一个例子。这是电厂排放的烟道气，二氧化碳含量为15%。在实际应用中，该材料可以将气流中的二氧化碳浓度降低至小于2%，MOFs就可以实现这一点。这就是希望所在。

我们实现了对结构中的每个模块都按需设计，这是化学领域前所未有的重大突破，所以“网状化学”改写了历史。

它非常适用于从空气和烟道气中捕捉二氧化碳，我们已经无限接近于按需优化材料。这是第一代金属框架材料，而我们开发的第二代材料实现了进一步的优化和商业化。现在我们实现了在水泥厂捕捉二氧化碳。要知道工业领域近三分之一的二氧化碳排放就来自于水泥厂，而现在MOFs在水泥厂捕捉二氧化碳已经实现了商业化。德国的巴斯夫公司已将数吨的MOFs材料用于从水泥厂收集二氧化碳，这让我们看到了减少二氧化碳逆转气候变化的希望。

接下来我想说说从空气中取水，我也想通过一个例子加以说明。

我在约旦生活的童年时期，日常工作之一是确定水何时供应。家里每2周只有5小时的供水，而我的任务就是早早起床打开水龙头，在5小时内尽可能多地装满容器。因为未来2周的生活用水都靠这5小时供应。如果提前用完了，就只能寻找其它水源。我真切地体会过生活在干旱缺水的地方是怎样的感受。



我们看这里。地图上红色的区域是空气湿度很低的地方，也就是干旱地区。当地的水资源压力很大。蓝色的区域空气湿度高且水资源丰富，但很多这样的地区的水并不是清洁的水。那么我们是否能设计出一种材料，可以在湿度很低的地区的空气中收集水份。MOFs就可以做到，我们的愿景是在世界的任何地方都能实现随时随地从空气中收集水。

有人会说空气是很干燥的（含水量很小），但事实上空气中的含水量非常多，能达到接近1.3万立方千米的水。如果为地球上每个人每天提供50升水，那也只是空气中含水量的不到1%，而且是远远不到1%。也就是说，空气中含有大量的水，而问题在于如何收集空气中的水，并将其变为可饮用的水。从空气中收集水的难点是什么？

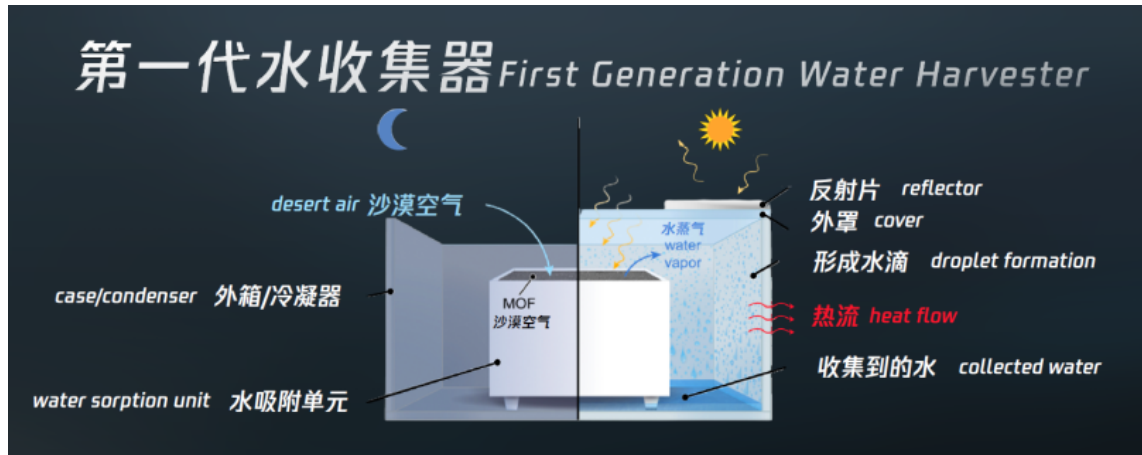


这是一张湿度图。纵轴是空气中的水蒸气含量，横轴是气温。湿度曲线从10%、20%一直到100%。如果湿度是100%，那就是液化水。

假如我在一座地中海边的城市，比如西班牙的格拉纳达。假设那里气温30度、湿度20%，要从这样的空气中提取水，那么需要将温度降至“b”点，也就是4摄氏度。这样的制冷方式从经济角度看并不可行。但如果我在“a”点的条件下使用MOFs，从空气中取水并将水注入材料的孔隙中，然后通过加热取出水之后再进行凝结，这样就能将沙漠空气“变为”热带空气。这就是我们一直研究的思路。

水如何进入MOF？这段视频可以给我们答案。这是MOF中的一个孔隙，我们将它切成两半，可以看到红色的水首先会进入亲水区，将亲水区填满。然后亲水区内的水会连成一体。此时在MOF

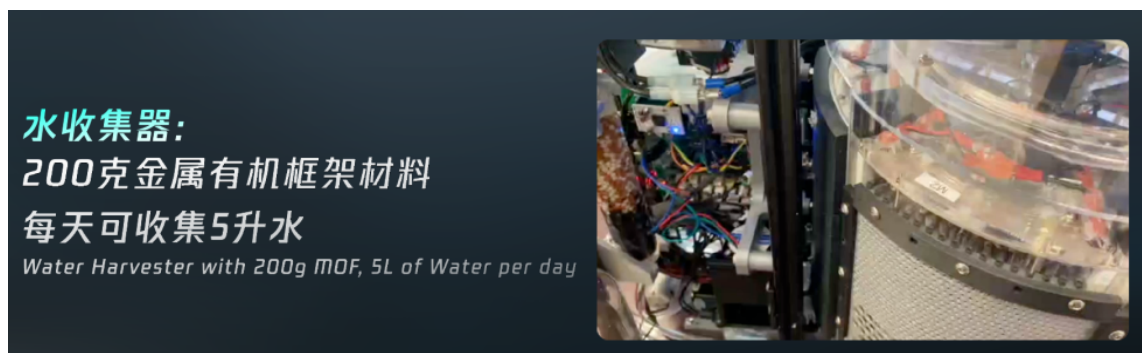
内部，在孔隙流动的水分子，亲水区内的水分子，在温和条件下相互吸引和排斥可以将水移走。因此这个系统不需要太多能源来驱动。



这是我们在沙漠中测试的第一代实验装置。我们在实验室中已经做过了各种研究和实验，我们把1公斤的MOFs放进这个小盒子里，晚上再把这个小盒子放进一个更大的盒子里。我们让空气穿过MOFs，通过这种材料来提取水。白天的时候关闭那个更大的盒子，随着阳光让内部升温，水就出来了，然后冷凝，最后成功获得液态水。我的学生们在亚利桑那州的沙漠中进行了实验，收集到的水非常纯净，是你能找到的最纯净的水。

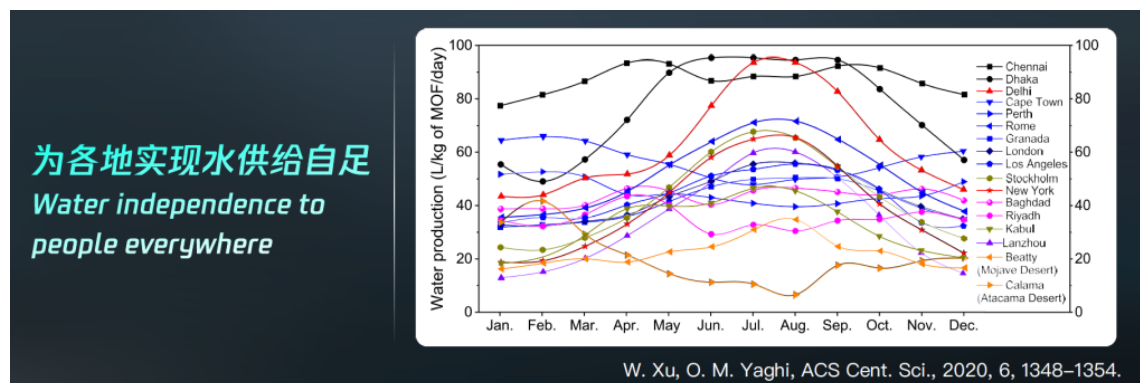


这台装置是电动的实验原型，这是我们的第一个原型装置，大盒子套小盒子。从空气中收集水，除了需要阳光外，不需要任何能源输入。



第二台装置配有巴赫音乐。每200克MOFs每天可收集5升水，而这台装置的大小不超过一个家用微波炉，并且最后获得的水是非常纯净的。这意味着我们可以掌控水，可以实现水供给自足了。MOFs可以持续使用5年以上，无需更换，也无需补充。达到工作年限后，我们可以将材料分解成原始的组成部分，再重新组装，实现了零废物排放。

基于这些研究和实验结果，这些设备可以在沙漠中实际应用了。我们来看看效果。这是世界上最干燥的沙漠，在全年最干燥的8月份，每公斤MOF每天可以收集7升水。

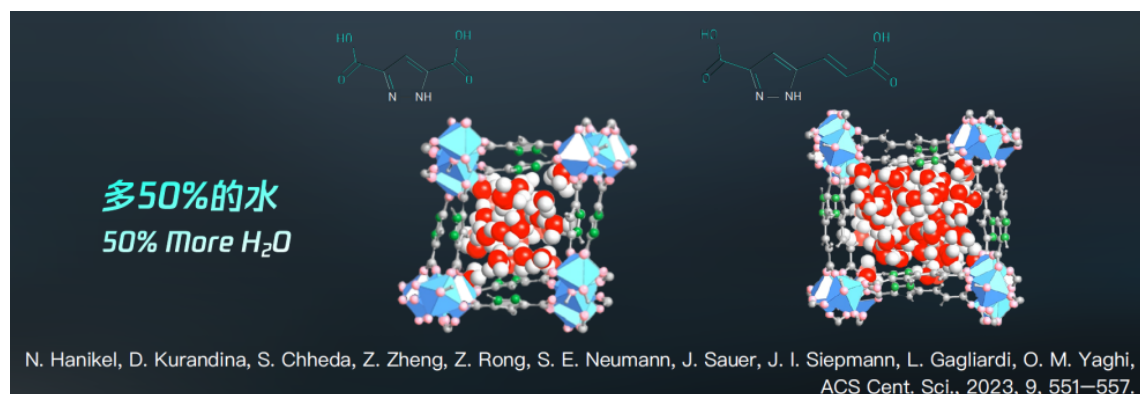


那么其它地方呢？这是北美最干燥的莫哈韦沙漠，这是中国兰州，然后还有阿富汗首都喀布尔和沙特首都利雅得，每公斤MOF每天可以收集接近35升水。

这种材料可以使用5年以上，可以在全球任何地方随时随地从空气中取水。

那么现在让我告诉你化学到底可以多强大。

MOFs已经表现出非常强大，但我们还是想提高它的取水能力，想让人们获得更多水。基于我们开发的化学方法，我们可以进一步优化分子连接。就像外科手术一样，只需要添加两个碳原子就可以。加入两个碳原子后，MOFs的取水能力可以提高50%，因为孔隙变得更大了。无需大幅的改动，无需改变刚才讲到的吸附点，并且释放水所需的能源更少。



这意味着什么？意味着对于从空气中取水，如果只使用太阳能来驱动装置，每吨MOF每天可收集2250升水，并且5年无需更换材料。如果使用电动装置，每吨MOF每天可收集2.5万升水。这是




实实在在的进步，意味着无论在干旱地区，还是在水资源充足但水质不好的地区，我们都为当地人带来了希望。

但这还不是全部。如果掌握了如何在分子和原子级别上精确地设计材料，那么应用的可能性将是无限的。现在全球100多个国家都在研究MOFs，也在研究其在各个领域的应用，包括生物医学、清洁能源、清洁水和空气净化等。

这就是我的经历。我的化学科研始于小时候对分子的热爱。所以在上学时不要压抑对某种东西的热爱，只要有兴趣就可以了，不一定非要立志解决什么问题，热情饱满就好。保持你的激情，然后去解决理论问题，最后创造出能够实现各种应用的东西。

这就是我的故事。

谢谢！

 **腾讯科学WE大会**  
 WE大会官方账号，在线互动平台，第一手WE大会资讯，演讲视频独家订阅。 >  
 84篇原创内容

---

公众号

收录于合集 #2023腾讯科学WE大会 17

< 上一篇 下一篇 >

赵忠贤：超导及其应用——超导的魅力 | 2023腾讯科学WE大会视频回顾 钱前：从水稻育种成就看种子的力量 | 2023腾讯科学WE大会视频回顾

People who liked this content also liked

牛羊肉含抗癌成分；AI机器化学家火星制氧；延寿10年的饮食模式... | WE科学周报

腾讯科学WE大会



赵忠贤：超导及其应用——超导的魅力 | 2023腾讯科学WE大会视频回顾

腾讯科学WE大会



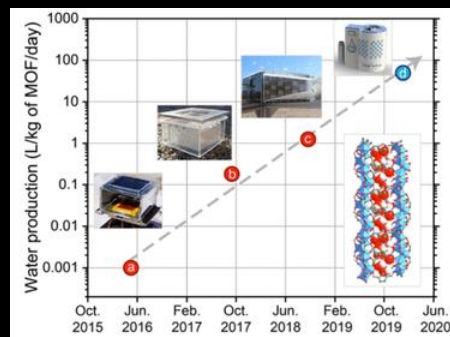
迪迪埃·奎洛兹：追寻系外行星与宇宙生命起源 | 2023腾讯科学WE大会视频回顾  
腾讯科学WE大会



科技与人文

# 从“沙漠少年”到材料巨擘：网状化学开拓者奥马尔·亚基成功从空气中获得清洁水

如果你是一名化学爱好者，那么你对于美国科学院院士、2018年沃尔夫化学奖得主、美国加州大学伯克利分校化学系教授奥马尔·亚基（Omar M. Yaghi）一定不陌生。可是你知道吗？早年，出生于约旦沙漠地



如果你是一名化学爱好者，那么你对于美国科学院院士、2018年沃尔夫化学奖得主、美国加州大学伯克利分校化学系教授奥马尔·亚基（Omar M. Yaghi）一定不陌生。

可是你知道吗？早年，出生于约旦沙漠地区的他，曾因为吃水问题而作难。小时候，他的日常用水由市政统一供应，每两周有五小时的供水时间。每逢供水时间来临时，很早就要起床，然后把家里大大小小的桶，在这五小时之内灌满水。接下来，这些水要供全家人使用两周，直到两周以后再重复进行五个小时的工序。“如果你用完的话，就得想办法到别的地方去接水。所以我从小就对生活在干旱地区有着真切感受。”他说。

同样是在少年时代，他在一次偶然机会中开始接触到化学分子。在十岁时的一次午休时间里，由于图书馆的门没锁，他无意之间来到了图书馆，随后便看到了分子的示意图。此后，他开始对分子保持关注。但在当时，他并不知道将自己穷尽一生来研究分子。

对于约旦地区的缺水问题，他也曾想通过化学手段来解决。他说：“我当时想既然地球上存在极度缺水的干旱地区，也有水资源充足的地方。那么假如设计出一种材料，把干旱地区或低湿度地区的水提取出来，必将是一个好主意。”

后来，成为科学家的他发明了金属有机框架材料（MOFs，Metal-Organic Frameworks），化学界将其称之为革命性的突破。该框架可以吸收水分子，能从空气或任何地方提取水，不会受到时间的限制。如今，该类材料已经在各个应用领域遍地开花，甚至有望解决环境与能源方面的难题。



## 本周热文

- 1  防打疼痛VR设备面世，将疼痛水平降低60%，让打针就像被鱼轻咬一口
- 2  莱斯大学团队提取硒化锡样品的结构信息，观察到高达4%大范围晶格应变
- 3  新越狱方法让Stable Diffusion和DALL·E 2忽略安全规则，生成暴力等不良图片
- 4  科学家开发新型多功能成像工具，揭示微生物-无机半导体中的能量转换途径
- 5  首次证明钙钛矿用于电解水制氢的可行性，实现大电流密度下性能稳定，为阴...

图 | 奥马尔·亚基 (来源: 资料图)

## 凌晨两点, 拨往沙漠的一通电话

事实上, 当亚基发现MOFs展示出收集空气中水的潜力时, 他和团队就打算制造一公斤的MOFs材料, 然后放进一个装置里验证它在沙漠中是否有效。后来, 他的三个学生带着一公斤的MOFs粉末, 租了一辆大型黑色轿车, 驱车11个小时左右, 从美国旧金山开车到亚利桑那州的沙漠。亚基嘱咐学生只要看到水被收集, 以及在设备中凝结成水滴, 就要给他回电话。因为, 他知道这将是历史上第一次实现从空气中捕捉水, 而且是在沙漠的空气中捕捉水。然而一天过去了, 学生们并没有给亚基打电话, 但是他已经等不及了, 所以他凌晨两点给学生们打电话, 结果学生们在两点钟也都醒着。学生们对他说: “我们已经可以看到水流出来了, 就像云一样, 不过它没有凝结, 所以我们不能收集它。”因为在沙漠中长大, 亚基知道如果在地上挖个洞, 哪怕只有四英寸深, 洞的表面也会比地表冷得多。所以他让学生在地球上挖个洞并把装置放在那里。果然, 水凝结了。

尽管空气中水的含量不高, 但是空气的体积很大, 因此总量依旧十分可观。问题在于如何从空气中提取水, 并能将其转化成可以饮用的水。难点之一在于首先我们要知道空气中有多少水, 并且需要了解温度和湿度的变化对于空气中水含量的影响。其次就是如何把收集的水再取出来, 因为储存在MOFs中的水分无法直接被使用。

为此, 亚基和团队想到一个非常轻巧的方法, 利用沙漠地区较大的昼夜温差就能实现水分子的吸附和脱附。晚上温度低的时候, 将装置放在沙漠中集水, 白天温度高的时候就能利用高温将水释放出来。

而这一切得益于MOFs的超高比表面积, MOFs由金属连接有机框架, 其呈现出一个非常开放的结构。它的分子内部具有很大的空间, 故能容纳其他的分子。每一克物质的比表面积, 相当于一个足球场。另外, 通过改变有机配体和金属位点, 可以变换出成千上万种不同结构和不同性能的MOFs。

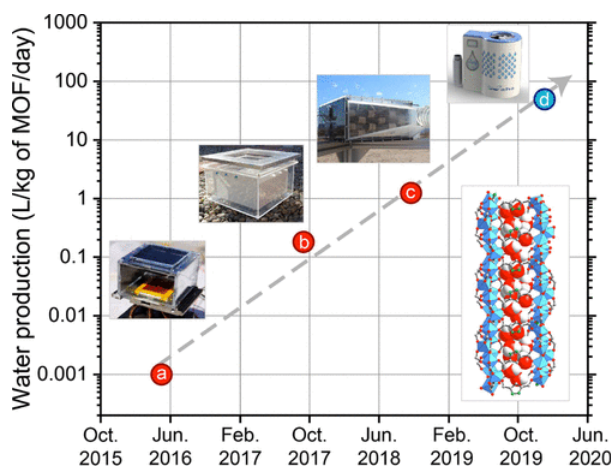


图 | 空气集水装置的发展 (来源: ACS Central Science)

另据悉, 亚基和团队基于MOFs设计了人类历史上首个能从低湿度环境中捕捉、在低温下释放并输送饮用水的装置, 在莫哈韦沙漠进行的实地测试中, 每公斤MOF每天能产出1升水。目前, 一吨MOF材料每个循环可产出750升水, 而且不需要任何的附加能源, 只需要太阳能

作为一类独特的多孔材料, MOFs能在相对湿度低至 10% 的条件下捕获水分, 而且吸水和释放动力学非常简单。从实验室测试到在最干旱的沙漠中进行实地试验, 亚基团队已经对MOFs进行了测试。初步实验结果表明, MOFs可以从沙漠气候中捕获水, 每公斤MOF每天可以提供超过一升的水。如果将MOFs用于每天循环运行多次的电气化设备中, 其水生产率可提高一个数量级以上。

在MOFs水收集器的研究和开发中, 亚基和团队也取得了一些突破。首先, MOFs结构可以在疏水性和亲水性孔隙环境之间达到适当的平衡, 从而既能从沙漠空气中捕获水, 又能以最小的能量需求释放水。其次, 由于其结构的热稳定性和化学稳定性, MOFs在水中可以稳定

地进行数百次循环实验。此外，在水收集循环过程中，MOFs 粉末并没有完全被利用，因此只要 MOFs材料最大限度地暴露在空气中，MOFs 收集器仍有可能成倍地增加出水量。

毋庸置疑，这绝对是一个清洁能源驱动的清洁水生产方案，是一项意义重大的环境技术。可以想象，只要MOFs材料足够耐用，就能源源不断地从空气中获得可使用的水资源。到 2050 年，将近一半的世界人口将生活在缺水地区，要么是因为干旱，要么是无法获得清洁水。原则上，可以将MOFs部署于全球任何地方，以便在一年中的任何时间提取大气中的水，从而有望让人人都能实现“水独立”（water independence）的梦想。与此同时，MOFs还可以捕捉空气中的二氧化碳，能为实现零碳提供全新的科学支持。

### “不要犹豫，追随你的热爱和兴趣”

那么，亚基能取得这样的成就，除了努力和天赋是否还有其他秘诀。关于这一问题，他几天前来到中国并在一场采访中这样告诉向他提问的中小學生：“如果有什么吸引了你的注意力，不要犹豫，要去追随你的热爱和兴趣。可能你做的只是一个基础性工作，但是很多人会基于此去做更多研究。就好像我遇到了一个女孩，我不想告诉我的家人。我爱上了她，所以我保密了。这就是爱，这就是激情。”

与此同时，他也在2023腾讯科学WE大会上发表了一场主题演讲。本文开头的“图书馆故事”以及“五小时取水”故事，便是他在演讲中所提到的。过去三年，WE大会一直在线上举办。而本次大会既是在新冠疫情之后的首次线下举办，同时也是第11次举办。此次大会以“种子”为主题，致敬古往今来“播撒种子”、改变未来的科学探索者们，以展示人类应对“食物、能源与水”等基础资源稀缺重大挑战时所取得的突破性进展。同时，大会还发布了首个延展科普产品——“数字种质库”。该种质库由腾讯联合中国农业科学院国家作物种质库共同建造，双方利用三维建模等数字技术，对340个国家作物种质库全品类种质资源，进行数字化扫描、建模，实现三维动态呈现，高保真还原植物生长的全生命周期等，旨在通过数字科技的力量，更好地助力农业科研，提高公众对农业创新的认知。

2023年11月01日



DeepTech深科技  
发现改变世界的新兴科技

## 更多推荐

科技与人文

### 员工参与率达到68%，英特尔支持可持续发展有“门道”

就一家企业而言，助力可持续发展只有投钱一条路径吗？

DeepTech深科技 2023年11月13日

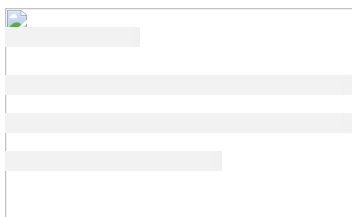


计算

### 利用声波存储量子信息，量子比特搭载传统技术推动量子计算新发展

耶鲁大学的科学家近期研制了一种易于制造的装置，该装置可以使用声波来存储量子...

麻省理工科技评论 2017年09月27日



科学

## 英国富豪太空梦想受挫，维珍轨道火箭首飞失败

火箭在点火后不久发动机即出现异常，维珍轨道公司随即宣布任务结束



麻省理工科技评论 2020年05月27日

能源

## 劳伦斯利弗莫尔国家实验室主任布迪尔：核聚变能源或在20年内迎来黄金期

在世界各地的研究人员努力实现下一个重大核聚变里程碑之际，布迪尔建议人们保持...



DeepTech深科技 4天前

生物医学

## 香港第三波疫情来袭，港式抗疫有何特点？ | 专家解读

连日来香港新冠病毒感染确诊病例激增。



麻省理工科技评论 2020年07月10日

MIT Technology Review  
麻省理工科技评论


[\ 关于我们](#)

[\ 加入我们](#)

[\ 寻求报道](#)

© 2017 京ICP备16049925号-2 北京演绎科技有限公司

京B2-20224042

 京公网安备 11010502040579号