

地外纤维，一根丝的星辰之旅

□ 朱美芳

编者按 近日，由上海科技馆、上海科普教育发展基金会主办的上海科普大讲坛“2024年第一讲”邀请中国科学院院士、东华大学材料科学与工程学院院长、上海科普教育发展基金会理事长朱美芳讲述纤维的“星辰之旅”，使更多人领略了纤维前沿科技成果的神奇。本报整理出报告内容，以飨读者。

纤维是一种天然或人工合成的细丝状物质。美国材料文化专家罗伯特·弗德尔曾提出“改变人类历史的十大关键材料”的概念，其中第三种就是纤维。纤维是一种推动了人类文明进程的关键材料。随着现代科学的发展，人们不断开发纤维的多种用途，一根小小的纤维能有“七十二变”，颇具潜力；而地外纤维的研究，更是把纤维的使用延伸到了地球之外，走进了浩瀚宇宙。

纤维之源

要到地球以外的星际空间，还要先从地球上起步。实际上，无论是金属、矿石、生物体、高分子物质，只要满足“具有足够细度(直径<100微米)和长径比(>1000)，具有定向导向性、可编程性、可柔性加工”的条件，都可以称为纤维。

纤维无处不在，跟我们的生活密切相关。天然的麻纤维源自一种植物，在公元前2000年就被发现。商周时期，人们利用植物纤维制作衣物；汉代时，一种被称为“素纱禅衣”的衣物出现，这些都属于自然纤维的使用。

人造纤维又是怎么回事呢？1664年，英国科学家胡克通过显微镜观察到一些自然界现象后突发奇想：人能不能

自己造纤维？他在《显微绘图》中写道：“也许能找到某种方法来制造一种黏性的物质，然后让它通过网筛，拉出很像蚕吐出的丝。”这是我们首次提出“人造纤维”或者“合成纤维”的概念，在1938年—1958年期间，五大合成纤维正式在欧美诞生。

纤维之美

目前，除了人类穿的衣物外，纤维材料还在医疗、能源、通信等领域“发光发热”，在航天领域更是有着重要的用途；地外纤维能够辅助航空飞机、空天装备、空间站、通信卫星等设施的使用。

比如，在太空中有大量高速飞行的细小空间粒子，它们的运行速度可高达每秒几十千米。如果这些粒子碰巧撞上了飞行器，就很有可能给飞行器带来毁灭性的打击。所以，研发用于实时监测、防护和收集空间粒子的纤维与织物，对探索宇宙有着重要意义。

目前我国研发了“织物耳朵”，它是一种类似人耳、能“听”到声音(振动)的材料。把这种织物放到空间站上，它会将太空中粒子、碎片等撞击空间站时产生的振动，记录下来并输出信号，这样就实现了对空间站状况的实时、连续与长周期监测。这种织物是否耐用呢？

在连续工作18个月后，这些织物被取了回来，研究人员发现它的使用性能并没有降低。

纤维之魅

第三次工业革命带来了功能纤维，到下一次工业革命，能够感知外界环境或内部状态并作出反应的智能纤维将成为重点。通过AI结合智能纤维研发新材料，人类将制造各种纤维太空设备，进一步探索神秘宇宙的更远处。

经研究，月壤和地球上的玄武岩结构相似，月海玄武岩纤维的发现，意味着未来可把月壤变成材料，并利用这些材料在月球甚至火星上建造房子。你能想象吗？在未来，我们就地取材，利用月壤纤维建成一座座高科技月球村，人们可以穿着智能纤维制作的航天服，乘坐太空电梯到月球上去生活，并以月球作为深空探索前哨站。

始于地上，迈向地外，一根纤维关系你我，一根纤维连接地空。相信在纤维研究的不断发展下，我们终能抵达前人未至之境。

(科普时报实习生 韩雪明 整理)



朱美芳院士作科普报告。
(主办方供图)

“月海玄武岩纤维是利用原位资源建设月球基地的关键材料。团队通过仿月壤来制纤维材料，将来通过火箭将其运往太空。”

在“氢农场”捕获太阳能 “收割”氢气

□ 石明 李灿

欧洲一家氢气生产企业2月1日发布消息说，该公司位于德国下萨克森州港口城市布拉克的绿氢工厂正式开工建设。这是德国北部地区首座商用绿氢工厂。该工厂建成后每年可生产1150吨绿氢。

绿氢是指通过太阳能、风能等可再生能源制造的氢气，被视为最具发展潜力的清洁能源之一。地球上的风能、水能、生物质能等都来自太阳能，若能利用不到0.02%的太阳能，便可满足人类全年的能源需求。

而太阳能光催化分解水制氢因简单、经济、可规模化、集光能转换与能量存储于一体的特点，被认为是太阳能高效利用的理想途径之一，也是实现“双碳”目标的有效途径。

光能可转化为氢能

自20世纪70年代日本科学家在二氧化钛电极上发现了光照促进水分解现象以来，依托半导体催化剂的光催化分解水研究，引起世界各国科学家越来越多的关注。水分解产生氢气和氧气

在热力学上是一个吉布斯自由能变化大于零(237千焦/摩尔)的非自发反应。

在光的作用下，该反应可在室温下进行，因此太阳能光催化分解水制氢是将太阳能转化为化学能的能量储存过程。

在光催化分解水反应中，外部能量以太阳光辐射的形式注入到反应体系中，作为能量来源驱动一系列能量传递的化学反应，并最终在化学能的形式储存在氢分子的化学键中。

首次观测到纳米颗粒光生电荷转移过程

光催化研究是涉及化学、物理、材料、生物、能源与环境等多学科交叉的前沿新兴领域。根据光催化体系的基本过程，光催化分解水反应中太阳能利用效率由半导体光催化剂的光吸收效率、光生电荷分离与转移效率和表面催化反应效率的乘积共同决定。3个效率中，光吸收效率相对独立，可以通过能带结构调控缩小半导体的禁带宽度来提高吸光效率。而电荷分离与转移效率和表面催化反应效率相互关联、相互制约，特别是光生电荷分离与转移过程，是太阳能光催化分解水研究中最重要、最核心的科学问题。

经过20多年潜心研究，我们的研究团队先后在国际上提出了异相结、双功能助催化剂、晶面间光生电荷分离等新概念，显著促进了光生电荷的快速分离与迁移。这些策略在太阳能光催化分解水研究中已被广泛应用。此外，我们

的研究团队最近综合集成多种可在时空尺度衔接的技术，首次在时空全域观测到光生电荷在纳米颗粒中分离和转移演化的全过程，为高效太阳能转化体系构筑提供了科学基础。

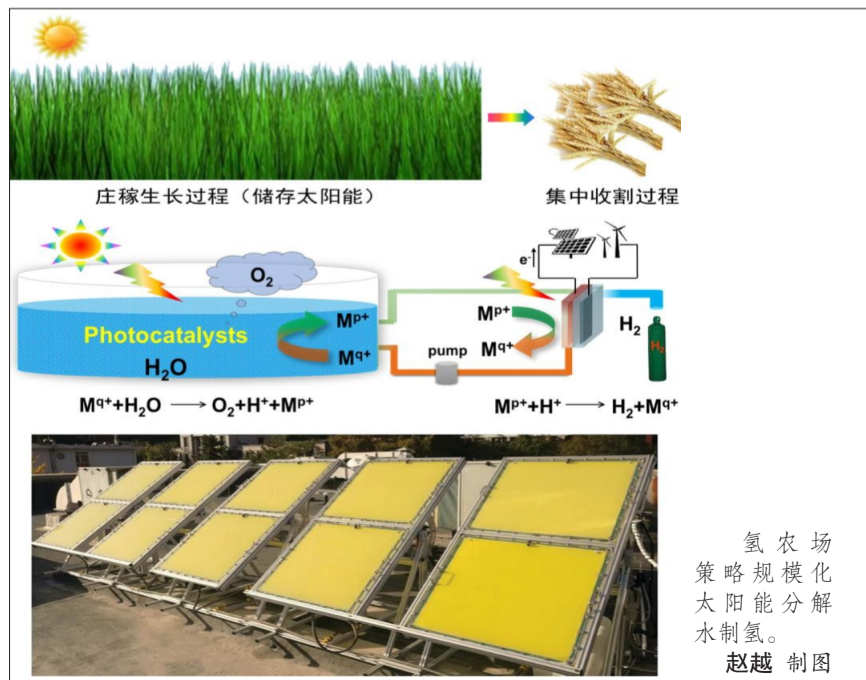
氢农场策略可规模化分解水制氢

光催化分解水制氢因其工艺简单、易操作，以及理论投资成本低等优点，被认为是未来实现规模化太阳能制氢有前景的途径之一。但是，目前的光催化分解水体系存在着氢气与氧气分离成本高、分离不彻底等问题，仍然存在着很大的安全隐患，且太阳能到氢能转化效率仍不足1.0%。受自然光合作用原理的启发，我们的研究团队提出了基于粉末光催化剂的规模化太阳能分解水制氢的“氢农场策略”。

氢农场策略将水氧化反应与质子还原反应在空间上进行分离，避免了氢气和氧气的逆反应和氢氧分离等问题，且反应器无需密封，原理上解决了大规模应用的技术瓶颈。由于该策略类似于在农场中大规模种植庄稼，待庄稼成熟后集中收割粮食，故称之为氢农场策略。

该策略中以BiVO₄(一种化合物，钷酸铋)作为产氧光催化剂，太阳能到氢能转化效率可达1.8%，相比之前报道的大多数粉末纳米颗粒光催化剂有了数量级的提升，让人们对未来太阳能光催化分解水制氢的规模化应用看到了希望。

(石明系中国科学院大连化学物理研究所副研究员，李灿系中国科学院院士、中国科学院大连化学物理研究所研究员)



氢农场策略规模化太阳能分解水制氢。
赵越 制图