

# 中国学者用大肠杆菌制造绿色尼龙

作为世界三大合成纤维之一（锦纶即尼龙、涤纶、腈纶），尼龙及其衍生物已经遍及人类生活的方方面面：从尼龙丝袜到食品包装薄膜，从汽车模具到发动机舱，从乐器琴弦到绳索帐篷，都能看到尼龙的影子。

然而，带来便利性的同时，尼龙工业的发展，也产生了高能耗、高污染问题。在传统的尼龙合成工艺中，有一种重要的中间产物，己二酸，它的制备需要高温、高压的特殊环境，并且使用硝酸催化，其产生的酸液、废液，处理成本高昂；同时产生大量温室气体。

这一困扰了科学界和工业界半个多世纪的难题，现在有望得到解决。湖北大学生命科学学院、省部共建生物催化与酶工程国家重点实验室李爱涛教授团队，设计了一条全新的人工生物合成途径，通过使用生物催化剂、空气中的氧为氧化剂、在常温常压下水溶液中即可完成己二酸的制备。研究成果于10月7日发表在《自然·通讯》杂志上。

这篇论文一经发表，李爱涛就接到了多个尼龙生产厂家的电话，询问新工艺的成本和稳定性问题。对于尼龙生产企业来说，己二酸作为最重要的中间单体，如果能够在合成工艺上有所突破，将会引发重大的产业变革。

## 天才的发明

1927年，美国杜邦公司邀请年轻的哈佛大学有机化学讲师华莱士·卡罗瑟斯（Wallace Hume Carothers）加入，并开出了高达500美元的月薪，这在当时几乎是哈佛大学同等职位薪水的两倍（267美元）。然而，真正吸引卡罗瑟斯加入的，却不在于报酬多少。作为一个重度抑郁症患者，他更在乎杜邦公司正在开展的一个新项目：资助那些纯粹的、基础性的研究。

杜邦公司眼光长远。时任副总裁查尔斯·斯坦（Charles Stine）说服了公司董事会，拿出25万美元用于纯科研。他们相信，在基础科学领域的突破会带来更长远的商业利益。而卡罗瑟斯作为化学家赫尔曼·施陶丁格的支持者，迫切地想要证明施陶丁格有争议的理论——聚合物可以由几乎无限长度的分子链组成。

宽松的研发环境（纯科学部门）、杰出的有机化学人才（卡罗瑟斯）和强烈的动机（验证争议性理论）都已具备，新成果呼之欲出。加入杜邦后，卡罗瑟斯的实

验室将重点放在聚酰胺的合成上，这是一种由碳、氧、氮、氢原子组成的长链，可以通过旋转、拉伸产生柔韧的弹性纤维。经过一系列实验探索，1935年2月28日，卡罗瑟斯用己二胺与己二酸进行缩聚反应，合成了一种名为聚酰胺66的聚合物。其熔点高达263摄氏度，结构性更接近天然丝，拉制出的纤维具有丝的外观和光泽，耐磨性也超过了当时任何一种纤维。

然而，实验室里的成功到工业生产还有很遥远的距离。己二酸和己二胺作为实验室试剂，如何实现大规模低成本生产原材料是个大问题。经过杜邦公司的不懈努力，终于在1938年7月首次实现较低成本生产出聚酰胺纤维，当年10月27日，杜邦公司宣布世界上第一种合成纤维诞生，并正式命名其为尼龙。

尼龙的发明，从1928年杜邦公司决定资助纯科学研究，到1939年完全实现工业化生产，前后历时11年，耗资2200万美元。遗憾的是，发明人卡罗瑟斯并没有看到尼龙材料应用的那天。聚酰胺66成功在实验室合成后的第二年，卡罗瑟斯成为了第一个入选美国国家科学院的有机化学家，即便如此，作为抑郁症患者，他始终认为自己在科学研究上是失败的，1937年，卡罗瑟斯服用氰化钾自杀。

天才离去，但是他发明的尼龙材料却持续造福人类。杜邦公司掌握了尼龙纤维合成工艺后，在1939年的旧金山国际博览会上，以产品“尼龙长筒袜”首秀，引起轰动，人们从来没有见过这种“像钢铁一样坚固，像蛛网一样精细”的材料。1940年，尼龙丝袜开始公开发售，上市第一年，美国一共卖出了6400万双尼龙丝袜，全国各地的妇女都在排队购买。

后来，美国加入第二次世界大战，尼龙成为降落伞的主要材料，用来替代亚洲丝和麻。进一步，尼龙开始替代金属制品，尼龙树脂成为了齿轮、凸轮和阀门的主要材料。

## 困扰科学家80年的问题

时至今日，尼龙的合成工艺已经非常成熟，但是根本的原理并没有发生质的变化。杜邦公司在20世纪30年代建设的尼龙生产工厂，使用了当时的最新技术，这些技术，依然是今天化工厂的模型。

己二酸作为尼龙合成中最为关键的一步，其合成方式一共有两种。其一是由杜

邦公司开发，先制备环己烷，在高温高压下催化，得到KA油，进而使用大量硝酸再催化，得到己二酸。其二是日本旭化成公司开发，先用环己烯制备环己醇，再用硝酸催化，同样得到己二酸。

但是不论用哪种方法，都会带来难以解决的问题：能耗与污染。在苛刻的高温高压反应环境下，硝酸作为两种工艺的共同催化剂，会腐蚀设备，同时会产生温室气体氮氧化物。根据统计，己二酸生产过程会产生大量的温室气体一氧化二氮，占据全球一氧化二氮排放量的10%。

李爱涛介绍说，在过去的几十年中，化学家一直在寻找不用硝酸的新合成工艺，但结果并不理想。最新的研究采用重金属催化，替代硝酸，但是稳定性较差。使用重金属又要解决重金属回收问题，成本并不低。

此外，传统的工艺方法已经沿用了几十年，在稳定性、生产成本上都已经做到了最优。除非出现一种全新理念的合成工艺，否则企业没有动力重建产线。而现在，李爱涛团队的研究成果，完全从一个全新的角度切入，为这一困扰了业界超过八十年的难题带来了解决的曙光。

## 生物结合化学：用酶催化

酶是一种由活性细胞产生的、具有高度催化作用的蛋白质或RNA，是一种天然催化剂。李爱涛团队的研究方向，就是用酶来代替硝酸，催化环己烷在常温、常压下生成己二酸。

李爱涛介绍说，在催化环己烷生成己二酸反应中，需要8种酶。他们先把这8种酶植入大肠杆菌，再将大肠杆菌放入环己烷悬浮液，常温常压下即可完成己二酸的转化。那为什么不把酶直接和环己烷混合，而是要借助大肠杆菌呢？

因为酶的化学反应，还需要其它辅助因子的帮助，这些辅助因子天然存在于大肠杆菌的细胞内。李爱涛说，如果不用大肠杆菌也可以，但是要专门采购那些“辅助因子”，比较昂贵。而大肠杆菌是容易培养的，将8种酶植入大肠杆菌，借助其内部的辅助因子及其循环体系完成催化反应，是一种省力、低成本的处理方式。

当生物催化剂（酶）加入环己烷悬浮液后，反应开始。第一个催化底物分子进入酶的催化中心，变成产物，被释放出来，进而第二个、第三个底物分子再重复相同的反应，直至催化反应完成。李爱涛介绍

说，这个反应中，最关键的是酶的稳定性。在长时间催化反应下，酶作为一种蛋白质，可能会失活。

如何维持酶的活性，这是李爱涛团队未来的重点研究方向。在论文发表后，企业的咨询电话接踵而至，咨询的问题无非是成本（效率）和稳定性的问题。对于工业生产来说，稳定的高效率产出是准线。

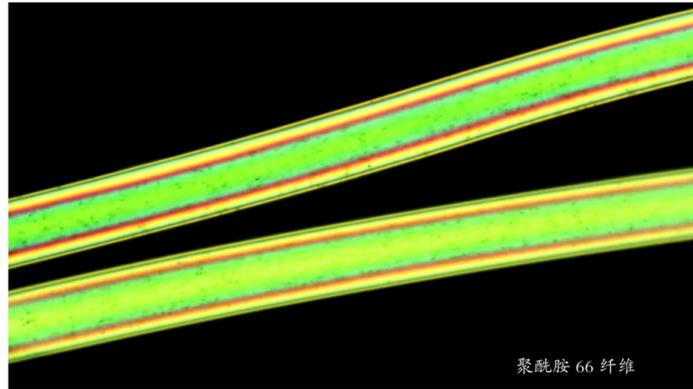
## 工业化应用的距离

李爱涛团队的研究成果走通了一种新的己二酸合成工艺流程，这种新工艺摒弃了硝酸这种高腐蚀、高污染的催化剂，同时将反应条件从高温、高压转变为常温、常压，这是质的变化。

关于新工艺的效率与稳定性问题，李爱涛坦承还需要进一步的提升。该团队已经完成了1升和5升反应体系的实验，更大规模的实验正在设计当中。在效率检验上，通常用每升反应体系产生多少克己二酸来衡量。当前，新工艺可用1升反应体系产生几克（个位数）己二酸，如果未来要达到工业化生产的效率，起码要做到几十克甚至上百克。

李爱涛对改进酶的催化效率和稳定性有信心。因为当前对酶进行改造，提升其性能的技术和方法都已经比较成熟。一般来说，酶的改造有两种方式，一种是非理性性的，就是随意对酶的结构进行更改，科研人员并不清楚哪里是影响活性的关键位置，随机改造再检测活性，可能“中彩票”。另一种就是理性改造，基于结构信息，弄清楚哪些关键部位会影响酶的活性，定向改造。现在，AI技术和机器学习技术在生物工程领域的应用，加快了理性改造酶的速度。

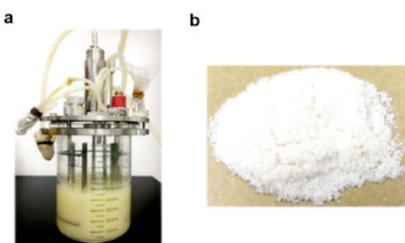
实验成功，与工业应用是两回事。回看1935年聚酰胺66的发明，也并不是一帆风顺。卡罗瑟斯在研究起初，合成了多种聚酰胺，性能均不理想。即便是1935年初合成的聚酰胺510，也因为熔点太低、原材料太贵，不具备商业化价值而放弃。但重要的是，卡罗瑟斯等人的研究走在了正确的路上，方向没有错，发明尼龙只是时间问题。假以时日，全新的生物催化合成己二酸工艺也许会开启新的尼龙材料时代。（麻省）



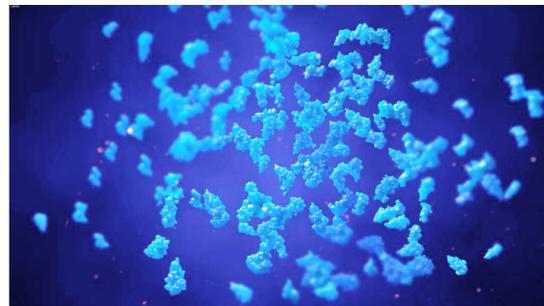
聚酰胺66纤维



当前制备己二酸的主流工艺方法。



李爱涛团队使用生物催化制备得到己二酸。



酶的3D图像。

# 死亡恒星发出前所未见的混合辐射

一个包括欧洲航天局 INTEGRAL 高能太空观测站在内的国际望远镜合作组织，探测到我们银河系中的死亡恒星中释放出的一系列独特的辐射——这种现象此前并没有在这类恒星上观察到，而且可能解决一个长期存在的宇宙谜团。

这项发现涉及了两种有趣的宇宙现象：磁星与快速射电暴。磁星是恒星的遗产，且具有宇宙中最强烈的磁场。当它们变得“活跃”时，它们能短时间内产生高能辐射，通常持续不到一秒钟，但比太阳的亮度高出数十亿倍。

快速射电暴是天文学上一大未解之谜。首次发现于2007年，这些事件在无线电波扫描上突然跳动几毫秒就消失了，并且很少再出现了。它们的真实性质不为人知晓，在已知起源的银河系中没有再观察到类似的现象，无线电波段之外的其他任何辐射也没有被观测到。

今年4月下旬，六年前在狐狸座发现的一颗磁星 SGR 1935+2154，在X射线大量爆发后，再次活跃起来。不久之后，天文学家发现了一些惊人的现象：这颗磁星不仅发射正常的X射线，而且还发射无线电波。

位于意大利米兰的国家天体物理研究所（INAF-IASF）的 Sandro

Mereghetti 说：“4月28日，我们使用 INTEGRAL 卫星探测到了磁星的高能X射线爆发。”他是基于 INTEGRAL 卫星数据在射电爆发上完成一项研究的第一作者。

位于 INTEGRAL 卫星上的“射电爆发警告系统”（Burst Alert System）在几秒内自动将这次发现提醒世界各地的观测站。这是在后续提醒发出几小时前，使得科学界能迅速行动，更细致地探索其来源。

当天，天文学家使用加拿大的 CHIME（加拿大氢强度测绘实验）射电望远镜发现了从 SGR 1935+2154 方向发出的短暂而极其强烈的无线电波，时间与X射线发射的时间相同。几小时后，美国的瞬变天文无线电发射调查（STARE2）它是独立地证实了这一点。

“涉及此次事件合作研究的大部分卫星都无法测量这片太空区域，而这恰恰是证实射电电波发射源是 SGR1935+3254 最重要的证据。”Sandro 解释说：“这是首次观测到磁星与快速射电暴之间的联系。这确实是一个重大发现，将有助于我们解开这些神秘现象的面纱。”

这个联系有力地支持了快速射电暴由磁星产生的观点，并证明了这些高度磁化星体爆发是在射电波上探

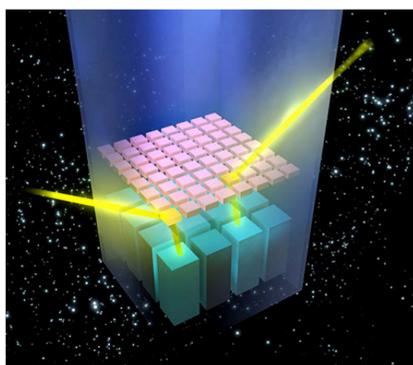
测到，天文学家对磁星的存在十分感兴趣，因为它们被认为在宇宙中促进一系列瞬间事件上扮演着重要角色，像超亮的超新星爆炸和遥远且高能伽马射线爆发。

INTEGRAL 卫星发射于2002年，搭载了由4个仪器组成的套件，能同时在伽马射线、X射线和可见光下观测和拍摄宇宙物体的图像。

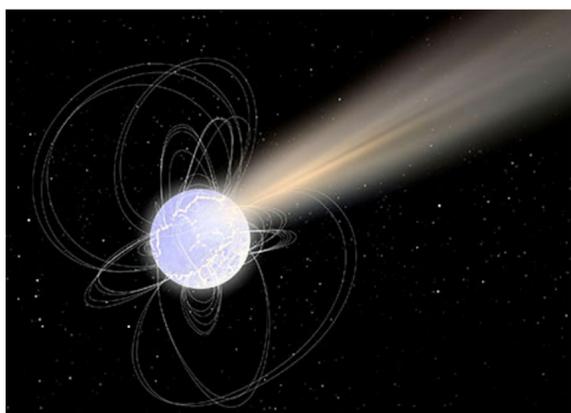
在射电爆发的时候，磁星恰好处于 IBIS 仪器的 30° x 30° 的观测范围内，这导致日内瓦 INTEGRAL 的科学数据中心运行于卫星上的射电爆发警报系统软件包自动探测，并立即向世界各地的天文台发出提醒。同时 INTEGRAL 卫星上的光谱仪（SPI）与中国“慧眼”硬X射线调制望远镜都探测到了此次X射线爆发。

欧洲航天局 INTEGRAL 卫星项目科学家 Erik Kuulkers 补充道：“这种互相协作、多波段的探测方式和结果探索展示了即时的大规模互助在科学研究上的重要性。”

“通过整合从光谱仪上高能部分到无线电波数据，从全球到太空的观测结果，科学家终于能阐述解释这个天文学上长期存在的谜团。我们很高兴 INTEGRAL 卫星在这扮演着关键角色。”（王麟涛）



这张示意图展示了欧洲航天局 INTEGRAL 卫星上的成像仪（IBIS）如何利用经过成像望远镜边缘的辐射重构伽马射线暴（GRB）这样强大威力的事件图像。



SGR 1935+2154 示意图，它是一颗高度磁化的恒星遗孀，也被称为磁星。

# 诺基亚获得NASA订单 将在月球建立4G基站



近日，诺基亚宣布被美国国家航空航天局（NASA）选中，将在月球上建造首个无线4G网络基站，计划为2030年左右人类在月球上建立基地并长期留作准备。这份合同价值1410万美元，被授予诺基亚美国子公司贝尔实验室（Bell Labs），是NASA“阿耳忒弥斯”计划的一部分，该计划的目标是2024年前将第一位女性和下一位男性送上月球。

诺基亚表示，诺基亚的网络设备将在2022年底利用 Intuitive Machines 公司制造的设备远程安装在月球表面，无线技术将允许工作人员进行“重要的指挥和控制功能，包括远程控制月球车、实时导航和传输高清晰度视频流”，并希望目前的4G设备可以在未来更新为超高速的5G网络。（钱研）

# 英国开展阵风对鸟类的飞行影响研究

布里斯托尔大学和英国皇家兽医学院的研究人员已研究出鸟类在阵风条件下的飞行方式，这些研究发现可能会为仿生小型飞机的开发提供参考。这项研究报告发表在《英国皇家学会学报B》上，揭示了鸟类翅膀如何作为悬挂系统来应对不断变化的风况。研究人员采用了高速、基于视频的3D表面重建、计算机断层扫描（CT）和计算流体力学（CFD）的创新组合方法来研究鸟类如何通过翅膀变形（即通过改变翅膀的形状和姿势）来“抵御”阵风。

研究人员在英国皇家兽医学院的结构与运动实验室进行实验，拍摄到名为“莉莉”的仓谷猫头鹰滑过一系列风扇产生的垂直阵风的镜头，其中最强的阵风与其飞行速度相同。莉莉是一只经过训练的猫头鹰，在许多自然纪录片中都有它的身影，所以灯光和摄像机不会对它产生困扰。

皇家兽医学院 Richard Bomphrey 教授表示，在实验开始时设定非常温和的阵风，以防莉莉遇到飞行困难，但很快发现，即使在风速



达到最高阵风速度下，莉莉也毫不慌张地径直飞过去，得到了教练 Lloyd Buck 手中的食物奖励。莉莉在颠簸的阵风中飞行，在飞行轨迹上始终保持头部和躯干的稳定，就好像在用悬挂系统飞行。

研究人员发现对这种悬挂系统的影响不仅仅取决于空气动力学，而且还与其翅膀质量有关。人类上肢大约是体重的5%，而对于一只鸟来说，翅膀是体重的两倍，鸟类利用这个质量有效地吸收阵风。通过分析，研究人员还发现悬挂效应中最快的部分是建立在翅膀的机械结构中，所以鸟类不需要主动做任何辅助动作。翅膀有一个最佳效应点，就像蝙蝠一样。此项分析表明，阵风的力量作用在这个最佳效应点附近，显著地减少了第一时间对身体造成的干扰。这个过程是自动的，只需为稳定过程争取足够的时间。

这项研究由欧洲研究理事会（ERC）、英国空军科学研究办公室和威康信托基金（Wellcome Trust）资助，其下一步计划是开发小型飞机的仿生悬挂系统。（彩林）