

# 用了万能酶，苯甲醇合成终于“绿了”

■本报记者 李晨

化妆品、药品、化学品等工业制备中有一种重要的中间体，就是苯甲醇。传统用化学法生成苯甲醇的工艺过程繁琐，且会生成大量污染环境的副产物。苯甲醇能否实现绿色高效生产，一直是工业界和学术界共同关注的问题。

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教授李爱涛、陈纯琪和郭瑞庭团队合作，成功解决了这一难题。他们首次解析了万能酶——细胞色素P450tol及其复合体晶体结构，并基于此构建了一种活性和稳定性均明显提升的人工融合酶，实现了苯甲醇的高效绿色合成。相关研究成果2月14日在线发表于《美国化学会志—催化》，并被选为封面文章。

## 万能酶 P450 的神奇定向进化

论文通讯作者李爱涛告诉《中国科学报》，苯甲醇工业生产采取两步法，以甲苯为原料，用剧毒的氯气和强碱氢氧化钠，才能实现甲苯中惰性 C-H 键的官能团化，制备出苯甲醇。

“C-H 键具有较高的解离能、较高的热力学稳定性和较低的化学反应性，因此，C-H 键官能团化是传统化学合成中一个极大的难题。”李爱涛说。

能不能找到一种办法，将甲苯绿色高效地转化为苯甲醇呢？李爱涛及其团队想到了酶这种地球生命中最强大的化学物质。

通过理性设计和定向进化手段，酶展现出在生物催化领域的强大功能。其中，细胞色素 P450 酶能够识别多种参与生化反应的物质(即底物)，利用基因工程改造 P450 酶量身定制化学反应，成为一个热门研究方向。2018 年诺贝尔化学奖得主阿诺德，就是利用 P450 酶的定向进化实现了各种特殊的化学反应而获奖。

在前期研究中，李爱涛从甲苯降解菌中鉴



该研究获选《美国化学会志—催化》封面文章。受访者供图

定出一种特殊的 P450 酶，命名为 P450tol。它以甲苯为底物，生成专一的产物苯甲醇。这是迄今发现的唯一可以天然催化甲苯生成苯甲醇的酶。然而，P450tol 三维结构信息的缺乏，限制了针对 P450tol 的基础研究与未来的应用。

## 揭开特殊 P450 酶的神秘面纱

改造高效的 P450tol，必须先揭开酶结构的面纱。

2020 年 5 月，郭瑞庭团队在世界上首次解析了一种自给自足 P450 酶的全长晶体结构，获得了广泛关注。为此，李爱涛团队和郭瑞庭团队展开了合作。郭瑞庭说，这次合作解

开了 P450tol 的结构谜团。

在这项研究中，郭瑞庭、陈纯琪团队顺利解析了 P450tol 的空结构及其与底物甲苯及产物苯甲醇的复合体结构。通过这些结构信息，精准揭示了 P450tol 由甲苯通过一步反应生成苯甲醇且没有副产物生成的酶结构与催化机制。

陈纯琪告诉《中国科学报》，P450 酶的活性区都会带一个血红素分子参与催化反应，这次解析的 P450tol 也不例外。底物甲苯位于由一系列疏水的氨基酸组成的口袋中，甲苯的甲基朝向血红素中心的铁离子，两个氨基酸分别位于底物的两侧，牢牢钳住了甲苯的苯环，甲苯前方还有一个氨基酸负责固定整个甲苯的位置。

“这样，催化反应发生时就可以精确地发生在半基位，而不是其他任意的位点。如此精巧的反应也只有酶可以做到。”陈纯琪说。

他们在 P450tol 与苯甲醇的复合体结构中看到了类似的现象，只不过苯甲醇的羟基代替甲苯的甲基朝向血红素中心的铁离子。

“我们还观察到了一个非常有意思的现象，甲苯或苯甲醇并不能将 P450tol 的活性区完全占据，还有一些多余的空间，所以我们猜测 P450tol 或许可以结合比甲苯或苯甲醇更大一些的底物。”陈纯琪说。

进一步实验结果与推测的一致，P450tol 也可以与一些卤代甲苯形成复合体，且可以精确地在半基位发生羟基化反应。

所有这些结果显示，底物会以有利于反应发生的方式结合并参与反应，这也使酶的反应更精准而高效。

## 人工融合酶催化苯甲醇绿色合成

李爱涛告诉记者，自然界中大部分 P450 酶都需要一个能够与之匹配的还原酶来提供电子以发生催化反应，这对于后续应用是一个难题。

# 2021 年科学辟谣榜来了

■本报记者 高雅丽

2月14日，由中国科协、科技部、中国科学院、中国工程院等单位主办的“典赞·2021 科普中国”揭晓盛典特别节目播出。节目中公布了2021年度十大科学辟谣榜。

谣言 1：“0 蔗糖”就是无糖。“0 蔗糖”可理解为未添加蔗糖，但并不代表该食品内不含葡萄糖、麦芽糖、果糖等其他糖类。“0 糖”和“0 蔗糖”表示的含糖成分、含糖量截然不同，有着本质区别。

谣言 2：用乳铁蛋白牙膏能杀死幽门螺旋杆菌。幽门螺旋杆菌主要在人体胃部，在口腔牙周炎、舌苔、唾液中也少量存在。感染后会促使硫化氢大量增加，引起口臭，但这并非通过刷牙就能解决。目前，对于幽门螺旋杆菌主要采用药物治疗，牙膏只是刷牙的辅助用品，不能作为药物发挥治疗作用。

谣言 3：一孕傻三年。因为生养孩子令妈妈们紧张、疲惫，睡眠质量直线下降，这会容易导致人经常出错。但这是精神紧张、睡眠不足造成的，跟“傻”不沾边。这种论调既不尊重女性，更无科学性可言。

谣言 4：核技术灭蚊对人体不安全。核辐射技术在生活中的应用已比较普遍，被证明是安全无残留的。核辐射技术灭蚊的原理是使用射线辐照破坏雌蚊的生育能力，对环境的污染基本忽略不计，不会破坏生态系统平衡。

谣言 5：减肥应该拒绝吃主食和油。油脂和主食都含有人体必需的营养素。脂肪除了能提供热量，还起着保护脏器、维持体温、提供必需脂肪酸等重要作用；而主食能提供必需的热量。如果为减肥拒绝摄入主食和油，会让身体无法高效运转。

谣言 6：水果越酸维生素 C 含量越高。水果吃起来酸不酸，主要取决于有机酸含量，如苹果酸、柠檬酸、酒石酸。含糖量也会影响水果的“糖酸比例”，含糖量高吃起来甜，反之则酸。维生素 C 含量受口感酸度的影响很小。

谣言 7：“左旋肉碱咖啡”可以健康减肥。虽然文献证明左旋肉碱可降低体重和减少脂肪，但大部分受试者都配合适量运动及合理饮食。人体自身可合成足够的左旋肉碱，单纯口服左旋肉碱并不能增加肌肉内肉碱浓度，也不能促进脂肪燃烧。

谣言 8：不添加食品添加剂的食品更安全。是否添加食品添加剂是由食品性质和生产工艺决定的。蛋白质含量较高的食品必须添加一定量的防腐剂。此外，在 A 食品中无毒的添加剂，在 B 食品中可能就不安全。因此，不能单纯以是否有食品添加剂来判定食品的安全性。

谣言 9：不渴不用喝水。不要等到身体已经发出“渴”的信号再喝水，因为一旦感觉到“渴”，就意味着身体至少已经缺水 2% 以上了。喝水要少量多次，保持一定频率，每次喝 50~100 毫升。一次喝水太多对身体也是有损害的。

谣言 10：量子波动速读可以提高学习能力。在学习时，人眼对于信息的获取、大脑对于信息的处理都是有生理极限的。量子研究“波”的概念和水波、声波有很大区别。而且无论波的概念如何拓展，书本上的油墨并不具备辐射和传播功能，书本的知识更不会自动呈现到脑子里。

# 氢能无人机担纲“电力保镖”

■本报记者 郑金武

记者近日获悉，冬奥会开幕前夕，在国网冀北电力有限公司张北和延庆两大基地，8 位身材轻巧的“电力保镖”正式上岗，对风机、光伏板、500 千伏高压线路等关键输电场景开展巡检，保障冬奥期间供电安全。

这 8 位“电力保镖”，是由未来科学城能源谷入驻企业——中国商飞北京民用飞机技术研究中心（以下简称中国商飞北研中心）研发的复合翼、固定翼、多旋翼 3 款氢能无人机。此次正式上岗作业，标志着新能源无人机从研制期走向示范运行。

与传统无人机相比，氢能无人机具有重量轻、振动小、噪声低、零碳排放等优势，并且突破了低温、续航等瓶颈，固定翼状态可超过 24 小时续航，并能适应山高路远、高寒等环境。

在这些氢能无人机中，多项先进技术被集成应用，包括氢能无人机平台、5G 网联技术和智能电力巡检技术等。据介绍，3 款氢能无人机平台均搭载了强劲的



未来科学城供图  
氢能无人机

“心脏”——“氢腾”千瓦级空冷燃料电池系统，其系统功率密度、使用循环寿命等指标处于国际先进水平，可根据实际应用场景进行功率定制。

这些无人机覆盖输电巡视频场常见缺陷，形成完善的“端、网、边、业、管”五

位一体的泛在低空技术体系，拥有超视距飞行、人工智能识别能力。

中国商飞北研中心总师杨志刚表示，电力人工智能科技成果和新能源无人机的结合，自动化、主动化的智能巡检模式迈进了一大步。

# 冬奥火炬首次“氢装上阵”

■本报记者 崔雪芹

本次冬奥会开幕式上，火炬“飞扬”的小火苗最终成为主火炬。与往届奥运会大量使用液化天然气或丙烷等气体作为火炬燃料不同，本届冬奥会首次使用氢能作为火炬燃料，最大限度减少碳排放，向世界展示了中国绿色低碳的发展理念。

近日，《中国科学报》专访了中国科学院院士、中国石油深圳新能源研究院院长邹才能，以了解他带领的绿氢团队如何在最短的时间内完成技术攻关。邹才能表示：“‘氢装上阵’必将成为冬奥史上浓墨重彩的一笔。”

《中国科学报》：北京冬奥会火炬首次用绿氢作为火炬燃料。您作为绿氢核心技术负责人，请介绍一下这项工作的完成情况。

邹才能：早在 2012 年，我们在集团公司内部率先组建了纳米技术研发团队。这支团队在金旭博士的带领下，超前开展了绿氢、储能等新材料技术研发。2017 年在电解水和光解水领域取得重要突破。经过 5 年的研发和储备，已经具备产业化基础。2020 年 6 月，我们重新组建了一支 20 余人的氢能技术研发团队，专门从事绿氢制备、储运和应用等的技术攻关。

我们在 2021 年 12 月 20 日接到紧急任务——利用电解水制氢装置生产绿氢直供冬奥。此时距离要求完成的时间只有短短一个月，任务非常艰巨，必须全力以赴，容不得半点闪失。

1 月 25 日，绿氢团队完成制氢和加注装置调试，经过系统参数调试和检测

后，26 日一早正式向冬奥会专用高压氢气瓶中充装绿氢。1 月 30 日，中国石油绿氢瓶组运抵张家口赛区，经过专业检测，达到开幕式火炬台使用标准。2 月 4 日首次点燃了张家口赛区太子城火炬。

《中国科学报》：绿氢研发过程中有何技术瓶颈？是如何攻关的？

邹才能：一是专业人才严重匮乏，尤其是氢能领域。我在 10 年前就着手创建了纳米油气工作室，先后引进 3 位专业技术人员人才，组建以新材料开发利用方向的核心团队。二是研发设备和场地缺失。我们逐渐引进研发最为迫切需要的相关仪器设备，同时在北京和廊坊两地建立了实验室。三是开发方向选择困难。我们在 2019 年开展国内、国际合作，逐渐掌握了氢能产业中的核心关键技术，理顺并把握了绿氢的开发方向。

另外，当时周边质疑声音不断。实际上，我们非常严谨认真，超前储备新能源技术。例如，初次获得电解水催化剂材料降低分解水过电势的实验结果，团队成员反复进行了几十次实验合成和累计几千小时性能测试，力保材料性能数据的稳定可靠。团队的坚持不懈才有了这次冬奥会上唯一的绿氢。

《中国科学报》：绿氢火炬非常小巧，对于支撑技术来说是更简单还是更复杂？多久加一次氢？

邹才能：为保障火炬加氢顺利实施，团队高标准、高质量完成了电解水制氢装置撬装化设计改造、屋顶光伏铺设、示

范场地水电气连接与环境改造等前期工作，做到 24 小时全程参与值守。在加氢过程中，绿氢团队两人一班，每隔一段时间进行一次制氢加氢全链路隐患排查和充装速度记录。

为响应绿色办奥理念，本次火炬用氢量较少。我们开发的绿氢制备系统，主要用于科研及示范推广，设计的产氢量也不高。这种小气量的充注，为氢气的高压加注增加了很大难度。我们采用光伏电制备绿氢，计划在冬奥会与冬残奥会期间完成两次绿氢生产加注。

《中国科学报》：此次项目完成过程中有没有特别难忘的经历？

邹才能：团队一开始接触绿氢电解水装备，了解到核心是自主开发高性能的电催化材料。为了获得一种催化活性高、稳定性好的催化剂材料，我们多次组织讨论替代常规镍催化剂的方案，并开展真实工作环境性能评价。在大家的不懈努力下，终于研发出了具有更高活性与寿命、适用于商品化电解水装置的新型镍铁催化剂。

此次汤加火山爆发后，引发全球对气候变化的关注。二氧化硫是火山爆发后影响气温最关键的因素之一，它与其他成分反应会形成硫酸、平流层气溶胶等，而气溶胶强烈吸收太阳光。太阳光被吸收后到达地面的辐射就会变少，可能导致地表温度下降。

安光所环境光学中心成像光谱技术研究室副主任周海金介绍，“高光谱观测卫星的大气痕量气体差分吸收光谱仪全程观测到了火山爆发过程中二氧化硫分布及输运过程。从截至目前监测到的数据看，此次火山爆发对全球气候的影响有限。”接下来，安光所科研团队将持续监测汤加火山二氧化硫气团的进一步动态。

高光谱观测卫星由生态环境部牵头、航天八院 509 所抓总研制，可全面提升我国大气、水体、陆地的高光谱观测能力。该卫星共搭载了 7 台遥感仪器，其中 4 台大光谱观测载荷由中科院合肥物质科学研究院研制，大气痕量气体差分吸收光谱仪就是其中之一。

## 发现·进展

北京大学等

# 升级版 RNA 编辑技术效率更高

■本报记者 赵广立

近日，北京大学教授、博雅辑因（北京）生物科技有限公司创始人魏文胜实验室报道了 RNA 单碱基编辑技术“LEAPER”的升级版，可大幅提升体外和体内编辑的效率和精准性。相关论文发表于《自然—生物技术》上首次报道。

LEAPER 利用特殊设计的 arRNA 招募内源 ADAR 蛋白，将特定的腺苷转化为肌苷，实现对 RNA 的高效、精准编辑。该技术由魏文胜实验室研发并于 2019 年在《自然—生物技术》上首次报道。

“LEAPER 2.0 版本经过多重设计改造，大幅提升在体外和体内的编辑效率，同时降低了脱靶效应。”魏文胜告诉《中国科学报》，“LEAPER 在科学研究、疾病治疗等方面拥有可观的优势和潜能，我们一直致力于不断提升其效率和精准性，从而不断拓展其在疗法开发和基础研究方面的应用潜力。”

升级后，这项 RNA 基因编辑技术打开了进一步应用的大门。博雅辑因首席执行官魏东表示，针对 LEAPER 2.0，他们在通过腺病毒相关病毒递送等多个临床前研究模型中取得了“令人兴奋的数据”，实现了其向体内 RNA 编辑疗法转化的概念验证。

相关论文信息：  
<https://doi.org/10.1038/s41587-021-01180-3>

中科院紫金山天文台

# 新方法为天文观测视场带来好消息

■本报记者 沈春蕾

近日，中科院紫金山天文台（以下简称紫金山天文台）的研究人员提出了一种利用多次曝光的星系图像来限制点扩散函数（PSF）的新方法。相关研究成果在线发表于《皇家天文学会月报》。

弱引力透镜效应是遥远天体（背景星系）发出的光线在传播路径中受到引力质量偏折后，使观测到的背景星系图像发生微弱形变的一种天文现象。研究人员在开展实际观测中发现，星系图像会受到各种因素的影响，其中 PSF 是影响弱透镜信号测量精度的最大干扰因素之一。由于弱引力透镜信号是比较微弱的一种信号，多数隐藏在噪声之下，PSF 的测量精度直接影响了弱引力透镜信号的精确测量。

提高 PSF 测量精度成了弱引力透镜研究人员一直以来追求的目标。紫金山天文台博士研究生聂麟和研究员李国亮等人提出了一种新的 PSF 测量方法：光谱函数主成分分析法（SPCA/iSPCA）。与传统方法相比，该方法实现了更精确的 PSF 测量，进一步改善了研究人员对弱引力透镜信号的提取。相关研究成果此前在线发表于《皇家天文学会月报》。

聂麟和李国亮等人近期提出的新方法，则延续了之前的研究。PSF 一般是由测量点源（比如恒星）获得，而新方法能利用多次曝光的展源图像（比如星系图像）来进一步限制 PSF。这对于点源比较稀疏的观测视场来说是一个好消息。该方法有望为传统 PSF 的插值方法提供额外补充，为 PSF 插值提供更好的限制。

相关论文信息：  
<https://doi.org/10.1093/mnras/stab733>  
<https://doi.org/10.1093/mnras/stab2824>

中科院合肥物质科学研究院

# 我国卫星监测到汤加火山二氧化硫气团

■本报记者 王敏

南太平洋岛国汤加火山爆发后，大量二氧化硫随火山喷发进入大气。由中国科学院合肥物质科学研究院安徽光学精密机械研究所（以下简称安光所）研制的搭载于高光谱观测卫星上的大气痕量气体差分吸收光谱仪，发挥单日覆盖全球的优势，第一时间获取灾区二氧化硫分布卫星观测资料。据悉，大气痕量气体差分吸收光谱仪，是国内目前在轨运行的最高空间分辨率大气痕量气体遥感卫星载荷。

此次汤加火山爆发后，引发全球对气候变化的关注。二氧化硫是火山爆发后影响气温最关键的因素之一，它与其他成分反应会形成硫酸、平流层气溶胶等，而气溶胶强烈吸收太阳光。太阳光被吸收后到达地面的辐射就会变少，可能导致地表温度下降。

安光所环境光学中心成像光谱技术研究室副主任周海金介绍，“高光谱观测卫星的大气痕量气体差分吸收光谱仪全程观测到了火山爆发过程中二氧化硫分布及输运过程。从截至目前监测到的数据看，此次火山爆发对全球气候的影响有限。”接下来，安光所科研团队将持续监测汤加火山二氧化硫气团的进一步动态。

高光谱观测卫星由生态环境部牵头、航天八院 509 所抓总研制，可全面提升我国大气、水体、陆地的高光谱观测能力。该卫星共搭载了 7 台遥感仪器，其中 4 台大光谱观测载荷由中科院合肥物质科学研究院研制，大气痕量气体差分吸收光谱仪就是其中之一。



汤加洪阿哈阿帕伊岛火山喷发，火山灰羽流上升到海平面上 18 公里。  
图片来源：Taaniela Kula



冬奥背后的科技力量