

百年诺贝尔化学奖尽显“理综奖”特征，彰显这门学科无处不在的影响力

直面人类生存挑战，化学改变世界的七大最新进展

2022年诺贝尔化学奖日前揭晓。历经百年化学诺奖，除了惠及化学自身发展，许多获奖成果也为生物、医学、物理、工程等诸多学科带来了革命性影响，因此也被戏称为“理综奖”。而这正体现了化学改变世界的作用，其影响可谓无处不在。

从捕获温室气体到发明无限可循环材料，再到探索生命如何从无到有，化学始终活跃在人类面临重大生存挑战的最前沿。化学家们通过各种手段重组分子、发明新材料，创造了一个又一个奇迹。现代化学究竟有多少神奇“魔法”？来看化学改变世界的七大最新进展。

1 人造叶子 完美的人工光合作用

植物摄取能量的本领令人类羡慕万分，它们可通过光合作用自行产生所需要的能量，同时消耗温室气体二氧化碳。要知道，人类为获取能源而燃烧化石燃料，由此释放出的大量温室气体导致气候变暖，这给人类带来了巨大生存困境。如果我们能学会模仿植物的这一技能并大规模推广，是否就能通过将阳光液化，创造出一种清洁绿色的燃料？

遗憾的是，光合作用是一种难以复制的化学反应。它涉及捕捉阳光、分解水分子产生质子，并将这些质子与二氧化碳中的碳原子结合，最终产生以糖的形式存在的燃料等多个步骤。在自然界中，这些工作是由经过数亿年进化的蛋白质完成的，而它们只能以不超过1%的效率转化太阳能。

不过，科学家仍不愿放弃这个美妙的梦想。十年前，美国哈佛大学化学家丹尼尔·诺塞拉朝着实现人造叶子的目标迈出了第一步，他开发了可分解水的镍钴催化剂。然而，此后这方面的研究一直进展缓慢。

后来，科学家意识到，可将人工叶子

中的化学与生物学精髓结合起来，研制仿生叶子。仿生叶子的制造通常采用能有效吸收阳光的材料，以及可将燃料分子拼接在一起的天然蛋白质。

英国剑桥大学欧文·赖斯纳领导的一个团队最近使用了一种钙钛矿材料来收集光线，将其与一种叫做甲酸脱氢酶的酶结合，产生的仿生叶可将光线转换为甲酸。甲酸是燃料电池中的一种化学物质，能量转换率达1%——这就可与大自然中植物的能量转换率相媲美。

2016年，诺塞拉公开了他的一项发明，这个系统利用可分解水的催化剂产生质子和电子，为生物工程细菌提供养分。这套装置利用阳光将二氧化碳转换为燃料和生物质，能量转换率可达11%。“完美人工光合作用的效率是大自然中光合作用的10到100倍。”诺塞拉说。

目前，化学家已经在一定程度上解决了人造叶子的问题。在诺塞拉看来，这不只是一个化学问题，甚至也不再是一个技术问题。他认为，之所以不能做到让所有人都用人造叶子生产的燃料来驾驶汽车，更多原因是缺乏必要的基础设施。

2 分子机器 改变未来材料设计

十八世纪后期，活塞与棘轮，这些简单的机械装置被结合起来，构成了可代替人工的生产机器，其影响力之广泛，无人能够否认。如今，化学家们开发的分子机器，其开拓性和颠覆性影响堪与蒸汽机比肩。有所不同的是，前者的制造材料是钢铁，而后者则是原子。

简单的分子机器已存在了约二十年。分子轮就是一种早期的分子机器，它能沿轴上下移动，形成一种类似于活塞的结构。最早分子机器的发明者是美国伊利诺伊州西北大学的弗雷泽·斯托达特、荷兰格罗宁根大学的本·费林加，以及法国斯特拉斯堡大学的让·皮埃尔·索瓦奇，三人因此于2016年获得诺贝尔化学奖。

现今科学家正在制造和测试更多用途广泛的分子机器。几年前，美国得克萨斯州休斯敦莱斯大学的詹姆斯·图尔和他的同事们发明了一种可以穿透细胞膜的分子机器，这种“钻孔”分子机器可让药物顺利通过细胞膜，以提高药物的针对性和疗效。

分子设备还可用来制造更加复杂的分子机器，潜力巨大。生物体一直在利用大自然中的生物分子机器进行着许多有用的工作。例如，核糖体就是用来组装蛋白质的生物分子机器。它按照特定顺序将氨基酸分子组合在一起，创造出从指甲中的角蛋白到免疫系统中的抗体等一系列令人惊叹的物质。

英国曼彻斯特大学的大卫·利一直致力于人工合成核糖体。他设计出一种沿着线性轨迹移动的环形分子，移动过程中“拾取”一个个分子并将它们拼接在一起。去年，大卫与他的团队将两三台这样的分子机器结合在一起，生产出以设定顺序排列的含有10个氨基酸的肽分子。

大卫的分子机器暂时还无法超越大自然中分子机器的水平，但他们还在继续努力。虽然目前还只能合成大约20个氨基酸的核糖体，但人工合成核糖体有着很大的选择优势，“我们有一个元素周期表上的元素可以选用，分子机器将从根本上改变材料设计的未来”。

3 捕获甲烷 延缓气候变暖脚步

我们通常将全球变暖归咎于二氧化碳，但还有一种主要的温室气体也在破坏着我们头顶上的那片天空，它就是甲烷。虽然排放到大气中的甲烷数量远低于二氧化碳，但在最初的20年中，甲烷导致的变暖效应却是二氧化碳的80多倍。

甲烷是从牲畜体内和下水管道中排放出来的气体，它与氧化亚氮发生反应，使臭氧气体更接近于地球表面。在接近地球表面的位置上，臭氧会引起人们的呼吸问题，并与全球每年100万人的过早死亡有关。

消除空气中的甲烷有助于阻止气温上升，为减缓气候变暖赢得时间。根据美国加利福尼亚州斯坦福大学的罗伯·杰克逊及其同事的最新估计，每从大气中去除十亿吨甲烷，地球表面温度可降低约0.2℃。

众所周知，二氧化碳捕获技术已存在多年，它通过与溶剂结合的可逆化学反应，捕获发电站烟道中的二氧化碳，并将其深埋于地下。但同样的溶剂用来吸收甲烷并不那么有效，其中一个原因是

甲烷的分子形状使得溶剂分子不太容易“包裹”在它们周围。

一种解决方案是放弃捕获甲烷，转而通过化学方法将甲烷转化为二氧化碳，将额外的二氧化碳释放到大气中。虽然这种方案听起来似乎相当不明智，但考虑到甲烷危害更甚于二氧化碳，这也许是一个有积极意义的举措。“释放到大气中的甲烷最终都会转换成二氧化碳，而我们要做的就是加速这个转换过程。”杰克逊说。美国大多数州在处理埋地甲烷泄漏问题时，都会将特制的充满微生物的覆盖物置于埋埋物上，利用微生物将甲烷转换为二氧化碳。

另一种替代方案是沸石。沸石是一种多孔材料，但其孔隙只有原子大小，其间可充斥大量分子。某些沸石可用来吸收甲烷，然后通过催化反应将其转化为甲醇——一种用于化学工业的有用物质。化学家们已发现了数百种可以实施这一方案的沸石，虽然目前这一技术还不成熟，但其发展前景与潜力都很不错。

4 完美电池 性能卓越有益环境

停止燃烧化石燃料的关键是风力、太阳能等可再生能源能够保障持续稳定的电力供应。但在没有风或阳光的日子里，我们就需要用到储存的电力，这在许多情况下就要用到电池。

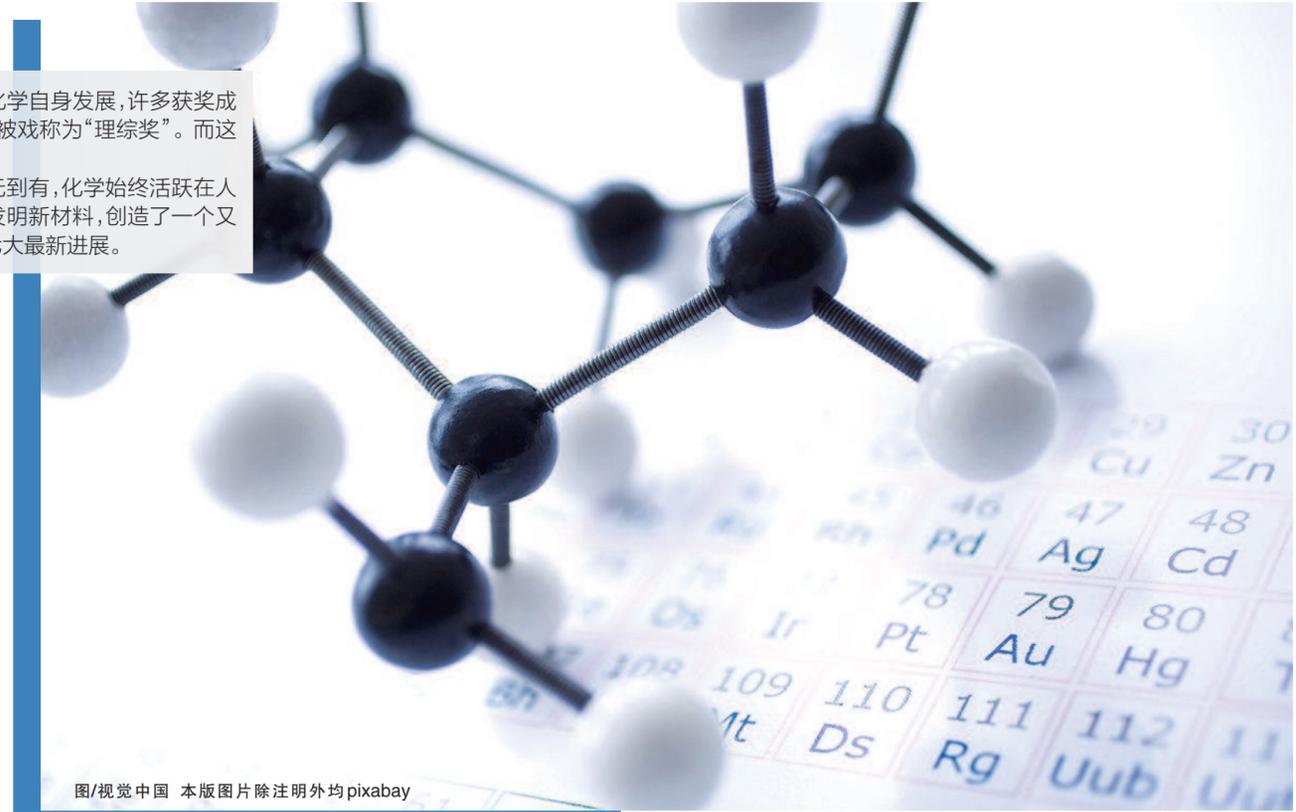
然而，电池本身也可能引发环境问题。例如，电动汽车中的可充电锂电池需要用到锂等多种金属。但在地球上有着大量锂矿的地方很少，而且从锂盐中提锂需要消耗大量水，而开采锂辉石也会对环境造成不利影响。因此，化学家希望设计出对环境更友好的电池。

锂离子很小，这意味着锂电池可在小而轻的空间中提供大量电力。用于电池的还有比锂离子稍大一点的钠离子。钠在海水中含量丰富，对于一些非便携式应用，如

储存太阳能发电的电力，钠离子电池也是一种很好的选择。英国公司Faradion已将钠离子电池用于印度的重型卡车上。

可用于电池的化学物质还有很多，例如镁离子。但问题是，改变电荷载体就意味着要重新设计电池的其他部分。电极是所有电池的关键部件，锂离子电池的电极用钴，这种金属所产生的环境问题甚至比锂更严重，其开采条件恶劣，矿产资源也极为稀缺。

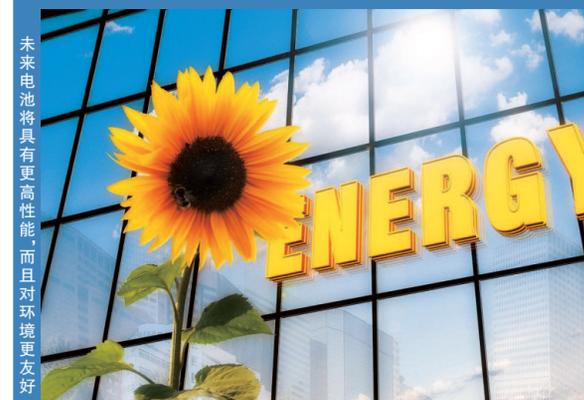
理想的情况是，设计出含钴的新电池系统。这需要多种材料的组合进行反复尝试，以找到高性能和可持续性的最佳点，这个过程非常耗时。在我们拥有完美的电池之前，可能仍需要大量的实验和尝试。



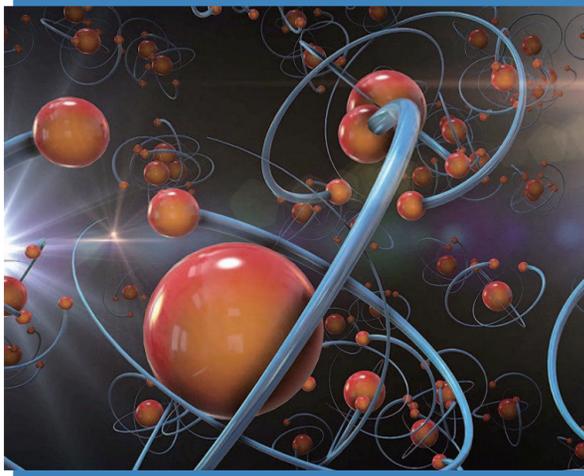
图/视觉中国 本版图片除注明外均pixabay



化学合成自动化将为人带来更丰富的物质选择



未来电池将具有更高性能，而且对环境更友好



科学家尝试重现无生命分子向生命分子转换的那一刻



新的塑料生产工艺将使塑料废弃时直接分解成可循环利用的小分子

5 可循环材料 应对塑料垃圾危机

在原子之间形成化学键是化学家的得意之作。但因此造成的一些严重环境问题令人担忧，大量塑料废弃物最终被焚烧、填埋或漂浮在海洋中，塑料垃圾正在污染我们的土地和海洋。化学家们的应对之策是努力开发出可无限次回收的材料。

塑料是一种高分子聚合物，这也正是它们很难降解或回收的原因——剪断这些强化学键，通常是一个棘手的化学问题。如今，聚对苯二甲酸乙二醇酯(PET)是用于制造塑料瓶的材料，这类塑料废弃物是可以回收利用的，通过简单方法切碎重新制成新瓶子。

但还有其他一些重要塑料制品的处理要困难得多。例如，普通用于双层玻璃窗以及其他多种用途的聚氯乙烯(PVC)，对于化学家来说，处理这些塑料废弃物“简直是一场噩梦”。英国谢菲尔德大学的化学家安东尼·瑞安说，目前还没有回收PVC的好方法，即使回收，最

终得到的氯乙烯，也是一种会增加癌症风险的有毒化合物。

为此，化学家的对策之一就是设计可将塑料分解成可重复使用分子的化学反应新程式。美国加州大学圣巴巴拉分校的苏珊娜·斯科特最近开发了一种技术，使用催化剂将聚烯烃塑料(包括聚乙烯在内的一组塑料制品)分解成更小的分子，分解得到的小分子可用于生产洗涤剂、油漆或药物等。

新的塑料设计理念是从一开始就规划好其未来归宿，从而解决塑料废弃物污染环境的问题。化学家们正在设计的塑料可无限循环使用，或者在废弃之后可分解成滋养土壤的物质。

例如，美国加州大学伯克利分校徐婷教授在塑料中加入微型含酶胶囊。这种塑料可以加工、加热和拉伸成为有用的物品，被废弃后，只需在温水中浸泡一周左右，其中所含的酶就会被释放出来，将塑料“消化”成小分子。如果我们想要消除塑料垃圾的危害，就需要大量这样的创新设计。

6 “机器人化学家” 新药合成的最强助手

现代化学最具传奇色彩的成就也许是全合成。这是一种提取简单分子并将它们“缝合”在一起以产生复杂分子的工艺，也是目前新药研发的普遍模式。但通过化学合成发现新药是一个相当艰辛的过程，合成化学家经常需要连续数小时在实验室里对各种分子进行混合、搅拌和纯化。如今，自动化化学合成正在尝试开发代替人类从事这些辛苦繁琐工作的机器人。

近年来，化学家们一直在不懈努力，以实现化学合成的自动化，从而快速形成药物新分子筛选的大型数据库。英国利物浦大学的安迪·库珀和他的团队开发的机器人化学家，已经能够设计和生产催化分子，从而加速利用太阳能从水中提取氢的过程，机器人化学家可以对每种潜在催化分子的性能进行测试，还可产生和筛选各种化学物质。

科技跨国公司IBM也在尝试化学分子合成的自动化。其RoboRXN工具包使用机器学习算法帮助分子合成设计，可

在含有300万个化学分子式的训练数据库中进行搜索和筛选。IBM研究中心的亚历山德拉·托尼亚托说，这种方法对那些想要制造新分子但缺乏相关设备的人可能有所帮助，“学生们可利用它对大学里接触不到的化学知识进行实践”。

英国格拉斯哥大学的李·克罗宁有一个更加雄心勃勃的计划，目标是进一步提高化学合成的自动化程度，让普通人也可以操作和使用。例如，他设想有一种分子3D打印机，可在灾难突降或疾病爆发而救灾物资未能到达之时，用来生产应急药物。

克罗宁还发明了一种叫做chemputer(“化学”和“计算机”的英语合成词)的装置，可自动合成各种分子，当然首先要给机器人输入机读语言指令，克罗宁为此建立了一个数字化学配方数据库。2020年，克罗宁公布了一个可以加速这一过程的系统，系统可对公开发表的一些化学文献进行分析摘要，并转化为计算机能够阅读的数字指令。

7 创建人工生命 重现生命起源时刻

地球是如何从一个无生命的巨大岩石体演变成一个郁郁葱葱的绿色生命世界的？无生命分子最初是如何进入生命世界的？这是一个最大的未解之谜。

如今，我们离生命诞生之谜的答案可能越来越近了。几位科学家已经创造出了接近生命的物质。去年底，美国佛蒙特大学乔什·邦加德领导的一个团队将青蛙皮肤细胞重新编程，产生了被称为“异种机器人”的细胞群，这些细胞群可以游动，可以自我繁殖。

问题的核心是，一系列无生命分子是如何开始结合并自我复制的？上世纪50年代，化学家斯坦利·米勒和哈罗德·尤里将一种化学混合物放在一个密封的罐子里，证明生命的关键组成成分氨基酸可以自发形成。他的实验为探索生命诞生迈出了一大步，但仍没能告诉我们，这些分子是如何形成自我复制系统的。

这就是为什么化学家们对重现无生命化学物质转变为简单生命形式的这一

时刻倍感兴趣的原因——在这一刻究竟发生了什么？其可能性多达几十亿种。英国格拉斯哥大学的李·克罗宁正在利用机器人协助重现这一场景。他和他的团队设计了一种机器，可将一些简单物质——酸、无机矿物和碳基分子——组合起来，产生随机反应，然后对其结果进行分析，并利用算法帮助机器人继续进行下一步探索。通过这种方式，机器人可在宇宙空间内大范围地探寻生命自我复制系统存在的线索。如果化学家能够重现生命起源的那一刻，我们将有更多机会识别和发现外星生命。

这方面研究还可揭示自我复制系统所含分子的特定比例。克罗宁开发了一种对分子复杂性程度进行评分的系统，该系统标示了分子从类生命进入生命形态的临界点，系统将对某物是“有生命的”或“无生命的”，给出“是”或“否”的答案。

(宇辰/编译)