

# 你呼出的“废气”，能发电了

## ——全球首台超临界二氧化碳发电机组在中国“上岗”

□ 科普时报记者 陈杰

你敢信吗？我们呼出的二氧化碳，可以用来发电啦！

近日，全球首台超临界二氧化碳发电机组在贵州六盘水“上岗”。它不用“烧开水”，只让二氧化碳在特殊状态下“飞速奔跑”，就能将被浪费掉的热量，高效转化成日常生活离不开的电能。

超临界二氧化碳到底是什么？跟人们呼出的二氧化碳有何不同？它又是如何发电的？

### 给二氧化碳穿上“战甲”

提到二氧化碳，人们并不陌生。

我们呼出的“废气”，是它；可乐里滋滋冒的气泡，是它；舞台上梦幻的“仙气”，也是它变的。

但用来发电的超临界二氧化碳，则完全不同。

二氧化碳在不同的温度和压力下，会多重“变身”。

常温常压下，它是无色无味的气体；降温到零下78.5℃，它就变成了干冰；给气态的二氧化碳加压，就会变成液态。

当温度超过31℃，压力达到73个大气压以上时，二氧化碳就会进入超临界状态。

此时，它就像披了一身特殊的“战甲”，既像液体又像气体——

密度跟液体一样大，一立方米能有几百公斤重，是普通气体的几百倍；黏度却跟气体一样小，流动起来相当顺畅，是不可多得的发电材料。

### 发电告别花式“烧开水”

说到发电，我们第一时间可能会想



左图为超临界二氧化碳发电技术实验装置。右图为全球首个超临界二氧化碳余热发电技术“超碳一号”示范工程。  
(图源:中核集团官网)

到火电厂、核电站。

几百年来，人类发电的核心思路，基本上是以“烧开水”为主——把水变成水蒸气，再用蒸汽推动叶轮旋转，带动发电机发电。

从煤炭到核能，目的都是为了更快地“烧开水”发电。

只是，与其用水蒸气发电，何不省下“烧开水”环节，直接用一种气体来发电呢？

超临界二氧化碳接下了这个“活儿”，其发电过程也较简单。

首先把二氧化碳加热加压到超临界状态，钢铁厂废热、太阳能都能当热源。

接着把高温高压的二氧化碳送进透平机（涡轮机），它一膨胀就像“小火

箭”似的，推着叶轮疯狂转，连着叶轮的发电机就能发电了。

最后，“累趴”了的二氧化碳被回收，重新压缩加热后开启新一轮发电循环。

整个过程都在一个封闭系统内进行，节能又环保。

### 为啥要用二氧化碳发电

明明已经有了火电、水电、风电，为啥还要“紧盯”二氧化碳呢？因为它优点多多：

效率拉满。超临界二氧化碳发电的理论能量转换效率超过50%。也就是说，输入的热能一半以上都能变成电。

“身材”迷你。二氧化碳在超临界状态下密度超大，同样的发电能力下，

所需透平机的体积只有蒸汽轮机的十分之一，又省钱又省地方。

反应神速。传统电厂调节发电功率，就像开大船一样慢吞吞。

超临界二氧化碳发电的响应速度，是传统方式的3倍多，能快速跟上电网需求变化，特别适合跟不稳定的风电、光伏“打配合”。

省心省力。整个发电系统是封闭循环的，二氧化碳可以反复用，不用像锅炉那样天天补水、清理水垢，日常维护超简单。

### 不仅是换了种发电方式

超临界二氧化碳发电技术，可不只是“换了种发电方式”这么简单。它的出现，正在悄悄改变我们的能源体系。

它是传统工厂的“废热回收大师”。钢铁、水泥、玻璃厂生产时，会产生大量废热。

超临界二氧化碳发电技术能把这些无用的热量抓回来发电，相当于给高耗能工厂装了个“能源回收器”。

它还是新能源的“超级充电宝”。

太阳能、风能靠天吃饭，白天发电多，晚上就“歇菜”，经常出现“弃电”浪费。

搭配熔盐储能技术，先把多余电能变成热能存起来，等需要时再用超临界二氧化碳技术发电。

这样，可完美实现“削峰填谷”，让新能源供电更稳定。

未来，它还能和第四代核反应堆合作，打造更安全高效的核能发电系统。

# 降解“永久”，期待更多“技术活”上手

□ 尹传红



科学随想

2025年岁末，英国广播公司《科学焦点》杂志发布年度“最使人愉悦”的五则科学新闻，瞧着确实让人欣慰心安，它们是：1.“城市杀手”小行星大概率不会撞地球；2.常见维生素补充剂或可延缓衰老；3.全球最大相机拍下首批照片；4.“永久化学物质”或许并不永久；5.可再生能源发电量首次超过煤炭。

对第4则科学新闻作出的解读是：科学家终于找到了销毁这类危险化学物质的方法。这类物质与多种癌症相关，会通过包装、织物和不粘锅进入我们的家庭环境。全氟和多氟烷基物质是环境与人类健康面临的一大难题。科学家的新方法是利用磷酸盐来打破使这类物质难以降解的强碳氟键。

所谓“永久化学物质”（persistent chemicals），亦称持久性有机污染物，特指一类在自然环境中极难降解的化学物质。近年来，多国科学家一直在探索研究捕获这些化学物质并摧毁它们的方法。2024年底《自然》杂志曾报道，中

国科学技术大学的一个研究团队利用其独创的超级有机光还原剂，实现了对全氟和多氟烷基物质的低温高效降解，将其回收为无机氟盐和碳资源。

延展开来说，科学家对另外几类有降解之现实需求的化合物上了一些新“手段”，近期也取得了可喜的进展。

美国拉特格斯大学的一个研究团队开发出一种新的化学策略，用于制造可在日常条件下按预设时间表安全降解的塑料。其技术原理是，将类似于DNA或蛋白质等天然聚合物中的小官能团引入到合成聚合物中，它们在“触发”降解时能够精准地促进后者化学键的断裂，而降解可以在几天到几年不等的时间内被激活。这意味着，该技术可以调整塑料的使用寿命，以满足不同产品的特定需求。

无独有偶。澳大利亚联邦科学与工业研究组织找到了一种吸附性极强、能高效水解塑料的酶，在生产可生物降解塑料的过程中就将其植入。它一旦接触水分就会被激活，从而使塑料在履行完“使命”后能够较快降解，安全地回归自然环境。像这样，由酶驱动的可生物降解塑料项目，实则是在制造过程中融入解决方案，即在生

产环节就将问题消除。

这与“绿色化学”所倡导的“预防废物产生优于事后清理”理念十分契合。其过程优化也要求尽可能做到避免或至少降低有毒化合物成为废料或可逃逸中间体的可能性，最终产物则应带给人类生活和环境最低的毒性风险。

再说塑料，这种高分子聚合物问世已一个半世纪。早年人们赞誉这项“伟大的发明”缓解了自然资源的压力，还将其为环境可持续问题的解决方案。然而，开启了廉价且过度生产竞赛、应用广泛且降解殊为不易的塑料，今天却成为我们这个时代最严重、最难以解决的环境危机之一，1902年发明的塑料袋在2002年甚至被评为20世纪“最糟糕的发明”。这反差，何其大也！

我们有理由乐观地寄望于接续不断的科技进步么？

且看：2025年诺贝尔化学奖授予了北川进、理查德·罗布森和奥马尔·M·亚吉三位科学家。他们研发的金属有机框架(MOF)堪称一座精巧的、能在恰当条件下自我构建的智能建筑，即由间距规则的金属簇通过细长有机分子连接构成一种框架结构，捕获特定目标分子能效高强。譬如，某些MOF的框架



结构中整合了催化剂，能将所吸附的物质分解为更简单的组分。而已开发出的各式MOF能高效吸附水中油污，储存大量氢气或甲烷，给饮用水去除污染物全氟和多氟烷基物质；还能在人体内精准递送释放药物，对环境里的抗生素进行吸收与酶促降解……活脱脱一个创新洋溢的空间！