

发展“液态阳光”甲醇技术和产业应用，可以将快速发展的可再生能源电力消纳转化为可储存运输的甲醇，同时缓减我国液体燃料短缺的能源安全问题，最终助力实现碳中和目标。

发展“液态阳光”甲醇： 一箭三雕之举

文 / 李灿

实现我国“双碳”目标，需要发展切实可行的技术路径，并据此推动产业应用。到2030年风电、太阳能发电总装机容量达到12亿千瓦以上，将是实现碳达峰的有力保障。事实上，根据多方数据分析，到2030年前这个任务可能超额完成。业界面临的挑战是，如何解决巨量风电、光伏发电的消纳问题。

现行的平衡可再生能源发电上网的主要途径仍是火电，而我国以煤为主的基本国情短期难以改变。鉴于我国煤电装机规模仍然在10亿千瓦以上，从业队伍庞大，减少煤电在一次

能源中的比例需要一个循序渐进的过程，不可能一蹴而就。由此带来两方面的问题：一是如何消纳快速增长的可再生能源电力；二是在我国电力供需基本平衡的形势下，如何同步抓好能源清洁发展与安全问题——在保证煤炭清洁高效利用的同时，如何解决石油等液体燃料短缺？

规模化减碳的有效手段

利用间歇的光伏和风电，规模化转化由煤化工等基础工业排放的二氧化碳制取“液态阳光”甲醇，可谓一箭三雕之举：既可以消纳快速发展的

可再生能源电力为可储存运输的甲醇，又可以缓解我国液体燃料短缺的能源安全问题，还可以助力实现碳中和目标。

建议在煤化工和碳排放严重地区大力发展“液态阳光”甲醇合成，实现规模化减碳，特别应支持可再生能源发电不具备上网条件的地区，通过发展分布式发电消纳或转化不稳定的光伏、风电，形成可储存的化学燃料。“液态阳光”甲醇可永久储存，且容易运输，每生产1吨甲醇可消纳电能6000多千瓦时，可实现可规模化储电（100万吨甲醇相当于储存60亿



千瓦时电)。甲醇既是优良的绿色燃料，又是性能优异的储氢材料，可代替汽油，也可作为氢能的载体，缓解氢能制备、储存、运输的安全和成本问题。更重要的是，甲醇可广泛应用于化学、材料等基础工业中，实现工业绿色制造，是助力实现“双碳”目标和经济发展的切实可行的路径。

非常幸运的是，我国煤化工发达地区，往往光伏和风电资源也很丰富，例如青海、新疆，以及陕西榆林、宁夏宁东、内蒙古鄂尔多斯等地区，在当地大规模生产绿色甲醇，能

产生经济效益，符合中央提出的先立后破、稳中求进的经济发展要求。

“液态阳光”甲醇技术的基本原理是，先通过太阳能等可再生能源分解水（光解水和电解水）制造“绿氢”，然后利用“绿氢”转化二氧化碳，生产出甲醇。此技术在原理上“道法自然”，如同光合作用，基础研究已经取得突破，我国已经成功实现千吨级规模工业化示范工程。该技术具有全部知识产权，且工业化技术全部国产化。

但是，目前绿色甲醇的应用市场

>> 1月18日，安徽淮南，中安联合煤化有限责任公司工作人员在甲醇储罐顶部检查呼吸阀和安全阀。

还有待培育，与传统的煤化工甲醇相比成本稍高（不考虑碳排放税情况下）。因此，提出如下建议：

一是由于“液态阳光”甲醇的成本主要取决于可再生能源电价，对于某些资源富集地区，如能在解决二氧化碳排放的同时消纳可再生能源电力，可给予其政策上的倾斜支持。二是对于将可再生能源生产的“液态阳光”甲醇作为燃料的，给予政策上的支持，包括相关税费的免除，允许和鼓励绿色甲醇汽车等的发展。三是对于工业刚性排放二氧化碳的领域，通过奖励可再生能源发电指标，鼓励企业通过“液态阳光”甲醇路径实现碳中和目标。

助力交通运输领域实现碳中和

在交通领域，甲醇作为低碳清洁能源替代汽油，可以缓解石油对外依存度，实现环境友好。而“液态阳光”甲醇（绿色甲醇）的推广应用，不仅可解决传统化石燃料燃烧污染排放问题，更是该领域实现“碳中和”目标的有效技术路径。因为绿色甲醇由二氧化碳与绿氢合成（也可通过生物质转化合成），作为燃料燃烧时排放的二氧化碳与合成过程吸收转化的二氧化碳相等，这个过程本身就可以实现“碳中和”。

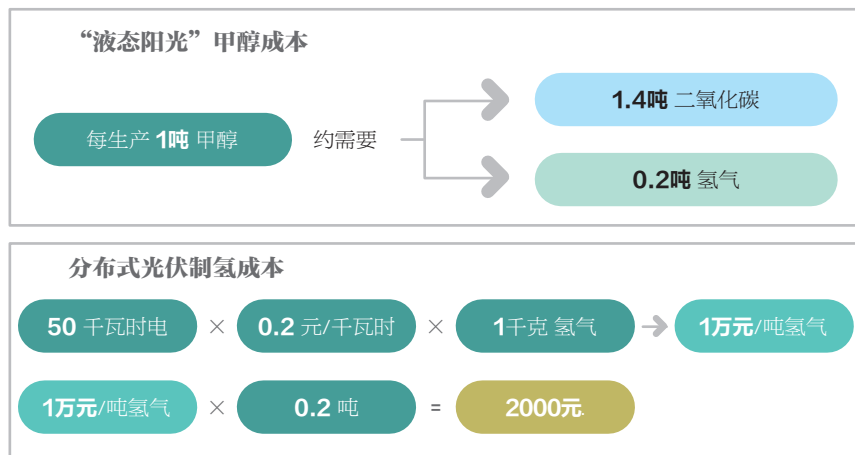
在我国，甲醇燃料目前已经在动力燃烧和热力燃烧领域被广泛应用，且在部分行业的应用技术已经走在世界前沿，实现了引领。

从具体领域来看，甲醇作为热力燃料主要用于锅（窑）炉、替代农村散煤取暖、果蔬大棚、炊事餐饮等，目前年消费量超过500万吨，应用地域遍布全国27个省（自治区、直辖市）。甲醇作为动力燃料，主要用于交通运输车辆和船舶、固定发电装备等，基于道路车辆管理许可的放开、船舶技术法规的出台，产业化应用的技术推广和产品投放正在全面加速铺开。2019年，甲醇汽车在我国实现了政策许可、管理许可、技术标准许可、市场准入、后市场维保全面贯通，在全球汽车产业，率先实现甲醇汽车产业化建设和市场化规模应用，并开展了甲醇汽车与国际同行的多边合作。

上述情况说明，从社会公众认知

从社会公众认知和产业界接受层面看，我国的甲醇燃料行业已经完成了前期探索和试点应用工作，正在进入全面产业化和规模应用阶段。

“液态阳光”综合成本概况



>> 数据来源：中国科学院大连化学物理研究所

我国甲醇燃料行业近年来发展历程

开滦化工股份有限公司范各庄分公司4×20吨燃煤蒸汽锅炉改用醇基燃料供暖连续安全运行5年，热效率达到95.23%，年减少炉渣固体废物逾6000吨。

中科华星新材料有限公司开展“空心玻璃微珠燃烧工艺及燃料技改攻关项目”，产品合格率达100%，单位制造成本降低21.5%，实现全球“醇基液态燃料空心玻璃微珠焙烧”技术零的突破，推动我国空心玻璃微珠产能和应用领域实现质的跨越。

我国第一条甲醇燃料动力船在广东江龙船艇厂下水。



我国第一条甲醇燃料电池旅游观光船在广东佛山下水。



使用99.9%的精甲醇烧制白瓷，以替代天然气、电炉烤制白瓷，制作北京2022年冬奥会吉祥物“冰墩墩”，展示中国甲醇燃料应用的“硬科技”。

2017

2019

2021

和产业界接受层面看，我国的甲醇燃料行业已经完成了前期探索和试点应用工作，正在进入全面产业化和规模应用阶段。但目前消耗的甲醇大多来自化石能源制备（主要是煤制甲醇），不能有效解决二氧化碳排放问题。煤制甲醇每吨排放2~3吨二氧化碳，再考虑到作为燃料燃烧排放，总计排放3~4吨二氧化碳。

在保障能源安全、推进甲醇燃料规模应用的进程中，应特别鼓励甲醇能源制备产业，逐步由化石燃料甲醇技术向可再生能源绿色甲醇技术转变。这意味着，需要从甲醇能源生产的源头开展“液态阳光”甲醇规模化生产，以此提高我国绿色甲醇产能占比。由此，既可实现保障能源安全，又可为能源制备和能源消费两端实现“双碳”目标提供有效的优选路径。

故提出如下建议：

一是研究和组织编制并颁发《甲醇燃料制造企业准入条件》（以下简称“《准入条件》”），对甲醇制造企业提出相应的基本要求，如生产原料、生产纲领（规模）、生产效率、水资源消耗、碳回收等，进行科学规范和规定。对应编制和出台《甲醇燃料制造企业规范管理办法》（以下简称“《管理办法》”），对制造企业碳回收、“液态阳光”甲醇制造项目建设、绿色甲醇占比阶段目标等提出要求和规定。《准入条件》为产业刚性要求，《管理办法》为达到规定阶段占比目标要求给予鼓励支持的相应条款。

二是建立绿色甲醇燃料制备企业名单发布机制，确定三年为一个发布周期，按生产“液态阳光”甲醇占比

排名，引导甲醇燃料消费企业和行业，优先采购名单企业和排名靠前企业制造的甲醇燃料，政府则通过阶梯碳税补贴的方式，鼓励名单企业和排名靠前的企业。

三是开通“液态阳光”甲醇产业建设绿色通道。通过国家绿色金融框架激励机制、绿色金融和财税配套政策，对符合《准入条件》《管理办法》而获得绿色甲醇燃料制备名单的企业，优先给予可再生能源资源，开通可再生能源建设项目审批绿色通道。鼓励和支持企业利用自有资金和社会资金，建设“液态阳光”甲醇项目。

以上措施，将为绿色甲醇可预见到的规模化应用夯实基础，并为碳中和目标提供助力。■

（作者系中国科学院院士、中国科学院大连化学物理研究所研究员、全国政协委员）