

洁净能源领域动态监测快报



本期重点

- 深度：中国生物质发电的前景与问题
- 领域知名院士：生物燃料乙醇的能源战略与产业前景
- 美国能源政策转变之内部因素浅析
- 中国：三元有机太阳能电池活性层形貌控制取得进展
- 牛津大学获得拨款开发 37%效率的全钙钛矿太阳能电池
- 国内外燃料乙醇产业现状+深度解析
- 到 2020 年太阳能将成为欧洲最具竞争力的能源

主办：中国科学院青岛生物能源与过程研究所

主管：中国科学院文献情报系统学科情报协调组

目 录

决策参考

深度：中国生物质发电的前景与问题	1
乙醇汽油：原料成了问题	9
领域知名院士：生物燃料乙醇的能源战略与产业前景	12
秸秆产业新动能，绿色发展主旋律	18
美国能源政策转变之内部因素浅析	20

科技前沿

态势评估：DARPA 生物技术研究剑指何方？	24
中国：三元有机太阳能电池活性层形貌控制取得进展	28
牛津大学获得拨款开发 37% 效率的全钙钛矿太阳能电池	30
“双重性格”保护膜 让锂电池不被刺穿	30
合成生物学：一种两用技术的机遇和挑战	31
美国：防撞防火锂电池 遇外力刺激变硬	36

产业动态

国内外燃料乙醇产业现状+深度解析	38
IRENA：离网可再生能源促进人人享有可持续能源目标实现	44
光伏的过去、现在和未来	49
到 2020 年太阳能将成为欧洲最具竞争力的能源	53
我国光伏行业发展脉络	54
合成生物学：21 世纪最重要的生物技术平台	58

深度：中国生物质发电的前景与问题

摘要：介绍了生物质能的特性，生物质能发电的发展趋势及发电方式与环境效益，论述了中国生物质能发电的前景及存在的问题，并提出了中国生物质能发电产业健康可持续发展的措施。

目前，世界一次能源消费以煤、石油、天然气等不可再生化石燃料为主。随着经济的发展和人类的进步，能源消费量不断增加。化石燃料终将耗尽，寻找新的替代能源以保证社会的可持续发展成为全球性问题。特别是进入 21 世纪，随着化石资源消耗迅速，生态环境不断恶化，保障能源安全、应对气候变化等已成为全球的焦点问题，世界各国都加速发展可再生能源，特别是生物质能。

生物质资源在地球上数量庞大、种类繁多。世界上已知的生物多达 25 万多种，其中任何 1 种生物(包括植物、动物和微生物)都有可能为人类提供 1 种以上的生物质。一般来说，所有生物的物质都算生物质，从自然科学的含义来讲，生物质是所有生物体，它存在的物质载体都是生物质，包括粮食作物、饲料作物及其残体、树木的残体，还有水生植物、畜禽的粪便及其他的有机物质都是生物质。生物质能是太阳辐射造成的，植物因为自身的光合作用把太阳辐射能转化为化学态能量。现代加工转化技术与途径多样，产品既有热与电，又有固、液、气三态的多种能源产品，以及塑料、生物化工原料等众多非能生物基产品。

生物质能利用形式多样。人类通过“摩擦生火”第一次掌握自然力，开始了对能源的开发利用，以薪柴、秸秆和杂草等生物质为燃料生产、生活，时至今日这种方式仍然在大量使用，被称为传统生物质能利用。现代生物质能的利用是通过燃烧、热化学法、生化法、化学法和物理化学法等技术，将其转化为热量或电力、固体燃料(木炭或成型燃料)、液体燃料(生物柴油、生物原油、甲醇、乙醇和植物油等)和气体燃料(沼气、生物质燃气和氢气等)等二次能源。人类数千年来依赖生物质能而生存发展，将来还会依赖其发展。本文着重论述利用生物质能发电及相关问题。

1 话说生物质能

1.1 生物质能的特性

以能源消费来看，当今世界正拉开了一个大历史时代的序幕：后化石能源时代的变革。人类已经走到一个历史的拐点上——从依赖化石能源向没有化石能源过渡，这是一个大的历史时代的转折，也是一个大的时代变革的开始。化石能源时代正在走向终结：世界石油和天然气资源终将枯竭；煤炭资源也将枯竭。能源短缺正

在一步步扼紧人类未来的咽喉，寻找可再生的替代能源成为世界各国的当务之急。生物质能是一种洁净的、友好的可再生能源，它是从太阳能转化而来的，每年经光合作用产生的生物质其能量相当于世界主要燃料消费的 10 倍，开发潜力巨大，只要太阳不熄灭，生物能源就取之不尽，用之不竭。生物能源又是一种清洁能源，生物质能的转化过程是通过绿色植物的光合作用将 CO₂ 和水合成生物质，生物质能的使用过程又生成 CO₂ 和水，形成一个理论上 CO₂ 的净排放为零的物质循环。生物质能同时也被认为是唯一一种能被存储的太阳能，在替代化石交通燃料方面有不可比拟的优势。截止目前，就总量来讲，生物质能源已经成为世界第四大能源和首屈一指的可再生能源，排位仅次于煤炭、石油和天然气，在整个能源系统中占有重要地位，是替代化石能源的主力军之一。

1.2 生物质能发电的发展趋势

在未来相当长的时间里，化石能源仍将是主导性能源，所谓的能源转型主要是指可再生能源对化石能源的逐渐替代。在此过程中，各国竟殊途同归地走上了以生物质能源为主导之路。20 世纪 70 年代爆发世界石油危机和开始寻求石油替代时，美国的玉米乙醇、巴西的甘蔗乙醇、北欧的生物质发电、德国的沼气等纷纷出台。近十几年来，丹麦新建的热电联产项目都是以生物质为燃料，还将过去许多燃煤供热厂改为了燃烧生物质的热电联产项目。目前，在可再生能源领域，丹麦是公认的生物质能利用的强国。如今，在美国利用生物质发电已经成为大量工业生产用电的选择，这种巨大的电力生产被美国用于现存配电系统的基本发电量。2011 年 10 月 4 日法国环境部和工业部发表联合公报说，法国已批准建立 15 个生物质发电厂，总装机容量将达 420MW。到 2020 年，法国计划生产和利用相当于 2000 万 t 石油发电量的新能源，其中利用生物质发电的电量将超过新能源发电总量的 1/3，相当于 750 万 t 石油发电量的水平。目前，全球生物质发电装机容量已超过 5000 万 kW，可替代 9000 多万 t 标准煤。在生物质发电居世界领先地位的美国，生物质发电总装机容量超过 1 万 MW，占美国可再生能源发电装机的 40% 以上。有资料显示，到 2020 年，西方工业国家 15% 的电力将来自生物质发电，而目前生物质发电只占整个电力生产的 1%。届时，西方将有 1 亿个家庭使用的电力来自生物质发电，生物质发电产业还将为社会提供 40 万个就业机会。美国能源部预测，到 2025 年之前，可再生能源中，生物质发电将占据主导地位。未来，利用生物质再生能源发电已经成为解决能源短缺的重要途径之一。

1.3 生物质能发电的方式及环境效益

生物质发电是利用生物质所具有的生物质能进行的发电，是可再生能源发电的一种，包括农林废弃物直接燃烧发电、农林废弃物气化发电、垃圾焚烧发电、垃圾填埋气发电、沼气发电等。生物质发电有 3 种方式：①生物质直燃发电，就是将生

物质直接作为燃料进行燃烧，用于发电或者热电联产。生物质直燃发电是在传统的内燃机发电技术上设备进行改型而实现的技术，该技术基本成熟并得到规模化商品运用，是生物质发电的主要方式；②生物质与矿物燃料(主要是煤的混合燃烧发电)，混合燃烧提高生物质发电的效率，可达 35%以上，且当生物质比重不高于 20%时一般不需对现有设备进行改动，是未来生物质发电的发展方向；③生物质气化联合循环发电。生物质气化是在高温下部分氧化的转化过程。该过程是直接向生物质通气化剂(空气、氧气或水蒸汽)，使之在缺氧的条件下转变为小分子可燃气体的过程。该技术还不成熟，有待于商品化。

发展生物质发电，实施煤炭替代，可显著减少 CO₂ 和 SO₂ 排放，产生巨大的环境效益。从环境效益的角度来看，基于生物质燃料本身所具有的低碳、低硫特性，以及生物质生长、燃烧过程中的零排放机理，它在氮氧化物、SO₂、CO₂ 以及烟尘颗粒的排放上，分别是火电机组排放标准的 1/5、1/10 和 1/28。与传统化石燃料相比，生物质能属于清洁燃料，燃烧后 CO₂ 排放属于自然界的碳循环，不形成污染。据测算，运营 1 台 2.5 万 kW 的生物质发电机组，与同类型火电机组相比，可减少 CO₂ 排放约 10 万 t/a。

2 中国生物质发电的前景与问题

2.1 中国生物质资源的发展潜力

中国生物质资源非常丰富，发展生物质发电产业大有可为。一方面，我国农作物播种面积有 1.2 亿 hm²，年产生生物质约 7 亿 t。除部分用于造纸和畜牧饲料外，剩余部分都可做燃料使用。另一方面，我国现有森林面积约 1.75 亿 hm²，森林覆盖率 18.21%，每年通过正常的灌木平茬复壮、森林抚育间伐、果树绿篱修剪以及收集森林采伐、造材、加工剩余物等，可获得生物质资源量约 8~10 亿 t。此外，我国还有 4600 多万 hm² 宜林地，可以结合生态建设种植农植物，这些都是发展生物质发电产业的优势。

目前，可利用的生物质资源，主要为有机废弃物，包括作物秸秆、畜禽粪便、农产品加工废弃物、林产加工废弃物、生活垃圾、有机污水等。单就农林废弃物、能源林业和其他能源作物的储量就相当于每年 9 亿 t 标准煤。可替代石油的生物质原料，如薯类、甜高粱、甘蔗、木本油料、秸秆和各种植物纤维素原料的储量相当于年产 2.7 亿 t 石油。目前，中国有机废弃物可转换为能源的潜力约 5 亿 t 标准煤，预计将来潜力可达 7~10 亿 t 标准煤，约为当时能耗的 15%~20%。可见，中国生物质资源发展潜力巨大。

2.2 中国生物质能发电产业的政策与策略

2005 年 2 月全国人大颁布了《可再生能源法》，为生物质产业的发展提供了十分坚实的法律保障。可再生能源是清洁能源，是指在自然界中可以不断再生、永续

利用、取之不尽、用之不竭的资源，它对环境无害或危害极小，而且资源分布广泛，适宜就地开发利用。根据《可再生能源法》的定义，目前主要包括太阳能、风能、水能、生物质能、地热能和海洋能等非化石能源。

中国可再生能源资源非常丰富，开发利用的潜力很大，其中生物质能的开发潜力更大。2006 年和 2007 年的中央 1 号文件均对发展生物质产业，开发生物质能源做了部署。《国家中长期科学和技术发展规划纲要》对生物质能源开发及其产业发展的科技工作进行了部署。在十届全国人大第四次会议通过了《国民经济和社会发展规划“十一五”规划纲要》，确定了可再生能源的发展目标(其中生物质能为重要组成部分)，即到 2020 年可再生能源(不包括传统生物质)所占能源总消费比例由 2006 年的 8%提高到 15%。国务院于 2007 年 6 月 7 日通过的《可再生能源中长期发展规划》，确定了生物质能源产业发展目标。到 2010 年，生物质发电将达到 550 万 kW；生物燃料乙醇年利用量 200 万 t；生物固体成型燃料达到 100 万 t；农村户用沼气池达到 4000 万户，沼气年利用达到 190 亿 m³，建成大型沼气工程 6300 处；生物质能年利用量占到一次能源消费量的 4%；初步实现生物质能商业化和规模化利用，培养一批生物质能利用和设备制造的骨干企业。

到 2020 年，生物质发电装机达到 3000 万 kW；生物液体燃料达到 1000 万 t；沼气年利用达到 400 亿 m³；生物固体成型燃料达到 5000 万 t；生物质能年利用量占到一次能源消费量的 10%。2009 年 6 月国家出台的《促进生物产业加快发展的若干政策》中已明确表明：国家将对批准生产的非粮燃料乙醇、生物柴油、生物质热电等给予支持。2010 年 9 月，国务院颁布的《关于加快培育和发展战略性新兴产业的决定》明确提出，要因地制宜开发利用生物质能。2011 年 3 月 16 日发布的“十二五”规划明确指出，“大力发展沼气、作物秸秆及林业废弃物利用等生物质能”。2011 年 4 月 26 日，国家发展改革委发布的《产业结构调整指导目录(2011 年版)》的目录中明确提出，鼓励生物质纤维素乙醇、生物柴油等非粮生物质燃料生产技术。非粮生物质燃料生产技术开发及应用也成为本次目录中新增新能源板块的鼓励项目之一。“十二五”期间，我国生物质能产业有望迎来其发展的黄金时期。

发展生物质发电，是构筑稳定、经济、清洁、安全能源供应体系，突破经济社会发展资源环境制约的重要途径。生物质发电安全性优于核能，规模和发电量远大于风能、太阳能等新能源，环保性优于垃圾发电。生物质发电所具有的优势，将使之成为我国新能源产业发展的一大重点。国家有关部门积极听取各方意见，站在历史的高度，从《可再生能源中长期发展规划》，一直到《关于完善农林生物质发电价格政策的通知》和《关于生物质发电项目建设管理的通知》，这一系列有关可再生能源政策的推出，不仅使生物质发电产业在国家战略性新兴产业占有了一席之地，而且这些从实际中来、符合中国农村实际的政策，犹如一股强劲的东风，引导着中国

生物质发电产业，从混沌走向有序。

近几年，中国节能投资公司、国家电网公司、五大发电集团等大型国有、民营以及外资企业纷纷投资参与我国生物质发电产业的建设运营。特别是国家电网公司作为关系国民经济命脉的重要能源供应企业，深入实施“新农村、新电力、新服务”的农电发展战略，积极推进农村电网建设与改造、“户户通电”、新农村电气化、农村生物质发电等重大工程，以发展农电事业助推新农村建设。中国生物质发电的先行者——国能生物发电集团有限公司(由国家电网公司与龙基电力集团有限公司共同投资，于 2005 年设立)，以社会责任为己任，在短短 5a 间，把国能生物发展成为全球最大的、产业链最完整的、生物质发电专业化公司，集投资、建设、运营于一体，为发展绿色经济和深入开展节能减排工作做出了积极贡献。

截至 2011 年 6 月，公司共投资建设的生物质发电厂有 37 家，其中 26 家已投入商业运营。经过这几年的摸索和发展，包括国能生物发电和凯迪控股在内的国内企业，先后探索出了符合当地实际的成熟技术方法和模式，大大提升了发电效率，降低了生物质发电成本。特别是 2010 年以来出台的《国家发展改革委关于生物质发电项目建设管理的通知》以及《产业结构调整指导目录(2011 年本)》等有关产业政策的实施，在很大程度上改变了生物质发电的盈利格局。即将出台的《可再生能源发展“十二五”规划》明确了“十二五”生物质能源领域的发展目标及具体的产业发展布局，确定的生物质发电及生物燃料规模较“十一五”有大幅度提高。《规划》提出的“到 2015 年，国内生物质发电装机规模不低于 1300 万 kW”的目标数字中，具体包括农林生物质发电 800 万 kW，沼气发电 200 万 kW，垃圾焚烧发电 300 万 kW。随着产业政策日臻完善，作为中国未来绿色能源的重要组成部分——生物质发电产业，正在成为中国利用可再生能源进程中不可忽视的一个新产业。

2.3 中国生物质能发电存在的问题

我国生物质发电产业虽然发展前景广阔，但发电能力依然较低，生物质发电装机容量在可再生能源发电装机容量中只占 0.5% 的份额，远低于世界平均 25% 的水平，并且生物质发电的盈利能力亟待提高。

虽然生物质发电在国外已经有了比较成功的案例，但是受经济、技术、思想观念、人文自然环境等因素的影响，中国生物质发电产业的成形与发展，尚属任重道远。①在如何运用国际碳交易获利上，我们的企业有一个熟悉的过程，参与国际碳交易的能力有待提高；②国家相关产业优惠政策的实施，还有一个不断完善的过程；③过去国内没有现成的技术设备，需要有符合中国实际的生产装备，需要技术的革新，来提高效率、降低成本；④就是在燃料的收集上，存在存储和供应不均衡的难题，特别需要运用本土智慧。

从总体上来看，我国大多数生物质发电技术尚处于初级阶段，并且在核心技术

领域缺少自有知识产权，生物质能技术的产业化和商业化转化程度低，缺乏持续发展的动力。因此，生物质发电正面临着一些需要认真研究和积极解决的问题。

(1)建设和运营成本相对较高。生物质能资源的收集、运输、加工以及贮存仍面临一定困难，生物质发电的燃料成本构成要比传统发电复杂。与传统燃料不同，生物质发电燃料成本除了秸秆等原料的购买成本外，加工成本、储运费用以及损耗占燃料成本较大比重；相对于常规燃煤电厂，生物质发电厂的厂内上料系统复杂，运行成本高，维护费用大；生物质发电厂需要一定的厂外辅助人员，使整个运营的人工工资和管理成本提高。

(2)技术开发能力和产业体系薄弱。如果说燃料供应问题是生物质电厂能否存活的第一道“关口”的话，那么技术升级以及设备成本下降将成为关系电厂生死存亡的下一道“关口”。生物质直燃发电技术是一个跨度较大的综合性新领域，既涉及到农业、农机，又涉及到系统的运筹和管理，国内从基础性科学、工程设计、机械设备等方面的研究都滞后于现在产业的发展水平。

(3)促进生物质发电行业发展的财政金融税收优惠政策出台相对滞后，有关补贴政策与实际发展存在不适应现象。

(4)上网电能定价难以支撑生物质发电厂的正常运营，尚不能满足生物质发电发展要求，生物质发电定价模式不能正确引导生物质发电产业的均衡发展。

(5)生物质发电尚处于初始示范项目阶段，示范项目从立项、建设、发电上网到验收，还没有专门的管理办法，影响了示范项目建设的进度和投资者的积极性。特别是，对于示范项目中遇到的问题，没有及时采取有效的措施。

(6)生物质发电产业与上下游配套产业发展不协调，生物质发电产业发展过程中的配套服务产业有待进一步发展。

(7)生物质发电产业发展的融资渠道单一，缺乏健全的风险投资体系。

(8)生物质发电产业发展的政策支持力度不够，在有关政策的执行层面存在着内容不配套、实施细则不全面、关键政策尚未出台等具体问题。

(9)人才支撑不够。目前国内既无现成的运营企业可供借鉴，各科研单位和院校也无对口的专业设置，真正熟悉和掌握生物质直燃发电的人才较少。

3 中国生物质发电产业健康可持续发展的对策

基于未来我国经济社会发展对生物质发电产业的需求和目前生物质发电产业在发展过程中还存在的问题，要促进我国生物质发电产业的科学、持续发展，就必须进一步提高认识、加强规划，并制定系统的推进措施。政府的支持力度对生物质发电行业的发展举足轻重，特别是我国正处于生物质发电产业成长初期，国家政策导向作用十分重要。

3.1 做好资源调查和评价，精心编制发展规划

资源的相对有限性是我国生物质发电的最主要特点。摸清资源状况是发展生物质发电产业的前提条件，地区生物质发电规划和生物质电厂建设的关键因素是可利用资源量，因此，应将资源调查和评价置于最为重要的位置。我们需要通过深入调查和评估全国生物质能资源整体情况，统一评价全国农林生物资源的分布情况，统筹全国生物质发电产业的发展进度和区域布局分布。我国与发达国家农业耕种模式不同，森林资源及其产业发展模式不同，决定了我国生物质发电只能采用因地制宜的方式，同时要通过合理规划，以充分重视项目的环境保护问题。因此，在资源调查和评估的基础上，根据分布特点和燃料特性，编制全国和省级生物质发电规划，从而防止盲目建设。当然，在我国生物质发电的产业规划、项目设计上要符合国情，项目进度要积极稳妥，因地制宜，统筹兼顾，合理规划生物质发电的站址和规模，提高有效利用率，降低运营风险，加强评估，系统规划并稳妥推进生物质发电产业的发展。

3.2 培育生物质发电产业链

在生物质发电项目的产业化发展过程中，要培育成熟的上下游配套产业链，提升其产业化发展的力度；要深入研究适合我国特点的生物质发电相关产业发展模式，从燃料的收购、加工、储存和运输以及发电过程等方面构建完整的产业链；积极开展生物质发电上下游产业链研究，开展关键技术自主开发和相关设备自主研制，完善生物质能利用产业链和相关的产业标准体系建设，努力形成从燃料收、储、运、发电到燃烧废料的深加工一整套产业链，促进生物质发电的产业化。

3.3 完善生物质发电的标准与规范

尽快公布国家生物质发电的具体发展目标及相关保障措施，加强规划指导和项目管理。生物质发电产业作为一个新兴产业，目前正处在发展的初期，需要国家制度和政策的大力支持。这里要特别注意，要结合实际制定合理的发展战略和目标，在鼓励投资者投资生物质发电产业的同时，需要为行业的准入和技术制定标准，鼓励国产设备以及配套设备、技术的研发。要加强管理，严格生物质发电项目的核准，防止生物质发电产业投资过热，避免无序竞争，保障生物质发电产业健康发展。目前，世界范围内的太阳能产业已经严重过剩，这不仅浪费了其他资源，而且不利于可再生能源的健康发展。同时，我国现在的风力发电项目也出现了盲目上马的现象，究其原因就是国家出台的鼓励风力发电的政策吸引了大量投资者，引起了风电开发的热潮。因此，国家在制定生物质发电目标和推出相关鼓励政策时，要注意对投资者进行正确引导，防止过热。

3.4 完善生物质发电的定价和费用分摊机制

由于建设成本和运营成本较高，在某些地区，生物质发电所适用的电价仍不能实现盈利，因此，针对目前我国实行的生物质发电定价中的诸多问题，我们可以考

考虑推行浮动价格体系，这样不仅可以充分利用市场竞争机制，激励发电企业改进发电技术，降低发电成本，同时也获得政府的奖励补贴电价，鼓励投资者投资生物质发电产业。对于我国的生物质发电的费用分摊机制，我国可以考虑采取绿色税收专项资金模式，通过向使用化石燃料等产生大气污染物的企业征收绿色税收，来补贴生物质发电企业。这种费用分摊机制不仅可以促进企业减少化石燃料的使用，增加绿色能源的利用，还明确了权利责任，消除了让全体电力消费者承担费用的不合理性。

3.5 推行并完善绿色配额制度

配额制度是随着电力市场化改革逐步发展起来的一项新的促进可再生能源发展的制度，主要是对电力生产商或电力供应商规定在其电力生产中或电力供应中必须有一定比例的电量来自可再生能源发电，并通过建立“绿色电力证书”和“绿色电力证书交易制度”来实现。“绿色电力证书”是政府为了促进发展清洁电力而颁发给生产清洁电力企业的证书，该证书还可以进入市场交易，电力生产商或电力供应商如果自己没有可再生能源发电量或达不到政府规定的配额要求，可以通过购买其他可再生能源企业的“绿色电力证书”来实现。同时，可再生能源发电企业通过卖出“绿色电力证书”可以得到额外的收益，激发出企业发展清洁电力的动力，从而促进了可再生能源发电(包括生物质发电)的发展。我们可以借鉴发达国家绿色电力配额制度的成功经验和做法，结合我国电力市场的不断完善，加快建立我国的“绿色电力证书”和“绿色电力证书交易制度”，通过合理的配额制度，扩大生物质发电的市场空间，提升生物质发电项目的盈利能力。

3.6 制定促进生物质发电产业发展的财税和投融资政策

生物质能的发展离不开国家财政、税收的政策支持。尽管一些税收优惠政策促进了生物质能产业的发展，但支持力度还待加大。生物质发电产业是一个高投入、高风险、高回报的新兴产业，建设投资数额大、成本高、见效慢是产业投融资的重要障碍，民营资本和外资不敢轻易投资。因此，应建立健全“政府引导、市场主导”的产业投融资机制，引导和鼓励社会资金支持生物质发电产业发展。政府应当对生物质发电产业推行积极鼓励的财政政策，实行合理的投资补贴和产品补贴，加大转移支付力度；对于生物质发电企业可以进行适当的税费减免，而对于那些排放废气多的发电企业提高征税额。要设立生物质发电产业发展专项资金，在财政预算中单列专项引导资金项目。

随着生物质发电技术的逐渐成熟及国家扶持力度的加大，商业银行也应逐渐加大对生物质发电技术的低息贷款支持。探索构建政府引导、企业带动、社会参与、多方投入的生物质发电产业建设机制，拓宽生物质发电产业的融资渠道；支持生物质发电企业重组，推进上市融资；加快金融创新，大力发展创业风险投资，推动贷

款担保机构发展，着力解决生物质发电企业融资难问题。要加强与国际风险投资等相关机构的联系与合作，拓宽合作领域，创新合作模式，为吸收国际机构和社会团体、企业家和个人来我国投资，独资或合资建设生物质发电项目创造条件，从而促进我国生物质发电产业的市场化。

3.7 支持技术开发和设备制造，加强生物质发电产业技术创新

生物质发电开发发展受资源、市场所限，归根结底是技术不成熟造成的，因而加大技术研发力度是解决问题之根本。生物质发电技术集环保与可再生能源利用于一体，从战略需求出发，各国都加大投资力度进行开发利用。生物质发电技术主要包括：直接燃烧发电、与煤混燃发电、气化发电以及沼气/填埋气发电等。我国应根据生物质发电的发展进程，选择有代表性的基础技术、应用技术、关键技术和前沿技术进行跟踪和研究，不断进行技术创新和超前技术储备，注重生物技术集成创新和成套装备研发，促进生物质发电产业快速发展。要将生物质发电的科学研究、技术开发及产业化纳入国家各类科技发展规划，在高技术产业化和重大装备扶持项目中安排有关专项，支持国内研究机构和企业生物质发电核心技术方面提高创新能力，在引进国外先进技术基础上，坚持消化和创新相结合的发展模式，力争在一些关键性技术上取得突破，充分掌握相关的核心技术，形成自主创新能力，努力实现技术和设备的国产化，提高国际竞争水平。

3.8 开展生物质发电的宣传和培训工作

充分利用网络、电视、报纸、杂志等多种媒体，采取多种形式，广泛宣传生物质发电的重要意义。重点抓好技术培训和职业技能鉴定工作，对从事生物质发电的技术工种实行职业准入和持证上岗制度

信息来源：<https://www.china5e.com/news/news-1040965-1.html>

乙醇汽油：原料成了问题

8月25日起，天津市内有10座加油站进行汽油置换，并从当日起供应乙醇汽油，天津市车用乙醇汽油正式投入使用。

天津并不是国内率先推广使用车用乙醇汽油的城市。此前，黑龙江、吉林、辽宁等11个试点省份已开始推广使用车用乙醇汽油，并取得积极的效果，今年将进一步在北京、天津、河北等15个省份推广。

依照2017年国家推出的《关于扩大生物燃料乙醇生产和推广使用车用乙醇汽油的实施方案》(以下简称《方案》)，到2020年，车用乙醇汽油要在全中国范围内推广使用。

“乙醇是世界公认的优良汽油添加剂，对节能减排意义重大。燃料乙醇确实符合中国发展的国情，也是减少机动车尾气污染的一个重要策略。但燃料乙醇的来源问题还存在一些争议，最主要的就是粮食安全问题。”中科院大连化学物理研究所研究员申文杰对《中国科学报》记者表示。

燃料乙醇具有战略意义

如今在各国政府大力推动下，推广使用车用乙醇汽油的国家越来越多。中国工程院院士刘中民告诉《中国科学报》记者，乙醇是世界公认的环保清洁燃料和油品质改良剂，乙醇汽油的使用比例在逐步增加，美国、欧洲以及巴西普遍使用乙醇汽油。50多个国家制定了生物燃料配套政策，包括规定掺混指标或指令、给予税收激励，这些是出于能源安全战略、农业持续发展和振兴农村经济、减少温室气体排放以及缓解环境污染的考虑。

8月下旬，国务院常务会议决定，要有序扩大车用乙醇汽油推广使用，会议确定了生物燃料乙醇产业总体布局。具体方法是，坚持控制总量、有限定点、公平准入，适量利用酒精闲置产能，适度布局粮食燃料乙醇生产，加快建设木薯燃料乙醇项目，开展秸秆、钢铁工业尾气等制燃料乙醇产业化示范。

刘中民表示，燃料乙醇产业是我国重要的战略性新兴产业，对替代石油等不可再生能源以及应对大气雾霾污染、防控水土污染都有十分积极的战略意义。例如，在天津，环保部门初步测算，使用乙醇汽油后，该市机动车尾气排放每年可减少一氧化碳排放量10%~15%，减少碳氢化合物排放量3%~5%，减少颗粒物排放量1%左右。

我国自2001年推广车用乙醇汽油以来，至2016年12月已累计生产销售燃料乙醇2208万吨，相当于减少国内原油进口约5000万吨。国内外几十年反复的测试结果都表明，使用车用乙醇汽油能够减少汽车有害物的排放，特别是可显著降低排放物中的HC和CO含量。

我国交通部汽车运输行业能源利用监测中心的测试结果为，使用E10乙醇汽油后，排放的尾气中CO减少了19.7%，HC减少了16.4%。对于常规排放污染物，研究发现，掺混比为10%的乙醇汽油可使汽车尾气中苯污染的排放减少25%。

粮食燃料乙醇要适度布局

“乙醇汽油的使用初衷是好的，但《方案》最大的问题是没有明确生产生物乙醇的主要原料是什么。”刘中民介绍，目前生物乙醇的主要原料分两类，作物与生物质，目前全世界能够实现乙醇规模化生产的原料是作物，主要有玉米、薯类、谷类等，巴西主要用蔗糖，“在我国以粮食作物为原料，势必与人‘争粮’‘争地’，我们一般理解的生物质是不包括粮食的，主要指秸秆等农作物的副产物，没人把粮食称为生物质，粮食安全是首先需要保障的”。

然而，中国汽车流通协会常务理事贾新光表示，我国目前是以玉米为主要的乙醇生产原料，应进一步发展非粮食作物生产的纤维素乙醇。

“我国的粮食安全状况还远远没有到可以浪费粮食的程度，但是到目前为止，以秸秆为代表的纤维素乙醇与玉米乙醇相比成本上没有优势。”贾新光说。

非粮资源包括木薯、甘薯、甜高粱，还有大量粮食作物的废弃物秸秆，农业、工业、生活废料等纤维素、半纤维素、木素及其它可用生物有机质资源。以这类资源作为原料生产乙醇的技术还处于实验研究阶段，很难满足“2020 年在全国范围内推广使用车用乙醇汽油”的目标。“《方案》中的生物乙醇概念太过笼统，当然要推进生物质制乙醇技术的发展，但现阶段提出的生物乙醇好像就是指粮食法了，这是令人担心的。”刘中民说。

他表示，我国的石油消费量是 6 亿吨/年，粮食产量也是 6 亿吨/年，“我国 2/3 的石油需要进口，已经受制于人，粮食出现危机后果更加严重，拿粮食去做汽车燃料，一定要非常慎重”。

另一方面，从成本方面来看，用粮食做原料也并不合算。刘中民认为，“3.1 吨玉米生产一吨乙醇，每吨玉米 1500 元，乙醇的成本则在每吨 4000 到 5000 元，经济上未必合算；若还要政府补贴，是不可能持久的。“粮食生产乙醇只能作为调节，国务院常务会议上也提到粮食燃料乙醇生产要适度布局”。

多种能源应互补融合

申文杰认为，国外(比如美国、巴西)燃料乙醇均来自于生物质发酵，特别是玉米、甘蔗等，但这些国家的原料来源丰富，且人口密度不是太大，在一定量范围内不会明显影响国家的粮食安全。

“中国的情况有些特殊，即使按照 10% 的添加量，也需要近 1500 万吨的年用量。”申文杰说，燃料乙醇与粮食具有一定的冲突；如果只是强调陈化粮制乙醇，在乙醇的产量上有一定的制约。但如果从煤炭等化石资源制备乙醇，则面临碳循环周期的问题。“总的结果是我国燃料乙醇发展路线限定了生物质来源的乙醇。”

刘中民强调，一方面要节约能源，发展可再生能源，包括生物质能源、水能等，另一方面也不能低碳排放唯一论，“要用好我们的化石资源，促进绿色消费，比如煤制油、煤制气、煤制乙醇，如此才能做到能源的综合互补。用煤炭生产乙醇原则上与煤制油、烯烃没有差别，都是煤代油战略实施的具体路线。

目前全世界乙醇年产量约 1 亿吨，而我国才 200 多万吨。人多地少的国情及粮食安全问题，让刘中民瞄准煤制乙醇这一技术。去年 1 月，大连化物所与延长集团共同研发、具有我国自主知识产权的全球首套煤基乙醇工业化示范项目正式生产出合格的无水乙醇，技术主要指标达到国际领先水平，使我国大范围推广乙醇汽油成为可能。

“煤化工单个产品就可以形成上千亿元的产值，煤制油、煤制烯烃、煤制乙二醇、煤制乙醇加起来可达万亿产值。”刘中民表示，现代煤化工产业发展潜力巨大，我国技术“局部领先、空间很大”。

煤化工最大的难题是清洁化利用。我国国内面临环保压力，如何减少二氧化碳排放，保持发展、减排和环境的平衡，需要在国际发展趋势和能源革命大格局下思考。“乙醇的生产也不能单纯依靠粮食作物，实现化石能源与可再生能源、清洁能源的融合才是正确的选择。”

刘中民告诉记者，中科院大连化物所正在牵头筹建洁净能源创新研究院，并于近期正式启动了“变革性洁净能源关键技术与示范”A类战略性先导科技专项。“创新研究院是要探索更为灵活的体制机制，促进创新和重大成果的产生，先导专项是重要的平台和抓手，没有这些战略性项目为载体，体制机制探索会非常困难甚至虚化。”

“我们的技术路线不仅注重现阶段多种能源的互补融合，更兼顾了我国能源发展从高碳向低碳直至无碳过渡中的技术需求，希望为构建我国互补融合清洁低碳、安全高效能源新体系提供技术支撑。”

信息来源：<https://www.china5e.com/news/news-1039476-1.html>

领域知名院士：生物燃料乙醇的能源战略与产业前景

导读：供给侧改革、进口关税调整、中东局势变化等因素正在影响生物燃料的行业格局，给国内燃料乙醇企业带来了发展契机。国家对燃料乙醇已经制定了相应规划和产业政策，乙醇进口关税上调、乙醇汽油试点推广将对国内燃料乙醇需求形成利好。燃料乙醇作为油品增氧剂和改良剂，对降低汽车有害气体排放、减少PM2.5和消除雾霾具有重要作用。岳国君院士接受采访时，讲述了全球燃料乙醇产业的发展历程和生物乙醇的发展趋势，同时提出发展生物燃料乙醇可以为大宗农产品建立长期、稳定、可控的加工转化渠道，提高对粮食市场的调控能力，有利于促进粮食供求平衡，形成粮食生产和消费良性循环发展的局面，稳定农业生产，带动农业增效和农村经济发展，也是解决我国“问题粮食”的唯一实现途径。最后，他指出纤维素乙醇（第二代生物乙醇）生产技术和生物燃料乙醇未来非常重要的发展方向和重要解决方案。采访对话如下：

目前国际上对生物燃料乙醇的发展前景有怎样的判断？生物燃料乙醇在我国的发展趋势和前景如何？

从国际看，美国发展燃料乙醇源于美国能源危机，美国刚开始使用燃料乙醇就明确了其在改善大气环境保护方面具有的优势；之后美国开始在十九个州推广使用

燃料乙醇，明确了其对农业发展也有很好的促进作用，燃料乙醇具有很好的发展前景，直接受益的有能源、环境和农业三方。在美国十年的燃料乙醇推广中，燃料乙醇产量从一千万吨增长到四千五百万吨，玉米产量增加了 1.7 亿吨，燃料乙醇成为了农业产品的“出口”，自然就形成了农业发展的驱动力，带动农业增效和农村经济发展。美国农业部也以其海外市场服务局为支点，大力推广燃料乙醇及关联产品，燃料乙醇既是农业的深加工产品，也是能源产品，因此本次中美贸易谈判中，燃料乙醇也是其中的一部分。目前全球有五十多个国家以法律形式规定添加生物能源，而液体燃料中燃料乙醇是最廉价、易得、可持续的生物能源，再加上它对油品的输送体系、物流、包括发动机等基础设施影响小，以及对环保、农业都有显著的促进作用，综上，国际上对燃料乙醇的前景非常看好。

目前全球燃料乙醇消费量大约为八千万吨，中国是世界第三大燃料乙醇生产和消费国家。在中国，燃料乙醇的趋势一定是向好的。首先，十九大对于社会主要矛盾中“美好生活”的定义必然包含了环境方面，而燃料乙醇的使用可减少二氧化碳排放，减少一氧化碳、碳氢化合物等污染物的排放，极大地改善我们的环境，起到较好的环保作用；其次，燃料乙醇还能解决真菌毒素超标和重金属超标等问题粮食带来的食品安全问题；再次，中国目前汽车保有量对于运输燃料的需求也非常大；最后，在处理现有的国家库存粮食方面，能够起到重要的“出口”作用。因而，我们看好燃料乙醇。

生物燃料乙醇在国家的能源战略中应起到什么作用？扩大生物燃料乙醇生产和 2020 年实现乙醇汽油全面推广的目的是什么？发展生物燃料乙醇主要涉及哪些问题？

燃料乙醇在国家能源战略中可以起到重要补充和支持的作用。

中国交通运输燃料的能源结构中，汽油消费只占油品中的一部分，目前燃料乙醇消费量较少，不会成为主导型的液体燃料，即使 2020 年燃料乙醇全面推广也只能占到汽油消费量的 10%，但如果纤维素乙醇真正实现商业化突破，到这个时间节点，燃料乙醇可能会有较大的发展机会，并起到更重要的作用。

扩大生产燃料乙醇和推广乙醇汽油主要目的有三点，首先是解决农业问题，其次是解决环保问题，最后是解决能源问题。这三个目的和美国相似，其中，解决农业问题必须是首要目的，即让燃料乙醇可以成为库存粮食的一个重要出口。

从国际经验来看，美国用玉米总产量的 38% 来生产燃料乙醇，维持了玉米价格，确保农民收入，为美国稳定农村社区、创造就业机会做出了巨大贡献。巴西的实践证明燃料乙醇就是糖的重要出口，能够帮助农民降低糖价波动带来的风险。巴西通过甘蔗-糖-乙醇联产，根据国际市场蔗糖价格调节燃料乙醇的产量和汽油中乙醇掺混比例，同时大力推广乙醇汽车，扩大乙醇消费量，来保障国内甘蔗价格和糖价的

稳定，维护农民利益。中国发展生物燃料乙醇主要还是从农业出发，最重要的驱动力是解决粮食问题。

发展燃料乙醇主要涉及政策引导和政策保障，政策保障最重要的是市场容量的控制，其余因素为原料保障，涉及到企业如何做好技术进步、节能降耗、降低成本等方面。

结合研究方向和工作实践，着重谈谈在生物燃料乙醇的生产和推广中，有哪些让您印象深刻的技术变革或者是观念变革？

如何从食用酒精走向生物能源，从技术变革的角度来讲，必须解决我们生产体系内实现 $\Delta E > 0$ 的事情，即增加提供的能量，减少消耗的能量。

要说印象深刻的技术变革太多了。乙醇的发展方向既有科学的问题，还有工程的问题，技术的问题，菌种、基因的问题。总体来说，整个过程中，燃料乙醇所有的技术发展方向都是围绕着减少水的进入开展的，通过减少进入生产体系中的水，实现加工过程净能量为正，即 $\Delta E > 0$ 。这是替代能源或可再生能源必须满足的条件。具体来讲，一方面可以通过生物技术提高转化效率，如改变酶催化效率、改变糖代谢路径以及创新种植能源植物等，另一方面发展提高过程技术与设备有关，想办法减少工艺流程长度，提高效率。

目前没有关键性的变革，但我们需要时刻关注全球技术进展，必须紧紧站在产业的最前沿，了解世界发展趋势，行业中每个方向的发展动态如何，谁在做哪些方面的研究，都有哪些应用。

根据 2017 年 9 月 13 日发布的文件，2025 年实现市场化运行机制的提法是否已有可选择的方案？我国是否会按照美国燃料乙醇模式实现市场化运行机制，还是更有可能独创具有中国特色的市场化运行机制？

燃料乙醇是典型的政策驱动型产业。美国和巴西通过政策支持过渡，最终走上了市场化道路，对中国未来发展提供了很好的借鉴。

目前我国燃料乙醇市场就是市场化的运行机制，当初进行试点时也是招标进行的，不存在谁可以上谁不能上的问题。但为了避免一哄而上、一哄而下的风险，采用了类似上游计划、下游市场的形式，即采用“定点生产、定向流通、封闭运行”的措施，这种做法与美国相反，但是有必要的，都是为了达到“有序发展”的目的。

我曾了解到这样的事情，国内企业知道某项产品的全球需求量，却以远超过需求的产能在做计划，因为企业认为技术进步带来成本下降，却不了解国际市场，也没有考虑到竞争企业拥有更低的成本，只是闷着头来做事情，这样肯定就有市场风险并带来无序发展。

中国应借鉴国外燃料乙醇产业发展的成功经验，结合自身资源禀赋和技术实际来发展燃料乙醇产业。这个产业将来也必须采用“定点生产、定向流通、封闭运行，

有序发展”的这种形式。

针对一些媒体报道的担心燃料乙醇项目与民争粮，引发粮价上涨，发展燃料乙醇如何把握尺度，这个问题怎么看？

一直以来，伴随生物燃料乙醇产业发展存在这样的担忧：用玉米制造乙醇是否会危害我国粮食安全？实际上，加工生物燃料乙醇并不会影响粮食安全，更不会出现“与人争粮”的情况。

讨论这个问题的前提，是对我国粮食安全形势的清晰认识。在我国，小麦、稻谷、玉米是三大主粮，其中，小麦和稻谷是口粮，玉米主要用于饲料和工业。我国粮食生产以谷物为主，谷物产量一般占粮食总产的 90%左右。习近平总书记在去年的中央农村工作会议上明确表示：口粮绝对安全，谷物基本自给。这是分析当前我国粮食安全形势的概念基础。当前，我国保障粮食安全的核心任务已由让老百姓“吃得饱”“吃得着”“吃得起”转变为保障老百姓“吃得好”。一是粮食总量不缺。我国粮食总产量从 1949 年的 1.13 亿吨增长到 1977 年的 2.86 亿吨，到 2000 年产量达到 4.5 亿吨，到 2017 年已经达到 6.2 亿吨，人均产量达到 440 公斤，已经超出 1949 年人均粮食产量 209 公斤的一倍以上。二是存在结构性问题。在年产 6 亿吨粮食中，作为口粮的稻谷年产量为 2.1 亿吨，小麦 1.3 亿吨，仅这两个品种年产量合计达到 3.4 亿吨，已超过改革开放初期的年粮食总产量，每年都有大量结余。特别是玉米，2017 年产量仅减少 365 万吨，目前仍高达 2.1 亿吨以上，考虑饲料消费 1.3 亿吨、工业消费 0.7 亿吨、食用消费 1,800 万吨，在不消耗历年储备库存的情况下，当年产需基本平衡。

在保障粮食安全中，生物燃料乙醇是能够发挥积极作用的。生物燃料乙醇是粮食生产的推进器和调节阀。当玉米被消耗后，消费刺激生产，合理的价格会提高农民种粮积极性，从而生产出更多的粮食，形成良性循环。发展生物燃料乙醇对粮食安全不仅不会产生危害，反而会有促进和保障作用。当出现粮食丰产、库存有余时大力发展和鼓励使用生物燃料乙醇，可最经济地实现产需平衡。当出现灾害年份或非常因素导致粮食短缺时，由于生物燃料乙醇实行的核准生产及国家指令性计划这一管控办法，可调整掺混比例、通过其他原料补充等方式减少生物燃料乙醇对粮食的消耗，在极特殊情况下也可停用生物燃料乙醇，即可保证不耗粮。特别是，生物燃料乙醇还是消化人畜不能食用的有毒、有害粮食的唯一途径。

国际已有成功经验。美国是世界最大的生物燃料乙醇生产消费国，主要原料为玉米。据美国可再生燃料协会数据，2017 年全美生物燃料乙醇总产量达 4718 万吨，消费量占汽油消耗量的 10.07%。生物燃料乙醇的推广使用拉动了美国农业发展。美国从上世纪 70 年代开始发展生物燃料乙醇产业，拉动玉米产量由 2000 年的 1.48 亿吨增至 2017 年的 3.71 亿吨，在种植面积基本不变的情况下单产提高 1 倍。美国玉

米产量的 38%左右用来生产生物燃料乙醇。无论是对美国国内、还是全球市场，美国发展燃料乙醇并没有导致玉米供应不足、价格上涨等问题，美国玉米出口意愿强烈。美国生物燃料乙醇的规模化发展实现了消化玉米的初衷，没有威胁全球粮食安全、反倒促进了全球玉米的供应。

目前，东北地区仅临储库存玉米就高达 1.3 亿吨。据研究机构报告，我国每年因霉变造成的粮食产后损失高达 2100 万吨，另有重金属超标粮食约 1200 万吨，两者合计约占全国粮食总产量的 5.5%。这些“问题粮食”很大一部分是通过掺入合格粮食经稀释后流入市场，是我国食品安全的重大隐患。

因此，在保障国家粮食安全的基础上，适度发展粮食燃料乙醇，合理把握粮食燃料乙醇总量，科学有序推进生物燃料乙醇和车用乙醇汽油的推广使用，对于提高我国对粮食生产、库存和价格的调控能力，建立大宗农产品长期、稳定、可控的加工转化渠道，促进粮食供求平衡，稳定农业生产，形成粮食生产和消费良性发展局面，提高粮食质量安全保障水平具有重大意义。

此外，每年国际玉米和木薯贸易量的 5%即可转化生物燃料乙醇 300 万吨。国内纤维素制乙醇技术成熟，已具备产业化条件，可利用的秸秆和林业废弃物每年超过 4 亿吨，若利用其中的三分之一可生产生物燃料乙醇达 2000 万吨，潜力巨大。从生物燃料产业可持续发展考虑，原料是有保障的。

发展生物燃料乙醇威胁粮食安全这一话题在我国已经争论了 16 年，其结果就是，我国粮食总库存从 2002 年仅有 2 亿吨到 2017 年超过 6 亿吨。“不与人争粮、不与粮争地、不破坏生态环境”，无论过去、现在还是将来，都是我国生物燃料乙醇产业发展必须遵循的基本原则，也不能再被误解了。

在促进生物燃料乙醇理性、有序、科学发展方面，您有哪些好的建议？

促进生物燃料乙醇理性、有序、科学发展方面，还是要加强政策引导、产业规划，产业规划是很重要的。

中国需要多少燃料乙醇，按执行标准往里面加多少，需要有个整体规划以及充分市场竞争的机制。打个比方来说，到 2020 年，目标是需要加入一千万吨的燃料乙醇，我们可以先来规划一个一千二百万吨的市场，将来任何企业都可以依据这个规划参与进来一起做。

美国虽然通过清洁能源安全标准规定了清洁能源的使用下限，即清洁能源强制标准，但也面对在执行过程中如何保证标准得到落实的问题，因此，伴随着每加仑生物燃料或乙醇生成的可再生能源认证码(RINS)应运而生，这是一组复杂的编码，被设计出来的目的就是保证清洁能源标准得到落实。美国企业实行的是认证码管理，拿到码后才能做，只有当别人退出你才能进入，总体是个大池子。例如当一个乙醇生产商生产出燃料乙醇时，该生产商就会按照美国环境保护署的规定注册一个可再

生能源识别码并上报，这个识别码本身对应着一定产量的可再生能源。如果这些乙醇被转移给下游的精炼商、贸易商或混配商，那么 RINS 也会随之易主。对于每个生产商、混配商、精炼商而言，都必须上报满足规定标准的 RINS，意味着他们生产加工了 RINS 对应数量的乙醇燃料，满足了可再生能源标准的规定。

食用酒精的竞争对手是国内企业，燃料乙醇的竞争对手就是美国。由于农产品价格低，美国的农产品具有价格竞争优势。国家要根据需求，依据基础数据来做好规划，企业需要做好战略，可以借鉴学习美国经验。具体可以参考看看《可持续的清洁能源——燃料乙醇在美国》一书。

根据相关文件，要求在 2020 年实现纤维素燃料乙醇 5 万吨级装置示范运行，2025 年实现纤维素乙醇规模化生产，您如何看待我国未来纤维素乙醇的发展前景？公司在非粮或是纤维素乙醇方面有怎样的战略布局来保障国家目标的实现？

我国的农业废弃物产量巨大，可以作为原料用来生产燃料乙醇，也被称为第二代燃料乙醇。第二代纤维素乙醇是生物燃料乙醇未来非常重要的发展方向和重要解决方案，但肯定不是作为唯一的。国投生物会积极推动该领域的发展。

在所有的替代能源中，只有生物能源是唯一能够提供碳源的。目前，人们做纤维素乙醇研究的出发点主要有两方面，一方面是获取能源，获取燃料乙醇比较简单，另一方面是探索实现纤维素糖平台，这与生物炼制密切相关，如在糖平台实现后，后续可以生产各种合成材料、塑料纤维、橡胶等，还可以做成吃穿用的，范围非常广泛。而作为具有市场且工艺相对简单的燃料乙醇是发展糖平台的第一步。

目前世界经济正在由烃经济向糖经济转变，化学品原料正在由碳氢化合物向碳水化合物转变，国家已经提出“生物经济”的概念，利用生物技术来实现能源、化学品等大宗产品的生产，所以纤维素具有非常大的意义，绝不仅仅是生物能源，而是整个糖平台的一个重要里程碑。

未来发展任重而道远。未来能源的发展除了选择的多样性，除“开源”外，“节流”也极其重要，在节能方面，如果能够做出一定努力，将会取得明显的成果，如英国能源大臣只做一件事情，就是提高能源价格，增加能源方面的税收，推动能源的节约高效使用；具体实施可以先制定节能目标、能源价格增长目标，在保证能源收入不变的情况下，可以做到节约能源用量，降低二氧化碳排放，但目前实施也一定会面对来自各方面的挑战。

信息来源：<https://mp.weixin.qq.com/s/mIVHZus85sjxWWO7qzvWWA>

秸秆产业新动能，绿色发展主旋律

9月8日-11日，2018第三届中国（长春）秸秆产业博览会在长春农业博览园成功举办。本次博览会旨在提高我国秸秆综合利用市场化、产业化、专业化、规模化水平，充分体现秸秆产业新动能，绿色发展主旋律的主题，有效促进农业强、农村美、农民富的绿色生态发展理念，引领和带动秸秆综合利用各企事业单位做好、做大、做优、做强，奏响秸秆综合利用产业化发展最强音。本届博览会由国家秸秆产业技术创新战略联盟、中关村秸秆产业技术创新联盟主办；原粮众信集团有限公司冠名；长春市农业委员会、长春农业博览园、秸秆控股集团有限公司承办；中华环保联合会、吉林省发展与改革委员会、吉林省农业委员会、吉林省商务厅、吉林省工商联、吉林省畜牧业管理局、吉林农业大学、吉林省农业科学院、全球吉商联合会、长春市会展管理办公室、黑龙江省农牧林生物质产业技术创新战略联盟、邹平汉隆机械制造有限公司联合协办。



2018年9月8日上午，来自国家有关部委，吉林省、长春市，和来自有关省市的领导专家及参展商、专业观众共计3万余人参加了开幕式。开幕式由长春市人民政府副秘书长谭景坤主持。莅临开幕式的领导和嘉宾有：中共中央政策研究室原副主任、国家发改委原秘书长郑新立，农业部原常务副部长尹成杰，国家粮食储备总局原局长高铁生，中国城镇化促进会副主席兼理事长陈炎兵，吉林省政协常务副主席李龙熙，吉林省人大原副主任李玉堂，吉林省人民政府副秘书长金喜双，吉林省工商联主席李维斗，长春市副市长贾晓东，吉林省农业科学院院长吴兴宏，民革吉林省委专职副主任郭乃硕等领导，及吉林省、黑龙江省、辽宁省、内蒙古自治区、河北省、河南省、安徽省等来自全国各地的政府、部门领导200多人。

开幕式上，吉林省第十二届政协委员、吉林省工商联常委、全球吉商联合会常务副会长、长春市第十五届人大代表、国家秸秆产业技术创新战略联盟理事长、中国秸秆产业博览会组委会主席、秸秆控股集团有限公司董事长彭飞致欢迎词。彭飞董事长表示：“放眼我国，每年主要农作物秸秆理论资源量为 10.4 亿吨。秸秆综合利用工作取得积极成效，露天焚烧现象得到有效遏制，秸秆综合利用途径不断拓宽、科技水平明显提高、综合效益快速提升。利用好这些宝贵的资源，不仅解决了秸秆处理的难题，还可以更好的加快区域经济发展，实现农业增效、农民增收和农村一二三产业融合发展！通过秸博会的持续举办，充分发挥博览会的交流合作平台作用，全面展示我国秸秆综合利用成果，加快推动秸秆综合利用科技成果转化，不断延伸秸秆综合利用产业链条，实现生态环境改善、农民增收致富、农业可持续发展的综合效益。”开幕式结束后，参加开幕式的各级领导在彭飞董事长的陪同下一同巡馆，与展商亲切交流，深入询问和了解参展企事业单位、科研机构的秸秆综合利用新技术、新模式、新设备和新工艺，并勉励各参展企业紧紧抓住“秸博会”这个契机，在合作交流中进一步提升专业技术水平，加强创新驱动，增加秸秆产业化发展的动力和活力。

今年“秸博会”展览面积达到 5 万平米，现场设置了秸秆燃料与炉具、秸秆饲料、秸秆肥料、秸秆基料、秸秆制炭、秸秆制浆、秸秆设备、秸秆建材与集成房屋、秸秆工艺品加工、秸秆环保制品等 10 十大展区，涉及的产品及设备近千种，覆盖全国十多个粮食主产区及秸秆资源大省，并集中展示全国各大院校、科研机构最新科研成果。第三届“秸博会”着力促进秸秆综合利用机械设备和秸秆肥料化、饲料化、能源化、基料化、原料化应用各有关产品的销售、推广，为各地政府部门、农业企业、采购商、新型经营主体、投资机构和参展商搭建了合作共赢的产业平台。并体现“五个一”特色优势：即：有 1000 家秸秆“五化”应用及科研企事业单位参展；有 1000 家农村新型经营主体和合作社作为专业观众、采购商观展；有 100 余家秸秆主产区的县（市区）政府观展并参与论坛；有 100 余家投融资机构参与投融资高峰论坛；有 100 余家主流媒体全程跟踪报道。集中发挥资源优势，实现合作共赢，切实把本届“秸博会”办成特色鲜明、内涵丰富、国内一流、国际知名的大型综合性秸秆产业盛会。

本届“秸博会”着重聚集人才、技术、资本、项目等发展要素，成功举办了秸秆综合利用高峰论坛、产业、技术与资本对接会等交流活动，搭建秸秆综合利用产学研用平台。9 月 8 日下午成功召开第五届中国秸秆产业发展高峰论坛暨重点项目签约仪式，邀请从事秸秆综合利用的专家、学者、企业交流研究成果和实践经验，同时举办一批秸秆综合利用重点项目签约仪式，促进重点项目对接落地；9 月 9 日上午举办第三届中国秸秆产业技术峰会暨《中国秸秆产业蓝皮书 2018》发行仪式，

邀请秸秆综合利用方面的高等院校和科研机构的专家、学者围绕加强技术创新、促进秸秆综合利用产业化发展进行研讨；下午举办第二届中国秸秆产业项目推介会暨投融资发展高峰论坛，为秸秆综合利用企业和秸秆产业化项目搭建对接交流平台，加快技术成果转化；9月10日上午举办中国秸秆产业大讲堂，介绍国内外秸秆综合利用新技术、新模式、新设备、新工艺；下午举办原粮集团专场推介会，促进农业发展和增收，辅助农村困难社员，推动构建创造新型农村金融服务及农副产品生产流通服务。

原粮众信集团有限公司、邹平汉隆机械制造有限公司、北京秸大生物科技有限公司、山东麦沃迪环保科技有限公司、四平冠科机械制造有限公司、吉林省秸秸高肥业集团、河北天太生物质能源开发有限公司、天津天人世纪科技有限公司、山东托尼环保科技有限公司、上海世达尔现代农机有限公司、呼伦贝尔蒙拓农机科技股份有限公司、黑龙江德沃科技开发有限公司、中国农机院呼和浩特分院有限公司、安徽莱姆佳生物科技股份有限公司、任丘市创新采暖设备有限公司等来自全国20多个省市、自治区的业内名企闪亮登场。

展会现场产品、设备琳琅满目，秸秆颗粒、压块，固化成型燃料，秸秆生物颗粒饲料，秸秆有机肥，秸秆食用菌，秸秆纤维毯，秸秆生物纤维，秸秆新型环保建材，秸秆画，秸秆包装材料，秸秆环保餐具；秸秆圆捆、方捆打捆机，平模、环模生物质颗粒机，压块机及生物质成套设备……技术、成果国内领先。现场展位人潮涌动，采购商、观众络绎不绝，每日近10万人的观众规模将博览会气氛推向高潮。

今年的“秸博会”，组织更有序、展示更丰富、论坛更权威、项目更成熟、影响更深远，以“开创秸秆新时代·共筑绿色产业梦”为主题，全面展示我国秸秆综合利用成果，加快推动秸秆综合利用科技成果应用转化，不断延伸秸秆综合利用产业链条，为农业更强、农村更美、农民更富的绿色生态发展理念做出积极贡献。

信息来源：<https://www.china5e.com/news/news-1039148-1.html>

美国能源政策转变之内部因素浅析

俄日英韩加强可再生能源部署，美却回归化石能源，原因何在？

2017年1月20日，特朗普就任美国总统当日，白宫网站列出特朗普政府将要优先处理的六大“头号问题”，第一条就是“美国第一能源计划”。该计划明确提出美国本届政府的政策是“为辛勤工作的美国人降低能源价格，尽量开发本土能源，减少国外石油进口，并继续页岩革命”。特朗普政府还暂停了多项奥巴马时期的计划

和法令，包括《清洁电力计划》等。这一系列举措都表明美国的能源政策发生了巨大的转变，从奥巴马时期的低碳优先转变为特朗普时期的化石能源优先。

在可再生能源的大趋势下，世界其他发达国家都在加强相关的部署，而美国政府却选择回归化石能源，原因何在？在这篇文章里，我们将初步分析特朗普政府能源政策的特点以及其背后的原因。

特朗普能源政策特点

重视化石能源，促进油气生产和出口，以能源行业的繁荣来支撑美国经济增长

在对内政策上，特朗普退出《巴黎协定》，暂停多项奥巴马时期的计划和法令，并重新强化化石燃料在美国经济中的作用，解除美国政府对能源生产的限制和干涉，加快油气领域基础设施的审批和建设速度等，以生产和出口更多的石油和天然气。

在对外贸易上，特朗普积极推销美国能源产品。2017年7月，特朗普在波兰“三海峰会”时表示，各国若需要能源，只需打个电话，美国就可以在15分钟以内，启动一个液化天然气的合作协议。2018年4月德国总理默克尔访美期间和2018年7月北约峰会期间，美国多次反对德国和欧洲与俄罗斯达成管道协议，希望欧洲国家能够更多地购买美国的液化天然气。中美经贸关系中，特朗普也积极推销美国的油气资源，甚至通过中美贸易战对中国施压，以期望在日益增长的中国油气进口中占据更多的份额。

在对外关系上，美国利用政治杠杆，制造产油小国经济动荡，并大力打击油气进口大国的来源国，其中以伊朗最具代表性。2018年5月，美国宣布中止伊朗核协议，并重启对伊朗的制裁，希望所有国家在11月4日前将从伊朗进口的石油量削减至零。

特朗普政府执政一年半以来的种种举措都表明了其能源政策以经济增长为核心的特点：大力支持石油、天然气和煤炭等传统化石能源的生产，以努力实现美国能源的“黄金时代”；再通过能源行业的繁荣，来支撑美国整体经济的较高速度增长。

俄日英韩重视可再生能源部署

不同于特朗普政府忽视甚至打击清洁能源的态度，俄、日、英、韩等国却越来越重视可再生能源的发展。

俄罗斯：2017年11月，俄罗斯投资约300亿卢布在俄境内建设风电站。今年5月，俄罗斯宣布启动一项总计1.9吉瓦的可再生能源项目招标，涉及太阳能、风能和水电项目。此外，俄罗斯还努力实现可再生能源设施的国产化，计划将本土化率从2016年的25%提高到2019年的65%。

日本：2018年7月3日，日本政府内阁会议通过新修订的“能源基本计划”，将可再生能源发电定位为“主力电源”，并且为了实现这一目标，日本政府要求充分利用现有输电线路，推进可再生能源发电的并网，可见其对可再生能源的重视。

英国：2018 年 7 月 17 日，英国政府发布新的电动汽车战略《零排放之路》（The Road to Zero），目标是使英国成为全球生产和使用电动汽车的最佳地区。在该战略中，英国政府承诺到 2020 年在超低排放车辆方面投资 15 亿英镑，用于加速充电设施部署、低成本的无线充电及道路充电技术研发以及电动汽车购买补贴。此外，无论是在太阳能发电、风能发电还是储能领域，英国政府也都十分重视。

韩国：文在寅曾在竞选时作出承诺，今后韩国将着重发展清洁能源，在 5 年总统任期结束前至少关闭 10 家老旧火电站，以减少温室气体和粉尘排放，并争取到 2030 年实现韩国 20% 的电力来自清洁能源。文在寅总统表示“规划建设无核、无煤国家的同时，政府也将制定一整套利于环保的能源政策。我们会遇到很多困难，但这是一条必经之路。”由此看来，清洁能源在韩国也是大势所趋。

特朗普能源政策转变原因

除了俄罗斯、日本、英国、韩国之外，世界其他国家政府也都在大力发展可再生能源。诚然，相比于技术已经相当成熟的化石能源，可再生能源不仅不能给国家带来收入，还需要政府投入大量的资金以促进技术研发以及基础设施建设。但是技术的趋势是不可阻挡的，各国政府对可再生能源的投资是为了在未来的全球能源局势中抢占先机，以保证本国的能源安全和能源独立。但特朗普政府却暂停了多项可再生能源的计划和法令，排斥清洁能源，原因何在？

美国政府债务危机迫在眉睫

联系特朗普政府对化石能源的经济定位、在油气出口上迫切招揽客户的行为以及其在任期间美国政府的债务情况，我们认为特朗普能源政策的一个重要原因很可能是美国政府的债务危机迫在眉睫，使得其暂时顾不上国家的长远发展。

根据美财政部公布的数据，2016 年美债务规模为 22.8 万亿美元，2017 年美债务规模为 20.5 万亿美元，这个数额已经超过了美国 2017 年的 GDP 水平。巨大的债务规模使得美国每年的利息支出成了一大不可忽视的风险。按照此前较低的利率 2.3% 计算，美国每年所需要支付的利息已超过 4000 亿美元。

更糟糕的是，为抵消通货膨胀，美联储频频加息，最近的美债利息已经上升到 3%，并且还将继续上升。另外，根据美国政府自己的计算，社会保险和医疗保险未来支出超过未来收入总额数为负 49 万亿美元，这意味着美国最大、最重要的两个养老金和医疗保健项目也将面临破产。

为应对美国巨大的债务，美国政府的偿债能力就显得尤为重要。但在没有特殊情况或者海外资产流入的情况下，美国政府的财政收入几乎是固定的，增长有限。从这个角度分析，美国大量出口石油天然气很有可能是因为债务危机已经迫在眉睫，急需吸引美元回流，而卖油气是回笼资金最快的一种方式

共和党偏爱化石能源，民主党重视清洁能源

从美国党派利益的角度分析，共和党和民主党在能源政策上一直持有泾渭分明的态度。

尽管自 1973 年美国爆发第一次石油危机之后，美国历届政府的能源政策都以实行能源独立、保障能源安全为主要目标。但在实现该目标的过程中，共和党和民主党在实施方式和侧重点上却大有不同。共和党政府一向代表的是化石能源行业的利益，将化石能源尤其是石油放在能源政策的第一位，而卡特、克林顿、奥巴马等民主党政府在能源政策上则更偏向清洁能源。再加上新能源行业曾妨碍过特朗普集团的商业利益，他个人一贯的理念也是反对清洁能源、否认气候变化、偏爱化石能源。因此从党派利益和个人理念的角度分析，特朗普回归化石能源也是预料之中。

在这篇文章里，我们着重从美国国内因素出发，在美国债务危机和党派利益这两个角度上对特朗普能源政策进行了分析。但每个政策背后都有多个因素在起作用，除了美国政府内部的债务危机和党派斗争之外，在国际政治这个层面上，石油所能发挥的作用更是不容小觑。

值得注意的是，尽管美国政府不支持可再生能源的发展，但是市场资金并未停止相关的投资，美国可再生能源技术的发展也从未停滞。我国想要在未来全球的新能源市场占据主导地位仍然任重而道远。

<https://mp.weixin.qq.com/s/Mpviu2Cmg1gzUQ52YLUbg>

态势评估：DARPA 生物技术研究剑指何方？

美国国防部高级研究计划局（DARPA）是负责美国防高新技术预研工作的主导机构，其对于颠覆性技术与国家安全的认知框架，以及其主导推进实现的一系列颠覆性技术，对美军形成强大的技术优势具有重大作用。2014 年，DARPA 充分认识到生物科技对国防军事可能带来的颠覆性改变，专门成立了生物技术办公室（BTO），主要开展生物学、工程学和计算机科学交叉研究，将生物技术推进应用于军事防务。

2014 年以来，BTO 为生物技术的开发和转化应用提出了诸多新概念、新思路，其主持开展的项目也取得了丰硕成果，已成为全球生物技术，尤其是军事生物技术研发的风向标。通过对 DARPA 生物技术项目部署情况进行分析，可有效分析器创新理念和战略重心，具有较高的参考价值。

DARPA 将生物技术提升至战略新高度

2014 年之前，DARPA 生物技术类项目主要由国防科学处和战略技术处管理。随着生命科学的飞速发展及其军事价值的日益凸显，DARPA 于 2014 年专门创建了生物技术办公室(BTO)，对生物技术类项目进行统一管理，标志着美军将生物技术提升至战略新高度。BTO 的使命是通过整合生物学、计算机科学、物理学、数学和工程技术等多学科平台，面向美军的近期及长期的战略需求提供先进的解决方案，其研究涵盖了与军事国防相关的从细胞水平到全球生态系统的不同层级。

DARPA 生物技术经费重点突出

近年来，DARPA 年度经费始终保持在约 30 亿美元的区间，其中 2015 年为 29.2 亿美元，2016 年为 29.7 亿美元，2017 年为 29.7 亿美元，2018 年为 31.7 亿美元。生物技术领域研究经费呈总体增长趋势，2015 年度为 2.71 亿美元，占 DARPA 年度经费的 9.2%；2016 年度为 2.77 亿美元，占比 9.3%；2017 年为 2.93 亿美元，占比 9.8%；2018 年度为 2.77 亿美元，占比 8.7%，稍有回落。



DARPA 近年研发总经费及生物技术领域投入情况（国际技术经济研究所整理）

从生物领域经费投入的分布情况来看，DARPA 更倾向投资于解决实际问题的应用研究领域（占 84%）。2014-2018 年，生物医学技术（39%）、生物材料与装备（40%）以及基础作业医学（16%）领域始终占据较高的比例，尤其是生物材料与装备领域的投资增幅明显，而生物武器防御领域的经费投入则逐年回落，生物和信息、微生物系统科学于 2017 年被撤销。

领 域	年 份	2014		2015		2016		2017		2018	
		金额	百分比	金额	百分比	金额	百分比	金额	百分比	金额	百分比
基础 研究	生物和信息、微生物系统科学	0.2	8%	0.15	6%	0.06	2%	-	-	-	-
	基础作业医学	0.5	20%	0.5	18%	0.57	21%	0.58	20%	0.43	16%
应用 研究	生物医学技术	1.15	47%	1.12	41%	1.14	41%	1.15	39%	1.09	39%
	生物武器防御	0.25	10%	0.45	17%	0.24	9%	0.21	7%	0.13	5%
	生物材料与装备	0.37	15%	0.49	18%	0.76	27%	0.99	34%	1.12	40%
合 计		2.47	100%	2.71	100%	2.77	100%	2.93	100%	2.77	100%

DARPA 历年生物技术领域投资分布（亿美元）（国际技术经济研究所整理）

BTO 主要研究方向及趋势

1. 研究方向

BTO 的研究项目着眼于未来战争与国防的战略需求，从科技发展的趋势和远景出发，重视生物技术、信息技术、纳米技术、医学技术等前沿领域与集成技术的融合，资助风险高但具有开创性、前瞻性和深远影响的技术，而非“短平快”的实用性项目。其成立之初的研究主要聚焦恢复和维持作战人员的健康、开发利用生物系统以及病毒传播和预防机制等，而随着生物技术的飞速发展以及军事作战环境对生物技术的需求不断更新，BTO 的研究范围不断拓展，目前聚焦的领域主要可分为生物战防御、战地医疗与士兵机能增强、人机界面的研究以及生物系统的工程化应用等 4 大模块。

生物战防御在该领域，BTO 的研究涵盖了生物战防御的全流程，包括化学、生物、辐射、核、爆炸（CBRNE）及高度危险病原体的威胁监测、人员救护与隔离、后果管控、药物研发与生产、战场消毒等生物战防御的各个阶段，旨在通过提升全流程的防护能力，为作战提供全方位的军事准备支持和战地保护。

战地医疗与士兵机能增强 DARPA 早在 2002 年就经论证研究后提出，士兵已经成为现代军事系统中的薄弱环节，需要提高士兵能力，并投资打造更优秀的士兵。在该领域，BTO 主要研究了战场医疗技术、提高人员抗性、缓解损伤及加速康复等。

神经科学与脑机接口神经科学与人机接口是 DARPA 研究的重点领域，也是近

年进展最快的领域之一。该领域覆盖了感觉知觉、运动神经、外周神经、中枢神经等不同接口技术，以及基于神经接口的假肢康复技术等。该领域的研究既有面向解决战场创伤康复的革命性假肢、恢复主动记忆等项目，也面向人机扩展与脑机通讯，如可靠神经接口、大脑调制解调器植入、靶向神经可塑性训练等项目。

生物系统的工程化应用生物系统在进化过程中形成了高效的代谢机制以及强大的协同效应。BTO 希望通过开展生物系统的工程化应用研究，利用生物系统解决目前材料制备面临的科学难题，革新医疗手段，并对仿生学研究产生启发。BTO 在该领域主要关注 2 大模块，一是推进合成生物学的发展应用，构建变革性生物制造平台，大幅压缩材料合成的时间和成本，并开发出性能特异的新材料；二是对生物系统运行机制开展系统研究，加强对生物系统的理解，提高生物系统的可控性和鲁棒性，为后期向战场医疗，以及情报、监视和侦查（ISR）等领域的转化应用打下基础。

研究方向	序号	项目名称	启动时间
生物战防御 (CBRNE 及病原体 威胁监测及防御， 13 个)	1	预测：战胜病原体 (Prophecy: Pathogen Defeat)	2010 年
	2	快速威胁评估 (Rapid Threat Assessment)	2013 年
	3	可用于预防和治疗的自主诊断技术 (ADEPT)	2013 年
	4	病原体捕食者 (Pathogen Predators)	2015 年
	5	干预和共同预防及治疗 (INTERCEPT)	2016 年
	6	普罗米修斯 (Prometheus)	2016 年
	7	安全基因 (Safe Genes)	2016 年
	8	大流行病预防平台 (P3)	2017 年
	9	先进植物技术 (APT)	2017 年
	10	预防新兴致病威胁 (PREEMPT)	2018 年
	11	表观遗传特征和观察 (ECHO)	2018 年
	12	朋友或敌人 (Friend or Foe)	2018 年
	13	持续性水生生物传感器 (PALS)	2018 年
战地医疗与士兵 机能增强 (11 个)	14	伤口止血系统 (WSS)	2010 年
	15	类透析疗法 (DLT)	2012 年
	16	时间生物学 (Biochronicity)	2012 年
	17	微生理系统 (MPS)	2012 年
	18	勇士织衣 (Warrior Web)	2013 年
	19	电子处方 (ElectRx)	2014 年
	20	战略性社交模块 (SSIM)	2014 年
	21	战地医药 (Battlefield Medicine)	2014 年
	22	宿主恢复力技术 (THoR)	2015 年
	23	生物停滞 (Biostasis)	2018 年
	24	保护性等位基因的表达和调控应答元件 (PREPARE)	2018 年
神经科学与 脑机接口 (10 个)	25	革命性义肢 (RP)	2006 年
	26	基于系统的神经技术疗法 (SUBNET)	2013 年
	27	可靠神经接口技术 (RE-NET)	2013 年
	28	恢复主动记忆 (RAM)	2014 年
	29	神经功能、行为、结构和技术 (Neuro-FAST)	2014 年
	30	手部本体感受和触感界面 (HAPTIX)	2014 年
	31	神经工程系统设计项目 (NESD)	2016 年
	32	大脑调制解调器植入项目 (Stentrode)	2016 年
	33	下一代非侵入性神经技术 (N3)	2018 年
	34	靶向神经可塑性训练项目 (TNT)	2016 年
生物系统的 工程化应用 (8 个)	35	生物工厂 (Living Foundries)	2011 年
	36	活体内纳米装置 (IVN)	2012 年
	37	复杂环境下的生物鲁棒性 (BRICS)	2015 年
	38	生物控制 (Biological Control)	2016 年
	39	工程活体材料 (ELM)	2016 年
	40	昆虫盟友 (Insect Allies)	2016 年
	41	电磁波与生物系统 (RadioBio)	2017 年
	42	单细胞战士 (Single-cell Fighters)	2017 年

DARPA 主要在研项目及研究方向（国际技术经济研究所整理）

2.研究侧重点的发展趋势

从项目开展的数量来看，BTO 在生物战防御、战地医疗与士兵机能增强领域开展的项目最多，充分体现了 DARPA 服务军事作战、注重开展解决实际问题的应用研究的特点。但从时间维度来看，BTO 的研究领域则呈现出更加明显特征。

在 BTO 成立之前及成立早期（2006-2016 年），DARPA 共开展了 22 个生物技术项目，大部分均聚焦于战地医疗（9 个，41%），神经科学及生物系统的研究占比适中，而对病原体监测类的项目部署相对较少（4 个，18%）。2016 年之后，DARPA 明显加强了与生物战威胁相关的病原体及相关威胁的监测研究，在 2 年时间内密集发布 9 个研究项目，占新发布项目的 45%。与此同时，神经科学及生物系统的基础研究比重继续保持稳定，而占地医疗与人体机能增强领域的研究重点，则从“绷带、透析、止血”等“外部”干预措施，转向“蛋白调控、基因调控”的人体内部分子水平研究，这也反映出 DARPA 对人体机能的更深理解。

3.未来的发展方向

2017 年 2 月，美国防科学委员会成立生物学特别工作组，重点关注现代生物科学发展最迅速的领域，特别是有可能为国防创新提供新机遇，或被对手掌握威胁美国国家安全的技术领域。2017 年 4 月，BTO 发布方案征集公告，寻求利用神经科学、心理学、认知科学等相关学科的最新进展，重点开展人效能优化、人机系统结合、生物系统行为设计和控制，以及突发传染病应对策略等领域的研究和技术开发等。2018 年 5 月，BTO 再次发布方案征集公告，宣布其下一步研究将重点关注的 16 个技术领域，包括推进神经系统疾病的治疗并优化人体机能、研制生物体与物理世界的无缝混合系统、开发支持人类在极端环境作战的技术、实现生物组件在军事系统中的应用等，充分反映了 DARPA 未来生物技术研究的发展方向。

序号	技术领域
1	探索并利用神经科学、心理学、认知科学和相关学科领域的新发现
2	开发新的平台技术，使生物样品的收集、处理和分析实现集成化、自动化和小型化
3	了解和改进生物体和物理世界之间的接口，研制无缝混合系统
4	开发并利用对控制生物系统行为的优先设计规则的基本认知
5	为细胞、组织、器官、有机体和复杂群落等生物系统的正向工程研发新工具和新功能
6	开发和验证新的理论和计算模型，以确定生物有机体的集群行为和交互行为的基本要素与原则
7	了解生物种群和生态系统行为的动态
8	开发和利用新技术，研究持续监测生物有机体的等级系统
9	在微生物、昆虫、植物、海洋生物以及其他非人类生命体范围内，开发和利用对其的最新见解
10	开发确保生物技术安全、生物安全以及生物经济安全的新技术和方法
11	开发用于治疗、预防和预测传染病的出现和传播的新技术
12	了解全球粮食和水供应面临的新威胁，制定可在区域或全球范围内实施的对策
13	开发和利用可用于促进农业生态系统生产稳定的新技术
14	开发利用生态多样性或支持人类在极端环境（海洋、沙漠、太空等）中作战的技术
15	利用生物学提供有关海上作战优势的新战术和新战略
16	实现生物组件在以往工程化军事系统中的新应用

BTO 未来关注的 16 个技术领域（国际技术经济研究所整理）

DARPA 生物技术项目剑指何方

2016 年起，对生物技术的部署重点进行了大幅调整，更加着眼于未来战争与国防的战略需求，偏重于国防颠覆性技术。从 BTO 的项目布局可见，生物战防护研究、生物材料与装备领域吸收的研究经费呈大幅增长趋势，面向战场救治的研究项目只占少部分，而项目部署的重点已由医疗救治转向国防应用，合成生物学、脑科学、生物防御类技术已成为其研究主体。

随着生物科技，特别是基因组学、微生物组学、合成生物学、脑与神经科学以及细胞工程等前沿颠覆性技术的不断突破，生物技术的基础研究及成果应用正在深刻影响和作用于军事作战和情报侦查的各个领域，给一国的国防科技体系建设带来了新的机遇和挑战。DARPA 从国防战略高度对生物技术的整体布局体系完整、重点突出，下一步应持续关注其经费投入及项目部署的变动情况，达到对战略重心的实时洞察，并在此基础上进一步分析其技术实现路径，为我国防科技发展形成借鉴。

信息来源: <https://mp.weixin.qq.com/s/rbuQYBHafzo7JTWo-9W9YQ>

中国：三元有机太阳能电池活性层形貌控制取得进展

具有带隙高度可调、质轻、柔性、低成本等显著特点的有机太阳能电池是新一代光伏技术的重要发展方向。有机太阳能电池受限于有机材料“窄吸收”特性，二元共混薄膜难以实现对太阳能的有效宽光谱利用，并且始终存在相共混（利于激子解离）和相分离（利于电荷传输）这对基础性矛盾，制约了有机光伏器件性能的进一步突破。三元有机太阳能电池保持单节电池结构，在二元活性层中引入吸收互补的第三组分，增强光谱吸收。尽管三元电池取得了一定成功，但仍面临着严峻的挑战，其核心问题在于对三元共混薄膜难以实现清晰、有效的形貌控制，用以同时保证高效的激子解离和电荷传输，因此，已报道三元电池性能提升幅度较低。

在国家自然科学基金委、科技部和中国科学院的支持下，中国科学院科学家团队——化学研究所有机固体重点实验室研究员朱晓张课题组科研人员利用前期发展的噻吩并噻吩类光伏受体新材料 NITI (Adv. Mater. 2017, 29, 1704510)，合理选择二元体系，构筑了具有“分级结构”的三元活性层形貌，实现了光电转化效率的大幅提升，阐释了形貌对光电过程和器件参数的决定性影响，相关论文发表在《自然-能源》杂志上 (Nature Energy, DOI: 10.1038/s41560-018-0234-9)。

三元共混薄膜分别选取了强结晶、宽带隙电子给体材料 BTR，弱结晶、窄带隙电子受体材料 NITI 和具有强聚集和优异电子传输特性的富勒烯受体 PC71BM，三者形成了有利的梯度电子结构和互补光吸收。经器件优化制备，上述三元器件在 300nm 最佳膜厚下取得最高 13.63%（平均 13.20%）光电转换效率，相对二元器件性能提

升幅度高达 51%和 100%，这不仅是全小分子太阳能电池的最高性能记录，也是性能最优的厚膜 (>200 nm) 有机太阳能电池。他们联合上海交通大学和瑞典林雪平大学相关课题组合作，提出“分级结构”的三元活性层新形貌：NITI 和 BTR 高度共混，形成有利于电荷分离的小相分离精细结构，PC71BM 在 BTR 和 NITI 共混区外围形成大尺度的相分离结构和有利的 face-on 堆积。研究者证明了 NITI 受体在光电过程中发挥了重要作用，它一方面抑制 BTR 和 PC71BM 的接触，使得三元器件获得和二元器件 (BTR:NITI) 相当的低损耗开路电压；PC71BM 在活性层中形成了电子传输高速通路，将 NITI 分离的电子有效输运至电极，从而同时保证了高的外量子效率 (EQEs) 和填充因子 (FF)。

总体而言，该工作设计并实现了有机三元电池活性层新形貌，充分发挥了小分子和富勒烯电子受体在有机太阳能电池中的独特优势，同时实现了高开压、高电流和高填充因子，为有机三元电池活性层形貌调控提供了新思路。

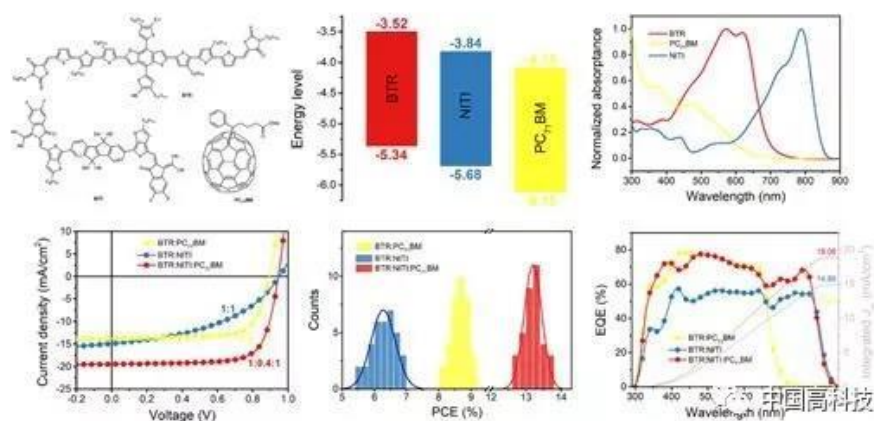


图 1. 化学结构、能级排布、吸收光谱和器件性能

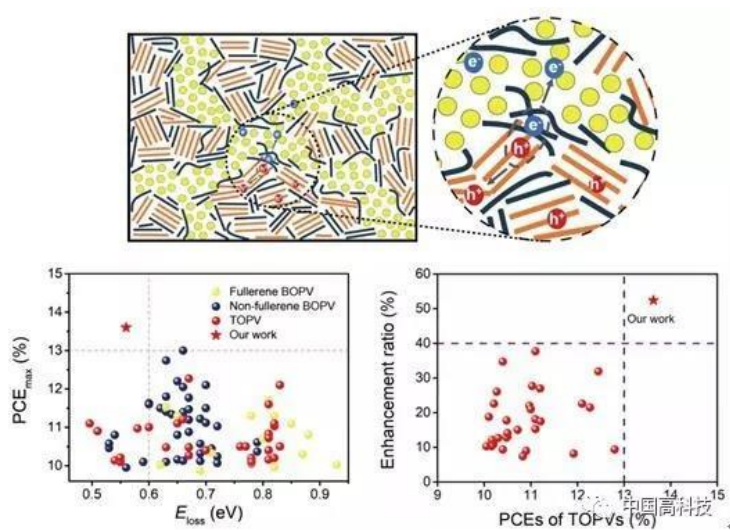


图 2. 分级结构示意图和有机太阳能电池性能统计

信息来源: https://mp.weixin.qq.com/s/IWH4XGzYkj7zSJOTc_JFXQ

牛津大学获得拨款开发 37%效率的全钙钛矿太阳能电池

英国钙钛矿太阳能公司-牛津光电科技公司(Oxford PV)日前表示,其和牛津大学之间的合作伙伴关系已获得英国政府拨款,用于开发全钙钛矿太阳能电池,这是一个为期五年的研究项目。

该预算 500 万英镑(660 万美元/560 万欧元)项目的目标是开发一种薄膜多结钙钛矿太阳能电池,目标是达到 37%的效率和长期稳定性。

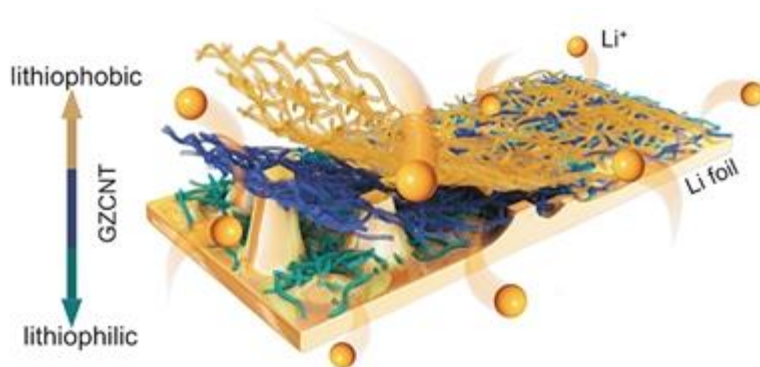
工程和物理科学研究委员会(EPSC)已经授予该项目 250 万英镑,作为其繁荣伙伴计划的一部分。其余的项目资金由牛津光电科技公司提供。

牛津光电科技公司的首席技术官 Chris Case 说,公司的商业重点仍然是其双端钙钛矿-硅串联太阳能电池技术。该公司目前正在试验生产线上生产商用尺寸的钙钛矿硅串联太阳能电池。

Case 还说,从长远来看,为光伏行业提供低成本的太阳能电池技术,使其能效达到近 40%的水平,这是一个令人兴奋的前景,将进一步改变全球太阳能发电,帮助推动世界走向全电动的未来。

信息来源: <https://www.china5e.com/news/news-1040687-1.html>

“双重性格”保护膜 让锂电池不被刺穿



多层碳纳米管锂电池电极保护膜结构示意图

《自然·通讯》近日发表了军事科学院、武汉理工大学等单位联合团队的研究成果,该团队合成了一种多层碳纳米管薄膜,能够自组装在金属锂负极表面,截停锂枝晶。

金属锂具有最高的理论比能量,被公认是最具前景的下一代高能量电池负极材料,之所以难以应用,是因为金属锂在循环充放电下产生锂枝晶刺穿电池。

该团队巧妙设计出拥有亲锂憎锂“双重性格”的梯度金属锂保护膜,底部是具

有亲锂性能的纳米氧化锌/碳纳米管复合层，顶部是憎锂强度高达 8GPa 的碳纳米管层。该保护膜可以长期有效抑制锂枝晶生长，确保电池获得极高安全性，以及接近 100% 的充放电效率。

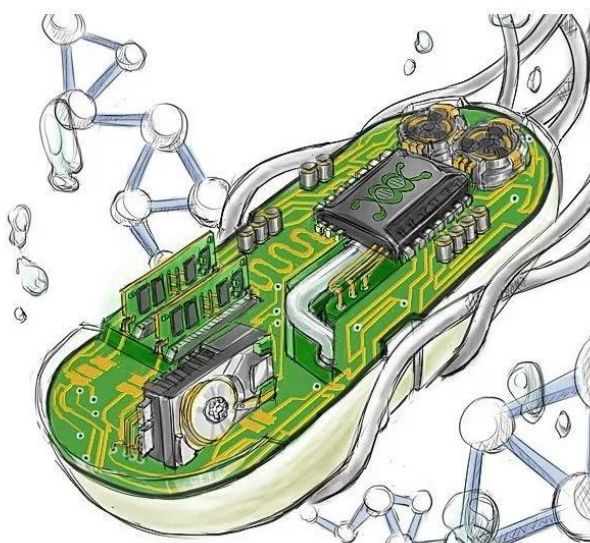
信息来源：<https://www.china5e.com/news/news-1040133-1.html>

合成生物学：一种两用技术的机遇和挑战

科学技术像一把双刃剑，既能通过促进经济和社会发展以造福于人类，同时也可能在一定条件下对人类的生存和发展带来消极后果。科学技术作用的实现要受一定客观条件，诸如社会制度、利益关系等因素的影响，也要受到一定的主观条件如人们的观念和认识水平的影响。

“商用和军用”双用途的合成生物学

合成生物学作为一种具有颠覆性意义的新兴技术，其未来应用前景正越来越多地在工业界和学术界讨论。与很多新兴技术一样，合成生物学也具有商用和军用两种用途。



在商业应用领域，合成生物学市场预计在 2018 年至 2025 年期间将以 28.2% 的复合年增长率增长，并在 2025 年达到 560.449 亿美元的市场规模。合成生物学市场可以根据产品、技术和应用三个方面进行细分。在产品方面，市场被分割成酶、寡核苷酸、底盘生物和异种核酸等领域。由于酶在医疗保健领域的广泛应用，酶产品占据了最大的市场份额。在技术基础上，市场被分割为基因合成、基因组工程、测量和建模、克隆和测序、纳米技术等。基因合成在这些技术中占有最大的市场份额，遗传学领域的研究和开发活动日益增多，并且越来越多的市场参与者提供基因合成

产品和解决方案。在应用层面，全球合成生物学市场分为工业应用、食品应用、农业应用、医疗应用以及环境应用等。



在军事应用领域，合成生物学显示出颠覆性潜力：一是将极大促进包括军事医学在内的生物医学的发展，包括生产出更有效的疫苗、研制出新型军队特需药品等；二是用于设计和改造军用材料，如对微生物进行定向改造，使其具有特定功能，以满足军事需要。例如美国合成生物学企业 Ginkgo Bioworks 与美国国防部高级研究计划局（DARPA）合作生产益生菌，帮助美国士兵在海外抵御胃病。三是用于开发军用新能源，如部队可利用携带的少量合成生物体，将空气中的二氧化碳转化为生物能源，从而极大提高部队的机动性和作战范围。

美英两国高度重视的合成生物学

合成生物学在商业和军事领域的应用前景引起各国的高度关注和项目资助，以美英两国尤为突出。相应的，美英两国无论在合成生物学研究层面还是应用层面，都处于世界领先地位。以下是美英两国在合成生物学领域的项目资助和相关政策盘点。

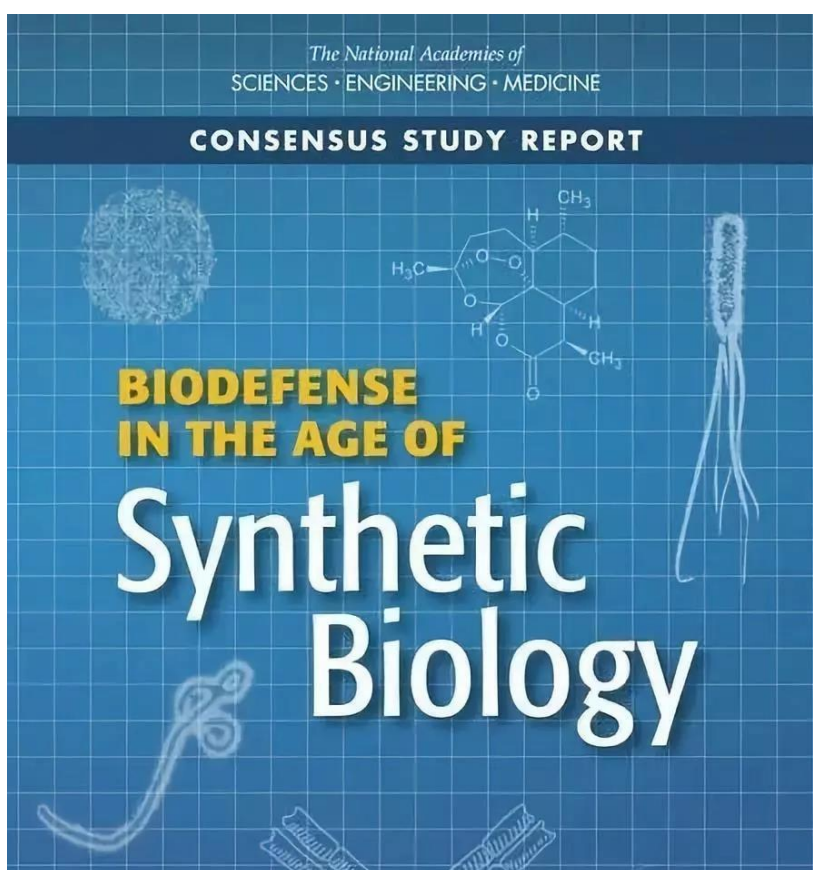
美国

2012 年，美国埃克森美孚公司与文特尔合成基因组公司（SGI）签订合作协议，投入 6 亿美元进行微藻生物燃料的研发。同时，美国 DARPA 在这一年也发起了三项研究计划：计划 4 年共投入 1.92 亿美元的“现代疗法：自主预防和治疗项目”，致力于利用合成生物学方法为感染性疾病的识别与治疗提供帮助；计划 2 年投入约 5000 万美元的“生命铸造厂”项目，以实现军用高价值材料和设备可按需设计与生产；计划 4 年投入约 4462 万美元的“生物设计项目”，致力于生产全新的生物组织再生材料等。

2013 年，美国国立卫生研究院（NIH）投入约 250 万美元，发起“作为下一代癌症治疗的人工修饰 T 细胞”项目。美国能源部投入约 160 万美元发起“合成基因回路促进转基因生物能源作物的产量”项目。

2014 年，美国 DARPA 发起“生命铸造厂-千分子”计划，预计生产 1000 个自然界不存在、独特的分子和化学模块，该计划是对“生命铸造厂”项目的补充。此外，美国能源部这一年发起了三项合成生物学的应用项目，包括：投入 157 万美元的“利用人工修饰大肠杆菌将甲烷转换为正丁醇”项目，投入 450 万美元的“利用合成甲基营养型酵母生产液体燃料”项目和投入 300 万美元的“厌氧生物转化甲烷成甲醇”项目等。

2016 年，美国自然科学基金发起“非酶 RNA 复制”项目，投入 100 万美元以研究自然界原始的 RNA 复制；同年，美国 Craig Venter 及其团队成功构建“丝状支原体 JCVI-syn3.0”，完成世界最小细菌基因组的构建；美国 Ginkgo Bio Works 公司筹集 1 亿美元，使用机器人生产线创造微生物，以生产用于香料、杀虫剂和饮料等的化学品。此外，美国国家科学院在这一年启动“合成生物学带来的新威胁识别与应对策略研究”项目，重点对致病微生物的生物学功能、致病机理的改造与操控等进行研究，最终目标是为国防部提供关于合成生物学的安全威胁评估与应对措施建议。



2018 年 6 月，受美国国防部委托，美国国家科学院对合成生物学可能引发的生物威胁进行了评估，并发布了《合成生物学时代的生物防御》报告。报告指出，合成生物学的滥用可被用于制造生物武器，且难以预防、监测和监测，将对民众和军事作战产生巨大威胁。该报告评估了合成生物学可能带来的潜在威胁，按照威胁的

紧急程度和危害程度拟定了防御框架，并建议国防部加强公共卫生基础设施建设以充分预防潜在的生物攻击。

英国

2012 年，英国商务、创新与技能部（BIS）发布《英国合成生物学路线图》，计划投入 5000 万英镑，并明确指出实现合成生物研究创新效益和经济效益最大化的重要性，为英国合成生物学的发展提出了 5 个重点主题：基础科学与工程、持续开展可靠的研究与创新、开发商用技术、应用与市场以及国际合作等。同一年，英国研究理事会资助 1000 万英镑在英国建立五大 DNA 合成中心，助推英国不断发展的合成生物学产业，提升英国在该领域内的能力。此外，英国将每年为博士培训中心（CDTs）提供 200 万英镑的额外资助，以打造世界一流的合成生物学培训环境。

2016 年，英国合成生物学领导理事会（SBLC）发布《英国合成生物学战略计划 2016》，旨在到 2030 年，实现英国合成生物学 100 亿欧元的市场，并在未来开拓更广阔的全球市场，获取更大的价值。

2018 年，英国发布《2017 年英国合成生物学初创调查》，该报告显示英国在 2000-2016 期间，对合成生物学的政府公共投资达 5600 万英镑，来自私人的投资达 5.64 亿英镑，从而促使英国 146 家合成生物企业相继成立，且公司数量每五年翻一番。此外，英国劳埃德(Lloyd's)最近发布合成生物学的新兴风险报告，指出合成生物学领域的新兴风险包括：实验室外生物有机体意外释放，生物恐怖行为故意建造生物武器以及生物研究中可能产生的意外后果等。该报告表示，研究中的许多风险往往是不可预测的，并且对于可能出错的事物类型以及如何发生这种风险存在高度不确定性，更不用说爆发这些风险应该如何去有效应对。

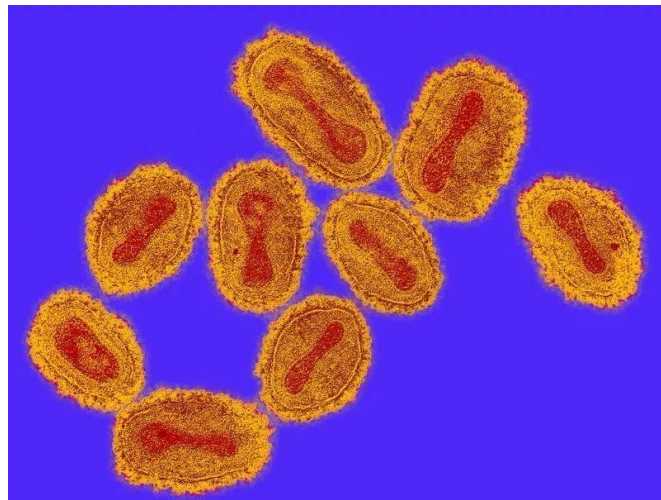
综合以上项目可以看出，美英两国近些年在合成生物学领域进行了十分活跃的项目资助，开展了从生物能源到医学和细胞工厂等领域广泛地研究。同时美英两国政府逐渐意识到了合成生物学潜在的安全风险，并开始制定相关政策以促进和规范合成生物学健康有序发展。

两面性：机遇与风险并存的合成生物学

尽管科学家、工程师、激情的创业者甚至是大国政府，都在期待着利用合成生物学创造出新的商业流程、高附加值产品或功能强悍的军需用品等，但不得不面临一些专家的安全警告：合成生物学也可能导致新的安全威胁——特别是制造致命的生物武器。美国约翰霍普金斯大学健康安全中心最近举办了一场病毒大流行桌面推演：一种名为“Clade X”的生物工程病毒被恐怖组织故意释放，导致 20 个月后 1.5 亿人死亡。美国莱克星顿研究所的洛伦·汤普森警告说，合成生物学可以让“超级病原体的发展威胁到大量人口，甚至威胁到人类文明的存亡”。虽然这些担忧可能为时过早，但各国政府必须考虑国家和非国家行为者或许会滥用这种新兴技术的潜在

威胁。

关于核、生物和化学等技术的双重性辩论并不新鲜。虽然核物理已明显改善电力供应和医疗检测，但核武器却提升了全球的安全隐患，并在许多情况下造成了与商业核技术交织在一起的核扩散风险。几十年来，人们一直担心化学和生物科学的进步将导致新型化学武器和生物工程病毒的发展。与此同时，工业界利用这些相同的技术进步为公众提供新的家居产品和更广泛的豪华服务选择。其他受关注且存在双重性的技术包括定向能源，商用无人机和网络系统等。面对所有新兴技术的双重性，挑战在于如何去平衡利用这些技术带来商业增长与防止它们被用于违反国家安全和利益。



基因编辑工具使得研究者可以随意改写生物的遗传密码，也正是合成生物学的蓬勃发展，证实了专家学者的担心并非杞人忧天，事实上，也的确有一些科学狂人开始了疯狂的“创作”。来自加拿大阿尔伯塔大学病毒学家 David Evans 就是其中的一位，2017 年他带领团队仅花费了 10 万美元就重新合成出了马痘病毒——这是一种天花病毒的近亲，而这种病毒早在 1980 年就宣布已被彻底消灭。毫无疑问，如果马痘病毒可以被复制再现，天花也并非不可。在历史上，天花病毒几乎可以被视作是“死亡”的代名词，人类与之斗争了几个世纪，并付出了数以亿计的死亡代价，才使其消灭。而如今，刚拼来不久的安宁似乎也变得岌岌可危。

寻求“克制与理性发展”的合成生物学

好消息是，合成生物学的大部分技术仍然远远超出了暴力极端主义组织的能力，目前这些技术仅限于拥有先进实验室和良好资源的大国。坏消息是，技术变革的快速发展为美国军队开发和利用潜在武器系统带来了很大的不确定性。美国最近发布的《合成生物学时代的生物防御》报告呼吁“美国政府应该密切关注合成生物学这个高速发展的领域，就像在冷战时期对化学和物理学的密切关注一样”。实际上，美国军方早已成为合成生物学的最大投资者。虽然对于美国来说，这些投资更多的是出于防御目的，但对于其他国家来说，美国的这种行为会增加它们额外的安全焦虑。

科学技术是一把双刃剑，既能通过促进经济和社会发展以造福于人类，同时也可能在一定条件下对人类的生存和发展带来消极后果。合成生物学的良性健康发展，离不开各国政府的及时有效监管。各国政府应该加强国际合作和交流，并在道德伦理、技术规范和安全风险等方面尽快达成共识，从而有效抑制个别国家在技术应用上的冲动，确保合生生物学能在造福人类的正确轨道上发展。

另一方面，合成生物学的快速发展使“超级病毒”、“生物恐怖主义”、“人造生命”甚至是“人造人”等词汇频繁出现在公众视野，这很容易引起公众对合成生物学的担忧和误解，同时这种误解可能会随着炒作而逐渐增加。因此，政府和科研机构等也需要努力改善和大众的信息鸿沟，做好科普工作，以避免合成生物学在未来遭受到来自社会的阻力。

信息来源: https://mp.weixin.qq.com/s/cX-aco1I0dRrTFwVVxB1_g

美国：防撞防火锂电池 遇外力刺激变硬

不管是笔记本电脑自燃、智能手机爆炸，这些 3C 意外似乎都直指锂离子电池故障因素，让不少人开始担心自己的手机是否暗藏爆炸风险。为减少大众疑虑，现在已有许多科学家投入电池防爆技术，美国橡树岭国家实验室(ORNL)便打包票自家电池不会因为受到撞击而起火，相反，其中的液态电解质会变硬、防止电池变形爆炸。

锂离子电池为储能技术龙头，主要由正极、负极、隔离膜与电解质构成，锂离子则透过电解质在电极两端游移，其中隔离膜主要功能为隔绝正负极、防止电池自放电及两极短路等问题，但只要受到冲击或是撞击，可能都会造成电池短路或是爆炸。

目前已有科学家提出诸如固态电解质等解决方案，但固态电池成本高、稳定性较低，厂商也得大大改变电池生产工艺，因此美国橡树岭国家实验室研发出一种既低成本又实用、受到撞击反而会变坚硬的电池。

该团队的灵感来自于儿童玩具“Oobleck”(欧不裂)，乍看之下它只是个装有玉米淀粉溶液的塑料玩具，但只要拍打或是撞击就会变硬。如果想要在家进一步实验，也可以把玉米淀粉与水倒进水盆，均匀搅拌之后就可以直接站在“水面”上、甚至在上方跳动都不会沉入水中。

将粉末状二氧化硅(蓝色容器)添加到分离测试电池(金袋)内的电极的聚合物层(白色片)中将防止锂离子电池发生火灾。(图自: Gabriel Veith)

这种液体为非牛顿流体(non-Newtonian fluid)种类中的“剪切增稠流体”，正常

状态下可保持液态，在受到冲击或受力时液体结构就改变，黏度、硬度与体积都会上升，可大大降低电池与电极变形的危险。

不过该团队当然不是在电池中添入玉米淀粉，他们在电解质加入二氧化硅来达到相似效果，研究负责人 **Gabriel Veith** 表示，电池电解质受撞击时会凝固，能防止电极在电池坠落与撞击中损坏，假如电极无法相互接触，电池就不容易起火。且该技术的好处在于，厂商只需要微调电池部分工艺即可。

传统电池工艺是在电池完工之后，再注入电解质并封装，但若是采用剪切增稠流体技术，电解质可能在注入途中就开始凝固了，因此研究首先将二氧化硅颗粒放入电池，之后再添加电解质。

Veith 指出，研究采用直径约 200 纳米的二氧化硅粒子，如果这些粒子尺寸相当，就可均匀分布在电解质中；若粒子尺寸不一，电解质在电池受到撞击时就不会变得黏稠了。

为了让电池更加安全与实用，也有许多团队正如火如荼研发二氧化硅剪切增稠流体电池，但 **Veith** 认为团队新型二氧化硅颗粒不管是在制造容易程度，还是抗阻力、反应力等性能上都比以往的研究还要好。

未来该团队还会持续改善电池性能，希望电池在撞击受损之后还可维持运作，目前该技术首先会应用于无人机，最终目标是用于电动车。而团队也同时为美国士兵打造防弹电池，**Veith** 表示，美国军人平均日携带各 8 公斤重的电池与防弹衣，如果可以让电池用于防弹，军人将可减少 8 公斤的负担。

信息来源: <https://www.china5e.com/news/news-1039054-1.html>

国内外燃料乙醇产业现状+深度解析

燃料乙醇是指体积浓度达到 99.5% 以上的无水乙醇，它不仅是优良的燃料，也是燃油的增氧剂。与汽油相比，燃料乙醇最突出的优点表现在清洁和可再生两方面。近年来，随着煤炭、石油能源危机和空气污染、全球变暖等环境问题日趋严重，燃料乙醇受到极大关注。

燃料乙醇的代际演变

按照技术和工艺的发展进程，目前业界一般将燃料乙醇分为以下几类：以玉米、小麦等粮食作物为原料的第 1 代粮食乙醇；以木薯、甘蔗、甜高粱茎秆等经济作物为原料的第 1.5 代非粮乙醇；以玉米芯、玉米秸秆等纤维素物质为原料的第 2 代纤维素乙醇以及以微藻中碳水化合物为原料的第 3 代微藻乙醇。

第 1 代和第 1.5 代燃料乙醇均属于淀粉基乙醇。

第 2 代纤维素乙醇使用纤维素物质为原料，经预处理后通过高转化率的纤维素酶，将原料中的纤维素转化为可发酵的糖类物质，然后经特殊的发酵法制造燃料乙醇，在技术上同粮食乙醇和非粮乙醇存在较大的差别；在原料上也脱离了农作物的范畴，而利用玉米芯、玉米秸秆等农林废弃物，充分发掘生物质资源的价值，目前是燃料乙醇的新兴研究方向，且已有国内企业规模化量产。

第 3 代燃料乙醇以微藻中含有的淀粉、纤维素、半纤维素等大量碳水化合物为原料。微藻具有远高于陆生植物的光合效率，生长周期短，原料生产方面较传统作物有巨大优势；同时微藻生长过程中以大气中的 CO₂ 为主要碳源，对减少温室气体排放具备极大的价值。微藻乙醇目前还处于研发阶段，各项技术瓶颈逐步攻克中，还未达到工业化生产水平。

全球燃料乙醇产业发展情况

燃料乙醇开始于上世纪初期。上世纪 30 年代，燃料乙醇作为汽油添加剂在美国出现，但当时由于各种原因并未得到广泛应用。七十年代时，两次石油危机的冲击使全球油价暴涨，也使得所有工业化国家的经济增长放缓，各国开始加大对可降低石油依赖度的替代性能源的重视程度。1973 年第一次石油危机发生时，许多国家意识到燃料乙醇的战略意义并开始大力扶植该产业，尤其是一些石油资源匮乏但生物质资源丰富的国家。环境保护的因素也在很大程度上促进了各国在政策和法规等方面对燃料乙醇予以倾斜。

表1 各代际燃料乙醇优缺点对比

代次	产品	原料	核心步骤	优点	缺点
1代	粮食乙醇	玉米、小麦等	<ul style="list-style-type: none"> 淀粉转化为可发酵糖 发酵制取乙醇 	<ul style="list-style-type: none"> 原料种植量大 工艺较为简单、成熟 	与人畜争粮、资源有限
1.5代	非粮乙醇	木薯、红薯、甜高粱等	<ul style="list-style-type: none"> 淀粉转化为可发酵糖 可发酵糖类发酵 	<ul style="list-style-type: none"> 生物特性好，淀粉生产率高 适应性广泛，种植面积广阔 乙醇生产率较高 成本较低 	与粮林争地，资源有限
2代	纤维素乙醇	农产品废弃物、林产废弃物	<ul style="list-style-type: none"> 原材料预处理 制取高效纤维素酶 将纤维素转化为可发酵糖 糖化发酵制取乙醇 	<ul style="list-style-type: none"> 不与人畜争粮、不与粮林争地 原料易得，资源丰富 	产能规模有待提升
3代	微藻乙醇	微藻	<ul style="list-style-type: none"> 筛选抗逆性强并富含碳水化合物的优良藻株 进行高效的微藻培养 生物质采收 发酵产醇 	<ul style="list-style-type: none"> 生长迅速、培养周期短 乙醇产率远高于其他原料 微藻养殖可全年进行 可减少温室气体含量 	<ul style="list-style-type: none"> 技术尚未完善 养殖需要大量水体 收获难度较大，藻液容易染菌和其它杂藻

表 2 几种燃料作物的乙醇产量、产率对比

原料	乙醇产量 (升/公顷)	乙醇产率 (克乙醇/克生物质)
玉米秸秆	1050-1400	0.260
小麦	2590	0.308
木薯	3310	0.118
甜高粱	3050-4070	0.063
玉米	3460-4020	0.324
甜菜	5010-6680	0.079
甘蔗	6190-7500	0.055
微藻	46760-140290	0.235-0.292

资料来源：《生物质乙醇的技术发展趋势、全球市场及挑战》

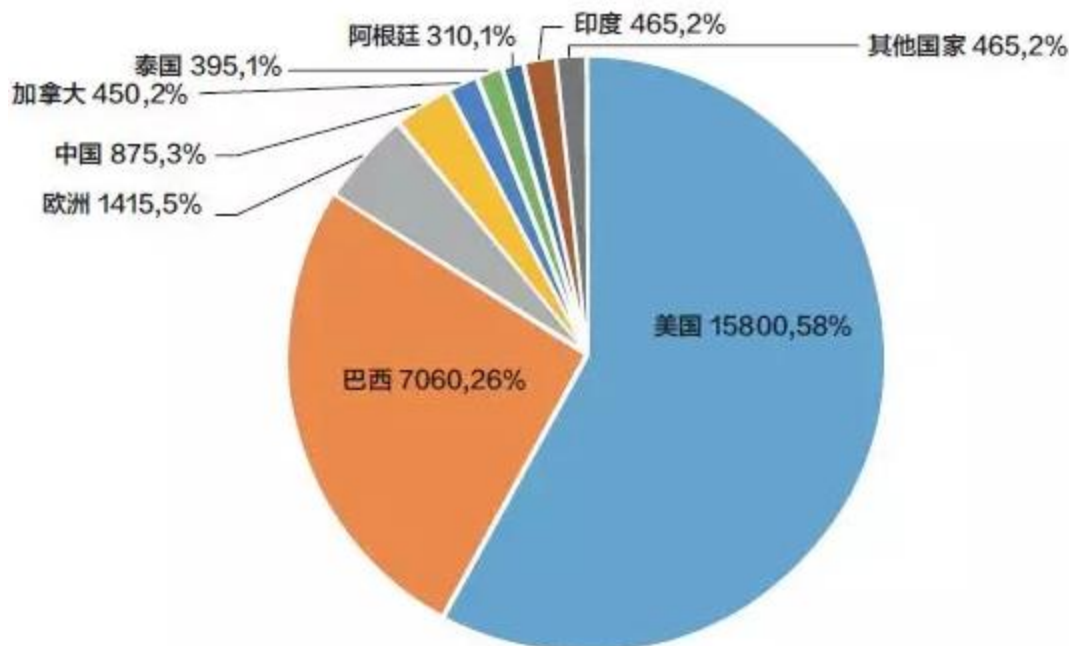


图 1 2017全球燃料乙醇产量区域分布（产量：百万加仑）

数据来源：Renewable Fuels Association Source: RFA analysis of public and private data sources

目前全球燃料乙醇产量近 270 亿加仑，其中生产和消费量最大的国家是美国，2017 年产量近 158 亿加仑，占到全球产量的 58%，超过其他国家产量的总和；其次

是巴西，全年产量约 70.1 亿加仑，占全球产量的 26%。这两个燃料乙醇的生产大国形成了绝大部分市场，其余国家贡献的总量仅 16%。虽然我国现在已经成为世界上燃料乙醇的第三大生产和消费国家，但 2017 年的产量占比仅有 3%，距离发展完善的市场还有极大的提升空间。

美国
美国燃料乙醇产能情况

美国是目前世界上最大的车用乙醇汽油生产和消费国，目前美国已经有 50 个州都在使用车用乙醇汽油，大部分地区使用的是 10% 比例的乙醇汽油（E10），部分地区使用的是更高比例的 E15 乙醇汽油。当前美国燃料乙醇的生产量和消费量逐年上升，2017 年，美国在产的玉米燃料乙醇生物炼制厂共 211 家，在建 6 家，分布在 28 个州，生产能力达到 162 亿加仑。



图 2 1992-2017 年美国燃料乙醇产能及生物炼制厂数量的年度变化趋势
数据来源: Renewable Fuels Association

美国燃料乙醇产量情况

美国自 20 世纪 80 年代初推行使用燃料乙醇以来，生产量和消费量逐年稳步上升，2017 年创下 158 亿加仑燃料乙醇、4140 万吨动物饲料和 36 亿磅的蒸馏油的产量记录。

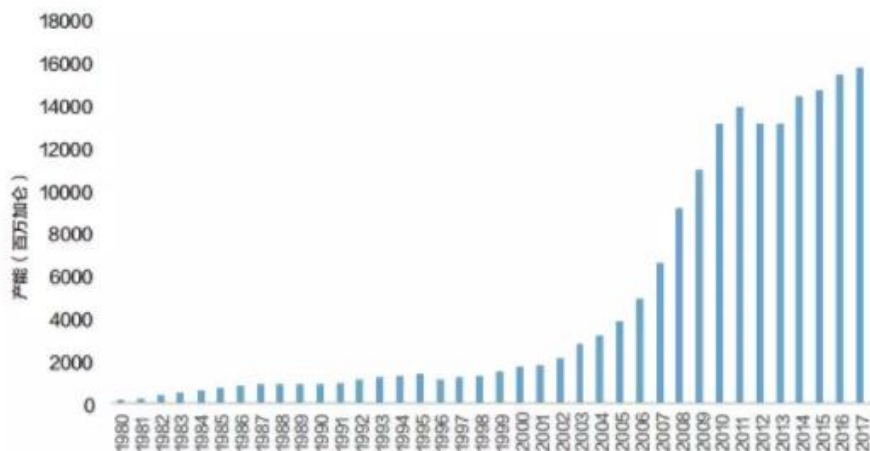


图 3 1980-2017 年美国燃料乙醇产量情况
数据来源: U.S. Dept. of Commerce, U.S. Census Bureau, Foreign Trade Statistics
注: 2017 年数据根据 2017 年 1-11 月份估算所得

美国燃料乙醇进出口情况

2017 年美国出口将近 14 亿加仑燃料乙醇，超过了 2011 年创造的 12 亿加仑的

记录。美国在 2017 年进口乙醇相较 2016 年有所增加,但是相对量较少(7700 万加仑),美国也连续 8 年成为乙醇净出口国。由于玉米生产和乙醇产能已经超越了国内乙醇消费,美国在燃料出口方面超过 8 年保持增长。在 2017 年,美国燃料乙醇出口至 35 个国家,超过半数出口至巴西和加拿大。

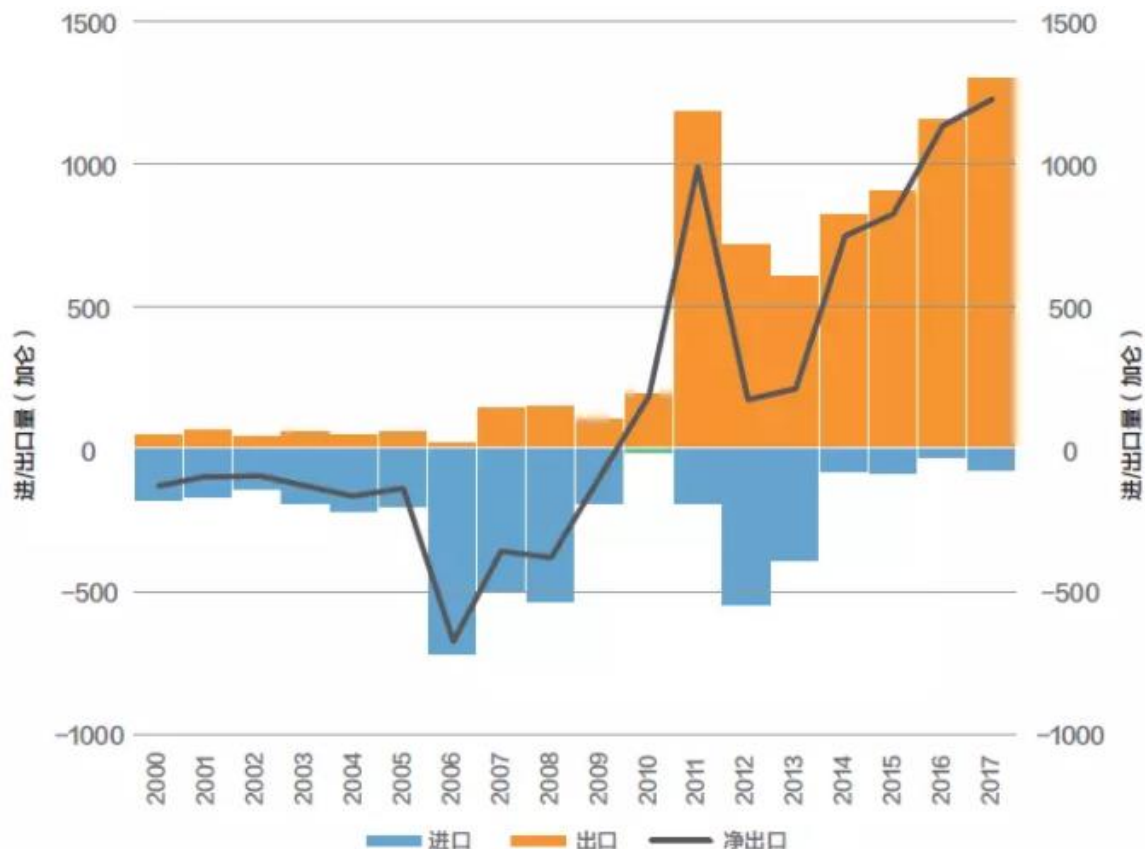


图 4 2000-2017 年美国燃料乙醇进口和出口
数据来源: Renewable Fuels Association

美国向巴西出口的燃料乙醇保持连续 4 年增长,2017 年达到了 4.5 亿加仑,并且在美国燃料乙醇中的占比达到近 1/3。加拿大保持了美国燃料乙醇出口的第二大目标市场,在 2017 年进口了将近 3300 万加仑,同比增长 5%。2016 年,中国是美国燃料乙醇的第三大进口国,然而 2017 年同比回落了 88%。这主要是由于从 2017 年起中国向美国燃料乙醇增加了 5~30% 不等的关税。关税的增长反转了 2016 年关税下降 5% 的情况,反映了政府对生物燃料的倡导。

美国燃料乙醇生产技术情况

美国燃料乙醇主要以玉米为原料,现在全美四成的玉米都用于生产燃料乙醇。由于美国玉米种植业规模化程度高、技术先进,使得美国玉米种植成本较中国低近 40%,具有极大的发展优势。在美国,燃料乙醇的价格与石油相比,也已经具有一定的竞争力。同时中国与美国汽油存在价差,美国乙醇汽油的生产商还可享受政府补贴,种种原因使得美国燃料乙醇产业具有先天的发展优势。另外美国、巴西等国

的燃料乙醇产业已发展近 40 年，技术水平和市场已经成熟，而我国燃料乙醇产业从本世纪初开始仅发展十余年，尚有研发和应用等问题亟待解决。

巴西

巴西燃料乙醇产业发展情况

巴西是最早开始建设燃料乙醇项目的国家，1975 年推出全国燃料乙醇计划（PROALCOOL），80 年代初便已开始全面使用乙醇汽油。巴西是全球第二大燃料乙醇生产国，是全球最早立法支持生物能源的国家，其主要是发展以甘蔗为原料的燃料乙醇。2015 年 2 月 15 日起，巴西政府将乙醇掺混比例由 25% 提高至 27%。2017 年，巴西燃料乙醇产量达到 70.6 亿加仑。

中国

中国燃料乙醇产业发展情况

中国是世界上第三大生物燃料乙醇生产国和应用国，仅次于美国和巴西。近年来，国际原油价格持续走低，在国家财税政策调节的引导下，中国燃料乙醇行业逐渐向非粮经济作物和纤维素原料综合利用方向转变，积极开展工艺和示范项目建设。

中国燃料乙醇产量情况

相比之下，作为世界燃料乙醇第三大生产和消费国家，我国燃料乙醇的发展远远落后于美国和巴西，2017 年中国的产量只有 87.5 亿加仑，仅占全世界产量的 3%，年消耗玉米量占我国玉米总产量的 3.27% 左右。我国汽油年产超 1.04 亿吨，燃料乙醇产量仅占汽油产量 2% 左右，若未来在全国范围内推广使用 E10 乙醇汽油，则所需燃料乙醇还有很大的增长空间，若全部利用玉米进行生产，年消耗玉米量将达到我国玉米总产量的 15.64%。

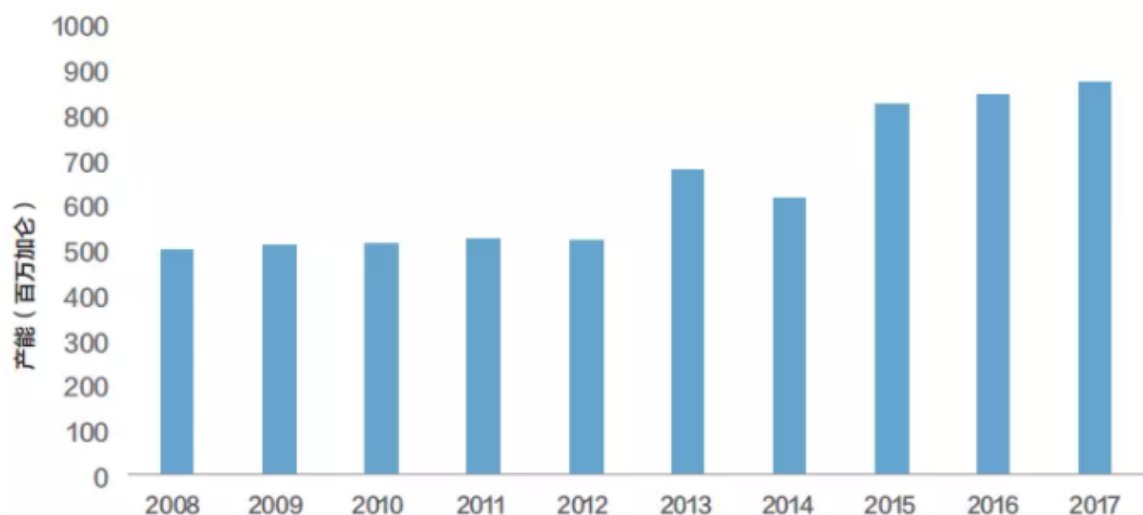


图 8 2008~2017 年中国燃料乙醇产量分布
数据来源: Renewable Fuels Association

中国燃料乙醇生产技术情况

目前我国燃料乙醇的主要生产方式有玉米乙醇、纤维质乙醇以及煤制乙醇三类

路线，而其中玉米乙醇和纤维质乙醇属于生物质发酵制燃料乙醇不同发展阶段的工艺，可归为生物质乙醇大类。

现阶段生物质发酵制燃料乙醇仍是我国燃料乙醇产量的主要来源，生物发酵法制乙醇在我国主要有三个发展阶段阶段，分别对应三代燃料乙醇产品，即 G1，G1.5 和 G2。

G1 代产品以玉米、小麦等陈粮为原料，通过生物酶的发酵，由淀粉转化为乙醇，再加以提纯分离，最终得到可以与汽油掺混的无水燃料乙醇。目前该方法成本在 4500-5000 元/吨之间。

G1.5 代产品则以国家提倡的非粮（木薯）农作物为原料，也是通过发酵将淀粉转化为乙醇。该工艺路线避免了消耗大量可做人畜粮食的玉米，但目前该方法原料主要依赖于进口，因此带来了成本不稳定的隐患。以年产 30 万吨木薯乙醇项目为例（总投资 21.6 亿元，木薯价格 1400 元/吨），经测算其成本在 5300 元/吨左右。

G2 代产品主要是指纤维素制乙醇，更受国家和企业的青睐。纤维素制乙醇在美国属于应用最为普遍的工艺，其最大的优势在于原料易得便宜，但其对生物催化酶的要求较高。而目前我国酶生产水平较为落后，故成本仍相对偏高，根据石化缘测算，我国使用秸秆生产的燃料乙醇成本约在 5600 元/吨左右。目前我国燃料乙醇整体生产水平处于从 G1 到 G1.5 代过渡的阶段，现阶段生产燃料乙醇的主力仍为玉米等粮食制乙醇，但 G2 代的纤维素将会是未来生产燃料乙醇的主流。

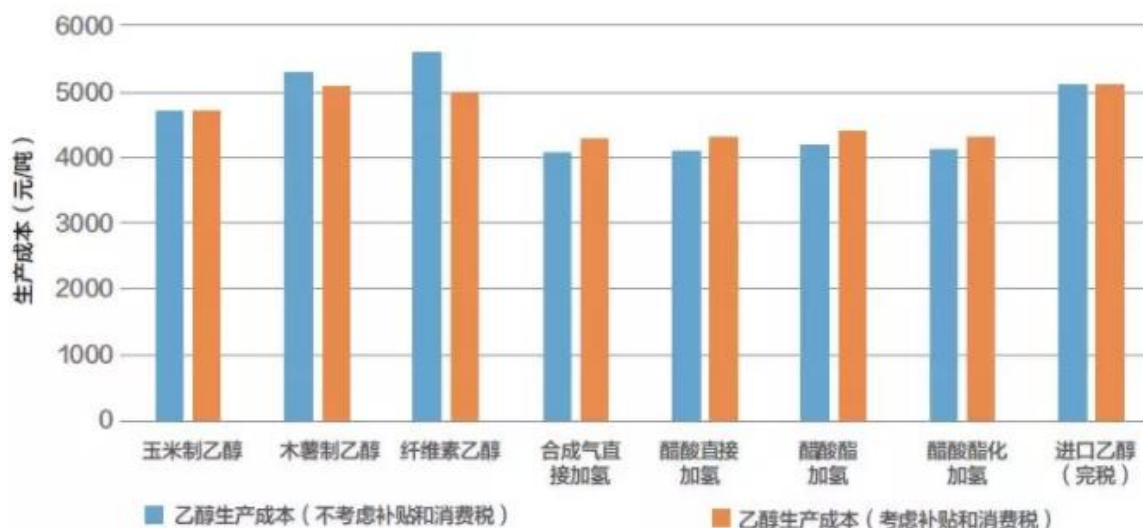


图9 我国乙醇生产成本情况
数据来源：隆众资讯，华泰期货研究院

中国燃料乙醇主要企业产能情况

虽然我国是世界上第三大生物燃料乙醇生产国和消费国，但产能和产量仍然偏小。截至 2017 年 12 月底，国内共有八家燃料乙醇定点生产企业，十多个获批燃料乙醇项目。我国燃料乙醇属于政策驱动型行业，国家相关能源与农产品政策的变化对于燃料乙醇行业影响较大。目前我国燃料乙醇为国家指令性计划产品，其生产及

销售按国家专项产业规划发展要求，国家实施的产业政策核心可以概括为“核准生产、定向流通、封闭运行、有序发展”。所谓核准生产是指燃料乙醇生产企业需要国家批准，但 2017 年变成燃料乙醇由省政府投资主管部门核准。自 2001 年国家批准四家企业以来，陆续批准了中粮广西、中兴能源、山东龙力等企业；定向流通则是指生产出来的燃料乙醇需要定向销售给中石油和中石化等生产企业，销售价格为 93 号汽油的 91.1%；而封闭运行则是指燃料乙醇推广区域限制，目前限于河南、安徽、黑龙江、吉林、辽宁、广西、湖北、内蒙古、山东、河北、江苏等省份。

小结

燃料乙醇产业所属的生物能源行业，是我国重要的战略性新兴产业，对替代石油等不可再生能源以及对大气雾霾污染、水土资源污染控制都有十分积极的战略意义。

从长远看，发展生物燃料乙醇将会更好地促进粮食供需平衡，带动农村经济发展。国际经验表明，发展生物燃料乙醇可以为大宗农产品建立长期、稳定、可控的加工转化渠道，提高国家对粮食市场的调控能力。比如，美国用玉米总产量的 37% 生产燃料乙醇，维持了玉米价格；巴西通过甘蔗--糖--乙醇联产，保障了国内甘蔗和糖价稳定，维护了农民利益。我国生物燃料乙醇产业经过十多年发展，以玉米、木薯等为原料的 1 代和 1.5 代生产工艺成熟稳定，以秸秆等农林废弃物为原料的 2 代先进生物燃料技术已具备产业化示范条件。2017 年，国家发展改革委、国家能源局等十五部委联合印发了《关于扩大生物燃料乙醇生产和推广使用车用乙醇汽油的实施方案》，明确了扩大生物燃料乙醇生产和推广使用车用乙醇汽油工作的重要意义、指导思想、基本原则、主要目标和重点任务，燃料乙醇产业迎来了新的发展机遇和更广阔的发展空间。

信息来源：<https://mp.weixin.qq.com/s/bmdeheM0BSfpPW9nqgMYiw>

IRENA：离网可再生能源促进人人享有可持续能源目标实现

国际可再生能源机构（IRENA）日前发布《全球及各地区离网可再生能源发展现状和趋势》报告指出，离网可再生能源已成为可持续发展社会中现代能源服务的一种主流解决方案。过去十年（2008-2017 年），全球离网可再生能源取得了显著的发展成果，其装机容量从 2008 年的 2 GW 增加到 2017 年 6.5 GW，增长了两倍多。得益于此，全球通过离网可再生能源获得廉价、安全可靠的现代能源服务的人数达

到了近 1.33 亿人（2016 年数据）。报告对全球离网可再生能源的发展现状和趋势进行了系统分析，主要内容如下：

1、2011-2016 年间，离网可再生能源所服务的人数增加了 6 倍，达到近 1.33 亿人

截止当前（2016 年数据），全球约有 1.33 亿人通过离网可再生能源获得照明和其他电力服务。其中大约 1 亿人使用太阳能照明（<11 瓦），2400 万人使用太阳能家庭系统（>11 瓦），至少 900 万人获得了微电网服务。在过去五年中（2011-2016 年），由于太阳能照明成本的迅速下降以及各地建立了供应链，这让服务变得触手可及，同时也推动了离网可再生能源的增长。创新的服务方式和融资模式，如即付即用（PAYG）和微型融资，也增加了太阳能家庭系统的数量。自 2007 年以来，得益于亚洲的经济增长，以水力发电为基础的微电网所服务的人口增加了一倍多，并在 2016 年达到了 640 万人。虽然太阳能照明和太阳能家庭系统服务了绝大多数的离网可再生能源人口，但它们仅占总装机容量的一小部分（4%）。而基于太阳能、水电和生物物质的高容量太阳能家庭系统和微电网有潜力提供更广泛的电力服务，包括用于生产用途。

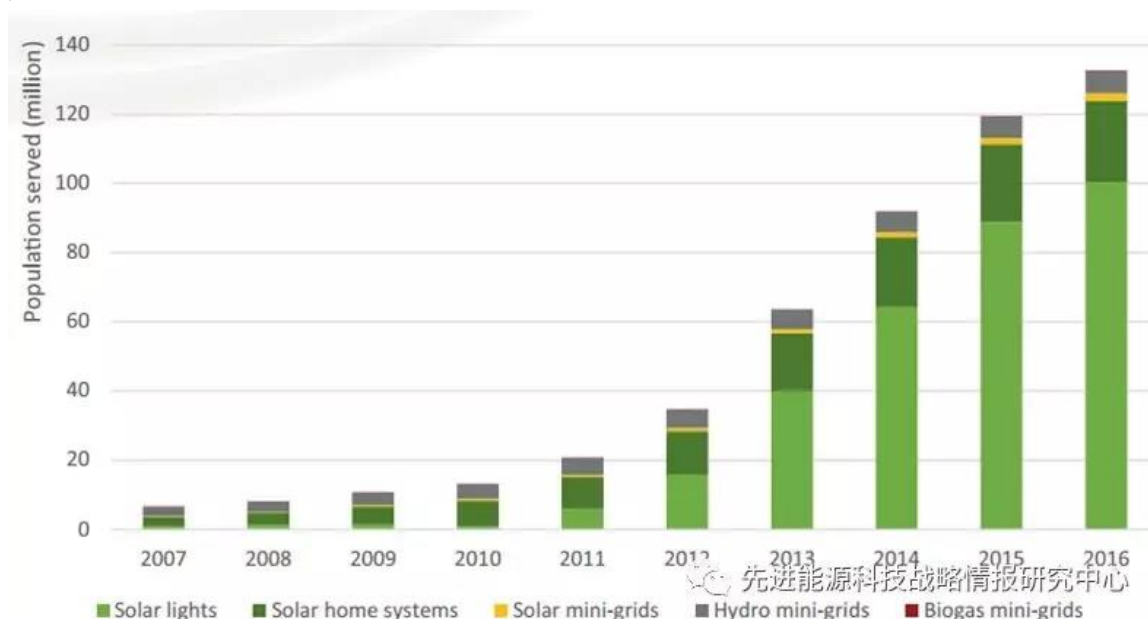


图 1 2007-2017 年间获得离网可再生能源服务人口数量变化态势（单位：百万人口）

从 2008 年到 2017 年，离网可再生能源的装机容量增长了 2 倍多，从 2 GW 增加到 6.5 GW。其中有一部分用于家庭供电，但大多数（83%）用于工业（如联合发电）、商业（如为电信基础设施供电）和公共用能终端（如街道照明、水泵）。

2、亚洲引领全球离网可再生能源部署

在过去的十年里，亚洲主导了全球离网可再生能源的发展，该地区的可再生能源装机容量从 2008 年的 1.3 GW 增加到了 4.3 GW。这一增长很大程度上是由太阳能快速发展所驱动，其在可再生能源中的占比增加近 2 倍，从 2008 年的 11% 上升到

2017 年超过 30%。而正在部署的离网太阳能将提供更为广泛的服务，包括家庭的电力和商业/公共用途。同期，离网水电装机容量翻了一番，达到了 127 MW。在服务人口方面，离网可再生能源服务的人口数量增长了近 8 倍，从 2008 年不到 1000 万人增至 2016 年超过 7600 万人。其中约有 5000 万人获得太阳能照明服务，超过 2000 万人获得太阳能家庭系统服务。

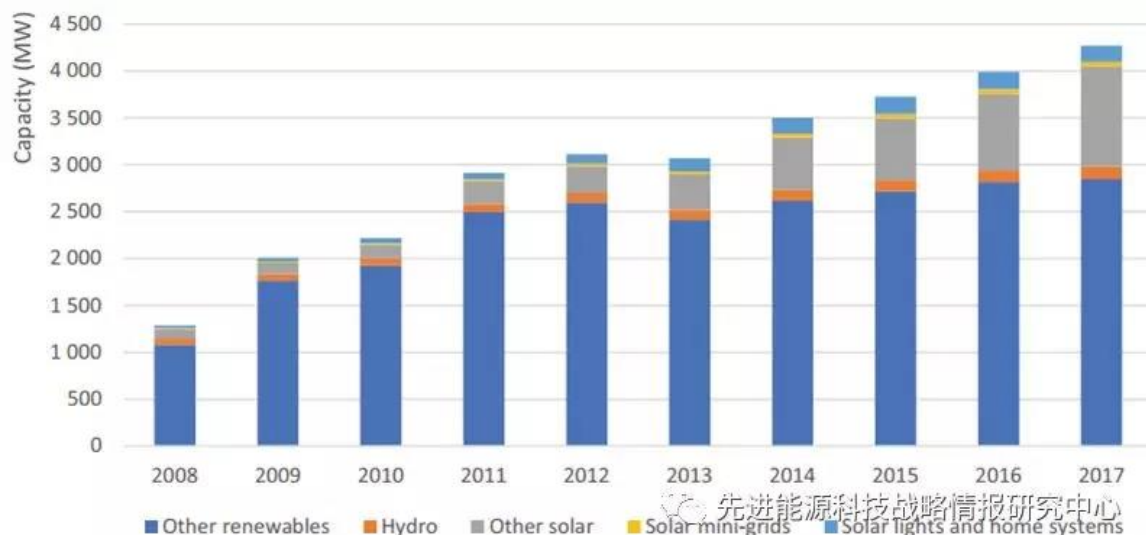


图 2 2008-2017 亚洲地区离网可再生能源装机容量变化态势 (单位: MW)

在亚洲，离网可再生能源还被用于烹饪。此外，家庭的生物质能源系统方案也已在许多国家实施，包括孟加拉国、柬埔寨、中国、印度、尼泊尔和越南。在整个亚洲地区内，普遍存在使用固体生物燃料来取暖。

近年来，亚洲地区在扩大电力供应上取得了重大进展。虽然电网服务还是最主要的服务方式，但是离网电力方案也在各种环境中发挥着重要作用，尤其是在电网未铺设的地区、偏远地区和岛屿中。亚洲在主电网和离网解决方案之间的相互作用以及离网可再生能源用于商业、公共和工业最终用途等方面拥有独特的经验。

3、非洲的离网可再生能源发展迅速

过去 5 年 (2011-2016 年)，非洲大陆的离网可再生能源取得了快速发展。该地区获得离网可再生能源服务的人数从 2011 年略高于 200 万人增至 2016 年逾 5300 万人。这其中，太阳能照明当获首功，约有 10% (约 540 万人) 通过离网太阳能获得了高水平的电力服务。2017 年，得益于技术设计和融资 (如 PAYG) 的创新以及移动支付平台 (主要在东非) 的结合，使用太阳能家庭系统的人口达到了 400 万人。

从 2008 年到 2017 年，该地区离网可再生能源累计装机容量已从 231 MW 增至 2017 年的近 1200 MW。太阳能技术一直是离网容量增长的关键驱动力，超过 820 MW 容量的太阳能照明、家庭系统和微电网等完成了部署。同期，小型水力电网的装机容量从 124 MW 增长到 162 MW。

展望未来，到 2030 年非洲将走在实现 SDG 7 目标（SDG7 是联合国设定的 7 号可持续发展目标，即获得廉价、清洁和可持续的现代能源服务目标）的前列。由于集中式能源服务基础设施较为薄弱，离网可再生能源则将在实现非洲大陆全面能源供给上发挥关键作用。

4、世界其他地区也在大力推进离网可再生能源发展

除亚洲和非洲之外，全球其他地区至少有 300 万人通过离网可再生能源获得能源服务。这些地区总装机容量已从 2011 年约 400 MW 上升至 2017 年超过 1.1 GW，其中南美占多数。

南美洲的电力普及率是发展中国家中最高的，其中离网可再生能源是解决最后一英里（偏远地区）电力供应以及工业（如采矿）和商业电力供应的解决方案。该地区离网可再生能源装机容量从 2008 年 256 MW 增至 2017 年 456 MW，水电主导了离网能源基础设施的发展，工业领域生物质能的使用也有所增加。自 2012-2017 年间，太阳能装机容量也显著增长 6 倍达到 88.5 MW。

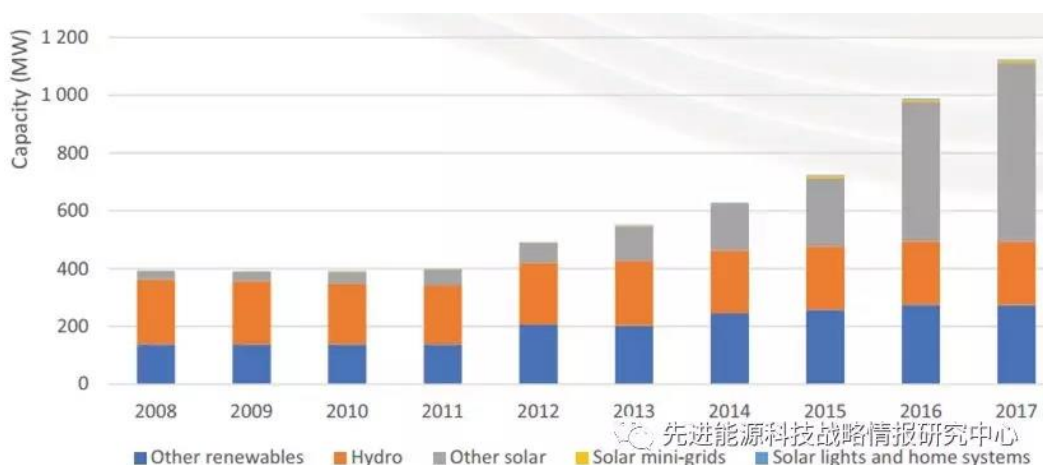


图 3 2008-2017 亚非以外的其他地区离网可再生能源装机容量变化态势（单位：MW）

大洋洲离网可再生能源装机容量也占据了较大份额，因为这些岛屿国家正在从化石燃料过渡到可再生能源。该地区装机容量已经从 2010 年的 125 MW 增长到 2017 年的 150 MW。与此同时，太阳能在可再生能源总量中所占的比重从 4.7% 上升到 21% 以上。加勒比共同体（CARICOM）的大多数成员都有较高的通电率。但不包括伯利兹、圭亚那、海地和苏里南，因为它们面临着农村电气化或能源匮乏的巨大挑战。考虑到这四个国家的电气化，分布式发电才能确保他们有可靠的电力供应。在圭亚那，有几家公司通过分布式发电来满足大部分或全部的能源需求。在海地，现有电网系统的不稳定性促使电网消费者完全或部分地依赖于自我发电，主要是依靠高效的柴油发电机。随着可再生能源的发展，大洋洲和加勒比海的岛屿预计将过渡到基于可再生能源的电力系统。

5、离网可再生能源能在各地都提供广泛的电力服务

当前，离网可再生能源被广泛用于为各种用能终端提供电力服务。在 2017 年，6.6 GW 离网装机容量中，工业部门获得的电力服务最多，其次是商业和公共服务用能。其中工业部门所使用的离网电力主要依靠农林残余物的生物质能发电，而太阳能光伏则更多被用于为商业和公共设施以及住宅提供电力服务。

在商业和公共用途中，电信基础设施选择光伏供能，同样选择光伏的还有学校、街道照明、卫生中心和抽水。太阳能光伏因为其模块化和分布式的特性而具备了较大的部署灵活性，目前几个光伏项目和计划已经启动并正在加速部署中。太阳能泵是个很有吸引力的项目，它可以满足灌溉和饮用水供应的需要，也能提供可持续的现代能源，因此其部署规模也在逐渐扩大中。农村医疗中心的太阳能供电也成为了人们越来越感兴趣的一个领域。自 2010 年以来，用于医疗中心的光伏装机容量增加了五倍，到 2018 年预计达到 10 MW 以上。电力供应对医疗服务的质量、可及性和可靠性方面发挥着关键作用。全球约有 10 亿人的卫生设施无法获得可靠的电力供应，其中有 2.55 亿人生活在撒哈拉以南的非洲地区。考虑到其巨大的社会影响，农村医疗的电气化应成为农村电气化方案的优先选择

报告最后总结道，为了加速实现 SDG7 目标必须需要协调能源社会环境中的多个要素，包括政策法规、体制框架、交付和融资模式、技术创新和跨部门联系，并提出了相关建议：

政策与监管

1、电气化发展规划和战略应在合理的时间范围内明确电网扩展所要达到的区域和适合于离网解决方案的区域，并将信息提供给所有利益攸关者。

2、政策和法规的稳定性和明确性对于开发离网可再生能源解决方案至关重要。需要设计激励结构来吸引投资，并鼓励当地企业为市场发展做出长期贡献。

3、调整传统的集中式电网政策框架以适应微电网发展需要，如针对微电网制定政策和法规解决许可要求、税收制度、并网影响和融资等方面的问题。

4、采取适当的标准和质量控制措施来避免低质量产品的泛滥。由于离网可再生能源的监管仍处于起步阶段，各国政府应集中精力制定标准，鼓励可持续发展，同时不阻碍模式的创新。

制度框架

1、有关机构需要有明确的角色和责任，部门参与者对行政程序和机构联系要有明确的认识。

2、简单而精简的行政程序可以减少交易费用，例如在取得必要的许可证和资质方面。为此，最好是由一个机构负责协调利益相关者、制定过程和程序、管理项目批准、提供容量建设和促进财务和其他奖励计划的管理。

3、实施电气化战略的机构需要具备从技术知识和技能到稳定的预算拨款等一系

列强大的能力。

交付和融资模式

1、交付模式需要根据当地的社会经济条件、采用技术以及当前和预期的电力服务需求来设计。

2、为最终用户提供长期的、量身定制、可实现的融资可以提高产品（如太阳能家庭系统）或服务（如微型电网连接费）的可及性。

3、离网部门的企业根据所处阶段、产品/服务组合和项目开发阶段的不同，寻求通过不同的融资需求获得长期融资。

4、使用金融工具，如众筹可以在传统融资无法获得或成本过高的情况下为离网项目提供资金。

技术创新

1、离网可再生能源技术应适应当地情况，并为农村地区提供多样化的电力服务。

2、开发和实施项目需要公私合伙和贷款赠款，而生产和知识产权交换则需要公共风险基金和补贴。公私部门的资助对创新型基础研究至关重要。

3、政策制定者应提供市场政策支持，促进可再生能源微电网设备商业化，大力推进行业发展。

交叉领域

1、离网可再生能源的全面发展应该考虑到跨部门能源服务的多样性

2、离网解决方案的技术、交付和融资模式的创新是对跨部门应用（包括农业部门）电力服务的支持。

3、离网可再生能源解决方案应该为公共服务（如淡水、教育和健康）提供可靠的电力供应。激励跨部门的合作需要评估各个部门离网解决方案的作用以及在各自部门发展战略中的发展情况，并最大限度地扩大离网解决方案对实现多个可持续发展目标效能。

信息来源：武汉文献情报中心

<https://mp.weixin.qq.com/s/Ka5JRSHgqm8bbCDYRsth0g>

光伏的过去、现在和未来

中国的光伏发电 80 年代开始起步，在国家“六五”和“七五”期间，中央和地方政府首先在光伏行业投入资金，使得中国十分微小的太阳能电池工业得到了初步发展，并在许多地方做了示范工程，拉开了中国光伏发电的前奏。

光明工程计划

2001 年国家推出“光明工程计划”，旨在通过光伏发电解决偏远山区用电问题。2002 年前后年无锡尚德、英利等组件厂相继投产，成为中国第一批现代意义的光伏组件生产企业。2004 年 8 月，深圳国际园林花卉博览园 1 MWp 并网光伏电站建成发电，总投资 6600 万元，是国内首座大型的兆瓦级并网光伏电站，也是当时亚洲最大的并网太阳能光伏电站。2007 年《可再生能源中长期发展规划》出台，提出到 2020 年光伏总装机容量，实现 2000 兆瓦。

2007~2010 年，国内的光伏发电项目快速走向市场化，装机容量保持每年 100% 以上的增长。与此同时，光伏项目的类别也发生了根本性的变化，并网项目成为主流，占比由 2006 年的 5.1% 增加至 2010 年底的 80%，代表着光伏项目在社会中发挥的作用与地位发生变化。

金太阳示范工程

2009 年 7 月 16 日，财政部、科技部、国家能源局联合发布《关于实施金太阳示范工程的通知》，决定综合采取财政补助、科技支持和市场拉动方式，加快国内光伏发电的产业化和规模化发展。三部委计划在 2 至 3 年内，采取财政补助方式，支持不低于 500 兆瓦的光伏发电示范项目。“金太阳示范工程”，是中国应对国际金融危机、促进国内光伏发电产业技术进步和规模化发展，而紧急实施的一项政策。

2009 年的第一期示范工程包括 329 个项目，设计装机总规模 642 兆瓦，规定 2—3 年时间完成。这一年的金太阳，重点支持大型工矿、商业企业以及公益性事业单位，利用现有条件建设用户侧并网光伏发电项目、偏僻无电区光伏发电项目及大型并网光伏发电项目。当年并网光伏发电项目按系统总投资的 50% 给予补助，偏远无电地区的独立光伏发电系统按系统总投资的 70% 给予补助。

2010 年实际安装 272MW，金太阳不再支持大型并网光伏电站，其它支持范围与 2009 年相同。2010 年 9 月 21 日，三部委与住建部联合下发《关于加强金太阳示范工程和太阳能光电建筑应用示范工程建设管理的通知》，将关键设备招标方式由项目业主自行招标改为国家集中招标，按中标协议供货价格的一定比例给予补贴。其中，用户侧光伏发电项目补贴比例为 50%，偏远无电地区的独立光伏发电项目为 70%。对示范项目建设的其他费用采取定额补贴，用户侧光伏发电项目 4 元/瓦(建材型和构件型光电建筑一体化项目为 6 元/瓦)，偏远无电地区独立光伏发电项目 10 元/瓦(户用独立系统为 6 元/瓦)。

2011 年实际安装 692MW，金太阳重点支持经济技术开发区、工业园区、产业园区等集中连片开发的户用侧等光伏发电项目等。补贴标准又有所调整，不再对关键设备进行招标，只要设备检测符合标准即可，补贴方式仍采用初投资补贴，采用晶体硅组件的示范项目补助标准为 9 元/瓦，采用非晶硅薄膜组件的为 8 元/瓦。

2012 年实际安装 4544MW，上半年，金太阳第一批项目的补贴标准调整为：用

户侧光伏发电项目补助标准原则上为 7 元/瓦，后在正式实施过程中调低到 5.5 元/瓦；下半年第二批项目的补贴标准为：2013 年 6 月 30 日前完工的金太阳以及与建筑一般结合的太阳能光电建筑应用示范项目补助标准为 5.5 元/瓦，建材型等与建筑紧密结合的光电建筑一体化项目补助标准为 7 元/瓦；偏远地区独立光伏电站的补助标准为 25 元/瓦，户用系统的补助标准为 18 元/瓦。

从 2009 年到 2012 年，4 年总计的安装量共 6.15GW，2013 年 3 月，财政部决定金太阳示范工程不再进行新增申请审批；2013 年 5 月，财政部发布《关于清算金太阳示范工程财政补助资金的通知》，规定没有按期完工的项目，要求“取消示范工程，收回补贴资金”；没有按期并网的项目，则会被“暂时收回补贴资金，待并网发电后再来函申请拨付”。

度电补贴

2013 年 7 月，国务院发布《关于促进光伏产业健康发展的若干意见》(国发[2013]24 号)，这是具有里程碑意义的文件，2013 年 8 月，国家能源局发布《关于发挥价格杠杆作用促进光伏产业健康发展的通知》，明确光伏补贴从金太阳事前补贴正式转为度电补贴，分布式补贴 0.42 元/kWh，地面电站采用三类标杆电价，分别为一类地区 0.9 元/kWh，二类地区 0.95 元/kWh，三类地区 1.0 元/kWh，光伏项目审批由核准制向备案制过渡。根随中央政府的政策，各部委，各省市县的落实政策也纷纷出台地方补贴政策，2013 年 9 月起，可再生能源附加征收标准提高到 1.5 分/kWh，每年可筹集资金约 370 亿元。

从 2014 年到 2017 年，国内光伏发展走上快车道，截至 2014 年底，光伏发电累计装机容量 2805 万千瓦，同比增长 60%，其中，光伏电站 2338 万千瓦，分布式 467 万千瓦，年发电量约 250 亿千瓦时，同比增长超过 200%。2014 年新增装机容量 1060 万千瓦，约占全球新增装机的五分之一，占我国光伏电池组件产量的三分之一。截至 2015 年底，我国光伏发电累计装机容量 4318 万千瓦，成为全球光伏发电装机容量最大的国家。其中，光伏电站 3712 万千瓦，分布式 606 万千瓦，年发电量 392 亿千瓦时。2015 年新增装机容量 1513 万千瓦，占全球新增装机的四分之一以上，截至 2016 年底，我国光伏发电新增装机容量 3454 万千瓦，累计装机容量 7742 万千瓦，新增和累计装机容量均为全球第一，其中，光伏电站累计装机容量 6710 万千瓦，分布式累计装机容量 1032 万千瓦。截至 2017 年 12 月底，全国光伏发电装机达到 1.3 亿千瓦，其中，光伏电站 10059 万千瓦，分布式光伏 2966 万千瓦，新增装机 5306 万千瓦，其中，光伏电站 3362 万千瓦，同比增加 11%；分布式光伏 1944 万千瓦，同比增长 3.7 倍。

2016 年底，国家能源局发布的《太阳能发展“十三五”规划》，到 2020 年底，我国太阳能发电装机将要达到 110GW 以上，其中分布式光伏占 60GW。2016 年，

发改委、扶贫办、能源局等 5 部委联合发出《关于实施光伏发电扶贫工作的意见》，光伏扶贫成为光伏重要的一部分。2016 年光伏领跑者计划开始实施，领跑者计划将通过建设拥有先进技术的光伏发电示范基地、新技术应用示范工程等方式实施，2017 年后，光伏领跑者分为应用领跑基地和技术领跑基地两大类。

平价上网

2018 年 5 月 31 号，国家发展改革委、财政部、国家能源局三部委发布《关于 2018 年光伏发电有关事项的通知》，发改能源〔2018〕823 号，给加速前进的国内光伏来了一个急刹车，主要内容有：暂不安排 2018 年普通光伏电站建设规模。安排 1000 万千瓦左右规模用于支持分布式光伏项目建设，支持光伏扶贫，有序推进光伏发电领跑基地建设。由于 2018 年 6 月份前，分布式光伏实际安装量或已超过 10GW，因此分布式光伏在 2018 年 6 月份后，已经没有补贴了。光伏开始进入平价上网时代。

1、户用市场急剧下降

由于户用光伏，白天有太阳时，自用电量很少，大部分上网，而上网电价在 0.4 元左右，收回不了成本，只有少部分有补贴的地方还可以做，如浙江杭州富阳区户用一次补贴 1 元/瓦，嘉兴 0.25 元/瓦补贴两年，宁波 0.15 元/瓦补贴 3 年，宁波补贴范围 9 万户，目前已安装 1 万户左右。诸暨 0.2 元/瓦，补贴 5 年，绍兴新昌县 0.2 元/瓦，补贴 5 年。

2、出租房户用光伏

福建宁德市宁德时代周边有几百个中小型楼盘，是当地人建的，给外来人口租住，一个楼盘租客通常有 50-80 户用电量高，工人是三班倒，白天用电量也很高，由于楼盘没有经过审批的，因此不能走正常的用电程序，电费达 1 块多钱一度，安装光伏不到 5 年即可回本，光伏发电基本上能用完，但偶尔也有例外，电力公司如果发现电向外送，会有高额罚款，因此需要加装防逆流装置，楼盘大部分是单相 220V，需要单相带防逆流功能的逆变器，最好还能支持多台并机。

全国相似的地方应该有很多，如深圳，东莞等珠三角地区，一些大型企业的周边地区等等。

3、电价较高，自用比例较大的建筑项目

成都双流机场光伏电站，这个电站是在航站楼旁边的一个货物流转运楼，综合电价约 0.8 元/度，全年没有休息日，所有的用电全部自己消纳，周边也没有高大建筑阴影阻抗，EPC 建造价格是 5.5 块钱 1 瓦，预计 5-6 年收回投资。

宁波奥体中心光伏电站，综合电价约 0.9 元/度，全年没有休息日，所有的用电全部自己消纳，EPC 建造价格是 6.0 块钱 1 瓦，预计 5 年收回投资。

铁塔光伏电站项目：中国三大运营商移动、联通和电信，有数万个通信基站，用电设备很多，每天用电量很大，电价也较高。无补贴的光伏项目要精打细算，优

化设计，尽可能提高系统效率多发电，以提升投资收益率。

4、原有光伏电站项目改造或者扩容

光伏逆变器行业是一个竞争非常激烈的行业，每年约有 30% 的公司倒闭关停，这就意味着每年有一批电站的逆变器失去保修，这些逆变器一旦发生故障，就必须更换别的品牌。

以前备案安装光伏的项目，有国家补贴，原则上是允许私自扩容，但电力公司只控制电表不让动，而随着组件和逆变器价格大幅下降，在原有的电站基础上增加一部分组件，更换逆变器，增加发电量，投资回收期可缩短。

5、光伏储能和能源管理平台

光伏并网只有卖电一条挣钱路径，而且不能选择时间，加了储能和能源管理系统后，则多了几条路，一是增加电价峰值时间，二是减少停电损失，三是校正功率因素减少电网谐波等措施，可以改进电网电能质量，四是能源管理平台可以控制所有设备的用电情况，帮助企业进行高效的能源管理，改变能源的使用习惯，规范和加强能源管理。

信息来源：<https://www.china5e.com/news/news-1039253-1.html>

到 2020 年太阳能将成为欧洲最具竞争力的能源

阳光投资集团的结论，到 2020 年，太阳能将成为欧洲大陆最具竞争力的能源。



阳光投资表明欧洲取消最低进口价格(MIP)使太阳能组件的价格降低了 30%。

阳光投资表示，决定取消从中国进口太阳能电池板的贸易关税意味着太阳能将成为投资者、消费者和决策者更具吸引力的能源形式，并因此得到更广泛的采用。

2013 年，欧盟最初对中国太阳能电池板征收高达 64.9% 的关税。

专家预测，欧洲可能会在短短几周内开始获得取消关税的好处。

阳光投资集团的首席执行官 Deividas Varabauskas 表示：“取消贸易关税是一个长期的决定。整个光伏行业将从这一变化中受益匪浅。随着二氧化碳排放权成本的上升和太阳能组件成本的降低，到 2020 年，太阳能很可能成为欧盟大部分地区最具竞争力的能源形式。”

信息来源：<https://www.china5e.com/news/news-1039100-1.html>

我国光伏行业发展脉络

近年来，我国光伏行业从技术研发到市场应用，再到成本控制，全产业链取得创新突破。截至 2017 年，我国光伏新增装机规模连续 5 年位居全球第一，累计装机规模连续 3 年位居全球第一。然而，频频出现的弃光和补贴资金缺口等问题，又冷敷着投资客过分狂热的头脑，提醒着从业者回归理性。

其实，光伏电价和补贴退坡，以及“年度指导规模管理”政策，自 2014 年就已经开始实施。光伏电站电价从 2012 年的 1.15 元/千瓦时，到 2014 年初次退坡——根据 I、II、III 类资源区分别调整为 0.90、0.95、1.0 元/千瓦时，再到“5·31”光伏新政实施前的 2018 年初，已经分别调整为 0.55、0.65、0.75 元/千瓦时。光伏电站新建规模也从 2004 年到 2016 分别控制在 14000 兆瓦、17800 兆瓦、18100 兆瓦，到 2017 年至 2020 年间年均控制在 21000 兆瓦。

然而，这些早已实施的退坡和规模管理政策所针对的问题——弃光和补贴缺口问题并未得到根本解决。鉴于此，业界应该早有预判，后面的靴子迟早还会掉下来，只不过这次砸得更重、声音更响——“5·31”新政痛下决心、快刀斩乱麻。

唯其决绝，方能“动心忍性，增益其所不能”。当前发展的重点就是要从扩大规模转到提质增效、推进技术进步上来，需要从更有利于健康可持续发展的角度，着力推进技术进步、降低发电成本、减少补贴依赖，优化发展规模，提高运行质量，推动行业有序发展、高质量发展。这是今年及今后一段时期光伏发电发展的基本思路。

了解了过去，才能理解现在和展望未来。我国光伏行业的发展，先后经历了成长起步、产业化发展、规模化发展、规范管理四个阶段；电价和补贴，从 2012 年出台标杆上网电价开始至今，先后经历了五轮退坡；规范管理，从 2014 年开始，也先后经历了五轮。本栏目就通过上述几个方面，简要梳理一下我国光伏行业发展的脉络，供广大读者参考。

我国光伏市场的四个发展阶段

2007 年以前

成长起步阶段

累计装机：80 兆瓦

这一时期基本上处于示范阶段，行业发展程度低，基本没有实现市场化运行。在光伏项目中，95%为离网项目，仅有 5%实现并网。该阶段出现我国首座兆瓦级并网光伏电站，也是亚洲最大的并网光伏电站——深圳园博园 1 兆瓦光伏发电系统，为建筑并网项目；同时，还出现了国内首座直接高压并网的 0.1 兆瓦光伏电站——西藏羊八井光伏电站。另外，为解决 7 省区无电乡用电问题而建设的 700 多座光伏和风光互补电站，光伏装机 15.5 兆瓦，均为离网项目。

2007 年至 2010 年

产业化阶段

累计装机：910 兆瓦

本阶段国内光伏项目快速走向市场化，装机容量每年以 100%以上速率增长，并网项目占比达到 80%。光伏电站电价实施核准制，“内蒙古伊泰煤炭鄂尔多斯康巴什新区 0.205 兆瓦聚光并网光伏示范发电工程”等项目获得 4 元/千瓦时的核准电价。另外，实施了前两批“金太阳”和“光伏建筑”项目，再加上实施了两期地面光伏电站特许权招标，让分布式光伏市场和荒漠并网光伏电站兴旺起来。

2011 年至 2013 年

规模化阶段

累计装机：19430 兆瓦

此阶段出台了并网太阳能光伏发电项目标杆上网电价，将分布式光伏项目补贴从容量补贴转向电量补贴，并将光伏项目审批由核准制改为备案制，并网项目成为主流，离网项已经忽略不计。利好政策频出，装机总量和增速都快速提升，我国渐成为光伏大国。但同时，由于装机与负荷中心不匹配，国际国内市场不均衡，国内装备市场与应用市场不协调，光伏与调峰电源不配套，输送通道与光伏基地建设不同步等问题的存在，仍然制约着光伏行业的进一步发展。

2014 年至今

规范管理阶段

累计装机：130250 兆瓦(截至 2017 年底)

由于补贴缺口和弃光问题的出现,我国自 2014 年起实行光伏标杆电价和补贴退坡以及“光伏发电年度指导规模管理”,而且逐年更加严格。同时,随着光伏电站标杆上网电价与并网时间的挂钩,各地连续几年掀起了抢装潮。我国开始在农村贫困地区开发分布式光伏产业。另外,为促进先进光伏技术产品应用和产业升级,“领跑者”计划进入公众视野。光伏应用从地面光伏电站转向分布式,分布式光伏迎来大爆发,2017 年新增装机超过 20000 兆瓦,同比增加约 400%。

光伏标杆电价及补贴退坡

2012 年至 2013 年

2011 年 7 月 1 日以前核准建设、2011 年 12 月 31 日建成投产、尚未核定价格的太阳能发电项目,上网电价统一核定为 1.15 元/千瓦时。2011 年 7 月 1 日及以后核准,以及 2011 年 7 月 1 日之前核准但截至 2011 年 12 月 31 日仍未建成投产的太阳能发电项目,除西藏仍按 1.15 元/千瓦时执行外,其余省份上网电价均按 1.0 元/千瓦时执行。

2014 年

按照 I、II、III 类资源区,光伏电站标杆上网电价分别为 0.90、0.95、1.0 元/千瓦时。分布式光伏全电量电价补贴标准为 0.42 元/千瓦时;其中,分布式光伏自用有余上网的电量执行当地燃煤机组标杆上网电价。

2016 年

按照 I、II、III 类资源区,光伏电站标杆上网电价分别降低 0.10、0.07、0.02 元/千瓦时,分别调整为 0.80、0.88、0.98 元/千瓦时。

2017 年

按照 I、II、III 类资源区,光伏电站标杆上网电价分别降低 0.15、0.13、0.13 元/千瓦时,分别调整为 0.65、0.75、0.85 元/千瓦时。

2018 年 1 月 1 日至 5 月 31 日

按照 I、II、III 类资源区,光伏电站标杆上网电价分别降低 0.1 元/千瓦时,分别调整为 0.55、0.65、0.75 元/千瓦时。采用“自发自用、余量上网”模式的分布式光伏项目,全电量电价补贴标准降低 0.05 元/千瓦时,调整为 0.37 元/千瓦时。

2018 年 5 月 31 日以后

光伏电站标杆上网电价统一降低 0.05 元/千瓦时,按照 I、II、III 类资源区分别调整为 0.50、0.60、0.70 元/千瓦时。采用“自发自用、余电上网”模式的分布式光伏项目,全电量电价补贴标准降低 0.05 元,调整为 0.32 元/千瓦时。

时段	I 类资源区	II 类资源区	III 类资源区	“自发自用、余电上网”模式的分布式光伏发电项目
2012 年至 2013 年	1.15/1.0			
2014 年	0.90	0.95	1.0	0.42
2016 年	0.80	0.88	0.98	0.42
2017 年	0.65	0.75	0.85	0.42
2018 年 1 月 1 日至 5 月 31 日	0.55	0.65	0.75	0.37
2018 年 5 月 31 日以后	0.50	0.60	0.70	0.32

▲注：1.自 2016 年开始，“全额上网”模式的分布式光伏项目按所在资源区光伏电站价格执行；2.未涉及光伏扶贫项目。

实施光伏发电年度指导规模管理

我国光伏产业在 2013 年呈爆发式增长，光伏企业在光资源丰富的西北等地区上马光伏电站的速度过快，导致弃光问题出现，并且出现可再生能源电价补贴缺口。因此，实行“光伏发电年度指导规模管理”势在必行。

2014 年

14000 兆瓦

全国新增备案总规模 14000 兆瓦，其中分布式 8000 兆瓦，占比约 60%，光伏电站 6000 兆瓦，占比约 40%。对于甘肃、青海、新疆(含兵团)等光伏电站建设规模较大的省份，如发生限电情况，将调减当年建设规模，并停止批复下年度新增备案规模。

2015 年

17800 兆瓦(不包含分布式等)

全国新增光伏电站建设规模 17800 兆瓦。对屋顶分布式光伏项目及全部自发自用的地面分布式光伏项目不限制建设规模。光伏扶贫试点省区(河北、山西、安徽、宁夏、青海和甘肃)安排专门规模用于光伏扶贫试点县的配套光伏电站建设。

2016 年

18100 兆瓦(不包含分布式等)

全国新增光伏电站建设规模 18100 兆瓦，其中普通光伏电站项目 12600 兆瓦，光伏领跑技术基地规模 5500 兆瓦。利用固定建筑物屋顶、墙面及附属场所建设的光伏项目以及全部自发自用的地面光伏电站项目不限制建设规模。

2017 年至 2020 年

年均 21000 兆瓦(合计 86500 兆瓦)

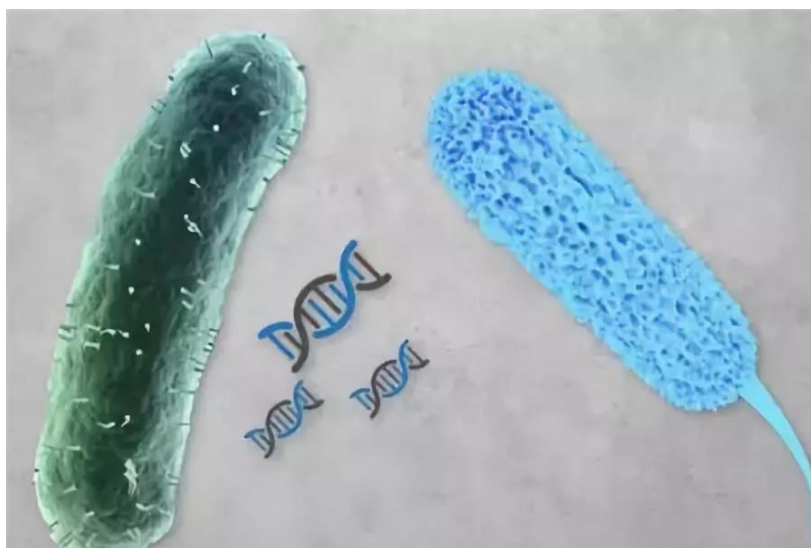
光伏电站新增计划装机规模为 54500 兆瓦，领跑基地新增规模为 32000 兆瓦，年均新增装机规模将超过 21000 兆瓦。其中，北京、天津、上海、福建、重庆、西藏、海南 7 个省份，自行管理本区域“十三五”时期光伏电站建设规模，并有序建设；甘肃、新疆(含兵团)、宁夏暂不安排 2017 年至 2020 年的新增建设规模。

2018 年

世纪生物学领域新兴的一门学科，合成生物学是分子和细胞生物学、进化系统学、生物化学、信息学、数学、计算机和工程学等多学科交叉的产物。发展迄今，已在生物能源、生物材料、医疗技术以及探索生命规律等诸多领域取得了令人瞩目的成就。2014 年，美国国防部将其列为 21 世纪优先发展的六大颠覆性技术之一；英国商业创新技能部将合成生物技术列为未来的八大技术之一；我国在 2014 年完成的第三次技术预测中，将合成生物技术列为十大重大突破类技术之一。我国在“十三五”科技创新战略规划中，已将合成生物技术列为战略性前瞻性重点发展方向。

“建物致知”的合成生物学

理学奖得主理查德·菲利普·费曼曾说，“我不能创造的东西，我就不理解”。合成生物学正是可以通过构造人工生物系统来研究生命科学中的基本问题。它有两个用途：一是通过人造细胞工厂进行高效生产，“造来用”；二是通过人造生命了解生物基础法则，“造来懂”。因此有学者称这项技术为“建物致知”。



学的主要研究内容分为三个层次：一是利用现有的天然生物模块构建新的调控网络并表现出新功能；二是采用从头合成方法人工合成基因组 DNA；三是人工创建全新的生物系统乃至生命体。

基因测序、基因合成以及基因编辑技术的加速发展为合成生物学领域的研究奠定了坚实的基础；而计算机、大数据、先进制造及自动化等技术为合成生物学的应用插上了腾飞的翅膀。

引领“第三次生物科技革命”的合成生物学

合成生物学是生物科学理论研究的重要突破，使人类能够以“上帝视角”去了解生物的进化历程和结构机理。1953 年 DNA 双螺旋结构的发现被称为第一次生物科技革命，它使生命科学研究进入到分子遗传学和分子生物学时代。2003 年人类基因组测序成功标志着第二次生物科技革命的到来，我们因此能够大规模地“读取”

遗传信息，并引领生命科学研究进入组学和系统生物学时代。而合成生物学是在系统生物学的基础上，结合工程学理念，采用基因合成、编辑、网络调控等新技术，来“书写”新的生命体，或者改变已有的生命体，这将使人类对生命本质的认识获得质的提升，从而引领了第三次生物科技革命。



另一方面，合成生物学又具有生物制造的属性。生物制造经历了两次革命。第一次发生在 20 世纪 50? 60 年代，通过大规模发酵，使抗生素、氨基酸、维生素等药品、食品和营养品实现工业化生产，我们今天称之为传统生物技术。第二次发生在 20 世纪 80 年代，分子遗传学的发展导致产生了基因操作技术，通过基因克隆、表达、修饰或转移，实现了各种高附加值的生物制品生产，“一个基因，一个产业”，发展成今天的生物技术战略性新兴产业。合成生物学则是利用系统生物学知识，借助工程科学概念，从基因组合成、基因调控网络与信号转导路径，到细胞的人工设计与合成，完成单基因操作难以实现的任务，将极大地提升基因生物技术的能力并拓展其应用范围。因此有理由认为，合成生物学正在催生第三代生物技术。

或将迎来产业爆发的合成生物学

合成生物学概念被广泛关注，最早可追溯到 2004 年在麻省理工学院举办的“合成生物学 1.0”大会。那次会议的最大亮点在于，风险投资机构对合成生物学的进展感到非常兴奋，他们看到了该领域研究对于生物学的重大意义，尤其是在生物能源方面。

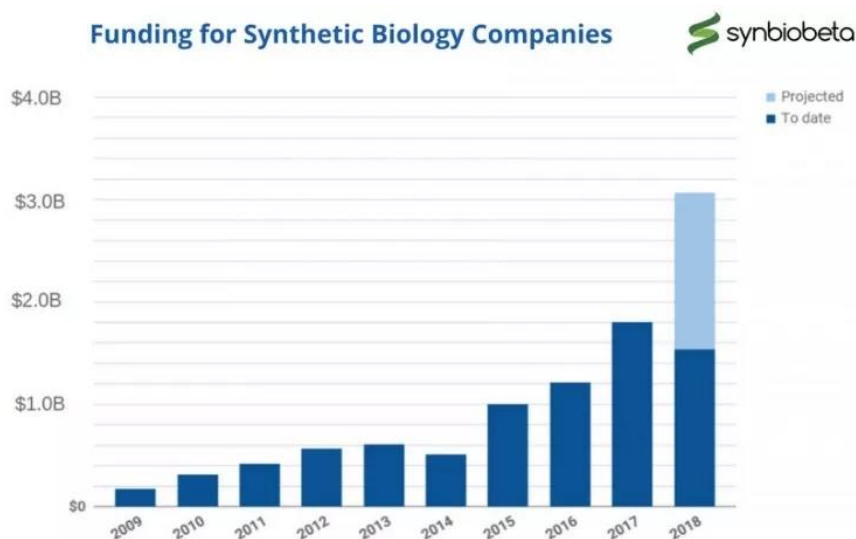
在随后的几年内，有很多合成生物学初创公司相继成立，融资额也相当巨大。但这并不是一个好的转折点，甚至在某种程度上使合成生物学的发展遭遇挫折。当时合成生物学在生物能源方面的研究成果并不具有经济效益，在规模化方面根本无法与传统化石能源相抗衡。在随后的五年内，这些公司相继倒闭，那也是合成生物学商业化进程中失去的五年。

近年来，伴随 CRISPR 等基因组编辑技术的不断革新，以及同样快速发展的大数据、人工智能和机器人技术等，合成生物学的前景变得越来越明确，合成生物学的产业化发展迎来一个爆发期，具有以下几方面新的表现：

第一，涉及领域越来越广。从生物能源扩展到生物基材料、微生物机器人、食品、农业、生物医药、疾病治疗、稀有资源量产、环境修复以及生物工程技术平台的开发等诸多领域。

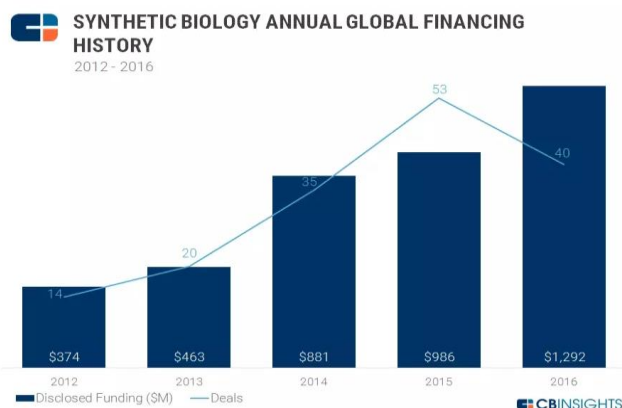
例如日本科学家将放线菌的基因转移到大肠杆菌，通过设计新的代谢途径，生产出可耐 400 摄氏度高温的生物塑料。整个生产过程节约能源并减少了二氧化碳的排放。作为产品的生物塑料可自然降解，有利于保护环境。

美国最大的合成生物学创业公司 Ginkgo Bioworks，通过将玫瑰的基因整合到酵母的基因组上，实现了利用酵母大量生产价格昂贵的玫瑰精油。该公司已与法国知名香水企业建立了合作关系，市场前景值得期待。



（合成生物学企业融资，数据来源：synbiobeta）

第二，初创企业大幅增加，融资额不断增长。据美国 SynBioBeta 数据显示，全球合成生物公司今年第一季度共获投资 6.5 亿美元，规模达去年同期的 2 倍；第二季度投资额达 9.25 亿美元，较去年同期增长 4 倍，并且此时期获资助公司多位于美国硅谷和美国东北部。全球合成生物产业 2018 年募资额有望达到 30 亿美元。此外，英国合成生物学国家产业转化中心（SynbiCITE）于 7 月 12 日发布的《2017 年英国合成生物学初创调查》显示，英国在 2000-2016 期间共成立 146 家合成生物企业，在此期间公司数量每 5 年翻一番；在 2010-2014 的五年期间，企业共获得 2.2 亿英镑投资，是此前 5 年的 5.5 倍；企业在 2015-2017 期间获得投资进一步增加，仅 3 年就募集超过 4 亿英镑投资。



（全球合成生物学融资历史（2012-2016），数据来源：CB Insights）

第三，越来越多的顶级科学家投身创业大潮，科研成果的产业化进程提速。合成生物学公司 Synlogic 由麻省理工学院生物工程学教授、合成生物学先驱詹姆斯·柯林斯创办，并于 2017 年 8 月在纳斯达克上市；Ginkgo Bioworks 公司由麻省理工学院计算机科学和合成生物学先驱汤姆·奈特参与创办，目前已获 4.29 亿美元融资，估值超过 10 亿美元；Synthetic Genomics 公司由美国合成生物学先驱克莱格·文特尔（曾公然挑战“国际人类基因组计划”而闻名）及诺贝尔奖获得者汉密尔顿·史密斯创办；enEvolv 由哈佛医学院基因组研究中心主任乔治·丘奇创办等。

学科交叉、融合创新的合成生物学

在中科院深圳先进技术研究院合成生物学工程研究中心有这样一支队伍，从学科来看，团队中的 12 位课题组长（PI），有研究微生物学的，有研究合成基因组学的，也有研究理论物理方向的，甚至有专攻微流控芯片的。这样一个成立不足 4 年、平均年龄仅 36 岁的“杂牌军”，却在合成生物学领域取得了不俗的研究成果，至今已发表数篇《科学》论文，并吸引了美国科学院院士、合成生物学领军人物杰·基斯林来此建立联合实验室。

作为一个新兴的交叉学科，传统的生物学研究方法已经满足不了合成生物学的发展要求。计算机科学、工程学、理论物理学、数学等学科与生物学的深度交叉融合，才能碰触出颠覆性的成果。告别“单打独斗”的科研模式，真正打破科学家之间的“藩篱”和“围墙”，或许是合成生物学给这个时代带来的另一个颠覆。

与风险和挑战并存。合成生物学既然能生产出稀缺的救命药品，也就能生产出危险致命的毒品。此外合成生物学在生物恐怖主义、生物伦理等方面也存在诸多挑战。下一期将系统地分析合成生物学面临的风险和挑战，以及各国政府现有的应对措施等。另外后续我们也将重点介绍欧美等国合成生物学领域的代表性创业公司，相关经验或值得我国借鉴。

信息来源：<https://mp.weixin.qq.com/s/9BF5pgeK7qv1M7J8gWn4hA>

中国科学院文献情报系统先进能源情报网简介

中国科学院文献情报系统先进能源情报网是在中国科学院文献情报系统学科情报服务协调组的整体组织和指导下，由中国科学院武汉文献情报中心牵头组建，联合中国科学院文献情报系统能源领域相关研究所，共同搭建的情报研究资源共享及协同服务的非营利性情报研究及服务团体。先进能源情报网将汇聚中科院文献情报系统内与领域相关的战略情报研究人员、学科情报人员、研究所科研管理人员、研究所文献情报人员，以及相关的管理和学科专家，通过“协同开展情报研究服务、组合共建情报产品体系、促进情报资源交流共享、提升整体情报保障能力”的工作方式，创新院所协同的情报研究和服务保障模式，促进情报资源的共享、情报需求和情报供给的对接、情报技术方法的合作开发，实现情报能力的扩散和提升，进而对中国科学院各个层面（院层面、所层面、项目团队层面及科研人员层面）的重要情报需求提供坚实保障。

先进能源情报网成员单位

成员单位	单位名称
组长单位	中国科学院武汉文献情报中心
副组长单位 (排名不分 先后)	中国科学院合肥物质科学研究院 中国科学院大连化学物理研究所 中国科学院青岛生物能源与过程研究所 中国科学院广州能源研究所
成员单位 (排名不分 先后)	中国科学院上海高等研究院 中国科学院山西煤炭化学研究所 中国科学院上海应用物理研究所 中国科学院兰州近代物理研究所 中国科学院广州地球化学研究所 中国科学院过程工程研究所 中国科学院电工研究所 中国科学院工程热物理研究所

中国科学院青岛生物能源与过程研究所

联系人：牛振恒 电话：（0532）80662648