

研究报告

(2020 年第 7 期 总第 88 期)

2020 年 5 月 26 日

中国绿色技术发展趋势展望

绿色金融发展研究中心

佟江桥 刘嘉龙 邵丹青¹

【摘要】 随着中国在环保和应对气候变化方面的政策持续深化、行动力度不断加大，节能环保、新能源等绿色产业正面临着巨大的发展机遇。当前，中国对于绿色技术创新有着强烈的需求，绿色技术领域也受到了越来越多的投资者的关注。本文简要介绍了十大主要绿色前沿技术的发展趋势和前景，同时搜集整理了近两年来国内外绿色技术 VC 投资的一些主要案例，以期为关注该领域的投资者的投资决策提供一些参考。

¹ 佟江桥为清华大学国家金融研究院绿色金融发展研究中心特邀研究员，刘嘉龙和邵丹青为该中心的研究人员。本文为科技部支持的《绿色金融支持绿色技术发展》研究课题成果的一部分。作者感谢绿色金融发展研究中心主任、中国金融学会绿色金融委员会主任马骏博士的指导。

Research Report

May 26 , 2020

Development Prospect of Green Technologies in China

Research Center for Green Finance Development

Jiangqiao Tong, Jialong Liu, Danqing Shao

Abstract: With the continuous deepening of China's policies and actions on environmental protection and climate change issue, green industries such as energy conservation, environmental protection and new energy are facing huge development opportunities in China. At present, China has a strong demand for green technology innovation, and the field of green technology has attracted more and more investors' attention. This paper briefly analyzes the development prospect of the top ten green frontier technologies, and collects some representative cases of VC investment in green technology both at home and abroad in the past two years, in order to provide some references for investors interested in this field.

以改善环境和应对气候变化为目标的绿色科技产业一直是全球的投资热点之一。《麻省理工科技评论》评选出的2019年全球十大突破性技术，四项与环境气候变化有关，包括核能新浪潮、二氧化碳捕获、无下水道卫生间和人造肉汉堡。

面对严重的环境污染，中国将绿色发展列为五大发展理念之一，已经出台了数百项治理大气污染、水污染、土壤污染和食品安全的政策，环境保护和生态产业需求快速增长。同时，作为全球最大的碳排放国，中国也是推动全球应对气候变化的重要力量。中国的减碳承诺意味着中国对可再生能源、新能源汽车、节能和各类低碳技术的需求将远超世界其它国家。

根据普华永道的统计，中国VC公司在绿色相关技术方面的年投资金额在2017-18两年间较2014-16年出现明显的增长（图1）。按子行业统计，环保和清洁能源类技术公司分别在2018年绿色技术吸收VC投资的案例数量和金额上占比第一（图2和图3）。

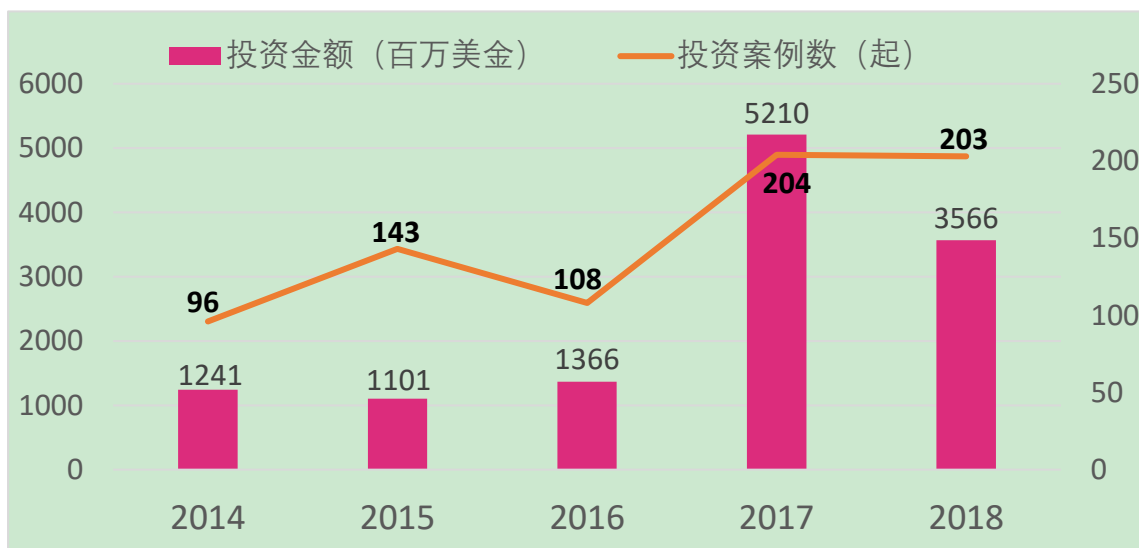


图 0: 2014-2018 年中国清洁能源及技术行业的 VC 投资规模

数据来源：《2018 中国清洁能源及技术行业投资分析报告》，普华永道，2019 年 5 月。

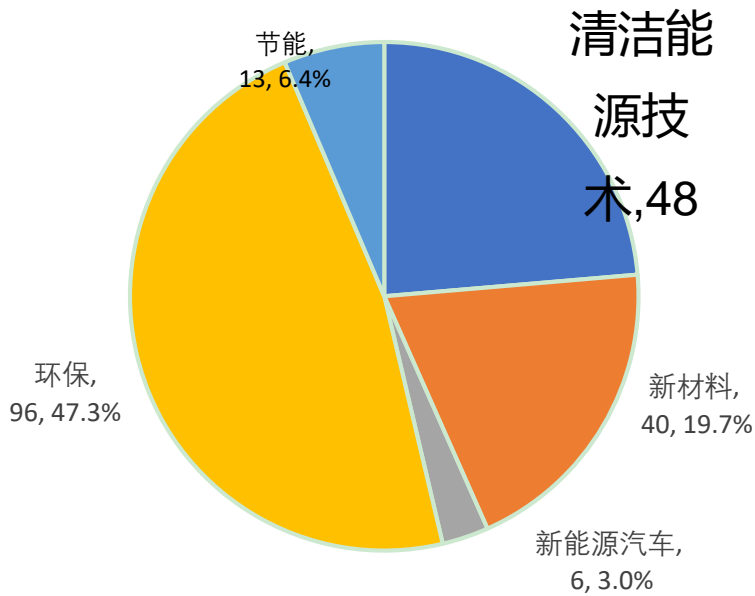


图 1：2018 年中国清洁能源及技术 VC 投资的行业分布（按行业投资案例数）

数据来源：《2018 中国清洁能源及技术行业投资分析报告》，普华永道，2019 年 5 月。

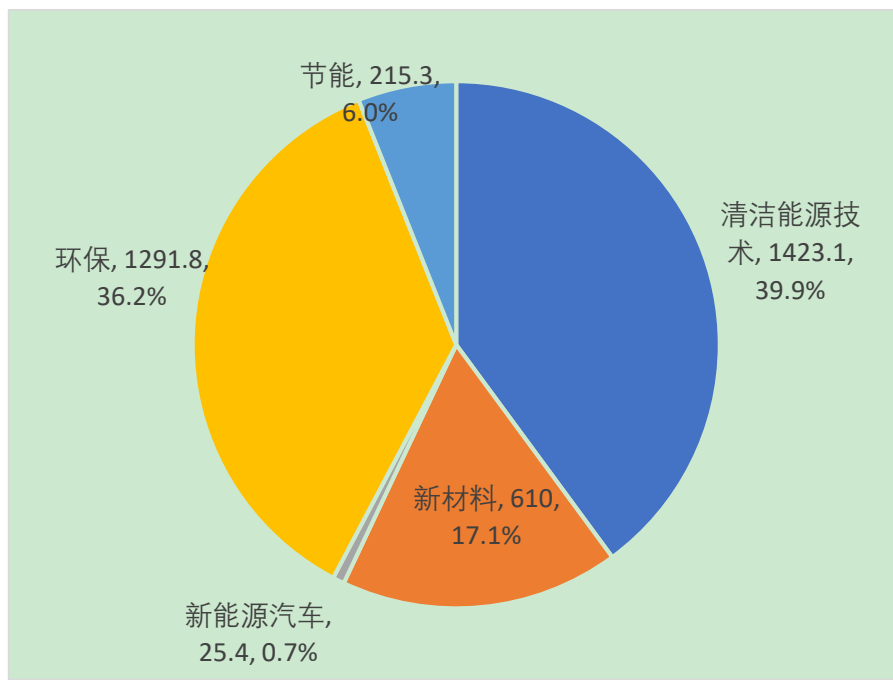


图 2：2018 年中国清洁能源及技术 VC 投资的行业分布（按行业投资金额，百万美元）

数据来源：《2018 中国清洁能源及技术行业投资分析报告》，普华永道，2019 年 5 月。

本文将按细分行业类别分别介绍绿色前沿技术的发展趋势。

这些绿色前沿技术将为促进经济绿色转型、解决水、气、固废、土壤的污染、降低二氧化碳排放和促进良好的生态发展起到积极的作用。其中，一些技术属于全新的颠覆式技术，体现了科技的不断进步和飞跃，如氢能和燃料电池技术、大规模储能技术、碳捕捉、利用和封存技术；另一些技术则偏重改进型创新，是对目前相对局限的技术应用寻求更优化的解决方案，如动力电池回收技术、餐厨垃圾处理技术和新型污水处理技术。从投资角度，这些技术近年来因为发展的不断成熟、成本的下降、政策的鼓励和市场的爆发吸引了资本的广泛关注，属于目前绿色技术投资领域的“风口”。

除此之外，我们还搜集整理了近两年来国内外绿色技术 VC 投资的一些主要案例（表 1,表 2 和表 3）。这些案例主要是 VC/PE 投资机构参与的绿色技术投资，不包括行业公司对绿色新技术领域的投资（CVC，“corporate venture capital”）。由于行业发展的相对成熟，风电、光伏、新能源动力电池领域的新技术投资更多地来自于现已具有一定规模的行业公司的主导和参与，而非初创公司。

表 1：绿色清洁技术行业 VC 投资国内案例——新能源

融资方	投资方	金额	融资时间	细分行业	融资方概况
小鹏汽车	小米集团、阿里集团等	4 亿美元	2019. 11	新能源汽车	已获 7 轮融资，智能汽车赛道长期战略、执行能力以及审慎务实商业模式得到认可。
理想汽车	美团等	5. 3 亿美元	2019. 08	新能源汽车	智能新能源汽车研发商，主款产品定位于豪华中大型 SUV。
威马汽车	百度集团、太行产业基金等	30 亿美元	2019. 03	新能源汽车	在售车型为威马 EX5，定位紧凑型 SUV。截至 2 月 28 日下线量已达到 1 万辆，工厂日峰值产量超过 200 辆。
中海电动	水木资本、领势投资等	3 千万元	2018. 06	新能源汽车	从事新能源汽车销售服务及未来出行业务，现已在京津冀陕等地区建立 100 余家服务店面。
富能宝能源	达泰资本	非公开	2019. 09	新能源充电站	电动汽车移动充电站以及微电网制造商，产品主要通过物联网开发的远程云管理平台（APP）实现无人值守的移动充电系统。
孚能科技	中国风投基金、国新国信东吴海外基金、兴业银行、东兴资本等	50 亿元	2018. 02	新能源锂电池	致力于新能源车用动力锂离子电池及系统的生产及研发，是拥有国际领先自主知识产权的高科技企业。
捷威动力	复星集团	22. 7 亿元	2018. 09	新能源锂电池	主营业务为新能源汽车锂离子动力电池设计、研发、制造及销售，已在天津建成年产 1. 5GWh 动力电池。
亿鹏能源	盈科资本	非公开	2018. 07	新能源锂电池	技术路线以锰酸锂改性为主的高功率软包电池技术为主，以及北美 BMS 电池控制技术，在高功率（快充）锂电领域享有较高美誉度。
晟捷新能源	蓝马资本	非公开	2019. 03	新能源锂电池	动力电池环保溶剂研发商，主产品 NMP 是锂电池、半导体、液晶显示器、绝缘材料等多个领域必需的优质环保溶剂。
清优材料	沃洁投资基金、金源紫荆创业	非公开	2019. 03	新能源锂电池	专注于开发新能源汽车动力电池热管理材料及综合解决方案，最初从隔热阻燃系统切入市场。

格派新能源	久有基金	非公开	2019.01	新能源锂电池	动力电池材料提供商，包括钴镍锰等基础料、三元前驱体、锂电正极材料以及动力电池梯次循环利用等。
杉杉能源	迈捷投资、舟融言股权投资	20 亿元	2018.11	新能源锂电池	主营业务是锂离子电池正极材料的研发、生产与销售，包括钴酸锂、镍钴锰三元正极材料、锰酸锂正极材料以及其他如 NCA、LFP 等产品，主要应用于通讯设备锂电池市场。
厚生新能源	苏常柴、常州投资集团	非公开	2019.07	新能源锂电池	聚焦于锂离子电池关键材料领域，该市场处于清洁能源、节能环保及高效储能相关的关键环节。
重塑能源	谦石禾润投资	非公开	2019.09	新能源氢能	主营业务为新能源科技技术领域的技术开发、咨询、转让、服务，新能源汽车及相关零部件、蓄电池、民用航空器的销售。
富瑞氢能	金浦临港智能	非公开	2019.07	新能源氢能	氢能装备提供商，主要产品包括液氢容器、氢气增压装置、加氢站以及车载燃料供氢系统等，同时承接制氢和氢气液化工厂等工程项目设计及装备提供业务，主要应用于新能源汽车领域。
骥翀氢能	中科创星、上海重塑	数千万元	2019.09	新能源氢能	具备车用燃料电池电堆产品自主开发与更新迭代能力，可向市场供应高可靠性的低成本车用燃料电池电堆。
中控太阳能	华睿投资、欧迅创投等	数千万元	2019.06	新能源太阳能	太阳能热发电技术研发商，专注于为用户提供塔式太阳能热发电站及太阳岛工程设计咨询、工程建设、及电站运行管理等服务。
赫普能源	亦庄国投	非公开	2018.06	新能源·供热	致力于新能源消纳，以国际领先的电蓄热产品技术及集成方案为用户提供高效、安全、环保的电网调峰及供热解决方案。

资料来源：课题组根据“投资界”的案例及网上公开资料整理。

表 2：绿色清洁技术行业 VC 投资国内案例——环保

融资方	投资方	金额	融资时间	细分行业	融资方概况
闲豆回收	中美绿色基金、芸怡资本	非公开	2018.01	垃圾分类回收	通过自建仓储、物流、信息系统专注于企业级再生资源回收及交易的互联网服务平台。
奥北环保	京东、峰瑞资本	千万元	2019.01	垃圾处理	垃圾分类回收，通过微信小程序、网站和投放点，连接居民、社区、物流体系和回收再生系统。
中环洁	中信产业基金	非公开	2018.06	垃圾处理	专注于城乡环卫一体化领域的投资、建设和运营，业务覆盖城乡固废收转运、道路清扫保洁、智慧环卫运行等全产业链。
熠森能环保	江门市科技创业风险投资基金	非公开	2018.12	垃圾处理	公共环保事业解决方案提供商，致力于偏远分散、难以集中的生活垃圾，与规模集中处理有效互补，实现分散生活垃圾就地处理。
小黄狗	中植集团	10.5 亿元	2018.06	垃圾处理	再生能源智能回收交易平台，应用物联网、大数据、人工智能识别等科技打造废品回收生态链。
洁神环境	温氏投资、东方汇富	8 千万	2018.11	垃圾处理	专注污水生物脱氮处理和餐厨垃圾处理领域的技术集成、工艺设计、投资建设、运营管理和设备制造。
格林雷斯	悦文投资	1.3 亿元	2018.08	垃圾处理	专注于存量垃圾、建筑垃圾、原生垃圾的综合处置及资源化应用，在填埋场修复技术领域开创了异位开采修复技术行业的先河。
劲旅环境	国耀伟业创投	非公开	2019.04	垃圾处理	在装备制造业务上，垃圾压缩设备制造服务成为行业领头羊，环卫专用车辆以质量和实用性突破发展，装备制造在 2018 年创造 4 亿业绩。
渤瑞环保	国家电投基金管理、阿拉丁环保	非公开	2019.08	危险废物处理	山东鲁南地区唯一综合性危废终端处置企业，具备 40 大类危险废物经营资质，业务网络覆盖全省十六地市及部分知名高校，服务客户超 100 余家。
美利圆环保	金茂资本	1 千万元	2018.01	固废处理	主要生产聚合硫酸铁和三氯化铁，建设 30 万吨水处理药剂产业基地项目，将成为国内最大的水处理药剂生产基地。

灰度环保	博将资本、毅道资本等	数亿元	2019.01	循环利用	产品主要包括 Zer0Box 绿色环保循环周转箱及循环再生系统等，采用绿色环保 PP 材料，重量轻、无毒无害。
万德斯	达晨创联基金、锋霖创业投资基金、安元创投基金等	1 亿元	2018.11	污水及固废处理	专注于固废处理和水务全过程服务，在垃圾渗滤液处理、填埋场修复等领域掌握先进技术，具备丰富实践经验。
泰克环保	新龙脉、盈科资本	超过 2 亿元	2019.07	工业废水处理	在高难度工业废水处理、黑臭水体处理上有着绝对的领先的地位，是中国西南地区行业的龙头企业。
碧清源	国富创新投资	1 千万元	2019.07	污水处理	以纳米平板陶瓷膜污水处理技术为核心，形成一站式的“环保管家”体系。
埃睿迪	BV 百度风投	非公开	2019.04	环保工业智能服务	已将涉及到水、气、热等燃烧环节的各类模型沉淀在绿色工业互联网平台上，根据客户的实际生产场景将各类模型组合以提供最终的优化方案。
盖亚科技	鸿新资产	近亿元	2019.07	环境修复	专注于自主研发土壤修复技术和装备的科技创新型企业。

资料来源：课题组根据“投资界”的案例及网上公开资料整理。

表 3：绿色清洁技术行业 VC 投资国际案例

融资方	投资方	金额	融资时间	细分行业	融资方概况
Energy Vault	SoftBank	1.1 亿美元	2019.08	储能技术	Energy Vault 开发一种创新的系统将能源储存在巨大的混凝土塔中，通过起重机“放下”混凝土砖来获取动能。能量存储塔运营的软件使用专有算法考虑各种因素，如能源供需波动，电网稳定性，天气因素和其他变量。
Form Energy	意大利石油、埃尼集团 (Eni)	400 万美元	2019.08	储能技术	通过硫基水系液流电池以及一种未公开的电化学溶液开发一种使可再生能源可以完全调度的超长电网储能系统。

Ess Inc	SB Energy, Breakthrough Energy Ventures	3000 万美元	2019. 10	新能源电池	生产使用盐水电解质的全铁液流电池，持续放电时间长达 10 小时，可以支持大型可再生能源项目以及输电和配电级别的服务。
Nikola	博世、韩华、凯斯纽荷兰	4.8 亿元	2019. 09	新能源电池	新能源重型运输卡车制造商，配备了 320kWh 的电池组和氢燃料电池组，单次续航里程可达 1200 英里。
Group14 Technologies	ATL/巴斯夫	1800 万美元	2019. 12	新能源锂电池	研发生产能够提高电池性能的纳米材料，可以生产硅并将其掺入碳中，从而生产出用于电池的新型硅碳复合材料。与目前行业内标准的石墨负极相比，可将电池的充电能力提高 40%
Northvolt	大众汽车、高盛、宝马等	10 亿美元	2019. 12	新能源锂电池	Northvolt 将在瑞典建立欧洲首个锂离子电池工厂，初期将拥有 16 千兆瓦生产能力，未来将达到 32 千兆瓦。工业合作伙伴和客户包括 ABB，宝马集团，斯堪尼亚，西门子，Vattenfall，维斯塔斯和大众汽车集团。
Sila Nano	加拿大退休金计划投资委员会	4500 万美元	2019. 11	新能源硅电池	Sila Nanotechnologies 公司研发了一种嵌入式硅基阳极，可取代锂离子电池中的石墨阳极，而且无需改变制造工艺。可以将电池的能量密度提升 20%，而且与传统的锂离子电池相比，整体性能可提高 40%。
eSmart Systems	Energy Impact Partners (EIP)、Innogy 等	3400 万美元	2019. 06	能源监测修复	为能源市场提供智能监测和修复系统，帮助公用事业公司确保和维护电网的可靠性、安全性和弹性
Kinestral Technologies	Versant Ventures、5AM Ventures、SK 创投(中国)	1 亿美元	2019. 01	新材料	为商业、住宅和汽车市场开发自适应动态玻璃。研发了一款电致变色的智能玻璃系统 Hallo，能够根据手动或预先的设置来调节室内光线。
Budderfly	Balance Point Capital、Connecticut Innovations	5500 万美元	2019. 06	节能技术	为客户提供一站式、单一供应商的能源管理解决方案，包括 LED 照明、太阳能、环保 HVAC 系统，物联网 (IoT) 传感器、温度和制冷控制
Carbon Engineering	比尔·盖茨、雪佛龙科技风险投资公司等	6800 万美元	2019. 03	碳处理技术	其研制的工业生产方法能将二氧化碳从空气中提取出来，并率先将这种系统与氢气生产和燃料合成工艺整合起来。与小型气体制油系统领域的 Greyrock Energy 公司共同开发商业空气制油 (air-to-fuels, “A2F”) 系统。

Commonwealth Fusion Systems	Khosla Ventures、Lowercase Capital 等	1.15 亿美元	2019.07	核能技术	新型核裂变反应堆的技术突破颠覆了传统设计的第四代核裂变反应堆、小型模块化反应堆，以及似乎永远也无法实现的核聚变反应堆。
Rubicon	新西兰超级基金	6500 万美元	2018.05	垃圾处理	打造一个线上垃圾处理交易平台，连接想丢垃圾的人、垃圾运输公司以及回收商，称为垃圾领域的 Uber。

资料来源：课题组根据“投资界”的案例及网上公开资料整理。

本文讨论的十大前沿绿色技术如表 4 所示（排名不分先后），并在后文对每一类技术进行了简要的介绍与分析。

表 4：十大前沿绿色技术类别、特征及细分领域

技术类别	发展阶段/特征	细分领域
新能源汽车动力电池技术	行业集中度提升，未来几年市场增长率仍将高企；虽然产业已逐渐成熟，但有技术突破的科技型初创企业仍有很好的投资前景。	固态电解液锂电池 动力电池回收和利用
氢能和燃料电池技术	我国是全球第一大产氢国。受高电池成本和加氢设施建设的制约，目前及未来一段时间仍要依靠政府补贴，但市场成长空间巨大。目前氢能燃料电池汽车产业链上大量设备和零部件依赖进口，国产替代和降本空间巨大。	电堆核心部件如膜电极、双极板、催化剂、质子交换膜等，加氢设备、储氢瓶、新型固态燃料电池、可再生能源制氢技术和储氢材料等
新型光伏电池和组件技术	光伏设备和组件制造市场的头部化趋势明显，产业集中度逐年提高。光伏技术的发展已相对成熟，新技术投资高峰已过数年。目前的技术改进和创新主要来自龙头企业的投资，主要是已有技术的产能扩张。相对来说，钙钛矿和异	钙钛矿电池 异质结电池

	<p>质结这两种新型光伏电池技术仍存在面向中小企业的投资机会。</p>	
<p>漂浮式海上风电技术</p>	<p>国内海上风电从 2019 年开始进入大规模发展期。相对陆上风电，我国海上风机的技术进步存在更多机会。</p>	<p>漂浮式海上风机</p>
<p>大功率储能技术</p>	<p>大规模储能技术作为支撑可再生能源普及的战略性技术，将发挥越来越重要的作用。尽管市场发展空间广阔，大规模储能技术路线目前仍不够成熟。目前主要应用的几种储能技术仍需要不断的研发投入，才能具备商业化应用的条件。</p>	<p>压缩空气储能 液流电池</p>
<p>碳捕集、利用与封存技术</p>	<p>虽然已有不少项目获得了实验成功，但是由于成本太高至今仍缺少具规模的产业化应用。考虑到我国是全球最大的碳排放国以及在碳减排方面的国际承诺，对该项技术的投入是十分必须的。</p>	<p>一代技术 二代技术（新型膜分离技术、新型吸附技术、增压富氧燃烧技术和化学链燃烧技术等）</p>
<p>固废处理新技术</p>	<p>中国的固废处理市场，尤其是政策鼓励的垃圾焚烧市场，近年来经历了高速的发展，涌现出一批行业龙头企业。固废领域技术创新包罗面极广，既包括不同种类固废的处理技术，也包括前端产生和中端分类过程中的技术创新，还包括广义的土壤修复和治理。</p>	<p>可降解塑料 生物土壤修复技术 餐厨垃圾处理新技术 垃圾分类机器人</p>
<p>新型污水处理技术</p>	<p>国内污水处理市场近年来经历了高速增长，治理模式上也出现从点到面、单纯水厂建设到综合水环境治理的转变。相对市政污水处理，工业污水处理市场的技术路线差异大、市场和行业更加细分。</p>	<p>高效污水处理技术（如厌氧氨氧化）、农村污水解决方案、关键膜材料、催化吸附材料等的国产替代、高端环境监测/检测仪器和污水收集和处理设施的数字化和智能化</p>
<p>微生物农业技术</p>	<p>由于全球对于健康可持续农业作物的需求急剧上升，农业微生物市场呈现出蓬勃发展的前景，中国市场也有较大的发展机遇。</p>	<p>微生物肥料等</p>

人造肉技术	自 2019 年进入市场化阶段以来，相关概念在国内外都成为了“风口”。虽然国内的市场前景还面临一些因素的挑 战，但相关行业协会和研究机构仍释放了积极信号，国家 也计划出台相应的支持政策。	植物蛋白肉 “培育肉”
-------	---	----------------

资料来源：课题组根据公开资料整理

1、新能源汽车动力电池技术

经过十年的高速发展，中国新能源汽车动力电池装机量从2009年的0.03GWh增加到2019年的62.4GWh²。伴随行业的飞跃式发展，市场也经历了分化洗牌，行业集中度不断提升，生产动力电池的企业从几年前的80家减少到2019年的20家左右。虽然在过去的2019年里，新能源汽车行业受到宏观经济以及补贴大幅退坡的不利影响，需求增速大幅放缓，行业中长期的良好趋势依旧不变。新能源汽车在2025年销量占比达到25%的目标，意味着未来6年市场复合增长率要在35%左右³。

即使产业已经逐渐成熟，在电池寿命、稳定性、能量密度、成本、电耗、热管理有技术突破的科技型初创企业仍会获得资本的青睐。在动力电池新技术领域，我们重点关注的赛道是与目前主流液态电解液锂电池不同的新型固态电解液锂电池及今后数年市场空间将迅速爆发的动力电池回收和利用技术。

固态电解液锂电池：作为下一代电池技术，固态电解液锂电池（Solid electrolyte lithium battery）是一种采用锂、钠制成的固态玻璃化合物为传导物质的锂离子电池，与传统锂电池的差异在于电解质是固态的，而非液态的，以解决传统液态电解液因可燃、腐蚀、挥发、漏液而可能产生的不稳定性，具有能量密度高、寿命长、安全性高的性能优势。此外，用固态电解质取代电解液的电池具有更高的能量密度、更大的功率和更长的使用时间。目前，固态电池已成为各个电池和整车生产商关注的焦点。在固态电池研究方面，日本、美国、韩国等起步早，已经有越来越多的国内企业参与到了固态电池的研发和产业化过程中来，但从液态电池向固态电池转变的过程并不容易。稳定性、导电性、大规模生产和较传统锂电池高出数倍的成本等问题使得固态电池的应用还需

² 《新能源汽车产业链数据库》，高工产业研究院（GGII），2020年1月。

³ 工信部发布新规划，2025年新能源汽车销量占比达到25%，36氪，2019年12月。
<https://36kr.com/p/5272153>

时日。

动力电池回收和利用：随着新能源汽车保有量的逐步上升，淘汰动力电池的数量持续增加，动力电池回收行业未来发展潜力巨大。在环境影响方面，动力电池作为典型电子废弃物之一，含有许多危险物质，包括重金属（例如镍、钴和铜等）和有机化学品（如电解质中的六氟磷酸锂和粘结剂聚偏氟乙烯），如果处理不当会导致生态环境恶化，危害人体健康。动力电池通常采用的回收方法分为两种，一是梯级利用，即对从汽车上退役的动力电池进行二次利用或多次利用；二是再生利用，也就是将电池拆解，对原料和金属进行回收。据前瞻产业研究院的研究，仅以拆解回收废旧动力电池中金属元素的价值估算，中国动力电池回收市场规模目前已超过 50 亿元，2020 年预计将突破 100 亿元，2023 年会达到 250 亿元的规模，且动力电池需要的钴、镍、锂等原材料，中国目前都依赖进口，这是巨大的市场空间。

2、氢能和燃料电池技术

氢能发展已成为全球能源技术革命的重要方向。我国氢气来源广泛，是全球第一大产氢国。燃料电池是一种通过电极反应直接将燃料（氢气和氧气）的化学能转化为电能电化学装置。自 2019 年 3 月氢能源首次写入政府工作报告以来，资本市场对氢能和燃料电池的投资热情日益高涨。

2018 年国内氢燃料电池车产量达 1527 辆，其中燃料电池客车占主流，占比为 93%⁴。目前氢燃料电池在动力交通领域的应用主要受高电池成本和加氢设施建设的制约，预计在相当长的一段时间仍然要依靠政府补贴，并且应用方向将依托商用车为主。即便如此，考虑到目前的数千台规模级别和 2030 年国内燃料电池超百万辆的产量规划，市场成长空间依然巨大。

⁴ 2018 年中国燃料电池汽车产量分析，OFweek 氢能网，2019 年 1 月。
<https://m.ofweek.com/hydrogen/2019-01/ART-180827-8440-30299375.html>

氢能燃料电池汽车产业链链条长，从制氢、输/储氢、加氢到电堆、系统和整车。电堆及储氢瓶成本为燃料电池汽车的主要成本构成。目前产业链上大量设备和零部件依赖进口，国产替代和降本空间巨大。从投资角度，可以关注的领域众多，包括电堆核心部件如膜电极、双极板、催化剂、质子交换膜等，加氢设备、储氢瓶、新型固态燃料电池、可再生能源制氢技术和储氢材料等。

膜电极：膜电极(MEA, Membrane Electrode Assemblies)是集质子交换膜、催化层、扩散层于一体的组合件，是氢燃料电池的核心组件，是燃料电池动力的根本来源，其成本占据燃料电池电堆的 70%，占据燃料电池动力系统的 35%。膜电极技术和关键零部件自主化和产业化，一直是制约我国氢能产业发展的短板。

双极板：目前主要是石墨双极板（Graphite Bipolar Plate）和金属双极板(Metal Bipolar Plate)。石墨双极板当前应用广泛，耐腐蚀性强，导电导热好，但气密性较差，厚度大且加工周期长，成本较高。未来石墨材料将寻求性能更优、成本更低的新型炭基材料替代。另一方面，由于乘用车空间限制，高功率、低成本金属双极板具有更好的应用前景，目前国外已实现商业化利用，国内仅实现小规模使用。随着乘用车技术的进步，体积小、功率高、更适宜批量生产的金属双极板前景广阔。

催化剂：目前燃料电池中常用催化剂是 Pt/C，国外催化剂铂载量达到 0.1~0.2g/kW，国内铂载量为 0.3~0.4g/kW，燃油车为 0.05g/kW，还有较大的下降空间。目前国内的催化剂市场基本由海外企业垄断，国内生产厂家正开始起步，离批量化生产还有一段距离，具有较大的发展潜力。

储氢瓶：国外燃料电池车已经开始使用重量更轻、成本更低、储氢密度更高的 IV 型瓶，而中国 IV 型瓶还处于研发阶段，成熟产品较多集中在 35MPa III 型瓶。但是 35MPa III 气瓶的续航里程对比纯电动车没有优势，必须采用 70MPa III 型在燃料电池乘用车上才有续航里程的优势。伴随锂电池续航里程的逐渐增加，对

车载储氢容量以及材料性能的要求必然不断提升，市场发展空间大。

固态燃料电池：固体燃料电池(SOFC,Solid Oxide Fuel Cell)属于第三代燃料电池，被普遍认为是未来会与目前主流的质子交换膜燃料电池(PEMFC)一样得到广泛普及应用的一种燃料电池。固态燃料电池使用固态离子导体作为电解质，在中高温下直接将储存在燃料和氧化剂中的化学能高效转化成电能，拥有约 60%的转化效率，可以使用多种燃料，例如天然气、沼气、煤气、甲烷等，对燃料的适应性强。因采用全固态电池结构，避免了使用液态电解质带来的腐蚀和电解液流失，抗硫性强，未来除汽车外还可用于固定电站、家庭电源、船舶动力和空间宇航等其他领域。

3、新型光伏电池和组件技术

近年来光伏领域以单晶硅片、PERC 电池、双面组件为代表的新技术应用带来了组件和电池效率大幅提升、成本快速下降的飞跃式发展。从 2019 年开始，国内光伏电站开始逐步进入平价时代，电价补贴也将在 2021 年后全部退出⁵。经过多年的发展，光伏设备和组件制造市场的竞争格局已初步形成，头部化企业趋势明显，产业集中度逐年提高，隆基股份、通威股份和晶科集团分别占据硅片、电池和组件生产的龙头企业地位。与民企集中的制造行业相比较，下游的光伏电站运营行业则出现“国进民退”现象，一些负债率高企、现金流水平受制于补贴拖欠的民营光伏电站运营商纷纷寻求资产出售以自救。

行业近年来最大的技术竞争以晶硅技术胜出薄膜技术、单晶硅技术胜出多晶硅技术为趋势。总体来说，光伏技术的发展已相对成熟，新技术投资高峰已过数年。经历几轮周期演化，技术改进和创新主要来自现有龙头公司的投资，更多是已有技术的产能扩张。相对来说，钙钛矿和异质结这两种新型光伏电池技术仍存

⁵ 2020 年光伏电价新政落地 分布式补贴下调超五成，新华网，2020 年 4 月。
http://www.xinhuanet.com/fortune/2020-04/03/c_1125807728.htm

在面向中小企业的投资机会。

钙钛矿电池：钙钛矿（Perovskite Solar Cells）技术是目前全世界最受瞩目的新兴光伏技术，被《科学》杂志评为 2013 年当年国际十大科技进展之一。钙钛矿材料作为一种人工合成的晶体材料，配方可以不断地调整、迭代，以提高材料性能和降低制造成本。自 2009 年钙钛矿技术首次应用于光伏发电后，实验室小面积器件的最高光电转化效率已从 3.8% 大幅提高到 25.2%⁶，未来在大规模制造上有很大的效率提升潜力和成本降低空间。钙钛矿电池目前仍处于商业化早期，虽然理论成本远低于目前主流技术，但现在还面临着电池性能稳定性以及大面积制作量产路线等问题。

异质结电池：异质结(HIT, Heterojunction with Intrinsic Thin-layer)电池技术是在晶体硅上沉积非晶硅薄膜，综合了晶体硅电池与薄膜电池的优势，具有效率高、低光衰、温度系数低、弱光响应高和工艺结构简单等多重优势。异质结电池被光伏业界誉为最具产业化潜力的下一代超高效电池技术。电池环节在继 p-PERC 快速推广之后，N 型电池开始受到业内越来越多的关注和认可，异质结电池(HIT)是一种效率高的 N 型电池。HIT 电池已经处于产业化阶段，高昂的成本是异质结技术在推广中存在的最大制约。目前降本的最大环节主要在设备方面，HIT 电池设备成本约为 PERC 的 3 倍⁷。通过设备规模化和国产化，价格有望进一步下降。业内多家企业大力布局异质结技术，异质结技术在各方向均存在一定的降本增效空间。

4、漂浮式海上风电技术

随着技术发展带来的效率提升和成本下降，中国陆上风电已开始逐步进入平价时代。在风机市场，市场竞争头部化格局已经

⁶ 从 3.8 % 到 25.2 % ， 钙钛矿电池十年之变， 搜狐网， 2019 年 8 月。
https://www.sohu.com/a/334167812_749304

⁷ 异质结电池产业化正在加快， 大众证券报， 2020 年 1 月。
<http://www.dzzq.com.cn/bond/42654627.html>

形成，金风科技、明阳智慧、远景能源和上海电气等前几大企业已占据大部分市场份额。国内海上风电从2019年开始进入大规模发展期。相对陆上风电，我国海上风机的技术进步存在更多机会，尤其是目前仍处于初期阶段的漂浮式海上风机。

漂浮式海上风机：海上风电机组技术目前的主流是固定基座风机。然而，在一些海床地质条件不利于固定式的海域，或者是水更深的海域，采用漂浮式基座的海上风电技术更有用武之地。目前建成的海上风电场绝大多数为近海风电场，位于水深小于50m的区域内，漂浮式风电应用尚未开始。随着近海资源开发逐渐饱和，风速更大、风力更加稳定的深远海风电将成为更广阔的发展领域，漂浮式海上风机技术市场的未来发展前景诱人。2017年，全球第一座漂浮式海上风电场 Hywind 在苏格兰东海岸正式投产运行。除了英国、法国、丹麦、荷兰等欧洲国家之外，美国和日本也在积极进军漂浮式海上风电领域⁸。

5、大功率储能技术

大规模储能技术，即时间长、功率大、适用于电网的储能技术。随着可再生能源的发展，大规模储能技术作为支撑可再生能源普及的战略性技术，将发挥越来越重要的作用。截至2018年底，我国储能装机为31.2GW，约占全国电力总装机的1.6%，低于世界2.7%的平均水平⁹。据中国能源研究会预测，到2050年，我国储能装机将达到200GW以上¹⁰，占电力总装机的比例将提高至10%~15%，可以催生一个万亿级的产业。尽管市场发展空间广阔，大规模储能技术路线目前仍不够成熟。目前主要应用的几种储能技术仍需要不断的研发投入，才能具备商业化应用的条件。

⁸ 漂浮式风电基础平台演进，北极星风力发电网，2019年10月。
<http://news.bjx.com.cn/html/20191021/1014563.shtml>

⁹ 2019年储能电站行业行业市场规模与发展前景分析 抽水储能电站装机规模超九成，前瞻产业研究院，2019年8月。
<https://www.qianzhan.com/analyst/detail/220/190828-4dcaff17.html>

¹⁰ 到2050年储能规模应该在200GW以上，国际电力网，2017年12月。
<https://power.in-en.com/html/power-2284588.shtml>

压缩空气储能：压缩空气储能（CAES, Compressed Air Energy Storage）是指在电网负荷低谷期将电能用于压缩空气，将空气高压密封在报废矿井、沉降的海底储气罐、山洞、过期油气井或新建储气井中，在电网负荷高峰期释放压缩空气推动汽轮机发电的储能方式。压缩空气储能系统具有动态响应快、运行方式灵活、经济性能高、占地面积小的优点。目前该技术的挑战主要来自三方面：一是系统核心的透平膨胀机效率及运行特性的提升，二是需要进一步降低成本，三是要有合理的电价机制¹¹。

液流电池：液流电池(Electrochemical Flow Cell)是一种电化学储能技术，由电堆单元、电解质溶液及电解质溶液储供单元、控制管理单元等部分组成。相比传统的锂离子电池，液流电池将正负极电解液单独储存在容器中，不易发生爆炸和燃烧，安全性高，能量可长久储存，响应速度快，可深度放电，非常适合大规模的储能系统应用。全钒液流电池是液流电池的一种，采用的是离子交换膜和钒材料，目前成本与铅蓄、锂离子电池相比依然较高，限制了大规模使用。通过开发新型隔膜材料和电解质材料，有望降低液流电池技术的成本，获取更高的性能，实现大规模的储能商业应用¹²。

6、碳捕集、利用与封存技术

碳捕集、利用与封存技术（CCUS, Carbon Capture, Utilization and Storage）是指将二氧化碳从工业和发电排放源中以不同方法分离后经过压缩、运输后灌注到地底岩层中封存或利用，以实现二氧化碳减排的工业过程。随着全球气候变暖趋势的加剧，推进碳捕集、利用与封存技术发展势在必行。国际能源署认为，要实现本世纪末温升不超过 2 摄氏度和 1.75 摄氏度的目标，全球

¹¹ 压缩空气储能：从追赶到领先的跨越，中国科学报，2019年8月。
<http://news.sciencenet.cn/sbhtmlnews/2019/8/349007.shtml>

¹² 新一代液流电池技术即将开发，适用于大规模储能系统，搜狐网，2019年9月。
https://www.sohu.com/a/343902193_776203

CCUS 累计减排贡献分别要达到 14%和 32%。

虽然 CCUS 技术已经提出多年，有不少项目也获得了实验成功，但是至今仍缺少具规模的产业化应用，其中主要原因就是成本太高。虽然成本是目前 CCUS 技术应用的主要障碍，但考虑到我国作为全球最大的碳排放国，排放量约占全球 1/4，该技术的投入仍属十分必须。近年来，据不完全统计，我国共发布了 26 项国家级 CCUS 技术相关的政策文件，均明确鼓励发展 CCUS 技术¹³。

2013 年，碳收集领导人论坛发布了一版 CCUS 技术发展路线图，其中对 CCUS 技术进行了代际划分，共分为了三代。其中第三代技术是与一、二代有根本原理区别、能耗和成本可降低 50% 以上的新技术。由于第三代技术仍在概念阶段，很多原理都尚不清楚，因此目前我国当前 CCUS 领域的发展趋势是二代技术，包括新型膜分离技术、新型吸附技术、增压富氧燃烧技术和化学链燃烧技术等，预计二代技术成熟后的能耗和成本可比一代技术降低 30% 以上¹⁴。

7、固废处理新技术

一般而言，固废处理可以分为三种主要方式：焚烧、填埋和回收再利用。近年来，随着城市化比例提升、经济发展和日益严厉的环保要求，中国的固废处理市场，尤其是政策鼓励的垃圾焚烧市场经历了高速的发展，涌现出一批行业领头公司包括光大国际、中国环境、重庆三峰和锦江集团等。

固废处理技术创新一般通过多学科融合，提供工程技术和解决方案，比较偏集成和应用。同时，固废领域技术创新包罗面极广，既包括不同种类固废的处理技术，如干、湿垃圾、危废和可

¹³ 探索全球碳减排新路径，中国石油报，2019 年 11 月。
<http://news.cnpc.com.cn/system/2019/11/05/001750449.shtml>

¹⁴ 中国碳捕集利用与封存技术发展路线图（2019），中国碳交易网，2019 年 6 月。
<http://www.tanjiaoyi.com/article-27399-1.html>

循环利用废弃物，也包括前端产生和中端分类过程中的技术创新，如易降解和处理的新材料和垃圾自动分类技术，还包括广义的土壤修复和治理。目前，国内外围绕固废处理领域开展的技术攻关和创新主要包含以下几个方面：

可降解塑料：塑料产生的白色污染是人类面临的共同挑战，传统一次性不可降解塑料制品的使用将会在很大程度上受到限制，可降解和循环使用的新型塑料将成为未来的方向。生物降解塑料通常是一种原料来源于植物，经过降解可以实现无害化转化为生物质的新型环境友好型塑料，拥有广阔的发展前景。2019年7月，《科学美国人》月刊与世界经济论坛联合发布的2019年“十大新兴技术”评选中，生物降解塑料被列为该年度的“十大新兴技术”¹⁵。虽然目前已开发出的可降解塑料在强度、耐久性和成本上与一般塑料仍有相当的差距，不过通过研发改善塑料性能的增强添加物质，有可能实现性能和成本上的革命性突破，从而得到大规模的普及和应用。

生物土壤修复技术：我国的土壤受重金属和挥发性有机物污染的程度相当严重，土壤污染治理和修复市场的潜在空间巨大。我国土壤修复技术研究起步较晚，加之土壤类型和污染类型的多样性和复杂性，先进的土壤修复技术尤为重要。土壤修复技术通常可以分为工程修复、化学修复、物理修复和生物修复几大类。**工程修复**是比较经典和传统的修复土壤污染的方法，主要通过客土、换土或者将深耕翻土与污土混合等工程方法使土壤中污染成分含量降低。**化学修复**主要是用一些药剂将土壤中含有的污染物质进行吸纳、还原和氧化。**物理修复**主要通过利用热传导和热解析技术分离和处理污染物。**生物修复**技术是在生物降解的基础上发展起来的一种新型的污染土壤修复技术，主要包括利用自然生长或人工培育的动植物和微生物吸附、溶解和氧化还原以修复受重金属污染的土壤。生物修复技术不易对环境产生二次污染，但

¹⁵ 2019年十大新兴技术：生物降解塑料、社交机器人、DNA数据存储……，前瞻网，2019年7月。
<https://t.qianzhan.com/caijing/detail/190726-03ec1d04.html>

所需修复时间较长、易受污染物类型限制。总体而言，生物土壤修复技术目前不甚成熟，但土壤修复产业的发展前景非常巨大，新型的生物修复技术也会成为一个投资热点¹⁶。

餐厨垃圾处理新技术：相比发达国家，我国餐厨垃圾占城市生活垃圾的比重更高，但餐厨垃圾处理设施建设起步较晚。目前在城市里推广的干湿垃圾的强制分类有利于餐厨垃圾的集中处理和利用。目前主流的餐厨垃圾资源化处理技术主要包括：1) 好氧堆肥，利用微生物对餐厨垃圾中的有机质实现降解的过程，包括好氧生物处理、堆肥化处理。2) 厌氧发酵，即在缺氧或无氧环境下，餐厨垃圾有机大分子在厌氧菌作用下分解为甲烷、二氧化碳和水等，实现餐厨垃圾的减量化，并通过堆肥、回收餐厨垃圾中的油脂和沼气发电实现资源化。目前传统的处理技术针对厨余垃圾易腐败、难清理、易散味的特点仍缺乏根本性的解决方案，容易造成对环境的二次污染。发展厨余垃圾处理新技术，包括脱水干化技术、新型堆肥腐熟菌剂、新型好氧微生物、反应器改进、饲喂餐厨垃圾的微小动物、社区小型快速处理设备等等，刻不容缓。

垃圾分类机器人：2019年7月从上海开始推广的垃圾强制分类是中国城市固废处理领域发展的一个重要里程碑。随着垃圾分类在国内从试行到逐渐推广，垃圾分类设备的需求也必将呈现大幅增长的趋势。近几年，国内先后有数家专注于垃圾前端分类和收集的公司获得了风投机构的融资。相对而言，国内新兴创业公司偏重于通过移动互联网结合的收集和分类模式创新，而欧美目前对垃圾分类机器人的研究和开发更为重视。譬如，一家将AI和机器人应用于垃圾分类及扩展的美国公司 AMP Robotics 于2019年10月获得了数家风投机构的融资¹⁷。考虑到垃圾分类相对恶劣的工作环境、不断上升的人力成本和日益先进的人工智能和工业

¹⁶ 沈小帅.土壤污染的生物修复技术最新研究进展[J].环境与发展,2020,32(03):72-73+77.

¹⁷ AMP Robotics 完成 1600 万美元 A 轮融资，由红杉资本（美国）领投，猎云网，2019 年 11 月。
<https://www.lieyunwang.com/archives/460995>

物联网技术，垃圾分类机器人的市场需求前景可期。

8、新型污水处理技术

国内污水处理市场近年来的高速增长主要受益于城市化进程带来的新增处理市场和防治标准提高带来的提标改造存量市场。治理模式上，也出现从点到面、单纯水厂建设到综合水环境治理的转变。相对市政污水处理，工业污水处理市场的技术路线差异大、市场和行业更加细分。

在污水处理的新技术领域，近年来投资的重点主要集中在高效污水处理技术（如厌氧氨氧化）、农村污水解决方案、关键膜材料、催化吸附材料等的国产替代、高端环境监测/检测仪器和污水收集和处理设施的数字化和智能化领域。

厌氧氨氧化技术：脱氮是污水处理的难题，目前的常规生物脱氮分为硝化和反硝化两个过程，一个需要氧气，一个需要有机碳源。厌氧氨氧化技术(Anaerobic Ammonium Oxidation)是一项颠覆性的生物脱氮技术，首创了把微生物功能细菌引入复杂污水处理系统，在厌氧条件下，直接将氨氮和亚硝氮转化成氮气，同时，在好氧段只需将氨氮氧化为亚硝氮，不再需要把亚硝氮氧化为硝态氮。这一技术改变过去需要通过投加碳源才能脱氮的传统反硝化途径，因此可以节省曝气量、碳源和电耗，在污水处理工程领域成功实现了节能降耗、减少碳排放的目标。厌氧氨氧化在工业污水处理上已有工程应用，未来在处理好一些技术难点后可以大规模地应用到城市污水处理领域¹⁸。

9、微生物农业技术

微生物农业技术是一种对环境友好的绿色技术，它通过微生物改善土壤结构、固氮、促进植物生长、防治病虫害等。由于全

¹⁸ 俞汉青：厌氧氨氧化废水处理技术发展和应用启示（完整版），JIEI 创新实验室，2019年1月。
https://www.sohu.com/a/286221242_649223

球对于健康可持续农业作物的需求急剧上升，农业微生物市场呈现出蓬勃发展的前景。据美国知名市场研究机构 **Research and Markets** 的报告显示，2018 年，微生物农业的市场价值为 34.5 亿美元，预计在 2019-2024 年间，这一市场的复合年均增长率将达到 18.6%，中国市场也有较大的发展机遇¹⁹。

微生物肥料：微生物肥料（Microbial Fertilizer）是微生物农业技术的一种。作为解决化肥不合理使用造成土壤和地下水污染等问题的新型技术，微生物肥料正在受到广泛的社会关注。微生物肥料是指以微生物的生命活动为核心，使农作物获得特定的肥料效应的一类肥料制品。高效的微生物菌种是微生物肥料的核心，这些菌种是针对不同作物和土壤类型，通过人工筛选或生物工程技术选育、改造并经过大量科学试验后，获得的优良菌株。在土壤生产力维护、土壤修复改良、作物提质增效、资源化循环利用等农业绿色发展过程中，微生物肥料起到了不可或缺作用²⁰。

10、人造肉技术

人造肉分为两种，第一种是**植物蛋白肉**，主要以大豆、豌豆、绿豆、蚕豆、椰子油、甜菜汁等植物的提取物为原料制成的拥有类似肉的口感的食物；另一种则是利用动物干细胞制造出的“**培育肉**”，即研究人员用糖、氨基酸、油脂、矿物质和多种营养物质“**喂养**”干细胞，让它不断“**长大**”。

植物蛋白肉富含大量的植物蛋白和少量的脂肪，“**培育肉**”可以根据人们的需求调节肉中所含的营养成分，因此都被很多人认为是比传统肉类更健康的食物。此外，两类人造肉都不用养殖家禽家畜，可以避免养殖带来的污染、碳排放以及对大量水资源

¹⁹ 微生物农业风头劲，13 家企业融资超 20 亿美元，虎嗅网，2019 年 7 月。
<https://www.huxiu.com/article/306870.html>

²⁰ 彭荣锋,许梦秋,姚冬美,陈耿.浅析微生物肥料的特点及存在的问题[J].农业与技术,2020,40(08):32-33.

和土地资源的消耗。因此，在全球粮食需求增加、人口整体健康意识提升以及应对气候变化的背景下，人造肉技术被认为具有应对粮食危机、改善人口健康以及降低碳排放等多重效益。

市场研究公司 Markets and Markets 的一项研究显示，全球肉类替代品市场将稳步增长，预计将从 2018 年的 46 亿美元增长到 2023 年的 64 亿美元。有分析师预计，未来五年，人造肉行业的规模将增至 100 亿美元²¹。科尔尼全球管理咨询公司的最新报告显示，到 2040 年全球“人造肉”的市场份额将达到 60%，其中 35% 的肉类将由实验室培育而出，也就是“培育肉”，另外 25% 将是植物基替代品为主的植物蛋白肉²²。

近年来，全球不少研究机构和企业都在人造肉领域寻求突破，自 2019 年美国的人造肉公司进入市场化阶段，人造肉的概念在国内外都成为了一个“风口”。同时，美国的人造肉领军企业也在觊觎中国市场，两大巨头 Beyond Meat 和 Impossible Foods 都表示将积极布局中国市场、寻求与国内企业的合作。

虽然人造肉行业在中国的发展还面临技术瓶颈、食品安全问题、制作成本与价格、饮食习惯和消费理念等因素的制约，但在国民健康和绿色意识提升以及中国碳减排承诺与行动的背景下，相关行业协会和研究机构仍释放了积极信号，国家也计划出台相应的支持政策。例如，中国肉类食品综合研究中心主任表示“人造肉”是未来食品的标志性产品，具有极大的商业化潜力，加大科技投入是行业未来发力的重要方向；此外，“人造植物肉”的国标制定已于 2019 年启动，国标制定有利于规范、培育市场，也

²¹ 人造肉概念股逆市走强，人造肉将取代传统肉类行业吗？，2019 年 5 月。
https://www.sohu.com/a/312089281_100273263

²² How will cultured meat and meat alternatives disrupt the agricultural and food industry?, 2019.
<https://www.kearney.com/documents/20152/2795757/How+Will+Cultured+Meat+and+Meat+Alternatives+Disrupt+the+Agricultural+and+Food+Industry.pdf/06ec385b-63a1-71d2-c081-51c07ab88ad1>

是影响资本投资的重大因子²³。

²³ 中国肉类食品研究中心王守伟：“人造植物肉”国标正制定，新京报，2020年1月。
<http://www.bjnews.com.cn/finance/2020/01/04/670012.html>

参考文献：

- [1] 2018 中国清洁能源及技术行业投资分析报告》，普华永道，2019 年 5 月。
- [2] 《新能源汽车产业链数据库》，高工产业研究院（GGII），2020 年 1 月。
- [3] 工信部发布新规划，2025 年新能源汽车销量占比达到 25%，36 氪，2019 年 12 月。<https://36kr.com/p/5272153>
- [4] 2018 年中国燃料电池汽车产量分析，OFweek 氢能网，2019 年 1 月。<https://m.ofweek.com/hydrogen/2019-01/ART-180827-8440-30299375.html>
- [5] 2020 年光伏电价新政落地 分布式补贴下调超五成，新华网，2020 年 4 月。http://www.xinhuanet.com/fortune/2020-04/03/c_1125807728.htm
- [6] 从 3.8 % 到 25.2 % ，钙钛矿电池十年之变，搜狐网，2019 年 8 月。https://www.sohu.com/a/334167812_749304
- [7] 异质结电池产业化正在加快，大众证券报，2020 年 1 月。<http://www.dzzq.com.cn/bond/42654627.html>
- [8] 漂浮式风电基础平台演进，北极星风力发电网，2019 年 10 月。<http://news.bjx.com.cn/html/20191021/1014563.shtml>
- [9] 2019 年储能电站行业行业市场规模与发展前景分析 抽水储能电站装机规模超九成，前瞻产业研究院，2019 年 8 月。<https://www.qianzhan.com/analyst/detail/220/190828-4dcaff17.html>
- [10] 到 2050 年储能规模应该在 200GW 以上，国际电力网，2017 年 12 月。<https://power.in-en.com/html/power-2284588.shtml>
- [11] 压缩空气储能：从追赶到领先的跨越，中国科学报，2019 年 8 月。<http://news.sciencenet.cn/sbhtmlnews/2019/8/349007.shtm>
- [12] 新一代液流电池技术即将开发，适用于大规模储能系统，搜狐网，2019 年 9 月。https://www.sohu.com/a/343902193_776203
- [13] 探索全球碳减排新路径，中国石油报，2019 年 11 月。

<http://news.cnpc.com.cn/system/2019/11/05/001750449.shtml>

[14] 中国碳捕集利用与封存技术发展路线图（2019），中国碳交易网，2019年6月。<http://www.tanjiaoyi.com/article-27399-1.html>

[15] 2019年十大新兴技术：生物降解塑料、社交机器人、DNA数据存储……，前瞻网，2019年7月。

<https://t.qianzhan.com/caijing/detail/190726-03ec1d04.html>

[16] 沈小帅. 土壤污染的生物修复技术最新研究进展[J]. 环境与发
展, 2020, 32(03):72-73+77.

[17] AMP Robotics 完成 1600 万美元 A 轮融资，由红杉资本（美国）领
投，猎云网，2019年11月。

<https://www.lieyunwang.com/archives/460995>

[18] 俞汉青：厌氧氨氧化废水处理技术发展和应用启示（完整版），
JIEI 创新实验室，2019年1月。

https://www.sohu.com/a/286221242_649223

[19] 微生物农业风头劲，13家企业融资超20亿美元，虎嗅网，2019年7
月。<https://www.huxiu.com/article/306870.html>

[20] 彭荣锋, 许梦秋, 姚冬美, 陈耿. 浅析微生物肥料的特点及存在的问题
[J]. 农业与技术, 2020, 40(08):32-33.

[21] 人造肉概念股逆市走强，人造肉将取代传统肉类行业吗？，2019年
5月。https://www.sohu.com/a/312089281_100273263

[22] How will cultured meat and meat alternatives disrupt the
agricultural and food industry?, 2019.

<https://www.kearney.com/documents/20152/2795757/How+Will+Culture+d+Meat+and+Meat+Alternatives+Disrupt+the+Agricultural+and+Food+I ndustry.pdf/06ec385b-63a1-71d2-c081-51c07ab88ad1>

[23] 中国肉类食品研究中心王守伟：“人造植物肉”国标正制定，新京
报，2020年1月。

<http://www.bjnews.com.cn/finance/2020/01/04/670012.html>

联系人： 张欣

邮箱： zhangx@pbcfsf.tsinghua.edu.cn
