

文章编号:1004-115X(2019)05-0068-08

中国生物制造产业与科技现状及对策建议

高 振¹, 段 珺¹, 黄英明², 种国双³

(1. 南京工业大学, 江苏 南京 211816; 2. 中国生物技术发展中心, 北京 100039;
3. 苏州大学, 江苏 苏州 215021)

摘要: 现今, 气候变化、资源短缺、环境危机对产业变革升级提出了更高的要求, 生物制造具有更高效、更绿色、可持续的特征, 是应对上述危机的重要途径之一, 生物制造产业是各国争相发展的战略新兴产业, 中国生物制造产业发展现状良好, 但同时也存在一些问题。通过分析国内外生物制造产业发展现状与趋势, 结合中国发展实际, 为中国生物制造产业提出发展对策建议。

关键词: 产业变革; 生物制造; 战略新兴产业

中图分类号: Q-1 **文献标识码:** A **DOI:** 10.19445/j.cnki.15-1103/g3.2019.05.012

Research on Current Situation of Bio Manufacturing Industry and Science and Technology in China

GAO Zhen¹, DUAN Jun¹, HUANG Ying-ming², ZHONG Guo-shuang³

(1. Nanjing Tech University, Jiangsu Nanjing 211816, China;
2. China National Center for Biotechnology Development, Beijing 100039, China;
3. Soochow University, Jiangsu Suzhou 215021, China)

Abstract: Nowadays, higher requirements for industrial transformation and upgrading have been put forward for climate change, resource shortage and environmental crisis. BioManufacturing characterized by efficient, greener and sustainable is one of the important ways to deal with the above-mentioned crisis. The bio manufacturing industry is a strategic emerging industry that countries are competing for development. Even though the development status of China's biomanufacturing industry is good, some problems still exist. This paper proposes development countermeasures for China's biomanufacturing industry based on analyzing the development status and trends of biomanufacturing industry at home and abroad, and combining the development reality of China.

Key words: Industrial Transformation; Biomanufacturing; Strategic Emerging Industries

1 引言

气候变化、环境危机、能源资源短缺正在引起世界范围内产业格局的深刻变革^[1]。目前来看, 传统化石资源如石油等, 在中国能源及化工行业仍占据着的主要支撑地位, 传统化石资源所支撑的相关行

业在国民经济贡献中占有相当大的比重。但随着资源的不断开采, 这种以化石资源为支撑的产业逐渐显露出资源存量日益减少、对环境生态造成直接或间接的恶化等诸多问题, 现实发展亟需一场生产原料、加工过程和终端产品的绿色变革。而在此时, 以工业生物技术为支撑的生物制造因其具有更高效、

收稿日期: 2019-07-19

基金项目: 国家科技部《〈国家生物技术的发展战略纲要〉编制研究》项目(Z201812256);

作者简介: 高 振(1979-), 男, 湖北孝感人, 博士, 副研究员, 南京工业大学科学研究部自然科学处副处长, 硕士生导师, 主要研究方向: 产业科技创新与管理; 科技管理与政策评价。

更绿色、可持续的特征逐渐显示出其独特优势,有望成为现阶段产业变革升级的主要方向之一。

生物制造是以合成生物学、基因编辑、系统生物学、蛋白质科学等前沿科学为基础,以生物过程工程技术、智能生物装备技术等为支撑,利用生物体机能或生物质资源进行能源、材料和化学品制造的技术。利用生物制造技术可升级或颠覆传统化工制造过

程,培育和发展战略性新兴产业,实现产业变革。鉴于生物制造技术的独特优势,长期以来欧美发达国家一直非常重视生物制造方面的研究开发和技术推广应用,为此美国国家环保署设立的“总统绿色化学挑战奖”经常将生物制造方面的成果作为授奖对象,据统计自 2001 年以来已有 21 项生物制造方面的成果获奖(见表 1)。

表 1 2001 年以来生物制造技术获美国“总统绿色化学挑战奖”情况

| 序号 | 成果名称 | 公司 | 时间 |
|----|------------------------|--|--------|
| 1 | 温室气体生物制造高性能热塑材料 | Newlight Technologies | 2016 年 |
| 2 | 可再生尼龙 BIOLON™ DDDA 产业化 | Verdezyne | 2016 年 |
| 3 | 烟气发酵生产 2,3-丁二醇 | LonzaTech, Inc | 2015 年 |
| 4 | 微藻生产特制油 | Solazyme, Inc | 2014 年 |
| 5 | 生物烃法尼烯的生物制造 | Amyris | 2014 年 |
| 6 | 高效生物催化制备辛伐他汀 | Codexis, Inc | 2012 年 |
| 7 | 高性能纸张酶法绿色制造 | Buckman International, Inc | 2012 年 |
| 8 | 生物基 1,4-丁二醇的低成本生物制造 | Genomatica | 2011 年 |
| 9 | 生物基丁二酸的生产及应用 | BioAmber, Inc | 2011 年 |
| 10 | 转氨酶绿色生物制造西他列汀 | Merck & Co., Inc. & Codexis, Inc | 2010 年 |
| 11 | 微生物生产可再生燃料与化学品 | LS9, Inc | 2010 年 |
| 12 | 无溶剂生物催化制备日用品原料 | Eastman Chemical Company | 2009 年 |
| 13 | 阿托伐他汀中间体的生物制造 | Codexis, Inc | 2006 年 |
| 14 | 酶法转酯化术蔬菜油生产低反式脂肪酸油 | Archer Daniels Midland Company & Novozymes | 2005 年 |
| 15 | 天然塑料的生物制造 | MetaboliX, Inc | 2005 年 |
| 16 | 酶技术改善纸张回收 | Buckman Laboratories International, Inc | 2004 年 |
| 17 | Taxol 的绿色生物合成技术 | Bristol-Myers Squibb Company | 2004 年 |
| 18 | 鼠李糖酯表面活性剂的生物制造 | Jeneil Biosurfactant Company | 2004 年 |
| 19 | 微生物生产 1,3-丙二醇 | DuPont | 2003 年 |
| 20 | 聚乳酸生产 | Cargill Dow LLC | 2002 年 |
| 21 | 酶法纤维生物脱胶 | Novozymes | 2001 年 |

近年来,全球范围内生物技术和产业呈现加快发展的态势,在各国纷纷加紧抢占新一轮科技革命和产业革命制高点的背景下,主要发达国家和新兴经济体纷纷将生物产业作为战略性新兴产业进行超前部署,将其作为获取未来科技经济竞争优势的一个重要重要领域。2010 年中国颁布了《关于加快培育和发展战略性新兴产业的决定》,将生物产业列入重点发展的战略性新兴产业,其中生物制造是生物产业的重要内容;《“十三五”战略性新兴产业发展规划》则进一步明确生物制造是生物产业的主攻方向^[2]

因此,生物制造产业作为目前中国重要的战略性新兴产业的重要组成部分,是未来相当长一段时间里,国家重点发展的目标之一。大力促进生物制造产业的高质量发展是中国占据战略先机、实现弯道超车的重要举措,对推动传统产业变革升级,培育新动能、壮大新产业、发展新经济均具有重要意义。

2 发展生物制造产业的重要意义

加快培育和发展生物制造产业,是实现经济和环境的协调发展,顺应人民群众对美好生活的向往

的迫切需求,具有发展全局性、科技创新性、持续增长性、产业关联性、政策导向性等特征,对经济社会全局和长远发展具有重大引领带动作用^[3]。

2.1 推进传统产业进行绿色升级,促进“经济高质量发展”的战略选择

当今社会环境危机频发,环境污染严重、温室气体排放压力增大、资源利用效率低下等一系列问题成为传统产业的生存与发展面临的重大问题,环境危机频发倒逼了传统制造业重新审视发展现状,弃染污发展旧路、走生态发展新路成为了传统产业的必然选择。推动传统制造业从高排放、高消耗、低效益,向低排放、低消耗、高效益转变,是促进经济转型发展的重要动力。

与传统产业相比,生物制造产业的优势在于对资源的需求和消耗更小的同时对环境的污染和破坏更少,因此,将生物制造产业与传统的高消耗高污染产业,如化工、轻工等相结合,是推动传统产业改变生产方式、推动产业升级、践行绿色理念的重要举措,也是中国在经济社会发展中推进生态文明建设、走健康可持续发展之路的重要战略选择。

以生物工艺与造纸行业相结合为例,传统造纸行业耗能高、三废多,将生物工艺与传统造纸和纸浆工艺嫁接,能在漂白过程中降低 40% 的能耗,减少 10%~15% 的氯排放;而在纺织后整理环节使用工业酶制剂,能达到节能 9%~14%,节水 17%~18%;同样的,在制革行业、采矿与勘探行业中使用生物工艺也能实现减少有害物质(硫化氢及含氰废水等)排放的目标^[3]。

生物制造的产品和技术除了可以促进本行业的发展,更可以将先进理念和技术辐射到国计民生的各个行业,其身影可以存在于化工、能源、新材料、农林、轻工、环保、医药、食品等多个行业内,推动多个国民支柱产业的发展。生物制造产业并不是自成体系的单个系统,而是一个创新性强、带动性大、渗透性广的综合产业体系,对于中国传统制造产业升级、新经济形态构建、保障国家经济与国防安全、提升人民生活水平具有重要战略意义。

2.2 提高产业竞争力打造品牌,实现“中国制造 2025”的发力重点

当前,中国生物制造相关企业总产值规模约 15 000 亿元,其中现代生物制造超过 4 000 亿元,在国民经济中占有较高的比重,但仍存在着成本高、消耗大和污染重等缺陷^[5]。中国拥有国际上生物发酵产业中的所有主要产业,其中氨基酸、有机酸产能世界

第一,在国际上占有举足轻重的地位。2018 年 1~6 月,中国生物发酵行业主要产品产量约 1 411.8 万吨,比上年同期增长 1.3%,整体发展平稳(见表 2)。目前,中国已在诸如生物能源、生物基化学品、生物基材料、酶制剂、大宗发酵产品、精细化学品等领域已掌握一批关键技术^[6]。

表 2 2018 年 1~6 月中国主要生物发酵产品产量及产值

| 序号 | 产品 | 产量(万吨) | 同比增长(%) | 产值(亿元) |
|----|--------|--------|---------|--------|
| 1 | 氨基酸 | 192 | -10.7 | 160 |
| 2 | 有机酸 | 116 | 5.4 | 80 |
| 3 | 淀粉糖 | 758 | 3.0 | 230 |
| 4 | 多元醇 | 80 | 1.3 | 65 |
| 5 | 酶制剂 | 75(标吨) | 8.0 | 65 |
| 6 | 酵母 | 22.8 | 4.0 | 48 |
| 7 | 功能发酵制品 | 168 | 3.1 | 300 |
| 合计 | | 1411.8 | 1.3 | 948 |

数据来源:中国生物发酵产业协会行业统计数据

然而,在看中国生物制造产业的成就的同时,也要注意,从整体上来看,中国的生物制造产业与美日等发达国家相比,仍存在着差距,且差距还在进一步拉大:在生物工程领域,对具有关键意义和重要技术与经济价值的微生物工程菌及新型酶制剂的研发力度不足、相关成果较少,同时这类产品和技术的产业化程度和工业规模应用存在明显的落后;在化学品制造领域,产品主要停留在附加值相对较低的谷氨酸、赖氨酸、柠檬酸等有机酸产品,且部分产品产能过剩、生产技术相对落后。

因此,在接下来的生物制造产业发展的过程中,中国迫切需要将发力重点聚焦于基于微生物基因组与系统生物学、代谢工程与合成生物学为基础的先进生物制造技术^[1],通过对关键技术和关键产品的研发与产业化、工业化发展,不断提高中国生物制造业产业的技术水平,打造具有相当大的影响力与竞争力品牌,增强相关产品的国际竞争力,为实现“中国制造 2025”目标提供强大的助力。

2.3 培育大健康产业应对社会问题,实现“健康中国”的重要保障

随着人们健康意识的觉醒与重视,“大健康”产业已经成为在全球范围内发展最快规模最大的战略性新兴产业。然而,中国的“大健康”产业却处于起步阶段,产业规模不足,战略地位较低,不仅无法与

美日等发达国家的成熟产业相比,甚至发展水平不如部分起步较早的发展中国家。

高端医药中间体、精细化学产品等的制造对人类健康起到了重要的保障作用,而这些高端产品的核心制备技术长期被众多国际知名寡头企业所封锁,目前发达国家化工产业的精细化率已高达60%~70%,品种多达10万种,而中国的精细化率不到40%。总体而言,与发达国家相比,中国在生物制造高端产品研发上相对落后,导致企业利润率一般比国外低2~4倍,在全球经济竞争中处于不利地位^[1]。

生物制造为与人口健康密切相关的高端医药产品的生产提供了新选择,利用生物制造技术可促进中国医药产品由以中低端为主逐步向中高端迈进,因此,中国需要抓住这一“风口”,大力发展生物制造产业。推动生物制造业产业向中高端发展,助力“健康中国”建设,形成战略性新兴产业产业链和新的经济增长点。

3 国内外生物制造产业与科技的发展现状

全球发达国家和地区先后将生物制造产业纳入优先发展的战略新兴产业范围,目前已有超过20个国家制定了关于生物制造的国家战略规划,如美国、欧盟、日本等。世界经合组织(OECD)预测至2030年,生物制造在生物经济中的贡献率将达到39%,超过生物农业(36%)和生物医药(25%),且将有25%有机化学品和20%的化石燃料由生物基化产品取代^[7],基于可再生资源的生物经济形态终将形成。欧盟地平线2020计划(Horizon2020)预测,到2030年生物制造及生物基产品有望实现10~25亿吨当量的二氧化碳减排^[8]。英国政府在《IB2025》报告中预测到2025年全球生物制造产值保守估计将在1500~3600亿英镑^[9]。

3.1 美国

2016年美国农业部的研究报告指出,2014年生物基产品行业为美国经济贡献了3930亿美元的产值和422万个就业岗位^[9]。同时预测到2025年,由生物基原料制造的产品将占全球市场总体的22%。

美国将“生物制造技术”列为2020年制造技术挑战的11个主要战略方向之一,并在《生物质技术路线图》等计划任务中设立了“2020年,实现化学工业的原料、水资源及能量的消耗降低30%,污染物排放和污染扩散减少30%;2030年替代25%有机化学品和20%石油燃料”的宏远目标^[11]。

3.2 欧盟

欧盟在《工业或白色生物技术:欧洲可持续增长动力(Industrial or White Biotechnology: A driver of sustainable growth in Europe)》规划中提出力争到2025年实现生物基产品替代化石能源和化学品分别为20%和10%~20%,其中化学品中基础化工原料替代6%~12%、精细化学品替代30%~60%^[12]。

欧洲生物产业协会(EuropaBio)在2016~2017年度研究报告指出生物制造为欧盟提供了超过50万个岗位,创造了超过300亿欧元的直接产值,带动了欧盟生物经济产业年均6000亿欧元的间接产值(不包括初级生物质生产/开采)。此外,还发现生物制造每创造1个岗位,将同时带动创造4个其他岗位。预计到2030年,生物制造将为欧盟提供90~150万个工作岗位,并贡献约1000亿欧元的直接产值^[13]。

欧盟于FP-7框架项目内同时设置了多个生物质、生物制造、二氧化碳利用项目,总预算超过2亿欧元。2015年,欧洲工业生物技术研究与创新平台中(BIO-TIC)在其项目最高政策会议上发布了《生物经济之路——面向欧洲不断繁荣的工业生物技术工业路线图》确定了工业生物技术的主要研究方向^[14]。预计到2030年:

- 建立新的农村生物炼制基础设施,促进欧洲实现二次工业化;
- 充分利用农业生产残留物,使农民的收入多元化并为他们提供40%的额外利润;
- 整个化学生产原料的30%来源于可再生原料;
- 对于高附加值的化学品和聚合物,该比例超过50%,大宗商品化学品原料的10%来自可再生原料;
- 欧洲运输能源需求的25%来自可持续发展的先进生物燃料。

3.3 英国

据统计,当前英国整个生物产业总产值已达2200亿英镑,并贡献了500万工作岗位。2018年,英国政府在工业战略报告《发展生物经济(Growing the Bioeconomy)》中指出到2030年将进一步释放利用生物科学实现可再生生物资源取代化石资源开发创新产品、工艺和服务的潜力,创造就业岗位,提高生产效率,翻番产业规模到年产值达4400亿英镑,推动英国成为开发、生产、使用和出口生物基解

决方案的全球领导者^{〔15〕}。

3.4 德国

长期以来,德国一直重视发展生物制造产业,以推动该国生物经济的快速发展和壮大。2011年,德国联邦教育与研究部在《国家研究战略:生物经济2030(National Research Strategy BioEconomy 2030)》中提出,期望通过该战略使德国成为国际上生物基产品、能源、工艺和服务的动态研究和创新中心,并将帮助德国履行其在全球营养和保护气候、资源和环境方面的责任^{〔16〕}。

3.5 日本和韩国

除了美国和欧盟这两大重要经济体之外,日韩等多个国家对生物制造也极为重视,并将生物制造纳入到这些国家的战略体系之中,给予高度的关注,如日本则在十多年前就提出了“生物产业立国战略”^{〔17〕},韩国则提出要“举全国之力发展生物技术”^{〔18〕}。

3.6 中国

2015年5月,中国印发了《中国制造2025》战略规划,提出要全面推行绿色制造,并将新材料、生物医药等列为重点领域突破发展;要求努力构建高效、清洁、低碳、循环的绿色制造体系,大力促进新材料、

新能源、高端装备、生物产业绿色低碳发展^{〔17〕}。

目前国际上普遍关注的绿色生物制造竞争的热点包括:①生物炼制技术:以木质纤维素或其它生物质为基础的工业原料体系,是未来生物化工竞争煤化工、石油化工的技术支撑,是生物经济发展的主要驱动力;②细胞工厂与生物合成技术:欧洲的微生物细胞工厂与美国的生命铸造厂计划,均针对化学品、生物材料等的绿色生物合成,以期替代有污染的有机化学合成路线,提高环境效益,颠覆医药化工、精细化工、植物提取产业的传统工艺路线;③一碳生物化工技术:生物制造经济多元化原料的核心技术体系,构建以工业废气、合成气、有机废弃物、沼气、二氧化碳等为原料制造复杂化学品的生物技术路线。

4 中国生物制造产业和科技发展现状

中国生物制造产业有良好的发展环境与政策支持基础,“十二五”以来,中国将生物制造产业列为重要战略性新兴产业,设立了现代生物制造科技专项,通过“973”计划、“863”计划和科技支撑计划等渠道,大力支持生物制造科技和产业的发展,取得了一批代表性创新成果,并获得了一批国家级科技奖励(见表3)。

表3 “十二五”以来生物制造相关成果获国家奖情况统计

| 序号 | 成果名称 | 奖励名称 | 授奖年度 |
|----|------------------------------|-----------|-------|
| 1 | 新型重组肠激酶的研制及在生物制药中的应用 | 国家技术发明二等奖 | 2011年 |
| 2 | 玉米芯废渣制备纤维素乙醇技术与应用 | 国家技术发明二等奖 | 2011年 |
| 3 | 造纸纤维组分的选择性酶解技术及其应用 | 国家科技进步二等奖 | 2011年 |
| 4 | 木薯非粮燃料乙醇成套技术及其工程应用 | 国家科技进步二等奖 | 2011年 |
| 5 | 嗜热真菌耐热木聚糖酶的产业化关键技术及应用 | 国家科技进步二等奖 | 2011年 |
| 6 | L-乳酸的产业化关键技术及应用 | 国家科技进步二等奖 | 2011年 |
| 7 | 基于细胞生理与过程信息处理的工业发酵优化新技术 | 国家科技进步二等奖 | 2011年 |
| 8 | 棉织物染整前处理关键酶制剂的发酵生产和应用技术 | 国家技术发明二等奖 | 2012年 |
| 9 | 全有机溶剂中化学—酶法高效制备手性菊酯关键技术及产业化 | 国家技术发明二等奖 | 2012年 |
| 10 | 类人胶原蛋白生物材料的创制及应用 | 国家技术发明二等奖 | 2013年 |
| 11 | 生物法生产富马酸及其衍生物的关键技术及应用 | 国家技术发明二等奖 | 2013年 |
| 12 | 重大淀粉酶品的创制、绿色制造及其应用 | 国家技术发明二等奖 | 2013年 |
| 13 | 发酵与代谢调控关键技术及产业化应用 | 国家科技进步二等奖 | 2013年 |
| 14 | 功能性高分子聚氨基酸生物制备关键技术与产业化应用 | 国家技术发明二等奖 | 2014年 |
| 15 | 热带海洋微生物新型生物酶高效转化软体动物功能肽的关键技术 | 国家技术发明二等奖 | 2014年 |
| 16 | 饲料用酶技术体系创新及重点产品创制 | 国家科技进步二等奖 | 2014年 |
| 17 | 高耐性酵母关键技术研究及产业化 | 国家科技进步二等奖 | 2014年 |
| 18 | 阿卡波糖原料和制剂生产关键技术及产业化 | 国家科技进步二等奖 | 2014年 |
| 19 | 酵母核苷酸的生物制造关键技术突破及产业高端应用 | 国家技术发明二等奖 | 2015年 |

| 序号 | 成果名称 | 奖励名称 | 授奖年度 |
|----|-------------------------------|-----------|--------|
| 20 | 定向转化多元醇的生物催化剂创制及其应用关键技术 | 国家技术发明二等奖 | 2015 年 |
| 21 | 基于酶作用的制革污染物源头控制技术 & 关键酶制剂创制 | 国家技术发明二等奖 | 2015 年 |
| 22 | 酮酸发酵法制备关键技术及产业化 | 国家技术发明二等奖 | 2015 年 |
| 23 | 速生阔叶材制浆造纸过程酶催化关键技术及应用 | 国家技术发明二等奖 | 2015 年 |
| 24 | 苧麻生态高效纺织加工关键技术及产业化 | 国家科技进步二等奖 | 2016 年 |
| 25 | 阿维菌素的微生物高效合成及其生物制造 | 国家科技进步二等奖 | 2016 年 |
| 26 | 基于微流场反应技术的生物基无毒增塑剂及其衍生物连续绿色制造 | 国家技术发明二等奖 | 2017 年 |
| 27 | 生物法制备二十二碳六烯酸油脂关键技术及应用 | 国家技术发明二等奖 | 2018 年 |
| 28 | 耐胁迫植物乳杆菌定向选育及发酵关键技术 | 国家技术发明二等奖 | 2018 年 |
| 29 | 半纤维素酶高效生产及应用关键技术 | 国家科技进步二等奖 | 2018 年 |

4.1 产业规模增长迅速,社会效益显著

近年来,中国生物制造产业发展状况良好,产业规模呈现持续上升趋势,主要产品如发酵制品、精细化学品以及生物基材料等产值和产量快速增加。据统计,目前中国从事生物制造的企业有 5 000 余家,行业总产值约 15 000 亿元^[5]。“政一产一学一研”合作链培育成果显著,创建了合作创新、循环创新等创新模式,不断攻克多项重大关键问题,为产业发展提供了强大的技术支撑;工业化和产业化进程成效显著,生物制造产业兴起发展壮大迅速,同时也带动了传统产业的转型升级。

“十二五”期间,中国生物制造产业取得了多项重要成果:中国农科院开发的饲用酶生产技术已获突破并实现产业化,技术、经济指标居国际领先水平,促进了中国养殖业发展和食品安全性提高,显著降低了三废排放和环境污染;南京工业大学等团队开发的高效膜分离过程关键技术已获突破并实现了大规模应用,在发酵产品澄清、浓缩和精制、以及多种天然产物生产加工中取得了节能 30% 以上,减少三废排放 50% 以上的优良效果;可降解生物塑料等环保材料的生产与应用已初具规模,2014 年生物降解地膜的示范用量已达到 1 000 吨以上,云南、新疆等省区形成了规模化示范应用,基于生物制造的生物可降解材料的应用和推广将为解决中国长期积累的环境污染、食品安全等问题提供关键技术支撑。

4.2 新技术不断突破,产业结构逐步优化

随着代谢工程、合成生物学、基因组工程、酶分子工程等的不断进步,生物制造产业的关键核心技术不断取得突破,一批新的生物制造技术已经或即将实现工业化与产业化。

中国已率先实现了 L-丙氨酸的一步生物法生产,成本大幅下降,在与德国巴斯夫、日本味之素等传统国际巨头的竞争中取得明显优势,已占领超过

60% 的国际市场;多个食用有机酸、营养健康产品、手性药物实现了产业化,经济、技术指标达到国际先进水平;基于细胞生理和反应器流场特性相结合的发酵过程优化与放大技术成功应用于红霉素等多个产品发酵生产,并在多个企业应用推广;全生物法琥珀酸、D-乳酸等大宗化工产品已在山东建成示范装置,技术指标国际领先;酯化脂肪酶生产技术及连续酶法转化废油生产生物柴油技术获得新突破,脂肪酶的生产成本不到国外同类产品价格的 1/10。

4.3 创新体系初步成形,创新能力明显提高

在中国长时期多角度的多项综合政策的帮扶下,生物制造产业平稳度过初创期,向成长期不断迈进,应用基础研究、科技研发能力显著增强,培育了一大批优质协同创新平台和成果转化平台,构建了完善的以企业为主体,政产学研金中介各环节紧密合作的业创新链,打造了一批具有自主创新能力的国际品牌,产品国际竞争力不断提高。

目前,中国在生物制造领域建有国家工程技术研究中心或国家工程实验室等近 40 家,国家级企业技术中心近 50 家;企业创新投入明显增加,据不完全统计,“十二五”期间国家 863 计划投入研发资金 10.42 亿元以上,企业研发资金投入超过 100 亿元,社会研发资金投入超过 50 亿元。工程菌育种、工业酶分子改造、生物过程控制与优化、生物产品分离等核心技术能力不断取得突破,技术创新活跃,获得专利成果数量也逐年递增;生物炼制、生物催化等生物制造技术体系不断取得关键突破和重大创新,成果产业化工业化程度较高。

5 中国生物制造产业和科技面临的主要问题

“十三五”时期是中国发展生物制造产业的关键期,对技术创新和商业化发展都有着更高的要求,然

而中国生物制造产业和科技正面临科技计划支持力度不足、政策保障措施不完善、核心技术受制于人、高端人才相对匮乏等系列问题,导致中国生物制造相比发达国家甚至部分发展中国家都仍存在着差距问题,且差距程度较大,对中国发展生物制造产业有着相当严重的影响。

5.1 财政支持后劲不足,自主创新能力薄弱

“十二五”期间,为了在国际生物制造产业竞争中取得优势地位,占据前沿制高点,中央财政、地方政府、社会投资、企业经费等多项资金配套措施多管齐下,为生物制造技术产业的发展提供了充裕的资金保障。但如今,“十三五”已经接近尾声,“十三五”期间现有财税政策对扶持生物制造产业发展的力度却并不到位,生物制造领域科技发展面临科研资金短缺困境,直接导致生物制造研发水平和成果转化能力明显减弱,完全自主知识产权成果稀少。生物制造业产业是典型的资金和技术密集型产业,足够的资金支持是增强研发能力、提升自主创新能力的必要条件。

5.2 高端产品国外垄断,核心技术受制于人

中国生物制造业多数处于“微笑曲线”的中间部分,高端的产品和技术仍然无法同发达国家抗衡,核心技术“卡脖子”问题日益凸显,具体体现在以下3个方面:①原料替代新路线和新型绿色生产技术多被国外垄断。生物质等绿色资源正在成为重大化学品原料新选择,然而这类技术大多被众多国际化工巨头垄断,中国在这方面技术水平仍较低;②生物制造领域在核心菌种和酶技术上受制于人。国内工业菌种和酶制剂与国际差距持续加大,在中国3000亿规模的发酵产业背后,核心菌种与高端酶制剂几乎都笼罩在国外专利的“阴影”之下,牢牢卡住了中国生物制造产业和科技发展的咽喉;③装备生产水平不足,核心部件国外依存度高。中国在生物制造装备产业发展历史短,自主研发能力弱,进口仪器充斥国内各处,装置的核心部件多使用国外的“大脑”,直接威胁中国生物制造工业和科研的发展。

5.3 科技成果落地难,产业化进程缓慢

中国与生物制造技术和产业发展密切相关的审批、采购、知识产权保护、成果转化等制度和政策不能适应新时代的创新创业要求,统一的管理机构和对于中国生物制造发展的统筹规划不完善,监管体系革新与快速发展的生物制造技术不适应,高校及科研院所的科研成果孵化能力不强、科研评价体系存在偏差;另一方面,目前中国承担研发任务的主要

是高校和科研院所,但这类科研人员由于距离市场较远,研发目标大多模糊、研发成果过于学术,成果转化难度较大等导致研发成果与市场要求严重脱离,成果只是科研评价指标的具体实现,而非对市场需求的满足,成果应用难度大,工业化产业化进程缓慢。

5.4 高端人才相对匮乏,原始创新能力不足

国家实力的竞争,归根结底是人才的竞争。中国生物制造领域高端人才引进和培养不够,导致原始创新能力不足,研究多数以复制和跟踪为主;人才结构不尽合理,熟悉企业发展和产品开发的人才匮乏,生物制造创新链下段的创新性不足;熟悉国际审批监管法规、知识产权法规的人才不足,间接影响中国生物制造产品走入国际市场的步伐。

6 提高中国生物制造产业和科技实力的对策建议

新兴的生物制造产业发展需要政府、产业、科技、金融、社会的共同努力,协同发展。建议中国进一步加强生物制造加强战略部署和长期规划、集中力量攻克“卡脖子”关键技术、强化体制机制创新与人才建设、培育有利于产业发展的政策与市场环境、积极服务科技成果转化。

6.1 加强战略部署和中长期规划,提升自主创新能力

面对新形势新需求,加快落实《“十三五”国家科技创新计划》和《“十三五”生物技术创新专项规划》的部署,从国家战略层面统筹加强生物制造领域的顶层设计,抢抓世界生物制造技术发展的战略机遇,加大生物制造领域创新创业的资金和政策支持;进一步加强风投机构等投融资主体创新意识,引导其积极与生物制造产业互动,建立健全互动机制与平台,引导社会资本不断支持创新;鼓励企业不断加大创新投入,给予适当的返还和补助,引导企业积极与高校和科研院所合作,建设良好的资金—技术互动局面。

6.2 加强基础研究和资源建设,突破原创性、颠覆性技术

建设国家生物信息中心,推动生物学数据共享、整合全数据链服务;探索、发现、收集国内外的微生物资源,建立管理完善的微生物菌种库,为发展生物制造产业和科学研究提供微生物物种资源、基因资源、信息资源和专业技术服务;开展微生物系统生物学与物质代谢的分子基础、工业酶蛋白与生物催化

剂的结构与功能以及复杂生物过程的原理与规律研究,探索人工生命的构建原理,解决人工生物器件、细胞工厂、人工生物叶片、天然产物组合生物合成等方面的重大科学问题。

6.3 加强共性关键技术攻关,集中优势力量攻克“卡脖子”问题

通过区域或行业内高校、科研院所和企业的深层次协同创新,整合和聚集科技力量、资源和人才等要素,面向生物制造“卡脖子”问题建立“政—产—学—研”协同创新研究中心,以打造国家“战略力量”为目标设立生物制造国家重点实验室,提升工业酶与菌种的发现与改造水平,加快推进生物基产品工程,培育绿色生物经济,实现生物制造产业模式创新,助力产业结构绿色升级;发展新型智能化生物制造装备技术体系,进一步促进生物制造产业高效与规模化发展。

6.4 加强体制机制创新,服务科技成果转化

以加速推动生物制造技术成果的转移转化为目标,科技部牵头联合优势科研单位和生物制造行业龙头企业成立产学研创新战略联盟,促进形成健全的生物基产品产业链;积极探索建立创新型政策措施扶持生物制造产业发展,鼓励开展先行先试示范区试点建设,突出引领示范作用;注重生物制造科技对传统行业的过程替代与转型升级以及全新绿色生物制造产业形态的培育,加强产业各个环节协调,建设、完善生物制造产业链,培育一批具有较强资本集聚、跨国经营能力和知名品牌的龙头企业。

6.5 加强人才建设,培育创新源泉

整合现有高端海外人才计划和项目,出台更开放、更具吸引力的海外人才引智计划,在生物制造前沿及核心技术领域,引进领军型人才,提升中国生物制造原始创新能力;建立科学的评估机制遴选后备青年人才,重点培养具有较强创新活力的生物制造领域青年创新型人才队伍;重视跨学科人才交叉培养,拓展对生物学法学、生物学信息科学、生物学管理学等复合型人才培养的渠道;优化人才使用和评价机制,建立适于人才发展的科研及产业环境,改变人才分布不均的现状,使生物制造各环节均涌现领军人才,进一步带动生物制造人才的快速培育。

参考文献:

- [1]科学技术部.“十二五”现代生物制造科技发展专项规划[R]. 2011. 11.
- [2]徐森. 蔚蓝生物:生物制造行业独角兽[N]. 中国企业报, 2019-01-29(09).
- [3]谭天伟. 绿色生物制造产业发展趋势[J]. 生物产业技术, 2015, (06): 13-15.
- [4]彭靖里, 胡凝珠, Jeanne·杨. 技术竞争情报在战略性新兴产业技术预见中的应用——以2030年云南生物医药产业技术预见为例[J]. 情报科学, 2014, 32(11): 19-23, 29.
- [5]推动生物催化技术发展加快精细化学品绿色制造产业化进程——访浙江大学杨立荣教授[J]. 生物产业技术, 2016, (05): 62-64.
- [6]付卫平. 工业生物技术的现状、发展趋势和规划[J]. 生物加工过程, 2013, 11(02): 1-5.
- [7]陶文沂. 生物技术概述、在中国的发展和油脂能源工业[C]. 中国洗涤用品工业协会、马来西亚棕榈油委员会. 第五届(2011)中马油脂化工研讨会暨第四届中国油脂化工行业年会论文集. 中国洗涤用品工业协会、马来西亚棕榈油委员会: 中国洗涤用品工业协会, 2011: 10.
- [8] Horizon 2020 [EB/OL]. <https://ec.europa.eu/programmes/horizon2020/en/area/biotechnology>.
- [9] Department for Business Enterprise & Regulatory Reform (BERR). IB 2025: Maximising UK Opportunities from Industrial Biotechnology in a Low Carbon Economy[R]. 2009.
- [10]于建荣, 王跃, 毛开云. 生物基产品发展现状及前景分析[J]. 生物产业技术, 2017, (04): 7-15.
- [11]李祯祺, 徐萍, 刘斌. 中国工业生物技术行业现状分析与发展前景[J]. 生物产业技术, 2017, (06): 7-16.
- [12]洞察热点:深度解析中国工业生物技术行业发展现状及前景 [EB/OL]. (2018-01-18). http://www.sohu.com/a/217371839_777213.
- [13]Europa Bio: New study shows industrial biotech set to drive jobs and growth creation in the EU [EB/OL]. (2016-10-05). <http://news.bio-based.eu/europabio-new-study-shows-industrial-biotech-set-to-drive-jobs-and-growth-creation-in-the-eu/>.
- [14]谭涛, 赵黎明. 工业生物技术发展现状、问题及对策思考[J]. 生物技术进展, 2016, 6(03): 153-158.
- [15]Minister for Business and Industry. Industrial Strategy: Growing the Bioeconomy[R]. 2018.
- [16]Minister for Education and Research. National Research Strategy BioEconomy 2030[R]. 2011.
- [17]徐晓勇, 雷冬梅. 国际生物经济发展政策及对中国的启示[J]. 科技进步与对策, 2012, 29(5): 113-116.
- [18]王宏广, 朱姝, 尹志欣, 等. 国际生物经济发展的趋势与特征[J]. 中国科技论坛, 2018, (05): 158-164.
- [19]陈方, 丁陈君, 陈云伟, 等. 中国工业生物技术发展态势分析[J]. 中国生物工程杂志, 2016, 36(05): 1-11.