

“十三五”国家重点出版物出版规划项目·重大出版工程规划

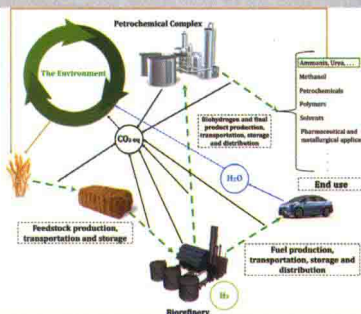
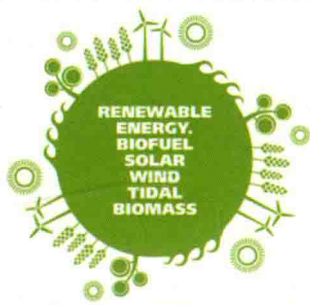
中国工程院重大咨询项目成果文库

战略性新兴产业发展重大行动计划研究丛书

丛书主编 钟志华 邬贺铨

# 生物产业发展 重大行动计划研究

谭天伟 等著



科学出版社

“十三五”国家重点出版物出版规划项目·重大出版工程规划

中国工程院重大咨询项目成果文库

战略性新兴产业发展重大行动计划研究丛书

丛书主编 钟志华 邬贺铨

# 生物产业发展 重大行动计划研究

谭天伟 等 著

科学出版社

北京

## 内 容 简 介

本书是“战略性新兴产业发展重大行动计划”在生物产业领域面向社会公众和决策人员的研究咨询报告。本书首先介绍生物产业在国际与国内的整体发展情况及趋势，其次针对生物产业主要的子领域——生物医药产业、生物农业与绿色生物制造产业的发展状况、重点发展方向分别进行总结并对存在的问题进行分析，最后给出促进产业发展的相关政策措施与建议，对未来生物产业的发展形势进行展望。

本书有助于社会公众了解中国生物产业发展的总体情况以及下属各子领域发展态势和改革走向，可供各领导干部、有关决策部门和产业界及社会公众参考。

### 图书在版编目 ( CIP ) 数据

生物产业发展重大行动计划研究 / 谭天伟等著. —北京: 科学出版社, 2019.3

(战略性新兴产业发展重大行动计划研究丛书 / 钟志华, 邬贺铨主编)

“十三五”国家重点出版物出版规划项目·重大出版工程规划

中国工程院重大咨询项目成果文库

ISBN 978-7-03-060564-1

I. ①生… II. ①谭… III. ①生物技术-高技术产业-产业发展-研究-中国 IV. ①F426.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2019) 第 030248 号

责任编辑: 李 莉 / 责任校对: 孙婷婷

责任印制: 霍 兵 / 封面设计: 正典设计

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

北京画中画印刷有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

\*

2019 年 3 月第 一 版 开本: 720×1000 B5

2019 年 3 月第一次印刷 印张: 23 1/2

字数: 480 000

定价: 198.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

# “战略性新兴产业发展重大行动计划研究” 丛书编委会名单

顾 问：

徐匡迪 路甬祥 周 济 陈清泰

编委会主任：

钟志华 邬贺铨

编委会副主任：

王礼恒 薛 澜

编委会成员（以姓氏笔画为序）：

丁 汉	丁文华	丁荣军	王一德	王天然	王文兴
王华明	王红阳	王恩东	尤 政	尹泽勇	卢秉恒
刘大响	刘友梅	孙优贤	孙守迁	杜祥琬	李龙土
李伯虎	李国杰	杨胜利	杨裕生	吴 澄	吴孔明
吴以成	吴曼青	何继善	张 懿	张兴栋	张国成
张彦仲	陈左宁	陈立泉	陈志南	陈念念	陈祥宝
陈清泉	陈懋章	林忠钦	欧阳平凯	罗 宏	岳光溪
岳国君	周 玉	周 源	周守为	周明全	郝吉明
柳百成	段 宁	侯立安	侯惠民	闻邦椿	袁 亮
袁士义	顾大钊	柴天佑	钱清泉	徐志磊	徐惠彬
栾恩杰	高 文	郭孔辉	黄其励	屠海令	彭苏萍
韩 强	程 京	谢克昌	强伯勤	谭天伟	潘云鹤

工作组组长：周 源 刘晓龙

工作组（以姓氏笔画为序）：

马 飞	王海南	邓小芝	刘晓龙	江 媛	安 达
安剑波	孙艺洋	孙旭东	李腾飞	杨春伟	张 岚
张 俊	张 博	张路蓬	陈必强	陈璐怡	季桓永
赵丽萌	胡钦高	徐国仙	高金燕	陶一利	曹雪华
崔 剑	梁智昊	葛 琴	裴莹莹		

# “生物产业发展重大行动计划研究” 课题组成员名单

- 杨胜利 中国工程院院士，中国科学院上海生命科学研究院研究员  
谭天伟 中国工程院院士，北京化工大学校长，教授  
沈倍奋 中国工程院院士，军事医学科学院基础医学研究所研究员  
欧阳平凯 中国工程院院士，南京工业大学原校长，江苏省产业技术研究院院长，教授  
吴孔明 中国工程院院士，中国农业科学院副院长，研究员  
万建民 中国工程院院士，中国农业科学院副院长，研究员  
王威琪 中国工程院院士，复旦大学首席教授  
侯惠民 中国工程院院士，中国医药工业研究总院研究员  
程京 中国工程院院士，清华大学医学院生物医学工程系教授  
顾晓松 中国工程院院士，南通大学教授  
林东昕 中国工程院院士，中国医学科学院研究员  
陈亚珠 中国工程院院士，上海交通大学教授  
曹竹安 清华大学教授  
陈薇 军事医学科学院生物工程研究所所长，研究员  
杨晓明 中国生物技术股份有限公司董事长，研究员  
沈心亮 中国生物技术股份有限公司首席科学家，研究员  
王军志 中国食品药品检定研究院首席科学家，研究员  
朱涛 康希诺生物股份公司研究员，国家千人

李 锋 北京天广实生物技术股份有限公司总经理，国家千人  
白仲虎 江南大学教授，国家千人  
焦 鹏 美国波士顿生物工程技术有限公司总裁，首席执行官  
刘录祥 中国农业科学院作物科学研究所副所长，研究员  
马有志 中国农业科学院作物科学研究所研究员  
李 奎 中国农业科学院北京畜牧兽医研究所研究员  
田见晖 中国农业大学动物科技学院副院长，教授  
田冰川 中国种子集团有限公司副总经理  
杨远柱 隆平高科种业科学研究院院长  
邱德文 中国农业科学院植物保护研究所副所长，研究员  
陈必强 北京化工大学教授

# “战略性新兴产业发展重大行动计划研究” 丛书序

中国特色社会主义进入了新时代，中国经济已由高速增长阶段转向高质量发展阶段。战略性新兴产业是以重大技术突破和重大发展需求为基础，对经济社会全局和长远发展具有重大引领带动作用的产业，具有知识技术密集、物质资源消耗少、成长潜力大、综合效益好等特点。面对当前国际错综复杂的新形势，发展战略性新兴产业是建设社会主义现代化强国，培育经济发展新动能的重要任务，也是促进我国经济高质量发展的关键。

党中央、国务院高度重视我国战略性新兴产业发展。习近平总书记指出，要以培育具有核心竞争力的主导产业为主攻方向，围绕产业链部署创新链，发展科技含量高、市场竞争力强、带动作用大、经济效益好的战略性新兴产业，把科技创新真正落到产业发展上<sup>①</sup>。党的十九大报告也提出，建设现代化经济体系，必须把发展经济的着力点放在实体经济上，把提高供给体系质量作为主攻方向，显著增强我国经济质量优势<sup>②</sup>。要坚定实施创新驱动发展战略，深化供给侧结构性改革，培育新增长点，形成新动能。

为了应对金融危机，重振经济活力，2010年，国务院颁布了《国务院关于加快培育和发展战略性新兴产业的决定》；并于2012年出台了

---

① 中共中央文献研究室. 习近平关于科技创新论述摘编. 中央文献出版社, 2016

② 习近平. 决胜全面建成小康社会 夺取新时代中国特色社会主义伟大胜利. 人民出版社, 2017



《“十二五”国家战略性新兴产业发展规划》，提出加快培育和发展节能环保、新一代信息技术、生物、高端装备制造、新能源、新材料、新能源汽车等战略性新兴产业；为了进一步凝聚重点，及时调整战略性新兴产业发展方向，又于 2016 年出台了《“十三五”国家战略性新兴产业发展规划》，明确指出要把战略性新兴产业摆在经济社会发展更加突出的位置，重点发展新一代信息技术、高端制造、生物、绿色低碳、数字创意五大领域及 21 项重点工程，大力构建现代产业新体系，推动经济社会持续健康发展。在我国经济增速放缓的大背景下，战略性新兴产业实现了持续快速增长，取得了巨大成就，对稳增长、调结构、促转型发挥了重要作用。

中国工程院是中国工程科技界最高荣誉性、咨询性学术机构，同时也是首批国家高端智库。自 2011 年起，配合国家发展和改革委员会开展了“战略性新兴产业培育与发展”“‘十三五’战略性新兴产业培育与发展规划研究”等重大咨询项目的研究工作，参与了“十二五”“十三五”国家战略性新兴产业发展规划实施的中期评估，为战略性新兴产业相关政策的制定及完善提供了依据。

在前期研究基础上，中国工程院于 2016 年启动了“战略性新兴产业发展重大行动计划研究”重大咨询项目。项目旨在以创新驱动发展战略、“一带一路”倡议等为指引，紧密结合国家经济社会发展新的战略需要和科技突破方向，充分关注国际新兴产业的新势头、新苗头，针对《“十三五”国家战略性新兴产业发展规划》提出的重大工程，提出“十三五”战略性新兴产业发展重大行动计划及实施路径，推动重点任务及重大工程真正落地。同时，立足“十三五”整体政策环境进一步优化和创新产业培育与发展政策，开展战略性新兴产业评价指标体系、产业成熟度深化研究及推广应用，支撑国家战略决策，引领产业发展。

经过两年的广泛调研和深入研究，项目组编纂形成“战略性新兴产业发展重大行动计划研究”成果丛书，共 11 种。其中 1 种为综合卷，即《战略性新兴产业发展重大行动计划综合研究》；1 种为政策卷，即《战略性新兴产业：政策与治理创新研究》；9 种为领域卷，包括《节能环保产业发展重大行动计划研究》《新一代信息产业发展重大行动计划研究》《生

物产业发展重大行动计划研究》《能源新技术战略性新兴产业重大行动计划研究》《新能源汽车产业发展重大行动计划研究》《高端装备制造业发展重大行动计划研究》《新材料产业发展重大行动计划研究》《“互联网+智能制造”新兴产业发展行动计划研究》《数字创意产业发展重大行动计划研究》。本丛书深入分析了战略性新兴产业重点领域以及产业政策创新方面的发展态势和方向，梳理了具有全局性、带动性、需要优先发展的重大关键技术和领域，分析了目前制约我国战略性新兴产业关键核心技术识别、研发及产业化发展的主要矛盾和瓶颈，为促进“十三五”我国战略性新兴产业发展提供了政策参考和决策咨询。

2019年是全面贯彻落实十九大精神的深化之年，是实施《“十三五”国家战略性新兴产业发展规划》的攻坚之年。衷心希望本丛书能够继续为广大关心、支持和参与战略性新兴产业发展的读者提供高质量、有价值的参考。

# 目 录

第一章 国内外生物产业发展状况与趋势	1
一、国内外生物产业发展趋势分析	2
二、我国经济社会发展对生物产业的需求	6
三、需要关注的重点领域	12
参考文献	17
第二章 生物医药产业	19
一、重点发展方向	19
二、应急疫苗产业重大行动计划	237
参考文献	254
第三章 生物农业	258
一、生物农业产业发展重点方向与关键技术	258
二、主要动植物种业行动计划	263
三、动植物营养和健康产业行动计划	274
四、促进我国生物农业产业发展的政策措施与建议	284
第四章 绿色生物制造产业	286
一、重点发展方向	286

二、生物燃料产业行动计划·····	307
三、政策建议·····	332
参考文献·····	340
<b>第五章 促进我国生物产业发展的措施建议</b> ·····	<b>345</b>
一、我国生物医药产业存在的问题与制约因素·····	347
二、促进我国生物医药产业发展的措施建议·····	355

# 第一章 国内外生物产业发展状况与趋势

生物产业是重要的战略性新兴产业，目前正处于产业生命周期中的迅速成长阶段，对解决人类健康、资源、环境、农业及工业等关乎人类社会的重大问题将产生深刻影响。生物医药、生物农业日趋成熟，生物制造、生物能源、生物环保快速兴起，2011~2015年 产值增速持续保持 20% 以上。世界许多国家都不约而同地把生物产业作为新的经济增长点来培育，加速抢占“生物经济”制高点。

在本书中，生物医药指化学药、生物药、中药。其中，生物药具有独特疗效优势，是生物医药产业的未来之星。生物药行业具有高科技、高成长、高附加、高回报的特点。生物药研制成功后，生产成本低，不受资源限制，市场寿命长，产品利润率一般为 30%~70%。因此，从战略层面上研判，生物医药产业既是满足国民健康刚性需求的非周期性产业，也是对社会经济可持续发展贡献巨大的战略性新兴产业。生物医学工程是一个快速发展的领域，包括医疗器械、植介入材料及制品、体外诊断产品等。生物医学工程是生物技术、材料与信息技术深度融合的产业，也是满足我国人民预防、诊断、治疗、手术、急救、康复等医学和个人保健市场需求的产业，已成为国际投资热点。生物医学工程领域的科技创新高度活跃，电子、信息、网络、材料、制造、纳米等先进技术的创新成果向生物医学工程与生命健康服务领域的渗透日益加快，创新产品不断涌现。

生物农业是指利用现代生物技术，围绕动植物品种选育、健康保障、高效营养等全产业链的关键环节，开展颠覆性技术突破，研发具有市场竞争力的核心产品，对技术、产品进行集成应用，为农业生产提供技术和物

质支撑而形成的新兴产业。生物农业产业分为动植物育种、动植物健康、动植物营养等三大领域，具体包括：植物育种、动物育种、生物农药、生物兽药、生物肥料、生物饲料等研究内容。生物农业产业是国家战略性、基础性核心产业。

生物制造是指以生物体机能进行大规模物质加工与物质转化、为社会发展提供工业商品的新行业。广义的现代生物制造产业包含两个重点领域：①以可再生的生物质为原材料，以微生物细胞或以酶蛋白为催化剂进行大规模物质加工与物质转化形成消费者、化工工业和能源工业可利用的产品和物质材料，实现生物质原料对化石原料作为工业基础原料的替代，又称为生物基产品；②运用生物工艺，包括发酵工程、现代酶工程（以酶蛋白为催化剂）或其他生物催化剂等在全类工业行业中，实现绿色生物工艺对传统化学工艺路线的替代，具有低碳循环、绿色清洁等典型特征。

## 一、国内外生物产业发展趋势分析

### （一）生物技术药物成为创新药物重要来源

随着化学新药创制难度的增大，生物技术药物逐步成为创新药物的重要来源。2014年，全球生物技术药物销售额达1790亿美元，较2013年增加了140亿美元，预计至2020年将达到2780亿美元。2014年，全球10种销量最高的药品共创造了830亿美元的市场价值，其中就有7种生物药，市值共计600亿美元。在全球药物市场中，生物技术药物的市场份额在逐年上升，2014年生物技术药物占总体药物市场销售额的23%，相比2013年提高了1个百分点，预计到2020年这一比例将达到27%。而在全类销售量前100名的药物中，2014年生物技术药物销售收入占44%，预计至2020年将进一步提升至46%。关于生物技术药物，国内外的重点发展领域包括抗体药、疫苗、蛋白质/多肽治疗药物、干细胞治疗与组织工程、基因工程与基因治疗等。从技术发展趋势来看，基因工程技术为研发生物大分子药物提供新途径；合成生物学技术将合成DNA（deoxyribonucleic acid，脱氧核糖核酸）、mRNA（messenger ribonucleic acid，核糖核酸）、免疫物质等应

用于疾病研究和治疗；干细胞技术将重点发展研究模型、细胞治疗、器官再生；生命科学与新材料技术结合所衍生出的生物3D打印技术将迅速发展。

## （二）生命健康服务产业将成为新的增长点

生物技术和信息技术的交叉融合创新将会对生命科学产业产生重大的影响。无线传感器、基因组学、成像技术和健康信息等技术融合带来的变革使得个性化医疗及生命健康服务产业成为新的增长点，这将推动基因测序服务、生物芯片检测服务等领域的快速发展。包括云计算、社交网络和大数据分析在内的多种技术支持智能移动技术在医疗保健中发挥作用。基于移动通信的个体医疗设备与远程医疗和数字决策医疗结合的数字医疗体系将形成新的医学模式。生物医学工程产业方面，高端医学影像诊疗装备行业的研究人员将在磁共振成像（magnetic resonance imaging, MRI）、直接数字平板 X 线成像系统（digital radiography, DR）、计算机体层摄影（computerized tomography, CT）、正电子发射计算机体层显像（positron emission tomography computerized tomography, PET-CT）、PET-MRI、常规检查（routine test, RT）等领域进行进一步的研究和探索，使该行业整体朝着更快速、更精确、更安全、更集成的方向发展。EvaluateMedTech 预测，诊断影像市场 2013~2020 年将以 4.1% 的年均复合增长率增长，2020 年市场规模 470 亿美元。截至 2014 年全球可穿戴市场规模为 30 亿~50 亿美元，未来 3~5 年终端复合增速将不低于 50%，整个行业存在巨大商机。特别是随着 4G 和移动终端的普及，中国可穿戴市场也迎来爆发性增长。

康复方面，重点实现传统康复辅具与新兴技术（如移动信息、先进制造等）的融合。为了实现修复、重建与再生受损组织和器官的目标，未来组织工程和再生医学领域需要先进的生物制造技术及微创性微组织治疗技术，这两大类前沿技术可实现体外构建可移植人造组织/器官及微创性修复治疗坏损组织/器官。体外诊断方面，2013 年全球体外诊断（*in vitro* diagnosis, IVD）市场规模达 474 亿美元，占全球医疗器械行业 13% 的市场份额。预计到 2020 年，全球体外诊断市场将达 716 亿美元。我国已成为全球最大的体外诊断新兴市场，2013 年市场规模约 200 亿元，预计到 2018 年我国体外诊断行业规模将在 384 亿元左右，年均复合增长率为 17%。我

国体外诊断产品的人均年使用量仅为 1.5 美元，而发达国家人均年使用量为 25~35 美元，我国体外诊断产业具有巨大的发展潜力。

### （三）生物技术在农业领域发挥越来越重要的作用

以转基因作物为例，2014 年，全球转基因作物的种植面积为 1.815 亿  $\text{hm}^2$ ，年增长率为 3%~4%，比 2013 年的 1.752 亿  $\text{hm}^2$  增加了 630 万  $\text{hm}^2$ 。2014 年作为转基因作物商业化种植的第 19 年（1996~2014 年），其种植面积在连续 18 年取得显著增长之后继续保持增长。2000 年来，以水溶性肥料、微生物肥料等为代表的新型肥料产业蓬勃发展。截至 2016 年，全国各种类型的新型肥料的年产量已经达到 3500 万 t，每年推广应用面积近 9 亿亩<sup>①</sup>，促进粮食增产 200 亿 kg，为全国粮食增产做出了巨大贡献。随着健康养殖需求的与日俱增，生物饲料产业的发展也将进入快车道。目前，全球生物饲料的市场值达到每年 30 亿美元，并以年均 20% 的速度递增，国内有 1000 余家企业专门从事生物酶制剂、益生菌、植物提取物类饲料添加剂的生产。预计到 2025 年，生物饲料产品市场额将达到 200 亿美元。

国际跨国种业公司作为生物育种产业发展的主体，通过实施商业化育种，掌控了 70% 以上农作物和畜禽等国际种业市场，引领着全球生物育种产业的发展走向。孟山都、杜邦先锋、先正达三家种子公司约控制 65% 的全世界玉米市场，超过 50% 的大豆市场。全球种蛋鸡、种肉鸡、猪牛种业市场分别由 2 家、4 家和 5 家跨国动物种业集团所垄断。未来我国应推进生物育种能力提升工程，加速育种新材料的创制和现有育种资源的性状改良，实现作物育种从传统经验育种向科学精准育种的产业升级转化，构建形成作物全生态区育种体系，支撑商业化育种研发的快速发展。基于病虫基因组信息研究绿色农药、兽药创制技术和研发产品将成为动植物健康治理产品创制的重要发展方向。土壤健康修复市场巨大，这对产业发展和农业可持续性发展具有关键性作用。药物靶标技术、先导化合物与合成生物学技术、药物靶向传输技术、兽药制备技术等将是未来兽药产业发展的重要技术。集中力量突破微生物和生物功能物质筛选与评价，高密度、高含量发酵与智能控制等关键技

<sup>①</sup> 1 亩  $\approx 666.7\text{m}^2$ 。



术, 研发应用高效稳定的新产品, 是产业升级的技术保障。

#### (四) 绿色生物制造产业加速发展

在目前全球生物制造加速发展的阶段, 生物基产品市场已在美国占据显著位置, 超过国内生产总值 (gross domestic product, GDP) 的 2.2%。据安捷伦科技有限公司估计, 美国 2012 年仅来自工业生物技术企业的企业收入就至少达到 1250 亿美元, 生物基产品的应用占约 660 亿美元, 而这其中有 300 亿美元的增长依靠的是生物燃料。2013 年, 米尔肯研究所的报告凸显了巨大的潜在商机, 它指出“全美 96% 的制造商品使用某种化工产品, 依赖化工产业的企业在美国 GDP 中占将近 36 000 亿美元”。欧盟委员会估计, 欧洲生物经济产值 (不包括医疗应用) 已达到每年 2 万亿欧元以上, 并雇用 2150 万以上的员工。

目前合成生物学的一些特定应用已经浮现, 但在工业生物技术、生物能源等工业部门的长期潜力依旧尚未开发, 具体应用将会包括废物处理, 降低可再生化学品、材料和燃料的成本等。生物学的产业化将带来化学、燃料及材料应用中新分子产生的变动, 通过合成生物学可获得通过传统化学无法获得的新高价值化工产品。合成生物学利用重组 DNA 的科学和读写能力的优势, 并编辑微生物的 DNA, 使新的、更高效的代谢途径的设计与建造成为可能。这是目前通过化石燃料来源或传统制造所不能达到的。植物化学药物与保健品的植物提取正在转向生物合成制造, 天然药物对珍稀自然资源的依赖和破坏的局面将逐渐被扭转, 新的创造和市场创新的潜力仍然相当可观。

美国科技调研机构 BCC 研究公司的一项研究表明, 到 2016 年, 化工产品的合成生物学市场将增长到 110 亿美元。而麦肯锡全球研究所的一项广泛研究表明, 合成生物学和生物产业化发展的同时, 将提供一套颠覆性的技术, 到 2025 年至少产生 1000 亿美元以上的经济效益。因此, 一个强大的和颠覆性的新产业生态系统正在形成。即使在早期阶段, 2009~2013 年, 美国合成生物学商业公司的数量已经从 54 家增加到 131 家, 出现了大量新创公司, 而它们中的大部分已通过首次公开募股成功上市。但是由于在广泛的领域中一些较大的公司快速吸收利润, 人们低估了合成生物学的