

附件:

# “十二五”现代生物制造科技发展 专项规划

# 科学技术部

## 二〇一一年十一月

### 目 录

<b>一、形势与需求</b> .....	<b>5</b>
(一) 现代生物制造是各经济强国的战略重点 .....	5
(二) 现代生物技术正在推动生物制造技术体系的形成与发展 .....	6
(三) 现代生物制造是推动我国经济结构调整、转变经济发展方式的内在需求 ..	7
(四) 现代生物制造是提高我国生物产业效率、增强国际竞争力的迫切需要 .....	8
<b>二、发展思路与原则</b> .....	<b>9</b>
(一) 基本思路 .....	9
(二) 基本原则 .....	10
<b>三、发展目标</b> .....	<b>10</b>
(一) 实施目标 .....	10
(二) 具体目标 .....	10
<b>四、重点任务</b> .....	<b>11</b>
(一) 解决现代生物制造的重大科学问题 .....	11
(二) 突破一批核心关键技术 .....	12
(三) 研究开发一批重大产品和技术系统 .....	15
(四) 提升生物制造科技创新能力 .....	17
<b>五、保障措施</b> .....	<b>18</b>
(一) 建立现代生物制造科技与产业发展的协调机制 .....	18
(二) 加大财政投入，建立多渠道投入机制 .....	19
(三) 大力促进企业创新能力建设 .....	19
(四) 促进知识产权的创造、管理、实施和保护 .....	20
(五) 加强高素质现代生物制造技术及产业人才队伍建设 .....	20
(六) 加强国际合作，充分利用国外优势资源 .....	20
<b>名词解释</b> .....	<b>22</b>

加快调整经济结构、转变经济发展方式，节约发展、清洁发展、安全发展，是我国现阶段的历史使命，大力发展现代生物制造科技与产业是我国经济社会发展的战略选择。《国家中长期科学和技术发展规划纲要（2006-2020）》（以下简称《纲要》）把生物制造作为未来着力发展的战略高技术，2010年9月通过的《国务院关于加快培育和发展战略性新兴产业的决定》（以下简称《决定》）将生物产业列为七大战略新兴产业之一，生物制造是生物产业发展中的重要组成部分。为贯彻落实《纲要》和《决定》的部署，配合《国民经济和社会发展第十二个五年规划（2011-2015年）》实施，全面推进我国生物制造产业的发展，特编制《“十二五”现代生物制造科技发展专项规划》。

## 一、形势与需求

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。生物制造具有高效、绿色、低碳、可持续等特征，已经成为全球性的战略性新兴产业，呈现出高速增长的趋势。加快培育和发展生物制造产业，是突破经济发展的资源环境制约、构建可持续发展的现代化发展之路的迫切需求。

### （一）现代生物制造是世界各经济强国的战略重点。

随着生物科技的进步及其向工业领域的快速渗透，现代生物制造正在引发一场新的工业革命。世界各主要经济强国都把生物制造作为保障能源安全、环境质量和经济发展的国家战略，促进

形成与环境协调的战略产业体系，抢占未来生物产业的竞争制高点。美国明确将“生物制造技术”作为战略技术领域，并列为2020年制造技术挑战的11个主要方向之一，期望通过应用生物技术，降低经济发展对化石能源的依赖和人类社会活动的碳足迹。欧洲制定规划，计划通过大幅度降低对化石资源的依赖，于2025年取得向基于生物技术型社会转变的实质进展。经济合作与发展组织（OECD）“面向2030生物经济施政纲领”战略报告预计，到2030年，将有大约35%的化学品和其它工业产品来自生物制造，生物经济将初步形成。

（二）现代生物技术正在推动生物制造技术体系的形成与发展。

随着基因组学、系统生物学、合成生物学的飞速发展，工业微生物分子育种、工业酶分子改造等新技术不断促进核心“生物工具”的进步，生物炼制与生物质转化、生物催化与生物加工、现代发酵等现代生物制造技术不断取得重大创新和产业应用，对工业基础原材料的化石原料路线替代、传统工业的工艺路线替代以及生物产业升级显示了巨大的推动作用。

基于基因组信息的代谢和调控网络重构的基因组育种改造技术已取得了一系列突破性的进展。基因组改组技术、系统代谢工程技术、基因组快速进化技术、基因组删减技术、细胞全局扰动技术等微生物基因组育种技术已经在氨基酸等生物合成等方面取得了显著的效益，极有可能“引发传统工业微生物育种及发酵产

业的革命”，大幅度提高生物产品的生产水平。以从原料到产品的整合理念为基础的生物系统过程技术正在向信息化、智能化的方向发展，为发酵过程的高效与清洁提供了新的技术支撑。蛋白质工程技术在工业酶蛋白进化、改造等方面发展迅速，正在使更多的生物蛋白质成为可商业化的工业催化剂。合成生物学技术快速发展，使人们有可能按照对生命系统运行法则的认识，以最优化的方式重新编程，甚至合理引入自然界不存在的人造法则，从而构建出全新的“人造生物体”，突破自然生物体的局限，改变功能材料、工业化学品与药品合成的现有生产模式，开创一个财富增长新纪元。在此基础上，生物炼制与生物质转化技术不断进步，塑料、橡胶、尼龙、合成纤维以及化工醇、溶剂、表面活性剂等许多大宗传统石油化工产品正在走出石油路线，1,3-丙二醇、3-羟基丙酸、异戊醇，丙醇，丁醇，丁二酸、类异戊二烯、1,4-丁二醇、丙烯酸等传统石油化工产品生产的细胞工厂，已经或即将取得对石油路线的竞争优势，正在促进工业原材料从石油基向生物基的转变。生物催化与生物加工技术逐渐成熟，正在推动有机化学工业以及纺织、制革、造纸等产业工艺技术路线的革新，实现能耗、废弃物排放以及物耗水平的大幅降低。由于生物催化技术的发展与介入，2000年以来，全球化学工业增长了4倍，而总污染物排放水平降低了20%。

（三）现代生物制造是推动我国经济结构调整、转变经济发展方式的内在需求。

近年来，我国 GDP 每年以 10%左右的速度增长，对化石能源与石油化工原料的需求旺盛和依赖程度较大。2010 年，我国原油进口量达 2.4 亿吨，对外依存度达到 55%，已超过 50%的警戒线，依赖于石油炼制的大宗化工原料和能源的短缺与高价，已经成为我国工业经济发展的制约性因素。寻求可再生的能源与化学品，减少对石油资源的依赖，已经成为我国经济发展的迫切需求。同时，我国工业的能耗、物耗与环境污染排放水平居高不下，严重制约着我国工业经济的可持续发展。

用于生物制造的可再生生物质资源包括糖、油脂、非粮生物质、有机废弃物，甚至以工业废气、二氧化碳（CO<sub>2</sub>）等为原料，生产一系列能源与化工产品，生产与石油炼制类似的基本化工原料、溶剂、表面活性剂、化学中间体、以及塑料、尼龙、橡胶等高分子材料。理论上 90%的传统石油化工产品都可以由生物制造获得，是石油替代战略中的一个重要突破口。发展生物制造，以微生物细胞工厂构建石油化工产品的合成通道，以生物可再生资源替代化石资源的工业原料路线，加大绿色、低碳、可再生的生物能源与生物基化学品比重，有助于重组我国石油化工原料结构、降低石油资源依赖、减少 CO<sub>2</sub> 排放、实现低碳经济与工业可持续发展。同时利用工业废弃物、城市和农村生活垃圾等为原料，可实现废物资源化、生态环境友好协调发展，对改善民生有重要推动作用。

（四）现代生物制造是提高我国生物产业效率、增强国际竞

争力的迫切需要。

目前我国主要传统生物技术产品的年产值高达 6600 亿元，在国民经济中占有较高的比重，但存在着高生产成本、高资源消耗和高环境污染等缺陷。我国具有国际上工业发酵产业中的所有主要产业，就其规模而言，某些产业在世界上占有举足轻重的地位，并在生物基化学品、生物基材料、酶制剂、大宗发酵产品、精细化学品等领域已经掌握一批关键技术，但整体上与世界先进水平相比仍有较大差距。微生物工程菌与新型酶制剂的开发、产业化和工业规模应用明显落后于国外，特别是在分子生物学、系统生物学、合成生物学技术在工业微生物改造与应用方面严重滞后；在化学品制造领域，则基本停留在利用传统发酵技术生产简单代谢物的低端技术水平上；在重要医药中间体、精细化学品、手性药物等未来生物制造高端产品研发上落后于发达国家 10 年以上，由此导致我国企业利润率低于国外企业的 2-4 倍，在全球经济竞争中存在着巨大的风险，迫切需要基于微生物基因组与系统生物学、合成生物学为基础的现代生物制造技术，提高产业技术水平，增强国际竞争力。

## 二、发展思路与原则

### （一）基本思路。

高举中国特色社会主义伟大旗帜，以邓小平理论和“三个代表”重要思想为指导，深入贯彻落实科学发展观，积极促进经济发展方式转变，全面贯彻落实《纲要》，围绕以可再生碳资源取代

化石资源的工业原料路线替代，以绿色高效生物催化剂取代化学催化剂的工艺路线替代，以现代生物技术提升传统生物化工产业的“两个替代、一个提升”，确立“抢占国际前沿制高点，培育战略性新兴产业增长点，突出现有产业技术升级改造，支撑领域自身创新发展”的基本发展思路，全面布局，重点突破，促进我国生物制造产业跨越式发展。

## （二）基本原则。

贯彻“国家主导、资源共享、自主创新、培育产业”的基本原则，紧密围绕我国能源、资源、环境和农村发展等的战略需求，努力提高技术与产品研发的起点，抢占生物制造科技发展的战略高地，实行分类管理，努力实现前沿技术创新，重点突破关键与共性技术，打造具有知识产权的核心产业技术体系。注重发挥高校和科研院所在创新中的引领作用，推进企业在技术创新中主体地位，注重产学研用的有机结合，加强产业化推进。

## 三、发展目标

### （一）实施目标。

到“十二五”末期，初步建成现代生物制造创新体系，突破一批核心关键技术，提升生物制造产业技术水平与国际竞争力，带动形成现代生物制造产业链，生物制造领域技术水平进入世界先进行列，推动我国经济结构调整，加快转变经济发展方式。

### （二）具体目标。

1. 生物制造科技创新能力大幅提升。解决生物催化剂、人工



生物体、复杂生物过程等三方面的科学问题，重点突破合成生物学、微生物基因组育种、工业酶分子改造等核心技术，建成一批国际先进水平的创新平台与研发基地，形成一批成果转移转化创新基地。

2. 关键技术实现创新，产业支撑能力明显增强。应用合成生物技术、微生物基因组育种、工业酶分子改造等核心技术，推动生物炼制、生物催化、生物加工、先进发酵等关键技术创新，开发生物能源、生物塑料、生物纤维、生物溶剂、工业酶、重大化学品等重大先进生物制造产品 30 种以上，实现生物印染、生物漂白、生物制革、生物脱胶等一批绿色生物工艺关键技术示范，革新化学中间体、高值化学品等生产的化学工艺，促进纺织、造纸、制革、化工等工艺的绿色转型升级。

3. 初步形成生物制造经济与社会影响。促进形成一个现代生物制造产业链，带动新增工业产值 1000 亿元，20 个生物制造产业示范园区（基地），增加 10 万个就业岗位。实现一批工业过程的绿色生物工艺转型升级，能源消耗与污染物排放减少 30% 以上。提高若干重大生物发酵产品的技术水平，显著增强生物制造产业的国际竞争力。

#### 四、重点任务

围绕国家重大战略需求与专项规划总体目标的实现，重点解决生物制造的原料利用、产品成本与过程效率等相关科技问题，形成我国现代生物制造技术体系，实现产业化应用，促进生物制

造战略性新兴产业的形成与发展。

(一) 解决现代生物制造的重大科学问题。

面对我国经济社会发展方式转变和新一轮科技革命带来的挑战，加强生物制造科技的前瞻性基础研究，解决生物制造的重大科学问题，引领未来高新技术发展。

发展重点：

1. 生物催化与生物转化的基础科学问题。

开展工业酶蛋白与生物催化剂的结构与功能研究，解决生物催化、生物质原料转化、生物分子机器等重要科学问题，为建立高效生物催化技术奠定科学基础，提高我国基础化学品、手性化学品与特殊化学品等有机化学品生物合成的核心竞争力与发展的可持续性。

2. 人工生物体与细胞工厂创建的科学基础。

开展微生物系统生物学与物质代谢的分子基础研究，探索人工生命的构建原理，解决合成生命、人工生物器件、细胞工厂、人工生物叶片等方面的重大科学问题，为解决我国能源、化工、医药和环境等重大需求问题提供原始创新方案。

3. 生物过程工程化的科学问题。

研究复杂生物过程的原理与规律，解决生物过程及其工程化的科学问题。以突破生物工艺过程、食品加工过程、多物种生态工艺过程、污染物生物降解过程等方面的重大科学问题，为建立生物制造过程模式奠定科学基础。

## （二）突破一批核心关键技术。

选择具有基础性与全局性的核心关键技术，集中优势资源，实现重点突破，提高生物制造技术的核心能力，抢占国际生物制造研究开发制高点。

### 1. 合成生物学技术。

发掘天然化合物的自然代谢途径，发展基因或基因组的计算机设计、人工合成、生物元件与模块组装、精细调控与优化等技术，突破重要化合物的人工细胞合成技术，实现动植物提取产品的工业合成和石油化学品的发酵生产，建立物质生产的新路线。进行以人工基因表达产物与纳米材料结合，组装新的人工酶与蛋白质分子机器，形成化学品生物合成的非细胞体系新路线。

### 2. 微生物基因组育种技术。

发展工业菌种基因组重测技术与代谢网络重构技术，基因组删减与进化技术，转基因改造、基因组重排、代谢途径创建技术与系统代谢工程优化技术，突破工业菌株基因组改造技术，打造新一代生物制造技术核心，获得高效工程菌株，提升我国发酵工业国际竞争力。

### 3. 工业酶分子改造技术。

发展酶蛋白计算设计、高级结构解析与进化、分子改造修饰、高效表达制备、固定化等新技术，突破工业酶分子改造与新酶研发的关键技术，形成我国新一代酶制剂工业发展的核心技术，研制一批新型工业酶制剂，促进工业酶在化工、造纸、纺

织、制革等工业过程的应用。

#### 4. 工业蛋白质表达技术。

开展高效表达元件构建、受体菌株的基因组改组、代谢流改组、高效遗传转化等关键技术研究，研发具有自主知识产权的覆盖真核、原核的完整微生物表达系统，获得工业蛋白质表达新体系，打破国外技术垄断，大幅提升大宗工业酶制剂的国际竞争力。

#### 5. 工业微生物高通量筛选技术。

研究基于单酶或多酶耦联的化学发光或荧光检测、高负电荷结合荧光共振能量转换检测、荧光互补分析、数字影像分光检测、表面等离子共振、微囊包埋细胞的微流芯片分选等筛选模型与方法，建立工业微生物功能与产物的快速筛选技术。研发基于微阵列系统、多参数并行化生物反应器的高通量发酵工艺优化技术，加速微生物工业化应用进程。

#### 6. 生物炼制与生物质转化技术。

发展木质纤维素预处理、生物糖化、微生物代谢转化、化学加氢、裂解技术，突破木质纤维素制糖、化工产品的生物制造、生物质热化学转化、气化等关键技术，建立非粮原料能源化学品、大宗化学品、聚合物材料生产的生物炼制技术体系。

#### 7. 生物催化技术。

发展生物催化剂优化、酶系合成组装、辅酶再生、生物催化反应过程调控、生物-化学耦联等技术，加强生物催化剂分子工程

研究，建立多相生物催化、纳米生物催化、手性生物合成、生物拆分、生物酶解等高效稳定的工业生物催化与转化技术体系，促进化学品的化学合成向生物催化合成的转移。

#### 8. 生物加工技术。

发展生物提取、生物脱硫、生物采矿等技术系统，建立植物黄酮、多糖、生物碱、单宁酸、皂苷等高效、清洁的加工技术，促进低品位金、铜、锰、锌以及高含水油藏等矿产开发，发展生物印染、生物漂白、生物脱胶等新工艺。

#### 9. 生物过程工程技术。

发展生物过程计算仿真、自动化在线检测、调控技术，加强计算机模拟与数学模型的建立与应用，创新生物产品的分离、提取和精制以及废弃物转化等技术，建立从原料到产品的生物系统工程技术体系。发展新型生物反应器的设计、放大和制造技术，突破生物过程工程与装备、先进固体发酵等关键技术，解决生物制造过程的效率与工程化问题，显著提高我国生物产业过程技术与装备水平。

### （三）研究开发一批重大产品和技术系统。

围绕战略性新兴产业的培育与专项规划目标的实现，加强生物制造关键技术的集成示范，研究开发一批重大生物制造产品和技术系统，实现产业化，为我国转变经济发展方式做出重要贡献。

#### 1. 重大化工产品的生物制造。

研究生物基平台化合物、手性化工中间体、生物基材料等重大化工产品的生物制造技术，形成有机酸、化工醇、溶剂、生物基材料等产品生物制造的平台技术体系，形成手性醇、手性酸、甾体等高附加值手性中间体生产的创新型生化技术路线，大幅提升我国生物制造领域科技创新能力与产业技术水平。

## 2. 大宗生物基产品的衍生转化。

开展大宗生物基产品的生物技术衍生转化研究，突破生物催化剂改性、催化转化反应体系优化、产品分离制备等关键技术，开发柠檬酸到柠檬酸丁酯、赖氨酸到戊二胺、乳酸到丙烯酸、丙酮酸等衍生转化技术，促进大宗生物基产品的工业化应用与生物制造产业链的形成。

## 3. 木质纤维素生物糖化。

围绕非粮原料的利用，开展生物质物化预处理与生物预处理、高效纤维素酶、秸秆酶法糖化新工艺，实现秸秆糖的生物制造，研发木质素、糠醛等产物高效分离与利用技术，提高木质纤维素综合利用能力，力争取得秸秆糖替代玉米糖为工业发酵原料的突破。

## 4. 非粮生物能源产品。

以木薯、秸秆、菊芋、甘蔗等非粮原料与有机废弃物为原料，集成生物炼制与生物转化技术，发展非粮生物醇、合成气生物醇、生物制氢、车用甲烷等新一代生物燃料生产关键技术，促进生物燃料产业的形成与发展。

#### 5. 生物油脂产品开发。

研究微生物与微藻优良藻种的筛选诱变和基因组工程技术、光反应器高密度培养技术、低成本采收分离与提取技术、残渣高值化技术，开发生物油脂以及以油脂为基础的能源燃料和化学品系列产品。

#### 6. 营养化学品的生物合成。

研究营养化学品生物催化合成、生物拆分等高效稳定的工业生物催化与转化技术体系，开发核苷酸、非天然氨基酸、丙酮酸、唾液酸、生物色素、生物香料等生物合成新技术，实现原料、水资源、能源消耗与污染物排放的大幅下降。

#### 7. 糖生物工程关键技术与重大产品。

开展糖链绿色制备、生物合成与转化、产品分离与精制等关键技术研究，建立糖工程产品功能评价技术和产品标准体系，开发功能性寡糖、稀少糖及糖醇类衍生物等新产品，提高相关产品的国际竞争力。

#### 8. 固体发酵工艺系统优化。

针对大宗固态发酵产品的微生物生产与工业生产指标优化，发展微生物菌种与群系调控、先进发酵过程控制技术、生物产品分离与精制技术，提高产品质量，实现清洁生产，减少能源与资源消耗，减少环境污染，提高综合效益。

#### 9. 生物废弃物综合利用。

研发生物废弃物资源化高值转化关键技术，建立成套技术工

业示范，生产价值高、市场急需的材料和添加剂等产品，形成支撑以工业发酵糟渣和高浓有机废水为代表的工业生物废物转化利用的综合技术体系，促进工业发酵等轻工行业清洁生产。

#### 10. 生物质热转化与气化技术。

开展催化剂研制、生物质热解及新工艺，生物油重整工艺过程关键技术与装备研究，进行富氧生物质气化技术、粗合成气催化重整净化与组分调变技术与装置研究，研制生物质液化、气化系统，形成针对秸秆、有机废渣等生物质的热化学转化与气化技术体系。

#### （四）提升生物制造科技创新能力。

针对生物制造对我国社会经济可持续发展的重大作用，通过科学规划，建立完善我国生物制造产业发展的关键技术平台和研发基地。

##### 1. 建设若干国家重点实验室、工程中心和公共服务平台。

在生物催化剂、合成细胞和生物制造领域分年度建立若干国家重点实验室、国家工程技术研究中心；在生物炼制、生物催化、工业酶、发酵工程、生物资源利用、生物能源等领域分年度新建若干有国际影响力的技术平台与研发基地。

##### 2. 建设若干企业技术创新与产业化基地。

发挥龙头企业对新技术应用和产业引领作用，联合优势技术研发与技术提供单位，瞄准行业亟需的重大技术、关键技术以及集成新工艺，通过开展中试及示范，建设若干企业技术创



新与产业化基地，搭建连接研发与产业的通道。

### 3. 构建生物信息与生物资源库。

建设基因组数据库、蛋白质组数据库、基因调控与代谢网络以及相关分析软件等生物信息库，开发一批特色专题数据库；建设工业微生物资源库，建立化合物分子文库和蛋白质分子文库等。

## 五、保障措施

### （一）建立现代生物制造科技与产业发展的协调机制。

建立和健全涉及生物制造科技与产业发展相关部门的协调机制，定期召开部门协调会，协调统筹国家有关科技、经济和社会发展规划，集成国家科技重大专项、国家高技术研究发展计划（863 计划）、国家重点基础研究发展计划（973 计划）、国家科技支撑计划、国家科技基础条件平台等科技计划的资金与力量，加强衔接与配合，科学、合理、有效地配置资源，全力促进生物制造技术研究开发、产业化、企业创新能力建设等工作，形成强大合力，推进我国生物制造科技及产业快速发展。

### （二）加大财政投入，建立多渠道投入机制。

中央和地方政府要切实重视现代生物制造技术及产业发展，整合政府科技计划（基金）和科研基础条件建设等资金，加大财政对现代生物制造技术及产业的支持力度。

建立现代生物制造技术成果转化风险基金，支持高等院校、科研院所现代生物制造技术成果的孵化与转化，支持现代生物制

造企业通过资本市场融资进行成果转化。鼓励有关部门和地方政府设立创业投资引导基金，引导社会资本进入现代生物制造领域创业投资。加大金融政策对现代生物制造技术及产业的资金支持力度。

### （三）大力促进企业创新能力建设。

通过组建产学研战略联盟和校企联合研发中心（基地、孵化器）等方式，建立企业牵头组织、高等院校和科研院所共同参与的创新体系。通过财税、金融、投资等政策，引导企业增加研究开发投入，推动企业特别是大企业建立研究开发机构，增强企业创新能力。鼓励企业与高等院校、科研院所联合开展现代生物制造技术成果转化，改造或新建一批国家工程实验室、国家工程技术研究中心、企业重点实验室，提高科研成果的工程化与系统集成能力。鼓励和支持国外机构在华设立现代生物制造领域的研发中心。支持成立生物基材料、生物基化学品、手性化工中间体、氨基酸、酶制剂、工业生物清洁生产与循环经济等产业创新战略联盟。

### （四）促进知识产权的创造、管理、实施和保护。

针对现代生物制造领域知识产权保护的知识新、领域新、技术难度大、竞争激烈等特点，尽快完善我国现代生物制造技术知识产权保护的法律法规，优化审查程序，尽可能缩短审批时限，鼓励和扶持现代生物制造技术知识产权中介机构发展，落实对知识产权创造者的奖励政策，加强知识产权的司法保护和行政执法

力度。

（五）加强高素质现代生物制造技术及产业人才队伍建设。

要把引进和培养顶尖人才作为实施规划的关键突破口。改革创新人才使用和评价政策机制，构建有利于创新人才成长的文化环境，紧扣《国家中长期人才发展规划纲要》，不失时机地推进高素质生物制造技术及产业人才队伍建设。结合国家和地方政府的系列人才计划工程，重点培养一批战略科学家、生物制造技术原始性创新人才、工程化开发人才、高级经营管理者、高级技术工人。吸引和支持出国留学人员、海外华人华侨回国和来华创办生物制造技术领域企业、从事教学和研究；加强生物制造技术人才的国际培训合作和国际学术交流；加大收入分配向关键岗位和优秀人才倾斜力度，完善技术参股和入股等产权激励机制。

（六）加强国际合作，充分利用国外优势资源。

推进国际互认实验室的建设，参与并主导国际生物制造技术相关科学与工程计划的研究与开发，加强与国外政府间、民间的合作与交流；积极推进与大型跨国生物制造企业建立战略伙伴关系，合作开发新产品，共同开拓国际市场；充分重视利用海外资源，特别是人才资源，选择一些重大技术领域向国际优秀人才开放；积极引导和支持有条件的科研机构和企业到国外建立研究开发机构，加强对引进技术的消化、吸收和再创新，充分利用国外优势资源。

## 名词解释

**生物制造：Biological Manufacturing**，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，是以微生物细胞或以酶蛋白为催化剂进行化学品合成、或以生物质为原料转化合成能源化学品与材料，促使能源与化学品脱离石油化学工业路线的新模式，主要表现为先进发酵工程、现代酶工程、生物炼制、生物过程工程等新技术的发明与应用，具有低碳循环、绿色清洁等典型特征。

**生物基材料：Biomaterial**，亦称生物材料，指以基于生物技术、或基于生物质原料的工业材料、聚合物及其聚合单体。包括生物质来源的生物醇、有机酸、烷烃、烯烃等聚合物材料单体，生物法合成的聚酯、聚氨酯等聚合物材料、以及化学法聚合生物基产品形成的聚合物材料、可降解塑料，以及特殊生物质纤维等。是非石油基的工业原料与材料，具有原料可再生、生物可降解、加工生产过程有害物生成少等特点，对于工业可持续发展与工农业循环经济提升具有重大的支撑作用。

**生物炼制：Biorefinery**，指利用农业废弃物、植物基淀粉和木质纤维素材料为原料，生产各种化学品、燃料和生物基材料。美国国家再生能源实验室将生物炼制定义为以生物质为原料，将生物质转化工艺和设备相结合，用来生产燃料、电热能和化学产品集成的装置。生物炼制主要分为 3 种系列：①木质纤维素炼制：用自然界中干的原材料如含纤维素的生物质和废弃物作原

料；②全谷物炼制：用谷类或玉米作原料；③绿色炼制：用自然界中湿的生物物质如青草、苜蓿、三叶草和未成熟谷类等作原料。未来的生物炼制将是生物转化技术和化学裂解技术的组合，包括改进的木质纤维素分级和预处理方法、可再生原料转化的反应器优化设计、合成、生物催化剂及催化工艺的改进。

**生物催化：Biocatalysis**，指利用酶或者生物有机体作为催化剂进行化学转化的过程，这种反应过程又称为生物转化。生物催化中常用的有机体主要是微生物，其本质是利用微生物细胞内的酶进行催化，促进生物转化的进程。生物催化具有效率高、专一性强、作用条件温和、环境友好等特点。生物催化的方式有添加前体发酵法、游离酶法、静息细胞法、固定化酶法、固定化细胞法，反应可在水相、有机相和水-有机溶剂双相、反相胶束体系、超临界流体、离子液体等系统中进行。

**生物拆分：Biological Resolution**，指利用特异性的酶作用于对映异构体，从而达到选择性的拆分效果。技术难点在于特异性酶的筛选。化学拆分技术在实验室中较为常用，生物拆分技术常见于工业加工过程，物理拆分技术较少使用。

**生物造纸：Biological Paper Making**，指在造纸过程中，利用酶或者生物有机体对纸浆漂白、废纸浆脱墨、纸浆纤维性能改善的加工工艺。在制浆中，利用真菌漆酶或木聚糖酶降解木素或半纤维素，对纤维原料，如木屑、秸秆等进行（预）处理，可显著减少漂白剂氯的用量，提高纸浆白度和抄纸等后续加工性能，被

称为生物制浆（bio-pulping）生物漂白（bio-bleaching）。

**酶工程：**Enzyme Engineering，指对具有生物催化功能的酶蛋白质进行加工改造与开发应用的技术。包括酶的发现和筛选、酶的分离和纯化、酶的固定化、酶的人工模拟、酶分子的修饰与定向改造、酶蛋白高效表达、规模化制备、酶工程化应用技术等。

**工程菌：**Engineered Bacteria，指基于基因工程或细胞工程等手段，使对微生物进行基因修改从而具有特殊性质的微生物细胞株系，是通过现代生物工程技术加工出来的新型微生物，具有功能好、效率高等特点。工程菌构建技术已成为当今世界生物技术领域应用最为广泛的技术手段，工程菌的应用是生物技术产业发展的核心内容，对解决人类社会面临的资源、环境、健康、食品、医药等问题具有重大支撑作用。

**发酵工程：**Fermentation Engineering，指采用现代工程技术手段，利用微生物的某些特定功能，为人类生产有用的产品或直接把微生物应用于工业生产过程的一种新技术。我国发酵工程产业规模全球第一，已经形成了具有科学研究、生产设计、设备制造等完整的工业体系，既包括传统的发酵食品，如白酒、酱油、食醋等与老百姓日常生活息息相关的产品，又包含应用领域不断扩大的氨基酸、有机酸、酶制剂、生物醇、抗生素、维生素、酵母、淀粉糖、特种功能发酵制品等现代发酵工业产品。