

欧盟工业生物技术研发现状及发展趋势分析

张志勤

(中国科学技术部, 北京 100862)

摘要: 欧盟是现代工业制造业的发源地, 长期保持着工业技术的世界领先水平。欧委会根据全球高新技术日新月异的快速发展及其重要性, 以及欧盟相对处于世界领先地位的技术优先领域, 扬长避短确定了欧盟工业可持续发展的六大关键势能技术(KETs)。工业生物技术, 作为欧盟优先确定的六大关键势能技术之一, 欧盟已制定具体的优惠政策和行动举措给予重点扶持, 旨在提升欧盟先进制造业的世界竞争力, 促进经济增长和扩大就业。通过综合研究分析欧盟工业生物技术及产业的发展现状、研发创新、面临的挑战和未来发展趋势, 旨在为我国战略性新兴产业的可持续发展, 提供有益的路径和经验借鉴。

关键词: 欧盟; 工业生物技术; 关键势能技术; 先进制造工业

中图分类号: Q814-1(196.2)

文献标识码: A

DOI: 10.3772/j.issn.1009-8623.2014.01.009

工业生物技术又称白色生物技术, 主要是利用酶类(Enzymes)和微生物在各类工业行业中生产和制造生物基产品及其服务, 这些工业行业包括: 化工、食品与饲料、卫生保健、洗涤用品、造纸与纸浆、纺织工业和生物能源。工业生物技术的生产加工过程, 是将生物质原材料, 如, 农副产品、有机废弃物和水藻等, 转化成生物燃料或生物化工产品, 其生产方式如同将原油转化成成品油或化工产品。通过工业生物技术生产加工方式, 可显著节省工业对能源的消耗和降低温室气体(GHG)排放, 与此同时, 有利于改进生产工艺、提升工业可持续和生产高附加值产品及服务。

目前, 世界上广泛应用、成功商业化运作的生物基产品包括: 建筑用生物高聚合物纤维材料、生物可降解塑料、生物燃料、生物纺织纤维和生物润滑剂, 以及应用于洗涤剂、食品加工、化妆品和造纸与纸浆工业的各种酶类产品。同样, 工业生物技术及生产工艺, 在部分抗生素、维生素、氨基酸和精细化工产品的生产加工过程中成为关键的制造环节。

工业生物技术的研发创新及产业化, 得到世界各主要国家的高度重视, 属于充满希望的创新型高新技术领域。工业生物技术不仅可以避免已经枯竭的化石能源和自然资源继续作为工业原材料, 而且可以通过第二代工业生物技术积极应对能源安全、粮食安全和生态环境等需要全社会迫切解决的世界难题, 并通过广泛的各种中间品(Intermediates)生产, 满足各种复杂工业生物技术价值链的各种不同需求。随着工业生物技术的快速发展及其在各行各业广泛的推广应用, 工业生物技术也随之日益演变成涉及多学科和跨行业、具有产品导向性完整价值链的生物基经济。

长期以来, 欧盟一直保持着化学工业和工业酶研发及生产的世界绝对领先水平, 在生物化学、生物中间品和生物高聚合物技术领域保持着优势。尽管欧盟生物燃料技术的研发仍然处于世界先进水平, 但工业化生产已略逊世界主要的竞争对手, 特别是美国。工业生物技术作为欧盟确定的六大关键势能技术(KETs)之一^[1], 已成为欧盟提升工业竞

作者简介: 张志勤(1956—), 男, 博士, 国际合作司副司长, 主要研究方向为科技管理及自动控制。

收稿日期: 2013-10-30

争力和应对经济社会挑战（如，气候变化、能源安全和经济可持续）的重要技术支撑手段。

工业生物技术产业的知识密集型和资本密集型特征，同欧盟确定的其他五大关键势能技术（KETs）一样，其产业价值链可区分为三大主要阶段：研发创新，包括知识积累和新产品开发；技术转化及商业化应用，包括中试示范、优化结构与工艺和小批量商业化产品生产；产品销售，包括消费导向和刺激市场需求。

1 工业生物技术的定义

1.1 经合组织对生物技术的定义及分类

经合组织（OECD）对生物技术的定义为：有关活性有机体科学与技术应用，包括组件、产品及模型，改变活性或非活性材料的知识、商品和服务生产^[2]。根据生物技术的定义，可将生物技术分为七大类：① DNA/RNA——染色体组学、基因探针（Gene Probes）、遗传工程、DNA/RNA 测序/合成/放大、基因表达图谱（Profiling）和反义技术（Antisense）；② 蛋白质及相关分子学——蛋白质和生化肽（包括大分子激素类）的测序/合成/工程、大分子药物的改进型交付方式（Delivery Methods）、蛋白质组学、蛋白隔离和提纯、蛋白信号学和细胞受体鉴别技术；③ 细胞与组织培养及工程——细胞/组织培养、组织工程（组织支架和生物学工程）、细胞融合、疫苗/免疫兴奋剂（Stimulants）和胚胎操控（Embryo Manipulation）；④ 生物加工技术及工艺——生物反应器发酵技术、生物加工技术、生物浸取技术、生物制浆技术、生物漂白技术、生物净化技术、生物过滤技术、生物脱硫技术和生物修复技术；⑤ 基因与 RNA 载体——基因疗法和病毒载体；⑥ 生物信息学——基因染色体组数据库、蛋白质测序数据库、生物复杂工艺数字模型和生物系统数字模型；⑦ 生物纳米技术——利用微-纳米技术制造工艺，生产用于生物技术研究及设备与仪器，包括生物纳米技术研发、药物传递应用和生物诊断技术等。

1.2 生物技术应用领域分类

根据 OECD 对生物技术的定义，生物技术工业作为产品和服务的生产者，必须至少涉及上述的一类或多类生物技术。生物技术工业企业可被定义

为：至少利用一类生物技术提供产品或服务的企业，和/或直接从事生物技术的研发创新活动的企业。考虑到各类生物技术之间的相互交叉及其复杂性和重叠性，也可根据历史传承，将生物技术按照应用领域分为三大类：① 卫生/红色生物技术——应用于医药卫生领域的生物技术，正在创新型药物的开发上扮演着不可或缺的关键角色，正在持续改善着病患的治疗手段，正在积极面对医药医疗的未来需求；② 农业/绿色生物技术——应用于农作物、植物领域的生物技术，以最小的成本和环境代价，提供优质高产食品、饲料、燃料和纤维的植物生长培育技术；③ 工业/白色生物技术——应用于工业生产行业的生物技术，利用真菌、细菌、酵母和/或酶类技术作为“细胞车间”（Cell Factories），生产出可持续的能源、化工、洗涤剂、维生素、纸张、纺织物和一系列大量的日常消费及工业用品。

1.3 欧盟对生物技术的定义

欧盟对工业生物技术的定义主要集中于白色生物技术，确定为：工业生物技术是生物技术在工业加工和产品生产过程中的应用，产品包括化合物、材料和燃料等，利用微生物或微生物成分（酶类）生产出工业和消费者可用的产品、物质和化工材料，特别是传统的石油化工生产工艺不能提供的特有技术能力。工业生物技术的主要特征是：将可再生的生物质原材料转化成消费者、化工工业和能源工业可利用的产品和物质材料，包括，生物医药/农药的新产品开发、可再生原材料的生物化学转化、来自植物的生物柴油生产和产自有机废弃物的可降解聚合物制造，等等。

现代生物技术的研发创新日新月异，尽管其应用领域可分为三大类，但相互之间具有共同的系统生物学（Systems Biology）和合成生物学（Synthetic Biology）基础，其中，在一个领域的技术突破，往往可迅速推广应用到其他领域。工业生物技术同欧盟确定的其他五大 KETs 经常重叠，特别是最近几年快速发展起来的生物纳米技术和生物信息技术。

2 欧盟工业生物技术研发现状

2.1 公共财政研发投入机制

欧委会认为，欧盟在工业生物技术领域的研发

(R&D)投入,相对其重要性严重不足,必须加大公共财政的资助力度,吸引全社会和工业界投资研发创新活动,强化研发创新的公私伙伴关系(PPPs)。目前,欧盟工业生物技术研发(R&D)投入除工业界和风险基金外,主要来自公共财政的投资,其公共财政投资机制主要由3个层面组成^[3]。

(1) 欧盟层面

欧盟第七研发框架计划(FP7),是欧盟层面工业生物技术研发创新活动的最主要资助提供方。其宗旨是:保持欧盟工业生物技术科研的卓越;强化欧盟工业生物技术产业的基础和国际竞争力;积极应对全球经济社会挑战和支撑欧盟的可持续发展战略。2007—2013年期间,工业生物技术一直是FP7资助的优先重点领域。欧委会已承诺,未来的研发框架计划“2020地平线”(Horizon 2020),将继续增加工业生物技术的研发投入。

(2) 成员国层面

专门资助工业生物技术研发创新活动的公共财政基金或计划,在成员国层面受到一定程度的限制,主要原因是原有政策禁止公共资金投入竞争性领域。目前,部分成员国正在酝酿设立专项资助工业生物技术研发创新活动的基金,而部分成员国准备利用国家科研计划提供资助。

(3) 其他层面

部分成员国正在积极利用欧盟研究区域(ERA)的工业生物技术研发网络平台(IB-ERANET)加强合作,联合投资解决共同感兴趣的问题。共同研究项目一般采取国际招标的方式,鼓励其他成员国和第三国专家参与项目的共同研发。

欧委会鼓励工业生物技术研发创新价值链,包括工业界、科技界、学术界和利益相关方的紧密结合,倡导成员国之间的相互协调与融合,充分利用公共财政的放大器效应吸引成员国或工业界增加研发投入,努力创造有利于研发创新活动的社会环境,积极利用欧盟工业生物技术研发创新的优势领域开展国际合作。

ERA建设的宗旨是:强化成员国在欧盟范围内的科技合作,形成统一资源优化配置的研究区域。在ERA框架下,加强成员国或相关科研机构在工业生物技术研发创新活动中的紧密联系,不仅有利于完善ERA的自身建设,更有利于成员国之

间研发资源的优化配置,提高研发效率和扩大科技成果应用范围。此外,欧盟创立的纵向工业生物技术创新联盟和横向研发创新网络平台,已在工业生物技术的研发创新、研发创新资源的一体化、科技成果的转化及转移、提升欧盟工业竞争力、加强国际合作和强化公私伙伴关系等方面,显示出不可替代的重要作用。

欧委会认为,在工业生物技术研发创新领域,目前,美国和日本是欧盟的最主要竞争对手,金砖五国(BRIC)很有可能成为潜在的未来竞争对手。美国在工业生物技术研发创新领域大量的公共财政投入,以及近几年金砖五国,特别是中国和印度,在工业生物技术领域的快速进步,已迫使欧盟工业生物技术产业界感受到明显的外部压力与威胁。

2.2 研发现状

自2004年起,欧盟工业生物技术产业界开始建立本行业的技术创新联盟和技术研发创新网络平台。例如,欧盟Suschem工业生物技术研发创新网络平台^[4],已正式推出自己的战略科研行动计划(SRA),确定了参与方各自的研发创新目标。在欧委会的积极倡议和主持下,FP7、相关成员国国家科技计划和ERA科研行动计划与工业界研发创新联盟或网络平台的战略科研行动计划(SRA)进行了有机整合,成立了若干个被称为基于生物经济知识(KBBE, Knowledge-Based Bio-Economy)的研发创新网络(KBBE-Net)。目前,KBBE-Net已日益成熟,基本上承担起了欧盟工业生物技术研发创新的技术发展路线制定、研发创新目标确定、研发创新项目实施和技术成果推广应用等整个研发创新价值链的日常管理与具体运作。KBBE-Net在工业生物技术领域的研发创新活动主要集中在以下4个方面:

(1) 酶化设计与酶化产业(Enzymes Designs and Enzymes Industries)——设计和优化可再生生物质原材料酶化技术在食品以及非食品行业的应用,特别是各种有机物质材料木质纤维素(Lignocellulosic)有效的转化技术及工艺开发。

(2) 合成生物学与代谢工程(Synthetic Biology and Metabolic Engineering)——各种工业生物技术及加工工艺的开发,创新型技术及产品的研制,包括被称为“微生物细胞工厂”(Microbial Cell

Factories) 的研发。

(3) 生物化学与生物炼制厂 (Biochemical and Biorefineries)——生物炼制厂的部分产品, 尤其是部分高附加值产品和中间品, 必须进行化工处理后方可进入市场。因此, 各种生物化学与化工材料技术及工艺的有机结合, 成为工业生物技术产业界研发创新的重点。

(4) 生物质原材料与供应 (Bio-Feeds tack and Supply)——提高生物质植物产量与质量的研究, 生物质原材料的最佳混合技术, 提高生物质的转化效率, 包括植物基因、新植物培育和有效的植物轮作、土地管理及土地使用变化等。

3 欧盟工业生物技术产业肩负重任

3.1 产业发展现状

(1) 酶化技术工业

数十年以来, 细菌酶化技术生产的活性物质添加配料, 已被广泛应用于食品加工工业和洗涤工业的产品中。最新的应用包括: 利用发酵罐内转基因的大肠埃希氏菌 (Transgenic Escherichia Coli), 大批量生产人类需要的胰岛素 (Insulin) 等。欧盟及其成员国一直保持着酶化技术/工艺/产品的研发和生产, 以及提供各类服务的世界领先水平。全球约 64% 的酶化技术工业企业位于欧盟境内, 丹麦是世界上最大的酶化产品生产国, 几乎占到世界酶化产品市场的 50% 左右。鉴于酶化技术在各种工业行业广泛的应用前景, 欧盟将努力保持和继续升级酶化生物基产品及工艺的世界领导地位。

(2) 生物质燃料技术产业

当今世界, 利用谷物、小麦和甘蔗淀粉生产用于替代交通用汽油的生物乙醇 (Bioethanol) 工业生物技术产业方兴未艾, 但利用可食用粮食原材料转化成生物燃料, 将造成世界两大难题“能源安全和粮食安全”之间的相互激烈争斗。不仅争地、争水和争环境, 而且经济上也不是最有效的解决方式。因此, 积极开发利用可再生的生物质原材料, 如, 废弃木料、草本植物、农作物秸秆、蔬果残留物和有机垃圾等转化成新一代的生物乙醇, 已成为欧盟发展可再生生物质燃料的首选。第二代生物质燃料的温室气体减排能力可达到 90%, 其技术已相对成熟。欧盟首批第二代生物乙醇示范炼制厂,

已分别在成员国西班牙、丹麦和德国投入运营或正在建设中。

自 2005 年始, 欧盟生物质燃料技术产业快速扩张, 主要得益于强制政策的推出和优惠税收政策的刺激。根据欧盟推出的可再生能源指令, 要求成员国到 2020 年可再生能源的消耗务必达到占总交通能源消耗的 10% 以上。来自第一代或第二代的生物质燃料, 包括产自可再生能源的电力和氢能, 在优惠税收政策的刺激下, 到 2020 年, 很有可能超额 2 倍实现欧盟确定的可再生能源发展目标。欧盟第二代生物质燃料, 借助大量低成本价格的农林残留物木质纤维素原材料快速发展, 已初步形成工业生物技术新兴的生物乙醇市场。

(3) 精细化工工业

工业生物技术应用的重要行业当属精细化工工业, 主要的生物基产品包括: 氨基酸、生化脂 (Lipids)、有机酸和维生素等, 可广泛应用于生物制药工业、食品和饲料加工业、洗涤产品工业、化妆品行业和其他各种工业行业。其中, 维生素 B₂ (核黄素, Riboflavin) 作为添加剂被广泛使用于现代食品、动物饲料和化妆产品中。欧盟化学工业通过创建基于可再生碳资源的工业生物技术平台, 积极开发生物基化工中间品 (Intermediates), 将可再生原材料转化成可替代目前来自化石燃料资源的有机化学中间品, 如, 作为添加剂可应用于食品工业和聚酯纤维制造工业的富马酸 (Fumaric)、苹果酸 (Malic)、琥珀酸 (Succinic) 和衣康酸 (Itaconic) 等。同时, 正在积极开发潜在的新兴应用领域, 如, 新型聚合物的研发及合成工艺和可降解塑料的研制及推广应用等^[5]。

(4) 生物基聚合物产业

过去的 20 年, 生物基聚合物 (Bio-Based Polymers) 在工业生物技术经济中一直占据着主导地位, 主要集中于 3-是基酸聚酯纤维 (PHAs)、聚乳酸 (PLA) 和其他聚合物, 如, 1,3 丙二醇 (1,3 PDO) 或产自生物乙醇的聚乙烯 (Polyethylene) 的开发生产。欧盟工业生物技术已基本实现了合成的生物质塑料和生物质橡胶, 同产自化石能源的聚丙烯和天然橡胶相比较, 化合物成分及各种特性几乎相似, 但生物质产品最大的优势在于可被土壤或水中的微生物迅速地彻底降解。目前, 存在的主要

不足包括相对高昂的技术成本价格和部分功能还不能完全同石油基产品相媲美，欧盟正在加紧该领域的技术突破。

尽管欧盟生物基聚合物与塑料产业尚处于市场的初创阶段，但近几年在全球经济危机影响下，其发展速度仍然给人留下深刻印象，增加值每年平均以 50% 的速度递增，成为欧盟少有的“明星产业”。据报告，2007 年，全球生物基聚合物的产量达到 3.6 亿 t^[6]，2012 年的产量已成倍翻番。

3.2 市场需求

3.2.1 工业生物技术可能形成规模化产业

根据 OECD 的预测分析报告^[7]，到 2030 年，工业生物技术很有可能形成规模化产业，主要涉及：改进型酶化技术在化学工业的应用范围日益扩大；改进型微生物技术一方面不断增加化工产品的产量及种类，另一方面通过生物勘探（Bioprospecting）技术验证获得的新基因，生产出更多的新产品及服务；实时检测环境污染的生物感应器和识别人的生物计量学，将形成规模产业；产自甘蔗和生物质纤维素的高能量密度燃料产业，将得到快速发展；生物质材料，如，生物质塑料、生物聚合物和生物纳米复合材料等，尤其是具有优势或可提供特别功能的生物质材料，将占据更大的市场份额。

3.2.2 工业生物技术的应用领域更加广泛

考虑到石油价格的持续上涨和各国进一步出台应对气候变化的刺激政策，必将为工业生物技术产业的快速发展创造新的机遇。同时，工业生物技术产业的发展很大程度上取决于创新型技术的先进性或技术成本的下降，如，经济上具有成本价格优势的生物纤维素乙醇等。此外，生物基精细化工产品有望得到强劲增长，特别是随着活性药物成分与利用代谢工程实现的创新型复合大分子简化合成技术的突破，将形成重要的支柱产业。利用来自可再生资源的生物基聚合物产业将快速发展，如，显著减少碳足迹、降低成本价格和拥有创新型功能的生物质聚合物的开发生产。酶化技术在食品、纺织、造纸和化妆品工业的广泛应用前景，将导致持续的创新技术突破和更广泛的技术应用领域。

3.2.3 工业生物技术与化工技术的有机结合将形成新的产业和研发重点领域

目前，欧盟在生物基中间品技术上已实现了

部分糖基大分子化合物对石油基大分子化合物的替代，可广泛应用于有机化工、制药、精细与专业化工、洗涤剂、卫生保健、聚酯纺织、石油化工及衍生品和农业化工工业。欧盟利用聚酯合成技术及工艺和生物基可降解聚合物技术及工艺生产的富马酸、噻地酸和苹果酸等，将在现代食品工业进一步得到推广应用。欧盟生物乙醇和琥珀酸盐（Succinate），通过发酵、分离和提纯，然后进入合成工艺被转换成乙烯（Ethylene）和聚乙烯（Polyethylene）产品，再分别转化成聚酯纤维（Polyesters）、聚亚安酯（Polyurethane）和聚酰胺（Polyamides）产品。此意味着工业生物技术与化工技术的有机结合，将形成新的产业和未来研发创新活动的重点领域。

糖基碳化合物（C₆-Sugar）是绝大部分工业生物技术的原材料。未来的工业生物技术与生物化工技术产业的发展，对糖基碳化合物的消耗，有可能在食品工业和生物燃料工业之间形成竞争。来自农林废弃物、工业用植物培育或水藻生物质的木质纤维素，将成为未来工业生物技术产业原材料的主要来源。

近几年发展起来的生物炼制厂（Biorefineries），是工业生物技术产业的典型代表，将工业生物技术及其生产工艺有机地整合为一体，形成完整的工业加工生产价值链。其生产方式包括：可再生原材料的加工与分馏；采用工业生物技术和/或化工技术将材料转化成各种满足市场需求的产品；生产的产品及废弃物尽可能循环再利用。合成生物技术在其中始终扮演着重要角色，尤其在自然环境条件通过化学反应不可能产生新化合物的情况下。微生物或酵母技术开启了各种不同功能化合物产品生产的新领域及新工艺，包括定制生产（Tailor-Made Production）。

2005 年，除制药工业以外，欧盟生物化学产业的产值已占到整个化学工业产值的 1.8%，当时预计 10 年后的 2015 年，很有可能占到 12%~20% 之间。

世界经济论坛（WEF）出版的一份研究报告^[8]显示，到 2020 年，全球来自可再生生物质原材料的生物燃料、能源和化工产品的年产值有望达到 2 300 亿美元。报告同时指出，生物炼制厂将成

为工业生物技术产业最主要的生产方式之一，协助人类减缓气候变化的威胁和满足人类对能源、化工产品和物质材料持续增长的需求。但前提条件是，必须增加工业生物技术的研发创新投入，加速技术成果的商业化推广应用。

3.3 经济社会挑战

欧盟工业生物技术产业肩负着重要使命，在应对经济社会挑战中，将扮演关键的积极角色。

3.3.1 绿色增长

如何在促进经济增长的同时保持生态环境的可持续？研发创新与绿色经济相结合，将成为欧盟未来经济增长的长期主导模式。例如，OECD 报告^[9]中指出的，必须增加在能源和原材料行业的可再生能源与提高效率的投资。随着工业生物技术的持续进步，工业生物技术产业将为绿色经济的持续增长和生态环境的切实保护提供愈来愈多的有效解决方案。其实，工业生物技术在各种工业行业的推广应用，已充分显示出其节能增效和降低排放的显著效果。

欧盟及成员国长期保持着强大的化学工业基础及研发能力，目前正在快速地向生物基化工工业转型，部分工业生物技术及产品领导着世界潮流。尽管欧盟可利用的廉价可再生原材料资源受到一定局限，但欧盟可开发的可再生资源种类，包括甜菜、薯类和谷物等，以及大量可利用的农林废弃物，特别是东部欧洲广大闲置可耕地的利用开发，将为欧盟未来绿色经济的可持续发展提供重要机遇与保障。欧盟拥有相对巨大的生物质木质纤维素原材料潜力，其农业秸秆产量排在亚洲之后，每年的产量达到 4 亿 t。

3.3.2 气候变化

自工业革命以来，经济增长与加速恶化的生态环境犹如孪生兄弟始终相伴，人口的持续增长不断消耗着地球有限的资源。工业生物技术将在反思传统工业生产流程的基础上，直接面对自然资源与物质材料的循环利用和终结模式。通过一系列提升工业竞争力的选项，工业生物技术可以在保证经济增长的同时，节约资源、水、能源和原材料，减少工业废弃物。

基于可再生资源的工业生物技术，可以在工业生产活动中显著地降低能源消耗，从而有效地降低 CO₂ 排放^[10]。工业生物技术的节能减排效果，已得

到大量工业实践的证实，包括 OECD 和世界自然基金会（WWF）最新出版的报告，均给予了积极评价^[11]。尽管欧盟工业生物技术产业仍然处于早期阶段，但每年已避免了 3 300 万 t CO₂ 的排放。根据 WWF 的预计，到 2030 年，全球工业生物技术产业的生产加工过程及生产的生物基产品，相当于具有 10 亿~25 亿 t 之间的 CO₂ 减排能力，超过德国 1990 年全年的 CO₂ 排放量。

3.3.3 可持续发展

欧盟经济社会发展的主要层面，均面临着不可持续的严峻挑战，愈来愈多的工业企业和消费者已意识到，原有的生产方式和消费行为必须改进。欧盟大多数成员国，其家庭消费，包括产品和服务，占到社会总消费量的 60% 及以上，而工业生物技术产业主要向市场提供日常消费用品。工业生物技术更有益于建立一个可持续发展的经济社会，这不仅在于工业生物技术不需要完全依赖化石能源和工业原材料，而且拥有降低温室气体排放、减少工业废弃物产生、降低能源消耗和减少水资源利用的巨大潜力。

工业生物技术产业，有利于促进工业经济更可持续的发展，将在一系列关键的经济社会领域同时获益：加速研发创新，基于创新的知识积累，吸引高素质人才就业，减少对化石能源和自然资源的依赖以及降低对生态环境的影响。

4 欧盟工业生物技术的研发趋势

4.1 研发创新存在的不足

4.1.1 研发创新价值链存在的主要障碍

欧委会指出，欧盟工业生物技术研发创新价值链存在的主要障碍有：工业界与科技界之间缺乏紧密的联系、有效的沟通手段和长期的合作机制；研发创新/预商业化中试/首座新产品示范工厂价值链之间存在缝隙和机制缺陷；欧盟科技资源较为分散，科技行政管理体制较为复杂；工业生物技术产业同传统能源资源工业/气变友好性生物基产业（具有优惠政策）之间存在不公平竞争；高素质科技人员、工程师和高技能技术人员，特别是复合型人才（例如，既懂生物学、化学，又懂植物学）严重缺乏。

4.1.2 工业生物技术普遍存在的问题

欧委会在咨询成员国及区域政府、工业界、科

技界和利益相关方意见建议的基础上，罗列出欧盟工业生物技术普遍存在的主要问题：

(1) 工业界与科技界相互沟通的渠道不畅。工业生物技术涉及面广、应用领域广泛，技术成果的潜在经济社会效益，不仅需要工业界中低层，更需要高层具备足够的识别能力。然而，科技界往往不能充分理解工业生产和产品市场的实际需求。

(2) 工业生物技术必须在可预见的未来才具有较强的竞争力。特别是化石燃料或自然资源替代技术，随着世界燃料或资源价格的波动，往往陷工业企业、尤其是中小企业（SMEs）于困境，一定程度上限制了社会公众对工业生物技术投资的积极性。

(3) 工业生物技术炼制厂生产工艺较为复杂。炼制厂生产链，一般是先将可再生原材料加工成各种不同的中间品，再制作成各种满足市场需求的终端产品。然而，一旦市场发生变化，复杂的生产工艺缺乏可必要调整的灵活性。

(4) 对知识产权保护的必要性认识不足。工业生物技术涉及多种交叉学科，容易造成知识产权界限的模糊不清。创业的早期阶段，科技界与创新型中小企业因各种原因对知识产权不太在意；但创业成功后，往往陷入无休止的知识产权争夺中：既耗费财力，又耗费时间，甚至最终导致企业破产。

(5) 生物化学与化工处理相结合的研发投入严重不足。部分工业生物技术产品必须进行化工处理后，方可进入消费市场；但欧盟及成员国普遍缺乏生物化学与化工处理有机结合的研发投入。

4.2 研发创新拟采取的举措

采用优劣势分析方法（SWOT）进行分析，欧盟在工业生物技术领域的强势主要表现在：化学工业具有长期的基础及实力，其高附加值技术的研发及生产能力雄厚；创新型绿色技术处于有利地位，其科研与技术研发创新实力卓越；纤维素或糖基原材料具有巨大的生产能力。相对弱势表现在：只有为数不多的几家生物质纤维素企业转化为强势工业企业，技术本地转化率及转移率相对较低。此外，欧盟禁止转基因植物和遗传修饰生物体（GMOs）技术。

总体上，就工业生物技术需要优质价廉的生物质原材料而言，欧盟的弱势一定程度上限制了社会公众对工业生物技术产业投资的热情，包括技术研

发创新链的前期风险投资机制严重不足。因此，欧委会根据欧盟工业生物技术研发创新的实际，建议欧盟及成员国尽快采取如下的行动举措：

(1) 增加公共财政的研发投入，以此强化成员国之间、产学研之间和公私伙伴关系之间的紧密联系。中短期内：整合公共财政研发资源，包括 FP7 及欧盟研究区域（ERA-Nets）科研基金、欧盟结构基金、成员国科技计划和欧洲投资银行（EIB）研发资金等。中长期：设立专门的“欧盟创新基金”（EU Innovation Fund）作为欧盟研发框架计划的补充，同工业界密切合作，专门负责从研发到市场的投入。

(2) 出台专门的行动计划，加速技术知识转化成商业化产品，并降低转化风险；积极参与大型科研基础设施、研发创新科技网络、信息经验服务平台和中试引领示范项目建设，高度重视生物基产品生产加工工艺的整合。

(3) 拉动工业生物技术的研发创新。公共采购具有明显的市场导向性，要求成员国：加强协调，尽快制定绿色采购扶持政策；加速绿色新技术、新产品和新服务的标准规范制定，刺激和拉动市场需求；加强国际合作，鼓励第三国接受绿色理念和出台绿色政策，积极应对全球经济社会挑战，提升欧盟工业竞争力和造福全人类。

(4) 驱动工业生物技术的研发创新。加大研发创新投入，努力实现技术突破，技术科技成果转化，完善研发创新价值链；制定促进工业技术可持续发展政策，特别是优先扶持创新型中小企业发展的行动举措，有利于技术的推广应用及普及和早日形成产业的临界规模；完善高风险投融资机制，包括必要的扶持优惠政策，如，新技术、新产品和新服务的税收减免等；更好地协同官产学研研发资源，形成理顺利益关系紧密结合的长期合作机制，保证技术与产业的可持续。

4.3 研发创新的方向

鉴于工业生物技术产业的知识密集型和资本密集型特征，持续的研发创新投入和研发创新活动，包括短期、中期和长期，具有决定性的关键作用。欧盟工业生物技术研发创新三大目标为：创造高附加值高质量产品，降低技术成本价格，促进生态环境可持续发展。未来一段时期内，欧盟确定的工业

生物技术研发创新方向主要体现在以下 4 个方面：

(1) 系统生物学 (Systems Biology) 和合成生物学 (Synthetic Biology) 新知识的生产和积累, 保持欧盟工业生物技术的持续进步与卓越, 扩展工业生物技术在工业更大范围的推广应用。

(2) 生物纳米技术和生物纳米加工工艺正处于关键的技术突破阶段, 也是欧盟工业生物技术研发创新活动与研发创新投入的重中之重。

(3) 利用细胞进行活体合成的生物工程技术已基本成熟, 有望形成巨大的产业和市场规模, 中试示范项目成为欧盟研发投入的重点。

(4) 工业生物技术、纳米技术、工业生产加工工艺和信息通讯技术 (ICT) 的相互交叉与有机结合, 有可能开辟出新的技术疆界, 欧盟已组织数个欧洲研发团队, 加速其研发创新进程。■

参考文献:

- [1] European Commission. Preparing Our Future: Developing a Common Strategy for Key Enabling Technologies in EU, COM (2009) 512[R]. Brussels: European Commission, 2009-09.
- [2] OECD. A Framework for Biotechnology Statistics[R]. Paris: OECD, 2005.
- [3] The ERA-NET Scheme[EB/OL]. [2013-08-25]. <http://www.era-ib.net/era-net-scheme>.
- [4] SusCHEM. About Suschem[EB/OL]. [2013-08-11]. <http://www.suschem.org/about-suschem.aspx>.
- [5] European Commission. Belgian Presidency Report: The Knowledge-Based Bio-Economy in Europe[R]. Brussels: European Commission, 2010.
- [6] European Joint Research Center (JRC). Consequences, Opportunities on Challenges of Modern Biotechnology in Europe[R]. Brussels: JRC, 2007.
- [7] OECD. The Bioeconomy to 2030: Designing Policy Agenda[R]. Paris: OECD, 2009.
- [8] World Economic Forum (WEF). The Future of Industrial Biorefineries[R]. Geneva: WEF, 2010.
- [9] OECD. Towards Green Growth[R]. Paris: OECD, 2011.
- [10] EuropaBio. How Industrial Biotechnology Can Tackle Climate Change[R]. Brussels: EuropaBio, 2008-12.
- [11] WWF. Industrial Biotechnology: More than Green Fuel in a Dirty Economy?[R]. Gland, WWF, 2009.

Status Quo and Future Development of Industrial Biotechnology in EU

ZHANG Zhi-qin

(Ministry of Science and Technology of the People's Republic of China, Beijing 100862)

Abstract: European Union (EU) is the cradle of modern industrial manufacturing, and has been maintaining the leading position in the global manufacturing industries. Based on the trend of high technology development and European countries' comparable advantages in industry technology, EU identified six key enabling technologies (KETs) to promote the sustainability of European industrial development. As one of the key KETs, industrial biotechnologies have been taken as a priority and therefore fully supported by the EU through developing a series of favorable policies and measures, aiming at promoting EU's leading role in advanced manufacturing industry in the world, enhancing its economic growth and creating more job opportunities. This article overviews the status quo, research and development, challenges and future trend of industrial biotechnology in EU, so as to provide valuable experiences and clues for the development of emerging technology industries with strategic importance in China.

Key words: European Union (EU); industrial biotechnology; key enabling technologies (KETs); advanced manufacturing industry