

工业生物技术任重道远

■马延和

开创财富绿色增长新纪元

雾霾警示,工业经济过度依赖化石资源的前景是灰色的。事实上,我国工业化进程与经济发展已经造成难以承受的环境代价。据报道,我国70%左右的城市空气质量达不到新的环境空气质量标准,70%的江河湖泊被污染,同时土壤重金属污染、农地膜塑料污染、城市垃圾白色污染日益严重。看不见的毒物、重金属已严重侵蚀了大气、土地、地下水等我们赖以生存的基本条件,我国经济先污染后治理的发展模式已经走到了尽头。

工业生物技术是生命科学与生物技术新的发展阶段,其核心是以生物体活细胞或其酶进行物质的合成生产,具有原料可再生、过程清洁等可持续发展的典型特征。生物技术介入工业领域,可将工业污染的末端治理转变为源头控制,将在能源、化工、轻工、医药等领域改变世界工业格局,开创一个财富绿色增长新纪元。

通过工业生物技术,化学工业可以减少重金属、有机溶剂、化学助剂的使用,减少水耗、能耗,减少废水、废气及废物的排放;通过工业生物技术,大部分传统石油化工产品都可以由生物路线获得,可以逐步减少经济对石油、煤炭等化石资源的依赖,减少二氧化碳排放,从根本上改善生态环境,工业生物技术是保障经济与环境协调可持续发展的重要支撑。

工业生物技术对基础物质加工工业将带来根本性的变革,将会极大地影响一个国家的工业经济地位以及环境安全状况。

全球聚焦生物经济

如今,世界各主要经济强国都把工业生物技术确定为21世纪经济与科技发展的关键技术,美国、欧盟、日本等国都制定了雄心勃勃的战略目标与重大行动计划,以加速发展清洁、高效和低碳的工业生物制造产业,以



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。

2010年,经济合作和发展组织(OECD)发布《面向2030的生物经济》报告之后,世界主要大国更是纷纷制定新的生物技术战略,强化工业生物技术布局,力图在未来生物经济竞争中占有有利地位。

2012年2月,欧盟委员会通过了欧洲生物经济战略,加大与生物经济相关的研发和技术投资力度,增强生物经济的竞争力,2013年欧盟“地平线2020(Horizon 2020)”计划启动。

2012年4月,美国发布了《国家生物经济蓝图》,该蓝图列出了推动生物经济将要采取的措施,以及为实现这一目标正在采取的行动。

2013年7月,德国发布“生物经济战略”,提出通过大力发展生物经济,摆脱对化石能源的依赖,增加就业机会,实现可持续发展,提高经济和科研领域的全球竞争力。

全球一个明显的趋势是,现代生物技术的主战场已经人们熟悉的医药医疗、农业食品领域,转向了更加广泛的工业领域。

我国工业生物技术发展战略

我国具有发展工业生物技术的迫切需

求与良好的工业基础,以工业生物技术为核心的生物制造产业被列入我国优先发展的战略性新兴产业,加快转变发展方式、培育与环境协调的新经济增长点成为我国目前历史时期最重要的战略任务。

然而,我国工业生物技术创新能力不强,核心技术缺乏,队伍体量偏小,缺少有效的支持,在生物技术领域往往关注的是医药医疗、转基因育种,而对于未来全球竞争焦点、国家需求异常迫切的工业生物技术却没有应有的热情。

工业生物技术对于实现低碳经济与工业可持续发展、促进经济发展方式与人类生活方式的根本性变革具有重大战略意义,我国应从全局、长远与现实的角度研究部署工业生物技术发展战略。

一是发展生物炼制与生物转化技术体系,形成可再生化工产品与化工材料的生产模式,促进工业原料路线的变革性转移与低碳经济发展。主要利用我国丰富的生物质资源,建立以微生物转化为核心的生物炼制与生物转化技术体系,突破生物能源、生物基材料与生物基化学品合成的关键技术,建立燃料与石油化学品的原料替代性路线,促进大宗工业原材料摆脱石油价格体

系,逐步转变我国工业化进程对化石资源过分依赖的局面。

二是发展生物催化与生物加工技术体系,建立绿色、高效与可持续的生物工艺,促进传统工业过程的绿色转型升级。主要利用生物技术绿色、清洁、高效的特点,通过加强工业酶与生物催化剂的技术与应用创新,建立环境友好的生物工艺,简化工艺流程,减少工业生产过程中的化学试剂的使用,对高污染、高能耗的工业问题提供自然的解决方案,大幅促进工业节能减排。

三是发展现代发酵技术体系,建立新一代的工业菌种育种、人工细胞合成与生物系统工程技术体系,革新我国传统生物化工产业,增强国际竞争力。主要利用基因组学、合成生物学的最新科学进展,建立先进工业菌种的构建能力,提升我国发酵工业技术水平,开辟新的物质合成与生产技术模式。利用生物技术与信息、工程、机械等领域交叉的成果,发展生物系统工程,提高生物过程的效率,进一步降低成本,提高国际竞争力。

四是建设和完善技术创新体系,提升创新能力,整合国内优势研发和产业资源,加强工业生物学科建设、技术平台建设,创新基地与产业化基地建设,建设跨领域、高水平、设施先进的工业生物技术基础平台,凝聚和培养专业技术创新人才。

五是加强产学研合作,加快成果转移转化,建立和完善产学研合作长效机制,以产业关键技术为核心,以产业化为目标,加快创新要素向企业的集聚。

工业革命走到今天,气候变化、环境危机、能源资源短缺等问题正在引发人类对物质文明进步方式的重新思考,可持续发展已成为时代最强音,转变发展方式是我国重大战略任务,创新驱动已成为我国基本国策,走出一条可持续发展的新型工业化道路需要科技的引领与支撑,工业生物技术任重道远。

(作者系中国科学院天津工业生物技术研究所所长)



未来,人类的竞争不仅是能源的竞争,更是资源的竞争。生物质是自然界最丰富的含碳有机大分子功能体,利用生物技术开发可循环和再生的功能化产品(如生物基燃料、生物基材料、生物基化学品等),将为未来新一代的生物及化工产业提供通用原料。

然而,如何实现化学键更加复杂的固相木质纤维素原料的生物炼制是实现生物质产业的关键和难点。鉴于木质纤维素类生物质原料的不均一性,理想的生物炼制应基于原料结构、过程转化和产品特点三者的关联,面向原料、过程和产品的炼制过程。

为实现上述目标,我国在原料炼制、炼制技术、组分转化等领域都取得了一系列研究成果,未来有望通过“生物炼制”来实现“石油炼制”的辉煌。

突破原料炼制瓶颈

生物质资源具有地域分散性、季节性、形态多样性等独特特点。从原料特性入手,开发生物质原料的通用技术平台,是实现生物炼制的前提。尤其是对于具有多种功能,但是任一功能特性均不突出的“非典型经济作物”,建立生物质原料炼制通用技术,将会使其爆发巨大的应用潜能,并产生巨大的经济效益和社会效益。

为此,中国科学院过程工程研究所基于非典型油料作物盐肤木的果实和籽壳的物料特征和功能特性,以蒸汽爆破为核心,集成多种组分分离技术,开发盐肤木资源气爆炼制技术的生态产业链新模式,实现了盐肤木资源的综合开发利用。

另外,生物质向燃料乙醇和化学品转化时仍存在高成本、低效率等问题,预处理是提高转化的有效途径,但生物质的天然屏障降解严重阻碍了这一转化的进行。不仅如此,由于木质纤维素结构的复杂性,预处理过程中会产生大量的抑制物,严重制约木质纤维素的生物质转化。

因此,实现秸秆基产品的工业化生产,必须首先建立适当的原料预处理、发酵脱毒等技术体系,而木质纤维素独特的组成特点,可以为我们提供新的研究思路。

基于此,中国科学院过程工程研究所提出“源头降低抑制物——纤维素木质素分级转化”炼制模式,为木质纤维素的开发和利用探索出一条全新工艺路线,又在此基础上,进一步提出“原位脱毒——发酵促进剂设计技术”,并率先开展电子载体物质、氧化还原物质与木质纤维素抑制物原位脱毒关联性的研究,利用秸秆水解液进行实验验证,取得了良好的发酵结果,为传统的发酵工艺提出新思路。

关键炼制技术获突破

生物基产品取代石油基产品并实现产业化,关键在于生物炼制技术的突破。

目前,主要的生物炼制技术有汽爆处理、酸处理、碱处理等。其中,汽爆处理是公认的最有效的木质纤维素原料预处理方法之一,但随着汽爆强度的增大,半纤维素的水解程度增加,虽然对后续的组分分离有利,却造成了大分子纤维素的品质降低。因此,基于汽爆的组合预处理技术成为当前研究的热点。

例如,针对红麻脱胶困难且传统脱胶方法污染严重的问题,青岛大学纺织服装学院提出了一种新的脱胶方法,即超声-超声波联合脱胶,充分利用超声波产生的强机械振动波形成水动力作用于麻类原料,达到快速有效脱胶的效果。

总的来说,目前常用的预处理技术仍存在环境、经济等问题,因此,新的生物炼制技术不断涌现。低温等离子体可提供高密度活性粒子,高能量的反应环境,在生物炼制过程中体现了优于常规技术的一些特点,成为国内外研究的热点。

实现组分的绿色高效转化

生物炼制最终目的是实现各种组分的绿色、低成本、高效转化。因此,必须建立各级组分转化炼制技术。纤维素乙醇被认为是21世纪发展循环经济的有效途径,然而纤维素酶解发酵成本一直是制约其产业化的瓶颈,主要原因是木质纤维素糖化温度与发酵温度不协调,耐高温乙醇发酵菌株的选育则是解决方法之一。

河南农业大学科研人员从烟叶腐解物中分离筛选出一株东方伊萨酵母菌株,该菌株具有发酵温度高(38.45℃)、耐高糖(150 g/L 葡萄糖)等特点,利用含43.08 g/L 葡萄糖的玉米秸秆水解液发酵,乙醇产量达20.74 g/L,为理论转化率的91.6%。

另外,通过预处理方法改变纤维素底物特性,也是提高纤维素酶解效率的有效途径。山东大学采用碱性预处理麻秆和玉米秆,经过分批补料半同步糖化发酵工艺,在补料到底物浓度为20%时,乙醇浓度达到63 g/L,转化率分别为77%和79%。

不仅如此,在生物炼制过程中,纤维素与半纤维素转化利用相对容易,但在生物质分级分离过程中产生的大量木质素常以低效能产物作为燃料使用。开发高效、经济的定向生产工艺将木质素转化为化学品,成为生物质全组分高值化利用的关键所在。

木质素作为天然的酚类聚合物,具备转化为苯酚所需的结构特征,因此开发高效的木质素生产苯酚的工艺有望成为生物质工业与化工工业的有机结合点,在保护环境的基础上极大地提高生物炼制工厂的竞争力。

中国科学院过程工程研究所以1-甲基-3-乙基咪唑醋酸盐处理的工业木质素在微波反应器中以1-甲基-3-乙基咪唑四氟硼酸盐为催化剂,采用双液相反应体系中催化木质素制备苯酚的收率为8.14%,这对于木质素的工业应用具有现实意义。

(作者系中国科学院过程工程研究所研究员)

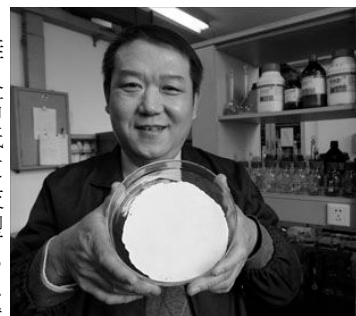
『生物炼制』续写『石油炼制』辉煌

■陈洪章

2014年中国生物材料成果盘点

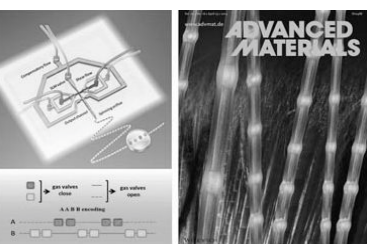
上海硅酸盐所发明新型耐火纸

2014年1月,中国科学院上海硅酸盐研究所研究人员采用羟基磷灰石超长纳米线作为纸的构建材料,并通过简单的真空抽滤技术成功制备出新型羟基磷灰石耐火纸。该纸具有高柔韧性、可任意卷曲、不可燃烧,并可以耐1000℃以上的高温,可以应用于需要长期保存的文字、文件及档案等,也可作为从废水中有效去除有机污染物的可再生吸附剂、药物控释载体、骨缺损修复材料、医用纸、阻燃材料和耐高温材料等。



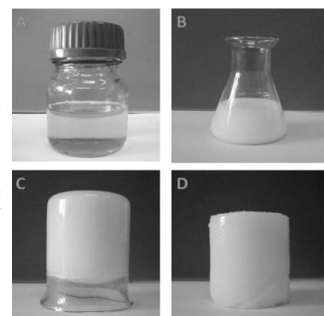
大连化物所合成新型微米纤维生物材料

2014年4月,中国科学院大连化学物理研究所研究人员巧妙利用液滴微流控技术和湿法纺丝原理,首次仿生设计制备出一种具有纤维-微球间隔有序排列,呈现精致“竹子”样形态的新型仿生混合纤维材料。这种新型混合微米纤维材料可作为多种类型细胞和生物分子的功能载体,其材料表面和内部都可负载不同类型细胞,不仅可作为干细胞大规模培养扩增的反应器,还可作为一种过渡性的空间支架材料形成三维组织或用于移植治疗,在组织工程和再生医学等领域具有重要的应用前景。



青岛能源所开发出新型聚氨酯材料

2014年9月,中国科学院青岛生物能源与过程研究所成功开发出新型聚氨酯材料,研究人员通过对亲水性聚氨酯树脂分子结构的精心设计,调整了聚合物中链段排布方式及功能基团的密度,促使凝胶时形成均匀而致密的交联网络,合成具有高抱水量(最高可达为自身体积40倍)、高机械强度、优异乳化性能的聚氨酯树脂。此前,国内尚不能合成该材料,主要依赖于进口,现在成本低廉的新型聚氨酯材料有望大规模应用于实际生产中。



苏州纳米所研制出柔性仿生电子皮肤

2014年3月,中国科学院苏州纳米技术与纳米仿生研究所研制出一种新型柔性可穿戴仿生触觉传感器——人造仿生电子皮肤。研究人员利用有别于传统昂贵且复杂的微纳加工技术,提出通过以廉价的丝绸为模板的方式,实现了具有微纳米结构薄膜的可控制备,并与自支撑单壁碳纳米管超薄膜结合,构筑出具有高灵敏度、低检出限和高稳定性的柔性仿生电子皮肤,并将其成功应用于对脉搏、语音等人体生理信号的实时快速检测,推进了可穿戴设备在语音辅助输出系统、人体健康评价和疾病前期诊断方面的应用。



遗传发育所自主研发骨骨有望明年投产

2014年7月,中科院遗传与发育生物学研究所首次创新性建立了胶原生物材料的生产因子缓释方法,并建立规模化制备平台,制备了多种具有胶原结合能力的生长因子骨修复材料。据了解,生长因子是一类具有调节细胞生长、分化等特性的细胞因子,通常与支架材料结合形成智能生物材料,通过生长因子的缓释促进损伤修复。此次研究人员研发的用于骨缺损填充的生物骨有望明年投入生产。



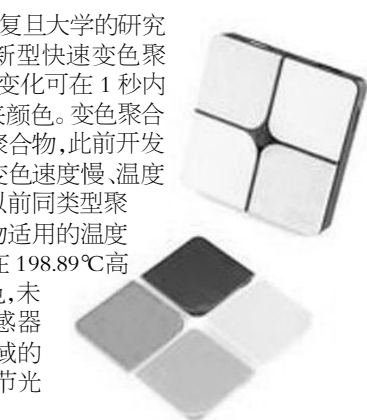
东华大学研制出新型骨组织仿生支架材料

2014年3月,东华大学生物科学与技术研究所研究人员利用电纺技术结合新型的形状记忆聚合物,研制出一种具有形状记忆效应的组织工程仿生支架。该支架不仅具有仿生天然骨纤维的结构特点,促进骨细胞生长的成骨性能,还能在体温作用下发生形状记忆恢复,紧密填充骨缺损部位,降低骨折风险。同时,该支架还有可生物降解的特性,能较好与原来的骨组织相容,不需要再次取出,可达到原位再生骨组织的目的。



复旦大学开发出快速变色聚合物

2014年8月,复旦大学的研究人员开发出一种新型快速变色聚合物,其伴随温度变化可在1秒内变色并恢复至原来颜色。变色聚合物被称为热变色聚合物,此前开发的热变色聚合物变色速度慢,温度范围小,相对于以前同类聚合物,新型聚合物的温度范围更大,甚至在198.89℃高温下也能快速变色,未来可作为生物传感器和智能窗口等领域的首选材料,用于调节光照或热交换。



山东企业研制出氧化生物双降解生态地膜

2014年10月,山东天壮环保科技有限公司成功研制出氧化生物双降解生态地膜,使我国成为世界上第三个掌握此技术的国家。该生态地膜综合利用了氧化降解和生物降解技术,可根据不同作物的生育期需求,通过添加不同剂量添加剂进行降解调控,克服了光催化降解技术在无光或光照不足时不易降解和光线充足时降解过快的缺陷,废弃后生态地膜再由土壤常见的微生物降解为二氧化碳、水和腐殖质,回归生态圈。



西南大学人工合成蚕丝蛋白

2014年11月,西南大学家蚕基因组生物学国家重点实验室研究人员通过基因组编辑,对丝蛋白进行了基因重组,成功让家蚕吐出人工合成蚕丝蛋白,这也是世界上人工设计的蛋白纤维在活体生物中首次合成。据研究人员介绍,随着医学的发展,疫苗、激素、人工骨架的药物和生物材料都离不开生物蛋白,而家蚕、蜘蛛的丝膜具有惊人的合成和储存蛋白能力,通过家蚕基因组编辑,还可以让家蚕按照实际需要吐出其他蛋白,应用于生物工程。

