当代世界科技

生物产业有望成为支柱产业

□ 谭天伟

目前，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。

国外生物产业的发展趋势

全球药品市场增速趋缓，化学药物创新难度增大，生物技术药物成为创新药物重要来源。根据美国BioPlan Associates的统计与分析，全球生物医药产业2013年全球产值约达到1997亿美元。预计在2010—2020年间将保持13.5%以上的年增速，到2020年可达到4979亿美元的规模。尽管全球药品市场增速趋缓，但是新兴市场发展迅速，以中国为代表的新兴市场将重塑全球药品市场格局。随着化学新药创制难度增大，生物技术药物逐步成为创新药物的重要来源。同时，生物技术药物的市场份额在逐年上升，2011年生物技术药物的份额占到了18%，在全球Top100的药品销售额中，生物技术药物的市场份额增加非常显著。干细胞生物技术和治疗性抗体将是生物技术药物的研发热点。

生物技术与信息技术融合趋势明显，生命健康服务产业将成为新的生长点。生物技术和信息技术的交叉融合创新将会使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的融合带来的变革使得个体化医疗以及生命健康服务产业成为新的生长点，将推动基因测序服务、生物芯片检测服务干细胞医疗等领域的快速发展。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。基于移动通讯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。

合成生物学技术领域市场前景巨大，国际竞争态势显现。合成生物学通过对基因工程、代谢工程等技术基础的整合，利用工程化理念，对生命过程或生物体进行有目标的设计、改造乃至重新合成，通过建立化学品生物制造新途径，从医药和诊断入手，发展到生物制造，辐射到农业、能源和环境科学技术领域，创造针对生物医药、环境能源、生物材料等问题的新“生命体系”。合成生物学可能带来新一轮工程技术革命的浪潮和产业领域，对于解决与国计民生相关的重大生物技术问题有着长远的战略意义和现实的策略意义。

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、生物能源与卫生保健等工业部门的长期潜力依旧尚未开发，具体应用将会包括生物传感器用于识别感染、个性化医疗、废物处理、降低可再生化学品、材料和燃料的成本等。根据商业研究与咨询公司BBC的预测，至2016年，合成生物学的全球市场将达到100亿美元，2011—2016年的复合年均增长率为45%。巨大的市场规模和增长率使得各国政府和跨国企业纷纷布局合成生物学技术，国际竞争的态势已经显现。

生物技术向工业领域不断融合渗透，生物制造产业进入产业生命周期中的迅速成长阶段。工业生物技术的价值在于其改进其他工业的能力，生物制造对目前40%的行业（包括化学工业、材料工业、能源工业、医药工业、轻工业、食品工业、纺织工业、采矿业等）都有渗透，并将极大地影响一个国家的工业经济地位以及环境安全状况。工业生物技术促进大宗化学品原料及高分子材料的生产从石油基向生物基转变，并可简化生产工艺，降低生产能耗、物耗，减少环境污染，保证产品的长期可持续生产。

2013年，全球生物制造规模约1700亿美元，随着工业生物技术的突破以及下游商业化应用的不断开拓，预计未来5—10年生物制造产业将加速增长，年均增速将超过15%。美国农业部预测，到2025年占22%的全球化学产品将由生物基原料制造。世界经合组织OECD预测：至2030年，将有35%的化学品和其他工业产品来自工业生物技术，生物制造产业的总产值将占全球生物产业约40%的份额。

目前全球和中国的生物制造产业正处于技术攻坚和商业化应用开拓的关键阶段，美国、欧盟、日本等全球主要发达国家纷纷将包括生物制造产业纳入国家发展战略，制定积极的产业促进政策，提升技术创新能力和加快产业化进程。

我国对生物产业发展的需求

未来几年，我国面临日益严峻的人口增长和老龄化趋势，健康保障需求不断增长。人民群众生活水平不断提高，对健康、绿色食品、优质环境将提出更高要求。随着经济发展，我国面临资源短缺和环境恶化等严峻形势，建设资源节约型、环境友好型社会，使得生物产业的发展处于愈加重要的地位。

应对社会老龄化，保障人口健康，发展大健康产业的必然选择。我国的医疗健康支出——包括药物、医疗设备、医院、制药与保险——占据不到6%的GDP，与美国18%、英国12%、印度8.9%、巴西9%的占比水平相比，中国卫生支出水平提高的空间还很大，4年内有望增长至占GDP的10%，为未来的高速增长提供了充足的余地。目前中国医药龙头企业年销售额维持在百亿元左右，与全球医药巨头400亿～500亿美元的业绩相比差距甚远。因此，我国生物医药产业与传统医药产业相比还不够成熟，有较大的上升空间。

我国医疗器械与世界医疗器械强国相比，产业规模依然很小，仅占世界市场份额的7%，远不能满足13亿人口的需求。医学影像设备方面，2013年，中国医学影像设备行业六大外资企业占据绝对主导地位，拥有74%以上的市场份额，分别是GE、西门子、飞利浦、日立、东芝和岛津。我国百万人平均拥有的MR、CT、PET/CT设备数远低于美、韩等国家。在康复器械方面，我国有8502万残疾人，涉及2.6亿家庭人口和1/5的家庭。据有关方面的数据显示80%以上的残疾人和50%以上的老年人需要借助辅助器具的帮助。

传统化工产业升级换代，经济发展调结构、转方式的战略需求。目前，全世界的石油化工工业都处于技术创新和产业结构升级的重要转折期，以新材料与新能源产品为主的高端化工制造业是未来新的竞争优势和新增长点。目前我国通过原油炼制路线制备大宗化学品，因环境、技术、资源、安全等诸多因素，形势严峻。部分产品在原料方面高度依赖进口，自主保障率低，同时生产过程能耗高、污染重。例如2014年我国对二甲苯（PX）、天然橡胶对外依存度分别高达51%和80%，尤其“PX项目”多次引起广泛争议，遭遇“抵制散步”，不得不被无限期搁置，严重制约了材料、精细化工等下游产业大发展，已成为威胁到国家战略安全的重大问题。

欧盟等发达国家和地区征收过境航空“碳排放税”，使得我国生物航煤的研发迫在眉睫。国外已经积极开发大宗化学品的生物制造，争夺战略制高点。杜邦公司和固特异（Goodyear）公司，联合开发利用生物基异戊二烯路线替代合成橡胶，并推出了生物轮胎。可口可乐公司、Virent公司合作用生物PX路线替代传统PX路线，已经进入中试。由于新的原料路线和新型绿色生产技术多被国外垄断，无法从根本上支撑我国产业结构的转型升级，导致引领发展能力不足，难以抢占战略制高点。因此，开展化学品工业的生物制造，不仅有助于促进化工原料多元化，降低石油、天然橡胶等战略性资源的对外依存度，保障国家经济和国防安全；同时也可以促进产业由中低端向中高端迈进，形成生物橡胶、生物航煤和生物PX等战略性新型化工产业链和新的经济增长点。

工业绿色低碳发展的重要保障。习近平总书记反复强调指出“绿水青山就是‘金山银山’”。李克强总理在《政府工作报告》中指出，环境污染是民生之患、民心之痛，要铁腕治理。而我国环境污染中，化学污染占各类污染的80%~90%。石油化工产品生产、制造和使用过程中排放的大量挥发性有机物，成为了大气的主要污染源。化工企业排出的未经处理的高毒污水对水质、土壤的污染，导致几百个癌症村的产生，严重危害人民的健康。随着2015年新环保法的实施，传统化工行业面临更严格的法律和制度约束。技术创新是产业结构升级和市场竞争优势提升的决定性因素。生物制造技术具有资源消耗小、污染排放少的特点，它的发展与传统化工产业改造相结合，是改变化工产业生产方式、绿色革命及保证我国社会可持续健康发展的必由之路。预计到2030年，通过重大化工产品生物制造平台的发展将使相关技术渗透到包括能源、材料、医药、食品、环境保护等多达十几万亿元的多个国民支柱产业的发展，对我国的经济转型升级也将起到极为重要的作用。

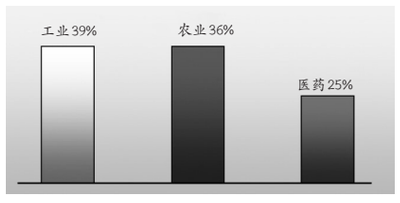
生物产业从“追随”到“引领”

我国生物医药产业发展模式加快实现从“追随”“并肩”再到“引领”的根本性转变，加快推进我国由医药大国向健康强国的转变。主要任务：一是构建效率高、效益好的生物医药产业生态系统，营造生物医药产业创新发展良好环境；二是以诊断试剂、新型疫苗、改造疫苗和特效药物的研发与产业化为突破口，有力提升新发突发重大传染病防控能力；三是以抗体药物为重点，加快创新性生物技术药物的产业化，解决民生重大难题；四是积极布局产业前沿领域，重点发展合成生物学技术、生物三维打印等技术。

生物医学工程与生命健康服务产业集中度大幅提升。形成企业主导、医产学研相结合的生物医学工程产品创新体系和新产品开发能力。产品质量和技术水平总体达到国际先进水平，规模化进入国际市场。

生物制造产业围绕“生物基精细化学品技术/产业化追赶”和“重点生物基化学品和材料的技术/产业化超越”两个战略方向，实现弯道超车。2020年总值达到1万亿~1.1万亿元的产值规模，10%~12%的化学和材料产品实现生物基制造，其中精细化学品 中生物基产品替代率达到20%，产值9000亿元（含传统大宗发酵产品）。此外，绿色生物工艺在纺织、造纸、皮革、和采矿与勘探行业应用的普及率超过30%。大力开展生物质原料和废物的深度利用，化废为宝，保护环境。

OECD预测：至2030年，将有35%的化学品和其他工业产品来自生物制造



2030年：生物技术的经济贡献与环境效益

科工界的热点和新宠石墨烯

□ 陈庆修

石墨烯结构一直被认为是理论模型，难以单独稳定存在，直到2004年英国曼彻斯特大学物理学家安德烈·海姆和康斯坦丁·诺沃肖洛夫，从石墨中分离出石墨烯，才证实了它可以单独存在。这两位科学家也因“在二维石墨烯材料的开创性实验”获得2010年诺贝尔物理学奖。

石墨是碳的同素异形体，石墨烯可由石墨剥离出来，1毫米厚的石墨薄片能剥离出300万层石墨烯。可以说石墨烯是“单层石墨”，它是由碳原子按照六角蜂巢晶格排列而成的网状二维纳米材料，常见的石墨可以看作是由石墨烯层层叠加而成的。

石墨烯是目前已知的最薄材料，它透明而不透气；它是最坚硬的材料，比同等重量的钢铁坚硬200倍；它是导电性能最好的材料，其导电性优于铜和银，常温下它的电阻率最小；它还可折叠弯折，拥有良好的灵活性，能承受摄氏2500度高温。

石墨烯的性能颇具神奇色彩，有关的研究对其进行了上百种用途的实验，包括电池、夜视镜、光探测器、医学扫描设备等，结果常常令人惊喜不已。石墨烯给人留下的印象是它可以改变世界，其广泛的应用前景可从以下几个方面略见一斑。

新型显示屏。未来的显示屏可折叠弯曲，在下一代高科技电子设备上，这种柔性显示屏是不可缺少的。现已制造出由多层石墨烯材料构成的透明可弯曲显示屏，甚至可制成更加高效、可打印替代的柔性显示屏。同样，柔性电池也是让智能穿戴设备更为贴身舒适的标配，它能让厂商更为轻易地设计出各种规格的智能穿戴设备。显然，石墨烯在智能穿戴设备的发展上具有很大潜力。

新能源电池。现已成功研发的石墨烯超级电池，储电量是目前市场最好产品的三倍，可供电动车行驶1000公里，充电时间不到8分钟，而成本比锂电池低77%，重量也仅为传统电池的一半；质子传导膜是燃料电池的核心，石墨烯可用在燃料电池里作超薄滤膜，由于它不透水却能让质子通过的特性，可以大大提升氢燃料电池的功效；表面附有石墨烯纳米涂层的柔性光伏电池板，可极大降低制造可变形透明太阳能电池的成本，这种电池有可能在夜视镜、相机等小型数码设备中应用。另外，由于石墨烯是一种透明的良性导体，具有直接植入服饰的潜力，这意味着可直接通过新材料服装来充电。

灵敏传感器。石墨烯可以制成用途广泛的高光敏度传感器。这种传感器使用了“滞留光线”的纳米结构，能够比传统的传感器更长时间地捕获光子，而且使光学和电学检测相互兼容。这就会产生更强的电信号，便于将其转变成图像。这种传感器对光线的敏感度超过现有摄像机所使用的成像传感器1000倍，可产生更加清晰和精美的图片。石墨烯传感器还可用于航天领域，对地球高空大气层的微量元素、航天器上的结构性缺陷等进行检测。

新防护材料。石墨烯承受子弹冲击的性能胜过钢铁，所制成的“纸片防弹衣”，在强度提升数十倍的前提下重量减至现有材料几十分甚至几百分之一，更便于携带。不过，短时间内石墨烯替代这些材料并不现实，比较可行的办法是将石墨烯以添加剂的形式广泛应用于新型高强度复合材料之中。石墨烯复合材料还有望制成新型盔甲系统，作为宇宙飞船的保护涂层，它在航空航天军工领域应用前景广泛。

半导体材料。由于电子和原子的碰撞，传统的半导体和导体以热的形式消耗大量能量，目前电脑芯片以这种方式浪费了约80%的电能，石墨烯的电子能量几乎不损耗。现在芯片有极限宽度，硅的极限是7纳米，已经临近边界了。石墨烯具有非同寻常的优良特性，它具备了颠覆硅时代的潜力，承载着未来变革产业的希望。

由于高导电性、高强度、超轻薄等特性，石墨烯具有提升和变革若干产业领域的巨大潜力，世界主要国家均高度重视发展石墨烯相关产业，众多科研机构和公司致力于石墨烯的应用研究和开发，期待它带来巨大的市场价值。截至2014年5月，全球在石墨烯领域申请的专利数量为11372项，其中亚洲占3060项。未来10年石墨烯将在复合材料、透明半导体材料、能源、光子、光电子和传感器等领域得到广泛应用。

总之，石墨烯已成为科学界的热点、工业界的新宠。这不仅得益于其优异、独特的诸多性能，更是由于这些特性所衍生的应用前景和触发产业和技术革命的可能性。

科技前沿

军事战略

美军事战略新视点：冲突模式的变化

□ 温　冰

7月1日，美国参谋长联席会议公布了《国家军事战略——美军在维护国家安全中的作用》的文件，这是奥巴马政府继2011年之后出台的第二份《国家军事战略》文件。

新文件以2015年《国家安全战略》和2014年《四年防务评估》为指导，集中阐述了军事战略重心的调整和军事能力需求的变化，强调要同时应对修正主义国家和暴力极端组织的挑战，实施“一体化军事战略”，高度关注大国威胁，重视应对“混合”冲突，提升灵活反应能力、创新能力和一体化水平，确保达成“决定性胜利”，维护美国的全球领导地位。

美国军事战略的新判断新变化，主要体现在以下五个方面。

一是全球战略环境呈现复杂多变的基本特征。新版《国家军事战略》认为，在全球化、技术扩散和人口变迁三大关键因素的驱动下，复杂多变成为战略环境的基本特征。全球化在促进经济发展的同时，也激化了社会矛盾，刺激了资源竞争，诱发了政局不稳。新技术的扩散，既创造了全球信息环境，也被各国应用到军事领域，正在挑战美国长期享有的预警、精确打击等竞争优势。人口变迁所带来的老龄化、分布不均等问题，导致诸多社会不稳定因素。尤其是新技术的扩散，增加了危机爆发的不确定性，压缩了决策的回旋余地，影响威慑和冲突管理的效果。

二是国家行为体成为新关注。该文件指出，国家仍是国际体系的主要行为体，某些国家正企图修正国际秩序的核心环节，其行为方式对美国国家安全利益构成了威胁。认为这些国家破坏地区行动自由、威胁美国本土安全的能力正在与日俱增。指出俄罗斯“不尊重邻国主权”，指责伊朗“对国际社会构成战略挑战”，强调朝鲜对邻国构成直接威胁，妄称中国的行为加剧了亚太地区紧张局势。虽然这些国家都不寻求与美国或其盟国发生直接军事冲突，但却引发美国严重的安全忧虑，需要美国“更加关注国家行为体的挑战”。认为来自“基地”组织和“伊拉克—黎凡特伊斯兰国”的威胁，正在破坏跨地区安全，特别是中东和北非地区的安全稳定。强调慑止对手对美国及其盟国发动直接攻击，是美军的首要任务。

三是大国间爆发战争的可能性上升。文件在2011年《国家军事战略》和2014年《四年防务评估》的基础上，明确提出未来主要可能应对三种冲突模式。第一种是大国间爆发战争，认为当前美国“与一个主要大国爆发战争的可能性尽管很低，但却在持续升高”，且这类战争将会产生严重后果。第二种是与暴力极端主义的冲突，认为暴力极端主义组织对跨地区安全构成直接威胁。第三种是“混合”冲突，既可能包括军队以非国家行为体身份展开的行动，也可能包括国家与非国家行为体之间的协同行动。特别强调，应对大国威胁与应对非国家行为体威胁的显著不同，必然导致在军事力量运用方式上存在较大差异，未来可能更多面临持久战而非速决战，控制升级会更难也更重要。这是冷战结束后特别是“9·11”事件后，美国首次对大国间爆发战争的可能性作出明确判断，表明其军事战略正寻求应对大国冲突与应对暴力极端主义之间的平衡。

四是实施“一体化军事战略”及三大战略目标。明确界定六项国家安全利益，即国家的生存；防止针对美国本土的灾难性攻击；全球经济体系的安全；盟国的安全、信心和可靠性；保护海外美国公民的安全；维护和扩展“普世价值观”。提出“一体化军事战略”概念，其内涵集中体现在三大国家军事目标上：慑止、拒止和击败国家对手；破坏、削弱和击败暴力极端主义组织；强化全球同盟与伙伴关系网络。相比2011年《国家军事战略》的表述次序，“击败暴力极端主义组织”下降为第二位。为实现上述目标，美军还提出了三大举措：实施全球一体化作战；推动体制改革；保持必要的能力、实力和战备水平，以打赢在范围、规模和时间方面存在明显差异的各类武装冲突。

五是加强关键地区和关键领域军事能力建设。视亚太地区为关键地区，继续推进亚太地区的再平衡，将最先进的作战能力和更强的实力部署到这一地区。保持安全、可靠、有效的核能力，推进核力量现代化，确保核威慑的可信度。加强关键国土防卫能力建设，包括易于恢复的天基和陆基指示和预警系统，一体化的情报搜集、分析和传递体系，地基导弹拦截部队，网络任务部队，陆、海、空待机部队等。持续增加网络领域投入，保护关键网络和基础设施安全。灵活组建联合部队，推进跨域协同，提高区分军事与非军事目标的能力，与伙伴国家重点增强高对抗环境下的确保进入、威慑以及混合冲突反应等高端作战能力。加强全球后勤和运输网能力、可靠的通信能力，以及联合部队与伙伴国的一体化情报、监视、侦察能力等建设，在前沿部署战备程度高的部队。

美国对全球军事战略的调整变化，反映出它对当前和未来一个时期的军事安全重点，是对自身安全战略重心的再调整再平衡，既有坐拥“最强大联合部队”“最精良装备”的优越感，也有应对“国家与非国家行为体新兴作战能力”的焦虑感。

美国调整军事战略的动因，可以从以下三个方面去认识。

一是强化军事手段在维持美国全球领导地位中的支柱作用。金融霸权和军事霸权是维护美国全球领导地位的两个支柱。在国际战略格局深刻调整的大背景下，美国更加强调，“成功日益取决于军事力量能否为国家其他力量提供支持”。以军事手段塑造更加有利的战略态势，进而影响世界政治、经济、科技格局发展，是美国的当务之急。

二是打造新的全谱军事能力。谋求独一无二的军事优势，实现“绝对安全”，始终是美国的重要“精神追求”。美军提出“一体化军事战略”概念，发展先进武器装备，就是要打造全谱化的军事能力，以迅速获取应对新型威胁的能力，保持应对传统威胁的比较优势。这也是唯武器论、唯军事论在美国战略思维中挥之不去的影响结果，与当今世界和平、发展、合作、共赢的时代潮流背道而驰。

三是应对不可预测的变化、创造新的战略机遇。加强对关键地区、关键领域的力量投入，提高美军的灵活反应能力，就是为塑造更加有利于美国的全球安全环境创造战略机遇，为应对未来可能的大国冲突创造战略机遇。此次军事战略的调整，将为美国战略重心转移提供重要牵引。