

科技新路

NEW PATHWAYS IN SCIENCE AND TECHNOLOGY

编者按：1985年5月在美国出版的一本题为《科技新路(New Pathways in Science and Technology)》的论文集，汇集了关于美国科学技术21个前沿领域发展概况和远景的调研报告。这些报告是在美国科学、工程和公共政策委员会、美国科学院、美国工程学院和美国医学研究院的指导下，在1982~1984年期间由各自领域的专家小组经广泛调查研究后草拟的。报告不是各领域发展的全面综述，但提出了美国在制定有关科学技术政策时应特殊关注的问题。报告都已提交美国政府各有关机构，包括总统科学技术政策办公室、国家科学基金会及其他机构，作为制定国家科学技术政策的依据。本刊选择其中一部分，陆续予以转载，供有关人员参考。

生物技术的化学及过程工程

CHEMICAL AND PROCESS ENGINEERING FOR BIOTECHNOLOGY

实施的概况

过去20年在分子生物学、遗传学及生物化学方面的惊人进展，使我们现在已有可能作出规划，实质上是使每一种类型(如微生物、植物及动物)的活细胞去产生从简单分子到复杂蛋白质等一系列产品。在这种“新”生物学的研究中，美国在世界上处于领先地位。保持这种领先地位，并使研究成果商业化，对美国未来经济的良好发展及其在国际技术上的地位，是至关重要的。现有无数的机会在等待着商业开发。但是如果缺乏作为生物过程放大的基础工程原理的适当知识，那么上述的一切就不可能迅速实现。为了使这些机会变为现实，现在所需要的就是融合生物学家及化学工程师有关过程工程的基础知识。为了迅速建立这种基础知识，就需要科学界、工业界及政府的通力合作。

在高技术商业化方面，特别是在生物技术方面的激烈国际竞争，有力地说明美国必须维持其科学及工业上的领导权。虽然美国在基础生物科学方面占有重要地位，但我们的外国竞争者由于采用了有效的及高瞻远瞩的生化工程技术，已经建立了商业阵地。随着

美国在“新”生物学方面的研究成果向国外不断扩散，可以预料得到，他们对我们的威胁是不会小的。

据统计，到2000年，在潜在的世界市场上，生物学产品有可能达到每年400~1000亿美元。首次进入这些市场将是很重要的，而且在生物工程研究及人才方面占优势的国家，也必将在世界性生物产品市场中占据重要地位。

今天，美国不但缺少生化工程师，也缺乏师资去培养为未来生物技术工业所需要的工程师。在美国，设有有深远意义的生化工程课程的化学工程系还不到20个；这些系每年所培养的博士及硕士总共不到60个。据统计：在今后10年内，每年所需要的研究生级生化工程师将为该数字的2~3倍。此外，对生化工程师的培训，会使他们掌握现代生物科学在操纵及控制细胞生物合成中的威力，及生命科学技术与方法在解决超大规模生物过程问题中的利用。为了迅速而有效地开发“新”生物学，首先要利用生命科学及生化工程的共同理论。

需要利用现代生物学的发现的技术有下列两个方面：

1. 增加我们在设计、放大及优化控制细菌、植物及动物细胞的大规模加工及培养方面的生化工程知识。

2. 扩大我们的知识基础, 从而使我们能够大规模地回收及纯化复杂的、不稳定的生物学大分子以及生物所衍生出来的简单的有机化合物(如乙醇、氨基酸), 这些有机化合物来自生物合成初始产物的不纯稀溶液。

我们向政府提出建议的目的在于发展这种在生物技术中所需要的知识基础, 并减少生命科学家与生化工程师之间的隔阂。特别是, 我们向有关的联邦机构建议:

1. 对生化及过程工程的基础研究提供充足的基金;

2. 为合作的交叉学科研究建立专款, 这将推动由生命科学及生化工程主要研究人员共同领导的研究小组的发展;

3. 为科研单位提供基金去购置、使用及维持为生化工程研究所需的特种设备;

4. 建立人才培养奖励制度, 使任期内的人员能通过专门学习及假期, 去扩大他们在生物技术方面的知识, 或使有培养前途的青年教师暂时减轻一些教学负担, 给予进行生物技术研究的机会;

5. 建立研究所助学金以培养研究生, 如果美国工业打算利用生物技术方面出现的时机的话, 就可以在将来为国家输送所需的人才。

绪 论

过去20年在分子生物学、遗传学及生物化学方面的惊人进展, 现在已有可能用实质上是每种类型(微生物、植物及动物)的活细胞, 去产生从简单分子到复杂蛋白质的一系列产品。在这种“新”生物学的研究中, 美国在世界上处于领先地位。对美国的未来经济的良好发展及其在国际技术上的地位来说, 保持这项研究的领导权及使该研究成果商业化是至关重要的。要利用活细胞及其酶进行有用产物的工业制造——生物工程学即由此得名, 就要求这些系统能采用大规模生产的设备。从实验室试验到商业生产这一转变就是化学工程师, 尤其是生物化学工程师的用武之地。

生化工程把生物学及化学中发展起来的知识应用到实际的工业过程中去; 生化工程师与生物学家之关系, 就象化学过程工程师与化学家的关系一样。由于积极参与“新”生物学而发展了的化学工程, 能够提供一种基础知识, 去迎接下一代化学工程师在商业化的生物技术中所面临的挑战。这种知识基础的建立, 需要科学界、政府与工业界的合作。为了化学工业的利益, 化学与化学工程长期以来都是积极合作的, 但是, 为生物技术之实际应用所需要的、化学工程与生物学之间的交叉尚未展开。现在所需要的就是一种完备的课程, 这种课程将促进这种合作并培养具有为发展生物技术工业所需的基础知识的生化工程师。

对机会的估计

关于出自“新”生物学的产品之商业化机会是使人扑朔迷离的, 也是形形色色的; 在比较令人振奋的前景中, 有下列五个方面的应用:

人畜保健 一种以酶、单克隆抗体及其他遗传工程所产生的蛋白质为基础的新的重大变革的诊断产品体系, 使我们有可能快速并高度准确地检查出对病毒及细菌病的免疫性或感染性、对自动免疫疾病的感受性、遗传缺陷的出现或肿瘤的存在。其他重要的机会包括: 新的预防性产物, 如预防病毒、细菌及原动物疾病(如肝炎、斑疹伤寒及疟疾等)的疫苗; 用来治疗心血管及脑血管病、神经及CNS(中枢神经系统)病、风湿性关节炎、糖尿病及癌症等的新的治疗性生物制品; 增加奶牛产奶量及刺激生长、生殖力和提高牛及其他牲口的饲料利用率的肽激素物质。

人畜营养 在应用方面, 包括: 用低成本的碳源, 对氨基酸、蔗糖及食用脂肪及油进行新的微生物合成及酶合成, 对廉价原料进行大规模发酵, 以制造供人畜消费的、营养平衡的单细胞蛋白质。

农用化学药品及有关产物 生物技术应用的前景包括: 生物衍生的杀真菌剂及除草剂(它们的效果好, 特效性强, 无污染); 植物生长调节剂, 可刺激作物的生产率, 降低植物对逆境的敏感性, 减少肥料的施用量; 使用遗传学方法改造后的植物细胞无性系代替种子, 用来推广作物, 改良品系的新技术。

环境改良与保护 能消除或分解城市及工业废料的有毒污染物的新微生物及酶技术, 给生物技术应用于环境问题展现了一个有希望的前景。

天然资源利用 从低品位矿石及地表下含水土层回收金属及非金属(如碘)的新微生物加工方法正在发展中, 有希望大大增加必需矿物的供应量。现在正在探索用微生物学方法使衰竭油井恢复出油的可能性, 类似情况还有把固体化石碳源(煤、页岩)就地转变为气态及液态燃料的微生物及酶技术。

如果对作为“扩大生物过程”之基础的基本工程原理缺乏足够认识, 上述的机会就不能加以利用。在大规模细胞培养过程(目的为了制造新生物产品)的设计及控制方面, 我们面临着严峻的工程问题; 对旨在从复杂混合物中(生物产品即从其中制成)有效和大规模地回收及纯化生物产品的过程之设计与控制, 也存在着同样问题。

在研究方面的国际竞争

谁将在“新”生物学的商业化方面居于领先地位? 美国在基础生化工程研究方面的进步已大大落后于生命科学方面的进步。在对基础化工研究的支持方面, 美国也落后于西欧和日本。如果要美国领先“新”生物学商业化的能力不致严重下降, 这种情况就非纠正不可。不然, 日本人及欧洲人就肯定会居于领先地位。

下列历史情况可以说明这一点:

1. 通过以日本专利为基础的生物反应器技术, 美国消费者才基本上摆脱了世界蔗糖危机。这种技术利用连续的固定化酶过程, 此过程会把葡萄糖从家用玉米淀粉转化为高果糖的玉米糖浆——一种商用增甜剂。这种加工过程的年销售额达15亿美元, 现在每年要从欧洲的公司购买价值5000万美元的固定化酶。

2. 在六十年代之前, 美国公司的氨基酸制造业在世界上居于领先地位。后来, 日本人通过生物及生化工程技术, 开始努力改进氨基酸生产。最初, 用经典的遗传品系改良技术, 去分离能大大提高氨基酸产量的微生物突变种。然后, 生化工程师利用很大的生物反应器, 并发展了回收产品的有效方法。今天, 日本垄断了这一行业, 年世界销售额达17亿美元。

3. 在四十年代, 美国就发展了制造青霉素的加工技术。在专利的保护下, 几个美国公司曾垄断世界青霉素市场许多年。现在专利已经满期, 美国公司决定投资研究新的、高回收产品的方法, 而不是研究加工过程的改良, 所以拥有现代加工技术的欧洲公司便在天然青霉素的国际市场上占据统治地位。

尽管美国在基础生物学上领先, 而我们的外国竞争者则由于采取了有效和高瞻远瞩的生化工程技术, 在商场上站稳了脚跟。随着美国在“新”生物学方面的研究成果外流, 可以预料到他们今后对我们的威胁绝不会小。下面列出的外国在生化工程上的发展, 证明这种威胁绝非危言耸听:

1. 关于生物分子的膜分离的基础技术是美国发明的, 但德国人及日本人却利用它把酶和氨基酸从复杂的混合物中分离出来。

2. 英国发展了并正在使用用于巨型(40万加仑)连续发酵罐的技术。这一发展把生化工程推向美国尚未涉足过的顶峰。

3. 尽管生产乙醇的发酵法是古老的工艺, 但人们已经在酝酿着更有效的固定化细胞的连续流程, 且日本已经建立了第一个示范性工厂。

本报告起草小组的一些成员已经就美国、西欧及日本的生化工程研究及教育情况作了一个介绍。在美国与国外科研活动之间的一个显著的差别在于政府为生物技术研究及发展所付出的努力之规模及组织形式。西德、日本和英国都各有三个受政府支持的生物技术研究所以, 而美国就没有。这九个研究所汇集了学术界及工业界的研究人员, 进行着有特色的交叉学科活动, 并且还拥有相当可观的活动经费。

1983年, 联邦德国生物技术研究协会(GBF)的经费预算为3710万马克(1400万美元), 于利希(Julich)的第二生物技术研究所以是生化工程一项就有1110万马克(430万美元)的预算。而后者几乎等于美国国家科学基金会(NSF)在生化工程方面的全部年预算。生化工程所拥有的空间及成套设备之数量比较表明, 联邦德国的研究空间几乎为美国的两倍。

日本通商产业省(MITI)的十年规划, 对生化工程方面的研究及发展十分重视; 在着重发展的九个项目中, 有三个是生物反应器, 动物细胞培养及膜分离。1983年日本政府单在膜分离的研究及发展方面的拨款就达2000万美元。相形之下, 美国国家科学基金会的拨款还不到100万美元。

很明显, 联邦德国及日本等国为了对付生物技术领域内的激烈国际竞争, 正在把建立研究和培养人才之基础作为其战略的一部分。如果成功, 则其潜在的经济效益是巨大的; 据统计, 到2000年, 生物派生产品的潜在世界市场销售额每年将达400~1000亿美元, 相当于化学药品全年市场总销售额的15%。在国际竞争中, 第一次进入这些市场很重要, 而在世界生物产品市场中稳操胜券的, 肯定将是那些在研究和人才上占优势的国家。

美国的研究及教育现状

今天在美国不但技术上能胜任的生化工程师不足, 就是培养为此新兴工业所需的工程师的师资力量也相当薄弱。据本小组成员分析, 与生化工程研究有瓜葛的美国化学工程人员大约有80名, 对这方面有浓厚兴趣者不下50名。设有有意义的生化工程课程的化工系在美国还不到20个; 这些系每年所培养的博士及硕士研究生总共还不到60名。但据本小组统计, 再过10年之后, 对研究生级的生化工程师的年平均需求量将为该数的2~3倍。现在工业界正在招聘年青专业人员及新毕业的大学生, 另外, 这些人都有可能用来充实这个飞速发展领域的大学师资及研究力量。

随着这个领域从爱迪生方式转向着重发现及应用“基础工程原理”之后, 在生化工程的某些领域中, 研究工作的费用正在急剧增长。生化工程师正在开始研究设计及控制“培养哺乳动物细胞反应器”的原理。这样的工作很有希望使美国在单克隆抗体研究及为生产“组织血纤维蛋白溶酶原激活剂”(治疗心脏病用)而进行的大规模细胞培养方面重居领先地位。实际上, 在美国没有一间大学拥有带工程研究设备的细胞培养实验室。因为这种实验室耗资巨大。严肃地说, 到底要多少投资才足以支持当前的工艺研究, 应当成为保证美国在这个领域立于不败之地的整体规划中的一部分。

最重要的是, 要加强有关生命科学与生化工程科学的共同问题之研究。美国化学工业发展的历史性成就, 在很大程度上要归功于科学界及工业界的化学家及化学工程师之密切合作与交流。这种合作是富有成果的, 因为这两门学科对物理化学定律及原理都有共同的语言及理解, 并且都很重视导致化学原理工业化的特种技术。对比之下, 几乎没有一个生命科学家知道与生物过程之放大或生物产品的大规模加工有关的工程原理和实际问题。反过来, 也几乎没有一个化学工程师对现代分子生物学及现代细胞生物学、微生物

学、遗传学及生物化学之原理有足够的了解,从而不能使他们与生物科学家进行有成效的交流。这种老死不相往来的状况妨碍了“使生物过程对工程师变得高深莫测”的独特问题得到解决。这些问题是:

1. 活有机体能发生自发的突变,这种突变对加工操作具有重大影响;
2. 必须在无菌条件下进行加工,以防受到无孔不入和不受欢迎的有机体的污染;
3. 生物过程一般在稀水溶液中进行,因此需要把产品与大量的水分开;
4. 生物技术的许多使用价值高的产品都很脆弱,不易纯化,且结构复杂。

培训生化工程师时,要使他们亲眼看到现代生物学在操纵及控制细胞生物合成中的力量,并运用生命科学的技术及方法去解决特大规模的生物加工问题。对“新”生物学的立即而有效的利用,很大程度上取决于生物学及生化工程的共同问题之解决。这是今天生物技术学所面临的最紧急任务之一。

智力挑战与紧急任务

由于生命科学的飞速进展,现代生物学成果商业化的前途是无限的。其主要障碍就是缺少迎接下列挑战的技术基础。

1. 不但利用简单的微生物(如细菌及酵母),而且也利用所有的动植物细胞系统,增加我们现有的、在大规模细胞培养技术方面的生化工程知识。
2. 扩大我们的知识基础,从而使我们有能力进行大规模的加工,其中包括从产品混合物中回收和纯化复杂而不稳定的生物大分子(如抗体、肽激素),以及从高度稀释和不纯的溶液中,经济而有效地回收来自生物的简单有机化合物(如乙醇、氨基酸)。

旨在迎接这些挑战的特殊研究领域有如下几方面:
生物反应器

目前用于抗生素发酵的机械搅拌反应器,常常不大能或根本不能适应生物加工的各种要求。为了大规模培养动植物细胞以及“目前正在通过工程技术被用来进行生物产品合成的”新微生物,需要新的技术。为了发展这种技术,关于物理及环境因素如何影响细胞内生物合成途径的基本知识是不可缺少的。生物反应器的研究需要分子及细胞生物学、微生物学、带有基础工程技术的细胞生理学、化学动力学、热力学、流体动力学、热与质量传递,以及精密生物过程控制这些学科的互相配合;不管在工业界,还是在科学界,至今还是一种罕见的结合。

生物反应器研究的另一重要方向是发展“利用游离或固定化酶、酶结合或无生长完整细胞作为生物合成催化剂的方法。要使上述各种生物催化剂得到有效利用,人们便需要去探讨流化床、固定床、膜、细胞再循环、管状反应器及其他进行生物合成的反应器形式。我们所面临的挑战就是,把用于化学反应器的现

有知识基础转移到生物系统中去;在生物系统中,严格消毒、复杂的生物学调节过程、酶及细胞的脆弱性、酶活性的辅因子再生及细胞能量的维持,给这个问题提供了额外的参数。在实验台系统中发展起来的加工基本原理,必须在大规模设备中受到检验,以便了解生物系统的放大敏感性。

分离与纯化

生物反应器中产生的反应产物流(product stream),必须通过分离及纯化手续,使希望得到的产物在分离之后有足够的纯度。为了得到人畜保健用的、易坏且单位价格高的产品,曾设置了一种关于把产品变坏率降到最低,把其纯度提到最大的加工过程的奖金。对于单位价格低的产品(其竞争在于非生物工业合成),奖金的目的在于奖励高效率、高回收及低环境污染的回收过程。能使生物技术通过增强研究与发展工作而受益的分离及纯化科学领域可分为三大类:

大规模常规工业分离方法的改革 象离子交换层析法、压力驱动膜分离、电渗析及液-液萃取法这类过程,目前在工业中被用来回收或提纯抗生素及如柠檬酸这样的简单分子。一般说来,这些方法太无选择性或太富有破坏性,因而不适用于加工脆弱的蛋白质产品。为了使这些技术适用于现代生物产品的回收,还需要对它们进行改造。

采用生化实验室分离方法进行大规模的生物加工 生物学家已经发展了极为有效的高级分离工具,如有效地应用于大规模分离的电泳分离及亲和分离。但是在开始采用合理的增产方法之前,十分需要学习有关这些过程的分子机制及动力学的知识。

新颖的分离及纯化概念 现在需要发现和发展新的分离及纯化概念,这些概念除了常规化学加工技术之外,还揉合物理、化学及生物现象为一体。日本及欧洲正在研究若干这类过程。其中有几种以物理化学原理为唯一基础,例如采用水溶性合成聚合体的双水双相分离或多场分馏。其他过程的概念相当于生物化学与细胞生物学跟工业化学及化学工程的构造上的合成。例子包括:以透性改变为基础的分离、利用选择性酶促转变的分离和利用遗传上被操纵的细胞内过程的分离。

生物过程的仪器使用及控制

生物反应器及下游加工设备的成功操作要求高级的过程控制,而后者又依赖于临界过程变数的精确测定,依赖于先进统计方法、过程模式及控制策略的运用。现在的生物传感器及控制方法,常常不能提供所希望的可靠性或对加工条件进行敏感调节的能力。其次,精确的生物过程控制,常常求对复杂生物物质的浓度(对这种浓度无特制的传感器)进行实时监控。作为电化学及光学探测器的成分的酶、单克隆抗体,甚至完整的活细胞的应用,为某些这类问题的解决带来了希望。

为了发展最适宜的控制策略,及从测量中得出最

有用的信息,对生物过程模式的研究是不可缺少的。要作出这些模式,就需要更先进的控制系统及有关“工程参数对细胞及复杂分子之影响的”较丰富的知识。

经过培训的专业人员

虽然上面已经提到对经过培训的专业人员的急需性,但这里还要谈一谈这个问题中的另一个方面。生命科学家和工程师之间的建设性相互关系将是新型生物过程的发展中的一个必要因素。在发展新的生物过程科学及生物技术商业化的关键时刻,联邦政府能够作出重要贡献,途径就是在科学界创造一个能把生命科学家及化学家与化学工程师结合起来的研究环境,把矛头针对生物过程的需要及问题,并培训出一代能够设计、建造及操纵未来生物技术工业的工程师。

结论与建议

如果美国想在生物学的革命性进展中获得好处,它就必须加强有关生物技术的化学及过程工程的基础知识研究,并且建立起一支受过训练的专业队伍,从而使美国工业能把基础研究成果转化为商品。处于创始阶段的美国生物技术工业还没有足够广阔的产品基地,去维持学术机关所进行的大量基础研究。总而言之,为了达到下列目的,联邦政府将扮演极其重要的角色。

1.建立基础知识,以适应设计、放大及优化控制反应器及过程之需要,以便大规模培植为全面开发新生物学所需的微生物、动植物细胞。

2.发展为大规模分离及纯化过程(为了生产从简单有机分子到复杂蛋白质的一系列潜在生化产品,将需要这些过程)所需的基础知识。

3.在特定研究环境中(这种环境能促成交叉学科的知识交流、工业合作、现代设备的利用,以及为维持研究效率的支持水平),培养下一代生化工程师。

如果能在有利于美国进行竞争的水平上把下列建议付诸实施的话,则能达到上述目的。它们将保证所需基础知识的发展和缩小生命科学家与生化工程师之间交流信息的缺口。因此,我们向有关的联邦机构提出如下建议:

1.对本报告(见附录)列举的最重要研究领域内的生化及过程工程之基础研究提供充足基金。

2.对能够促进(由来自生命科学及生化工程两方面的主要研究人员共同领导的)研究团体发展交叉学科的合作研究建立奖励金。

3.提供基金给科研机构,使之能获得、使用和维护为生化工程研究所需的特种设备。

4.建立人才发展奖金,使属下科研人员能通过专门的学习或利用假期,扩大其在生化工程理论与技术方面的专门知识,并使有培养前途的青年教师,暂时减轻一些教学负担,使他们自己从事生物技术研究。

5.建立学院助学金,培养研究生,这样,如果美国工业要利用生物技术中出现的时机时,就可以提供所需的人才。

附 录 极端重要的研究领域

一、生物反应器

1.定量分子的及代谢的反应工程。

(1)体内控制机制及它们与代谢调节的关系。

(2)生化级联反应网的生物能学。

(3)生物合成中的化学调节。

(4)经过遗传工程处理的微生物作用之动力学及机制。

2.对为“成功的放大”所需的生物反应器中的物理及环境因素之基本理解。

(1)生物反应器的流体动力学行为及其对生物学行为的影响。

(2)生物反应器中的气-液及液-固质量传递与热传递。

(3)用于粘滞发酵的新反应器系统。

(4)高压、非机械搅拌的生物反应器。

(5)适于大规模生产的充满式反应器系统的发展。

(6)生物反应器操作与产品回收的整体化。

(7)可降低下游过程成本的非水系统生物反应器。

(8)为遗传工程有机体而设计的生物反应器负荷与容积。

3.扩大有关如固定化酶或完整细胞那样的生物催化剂的基础知识。

(1)对酶稳定性与钝化的机理的理解。

(2)用于大规模工业加工的固定酶及完整细胞技术。

(3)涉及辅因子再生的反应之生物反应器系统。

(4)多相的生物催化的传递机理。

4.为设计处理动植物细胞的反应器所需的工程基本原理。

(1)经遗传工程处理的动植物细胞的稳定性及机械切力对它们的影响之定量定义。

(2)动植物细胞的生理鉴定。

(3)对“需要附着于表面才能生长及生产的动物细胞(“停泊依赖性”细胞)的表层细胞相互作用之鉴定及基本知识。

(4)可用于大生物反应器的停泊依赖性细胞的表面的开发。

(5)由于形成大的细胞聚集体而造成的在植物细胞中的传递现象。

二、分离/纯化

1.改变大规模的常规工业分离方法,使它们应用于生物产品回收时变得更有效、更可靠和(或)更经济。这方面的例子有:

(1)柱形层析分离法:开发不会改变生物大分子的结构特征的新层析材料。

(2)压力驱动膜分离过程:较不易受生物加工过程污染的膜。

(3)液-液提取器: 开发不会改变生物大分子结构完整性的液体两相系统。

(4)电透析: 开发带有选择性的膜, 此选择性有用于“新”生物学产品加工过程。

2.生化实验室分离法对大规模生物加工的适应。

(1)电泳: 在联合的电场及低引力场、离心场以及在孔隙大小变化凝胶中的流场中, 蛋白质的行为。

(2)亲和层析法: 抗体-抗原相互作用的机制及动力学。

(3)亲和层析法: 在亲和分离中影响缔合/解离平衡的因子。

3.新的分离及纯化过程概念。

(1)双水相分离中的基本原理。

(2)复合场, 如电、磁及引力的分馏过程。

(3)基于酶的选择性转换的分离原理和技术。

(4)细胞壁渗透性的生物学的及化学的变化, 促进产品的分离。

(5)现代生物学与下游回收科学的联合, 以便通过生物工程师设计重组细胞, 进行生物合成从而缓和潜在的纯化问题。

三、生物过程的仪器使用与控制

1.重要生物学参数的测量仪器。

(1)用于测定活细胞密度、生物学产品浓度、细胞代谢状况及混合的培养成分的传感器。

(2)用于测定溶解氧及二氧化碳浓度、离子强度以及其他非生物参数的较可靠和灵敏的仪器。

(3)以酶、抗体及具有足够稳定性及持久性的细胞为基础的生物传感器。

2.有助于过程设计、控制及优化的教学模型。

(1)过程描述不以经验相关而以生物机制的主要特点为基础。

(2)模型需准确表达几个过程参数同时发生变化的影响。

3.适于复杂生物学过程调节机制的先进控制策略:

(1)以生物学结构及统计筛选原理为基础的数据分析及解释算法。

(2)新的多相、多值函数生物过程的控制(把反应步骤与产品分离步骤结合在一起的生物过程是其中一例)。

(3)用来鉴别及消除不希望的细胞控制机制的方法。

(4)使固定生物催化剂及分离媒介的使用寿命达到最高点的控制。

(张永平译, 欧阳藩校)

高性能聚合物基复合材料

HIGH-PERFORMANCE POLYMER COMPOSITES

高性能聚合物基复合材料是用具有特殊强度、高度取向的长纤维, 如石墨、芳纶或玻璃纤维, 按照所要求的方向定位并用聚合物基体粘结而成。这样获得的强度和模量相当于现有的强度最大的结构金属材料, 而且按等重量计算, 复合材料的强度和模量要比结构金属材料高得多。

高性能复合材料的实用性, 取决于它们各向异性的物理性能和特高的比强度和比模量。这些性能使得它们作为军用飞机结构材料和蒙皮材料方面获得了重要应用。随着这些材料在设计和制造方面获得越来越多的经验, 它们正日益广泛地用于航天、民用飞机、文体用具和纺织机械的活动部件上。人们预料, 这些材料将会广泛地用在汽车、重型设备、机器人、建筑业和桥梁结构上。目前, 我们开始认识到了这种高性能复合材料的巨大潜力, 它们将对美国经济和国防起着重大作用。

开发高性能复合材料是带国际性质的。目前, 美国在化学、材料工程和应用方面处于领先地位, 但日本在碳纤维技术方面占有优势。在日本, 包括高性能复合材料在内的一项广泛的MITI计划正在按计划进行。在西德, 新成立的一所从事聚合物研究的马克斯·普

兰克研究院, 将对复合材料技术的发展起着重要影响。

开展研究工作的必要性包括下述方面:

■ 为广泛应用和降低成本, 需要新的纤维成分、聚合物基体和制造方法。

■ 缺乏对复合材料结构/特性关系的了解。纤维/基体界面区一直没有得到很好说明, 虽然它对复合材料性能是主要问题。

■ 对破坏机理的认识是初步的。裂纹的确认、增长和消除需要研究。基本上还没有弄清对不同载荷条件 and 环境因素的响应问题。寿命预测、可靠性和试验是主要问题, 有待在分子范围内加以说明和认识。

■ 复合材料设计和加工工艺方面的学科需要建立, 需要为设计、工程和制造提供以计算机为基础的大量模型。还必须在基础研究的基础上研究连接技术和修理工艺。必须对复合材料的毒性、环境影响和最后的处理方法进行试验, 以便为以后制造和使用这些材料提供依据。

■ 对用刚性棒状聚合物分子增强聚合物基体的作用, 已在分子范围内进行了验证, 但还应研究掌握如何对这种复合材料研制出最佳特性。

在过去10年间, 高性能复合材料技术的迅速进