

这方面的生物力学现在正在发展之中，并且正在使之精密化，或者所需要的分析的最终形式还没有搞清楚。

钱民全译自：United States National Committee on Biomechanics, 《Future Research Need in Biomechanics》, Printed by Calspan Co., Buffalo, New York (July 1986); 23—25. (董务民校)

8. 生物技术和生物加工

随着生物学的转变为工业^[1]，生物系统的工程学就增加了它的重要性。生物处理工程，即生化工程(有时如此称呼)，具有如下的目标：从生物学研究实验室汲取当代的科学技术，放大其尺度，直至成为一种经济效益高的工业生产过程。这一领域包括多种化学制品的生产过程，这些化学制品，例如有：抗菌素，维生素，氨基酸，多糖，调味品，工业酶(用于食品、饮料和化学工业)，疫苗，激素，细胞毒素药物和抗痛药物，生物杀虫剂，生物量(biomass)的化学制品和燃料，等等。一些更现代化和未来的过程，包括：具有有用生物活性的多肽或脂蛋白(例如干扰素，血浆酶原活化剂，单克隆抗体等)的生产，强化生物氮固定成氨的过程，以及微生物引起的链烷、脂环、萜烯和生物碱的转化。生化反应是靠酶(生物催化剂)来完成的，各种酶都是高级的特效产品。有关的过程往往是以可更新的原料为基础，并且通常具有无污染副产品的特点。

工程学对成功地完成生化过程的贡献，集中在生物反应器及其外围设备的设计和运行方面，集中在所得产品的分离和提纯方面。生化过程的工程学分析，包括动量传递、能量传递、质量传递和化学动力学(chemical kinetics)等方面的研究。在生化系统或生物系统中，上述这些基本过程的复杂程度，要比传统的化学系统高1个或2个量级。这是因为，每一个总的生物反应，是成千上万次酶的反应以及其他能量传递和质量传递过程的结果。生物系统已经在自然环境中进化和完成其多方面适应和存活下来的使命。对工程师们的挑战，则是要在人造环境中，把生物系统引向按照人们的目的来发生作用的方向上去。分子生物学和遗传学的最近进展，已经能够以崭新的工具，例如重新组合DNA技术，来把生物技术工作者武装起来。与此同时，这些进展又带来了新的挑战，如新的遗传工程物种的优化、稳定化和安全使用，等等。

从生化过程的水流中分离生化制品，并不是一个较小的挑战。工程师们必须发展这样一些分离过程，它们对高级产品的提纯是高效能和高速度的，而且可以保持产品的生物活性。实际上，现在已经变得很清楚，大多数生化过程的经济可行性，强烈地依赖于生物反应器的最优设计和运行，依赖于下游的提纯过程。

虽然生物系统的这些独特特点，在过去阻碍了这些系统的迅速应用，但是，它们也是使生物技术保持有光明前景的关键。现代分子生物学和遗传工程的方法和进展，为生物加工系统的未来工程应用，提供了一个非常乐观的前景。[2]介绍了具有潜在重要性的一些研究领域。涉及生物力学的可能的问题，现在简略讨论如下。

8.1 生物反应器的流体力学及其对生物行为的影响

已经表明较高的流体应力对细菌和哺乳动物细胞的功能都是有害的。可是,承受较低的流体应力值,实际上可以激励细胞的新陈代谢作用。很有可能,生物反应器的最佳过程,将要求在运行周期的不同的时间,有不同的流体力学状态。关于细胞对定常的流动和依赖于时间的流动的反应,有一些重要的没有答案的问题。根据 Lagrange 的观点,在反应器中的细胞所经历的是非定常流动,这种流动,在一些区域受高剪切运动所支配,而在其他一些区域,则受伸长所支配。这些伸长流动可能对细胞有很大的损伤,导致细胞很快的破裂。需要进行用动力学控制的定常流动和暂态流动的定量研究,以便确定这些流动对细胞新陈代谢的影响。于是,这些研究就可以外推到更复杂的反应器环境中去。

8.2 生物反应器中的气-液和液-固质量传递和热量传递

在气相和液相之间的反应器中的氧,可能有速率的限制。需要进行通过改进气相的弥散来改进质量传递的方法的研究。营养物和产物从悬浮液体到细胞的传递也是重要的,并且流体力学和搅拌器设计对流体-固体质量传递的影响是一个活跃的研究领域。

8.3 新的发酵系统

许多细菌会生产出可以极大地增加悬浮液粘度的高分子量的多糖。增大了的粘度可以改变混合的类型,因而也就可以改变生物反应器中的质量传递。悬浮液粘度和气相及液相之间的质量传递的耦合是重要的,而且将可能引出高效运行的新反应器结构。

8.4 高压无机械搅拌的生物反应器

哺乳动物的细胞,要比细菌对机械应力敏感得多。因此,可以证明,把通常用于细菌发酵的搅拌系统用于哺乳动物细胞的培养,会造成过大的损伤。需要有提供便于质量传递和使细胞保持悬浮状态的足够强的对流的新方法。增加氧在液体中的溶解度的高压运行方法,可以证明是有用的。

8.5 研制适于大规模生产的灌注式反应器系统

中空纤维和其他灌注式反应器,已经成功地用于研究和小规模的应用中。在一些情况下,它们有优点;但是,在反应器的几何形状和质量传递方面,却有一些严重的问题。在整个生长周期中,灌注的维持证明很困难。

8.6 非均质生物催化作用中的输运机理

生物催化的利用,如接触酶在多孔支持器中的应用,在速率限制相中常常碰到输运的局限性。这些问题,可能发生在从液相到支持器/酶表面的输运过程中,或者可能由于酶作用物或产品的内支持器的扩散限制所引起。如果在反应过程中包含着许多步骤,则输运可能严重地限制生产率。尤其是当反应中需要的不同的固定酶彼此相对地不适当放置在支持器表面上时是如此。

8.7 机械剪切稳定性的定量确定及其对遗传工程方法生产的动物和植物细胞的影响

机械剪切对遗传工程方法生产的细胞的可能影响,需要进行探讨。对反应器环境中质粒(plasmid)稳定性的研究,只是现在才开始。定量了解影响这种稳定性的流体力学的作用,应该加以发展。

8.8 为了生长和生产“依附于基底”的细胞,需要动物的细胞附着于表面时对于那些动物细胞进行表面-细胞相互作用的表征和根本了解

细胞感受器的活动、流体动力阻力和正常应力等对细胞的附着、传播和依附于基底细胞

的生长等的影响,在利用微载体为基础的反应器方面将是重要的。细胞表面的相互作用(粘附)的模型,需要加以发展。

8.9 研制可用于大型生物反应器的依附于基底细胞的附生表面

一旦细胞表面相互作用过程在根本上得到了了解,便可以研制具有缝制表面特性的特殊材料,用来作为微载体的支持器。由于不同的流体力学和质量传递机理,为了得到最佳的生长和产品的形成,相同的细胞系可以有不同的表面要求。

8.10 柱型色层分离法: 研制不改变生物大分子结构特性的新的色层分离材料

不损伤生物分子的特殊活性的生物分子的分离,可能是困难的。从根本上来讲,需要进行分子动力学的研究,以了解改变蛋白质第三代的结构和酶活性部位的构形所需要的力。这就是分子生物力学。于是,就可以研制不改变生物大分子的这些结构特性的新的色层分离材料。

8.11 压力驱动的膜分离过程: 很少受生物过程的流动所污损的膜

压力驱动的分离过程,常常由于污损而只用于短期运行循环中。新的运行方法可能涉及平行于膜表面的流动以及穿过膜表面的流动。这些方法应当予以检验。各种不大可能受污损的不同的多孔结构材料,也应当予以发展。

8.12 液-液提取器: 研究不会改变生物大分子结构完整性的液态二相系统

用于分离的液-液提取方法,常常显示出对研究工作者的吸引力。可是,存在着两相接触方面的一些问题。也许,甚至更为重要的是,想要予以分离的生物大分子可能要变性,或者在液/液分界面上或在一个相中更微妙地改变。

8.13 电泳: 电场和微重力场共同作用下,以及在离心力场作用下或在孔隙大小具有梯度的凝胶流场作用下的蛋白质的行为

密度驱动对流的存在,常常可能限制电泳中的分离。这个问题对于大型设备更为糟糕。一种可以选择的方案,是在微重力环境中运行。需要探讨和分析新的电泳分离过程的方法,因为如果从新的生物技术中去获得产品成为广泛使用的方法,高效能的生物分子的分离看来就是很需要的。

8.14 亲和力色层分离法: 抗体/抗原相互作用的机理及动力学

生物大分子改进模型的分子动力学计算(molecular dynamic calculations),对于根本了解抗体/抗原相互作用的力学和动力学机理是必要的。这项任务是分子层次上的另一个生物力学研究的例子,也是一个重大的挑战性的例子,而且是迫切需要探讨和发展的领域。

8.15 水性二相分离的基本原理。“多种场”如电场、磁场和重力场等的分级分离过程

对于生物材料的分离,多平面流动的利用和各种不同的场的利用,需要相当大的工程创造性。对流常常削弱分离,但为了获得合理的生产率又往往必须有对流。这要把巧妙的设计和析跟新颖的想法相结合。

8.16 生物上和化学上改变细胞壁的渗透性来促进产品的分离

由遗传工程的细菌获得生产产品的一个问题,是这些细菌并不加工穿过细胞膜的蛋白质,因此需要细胞溶解来回收产品。这使分离过程变得复杂,当然,就破坏了细胞反应器。有可能改变细胞的渗透性来使得产品可以输运而不使大部分其他细胞内含物受到损失。如果这可以周期地进行而不致使细胞受到损伤,那么,分离和产量都可能得到惊人的改进。

(下转第 488 页)

- 15 Sturek WB, et al. AIAA paper 80-1585
 16 —, Schiff LB. AIAA paper 80-1586
 17 —, Mylin DC. AIAA paper 81-1900
 18 Nietubicz CJ, Sturek WB. AD A 117713 (1982)
 19 Sturek WB, et al. Symp. on Numer. and Phys. Aspects of Aerodyn. Flows (1983)
 20 Kayser LD, et al. AIAA paper 84-2118
 21 Белоцерковский ОМ. Инж. — физ. ж., 48, 2 (1985)
 22 Graff GY, Moore FG. AIAA J., 15, 10 (1977)
 23 吴承清. 兵工学报 弹箭分册, 3 (1986)
 24 Fletcher CA. J. Aircraft, 9, 12 (1972)
 25 Iversen JD. AIAA paper 72-966
 26 Weinacht P, et al. AIAA paper 85-0273
 27 苗瑞生, 贾斯斗. 北京工业学院报告 (1987)
 28 Platou AS. AD 403767 (1963)
 29 Regan FI. AIAA paper 70-559
 30 Benton ER. AIAA J., 2, 1 (1964)
 31 Chapman DR, et al. NACA TN-2611(1952)
 32 Benton ER. JASS, 29, 11 (1962).
 33 Uselton JC, et al. AIAA paper 70-207
 34 Kuhn GD, et al. AIAA paper 70-72
 35 苗瑞生, 康顺. 北京工业学院报告, 85-182
 36 —, 李熙华. 同上, 85-204
 37 —, 戴斌. 同上, 85-183
 38 —, 上官眼黎. 同上 (1987)
 39 Green JE. NAVORD R-6110 (1958)
 40 Platou AS, et al. AD 673105 (1968)
 41 Regan FI. AIAA paper 66-753
 42 Haldeman CM, et al. ICIAAF' 73
 43 Birtwell EP, et al. AIAA J., 16, 2 (1978)
 44 Ragsdale WC, et al. AD 755694 (1972)
 45 Sturek WB, et al. AD A 035269 (1977)
 46 Kayser LD, et al. AIAA paper 78-824
 47 Sturek WB. AD A 014878 (1975)
 48 Mueller TJ, et al. AIAA J., 19, 6 (1981)
 49 Zehentner RJ, et al. AIAA paper 81-1901
 50 Miller MC. AIAA J., 14, 12 (1976)
 51 —. AIAA paper 78-829
 52 —. JSR, 22, 2 (1985)
 53 Mark A. AD A 040909 (1977)
 54 D'Amico WP. AD A 086119 (1980)
 55 Jenko LM. AD A 027027 (1976)
 56 Collins JA. AD A 068327 (1978)
 57 Seginer A, Ringel M. AIAA paper 83-2145
 58 Owen FK. AIAA paper 85-4084
 59 吴甲生, 徐文熙. 北京工业学院报告, 85-185

AERODYNAMICS OF SPINNING PROJECTILES

Miao Rui-sheng Wu Jia-sheng
 (Beijing Institute of Technology)

Abstract This paper describes the historical development of the Spinning Projectile Aerodynamics and its research topics, and gives a review for its recent developments including our own theoretical and experimental achievements. Several problems with regard to the aerodynamic design of spinning projectiles and some important research trends are also discussed.

Keywords aerodynamics; spinning projectiles; Magnus effect; boundary layer; wind tunnel test

(上接第 518 页)

8.17 参考文献

- 1 Olson, S., *Biotechnology*. National Academy Press, Washington, D.C., 1986.
- 2 Report of the Research Briefing Panel on Chemical and Process Engineering for Biotechnology, *Research Briefings 1984*, National Academy Press, Washington, D.C., 1984.

钱民全译自: United States National Committee on Biomechanics, 《Future Research Needs in Biomechanics》, Printed by Calspan Co., Buffalo, New York (July 1986); 25—26.

(董务民校)