

以工程素质培养为导向的生物工程专业核心课程改革

龚大春 龚美珍 刘士平 罗华军 邹坤*

(三峡大学 化学与生命科学学院 湖北 宜昌 443002)

摘要: 探讨以注重综合素质、强化工程能力和工程素质的培养、完善知识结构为重点的生物工程专业核心课程的教学改革。阐明生物工程师应具备的以五种能力和五种意识为核心的工程素质内涵,明确培养工程素质实施的核心课程;充分利用产学研平台,建设素质精良的“双师型”教师队伍;以工程能力培养为主线,建立以生物工厂设计和工艺改进的教学特色课程群;实施启发式、分组讨论法、比较归纳法和案例式的教学方法改革,提高了教学效果,强化了生物工程专业学生工程素质的培养。

关键词: 生物工程, 工程素质, 课程群, 核心课程, 教学改革

The core curriculum reform of bioengineering major for improving the engineering qualities

GONG Da-Chun GONG Mei-Zhen LIU Shi-Ping LUO Hua-Jun ZOU Kun*

(College of Chemistry and Life Science, China Three Gorges University,
Yichang, HuBei 443002, China)

Abstract: The core curriculum reform of the bioengineering major has been investigated focusing on emphasizing the comprehensive qualities, enhancing the education of engineering ability and accomplishment, improving the knowledge structure. The engineering qualities

基金项目: 湖北省教育厅 2009 年高等学校省级教学研究项目(No. 2009196); 湖北省教育厅 2010 年高等教育试点项目

*通讯作者: ✉: kzou@ctgu.edu.cn

收稿日期: 2012-04-22; 接受日期: 2012-09-27

contents were illuminated with the five kinds of capabilities and five kinds of awareness, which must be possessed by the bioengineer. The main core curriculum was determined for training the engineering qualities. Based on the cooperation of Industry-University-Research, the double qualified teachers' were improved. Focusing on training the engineering ability, the characteristic course group was constructed by the main lines of bioengineering factory design and the technology improvement. The teaching methods of some core curriculum, for example, heuristic teaching, group discussion, comparison and summary method, etc. were put forward to increase the teaching efficiency and enhance the engineering qualities of the students.

Keywords: Bioengineering, Engineering quality, Curriculum group, Core curriculum, Teaching reform

随着 20 世纪末重组人胰岛素、转基因植物、生物聚酯等生物技术产品实现产业化, 生命科学已成为推动 21 世纪科学和产业发展的新动力。我国的生物工程发展和国际先进水平相比有较大的差距, 其中生物工程上游技术相差 5 年左右, 而直接和生物技术产业化相关的生物工程下游技术则相差 10-20 年^[1]。可以预计, 随着能源、资源短缺矛盾的日益突出, 生物产业的发展将更加迅猛, 对生物工程专业工科人才的需求也将愈来愈大。我国开设生物工程本科专业的院校有 100 多所, 每年大约有 1 万多名生物工程本科专业的学生毕业。但由于大多数高校的生物工程专业是由生物技术衍生而来, 工科理化现象比较严重, 使得我国从该专业毕业的大量学生往往不具备工程能力。因此, 如何为生物产业的发展提供工科特色鲜明的合格人才, 已成为开办生物工程专业的本科院校亟待解决的问题。

近几年随着教育主管部门对工程人才培养的高度重视, 许多有生物工程专业的高等学校^[2-4]开始重新定位生物工程专业的工科人才培养目标, 加强了核心课程的教学改革, 实践环节的强化和综合素质的培养。

三峡大学生物工程专业 1978 年开办微生物工程高工班, 1996 年开始招收本科专业, 2008 年

立项建设为湖北省品牌专业, 培养了大批优秀人才。近年来三峡大学生物工程专业秉承工科特色, 依托湖北省生物产业企业进行产学研合作, 以 5 种工程意识和 5 种工程能力的培养^[5]为重点, 大胆进行课程的教学改革, 取得了明显的成效。

1 生物工程专业人才的工程素质内涵及相关核心课程

工程素质是工程实践过程中所表现的一切能力和有价值意识的总和。突出表现为实践动手能力强、基础知识厚、学习能力强、适应能力强、创新素质高、综合素质好。工程素质是科学教育与技术教育交叉的产物, 具有较高工程素质的人才可直接运用科学理论进行技术开发与发明, 从而最大限度地推动生物工程产业的发展。

十多年来, 我们通过和安琪酵母股份有限公司、宜都东阳光集团公司、人福药业、三峡药业、枝江酒业、稻花香集团等多家企业在人才培养和科学研究方面的长期合作, 根据毕业学生的成长特点和跟踪调查, 我们认为生物工程专业人才或生物工程师的工程素质主要包括五种工程意识和五种工程能力(表 1、表 2), 并将这些能力和意识的培养落实到各门核心课程的教学。

表 1 生物工程本科专业人才的五种工程意识及应实施的主要核心课程

Table 1 The five kinds of engineering awareness and the main core curriculum for the bioengineering professional

五种意识 Five kinds of awareness	工程技术类型 Engineering technology type	内容 Contents	实施课程 Curriculum program
成本、效率意识 Awareness of cost and efficiency	上游工程技术 中游工程技术	掌握菌种筛选与保藏方法 菌种生产能力、设备生产效率、发酵工艺成本	微生物学、生物化学 化工原理、发酵工程 生物工程设备
创新、改革意识 Awareness of innovation and reform	下游工程技术 上游工程技术 中游工程技术 下游工程技术	产品分离成本 掌握菌种的选育 发酵工艺、设备改进 分离工艺改进与创新	生物分离工程、工厂设计 基因工程、现代生物技术 生物工厂设计 生物分离工程
简洁、专业、标准意识 Awareness of simplification, specialization, standard	上游工程技术 中游工程技术 下游工程技术	菌种操作的专业化和标准化 生物工艺模块简洁化 生物工艺设计专业化、标准化	发酵工程与生物工艺学 生物工艺学 工厂设计、化工制图
全局和整体意识 Awareness of global	全过程工程技术	生物加工项目和工艺设计 设备选型的全局和整理意识	工厂设计、化工制图 生物工艺学
以人为本的中心意识 Awareness of center	全过程工程技术	项目设计与工艺管理	发酵工程与生物工艺学 经济管理学

表 2 生物工程本科专业人才的五种工程能力及应实施的主要核心课程

Table 2 The five kinds of engineering capabilities and the main core curriculum for the bioengineering professional

五种能力 Five kinds of capabilities	工程技术类型 Engineering technology type	内容 Contents	实施课程 Curriculum program
学习能力 Study capability	上游工程技术	掌握前沿生物技术知识	生物化学与分子生物学
实践能力 Practice capability	中、下游工程技术 上游工程技术 中、下游工程技术	掌握新设备、新工艺 基因操作、菌种转接 项目设计、工艺操作、设备选型与安装、调试	生物工程设备、生物工艺学 基因工程、微生物学 工厂设计、化工原理 生物工艺学、生物工程设备
信息收集与分析能力 Information collection and analysis capability	全过程工程技术	项目设计或工艺改进相关的信息 收集与分析问题的能力	文献检索、工厂设计 发酵工程
协调与沟通能力 Coordination and exchange capability	全过程工程技术	生物加工各部门、各工段之间，与企业、科研院所、高校、社会相关行政管理各部门之间等	行政管理与市场营销、科技发 展史等
创新能力 Innovation capability	全过程工程技术	生物加工过程中基因要素影响 环境要素、设备发明等	微生物学、分子生物学、生物 信息学、发酵工程、工程设备

2 核心课程的教学改革

基于以上对生物工程师的重要素质和能力的认识,我们借鉴欧、美、日、澳等地区和国际工程教育 CDIO 先进模式^[6],以“注重综合素质、强化工程能力和工程素质的培养、完善知识结构”为指导思想,在传授基础知识的基础上,始终把未来生物工程师的五种能力和五种意识的培养作为课堂教学的重点,推进生物工程核心课程教学改革,以满足新兴战略性生物产业对人才的要求。

2.1 主讲核心课程的“双师型”教师的培养

要培养具有工程素质的生物高科技人才,师资队伍是关键。开展“双师型”师资队伍的建设,是三峡大学生物工程专业多年来开展教学改革的首要任务。

双师型教师是指既能胜任理论教学,又能胜任实践教学,而且在教育思想、职业道德、专业素质、组织协调能力和创新发展等方面有较高水平的教师。为了加强学生工程素质的培养,我们响应湖北省教育厅的号召,积极开展教师进企业活动,通过挂职锻炼,合作开展科技攻关,先后派出 5 名专业课教授到安琪集团、东阳光集团、人福药业、稻花香集团挂职学习。分别在车间和技术岗位,跟班学习半年以上,通过发现和分析一线技术难题,和企业技术人员一起攻坚克难,将理论与实践紧密结合,提升专业素质、协调能力和工程实践能力等。近 5 年开展横向合作 30 多项,转让技术成果 5 项,极大地提高了教师队伍的工程素质。通过近 10 年的努力,5 年以上具有工厂实践经验的老师占专任教师的 50%。另外还通过引进有教学能力的实践专家 5 名做专职教师,引进专家进课堂或开展学术讲座来进行学生工程素质的培养。

2.2 教学内容合理整合与取舍

工科课程的内容往往具有基础知识面宽,专

业知识交叉点多等特点,因此如何有效整合各门课程的知识内容,充分提高课堂效率,对提升人才培养质量具有重要意义;另一方面,在保留经典的理论内容基础上,要增加学科前沿知识,培养未来工程师终身学习能力和意识。基于上述认识,以生物工厂项目设计和生物工艺改进的工程技术为主线,建立课程群(图 1、图 2),明确课程之间的内在联系(表 3),在此基础上,对课程的教学内容进行整合。以微生物学、发酵工程的课程教学举例说明我们的改革思路和措施。

2.2.1 微生物学及实验课程教学重点:从课程群和课程内在联系可以看出,微生物学课程在理论上与基因工程,生物化学课程有交叉;在应用方面,又与发酵工程、生化反应工程等课程联系紧密。因此微生物学课程的内容取舍必须坚持微生物菌种既在生物工程上游技术中处于核心位置,又是贯穿于整个生物加工过程的对象这个原则。因此微生物学课程在微生物学的课程改革中,既要做到保持微生物学课程的完整性,又要突出微生物学在工程上认识菌种和利用菌种的重要作用。多年来微生物学教研室始终坚持“一个中心”、“四个过程”、“三个层次”的教学内容组织原则。一个中心就是以微生物为中心,四个过程是指微生物的形态识别、生长、代谢、变异等,三个层次即是:(1)微生物生物学特性知识:包括形态观察、营养与生长特性、微生物遗传变异规律;(2)微生物的生物化学特性知识:包括微生物代谢及调控;(3)微生物的工程知识:把菌种筛选、保藏、转接、育种作为微生物学的工程素质培养的目标,作为学生对微生物学知识的理解和掌握程度重要依据。在微生物学的教学中始终把微生物放在工程实践背景中进行内容的整合。结合地方经济特色,对酵母和放线菌再做专题讲授,同时聘请企业专家做专题讲座,让学生了解科学技术前沿。而微生物基因工程内容如基因的定位诱变、PCR

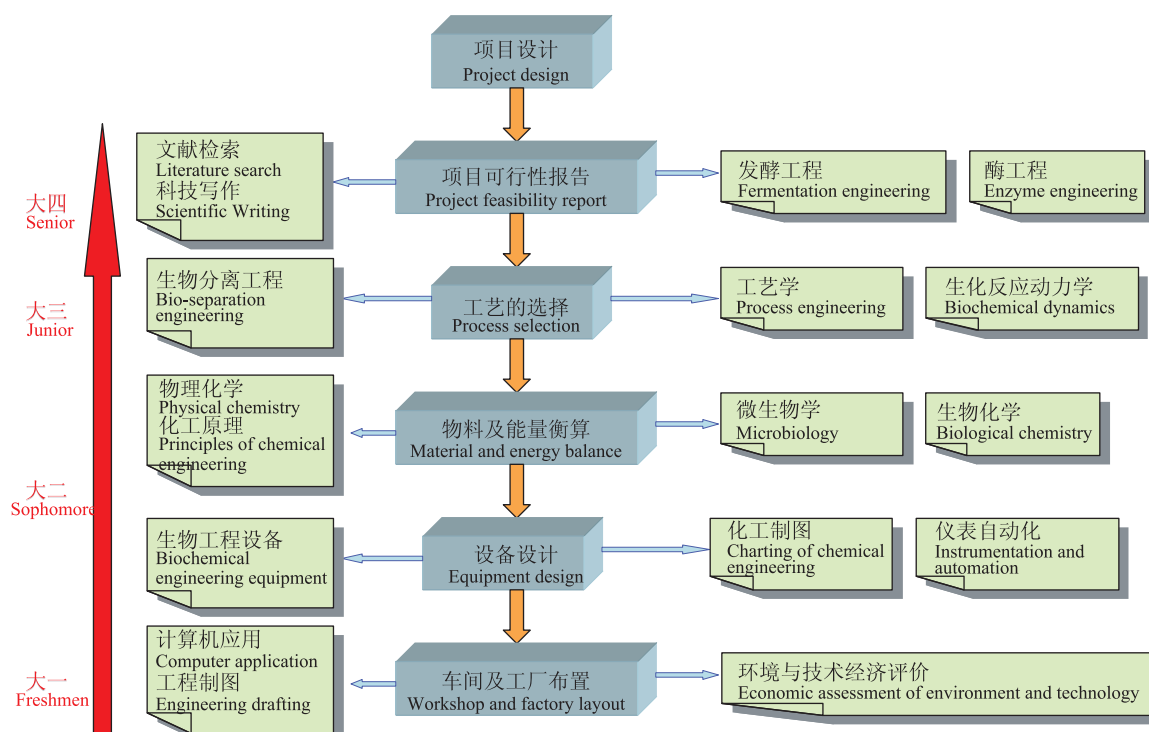


图 1 以生物工厂项目设计为主线的课程群

Fig. 1 The curriculum group based on the project design of bioindustry

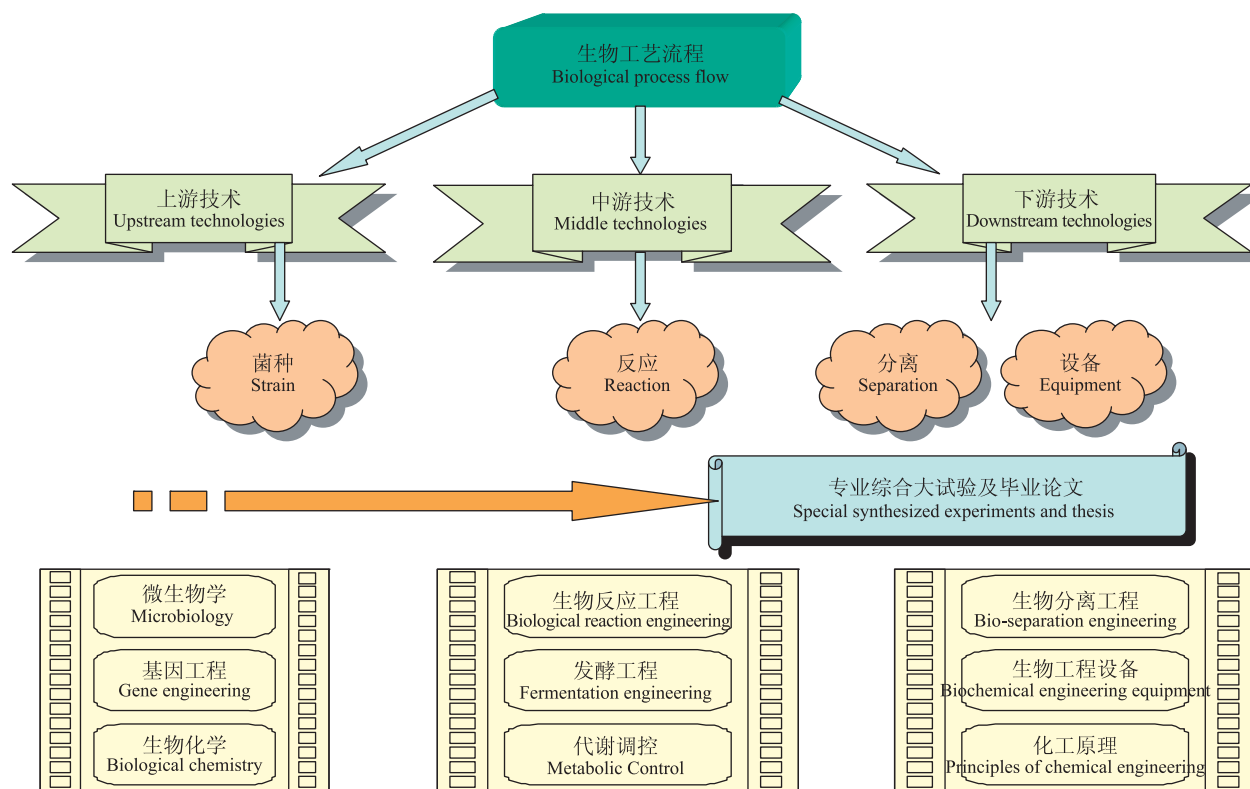


图 2 以工艺改进为主线的课程群

Fig. 2 The curriculum group based on the process improving

表 3 生物工程专业主要课程的内在联系
Table 3 The intrinsic connection between the main curriculum for the bioengineering speciality

课程 Course	无机 及分 析 Ino.* ana. che.	有机 化学 Org. che.	物理 化学 Phy. che.	微生 物学 Mic. bio.	生物 化学 Bio. che.	工程 制图 Eng. dra.	化工 制图 Che. eng. dra.	化工 原理 Pri. uni. ope.	反应 工程 学 Bio. rea. eng.	生物 分离 Bio. sep.	工程 设备 Eng. equ.	发酵 工程 Fer. Eng.	工厂 设计 Bio. des.
无机及分析 Inorganic and analytical chemistry	■	▲	▲	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
有机化学 Organic chemistry		■	▲	○	▲	○	○	○	○	○	○	○	○
物理化学 Physical chemistry			■	○	▲	○	○	■	○	○	○	○	○
微生物学 Microbiology				■	▲	○	○	○	■	○	▲	■	■
生物化学 Biochemistry					■	○	○	○	▲	■	○	■	▲
工程制图 Engineering drawing						■	■	▲	○	▲	▲	▲	■
化工制图 Chemical engi- neering drawing							■	■	○	▲	▲	▲	■
化工原理 Principle of unit operation								■	▲	■	■	■	■
反应工程学 Bioreaction engineering									■	▲	■	■	■
生物分离 Bioseparation										■	■	■	■
生物工程设备 Bioengineering equipment											■	▲	■
发酵工程 Fermentation Engineering												■	■
生物工厂设计 Bioindustry design													■

注: 横排所有课程的缩写取整个单词的前 3 个字母. ■: 紧密联系; ▲: 有一定联系; ○: 没有直接相关联系.

Note: Abbreviation for every curriculum from the front three capital in the full word. ■: Close connection; ▲: Some connection; ○: No direct connection.

技术、DNA 重组技术等微生物学的高新技术放在后续的分子生物学课程学习, 微生物代谢及调控放在生物化学和代谢调控的课程中学习。

微生物学课程为省级优质课程, 是大学重点建设的网络课程。课程教学中充分发挥网络的信息量大、图文并茂等优势 and 青年学生对网络的喜爱, 在微生物学网络课程中设置“热点论坛”、“教师互动”和“网上答疑”等专栏, 有效调动了学生对微生物学知识在课堂内外的学习积极性。

为了保证微生物学四年不断线学习和深化, 在发酵工艺学、专业综合实验等课程中, 专门制作了企业的大批量接种录像, 让学生对大工厂背景下的微生物操作技术有一个全面的认识, 并依托安琪公司的中试车间, 让学生在生产实习中进一步认识到微生物学在企业学习的重要性, 并使学生学生在工程背景下掌握微生物操作技能。

2.2.2 发酵工程课程教学重点: 发酵工程课程无论是在设计项目的训练方面还是工艺改进方面, 都处于课程群中的中游核心地位。在章节顺序编排上分为概论、发酵基础知识、发酵微生物菌种、发酵工程、产物的提取与精制工程、常用设备、清洁生产与废水的生物处理、现代发酵工业。这样的课程体系既有利于学生更容易、更清楚、更完整地掌握发酵的全过程, 又有利于各章节内容的衔接。多年来我们始终坚持“一个中心”、“两个结合”、“三个层次”的教学内容组织原则。“一个中心”即以生物反应器为中心; “两个结合”即“理论和实践相结合, 教学和科研相结合”; “三个层次”为: (1) 生产单元工艺, 主要结合当前湖北省大中型生物发酵企业的操作过程顺序来安排教学内容。例如针对生产过程中的菌种车间、原料车间、发酵车间、提取车间和三废治理车间分别讲解菌种的选育, 培养基的配制, 种子制备、接种与发酵参数调控、产品的分离与精制和发酵清洁生产等内容。对于这部分内容注意和微生物

学课程的衔接。侧重强调微生物理论与实践的结合。要求学生在工程背景下灵活掌握微生物的营养和工艺要求。(2) 理论模型, 主要包括灭菌原理及微生物的受热死亡动力学方程、发酵动力学模型、氧传递动力学模型等。对于这部分内容强调与生物化学、生物反应工程学的衔接, 将这两门课程的理论工程背景紧密结合, 重在知识的应用和创新。(3) 发酵设备, 主要包括发酵设备的结构与发酵罐的放大设计。对于设备内容注意和生物工程设备课程衔接, 本课程重点讲授放大设计原理, 而结构部分内容放在设备课程重点讨论。同时为了对安琪酵母国际化公司进行人才服务, 还增加了“酵母的生产工艺与发酵控制”相关内容的讲授。

2.3 教学方法的改革

在微生物学、生物化学、化工原理等专业基础课程中, 在讲述法教学基础上, 结合课程内容积极采用启发式教学、分组讨论法、比较归纳法, 强化了对学生自学能力和分析问题能力的培养。

(1) 讲述法教学。针对微生物学、生物化学和化工原理的基础知识, 仍以讲述法为主, 有利于培养学生对理论知识的理解和记忆。同时留有部分内容让学生自学, 培养学生的学习能力。(2) 启发式教学。在讲课中, 通过提出问题启发学生积极思考, 激发学生的想象力和创造力。如在讲授微生物代谢调节的基本理论后, 提出在实际生产中, 如何通过遗传学手段来提高硫酸新霉素菌株的产物产量? 在介绍极端环境微生物的结构和生长特点时, 让学生思考极端微生物在科研和应用领域的作用。通过启发式教学, 学生理解知识更加透彻和全面, 同时提高学生的分析和解决问题的能力。(3) 分组讨论法。在教学过程中, 首先由教师提出问题, 让学生课下查阅、归纳文献资料, 撰写报告, 在课堂中进行分组讨论, 由教师进行最终的补充解答和评价, 培养学生表达沟通能

力。将教师的科研课题引入到教学课堂中,而课题大多来源于地方企业在生产中的技术难题,比如“安琪酵母的核型鉴定”、“高产硫酸新霉素的菌种选育”、“酿酒酵母和管囊酵母的原生质体融合”、“耐高温酿酒酵母的选育”等,有意识地培养学生的创新意识。针对微生物学专题,比如海洋微生物、极端微生物等热点领域,选择 2-4 学时让学生组团,在图书馆科技资源库查阅相关微生物的发展前言,进行专题汇报和讨论,培养学生的团队意识,整体意识协调和沟通能力。增强学生学习的主动性,发挥学生的创造性,锻炼学生为解决实际问题的搜集资料和解决问题的能力,同时培养学生的团队精神、表达和协作能力等。

(4) 比较归纳法。在讲述完一章或某一部分的理论知识的基础上,为了使學生更加深入理解和记忆,同时培养学生的自学能力、思维能力和表达能力,由教师引导学生进行比较和归纳。例如提出“分别举例说明细菌、放线菌、酵母菌、真菌和噬菌体的繁殖方式”、“举例说明自然界中微生物的互生、共生、竞争、拮抗和寄生的关系”、“微生物吸收营养的方式”和“实际生产中常用的灭菌方法及原理”等,在教学过程中不仅要求总结归纳,还要求学生在课堂上通过列表等形式表达,通过知识的横向比较和列表格的形式表达,达到掌握知识和培养综合能力的目的。

在化工原理、发酵工程和生物工程设备等课程的教学过程中,积极使用案例式教学方法,将一些工程实例引入课堂,增强学生的工程意识。通过专题讨论,培养学生的成本与效率意识、整体和全局意识等工程素质。比如在化工原理教学中,举例要将长江的水引入新厂区,我们应该如何做?这个问题涉及很多的流体力学知识。管径、流速、管长、弯头如何选择?需不需要装流量测量装置,如需要装在何位置、选多大功率的泵、安装有何要求?这些问题如果学生搞清楚了,流

体流动和流体输送两章的内容也就掌握了。输送水的量也就是生产用水量是确定的,要算管径,就必须知道流速,但流速需要直径来确定,直径大,流速就小,到底如何来确定管径,工程观点要求就是要通过经济核算。选择一个流速,就可确定一个管径,然后根据流动规律算出阻力,根据市场得到钢材的价格,算出操作费用和设备费用,当操作费用和设备费用之和最小时的流速就是经济流速,工程观点和成本意识的培养贯穿于化工原理所有单元操作中,因此在教学过程中,通过收集各种工程项目和科研课题,采用案例式教学方法,可以培养学生的创新意识和工程观念。又比如在发酵工程教学中,举例安琪大型企业的发酵罐在选用新型搅拌桨在达到同样混合效果的情况下,搅拌电机功率由原来的 3 000 kW 降为 200 kW,从而为企业节省了生产成本;东阳光集团生产红霉素使用的放线菌,是好氧型的,其反应速率与溶液中氧的浓度直接相关,然而,氧却是一种难溶气体,在常压和 25 °C 时,氧在纯水中的溶解度只有 0.25 mol/m³,在培养基中的溶解度则更小。而工业发酵常用的微生物呼吸速率(干细胞)为 0.3 kg (O₂)/(h·kg)。针对这个供氧矛盾,给学生列举工程案例,利用化工原理传质理论分析强化氧气传递方法。从如何提高液膜中氧的传质推动力和传质系数两方面进行着手:

(1) 提高液膜中氧的传质推动力。如通过调节氧贮罐压强,提高操作条件下的平衡氧浓度 C_A^* ,从而提高传质推动力,达到增加氧的传递速度的目的。(2) 提高传质系数,也就是提高体积溶氧系数。在保证不损伤菌种生长的前提下,适当提高搅拌器的搅拌速度,降低物料温度,提高液相的湍动程度,从而有效地降低吸收阻力,提高传质系数,增加氧的传递速度。通过这些教学,将专业知识、能力和素质的培养可以融为一体,实现工程素质的培养和强化。

2.4 新的评价体系的建立

为了体现以工程素质培养为导向的课程教学, 必须改变传统以考试成绩为唯一指标的评价体系。工程素质中五种能力和五种意识的体现, 需要平时通过学生对工程问题的学习效果来反映, 因此考核体系中要增加对学生平时学习的考察权重。这些素质要通过课堂讨论、大作业的情况来确定。平时成绩分别在题目中综合体现上述素质因子的得分情况。因此每次的讨论和作业就是老师评价学生工程素质好坏的依据, 而考试成绩则用于了解学生对基础知识的掌握情况。所以对于微生物学、生物化学和化工原理等基础课程, 按照平时 40%、考试 60% 进行评价; 而对发酵工程、生物工程设备等课程则改为素质权重 60%, 基础知识 40%; 生物工厂设计课程的成绩则是根据学生平时成绩(占 20%)、设计成果(占 60%)以及答辩情况(占 20%)做出综合评定。

3 核心课程教学改革的成效

通过近 10 年的改革与实践, 形成了以工程素质的培养为目标, 以“注重知识、能力和素质协调发展”为课程评价要求的生物工程专业人才培养的核心课程改革思路和实践模式, 在三峡大学获得了教学成果一等奖。2009 年作为湖北省品牌专业进行重点建设, 获得 2011 年湖北省教育厅高等教育试点项目“战略型新兴生物产业人才培养试点”。

在改革实践中学生和企业是最大收益者。学生对工程学习的兴趣大大增强, 工程实践能力大大提高, 得到了生物企业的高度评价。同时也缩短了学生毕业后在企业的成长时间, 学生毕业后在企业成才了, 企业的发展也得到了保障。就安琪集团而言, 有 1/3 左右技术人员是三峡大学生物工程专业毕业的, 而且 50% 以上都成长为中层技术干部; 东阳光集团的三峡大学毕业生在工艺

改进方面表现出很强的创新能力。2004 年生物工程专业毕业的宋鲁宁及其团队的“红霉素提取总收率的提升”项目获 2009 年度东阳光科技进步奖; 三峡大学毕业的鄢飞及其团队的“福多司坦合成新工艺及中试放大生产工艺的改进”项目获 2009 年度东阳光科技进步奖。

4 总结

生物工程学科是以生物、化学和工程学科为基础的, 利用微生物或酶生产人类所需要的各种产品的一门工程学科, 是生物技术产业化的桥梁学科。生物产业的发展需要生物工程学科的发展作支撑, 生物工程专业的人才质量是生物技术产业化的关键, 人才质量中工程素质的培养在战略型新兴生物产业的发展中至关重要。因此, 通过我们的改革与实践, 我们认为依托产学研基地培养“双师型”教师、以工程素质培养为导向整合教学内容、改革教学方法, 可以极大地推动生物工程专业的发展。紧密围绕生物工程人才的五种能力和五种工程意识开展核心课程的教学改革, 着力培养具有良好工程素质的应用型生物工程人才, 将对本科院校在生物产业经济的人才培养和社会服务等方面发挥重要的支撑作用。

参考文献

- [1] 栗桂娇, 杨洋, 阎欲晓, 等. 改革生物工程实验教学体系, 培养学生工程素质[J]. 广西大学学报: 哲学社会科学版, 2005, 27(S1): 110-112.
- [2] 刘建党, 杨淑慎, 秦宝福, 等. 农林院校生物工程专业学生工程素质的培养—以西北农林科技大学为例[J]. 安徽农业科学, 2008, 36(2): 778-779.
- [3] 曾东方, 孙炜, 王存文. 试论生物工艺学的教学枢纽[J]. 科技创新导报, 2011(19): 146-148.

- [4] 江珩, 陈守文, 喻子牛. 以微生物学为特色的生物工程实验教学改革[J]. 微生物学通报, 2006, 33(2): 172-174.
- [5] 龚大春, 龚美珍, 李万钧, 等. 生物工程专业应用型人才工程素质培育模式的研究与实践[J]. 高等教育研究与实践, 2011, (10): 230-233.
- [6] (美)克劳雷. 重新认识工程教育: 国际 CDIO 培养模式与方法[M]. 顾佩华, 沈民奋, 陆小华, 译. 北京: 高等教育出版社, 2009.
- [7] 王远山, 胡忠策, 徐建妙, 等. 生物工程设备精品课程建设实践与探索[J]. 微生物学通报, 2008, 35(11): 1817-1820.

征 稿 简 则

1 刊物简介与栏目设置

《微生物学通报》是由中国科学院微生物研究所和中国微生物学会主办的, 以微生物学应用基础研究及技术创新与应用为主的综合性学术期刊。刊登内容包括: 工业微生物学、海洋微生物学、环境微生物学、基础微生物学、农业微生物学、食品微生物学、兽医微生物学、药物微生物学、医学微生物学、病毒学、酶工程、发酵工程、代谢工程等领域最新研究成果, 产业化新技术和新进展, 以及微生物学教学研究和改革等。设置的栏目有: 研究报告、专论与综述、生物实验室、高校教改纵横、名课讲堂、教学与科研成果展示、显微世界、专题专栏、专家论坛、书讯、会讯等。

2 投稿方式

投稿时请登录我刊主页 <http://journals.im.ac.cn/wwxtbcn>, 点击作者投稿区, 第一次投稿请先注册, 获得用户名和密码, 然后依照提示提交稿件, 详见主页“投稿、征稿须知”。

作者必须在网站投.doc 格式的电子稿, 图与文字编好页码、图号后合成一个文件上传。凡不符合(投稿须知)要求的文稿, 本部恕不受理。

3 写作要求

来稿要求论点明确, 数据可靠, 简明通顺, 重点突出。

3.1 图表

文中的图表须清晰简明, 文字叙述应避免与图表重复。所有小图的宽度应小于 8 cm (占半栏), 大图的宽度应小于 17 cm (通栏)。

3.2 参考文献及脚注

参考文献按文内引用的先后顺序排序编码, 未公开发表的资料请勿引用。我刊的参考文献需要注明著者(文献作者不超过 3 人时全部列出, 多于 3 人时列出前 3 人, 后加“等”或“et al.”, 作者姓前、名后, 名字之间用逗号隔开)、文献名、刊名、年卷期及页码。国外期刊名可以缩写, 但必须标准, 不加缩写点, 不用斜体。参考文献数量不限。

参考文献格式举例:

- 期刊: [1] 刘杰, 成子强, 史宣玲. SARS 冠状病毒 *nsp14* 基因的克隆和表达[J]. 微生物学通报, 2007, 34(2): 1-3.
- [2] Kajiura H, Mori K, Tobimatsu T, et al. Characterization and mechanism of action of a reactivating factor for adenosylcobalamin-dependent glycerol dehydratase[J]. Journal of Biological Chemistry, 2001, 276(39): 36514-36519.
- 图书: [3] 钱存柔, 黄仪秀. 微生物实验教程[M]. 北京: 北京大学出版社, 2000: 4.
- [4] 董志扬, 张树政, 方宣钧, 等. 海藻的生物合成及抗逆机理//华珞等. 核农学进展[M]. 北京: 中国农业出版社, 1996: 115-120.

脚注(正文首页下方):

基金项目: 基金项目(No.)

*通讯作者: Tel: ; Fax: ; E-mail:

收稿日期: 2013-00-00; 接受日期: 2013-00-00

(下转 p.1843)