

· 高校生物学教学 ·

## 新工科背景下生物工程五层次实践教学体系的构建

冯远航, 陈涛, 财音青格乐, 张传波, 卢文玉

天津大学 化工学院, 天津 300350

冯远航, 陈涛, 财音青格乐, 等. 新工科背景下生物工程五层次实践教学体系的构建. 生物工程学报, 2020, 36(5): 1012–1016.  
Feng YH, Chen T, Caiyin QGL, et al. Construction of five-level practical teaching system for bioengineering under Emerging Engineering Education background. Chin J Biotech, 2020, 36(5): 1012–1016.

**摘要:** 强化实践教学, 提升创新能力是新工科建设的关键任务之一。文中结合天津大学化工学院生物工程专业培养方案的修订内容, 不断改进实践教学体系和课程内容, 建立了基础实验、综合实验、课程设计、科研实践、实习实训等五层次的教学改革体系, 为培养具有实践能力和创新精神的卓越创新人才, 提出了创新的教学改革模式, 为新工科建设提出了新的设想和新的方案。

**关键词:** 新工科, 生物工程, 实践教学体系

## Construction of five-level practical teaching system for bioengineering under Emerging Engineering Education background

Yuanhang Feng, Tao Chen, Qinggele Caiyin, Chuanbo Zhang, and Wenyu Lu

School of Chemical Engineering and Technology, Tianjin University, Tianjin 300350, China

**Abstract:** Strengthening practical teaching, together with improving innovation ability is one of the key tasks of Emerging Engineering Education. This paper is based on the revision of the training program of bioengineering in School of Chemical Engineering and Technology, Tianjin University, improved the practical teaching system and curriculum content, built a five-level teaching system for basic experiment, comprehensive experiment, course design, scientific research and practical training. In order to cultivate outstanding innovative talents with practical ability and innovative spirit, innovative teaching reform mode is proposed. Furthermore the new thought and new schemes for Emerging Engineering Education are put forward.

**Keywords:** Emerging Engineering Education, bioengineering, practical teaching system

2017年, 教育部提出: 为深化工程教育改革, 推进新工科的教育和发展<sup>[1]</sup>。在加快建设和发展新工科的“复旦共识”后, 天津大学提出了“天大行动”, 重点把握学与教、实践与创新创业、本土化

**Received:** January 7, 2020; **Accepted:** March 16, 2020

**Supported by:** Tianjin University Emerging Engineering Education and Teaching Reform Project.

**Corresponding author:** Wenyu Lu. Tel: +86-22-85356523; E-mail: wenyulu@tju.edu.cn

天津大学新工科教育教学改革项目资助。

与国际化 3 个任务,努力在推动协同育人、人才培养与国家需求相适应、让工程教育回归工程方面有所突破<sup>[2]</sup>。

在“新工科”中,“新”包含新兴、新型和新生,其中“新型”是指对传统的、现有的(旧)学科进行转型、改造和升级,包括对内涵的拓展、培养目标和标准的转变或提高、培养模式的改革和创新等,而形成的新学科<sup>[3]</sup>。

生物工程专业作为新型工科,如何继承与创新,面对新理念、新要求、新途径,值得我们思考。2019 年生物工程专业通过了国家工程教育专业认证,在教学理念、知识体系、人才培养方面都有所改革和提高,增强了毕业生的工程实践能力。增强实践和创新创业能力是新工科建设的关键任务之一,生物工程专业注重延展实践育人平台,强化教学实验、科学实践、实习实训,构建合理的实践教学体系,保障培养实践和创新创业能力。

新工科实践教学内容体现了创新人才培养模式,不仅开设专业理论课程牢固基础,还遵循实践教学体系构建原则<sup>[4]</sup>。构建基础实验、综合实验、课程设计、科研实践、实习实训等五层次教学体系,将实验教学、课程设计、国际科技竞赛、大学生创新创业训练、企业教学基地实习、校企联合的毕业论文等内容相融合,搭建创新创业实践平台<sup>[5]</sup>,一方面培养学生的创新能力与意识,同时也鼓励专业教师、企业导师投身其中,将科学研究与创新实践相结合,培养具有实践能力和创新精神的卓越人才。推进“产-学-研融合”、“国内-国际培养融合”、“教-研-学融合”,将实验教学及科研实验、课程设计、实习实训和创新创业形成一个整体。

## 1 构建实验教学体系,夯实实践基础

### 1.1 改进基础验证类实验课堂组织模式,培养良好科研习惯

按照理论知识同实验教学实践紧密结合的原则,从生物工程人才培养的系统性出发,以毕业要求达成作为目标,科学系统地设置了适应学科发展的

实验教学体系,形成一个有机整体<sup>[6]</sup>。

化学类基础实验在大一、大二学年开设,均为二人一组,使学生掌握化学实验方法的基本操作技能,深入理解化学有关的基本理论,通过实践操作、数据记录、计算和书写实验报告等环节,培养学生化学实验基本技能和严谨认真的科研态度,使学生在学习生物知识前打牢化学知识基础,理解生命过程中的化学问题,为解决生命过程的复杂工程问题奠定化学基础。

生物类基础实验教学注重良好科研习惯的培养,如生物化学实验的实验数据结果必须经任课或实验教师签字确认无数据修改,让学生明白原始数据的重要性,培养实事求是的科研态度。将启发式教学、反转课堂引入基础实验教学,提高学生的参与度和学习兴趣,如微生物学实验尝试让学生自己分离土壤菌株,在一系列的验证实验中同步鉴定,最终确认菌株基本情况。建立课程微信群,学生把观察的实验结果拍照上传,教师对其结果点评指导,同时方便学生交流讨论<sup>[7]</sup>。

### 1.2 综合设计类实验加强科研教学转化,促进“教-研-学融合”

化工技术基础实验的实验设备全部由教师依托科研项目自主开发完成,内容包括化工安全知识、实验数据处理方法、正交实验设计等基础知识,流体流动过程、传热、精馏、吸收、萃取、干燥等综合实验,使学生意识到理论与化工过程实践之间的联系和区别,在实践过程中意识到不断学习的必要性,从而具有自主学习和终身学习的意识。

基因工程技术实验课程中“基因敲除实验”项目由任课教师的 973 项目“生物基材料生物合成新途径的设计与组装”转化而来,教师在科研工作中紧跟专业的最新研究进展,将其引入到实验教学内容中,使课堂教学的内容更具有前沿性。

生物工程专业实验为生产模拟综合性实验,培养学生自行设计实验方案、按照生产工艺路线安装

和连接实验装置、数据处理、实验结果分析等方面的技能,是对所学知识的总结提升,其中基因重组大肠杆菌发酵生产绿色荧光蛋白的实验由任课教师的科研课题转化而来,实验条件成熟,可重复性强,实验效果良好。

将科研成果与本科实验教学相结合,将国际前沿科技进展及时有效地融入到本科实验教学中,为学生展现最新研究理念和科研成果,使学生的前沿知识水平和科研创新能力大幅提高。

## 2 强化课程设计,培养工程管理能力

《化工传质与分离过程课程设计》是在学生具备了“高等数学”、“物理化学”、“计算技术”、“化工流体流动与传热”、“化工原理”等课程的基础知识后的一次综合性、实践性教学环节。本课程要求

学生选择“蒸发”、“精馏”、“吸收”、“干燥”、“结晶”任一过程,针对任务完成相应的工艺流程设计、非定型设备的设计和定型设备的选型。学生通过此课程设计学习,能够设计满足特定需求的单元,并能够在设计环节中体现创新意识,考虑社会、健康、安全、法律、文化以及环境等因素。将生物工程与化学工程等内容交叉融合,拓宽培养目标,强化工程能力的培养,让工程教育回归工程。

《专业课程设计》以生物反应工程为基础,通过运用生物工艺学的方法,进行生化反应过程的工程分析与开发,进而实现生化反应器的设计、放大和操作规范设定。围绕设计内容进行团队合作,大家互相讨论,互相解答困惑,让知识点更加印象深刻,提供设计效率。通过本课程的学习,培养了学生分析和解决复杂工程问题的能力。

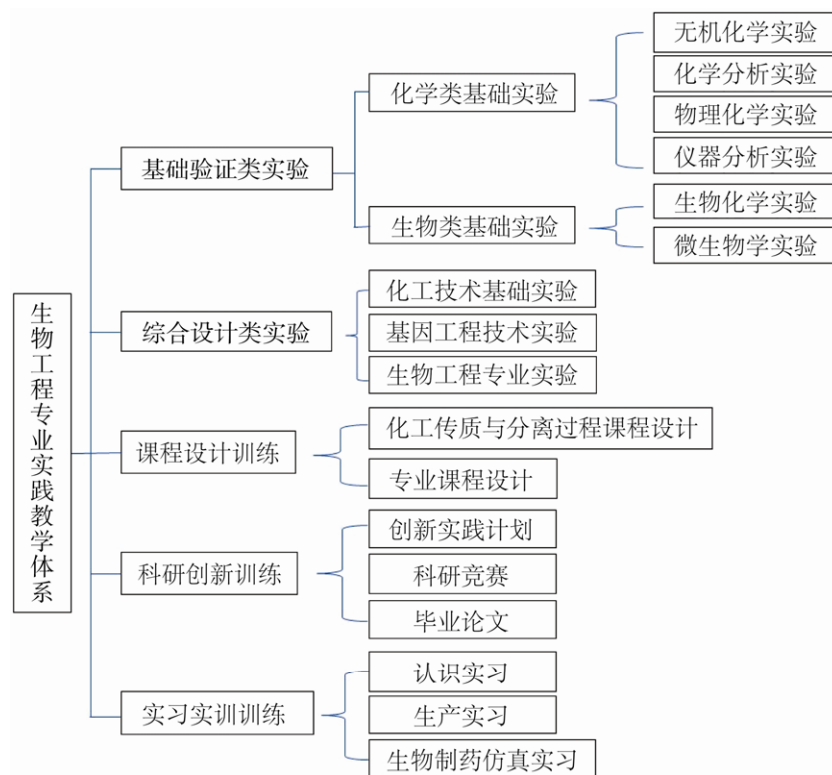


图 1 生物工程专业五层次实践教学体系

Fig. 1 Five-level practical teaching system of bioengineering.

### 3 搭建科研实践平台, 训练前沿科研创新能力

生物工程专业建有系统生物工程教育部重点实验室、天津市生物与制药工程重点实验室等, 这些重点实验室面向生物工程专业本科生开放。学生在大学生创新创业项目、iGEM、BioMod 等国际高水平竞赛、毕业论文、毕业设计阶段可进入实验室参与课题学习, 为本科生的培养提供强有力的支撑平台。丰富了学生海外学术交流经历, 拓展学生全球视野。

推行暑期弹性学习, 大学生创新创业项目、iGEM 和 BioMod 国际竞赛以项目为纽带, 实施全程导师制, 实行研究兴趣小组学习计划、轮值组长制, 本科生直接参与国家重大重点前沿科研项目。项目实施阶段, 以学术卓越为导向, 通过头脑风暴、团队合作、项目实践, 使学有余力的学生从大二开始接受科研训练, 有利于贯通本、硕、博学习<sup>[8]</sup>。学生的学术素养和创造力、组织协调力、领导力得到大幅提高。

本专业毕业论文针对生物工程领域的科学与技术问题, 结合科研和实际需求, 选取生物分离工程、系统与合成生物学、生物医药、纳米材料、代谢工程、蛋白质工程、发酵工程、现代中药等方向课题供本科生选择, 使本科生能够参与到各种科研项目中, 以实际问题推动学习进程, 使学生能够运用所学知识解决相关实际问题, 掌握查阅文献、实验设计、数据处理、结果分析等能力, 全面提高其科研综合素质。

### 4 建设实习实训基地, 强化工程实践能力

本专业的实习实训包括认识实习、生产实习和生物制药仿真实习。

认识实习内容包括两部分。一是在校内的认识实习基地参观, 包括各种常用化工设备如各种塔器、换热器、泵、风机的实物和模型, 合成氨现场流程模拟等, 增加同学对各种单元设备的认

识。二是在校外实习基地现场参观, 学生在教师和工程技术人员的带领下, 参观生产流程, 增加对生产过程的认识, 为即将学习的化工原理课程和其他学科基础课的学习奠定感性基础, 实践证明效果很好。

生产实习包括在生产现场进行现场实习并撰写实习报告。内容包括了解企业基本情况、熟悉生产工艺流程、工艺控制方案、各种安全管理制度、进行主要设备的工艺计算、查定和工艺设计、带控制点生产工艺流程图的绘制、对改进生产的看法等, 使学生将理论知识联系实际生产, 培养分析和解决复杂工程问题的能力。

生物制药仿真实习主要利用“青霉素生产工艺仿真软件”进行训练, 内容包括工艺流程介绍、主要操作参数的说明和控制系统说明, 使学生掌握间歇反应的基本原理和操作流程, 熟练进行开、停车。掌握间歇反应系统的各个控制点, 根据实际情况能熟练进行生产的控制调节, 能迅速辨别并解决系统设定的事故。

依托学校优质教学科研资源, 协同校外企业实践中心等资源, 建立基于系统与合成生物学、新生物医药、新型环境生物技术、清洁生物能源等新工科不同研究方向的校企联合实践基地 5 个。基地每年接待本科生 50 余人, 解决了学生的企业实习空间。实习、实践内容丰富, 企业管理规范, 取得了良好的实习、实践效果。

通过与校内外企业合作共建实习和实训基地, 本专业在教学过程中为全部学生提供了参与工程实践的平台, 部分学生能够到科研实训基地做毕业设计, 实行双导师制<sup>[9]</sup>, 强化企业导师从课程学习到毕业答辩的全程参与, 使学生得到充分的工程锻炼。

### 5 结语

天津大学生物工程专业作为首批进入卓越工程师培养计划的专业<sup>[10]</sup>, 长期致力于以提升学生

的创新精神和实践能力为目标的工程教育改革。新工科时代对培养学生的实践创新创业能力提出了更高要求,生物工程专业在实践教学进程中,完善了培养方案,进行了课程体系调整,设置多层次实践教学体系,加强校企联合,使培养的学生更适应时代需求。

教学改革是一项长期的、与时俱进的工作,天津大学生物工程专业将继续进行实践教学改革,探索新工科时代卓越人才的培养模式,服务生物产业的创新发展和转型升级。

## REFERENCES

- [1] 教育部高等教育司关于开展新工科研究与实践的通知(高教司函[2017]6号)[EB/OL]. [2020-03-16]. [http://www.moe.gov.cn/s78/A08/A08\\_gggs/A08\\_sjhj/201702/t20170223\\_297158.html](http://www.moe.gov.cn/s78/A08/A08_gggs/A08_sjhj/201702/t20170223_297158.html).
- [2] Zhong DH. Connotations and actions for establishing the emerging engineering education. *Res Higher Educat Eng*, 2017, (3): 1–6 (in Chinese). 钟登华. 新工科建设的内涵与行动. *高等工程教育研究*, 2017, (3): 1–6.
- [3] Lin J. The construction of China's new engineering disciplines for the future. *Tsinghua J Ed*, 2017, 38(2): 26–35 (in Chinese). 林健. 面向未来的中国新工科建设. *清华大学教育研究*, 2017, 38(2): 26–35.
- [4] Xia CQ, Liu YJ. Exploration and research on innovative talent training mode under the background of new engineering. *Exp Sci Technol*, 2019, 17(5): 64–67 (in Chinese). 夏春琴, 刘芫健. 新工科背景下创新人才培养模式的探索与研究. *实验科学与技术*, 2019, 17(5): 64–67.
- [5] Ge F, Tao YG, Zhu LB, et al. Research on the practical teaching system of ability of innovation and entrepreneurship in engineering colleges—a case study of bioengineering major. *J Biol*, 2018, 35(2): 113–115 (in Chinese). 葛飞, 陶玉贵, 朱龙宝等. 工科院校创新创业人才培养实践教学体系探究—以生物工程专业为例. *生物学杂志*, 2018, 35(2): 113–115.
- [6] Wei BY, Gao GF, Lin WH. Initial study on experimental teaching system reform of bioengineering. *Exp Sci Technol*, 2008, 6(6): 85–86, 93 (in Chinese). 魏宝阳, 高国赋, 蔺万煌. 生物工程专业实验教学体系改革初探. *实验科学与技术*, 2008, 6(6): 85–86, 93.
- [7] Feng YH, Zhu Y, Wang ZW. Reformation of microbiology experimental teaching to motivate the students' innovation potential. *J Microbiol*, 2018, 38(3): 122–125 (in Chinese). 冯远航, 朱勇, 王智文. 改革微生物学实验教学, 激发学生创新潜力. *微生物学杂志*, 2018, 38(3): 122–125.
- [8] Hu YH. Application of undergraduate practice teaching system and relation to the graduates' cultivating mode. *Higher Ed Chem Eng*, 2018, 35(1): 57–61 (in Chinese). 胡永红. 本科生实践教学体系的应用及与研究生培养模式的对接. *化工高等教育*, 2018, 35(1): 57–61.
- [9] Fan HM, Zhou Y. Improving engineers' ability by strengthening university-industry collaboration—the practice and reflection of “a plan for education and training outstanding engineer”. *Higher Ed Chem Eng*, 2018, 35(1): 22–27, 71 (in Chinese). 范惠明, 周匀. 通过校企合作加强工程师能力培养——“卓越计划”的实践与反思. *化工高等教育*, 2018, 35(1): 22–27, 71.
- [10] 教育部办公厅关于公布卓越工程师教育培养计划2011年学科专业名单的通知, (教高厅函[2011]40号)[EB/OL]. [2020-03-16]. <http://old.moe.gov.cn/publicfiles/business/htmlfiles/moe/s245/201108/123071.html>.

(本文责编 郝丽芳)