

## 基于CDIO理念的生物工程人才培养模式探索

冀颐之, 赵有玺, 赵伟, 龚平<sup>(✉)</sup>

北京联合大学生物化学工程学院, 北京, 100023

**摘要:** CDIO工程教育模式以产品研发到运行的生命周期为载体, 让学生以主动的、实践的、课程之间有机联系的方式学习工程。为培养高素质的生物工程人才, 以CDIO理念为指导, 本文提出了全新的“1+2+3+4”的生物工程人才培养模式, 并结合实践从培养目标、培养体系、教学模式、评价指标四个方面探讨了改革策略, 为生物工程类专业创新人才的培养提供新思路。

**关键词:** 生物工程, CDIO, 工程教育, 人才培养

## Training Mode for Bioengineering Talents Based on CDIO

Ji Yi-zhi, ZHAO You-xi, ZHAO Wei, GONG Ping<sup>(✉)</sup>

College of Biochemical Engineering, Beijing Union University, Beijing 100023, China

随着生物工程的迅猛发展, 我国已成为世界上最大的生物技术产品消费市场之一。目前我国从事生物技术研究的人数为1.7万, 从事生产和经营的人数为0.9万, 仅是美国生物技术产业人数的1/4<sup>[1]</sup>。无论是生物技术的研究人员, 还是生物工程产品的开发人才都严重不足。一方面, 市场急需高素质的生物工程人才; 而另一方面, 我国高校生物工程专业应届毕业生就业困难已成为不争的事实。面对矛盾, 如何改革高等学校的教育体制, 培养符合企业需求的生物工程人才, 是一个必须深思的问题。

CDIO工程教育模式是近年来国际工程教育改革的最新成果, 它是由美国麻省理工学院等四所大学组成的工程教育改革研究团队提出、并持续发展和倡导的一种全新的教育模式<sup>[2]</sup>。CDIO代表构思(Conceive)、设计(Design)、实现(Implement)和运作(Operate), 它倡导工程教育应该以项目的CDIO全过程为载体, 将实践与课程有机地联系在一起, 通过项

目的研发过程, 使学生掌握工程基础知识, 提高个人能力、人际团队能力和工程系统的适应与调控能力<sup>[3]</sup>。

为适应新形势下对生物工程人才的需求, 加强学生工程能力和创新能力的培养, 北京联合大学生物化学工程学院生物工程专业依据CDIO工程教育理念, 结合北京生物产业布局、发展现状及我校师生特点, 进行了生物工程专业工程人才培养模式的有益探索。

### 1 基于CDIO理念的培养模式

基于CDIO理念, 本专业构建了全新的“1+2+3+4”的生物工程人才培养模式(图1)。其中“1+2+3+4”代表1个培养目标、2套培养体系、3种教学模式、4个评价指标。该培养模式以培养具备较强实践、创新能力及良好团队协作精神的生物工程人才为目标, 课内课外两套培养体系为支撑, “理论教学案例化”、“实践教学产品化”、“自主研习项目化”三套教学模式为手段进行应用性工程人才培养, 并从学生基础知识、个人能力及态度、团队协作及交流、产品系统构建四个方面评价教学效果。此模式强调了人

才的工程能力、创新能力和团队能力，更好地契合了社会对工程人才的需求。

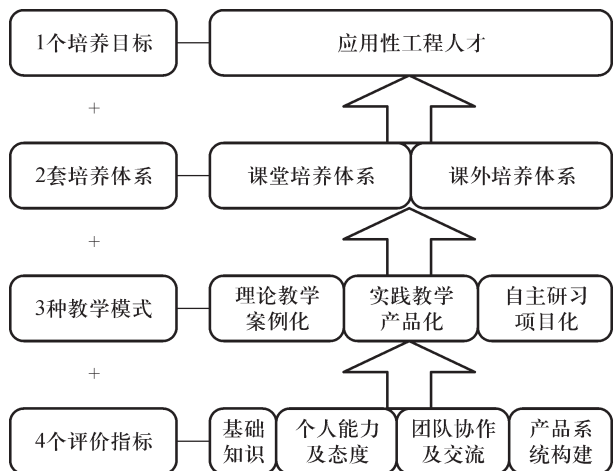


图1 “1+2+3+4” 的生物工程人才培养模式

## 2 生物工程本科教育培养目标

我专业以“应用为本”的办学方针为指导，根据21世纪对人才能力需求的转变，依据CDIO教育理念，将生物工程专业的本科教育培养目标确定为：本专业培养面向首都生物医药产业发展需要，具有健全的人格、正确的世界观、人生观和价值观，具备良好的人文社科基础知识和人文修养，具备扎实的生物工程和生物医药基本知识、掌握生物医药及其产业化的科学原理、工艺技术过程和工程设计等基础理论和技能，能在生物医药产业领域，从事设计、生产、管理和新技术研究、新产品开发工作的，具有团队合作精神、创新创业精神和社会责任感，具有较强的适应能力和可持续发展能力的高素质应用性生物工程人才。此目标符合CDIO培养大纲中对工程人才所提出的要求。

## 3 课内、外培养体系

依据CDIO理念，我专业有针对性地构建了课内课外两套培养体系。课堂培养体系主要指课程教学，是教学计划的具体体现，它对学生素质、知识结构、知识储备的深度和广度起决定作用<sup>[4]</sup>，具体可划分为理论课程体系和实践课程体系，是进行CDIO工程人才培养的主干体系。课外培养体系是课程教学的延伸，是以学生为主导者，在课外完成的相关专业及素质训练。它是基于学生的兴趣，以项目化的方式展开的，是CDIO培养不可或缺的部分。

### 3.1 “宽口径、柔性化”理论课程体系

学院以拓宽专业口径、着眼学生柔性化培养为出发点，按照学科融合和交叉的思想确定了基于CDIO工程教育理念的理论课程体系。在课程设置方面，设法打破传统理论课程体系建设中存在的知识面狭窄、不同专业间缺乏有效沟通的壁垒，进行了专业间的交叉与渗透；在课程设计上充分体现工程特色，不断优化教学内容，将新知识、新理论和新技术及时补充到教学中；同时以主干课程为基础，形成课程群。课程群内进行教学内容的统一规划，减少了不必要的交叉重叠，在有限课时中最大限度的拓展了课程空间，有利于学生综合素质的培养。

### 3.2 “四层次”实践课程体系

实践教学是生物工程CDIO工程教育的重要组成部分，在构建实践教学体系中，我专业以各门实践课程的技术和方法内在联系为切入点，统筹设置，精选内容，构建了“启蒙—基础—提高—创新”四层次的模块化实践教学体系。

图2中所示四个不同层次实践教学所发挥的作用是不同的：第一层次为通识课程实验，通过实验，让学生了解科学研究的发展过程，掌握实验设计的一般思路和方法，体会实验、实践对于科学发展的重要推动作用，从而激发学生的对于实践的兴趣；第二层次为专业基础实验，此层次的构建旨在培养学生掌握一定的专业技术手段，并初步学习运用专业知识解决实际问题；第三层次是专业综合实验，它由若干个同一专业课程内的技术手段构成，是学生从基础到综合的提高教育阶段；第四层次为系统综合实验，实验设计充

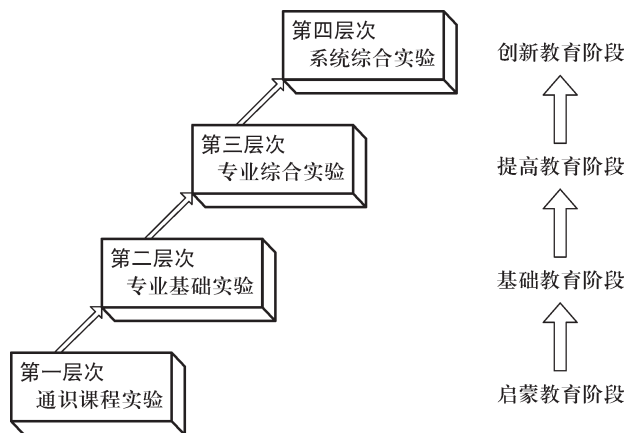


图2 “四层次” 模块化实践教学体系

分体现不同专业课程知识的交叉与渗透，是实践教学的创新教育阶段，主要培养学生融合多门专业课程知识、自主思考并进行创新性研究的能力。例如，本专业所开设的生物工程综合实验，此课程的设计思路是以一个生物产品为主线，在教师的指导下，学生综合利用多种原理与技术方法来设计实验，独立的完成实验，并对实验结果进行分析和总结。这就让学生自主的将分属于微生物学、分子生物学、生物工艺学、生物分离工程及生化产品分析等课程的各种单元操作实验有机的整合到同一实验中，以实现对学生的系统性、综合性训练。

### 3.3 自主研习课外培养体系

科技进步需要年轻一代的自觉参与才能得以繁荣，大学必须给年轻的学生以更多参与的机会<sup>[5]</sup>。通过课外自主研习完成综合素质的进一步提升，是CDIO理念中培养学生工程能力、创新能力和团队协作能力的关键环节。

本专业结合导师制的实施、科研专题项目和学科竞赛活动，针对本科生低、中、高年级学生建立内容丰富的多层次自主研习课外培养体系，并取得了良好的教学成果。自主研习课外培养体系可分为三个阶段：第一阶段，主要进行基础知识的学习，了解研究过程的基本原则和方法；第二阶段，进入科研团队跟随高年级学生从事项目研究，提高其科研基本技能；第三阶段，学生在初步掌握了一定的科研方法和技能的基础上通过课题申报立项的形式，开展自主研习，培养全面的项目研发、实施能力及团队协作能力。

## 4 工程化教学模式

培养体系在教育过程中的实现需要有合适的教学模式相对应，为此，依据CDIO理念，根据生物工程专业特点，专业教师探索了“理论教学案例化”、“实践教学产品化”、“自主研习项目化”三套工程化创新教学模式，使CDIO理念在培养体系的具体建设和实施中更具可操作性，使学生知识、能力、素质协调发展。

“理论教学案例化”是将情景教学引入课堂，并贯穿“启发式、讨论式、参与式、辩论式”等教学方法，将知识重点和难点的学习融入到相关案例中。如“生物工艺学”课程中，教师结合多年的科研经

历，在知识点的讲解中穿插了抗生素、重组蛋白、工业酶制剂等案例，通过具体生物工程产品解释和分析了相关的基础原理、技术手段和研发策略。开阔学生知识面的同时，理论与实践相结合，培养了学生运用所学知识解决实际问题的能力。

“实践教学产品化”是将实践课程中若干知识点串在一起，构建以“产品为主线”的实践训练内容。整个实验以某一生物工程产品为目标，过程由涵盖生物工程上、中、下游的若干技术单元组成，通过工程化训练，培养学生产品系统构建能力。例如，利用基因工程菌发酵生产聚羟基脂肪酸酯综合性实验，从菌种活化、工程菌构建、发酵培养到产品的分离提取检测，各个技术环节均由学生自己动手完成。实验过程涉及多门专业课程的技术手段，通过系统化整合，很好的培养了学生综合运用知识的能力。同时为加强实践教学中的“工程化”训练，学校投入1000多万元建设了符合GMP标准的实习车间。在GMP实习车间，学生可以学习到从原料处理到产品包装的全部生产流程，并掌握常见的工业设备的操作，熟悉GMP相关的管理规定。

“自主研习项目化”是鼓励学生基于兴趣，以项目构思、设计、实现、运作的CDIO工程教育模式，自主进行科研活动。例如参与挑战杯竞赛活动，学生以生物工程产品为主导，通过项目化的运作，实现产品的商业价值。整个过程贯穿团队精神及多学科的合作，而这恰恰是CDIO的工程教学理念中所提倡的在基础知识、个人能力、团队能力和系统调控能力四个层面上综合培养的教学模式。

## 5 依据CDIO培养质量的评价体系

生物工程专业基于CDIO培养大纲构建的评价体系是从基础知识、个人能力及态度、团队协作及交流、产品系统构建4个方面展开的。本专业制订了多元化的评价指标和标准，并将评价机制贯穿整个学习过程中。基础知识评价包含对基础科学理论、核心工程知识掌握程度的度量，其评价过程融入平时的理论实践教学工作中；个人能力及态度，着重指实践和创新能力以及职业道德，则主要通过综合实践和自主研习环节考核。实践能力重点考核学生在实践中是否具有发现问题、提出问题、运用知识解决问题、对实践过程系统归纳总结的能力。创新能力则主要衡量学生的工

程分析、推理和创造性设计的能力；团队协作及交流和产品系统构建的能力并不能简单依靠传统“重结果”的考核方式，需记录在产品构思、设计、实施和运行的整个过程中团队所进行的交流、分工、协调、合作的具体内容，形成对团队协作和产品构建能力的评价素材，再用以多尺度的方式进行考核。在考核指标上要重视项目设计的创新性、可操作性以及项目过程的合理性。

如在“科研实习”中，摒弃传统的只注重实习结果和报告，兼顾学生考勤和操作的考核方式，建立了“多尺度的科研实习考核方式”。此课程的成绩包括期末成绩和平时成绩。平时成绩除结合考勤之外，还重点考核资料收集、实验设计、实验安排、团队协作、实验操作、数据记录等；期末成绩部分则包括实习报告和实习汇报两部分。实习报告要求以学术论文的形式呈现，其中研究进展的综述、实验数据的处理、实验现象的分析、实验结果的讨论以及实验汇报中团队的沟通表达能力都是考核的重点内容。在多尺度的考核方式下，学生对科研实习的重视程度增加了，相比以往，能更加积极主动的参与实验准备，在科研活动中也更注重独立思考及实践能力、创新意识的提高。

## 6 结语

CDIO工程教育模式作为世界先进的工程教育理念，已在国内外工程领域人才培养中取得了良好的效果。在生物工程人才的培养中引入CDIO理念，对传统培养模式进行改革符合时代发展的要求。有道是“教学有法 教无定法”，在构建生物工程CDIO工程人才培养模式时，唯有针对区域特点、专业特色，勇于改革创新，才能探索出更加适合于区域经济建设特色人才培养模式。

## 参考文献

- [1] 符晓棠, 张海泉, 尚文学. 提高生物技术专业大学生就业率分析与思考 [J]. 沈阳农业大学学报(社会科学版), 2006, 8(3): 516-518.
- [2] 龚剑, 袁胡骏, 张润梅. 基于CDIO的大学生创新能力培养CISP模式构建 [J]. 研究生教育研究, 2012, 2: 54-56.
- [3] 王金娥. 基于兴趣和自主的CDIO教学模式研究 [J]. 现代教育科学, 2012, 1: 89-91.
- [4] 朱振洪, 马重阳, 余勤, 等. 高等中医院校生物工程专业创新型人才培养模式的探索 [J]. 中国中医药现代远程教育, 2011, 9(1): 21-22.
- [5] 叶伟萍, 向本琼, 王英典. 美国一流大学生物学本科专业设置的启示 [J]. 高校生物教学研究(电子版), 2011, 1(1): 57-61.

(责编 高新景)