

# 强化学术研究和创新能力的代谢工程 课程教学模式研究和实践

钟莉 邱乐泉 吴石金 钟卫鸿\* 李烜桢

(浙江工业大学 生物与环境工程学院 浙江 杭州 310032)

**摘要:** 针对培养研究生科学研究能力与创新能力, 探讨了研究生课程“代谢工程”教学模式的改革和实践。从建设“在线更新和主动展现”课件形式实现对课程教学内容及时更新, 创设对课程核心内容进行主题讲授和模拟国际学术会议模式进行课堂研讨会(Seminar)的教学模式, 以及实施以笔试加综合能力考核的考核方法等, 以强化研究生科学研究和创新能力的培养。

**关键词:** 研究生, 代谢工程, 教学模式, 学术研究, 创新能力

## Teaching reform of Metabolic Engineering course for improving the academic research and innovating ability of graduate students

ZHONG Li QIU Le-Quan WU Shi-Jin ZHONG Wei-Hong\* LI Xuan-Zhen

(College of Biological and Environmental Engineering, Zhejiang University of Technology,  
Hangzhou, Zhejiang 310032, China)

**Abstract:** Focusing on the training on the graduate students' academic and innovating ability, a reforming practice on teaching model in the course Metabolic Engineering was discussed. Firstly, the course contents renewing was conducted via a PPT renewing on line and real time in the class. Secondly, a class teaching model, lectures on core contents by teachers plus a se-

基金项目: 浙江工业大学研究生教学改革重点项目(No. 2008-2010)

\*通讯作者: Tel: 86-571-88320739; 信箱: whzhong@zjut.edu.cn

收稿日期: 2012-01-14; 接受日期: 2012-04-16

ries of seminars simulating international conference by students, was constructed. Finally, a comprehensive test method, exam on theory plus evaluation of student's comprehensive ability, was implemented. All the above practices are helpful to enhance academic and innovating ability of the graduate students.

**Keywords:** Graduate students, Metabolic Engineering, Teaching model, Academic research ability, Innovating ability

学术研究能力的培养是对学术型研究生教育的基本要求<sup>[1]</sup>。研究生教育必须主动适应和促进社会的发展、学科的发展和人的发展<sup>[2]</sup>。我国目前倡导的创新型国家、创新型社会建设也要求培养具有更高研究能力和创新能力的学术型人才。因此,改革传统的研究生培养和教学模式,适应时代发展趋势,强调促进创新性科学研究和技术开发人才的培养,提高毕业生的社会适应能力和就业竞争能力是当前研究生教学改革的主要任务。

目前我国全日制硕士研究生要用 1/4 到 1/3 的时间进行理论课的学习。如何充分利用课堂教学时间,使学生在掌握基础理论知识的同时,潜移默化地培养研究生的科学研究能力与创新思维和习惯,是研究生导师和课程教学教师目前面临和亟待展开的研究课题之一。另外,研究生课程教学(尤其专业课)中不同程度地存在教学内容陈旧或与本科阶段学习课程和内容的重复,甚至同专业内不同课程之间教学内容的重叠等问题,影响研究生的学习兴趣和教师教学效果,如何从课程设置、教学内容的及时更新和新教学模式探索(教学内容的重组、教学方式的变化和考核方式的改进)等方面来解决前述问题,也是亟需研究的课题。基于此现状,我们以“代谢工程”课程为案例,展开相关的教学改革内容的研究和实践,强化研究生学术能力和创新能力的培养。

## 1 以在线更新和主动展现形式实现教学内容更新

“代谢工程”是我校生化与分子生物学专业以

及微生物学、发酵工程和生物化工专业研究生的专业选修课。“代谢工程”是应用重组 DNA 技术和分子生物学相关的遗传学手段进行有精确目标的基因操作,有目的地对细胞代谢途径进行修饰,提高目的代谢活性的一个崭新科学领域。该课程的特点是教学内容多、信息量大、与科研联系紧密、知识更新快。笔者总结近 5 年“代谢工程”教学实践过程出现的一些问题,在该课程教学过程中进行了强化研究生科学研究和创新能力的培养方案研究和实践。

首先,提出并建设了“在线更新和主动展现”的教学课件。课件结合该课程相关科研成果和进展,插入国内外权威期刊以及国内外重要数据库的在线链接,实现了对教学课件内容的及时更新。如在代谢工程课程教学中联网展示的内容有:(1) 国际著名的试剂供应商公司 Sigma-Aldrich 网站([www.sigma-alderich.com](http://www.sigma-alderich.com))有关代谢工程研究相关科研支持和试剂产品的服务,有助于学生掌握在学位论文研究工作中如何利用网络数据资源寻找试验所需材料与方法;(2) 关于代谢工程研究的成果数据共享网站,如:美国明尼苏达大学关于生物催化与生物降解研究成果数据网站(<http://www.labmed.umn.edu>);有助于学生掌握了解国际上某一方向代谢工程的研究进展情况和未来提交和展示自己研究成果的平台方法;(3) 本课程相关的高影响国际英文杂志的在线介绍:如代谢工程杂志(Metabolic Engineering, IF>5)的在线介绍和浏览,展示给学生当前代谢工程相关研究的发展方向和研究进展。这些在线教学内容和

形式的使用,使得学生有了亲临本课程相关研究领域感受,有助于学生掌握本研究领域最新进展和知识更新的实际能力。

## 2 创设课程核心内容主题讲授和课堂研讨会教学模式

目前研究生课程的授课形式大多仍为单一的灌输式教学,老师讲授知识,学生单向式接受,这种教学方式下绝大多数学生习惯于接受、理解、掌握现有的知识,极少参与课堂讨论,不利于培养研究生独立思考、主动探索的科研精神。

我们在“代谢工程”的教学中注重研讨式教学<sup>[3]</sup>,创设了课程核心内容主题讲授和课堂研讨会教学模式。具体是将本课程分为两个阶段,第一阶段为课程核心内容主题讲授,由主讲教师按照代谢工程课程的核心内容进行讲授,同时提出相关专题供学生课后准备,对学生准备过程随时进行指导;第二阶段为课堂专题研讨会,根据学生选择的专题或文献,由学生以专题综述和最新精品文献选读(表1)两种形式进行。专题和最新精品文献的选择均要求学生首先利用“Web of knowledge”网站进行搜索或直接选择“Metabolic Engineering”杂志的文献,选读或综述的文献需是(含)当年发表的文献,以保证学生的后续报告内容代表国际最新的研究进展。学生需在课外进行文献查找和翻译、小组讨论和调研等方式撰写专题报告或读书报告,制作PPT。第二阶段课堂主要模拟国际学术会议的模式进行课堂研讨会(Seminar),要求学生在课堂上对所阅读的文献进行报告,引导学生积极提问交流,要求学生课后撰写读书报告,并鼓励他们发表相关论文。这种研讨式教学方式使学生能够主动对学术问题进行探究,有助于学生掌握最新知识以及理论知识

的实际应用,同时有助于提高学生外文文献的翻译和科研工作能力。课堂研讨会(Seminar)重视同学的参与性,每个学生必须参与向报告人(假设报告人就是论文作者)提出有见地的问题、质疑或建议,要求提问者必须模拟学术会议的模式,如:我是……专业……,请问你在研究……过程中,有没有考虑……?该问题可能决定了你的研究结果的准确性。报告人如果没有认真研读和掌握文献的思想,可能很难回答。一问一答中师生一起体会了该文献的科研思路和逻辑脉理,也可能发现其存在的缺陷甚至是致命错误。诸如此类问题的答辩过程,对学生也是宝贵的经验,有助于他们在学位论文研究中学习和采用相似的方法和思路或避免类似问题的发生。学生通过阅读文献和课堂讨论可以真正领会论文作者的科研思路和研究方法,并间接体验了论文作者创造科研成果的乐趣,提高了学生对科学研究的兴趣,有助于培养学生学术能力和创新能力及积极探索的科研精神。

“在线更新和主动展现”的教学课件也对同学演示了最新文献和最新成果的检索和利用,有利于学生课后的文献选读和读书报告的撰写。此外,建设和完善网络辅助教学和交流平台,促进师生互动教学,也是一种非常有效的模式。作者主要借助课程组一直建设和维护的本科生精品课程“基因工程技术”辅助教学网站(<http://210.32.200.206/gene>)的互动平台留言版,进行课外师生交流、信息公告、学生精品文献的提交和确认等。该形式已经在4届学生中实施,教师可以在线审查学生计划选择的国外最新文献,是否符合要求,及时提出更改意见,并且在进行正式口头报告(Oral presentation)前,允许学生根据自己在文献翻译和PPT准备过程发现的问题进行选读文献更换。

表 1 部分研究生选读精品文献  
Table 1 Selected literatures of graduate students

年级, 专业 Grade, Major	选读的精品文献 Selected literatures
2009 级, 微生物学 Grade 2009, Microbiology	Hofmann G, Diano A, Nielsen J. Recombinant bacterial hemoglobin alters metabolism of <i>Aspergillus niger</i> . Metabolic Engineering, 2009, 11: 8–12
2009 级, 生化与分子生物学 Grade 2009, Biochemistry & Molecular Biology	Wong W, Liao J. Microbial maximal specific growth rate as a square-root function of biomass yield and two kinetic parameters. Metabolic Engineering, 2009, 11: 409–414
2007 级, 生物化工 Grade 2007, Biochemical industry	Xie X, Wong WW, Tang Y. Improving simvastatin bioconversion in <i>Escherichia coli</i> by deletion of bioH. Metabolic Engineering, 2007, 9: 379–386
2007 级, 生化与分子生物学 Grade 2007, Biochemistry & Molecular Biology	Cordier H, Mendes F, Vasconcelos I, et al. A metabolic and genomic study of engineered <i>Saccharomyces cerevisiae</i> strains for high glycerol production. Metabolic Engineering, 2007, 9: 364–378
2010 级, 生物化工 Grade 2010, Biochemical Engineering	MicroRNA-33 encoded by an intron of sterol regulatory element-binding protein 2 (Srebp2) regulates HDL <i>in vivo</i> . PNAS, 2010, 107: 17321–17326
2010 级, 生物化工 Grade 2010, Biochemical Engineering	Reetz M, et al, Iterative saturation mutagenesis accelerates laboratory evolution of enzyme stereoselectivity: rigorous comparison with traditional methods. JACS, 2010, 132: 9144–9152
2011 级, 生化与分子生物学 Grade 2011, Biochemistry & Molecular Biology	Kang Z, Wang Y, Gu PF, et al. Engineering <i>Escherichia coli</i> for efficient production of 5-aminolevulinic acid from glucose. Metabolic Engineering, 2011, 13: 492–498
2011 级, 生物化工 Grade 2011, Biochemical Engineering	Dmytruk K, et al. Metabolic engineering and classic selection of the yeast <i>Candida famata</i> ( <i>Candidaflareri</i> ) for construction of strains with enhanced riboflavin production. Metabolic Engineering, 2011,13: 82–88

3 实施以笔试加综合能力考核的考核方法

研究生课程考核成绩是衡量研究生教学效果的核心指标，也是培养质量的重要标志<sup>[4]</sup>，但是不同的考核方法对学习的促进作用不尽相同。课程组已经在 5 届学生的“代谢工程”课程实施了笔试加综合能力的新考核方法。其中笔试占总成绩的 60%；综合能力考核中，文献的解读和理解能力、表达能力和 PPT 制作水平和课堂研讨会 (Seminar) 的问题能力分别占总成绩的 20%。由于研究生生源的多样性和理论基础的差异，需要对课程的基本理论知识安排综合笔试(无论最终采用闭卷还是开卷)，笔试也是促使研究生认真对待课程学习的一个督促手段。而对文献选读及其口头报告(Oral presentation)的考核则有助于督促学生对该环节的重视和综合能力培养，尤其对听

者的提问能力考核是促进课堂研讨会(Seminar)效果的重要手段。教师在课堂研讨环节中，需首先告知同学考核要求，包括该部分成绩在总成绩中的比重，考核内容和权重。并在整个研讨环节注重鼓励和督促学生多提问题，提好问题。同时要记录学生提问发言的次数和问题的水平，作为成绩评定依据。

这样的考核方式毫无疑问增加了任课教师的工作量，但是能让学生有更多的收获，使学生在进入学位论文实验研究阶段形成正确的科研习惯和科研思路，并能有助于学生了解论文发表的要求，学习到正确的论文写作方法。总之，这种考核模式已经收到了良好的教学效果。

4 讨论

上述教学模式改革，经历 4 年多的实践，在教与学两个方面均有较好的促进作用。对教师而

言,很好地将科学研究倡导的良好行为和习惯,掺揉进了课程教学中。在组织最新精品文献课堂研讨的过程中,教师也能更广地了解代谢工程领域的研究进展,有助于教师自身的科研和教学水平提升。对学生而言,该教学模式提高了学生的学习参与度和综合效果,尤其对提高学生科研创新能力的培养确有帮助,收到了较好的教学效果。学生的学习效果主要通过对学生跟踪和研究生导师的评价来评估。抽样调查结果显示选修本课程的同学普遍比其他同学(未选修本课程或未经类似教学模式)能更快地进入科研工作角色,表现出熟练的文献检索和阅读理解能力,研究中发现问题解决的能力也较强,能提出一些创

新性的研究内容和方法,对实验结果的整理和分析能力也较强。部分同学的科研实验结果也能按照国际论文格式整理成文,在国际刊物发表(表 2)。

本项目研究碰到的主要问题是由于教室安排的困难或网络故障,课件网站的实时在线连接(与相关国内外权威期刊的在线链接以及国内外重要数据库的在线关联和使用实现实时更新)有时会无法实施,这种情况需要教师通过最新网站截屏来替代在线连接。另外,由于学生的生源多样性,其学科知识背景和基础及外语水平参差不齐,对部分同学来说,采用本文教学模式有难度,该问题可以通过分层次教学,即考虑个体的特点进行差异化教学来解决。

表 2 课程部分硕士生文献综述和 SCI 论文发表情况(不完全统计)	
Table 2 Selected publications by the students of this class	
年级, 姓名, 专业 Grade, Name, Major	发表论文 Selected publications
2006 级, 方建军, 微生物学 Grade 2006, Jianjun Fang, Microbiology	方建军, 汪新, 钟卫鸿. 鸟氨酸的代谢工程研究进展. 食品研究与开发, 2009, 29(11): 182-185
2007 级, 李焱生, 生化与分子生物学 Grade 2007, Yansheng Li, Biochemistry & Molecular Biology	李焱生, 方建军, 钟卫鸿. 微生物高产辅酶 Q <sub>10</sub> 的研究进展. 生物技术通报, 2009(2): 59-62
2006 级, 方建军, 微生物学 Grade 2006, Jianjun Fang, Microbiology	Zhong WH, Fang JJ, Liu HG, et al. Enhanced production of CoQ <sub>10</sub> by newly isolated <i>Sphingomonas</i> sp. ZUTE03 with a coupled fermentation-extraction process. Journal of Industrial Microbiology Biotechnology, 2009, 36: 687-693
2007 级, 朱晨静, 生化与分子生物学 Grade 2007, Chenjing Zhu, Biochemistry & Molecular Biology	Zhong WH, Zhu CJ, Shu M, et al. Nicotine degradation by newly isolated <i>Pseudomonas</i> sp. ZUTSKD in the reconstituted tobacco process from tobacco wastes. Bio-resource Technology, 2010, 101: 6935-6941
2008 级, 王伟健, 生化与分子生物学 Grade 2008, Weijian Wang, Biochemistry & Molecular Biology	Zhong WH, Wang WJ, Kong ZY, et al. CoQ <sub>10</sub> production directly from precursors by free and gel entrapped <i>Sphingomonas</i> sp. ZUTE03 in a water-organic solvent, two-phase conversion system. Applied Microbiology Biotechnology, 2011, 89: 293-302

参 考 文 献

[1] 于忠海, 赵玮芳. 研究生课程“研究性”弱化归因及其改进理念和策略[J]. 学位与研究生教育, 2011(4): 34-38.

[2] 睦依凡. 研究生教育的基本规律研究[J]. 南昌大

学学报: 社会科学版, 1999, 30(1): 115-123.

[3] 徐清, 喻萍, 刘天宁. 将研讨式教学方法带进研究生课堂教学[J]. 昆明大学学报, 2006, 17(4): 67-68.

[4] 邢晋渝. 研究生课程考核成绩评估方案[J]. 科技、人才、市场, 2001(4): 34-35.