

[编者按]

“十二五”期间,在教育部、财政部启动实施的“高等学校本科教学质量与教学改革工程”的支持以及教育部印发的《教育部关于国家精品开放课程建设的实施意见》(教高[2011]8号)等一系列文件的指导下,“国家精品开放课程建设与共享”项目大力开展,并得到了全国各高等院校积极响应,在原精品课程的基础上转型升级,建设成果卓著,社会反映良好,并在爱课程网(www.icourses.cn)上集中展示。本刊自本期起将在“专题”栏目陆续刊出文章,介绍有关高校的建设理念、成果和经验,以推动高校优质课程资源的共建共享,促进教学模式与教学方法的改革。

## 开放课程背景下的微生物发酵工程教学方法与教学模式改革

宋存江<sup>(✉)</sup>, 王淑芳, 李国强, 马挺, 蔡峻, 邓飞, 杨超

南开大学生命科学学院, 天津, 300071

**摘要:** 本文从学科特点、开放课程特点和培养目标三方面论述了开放课程背景下微生物发酵工程教学方法与教学模式改革的必要性和可行性;介绍了笔者在国家精品课程中教学方法与模式改革的探索与实践。

**关键词:** 微生物发酵工程, 教学改革, 开放课程

## Reform of Microbial Fermentation Engineering under the Background of Open Courses

SONG Cun-jiang<sup>(✉)</sup>, WANG Shu-fang, Li Guo-qiang, MA Ting, CAI Jun, DENG Fei, YANG Chao

College of Life Sciences, Nankai University, Tianjing 300071, China

开放课程是由名校提供的免费开放的、数字化的、高质量的教学资源,这些资源包括课程计划、专题内容和评估工具,授课教师将这些资源整合成一门课程并发布。任何人可以在任何时间与地点通过网络获取学习资源,以满足自我提升的需求。开放课程的内容,以不同的形式呈现给学习者,如视频、文本等。其中,开放的视频与课件是开放课程的主要呈现形式,同时,也是广大学习者利用开放教育资源学习的主要形式。开放课程最早起源于英国,为英国远距离教学,该方式教学可追溯至1969年英国成立的开放大学。BBC电视台于上世纪90年代开播开放大学节目。随着数字电

视和网络技术的日新月异,远距离教学的理念和实践发生了重大变化。特别是始于2006年的英国“开放学习”计划,基于资源共享原则,利用网络无远近、交叉串连的功能,在开放大学团队的主导下,通过电脑虚拟空间营造网络公开课程。我国也已有两批次精品课程资源共享课程上线。因此,针对具有实验性质的理科课程,开展在开放课程背景下的教学方法与教学模式改革具有重要的意义。

### 1 开放课程背景下教学方法与教学模式改革的必要性

首先,我们从发酵工程的学科特点说起,“一条主线,两大主题,三大基础,四项工程和五种方

式”构成了发酵工程教学内容。一条主线：菌种/细胞—发酵—分离纯化—产物。两大主题：以微生物菌种和动植物细胞的分子改造与构建为代表的生物学主题，以发酵工艺设计与中试放大为代表的涉及发酵反应器和发酵动力学的工程学主题。三大基础：发酵过程的过量生产、生物反应质能平衡和发酵中氧气的溶解、传递与测定以及对发酵过程的影响。四项工程：灭菌工程、空气除菌工程、发酵控制工程和产物分离工程。五种方式：分批发酵与补料分批发酵、连续发酵、高密度发酵、工程菌株发酵和现代固态发酵五种方式。随着计算机信息技术、生物技术和机械制造技术的不断发展，发酵工程各部分内容都不断出现新的研究成果。因此，教学内容的及时更新应是非常必要的。

其次，从开放课程的特点谈起，由于开放课程授课方式的改变，大量描述性的教学内容时间可以省去。因此，无论对于开放课程的整合者，还是开放课程的使用者，教学模式的改革都是必不可少的。

最后，从培养目标分析，“微生物发酵工程”课程被列为生物技术专业本科生的专业必修课；列为生物科学专业本科生的专业选修课。而生物技术专业定位在“偏工的理科”，即以理为主、以工为辅、理工复合型，培养目标为应用型人才。通过四年的本科教育，学生毕业后应服务于国家，对社会具有高度责任心和过硬的社会竞争力。生物科学专业定位在“理科”，培养目标为研究型人才。生物科学专业、生物技术专业和生命科学与技术人才培养基地专业素质的要求是：较系统地掌握微生物发酵工程和生物遗传工程为特色的现代生物学技术，接受良好的科学研究及科学思维方法的训练，掌握生物技术，理论联系实际，具有勇于创新的科学精神；能从事教学、科研、技术开发和技术管理工作。因此，为了适应人才培养目标和专业特点，充分调动学生学习本门课的主观能动性必须进行教学方法和教学模式的改革。

## 2 开放课程背景下教学方法与教学模式改革的探索与实践

南开大学“微生物发酵工程”课程2010年被列入国家精品课程。在教学实践与探索中，课程组逐步建立和完善了行之有效的教学模式和教学方法。

### 2.1 在充分利用基本资源基础上，利用拓展资源，更新和完善教学内容，保证教学内容的科学性、新颖性和先进性

南开大学微生物发酵工程课程网基本资源内容包括：各章的教学要求、重点难点、教学设计、评价考核、教材内容和知识点注释，还包括课程各章全部录像和课件PPT以及作业和答案等。拓展资源内容包括：①天津市14家大专院校和科研院所拥有的4500株微生物菌种资源信息的检索系统。②教学案例库：反映微生物发酵工程研究新成果的教学案例100篇，包括学术论文原文PDF文件和中文PPT介绍。③课程组与本课相关的教学论文10篇。④6个相关专题讲座课件。⑤课程组老师的中英文科研论文40篇。⑥课程组老师与微生物发酵工程相关的授权专利20余项。⑦22本微生物发酵工程重要的参考书目封面、主编和出版社信息等。⑧课程组老师撰写或翻译的9篇重要参考资料。⑨发酵罐荟萃：不同种类发酵罐的照片展示。⑩学术天地：重要文献杂志、文献检索和科研立项机构的网络链接等。⑪试题库：收集单项和多项选择填空、名词解释、简答题和论述题共计540余道题。

在教学实践中，描述性的教学内容可以让学生通过观看录像，进行自学。教师在课堂上仅就知识和关键内容予以介绍。这样，就为引用新的教学案例和新的科研成果节约出了课堂时间。笔者对部分章节进行的尝试获得了令人满意的效果。

### 2.2 开展案例教学，增加教学实例

案例教学是以近年学术刊物上发表的微生物发酵工程相关SCI收录论文作为教学案例，将教学班分为5~8个学习小组，每名学生利用业余时间，至少参与两篇论文的学习和翻译。通过学习小组内的内部交流，达到对于两篇论文中所涉及的知识点的融会贯通。每个学习小组推举1人参加全班的报告交流。这样一个学期下来，对于每个学生而言，除了老师课堂上的教学内容之外，至少还学习了10~16篇教学案例(Paper)，大大丰富了教学内容。

课程组关于案例教学的具体做法是：①采用学生自由组合的办法，将教学班分为5~8个学习小组，学生自由结合；②所选论文是经过老师确认与微生物发酵工程教学内容密切相关的研究论文。学生利用课余时间，每组完成两篇论文的学习与翻译；③利用业余时间，学生

在小组内进行充分的交流，每次交流中保证有1名老师或两名相关的研究生参加；④通过交流每个学习小组推举一人参加全班的报告交流，交流报告人以PPT报告论文要点，然后同学提问质疑，开展讨论。

教师在确定案例教学的案例时，有针对性地选择内容，使得微生物发酵工程课程的内涵和外延得到拓展与延伸，使教学内容不仅仅停留在基本理论、基本规律和基本方法的层面，接近十几个微生物发酵工程的案例，将使学生对于所学课程的意义和重要性的认识得到升华。通过案例教学的实践，学生们类似于完成了一次沙盘式的科研或生产。虽然实验或生产不是他们实施的。但是，为了完成案例教学中的五大内容，他们必须就论文的立题、方法建立、实验或生产实施、结果分析和讨论等，有一个全面系统认知，这样也就完成了一次“沙盘式科研或生产”的体验。

案例教学增加了学生之间、学生与教师间的互动。集体交流中其他的小组同学提问，展示汇报组同学齐心协力回答问题。在活跃教学活动的同时，可以培养学生的团队意识和集体荣誉感。总之，案例教学能拓展、延伸课堂理论，充分激发学生的学习热情、对培养高素质生命科学人才具有极大的促进作用。

### 2.3 开展综合性研究型发酵实验，培养学生的综合能力

传统的实验教学模式主要是对理论教学内容的验证实验、对理论教学内容的延伸实验、以及前两者集成的传统意义的综合实验。课程组在教学实践中摒弃了传统的单元实验模式，以课程组老师最新的科研成果为主要教学内容。开设了综合性研究型的发酵实验。整个微生物发酵工程实验课（48课时）由一个综合性研究型实验构成。目前，已开设出两个综合性研究型发酵实验，即：①生物降解材料聚羟基脂肪酸酯（PHA）的微生物制造；②燃料油的微生物脱硫。每年根据实验中心条件和选课人数开设一个。

每个综合性研究型发酵实验都涵盖发酵工程中操作中的菌种分离、菌种分类鉴定、发酵条件优化、发酵工艺控制、固液分离、产物分离和成分分析等内容。使学生通过发酵工程的实验，能对发酵过程中的工程技术问题与生物学基础理论有更深入的认识，并且了解发酵工程工艺控制的特点及其共性。通过反复的应用实践、综合演练，不断强化学生对专业技能的认知。

具体做法上包括：①开课时间：在理论课与实验课

的开设时间上强化了同一学期开设。且实验课的开设晚于理论课。即微生物发酵工程实验课在相同学期的第9周开始。每周两次，集中于两个月完成。②分组实验引入竞争：南开大学微生物发酵工程实验室拥有两台全自动机械搅拌发酵罐和多台可进行瓶式培养的摇床培养箱。为了充分调动学生实验的主观能动性，发酵罐1使用学生自行分离的发酵菌种。为保证整个实验能够得到阳性结果，发酵罐2采用已研究成熟的菌种。实验课初始就明确：哪个小组分离的菌种性能好，发酵罐1就使用哪个小组分离的菌株。因此，学生在实验伊始就被充分调动了积极性。笔者认为，调动学生主观能动性不是一句空话，要求老师确确实实想出办法才行。③实验结果与成绩挂钩：实验的具体发酵装置也采用了两类，即罐式发酵和瓶式发酵。学生各组发酵最终的结果与学生的考核成绩挂钩。分组实施，引入竞争机制是调动学生主观能动性的一个好方法。当然，传统的因人施教也能够起到补充作用。④课程组安排教学实习研究生与本科生一起分组值班，为学生们提供一个极好的交流机会。⑤实验报告：实验伊始言明，综合性研究型微生物发酵工程的全部实验，就写一份实验报告，报告格式为“生物工程学报”论文格式。实验课教师还就实验报告的书写进行专门介绍。实际上实验报告是让学生实际操作一次科技论文的书写，完成实验报告的过程，也是学生第一次练习科技论文写作的过程，这对他们未来从事创新性研究必将产生重要影响。总而言之，学生做一次综合性研究型实验就实际体验了一次完整的科学研究或生产实践的全过程。

微生物发酵工程综合实验有利于学生：①综合实验能力的提高；②意志品质培养；③主动性、能动性的培养；④责任心的培养；⑤创造力的培养；⑥团队合作精神的培养；⑦团结友爱精神的培养。此外，对于提高学生科学研究的基本素养，培养学生的科学态度，养成科学思考的习惯都具有极其重要的作用。

### 2.4 鼓励学生参加自主科学研究实践

至今为止，南开大学为了培养本科生创新和创业能力，在全校范围内实施了“南开大学本科生创新科研计划”，对理科学学生而言包括：①“国家大学生创新性实验计划”项目；②南开大学“百项工程”项目，生命科学学院还设立了“院级百项工程”项目和本科生选修课“科研训练”。大二的本科生们可自由组合，自主立题聘请指导教师，进入指导教师的研究室开展

研究,或以指导教师研究项目的一小部分作为科研项目,开展实验研究,直接参与国家或地方的科研项目或是企事业单位的委托科研项目。对于国家大学生创新性实验计划项目(两年)的申请,建议和引导学生以三年生为负责人,组成研究小组,力求与大四的本科毕业论文相结合,来进行组队和立项。这样,通过系统训练,学生的动手能力和创新意识得到很大提高,还获得了一定的科学研究成果。五年来,南开大学微生物发酵工程课程组,以课程组老师所在的四个研究室为单位,分别指导“国家大学生创新性实验计划”项目三项;指导南开大学“百项工程”创新性实验计划项目八项。指导科研训练学生十余人。惠及本科生总数达70余人。2013年完成“国家大学生创新性实验计划”的同学,以第二作者的身份发表SCI收录论文(IF4.75)一篇,获得南开大学创新科研一等奖。

## 2.5 赴生产实地的实践教学,使学生对理论与实验的认知得到升华

课程组在实践教学大纲中明确规定了学生实践教学的内容。实践教学18课时,赴生产实地3~4家。实践教学的基地包括:石家庄华北制药厂、天津国际生物医药联合研究院、中国科学院天津工业生物技术研究所、天津药业股份有限公司、天津工业微生物研究所、天津怀仁制药有限公司、王朝葡萄酒有限公司、天津纪庄子污水处理厂、天津东丽区污水处理厂、天津新兴兽药厂、天津天士力集团、诺维信生物技术有限公司、中美史克制药有限公司、大冢制药有限公司、华立达制药有限公司等。每到一实习点,均采取集中讲解与现场参观学习相结合的办法。实习单位技术负责人集中介绍本单位发展历程、产品种类和营销规模,生产基地状况,新产品研发项目,以及企业家创业史、技术带头人创新经历,等等。参观时将学生分成3~4组,分别由技术人员带队,边看边讲,随时提问,同学们兴趣颇大,态度认真,有些同学带了笔记本随时记录,有些同学还带了数码照相机和数码摄像机对讲解的内容和重要工艺设备进行记录。实习结束后,每位同学都写出一份教学实习报告,教师根据同学在实习活动中的态度,表现以及实习报告的质量给出成绩。

通过实践教学,同学们普遍感到收获很大,学到了很多课堂上、书本上学不到的东西,也验证了课堂

上所学的理论和知识。更加深入地理解和消化吸收了课堂上所讲的基本理论、基本规律;感知到了基本技能的重要,对于课堂教学,起到了重要的补充作用。正像同学们在实践教学报告中谈到的,在较系统地学习了生物技术理论,并进行了多次各有特色的实习经历后,对生物技术,特别是微生物发酵工艺,这样一个与产业化非常相关的学科有了更深入更形象的了解,发觉了枯燥的理论知识背后有趣的实际生产过程,与车间、设备、产品近距离接触,初步建立起理论知识与生产实际之间的联系。

同学们从所参观、调研和考察企业的创新实践和企业家、技术带头人的成功经历中还得到多方面启示,如:①养成把自己的思想火花随时记录下来的习惯;②塑造富有怀疑精神、求实精神、自信心、好奇心,勤奋刻苦和坚忍不拔的品格;③锤炼从经验、事实、材料中提炼出自己思想的能力;④培育发现问题的能力;⑤抓住一切机会进行创新实践;⑥注重工艺改进,力争精益求精;⑦切忌眼高手低,坚持理论联系实际;等等。由此可见,开设实践教学课程非常必要,这对于同学们思考问题、解决问题能力的培养,起到了重要的作用。

## 3 结语

对于具有实验性质的课程而言,无论授课方式如何改变(投影仪、PPT、视频),无论学生接受方式如何变化(教室听课,利用电脑、iPad和手机),实验和创新能力的培养、实践能力的训练都是非常重要的。另外,调动学生主观能动性,诱导学生强烈的求知欲是每位授课教师都应加以关注的重要方面。诚然,随着科学技术的不断发展,适时补充和更新教学内容也是开放课程背景下的微生物发酵工程教学方法与教学模式改革的重要方面。

## 参考文献

- [1] 乔守怡. 生物专业建设与人才培养现状分析[J]. 高校生物学教学研究(电子版), 2012, 2(3): 3-6.
- [2] 宋存江, 王淑芳, 李国强, 等. 探索微生物发酵工程“三位一体”的教学模式[C] // 高校生命科学教学论坛文集(2009): 21-24.