

DOI: 10.3969/j.issn.1672-8874.2013.04.033

· 教学改革 ·

# 聚焦创新能力培养，探索研究生实验教学改革新模式

雷菁，黄英，李保国

(国防科学技术大学 电子科学与工程学院，湖南 长沙 410073)

**[摘要]** 围绕如何培养研究生的创新能力这一问题展开研究。以通信工程专业研究生实验教学为例，分析了我校工科研究生实验教学模式现状以其对研究生创新能力培养的影响；研究了先进的PBL（基于问题的学习）教学模式；探索了研究生实验教学改革措施，提出了“逐层递进”的系列教学模式，升华了“科研成果进课堂”改革举措。通过两年的研究生实验教学改革试点和跟踪调查，我们进行的教学改革在提升学生学习兴趣，培养创新能力及工程素养方面效果明显。

**[关键词]** 创新能力；基于问题的学习；开放式教学

**[中图分类号]** G642.4 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1672-8874(2013)04-0104-04

## Focusing on the Cultivation of Innovation and Exploring Novel Patterns of Postgraduate Experiment Teaching Reform

LEI Jing, HUANG Ying, LI Baoguo

(Institute of Electronic Science and Engineering, National University of Defense Technology, Changsha 410073, China)

**Abstract:** The research in this paper is based on how to cultivate the innovation of postgraduate. Taking postgraduate experiment teaching of communication engineering as an example, the actuality of experiment teaching pattern and its influence on cultivation of innovation are analysed. PBL (problem-based learning) teaching pattern is researched, and reform measures of postgraduate experiment teaching are explored. The series teaching patterns are proposed, and they are characterized as cultivating innovation step by step. In classroom teaching, research findings are introduced into the experimental content. The teaching reforms have been carried out in postgraduate experiment teaching for two years. And the results of investigation show that the teaching reforms have a great impact on raising the learning interest, cultivating the innovation and engineering ability.

**Key words:** innovation; problem-based learning; open-style teaching

### 一、引言

建设创新型国家需要大量的创新型人才，作为高等教育最高层次的研究生教育，是国家创新体系核心中的关键部分，是整个体系的动力系统。

美国的研究生教育非常注重对学生创新能力的培养，其指导原则可概括为：重视创造和发展科学知识，进行富于想象力的教学和贯彻为社会服务的思想三个方面。而贯穿美国研究生教育的主线，则是强调“以探究精神为核心”，从而培养了大批优秀的创新人才。为了让研究生能够做到理论联系实际，成为全面发展的人才，从一开始就有一个好传统，重视实践课程的教学，强调科研与实践相结合。麻省理工学院（以下简称MIT）非常重视实践课程的教学，从课堂讨论、课程设计和实验课到特殊问题研究训练等课程，都主张教学计划注重实际的原则。通过开展ICP

（企业连接计划：Industrial Connection Program）、VI-A（见习计划：Internship Program）等活动，学校与企业之间建立了良好的合作关系，为硕士的选拔及课题的开展提供了良好的平台。加州理工的IRC（企业关系中心：Industrial Relations Center）也为企业与学生之间架起桥梁，其实施的MURF（大学生研究奖学金计划：Undergraduate Research Fellowships）为有才能的学生利用暑期在校园某个研究实验室工作提供支持，这为增加博士的候选对象打下了良好地基础。这种科研与实践紧密结合的研究生培养制度，是美国研究生教育极为重要的特点和成功的经验，它使美国培养出来的研究生在尖端科学领域里发挥了重大作用<sup>[1-3]</sup>。

我国研究生规模日趋扩大，创新能力的培养已成为研究生教育的重中之重，直接关系到创新型国家建设的步伐。论文围绕研究生创新能力培养展开研究，以我校通信工程专业研究生的培养为例，探索实验教学的改革，研究成果

**[收稿日期]** 2013-03-16

**[基金项目]** 国防科学技术大学“十二五”研究生教育课题（YjsY2012021）

**[作者简介]** 雷菁（1968.2-），女，陕西西安人，国防科学技术大学电子科学与工程学院教研室主任、教授，博士。

将为我国工科类研究生创新能力培养模式提供借鉴。

## 二、我校研究生实验教学模式对创新能力培养的影响分析

我校研究生主要分为两类：专业学位研究生和学历研究生。在2013专业学位研究生培养方案中，就明确了培养的研究生能在国防或国民经济建设的技术发展中善于运用创造性思维，用于开展创新研究、创新试验和创新开发。同样，在2009学历研究生培养方案中，将加强实践能力培养环节，注重研究生综合能力和创新意识的培养作为研究生教育任务的重中之重。

创新能力的培养已经成为研究生教育的核心，而这与实验教学是密不可分的。为保证实验教学的质量，培养方案中大幅提高实验教学比例，增设了一批实验课程和课程实验。同时要求实验教学的学时比例（包括实验课程和课程实验学时）应占15-20%。每个工学一级学科按照学科核心知识，开设若干门高水平的综合性设计性实验课程，由不少于18学时的实验单元或综合实践项目（Project）组成，努力提高研究生综合应用所学知识解决实际问题的能力。

接下来，以通信工程专业研究生实验教学为例，分析我校工科研究生实验教学模式现状，以及它对研究生创新能力培养的影响。

### （一）缺乏循序渐进、分层次培养的模式

大部分研究生在研二就会进入课题组进行课题研究，在课程进行中，实验教学以课程实验和实验课程为主。对于通信工程专业的研究生，在《数字通信》、《信息论与编码》等核心专业课程中均开设了相应的课程实验，占到课程学时的15%以上，并开设《通信技术综合设计》实验课程。这些实验教学的锻炼让学生对基础理论及综合应用打下了坚实的基础。

但是，在进入课题组后，许多导师都反映对学生在自学能力、创新能力、实践能力等方面还欠缺。归结其原因，一是，虽然我校的实验教学及研究生的实践教学搞得有声有色，但那只针对一部分学生，并没有能普遍提高学生的实践能力；二是，缺乏循序渐进、分层次培养的模式。大多数实验开展的模式，是老师命题式，即老师布置实验作业，规定时间完成上交。这就使得出现两种极端现象，实验教学内容太难，一部分基础较弱的同学望尘莫及，便不会亲自体验，当然也得不到提高；如果实验内容太容易，大部分同学花很少的时间就能完成，这也起不到效果。因此，单一的实验教学模式已经不能适应现代研究生的实验教学，对其创新能力的培养起着一定的制约作用。

### （二）偏向研究型，缺乏工程素养的训练

在研究生的实验教学中，大多实验科目以算法研究、仿真分析为主。由于教学平台及教学环境的限制，无法通过实验教学来培养学生的工程素养。这些缺陷不利于学生进入课题组后对工作迅速上手，还得在进入课题组后进行一定时间的训练。因此，缺乏高水平实验平台，严重束缚了工科类研究生工程素养的培训。

### （三）开放式实验教学规模有待进一步加大

现有的实验教学已经有一定程度的开放，但其规模还有待提高。对于研究生来说，个体差异较大，每个人工作时间

不同，实验室开放比例在一定程度上能增强学生参与实验的动力，促进其最大化发挥主观能动性。这也是培养学生创新能力很重要的因素。开放不仅是指时间上的开放，还包括空间上的开放、仪器设备的开放及具有流畅的师生交流平台。这样有利于学生的新思想在第一时间被捕捉。

## 三、教学模式研究与分析

针对我校研究生实验教学模式现状，要想进一步加强研究生创新能力的培养，教学模式的改革势在必行。本节将针对先进的PBL（基于问题的学习；problem-based learning）教学展开研究和分析，为我校研究生教学模式的改革奠定理论基础。

PBL<sup>[2-3]</sup>是当前国际上流行的教学模式，它主要指一种以真实情景中的问题为基础的、以学生为中心的、自我引导的教学方法。PBL旨在通过引导学生解决复杂的、实际的问题，使学习者建构宽厚而灵活的知识基础，发展有效的问题解决技能，发展自主学习和终生学习的技能，成为有效的合作者，并培养学习的内部动机。

### （一）基本特征

基于问题的学习是以信息加工心理学和认知心理学为基础的，属于建构主义学习理论的范畴，是建构主义教学改革设想当中的“一条被广泛采用的核心思路”。此方法与传统以学科为基础的教学法有很大的不同，PBL的特点主要体现在

#### 1. PBL是一种以学习者为中心的教学方式

在PBL中学习者是问题的解决者和意义的建构者，必须赋予他们对于自己学习和教育的责任和培养他们独立自主的精神。教师在PBL中的责任是提供学习材料，引导学生进行学习，监控整个学习过程使计划顺利地进行。

#### 2. PBL是基于真实情景的问题

在PBL中学习是基于散乱的复杂的问题的，这些问题非常接近现实世界或真实情景。在PBL中问题必须对学习有一定的挑战性，能够发展学习者有效的解决问题的技能和高级思维能力。这样就能确保在将来的工作和学习中学习者的能力有效地迁移到实际问题的解决中。

#### 3. PBL是以“问题”为核心的高水平的学习

从心理学的角度来说，问题可分为结构良好领域的问题和结构不良领域的问题。结构良好领域问题的解决过程和答案都是稳定的，结构不良领域的问题则往往没有规则和稳定性。PBL中的问题是属于结构不良领域的问题，不能简单的套用原来的解决方法，要面对新问题，在原有经验的基础上进行中心分析来解决问题。而高水平的学习要求学生把握概念之间的复杂联系并广泛灵活地应用到具体的情景中去。因此，PBL是以“问题”为核心的高水平的学习。

作为一种问题取向的教学思路，PBL与以往的教育理论具有密切的传承关系，包括杜威的“做中学”以及后来的发现学习等。同时，它也与当前的建构主义学习理论有着密切的联系，它在很大程度上体现了建构主义的思想，比如将学习与更大的任务或问题挂钩；使学习者投入到问题中；设计真实性任务；鼓励自主探究；激发和支持学习者的高水平思维；鼓励争论；鼓励对学习内容和过程的反思等。与“做中学”及发现学习相比，PBL有一些新的特

点,比如,它强调以问题解决为中心、多种学习途径相整合,而不只是纯粹的探索和发现,同时它强调学习者之间的交流合作,强调外部支持与引导在探索学习中的作用等。

## (二) 基本步骤

PBL 教学模式以问题为核心,以“提出问题——分析问题——解决问题”为主线,包括识别问题、澄清问题、发掘问题、自我学习、新知识评价、思考与反馈等基本步骤。其结构关系如图 1 所示。

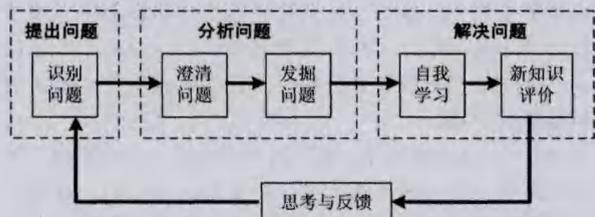


图 1 PBL 教学模式各步骤的关系图

首先,学生了解问题并对问题进行讨论,老师引导学生去正确地识别问题,并且鼓励其去更深入地思考问题。随后,学生总结出自己已有的知识和生活经验,陈述自己对问题的理解,澄清问题中的要素及其含义,并在小组内部来交流对问题的认识。接着,在之前讨论的基础上,学生形成关于问题本质的假设,包括可能的解决方案,并确定出需要进一步发掘的问题。学生在之前的识别问题、澄清问题、发掘问题等三个阶段的基础上,形成自我学习的领域,并充分理解和使用其他小组成员带来的资料,花费大量的时间来研究和学习。在完成上述步骤后,学生开始把这些获得的新知识应用到最初的问题上。问题基本解决之后的一个步骤是每位学生都能对之前的学习过程进行思考和反思,这包括对学习成果的审视,小组成员之间就各自的工作以及小组整个工作过程进行反馈,以及对整个小组的工作情况进行考核。

PBL 教学模式在国内外知名院校都得到了广泛的应用。斯坦福大学土木和环境工程学院于 1993 年成立了 PBL 实验室,旨在促进研究生、本科生以及学院、工业实践者参加到跨学科、跨地域的 PBL 活动的合作中来。该实验室中的 PBL 实践是一个以问题为基础的教学过程,以项目为中心的活动将为顾客提供一项产品。基于项目的 PBL 实践,不仅有利于加强工科专业的交流,对于工科学生跨学科解决问题能力的培养也提供了一个很好的平台。PBL 于 20 世纪 90 年代进入国内,并首先在一批医学院校中被尝试,如哈尔滨医科大学等高校<sup>[4-6]</sup>。而在工科类学校开展大规模 PBL 改革试点的并不多,尤其在研究生教育中。因此,下一节我们将探索 PBL 教学模式在我校研究生实验教学中的应用,也为 PBL 教学模式在我国工科类高校的应用拓宽思路、提供借鉴。

## 四、研究生实验教学改革措施

(一) 针对研究生层次化的实验教学体系,提出了“逐层递进”的系列教学模式

我校通信工程专业研究生在培养过程中,实验教学体系层次化,主要包括课程实验、实验课程、创新设计、课题研究等环节。每个环节对学生能力的培养要求是不同的,因此,单一的教学模式已经不再适应发展的需求。在对现

有优秀教学模式深入研究后,基于本专业的“通信”和“工程”特色,提出了“逐层递进”的系列教学模式(如图 2 所示)。该模式以 PBL 模式为基础,融入基于项目的学习及开放式教学模式,并结合管理、领导等能力的培养,逐层提升通信工程专业研究生创新能力。该系列模式有利于层次化实验教学体系中实现有针对性地人才培养,也为各层实验环节的独立性提供了很好地支持。

在课程实验中,以 PBL 模式为主,根据问题的牵引开展实验。如多载波系统同步问题、信号的检测问题、调制方式的识别问题及信道编码盲识别问题等。这些问题紧密结合现代通信系统,是迫切需要解决的。这些问题的解决,可直接应用于工程实践,也可以此为动力来激励学生攻克难关。

在实验课程中,采用基于项目的 PBL + M (Management) 模式,不仅以问题为牵引,还要加入项目管理的思路和流程,进一步加入管理能力的培养。在我们的《通信技术综合设计》实验课程中,以短波通信非合作接收机设计为课题开展。学生以 4~6 人组成一个项目小组,并设 1~2 名负责人;组长将课题的工作合理分工,每个学生承担一部分工作。课程进行中包含了项目开展的全过程:开题、定期工作汇报和问题探讨、中期及结题答辩。这些项目流程由学生组织开展,教师团队参与指导。

在研究生创新设计中,采用基于项目的 PBL + L (Leadership) 的教学模式。在其中,不仅包含项目的基本流程,还引入了学生领导能力的培养。2012 年,课程组老师指导研究生以“音频传输中基于混合扩频技术的信息隐藏技术研究”为题开展创新设计。4 名学生参与,以如何将信息隐藏于音频中这一问题展开,利用现代通信技术手段,让人们在听音乐的过程中,就能毫无察觉地将信息传输。在设计过程中,完全以学生为主开展,充分发挥了学生的创造力,让他们围绕问题,寻找解决方法;进行大量的方案设计和对比,以最优性能呈现。该过程可以进一步培养学生对前沿技术的敏感,对技术发展方向的正确把握,这是未来科研团队领导者必备的素质。

在课题研究阶段,以开放式实验教学模式为主。实验室将从时间、设备、辅导等各个方面对研究生进行开放。以高水平实验平台及丰富的科研成果转化而来的实验项目作为支撑,进一步拓宽研究生实验教学开放程度。

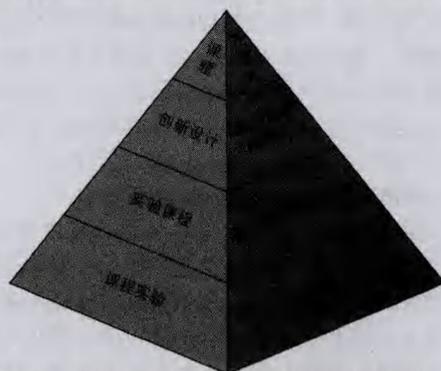


图 2 “逐层递进”的系列教学模式示意图

(二) 加大科研成果转化力度,构建高水平实践平台,丰富实验内容

我校通信工程专业为湖南省特色专业，具有较强的科研优势。进一步加大成果转化力度，丰富实验教学内容，提升实验项目的科技水平，并通过合理手段将其转化为具有高科技水平的实践平台。这为研究生开放式实验教学模式的开展奠定了坚实的基础。

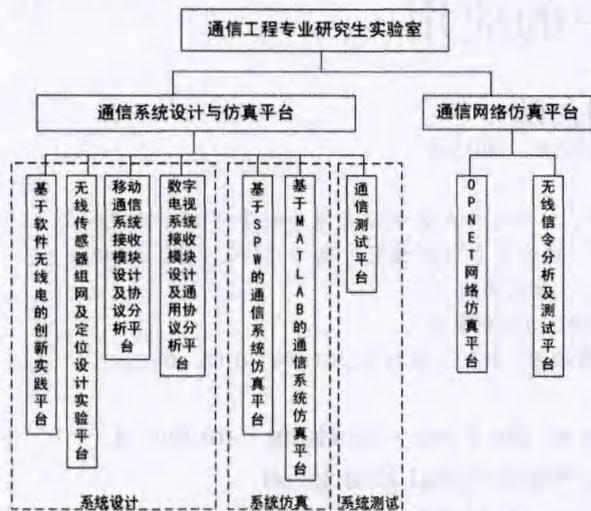


图3 通信工程专业研究生创新实践平台

基于通信工程专业研究生实验室，将科研成果合理转化，构建高水平的实践平台，如图3所示。实验室分成通信系统设计与仿真、通信网络仿真两个大的实践平台。遵循“系统设计——系统仿真——系统测试”的主体思路，通信系统设计与仿真平台又细分为7个小的实践平台。基于软件无线电思想，结合移动通信系统、数字电视系统和无线传感器网等典型系统构成了系统设计平台。基于SPW、MATLAB等重要的通信系统仿真软件构成了系统仿真平台。基于信号源、示波器、频谱分析仪、误码测试仪等设备构成了通信测试平台。另一通信网络仿真平台则包含OPNET网络仿真平台及无线信令分析及测试平台，完成通信网络相关项目的仿真、测试。

科研成果进一步转化为实验科目，为实验教学提供了丰富的素材。研究生通过实验课程所展现出来的创新思维又将指导科研成果的进一步升华，可谓是互惠互利。在有高水平实践平台和与科研紧密联系的实验科目的基础上，学生们在开放式的实验环境中，能很好地选择自己感兴趣的内容，发挥主观能动性，捕捉创新的瞬间。这为研究生创新能力的培养提供了良好地支撑。

## 五、效果分析

在2012~2013两年中，我们对通信工程专业研究生进行了实验教学改革创新试点及跟踪调查，具体情况分析如下。

我们在课程实验、实验课程、创新设计及课题研究等实验环节中实施了“逐层递进”系列教学模式改革，收到了良好地效果。95%的学生能找到适合自己的实验类型和实验项目，并遵照教学模式要求全力以赴地开展实验。循序渐进、因材施教的教学模式很好地提高了学生参与实验的兴趣，高水平的实验室开放平台和环境进一步增强了学生的源动力，不断地激发着学生们的潜能。2012年，本专业3名研究生以“音频传输中基于混合扩频技术的信息隐

藏技术研究”为题参加全国研究生电子设计竞赛取得二等奖，这也充分体现了实验教学改革创新的效果。

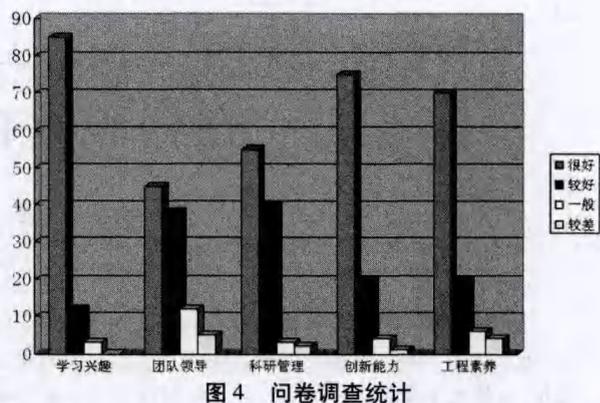


图4 问卷调查统计

同时，我们对两届研究生共计120人进行了调查问卷，针对学习兴趣、团队协作及领导能力、科研管理能力、创新能力及工程素养的培养等各方面进行了评价，具体情况如图4。根据图4，85%的学生具有较高的学习兴趣，75%的学生认为教学模式的改革和教学平台的建设及开放，有效地激发了他们的潜能，很好地提升了自身的创新意识，培养了创新能力。70%的学生通过各层次实验教学的培训，很好地提高了自身的工程素养，为其今后承担工程项目奠定了良好地基础。在团队领导、科研管理两方面，教学试点效果还有待进一步提高。这也是我们在今后改革试点中重点要抓的部分。

## 六、结束语

本文针对如何提高研究生创新能力培养这一重要问题展开研究，以我校通信工程专业研究生为例，分析了研究生实验教学模式现状及其对创新能力培养的影响；研究了先进的PBL教学模式，侧重其基本特征和基本的实施步骤；从教学模式改革、教学平台构建两方面探索了研究生实验教学改革的措施，提出了“逐层递进”的系列教学模式，转化了科研成果进入实验项目及平台。在对实验教学改革创新试点的效果分析中可知，教学改革很大程度上提升了学生学习的兴趣，在创新能力及工程素养培养上也取得了很好地效果。本教学组将持续开展研究生的教学改革试点，不断探索和完善，希望最终形成有效的改革方案，为国内工科类研究生的培养提供借鉴。

## [参考文献]

- [1] 邹晓东,等. 科学与工程教育创新——战略、模式与对策[M]. 北京:科学出版社,2010:157-203.
- [2] 刘清. 基于问题的学习教学研究[D]. 上海师范大学硕士论文,2008:5-8.
- [3] 马真. 美国PBL教学模式及在我国高校研究生教学中的应用研究[D]. 山东师范大学硕士论文,2011:11-24.
- [4] 刘鸿. 我国研究生培养模式研究[M]. 青岛:中国海洋大学出版社,2007:159-176.
- [5] 李福华. 实行开放式研究性教学,培养研究生的实践能力与创新能力[J]. 实验技术与管理,2009,26(5):18-23.
- [6] Edward F. Crawley, Johan Malmqvist, Soren Qstlund, Doris R. Brodeur. Rethinking Engineering Education: The CDIO Approach [M]. 北京:高等教育出版社,2009:229-234.

(责任编辑:胡志刚)