

基于科研训练的本科生创新型人才的培养改革与实践

陈 思,施燕琴,马 猛,吴波震,王 旭*

(浙江工业大学材料科学与工程学院,杭州 310014)

摘要:结合浙江工业大学本科生科研训练的现状,首先论述了目前本科生科研训练存在的问题,并以浙江工业大学材料科学与工程学院为试点,提出了以科研训练课程群建设和活动平台建设为基础,以“导师制”为抓手的多元化的科研训练培养形式。改革与实践的具体内容涉及人才培养过程的优化、实验教学的提升、教学方法的改革以及学生综合素质的全面提高。初步的改革实践成效表明,科研训练实践改革的实施,在提高学生科研素质方面取得了很好的效果。经过3年的探索和实践,我们体会到较早开展科研训练,努力促使科研优势转化为教学优势,可丰富研究型人才的培养内容,对培养和提高学生的科研能力有着重要的意义。

关键词:本科生科研训练; 创新型人才; 改革与实践

科学研究最根本的特征是创新,大学本科教育是创新性人才培养的关键时期,科研训练是推动创新人才成长的驱动力,如何从学生进入大学之初由应试教育过渡到研究性和创新教育,是我国当前大学教育面临的严峻课题^[1,2]。科学研究训练作为教学环节的要求,以往只是在研究生教育的层次上实施。而近年来,本科生的科研训练,在培养研究型人才的实践中,已被国内外一些高水平大学所重视^[3,4]。他们的实践表明,本科生的科研训练是提高大学本科教育教学质量的重要经验之一,是培养具有创新意识和创造能力研究型人才的有效途径。

1 目前本科生科研训练的现状存在问题

结合目前我校的实际情况来看,虽然目前我校推出了许多面向学生、特别是针对本科生的科学研究项目,旨促进本科生创新人才的科研训练,激发并加强学生专业兴趣、提高科研热情,如大学生创新实验计划、挑战杯、运河杯等科研竞赛项目,但从学生的参与层面、参赛思路以及指导教师的反馈情况来看,主要存在以下几点问题:

问题一:科研竞赛项目与人才培养模式脱节,起不到激发、促进、提高的科学研究根本作用。由于目前的本科生培养计划中涉及专业的基础课程、实验课程滞后于科研竞赛项目,导致许多科研项目的针对对象,对科研本身没有概念,空有参加比赛的热情,而对选题、立项以及自己的努力方向完全没有自己的想法,使得指导教师无从下手,起不到促进、提高科研的真正作用。

问题二:导师在本科低年级学生科研训练中的作用尚未得到发挥。目前虽然已经实行导师制,学生本科二年级完成与导师的双向选择。但是,导师目前更多地重视高年级、特别是大学四年级学生的毕业设计,对于本科低年级学生的科研训练不够重视,科研训练中的作用尚未得到发挥。

问题三:科研训练体系对科研资源的利用率低。一方面,对于本科生的科研训练,没有很好地利用学院、学科的科研平台资源,本科生很少有亲自动手使用大型仪器设备对自己的科研内容进行测试、分析、检验;另一方面,许多大型仪器闲置,又无向教学、向学生开放的要求,利用率较低。

高等学校承担着提升国民整体素质,致力于培养创新人才的重任。特别是理工科背景的专业学

10.14028/j.cnki.1003-3726.2016.010.015

收稿:2016-01-18;修回:2016-04-21;

基金项目:浙江工业大学校级教学改革项目(JG1206);浙江工业大学校级研究生教学改革项目(“立德树人”背景下导师参与式研究生德育教育的模式探索);

作者简介:陈思,女,副教授,主要从事高分子材料功能化与加工改性研究,E-mail:chensi@zjut.edu.cn;

* 通讯联系人:王旭,男,教授,主要从事高分子材料合成、改性、加工及功能材料制备,E-mail:wangxu@zjut.edu.cn.

科,要求学生能够学以致用、与实际应用相结合,同时具有创新能力、动手能力、察能力以及分析问题、解决问题的能力。当前在体制、机制和人才培养模式等方面与人才培养的要求还不能完全相适应,综合素质教育仍然存在薄弱环节,优秀人才成长的基础尚不坚实。因此,必须通过人才培养模式、教学内容和教学方法等方面的改革与创新,采取科研训练的有效方式,努力培养适应新时期人才需要的合格大学生。

2 改革理念与思路

改革理念:要培养本科生创新人才,必须首先从人才培养模式着手,构建层次分明、课内与课外相结合,融合科研训练课程、科研训练项目与活动、学科竞赛等为一体的本科生科研训练体系,为学生提供科学研究、创新性实验与实践的平台。

指导思想:根据创新人才培养的总目标,通过改革与实践,优化本科生科研训练体系,创建有利于学生自主学习与科研活动的指导模式,以突出学生实践能力、创新能力、科学研究能力培养为核心,充分调动学生自主学习、主动研究的兴趣和教师指导学生研究的积极性,形成与培养计划有机结合的本科生科研训练方案。

针对以上理念,提出以下改革思路:

(1)树立科研训练的理念及机制:以重中之重学科平台及其它科研平台为依托,探讨科研训练机制的建立,掌握大学生科研训练的普适性规律;

(2)科研训练课程群建设:课堂教学、实验教学依然是本科生科研训练的必要先决条件与有效阵地,因此要改革人才培养模式首要重点将科研训练融入课程建设。故本次改革尝试将《高分子材料》、《材料分析测试技术》、《聚合物改性原理》、《精细高分子》、《高分子基础实验》以及《专业大实验》等高分子材料专业课程与重中之重平台资源结合,开设创新性实验,更新授课内容,改革授课形式,可到平台进行现场授课、给同学们亲自动手实验的机会,有效地将书本理论知识与实践动手操作结合在一起,起到科研训练从书本到实践的过渡;

(3)科研训练项目与活动平台建设。向学生开放平台是本课题研究的重要内容。为最大化、高效开放平台,尝试结合目前我校常规举办的“运河杯”学生课外科技竞赛、材料知识竞赛以及自设开放性实验项目内容,向学生开放实验平台,让更多的学生参与进来;

(4)多元化的科研训练培养形式:通过其他教学环节进行培养,将科研平台与实验教学、毕业环节有机结合。以往实验教学是孤立的在教学实验室进行,实验项目陈旧,仪器设备简单,已不能反映科学技术的迅速发展,因此结合现有的平台资源将实验教学项目进行改革;对于学生毕业环节,可提供相应的指导培训服务等。

3 具体改革实践方案与改革内容

要实现基于科研训练的本科生创新型人才的培养改革,首先要查阅相关文献资料、实证研究等研究方法,深入分析总结国内外高校在科研训练对创新型人才的培养模式改革中的成功经验和教训;厘清新时期对理工科背景人才培养和人才培养模式的总体要求与目标,以此作为此次教学改革的目标与定位。分析目前高校人才培养模式改革存在的主要困难和障碍;进而从学科实际出发,探索人才培养的有效模式与运行机制。

以浙江工业大学材料学院培养创新型人才进行试点研究,重点研究:(1)探索科研训练的总体任务与目标,为创新人才培养提供前提与保障。(2)针对材料专业对科研训练的新要求,更新教学内容,优化课程体系。(3)科研训练项目与活动平台建设相结合,为学生提供更多的实践应用机会,采用多元化的培养模式,提高学生的综合科研素质。具体改革实践内容如下。

3.1 以科研训练为切入点,优化人才培养过程

随着教学改革的深入,我们认识到给本科生提供科研训练机会,使他们尽早进入专业科研领域,接触学科前沿,明晰本学科发展动态,提高科学感悟力,培养学生的科研独立、合作精神、创新意识和创造能力,是改革传统的教学模式,培养研究型人才的系统工程中的重要一环。我们选择了科研训练作为切入点,进一步优化人才培养方案。首先,我们认真分析了几年来,材料专业学生的一些思想状态,发现一年级同学的专业思想比较严重,学习成绩起伏比较大,一方面是他们从中学到大学的学习生活处于转轨阶段,还没有完全适应;另一方面可能是在学习公共基础课时,我们忽视了科学教育的及时引导和必要的课外科技活动的开展,使学生在这思想转轨时出现迷茫。因此,我们尝试提出了“教学重心下移、实践训练拓宽”的指导思想,并实施了“成才阶梯行动计划”,以加强学生过程培养。该计划分成与本科教学4个学年相配合的4个阶段,又根据学生的特点和研究型人才培养的规律,分为4个阶梯:“科学研究兴趣培养”、“科学研究入门”、“科学研究感悟”和“科研能力初步形成”。针对不同阶段,配以不同的科目和训练内容,循序渐进,由浅入深,讲求实效。为实现科研实践训练的重心向低年级移动,我们还开设了专业前沿导论课程,使低年级学生认识材料、热爱材料、对材料产生兴趣。其次,充分利用材料学院建院、科研水平和科研条件有了很大的发展的良好契机,将科研过程中所积累的仪器设备、前沿信息、研究经验、团队协作和拼搏精神等优势,发挥到本科人才培养教学中,大大促进本科生科研实践人才的培养。依托学校“导师制”制度的坚持执行,配合校内外包括“运河杯”、“新苗人才”、“挑战杯”、“暑期科研小助手”等一系列的科技活动,让本科生有机会真正地参与到科研实践中来。这样结合的选题不仅更贴近科学发展前沿,了解教研组中的学术思想的讨论和争论,能给学生实战的感觉,而且可以充分利用课题组的研究设备,让学生更多地接触现代科研仪器。这种科研能力锻炼内容实在,易于培养学生科研兴趣,对学生具有吸引力,收到良好效果,尝到了将科研优势转化为教学优势的甜头,也初步积累了经验。几年来,每年暑期和其他课外时间,同学们踊跃报名进入实验室或参加有关科技活动,参与面达专业总人数的60%。科研训练作为教育教学中的重要一环,作为培养创造性人才的一个载体,已得到师生的共识。

3.2 以科研训练为目标,推动教学改革深入

在实践中,我们感到科研训练已不是单一的教学实践科目。这项工作的开展,时间跨跃四年的本科阶段,影响和涉及教学计划和培养方案、课程建设、实验教学、教学质量、实验室建设和师资队伍培养等诸多方面。在科研训练的目标指导下,我们对教学改革就有了新的思考和新的实践。在教师教学方面,由于有了科研训练的目标,使教师的课堂教学更加明确了努力方向,许多老师在自己承担的理论课教学过程中,增加了相关的科研内容介绍,以吸引本科生参与科研。教师们在教学内容组织上更加注意科学前沿内容的介绍,更注意让现有知识与应用相结合,以培养学生创新知识和创新思维的能力,起到了促进科研进教学,改进现有的教学方法和模式的作用。科研训练的开展还推动了课程建设。如:高分子材料课程是本专业重点的必修课程,在教学改革中采用多媒体电子教案授课后,出现了信息量加大,速度加快,学生不能及时“消化”的问题。其根本原因还是学生学习时仍然以书本知识为追求的目标,对知识与应用的联系太少;而教师在课程教学中对微观结构与宏观性质的有机结合注意不够,内容也较欠缺,不同程度地存在着结构与性质两张皮的现象,往往只能停留在知识的传授层面。这些问题恰恰是在学生进实验室后,讨论课题中才发现。于是我们把高分子材料课程改革实践的着力点放在微观与宏观的结合上,探索把传统的单纯材料结构原理与宏观性质的1+1模式扩展为微观、宏观及其应用相结合的“1+1+1”模式的课程体系的改革方案。这种教学模式在介绍、讨论抽象难懂的知识点时,通过引进科研成果和科学前沿,使学生在掌握专业知识和遇到具体的科研问题时,能体会到微观结构与宏观性质上的联系,促进学生加深理解。同时,我们以科研训练为契机,结合全程导师制,低年级侧重于课程指导,重点指导学生课程学习和科研兴趣活动。高年级重点为科研实践,从进实验室的科研实习过渡到毕业论文指导。我们还以课题立项的形式,吸引了一批学生参与到导师的科研活动和研究计划中来,在实验室里与导师共同讨论学习经验和科研体会,使学生在科研训练的工作中直接感受到导师的人格魅力与科研精神,在科研与教

学互动的改革中,起到积极作用。

3.3 以科研训练为动力,促进实验教学上水平

要开展科研训练,实验室的硬件和软件条件就显得十分重要。实验能力的训练和培养是材料基础研究型人才的基本要求,而环境良好、设备齐全的实验室是化学人才培养的基本条件。为了满足科研训练工作的需要,近几年我们加大了实验教学的改革和建设力度。

首先,我们在一级学科的框架下,对化学实验体系进一步进行一体化、多层次、模块化的改革。改革后的新体系从基本的化学实验技能训练出发到有设计性、有自选性的综合化学实验,以多模块、多层次的安排。在教学内容上体现以“减少数量、注重质量、难易配合、提高兴趣”为原则,将实验内容分为“基本技能”、“定性与鉴别”、“合成与制备”、“测定”、“分析”和“综合”等不同功能的教学模块。每一个教学模块中安排合适的验证性、综合性和选做性实验,使教师、学生在教与学的实践中有一定的灵活性。经过几年的教学实践取得了较好的效果。特别在综合化学实验中,积极使成熟的科研成果转变为实验教学内容进入本科教学,突出了我院科研特色,提高了实验的先进性、前沿性和综合性。

其次,教学方法是教师和学生为了实现共同的教学目标,完成共同的教学任务,在教学过程中运用的方式与手段,是有效教学的关键所在之一。任何一种教学方法的核心作用,就是为实现和完成教学任务、教学目标服务。使教学的基本要素能够在教学活动中充分发挥各自作用和功能,从而实现预期的教学目标和教学效果。通过多年的教学实践发现,在教学中将“T+A”模式教学法、“三教、四结”的教学法和“引入实例”教学法有机结合,可以在很大程度上提高教学质量,提高科研训练效果。

(1)“T+A”教学模式深入实验课堂

“T+A”(Teacher+Assistant)教学法是指:实验课以 Teacher 讲课、演示、答疑、总结为主,Assistant 辅助承担部分答疑任务。1个 Teacher 可以配备2个 Assistant,在实验课堂中形成前面(Assistant)—中间(Teacher)—后面(Assistant)的模式,各自负责约10—20位同学的提问,每节实验课基本上可以承担150—200次之间的提问,全面指导学生。

(2)“三教、四结”教学法的应用

传统的教学方法,重视教材的知识结构、教法和学习结果的研究,忽视学生的认识结构、学法和学习的认识过程的研究,更加忽略了学生知识应用能力以及科研实践能力的培养。学生的学被看成是一种消极被动地接受灌输的过程。从素质教育的观点来看,大学阶段不仅仅是传授知识,更是要培养学生各方面的能力,对于工科学生而言,特别是科研实践的能力。这就决定了教学不能再像中学那样采用灌输的方式,要给学生授予“渔”而不是“鱼”。教师在课堂中引入“三教、四结”的教学模式,让课堂教学焕发生命活力。这里“三教”指的是:教分析、教规律、教思想。“四结”指的是学生通过想、看、说、练等途径对所学的内容及相关知识进行总结与吸收。教师通过“三教”,让学生掌握分析问题,解决问题的方法,领会教学的思想方法和精髓,从而达到让学生学会学习的目的;学生通过“四结”法,及时总结与反馈,一方面培养了思维、想象、观察、动手的能力,另一个方面又调动了学生学习的积极性、主动性。

(3)“引入实例”教学法的应用

如何更加科学地、有效地培养学生应用所学的基本知识解决科研实践中遇到的实际问题是教学的基本目标。为了更好地实现这一目标,在教学实践中就要大量应用实例激活学生的思维来展开教学,以便更好的阐述外延的行为、作用,以及具体内涵的方法,不必局限于教材的内容。例如,在讲解具体实验操作这一知识的同时,选用科研实例使学生了解利用相关操作方法可以实现何种化学反应,让学生尽快掌握该知识点的相关操作。紧接着再举一些能覆盖整个单元知识点的综合性的实例,让学生进一步巩固所学的知识。课后布置一些设计性、综合性强,并有一定深度和广度的实验思考题,需要学生认真思考后才能完成的问题,培养了学生运用所学知识解决问题的能力。通过实验的讲解,作为切入点抛砖引玉启发学生针对列举的典型应用提出怎样实现这些操作等问题来挖掘其理论基础的内涵。“引入实例”教学法在教学过程中的推广,不仅可以使学生快速融入课堂,也可极大地激发了学生的学习热情。

在完善材料专业实验教学的高要求的同时,我们还注意学生科研训练的实际需要,对基本的实验训练技能实行严格考核。对一些大型精密先进仪器的使用,实行上机证考核制。通过这些措施,使学生的实践动手能力明显提高。软件和硬件实验条件的改善,不仅推动了化学实验教学质量的提高,也带动相关学科的本科教学。有力地保证和支持了各种类型的科研训练项目在实验室开展。实验教学与科研训练相互促进和相互支持,成为我们材料学科专业人才培养的重要内容之一。

3.4 以科研训练为载体,全面提高学生综合素质

科研训练作为一根主线,作为一个载体,带动了人才培养的各个方面。对学生来说,通过科研训练可以使他们思想更成熟、业务学习更扎实、成才目标更明确、有利于全面提高学生的综合素质。除了校内的专业教学,为了配合科研训练,达到较好效果,我们积极实行开放式教学、“景观”教学,在教学活动中创造更多的机会,走出课堂、走出校园去感受整个社会的科学技术、经济文化发展氛围,学会选择目标、设计自己、发展自己。我们为同学们安排了生产实习与认识实习,让学生到业内领先的公司、企业中亲自参与生产与测试环节,扩大学生了解社会、观察科学的视野和感受,作为激活创新思维的基础,从不同的角度让学生了解本学科、本领域发展的状况。还积极鼓励优秀学生报考一些重点大学和重点研究所,每年推免生中还有一定名额到外校攻读硕士研究生,并把科研训练的个人成效作为到外校推免生的考核条件之一。

我们可以通过一个具体的案例来阐述上述基于科研训练的本科生创新型人才的培养改革与实践的成效。在改革与实践过程中,在浙江工业大学材料科学与工程学院 2011 级本科生中随机选取 9 人作为人才培养改革与实践对象。从 2012 年即上述 9 人为大学二年级本科生开始进行科研训练。具体训练内容及成效如下表 1 所示:

表 1 基于科研训练的本科生创新型人才的培养改革与实践内容与阶段成效

Table 1 The content and stage effect of the reform and practice of the cultivation of undergraduate innovative talents based on scientific research training

时间	教学内容	教学方法改革内容	科研实践内容	培养能力	阶段成效
2012 ~ 2013 学年(大二)	专业基础课程	“T+A”教学模式; “三教、四结”教学法; “引入实例”教学法;	科研小助手;	巩固专业基础知识; 初步锻炼实验动手操作能力	独立操作实验;
2013 ~ 2014 学年(大三)	专业课程	“T+A”教学模式; “三教、四结”教学法; “引入实例”教学法;	包括省级、校级“新苗人才”,“挑战杯”大学生创新创业实践计划,“运河杯”校内科技竞赛等在内的各级科研竞赛	观察、分析、思考以及结合专业知识解决科研中遇到的实际问题	申请专利;获得省、校各级科研项目资助
2014 ~ 2015 学年(大四)	专业课程、毕业设计	着重引导培养独立科研能力	项目结题与毕业设计	总结与分析实验结果与数据,项目整体把握能力	省级、校级优秀毕业论文,优秀毕业生,各类项目获奖

通过表 1 可以看出,通过积极鼓励和支持所选同学参加校内外有关科研实践的活动,在实际的锻炼中提高科学素养。通过学生们自主申请成为科研小助手,开展各项学习研究活动;主动参与包括省级、校级“新苗人才”,“挑战杯”大学生创新创业实践计划,“运河杯”校内科技竞赛等在内的各级科研竞赛;积极参与“至真讲坛”等系列科学讲座等具体的科研实践内容,实践本科生创新人才的培养改革。这 9 位同学通过三年的训练,获得的具体成效如下:授权国家专利 2 项;发表 SCI 论文 1 篇;获得省级“新苗人才”项目资助 2 项;省级“挑战杯”大学生创新创业实践计划资助 1 项;校级优秀毕业生称号 2 人,其中 1 位同学在日常大量阅读英文文献的基础之上,成功用全英文撰写了自己的本科毕业论文。上述 9 位同学全部考取研究生继续深造,其中本校继续读研 3 名,考取 985 高校研究生 5 名,赴美国一流大学读研 1 名。不仅

如此,通过科研训练的培养实践,学生们在专业知识和研究技能方面学到了许多课堂上学不到的东西,不仅学会了理论联系实际搞科研,而且也学会了许多与人合作、与人沟通的做人道理。培养了团队精神和刻苦钻研精神。他们的有效活动促进了教师和学生交流,丰富了人才培养和教学改革的内容。

4 改革与实践初期成效小结

通过3年的科研训练计划实施,在导师的主导下,结合课内课外的实践锻炼,有效地培养了学生的研究能力。四年来,材料专业学生参与各种科研活动达100余人次。获得包括挑战杯大学生创新创业计划、省级新苗人才等在内的省级、校级科技计划支持和奖励10余项,考取包括浙江大学、华东理工大学等在内的国内著名高校研究生近100人,获得省级、校级优秀毕业生称号20余人。科研训练实践改革的实施,在提高学生科研素质方面取得了很好的效果。经过3年的探索和实践,我们体会到较早开展科研训练,努力促使科研优势转化为教学优势,可丰富研究型人才的培养内容,对培养和提高学生的科研能力有特别重要的意义。

参考文献:

- [1] 王现彬,陈闻.高教论坛,2009,11(11):103~111.
- [2] 白文苑,张文政.教育研究,2010,363(4):99~102.
- [3] 段体兰,汤化伟,邓苗苗.化工高等教育,2015,146(6):72~75.
- [4] 董红军.学科探索,2015,11:51~52.

The Reform and Practice of Undergraduate Innovative Talents Based on Scientific Research Training

CHEN Si, SHI Yan-qin, MA Meng, WU Bo-zhen, WANG Xu*

(College of Materials Science and Engineering, Zhejiang University of Technology, Hangzhou 310014, China)

Abstract: This paper combined with the present situation of the undergraduate scientific research training at Zhejiang University of Technology and firstly discussed the problems existing in the current undergraduate scientific research training. Then, the College of materials science and engineering in Zhejiang University of Technology was chosen as an experimental unit to test the diversified forms of scientific research training based on scientific research training course group and activity platform construction through "tutorial system". The specific contents of the reform and practice included optimization of the talents cultivation process, improvement of the experiment teaching, reformation of teaching method and improvement of students' comprehensive quality. The preliminary results o showed that, the implementation of the reform of scientific research and training practice had achieved good results in improving students' scientific research quality. After three years of exploration and practice, We realized to carry out the scientific research training as early as possible, and to promote research advantages into teaching advantages could enrich research talent training contents and had great significance to cultivate and improve the students' scientific research ability.

Key words: Undergraduate scientific research training; Innovative talents; Reform and practice