

# 以大型仪器为依托构建本科生科研素质培养的新模式

陈韶云,刘 奔,张行颖,陈 芳,石 红,胡成龙,朱 超\*

(江汉大学 光电化学材料与器件教育部重点实验室,化学与环境工程学院,武汉 430056)

**摘要:**本文以江汉大学高分子材料与工程专业本科教学为例,提出以大型仪器为依托构建本科生科研素质培养的新模式。借助于大型仪器在本科生科研素质培养中的优势作用,采用建立在线资料库、大型仪器模拟仿真、大型仪器操作实训、组建学生科研团队和建立多元化考核评价体系等措施,进一步激发学生的学习兴趣,培养学生的自主学习能力、独立思考能力、团队协作能力和创新能力。通过转变学习方式和方法,提升学生的学习和科学研究等方面的综合能力,为高素质、有特色的应用型技术人才的培养提供一定的参考。

**关键词:**大型仪器;科研素质;高分子材料与工程

为了迎合当今社会发展需求,近年来,国内各高等院校对有特色、创新性人才的培养越来越重视。然而由于各个高校的教学科研条件以及学生个体存在差异,在具体情况下,必须选择合适而有效的方式方法,才能使大学生的学习能力、科学研究素养和创新能力真正地得到培养和提升。本文以江汉大学化学与环境工程学院高分子材料与工程专业教学为例,依托江汉大学“光电化学材料与器件教育部重点实验室”、“光电化学材料与器件优势特色学科群”、“化学工程与技术”湖北省重点学科等平台 and 学科,从在建立线资料库、大型仪器仿真模拟系统、大型仪器操作实训、学生科研团队的建立、学生考核评价的多元化等方面进行分析讨论,借助于大型仪器在本科生科研素质培养中的优势作用,拟构建一种培养本科生科研素质的新模式,旨在进一步激发学生的学习兴趣,培养学生的自主学习能力、独立思考能力、团队协作能力和创新能力。通过转变学习方式和方法,提升学生的学习和科学研究等方面的综合能力,为高素质、有特色的应用型技术人才的培养提供一定的参考。

## 1 大型仪器在本科教学中存在的问题

大型仪器是指价格昂贵、技术先进、用来研究物质的分子构成、微观结构和性能指标的仪器设备。其最显著的特征在于重大的科研成果、前沿科学研究领域的突破性进展、高水准的科研论文与大型仪器的研究功能和使用密切相关。拥有大型仪器,就意味着可以通过先进的技术手段获得更加精准详实的信息资料,有助于研究者更深入地分析问题,获得未知事物的本质特征。大型仪器在高校中属于稀缺资源,一方面对于具有相同研究功能的大型仪器设备一般不会重复购置,因此数量上不能满足本科教学所用;另一方面,长期以来,国内高校普遍重视大型仪器设备的科学研究功能,对其本科教学功能的关注不明显,这是因为本科教学在大型仪器教学方面的课程设置单一、学时少、学生操作大型仪器的机会少,学生都是被动去了解大型仪器的研究功能,对其基本原理和实际操作都非常陌生<sup>[1~4]</sup>,这就导致许多条件较差的高校的学生本科毕业之后,在进一步学习深造和寻找工作等方面受到严重的制约。

## 2 大型仪器在本科生科研素质培养中的优势作用

大型仪器最显著的特征在于其研究功能,高校教师进行学术研究,博士、硕士完成毕业论文均离不开大型仪器<sup>[5]</sup>。随着国内经济的良好发展,目前各个高校都有经济能力购置大型仪器设备用于科研和教

10.14028/j.cnki.1003-3726.2020.04.009

收稿:2019-05-21;修回:2019-12-03;

基金项目:武汉市教育科学“十三五”规划 2018 年度重点课题(2018A044),武汉市教育局市属高等教学研究项目(2017011);

\* 通讯联系人,E-mail: zhuchao@jhun.edu.cn.

学,就当今的形式来看,本科生能否熟练使用大型仪器是体现理工科学生科研素质及创新能力的一个重要标志<sup>[6]</sup>。其优势作用在于:

(1)材料的设计、制备合成、结构表征和性能测试是材料学专业必须掌握的几个重要环节,其中结构表征和性能测试必须借助于大型仪器设备。若学生能熟练操作和掌握仪器设备的使用,则能加深对所学专业的理解,有助于提高学习者的兴趣和积极性,变被动学习为主动学习<sup>[7]</sup>;

(2)在使用仪器过程中,通过对实验结果进行分析和探讨,发现问题,并通过查阅文献和相关资料,解决和归纳问题,有效提高学生的自主学习能力,为今后的工作和学习打下良好基础<sup>[8]</sup>;

(3)开展大型仪器专题讲座,深入讲解和分析各种仪器设备在不同科学领域的功能作用和最新研究进展,让学生了解大型仪器的发展趋势及应用,对培养学生的创新意识和创新能力具有重要的推动作用;

(4)开展用人单位与学生的人才招聘见面会,强调实践经验的重要性,让学生与企业之间了解彼此的需求,进一步提升学生的实践动手能力,拓宽就业面。

上述讨论可知,大型仪器设备在本科生科研素质培养中具有明显的优势,然而学生科研综合素质的培养与现行的大学基础课程教学设置紧密相关。目前许多高校仍然采用生搬硬套式的教学模式来完成教学任务,光有理论,没有实践,学生在学习中养成了接受式学习的思维定势,这使得学生对教师产生过强的依赖性,缺乏主动性,怠于思考,即使有充分的仪器设备资源,学生的科学研究素养也很难有所提高,因此亟需一种新的培养模式来激发学生的学习兴趣 and 自主学习能力,通过转变学习方式和方法,提升学生的学习和科学研究等方面的综合能力<sup>[9]</sup>。

### 3 以大型仪器为依托构建本科生科研素质培养模式的措施

#### 3.1 建立大型仪器的在线资料库,提供仪器的基础理论知识

在线资料库是指借助学校的网络教学平台建立相应的网络在线课程,里面含有教学 PPT、教学视频、动画模拟、最新研究进展和作业等丰富的教学信息。在线资料库是学生进行大型仪器操作培训的重要基础理论保障。目前,依托江汉大学教务中心、实验中心和校内的超星在线课程交流平台,与大型仪器设备相关的在线课程已经上线了三门,分别是《聚合物测试与表征技术》(如图 1 所示,陈韶云等,2015 年上线,学时:32,学分:2)、《仪器分析》(朱天容等,2017 年上线,学时:56,学分:3.5)和《材料分析测试方法》(陈战芬等,2018 年上线,学时:32,学分:2)。这些课程几乎涵盖了化学材料学方面的仪器设备,课程内容丰富,教学资料齐全,为大型仪器的教学提供的基础保障。另外,教师为学生们开通 qq 群、微信群及微信公众号等在线交流工具,保证实时交流在线课程建设问题中的疑惑及难题,为进一步开展学生的操作实训奠定良好的基础。通过这一举措,学生可以通过在线资料库观看形象生动的视频,提前了解各种大型仪器的仪器原理、基本结构、使用注意事项等,可改变原先一成不变的教学模式,拓展新的教学内容,丰富教学手段,进一步让同学了解并接触到大型仪器,为构建以大型仪器为依托的本科生科研素质培养的新模式提供基础条件<sup>[10,11]</sup>。

#### 3.2 利用大型仪器仿真模拟系统,提供真实上机操作的虚拟模拟

仿真模拟系统,是指结合真实仪器设备的来进行外形仿真、操作仿真和视觉感受仿真,使用真实的模型作为操作者的操控平台,利用虚拟现实技术,通过实际操作,使操作者有身临其境的切身体会<sup>[12]</sup>,如图 2 是扫描电子显微镜的仿真模拟操作界面。仿真模拟系统主要作用体现在以下几个方面:

(1)在理论课的教学中,由于不能提供仪器设备的实物,比较枯燥,学生缺乏对仪器的直观认识,而通过仪器仿真系统,结合仪器设备的构造原理,可以将真实的设备通过模拟仿真展示出来,可以大大提高学生的学习兴趣,从而提高学习的效果;

(2)材料的结构和性能是要通过仪器进行定性和定量分析,因此仪器仿真系统可以成为在线课程和上机实际操作的桥梁;



图 1 《聚合物测试与表征技术》在线课程建设界面

Figure 1 Online course construction of polymer testing and characterization technology

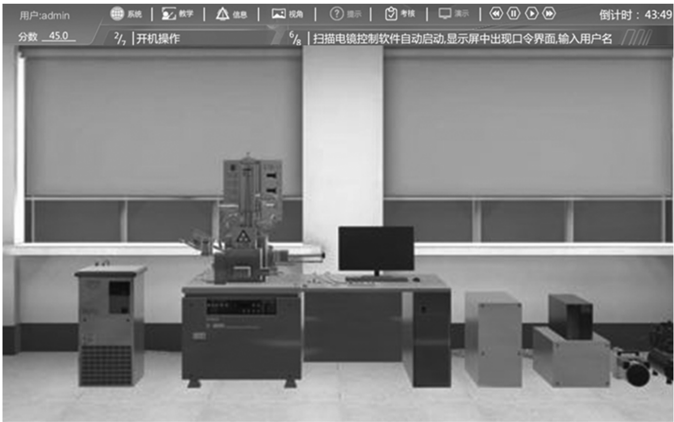


图 2 扫描电子显微镜的仿真模拟操作界面(图片由北京微瑞集智科技有限公司提供)

Figure 2 Simulation operation interface of scanning electron microscope  
(picture provided by Beijing weiruijizhi Technology Co., Ltd.)

(3)通过仪器仿真系统,可以几乎达到真正做实验的效果,或者在真正上仪器做实验之前,为学生提供这样一个模拟平台,让学生能更加了解和掌握仪器的基本原理和操作步骤,可以减少仪器的损坏率,更好地保护仪器。

由于大型仪器仿真模拟系统在教学中具有良好的优势作用,目前许多高校都在推广使用,以减少教学投入、减少仪器和药品的损耗。与此对应的,如教育部发布的“2017~2020 年示范性虚拟仿真实验教学项目建设规划”,由教育部支持建设的:“实验空间——国家虚拟仿真实验教学项目共享平台”,其中化学和化工与制药类的仿真实验项目共计 153 项,其中很多实验都要借助于大型仪器的仿真模拟,因此,在未来的教学和科学研究中,大型仪器设备的仿真模拟是教学发展的一种必然趋势。笔者所在学院在现有的仪器基础上,已经开始购置大型仪器仿真模拟系统,所涉及的仪器种类包括热机械分析仪、示差扫描量

热仪、凝胶渗透色谱仪、激光粒度显微拉曼光谱仪、荧光光谱仪、X 射线晶体衍射仪、扫描电子显微镜、透射电子显微镜和原子力显微镜,预计 2019 年 6 月能投入使用,这为后续的大型仪器设备教学及科研培训提供的保障。

### 3.3 开展大型仪器的操作实训,培养学生的实践动手能力

在大型仿真模拟的基础上,以高分子材料与工程专业教学为例,开展大型仪器的操作实训,包括高分子材料的加工设备(如三辊机、双螺杆挤出机、密炼机、热压机、注塑机和薄膜吹塑机等)、结构和形貌表征设备(如拉曼光谱仪、红外光谱仪、X 射线衍射仪、凝胶渗透色谱仪,扫描电子显微镜和透射电子显微镜等)及其性能测试设备(示差扫描量热仪、热失重分析仪、熔体流动速率测试仪、氧指数仪、电子拉伸试验机和冲击仪等)。仪器操作实训不是简单的上机操作,而是以学生为主体,教师作为指导,全程自主设计实验方案,提出一个需要解决的科学问题,通过上机操作所得到的实验结果来分析和解决问题,重点解决学生的实践动手能力和分析问题的能力,如图 3 所示。例如,科学问题:“聚苯乙烯(PS)/高密度聚乙烯(HDPE)共混体系的相结构对力学性能的影响”。要解决这一科学问题,首先必须借助于加工设备来制备 PS/HDPE 共混体系;其二需要结构和形貌表征设备来分析共混体系的分子结构和相态结构;其三利用性能测试设备来考察共混体系的力学性能;最后通过化学相态和力学性能的结果来分析影响共混体系力学性能的因素,进而调整共混体系的比例,以期达到良好的力学性能效果,从而解决所提出的科学问题<sup>[13]</sup>。

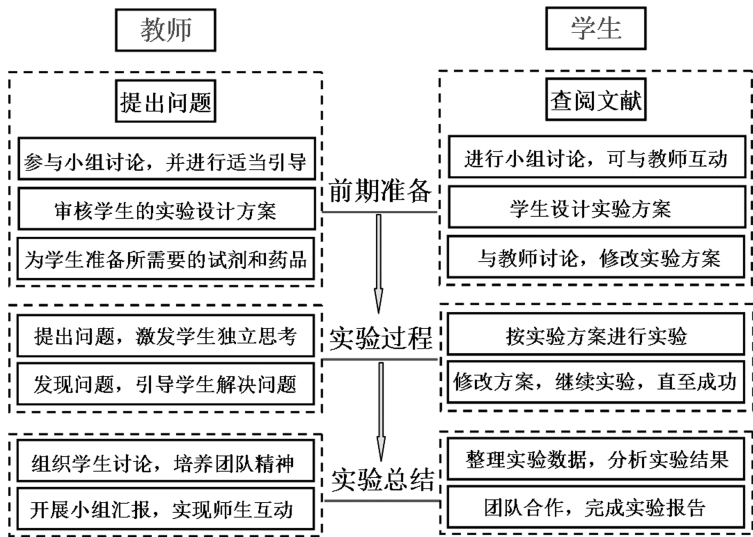


图 3 大型仪器操作实训的具体实施方案

Figure 3 The implementation plan of large scale instrument operation training

因此,通过这一系列仪器的操作实训,可以进一步拓展仪器的教学功能,强化本科生在仪器操作方面的能力,提高学生动手能力,保障学生真正地了解仪器构造和应用,从而有利于加强专业课程的学习,突破大学生对大型仪器“蜻蜓点水”、“走马观花”的学习。同时,定期开展学术交流活动,主要围绕大型仪器的结构、大型仪器的应用等核心问题进行讨论互动,并将交流的资料制作成相关的视频等电子资料汇总到在线课程资料库中。此外,结合武汉地区的特色,邀请企业方面的专家,不定期举办大型仪器方面的讲座,开阔学生视野,拓展学生的思路,培养学生的创新意识和创新能。

### 3.4 组建学生科研团队,参与学科竞赛,培养学生的实验技能

相比博士和硕士研究生的培养而言,目前的本科生培养主要还是以灌输理论知识和育人为主线,大多数个体从事科学研究的能力很有限,难以完成上述讨论中提出的“一个需要的解决的科学问题”,这是就要发挥集体的团队协作能力和智慧。因此,建立学生科研团队,充分调动学生的主动性,倡导自主设

计、独立开展学生科研,从科研项目的设计性、综合性等角度出发,着重培养学生的系统性、逻辑性,弥补学生在创新思维、实践操作能力上的短板<sup>[14]</sup>。具体实施方法如下:

3.4.1 组建科研团队 笔者所在高分子材料与工程专业已经形成了较为成熟的学生团队建设。主要做法是:在班主任的指导下,大学一年级下学期学生选择和自己兴趣相同的同学,组成 3~5 人的科研小团队,这样一个班就可以分成 7~8 个科研小组,然后分配给相应的导师。其中导师的主要职责是:(1)指导学生如何查阅文献资料、图表绘制和数据处理等;(2)指导学生设计实验方案,开展课余的科研实验;(3)建立微信群、qq 群等交流互动平台,导师作为版主,引导学生针对开展实验项目过程中遇到的问题、感想和建议等进行师生互动双向交流,在讨论中学生可以各抒己见、畅所欲言,鼓励质疑批判,培养大学生的创新思维 and 创新能力。组建这样的科研小组,其优势作用主要在于激发学生去探索实验,倡导学生通过分析、讨论、团队合作等方式来解决问题,培养学生的自主学习能力、独立思考的能力、团队协作能力、创新能力。

3.4.2 定期组织开展科研汇报,达到资源共享 针对每一个学生科研团队,可以自主选择一种大型仪器,主要从仪器的应用、仪器的发展现状等角度独立开展文献查阅、专业书籍的学习,培养学习习惯和自主学习能力,在科研汇报中,通过师生互动使学生更加了解大型仪器的具体应用、发展趋势和前景,提高学生的创新能力。

3.4.3 积极参加学科竞赛、创业大赛等活动,促进学生综合能力的提升 依托大型仪器设备平台,以科研小组为单位,大力开展学生科技竞赛活动,培养创新人才。学生科技竞赛活动是对创新实践教育的一种检验,不仅能为广大有创新能力的学生提供施展才华的舞台,也能更好地为学生的成长、成材服务。每年,全国、湖北省、武汉市以及学校均开展形式多样的科技竞赛活动,如全国大学生化学化工设计大赛、全国大学生节能减排社会实践与科技竞赛、湖北省大学生化学实验技能大赛、湖北省大学生创新成果报告会、江汉大学校园文化节活动中之一的化学实验操作大赛等等。这种以技能竞赛等活动为驱动力,鼓励学生积极参加,能有效地促进学生综合能力的提升。

### 3.5 制定多元化的考核评价体系,培养学生的口头表达能力

通过多元化考核体系,对学生平时的学习效果和进行评价,增强自主学习的信心、培养和激发了学生的学习兴趣;通过多元化考核体系全面评价学生的身心素质、专业知识和专业技能,培养学生的语言表达能力、动手操作能力、创新能力和协作能力,从而提高学生的综合应用能力。结合学校的相关政策、专业特点和学生的个体差异,以组建的学生科研团队为单元,尝试建立多元化的考核评价体系,除了常规的出勤考勤、课堂提问、讨论发言、课后作业和试卷考核以外,现场考核仪器操作、科技论文的撰写、学生科研项目的申请等也被列入考核范围,从而建立能有效提高学生的基础理论知识、科研实践动手操作能力、口头表达能力、论文写作能力的评价考核制度体系<sup>[15]</sup>。

主要做法是:以月为周期,对学生科研团队进行月末现场考核。包括两个方面的内容:一是仪器设备的操作考核,主要针对学生在不同的阶段对仪器的基本理论知识、基本性能和操作熟练程度等进行现场考核。针对不同的类型的设备,给予不同的测试样品,科研团队的学生进行现场操作与讲解,并适当地对做出的结果进行评价,管理相关仪器设备的老师从旁观看正确与否,并给出意见和建议。另一方面,针对不同的仪器设备,要求学生自己查阅资料,撰写有关该仪器的最近研究进展及在科学研究中的最新应用,采用 PPT、视频等格式,在 20~30 分钟内,对整个科研团队在该仪器使用方面的调研工作进行全方位地汇报。目的在于考察学生的自主学习能力、独立思考的能力、团队协作能力、实践动手操作能力、口头表达能力<sup>[16]</sup>。

### 3.6 以论文和学生项目为切入点,着力培养学生的写作能力

(1)鼓励学生尝试撰写科技论文和专利。学生科研团队要尝试将自己的科研课题结果转化成论文、专利等形式,模仿研究者们开展科技论文和专利的撰写,在查阅文献的基础上,熟悉科技论文的写作思路及框架,先尝试撰写一些相对简单的竞赛论文,如果能在相关竞赛中获得奖励,然后在老师的指导下,可

以将成果撰写成正式的科技论文,目的在于培养学生的归纳总结能力和写作能力。

(2)鼓励学生申请校内科研项目。学生以学校的学生科研项目为载体,通过模拟研究者的研究活动,从查阅资料、项目申请书的撰写、实验方案的设计、实验方案的实施、结题等各个方面进行实战训练,学生通过团队合作,在导师的指导下,综合运用所学知识,尝试着独立地发现问题、提出问题、解决问题,从而提高自身的科学研究能力。近几年来,笔者所在学校和学院为了鼓励学生从事科学研究,每年为学生提供了专项科研经费用于学生科研,学生以科研小组的形式,在导师的指导下撰写申请书,向学校和学院提出申请。项目审批过后,学生在必须在规定的时间内完成项目项目开题答辩、中期检查及项目结题等工作,这样能有效地培养学生的科研意识。

## 4 学生创新能力的培养效果

以笔者为导师的科研小组(高分子材料与工程专业 141 班):程欢(小组长)、徐绍钦、刘辉、郭红艳、林美、张钢等为例。(1)在学习方面:程欢同学因成绩优秀连续三年获得校一等奖学金,并在在校期间获得国家奖学金、校长奖学金等;考研方面:程欢领导的科研小组,因学习成绩和科研能力突出,都以优异的成绩考取了自己理想的学校读取硕士研究生;(2)在学科竞赛方面:该小组连续两届获得湖北省大学生化学化工学生创新成果报告会一等奖 2 次,二等奖 2 次,三等奖 1 次,特别是徐绍钦同学等 7 名同学组队参加了由教育部高等教育司主办的“神雾杯”第十届全国大学生节能减排社会实践与科技竞赛,其中全国参赛高校有 343 所,参赛学生人数超过 16000 人,有效作品共计 3196 件,参赛作品为《硫化镉量子点/多壁碳纳米管光电材料的制备及其储能机制研究》,获获大赛三等奖;(3)项目申请方面:程欢领导的科研小组,完成大学生创新创业训练(国家级)项目 1 项,完成江汉大学学生科研重点项目 2 项;(4)发表文章方面:该科研小组在 *Electrochimica Acta*、*Applied Surface Science*、*RSC Advances*、分析化学、塑料工业、高分子学报和化学教育等 SCI 和中文核心期刊上参与发表多篇论文,参与申请国家发明专利多篇。其他科研小组,如高分子材料与工程专业 2011 级和 2012 级学生陈胜求、张晓勇组队参加了由中国石油和化学工业联合会、中国化工教育协会及青岛市科技局主办的首届全国大学生高分子材料创新创业大赛,凭借项目“多功能三维形状记忆高分子”,凭借精彩的解说和出色的发挥赢得全国二等奖,并获得贰万元的创业基金。

## 5 结束语

以大型仪器为依托构建多层次学生科研创新能力培养,要坚持以学生发展为本、面向应用的教育理念,以学生为主体,全面提高学生发现问题、分析问题和解决问题的综合能力;培养学生的实践动手能力、独立思考和学习的能力,发掘学生的内在潜力,同时使大学生提早进入专业科研领域,接触前沿的科学技术,将学生培养成具有和合作精神和创新精神的应用型技术人员,适应区域经济建设和社会发展需要的高素质、有特色的应用型技术人才的需求,同时也为高校人才培养贡献一份力量。

## 参考文献:

- [1] 汤海峰,王德利,孟威,孟庆繁,滕利荣. 实验技术与管理, 2013, 30(6): 205~213.
- [2] 黄建军,单金林,鲁逸人,齐庚申,李岩. 实验室研究与探索, 2012, 31(4): 436~438.
- [3] 诸葛兰剑. 大学教育, 2014, 16: 177~178.
- [4] 柳军,盛楠楠,葛学敏,王建芳. 高教学刊, 2017, 13: 125~127.
- [5] 周光礼,朱家德. 高等工程教育研究, 2009, 2: 39~49.
- [6] 耿香玲,彭艳春. 改革与开放, 2017, 2: 107~108.
- [7] 汪新,杨小红,桂顺利,刘四运. 化学教育, 2005, 26(3): 33~35.
- [8] 李志军,胡笑涛,蔡焕杰,向友珍. 实验室研究与探索, 2016, 35(1): 230~233.

- [9] 何远, 陈云, 王适群, 易有荣, 田卫群. 实验科学与技术, 2016, 14(5): 208~211.
- [10] 李鸣, 蔡榆楼, 李蓉蓉. 实验室研究与探索, 2016, 35(9): 204~208.
- [11] 张琳霞, 周宜君, 胡吉成, 岳丽君. 实验技术与管理, 2016, 33(10): 135~138.
- [12] 刘洋, 栾娜, 荣瑞芬, 秦菲. 教育教学论坛, 2019, 1(2): 168~169.
- [13] 刘红恩, 王伟, 聂兆君, 赵鹏, 王文亮, 黄玉芳, 王卫武, 饶伟. 教育教学论坛, 2016, 45: 21~22.
- [14] 周先波, 毛红雷, 王永红, 魏旻晖. 实验科学与技术, 2017, 15(3): 101~104.
- [15] 赖雪飞, 谢川, 龙沁, 廖立, 周加贝, 何菁萍, 鲁厚芳. 大学化学, 2016, 31(6): 16~20.
- [16] 刘晟, 魏锐, 周平艳, 师曼, 王郢, 刘坚, 陈有义, 刘霞. 华东师范大学学报(教育科学版), 2016, 34(3): 38~45.

## Constructing A New Model of Scientific Research Quality Training for Undergraduates Based on Large-scale Instruments

CHEN Shao-yun, LIU Ben, ZHANG Xing-ying, CHEN Fang, SHI Hong,  
HU Cheng-long, ZHU Chao\*

(Key Laboratory of Optoelectronic Chemical Materials and Devices, Ministry of Education, School of Chemical and Environmental Engineering, Jiangnan University, Wuhan 430056, China)

**Abstract:** Taking the undergraduate teaching of polymer materials and engineering in Jiangnan University as an example, this paper puts forward a new mode of scientific research quality training for undergraduates based on large-scale instruments. With the help of the advantages of large-scale instruments in the cultivation of scientific research quality training, the establishment of an online database, simulation of large instruments, large-scale instrument operation training, organization of student scientific research team and establishment of diversified assessment system had been introduced to further inspire the learning interest of students. The purpose is to cultivate students' self-learning ability, independent thinking ability, team cooperation ability and innovation ability and so on, and then the comprehensive ability in learning and scientific research of students can be improved using new learning methods and methods, which can provide some reference for the training of high-quality and distinctive applied technical talents.

**Key words:** Large-scale instruments; Scientific research quality; Polymer materials and engineering