

“基础学科拔尖学生培养试验计划”中的基础有机化学实验 进阶培养模式探索

郑 啸¹ 阮永红^{1,2} 周金梅^{1,2} 郑锦丽^{1,2} 姜海容^{1,2} 林 敏^{1,2,*}

(¹厦门大学化学化工学院, 福建 厦门 361005; ²化学国家级实验教学示范中心, 福建 厦门 361005)

摘要: 近几年, 为适应“拔尖创新人才培养建设项目”的新要求, 基础有机化学实验教学在培养拔尖创新人才方面进行了一些有益的探索, 其中成果与不足并存。本文从培养目标、培养模式、评价模式、不足之处、成效与展望5个方面, 总结并探讨了基础有机化学实验中“拔尖计划”学生的进阶培养模式。

关键词: 拔尖计划; 进阶培养模式

中图分类号: G64; O6

Exploration of Advanced Cultivation Mode for “Top-Notch Undergraduate Education” in Laboratory Teaching of Basic Organic Chemistry

ZHENG Xiao¹ RUAN Yong-Hong^{1,2} ZHOU Jin-Mei^{1,2} ZHENG Jin-Li^{1,2}
JIANG Hai-Rong^{1,2} LIN Min^{1,2,*}

(¹College of Chemistry and Chemical Engineering, Xiamen University, Xiamen 361005, Fujian Province, P. R. China;

²National Demonstration Center for Experimental Chemistry Education, Xiamen 361005, Fujian Province, P. R. China)

Abstract: To meet the requirement of “top-notch innovative program”, some innovations have been explored in laboratory teaching of basic organic chemistry in recent years, which led to some successful and failing experience. This paper discussed an advanced cultivation mode of “top-notch undergraduate education” in this field, including cultivation objectives, cultivation modes, assessment models, defects, achievements and prospects.

Key Words: Top-notch innovative program; Advanced cultivation mode

培养拔尖创新人才, 是提高国家经济社会发展和核心竞争力、建设创新型国家和人才强国的关键所在, 也是高等教育的战略目标之一。为此, 2009年教育部启动了“基础学科拔尖学生培养试验计划”。近几年, 围绕拔尖创新人才培养模式的改革, 国内许多高校都在积极尝试和探索, 相关的讨论已呈“百家争鸣”之势^[1,2]。

为贯彻落实《国家中长期教育改革和发展纲要(2010–2020)》, 厦门大学于2011年开始实施拔尖创新人才培养建设项目, 化学化工学院“拔尖创新人才培养建设项目”(以下简称“拔尖计划”)是学校化学本科教学中培养高质量创新人才和未来高水平化学家的重要项目, 也是厦门大学建设世界知名高

*通讯作者, Email: minlin@xmu.edu.cn

基金资助: 2016年度教育部“基础学科拔尖学生培养试验计划”研究课题; 国家基础科学人才培养基金项目(J1310024); 厦门大学教学改革研究项目

水平大学的重要教学改革试点项目。学院每年从大一本本科生中遴选20–30人组成“拔尖班”，单独授课，集中优势教学资源对其进行“精英”式培养。基础化学实验(二)课程组属厦门大学化学化工学院国家级化学实验教学示范中心，负责全校本科生有机化学实验教学，也为该班专门配备了经验丰富的教师，调整了基础实验内容，增设了强化实验课程。经过几年的摸索，初步形成了针对“拔尖计划”学生的有机化学实验进阶培养模式。为了能进一步完善这一培养模式，课程组认为有必要在其初具“雏形”之际，及时进行阶段性总结。本文将从培养目标、培养模式、评价模式、不足与反思、成效与展望5个方面对基础有机化学实验中“拔尖计划”学生的系统培养进行总结和探讨。于内是经验梳理、问题检讨和推陈出新；于外则希望“抛砖引玉”，听取国内贤达、同仁的批评指正。

1 衔接“硕”“博”的培养目标

围绕培养创新型科研人才的目标，如何利用学院丰富的教学和科研资源，帮助“拔尖计划”学生尽早了解真实科研过程，尽快由知识、技能学习进入科研状态，是“拔尖计划”的初衷。在其指导下，针对具体的课程，必须明确现实的培养目标，也就是要解决一个向哪“拔”的问题。目标不明确，将直接影响到课程内容、教学模式和培养效果。

以基础有机化学实验为例，我们一开始将培养的目标投向国内外名校，广泛引进、借鉴了一些实验内容和教学方法。但却迅速发现陷入“水土不服”的困境：学生的基础实验技能出现滑坡，教师和教辅的工作量急剧增加。这使我们认识到课程系统性的重要，也促使我们重新思考定位实验课程“拔尖”的目标。这时，一些专业的研究生导师们的评价引起了我们的重视：他们认为“拔尖计划”学生在从事专业课题研究时的表现与导师们的期望存在一定的差距。这使我们意识到原先横向参照的目标定位方式是错误的，更为合理的参照应该是硕士和博士，也即基础有机实验课程“拔尖计划”的“尖”应该是朝向研究生阶段的有机化学(合成)研究；课程的目标应该围绕为科研输送高素质的硕士和博士研究生，定位于打破本科生教育和研究生教育截然分开的界限，搭建衔接本科生基础有机化学教学和研究生有机合成科研的桥梁，建立本科生-研究生直通车的人才培养机制。

2 “学”“研”并蓄的进阶实验课程

在明确了“拔尖计划”中基础有机化学实验的目的后，本课程组系统地整合了过往基础有机化学实验、有机化学开放性实验和有机化学创新性实验的内容，提出“学”“研”并蓄的三阶段实验教学课程，即在强化有机化学实验技能的基础上，逐渐注入有机合成科研训练内容，帮助“拔尖计划”学生尽早了解现实的有机合成科研工作，尽快由知识、技能学习转入有机合成科研状态。三阶段实验教学也直接对应于我们针对“拔尖计划”本科二年级学生设置的三学期实验课程(厦门大学在每年6月下旬至7月间设置学年的第三学期)，现将三阶段进阶课程的内容分述如下。

2.1 有机化学实验基础技能培训阶段^[3]

该阶段对应于二年级第一学期，共2学分，66课时，11项实验。主要训练学生牢固掌握有机化学实验的基本技能和基础知识：培养学生正确选择有机化合物分离、提纯与分析、鉴定的方法，主要包括普通蒸馏、分馏、水蒸气蒸馏、重结晶、萃取和柱层析等分离纯化技术，以及折光率测定、气相色谱和薄层色谱等分析方法；培养学生初步掌握现代有机合成手段，学会简单液体和固体有机物的制备，如醋酸正丁酯、正溴丁烷、乙酰苯胺、肉桂酸、甲基橙、阿司匹林的制备，从茶叶中提取咖啡因，用微波辐射法合成肉桂酸乙酯等。通过以上实验，除了让学生学会简单的程序混合加料合成方法，也让学生了解并掌握经过加热、分水和微波促进等手段推动反应平衡及加快反应速度的方法，同时反复训练学生的有机化学实验基本操作技能，要求学生对合成的所有固体有机物都要进行重结晶提纯。

2.2 有机化学实验反应类型拓展阶段^[3]

该阶段对应于二年级第二学期,共2学分,68课时(增加2课时进行基础实验笔试),11项实验。主要训练学生巩固有机化学实验的基本技能和基础知识:初步掌握无水、无氧实验操作的复杂实验技能,掌握一些经典有机合成反应方法,实践、体验若干多步骤合成;加强学生应用普通蒸馏、分馏、水蒸气蒸馏、重结晶、萃取和柱层析等技术分离纯化有机化合物的能力,以及应用折光率测定、薄层色谱和气相色谱等手段分析实验结果的能力;培养学生应用基础的有机化学知识和合成技能,通过Cannizzaro反应、Knoevenagel反应、安息香缩合、Claisen酯缩合反应、傅克酰基化反应、格氏试剂加成反应和羟醛缩合反应等经典(人名)反应的实验,熟练掌握基础有机合成的一般性套路,并通过体验包括香豆素-3-羧酸制备在内的多步骤合成,以及废聚酯饮料瓶回收对苯二甲酸、甲基丙烯酸甲酯的本体聚合等材料、高分子实验,使学生对有机合成有更为全面的认识。

2.3 创新实验科研项目研究阶段

该阶段对应于二年级第三学期,共1学分,30课时,5项实验。主要训练学生了解、掌握现代有机合成化学实验的基本技能和基础知识:培养学生通过查阅文献拟定有机合成实验方案的初步能力;培养学生通过薄层层析技术跟踪有机反应进程,定性分析有机化合物的性质、纯度,确定柱层析分离的方案;还要培养学生掌握通过柱层析技术分离、纯化微量至小量的有机反应混合物。总之,通过该阶段实验,使学生了解有机合成科研工作的一般思路,并对有机合成前沿课题有所了解。例如:近3年,课程组开设的实验围绕近些年国际有机合成领域“路易斯酸催化的汉斯酯为还原剂”的热点研究进行设计^[4,5]。首先,指导学生查阅文献,了解汉斯酯作为还原剂在有机合成中的应用;其次,将学生以3人为1组,引导学生系统研究“路易斯酸催化汉斯酯还原查尔酮类化合物的反应”,设计、筛选出能在非无水、无氧条件下实现该反应的最优化条件,实现对已有研究报道的超越^[6]。

3 从“成”到“研”的评价体系

众所周知,一个好的课程体系的建立,其核心必然包含一个客观、合理和有效的评价体系。当前国内高校的基础有机化学实验评价体系大多包括实验预习报告、实验操作、实验结果和实验报告,以及实验理论知识测试4个部分。考查的都是必须做到、必须做成和必须掌握的“现成”知识和技能。然而,这样的实验与真实的科研实验,在情景与实质上有着天壤之别。举例说明:在科研实验中是容忍因个人的知识、技能局限导致的主观失误,也允许因实验客观因素导致的失败。但在经典的本科实验教学中,这两方面都是不允许的。我们认为这是造成基础实验教学与科研脱节的主要原因之一。对于如何在基础有机实验教学中营造出真实的科研场景,也即为“拔尖计划”学生提供科研“实战”化的训练,我们认为除了要设计出符合基础实验教学特点且衔接研究生阶段科研工作的进阶实验课程,还必须辅以相应的评价体系。为此,课程组根据三阶段实验课程,建立了由“成”(考查成功率)到“研”(考查研究能力)的分阶段评价体系。

在有机化学实验基础技能培训阶段,实验成绩评价主要包括实验预习报告(10%)、实验操作(40%)、实验结果和实验报告(30%),以及实验理论知识测试(20%)。通过该评价体系,既可培养学生牢固掌握有机化学实验理论知识和技能,也可培养良好的实验习惯,使之初步具备分析、解决问题和独立思考、独立工作的能力。

在有机化学实验反应类型拓展阶段,实验成绩评价主要包括实验预习报告(10%)、实验操作(30%)、实验结果和实验报告(50%),以及实验理论知识测试(10%)。通过该评价体系,引导学生将学习重心从技能训练逐步转向对具体合成实验的分析和思考,帮助学生培养理论联系实际的能力。

在创新实验科研项目研究阶段,实验成绩评价主要包括文献调研(10%)、实验预习报告(10%)、实验操作(20%)、实验结果和实验报告(30%),以及撰写研究论文(30%)。值得指出的是,该阶段的实验

将只提供简单的实验指南，学生以小组为单位自行设计具体实验步骤，成绩评价注重实验设计的可行性和实验操作的合理性，允许客观低产率的“失败”结果。通过该评价体系，培养学生在掌握现代合成技术的同时，了解现代有机合成方法学研究的基本思路，体验具体科研项目的进展过程，初步了解有机合成研究论文的撰写模式。

4 “尖”的不足与“拔”的反思

“实践是检验真理的唯一标准”，与真实的实验一样，再好的培养模式设计也必须在实践中进行检验。课程组设计的进阶培养模式在近5年的实践中也经历了由“大修”到不断“小改”的发展过程。总结其中的不足，还就落在“拔尖”二字上。

首先是“尖”的不足。这表现在3个方面：(1)“拔尖计划”的学生在基础专业课程方面的差距不是很大，在各科考试中都可名列前茅。但在不同专业实验中，往往会表现出其“特质”。这在进阶培养的第二、三阶段表现尤为明显。根据近5年来的统计，每届真正在有机合成方面展示出“尖”的学生不超过五分之一。(2)即使是“尖”的学生，其稳定程度也不够，表现在实验失误率较高，实验结果优秀程度不够高。当然，对比研究生科研实验培训，一个诸如柱层析的基本操作必须经过平均50次以上的练习才可以基本掌握。对于仅有25节左右课程的“拔尖计划”学生，能展现出“尖”的潜质已是难能可贵。(3)我们的三阶段“拔尖”方案在前两阶段和普通班有较大幅度的重叠。但就是在这两阶段，“拔尖计划”的学生与普通班的优等生相比并无绝对优势。我们是否错过了一些有机化学合成的人才？一直是一个令人纠结的问题。

正因为发现了“尖”的问题，对“拔”的反思才有现实的意义。这又包括了两个方面。首先，将大量优质教学资源集中于少数学生的“精英”化教育是否公平，是否正确。这是一个从“基础学科拔尖学生培养试验计划”一开始就被“热议”的问题^[7]。我们认为，既然这一计划已经开始实施，如何使之效益最大化也许才是这一问题的正解。单就基础有机化学实验教学而言，“拔尖计划”中形成的好的经验、实验内容和教学方法都可以在普通班中予以推广，从而推动基础有机化学实验教学改革的全面、深入发展。也就是说，将“拔尖计划”当作教改的“试验田”“先锋”，最终让每位学生都能享受到教改的“红利”。其次，“拔尖计划”中如何体现或实行“因材施教”。目前，“拔尖计划”学生的选拔或是淘汰主要还是看专业总成绩。“拔尖计划”的教学资源对“拔尖班”学生又是平均分配的，这显然与“因材施教”的教改目标相违背。我们认为，还是应当在“拔尖计划”中贯彻“因材施教”。就基础有机化学实验教学而言，第三阶段的创新实验科研项目研究可以向全年段有机化学实验“尖子”开放，选取20至30名有机化学实验成绩名列前茅的、对有机化学实验有兴趣的学生进行授课。允许“拔尖班”学生根据自己的专业兴趣和强项，选择合适自己的创新实验科研项目。这样，对于学生可做到“因材施教”，对于优质教学资源也可做到最大程度的合理分配。

5 “拔”的成效与“尖”的展望

课程组对“拔尖计划”基础有机化学实验进阶培养模式进行了近5年的探索，取得了一些成效，主要包括三个方面：(1)教学成效。在培养模式建立过程中，课程组尝试开设了一系列新颖、甚至是前沿的实验，并成功将其中一些实验课程融入到进阶课程体系中。拓展了学生的视野，调动了学生的学习积极性。(2)教改成效。在探索建立进阶培养模式的过程中，课程组收获了一些宝贵的经验：明确了传统教学中要求写实验预习报告和实验报告的重要性；建立了利用QQ、微信和云服务等互联网资源，及时进行课外交流和多媒体教学的途径，拓展了课堂教学；及时将“拔尖计划”中取得的一些教学内容和教改经验推广普及至普通班实验教学。(3)科研和竞赛成效。随着进阶培养模式不断完善，“拔尖计划”学生的培养质量也稳步提高。这些学生在本科育苗项目和毕业设计实验中的表现都

可圈可点；他们到国内外高校继续攻读有机化学硕士、博士学位，受到广泛欢迎；留校继续攻读硕士、博士学位的也都成为同届学生中的佼佼者。此外，在两年一届的全国大学生化学实验邀请赛中，参加有机化学实验考核的“拔尖计划”学生也都取得了不俗的成绩。

课程组希望通过进一步完善三阶段的进阶培养模式，更有效、更深入地讲授有机专业知识和技能，调动学生学习的积极性、创造性和主动性，激发学生在有机合成方面的创新思维和创新意识。从而搭建起基础有机化学实验教学与有机专业科学研究的桥梁；探索具有一定学术意义的科研项目，形成具有现实意义的科研成果，提高基础有机化学实验教学的科研创新能力；引导学生在打好有机化学实验技能基础的同时，将基础专业知识主动应用于创新性实验项目。实现教改推广，惠及全体学生；实现“因材施教”，推动学科发展。

6 结 语

本文所论及的基础有机化学实验进阶培养模式，是在化学化工学院近5年“拔尖计划”有机化学实验教学探索的基础上，总结过往的经验教训，针对“拔尖计划”，设计、探索的一整套初具系统的有机化学实验教学模式。当然，“小荷才露尖尖角”，课程组对于“拔尖计划”有机化学实验教学的探索才刚刚起步。我们还需要在今后的教学实践中“上下求索”，更需要国内“一线”同仁们的建议和指正。唯此，才能为以培养拔尖创新人才为主要目标的基础有机化学实验教学改革提供有价值的参考。

参 考 文 献

- [1] 叶俊飞. 中国高教研究, **2014**, No. 4, 13.
- [2] 吴爱华, 侯永峰, 陈精锋, 刘晓宇. 中国大学教学, **2014**, No. 3, 4.
- [3] 林 敏, 周金梅, 阮永红. 小量一半微量一微量有机化学实验. 北京: 高等教育出版社, 2010.
- [4] You, S. L. *Chem. Asian J.* **2007**, 2, 820.
- [5] Zheng, C.; You, S. L. *Chem. Soc. Rev.* **2012**, 41, 2498.
- [6] Che, J.; Lam, Y. L. *Synlett* **2010**, 2415.
- [7] 任 耕, 彭丹虹. 亚太教育, **2016**, No. 17, 230.