

# 专业实验创新教学模式的构建及实施<sup>\*</sup>

王毅,冯辉霞,王坤杰

(兰州理工大学石油化工学院,甘肃兰州730050)

**[摘要]**我们通过应用化学专业基础实验和专业实验设计,结合专业实验的特点,探索了专业实验的教学模式和方法,提高了学生提出问题、分析问题、解决问题的能力,培养了学生的创新意识、创新精神和创新能力,培育了学生科学研究的基本方法和思想。

**[关键词]**实验教学;教学模式;创新教育

## The Establishment and Application of Innovational Teaching Approach in Major Experimental Area

Wang Yi, Feng Huixia, Wang Kunjie

**Abstract:** Combined with the professional characteristics, this thesis has explored an innovational teaching approach through the basic and professional experimental design for applied chemistry specialty. It can strengthen the student's ability in sorting out problems, analyzing and solving them. It also nurtures student's innovative consciousness and cultivates their creative ability in scientific research.

**Key words:** Practice teaching; Teaching model; Innovation teaching

应用化学是根据化学的基本原理和方法并结合其他科学技术对人类生产、生活实践中与分子变化有关的问题,进行基础理论研究及实验开发的一门技术科学,<sup>[1]</sup>它是理论化学与化学工程学之间的桥梁,是将化学理论变成大规模化工过程之前的过渡性研究过程和新型产品开发的基础。因此,实验教学对应用化学专业教育具有特殊的意义,它是培养应用型人才的重要途径。应用化学实验教学环节的目的在于加深学生对所学知识理解与深化,培养学生实事求是的科学态度、勤俭节约的优良作风、相互协作的团队精神、

勇于开拓的创新意识,更主要的是培养学生运用化学的基本理论知识和技能来解决科研、生产实际问题的能力,特别是新产品研制和开发的能力,增强学生的创新意识和创新能力。<sup>[2,3]</sup>鉴于此,我校自2003年开始就如何最大限度地培养学生提出问题、分析问题和解决问题的能力,如何培养具有创新意识、创新精神和创新能力的高素质人才进行了实验教学的调研、探索、建设和优化。新建立的实验教学模式实施4年来,取得了良好的效果。

### 一、教学目标的确定

**[作者简介]**王毅(1977-),男,副教授,硕士,应用化学系主任。

**\* 资助项目:**甘肃省省级教学团队(应用化学专业主干课程创新教学团队)、兰州理工大学应用化学教学团队、兰州理工大学优秀青年资助计划(Q200812)。

实验教学内容的确定依赖于专业定位及专业培养目标。从内涵上看,应用化学专业是研究化学在各相关领域中应用的技术科学。将化学原理渗透到某个领域便会衍生出一门应用化学的专业方向。因此,应用研究型的应用化学专业和其他工科专业最大的不同是方向的多分散性。<sup>[4]</sup>世界各国高校应用化学专业均没有一个统一的模式和方向,从国内 350 多所设有应用化学专业的本科院校来看,各校在选择专业方向时,一是考虑本校的优势学科方向或本校的发展背景,带有明显的学科区域性;二是考虑专业方向能代表学科发展的方向,带有明显的先进性;三是根据各自的地域特点和周边地区产业对人才的需求,带有明显的学科分布地域性。如吉林大学选择环境友好涂料设计、制备与计算机模拟及光电磁功能复合材料 2 个研究方向;国防科学技术大学选择军事应用化学为研究方向;陕西科技大学立足本校在皮革、造纸、食品等学科的优势,应用化学专业方向的设置偏重于轻工助剂领域,并入选国家特色专业。

从地域性来讲,甘肃是西部乃至全国重要的能源、矿产大省,形成了石油化工、能源、矿产和新材料开发等主要经济产业。从优势学科来讲,兰州理工大学经过近百年几代人的努力,已经在材料学(包括高分子材料、功能材料和储能材料)、精细化学品(水处理化学品和油田助剂)等领域形成了不同程度的学科优势,且拥有甘肃省化学工程与技术一级重点学科和甘肃省化学化工实验教学示范基地。因此,我们在充分考虑地域性、学科优势、师资力量、就业渠道、学科交叉、学科发展趋势及服务于地方经济的基础上,确立了功能材料(有机/无机复合材料、纳米材料和储能材料等)和精细化学品化学(涂料、药物中间体、水处理化学品和油田化学品)为专业方向,明确了应用化学专业的培养目标是:培养能在与化学相关的化工与制药、功能材料设计与开发和精细化学品化学开发 3 个领域从事应用研究、技术开发和产品设计的“基础厚、口径宽、能力强、素质高、上手快、富有创新精神和竞争意识”的工程技术人才。该培养目标要求实验教学体系不仅要培养学生具有较强的新产品、新工艺、新材料、新技术研究开发能力,具有较强的实验设计及归纳、整理、分析实验结果和撰写学术论文的能力,还要求培养学生基本的科学素养、科学精神和团队精神。

## 二、教学内容选择的原则

教学内容是实现培养目标的载体,根据专业方向和培养目标确定了应用化学专业实践教学的基本内容和结构,并使实验教学相对独立于理论课程。实验教学内容、题目由全体教师研究讨论决定,以避免不必要的重复。实验内容的选择符合以下几方面的原则:

### 1. 采用“并行工程”的理念

我校应用化学系不仅承担四大化学基础课,而且承担应用化学专业课的教学。因此,我们采用“并行工程”的理念,运用网络式结构安排课程,彻底打破了基础与专业教育过分分割。将高分子材料与工程、环境工程、化学工程与工艺、制药工程等专业对四大化学基础课实验的要求与应用化学专业基础实验相联系,建立了菜单式实验教学,以节约教学资源。如以应用化学专业基础实验“三草酸合铁(Ⅲ)的制备、组成测定及表征”为基础组成了如图 1 所示的、适用于不同专业、不同课程的实验平台。

### 2. 选题动态化、社会化

结合社会关注的热点问题建立多平台菜单式的教学体系,选题动态化、社会化,实验不再是静态的学科知识的介绍和验证,而是从社会生活背景中选择一些相关的问题进行实验。如开设的专业实验“储热材料的制备及性能测试”是从目前研究和社会关注的热点——太阳能热利用所引申出来的,试验内容涉及物理化学知识步冷曲线测定、低共熔点、复合材料的制备、计算机数据存储、数据处理和复合材料的表征等。

### 3. 实验应具有典型性和综合性

实验原理应具有典型性,涉及的基本操作、合成途径和测试方法多样,内容保证基础理论和实验技术一体化,考虑趣味性和完整性。如在苯左卡因(Benzocaine)的合成实验(如图 2 所示),从原理上看涉及还原、氧化、保护、酯化、水解等过程,<sup>[5,6]</sup>从合成方法上看有图 2 所示的 3 种途径,且可以采用不同的试剂来合成。

### 4. 体现工程意识

实验室合成和大型化工过程存在很大差异。应用化学专业虽然是理工结合的偏理科性专业,但也应在教学中加强学生工程意识的培养,使学生养成在合成中就考虑工艺简单、反应速度快、环境污染小、腐蚀性小、节约能源等工业化的问题。

三草酸合铁(III)的制备、组成测定及表征  
(应用化学专业基础化学实验)

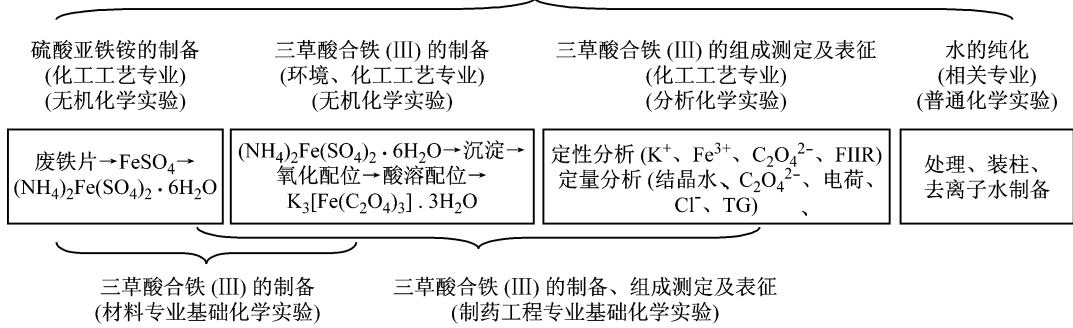


图1 以三草酸合铁(III)的制备、组成测定及表征实验建立的实验平台

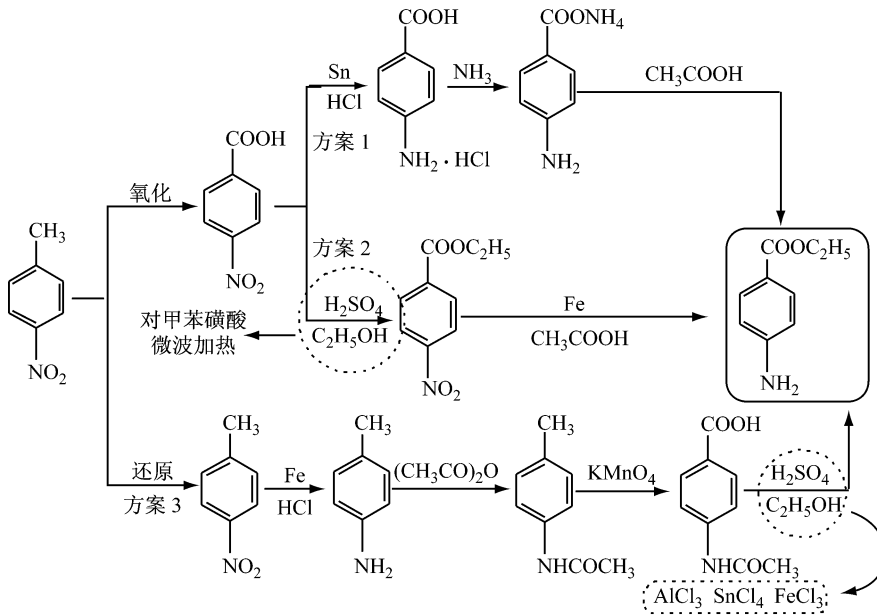


图2 苯左卡因的合成原理图

如除草剂 2, 4-二氯苯氧乙酸工业上生产主要有两种方法:(1)苯酚氯化缩合法,即苯酚在熔融状态下氯化,随后将得到的二氯酚与氯乙酸缩合。该方法易产生剧毒物质,对环境对人体造成严重的安全问题,而且二氯酚与氯乙酸缩合时产生的大量有毒废物会带来费用昂贵的三废治理问题,因此已被淘汰;(2)苯酚与氯乙酸在碱性条件下缩

合生成苯氧乙酸,再使用氯气氯化来生产,为避免直接使用氯气带来的危险和不便,可通过浓盐酸加过氧化氢和用次氯酸钠在酸性介质中的氯化来代替,如图3所示。此种方法可防止剧毒物质的产生,并克服前一方法的其他缺陷,三废处理量小。<sup>[5]</sup>因此,采用方法(2)合成 2, 4-二氯苯氧乙酸更具实际意义。

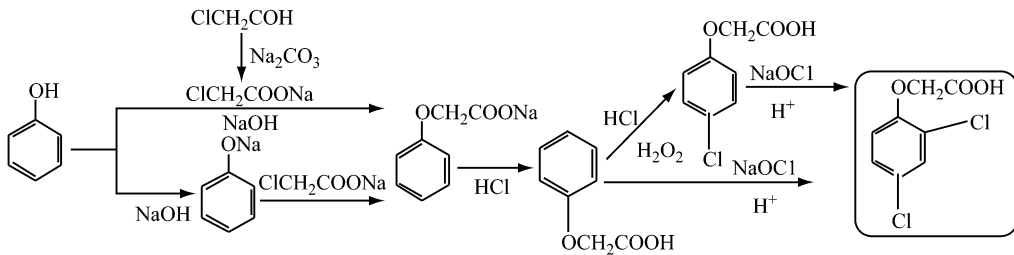


图3 2, 4-二氯苯氧乙酸合成原理图

最后,实验的选择应反映应用化学发展的新成果并结合专业的特色,体现学科渗透交叉,保证内容的科学性和创新性,尤其是应加强计算机应用能力的训练,实验内容的选择应尽可能地利用计算机的数据采集、数据处理功能和先进的实验设备。

### 三、实验教学模式的构建及实施

传统实验教学模式的主要特点是实验教学依附于理论教学,实验教学模式缺乏创新性,学生在整个实验过程中处于被动、停滞、应付的状态,积

极性处于低水平运转,抑制了学生钻研精神和创造意识的开发,限制了学生创造性思维的发展,不利于学生创新能力的培养。为克服传统实验教学的弊端,我校打破四大化学的壁垒,构建了以强化基本技能、培养团队精神、加强知识的相互贯通为目的的专业基础实验和以培养学生独立思考、独立分析能力、创新精神和科研能力为目的的专业实验。在专业实验中采用如图4所示的实验模式。

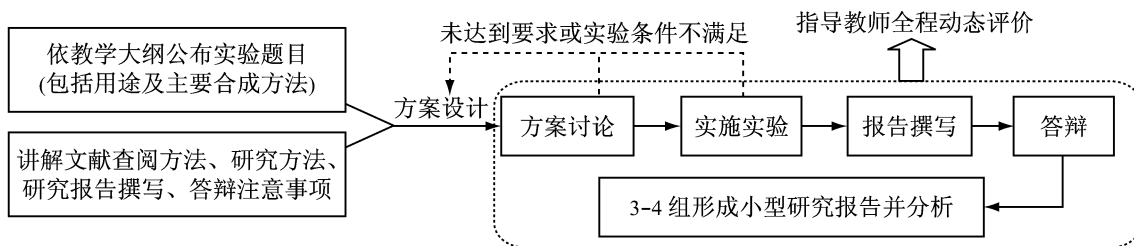


图4 设计性实验教学模式

1. 前期准备 实验前由指导教师依据教学大纲公布实验题目(包括用途、实验室条件、主要合成方法等),讲解化学化工类文献查阅的方法、研究报告的撰写及答辩注意事项等。

2. 方案设计 学生根据公布的实验题目以实验小组为单位,查阅文献、设计实验方案,撰写报告。报告内容主要包括(或部分包括):①反应的原理及可能的副反应;②原料、产物、可能副产品、中间产物的物性数据(熔点、沸点、溶解度、比重、折光率等);③所需仪器(规格、型号)及原材料,并对比实验室所提供的条件;④查阅到的所有实验方法与操作步骤,并从理论和可行性上进行分析,对比优缺点,初定实验方案。该方案应包括技术路线、实验统筹安排、具体操作过程,以及设立的观察指标和指标的检测手段;⑤绘制主要装置图;⑥设计实验记录表格;⑦实验中可能遇到的问题及其解决方法;⑧参考文献。

3. 方案讨论 由3人组成的指导小组对学生提交的初定方案就设计方案的科学性、可行性和可行性进行初审,不合格者重新查阅资料并跟随下一批同学实验。合格者由指导小组同学一起就实验步骤和实验成败关键点进行论证及指导。

4. 实施实验 进入实验室,再次检查实验条件是否满足。依方案和操作步骤认真实验,遇到

问题,提倡同学之间、师生之间相互讨论并及时调整方案。实验过程中做好实验记录,实验后及时整理实验数据。实验过程中指导教师实时指导并评价。

5. 撰写报告 各组对实验数据进行归纳和处理,撰写实验报告。

6. 答辩 每组按规定时间汇报,汇报内容涉及题目、方案、完成情况和实验中遇到的问题与解决的办法等。汇报时限4分钟,1人汇报,1人补充,下次轮换。汇报过程中其他各组旁听并可提问(2人同时回答问题),指导教师和旁听同学根据汇报情况评分。

7. 形成研究报告 对于不同合成(测试)方法、不同实验条件,3~4位同学根据实验结果完成小型研究报告。如在苯左卡因的合成实验中,学生可分为6组,第1、2两组采用如图2所示的方案1,且分别采用Sn、Zn还原;第3、4组采用方案2,且分别采用微波加热和水浴加热两种方式;第5、6组采用方案3,可分别采用H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>和AlCl<sub>3</sub>、SnCl<sub>4</sub>等路易斯酸为催化剂进行酯化反应。又如在2,4-二氯苯氧乙酸合成实验中可采用如图3所示的HCl和NaOCl两种氯化方式。各组同学的实验结果汇总得到研究结果,如在苯左卡因合成实验中,采用固体路易斯酸作催化剂,具有较强的催化活性且产率较高;利用微波辐射技术具有

生产工艺简单,节约能源、收率高的优点。在2,4-二氯苯氧乙酸合成实验中采用NaOCl氯化实验,时间短、产品色泽好且纯度和收率都较高。

#### 四、实施效果

新建立的实验创新教学体系经过4年的实践,我们发现:该教学模式从学生查阅资料,到设计实验方案、撰写预习报告、完成实验操作,最后进行产品质量分析和目标产物的表征,彻底打破了过去“照单抓药”的实验模式,强化了学生的实验技能,加深了学生对实验原理的再认识,使学生学会了基本的文献查阅方法,更好地培养了意志品质、科学精神、创新能力和综合应用知识的能力,提高了分析问题和解决问题的能力。更重要的是,学生建立了从事科学研究和科研论文写作的基本思想、基本思路,为以后进行毕业论文和从事相关研究工作打下了良好的基础,同时锻炼了归纳总结、口头表述及相互交流的能力。该教学模式实施4年来,我系学生已经承担“国家大学生创新性实验计划”4项,获得甘肃省“挑战杯”科技创新奖6项,每年承担校级创新实验项目在10项

以上。据不完全统计,3届毕业生已发表科研论文20余篇。  
(文字编辑:吴文水)

#### 参考文献:

- [1]李临生.应用化学的历史及其意义[J].大学化学,1999,14(6):55-61.
- [2]教育部理科化学教学指导委员会.应用化学专业化学教学基本内容[J].大学化学,1999,14(3):13-20.
- [3]张群正.应用化学专业建设与实践研究[J].化工高等教育,2004,(3):30-34.
- [4]李群,赵昔慧,李志国.青岛大学本科应用化学专业特色方向与专业实验的确立研究[J].实验技术与管理,2009,26(2):116-119.
- [5]张斌,许莉勇.苯佐卡因合成方法的改进[J].浙江工业大学学报,2004,32(2):143-145.
- [6]刘太泽,肖鉴谋,刘奉强.苯佐卡因合成工艺的改进[J].化工中间体,2009,(9):34-36.
- [7]韩红斐,李好祥,晋肖龙.2,4-二氯苯氧乙酸制备方法的改进[J].太原科技,2008,(4):48-50.

(上接第9页)本身就是不负责任的行为,因此严格完整的制度是保证学位标准有效实施的重要条件。在我国目前的学位制度下,要建立如美国的ABET这样独立的具有高度公信力的监督和评估机构非常困难,但我国可以根据自己的情况,发动社会各方力量进行监督。评估工作一定要执行有力,可由教指委组织高校及社会其他力量共同参与制定评估指标体系,再由教指委发文规定评估周期、评估结果以及不合格者如何处理。

#### (四)学位标准的实施应具有一定的灵活性

对于一些受自身学科特点或产业特点限制无法完全按照学位标准内容执行的工程领域,如林业工程领域,企业导师的配备和学生的实习有一定困难,可以改由学生在校跟学校导师做项目研究,这样既能保证学生的实践经历,又能保证学位标准的正常实施。但是这样做的前提是,有足够数量的导师和项目研究,能保证学生实践的效果。

(文字编辑:吴文水)

#### 参考文献:

- [1]沈本贤.化学工程领域工程硕士专业学位标准执行情况

况汇报[R].全国工程硕士专业学位教育指导委员会学位标准研究组第三小组第一次会议,2009.9.19.

- [2]化学工程领域工程硕士教育协作组论文抽检工作组.化学工程领域工程硕士学位论文抽检质量分析[Z].2008.2.
- [3]全国工程硕士专业学位教育指导委员会.化学工程领域工程硕士专业学位标准[Z].2007.10.
- [4]陈皓明.美国工程教育认证及其给我们的启示[R].第二届质量分析组和培养指导组第二次会议报告,2005.4.15.
- [5]毕家驹.国家学位标准要与时俱进[J].高教发展与评估,2006.11(6).
- [6]国家林业局国家发展改革委员会,财政部,商务部,国家税务总局.林业产业振兴规划(2010-2012)[EB/OL].  
[http://www.china.com.cn/policy/txt/2009-11/04/content\\_18827010.htm](http://www.china.com.cn/policy/txt/2009-11/04/content_18827010.htm).
- [7]李宏,刘东,肖建国,陈渝.工程硕士学位标准体系的构想[J].学位与研究生教育,2007,(3).
- [8]姜尔林,常宗惠,商慧凤.工程硕士培养质量的问题与对策[J].化工高等教育,2007,(1).