

创新绿色理念融入有机化学综合设计实验的实施路径

孙琦¹, 李猛², 王刚¹, 奚江波¹, 尹传奇¹, 袁华¹

(1. 武汉工程大学 化学与环境工程学院, 武汉 430205; 2. 华中师范大学 教师教育学院, 武汉 430079)

摘要: 有机化学实验是武汉工程大学应用化学、化工、环境和制药等专业的核心实验课, 对培养学生的绿色化学理念、实践创新能力等具有重要作用。在对该课程存在问题成因分析的基础上, 结合项目组的实践教学, 从节约实验成本、减少环境污染、实验带动教学、提升教学水平和树立绿色理念、培养创新能力等方面阐述了创新绿色化学理念融入有机化学综合设计实验的价值意蕴。研究选取了2017级应用化学1、2班分别为对照班和实验班, 从理论渗透、综合设计和多元评价等维度论述创新绿色理念融入有机化学综合设计实验的实施路径。

关键词: 有机化学; 绿色理念; 综合设计实验; 实施路径

中图分类号: G 642

文献标志码: A

文章编号: 1006-7167(2021)11-0177-04



On the Implementation Path of Integration Innovating Green Ideas into Comprehensive Design Experiments of Organic Chemistry

SUN Qi¹, LI Meng², WANG Gang¹, XI Jiangbo¹, YIN Chuanyi¹, YUAN Hua¹

(1. School of Chemical and Environmental Engineering, Wuhan Institute of Technology, Wuhan 430205, China;
2. School of Teacher Education, Central China Normal University, Wuhan 430079, China)

Abstract: The organic chemistry experiment is the core experimental course of Wuhan Institute of Technology in majors of application chemistry, chemical engineering, environment, and pharmacy. It plays an important role in developing students' green chemistry concepts and practical innovation capabilities. Based on the analysis of the causes of the problems in the implementation of the course, combined with the teaching practical of the project team, the innovation green is explained in terms of saving experimental costs and reducing environmental pollution. Experiments drive teaching, improve teaching levels, establish green concepts, and cultivate innovation capabilities. The chemical concept is integrated into the value meaning of organic chemistry comprehensive design experiment. The study selected 2017 applied chemistry classes 1 and 2 as the control class and the experimental class, respectively, to discuss the implementation path of the innovative green concept into the organic chemistry comprehensive design experiment from the dimensions of theoretical penetration, comprehensive designing and multiple evaluation.

Key words: organic chemistry; green chemistry; comprehensive design experiment; implementation path

0 引言

2018年9月教育部《关于加快建设高水平本科教育 全面提高人才培养能力的意见》指出: 要推动课堂教学革命, 因课制宜选择教学方式方法, 科学设计课程考核内容、方式, 不断提高教学质量^[1]。有机化学实验具有较强的实践操作性, 对于培养学生的环保意识、

收稿日期: 2021-01-12

基金项目: 国家自然科学基金项目(21804102); 湖北省高等学校省级教学研究项目(2017327)

作者简介: 孙琦(1988-), 男, 湖北武汉人, 博士, 硕士生导师, 主要研究方向为有机实验教学、有机合成。

Tel.: 13164674740; E-mail: qisun@wit.edu.cn

实验操作和创新能力具有重要的作用。恰当、高效地开设该课程不仅是提升学生综合素质的有效路径,也是响应教育部提高本科教育质量的重要方式。不少学者针对教学内容、方法和模式等进行改革创新,且取得了较好的效果。李厚金等^[2]指出绿色有机化学实验有助于培养学生节约、环保意识;查正根等^[3]指出有机化学实验要结合学术前沿,设计出贴近生活的创新型实验;易兵等^[4-5]通过微型化实验提高原子利用率,实现有机实验教学的绿色化。可见,对传统有机化学实验的内容与教学方式进行重组和优化,开设微型化、绿色化、创新型和综合型的有机化学实验已成为高校实验教学改革的应然选择。

1 有机化学实验课程教学问题成因分析

我校是以工科为主,涵盖理、工、文、法等9大学科门类的教学研究型大学,是一所以化工为鲜明办学特色的高校。有机化学实验作为应用化学、化工、环境和制药等专业的核心实验课,对发展学生的绿色化学理念、实践创新能力等具有重要作用。在新工科背景下,培育适应未来社会发展的创新型卓越人才,以落实立德树人的根本任务^[6]。因此,学校高度重视培养学生的创新能力,而有机化学基础实验已然不能满足这一要求,开设有机化学综合设计性实验为其提供了一种可行路径,但有机化学实验在实施过程中也存在以下问题:①实验观念淡化,学生重视度低。调查可知,学生认为实验课是理论课的依附,考研时理论课更重要,加之学生从小学学习科学、到初高中学习化学,实验课在整个课程体系中一直处于从属地位,看实验视频,背实验原理、实验步骤等现象时有发生,真正到实验室做实验的机会十分有限,直接导致他们对实验课程不够重视。②实验学时不足,内容综合性差。有机化学实验学时有限(32学时),如何在有限的学时中让学生学到更多的有机化学实验知识,掌握更多的实验操作技能,就需对实验内容进行有效整合,开设综合设计性实验。基础操作实验包括仪器的选用、洗涤和安装、熔沸点的测定、分馏、萃取、重结晶、折光率和旋光度的测定等,它能培养学生的基本操作技能,但不利于提升创新能力。③教学方式单一、学习效果不佳。由于我校是工科院校,多数教师未经过师范教育的系统训练,只进行了岗前培训,虽然专业知识过硬,但教学方式、方法有待提升。基于以上问题分析,探索出一种适合我校有机化学实验的教学改革势在必行。

2 创新绿色理念融入有机化学综合设计实验的价值意蕴

2.1 节约实验成本,减少环境污染

高校每年要在实验教学仪器、试剂和耗材等方面

投入大量经费,如何缓解满足实验教学需求与减少经费支出的矛盾,将创新绿色化学理念融入有机化学综合设计实验教学中是一个正确的选择。近年来,项目组将微型化实验运用到有机综合设计实验教学中得到了一定的成效。微型化实验是实现绿色化实验教学的一种重要途径,它具有反应时间短、试剂使用少、现象明显和环境污染低等优点^[7]。项目组在进行有机化学综合设计实验时,根据实验内容和实验要求进行微型化设计,减少了试剂用量,使实验过程中产生的三废随之减少,节约了实验成本,减少了环境污染。

2.2 实验带动教学,提升教学水平

现阶段信息技术与教育教学的深度融合,产生了诸如翻转课堂、对分课堂等教学模式,但这并不意味着信息技术可以替代教师的劳动,降低对教师要求,恰是对教师的综合素质要求更高了。教学改革时为何总有老师不愿意主动参与,大概是因为原有既定的模式上课最简单、易操作;同理,传统的有机化学实验教学模式也是如此,但这种模式对环境保护、学生综合素质的提高和教师教学水平的提升都极为不利,因此,项目组将创新绿色理念融入有机综合设计实验中主动进行教学改革探索,开设微型化、综合性和创新型实验等,在这种开放式的教学改革中,倒逼教师查阅资料,动手实验,不断学习以保证实验教学改革的顺利开展,教师在这样的教学场域中就会不断发展个人的学科素养,提升教学水平。

2.3 树立绿色理念,培养创新能力

学生在有机化学综合设计实验学习中,一方面需要教师示范引导。在实验教学中教师要时刻注意自身的行为举止,对实验过程中产生的三废,做到分类收集,集中处理,达到国家环保部门的要求,将污染降低到最低限度,学生也在潜移默化中树立绿色理念。另一方面,需要学生自身实践活动。由于主体能动性活动是促进其素质发展的机制,创新能力需要在创新实践活动中培养,基础实验显然不利于学生创新能力的提升,因此,开设综合设计性实验,促进学生发挥自身的主观能动性,在教师的教导下,同伴的帮助下,查阅并梳理资料,利用开放实验室时间,将想法付诸实践,培养其创新能力。

3 创新绿色理念融入有机化学综合设计实验的实施路径

绿色化学是从源头上阻止环境污染的一门新兴科学^[8],它是以绿色化学产品的形成过程为主线,以绿色化学原理为基础,从有机合成技术的绿色化到绿色原料、溶剂、催化剂的选择再到涉及的绿色化学反应,直到最后生成绿色化学产品^[9-10];鉴于项目组对学生创新能力培养的内在要求,选取2017级应用化学一班

和二班分别作为对照班和实验班,在 2018 ~ 2019 学年第 2 学期从理论渗透、综合设计和多元评价等维度论述创新绿色理念融入有机化学综合设计实验的实施路径。

3.1 理论渗透,树立绿色化学理念

有机化学理论教学为有机综合设计实验奠定基础,在理论教学中渗透绿色化学的理念,学生能够从理论上理解其实施的重要价值。理论层面由有机理论和实验理论组成,在有机理论教学时,一方面教师根据课程内容,适时将有关化学污染的图片 and 视频等资料呈现给学生,给予其心灵的冲击,引发其深刻的思考,而后再将绿色化学减少污染成功的实验案例介绍给学生,从而形成强烈的反差,让学生体会到创新绿色化学理念融入有机化学实验的重要性和紧迫性。另一方面将理论教学与生活实例相结合,让学生感受到化学就在身边,同时也体会到绿色化学的重要性,例如,在学习卤代烃时,以传统农药六氯环己烷、有机氯和有机磷等造成的环境污染为例,对比现代新型农药的高效、低度和污染小的优势^[11-12]。实验理论是指综合设计实验中的理论部分,教师在讲解实验理论时也要不失时宜地渗透绿色化学理念,让学生理解并在实验过程中践行。

3.2 综合设计,培养学生创新能力

(1) 实验项目连续化。在综合设计性实验中,应保证该实验的综合性和科学性,同时也要确保实验项目之间不重复,整合优化精心设计出综合设计性实验,使单个的实验串联起来,上一个实验产品尽可能成为下个实验的原料^[13],最大限度提高化学试剂的利用率,实现有机综合设计实验项目的连续化,提高实验效率,且能够促进学生知识学习的正迁移,实验课程有效回应了理论知识的学习。项目组在进行苯甲酸的制备→苯甲酸的重结晶→苯甲酸乙酯制备的实验时,应用化学 2 班通过以上设计实验顺利地完成了实验,并得出如表 1 所示的实验结果。仅仅以甲苯为原料就可以充分满足 3 次实验教学的需求。而应用化学一班则需要以甲苯、苯甲醛、苯胺为原料,分别完成 3 次实验教学的需求。相比之下,非连续化实验和连续化实验虽然都能完成正常的 3 次实验教学,但是连续化实验使用的化学试剂种类较少,并且充分利用前一个实验的产物作为原料,极大地减少了反应物的用量,同样也极大地减少了废弃物的排放量。

(2) 实验设计微型化。微型化实验是指以较少的实验原料在满足实验要求的情况下获得较多的实验信息。无论是在基础操作,还是综合设计性实验中都可以尝试进行微型化设计。项目组在进行乙酰水杨酸的制备实验时,对 2017 级应用化学一班反应物用量是二班的 2 倍(见表 2),但两个班级的平均产率相差不大,

说明通过实验设计的微型化,既可以保证教学的质量,又体现了绿色化学实验的教学理念。

表 1 应用化学 2017 级一、二班非连续化和连续化实验对比

组别	(反应物/实验产率)/%		
一班非连续化实验	苯甲酸的制备	肉桂酸的制备	乙酰苯胺的制备
1-1	甲苯/52	苯甲醛/48	苯胺/78
1-2	甲苯/55	苯甲醛/55	苯胺/75
1-3	甲苯/46	苯甲醛/46	苯胺/68
1-4	甲苯/52	苯甲醛/45	苯胺/57
1-5	甲苯/58	苯甲醛/52	苯胺/64
二班连续化实验	苯甲酸的制备	苯甲酸的重结晶	苯甲酸乙酯的制备
2-1	甲苯/55	粗苯甲酸/49	苯甲酸/62
2-2	甲苯/35	粗苯甲酸/50	苯甲酸/63
2-3	甲苯/59	粗苯甲酸/51	苯甲酸/76
2-4	甲苯/38	粗苯甲酸/48	苯甲酸/72
2-5	甲苯/46	粗苯甲酸/55	苯甲酸/79

表 2 应用化学一、二班乙酰水杨酸用量改变前后实验结果对比

班级	组别	水杨酸 剂量/g	乙酸酐 剂量/mL	实验产 率/%	平均产 率/%
一班	1-1	2(实验教 材剂量)	5	78	69.3
	1-2			75	
	1-3			68	
	1-4			57	
	1-5			69	
二班	2-1	1(改进 后剂量)	2.5	75	65.6
	2-2			68	
	2-3			57	
	2-4			72	
	2-5			65	

(3) 化学试剂绿色化。它可分为原料、催化剂和副产品的绿色化^[14]。在综合设计实验中,尽量选取无毒或低毒的实验原料;催化剂要选择无毒、无腐蚀性的试剂;有机实验尽量减少副产品,且要使其绿色化。项目组在进行乙酸乙酯的制备实验时,对催化剂进行了改进,应用化学二班作为实验班将危险的浓 H_2SO_4 改为路易斯 $FeCl_3 \cdot 6H_2O$,应用化学一班仍然使用浓硫酸作为催化剂。实验结果(见表 3)表明,使用两种不同的催化剂,最终乙酸乙酯的产率相差不大,说明在保证教学质量的前提下, $FeCl_3 \cdot 6H_2O$ 可以替代浓 H_2SO_4 作为酯化反应的催化剂,体现了绿色化学的思想。

3.3 多元评价,考查学生综合素质

为了明晰对综合设计实验的评价,首先呈现本门课程评价内容和方式的全貌,然后论述综合设计实验

表3 应用化学一、二班乙酸乙酯制备方案改进前后实验结果对比

班级	组别	冰醋酸/ mL	乙醇/ mL	催化剂	实验产 率/%	平均产 率/%
一班	1-1	8	14	浓 H ₂ SO ₄	78	80.1
	1-2				85	
	1-3				81	
	1-4				77	
	1-5				80	
二班	2-1	8	14	FeCl ₃ · 6H ₂ O	76	78.3
	2-2				83	
	2-3				80	
	2-4				74	
	2-5				78	

的评价内容和方式。实验课程评价是实验教学的重要组成部分,是对教师教学效果和学生学习效果的有效反馈,有助于实现教学目标^[15]。单一的评价模式,仅给出学生期末成绩,不能全面考查其综合素质,多样的考核方式有利师生的共同成长^[16],所以本课程的评价,无论评价方式,还是评价内容均采用多元化的方式。在评价方式方面,采取学生自评、小组互评和教师参评相结合;在评价内容方面,具体为平时成绩(40分)、理论测试(10分)和期末考核(50分),课程共开设6个基础实验和5个综合设计实验(苯甲酸的制备→苯甲酸的重结晶→苯甲酸乙酯的制备;乙酰苯胺的制备→乙酰苯胺的重结晶→乙酰苯胺的水解;苯甲酸的制备→苯甲酸乙酯的制备→苯甲酸乙酯的水解;溴苯的制备→溴苯格氏试剂的制备→苯甲酸的制备;环己酮的制备→环己酮肟的制备→己内酰胺的制备)。期末考核即综合设计实验考试,每次综合设计实验都是期末考核,让学生体验到学习的紧迫感,提高学习效率。由于综合设计实验的复杂性和耗时性,项目组提前两周布置任务,让学生预习教材或讲义,查阅国内外相关文献,开放实验室给予学生更多时间和机会,学生通过个人自学、组内讨论和组间交流的方式,确定综合设计实验方案,最后的实验考核由项目组教师参与,过程的多元性、开放性,以保证评价的科学性、合理性。

3.4 实验效果,获得学生良好评价

为了科学、客观地评价有机化学综合设计实验的教学效果,项目组通过对实验改进前和改进后的试剂使用量、实验的产率、微小实验事故(如划伤、灼伤)次数和学生满意度等方面进行统计分析。如表4所示,改进后的有机化学综合实验的试剂使用量约占改进前的1/3,极大地减少了试剂用量,降低了实验教学成本,锻炼了学生微量实验操作技能,培养了学生绿色环保意识,且改进后的实验产率和改进前的实验产率

相差不大,充分说明在创新绿色理念指导下可以确保教学质量,完成教学任务,更值得关注的是减少危险试剂的使用,实验室微小实验事故的次数也减少为原来的1/2左右。在对2017级两个班学生问卷调查统计结果显示,改进前后学生的满意程度提升了12%(见表4),说明改进后的有机化学综合设计实验获得了学生的良好评价。

表4 有机化学综合设计实验方案改进前后教学效果评价

	试剂使用 量/瓶	平均实验 产率/%	微小实验 事故/次	学生满意 程度/%
实验改进前	108	75.6	40	62
实验改进后	35	74.3	19	74

4 结 语

任何有利于师生成长的教育教学改革,不仅是对教师的综合素质提出了较高的要求,也对学生参与学习的广度和深度提出了要求。项目组经过实践探索,将创新绿色化学理念融入有机化学综合设计实验中的改革得到了师生的认可。但在实施中也遇到一些困难,综合设计实验项目的动态遴选与开放有机化学实验室安全管理等问题还需要进一步探索。总之,该项目不仅是有机化学实验课程教学方式的内在要求,也是体现有机化学实验学科育人价值的重要方式,提升了学生的综合素养,是合规律性与合目的性的有机统一。

参考文献(References):

- [1] 教育部关于加快建设高水平本科教育全面提高人才培养能力的意见.(2018-10-18) [2020-08-12].
- [2] 李厚金, 赖 璐, 朱可佳, 等. 基础有机化学实验教学内容的改革探索[J]. 大学化学, 2017, 32(4): 21-24.
- [3] 查正根, 兰 泉, 郑 媛, 等. 绿色创新型有机化学实验教学模式构建与实践[J]. 实验室研究与探索, 2014, 33(3): 136-141.
- [4] 易 兵, 谭正德, 党丽敏, 等. 微型有机化学实验的绿色化教学浅探[J]. 实验室研究与探索, 2011, 30(10): 139-141.
- [5] 王 红, 刘秋平, 王海滨, 等. 有机化学实验教学绿色化改革的研究与实施[J]. 实验室研究与探索, 2019, 38(7): 139-144.
- [6] 钟登华. 新工科建设的内涵与行动[J]. 高等教育研究, 2017, 35(3): 1-6.
- [7] 张振南, 叶筱琴, 孙 哲, 等. 苯甲酸制备实验的微型化研究[J]. 实验技术与管理, 2013, 30(5): 133-134.
- [8] 张凤秀. 有机化学实验[M]. 北京: 科学出版社, 2013: 171.
- [9] Grieger K, Leontyev A. Promoting student awareness of green chemistry principles via student-generated presentation videos[J]. Journal of Chemical Education, 2020, 97(9): 2657-2663.
- [10] Perosa A, Gonella F, Spagnolo S. Systems thinking: Adopting an emergy perspective as a tool for teaching green chemistry[J]. Journal of Chemical Education, 2019, 96(12): 2784-2793.

(下转第276页)

风险,更无需等待持章人时间,有效解决了时间、空间、人力、物资等问题。

(5) 签署履约一体化。设备维修合同签署完成后流转至合同库中统一管理,除了合同存证信息外,合同标的、条款、责任人形成格式化数据,便捷搜索查询,支持合同的变更解除、终止、续签、借阅等。

(6) 合同风险管控化。基于合同到期、执行、违约等关键条款信息,系统进行实时监控,发现合同风险征兆及时通过多种方式进行预警提醒,全面监控合同履行过程,保障合同顺利执行。此外,系统可实时获取合同相对方的资信信息,相关信息变化及发生资信风险时系统可自动预警合同相关业务人员。

(7) 档案存储自动化。线上生成的维修合同文件,从发起至终止的全过程信息伴随着业务的流转自动存储至合同库进行归档。存储的合同信息可即时查询和调阅,有效解决了纸质合同保管难、查阅难的问题。如出现法律纠纷,可一键生成维修合同电子证据用于司法鉴定,举证服务更便捷。

系统的实施构建了新时期设备维修合同管理机制和运行模式,实现了全校 23 万余台套,原值 39 亿元仪器设备潜在维修合同签署业务的电子化管理。系统上线后,各项功能指标满足业务需求,学校教职工和设备维修服务商不到 2 min 即可完成 1 份合法合规的电子合同审签,有效节约了合同签订管理成本,规避了合同内容外泄的风险,提升了合同签署效率,缩短了设备维修服务时间,更好地为教学科研和行政管理提供服务支撑保障。此外,设备维修合同的电子化和电子签章创新性地实现了统一资产管理系统架构下的设备维修全流程各环节业务的线上办理和档案单套制管理,高效保障了学校实验技术装备的完好率和使用效益,以及实验教学平台、科研技术平台、大型仪器设备共享平台等仪器设备功能平台的稳定运行,也为新成果和大成果的产生提供了重要的基础支撑条件。

5 结 语

借势信息化构建设备维修合同电子化签署系统并将其耦合对接至资产管理平台,实现了维修业务的全周期管理。系统的构建伴生了一种全新的设备维修合同全流程管理模式,重塑了管理理念和管理方法,打破

了合同签署的时间和空间壁垒,最大限度地节省了人力和物资,实现了设备维修合同的范本自动生成、全流程线上签审、用印履约一体化、处理节点短信提醒、业务流程全程可溯、合同信息自动存储、举证取证一键生成等,有效提高了设备维修合同签署的规范性、合法性、科学性和实效性,高效助力学校维修管理现代化水平的提升和仪器设备使用效益的发挥,保障学校实验教学、科学研究和行政管理等各项工作的顺利推进。

参考文献(References):

- [1] 刘洪婧,寇广孝. 信息技术在高校设备维修管理中的应用[J]. 实验技术与管理,2015,32(12): 260-264.
- [2] 陈旭. 从合同角度谈高校维修改造项目工程造价控制[J]. 建材与装饰,2019(23): 175-176.
- [3] 许飞雪,刘勤明,叶春明,等. 基于服务性能合同模式下单部件系统视情维修策略研究[J/OL]. 计算机应用研究: 1-6 [2020-07-07]. <https://doi.org/10.19734/j.issn.1001-3695.2020.01.0008>.
- [4] 王承明,丛蕾. 高校仪器设备维修管理系统设计与开发[J]. 实验技术与管理,2012,29(9): 97-100.
- [5] 柴黎,姚秀芳. 高校实验室仪器设备维修管理的探索[J]. 实验科学与技术,2013,11(3): 173-175.
- [6] 沙沙. 高校仪器设备维修中的问题及解决方法[J]. 高校实验室工作研究,2015(2): 120-122.
- [7] 王松堂. 高校仪器设备维修管理的理论与实践[J]. 实验技术与管理,2014,31(12): 253-256.
- [8] 王文君,胡美琴,刘淑云,刘洪颜. 高校仪器设备全生命周期管理平台的建设与实践[J]. 实验室研究与探索,2019,38(10): 295-298.
- [9] 刘鹏. 电子合同订立流程及风险防控注意事项[J]. 中国农村金融,2019(5): 55-57.
- [10] 法豸. 电子合同走向细分领域,助力人力资源服务实现“四化”[J]. 中国人力资源社会保障,2019(11): 26.
- [11] 关淳,王培军. 基于B/S模式的实验室设备维修管理系统设计[J]. 实验技术与管理,2012,29(6): 221-223.
- [12] 郑小梅. 电子合同的若干法律问题的探究[J]. 法制博览,2018(28): 227.
- [13] 吴丽娜. 电子商务模式下电子合同订立的若干法律问题[D]. 昆明: 云南大学,2016.
- [14] 中华人民共和国商务部. 电子合同在线订立流程规范. SB/T 11009-2013[S]. 2013.
- [15] 李军,李伟. 设备保修合同的规范管理[J]. 医疗装备,2018,31(1): 86-87.
- [16] 叶晓彤. 去中心化的Wi-Fi接入资源动态分配模块的设计与实现[D]. 北京: 北京邮电大学,2019.

(上接第180页)

- [11] John E C. Pesticide detox by design[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2018,36(6): 9379-9383.
- [12] Zheng L, Cao C, Cao L, et al. Bounce behavior and regulation of pesticide solution droplets on rice leaf surfaces[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2018,66(44): 11560-11568.
- [13] 马楠,王筱平. 有机化学实验教学中体现绿色化学的探索[J]. 实验室研究与探索,2011,30(7): 141-143.
- [14] Ming S, Pang L, Fan C, et al. Chemical deactivation of Cu-SAPO-18 deNO catalyst caused by basic inorganic contaminants in diesel exhaust[J]. Chinese Journal of Catalysis, 2019,40(4): 590-599.
- [15] 解正峰. 有机化学实验教学的探索与实践[J]. 实验技术与管理, 2011,28(9): 127-128.
- [16] 强根荣,王红,王海滨. 大学有机化学实验考核方式探讨[J]. 实验室研究与探索,2020,39(4): 129-132.