

高职院校分析化学实验教学的多层次信息技术应用

陈素彬, 胡 振, 蒲 草

(南充职业技术学院 农业科学技术系, 四川 南充 637131)

摘 要: 为改善高职院校分析化学实验教学效果, 提升师生的信息技术应用能力, 根据高职院校学生构成、认知特点和分析化学实验教学内容, 以设计制作信息化实验教学资源为基础, 以分层教学和个性化教学为目标, 提出了基于多媒体辅助教学、翻转课堂教学和 SPOC 混合式教学的多层次信息化实验教学体系。针对以手工方式计算、绘图和撰写实验报告易出错、效率低、不规范等问题, 以适应科技发展、丰富实验手段为目标, 探讨了将多层次信息技术应用能力培养融入实验过程的可行方案。

关键词: 高职院校; 分析化学实验; 多层次; 信息技术

中图分类号: G712 **文献标识码:** A **文章编号:** 1002-4956(2020)09-0242-06

Application of multi-level information technology in teaching of analytical chemistry experiment in higher vocational colleges

CHEN Subin, HU Zhen, PU Cao

(Department of Agricultural Science and Technology, Nanchong Professional Technic College, Nanchong 637131, China)

Abstract: In order to improve the teaching effect of analytical chemistry experiment in higher vocational colleges and enhance the teachers and students' ability to apply information technology, according to the composition of colleges students, cognitive characteristics and analytical chemistry experiment teaching in higher vocational colleges, based on the design and production of information experimental teaching resource and with the implementation of hierarchical teaching and personalized teaching as the goal, a multi-level information experimental teaching system based on multimedia assisted teaching, flipped classroom teaching and SPOC hybrid teaching is proposed. In view of the problems such as error prone, low efficiency, nonstandard, etc., in manual calculation, drawing and writing experiment reports, the feasible scheme of integrating multi-level information technology application ability training into the experimental process is discussed in order to adapt to the development of science and technology and enrich experimental means.

Key words: higher vocational colleges; analytical chemistry experiment; multilevel; information technology

“分析化学”是一门以实践为基础的学科, 是高等院校化工、食品、环保、医药、材料等多类专业的必修课程, 实验教学在整个课程教学中具有举足轻重的地位^[1]。目前, 分析化学实验的主流教学模式为基于翻转课堂理念的理实一体化和 MOOC/SPOC 线上线下混合式教学^[2-6], 教学方法以讲授、演示和操作为主, 教学手段包括多媒体课件、微课、微视频和仿真实验

等, 这些均在一定程度上融入了以互联网和计算机软件为代表的现代信息技术。但是, 现有的相关研究和教学实践大多面向本科教育, 主要着眼于实验教学模式、方法手段和资源建设的信息化改革^[7-10], 而忽视了对学生在实验过程和结果处理中的信息技术应用能力的培养与提高。

高职院校通常不单设“分析化学实验”课程, 而是根据不同专业的“分析化学”课程知识目标要求和技能目标要求, 将实验内容与必备知识整合为若干项目实施“教、学、做一体化”教学^[11]。高职院校在人才培养目标、学生基础素质、实验设备条件等方面与本科高校有较大差距, 不宜生搬硬套其分析化学实验教学模式和方法手段。基于高职院校培养“满足职业

收稿日期: 2020-03-03

基金项目: 南充市社会科学“十三五”规划 2019 年度项目 (NC2019B190)

作者简介: 陈素彬 (1967—), 女, 四川仪陇, 大学, 副教授, 主要研究方向为分析检测技术和分析化学教学。

E-mail: 442060379@qq.com

岗位要求的高技能人才”这个根本目标及《国家中长期教育改革和发展规划纲要》等相关文件要求, 本文就石油化工、食品营养与检测、现代农业技术等专业的“分析化学”课程实验教学, 从教学模式改革和学生能力培养两个方面进行了信息技术应用探讨, 依据不同的专业需求、信息技术条件和学生特点形成多层次信息化教学体系, 并通过实施混合式分层教学和个性化教学改善实验效果, 强化学生信息技术素养。

1 高职分析化学实验教学分析

1.1 高职学生构成与特点

高职院校生源结构复杂, 包括统招生、单招生、对口高职生、五年制转校生等多种类型, 随着统招生占比逐年递减, 学生总体素质有所降低, 但也不乏高考分数超过本科线者。开设“分析化学”课程的班级由各类学生混编而成, 其中不少是高中文科生, 这就造成了同班学生知识基础参差不齐、有的实验技能几近于零、学习能力差异较大的现象。面对这种情况, “以教师为中心”的传统实验教学模式显然难以获得应有效果, 而“以学生为中心”的混合式分层教学和个性化教学才是达成预期目标的较好途径。

与本科学生相比, 高职学生喜欢接触新鲜事物, 反感枯燥、呆板的课堂讲授, 对理论知识兴趣不高, 但动手能力较强。目前的高职学生大多是“00后”, 他们可谓互联网的“原住民”, 很多是玩着手机长大的, 有丰富的电脑使用经历, 具备基本的信息技术应用能力。因此, 采用基于现代信息技术的教学模式、方法和手段实施分析化学实验教学, 既是现代教育技术和学科发展的必然趋势, 也符合高职学生的认知规律和学习习惯。

1.2 分析化学实验教学内容

高职院校的“分析化学”课程应以实验为核心组织教学内容, 并将每个实验与相应的必备知识整合为项目, 即形成整个课程的项目化实验教学内容体系。我们将其划分为如下4个模块, 具体实验项目如表1所示。

(1) 实验基础。包括分析实验必备知识、基本操作和基本技能, 如: 误差计算、数据处理、洗涤、称量、定容、移液、滴定及标准溶液配制、标定等。

(2) 化学分析。包括酸碱滴定法、配位滴定法、氧化还原滴定法和沉淀滴定法实验。

(3) 仪器分析。常规分析仪器的使用, 重点是吸光光度法实验。

(4) 专业综合。根据开课班级的专业方向选择相应的综合性实验项目。如: 食品营养与检测专业选开“小麦蛋白质含量测定”, 石油化工专业选开“柴油

凝点测定”, 现代农业技术专业选开“土壤有机质含量测定”。

表1 “分析化学”课程实验项目

模块	项目	实验名称
实验基础	1	分析实验必备知识和基本操作
	2	标准溶液配制与标定
化学分析	3	食醋中总酸度测定
	4	工业烧碱中 NaOH 和 NaCO ₃ 含量测定
	5	双氧水中过氧化氢含量测定
	6	污水或废水中化学需氧量测定
	7	自来水总硬度及钙、镁含量测定
仪器分析	8	明矾中铝含量测定
	9	食盐中氯含量测定
	10	水样中铁含量测定
专业综合	11	土壤 pH 值测定
	12	根据专业方向选做相应综合性项目

在表1中, “实验基础”和“化学分析”是各专业必做的基本模块; “仪器分析”为选做模块, 根据专业要求和实验课时选择; “专业综合”模块建议必做, 因其不仅用到分析化学基本原理和常规实验方法, 还可能涉及到样品前处理、特定操作步骤、化学计量学方法和大型仪器使用, 这些都有助于对学生专业素质和信息技术应用能力的培养。在实际行课时, 若某些专业的计划学时较少, 可对“化学分析”与“仪器分析”模块的实验项目进行适当删减, 但应保证实开实验的代表性。

2 多层次信息化实验教学体系

分析化学实验教学的传统流程为“看书预习、熟悉要领→照书操作、记录数据→手工计算、纸质报告”, 但这并不适合自控力差、不喜欢阅读文字资料、操作能力相差较大的高职学生。基于因地制宜、因材施教原则, 为了适应高职院校的实验条件和学生特点, 应通过分层教学和个性化教学等途径改进教学效果, 因此我们以教学模式改革为目标探讨了多层次信息化的分析化学实验教学体系。

2.1 信息化实验教学资源

根据表1所列的分析化学实验项目, 搜集或设计、制作相应的多媒体教学资源, 包括教学 PPT、仪器图片、实验装置图、微课、动画、微视频、仿真实验和数据处理表格、实验报告模板、测验题等。

教学 PPT、数据处理表格、实验报告模板和测验题常用 Microsoft Office 编辑制作; 仪器图片可实物拍照后以 Photoshop 或美图秀秀处理得到, 也可从因特网搜索下载; 实验装置图可用亿图图示软件绘制; 微课和微视频可用摄像机或智能手机现场录制, 以会声

会影或爱剪辑软件编辑。对于教师授课过程,也可用录频软件 Camtasia Studio 制作,用于演示操作过程的动画,可用 Adobe Flash 制作。

仿真实验有助于学生提前熟悉实验流程、掌握操作要领,确保实际操作顺利、安全完成,这对于大部分近乎零基础的高职学生具有特殊意义。目前开发仿真实验教学平台的主流技术是 Unity3D 结合 3DS MAX^[12],其大致流程如下:

(1) 建立实验模型。以 3DS MAX 逐一建立实验场景、仪器和药品模型,为其赋予材质、贴图,并创建各种操作动画,全部转换为.fbx 格式文件。

(2) 导入模型素材。用 Unity3D 新建一个场景,将实验模型文件导入 Assets 文件夹。

(3) 建立用户界面。利用 NGUI 插件创建 UI 界面,以 C#编写脚本并绑定至对应的图标按钮,完成界面操作功能。

(4) 实现模型交互。将制作好的试剂添加、仪器组装等动画资源挂载至对应的物品下,用摄像机绑定的 C#脚本获取用户鼠标点击或键盘输入动作,当物品被触发后播放相应的操作动画,从而实现实验过程所需的各种模型交互。

(5) 搭建虚拟实验平台。用 PHP 和 Mysql 创建分析化学虚拟实验教学网站,并以 ApacheHTTP Server 搭建服务器,得到 B/S 架构网络平台。

(6) 发布仿真实验。利用 Unity WebPlayer 将各实验组件打包发布为网页文件,上传至服务器端,再将其导入 Apache 服务器的共享文件夹,用户即可借助桌面电脑或智能手机通过互联网访问之。

2.2 多媒体辅助实验教学

传统实验教学是在理实一体化综合教室“先讲后做”,即首先利用多媒体电脑和信息化教学资源讲解实验要领和注意事项,播放相关动画和微视频,并进行现场操作演示,然后指导学生逐步操作完成实验。但这种教学方式难以适应知识层次、思维特点和技能基础各不相同的高职学生,为此可利用 QQ 群或微信群共享实验教学资源,安排学生根据自身情况提前预习并在实验过程中参考,还可借助 QQ 和微信进行问题讨论和疑难解答。

这是分析化学实验教学信息化的基本层次,学生无需使用额外的终端设备和软件,只需智能手机和主流社交软件即可实现教学资源浏览和师生交流,学生学习不受时空限制,并可根据自身情况选择重点内容进行实验预习。但教师不便进行考勤、随堂测试和个性化指导,无法实时统计、掌握学生参与学习与讨论的具体情况。

2.3 翻转课堂实验教学

利用“雨课堂”或“云班课”等移动端互动教学 APP 创建分析化学实验班。以班为单位实施翻转课堂教学,能更加方便地管理各类教学资源,并解决考勤、测验和后台统计等问题。但因系统环境和内存空间等限制,可能存在部分教学资源不能在智能手机上正常浏览或运行的情况。

“雨课堂”是清华大学在线教育办公室和学堂在线共同推出的智慧教学工具,其全部功能基于 PPT 和微信,可随时推送教学资源,方便学生自主学习,可进行随堂限时测试和结果实时统计,能轻松组织课堂讨论,方便师生随时沟通,全程采集教学数据并监测学习成效,能很好地衔接课外在线自学与实验室面对面教学,从而实现翻转课堂教学效果。其实验教学过程如图 1 所示。

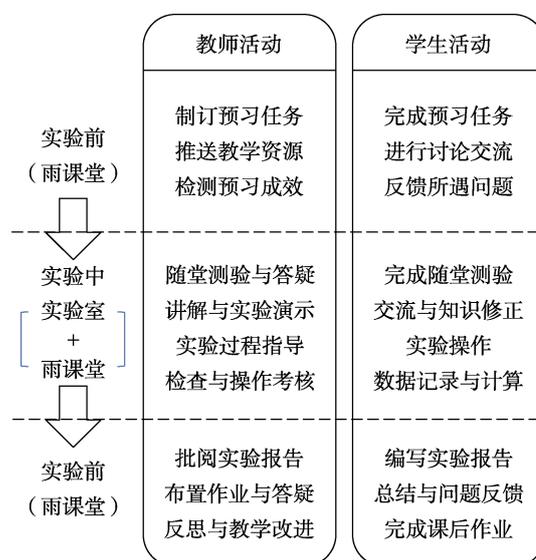


图 1 基于“雨课堂”的翻转式实验教学过程

2.4 SPOC 混合式实验教学

在中国大学 MOOC、超星泛雅等专业网络教学平台建立 SPOC 课程,将分析化学实验教学资源上传至网络平台,结合“雨课堂”和 QQ 群等工具实施线上线下混合式教学。这个层次的教学实现了信息技术与分析化学实验教学的全面、深度融合,学生可在实验之前借助电脑和智能手机根据自身情况有选择性地在线自主学习,真正实现分层教学和个性化教学;教师也能在实验室现场讲解操作要领、强调注意事项、掌控实验进度、进行个别指导;实验后则可通过网络平台上交、批改作业和实验报告,师生交流、学生复习、仿真实验等相关活动都非常方便。因此,这种教学模式能有效激发高职学生的学习兴趣,增强其掌握实验技能的信心,最大限度地提高分析化学实验教学质量。

2.5 几种信息化教学模式的对比

多层次信息化分析化学实验教学体系以教学资源信息化为前提,但在实际教学中应根据实验环境、信息技术条件和专业要求采用恰当的教学模式。其中,利用 QQ 群或微信群辅助教学是基本层次,仅需智能手机即可实施,适用于任意高职院校、任意专业的分析化学实验教学;基于“雨课堂”“云班课”的翻转课堂是主流层次,加装相应 APP 和 Wi-Fi 即可实现;SPOC 混合式教学为完善层次,需进一步添置电脑并加入网络教学平台。不同层次的分析化学实验信息化教学模式对比如表 2 所示。

表 2 分析化学实验信息化教学模式对比

教学模式	信息技术条件	优势	缺点
多媒体辅助实验教学	手机、QQ (微信)	无需额外设备和软件,方便学生自主学习和师生交流	不便监测学习效果
翻转课堂实验教学(雨课堂)	互动教学 APP、手机、Wi-Fi	学生可自主学习和讨论,教师可随堂测验并掌握完成情况	部分教学资源不能正常播放
SPOC 混合式实验教学	网络教学平台、互联网、电脑、手机	便于层次化和个性化实验教学,教学资源使用和师生互动不受时空限制	信息化教学条件要求较高

3 多层次培养学生的信息技术能力

高职教育的核心目标是培养学生的职业岗位技能。在当今科技飞速发展和信息海量暴增的时代背景下,信息技术应用能力对于职业岗位工作的重要性是不言而喻的。分析化学实验以定量分析项目为主,必须进行数据记录、结果计算和撰写报告等常规作业,在某些情况下还需要拍照、绘图甚至编程,传统的手工作业方式已不能完全满足这些工作要求。为此,应在不放松实验操作技能训练的同时,注重培养学生的相关信息技术应用能力。

根据高职学生的生源结构、认知特点和信息技术能力基础,可将分析化学实验相关的信息技术应用能力分为“通用”和“拓展”两个层次,通过混合式分层教学和个性化指导逐步养成。

3.1 通用能力: Microsoft Office 应用

高职学生都能熟练操作计算机和智能手机,完整学习过 Microsoft Office,具备 Word 和 Excel 组件的基本应用能力,这就为分析化学实验数据计算和报告撰写的信息化创造了条件。因此,要求全部学生必须用 Microsoft Office 或与之兼容的 WPS Office 完成数据计算和实验报告撰写,做到实验数据完整、计算过程清楚、报告撰写规范。

3.1.1 用 Excel 记录数据和计算结果

Microsoft Excel 提供了强大的电子表格功能,可方便地输入、保存各类数据,利用公式和内置函数能快速地完成各种计算,非常适合分析化学实验数据的记录和结果计算。为了统一标准和规范格式,教师可在实验前给学生提供相应的实验数据计算表模板,以表 1 中的“实验 5 双氧水中过氧化氢含量测定”为例,要求对样品重复做 3 次测定,计算测定结果和相对平均偏差,其 Excel 实验数据计算表如图 2 所示。

记录项目	编号 I	编号 II	编号 III
KMnO ₄ 终读数/mL	28.10	28.22	28.02
KMnO ₄ 初读数/mL	0.00	0.00	0.00
V _{空白} /mL		0.10	
V _{试样} /mL		2.00	
C _{KMnO₄} /mol·L ⁻¹		0.02007	
V _{KMnO₄} /mL	28.00	28.12	27.92
ρ _{H₂O₂} /(g·L ⁻¹)	298.7	300.0	297.9
平均ρ _{H₂O₂} /(g·L ⁻¹)		298.9	
相对平均偏差/%		0.25	

图 2 Excel 实验数据计算表

该表黑框内前 5 行用于记录实验数据,后 4 行存放分步计算结果,由学生自行利用内置函数构造公式完成,使学生逐步养成严谨细致、开动脑筋的习惯,既加深了对实验计算公式的理解,也提高了 Microsoft Excel 的应用水平。

3.1.2 用 Word 撰写实验报告

对于高职学生来说,用 Microsoft Word 撰写实验报告既规范、便捷,又能练习编辑排版、提高 Word 使用水平。教师应在实验前给出实验报告模板,以规范其内容和格式,学生在完成实验后据此撰写实验报告。

实验报告的内容包括:实验目标、实验原理、仪器试剂、操作步骤、结果计算和问题处理等,其中化学反应式和结果计算公式的输入有助于学生熟练掌握 Microsoft 公式编辑器。

为了减少文件传输量,教师可在实验报告模板的“结果计算”部分直接插入图 2 所示的 Excel 实验数据计算表,将文件合二为一,其方法如下:

(1) 定位至实验报告文档的“结果计算”部分,在“插入”选项卡的“文本”功能组,单击“对象”按钮打开“对象”对话框。

(2) 在“由文件创建”选项卡中单击“浏览”按钮,从“浏览”对话框中选择 Excel 实验数据计算表,单击“插入”“确定”按钮。

(3) 调整该表的大小和位置, 双击后即可进入 Excel 状态进行编辑。

3.2 拓展能力: 手机拍照与曲线拟合

分析化学实验以滴定分析和分光光度法为重点, 滴定终点的准确掌握和标准曲线的精确测绘是关键环节, 也是学生的操作难点和技术弱点。为此, 除了要求在实验前仔细观看微视频、实验中认真观摩操作示范外, 还可引导学生以智能手机和专业绘图软件为实验辅助工具, 更好地完成滴定操作和标准曲线绘制。

3.2.1 用手机拍照辅助滴定终点判断

当滴定至近终点时, 再加入 1 滴或半滴标准溶液将使指示剂由一种颜色变为另一种颜色, 当二者占比恰为 1:1、溶液整体呈现混合色时, 达到该滴定过程的变色点, 即为滴定终点。缺乏操作经验的学生很难准确判断滴定终点时的颜色变化, 为此可在教师演示和学生实验过程中, 用智能手机将滴定终点时的颜色变化拍照、拼图后共享至专用 QQ 群或微信群, 帮助学生通过交流对比准确判断滴定终点。以表 1 中的“实验 7 自来水总硬度及钙、镁含量测定”为例, 其滴定过程以铬黑 T 为指示剂, 实验中学生可按如下步骤进行操作:

(1) 实验前在智能手机上安装“美图秀秀”。

(2) 在滴定将至终点时, 每加入 1 滴(或半滴)标准溶液拍摄待测液照片 1 张, 直至其颜色由酒红变至纯蓝。

(3) 判断、选择滴定终点时的紫色照片, 以美图秀秀将其与前、后的连续 1~2 张照片处理、拼图为 1 个文件, 传至 QQ 群或微信群, 并在撰写实验报告时将其插入“问题处理”部分。

(4) 教师指导学生对比、讨论各组图片, 增强对滴定终点的判断能力。

3.2.2 用 Origin 实现标准曲线绘制与拟合

分光光度法定量分析的标准曲线可用学生熟悉的 Microsoft Excel 绘制。但对于部分基础较好、有参加职业技能大赛或“专升本”意愿的高职学生, 则可指导其学习、应用 Origin 软件来完成这项工作。

Origin 是专业科学绘图和数据分析软件, 具有各种 2D/3D 图形绘制和曲线拟合功能, 支持多种图形输出格式, 其工作表以列为操作对象, 故执行效率很高。以表 1 中的“实验 10 水样中铁含量测定”为例, 其标准曲线测定数据如表 3 所示, 其中 C_{Fe} 为铁浓度, A 为吸光度。

表 3 水样中铁含量测定数据表

项目	1	2	3	4	5	6	7
$C_{Fe}/(\mu\text{g/mL})$	0.0	0.2	0.4	0.8	1.2	1.6	2.0
A	0.004	0.083	0.162	0.326	0.485	0.652	0.827

以 OriginPro 2019b 中文版进行相应标准曲线绘制与拟合的步骤如下:

(1) 输入数据。运行 OriginPro 2019b, 在默认工作表的 A(X)、B(Y)列分别输入表 3 所示的铁浓度和吸光度系列数据。

(2) 绘制图形。选中 A(X)、B(Y)列, 执行菜单命令“绘图”→“基础 2D 图”→“点线图”, 即可得到相应的标准曲线图。

(3) 设置坐标轴标题。右击绘图区, 执行快捷菜单命令“坐标轴...”, 在对话框中选择“标题”选项卡, 分别输入“下轴”的“文本”为“铁浓度($\mu\text{g/mL}$)”, “左轴”的“文本”为“吸光度”, 单击“确定”按钮。完成后的标准曲线如图 3 所示。

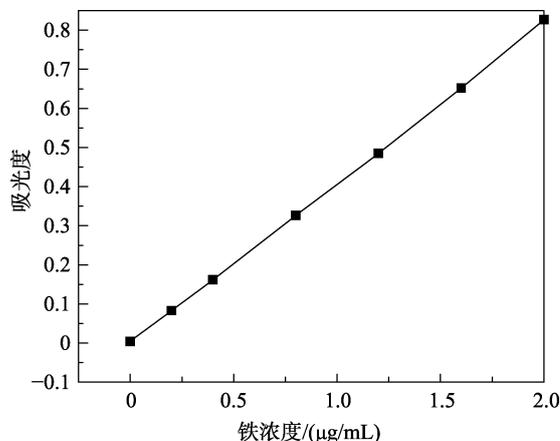


图 3 铁标准溶液的吸光度-浓度曲线

(4) 曲线拟合。执行菜单命令“分析”→“拟合”→“线性拟合”→“打开对话框...”, 在对话框中切换至“输出”选项卡, 在“备注中的公式”列表中选择“显示参数值的方程”, 单击“确定”按钮, 即可得到表格形式的拟合结果。

(5) 查看拟合结果。双击拟合结果表格, 可将拟合结果详细显示于单独窗口中, 包括曲线方程、残差平方和及决定系数 R^2 等, 如图 4 所示。将待测液吸光度值代入曲线方程即可计算出铁的含量。

方程	$y = -3.378\ 84\text{E-}4 + 0.4099 \times x$
绘图	B
权重	不加权
截距	$-3.378\ 84\text{E-}4 \pm 0.003\ 22$
斜率	0.4099 ± 0.00287
残差平方和	$1.376\ 79\text{E-}4$
Pearson's r	0.999 88
R平方 (COD)	0.999 76
调整后R平方	0.999 71

图 4 铁标准溶液吸光度-浓度曲线拟合结果

4 结语

分析化学是一门传统的实验科学, 随着时代的发展和科技的进步, 在分析化学实验教学中深度融入信息技术是必然趋势。对于学生文化素质参差不齐、旨在培养技能型人才的高职院校而言, 构建多层次的信息化分析化学实验教学体系, 实施线上线下混合式分层教学和个性化教学, 并在实验中应用信息技术工具解决相关问题、提高工作效率, 是改善实验教学效果和增强师生信息技术应用能力的一种有益尝试。

参考文献 (References)

- [1] 刘霞, 潘涛, 黄兆琴, 等. 分析化学课程网上实践教学的组织与实施[J]. 化学教育(中英文), 2018, 39(22): 65-68.
- [2] 毛月圆, 朱金坤, 唐婧, 等. 翻转课堂在分析化学实验中的应用过程设计[J]. 广州化工, 2019, 47(3): 139-140, 147.
- [3] 许文菊, 杨文婷, 周星星, 等. 分析化学实验翻转课堂教学模式设计(第1部分)[J]. 西南师范大学学报(自然科学版), 2018, 43(7): 176-179.

- [4] 黄端华. 高职工业分析与检验专业“分析化学”课程“理实一体化”教学模式的探索与实践[J]. 当代职业教育, 2014(5): 50-52.
- [5] 于永丽, 徐焯, 刘梅英, 等. 线上线下相结合的分析化学实验教学改革与实践[J]. 实验室科学, 2018, 21(6): 141-144.
- [6] 叶红, 何苏萍, 陈云, 等. “线上线下”结合的化学实验教学模式改革[J]. 化学教育(中英文), 2018, 39(22): 37-41.
- [7] 鹿现永. 突破实验室空间限制的“大学化学实验”教学实践[J]. 化学教育(中英文), 2019, 40(6): 81-84.
- [8] 何连军, 李巍巍, 何艺, 等. 仪器分析测试技术信息化教学探索与实践[J]. 化学教育(中英文), 2019, 40(8): 61-66.
- [9] 牛琳, 杨珊珊, 贾桂颖, 等. 微视频在分析化学实验教学改革中的探析[J]. 实验室科学, 2018, 21(2): 114-117.
- [10] 谭亮, 陈超, 方正法, 等. 多媒体辅助双语分析化学实验教学模式探索[J]. 实验室科学, 2017, 20(3): 235-237.
- [11] 陈素彬, 胡振. 后MOOC时期高职分析化学混合式教学模式构建[J]. 化学教育(中英文), 2019, 40(8): 67-73.
- [12] 杨国鑫, 郑阿群, 李健军, 等. 基于Unity3D的化学虚拟实验教学平台构建[J]. 实验室科学, 2019, 22(5): 72-76, 80.

(上接第241页)

生通晓国际事务的能力和参与国际工程技术研发的能力, 提高我国工程技术人才的国际竞争力。

参考文献 (References)

- [1] 陈维涛. “新经济”的核心内涵及其统计测度评析[J]. 南京社会科学, 2017(11): 23-30.
- [2] 段向军, 朱方园, 赵海峰. 新工科背景下高职工业机器人专业复合型创新人才培养体系研究与实践[J]. 职业教育研究, 2019(5): 52-56.
- [3] 佚名. 新工科建设形成“北京指南”[J]. 教育发展研究, 2017, 37(增刊1): 82.
- [4] 张敏敏, 周长城. 新经济: 概念辨析、发展动态与生活方式的变革[J]. 黑龙江社会科学, 2017(5): 75-82.
- [5] 教育部, 人力资源和社会保障部, 工业和信息化部. 三部门关于印发《制造业人才发展规划指南》的通知(教职成[2016]9号)[Z]. 2016-12-27.
- [6] 习近平. 让工程科技造福人类、创造未来[N]. 人民日报, 2014-06-04(02).

- [7] 范洁. 新经济发展的“多重效应”与“双重策略”[J]. 技术经济与管理研究, 2017(5): 70-75.
- [8] 林健, 彭林, BRENT J. 普渡大学本科工程教育改革实践及对新工科建设的启示[J]. 高等工程教育研究, 2019(1): 15-26.
- [9] 周香, 闫文平. 面向“新工科”建设的高职教育改革方向与行动路径[J]. 教育与职业, 2019(4): 34-40.
- [10] 杨小兵. 新工科背景下高校“卓越计划”人才培养研究[J]. 教育理论与实践, 2018, 38(33): 6-8.
- [11] 黄兆军. 高职院校新工科专业建设的探索与实践: 基于国际工程教育认证标准[J]. 职业教育研究, 2019(5): 57-62.
- [12] 陈孟威, 陈兴明. “新工科”理念下地方高校人才培养路径探析[J]. 教育探索, 2018(6): 37-40.
- [13] 刘强, 刘明维, 黄芳, 等. 地方应用型本科院校产学研合作育人体系的构建: 基于上海工程技术大学产学研合作教育的探索[J]. 中国职业技术教育, 2019(1): 68-76.
- [14] 李海舰, 朱芳芳, 李凌霄. 对新经济的新认识[J]. 企业经济, 2018, 37(11): 45-54.
- [15] 万云, 韩亚军, 吕值敏. 工业机器人专业“四化一体”教学模式的构建研究[J]. 中国职业技术教育, 2019(5): 68-71.