

# 混合式实验教学对学生学习行为与学习成效的影响



屈泳\*, 陈朦, 彭振华

南昌大学数学与计算机学院, 江西南昌 330031

**摘要:** 混合式实验教学作为混合式教学的分支, 是物理实验空间与网络在线教学空间相结合的虚实结合学习环境中开展混合教学的教学应用, 是对传统实验教学模式进行改革与创新。将混合式实验教学应用于“数学建模”实验课程中, 通过对“数学建模”实验课程进行线上线下混合式实验教学改革, 架构混合式实验教学创新模式, 通过课内课外的学生学习数据及成效, 深入的研究混合式实验教学对学生学习成效与学习行为的影响, 从外显学习行为维度和内隐学习行为维度两个方面进行学习行为特征分析, 运用课程相关数据重点探讨了混合式实验教学对学生学习成效与学习行为的影响, 从中发现混合式实验教学对提升学生的学习兴趣、学习行为和实验操作技能有着良好的促进作用, 混合式实验教学对于促进实验教学模式改革、提升人才培养质量具有积极意义。

**关键词:** 混合式实验教学; 学习成效; 学习行为; 学习兴趣

**DOI:** [10.57237/j.edu.2024.02.002](https://doi.org/10.57237/j.edu.2024.02.002)

## A Study on the Influence of Mixed Experimental Teaching on Students Learning Behavior and Learning Effect

Qu Yong\*, Chen Meng, Peng Zhenhua

School of Mathematics and Computer Science, Nanchang University, Nanchang 330031, China

**Abstract:** Through the application of the mixed experimental teaching in the course of “Mathematical modeling”, the characteristics of learning behavior are analyzed from two aspects: the explicit learning behavior dimension and the implicit learning behavior dimension, this paper focuses on the influence of mixed experimental teaching on students’ learning effect and learning behavior by using relevant curriculum data, it is found that the mixed experimental teaching has a good promoting effect on improving students’ learning interest, learning behavior and operating skills, the hybrid experimental teaching is of positive significance for promoting the reform of experimental teaching mode and improving the quality of personnel training.

**Keywords:** Hybrid Experiment Teaching; Learning Effect; Learning Behavior; Learning Interest

基金项目: 江西省社会科学“十四五”(2021年)基金项目“教育大数据开放共享的风险评估模型与控制策略研究”(项目编号: 21JY03); 南昌大学创新创业类教学改革研究项目(创新创业融入理科人才培养的模式与路径研究, 编号: NCUSCJG-2022N20).

\*通信作者: 屈泳, [yqu@ncu.edu.cn](mailto:yqu@ncu.edu.cn)

收稿日期: 2024-03-21; 接受日期: 2024-04-30; 在线出版日期: 2024-05-10

<http://www.educationrd.com>

## 1 引言

2018 年教育部发布了《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》，文中提出了以积极引导引导学生自我管理，主动学习，激发求知欲望，提高学习效率，提升自我学习能力的课堂教学革命。这里提出的“课堂教学革命”即包括传统的课堂教学改革，还涉及到实践教育方面的教学改革[1]。现阶段中国高校实践教学采用的还是传统的“演示讲授—学生操作—结果提交”的教学模式，由教师在课前布置预习知识，学生在课前对即将学习的实验内容进行预习；实验课上老师进行实验原理及操作的讲解及演示。并布置实验内容让学生进行实验操作；实验课完成后学生按照实验内容完成实验报告的撰写及提交，教师进行实验报告的批阅及打分。这种模式采用教师为主导，学生被动学习的教学方式，已很难适应实验教学改革与创新的要求。这种填鸭式的实验教学模式，极易造成学生自我学习动力缺乏，课上实践时间短，知识点无法全面掌握，考核评价形式落后等一系列问题。导致实验教学成效较低，影响了高素质专业化创新型人才的培养[2-4]。

教育信息化作为现代信息技术面向教育领域广泛应用的过程，而人工智能、大数据、互联网及元宇宙等新兴信息技术的发展及推广，尤其是知识图谱、翻转课堂、混合教学及智能教学等多种信息化教学的快速推广，基于混合教学形式的实验教学改革引起了各高校的广泛关注。很多中国学者对高校混合式实验教学进行了积极探索，从不同专业及角度进行了相关研究。汪兵兵等发现通过云教学和翻转课堂理念对实验教学课堂进行重构，可有效提高学生的自我效能感和学习主动性[5]；黄红梅等则设计了手机微信平台 and 仿真实验平台辅助实验教学的新模式，验证了新模式可以提高实验的学习效果[6]；张少斌依托 MOOC 平台对线上线下混合式生物实验教学模式进行探索和实践，实现了学生实验课程知识、综合素质与能力的协同培养，并提高了实验课程考核的客观性和准确性[7]。由此可见，依托信息技术的高校实验教学改革势在必行，并能从根本上解决实验教学中存在的重理论培养，轻实践能力的瓶颈问题。但是现有的研究还只是停留在对教学模式改革的研究，缺乏对学生实验学习的学习行为及成效有何影响的深入研究。为此，通过对“数学建

模”实验课程进行线上线下混合式实验教学改革，建构混合式实验教学创新模式，通过课内课外的学生学习数据及成效，深入的研究混合式实验教学对学生学习成效与学习行为的影响。

## 2 混合实验教学模式的构建

混合式实验教学作为混合式教学的分支，在设计和架构上遵循混合式教学的流程和原则。在教学模式研究方面，由余胜泉等提出的网络环境下混合式教学模式包含 4 个主要环节，分别由学习环境设计、课堂教学、在线教学及学习效果评价 4 个环节构成[8]，而在教学实践过程中，有学者发现混合式教学重的课堂教学和在线教学存在相互交融关系，而不是线性独立存在的[9]。为此在实验教学过程中，必须按照实验教学的特点，按照网络环境下的混合式教学模式所提供的参考，从实验学习环境、网络在线教学、实验课堂教学及学习效果评价是四个环节构建混合式实验教学创新模式，其模式结构如图 1 所示。

混合式实验教学的开展，是建立在物理实验空间与网络在线教学空间相结合的虚实结合学习环境上的。通常来说，物理实验空间是指学生进行实验操作的专业实验室，而在线教学空间则是依托各类网络教学平台进行构建，满足学生在线学习的线上教学环境。混合式实验教学是通过物理实验空间与网络教学空间所构成的学习环境为支撑开展的，这里所指的物理实验空间即学生进行实验的场所，统称为实验室，网络教学空间是指依托互联网教学平台进行搭建的网络实验教学课程。在混合式实验教学创新模式中，学习环境支撑着课堂实验教学、网络在线教学、教学效果评价等环节的开展，以下是一个实验教学项目的教学活动步骤：①实验课堂教学部分，此部分是在线下完成的课堂教学内容，教师在课堂上负责指导学生进行实验操作，对学生实验操作过程中的问题进行解答及纠正，同时辅导学生进行课堂实验学习的总结；学生则按照老师布置的实验内容进行实验操作及实践，并对实验学习中的遇到的问题进行思考及总结。②网络在线教学部分，实验课上课前，教师进行实验教学的课件制作、视频录制等教学资料的准备工作，完成后将教学资料上传网络教学平台，并布置相应的作业供学生练

习；学生则通过互联网进行课前自主预习，按照学习能力完成相应的课前预习作业。实验课结束后，教师通过网络教学平台布置实验作业并进行在线批改，组织学生围绕实验课程的重点问题进行线讨论；学生则通过互联网在线完成实验作业，提交实验报告并参与

问题讨论。③学习效果评价部分，教师根据学生实验学习情况，采用评价量表形式对学生的实验课程的学习情况进行评价打分，学生则根据教师的评价进行学习总结及问题思考[10]。

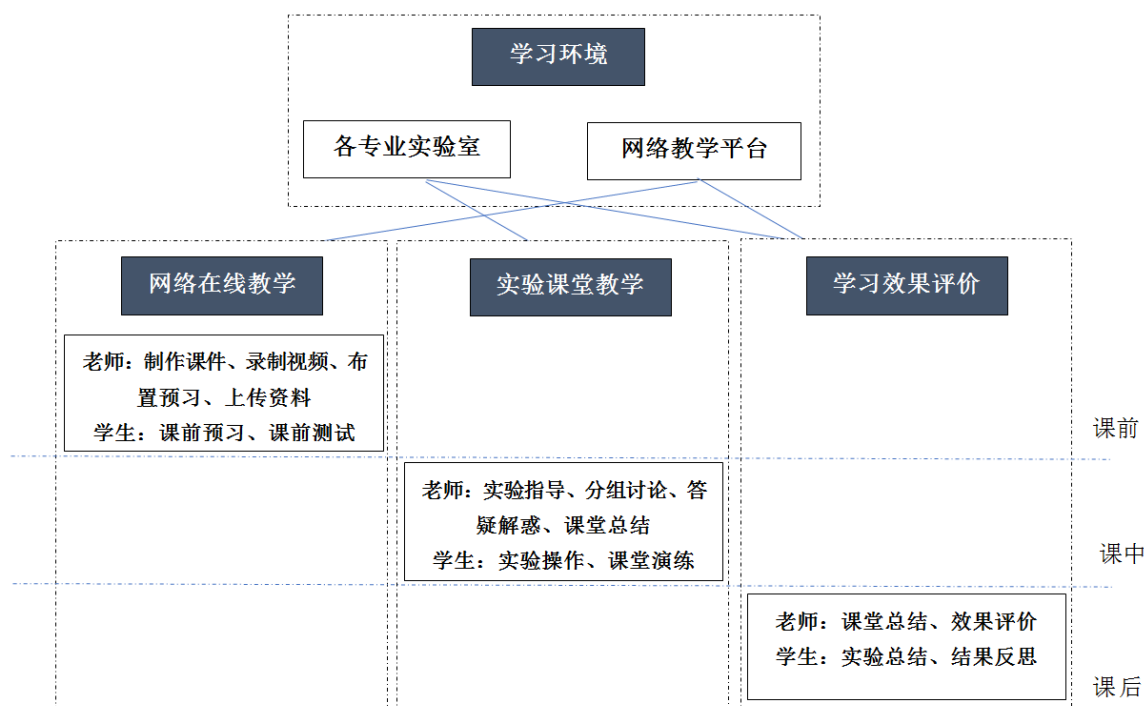


图1 混合式实验教学创新模式结构图

### 3 研究设计与思路

学习成效是学生学习表现结果的统称，是学生通过学习过程后在认知、行为、技能及情感等方面的表现结果，学习成效会因研究者的角度及视野不同而有不同的定义。杨现民等对学习成效定义为外显学习和内隐学习两个方面，结合实验教学的培养宗旨，在学生参与混合式实验学习过程中，可以从外显学习行为维度和内隐学习行为维度两个维度进行学习成效的研究，而实验学习体验则指学生在参加混合式实验教学过程中获得的主观感受。

#### （一）、学习行为评价模型设计思路

通过对《数学建模》实验课程开展混合式实验教学，将网络教学平台上收集到的学生学习行为数据和线下实验课堂学生学习行为进行分析与归类，设计出混合式实验教学模式下学习行为评价模型的总体框架，此框架以教育数据挖掘、行为科学、学习行为分类模

型等理论为基础，结合了实验教学的特点和教学目的。

第一步是学习者外显学习行为特征数据的采集及分析，此步主要是通过对网络教学平台上《数学建模》实验课程学习收集的收集整理完成的。第二步是学习者内隐学习行为特征数据的收集整理，可以采用问卷调查及随机访谈等形式进行，同时对收集的数据进行研究和分析。第三步将两个维度的数据进行融合处理，构建混合式实验教学模式的学习行为评价模型。

#### （二）、学习行为评价模型特征维度

在心理学研究中，将学习行为划分为内隐学习行为和和外显学习行为两个类型。内隐学习行为是一种不可以直接被观察到的学习行为，它是指有机体与外界接触过程中不知不觉中获得了一些经验，从而改变为某些学习的行为。另一类外显学习行为则是可以直接观察到的学习行为，指的是有意识的问题解决过程中产生是行为。

为了找出混合式实验教学模式下的学习者的行为特征，借助新建构主义学习理论、条件学习理论、需



求层次理论、行为科学理论、理性行为理论、计划行为理论等相关理论，根据实验教学的特点，构建出混合式实验教学模式的学习行为评价模型，模型从一个具体的混合式实验教学课程数据出发，从微观方面构建出合理的学习行为评价模型，有针对性地对混合式实验教学模式下的学习行为数据进行分析与评价[11]。

1. 外显学习行为维度划分

在学习行为维度划分上，采用学者彭文辉提出的S-F-T三维分类模型，这个三维模型较为综合，可以很好的划分混合式实验教学模式下的学习者的学习行为。在混合式实验教学《数学建模》实验课程研究中选取了S结构维度中的实验操作行为和问题解决行为两个维度，归纳出混合式实验教学模式下学习者的外显学习行为特征结构。通过网络教学平台《数学建模》课程后台学习行为数据的分析，总结归纳出五个有典型性的外显学习行为特征维度。其中实验操作行为维度划分为在线课程视频观看完成程度、实验课程访问次数、实验资料阅读完成程度3个维度，问题解决行为划分为实验项目程度、实验课程考试完成程度2个维度。每个外显学习行为维度的等级划分为A、B、C、D、E这5个等级，A等级最高，E等级最低。

实验操作行为维度

实验操作行为维度主要由以下几个方面构成。一是实验课程视频观看完成程度，此项数据来源于学习者通过网络教学平台观看《数学建模》实验课程的教学视频完成情况进行评判的。由0%-100%的数值来评判完成程度，数值越高表示视频观看完成程度越高。二是实验课程访问程度，通过对络教学平台后台日志数据的统计，计算得出学习者参与线上学习平台的访问程度，由0%-100%的数值来评判。三是实验课程论坛参与程度，通过对网络教学平台上论坛数据统计，评判学习者参与论坛的程度，包括教师答疑、互动交流、习题解答等论坛的参与情况，由0%-100%的数值来评判。

问题解决行为维度

问题解决行为维度由实验项目完成程度及测试考核完成程度两个方面构成。实验项目完成程度是学习者通过网络教学平台完成实验项目的情况统计，由网络教学平台上学习者完成的实验项目检测数量与实验课程发布的实验项目数量的比例进行维度设计。测试考核完成程度则是依据网络教学平台上实验课程考核及项目测试的成绩及完成情况进行设计，由0%-100%的数值来评判。

表1 外显学习行为的特征维度设计

一级维度	二级维度	指标内容	指标说明	评分等级
外显学习行为维度	实验操作行为维度	实验课程视频观看完成率	学习者观看实验教学视频完成情况	A、
		实验课程访问次数	学习者访问课程次数统计	B、
		课程论坛参与情况	学习者参与论坛的交流情况及次数	C、
	问题解决行为维度	实验项目完成成绩	学习者参与实验项目的完成情况	D、
		实验课程考核成绩	学习者参与的实验考试完成情况	E

2. 内隐学习行为维度划分

通过研究混合实验教学模式下的学习者学习行为及特征，发现内隐学习行为由实验学习动机、实验学习资源获取能力、实验学习态度及实验学习自我评价四个维度构成，再结合《数学建模》实验课程的教学特点，在内隐学习行为维度划分为A、B、C、D、E五个等级进行划分，其中A等级表示学习能力最强，E等级为则表示学习能力最弱。实验学习动机是指实验课程学习需要的动能，从内部推动学习者学习的动力，可以指导和鞭策学者的学习需求，在混合实验教学模

式下可以通过实用性、目的性和满意度三个维度设计学习者的实验学习动机；实验资源获取能力指的是学习者的基本技能，包括学习者的计算机操作能力、数字处理能力、信息获取能力等；实验学习态度是学习者的一种心态表现，是对混合式实验学习过程中的各种对象的一种情绪表露。在实验学习态度上可以从注意力、意志力、自主性、计划性四个方面进行维度设计；实验室学习自我评价是指学习者对自己是否有能力完成课程学习行为进行的推测与评价[12]。从反馈评价、目标评价、效率评价3方面进行设计。

表 2 内隐学习行为的特征维度设计

一级维度	二级维度	指标内容	指标说明	评分等级
内隐学习行为维度	学习动机	目的性	学习者通过课程学习是否达到预期目标	A、
		实用性	学习者通过课程学习是否有帮助	
		满意度	学习者学习完成后，对课程的满意情况	
	信息获取能力	初始技能	学习者学习在线实验课程应具有的实验处理基础和技能	B、
		预备技能		
		目标技能		
	学习态度	注意力	学习者课程学习期间的注意力是否集中	C、
		意志力	学习者在课程学习遇到困难时，是否坚持学完课程	
		自主性	学习者课程学习期间是否具有一定的自主能力	D、
		计划性	学习者课程学习期间是否有计划进行学习	
	学习评价	反馈评价	在课程学习过程中，遇到问题是否都得到及时的反馈	E、
		目标评价	学习者已经达到自己的学习目标后是否还继续保持	
		效率评价	对于相同的学习任务，是否能高效率地完成任务	

### (三)、学习行为评价模型设计

在混合式实验教学学习行为评价模型构建上，从外显学习行为维度和内隐学习行为维度两个方面。构建出图 2 所示的混合式实验教学模式下学习者学习行为评价模型。其中外显学习行为维度根据实验学习行为准则分为实验操作行为与问题解决行为，内隐学习行为维度由实验资源获取能力、实验学习态度、实验

学习动机、实验学习自我评价 4 个维度构成[13]。

从图 2 的各类信息可见，两个学习维度是线性排列的，但是两者之间又存在非线性关联，学习行为意向作为内隐学习行为与学习成绩之间的桥梁，和外显学习行为共同体现出学习者的最终学习效果，最终学习效果反映了学习行为的优劣，并将学习效果反馈给实验指导老师，整个模型是在不断循环往复的条件下进行[14]。

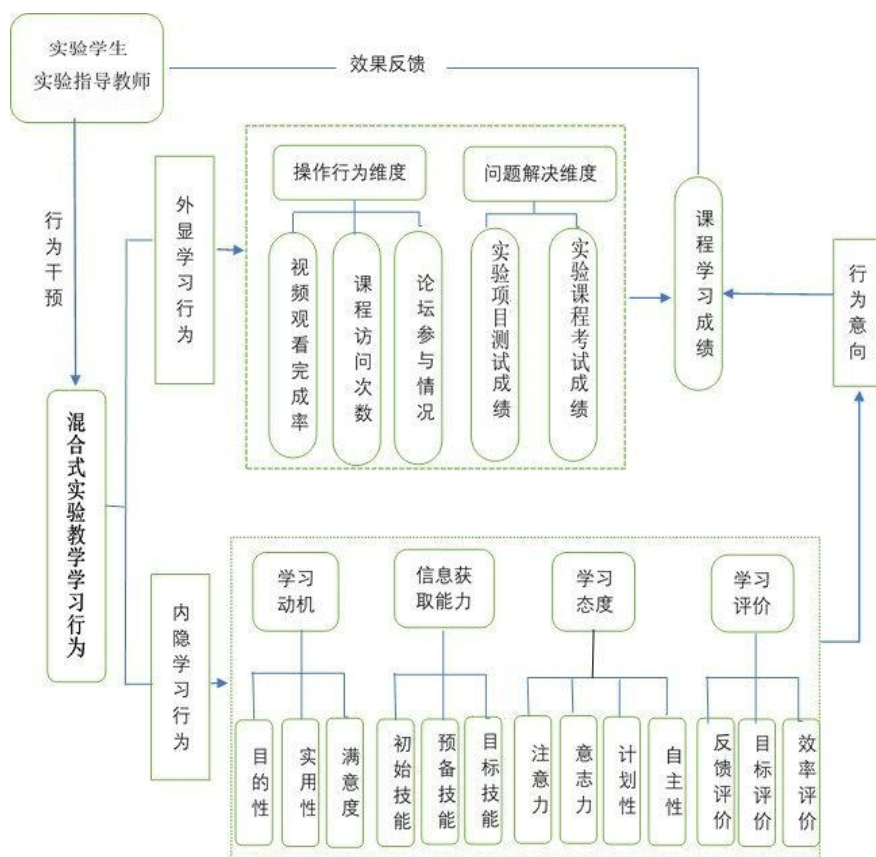


图 2 混合式实验教学模式下学习行为评价模型

4 研究实践与过程

(一)、学习行为数据采集来源

在混合式实验教学对学生学习行为与学习成效的影响数据采集上，采用了调查问卷、实验报告评价量表等多种形式。为此，在调查问卷环节设计了三份实名调查问卷，①“实验课程学习兴趣”调查问卷由 Keller 等的设计课程兴趣量表改编，设置了是“是否希望参加数学建模各类竞赛”等 8 道题目。②实验课程学习动机调查问卷则由 Pintrich 等的学习动机量表改编而来，设置了“是否想通过这门实验课的学习增加数学建模各类知识”等 5 道题目。③“混合实验教学模式”调查问卷通过对黄国祯等的教学模式满意度量表进行改编，设置了“是否希望能参加更多的混合模式的实验课程”等 7 道题目[15-17]。问卷调查采用了里克特五点量表，针对问卷的问题设置了五个不同级别的选择，由低至高分别对应 1-5 分的分值。

数学建模实验报告评价量表则根据“数学建模”实验课程的知识点及考核标准，设计出适合混合式实验教学特点的评价量表，从学习者的自我学习能力及实践创新能力等进行量化评估。具体评价指标与内容如表 3 所示，该表由 10 项评价指标组成，从实验报告的报告结构、报告摘要、文献综述、模型构建、方法运用、数据来源及处理、程序编写、模型检验、模型结论及评价、语言组织十个方面进行量化评价。每项指标各 10 分，总计 100 分。

表 3 数学建模实验报告评价量表

评价指标	内容描述	分值	得分
报告结构	结构合理、逻辑性强	10	
报告摘要	能充分表示文章内容	10	
文献综述	概括全面、归纳准确	10	
模型构建	模型建立准确、表述清楚	10	
方法运用	方法运用得当、思路清晰	10	
数据来源及处理	数据来源准确、处理得当	10	
程序编写	代码编写无误、运行正确	10	
模型检验	模型检验正确、修正有效	10	
模型结论及评价	能运用所学知识进行合理的解释	10	
创新思维	有独特的思维方法及研究	10	
总分		100	

(二)、实践过程

2021 年 9 月-2022 年 1 月，通过在南昌大学创新实验课程《数学建模》实验教学过程中开展混合式实验教学应用实践，线上平台通过学银在线教学平台进行

实验教学资源的发布，并完成实验作业批改、成绩汇总及师生互动等功能，同时以超星学习通进行混合教学管理。根据《数学建模》实验课程的相关内容，选取初等模型中的交通流与道路通行能力、简单优化模型中的消费者的选择、数学规划模型中的汽车生产与原油采购、微分方程模型中的传染病模型及统计回归模型中的牙膏的销售量等 5 个实验项目作为混合式实验项目教学主题，各主题均按照混合式实验教学模式展开，从课前、课中、课后开展混合式实验教学活动。

1. 课前活动：

依托学银在线平台与学习通开展课前资源发布等活动，其步骤如下。

①实验指导教师通过学银在线教学平台，将制作完成的实验预习资料进行发布，实验预习资料包含有实验教学课件、实验操作步骤讲解、实验注意事项、实验演示视频以及数学建模拓展知识等，同时教师还发布预习作业供学生完成。学生则通过知识预习、实验教学课件自学、查阅相关文献资料等形式进行实验项目的预习与准备，激发自身的主观能动性和创新思维。

②实验指导教师通过超星学习通工具发布线上预习测试任务，同时要求学生参加测试，利用超星学习通的成绩统计功能，实时了解学生的学习情况及预习结果，动态地对学生的预习情况进行评价。

2. 课中活动：

在实验室开展线下实验教学活动，教师运用理论知识进行实验项目知识点的讲解，并依据获取的课前线上预习中学生反映较多的重点问题进行针对性的解答，并根据课堂实际情况，让学生分组进行讨论和研究，同时进行实验项目的具体操作与学习[18]。

3. 课后活动：

课后活动以开展互动交流和评价为主，这些活动均是通过学银在线平台和学习通教学工具开展，具体内容如下。

①是课后作业布置及师生之间的互动交流，实验课程结束后，实验指导教师将实验项目的课后作业通过学习通进行布置，学生完成作业并提交后，教师进行作业批改评分，并对学生的实验项目学习情况进行汇总及分析。

②是师生之间的互动交流，通过学银在线平台提供的“师生互答”模块进行师生之间的互动交流活动，课后教师在“师生互答”模块发布实验项目话题，每组学生在评论区上自己关于实验项目的实验报告和学习小结。



教师通过在线查看实验报告,及时发现学生学习中大道问题,并有针对性的对学生一对一进行指导,以引导学生找出学习过程中的问题及错误,认真分析实验报告中存在的问题并予以调整、改正。教师还对表现优秀的学生和有明显进步的学生给予表扬,以激发学生的学习动力。

## 5 研究分析与结论

通过对学习实验课程学生的访谈,以及发放调查问卷等形式,从实验课程学习兴趣、实验课程学习动

机、教学模式满意度三个方面收集数据并进行统计分析;再结合“数学建模实验报告评价量表”获取的学生实验技能及项目完成情况的描述性分析,得出学生实验课程学习成效。

### (一)、混合式实验教学对学习成效的影响

#### 1. 混合式实验教学对学习动机及兴趣的影响

混合式实验教学提高了学生实验课程学习的兴趣,提升了学生实验课程学习的动机。在实验课程教学过程中,发放了 65 份实名调查问卷,一共回收有效问卷 65 份,回收有效率 100%。回收的调查问卷分析结果如图 3 所示。

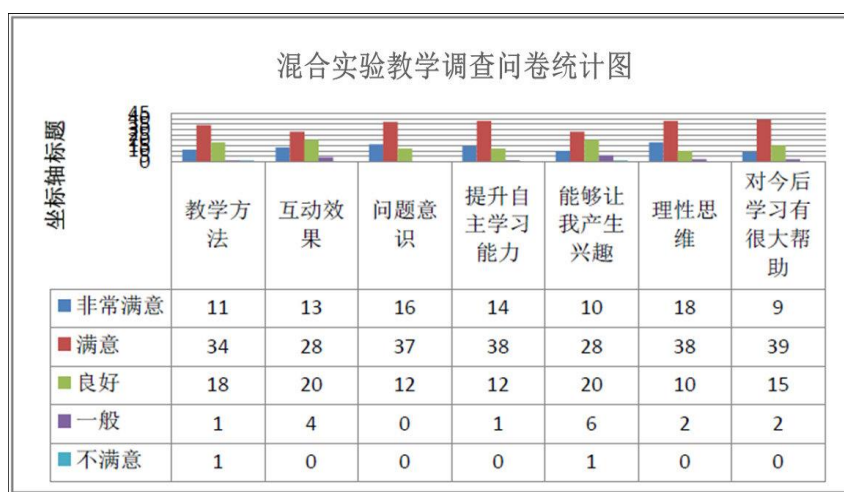


图 3 混合实验教学调查问卷满意度统计图

由图 3 可见混合实验教学显著提高了对实验课程的兴趣,这也符合黄红梅等就信息技术助力实验教学并促进学生学习兴趣的提升这一结论。通过对混合实验教学调查问卷的数据进行分析,学生普遍认为通过混合式实验教学,能让自己对实验学习产生一定兴趣的主要原因有以下两个方面。一是混合式实验教学形式丰富,教学资源数量及类型多样,有利于学生的课前预习,同时混合式实验教学不受场地等条件限制,线上课程资源方便学生随时随地进行课程学习。二是混合式实验教学中的翻转课堂教学形式,有利于学生自主学习和积极参与学习活动。同时混合式实验教学的分组讨论形式,赋予了学生学习自主权及协同合作能力,更好地激发出学生实验课程学习的兴趣及动力。

#### 2. 混合式实验教学对实践能力的影响

《数学建模》实验作为一门综合性设计性实验课程,是以培养学生的实践能力及创新思维为宗旨,将数学建模知识与社会生活相结合的综合性实验教学课程。它的

教学目标是学生通过数学建模知识的学习,将数学建模知识应用于日常生活中各种问题的模型构建及解决方法的提出,并以论文形式进行表述。混合式实验教学提高了学生的实践能力及创新思维,教师运用数学建模实验报告评价量表对学生的实践能力及创新思维进行评分,并设计了 5 个实验项目,每个实验项目 100 分,满分为 500 分的评分标准,最终学生的整体实践能力水平得分为 436 分。从此结果可以体现通过混合式实验教学模式的运用,学生对数学建模实验课程中的各个知识点掌握较好,并能运用所学的知识完成实验项目的要求。对比传统的实验教学模式,混合式实验教学通过学生的课前预习与互动交流,在课前已经初步掌握了实验项目中的各个知识点,并对难点进行了一定的了解;而实验课堂上,按照教师的指导对难点进行针对性的学习,同时按照指导老师要求运用所学的知识完成实验报告。另外学生还可以根据自身情况参加各类数学建模竞赛及科研训练活动,提升自身的实践能力及创新思维。

## 6 研究结论

融合线上与线下教学优势的混合式实验教学,是高校实验教学改革的一个研究方向。混合式实验教学突破了原有的实验教学的时间、空间及设施的限制,展示了极强的自我学习功能,通过丰富的实验教学资源的提供及自我学习能力的体现,提升了学生实验学习的自主性及参与性,增强了学生实验学习的兴趣及动机;混合式实验教学将学习主动权交给学生,赋予更多学生自我学习及自主探索的时间与机会,通过便捷地学习途径和学习方式,给学生创造更佳的学习体验,促进学习成效的提高。混合式实验教学模式的提出与应用,有利于高校实验教学改革与创新,为了更好地开展混合式实验教学,在实验教学过程中应积极运用混合式实验教学模式,一是将传统的单一、固化的教学模式转变为融合线上线下优势的混合式实验教学模式,以课前线上预习—课中线下翻转实验教学—课后线上考核评价的混合教学模式全面替代课前预习—实验学习及操作—实验报告的传统教学模式,让学生全方位的参与到实验课程学习过程中,提升学生的实验学习兴趣、学习动机和实验操作技能;二是混合式实验教学更加关注个体差异,依据课前线上预习数据及学习者行为表现,差异化的因人施教,提供差异化的学习资源、活动设计等,让每位学生都能深度参与实验学习过程;三是实时关注实验教学过程中学生的学习体验及反馈,从历构层、预构层、临构层三个层面系统地设计混合式实验教学的课前学习活动、课程期望目标、课程学习资源、考核评价方案等,优化实验课程的教学过程,不断提升实验教学的改革与创新。

## 参考文献

- [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[OL].  
<[http://www.moe.gov.cn/srcsite/A08/s7056/201810/t20181017\\_351887.html](http://www.moe.gov.cn/srcsite/A08/s7056/201810/t20181017_351887.html)>
- [2] 侯芹芹, 赵彬, 韩彤. “互联网+”时代高校无机化学实验课程体系构建与实践研究 [J]. 山东化工, 2019, (20): 182-183、185.
- [3] 潘路, 王凤武, 李莉, 等. 地方高校“大学化学实验”教学改革探索 [J]. 广州化工, 2021, (6): 154-156.
- [4] 苗芳芳, 成军, 郑燕英, 等. “互联网+”模式下的高校化学实验教学改革 [J]. 化工管理, 2020, (33): 44-45.
- [5] 汪兵兵, 程瑶琴, 王银, 等. 云教学在化学师范生数字化实验课中的应用研究 [J]. 化学教育(中英文), 2020, (4):

60-68.

- [6] 黄红梅, 严海林, 吴敏艳, 等. 基于信息技术的高师化学教学论实验教学改革与实践 [J]. 化学教育(中英文), 2020, (20): 59-63.
- [7] 张少斌. 生物化学实验线上线下混合教学模式探索与实践 [J]. 生物学杂志, 2021, (6): 123-126.
- [8] 余胜泉, 路秋丽, 陈声健. 网络环境下的混合式教学——一种新的教学模式 [J]. 中国大学教学, 2005, (10): 50-56.
- [9] 李聪. 基于 MOOC 的《思想道德修养与法律基础》课混合式教学研究 [D]. 江西师范大学, 江西南昌, 2015.
- [10] 邢蓓蓓, 刘翠, 赵玲玲, 等. 高校混合式实验教学对学生学习成效与学习体验的影响——以“基础化学”课程为例 [J]. 现代教育技术, 2022, 32(2): 100-108.
- [11] 黄瑶. 基于在线学习环境下学习者学习行为模型构建与分析 [D]. 云南师范大学, 云南昆明, 2019.
- [12] 潘茹玉. 翻转课堂环境下大学生网络学习行为分析可视化研究 [D]. 沈阳师范大学, 辽宁沈阳, 2017.
- [13] 孙燕龙. 大学生在线学习行为评价模型与应用研究 [D]. 云南师范大学, 云南昆明, 2018. 2022(10).
- [14] 屈泳, 陈春芳, 阮小军, 等. MOOC 学习环境下的学习行为评价建模与应用 [J]. 高师理科学刊, 2022, 42(10): 66-73.
- [15] Keller J M, Kopp T W. Application of the ARCS model to motivational design [A]. Instructional Theories in Action: Lessons Illustrating Selected Theories [C]. New York: Lawrence Erlbaum, Publishers, 1987: 289-320.
- [16] Pintrich R R, DeGroot E V. Motivational and self-regulated learning components of classroom academic performance [J]. Journal of Educational Psychology, 1990, (1): 33-40.
- [17] Chu H. C, Hwang G J, Tsai C C, et al. A two-tier test approach to developing location-aware mobile learning systems for natural science courses [J]. Computers & Education, 2010, (4): 1618-1627.
- [18] 王三华, 屈泳, 阮小军. 基于雨课堂的混合教学模式应用研究——“数学建模实验”课程为例 [J]. 实验室研究与探索, 2020, 39(5): 160-164.

## 作者简介

### 屈泳

1972 年生, 实验师, 硕士, 实验室主任. 主要研究方向为实验室管理、数学建模.

E-mail: yqu@ncu.edu.cn