

双重预习基础上的“头羊效应”教学模式探索 ——以地方高校仪器分析实验为例

彭俊钰¹, 王峰¹, 袁红梅¹, 孙晓丽^{2,*}

¹ 枣庄学院化学化工与材料科学学院, 山东 枣庄 277160

² 丽水学院生态学院, 浙江 丽水 323000

摘要: 地方高校仪器分析实验课程普遍存在教学模式与学生需求脱节的问题, 以至于无法发挥出其独有的教育功能。针对这一问题, 我们通过有意识培养“领头羊”, 激发学生学习的内源驱动力, 充分发掘学生的潜力, 提出了双重预习基础上的“头羊效应”新型实验教学模式, 实现理论知识与实践实操的交叉融合。教学实践证明这种新型教学模式能够弥补地方高校学时紧张、学生基础薄弱的不足, 显著增强了学生分析和解决问题的高阶思维与综合能力, 为高素质化工人才的培养奠定了基础, 为仪器分析实验课程的教学改革走深、走实, 提供了可靠的参考。

关键词: 仪器分析实验; 教学改革; 双重预习; 头羊效应

中图分类号: G64; O6

Exploration of the “Sheep-Flock Effect” Teaching Model Based on Dual Preview: Taking Instrumental Analysis Experiment Courses in Local Universities as an Example

Junyu Peng¹, Feng Wang¹, Hongmei Yuan¹, Xiaoli Sun^{2,*}

¹ College of Chemistry, Chemical Engineering and Materials Science, Zaozhuang University, Zaozhuang 277160, Shandong Province, China.

² College of Ecology, Lishui University, Lishui 323000, Zhejiang Province, China.

Abstract: A prevalent issue in local universities is the mismatch between the teaching models of instrumental analysis experiment courses and the actual requirements of students, which regrettably undermines the courses' unique educational capabilities. In response to this issue, an innovative experimental teaching model anchored in the “sheep flock effect” with dual preview has been introduced. This model consciously cultivates “leading sheep” to significantly enhance students' intrinsic motivation and unlock their learning potential, thereby facilitating an intersectional integration of theoretical knowledge with practical skills. Teaching practice has validated that this teaching model not only compensates for the limitations of insufficient class hours and inadequate academic foundations among students in local universities but also notably bolsters students' higher-order thinking and their comprehensive capabilities in problem analysis and resolution. This model also lays a critical foundation for fostering high-quality chemical engineering professionals and offers a reliable reference for advancing and consolidating the pedagogical reforms in experiment courses.

Key Words: Instrumental analysis experiment; Teaching reform; Dual preview; Sheep-flock effect

收稿: 2024-12-20; 录用: 2025-03-04; 网络发表: 2025-06-23

*通讯作者, Email: sxl2015@lsu.edu.cn

基金资助: 山东省自然科学基金(ZR2023QB078); 枣庄学院教学改革项目(YJG22043, YSF20011)

进入21世纪后,国家的综合国力和国际竞争力愈来愈取决于科技发展水平,而科技发展水平的提高离不开综合型人才的努力,因此综合型人才的培养已经成为高等教育教学改革的重点。仪器分析是一门理论、实践和技术含量很高的应用性学科,是化学化工类专业的必修课程,其内容涵盖各类大型分析仪器的原理、操作和应用,与生产实际联系紧密,最能培养学生的综合能力,对现代社会生产和科技发展有着不可替代的作用,不仅能够指导各行各业如何高效率生产,促进各项科学技术高速发展,而且会为社会带来巨大经济效益^[1]。仪器分析实验与仪器分析理论相辅相成,也是化学相关专业实践性与应用性极强的核心实验课程之一。邹志娟等^[2]表明,仪器分析是实验与理论相联系的课程,开设这门课程的目的不仅是让学生了解一些仪器分析的常用仪器和检测方法,更重要的是启迪学生的思维,引导学生积极思考,培养学生的创新精神和实践能力,从而让学生成长为社会需要的高素质人才。因此,仪器分析教学在相关专业的人才培养中至关重要。

目前,许多地方院校受办学条件和学时压缩的影响,其教学模式往往呈现出“重理论传授、轻实验实训”的倾向,并没有发挥出实验教学独有的教育功能^[3]。但是,仪器分析实验作为理论教学的继续和延伸,能进一步夯实理论知识,加深对仪器结构和分析方法的理解,同时促进实验操作技能的掌握和实验素养的形成,是培养创新精神和综合实践能力的重要途径。因此,寻求注重学生感受,以学生为中心的仪器分析实验的新型教学模式,实现理论与实验教学的良性衔接和互补,提升学生的知识水平和综合能力,更好地适应社会发展和人才需求,是现如今仪器分析实验课程教学改革值得长期思考的问题^[4]。

1 地方院校学生在仪器分析实验学习中的痛点

以我校为例,枣庄学院作为一所地方高校,以服务鲁西南区域经济社会发展为目标,着力为鲁西南和苏北地区培养高素质应用型人才。虽然我校已经深刻认识到仪器分析实验课程的重要性,但是由于师资力量的限制以及整体教学计划的调整,导致学时被压缩。对于化工专业学生,仪器分析实验课程的学分缩减至0.5个学分,学时也相应减少至16学时。加之,学生的学科基础和自主学习能力较为薄弱,对信息的有效甄别和整合、利用能力也存在不足,这使得仪器分析实验课程的教学面临许多突出问题。

我院每学期大约有150名学生选修仪器分析实验课程,主要来自化学化工相关专业。为了更好地实现因材施教,提高教学质量,本文通过问卷星平台对我校最近一届学过仪器分析实验的学生在学习中遇到的问题开展了调研。

问卷首先调研了学生对仪器分析实验学习的难易情况,结果如图1a所示。从中可看出,59%的学生认为仪器分析实验课程的学习是困难的,还有10%的学生认为很困难。可见,现有的仪器分析实验教学模式并不能适应本校学生的学情,亟待寻求新型的教学模式使仪器分析实验课程走近学生。

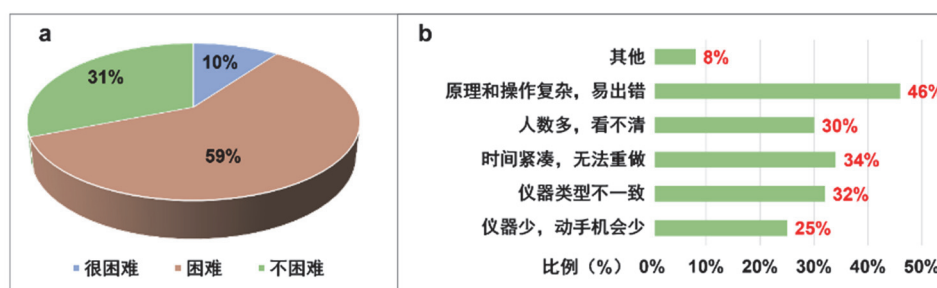


图1 仪器分析实验课程困难程度(a)和困难原因(b)的调研结果

对学习困难原因的调研结果如图1b所示,主要有以下五点原因。

(1) 实验原理和仪器操作复杂,容易出错(46%)。由于仪器分析实验原理的抽象性、仪器操作的

复杂性，加之课时的有限性，教师往往采用“填鸭式”教学方式灌输知识，而学生难以在短时间内完成对实验原理和仪器操作的梳理。在实验过程中，学生往往茫然无措，操作混乱，进而导致实验数据异常，缺乏实验成就感，甚至产生厌学情绪^[5]。

(2) 不清楚实验数据如何处理(34%)。这主要是由于仪器分析实验与前序课程无机实验、有机实验数据处理方法差别大，经常需要用到课本和课堂中都没有涉及的数据处理软件，无形中增大了学生处理数据的难度。而且学生理论基础弱，数据测量的原理不清、目的不明，生搬硬套地模仿处理，可能会导致错误的分析与结果。

(3) 教师不能及时解答学生疑问(32%)。在大班教学环境中，教师难以满足每个学生的个性化需求，可能会让一些学生感到被忽视，打击他们的学习积极性。因此，学生希望能够有一位自己的“专职教师”来指导实验和解答疑问。

(4) 时间较短，无法重复(30%)。由于仪器分析实验过程非常紧凑，一旦出错，几乎没有重做的机会，学生容易产生畏难心理。

(5) 仪器少，动手操作的机会少(25%)。大型仪器一般数量有限，实验以小组(4-5人/组)形式进行，因此，动手能力弱的同学往往被边缘化，逐渐成为实验课堂中的“看客一族”，进而对这门课程产生轻视和排斥心理^[6]。

鉴于理论知识的抽象性、操作技术的复杂性、教学时间的紧迫性和实验过程的低容错率，预习方法成为仪器分析实验教学改革的关键因素。关于学生预习方法的调研结果如图2所示，可知学生主要依赖于课本进行预习，占比高达80%。但是课本内容介绍通常较为深奥，且往往与实际使用的仪器型号不一致，这使得学生难以获得良好的预习成果，进而影响他们主动预习的意愿和积极性^[7]。因此，优化学生的预习方法是提升仪器分析实验教学质量的切入点。

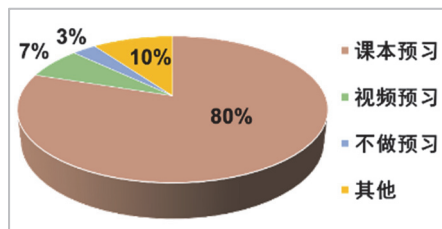


图2 学生预习的方法的调查结果

2 双重预习基础上的“头羊效应”新型教学模式

2.1 新型教学模式的实施架构

“头羊效应”原指自然界中羊群跟随领头羊的行为，而在人类社会和工作领域，这一概念引申为先锋人物发挥示范引领作用，带动团队成员共同实现目标。当代大学生活泼开朗、好胜心强、乐于展现自我，具有成为“领头羊”的潜力。另外，身处互联网时代的他们接受信息能力强，也更容易受到周边环境的影响及诱惑。我院充分合理地利用学生这一优点，本着以学生为主体、以能力为本位的理念，设计了适合仪器分析实验课程的双重预习(线上视频预习、线下预实验)基础上的“头羊效应”新型教学模式。

新型教学模式主要包括课前双重预习、课中双重指导和课后同辈帮扶三个部分(图3)。

课前，教师首先通过在线教学平台提前发布实验视频和预习引导课件，并监督学生有效完成线上预习任务，撰写实验预习报告。然后，教师指导小组选拔的“领头羊”进行线下预实验。“领头羊”们在预实验的成败“反思”和实验纠偏的重复“试做”中，充分调动学习主动性与积极性，内化理论知识和实验技能，提升科学素养，增强其对实验过程中偶发事件的预测与应急处理能力。同时教师引导“领头羊”们对实验数据的统计分析和可视化处理进行探讨，推断科学结论。通过上

述过程，可以有效地培养先进的“领头羊”。

课中，教师首先通过提出和解答问题的方式，引导学生深化实验原理，梳理实验步骤和注意事项，掌握仪器操作，领悟科学思维。然后，在课堂实操中，“领头羊”作为实验小组的“专职教师”引导同学进行实验操作、分析问题、解决问题，实现理论指导实践，保障实验的成功，从而消减学生对仪器分析实验的畏难心理，增强学生的成就感和学习兴趣，激发他们学习的动力。

课后，“领头羊”继续发挥自主学习的模范作用，帮扶小组成员学习相应的处理软件，完成实验数据的处理和深入分析，并讨论相关的课后思考问题，完成实验报告的撰写，实现实践反哺理论。

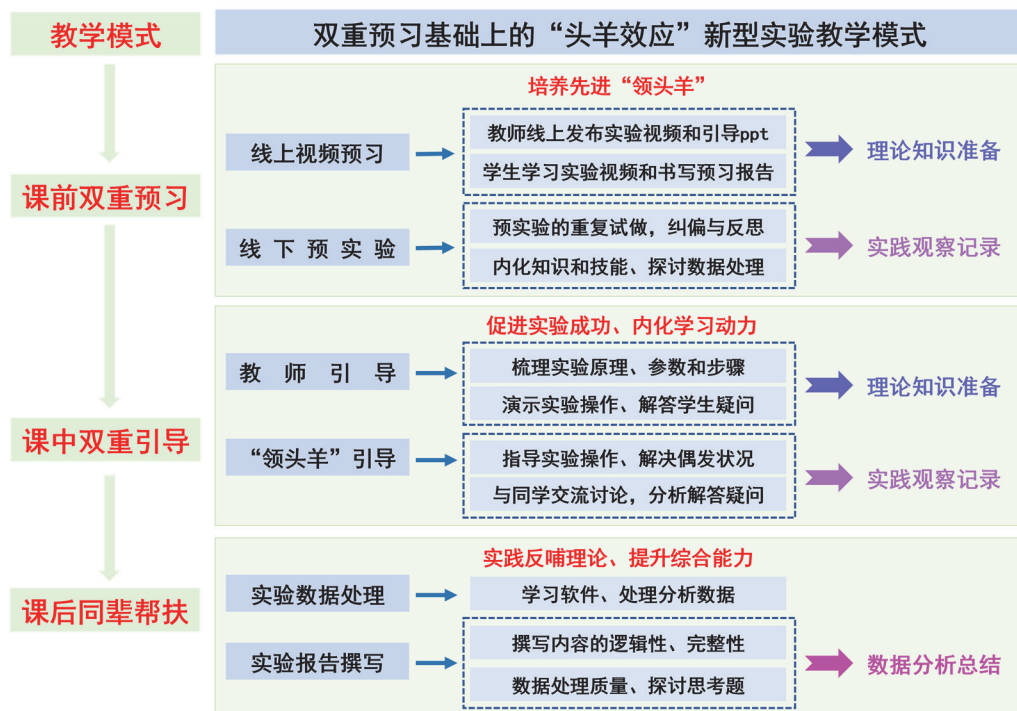


图3 双重预习基础上的“领头羊效应”新型实验教学模式的实施构架

传统实验教学过程一般分为理论知识准备(课前预习)、实践观察记录(课中实验)和数据整理总结(课后实验报告)三阶段，三阶段在时间和空间上是完全独立、截然分开的。新型教学模式通过重新设计教学流程，将理论知识准备和实践观察记录进行了细化、融合和阶梯式提高。理论知识准备阶段通过课前线上预习引导和课中教师指导相互融合，代替传统的短时灌输，从而给予学生充足的时间查阅和梳理理论知识，预估实验结果，强化了预习效果；实践观察记录阶段体现在课前预实验和课中实验，有助于学生更加全面地认识和准备实验，同时学会快速发现和处实验异常，提升学生的洞察力和理论指导实践的科学思维能力。这种教学模式的转变有效延伸了实验教学的时间和空间维度，强调了学生在课前的主动学习、课中的深入互动，旨在促进学生知识的主动构建和实践技能的提高，充分发挥仪器分析实验课程对学生综合能力培养的教育功能。

2.2 新型教学模式的实施关键

双重预习基础上的“领头羊效应”新型教学模式的具体实施关键在于确保以下四个方面。

(1) 实验视频资源建设。

仪器分析实验视频的拍摄应根据学生的学情和需求，使用本校实验室的大型分析仪器进行拍摄，与实际教学对应，时长要控制在10–30分钟左右，便于学生利用琐碎时间学习。视频既要着重实验原理指导、实验参数的设置，又要清晰简洁地展示实验步骤、仪器操作、注意事项。同时，视频中辅

以相应思考题和测试习题引导学生思考, 以利于形成良好的科学思维习惯。我们团队已经成功完成了四个实验项目(原子吸收光谱法测定自来水中的钙镁含量、邻二氮菲分光光度法测定铁含量、有机化合物紫外-可见吸收光谱和溶剂效应、高效液相色谱法测定萘和硝基苯的含量)线上视频的建设, 并配备了相应的预习引导课件。所有这些资料均已成功上传至长江雨课堂和“化学轨道”微信公众号线上平台, 并在实际教学中得到了应用。未来我们将继续致力于其他仪器分析实验项目开发, 完善我校专属的实验视频资源库。

(2) “领头羊”的选拔。

首先, 根据仪器设备的数量(4台)和每次实验的组数(4组), 我们认为每次实验选拔4–8位“领头羊”较为合适。这样既能使每位领头羊都能够充分地接触和操作仪器, 也能确保正式课堂实验中每个实验小组均有自己专属的“领头羊”。其次, 依据学生的能力和意愿, 选拔优秀学生担任“领头羊”, 使他们通过多次“试做”和纠偏, 内化知识和技能, 保障预实验的质量, 避免流于形式。化工专业学生仪器分析实验课程共安排四个实验项目, 每个实验项目选拔“领头羊”时, 遵循公平和择优上岗的原则。这不仅有助于激发学生的积极性和竞争意识, 鼓励他们不断提升自身能力, 争取成为下一次实验的“领头羊”, 还能为更多学生提供展示和实践的机会, 促进他们的全面发展。

(3) 预实验的开展。

我校在仪器分析实验的课程安排上注重实验课程与理论课程的同步进行, 采用集中式实验形式, 即每次实验专注于同一个实验项目而不是多个实验项目轮转进行。为此我校购置了多种分析仪器, 目前常用教学设备(如原子吸收分光光度计、紫外-可见分光光度计、分子荧光分光光度计、高效液相色谱等)配置为4台/种, 与每次实验的组数相匹配。相应地, 在新型教学模式下, 预实验的安排也是按照每次一个项目来进行, 从而大大提高了教学效率。预实验在正式实验的前一周进行, 这一安排一方面是为了让“领头羊”有充足的时间来反思和消化预实验的情况, 深入查找实验失败的潜在因素, 深刻领悟实验方案的可行性和科学性; 另一方面, 这样的时间安排也避免了因时间过长导致学生遗忘的问题, 确保“领头羊”能够为正式实验的顺利进行打下坚实的基础。

(4) 课后反馈。

课后实验小组学生要对“领头羊”的指导进行评价, 主要包含对实验顺利进行的帮助性, 实验的参与度和积极性, 实验安排的合理性、实验数据记录的准确性和全面性以及分析讨论的深度, 为下一次实验的“领头羊”提供改进参考。同时, 学生需要总结自己在实验过程中的收获以及出现的错误, 并提出改进建议, 以巩固理论知识和实验技能。这种评价和总结过程, 不仅有助于“领头羊”在未来的实验中更好地指导小组成员, 还能促进学生自身的成长和发展, 最终实现教学相长的目标。

2.3 新型教学模式的应用实例

图4是“原子吸收光谱法测定自来水中的钙镁含量”以新型教学模式实现的情况。

第1阶段是线上预习。在正式实验两周前, 通过长江雨课堂平台向学生发布我们教学团队制作的实验视频和预习引导课件。学生需要在一周内完成线上预习任务以及预习报告的书写和提交。同时, 教师要完成预习报告的批阅, 并对未完成预习任务的学生进行提醒和督促。

第2阶段是“领头羊”的选拔。教师依据线上预习任务的完成情况(包括视频观看时长和课件思考题的回答)以及预习报告的质量, 选拔出每个小组的“领头羊”, 并将初步名单公布于长江雨课堂平台。学生可根据自身意愿和时间安排, 与教师沟通进行调整, 最终确定“领头羊”名单(1人/组, 共4人)。

第3阶段是预实验的开展。在正式实验前一周, “领头羊”进行预实验, 熟悉实验流程、干扰因素、自来水样的预处理和原子吸收光谱仪的操作, 明确空心阴极灯、火焰原子化器的参数设置和对实验结果的影响, 探讨数据处理方法和软件的学习, 掌握实验背后的科学原理和科学思维。同时与小组同学进行交流, 帮助其完善预习报告。

第4阶段是正式课堂实验。教师和“领头羊”共同引导学生完成实验。教师负责整体指导, 而

“领头羊”则在小组内提供具体帮助，确保学生能够快速且高质量完成实验项目。

第5阶段是课后巩固。实验小组同学在“领头羊”的继续帮扶下，学习使用Origin或Excel软件处理实验数据，绘制标准曲线图，从而获得定量关系式。同时，学生还要讨论分析水样数据的合理性和可用性，进而对数据进行取舍，计算出水样中钙镁的浓度含量、方法的灵敏度和检出限。学生还需要进行实验总结，巩固原子吸收的理论知识和仪器操作技能，并完成实验报告的撰写和课后思考题的回答。

这种新型教学模式不仅提高了学生的实验技能和科学思维，还通过“领头羊”的带动作用，增强了小组合作和自主学习的能力。



图4 新型教学模式下原子吸收光谱法测定自来水中的钙镁含量实验项目的具体过程

2.4 新型教学模式的实施效果

为了验证双重预习基础上的“头羊效应”新型教学模式在仪器分析实验中的实施效果，我们以化工专业四个班级作为研究对象开展了教学实践。其中两个班级采用新型教学模式，作为实践组，另外两个班级采用传统的教学模式，作为对照组。我们对两组学生的成绩(原子吸收光谱法测定自来水中的钙镁含量单一项目和总体课程)进行了统计分析(图5)，对比两种学习模式下学生学习效果上的差异，包括理论知识和实验技能掌握。

图5a和5b为实践组和对照组的实验成绩统计分析结果。从得分情况来看，实践组在原子吸收光谱法测定自来水中的钙镁含量这一项目的实验课程平均得分为82.7分，总体实验课程的平均得分为86.5分；而对照组在相同实验项目和课程中的平均得分分别为71.6分和73.9分，表明了实践组的得分比对照组分别提升了11.1分和13.6分。从成绩等级分布来看，实践组在单一实验项目和总体实验课程的高分率(≥ 80 分，即优秀率与良好率之和)分别为75%和89%，比对照组(34%和40%)提高了一倍多。此外，从学生的课堂表现来看，实践组同学没有发生溶液配制错误和堵塞仪器的状况，实验用时比对照组要短。从数据处理结果来看，实践组的标准曲线的线性相关性 r^2 (实践组：0.99以上，对照组：0.7–0.999)和水样钙镁含量的误差(实践组：5%以内，对照组：7%–50%)明显优于对照组，而且实践组的大部分同学还额外计算了特征浓度，评价了分析方法的灵敏度。这些结果都证明了实践组在新型教学模式对实验技能的掌握程度全面超越了传统教学模式对照组。

图5c和5d为实践组和对照组的仪器分析理论课程的期末考核成绩的统计分析结果。从得分情况来看，实践组在原子吸收光谱理论知识的平均分为17.3分，总体课程理论知识的平均分为61.8分，而对照组在相同项目和总体课程理论知识的平均分分别为13.0分和52.1分，表明实践组比对照组分别提升了4.3分和9.7分。从成绩等级分布来看，实践组在单一项目和总体课程理论知识的及格率分别达到了76.4%和58.3%，而对照组仅为36.5%和28.6%；并且实践组在单一项目和总体课程理论知识的高分率达到了40.3%和19.4%，对照组则只有14.3%和1.6%。这说明了实践组在理论课程成绩上的表现显著优于对照组。此外，图5e和5f为原子吸收光谱部分和总体课程的期末理论考核中各种题

型(选择题、填空题、简答题和计算题)得分的统计分析结果。从中发现,实践组的每个题型的平均得分都高于对照组,尤其是简答题和计算题型,提升幅度更为显著(原子吸收理论知识:67.4和42.2%;总体课程理论知识:25.0%和51.3%)。这说明实践组在理论知识掌握上也具有明显优势。以上各项对照充分证明了新型教学模式能够帮助学生更好的内化和夯实理论知识,更加适合我院化工专业学生的学情。

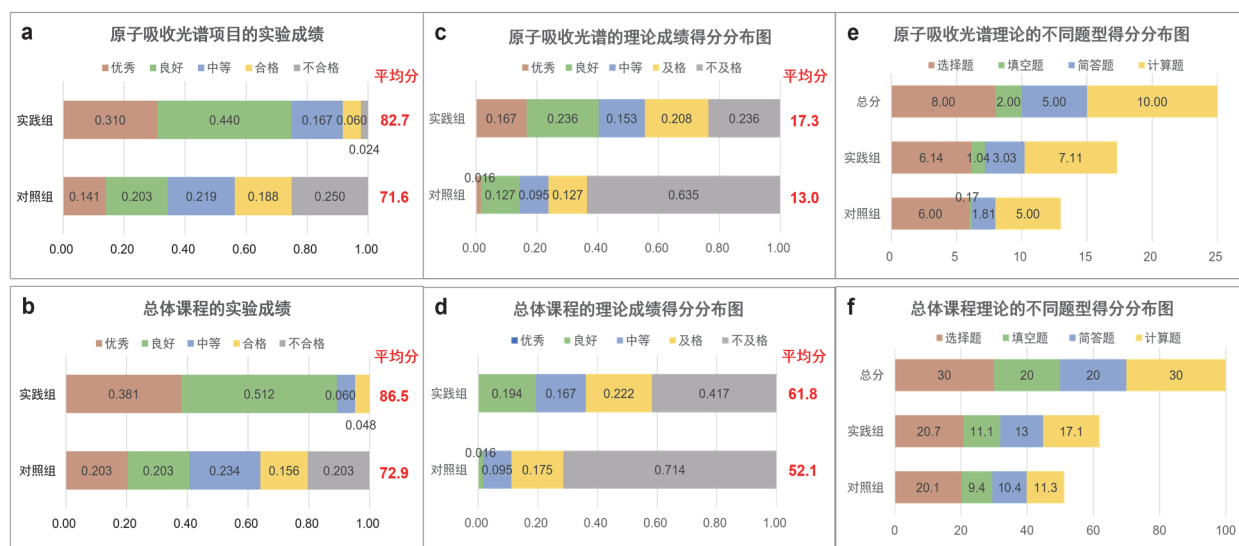


图5 实践组和对照组的成绩统计分析图

(a)原子吸收项目和(b)总体课程的实验成绩;(c)原子吸收部分和(d)总体课程的期末理论考核成绩;

(e)原子吸收部分和(f)总体课程的期末理论考核中不同题型得分

3 学生对新型实验教学模式的反馈分析

在教学改革中,学生反馈是评价新型教学模式的重要因素,其调研结果如图6所示。从图6a中可以看出,94%的学生认为新型教学模式对仪器分析实验的学习是有帮助的,主要体现在熟悉操作流程、更轻松地理解原理和更好地明白如何数据处理三个方面(图6b)。这说明了新型教学模式,即结合线上线下双重预习和课堂“头羊效应”,有效地克服了传统实验教学的不足,并获得了学生们的广泛认可。

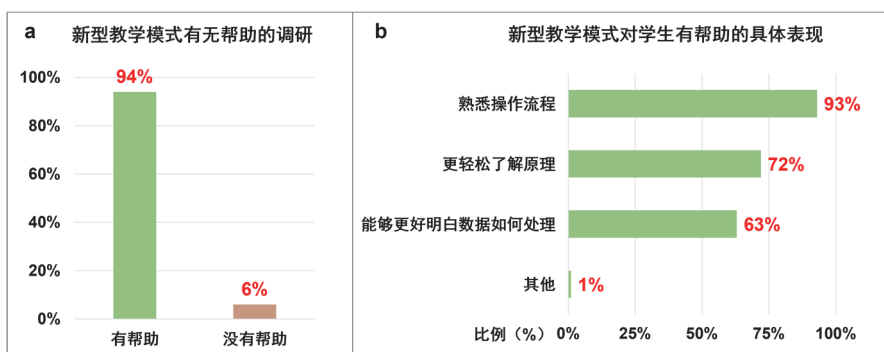


图6 (a) 新型教学模式有无帮助的调研结果;(b) 对学生有帮助的具体表现方面

4 结语

21世纪高新技术迅速发展,地方高校肩负着为地方经济发展服务、培养高素质人才和提供高水

平科学研究成果的重任，传统的实验教学模式已经不能满足地方高校的人才培养理念和目标。双重预习基础上的“头羊效应”新型实验教学模式坚持以学生为主体、以能力为本位的教学理念，从现代信息化技术以及地方高校学生的学情出发，在仪器分析实验的课前预习、课中引导和课后帮扶三个方面进行改革，激发学生学习的自驱能力，实现仪器分析理论知识与实验技能的良性衔接和互补，引导学生内化知识和技能，有望为培养具有深厚的基础知识、分析和解决问题的高阶思维与综合能力的高水平应用型人才提供有力支撑，为服务地方经济和社会发展贡献力量。

参 考 文 献

- [1] 姚青倩, 卢媛, 陈翠红, 王平, 展思辉. 实验室研究与探索, **2022**, *41* (5), 226.
- [2] 邹志娟, 杜雪英. 山东化工, **2021**, *50* (20), 218.
- [3] 郭慧敏, 刘新, 张永策, 宿艳, 姜文凤, 孟长功. 大学化学, **2023**, *38* (1), 41.
- [4] 王京, 李琰, 南晶, 李一峻, 邱晓航, 丁飞. 大学化学, **2024**, *39* (1), 7.
- [5] 钱刚, 张竞成, 章天赐, 张强. 广州化工, **2021**, *49* (22), 107.
- [6] 白青鸿. 天津化工, **2024**, *38* (3), 154.
- [7] 李艳霞, 刘增臣, 杨伟杰, 朱文平, 薛鹏. 广东化工, **2022**, *49* (4), 231.