

线上线下融合的计算机类课程 实践教学改革探索

张文字 王真** 袁恩 吴永芬 赵洪华

陆军工程大学指挥控制工程学院, 南京 210000

摘要 当前的课程教学中亟待从“学知识”向“强能力”转变,本研究旨在改进计算机类课程实践教学存在的三个典型问题:课程实验体系的层次性不足,制约学生技能提升及个性化学习;课堂实验教学受制于时空,难以让各个层次的学生在课堂上都能达成高阶目标;学生在实验教学中缺乏分析问题、解决问题的能力 and 思辨能力。本研究以目标为导向,搭建了“分层递进”式实验体系的方法,设计了PBL+CDIO的实验教学模式,实施突出能力培养的多元化实践环节考核等多方面的改革措施。通过实施教学改革,学生实验设计能力和问题解决能力有明显进步,高阶目标达成度也逐年提升。

关键字 线上线下融合, CDIO, PBL, 实践教学改革

Exploration of Practical Teaching Reform for Computer Courses Integrating Online and Offline Learning

ZhangWenyu WangZhen YuanEN WuYongfen ZhaoHonghua

Army Engineering University of PLA
Nanjing 210007, China

Abstract—The current curriculum teaching urgently needs to change from "learning knowledge" to "strong ability". This study aims to improve the three typical problems existing in the practical teaching of computer courses: the lack of hierarchy of the curriculum experimental system restricts students' skill improvement and personalized learning; Classroom experimental teaching is limited by time and space, so it is difficult for students at all levels to achieve high-level goals in the classroom; Students lack the ability to analyze and solve problems and critical thinking ability in experimental teaching. Guided by the goal, this study established the method of "hierarchical progressive" experimental system, designed the experimental teaching mode of PBL+CDIO, and implemented various reform measures, such as the diversified practice assessment of outstanding ability training. Through the implementation of teaching reform, students' experimental design ability and problem-solving ability have made significant progress, and the achievement of high-level goals has also increased year by year.

Keywords—Online and offline integration, CDIO, PBL, Practice teaching reform

1 引言

教育部高等教育司发布的《人工智能引领高等教育数字化创新发展》一文中关于育人理念革新提到培养重心要从“学知识”向“强能力”转变。因此,如何持续推进课程改革,在实验教学中培养学生发现问题、分析问题、解决问题的能力,培养工程思维,成为计算机相关课程实践教学改革的重要推力。

近年来,线上教学的开展使教师和学生熟悉了各种在线平台的使用,如何将线上教学的优势与线下教学相融合,在实验教学中优化教学模式和组织方式,培养学生分析、设计、应用、综合的能力,在实验考核中强化对能力的评价,仍是优化实验教学设计需要考虑的问题。

2 实践教学中需要解决的问题

通过前期教学实施、查阅资料及使用在线教学工具,我们对比了线上和线下教学的特点,见表1。

结合以上研究背景和现状,本研究主要解决当前实验教学中存在的如下问题:

(1) 课程实验体系的层次性不足,制约学生技能提升及个性化学习。课程的实验体系依据人才培养目标创建,然而在分析学生的实验反馈和学习成果时,我们发现实验体系在能力培养的层次化方面存在一定的不足。实验项目的层次性有待优化,学生在基础技能尚未扎实的情况下,难以深入理解更复杂的实验内容。实验体系对个性化学习支持不足,学生难以根据自身能力和兴趣开展多样化的实验。

(2) 课堂实验教学中,教师查验学生的实验文件

* * 通讯作者: 王真 348211815@qq.com。

往往是一个重复性的工作。如果期班人数多，也难以精准地掌握每个学生的学习进展。课堂实验受制于时空限制，难以让各个层次的学生在课堂上都能达成高阶目标。线下实验教学的特点在这些方面限制了实验教学的优化设计。

(3) “强能力”的教学理念鼓励培养学生的思维素养、实践能力，但当前学生在实验教学中普遍存在的现象是缺乏独立思考和探究问题的能力、主动性不强。如何提升学生分析问题、解决问题的实践能力，培养思辨能力是实验教学中的挑战。

表 1 线上教学与线下教学对比

类别	线上教学	线下教学
教学时空限制	学生课上、课后都可登录在线平台完成学习、开展实验	固定的上课时间和地点
资源共享	上传视频、扩展资料、课件等丰富的资源，学生随时可下载	提供课件、实验报告模板等，学生缺席时需再找人拷贝
师生及时交流	讨论区可随时发帖提问交流，可记录交流过程，所有师生可访问	受限的课上或课后答疑时间，学生遇到实验问题时，无法及时向老师寻求指导，交流过程不方便记录
进度管控	在线平台可设置时间点管控进度	教师通知，课代表督促
把握学生学习状态	有限的信息源，如实验完成度、发帖及回帖情况	形式多样，可通过向学生提问，学生发问等方式
实验教学有效指导	可运用钉钉等在线工具实施指导，学生也可在线发帖，老师主要通过讨论区回复学生，但仅少数学生会在线发帖提问	共性问题集中说明，个性问题单独指导，但有限的时间里一对一指导工作量大，难以兼顾每个人
管控学生独立完成	有在线工具可评测代码重复率	人工分辨是否抄袭很难，但可在过程性评价中增加对实验设计的提问来分辨
实验结果检验	可设计评测电路/代码检验	逐一检验，耗费较多时间和精力
考核标准	实验完成进度	可通过过程性评价如提问、答辩等来评判
实验教学有效指导	可运用钉钉等在线工具实施指导，学生也可在线发帖，老师主要通过讨论区回复学生，但仅少数学生会在线发帖提问	共性问题集中说明，个性问题单独指导，但有限的时间里一对一指导工作量大，难以兼顾每个人

3 实践教学改革主要措施

3.1 目标导向，搭建分层递进式实验体系

针对问题 1，为了内化教学内容，提升学生的实践能力，按照杜威“做中学”（learning by doing）的理念，设计“分层递进”式实践体系。“分层”是根据课程教学目标^{[7][8]}，遵循“从简单到复杂、由局部到整体”的思路，将实验体系按自底向上的方式从基础实验→进阶实验→综合实验-创新设计划分为 4 个层次，分别对应从低阶到高阶的教学目标，体现学生能力培养目标的逐级提升。

以我校“计算机组成原理”课程为例，将实践体系按自底向上的方式从基础器件→功能部件→硬件系统→系统应用划分为 4 个层次。底层设计为上层设计提供支撑，通过层层递进的方式实现硬件系统的构建与优化，见图 1。

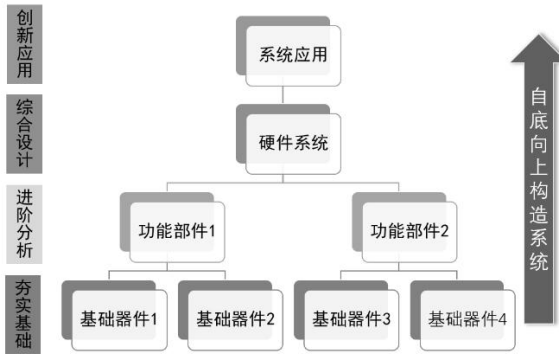


图 1 “计算机组成原理”实验项目层次递进关系图

实践体系从课内实验到自主实践的递进结构，完成了从低阶到高阶，底层到高层的逐步进阶的学习过程，把能力培养分解到不同的过程中，形成衔接递进的关系，使能力度量具有可操作性，易于学生检查自己的专业水平，形成评估的反馈迭代过程。

3.2 取长补短，融合线上与线下的实验教学设计

结合线上、线下教学特点（见表 1），线上实验虽然缺乏线下实验的实操感，但在学习时空、资源共享、实验验证、过程管理等方面具有独到的优势。因此，针对问题 2，我们从以下几个方面开展线上、线下融合的实验教学设计。

(1) 拓展学习时空。线上实验时间灵活、空间无界。可将实验软件安装步骤、上手操作、实验背景知识等低阶目标的教学内容放到线上平台，由学生课前完成。将实验方案的设计、优化和实验实施问题解决等高阶目标的教学内容放到课堂面对面的实验教学中。通过整合线上线下实施环境，打破时空限制，让学生可随时随地开展实验、灵活安排进度。

(2) 共享实验资源。构建线上实验资源库，整合

不同学校、不同专业、不同层次的实验资源,建设适用于本校人才培养个性化需求的实验资源,让学生“随取随用”且觉得“好用”。学生可结合自身的学习层次选用不同的实验资源,也可由线上平台根据学生的学习进度和能力,提供个性化的实验学习路径,通过线上平台推送适合的实验内容和实验任务。

(3) 创新评测模式。编写标准化在线实验测试用例,借助在线平台的自动评测功能,实现实验结果的快速验证与反馈,减少教师重复查验工作,通过代码查重等技术手段有效降低学生实验代码复制率,保障实验学习的有效性。

(4) 实现过程动态管理。依托线上实验平台的记录功能,留存学生的每一次实验操作步骤、实验结果数据等,为教师提供可追溯的评估分析依据。同时,教师可通过在线平台实时在线指导学生,及时纠正学生实验操作中的错误,实现实验教学过程的动态化管理。

(5) 搭建互动场景。运用线上实验平台的讨论区等交流工具,构建学生互动合作的场景,鼓励学生围绕实验设计思路展开探讨,共同解决实验实施中遇到的问题,培养团队协作能力与创新思维。

我们将线上线下融合的实验教学实施设定为课前、课中、课后三个环节,见图 3。

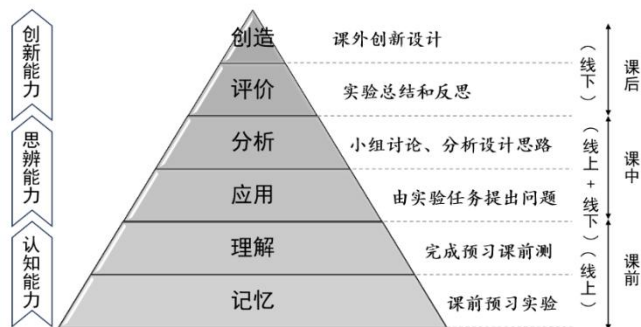


图 1 线上线下融合的课前、课中、课后环节

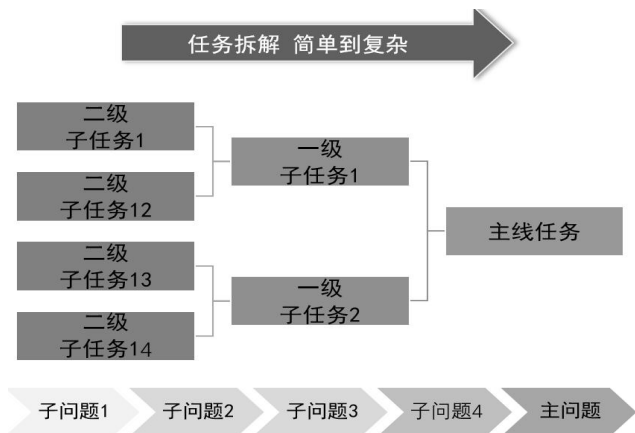


图 2 PBL 实验教学模式

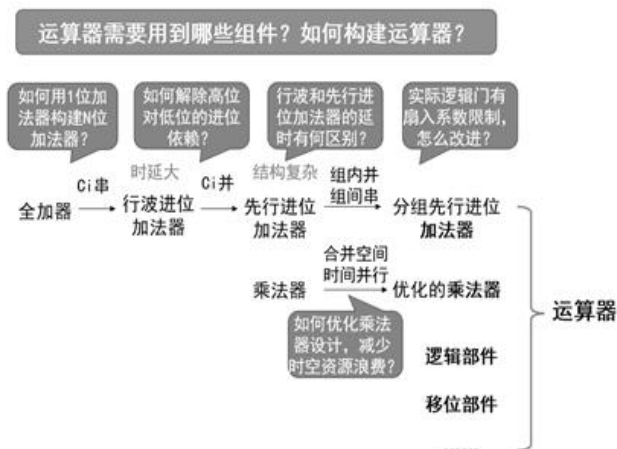


图 3 “计算机组成原理” 运算器系列实验任务与问题链

(1) 课前导学

教师依据实验体系和实验内容,运用在线平台发布实验微课及教学资料,其内容应精炼短小,聚焦实验的内容说明和背景知识,帮助学生搭建好实验相关的理论知识,做好实验准备。

学生可灵活利用课前时间自主完成预习任务,并结合自己学习情况,记录学习情况及疑问。

教师可根据学生反馈的预习情况,及时调整课中实验教学设计和教学安排。

(2) 课中讨论及实施

教师根据学生课前预习情况,将实验背景知识中的难点着重在课堂上讲解,引导学生发现问题、分析问题、解决问题,组织学生讨论实验方案、开展实验设计。

学生需要在教师的问题引导下,对设计过程中的问题提出解决方法,形成优化方案,构思、设计和实施实验方案、测试实验功能,通过实验评测。

(3) 课后总结及创新

完成实验后,学生对实验实施和遇到的问题已经有了明确的解决方法,课后需要对实验过程进行总结思考,形成文档。

学生反馈的总结思考,也能帮助教师在后续的实验中有更加完善的教学设计。教师也可有选择地标记典型学生实验,作为示范供全班学习。除必做实验外,教师还可发布选做实验任务或者创新设计课题,供学有余力的学生达成更高阶性、有挑战的目标。

3.3 启智强能,设计 PBL+CDIO 的实验教学模式

针对问题 3,根据建构主义学习理论,设计了 PBL+CDIO 的线上线下融合教学模式。

(1) PBL 模式“启智”

教学过程的设计是保证教学效果的重要环节，我们研究了 PBL (Problem-Based Learning) ——基于问题的教学模式。根据“学起与思，思源于疑”的认知流程，设置与实验内容相关的问题，引导学生由表及里、由浅入深的纵向思维，继而引导学生触类旁通、举一反三的横向思维。

首先根据分层递进的实验体系，将实验主线任务划分为一系列小任务，主线任务对应主线问题，按照层次递进关系设计小任务的问题链（见图 4），使其环环相扣，一个问题的解决方案成为开始下一个任务的前提，在递进的分析求解过程中引导学生逐步养成分析问题、解决问题的能力以及深入思考的习惯。

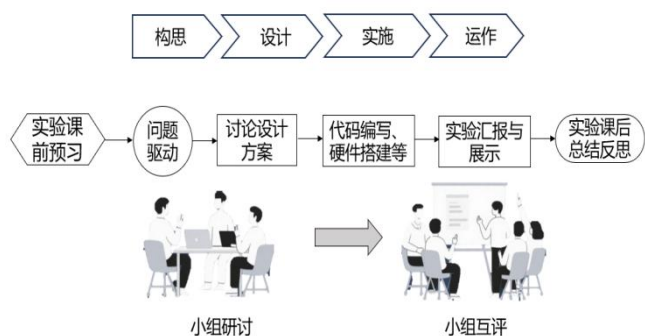


图 4 CDIO 实验教学组织

以“计算机组成原理”实验课程中关于运算器的一系列基础设计和进阶设计实验为例，根据主线任务——运算器的构建，以及一系列子任务——全加器、行波进位加法器、先行进位加法器、分组先行进位加法器的构建，设置了主线问题“运算器需要用到哪些组件，如何构建运算器？”和一系列子问题，见图 5。

CDIO 是当前国际上实施高等工程教育的一种模式。CDIO 代表构思 (Conceive)、设计 (Design)、实施 (Implement) 和运作 (Operate)。由于计算机类课程具有明显的工程特性，实践教学的实施与 CDIO 的构思、设计、实施和运作四个部分基本吻合^[6]，因此，在实验实施时可以以项目为驱动，采用 CDIO 的教学组织形式，采用小组分工合作的组织形式，以组内协作、组间竞争、自主探究的方式推动学生学习，见图 6。

(2) CDIO 模式“强能”

① 构思阶段

实验项目与理论学习内容相结合，学生带着项目设计的任务去学习。本阶段老师在设置项目任务时可采用 PBL 问题驱动的方式设计思考题，学生带着问题去构思，有助于培养分析问题和解决问题的能力。

② 设计阶段

本阶段由学生小组成员相互讨论、查阅资料，形

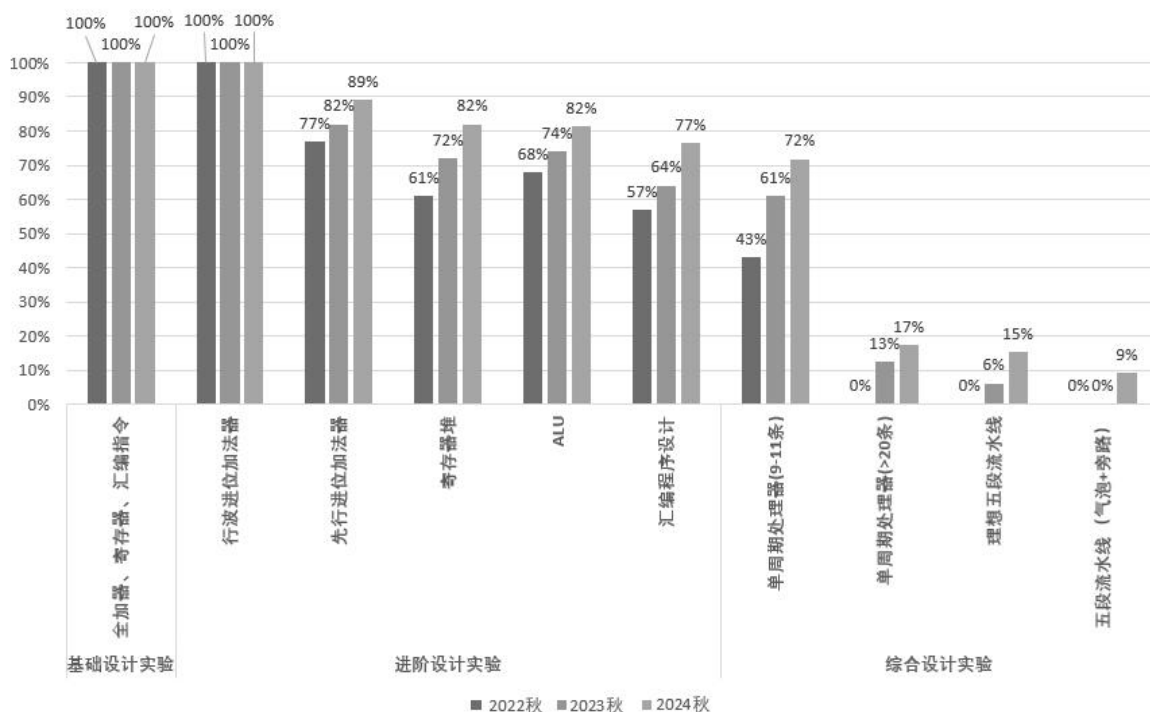


图 5 实验完成度和层次比例逐年对比

成实验项目的初步设计方案。通过组织组内和组间讨论，学生找到各自构思和设计中的问题，进一步修正、完善方案，培养学生思辨能力。

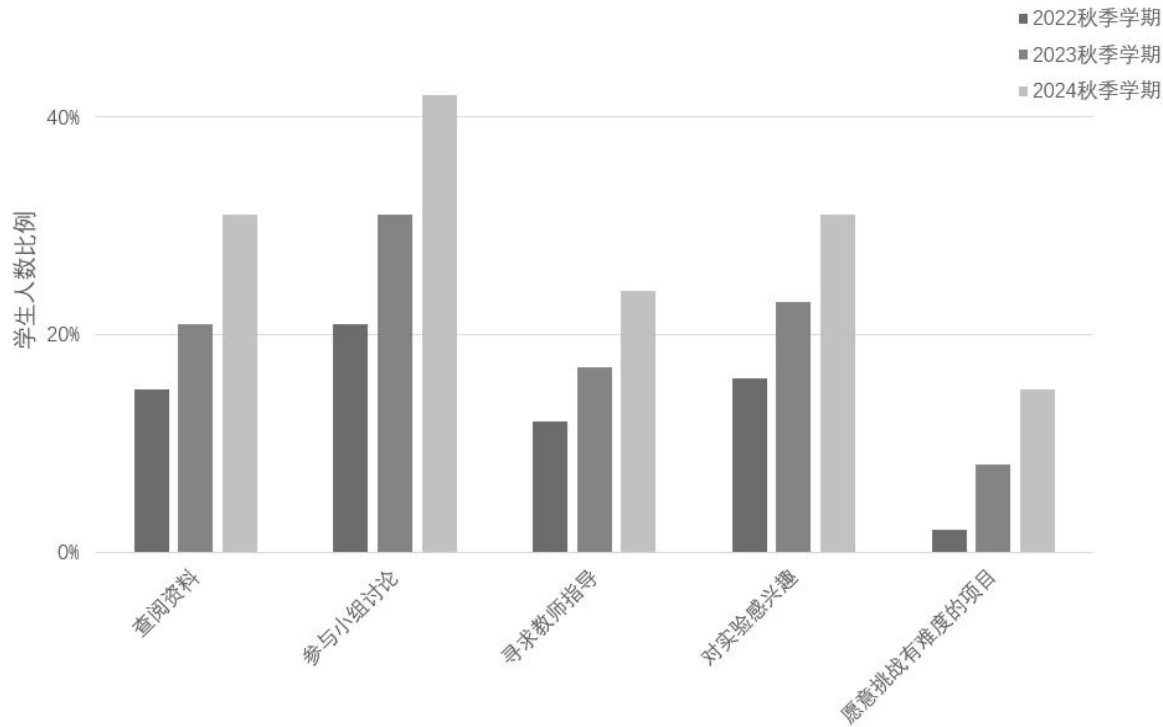


图 6 学生实验学习数据逐年对比

③ 实施阶段

本阶段学生根据设计方案开展实验。教师监督学生的进展情况，及时进行引导和答疑。当涌现出新的问题时，发挥老师的主导作用，引导学生思考解决方案。为了更大程度地调动学生的积极性和参与度，提高课堂的活跃度，构建“学生—老师—学生”的互动模式，见图 7。将学生作为课堂的主体，合理有效地组织教师、学生、任务等，引导学生发挥主动性。

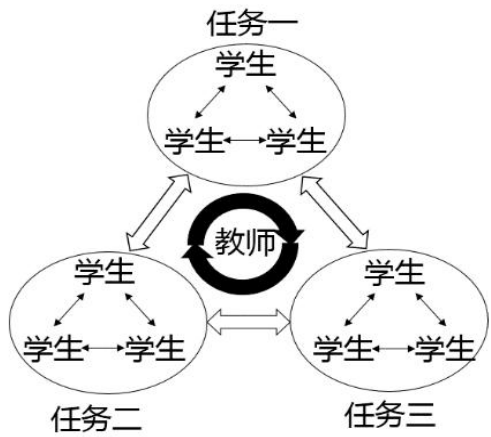


图 7 “学生—老师—学生”的互动模式

④ 运作阶段

本阶段学生对设计完成的实验进行调试，对出现

的各种错误及时纠正，并测试实验功能是否符合要求，完成实验验收。如果是综合性设计实验，学生还需要展示并汇报自己的成果，由教师进行审查和提问。

3.4 强化能力，实施多元化实践环节考核

在考核方式上，改变传统的重知识、轻能力的考核方式，从多个维度建立以衡量综合素质为依据的评价形式。核心维度包括知识与技能掌握、实验设计能力、实验总结及反思等，其他还可考核团队合作、时间管理、学术诚信等维度。

(1) 知识与技能掌握。如实验背景知识、代码语法正确性等，可通过线上的形式进行评估。

(2) 实验设计能力。可细化为对实验方案的可行性、逻辑性和创新性可运用线上线下结合的方式进行评估。线上可通过在线平台提交实验文件，评测实验结果。线下可采用现场演示、提交实验设计方案、小组互评、实验答辩等评估形式，对实验设计方案和实验实施达成的功能进行细致检验。

(3) 实验总结反思。线下可采用提交实验总结，线上可采用问题发帖讨论等形式评估。

对各个实验项目的评价打分，可依据 3.1 节不同层次的实验项目分类评分。以“计算机组成原理”课程为例，按实验的层次类别将实验评价分为两类。

(1) 基础设计和进阶设计实验评价

基础设计和进阶实验项目的评价指标和比重如表2所示,其中,第1、2、3项考核了学生的分析和设计能力,第5项考核了学生的深入思考和归纳总结能力。

表1 基础设计和进阶设计实验评价

序号	评价指标	比重
1	理论基础	20%
2	设计方案合理性	30%
3	实验功能正确性	20%
4	电路复杂度	10%
5	实验报告文档	20%

对这5项指标加权平均得到基础设计和进阶设计实验的分数,如式(1)所示,其中 S_i 表示某项评价指标的分数, K_i 表示该评价指标的比重, M_j 表示某个实验项目的得分。

$$M_j = \sum_{i=1}^5 S_i \cdot K_i (0 \leq S_i \leq 100) \quad (1)$$

$$B_s = \frac{\sum_{j=1}^N M_j}{N} \quad (2)$$

(2) 综合设计实验评价

表2 综合设计实验评价

序号	评价指标	比重
1	理论基础	20%
2	设计方案合理性	15%
3	模块划分合理性	10%
4	问题诊断和解决	15%
5	实验功能正确性	10%
6	实验总结思考	30%

综合设计实验项目的评价指标和比重如表3所示,其中,第1项考核了学生理论联系实践的能力,第2、3、4、5项考核了学生的分析和设计能力,第6项考核了学生的深入思考和归纳总结能力。类似的,修改式(1),将这6项指标的分数加权平均,即可得到综合设计实验项目的得分。其中前5项可通过组织实验答辩的形式进行评价。

4 教学改革实施效果

本课题以我校2024年秋季学期“计算机组成原理

“课程一个期班为实验教学改革对象,实验学时共16学时,共42名学生参加教改课程学习。

我们对比了从2022年秋季学期至2024年秋季学期我校计算机组成原理课程实验实施情况。在图8中对比了三个学期学生完成基础设计、进阶设计、综合设计实验的比例,学生完成高阶任务的比例逐年上升,由此说明,通过实验教学改革,提升了学生分析、设计能力。

利用在线实验平台和问卷调查收集了学生的过程性数据,图9对比了三个学期学生查阅资料,开展小组讨论,寻求解决方案、实验兴趣度等数据。通过实施改革,学生在实验学习中的主动性显著提升,随着实验内容的层次化递进,学生在线上闯关式的挑战中积累了信心,对实验的兴趣增强,愿意主动在有限的实验学时之外,开展实验的学习、挑战有难度的任务。

5 结束语

本研究着眼“启智、强能”的能力素质培养,对线上线下融合的实验教学进行了改革和实践,提出了“分层递进”式实验体系,线上线下融合实验教学的实施方案,PBL+CDIO的教学模式等。通过初步实践,采用本文所提出的实验体系、实施方案和教学模式后,实验项目的多样性增加,线上实验资源的建设也提升了实验资源的利用率,学生实验设计能力和问题解决能力有明显进步,高阶目标达成度也有所提升,可为计算机类课程的实验教学实施提供参考。

参考文献

- [1] 毛新军,孙艳春,褚华,边耐政.“101计划”软件工程建设思想及成果[J].计算机教育,2023(11):29-33
- [2] 张华,张素莉.基于OBE教育理念的操作系统教学改革与实践[J].长春工程学院学报(社会科学版),2022(01):121-124
- [3] 赵雅楠,张俊霞,卢建良,樊彦恩.以竞赛为导向的计算机组成原理实验分级教学模式探索[J].计算机教育,2022(05):11-14
- [4] 刘颖,李文强,程志辉.基于翻转课堂的机电一体化系统实验教学研究与应用[J].高教学刊,2022 8(21):121-124
- [5] 于健,刘志强,高洁,赵越等.新工科背景下数据挖掘课程的教学改革探索[J].计算机教育,2023(3):130-134
- [6] 方维,袁宝库,梁峰绮.基于PTA平台的程序设计类课程教学改革实践[J].计算机技术与教育学报,2022,10(1):97-100
- [7] 史长琼,向凌云,赵佳佳等.基于OBE理念面向创新能力培养计算机网络课程教学改革与实践[J].计算机技术与教育学报,2024,12(6):97-100
- [8] 刘佳琪,刘海龙.新工科背景下的数据结构课程实践[J].计算机技术与教育学报,2025,13(1):136-142