



布鲁姆教学目标分类理论下的液压传动与控制实验教学设计与实践

谷晓妹, 时连君*

(山东科技大学 机械电子工程学院, 青岛 266590)

摘要: 基于布鲁姆教学目标分类理论, 以问题思维提升为导向, 把综合性实验按照项目制教学法来完成教学设计。该文以比例溢流阀压力性能实验为例进行实验的全过程分析, 由学生设计出可行的实验方案, 包括液压系统原理图的设计、信号传输与控制系统的设计, 拟定出可行的实验步骤、进行实验结果分析等。经过几年来的教学实践证明基于问题思维能力提升的教学理念有助于学生创新能力的提升。

关键词: 布鲁姆教育理论; 创新能力; 教学设计; 多元评价

中图分类号: G642

文献标志码: A

DOI: 10.12179/1672-4550.20230454

Experimental Teaching Design and Practice of Hydraulic Transmission and Control under Bloom's Theory of Classification of Educational Objectives

GU Xiaomei, SHI Lianjun*

(College of Mechanical and Electronic Engineering, Shandong University of Science and Technology, Qingdao 266590, China)

Abstract: Based on Bloom's theory of educational classification goals and guided by the promotion of problem-based thinking, a comprehensive experiment is designed according to the project-based teaching method. The proportional valve experiment is taken as an example to analyze the whole process of the experiment. In the experiment, students design a feasible experimental scheme, including the design of the hydraulic system schematic diagram, the design of the signal transmission and control system, the preparation of feasible experimental steps, and the analysis of the experimental results. After several years of teaching practice, the teaching concept based on the improvement of question thinking ability is helpful to improve students' innovation ability.

Key words: Bloom's educational theory; innovation ability; teaching design; multivariate evaluation

近年各高校针对学生创新能力的培养都在积极探索, 并取得了一些成效。但是当前“创新”总是与“创新大赛”相关联, 会出现“重大赛, 轻实验”的现象。各类创新类大赛层出不穷, 目的是为了学生的创新能力, 虽然创新意识可以在短时间内得到快速增强, 但创新能力的培养却是一个日积月累、循序渐进的过程, 贯穿于教学的各个环节, 积累的过程非常重要^[1]。实验作为实践教学的重要环节, 是创新的基础, 没有平时实验环节的积累就谈不上创新, 而传统实验教学

的重复性很难提升创新能力。遵循金课“两性一度”^[2]的课程标准, 所谓“高阶性”, 是知识能力素质的有机融合, 是要培养学生解决复杂问题的综合能力。高阶能力的起点是问题思维, 问题思维可以通过教学设计达到培养和训练的目的。在实验教学中, 采用布鲁姆教学目标分类理论进行教学设计, 最大限度地利用实验室现有的设备、材料等资源对学生的问题思维能力进行培养。本文将基于布鲁姆教学目标分类理论(以下简称布鲁姆理论)对液压传动与控制实验教学进行

收稿日期: 2023-09-28; 修回日期: 2024-02-07

基金项目: 教育部产学合作协同育人项目(202102275003); 山东科技大学 2022 年教育教学研究“群星计划”项目(QX2022M21)。

作者简介: 谷晓妹(1978-), 女, 硕士, 实验师, 主要从事实验技术与管理方面的工作。

* 通信作者: 时连君(1963-), 男, 硕士, 正高级实验师, 主要从事机电液控制、实验技术与管理方面的工作。E-mail: shanjuan9900@163.com

设计。

1 布鲁姆理论及实验教学设计思路

布鲁姆理论是由美国著名教育学家和心理学家本杰明·布鲁姆于 1956 年正式提出, 1999 年修改版定稿^[3]。在认知领域, 布鲁姆教学目标分类将教学目标重新分为两个维度, 一个是知识维度, 另一个是认知维度。知识维度主要协助教师区分教什么, 认知维度主要协助教师明确学生掌握和应用知识的阶段历程。认知维度主要分为记忆、理解、应用、分析、评价、创造 6 类, 认知维度目标具有层次梯度, 从简单向复杂逐渐增加。利用布鲁姆模型对教学目标进行细化分类, 确定教学目标, 设计教学过程, 安排教学活动, 设计教学评价, 帮助教师更好地“教”, 学生更好地“学”^[4]。

按照问题思维从简单到复杂的设计路径, 学生进入实验室前对需要理解和记忆的事实性知识进行预习, 进入实验室后教师对是否按照实验要求进行预习及实验相关的设计进行考核。根据学生的预习以及他们对实验步骤的了解等情况, 教师有针对性地进行概念性知识和程序性知识的讲解。同时学生对照实验室设备, 明确自己设计的

内容是否与实验室的一致, 找出异同点后调整实验方案, 并进行分组实践。学习小组在实验过程中按照“理解—应用—分析—评价—创造”的设计路径掌握教学问题, 教师在学生实践过程中起到“启发—深化—拓展—讨论—评价”的作用。实践过程中可以通过项目驱动式教学方法提高学习主动性, 强化学科知识体系构建。同时, 教师可以有效融入思政元素, 提升团队协作能力、沟通交流能力、项目管理能力和终身学习能力, 完成元认知知识的构建, 实现能力与素养提高的高阶性目标。

2 布鲁姆理论应用

2.1 比例溢流阀压力性能测试

山东科技大学机械电子工程学院机械相关专业于 2020 年通过工程教育专业认证, 基于实验教学与毕业要求指标点的支撑关系, 对实验项目所涉及的知识点进行研讨, 从学生认知的维度构建, 形成“记忆—理解—应用—分析—评价—创造”的问题思维路径, 通过对学生的学习行为、实践行为进行分阶段设计, 掌握他们的学习程度。目标层次结构设计如图 1 所示。

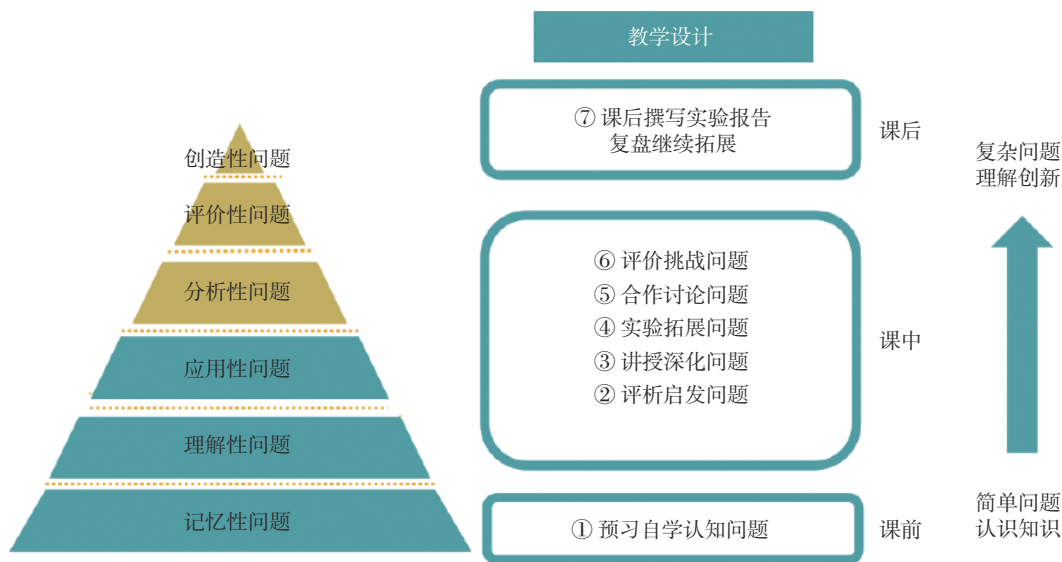


图 1 基于布鲁姆理论的实验教学设计模型

液压传动与控制是机械专业的一门专业核心课, 是机械、电子和液压结合的纽带。通过实验教学环节使学生结合液压传动原理的基本知识、典型液压元件的结构特点和工作原理、液压基本回路的组成, 能够对液压传动与控制系统进行正确的设计计算。以综合性实验项目“比例溢流阀

性能测试”为例进行项目制教学设计, 建立以学生为中心的实验教学模式, 形成自主性、合作性、研究性的学习方式^[5], 培养学生解决复杂问题的能力。将学生实验过程中需要掌握的知识点根据布鲁姆理论进行分类, 教学设计以学生为中心, 将小组协作和独立学习相结合, 包括以下 3 个主要阶段。

1) 课前预习理解记忆性问题

画出液压原理图、了解实验装置工作原理、明确测试的实验参数和采用的仪器仪表、拟定具体实验步骤等。

2) 课中协作解决应用性问题

完成实验方案设计、液压回路搭建、测试系统搭建、实验数据采集与整理。

3) 课后实验评价及拓展训练

进行实验报告撰写及复盘、效果考核评价、实验拓展训练等。教学的过程层层推进, 在发现问题、研究问题、解决问题的过程中, 将学习过程与实践活动相融合^[6]。

2.2 课前预习环节教学设计

在比例阀中以比例电磁铁取代普通溢流阀中的手动调节弹簧, 按照输入信号指令连续成比例

地控制液压系统中的参数, 如压力、流量等。根据布鲁姆理论, 将该实验项目中所涉及的知识点进行目标分类, 对应两个维度的知识列表如表1所示。事实性知识指学生所要了解一门学科的基础知识; 概念性知识指不同知识之间相互作用共同发挥功能所达成的结构化知识; 程序性知识指完成某一件事情的方法流程知识, 也就是讲给学生的实验室安全及实验操作规范等知识; 元认知知识指一般认知以及对自我认知与察觉的知识。目标分类使教学设计的问题路径清晰, 加入相应知识点, 形成与教学内容相对应的知识目标体系。

在实验前, 学生应先预习并掌握相关知识点, 通过线上或线下回答完成预习问题。进入实验准备环节, 需掌握电液比例阀的组成、控制器的控制原理^[7], 如图2所示。

表1 实验教学知识点布鲁姆目标分类设计

知识维度	认知过程维度					
	记忆	理解	应用	分析	评价	创造
事实性知识	① 电液比例阀组成 ② 如何成比例控制液压 ③ 系统参数 ④ 回路图中液压元件对应符号及工作原理	—	—	—	—	—
概念性知识	—	① 控制器的控制原理 ② 实验需要使用的仪器仪表	① 绘制液压原理图 ② 明确测试的实验参数	—	—	—
程序性知识	—	① 熟知液压传动与控制实验室安全操作规范 ② 熟知实验装置工作原理	—	—	—	—
元认知知识	—	—	—	—	—	—

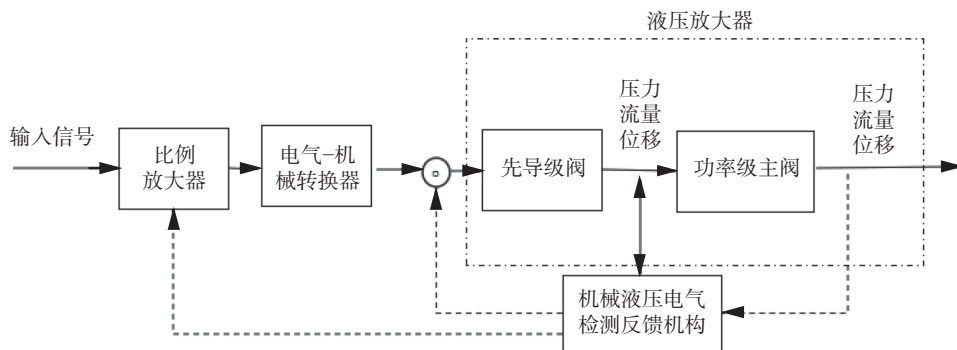


图2 电液比例阀的控制原理

2.3 课中实践环节教学设计

在实验场地, 同学首先熟悉实验过程中的安全操作相关事项, 然后开始进行液压回路搭建、回路的调节、传感器信号与采集板卡的连接以及实验数据的采集和曲线处理。

2.3.1 教学活动1: 液压回路搭建

学生可根据人数或者能力进行分组, 确保每个小组都能有效合作。根据设计好的液压原理图, 核对所需的液压元件及必要的工具。在实验台上布置好各元器件的大体位置, 按图纸组装系

统回路，使用软管或硬管连接各个组件，确保连接紧密且无泄漏。在连接过程中，注意保持管路的稳定，并在适当位置安装控制阀及压力表、流量计，以便调节液压系统的压力和流量。在搭建

完成后，对液压回路进行全面检查，确保所有连接牢固且无泄漏。在调试过程中，如遇到故障或问题，及时分析原因并采取相应措施进行排除。液压系统原理图如图3所示。

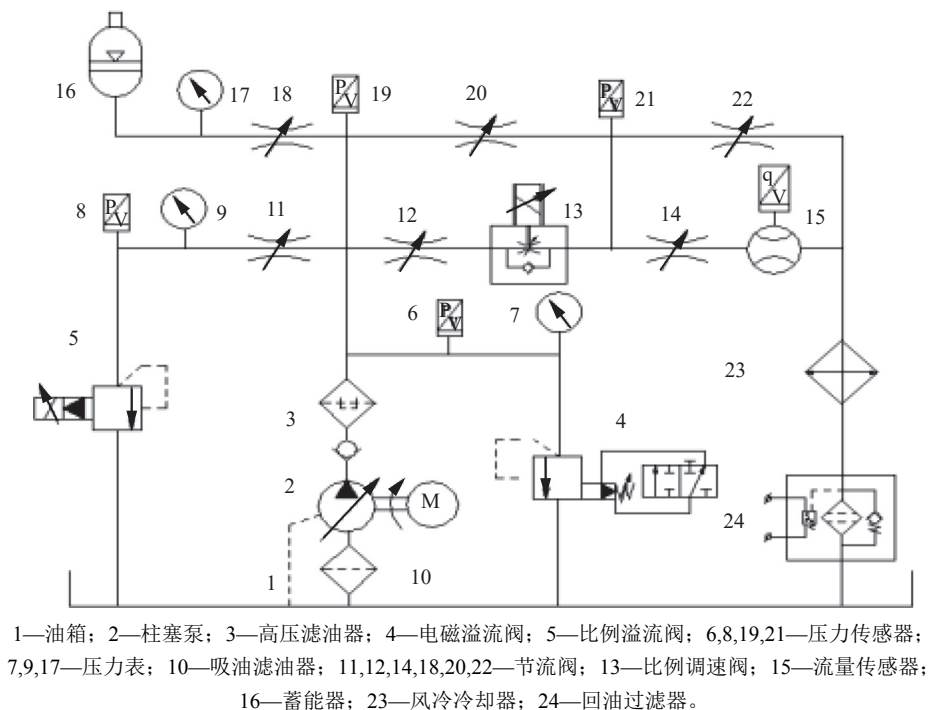


图 3 液压系统原理图

2.3.2 教学活动 2: 测试控制系统搭建

控制实验台上主要有动力控制柜、各种控制开关按钮、比例溢流阀控制器、比例换向阀、伺服液压缸、螺纹插装节流阀、加热/冷却选择钮、电动机启动/停止控制按钮、各种传感器、压力表、流量传感器等。分析各种类型传感器以满足实验参数的测试需求,将传感器信号与采集板卡进行连接,如图4所示。控制系统实现实验参数如压力、流量、转速、位移等的检测和数据检测及数据处理。



图4 传感器信号与采集板卡的连接

2.3.3 教学活动 3: 液压实验系统阀门调节

1) 启动液压泵电机前

① 启动前电磁溢流阀的控制按钮 YA1 断电。

使溢流阀卸荷，防止液压泵带压启动。

② 节流阀的状态说明：节流阀 11、12、18、20 关闭。

2) 启动液压泵电机后

液压泵电机启动后,待电动机 Y- Δ 启动完毕,按下电磁溢流阀控制按钮 YA1,调节测试比例阀使系统达到安全工作压力 7 MPa,然后打开节流阀 11,进行实验测试^[8]。

2.3.4 教学活动 4: 实验数据的采集与曲线的处理

采用实验台计算机等组成信号控制与采集部分；采用各种类型传感器，包括压力、流量、转速等传感器，以满足实验参数测试的需要。实验台可以同时进行 8 路数据的采集。在数据采集前要充分了解比例溢流阀的压力特性，进行合理数据的收集。

比例控制器在可调节范围内，给出不同的控制电压 $U_{\text{控}}$ ，测量电压 $U_{\text{测}}$ 、电流 $I_{\text{测}}$ 和输出压力 P ，找出控制电流 $I_{\text{控}}$ 和输出压力 P 的关系 $P=f(I)$ ，自动显示压力性能实验曲线，如图 5 所示。

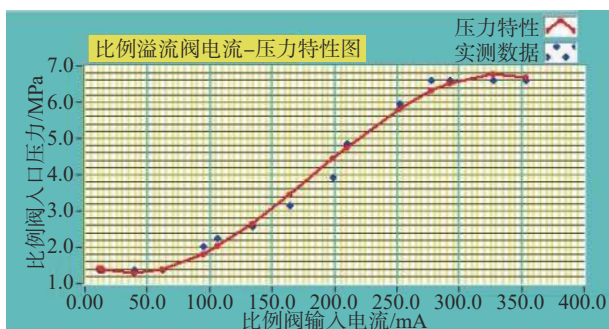


图5 比例阀的输入电流与压力关系曲线

由曲线可以看出,比例阀的入口压力随着比例电磁铁输入电流的变化而变化,当输入比例电磁铁电流增加时,比例阀入口压力随着增加,反之亦然。在液压回路中系统压力就是比例阀入口压力,所以比例阀能方便地控制系统的压力数值。

2.3.5 教学活动5:实验结论分析及教学评价

通过比例溢流阀压力性能测试实验项目,学生学会搭建液压回路和性能测试,并得出以下2个结论。

1) 比例阀的输出压力、输出流量基本上随着比例控制器输出电压(电流)的增大而增大,从而改变执行元件的压力及运动速度。从实验曲线可以看出由于比例电磁铁存在感抗,导致控制电流延迟了上升时间。

2) 比例控制阀的出口压力随着负载的变化,阀的入口压力也随着变化,从而起到节能的作用^[9]。

在教学活动1~活动5中,同小组学生分工合作,动手测试、观察仪器仪表、发现问题与解决问题、查阅资料^[10]。实验问题的层层推进,使学生对于液压传动系统有了初步认知,也为后续专业课学习奠定了基础。随着机电液控制技术逐渐向模块化、集成化、系统化方向发展,特别表现在电液比例、伺服技术层面,可以进一步选择开展如比例溢流阀动态性能、伺服流量阀控制执行元件速度位移、液压站结构设计等综合性实验项目。

实验中将认知目标分类的层级与情感目标(课程思政)相结合,确定进阶教学目标,形成完整的、可操作性的教学设计,基于本实验项目总结如表2所示。基于布鲁姆理论可以帮助教师制定更加成熟、完善和合理的教学目标,增强学生问题思维能力的培养。

表2 比例溢流阀性能测试实验评价

认知维度	实践过程评价点
记忆	液压元件及仪器仪表等相关认识点
理解	① 实验中理解实验目的 ② 比较实验过程与预设结果之间的差别 ③ 总结该实验项目所学到知识点
应用	① 实施液压回路搭建及调试过程学习 ② 实施测试控制系统搭建过程学习 ③ 进行实验参数测试过程学习 ④ 实验数据采集及曲线分析 ⑤ 实验中液压回路故障排除
分析	① 实验结果的分析与比较 ② 梳理液压传动与控制系统问题的解决方案
评价	① 对自身掌握知识水平的评价 ② 学习小组成员间互动沟通评价 ③ 解决液压传动与控制工程能力的评价 ④ 检查、熟悉、整理实验台及设备的评价
创造	拓展比例溢流阀动态特性实验等项目

3 教学评估

3.1 认知维度的过程性评价

传统的实验考核方式以“实验考勤+实验操作+实验报告”为主,不利于学生创新精神和动手能力的培养。基于布鲁姆理论的教学设计,从以实验报告为主向考核学习能力、实践能力、思维能力、综合素质转变^[11]。学生完成实验项目预习、课堂教师提问、小组合作实操、师生和生生评价、实验报告撰写等给予步骤评分与总体评分,如图6所示。

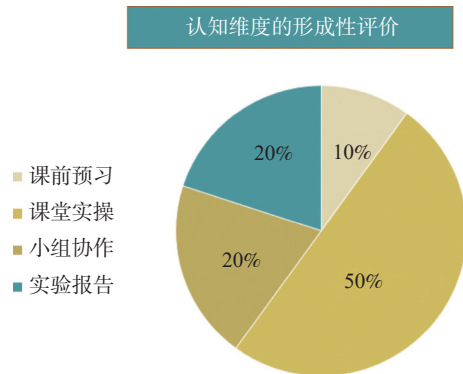


图6 教学考核评价设计

3.2 认知维度的多元性评价

认知领域的提升是布鲁姆理论的一个维度,评价模型的构建包括学生的认知和教学目标相匹配,教学内容与人才培养相契合,以及实验教学条件保障程度等方面的评价。因此建立“自我、师生和生生”多元的评价机制,要求教师根据学生的实验过程表现以及报告成果评价实验教学;学生评价自身能力的提高程度;生生之间互评协作效果;学生对教师教学质量的评价。这是一个三方的多元评价机制,有利于及时调整实验教学

中存在的问题,提高实验教学质量,并为开展个性化培养与持续改进实验教学提供决策支持^[12]。

在本实验项目中的多元评价体系如图 7 所示,评价从以下 3 个方面具体实施。

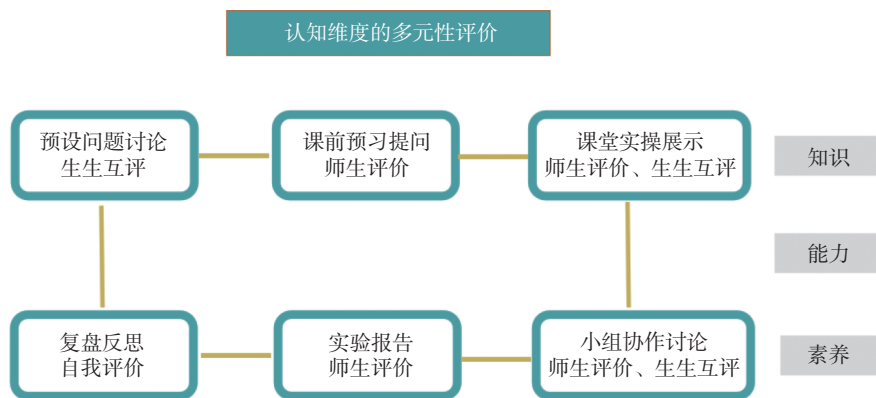


图 7 多元性评价体系图

1) 自我评价

学生根据自己的预习情况、实验数据测试情况及实验成果的分析情况,对自己进行合理的评价。

2) 小组评价

这个环节要求小组成员间给出评价^[13]。

3) 综合评价

教师根据学生出勤情况、实验预习情况、回路搭建情况、数据处理以及撰写实验报告的条理性和完整性给出评价。

3.3 实施效果反馈

3.3.1 学生视角

传统的实验课堂以教师讲授为主,主要讲解实验目标及安全注意事项,并进行相应的操作演示,很难在学生的大脑中建立机电液控制系统的知识体系,对实验目的了解也有限。比例溢流阀压力性能实验项目结束后,学生分享实验过程中的感受:理论学习中不明确液压元件和系统回路的实际应用,但实验有助于对其进行直观和清晰的理解。基于布鲁姆理论,将实验项目所涉及知识点进行课前预习、课中实践等分层次设计后,为了解学生对教学效果的评价,设计问卷调查。以机械电子工程专业 159 位学生为调研对象,学生对实验知识点的了解程度如图 8 所示,学生对实验应用情况的了解程度如图 9 所示。图 8~图 9 表明此实验项目把液压与机械、电子有机地结合起来,培养了学生自主学习、理论联系实际的能力,增强了解决工程问题的能力,为创新能力的培养奠定了基石。

3.3.2 教师视角

基于问题思维能力培养的教学设计,使学习

过程有的放矢,有效提高了学生的综合应用能力。在液压比例阀测试实验中学生实验成绩的评价进行调整后,建立对课前预习、团队协作、测试数据、实验报告以及学生创新能力等方面的综合评价^[14]。两个学期学生的能力评价对比如图 10 所示,可以看出小组成员间的互助沟通能力较好,说明实验教学设计满足认证指标中对于沟通能力的要求;学生的问题解决能力有所提高,说明分层次问题设计有针对性,帮助学生构建从记忆—理解—应用—分析的问题思维路径;动手实践能力较好,说明学生关注实践教学;从预习结果和实践中学生的表现看,对自主学习和实验拓展能力的提高需持续迭代。

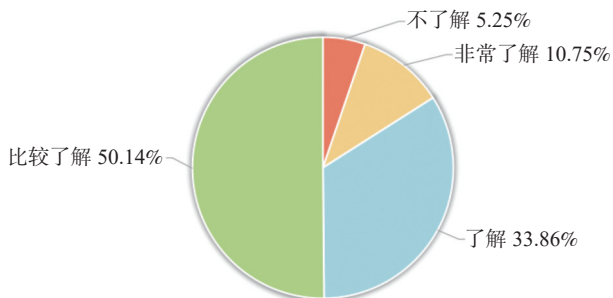


图 8 学生对实验知识点的了解程度

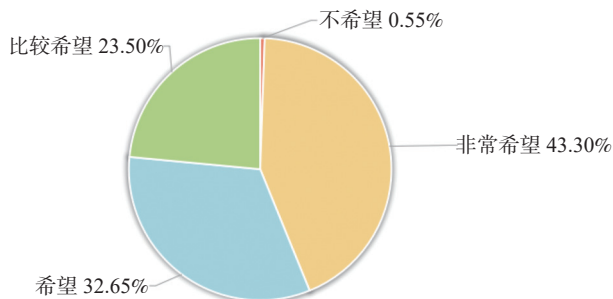


图 9 学生对实验应用情况的了解程度

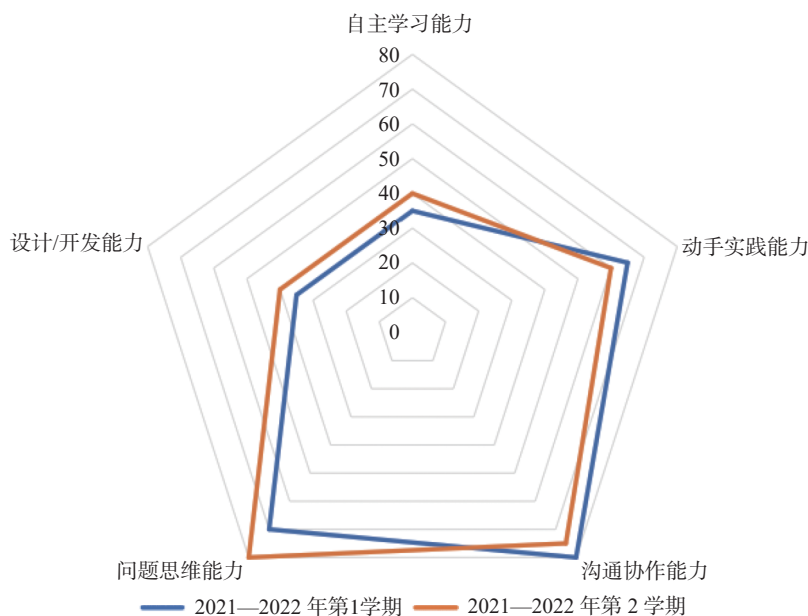


图 10 能力评价雷达图

4 结束语

从“两性一度”中的“创新性”对工科学生的能力培养而言,实验教学是一个重要环节。创新大赛往往受到经费等条件的限制,不是所有学生都有机会参加,而实验项目的训练是每个学生都必须完成的。采用布鲁姆理论对实验教学目标进行分层,帮助学生构建学科知识体系;小组协作促进实验教学成效;师生、生生之间的多元评价,关注问题思维能力的发展;理论与实践相结合启发学生将知识内化。迄今为止,布鲁姆教学目标分类理论的研究还没有广泛应用于实验教学设计当中,希望在今后的教学中,布鲁姆理论能被推广以帮助教师在教学过程中达成不同层次的教学目标,将学生的认知维度与问题思维在教学设计中结合,从而提高教学效果,为更多的实验教学提供有效参考。

参考文献

- [1] 陈雪莲,谭宝海,苏远大,等. “井筒声学基础” 创新实验设计与实现[J]. 实验室研究与探索, 2022, 41(9): 178-180.
- [2] 吴岩. 建设中国“金课”[J]. 中国大学教学, 2018(12): 4-9.
- [3] 洛林·W·安德森. 布鲁姆教育目标分类学: 分类学视野下的学与教及其测评[M]. 蒋小平, 张琴美, 罗晶晶, 译. 北京: 外语教学与研究出版社, 2009.
- [4] 张晖, 石静苑, 翟艳男. 基于布鲁姆教学目标分类和理

实一体化的电工电子课堂教学研究[J]. 电子测试, 2018(16): 20-21.

- [5] 张俊梅. 基于项目驱动的非英语专业博士研究生英语教学模式研究: 以国际会议交流英语课程为例[J]. 学位与研究生教育, 2014(10): 31-35.
- [6] 孙树德, 王浩亮. 基于布鲁姆教育目标分类理论的“动力设备拆装” 实践课程教学[J]. 航海教育研究, 2020, 37(3): 95-98.
- [7] 黄志坚. 液压伺服比例控制及 PLC 应用[M]. 2 版. 北京: 化学工业出版社, 2019.
- [8] 时连君, 朱琳, 时慧喆. 基于虚拟仪器的伺服阀测试系统设计与实现[J]. 机床与液压, 2022, 50(19): 66-72.
- [9] 周伯伟. 融合布鲁姆教育目标分类理论的“金属工艺学” 课程目标实验研究[J]. 工业技术与职业教育, 2022, 20(5): 40-42.
- [10] 吴央芳, 张俊, 夏春林, 等. 基于微流体芯片的气动比例压力阀实验教学平台设计与开发[J]. 实验室研究与探索, 2021, 40(12): 199-203.
- [11] 宋鸥, 刘立堃, 杨涛, 等. 基于 FOA-RBF 神经网络的机械类实验课程目标达成度评价[J]. 实验室研究与探索, 2022, 41(5): 216-221.
- [12] 吴崧, 刘艳红, 曾乐勇. 金纳米双锥的 SPR 吸收调控及光热性能评价实验设计[J]. 实验室研究与探索, 2022, 41(5): 30-33.
- [13] 赵明伟, 闫若勤, 李阳, 等. 滑溜水压裂液减阻剂减阻性能评价综合性实验设计[J]. 实验技术与管理, 2022, 39(4): 66-69.
- [14] 孙福, 孙佳怡, 刘国庆, 等. 虚拟仿真实验教学项目评价研究[J]. 实验技术与管理, 2020, 37(7): 187-190.

编辑 王燕