



大一新生“工程导论”课程建设的探索与实践：以华南理工大学广州国际校区为例

杨天然¹, 项聪^{2*}, 钟勇³, 陈烨³

1. 华南理工大学 广州国际校区教学事务办公室, 广州 511400;

2. 华南理工大学 教务处 广州国际校区教学事务办公室, 广州 510000;

3. 华南理工大学 吴贤铭智能工程学院, 广州 511400

摘要: 工程教育作为大一新生接触专业的第一步, 应当以工程体验为主导, 综合考虑社会需求、专业需求及学生自我需求。“工程导论”课程作为一类新生工程体验课程, 旨在面向大一学生设置真实问题情境, 激发兴趣, 驱动其主动进行知识构建、应用, 实现深度学习, 为未来的工程学习做准备。本文以华南理工大学广州国际校区为例, 介绍新生“工程导论”课程在教学理念、课程目标、内容、教学组织形式及考核方式等方面采取的改革举措。结合课程评分与学生自评结果, 从客观与主观角度评价课程实施情况, 发现目前存在问题并提出下一阶段的对策: 合理化课程目标、推动理论与实践双向互动、强化“支架式”教学方式、优化问题情境及完善一体化课程体系等。

关键词: 工程导论; 大一新生; 工程体验课程; 深度学习

中图分类号: G642.0

文献标识码: A

文章编号: 1674-4969(2024)05-0564-11

引言

鉴于国内外目前的教育机制, 高中生毕业进入大学以后, 对于所学专业, 尤其是工科专业不甚了解,

对未来前景发展比较迷茫。而在第一学年, 课程内容的设置往往与新生所选专业相去甚远, 大部分课程都集中于基础科学知识, 新生可能因为缺乏对工程知识的全面了解而缺乏学习动机^[1]。此外, 工程教育与科

收稿日期: 2024-01-05; 修回日期: 2024-03-18

基金项目: 2023 年广东省本科高校教学质量与教学改革工程建设项目“驱动深度学习的新生工程体验课程体系构建与实施”(C9248360); 华南理工大学教研改革项目“面向新工科人才培养的新生体验(First-year Experience)课程体系构建”(C9223148)

作者简介: 杨天然(1995—), 女, 硕士, 助理研究员, 研究方向为工程教育。E-mail: tryang@scut.edu.cn

*项聪(1973—), 男, 博士, 研究员, 研究方向为新工科人才培养。E-mail: cxiang@scut.edu.cn (通讯作者)

钟勇(1989—), 男, 博士, 副教授, 研究方向为仿生机器人。

陈烨(1987—), 男, 博士, 副教授, 研究方向为流体力学。

引用格式: 杨天然, 项聪, 钟勇, 等. 大一新生“工程导论”课程建设的探索与实践: 以华南理工大学广州国际校区为例[J]. 工程研究——跨学科视野中的工程, 2024, 16(5): 564-574. DOI: 10.3724/j.issn.1674-4969.20230020. CSTR: 32282.14.JES.20230020

Yang T R, Xiang C, Zhong Y, et al. Exploration and Practice of "Introduction to Engineering" for Freshmen: A Case Study on Guangzhou International Campus of South China University of Technology[J]. Journal of Engineering Studies, 2024, 16(5): 564-574. DOI: 10.3724/j.issn.1674-4969.20230020. CSTR: 32282.14.JES.20230020

学教育具有显著区别,其往往针对实际工程问题,并不完全依靠基础科学知识作为支撑,过晚接触工程学习既不利于学生自身的发展,也不利于工程教育的发展^[2]。

新生工程教育(first-year engineering)面向大一工科专业学生,承担着引导学生学业与社会过渡的重要任务。普渡大学实施“从构想到创新”(transforming ideas to innovation)系列课程,基于以模型为基础的策略(model-eliciting activities, MEA)将学生带入真实的工程情境中,理解学术知识与实际应用之间的联系,以形成对于工程更广阔的视野^[3]。迈阿密大学面向所有工程专业的大一学生开设“计算机、工程及社会”课程,通过设计及建造HO比例(half of O gauge)铁路布局课程,小组成员共同经历工程设计、迭代、循环的每一步,有效夯实工程设计基础^[4]。阿尔伯塔大学开设“工程设计、交流和职业导论”课程,让学生通过计划、概念开发、系统级设计、详细设计、实施测试及生产等6个步骤深度参与一个大规模、真实的设计项目^[5]。然而,目前国内绝大多数高校依然延续大一开设公共基础课、大二开设专业基础课、大三开设专业核心课、大四开始毕业论文的课程体系,课程安排主要以学科知识为主线,并不符合工程活动的认知逻辑^[6]。通常的大一课程体系无法满足不同工程专业新生的需求,不能使其形成对专业方向的有效认知。这种主要以理论为基础的课程往往与实际工程情境脱节,少量实践类新生导论课程也往往以熟悉基础操作、培养简单实践技能为主,学生只能进行浅层学习,无法实现原有概念的改变及知识的迁移。因此,探索实施有效的新生工程教育路径,以驱动新生进行深度工程学习,对于优化现有工程教育体系具有十分重要的意义。本文聚焦新生“工程导论”课程,介绍华南理工大学广州国际校区在课程教学理念、目标、内容、组织形式及考核方式采取的改革措施,并结合课程评分与学生自评结果,发现课程存在问题,提出进一步对策,为优化新生工程教育体系提供一定价值的参考经验。

1 理论探索

1.1 大一新生工程教育的学习论基础

1.1.1 以工程体验为主导 工程的本质是建构尚未存

在的人工物,即“先有知识,再有存在者”,其知识的形成由“表征”变为“建构”,因而将自古以来以自然物为主导的“理论优位”知识论更迭为由人工物主导的“实践优位”知识论^[7]。20世纪80年代,具身认知理论重构了认知过程、身体及环境之间的相互关系,说明习得知识、能力及提升素养有一定具身性、情境性,即通过亲身参与实践才能获取^[8]。有研究者提出,工程体验驱动的工程教育体系能够以“螺旋式”有效串联科学、工程及技术知识,使学习者在“实践-认识-再实践-再认识”的循环中实现知识、能力及素质的“螺旋式发展”^[9]。工程体验作为联结工程理论学习与工程真正实践的桥梁,能够帮助学习者通过亲身的工程活动感知真实工程实践,不断向成为一名真正的工程师靠拢^[10]。结合工程的集成性、综合性及创新性等特点考虑,工程体验须模拟工程序列上的各环节,使学习者基于工程理念、限制条件、环境等各方面因素拆解思路,再逐层实体化,经历完整复杂的实践过程^[11],同时要求工程主体基于一定经验不断探索,努力寻求在一定边界下的集成与优化。

杜威(John Dewey)提出“教育即成长”,指出个体的新经验都是在前一次经验基础上产生的,强调实用主义教育,即将个体学习与实际应用融合^[12]。因此,教育应当是一个连续、渐进的过程,有必要在遵循个体发展、成长规律的基础上,通过参与、体验促进学习,以确保学生将已有经验迁移至新的学习情境,从而形成新经验。在工程教育中设置工程体验,其本质是通过体验建立对于工程知识与实践的认知,内化甚至创造知识的过程。20世纪以来,为了帮助学生顺利实现由高中到大学的过渡,部分顶尖高校逐步开设以学生为主体的新生工程体验课程(first-year engineering experience)。这种入门级体验课程是在正式专业或课程学习开始之前的引导性课程,它通过概述知识点,设置实践环节,为大一新生建立学习框架,同时驱动学生以小组为单位进行自主学习与探究,有助于学生确立学习目标,提升日后从业的兴趣^[13]。

1.1.2 为未来的工程学习做准备 随着社会经济的快速发展,工程领域的新业态、新技术、新模式不断涌现,要求工程师具备快速预测、适应新情境并开展高

效学习的知识体系、能力结构及思维模式^[14]。因此,面向未来的工程人才不仅应掌握工程基础知识与技能,还需具备跨学科学习、解决复杂工程问题及创新等核心能力^[15],即“为未来学习做准备的能力”。

21世纪以来,加拿大教育学家迈克尔·富兰(Michael Fullan)在深度剖析传统上课方式及现代社会需求的基础上,提出以促进核心素养发展为导向的深度学习理论,强调学习者通过运用知识解决现实问题^[16]。该理论指出,通过创建伙伴型师生关系、设置学与做结合的任务、实施对应的素养评价等方式能够推动学生主动思考、探究及应用知识,进而全面提升核心素养^[16]。深度学习以发展素养、推动理解为主线,符合学习科学基本原理,强调教师主导下学生的积极参与与主动建构,最终实现其教育性的全面发展^[17]。工程体验通过推动个体与学习情境持续交互,使其经历具体体验、反思观察、抽象概括和行动应用等阶段^[18],推动学生主观内化、整合、习得知识。因此,有必要通过构建合适的工程体验教育模式驱动学生进行深度学习,以培养符合当今社会需求的工程人才。

1.2 大一新生“工程导论”课程实施策略研究

CDIO(conceive, design, implement, operate)工程教育模式标准指出,“工程导论”课程作为一类新生工程体验课程,能够为学生提供工程实践所需框架,包括一个工程师的任务及如何运用所学知识达成任务,此类任务一般为以问题解决为主线的初期工程实践项目^[19]。在课程设置的开放性情境中,学生能够与教师、同伴进行建构式互动,并作为项目主体实施者推动进度。学生通过设计方案、成品制作等环节,最终实现得到实物产品^[19]。这种“设计-实现”体验(design-implement experience)帮助学生理解工程的本质是在各种约束限制条件下提出方案,设法解决现实问题,并不断迭代与优化的实践^[20]。“工程导论”课程旨在通过搭建学习框架、创建真实问题情境激发学生对于工程的兴趣,培养其工程学习所需的关键能力,推动学生建立新旧知识的联系,并将知识内化应用到不同的问题场景^[21]。

笔者认为,“工程导论”课程作为学生第一次专

业体验经历,并不是默认学生进行表层学习。课程的设计需要在注重知识、实践引导的基础上,考虑新生的成长需求,培养自主学习意识,使学生产生真实的、有深度的学习^[17]。然而,对于刚入校的新生来说,“工程导论”课程具有典型的“习而学”特征,即先接触专业知识再学习公共基础知识,先习后学、习学交替^[22]。这无疑加大了学生基于先前知识进行猜测、试错的难度,无关认知负荷由此增加,易导致学生丧失学习兴趣,可能造成无意义学习。因此,新生“工程导论”在课程内容设置、教学实施各阶段宜采取以下策略:①提供适当情境素材的链接:课程目标与内容深度关联,课程提供真实、具体的问题解决情境;课程内容涉及学科发展前沿、日常生活实例及思政元素。②促进学习过程中学生思维的外显:课程整体设计以学生发展为中心,通过研讨、自我分析、反问、追问等方式让学习过程中内隐的思维显性化。③深度互动:明确以学生作为主体、教师作为主导的学习活动,通过教师指导促进师生互动,通过小组合作推动生生互动。④实施指向证据描述的评价方式:将学习成果与广泛的学习证据联系起来,设置关注学生能力发展的评价指标^[16];设置前期调研、中期汇报、终期答辩等多种考核方式,纳入多个评价对象,贯穿整个学习过程。

2 大一新生“工程导论”课程实践案例:华南理工大学广州国际校区

华南理工大学是新中国四大工学院之一,堪为中国高等工程教育的探路者。学校面向未来,抓住新工科发展契机,与教育部、广东省、广州市四方共建广州国际校区。广州国际校区作为粤港澳大湾区国际化教育改革个案试点,在发挥学校传统工科优势的同时,触摸世界科技前沿,围绕高端智能制造、新材料、新一代信息技术、生物医药、人工智能与数据科学、空天海洋等领域,主动布局一批新工科专业,将国际视野与家国情怀有机结合。长久以来,学校重视新生教育,通过开设“新生研讨课”等形式启发学生实现学业过渡。为进一步深化本科教育教学改革,华

南理工大学以国际校区为依托,实施“新工科人才培养试验区2.0”建设方案,于2019年面向大一学生开设针对性的工程体验课程,后期覆盖校区所有专业。各个专业根据学科特色,结合真实工程问题及前沿研究成果设置工程体验环节,在教学理念、目标、模式等各方面进行全方位探索与实践,逐步建立健全新生工程体验课程体系,开创新生工程教育新范式(图1)。本文将详细阐述并深入研究校区所开设的“工程导论”课程体系的相关内容。该课程体系包括了图1中所示的“工程导论”课程和与之配套的“工程导论实践”课程。为便于表述,后文中将这两门课程统称为“工程导论”课程。

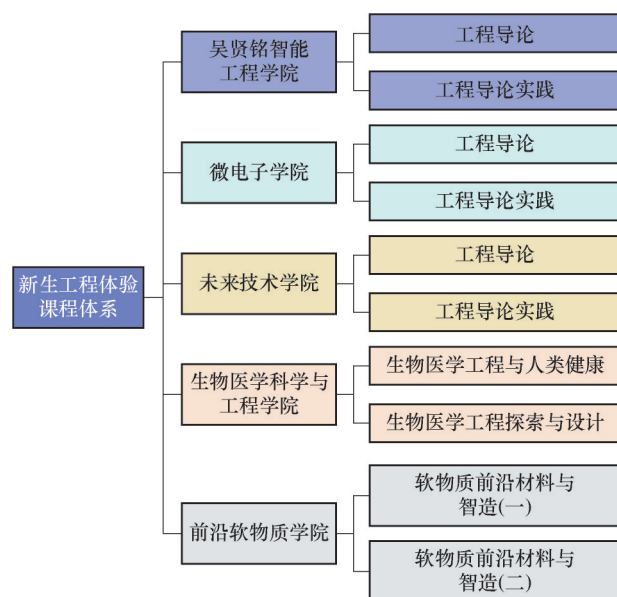


图1 华南理工大学广州国际校区新生工程体验课程体系
Figure 1 First-year engineering system of Guangzhou International Campus of South China University of Technology

2.1 践行“以学生为中心”的教学理念

新生“工程导论”课程是工科学生接触专业的第一步,秉持“以学生为中心”的教学理念,在课程设计、实施等各方面充分考虑激发学生自主学习的各项要素,包括知识的有效性、学习的真实性、任务的挑战性、环境的社会性、过程的互动性等^[23],推动学生充分调动主观能动性,实现个人全面发展。课程通过设置开放式的真实问题情境,超越学生本身认知范围,进而激发学习者合作、探索、试错、反思、

总结。

2.2 明确“为工程学习做准备”的课程目标

“工程导论”课程通过设置综合性工程体验,使学生对工程专业有早期认知,是专业人才的初级培养阶段。因此,课程对于学生在认知、情感及能力三方面的目标设定应当与之匹配。

(1)认知目标:接触专业知识,形成宏观视野。讲授专业基本知识、通用技能及应用案例,使新生形成对于工程、项目实践的基本认知;系统介绍本专业知识点之间的关联性,使学生对于本专业形成宏观认识。

(2)能力目标:应用相关知识,培养实践能力。基于项目进行探究,让学生能够在真实工程环境下初步运用已学知识,在参与项目实践的过程中展现需求分析、设计和实现的能力,培养沟通协作、解决问题及工程实践的能力。

(3)情感目标:启发职业思考,形成工程素养。通过讲述工程伦理、职业道德等工程人文相关知识,引导学生了解工程、工程师在社会中的作用,确立正确的职业价值观;通过实践激发学生学习、创新的热情,初步形成工程素养,树立终身学习意识。

2.3 优化以“设计-实现”体验为核心的课程内容

“设计-实现”是工程体验学习的基础^[19]。设计即在理解客户及社会需求、明确可用的设备及技术的基础上,制定具体的实施方案,展示出实践过程中所呈现的技能和知识之间的联系;实现从设计到产品的转变过程。“设计-实现”体验表示以新产品、新过程和新系统的开发过程为中心的工程活动^[19]。考虑到新生没有相关前期基础,“工程导论”采用了“两阶段式”课程设计风格^[24]。课程分为理论环节与实践环节两个阶段,理论课主要起到衔接实践课程的作用,除了一些通用的工程知识及方法论以外,更多聚焦到本专业知识、技能及“设计-实现”过程所需的相关内容,使新生建立知识结构,更快适应工程实践;实践环节以问题解决为主线,“设计-实现”体验贯穿始终,驱动新生自主进行知识迁移、应用,反向深化理论学习。目前主要设置模块如表1所示:

表1 新生“工程导论”课程内容模块

Table 1 The content modules for Introduction to Engineering

模块名称	主要内容	授课方式
工程人文知识	基本工程概念、科研诚信、工程伦理、工程风险、职业责任、沟通中的文化要素及课程思政等相关知识点	理论授课
工程基础知识	介绍专业课程体系及“设计-实现”过程涉及的知识点,例如机器人动力学、机器人抓手、Solidworks软件等相关知识点;制定设计方案涉及的数学、科学、工程概念、研究方法及相关技能等	理论授课
工程与科技前沿	向学生展示领域前沿内容、组织、实施及发展过程,例如高阶技术展望等	理论授课
工程创新	讲授工程创新基础知识、领域创新实例,设置研讨环节及探索性项目等	理论授课、实践应用
工程实践	设置与产业发展密切相关的基础“设计-实现”体验,例如避障小车、水下机器人、扑翼机的设计与制造	实践应用

2.4 应用“支架式”教学组织形式

“支架式”教学强调学生在教师指导下的发现活动,主要由搭建支架、进入情境、独立探索、合作学习及效果评价等步骤构成^[25]。在课程实施过程中,学生虽是推进项目的主体,但仍然可能因为缺少前期相关基础导致发生浅层学习,即所涉及的新知识点没有整合至学生已有知识体系^[26]。通过教师的引导、参与、互动,学生能够在其最近发展区内实现知识与技能的迁移、巩固,进而实现更高层次的知识构建^[27]。目前课程主要通过以下形式实践“支架式”教学,推动学生进行深度学习。

(1)问题支架:创设问题情境。例如,教师以自然界中的鸟类为灵感,引导学生了解鸟类的飞行方式及背后蕴含的科学原理,进而提出仿生扑翼机器人实践项目,创建设计类似飞机装置的问题情境,激发学生继续探索的兴趣。此外,课程进一步介绍机器人发展现状及前景,讲授学习机器人需掌握的基础知识,使学生更加明确学习目标。

(2)方向支架:拆解项目任务。教师通过分解学习内容,为机电系统简介、机器人简介、传感器与驱动器、控制系统简介等内容模块,逐渐具化问题解决思

路。此外,教师定期开展“office hour”,关注小组讨论工程问题,及时答疑解惑,逐步引导学生走向正确的探究方向。

(3)评价支架:翻转式汇报。课程在中期、终期组织学生进行小组汇报及作品演示。在评委提问、教师点评等环节,学生需要重溯思考过程并做出解释,从而获得启发,思考当前还存在的问题、如何解决类似问题及下一步改善的方向等。通过翻转式汇报推动学生对于已获知识进行深度加工,有效反思与整合,完成知识的跨情境跃迁^[28]。

3 实践案例实施效果评价

“工程导论”课程采用多主体、过程化考核方式,评分主体由相关领域工程师、教师、同伴组成,考核分为理论考核与实践考核两部分,贯穿课程学习全过程。评价标准以能力实现为导向,将形成性考核与总结性考核相结合(如表2所示),侧重评价学生在教学情境中进行学习的能力水平,致力于从多种角度收集学生学习效果的证据。本文结合课程评分与学生自评结果,全面评价分析新生“工程导论”课程实施

表2 新生“工程导论”课程考核方式

Table 2 The assessment methods for Introduction to Engineering

	评分项目	考核占比 ^①	具体指标
理论 (30%)	理论作业	10%	理论课程知识点掌握程度
	期中测试	15%	
	课堂出勤	5%	课堂出席次数
实践 (70%+ 5分)	中期 翻转汇报	10%	PPT内容规范美观、汇报表现(语速、英语流利程度、与听众交流等)
	作品演示	10%	中期作品功能达成度
	终期 翻转汇报	20%	PPT内容规范美观、汇报表现(语速、英语流利程度、与听众交流等)
	作品演示	20%	终期作品功能达成度
	实验室出勤	5%	实践环节参与次数
	同伴互评	5%	项目贡献度、参与积极性
	项目创新性	附加5分	功能实现的创新度

① 各评分项(除项目创新以外)原计分为100分,计分后再按考核占比的百分比例折算,最后再与附加分加和后计总分。

效果。

3.1 课程评分结果分析

以 50 名 2021 级、54 名 2022 级学生“工程导论”课程各项得分的平均值为基础, 进行统计分析。由图 2 可知, 除理论作业、期中测试、项目创新性等项, 学生在其他评价项的得分均超过 80 分, 且有逐年上升趋势。其中, 出勤、同伴互评等项为满分。由此可见, 学生对于理论知识的掌握程度相对不高, 项目创新性较弱, 但在翻转汇报、作品演示、出勤及同伴互评的实现等方面的达成度较高。

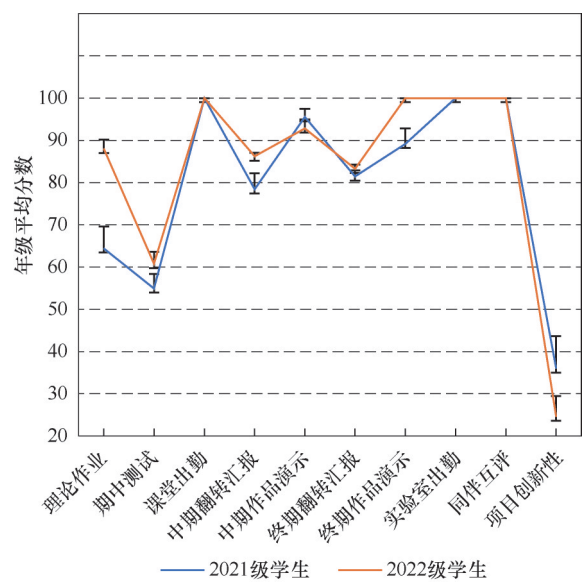


图2 课程考核平均分数
Figure 2 Course assessment average scores

3.2 学生自评结果分析

针对课程内容及教学组织形式设置五分制李克特量表(“从未接触过”“不满意”“不太满意”“较满意”“满意”分别计“1~5”分), 课程目标设置二分量表(“是”计“1”分, “否”计“0”分)。以 2021 级、2022 级学生作为调研对象发放, 共计收回有效调研问卷 85 份, 其中 2021 级 33 份、2022 级 52 份。问卷评价指标设置基于课程相关材料, 以范春萍等^[13]的研究成果为基本框架, 其评价课程的普适性还需进一步研究。

(1)问卷信度及效度分析。本研究采用克隆巴赫系数(Cronbach’s α)作为检测问卷调查信度的指标, 采用 KMO 和 Bartlett 球形度检验作为检测效度的指标。对于问卷中各维度进行信度分析, 得出其克隆巴赫系数均超过 0.8, 说明本次问卷调查的信度较好, 各维度的信度分析如表 3 所示。

表3 新生“工程导论”课程达成度问卷信度分析
Table 3 The reliability analysis on questionnaires of reaching degree for Introduction to Engineering

可靠性统计因子	可靠性统计量	
	项目/个	Cronbach’s α
课程目标	13	0.835
课程内容	5	0.904
教学组织形式	5	0.860

将调查问卷数据导入 SPSS, 得出 KMO 度量值均大于 0.7, Bartlett 球形检验对应的 P 值为 $0.000 < 0.001$, 说明本问卷的效度较好, 具体如表 4 所示。

表4 新生“工程导论”课程达成度问卷效度分析
Table 4 The validity analysis on questionnaires of achievement for Introduction to Engineering

效度统计因子	KMO 取样适切性量数	效度统计量		
		Bartlett 球形度检验		
		近似卡方 (Approx. Chi-Square)	自由度(df)	显著性(Sig.)
课程目标	0.773	324.096	78	0.000
课程内容	0.792	281.189	10	0.000
教学组织形式	0.794	196.738	10	0.000

(2)课程目标达成度及分析。在本次调研中, 课程目标共细分为 13 个评价子选项, 学生通过自评选择是否达成该项, 与本课程课程目标的对应关系如表 5 所示。通过学生自评是否达成表 5 中子选项要求, 可得到柱形图(图 3)。由图 3 可以分析得出, 学生认知及情感目标达成度较低, 均没有超过 50%。

(3)课程内容达成度分析。目前, 新生“工程导论”课程内容分为工程人文知识、工程基础知识、工程与科技前沿、工程实践及工程创新五个模块。通过

表5 课程目标与问卷题目的对应关系
Table 5 The corresponding relationship between course objectives and questions

序号	课程目标类型	问卷具体题目(评价子选项)
1	认知目标	初步构建知识树主干 系统观念的确立及系统思维的养成 了解专业知识与工程实践的关系 大体了解一个项目的生命周期结构和施行过程
2	能力目标	树立实践意识, 初步尝试少量简单的实践项目 有效交流、合作的态度与能力养成 应用基本思想方法、学习方法和研究方法 掌握一些分析、设计等实用工具的使用
3	情感目标	学习的激情、创造的欲望 在工程实践中理解并遵守工程职业道德和规范, 履行责任 懂得具有领导力和管理能力的重要 了解工程对社会及环境的影响 终生学习意识的确立

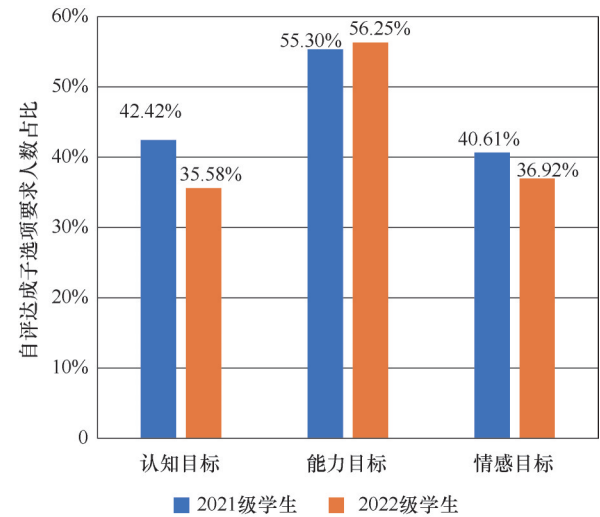


图3 新生“工程导论”课程目标达成度自评
Figure 3 The self-evaluation on achievement of course objectives for Introduction to Engineering

学生对于课程内容相应模块作出评分, 采用雷达图分析法可以得到图4结果。由图4可知, 2021级、2022级学生对实践环节评价较高, 但普遍认为课程内容未能体现工程创新。与2021级学生相比, 2022级学生

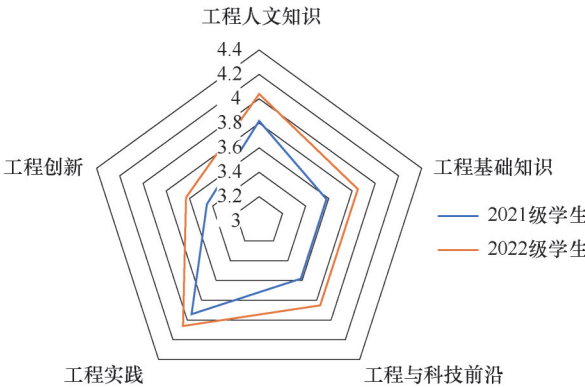


图4 新生“工程导论”课程内容达成度
Figure 4 The evaluation on achievement of course contents for Introduction to Engineering

的评分虽然有所增加, 但是对于“工程创新”模块的评价依然最低。由以上结果可知, “工程导论”课程的主要矛盾点不再是实践环节, 而是更容易被忽视的工程创新部分。

(4)教学组织形式达成度及分析。以“以项目为导向”“导师、助教辅助”“小组协作”“翻转课堂”“过程化考核”五个维度作为教学组织形式达成度分析指标, 采用雷达图分析法可得到图5结果。

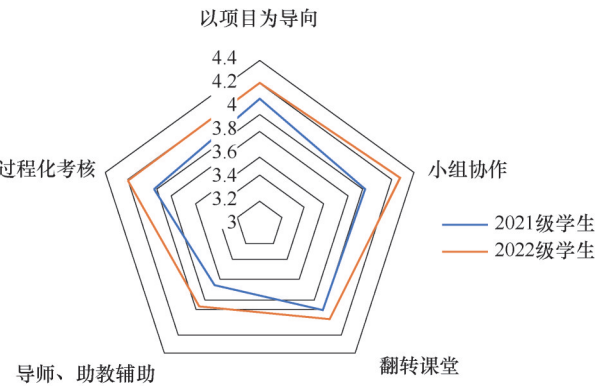


图5 新生“工程导论”教学组织形式达成度
Figure 5 The evaluation on achievement of teaching organization for Introduction to Engineering

由图5可见, 相较2021级, 2022级学生的各项指标评价有明显提升, 尤其是在小组协作方面, 分别为3.97分、4.29分, 大约提升8%。但是, 两届学生对于“导师、助教辅助”评价均较低(分别为3.67分、3.9分)。总体来说, 学生对于课程教学组织形式普遍评价较高, 但是认为学习过程缺乏导师、助教的

指导。

4 结果与讨论

结合课程评分与学生自评结果,从教师、同伴及学生角度评价课程可知:总体来说,教师、同伴评价结果与学生自评结果的趋势一致,即:①学生在实践环节的分数相对较高,对于实践环节的评价也相对较好,包括实践环节中的小组合作、翻转汇报及作品完成度等方面;②课程实施评分有逐年改善趋势。

由分析可知,目前课程仍存在一些问题:①学生自评课程目标达成度较低;②学生在理论知识学习方面得分不高;③学生普遍认为学习过程缺乏教学支撑;④课程项目创新性不强,学生对于工程创新部分的评价也相对较低。

结合课程实际情况,目前可能存在如下原因:①课程目标设定不合理。“工程导论”主要是为了使对于工程实践有早期认知,同时激发学习兴趣,其涉及的知识应当是浅显的,对于学生的能力要求门槛应该适当放低;②课程理论与实践环节连通性不强。虽然实践对于工程学习的作用不容忽视,但应同时注重理论知识的重要性以及两者的衔接性;③教师没有提供及时有效的学习指导。缺乏教师的引导可能会使学生丧失对于课程的兴趣、自我评价较低、无法深度学习;④工程创新培养模式有待提升。工程创新案例、方法等显性知识对于提升学生创新意识、能力的作用十分有限,需结合一定问题情境积累、内化知识才可能发生创新。由此,课程下一步可作针对性改善:

(1) 合理化课程目标,实现理论与实践的双向互动。新生工程体验课程目标应结合社会、行业需求及学生实际情况,将本科阶段的培养目标逐级分解,识别、确认对于大一学生真正重要的学习结果,以学习成果为导向反向制定,以保证课程各环节最大化的支撑作用。其次,由于新生工程体验课程的本质是理论知识与工程实践之间的双向推动,前者提供知识指导,后者提供实践操作情境。因此,课程设计不应再刻意区分授课形式,应以课程目标为导向,更注重两者之间的衔接性、融合性,通过有序的课程结构安

排,以确保学生能够最大程度内化知识。

(2) 注重“脚手架”搭建,强化“支架式”教学方式。“脚手架”作为学生获得新经验必需的基础,是“支架式”课程教学方式的基本框架。课程以学生为主体推动项目进度,但并不等同于完全没有教师指导的自学。教师有必要平衡教学性指导与探究性实践,抓住“可教导时刻”(teachable moments),创建指导性支架^[29]。教师应注重问题、范例、方向、任务及评价等方面学习支架的建构,以促进从现有水平向潜在发展水平转化为原则,推动师生共同活动逐步让位于学生的独立学习活动。此外,在“支架式”教学实施过程中,由于学生逐步过渡为更加积极的角色,教师应在辅助学生逐步独立完成的同时,强调学生进行自我管理,树立自我调节学习进度的意识。

(3) 优化问题情境,驱动创新能力提升。有研究者提出,学生创新性思维的培养主要依托于其在项目实施过程中的情感投入^[30]。在问题情境中,学习者自发采取头脑风暴、试误、溯因推理、类比推理等策略,通过反思、交互、循环、迭代等过程实现工程创新能力的提升^[31]。一方面,高质量的问题情境需要与学生已有经验关联但又有一定冲突,既位于学生的最近发展区内,又能够激发学生自主探索的欲望,在问题解决的同时有新发现;另一方面,由于工程创新需要具备扎实的基础知识与实践经验,对于新生而言,个人独立实现创新十分困难。所以,有效的问题情境还需要融入人员支持,推动成员间进行协作,以实践共同体的形式实现资源互换,共同完成知识的构建与应用,为进一步创新提供可能。

5 结论与展望

以当前新生工程教育的滞后性与紧迫性为出发点,本文以华南理工大学广州国际校区为例,聚焦其新生“工程导论”课程在教学理念、课程目标、内容、教学组织形式及考核方式等方面采取的改革措施。新生“工程导论”作为一类引导性新生工程体验课程,通过以“设计-实现”体验为核心的课程内容、“支架式”的教学组织形式及多主体、过程化的考核

方式,推动新生接触工程人文知识、工程基础知识、工程与科技前沿、工程创新及工程实践,从认知、能力、情感三方面对新生进行有效工程启蒙,使其建立基本工程认知,提升工程参与、协作及实践能力,激发学习热情,进而为未来的工程学习做好准备。与此同时,通过案例实施效果分析,本文发现课程实施存在课程目标亟待优化、理论与实践环节连通不紧密、教师学习指导需加强以及工程创新的培养模式有待改善等问题,并针对性提出合理化课程目标、推动理论与实践双向互动、强化“支架式”教学方式及优化问题情境等措施。

目前,本文只讨论了单独的课程而非整个培养体系,下一步应由点及面,由导论性课程扩展至大学四年完整的工程教育体系。一体化课程体系的基本特征是学科纵向相互支撑、能力及项目横向相互交叉、

“设计-实现”体验贯穿始终。一体化课程体系应以实现本科阶段人才培养目标为根本,形成横向贯通、纵向衔接的课程目标体系,在内部设置一系列难度递增的“设计-实现”体验,使学生能够在课程学习过程中逐步强化所学知识。例如,导论性课程设置基础“设计-实现”体验,有助于学生理解、激发兴趣;专业基础课设置初级“设计-实现”体验,让学生学会运用所学知识 with 技能;专业核心课设置中高级“设计-实现”体验则会纳入更多技术性、非技术性元素,使学生承担更为复杂的任务,提升高阶能力。通过“设计-实现”体验承载课程知识,既是对已学课程知识的实践应用,也是对于后续课程知识的探索,由此逐步建立起贯穿本科四年、循序渐进的一体化课程体系。

参考文献

- [1] Moore T, Diefes-Dux H, Imbrie P K. Developing first-year students' perceptions of the engineering profession through realistic, client-driven problems[C]//Proceedings Frontiers in Education 35th Annual Conference. Indianapolis, IN, USA. IEEE, 2006: S2E-25.
- [2] 纪阳, 吴振宇, 尹长川. 新生工程教育问题与引导方式创新[J]. 高等工程教育研究, 2018(4): 55-60.
Ji Y, Wu Z Y, Yin C C. Freshmen engineering education and innovation on its guidance mode[J]. Research in Higher Education of Engineering, 2018(4): 55-60.
- [3] Diefes-Dux H A, Moore T, Zawojewski J, et al. A framework for posing open-ended engineering problems: Model-eliciting activities[C]//34th Annual Frontiers in Education, 2004. FIE. Savannah, GA, USA. IEEE, 2004: F1A-3.
- [4] Troy D, Keller D S, Kiper J, et al. First year engineering: Exploring engineering through the engineering design loop[C]//2008 38th Annual Frontiers in Education Conference. Saratoga Springs, NY, USA. IEEE, 2008: S1D-10-S1D-15.
- [5] Jamieson M V, Ead A S, Rowe A, et al. Design at scale in a first-year transdisciplinary engineering design course[J]. The International Journal of Engineering Education, 2022(1): 38.
- [6] 罗嘉庆, 叶欣, 刘鹏飞, 等. 面向新工科的新生工程认知体系构建: 以计算机导论课程建设为例[J]. 高等工程教育研究, 2020(5): 25-29.
Luo J Q, Ye X, Liu P F, et al. On the construction of the engineering cognitive system for emerging engineering freshmen[J]. Research in Higher Education of Engineering, 2020(5): 25-29.
- [7] 邓波, 罗丽, 王文昌. 知识论的变革与工程知识论研究[J]. 工程研究——跨学科视野中的工程, 2022, 14(4): 311-325.
Deng B, Luo L, Wang W C. Theory of engineering knowledge in the revolutionary change of epistemology[J]. Journal of Engineering Studies, 2022, 14(4): 311-325.
- [8] 陈玲辉, 靳玉乐. 具身认知理论视域下工程素养的培育[J]. 高等工程教育研究, 2023(5): 195-200.
Chen L H, Jin Y L. Cultivation of engineering quality from the perspective of embodied cognitive theory[J]. Research in Higher Education of Engineering, 2023(5): 195-200.
- [9] 李正, 项聪. 实践驱动的工程教育课程体系探索与思考[J]. 高等工程教育研究, 2016(2): 74-79.
Li Z, Xiang C. Exploration and thinking of practice-driven engineering education curriculum system[J]. Research in Higher Education of Engineering, 2016(2): 74-79.
- [10] 李肖婧. 工程体验教育模式研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2019.
Li X J. Study on the education pattern of engineering experience[D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2019.
- [11] 秦咏红. 工程中的知识集成过程[J]. 自然辩证法研究, 2010, 26(3): 66-70.
Qin Y H. Knowledge integration in engineering[J]. Studies in Dialectics of Nature, 2010, 26(3): 66-70.

- [12] 约翰·杜威. 民主主义与教育[M]. 陶志琼, 译. 北京: 中国轻工业出版社, 2014.
Dewey J. *Democracy and Education: An Introduction to the Philosophy of Education*[M]. London: Macmillan Publishing, 1916.
- [13] 范春萍. 工程导论课课程建设研究[J]. 高等工程教育研究, 2014(2): 176-183.
Fan C P. On the construction of the course of introduction to engineering[J]. *Research in Higher Education of Engineering*, 2014(2): 176-183.
- [14] 徐沛鋈. 从常规性专长到适应性专长: 面向复杂工程问题的工程人才培养[J]. 世界教育信息, 2023, 36(12): 35-42.
Xu P Y. From routine expertise to adaptive expertise: training engineering talents for complex engineering problems[J]. *Journal of World Education*, 2023, 36(12): 35-42.
- [15] 林建华, 陈春花, 李咏梅, 等. 世界顶级工学院的战略发展路径与人才培养[J]. 高等工程教育研究, 2021(6): 1-11.
Lin J H, Chen C H, Li Y M, et al. The strategic development path and talents cultivation of the world's top engineering schools[J]. *Research in Higher Education of Engineering*, 2021(6): 1-11.
- [16] 张良, 杨艳辉. 核心素养的发展需要怎样的学习方式: 迈克尔·富兰的深度学习理论与启示[J]. 比较教育研究, 2019, 41(10): 29-36.
Zhang L, Yang Y H. Which learning styles does development of key competencies need? Michael fullan's deep learning theory and enlightenment[J]. *International and Comparative Education*, 2019, 41(10): 29-36.
- [17] 刘月霞, 郭华. 深度学习: 走向核心素养(理论普及读本)[M]. 北京: 教育科学出版, 2018.
Liu Y X, Guo H. *Deep Learning: Towards Core Literacy (Theory Popularization Reader)*[M]. Beijing: Educational Science Publishing House, 2018.
- [18] D·A·库伯. 体验学习: 让体验成为学习和发展的源泉[M]. 王灿明, 朱水萍, 译. 上海: 华东师范大学出版社, 2008.
Kolb D. A. *Experimental Learning: Experience as the Source of Learning and Development*[M]. New York: Pearson Education Inc., 1983.
- [19] Crawley E F. 重新认识工程教育: 国际CDIO培养模式与方法[M]. 顾佩华, 林鹏, 陆小华, 译. 北京: 高等教育出版社, 2009.
Crawley E F. *Rethinking Engineering Education: The CDIO Approach*[M]. New York: Springer, 2007.
- [20] 涂善东, 周玲. 创新创业任务导向的“工程导论”课程建设与教学实践[J]. 高等工程教育研究, 2023(3): 8-15.
Tu S D, Zhou L. Innovation and entrepreneurship task-oriented course development and teaching practice of "introduction to engineering"[J]. *Research in Higher Education of Engineering*, 2023(3): 8-15.
- [21] 朱佳斌, 张国洋, 刘群群, 等. 代尔夫特理工大学项目式教学的实践与启示[J]. 高等工程教育研究, 2019(3): 81-86.
Zhu J B, Zhang G Y, Liu Q Q, et al. A study on the project-based teaching in delft university of technology[J]. *Research in Higher Education of Engineering*, 2019(3): 81-86.
- [22] 王雄. “习而学”: 茅以升工程教育思想研究[J]. 高等工程教育研究, 2011(4): 85-89.
Wang X. "Learning in practice": on Mao Yisheng's engineering education thought[J]. *Research in Higher Education of Engineering*, 2011(4): 85-89.
- [23] 赵炬明. 聚焦设计: 实践与方法(下): 美国“以学生为中心”的本科教学改革研究之三[J]. 高等工程教育研究, 2018(3): 29-44.
Zhao J M. Focus on design: practices and methods(part 2)—a series of studies of the SC undergraduate education reform in the USA(3)[J]. *Research in Higher Education of Engineering*, 2018(3): 29-44.
- [24] Kokotsaki D, Menzies V, Wiggins A. Project-based learning: A review of the literature[J]. *Improving Schools*, 2016, 19(3): 267-277.
- [25] 汪雅君. 面向深度学习的支架式教学设计研究[D]. 南昌: 南昌大学, 2020.
Wang Y J. *Research on scaffolding teaching design for deep learning*[D]. Nanchang: Nanchang University, 2020.
- [26] 汤瑞丽, 梁丙卓, 周利民. 面向复杂系统的高等工程教育再设计: 南方科技大学SDIM“深度整合”新工科教育实践[J]. 高等工程教育研究, 2023(5): 41-47.
Tang R L, Liang B Z, Zhou L M. Redesign of higher engineering education for complex systems: "Deep integration" engineering education practice in southern university of science and technology of SDIM[J]. *Research in Higher Education of Engineering*, 2023(5): 41-47.
- [27] Rogoff B. Apprenticeship in thinking: Cognitive development in social context[J]. 1990, 249(4969): 684.
- [28] Gillies R M. Promoting reasoning, problem-solving and argumentation during small group discussions[J]. *Pedagogy New Developments in the Learning Sciences*, 2012.
- [29] Lehman J D, George M, Buchanan P, et al. Preparing teachers to use problem-centered, inquiry-based science: Lessons from a four-year professional development project[J]. *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning*, 2006, 1(1): 76-99.
- [30] 陈梓滢. 项目式学习对工科硕士生工程实践能力培养的影响机制研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2023.
Chen Z Y. *The influence of project based learning on the cultivation of engineering practice ability for master of engineering*[D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2023.
- [31] 项聪. 基于设计的工程学习: 模型、机理及特征(上)[J]. 高等工程教育研究, 2016(1): 58-63.
Xiang C. Design-based engineering learning: Model, mechanism and its features(part I)[J]. *Research in Higher Education of Engineering*, 2016(1): 58-63.

Exploration and Practice of “Introduction to Engineering” for Freshmen: A Case Study on Guangzhou International Campus of South China University of Technology

Yang Tianran¹, Xiang Cong^{2*}, Zhong Yong³, Chen Ye³

1. Office of Teaching Affairs, South China University of Technology, Guangzhou 511400, China;

2. Academic Affairs Office & Office of Teaching Affairs, South China University of Technology, Guangzhou 510000, China;

3. Shien-Ming Wu School of Intelligent Engineering, South China University of Technology, Guangzhou 511400, China

Abstract: Under the current education mechanism, the first-year education system often fails to effectively motivate students to acquire professional knowledge or set their professional learning goals. The development of engineering skills, literacy, and critical thinking requires time. Therefore, to cultivate future-oriented engineering talents who meet the era's requirements, it is essential to optimize the existing first-year engineering education system. This optimization would enable students to gain the general framework of the discipline and stimulates their interest through real engineering experiences. The “Introduction to Engineering” course for freshmen, as a kind of first-year engineering experience, which applies entry-level projects as the main thread and establishes real-problem situations, can balance engineering experience and learning depth. This balance drives freshmen to actively engage in knowledge architecture, apply knowledge to solve problems, and develop in-depth learning. Notably, the “Introduction to Engineering” course for freshmen features “learning by doing”. Thus, it should provide students with adequate “scaffolding” at each stage of course implementation. The strategies adopted mainly include linking to appropriate situational materials, promoting students' thinking demonstration during the learning process, facilitating in-depth interaction, and implementing evaluation methods directed at evidence description. This paper examines the reforms implemented in the “Introduction to Engineering” course for freshmen at the Guangzhou International Campus of South China University of Technology. These reforms span across teaching concepts, goals, course content, teaching organization forms, and assessment methods. This paper assesses the course implementation from both objective and subjective viewpoints, integrating course ratings with student self-assessment outcomes. It analyzes the course assessment scores of 104 students from the 2021 and 2022 cohorts for teacher and peer evaluations, and the questionnaire self-assessment results of 85 students from these cohorts for student evaluations. The findings show that teacher and peer evaluations are consistent with student self-assessments, revealing: (1) higher scores and positive feedback from students on practical sections, highlighting group cooperation, flipped reporting, and project completeness; (2) an annual increase in scores. However, challenges persist: (1) students feel they fall short of achieving course objectives; (2) a perceived lack of instructional support during the learning process; (3) lower scores in theoretical knowledge; (4) a discernible lack of innovation in course projects, with the engineering innovation component receiving notably low evaluations. These findings suggest several issues with the course, including unreasonable teaching goal setting, a weak link between theory and practice, insufficient support during the learning process and a need to improve engineering innovation training. The paper concludes by proposing targeted construction strategies for the next stage, including rationalizing teaching goals, promoting two-way interaction between theory and practice, strengthening “scaffolding” teaching instruction, optimizing problem situations and improving the integrated curriculum system based on a series of progressively challenging design-implement experiences, *etc.* This study focuses on first-year engineering education, which is generally ignored, advocating for reform in the initial year of college. It proposes the establishment of first-year engineering experience to encourage freshmen to engage in immersive engineering learning. In the process, we scrutinize the existing course structure, identify issues, and suggest targeted improvements. Further exploration is required to optimize the engineering education system, starting from the first year and extending through the entire undergraduate stage, *via* practical and effective pathways. In conclusion, we underscore the importance of engineering experience to ensure students can understand engineering learning, inspire learning interest and apply their knowledge to solve real-world engineering problems. We anticipate that such reforms could have profound implications for engineering education, better preparing students for their future engineering careers.

Keywords: introduction to engineering; freshmen; first-year engineering experience; deep learning