

增材制造技术在工程训练实践课程中的应用与探索

李俊¹, 李镔¹, 梁旺胜¹, 崔福来¹, 田立勇²

1. 五邑大学现代工业生产技术综合训练中心, 广东 江门 529030

2. 五邑大学纺织科学与工程学院, 广东 江门 529030

DOI: 10.61369/ETR.2025430035

摘要 近年来, 增材制造技术在工业领域应用广泛, 也是工程训练实践课程中必不可少的一个模块。在新工科建设的背景下, 针对课程中出现的问题, 梳理课程思政对课程的影响, 培养学生的爱国奉献情怀和精益求精的工匠精神, 建立完善的教学体系; 基于 OBE-CDIO 教学理念, 以“发条小车”和“航空发动机叶片”等实际项目为导向, 构建桌面级和工业级增材制造技术的全方位实践课程, 引导培养学生的创新思维能力; 通过引入我校开发的虚拟仿真实践平台, 提高学生的综合实践能力。

关键词 增材制造技术; 课程改革; OBE-CDIO; 虚拟仿真平台

Application and Exploration of Additive Manufacturing Technology in Engineering Training Practice Course

Li Jun¹, Li Bin¹, Liang Wangsheng¹, Cui Fulai¹, Tian Liyong²

1. Wuyi University Modern Industrial Production Technology Comprehensive Training Center, Jiangmen, Guangdong 529030

2. School of Textile Science and Engineering, Wuyi University, Jiangmen, Guangdong 529030

Abstract : In recent years, additive manufacturing technology has gained widespread application in industrial fields and has become an essential component of engineering training programs. Against the backdrop of new engineering education initiatives, this paper addresses challenges in course implementation by analyzing the impact of ideological and political education on curriculum design. It aims to cultivate students' patriotic dedication and craftsmanship spirit of excellence, while establishing a comprehensive teaching system. Guided by the OBE-CDIO teaching philosophy, the paper develops practical courses for desktop and industrial-level additive manufacturing technologies through real-world projects such as "spring-loaded cart" and "aero-engine blade" simulations, fostering students' innovative thinking. Furthermore, the introduction of our university's virtual simulation platform significantly enhances students' comprehensive practical capabilities.

Keywords : additive manufacturing technology; curriculum reform; OBE-CDIO; virtual simulation platform

引言

未来产业变革是科技发展的大势所趋, 因此教育部于2017年启动“新工科建设”工程教育改革计划, 在该背景下, 大学教育旨在培养多学科交叉的未来工程科技人才^[1]。增材制造技术, 是将离散材料通过层层堆积的方式实现零件制造的一种数字化特种加工方式, 具有一体化成型, 个性化定制等优点, 可以实现传统加工方式无法完成的复杂零件的快速成型。增材制造技术在工业生产中也发挥着越来越重要的作用, 因此作为工程训练实践课程中重要的模块, 对于培养具有跨学科知识结构的复合型人才具有重要意义。

现阶段, 各本科院校要完成教育教学评审评估工作, 在评审过程中, 将“以评促建, 以评促改, 以评促管, 以评促强”作为核心理念, 推动教学改革^[2]。五邑大学工训中心承接大部分理工类专业的工程训练实践课程, 服务于广大师生, 因此, 在本轮教育教学评审改革过程中, 必然需要探索相应的改革方向。

一、现有问题

在新工科建设的背景下, 思政教育在实践课程中的总体目标是帮助学生树立正确的世界观、人生观和价值观。大部分教师在

授课的时, 只是通过 PPT 简单介绍生产技术或设备的发展历程, 没有将思政内容与授课模块进行融合, 针对工程实践课程的思政内容的融入没有形成完善的教学体系。

目前, 大部分高校在开设的工程训练课程中都包含了增材制

造技术模块，学生在实训过程中只是简单了解桌面级熔融堆积3D打印设备的操作，只进行“切片-打印”的重复性操作。同时课程内容上缺乏相关示例和演示，理论知识过于集中，重点内容不突出，不能很好的调动学生的兴趣和探索欲。在实践环节中，主要侧重于提升学生操控机器的技能，按部就班地完成作业设计任务。然而，对于增材制造技术工艺流程中的3D建模环节却未给予足够重视，教学方法并非以项目式或基于成果的教学（OBE）为导向，从而忽略了学生创新创造能力的培养。

通过课程的学习，学生对增材制造技术应用的理解仅仅局限于简单玩具或饰品打印，这与实际的工业生产实践联系不够紧密，对于工业级3D打印设备的介绍和实践内容相对不足。在课程安排方面，学生分组进行训练时，通常30人一组，由于实验室设备数量有限，每个学生实际操作设备的时间也受到限制。

二、改革内容

（一）课程思政教学体系建设

目前，五邑大学的学生在参与工程训练实践课程时，主要依据各自专业的培养方案来规划相应的课程教学大纲。在学时分配上，主要分为16学时（一周）、32学时（两周）以及64学时（四周）三种模式。以64学时的机械工程专业课程为例，课程中融入了思政教育的元素。

首先，要充分挖掘课程思政在增材制造技术中的思政元素与素材。在讲述实验室设备安全操作和注意事项时，应着重培养学生的专业素养和敬业精神。通过探讨增材制造技术在航空航天领域的应用，例如歼20与国产大飞机C919的部分核心零部件需借助增材制造技术来实现成型，从而阐述中国制造业的艰难发展历程，培养学生追求卓越的工匠精神，增强学生的民族自豪感，以及使命感和责任感。通过讲述卢秉恒院士和王华明院士等行业先驱的感人事迹，展现他们对科学的热爱和对国家的忠诚，培养学生的爱国主义精神。通过展示增材制造技术在房屋建造、食品生产、服装设计等生活领域的应用实例，引导学生思考科变革对生活的影响，提高学习的积极性。

其次，思政课程应贯穿于整个教学过程中。在教学目标、教学内容、教学方法和教学评价中融入思政元素^[3]，如图1所示，构建课程思政教学体系。以教学方法为例，在实操中要着重培养学生的动手能力，培养学生的工匠精神。通过观看视频短片和PPT展示的方式，展开增材制造原理、成型工艺和工艺流程等概念的讲解，培养学生严谨细致的工作态度以及服务国家制造业发展的责任担当。课堂讨论部分，要求学生在讨论过程中从民族使命、爱国精神和工匠精神三个角度选其一，作为实习报告的一部分详细展开论述。在课程思政教学体系建设中，通过互动探索与实践启发，培养学生爱国情怀、实践探索精神和大国工匠精神。

课程思政的最终目标是“将高校思想政治教育融入课程教学和改革的各环节、各方面，实现立德树人润物无声”^[4]，特别是针对工程训练实践课程，不应停留在各工种模块专业知识的学习和设备的实操上，应通过将思想政治教育的目标融汇于教学过程

当中，形成一套完整的课程育人体系。

（二）基于OBE-CDIO模式的项目教学

OBE教学理念，即基于学习产出的教育模式（Outcomes-based Education, OBE），是以学生最终学习成果为导向的教育模式^[5]。而CDIO教育模式则是通过“构思（conceive）”、“设计（design）”、“实现（implement）”和“执行（operate）”^[6]这一流程，实现产品或项目从研发设计到加工制造的全过程，能够引导学生自主、思考、有兴趣地进行工程项目实践学习。五邑大学工程训练实践课程以OBE教学理念为指导，从CDIO教学模式来开展基于OBE-CDIO模式的新的教学项目，旨在培养多学科交叉的未来工程科技人才。

目前实验室配备有桌面级熔融堆积3D打印机20台，主要用于桌面级增材制造实训课程的教学，可同时容纳30名学生进实训。五邑大学现代加工技术技术训练中心引进的工业级3D设备，可以作为工业级3D打印设备实践的补充，覆盖金属、高分子、电子电路等多类材料的加工需求。实验室目前拥有一台EOS M100高精密选区激光熔化设备和一台EOS M290工业级金属激光烧结设备，适用于不锈钢、钛合金等金属材料的精密部件的加工；一台EOS P110高分子直接激光烧结设备，主要用于高分子塑料结构件的打印；一台电路板打印设备，可实现多层电路板和异形电路板的直接制造。

以64学时机械工程专业开设的工程训练实践课程为例，基于OBE-CDIO模式设计全新的教学项目。

（1）“发条小车”项目设计

将“发条小车”产品的设计融入到课程中，学生除了基本的学习机器操作之外，还要进行设计开发，加工工艺，装配工艺的思考与探讨。最后分组进行“赛车比赛”。整个过程很好的体现了“以成果为目标导向，以学生为本”的OBE教育理念。

发条小车的结构主要由卷簧、棘轮、传动齿轮及前后车轴等构成，学生在学习三维结构设计与装配、模型切片及桌面级熔融堆积成型（FDM）3D打印机操作之后，通过结构优化设计，以小组为单位完成模型打印与组装，最终开展趣味竞技比赛，寓教于乐，有效激发学生的学习积极性。与单一重复的“切片-打印”教学模式相比，实现了将项目融入实践课程的创新，不仅为学生后续参与相关学科竞赛奠定基础，更提升了其参与企业产品项目开发的综合实践能力。

在课堂研讨阶段，各小组围绕项目展开深入分析从构思、设计，到打印、装配及运行的全过程。一方面培养学生精益求精的工匠精神，另一方面提升学生对机械工程项目的综合应用能力、创新拓展能力及团队协作能力。针对不同专业、不同学时以及不同项目类别的需求，在项目设计方面要实现因材施教，并保证与专业教育的紧密结合。为此，对不同专业的学生定制了多样化的项目，例如“大象手机支架”、“斯特林机叶轮叶片打印”以及“微缩织机模型3D打印”等，旨在满足不同专业培养方案的特定需求。

（2）航空发动机叶片的金属增材制造技术应用

本项目设计来自企业的实际制造项目与前沿制造技术，以工

训中心先进工业级增材制造加工设备 EOSM290 为依托, 学生通过飞机发动机叶片项目的学习, 能形成对增材制造制造技术的全方位的认知。经过本项目的学习可以提升学生工程综合实践能力, 培养学生技术创新能力, 善于解决复杂工程问题的能力, 逐步成长为高素质复合型工科人才。

以航空发动机叶片零件为例, 金属工业级 3D 打印机的教学内容主要包括:

1. 航空发动机叶片零件三维图形进行增材制造的前处理的方法。包括: 多壳体修复, 反向壳体修复, 缺失三角面的修复等。

2. 选区激光增材制造流程。包括: 零件摆放角度的选择, 支撑设计准则, 切片方法, 增材设备结构的学习, 增材制造成型的学习。

在该项目的实践中, 学生在严格遵守安全规范的基础上, 根据航空发动机叶片的三维结构, 能够亲自实践多种支撑设计方案, 从而培养学生对于工业级 3D 打印设备的综合实践能力。对于那些存在悬空部分或与平面角度小于材料自支撑角度的零件, 设计适当的支撑结构是确保打印过程顺利进行的关键。在老师指导下, 完成航空发动机叶片的增材制造实践。

(三) 虚拟仿真平台的应用

在上述工业级 3D 设备项目实践过程中, 除了切片软件的学

习外, 还要增加机器操作的学习, 包括回收舱、加工平台, 送粉箱, 刮刀的使用方法。但目前台套数不足以支撑全部同学完成机器的实践操作, 故五邑大学工训中心开发了一套虚拟仿真平台^[7]。

该系统包含工业级 3D 打印设备的机床介绍, 分为学习模式、练习模式和考核模式三大模块。其中, 学生可以学习设备启动、刮刀复位、基板调平、加热平台等基本操作。可根据教学项目, 有针对性地让学生进行操作练习^[8]。通过接入 VR 虚拟仿真实验室, 学生能够戴上 VR 眼镜, 操控手柄身临其境地学习设备操作。学生通过虚拟仿真平台的实践练习后, 基本上能够掌握工业级 3D 打印设备项目开发的工艺流程, 教学效果显著提高^[9]。

三、结语

在本轮课程改革中, 通过引入课程思政内容, 引导学生树立爱岗敬业精神与大国工匠精神; 在课程实践环节, 基于 OBE-CDIO 教学模式, 指导学生进行增材制造技术的全方位学习, 包括桌面级和工业级 3D 打印设备的实践操作^[10]; 同时引入增材制造虚拟仿真平台, 辅助学生开展课程实践。通过一系列改革措施, 学生的积极性明显提高, 实践能力也显著增强。

参考文献

- [1] 李春玲. 基于新工科融合创新实践能力培养的 3D 打印实训教学改革与实践 [J]. 模具制造技术, 2023, (11): 62 ~ 65
- [2] 张科研. 工程训练课程 3D 打印模块的教学改革与实践 [J]. 职业培训与机电教学, 2024, (1): 115~117
- [3] 李路娜. 3D 打印技术应用课程思政教学改革研究与实践 [J]. 模具制造技术, 2025, (5): 52~55
- [4] 刘凯. 增材制造技术课程思政融入与多维度教学方法探究 [J]. 高教学刊, 2024, (36): 18~22
- [5] 周苏洁. OBE-CDIO 理念下 3D 打印技术的应用探究——以“机械制图”课程为例 [J]. 无线互联科技, 2021, (15): 88~90
- [6] 李辰. 基于 CDIO 工程教育模式的 3D 打印实践教学 [J]. 教育观察, 2022, (16): 108~111
- [7] 李镔. 工程教育专业认证下金工实习课程教学的改革研究 [J]. 模具制造, 2023, (9): 83~85
- [8] 阴杰. 线上线下混合式教学设计——以“增材制造技术实训”课程为例 [C]//2022 第六届中部(湖北) 机电行业产学研合作峰会暨第六届中部机电工程学院(系) 院长(系主任) 联席会. 太原理工大学, 2022.
- [9] 杨未柱, 樊哲铭, 李磊, 王心美, 曾延, 岳珠峰. 融合增材制造技术的工程力学专业课程创新实验教学实践 [J]. 大学教育, 2024(8).
- [10] 杜平, 汤彬, 张秀海, 等. 3D 打印综合实践教学平台建设 [J]. 实验科学与技术, 2023, 21(6): 146~151. DOI: 10.12179/1672-4550.20230354.