

OBE 理念下 3D 打印技术在高等教育中的应用

梁莉蒙 丁国华 王永霞

蚌埠学院 机械与车辆工程学院, 安徽 蚌埠 233030

摘要: 3D 打印技术为 OBE 理念指导下的高等教育提供了一种新的低成本教育模式, 能够促进多学科发展、培养学生的产品创新设计能力。3D 打印技术主要以课程、实践、辅助教学模型与项目等形式进入到高等学校中。学生的学习方式也发生了很大改变, 学生由听众成为了课堂的主宰者, 教师由讲授者成为了指导者。3D 打印技术有望在所有工程类专业中得到应用, 为培养应用型和创新型人才提供技术支持。

关键词: 3D 打印技术; 高等教育; 辅助教学; 学习方式

0 引言

2016 年中国正式加入《华盛顿协议》, 标志着我国工程教育质量达到了国际标准, 这也为我国的高等教育带来了挑战和改革创新的机遇。在此背景下, 成果导向 (Outcome-based Education, OBE) 理念被认为是一种比较符合工程教育认证理念的以成果为目标的教育模式。高校教师在 OBE 教学理念下围绕学生毕业能力的要求, 不断调整自身定位, 提出了多种具体的教育教学方法及教学效果评价方式^[1-3]。3D 打印技术的快速发展以及在医学^[4-7]、建筑^[8-10]、工程^[11-13]等领域的应用为高等教育注入了新的活力, 为以学为中心的教学体系提供了新技术与新的实施途径。实现 3D 打印技术与 OBE 教育理念的有机融合已然成为高等学校培养高质量的创新型与应用型人才的一种教育模式。

一、3D 打印技术在高等教育中的应用形式

3D 打印技术是在离散三维模型-逐层累积的原理上, 根据分层得到的截面形状驱动喷头或激光进行逐层打印产品的技术。因此, 仅从 3D 打印的原理上来看, 任何复杂程度的模型均可打印出来。3D 打印技术在制造原理上的优势促进了该技术在多个专业领域中的应用, 并促进了基于 OBE 理念的创新教育模式的改革。在高等教育中, 3D 打印技术在工程教育中的应用最为广泛, 其教育目的可以总结为三点: 培养 3D 打印技术技能与积累实践经验; 整合其他学科的技术知识, 建立学科之间的联系, 促进多学科发展; 培养产品创新与创业精神。3D 打印技术主要以课程、实践、辅助教

学模型与项目等形式进入到工程专业学生的课堂或实践中, 具体从以下几个方面分别阐述:

(一) 开设 3D 打印技术课程, 增加实践环节

为满足新产业对跨学科专业人才的需求, 推进新工科建设, 山东大学在 2020 年启动了包含医学植入体增材制造在内的 17 个微专业项目^[14]。清华大学等高校^[15]为培养实用型人才, 配备了 3D 打印实验设备, 并聘请博士生结合自己的研究领域为本科生培训快速制造领域的知识。学生可以根据自己的创意利用实验设备设计并制造产品, 这不仅有利于增强学生的动手实践能力和激发学生对先进知识的渴望, 还有利于增强学生的就业竞争力。为了提高学生对连杆机构与凸轮机构机械原理的理解程度, 阿尔弗雷德大学机械工程专业在机械设计课程中增加了实践项目^[16]。该实践项目包括 3 个阶段: 根据任务书设计一种机械机构; 用 Solidworks 绘制机构零件模型; 用 3D 打印机打印机构零件并组装成可以运动的机构。在此实践项目中, 学生的构思变成实实在在的机构模型, 这不仅可以提高学生的兴趣, 还可以找出没有在三维 CAD 模型上被发现的设计缺陷, 最后根据 3D 打印的机构模型优化设计方案。

(二) 将 3D 打印技术融入其他课程中

3D 打印技术在设计和机电一体化工程学科的应用较为广泛^[17]。Junk^[18]等人在设计课程中综合应用 3D 打印与三维扫描技术, 结合学生动手组装 3D 打印机, 有助于调动学生积极性, 锻炼学生的产品设计能力, 建立 3D 打印与逆向设计的联系。学生可以从打印的模型中找出设计缺陷, 并在此基础上进行测试模型或优化设计。在计算机图形学课程中^[19, 20], 学生根据课程要

求自主完成设计,并利用3D打印技术制造出自己设计的三维场景或3D角色。这种培养模式充满挑战性和创新性,可以提高学生对本门课程的兴趣,对学生未来职业的选择有实质性利益。很多制造公司和产品设计公司正在努力把3D打印技术引入到商业中。在丹佛大都会州立学院机械工程技术专业的直接数字制造课程中引入了有关3D打印的理论和知识,Paude^[21]建议该课程应面向所有工程类学生。该课程采用多种教学模式吸引了学生的注意力,在保留本课程核心内容(计算机数字控制基础、增材制造基本工艺与技术、实体造型与三维扫描、增材制造的应用)的同时,适当地修改教学大纲以满足学生对本课程的期望。

(三) 3D打印产品辅助教学

辅助教学的3D打印产品可以支持生物学、化学和数学等科目的教学,尤其在解剖学和化学领域应用最多^[17]。外科医生可以根据3D打印的人体组织模型来规划手术过程。Dmitry Levin^[22]小组成员在经导管主动脉瓣置换术之前使用3D打印模型进行手术规划,并可以预测手术并发症。Megumi Inoue^[23]等人利用3D打印技术制作的全彩的解剖学教学模型可以帮助学生理解相关解剖组织的空间结构,也可以为后续的研究提供潜在的用途。澳大利亚莫纳什大学的人体解剖学教育中心利用3D打印技术制作了有关解剖学的教学资源,通过精确地复制解剖标本的结构,可以避免一些社会上有关伦理或尸体标本的防腐处理的争议^[24]。

另外,借助3D打印模型有助于提高学生对化学分子和蛋白质分子结构的理解能力。伦敦大学生命与医学学院在有机化学课程中利用3D打印的化学分子和轨道模型来增强学生对大分子结构与杂化轨道的理解,并且他们已经创建了化学模型组,用于辅助教学和在讲座或研讨会中展示^[25]。学生可以从不同角度观察化学分子模型,还可以对其进行旋转和重定向。72%的学生同意这些化学模型有助于理解分子构型和杂化方面的知识。格里菲斯大学药学院利用酶和配体的3D打印模型给学生讲解药物与靶点的相互作用,调查结果显示利用3D打印分子模型有助于提高学生对分子结构的观察能力^[26]。

(四) 基于项目学习3D打印技术,培养产品创新与创业精神

3D打印技术在机械工程和材料科学的基础上涵盖了多个学科的知识,如传热学、力学、控制、成像等,

同时也为通过创新性项目进行整合知识提供了机会。麻省理工学院以专题讲座和实验的方式开展了为期14周的增材制造课程^[27]。在前五周课程中向学生介绍增材制造行业及技术概况的同时进行相关实验,其目的在于让学生认识到增材制造的现状和局限性,培养学生对后续课程的兴趣。本课程的重点是一个创新项目,学生需要完成教师提供的一系列的主题之一,例如打印新材料,提高打印分辨率或质量,建造多模式的3D打印原型设备等。这种基于项目的3D打印课程能够有效地激发学生的创新性思维,为与公司合作提供了机会并可以获得资金支持。摩德纳和雷焦艾米利亚大学的机械工程专业二年级的硕士生综合使用3D打印技术和逆向工程技术参与一个设计制造眼球追踪仪的教育项目,其目标是提高学生有关先进制造技术的知识与操作能力,提高学生的产品开发能力^[28]。

3D打印技术在机器人技术领域应用也较多,设计修改后的机器人的底盘或身体某部位可以由成本低的3D打印技术制造出来,以便与他人交流设计思路。西班牙瓦伦西亚理工大学设计与制造研究所在工程课程中进行了基于项目的理论和实践活动^[29],应用3D打印的小型机器人帮助学生熟悉编程和仿真,提高学生的学习技能,培养学生的团队协作精神。此外,经过基于3D打印的项目训练学生可以获得处理实际问题的实践经验、学习动力和自信心。

二、学习方式的转变

3D打印技术不再局限于机械工程和材料科学的专业课程中,它可以与三维扫描、逆向工程、控制等技术结合使用,目前已在多学科中得到了应用。在课堂中引入3D打印技术,学生在了解相关3D打印知识的同时,也锻炼了动手实践能力,这不仅能够激发学生的学习兴趣,而且能够获得实践经验。在一些较为抽象的课程中借助3D打印教学模型有助于加深学生对知识的理解程度,增加教学过程中的师生互动、活跃课堂气氛。在教学体系中设置基于3D打印技术的项目,学生在教师的指导下自主完成学习项目,教师的角色已经由传统的课堂讲授者转变为实践指导者,在整个过程中,学生是学习与设计制造的主导者,这种教育模式有利于培养学生的自信心、成就感和产品创新设计开发能力。3D打印技术在高等教育中的应用有助于考核评价方式的改革,3D打印技术的应用能够激发学

生的学习动力,提高学生的参与度、促进学生自主学习,在考核评价时应将学习过程中学生的表现纳入考核方案中,完善考核评价体系。

三、结论与展望

综上所述,3D 打印技术为 OBE 理念下高等教育的教学模式提供了一种新的低成本教学方法。基于 3D 打印技术的理论课堂或实践项目可以吸引学生的注意力,提高学生的学习动力,培养学生的产品创新设计精神,学生在学习专业知识的同时可以获得实际动手操作经验。3D 打印技术正在以一种整合多学科知识的工具的形式在高等学校中出现,其中在机械、材料、生物医学、化学等领域应用较多,其目的主要是以学为中心,帮助学生整合多学科知识,增强学生对专业知识的应用能力,培养学生的创新创业能力。3D 打印技术有望在所有的工程专业得到应用,这为校企合作提供了一个新的切入点,为培养应用型与创新型人才提供了一个新的培养模式。此外,还有一些问题有待解决,例如:目前缺乏合适的教材来支持多学科的教学,3D 打印的时间较长,打印件容易翘曲变形,实验室需要持续的监督等。

参考文献

[1] 栗梅,张太乐,熊灿娟,刘小亮,高颖. 基于 OBE 的《工程力学》课程考核方式改革[J]. 山东化工,2020,49(04):207-208.

[2] 侯红玲,任志贵,何亚银,赵永强. 基于 OBE 理念反向设计教学过程研究[J]. 大学教育,2019(10):57-59.

[3] 苗莉. 互联网+3D 打印技术在机械类应用型人才培养中的实践探究[J]. 甘肃科技,2019,35(18):69-70.

[4] Pietrabissa Andrea,Marconi Stefania,Negrello Erika,Mauri Valeria,Peri Andrea,Pugliese Luigi,Marone Enrico Maria,Auricchio Ferdinando. An overview on 3D printing for abdominal surgery. [J]. Surgical endoscopy,2020,34(1).

[5] Zhong Nongping,Zhao Xia. 3D printing for clinical application in otorhinolaryngology. [J]. European archives of oto-rhino-laryngology :

official journal of the European Federation of Oto-Rhino-Laryngological Societies (EUFOS) : affiliated with the German Society for Oto-Rhino-Laryngology - Head and Neck Surgery,2017,274(12).

[6] Huri Emre,Mourad Sherif,Bhide Alka,Digesu Giuseppe Alessandro. 3D modeling and 3D printing in functional urology: the future perspective. [J]. International urogynecology journal,2020(prepublish).

[7] Kamio Takashi,Hayashi Kamichika,Onda Takeshi,Takaki Takashi,Shibahara Takahiko,Yakushiji Takashi,Shibui Takeo,Kato Hiroshi. Utilizing a low-cost desktop 3D printer to develop a "one-stop 3D printing lab" for oral and maxillofacial surgery and dentistry fields. [J]. 3D printing in medicine,2018,4(1).

[8] MA GuoWei,WANG Li,JU Yang. State-of-the-art of 3D printing technology of cementitious material—An emerging technique for construction[J]. Science China(Technological Sciences),2018,61(04):475-495.

[9] S. El-Sayegh,L. Romdhane,S. Manjikian. A critical review of 3D printing in construction: benefits, challenges, and risks[J]. Archives of Civil and Mechanical Engineering,2020,20(2).

[10] Li-feng Fan,Li-juan Wang,Guo-wei Ma,Peng-fei Li,Ming-jie Xia. Enhanced compressive performance of concrete via 3D-printing reinforcement[J]. Journal of Zhejiang University-SCIENCE A,2019,20(9).

[11] WANG Lei,LIU Jing. Compatible hybrid 3D printing of metal and nonmetal inks for direct manufacture of end functional devices[J]. Science China(Technological Sciences),2014,57(11):2089-2095.

[12] Xin Wang,Xiaoyong Tian,Qin Lian,Dichen Li. Fiber Traction Printing: A 3D Printing Method of Continuous Fiber Reinforced Metal Matrix Composite[J]. Chinese Journal of Mechanical Engineering,2020,33(11).

- [13] Jabran Saroia, Yanen Wang, Qinghua Wei, Mingju Lei, Xinpei Li, Ying Guo, Kun Zhang. A review on 3D printed matrix polymer composites: its potential and future challenges[J]. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2020, 106(5).
- [14] 张丹丹. 山东大学启动 17 个微专业建设项目[Z]. <https://www.view.sdu.edu.cn/info/1003/133923.htm>, 2020. 04. 08.
- [15] F. Lin, L. Zhang, T. Zhang, J. Wang, R. Zhang, Innovative Education in Additive Manufacturing in China, in: 23rd Annu. Int. Solid Free. Fabr. Symp., Laboratory for Freeform Fabrication and University of Texas at Austin, Austin, USA, 2012: pp. 14 - 44.
<http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-84898487345&partnerID=40&md5=669226e0bb4642ee5e7d2d578c02fb63>.
- [16] Ghotbi, E. (2017, June), Applying 3D Printing to Enhance Learning in Undergraduate Kinematic and Dynamic of Machinery Course Paper presented at 2017 ASEE Annual Conference & Exposition, Columbus, Ohio.
<https://peer.asee.org/27600>
- [17] Simon Ford, Tim Minshall. Invited review article: Where and how 3D printing is used in teaching and education[J]. Additive Manufacturing, 2019, 25.
- [18] Stefan Junk, Rebecca Matt. New Approach to Introduction of 3D Digital Technologies in Design Education[J]. Procedia CIRP, 2015, 36.
- [19] Payne B R. Using 3D printers in a computer graphics survey course[J]. Journal of Computing Sciences in Colleges, 2015, 31(2): 244-251.
- [20] C.P. de Sampaio, R.M. de O. Spinosa, D.Y. Tsukahara, J.C. da Silva, S.L.S. Borghi, F. Rostirolla, J. Vicentin, 3D printing in graphic design education: Educational experiences using Fused Deposition Modeling (FDM) in a Brazilian university, in: Proc. 6th Int. Conf. Adv. Res. Virtual Rapid Prototyp., Leiria, Portugal, 2013: pp. 25 - 30. doi: 10.1201/b15961-7.
- [21] A.M. Paudel, D.K. Kalla, Direct Digital Manufacturing Course into Mechanical Engineering Technology Curriculum, in: ASEE Annu. Conf. Expo., ASEE, New Orleans, USA, 2016. doi:10.18260/p.26848.
- [22] Levin Dmitry, Mackensen G Burkhard, Reisman Mark, McCabe James M, Dvir Danny, Ripley Beth. 3D Printing Applications for Transcatheter Aortic Valve Replacement. [J]. Current cardiology reports, 2020, 22(4).
- [23] Megumi Inoue, Tristan Freil, Anthony Van Avermaete, et al. Color Enhancement Strategies for 3D Printing of X-ray Computed Tomography Bone Data for Advanced Anatomy Teaching Models[J]. Applied Sciences, 2020, 10(5).
- [24] Mcmenamin P G, Quayle M R, Mchenry C R, et al. The production of anatomical teaching resources using three - dimensional (3D) printing technology[J]. Anatomical Sciences Education, 2014, 7(6): 479-486.
- [25] Penny M R, Cao Z J, Patel B, et al. Three-Dimensional Printing of a Scalable Molecular Model and Orbital Kit for Organic Chemistry Teaching and Learning[J]. Journal of Chemical Education, 2017, 94(9): 1265-1271.
- [26] Hall S, Grant G D, Arora D, et al. A pilot study assessing the value of 3D printed molecular modelling tools for pharmacy student education[J]. Currents in Pharmacy Teaching and Learning, 2017, 9(4): 723-728.
- [27] Go J, Hart A J. A framework for teaching the fundamentals of additive manufacturing and enabling rapid innovation[J]. Additive manufacturing, 2016: 76-87.
- [28] Gatto A, Bassoli E, Denti L, et al. Multi-disciplinary approach in engineering education: learning with additive manufacturing

and reverse engineering[J]. Rapid Prototyping Journal, 2015, 21(5): 598-603.

[29] Armesto L, Fuentesdura P, Perry D, et al. Low-cost Printable Robots in Education[J]. Journal of Intelligent and Robotic Systems, 2016, 81(1): 5-24.

作者简介：梁莉蒙（1988-），女，山东莘县人，助教，硕士，主要从事 3D 打印技术与逆向工程技术研究；丁国华（1979-），男，安徽淮北人，教授，博士，主要从事液态金属热力学性能和材料成型及控制工程专业实验教学研究；王永霞（1984-），女，甘肃天水人，讲师，硕士，主要从事特种金属材料研究。