DOI:10.16410/j.issn1000-8365.2020.06.021

3D 打印工程人才培养模式的探索与实践

耿冬妮,李晓春,蒋志煨,赵继昌
(吉林大学 机械与航空航天工程学院,吉林 长春 130025)

摘　要:在对 3D 打印结构体系、实践教学体系进行规划分析、功能定位的基础上,对新工科背景下 3D 打印梦工厂的建设模式进行了探索,通过软硬件建设变革教学模式,形成新的教学方法,为培养具有适应未来工程需要的新工科工程人才提供了有力支撑。

关键词:新工科,3D 打印;STEAM 教学;开放性实验

中图分类号: G642　　**文献标识码**:A　　**文章编号**:1000-8365(2020)06-0584-04

Exploration and Practice of Training Model of 3D Printing Engineering Talents

GENG Dongni, LI Xiaochun, JIANG Zhiwei, ZHAO Jichang
(School of Mechanical and Aerospace Engineering, Jilin University, Changchun 130025, China)

Abstract: Based on the planning, analysis and functional positioning of 3D printing structure system and practice teaching system, the construction mode of 3D printing dream factory under the new engineering background was explored. The results show that the reform of teaching mode and the formation of new teaching methods through the construction of software and hardware provide a strong support for the training of new engineering talents, which can meet the needs of future engineering.

Key words: emerging engineering education; 3D printing; engineering training; steam education; open experiment

随着科技发展和新的产业革命的到来,推动了高等工程教育的学科专业和人才培养模式的变革,我国高等工程教育提出“新工科”观点,为工程教育理论与实践创新结合提供了新的方向[1-3]。工程训练作为高等教育培养实践动手能力和综合创新能力的实践教学体系[4],是培养面向“新工科”工程技术人才的重要环节,对于学生形成工程意识、激发创新思维、增强实践动手能力和综合创新能力以及巩固专业基础知识起到重要作用[5-7]。为了响应“新工科”的号召,适应新产业革命的到来,吉林大学工程训练中心不断引入先进制造技术,使传统的工程训练与先进制造技术结合,实现多学科交叉,开设了3D 打印、激光加工、智能制造、机器人等课程,并大力培养掌握先进制造技术的双师型人才,注重理论教育与实践结合,促进教学模式和教学理念改进、更新。

通过多次调研发现,目前很多高校的 3D 打印教学活动还停留在传统的实践教学,学生只能进行基于 FDM 技术的 3D 打印操作或者局限于本模块的开放性实验,教学模式单一,难以激发学生的创新热情,忽略了团队协作精神[8-10]。3D 打印梦工厂的建设基于中心已有的 3D 打印课程,加强补充系统的教学设施建设,课程体系建设两个方面,构成相辅相成的建设方案。通过引入工程教育的新方法,融合先进制造手段,形成全新的教学模式,实现模块间的交叉融合实训教学,为培养新工科背景下的能够满足未来工程要求的高素质工程技术人才提供有力支撑[11-15]。

1　教学设施建设

要完善 3D 打印模块的课程体系建设,形成“新工科”教育理念指导下的知识体系来支 3D 打印实践教学活动,需要建设坚实的软、硬件作为支撑。

(1)软件建设　通过雨课堂智慧教学工具建立教学群等虚拟交流空间,作为相应的 3D 打印教学群,并将参加课程的学生纳入其中。教师将事先准备的教学大纲、课件及 PPT 等内容传达群内,供学生提前预习课程内容,便于课上进行学习、讨论与课程管理。

(2)硬件建设 3D 打印模块实用面积达到300 m^2,依托中心已有的设备资源,如表 1,目前 3D 打印实训室可以完成三维扫描、逆向建模、三维造型设计以

收稿日期:2020-03-19
基金项目:吉林大学本科教学改革研究立项项目(2019XZC047、2019XYB067)
作者简介:耿冬妮(1985-),女,山东青岛人,硕士,工程师.研究方向:3D 打印,高校工程训练教学与管理.
电话:18946587195,E-mail:gengdongni2005@jlu.edu.cn

表1 设备统计表
Tab.1 Equipment Statistics

序号	设备名称	数量 / 台
1	金属打印机	1
2	尼龙粉末打印机	1
3	光敏树脂打印机	2
4	全彩石膏粉末打印机	1
5	三维扫描仪	2
6	FDM 技术桌面级打印机	31

及 3D 打印塑料件、石膏全彩件、光敏树脂件、尼龙件，金属件等的工程实训。

2 课程体系建设

2.1 教学模式

课程体系是基于教学设施资源库建立的，所有教学模式面向本校实训班级，感兴趣的学生、教师个人，志趣相投的创新小团队，不同专业学生实施的教学内容经过教师整合并明确学生在实训过程中的设计方案、技术要点、操作规范等，使教学最终实现多层次、多学科交叉结合。3D 打印课程教学模式分为分散、集中实训，开放式创新实训，STEAM 教学等几类，这些教学模式有着交叉融合的学习目标，从基础实训、综合应用到创新提高，内容、层次逐层上升，实现了理论与实践相结合、课内课外联动的教学模式[16]。能够满足不同层次学生的实训需求，并针对学生实训反馈编制实训大纲、实训指导书及实训报告等教学文档。实训内容的具体如下：

(1)基础实训　基础实训框架见表 2。基础实训面向我校机械类、近机械类及部分非机械类 11 个学院，34 个专业，参加实训的学生共计约 3 500 名。按教学大纲要求机械类、近机械类、非机械类学生分别参加工程训练 A、B、C 的实训内容。

(2)创新实训　创新实训类型见图 1。在满足集体实训的基础上，改良工艺、引进设备、整合资源，创造开放的柔性实验条件，向学科导向的“新工科”工程教学目标倾斜，开设了 3D+ 开放性创新实验和基于 STEAM 的 3D 打印机制作等拓展实验，如图 1 所示，这些创新实验实现了多个模块间的交叉渗透。参加开放性创新实验的学生本着对学习先进制造技术的兴趣，可以实行网上预约的方式选择实训项目、实训时间。选中参加开放实训的学生加入开放实验群，利用“雨课堂”提前线上预习实训内容，完成实训后需撰写实训报告书，并在网上提交。本实训项目的实施，做到了单工种以及交叉工种的创新实验常态化。目前 3D 打印梦工厂开设的 3D+ 开放性创新实训有以下基于 STEAM 的打印制作：①3D 打印开放性创新实验。3D 打印开放性创新实验在基础实训的基础上开展，解决了由于时间、内容的限制无法满足学生不同的打印需求的问题。学生创新实验作品如图 2 所示；②逆向工程–激光加工。在此过程中，学生在 3D 打印模块使用三维扫描仪扫描展件，将扫描得到的模型进行修复，利用激光加工内雕出玻璃工艺品。学生实训案例如图 3；③基于 STEAM 的 3D 打印制作实训。依托吉林大学机械类工科生的专业优势以及工程训练中心的设备资源，让学生了解 3D 打印技术属于先进制造技术集合的多学科交叉技术。STEAM 教学法主导学生“做中学”，在实训课中

表 2 基础实训框架表
Tab.2 Basic training framework

层次	内容	目标	学时 /h
工程训练 A	3D 打印、逆向工程基本知识；设计 3D 模型并打印；结合逆向工程的打印	熟悉 SLS/SLA 等工艺 3D 打印机的操作；掌握 FDM 工艺 3D 打印机反求设备的操作；培养学生创新能力，培育学生工匠精神	8
工程训练 B	3D 打印、逆向工程基本知识；完成指定模型的打印；FDM 工艺打印机基本维护	熟悉 FDM 工艺 3D 打印机及反求设备的使用；锻炼学生动手能力培养学生工匠精神	4
工程训练 C	3D 打印、逆向工程的基本知识；FDM 工艺 3D 打印机的基本操作	了解 3D 打印的发展史、基本原理及工艺；培育学生工匠精神	2

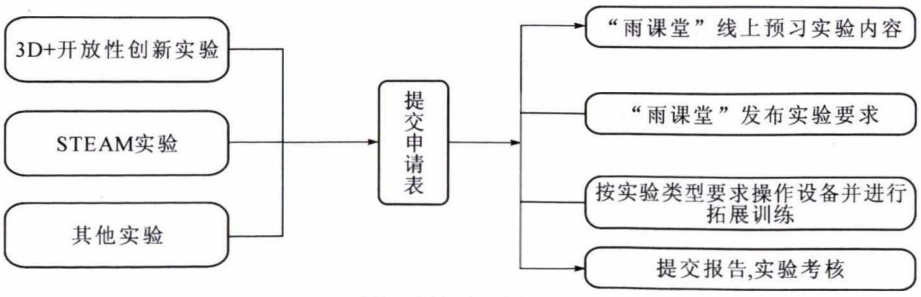

图 1 创新实训类型
Fig.1 Innovation training type

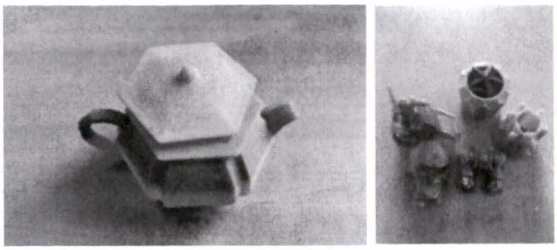

图 2 学生创新作品
Fig.2 Students' innovation works

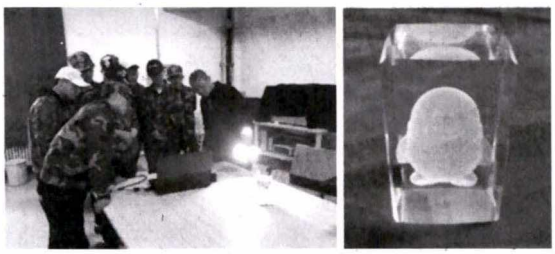

图 3 创新实验案例
Fig.3 An innovation experiment case

引入 STEAM 教学法，让学生熟悉 FDM 技术桌面级的机械结构及传动方式，学生以小组方式进行设计绘图，答辩设计的合理性，方案经过验证后中心可提供基础件，学生自行组装、调试，进行开源 FDM 技术 3D 打印机制作。

创新实训的开展，使传统工程训练空间、对象、时间、内容更加柔性化。3D+ 开放性创新实验是先进技术与传统工程技术的结合，旨在让学生接触新技术、拓宽新思维，使学生的创意、创新、创业有机结合。完成 STEAM 的 3D 打印制作项目的学生能够把所学的专业知识应用到实际问题并能极大的锻炼学生实践动手能力、团队协作能力。基于 3D 打印的创新实训，有助于学生形成产品连续生产工艺的工程意识，提高理论应用与实际的创新能力。

2.2 评估体系

在 3D 打印模块实训完的每组学生，会采用“雨课堂”软件上发布问卷的形式对 3D 打印课程进行评估，评估内容包括实验内容、打印时间、课程安排以及教师在整个实训过程中的表现等几项进行打分并提建设性意见，后续针对学生反馈的问题进行改进。

对于基础实训的学生成绩采用四合一的评估模式，三维模型设计、实验态度、实验报告书写、3D 打印模块设备操作规范程度四部分组成。对于参加开放性创新实验的学生，根据实训模式不同，实训成绩由实验态度、实验报告书写、创新点、设备操作规范等四部分组成，比例有调整。参加 STEAM 教学的 3D 打印机制做的学生成绩需兼顾作品难度系数和团队完成情况，以学生自评、互评、教师评价多形式结合完成，增加了学生、教师之间的互动性，整个课程更系统。

2.3 教学效果

3D 打印梦工厂实施的多样化的教学模式的实施颠覆了传统单一、枯燥的实训方式，受到学生广泛的认可。

(1)教学模式多样化，采用线上线下结合的混合式教学方法，丰富了实训教学内容，建立考核细致全面，教学环节紧凑，有助于端正学生学习态度，提高学习兴趣。

(2)工程训练中心的基础实训作为必修课程，面向学校工科近工科的所有专业。通过对工程训练 A 的学生人数统计图 4 看出，近 3 年参加实训的学生人数趋于平稳。

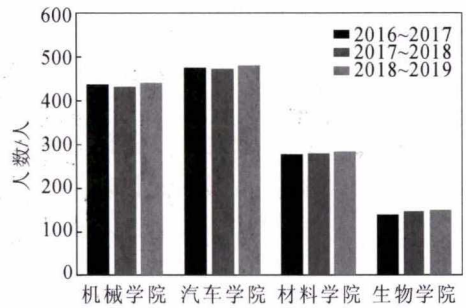

图 4 工程训练 A 实训人数统计表
Fig.4 Engineering training A statistics

作为提高学生动手能力和创新能力的 3D+ 开放性创新实训属于选修内容，面向全校学生进行开放，以艺术学院、机械学院与汽车学院为例进行统计，由图 5 可以看出，3 个学院选修创新实验的人数在近 3 年中呈现上升趋势，说明越来越多的学生对工程训练中心开设的 3D+ 开放性创新实训感兴趣。

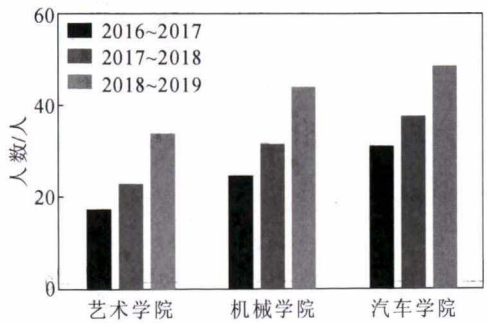

图 5 3D+ 创新实训人数统计
Fig.5 3D + Innovation Training Statistics

3 结语

面向“新工科”背景下 3D 打印人才培养模式进

行了探索和建设进行了探讨，详述了 3D 打印梦工厂建设方案：通过完善教学设施建设，实现传统基础实训、开放性创新实验和 steam 教学相结合的全新的教学模式。增强了学生的实践学习兴趣，推动了学生的创新创业教育与思政教育的融合发展，提升了学生从创意到创新创业的动手能力，提高了 3D 打印模块所有设备的利用率，得到学生、实训指导人员以及学校一致好评。3D 打印梦工厂的建设模式为其他模块的发展建设提供了参考，并给国内高校工程训练中心的模块建设提供借鉴作用。

参考文献：

[1] 周学智，吴小林. 适应新工科发展要求提升学生工程实践素养[J]. 中国高校科技，2019(Z1):73-75.

[2] 章云，李丽娟，杨文斌，等. 新工科多专业融合培养模式的构建与实践[J]. 高等工程教育研究，2019(2):50-56.

[3] 姜晓坤，朱泓，李志义. 新工科人才培养新模式[J]. 高教发展与评估，2018，34(2):17-24，103.

[4] 周珂，赵志毅，李虹. "学科交叉、产教融合"工程能力培养模式探索[J]. 高等工程教育研究，2019(3):33-39.

[5] 刘吉臻，翟亚军，荀振芳. 新工科和新工科建设的内涵解析——兼论行业特色型大学的新工科建设 [J]. 高等工程教育研究，2019(3):21-28.

[6] 林健. 面向未来的中国新工科建设 [J]. 清华大学教育研究，2017，38(2):26-35.

[7] 纪阳，吴振宇，尹长川. 适变能力、工程认知与敏捷教改[J]. 高等工程教育研究，2018(6):139-144.

[8] 王爱华，余艳，霍国良，等. 全开放工程训练教学模式的探索与创新[J]. 实验室研究与探索，2018，37(10):171-175.

[9] 王文成，侯崇升，吴小进，等. 实验室开放管理的新工科人才培养探索[J]. 实验室研究与探索，2019，38(6):231-234.

[10] 卿剑波，陈松茂，鲁忠臣，等. "7-11"式工程训练开放实验室探讨及实践[J]. 实验室研究与探索，2017，36(8):166-168.

[11] 朱妍妍，李忠新，吕唯唯. 基于 3D 打印技术的开放实验教学模式探索与实践[J]. 实验技术与管理，2017，34(7):192-195.

[12] 马红亮，王琳，特伦斯·卡瓦诺，等. 应用 3D 打印提升空间能力的有效性研究[J]. 开放教育研究，2019，25(3):113-120.

[13] 高奇，曾红，张德强. 基于 3D 打印技术的快速模具制造开放实验探讨[J]. 实验技术与管理，2016，33(1):205-207.

[14] 吴爱华，侯永峰，杨秋波，等. 加快发展和建设新工科主动适应和引领新经济[J]. 高等工程教育研究，2017(1):1-9.

[15] 杨南粤，周敏，李争名. 基于 3D 打印技术的产品开发与模具设计实训教学[J]. 实验室研究与探索，2017，36(8):243-246.

[16] 王晓岗，许新华，郝志显，等. 以培养本科生自主学习能力为目的的大型仪器开放实验教学 [J]. 实验室研究与探索，2019，38(6):181-184，234.

（上接第 578 页）

[16] 陈忠华，熊晖，孙桂祥. 耐磨铸件铸渗陶瓷技术的初探[J]. 新世纪水泥导报，2015，2(2): 10-15.

[17] AIA Engineering Ltd., Metal matrix ceramic composites with improved wear resistance[P]. WO: 2013084080Al, 2013-06-13.

[18] 李宗耀，温新林，刘伟. 陶瓷金属复合材料在磨煤机中的应用[J]. 电站辅机，2018，39(3): 33-37.

[19] 智慧，王清宝. Fe-Cr-C 耐磨堆焊合金中初生碳化物生长方向的控制[J]. 焊接学报，2004，25(1):103-106.

[20] 张国栋，李莉，曹红美. 离子弧堆焊 WC 增强型高铬铸铁的组织和性能[J]. 中国表面工程，2015，28(6): 111-118.

[21] 谢晓利. 磨辊材料及铸造强化技术的研究进展 [J]. 铸造技术，2016，37(3): 452-454.

[22] 曹红美，张国栋，徐锦飞，等. 等离子堆焊 Q235 电解打壳锤头的组织和性能[J]. 中国表面工程，2012,25(3): 47-51.

[23] Palani P K, Murugan N. Development of mathematical models for prediction of weld bead geometry in cladding by flux cored arc welding [J]. International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2006, 30(7): 669-676.

[24] 卢金斌，梁存，彭竹琴. 等离子弧熔覆添加 Al_2O_3+TiO_2 铁基合金涂层组织和耐磨性[J]. 焊接学报，2008，29(12): 33-36.

[25] 吴玉萍. 等离子弧熔覆 Fe 基合金 +TiC 涂层中的陶瓷相行为与相结构[J]. 焊接学报，2001，22(6): 89-91.

[26] 刘均波. 离子熔覆高铬铁基涂层高温耐磨性与耐空蚀性 [J]. 潍坊学院学报，2010，10(4): 1-4.

[27] 高华. 中碳钢等离子熔覆 Fe 基合金涂层的研究[D]. 南京：河海大学，2008.

[28] 孙宜华，李晨辉，熊惟皓，等. 铁基高铬合金激光熔覆层和堆焊层的组织性能对比[J]. 机械工程材料，2008，32(1): 59-62.

[29] 张瑞林，李林杰，唐明奇，等. 激光熔腐技术的研究进展[J]. 热处理技术与装备，2017，38(3): 7-10.

[30] 王璐，胡树兵，单炜涛，等. 激光熔腐 NiCrMn-WC 复合涂层的组织与耐磨性[J]. 中国有色金属学报，2014，24(1): 145-151.

[31] 陈长军，张敏，常庆明，等. 高速钢轧辊的激光熔覆试验研究[J]. 热加工工艺，2009，38(8): 79-81.

精铸用

石英砂、石英粉、铝矾土、高铝砂

灵寿县德泰矿产品有限公司是一家专业从事非金属矿物的生产厂家，设备先进，技术力量雄厚。

让客户满意是我们的宗旨

化学成分

石英砂	石英粉	铝矾土	高铝砂
SiO_2≥98.7%	SiO_2≥98.7%	Al_2O_3≥55%	Al_2O_3≥52%

地　址：河北省灵寿县洞里工业区
电　话：0311-82617801(传真)，15175156717
联系人：刘喜亮