

# 3D打印技术在“舰艇修造工艺”课程教学中的应用与探索

聂小佳, 王 中, 朱志洁, 孟庆旭, 彭 飞

海军工程大学舰船与海洋学院, 湖北 武汉

收稿日期: 2022年10月15日; 录用日期: 2022年11月14日; 发布日期: 2022年11月21日

---

## 摘 要

针对舰艇修造工艺课程实践性强、所需教学模型多、空间想象能力要求高的特点, 结合教学 and 实践经验, 提出了3D打印技术与舰艇修造工艺课程实践教学相结合的方法, 可进一步优化和丰富教学手段和模式, 提高学生的学习兴趣 and 空间思维能力, 有助于学生更好地理解教学内容, 加强了学生对知识的掌握程度, 有效地提高了理论教学 and 实践教学的教学质量。

## 关键词

3D打印技术, 舰艇修造工艺, 实践教学应用, 教学改革

---

# The Application and Exploration of 3D Printing Technology in the Teaching of “Shipbuilding and Repairing Technology” Course

Xiaojia Nie, Zhong Wang, Zhijie Zhu, Qingxu Meng, Fei Peng

College of Ship and Ocean, Naval University of Engineering, Wuhan Hubei

Received: Oct. 15<sup>th</sup>, 2022; accepted: Nov. 14<sup>th</sup>, 2022; published: Nov. 21<sup>st</sup>, 2022

---

## Abstract

In view of the characteristics of the course of ship building and repairing technology, which is highly practical, requires many teaching models, and requires high spatial imagination, combined

with teaching and practical experience, a method of combining 3D printing technology with practical teaching of the course of ship building and building technology is proposed, which can further optimize and enrich teaching methods and modes, improve students' learning interest and spatial thinking ability, help students better understand teaching content, strengthen students' mastery of knowledge, and effectively improve the teaching quality of theoretical teaching and practical teaching.

## Keywords

3D Printing, Ship Building and Repairing Technology, Practical Teaching Application, Teaching Reform

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

“舰艇修造工艺”课程是船舶与海洋工程专业的主干必修专业课之一，是一门指导舰艇建造和修理专业课程，具有综合性强、专业性强、实践性强、工程性强的特点。这门课程以舰艇建造工艺和修理流程为主线，详细地介绍了船体放样、构件号料、船体钢料加工、船体装配、舰船下水、试验试航与交船、舰艇进出坞、船体勘验与损坏形式、修理工艺等方面的专业知识。教学目的是使学生掌握舰艇建造和修理的基本流程和方法、并能利用这些知识组织和管理舰艇建造和修理工作[1] [2]。

这门课程的工程性和实践性强，需要注重培养学生的工程思维。实践教学是教学体系中非常重要的环节，是培养工程思维的重要抓手，通过实践过程让学生结合工程实际深入理解专业知识，从而达到提高学生的创新能力、系统思维和工程实践能力的目的，推动创新应用型人才的培养，做到教学过程中“理实结合” [3]。

为加大实践教学力度，提高学生的动手能力，提高教学质量，实现满足新的人才培养需求，在舰艇修造工艺教学中引入了3D打印技术，激发了学习兴趣和学习能动性，提高了创新与实践能力。

## 2. 3D打印技术的发展现状

### 2.1. 技术简介

3D打印技术也称增材制造技术、快速成形技术、快速原型制造技术，是一项集光/机/电/新材料为一体的先进制造技术。不同于传统的减材(切削、铣削加工等)和等材(铸造、焊接等)制造，3D打印技术不需要传统的刀具、夹具和模具，利用三维切片数据就可在一台设备上由程序控制自动地制造出任意复杂形状的零件，实现一体化成形。简单来说，3D打印技术基于离散降维思想的材料累加制造，将复杂的三维零件分解为一系列二维离散层面、二维层面再分解为逐点、逐线的一维加工路径[4]。

美国材料与试验协会(ASTM)在3D打印工艺层面将当前主流的3D打印技术分为以下七类：材料挤压、光固化、粉末床融化、黏合剂喷射、材料喷射、层积和定向能量沉积。

### 2.2. 3D打印技术在教育领域发展现状

3D打印技术符合现代和未来制造业对产品个性化、定制化需求日益增加的发展趋势，具有生产效率

高、成形自由度高、节省材料、成形精度高等突出特点，已在航空航天、汽车、医疗、电力等领域得到了广泛应用。此外，3D 打印技术在教育领域也大显身手[5] [6] [7]。3D 打印技术是模型制作最为便捷的方式，即将计算机中的虚拟模型转化为现实零件，在建筑、机械、医学、材料加工、艺术、考古等众多学科中均可通过 3D 打印技术制作相关的仿真模型，起到很好的教学辅助作用。

机械类专业的传统教学过程是教师通过挂图、图像、动画、视频、实物模型等教具来讲解机械零件的结构、形状和运动[8] [9] [10]。学生对于机械零件内部复杂的结构、工作原理、运动关系等知识仍然难以理解。此外，实物模型成本高且难以展示内部结构。利用 3D 打印技术进行典型机械零部件缩比模型的批量化制作，可将抽象的零件可视化，并使零件复杂装配可操作化，变视觉为触觉，从而大大提高学习效果[11] [12]。医学类专业的传统教学过程主要是结合 X 片、CT、磁共振成像(MRI)、课本插图、多媒体动画和视频来讲解复杂的结构，缺乏立体感，教学效果欠佳。此外，缺乏教学模型不利于训练医学生的动手实操能力。利用 3D 打印技术可以打印出病毒、器官、骨骼等模型，为临床实践课提供可视化的教具或实体，极大地提高了临床教学效果[13] [14]。

### 3. 3D 打印技术在舰艇修造工艺课程教学的应用

#### 3.1. 传统教学的局限性和问题

舰艇修造工艺这门课程具有广、活、难的特点，教学内容涉及到制图、材料加工、机械原理、舰艇结构等多门专业背景课程的知识点，而且需要了解大量的造船设备原理、特点、应用范围等，可谓教学内容广；活是指的是工艺方法灵活，同一工艺问题的解决方式多种多样，根据需求进行灵活选择。难指的是放样部分的空间想象难和工艺方法的灵活运用难。

##### 3.1.1. 手段单一

目前的教学方法较为单一，主要是平面的图片资料和视频资料。比如放样部分讲授的内容较为抽象且需要一定的空间三维想象能力，抽象的原理性内容教学很容易使学生在课堂上注意力不集中，因此，上课质量受到影响，严重影响教师授课效率，学生也难以跟上教师的教学节奏。

##### 3.1.2. 积极性不高

传统理论知识授课，学生仅仅通过多媒体动画演示来理解和掌握船体的装配过程，对于各类装配方式的特点不能完全理解，学习效果不佳。特别是部分学生先修课程基础薄弱，导致学习遇到困难，从而产生畏难情绪，学习兴趣下降。虽然在教学过程中，教师会尽可能结合实际工程需求或者作战需求讲解知识点，力求应用案例式教学激发学生的学习积极性，但是学生面对抽象的概念，仍然感到力不从心。

##### 3.1.3. 互动性不佳

目前“舰艇修造工艺”课程共 50 学时，其中理论教学 40 学时，实验 8 学时，考试 2 学时。课程涉及知识点广、概念复杂且抽象、学时紧张，导致课堂授课强度大，教学过程中易出现满堂灌现象，变成注入式教学模式，缺乏有效的课堂互动。此外，当前课堂互动形式多为教师呼，学生应的机械互动，其形式单一，效果不佳。

### 3.2. 3D 打印技术在“舰艇修造工艺”教学中的优势

#### 3.2.1. 改善教学方式方法

原来的教学场景下，教师多使用语言和图片描述教学内容，学生无法直接接触和观察教学实体对象。3D 打印技术可用来制作可视化教具和学具，让学生可以直观、深入地理解教师讲授的内容以提高教学效

果。此外,教师可以利用 3D 打印技术快速、便捷地制作个性化、定制化的教学模型,便于适应教学内容动态更新的要求和满足教师进行教学改革的需求。

在课堂互动中引导学生利用已有的经验去学习未知的知识,最具体的方式即为感觉通道[15]。引导学生利用多个感觉通道,整合各通道的特点和适宜条件以保证课堂互动的有效性。利用板书、授课 PPT、图片、视频等视觉媒介播种知识点、利用听觉媒介做到口耳相传、利用 3D 打印的教具和学具等触觉媒介做到一触即发。在多媒介的互动式教学中,注重培养学生的学习兴趣,激发学生的学习积极性,在教学过程中营造一种宽松、愉悦的教学环境,实现教学相长,共同完成教学任务。

3D 打印技术可以有效地丰富教学手段、有助于改善教学质量、提高学生学习积极性、推动互动式教学。

### 3.2.2. 培养创新设计思维

“全国海洋航行器设计与制作大赛”是我国船舶与海洋工程领域内的最高层次、最大规模与覆盖面的竞赛。该赛事是我院积极开展创新教学的重要任务,老师与学生都十分重视。在应用 3D 打印技术之前,学生参加该竞赛在制作船模的过程中经常会遇到模型制作耗时长,如遇设计思路更改及优化,可能无法及时制作出相应船模,严重影响了学生参加比赛的积极性,打乱参赛的节奏。将 3D 打印技术应用于参赛项目船模制作之后,不用花很多时间手工制作,船模制作的时间成本大大降低。通过这些快速制造的船模原型,学生在设计初期就可以发现问题和不足,并且根据 3D 打印的船模航行性能及时优化设计方案,从而取得更好的比赛成绩。3D 打印技术很好地支持了学生的创新能力训练,创新意识有力增强。

### 3.2.3. 提高实操与协作能力

将 3D 打印技术引入课堂,为教师的教与学生的学提供了新的形式,也将教师与学生的教与学的关系转变为协作关系,使学生得到更多动手实践的机会,有利于知识的吸收与运用。3D 打印技术涵盖的知识面广,涉及到机械、材料、三维建模等方面的知识,需要团队协作和专业人员的指导方可完成。在这个过程中将促进学生动手能力、思考能力、工程思维、协作能力的提升,进一步增强了本课程的实践性和工程性。

## 4. 3D 打印技术在教学中的成效

### 4.1. 教具制作

船体放样是船体制造过程中的第一道工序。船体放样就是将设计的型线图、结构图,按照比例进行放大、展开,获得光顺的型线、修正设计图纸中不符合施工要求的错误,构件在船体上的正确位置、形状和尺寸为后续工序提供施工依据的过程,是设计和建造之间一道承上启下的工序。由于放样需要一定的三维空间想象能力,目前基于二维图纸的放样教学,让学生难以理解。

以结构线放样的内容为例进行分析,对于船体的旁底桁布置有两种方式(图 1),一种是垂直于外板布置,另一种是垂直于基面布置,这两种旁底桁放样之后在空间里的形状是有区别的,初学者通过放样后的实际肋骨型线图难以在脑海中构建出来,在此借助三维建模(图 2)和 3D 打印的三维模型(图 3)可以很好的解决这个问题。学生可以直观的看到垂直于基线布置的旁底桁有纵向的弯曲,而垂直于外板布置的旁底桁不仅有纵向的弯曲还有纵向的扭曲。构建出直观的三维形状后,老师再加以解释弯曲和扭曲形成的原因,学生可以很快地从根源上弄明白形成的原因,有助于培养他们的空间想象能力、便于后续教学任务的展开。

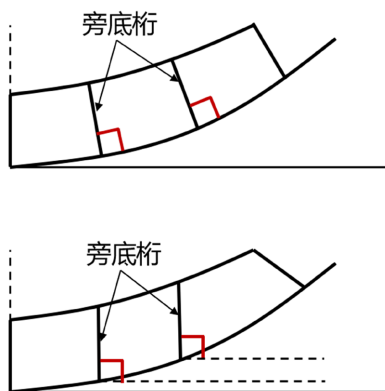


Figure 1. Two types of arrangement of bottom side girder  
图 1. 旁底桁的两种布置方式

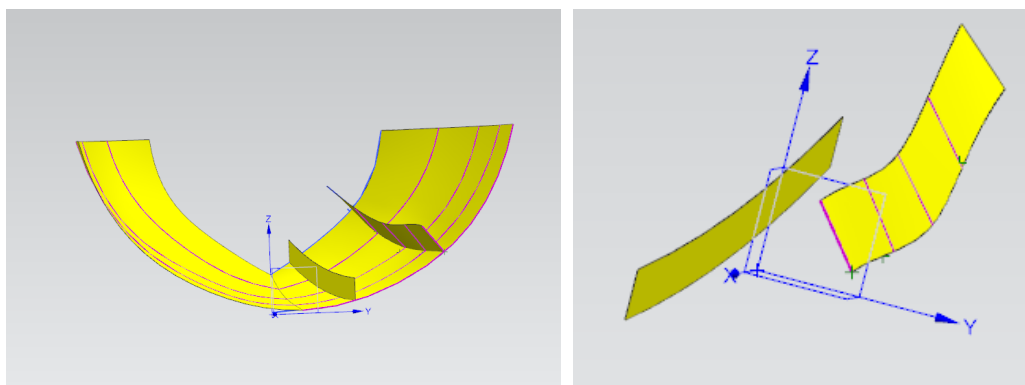


Figure 2. The 3D modeling of two types of arrangement of bottom side girder  
图 2. 两种旁底桁布置方式的三维建模

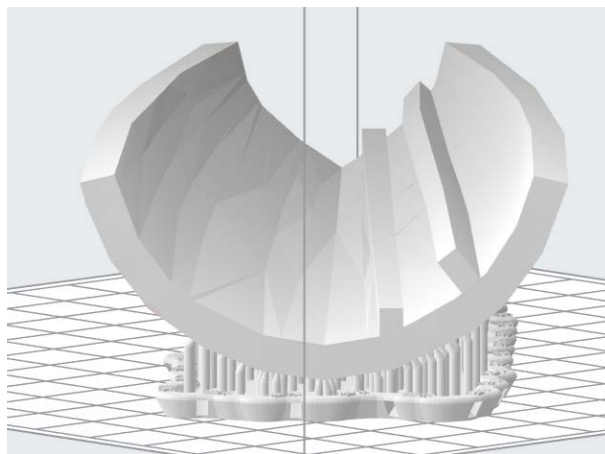


Figure 3. 3D printed teaching model  
图 3. 3D 打印的教学模型

#### 4.2. 拓展与丰富实验

本课程现设有 2 学时的三维扫描实验，实验目的是让学生掌握手持式激光三维扫描仪的使用方法，利用三维扫描的方法测量变形程度。其实，三维扫描仪不仅可以用于工程测量领域，还可以用于逆向工



程。舰船在远洋航行的过程中，如果零部件在使用过程中受到损坏，需要进行维修、更换，但备件库中无相应的备件。这种情况下，对于便于更换的小型零件，比如管路连接件、液压阀体等，我们可以调取三维模型数据库内的零件原始模型，直接利用 3D 打印技术进行制造，更换受损零件；对于不方便更换的大型零件比如螺旋桨、轴系等，我们可以基于逆向工程的思维，首先采用三维扫描技术获取受损零件的点云数据，利用点云处理软件对受损零件进行三维建模，随后与三维模型数据库内的零件原始模型作布尔求差，得到受损部分的三维模型，最后采用 3D 打印技术修复受损零件。图 4 是学生利用手持式激光三维扫描仪获得的破损螺旋桨模型，利用点云数据处理软件和三维建模软件，将缺损叶片与完好叶片布尔求差，获得了缺损部分的三维模型(图 5)。维修人员可根据此模型，利用 3D 打印技术中的激光熔覆技术直接在缺损处完成缺损部分的原位成形，实现快速修复。利用 3D 打印技术丰富了现有的实验内容，形成了一个零部件维修的闭环流程。

3D 打印技术融入实验课程教学中，不仅做到了教学内容动态更新，紧贴科技发展的前沿，而且有助于进一步提升学生的工程能力、动手能力和知识运用的能力，增强本课程实践部分的前沿性、时代性和工程背景，培养学生与时俱进的工程意识。

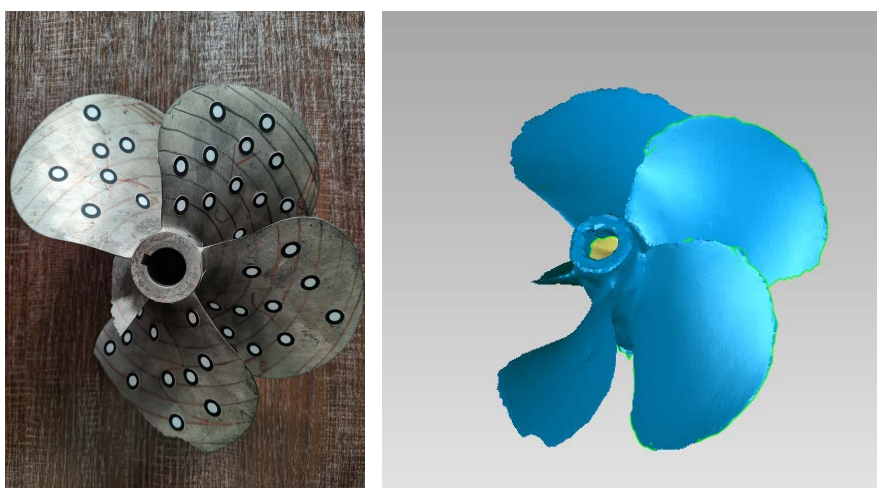


Figure 4. Propeller real model and 3D scanned model  
图 4. 螺旋桨实物模型与三维扫描后模型

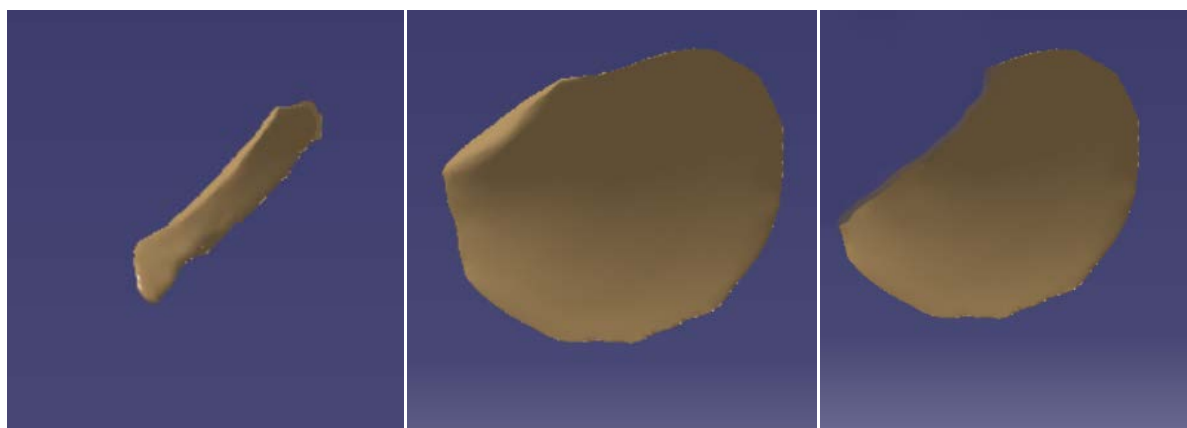


Figure 5. The model of propeller blade damaged part, intact model, defect model after Boolean calculation (from left to right)

图 5. 螺旋桨叶片残损模型、完好模型、布尔求差后缺损模型(从左至右)

### 4.3. 辅助竞赛

对于舰船所搭载的直升机和救生艇等小型复杂结构的模型制作(图 6 所示), 3D 打印具有得天独厚的优势, 能够快速便捷的完成模型制作, 大大提高了制作效率和精度, 辅助学生在竞赛中取得优异的成绩。



Figure 6. 3D printed parts in ship model making  
图 6. 船模制作中的 3D 打印零部件

## 5. 结语

通过将 3D 打印技术在“舰艇修造工艺”课程教学中的应用, 将艰深晦涩的内容与妙趣横生的实践结合在一起, 变抽象为实体, 使学生对教学内容更加感兴趣, 提高了学生的学习效率, 培养了学生的综合能力, 提升了课堂的教学质量, 丰富了实践教学内容, 增强了的实践教学内容与实际应用的契合度。这一技术的应用能有效衔接理论知识与实践操作, 对学生自主能力、动手能力、思维能力、创新能力的进一步提升具有重要促进作用, 切实提高人才培养质量。

## 基金项目

海军工程大学文职人员苗圃工程和自主研发计划(2022505010)。

## 参考文献

- [1] 孙程程. 船舶建造课程理实一体化教学模式探究[J]. 船舶职业教育, 2018, 6(3): 28-30.
- [2] 邓军林, 焦自权, 杜波. “船舶建造工艺学”课程教学改革的实践[J]. 西部素质教育, 2021, 7(21): 165-167.
- [3] 田玉芹, 杜友威, 孙伟. 《船舶建造工艺学》课程实践创新研究[J]. 教育现代化, 2019, 6(27): 105-106.
- [4] 徐巍, 李翠超, 凌芳. 基于数字化建模的 3D 打印实践教学[J]. 实验室研究与探索, 2020, 39(11): 242-245.
- [5] 何扬波, 陈剑, 房飞宇, 劳剑东. 新工科背景下 3D 打印技术本科教学实验室的建设[J]. 实验室研究与探索, 2020, 39(1): 275-278+306.
- [6] 谭跃刚, 陈章念, 张帆, 周祖德, 陈雅辉. 3D 打印创新教学实验室及其应用[J]. 实验室研究与探索, 2016, 35(9): 246-249+295.
- [7] 魏青松, 李继康, 闫春泽, 等. “新工科”下 3D 打印前沿学科三位一体多维度教学模式研究[J]. 实验技术与管理, 2020, 37(9): 10-14.
- [8] 李宝林, 唐力. 车辆课程中“逆向”教学模式与 3D 实验探索[J]. 实验室研究与探索, 2017, 36(1): 212-214+225.
- [9] 朱小明, 韩伟, 牛吉梅, 潘健怡. 齿轮系列零件由建模到 3D 打印的任务导向教学模式探索[J]. 实验室研究与探索, 2019, 38(8): 232-235.
- [10] 俞彦勤. 3D 打印技术及其在高等教育中的应用[J]. 科技创新与应用, 2019(27): 161-162.

- 
- [11] 王琼, 雷子鑫, 杨琳琳, 等. 基于 3D 打印技术的机械类课程教学改革[J]. 创新创业理论研究与实践, 2022, 5(1): 19-21.
- [12] 徐文, 周丽红, 刘钰如. 3D 打印在机械原理课程创新中的应用[J]. 时代汽车, 2021(24): 58-59.
- [13] 吴骏豪, 王洪, 叶哲伟, 黄玮. 3D 打印技术在新时代骨科临床教学中的应用[J]. 生物骨科材料与临床研究, 2020, 17(1): 33-36.
- [14] 叶哲伟, 刘融. 述评——3D 打印技术在骨科的临床应用及展望[J]. 生物骨科材料与临床研究, 2020, 17(1): 1-4.
- [15] 杨帆, 杨慧楨, 余兰亭. “感觉的多通道”在艺术类课程互动教学中的应用[J]. 当代教研论丛, 2018(7): 12.