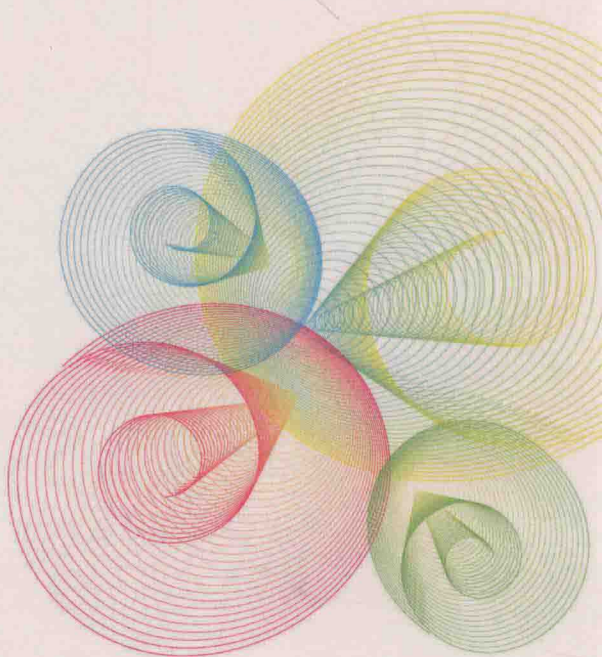
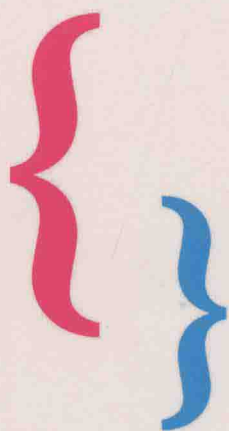


快速成型技术及 教育应用

乔凤天 吴 陶 张旭生 编著



科学出版社

高等师范院校“双创”教师教育系列教材

快速成型技术及教育应用

乔凤天 吴 陶 张旭生 编著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书介绍了快速成型技术的起源、发展与现状,详细讲解了快速成型技术在中小学教育教学中的应用。技术原理与教育实践相结合是本书最大的一个特点。本书增进高等师范院校师范生和在职教师对快速成型技术的理解,通过具体的课程案例提高师范生和在职教师进行创新教育教学活动所必须具备的基础知识和技能。

本书可作为师范专业本科生和专科生的相关教材及研究生的参考书目,也可作为中小学科学教师、中小学信息技术教师、中小学综合实践活动教师、中小学劳动技术教师、高中通用技术教师及其他学科教师的培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

快速成型技术及教育应用/乔凤天,吴陶,张旭生编著:—北京:科学出版社,2018.9

高等师范院校“双创”教师教育系列教材

ISBN 978-7-03-057470-1

I. ①快… II. ①乔… ②吴… ③张… III. ①快速成型技术-高等师范院校-教材 IV. ①TB4

中国版本图书馆CIP数据核字(2018)第103680号

责任编辑:潘斯斯 张克忠 / 责任校对:郭瑞芝

责任印制:吴兆东 / 封面设计:迷底书装

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

北京虎彩文化传播有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2018年9月第 一 版 开本:720×1000 1/16

2018年9月第一次印刷 印张:8 3/4

字数:176 000

定价:59.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

“高等师范院校‘双创’教师教育系列教材”

《快速成型技术及教育应用》

编委会

总策划：孙 彤

专家组：刘 锐 祝杨军 黄 丹 王婧潇

编写组：乔凤天 吴 陶 张旭生

「总序」

创新创业是国之大计、时代潮流。创新是民族进步之魂，是引领发展的第一动力，是建设现代化经济体系的战略支撑。创业是就业富民之源，推动大众创业、万众创新是释放民智民力、保持经济稳定增长、避免经济出现“硬着陆”的重要举措，是经济转型升级的新引擎。2015年5月，国务院办公厅印发《国务院办公厅关于深化高等学校创新创业教育改革的实施意见》（国办发〔2015〕36号），提出了五年内深化高校“双创”教育改革的总目标，将“双创”教育改革作为国家实施创新驱动发展、全面提高人才培养质量的关键环节，掀起了全国“双创”教育的改革热潮。高校是“双创”教育的重要主体，高校“双创”教育的主要目标是唤醒学生创新创业意识，培养创新创业精神，训练创新创业思维，让学生学会创新创业技能，探索完善“双创”培养体系，使之有效适应经济发展新常态、高效衔接国家就业新政策、不断满足“双创”时代人才培养新要求。“双创”教育改革推进者不断提升顶层设计新高度，始终紧密围绕综合提升人才培养质量前行。

高等师范院校的学生是未来教育教学改革的主要承担者，更是教育的传承者，这种双重身份的特性，决定了推动“双创”教育的特殊意义。一方面，高等师范院校为在校生提供优质的创新创业教育。创新是大学教育的灵魂，大学人才培养、科学研究都以创新活动为主要途径，以知识创新乃至文化创新为目标。大学中的创新创业教育应当是一种全新的教育理念和模式，核心理念是“面向全体学生”、“结合专业教育”和“融入人才培养全过程”，基本目标是“全覆盖”、“分层次”和“差异化”，努力实现面向全体与分层施教紧密结合、在校教育与继续教育密切衔接、素质教育与职业教育统筹兼顾。另一方面，高等师范院校开展“双创”教师教育，为



基础教育系统培养合格的“双创”师资。因此高等师范院校围绕立德树人这一根本任务,以培养德才兼备、专业素质和综合素质优良、具有国际视野的创新型、复合型、应用型优秀人才为目标。同时,考虑到师范生的思维转型与未来基础教育的质量和走向密切相关,健全师范生双创教育课程体系,内化培养创新思维与工匠精神,外化突出创业实践与双创能力,使其未来成为适应新形势、新需要的优秀教师。这些不仅是其未来社会角色的内在需求,更是实现个人价值、进行教育教学改革的实力和动力。

“双创”教育的目标之一是培养 STEM 人才。STEM 教育要求学生手脑并用,注重实践、注重动手、注重过程,并基于创新意识下,结合动手实践和探索真正唤醒学生的创造力潜能。以问题为导向,不用固定僵化的思路解决问题,而是尝试通过不同的方法和思路进行探索,用工程技术验证想法,从而锻炼创新意识。与此同时开展“双创”教师教育具有重大的现实意义,加强教师创新创业教育意识,提升教师创新创业教育能力,使其能够通过理念、内容、教法的创新变革,实现专业教育与创新创业教育的充分融合,培育创新创业人才。

在知识经济时代,STEM 人才是创新型国家建设、提升全球竞争力的关键。美国等发达国家在 STEM 教育领域起步较早,理念先进,不断加大投入,已经形成了较为完整、成熟的体系,取得了实效,如奥巴马政府为扩大 STEM 教育规模并提升其质量做出重大贡献,投入大量资金、人力和基础设施,力求为市场输送大批优秀 STEM 领域的毕业生。通过基础设施和教育技术研发投资、多领域协作等方式,科学、技术与创新可改善教育成果。我国 STEM 教育起步较晚,目前取得了一定成绩,有效地利用信息技术推进“众创空间”建设,探索 STEM 教育、创客教育等新教育模式,使学生具有较强的信息意识与创新意识。但机遇与挑战并存,目前我国 STEM 教育领域的师资、硬件、软件、教材等方面都需要通过高等师范院校进行开发与培养。

首都师范大学是国内较早开展“双创”教师教育的高校,坚持以立足北京、服务国家需求为导向,学校历来高度重视“双创”工作,建立以学校书记和校长为组长的“学生就业创业工作领导小组”,构建了创业教育、创业实训、创业孵化“三位一体”的创业教育服务体系;创设了创业实验室模式,下设创业过程仿真模拟中心、学生创业实训孵化基地、创业教育与研究中心、创业教师教育发展中心四个机构,整体建设水平位居全国前列。除此之外学校组建创业骨干教师团队,参与教材、教学、咨询和科研等工作,在实践中顺势求新,探索出 4M 创业教育教学模型,在核心期刊发表多篇论文,自主编写出版了多部教材及专著,在国内创新创业教育方面取得一定成绩。



同时,首都师范大学作为以培养未来教育工作者为主体的高等师范院校,肩负着培养高质量的未来师资的重要使命,在探索学生创新创业教育的理念和模式上也应当结合自身特色,致力于培养有创新创业精神和能力素质的高质量师范生,使其能够承担未来教育教学改革和教育传承的双重使命。特别是在“互联网+”与创新驱动发展战略下的师范生培养,要使其具备灵活运用网络和掌握智能技术基础的“双创”能力,不断将教育技术有效融入课程设计、教学方法创新等教育实践创新,为未来“双创”教育教学改革提供新思路、新方法。学校充分整合校园资源,形成校院两级“双创”合力,于2016年研发“创·课”课程,同时整合校企资源,组织召开以“创·课教育”为中心议题的师范生“双创”教育从业技能研讨会。“创·课”要求师范生在大学期间通过“课程+工作坊+实习实践”的课程模式进行系统训练,全面掌握创新创业教育行业整体状况、最新科学技术、教育理念和教学方法。旨在帮助师范生获得在基础教育系统内开设创新教育和创业教育等相关课程的能力,尤其是培养中小学生学习创新思维和动手能力所必需具备的专业技能。同时,“创·课”教育能力的培养还能够帮助师范生自主设计、研发课程,提高就业竞争力。我校“双创”教育水平位于全国师范类院校的前列,但针对学生的教材目前质量良莠不齐。

为进一步提升课程效果,普及课程特色内容,我校组织专业团队编写“高等师范院校‘双创’教师教育系列教材”。本套教材以国际创新教育发展和我国中小学课程改革为背景,依托首都师范大学教育技术系专业教师团队,整合首都师范大学相关院系资源,借助理工和综合类院校专家力量,探究师范生及中小学教师应对创新发展所遇到的共性问题,切实提升师范生创意设计制作能力、教育技术应用能力以及创新课程设计能力,加深师范生对教育相关行业的了解和认识。这正是将专业教育与“双创”教育有机融合、将实践技术融入“双创”教育的有益实践,为师范类大学“双创”教学提供体系化支持,同时也意味着学校的创新创业教育水平进入新的学科化、专业化发展阶段。

本系列教材一共五本,涵盖创新思维与方法、课程组织与教学、教育技术与应用三方面,写作的基本原则是:突出基本原理、展示内在逻辑、阐述生动具体、方便教育教学,重点在于培养师范生创新精神,使师范生了解STEM、设计思维等创新教育新理念、新方法,运用快速成型技术、工程创意模型与机器人、游戏设计与开发等创新教育新技术、新手段与中小学教学及创新教育相结合。同时,系列教材也为中小学教师创新教育方法、提升教学能力、应用教育技术提供了有效支撑。

《STEM课程组织与教学设计》试图通过分析STEM课程组织方式,介绍中小



学校内 STEM 课程和校外 STEM 活动的设计方法，旨在使学生参与以活动、项目和问题解决为基础的学习，它提供了一种动手做的课堂体验。学生在应用所学到的数学和科学知识来应对世界重大挑战时，他们创造、设计、建构、发现、合作并解决问题。

《设计思维与创新教育》系统梳理“设计思维”方法和工具。“设计思维”(Design Thinking)作为一种创新方法，促进学生的创新思维能力、协作能力和解决问题能力的培养。在中小学教育领域，设计思维广泛应用于课程设计和教师教育等方面。

《快速成型技术及教育应用》又称快速原型制造技术。近几年快速成型技术作为一种新的学习工具，已广泛地应用于教育领域，并促进新的学习方式的产生和学科教学创新，对师范生和中小学教师学习相关技术起到了积极的促进作用，提供了新的探索可能。

《工程创意模型与机器人》是中小学生学习机械、电子、控制、机电一体化等知识、进行青少年科技创新活动的有效教学载体，也是开展创新教育和技术创新活动的常用工具。该书使师范生及中小学教师具备机械工程基础知识和基本实操能力，为开展跨学科课程、指导中小学生学习科技创新，提供知识和技能储备。

《游戏设计与开发》作为一种新型的教育和学习支持工具，能有效激发学生学习动机、促进学生的高阶思维发展、培养学生建立正确价值观。该书使师范生和中小学教师了解游戏设计和程序开发的基础知识，为师范生和中小学教师开展中小学信息技术教育、游戏化学习以及各学科信息化、游戏化学习资源建设，提供理论和技能支持。

本系列教材以问题为导向，阐述了 STEM、设计思维等创新教育新理念，有利于高等师范院校进行专业教育与就业教育的融合，为高等师范院校结合自身特色开展“双创”教育做出了新探索。由于我们率先开展高等师范院校师范生培养相关方面的系列教材编写，存在经验、能力不足的地方，敬请专家批评指正。

首都师范大学招生就业处

2018 年 6 月

「 前 言 」

快速成型技术又称快速原型制造技术，诞生于 20 世纪 80 年代后期，是基于材料堆积法的一种高新制造技术，被认为是近 20 年来制造领域的一个重大成果。它集机械工程、CAD、逆向工程技术、分层制造技术、数控技术、材料科学、激光技术于一身，可以自动、直接、快速、精确地将设计思想转变为具有一定功能的原型或直接制造零件，从而为零件原型制作、新设计思想的校验等提供一种高效、低成本的实现手段。

以 3D 打印、激光切割为代表的快速成型技术成为航空、汽车、医疗、电子、家电、军事装备、工业造型、建筑模型、机械行业等领域重要的生产方式。同时，3D 打印、激光切割作为一种新的学习工具，也广泛地应用于教育领域，并促进新的学习方式的产生。

本书以快速成型技术为背景，对 3D 打印技术、3D 建模技术、激光切割技术以及基于 3D 打印、激光切割技术进行课程设计等方面进行梳理分析，对我国高等院校师范生“双创”技能的提升具有积极的促进作用，并为我国中小学创客、STEM 课程设计提供参考。

全书共 5 章。第 1 章介绍快速成型技术；第 2 章介绍 3D 打印技术；第 3 章介绍 3D 建模设计；第 4 章介绍激光切割技术；第 5 章介绍课程设计理念及方法。

本书由首都师范大学教育技术系乔凤天老师主持编写，首都师范大学教育技术系吴陶老师和浙江大学工业设计产品创新工程中心张旭生老师参与编写。北京大学附属中学曹多莲老师、北京汇文中学马丽娜老师、清华大学附属中学李晟宇老师、克拉玛依青少年科技活动中心高国刚老师为本书提供了案例。全书由乔凤天老师修



改并统稿。

在本书编写过程中，作者参考了大量文献资料，使本书的结构更加合理，内容更加丰富，在此谨向有关作者表示衷心的感谢。

由于作者水平有限，书中难免存在不妥之处，恳请读者批评指正。

乔凤天

2018年5月26日

目 录



第 1 章 快速成型技术	1
1.1 快速成型技术概述	1
1.2 快速成型技术的教育应用及影响	2
1.2.1 快速成型技术的教育应用	2
1.2.2 快速成型技术对教育的影响	5
第 2 章 3D 打印技术	9
2.1 3D 打印概述	9
2.1.1 3D 打印技术原理	10
2.1.2 3D 打印机类型	13
2.1.3 打印设备测试	15
2.1.4 3D 打印机使用	17
2.1.5 3D 打印材料	18
2.2 3D 打印流程	22
2.3 3D 打印应用	27



第3章 3D 建模设计	30
3.1 3D 建模设计概述	30
3.2 3D 建模实践	34
3.2.1 制作轴零件	37
3.2.2 制作其他机械零件	41
3.2.3 制作水杯	49
第4章 激光切割技术	61
4.1 激光切割机	61
4.1.1 激光切割技术概述	61
4.1.2 激光切割系统	63
4.2 激光切割的应用	74
4.3 激光切割技术实践——制作礼盒	74
第5章 课程设计	83
5.1 产品设计类课程	83
5.1.1 产品设计	83
5.1.2 课程设计思路	88
5.1.3 课程案例	93
5.2 学科类课程	106
5.2.1 学科应用	106
5.2.2 课程案例	109
附件 学习资源	122
后记	124

第 1 章 快速成型技术

1.1 快速成型技术概述

快速成型 (Rapid Prototyping, RP) 是 20 世纪 80 年代末期开始商品化的一种高新制造技术,它是集计算机辅助设计 (Computer Aided Design, CAD)、计算机辅助制造 (Computer Aided Manufacturing, CAM)、3D 打印技术、激光加工技术、数控技术和新材料等技术领域的最新成果于一体的零件原型制造技术^①。快速成型不同于传统的用材料去除方式制造零件的方法,而是用材料一层一层积累的方式构造零件模型。它利用所要制造零件的三维 CAD 模型数据直接生成产品原型,并且可以方便地修改 CAD 模型后重新制造产品原型。由于该技术不像传统的零件制造方法需要制作木模、塑料模和陶瓷模等,可以把零件原型的制造时间减少为几天、几小时,明显缩短了产品开发周期,减少了开发成本。随着计算机技术的快速发展和计算机三维辅助设计软件 (CAD) 应用的不断推广,越来越多的产品基于三维 CAD 设计开发,使得快速成型技术的广泛应用成为可能。快速成型技术已广泛应用于航空航天、汽车、通信、医疗、电子、家电、玩具、军事装备、工业造型 (雕刻)、建筑模型、机械行业等领域。它具有如下优势^②。

① 金杰,张安阳. 快速成型技术及其应用 [J]. 浙江工业大学学报, 2015, (10): 592-604.

② 王运贇. 快速成型技术 [M]. 武汉: 华中理工大学出版社, 1999.



1. 设计者受益

应用快速成型技术,设计者在设计的最初阶段,就能拿到实在的产品样品,并可在产品最终走向市场的不同阶段快速地修改、重做样品,甚至做出试制用工模具及少量的产品,进行试验,据此判断有关上、下游的各种问题,从而为设计者创造了一个优良的设计环境,无须多次反复思考、修改,即可尽快得到优化结果。因此,快速成型技术是真正实现并行设计的强有力手段。

2. 制造者受益

制造者在产品设计的最初阶段,可通过这种实在的产品样品,甚至试制用工模具及少量的产品,及早地对产品设计提出意见,做好原材料、标准件、外协加工件、加工工艺和批量生产用工模具等准备,以减少失误和返工、节省工时、降低成本和提高产品质量。因此,快速成型技术可以实现基于并行工程的快速生产准备。

3. 推销者受益

推销者在产品设计的最初阶段,能借助这种产品样品,甚至少量产品,及早并实实在地向用户宣传、征求意见,以准确地预测市场需求。因此,快速成型技术的应用可以显著地降低新产品的销售风险和成本,明显缩短其投放市场的时间和提高竞争能力。

4. 用户受益

用户在产品设计的最初阶段,也能见到产品样品,至少少量产品,这使得他们能及早、深刻地认识产品,进行必要的测试,并且提出意见。因此,快速成型技术可以在尽可能短的时间内完成产品的原型制造。

1.2 快速成型技术的教育应用及影响

1.2.1 快速成型技术的教育应用

以 3D 打印、激光切割为代表的快速成型技术,广泛地应用于教育领域。2013 年版的《地平线报告》更是将 3D 打印的教育应用列入了“待普及”的新技术清单。

在高等教育领域,3D 打印广泛应用于工业设计、医学、艺术设计、考古等学科的

教学及科研中。格里菲斯大学的产品设计专业将 3D 打印作为一种学习策略融入设计教育中。2013 年, 格里菲斯大学的一名硕士研究生对生物材料的使用产生了兴趣, 为一颗受损的心脏设计支架。这个支架是 3D 打印出来的, 可以让患者自己的细胞在周围生长^①, 如图 1-1~图 1-3 所示。华盛顿大学的教师在 2012 年的设计入门课程中使用 3D 打印机作为学习环境, 由学生扫描实物或自己设计出物品, 打印出原型, 并在此基础上试验和改进。福赛大学的学生使用该技术制作 3D 漫画人物, 利用三维软件设计人偶并打印出塑料模型。

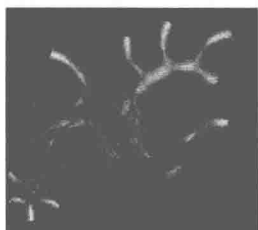


图 1-1 心脏激发模型

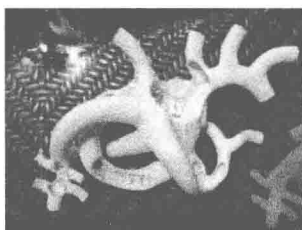


图 1-2 3D 打印心脏模型



图 1-3 心脏支架原型测试

美国弗吉尼亚大学的学生通过 3D 打印技术制造出一架模型飞机并成功试飞, 飞机的所有零部件都是通过 3D 打印制造的。美国科罗拉多州立大学工程系工程教育实验室利用金属黏土 3D 打印机制造金属物体, 通过 3D 打印技术对塑料和金属进行拉伸试验, 如图 1-4 和图 1-5 所示。

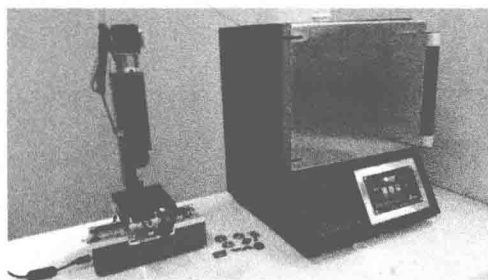


图 1-4 金属黏土 3D 打印机

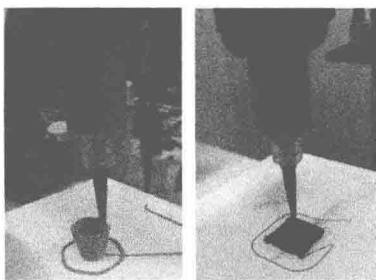


图 1-5 可重复使用的造型黏土

美国国家科学基金会 (NSF) 的数字图书馆项目提供了很多 3D 动物和器官结构模型, 包括无脊椎生物和脊椎生物, 很多是已灭绝的生物。该项目的参与者利用

^① Loy J. ELearning and eMaking: 3D printing blurring the digital and the physical [J]. Education Sciences, 2014, (4): 108-121.



三维扫描并打印复制古人类化石。美国哈佛大学博物馆的研究人员也在利用计算机为收集到的残缺古代器具、化石等建立模型,然后用 3D 打印出复制品^①。美国得克萨斯大学的教师 Chivers M 将 3D 打印工艺应用于玻璃艺术的创作,如图 1-6~图 1-8 所示。

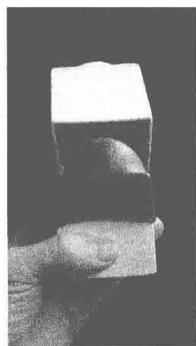


图 1-6 3D 打印模型

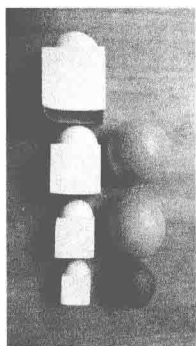


图 1-7 系列模型

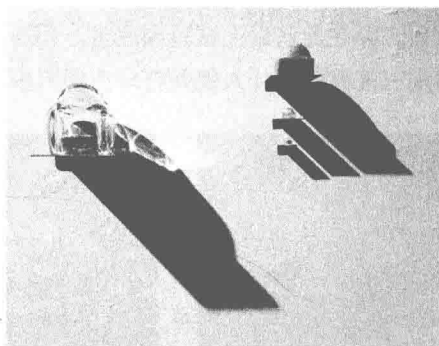


图 1-8 最终作品

激光切割技术也广泛应用于高等教学。湖南大学建筑学专业以激光切割机为工具的模型输出,结合大跨度建筑设计的特点,启发学生开展设计构思。北京大学主干基础课“结晶学与矿物学的实验教学”,采用桌面型 3D 打印机进行实体成型,利用激光切割机雕刻切割晶体资料链接页面的二维码,并镶嵌在对应晶体模型中。美国佐治亚理工学院将 3D 建模、激光切割、数控工具等应用于设计教学中,如图 1-9 和图 1-10 所示^②。

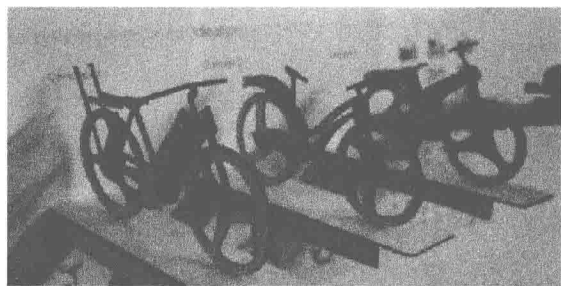


图 1-9 激光切割模型

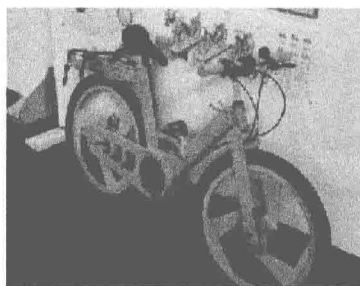


图 1-10 数控加工的全方位原型

① 李青,王青. 3D 打印:一种新兴的学习技术 [J]. 远程教育技术, 2013, (4): 29-35.

② <http://www.shejipi.com/31505.html>.



在基础教育领域,英国教育部及相关组织机构于2012~2013年实施了为期一年的探究3D打印技术在学科教学创新中的应用,该项目不仅取得了实质性教学应用成果,而且推动了3D打印技术在教育领域中的应用。3D打印技术在英国中小学不同学科教育中均有应用^①。在科学教学中,3D打印技术支持学生通过观摩教师利用3D打印机打印的模型来获得相关知识内容,有助于发展他们的观察能力、分析能力以及理解力,如图1-11所示。例如,“科学”学科教师可以利用3D打印机打印眼球模型,帮助学生理解有关眼球结构、功能等知识。此外,3D打印技术支持学生在教师协助下主动构建3D模型,并对相关知识进行深度学习,提升他们探究事物本质、规律的能力。例如,科学教师可以组织学生在3D打印技术环境下讨论塑料的性能,也可以利用3D打印机协助学生构建分子、细胞甚至正弦波等模型。在数学教学中,3D技术可以通过演示和协同构建两种方式帮助学生突破数学学科教学难点,为学生理解和掌握数学抽象概念、探究数学规律提供了可靠的技术支持,促进教学目标的实现,如图1-12所示。在“设计与技术”学科教学中,3D技术可以通过创造与设计促进教学目标的实现以及跨学科知识的贯通,而且就如美国温莎男子学校的“设计与技术”(Design and Technology, DT)课程负责人认为的那样,熟悉3D打印设计流程(计划、设计、制造和评估)的学生能够利用3D打印来缩短“制造”阶段的时间,使打印机在“打印”产品时更快。这意味着学生可以将更多的时间和精力分配到产品的“设计”上,发展他们的创新思维,如图1-13所示。

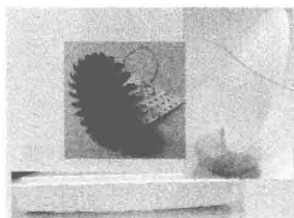


图 1-11 3D 打印应用于
科学实验

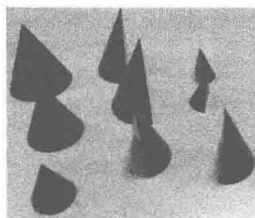


图 1-12 理解数学
概念面积与体积

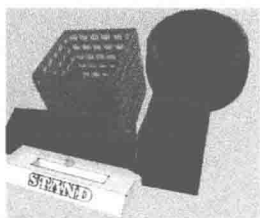


图 1-13 DT 项目
“父亲节礼物”

1.2.2 快速成型技术对教育的影响

1. 提升学习主动性

3D技术可以作为动力激发工具和支持创新设计的技术工具应用到教学活动中,

^① 李柯影, 郑燕林. 3D 打印技术在中小学教学中的应用 “以英国中小学课堂引进 3D 打印技术项目为例” [J]. 现代教育技术, 2015, (4): 108-114.