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**

**作者简介：**李柯影，东北师范大学计算机科学与信息技术学院硕士研究生，研究方向为现代远程教育，Email:liky086＠nenu.edu.com；郑燕林，东北师范大学计算机科学与信息技术学院（吉林 长春 130117）。

**内容提要：**3D打印技术基于“设计即生产”的基本理念，通过支持学生在学习过程中的深度体验与参与发展学生的创造性思维和跨学科思维，同时也有助于提升学生的实践能力。该文主要分析英国中小学在学科教学中引入3D打印技术的目标指向、应用方式，并分析影响3D打印技术在学科教学中有效应用的相关因素，为探索教师在学科教学中适当应用3D打印技术提供参考。

**关 键 词：**英国 3D打印技术 学科教学 创新设计 体验式学习

　　3D打印技术以计算机辅助设计(CAD)软件生成的或通过实体扫描设备扫描实物所获得的数字模型文件为基础，运用粉末状金属或塑料等可粘合材料，通过“积层造型法”逐层打印材料层创建物体，主要用于原型设计以及组件或产品的制造[1][2]。3D打印技术实现了“设计即生产”的创想，具有快速生成的特点，不但能够实现从零件设计到整体设计的跨越，而且所“打印”的产品，较之传统方法所生产的产品具有更强的稳固性、更精密的结构，支持更有创意的设计与生成，因此近年来在机械制造、生物医药、建筑设计、艺术创造等多个领域受到越来越多的关注[3]。

　　虽然3D打印技术在上述多个领域的应用受到关注，但目前针对3D打印技术在基础教育领域深入应用的系统研究相对较少。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，为更多学校引进3D打印技术，变革教与学的模式起到示范与引领作用。本文结合英国3D打印技术教学应用案例，深入分析3D打印技术在英国中小学教学中应用的目标指向、应用效果及影响因素，探究3D打印技术在教学应用推广时需要注意的问题，希望为学校教育引入3D打印技术提供一定的参考。

**一、3D打印技术在英国中小学教学中应用的目标指向**

**1.指向提升学生的学习主动性、培养学生的创新思维**

　　基于对3D打印技术本身特性的把握，发现该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，促进学生学习主动性的提高和学生创新思维的培养。

　　一方面，3D打印技术本身的功能特性以及对学习活动的支持作用决定了其作为技术支持工具对提升学生学习主动性有积极影响。首先，3D打印技术作为一种新型技术，其新颖性更加容易引起学生参与基于该技术的学习活动的好奇心和兴趣，激发他们主动参与学习活动的动机。其次，3D打印技术的独特功能——快速打印模型或实物，支持并激励学生主动参与打印活动。学生可以利用3D打印机将自己的创新设计或想法以可视化方式呈现给教师和其他学习者，由此获得的成就感，不仅会促使学生更加积极主动地参与学习活动，而且会激励他们主动参与创新设计。第三，3D打印技术支持的学习活动有助于体现学生作为学习活动主体主动参与学习的重要性和价值，进而促进学生主动参与学习活动。基于3D打印技术的学习任务，需要学生主动分析打印任务、参与计划与决策、参与创新设计原型，这种主体意识和被需要的感觉让学生意识到自己在学习过程中的重要性和价值，促使学生更加主动地参与到打印活动中。

　　另一方面，为保证学生主动参与并有效进行学习活动，英国教育研究者认为在3D打印技术快速打印实物功能的支持下，学生可以将时间和精力集中在创新设计环节，有助于创新思维的培养。创新启于格物致知，创新思维启于透彻地分析打印任务和丰富的实践经验，是进行创新设计、打印出创新性个性化作品的基础和源泉。学生通过主动参与创新设计、全面细致地分析打印任务，充分发挥想象力和创造力，最终打印出个性化的作品。

**2.指向探索新的教学方法**

　　英国3D打印技术在学科教学中的应用项目是在“人类可以通过制造和分享过程产生学习”理念指导下开展的学科教学创新探索项目[4]。该理念的核心是“制造”和“分享”，强调在真实情境中通过体验式学习与探究式学习是获得知识并实现学以致用的有效方式。所以，教师借助3D打印技术可以为学生创建“体验式学习中心”，这同时也是一个知识运用空间，学生需要主动参与到真实的实践活动中，并通过亲自动手操作获得直接的学习体验，提高解决问题的知识与技能水平。在3D打印技术支持下的体验式学习中心从学习内容、学习方式上都有所突破。

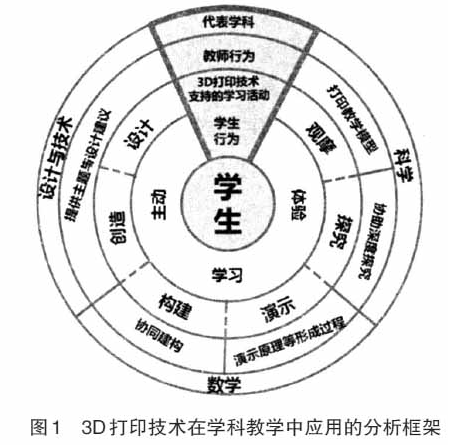
　　“体验式学习中心”的学习内容可以是一个专题的探究学习，也可以是单一知识或问题的学习与探究，还可以仅是一个创意的实现，甚至是这三者的交叉融合。在专题探究学习活动中，教师需要给学生提供一个主题及其设计纲要，并期望学生能对该设计做出自己的选择，主动地进行学习和探究。学生在专注于研究主题的同时，会自然地将3D打印机作为学习或探究内容的一部分。针对后两种学习内容，学生可以利用3D打印机将一个想法变成现实，将一个知识或问题以可视的打印作品呈现，有助于个性化和创新思维的发展。例如，沃特福德男子文法学校(Watford Grammar School for Boys)的学生打印出各种代数方程的3D图形[5]。

　　“体验式学习中心”的学习方式可以是协作学习，也可以是自主学习，前者是实现“共享”理念的有效方式，而后者在实践中已经证实了3D打印技术对学生个性化学习起着重要的支持作用。在2012-2013年英国3D打印技术走进校园项目研究中发现：基于3D打印技术的自主学习能改善学习效果并伴随产生其他更广泛的利益。例如在物理和数学学科教学中，教师非常希望能成功地使用打印机来促进学生思考、推理和理解学科教学知识，并且开展学生为主导的实验。这种自主学习方式更大程度地将学习的主动权交付学生，让学生在3D打印技术支持下进行自主学习，将知识学以致用。这种突破性的新教学方法，不仅有利于学生个性化发展，而且有助于学生创新思维的培养。

　　通过身临其境地制造和分享所产生的学习行为，对学习或知识获得具有实际效益，而且3D打印技术是为教师和学生提供体验式学习机会、为学生创建知识运用空间的重要支撑技术。体验式学习让学生更容易理解知识的内涵，在实践中有效应用知识是强化知识、体现知识的价值。这种新的教学方法，有利于促进学生主动参与学习与探究活动，培养学生的协作意识以及发展学生的创新思维和自主学习能力。

**二、3D打印技术在英国中小学不同学科教学中的应用**

　　3D打印技术在英国中小学不同学科教学中的应用，多角度展示3D打印技术在促进学科教与学的功能的优势和应用方式，为优化技术与学科知识的整合提供可借鉴的观点与方法，为实现学科教学目标以及突破学科教学难点提供策略。笔者基于对3D打印技术功能性特点和学科教学目标、特点等的考虑，总结出3D打印技术在学科教学中应用的分析框架(如图1所示)。



**1.在“科学”学科教学中的应用**

　　“科学”学科的教学内容涉及生物、化学和物理三方面的知识，其教学目标是通过学习与探索生物、化学和物理的基础知识，发展学生对科学本质、过程和方法的理解力，并通过不同形式的科学调查，帮助他们回答现实生活中的科学问题，提高科学素养[6]。

　　基于对3D打印技术功能特性与“科学”学科教学目标及特点的关联与分析，发现该技术可以观摩和协助探究两种方式促进学科教学目标的实现。首先，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。比如“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构造、功能等知识。其次，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。如“科学”学科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[7]，学生在构建过程中可以通过研究这些数字模型文件的数据信息进行深度学习与探究，最终获得相关知识。当然，在项目中该学科的打印活动大部分依靠如Thingiverse等提供设计文件网站所共享的3D模型源数字文件。

　　3D打印技术通过提供观摩与协助构建这两种技术使用方式，为学生在“科学”学科学习中营造体验式的学习空间，促使学生获得更加直接的学习体验。学生通过主动进入该学习空间，获取空间中所展示和隐藏的知识，探究事物本质、过程和变化规律等，提高科学理解力、探究能力以及科学素养。观摩与协助构建体现了3D打印技术作为教学工具与学习工具应用到“科学”学科教学中的功能优势，对拓展教学工具的广度、挖掘教学工具深层内涵有重要意义。

**2.在“数学”学科教学中的应用**

　　中小学“数学”学科的培养目标是通过频繁的计算、推理、演示等教学活动，促进学生对数学基本概念和原理的理解和应用，培养学生推理能力和问题解决能力[8]。“数学”学科的教学难点是将抽象的数学概念或规律以简单可视化方式呈现给学生，促进学生理解和掌握。

　　基于对3D打印技术功能特性与“数学”学科教学目标、特点及难点的关联与分析，发现该技术可以通过演示和协同构建两种方式帮助突破数学学科教学难点，促进教学目标的实现。一方面，3D打印技术为教师演示数学抽象概念或规律形成过程提供技术支持。比如立体几何中关于毕达哥拉斯定理(勾股定理)和三角法的教学，一般停留在平面演示、想象、计算、推理的层面，但在3D打印技术支持下，教师可以利用3D打印机轻松简单地构建立体几何体，使该定理的推理演示过程更加直接地呈现给学生，促进学生从形象的实物和过程演示、推理中理解并掌握数学抽象概念和知识，而且有助于提升学生的立体空间感。另一方面，3D打印技术支持学生协同构建或探究数学规律。例如，沃特福德男子文法学校(Watford Grammar School for Boys)六年级组教师和学生协同研究与抛射体速度、高度和距离相关的微积分[9]。首先，他们利用3D打印机产生一个支持内部弹射器的联结，然后再利用3D打印机为这个项目生产一系列的抛射体。在实验中，学生可以通过立体多角度的观察物体运动与变化规律，促进他们对微积分知识的深度理解和掌握。此外，该校学生还打印出各种代数方程的3D图形，帮助理解代数方程的内涵。

　　3D打印技术通过演示和协同构建两种技术使用方式，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。同样，教师可以借助3D打印机以立体简易化方式呈现数学概念或规律，有助于提升学生对抽象知识的理解度和掌握度。演示与协同构建体现了3D打印技术在“数学”学科教学中的应用对拓展教学工具深度的意义。第一，在知识展示方面。以往的学习内容大多基于二维平面进行展示，除非一些需要学生亲自操作的实验活动，否则都是依靠想象、理解或死记硬背的方式来获取知识。利用3D打印技术可以将概念和知识立体化、具体化、可视化，帮助学生摆脱对抽象概念和知识的空想，促进他们全面理解知识并激发他们的求知欲。第二，在知识实践方面，3D打印技术支持学生的创造活动，并能快速物化设计，既促进了学生主动参与学习活动，也有助于学生将理论知识与实践相联系。

**3.在“设计与技术”学科教学中的应用**

　　“设计与技术”学科是一门具有启发性、严谨性和实用性特点的学科，更是一门综合性学科。该学科的教学培养目标是通过组织和引导学生使用创造力和想象力设计并制造出能够解决各种情境下的现实及相关问题的产品，同时也考虑产品使用者的需求、愿望以及价值观；通过支持学生独立完成简单的设计与制造工作，提升其参与“设计与技术”学习活动的自信心，促进创造性专业技能的获得；通过批判、评估和测试他们的想法或产品，理解和应用相关项目学习事项、技能和流程[10]。

　　基于对3D打印技术功能特性和“设计与技术”学科教学目标和特点的关联与分析，发现该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融会贯通。第一，3D打印技术为教师和学生发挥想象力和创造力等创造性活动提供便捷性的技术支持。师生利用CAD等计算机辅助设计软件充分发挥想象、联想能力设计出3D立体数字模型，再使用3D打印机将模型实体化。第二，该技术为师生制造实用性产品提供技术保证。由于该学科特别注重产品的实用性，所以3D打印技术支持的教学活动不仅需要学生系统地考虑、细致地分析打印任务，并通过迭代完善工作创造出实用性强且质优的产品，而且要尽量节省生产原材料、保证高精度和高坚固性，为实际实施提供质量保障。比如在桥梁工程学教学中，学生可以利用3D打印机打印出桥梁模型，通过力学测试来及时发现并改进桥梁稳固性、规模等问题，为实际施工做足准备。第三，该技术为跨学科知识的综合运用提供桥梁。例如在Cramlington学习村庄[11]，学生在学习工程课程时，除了需要学习生产技能相关知识外，还包括物理、数学等方面的知识。比如学生在创造和生产椅子的过程中，首先需要考虑椅子的平衡性，防止打印过程中出现斜倒、扭曲的状况；其次要考虑椅子的承重力，防止先打印出来的部分被后打印的部分压挤变形；最后还需通过成本评估确保物有所值。可以看出这个过程不仅涉及有关生产过程的技术知识，而且涉及有关于椅子的稳定性、承受力以及平衡性等物理知识，还涉及用三角法来计算椅子的后视角、用软件绘制坐标等数学和软件操作知识。

　　3D打印技术通过创造与设计这两种技术使用方式为学生获得并应用知识提供可靠、便捷的技术支持，实践了“设计是重点，生产不是问题”的新思想，在提升学生分析、设计、评估、实践和创造能力,促进学生的分析性思维与创新性思维以及系统思维发展,提高现实中建造高质量的工程提供保障,并切实地实现了利用技术辅助工程设计等方面有重要实际意义。而且就如温莎男子学校(The Windsor Boys' School)的DT负责人[12]认为，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打印机来缩短“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。此外，目标指向中提到的“体验式学习中心”，更多地发生在“设计与技术”学科教学过程中。

**三、影响3D打印技术在英国中小学教学中应用的因素分析**

　　通过对2012-2013年英国开展的3D打印技术进入学科教学项目的分析，总结出成功背后的影响因素有以下几个：

**1.教师对3D打印技术的教学应用持积极的态度**

　　正如许多参与项目的老师说，他们只花几个月的时间就能足够熟练地使用打印机和相关软件，并且能在教学中成功而自信地使用。在实践教学中表明，自信的教师在使用3D打印技术时要比那些相对孤立且不能坚持解决委托或获得持续支持的教师更得心应手，因为他们有着对主题探究的热情和敢于实验与创新的胆量。正所谓“心之所向，身之所往”。当教师憧憬并相信3D打印技术具有促进教与学的潜能，便会致力于技术与教学的有效整合，探究创新教学方法，最终获得成功的经验和有效的技术应用策略。

**2.教师与教学支持人员的通力协作**

　　英国3D打印技术在中小学学科教学中应用项目，是由教育部、物理学会、全国数学教师理事会(NCETM)、3D打印机厂商、学校等合作进行的。其合作的目的有三个：一是确保教学中所选择的软件是适合跨学校、跨科目的；二是提高各种资源的有效利用率，包括各学校的教师资源、技术资源；三是促进交流与共享技术应用经验。技术与教学整合需要投入大量的时间、精力和人力。例如参与项目的Highworth女子文法学校有成功的案例，该校的DT老师和物理技术人员密切合作，共同设计一组可以通过金箔模拟阿尔法粒子的散射的设备。所以，教师与教学支持人员，包括专业技术人员、3D打印机厂商、同一学科或不同学科的教师之间的通力协作是推动探索技术促进学科教学的持续动力。

**3.必要的软硬件环境建设**

　　(1)软件

　　项目组织者和支持者为教师和学生提供使用设计软件的专门培训，而且尽可能选择容易上手且免费的设计软件，比如很多学校选择使用的免费Sketchup(草图大师)。基于该类设计软件的数字设计模型是3D打印机打印产品的源文件。该文件在打印输出时，通常是一个.stl文件，然后送入第二层软件并生成打印机指令(G code)，该指令唯一指向于一个特定的打印机。.s3g文件格式的G代码通过SD卡输入打印机。打印项目中Makerware和复制因子G计划通常被用于生成G代码[13]。数字设计模型可以从如Thingiverse等免费网站下载，这有助于入门打印机操作的学习。

　　(2)3D打印机

　　从英国3D打印技术应用到学科教学的项目经验分享中可以看出，3D打印机的选择关系着能否有效使用打印机并将其优势功能发挥到最大化。需要从以下几点考虑：第一，要考虑3D打印机的使用者和使用目的。若是教师使用3D打印机打印教学模具，优先考虑打印机的速度和质量；若是学生利用该技术制作模型，则还需要考虑其易用性、耗材和成本。第二，要考虑打印机本身的一些因素，比如打印速度、打印机文件传输接口、与学校操作系统和网络的兼容性以及质量和售后支持等。第三，要重视打印机所置放位置和环境，防止拖拉或移动，避免要打印出来的物体出现干燥和翘曲等问题。所以，学校或者教师在选择和使用3D打印机时需要全面且慎重考虑。

**4.对应用过程提供系统的支持**

　　(1)来自学校管理层的支持

　　参与项目的大多数学校里的领导教师都是具备专业计算机辅助设计能力的设计与技术专家，他们通过“低干涉”管理让学科教师更专注于技术使用方法和教学目标实现途径，这不仅为学校师生提供财政支持以及他们创新使用3D打印机的视角，而且在鼓励和支持教师使用新的、不熟悉的技术，组织并建立强大的人才团队以及给学生传授他们的技术知识等方面也起着积极作用。

　　(2)对应用3D打印技术的教师团队进行专门的培训

　　学校管理者与相关技术专家在学校引入3D打印技术后需要对校内拟在教育教学中的应用3D打印技术的教师进行专门的、系统的培训。培训初始期间，3D打印技术的使用轻松实现教师、技术工作人员和学生的一些大胆创新性想法，进而激发他们对技术持续探索的热情。而且，跨部门在使用相关软件时证明专门的培训和持续的支持对技术使用与推广起着至关重要的作用，因为没有经验的教师必须花一段时间来提高使用打印机和应用设计软件的能力。

　　培训课程一般包含为教师提供3D打印机项目基础内容和实践机会，组织讨论会分享使用3D打印机的经验想法等活动。此外，教师需要花费正常教学以外的时间和精力来巩固编程技术和CAD专业技术，以保证熟练使用3D打印机并充分发挥3D打印机的功能。

**四、结束语**

　　2014年地平线报告中将3D打印技术应用划为2-3年的中期计划，报告中指出3D打印技术对教学和学习有很大的潜在价值[14]。3D打印技术将无形的思想与设计有形化，通过提供观摩与探究、演示与构建、创造与制造等技术支持，为学生搭建一个知识运用空间，创造一个体验式学习中心，充分体现学生作为学习活动主体性的原则，有助于培养并发展学生的成功智力，即分析性智力、实践性智力和创新性智力。

　　3D打印技术在英国中小学学科教学中取得比较明显的应用成果，并且由此总结了相应的学科教学应用模式，不仅开启3D打印技术促进教与学的探索，而且有望为其他国家或地区的学校引入该技术提供成功的案例和有价值的指引。但从项目试点学校反馈中可以发现在实践过程中存在一些问题，比如打印复杂模型时耗时、耗力的问题，网络软件与打印机接口契合的问题，教师和学生熟练使用3D打印机的问题等。如何将3D打印技术恰当有效地应用到学科教育中以优化教与学活动过程，提升教学质量，仍然是教育研究者值得探索的问题。

**参考文献：**

　　[1][13]Dimitrov D,Schreve K,de Beer N.Advances in three dimensional printing-State of the art and future perspectives[A].10th European Forum on Rapid Proto-typing and Manufacturing[C].Paris,France Sep,2004.

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

　　[3]王萍.3D打印及其教育应用初探[J].中国远程教育，2013，(8)：83-87.

　　[4]3D打印技术在英国学校试点[EB/OL].http：//www.zhizaoye

　　.net/3D/dong/2013-01-04/20495.html.

　　[5][7][9][11][12]Department for Education.3D printers in schools:Uses in the curriculum[EB/OL].https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\_data/file/251439/3D\_printers\_in\_schools.pdf.

　　[6][8][10]Department for Education.National curriculum in England:Science programmes of study[EB/OL].https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\_data/file/239132/PR

　　IMARY\_national\_curriculum\_Science.pdf.