Contents lists available at ScienceDirect

Engineering

journal homepage: www.elsevier.com/locate/eng

News & Highlights

3D 打印技术在多个领域取得进展

Chris Palmer

Senior Technology Writer

3D打印概念成为主流已近40年，倡导者称赞这项技术是“制造业的未来”(future of manufacturing)。现在，3D打印的打印速度和规模得到极大提高，生物医学应用范围也逐步扩大。近年来，这些进步均证明了3D打印技术正越来越靠近人们对它的预设。

当今最常见的3D打印种类，即增材制造，使用光线将液态塑料树脂逐层固化为固体。这个过程通常比较慢，制造手持设备常常需要大半个下午。此外，各层之间的接口往往比较脆弱，成品结构易碎。因此，3D打印并没有取代传统的制造过程，而是和一些非常特殊的用途联系起来。美国伊利诺伊州埃文斯顿西北大学工程学教授Chad Mirkin表示:“在很大程度上，3D打印主要局限于原型设计，因为它速度慢、产量低、产品结构不稳定。”

大约5年前，美国北卡罗来纳大学的工程师发明了一种新型的3D打印技术，即“连续液体界面生产”(CLIP)，与同类技术相比，这种技术的生产速度提高了100倍[1]。这项技术获得极大的进步。位于美国加利福尼亚州雷德伍德市的一家名为Carbon公司获取了该项技术，该公司采用了一种半渗透窗，可以将氧气注入液体树脂，从而形成一种能防止固化的薄的“死区”(dead zone)。在该区域上方，光线将树脂固化成固体。机械臂缓慢地将不断增长的固体从树脂中拉出，使其他材料得以固化和黏附，这种技术无需一系列层合界面，因此产品更加坚固。

尽管CLIP的速度提高备受关注——Carbon公司已与福特汽车公司、阿迪达斯体育用品公司和里德尔体育公司达成协议，分别为它们生产汽车零件、运动鞋底和橄榄球头盔[2]——但其固化过程会释放出大量热量，这可能导致打印的零件翘曲和破裂。为了散热，打印的成品尺寸实际上被限制为25 cm×25 cm×41 cm。

Mirkin说:“Carbon公司证实了3D打印可被用于制造业，而且他们在许多行业做得都非常好，但是他们还没有找到快速打印大型物体的方法。”

在2019年年末，Mirkin的团队宣称其开发了一项名为“高面积快速打印”(HARP)的新技术，该技术使液体冷却剂在一桶液态树脂下面循环[3]。冷却剂是一种氟化油，在打印时会直接从正在打印的物体上吸走热量，从而使它们在短短几个小时内就可以达到成年人的尺寸(图1)。Mirkin将使用多台投影仪发出的光进行打印的方法称为“平铺”(tiling)工艺，其打印尺寸可以达到约1 m×1 m×4 m。将来，其他投影仪可使HARP能够制造更大的物品。“从理论上讲，平铺工艺消除了尺寸限制，”Mirkin说。

为了使HARP商业化，Mirkin和同事成立了Azul 3D公司(位于美国伊利诺伊州斯科基市)，该公司预计在2021年年底前开始销售打印机。Mirkin希望HARP能改变3D打印的商业模式。“几乎所有的3D打印公司都必须从他们的硬件上获得可观的收入，因为他们根本没有使用足够的树脂来使此项技术具有良好的商业模式。”他表示，“借助HARP，该公司不需要仅依靠销售硬件来获得收入，因为他们还可以通过销售生产大量零件所

2095-8099/© 2020 THE AUTHORS. Published by Elsevier LTD on behalf of the Chinese Academy of Engineering and Higher Education Press Limited Company.
This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).
英文原文: Engineering 2020, 6(6): 590–592
引用本文: Chris Palmer. 3D Printing Advances on Multiple Fronts. *Engineering*, https://doi.org/10.1016/j.eng.2020.04.005

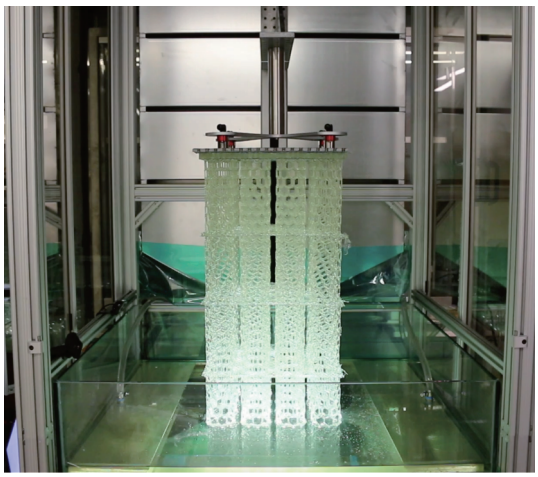

图1. 一种名为HARP的新型3D打印技术，该技术使一层液态冷却剂在一大桶液态树脂下面循环，从而消除物体打印时随着体积不断扩大而产生的热量，使它们在短短几个小时内就可以达到成年人的尺寸。这款HARP打印机高约4 m，带有0.76 m×0.76 m的打印床，可以打印一个大型的连续结构或许多不同的小型结构。来源：美国伊利诺伊州埃文斯顿西北大学（新闻稿）。

需的树脂来赚钱。这样，由于初始硬件成本几乎变得无关紧要，所以HARP降低了进入门槛。”

在另一个快速发展的领域，3D打印技术正显示出其在处理微小物体方面的潜在价值。将传统3D打印机中使用的“墨水”（塑料、聚合物和金属合金）换成嵌入生物介质中的活细胞，这项技术将成为生物医学应用的一个有趣工具，未来有可能被用于制造替代组织。3D生物打印已被用于制造简单的组织，如皮肤、软骨和部分心肌。随着技术的进步，3D生物打印可能会被用于制造更复杂的器官，如视网膜、肾脏和肺[3]。主要的挑战包括组成器官的各种各样的细胞类型，以及需要提高足够的分辨率来打印输送氧气和清除废物的微小血管。

“我不知道我们能否达成这个目标——有各种不同的细胞类型和维持它们存活所需的血管系统，器官实在是太复杂了。”美国明尼苏达州明尼苏达大学机械工程学教授Michael McAlpine说，“我们一直以来的错误在于试图完全复制生物学。也许通过聚合物和电子技术，你可以制造出一个能像肝脏一样工作的设备，但实际上该设备比大自然创造出来的要好得多。”

然而，3D生物打印已得到了更直接的应用，其中包括药物发现和消费品测试[4]。在McAlpine的许多项目中，有一个可用于脊髓再生的3D打印设备[5]和嵌入有可监测患者生理和生化标志物的传感器的电子纹身[6]。

虽然3D生物打印主要集中在很小的领域，但是美国得克萨斯州的创新者正在使用超大规模的3D打印来建造房屋（图2）。位于得克萨斯州奥斯汀市的建筑技术公司Icon开发了一台名为Vulcan II的3D打印机，该打印机可以在大约24 h内打印37 m^2的两居室房屋的墙壁。Vulcan II是专门为偏远农村的房屋建造而设计的，由于有限的资源、无法预测的天气以及不稳定的电源，使用传统的建筑方式几乎是不可能完成房屋建造的。这台高3.5 m、重1725 kg的机器连续堆积了一层高2.5 cm、宽5 cm的被称为“lavacrete”的可延展型混凝土基线材料，并将其硬化成墙（图3）[7]。

Icon公司目前正在51英亩（注：1 acre = 4046.873 m^2）土地上为美国奥斯汀东北部地区的无家可归者打印数十套房屋，并为墨西哥塔巴斯科小镇约50个家庭提供房屋[7]。虽然Vulcan II减少了建造房屋的工作量，但建造过程并非一步到位，工人仍然需要打下地基并安装屋顶。3D打印房屋除了能节省时间外，与其他低成本住房相比，它还能够打印平滑曲线和倾斜墙壁以实现其更自由的设计。

图2. Icon公司（位于美国得克萨斯州奥斯汀市）的Vulcan II 3D打印机堆积了一层大约2.5 cm×5 cm的名为“lavacrete”的混凝土基线材料，建造了如图所示的37 m^2房屋的墙壁，花费了约24 h。来源：Icon公司（新闻稿）。

图3. Icon公司的Vulcan II 3D打印机位于三个结构的最末端，该打印机在美国得克萨斯州奥斯汀市的一个地基上创建了三座37 m^2房屋的墙壁，这些房屋的平面图各不相同。来源：Icon公司，已获许可。

在另一项大规模应用中，总部位于美国加利福尼亚州洛杉矶市的Relativity Space公司开发了一种名为“Stargate”的3D打印机（图4），用于建造几乎不以地面为基础的物体，即30 m高的火箭飞船。Relativity Space公司计划用3D打印技术打印第一枚火箭的整个生产线，即Terran-1，但不包括电子设备、电缆和少量活动部件[8]。相比之下，SpaceX、Blue Origin和其他公司也使用3D打印技术，但仅用于生产部分零件[8]。Relativity Space公司与许多卫星运营商签订了发射有效载荷的合同，并同意他们使用美国国家航空航天局位于密西西比州汉考克县的John C.斯坦尼斯航天中心的两个测试设施。该公司还获得了从美国佛罗里达州卡纳维拉尔角空军基地的“Launch Complex-16”发射“Terran1”火箭的权利，其中第一枚火箭有望在2021年发射[9]。

尽管火箭通常由数千个单独的零件组成，但Relativity Space公司设计的零件却合并了一些部件，这些部件通常是被分开制造然后组装的。所以，他们的火箭零件数量将是同类火箭的零件数量的1/100。更少的零件意味着更少的接口和更少的出错机会。此外，尽管大多数制造商必须重新配置其设备以制造额外的硬件，但Relativity Space公司只需要在打印机软件中运行一个新程序即可创建下一个零件。而且与传统的火箭制造相比，该公司的3D打印机进行设计更改也更容易且成本更低[10]。

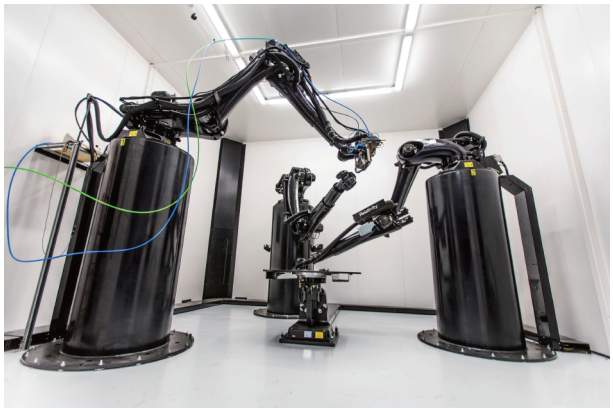

图4. Relativity Space公司（总部位于美国加利福尼亚州洛杉矶市）的Stargate 3D打印机使用定向能量沉积制造巨大的金属物体，如火箭的燃料箱和发动机。打印机高9 m，且具有3个庞大的机械臂。一只机械臂使用强大的激光来熔化金属丝，金属丝会逐层沉积以形成火箭的零件。另外两只机械臂用于固定工具以完成打印的部件。来源：Relativity Space公司，维基共享资源（CC BY-SA4.0）。

“一般，航天工业要规避风险，相较于创新，更希望有更多的信心实现成功发射。”安全世界基金会私营部门项目主任Ian Christensen说，该基金会总部位于美国科罗拉多州布鲁姆菲尔德市，其致力于促进和平可持续的外层空间的利用。“像3D打印火箭这样完全新颖的东西，市场将如何反应，这是一个悬而未决的问题。”

仅仅因为现实中3D打印已经开始满足人们对它的期望，但人们仍有更多雄心勃勃的目标。Relativity Space公司不仅不满足于通过制造火箭将卫星送入轨道，还着眼于将打印机运送到火星，以便在火星上打印火箭，从而将土壤样本送回地球[10]。“这种采样返回的概念在理论上是有趣的，但几乎可以肯定，它需要与政府的太空探索和行星科学项目相结合，而这些项目进展缓慢。”Christensen说，“像在技术方面的挑战一样，这一概念在政策及体制方面也面临着挑战。”

References

[1] Tumbleston JR, Shirvanyants D, Ermoshkin N, Janusziewicz R, Johnson AR, Kelly D, et al. Continuous liquid interface production of 3D objects. Science 2015;347(6228):1349–52.

[2] Shankland S. This startup wants to 3D-print your next running shoe or dentures [Internet]. San Francisco: CNET; 2019 Jun 25 [cited 2020 Mar 22]. Available from: https://www.cnet.com/news/carbon-3d-pushes-new-3d-printing-technology-like-using-multiple-materials/.

[3] Walker DA, Hedrick JL, Mirkin CA. Rapid, large-volume, thermally controlled 3D printing using a mobile liquid interface. Science 2019;366(6463):360–4.

[4] Zhang B, Luo Y, Ma L, Gao L, Li Y, Xue Q, et al. 3D bioprinting: an emerging technology full or opportunities and challenges. Bio-Des Manuf 2018;1(1):2–13.

[5] Joung D, Truong V, Neitzke CC, Guo S, Walsh PJ, Monat JR, et al. 3D printed stem-cell derived neural progenitors generate spinal cord scaffolds. Adv Funct Mater 2018;28(39):1801850.

[6] Zhu Z, Guo S, Hirdler T, Eide CR, Fan X, Tolar J, et al. 3D printed functional and biological materials on moving freeform surfaces. Adv Mater 2018;30(23):1707495.

[7] Jayson S. 3-D printed homes: a concept is turning into something solid [Internet]. Washington, DC: Washington Post; 2020 Mar 6 [cited 2020 Mar 7]. Available from: https://www.washingtonpost.com/realestate/3d-printed-homes-a-concept-turns-into-something-solid/2020/03/05/61c8b0d2-36e4-11ea-bf30-ad313e4ec754_story.html.

[8] Oberhaus D. Massive, AI-powered robots are 3D-printing entire rockets [Internet]. San Francisco: Wired; 2019 Oct 14 [cited 2020 Mar 7]. Available from: https://www.wired.com/story/massive-ai-powered-robots-are-3d-printing-entire-rockets/.

[9] Wall M. Relativity Space will 3D-print rockets at new autonomous factory in Long Beach, California [Internet]. Bath: Space; 2020 Feb 28 [cited 2020 Mar 22]. Available from: https://www.space.com/relativity-space-autonomous-rocket-factory.html.

[10] Salmi B. The world's largest 3D metal printer is churning out rockets [Internet]. New York: IEEE Spectrum; 2019 Oct 25 [cited 2020 Mar 7]. Available from: https://spectrum.ieee.org/aerospace/space-flight/the-worlds-largest-3d-metal-printer-is-churning-out-rockets.