

3D 打印

无限可能

围绕大型 3D 打印机建造的新型启动装置旨在为大型工业工具提供较短的生产周期。

文 | Peter Zelinski



增材制造是一项前沿技术，该项技术在商业方面仍尚待发展，一些应用尚待开发，一些利基尚待发现，一些可获利的领域应用尚待首次探索与解决，增材工程解决方案就是一个例证。据我所知，这家位于俄亥俄州亚克朗市的公司是致力于为工装提供大规模增材制造服务的首个

合约制造商。我曾在 AES 新开启的设施中见到了 12ft 长的大型增材制造 (BAAM) 设备，这台设备已经制造了一些大型 3D 打印零件，在这台设备旁边为一台五轴 CNC 刨槽机准备的开放空间，我对公司的两位联合创始人进行了简单介绍。

作为联合创始人之一，Austin Schmidt 为了这项工作，承担了风险，他辞去了有前途的工作。Austin Schmidt 曾供职于卡特彼勒内部非常活跃的增材制造集团，那是我第一次见到他。当时我并不知道，他已可以凭借自己的感觉处理大规模 3D 打印。他最早曾在 2014 年的国际机械制造技术展览会 (IMTS) 上见到了由辛辛那提公司生产的大型增材制造设备，当时该设备正在使用 3D 打印技术生产汽车的零部件，然后我在 2015 年再次见到了他，当时他出席了我们的增材制造会议。那年的会议在诺克斯维尔举行，会议包括访问橡树岭国家实验室、访问一个能够详细说明设备应用与能力的大型增材制造用户。在与橡树岭国家实验室互动之后，Schmidt 确信，大型 3D 打印技术很有前景，甚至可帮助其实现企业目标。

他尤其相信大型 3D 打印技术具有工装的前景。国际机械制造技术展览会具有可以制造汽车零部件的设备。他认为，

汽车零部件一般均为大批量生产，传统工艺可进行大批量生产。但是某些大型工业组件则为极小批量生产，这些组件包括被用于制造汽车、航空航天以及除此之外其他领域中的终端使用零件的钻模、模具、夹具及绞合工具。通过在足以容纳这些工具的 3D 打印机上生产这些工具，以缩短这些工具的生产周期，对于依赖于各种工装的不同客户而言，这样的机会可能是特大喜讯。

Schmidt 带着他的朋友 Andrew Bader 来此参观，Andrew Bader 的家族拥有亚克朗市 OGS 产业，金属冲压与装配工厂由 Bader 的祖父创建，目前由他的父亲与叔父经营，Andrew 已经和 Schmidt 在这一新的领域合作，致力于增材工程解决方案的业余应用，其业余企业可以利用桌面 3D 打印机提供 3D 打印服务。这家公司致力于增材制造，将以更多的方式促进其大幅发展。

根据他们的想法，两人向 Bader 家族企业提供了一项建议。来看一下他们做出的相同承诺，在 OGS，Bader 的长辈同意通过金融投资与行政支援来支持 AES，对于目前的小型公司而言，其联合创始人几乎完全侧重于探索、发展及成功掌握增材能力业务，金融投资与行政支援是重要的基础。



图 2 几乎所有工装工作都需要使用机加工完成，迄今为止，所有机加工工作均由附近机床供应商所提供的设备完成



图3 已经证明该设备升降行程具有一定价值。由于3D打印工装形状与X-Y工作台通常意味着添加支撑结构，因此经常以其Z向长度打印工具

但是单凭两个人仍然不够。Schmidt是工程师，Bader是销售人员与市场人员。与他们进行短暂的互动可以毫无疑问地得出哪些是他们的共性，哪些是他们的优势互补，但是他们都了解金属。他们的经验在金属加工中不断积累，大型增材制造设备是一种聚合物的3D打印机，能够利用碳重量百分比为50%的碳纤维填充的PPS等材料生产硬质弹性工装。对于此类材料的应用，他们需要一名材料专家，为此他们聘请了Clark Patterson，他是为一家工业3D打印机制造商及一家用户工作了25年的塑料专业资深人员。

在最近访问AES设施期间，我与他们三个人都进行了交谈。Schmidt、Bader和Patterson谈论了关于利用聚合物3D打印进行大型作业的前景，并且就挑战也谈论了很多。

工装类型

以下是多种大型工具的部分内容，Schmidt等三人均表示目前通过大型3D打印设备可以高效地生产大型工具。公司尚未交付这些类型的工具（在编写本文时，已经针对大型工具进行了两项完整且需要付费的工作），但是在关于前景的交谈中，该团队有机会为大规模的增材制造探索所有可能性：航空航天工装，如被用于大型总成的夹具；复合材料的绞合工具，Patterson表示，正确的选择可能生产出热膨胀较小的可热压工具；复合材料的辅助工具，如调整夹具或量规；拉伸成型模；液压成型模；冲压模，

Bader表示，即使冲压模短期内可用于冲压零件，传统的钢模将持续更长的时间，但是可以更快地生产3D打印的模具，只需数周，而不再需要数月；混凝土模具，这是一个打开有机波状外形混凝土结构大门的好机会。

另外，Bader表示，可将工装板制成任何东西。由于大规模增材制造可以生产1/4in以内的网状形状，对于机加工的需求很小，因此3D打印技术可能在速度与成本等方面与一些应用形成竞争，在这些应用中，不得不磨掉大量的工装板（图1）。

对于此类所有工具，AES可寻找工具最大平面为8ft²的工程。通过名称来引用传统尺寸的知名工业3D打印机，Schmidt表示：“如果该项工作可以适应Fortus 400，那么该数值对于我们来说可能性太小。”这不仅是因为大型3D打印机需要大量工作才能使其成本合理化，而且还取决于材料沉积速率。大面积增材制造上的胎圈宽度不小于0.1in（通常远大于0.1in），材料沉积速率高达80磅/h。设备需要建造足够大的结构，以容纳所有材料。

已经证明设备上的一个选项非常有价值：Z向高度。AES选择了一台高版本的大型增材制造设备。在X-Y中，该设备在12×5.5ft以上时可提供6ft的Z向包络。由于3D打印的挑战（实际是不可能性）不受支持，因此这一高度非常重要。着眼于AES设备的机床用户可能会直观地认为，大型工具就像其在铣床上一样可跨越大型工作台，但事实并非如此。垂直打印可以取代横截面打印，垂直打印工具通常是生产工具的唯一方法，并且通过在形状中设计附加支撑，不会产生额外成本与时间。因此，通过大型工具的应用，大部分工作台通常不易受影响，而是随着工作台的Z向下降而升高，这与挤出机下方的塔架不同（图2）。

最短的时间

Schmidt表示，已经在应用大规模增材制造方面积累了丰富的经验教训，其

中一些部分涉及软件中的构建，另外一些部分涉及准确地向客户传达可能性，并让他们看到前景。但是他特别指出，其中两项经验涉及大型塑料件中3D打印的物理学。

其中一项经验易于理解：即收缩。他表示，在大型零件中，收缩非常重要。虽然0.5%的收缩包络可能对标准3D打印机产生微不足道的影响，但是可以影响长度为5ft工具的相同收缩可能超出工具的公差。通过战略性地扩大零件模型补偿这一尺寸变化是一项重要的工程考虑因素，即根据几何形状与朝向在不同的部位进行差异化扩大。

他正在学习领域中的另一项挑战涉及一个变量，这一变量只有在大规模3D打印时才会突显出来。他表示，最少的时间是他目前经常处理的一项因素。

现在的问题是增材挤出的较大珠粒尺寸以及较大的生成层，该层需要最少的时间，以便进行设置，从而将其部分固化至可以支撑下一层重量的程度。在极端情况下，与沉积一层所需的时间相比，正确设置的时间可能更长，也就是说，添加每一层之后，加工头应该暂停一次。建造过快，不稳定层将会下降，从而导致零件下陷或塌陷。Schmidt表示，这可能会导致制造失败。

但是，制造过慢也是一个问题，这是因为已经固化过多的各层将不会为下一层提供足够的粘附力。因此，出现了可接受分层时间的精确时间段，这一时间段不仅材料变化很大，而且几何形状变化也很大。随着AES利用大规模增材制造开发专业知识，逐渐掌握这一变量成为了专业知识要求的一部分。

公司正在进行的客户工作是保密的，但是公司为了自身发展最近制造的3D打印复合材料绞合工具展示了能力的前景。这一想法旨在展示工具及其使用的复合零件，以成为应用示例。Bader和Schmidt认为，他们拥有足够的时间制造工具，并且他们做到了——直到工具在打印期间由于最短时间误差发生弯曲，因此这一工作表现出了危险。[MM]