

仿真驱动设计 ——为3D打印而来

王晓燕

通常来说，增材制造的优势在于小批量零件的生产，贵重材料产品的生产，以及形状复杂产品的生产。尤其是在实现传统CNC加工方式无法实现的复杂产品加工方面具有明显优势。

其中用于金属加工方面的选择性激光熔化增材制造技术带来了设计的灵活性：复杂的产品，通常以前需要很多加工步骤，现在可以一次完成，并且可以有薄壁、深腔或隐藏通道这些难以通过传统CNC加工方式实现的设计。通过软件来实现设计的优化，可以减少选择性激光熔化增材制造过程中对支撑结构的需要，拓扑优化是这其中重要的一个环节。

而如何实现复杂产品的设计，对挖掘增材制造的潜力起了关键的作用。这其中设计优化尤为重要，设计优化的原理是通过拓扑优化软件来决定如何用最少的材料来达到最大的设计学效果，包括哪里需要材料，哪里的材料可以去除。并且需要运用工程学的方法来检查该电脑设计模型，从审美和实现产品的功能性的角度上加以修改。另一个关键

因素是需要考虑在生产过程中的支撑结构，支撑结构必须体现在设计中；然后再考虑材料和加工参数，最后这些技术元素“打包”到3D打印设备里，令人感叹的设计产品就这样产生了。具体如何实现，通过奥雅纳优化金属结构节点的设计来满足力学性能要求的案例可以感受。

奥雅纳（Arup）是一家全球性企业，总部位于英国伦敦，在40个国家和地区设立了90多家分支机构，拥有逾12 000名规划、设计、工程和咨询专业人员，提供设计、工程等建筑环境相关领域的咨询服务，而国内著名的“鸟巢”国家体育场就是奥雅纳的力作。

奥雅纳就通过3D打印创建出比以往的设计更轻的结构对象。他们采用最新的增材制造技术来为复杂的建筑项目设计关键的钢结构部件，其结构件设计的奥秘来自于Altair软件。针对3D打印的特性，Altair提出的解决方案是：利用solidThinking Inspire进行拓扑优化。该技术能够在满足性能的前提下，将最精简的材料分布在最合理的位置上，从而获

得质量轻、性能好的结构。

以往的建筑结构件由于连接电缆的不同受力情况，不同的节点连接处具有略微不同的形状。每个节点的常规制造是非常劳动密集和耗时的。通常涉及到机械加工、焊接和高精度定位等7个过程。

在承载结构设计中，根据力学性能指标，采用拓扑优化的方法来调整材料的布局。原始的三维几何、载荷方向、材料特性、压力、允许的空间连接和处理、固定孔的直径、重量和材料的减少等因素都被考虑进来，如图1所示。

拓扑优化方法产生了将不必要的材料去除的结构，然而并不意味着这样的新结构就适合增材制造的生产要求，包括节点的大小，结构件的内部型腔结构，所需的增材制造生产时间和成本，增材制造的方向，支撑结构的需要和优化，壁厚和节点距离，散热、热处理以及表面处理等因素都需要考虑进来，如图2所示。

经过进一步的优化，最终的结构件设计仅仅需要较短的自支撑结构，并且重量还得到了进一

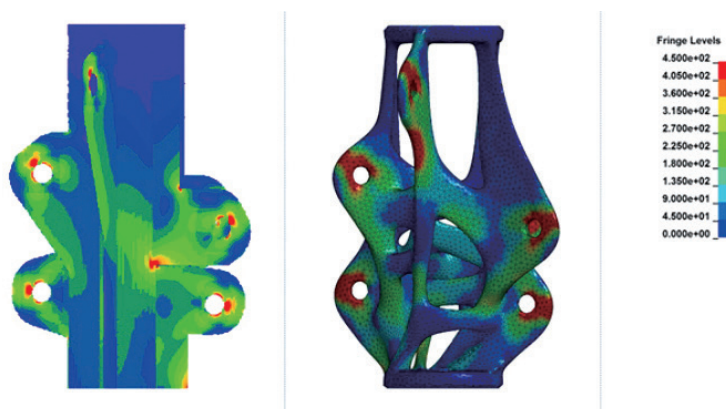


图1 原设计（左）和拓扑优化后的设计（右）

注：应力高的部分用红色表示，应力低的部分用蓝色表示。

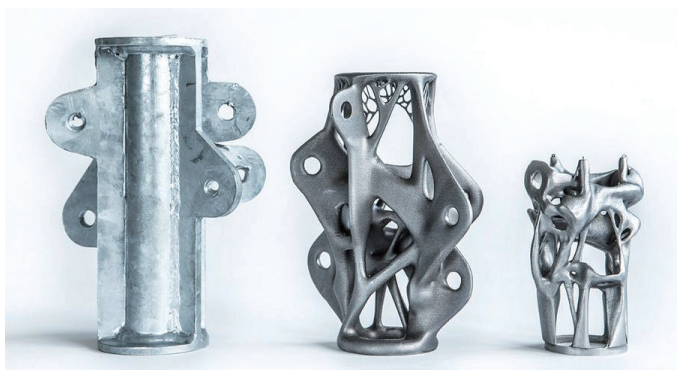


图2 拓扑力学优化设计

步的减轻，避免了支撑结构和后处理，如图3所示。

在该结构件优化过程中，之所以不需要反反复复的调整是因为软件的作用。奥雅纳所用的软件正是Altair Inspire。

以往每当设计新的结构时，结构工程师都会依赖自己的直

觉、经验和知识。如果面临的问题很容易解决，他们往往无需打开笔记本电脑即可很快地在脑中构思出解决方案；但如果封装空间过于复杂，并从三个维度施加多个载荷，那么在多数情况下，仅依靠工程设计直觉是远远不够的。在设计阶段就应用传统的仿

真工具还为时尚早，而基于现有零件来建立初始几何构造的做法也往往收效甚微。

Altair Inspire应用于设计周期的早期概念设计阶段，一开始就考虑了结构设计要素。通常以往的设计流程为：概念设计→结构设计→工程校核和结构优化，而结构上的不合理可能直到第三个环节才被发现，然后所有的工作要返回到第一个环节重新开始，这样周而复始进行多次更改才能达到较好的效果。但应用了Inspire，即把通常在第三个环节才应用的优化方法引入了概念设计环节，让设计工程师以一种简单的方式掌握这种方法，从而设计出合理的结构。与传统的“设计→论证→再设计”思路相比，这种流程因前期奠定了良好的基础，而节省了大量反复工作，提升了整个流程的效率。

Inspire可以根据给定的设计空间、材料属性以及受力需求生成理想的形状。根据软件生成的结果再进行结构设计，既能减少整个设计流程的时间，又能节约材料及减重。

Inspire软件是Altair Solid Thinking平台的一部分，其在拓扑优化方面的优点很多，包括：

- (1) 实现设计自由度的最大化，达到仿生学的自由形态。
- (2) 满足个性化定制。
- (3) 不需要每个环节的手工建模，加速产品设计流程。
- (4) 可由3D打印直接输出最优结构。

作者简介：王晓燕，3D科学谷。



扫描观看视频



图3 带支撑的设计

MW 20160108