

以增材制造工艺仿真技术拓展“增材思维”

撰文 / 齐健

增材制造为制造业带来了革命性的变化，其应用已经从快速成型进入到了实际产品制造领域，可以完成传统工艺无法实现的制造，如多件融合、分布式制造、材料性能的个性化控制，突破了结构形式和工艺手段的限制，实现了零件的“自由制造”。随着工艺技术的日益成熟，单纯的“打印”产品已经不能满足制造业的需求，增材制造正在衍生出新的“增材思维”，如何利用增材制造发挥现代拓扑优化和轻量化结构设计优势成了制造业的新热点。

基于仿真技术的拓扑优化和增材制造工艺仿真吸引了广大仿真软件供应商的注意，ANSYS 就专门针对增材制造推出了从结构设计到打印工艺的完整解决方案——ANSYS 增材制造工艺仿真套件。ANSYS 结构产品技术总监 Dave Conover 介绍说，ANSYS 增材制造工艺仿真套件可以帮助用户考虑整个增材工艺链的各个环节，包括拓扑优化、部件验证、打印设置、工艺过程仿真、支撑生成、打印失败预防及微观结构预测等，从而完成高质高效的增材制造工艺设计而无需昂贵而耗时的试错过程。同时，利用拓扑优化技术在概念设计阶段确定最佳材料分布和最佳外形，并利用参数优化在详细设计阶段确定最佳的设计参数。

ANSYS 增材制造工艺仿真套件

ANSYS 增材制造工艺仿真套件包括拓扑优化、SpaceClaim、Mechanical、Additive Print 和 Additive Science 等多个功能模块。可以直接读入机器制造商的打印矢量对打印件的每个扫描矢量的热历史进行计算的解决方案，也能够通过仿真输入了解 3D 打印机特有的热行为并进行详细预测的 3D 打印工艺仿真解决方案。通过对增材工艺过程的仿真，预测部件最终的残余应力和变形，从而优化工艺参数，保证打印质量和效率而避免低效的试错过程。

拓扑优化和轻量化设计可以在保证结构刚度和承载能力的条件下优化结构材料分布，实现轻量化设计。增材制造能够满足拓扑优化面向自由形状设计的制造要求，拓扑优化输出的 STL 文件格式可以与增材制造实现数据通讯。

SpaceClaim 是一款 CAD 几何造型和结构设计模块。允许用户基于任意三维 CAD 模型开展工作，或者在 STL 文件基础上基于三角面片模型进行操作，从而可以在 3D 模型或者拓扑优化的基础上进行模型清理、修复、三维造型以及其它建模操作。Mechanical 可以帮助用户进行设计验

证的结构和热分析。

Additive Print 和 Additive Science 为金属材料增材制造工艺过程模拟以及工艺优化、机理研究提供了高效解决方案。Additive Print 可以完成增材制造工艺过程仿真，面向设计人员和 3D 打印操作人员，预测部件形状、变形和应力，可视化查看逐层变形、形状和应力，识别部件和支撑中的高应变区，自动生成最佳支撑结构和变形补偿 STL 文件，预防叶片碰撞以及打印失败。减少试错试验，消除不确定性因素，设计可以精确打印的几何，加速制造过程，帮助更精确的报价，减少激光粉末床融化打印失败。

Additive Science 则基于工艺仿真的材料和最优打印机参数研究，面向增材工艺专家、科研人员或者设备研发者，针对特定的机器 / 材料组合调试最佳工艺参数，以获得最高等级的部件完整性，并在打印之前预测微观结构、属性和传感器反馈。其功能主要包括：专有的数学算法提供了比其他同类有限元软件工具快几个量级的计算速度；基于精确的打印文件扫描矢量或者用户定义的扫描模式进行模拟；用户组织的数据库，包括每种材料非线性温度相关、物理状态相关的热物理学参数。

ANSYS 增材制造工艺仿真解决方案的核心是降低研发成本，提高设计水平。通过增材制造工艺仿真，在设计时期就能分析出打印后有哪些变形，整个打印件的支撑设计，如何优化打印方式，使得打印出来的变形问题最小化。在打印设备层，ANSYS 解决方案与设备紧密结合，依据设备参数、打印粉末、扫描策略等，从前期仿真模型到设备对应进行优化组合，减少了参数组合，降低了由此带来的试错代价。

Dave Conover 表示，目前 ANSYS 已经与雷尼绍、SLM SOLUTIONG 及 Additive Industry3 家 3D 打印企业开展合作，共同推广增材制造工艺仿真技术。

增材制造融入中国制造

增材制造技术正在全球范围内迅速普及，中国制造企业对于这项技术的研究与应用水平也逐步加深。“中国制造的发展速度非常惊人，ANSYS 非常重视中国的增材制造技术市场，我们着力为用户打造最好的仿真产品，并希望与本地合作伙伴一起把产品、技术以及服务带到中国用户的身边。” Dave Conover 介绍说，安世亚太是 ANSYS



在中国最大的合作伙伴，双方有超过 20 年的合作历史，ANSYS 增材制造工艺仿真套件在中国的推广与落地工作也将由 ANSYS 与安世亚太共同实施。

基于 ANSYS 的产品，安世亚太与用户一起，把增材制造先进设计的思路，从头到尾走一遍，从材料选择、产品部件选择、工况定制，再到优化、分析校核，再到工艺过程仿真，再到与用户一起制造出来，确实通过整套流程为用户带来真正的价值。通过一些列服务，帮助企业把整个流程应用到他们的产品制造中。

在拓扑优化技术的研发方面，安世亚太一直帮助 ANSYS 收集中国用户的应用需求，并反馈到软件更新中。从拓扑优化到形貌优化、形状优化进行研发，包括拓扑优化的核心算法会在通用的 SIMP 算法扩展到水平集上，并与 ANSYS 一起为用户提供相关培训，加速拓扑优化在中国用户中的推广。

在增材工艺过程方面，ANSYS 总部也给了安世亚太很大的权限，由安世亚太在中国独家推广 ANSYS 增材制造工艺仿真套件，同时 ANSYS 也从技术和开发的角度为安世亚太提供了大量的支撑。安世亚太还把 ANSYS 在国外基于增材设计优化的成功案例推广到中国企业中，帮助



中国企业在增材制造、智能制造过程中，找到关键技术点、关键级产品，帮助中国企业实现增材先进设计。

同时，安世亚太为中国企业提供增材制造技术的系列培训，免费提供科普性、入门性的增材制造基础培训，以及定制化的 CAE 高级应用专题课程，拓扑优化、参数优化等先进设计技术，以及增材制造工况过程仿真等有针对性的培训。

此外，安世亚太还在中国推广针对增材先进设计的高校计划——长城计划，与教育部合作推出增材先进设计的课程。安世中德咨询公司技术总经理包刚强介绍说，目前全国已经有 20 多家高校报名，课程覆盖有限元分析、优化技术、增材制造工艺过程，乃至整个增材先进设计方法、思路、体系，安世亚太希望通过高校毕业生更好地将增材先进设计方法带入到企业中去。

基于“增材思维”的高端研发与先进制造

基于增材制造工艺的“增材思维”正在掀起一场设计的革命，包刚强认为，“增材思维”完全打开了设计枷锁，设计人员可以真正回归用户需求，进行面向功能的设计（DFF）或面向增材制造的设计（DFAM），按照价值、

功能和能量的观点，使设计与工艺、设计与制造之间不再是因果与顺序关系而是互为激励的活系统，以效法自然的方式实现大型 / 超大型构件或结构系统、复杂 / 超复杂构件或结构系统、多品种小批量个性化产品的低成本创新设计和快速制造，乃至创造超常结构实现超常功能。

正向设计和增材制造结合的解决方案，应用于工程海量数据、工业大数据、互联网大数据等不同种类的数据整合、分析、挖掘、展示场景，应用于产品模型数据的管理、融合和协同，应用于知识管理、知识工程、各种专业数据库 / 知识库建设，乃至应用于集团企业的商业智能和战略决策等。

在整个系统工程层面，安世亚太从创立精益研发，到产品再设计，再到产品正向设计和增材先进设计，在整个体系中，安世亚太梳理了一些关键的技术环节和关键的实现途径。从系统工程层面，正向设计需要系统工程去做需求定义、输出。通过 ANSYS Flownex 一维流动分析系统到 ANSYS MBS 多体动力学，以及机电一体化 Simplorer 平台，从系统角度仿真分析，将系统得到的边界载荷都传递给部件，实现对整个系统的仿真和优化。

包刚强说：“增材制造与传统制造的关系，可以类比为经典物理和原子物理的关系，增材制造未来的发展也必定像原子物理、量子物理一样有着广阔而深远的前景。基于增材思维的先进制造技术体系正是中国制造业转型升级的‘第二种机会窗口’，使得我们有可能换道超车。” 