

增材制造设计策略 — 创造“设计空间”，充分发挥增材制造效益



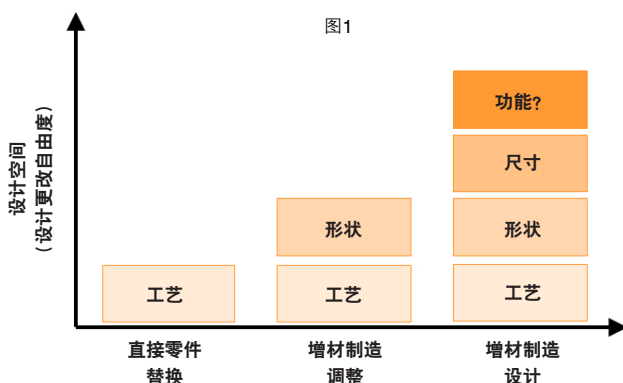
增材制造设计 (DfAM) 策略是什么？

在专题文章《[增材制造设计的基本要素 — 快速高效打印零件](#)》中，我解释了激光熔融工艺的一些技术特点和限制条件，以及这些如何影响零件特征设计规则和增材制造 (AM) 加工规格。然而这一方面只是战术知识，虽可以帮助我们成功加工所设计的零件，但不能告诉我们如何设计。

本文着眼于更高层次的策略考虑因素，探讨如何设计以制成性能最优的产品。

自由度有多高？

增材制造在设计创新产品方面具有绝无仅有的极高自由度，可加工复杂的定制零件。正确应用这些设计策略可以制成具有成本效益、轻巧、性能优异的产品，在产品使用寿命中创造极大的价值。我在下面两篇文章中详细介绍了增材制造的功能和优点：[增材效益第1部分](#)和[增材效益第2部分](#)。



我们能够利用增材制造的多少功能，获得多少效益，取决于我们拥有的自由度或者受到的限制。换句话说说就是，我们能够优化设计的“设计空间”的大小（参见图1）。

直接零件替换

在极端情况下，零件设计可能根本无法更改，也就是说，增材制造只能用于直接零件替换。我们选择保持设计不变，因为准备、证明和验证新设计所需要的成本和时间可能令人望而却步。增材制造零件必须是现有零件的形状、尺寸和功能替代品，而且形状或与系统其他组件的接口不得更改。唯一的变化是工艺，即转换为增材制造，不再需要复杂的工具和人工处理，从而缩短时间、提高自动化水平，并且可通过近净成型制造减少材料消耗。

组件级调整

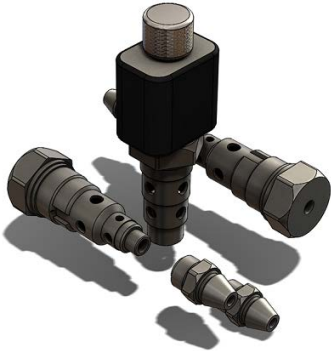
如果设计空间扩展到组件级别，那么我们可以更改组件的形状，以灵活利用增材制造的功能和局限性。在这一级别，增材制造零件必须是现有零件的尺寸和功能替代品，但是我们可以自由更改制造过程和零件形状，从而进行增材制造调整 (AfAM)。这种方法通常具有显著的重量、成本和性能优势。

系统级“全新”设计

如果设计空间超出了组件范围，扩展到系统或子系统级别，那么我们就可以真正地进行增材制造设计 (DfAM)，创建一个充分利用增材制造功能的“全新”设计。在这一级别，整个组件的功能及其尺寸、形状和制造过程都可以更改。在系统级别创建设计有助于优化产品整体性能，而不仅仅是零件本身。

案例分析 — 液压歧管

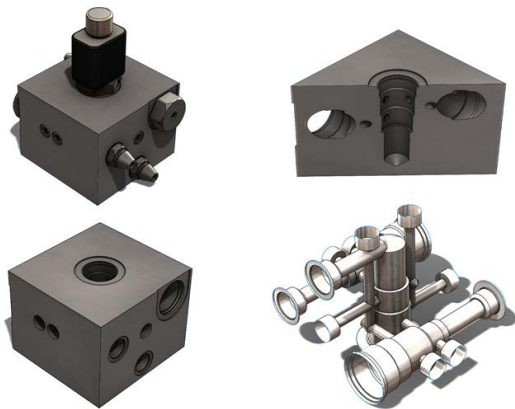
现在，我们来思考一个常见的设计问题，看看这在实践中是如何实现的：用于200-500 bar压力回路的液压歧管。这是一个重量受限的应用，包括一个简单的回路。该回路包括两个单向阀、一个电磁阀及其相关的出口（外插式）。



上图：液压歧管回路的关键元件

传统设计 — 歧管

我们先从默认选项开始 — 针对机械加工工艺设计的传统歧管。此设计重约4.6 kg。

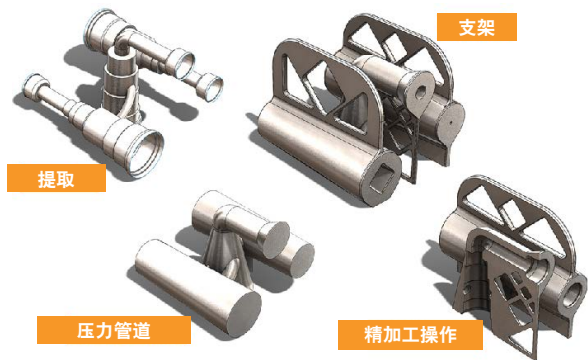


这种简易方法的好处是设计阶段相对简单直接，而且这种简单回路的制造周期很短。但是局限性在于，由于交叉钻孔的管道网络，导致流体传输性能不理想；该零件体积很大，结果不仅产品性能不足，又降低了材料使用效率，同时还需要使用另外八个压力塞才能完成组装。

增材制造调整 (AfAM)

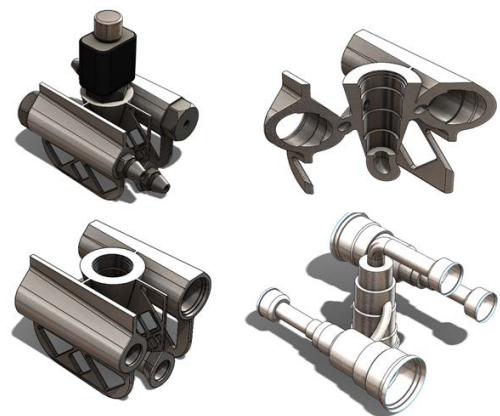
现在，我们来看一看如何依据增材制造工艺优化歧管形状，以改进设计。请注意，液压回路必须保持不变，阀门的位置必须与周围的管道适配。

歧管的增材制造调整设计流程从提取和优化流体路径开始，然后围绕流体路径创建能够承受指定载荷的压力管道。接着，确定加工过程中的零件摆放，并应用一个支架将阀门元件绑在一起，同时在加工过程中提供支撑。最后，我们再思考制成精密接口表面所需的精加工操作。



我在《最小的歧管》这篇文章中详细地探讨了这一过程，其中介绍了增材制造在更复杂的歧管设计中的应用。

在上面这个简单示例中，我们的最终设计是一个更加紧凑的歧管，重量仅1千克，比原来减轻了78%。该“同规格”替代歧管的流动性能也有所改善，而且不需要压力塞。



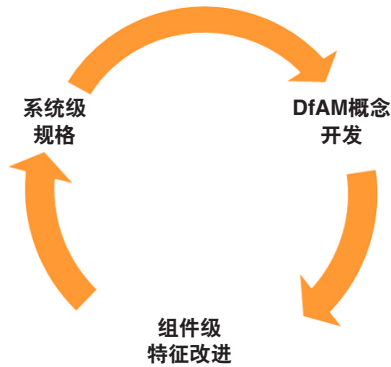
虽然最终效果不错，但是这种方法仍然存在一些限制。水平路径需要使用支撑，而且必须预留足够的余量以进行精加工。我们还发现，相对来说，这种轻质零件的刚度自然不如大型零件，因而使得精加工过程复杂化。

增材制造设计

如果我们克服其余限制条件并将设计空间扩展到系统级别，情况会如何？答案是“大有不同”，但是首先我们来说一下增材制造设计流程。

真正的增材制造设计优化产品绝对是全新设计，专门针对特定应用改善产品性能。尽管增材制造具有自由度优势，但仍应同任何其他设计任务一样严格遵循设计方法，在成本/效益分析、概念评估、设计优化和可制造性修改等方面进行工程评估。

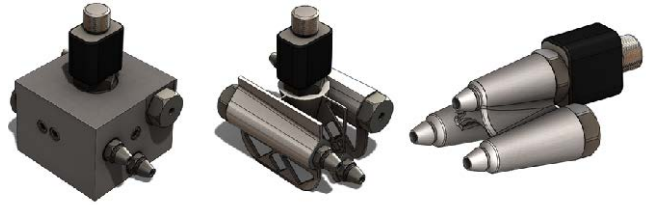
透过增材制造产品设计，我们可以看到系统级规格、组件增材制造设计与组件和系统性能的潜在改进之间存在紧密联系。增材制造因其快速制造能力而适合用做产品设计优化的迭代方法：



以歧管为例，将设计空间扩展到系统级别可实质性地改进设计。我们可以将所有阀门对准同一方向，使零件完全自行支撑，同时减少连接流体路径所需的材料。紧凑型零件在本质上刚度更高，而且将阀门对准也有助于简化精加工操作。我们还能够将出口整合到设计中，从而将重量进一步减轻到仅0.4 kg，不到增材制造调整设计的一半，并且与原始歧管相比减少了91%。



尽管这种性质的增材制造设计功能非常强大，但是我们也必须承认它的要求十分苛刻。CAD设计通常非常复杂，而且我们的系统级工程和设计必须足够灵活才能应用并发挥增材制造设计的潜在优势。



版本	重量 (kg)	节省
传统	4.6	-
AfAM	1.0	78%
DfAM	0.4	91%

总结

增材制造是一个投资回报率超高的领域。如果在系统级设计空间进行思考和设计，那么可以应用更多增材制造功能，制成生产效率极高、功能非常强大的产品。

增材制造设计优化零件比直接替换件或增材制造调整设计重量更轻、性能更优、加工速度更快，因此更具成本效益。

我们可以充分利用增材制造的功能，开发具有市场领先性能的产品，赢得竞争优势。

作者简介

Marc Saunders，增材制造应用总监

Marc Saunders先生在高科技制造领域有超过25年的丰富经验。Saunders先生在雷尼绍先后担任了多个职位，在开发公司屡获殊荣的RAMTIC自动化加工平台中做出了关键贡献，还成功为航空航天领域客户提供交钥匙测量解决方案。

Marc现在是雷尼绍全球增材制造解决方案中心网络的负责人，致力于帮助考虑将增材制造工艺纳入生产流程中的客户在采购新设备之前获得实际操作体验。

www.renishaw.com.cn/additive

