

--- White Paper Series ---

3D科学谷白皮书系列

合作单位:



中国工程机械工业协会配套件分会

3D打印与液压行业白皮书1.0

White Paper of 3D Printing and Hydraulic Industry 1.0



白皮书下载请加入3D科学谷QQ群: 529965687

随时查看白皮书请关注“3D科学谷”微信公众号: cn_3dsciencevalley

Version ID:20190104



中文

English

2百万+点击量 (年)

3D Science Valley
 市场研究白皮书系列、Insights行业洞见、AME卓越论坛、《3D打印与工业制造》，四大板块之间相互联动，3D科学谷立足上海与德国柏林，全球视野，精准洞察，(www.3dsciencevalley.com)，是国际上最有影响力的3D打印界的智囊平台。



10万+订阅用户; 4百万+阅读量

机械工人出版社发行，京东、当当有售



交汇

能量聚合

认知贯通

升级

AME卓越论坛聚焦3D打印改变产品的方式

多维

行业应用白皮书提升行业对3D打印的认知水平



融合



流体传动

液压传动和气压传动称为流体传动，是根据17世纪帕斯卡提出的液体静压力传动原理而发展起来的一门新兴技术。



液压传动发展历程

1795年

1795年英国约瑟夫·布拉曼(Joseph Braman, 1749-1814), 在伦敦用水作为工作介质, 以水压机的形式将其应用于工业上, 诞生了世界上第一台水压机, 并在1905年将工作介质水改为了油, 液压传动开始得到广泛应用。

20世纪初

20世纪初, 康斯坦丁·尼斯克对能量波动传递的理论及实际研究, 1925年维克斯(F.Vickers)发明了压力平衡式叶片泵, 为近代液压元件工业或液压传动的逐步建立奠定了基础。

二战期间

第二次世界大战(1941-1945)期间, 美国30%的机床应用了液压传动。应该指出, 1955年, 日本迅速发展液压传动, 1956年成立了“液压工业会”。日本液压传动的发展较欧美等国家晚了近20多年之后, 得以迅速发展, 居世界领先地位。

液压传动

以流体（液压油液）为工作介质进行能量传递和控制的一种传动方式。他们通过各种元件组成不同功能的基本回路，再由若干基本回路有机地组合成具有一定控制功能的传动系统。

01

动力元件：将原动机的机械能转换为液体的压力能

02

执行元件：液压缸和液压马达是将压力能转换为机械能，驱动负载作直线往复运动或回转运动

03

控制元件：溢流阀、减压阀、顺序阀等用以控制和调节液体的压力、流量和方向

04

辅助元件：冷却器、加热器、蓄能器、油管、管接头、快换接头等

05

工作介质：液压油等

液压传动的应用领域

液压传动在国民经济的各个领域中的应用十分广泛。

尤其是作为液压机械主要部分的液压系统，为了满足液压机械的各项技术要求，其系统的构成、工作原理、所采用的液压元件和作用特点等也不尽相同。

01

工程机械：挖掘机、泵车、推土机等主机产品

02

通用机械：塑料处理机械，自动化生产线，机床工具，造纸行业，装载，破碎，纺织机械，研发设备和机器人系统等

03

汽车领域：商用车辆的刹车、减震、转向系统、挡风系统等

04

运输设备：物料搬运设备，隧道掘进设备，铁路设备等

05

航空航天：飞机、火箭等宇航系统方向舵控制系统，飞机起落架控制、飞行控制和传输系统等

液压传动的优势

在目前四大类传动方式(机械、电气、液压和气压)中，没有一种动力传动是十全十美的，而液压传动具有下述极其明显的优点：

结构

其单位重量的输出功率和单位尺寸输出功率在四类传动方式中表现突出，力矩惯量比大，在传递相同功率的情况下，液压传动装置的体积小、重量轻、惯性小、结构紧凑、布局灵活。

工作性能

速度、扭矩、功率均可无级调节，动作响应性快，能迅速换向和变速，调速范围宽，动作快速性好，控制、调节比较简单，操纵比较方便、省力，便于与电气控制相配合。

使用维护

元件的自润滑性好，易实现过载保护与保压，安全可靠；元件易于实现系列化、标准化、通用化。

可靠性

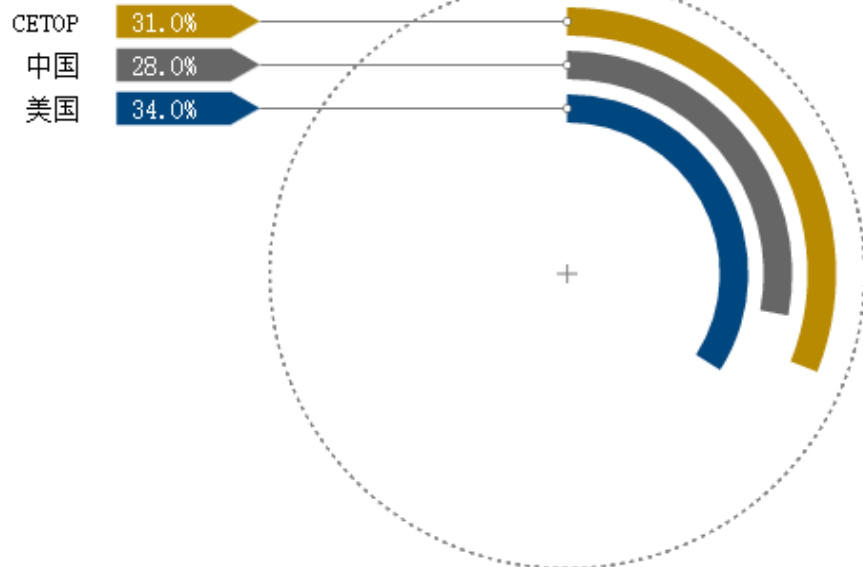
所有采用液压技术的设备安全可靠性好。

经济性

液压技术的可塑性和可变性很强，可以增加柔性生产的柔度，和容易对生产程序进行改变和调整，液压元件相对来说来制造成本也不高，适应性比较强。

全球液压工业集中在美国、德国、日本、中国等，2016年世界液压行业总体规模为282亿欧元，液压产品需求主要集中在美国、欧洲、日本、中国以及中国台湾地区；美国(34%)、中国(28%)、德国(11%)、日本(6%)、意大利(6%)分列全球前5大消费国。其中，CETOP（欧洲流体动力协会）占31%，在欧洲流体动力协会中，德国市场销售额占35%，意大利占18%。

全球液压产品销售构成（2008）

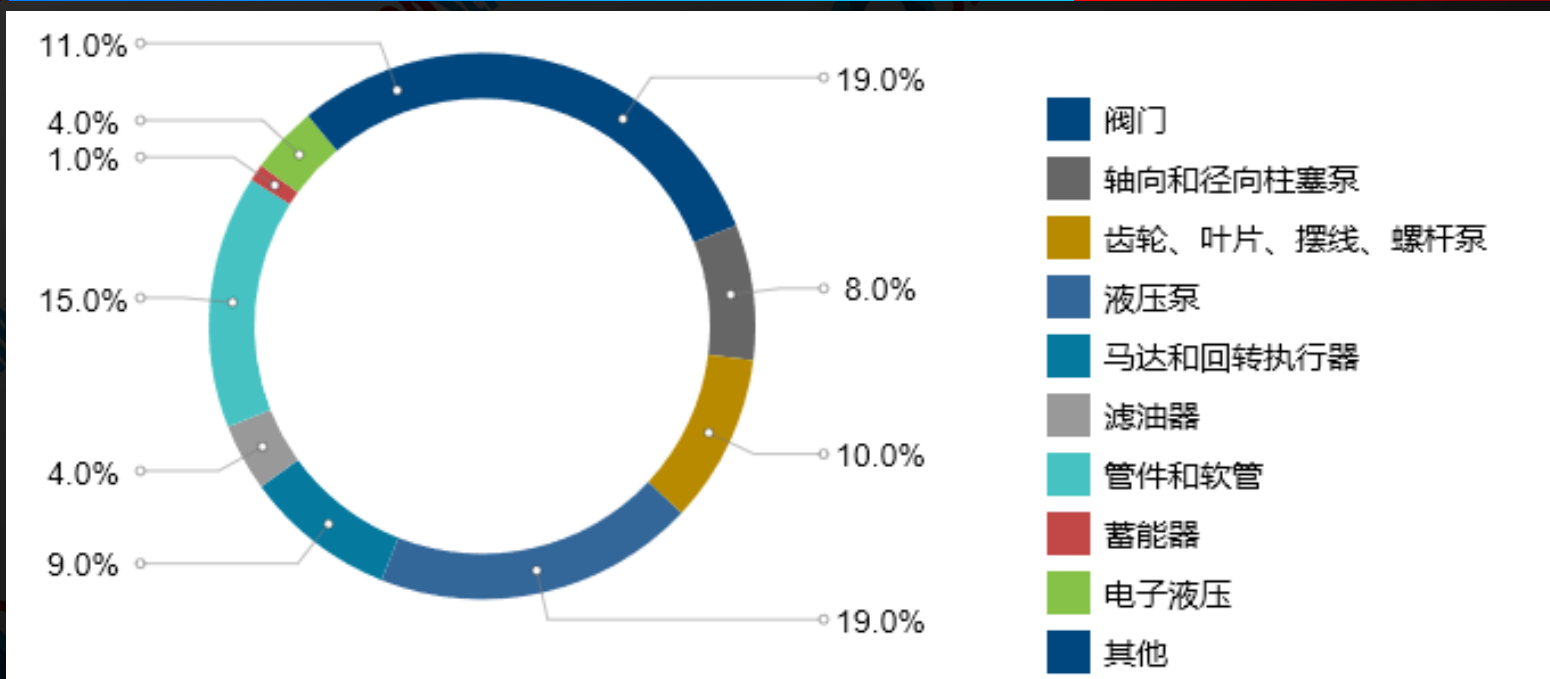


数据来源：《液压气动与密封》

6 全球液压产品构成

3D打印技术在液压产品的阀门，轴向和径向柱塞泵，液压泵等零件方面都有应用优势。在过去5年中，国际上著名液压制造商和制造业用户在积极应用增材制造技术。空客公司正在推动利勃海尔3D打印飞机抗流板液压件研发项目，意大利赛车制造企业在赛车中使用增材制造的液压系统，先进液压件制造企业穆格在复杂液压件设计创新与增材制造进行全面探索，液压传动和控制系统制造商派克汉尼汾在其在总部附近开设了探索增材制造技术的“先进制造学习和开发中心” ...

全球液压产品销售构成 (2008)

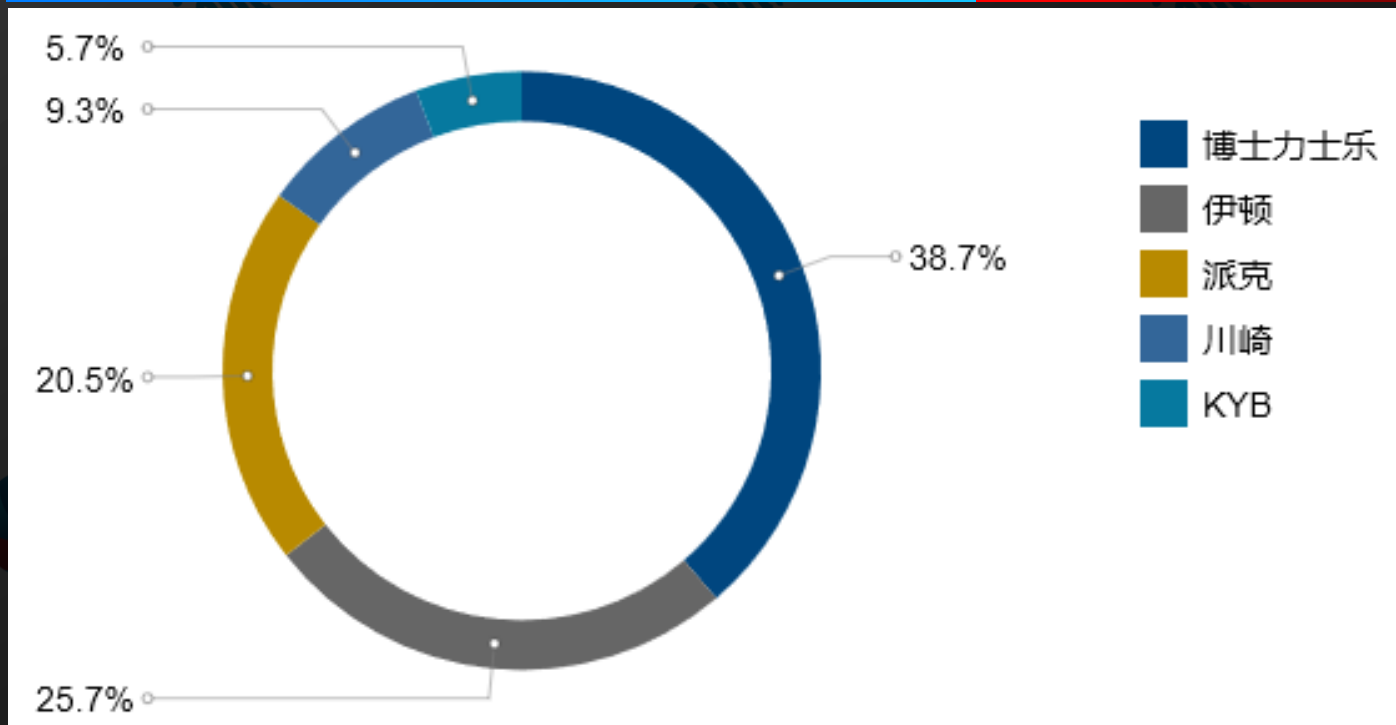


数据来源：国际流体动力系统会议ISC

7 全球液压市场

德国博世力士乐、美国伊顿、美国派克汉尼汾、日本川崎重工作为世界精密液压领域巨头，掌握着世界上最先进的液压制造技术。此外，美国泰科是世界上最大的阀门、执行机构和相关流体控制产品的生产商。

全球主要液压品牌



数据来源：广发证券研究中心

8 中国液压市场

根据中国液压气动密封件工业协会的数据，2016年国内液压元件市场容量约580亿元，近年来保持平稳，得益于2008年国家四万亿经济刺激政策，液压工业总产值从2009年的269亿元增长到2014年的488亿元，年均复合增长率达到12.65%。近年来，逐步进入相对稳定、成熟的阶段，行业增长率保持在较为稳定的水平，2016年工业总产值约510亿元，**我国液压件产业主要集中在山东、浙江、江苏等地区。**

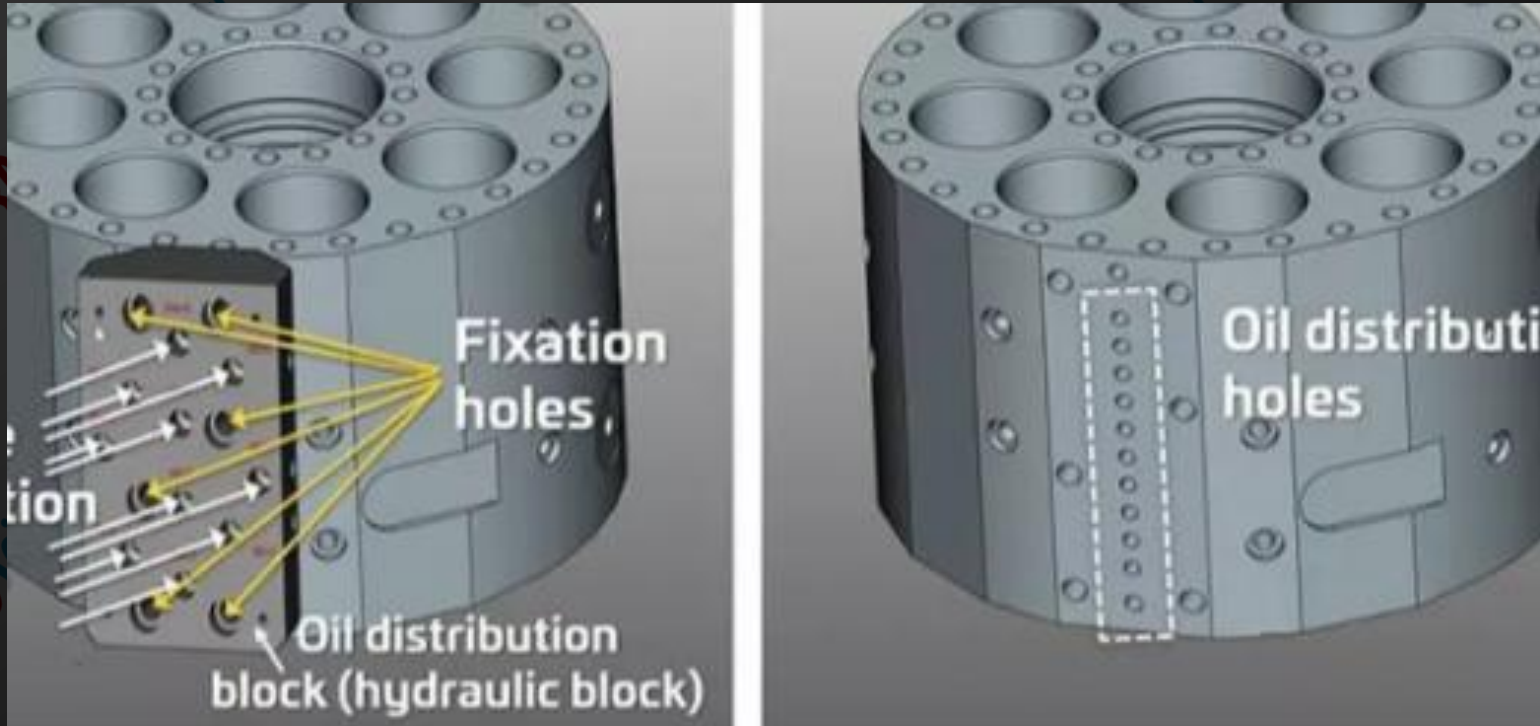
国内主要的液压生产企业有：

609所、恒立液压、艾迪液压、赛克思液压、大港意宁、苏强格液压、隆源液压、华德液压、圣邦液压、海特克液压、力龙液压、黎明液压、泊姆克、榆次液压、恒通液压、高宇液压、岛津液压、枫阳液压等。

主机液压企业：

柳工液压、徐工液压件、三一、中船重工、中航力源等。

3D打印的优势



9 3D打印在液压领域应用的五大优势

关于增材制造技术在液压领域的应用，国际上这些液压制造商应用选区激光熔融金属3D打印技术制造液压阀、液压泵等液压系统中的零件。但是他们并不是用3D打印制造传统加工技术所能够制造的液压件，而是用于制造根据“增材制造设计思维”进行过设计优化的特殊液压零件。

重量减轻

提高流动效率

避免污垢损坏伺服阀

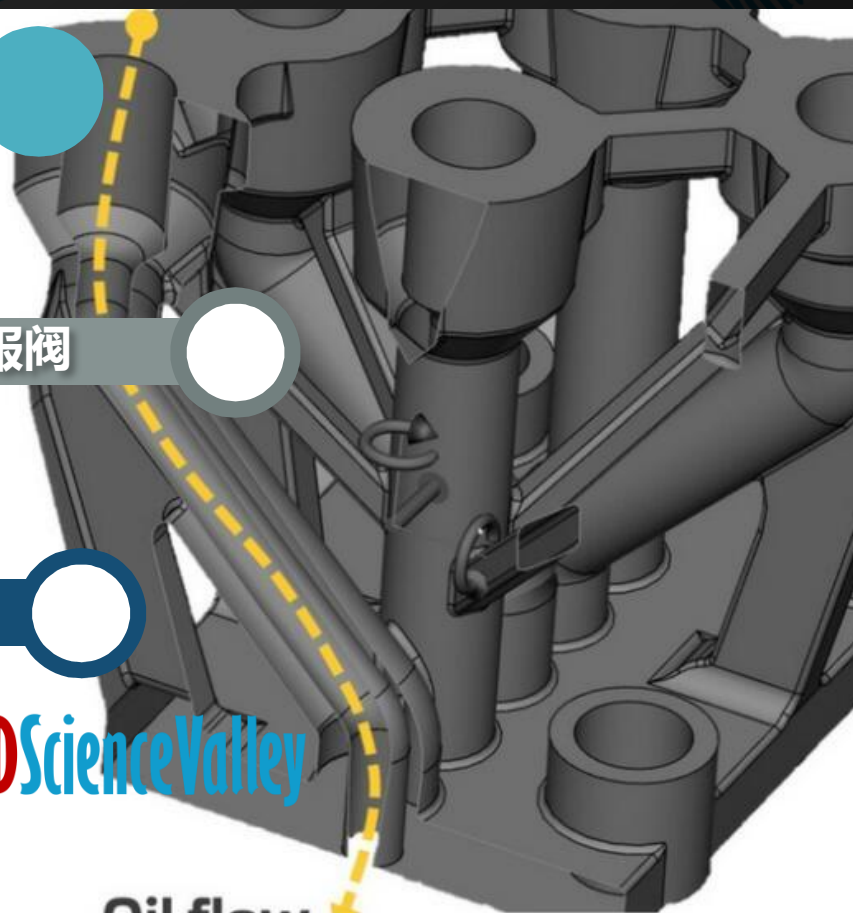
可靠，泄漏风险小

无模具、可快速迭代

增材制造推动液压系统进化的五大优势



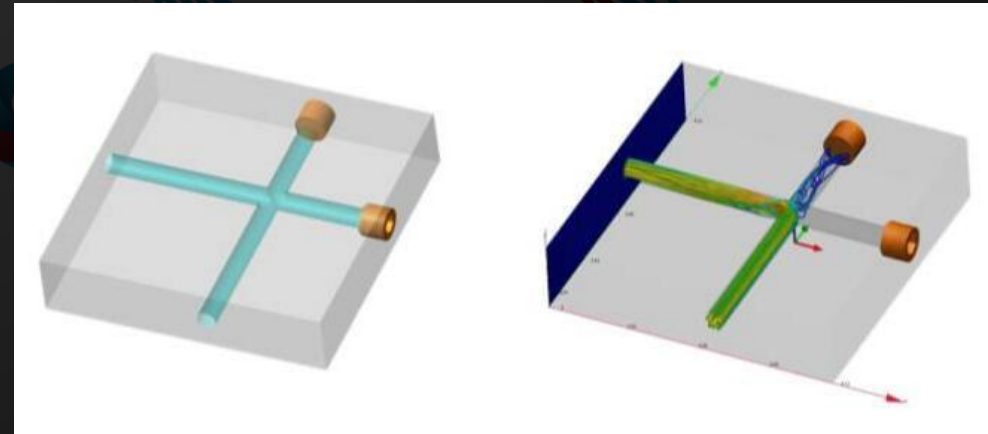
Oil flow



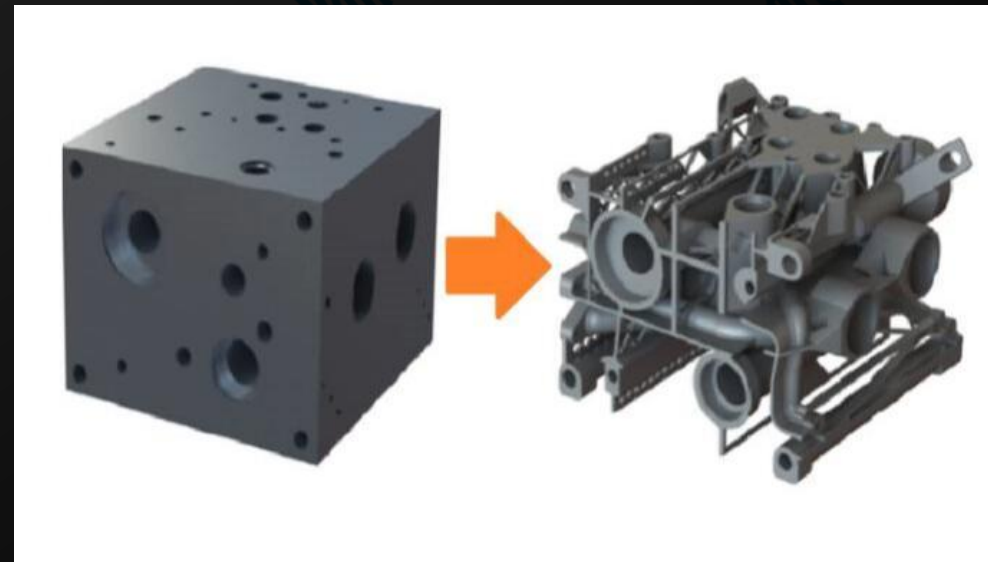
10 3D打印的优势

液压歧管是用于引导液压系统连接阀、泵和传动机构内的液体流动。它使得设计工程师可以将对液压回路的控制集成在一个紧凑的单元内。通过传统的加工技术制造液压歧管，首先要切割和加工铝合金或不锈钢坯料，使其达到规定的尺寸，之后进行钻孔以形成液体流动通道。由于要完成复杂钻孔，因此通常会用到特殊工具。通道内还需要一些堵塞头，以正确引导液体在系统内的流动路线。

传统制造工艺固有的局限性会导致相邻流动通道之间形成突兀的拐角，造成液体流动不畅和/或停滞，这是效率损失的一个重要原因。从流体力学的角度来看，传统方式加工的液压歧管在设计上存在许多有待改进的空间，这正是3D打印技术可以发挥作用之处。



图：传统钻孔和添加堵塞头的方法

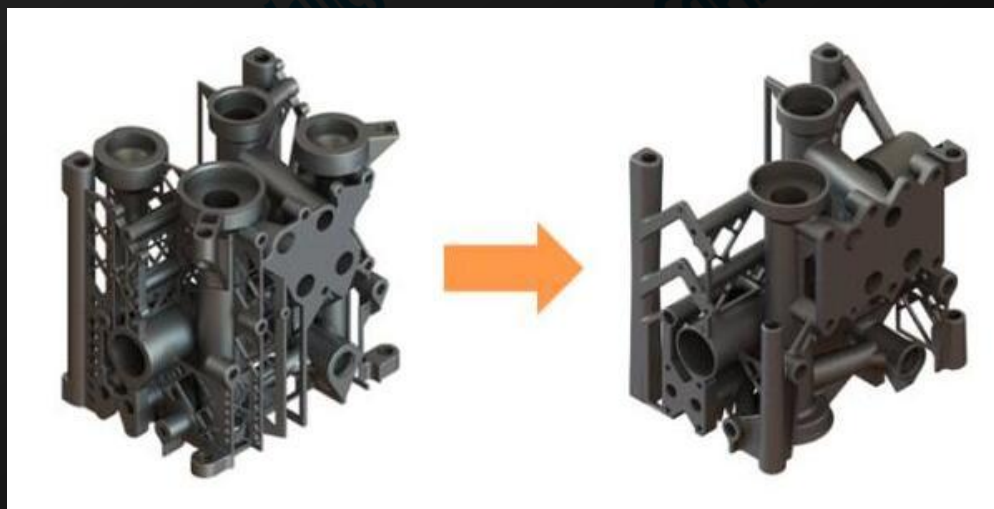


图：传统加工方式加工的阀块（左） 3D打印的液压系统（右）

11 3D打印的优势

与传统液压阀块规则的长方体状结构相比，3D打印液压歧管带给人的最直观印象是其结构不再是规则的阀块，而是一组具有不规则形状的“管道”。

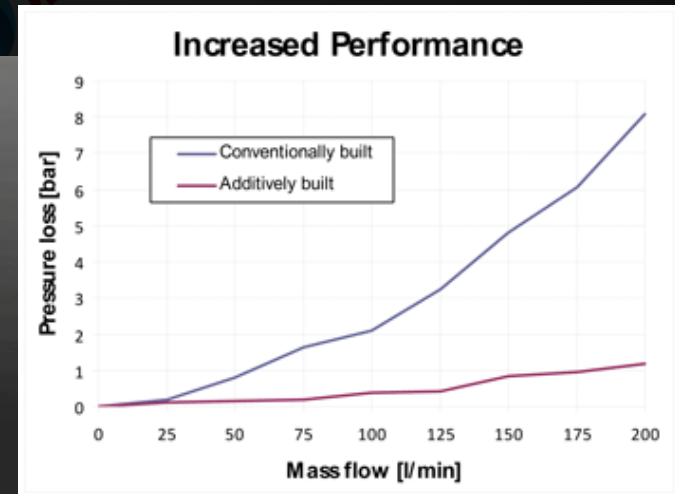
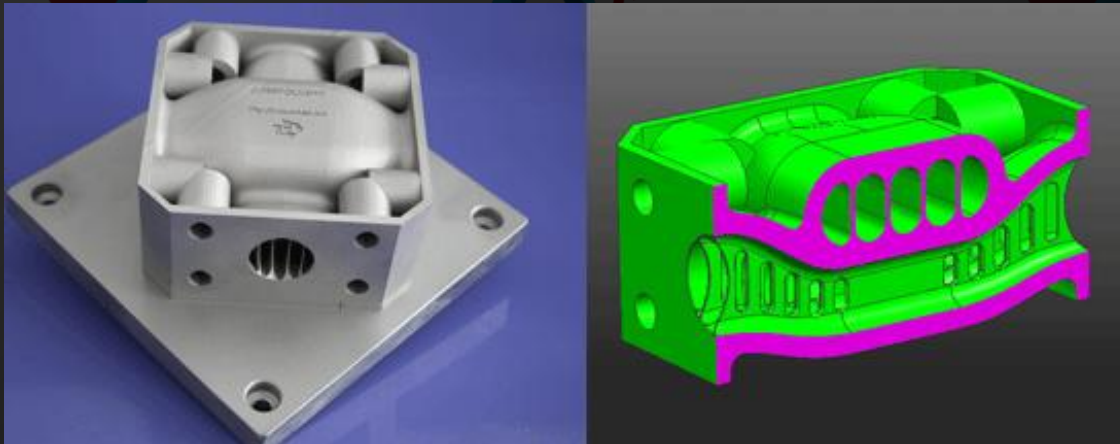
基于3D打印技术重新设计液压歧管价值体现在两个方面，一方面是重量得到减轻，使用的制造材料相应减少。另一方面是提高设计自由度，优化内部流体通道的设计，减少流体效率的损失。增材制造的液压歧管可应用在农业机械、赛车、航空、帆船等多种机械设备的液压阀体中。



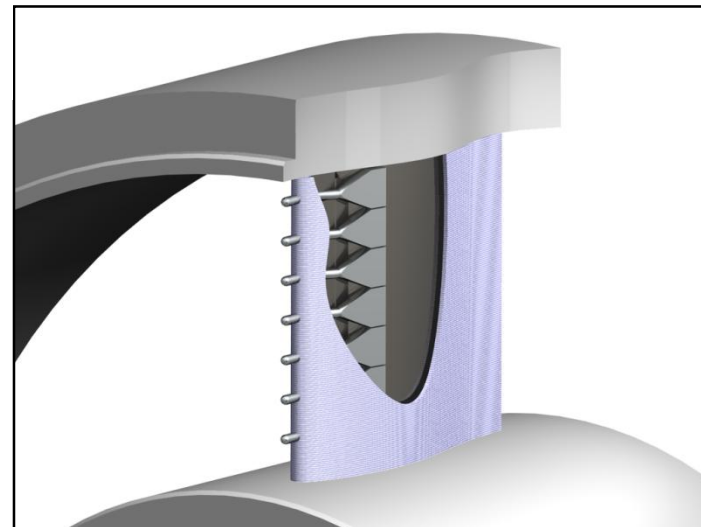
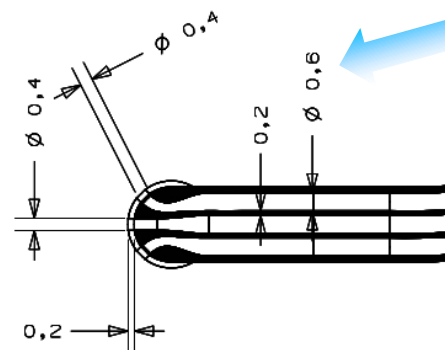
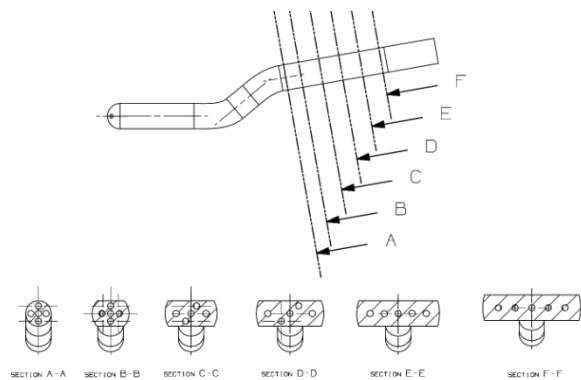
图：3D打印的液压歧管（左）进一步优化的3D打印的液压歧管（右）

12 减少压力损失 – 液压管道几何形状优化

液压管道的几何形状的优化对管件的性能产生了巨大的影响，并且提升了整个液压系统的性能。在一个100升/分钟的流量测试中，3D打印加工出来的管件的的压力损失减少到常规制造的管件的的压力损失的20%。此外，3D打印的零件即使在1400 bar的压力测试中，改零件无塑性变形、无渗漏现象发生。



13 3D打印多通道探头用于流量和压力测量

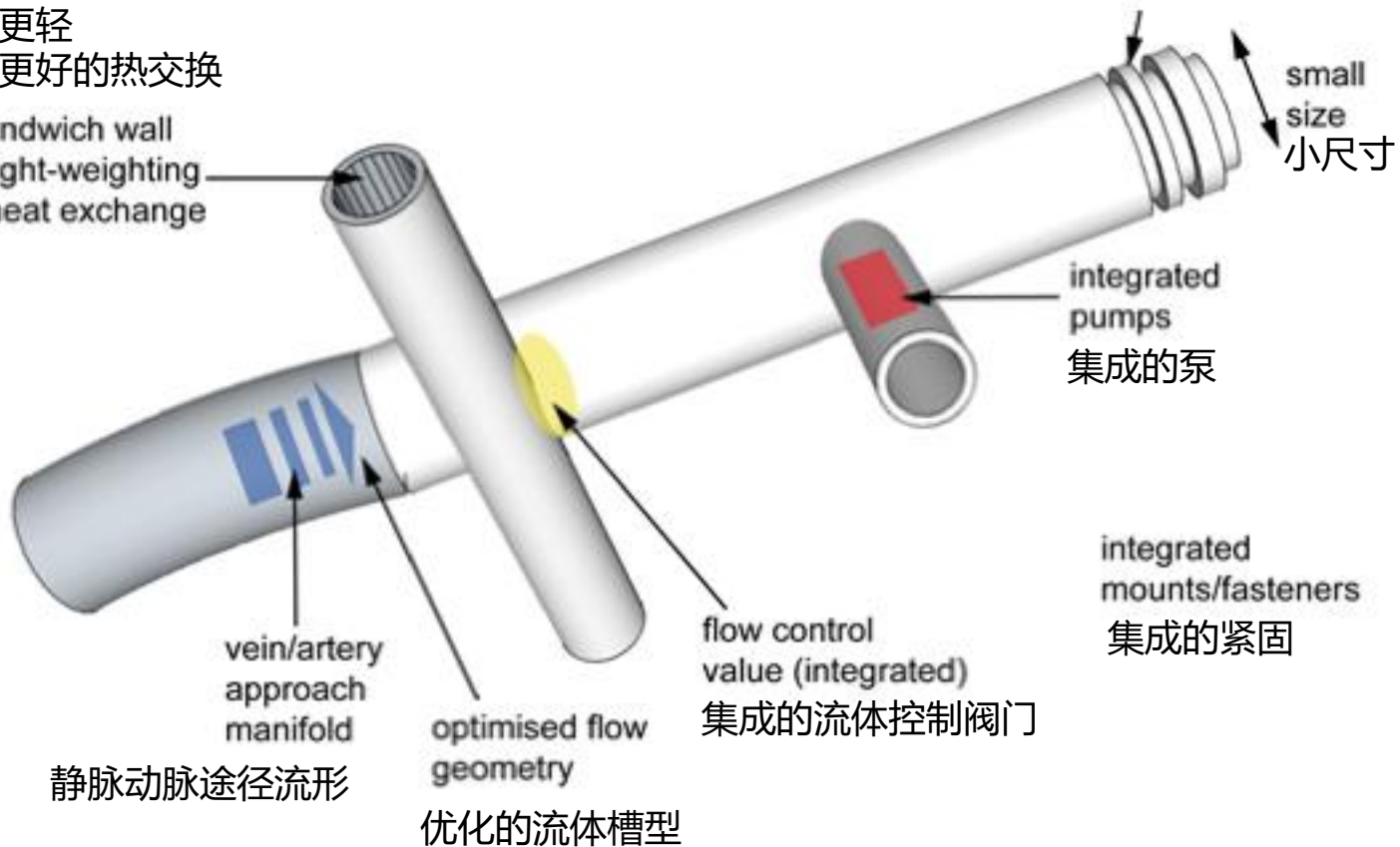


图片来源：德国SLM Solutions 及德国Darmstadt大学

14 集成

三明治壁
- 更轻
- 更好的热交换

sandwich wall
- light-weighting
- heat exchange



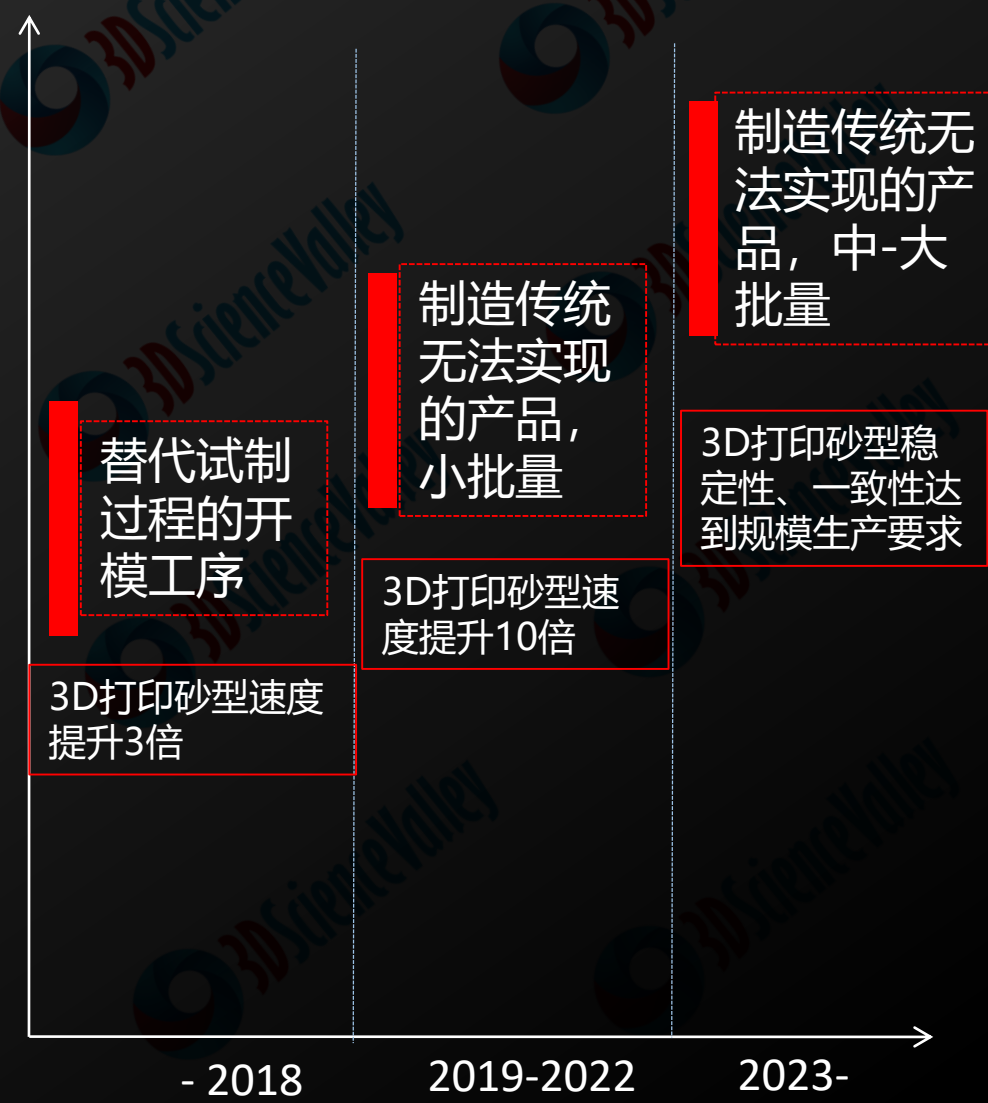
3D打印 在液压领域的应用

3D打印有两大特点：1是**无模化**，对应的优势是作为研发试制阶段的捷径，加速迭代过程，减少研发成本；2是对产品的**复杂性成本不敏感**，对应的优势是适合创新颠覆产品的设计，使得产品设计以功能实现为主导。

国内铸造业存在的**普遍误区**是，仅仅发挥了3D打印的第一个优势也就是说加工的还是传统设计的产品，而没有将3D打印用于创新产品的设计。

3D科学谷的判断是随着3D打印与铸造的结合，铸造作为产品“诞生”的“源头”其决定产品核心竞争力的价值将显现，这个行业不再被误读为“傻大笨粗”，而是成为企业发展核心竞争力的体现，因为3D打印可以从源头决定一个产品的创新程度，铸造将被很多企业作为核心关键的一环**纳入到企业内部的生产运营**中。

应用发展



16 3D打印砂型模具

铸造

博世力士乐已采用两台ExOne公司的增材制造系统用于快速原型制造，一台使用呋喃树脂，另一台使用酚醛树脂作为粘结剂，这两台设备用于执行复杂的几何尺寸和形状的设计，砂模的精确度高，一致性好，速度快，交付期短，再次增强了博世力士乐的研发实力。



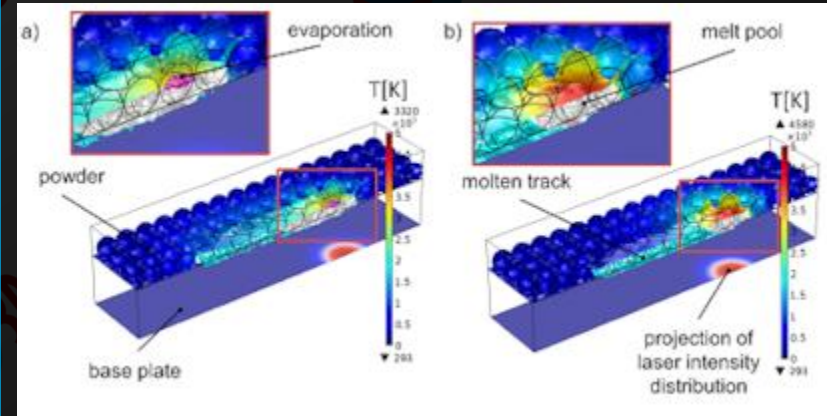
17 粉末床熔融金属3D打印推动液压应用的发展

PBF

除了设计、尺寸、速度、价格...限制3D打印进入到产业化领域的一大限制因素是制造的可复制性，液压控制元件的不少零件需要锻造的性能，这对当前的金属3D打印来说的确存在着挑战。如何实现工艺的可控性是PBF技术发展的主要挑战。如何获得一致可靠的产品质量是当前PBF 3D打印技术发展的一大难题。

数字化让3D打印免除基于经验的限制，尤其是熔池的监测，通过感应器获取大量数据，而数字化的好处是能够读取和利用大量的数据，从而智能化的控制3D打印质量。只有通过3D打印可以达到更高的产品质量稳定性和一致性，才能真正进入到上升曲线。

GE等公司正在将数字化控制应用到3D打印中来，目标是让打印设备能够智能化的实现自我纠错，生产出100%合格的零件。通过机器学习，一个更智能的系统正在逼近目标，并且通过数字双胞胎，创建一个模拟的仿真模型，使得加工过程更加可预测。



17 意大利Aidro

金属3D打印

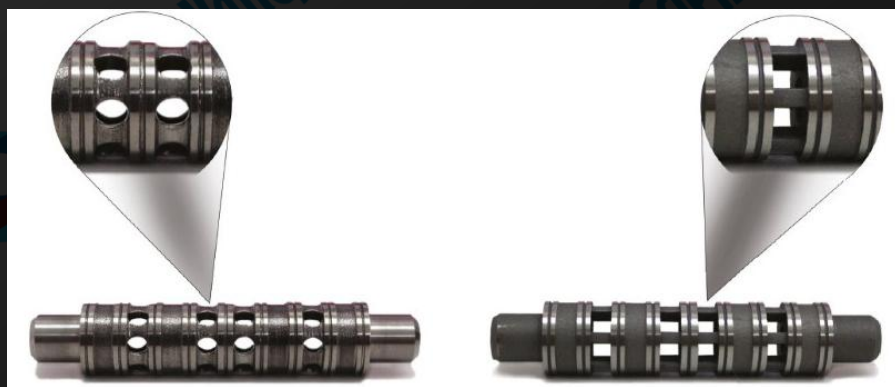
意大利液压零件制造商Aidro液压公司是一家将金属3D打印技术应用于液压阀块制造领域的企业。2017年，Aidro液压3D打印液压阀块的研发获得成功，目前他们已经具备通过3D打印技术制造特殊液压阀体的能力。

Aidro液压通过金属3D打印技术来制造液压阀块，在进行产品设计时无需考虑交叉钻孔的设计约束，并且可以将锋利的角换成圆形弯曲的设计从而减少湍流现象。

Aidro 液压通过金属3D打印技为一些有特殊需求的客户定制化生产小批量的液压阀块，作为其现有液压零部件生产能力的一种补充。目前，不锈钢（从AISI 304 到 316L）、铝、钛，以及部分新材料的阀块都能够通过3D打印设备进行小批量生产。



图片：Aidro3D打印的液压阀



图：Aidro设计了一个全新的阀芯，通过3D打印，用方孔代替圆孔，这增加了阀芯内的通道面积并减少了压降。



Aidro hydraulics成功开发的首个3D打印液压阀块，制造材料是不锈钢，作用是控制单作用气缸。Aidro hydraulics 在设计3D打印阀块时进行了创新，液压阀块的内部管道经过了设计优化，使内部管路中的液流得到改善，整个阀块的体积也比传统设计的阀块更小了，潜在的液体泄漏问题也得以避免。

Aidro Hydraulic 针对增材制造技术对减压阀进行了重新设计，设计的结果是阀体的重量减少60%，阀体的结构壁与原始阀体相比拥有相当的力学性能。此外，Aidro Hydraulic用250bar的压力对金属3D打印的阀体进行了测试，测试结果达到传统阀体的水平。

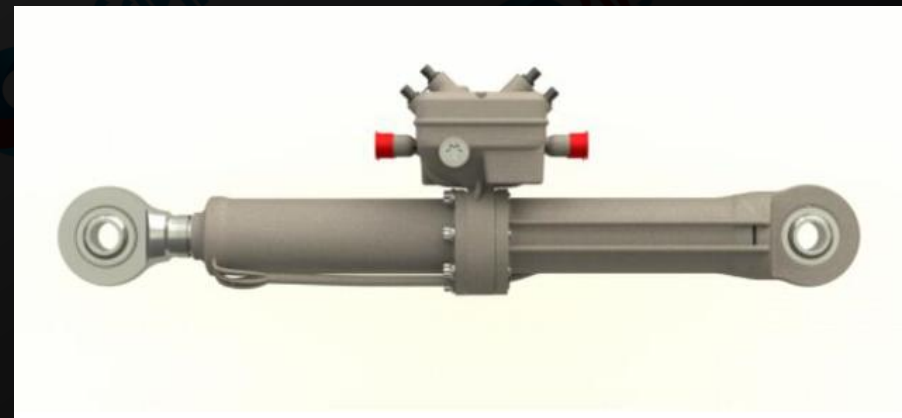
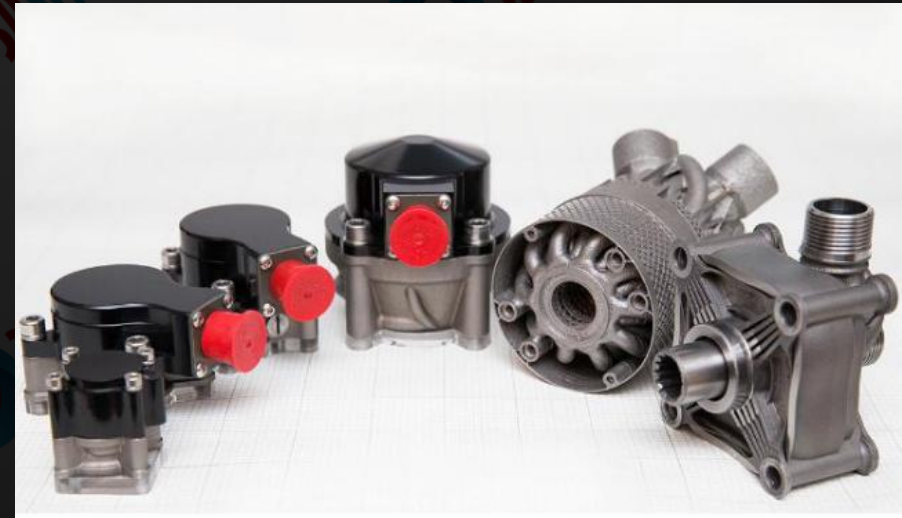


图左边的阀块是由机加工制作，并经过了镀锌处理来提高耐腐蚀性，右边的阀块由3D打印而成，重量减轻了60%，但强度相当。实际上，传统的机加工工艺也可以将重量做的更轻，但成本却要高得多。（图片来源：Aidro）

直接驱动伺服液压阀体的重新设计和3D打印

Domin Fluid Power制定了新的流体动力产品“稳定”设计的战略，这个战略建立在以金属3D打印技术作为制造方式的基础上。在此基础上，Domin公司对一些多年来都没有什么明显改变的液压流体动力零部件进行了重新设计与制造，包括直接驱动伺服液压阀。

Domin Fluid Power重新设计与制造的3D打印直接驱动伺服液压阀，经历了上千小时的设计、分析、测试和评估。Domin Fluid Power表示重新设计的3D打印阀体在重量、体积上都得以降低，由于液压阀体压力损失的减少，阀体效率也得以提升。



图：Domin Fluid Power直升飞机中功能集成式的双液压阀控制模块

2017年3月30日，空客装载了首个3D打印液压件的A380飞机已试飞成功，这让空客看到了通过3D打印提高液压零件性能的机会。

3D打印扰流板液压歧管的研发项目始于2007年，当时德国开姆尼茨工业大学和利勃海尔集团在德国政府基金的支持下展开航空液压元件增材制造项目，2010年空客加入这个项目组。

3D打印液压件的明显优势是轻量化，其重量相比原来液压件减轻35%。在性能方面，3D打印的液压件使液压系统的效率得以优化，产生更少的热量，降低噪音，同时对液压动力的要求更少。而液压系统效率的提升，将为飞行带来附加效益，例如减少空气阻力以及优化飞机的燃油效率。

对于这个3D打印扰流板液压件，空客与利勃海尔的最终目标是实现量产。参与项目的成员德国利勃海尔集团是空客的一级供应商。



ALM – 3D Printing Systems
A380 Spoiler Actuator Manifold → example for common ALM R&T

ALM System & Equipment Suppliers & AIRBUS working Group:
The first Award for the a flyable ALM part on test AC goes to: **LIEBHERR Aerospace**

First printed & flyable hydraulic Word Wide
Flown on MSN 001 A380 Test AC March 30.th 2017

35% weight reduction
(Ti6-4 housing only: -55%)

Page 2

AIRBUS

穆格在金属3D打印液压零件领域的有着超过15年的探索经验，穆格的增材制造中心已用金属3D打印技术生产了6,000多个液压零件。

穆格一个典型的应用是利用3D打印技术优化了促动器内部液压系统的结构，使得原来需要五个组件组装而成的零件，被改进为一个3D打印的一体化零件，并且在零件内部包含了液流通道。对于穆格来说，除了开发各种3D打印的液压零件，更关键的目标是实现增材制造的精益生产。穆格通过分析和规划当前的制造流程，将精益生产的理念逐步纳入到管理中来，使增材制造的效益得到提升。



22 派克汉尼汾 (Parker Hannifin)

金属3D打印

2017年，派克汉尼汾在其总部附近开设了“先进制造学习和开发中心”，工程师可以在该中心探索增材制造/3D打印、协同机器人技术等新兴技术。

通过这个中心，派克全球范围内的分公司和运营团队都将能够获得最新的打印材料、3D打印设备和软件，使全球范围内的派克工程师更好的解决客户需求。



雷尼绍还帮助路虎BAR帆船通过金属3D打印的液压系统零件提升性能，加工出内含光滑圆角的零件，大大提高流体传输的效率。

雷尼绍为帆船的液压系统生产了多个关键零件，新的3D打印的液压歧管设计重量减少了60%，而效能则提升超过20%。

增材制造包含一整套复杂的制造方案，雷尼绍涵盖了从零件设计到工艺流程等方方面面的专业知识。最好的应用是使用最少的材料来达到设计要求，产品具有实用的功能性优点，且应在设计时便已将制造方法考虑在内。

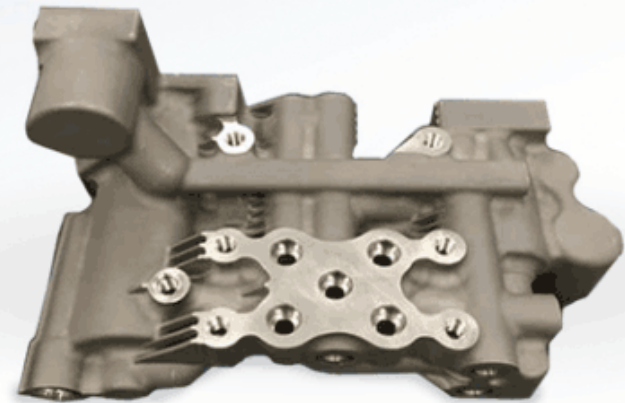


图：雷尼绍为路虎BAR帆船队制造的金屬3D打印液压系统零件



2016年8月，Materials Solutions被西门子收购，西门子正在使用3D打印技术来维修和翻新热气路径组件，并根据需要为西门子的燃气轮机提供备件。Materials Solutions工厂通过3D打印技术改进传统零件或以传统制造方法无法实现的方式制造前所未有的零件。

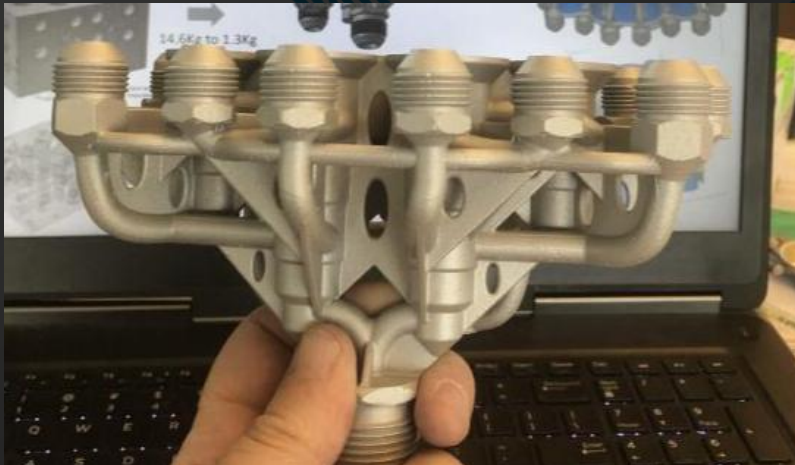
西门子投资的2700万英镑使得Materials Solutions能够从实验室切换到生产工厂，引入新的创新技术并专注于金属增材制造工艺的产业化。此外，Materials Solutions在3D打印液压歧管方面积累了丰富的经验。



This 3d-printed titanium hydraulic manifold fulfils the most demanding requirement by the Aerospace industry and secures the highest availability for maximum passenger safety.

该3D打印的钛合金液压歧管满足航空航天工业最严苛的要求，并保证最高的安全性

Lund大学将一个原来是不锈钢的歧管系统重新设计，并通过3D打印AlSi10Mg材料制造出来。打印两个的时间为77小时



宾州州立大学将一个液压阀块通过3D打印以一个整体结构制造出来，用来替代由17个零件组成的装配体，重量减少了70%，却仍可以承受相同的压力和疲劳测试。



安金大申请了耐磨耐蚀的高精度阀门，包括高强度耐磨耐蚀阀体以及3D打印高精度阀门内件的专利。高强度耐磨耐蚀阀体采用特殊元素配比的原料进行铸造，3D打印高精度阀门内件使用3D打印技术将各阀门内件制造、组装同时完成；最后将高强度耐磨耐蚀阀体与3D打印高精度阀门内件进行组装。3D打印技术如下：

- 3D打印机中的部分感光鼓充电获得电位，经载有正图形映像信息的光束扫描，形成正图形映像的静电潜像。
- 正图形映像的静电潜像经过磁刷吸附一层热熔粉末，加载电压使热熔粉末落入模型工作台中，在模型工作台中形成由热熔粉末铺成的正图形。
- 3D打印机中剩余感光鼓充电获得电位，经载有反图形映像信息的光束扫描，形成反图形映像的静电潜像。
- 反图形映像的静电潜像经过磁刷吸附一层热熔粉末，加载电压使热熔粉末落入模型工作台中，在模型工作台中形成由热熔粉末铺成的反图形。
- 重复以上步骤，进行逐层打印。



专利号：CN201410210979.5

液压零件仿真与设计软件

AMESIM

AMESim最早由法国Imagine公司于1995年推出，2007年被比利时LMS公司收购。LMS Imagine.Lab AMESim—多学科领域的复杂系统建模与仿真平台，2012年西门子以6.8亿欧元收购了比利时软件公司LMS International。

Hopsan

Hopsan瑞典从1977年开始研制，历时8年推出了Hopsan液压系统仿真软件。Hopsan软件的建模方法是元传输线法，源于特征法和传输线建模。这种方法特别适合并行计算，从而提高计算速度和实现分布计算功能。

EASY5

MSC Easy5诞生于波音公司，兼具完全的图形化建模环境、强大的仿真和分析能力、连接其它多种工程软、硬件的开放结构，可以对各种由微分、差分和代数方程描述的动态系统进行仿真。

SIMUL-ZD

SIMUL-ZD是浙江大学流体传动及控制实验室开发的面向物理模型的液压系统仿真软件包。

HyPneu

HyPneu软件是美国BarDyne公司的产品，是集液压、气动为一体的流体动力与运动控制仿真软件。

FluidSIM

FluidSIM软件由德国Festo公司Didactic教学部门和Paderbom大学联合开发，是专门用于液压与气压传动的教学软件，FluidSIM软件分两个软件，其中FluidSIM-H用于液压传动教学，而FluidSIM-P用于气压传动教学。

ADAMS P Hydraulics**Matlab P Simulink**

拓扑优化 (Topology Optimization)

Altair的solidThinking **solidThinking®**

PTC的Frustum

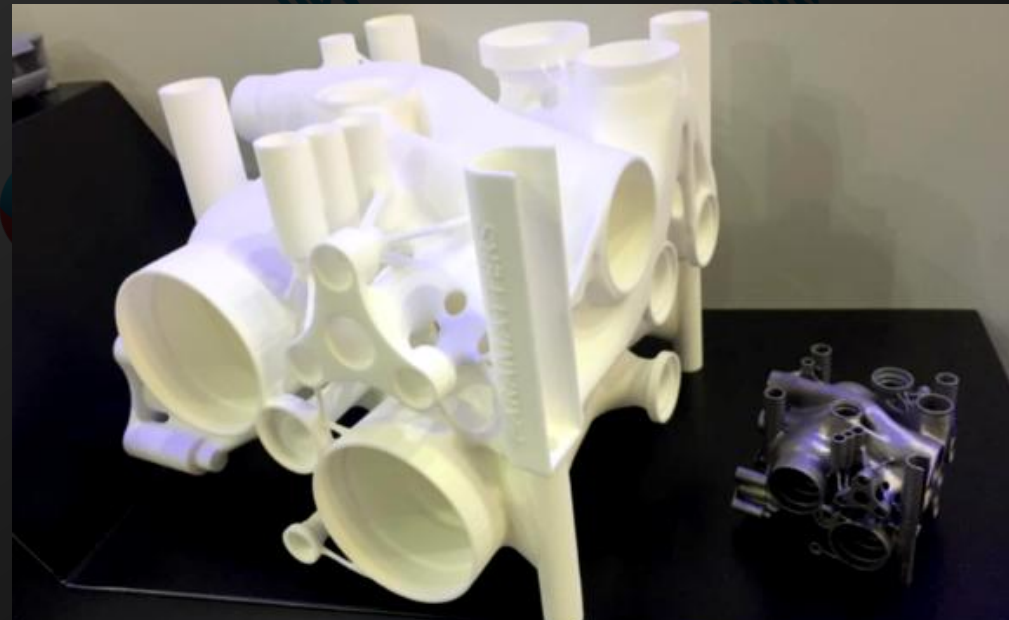


ParaMatters的CogniCAD



nTopology

nTopology

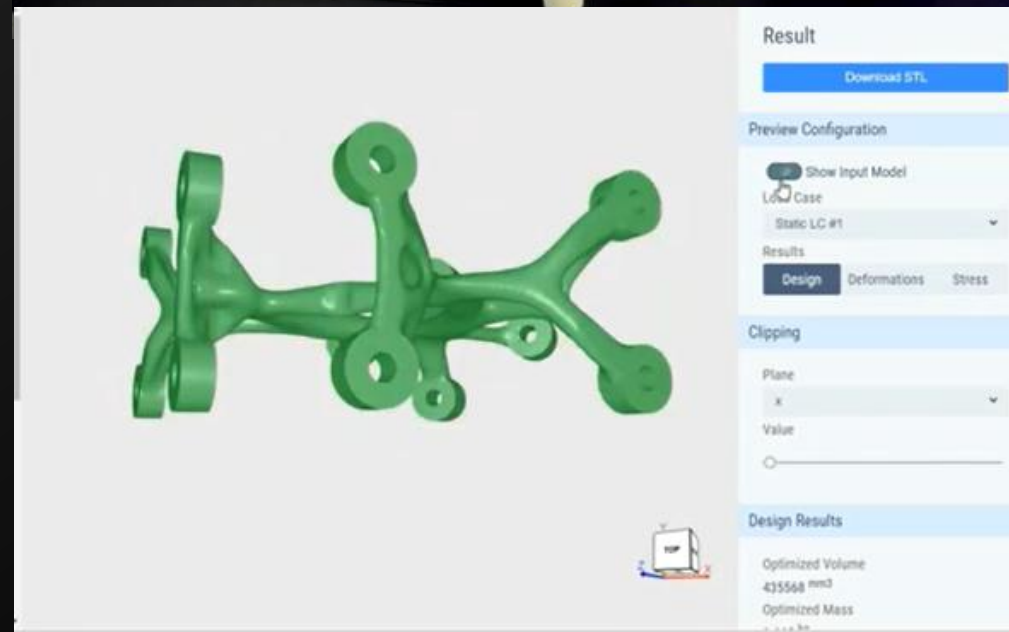


创成式设计 (Generative Design)

Autodesk的Within  | AUTODESK®
WITHIN

Autodesk的Dreamcatcher

Siemens的Solid Edge ST10 **SIEMENS**



29 增材制造仿真软件

Autodesk的Netfabb



Ansys的3DSIM



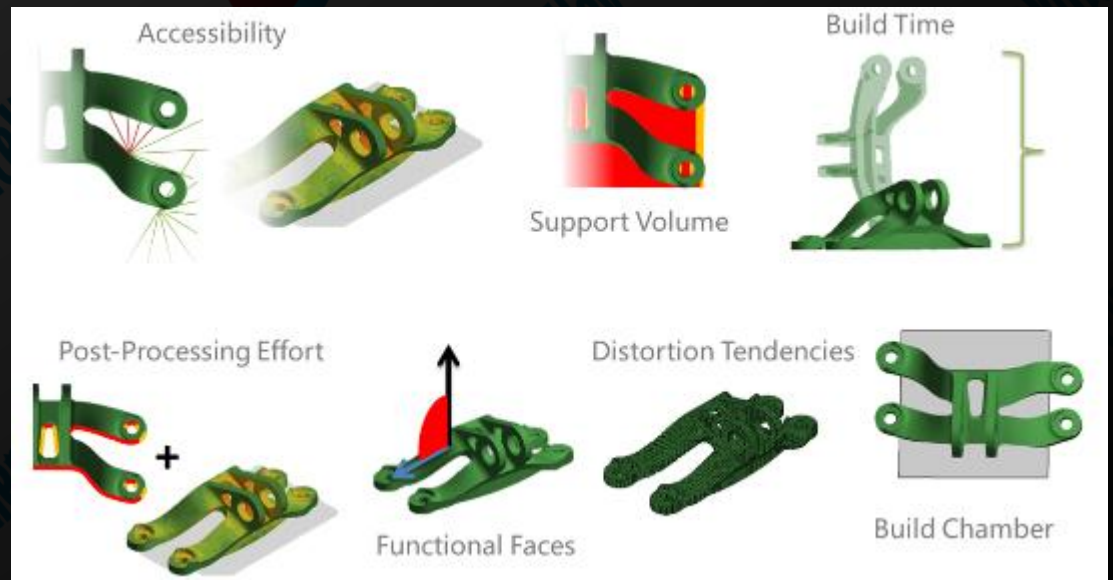
MSC Software



Additive Works的Amphyon



除了材料的特性，加工参数设置对加工结果的影响，当前不同的增材制造设备其细节上的工艺也有不少差异，建模和仿真的挑战是捕捉来自特定制造商的独特性。从质量和认证的角度来看，仿真软件需要配合不同的设备基于物理的可量化的机器参数，建立数据档案。其他的因素，包括粉末后处理变异影响增材制造结果的性能亦需要考虑进来。



3D打印设备与服务商

国家	品牌	主要技术
中国	铂力特	粉末床熔化-PBF,直接能量沉积-DED
中国	隆源	粉末床熔化-PBF,直接能量沉积-DED
中国	永年激光	粉末床熔化-PBF,直接能量沉积-DED
中国	易加三维	光固化工艺- VAT Photopolymerization, 粉末床熔化-PBF
中国	华曙高科	粉末床熔化-PBF, 选择性激光烧结-SLS
中国	恒通	光固化工艺- VAT Photopolymerization, 粉末床熔化-PBF
中国	华科三维	光固化工艺- VAT Photopolymerization, 粉末床熔化-PBF, 选择性激光烧结-SLS
中国	联泰科技	光固化工艺- VAT Photopolymerization
中国	太尔时代	材料挤出工艺- Material extrusion
中国	盈普光电	选择性激光烧结-SLS
中国	武汉滨湖	光固化工艺- VAT Photopolymerization, 粉末床熔化-PBF, 选择性激光烧结-SLS LOM层压技术
中国	杭州德迪	光固化工艺- VAT Photopolymerization, 粉末床熔化-PBF 选择性激光烧结-SLS
中国	中瑞科技	光固化工艺- VAT Photopolymerization, 粉末床熔化-PBF 选择性激光烧结-SLS
中国	先临三维	材料挤出工艺- Material extrusion, 生物打印
中国	闪铸科技	材料挤出工艺- Material extrusion
中国	武汉天昱	直接能量沉积-DED
中国	恒利	粘结剂喷射-binder jetting, 粉末床熔化-PBF, 选择性激光烧结-SLS
中国	珠海西通	光固化工艺- VAT Photopolymerization, 粉末床熔化-PBF
中国	智熔系统	粉末床熔化-PBF, 直接能量沉积-DED
中国	中科煜宸	粉末床熔化-PBF, 直接能量沉积-DED
中国	鑫精合	粉末床熔化-PBF, 直接能量沉积-DED
中国	汉邦科技	粉末床熔化-PBF
中国	广东信达雅	粉末床熔化-PBF
中国	大族激光	光固化工艺- VAT Photopolymerization, 粉末床熔化-PBF, 粘结剂喷射-binder jetting

国家	品牌	主要技术
日本	Aspect	粉末床熔化-PBF
日本	CMET	光固化工艺- VAT Photopolymerization
日本	D-MEC	光固化工艺- VAT Photopolymerization
日本	Matsuura	粉末床熔化-PBF+铣削
日本	Ricoh	粉末床熔化-PBF
日本	Sodick	粉末床熔化-PBF+铣削
韩国	Carima	光固化工艺- VAT Photopolymerization
韩国	InssTek	直接能量沉积- DED
韩国	Rokit	材料挤出工艺- Material extrusion
韩国	Sentrol	粉末床熔化-PBF, 粘结剂喷射-binder jetting
德国	Arburg	材料挤出工艺- Material extrusion
德国	Concept Laser	粉末床熔化-PBF
德国	Envisiontec	光固化工艺- VAT Photopolymerization, 材料挤出工艺- Material extrusion, LOM层压技术
德国	EOS-易欧司	粉末床熔化-PBF, 选择性激光烧结-SLS (DMLS)
德国	Geman RepRap	材料挤出工艺- Material extrusion
德国	Apium(Indmateg)	材料挤出工艺- Material extrusion
德国	Nanoscribe	光固化工艺- VAT Photopolymerization
德国	OR Laser	粉末床熔化-PBF
德国	Rapid Shape	光固化工艺- VAT Photopolymerization
德国	Realizer	粉末床熔化-PBF
德国	DMGMORI-德马吉森精机	粉末床熔化-PBF
德国	SLM Solutions	粉末床熔化-PBF
德国	Trumpf-通快	粉末床熔化-PBF, 直接能量沉积- DED
德国	Voxeljet	粘结剂喷射-binder jetting,高速激光烧结-HSS

国家	品牌	主要技术
美国	3D Systems	光固化工艺- VAT Photopolymerization, 材料喷射-Material Jetting, 粉末床熔化-PBF, 粘结剂喷射-binder jetting
美国	Carbon	光固化工艺- VAT Photopolymerization
美国	Desktop Metal	材料挤出工艺- Material extrusion, 粘结剂喷射-binder jetting
美国	Exone	粘结剂喷射-binder jetting
美国	Fabrisonic	层压- Sheet Lamination
美国	Fromlabs	光固化工艺- VAT Photopolymerization
美国	HP-惠普	MJF-多射流融化
美国	Markforged	材料挤出工艺- Material extrusion
美国	Optomec	直接能量沉积- DED, 材料喷射-Material Jetting
美国	RPMI	直接能量沉积- DED
美国	Sciaky	直接能量沉积- DED
美国	Viridis 3D	粘结剂喷射-binder jetting
美国	Voxel 8	直接书写-DW
美国	GE	粉末床熔化-PBF
以色列	Massivit	材料挤出工艺- Material extrusion
以色列	Stratasys	材料挤出工艺-Material extrusion, 材料喷射-Material Jetting
以色列	SolidScape	材料喷射-Material Jetting
以色列	Nano Dimension	材料喷射-Material Jetting
意大利	DWS	光固化工艺- VAT Photopolymerization
意大利	Sharebot	材料挤出工艺- Material extrusion, 光固化工艺- VAT Photopolymerization, 粉末床熔化-PBF
意大利	Sisma	粉末床熔化-PBF, 直接能量沉积- DED

国家	品牌	主要技术
法国	3DCeram	光固化工艺- VAT Photopolymerization
法国	BeAM	直接能量沉积- DED
法国	Prodways	光固化工艺- VAT Photopolymerization, 粉末床熔化-PBF
荷兰	Additive Industries	直接能量沉积- DED
荷兰	Admatec	材料挤出工艺- Material extrusion
荷兰	Luxexcel	材料挤出工艺- Material extrusion
英国	Renishaw-雷尼绍	粉末床熔化-PBF
澳大利亚	Asiga	光固化工艺- VAT Photopolymerization
奥地利	Lithoz	光固化工艺- VAT Photopolymerization
波兰	Sinterit	粉末床熔化-PBF
新加坡	Structo	光固化工艺- VAT Photopolymerization
瑞典	Arcam	粉末床熔化-PBF
瑞士	Sintratec	粉末床熔化-PBF
台湾	Microjet Technology	粘结剂喷射-binder jetting

公司	软件	应用
3DSIM	exaSIM	金属打印仿真优化软件
Altair	SolidThinking Inspire	拓扑优化、仿真
Ansys	SpaceClaim	分析、修复、编辑、切片...
Autodesk	Meshmixer	STL编辑
	Netfab Standard, Premium, Ultimate	数据准备、切片、晶格、拓扑优化
	Shapeshifter	建模
	Winthin	创成式设计建模
	Fusion, Forge	CAD建模平台
Dassault	3DEXPERIENCE, Solidworks, CATIA	CAD建模平台
Materialise	Magics, 3-matic, Streamics, 3-stage	数据准备、切片编辑、打印管理...
Siemens	UG	CAD建模

...

敬请关注3D科学谷微信公众号，或参考3D科学谷出版物（京东、当当有售）



《3D打印与工业制造》
京东售书链接



3D科学谷官方网站



3D科学谷微信公众号



3D科学谷三千人QQ群



3D科学谷系列白皮书



免责声明

- 本书中包含的数据、部分内容来源于网络或其他公开资料，版权归原作者所有。任何以盈利为目的使用，所产生的后果由使用者自己承担。
- 本书中所有引用的数据都已标明出处，如任何个人或单位认为内容存在侵权之处，请及时与我们联系，3D科学谷将及时给予处理。
- 3D科学谷力求内容的严谨性，但限于时间和人力因素，书中难免有不足之处，如存在失误、失实，敬请您不吝赐教、指正。我们热忱欢迎各界专业人士免费加入3D科学谷交流平台。
- 本书内容仅作交流学习之用，不构成任何投资建议，请读者仅供参考。