

# 金属增材制造助力产品设计与创新

王佳骏  
西安铂力特技术研发部  
wangjj@xa-blt.com

陕西省西安市高新区上林苑七路1000号

029-8848 5673

029-8848 5409

sales@xa-blt.com

www.xa-blt.com



让制造更简单 世界更美好

## 一. 增材制造技术简介及应用进展

## 二. 增材制造变革产品设计

## 三. 铂力特工程应用探索

## 四. 技术展望

# Part 1 增材制造技术简介及应用进展

# WELCOME TO

创 新                      质 量                      诚 信

金属**3D**打印专家

Metal Additive Manufacturing Specialist

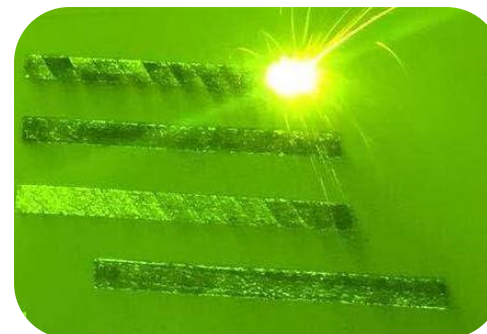
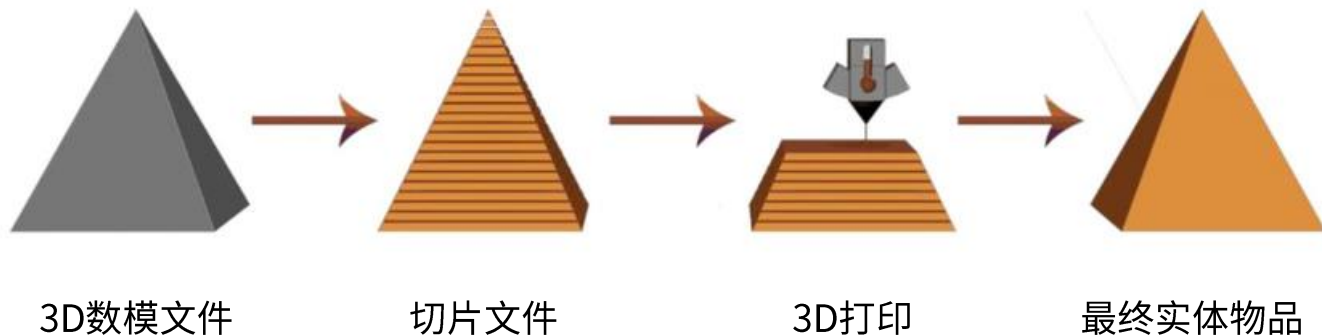
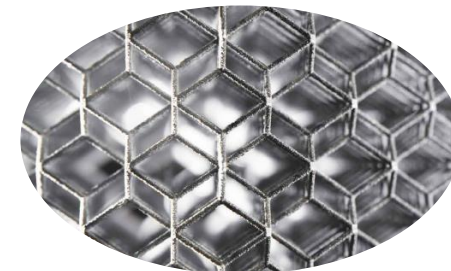
让制造更简单 世界更美好

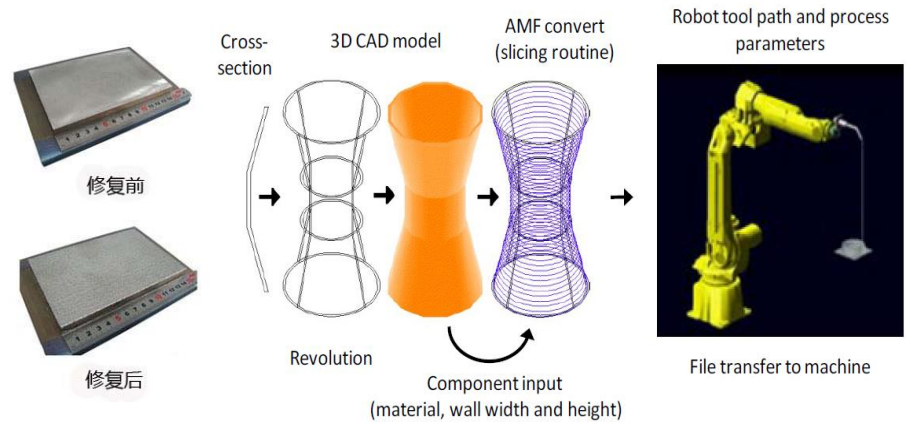
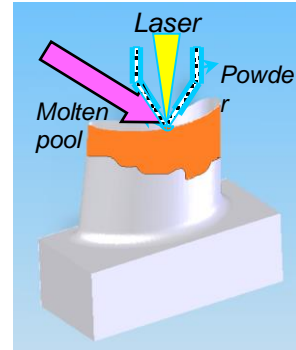
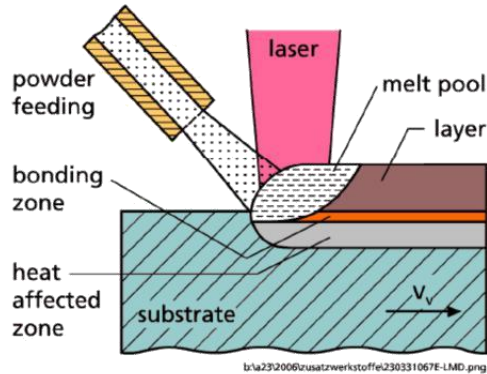
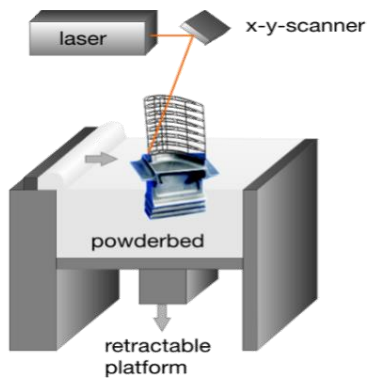
Make Easier Manufacturing, Make a Better World

# Blistar

# 增材制造技术 (技术概述)

- 增材制造: 3D打印, 由产品三维模型数据直接驱动, 基于**离散-堆积**原理, 通过**数字化**增加材料的方式来制备零件。
- 技术特点: 1. 无模具快速自由成形; 2. 复杂结构净尽成形;  
3. 全数字化高柔性; 4. 可实现多材料复合。
- 技术分类: 金属增材制造技术/非金属增材制造技术
- 设计促进: **多尺度**结构的实现





## 粉末床选区熔化成形 (SLM)

- 效率较低
- 单一材料
- 尺寸有一定限制
- 高精度
- 近乎无限的结构复杂性

## 同步材料送进成形 (LSF)

- 高效率
- 多材料复合
- 尺寸几乎无限制 (可达米级)
- 高性能修复
- 结构复杂性受限

## 激光成形修复技术 (LFR)

- 致密冶金结合
- 零件变形小
- 修复后力学性能达到新品的80%以上, 部分材料性能与新品相当

## 电弧增材制造技术 (WAAM)

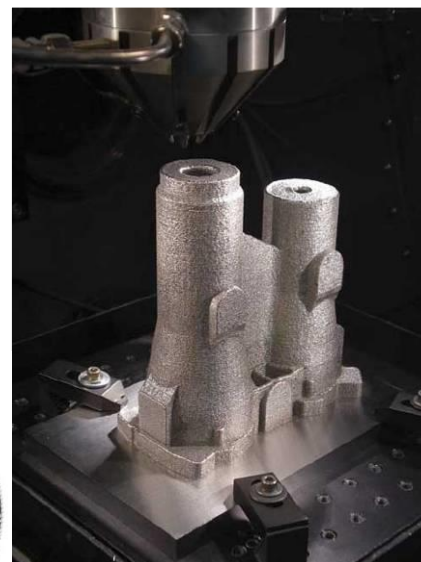
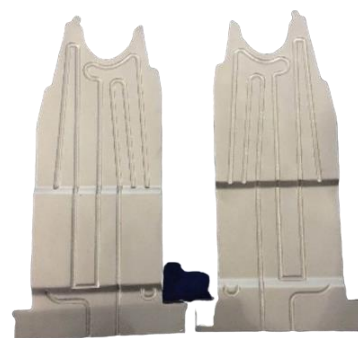
- 低成本高效率
- 超大尺寸 (10m~)
- 致密冶金结合
- 结构复杂性受限

## • 技术优势

- ◆ 更高的材料强度与功能特性
- ◆ 直接净近成形工业级零部件
- ◆ 制造高度复杂的几何结构
- ◆ 大型构件快速制备验证
- ◆ 部件的快速修复与再制造

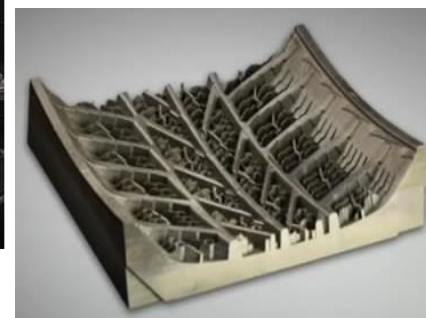
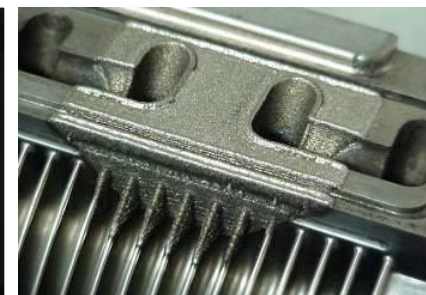
## • 应用方向

- ◆ 新产品的快速开发
- ◆ 个性化制造
- ◆ 传统技术难以应对的极端复杂结构件
- ◆ 高性能成形修复与组合制造
- ◆ **最优化设计显著提升产品功能**
  - 集成
  - 减重
  - 流动
  - 传导
  - 融合



美国TC4卫星零件

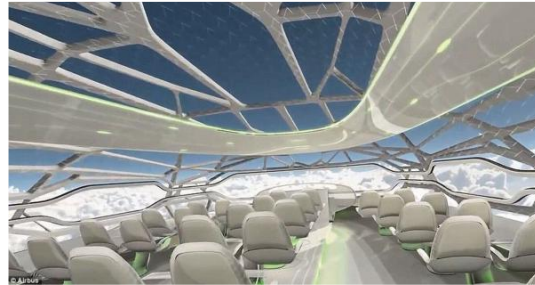
- 零件高约 200mm
- 增材制造64小时，完成零件的最终热处理，加工共1周时间
- 机械加工方法需时11周



# AIRBUS-增材制造迈入适航



空客公司：增材制造步入适航



TEST

A320客机上应用全新结构轻量化隔框

350XWB支架 FAA认证 29%轻量化

Sensor Bracket for Landing Gear

Weight reduction: -29%

Increased stiffness: 100%

Conventional Design Additive Manufacturing Design

2017年3月，A380上首个主飞行控制液压元件

# GE-量产时代

未来市场预测: **\$76B**

10年内生产**1万台**3D打印机

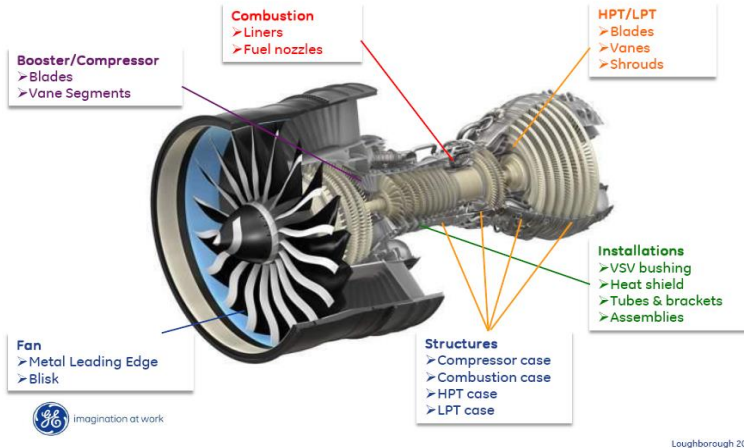
## 整体化、轻量化

855个减少至12个

重量降低40%



## Candidate AM Applications for Aviation



## 功能性提升

油耗降低

20%

动力提升

10%

## 成本优势

制造成本降低60%

## 周期优势

研发周期缩短1/3

- 2012年11月, GE收购MorrisTech公司。
- 2013年8月, GE 收购Avio S.p.A公司。
- 2015年, Leap发动机喷嘴通过适航。
- 2016年11月, 以14亿美元收购两大金属设备制造商 Arcam和Concept laser。
- 2020年, 该公司新加入的增材制造业务将增长至10亿美元, 并将在未来十年内在整个公司里产生30亿到50亿美元的成本节约。
- 2020年, 拥有300多个3D打印零件的GE9X发动机获得FAA认证, 工程化应用迈入新的里程碑。



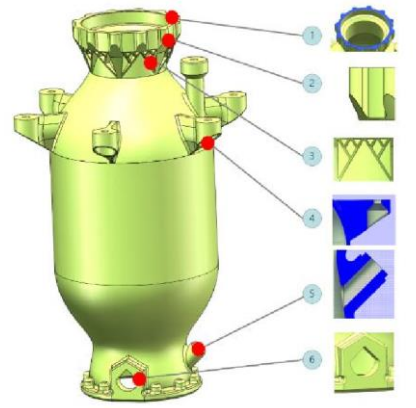
让制造更简单 世界更美好



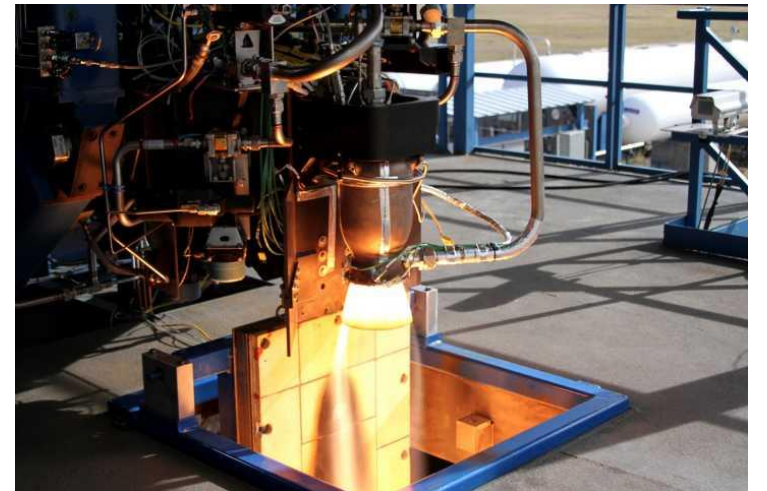
# SPACE X-将增材技术全方位融入设计



LAS系统推进系统发动机整合设计（喷油、冷却、节流一体化）



将增材制造全方位融入设计



猎鹰9主要氧化剂阀门（Main Oxidizer Valve, MOV）

让制造更简单 世界更美好

# 增材制造助力火箭发动机技术跨越



Cellcore公司利用3D打印实现复杂结构推力室，实现了显著的轻量化。



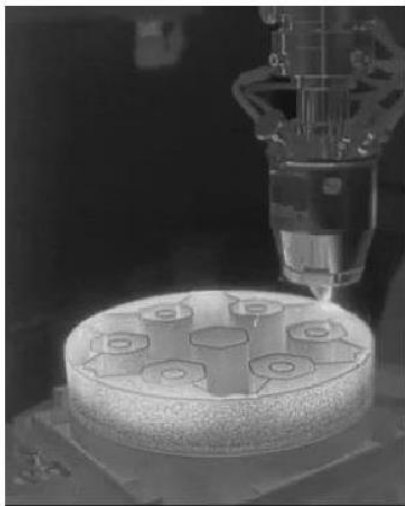
Launcher公司开发的铜合金喷管部件，设计时将冷却流道与本体进行了集成式设计，大幅提升了冷却效率。



深蓝航天利用3D打印，实现了国内液氧煤油火箭发动机推力室效率从95%到99%的技术跨越

让制造更简单 世界更美好

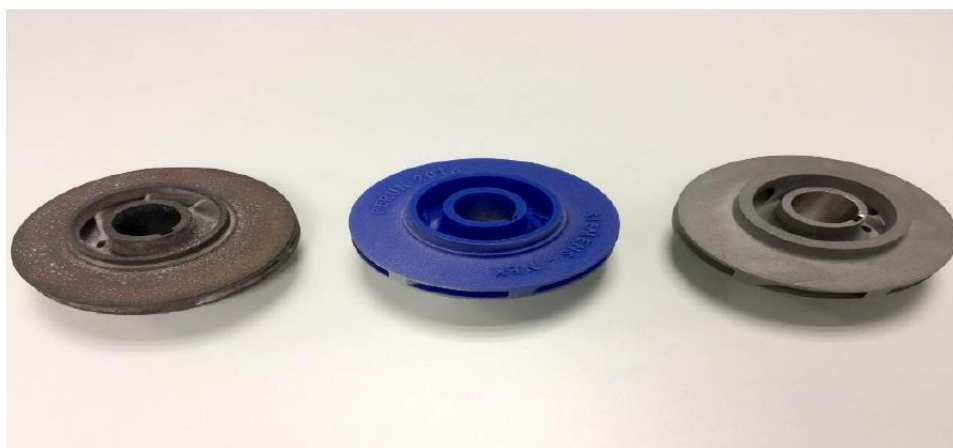
# 核领域应用探索



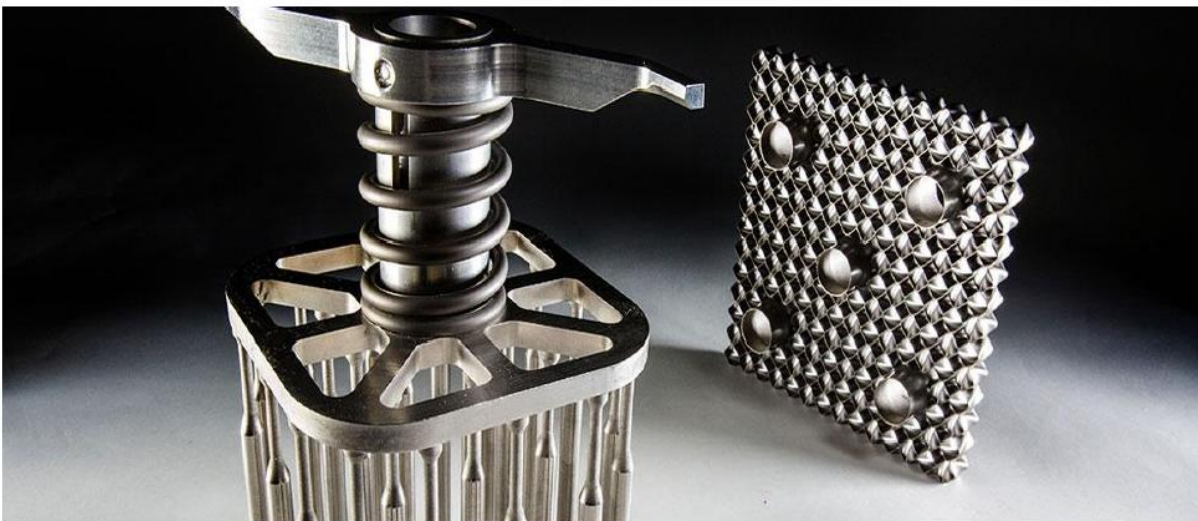
美国能源部橡树岭国家实验室“转型挑战反应堆”示范计划



3D打印燃料通道紧固件

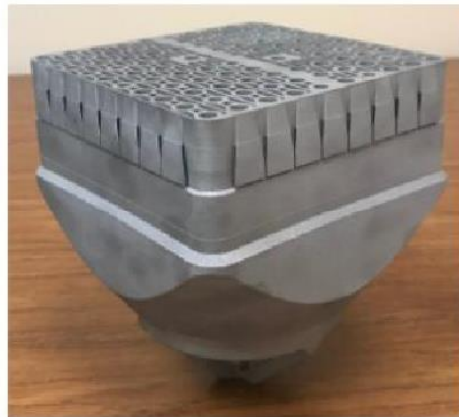


西门子采用 3D 打印完成斯洛文尼亚核电站消防泵金属叶轮替换零件



3D打印顶针堵漏装置

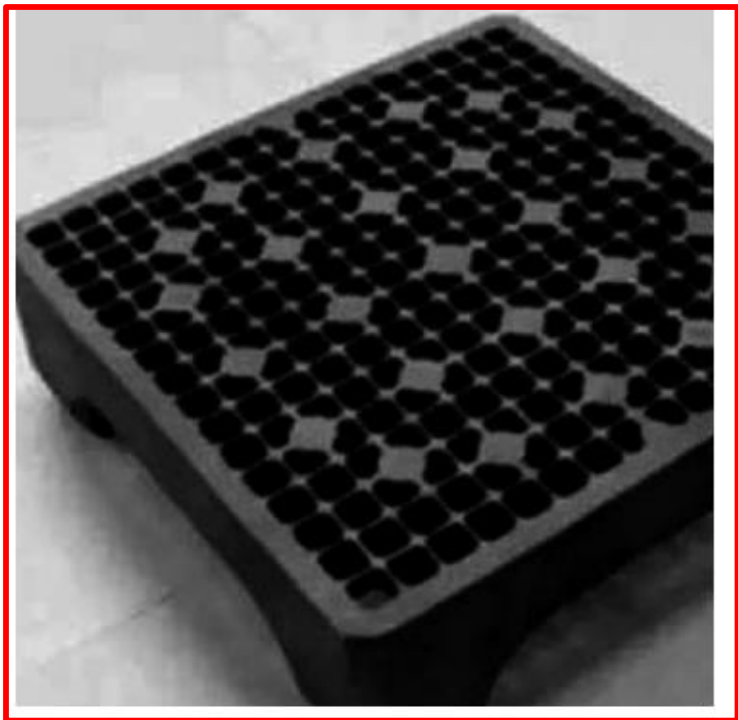
西屋电气公司在 Exelon Byron 1 号核电站停堆换料期间成功安装了 3D 打印顶针堵漏装置。这也是西屋电气率先在全球商业核反应堆使用的 3D 打印部件。



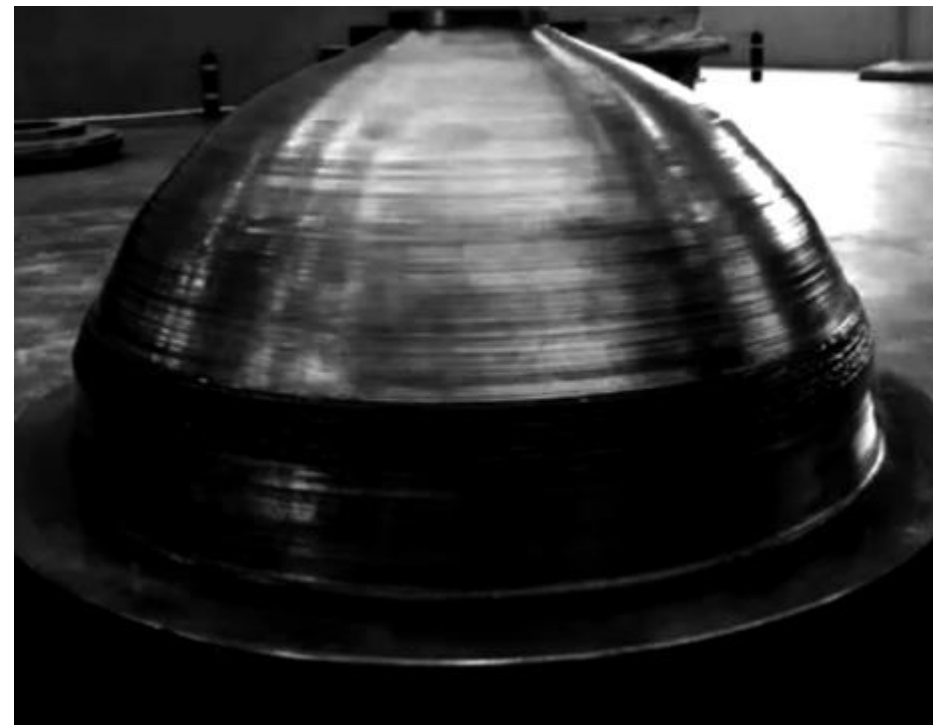
BWR连接板

NovaTech公司采用Inc718合金打印的沸水反应堆 (BWR) 下部连接板, 用于固定燃料棒底端。

## 核领域应用探索



2016年中核北方核燃料元件有限公司完成了CAP1400组件下管座的试制（SLM技术）



中广核ACP100完成反应堆压力容器的研制及技术鉴定（WAAM技术）

# Part 2 增材制造变革产品设计

# WELCOME TO

创 新                      质 量                      诚 信

金属**3D**打印专家

Metal Additive Manufacturing Specialist

让制造更简单 世界更美好

Make Easier Manufacturing, Make a Better World

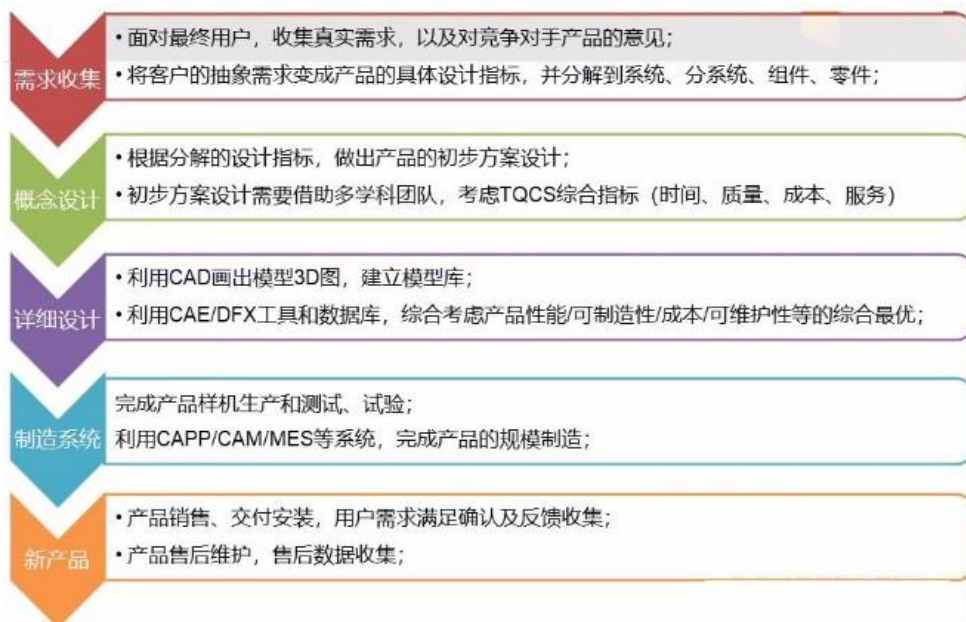
# BTLT

## 基于增材制造产品优化的必要性:

- 高加工柔性 → 设计更自由
- 快速研制与验证 → 方案升级
- 成本控制 → 从增材制造角度降低成本



增材制造系统应是一种综合的产品解决方案，而非单纯的工艺手段。



制造引导设计

制造优先性设计

经验设计

反复迭代设计

设计引导制造

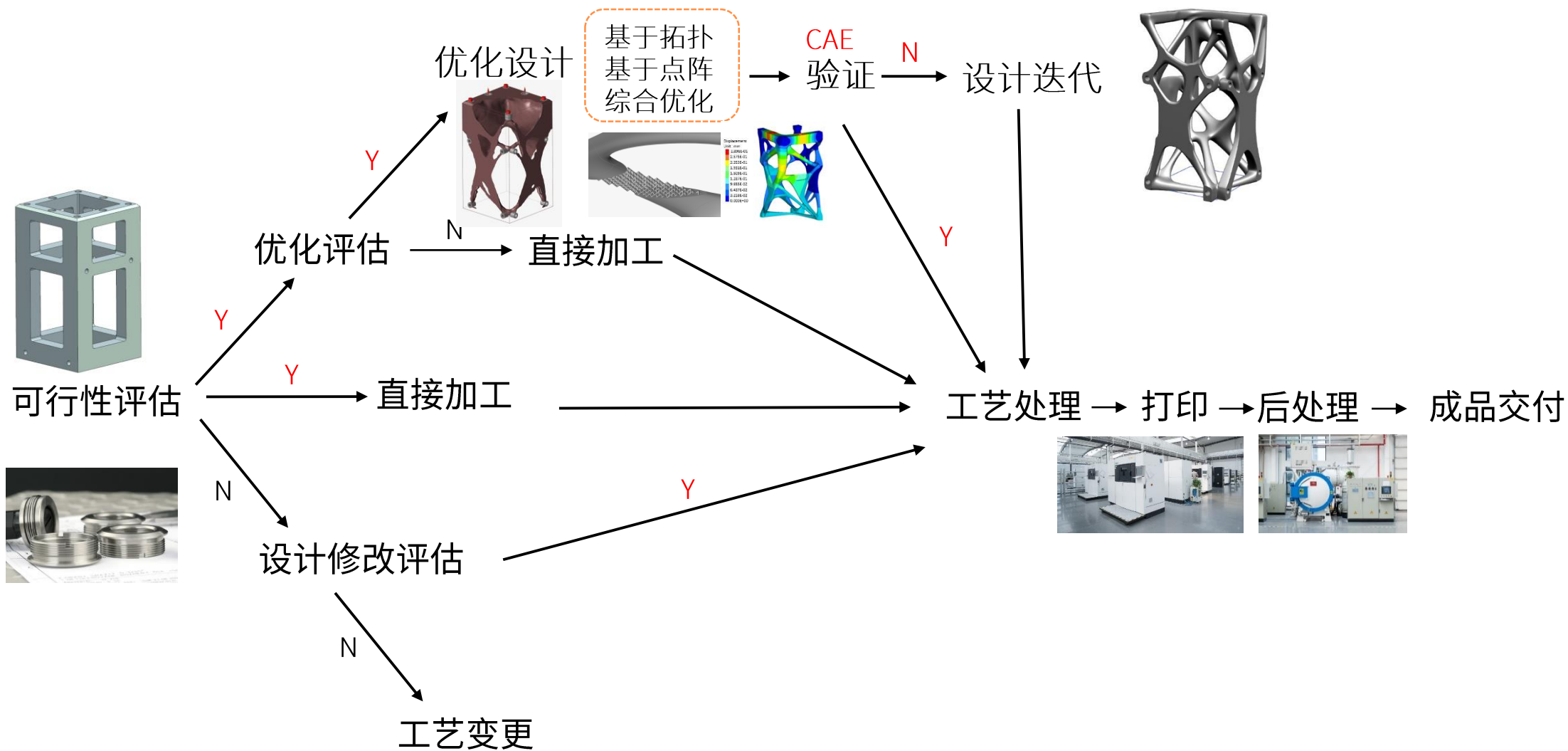
功能优先性设计

最优化设计

仿真驱动设计



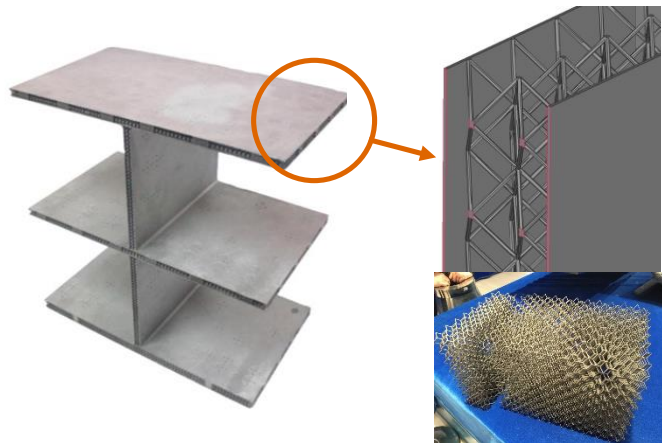
# 设计流程思考



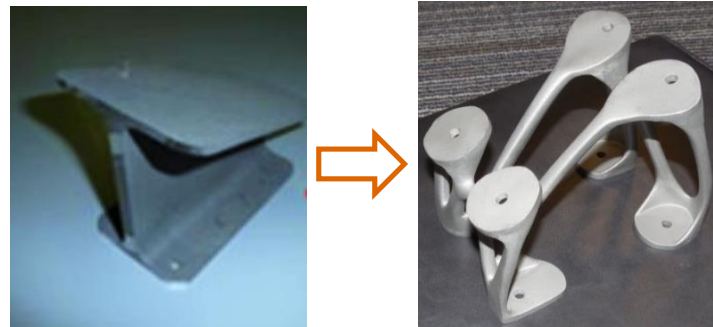


# 基于增材制造的典型优化结构特征

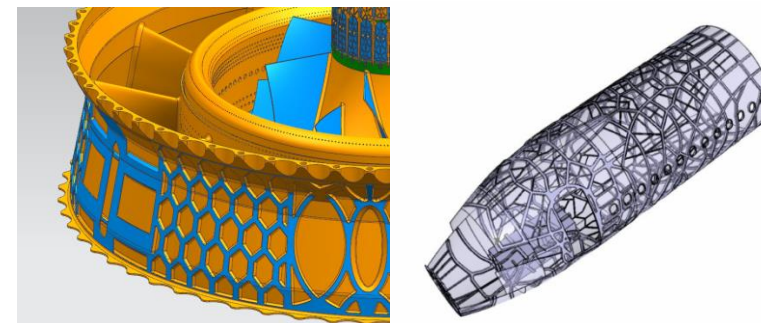
面向结构



中空夹层及点阵结构

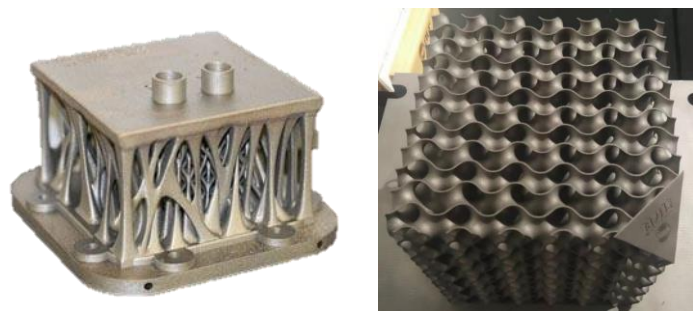


空间拓扑结构



薄壁筋条强化结构

面向功能



空间曲面/极小曲面散热特征



功能优先的流道排布



微孔结构

- 整体化
- 多尺度
- 异形面

让制造更简单 世界更美好

# Part 3 铂力特工程应用探索

# WELCOME TO

创 新                      质 量                      诚 信

金属**3D**打印专家

Metal Additive Manufacturing Specialist

让制造更简单 世界更美好

Make Easier Manufacturing, Make a Better World

# BTLT

<b>钛及钛合金</b> 纯钛, TC4, TC4 DT, TC6, TC11, TC17, TC18, TC21, TA7, TA12, TA15, Ti40, Ti60, TA19	<b>铝合金</b> AlSi12, AlSi10Mg, AlSi7Mg, AlSi9Cu3, AlMg4.5Mn0.4
<b>不锈钢</b> 304, 316L, 321, 15-5PH, 17-4PH, 2Cr13	<b>钨合金</b> W-25, TAW
<b>铜及铜合金</b> Copper and Copper Alloys	<b>高强钢</b> Aermet 100, 300M, 30CrMnSiA, 40CrMnSiMoVA
<b>模具钢</b> H13, 18Ni300, Invar 36,420	<b>高温合金</b> Inconel 718 (GH4169), Inconel 625(GH3625), Hastelloy X (GH3536), Haynes188, Haynes230, CoCrW, CoCrMo

## 选择性激光熔化技术(SLM)材料性能

材料	成形工艺及状态	$\sigma_b$ (MPa)	$\sigma_{0.2}$ (MPa)	$\delta$ (%)
TC4	精密激光成形热处理态 锻造退火态标准	930-1030 $\geq 895$	830-950 $\geq 825$	11-15 $\geq 8 \sim 10$
AlSi10Mg	精密激光成形热处理态 铸件 T6 态标准	280-360 $\geq 240$	170-230 /	8-15 $\geq 2$
17-4PH	精密激光成形热处理态 锻造固溶时效态标准	980-1030 $\geq 930$	780-980 $\geq 725$	10-15 $\geq 10$
IN718	精密激光成形热处理态 锻造固溶时效态标准	1200-1400 $\geq 1280$	1140-1280 $\geq 1030$	13-25 $\geq 12$
IN625	精密激光成形热处理态 板材退火态标准	840-960 $\geq 830$	430-540 $\geq 410$	35-50 $\geq 30$
HX	精密激光成形热处理态 棒材标准	690-760 $\geq 690$	295-335 $\geq 275$	35-55 $\geq 30$

# 增材制造应用案例（一体化滤网）

## 一体化滤网

原始制造方式：编织&焊接

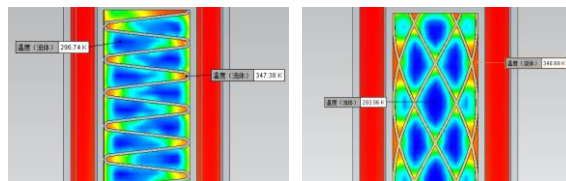
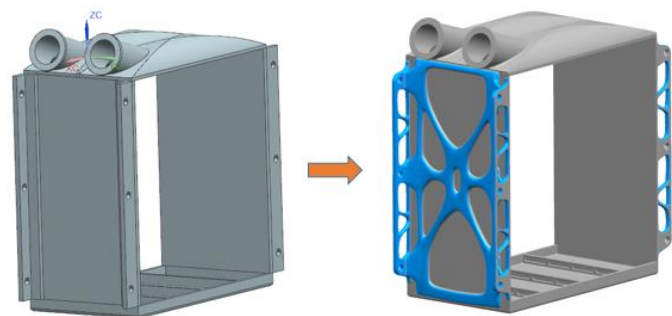
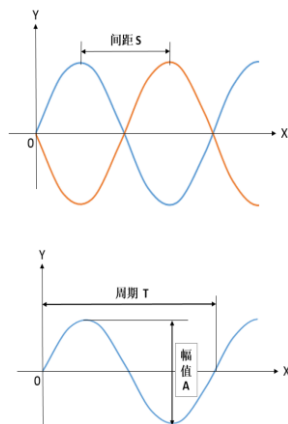
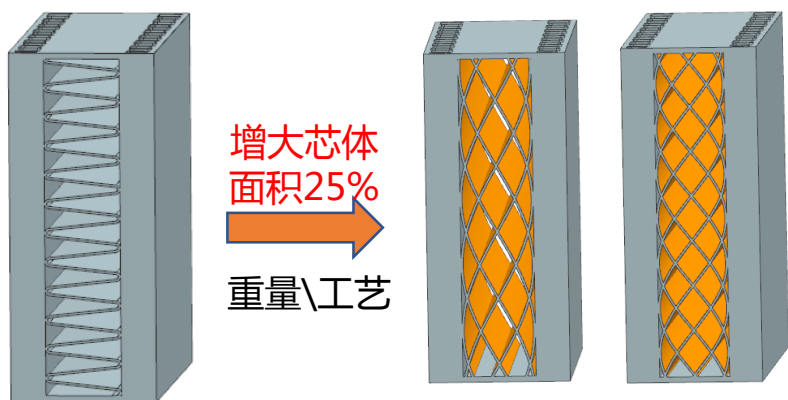
- 问题：
1. 工艺复杂
  2. 多工序流转下的可靠性风险
  3. 设计性有限

采用3D打印可一体化制备各类结构形式滤网

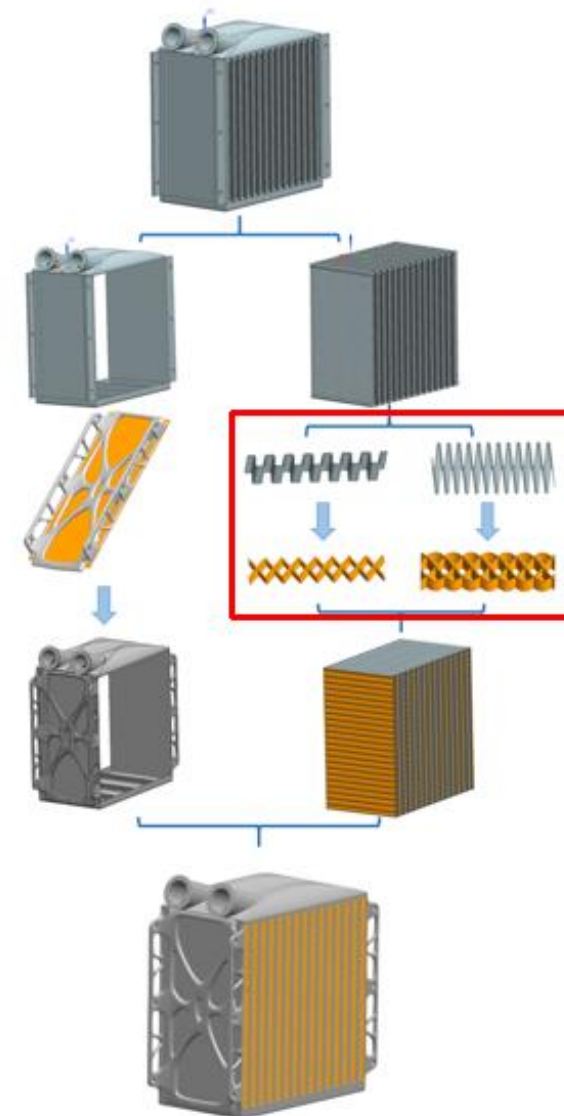
通过孔形、孔隙率、疏密排布的设计实现功能提升



## 基于增材制造的散热特征设计



芯体面积增大25.03%，  
总重减轻2.77%。



让制造更简单 世界更美好

# 增材制造应用案例 (轻量化支架)

## 轻量化支架

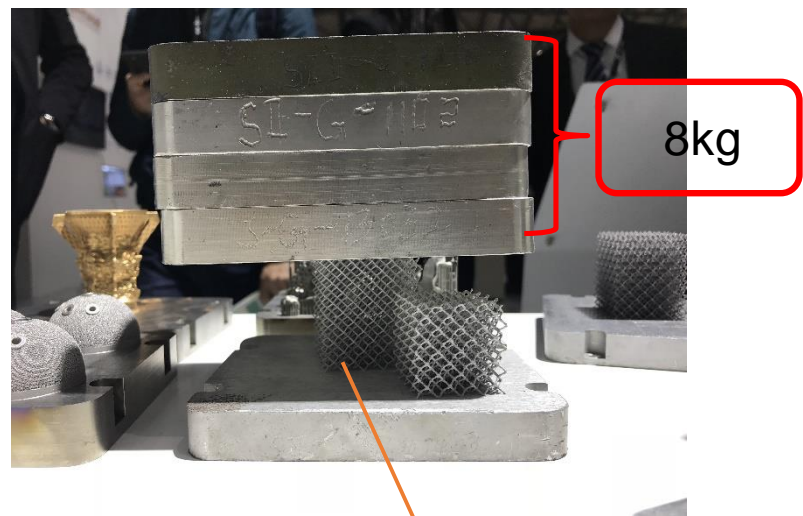
宏观结构由拓扑优化计算生成;

进一步采用晶格结构填充实现零件设计的二次减重

设计过程考虑结构状态及工艺实现性, 充分利用每一克材料

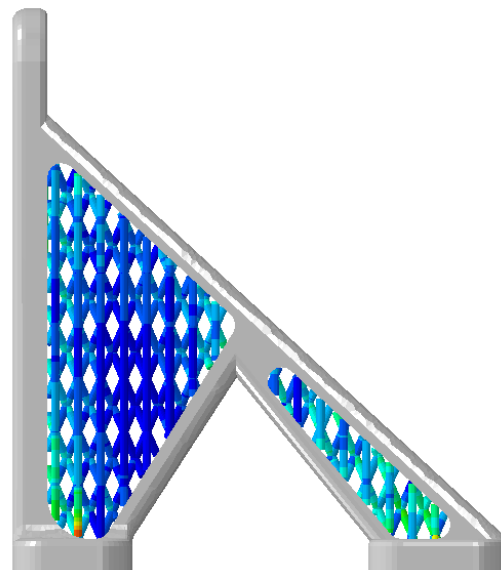
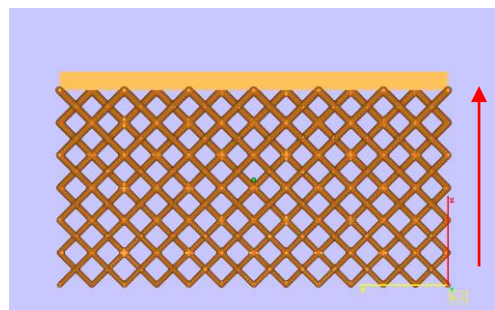


# 增材制造应用案例 (多尺度结构)

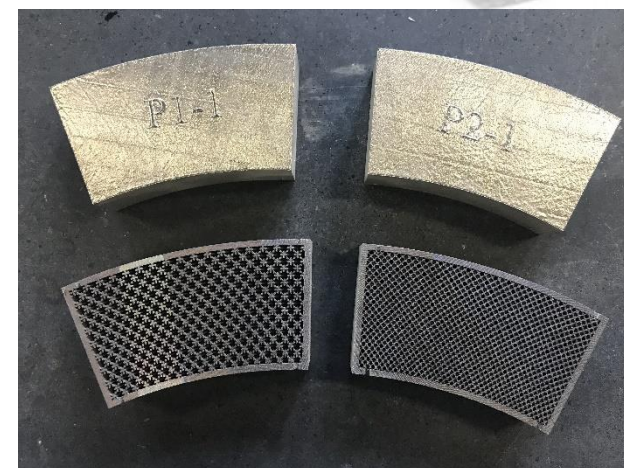
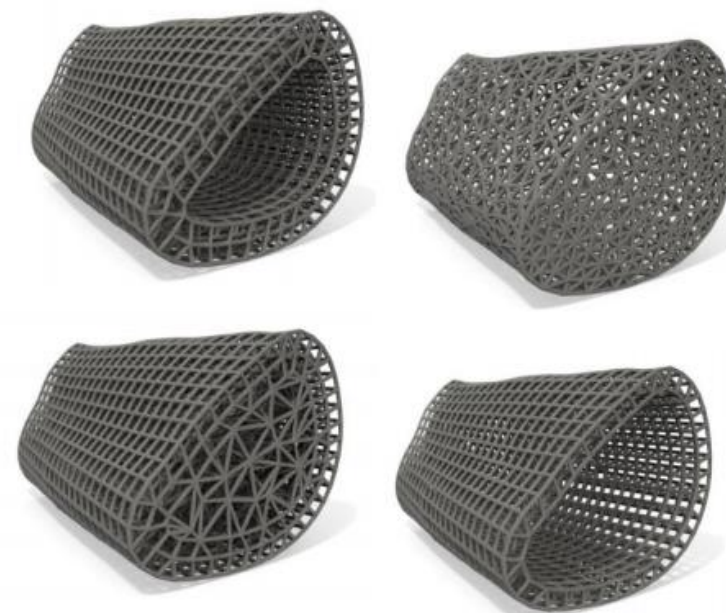
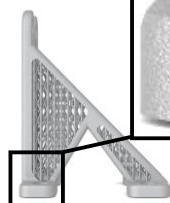
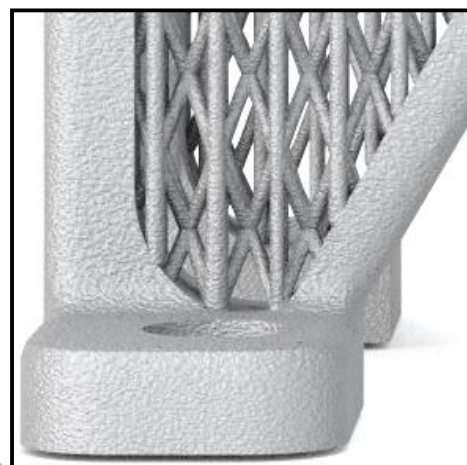


2.7g

A red-bordered box containing the text "2.7g", with an arrow pointing to a small lattice structure in the image below.



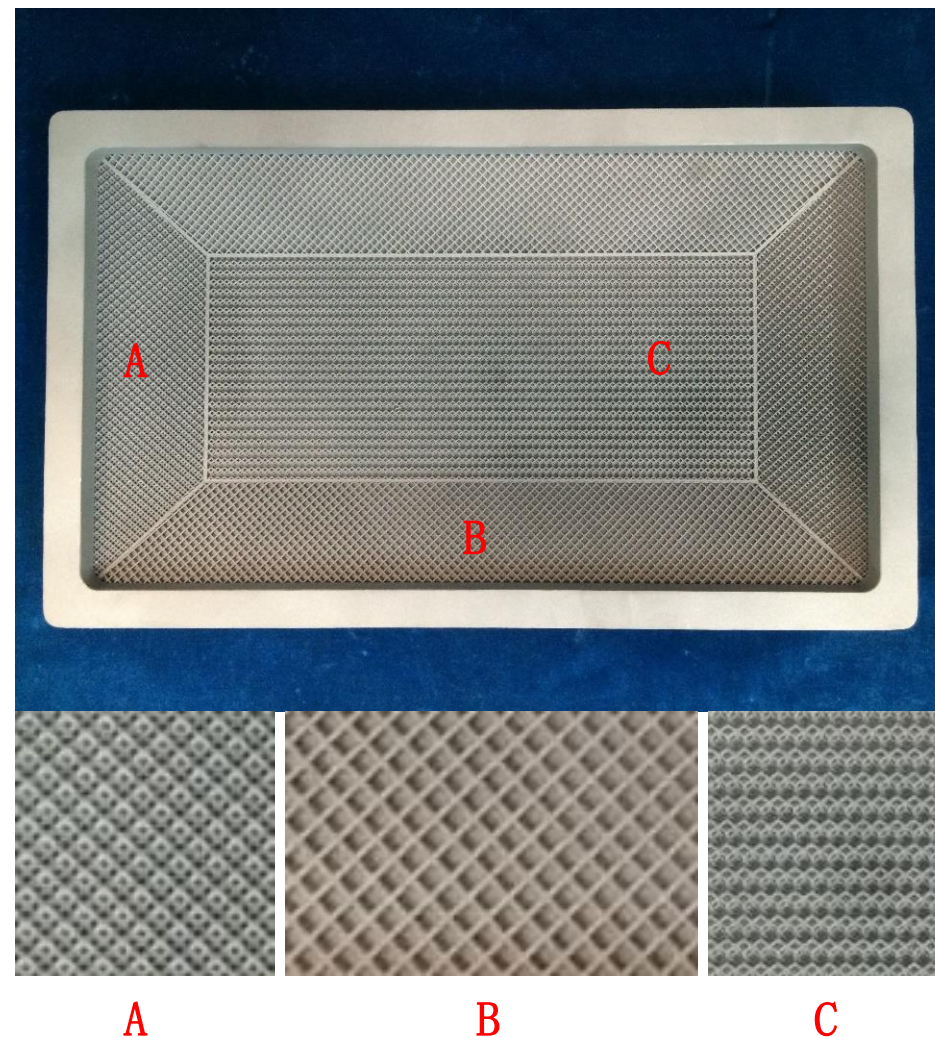
sized  
diameter



让制造更简单 世界更美好

# 增材制造应用案例 (盖板)

- 盖板
- 原始制造方式: 机加工
- 问题: 1.薄板加工易变形  
2.减重效果有限
- 解决方案: 优化设计+3D打印
- 效果: a.不同区域采用不同的空间网格结构  
b.实现15%减重  
c.整体化制造

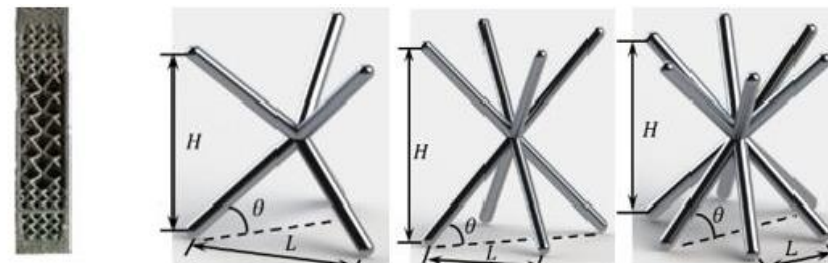
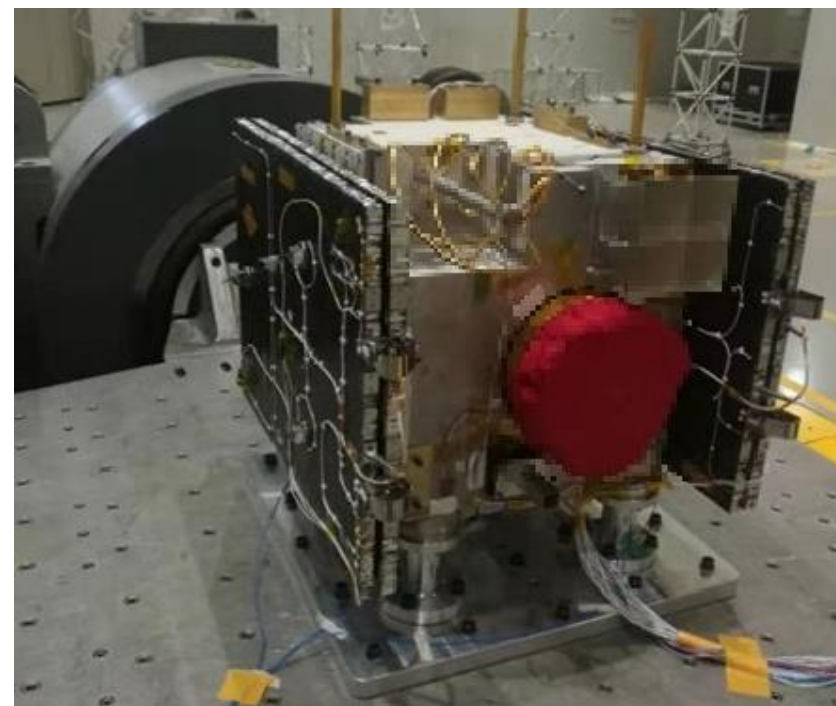


让制造更简单 世界更美好



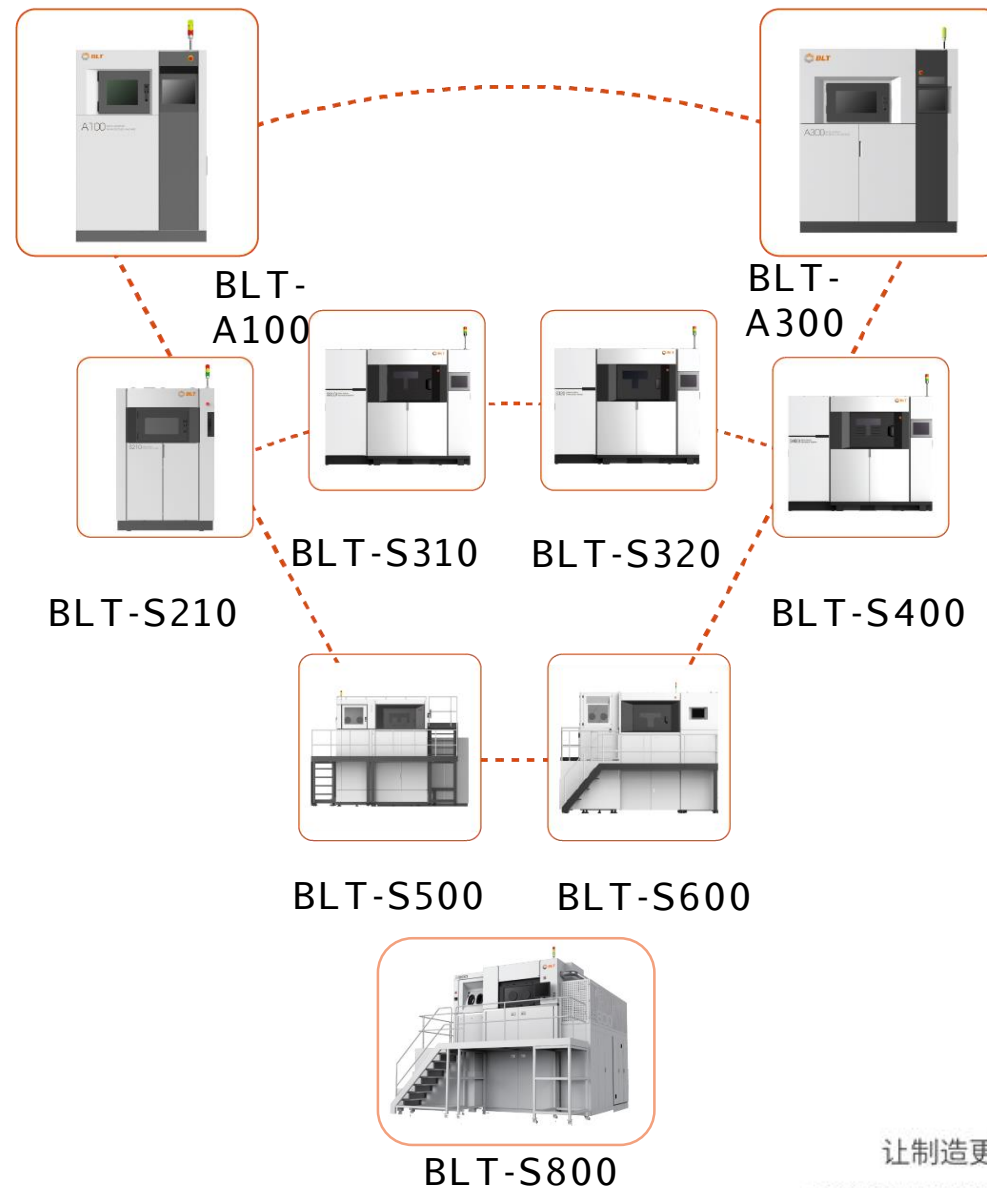
“千乘1号01星”作为首个基于3D打印点阵材料的整星结构，于2019年8月17日成功发射入轨，标志着该类型结构实际系统成功完成使用任务，技术成熟度达到9级。

整星结构实现结构质量占比降至15%以内，频率提升近50%。



## 铂力特设备产品矩阵

- ◆ A系列面向齿科、模具、教育
- ◆ S系列针对航空航天、医疗、科研
- ◆ SLM设备成形尺寸突破米级
- ◆ 大尺寸设备历经工程化应用考验
- ◆ 智能化-自动化-质量监控与过程追溯



# Part 4 技术展望

# WELCOME TO

创 新                      质 量                      诚 信

金属**3D**打印专家

Metal Additive Manufacturing Specialist

让制造更简单 世界更美好

Make Easier Manufacturing, Make a Better World

# BTLT

让制造更简单 世界更美好

© 2020 版权归西安铂力特增材技术股份有限公司

- 工艺革新驱动设计创新
- 设计创新提升工艺价值
- 材料研发支撑技术发展

增材制造驱动设计变革，助力工程端实现：

- 方案快速验证
- 复杂结构制造
- 产品性能提升



# 关于铂力特



2011年公司成立，**国家高新技术企业**



科创板上市企业，**股票代码688333**



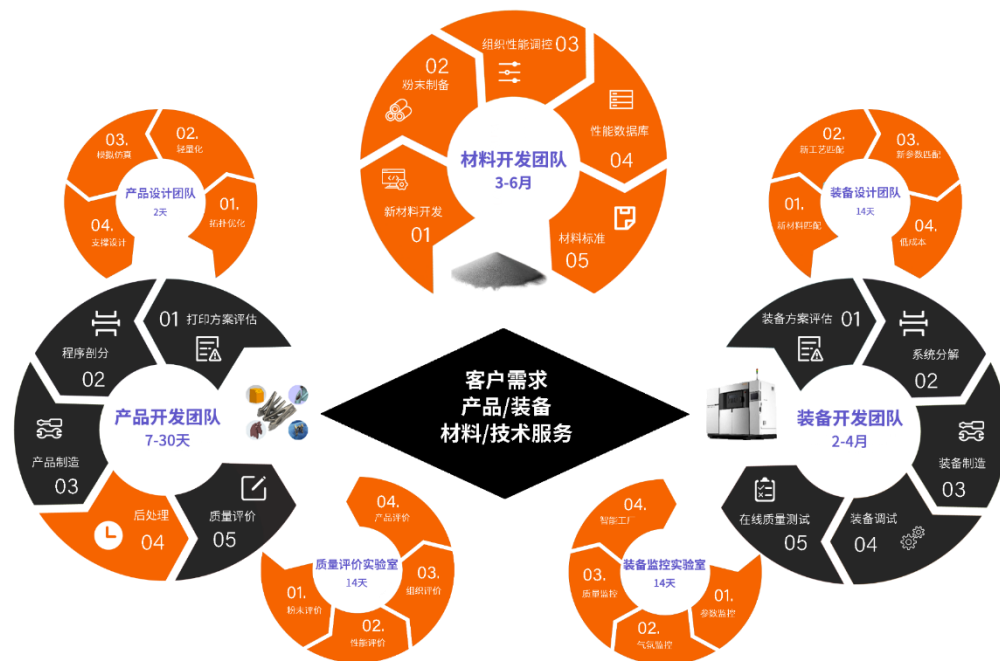
国内领先的**金属3D打印全套解决方案**提供商



为全球**800多家**用户提供**3D打印解决方案**



在职员工**1100**余人，研发人员占比约**30%**



# 发展历程



2011

公司成立



2014

铂力特首台设备BLT-S300亮相Air Show China 2014

2016

铂力特设备涵盖**激光熔融、激光修复、多激光**等多种工艺和技术

突破**钨合金、铜合金**成形工艺

2018

铂力特智能厂房投入使用  
与空客签订金属增材制造**联合研发协议**  
铂力特品牌**设备成功出口德国**

2020

铂力特**华南应用研发中心**正式启用  
铂力特成为第一届全国职业技能大赛增材制造项目**唯一指定3D打印设备**赞助商

2012

铂力特公司组建**独立研发团队**  
(研发方向涵盖工艺、材料、设备等方面)

项目获得**国家重大科技成果转化项目**资助



2015

在首届“大众创业、万众创新”活动周上，铂力特受到**中共中央政治局常委、国务院总理李克强**的亲切接见

铂力特设备面向市场**销售**



2017

铂力特“智能制造工厂”项目荣获“**工信部智能制造试点示范项目**”



2019

铂力特首次公开发行股票并在**科创板上市**，股票代码：**688333**



让制造更简单 世界更美好

# 主营业务

- ✓ 设备研发
- ✓ 设备定制
- ✓ 产线规划

## 金属3D打印设备 Metal 3D Printer



- ✓ 设计优化
- ✓ 工艺开发
- ✓ 检验检测

## 工艺技术服务 Technology Consult Service

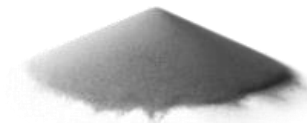


## 定制化产品 Customized Product



- ✓ 产品优化
- ✓ 产品制造
- ✓ 应用开发

## 金属3D打印材料 Metal 3D Materials



- ✓ 粉末材料

金属增材制造服务国家重大工程 累计装机应用万余件，支持国家近百项重点型号建设



先后承担工信部

“国家重大科技成果转化”

“工业强基工程”

“国家智能制造试点示范项目”

“科技部”“国家重点研发计划”





# 未来发展

- 一期超40000m<sup>2</sup>，2017年投入使用。
- 二期2021年全部投入使用，粉末线，产品线，装备线，研发中心。

# WELCOME TO BLT

西安铂力特增材技术股份有限公司

创

新

质

量

诚

信

金属

# THANKS

Metal Additive Manufacturing Specialist

设计更自由 制造更简单

Design With Freedom Manufacturing With Ease



铂力特

BRIGHT LASER TECHNOLOGIES

金属 3D 打印 专家