

快速成形制造技术及其应用

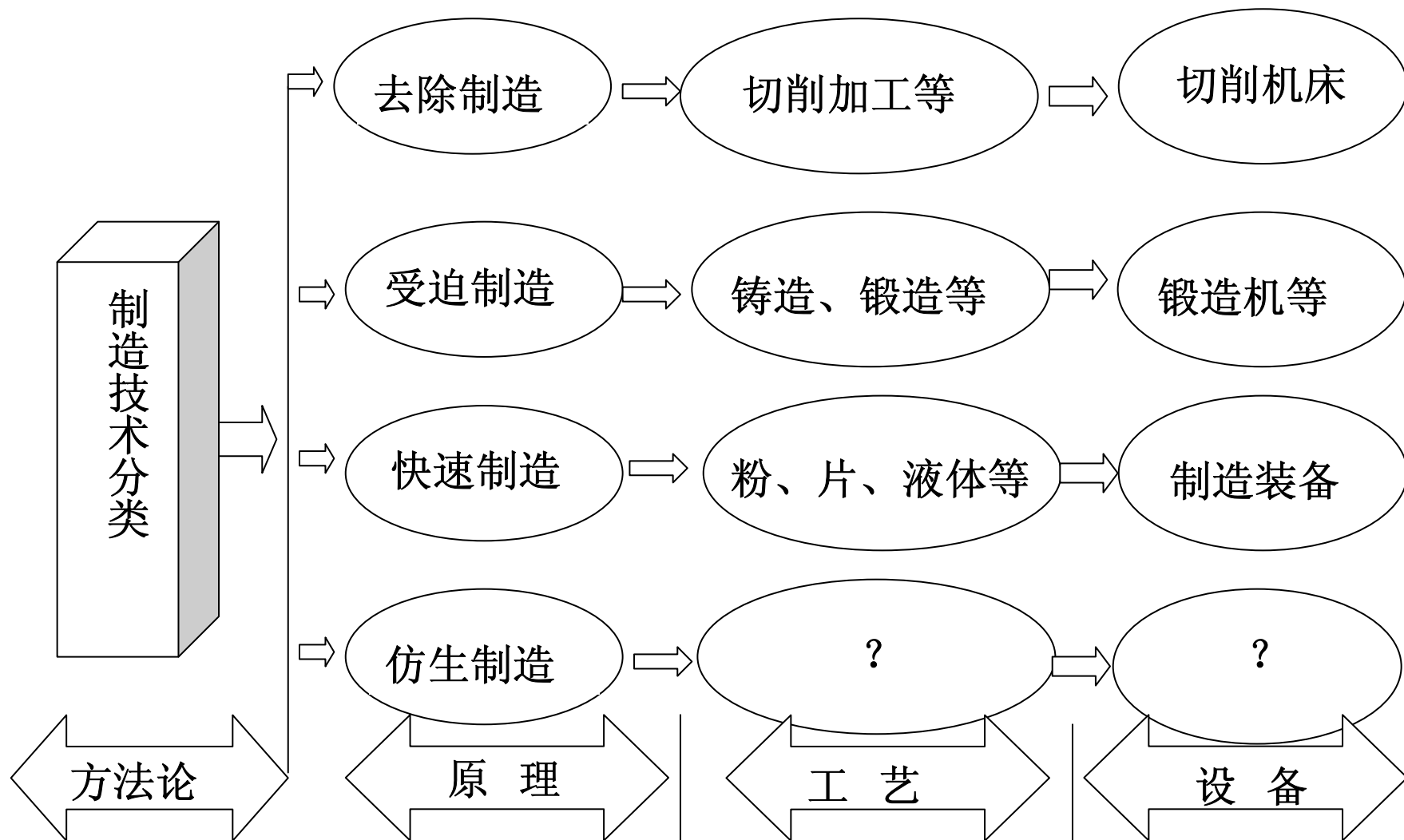
华中科技大学

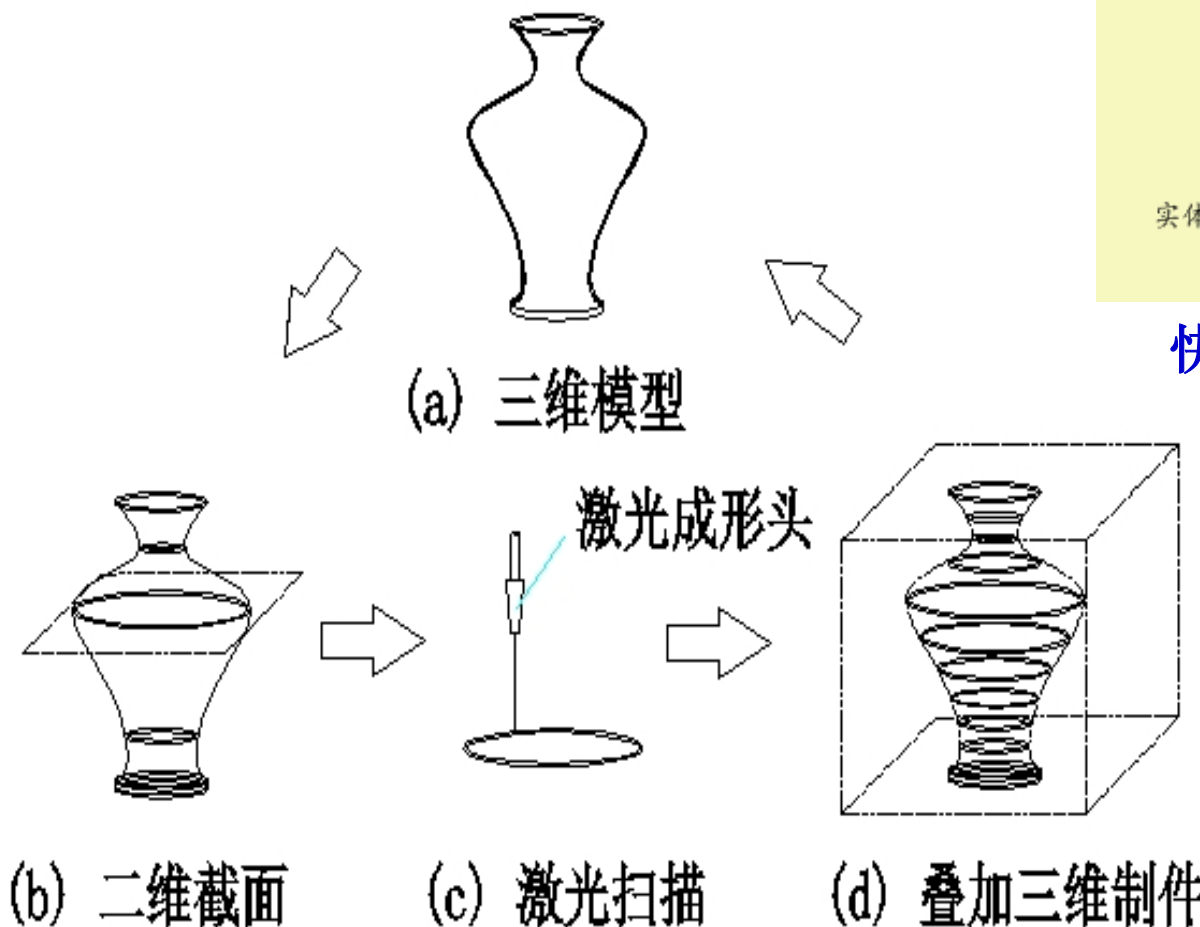
报告人：史玉升

材料成形与模具技术国家重点实验室

- 快速成形制造技术原理及其体系结构
- 快速三维测量技术及其应用
- 粉末材料激光快速成形制造技术及其应用
- 快速成形制造在未来工业中的优势

制造技术分类

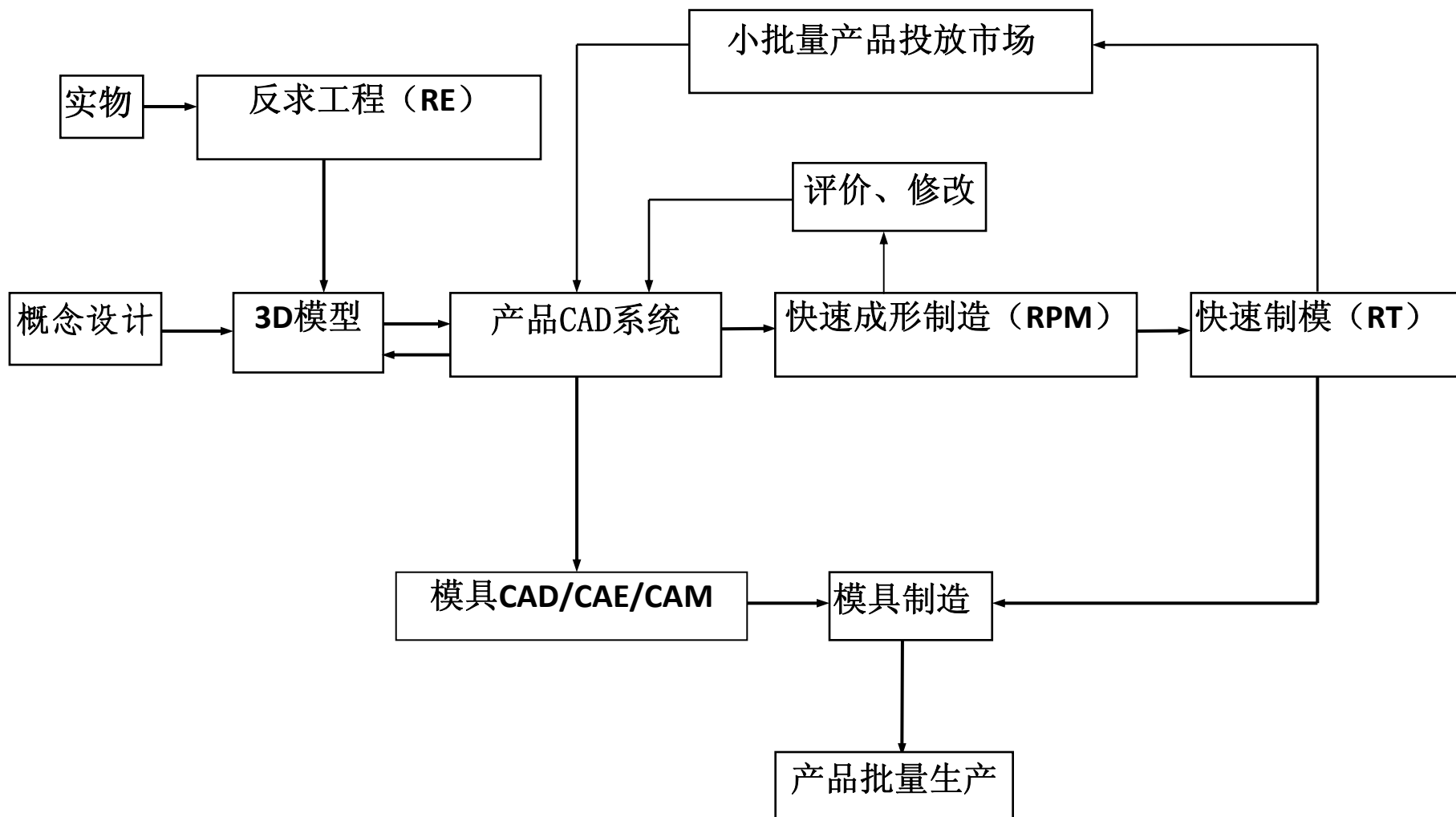




快速制造原理示意图

三维 —— 二维 —— 三维的转换

快速成形制造技术体系结构



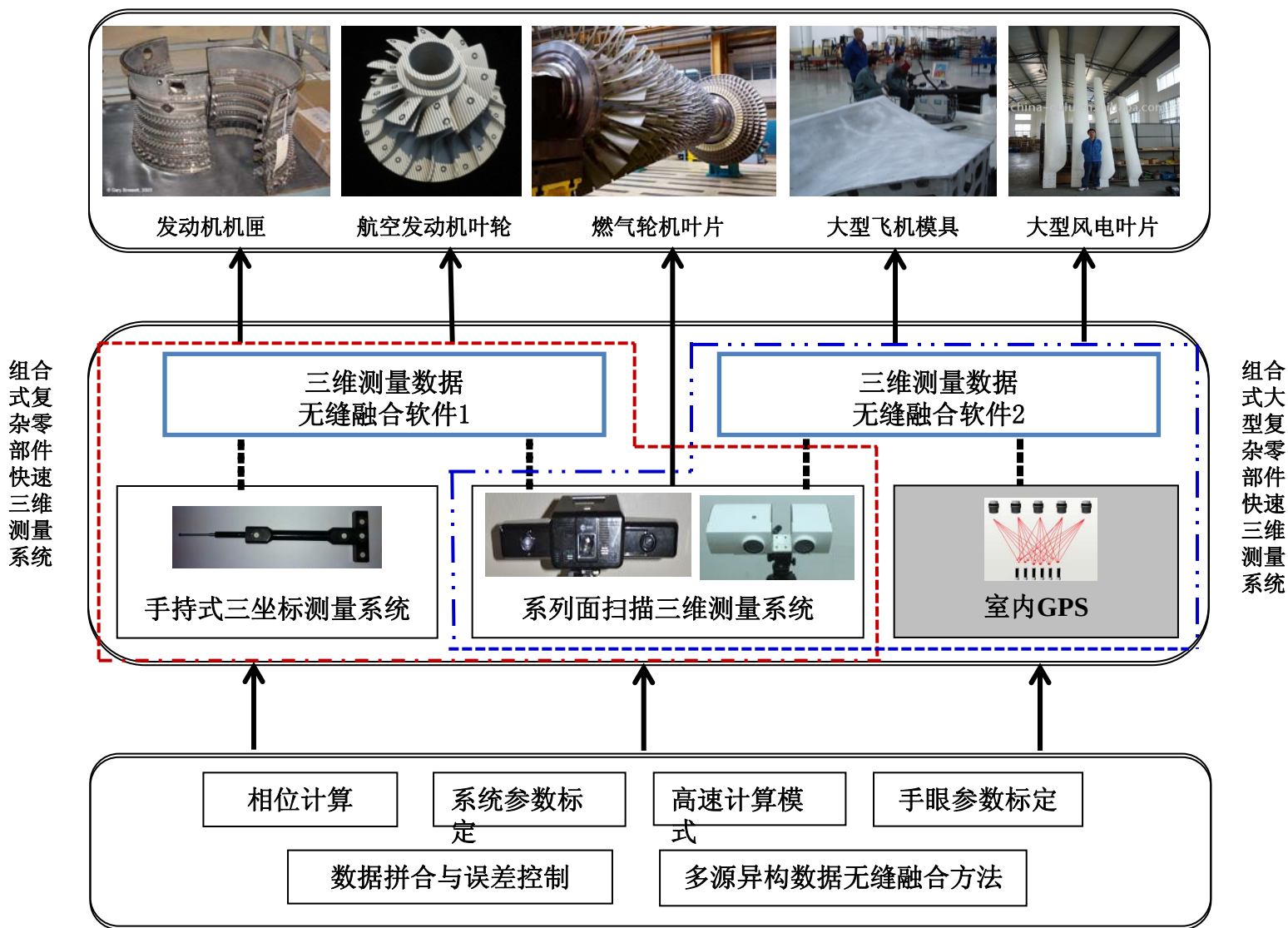
- 快速成形制造技术原理及其体系结构
- 快速三维测量技术及其应用
- 粉末材料激光快速成形制造技术及其应用
- 快速成形制造在未来工业中的优势

快速三维测量技术与系统

应用创新

测量系统创新

关键技术创新



面扫描快速三维测量技术

面扫描快速三维测量技术是一种集光学、机械、计算机视觉、摄影测量和软件工程于一体的新型三维测量技术。

基本原理：

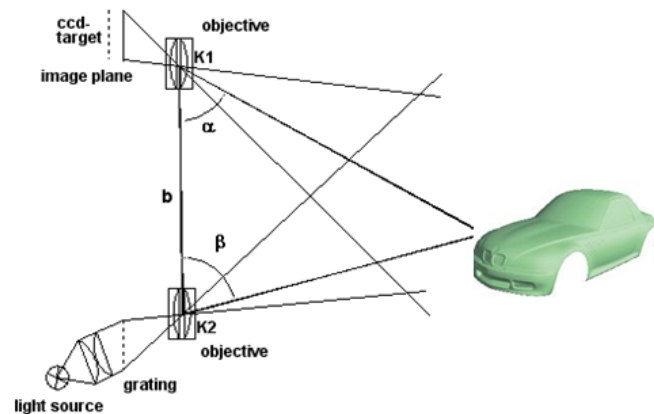
- 由投影装置将编码光栅图像投影到被测物体上，并由相机进行同步采集；
- 对拍摄的图片进行相位计算与三维重构等处理，得到被测物体表面的三维点云数据。

显著优点：

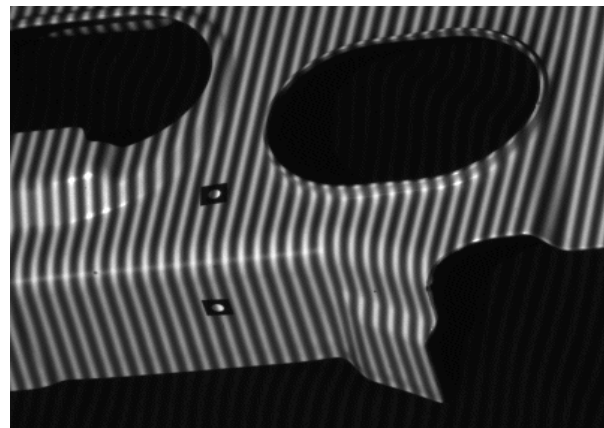
- 测量速度快。** 几秒内便可获得上百万三维点；
- 测量精度高。** 单幅测量精度可达0.03毫米；
- 便携性好。** 设备结构简单，适合于复杂的现场测量。

应用领域：

- 可广泛应用于常规尺寸下（10mm-5m）的工业检测、逆向设计、人体测量和文物复制等领域。



三维测量原理示意图



面结构光三维测量过程实景

面扫描快速三维测量系统



在多项关键技术创新的基础上，成功研制了具有自主知识产权的**PowerScan**系列面扫描快速三维测量设备，设备的综合技术指标达到了**国际先进水平**。目前已销售设备40多台，在**国防、航空航天、汽车、电力、铁路、生物医学**等多个领域得到了推广应用。



产品型号	自主研发的 PowerScan-II-STD	自主研发的 PowerScan-I-STD
单幅幅面 (mm×mm)	350×280	350×280
摄像头分辨率 (pixels)	1280×1024	1280×1024
测量点距 (mm)	0.27	0.27
单幅测量精度 (mm)	±0.03	±0.040
1米拼合精度 (mm)	±0.048	±0.060
单幅测量时间 (s)	1.0	1.5

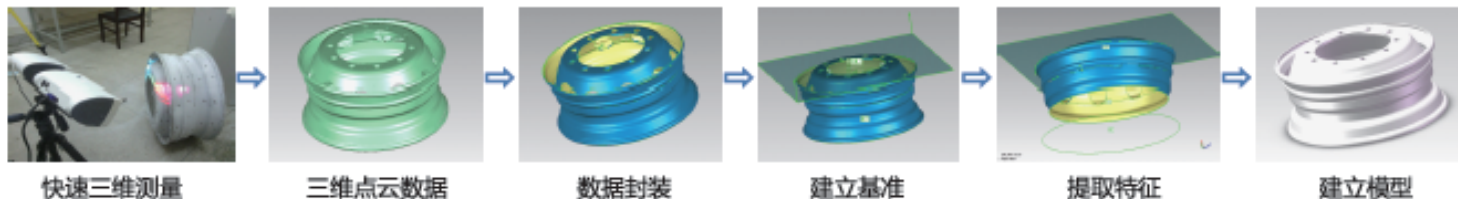


5项国家发明专利、4项软件著作权、1项权威机构鉴定

应用及解决方案

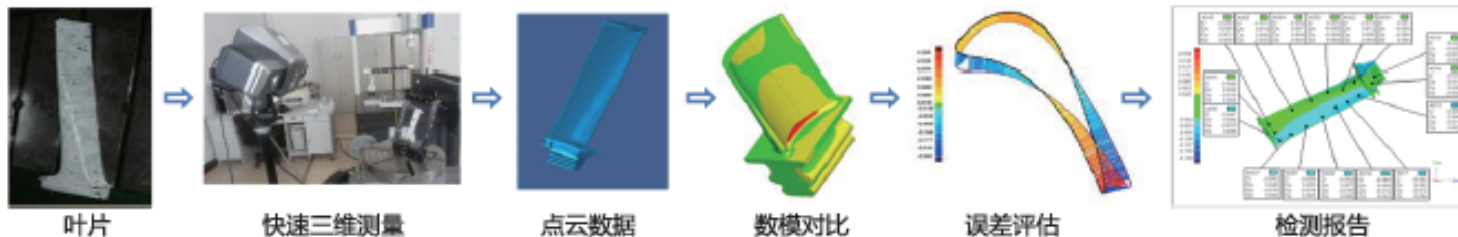
逆向工程

快速三维逆向设计解决方案流程图



三维检测

快速三维精度检测解决方案流程图



*测量与检测流程可自动重复

其他应用

除上述工业应用以外，还可广泛应用于文物保护与复制、考古学或古生物学、人体测量、医疗应用、影视娱乐等众多领域。

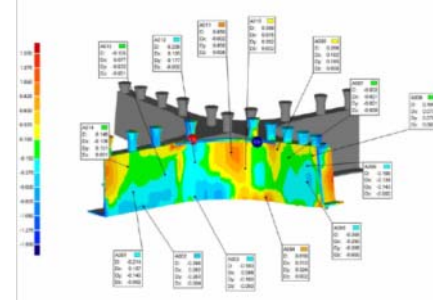
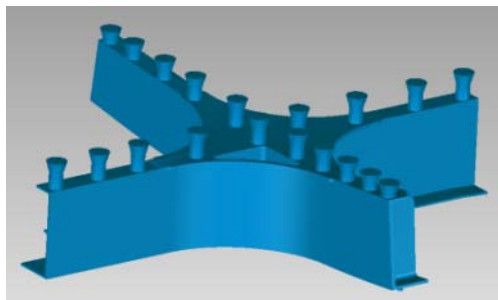
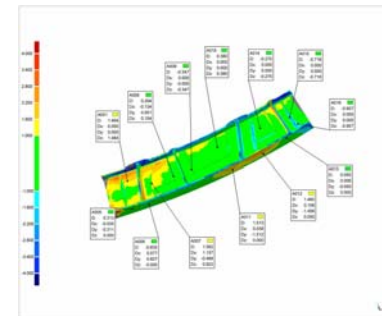
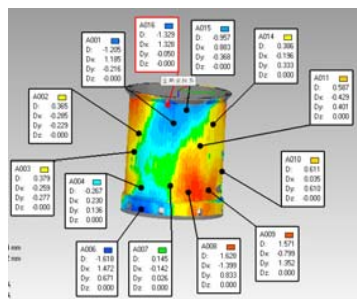
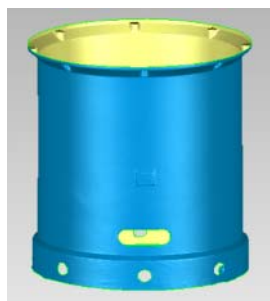
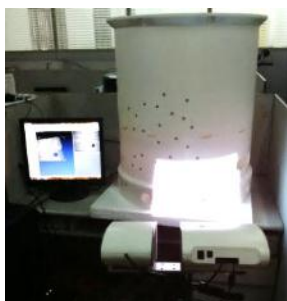


推广应用：航空航天领域

◆推广应用案例：

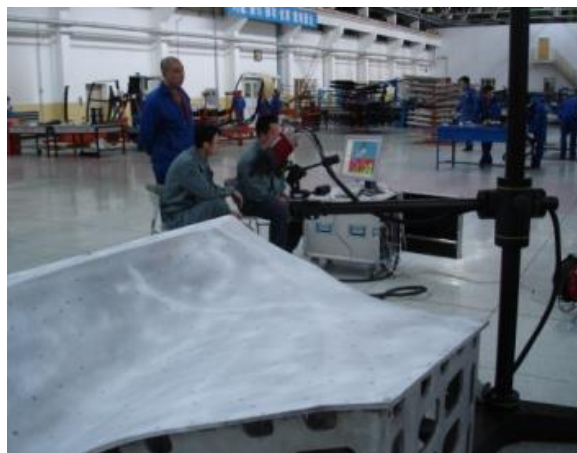
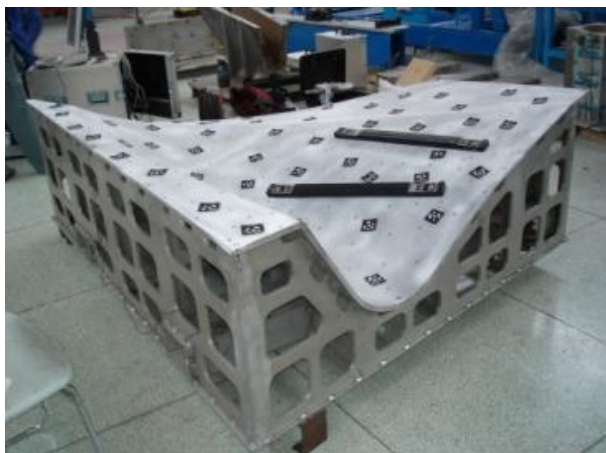


正在与欧盟空客(Airbus)、欧洲航天局(ESA)等单位合作承担**欧盟框架7项目“Casting of Large Ti Structures (COLTS)”**，采用我们开发的三维测量设备对大型航空发动机钛合金机匣和飞机机身钛合金构件的精密铸造用蜡模进行精确的**三维测量**和**质量检测**。

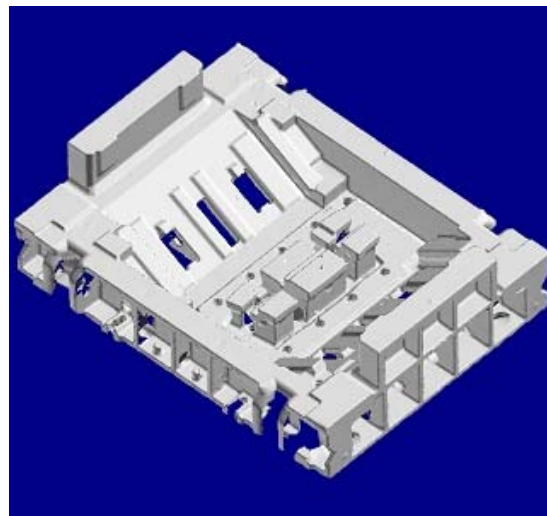


大型飞机零部件精密铸造用蜡模的测量现场及质量检测结果

推广应用：航空航天领域



飞机尾翼模具的逆向设计: $2000 \times 2000 \times 800 \text{ mm}^3$



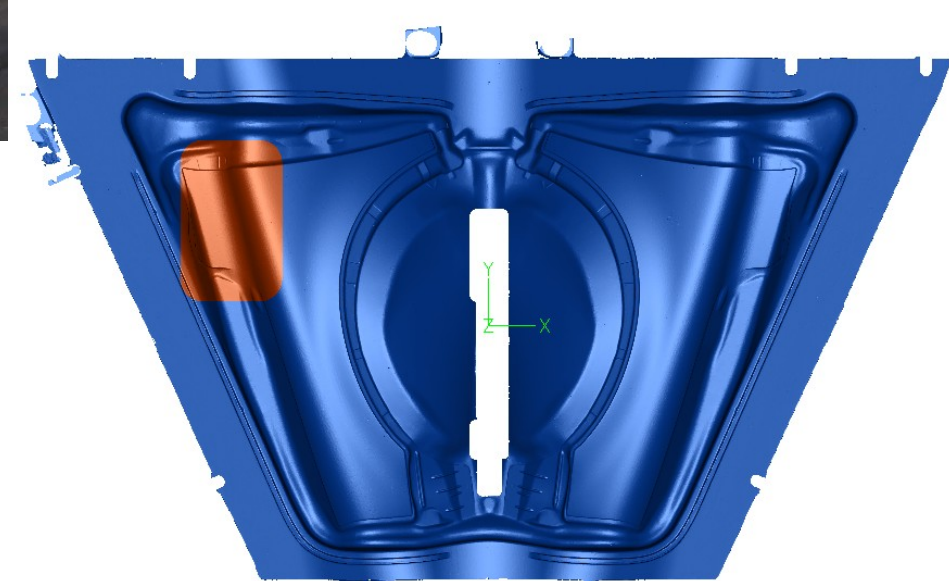
复杂铸件模具的质量检测: $3000 \times 2000 \times 1000 \text{ mm}^3$

推广应用：航空航天领域

- 模具复制与快速修复



根据左半部数据来修补右半部



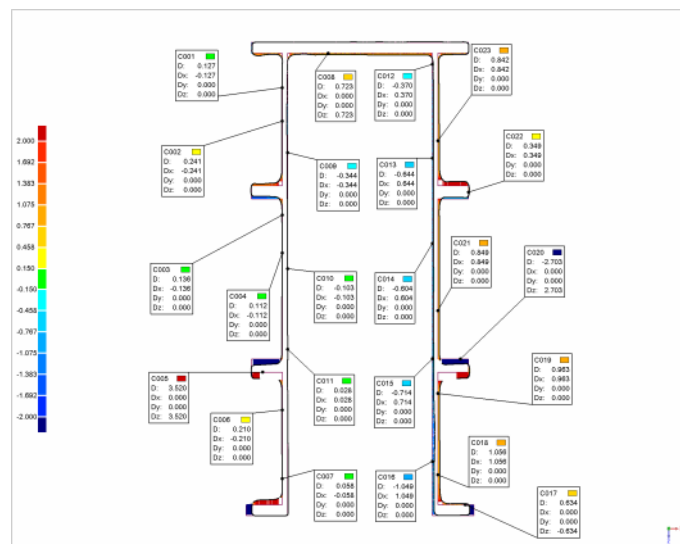
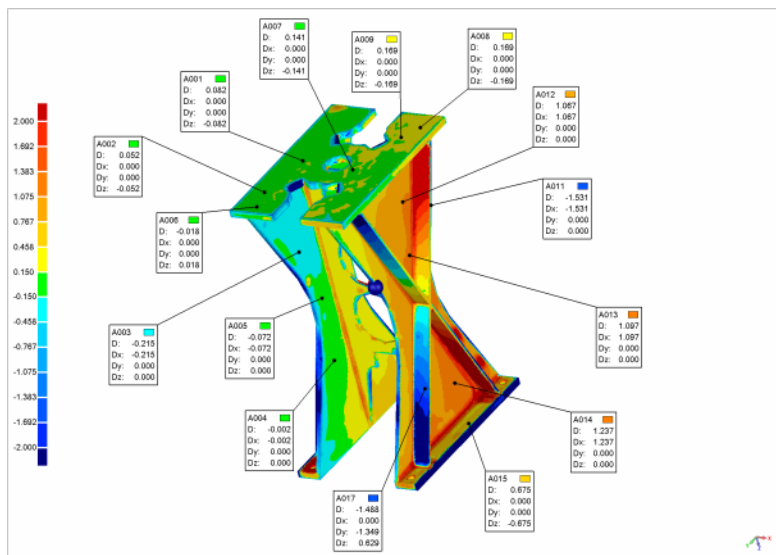
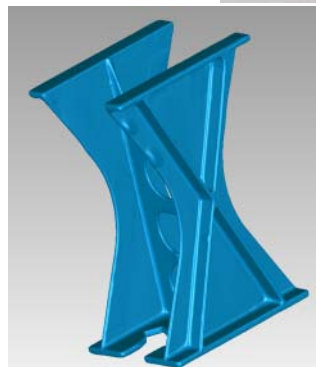
扫描数据准备用来加工

推广应用：航天领域

◆推广应用案例：北京卫星制造厂



中国空间技术研究院
China Academy of Space Technology

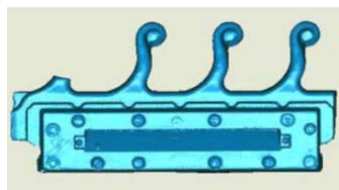


为北京卫星制造厂完成的三维扫描及质量检测结果

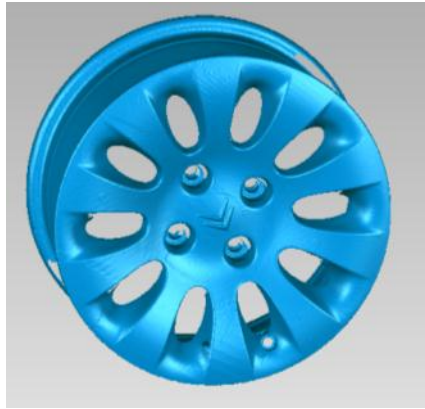
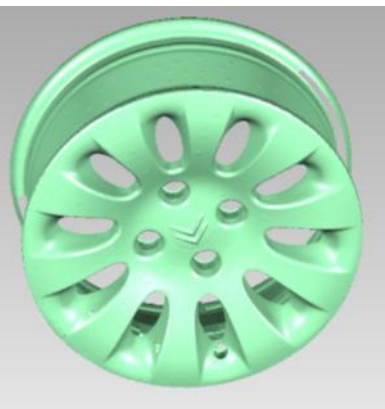
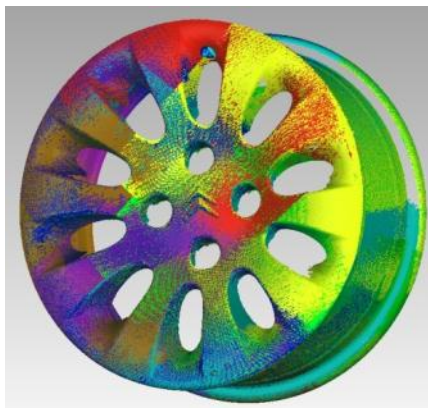
推广应用：汽车领域

◆ 推广应用案例：东风康明斯发动机有限公司

神龙汽车有限公司



东风康明斯发动机有限公司（砂型数字化）



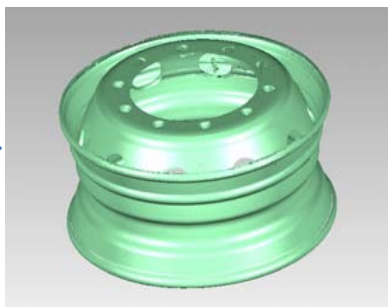
神龙汽车有限公司（制造精度检测）

推广应用：汽车领域

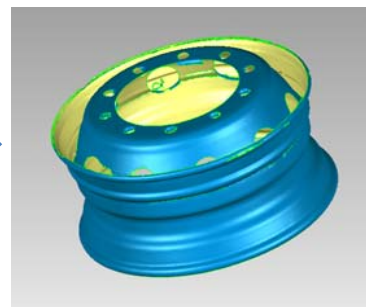
◆ 推广应用案例：山东盛泰车轮有限公司



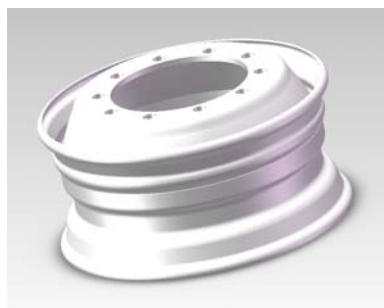
快速测量



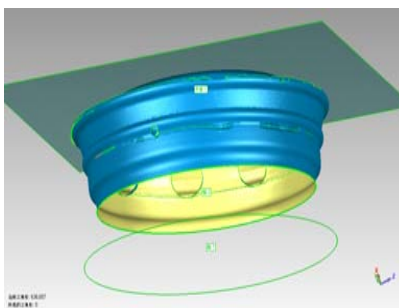
点云数据



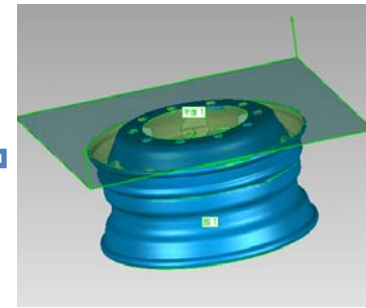
数据封装



建立模型



提取特征



建立基准

汽车轮毂逆向设计

取得的知识产权



获国家发明专利授权4项，受理1项

No.	授权日	授权专利号/登记号	专利名称
1	2010	ZL200810197119.7	一种组合式空间精密测量系统
2	2009	ZL200710052902.X	一种三频外差相移解相方法
3	2009	ZL200710052547.6.	一种面结构光扫描装置
4	2009	ZL200710052547.6.	一种便携式面结构光逆向测量系统
5	2011	201210029747.0.	基于面结构光和光笔的复杂空间精密三维测量系统

软件著作权授权4项

No.	授权日	授权专利号/登记号	软件著作名称
1	2007	2007SR10250	REPro逆向工程测量系统软件[简称：REPro]<V1.0>
2	2012	2012SR009923	PowerScan 面结构光三维测量软件 [简称：PowerScan] <V5.0>
3	2012	2012SR009925	PowerMetric 摄影测量软件[简称：PowerMetric] <V1.0>
4	2012	2012SR009927	PowerTouch手持式三坐标测量软件[简称：PowerTouch] <V1.0>

科技成果获奖

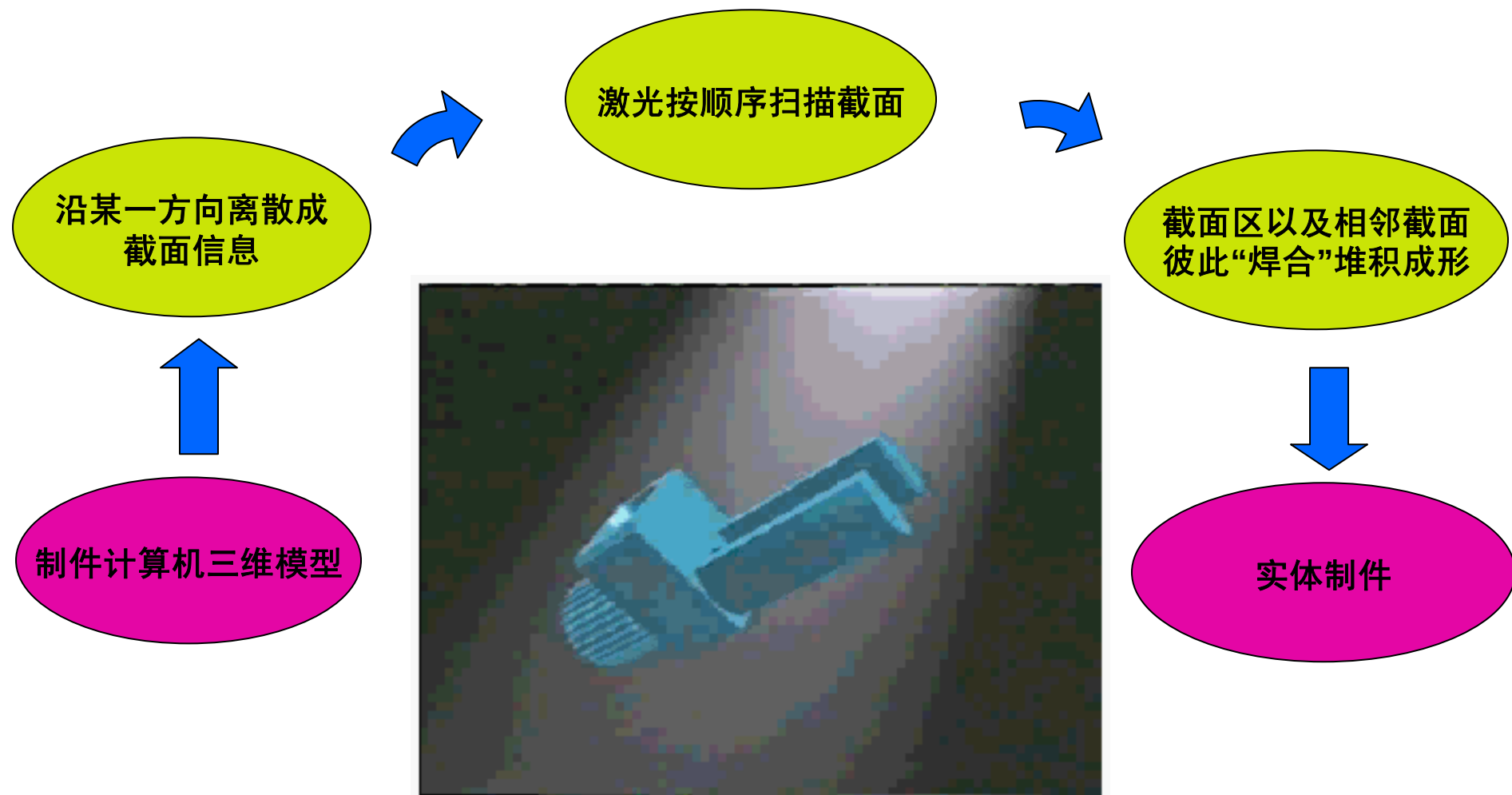


获2011年教育部科技进步**一等奖** 获2012年（第40届）日内瓦国际发明展览**金奖**



- 快速成形制造技术原理及其体系结构
- 逆向工程与三维测量技术及其应用
- 粉末材料激光快速成形制造技术及其应用
- 快速成形制造在未来工业中的优势

选择性激光快速成形制造技术原理



■ 非金属制件快速成形制造技术

- ◆ 塑料制件
- ◆ 树脂覆膜砂制件
- ◆ 陶瓷制件
- ◆ 其他材料制件

■ 金属制件快速成形制造技术

- ◆ 不锈钢金属制件
- ◆ Ni基高温合金金属制件
- ◆ 钛合金金属制件
- ◆ 其他金属制件

粉末材料激光快速成形制造技术及其应用

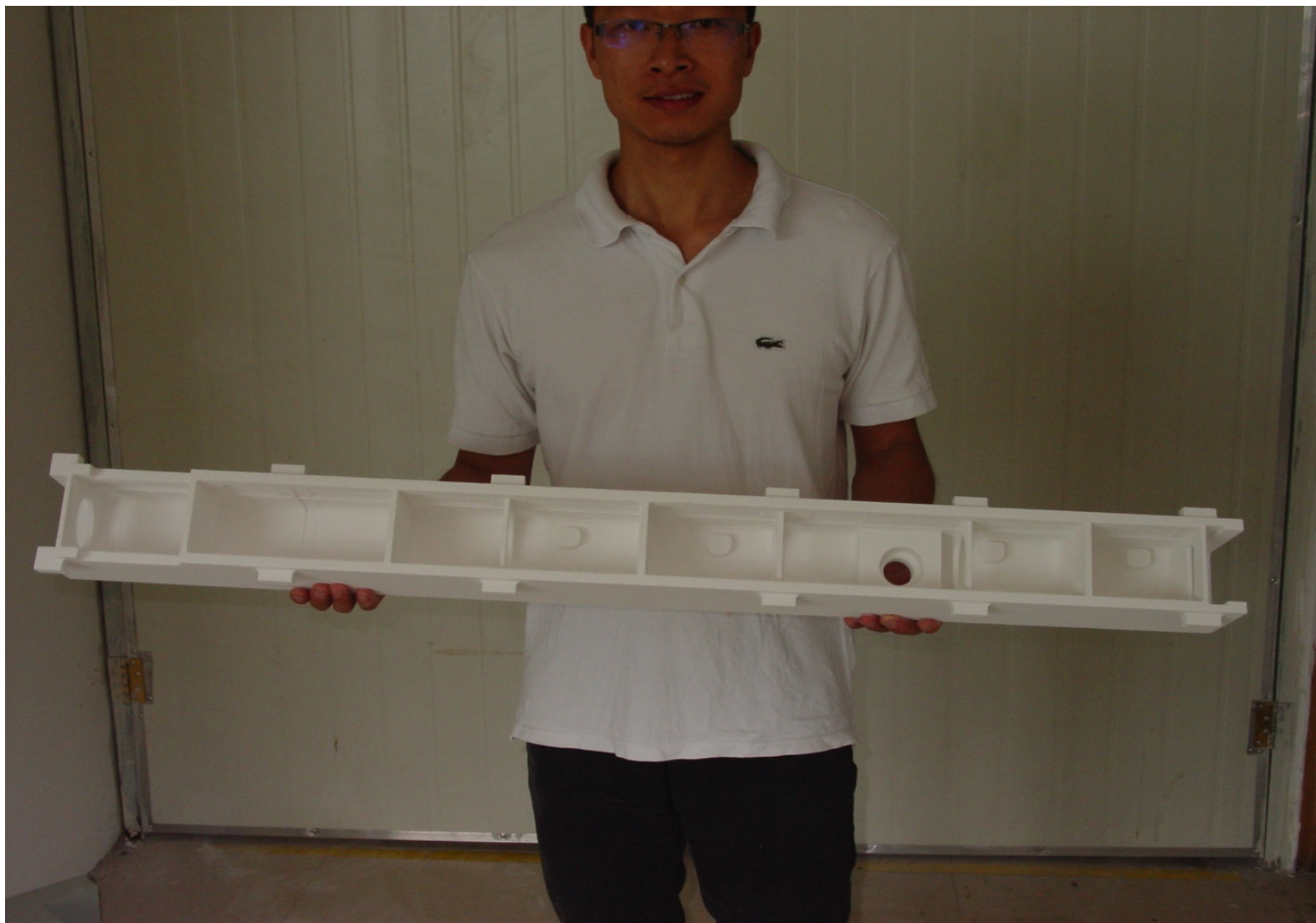
非金属制件快速成形制造技术

非金属制件快速成形制造装备

自主研发了1.4米×0.7米世界最大工作台面的非金属制件快速成形制造装备，可用于复杂铸件用蜡模和砂芯的整体快速制造



粉末材料激光快速成形制造技术及其应用



制件尺寸：1020.27 × 109.98 × 113.26 mm³，成形时间：10.5小时

粉末材料激光快速成形制造技术及其应用



为某单位成形的航空航天零部件蜡模及精密铸造钛合金零部件
零件尺寸：109 × 109 × 1011mm³

粉末材料激光快速成形制造技术及其应用

非金属制件快速成形制造技术

塑料制件---熔模精密铸造

SLS



Φ 460mm涡轮熔模

铸造

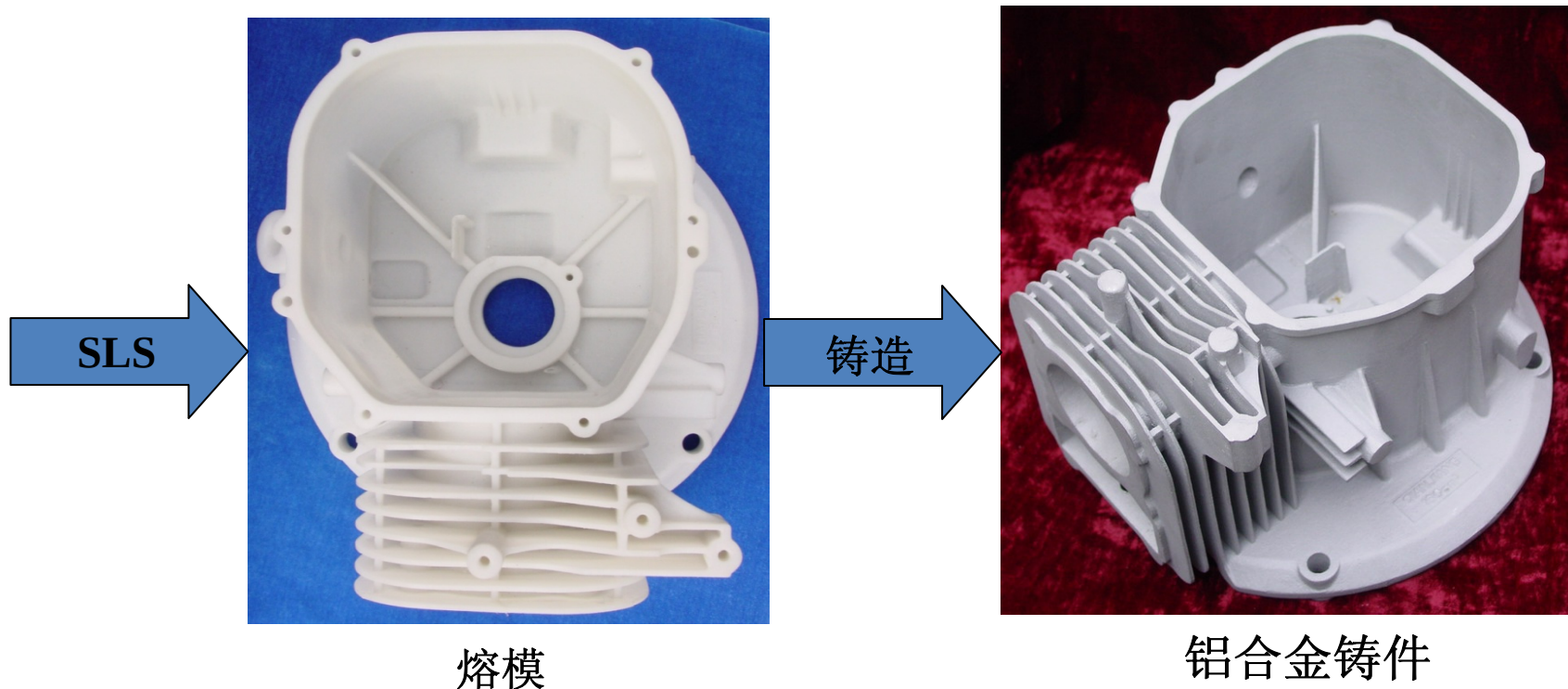


Φ 460mm涡轮铸件

粉末材料激光快速成形制造技术及其应用

非金属制件快速成形制造技术

塑料制件---熔模精密铸造

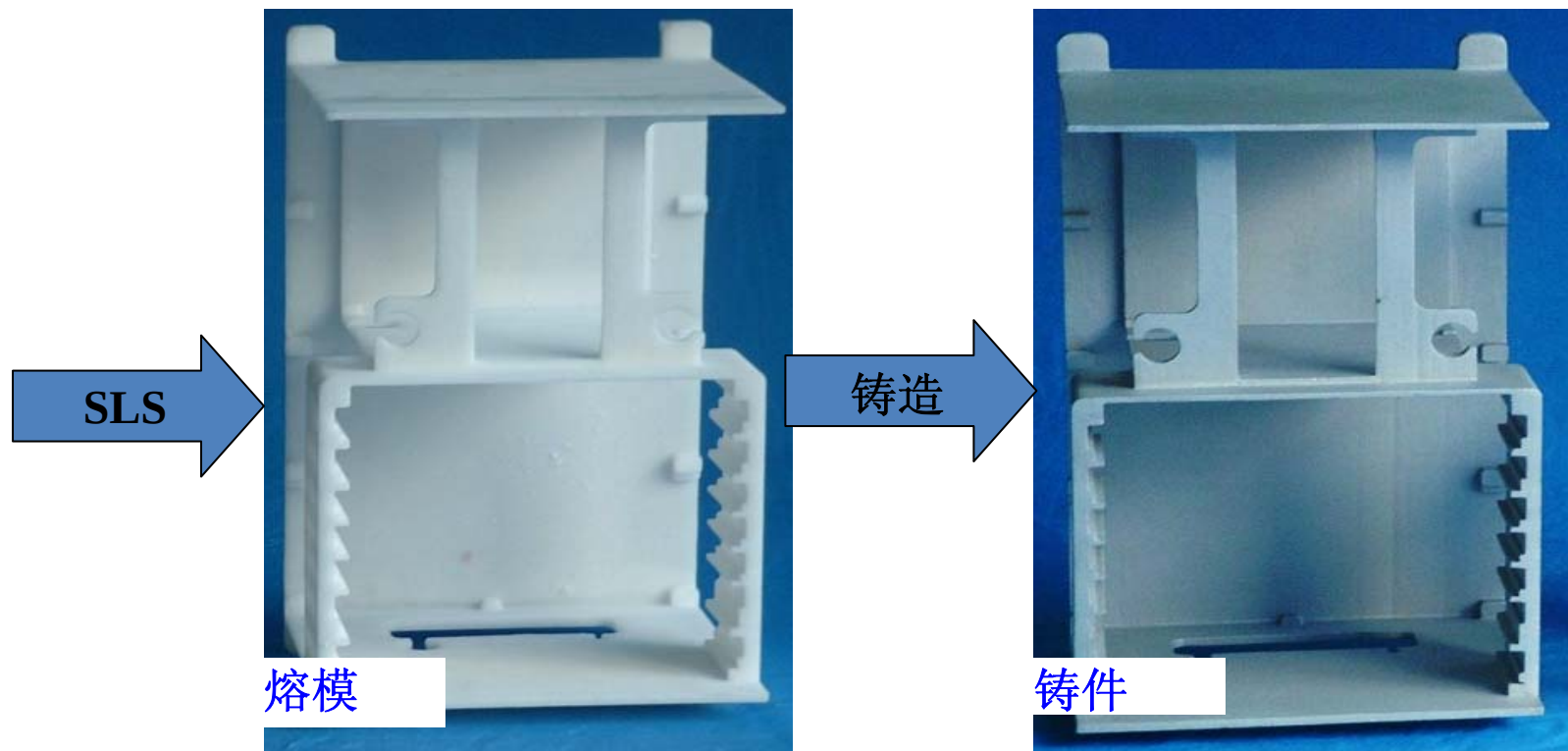


摩托车引擎缸体 ($253.8 \times 253.7 \times 181.8 \text{ mm}^3$)

粉末材料激光快速成形制造技术及其应用

非金属制件快速成形制造技术

塑料制件---熔模精密铸造

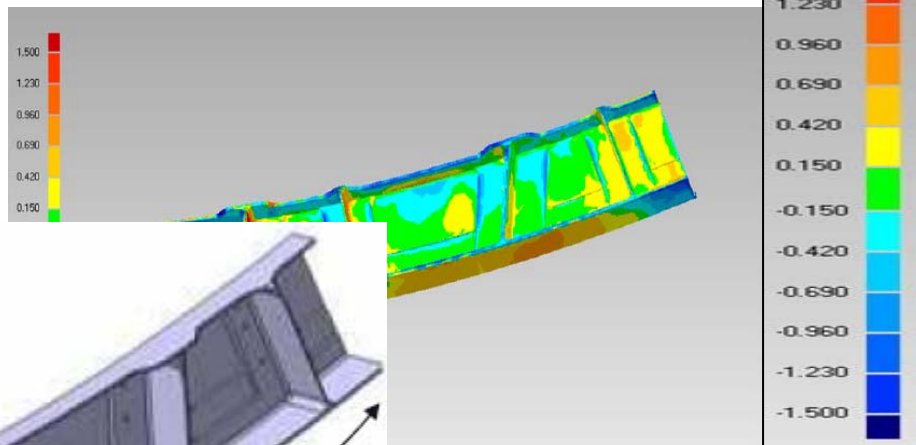


大型薄壁铸件，最小壁厚3.0mm
 $851.12 \times 523.20 \times 380.35 \text{ mm}^3$

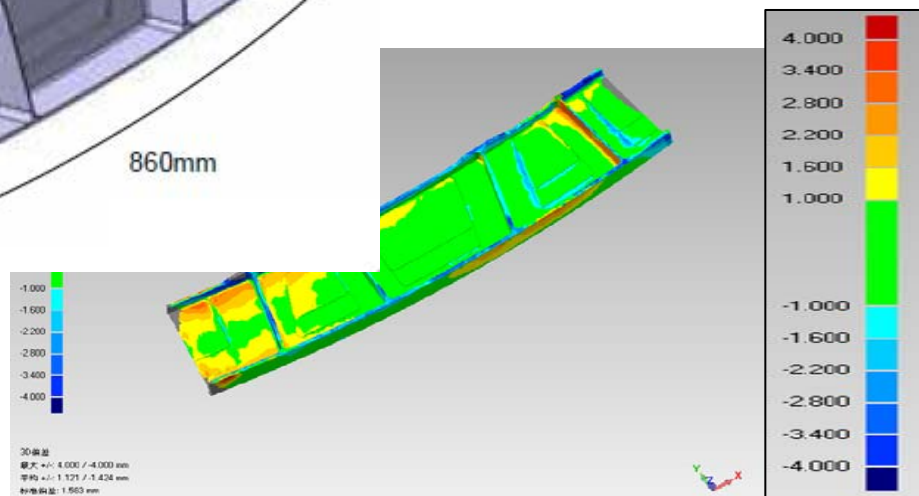
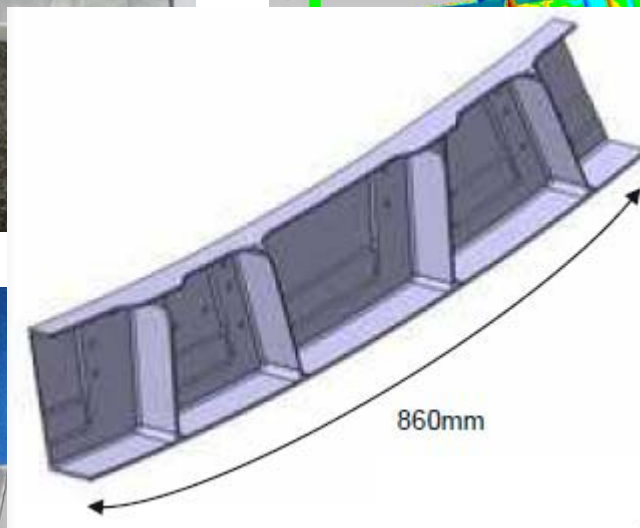
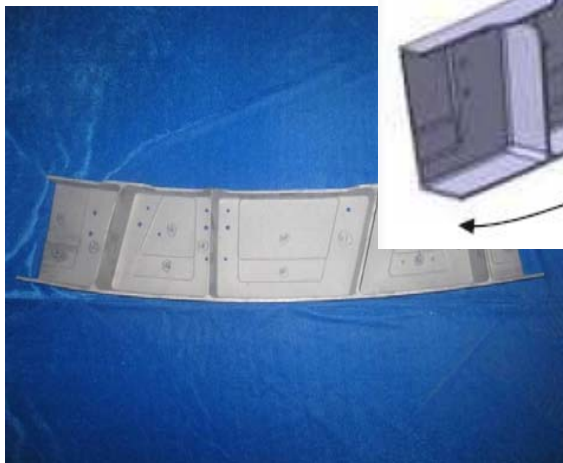
粉末材料激光快速成形制造技术及其应用

塑料制件---熔模精密铸造

蜡模及
三维测
量结果



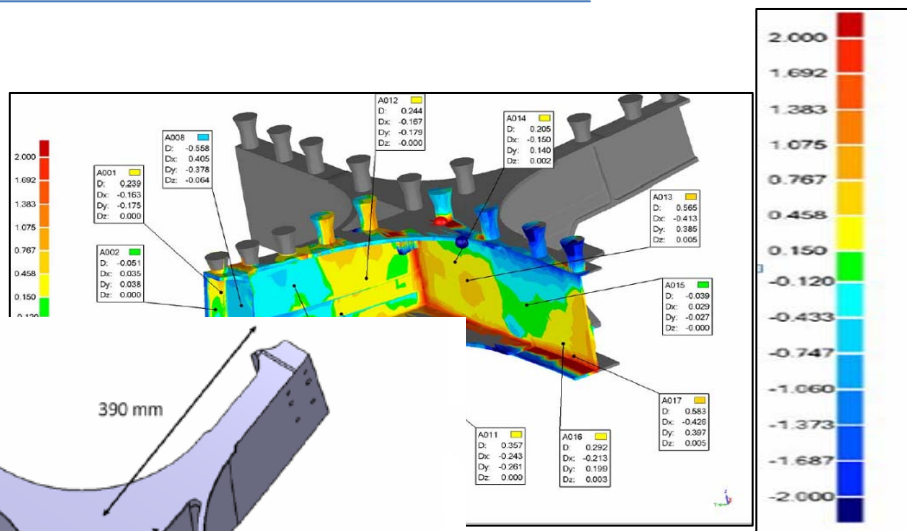
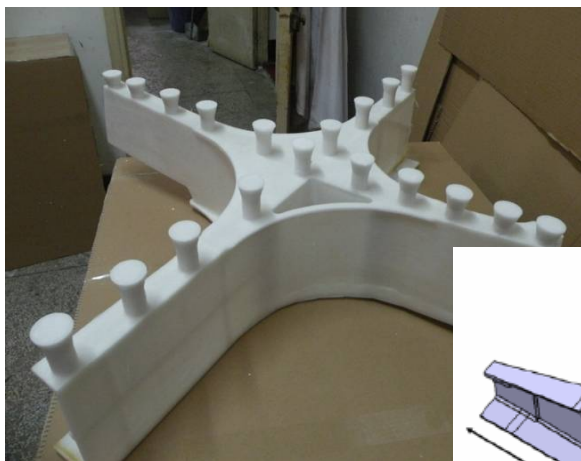
铸件及
三维测
量结果



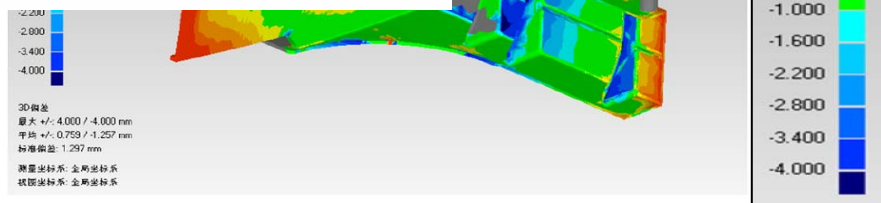
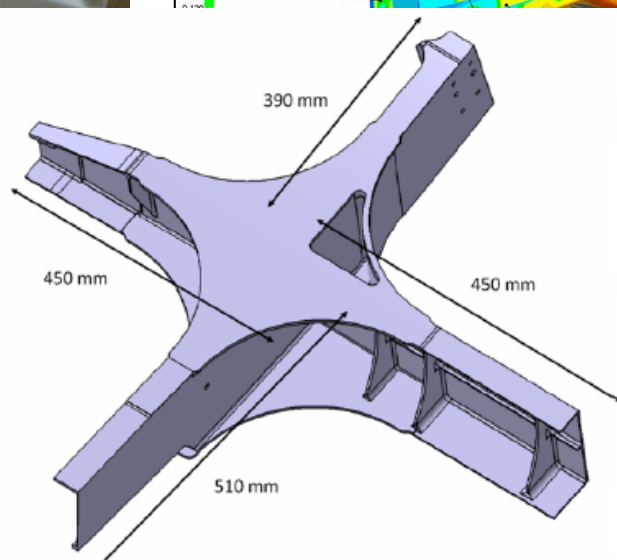
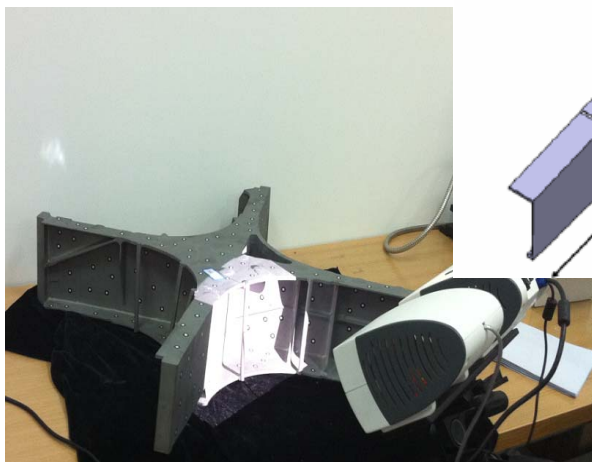
为欧盟项目成形的航天门框钛合金零部件的大型薄壁熔模

粉末材料激光快速成形制造技术及其应用

蜡模及
三维测量结果



铸件及
三维测量结果

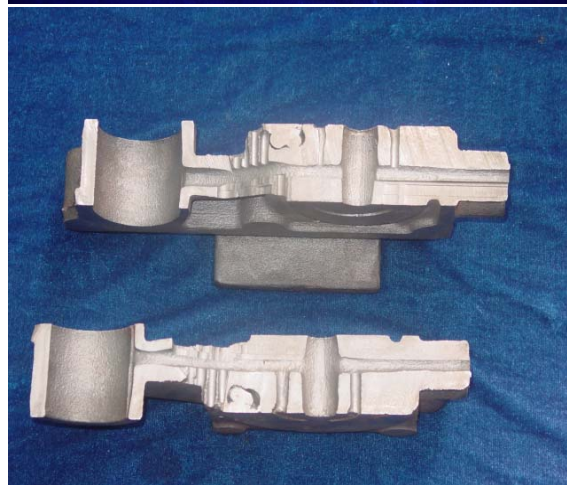
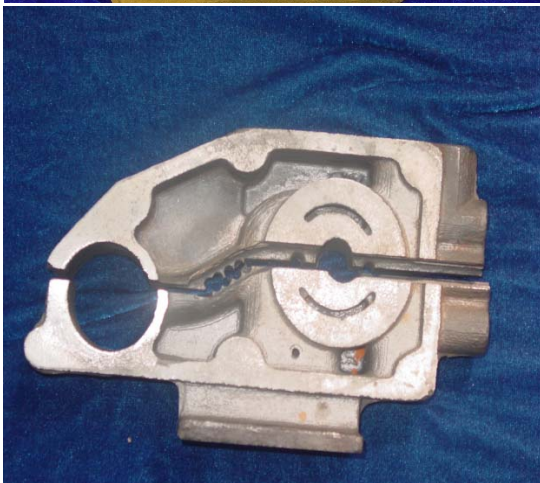
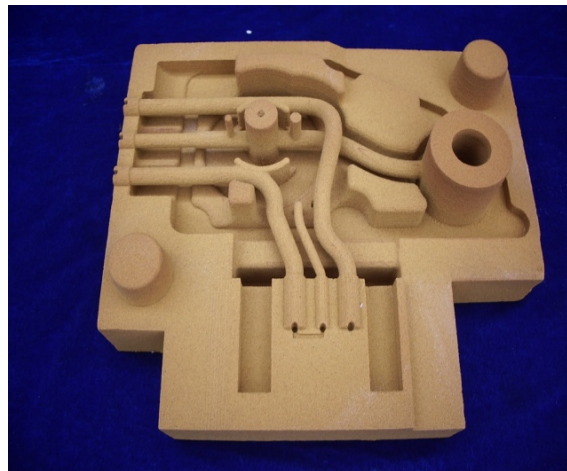
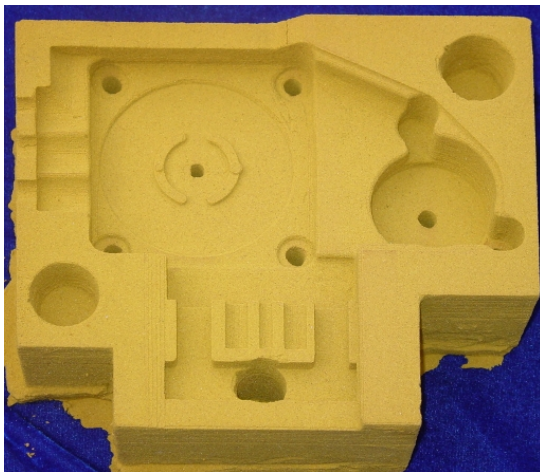


为欧盟项目成形的航天十字架钛合金零部件的大型薄壁熔模

粉末材料激光快速成形制造技术及其应用

非金属制件快速成形制造技术

树脂覆膜砂制件



用覆膜砂型（芯）浇注的液压阀体铸件及其剖分图

粉末材料激光快速成形制造技术及其应用



非金属制件快速成形制造技术

树脂覆膜砂制件



六缸发动机缸盖砂芯

铸造成功的蠕铁
六缸发动机缸盖

拉伸强度: 5.68MPa

尺寸精度: $200 \pm 0.2\text{mm}$

850°C反气量: 14.7ml/g

粉末材料激光快速成形制造技术及其应用

非金属制件快速成形制造技术

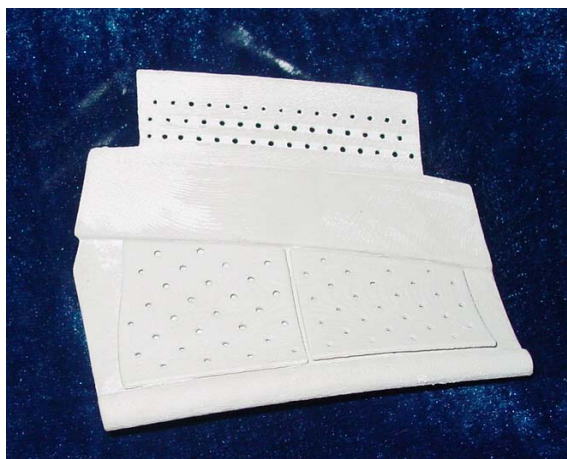
陶瓷制件



叶轮



齿轮



陶瓷芯

快速制模技术及装备

RT: Rapid Tooling



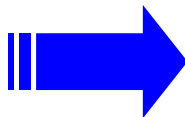
汽车灯具LOM原型件、硅橡胶软
模及高分子材料制件
(1+12+1+2=16h)

快速制模系统及其模具和制件

基于RT法的快速制造工艺



高分子粉末SLS快速制作的医疗头罩塑料原型
零件尺寸： $385.9 \times 385.9 \times 195.0$ 立方毫米



用 SLS 原型制作的硅橡胶模具



用所研发的真空浇注 PU 树脂
制作的透明医疗头罩塑料件

粉末材料激光快速成形制造技术及其应用



金属制件快速成形制造技术

金属制件快速成形制造装备

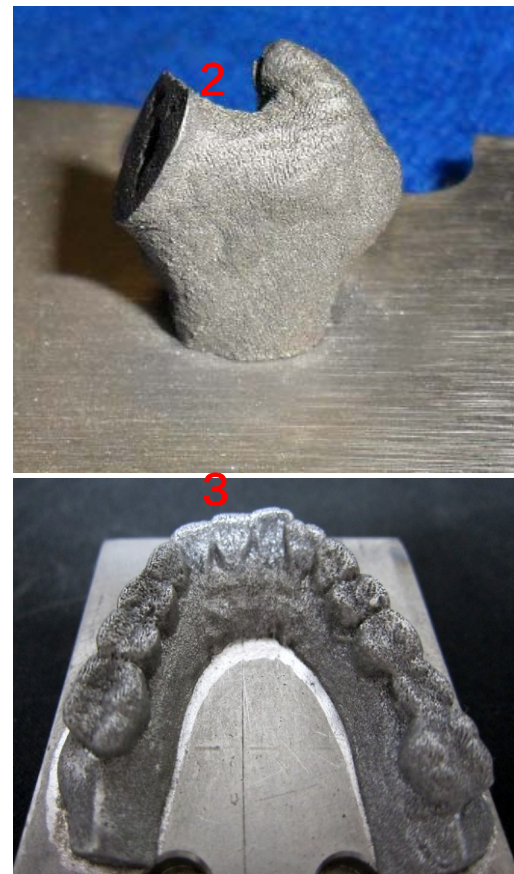
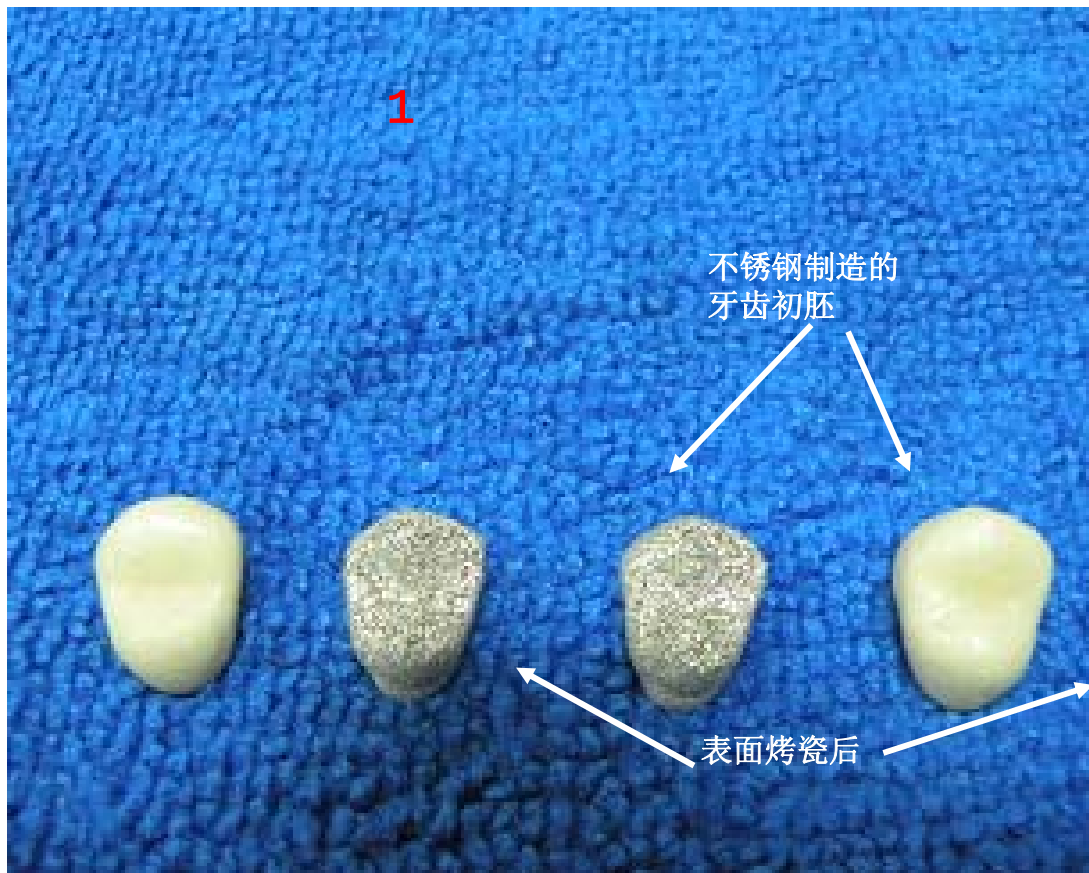
自主研制了0.25米×0.25米工作
台面的SLM装备，可用于难加工复
杂精细零件的直接快速制造

- (1) 制造的镍基高温合金的致密度可达到99%;
- (2) 制造的镍基高温合金最大拉伸强度超过1100Mpa，超过同质锻件水平;
- (3) 零件表面粗糙度Ra达到20um。



金属制件快速成形制造技术

1) 不锈钢制造的牙齿及烤瓷后效果；2) 人工关节；3) 钛合金全口牙齿



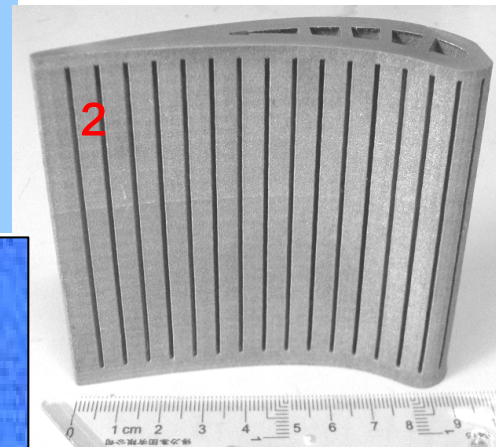
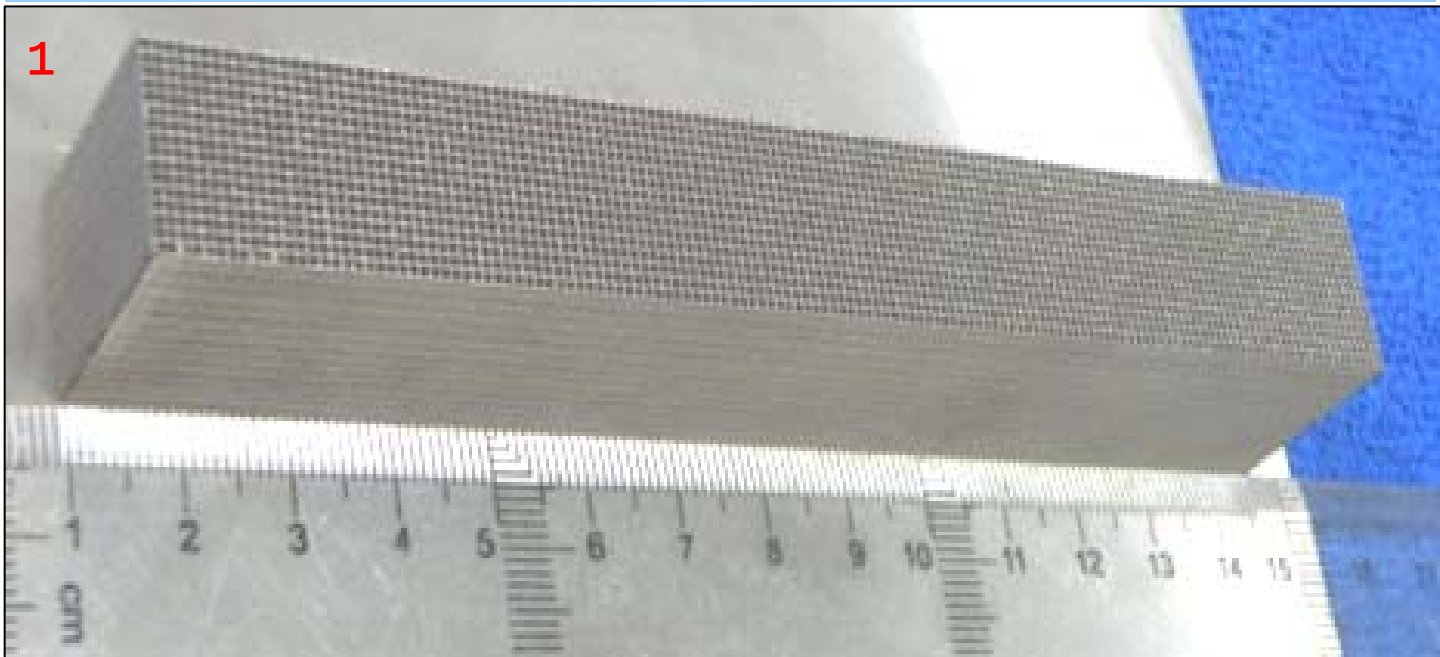
粉末材料激光快速成形制造技术及其应用

金属制件快速成形制造技术

1) 多孔零件 (壁厚0.1mm)

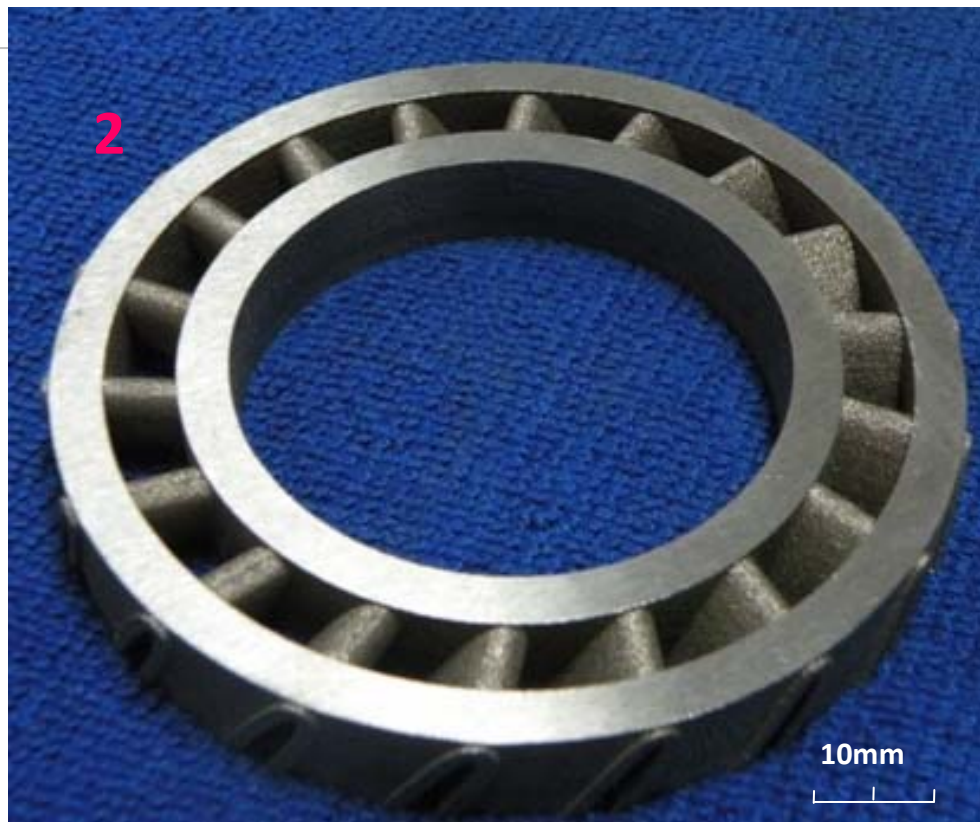
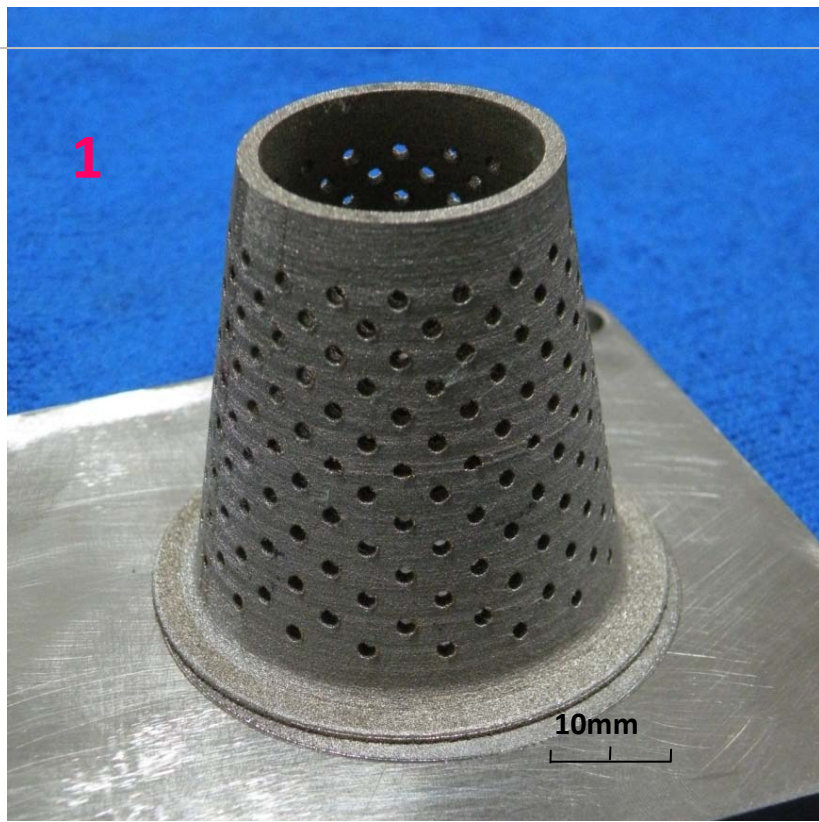
2) 发动机叶片

3) 旋流器喷嘴



粉末材料激光快速成形制造技术及其应用

金属制件快速成形制造技术



金属制件快速成形制造技术



随形冷却流道注塑模具



使用该模具制作的塑料零件

金属制件快速成形制造技术



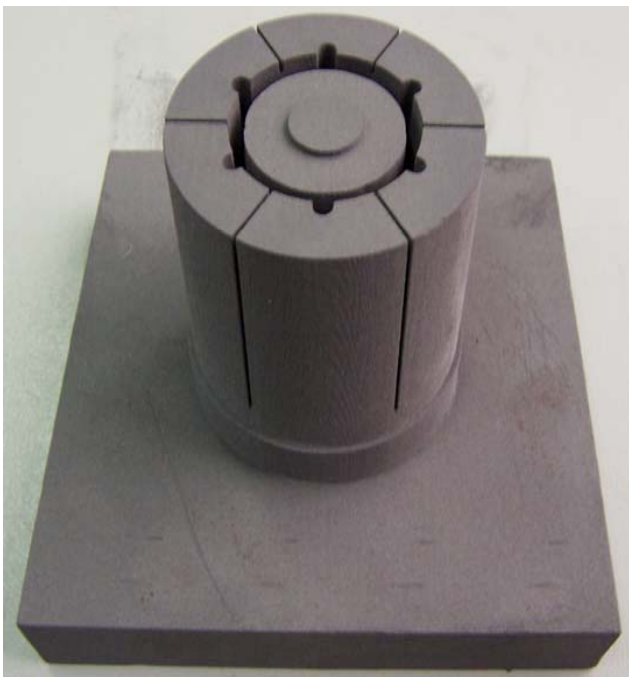
机加工与SLM结合成形



SLM直接成形

注塑模具镶块

金属制件快速成形制造技术



型芯镶块



型腔镶块

具有随形冷却流道的模具镶块

金属制件快速成形制造技术



潜伏浇口及其内部流道

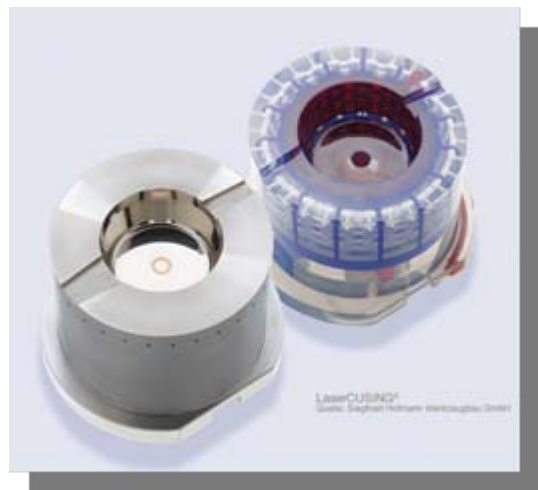
金属制件快速成形制造技术



注塑模型芯（EOS）



模具镶块（MTT）



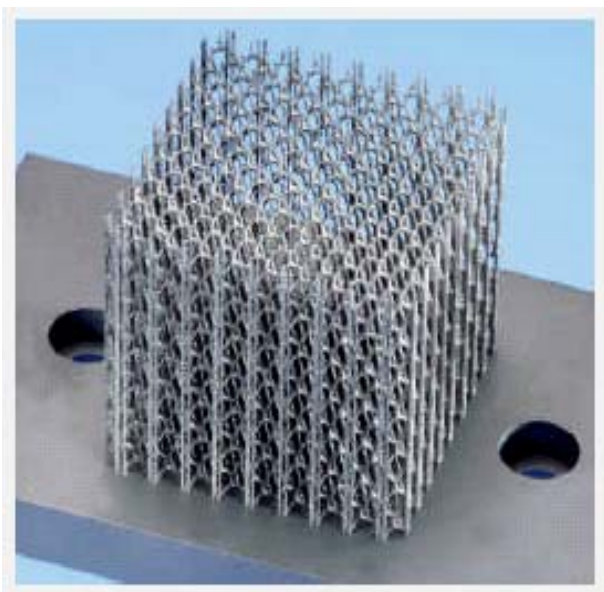
注塑模具（concept-laser）

- 快速成形制造技术原理及其体系结构
- 逆向工程与三维测量技术及其应用
- 粉末材料激光快速成形制造技术及其应用
- 快速成形制造在未来工业中的优势

快速成形制造技术在未来工业中的优势

1. 快速成形制造技术最大优势是拓展工业产品的创造空间

受制于制造能力的现实难处，工业设计人员的出发点和立足点，必须顾及后续制造水平，无形中束缚了创新设计，创新设计必须考虑实际制造能力。因此，不得不牺牲一些创新设计思想，而“整体生长”快速制造技术则为人们提供了充分想象和创造的平台，可以说只有想不到没有做不到。快速制造技术对于产品的几何形状并没有约束，**在零部件的设计上可以采用最优的结构设计，无需考虑加工问题**，解决了传统的航空航天、船舶、汽车等动力装备高端复杂精细结构零部件的制造难题。



快速制造技术在未来工业中的优势



2. 快速成形制造技术可显著缩短产品从原型机、样机到商业机之间的研制周期

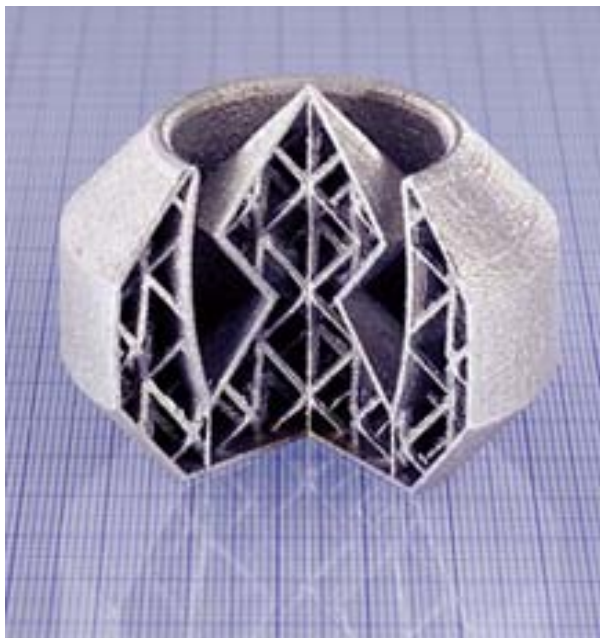
从原型机到样机到商业机之间的周期长短是国家工业竞争的核心。如用传统机械制造技术研发一种铸造模具一般需要几个月，甚至一年，“整体生长”**快速制造技术仅用数天完成，时间缩短几十倍**。以发动机缸盖为例，传统砂型铸造，工装模具设计制造周期需要5个月左右，采用“整体生长”快速制造技术，一个星期左右就可以整体成形出四气门六缸发动机缸盖砂型。

3. 快速成形制造技术通过简化制造提高产品质量与性能

据悉，一架“空客A380”飞机或“波音747”飞机，分别约有450多万个零部件，从理论上说，**零部件越多越不安全，结合部往往就是隐患**。快速制造技术的一个明显优势就是可以将**多个零部件集成为一个整体制造出来，减少零部件的数量，不但大大简化了之后的装配工作，也是其安全性和可靠性随之提高**。

4. 快速成形制造技术可以优化设计，根据实际需求制造出重量较轻的零部件

这一点对为减轻一克重量而奋斗的航空航天企业特别有用，因为利用快速制造技术，**可以制造出内部是中空结构，但外形合适、性能优良的零部件，用来代替原来那些实心的笨重的零部件，从而减轻飞行器的重量。**



航空发动机的复杂关键零部件

谢 谢 ！