

3D立体打印技术及应用



兵器工业新技术推广研究所

北京机械工程材料学会

吕德龙 秘书长 高级工程师

信箱: LVDL50@163.com

电话: 13601359780

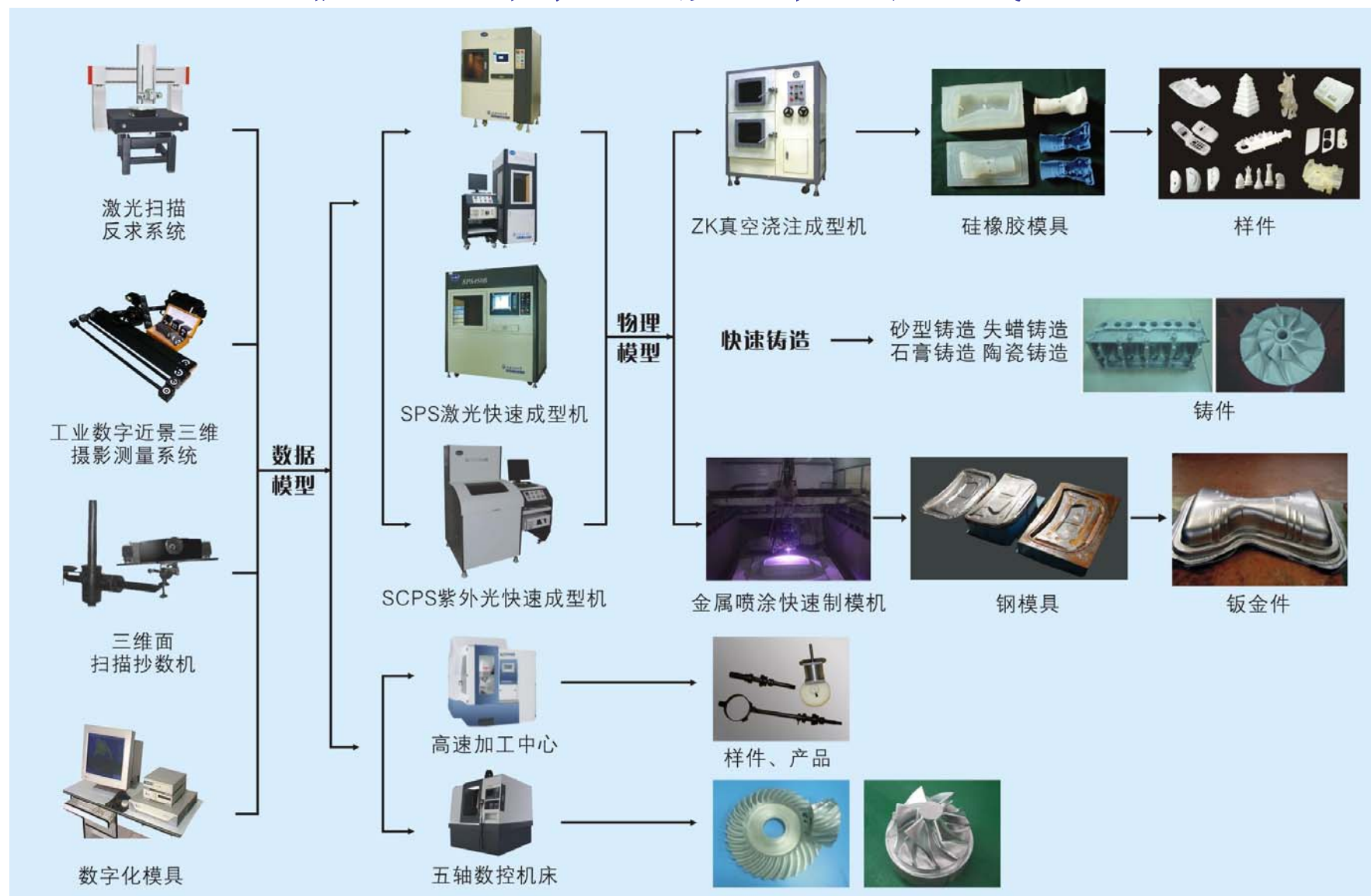
3D立体打印技术及应用



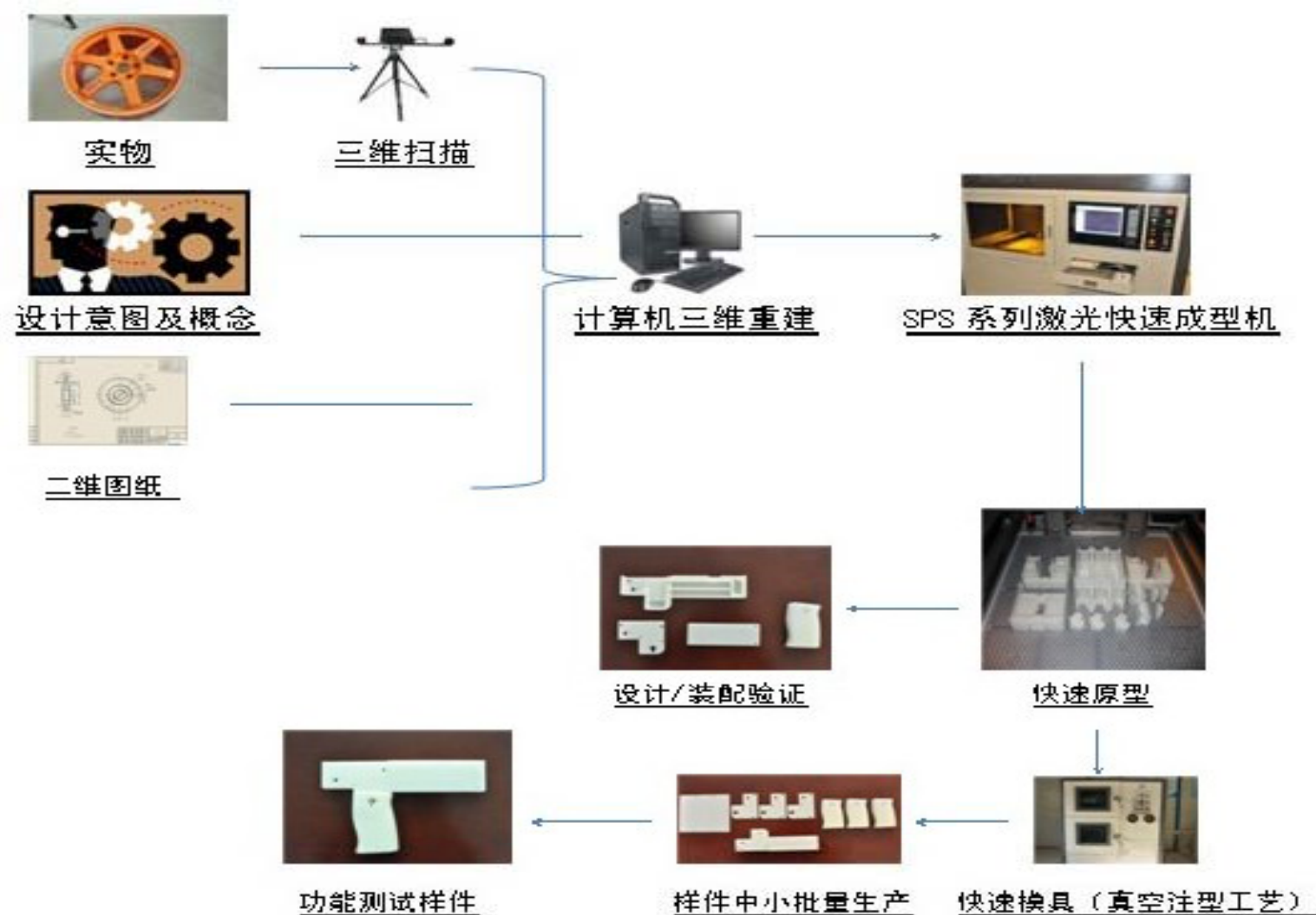
兵器工业新技术推广研究所
北京机械工程材料学会
信箱: **LVDL50@163.com**
电话: **13601359780**

吕德龙 高级工程师
秘书长

快速制造技术路线

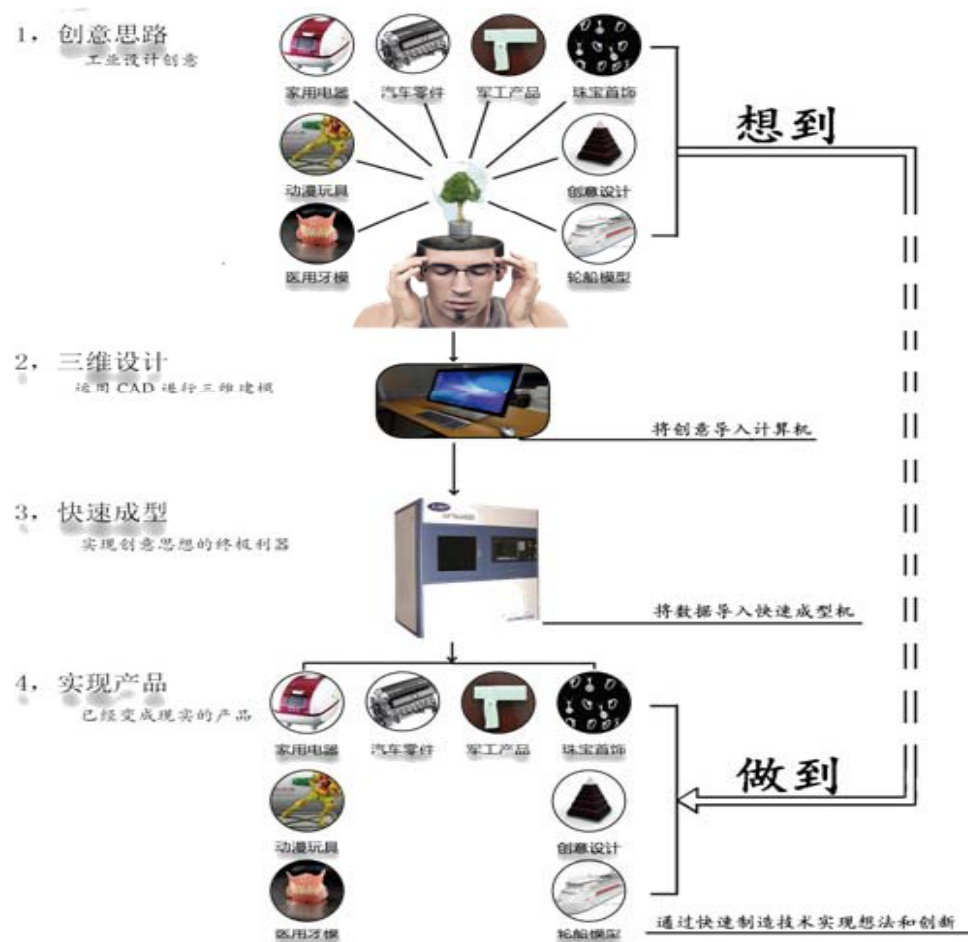


3D打印快速制造技术路线



实现产品创新创意的快速实物化

只要想到（创新）就能做到。
将三维设计好的数据导入**3D**
快速成型机，
将想到的产品
打印出来。



3D打印技术制造产品的第一件样品

- 早期的工业样品是由纯手工制作，因此被称之为手板（或首板）。
- 现在在汽车、航空、医疗、工业设计、建筑、雕塑、工艺品设计等领域，**3D**打印技术被广泛应用，起到重要的作用。

3D打印技术制造产品的第一件样品

- (1) 检验外观设计。
- 手板不仅是可视的，而且是可触摸的，它可以很直观的以实物的形式把设计师的创意反映出来，避免了画出来好看而做出来不好的弊端，因此，手板制作在新品开发、外形推敲的过程中是必不可少的。
- (2) 检验结构设计。
- 手板可以组装进行功能验证，所以它可以直观的反映出结构的合理与否以及安装的难易程度，便于及早发现问题解决问题。
- (3) 避免直接开模的风险性。
- 由于模具制造的费用一般很高，比较大的模具价值数十万甚至上百万，如果在开模具的过程中发现结构不合理或其它问题，其损失可想而知，而手板模型制作则可以避免这种损失，减少开模的风险。
- (4) 使产品面世时间大大提前。
- 由于手板制作的超前性，你可以在模具开发出来之前利用手板作为产品进行宣传，甚至前期的生产销售准备工作，还可以及早的占领市场设计流程。

为新产品开发提供产品工艺造型及功能设计，
促进新产品的销售，加快企业产品的更新换代



工具设计



酒瓶设计



轮毂设计



陶瓷设计



家居用品设计



医疗器具设计

通过激光内雕进行三维打印而实现的快速制造



人物取景



三维照相机



软件修版

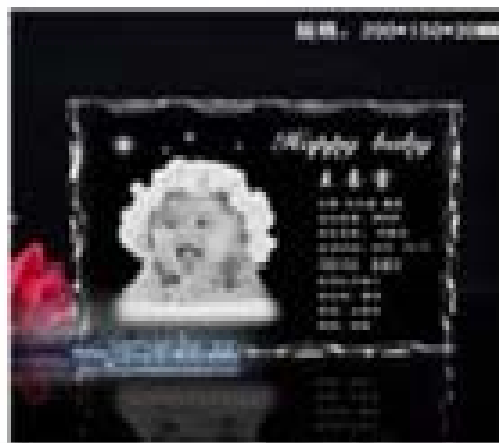
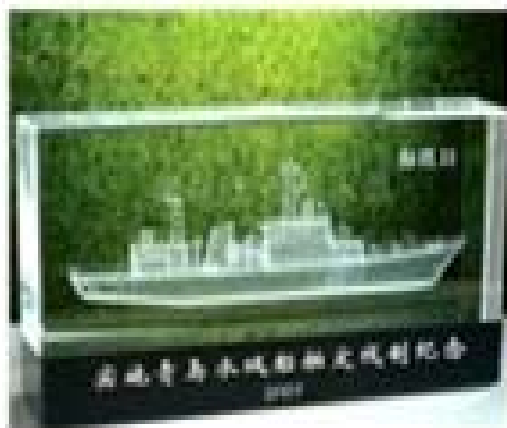


激光内雕机



内雕影像

通过激光内雕进行三维打印 而实现的快速制造



快速模具
技术生产
出工程塑
料的产品
，能进行
小批量生
产。



1 要复模的零件



2 模具腔体



3 调配硅胶 AB 料



4 放入真空铸型机进行真空复模

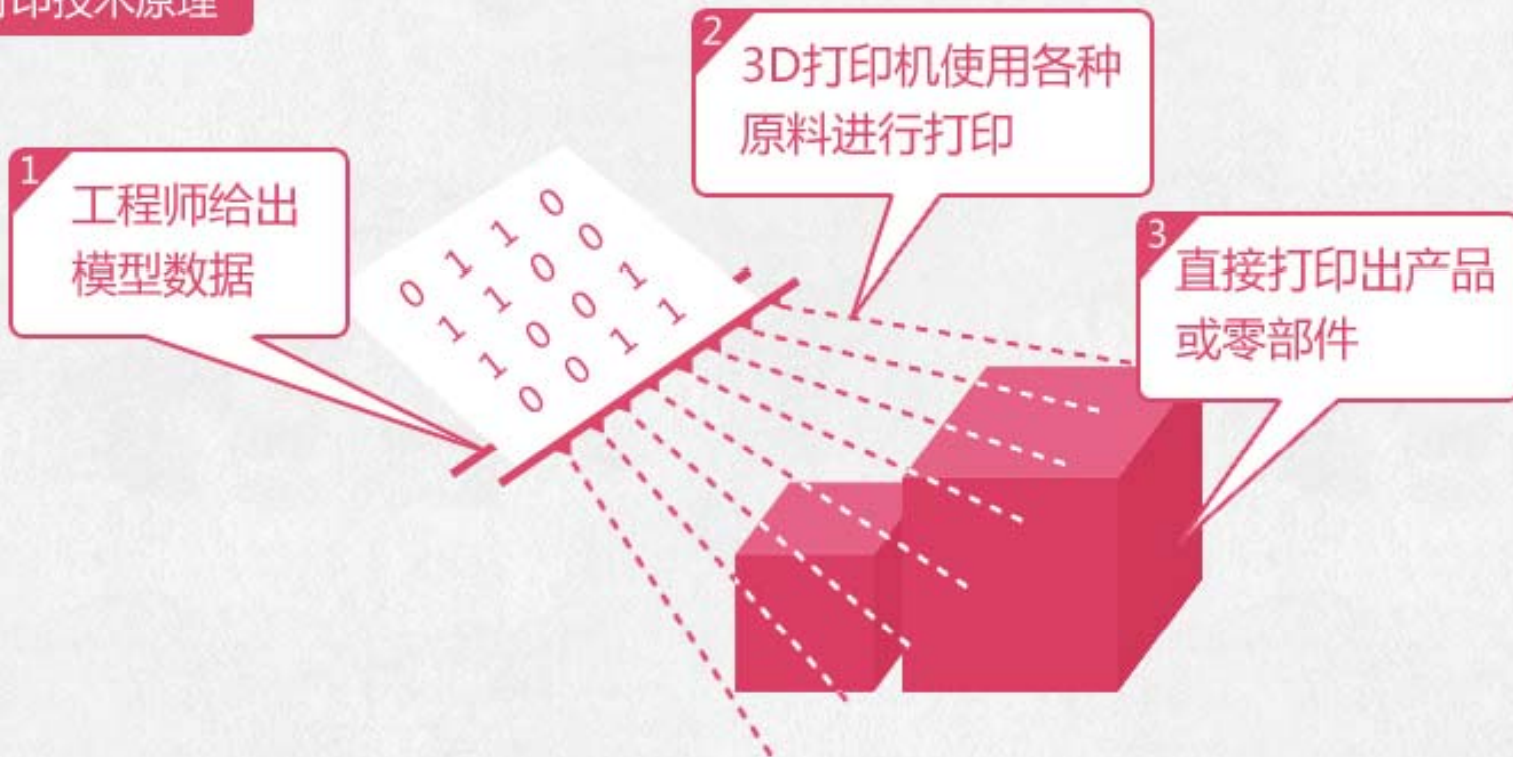


5 形成硅胶模具并进行开模



6 复模好的零件

3D打印技术原理



3D打印机已经打印出来了不少产品



手枪



自行车



汽车



电控飞行器等

可靠性及轻量化



歼-15完美着舰起飞



国产大飞机C919中央翼缘条 由3D打印制造



国产大飞机C919中央翼缘条 由3D打印制造

- 利用激光直接制造**C919**达中央翼根肋，传统锻件毛坯重达**1607**千克，而利用激光成形技术制造的精坯重量仅为**136**千克，节省了**91.5%**的材料，并且经过性能测试，其性能比传统锻件还要好。



捕食者无人机



C-919风挡在高速飞行时要承受
巨大动压，窗框由钛合金制成



C-919风挡在高速飞行时要承受巨大动压，窗框由钛合金制成

- 大型客机**C919**的主风挡窗框，在此之前只有欧洲一家公司能够做，仅每件模具费就高达**50**万美元，而利用激光快速成形技术制作的零件成本不及模具的**1/10**；**2010**年，利用激光直接制造**C919**达中央翼根肋，传统锻件毛坯重达**1607**千克，而利用激光成形技术制造的精坯重量仅为**136**千克，节省了**91.5%**的材料，并且经过性能测试，其性能比传统锻件还要好。

实现了加工技术由“减法”到“加法”的质的飞跃。

- 美国的**F-22**飞机中尺寸最大的**Ti6Al4V**钛合金整体加强框，所需毛坯模锻件重达 **2796** 千克， 而实际成形零件重量不足**144**千克， 材料的利用率不到**4.90%**， 这势必造成大量的原材料损耗。



实现了加工技术由“减法”到“加法”的质的飞跃。

- 激光快速成形**TA15**钛合金飞机角盒、**TC4**钛合金飞机座椅支座及腹鳍接头等**4**种飞机钛合金次承力结构件在**3**种飞机上的装机应用，零件材料利用率提高了**5**倍、周期缩短了**2/3**、成本降低了**1/2**以上；



胡总书记试坐使用快速制造技术 开发的自主品牌汽车



奥巴马国情咨文演讲



- 强调了**3D**打印技术的重要性,**3D**打印技术将加速美国经济的增长
- 计划建立**3D**打印技术中心，并在美国形成一种新生制造产业。

3D打印汽车

该赛车外壳是用光固化**3D**打印机一次成型，
轴承是用钛金属**3D**打印，时速**141**公里。



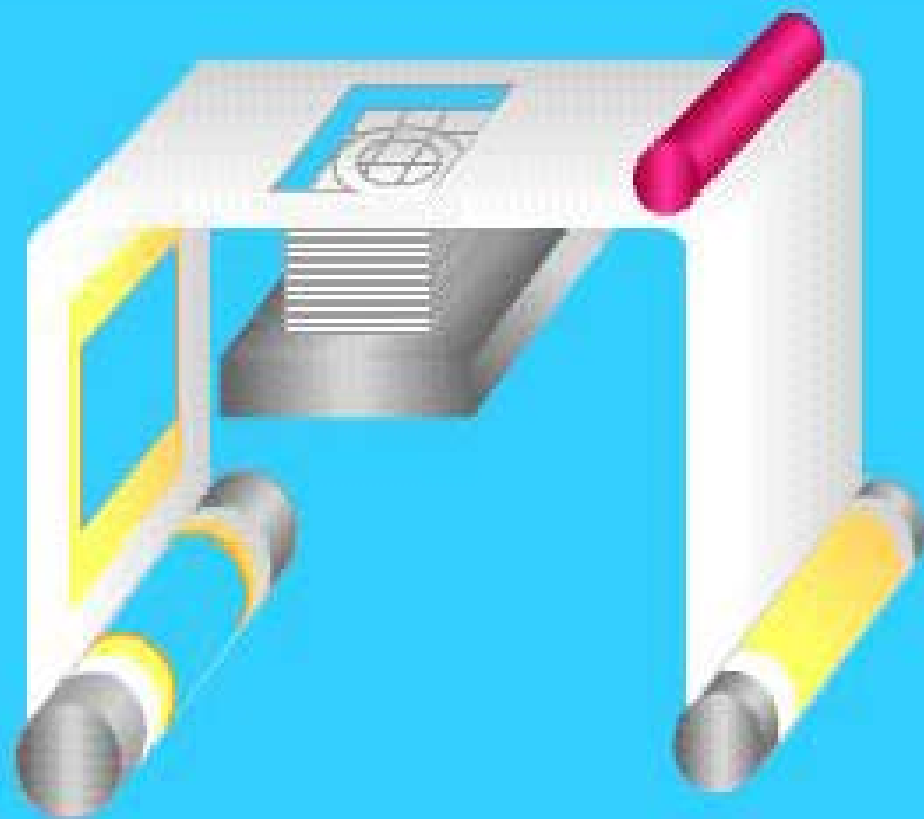
激光快速成形技术

- 飞机钛合金等高性能金属结构件激光快速成形关键技术及关键工艺装备技术，激光快速成形**BT20**钛合金机身关键结构件通过装机试飞前构件全部地面考核并已通过装机，
- 将“合金超纯净精炼”、“定向凝固”、“快速凝固”等三大先进高温合金制备技术与“激光快速成形技术”有机融合为一体，

主要工艺方法

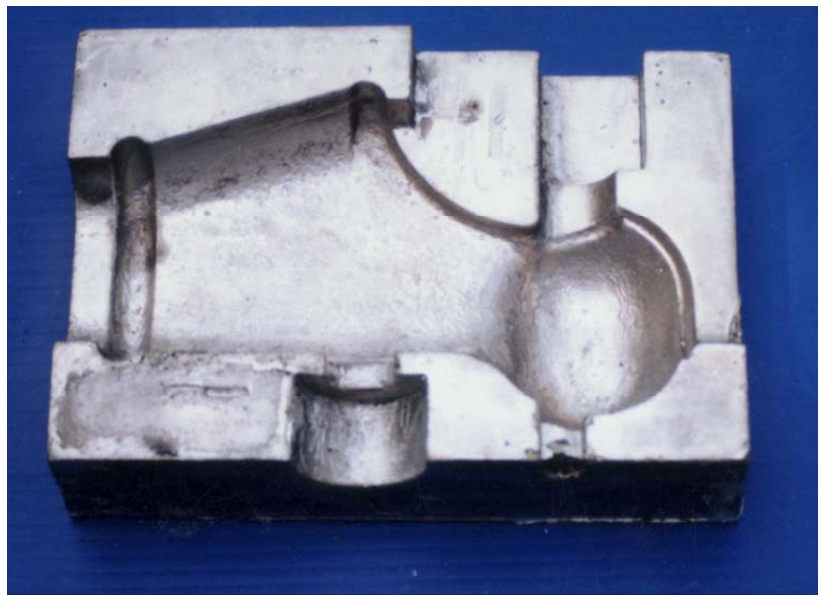
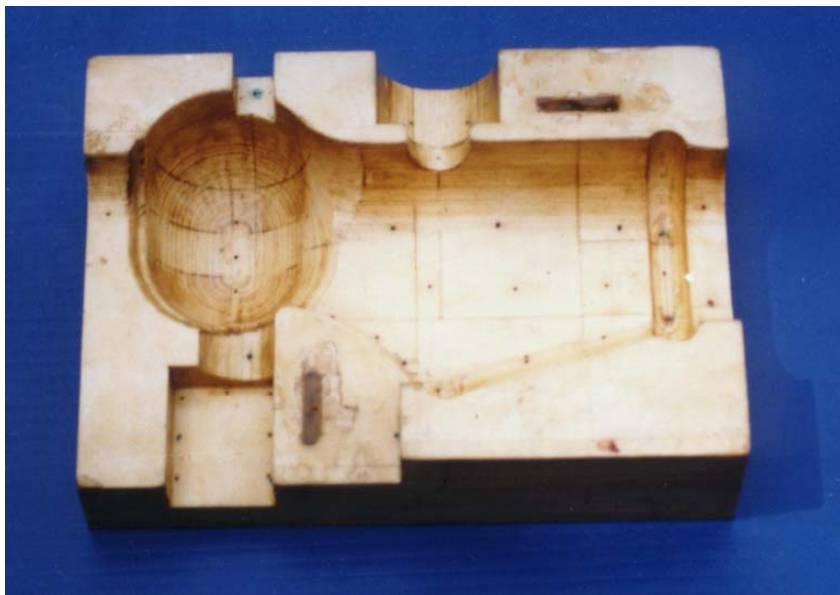
- 叠层法（成形材料：涂敷有热敏胶的纤维纸）
- 光固法（成形材料：液态光敏树脂）
- 激光选区烧结法（材料：塑料、砂、金属）
- 熔融沉积法（成形材料：固体丝状工程塑料）
- 三维印刷法（使用**HP**喷墨打印头喷射胶水）

叠层法



成形材料：
涂敷有热敏
胶的纤维纸；
制件性能：
相当于高级
木材；
主要用途：
快速制造新
产品样件、
模型或铸造
用木模。

薄材叠层制件与转移涂料技术 制作铸件和铸造用金属模具

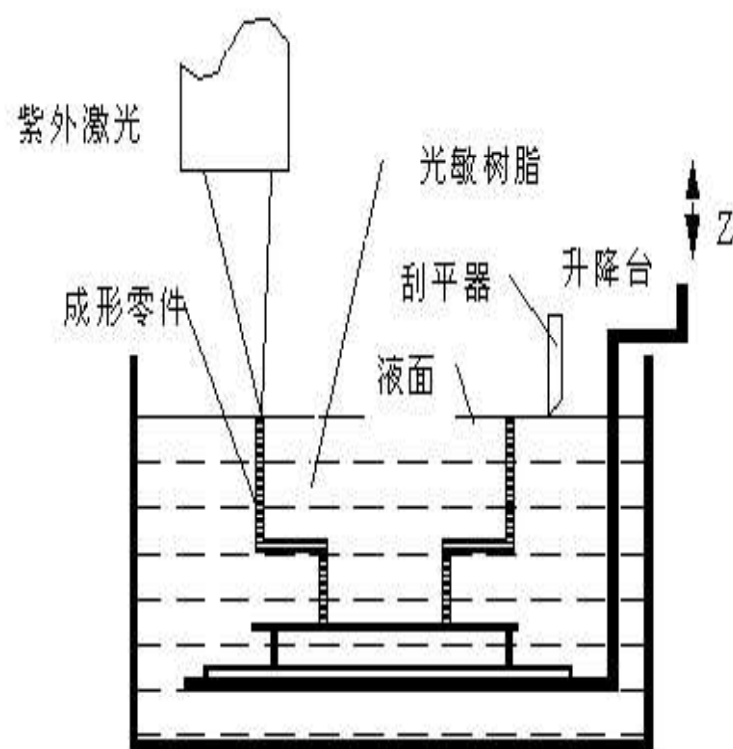


合模并浇注

- Al, Mg, Zn
可以浇铸

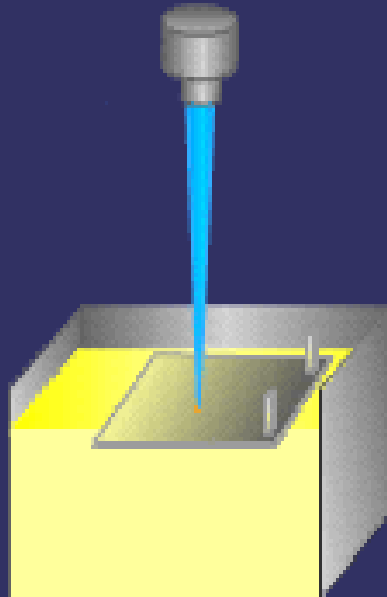


立体光刻快速成型工艺



SL 工艺原理图

光固法



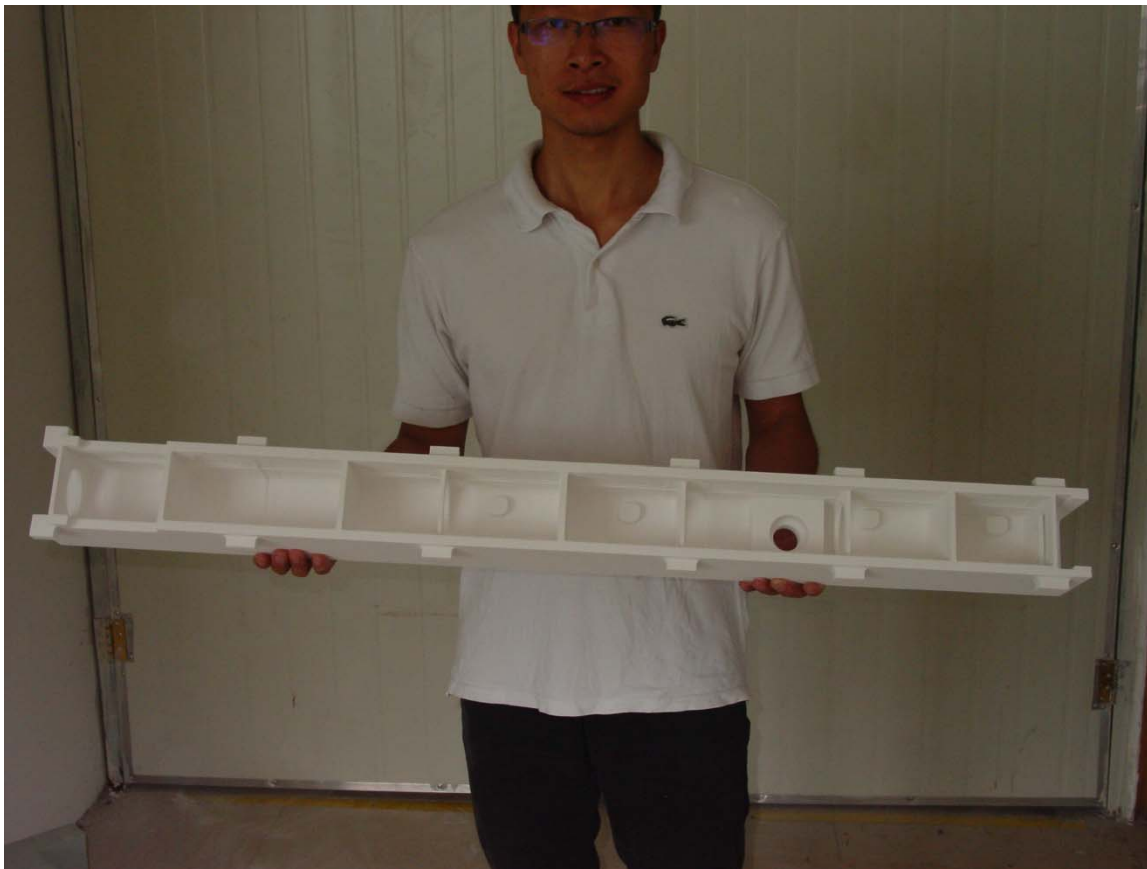
成形材料：
液态光敏树脂；
制件性能：
相当于工程塑料或蜡模；
主要用途：
高精度塑料件、铸造用蜡模、样件或模型。

立体光刻快速成型工艺



1. 4米双激光快速成形制造装备

- 长方形工作场在成形大型长方形制件方面有较大优势，可以显著提高效率；
- 高强度的成形材料能够保证大型制件的成形精度和强度；



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

光造型或立体光刻

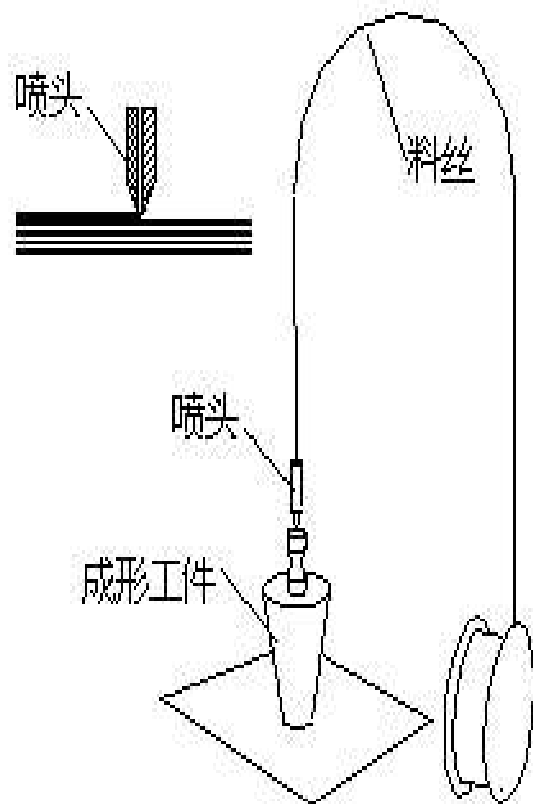
光敏树脂在紫外光照射下从液态转变成固态。

激光束在偏转镜作用下，在液态表面上扫描，光点打到的地方，液体就固化。

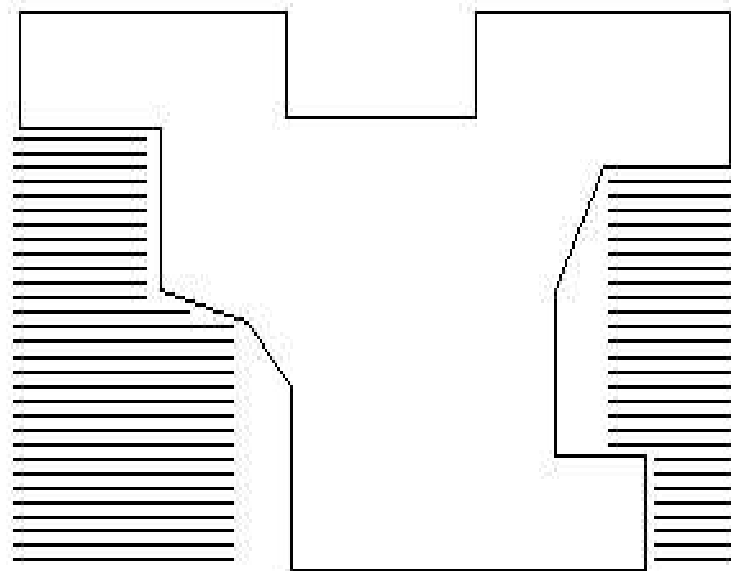
成型开始时，工作平台在液面下一个确定的深度，聚焦后的光斑在液面上扫描，即逐点固化。

当一层扫描完成后，未被照射的地方仍是液态树脂。然后升降台带动平台下降一层高度，已成型的层面上又布满一层树脂，刮板将粘度较大的树脂液面刮平，然后再进行下一层的扫描，新固化的一层牢固地粘在前一层上，如此重复直到整个零件制造完毕，得到一个三维实体模型。

熔融挤出的快速成型工艺

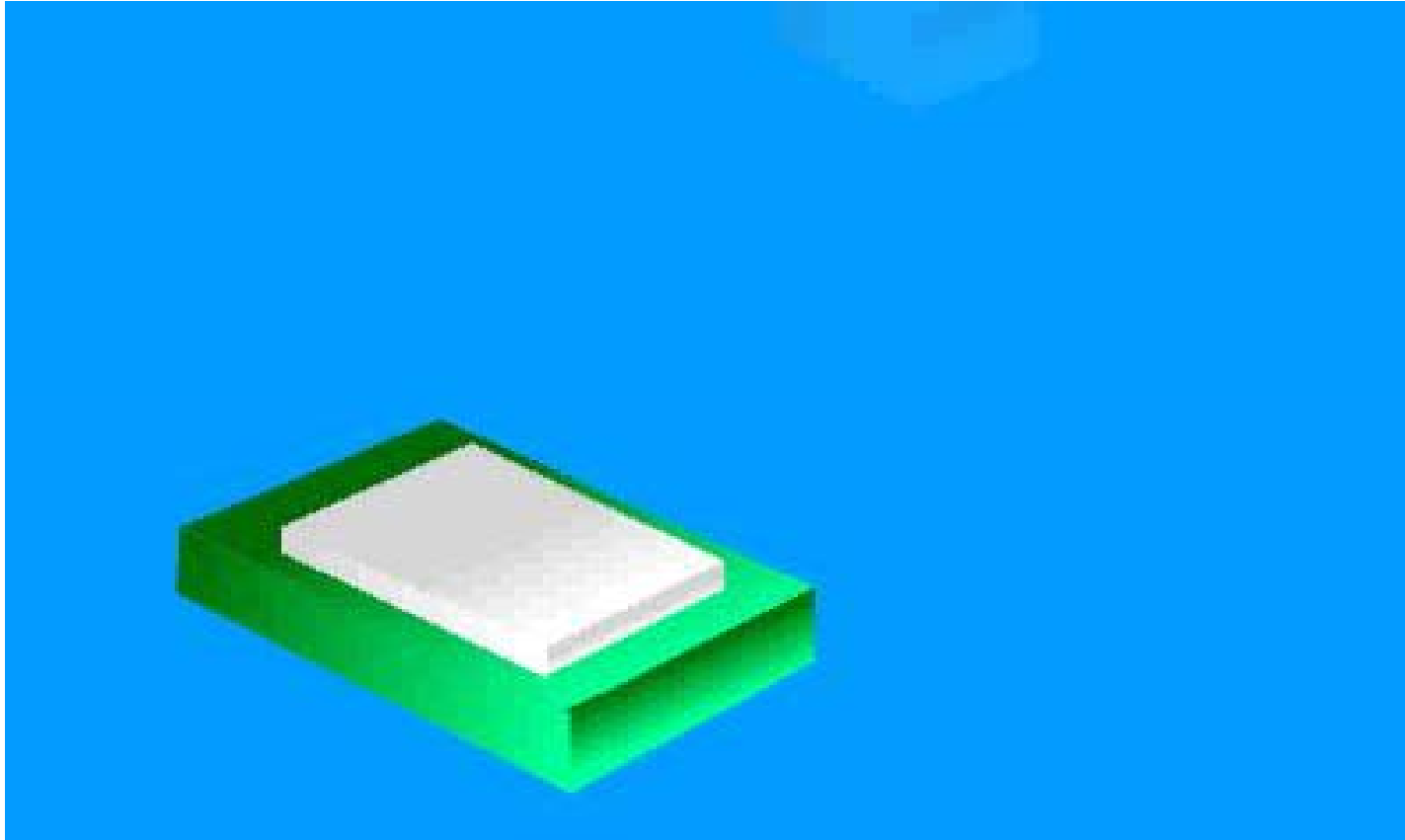


工艺原理图



原型和支撑

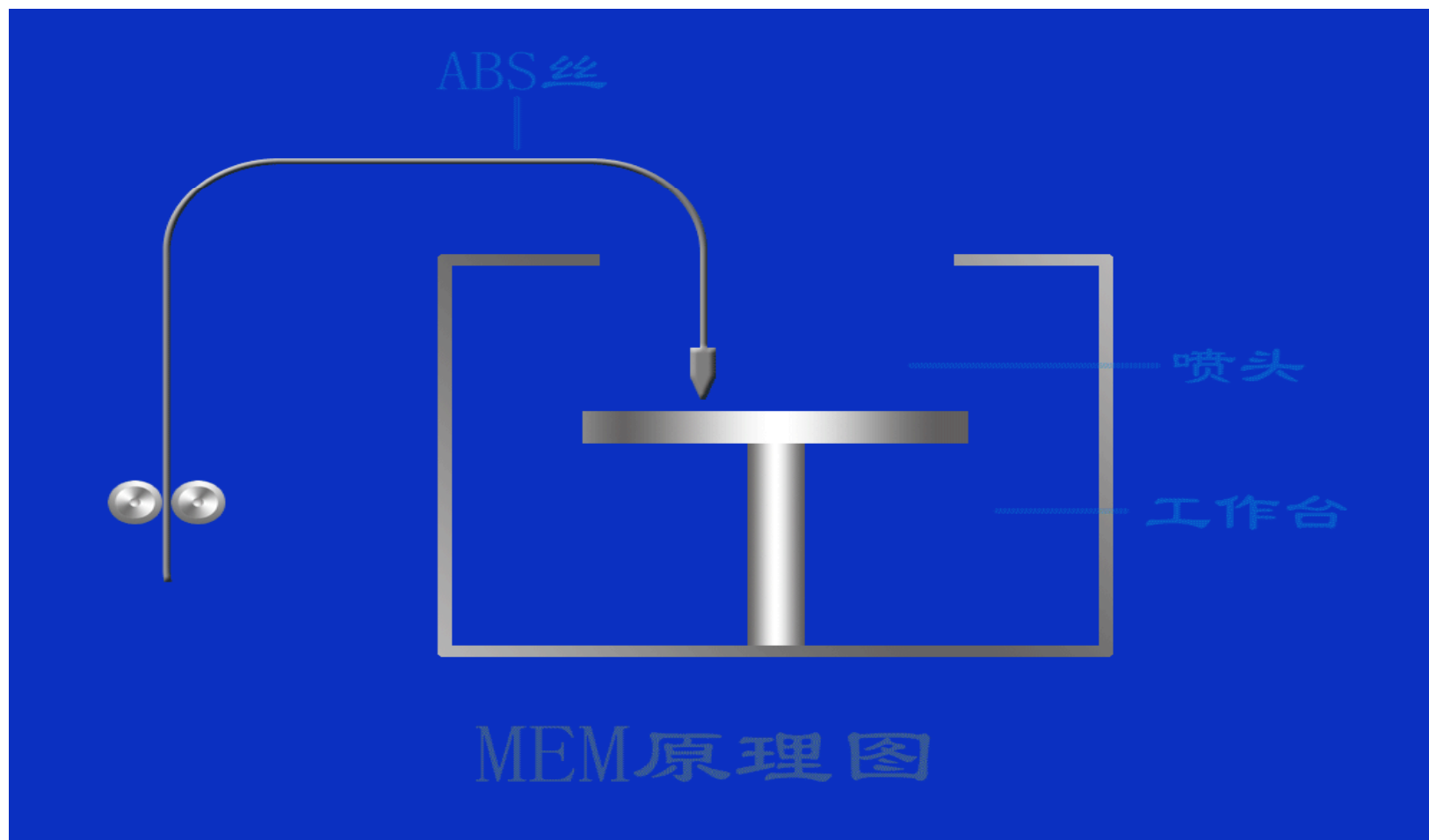
熔融沉积法



成形材料：
固体丝状工
程塑料；
制件性能：
相当于工程
塑料或蜡模；

主要用途：
塑料件、铸
造用蜡模、
样件或模型。

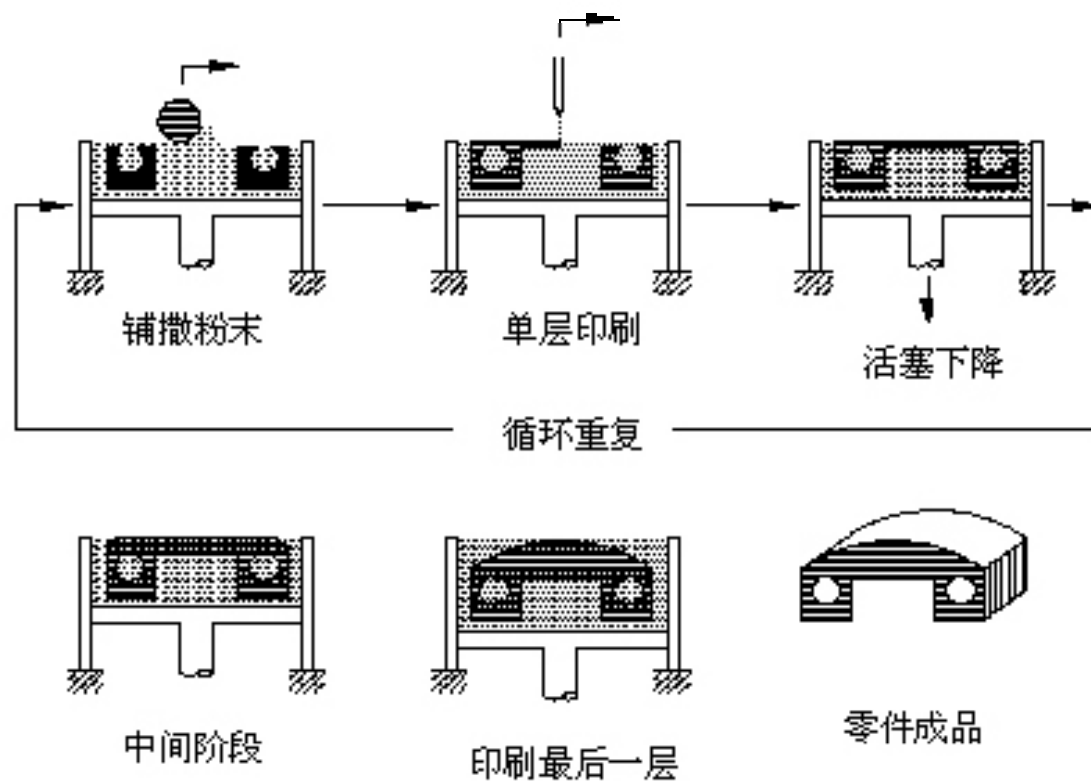
原理演示



优异的材料性能



选择性激光烧结快速成型工艺

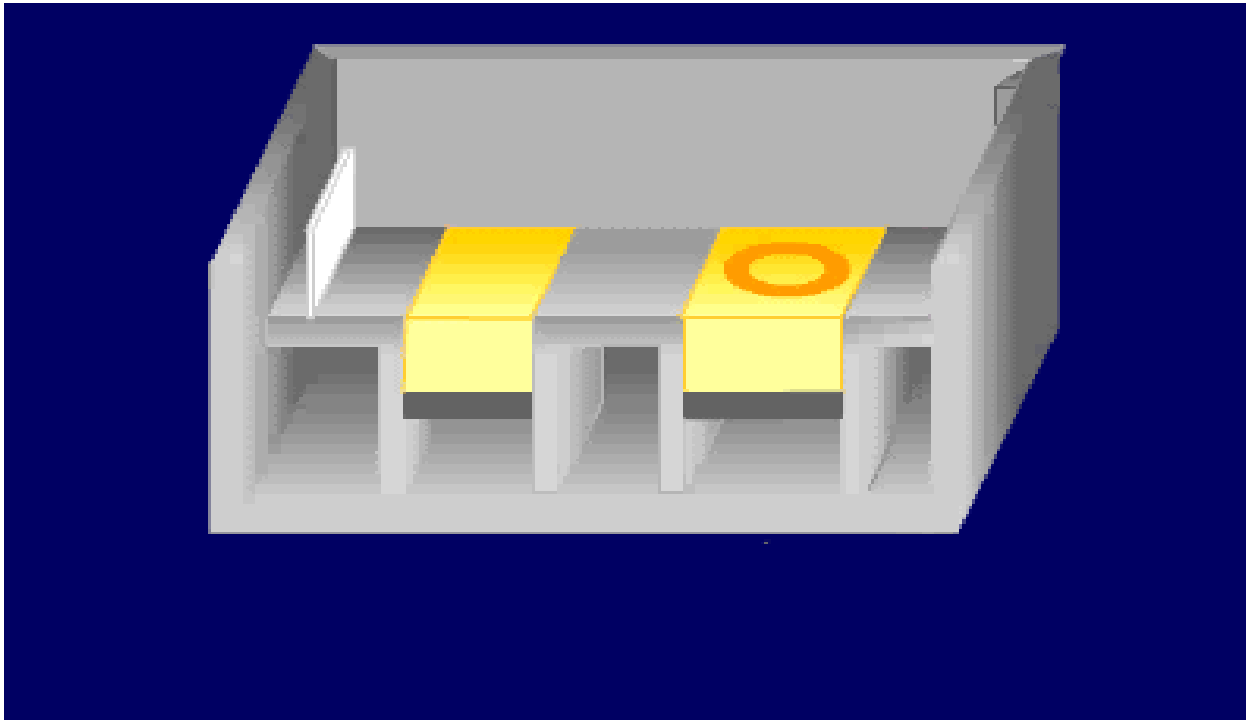


3DP 工艺原理图

激光粉末烧结法

激光对薄层粉末有选择地烧结。然后将新的一层粉末通过铺粉装置铺在上面，进行新一层烧结。反复进行逐层烧结和层间烧结，最终将未被烧结的支撑部分去除就得到与**CAD**形体相对应的三维实体。

激光选区烧结法



材料:

塑料、砂、
金属

特点:

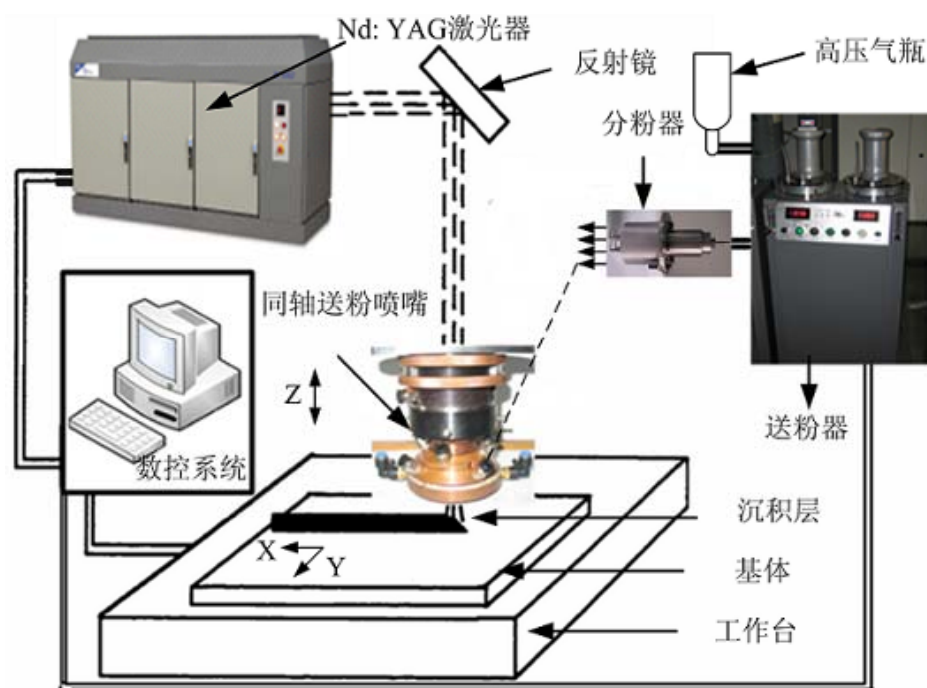
精度低

价格:

30—2000万

激光熔化立体成形技术

粉末不是存放在粉箱中，而是通过管道送到漏斗式的供粉器中，金属粉末随着激光束一起，在熔融状态下从喷嘴射出并且按照轨迹堆砌成最终零件。



材料:

金属

特点:

金属粉末需要的少，
零件尺寸不受粉箱
限制

价格:

400—2000万

激光熔化立体成形技术

- 中航成飞和沈飞的代战斗机的设计研发中，中国激光钛合金成形技术已经得到了广泛运用。通过这一技术，正在研制的两型第五代战斗机歼-20和歼-31采用钛合金的主体结构，成功降低了飞机的结构重量，提高了战机的推重比；依托激光钛合金成形造价低、速度快的特点，沈飞在一年之内连续组装出歼-15、歼-16、歼-31等多型战斗机并且进行试飞。

激光熔化立体成形技术

- 在传统战斗机制造流程当中，飞机的**3D**模型设计好后，需要进行长期的投入来制造水压成型设备，而使用**3D**打印技术后，零件的成型速度、应用速度得以大幅度提高。如果不是采用**3D**打印制造技术，歼-15战斗机至今能否首飞都很难讲。



激光熔化立体成形技术

- 中国舰载机从一无所有一下子跨越到第三代战斗机，歼-15如何实现这一飞跃？孙聪透露，歼-15项目率先采用了数字化协同设计理念：三维数字化设计改变了设计流程，提高了试制效率；五级成熟度管理模式，冲破设计和制造的组织壁垒，而这与3D打印技术关系紧密。他透露，钛合金和M100钢的3D打印技术已应用于新机试制过程，主要是主承力部分。

激光熔化立体成形技术

- 激光钛合金成形，它节约**90%**的昂贵原材料，还不需要制造专用模具，原本相当于材料成本**1-2**倍的加工费现在只需原来的**10%**。加工**1**吨重的钛合金复杂结构件，传统工艺成本大约**2500**万元，而激光**3D**焊接快速成型技术的成本仅**130**万元左右，仅是传统工艺的**5%**。



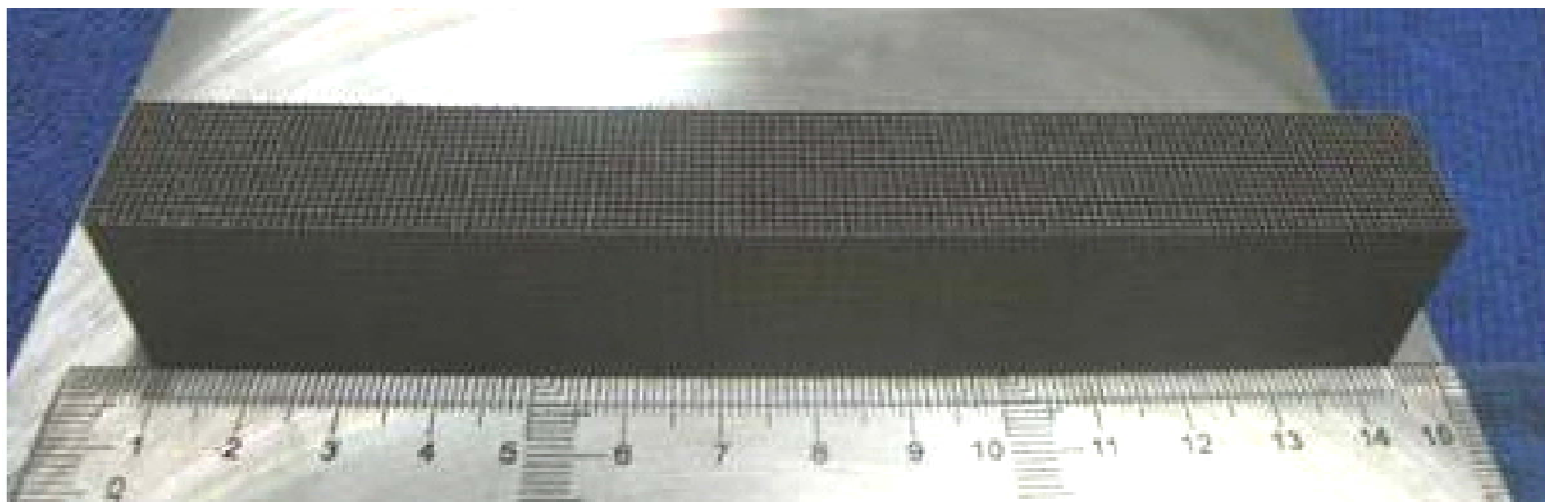
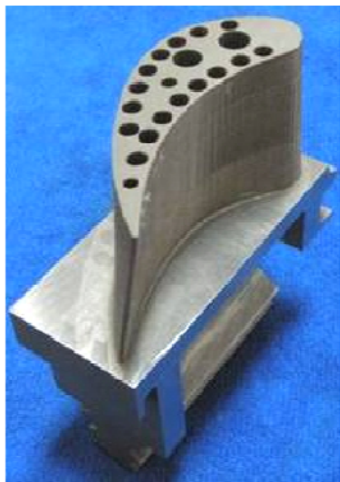
激光熔敷

- 采用高功率激光器在基底或前一层金属上生成出一个移动的金属熔池，然后用喷枪将金属粉末喷入其中，使其熔化并与前一层金属实现紧密的冶金结合。
- 在制造过程中，激光器不动，计算机控制基底的运动，直到生成最终的零件形状。

Drilling, turning and milling can be modified by the position of the sensor located near the tool tip, measuring tool deflection and speed to adjust in 30 seconds.

HSN 1000
The new way to drill, turn and mill

粉末材料激光快速成形制造 金属制件



直接快速制造的复杂结构高性能金属零部件，致密度达99%，强度高于同质锻件水平

金属零件激光快速成型

1、快速制造

缩短制造周期，降低成本。

2、材料强度

部分代替锻造、热处理工艺

3、复杂空腔

内部复杂流道结构件；自由设计。

4、局部生长

复合制造或修复零件。

最大特点，不是用来做模型，而是用来做产品，放在汽车上能跑，放在飞机上能飞，任何复杂的东西，只要你能够想象出来，就能够制作出来。

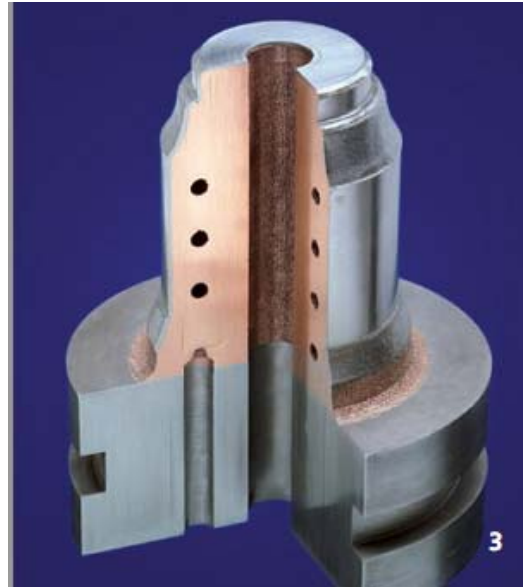
解决材料**强度**典型应用

飞机钛合金结构件的3D打印，代替传统锻造工艺。**强**



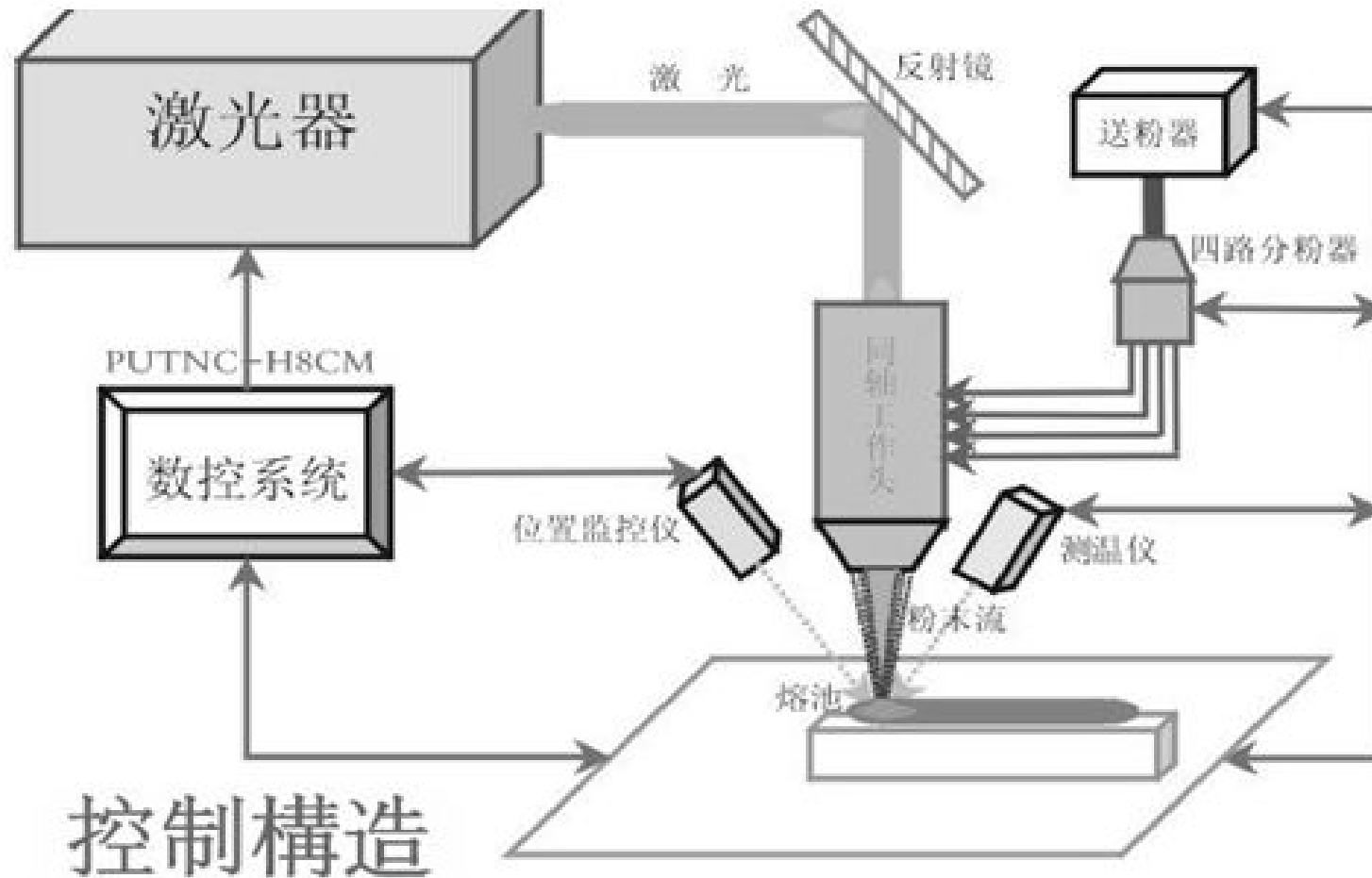
复杂空腔的典型应用

模具、叶片等复杂零件冷却通道的制造。



空

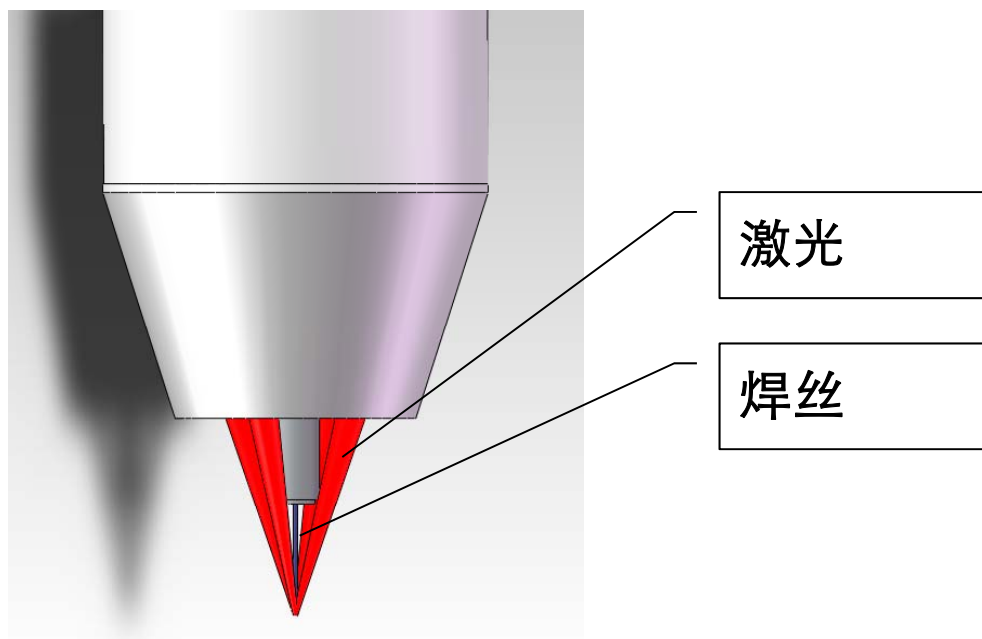
送粉式近净成型



送丝式近净成型

能量源：激光
电子束
电弧

效率高，精度低，
需后续机加工；
表面光滑，无粘
粉现象，材料利
用率100%；
可实现空腔结构
材料致密性好。



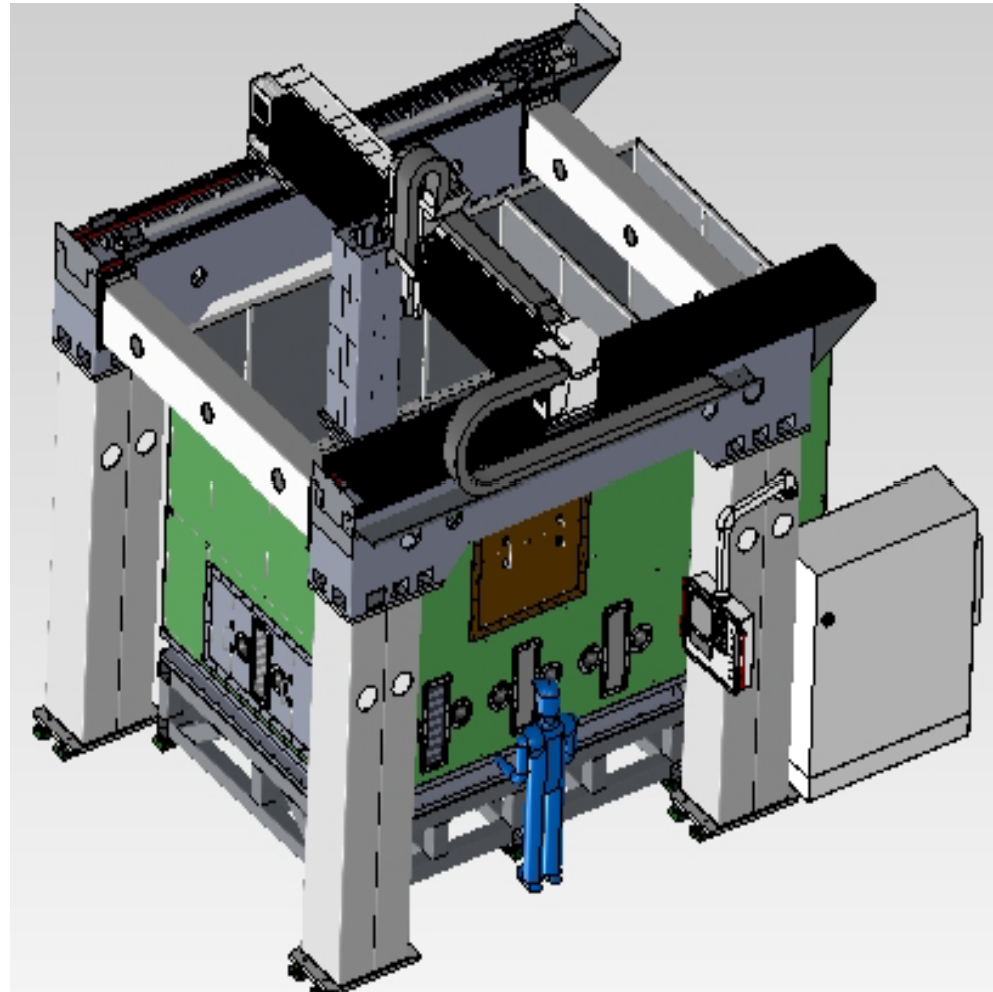
送丝式近净成型



用于高强度钛合金零件的快速成型。

激光功率
10kw，成型尺寸
2.5米x2.0米x0.8
米，3轴联动数控
，惰性气体环境
。

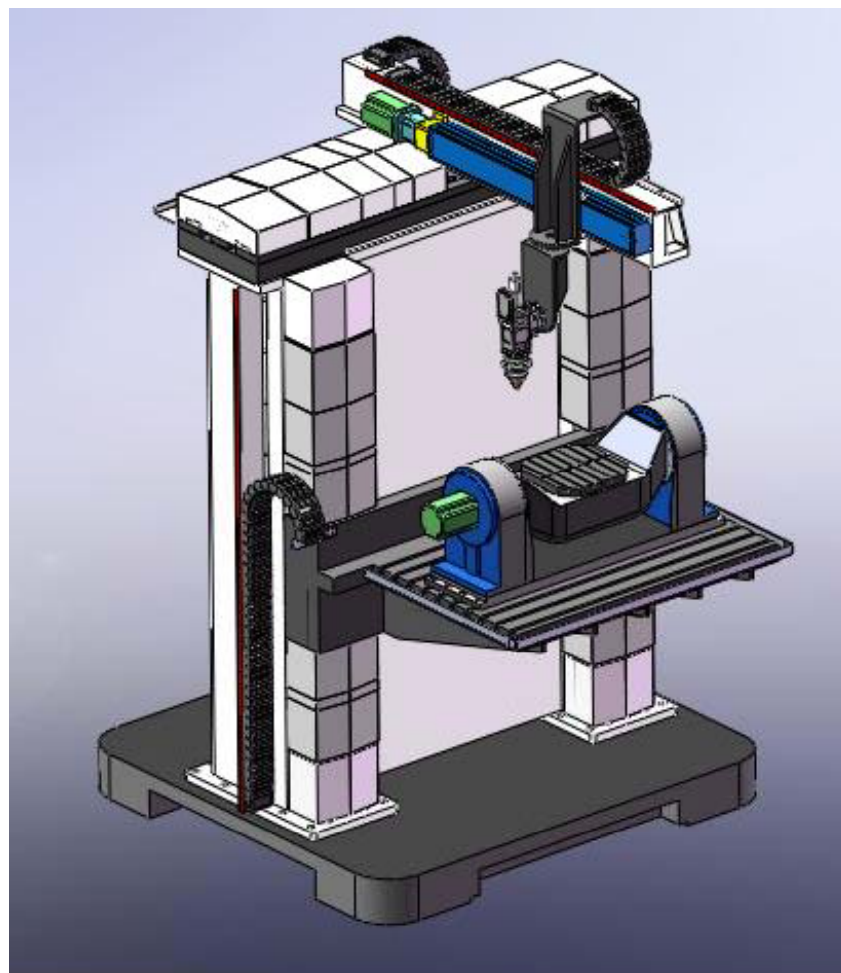
设备特征：
光纤激光+喷金属
粉+气氛保护舱+
分层及路径控制
。



用于高强度钛合金、高温合金、模具钢等材料成型。

激光功率**6kw**，成型尺寸**1.5米x1.0米x1.2米**，**5轴联动数控**，惰性气体环境。

设备特征：光纤激光+喷金属粉+气氛保护舱+分层及路径控制+双轴变位机



C02激光成型设备。
激光功率4kw，成型
尺寸0.6米x0.5米，
3轴联动数控。

用于高强度模
具钢、不锈钢、镍
基、钴基合金等材
料成型。



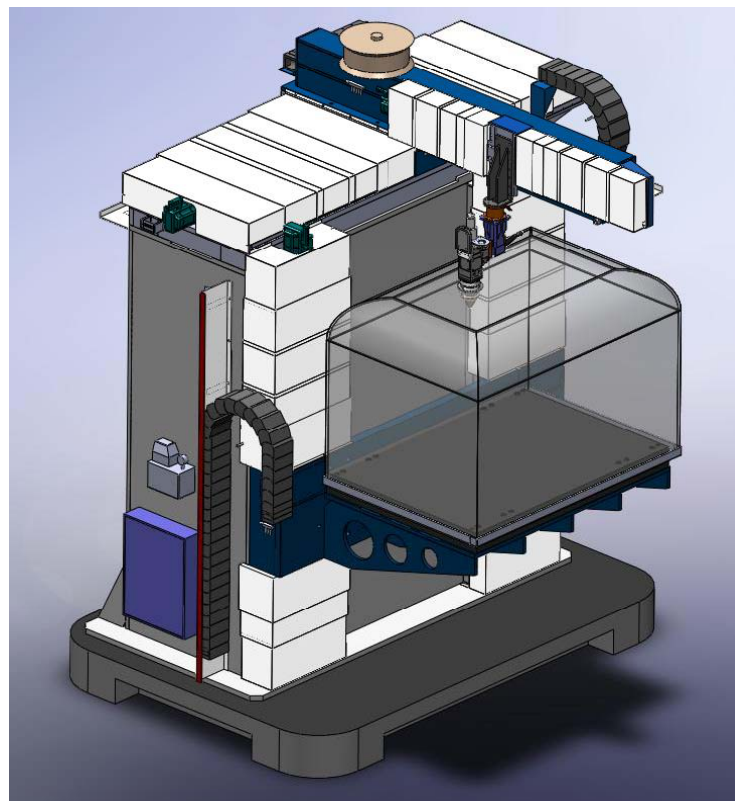
新松机器人3D打印之路

3D打印及相关工程应用 (4)

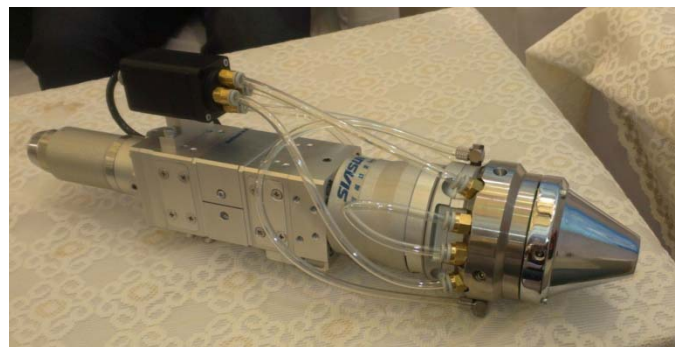
承担科技攻关项目，研发标准型商用3D打印设备。采用激光光束同轴合束、高精度数控、惰性气氛保护及纯化技术、分层路径规划及智能监控等专有技术。

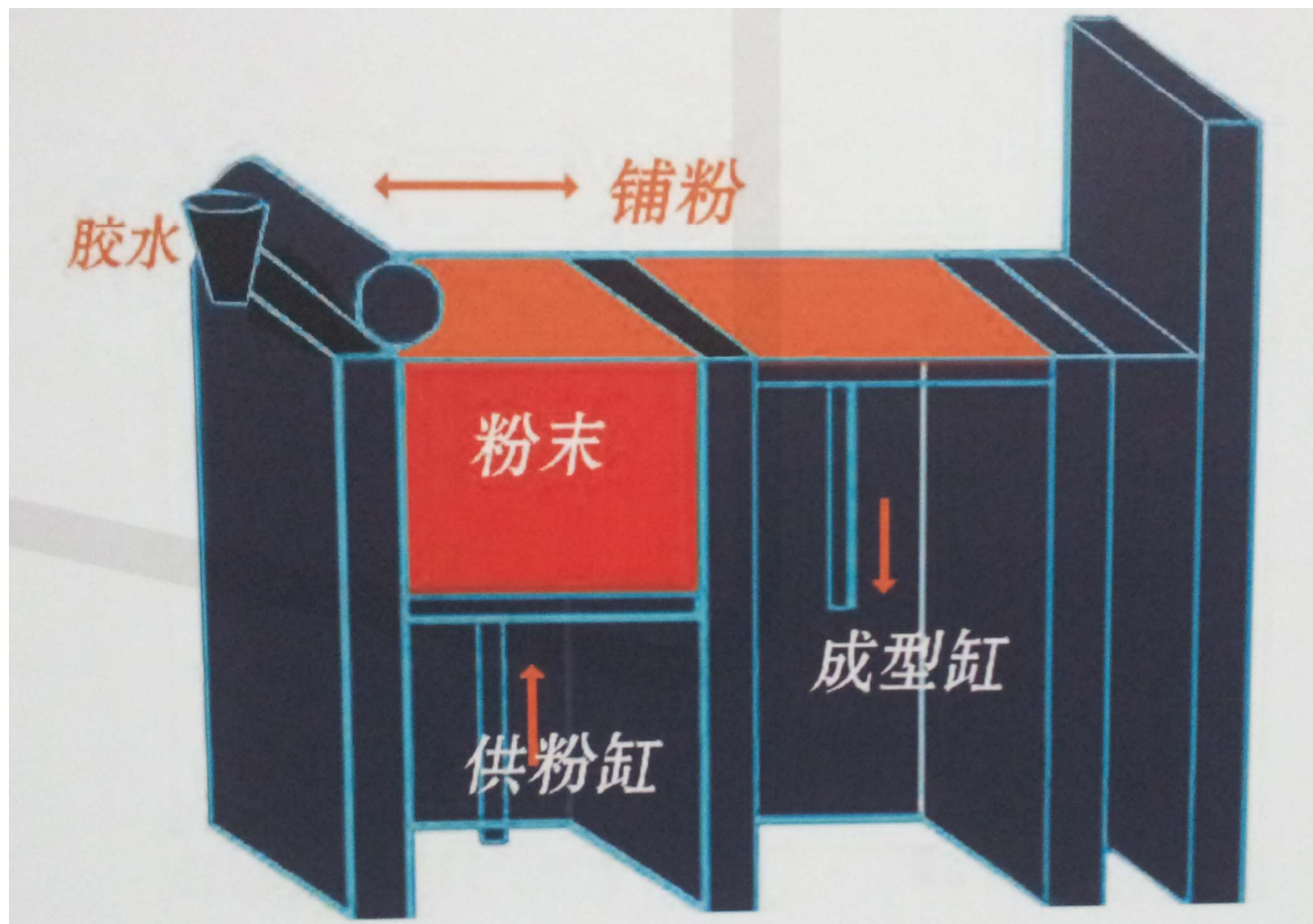
行程800mmX800mmX500mm，
激光功率2kw。

实现不锈钢、模具钢、钛合金和铝合金等材料的成型。



同轴送粉激光成型头



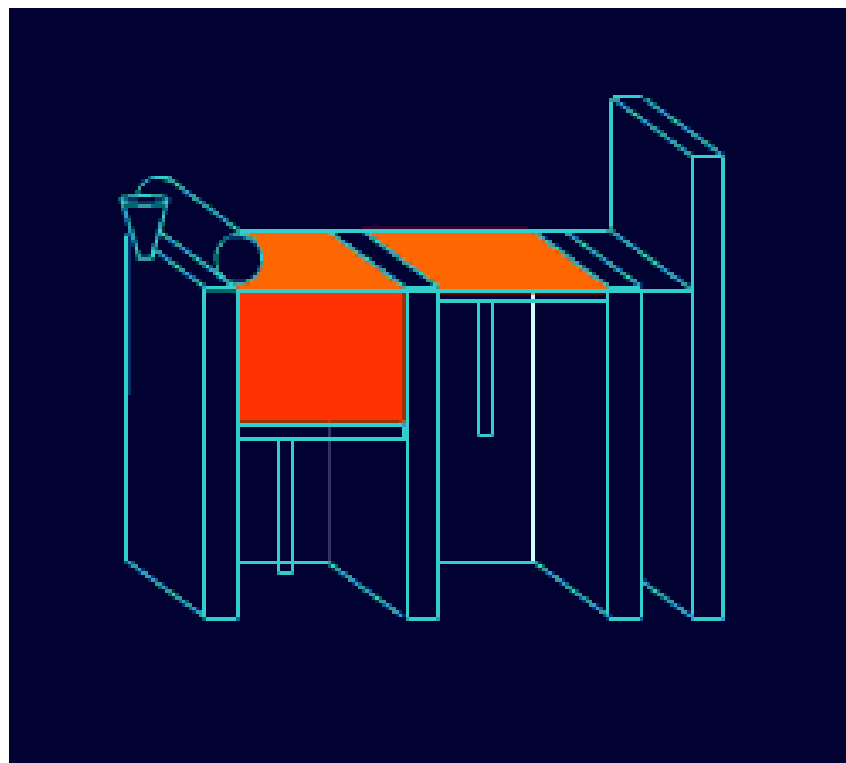


3DP工艺类似喷墨打印机

铺粉装置将一层粉末铺在基底或前一层粉末上面，通过喷头在粉末上喷射固化结合剂，层层堆积形成三维实体，经过烧结、浸渗，得到最终的模具。

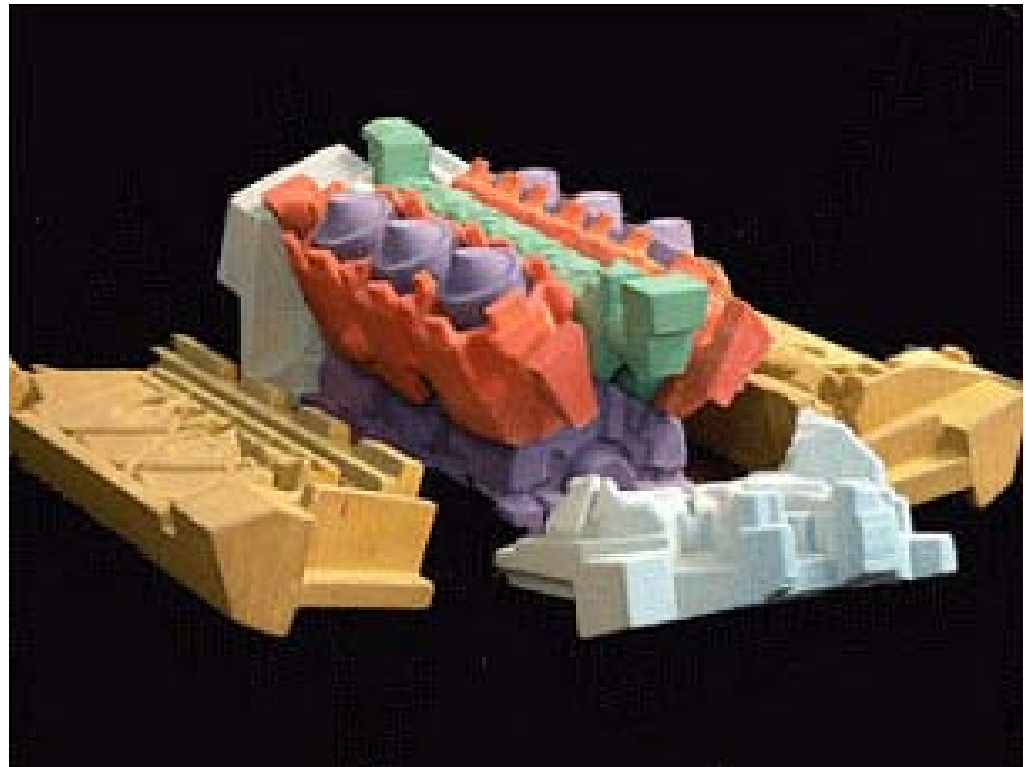
胶水粉末三维打印

- 铺一层粉末
- 按照截面形状进行打印（使用**HP**喷墨打印头喷射胶水）
- 再铺一层粉末。重复以上动作，直至零件制作完成
- 制作过程无需支撑



装配的部件或加工的零件 表面以颜色来区分

- 可以使工
艺方案更
清楚得出
来。
- 对所有零
件的清晰
理解产生
最有效方
案



建筑和地理信息模型



彩色应用

- 深化设计交流
- 更有效的与客户交流工具
- 产品梯度再现
- 有限元模型分析
- 地理信息模型
- 建筑模型
- 生物模型
 - 医学模型
 - 分子结构模型



深化设计交流

- 彩色的模型可以区分出结构或重要部位，使人对模型更易理解。



成型零件的后处理

不同的成型工艺，其后处理复杂与简单程度不同。有的成型工艺需从成型系统里取出成型件后，再次进行打磨、抛光和繁杂的二次固化以及去处支撑材料等，或放在高温炉中进行后烧结，进一步提高其强度，如**SLA**。有的成型工艺则只需要很简单的后处理，无需打磨和二次固化等。

个人三维打印机



3D printer concept for children, courtesy of Origo



3DTouch with three extruder heads, courtesy of Bits from Bytes

用于铸造

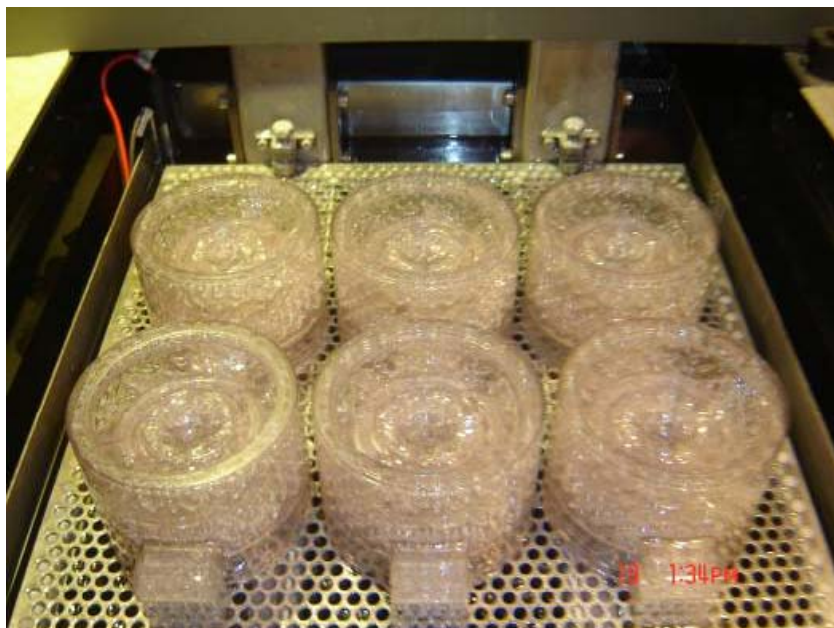
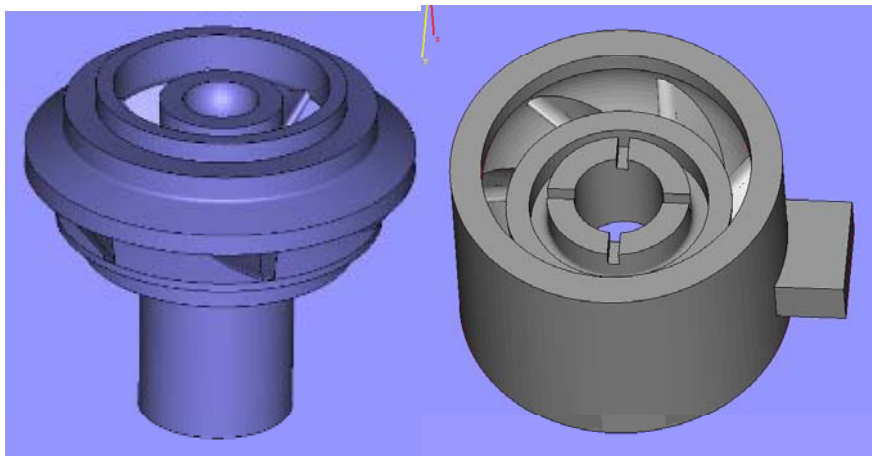
钛变速箱壳体



快速模具技术

- 可用于制作金属冲压模具、热压成型模具以及塑料模具等，相对于钢模具的制造，制作时间可以缩短一半以上，成本可以减少**25%**以上。
- 代替铸造所需的蜡样、可消失熔模、木模或砂模，与传统铸造技术结合形成了快速铸造技术。

用于铸造

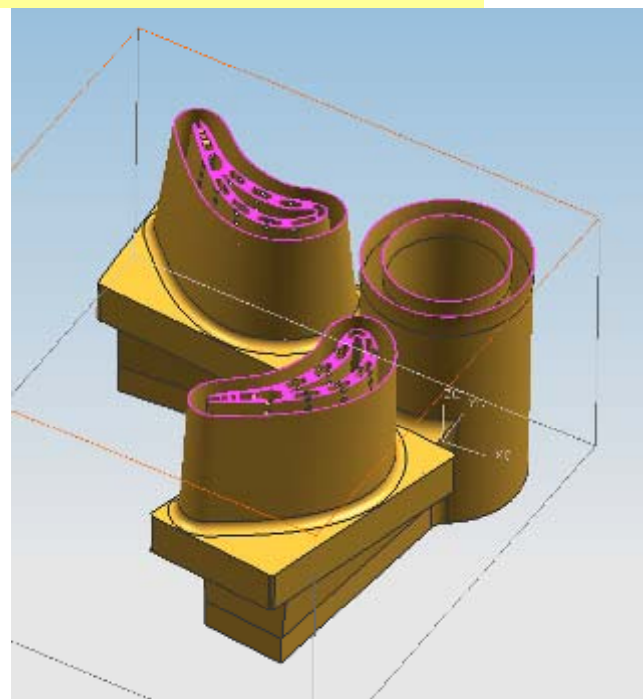
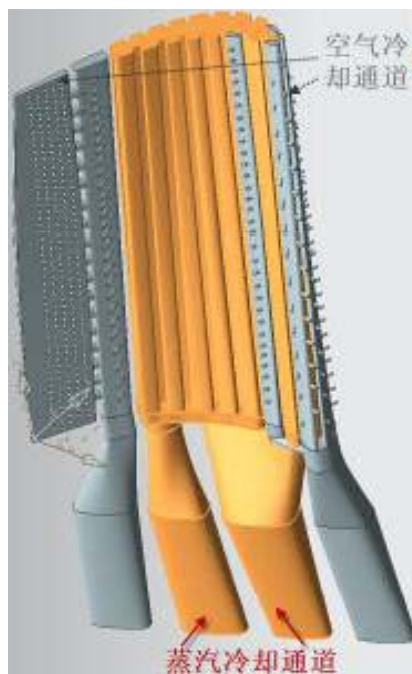
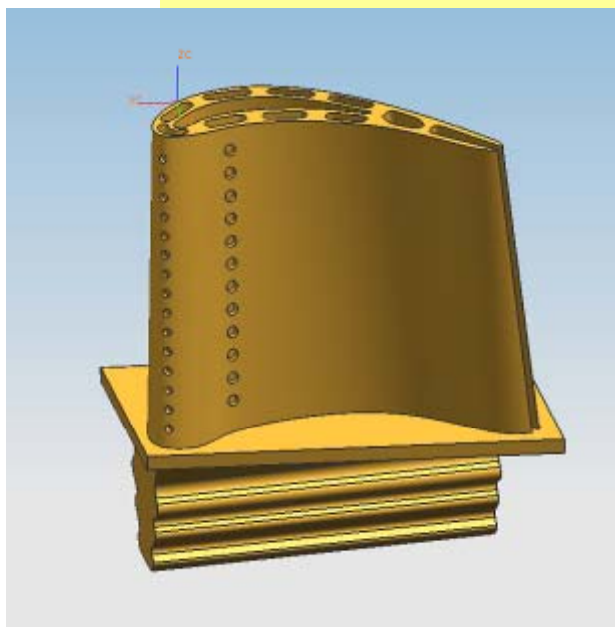


用于铸造

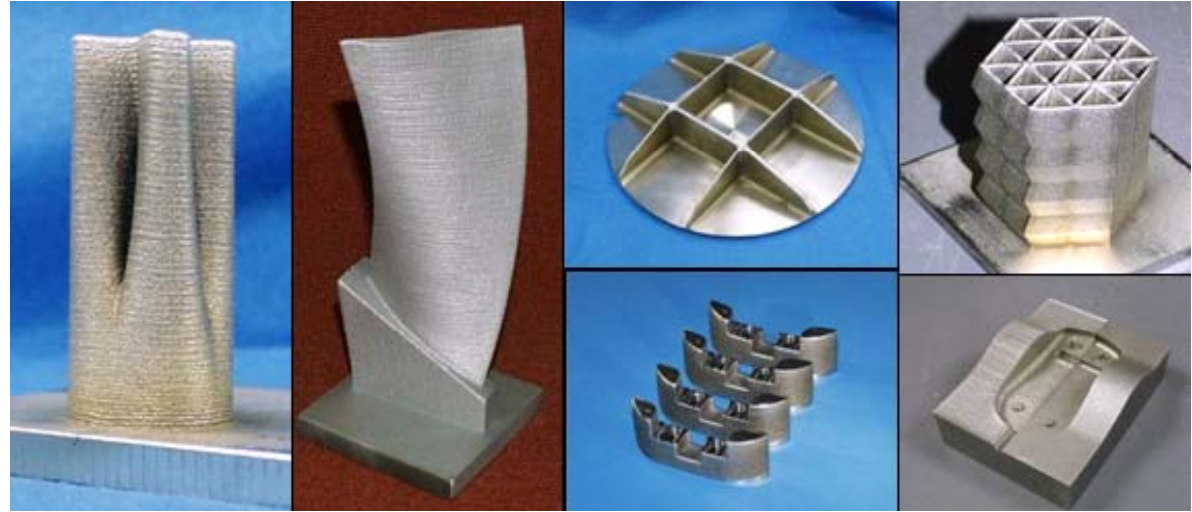
空心涡轮叶片—东方气轮机厂

无需铸型型芯和型壳的装配

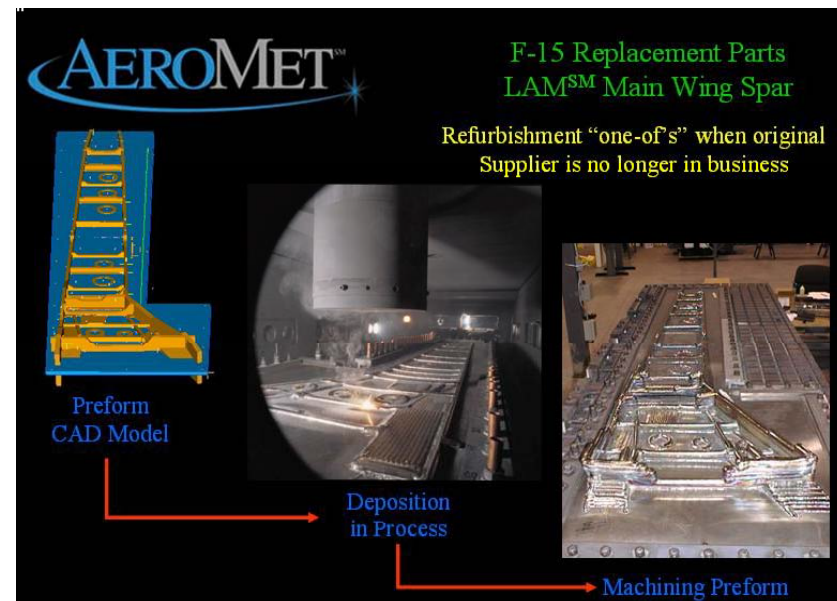
保证相对精度：壁厚 位置精度



金属零部件激光增材成形技术



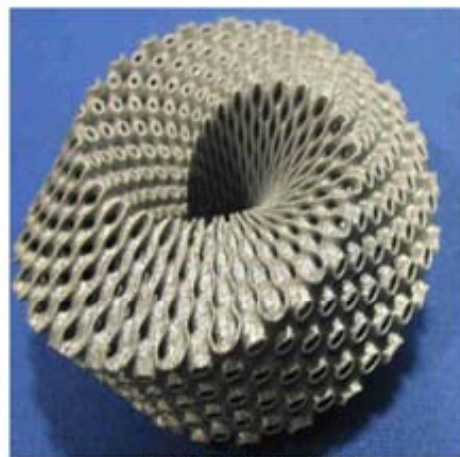
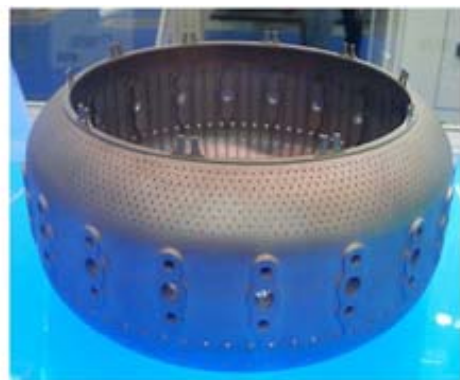
18 KW CO₂ CW laser
12'x4'x4' Processing chamber
Process under hi-purity argon



制造的典型金属零部件



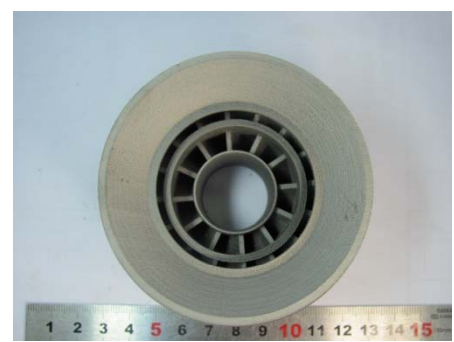
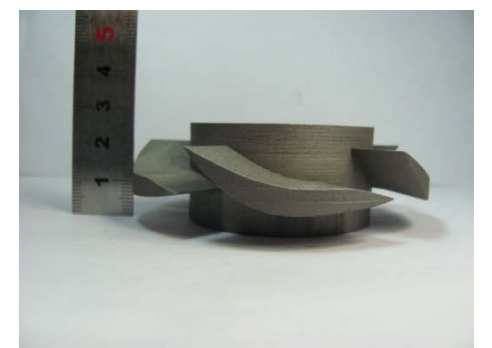
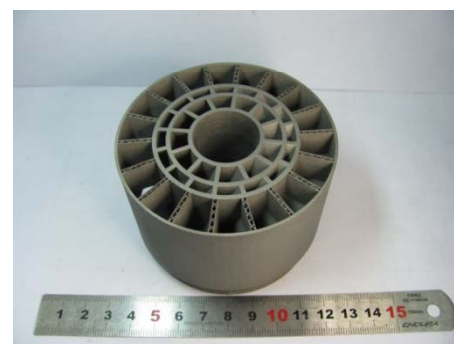
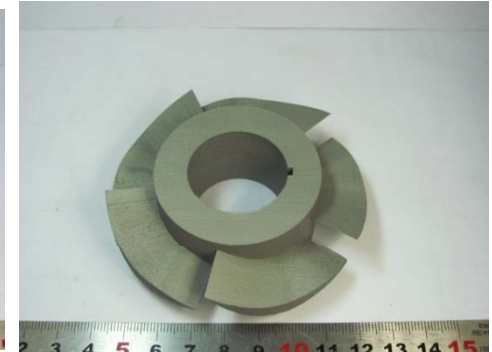
超冷空心叶片、TiAl叶片



火焰筒外壁
(高温合金)



涡旋式喷嘴
(钛合金)



内外空心螺纹
流道零部件

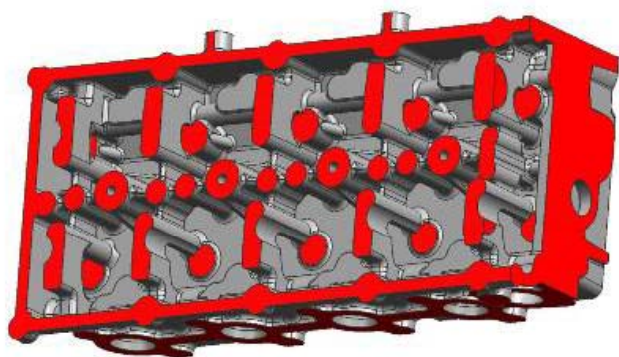
流道变截面
零部件

多层复合
整体叶轮

单叶轮零部件

用于汽车等制造业

汽车发动机缸盖铸造实例



CAD数据



• 铸件



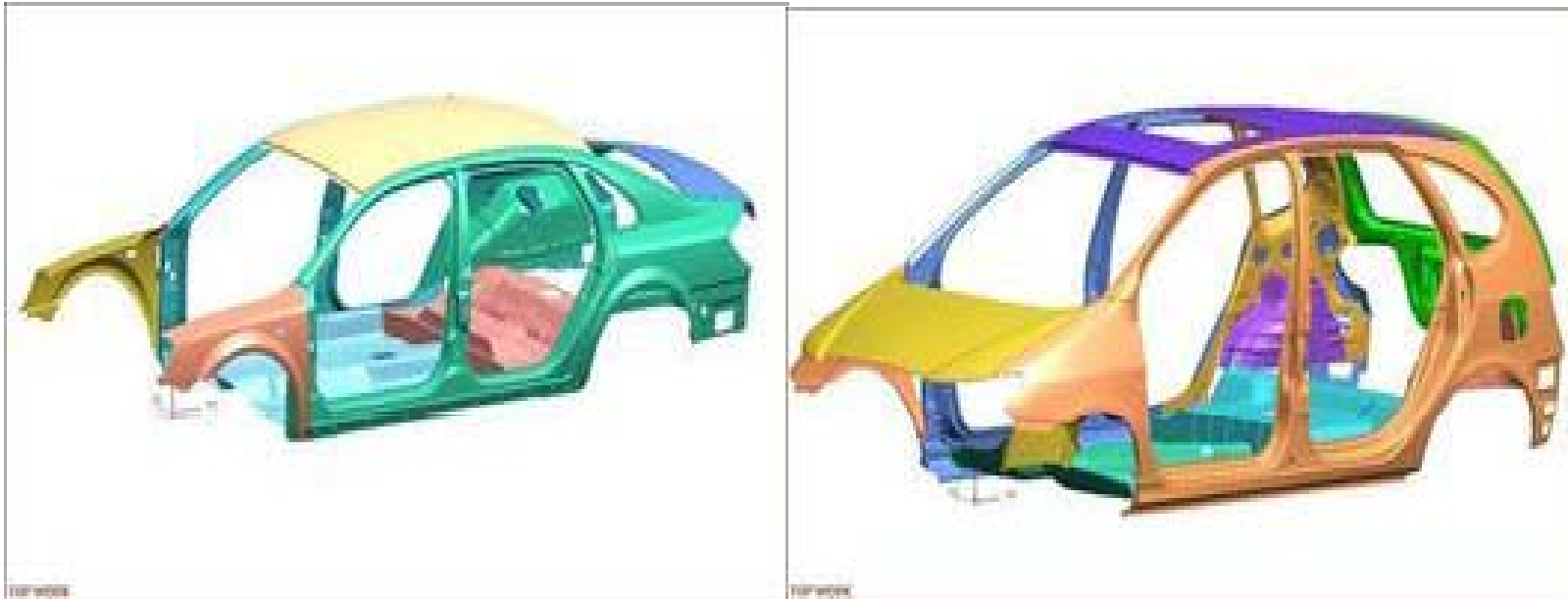
• 缸体原型组件



• 缸盖原型件

车身模具

90个工作日内成功完成两个车型40副样车试制模具的制作，节约样车模具制作经费近1000万元人民币



车身模具

(一汽、宇通)



波音787

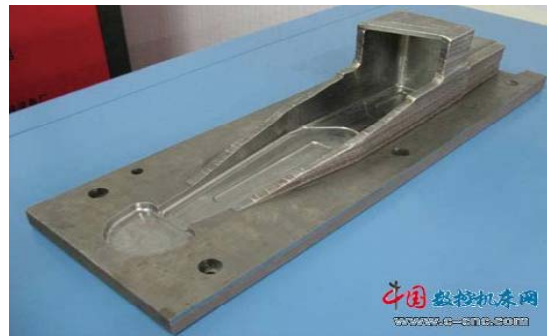
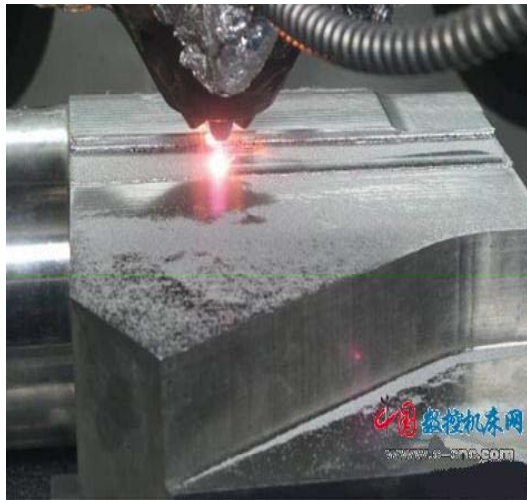
头等舱附件用3D打印技术制造

- 按重量 **61%** 复合物料, 将比现在的飞机节省燃油。



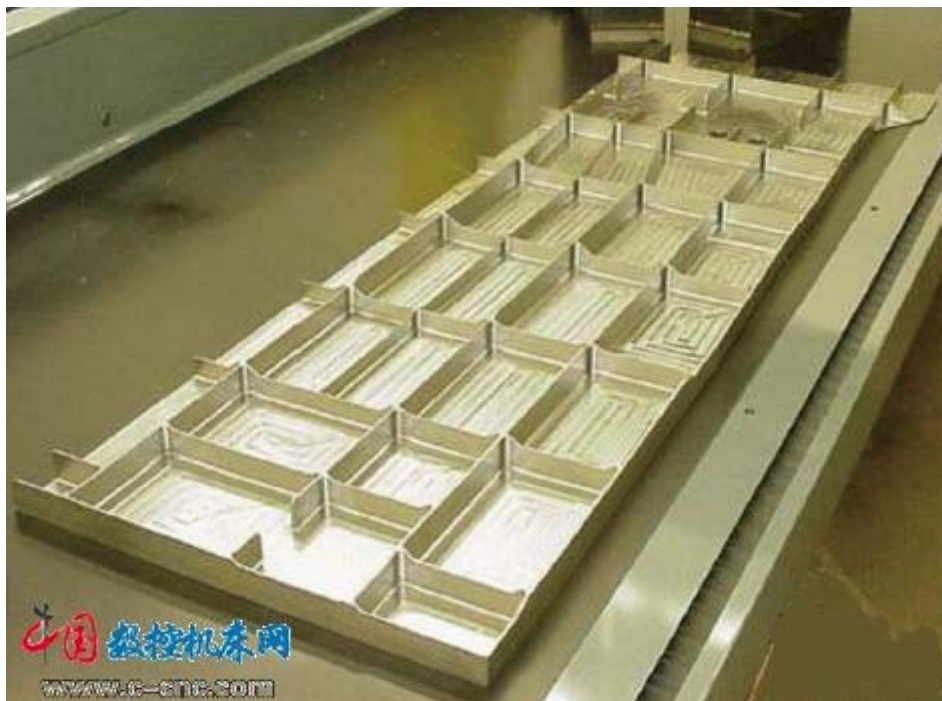
利用激光成形技术制造的飞机零件

- 激光成形技术生产了多个飞机的次承力钛合金构件，综合性能与锻件相当，已在先进的军民用飞机上装机应用。



激光成形飞机零件

波音公司生产的零件



激光成形飞机零件



钛合金航空发动机叶轮



颅骨修复体多点数字化成形技术

- 该技术在医学领域也获得了成功应用，主要体现在人脑颅骨修复体的制造上。据了解，人脑颅骨受伤缺损后，需要植入钛网板修复体，但根据颅骨受伤部位的不同需要个性化塑形。采用多点成形技术制造颅骨修复体，**2小时**就能完成。



新产品开发



3D打印的运动型轮椅座亮相残奥会



3D打印技术可将座椅重量减轻**1**千克。
轮椅整体总量比北京奥运会时轻**2**千克。



3D打印为患者重塑面部



3D打印为患者重塑面部

- 利用**CT**扫描头骨，然后根据扫描的图像在电脑中构建正常的脸部**3D**模型，最后利用**3D**打印技术将模型打印出来。
- 通过特殊的尼龙塑料，打印出与脸部完美贴合并且栩栩如生的假脸。
- 而且，这项革命性的技术注重细节，就连用来固定假脸的螺丝也是**3D**打印的产物。



使用**3D**打印技术制作出人造耳朵

- 先设计耳朵的**3D**结构图像，之后打印出模架，用于灌注“活体”胶原蛋白凝胶。这种高密度凝胶类似于果冻稠度，当移除模架之后，胶原蛋白起到脚手架的作用，逐渐形成软骨组织。
- 设计模架大约需要半天时间，用一天的时间进行打印，**30**分钟注入凝胶，**15**分钟后我们便能移除这个人造耳朵。放在有营养的培养液中几天时间，之后用于移植。

3D打印出生物组织

- 特制**3D**打印机，目前这种打印机喷出的液滴直径约**50**微米，有**5**个活体细胞那么大，但相信将来能够将液滴尺寸缩小。
- 美国康奈尔大学研究人员就曾报告说，他们利用牛耳细胞通过**3D**打印机打印出人造耳朵。

3D打印出生物组织

- 打印出来的材料其质地与大脑和脂肪组织相似，可作出类似肌肉样活动的折叠动作，且具备像神经元那样工作的通信网络结构，可用于修复或增强衰竭的器官。由于这是合成材料，因此它还可避免一些用干细胞等方式制造活体组织而引发的问题。

3D打印的吉他



CCTV 2

财经

CNTN

3D
打印
乐器
秀

看到完全是3D打印出来的





宇航员用3D打印机制造设备或物品

- 美国宇航局(NASA)在地球上进行低重力抛物线飞行过程中，测试了3D打印机。或许宇航员们以后能用3D打印机来制造发射时遗漏的设备或物品。



3D打印技术完成了高跟鞋系列设计

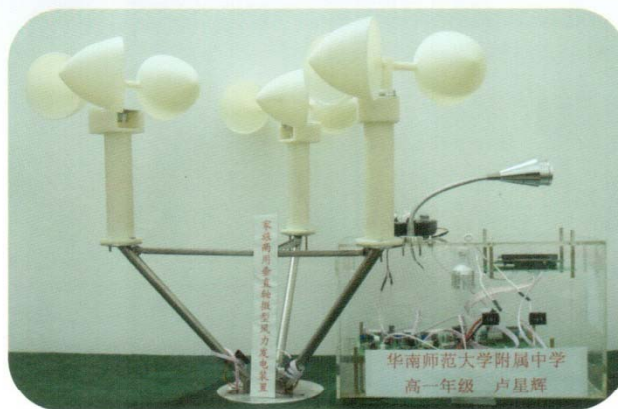


快速成型技术

- 仿生制作

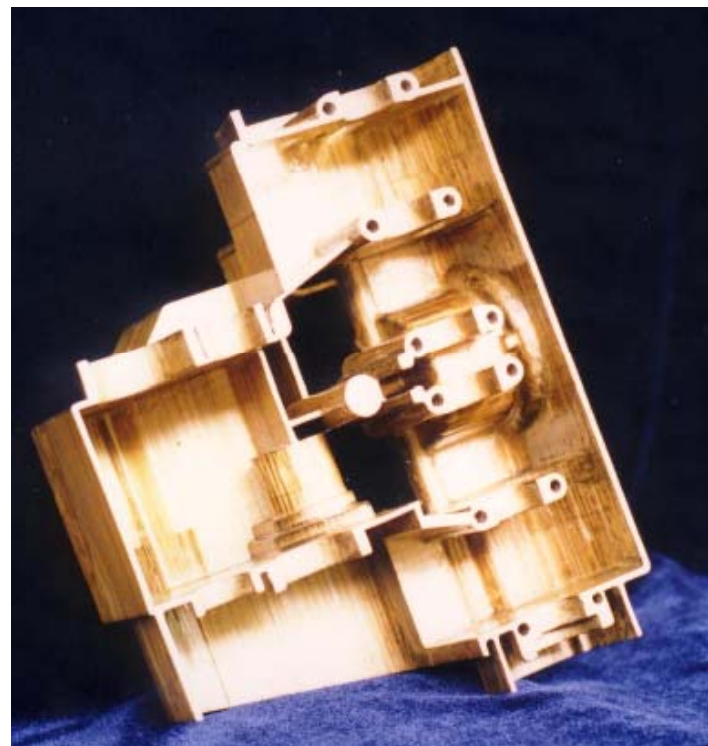


家旅两用垂直轴
微型风力发电装置



新产品开发中工业造型的外观评价、 结构设计检验和功能测试

可以及时发现产品设计中存在的不足、缺陷和错误，减少和避免由此造成的损失，可大大缩短新产品设计开发周期，提高开发的成功率。





汽车灯具**LOM**原型件、硅橡胶软模
及高分子材料制件

表面后处理

- 整合处理生产的原型件或测试件
- 取出原件，油漆，清理表面的简单的后处理
- 可以电镀



直接地制造单件零件

- 它可以在没有任何刀具、模具及工装卡具的情况下，快速直接地实现零件的单件生产。根据零件的复杂程度，这个过程一般需要1~7天的时间。



快速成型机



非金属制件快速成形制造技术

塑料制件---熔模精密铸造

SLS



φ460mm涡轮熔模

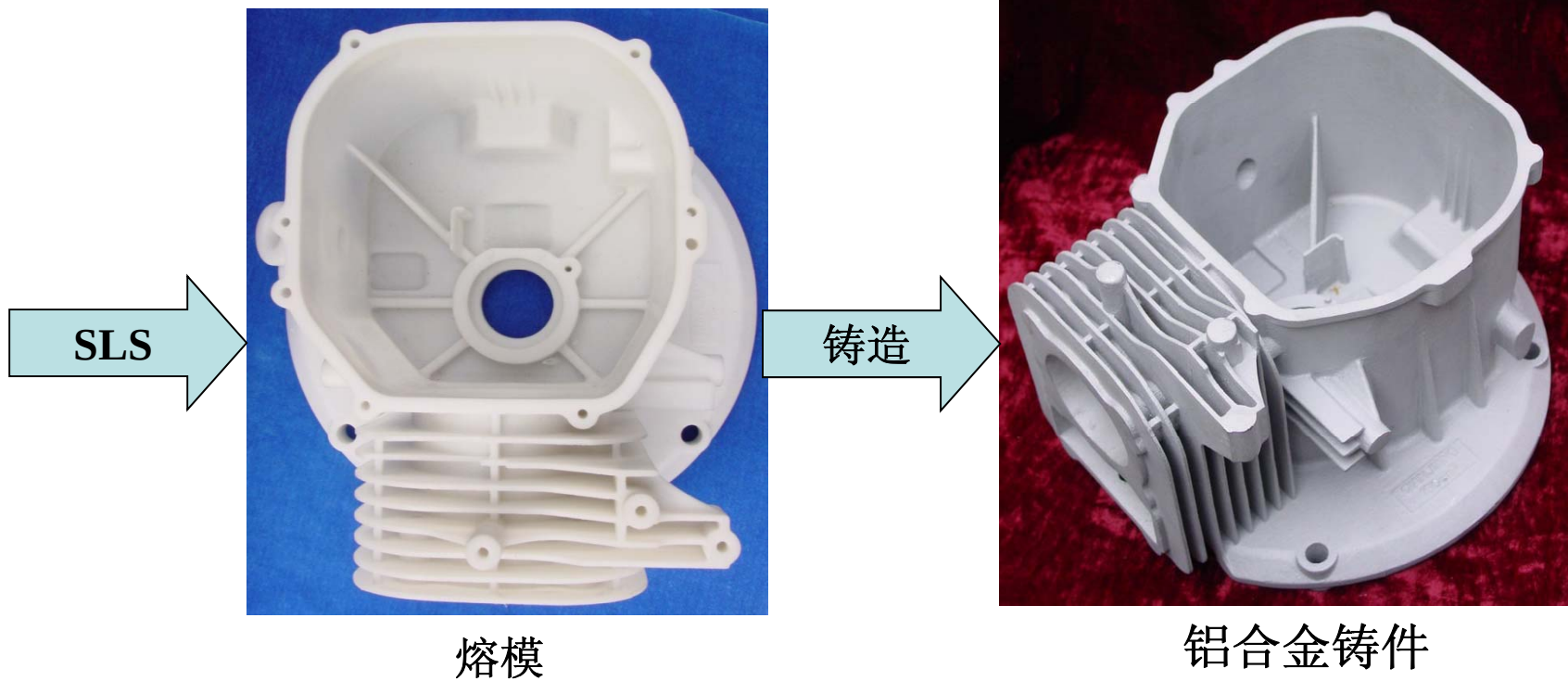
铸造



φ460mm涡轮铸件

非金属制件快速成形制造技术

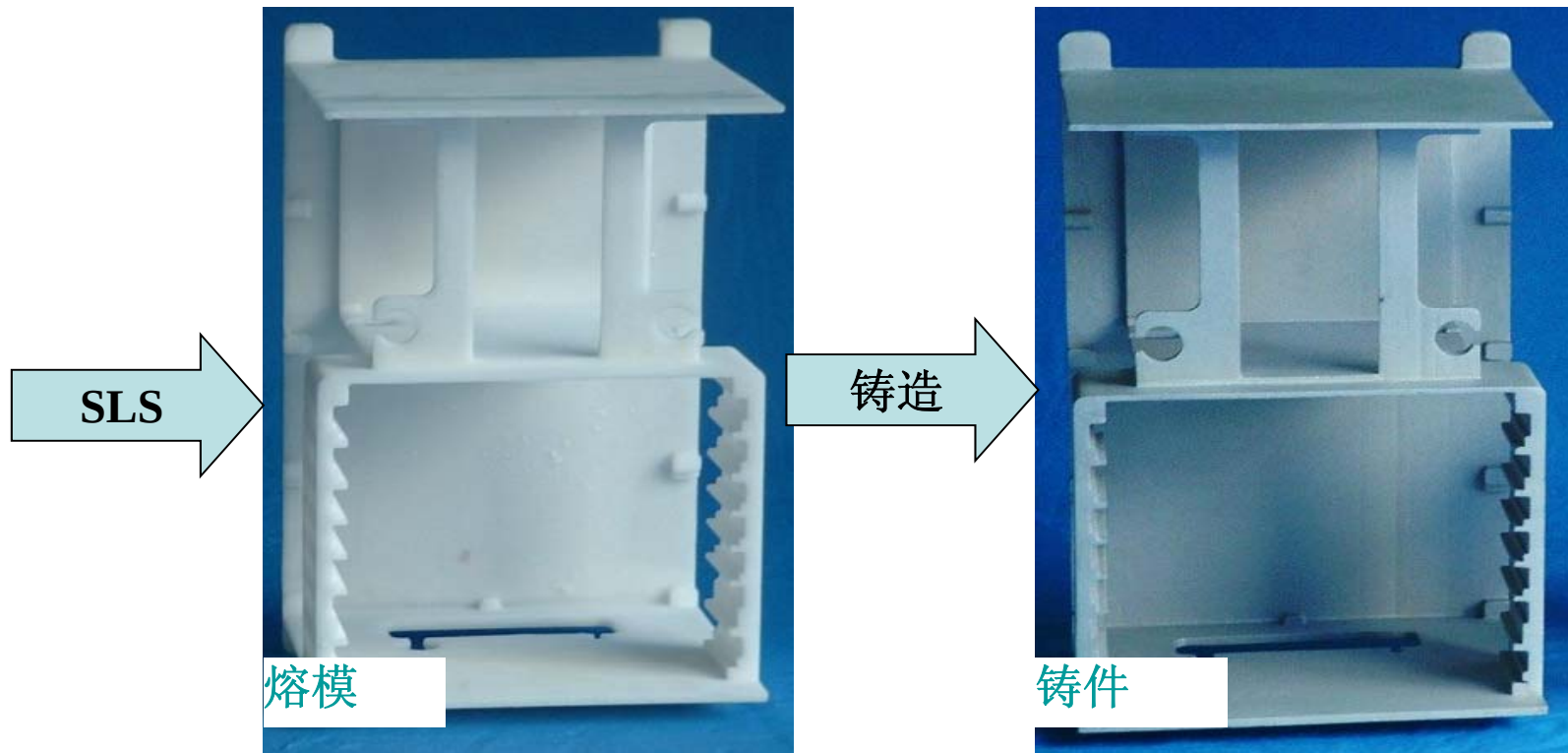
塑料制件---熔模精密铸造



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

非金属制件快速成形制造技术

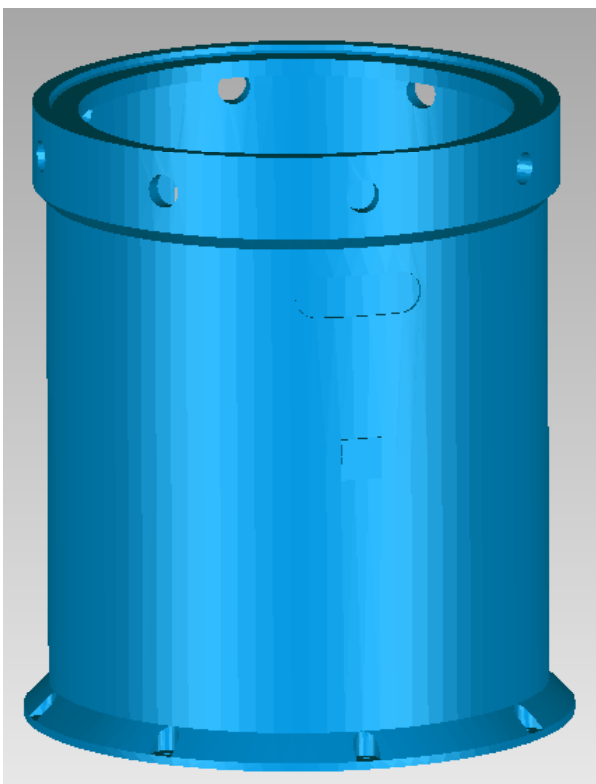
塑料制件---熔模精密铸造



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

塑料制件---熔模精密铸造

CAD模型



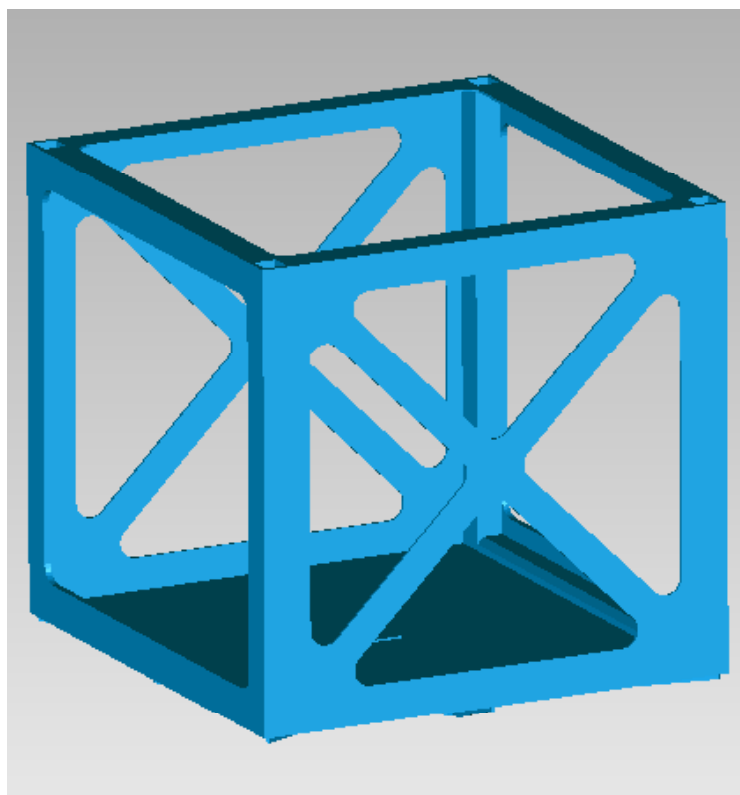
蜡模



为欧盟成形的卫星钛合金零部件的大型薄壁熔模，成形时间为72小时，
 $660 \times 660 \times 760\text{mm}^3$ ，尺寸精度0.1%，最小壁厚5mm

塑料制件---熔模精密铸造

CAD模型



蜡模



为欧盟成形的卫星钛合金零部件的大型熔模，成形时间为54小时，
 $750 \times 750 \times 764\text{mm}^3$ ，尺寸精度0.1%

非金属制件快速成形制造技术

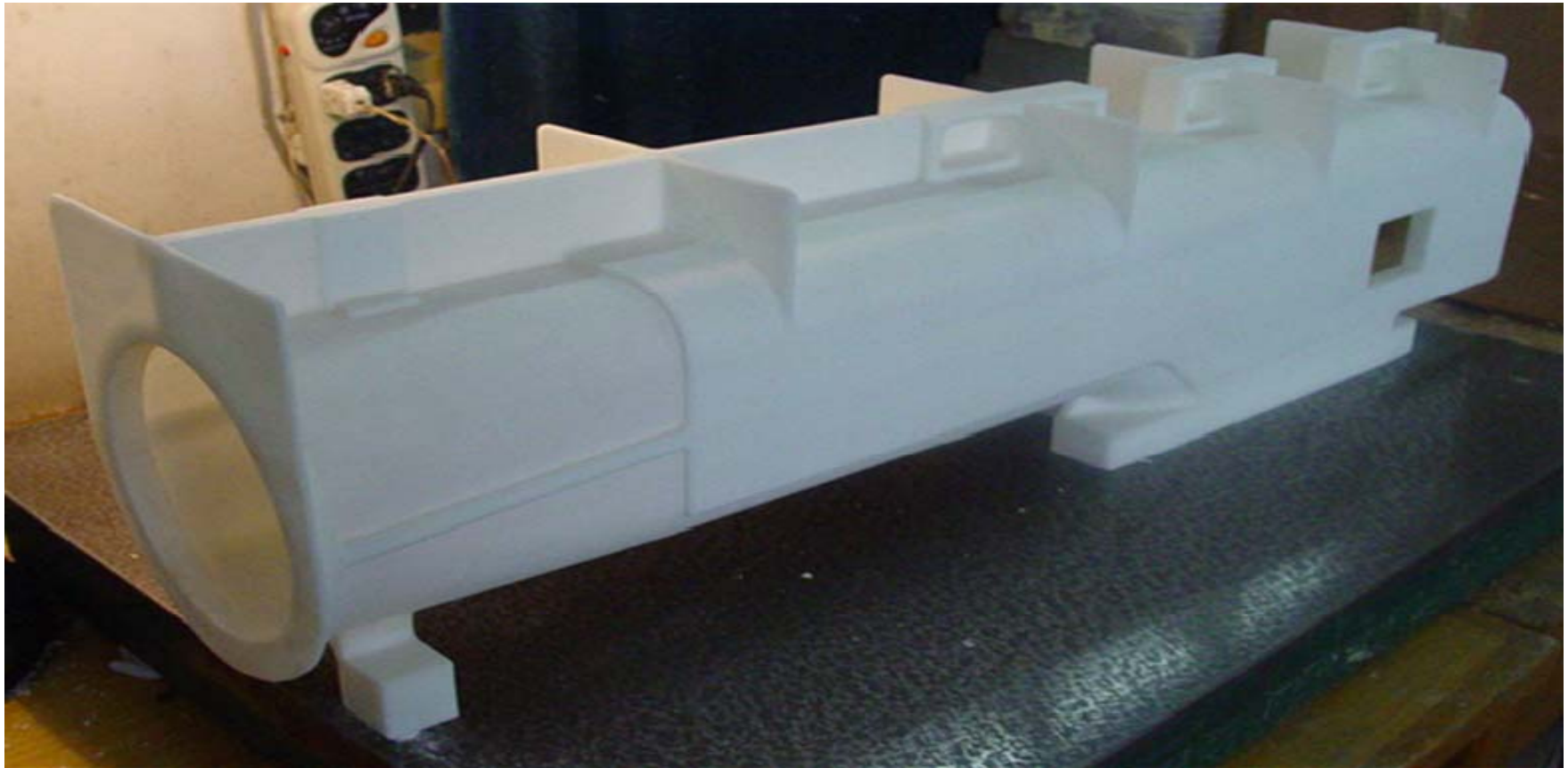
塑料制件---熔模精密铸造



复杂零部件的熔模

非金属制件快速成形制造技术

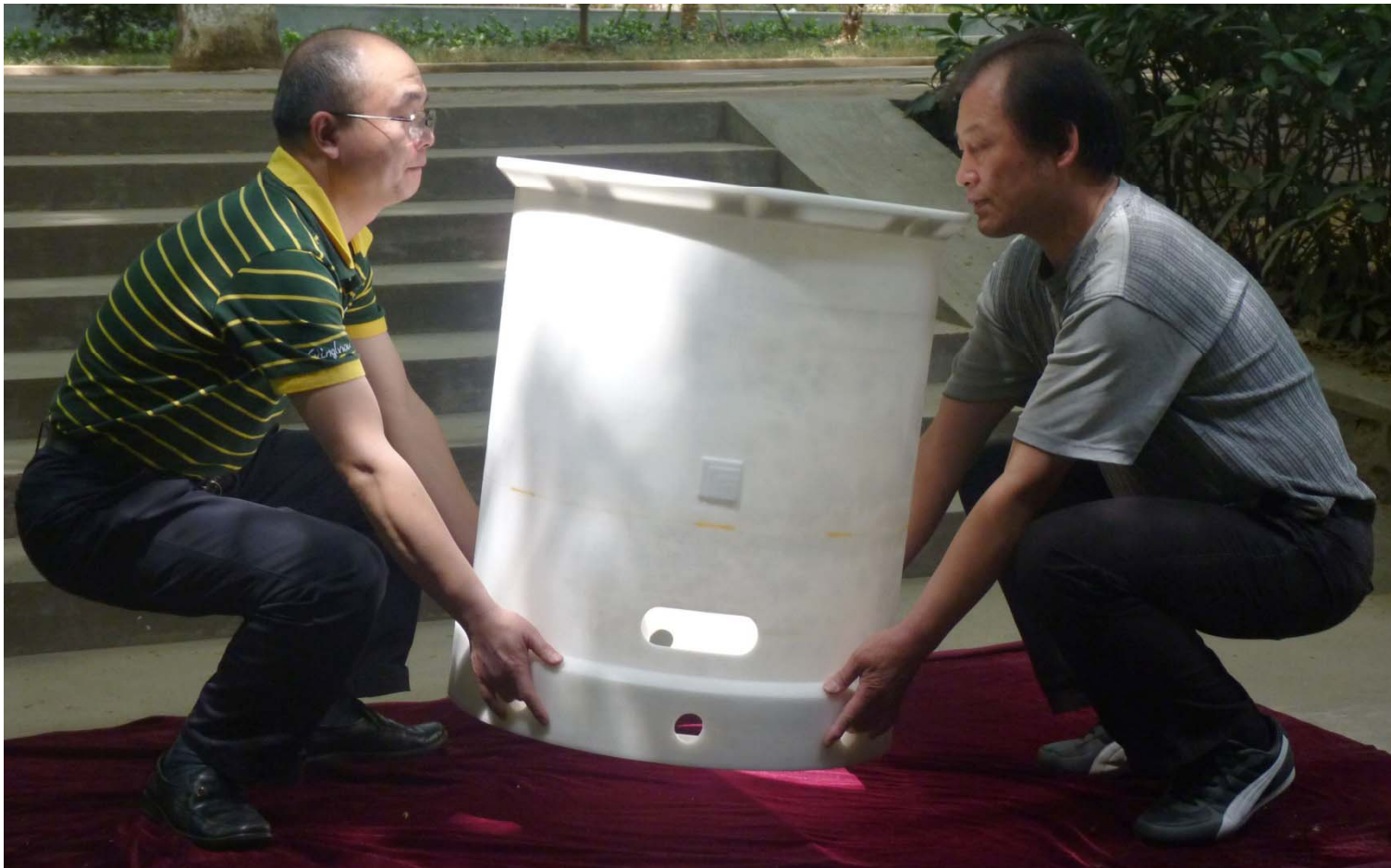
塑料制件---熔模精密铸造



大型薄壁熔模，成形时间为29.2小时，
847.92 × 185.46 × 229.90 mm³，尺寸精度200±0.2mm，最小壁厚3.3mm

非金属制件快速成形制造技术

塑料制件---熔模精密铸造

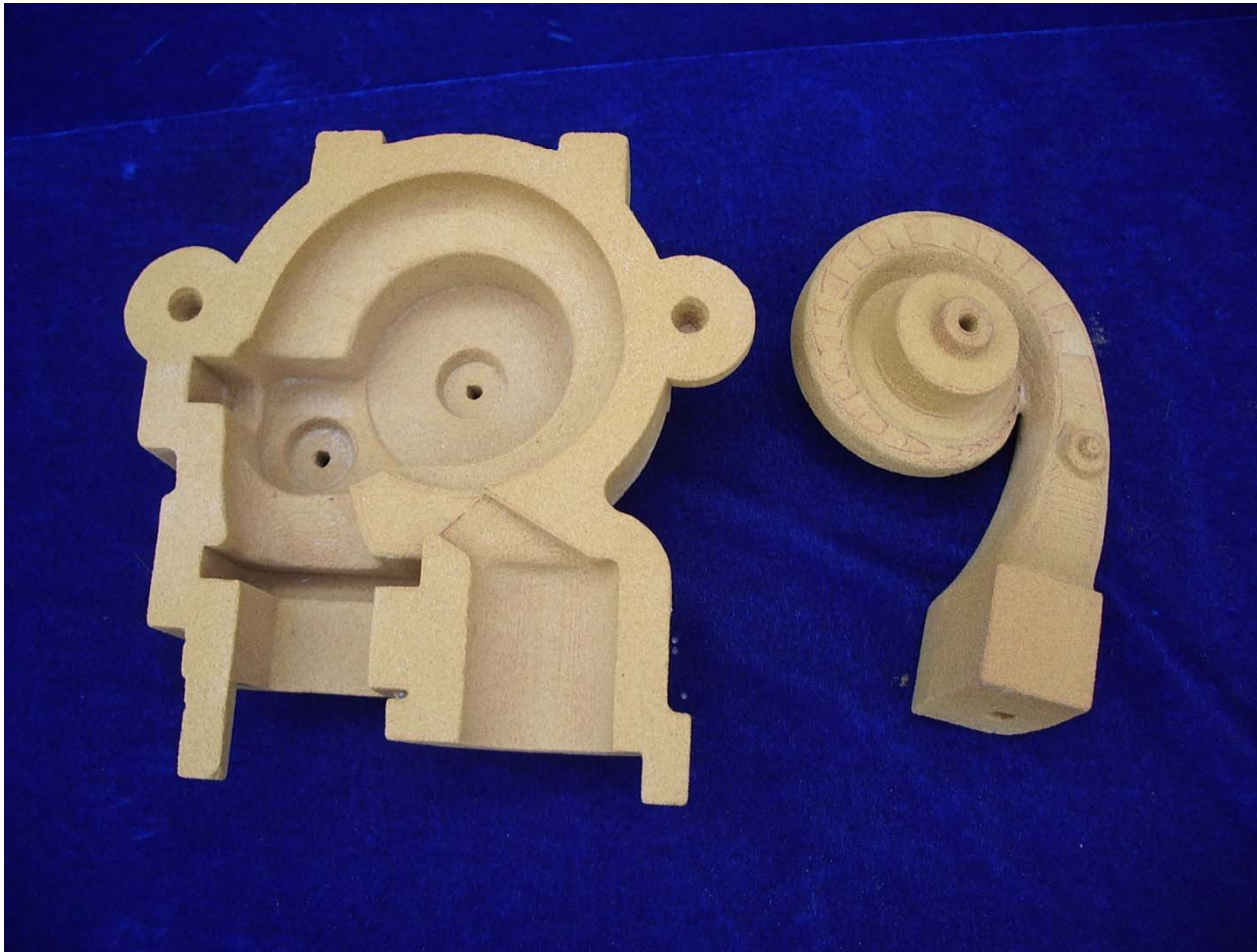


卫星钛合金零部件的大型薄壁熔模，成形时间为96小时，
660 × 660 × 760mm³，尺寸精度0.1% ，最小壁厚5mm

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



涡壳覆膜砂型及芯

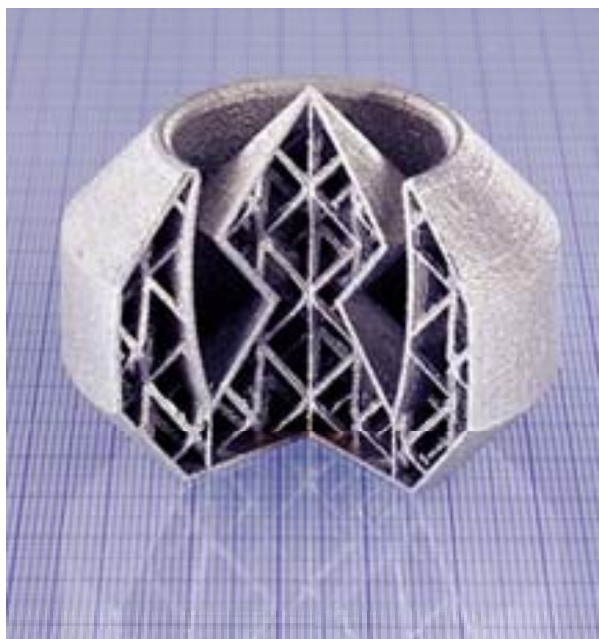
粉末材料激光快速成形制造 金属制件



随形冷却流道注塑模具

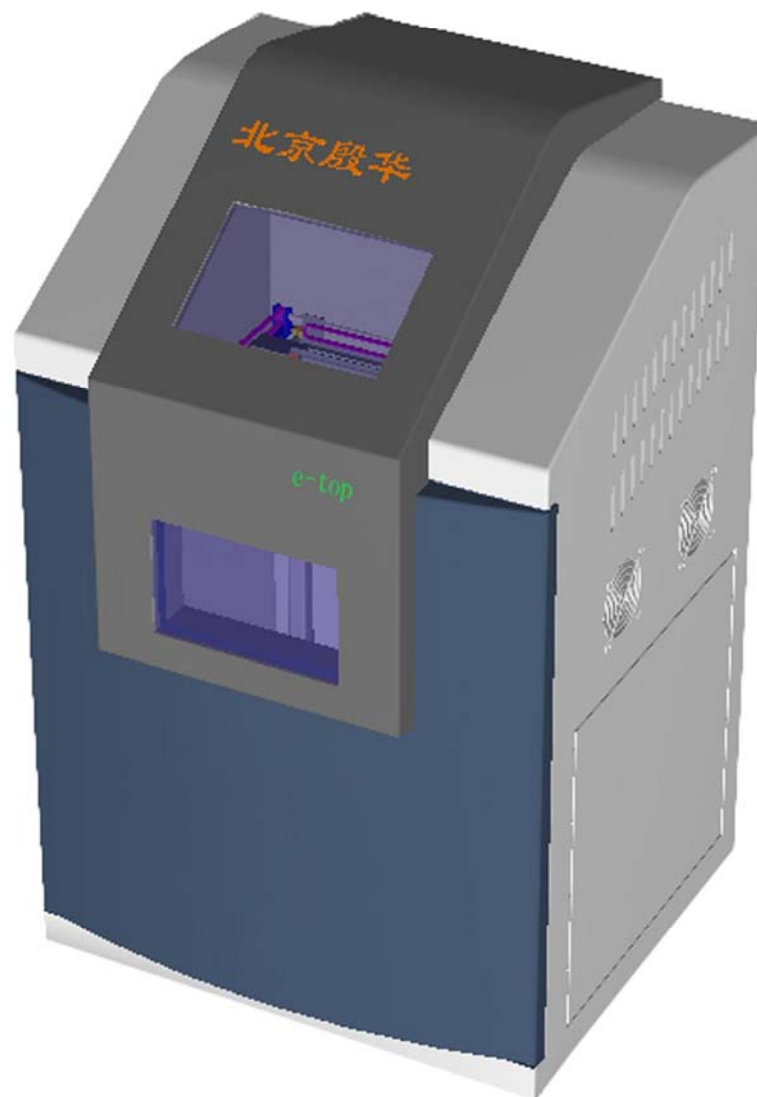
为减轻一克重量而奋斗的航天事业

利用快速制造技术，可以制造出内部是中空结构代替实心的零部件，从而减轻飞行器的重量。



航空发动机的复杂关键零部件

快速成型实例



逆向工程设计及检测

也称反向工程或反求工程



国防科技工业科技成果推广转化研究中心

吕德龙高级工程师

电话:13601359780

邮箱:LVDL50@163.COM

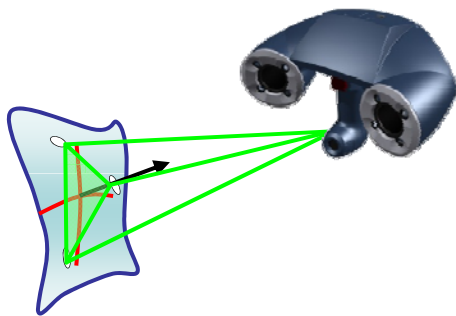
实物反求快速成型工艺

- 方法为：实物扫描（激光扫描仪）→模型生成→用三维打印出实体→模型后处理

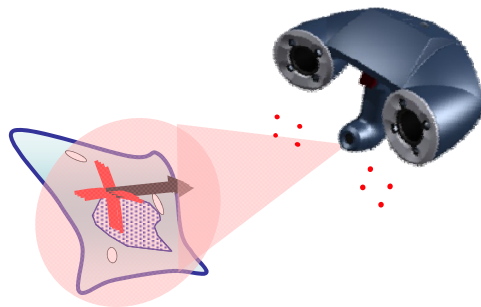


3D扫描原理、特点

1) Auto-Positioning 自定位专利技术



2) Automatic STL Surface Generation 自动生成STL三角网格实体图形



3) Portable, scanning anywhere, anytime.

非常便携（980克），扫描无局限，室内，室外。



逆向工程设计及检测

也称反向工程或反求工程

- 逆向工程是制造业一种新的手段，采用逆向方法进行模具创新设计与制造，是缩短产品开发周期，提高产品质量，进而建立自己的创新设计制造体系的重要手段。本文介绍整形乳胶面膜模具逆向建模方法及过程。

3D打印技术原理



3D打印机已经打印出来了不少产品



手枪



自行车



汽车



电控飞行器等

逆向工程设计及检测

也称反向工程或反求工程

- 逆向工程(RE, Reverse Engineering), 也称反求工程。应用于缺乏原始设计图纸文档的情况下, 通过对产品实物进行扫描测量分析获取三维坐标点信息, 利用逆向工程软件结合其它CAD/CAM/CAE软件进行数据处理, 重新建立该物体的几何模型, 最终生成开发出同类产品。

逆向工程设计及检测

也称反向工程或反求工程

- 在产品的开发和制造过程中，几何造型技术的应用相当广泛，但是，由于种种原因，仍有许多产品并非由**CAD**模型描述、设计和制造者面对的是实物样件。为适应先进制造技术的发展，需要通过一定途径，将这些实物转化为**CAD**模型，使之能利用**CAD**、**CAM**、**RPM**及**PDM**等先进技术进行处理或管理。

逆向工程设计及检测

也称反向工程或反求工程

- 逆向工程在模具行业中已经得到越来越广泛的应用。传统的模具制造方法手工修模量大，间隙不均匀，需反复修模、试模，质量不稳定，加工周期长。利用逆向工程技术，若扫描最终符合要求的模具并反求出其数字化模型，在重复制造该模具时就可运用这一备用数字模型生成加工程序，可以大大提高模具生产效率，降低模具制造成本。

三维数据采集及处理

- 通过三维扫描设备获取物体表面的空间三维坐标点。按扫描方法不同，可分为接触式和非接触式扫描仪。
- 光栅投射法扫描速度更快、应用更广。



图2 三角面片

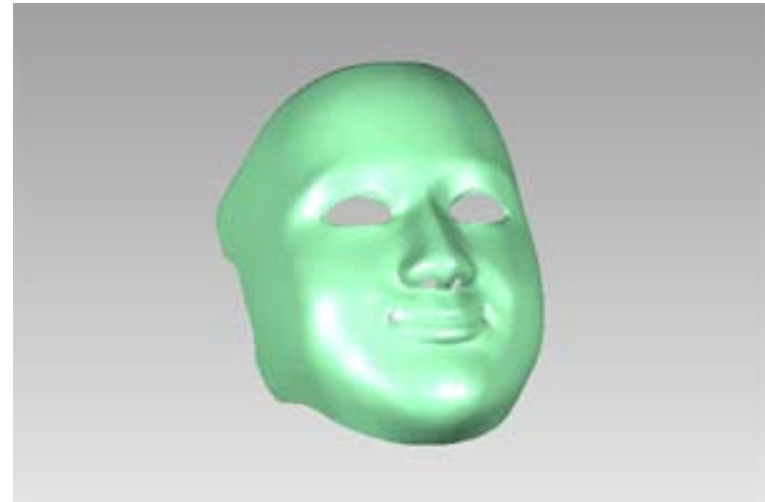


图1 乳胶模具——脸点云

重构CAD结构特征

- 通过分析其结构特征、技术要求误差范围：使用自动曲面创建命令，设置相关参数，在曲面曲率较小的区域合并曲面曲线的顶点，由于这些区域的特征不是很复杂，减少曲面的数量，能够简化、美化曲面体。



图3 逆向重构后的乳胶模具——脸

误差验证

- 重建之后的模型，可以进行误差校验，图显示的是重建模型与点云的对比误差值，从图中可看出创建的模型与扫描数据的误差值，根据精度要求观察是否满足需求，图中数值完全满足技术要求。

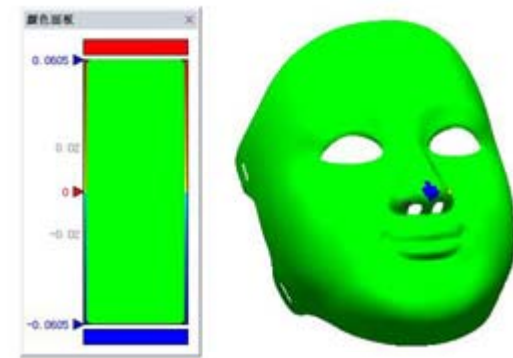


图 4 误差对比图

逆向工程设计及检测

也称反向工程或反求工程

- 将逆向工程技术应用到乳胶模具的设计与制造中，借助于结构光三维扫描仪和Rapidform软件，通过数据采集、数据处理、产品建模、模具设计的过程，大大缩短模具的设计与制造周期，加快产品的开发速度，提高产品设计与制造的精度，增强企业的竞争能力。该技术的应用，特别是在零件形状复杂的模具设计与制造中，其优势更加明显。因此，逆向工程的应用，将有助于提高整个模具的技术含量，提升模具企业的竞争力

逆向工程设计及检测

也称反向工程或反求工程

- 针对现有的模型或样品，利用**3D**数字化测量仪器，准确、快速地测得其轮廓坐标，并进行三维**CAD**曲面重构，在此基础上进行再设计，实现产品“创新”。然后通过**CAM**系统，产生刀具**NC**加工代码，控制**CNC**设备进行产品加工，或者送到快速成形机将模型或样品快速制作出来。

逆向工程设计及检测

也称反向工程或反求工程



逆向工程设计及检测

也称反向工程或反求工程

接触式测量

点对点测量 (Point to Point Method)

截面扫描 (Section Scanning Method)

非接触式测量

点扫描

线扫描

面扫描

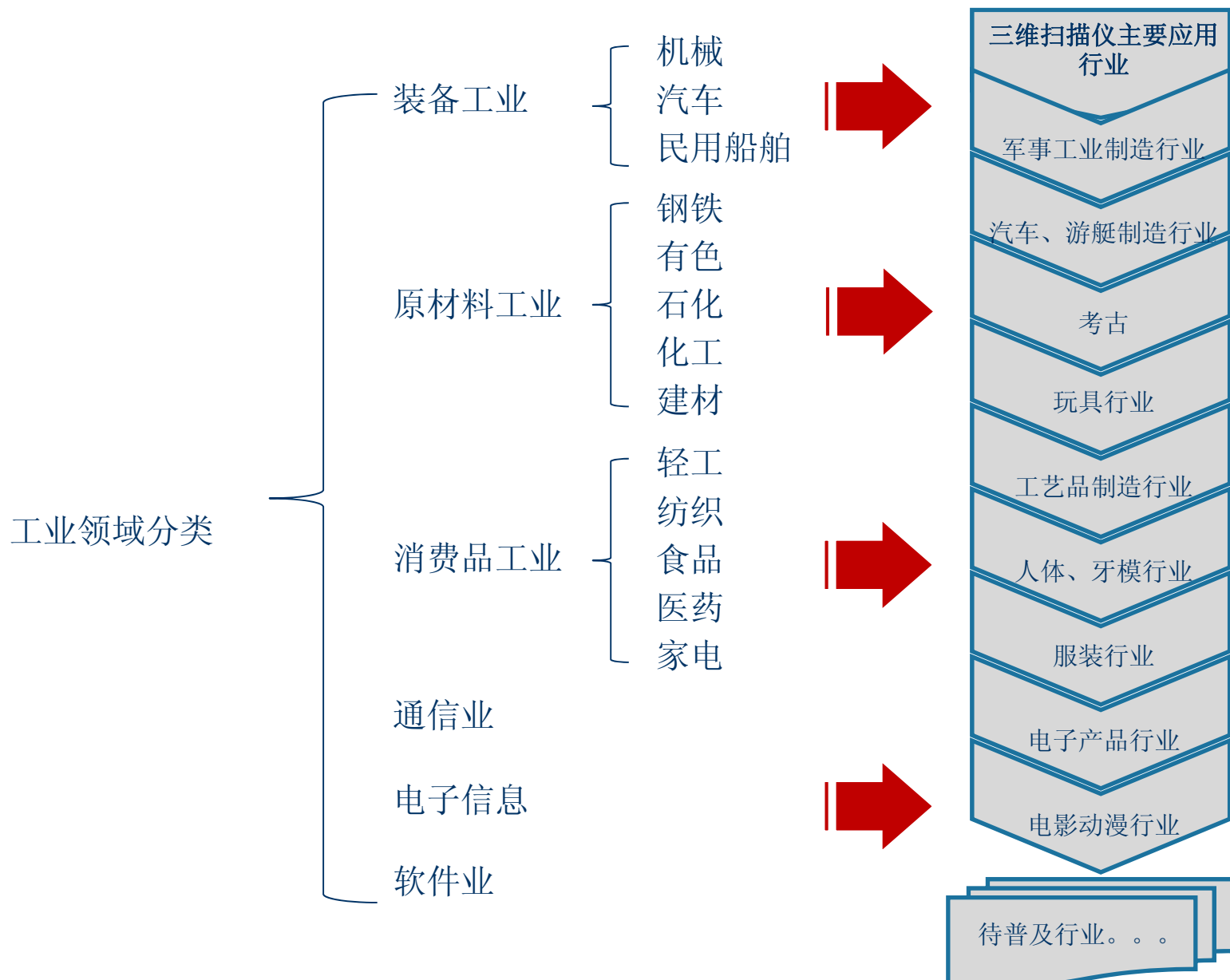
逐层扫描测量

工业CT (Computed Tomography)

核磁共振

自动断层扫描

逆向工程设计及检测



逆向工程设计及检测

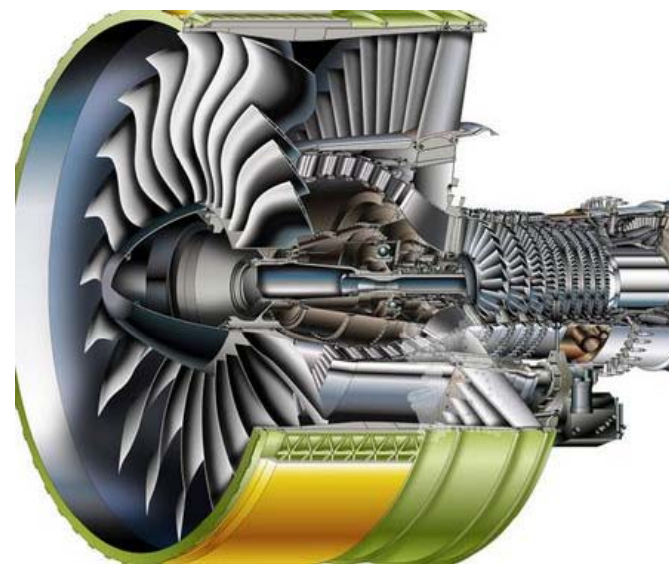
也称反向工程或反求工程

- 1、产品仿制；
- 2、原始创新；
- 3、质量评价；
- 4、在线检测；
- 5、产品改型；

波音707飞机在中国西部坠毁。工程师拆除了它，利用逆向工程技术，在设计上复制了两架飞机，被称为“运十”。

据媒体报道，歼十“太行”发动机（WS-10）即逆向于80年代美国赠送中国的F-101战机引擎的民用版CFM-56。

F-35是首架全程采用这种技术的飞机。逆向工程技术获得突破性的应用。

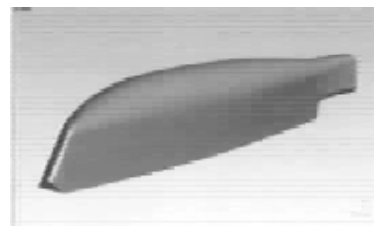


波音公司应用逆向工程技术对波音747的尾翼翼尖进行了复原设计，并在一个工作日内制造出了备件。

老龄飞机原有的图纸及数字模型已不存在。而逆向工程技术即是解决此类问题的有效途径与方法。



波音747翼尖实物



波音747翼尖模型重建

空客机身测量



空客**A380**装配现场的机身逆向扫描

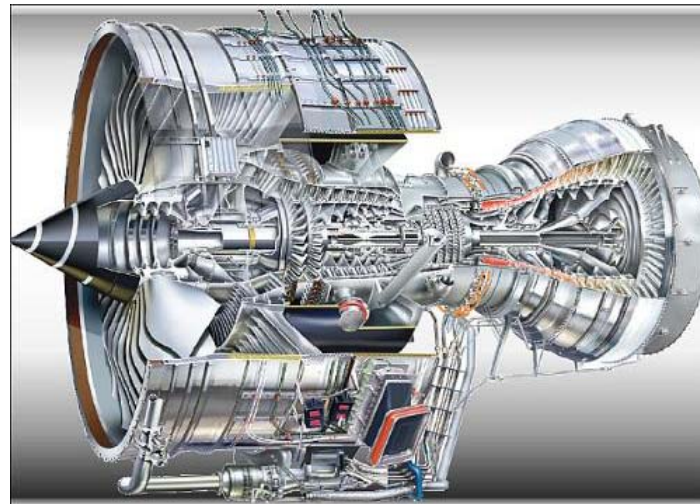


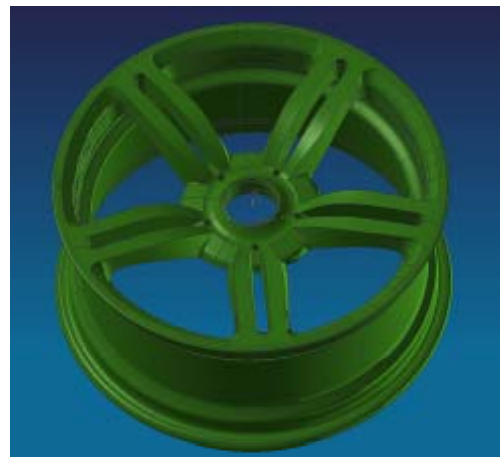
1、美国普惠发动机公司采用逆向工程等数字化技术后，航空发动机投放市场的时间从5年减少到2年半。三维数模绘制效率从4~5天缩小到几个小时。如美国F-22的F-119发动机，波音777-300的PW4098发动机。

2、美国GE公司采用逆向工程等数字化技术后将F414低压涡轮叶片的研制周期从原来的44周缩短为22周。



- 3、我国**410**厂采用逆向工程等数字化技术后，将航空机匣生产周期由两个半月缩短到一个月，成品率提高到**90%**以上。
- 4、模具生产周期大约比五年前缩短了一半。
- 5、据统计，各国百分之七十以上的技术源于国外，逆向工程作为掌握技术的一种手段，可使产品研发周期缩短百分之四十以上，极大地提高了生产率。

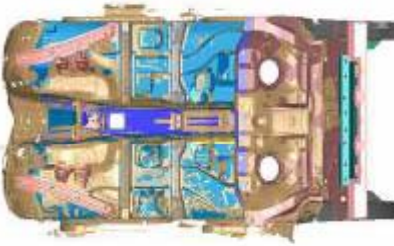
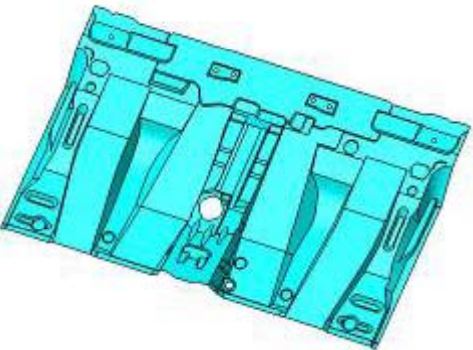


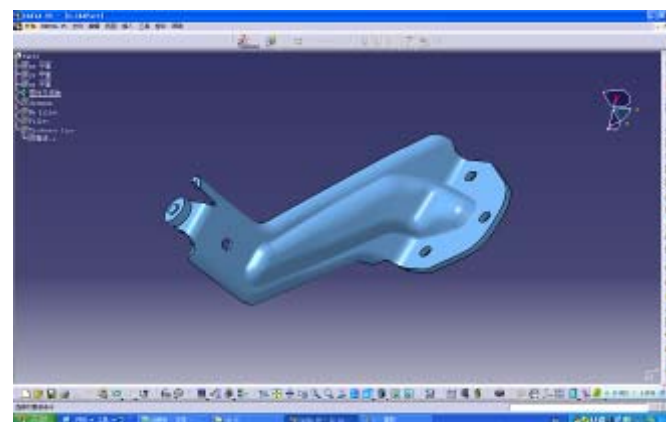
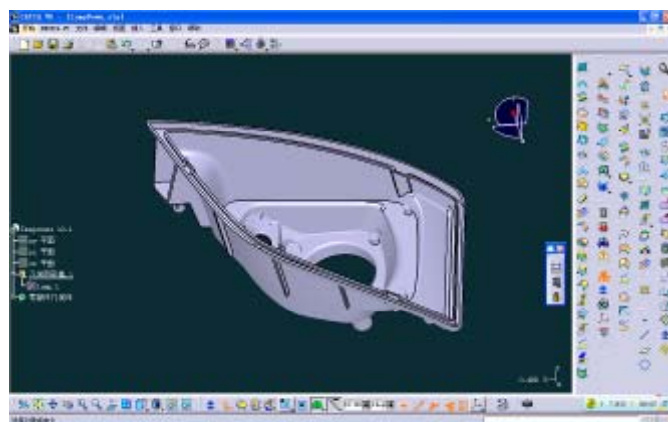
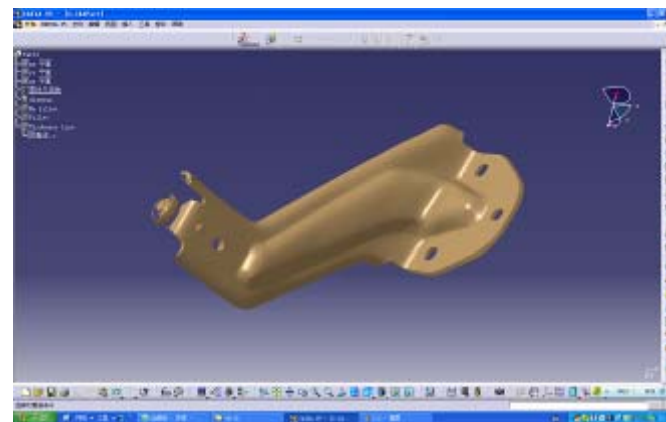
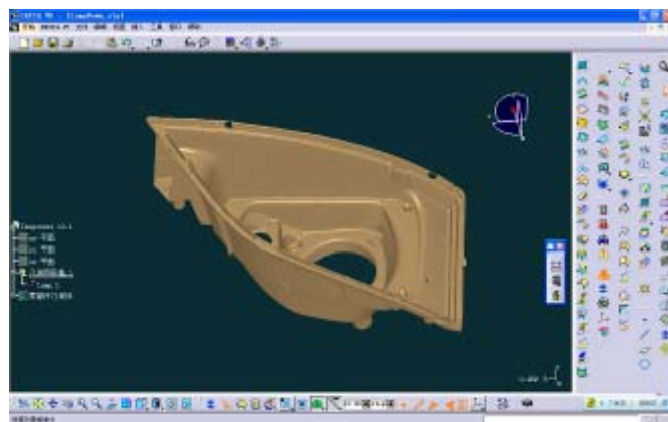


汽车轮毂复原



汽车部件检测





汽车大灯底壳质量分析

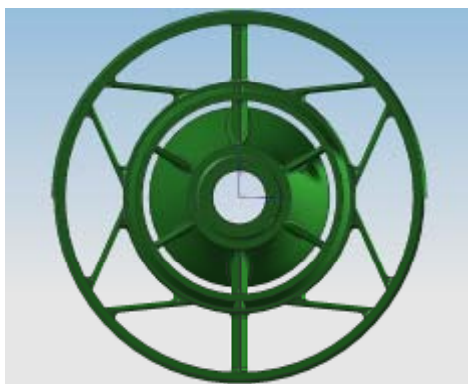
车门连接件数据重构



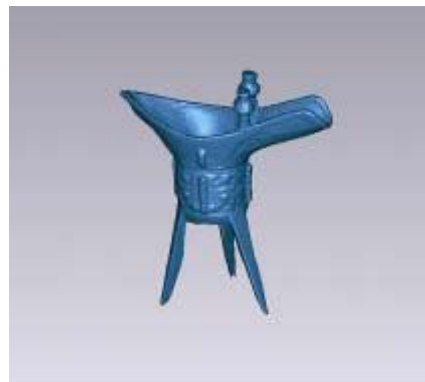
直升机起落架零件



涡轮叶片

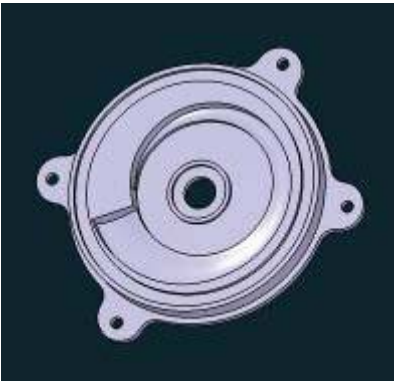
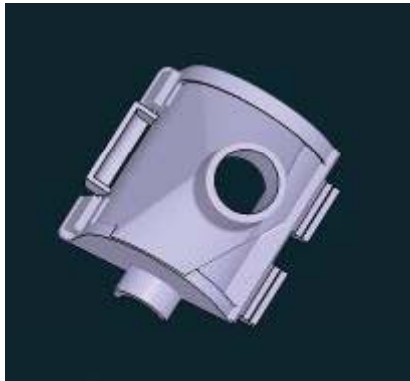


航空发动机机部件

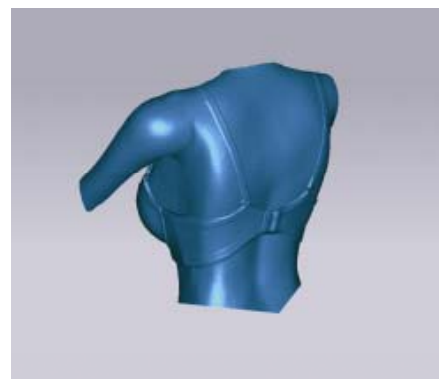
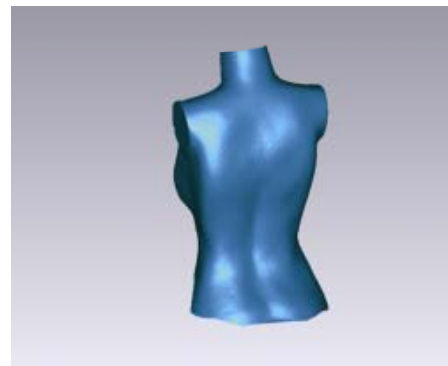


文物复原

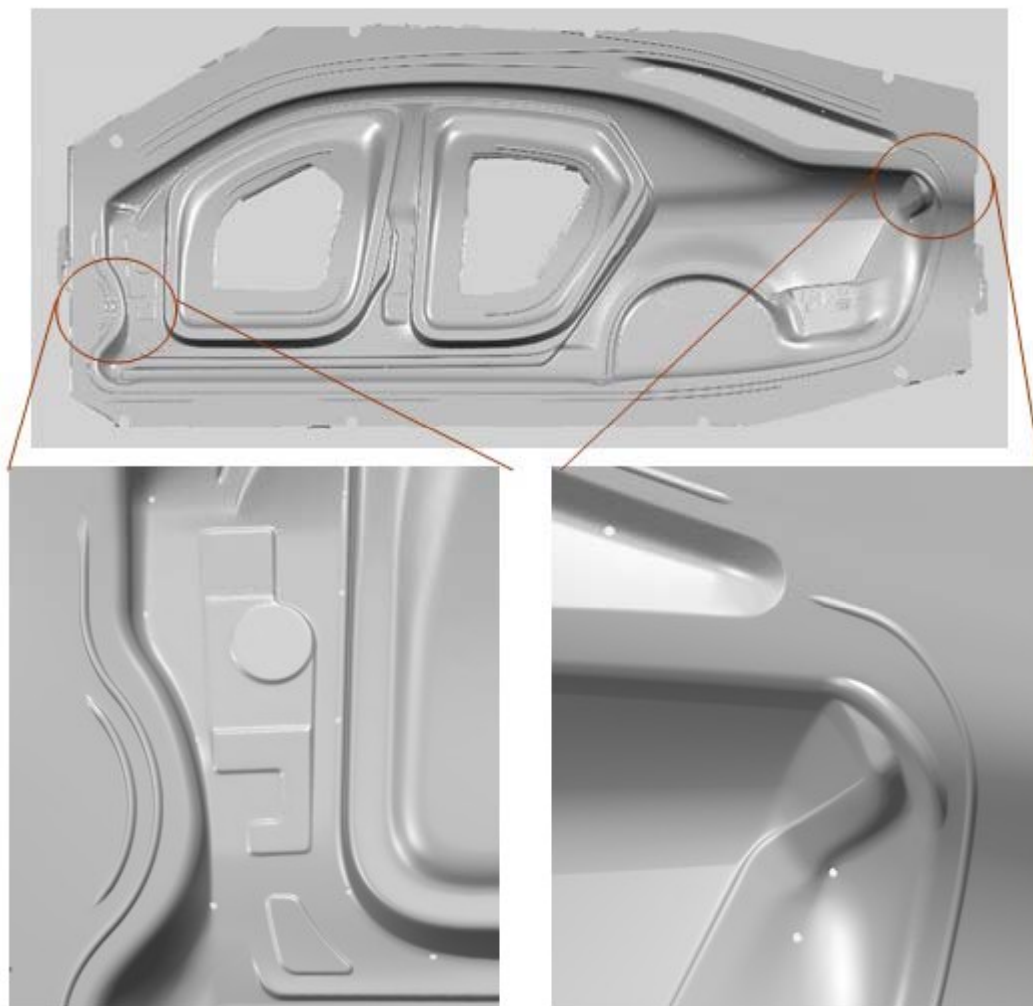
数字化博物馆



逆向工程技术通过提供切合实际的、实用、高效的方案和产品，来帮助中小型制造企业增强制造工艺，降低生产成本。

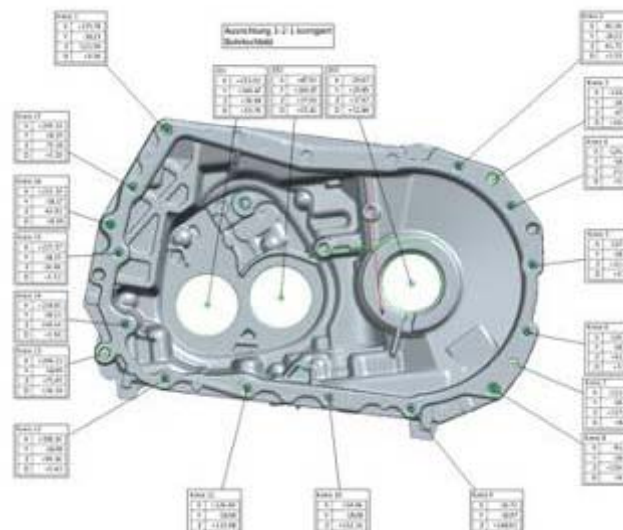


三维人体扫描系统除了建立标准人台、人体模型和服装号型的需要之外，主要是适应了三维服装**CAD**及超维服装**CAD**、虚拟服装及虚拟服装展示的需要，特别是服装**CAD**设计的度身定制**MTM**。



对于简单的模具复制，可以将扫描获得的点云数据生成网格面（**STL**），直接导入到**CAM**系统进行铣削加工，而并不需要进行曲面重构（进行曲面重构需要很长的工作时间）。

由于扫描数据具有很高的精度和完美的点云质量，使直接利用扫描点云进行加工成为可能。

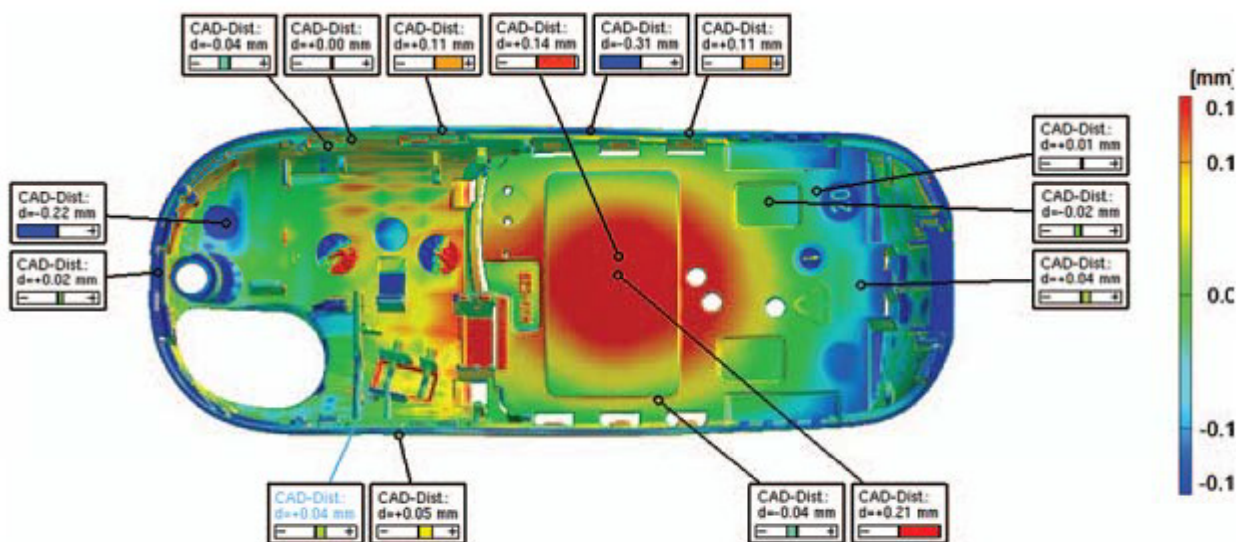


对于压铸零件，传统的检测手段是采用三坐标测量机（CMM）

。

CMM具有很高的测量精度，但是只能获得有限的数据，测量时间长，并且无法移动。而采用光学测量技术，不但可以实现快速的测量，并具有移动性，更为重要的是可以获得零件全面的扫描数据，获得全场的误差分析。

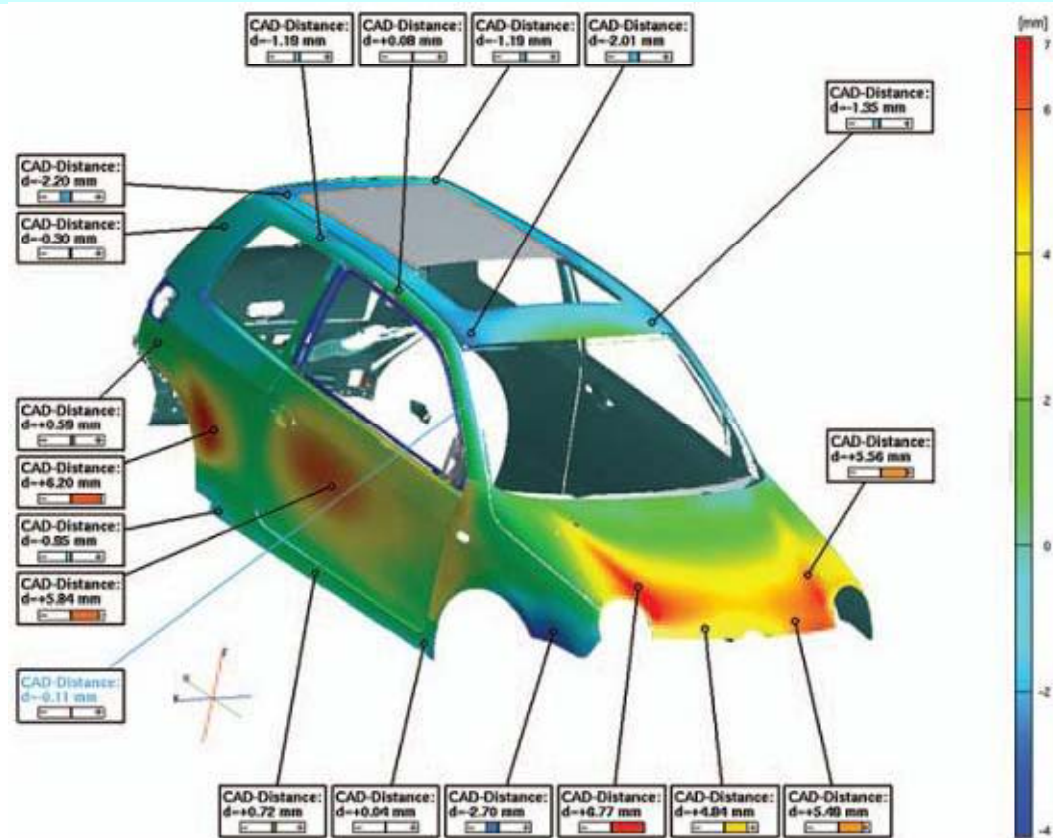




传统的首件检测方法是在CAD数据上建立检测计划。检测计划中规定所有需要检测的特征位置和公差。对于复杂的零件，需要测量上百个数据，需要耗费大量的人力和时间。由于缺少整个零件的信息，依然无法确定发生误差的区域。

采用光学测量获得全场的点云数据，利用全场的误差分布彩图进行全尺寸的检测。通过分析软件，不但可以对整个零件进行分析，也可以对重要的部位进行检测，采取不同的对齐方法，对问题区域进行快速和可靠的分析和结果显示。所有的测量元素，包括特征，距离，角度等都可以在点云上进行测量。

对部件间的平整度、特征位置、缝隙以及重要的控制点进行检测和评估。对白车身的检测结果可以对焊装夹具进行调整，提高精度。也可以对部件装配焊接前后进行测量，来分析零件或装配件的变形情况。





Win3DS双目三维扫描系统



Win3DS四目三维扫描系统



Win3DD单目三维扫描系统



Win3D-Metric摄影测量系统

自定位手持式三维激光扫描仪产品分类及特点

ERGOscan

(医学型)



REVscan

(标准型)



EXAscan

(精细型)



VIUscan

(彩色型)



Maxscan

(大物体精确型)



精度：可达 **0.025 mm**

扫描速度：可达**25000**测量 / 秒

扫描线宽：**300mm** / 束

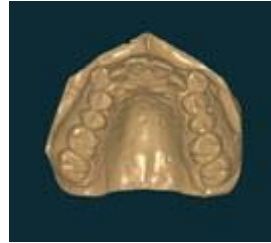
(十字交叉激光束)

镜深：可达**300mm** （自动调节）

分辨率：**0.05mm**(根据型号不同)

非常轻便，只有 9 8 0 克

- 目标点自动定位，可内，外扫描，无局限。
- 自动生成**STL**三角网格面
- 手持任意扫描 ,扫描速度快.
- 可控制扫描文件的细节需求
- 可多台扫描头同时工作扫描，所有的数据都在同一个坐标系中



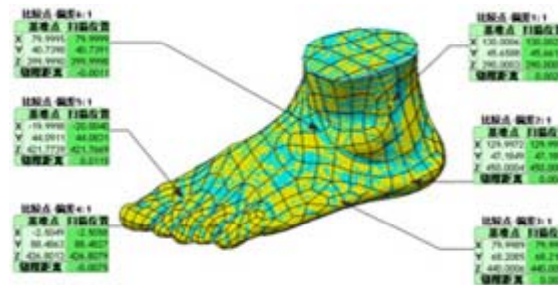
Win3D-Dental牙科扫描系统



Win3D-木雕专用系统



Win3D-脚型扫描系统





图形工作站



UKEY



标定板



逆向建模软件



扫描框架



旋转扫描平台



自动旋转扫描平台



检测分析软件



便携式三脚架



重型三脚架



光学探针

产品型号	WIN-3DD-L	WIN-3DD-M	WIN-3DD-S
单幅扫描范围mm	550×410×300	300×225×200	200×150×150
扫描距离mm	700	600	500
扫描点距mm	0.4	0.25	0.15
单幅扫描时间	<3s		
相机分辨率	130万像素		
扫描精度	L单幅扫描 对角线长度		
球空间误差	0.005+L/1500 0		
球面度误差	0.005+L/4000 0		
平面度误差	0.005+L/2500 0		
扫描方式	白光，非接触式（拍照式）		
拼接方式	全自动拼接		
可输出文件格式	ASC, STL, IGS, OBJ		
扫描物体尺寸mm	500~1500	250~800	150~500
	制造行业 锻造		

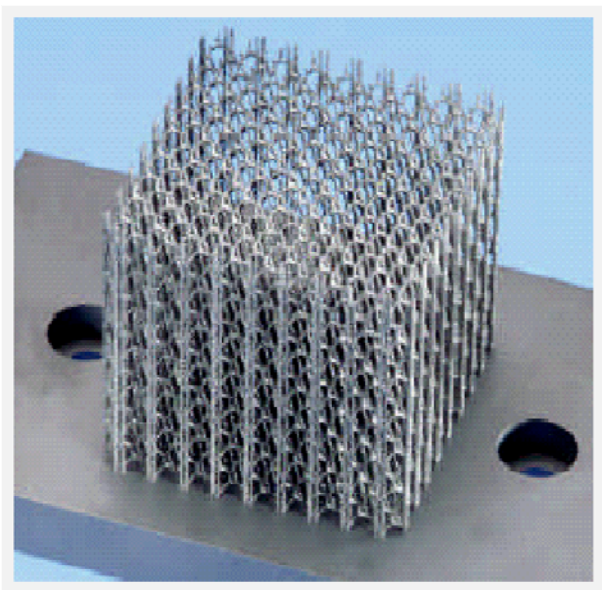
产品型号	Win3D-Metric-N	Win3D-Metric-H
测量范围 m^3	$0.1 \times 0.1 \times 0.1 \sim 10 \times 10 \times 10$	$0.1 \times 0.1 \times 0.1 \sim 50 \times 50 \times 50$
测量精度	$<0.10mm/3m$	$<0.10mm/4m$
工作环境	$-20^{\circ}C \sim 100^{\circ}C$	
参考标准	VDI 2634/1	
相机标定方式	自标定	
匹配方式	编码点全自动匹配	
数据传输方式	闪存卡或无线传输	
相机规格	单反相机、28mm镜头、1200万像素	
附件	靶尺、编码点、非编码点	

Win3d-Metric摄影测量系统广泛应用于汽车、航空航天、船舶工业、文物雕塑等领域的三维测量和检测。其产品性能指标达到国际同类产品水平，用于超大型工件的快速测量，可以与**CAD**模型进行误差分析，快速准确地进行产品尺寸、几何形变的检测。配合**Win3D**三维扫描系统，针对大型工件的三维扫描时，控制全局精度，降低拼接的累计误差。

产品型号	Win3D-Scan-N	Win3D-Scan-H
应用领域	通用型三维扫描仪 适用于多数木材雕刻行业的扫描	精细型三维扫描仪 适用于牙齿、珠宝、核雕及各种微小物品的扫描
单面扫描范围 mm	200×150	40×30
平均采样点距 mm	0.16	0.03
扫描物体尺寸 mm	150×800	<100
扫描方式	白光，非接触式（拍照式）	
图像分辨率	130万像素	
输出格式	ASC, STL, IGS	
单幅扫描时间	<3S	
拼接方式	标志点全自动拼接	

只有想不到没有做不到的

“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。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



耗材

可打材料种类少
强度质感难达要求

技术

金属材料打印难
三维模型设计难
掌握

成本

钛合金等关键
金属材料价格高
3D打印机价格昂贵

标准

缺乏统一的行业标准

应用

应用领域相对受
局限

市场

规模小市场不成熟
缺乏投融资平台



未来生产与生活方式



多点无模成型工艺的加工技术

（三维曲面板类件的成形新技术）

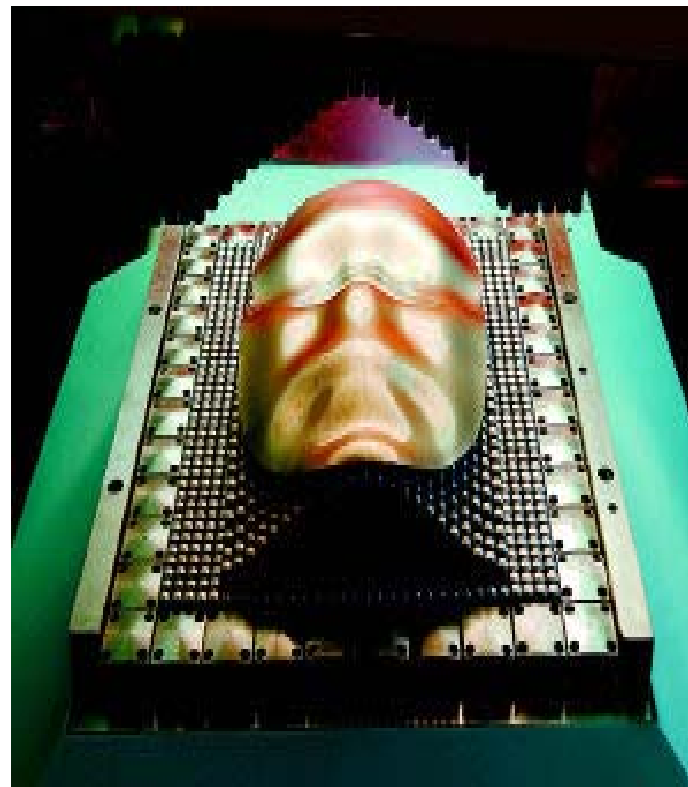
随着航空航天、船舶舰艇、各种车辆、压力容器乃至建筑装潢、城市雕塑等领域，对三维曲面板类件都有大量的需求。

板类件的三维曲面成形通常要采用模具成形或手工制造的方式来实现。

无模多点成形机是板类件生产的先进设备。

10分钟“克隆”出你的脸罩

- 使钢板呈现曲面形状，必须做模具。
- 现在利用多点成形技术，几分钟“模具”就完成了，这一技术为板类件三维曲面成形生产方式的重大创新。



多点无模成型工艺的加工技术



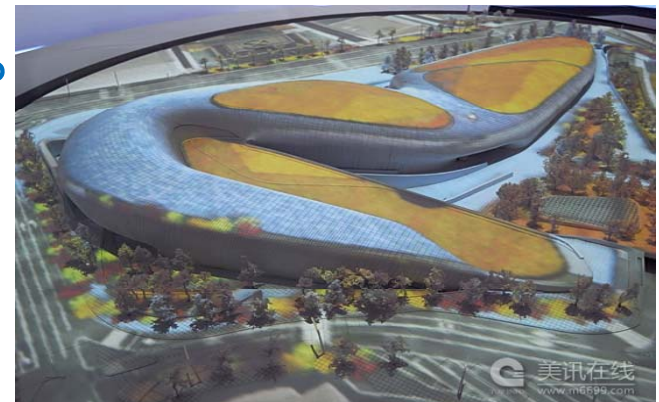
鸟巢工程圆满解决了难题

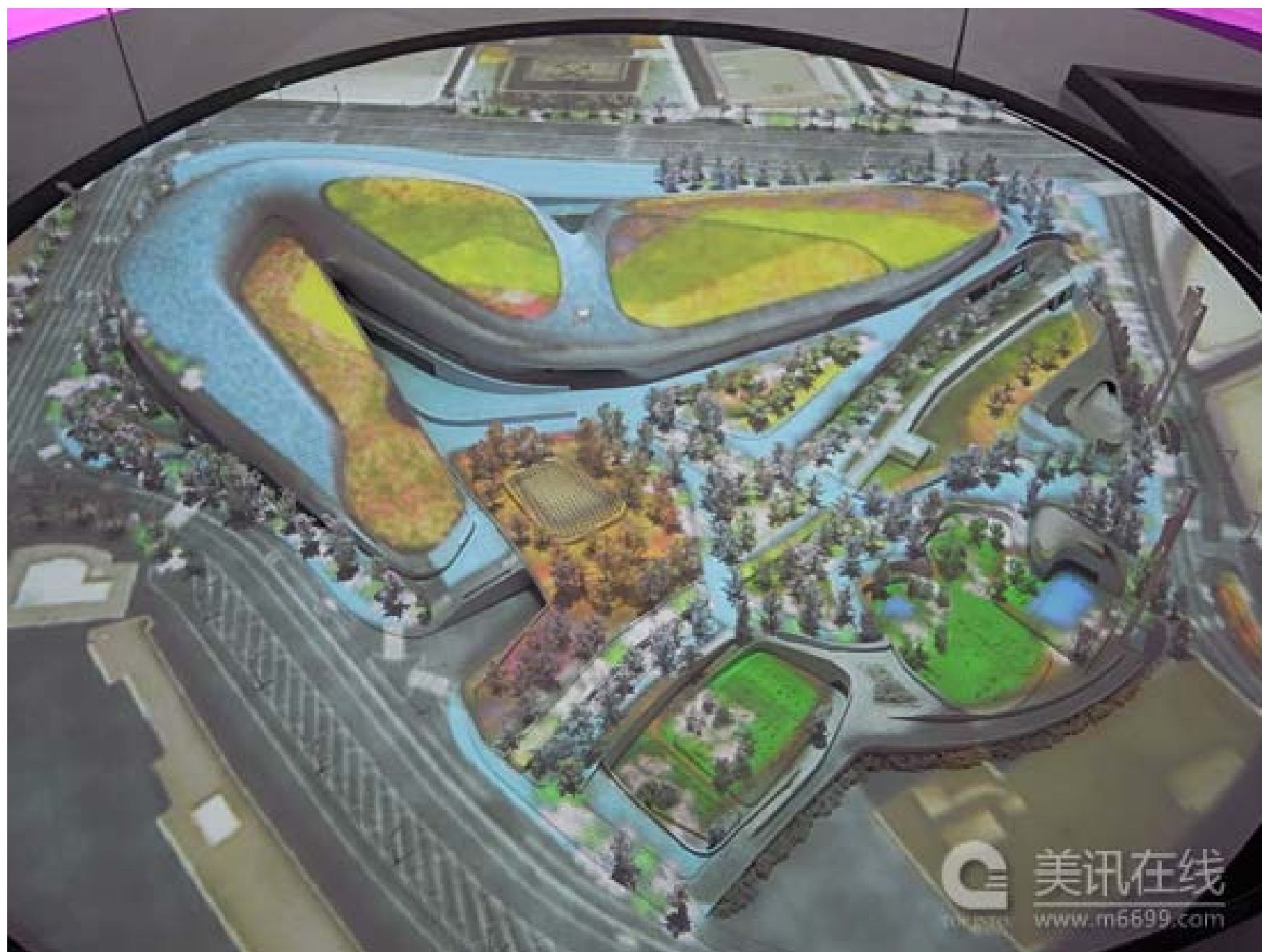
- 在鸟巢工程的修建过程中，使用的钢板属于高强度钢，成形后回弹大，且各个部分的弯扭形状都不一样，需单件生产，国内外均无先例。
- 如果采用传统模具方式生产，可以想象这将是一项多么浩大的工程。而无模多点成形技术圆满解决了这个难题。

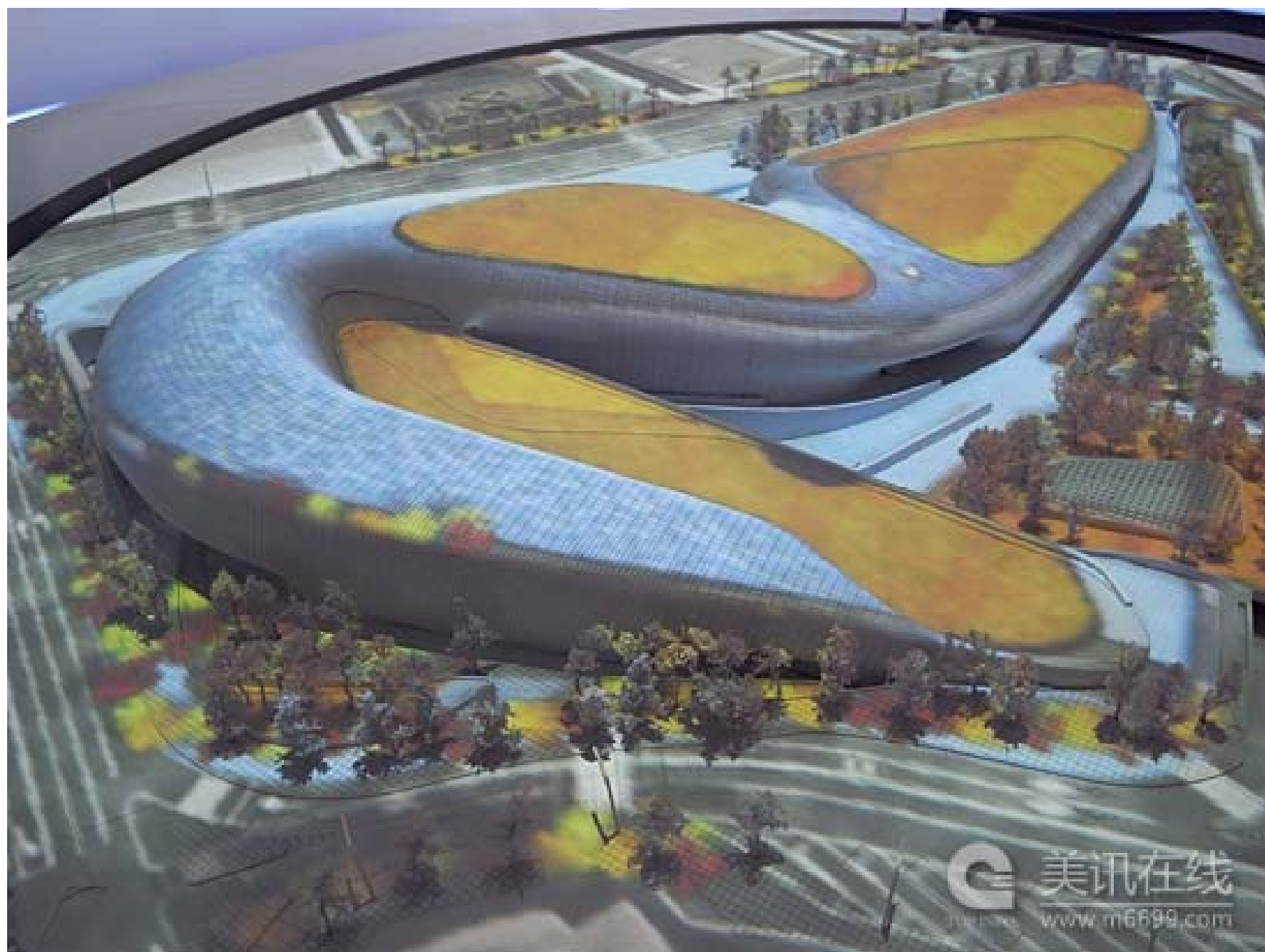


首尔的标志性建筑

这一建筑在结构上的空间灵活性与水的流动极为相似，远远看去，仿佛一条在海洋中畅游的鲸鱼。形态还可以变换。该建筑的曲面外形需要使用**1**万多张铝合金曲面板拼接，这台设备上一共有**2400**个基本体单元，该设备为拼接组合式结构，即可以进行单模拉形，又可以实现对压成形；而且还可以实现拉压复合成形。







美讯在线

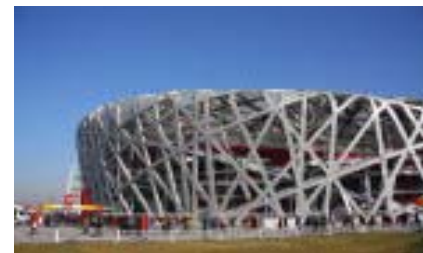
www.m6699.com

多点无模成型应用实例

北京鸟巢建筑工程中采用了大量由弯扭形钢板焊接而成的箱形构件，

其各部件的弯扭形状与尺寸都不一样，而且所用高强度钢板的厚度从**10mm**变化到**60mm**，其回弹量的变化也很大。

如果采用模具成形，将花费巨额的模具制造费用，不易保证成形精度。



一个成形面变化到另一个成形面，只需**2min** 左右的时间。
采用了分段成形方式，所以大部分实际成形件的长度达**6~10m**。



图7 箱形单元



图8 钢板成形件





鸟巢工程用多点成形装备的冲头近照



成形中的钢结构件



鸟巢工程用钢结构件



鸟巢工程用钢结构单元

多点成形技术在鸟巢工程中的应用



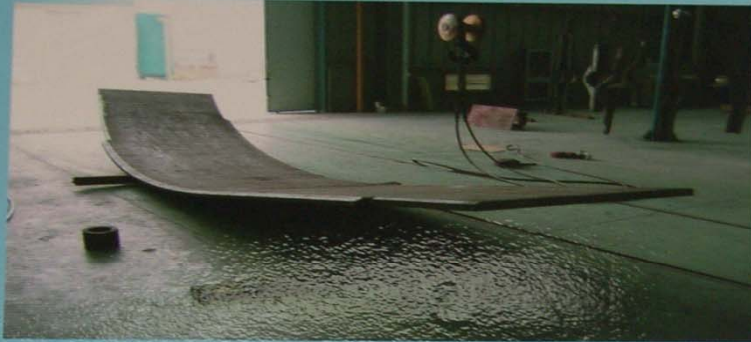
鸟巢建筑工程中的箱形构件

北京 2008 年奥运会国家体育馆——鸟巢建筑工程中采用了大量由弯扭形钢板焊接而成的箱形构件，其各部件的弯扭形状与尺寸都不一样，而且所用高强度钢板的厚度从 10mm 变化到 60mm，其回弹量变化也很大。如采用模具成形，将花费巨额的模具制造费用；采用水火弯板等手工方法成形，由于很难实现连续的圆滑成形，不易保证成形精度。采用多点成形技术后，不仅实现了与模具成形相同的效果，节约了高额模具费用，还提高了成形效率数十倍。该技术实现了中厚板类件从设计到成形过程的数字化，圆满解决了鸟巢建筑工程钢构件加工的世界难题。



鸟巢建筑工程全景

多点成形技术在鸟巢工程中的应用



成形后的钢结构件



拼装中的箱形构件

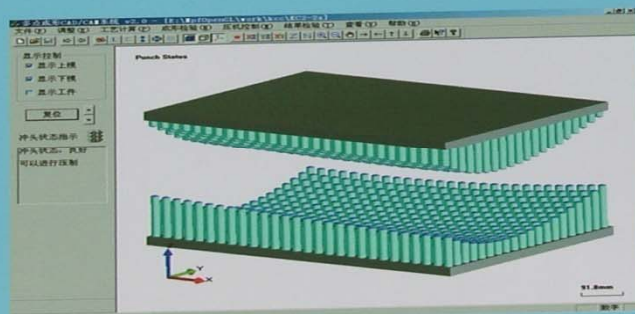
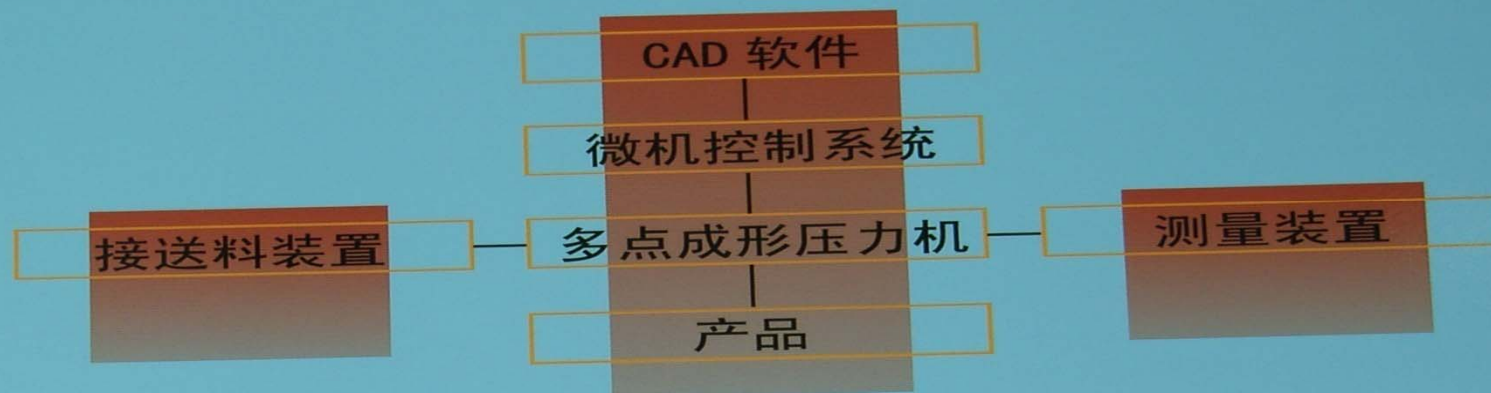


弯扭箱形单元

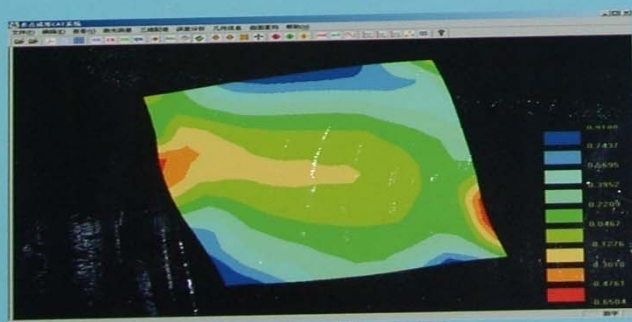


组装中的钢结构

多点成形系统的构成

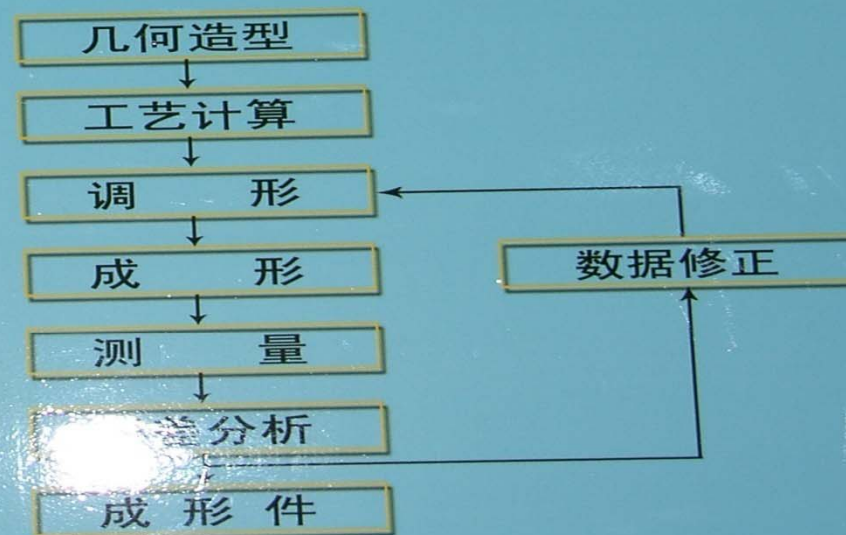


控制调形



误差分析

成形过程



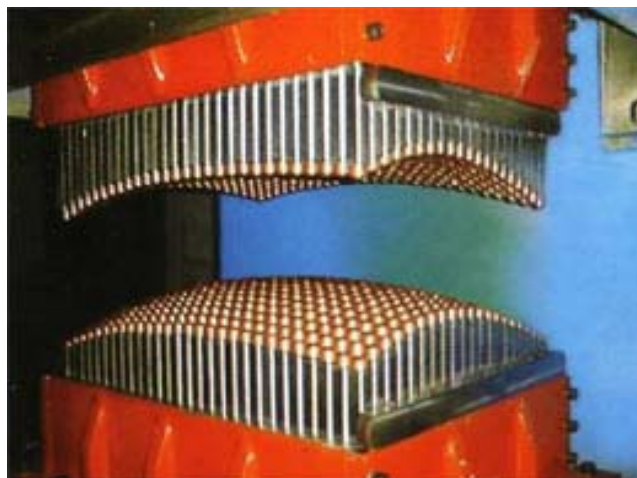
多点无模成型工艺的加工技术

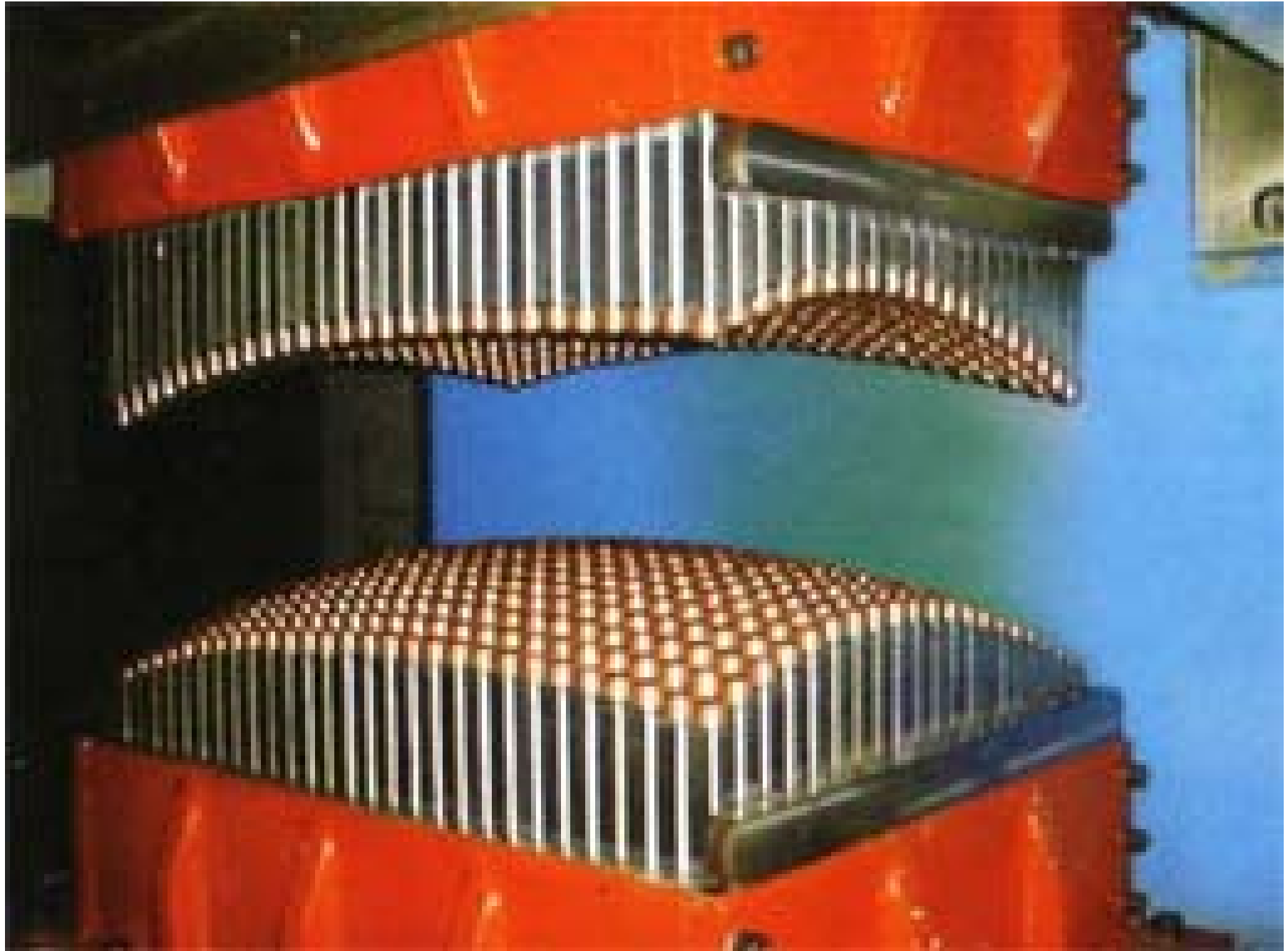
无模多点成形机是把塑性成形技术和计算机技术结合为一体的先进制造设备。

该设备可省去产品开发与制造过程中因模具设计、制造、调试和修改等复杂过程所耗费的时间和资金，显著缩短了研制及生产周期，对产品的更新换代能做出快速的响应。

基本原理及发展过程

传统的整体模具离散成一系列规则排列、高度可调的冲头群,各冲头的高度可由计算机随意控制,根据零件的形状调整冲头所需的成形曲面,从而实现板类件的快速、柔性和数字化成形。





基本原理

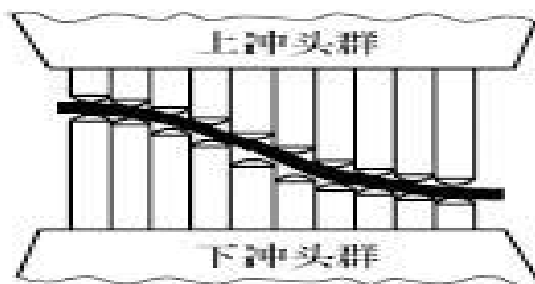


图1 多点成形原理示意图



图2 无模多点成形设备的主要构成

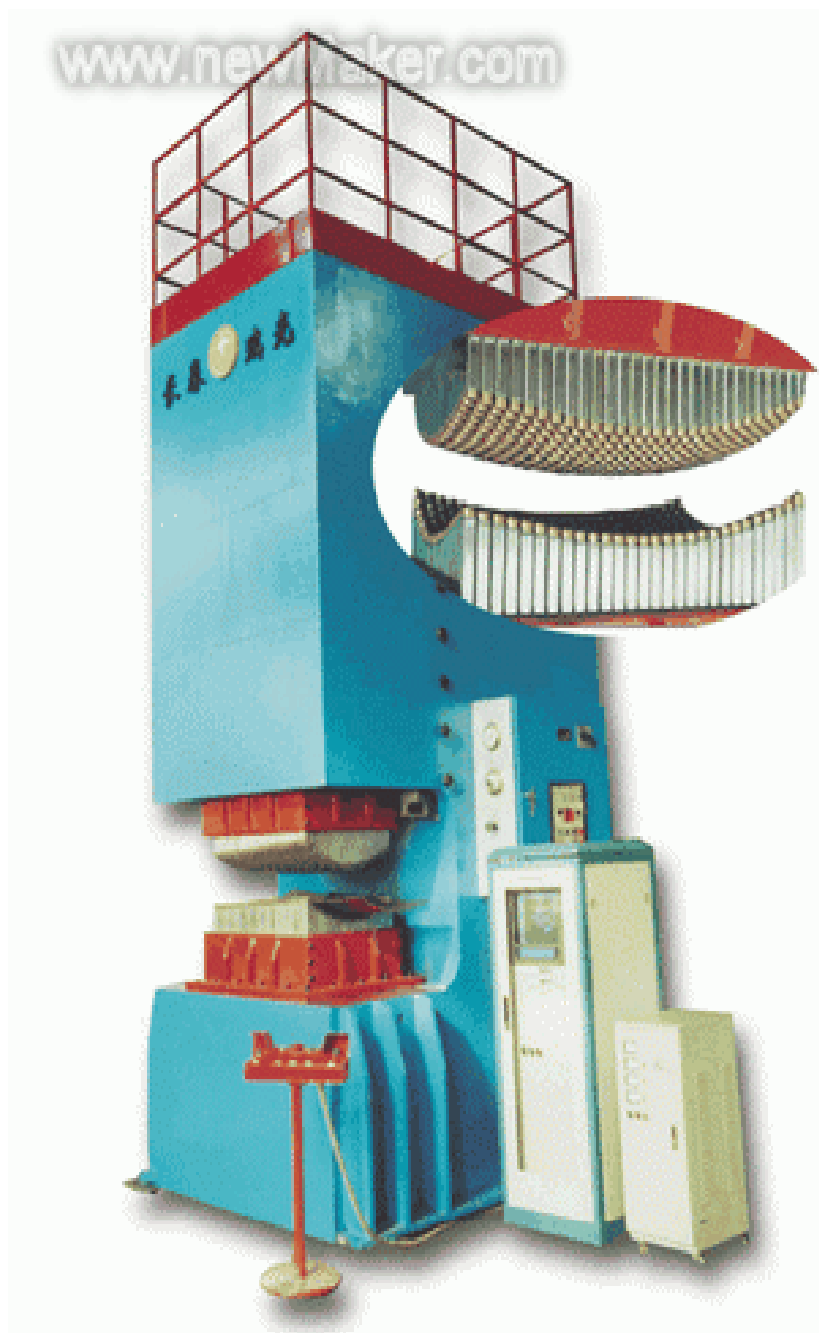
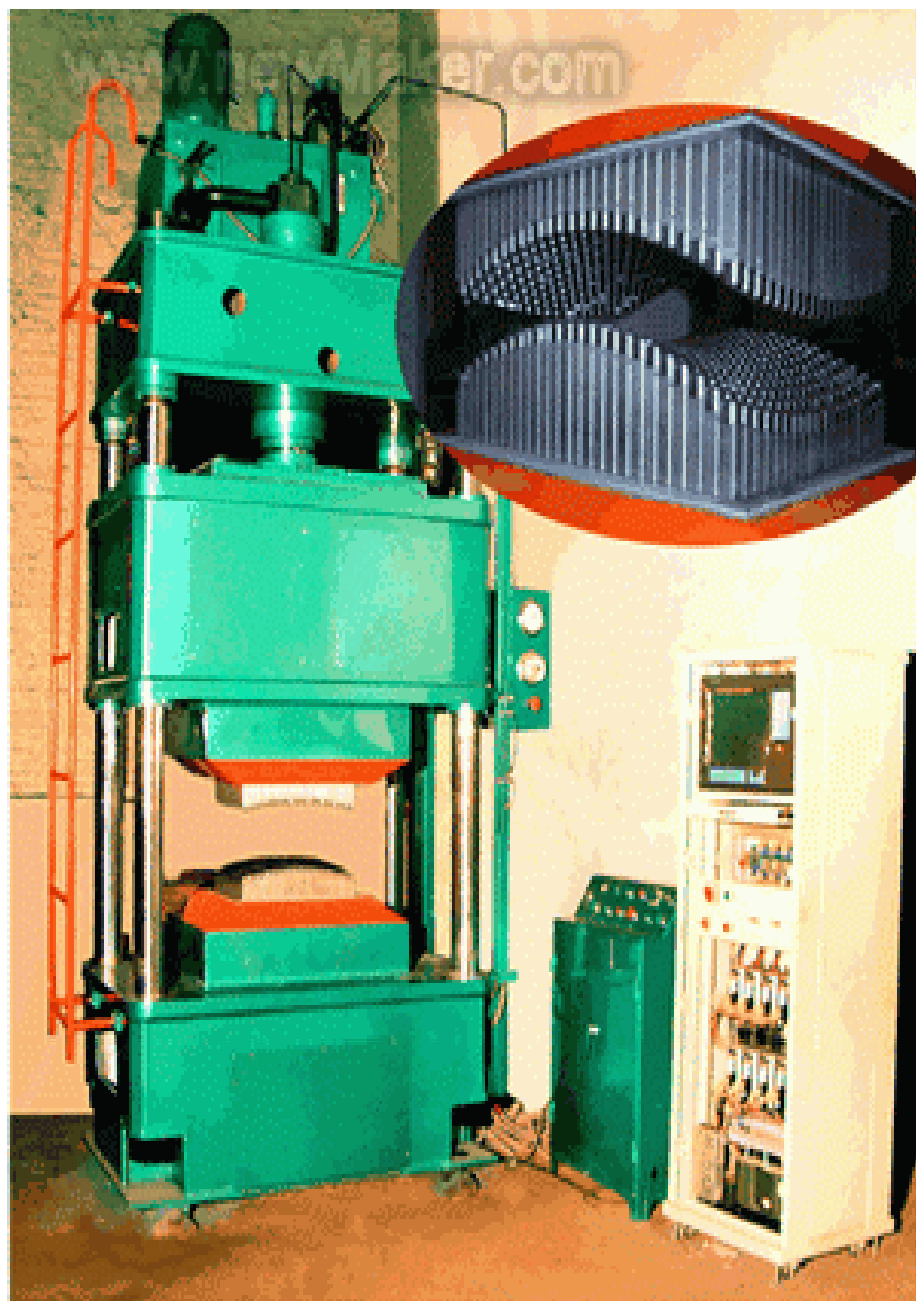
CAD系统

控制系统

成形主机



小型无模多点成形系统

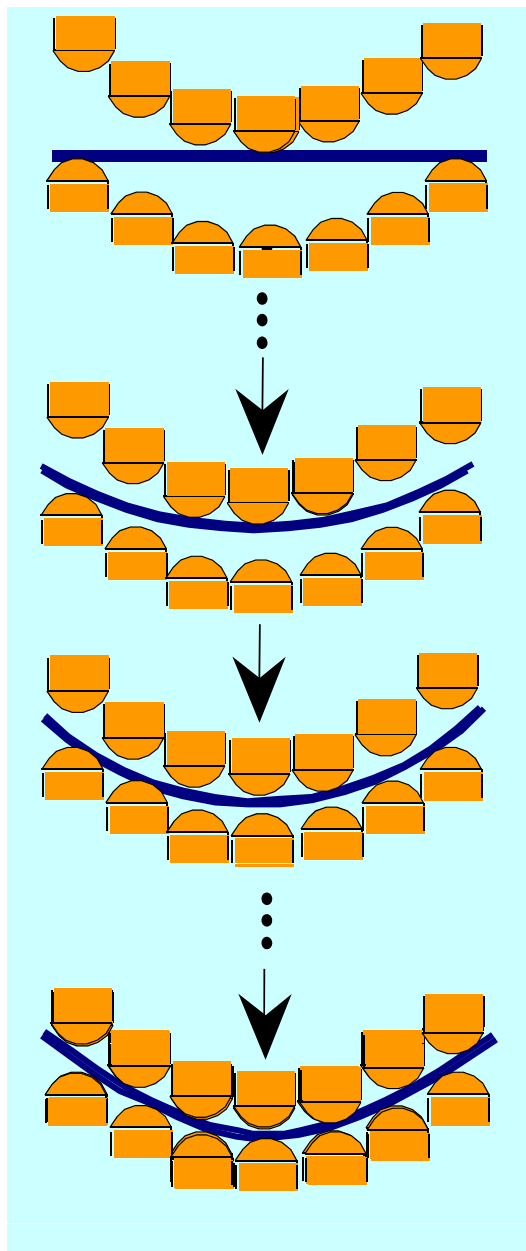


www.newmaker.com



YAM-5
型无模
多点成
形系统





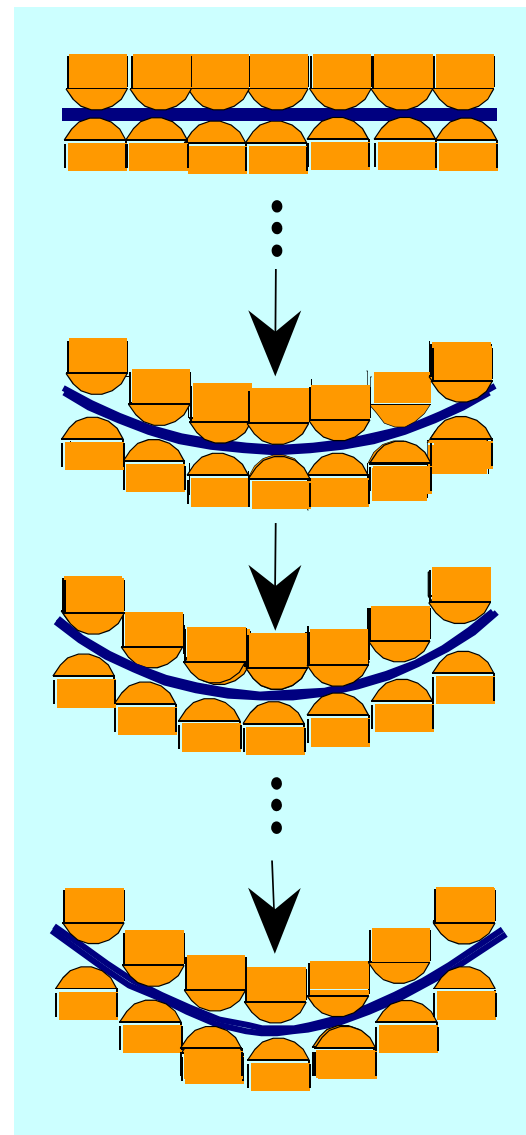
多点模具成形示意图

多点模具成形:

- ◆ 与传统冲压成形类似
- ◆ 成形过程中基本体成形面形状始终不变

精密路径多点成形: (多点压机成形)

- ◆ 成形过程中各基本体始终与板料接触
- ◆ 根据成形路径需要实时调整基本体成形面



精密路径多点成形示意图

压力容器封头件成形



无模多点成形基本原理

无模多点成形设备由三大部分组成，

1.CAD/CAM 软件系统

2.计算机控制系统

3.多点成形主机。

通过计算机控制系统调整冲头的高度位置，结合成形结果的测量技术，实现产品高精度。

多点无模成型工艺的加工技术

多点成形能
用于薄中厚板成
形压制的板成形，
图所示为人
脸成形件。



图3 薄板成形样件

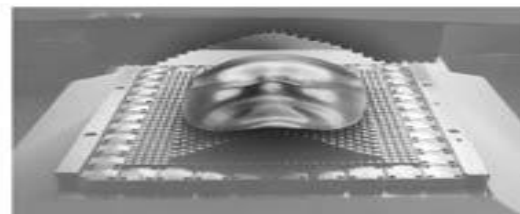


图4 人脸成形件



图5 薄板成形用多点成形机

多点无模成型流线车头的制造

高速列车流线型车头外覆盖件通常要分成**50 ~ 80**块不同曲面，

每块曲面都要分别成形后进行拼焊。
原工艺，生产新车型的模具就需**6 ~ 8**个月。

而采用无模多点成形机，几天的时间就可以完成

高速列车流线型车头覆盖件

用于高速列车流线型车头覆盖件制造的
2000kN多点成形机，
上下冲头群采用
28×20的布置方式，
一次成形尺寸为
840mm×600mm。



图10 高速列车流线型车头



图11 拼焊中的流线型车头



图12 车头成形件

多点成形机



图14 1000kN 多点成形机

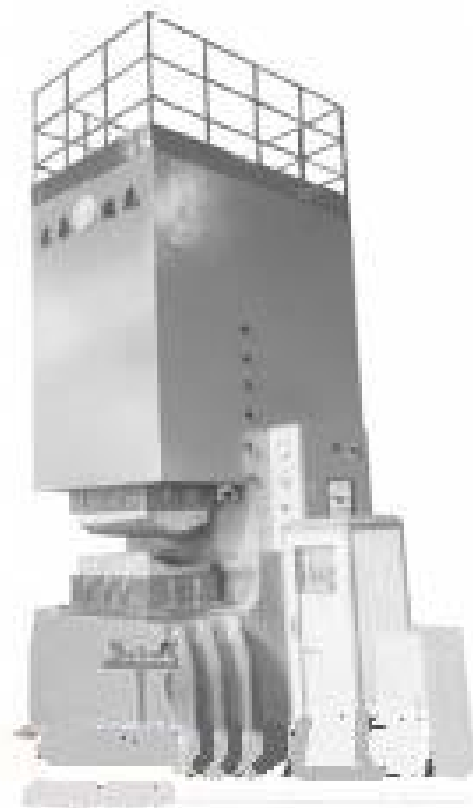


图13 2000kN 多点成形机

多点无模成型技术的特点

(1) 实现板类件的无模成形，节约模具材料及设计、制造费用 采用多点成形不需另外配置模具，不存在模具设计、制造及调试等问题。与传统模具成形方法相比可节省大量的资金与时间；更重要的是过去因模具造价太高而不得不采用手工成形的单件、小批零件，可通过多点成形技术实现规范成形，提高了成形质量。

多点无模成型技术的特点

(2) 在同一台设备上可进行多种不同形状零件的加工 多点成形时，通过冲头群包络面构成的成形面来成形板类件，成形面的形状可通过对各冲头的控制自由地构造出来，成形面具有可重构性；另外，利用多点成形中成形面可变的特点，在多点成形设备上可以实现板材的分段成形或多道次成形，在小设备上成形大于设备成形面积数倍甚至数十倍的大尺寸零件。

多点无模成型技术的特点

(3) 实现板类件变路径成形 通过调整冲头高度控制成形曲面，可以随意改变板材的变形路径和受力状态，提高材料变形程度，实现难加工材料的塑性变形，扩大加工范围。

多点无模成型技术的特点

(4) 易于实现**CAD/CAE/CAM/CAT**一体化及成形过程自动化 在多点成形中，零件的曲面造型、工艺规划等都由计算机完成，而工件检测及成形过程的数值模拟也可以采用计算机技术，因此，容易实现**CAD/CAE/CAM/CAT**一体化。另外，由于多点成形设备采用计算机进行控制，因而容易实现成形过程的自动化。

多点无模成型技术的特点

5) 缩短新产品的开发周期 多点成形不需要模具，省去了大量的模具设计、制造及调试的时间，可大幅度缩短新产品的开发周期，降低制造成本。由于具有上述技术特点，多点成形设备可广泛应用于各种金属三维曲面板类件的制造领域。一台多点成形设备可用于进行多种形状零件的加工，并可根据零件的尺寸大小、变形程度及成形精度等要求进行板材的分试验。

多点无模成型技术的特点

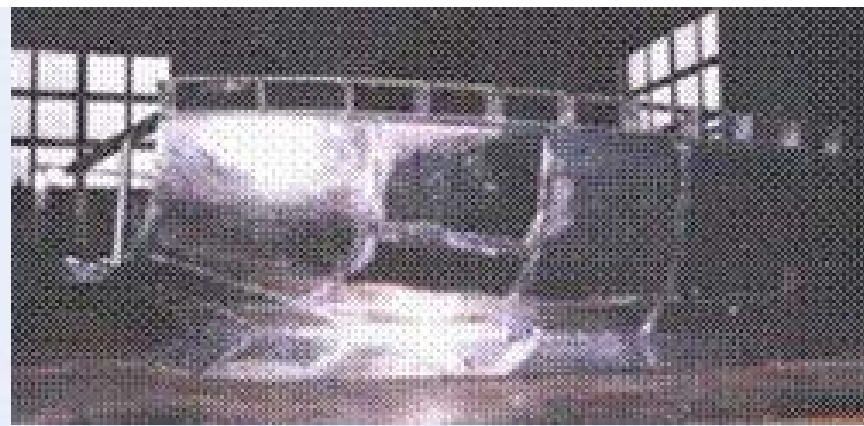
5) 缩短新产品的开发周期 多点成形不需要模具，省去了大量的模具设计、制造及调试的时间，可大幅度缩短新产品的开发周期，降低制造成本。由于具有上述技术特点，多点成形设备可广泛应用于各种金属三维曲面板类件的制造领域。一台多点成形设备可用于进行多种形状零件的加工，并可根据零件的尺寸大小、变形程度及成形精度等要求进行板材的分试验。

多点无模成型技术

板材无模多点成形设备可应用于飞机、航天器、各种车辆、轮船、舰艇、医学工程、压力容器、建筑装潢、城市雕塑等领域。



列车流线型车头覆盖件成形



列车流线型车头覆盖件成形

一台无模多点成形设备，生产出了几十种成形难度较大的流线型高速列车车头覆盖件，大大缩短了产品的开发生产周期。这些覆盖件如果用模具生产，需要做**50~80**套模具，制造周期至少半年以上。而用该设备，两周就全部完成了。



钛合金板成形

我国潜艇的外板用钛合金材料，成形后的回弹极大，用传统的方法很难成形；采用多点成形设备较好地解决了钛合金成形问题。

洛阳**725**所已利用该设备加工了数件潜艇钛合金外板，缩短了生产周期。

合金板成形



SM-150 型快速调形的多点成形装置

应用于鸟巢工程钢结构件弯扭成形，最大成形板材厚度达 70mm。



YAM5 型多点成形压力机

首台商品化的多点成形设备，应用于高速列车流线型车头的生产中。

多点拉制成型技术

曲面连续成形





前舱壳体



地板筋条



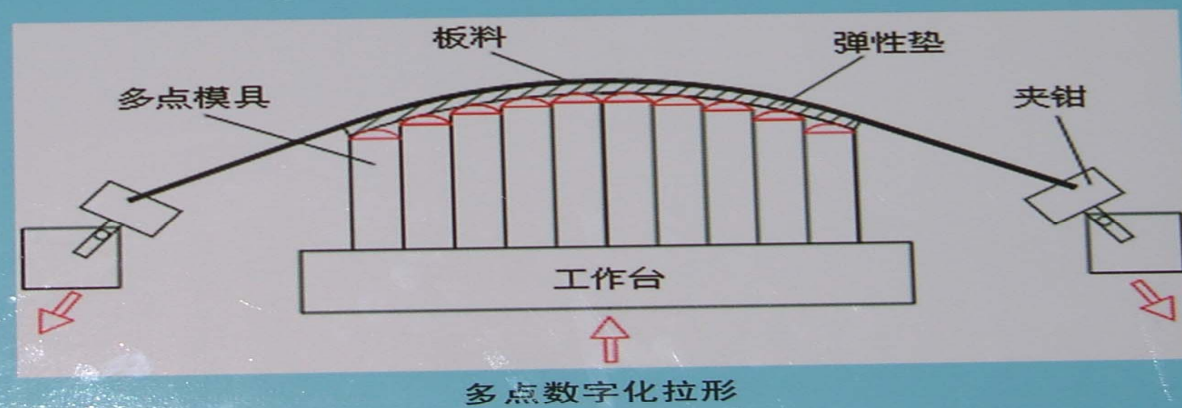
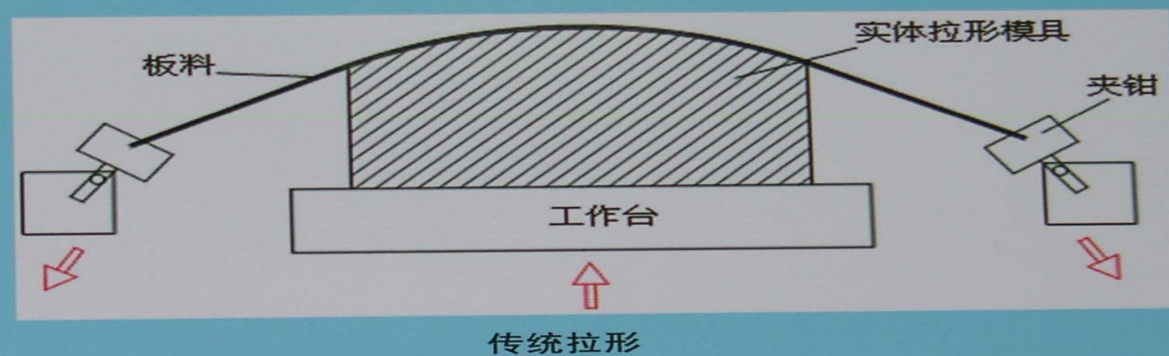
机舱下腹板



襟翼

多点数字化拉形装置

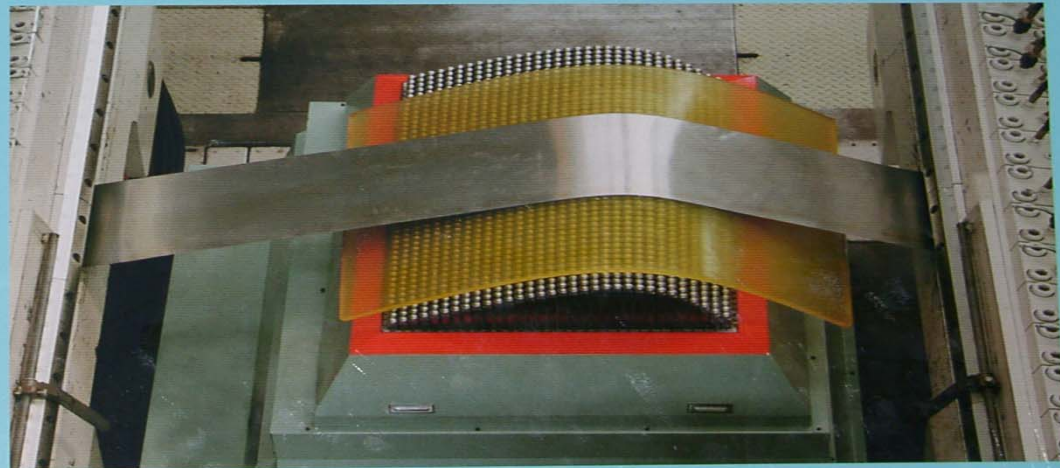
用多点数字化模具代替拉形模具，可以为飞机蒙皮件提供全新的生产方式。



多点数字化拉形装置

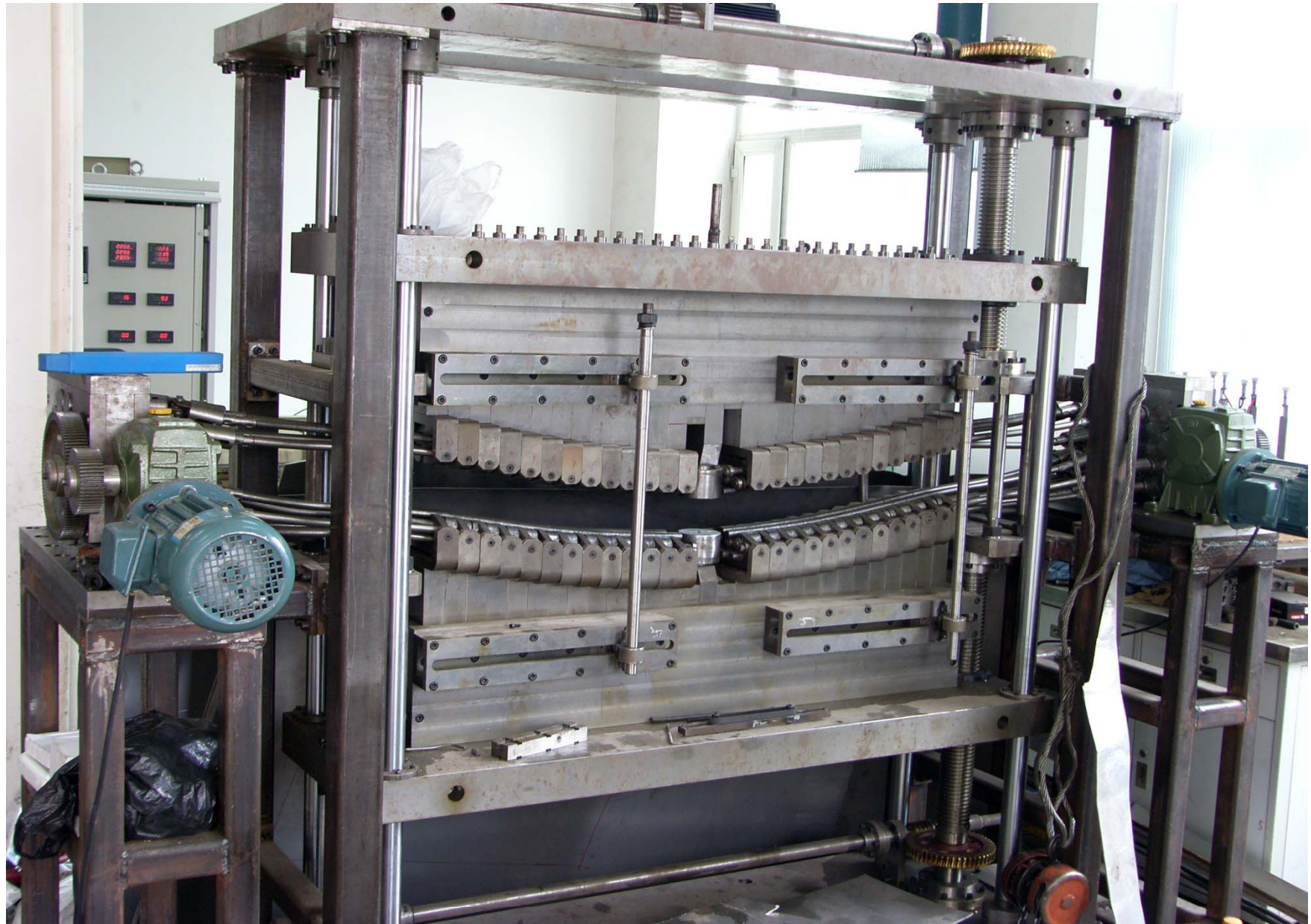


多点拉形装置



拉形过程





多点拉制成型技术

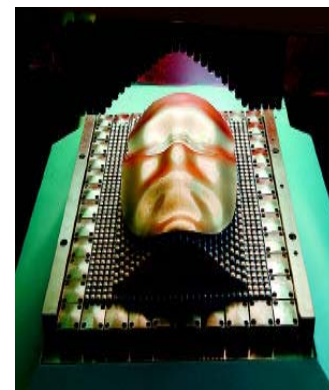


多点无模成型工艺的加工技术

- 多点成形技术已经在多个领域成功应用，为大型非规则曲面零件加工提供了先进、实用的方法。在板材无模多点成形技术基础上，我们进一步拓展了相关技术并申请了专利，如新型柔性拉形技术，适用于生产批量较小的薄板类零件，尤其是飞机机身与机翼、动车组车头等的制造。目前，该技术已经用于高铁流线型车头蒙皮件的批量生产中。”

颅骨修复体多点数字化成形技术

- 该技术在医学领域也获得了成功应用，主要体现在人脑颅骨修复体的制造上。据了解，人脑颅骨受伤缺损后，需要植入钛网板修复体，但根据颅骨受伤部位的不同需要个性化塑形。采用多点成形技术制造颅骨修复体，**2小时**就能完成。



新产品开发



谢谢，再见。



兵器工业新技术推广研究所
吕德隆 电话:13601359780
MAIL:LVDL50@163.COM

谢谢观看

吕德隆

电子信箱: LVDL50@163.com

手机: 13601359780