

快速成形制造技术 的新进展及应用

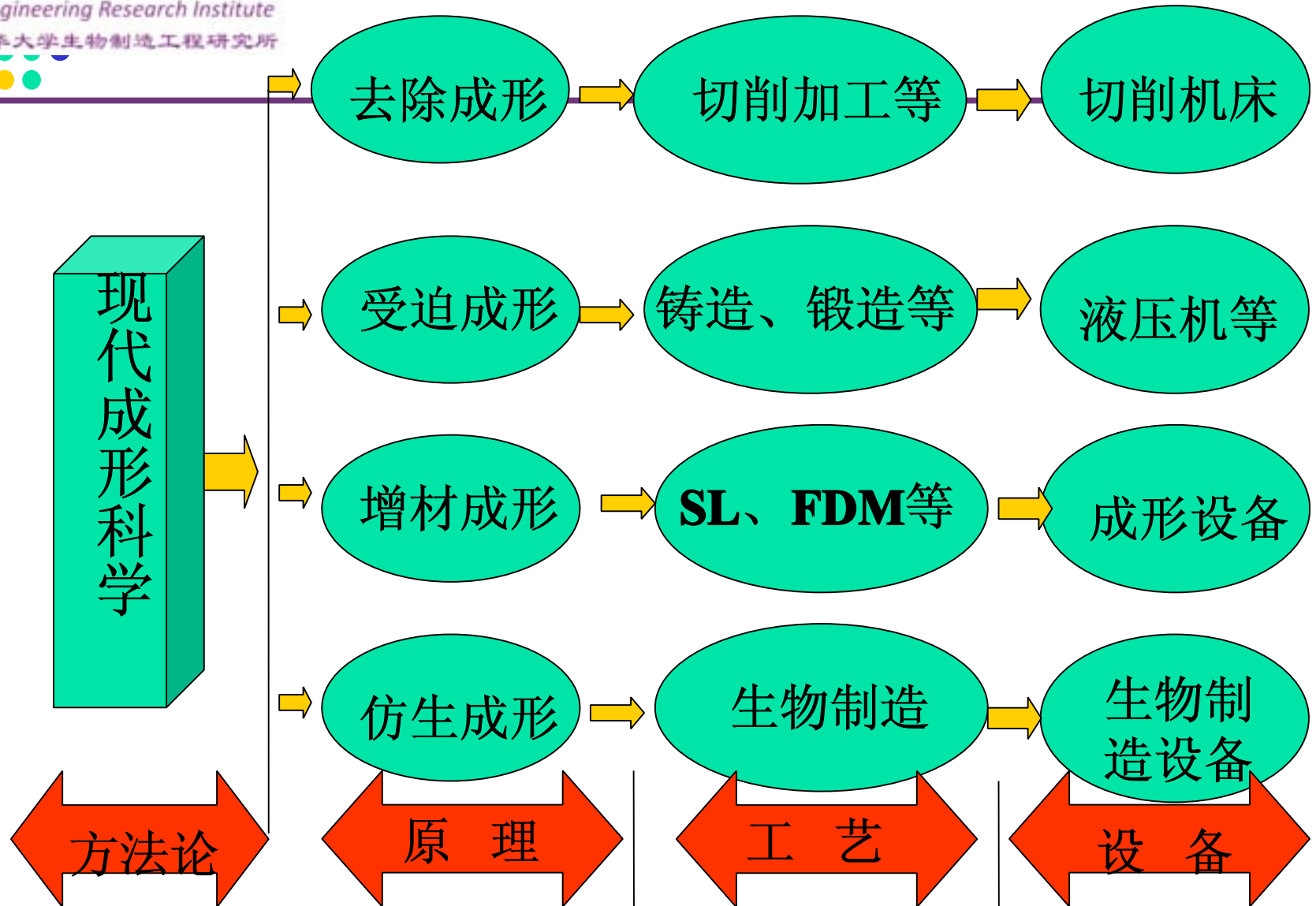
清华大学机械系

张人佶

2012. 07. 19

目录

- 引言：现代成形科学与**RPM**原理
- 主要的快速成形制造技术
- 快速成形制造技术的主要应用
- 快速成形制造技术的新进展



例：地球**STL**模型生成过程

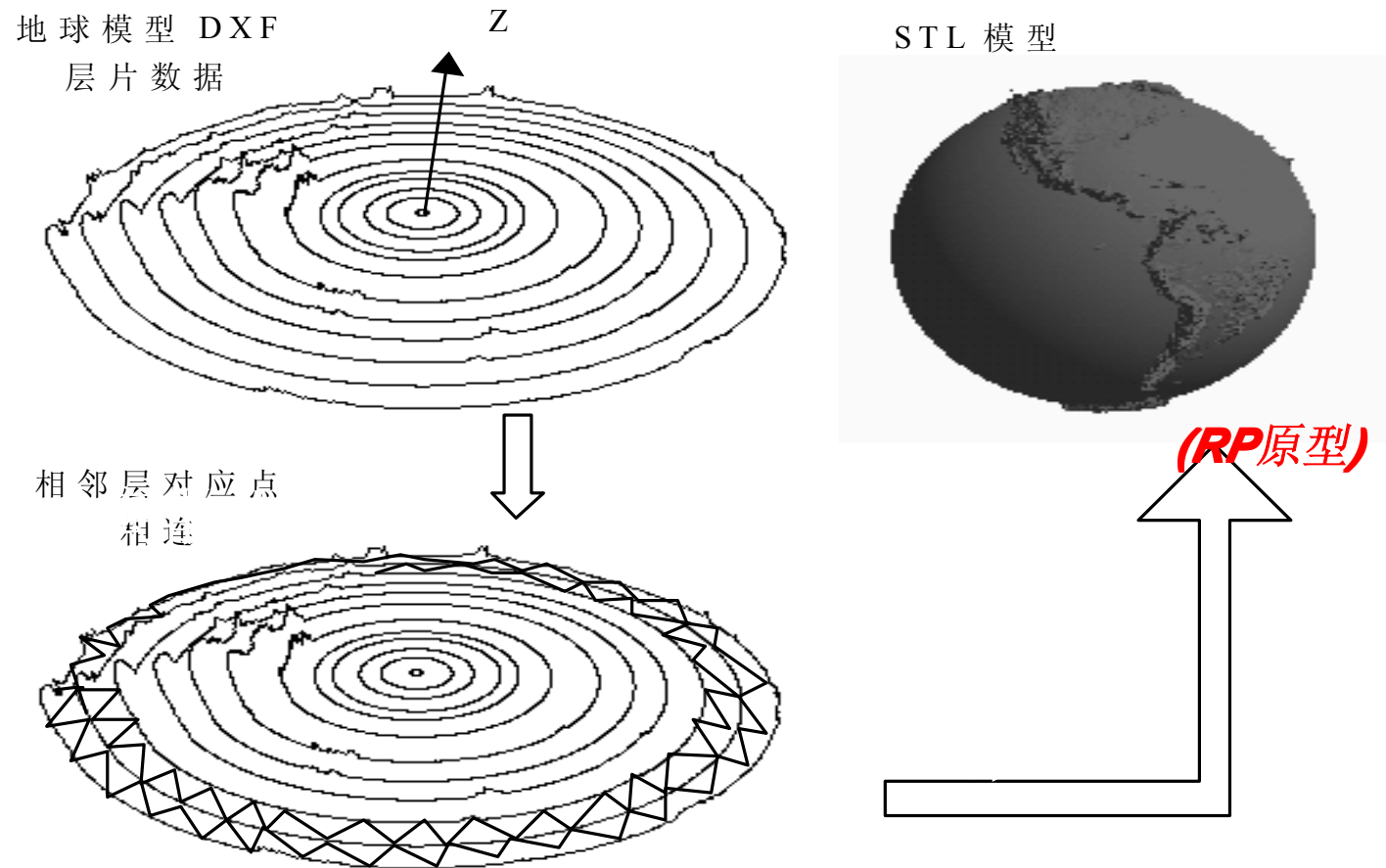


图 5-4 地球 STL 模型生成过程



CAD 模型

Z 向离散化(分层)

层面信息处理

层面加工与粘接

层层堆积

后处理

分解过程

组合过程

计算机中信息处理

成形机中堆积成形

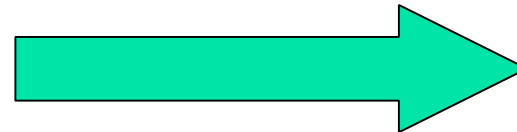
离散/堆积成形流程示意图

数字化制造

RPM⇒技术集成

成形制造技术
材料科学技术
信息技术
计算机科学技术
机电一体化技术
电子技术
激光技术
.....

增材



离散—堆积

RPM

RPM技术是一种先进数字化制造技术

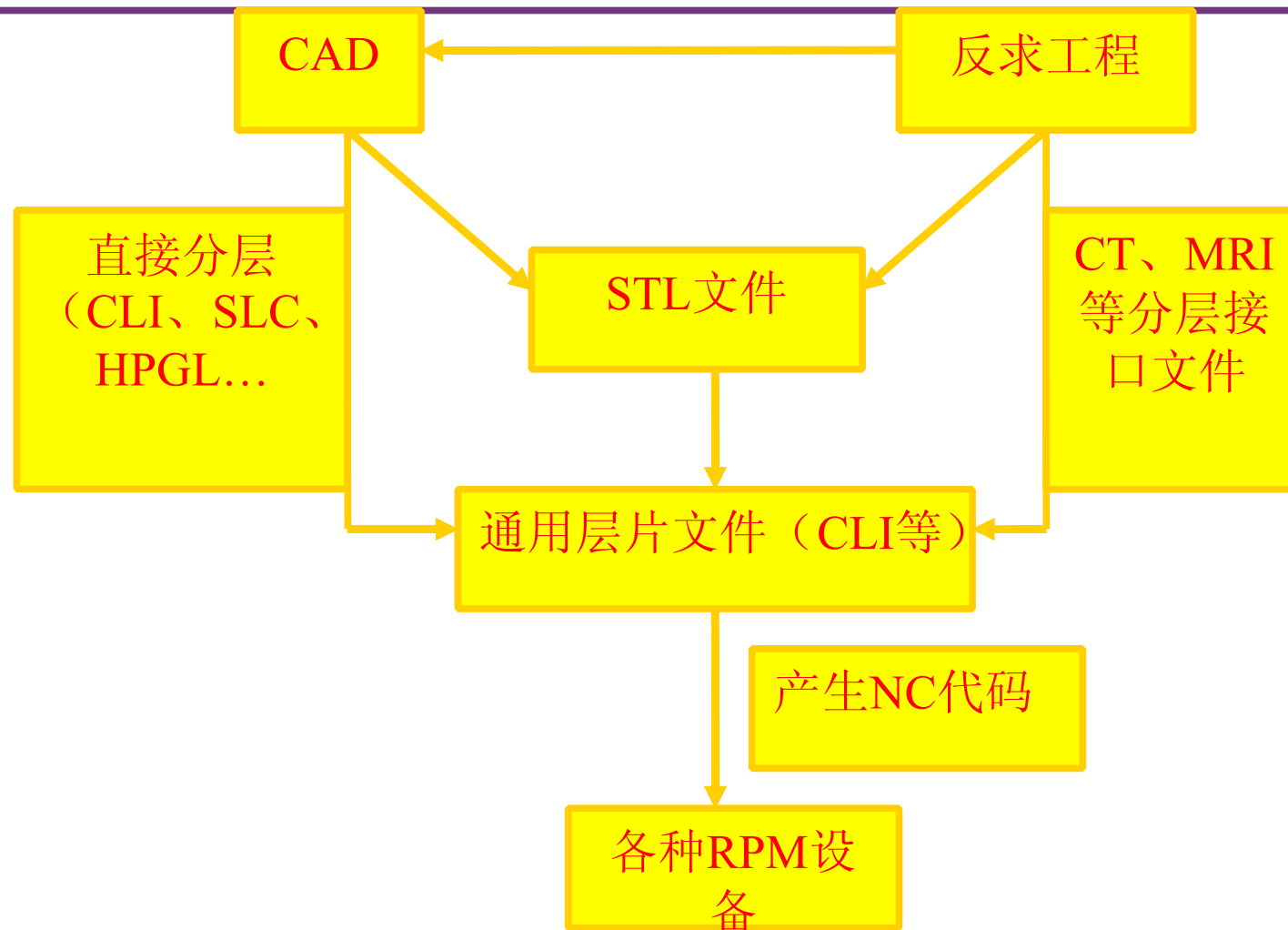
清华大学机械工程系

RM定义与特点

RPM统称RM

- 定义：基于增材成形原理，由零件数字模型 (CAD模型) 直接驱动，可完成任意复杂形状三维实体零件的技术总称
- 特点：
 - 1、数字模型直接驱动
 - 2、任意复杂的三维几何实体
 - 3、通用机器，无需专用夹具和工具
 - 4、最少的或无人干预
 - 5、制造成本与批量大小无关

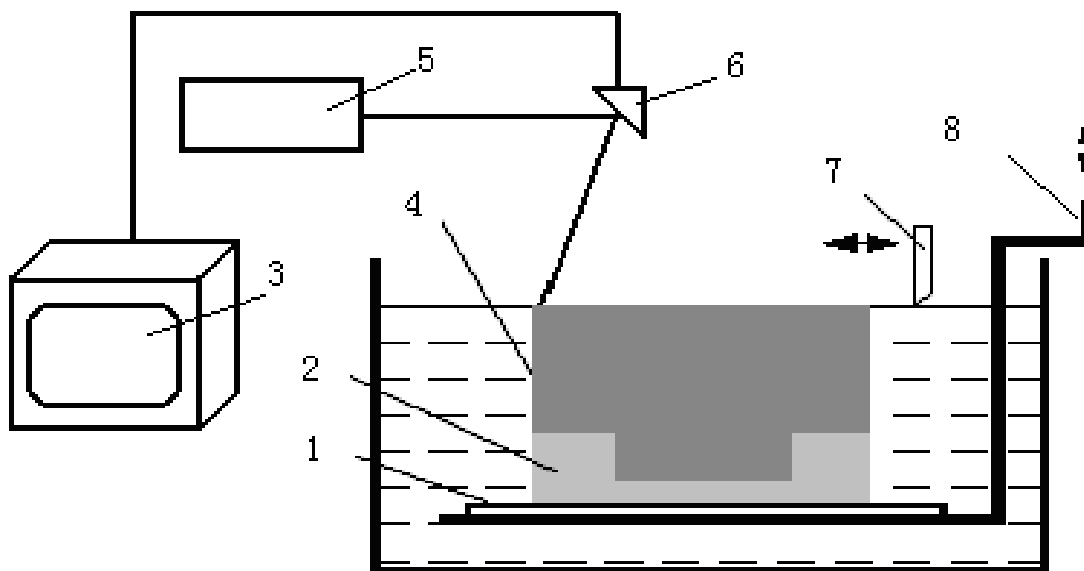
RPM过程中的数据处理



立体光固化SL技术

主要特点:

- 成形精度高
- 表面光洁度好
- 加工细节好
- 需设计支撑结构
- 后处理工作量小
- 有较高的强度
- 易于燃烧挥发(消失模, 用于RT)



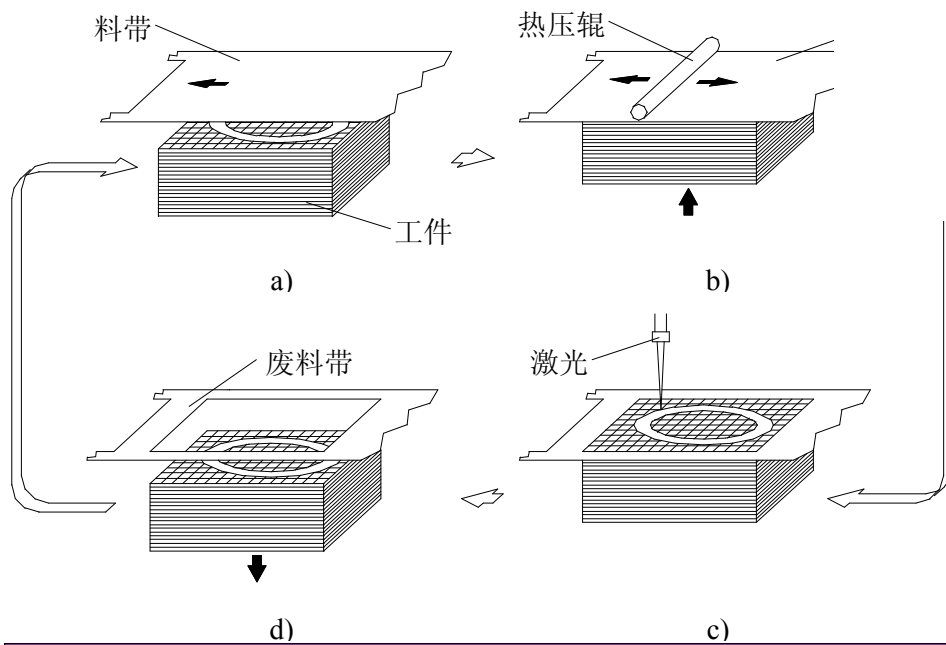
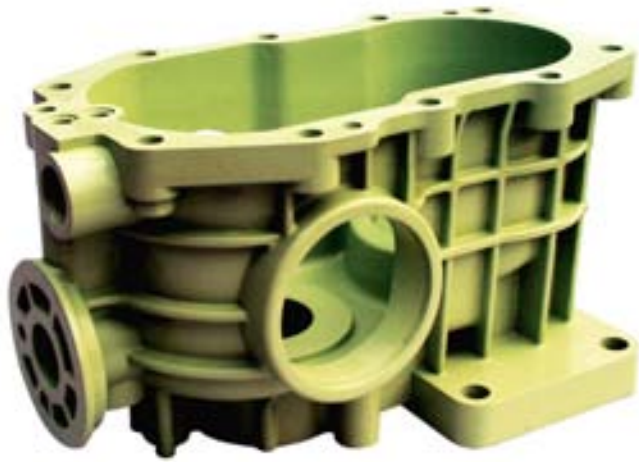
1.加工平台 2.支撑 3.PC
机 4.成形零件 5.激光器
6.振镜 7.刮板 8.升降台



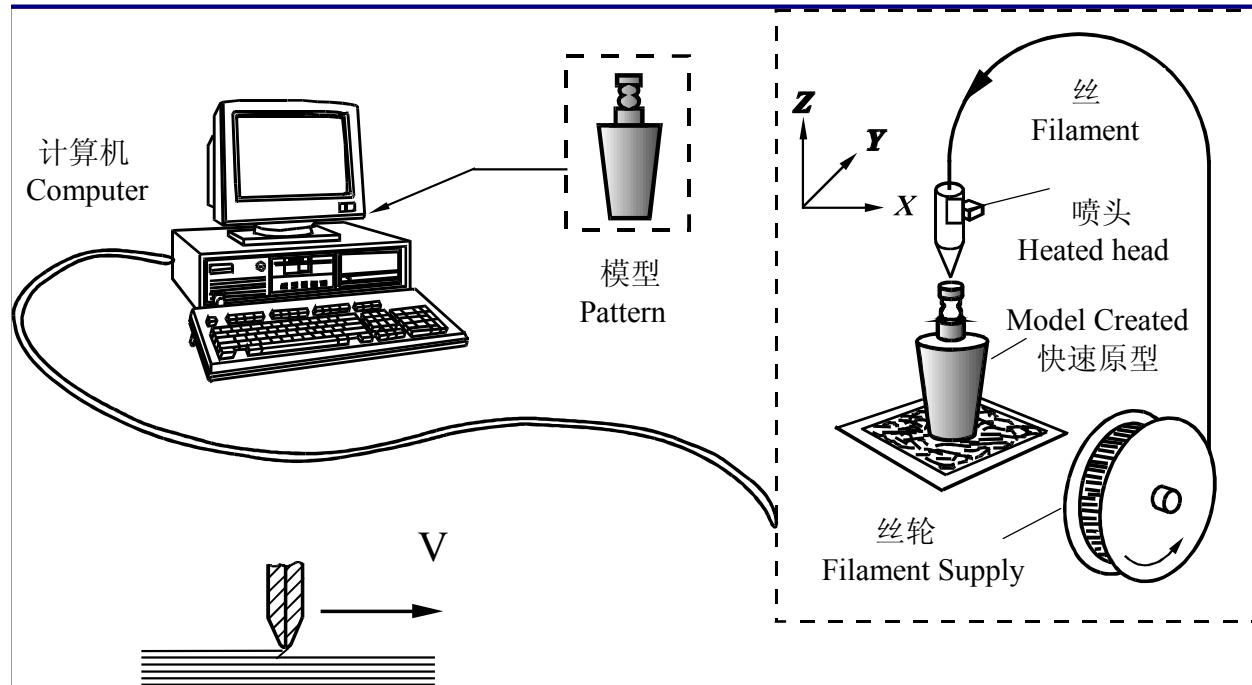
清华大学机械工程系



叠层实体制造(LOM,SSM)



熔融沉积制造(FDM, MEM)

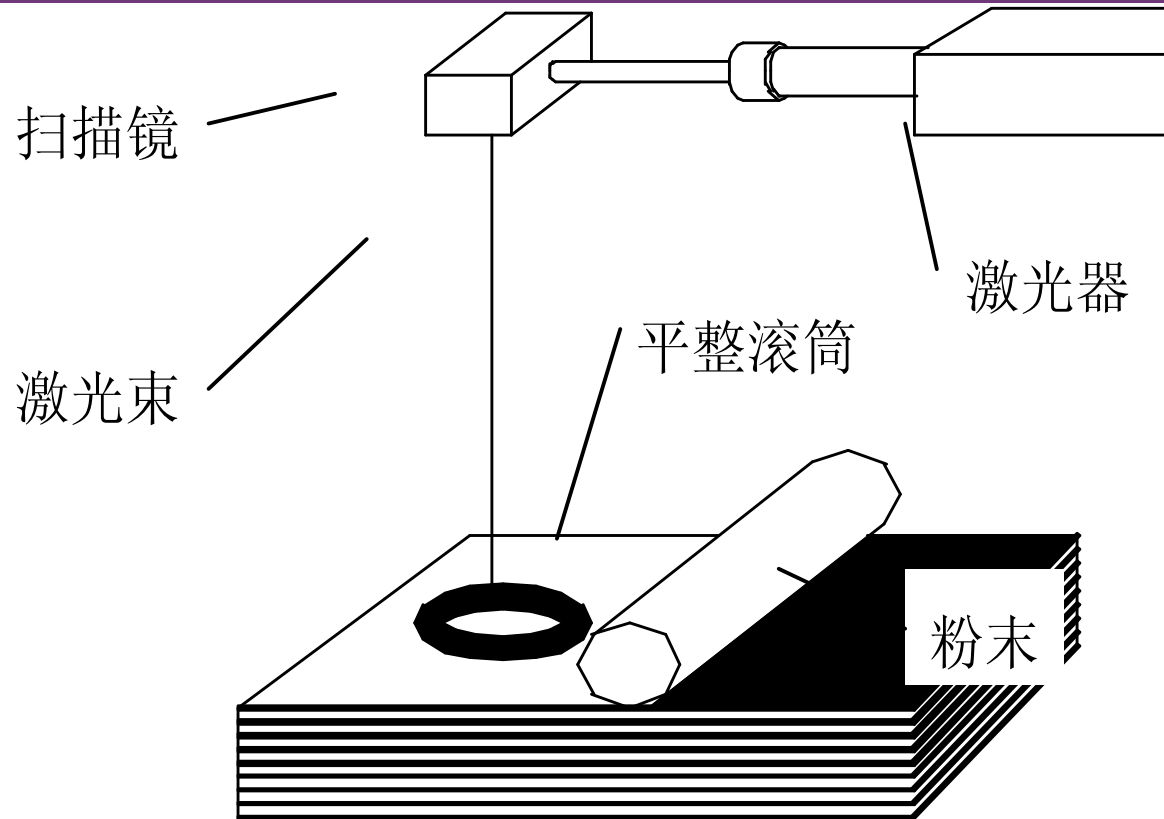


工程车装配试验，共**24**个成形件组装而成

清华大学机械工程系

主要的快速成形制造技术

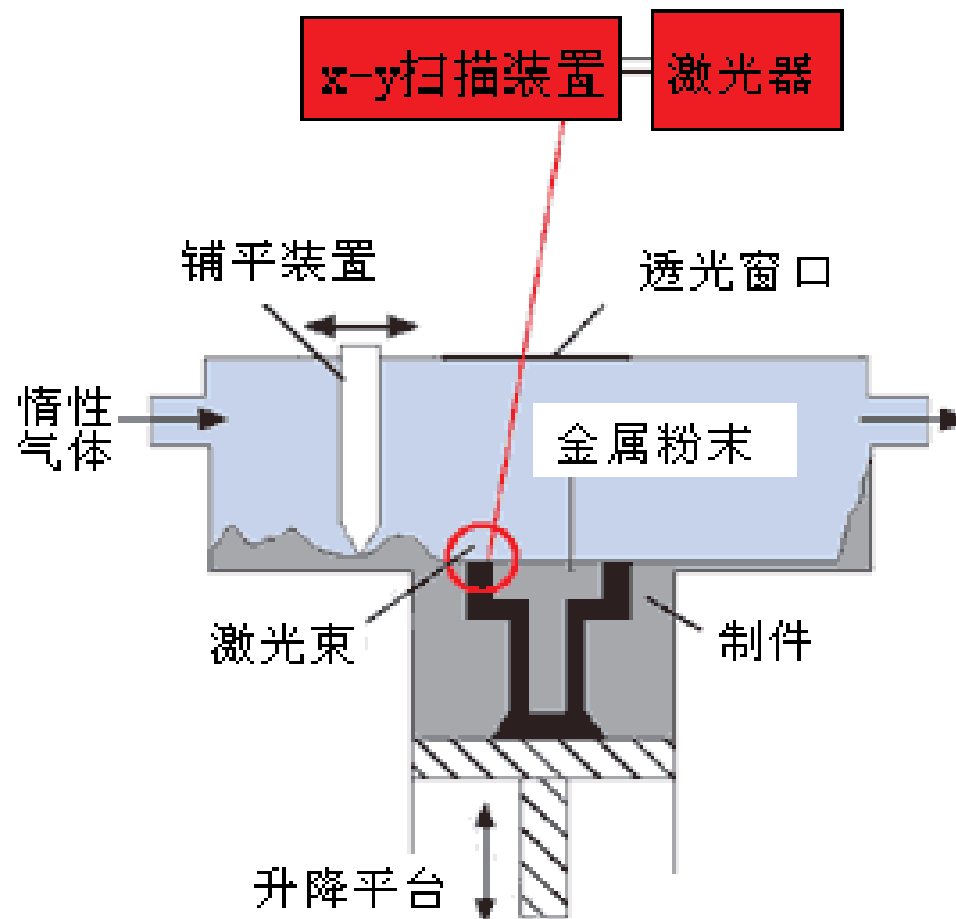
选区激光烧结(SLS)



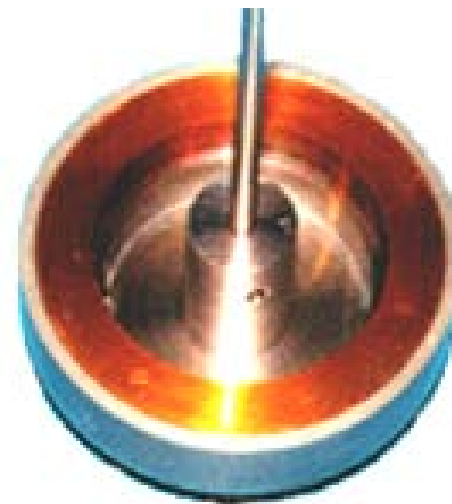
清华大学机械工程系

选区激光熔化(SLM)

与SLS不同的是粉末完全熔化,不需要浸渗

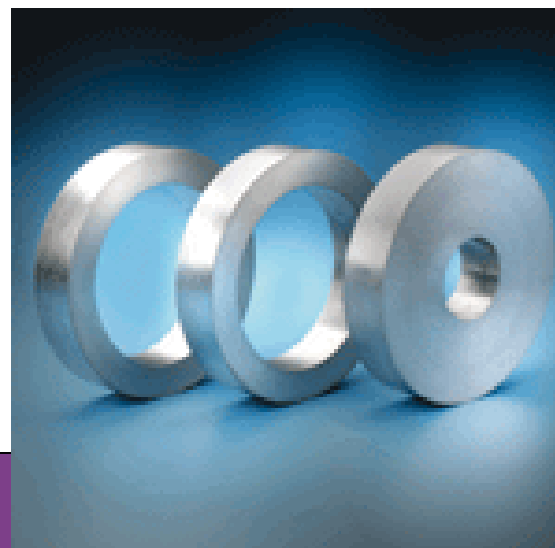


三维印刷 (3DP)



飞轮

档圈



清华大学机械工程系



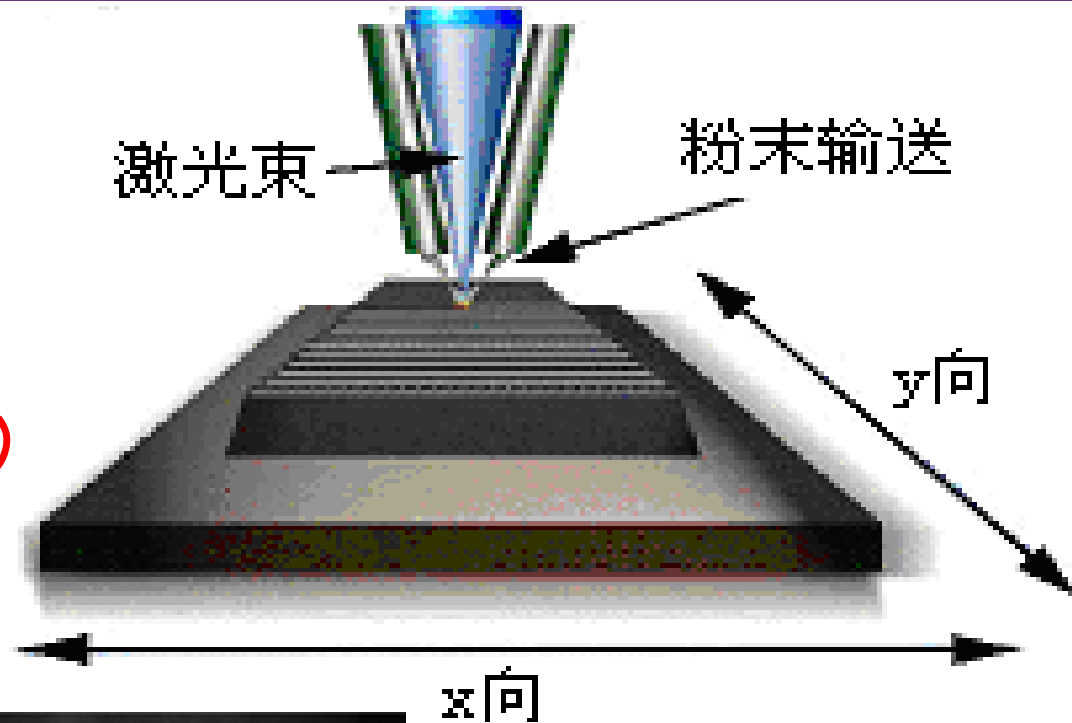
激光近净成形制造 (LENS)

其它类似RM技术:

激光增材制造 (LAM)

直接金属激光烧结 (DMLS)

直接光制造 (DLF)



LAM



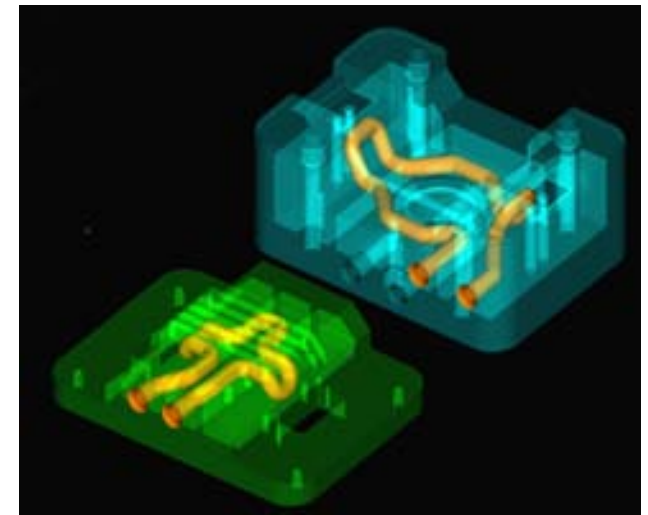
DLF

主要的快速成形制造技术

清华大学机械工程系

激光熔敷成形 (LENS)

- LENS (Laser Engineered Net Shaping) 是在激光熔覆技术和快速原型技术的基础上发展起来的一种金属零件直接快速制造新技术
- 1999年, LENSTM获得了美国工业界中“最富创造力的25项技术”之一的称号
- 类似技术: 直接金属沉积 (DMD)



DMD

电子束选区熔化 (*EBSM*)



铺粉

扫描

下降

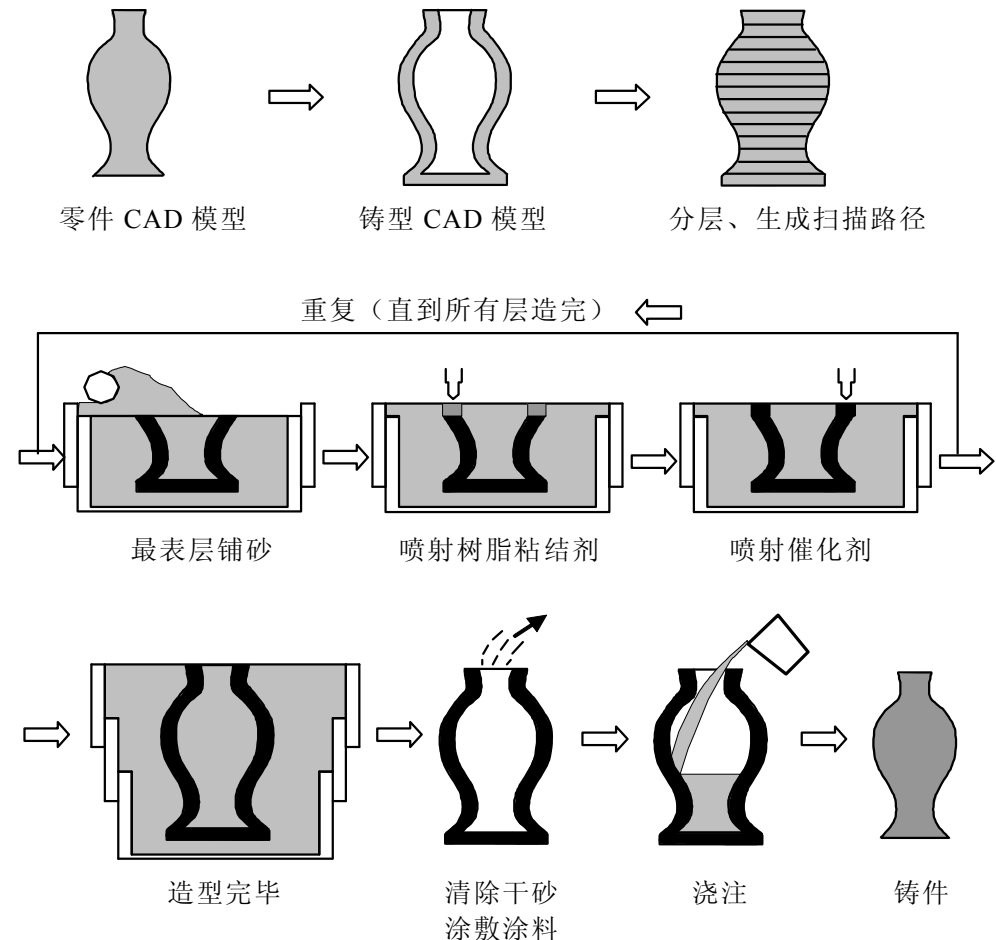
清华大学机械工程系

主要的快速成形制造技术

无木模铸造成形 (PCM)

PCM首次将RP应用于传统的树脂砂铸造工艺,是一种微滴喷射RP铸型制造技术

- 1、制造时间短
- 2、制造成本低
- 3、无需木模
- 4、造型材料价廉
- 5、一体化造型
- 6、型/芯同时成形
- 7、无起模斜度
- 8、制造大型铸型
- 9、制造含自由曲面（曲线）铸型



三、**RPM**技术的主要应用

针对企业需求→

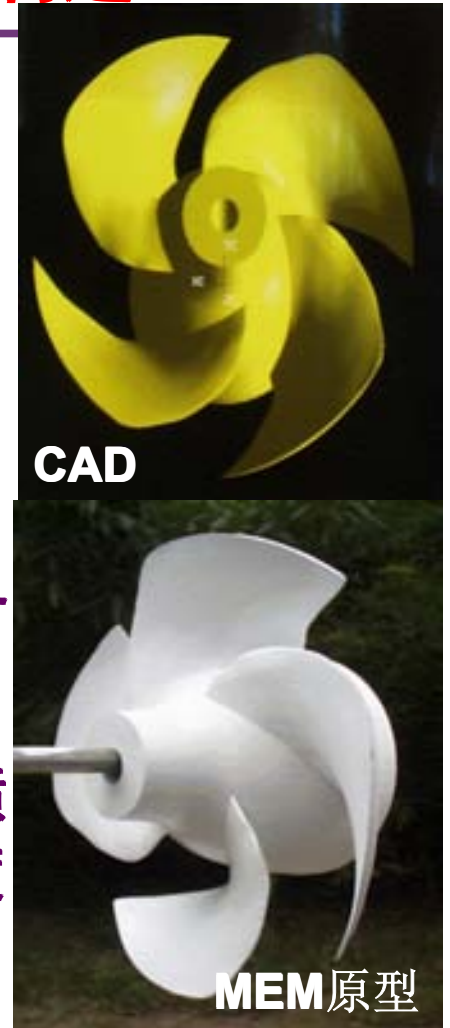
RPM工艺
RPM设备
新材料
新领域

大量原创性发明来自于中小企业，需要针对他们的需求开发RPM新工艺，设计制造RPM新设备

- ⊗价格较低 ⊗可靠性高 ⊗操作简便
- ⊗易与其它技术集成 ⊗材料和运行费便宜

例1. 复杂曲面形状的叶轮叶片的 **FDM(或LOM)原型制造**

- ☆ 由**CAD**模型获得精确的**STL**文件数据;
- ☆ 从开始造型时就考虑减少以至消除台阶效应;
- ☆ 获得数控的**NC**代码;
- ☆ 进行路径规划, 选取最佳路径;
- ☆ 造型的材料是自主开发的**ABS**丝材, 造型设备是我们的**MEM(FDM)**系列设备;
- ☆ 进行熔融沉积, 控制喷头的喷嘴直径, 控制喷射温度和成形室温度, 使得制造的原型的精度和强度最高;
- ☆ 对制造出的原型件进行后处理。



清华大学机械工程系

例2：新型陆军航空兵 头盔**FDM**原型制造



头盔的FDM原型（左）



与各附件的FDM原型（右）

例3. 发动机排气管精铸母模的激光快速成形加工



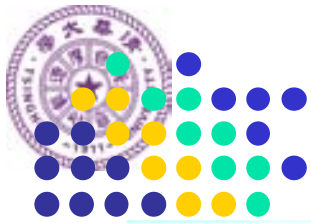
发动机排气管精铸母模的**LOM**原型

清华大学机械工程系

例4：汽车刹车钳体和支架精铸母模的RPM加工



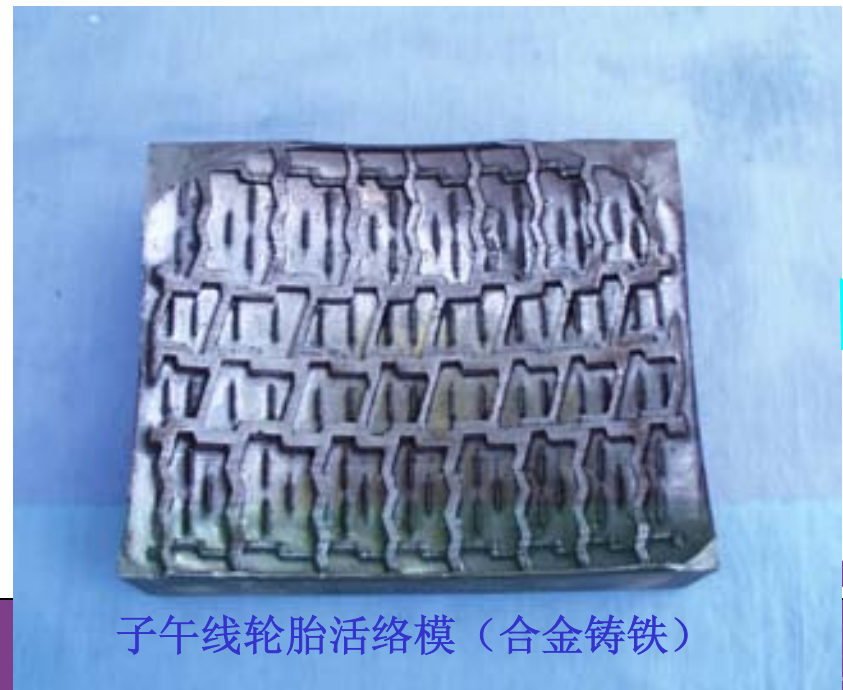
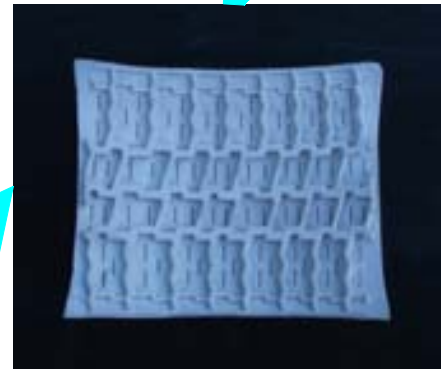
轿车刹车钳体精铸母模的**RP**原型（左）与精铸件（右）



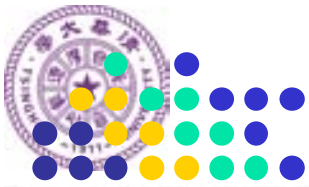
例5：高等级子午线轮胎活络模的RPM加工



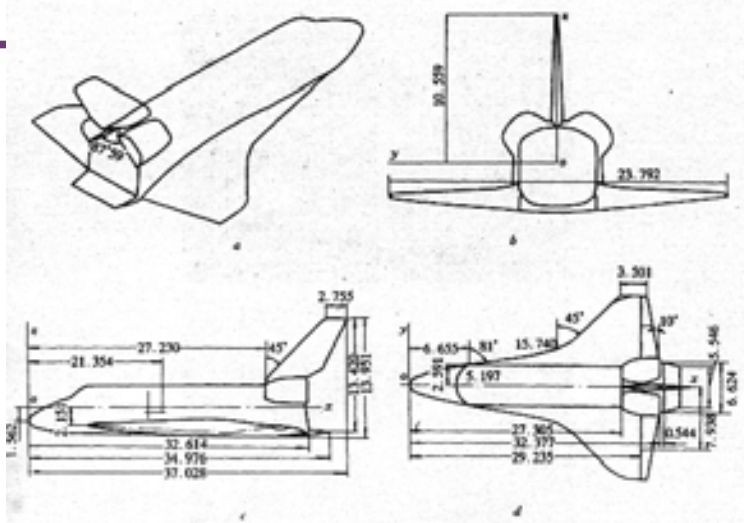
子午线轮胎活络模LOM原型



子午线轮胎活络模（合金铸铁）



例6：航天飞机模型电铸模制造

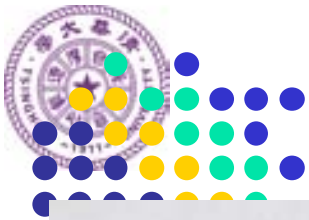


航天飞机的尺寸



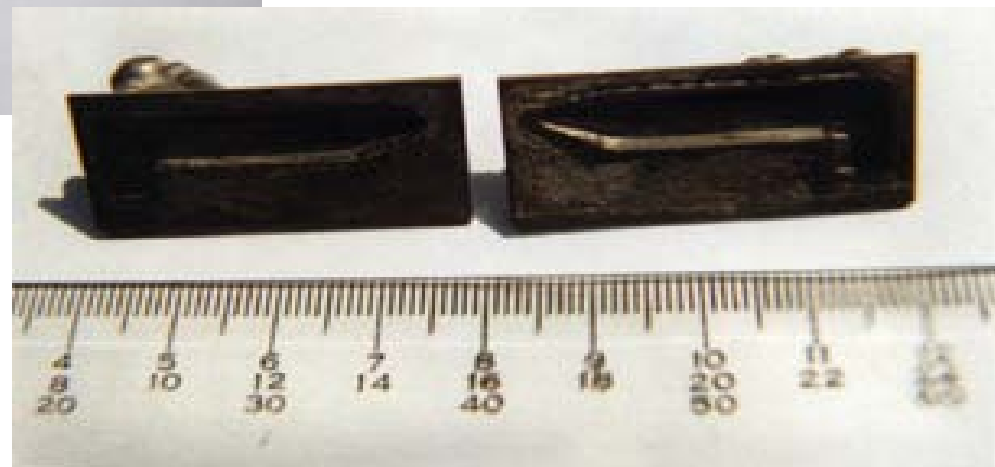
航天飞机**CAD**
造型（左为带
突台的模型）

清华大学机械工程系



航天飞机**SLA**原型图

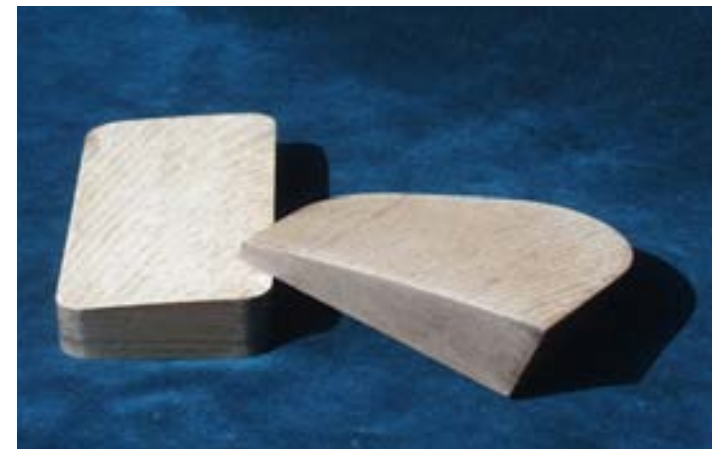
航天飞机模型的电铸层



清华大学机械工程系

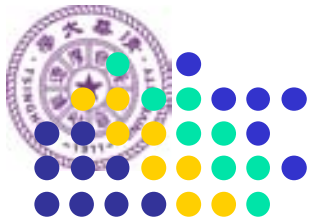


例7：飞机发动机铸件标准靠模RPM制造



清华大学机械工程系

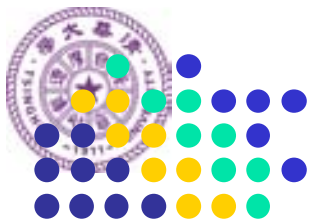
RPM技术的主要应用



例8：水泵零件的无木模砂型制造



清华大学机械工程系



例9：激光熔覆直接金属型制造



同轴送粉喷头



成形中的天体望远镜
镜钨基合金准直器

清华大学机械工程系



例10：汽车覆盖件模具原型及金属件制造



清华大学机械工程系

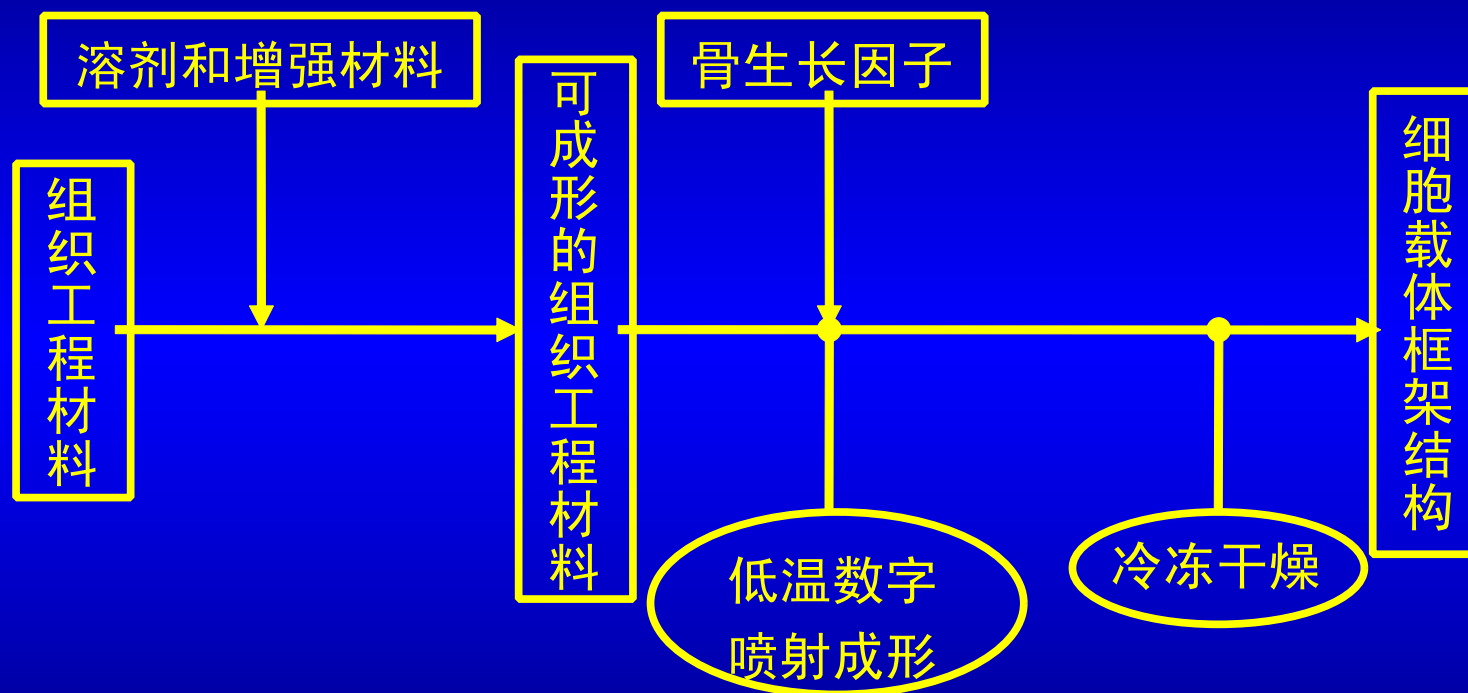
RPM的新兴领域——生物制造(BM)

- 与生命科学和医学密切结合的、所涉及的是可以应用于与人体健康有关的领域的制造科学与技术，统称为**生物制造**
- 制造科学、生物医学、信息科学和材料科学**共同支撑**
- 制造技术为生物医学技术服务最重要方面

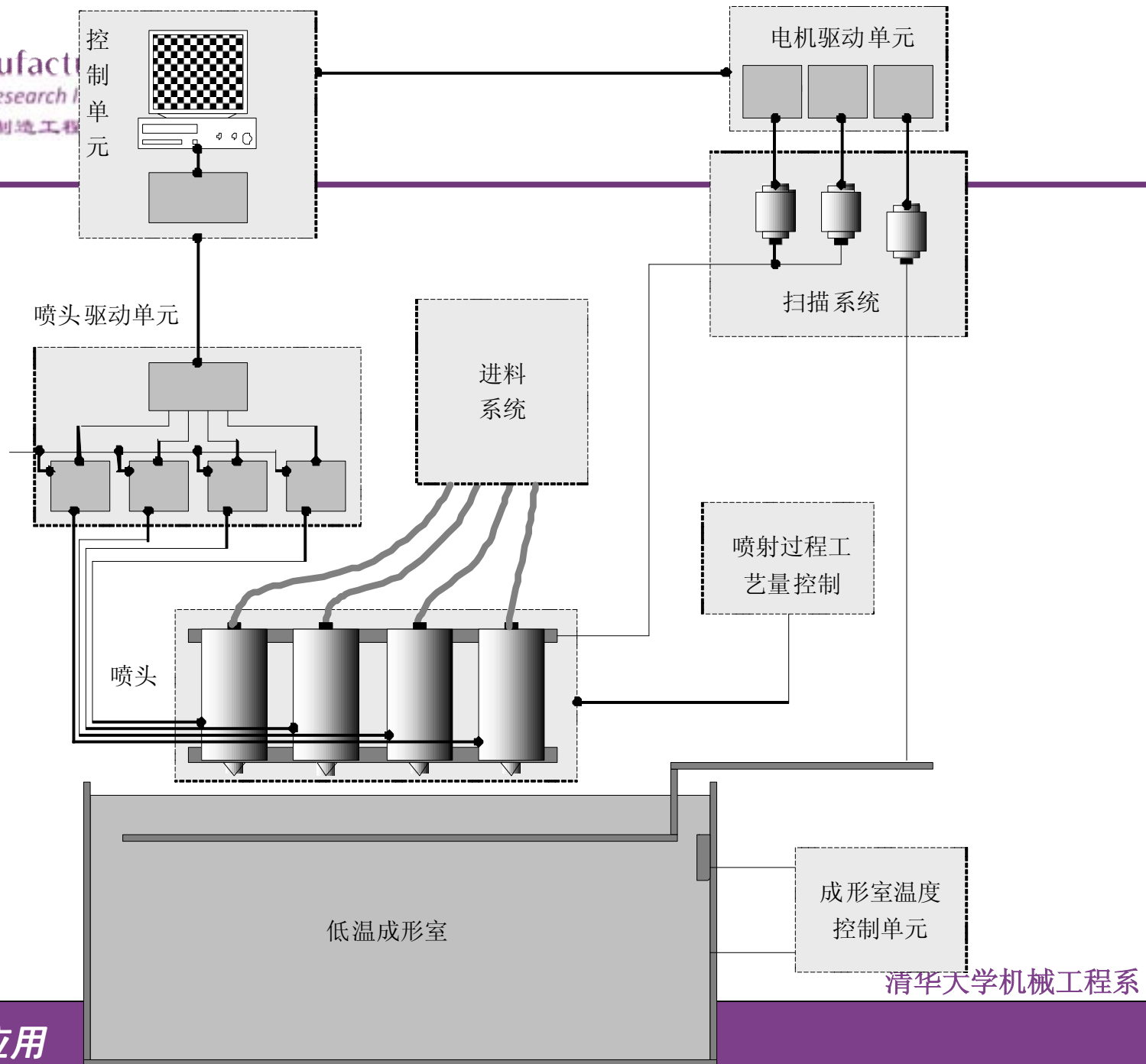
细胞作为特殊的生物材料,它参与
RPM,真正形成了生物制造工程

例11:低温沉积制造工艺

低温沉积制造工艺



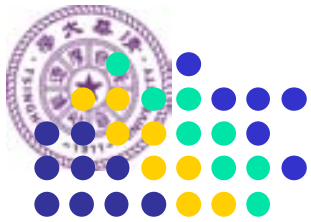
低温沉积制造工艺使用的设备



RPM工艺选择原则

清华大学机械工程系

RPM技术的主要应用



四、快速成形制造技术的新进展

2000年前后的进展

1. 彩色问题
2. M^2 (Multi Material)-RP问题
3. 结构梯度问题
4. 材料梯度（因而引起功能梯度）

彩色原型件制造

桌面型设备开发

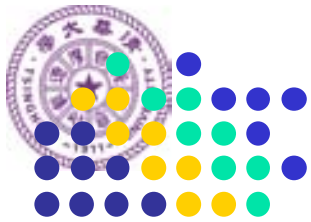
直接金属型制造

2010年前后的进展

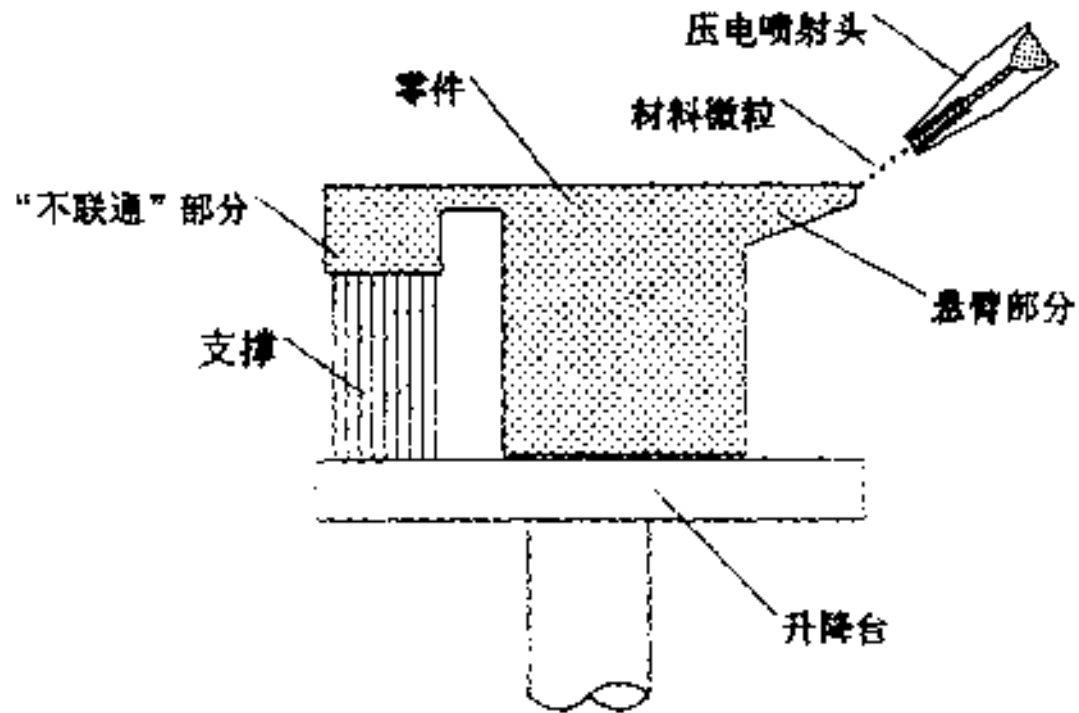
1. 特种金属材料直接制造
2. 非均质建模问题
3. 细胞作为特殊生物材料
4. 小型化、桌面化、计算机外设
5. 微纳加工与制造

微纳制造

生物制造

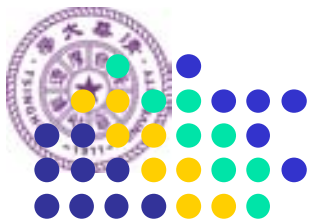


例1: 弹道微粒制造 (**BPM**) 工艺



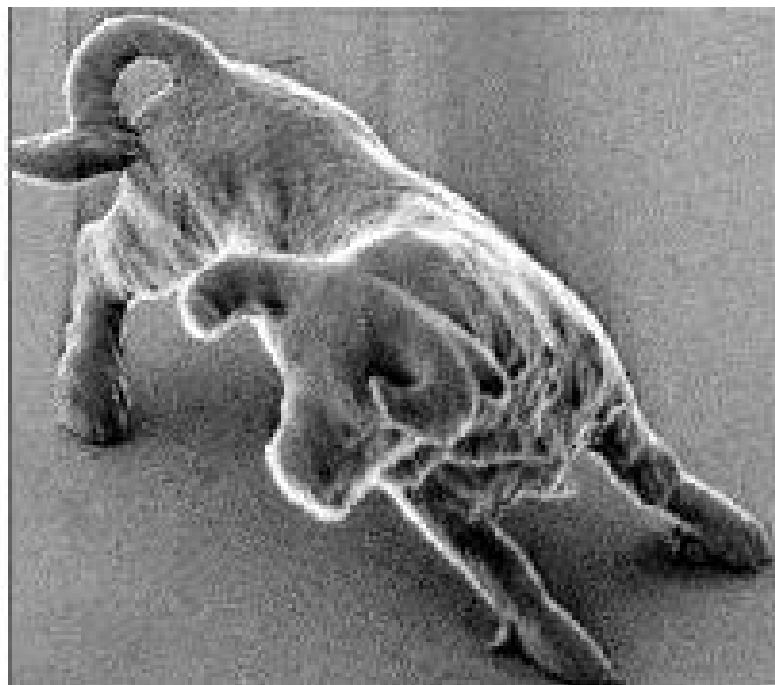
BPM工艺原理图

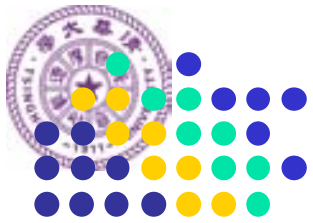
- 美国的**BPM**技术公司商品化
- 用压电喷头系统来沉积熔化了的热塑性塑料的微小颗粒
- 液滴直径一般为**0.075~0.1mm**
- 可成形精细的小零件



例2: *SL*用于微结构制造

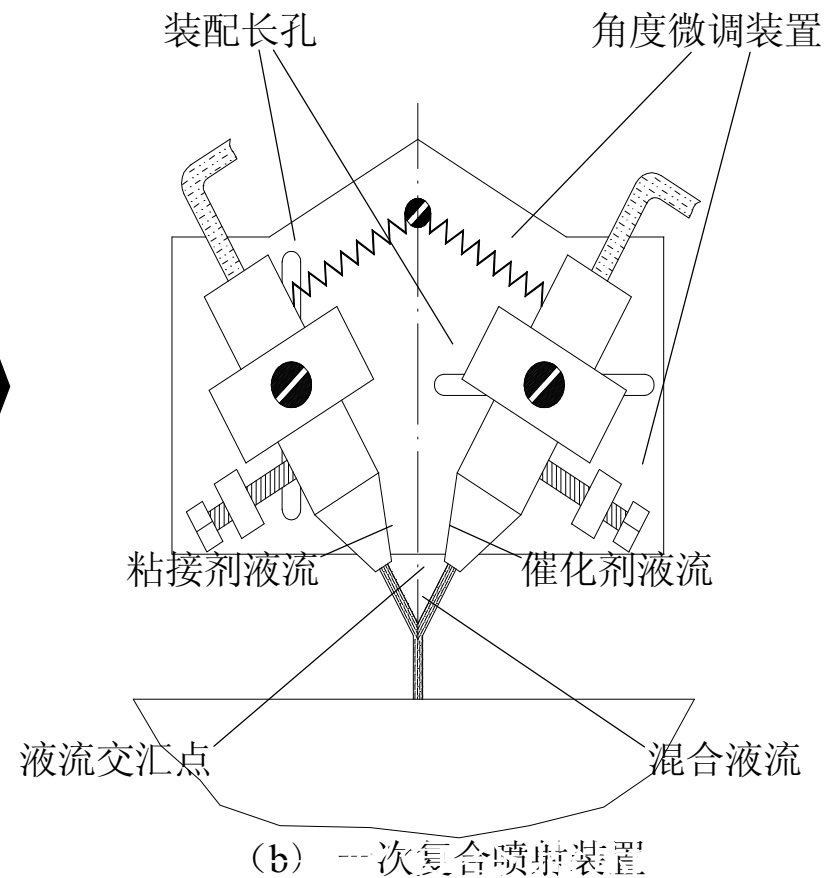
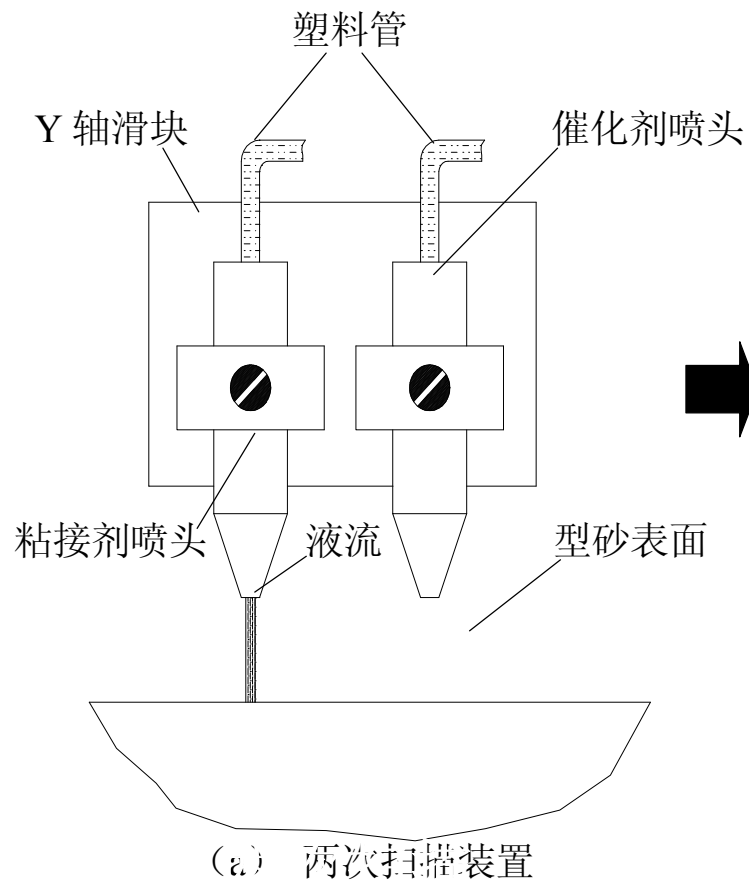
日本大阪大学的**Satoshi Kawata**等人利用光固化制造的“纳米牛”，其中细部特征尺寸达到**150nm**





例3: 双喷头一次复合喷射装置

第三代流体喷射系统的核心



清华大学机械工程系



例4: Z Corporation公司彩色RP

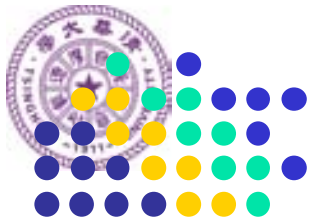


Z801(彩色)



- 材料 淀粉基粉末、石膏基粉末
水基粘结剂
- 喷头结构 128个喷嘴
- 成形速度 单色模式: 6 lpm
彩色模式: 2 lpm
- 层厚 0.076 - 0.254mm





例5: *Objet*公司的近微制造



Objet Quadra 3D Printer

- 成形工件尺寸 **$270 \times 320 \times 200\text{mm}$**
- 分辨率 **$600 \times 600 \times 1200\text{dpi}$**
- 成形材料 **光敏树脂**
- 喷头结构 **1536个喷嘴，带紫外灯**



清华大学机械工程系

例6： 三种直接金属型RPM

■气相沉积成形工艺

美国Texas大学：利用高能量激光束的热能或光能将某种活性气体分解，并沉积出一个材料的薄层，逐层制造出金属零件

■液态金属微滴沉积工艺

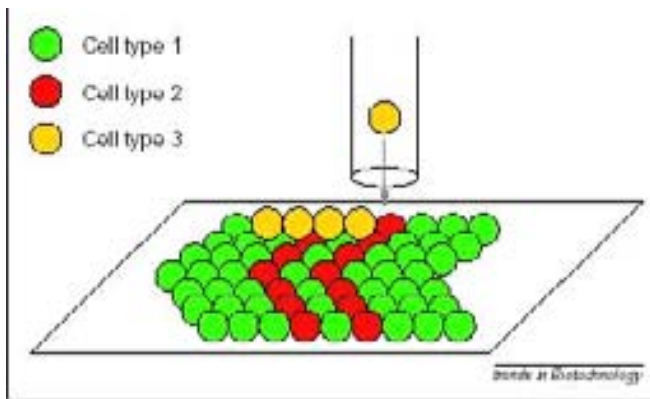
美国MIT：合金熔化均匀喷射出金属微滴，通过控制振动频率来控制金属微滴的轮廓尺寸和特定微滴结构，通过偏转电场来控制金属微滴的运动方向，在底板上得到金属零件

■基于热化学反应的直接金属RP工艺

将室温下为液态的反应物（如有机金属化合物等）从喷头中喷射到加热的底板上，反应物液滴与底板接触后，在某一温度下分解或是相互反应，得到固体金属产物并沉积在底板上

清华大学机械工程系

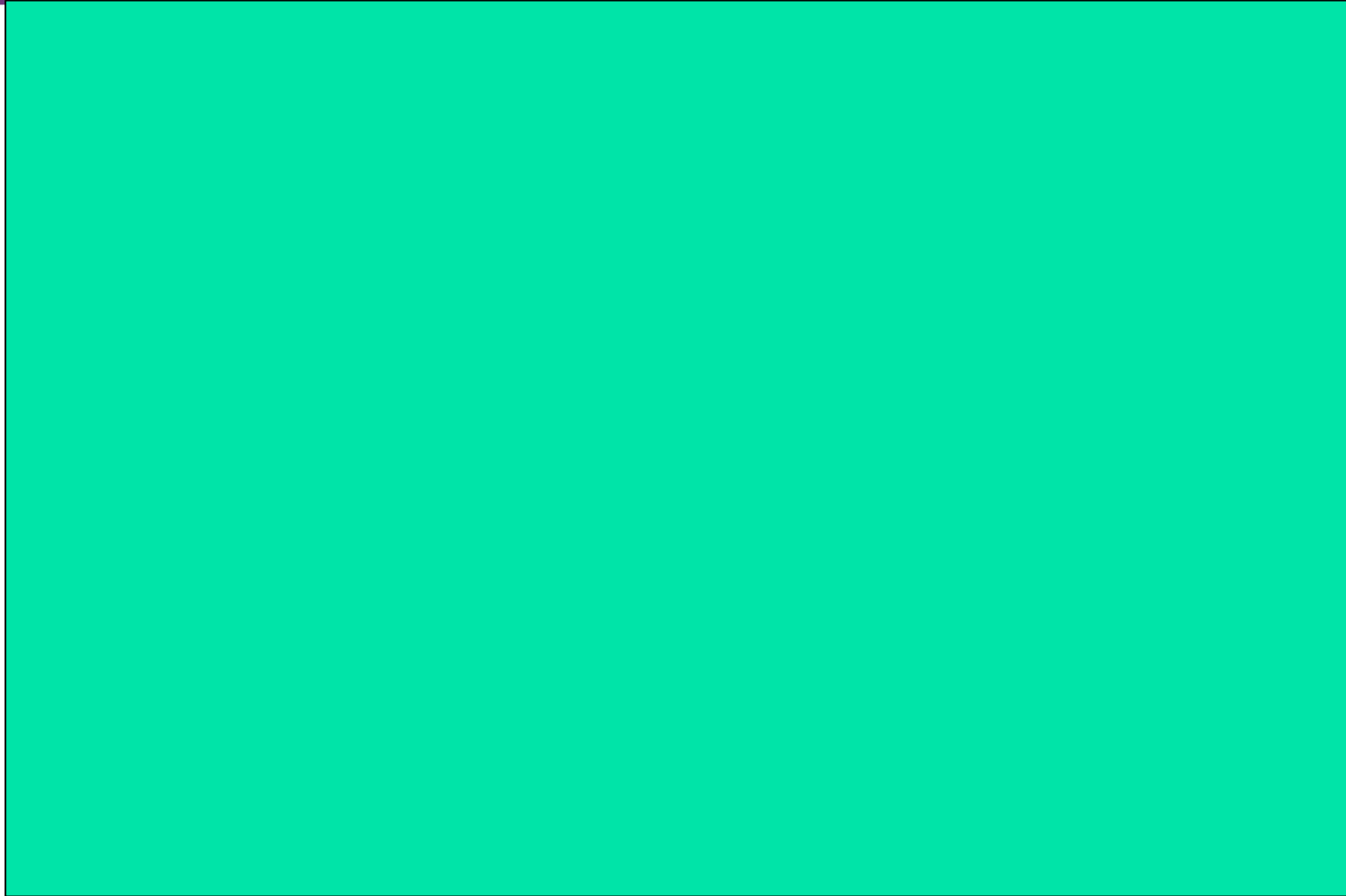
例7：多种细胞直写技术



基于快速成形的制造工艺

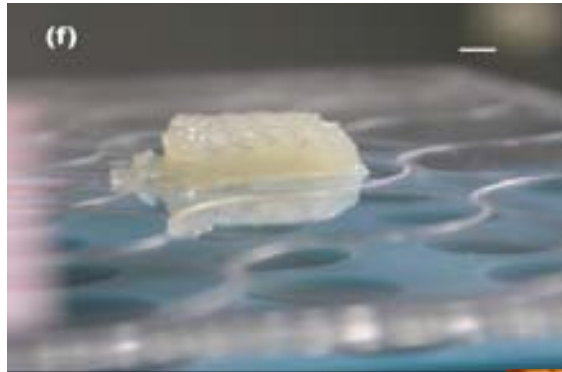
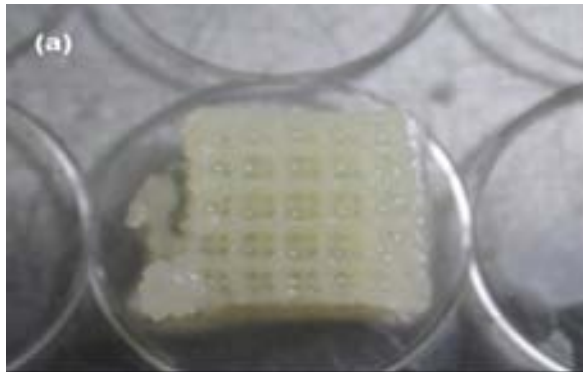
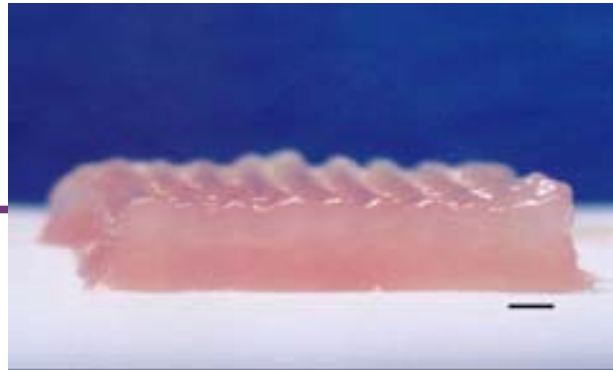
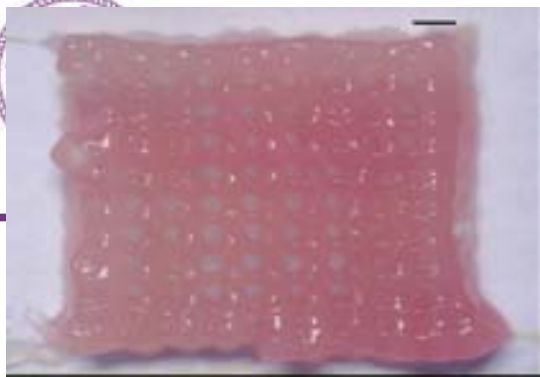
- ◆ 解决细胞分离、培养、组装设计、营养液、凝胶等系列问题
- ◆ 突破细胞识别与排拒问题、结构稳定性问题和组装的功能体的寿命问题
- ◆ 直接堆积细胞或细胞簇成形→人为控制细胞进行组装→国际上刚刚起步

例8: 骨/软骨组织工程梯度支架 分步复合交联工艺



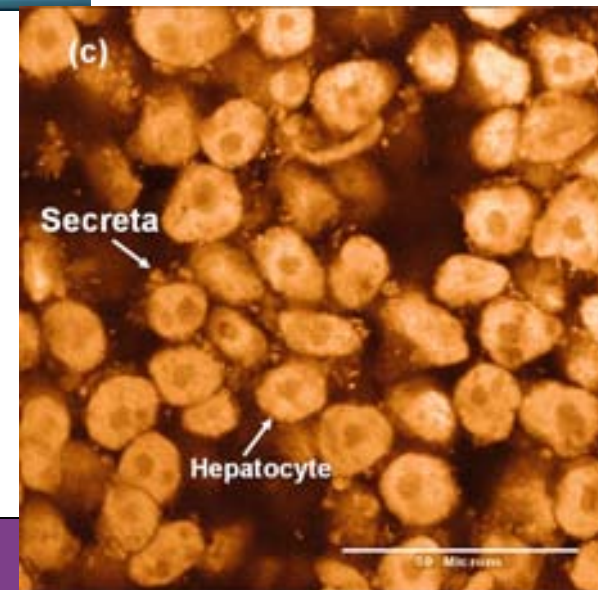
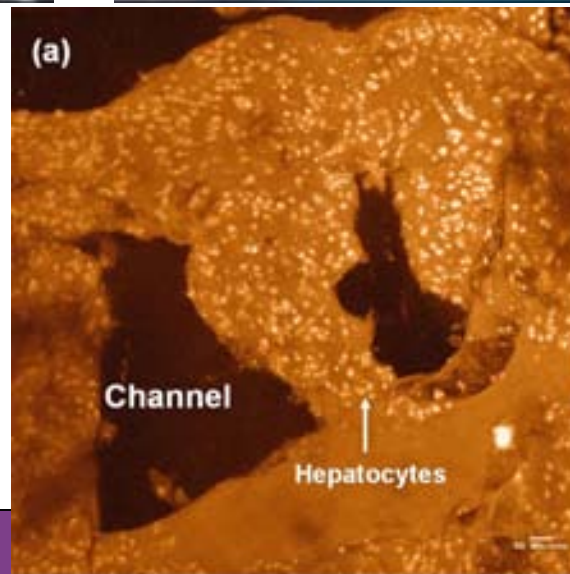
清华大学机械工程系

例9: 软组织细胞3D 组装工艺

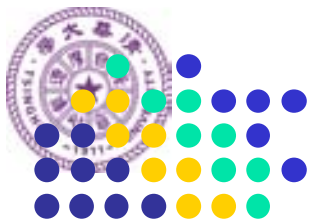


肝细胞/明胶
胶/海藻酸钠
三维结构

肝细胞/明胶
/壳聚糖结构
体培养6天

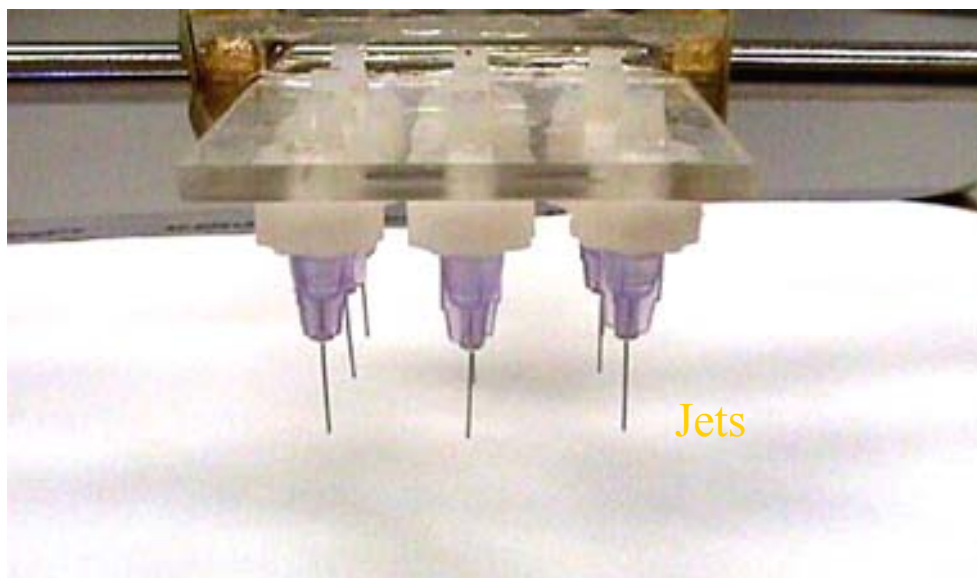


工程系

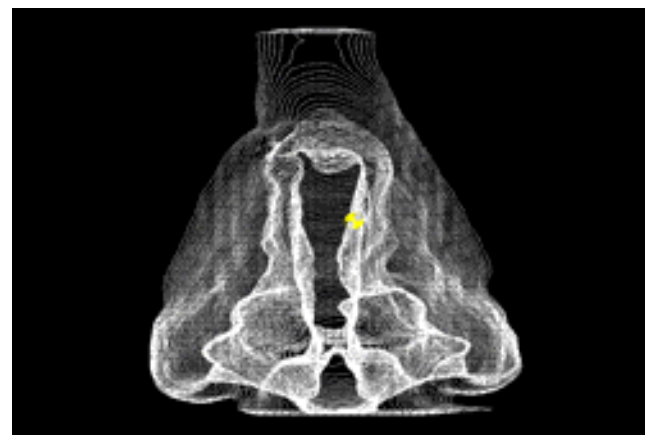


例10: 细胞组装中的微滴喷射技术

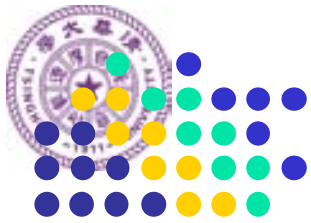
细胞打印技术



小鸡胚胎脊髓
神经细胞喷射
打印结果



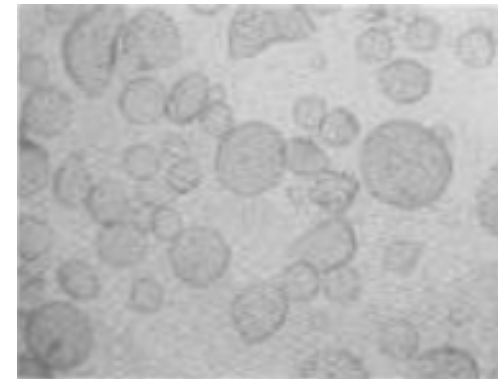
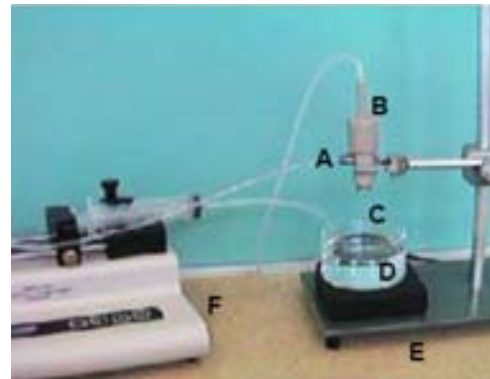
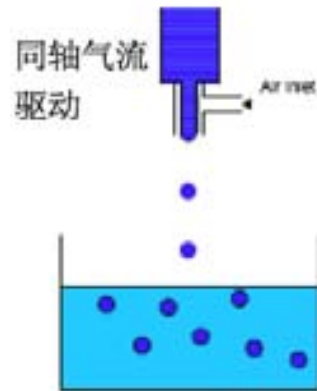
清华大学机械工程系



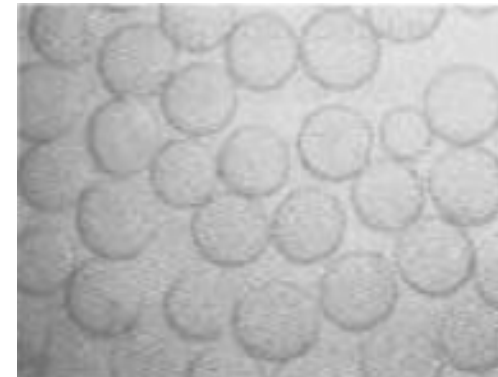
例11：细胞微囊3D组装工艺

原理分析

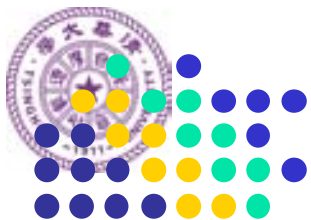
气体驱动法



静电驱动法



清华大学机械工程系



例12: 桌面型F-Print

F-Print的特点

- 设备小巧美观，便于办公室使用
- 一键打印：控制简单，无需培训
- 智能支撑：支撑易剥离
- 耗材便宜：仅为国外产品1/2
- 软件Model Wizard功能强大：测量、纠错
- 材料：强度高，有一定弹性
- 最大特点：操作简便 耗材便宜



清华大学机械工程系

