

航空模具 高效加工制造技术

中国航发东安工装公司

姚小军

2019年3月

一、航空模具的特点

二、航空模具的高效加工

三、航空模具制造新技术

PART 01

航空模具的特点

模具是工业生产的基础，是现代工业生产的主要装备之一，也被称为“工业之母”。



约60%~80%的零部件生产离不开模具，需要依靠模具成形。

模具的生产制造水平已经成为衡量
一个国家制造业水平高低的重要指标！



我国模具行业的发展历程

发展缓慢，制造企业少且产量低，模具种类单一。处于供需关系不合理的混乱状态

萌芽阶段

模具需求不断加大
模具更新换代加快
具有技术优势的国外模具企业开始进入国内市场，中小企业竞争激烈

快速发展阶段

引进国外先进生产设备和科学管理理念并自行研制开发了一批适合我国国情的模具新钢种，模具产量及生产工艺得到提升

产品竞争阶段

品牌竞争阶段

有实力的模具企业注重品牌宣传、产品创新，服务提升和渠道终端建设，逐步开拓中高端模具市场，走向国际

技术引进

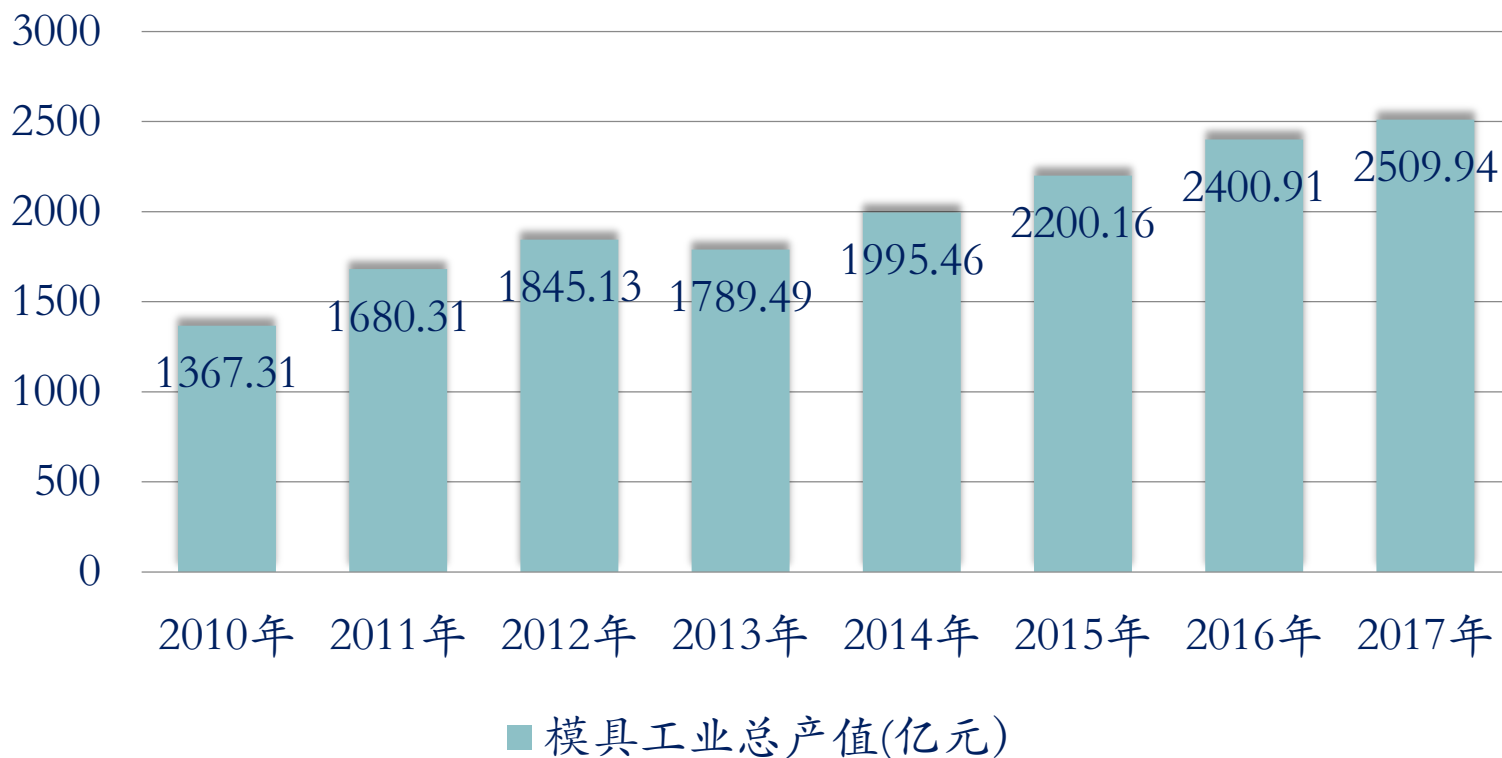


自主创新



近年来，我国在汽车、电子、家电及机械等行业的高速发展，带动了模具行业的迅猛发展。据国家统计局数字显示，2017年我国模具行业工业总产值已达到2509.94亿元，模具生产总量已位居世界前列。未来几年，我国模具行业工业总产值将保持持续增长。

近几年模具工业总产值(亿元)



航空制造业是模具制造业的皇冠。
模具在航空领域应用广泛，是各类航空零部件生产制造中重要且特殊的一种工艺装备，航空零部件产品需要使用各种类型的模具来提供毛坯件。

尤其在航空发动机的研制生产过程中，使用了大量的锻造、冲压、砂型铸造模具和精密铸造模具等。



机匣
附件机匣
减速器壳体

- 毛坯为大型复杂铝镁合金铸件，使用砂型铸造模具

航空发动
机叶片

- 毛坯为精铸件或锻件，使用精密铸造模具和锻造模具



模具类型

- 锻造模具：叶片锻模
- 铸造模具：砂型模具、金属型模具、精铸模具
- 冲压模具

模具材料

- 铝合金：砂型铸造模具，使用7075,6061, LD5
- 工具钢：T8,T10
- 模具钢：H13, 5CrNiMo, 9CrSi等

加工工艺

- 车削、铣削、磨削、钳工等通用加工工艺
- 电火花成形、电火花切割等特种加工工艺

设计制造 周期

- 交付周期短，接到订货订单到交付使用只有1~2个月

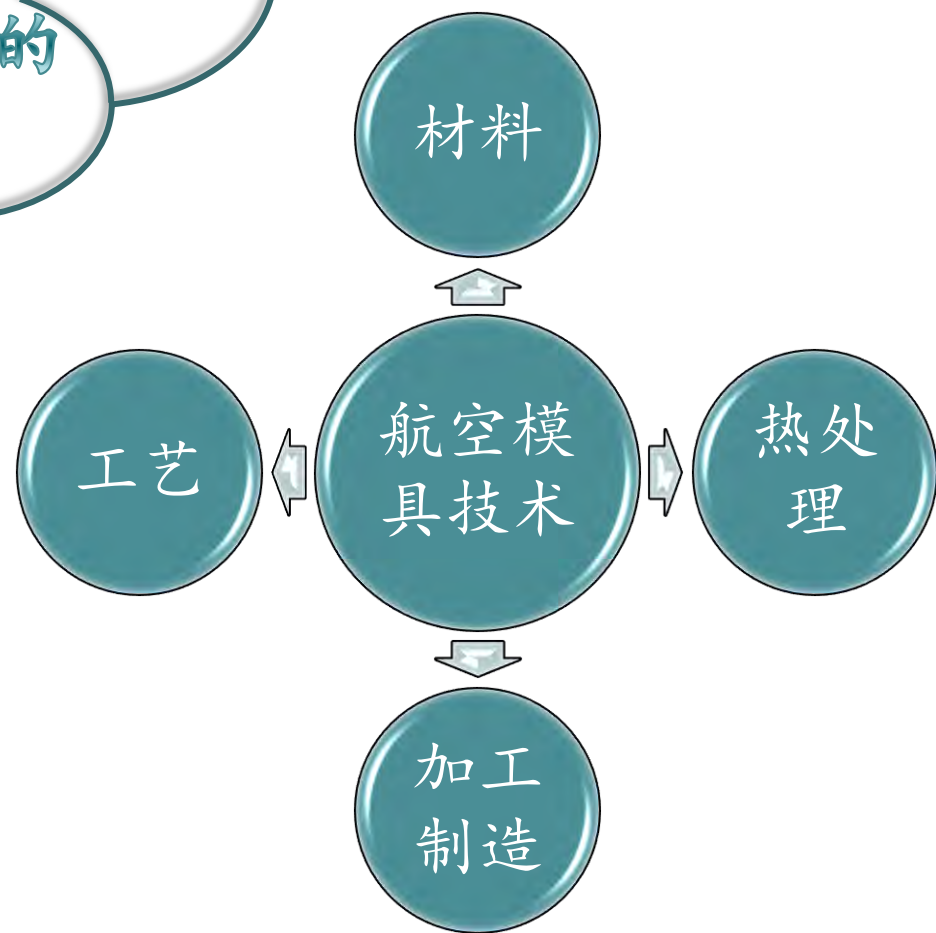
生产批量

- 批量小，一次只生产一件 或几件

航空模具的特点就是模具类型和材料种类多、结构差异大、加工工艺复杂、单件小批、交付周期短、设计制造要求的精度和质量高。



航空模具技术
是一门包含材料、工艺、热
处理、加工制造等多学科的
综合性技术



PART 02

航空模具的高效加工

什么是高效加工？



一、高效加工的定义

“高效”，也就是高效率。

高效加工技术是在日益激烈的全球化市场竞争的背景下产生的，是为了不断适应制造业的迅速发展形势和不断开发新产品的的市场需求的一项综合性的系统工程，是一项先进的制造技术。

现代制造业正在向“高速、精密、复合、智能和环保”的方向迅猛发展，而高效加工扮演越来越重要的角色。



二、高效加工技术的意义

高效加工技术的研究和推广，可以大幅提高产品质量，缩短交付周期并降低生产成本。

高效加工技术不仅仅是单纯的提高产品的加工制造效率，它涵盖了整个产品设计、制造、管理的各个环节，体现在产品生产制造过程中的方方面面。

如何才能实现航空模具
的高效加工呢？

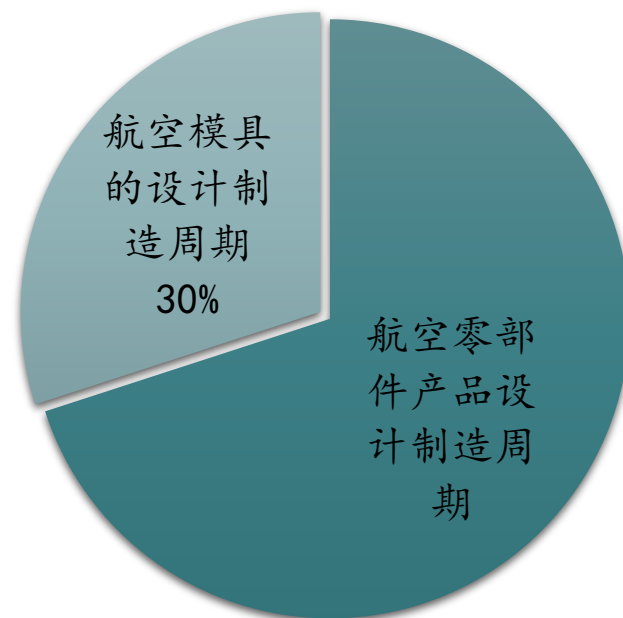
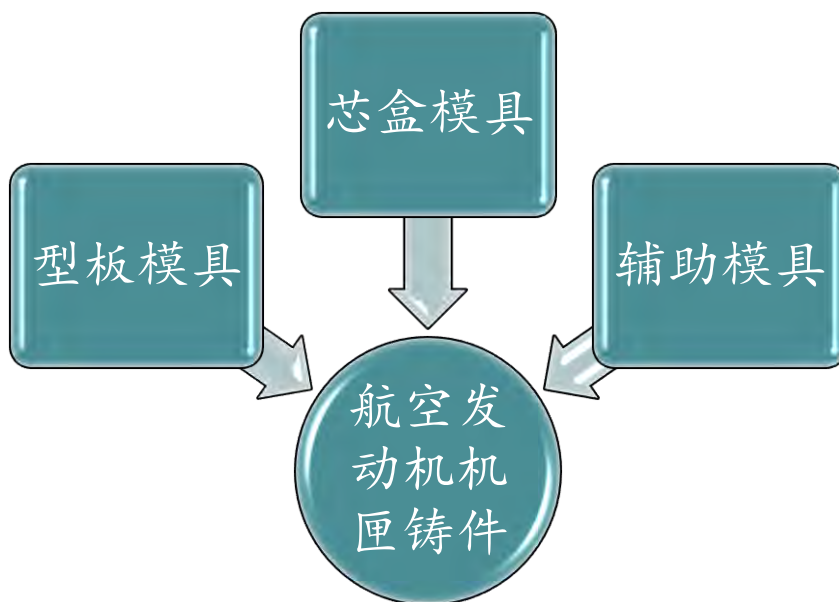


实现航空模具高效加工的四个途径



1、航空模具的设计效率

航空模具的设计制造周期约
占整个航空产品的设计制造周期
的30%，一件航空产品的制造往往
需要多套模具才能完成。





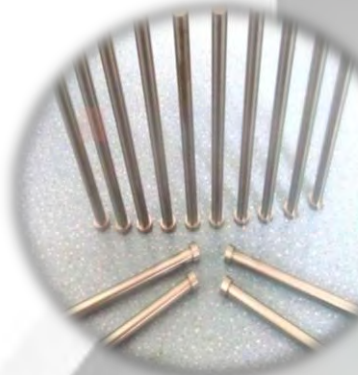
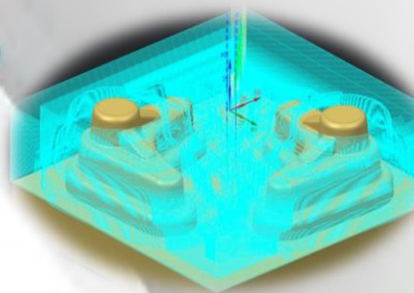
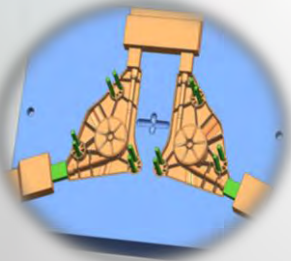
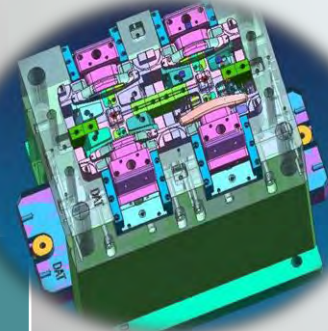
设计是制造的源头，航空模具设计的效率高低、模具结构设计的合理性、工艺性直接影响航空模具的生产制造效率！

三维设计制造一体化软件的应用

- 随着数字化技术和计算机辅助设计技术的不断发展和普及，数字化技术已经应用到航空模具设计制造的全过程。在航空模具设计的过程中应用三维设计制造一体化软件，实现了航空模具全三维数字化设计制造，航空模具的设计更为直观、高效。

模具设计标准化和标准件的应用

- 航空模具产品虽然属于单件小批生产，但是在产品结构上具有相似性，在同一系列的模具产品上采用相同或相似的模具结构方案，大大提高模具设计的效率，在模具中大量应用标准件，缩短航空模具设计制造周期达25%-40%。模具结构标准化程度的提高，减少了需加工的模具零件的数量，这样就缩短了模具的制造周期，而标准件的批量生产同时降低生产成本。



2、高效的加工过程

计算机技术和机床工业的快速进步和发展，数控技术已经得到普遍应用。数控加工中心现在已经成为航空模具生产中一种最主要的加工设备。航空模具的制造以数控加工为主要加工方法，80%的航空模具产品都在数控加工中心上进行加工。实现航空模具高效加工的关键在于提高数控加工的效率。



1、高速加工中心

- 引进高速加工中心，使用高转速、小切削量，快进给的高速切削加工技术（HSM）来实现高精、高效的模具制造。
- 优点：高速加工显著提高铣削时的切削速度和进给速度，切削速度是普通切削速度的5-10倍，缩短加工时间，提高工件表面质量和加工精度，减少加工工序和简化了工艺生产流程。

2、多轴加工中心

- 通过工件或主轴头的附加回转及摆动为铣刀的铣削创造最佳的工艺条件
- 优点：避免了刀具系统与工件的碰撞，减小刀具加工时的抖动和刀具破损的危险，解决了模具加工时多次装夹的问题，有利于提高航空模具表面质量和加工效率。

3、先进的刀具系统

- 高速加工必须要相应的高速加工刀具支持，根据实际的加工需求，使用针对特定材料、特定加工方式的硬质合金涂层刀具
- 定制专用的成型刀具、组合刀具
- 优点：缩短了模具的加工时间，提高模具加工的质量，提升数控加工的效率。



意大利菲迪亚高速五轴加工中心
FIDIA K211



瑞士米克朗高速五轴加工中心
UCP 710

4、快换夹具、零点定位系统

- 快换夹具、零点定位系统的应用改变了加工时传统的装夹、打表校验的方式，快速方便的进行加工零件的装夹定位和找正。
- 重复定位精度达0.002mm, 定位锁紧同步完成，装夹找正1-2min;
- 优点：大幅降低加工时的辅助时间，提高机床的实际生产效率。



快换夹具、零点定位系统

5、激光刀具测量系统

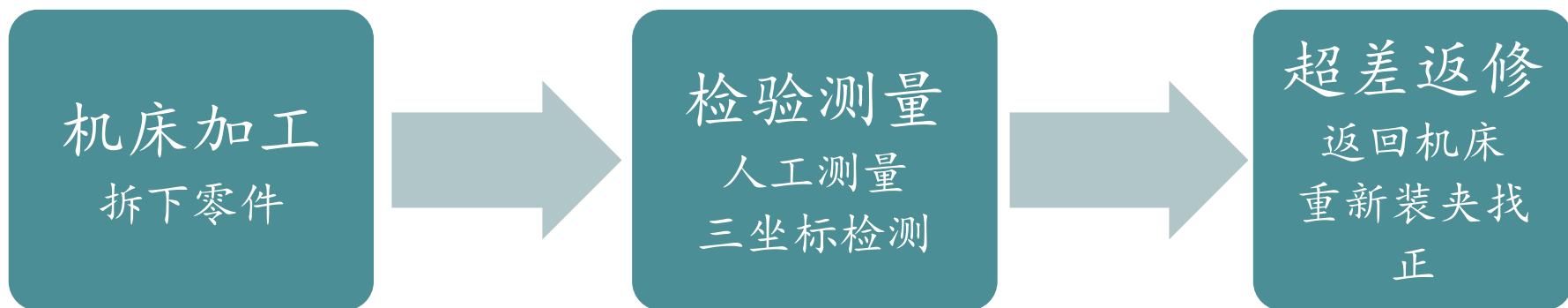
- 在数控加工中心上配置激光刀具测量系统
- 优点：非接触式的刀具测量和破损监控，实现了刀具对刀和刀具补偿的智能自动化测量，实现更快、更精的数控加工效果。



激光刀具测量系统

3、高效的检测检验

传统的检验流程：



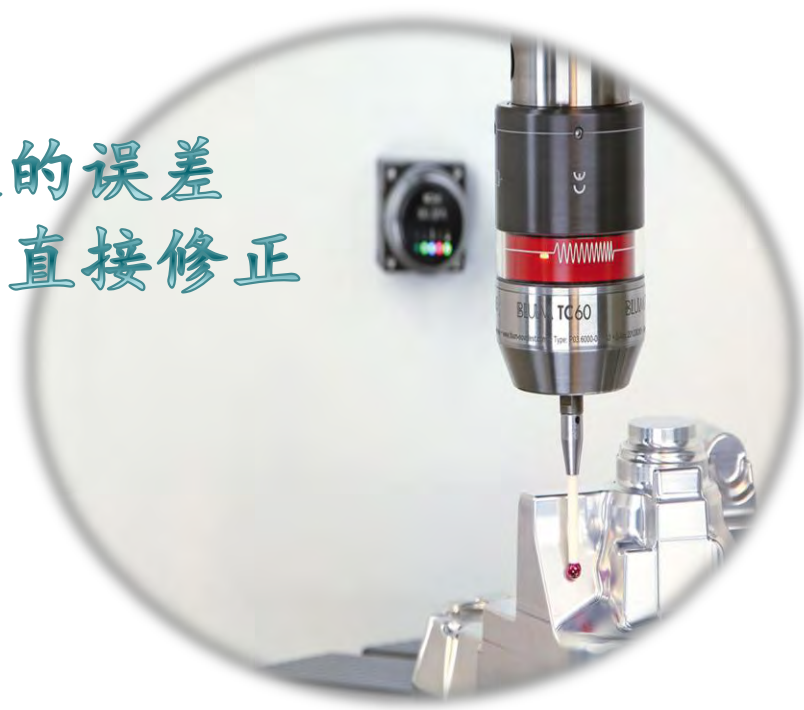
缺点：

- 1、零件需来回运转，送检周期长，零件易发生磕打碰伤
- 2、检验人员手动测量，需要的测量工具种类多，检测效率低
- 3、三坐标检测需重新装夹、建立基准，存在变形和测量误差

机床在线测量系统：

升级改造机床，在机床安装在线测量系统，使用测头实现零件的二维和三维的在线测量。

优点：1、节省零件转送时间
2、避免二次装夹找正引起的误差
3、不用拆卸零件，超差后直接修正



4、精益的生产管理



精益生产管理模式可以更有效快捷的组织生产，信息化生产管理平台可以实现对生产订单和生产过程的全掌控，实时动态的掌握航空模具产品的加工制造进度，为航空模具的准时交付提供有力保障！

PART 03

航空模具制造新技术

2013年，德国率先提出工业4.0，利用物联信息系统将生产中的供应、制造、销售信息数据化、智慧化，最后达到快速、有效、个人化的产品供应。

2015年，国务院印发《中国制造2025》，部署全面推进实施制造强国战略，被誉为中国版“工业4.0”。

新技术、新工艺的应用使航空模具的制造技术跨上一个新台阶。



一、砂型/砂芯3D打印技术

一种基于快速成形技术的快速砂型/砂芯制作技术，采用喷墨打印原理。根据三维模型，先铺一层预混固化剂的原砂，然后将粘合剂喷在需要成型的区域，形成零件截面，然后不断重复，层层叠加，最终获得所需的砂型。



应用范围：

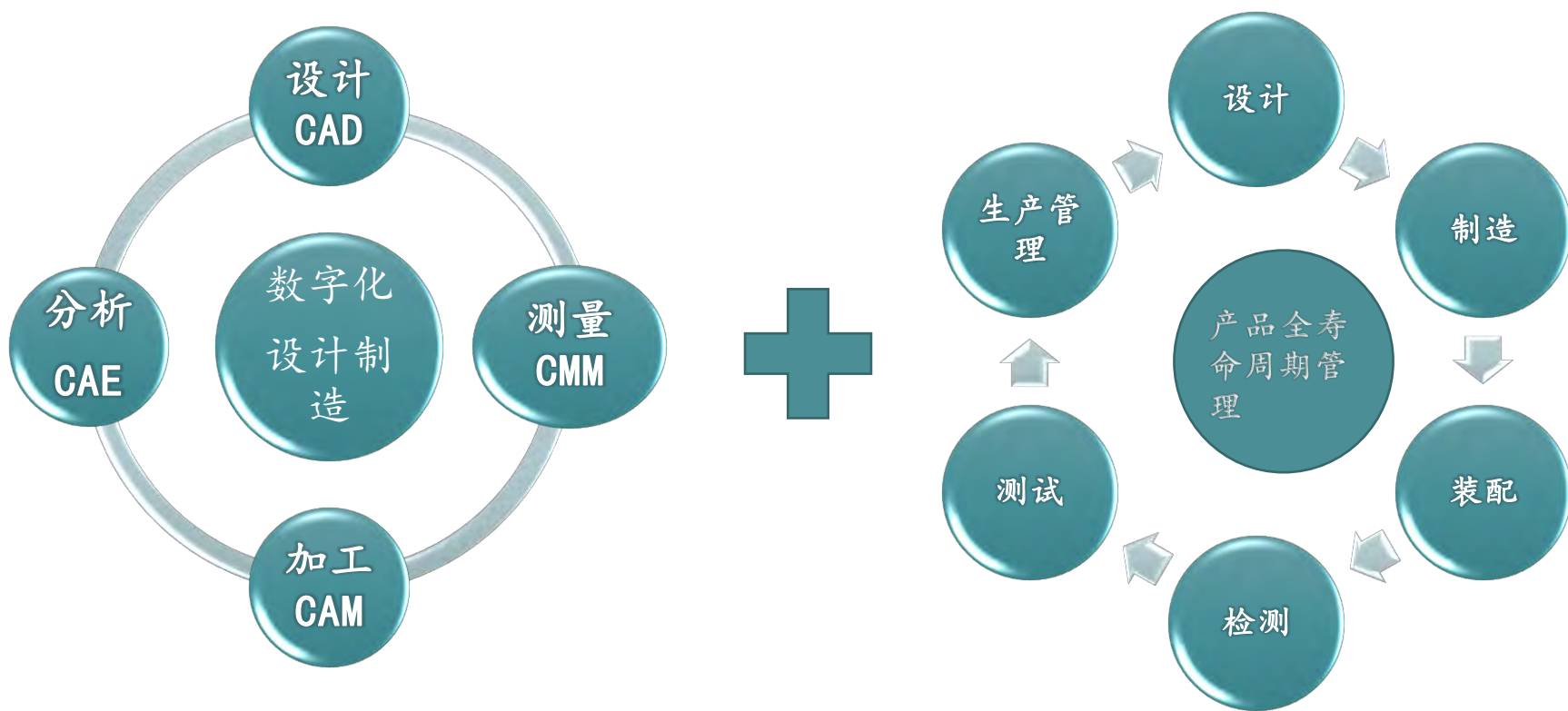
适用于大型复杂铝镁合金铸件的单件小批量制造和新产品开发。目前已经在航空发动机机匣等大型复杂铝镁铸件的研制过程中进行了大量应用。

技术优点：

- 1、制造周期短，省去了模具设计和加工的过程
- 2、工艺灵活性好，铸造工艺改进时仅需直接修改砂型数据；
- 3、降低了组芯难度，可以直接将砂芯整体打印，简化组型方案，保证铸件尺寸精度。

二、智能数字化设计制造技术

智能数字化设计软件集成了设计、分析、加工、测量全功能模块。各功能模块采用统一数据模型，实现数据信息的综合管理和共享，实现了模具从设计、制造、装配、检测、测试以及生产管理的产产品全寿命周期管理。智能化的设计软件利用人工智能方法，充分运用模具专家的知识 and 经验，实现设计合理性和先进性，逐步实现从设计、分析评估到制造过程的完全自动化。未来借助于工业云平台，企业间还能实现协同研发、制造、供应等数字化融合。



三、虚拟制造技术

一种以信息技术、仿真技术和虚拟现实技术为支持，可虚拟进行产品设计、制造的新技术。

虚拟产品设计

- 产品设计阶段，实时并行地模拟出产品未来制造全过程及其对产品设计的影响，预测产品性能、产品制造成本、产品的制造性
- 有效、经济地灵活地组织制造生产，使工厂和车间的资源得到合理配置，以达到产品的开发周期和成本的最小化，产品设计质量的最优化，生产效率的最高化之目的。

虚拟产品制造

- 运用计算机仿真技术，对零件的加工方法、加工工序、工装的选择、工艺参数的选用、加工工艺性、装配工艺性、配合件之间的配合性、连接件之间的连接性、运动构件的运动性等进行建模仿真
- 可以提前发现加工缺陷、装配问题，从而能够优化制造过程，提高加工效率

虚拟生产过程

- 通过计算机仿真生产过程，实现对生产系统的可靠性分析，对生产过程的合理制定、物料库存、生产调度、生产系统的规划设计进行优化，
- 实现对人力资源、制造资源的合理配置，缩短产品生产周期，降低生产成本。

四、快速模具制造技术

将快速成型技术与模具技术结合的一种模具制造新技术。根据在计算机上构造的产品三维模型，能在很短时间内直接制造出产品的样品，无需使用传统中的刀具、夹具和模具，缩短了产品开发期，加快了产品更新换代的速度，降低了企业投资新产品的风险。

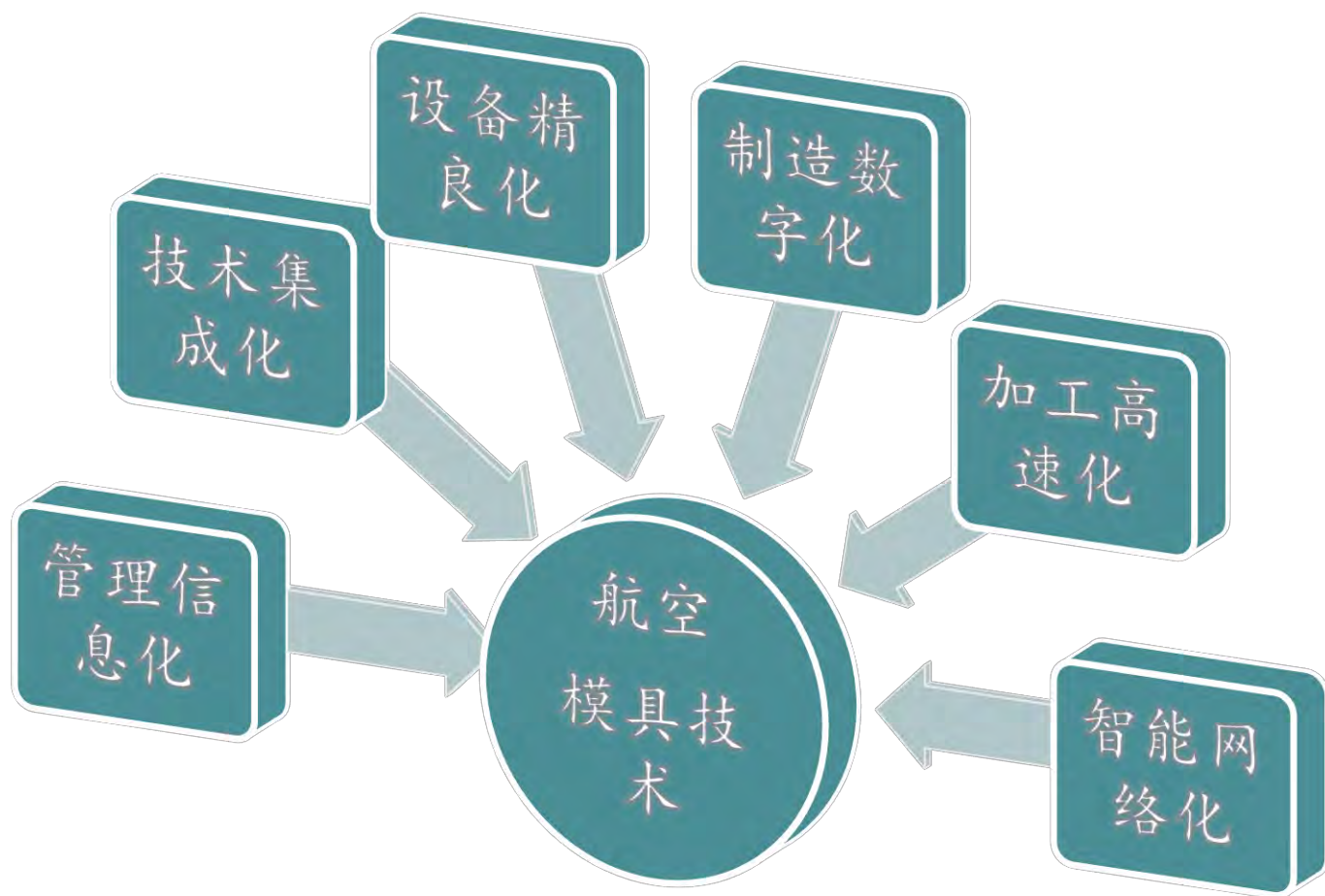
直接快速制模

- 应用快速成型技术直接造出树脂模、陶瓷模和金属模具。
- 应用最为广泛的是选择性激光烧结工艺（SLS），它借助于计算机辅助设计制造，利用高能激光束的热效应使一层层的材料粉末熔化而粘接成形并逐层叠加，获得实体零件。

间接快速制模

- 用快速成形件作为母模或过渡模具，再通过传统的模具制造方法来制造模具

未来航空模具技术的发展方向



谢
谢！