

第九讲 详细设计

杨帆 2020年11月13日







每个项目小组有一位大二学长进行帮助辅导

小组1: 黑板抓拍器 赵天予

小组2:冷刺激唤醒 刘杰学

小组3: 小型烘干衣架 方胜伟

小组4: 宿舍远程关灯 张皓博



本章学习目标



- 1. 能够对产品进行功能分解
- 2. 能够绘制功能元素图
- 3. 能够对功能元素图进行聚类
- 4. 能够绘制系统几何结构简图
- 5. 能够对模块进行分解
- 6. 能够设计底层模块
- 7. 能够进行关联设计
- 8. 能够进行设计校验
- 9. 能够在设计过程中确定零部件或子系统的允许制造误差

目录 Contents

- 系统设计
- 字体设计
- 尺寸与公差
- 材料设计
- 总结



目录 Contents

- 系统设计
- 2 实体设计
- 3 尺寸与公差
- 4 材料设计
- 总结







功能

满足客户需求需要完成的任务

客户需求: 做什么?

实体

要实施或完成功能的零件、部件或子系统

实现方案或策略: 如何去做?

涉及具体的产品实现技术及工艺方案





在方案设计阶段已经按照产品功能要求初步确定了产品实体的粗略实施方案

- 采用的技术
- 大概的技术路线
- 实体架构

完成方案设计后,产品实体还需要进一步明确:



- · 零部件具体结构
- · 相互如何关联
- · 接口参数如何
- · 材料如何选择
- 如何校验
- •

详细设计

- 系统设计
- · 实体设计
- · 公差设计
- 材料选择

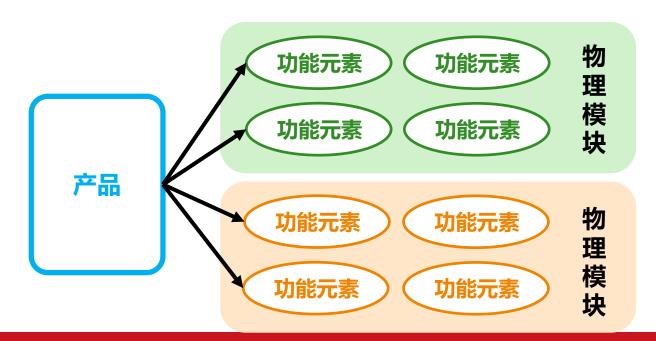




第一步:产品系统设计

- · 确定各功能模块如何用实体加以实现
- · 定义产品功能模块各实现实体的总体架构
- · 功能元素如何在实体模块 (物理模块) 排列
- · 相互之间如何关联

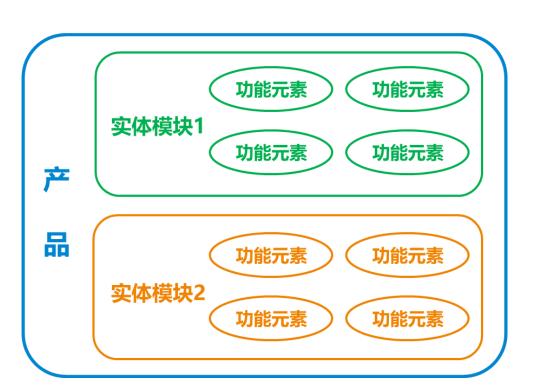
产品架构: 功能元素在物理模块中的排列方式





功能模块的实体实现方式1—模块化

- > 将类似的功能元素聚集到不同的实体模块
- > 各实体模块间关联简单、边界清晰、便于开发设计

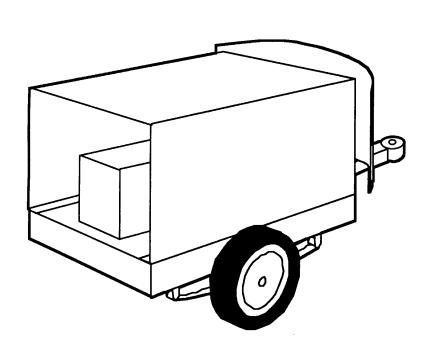








挂车案例: 模块化设计

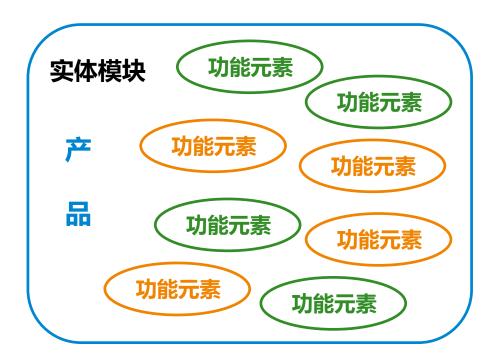






功能模块的实体实现方式2—集成化

- 用一个实体模块集成尽可能多的甚至所有功能
- > 实体中的功能模块之间关联复杂、设计开发难度高
- > 有利于减少零件数、减低成本

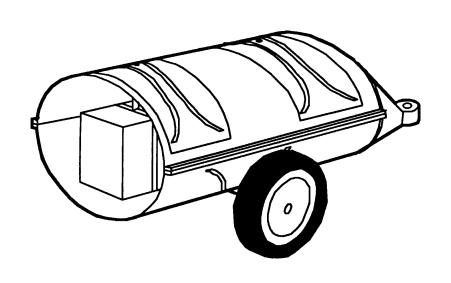


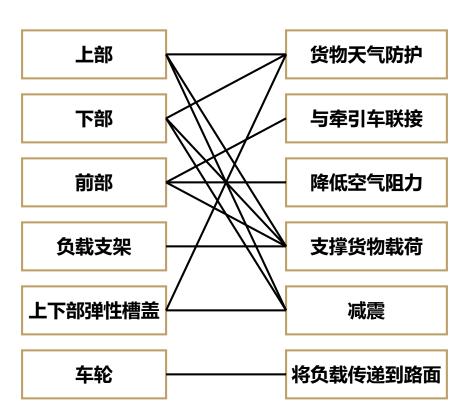






挂车案例:集成化设计

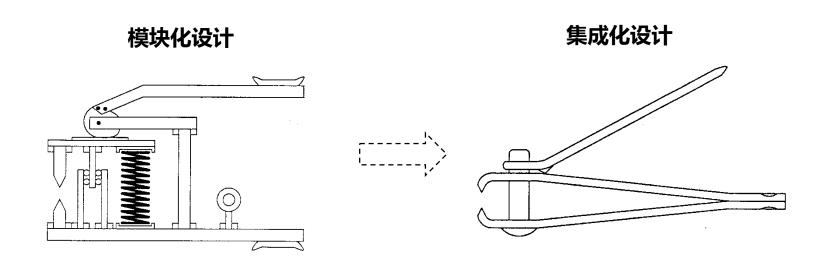








- > 集成化设计带来的简洁、美观、便携及经济性是几乎所有产品开发追求的目标
- > 在产品设计初期,以实现功能为主要目标,为降低设计难度,通常采用模块化设计
- **> 集成化设计是在模块化设计的基础上的整合与改进**

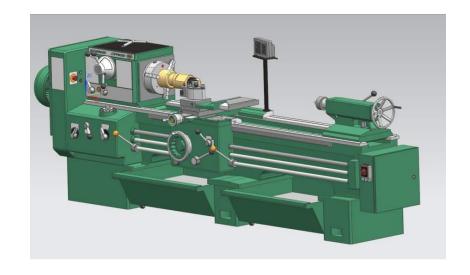






- 产品系统模块化设计也称系统架构设计,按下述步骤进行:
 - (1) 绘制产品的功能元素分布图
 - (2) 将功能元素归类聚集到实体模块
 - (3) 画出产品的粗略集合布置图
 - (4) 识别实体(物理)模块间的关联,并定义这些关联

案例

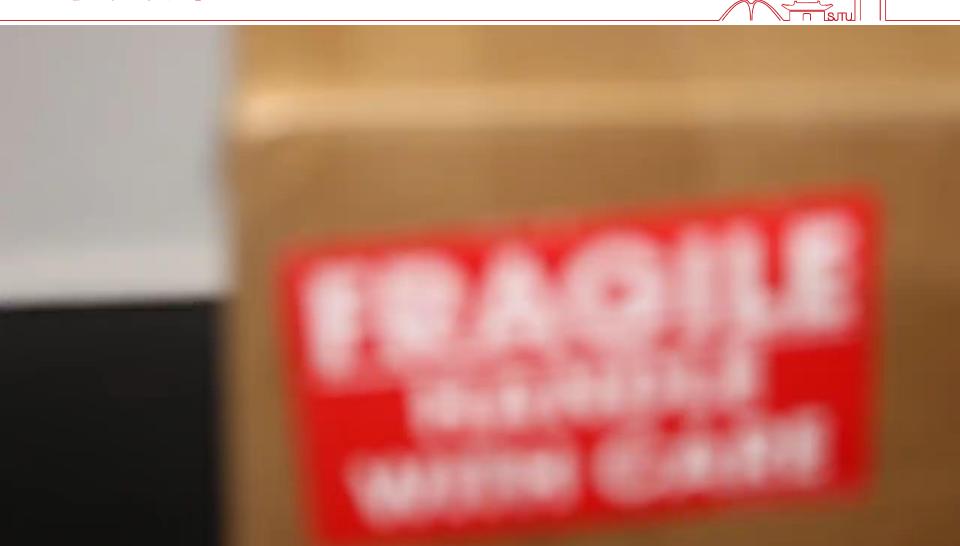






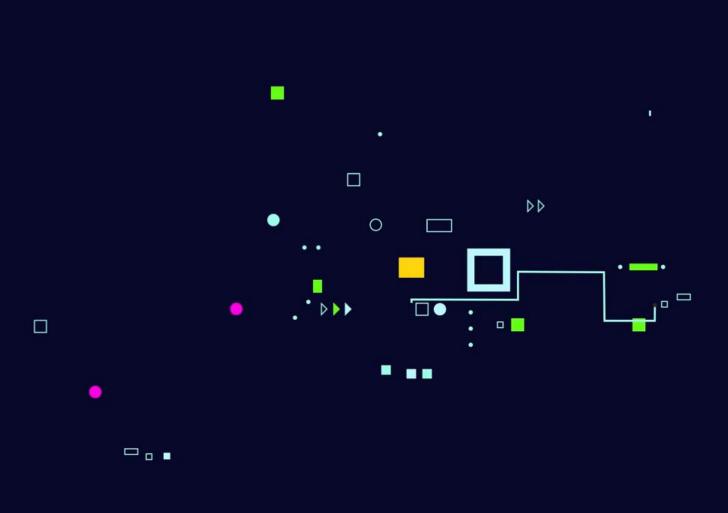








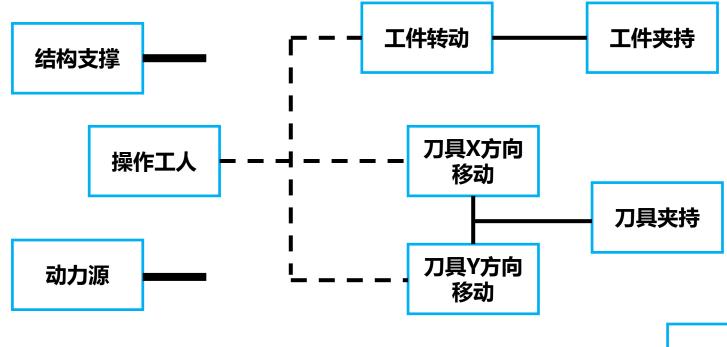






- (1) 绘制产品的功能元素分布图
- ・ 理解产品的基本元素
- · 可以是真是的零部件或功能方块图
- · 需考虑多种可能的分布方式

车床案例



 功能元素



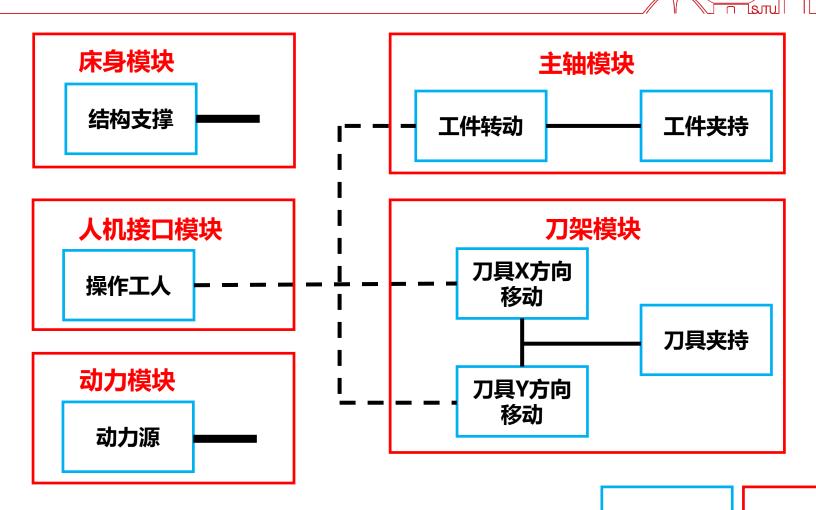


(2) 功能元素归类并集合到实体模块

- > 方便几何集成与精度保证
 - · 集中需要<mark>高精度定位的元素</mark>
 - · 集中需要<mark>密切几何集成的元</mark>素
- > 尽量共用零部件
 - · 集中相似功能元素
 - 电路板
 - 显示面板
- > 集中需要经常变动的元素
 - 产品的外观部件

- > 方便多标准
 - · 世界各地有不同电源标准
 - · 将电源集中于同一个模块
- > 有利于标准化
 - · 产品可能共享一个通用元素
 - 打印墨盒
 - · 机床的切削刀具
- > 便于传送
 - 远距离传送
 - · 电信号比机械力和运动容易传送





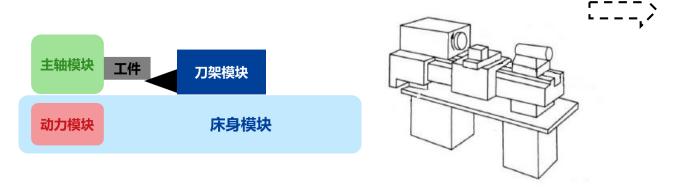
力或能量流 ——— 物料流 --- 信号或数据流

功能元素

模块



- (3) 绘制几何布置简图或制作简易实物模型
- > 各实体模块的大致外观形状及相互接口或位置关系
- > 可以用二维或三维简图 (手绘或绘图软件)



> 可以制作实物模型,如纸板模型、泡沫塑料模型或者3D打印模型





- ・ 检查归类聚集方案是否合理
- ・ 检查元素及模 块间潜在的各 种干涉
- 就外观及人工 接口问题咨询 工业工程师





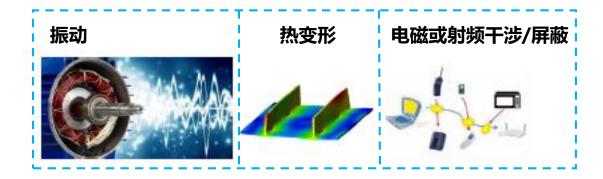
- (4) 识别模块之间的关联
 - > 产品的功能通过模块之间的相互协调与配合加以实现
 - > 模块之间的相互关系称为关联
 - ◆ 功能关联(目标关联、设计关联)

■ 力或能量流

物料流

--- 信号或数据流

◆ 干扰关联 (固有关联)





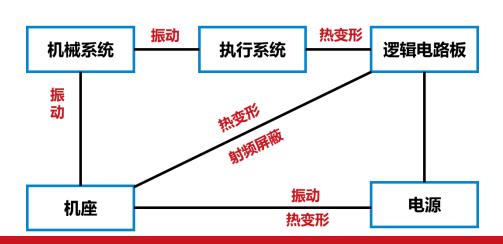


(4) 识别模块之间的关联

- > 产品的功能通过模块之间的相互协调与配合加以实现
- > 模块之间的相互关系称为关联
- ◆ 功能关联(目标关联、设计关联)

力或能量流物料流一 信号或数据流

◆ 干扰关联 (固有关联)







(5) 定义关联

- 从空间、能量、内部物流及信息四方面进一步定义这些关联的属性
 - 空间关联属于实体关联或物理关联,如相互配合的零件及运动部件
 - · 能量关联除了设计关联(如电流、力的传递等),还存在固有关联(如马达运行发出的热量、振动等)
 - 物流关联除了设计关联(如打印机中穿过不同模块的纸张),还存在固有 关联(如潮湿的空气及空气中的粉尘等)
 - 信息关联除了设计关联(如模块间输出或反馈的信号等),也存在固有关 联(信号流带来的固有电磁干扰、手机金属外罩对无线发射信号的屏蔽等)



需要在详细设计中体现(功能)或者应对(干扰)





(6) 定义辅助系统

- > 功能元素图主要展示实现产品功能所必须解决的子问题
- > 未在功能元素图中展示的重要的、辅助性的问题
 - 安全系统
 - · 状态监测系统
 - · 结构支撑系统
 - · 动力系统
- > 辅助系统通常涉及多个模块
- 一般在主架构设计决策完成后考虑

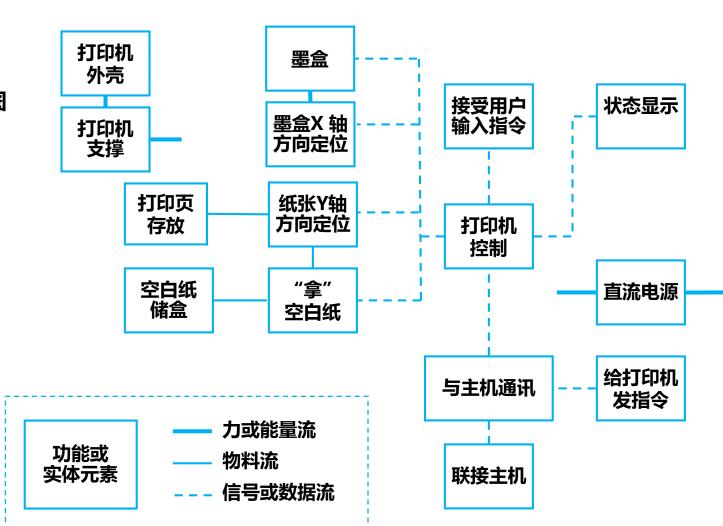


辅助系统



打印机案例

(1) 功能元素分布图







打印机案例

(2) 元素聚类

> 方便几何集成与精度保证







> 尽量共用零部件



> 集中需要经常变动的元素



> 方便多标准





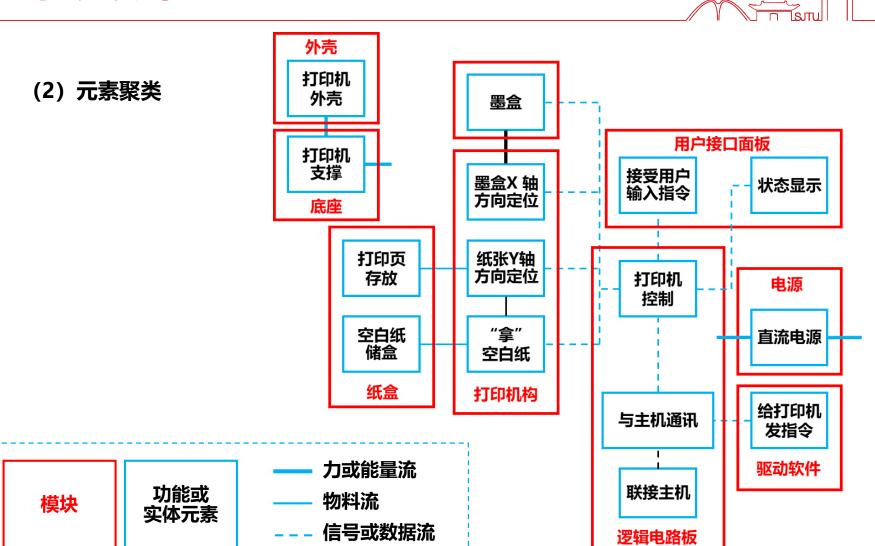
> 有利于标准化



> 便于传送





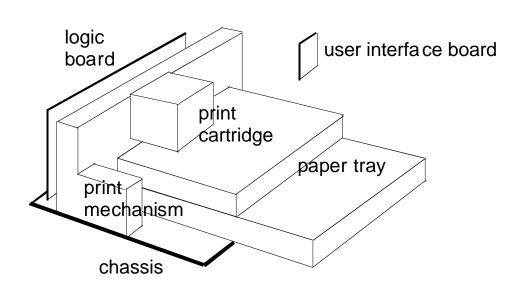




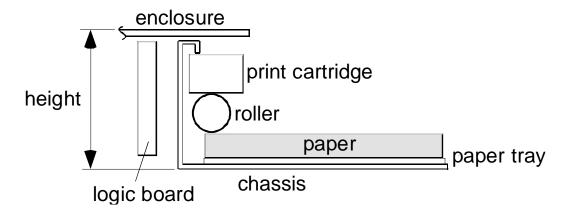


(3) 几何布置简图

3D结构图



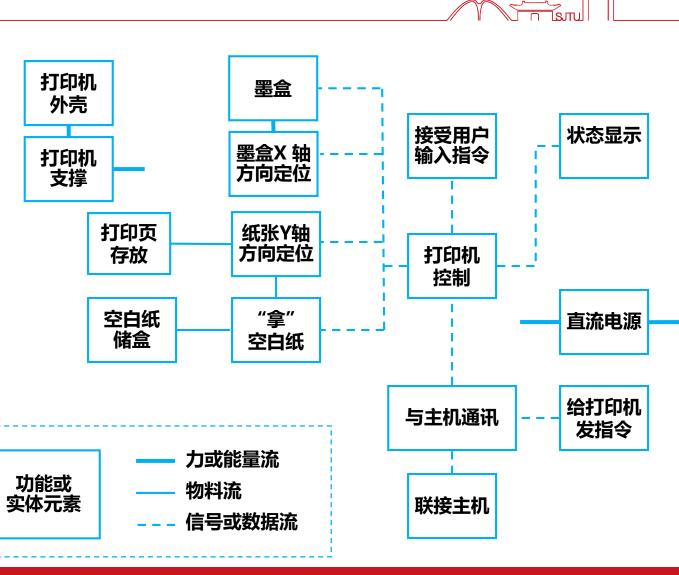
2D结构图





(4) 识别模块之间的关联

◆ 功能关联

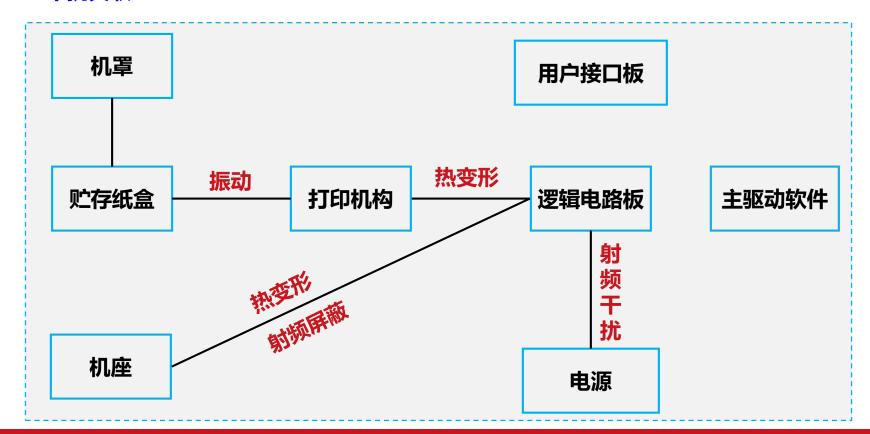






(4) 识别模块之间的关联

◆ 干扰关联







(4) 定义关联

▶ 空间:物理关联

• 相互配合的零件及运动部件

> 能量

· 设计关联: 从开关到马达的电流

· 干扰关联: 马达运行发出的热量

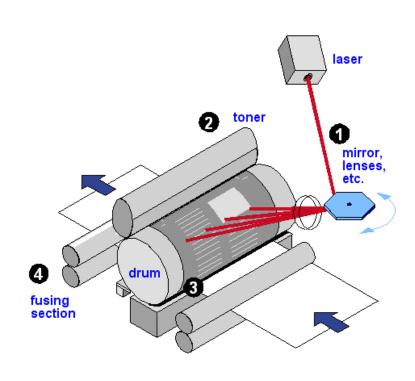
▶ 物料 (材料)

• 设计关联: 打印机中穿过不同模块的纸张

• 干扰关联: 潮湿的空气, 空气中的灰尘

> 信息

・ 模块间输出或反馈的信号







针对我们课程项目产品:

- 绘制课程项目设计产品的功能元素分布图
- · 将分布图中的元素聚集到模块
- · 绘制几何结构简图
- · 识别模块间的关联
- ・定义关联

目录 Contents

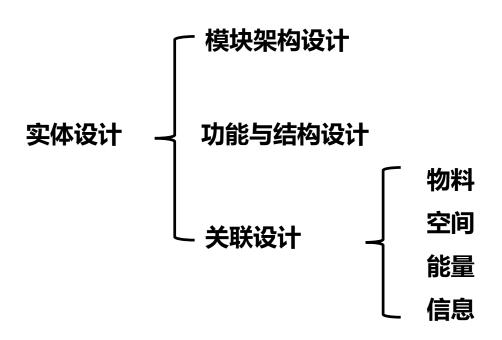
- 系统设计
- 字体设计
- 3 尺寸与公差
- 4 材料设计
- 5 总结





实体设计







实体设计



模块架构设计

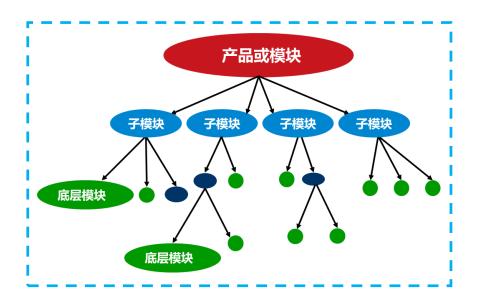
与产品系统架构设计类似:

- > 绘制模块的功能元素分布图
- > 聚集分布图中的元素
- > 绘制几何结构简图
- > 识别子模块的关联
- > 定义上述关联
- > 定义辅助系统



模块架构设计

> 重复分解过程直至底层模块



> 底层模块

· 独立子系统或产品 电动机, 计算机, 可编程控制器 标准的软件操作系统或平台



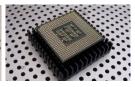




• 零件、部件及组件











轴,齿轮 集成电路芯片 外壳或机罩





针对我们课程项目产品:

- 绘制课程项目产品所有模块的功能元素分布图
- ・ 将分布图中的元素集中到一个子模块中
- · 绘制模块的几何结构简图
- ・ 识别 (子) 模块间的关联



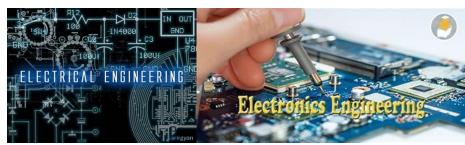
功能与结构设计

- ・ 机械工程 (力, 热, 能量, 振动...)
- ・电气工程 (控制、信号...)
- ・ 软件工程 (实现功能的编程...)
- ・材料工程 (一切的基础)

•

覆盖所有现代 工程学科



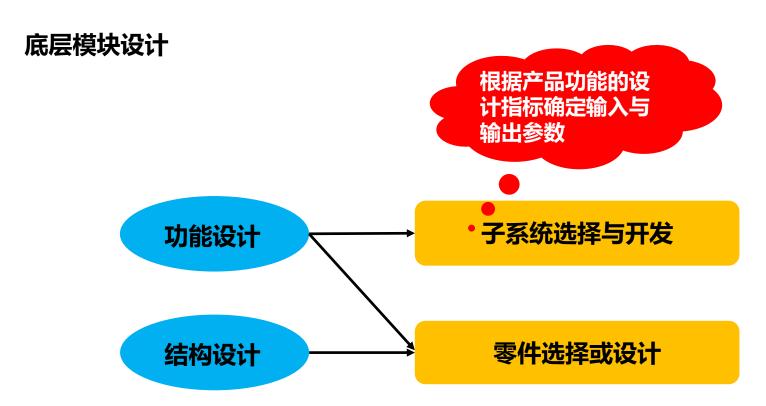












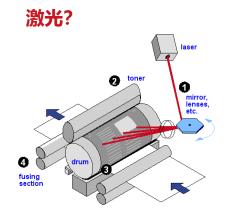


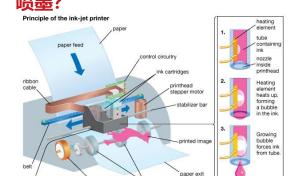


> 功能设计

按照功能模块需要,实现产品的设计指标

技术选用与决策 (通常在方案设计阶段已经确定)





- ・ 领先 (竞争力强)
- 经济可行
- 环境友好
- ...

软件及硬件设计



将技术应用到产品

paper advance rollers



子系统选择与开发





子系统选择与开发

• 标准系统 (电动机,工业计算机, ...)





• 需要开发的系统(应用软件,控制单元)

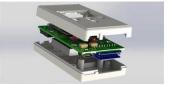


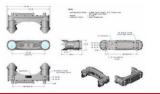


· 定义并确定输入与输出参数



• 实体接口的结构和几何尺寸









> 结构设计

完成模块所有结构细节设计,确定各零部件的形状及详细尺寸



为降低制造成本,零部件选择与设计过程中尽量采用标准件





特殊零件可以向标准件供应商定制





机架、外壳及特殊支撑结构常常需要自行设计开发





为了进一步降低成本,需要在标准件与集成化设计间进行权衡和决策







> 关联设计

- 将各分裂的、独立的模块,基于产品实现技术,进行协调、匹配并整合为一个完整的、实现产品功能的系统
- 同时还要考虑各模块间潜在的固有关联,并采取合适的设计策略加以应对

- 涉及模块间的物流、空间、能量及信息关系
- 不同的产品可以根据关键子问题从这四个角度采取不同的设计策略



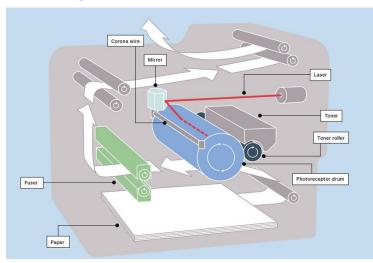


基于物料 (流) 关联的设计

自动化流水线上的产品



打印机中的打印纸



> 功能关联: 完成移动物料穿越多个模块时的实体接口设计

➢ 干扰关联:振动、热变形(温度)、湿度、尘埃、电磁干扰等





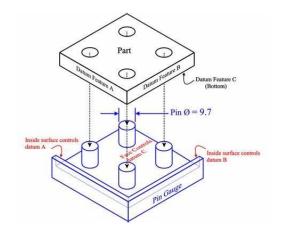




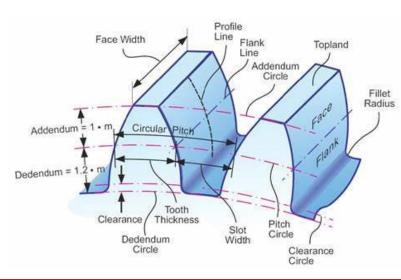
基于空间 (物理) 关联的设计

各模块在空间中的相互关系

距离 配合方式 配合几何形状及尺寸 配合表面的粗糙度 允许误差等

















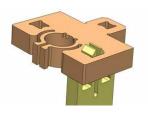
零件联接的机械设计

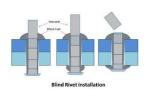
> 永久紧固件: 铆钉





> 半永久紧固件: 快速插头 (销) 、抽芯铆钉、过盈配合







> 可拆卸紧固件: 螺母螺栓组件、自攻丝螺丝钉









移动零件设计

> 平移运动接口:插销/头/口



> 转动接口: 滑动轴承

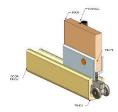
滚珠轴承



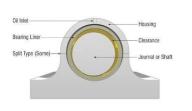




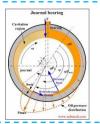














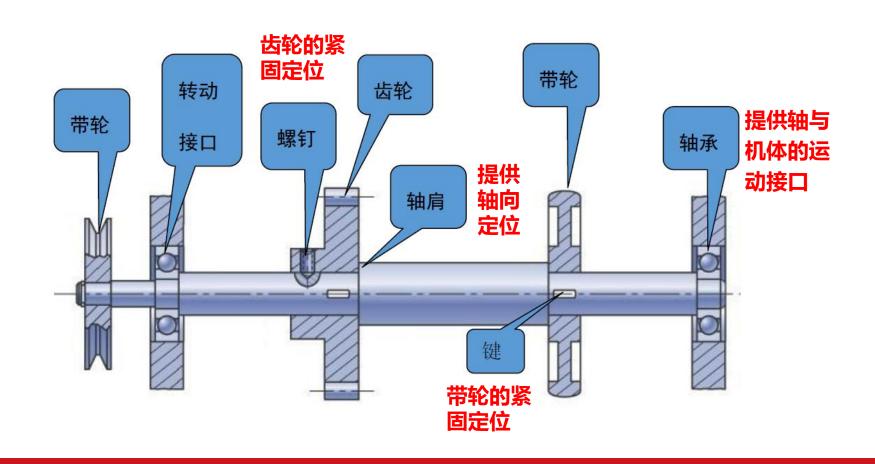








案例: 传动轴的空间设计







基于能量 (流) 关联的设计

▶ 设计关联:

动力流: 电流从电源到马达

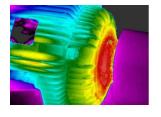


实现功能的动力流: 用于金属切削的加工中心主轴

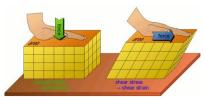




干扰关联: 马达发出的热量



各种力负载产生的变形







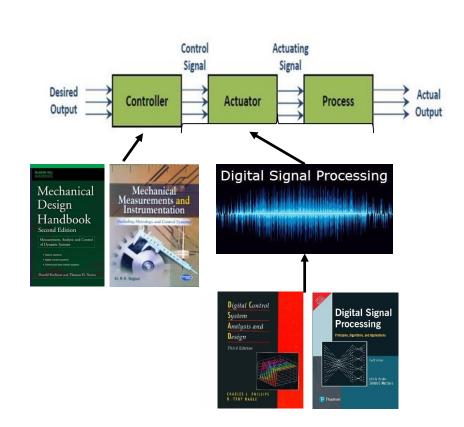
基于信息流关联的设计

> 设计关联:

控制信号: 促发、输入、输出及反馈

> 干扰关联:

噪音: 射频、电磁干扰

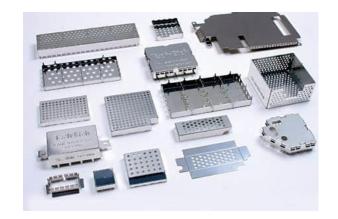




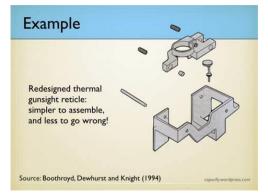


关联或接口设计要点

确保相邻模块稳定发挥功能采用屏蔽电磁辐射干扰的产品



> 能够方便装配





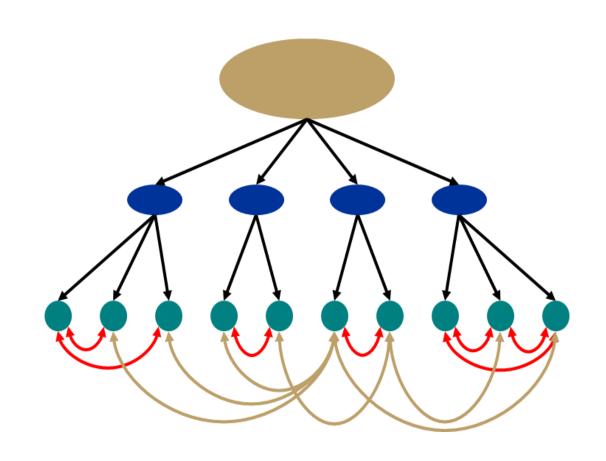




总结: 产品架构 = 模块分解 + 关联

模块内子模块间的关联

跨模块间的关联



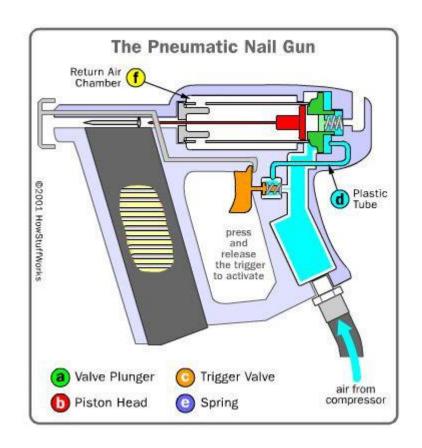




从何处入手进行功能和实体设计?

通常从一个关键子问题入手

- > 钉枪案例
- · 存储/接受能量
- · 将能量转换成平移能量
- · 将该平移能量施加到钉子上

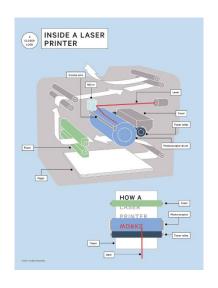






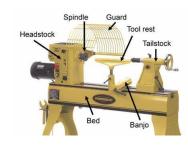
从重要的模块关联入手

- > 打印机案例
 - · 从物料流关联入手
 - 首先考虑移动纸张穿越各模块的实体接口设计

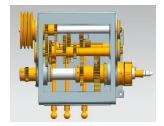


> 机床设计案例

- · 从能量关联入手
- · 首先设计机床主轴箱











功能与实体设计案例1:车床设计

> CA6140 车床设计指标

- ・ 功率:7.5kw
- ・ 主轴转速 (rpm):

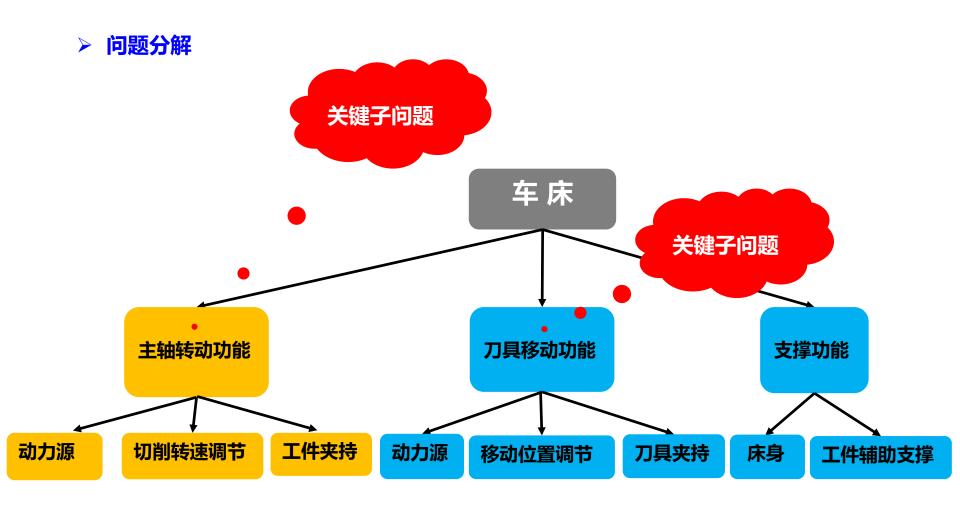
10,12.5,16, 20, 25, 32, 40, 50, 63, 80, 100, 125, 160, 200, 250, 320, 400, 450, 500, 560, 710, 900, 1120, 1400

- · 最大工件直径: 400mm
- · 最大工件长度:1000mm







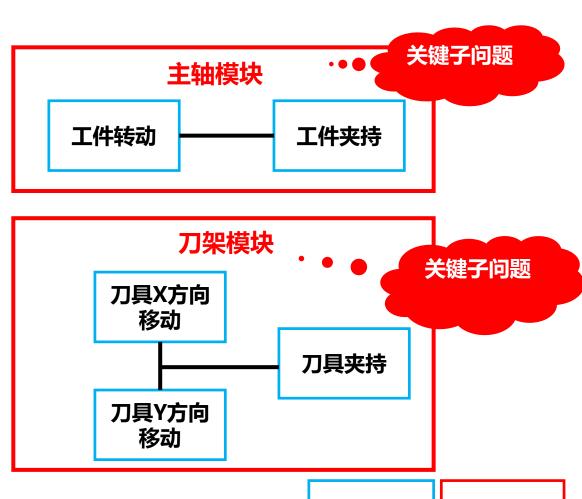




> 功能元素分布图及其模块聚类

结构支撑 ——

动力源



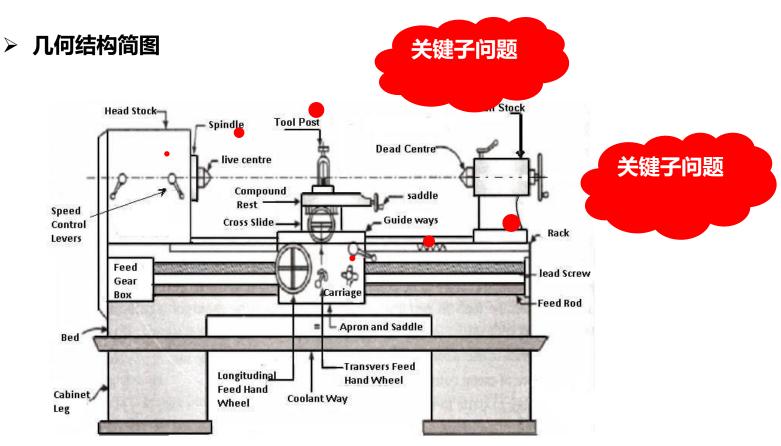
力或能量流 —— 物料流 --- 信号或数据流

功能元素

模块







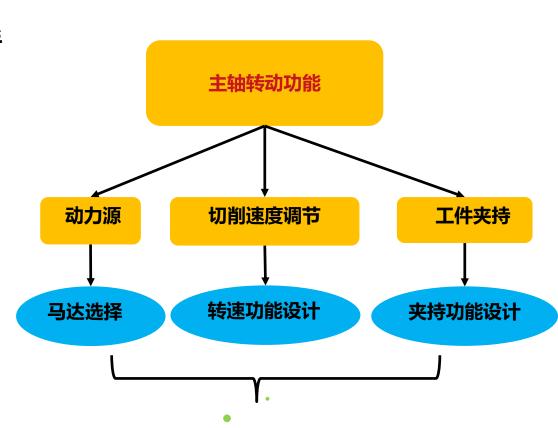
LATHE MACHINE



> 功能与实体设计从主轴模块入手

关键子问题模块: 主轴模块

- > 动力源
- > 切削速度控制
- > 工件夹持 (能量关联)



底层模块设计





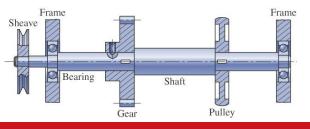
- > 主轴模块的底层模块设计
- 动力源
- ✓ 按设计要求, 主轴电动机参数为: 7.5kw,1450 rpm
- ✓ 选择一个合适的马达供应商, 获取详细的接口及功能参数



- ・切削速度调节
- ✓ 设计目标: 24级速度, 转速范围10-1400 rpm
- ✓ 采用齿轮传动技术
 - □ 采用齿轮齿数比组合获得所需要的切削速度
 - 口设计所有的零件:轴、轴承、定位件(键、销、螺钉...)





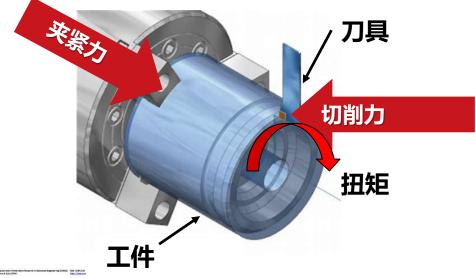




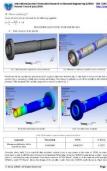


- 工件加持
- ✓ 能量关联设计: 从电动机到切削点





- 最危险状态设计
- ✓ 如:最大的切削负荷施加于最弱 或最关键的零件,进行强度和刚 度检核

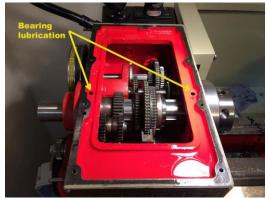






- 干扰关联及辅助系统设计
 - > 润滑
 - ▶ 振动/噪声
 - > 热









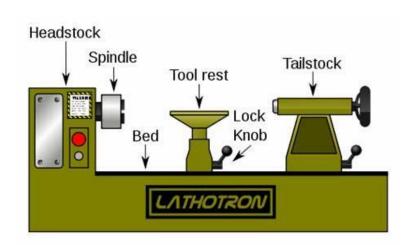
> 剩余的设计步骤

设计另一关键子问题:刀具的X-Y-Z向定位与运动

设计支撑结构:床身、尾架

关联设计: 床头箱与床身接口

刀架与刀、刀架与床身接口



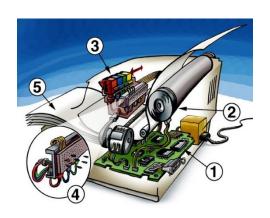




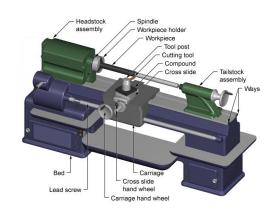
设计评估

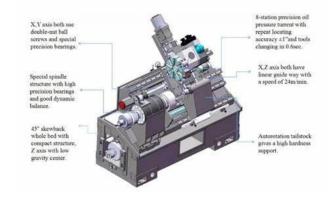
> 将各模块"组装":

检查模块间潜在的干涉:尺寸、装配



- > 设计验证内容
 - 功能验证
 - ・ 关联验证
 - 性能验证









功能验证

> 功能是否满足用户需求?

能否工作?

钉枪: 能否把钉子打入工件内?

车床: 切削力是否足够进行金属切削?





Feed direction

关联验证

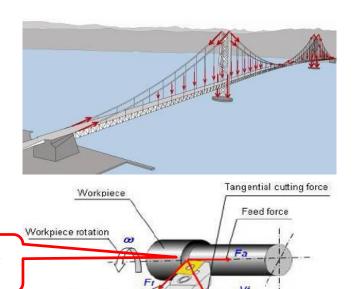
> 设计关联

力的传递路线: 力是否处于平衡状态?

封闭的切削力传递回路:切削点-主轴-床 头箱-床身-刀架-刀具-切削点

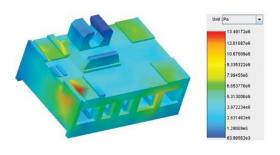
> 干扰关联

切削力传递路径中涉及到的零件变形是否在允许范围内?



Thrust force

Turning tool







性能评估

可靠性

安全性:是否满足国家或国际相关安全标准

环保:制造、使用及回收是否满足国家或国际相关环保法规





性能评估

可靠性

安全性:是否满足国家或国际相关安全标准

环保:制造、使用及回收是否满足国家或国际相关环保法规



课后作业



每个项目小组:

方案设计报告、ppt展示

详细设计报告、ppt展示

具体要求随后发布

目录 Contents

- 系统设计
- 字体设计
- 尺寸与公差
- 4 材料设计
- 5 总结

