



上海市精品课程

高分子材料成型加工



第四章 制品设计和配方设计

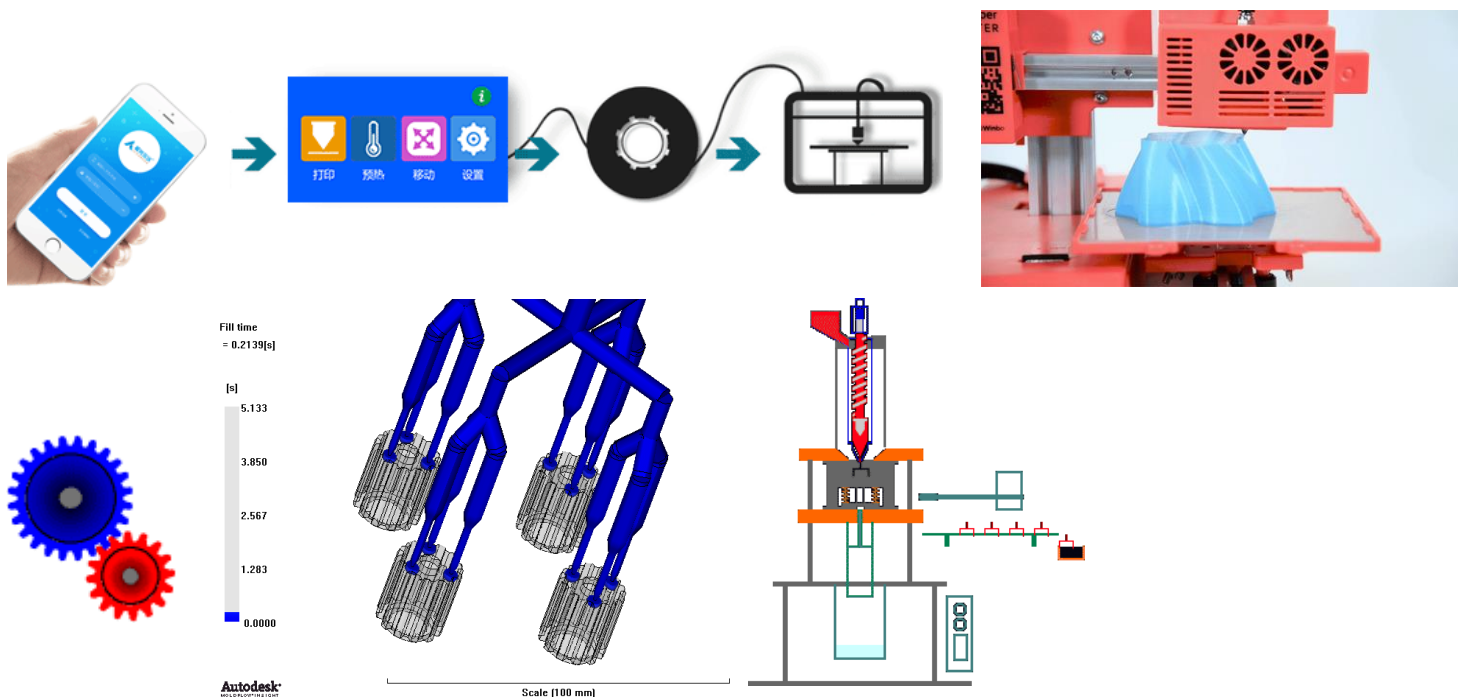
本章内容

- ▶ 4.1 高分子材料制品设计
- ▶ 4.2 高分子材料配方设计



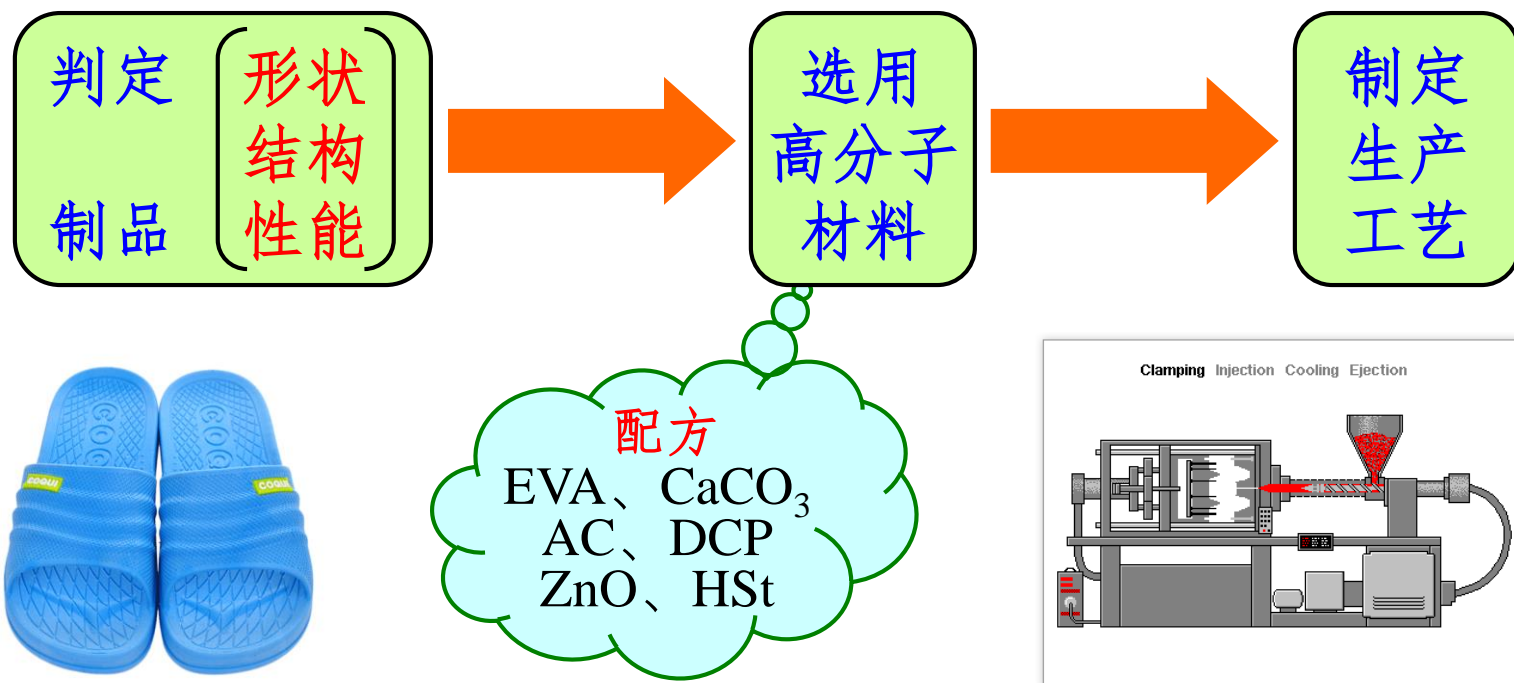
高分子新材料、新产品的研制、开发、产业化是一个系统工程，涉及材料配方设计、产品结构设计、制品造型设计、生产工艺设计、设备选型设计及模具设计。

实际上是制品设计，配方设计是其核心部分。

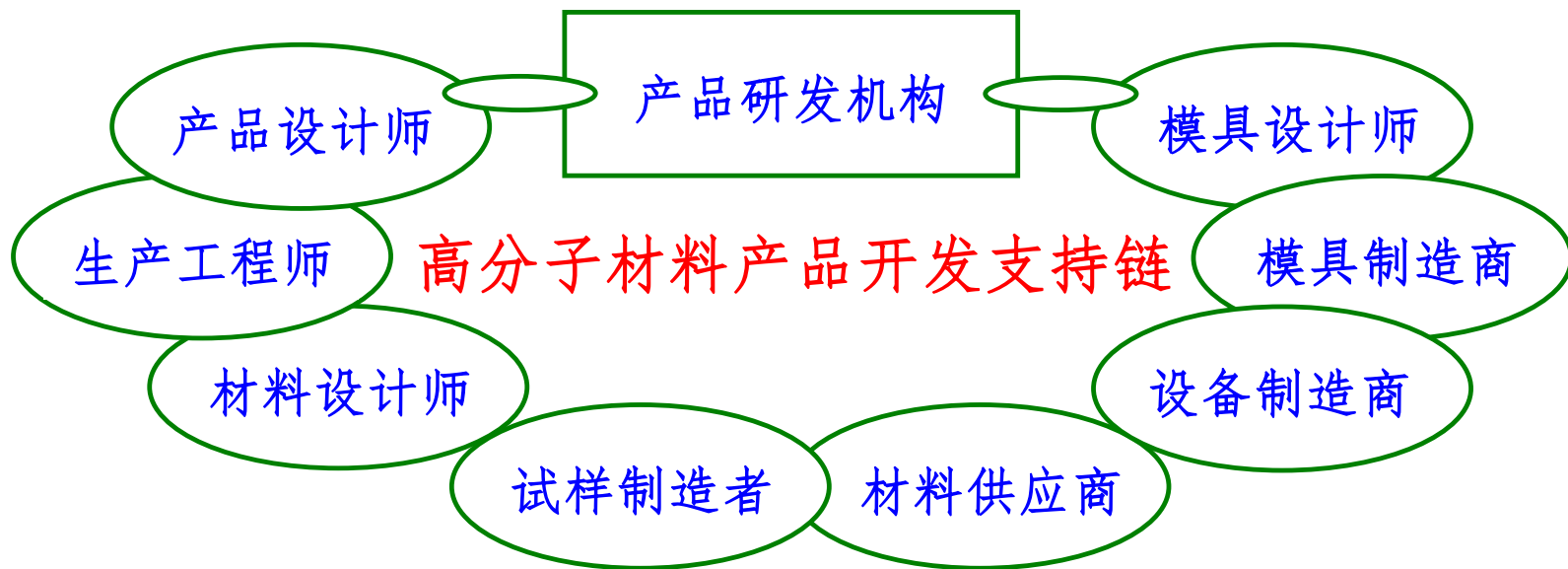


4.1 高分子材料制品设计

高分子材料制品设计是在对制品的形状、结构和使用性能的科学预测和判定的前提下，通过正确选用高分子材料(配方设计)，制定出一套完整的制品制造过程的实施方案和程序。



产品设计和开发过程中的主要问题是与所有相关公司和用户间的沟通，如果所有产品开发支持链的成员及早和适时介入，依靠各方协力并减少重复性工作，可大大缩短产品开发周期并降低成本。



4.1.1 制品设计原则

1. 实用 — 按使用要求研发

新产品开发的关键是确定产品的最终使用要求，保证制品在使用期限中的功能和性能。

2. 高效 — 工艺性好、生产效率高

在保证制品功能和性能的前提下，所选择的合适材料具有成型加工的可行性和经济性。

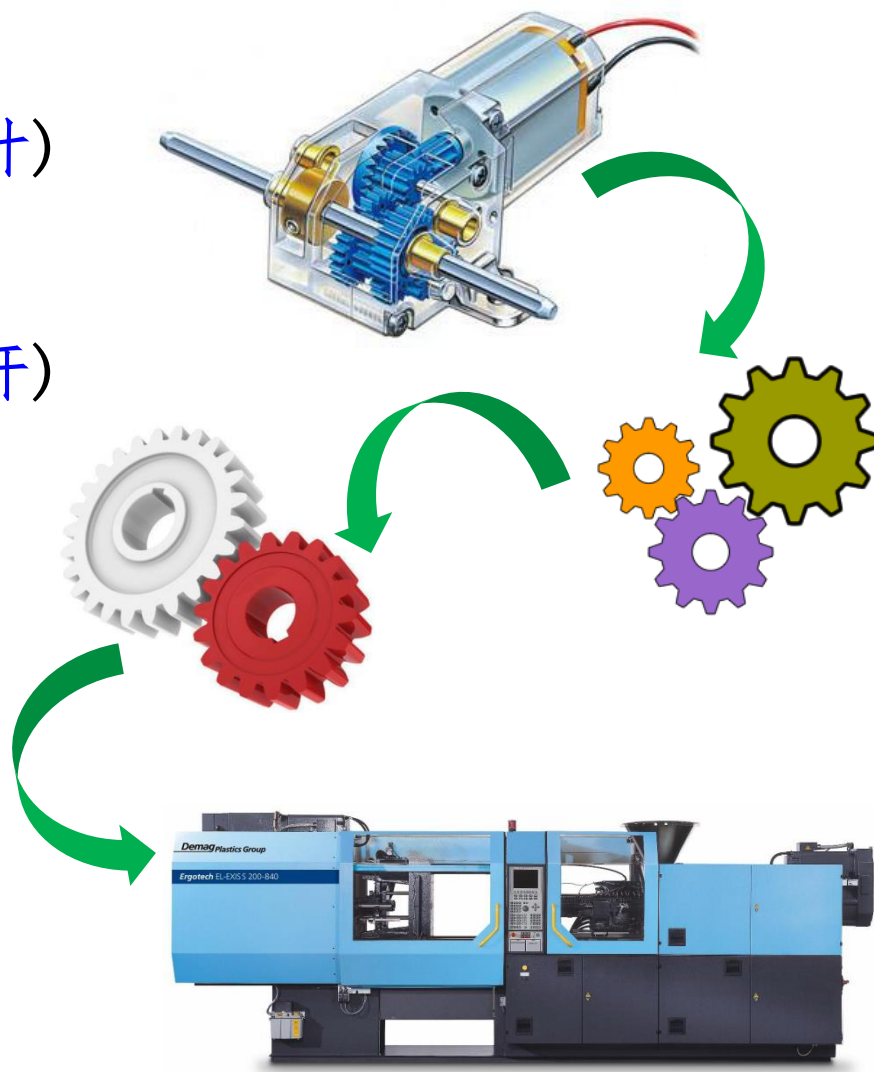
3. 经济 — 生产成本低、环境友好

在综合考量生产成本和环境成本的基础上，生产满足使用要求并可实现盈利的新产品。



4.1.2 制品设计步骤

- ①产品使用要求的确定
- ②形状造型设计(概念性设计)
- ③材料的初步选择
- ④样品的初步设计(设计展开)
- ⑤样品的试制
- ⑥性能测试及评价
- ⑦定额测算及成本核算
- ⑧加工方法的选择
- ⑨材料的最终选定
- ⑩生产工艺规程的制定



影响制品性能测试的因素：

聚合物的结构与性能、高分子材料的组成是影响制品性能的主要因素。其它影响因素包括：

①制样条件

成型方法、成型条件、试样形状等

②测试条件

升温速度、作用力形式和速度等

③外界因素

温度、湿度、使用环境等



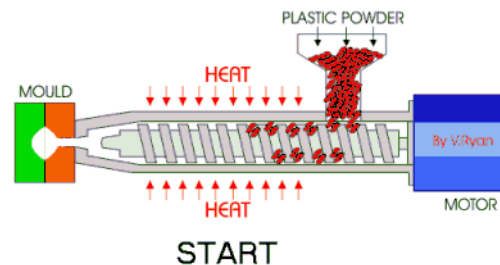
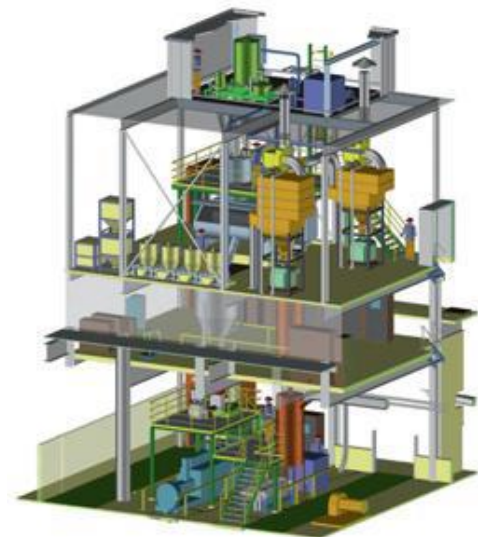
4.2 高分子材料配方设计

高分子材料配方设计实际上是考虑材料组成对材料性能的影响。

配方设计要考虑的问题：

- ①加什么？（选什么？）
- ②加多少？
- ③协同效应？（组分间的相互影响？）

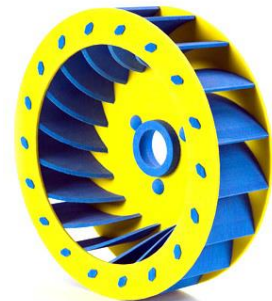
既要符合使用性能，又要适应加工要求，还要考虑原材料的要求和经济成本。



4.2.1 配方设计原则

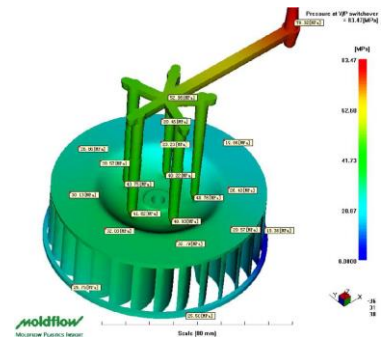
1. 制品的性能要求

了解制品的规定指标、使用环境、使用方法、使用要求以及市场和用户信息。



2. 成型加工的要求

考虑成型加工的方法、工艺及其设备对材料产生的不同影响和作用。



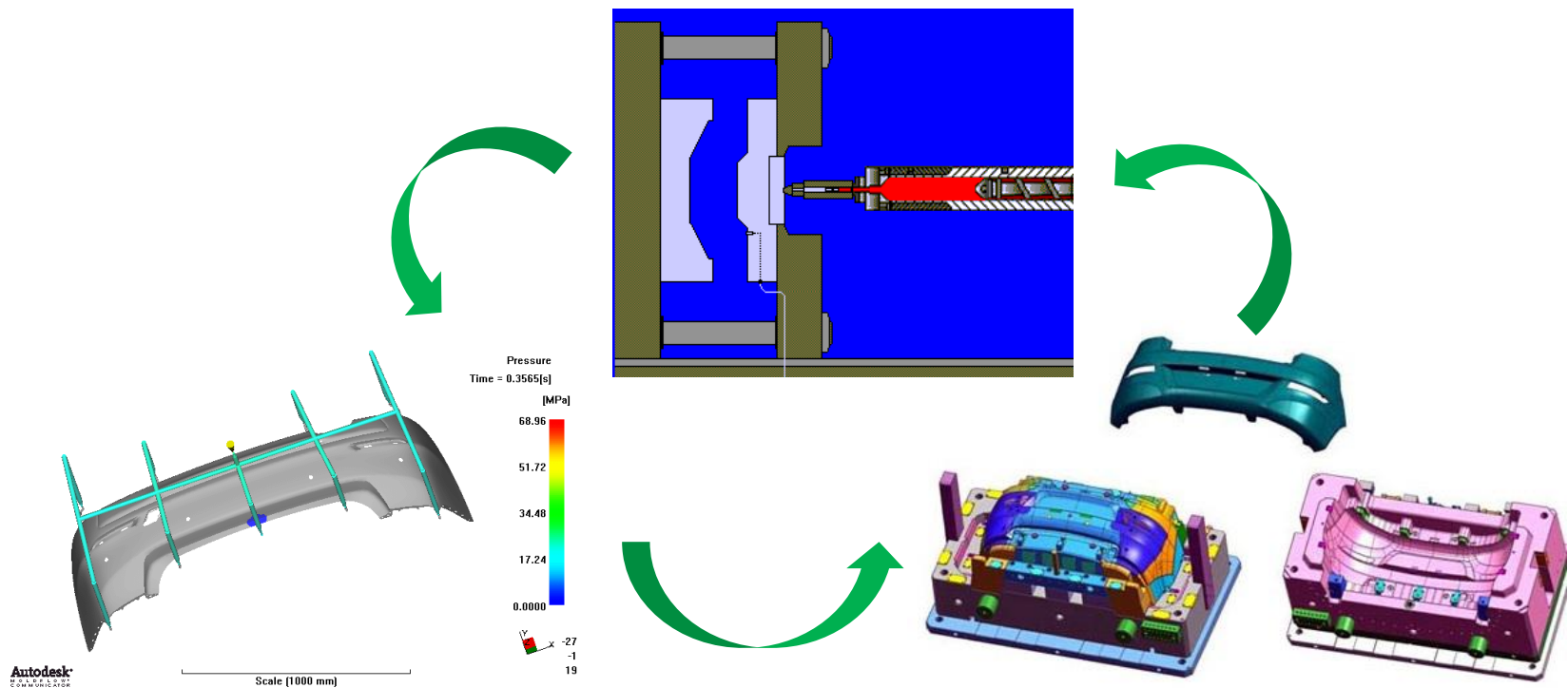
3. 原材料的要求

注意原材料的牌号、技术质量指标及其检验方法，要求来源容易、产地较近、价格合理。



4. 产品的经济成本要求

在满足使用性能的前提下，根据性价比选用并节约使用原材料，通过配方调整来提高生产效率。



4.2.2 配方表示方法

1. 以质量份数表示的配方

以聚合物质量为100份，其他组分以相对于聚合物的质量份数表示。—— 适用于科研论文和报告

2. 以质量百分数表示的配方

以聚合物及各种添加剂的混合料总质量为100份，各组份以质量百分比表示。—— 便于成本核算和计算材料消耗

3. 以体积百分数表示的配方

以混合料体积为100份。—— 便于计算体积成本和仓储面积

4. 生产配方

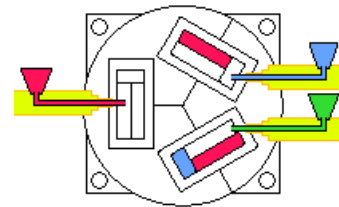
按设备的生产能力，计算出各组分每次的投料质量数。

—— 便于生产操作

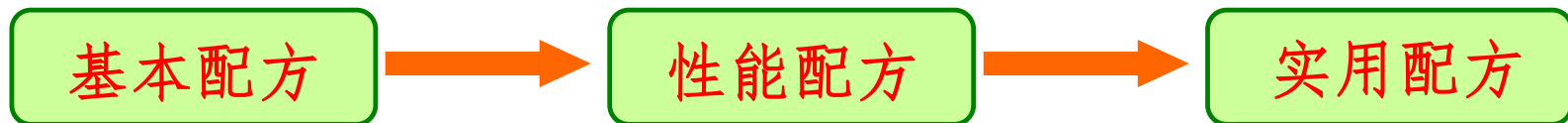


4.2.3 配方设计步骤

- ①确定产品的技术要求，制定产品的性能指标
- ②收集原材料资料，初定产品形状尺寸、各部件的作用及其成型加工方法
- ③初选材料，进行配方设计及试验
- ④依材料性能数据，进行结构设计
- ⑤制成实物模型，进行实样试验或模拟试验
- ⑥再设计与再试验
- ⑦依模型试验和制品成本，进行最终选材和配方设计
- ⑧材料规范化



配方制定的步骤：



①基本配方：主体材料 + 必需添加剂

考察主体材料和添加剂的合理性，包括种类、用量。

②性能配方：基本配方 + 性能体系

针对某些性能要求，添加可提高相应性能的添加剂。

③实用配方：性能配方 + 加工体系、成本体系

考虑原料的来源、成型加工工艺的可行性和产品的经济性，须全面考虑。



基本配方、性能配方、实用配方三者是相互制约、相互影响的。

基本配方首先提出一组添加剂及其基本用量，一般采用传统使用量，并且尽可能简单。

例：橡胶基本配方

生 胶：100phr

硫 黄：0.5~3.5phr

促进剂：0.5~1.5phr

活性剂：ZnO：1~10phr
HSt：0.5~2.0phr

防老剂：0.25~1.5phr



配方的组成:

配 方 组 成		组分数
主体部分	聚合物	1~2
交联体系	交联剂、促进剂、活性剂、防焦剂	4~5
稳定体系	热稳定剂、抗氧化剂	1~2
性能体系	增塑剂、补强剂、增韧剂、防老剂、发泡剂、着色剂	2~5
加工体系	增塑剂、润滑剂	1~2
成本体系	填充剂	1~2



改性塑料的加工流程



4.2.4 配方设计实验方法

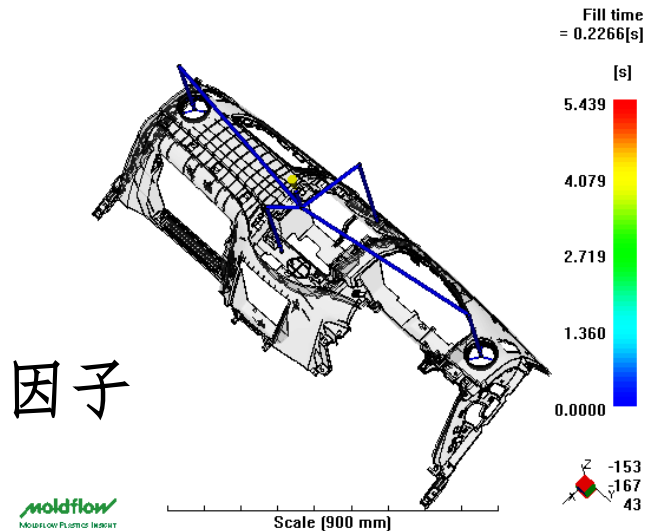
配方设计实验方法是指通过实验确定配方中各种添加剂加入量的方法，涉及实验步骤的安排、变量选择和变量范围的确定。

1. 配方设计时考虑的因素

配方设计术语：

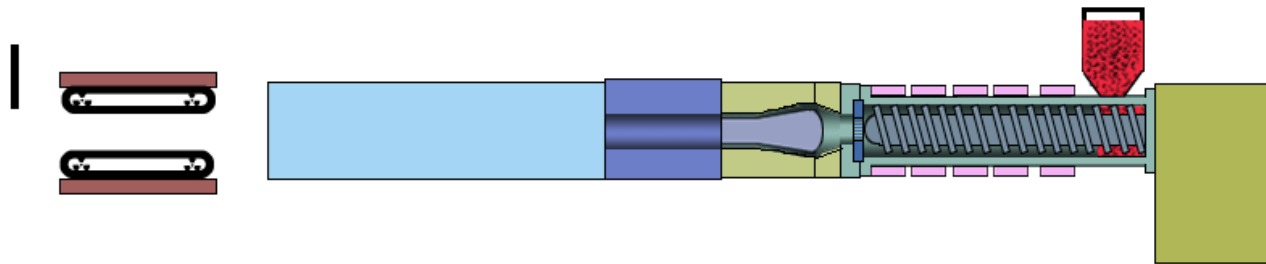
因素 —— 是指影响材料性能指标的因子
如原材料、工艺条件等

水平 —— 是指每个因素可能处于的状态
如原材料品种、用量或工艺参数等



配方设计时考虑的因素：

- ①配方包括多种原料，存在多因素变量的问题。
- ②各因素的水平数并不相等，需要活用正交表。
- ③各原料之间存在显著的交互作用。
- ④可根据试验情况，将工艺条件作为独立的因素。
- ⑤严格控制试验的每一步骤，尽量排除试验误差。
- ⑥将经验规律和统计数学相结合，发挥最佳效能。

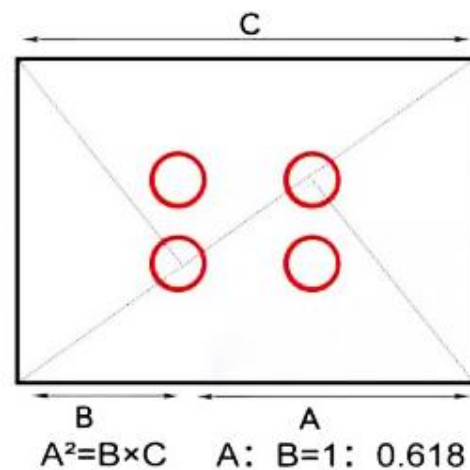
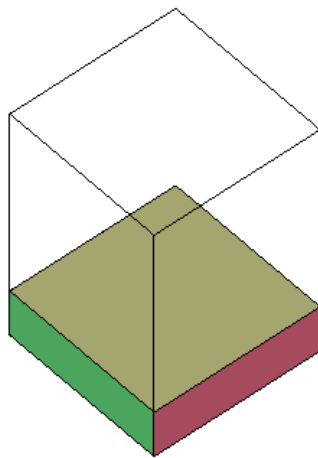


2. 单因素变量配方设计法

适用于材料(制品)性能只受一个因素(如某一组分)影响的配方。

单因素变量试验采用的搜索方法有：

- ①爬山法
- ②黄金分割法
- ③平分法
- ④分批试验法
- ⑤抛物线法
- ⑥分数法



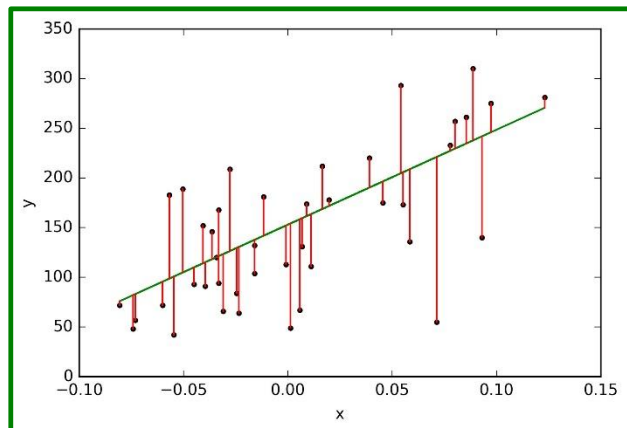
3. 多因素变量配方设计法

适用于材料(制品)性能受两个或两个以上因素(如添加剂的加入量)影响的配方。

多因素变量试验采用的搜索方法有：

①正交设计法

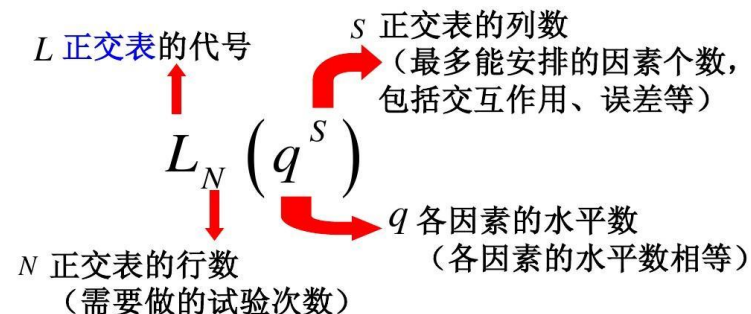
②回归分析法



正交表的记号及含义

正交表是一种特别的表格，是正交设计的基本工具。我们只介绍它的记号、特点和使用方法。

记号及含义



4.2.5 高分子材料配方实例

通过下列配方了解各组分在高分子材料中所起的作用，初步判定该配方材料(制品)的基本性能。

表4-3 NR、SBR、BR、IR的配方实例

表4-4 IIR、EPR、CR、NBR的配方实例

表4-5 几种橡胶的基本配方

表4-6 聚氯乙烯配方

表4-7 聚乙烯、聚丙烯配方实例

表4-8 酚醛树脂、脲醛树脂配方实例

表4-9 不饱和聚酯树脂的配方实例

表4-10 环氧树脂配方实例



习题与思考题

😊 教科书第99页

 第2、3题



你



课堂练习

班级_____ 学号_____ 姓名_____

1. 试述作为高分子材料的要求。
2. 为什么聚合物的结晶温度范围是 $T_g \sim T_m$?
3. 高分子材料中加入添加剂的目的是什么?
4. 试述增塑剂(极性与非极性)的作用机理。
5. 什么是硫化剂? 可分为哪几类? 各自适用的橡胶类型是什么?

