

## 建模背景

在能源化工领域，反应器中产物的产率受到多种操作变量的综合影响，如反应温度、压力、催化剂浓度以及物料停留时间等。为了模拟这一复杂过程，构建了一个基于经验关系的非线性预测模型，旨在反映不同工况下产率的变化趋势，并引入随机扰动项以体现实际生产中可能存在的测量误差或过程波动。

该模型可用于工艺优化、过程控制及不确定性分析等场景，为工程决策提供数据支持。输入变量涵盖了关键的操作参数，输出为归一化的产物产率值，范围限定在 [0, 1] 之间，具有明确的物理意义和工程实用性。

## 建模公式

模型由基础产率项与随机扰动项组成，其表达式如下：

$$\text{Yield} = \max(0.0, \min(1.0, \text{BaseYield} + \text{Noise}))$$

其中，

$$\text{BaseYield} = 0.1 \cdot \frac{T}{300} + 0.2 \cdot \frac{P}{10} + 0.3 \cdot \frac{C}{5} + 0.15 \cdot \frac{R}{60}$$

- \$ T \$: 反应温度 (单位: 摄氏度)

- \$ P \$: 反应压力 (单位: MPa)

- \$ C \$: 催化剂浓度 (单位: mol/L)

- \$ R \$: 停留时间 (单位: min)

扰动项

Noise

服从均匀分布, 取值范围为

$$[-0.05, 0.05]$$

, 用于模拟实际过程中的不确定性因素。最终产率通过截断处理确保其始终位于 [0, 1] 区间内。