

# 基于 NSGA-II 算法对不透明制品的配色方案优化

## 摘要

不同染料混合后可产生不同的颜色，使得人在观察时产生不同的视觉效果。对此，本文构建了多目标优化模型，对不同颜色的配色方案进行分析。进一步提出可用于实际生产中的配色方案。

对于问题一，我们对各个颜色、波长下浓度与  $K/S$  值的散点图进行观察，发现呈线性关系。其次，采用最小二乘法进行线性拟合，最终得到各个颜色、波长下的浓度与  $K/S$  值函数表达式，具体结果写入附录表格中。通过计算，所有拟合系数均在 0.9 以上，拟合效果很好。

对于问题二，通过梯形法对颜色的三刺激值  $XYZ$  值进行计算，以调配颜色与样品之间的色差最小为目标函数，染料浓度在 0 到 0.05 之间、色差小于 1、染料种类至少两种为约束条件，构建优化模型。运用内点法对调配所需各个染料的浓度进行求解。最终得出最佳配色方案与样品之间的色差均在  $10^{-5}$  附近，说明方案较优。最后，绘制出每个样品所需染料浓度柱状图，得出各染料浓度均小于 5%，符合题目所给的拟合区间。

对于问题三，在问题二的基础上添加了成本最小的目标函数，构成双目标优化模型。运用 NSGA-II 算法求解，在每个样品的最优帕累托前沿上，取色差值为 0.2 的解。得出各个方案的成本在 3.64 到 11.10 之间。最后给出各个配色方案的浓度分布并绘制柱状图。与问题一的配色方案对比，发现各个样品的主要颜色大致相同。最后对各个染料的价格进行灵敏度分析发现，单价变动时，样品 1、6 受红色价格影响更明显，样品 7、10 受黄色价格影响更明显，样品 4、5、10 受蓝色价格影响更明显。

对于问题四，在前文基础上，增加了染料重量最小的目标函数，构建三目标优化模型，运用 NSGA-II 算法进行求解，在前五个样品的最优帕累托前沿上，在 300 个帕累托最优解上等距取 5 个点，分别对应每个样品的五种配色方案。各个颜色的浓度对应问题三中的配方，无显著变化。每个样品的每个配方价格均低于 7.5，染料总重量小于 0.12，色差小于 1，可以用于实际生产中。

本文优点：(1) 建立多目标优化模型，权衡色差、成本、染料重量对评价配色方案好坏的关系。(2) 运用具有优秀的全局搜索能力的 NSGA-II 算法，对多目标优化模型进行求解，具备较高的求解效率。

关键字：不透明制品配色 多目标优化模型 NSGA-II 算法 帕累托最优