

CKD出货建议算法文档

1. 概述

本算法旨在解决 CKD (全散件)需求的库存分配问题，通过合理分配库存，最大化满足需求量，最小化出库超出量，并综合考虑库存时间和合箱约束的限制。

每个 site 作为一个独立的出货单元，不同 site 之间的需求和库存不共享。主要优化目标包括：

- 1. 最大化需求满足率，尽可能满足更多的需求
- 2. 最小化大箱（存在混箱PN情况下）出库料号数量,降低库存浪费
- 3. 最小化出货超出量,提高库存利用率
- 4. 优先使用早期库存，降低库存老化风险

通过建立混合整数规划模型，在满足约束条件的前提下，优化出库计划。

2. 问题描述

库存类型

- 库存分为小箱、大箱
 - 小箱不可拆分，需整箱出库
 - 大箱由多个小箱组成，同一site内可共享

需求分配规则

- 严格按照周次顺序分配需求，前序周需求未满足时，后续周次的需求也不会被分配

3. 数学模型

3.1 符号说明

符号	描述
【需求属性】	
i	需求编号, $i = 1, 2, \cdots, I$

符号	描述
H_i	需求 i 的料号及替代组, $H_i = \{h_1, h_2, \dots, h_n\}$
Q_i	需求 i 的物料需求量
W_i	需求 i 的周次
【库存属性】	
s	库存（小箱）编号, $s = 1, 2, \dots, S$
p_s	小箱 s 的料号
q_s	小箱 s 的物料数量
d_s	小箱 s 的入库日期
m_s	小箱 s 的合箱号, $m_s = c$ 表示 s 属于大箱 c （为空表示未合箱）
c	大箱编号, $c = 1, 2, \dots, C$
pn_c	大箱中料号数量
【决策变量】	
$x_{i,s}$	$x_{i,s} \in \{0, 1\}$, 是否使用小箱子 s 满足需求 i , $x_{i,s} = 1$ 表示使用, 否则为 0
y_i	$y_i \in \{0, 1\}$, 需求 i 是否被满足, $y_i = 1$ 表示满足, 否则为 0
z_c	$z_c \in \{0, 1\}$, 是否使用大箱 c , $z_c = 1$ 表示使用, 否则为 0

3.2 约束条件

1. 需求满足约束：

- 每个需求 i 的出货总量要么必须完全满足其需求量 Q_i , 要么不满足

$$\sum_{s \in S: p_s \in H_i} x_{i,s} \cdot q_s \geq y_i \cdot Q_i \quad \forall i \in I$$

- 严格按照周次分配, 前序周需求未满足时, 后续周次需求不分配

$$y_j \leq y_i \quad \forall i, j \in I, W_j > W_i$$

2. 小箱出库约束：

- 每个小箱 s 只能分配给一个需求

$$\sum_{i \in I} x_{i,s} \leq 1 \quad \forall s \in S$$

3. 大箱出库约束:

- 如果小箱 s 出库, 则其所属大箱 c 必须出库

$$x_{i,s} \leq z_c \quad \forall c \in C, m_s = c, i \in I$$

3.3 目标函数

采用加权多目标优化, 将各目标函数通过加权求和转化为单个优化目标求解

$$\min (\alpha_1 f_1 + \alpha_2 f_2 + \alpha_3 f_3 + \alpha_4 f_4)$$

1. 最大化需求的满足数量:

优先满足更多的需求, 最小化未满足的需求量

$$f_1 = I - \sum_{i \in I} y_i$$

2. 最小化混箱PN超出类型量:

减少分配的大箱中的料号个数

$$f_2 = \sum_{c \in C} z_c \cdot pn_c$$

3. 最小化物料超出量:

减小分配的出货量超出需求量的物料数量

$$f_3 = \left(\sum_{s \in S: m_s = \emptyset} \sum_{i \in I} x_{i,s} \cdot q_s + \sum_{c \in C} z_c \cdot \sum_{s \in S: m_s = c} q_s \right) - \sum_{i \in I} y_i \cdot Q_i$$

4. 最小化出库物料的库存日期:

优先使用较早的库存

$$f_4 = \sum_{s \in S} \sum_{i \in I} x_{i,s} \cdot d_s$$

权重设置

权重系数的设置是多目标优化中的关键环节, 需要根据数据规模动态调整

1. 量纲对齐

实时计算当前问题的目标范围, 动态缩放, 保证目标函数的量纲一致性, 获取对齐后的目标函数

目标函数	原始范围	归一化范围
f_1 (未满足需求)	$0 \sim I$	$0 \sim 1$
f_2 (混箱料号)	$0 \sim C \cdot pn_c$	$0 \sim 1$
f_3 (物料超出量)	$0 \sim \max(Q_i)$	$0 \sim 1$
f_4 (库存日期)	$0 \sim S \cdot \max(d_s)$	$0 \sim 1$

2. 业务优先级权重

目标函数	业务优先级	归一化后权重
f_1	最高	1000
f_2	高	100
f_3	中	10
f_4	低	1

3. 验证和调整

通过测试数据模拟不同的权重组合，观察优化结果，确定合理的权重值

4. 总结

本算法通过混合整数规划模型，将需求、库存和合箱约束全面建模，结合多目标优化方法，实现了需求满足率、库存分配、混箱约束的全局优化。

注：

- 大箱库存分配不直接关联到需求，而是关联到site层级。
- 需求层按小箱分配。