

D 题 钢材制造业中的钢材切割下料问题

某钢材生产制造商的钢材切割流程如图 1 所示。其中开卷上料环节将原材料钢卷放在开卷机上，展开放平送至右侧操作区域（见图 2）。剪切过程在剪切台上完成，剪切台上依次有切头剪和圆盘剪。



图 1：钢材切割流程

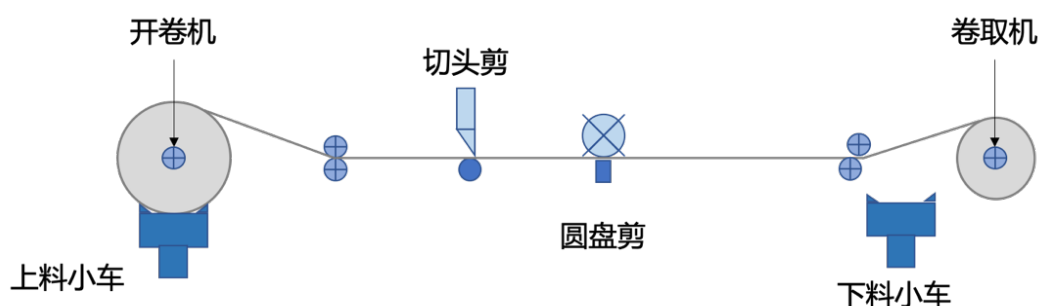


图 2：钢材操作区域示意图

圆盘剪（见图 3）用旋转的圆盘刀片连续对纵向运动着的原材料进行切割。在圆盘剪剪切前，需根据订单切割方案进行排刀。假设排刀架上可以以任意间距排刀，但刀具数量是有限制的，一次排刀上限不能超过 5 刀。用同一排刀方案切割得到的订单称为一组订单，切割不同组时需要工人重新排刀，称为一次换刀。切割每卷原材料之间均需要换刀。切头剪为“一刀切”，即将整个钢板横向完全切断。图 4-1 中的横向切割（红色虚线所示）不满足一刀切要求，无法用切头剪实现，图 4-2 的横向切割（红色虚线所示）则符合要求。

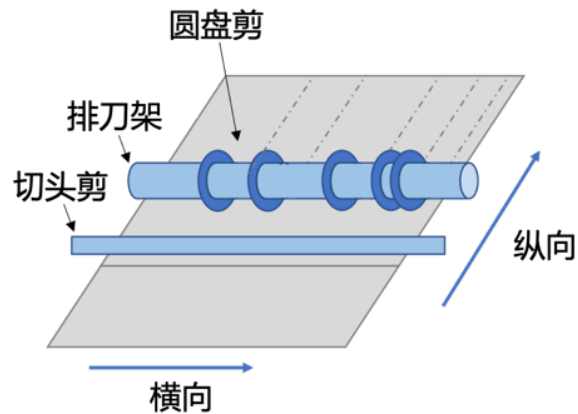


图 3：圆盘剪示意图

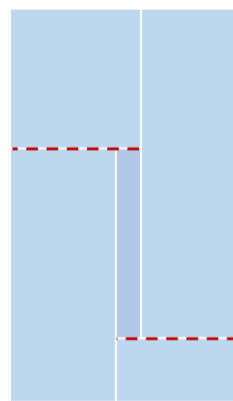


图 4-1：横向切割 1

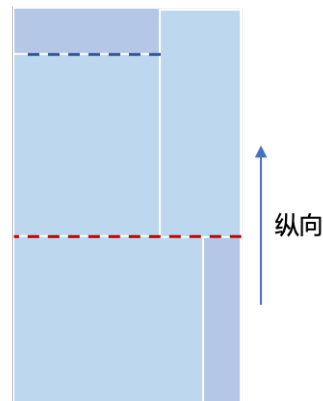


图 4-2：横向切割 2

经过横向切割后，当且仅当某些订单还需要额外横向一刀将其与废料分开，则将这些订单移至小机器再次切割（见图 4-2 蓝色虚线）。同一组内相同订单可以通过一刀同时变成成品。钢材切割订单有两种，分别是板料订单和卷料订单。切完的板料订单直接通过下料小车包装入库，卷料则需要先通过卷取机压臂成卷再入库。

原料在切割成品的同时若有剩余，且符合余料标准（见附件 2），则可将这部分按照余料标准回收入库，供下次切割使用。不符合余料标准的称为废料，必须丢弃。成材率定义为，被切割成成品的面积加上可回库的余料面积与使用原料总面积之比。

更详细的切割说明可参考附件 1 某原材料切割方案说明.xlsx。

工厂未来一批订单需求已给出，订单需求数量必须恰好满足（不允许超额供应）。根据工厂现有原料切割订单，每种原料的使用数目不能超过其库存。请建立数学模型解决下面的问题。

问题 1：针对给出的所有原料，请使用最少张数的原材料，满足对 5 种卷料的要求（不考虑浮动比例），同时尽量提高总的成材率，给出切割方案。

问题 2：针对给出的所有原料，请使用最少张数的原材料，满足对所有订单的要求（不考虑浮动比例），同时尽量提高总的成材率，给出切割方案。

问题 3：圆盘剪每次排刀需要人工更换刀在排刀架上的位置，同时若有材料需要被移到小机器上再次切割也需要人为操作。为减少人力成本，希望尽量减少换刀数和在小机器上切割数。

针对给出的所有原料，请使用最少张数的原材料，满足对所有订单的要求（不考虑浮动比例）。同时尽量减少换刀数和在小机器上切割数，并尽量提高总的成材率。给出切割方案。

问题 4：若订单额外指定了浮动比例，则交付的订单长度可在需求长度的基础上上下浮动。例如，规定浮动比例为 5%，则切割出的长度在原有长度的 95%到 105%之间均满足要求。请重新按照第 2 问的要求，给出切割方案。

另外，请在完成论文基础上，将每问切割方式信息填入“提交结果.xlsx”文件对应表单中。

填入数据要求如下：

问题 1 结果输出数据包括：

材料编号，张数，订单 1，订单 2，订单 3，订单 4,订单 5，成材率，可回库余料 1 长,可回库余料 1 宽。

说明：这里订单 i 指切割得到的订单 i 数量，没有则填 0。无可回库余料则填 0，不满足条件的废料不用填入；有更多可回库余料可继续往后填。后面问题同。

问题 2 结果输出数据包括：

材料编号，张数，订单 1，订单 2，...,订单 15,成材率,可回库余料 1 长，可回库余料 1 宽。

问题 3 结果输出数据包括：

材料编号，张数，订单 1，订单 2，...,订单 15，换刀次数,小机器切割次数，成材率，可回库余料 1 长,可回库余料 1 宽。

问题 4 结果输出数据包括：

材料编号，张数，订单 1，订单 2，...,订单 15，成材率，订单 1 浮比，订单 4 浮比，订单 5 浮比，订单 7 浮比，订单 8 浮比，订单 12 浮比，订单 15 浮比，可回库余料 1 长，可回库余料 1 宽。（这里浮比指订单长度的浮动比列，如在原来长度基础上增加 2%则填 2%，如在原来长度基础上降低 3%则填-3%）

附件 1：某原材料切割方案说明.xlsx

附件 2：余料标准

1. 长度不小于 50000，且宽度不小于 100
2. 长度和宽度，其中一个不小于 2000，另一个不小于 1000

附件 3：工厂现有原料表

表 1：工厂现有原料表

原料编号	长度	宽度	库存（张）
1	148623.91	1519.91	5
2	32960.49	999.35	10
3	75508.72	1232.32	8
4	14091.52	920.62	2
5	75040.31	1573.71	3
6	138570.39	844.99	10
7	98641.28	1184.54	12
8	114074.27	879.02	9
9	104637.72	969.02	3
10	58023.82	1785.45	10

附件 4：订单需求表

表 2：订单需求表

订单编号	长度	宽度	需求量（张）	浮动比例	种类
1	44351.13	422.88	36	5%	卷料
2	39229.01	282.88	29		卷料
3	54787.74	268.36	42		卷料
4	45284.39	277.70	32	1%	卷料
5	53479.79	332.29	18	10%	卷料
6	897.32	603.06	38		板料
7	896.09	714.72	23	10%	板料
8	1096.33	435.84	31	10%	板料
9	890.53	343.08	40		板料
10	752.61	641.45	42		板料
11	970.16	667.21	34		板料
12	998.29	472.30	25	5%	板料
13	1024.87	340.51	24		板料
14	621.91	476.60	22		板料
15	1243.03	471.25	28	10%	板料