

批量工件并行切割下料问题

板材切割下料是工程机械领域重要的生产环节。热切割机由固定板材的底部轨道和发出激光（或火焰）的多刀具系统构成。在一块板材下料过程中，底部轨道（下面简称轨道）只能沿着板材的长边（纵向）做来回移动，移动速度可在区间 $[-80, 80]$ mm/s 上连续变化；多把切割刀排列在平行于板材短边的一条直线上，每一把切割刀具可以在保持至少 100（mm）相互间距和横向次序下做独立（方向和速度都可不一样）横向移动、升起空载、恢复切割、或停机等待其它刀具运行完毕；横向移动速度可在区间 $[-50, 50]$ /s 上连续变化。每一切割刀具不能做纵向移动，在同一块板材加工过程中，每一刀具停机后也不能从新开机。理论上，在底部轨道与多刀具移动配合下，可并行切割下料多个曲边工件。工件与板边保留不小于 10 边距，工件之间保留不小于 10 加工间距。你们的任务是：

- 一、不考虑切割机运行约束和一块板材的切割下料所需时间，分别针对三种矩形板材：A8000*2500、B6000*2000、C6000*2500，任意选取附件 1 中 1-15 号工件模板（忽略每个模板的内部孔洞）中的工件切割下料，每个型号工件可下料多个，但每块板材切割出的工件至少包含 5 种型号。给出三种板材的切割排版方案，极大化板材面积利用率。
- 二、假设可以最多使用 5 把切割刀下料，设计分别从 A、B、C 三种型号的板材切割出一题中所得到的下料结果工件的方案，使得整块板的切割下料所需时间尽量短。给出轨道一维移动和所使用的每把刀具的协同运行方案（包括每个刀具横向移动、升起空载、恢复切割、停机等）。
- 三、附件 2 给出了一个批量工件的型号分布。选取 A, B, C 型板材的任意数量组合切割下料这批工件，不考虑设备时间利用率，极大化所需三个型号板材的总体面积利用率，给出每个型号的板材所需数量和切割排版方案。
- 四、假设可以最多使用 10 把切割刀下料附件 2 给出的批量工件，所需 A, B, C 型板材的总体利用率不小于三题中所得排版利用率的 95%，极小化这批工件的总体切割下料所需时间。给出每个型号的板材所需数量，给出每块板材下料时轨道移动和所使用的每把刀具的运行方案。
- 五、实际工况不仅要考虑板材利用率和设备时间利用率，还要考虑刀具空载的能量耗费，能量、板材和设备时间三者都具有经济价值，附件 2 给出了三者价格比例（其中能量的计量单位使用 1 刀具开机 1 小时）。使用最多 10 把刀具切割下料附件 2 给出的批量工件，极小化所使用的能量、板材和设备时间的价值总和。给出每个型号的板材所需数量，给出每块板材下料时轨道移动和所使用的每把刀具的协同运行方案。