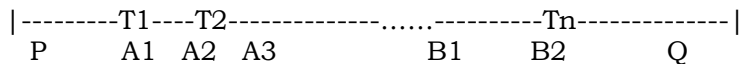


1995 年全国大学生数学建模竞赛

B 题 天车与冶炼炉的作业调度

某钢铁厂冶炼车间的厂房布局是, 地面沿一直线依次安置着 7 个工作点: 辅料供应处 P; A 组 3 座转炉(冶炼成品钢)A1, A2, A3; B 组 2 座冶炼炉(冶炼半成品钢, 简称半钢)B1, B2; 原料供应处 Q。这些设备的上方贯通着一条运送物料的天车轨道, 上面布置着若干天车 T1, T2, ..., Tn 炉了作业服务。布局示意如下。



天车与冶炼炉的作业过程与工序为: 天车从 Q 处吊起原料一罐(吊罐时间 t_y) 运至 B1 或 B2 处放下(放罐时间 t_i), 并将上一炉的原料空罐吊起(吊空时间 t_o) 返回 Q 处放下(放空罐时间 t_k)。B 组炉的原料罐放下后即可在辅助作业下开始冶炼(冶炼时间 t_b), 由天车吊起半钢罐(吊罐时间 t_d) 运至 A1 或 A2、A3 处将半钢倒入转炉(倒入时间 t_e), 并将空罐返回 B1 或 B2 处放下(放空罐时间 t_c)。再由天车从 P 处吊起辅料一槽(吊起时间 t_g) 运至 A1 或 A2、A3 处加入转炉(加入时间 t_f), 并将空槽返回 P 处放下(放空槽时间 t_h)。A 组炉在半钢和辅料加入后即可开始冶炼(冶炼时间 t_a), 冶炼后成品钢人输出不用天车(输出时间记人 t_a)。天车通过相邻两个工作点人运行时间都相同, 记为 t_x 。

由于各台天车在同一轨道上运行, 因此其顺序位置 T1, T2, ..., Tn 不可交换。在同一时间同一座炉子上只能允许一台天车作业; 但 P、Q 两处可以允许多台天车同时作业。在 P, A1, ..., Q 每两个相邻工作点之间最多能容纳 2 台天车同时停放。点之间最多能容纳 2 台天车同时停放。

天车与冶炼炉作业调度的要求为:

- (1) 成品钢产量尽量高;
- (2) 各台天车的作业率(天车作业时间所占比例)尽量均衡(考虑到设备人员安全等因素, 一般天车作业率不超过 70%);
- (3) 绝不允许天车相撞等事故;
- (4) 调度规则尽量简明, 以利于现场人员使用。

现设定: $t_a=48$, $t_b=27$, $t_i=3$, $t_o=2$, $t_c=2$, $t_d=3$, $t_e=5$, $t_f=2$, $t_g=2$, $t_h=1$, $t_y=3$, $t_k=2$ (单位: 分钟), $t_x=15$ 秒; A 组炉平均每炉产量 $W_a=120$ 吨。在不超过 5 台天车的条件下, 设计一种满足上述要求的天车与冶炼炉的作业调度方案:

- (1) 各台天车负责那些作业(列出《工序清单》);
- (2) 在所给方案的一个周期内, 每一时刻天车和冶炼炉处于什么状态(画出《天车—炉子作业运行图》);
- (3) 一份供现场人员使用的《调度规则说明书》;
- (4) 在所给方案下计算各台天车的作业率。

并按每天冶炼炉数估计该车间成品钢的年产量(扣除设备维修日, 每台转炉作业日每年按 300 天计算)。

实际生产中, t_a, t_b, \dots, t_k 都是随机的(上面设定的数值可视为平均值), 讨论你的调度方案如何适用于实际生产过程。试提出该车间提高钢产量到年产 300 万吨以上的建议。