



制造业作业生产规划

第一节 排序的基本概念

一、相关名词术语

- ◆ **排序**：确定工件在机器上的加工顺序。
- ◆ 不仅包括确定工件的加工顺序，还包括确定机器加工每个工件的开始时间和完成时间。我们习惯上不加区别地使用作业排序与作业计划。
- ◆ **派工**：按照作业计划的要求，将具体的生产任务安排到具体的机床上加工。
- ◆ **赶工**：当实际进度落后于计划进度时采取的行动。
- ◆ **加工线路**：工件按照工艺过程进行加工的过程，一般用 M_1, M_2, M_3, M_4 来表示。
- ◆ **加工顺序**：表示每台机器加工 n 个工件的先后顺序，是排序要解决的问题。

第一节 排序的基本概念

二、排序问题的分类

- 按机器的种类和数量不同，可以分为单台机器的排序问题和多台机器的排序问题；
- 按加工路线的特征，可分为单件作业排序问题和流水作业排序问题；
- 按工件到达工作中心（或车间）的情况不同可分为静态的排序问题（当进行排序时，所有工件都已到达，或准备就绪）和动态的排序问题（工件的到达是陆续的，要随时安排它们的加工顺序）；

第一节 排序的基本概念

二、排序问题的分类

- 按目标函数不同，可分为流程最短问题与误工最少问题等；
- 按目标函数的性质不同分为单目标排序问题与多目标排序问题；
- 按参数的性质，可以划分为确定型排序问题与随机型排序问题。

第一节 排序的基本概念

三、假设条件与符号说明

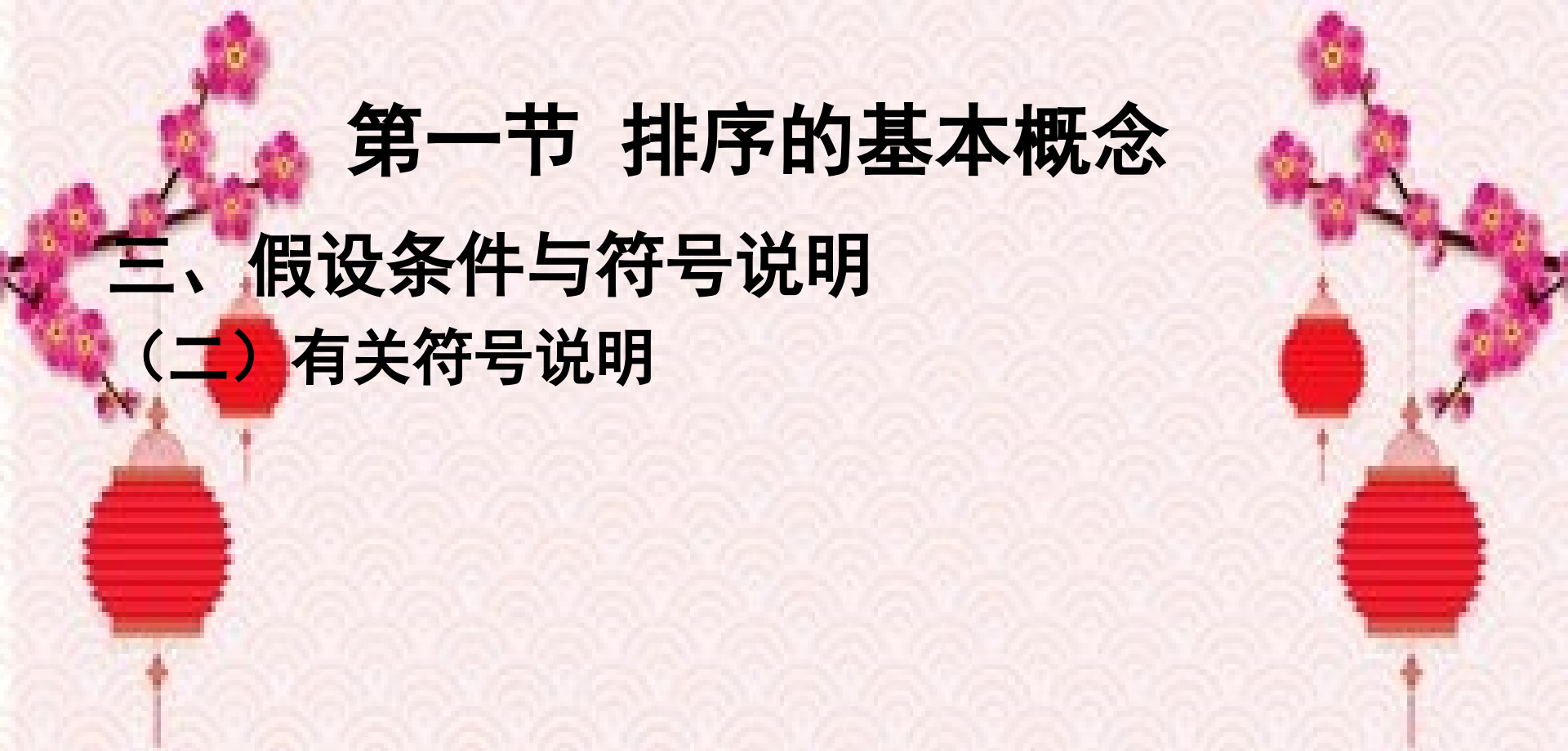
(一) 排序问题的假设条件

1. 一个工件不能同时在几台不同的机器上加工；
2. 工件在加工过程中采取平行移动方式；
3. 不允许中断；
4. 每道工序只在一台机器上完成；
5. 工件数、机器数和加工时间已知，加工时间与加工顺序无关；
6. 每台机器同时只能加工一个工件。

第一节 排序的基本概念

三、假设条件与符号说明

(二) 有关符号说明



第一节 排序的基本概念

四、排序问题的一般表示方法

4参数法： $n/m/A/B$

其中： n ——工件数；

m ——机器数；

A ——工作车间类型；

B ——目标函数，通常是使其最小

- ◆ 若 A 处为 F 代替，则表示流水作业排序问题；
- ◆ 若 A 处为 P 代替，则表示流水作业排列排序问题，即每个工件在各台机器上的加工顺序都相同；
- ◆ 若 m 为1时， A 为空白，即单台机器的排序，对于单台机器排序问题，无所谓加工路线问题。

第二节 流水作业排序问题

- **流水作业排序问题的基本特征是每个工件的加工线路都一致。**
- **加工线路一致，是指工件的流向一致，并不是指每个工件必须经过加工线路上的每台机器加工。**
- **本节要讨论的是所有工件在各台机器上的加工顺序相同的情况，就是排列排序问题 $n/m/P/B$ 。**

第二节 流水作业排序问题

一、最长流程时间 F_{\max} 的计算

◆ P263[例11.1] 有一个6/4/P/ F_{\max} 问题，其加工时间如表，当按顺序 $S=(6, 1, 5, 2, 4, 3)$ 加工时，求 F_{\max} 。

表11-1 加工时间矩阵

i	1	2	3	4	5	6
P_{i1}	4	2	3	1	4	2
P_{i2}	4	5	6	7	4	5
P_{i3}	5	8	7	5	5	5
P_{i4}	4	2	4	3	3	1

◆ P263 [例11.1] 有一个6/4/P/Fmax问题，其加工时间如表，当按顺序 $S=(6, 1, 5, 2, 4, 3)$ 加工时，求 F_{\max} 。

表11-1 加工时间矩阵

i	1	2	3	4	5	6
P_{i1}	4	2	3	1	4	2
P_{i2}	4	5	6	7	4	5
P_{i3}	5	8	7	5	5	5
P_{i4}	4	2	4	3	3	1

表11-2 顺序下的加工时间矩阵

i	6	1	5	2	4	3
P_{i1}	2^2	4^6	4^{10}	2^{12}	1^{13}	3^{16}
P_{i2}	5^7	4^{11}	4^{15}	5^{20}	7^{27}	6^{33}
P_{i3}	5^{12}	5^{17}	5^{22}	8^{30}	5^{35}	7^{42}
P_{i4}	1^{13}	4^{21}	3^{25}	2^{32}	3^{38}	4^{46}

F_{\max} 的标注完工时间的规则

- ◆ 对于第1行第1列，只需把加工时间的数值作为完工时间标在加工时间的右上角；对于第1行的其它元素，从左到右依次将前一列右上角的数字加上计算列的加工时间，将结果填在计算列加工时间的右上角。
- ◆ 对于从第2行到第 m 行，只要把上一行右上角的数字和本行的加工时间相加，将结果填在加工时间的右上角；
- ◆ 从第2列到第 n 列，则要从本行前一列右上角和本列上一行的右上角数字中取较大者，再和本列加工时间相加，将结果填在本列加工时间的右上角。这样计算下去，最后一行的最后一列右上角数字，即为 F_{\max} 。

第二节 流水作业排序问题

二、 $n/2/F/F_{\max}$ 问题的最优算法

对于 n 个工件1台机器的排序问题，既适用于流程作业，也适用于单件作业，在第三节单件作业排序讨论。

对于 $n/2/F/F_{\max}$ 问题，于1954年给出了有效的算法，即著名的Johnson算法。其目标是使从第一个工件开始到最后一个工件结束的总流程时间最短。

二、 $n/2/F/F_{\max}$ 问题的最优算法

Johnson算法的步骤：

- ① 列出所有工件在两台机器上的加工时间矩阵；
- ② 从加工时间矩阵中找出最短的加工时间；
- ③ 若最短的加工时间出现在 M_1 上，则对应的工件往前排；如果最短的加工时间出现在 M_2 上，则对应的工件往后排；然后，划去已经排序的工件。若最短的加工时间有多个，则任选一个；
- ④ 当所有的工件都已排序，停止计算，转步骤①。

P264[例11.2]

按Johnson法求下表所示的 $6/2/F/F_{\max}$ 问题的最优解。

表11-3 加工时间矩阵

i	1	2	3	4	5	6
a_i	5	1	8	5	3	4
b_i	7	2	2	4	7	4

最优加工顺序为 $S = (2, 5, 6, 1, 4, 3)$

最优顺序下的 $F_{\max} = 28$

Johnson算法的变形

■ 步骤:

- ① 将所有 $a_i \leq b_i$ 的工件按照 a_i 值不减（递升）的顺序排列成一个序列A;
- ② 将所有 $a_i > b_i$ 的工件按 b_i 值不增（递减）的顺序排列成一个序列B;
- ③ 将A放到B之前，就构成了最优加工顺序。

P264[例11.2] ——Johnson算法的变形

◆ 求下表所示的 $6/2/F/F_{\max}$ 问题的最优解。

表11-3 加工时间矩阵

i	1	2	3	4	5	6
a_i	5	1	8	5	3	4
b_i	7	2	2	4	7	4

序列A为 (2,5,6,1) , 序列B为 (4,3) ,
则最优序列为 $S = (2,5,6,1,4,3)$,
与Johnson算法的结果一致。

n / m / P / Fmax问题的启发式算法

- **启发式算法（试探法）是一种能在可接受的费用内寻找最好的解的技术，但不一定能保证所得解的可行性和最优性，甚至在多数情况下，无法阐述所得解同最优解的近似程度。**
- **启发式算法是解决NP问题（不确定性问题）的重要方法，由于其计算量都比较大，所以随着计算机技术的发展，启发式算法取得了巨大的成就。**
- **常见的启发式算法有贪婪法、局部搜索法、退火算法、蚁群算法等。**

经典算法与启发式算法

- 驾驶汽车到达某人的家，写成算法是这样的：沿长张高速公路北行至太子庙；从西北出口出来后往山上开4.5公里；在一个杂货店旁边的红绿灯路口右转，接着在第一个路口左转；从左边褐色大房子的车道进去，就是桃源路714号。
- 用启发式方法来描述则可能是这样：找出上一次我们寄给你的信，照着信上面的寄出地址开车到这个镇；到了之后你问一下我们的房子在哪里。这里每个人都认识我们——肯定有人会很愿意帮助你的；如果你找不到人，那就找个公共亭给我们打 ，我们会出来接你。

三、一般 $n/m/P/F_{max}$ 问题的启发式算法

(一) Palmer (帕默) 算法

1965年, D·S·Palmer提出按斜度指标排列工件的启发式算法, 这种算法称之为Palmer算法。

其中工件斜度指标可按下式计算:

算出 λ_i 后, 按 λ_i 不增(递减)的顺序排列工件, 可得出较满意的加工顺序。

三、一般 $n/m/P/F_{max}$ 问题的启发式算法

(一) Palmer 算法

P266[例11.3] 有一个 $4/3/F/F_{max}$ 问题，用Palmer算法求解最优加工顺序。加工时间矩阵为：

i	1	2	3	4
P_{i1}	1	2	6	3
P_{i1}	8	4	2	9
P_{i1}	4	5	8	2

i	1	2	3	4
P_{i1}	1	2	6	3
P_{i2}	8	4	2	9
P_{i3}	4	5	8	2

解:

$$\lambda_i = \sum_{k=1}^3 [k-2]p_{ik}, k=1,2,3. \text{ 则, } \lambda_i = -p_{i1} + p_{i3}$$

$$\lambda_1 = -p_{11} + p_{13} = -1 + 4 = 3$$

$$\lambda_2 = -p_{21} + p_{23} = -2 + 5 = 3$$

$$\lambda_3 = -p_{31} + p_{33} = -6 + 8 = 2$$

$$\lambda_4 = -p_{41} + p_{43} = -3 + 2 = -1$$

按照 λ_i 不增的顺序,
得到最优加工顺序
(1,2,3,4)和(2,1,3,4)

(二) 关键工件法

◆步骤如下:

1. 计算每个工件的总加工时间 $P_i = \sum p_{ij}$, 找出加工时间最长的工件 C ($j=m$), 将其作为关键工件。
2. 对于余下的工件, 若 $P_{i1} \leq P_{im}$, 则按 P_{i1} 不减的顺序排列一个序列 S_a ; 若 $P_{i1} > P_{im}$, 则按 P_{im} 不增的顺序排成一个序列 S_b 。
3. 加工顺序 (S_a, C, S_b) 即为所求近优解。

例11.3

i	1	2	3	4
P_{i1}	1	2	6	3
P_{im}	8	4	2	9
P_{i1}	4	5	8	2

三、一般 $n / m / P / F_{\max}$ 问题的启发式算法

(三) CDS算法

◆ Campbell, Dudek, Smith三人提出了一个启发式算法, 简称CDS算法。他们把Johnson算法用于一般 $n / m / P / F_{\max}$ 问题, 得到 $(m-1)$ 个加工顺序, 取其中优者。对加工时间, 按下列公式求和, 即:

$$\sum_{k=1}^l p_{ik} \text{ 和 } \sum_{k=m+1-l}^m p_{ik}, l = 1, 2, \dots, m-1$$

当 $l=1$ 时, 有两种排序方式, 用Johnson方法排序得到一个最优排序; 当 $l=2$ 时, 又有两种排序方法, 用Johnson方法排序, 得到又一个最优排序; 当 $l=3, \dots, (m-1)$, 又可求出对应的每一种排序方法。最后比较取得最优解。

本次课小结

- **相关名次术语（排序、编制作业计划、派工、赶工、加工线路、加工顺序）**
- ◆ **最长流程时间的计算**
- ◆ **$n/2/F/F_{\max}$ 问题的最优算法（Johnson算法）**

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/007134165030006043>