中国科学技术大学
UNI. OF SCI. & TECH. OF CHINA

生产运作管理

第10章 作业计划

中国科大·管理学院
SCH OF MNGT, UNI. OF SCI. & TECH. OF CHINA

第10章 作业计划

➔10.1 排序问题的基本概念

10.2 流水作业的排序问题

10.3 单件作业的排序问题

10.4 服务业作业计划

10.1 排序问题的基本概念

10.1.1 名词与术语

10.1.2 假设条件与符号说明

10.1.3 排序问题的分类和表示法

10.1.1 名词与术语

- 排序(Sequencing)：确定工件在机器上的加工顺序。
- 编制作业计划(Scheduling)：确定工件在机器上的加工顺序以及每个工件的开始加工时间和完成时间。
- 调度(Controlling)包括派工(Dispatching)和赶工(Expediting)。
  - 派工指依据作业计划将具体任务安排到具体的机床加工。
  - 赶工指实际进度落后于计划时采取的资源调配行动。

10.1.1 名词与术语(续)

- 排序问题的基本术语
  - 机器：服务者，具体可以是机床、工人、码头;
  - 工件：服务对象，可以是单个或多个相同的零件;
  - 加工路线：工件加工的工艺过程决定的，它是工件加工在技术上的约束;
  - 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。

10.1.1 名词与术语(续)

- 一般的流水作业排序问题：工件的流向一致，并不要求每个工件必须经过加工路线上每台机器。
- 流水作业的排列排序问题：所有工件在各台机器上的加工顺序都相同。
- 单件作业的排序问题：每个工件都有其独特的加工路线，工件没有一定的流向；

10.1.2 假设条件与符号说明

❖假设条件

- 一个工件不能同时在几台不同的机器上加工；
- 工件在加工过程中采用平行移动方式（无等待）；
- 工件开始加工后，完工前不能插入其它工件；
- 每道工序只在一台机器上完成；
- 工件数、机器数和加工时间已知，且与加工顺序无关；
- 每台机器同时只能加工一个工件。

10.1.2 假设条件与符号说明(续)

❖符号说明

n/m/A/B

n:工件数；***m***:机器数；***A***:车间类型

F表示流水作业排序问题

P表示流水作业排列排序问题，也常被称为“同顺序”排序问题。

G一般单件作业排序问题

B:目标函数

使其值最小

第10章 作业计划

✓ 10.1 排序问题的基本概念

➔10.2 流水作业的排序问题

10.3 单件作业的排序问题

10.4 服务业作业计划

10.2 流水作业的排序问题

❖一般的流水作业排序问题：工件的流向一致，并不要求每个工件必须经过加工路线上每台机器。

❖流水作业的排列排序问题：所有工件在各台机器上的加工顺序都相同。

10.2.1 最长流程时间$F_{\max}$的计算

$n/m/p/F_{max}$问题

- 使从第一个工件在第一台机床开始加工到最后一个工件在最后一台机器上完成加工为止的时间最短；
- 所有工件到达时间都为零⇒F_{max}等于一批工件的最长完工时间；
- n个工件的加工顺序为$S=(S_1,S_2,\dots,S_n)$。

10.2.1 最长流程时间F_{max}的计算(续)

C_{ki}和 P_{ki} 分别表示工件i在机器k上的完工时间和加工时间。C_{ki}的递推计算公式为：

$$C_{1i} = \mathrm{C}_{1(i\text{-}1)} + P_{1i}$$

$$C_{ki} = \max\{\mathrm{C}_{(k\text{-}1)i}, \mathrm{C}_{k(i\text{-}1)}\} + P_{ki}$$

10.2.1 最长流程时间F_{max}的计算(续)

例：有一个$6/4/p/F_{max}$问题，其加工时间如下表。当加工顺序为S=（6，1，5，2，4，3）时，求F_{max}。

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

10.2.1 最长流程时间F_{max}的计算(续)

- 按S的顺序列出加工矩阵
- 第一行第一列加工时间等于其右上角的完工时间
- 第一行其他列完工时间等于其前一列完工时间加上其加工时间
- 第二行以下,第一列完工时间等于其前一行完工时间加上其加工时间；其他列完工时间等于其前一列完工时间加上其加工时间

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}

10.2.2 $n/2/F/\ F_{max}$问题的最优算法

❖ 1954年Johnson提出

❖ 用a_i和b_i分别表示J_i在M_1和M_2的加工时间。每个工件都按$M_1 \rightarrow M_2$的路线加工。若$\min(a_i, b_j) < \min(a_j, b_i)$,则$J_i$应排在$J_j$之前。

❖ Johnson算法:

- 从加工时间矩阵中找出最短的加工时间;
- 若它出现在M_1上，则其对应的工件应尽可能往前排；若它出现在M_2上，则其对应的工件应尽可能往后排;
- 划去已排序工件并重复上述步骤直至排完。

10.2.2 $n/2/F/F_{max}$问题的最优算法(续)

❖最优加工顺序为S=（2，5，6，1，4，3）

❖最优加工顺序下F_{max} =28

例：求 $6/2/F/F_{max}$ 问题的最优解

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

10.2.2 $n/2/F/\ F_{max}$问题的最优算法(续)

- **Johnson算法的改进算法**
  - 将所有$a_i \le b_i$的工件按a_i值不减的顺序排成一个序列A
  - 将所有$a_i > b_i$的工件按b_i值不增的顺序排成一个序列B
  - 将A放到B之前即构成最优加工顺序
- **Johnson法则所得到的最优顺序中任意去掉一些工件，余下的仍构成最优顺序**

10.2.3 一般$n/m/P/F_{max}$问题的启发式算法

（1）Palmer法（1965年Palmer提出）

- 定义斜度指标

$$\lambda_i = \sum_{k=1}^{m} [k-(m+1)/2] p_{ik} \quad k=1,2,\ldots n$$

- m为机器数，p_{ik}为工件i在M_k上的加工时间
- 按各工件的斜度指标不增顺序排列工件，可得满意顺序

10.2.3 一般$n/m/P/F_{max}$问题的启发式算法

（2）CDS法(由Compbell，Dudek和Smith提出)

- 方法：
  - 将前l台机器和后m-l台机器分别看成两个机器群体，并对其加工时间分别进行求和，即，求

$$\sum_{k=1}^{l} p_{ik} \quad \text{和} \quad \sum_{k=m+1-l}^{m} p_{ik}, \qquad l = 1, \ldots, m-1$$

  - 将Jonhson算法求m-1个加工顺序，然后比较得到其中的最优顺序作为一般$n/m/P/F_{max}$问题的满意顺序。

10.2.3 一般n/m/P/ Fmax问题的启发式算法

表　加工时间矩阵
(3台机器，4个工件)

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

表　用CDS法求解

	i	1	2	3	4
$l=1$	P_{i1}	1	2	6	3
	P_{i3}	4	5	8	2
$l=2$	$P_{i1}+P_{i2}$	9	6	8	12
	$P_{i2}+P_{i3}$	12	9	10	11

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

第10章 作业计划

10.3 单件作业的排序问题

- 每个工件都有其独特的加工路线，工件没有一定的流向；
- 用加工描述矩阵描述所有工件的加工要求。矩阵的行表示不同的工件；列表示不同的工序；每个元素用一个(i,j,k)三元组表示工件i的第j道工序在机器k上加工；
- 一般$n/m/P/F_{max}$问题无有效算法，通常应用一些启发式算法。

10.3 单件作业的排序问题（续）

- 半能动作业计划
  - 各工序都按最早可能开（完）工时间安排的作业计划
- 能动作业计划
  - 任何一台机器的每段空闲时间都不足以加工一道可加工工序的半能动作业计划
- 无延迟作业计划
  - 没有任何延迟出现的能动作业计划
  - 延迟指有工件等待加工时机器出现空闲

10.3.1 能动作业计划编制(续)

$\{S_t\}$—t步之前已排序工序构成的部分作业计划

$\{O_t\}$—第t步可以排序的工序的集合

T_k—$\{O_t\}$中工序O_t最早可能开工的时间

T_k' —$\{O_t\}$中工序O_t最早可能完工的时间

10.3.1 能动作业计划编制(续)

Step1：令t=1，$\{S_1\}$为空集，$\{O_1\}$为各工件第一道工序的集合；

Step2：求$T^*=\min\{T_k\}$,并求出T^*出现的机器M^*。若M^*有多台，则任意选择其中一台；

Step3：从$\{O_t\}$中挑出满足以下两个条件的工序O_j：需要机器M^*加工，且$T_j<T^*$；

Step4：将确定的工序O_j放入$\{S_t\}$，从$\{O_t\}$中消去O_j，并将O_j的紧后工序放入$\{O_t\}$，令$t=t+1$；

Step5：若$\{O_t\}$为空集，停止；否则转到Step2。

10.3.1 能动作业计划编制 (续)

例：一个$2/3/G/F_{max}$问题，其加工描述矩阵D和加工时间矩阵T为

$$D=\begin{pmatrix} 1,1,1 & 1,2,3 & 1,3,2 \\ 2,1,3 & 2,2,1 & 2,3,2 \end{pmatrix}$$

$$T=\begin{pmatrix} 2 & 4 & 1 \\ 3 & 4 & 5 \end{pmatrix}$$

最早结束时间

t	$\{O_t\}$	T_k	T_k'	T^*	M^*	O_j
1	1,1,1 2,1,3	0 0	2 3	2	M_1	1,1,1
2	1,2,3 2,1,3	2 0	6 3	3	M_3	2,1,3
3	1,2,3 2,2,1	3 3	7 7	7	M_3 M_1	1,2,3
4	1,3,2 2,2,1	7 3	8 7	7	M_1	2,2,1
5	1,3,2 2,3,2	7 7	8 12	8	M_2	1,3,2
6	2,3,2	8	13	13	M_2	2,3,2

10.3.1 能动作业计划编制 (续)

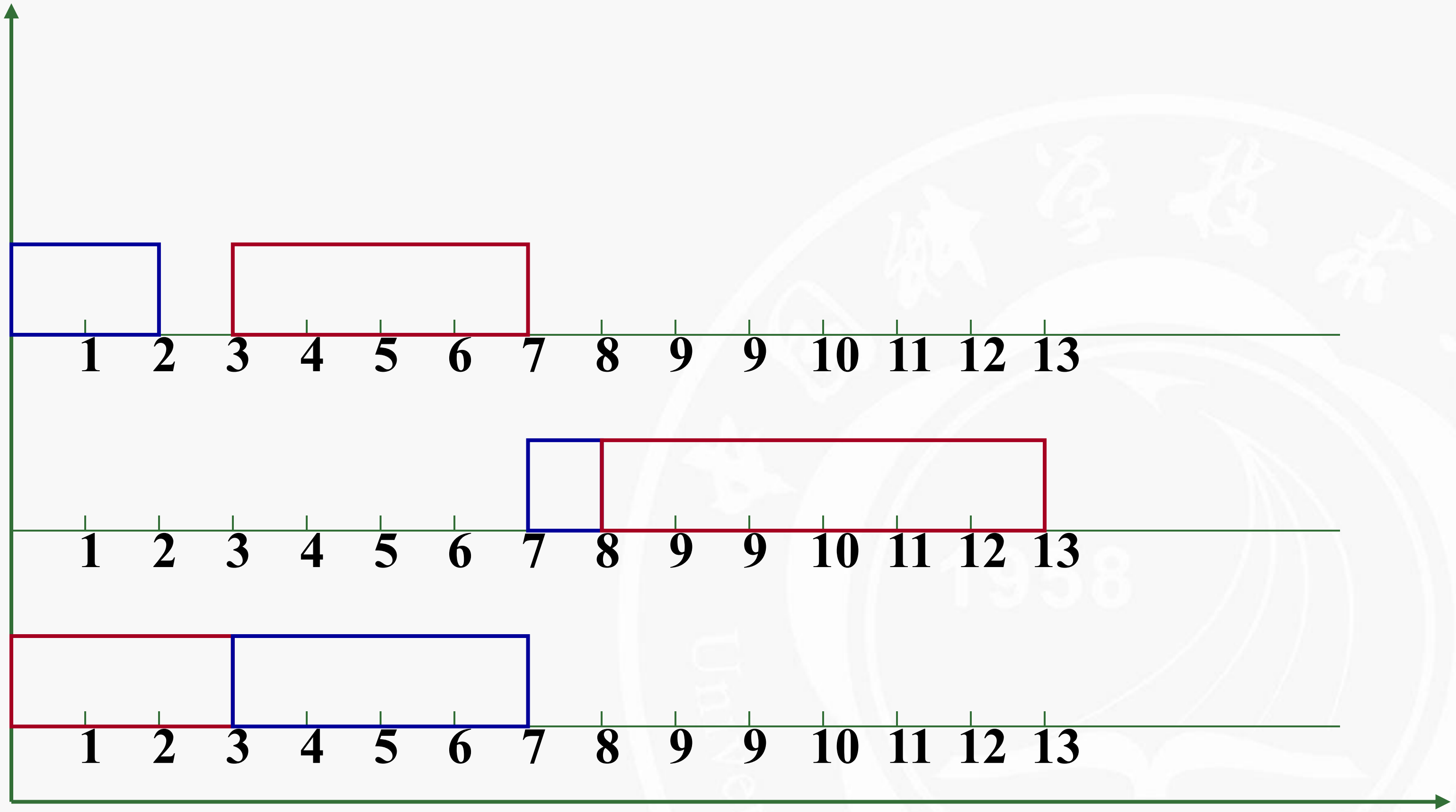

图 能动作业计划

10.3.2 无迟延作业计划编制

Step1：令t=1，$\{S_1\}$为空集，$\{O_1\}$为各工件第一道工序的集合；

Step2：求$T^*=\min\{T_k\}$,并求出T^*出现的机器M^*。若M^*有多台，则任意选择其中一台；

Step3：从$\{O_t\}$中挑出满足以下两个条件的工序O_j：需要机器M^*加工，且$T_j=T^*$；

Step4：将确定的工序O_j放入$\{S_t\}$，从$\{O_t\}$中消去O_j，并将O_j的紧后工序放入$\{O_t\}$，令$t=t+1$；

Step5：若$\{O_t\}$为空集，停止；否则转到Step2。

10.3.2 无迟延作业计划编制(续)

最早开始时间

$$D=\begin{pmatrix} 1,1,1 & 1,2,3 & 1,3,2 \\ 2,1,3 & 2,2,1 & 2,3,2 \end{pmatrix}$$

$$T=\begin{pmatrix} 2 & 4 & 1 \\ 3 & 4 & 5 \end{pmatrix}$$

t	$\{O_t\}$	T_k	T_k'	T	M	O_j
1	1,1,1 2,1,3	0 0	2 3	0 0	M_1 M_3	1,1,1
2	1,2,3 2,1,3	2 0	6 3	 0	 M_3	 2,1,3
3	1,2,3 2,2,1	3 3	7 7	3 3	M_3 M_1	1,2,3
4	1,3,2 2,2,1	7 3	8 7	 3	 M_1	 2,2,1
5	1,3,2 2,3,2	7 7	8 12	7 7	M_2 M_2	 2,3,2
6	1,3,2	12	13	12	M_2	1,3,2

10.3.2 无迟延作业计划编制(续)

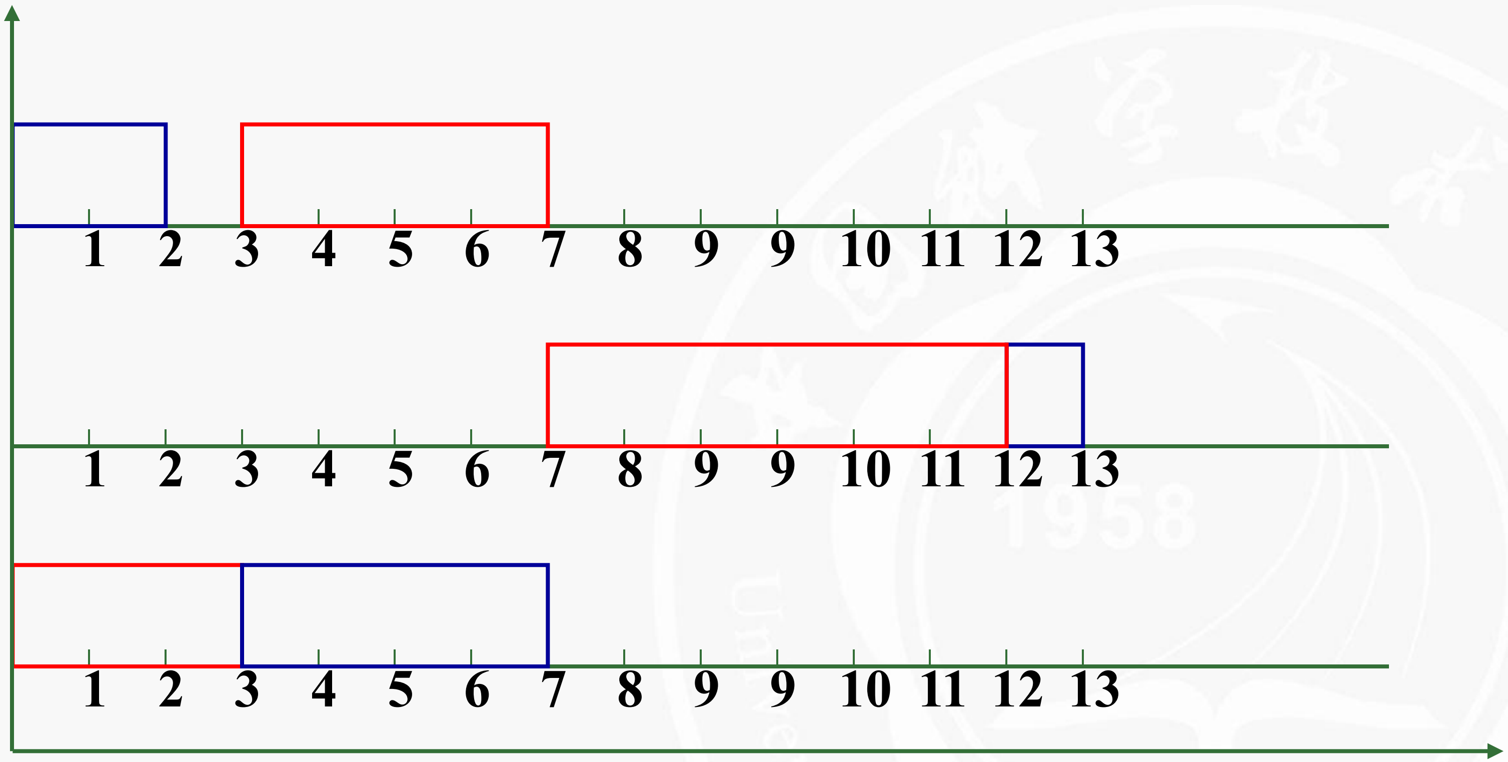

图 无延迟作业计划

10.3.2 无迟延作业计划编制(续)

可采用的另一种计划

t	$\{O_t\}$	T_k	T_k'	T	M	O_j
1	1,1,1 2,1,3	0 0	2 3	0 0	M1 M3	 2,1,3
2	1,1,1 2,2,1	0 3	2 7	0	M1	1,1,1
3	1,2,3 2,2,1	3 3	7 7	0 0	 M1	 2,2,1
4	1,2,3 2,3,2	3 7	7 12	3	M3	1,2,3
5	1,3,2 2,3,2	7 7	8 12	7 7	M2	1,3,2
6	2,3,2	8	13	8	M2	2,3,2

第10章 作业计划

10.4 服务业作业计划

10.4.1 服务业运作的特点

10.4.2 人员班次计划

10.4.1 服务业运作的特点

（1）服务交付系统
（2）服务交付系统管理中的问题
（3）影响需求类型的策略
（4）处理非均匀需求的策略

（1） 服务交付系统

- 服务交付系统指提供何种服务，在何处提供服务和对谁提供服务
- 设计服务交付系统指确定服务交付系统的结构及其运行方式。具体包括确定目标市场、确定服务产品及其运营方式
- 对服务交付系统的管理需要特别注意服务与有形产品的形成与消费等方面的差异

（2） 服务交付系统管理中的问题

- 顾客参与的影响
  - 顾客参与影响服务运作的标准化，从而影响服务的效率
  - 为使顾客感到舒适、方便和愉快，可能造成服务能力的浪费
  - 对服务质量的感觉是主观的
  - 顾客参与的程度越深，对效率的影响越大

（2）服务交付系统管理中的问题(续)

- 减少顾客参与影响的方法
  - 通过服务的标准化减少服务品种
  - 通过自动化减少同顾客的接触
  - 将部分操作与顾客分离
  - 设置一定的库存，主要针对有形产品部分。

（3） 影响需求类型的策略

- ❖固定时间表
- ❖使用预约系统
- ❖按一定规则推迟交货
- ❖为低峰时的需求提供优惠

（4）处理非均匀需求的策略

- 改善人员班次安排
- 利用半时工作人员
- 让顾客自己选择服务水平
- 利用外单位的设施和设备
- 雇佣多技能员工
- 顾客自我服务
- 采用生产线方法

10.4.2 人员班次计划

❖ 人员班次计划指兼顾企业生产需要和员工休息和工作时间两方面要求的前提下，合理安排员工的工作班次（工作日/休息日顺序），使职工数量最少。

（1）常用术语

- 安排班次的企业部门单位通称部门，被安排的对应通称工人;
- 安排时间以周为时间单位，用周一至周日表示
- 单班次问题指一天只安排一个班次;
- 多班次问题指一天安排多个班次，如白班、晚班、夜班;
- 周末休息频率*A/B*指在任意连续*B*周内，工人有*A*周在周末休息;
- $R(i,j)$,表示第*i*天第*j*班次所需工人数量,*N*表示总的人力需求,*W*表示所需劳动力下限.

（2）人员班次计划的分类

- 按班次计划的特点分
  - 个人班次计划(固定/非循环班次计划,每个工人沿用特定的工作日/休息日顺序,与他人无关)
  - 公共班次计划(循环班次计划,每隔若干周,每名工人的计划就重复一次)
- 按每天的班次数分:单班次问题和多班次问题
- 按工人的种类分
  - 全职排班、全职与兼职排班、多种向下替代排班
- 按参数的性质分
  - 确定型人员排班和随机型人员排班。确定型人员排班问题指人力需求和其它有关参数已知、确定的。

（3）单班次问题

- 特点
  - 最简单、最基本
  - 可作为某些特殊多班次问题的合理近似
  - 为一般人员班次问题的求解提供启示
- 条件（每周工作7天，每天一班，正常需要*N*人，周末需要*n*人）
  - **con1**：保证工人每周有两个休息日；
  - **con2**：保证工人每周的两个休息日为连休；
  - **con3**：保证条件con1 之外，连续2周内每名工人有1周在周末休息；
  - **con4**：保证条件con2 之外，连续2周内每名工人有1周在周末休息。

（3）单班次问题(续)

①条件 *con1*

- 所需劳动力下限为$W_1=\max\{n, N+\lceil 2n/5 \rceil\}$
- 求解步骤
  - 安排$[W_1-n]$名工人在周末休息
  - 对余下的n名工人从1到n编号，1号到$[W_1-N]$号工人周一休息
  - 安排紧接着的$[W_1-N]$名工人第二天休息（工人1紧接着工人n）
  - 如果$5W_1>5N+2n$，则有多余的休息日供分配，可按需要调整班次计划

（3）单班次问题(续)

例：设N=5，n=8,求班次安排。

$W_1=\max\{8, 5+\lceil 2\times 8/5 \rceil\}=9$

工人号	一	二	三	四	五	六	日
1	Y			Y			
2	Y			Y			
3	Y			Y			
4	Y			Y			
5		Y			Y		
6		Y			Y		
7		Y			Y		
8		Y			Y		
9						Y	Y

（3）单班次问题(续)

②条件 *con2*

- 所需劳动力下限为$W_2=\max\{n, N+[2n/5], 2(N+n)/3]\}$
- 求解步骤
  - 计算W_2，给W_2名工人编号
  - 取$k=\max\{0, 2N+n-2W_2\}$;
  - 1号到k号工人(五,六)休息，k+1~2k号工人(日,一)休息，接下来的[W_2-n-k]号工人(六,日)休息;
  - 对余下的工人按(一,二)，(二,三)，(三,四)，(四,五)的顺序安排连休，保证有N名工人在平常日当班

（3）单班次问题(续)

例：设N=6，n=5,求班次安排。

W_2=8, k=1

工人号	一	二	三	四	五	六	日
1					Y	Y	
2	Y						Y
3						Y	Y
4						Y	Y
5	Y	Y					
6		Y	Y				
7			Y	Y			
8				Y	Y		

（3）单班次问题(续)

③条件*con3*

- 所需劳动力下限为$W_3=\max\{n,N+[2n/5]\}$
- 求解步骤
  - 计算W_3，将$[W_3-2n]$名工人安排周末休息
  - 将余下的$2n$名工人等分成A、B两组，A组工人第一周周末休息，B组工人第二周周末休息
  - 按情形　　的步骤3、4给A组工人分配第二周的休息日。如果$5W_3>5N+2n$，可以安排1至$[W_3-N]$号工人周五休息，不足部分按周五、周四到周一的顺序安排休息日
  - B组的n名工人第一周班次计划与A组的第一周班次计划相同

（3）单班次问题(续)

④条件con

- 所需劳动力下限为$W_4=\max\{n, N+[2n/5], 4(N+n)N/5]\}$
- 求解步骤
  - 将W_4名工人分成A、B两组，A组$[W_4/2]$工人第一周周末休息， B组$(W_4-[W_4/2])$工人第二周周末休息
  - 取$k=\max\{0,4N+2n-4W_4\}$， A组中$k/2$名工人(五$_2$,六$_2$)休息， $k/2$名工人(日$_2$,一$_1$)休息； B组中$k/2$名工人(五$_1$,六$_1$)休息， $k/2$名工人(日$_1$,一$_2$)休息
  - 在保证平常日有N名、周末有n名工人当班的前提下，对A组余下人员按下列顺序安排连休日： (六$_2$,日$_2$)， (四$_2$,五$_2$)， (三$_2$,四$_2$)， (二$_2$,三$_2$)， (一$_2$,二$_2$)；对B组余下人员按下列顺序安排连休日： (六$_1$,日$_1$)， (四$_1$,五$_1$)， (三$_1$,四$_1$)， (二$_1$,三$_1$)， (一$_1$,二$_1$)

第10章 作业计划

- ✓ 10.1 排序问题的基本概念
- ✓ 10.2 流水作业的排序问题
- ✓ 10.3 单件作业的排序问题
- ✓ 10.4 服务业作业计划

本章作业：

（1）用Johnson算法的改进算法解决P15的问题。

（2）用用CDS法求解P19的问题。

（3）能动作业计划编制 。P25

（4）无迟延作业计划编制。P28

（5）简述顾客参与对服务运作的影响。P35

（6） 简述减少顾客参与影响的方法。P36

（7）简述处理非均匀需求的策略。 P38