

## 第2章 应用题参考答案

1. 下列指令中哪些只能在核心态运行?

(1) 读时钟日期; (2) 访管指令; (3) 设时钟日期; (4) 加载 PSW; (5) 置特殊寄存器; (6) 改变存储器映象图; (7) 启动 I/O 指令。

答: (3), (4), (5), (6), (7)。

2. 假设有一种低级调度算法是让“最近使用处理器较少的进程”运行, 试解释这种算法对“I/O 繁重”型作业有利, 但并不是永远不受理“处理器繁重”型作业。

答: 因为 I/O 繁忙型作业忙于 I/O, 所以它 CPU 用得少, 按调度策略能优先执行。同样原因一个进程等待 CPU 足够久时, 由于它是“最近使用处理器较少的进程”, 就能被优先调度, 故不会饥饿。

3. 并发进程之间有什么样的相互制约关系? 下列日常生活中的活动是属哪种制约关系: (1) 踢足球, (2) 吃自助餐, (3) 图书馆借书, (4) 电视机生产流水线工序。

答: 并发进程之间的基本相互制约关系有互斥和同步两种。其中(1)、(3)为互斥问题。(2)、(4)为同步问题。

4. 在按动态优先数调度进程的系统中, 每个进程的优先数需定时重新计算。在处理器不断地在进程之间交替的情况下, 重新计算进程优先数的时间从何而来?

答: 许多操作系统重新计算进程的优先数在时钟中断处理例程中进行, 由于中断是随机的, 碰到哪个进程, 就插入哪个进程中运行处理程序, 并把处理时间记在这个进程的账上。

5. 若后备作业队列中等待运行的同时有三个作业 J1、J2、J3, 已知它们各自的运行时间为 a、b、c, 且满足  $a < b < c$ , 试证明采用短作业优先算法调度能获得最小平均作业周转时间。

答: 采用短作业优先算法调度时, 三个作业的总周转时间为:

$$T1 = a + (a+b) + (a+b+c) = 3a + 2b + c \quad ①$$

若不按短作业优先算法调度, 不失一般性, 设调度次序为: J2、J1、J3。则三个作业的总周转时间为:

$$T2 = b + (b+a) + (b+a+c) = 3b + 2a + c \quad ②$$

令②-①式得到:

$$T2 - T1 = b - a > 0$$

可见, 采用短作业优先算法调度才能获得最小平均作业周转时间。

6. 若有一组作业  $J_1, \dots, J_n$ , 其执行时间依次为  $S_1, \dots, S_n$ 。如果这些作业同时到达系统, 并在一台单 CPU 处理器上按单道方式执行。试找出一种作业调度算法, 使得平均作业周转时间最短。

答: 首先, 对  $n$  个作业按执行时间从小到大重新进行排序, 则对  $n$  个作业:  $J_1', \dots, J_n'$ , 它们的运行时间满足:  $S_1' \leq S_2' \leq \dots \leq S_{(n-1)}' \leq S_n'$ 。那么有:

$$\begin{aligned} T &= [S_1' + (S_1' + S_2') + (S_1' + S_2' + S_3') + \dots + (S_1' + S_2' + S_3' + \dots + S_n')] / n \\ &= [n \times S_1' + (n-1) \times S_2' + (n-3) \times S_3' + \dots + S_n'] / n \\ &= (S_1' + S_2' + S_3' + \dots + S_n') - [0 \times S_1' + 1 \times S_2' + 2 \times S_3' + \dots + (n-1) S_n'] / n \end{aligned}$$

由于任何调度方式下,  $S_1' + S_2' + S_3' + \dots + S_n'$  为一个确定的数, 而当  $S_1' \leq S_2' \leq \dots \leq S_{(n-1)}' \leq S_n'$  时才有:  $0 \times S_1' + 1 \times S_2' + 2 \times S_3' + \dots + (n-1) S_n'$  的值最大, 也就是说, 此时  $T$  值最小。所以, 按短作业优先调度算法调度时, 使得平均作业周转时间最短。

7. 假定执行表中所列作业, 作业号即为到达顺序, 依次在时刻 0 按次序 1、2、3、4、5 进入单处理器系统。

(1) 分别用先来先服务调度算法、时间片轮转算法、短作业优先算法及非强占优先权调度算法算出各作业的执行先后次序(注意优先权高的数值小);

(2) 计算每种情况下作业的平均周转时间和平均带权周转时间。

作业号	执行时间	优先权
job1	10	3
job2	1	1
job3	2	3
job4	1	4
job5	5	2

答:

- (1) 采用 FCFS 算法调度作业, 运作情况:

执行次序	执行时间	等待时间	开始时间	完成时间	周转时间	带权周转时间
job1	10	0	0	10	10	1
job2	1	10	10	11	11	11
job3	2	11	11	13	13	6.5
job4	1	13	13	14	14	14
job5	5	14	14	19	19	3.8
作业平均周转时间			$T = (10 + 11 + 13 + 14 + 19) / 5 = 13.4$			
作业平均带权周转时间			$W = (1 + 11 + 6.5 + 14 + 3.8) / 5 = 7.26$			

- (2) 采用 RR 算法调度作业, 若令时间片长=1, 各作业执行情况为: 1、2、3、4、5、1、3、5、1、5、1、5、1、5、1、1、1、1、1。

作业	执行时间	提交时间	完成时间	周转时间	带权周转时间
job1	10	0	19	19	1.9
job2	1	0	2	2	2
job3	2	0	7	7	3.5
job4	1	0	4	4	4
job5	5	0	14	14	2.8
作业平均周转时间			$T=(19+2+7+4+14)/5=9.2$		
作业平均带权周转时间			$W=(1.9+2+3.5+4+2.8)/5=2.84$		

(3) 采用 SJF 算法调度作业，运作情况：

执行次序	执行时间	等待时间	开始时间	完成时间	周转时间	带权周转时间
job2	1	0	0	1	1	1
job4	1	1	1	2	2	2
job3	2	2	2	4	4	2
job5	5	4	4	9	9	1.8
job1	10	9	9	19	19	1.9
作业平均周转时间			$T=(1+2+4+9+19)/5=7$			
作业平均带权周转时间			$W=(1+2+2+1.8+1.9)/5=1.74$			

(4) 采用非剥夺优先权算法调度作业，运作情况：

执行次序	优先数	执行时间	等待时间	周转时间	带权周转时间
job 2	1	1	0	1	1
job 5	2	5	1	6	1.2
job1	3	10	6	16	1.6
job3	3	2	16	18	9
job 4	4	1	18	19	19
作业平均周转时间			$T=(1+6+16+18+19)/5=12$		
作业平均带权周转时间			$W=(1+1.2+1.6+9+19)/5=6.36$		

8. 在道数不受限制的多道程序系统中，有作业进入系统后备队列时立即进行作业调度。现有 4 个作业进入系统，有关信息列于下表，当作业调度和进程调度均采用高优先级算法时(规定数大则优先级高)。

作业名	进入后备队列时间	执行时间	优先级
JOB1	8:00	60 分	1
JOB2	8:30	50 分	2
JOB3	8:40	30 分	4
JOB4	8:50	10 分	3

试填充下表。

作业名	进入后备 队列时间	执行 时间	开始执 行时间	结束执 行时间	周转 时间	带权周 转时间
平均周转时间 $T=$						
带权平均周转时间 $W=$						

解:

作业名	进入后备 队列时间	执行 时间	开始执 行时间	结束执 行时间	周转 时间	带权周 转时间
JOB1	8:00	60 分	8:00	9:00	60	60/60
JOB3	8:40	30 分	9:00	9:30	50	50/30
JOB4	8:50	10 分	9:30	9:40	50	50/10
JOB2	8:30	50 分	9:40	10:30	120	120/50
平均周转时间 $T=$		$(60+50+50+120)/4=70$				
带权平均周转时间 $W=$		$(1+5/3+5+12/5)/4=2.52$				

9. 对某系统进行监测后表明, 每个进程在 I/O 阻塞之前的运行时间为  $T$ 。一次进程切换的系统开销时间为  $S$ 。若采用时间片长度为  $Q$  的时间片轮转法, 对下列各种情况算出 CPU 利用率。

- 1)  $Q=\infty$     2)  $Q>T$     3)  $S<Q<T$     4)  $Q=S$     5)  $Q$  接近于 0。

答:        1)  $Q=\infty$     CPU 利用率= $T/(T+S)$   
             2)  $Q>T$     CPU 利用率= $T/(T+S)$   
             3)  $T>Q>S$     CPU 利用率= $Q/(Q+S)$   
             4)  $Q=S$     CPU 利用率=50%  
             5)  $Q\rightarrow 0$     CPU 利用率 $\rightarrow 0$

10. 有 5 个待运行的作业, 预计其运行时间分别是: 9、6、3、5 和  $x$ , 采用哪种运行次序可以使得平均响应时间最短?

答: 按照最短作业优先的算法可以使平均响应时间最短。 $x$  取值不定, 按照以下情况讨论:

- 1)  $x\leq 3$     次序为:  $x, 3, 5, 6, 9$   
 2)  $3<x\leq 5$     次序为:  $3, x, 5, 6, 9$   
 3)  $5<x\leq 6$     次序为:  $3, 5, x, 6, 9$   
 4)  $6<x\leq 9$     次序为:  $3, 5, 6, x, 9$   
 5)  $9<x$     次序为:  $3, 5, 6, 9, x$

11. 有 5 个批处理作业 A 到 E 均已到达计算中心, 其运行时间分别 2、4、6、8 和 10 分钟; 各自的优先级分别被规定为 1、2、3、4 和 5, 这里 5 为最高级。对于(1) 时间片轮转算法、(2) 优先数法、(3) 短作业优先算法、(4) 先来先服务调度算法(按到达次序 C、D、B、E、A), 在忽略进程切换时间的前提下, 计算出平均作业周转时间。(对(1) 每个作业获得相同的 2 分钟长的时间片; 对(2) 到(4) 采用单道运行, 直到结束。)

答: (1)FCFS 调度算法

执行次序	执行时间	等待时间	周转时间	带权周转时间
C	6	0	6	1
D	8	6	14	1.75
B	4	14	18	4.5
E	10	18	28	2.8
A	2	28	30	15
作业平均周转时间			$T=(6+14+18+28+30)/5=19.2$	
作业平均带权周转时间			$W=(1+1.75+4.5+2.8+15)/5=5.01$	

(2)优先级调度算法

执行次序	执行时间	等待时间	周转时间	带权周转时间
E	10	0	10	1
D	8	10	18	2.25
C	6	18	24	4
B	4	24	28	7
A	2	28	30	15
作业平均周转时间			$T=(10+18+24+28+30)/5=22$	
作业平均带权周转时间			$W=(1+2.25+4+7+15)/5=5.85$	

(3)时间片轮转法

作业	执行时间	等待时间	周转时间	带权周转时间
A	2	0	2	1
B	4	8	12	3
C	6	14	20	3.33
D	8	18	26	3.25
E	10	20	30	3
作业平均周转时间			$T=(2+12+20+26+30)/5=18$	
作业平均带权周转时间			$W=(1+3+3.33+3.25+3)/5=2.71$	

按次序 A B C D E B C D E C D E D E E 轮转执行。

## (4)SJF 调度算法

作业	执行时间	等待时间	周转时间	带权周转时间
A	2	0	2	1
B	4	2	6	1.5
C	6	6	12	2
D	8	12	20	2.5
E	10	20	30	3
作业平均周转时间			$T=(2+6+12+20+30)/5=14$	
作业平均带权周转时间			$W=(1+1.5+2+2.5+3)/5=2$	

12. 有 5 个批处理作业 A 到 E 均已到达计算中心, 其运行时间分别 10、6、2、4 和 8 分钟; 各自的优先级分别被规定为 3、5、2、1 和 4, 这里 5 为最高级。若不考虑系统切换开销, 计算出平均作业周转时间。(1) FCFS(按 A、B、C、D、E); (2) 优先级调度算法, (3) 时间片轮转法(每个作业获得相同的 2 分钟长的时间片)。

答:

## (1)FCFS 调度算法

执行次序	执行时间	等待时间	周转时间	带权周转时间
A	10	0	10	1
B	6	10	16	2.66
C	2	16	18	9
D	4	18	22	5.5
E	8	22	30	3.75
作业平均周转时间			$T=(10+16+18+22+30)/5=19.2$	
作业平均带权周转时间			$W=(1+2.66+9+5.5+3.75)/5=4.38$	

## (2)优先级调度算法

执行次序	执行时间	等待时间	周转时间	带权周转时间
B	6	0	6	1
E	8	6	14	1.75
A	10	14	24	2.4
C	2	24	26	13
D	4	26	30	7.5
作业平均周转时间			$T=(6+14+24+26+30)/5=20$	
作业平均带权周转时间			$W=(1+1.75+2.4+13+7.5)/5=5.13$	

## (3)时间片轮转法

按次序 A B C D E A B D E A B E A E A 轮转执行。

作业	执行时间	等待时间	周转时间	带权周转时间
A	10	20	30	3
B	6	16	22	3.66
C	2	4	6	3
D	4	12	16	4
E	8	20	28	3.5
作业平均周转时间			$T=(30+22+6+16+28)/5=20.4$	
作业平均带权周转时间			$W=(3+3.66+3+4+3.5)/5=3.43$	

13. (1)假定一个处理器正在执行两道作业，一道以计算为主，另一道以输入输出为主，你将怎样赋予它们占有处理器的优先级?为什么?

(2)假定一个处理器正在执行三道作业，一道以计算为主，第二道以输入输出为主，第三道为计算与输入输出均匀。应该如何赋予它们占有处理器的优先级使得系统效率较高?

答：处理器调度算法会考虑以下因素：作业响应时间要求；让 CPU 尽量和外围设备并行工作；限制一个计算进程长时间霸占处理器。因而，(1)I/O 为主作业优先级高。(2) 输入输出为主作业优先级最高，输入输出均匀的作业其次，而计算为主作业的优先级最低。

14. 请设计一种先进的计算机体系结构，它使用硬件而不是中断来完成进程切换，则 CPU 需要哪些信息？请描述用硬件完成进程切换的工作过程。

答：该计算机有一个专用硬件寄存器，它始终存放指向当前运行进程的 PCB 的指针。当系统中发生了一个事件，如 I/O 结束事件，CPU 便可把运行进程的上下文保存到专用硬件寄存器指针指向的 PCB 中保护起来，然后，CPU 转向中断向量表，找到设备中断处理程序入口，让专用硬件寄存器指针指向(设备)中断服务例程，于是，便可启动中断服务例程工作。

15. 单道批处理系统中,下列三个作业采用先来先服务调度算法和最高响应比优先算法进行调度，哪一种算法性能较好？请完成下表：

作业	提交时间	运行时间	开始时间	完成时间	周转时间	带权周转时间
1	10：00	2：00				
2	10：10	1：00				
3	10：25	0：25				
平均作业周转时间＝						
平均作业带权周转时间 W＝						

答：

## FCFS

作业	提交时间	运行时间	开始时间	完成时间	周转时间	带权周转时间
1	10:00	2:00	10:00	12:00	2	120/120
2	10:10	1:00	12:00	13:00	2:50	170/60
3	10:25	0:25	13:00	13:25	3	180/25
平均作业周转时间=2.61 平均作业带权周转时间 W=3.68						

## HRRF

作业	提交时间	运行时间	开始时间	完成时间	周转时间	带权周转时间
1	10:00	2:00	10:00	12:00	2	120/120
2	10:10	1:00	12:25	13:25	3:15	195/60
3	10:25	0:25	12:00	12:25	2	120/25
平均作业周转时间=2.41 平均作业带权周转时间 W=3.02						

可见 HRRF 比 FCFS 要好。

16. 若有四个作业进入系统，分别计算在 FCFS、SJF 和 HRRF 算法下的平均周转时间与带权平均周转时间。

作业	提交时间	估计运行时间(分)
1	8:00	120
2	8:50	50
3	9:00	10
4	9:50	20

答：



作业	FCFS			SJF			HRRF		
	开始 时间	完成 时间	周转 时间	开始 时间	完成 时间	周转 时间	开始 时间	完成 时间	周转 时间
1	8:00	10:00	120	8:00	10:00	120	8:00	10:00	120
2	10:00	10:50	120	10:30	11:20	150	10:10	11:00	130
3	10:50	11:00	120	10:00	10:10	70	10:00	10:10	70
4	11:00	11:20	90	10:10	10:30	40	11:00	11:20	90
平均周 转时间=	T=112.5			T= 95			T= 102.5		
带权平均 周转时间=	W=4.975			W=3.25			W=3.775		

17. 如果在限制为两道的多道程序系统中，有四个作业进入系统的时间、估计运行时间列于表中。系统采用 SJF 作业调度算法，采用 SRTF 进程调度算法，请填充下表。

。

作业	进入系统 时间	估计运行(分)	开始运 行时间	结束运 行时间	周转时间
JOB1	10: 00	30			
JOB2	10: 05	20			
JOB3	10: 10	5			
JOB4	10: 20	10			
平均周转时间		T=			
平均带权周转时间		W=			

解：

作业	进入系统 时间	估计运行(分)	开始运 行时间	结束运 行时间	周转时间
JOB1	10: 00	30	10: 00	11: 05	65
JOB2	10: 05	20	10: 05	10: 25	20
JOB3	10: 10	5	10: 25	10: 30	20
JOB4	10: 20	10	10: 30	10: 40	20
平均周转时间		T=31.25			
平均带权周转时间		W=2.29			

说明：

- 10: 00 时，JOB1 进入系统，系统中只有一道作业，故 JOB1 被调入内存并启动执行。

- 10: 05 时，JOB2 到达，系统最多允许两个作业同时进入内存，所以 JOB2 也

被调入内存。此时,内存中有两个作业,哪一个在处理器上执行?题目规定,当一新作业投入运行后,可按照 SRTF 进程调度算法执行,根据这一原则,由于 JOB2 运行时间(20 分钟)比 JOB1 少(到 10:05 时, JOB1 还需要运行 25 分钟),所以进程 JOB2 运行,而进程 JOB1 在就绪队列中等待。

- 10:10 时, JOB3 到达系统,由于内存中已经有两个作业,所以, JOB3 不能马上进入内存;同样原理, 10:20 时 JOB4 也不能进入内存。

- 10:25 时, JOB2 运行结束,退出系统,此时内存中剩下 JOB1、而输入井中有两个作业 JOB3 和 JOB4,由于作业调度算法遵循 SJF 原则,因此作业调度程序选中 JOB3 进入内存。

- 通过比较内存就绪队列中进程 JOB1 和 JOB3 的运行时间,得知 JOB3 运行时间短一些,故进程调度选中 JOB3 在处理器上运行。同样原理,当 JOB3 退出系统后,下一个运行的是 JOB4。

- JOB4 运行结束后, JOB1 才能继续运行。

18. Kleinrock 提出一种动态优先权算法:进程在就绪队列等待时,其优先权以速率  $\alpha$  变化;当进程在处理器上运行,其优先权以速率  $\beta$  变化。给参数  $\alpha$ 、 $\beta$  赋以不同值可得到不同算法。(1)若  $\alpha > \beta > 0$  是什么算法?(2)若  $\alpha < \beta < 0$  是什么算法

答:(1)是先进先出算法。因为在就绪队列中的进程比在 CPU 上运行的进程的优先数提高得快,故进程切换时,先进入就绪队列的进程优先权就越高。

(2)是后进先出算法。因为在就绪队列中的进程比在 CPU 上运行的进程的优先权下降得快,故后进入就绪队列的进程此先进入的进程的优先权高。

19. 单处理器多道分时系统中,有 3 道作业依次提交:

作业	作业提交时间	运行时间 (单位:小时)	其中	
			I/O 时间	CPU 时间
Job1	8.0	0.36	0.18	0.18
Job2	8.2	0.32	0.16	0.16
Job3	8.4	0.36	0.18	0.18

(1)若每道作业的 I/O 等待时间占各自的总运行时间的一半;

(2)分时运行两道作业, CPU 将有 20%的时间空闲;

(3)除 CPU, 系统有充足的资源供作业使用。

试计算各作业运行完成时间。

答:分时系统中,作业进程轮流占用 CPU,按时间片轮转。已知单道运行时, I/O 等待时间各占总运行时间的 50%;若两个作业进程分时运行,则 CPU 有 20%的时间空闲、两道运行 CPU 空闲缩短了、即 CPU 为各进程平均运行 40%。结果见下表。

作业 提交时间	提交 并调用	道数	CPU 等待	占用 CPU	运行 时间	作业	进度	还需 时间
8.0-8.2	Job1	1	50%	50%	0.2	Job1	0.1	0.08
8.2-8.4	Job2	2	20%	40%	0.2	Job1 Job2	0.08 0.08	0 0.08
8.4-8.6	Job3	2	20%	40%	0.2	Job2 Job3	0.08 0.08	0 0.1
8.6-8.8		1	50%	50%	0.2	Job3	0.1	0
作业完 成时间	Job1 为 8.4，job2 为 8.6，job3 为 8.8							

20. 有一个四道作业的操作系统，若在一段时间内先后到达 6 个作业，它们的提交和估计运行时间由下表给出：

作业	提交时间	估计运行时间(分钟)
1	8: 00	60
2	8: 20	35
3	8: 25	20
4	8: 30	25
5	8: 35	5
6	8: 40	10

系统采用剩余 SJF 调度算法，作业被调度进入系统后中途不会退出，但作业运行时可被剩余时间更短作业抢占。(1)分别给出 6 个作业的执行时间序列、即开始执行时间、作业完成时间、作业周转时间。(2)计算平均作业周转时间。

答：

作业 号	提交 时间	需运行 时间	开始运行 时间	被抢占还 需运行时间	完成 时间	周转 时间
J1	8:00	60	8:00	40	10:35	155
J2	8:20	35	8:20	30	9:55	95
J3	8:25	20	8:25		8:45	20
J4	8:30	25	9:00	25	9:25	55
J5	8:35	5	8:45		8:50	15
J6	8:40	10	8:50		9:00	20

说明：

(1) J2 到达时抢占 J1；J3 到达时抢占 J2。

(2) 但 J4 到达时，因不满足 SJF，故 J4 不能被运行，J3 继续执行 5 分钟。

(3) 由于是 4 道的作业系统，故后面作业不能进入内存而在后备队列等待，直到有作业结束。

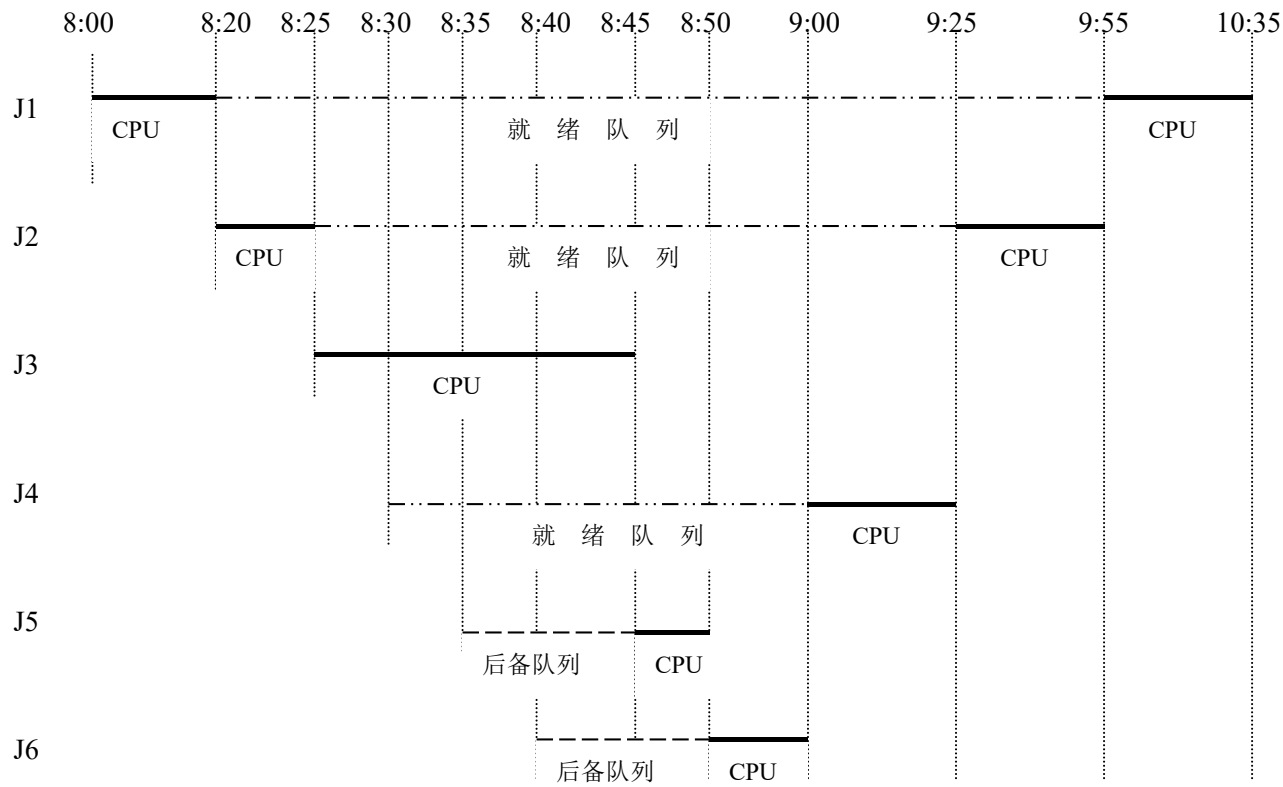
(4) 根据进程调度可抢占原则，J3 第一个做完。而这时 J5、J6 均已进入后备队列，而 J5 可

进入内存。

(5) 因 J5 最短，故它第二个完成。这时 J6 方可进入内存。因 J6 最短，故它第三个完成。

(6) 然后是 J4、J2 和 J1

(7)  $T=(155+95+20+55+15+20)/6=60$



21. 有一个具有 3 道作业的多道批处理系统，作业调度采用短作业优先的调度算法，进程调度采用以优先数为基础的抢占式调度算法，在下表所示的作业序列，作业优先数即为进程优先数，优先数越小优先级越高。

作业名	到达时间	估计运行时间	优先数
A	10: 00	40分	5
B	10: 20	30分	3
C	10: 30	60分	4
D	10: 50	20分	6
E	11: 00	20 分	4
F	11: 10	10 分	4

试填充下列表格：

作业	进入内存时间	运行结束时间	作业周转时间
A			
B			
C			
D			
E			
F			
平均作业周转时间 =			

答：

每个作业运行将经过两个阶段：作业调度(SJF 算法)和进程调度(优先数抢占式)。另外，内存同时最多容纳 3 道作业，更多的作业将在后备队列等待。

作业	进入内存时间	运行结束时间	作业周转时间
A	10:00	12:40	160 分
B	10:20	10:50	30 分
C	10:30	11:50	80 分
D	10:50	13:00	130 分
E	12:00	12:20	80 分
F	11:50	12:00	50 分
平均作业周转时间 $= (160+30+80+130+80+50)/6=88.3$			

22．设有四个进程 P1，P2，P3，P4，它们到达就绪队列的时间，运行时间及优先级如下所示。

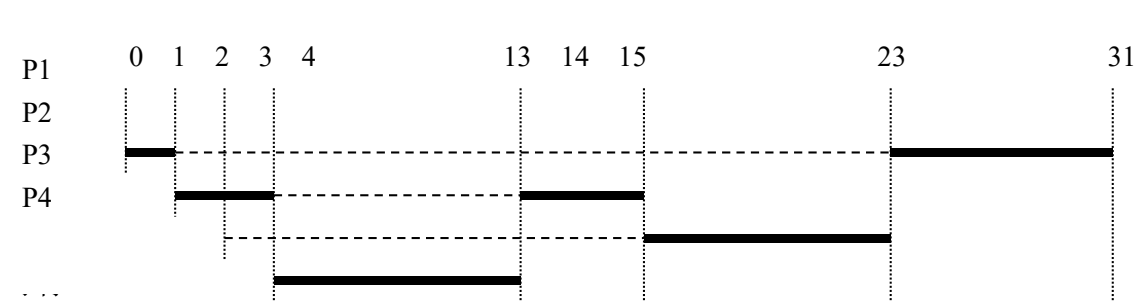
进程	到达就绪队列的时间(时间单位)	运行时间(时间单位)	优先级
P <sub>1</sub>	0	9	1
P <sub>2</sub>	1	4	3
P <sub>3</sub>	2	8	2
P <sub>4</sub>	3	10	4

问：（1）若采用可剥夺的优先级调度算法，给出各个进程的调度次序以及进程的平均周转和平均等待时间。

（2）若采用时间片轮换调度算法，且时间片为两个时间单位，给出各个进程的调度次序以及平均周转和平均等待时间。

解：

(1)

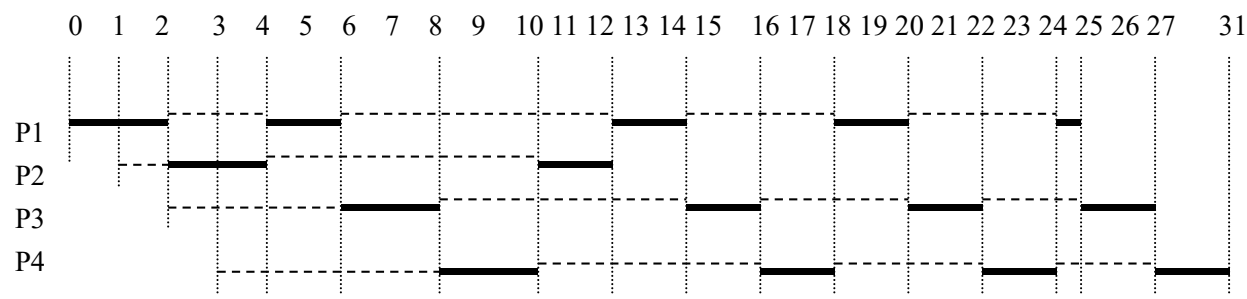


故调度次序：P1、P2、P4、P2、P3、P1。

平均周转时间 $= (31+14+21+10)/4=19$ 。

平均等待时间 $= (22+10+13+0)/4=11.25$ 。

(2)采用两个时间片的轮换调度算法，调度次序如下：



平均周转时间=(25+11+25+28)/4=22. 25。

平均等待时间=(16+7+17+18)/4=14. 5。

23. 有 5 个作业依次进入系统，到达时间、运行时间、所需内存容量列于下表。设内存容量为 100KB，采用可变分区存储管理，且作业在内存中不能移动。作业调度采用先来先服务算法，作业对应的进程调度采用内存中的就绪进程平分 CPU 时间的方式，不计作业对换及其他系统开销。试求各作业(进程)开始执行时间、完成时间、周转时间填入表中。

作业	提交时间	需运行时间	作业长度	开始执行时间	完成时间	周转时间
J1	10:00	25	15			
J2	10:20	30	60			
J3	10:20	25	40			
J4	10:30	15	20			
J5	10:35	10	30			

解：

作业	提交时间	需运行时间	作业长度	开始执行时间	完成时间	周转时间
J1	10:00	25	15	10:00	10:30	30
J2	10:20	30	60	10:20	11:10	50
J3	10:20	25	40	11:10	11:45	85
J4	10:30	15	20	10:30	11:00	30
J5	10:35	10	30	11:10	11:30	55

24. 有一个具有两道作业的批处理系统，作业调度采用最高响应比调度算法，进程调度采用短进程优先的抢占式调度算法，在下表所示的作业序列，作业优先数即为进程优先数，优先数越小优先级越高。试求作业平均周转时间。

作业名	到达时间	估计运行时间	优先数
A	10: 00	40分	5
B	10: 20	30分	3
C	10: 30	50分	4
D	10: 40	20分	6

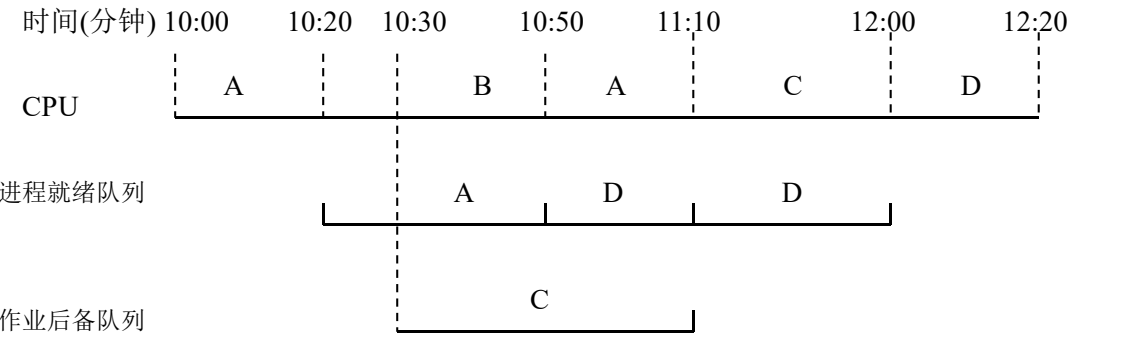
解：

10：00 A 到达，无竞争，所以 A 尚先开始运行，内存此时只有一道作业。  
10：20 B 到达，进入内存，B 需要运行 30 分钟，而 A 剩余时间 20 分钟，所以 A 继续占用 CPU。  
10：30 C 到达，由于内存已有两道作业，故它不能进入内存。  
10：40 A 运行结束，D 到达，内存空闲一道，C 和 D 竞争进入内存，但 C 的响应比高于 D，作业调度选 C 进入内存，又由于 C 的运行时间为 50 分钟，而内存中的另一道作业 B 需运行 30 分钟，进程调度选 B 开始占用 CPU。  
10：10 B 运行结束，作业调度选 D 进入内存，它需 20 分钟，而内存中的另一道作业 C 需 50 分钟，进程调度选 D 开始占用 CPU。  
10：30D 运行结束，进程调度选 C 开始占用 CPU。运行 50 分钟至 12：20 结束  
平均周转时间为： $(40+50+110+50) / 4=62.5$  分钟。

25．有一个具有两道作业的批处理系统，作业调度采用短作业优先的调度算法，进程调度采用以优先数为基础的抢占式调度算法，在下表所示的作业序列，作业优先数即为进程优先数，优先数越小优先级越高。

作业名	到达时间	估计运行时间	优先数
A	10：00	40分	5
B	10：20	30分	3
C	10：30	50分	4
D	10：50	20分	6

(1) 列出所有作业进入内存时间及结束时间。  
(2) 计算平均周转时间。  
答：每个作业运行将经过两个阶段：作业调度(SJF 算法)和进程调度(优先数抢占式)。另外，批处理最多容纳 2 道作业，更多的作业将在后备队列等待。



(1)10:00，作业 A 到达并投入运行。  
(3) 10:20，作业 B 到达且优先权高于作业 A，故作业 B 投入运行而作业 A 在就绪队列等待。  
(4) 10:30，作业 C 到达，因内存中已有两道作业，故作业 C 进入作业后备队列等待。  
(5) 10:50，作业 B 运行结束，作业 D 到达，按 SJF 短作业优先算法，作业 D 被装入内存进入就绪队列。而由于作业 A 的优先级高于作业 D，故作业 A 投入运行。

- (6) 11:10, 作业 A 运行结束, 作业 C 被调入内存, 且作业 C 的优先级高于作业 D, 故作业 C 投入运行。
- (7) 12:00, 作业 C 运行结束, 作业 D 投入运行。
- (8) 12:20, 作业 D 运行结束。

作业	进入内存时间	运行结束时间
A	10:00	11:10
B	10:20	10:50
C	11:10	12:00
D	10:50	12:20

各作业周转时间为: 作业 A 70, 作业 B 30, 作业 C 90, 作业 D 90。平均作业周转时间为 70 分钟。

26. 有一个多道批处理系统, 作业调度采用“短作业优先”调度算法; 进程调度采用“优先数抢占”式调度算法, 且优先数越小而优先级越高。如系统拥有打印机一台, 采用静态方法分配, 忽略系统的调度开销。现有如下作业序列到达系统:

作业名	到达系统时间	估计运行时间	打印机需求	进程优先数
J1	14:00	40 分钟	1	4
J2	14:20	30 分钟	0	2
J3	14:30	50 分钟	1	3
J4	14:50	20 分钟	0	5
J5	15:00	10 分钟	1	1

试回答: (1)按作业运行结束的次序排序, 即哪一个作业第一个、第二个、…、最后一个运行结束?

(2)平均作业周转时间和平均作业带权周转时间多少?

答:

(1) 按作业运行结束的次序排序为: J2、J1、J5、J3 和 J4。

(2) 作业 J1 周转时间 30+40 (优先级比 J2 低, 应让出 CPU)

作业 J2 周转时间 0+30 (优先级比 J1 高, 第 1 个做完)

作业 J3 周转时间 50+50 (因打印机被 J1 占用, 应在后备队列等待)

作业 J4 周转时间 80+20 (因优先级最低, 最后一个完成)

作业 J5 周转时间 10+10 (因优先级最高, 较早完成)

平均作业周转时间 $= (70+30+100+100+20)/5=320/5=64$  分钟

平均作业带权周转时间 $= (7/4+1+2+5+2)/5=2.35$

27. 某多道程序系统供用户使用的内存为 100K, 磁带机 2 台, 打印机 1 台。采用可变分区内存管理, 采用静态方式分配外围设备, 忽略用户作业 I/O 时间。现有作业序列如下:



作业号	进入输入井时间	运行时间	内存需求量	磁带需求	打印机需求
1	8:00	25 分钟	15K	1	1
2	8:20	10 分钟	30K	0	1
3	8:20	20 分钟	60K	1	0
4	8:30	20 分钟	20K	1	0
5	8:35	15 分钟	10K	1	1

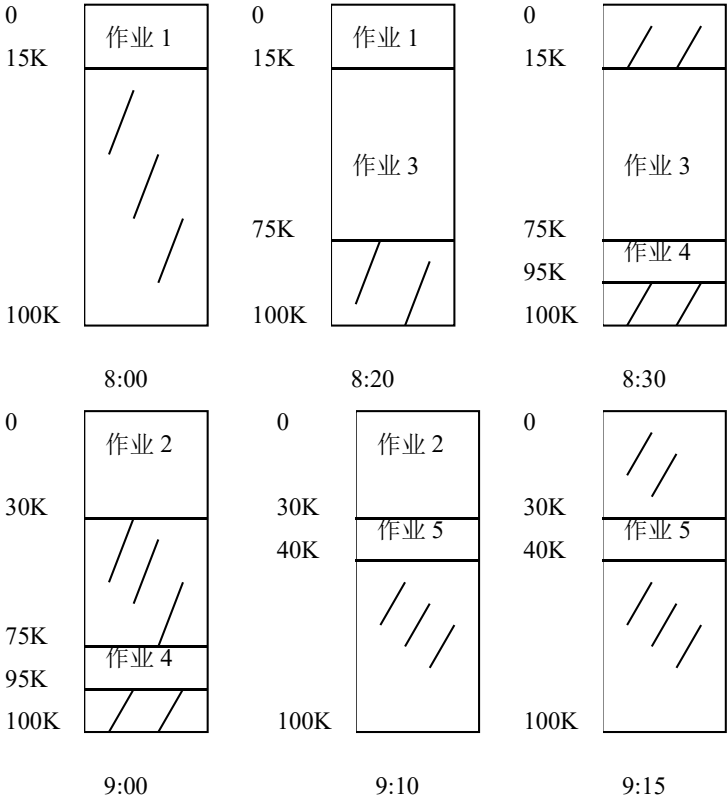
作业调度采用 FCFS 策略，优先分配内存低地址区且不准移动已在内存的作业，在内存中的各作业平分 CPU 时间。现求：

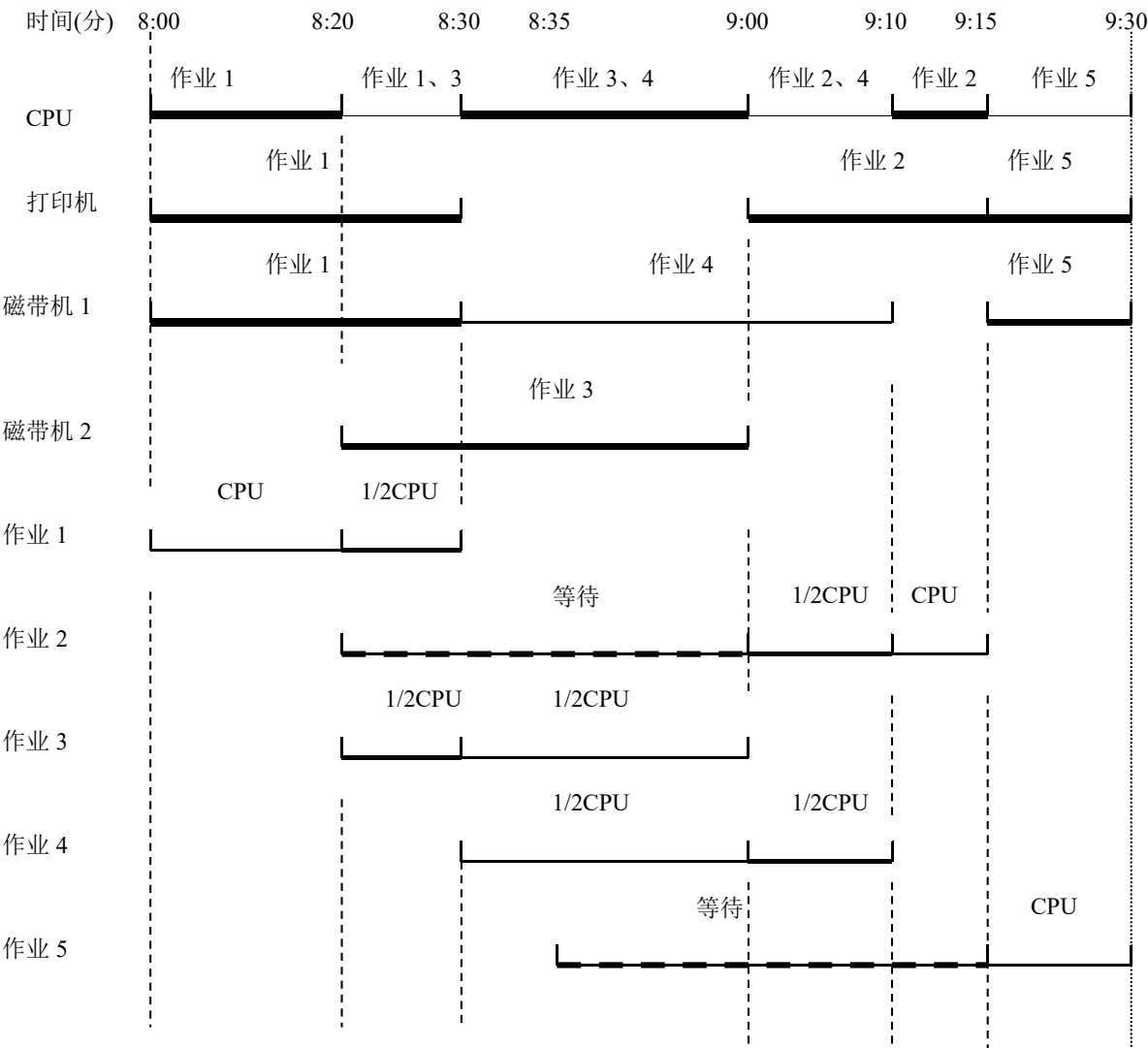
- (1)作业被调度的先后次序？
- (2)全部作业运行结束的时间？
- (3)作业平均周转时间为多少？
- (4)最大作业周转时间为多少？

答：(1)作业调度选择的作业次序为：作业 1、作业 3、作业 4、作业 2 和作业 5。  
(2)全部作业运行结束的时间 9:30。  
(3)周转时间：作业 1 为 30 分钟、作业 2 为 55 分钟、作业 3 为 40 分钟、作业 4 为 40 分钟和作业 5 为 55 分钟。  
(4)平均作业周转时间=44 分钟。  
(5) )最大作业周转时间为 55 分钟。

分析：本题综合测试了作业调度、进程调度、及对外设的竞争、内存的竞争。

8:00 作业 1 到达，占有资源并调入内存运行。  
8:20 作业 2 和 3 同时到达，但作业 2 因分不到打印机，只能在后备队列等待。作业 3 资源满足，可进内存运行，并与作业 1 平分 CPU 时间。  
8:30 作业 1 在 8:30 结束，释放磁带与打印机。但作业 2 仍不能执行，因不能移动而没有 30KB 的空闲区，继续等待。作业 4 在 8:30 到达，并进入内存执行，与作业 3 分享 CPU。  
8:35 作业 5 到达，因分不到磁带机/打印机，只能在后备队列等待。  
9:00 作业 3 运行结束，释放磁带机。此时作业 2 的内存及打印机均可满足，投入运行。作业 5 到达时间晚，只能等待。  
9:10 作业 4 运行结束，作业 5 因分不到打印机，只能在后备队列继续等待。  
9:15 作业 2 运行结束，作业 5 投入运行。  
9:30 作业全部执行结束。





28. 某多道程序设计系统采用可变分区内存管理，供用户使用的内存为 200K，磁带机 5 台。采用静态方式分配外围设备，且不能移动在内存中的作业，进程调度采用 FCFS，忽略用户作业 I/O 时间。现有作业序列如下：

=				

现求：(1)FCFS 算法选中作业执行的次序及作业平均周转时间。(2)SJF 算法选中作业执行的次序及作业平均周转时间。

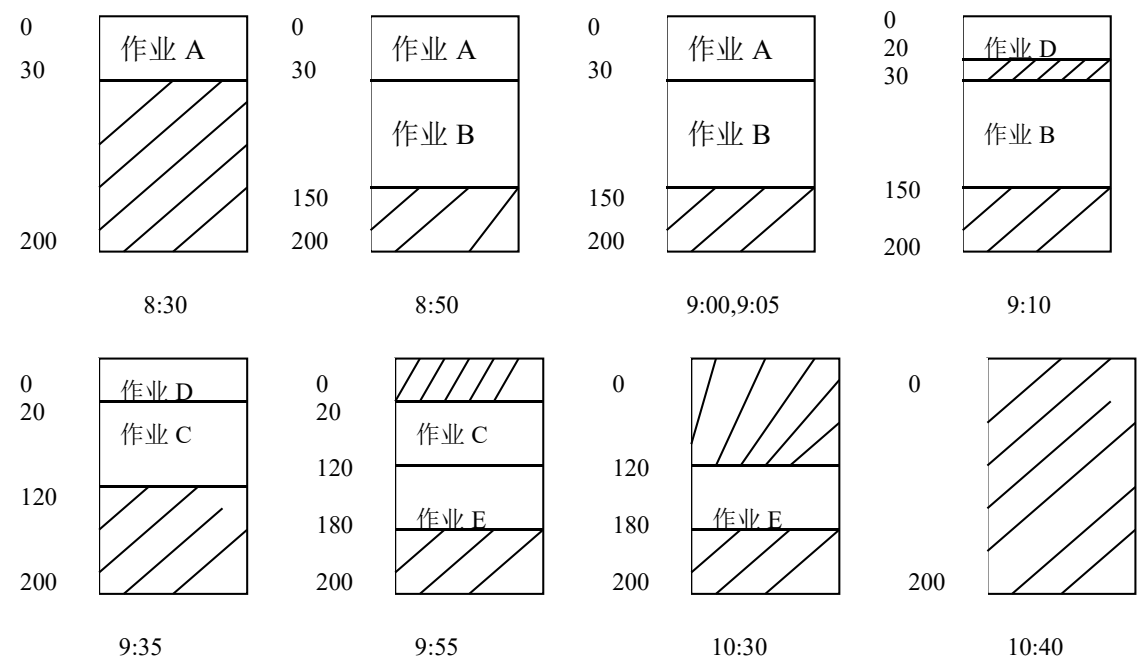
答：  
(1) FCFS 算法选中作业执行的次序为：A、B、D、C 和 E。作业平均周转时间为 63 分钟。

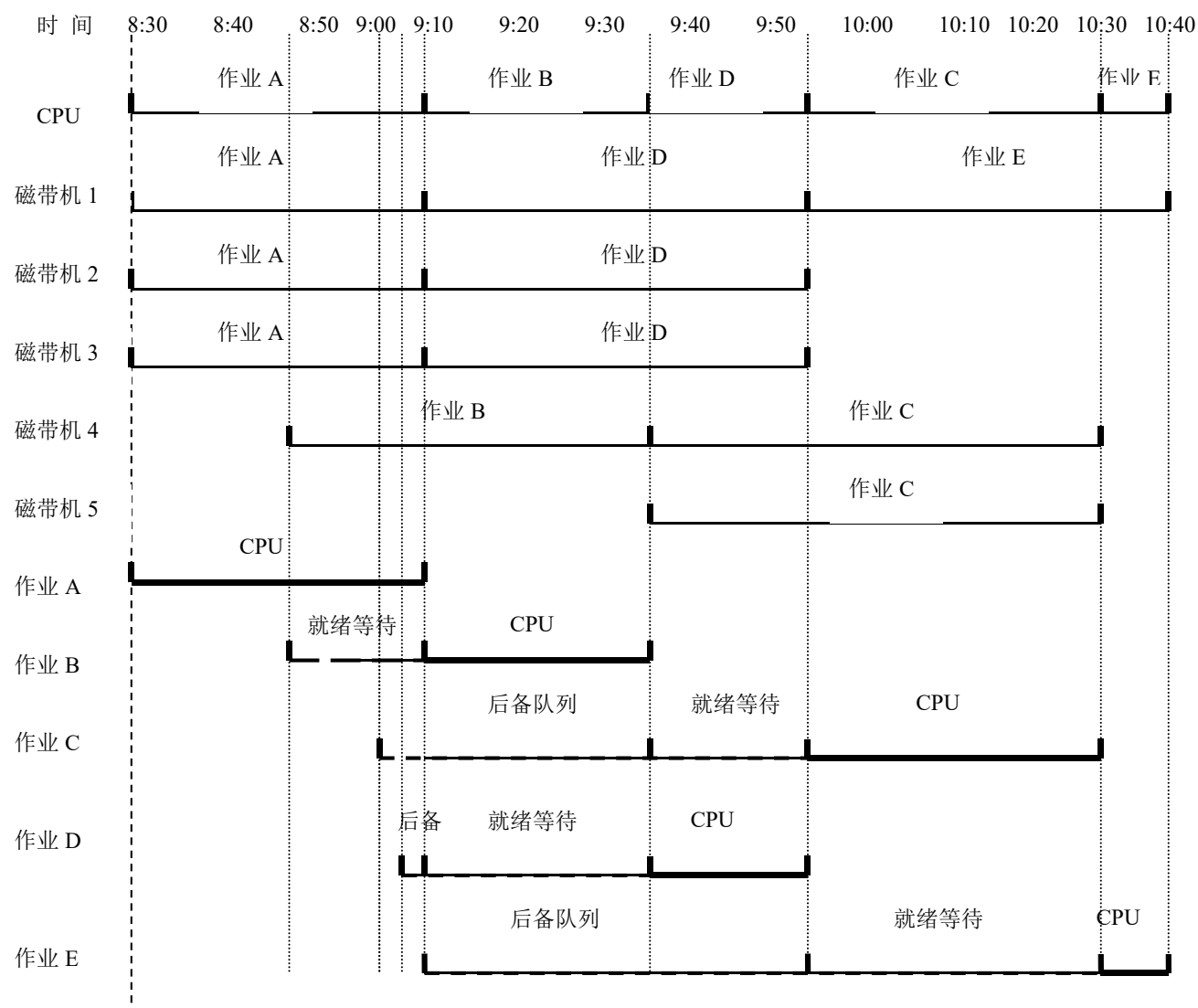
(2) SJF 算法选中作业执行的次序为：A、B、D、E 和 C。作业平均周转时间为 58 分钟。

详细说明：

1.先来先服务算法。说明：

- (1) 8:30 作业 A 到达并投入运行。注意它所占用的资源。
- (2) 8:50 作业 B 到达，资源满足进内存就绪队列等 CPU。
- (3) 9:00 作业 C 到达，内存和磁带机均不够，进后备作业队列等待。
- (4) 9:05 作业 D 到达，磁带机不够，进后备作业队列等待。后备作业队列有 C、D。
- (5) 9:10 作业 A 运行结束，归还资源磁带，但注意内存不能移动(即不能紧缩)。作业 B 投入运行。作业 C 仍因内存不够而等在后备队列。这时作业 E 也到达了，也由于内存不够进入后备作业队列。此时作业 D 因资源满足(内存/磁带均满足)，进内存就绪队列等待。后备作业队列还有 C、E。
- (6) 9:35 作业 B 运行结束，作业 D 投入运行。这时作业 C 因资源满足而调入内存进就绪队列等 CPU。而作业 E 因磁带机不够继续在后备作业队列等待。
- (7) 9:55 作业 D 运行结束，作业 C 投入运行。这时作业 E 因资源满足而调入内存进就绪队列等 CPU。
- (8) 10:30 作业 C 运行结束，作业 E 投入运行。
- (9) 10:40 作业 E 运行结束。

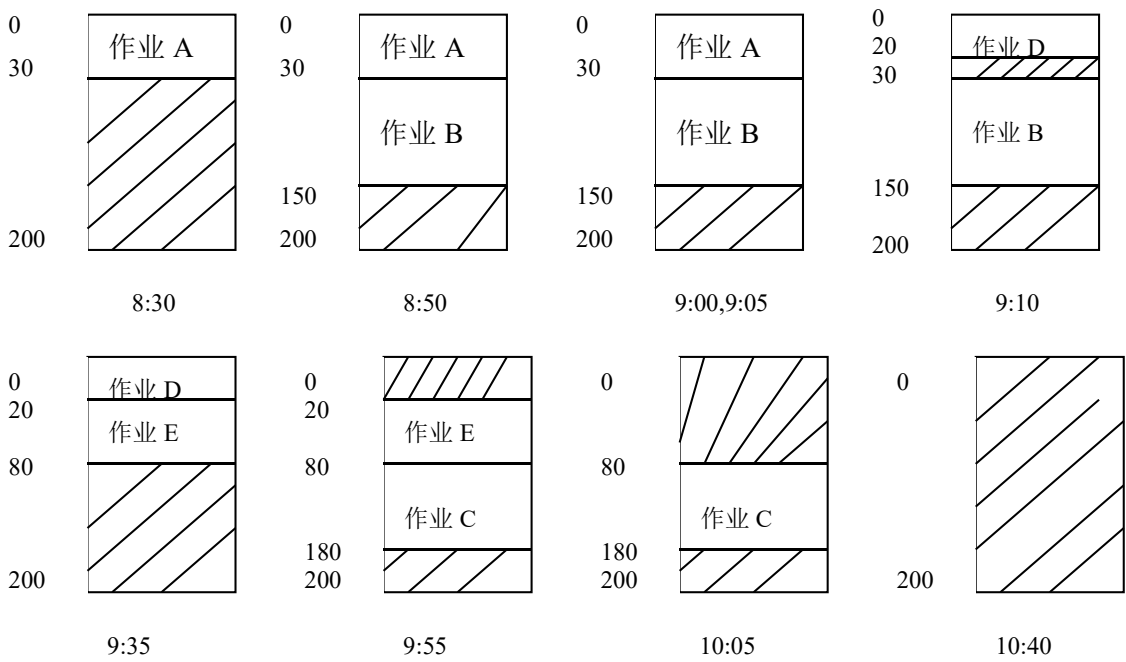


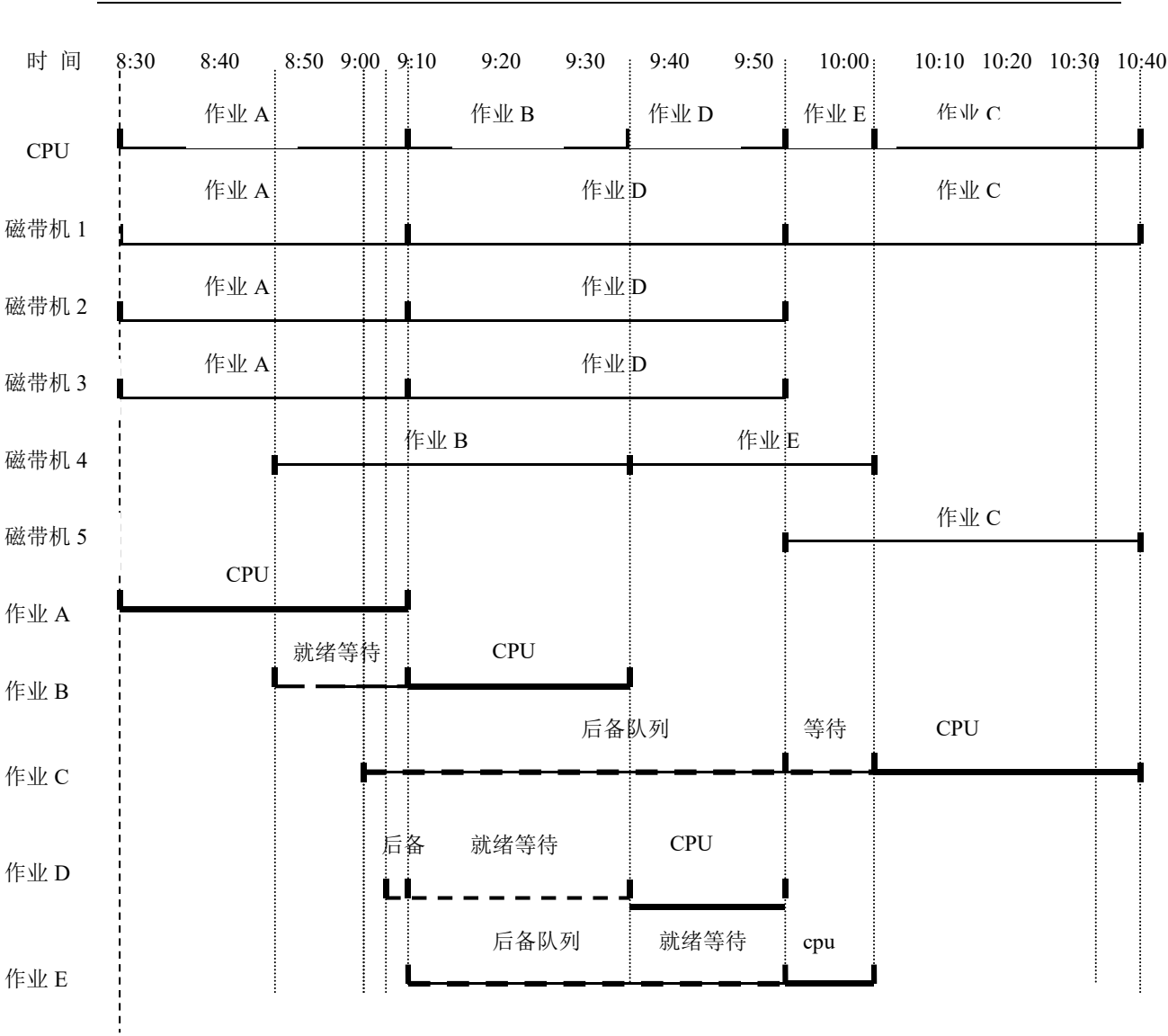


作业执行次序	进输入井时间	装入内存时间	开始执行时间	执行结束时间	周转时间
作业 A	8:30	8:30	8:30	9:10	40(分)
作业 B	8:50	8:50	9:10	9:35	45
作业 D	9:05	9:10	9:35	9:55	50
作业 C	9:00	9:35	9:55	10:30	90
作业 E	9:10	9:55	10:30	10:40	90
作业平均周转时间		$(40+45+50+90+90)/5=63$ 分钟			

2. 短作业优先算法。说明：

- (1) 8:30 作业 A 到达并投入运行。注意它所占用的资源。  
(2) 8:50 作业 B 到达，资源满足进内存就绪队列等 CPU。  
(3) 9:00 作业 C 到达，内存和磁带机均不够，进后备作业队列等待。  
(4) 9:05 作业 D 到达，磁带机不够，进后备作业队列等待。后备作业队列有 C、D。  
(5) 9:10 作业 A 运行结束，归还资源磁带，但注意内存不能移动(即不能紧缩)。作业 B 投入运行。作业 C 仍因内存不够而等在后备队列。这时作业 E 也到达了，虽然该作业最短，也由于内存不够进入后备作业队列。此时作业 D 因资源满足(内存/磁带均满足)，进内存就绪队列等待。后备作业队列还有 C、E。  
(6) 9:35 作业 B 运行结束，作业 D 投入运行。这时作业 C 和 E 资源均满足，但按 SJF 应把作业 E 调入内存进就绪队列等 CPU。而作业 C 因**磁带机不够**继续在后备作业队列等待。  
(7) 9:55 作业 D 运行结束，作业 C 调入内存进就绪队列等 CPU。  
(8) 10:05 作业 E 运行结束，作业 C 投入运行。  
(9) 10:40 作业 C 运行结束。





作业执行次序	进输入井时间	装入内存时间	开始执行时间	执行结束时间	周转时间
作业 A	8:30	8:30	8:30	9:10	40(分)
作业 B	8:50	8:50	9:10	9:35	45
作业 D	9:05	9:10	9:35	9:55	50
作业 E	9:10	9:35	9:55	10:05	55
作业 C	9:00	9:55	10:05	10:40	100
作业平均周转时间		(40+45+50+55+100)/5=58 分钟			

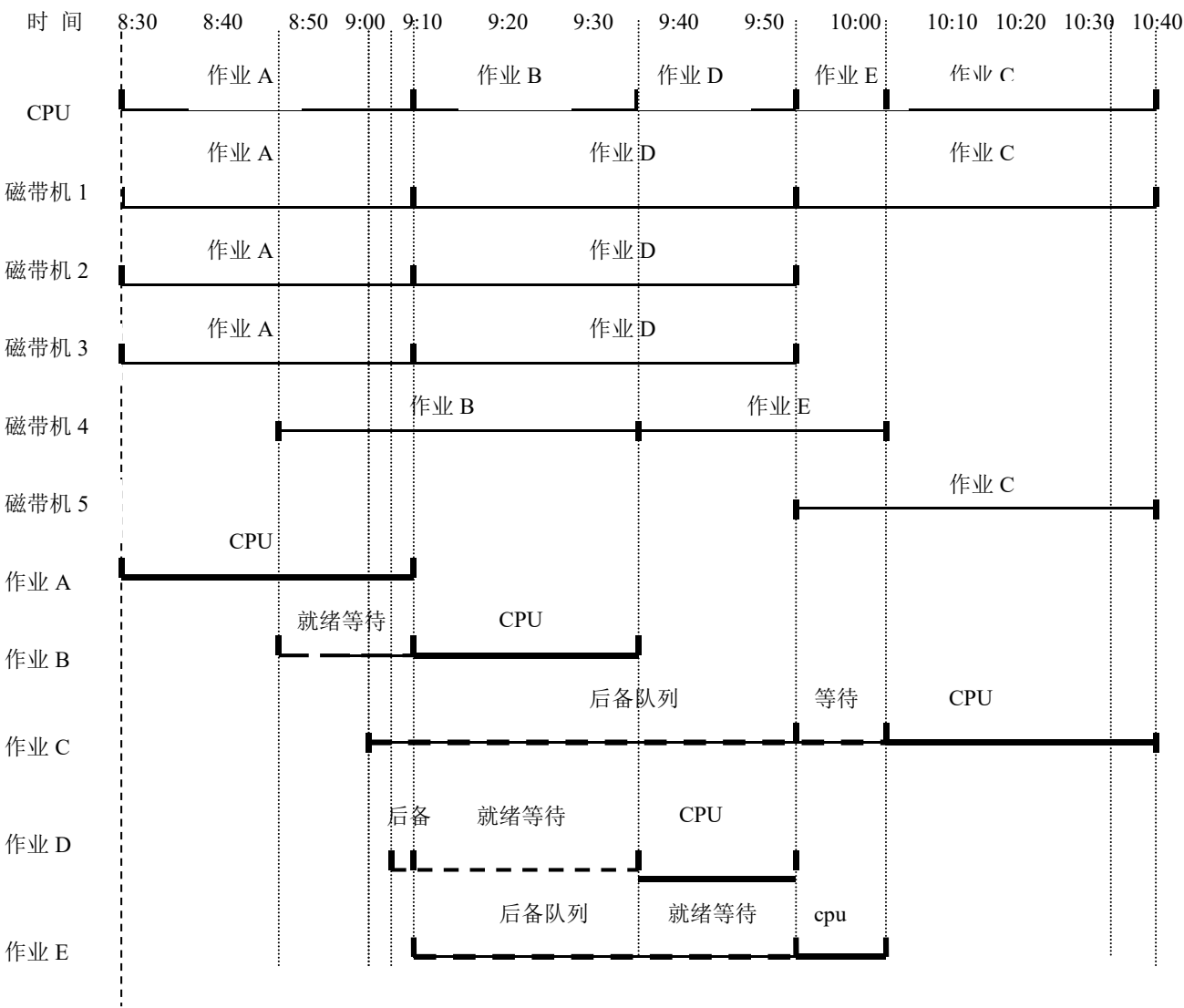
29. 在第 28 题中，若允许移动已在内存中的作业，其他条件不变，现求：(1)FCFS 算法选中作业执行的次序及作业平均周转时间。(2) SJF 算法选中作业执行的次序及作业平均

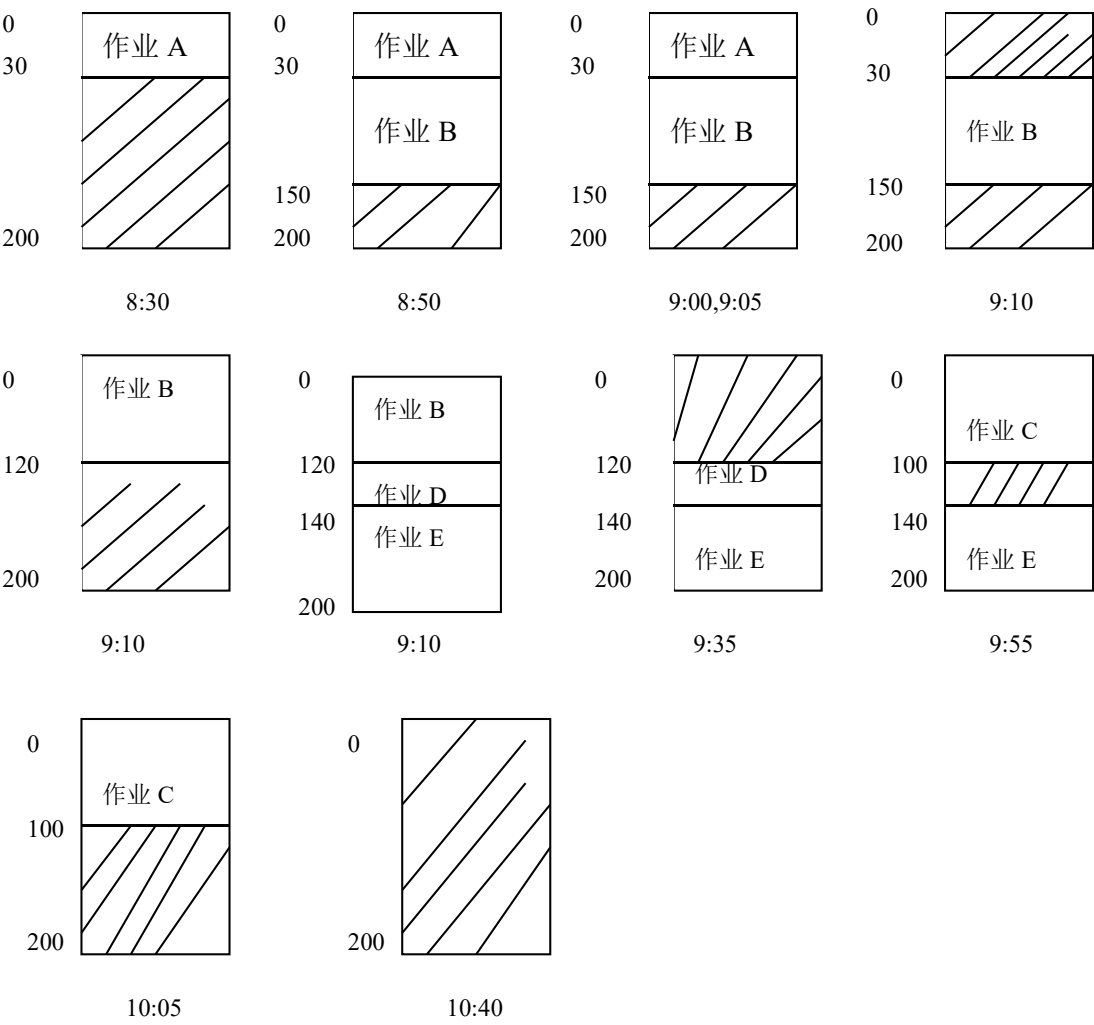
周转时间。

答：

解：1.先来先服务算法。说明：

- (1) 8:30 作业 A 到达并投入运行。注意它所占用的资源。
- (2) 8:50 作业 B 到达，资源满足进内存就绪队列等 CPU。
- (3) 9:00 作业 C 到达，内存和磁带机均不够，进后备作业队列等待。
- (4) 9:05 作业 D 到达，磁带机不够，进后备作业队列等待。后备作业队列有 C、D。
- (5) 9:10 作业 A 运行结束，归还资源磁带，注意归还的内存能移动，这样内存中空出了 80KB 的空闲区。作业 B 投入运行。这时作业 E 也到达了，后备作业队列中依次有作业 C、D、E。这时作业 D 和作业 E 都满足条件，均进内存就绪队列等 CPU。
- (6) 9:35 作业 B 运行结束，作业 D 投入运行。这时作业 C 因磁带不满足而继续在后备作业队列等待。
- (7) 9:55 作业 D 运行结束，作业 E 投入运行。这时作业 C 因资源满足而调入内存进就绪队列等 CPU。
- (8) 10:05 作业 E 运行结束，作业 C 投入运行。
- (9) 10:40 作业 C 运行结束。





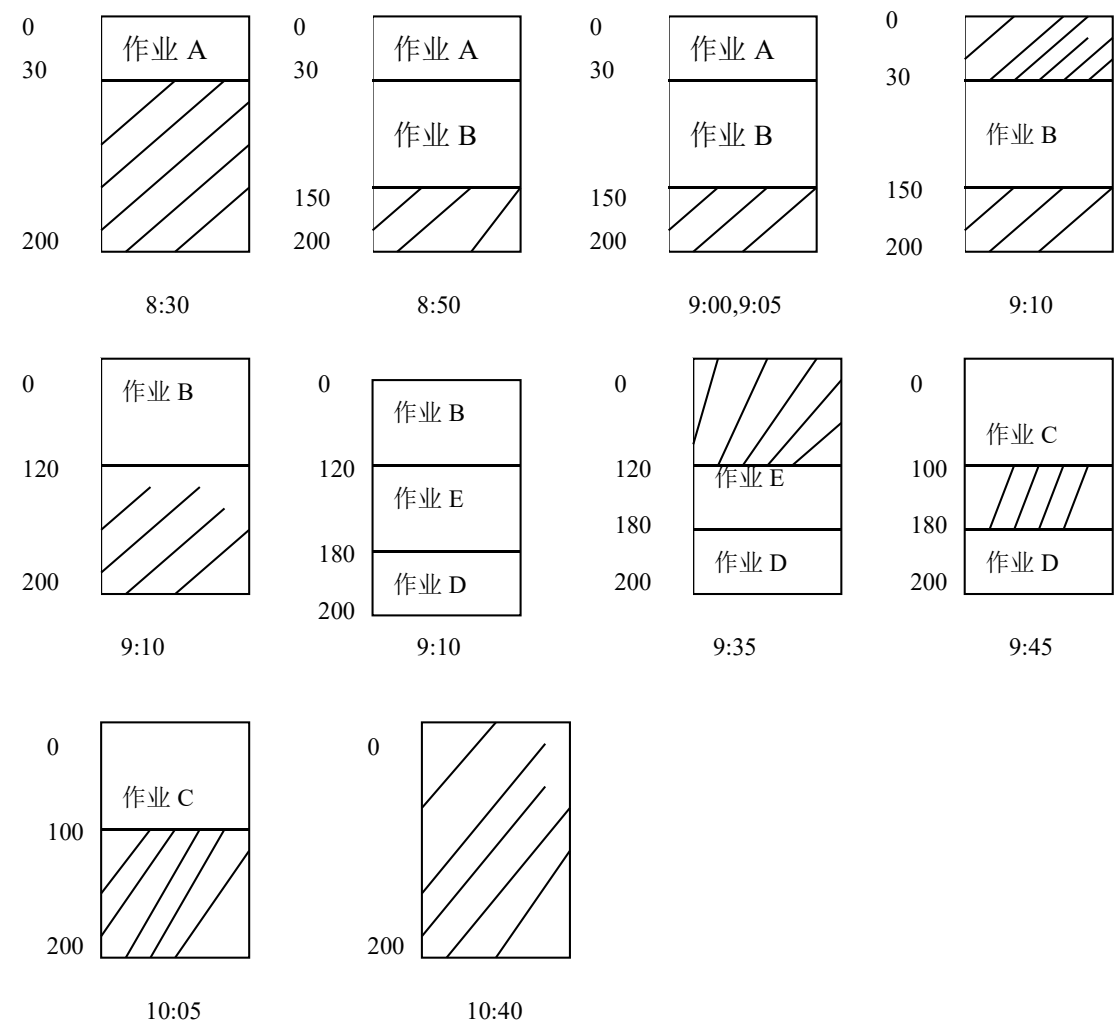
作业执行次序	进输入井时间	装入内存时间	开始执行时间	执行结束时间	周转时间
作业 A	8:30	8:30	8:30	9:10	40(分)
作业 B	8:50	8:50	9:10	9:35	45
作业 D	9:05	9:10	9:35	9:55	50
作业 E	9:10	9:10	9:55	10:05	55
作业 C	9:00	9:55	10:05	10:40	100
作业平均周转时间		$(40+45+50+55+100)/5=58$ 分钟			

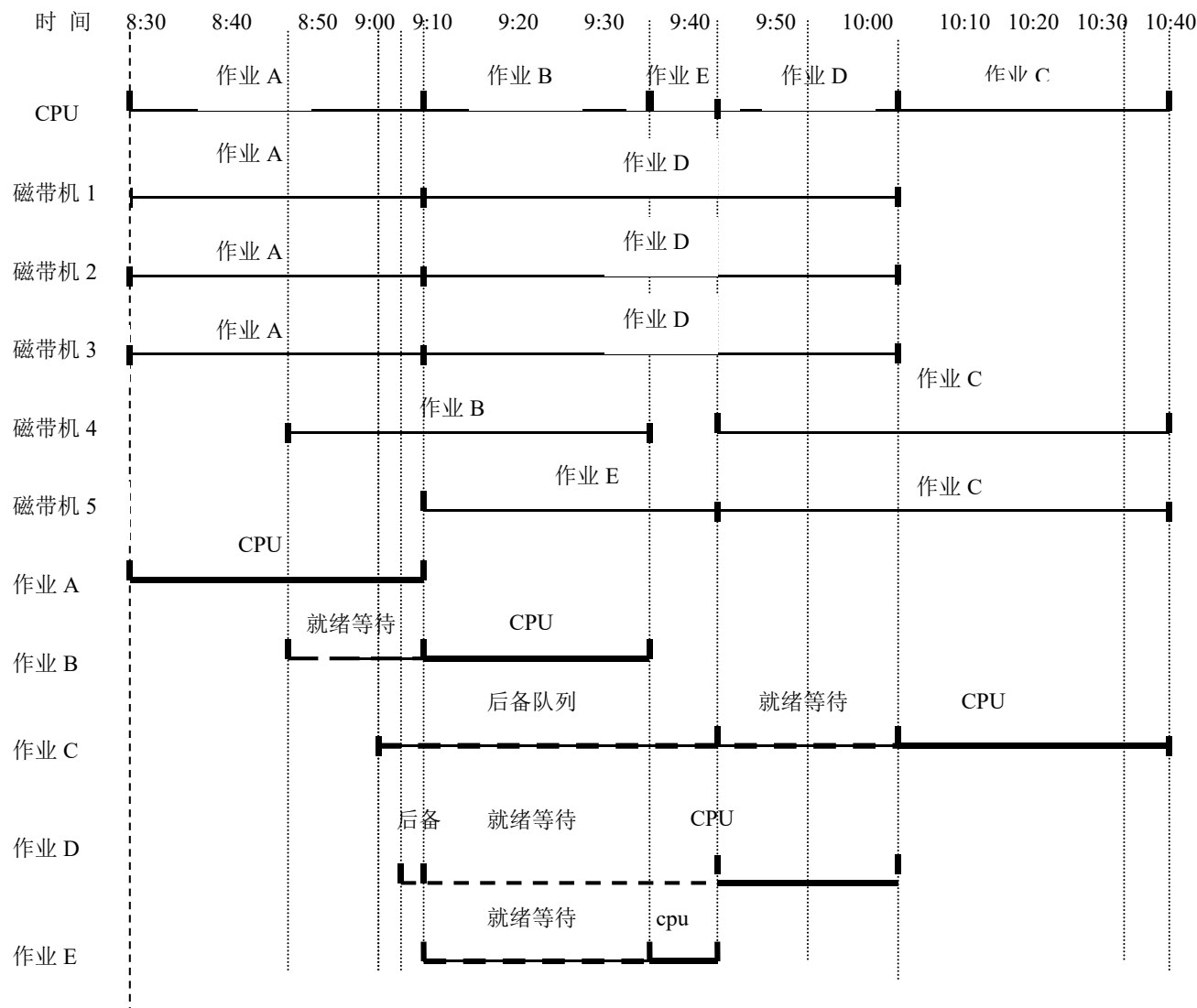
作业执行次序为 A、B、D、E、C。



2. 短作业优先算法。说明：

- (1) 8:30 作业 A 到达并投入运行。注意它所占用的资源。  
(2) 8:50 作业 B 到达，资源满足进内存就绪队列等 CPU。  
(3) 9:00 作业 C 到达，内存和磁带机均不够，进后备作业队列等待。  
(4) 9:05 作业 D 到达，磁带机不够，进后备作业队列等待。后备作业队列有 C、D。  
(5) 9:10 作业 A 运行结束，归还资源磁带，但注意内存能移动。作业 B 投入运行。  
由于作业 E 也到达后备队列，后备作业队列有作业 C、D、E 等待。这时已有 80KB 内存可用，按 SJF，先调作业 E，再调作业 D 进内存就绪队列等待。而作业 C 因内存和磁带均不足继续等在后备队列。  
(6) 9:35 作业 B 运行结束，作业 E 投入运行。这时作业 C 因**磁带机不够**继续在后备作业队列等待。  
(7) 9:45 作业 E 运行结束，作业 D 投入运行。作业 C 调入内存进就绪队列等 CPU。  
(8) 10:05 作业 D 运行结束，作业 C 投入运行。  
(9) 10:40 作业 C 运行结束。





作业执行次序	进输入井时间	装入内存时间	开始执行时间	执行结束时间	周转时间
作业 A	8:30	8:30	8:30	9:10	40(分)
作业 B	8:50	8:50	9:10	9:35	45
作业 E	9:10	9:10	9:35	9:45	35
作业 D	9:05	9:10	9:45	10:05	60
作业 C	9:00	9:45	10:05	10:40	100
作业平均周转时间		(40+45+35+50+100)/5=56 分钟			

30. 多道批处理系统中配有一台处理器和两台外设 (I1 和 I2), 用户存储空间为 100MB。

已知系统的作业调度及进程调度采用可抢占的高优先数调度算法，内存采用不允许移动的可变分区分配策略，设备分配按照动态分配原则。今有 4 个作业同时提交给系统，如下表所示。试求作业平均周转时间。

作业名	优先数	运行时间与顺序(分钟)	内存需求
A	7	CPU-1 分，I1-2 分，I2-2 分	50MB
B	3	CPU-3 分，I1-1 分	10MB
C	9	CPU-2 分，I1-3 分，CPU-2 分	60MB
D	4	CPU-4 分，I1-1 分	20MB

答：本题是综合性题目，考核要点是作业调度、内存分配及作业周转时间等。当 4 个作业进入系统后：

- (1)按照高优先级调度算法，系统先调度作业 C。内存被 C 占有 60M，还有 40M 可用空间。系统再装入 D 和 B。
- (2)同样按照高优先级算法，让 C 先运行。两分钟后 C 让出 CPU，并占用 I1。作业 D 开始在 CPU 上执行。
- (3)又过去 3 分钟，作业 C 使用 I1 完毕，被唤醒后立即抢占 CPU，使作业 D 回到就绪队列等待。
- (4)2 分钟后，作业 C 运行完。系统将 C 卸出内存，继而装入作业 A。因 A 的优先数较高，故立即得到运行。
- (5)作业 A 运行 1 分钟后，转而使用 I1 进行 I / O。空出的 CPU 运行作业 D。
- (6)1 分钟过后，作业 D 放弃 CPU，请求 I1 因不能满足而等待。作业 B 开始运行。又过去 3 分钟，B 运行完。

CPU 的使用情况如下（其中一个格代表 1 分钟）：

C	C	D	D	D	C	C	A	D	B	B	B
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

I1 的使用情况如下：

		C	C	C				A	A	D		B
--	--	---	---	---	--	--	--	---	---	---	--	---

I2 的使用情况如下：

										A	A
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	---

内存使用情况：

C (60)	C (60)	空	A (50)
			空(10)
空(40)	D (20)	D (20)	D(20)
	B (10)	B(10)	B(10)
	空(10)	空(10)	空(10)
装入 C	装 入 D、B	卸出 C	装入 A

作业周转时间：A=12，B=13，C=7，D=11  
平均作业周转时间=（12+13+7+11）/4=43/4=10.75（分钟）

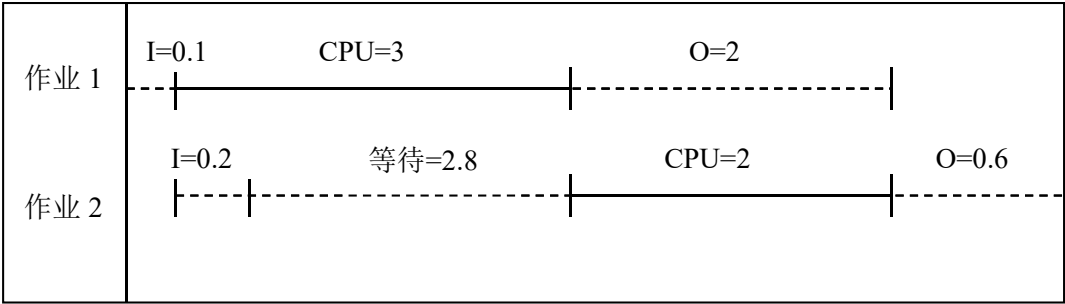
31．假设一个单 CPU 系统，以单道方式处理一个作业流，作业流中有两道作业，其占用 CPU 时间、输入卡片数、打印输出行数如表所示。

作业号	占用 CPU 计算时间(min)	输入卡片张数	输出行数
1	3	100	2000
2	2	200	600

其中，卡片输入机速度为 1000 张/min（平均），打印机速度为 1000 行/min（平均），忽略读写盘时间。试计算：

- （1）不采用 SP00Ling 技术，计算这两道作业的总运行时间（从第一个作业输入开始，到最后一个作业输出完毕）；
- （2）如果采用 SP00Ling 技术，计算这两道作业的总运行时间。
- 解：1)作业 1 输入 100 张卡片花 6 秒，计算花 3 分，打印 2000 行花 2 分。故合计花 5 分 6 秒。作业 2 输入 200 张卡片花 12 秒，计算花 2 分，打印 600 行花 36 秒。故合计花 2 分 48 秒。

- （1）不采用 SP00Ling 技术，两道作业的总运行时间=7 分 54 秒。
- （2）如果采用 SP00Ling 技术，由于预输入和缓输出时间与其他任务重迭进行，这两道作业的总运行时间应=5+0.1+0.6=5.7 分=5 分 42 秒。



32. 某操作系统采用轮转法调度进程。分配给 A 类进程时间片长 100ms, 分配给 B 类进程时间片长 400ms, 若假定就绪队列中有 4 个 A 类进程和 1 个 B 类进程。所有进程的平均服务时间为 2s。不考虑 I/O 和系统开销, 计算 A 类进程和 B 类进程的平均周转时间是多少?

解: 进程执行速度是由它的时间片长度在一次循环周期中所占比例决定的, 比例越高, 进程执行的相对速度越快。

就绪队列中共有 5 个进程, 一次循环轮转周期时间为:

$$4 \times 100 + 1 \times 400 = 800\text{ms}$$

由于所有进程的平均服务时间为  $2\text{s} = 2000\text{ms}$ 。

A 类进程需用  $2000/100 = 20$  个时间片。B 类进程需用  $2000/400 = 5$  个时间片。

所以, A 类进程和 B 类进程的平均周转时间是  $= 20 \times 800 = 16(\text{s})$

B 类进程和 B 类进程的平均周转时间是  $= 5 \times 800 = 4(\text{s})$

33. 若有程序 A 和 B, 单道执行分别需时: 1 小时和 1.5 小时, 其中, 处理器工作时间分别为 18min 和 27min。现采用多道程序设计, 让程序 A 和 B 并发执行。如果处理器利用率为 50%, 另有 15min 的系统开销, 试问系统效率提高的百分比?

解: 程序 A 和 B, 单道执行, 共花费 2.5 小时  $= 150\text{min}$ 。

采用多道程序设计时, 由于处理器利用率为 50%, 也就是说, 程序 A 和 B 分别需时  $18 \times 2 = 36\text{min}$  和  $27 \times 2 = 54\text{min}$ 。合计需时 90min。

所以, 多道程序运行时共花  $= 90 + 15 = 105\text{min}$ 。系统效率提高了 45min。即:

$45/150 = 0.3 = 30\%$ , 系统效率提高百分之三十。

34. 如果系统就绪队列中有 10 个进程, 若将时间片长度设为 200。间隔时钟中断处理花 1ms, CPU 进程调度花费在进程切换上的时间为 9ms, 若采用时间片轮转法调度进程, 试计算调度 10 个进程轮转一次系统花费的调度开销所占比率为多少?

解: 内核处理间隔时钟中断, 再把当前进程修改为就绪态, 重置时间片并放入就绪队列尾。再让就绪队列的队首投入运行。上述过程共花费 10ms。所以,  $10/(200+9+1) \approx 4.8\%$ 。