

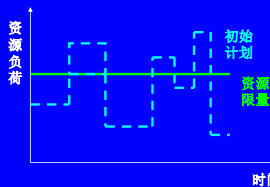
资源受限-工期最短优化

2.7.2.2

目录

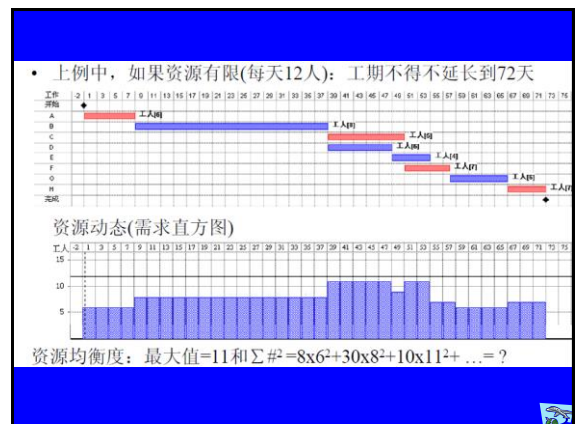
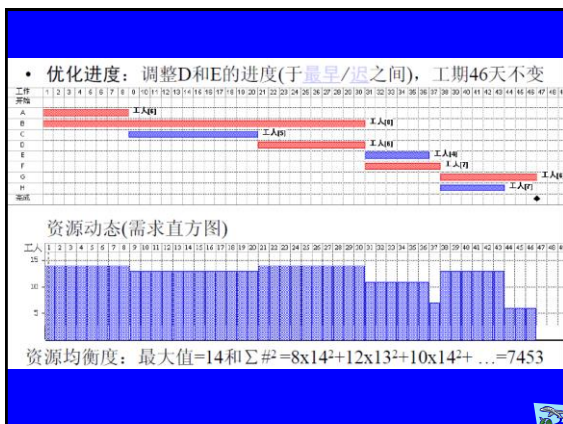
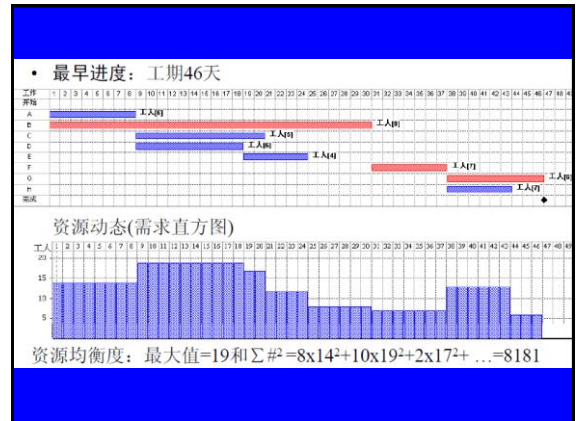
- (一) 资源受限工期最短问题的提出
- (二) 资源受限工期最短优化步骤
- (三) 资源受限工期最短优化示例
- (四) 练习
- (五) 采用优先原则进行优化

(一) 资源受限工期最短问题的提出



● 资源受限工期最短优化

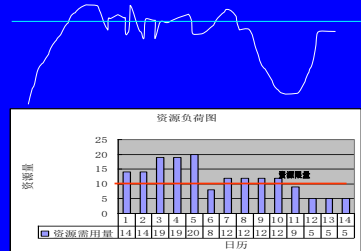
- 通过对产生资源冲突的活动开始和完成时间做出新的安排,使单位时间内资源的最大需求量小于资源限量,而为此需延长的工期最少,即“工期最短”



(二) 资源受限工期最短优化步骤

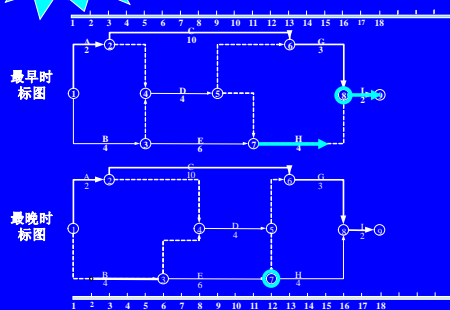
- 计算网络计划每天（也可是其他时间单位）资源需用量 Q_t 。
- 检查资源需用量是否超过资源限量。
 - 检查应从网络计划的开始之日起，逐日进行。如在整个工期内每天的资源需用量均能满足资源限量要求，现有的网络计划即为优化方案；如有不满足资源限量要求的情况，则必须对该网络计划进行优化。

是从前往后调还是
从后往前调？

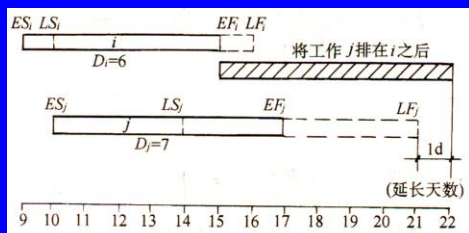


- 调整超出资源限量时段的活动安排。
 - 资源需用量相同的时间区段称为一个时段。对于超出资源限量的时段，须逐段进行调整以满足资源限量要求。
 - 调整方法是在该时段内同时进行的几项活动中，以使工期延长最短为原则，拿出一项安排在另一项完成后进行，从而减少该时段的资源需用量。此时，项目进度计划的工期将相应延长，其延长的工期：
 - $\Delta D_{m-n,i-j} = EF_{m-n} - LS_{i-j}$ ， $\Delta D_{m-n,i-j}$ 表示将活动*i-j*安排在活动*m-n*之后进行时，项目进度计划工期延长的时间
- 重复上述步骤，直到满足要求为止。

为什么 $\Delta D_{m-n,i-j} = EF_{m-n} - LS_{i-j}$ ？

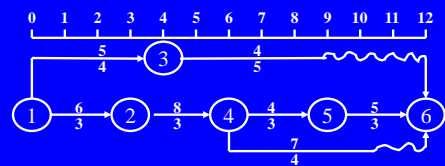


- $\Delta D_{i,j} = EF_i + D_j - LF_j = EF_i - (LF_j - D_j) = EF_i - LS_j$



(三) 资源受限工期最短优化示例

- 已知网络计划如下图所示，图中箭线上方为资源强度，箭线下方为持续时间，若资源限量 $Q=12$ ，试求 $Q_1 < Q$ 的最短工期。

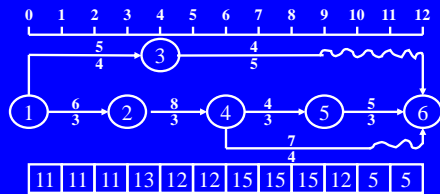


初始时标网络计划

方法1

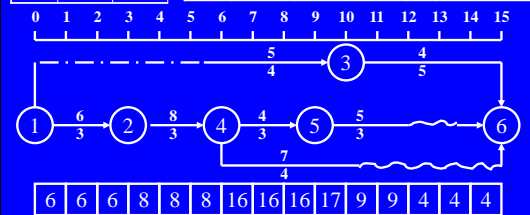
计算每日资源需用量并逐日检查。第二时段 $Q_t > Q$ ，故从对第二时段进行调整开始优化活动，调整有两个方案：

- 方案1：将1-3放到2-4的后面
- 方案2：将2-4放到1-3的后面



■从方案1出发

| 活动代号 | EF | LS | 方案编号 | 安排在前面的活动 | 安排在后面的活动 | 工期延长时间 | 工期 | $Q_t > Q$ 记“×” $Q_t < Q$ 记“√” |
|------|----|----|------|----------|----------|--------|----|----------------------------------|
| 1-3 | 4 | 3 | No.1 | 2-4 | 1-3 | 3 | 15 | × |
| 2-4 | 6 | 3 | | | | | | |



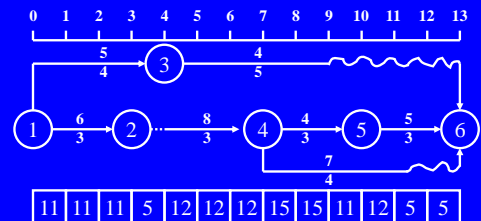
方案No.1的网络计划

| 活动代号 | EF | LS | 方案编号 | 安排在前面的活动 | 安排在后面的活动 | 工期延长时间 | 工期 | $Q_t > Q$ 记“×” $Q_t < Q$ 记“√” |
|------|----|----|--------|----------|----------|--------|----|----------------------------------|
| 1-3 | 10 | 6 | No.1-1 | 4-5 | 1-3 | 3 | 18 | √ |
| 4-5 | 9 | 9 | No.1-2 | 4-6 | 1-3 | 4 | 19 | √ |
| 4-5 | 9 | 9 | No.1-3 | 1-3 | 4-5 | 1 | 16 | √ |
| 4-5 | 9 | 9 | No.1-4 | 4-6 | 4-5 | 1 | 16 | √ |
| 4-6 | 10 | 11 | No.1-5 | 1-3 | 4-6 | -1 | 15 | × |
| 4-6 | 10 | 11 | No.1-6 | 4-5 | 4-6 | -2 | 15 | × |

注：工期延长时间为负值表示调整后还未到原工期，故工期为原工期不变。

■从方案2出发

| 活动代号 | EF | LS | 方案编号 | 安排在前面的活动 | 安排在后面的活动 | 工期延长时间 | 工期 | $Q_t > Q$ 记“×” $Q_t < Q$ 记“√” |
|------|----|----|------|----------|----------|--------|----|----------------------------------|
| 1-3 | 4 | 3 | No.2 | 1-3 | 2-4 | 1 | 13 | × |
| 2-4 | 6 | 3 | | | | | | |



方案No.2的网络计划

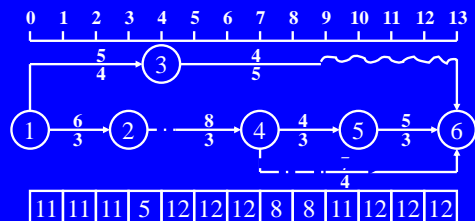
| 活动代号 | EF | LS | 方案编号 | 安排在前面的活动 | 安排在后面的活动 | 工期延长时间 | 工期 | $Q_t > Q$ 记“×” $Q_t < Q$ 记“√” |
|------|----|----|--------|----------|----------|--------|----|----------------------------------|
| 3-6 | 9 | 8 | No.2-1 | 4-5 | 3-6 | 2 | 15 | × |
| 4-5 | 10 | 7 | No.2-2 | 4-6 | 3-6 | 3 | 16 | √ |
| 4-5 | 10 | 7 | No.2-3 | 3-6 | 4-5 | 2 | 15 | √ |
| 4-5 | 10 | 7 | No.2-4 | 4-6 | 4-5 | 4 | 17 | √ |
| 4-6 | 11 | 9 | No.2-5 | 3-6 | 4-6 | 0 | 13 | √ |
| 4-6 | 11 | 9 | No.2-6 | 4-5 | 4-6 | 1 | 14 | √ |

●对所得方案进行比较

— No.2-5 为优化方案

| 方案编号 | 安排在前面的活动 | 安排在后面的活动 | 工期延长时间 | 工期 | $Q_t > Q$ 记“×” $Q_t < Q$ 记“√” |
|--------|----------|----------|--------|----|----------------------------------|
| No.1 | 2-4 | 1-3 | 3 | 15 | × |
| No.1-1 | 4-5 | 1-3 | 3 | 18 | √ |
| No.1-2 | 4-6 | 1-3 | 4 | 19 | √ |
| No.1-3 | 1-3 | 4-5 | 1 | 16 | √ |
| No.1-4 | 4-6 | 4-5 | 1 | 16 | √ |
| No.1-5 | 1-3 | 4-6 | -1 | 15 | × |
| No.1-6 | 4-5 | 4-6 | -2 | 15 | × |
| No.2 | 1-3 | 2-4 | 1 | 13 | × |
| No.2-1 | 4-5 | 3-6 | 2 | 15 | × |
| No.2-2 | 4-6 | 3-6 | 3 | 16 | √ |
| No.2-3 | 3-6 | 4-5 | 2 | 15 | √ |
| No.2-4 | 4-6 | 4-5 | 4 | 17 | √ |
| No.2-5 | 3-6 | 4-6 | 0 | 13 | √ |
| No.2-6 | 4-5 | 4-6 | 1 | 14 | √ |

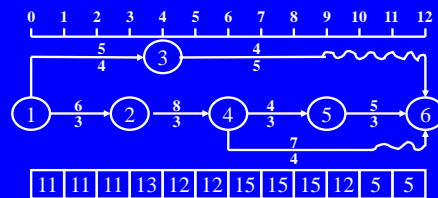
- 优化后的网络计划如下图所示



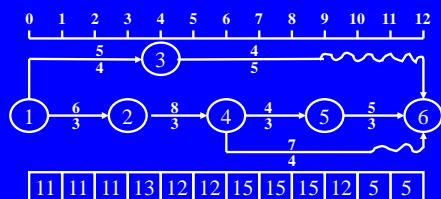
优化网络计划

方法2

- 计算每日资源需用量



- 逐日检查资源需用量并与资源限量比较
 - 图中，第二时段 $Q_t > Q$

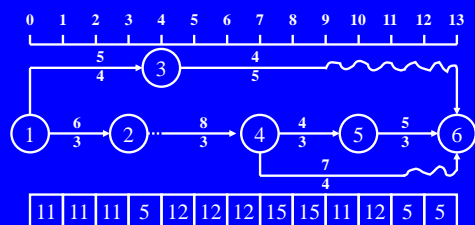


- 调整超出资源限量时段的活动安排
 - 计算延长工期，如下表

| ΔD | EF | LS | 1-3 | 2-4 |
|------------|----|----|-----|-----|
| 1-3 | 4 | 3 | | 1 |
| 2-4 | 6 | 3 | 3 | |

- 由于将2-4放在1-3之后，工期延长最短，所以取此方案

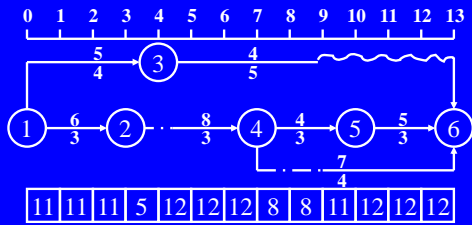
- 重复上述步骤



| ΔD | EF | LS | 3-6 | 4-5 | 4-6 |
|------------|----|----|-----|-----|-----|
| 3-6 | 9 | 8 | | 2 | 0 |
| 4-5 | 10 | 7 | 2 | | 1 |
| 4-6 | 11 | 9 | 3 | 4 | |

- 根据上表，将4-6放到3-6之后延长工期最短，取此方案

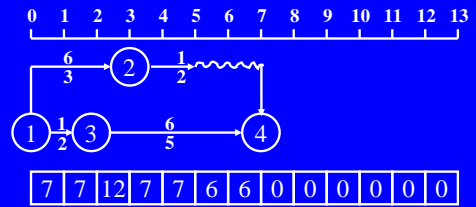
● 重复上述步骤



- 资源需用量均在资源限量之内，优化结束，该方案为最优方案，工期延长了1天

局部最优未必总体最优

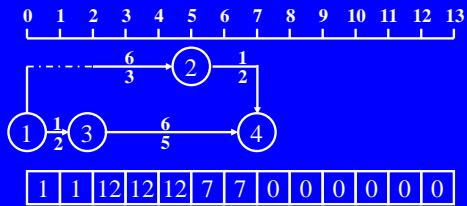
- 如下图所示网络计划，图中箭线上方为资源强度，箭线下方为持续时间，资源限量 $Q=6$



● 根据方法2

- 应把1-2放在1-3后面

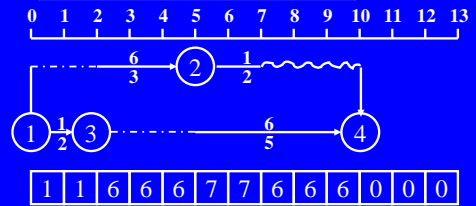
| ΔD | EF | LS | 1-3 | 1-2 |
|------------|----|----|-----|-----|
| 1-3 | 2 | 0 | | 0 |
| 1-2 | 3 | 2 | 3 | |



● 进一步

- 应把3-4放在1-2后面

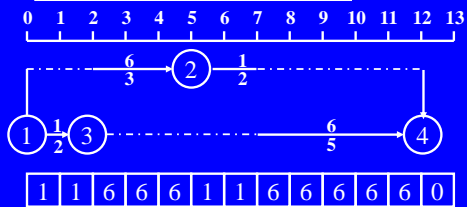
| ΔD | EF | LS | 1-2 | 3-4 |
|------------|----|----|-----|-----|
| 1-2 | 5 | 2 | | 3 |
| 3-4 | 7 | 2 | 5 | |



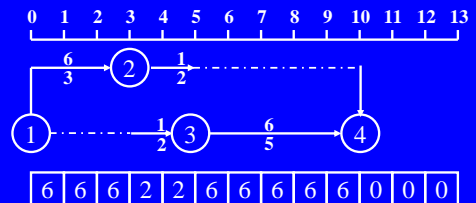
● 再进一步

- 把3-4放在2-4后或把2-4放在3-4后均可

| ΔD | EF | LS | 2-4 | 3-4 |
|------------|----|----|-----|-----|
| 2-4 | 7 | 8 | | 2 |
| 3-4 | 10 | 5 | 2 | |

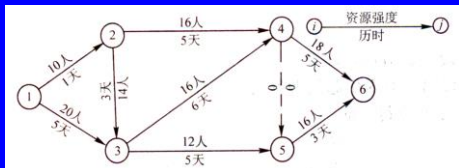


● 用方法1可找到如下优化方案



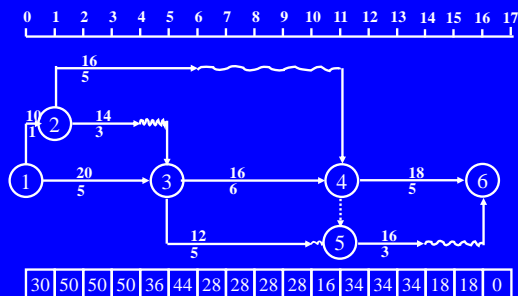
(四) 练习

- 某工程网络计划的原始网络图如图所示。图中各工作箭线上、下方的数字分别表示该工作每日所需资源数量及该工作的持续时间。该原始计划的工期为16天。现已知资源限制为工人数最多不超过40人。要求对该计划进行调整，使之在满足资源限制的条件下，工期最短。



工期最短练习答案（方法2）

- 计算每天的资源需用量并与资源限量比较



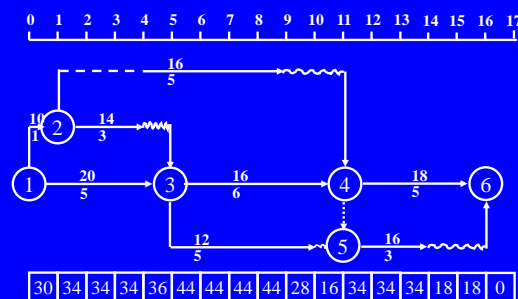
- 调整超出资源限量时段的活动安排

— 计算延长工期，如下表

| ΔD | EF | LS | 1-3 | 2-3 | 2-4 |
|------------|----|----|-----|-----|-----|
| 1-3 | 5 | 0 | | 3 | -1 |
| 2-3 | 4 | 2 | 4 | | -2 |
| 2-4 | 6 | 6 | 6 | 4 | |

— 由于将2-4放在2-3之后，工期延长最短，所以取此方案

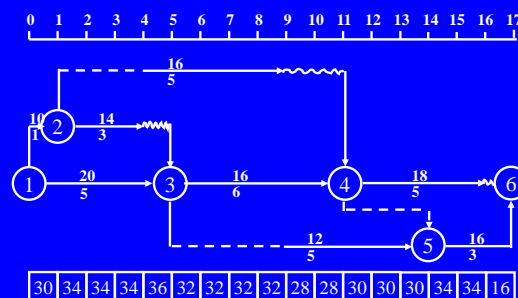
- 重复上述步骤



| ΔD | EF | LS | 2-4 | 3-4 | 3-5 |
|------------|----|----|-----|-----|-----|
| 2-4 | 9 | 6 | | 4 | 1 |
| 3-4 | 11 | 5 | 5 | | 3 |
| 3-5 | 10 | 8 | 4 | 5 | |

— 根据上表，将3-5放到2-4之后延长工期最短，取此方案

- 重复上述步骤



- 资源需用量均在资源限量之内，优化结束，该方案为最优方案，工期延长了1天

用工具

- Excel
- Project

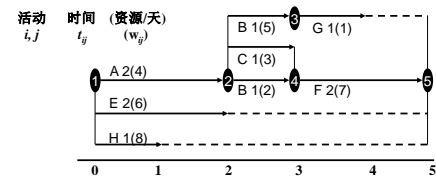
（五）采用优先原则进行优化

- 分时间段，从前往后进行；在每个时段内，各活动按优先顺序安排，超出资源限制的活动顺延至下一个时段再考虑；直至所有的活动安排完毕；优先顺序应尽可能使完工工期延长最少。
- 优先原则
 - 关键活动优先；资源需求大的关键活动优先；
 - 已经开始的关键活动不要中断；
 - 总时差小的非关键活动优先；
 - 资源需求大的非关键活动优先；
 - 已经开始的非关键活动视情况是否保持连续。

注意：时标网络图不规范，没有画出虚活动

例. 资源受限，工期最短优化。

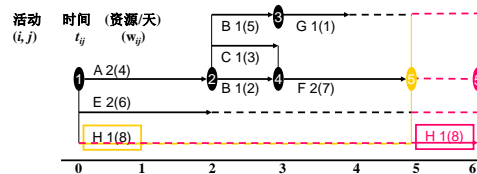
项目资源日消耗量限制为 ≤ 10 ，要求工期尽可能短。



| 日期 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|-----|----|----|----|---|---|
| 资源数 | 18 | 10 | 10 | 8 | 7 |

例. 资源受限，工期最短优化。

项目日消耗量 ≤ 10 ，工期 $T=6$ 。



| 日期 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|------|----|----|----|---|---|---|
| 初始方案 | 18 | 10 | 10 | 8 | 7 | |
| 最优方案 | 10 | 10 | 10 | 8 | 7 | 8 |