

## 2021 年环球网校二级建造师《建筑工程管理与实务》直播大班课

## 专题十二：建筑工程施工进度管理

(约 10 分)

## 【专题知识框架】

专题十二  
建筑工程施工进度  
管理  
(约 10 分)

2A320021 施工进度计划的编制 (约 2 分)	1	施工进度计划的分类及内容★★
2A320022 流水施工方法在建筑工程中的应用 (约 1.5 分)	2	流水施工参数★★★
	3	流水施工的表达方式★★
	4	流水施工工期计算公式★★★
2A320023 网络计划方法在建筑工程中的应用 (约 4 分)	5	流水施工方法的应用★★★
	6	网络计划时差、关键工作与关键线路★★★
2A320024 施工进度计划的检查与调整 (约 2.5 分)	7	网络计划方法的应用★★★
	8	施工进度计划调整示例★★★

## 【页码提示】

1	施工进度计划的分类及内容★★	P178
2	流水施工参数★★★	P179
3	流水施工的表达方式★★	P179
4	流水施工工期计算公式★★★	补充
5	流水施工方法的应用★★★	P180
6	网络计划时差、关键工作与关键线路★★★	P182
7	网络计划方法的应用★★★	P182
8	施工进度计划调整示例★★★	P185

## 【知识点 1】施工进度计划的分类及内容★★

1. 施工进度计划按编制对象的不同可分为:

施工总进度计划、单位工程进度计划、分阶段(或专项工程)工程进度计划、分部分项工程进度计划四种。【2016 案】

2. 单位工程进度计划的内容一般应包括:

(1) 工程建设概况;

(2) 工程施工情况;

(3) 单位工程进度计划, 分阶段进度计划, 单位工程准备工作计划, 劳动力需用量计划, 主要材料、设备及加工计划, 主要施工机械和机具需要量计划, 主要施工方案及流水段划分, 各项经济技术指标要求等。【2019 案】

## 【知识点 2】流水施工参数★★★

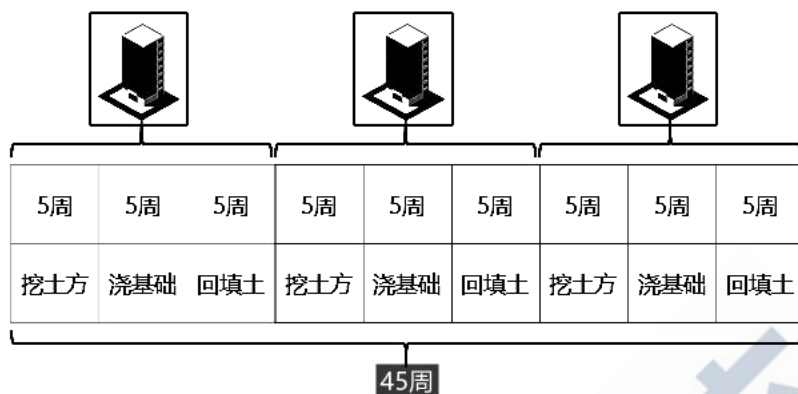
## 【铺垫】

工程施工实施的方式分为三种: 依次施工、平行施工、流水施工。

举例: 某住宅区拟建三栋结构相同的建筑物, 其编号分别为 I、II、III, 各建筑物的基础工程均可分解为挖土方、浇混凝土基础和回填土三个施工过程, 分别由相应的专业队按照施工工艺要求依次完成。



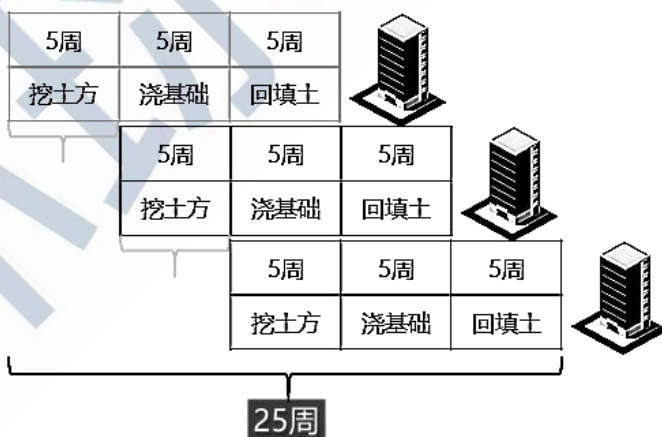
依次施工



平行施工



流水施工

**流水施工参数**

(1) **工艺参数**，指组织流水施工时，用以表达流水施工在施工工艺方面进展状态的参数，通常包括**施工过程**和**流水强度**两个参数。

**【补充】**

① **施工过程**：根据施工组织及计划安排需要划分出的计划任务子项称为施工过程。施工过程可以是单位工程、分部工程，也可以是分项工程，甚至可以是将分项工程按照专业工种不同分解



而成的施工工序。施工过程的数目一般用  $n$  表示。

举例：



②流水强度：指流水施工的某施工过程（专业工作队）在单位时间内所完成的工程量，也称流水能力或生产能力。

(2) **空间参数**，指组织流水施工时，用以表达流水施工在空间布置上划分的个数，可以是**施工（段）**，也可以是多层的施工层数，数目一般用  $M$  表示。

(3) **时间参数**，指在组织流水施工时，用以表达流水施工在时间安排上所处状态的参数，主要包括**流水节拍**、**流水步距**和**流水施工工期**等。

【补充】

①**流水节拍**指在组织流水施工时，某个专业队在一个施工段上的施工时间，以符号“ $t$ ”表示。

②**流水步距**是指两个**相邻**的专业队进入流水作业的时间间隔，以符号“ $K$ ”表示。

注：**流水步距个数=施工过程数-1**

③工期是指从第一个专业队投入流水作业开始，到最后一个专业队完成最后一个施工过程的最后一段工作、退出流水作业为止的整个持续时间。由于一项工程往往由许多流水组构成，所以，这里所说的是流水组的工期，而不是整个工程的总工期。工期可以用符号“ $T$ ”表示。

④ $\sum G$ ：间歇时间之和。

⑤ $\sum C$ ：提前插入时间之和。

【归纳】

参数	符号	定义
工艺参数	<b>施工过程</b>	$n$ 根据施工组织及计划安排需要划分出的计划任务子项称为施工过程。施工过程可以是单位工程、分部工程，也可以是分项工程，甚至可以是将分项工程按照专业工种不同分解而成的施工工序
	流水强度	-
空间参数	<b>施工段</b>	$m$ 流水施工在空间布置上划分的个数，可以是施工区（段），也可以是多层的施工层数
时间参数	<b>流水节拍</b>	$t$ 指在组织流水施工时，某个专业队在一个施工段上的施工时间
	<b>流水步距</b>	$K$ 两个相邻的专业队进入流水作业的时间间隔
	流水施工工期	$T$ 指的从第一个专业队投入流水作业开始，到最后一个专业队完成最后一个施工过程的最后一段工作、退出流水作业为止的整个持续时间

【例题 1·单选】下列流水施工参数中，不属于时间参数的是（ ）。【2013 单】

- A. 流水节拍
- B. 流水步距
- C. 工期
- D. 流水强度

【答案】D

【解析】流水施工的时间参数包括流水节拍、流水步距和流水施工工期三个方面。流水强度属于工艺参数。

【例题 2·单选】组织流水施工时，流水步距是指（ ）。

- A. 第一个专业队与其他专业队开始施工的最小间隔时间
- B. 第一个专业队与最后一个专业队开始施工的最小间隔时间



- C. 相邻的专业队进入流水作业的时间间隔  
D. 相邻专业队相继结束施工的最大间隔时间

【答案】C

【解析】组织流水施工时，流水步距是指两个相邻的专业队进入流水作业的时间间隔。

### 【知识点 3】流水施工的表达方式★★

流水施工主要以横道图表示：横坐标表示流水施工的持续时间；纵坐标表示施工过程的名称或编号。n 条带有编号的水平线段表示 n 个施工过程或专业工作队的施工进度安排，其编号①、②……表示不同的施工段。【2020 案】

【补充】

通常横道图的表头为工作及其简要说明，项目进展表示在时间表格上。按照所表示工作的详细程度，时间单位可以为小时、天、周、月等。

【图例】

分项工程 编 号	施 工 进 度 / 天							
	3	6	9	12	15	18	21	24
A	①	②	③	④	⑤			
B	k	①	②	③	④	⑤		
C		k	①	②	③	④	⑤	
D			k	①	②	③	④	⑤

### 【知识点 4】流水施工工期计算公式★★★

#### 1. 流水施工的组织形式

- (1) 等节奏流水施工。
- (2) 异节奏流水施工，其特例为成倍节拍流水施工。
- (3) 无节奏流水施工。

【补充】

①等节奏流水施工：是指在有节奏流水施工中，各施工过程的流水节拍都相等的流水施工，其流水节拍等于流水步距。

【图例】等节奏流水施工

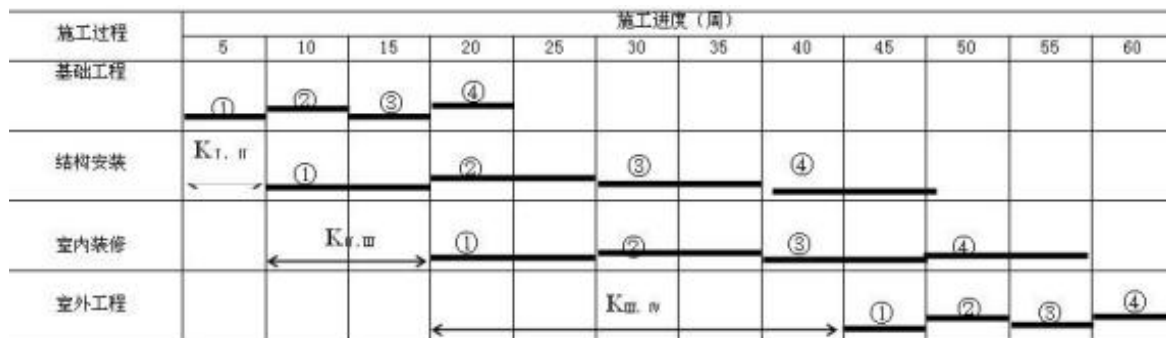
分项工程 编 号	施 工 进 度 / 天							
	3	6	9	12	15	18	21	24
A	①	②	③	④	⑤			
B	k	①	②	③	④	⑤		
C		k	①	②	③	④	⑤	
D			k	①	②	③	④	⑤

②异节奏流水施工：是指在有节奏流水施工中，各施工过程的流水节拍各自相等而不同施工过程之间的流水节拍不尽相等的流水施工。在组织异节奏流水施工时，又可以采用等步距和异步距两种方式。

【图例】异步距异节奏流水施工

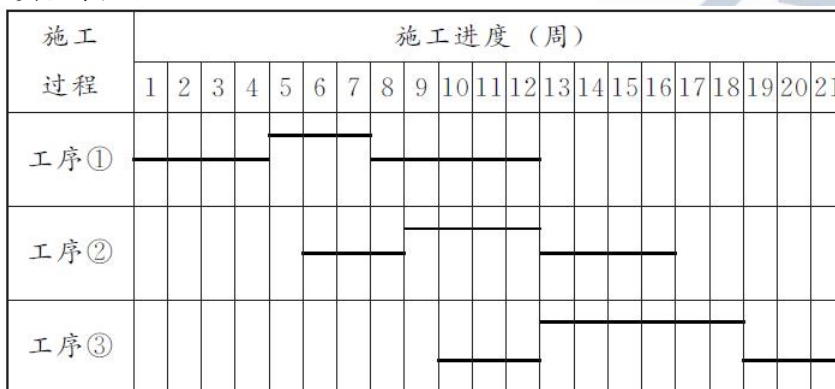






③无节奏流水施工：是指组织流水施工时，全部或部分施工过程在各个施工段上流水节拍不相等的流水施工，这种施工是流水施工中最常见的一种。

【图例】无节奏流水施工



## 2. 流水施工工期计算公式

组织形式	施工工期计算公式
等节奏流水施工	$T = \sum K + \sum t_n$
无节奏流水施工	

备注：

①m—施工段，n—施工过程，t—流水节拍，K—流水步距，T—施工工期  
 $\sum G$ —间歇时间之和， $\sum C$ —提前插入时间之和，此表未考虑 $\sum G$ 、 $\sum C$ 。  
 ②在等节奏流水施工中，流水步距与流水节拍相等，即  $K=t$ 。  
 ③在无节奏流水施工中，流水步距K的确定采用“累加数列错位相减取大差法”。

【公式推导】

等节奏流水施工中， $K=t$ ，所以

$$T = \sum K + \sum t_n = (n-1) \times K + m \times t = (n-1) \times t + m \times t = (m+n-1) \times t$$

即等节奏流水施工中  $T = (m+n-1) \times t$

注：若题目给出间歇时间G或提前插入时间C，则还需考虑 $\sum G$ 、 $\sum C$ 。

【例题1·案例】

某工程要做5根柱子，每个柱子包括扎钢筋、做模板、浇混凝土3个施工过程，每个施工过程的施工时间参数见下表：

流水施工时间参数表

施工过程	施工段一	施工段二	施工段三	施工段四	施工段五
扎钢筋	2	2	2	2	2
做模板	2	2	2	2	2
浇混凝土	2	2	2	2	2



## 【问题】

计算该工程的流水施工工期。

## 【参考答案】

施工段数  $m=5$ ，施工过程  $n=3$ ，流水节拍  $t=2$ 。流水步距  $K=t=2$ 。

总工期  $T=(m+n-1) \times t=(5+3-1) \times 2=14$  (天)。

## 【例题 2·单选】

某基础工程划分 4 个施工过程（基槽开挖、垫层、混凝土浇筑、回填土），在 5 个施工流水段组织等节奏流水施工，流水节拍为 3d，要求混凝土浇筑 3d 后才能进行回填土施工，其中基槽开挖与垫层施工搭接 1d，该工程的流水施工工期为（ ）d。

- A. 24
- B. 25
- C. 26
- D. 27

## 【答案】C

【解析】等节奏流水施工工期计算公式： $T=(m+n-1) \times t+\sum G-\sum C$ ，代入数据得， $T=(5+4-1) \times 3+3-1=26$ d。

## 【知识点 5】流水施工方法的应用★★★

## 【案例 2A320052】

## 1. 背景

某工程由三个结构形式与建造规模完全一样的单体建筑组成，各单体建筑施工共由五个施工过程组成，分别为：土方开挖、基础施工、地上结构、砌筑工程、装饰装修及设备安装。根据施工工艺要求，地上结构施工完毕后，需等待 2 周后才能进行砌筑工程。

施工过程中发生了如下事件：

事件一：项目部报送监理机构的单位工程进度计划编制依据包括：

- (1) 主管部门的批示文件及建设单位的要求；
- (2) 施工图纸及设计单位对施工的要求；
- (3) 施工企业年度计划对该工程的安排和规定的有关指标；
- (4) 施工组织总设计或大纲对该工程的有关部门规定和安排。

监理单位机构审查后发现编制依据不充分，要求补充内容。

事件二：该工程采用五个专业工作队组织施工，各施工过程的流水节拍见表 2A320052。

流水节拍表

表 2A320052

施工过程编号	施工过程	流水节拍（周）
I	土方开挖	2
II	基础施工	2
III	地上结构	6
IV	二次砌筑	4
V	装饰装修	4

## 2. 问题

- (1) 施工进度计划按编制对象的不同可分为哪几种进度计划？分别列出计划名称。
- (2) 事件一中，应补充哪些内容？
- (3) 事件二属于何种形式的流水施工，流水施工的组织形式还有哪些？
- (4) 绘制其流水施工进度计划横道图并计算总工期。【2020 案】

## 3. 分析与答案：

(1) 施工进度计划按编制对象的不同分四种，分别是：施工总进度计划、单位工程进度计划、分阶段（或专项工程）工程进度计划、分部分项工程进度计划。

(2) 应补充：

1) 资源配备情况，如：施工中需要的劳动力、施工机具和设备、材料、预制构件和加工品的



供应能力及来源情况：

- 2) 建设单位可能提供的条件和水电供应情况；
- 3) 施工现场条件和勘察资料；
- 4) 预算文件和国家及地方规范等资料。

(3) 事件二属于异节奏流水施工。流水施工的组织形式还有：等节奏流水施工、无节奏流水施工。

(4) 根据上表中数据，采用“累加数列错位相减取大差法（简称‘大差法’）”算流水步距：

①各施工过程流水节拍的累加数列

施工过程 I：2 4 6

施工过程 II：2 4 6

施工过程 III：6 12 18

施工过程 IV：4 8 12

施工过程 V：4 8 12

②错位相减，取最大值得流水步距

$$\begin{array}{r} K_{I, II} \quad 2 \quad 4 \quad 6 \\ \quad \quad \quad 2 \quad 4 \quad 6 \\ \hline \quad \quad \quad 2 \quad 2 \quad 2 \quad -6 \end{array}$$

所以： $K_{I, II}=2$ （周）

$$\begin{array}{r} K_{II, III} \quad 2 \quad 4 \quad 6 \\ \quad \quad \quad 6 \quad 12 \quad 18 \\ \hline \quad \quad \quad 2 \quad -2 \quad -6 \quad -18 \end{array}$$

所以： $K_{II, III}=2$ （周）

$$\begin{array}{r} K_{III, IV} \quad 6 \quad 12 \quad 18 \\ \quad \quad \quad 4 \quad 8 \quad 12 \\ \hline \quad \quad \quad 6 \quad 8 \quad 10 \quad -12 \end{array}$$

所以： $K_{III, IV}=10$ （周）

$$\begin{array}{r} K_{IV, V} \quad 4 \quad 8 \quad 12 \\ \quad \quad \quad 4 \quad 8 \quad 12 \\ \hline \quad \quad \quad 4 \quad 4 \quad 4 \quad -12 \end{array}$$

所以： $K_{IV, V}=4$ （周）

③总工期： $T=\sum K_{i, i+1}+\sum t_n+\sum G=(2+2+10+4)+(4+4+4)+2=32$ （周）。

④五个专业队完成施工的流水施工进度计划如图 2A320052 所示。

施工过程	施工进度/周															
	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32
土方开挖	■	■	■													
基础施工		■	■	■												
地上结构			■	■	■	■	■	■	■	■	■					
砌筑工程								■	■	■	■	■	■	■		
装饰装修及设备安装											■	■	■	■	■	■

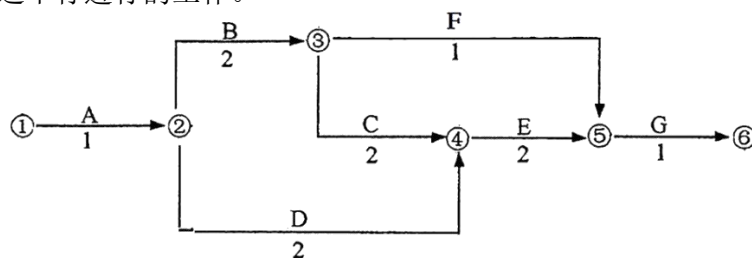
【知识点 6】网络计划时差、关键工作与关键线路★★★

【补充】紧前工作、紧后工作、平行工作

- ①紧前工作：紧排在本工作之前的工作。  
方法：逆着箭线紧挨着本工作的工作。
- ②紧后工作：紧排在本工作之后的工作。  
方法：顺着箭线紧挨着本工作的工作。



③平行工作：与之平行进行的工作。



1. 时差可分为总时差和自由时差两种。

**工作总时差**，是指在不影响**总工期**的前提下，本工作可以利用的机动时间；

**工作自由时差**，是指在不影响其**所有紧后工作**最早开始的前提下，本工作可利用的机动时间。

【注】工作的六个时间参数

ES	LS	TF	最早开始	最晚开始	总时差
EF	LF	FF	最早完成	最晚完成	自由时差

总时差 TF	$TF = LS - ES = LF - EF$
自由时差 FF	本工作 FF = 所有紧后工作 ES 的最小值 - 本工作 EF

2. **关键工作**：网络计划中总时差最小的工作。

3. **关键线路**：自始至终全部由关键工作组成的线路为关键线路，或线路上总的工作持续时间最长的线路为关键线路。关键线路的工期即为网络计划的计算工期。

【知识点 7】网络计划方法的应用★★★

【案例 2A320053】【2018 案】【2019 案】

某工程项目总承包单位上报了如下施工进度计划网络图（时间单位：月）如图 2A320053 所示，并经总监理工程师和建设单位确认。

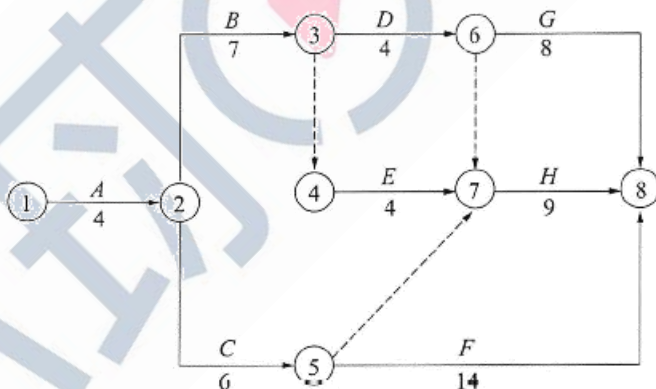


图 2A320053 某工程施工进度计划网络图

施工过程中发生了如下事件：

事件一：因为施工图纸滞后原因将 D 工作施工时间延长了 2 个月。

事件二：应建设单位要求施工单位采取了有效措施将 H 工作施工时间缩减至 7 个月。

2. 问题

(1) 针对原施工进度计划网络图，写出关键线路（以工作表示）并计算其总工期；列式计算原施工进度计划中工作 G 的总时差和自由时差。

(2) 写出事件一发生后的关键线路，并计算调整后总工期。

(3) 写出事件二发生后的关键线路，并计算调整后总工期。

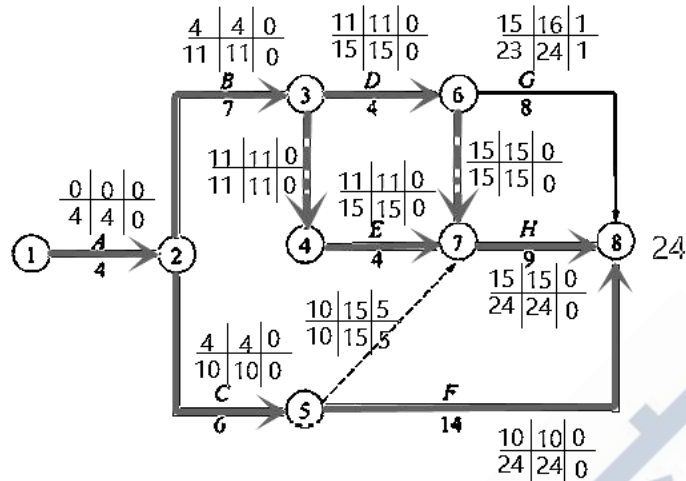
(4) 两次事件发生后，列式计算工作 C、工作 E 的总时差、自由时差。

3. 分析与答案

(1) 【六时参数法】





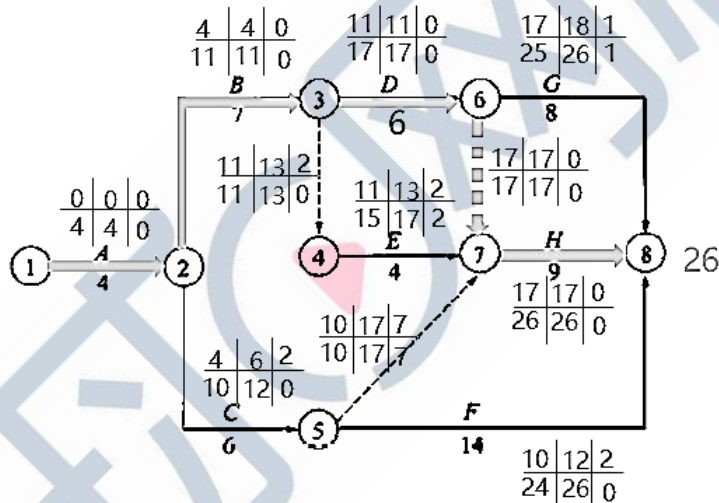


(1) 其关键线路共有 3 条, 分别为:  $A \rightarrow B \rightarrow D \rightarrow H$ ;  $A \rightarrow B \rightarrow E \rightarrow H$ ;  $A \rightarrow C \rightarrow F$ 。  
总工期:  $T=24$  个月。

G 工作总时差为:  $LS_G - ES_G = 16 - 15 = 1$  月;

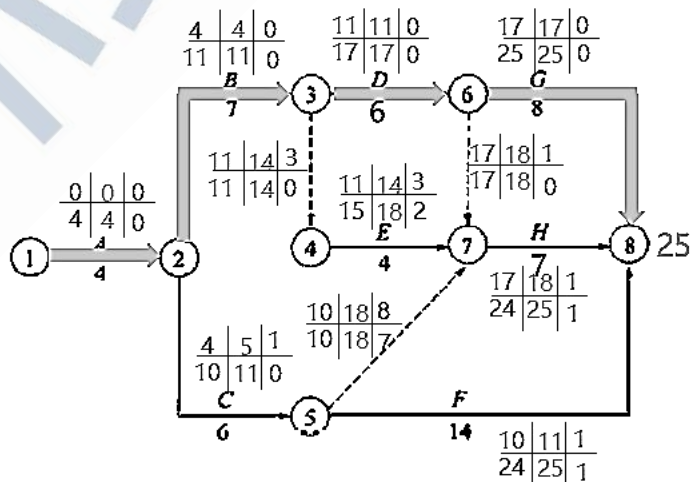
由于 G 工作的尾节点是终节点, 故 G 工作自由时差为:  $T - EF_G = 24 - 23 = 1$  月。

(2) 【六时参数法】



事件一发生后, 关键线路为:  $A \rightarrow B \rightarrow D \rightarrow H$ ; 总工期为: 26 个月。

(3) (4) 【六时参数法】



(3) 事件二发生后, 关键线路为:  $A \rightarrow B \rightarrow D \rightarrow G$ ; 总工期为: 25 个月。



(4) 时差计算:

C 工作总时差= $LS_C - ES_C = 5 - 4 = 1$  月; C 工作自由时差= $\min(ES_F, ES_H) - EF_C = 10 - 10 = 0$  月。

E 工作总时差= $LS_E - ES_E = 14 - 11 = 3$  月; E 工作自由时差= $ES_H - EF_E = 17 - 15 = 2$  月。

### 【知识点 8】施工进度计划调整示例★★★

【案例 2A320054】【2016 案】

某单项工程, 按图 2A320054-1 所示进度计划网络图组织施工。

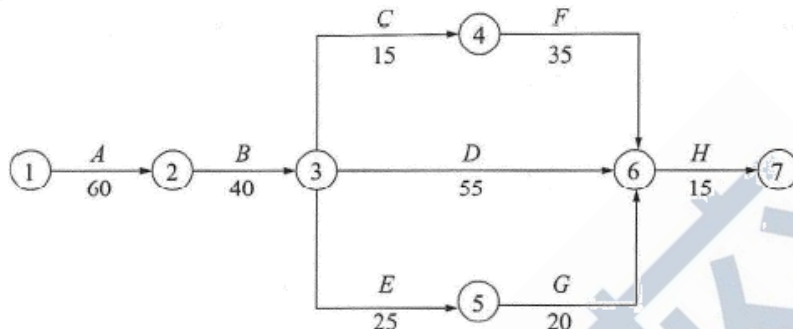


图 2A320054-1 进度计划网络图

事件一: 在第 75 天进行的进度检查时发现: 工作 A 已全部完成, 工作 B 刚刚开工。建设单位要求施工单位必须采取赶工措施, 保证总工期。项目部向建设单位上报了进度计划调整方案, 其中调整步骤是分析进度计划检查结果, 分析进度偏差的影响并确定调整的对象和目标, 选择适当的调整方法, 编制调整方案。建设单位认为内容不全。本工程各工作相关参数见表 2A320054:

相关参数表

表 2A320054

序号	工作	最大可压缩时间(d)	赶工费用(元/d)
1	A	10	200
2	B	5	200
3	C	3	100
4	D	10	300
5	E	5	200
6	F	10	150
7	G	10	120
8	H	5	420

事件二: 项目部向施工企业负责人上报阶段项目进度报告, 其内容主要包括: 进度执行情况的综合描述, 实际施工进度, 资源供应进度。但遭到施工企业负责人的批评。认为内容不完整, 要求补充后上报。

#### 2. 问题

- (1) 事件一中应如何调整原计划并列出详细调整过程; 试计算经调整后所需投入的赶工费用。
- (2) 重新绘制事件一发生后的进度计划网络图, 并列出关键线路 (以工作表示)。
- (3) 事件一中, 还应补充调整施工进度计划步骤的哪些内容?
- (4) 事件二中, 项目进度报告还应补充哪些内容? 【2020 案】

#### 3. 参考答案

- (1) 解答如下:

#### 【注意】

- ① 盯准关键线路、关键工作
- ② 压缩同时要考虑与之平行的线路关键线路不能变为非关键线路
- ③ 经济、合理原则



步骤	压缩对象	压缩天数	增加费用 (元)	总工期 (d)	关键线路
第1压缩	B	5	$5 \times 200 = 1000$	$185 - 5 = 180$	B→D→H
第2压缩	D	5	$5 \times 300 = 1500$	$180 - 5 = 175$	B→D→H B→C→F→H
第3压缩	CD同时	3	$3 \times 100 + 3 \times 300 = 1200$	$175 - 3 = 172$	B→D→H B→C→F→H
第4压缩	H	2	$2 \times 420 = 840$	$172 - 2 = 170$	B→D→H B→C→F→H

1) A 拖后 15d, 此时的关键线路: B→D→H:

①其中工作 B 赶工费率最低, 故先对工作 B 持续时间进行压缩。

工作 B 压缩 5d, 因此增加费用为:  $5 \times 200 = 1000$  元;

总工期为:  $185 - 5 = 180$ d;

关键线路: B→D→H。

②剩余关键工作中, 工作 D 赶工费率最低, 故应对工作 D 持续时间进行压缩。

工作 D 压缩的同时, 应考虑与之平等的各线路, 以各线路工作正常进展均不影响总工期为限。

故工作 D 只能压缩 5d, 因此增加费用为:  $5 \times 300 = 1500$  元;

总工期为:  $180 - 5 = 175$ d;

关键线路: B→D→H 和 B→C→F→H 两条。

③剩余关键工作中, 存在三种压缩方式: 同时压缩工作 C、工作 D; 同时压缩工作 F、工作 D; 压缩工作 H。

同时压缩工作 C 和工作 D 的赶工费率最低, 故应对工作 C 和工作 D 同时进行压缩。工作 C 最大可压缩天数为 3d, 故本次调整只能压缩 3d, 因此增加费用为:  $3 \times 100 + 3 \times 300 = 1200$  元;

总工期为:  $175 - 3 = 172$ d;

关键线路: B→D→H 和 B→C→F→H 两条。

④剩下压缩方式中, 压缩工作 H 赶工费率最低, 故应对工作 H 进行压缩。

工作 H 压缩 2d, 因此增加费用为:  $2 \times 420 = 840$  元;

总工期为:  $172 - 2 = 170$ d。

⑤通过以上工期调整, 工作仍能按原计划的 170d 完成。

2) 所需投入的赶工费为:  $1000 + 1500 + 1200 + 840 = 4540$  元。

(2) 调整后的进度计划网络图如图 2A320024-2 所示:

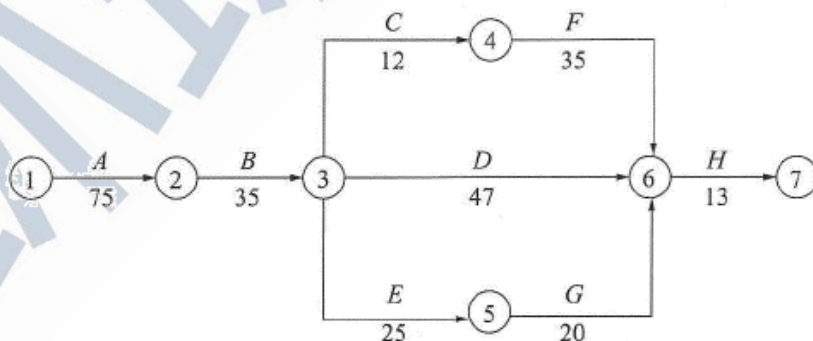


图 2A320024-2 调整后的进度计划网络图

其关键线路为: A→B→D→H 和 A→B→C→F→H。

(3) 还应补充: 对调整方案进行评价和决策; 调整; 确定调整后付诸实施的新施工进度计划。

(4) 还应补充: 工程变更、价格调整、索赔及工程款收支情况; 进度偏差状况及导致偏差的原因分析; 解决问题的措施; 计划调整意见。

