

2023 一级造价工程师《建设工程造价案例分析（土建、安装）》知识点精讲  
第五章 工程合同价款管理

横道图与流水施工

【知识点】流水施工

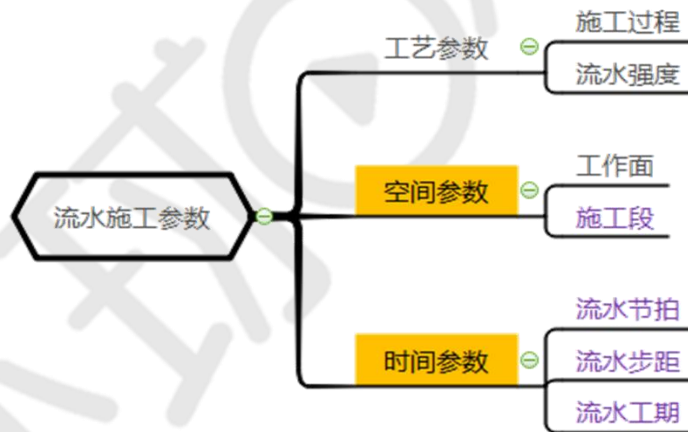
流水施工定义：

流水施工：是将拟建工程项目中的每一个施工对象分解为若干个施工过程，并按照施工过程成立相应的专业工作队，各专业队按照施工顺序依次完成各个施工对象的施工过程，同时保证施工在时间和空间上连续、均衡和有节奏地进行，使相邻两专业队能最大限度地搭接作业。

流水施工的横道图表示方法：

施工过程	施工进度 (天)						
	2	4	6	8	10	12	14
挖基槽	①	②	③	④			
做垫层		①	②	③	④		
砌基础			①	②	③	④	
回填土				①	②	③	④

流水施工参数：



1. 工艺参数

(1) **施工过程**：组织建设工程流水施工时，根据施工组织及计划安排需要而将计划任务划分成的子项称为施工过程。

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

2. 空间参数

(1) **工作面**：指供某专业工种的工人或某种施工机械进行施工的活动空间。

(2) **施工段**：将施工对象在平面或空间上划分成若干个劳动量大致相等的施工段落，称为施工段或流水段。

3. 时间参数

(1) **流水节拍**：指在组织流水施工时，某个专业工作队在一个施工段上的施工时间。

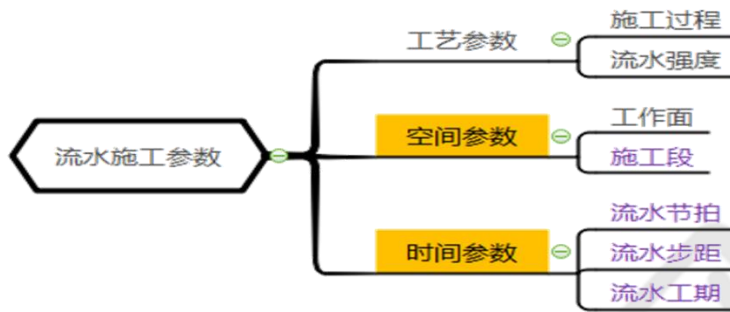
(2) **流水步距**：指组织流水施工时，相邻两个施工过程（或专业工作队）相继开始施工的最小间隔时间。

(3) **流水施工工期**：指从第一个专业工作队投入流水施工开始，到最后最后一个专业工作队完成流水施工为止的整个持续时间。

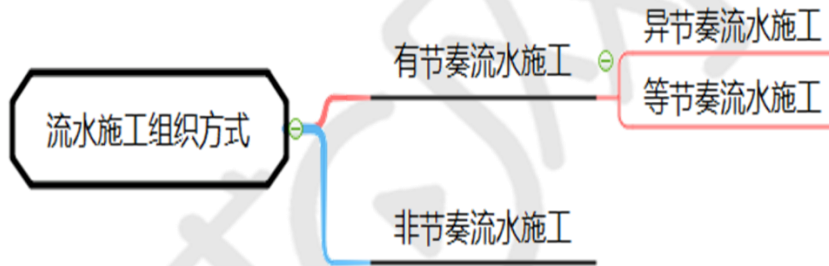


施工过程	施工进度 (天)						
	2	4	6	8	10	12	14
挖基槽	①	②	③	④			
做垫层		①	②	③	④		
砌基础			①	②	③	④	
回填土				①	②	③	④

- 1. 专业
- 2. 连续
- 3. 最大限度搭接



流水施工的基本组织方式:



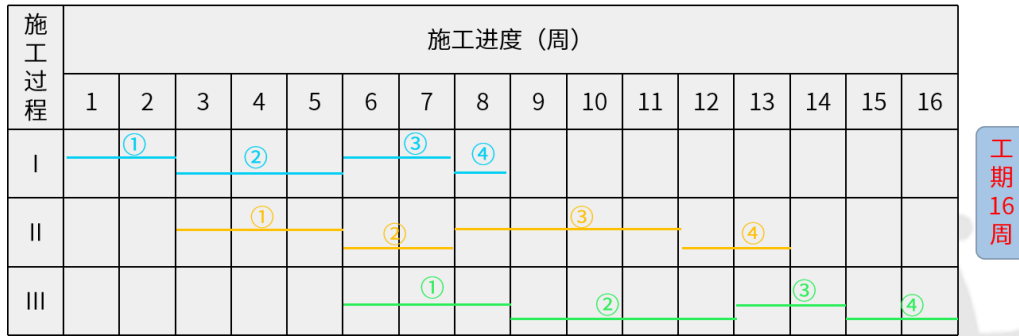
1. 非节奏流水施工

【例题·案例题】

某工程由 3 个施工过程组成，分为 4 个施工段进行流水施工，其流水节拍如下表所示，请画出其横道图。

施工过程	施工进度 (周)			
	①	②	③	④
I	2	3	2	1
II	3	2	4	2
III	3	4	2	2





非节奏流水施工特点 (结合例题来看):

- ① 施工过程 (3 个) 在各个施工段 (4 个) 的流水节拍不全相等。
- ② 相邻施工过程的流水步距 (分别是 2、3) 不全相等。
- ③ 专业工作队数等于施工过程数 (3 个)。
- ④ 各个专业工作队在各施工段上能够连续作业, 但有的施工段间可能有空闲时间 (实际施工中最常见)。

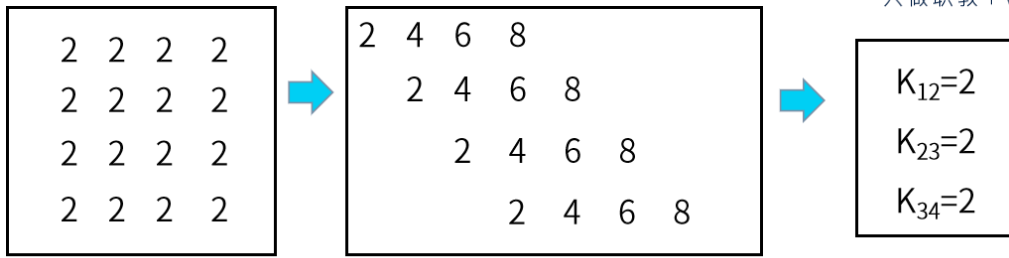
## 2. 等节奏流水施工

### 【例题·案例题】

某工程由 4 个施工过程组成, 分为 4 个施工段进行流水施工, 其流水节拍如下表所示, 请画出其横道图。

施工过程	施工进度 (天)			
	①	②	③	④
挖基槽	2	2	2	2
做垫层	2	2	2	2
砌基础	2	2	2	2
回填土	2	2	2	2





施工过程	施工进度 (天)						
	2	4	6	8	10	12	14
挖基槽	①	②	③	④			
做垫层		①	②	③	④		
砌基础			①	②	③	④	
回填土				①	②	③	④

等节奏流水施工特点 (结合例题来看):

- ① 施工过程 (4 个) 在各个施工段 (4 个) 上的流水节拍全相等 (节拍全是 2)。
- ② 相邻施工过程的流水步距相等 (步距都是 2), 且等于流水节拍。
- ③ 专业工作队数等于施工过程数 (4 个)。
- ④ 各个专业工作队在各施工段上能够连续作业, 施工段之间没有空闲时间 (理想状态)。

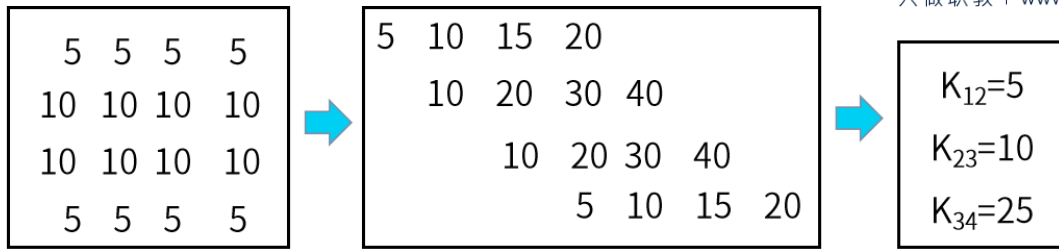
### 3. 异节奏流水施工

#### 【例题·案例题】

某工程项目由 4 幢大板结构楼房组成, 每幢楼房为一个施工段, 进行流水施工, 其流水节拍如下表所示, 请画出其横道图。

施工过程	施工进度 (周)			
	①	②	③	④
基础工程	5	5	5	5
结构安装	10	10	10	10
室内装修	10	10	10	10
室外工程	5	5	5	5



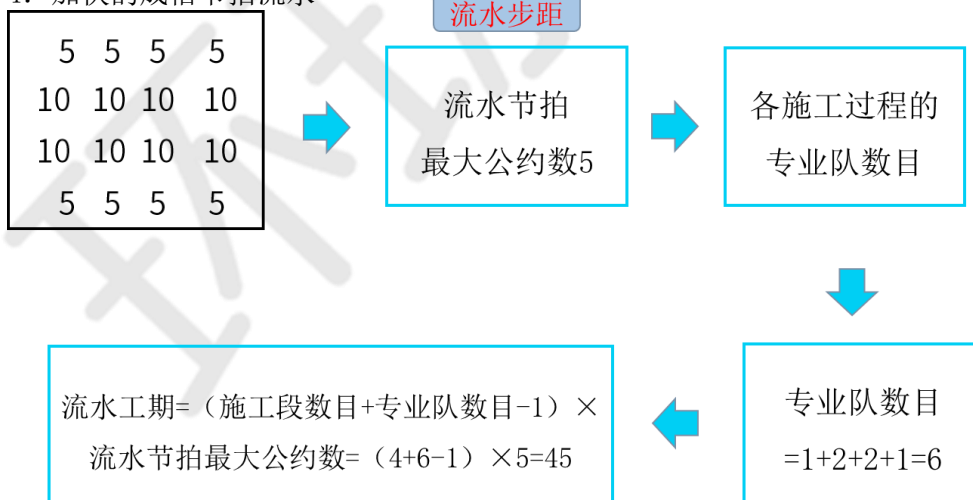


施工过程	施工进度 (周)													
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60		
基础工程	①	②	③	④										
结构安装		①		②		③		④						
室内装修				①		②		③		④				
室外工程								①		②		③		④

异节奏流水施工特点 (结合例题来看):

- ①同一施工过程在其各个施工段上的流水节拍全相等 (如基础工程每段节拍都是5周), 不同施工过程的流水节拍不全相等, 其值为倍数关系 (结构安装的每段节拍是10周, 数值是基础工程节拍数值2倍)。
- ②相邻施工过程的流水步距不全相等 (步距分别是5、10、25)。
- ③专业工作队数等于施工过程数 (4个)。
- ④各个专业工作队在各施工段上能够连续作业, 施工段之间没有空闲时间。

4. 加快的成倍节拍流水



施工过程	专业工作队编号	施工进度(周)									
		5	10	15	20	25	30	35	40	45	
基础工程	I	①	②	③	④						
结构安装	II-1	K		①		③					
	II-2		K		②		④				
室内装修	III-1			K		①		③			
	III-2				K		②		④		
室外工程	IV					K		①	②	③	④

【例题·案例题】

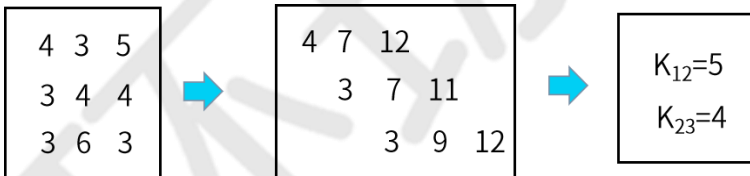
某装修施工单位将地上标准层(F1—F15)划分三个施工段组织流水施工,各施工段上均包含三个施工工序,其流水节拍如下表所示,求流水施工的步距。

流水节拍		施工过程		
		工序 1	工序 2	工序 3
施工段	F1-F5	4	3	3
	F6-F10	3	4	6
	F11-F15	5	4	3

4	7	10	
3	7	13	
	5	9	12



$K_{12}=4$
$K_{23}=4$



【例题·案例题】【案例十二】

问题:

1. 指出基础工程网络施工进度计划的**关键线路**,并计算**工期**。
2. 针对本案例上述各事件,施工单位**是否**可以提出工期和(或)费用索赔,并分别说明理由。
3. **上述事件发生后**,该基础工程网络计划的关键线路是否发生改变?如有改变,请指出实际的关键线路。该基础工程实际工期是多少天?可索赔工期多少天?
4. 计算承包商应得到的费用索赔是多少?
5. 在表中以**横道形式**分别绘出该基础工程计划和实际施工进度。

基础工程计划和实际施工横道进度表(时间单位:天)

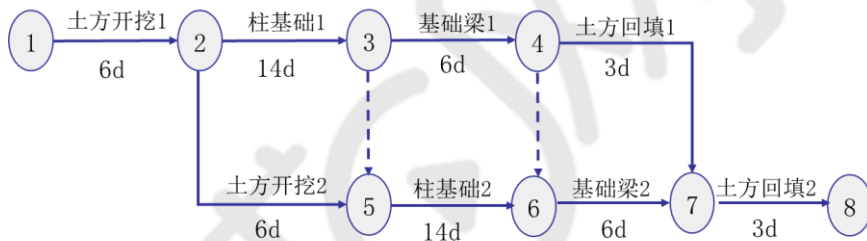


序号	分项工程	进度计划																									
		2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	
1	土方开挖																										
2	柱基础																										
3	基础梁																										
4	土方回填																										

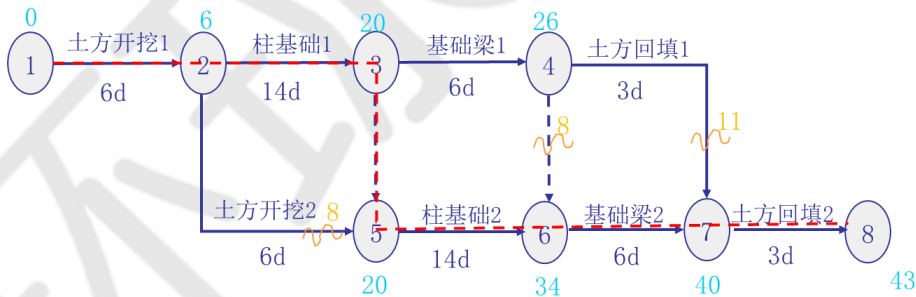
背景：

某产业园区 6 层框架结构综合楼项目，建筑面积 8000m<sup>2</sup>，钢筋混凝土独立柱基础，埋深为 2.4m，上设基础梁。承包合同约定**钢材由建设单位供应**。施工单位制定的基础工程施工方案为：分**两个施工段组织施工**，根据工期要求编制的基础工程双代号网络施工进度计划如图所示。

假设每项工作均按**最早时间**安排作业，在工程施工中发生如下事件：



基础工程网络施工进度计划



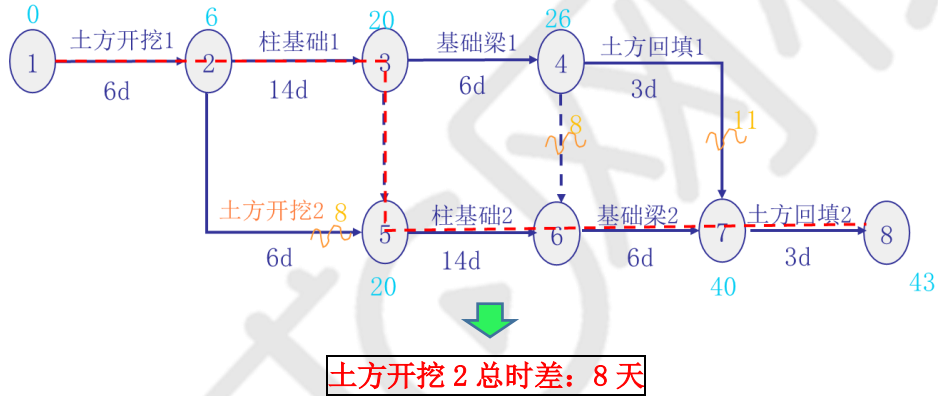
伏击追踪法画横道图

基础工程计划和实际施工横道进度表（时间单位：天）

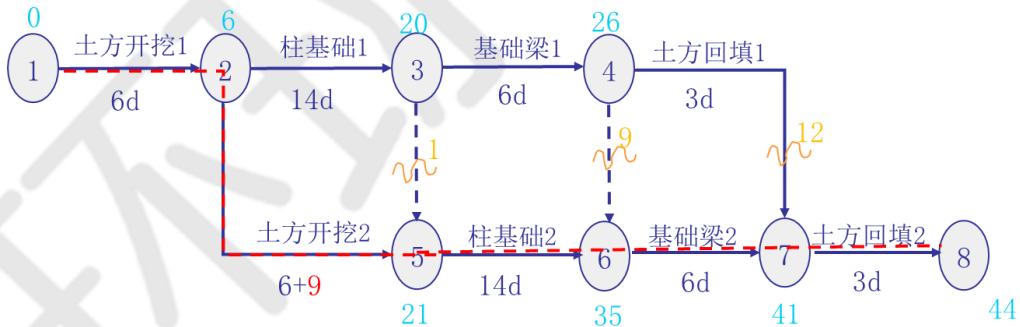


序号	分项工程	进度计划																									
		2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	
1	土方开挖																										
2	柱基础																										
3	基础梁																										
4	土方回填																										

事件 1: **土方开挖 2** 施工中, 发现**局部地基持力层为软弱层**, 经处理工期延误 **9 天**。按照清单计价方法核算, 该分项工程全费用增加 6 万元。



关键线路:



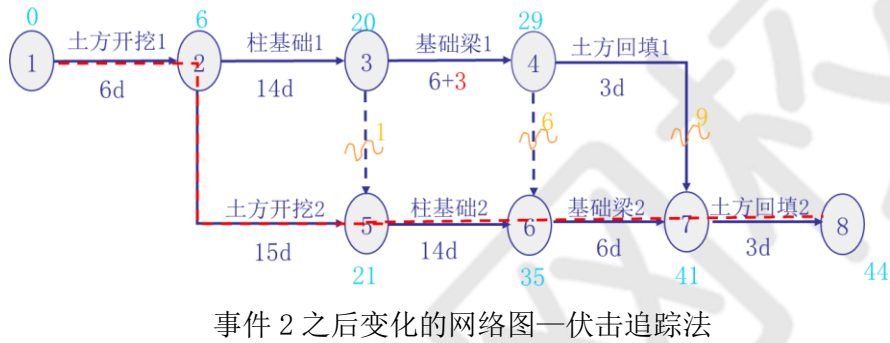
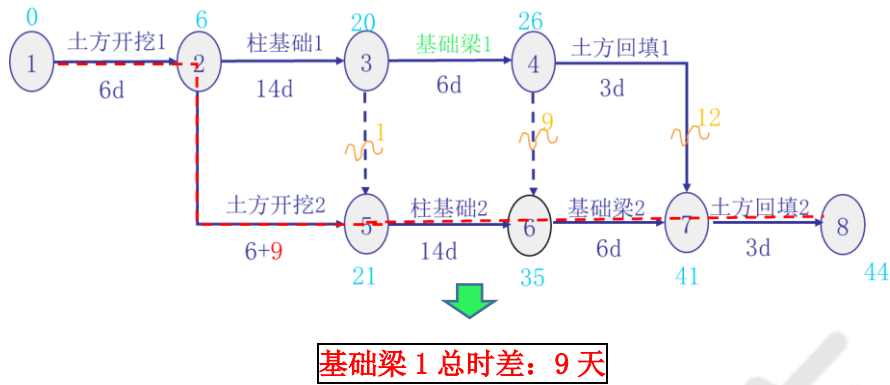
事件 1 之后变化的网络图—伏击追踪法

甲方应予补偿的新工期 (天)	44
实际工期 (天)	44

事件 2: **基础梁 1** 施工中, 因**钢材未及时进场**, 作业时间延期 3 天。按照清单计价方法核算, 该分项工程全费用增加 2 万元。

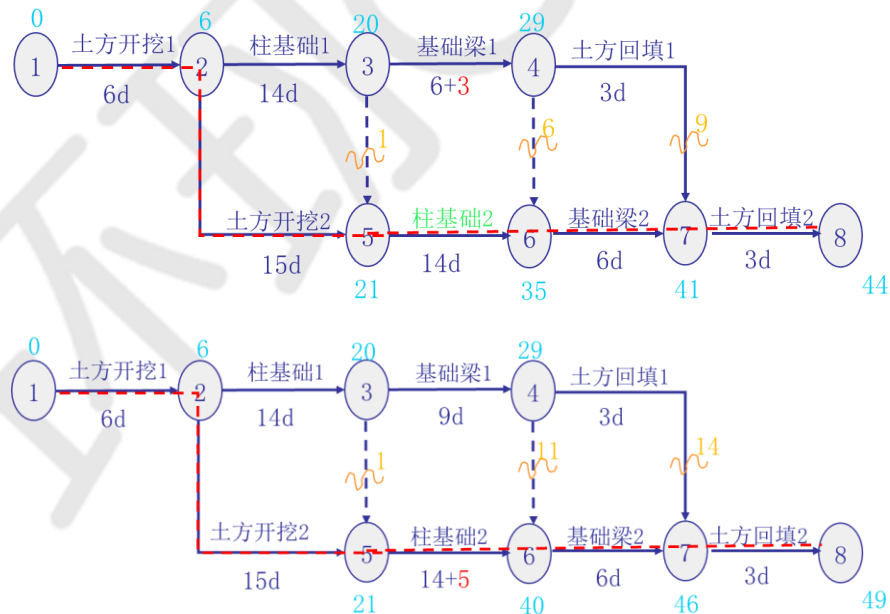






甲方应予补偿的新工期 (天)	44
实际工期 (天)	44

事件 3: **柱基础 2** 施工时, 因**施工单位原因**造成工程质量事故, 返工处理致使工期延期 5 天。按照清单计价方法核算, 该分项工程全费用增加 5 万元。



甲方应予补偿的新工期 (天)	44
实际工期 (天)	49

可索赔工期 1 天

基础工程计划和实际施工横道进度表 (时间单位: 天)

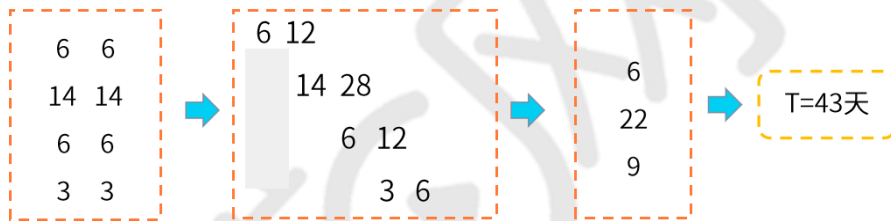


序号	分项工程	进度计划																											
		2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50			
1	土方开挖	-----		-----		-----		-----		-----		-----		-----		-----		-----		-----		-----		-----		-----			
2	柱基础	-----		-----		-----		-----		-----		-----		-----		-----		-----		-----		-----		-----		-----		-----	
3	基础梁	-----		-----		-----		-----		-----		-----		-----		-----		-----		-----		-----		-----		-----		-----	
4	土方回填	-----		-----		-----		-----		-----		-----		-----		-----		-----		-----		-----		-----		-----		-----	

施工单位按原计划进场

流水施工：

1. 专业化施工
2. 专业队作业在时间和空间上连续、均衡作业
3. 相邻两专业队能最大限度地搭接作业



流水施工横道图

基础工程计划和实际施工横道进度表（时间单位：天）

序号	分项工程	进度计划																									
		2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	
1	土方开挖	-----		-----		-----		-----		-----		-----		-----		-----		-----		-----		-----		-----		-----	
2	柱基础	-----		-----		-----		-----		-----		-----		-----		-----		-----		-----		-----		-----		-----	
3	基础梁	-----		-----		-----		-----		-----		-----		-----		-----		-----		-----		-----		-----		-----	
4	土方回填	-----		-----		-----		-----		-----		-----		-----		-----		-----		-----		-----		-----		-----	

【参考答案】

问题 1：

关键线路为：①→②→③→⑤→⑥→⑦→⑧

计划工期为：6+14+14+6+3=43（天）

问题 2：

事件 1，可以提出工期索赔和费用索赔，因为提供地质资料有误是建设单位的责任，且延误的时间（9 天）超过了该分项工程的总时差（8 天）。

事件 2，可以提出费用索赔，但不可以提出工期索赔，因为虽然延误属建设单位的责任，但延误的时间（3 天）未超过该分项工程的总时差（9 天）。

事件 3，不可以提出工期索赔和费用索赔，发生工程质量事故是施工单位的责任。



问题 3:

(1) 将发生的三项事件导致的拖延时间均调整到相应分项工程的持续时间上, 关键路线变更为: ①→②→⑤→⑥→⑦→⑧。实际工期为:  $6+(6+9)+(14+5)+6+3=49$  (天)。

(2) 将可以提出工期索赔的事件 1 和事件 2 导致的拖延时间均调整到相应分项工程的持续时间上, 重新确定的关键线路仍为: ①→②→⑤→⑥→⑦→⑧。工期为:  $6+(6+9)+14+6+3=44$  (天)。

(3) 工期索赔天数为:  $44-43=1$  (天)

问题 4:

费用索赔总额为:  $(6+2)=8$  (万元)

问题 5:

该基础工程计划和实际施工横道进度如图所示。

基础工程计划和实际施工横道进度表 (时间单位: 天)

序号	分项工程	进度计划																									
		2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	
1	土方开挖	-----		-----		-----		-----		-----		-----		-----		-----		-----		-----		-----		-----		-----	
2	柱基础	-----		-----		-----		-----		-----		-----		-----		-----		-----		-----		-----		-----		-----	
3	基础梁	-----		-----		-----		-----		-----		-----		-----		-----		-----		-----		-----		-----		-----	
4	土方回填	-----		-----		-----		-----		-----		-----		-----		-----		-----		-----		-----		-----		-----	

【例题·案例题·改编】【案例十三】

问题:

1. 根据表中数据分析, 在**不影响工期**的前提下, 哪些作业有机动时间? 其**机动时间**分别为多少周?

2. 逐项分析每项事件发生后, 工期拖延几天? 承包商可否就每项事件向业主索赔工期和 (或) 费用? 可以索赔工期为多少天?

3. 每项事件发生后, 累计索赔工期和预计工期为多少天?

4. **如果自有机械闲置索赔标准为台班费的 60%, 租赁机械闲置索赔标准为租赁台班费**, 工人窝工索赔标准为日工资的 50%, 逐项计算每项事件可以索赔的费用为多少元? 总计费用索赔为多少元? (计算结果有小数的保留两位小数)

背景:

某施工承包商与某业主签订了某建筑工程项目施工承包合同。合同专用条款约定, 采用综合单价形式计价; 人工日工资标准为 80 元; **管理费和利润为人工费用的 28% (人工窝工计取管理费为人工费用的 12%, 不计取利润)**; 规费和增值税综合税率为人材机费用、管理费、利润之和的 16%。

承包商的项目经理部在开工前制订了施工方案, 拟按**三个施工段**组织**流水**施工。施工过程划分及作业内容和每个施工段作业时间安排如表 4-1 所示, 并编制了施工进度计划如表所示。

施工过程、作业内容与每个施工段作业时间

施工过程	作业内容	作业时间 (周/段)	说明
I	土方开挖、地基处理	2, 2, 2 2	1. III、IV之间技术间歇时间不小于 2 周; 2. 钢筋由业主采购; 3. 水电设备工程实行专业分包, 主要设备由业主采购。
II	基础施工、土方回填	2	

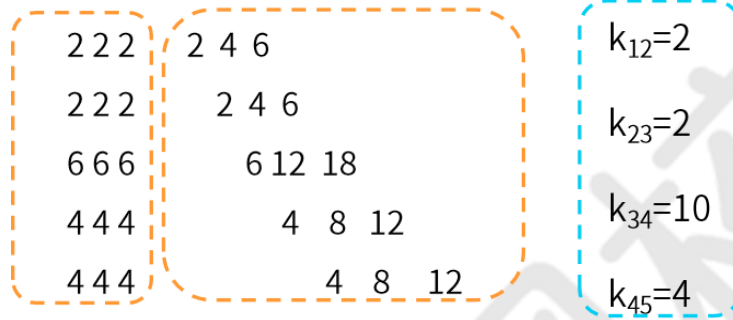
步距和工期



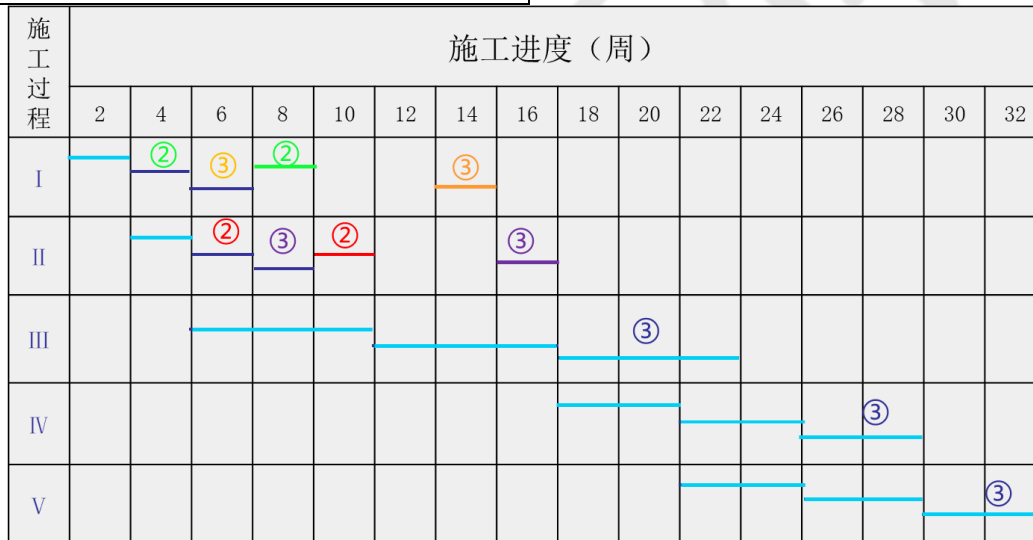
III	地上承重结构	6	
IV	地上非承重结构	4	
V	水电、装饰装修	4	

谁买的谁负责

流水施工求解步距和工期—累加数列错位相减取大差



**倒行逆施法求解横道图非关键工作机动时间**



**倒行逆施法结论**

- 01 最后一个施工过程的最后一段一定不能动，因为要保持总工期不变。
- 02 每一个施工过程第一段为了保持规定的步距，一定不能动。
- 03 最后一个施工过程一定不能动，全部都是关键工作，机动时间为0。

思考：下图中哪些工作有机动时间？机动时间为多少周？  
组织流水施工的施工进度计划（周）



序号	分项工程	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22
1	基础工程		②		②							
2	主体结构											
3	设备安装											
4	装饰装修											

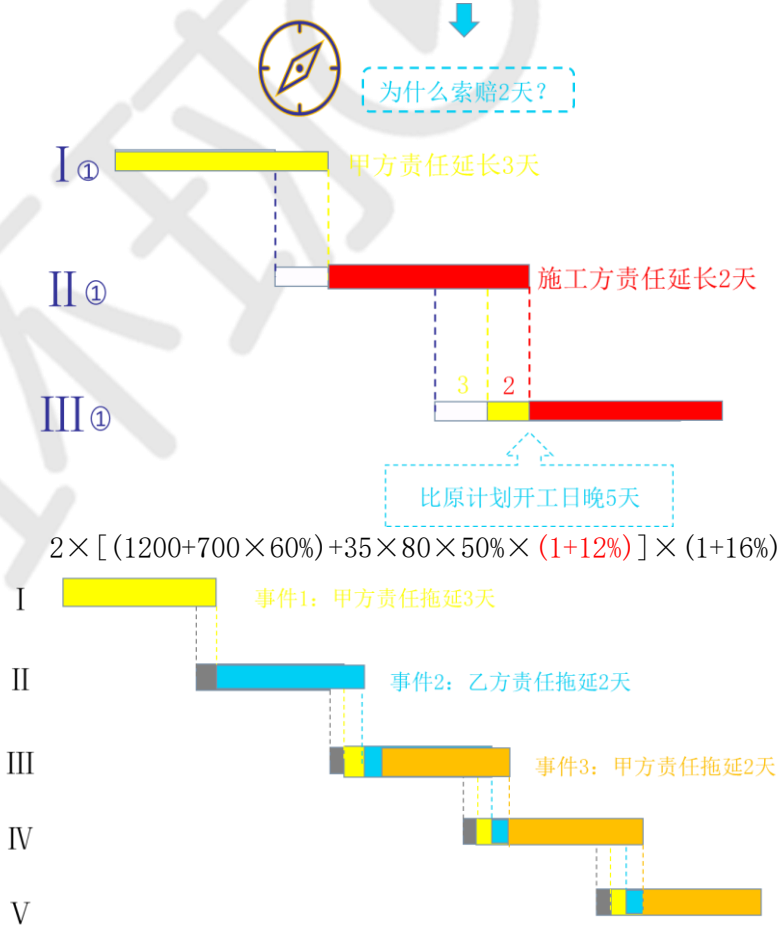
总监理工程师批准了该施工方案，施工单位如期开工。施工过程中发生了如下几项事件：

事件 1：**业主**未能按合同约定提供充分的场地条件，使施工过程 I 在**第一**、第二施工段作业效率降低，作业时间比原计划分别延长**3 天**和**2 天**，**增加**A 种租赁机械作业 5 个台班（机械租赁费用 900 元/台班），**多用**人工 50 个工日。

$$[5 \times 900 + 50 \times 80 \times (1 + 28\%)] \times (1 + 16\%)$$

事件 2：施工劳务作业队伍人员数量不足，使施工过程 II 在**第一**、第二施工段作业时间比原计划均延长**2 天**，增加 B 种自有机械作业延长 4 个台班（机械费用为 800 元/台班）。

事件 3：业主提供的钢材进场时间**比原计划时间推迟 7 天**，使施工过程 III 在钢材进场后才开始作业，C、D 两种按原计划推迟后时间进场的机械均发生闲置（C 种机械租赁台班费用为 1200 元/台班、D 种自有机械台班费用为 700 元/台班），35 名工人也因此窝工。



事件 4：**业主提供**的某种主要设备进场验收时，发现型号与设计不符，**因其退换货使施工过程 V**



在第一段开始时间比原计划时间推迟 7 天、第二施工段作业时间比原计划作业时间延长 5 天，设备安装专业工人窝工 30 个工日，同时影响到装饰装修作业效率，使装饰装修专业工人多用人工 40 个工日。

其他施工过程均按计划进行。

$$[30 \times 80 \times 50\% \times (1+12\%) + 40 \times 80 \times (1+28\%)] \times (1+16\%)$$

【参考答案】

问题 1:

答：在不影响工期的前提下，施工过程 I、II 在第二、第三施工段上的作业(I<sub>2</sub>、I<sub>3</sub>、II<sub>2</sub>、II<sub>3</sub>)有机动时间，分别为：I<sub>2</sub>、II<sub>2</sub>机动时间为 4 周，I<sub>3</sub>、II<sub>3</sub>机动时间为 8 周。

问题 2:

答：(1) 每项事件发生后，工期拖延分析：

事件 1：工期拖延 3 天；因为施工过程 I 在第一施工段的作业时间拖延影响工期；在第二施工段的作业时间拖延没有超过机动时间，不影响工期。

事件 2：工期拖延 2 天；因为施工过程 II 在第一施工段的作业时间拖延影响工期；在第二施工段的作业时间拖延没有超过机动时间，不影响工期。

事件 3：工期拖延 2 天；因为施工过程 III 开始作业时间比原计划拖延 7 天，其中 5 天是与事件 1、事件 2 造成的作业时间拖延 5 天 (3+2=5 天) 同时发生的。

事件 4：工期拖延 5 天；因为事件 3 发生后，施工过程 IV、V 在第一个施工段的开始作业时间均比原计划推迟了 7 天，所以第一段开始时间比原计划时间推迟 7 天不影响工期，而施工过程 V 第二段延长 5 天导致超过了机动时间，影响工期。

(2) 每项事件发生后，可否索赔工期和 (或) 费用，可索赔工期分析：

事件 1：可以向业主提出工期和费用索赔，因为这是由于业主未能完全履行合同约定义务的违约责任造成的，其时间和费用损失应由业主承担；可以索赔工期 3 天。

事件 2：不可以向业主提出工期和 (或) 费用索赔，因为这是由于承包商责任事件造成的，其时间和费用损失应由承包商承担。

事件 3：可以向业主提出工期和费用索赔，因为这是由于业主负责采购的钢材进场时间推迟造成的，其时间和费用损失应由业主承担；可以索赔工期 2 天。

事件 4：可以向业主提出工期和费用索赔，因为这是由于业主负责采购的设备退换货造成的，其时间和费用损失应由业主承担；可以索赔工期 5 天。

问题 3:

答：每项事件发生后，累计预计工期和索赔工期分析过程见表所示。

预计工期、索赔工期分析表

序号	发生事件	工期拖延 (天)	预计工期 (天)	索赔工期 (天)	累计索赔工期 (天)
0			32×7=224		
1	事件 1	3	224+3=227	3	3
2	事件 2	2	227+2=229	0	3
3	事件 3	2	229+2=231	2	5
4	事件 4	5	231+5=236	5	10

问题 4:

事件 1 费用索赔：

$$[5 \times 900 + 50 \times 80 \times (1+28\%)] \times (1+16\%) = 11159.20 \text{ (元)}$$

事件 3 费用索赔：

$$2 \times [(1200 + 700 \times 60\%) + 35 \times 80 \times 50\% \times (1+12\%)] \times (1+16\%) = 7396.16 \text{ (元)}$$

事件 4 费用索赔：

$$[30 \times 80 \times 50\% \times (1+12\%) + 40 \times 80 \times (1+28\%)] \times (1+16\%) = 6310.40 \text{ (元)}$$

总计费用索赔：

$$11159.20 + 7396.16 + 6310.40 = 24865.76 \text{ (元)}$$

