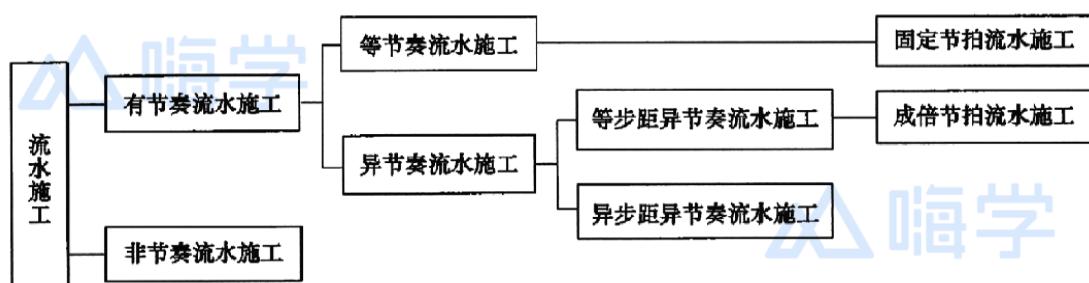


P167~172 4.2.3 流水施工基本方式



施工 过程 编号	施工进度/d														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
I															
II															
III					G <sub>II, III</sub>										
IV															

### 固定节拍流水施工

施工 过程	施工进度(周)																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
基础开挖																	
基础处理																	
浇筑 混凝土																	

### 非节奏流水施工

编 号	施工 过程	施工进度(周)											
		5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
I	基础工程												
II	结构安装												
III	室内装修												
IV	室外工程												

一般的成倍节拍流水施工

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		①		③					
	II-2			②		④				
室内装修	III-1				①		③			
	III-2					②		④		
室外工程	IV						①	②	③	④

加快的成倍节拍流水施工

### 1. 有节奏流水施工

有节奏流水施工是指在组织流水施工时，每一个施工过程在各施工段上的流水节拍都各自相等的流水施工，又可分为等节奏流水施工和异节奏流水施工。

### 1) 等节奏流水施工

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，也称为固定节拍流水施工或全等节拍流水施工。

(1) 基本特点。全等节拍流水施工是一种最理想的流水施工方式，具有以下特点：

- ① 所有施工过程在各个施工段上的流水节拍均相等；
- ② 相邻施工过程的流水步距相等，且等于流水节拍；
- ③ 专业工作队数等于施工过程数，即每一个施工过程组建一个专业工作队；
- ④ 各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。

(2) 流水施工工期的计算： $T = (m+n-1) K$

施工 过程 编号	施工进度 (天)													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
I														
II														
III														
IV														

$$T = \sum K + \sum t_n$$

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

$$= (m+n-1) K$$

$$= (4+4-1) \times 2$$

$$= 14 \text{ (天)}$$

① 技术间歇时间——Z

在组织流水施工时，除考虑相邻两个专业工作队之间的流水步距外，还应考虑合理的工艺间歇时间，称之为技术间歇时间。如混凝土浇筑后的养护时间，抹灰、油漆粉刷后的干燥时间等。

② 提前插入时间——C

有时，为了缩短工期，在前一个专业工作队完成部分作业，为后一个专业工作队提供一定工作面后，后者可提前进入，从而使两者在同一个施工段上平行搭接施工，这段搭接时间称为平行搭接时间或提前插入时间。

在考虑技术间歇时间和提前插入时间的情形下，等节奏流水施工工期计算公式为：

$$T = (m+n-1)K + \sum Z - \sum C$$

### (3) 工程示例：

某工程分为 I、II、III、IV 四个施工过程，分四个施工段组织流水施工。各施工过程的流水节拍均为 4 天。其中，施工过程 I 与 II 之间有 2 天提前插入时间，III 与 IV 之间有 1 天技术间歇时间，试编制流水施工进度计划并确定流水施工工期。

**【解】**由于各施工过程的流水节拍均为 4 天，故该工程可组织全等节拍流水施工。编制全等节拍流水施工进度计划如图 3.2-5 所示，流水施工工期计算如下：

$$T = (m+n-1)K + \sum Z - \sum C$$

$$= (4+4-1) \times 4 + 1 - 2$$

$$= 27 \text{ 天}$$

施工过程	施工进度安排(天)													
	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28
I		①		②		③		④						
II			①		②		③		④					
III				①		②		③		④				
IV					Z	①		②		③		④		

图 3.2-5 全等节拍流水施工进度计划

**【例题】**某工程有 5 个施工过程，划分为 3 个施工段组织固定节拍流水施工，流水节拍为 2d，施工过程之间的组织间歇合计为 4d。该工程的流水施工工期是（ ）d。

- A. 12
- B. 18
- C. 20
- D. 26

**【答案】**B

**【解析】**

$$T = (m+n-1) \times t + \sum G + \sum Z - \sum C$$

$$= (3+5-1) \times 2+4$$

=18 (天)

**【例题】**某工程由 5 个施工过程组成，分为 3 个施工段组织固定节拍流水施工，在不考虑提前插入时间的情况下，要求流水施工工期不超过 44 天，则流水节拍的最大值为（ ）天。

- A. 4
- B. 5
- C. 6
- D. 7

**【答案】C**

**【解析】**本题考查的是固定节拍流水施工。

$(5+3-1) \times t < 44$ ，流水节拍最大值为 6 天。

**【例题】**建设工程组织等节奏流水施工的特点有（ ）。

- A. 各施工段上的流水节拍均相等
- B. 相邻施工过程之间的流水步距均相等
- C. 施工段之间可能存在空闲时间
- D. 专业工作队数等于施工过程数
- E. 流水节拍与流水步距之间成倍数关系

**【答案】ABD**

**【解析】**

- (1) 各施工过程在各施工段的流水节拍不全相等；
- (2) 相邻施工过程的流水步距不尽相等；
- (3) 专业工作队数等于施工过程数；
- (4) 各专业工作队能够在施工段上连续作业，但有的施工段之间可能有空闲时间。

## 2) 异节奏流水施工

**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。

(1) 异节奏流水施工方式

① 等步距异节奏流水施工。

(加快的成倍节拍流水施工)



② 异步距异节奏流水施工。

(一般的成倍节拍流水施工)

※每个施工过程成立一个专业工作队

(2) 加快的成倍节拍流水施工特点

① 同一施工过程在各个施工段上的流水节拍均相等；不同施工过程的流水节拍为倍数关系。

② 相邻施工过程的流水步距相等，且等于流水节拍的最大公约数。

③ 专业工作队数大于施工过程数。对于流水节拍大的施工过程，可按其倍数增加相应专业工作队数目。

④ 各专业工作队在施工段上能够连续作业，施工段之间没有空闲时间。【连续无空闲】

(3) 流水施工工期的计算

计算公式为：

$$T = (m+N-1) K + \sum Z - \sum C$$

K——流水步距，取各施工过程流水节拍的最大公约数；

N——参加流水作业的专业工作队数。

**【例题】**某工程由四幢相同的装配式单体建筑组成，每幢建筑可视为一个施工段，施工过程划分为基础工程、结构安装、室内装修和室外工程，组织流水施工，各施工过程流水节拍见下表。

流水节拍(周)

施工过程	施工段			
	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	流水节拍(周)
基础工程	5
结构安装	10
室内装修	10
室外工程	5

【问题】

(1) 当组织异步距异节奏流水施工时，试确定流水步距及流水施工工期，并绘制流水施工进度计划图。

(2) 当组织加快的成倍节拍流水施工时，试确定流水步距及流水施工工期，并绘制流水施工进度计划图。

## 【解】(1)

1) 当组织一般的成倍节拍流水施工时，每个施工过程只能有一个专业工作队，这种情况通常采用“累加数列错位相减取大差法”计算流水步距。

注：“累加数列错位相减取大差法”计算流水步距，适用于一个施工过程只能有一个专业工作队的情况。如：非节奏流水施工、一般的成倍节拍流水施工、固定节拍流水施工。

$$\begin{array}{r} K_{I, II} \quad 5 \quad 10 \quad 15 \quad 20 \\ \rightarrow \quad 10 \quad 20 \quad 30 \quad 40 \\ \hline 5 \quad 0 \quad -5 \quad -10 \quad -40 \end{array}$$

所以： $K_{I, II}=5$  (周)

$$\begin{array}{r} K_{II, III} \quad 10 \quad 20 \quad 30 \quad 40 \\ \rightarrow \quad 10 \quad 20 \quad 30 \quad 40 \\ \hline 10 \quad 10 \quad 10 \quad 10 \quad -40 \end{array}$$

所以： $K_{II, III}=10$  (周)

$$\begin{array}{r} K_{III, IV} \quad 10 \quad 20 \quad 30 \quad 40 \\ \rightarrow \quad 5 \quad 10 \quad 15 \quad 20 \\ \hline 10 \quad 15 \quad 20 \quad 25 \quad -20 \end{array}$$

所以： $K_{III, IV}=25$  (周)

2) 计算流水施工工期

$$T = \sum K + \sum t_n$$

$$= (5+10+25) + (5+5+5+5)$$

$$= 60 \text{ (周)}$$

3) 绘制一般的成倍节拍流水施工进度计划图。

编号	施工过程	施工进度 (周)											
		5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
I	基础工程		—	—	—								
II	结构安装			—	—	—	—	—	—	—			
III	室内装修				—	—	—	—	—	—	—	—	
IV	室外工程					—	—	—	—	—	—	—	

(2)

1) 确定流水步距及流水施工工期

为加快施工进度，可增加专业工作队，组织加快的成倍节拍流水施工。此时，相邻专业工作队的流水步距相等，且等于流水节拍的最大公约数，即：

$$K = (5, 10, 10, 5) = 5$$

参与该工程流水施工的专业工作队总数  $n'$  为：

$$n' = 5/5 + 10/5 + 10/5 + 5/5 = 6$$

2) 计算流水施工工期。

$$T = (m+N-1) K + \sum Z - \sum C$$

$$= (4+6-1) \times 5$$

$$= 45$$

3) 绘制加快的成倍节拍流水施工进度计划图。

编号	施工过程	施工进度(周)											
		5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
I	基础工程		—		—								
II	结构安装		—	—	—	—		—	—	—			
III	室内装修				—	—	—	—	—	—			
IV	室外工程								—	—	—		

与异步距异节奏流水施工（一般的成倍节拍流水施工）进度计划比较，该工程组织加快的成倍节拍流水施工使得总工期缩短了 15 周。

### 【总结】

1. 先找最大公约数
2. 流水节拍  $\div$  最大公约数 = 专业队数
3.  $\Sigma$  专业队数
4.  $(\Sigma$  专业队数  $+ \text{施工段数} - 1) \times \text{最大公约数}$  (流水步距)

**【例题】**某分部工程有 3 个施工过程，分为 4 个施工段组织加快的成倍节拍流水施工，各施工过程流水节拍分别是 6 天、6 天、9 天，则该分部工程的流水施工工期是（ ）天。

A. 24

B. 30

C. 36

D. 54

**【答案】B**

**【解析】**本题考查的是成倍节拍流水施工。施工过程数目  $n=3$ , 施工段数目  $m=4$ , 流水步距等于流水节拍的最大公约数,  $K=\min\{6, 6, 9\}=3$ , 专业工作队数=  $(6/3)+(6/3)+(9/3)=7$  (个), 流水施工工期=  $(4+7-1) \times 3=30$  (天)。

**【例题】**某工程有三个施工过程, 划分为 5 个施工段组织加快的成倍节拍流水施工, 各施工过程的流水节拍分别为 4 天、6 天和 4 天, 则参加流水施工的专业工作队总数为 ( ) 个。

A. 4

B. 5

C. 6

D. 7

**【答案】D**

**【解析】**本题考查的是成倍节拍流水施工。成倍节拍流水施工计算专业工作队数, 首先需要求出流水步距,  $K=\max\{4, 6, 4\}=2$  (天); 专业工作队数=  $4/2+6/2+4/2=7$  (个)。

**【例题】**采用加快的成倍节拍流水施工方式的特点有 ( )。

- A. 相邻专业工作队之间的流水步距相等
- B. 不同施工过程的流水节拍成倍数关系
- C. 专业工作队数等于施工过程数
- D. 流水步距等于流水节拍的最大值
- E. 各专业工作队能够在施工段上连续作业

**【答案】ABE**

**【解析】**本题考查的是成倍节拍流水施工。加快的成倍节拍流水施工的特点: 同一施工过程在其各个施工段上的流水节拍均相等; 不同施工过程的流水节拍不等, 但其值为倍数关系; 相邻专业工作队的流水步距相等, 且等于流水节拍的最大公约数 ( $K$ ); 专业工作队数大于施工过程数; 各个专业工作队在施工段上能够连续作业, 施工段之间没有空闲时间。

## 2. 非节奏流水施工

(1) 非节奏流水施工具有以下特点:

- ① 各施工过程在各施工段上的流水节拍不全相等;
- ② 相邻施工过程的流水步距不尽相等;
- ③ 专业工作队数等于施工过程数;
- ④ 各专业工作队能够在施工段上连续作业, 但有的施工段之间可能有空闲时间。

(2) 流水步距的确定 (大差法)

(3) 流水施工工期的计算

计算公式为:  $T = \sum K + \sum t_n + \sum Z - \sum C$

**【例】**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 (天) 见表, 试确定流水步距。

某工程流水节拍

施工过程	施工段			
	①	②	③	④
I	2	3	2	1
II	3	2	4	2
III	3	4	2	2

**【解】**

$$\begin{array}{r} K_{I, II} \\ \text{---} \\ \begin{matrix} 2 & 5 & 7 & 8 \\ 3 & 5 & 9 & 11 \\ \hline 2 & 2 & 2 & -1 & -11 \end{matrix} \end{array}$$

所以:  $K_{I, II}=2$  (天)

$$\begin{array}{r} K_{II, III} \\ \text{---} \\ \begin{matrix} 3 & 5 & 9 & 11 \\ 3 & 7 & 9 & 11 \\ \hline 3 & 2 & 2 & 2 & -11 \end{matrix} \end{array}$$

所以:  $K_{II, III}=3$  (天)

$$\begin{aligned} T &= \sum K + \sum t_n \\ &= (2+3) + (3+4+2+2) = 16 \text{ (天)} \end{aligned}$$

**【例】**某工厂需要修建 4 台设备的基础工程, 施工过程包括基础开挖、基础处理和浇筑混凝土。因设备型号与基础条件等不同, 使得 4 台设备 (施工段) 的各施工过程有着不同的流水节拍 (单位: 周), 见表。

## 基础工程流水节拍

编号	施工过程	施工段			
		设备 A	设备 B	设备 C	设备 D
I	基础开挖	2	3	2	2
II	基础处理	4	4	2	3
III	浇筑混凝土	2	3	2	3

## 【解】

## 第一步：计算K

$$\begin{array}{cccccc}
 K_{I, II} & 2 & 5 & 7 & 9 \\
 -) & & & & & \\
 \hline
 & 2 & 1 & -1 & -1 & -13
 \end{array}$$

所以:  $K_{I, II}=2$  (周)

$$\begin{array}{cccccc}
 K_{II, III} & 4 & 8 & 10 & 13 \\
 -) & & & & & \\
 \hline
 & 4 & 6 & 5 & 6 & -10
 \end{array}$$

所以:  $K_{II, III}=6$  (周)

## 第二步：计算T

$$T = \sum K + \sum t_n = (2+6) + (2+3+2+3) = 18 \text{ (周)}$$

## 第三步：绘制非节奏流水施工进度计划

施工过程	施工进度 (周)																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
基础开挖																		
基础处理																		
浇筑混凝土																		

【例题】建设工程组织非节奏流水施工的特点有（ ）。

- A. 各专业工作队不能在施工段上连续作业
- B. 相邻施工过程的流水步距不尽相等
- C. 各施工段的流水节拍相等
- D. 专业工作队数等于施工过程数
- E. 施工段之间没有空闲时间

【答案】BD

- 【解析】(1) 各施工过程在各施工段的流水节拍不全相等;  
 (2) 相邻施工过程的流水步距不尽相等;  
 (3) 专业工作队数等于施工过程数;  
 (4) 各专业工作队能够在施工段上连续作业, 但有的施工段之间可能有空闲时间。

【例题】某工程组织非节奏流水施工, 两个施工过程在 4 个施工段上的流水节拍分别为 5、8、4、4 天和 7、2、5、3 天, 则该工程的流水施工工期是 ( ) 天。

- A. 16
- B. 21
- C. 25
- D. 28

【答案】C

【解析】本题考查的是非节奏流水施工。求各施工过程流水节拍的累加数列:

(1) 施工过程 I : 5, 13, 17, 21;

施工过程 II : 7, 9, 14, 17。

(2) 错位相减求差数列:

$$\begin{array}{r}
 5, 13, 17, 21 \\
 - 7, 9, 14, 17 \\
 \hline
 5, 6, 8, 7, -17
 \end{array}$$

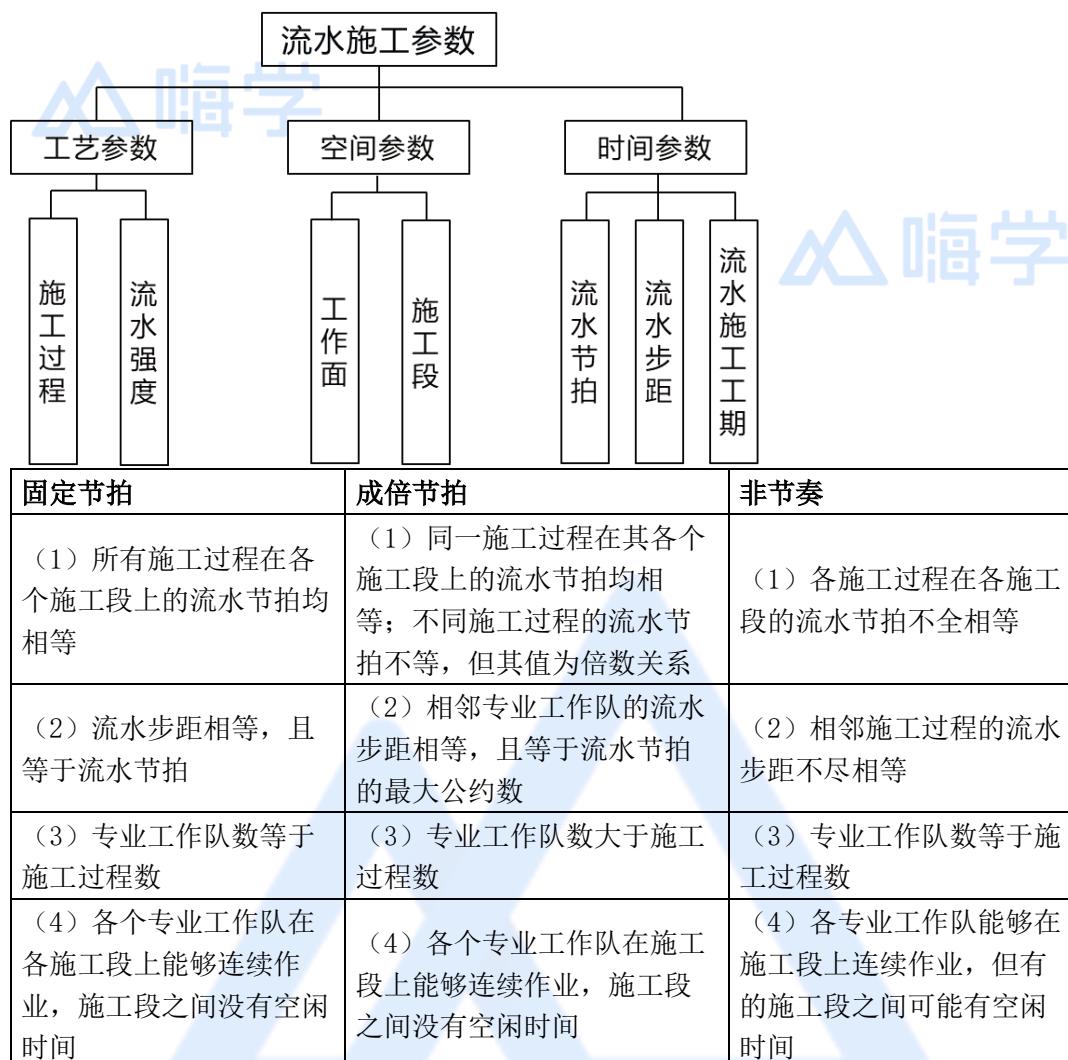
(3) 在差数列中取最大值求得流水步距:  $K_1, 2 = \max [5, 6, 8, 7, -17] = 8d$ 。

(4) 流水施工工期 =  $7+2+5+3+8=25d$ 。

小结:

组织形式		流水施工工期的确定
非节奏		“累加数列错位相减取大差法” 计算流水步距 $T = \sum K + \sum t_n + \sum Z - \sum C$
固定节拍 (等节奏、全等节拍)		$T = (m+n-1) K + \sum Z - \sum C$
异 节 奏	加快的成倍 节拍	第一步: $K = \text{各施工过程流水节拍的最大公约数}$ 第二步: $n' = \sum \text{流水节拍} / \text{最大公约数}$ 第三步: $T = (m+N-1) K + \sum Z - \sum C$
	一般的成倍 节拍	“累加数列错位相减取大差法” 计算流水步距 $T = \sum K + \sum t_n + \sum Z - \sum C$

总结：



P163~172 4.2 流水施工进度计划

#### 4.2.1 流水施工特点及表达方式

#### 4.2.2 流水施工参数

#### 4.2.3 流水施工基本方式