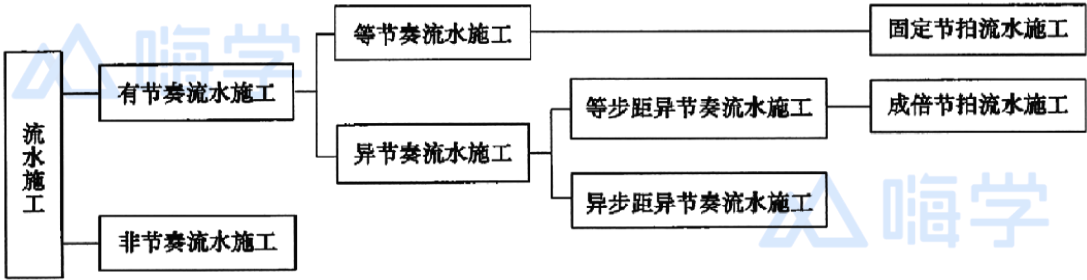


P167~172 4.2.3 流水施工基本方式



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					$G_{II, III}$										
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	18
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：

$$\begin{aligned} T &= (m+n-1) K + \sum Z - \sum C \\ &= (4+4-1) \times 4 + 1 - 2 \\ &= 27 \text{ 天} \end{aligned}$$

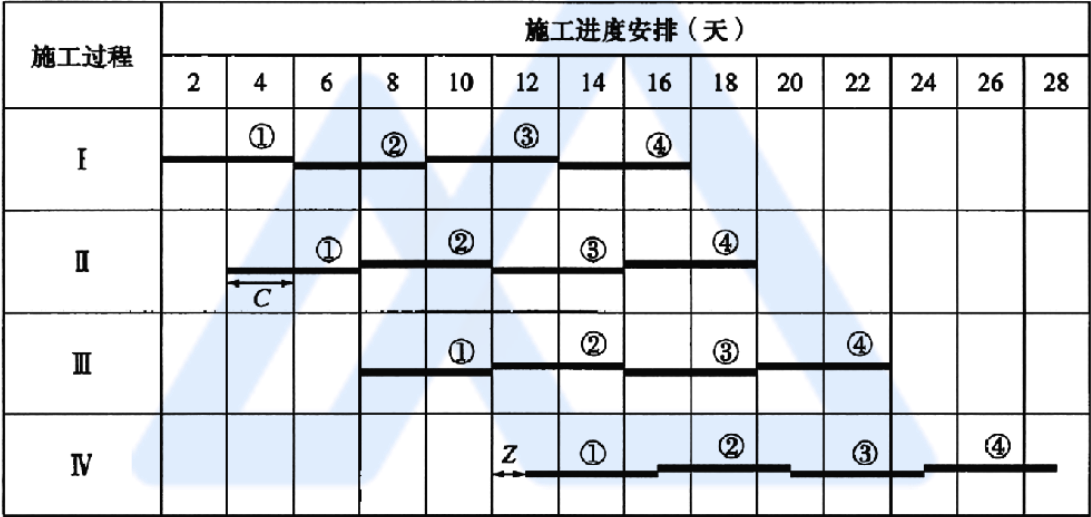


图 3.2-5 全等节拍流水施工进度计划

【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】

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

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

$$= 18 \text{ (天)}$$

【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。

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

【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				施工过程	流水节拍（周）
	①	②	③	④		
基础工程	5	5	5	5	基础工程	5
结构安装	10	10	10	10	结构安装	10
室内装修	10	10	10	10	室内装修	10
室外工程	5	5	5	5	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。

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

所以: $K_{I, II}=5$ (周)

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

所以: $K_{II, III}=10$ (周)

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

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 ÷ 最大公约数 = 专业队数
3. Σ 专业队数
4. $(\Sigma \text{专业队数} + \text{施工段数} - 1) \times \text{最大公约数 (流水步距)}$

【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，首先要求出流水步距， $K=\text{最大公约数}\{4, 6, 4\}=2$ （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】

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

所以： $K_{I, II} = 2$ （天）

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

所以： $K_{II, III} = 3$ （天）

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

$$= (2+3) + (3+4+2+2) = 16 \text{ (天)}$$

【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

$$\begin{array}{r}
 K_{I, II} \quad \quad 2 \quad 5 \quad 7 \quad 9 \\
 -) \quad \quad \quad 4 \quad 8 \quad 10 \quad 13 \\
 \hline
 \quad \quad \quad 2 \quad 1 \quad -1 \quad -1 \quad -13
 \end{array}$$

所以：K_{I, II}=2（周）

$$\begin{array}{r}
 K_{II, III} \quad \quad 4 \quad 8 \quad 10 \quad 13 \\
 -) \quad \quad \quad 2 \quad 5 \quad 7 \quad 10 \\
 \hline
 \quad \quad \quad 4 \quad 6 \quad 5 \quad 6 \quad -10
 \end{array}$$

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：

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

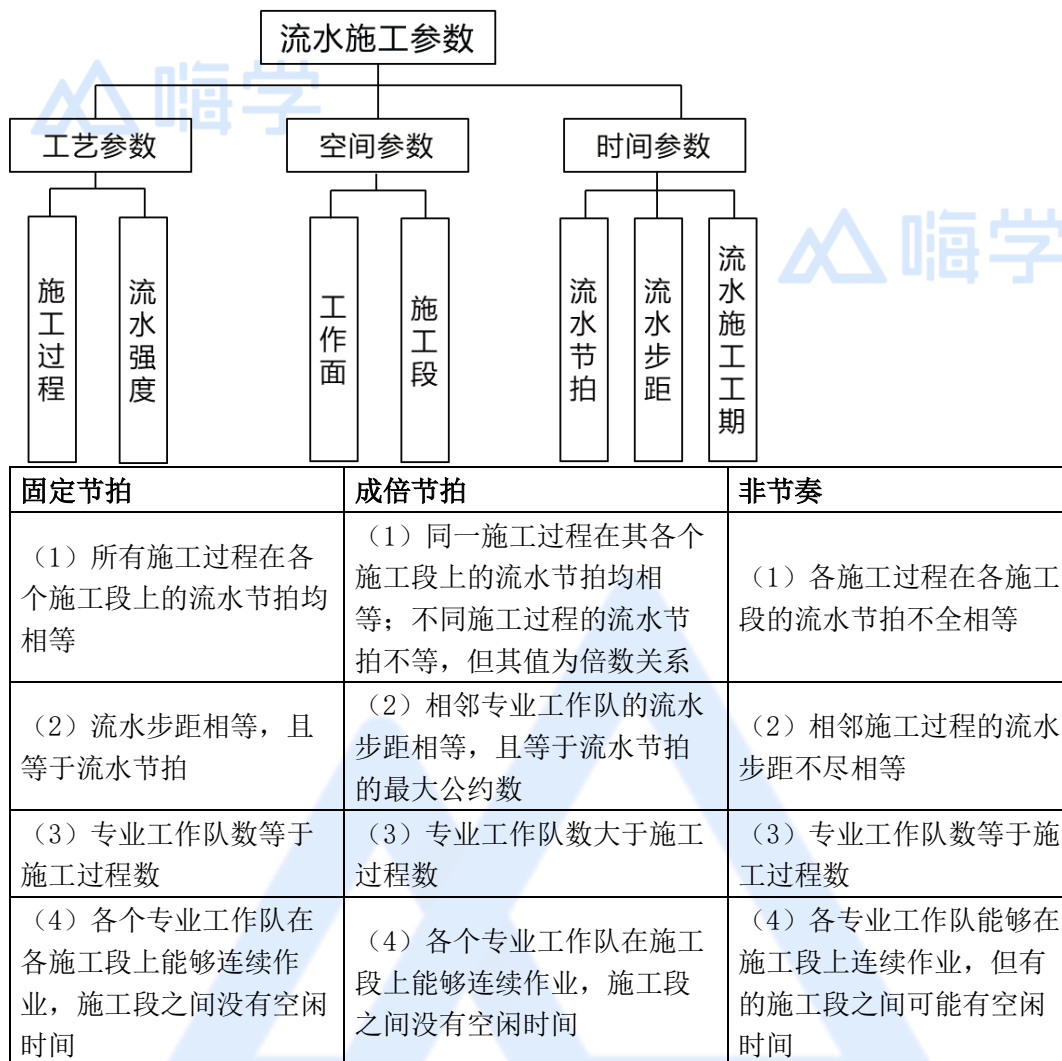
(3) 在差数列中取最大值求得流水步距： $K_{1,2} = \max [5, 6, 8, 7, -17] = 8d$ 。

(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=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