

第四章 建设工程进度管理 .....	1
第一节：工程进度影响因素与进度计划系统 .....	1
第一小节：工程进度影响因素 .....	1
考点1：工程设计进度影响因素 .....	1
考点2：工程施工进度影响因素 .....	1
考点3：工程施工过程中，常见影响因素 .....	1
第二小节：工程进度计划系统及表达形式 .....	3
考点1：建设单位计划系统 .....	3
考点2：设计单位计划系统 .....	3
考点3：工程监理单位计划系统 .....	3
考点4：施工单位进度计划系统 .....	4
考点5：工程进度计划表达形式 .....	4
考点6：横道图的特点 .....	4
考点7：横道图的不足 .....	5
考点8：网络图 .....	5
考点9：网络计划特点 .....	6
第二节：流水施工进度计划 .....	7
第一小节：流水施工特点及表达方式 .....	7
考点1：流水施工特点 .....	7
考点2：依次施工 .....	7
考点3：平行施工 .....	8
考点4：平行施工组织的特点 .....	8
考点5：流水施工 .....	8
考点6：流水施工组织特点 .....	8
考点7：流水施工表达方式 .....	9
考点8：流水施工横道图表示法 .....	9
考点9：流水施工垂直图表示法 .....	9
考点10：垂直图表达流水施工的优点 .....	10
第二小节：流水施工参数 .....	10
考点1：工艺参数 .....	10
考点2：空间参数 .....	10
考点3：合理划分施工段的原则 .....	11
考点4：时间参数 .....	11
考点5：流水节拍 .....	11
考点6：同一施工过程的流水节拍的确定因素 .....	11
考点7：流水步距 .....	11
考点8：确定流水步距的基本要求 .....	11
考点9：流水施工工期 .....	12
第三小节：流水施工基本方式 .....	13
考点1：有节奏流水施工 .....	13
考点2：等节奏流水施工 .....	13
考点3：基本特点 .....	13
考点4：流水施工工期的计算 .....	13
考点5：异节奏流水施工 .....	14
考点6：异节奏流水施工方式 .....	14
考点6：加快的成倍节拍流水施工特点 .....	14
考点7：流水施工工期的计算 .....	15
考点8：非节奏流水施工 .....	16
考点9：非节奏流水施工的特点 .....	17
考点10：流水步距的确定 .....	17
考点11：累加数列错位相减取大差法的基本步骤 .....	17

考点12: 流水施工工期的计算 .....	17
第三节: 工程网络计划技术 .....	19
第一小节: 工程网络计划编制程序和方法 .....	19
考点1: 计划编制准备阶段 .....	19
考点2: 调查研究内容 .....	19
考点3: 确定网络计划目标 .....	19
考点4: 网络图绘制阶段 .....	19
考点5: 双代号网络图的绘图规则 .....	19
考点6: 虚工作的作用 .....	20
考点7: 单代号网络图的绘图规则 .....	21
考点8: 时间参数计算阶段 .....	21
考点9: 计算时间参数 .....	21
考点10: 确定关键工作和关键线路 .....	21
考点11: 网络计划优化阶段 .....	21
考点12: 优化网络计划 .....	21
考点13: 选择缩短持续时间的关键工作考虑因素 .....	21
考点14: 费用优化 .....	22
考点16: 资源优化 .....	22
第二小节: 时间参数计算方法 .....	23
考点1: 工作持续时间 .....	23
考点2: 工期 .....	23
考点3: 工作的六个时间参数 .....	23
考点4: 工作的最早开始时间 .....	23
考点5: 最早完成时间 .....	23
考点6: 最迟完成时间和最迟开始时间 .....	23
考点7: 总时差和自由时差 .....	24
考点8: 节点最早时间和最迟时间 .....	24
考点9: 相邻两项工作之间的时间间隔 .....	24
考点10: 双代号网络计划时间参数的计算 .....	24
考点11: 单代号网络计划时间参数的计算 .....	28
考点12: 双代号时标网络计划中时间参数的判定 .....	31
考点13: 单代号搭接网络计划时间参数的计算 .....	32
第三小节: 关键工作及关键线路确定方法 .....	36
考点1: 利用总时差进行判定 .....	36
考点2: 采用标号法进行判定 .....	36
考点3: 关键节点与关键工作、关键线路的关系 .....	37
考点4: 基于时标网络计划进行判定 .....	38
考点5: 单代号网络计划中关键工作及关键线路的确定 .....	38
第四小节: 施工进度控制 .....	38
考点1: 施工进度计划实施中的检查与分析 .....	38
考点2: 收集整理实际进度数据 .....	39
考点3: 收集方式 .....	39
考点4: 分析进度偏差产生原因 .....	39
考点5: 实际进度与计划进度比较方法 .....	39
考点6: 横道图比较法 .....	39
考点7: 曲线比较法 .....	40
考点8: 前锋线比较法(自己加虚线) .....	41
考点9: 施工进度计划调整方法 .....	43
考点10: 压缩某些工作的持续时间 .....	44

## 第四章 建设工程进度管理

### 第一节：工程进度影响因素与进度计划系统

#### 第一小节：工程进度影响因素

##### 考点 1：工程设计进度影响因素

1) 业主建设意图及要求的改变

2) 设计各专业之间的协调配合

3) 设计文件审查批准延误

##### 考点 2：工程施工进度影响因素

影响施工进度的不利因素有很多，如人为因素，技术因素，设备、材料及构配件因素，施工机具因素，资金因素，水文、地质与气象因素，以及其他自然与社会环境等方面的因素。

其中，人为因素是最大的干扰因素。

从产生根源看，有的来源于建设单位、勘察设计单位、工程监理单位及材料、设备供应单位；

有的来源于有关协作单位和社会；有的来源于各种自然条件；也有的来源于施工单位自身。

##### 考点 3：工程施工过程中，常见影响因素

1) 相关单位影响

(1) 建设单位原因

① 建设单位使用要求改变而进行设计变更；

② 应提供的施工场地条件不能及时提供或所提供的场地不能满足正常施工需要；

③ 建设资金不到位，不能及时向施工单位支付工程款等。

(2) 勘察设计单位原因

① 勘察资料不准确，特别是地质资料错误或遗漏；

② 设计内容不完善，规范应用不当，设计有缺陷或错误；

③ 设计方案的可施工性差或设计考虑不周；

④ 施工图纸供应不及时、不配套，或出现重大差错等。

(3) 工程监理单位原因

①工程监理指令延迟发布或有误，施工进度协调工作不力，进场材料、设备质量检查或已完工程质量检查验收不及时等。

(4)材料、设备供应单位原因。

①材料、设备及构配件等供应有差错，品种、规格、质量、数量、时间不能满足施工需要等。

## 2)有关协作部门及社会环境影响

(1)有关协作部门原因。

①有关协作部门协作配合不够或支持力度不够等。

(2)社会环境原因。

①其他单位临近工程的施工干扰；

②节假日交通、市容整顿限制；

③临时停水、停电、断路；

④以及在国外因法律及制度变化，经济制裁，战争、骚乱、罢工、企业倒闭，汇率浮动和通货膨胀等。

## 3)自然条件影响

(1)复杂的工程地质条件；

(2)不明的水文气象条件；

(3)地下埋藏文物的保护、处理；洪水、地震、台风等不可抗力等。

## 4)施工单位自身因素影响

(1)施工技术因素。

①施工方案、施工工艺或施工安全措施不当；

②特殊材料及新材料的不合理使用；

③施工设备不配套，选型失当或有故障；

④不成熟的技术应用等。

(2)组织管理因素。

①向有关部门提出各种申请审批手续的延误；

②合同签订时遗漏条款、表达失当；

③计划安排不周密，组织协调不力，导致停工待料、相关作业脱节；

④指挥不力，使各专业、各施工过程之间交接配合不顺畅等。

## 第二小节：工程进度计划系统及表达形式

### 考点 1：建设单位计划系统

建设单位计划系统包括：

工程项目前期工作计划、工程项目建设总进度计划、工程项目年度计划。

(1) 工程项目前期工作计划。

工程项目前期工作计划是指对工程项目可行性研究、项目评估甚至包括初步设计等工作的进度安排，该计划可使工程项目策划决策阶段各项工作的时间得到控制。

(2) 工程建设总进度计划。工程建设总进度计划是指初步设计被批准后，根据初步设计对工程项目从开始建设(施工图设计、施工准备)至竣工投产(动用)全过程的统一部署。

(3) 工程项目年度计划。工程项目年度计划是指依据工程建设总进度计划、批准的设计文件及分批配套投产或交付使用要求编制的，合理安排工程项目年度建设任务的计划。

### 考点 2：设计单位计划系统

设计单位计划系统包括：设计总进度计划、阶段性设计进度计划和设计作业进度计划。

(1) 设计总进度计划。设计总进度计划主要用来安排设计准备开始至施工图设计完成所包含的各阶段设计工作(包括设计准备、方案设计、初步设计、技术设计、施工图设计等)进度，从而确保设计进度控制总目标的实现。

(2) 阶段性设计进度计划。阶段性设计进度计划包括：设计准备工作进度计划、方案设计工作进度计划、初步设计(技术设计)工作进度计划和施工图设计工作进度计划。

(3) 设计作业进度计划。工艺设计、结构设计、建筑设计、电气设计、通信设计等。

### 考点 3：工程监理单位计划系统

工程监理单位计划系统包括工程监理总进度计划和工程监理总进度分解计划。

(1) 工程监理总进度计划。

工程监理总进度计划是依据工程建设总进度计划、监理合同、工程承包模式等编制的工程监理工作进度计划，其目的是对建设工程实施进度进行规划和控制。

(2) 工程监理总进度分解计划。工程监理总进度分解计划包括：

①按工程进展阶段分解的监理工作计划，如施工准备阶段监理工作计划、地基与基础工程施工阶段监理工作计划、主体结构工程施工阶段监理工作计划等；

②按时间进展阶段分解的监理工作计划，如年度监理工程进度计划、季度监理工程进度计划、月度监理工作进度计划等。

#### 考点 4：施工单位进度计划系统

(1) 按项目组成编制的施工进度计划。

按项目组成编制的施工进度计划包括：

①施工总进度计划。施工总进度计划是指根据施工部署中施工方案和施工项目开展程序，对承包范围内所有单位工程作出时间上的安排。

②单位工程施工进度计划。单位工程施工进度计划是指在既定施工方案的基础上，根据规定的工期和各种资源供应条件，遵循各施工过程的合理施工顺序，对单位工程中各施工过程作出时间和空间上的安排。

③分部分项工程进度计划。分部分项工程进度计划是指针对工程量较大或施工技术比较复杂的分部分项工程，在依据工程具体情况所制定的施工方案基础上，对其各施工过程作出时间上的安排。

(2) 按时间进展阶段编制的施工进度计划。

为了有效地控制工程施工进度，施工单位应编制年度施工计划、季度施工计划和月(旬)作业计划，将施工进度计划逐层细化。

#### 考点 5：工程进度计划表达形式

常用的工程进度计划表达形式有横道图和网络图两种。

#### 考点 6：横道图的特点

横道图也称甘特图，由于其形象、直观，且易于编制和理解，因而长期以来被广泛应用于工程进度管理。

采用横道图编制施工进度计划，通常包括两个基本部分，即左侧的工作名称及持续时间和右侧的横道线部分。该计划直观地表明各项工作的开始时间和完成时间、持续时间，以及整个工程项目总工期。

序号	工作名称	持续时间 (天)	施工进度安排(天)									
			5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
1	施工准备	5										
2	现场预制梁	20										
3	东侧桥台基础	10										
4	东侧桥台	8										
5	东侧桥台后填土	5										
6	西侧桥台基础	20										
7	西侧桥台	8										
8	西侧桥台后填土	5										
9	架梁	7										
10	与路基连接	5										

### 考点 7：横道图的不足

- ①不能明确反映各项工作之间的相互联系、相互制约关系；
- ②不能反映影响工期的关键工作和关键线路；
- ③不能反映工作所具有的机动时间(时差)；
- ④不能反映工程费用与工期之间的关系，因而不便于施工进度计划的优化。

特别是对于大型工程项目，因其工作构成及逻辑关系复杂、无法利用计算机来进行计算分析。

### 考点 8：网络图

所谓网络图，是指由箭线和节点组成的，用来表示各项工作及其逻辑联系的有向、有序的网状图形。

在网络图上加注工作的时间参数编制而成的进度计划称为网络计划。

网络图是用于控制建设工程进度的最有效工具。

(1)网络计划基本表示方法。

网络计划最基本的表示方法是双代号网络计划和单代号网络计划，还有双代号时标网络计划、单代号搭接网络计划、多级网络计划系统等。

①双代号网络计划。双代号网络计划是指工作用箭线及两端带有编号的节点表示，工作持续时间标注在箭线下方的网络计划。

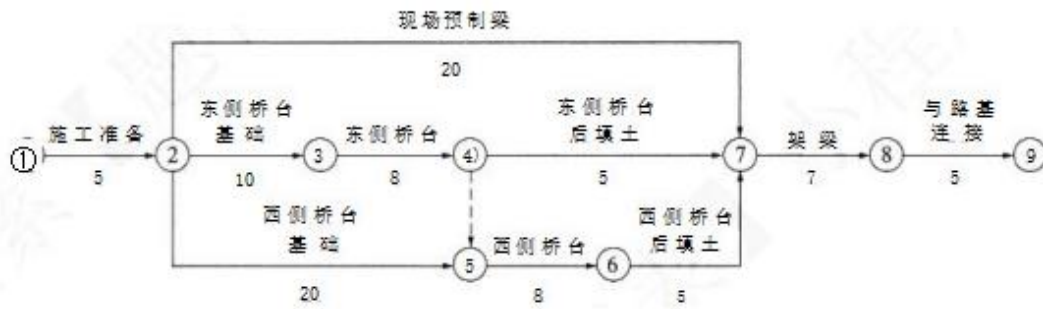


图 4.1-2 某桥梁工程施工进度双代号网络计划

②单代号网络计划。单代号网络计划是指工作用带有编号的节点表示，以箭头表示工作之间的逻辑关系，在节点下方标注工作持续时间的网络计划。



图 4.1-3 某桥梁工程施工进度单代号网络计划

### 考点 9：网络计划特点

- ①能够明确表达各项工作之间的先后顺序关系。
- ②能够通过时间参数计算，找出影响工期的关键工作和关键线路。
- ③能够通过时间参数计算，确定各项工作的机动时间(也即时差)。
- ④能够利用项目管理软件进行计算、优化和调整，实现对施工进度的动态控制。

网络计划也有不足之处：不像横道计划那么简单明了、形象直观，但可通过编制时标网络计划或者将网络计划经时间参数计算后再以横道图形式去直观表达得到弥补。



## 第二节：流水施工进度计划

流水施工是一种科学有效的施工组织方法，可以充分利用工作时间和操作空间，减少非生产性劳动消耗，提高劳动生产率，保证工程施工连续、均衡、有节奏地进行，从而对提高工程质量、降低工程成本、缩短工期有着显著作用。为直观有效地表达流水施工，就需要编制流水施工进度计划。

### 第一小节：流水施工特点及表达方式

#### 考点 1：流水施工特点

根据**工程施工特点、工艺流程、资源利用、平面或空间布置等要求不同**，工程施工组织方式通常有三种：**依次施工、平行施工和流水施工**。

#### 考点 2：依次施工

依次施工是一种最基本、最原始的施工组织方式。

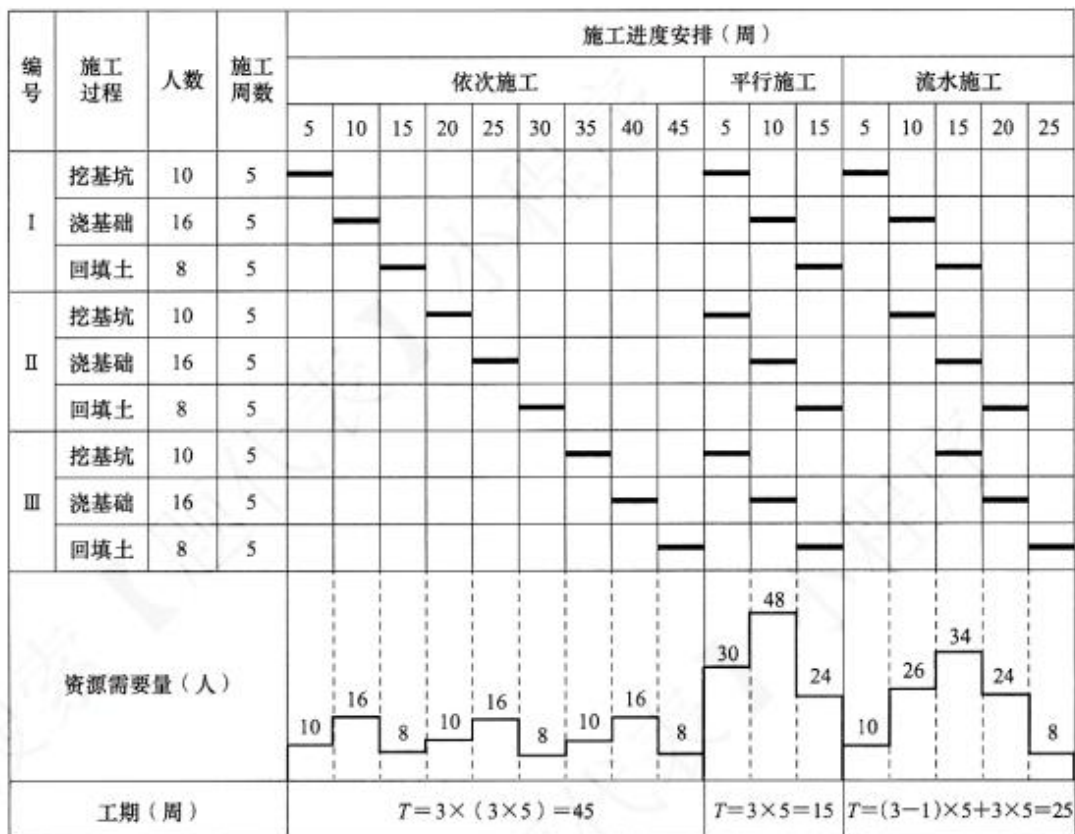


图 4.2-1 采用不同施工组织方式的比较

- (1) 没有充分利用工作面进行施工，工期较长；
- (2) 各专业工作队不能连续作业、工作出现间歇；
- (3) 劳动力和施工机具等资源无法均衡使用；

(4) 如果由一个工作队完成全部施工任务，则不能实现专业化施工，不利于提高劳动生产率和工程质量；

(5) 单位时间内投入劳动力、施工机具等资源量较少，有利于资源供应的组织；

(6) 只有一个工作队进行施工作业，施工现场的组织管理比较简单。

### 考点 3：平行施工

平行施工是指组织多个同类型专业工作队，**在同一时间、不同工作面上按照施工工艺要求，同时完成各施工对象的施工。**

### 考点 4：平行施工组织的特点

(1) 能够充分利用工作面进行施工，工期短；

(2) 如果每一施工对象均按专业组建工作队，则各专业工作队不能连续作业，工作出现间歇，劳动力和施工机具等资源无法均衡使用；

(3) 如果由一个工作队完成一个施工对象的全部施工任务，则不能实现专业化施工，不利于提高劳动生产率和工程质量；

(4) 单位时间内投入的劳动力、施工机具等资源成倍增加，不利于资源供应的组织；

(5) 有多个专业工作队在现场施工，施工现场组织管理比较复杂。

### 考点 5：流水施工

流水施工是将拟建工程施工对象分解为若干施工过程，并按照施工过程组建相应的专业工作队，各专业工作队按照施工顺序依次完成各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、有节奏地进行，并使相邻两个专业工作队能最大限度地搭接作业。

### 考点 6：流水施工组织特点

(1) 尽可能利用工作面进行施工，工期较短；

(2) 各工作队实现专业化施工，有利于提高施工技术水平和劳动效率，也有利于提高工程质量；

(3) 专业工作队能够连续施工，同时使相邻专业工作队之间能够最大限度地搭接作业；

(4) 单位时间内投入的劳动力、施工机具等资源较为均衡，有利于资源供应的组织；

(5) 为施工现场的文明施工和科学管理创造了有利条件。

**考点 7：流水施工表达方式**

流水施工用网络图表达时，需要编制流水网络计划。

**考点 8：流水施工横道图表示法**

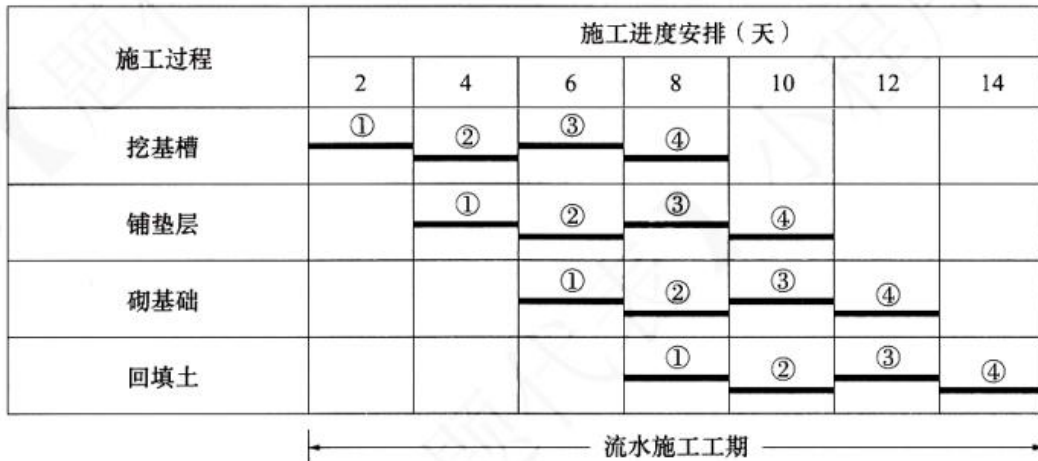


图 4.2-2 某基础工程流水施工横道图计划

采用横道图表达流水施工的优点是：**绘图简单，施工过程及其先后顺序表达清楚，时间和空间状况形象直观，使用方便**，因而被广泛于工程实践中。

**考点 9：流水施工垂直图表示法**

图中横坐标表示施工过程所处的空间位置或里程；

纵坐标表示流水施工时间安排。

图中斜向线段表示施工过程或专业工作队的施工进度。

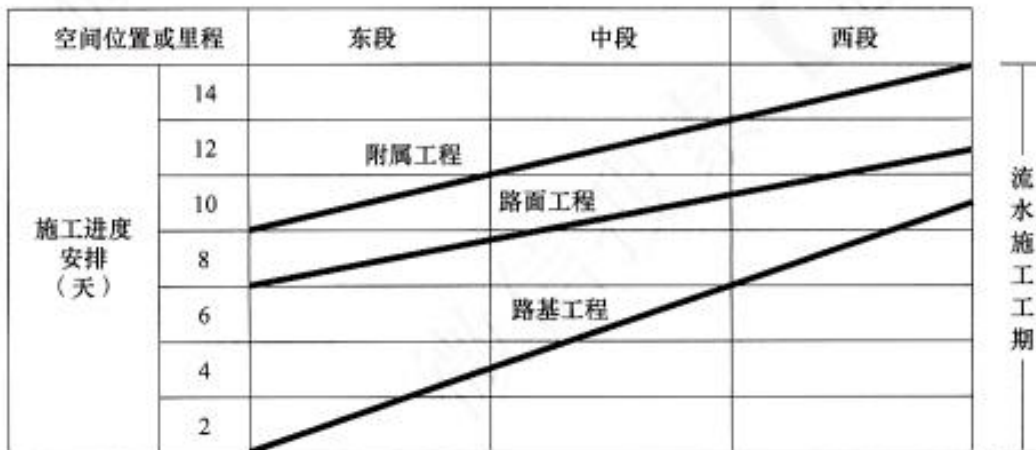


图 4.2-3 某标段公路工程流水施工垂直计划

对于**铁路、公路、地铁、输电线路、天然气管道等线性工程**施工进度计划，更适合采用垂直图表达方式。

### 考点 10：垂直图表达流水施工的优点

施工过程及其先后顺序表达清楚；

不仅时间和空间状况形象直观；

而且斜向进度线的斜率直观反映各施工过程的进展速度。

### 第二小节：流水施工参数

按其性质不同，流水施工参数可分为**工艺参数、空间参数和时间参数**。

#### 考点 1：工艺参数

##### 1) 施工过程

组织流水施工时，首先需将工程对象划分为若干个施工过程。

施工过程划分的粗细程度由实际需要而定。

当编制**控制性施工进度计划**时，组织流水施工的施工过程可划分得粗一些，施工过程可以是**单位工程或单项工程**，也可以是**分部工程**。

当编制**实施性施工进度计划**时，施工过程可划分得细一些，施工过程可以是**分项工程**，甚至是将分项工程按照专业工种不同分解而成的**施工工序**。施工过程数目通常用  $n$  表示。

##### 2) 流水强度

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

#### 考点 2：空间参数

空间参数是指在组织流水施工时，用以表达流水施工在空间布置上开展状态的参数。空间参数通常包括**工作面和施工段**。

##### 1) 工作面

工作面是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

施工段也称为流水段，是指在组织流水施工时，将拟建工程在平面上划分成若干个劳动量相等或大致相等的施工区段。

划分施工段的目的是充分利用工作面组织流水施工。施工段数目通常用  $m$  表示。

### 考点 3：合理划分施工段的原则

(1) **各施工段的劳动量应大致相等**，相差幅度不宜超过 15%，以保证施工在连续、均衡的条件下进行。

(2) **每个施工段要有足够的工作面**，以保证相应数量的工人、主导施工机械的生产效率。

(3) **施工段的界限应尽可能与结构界限(如沉降缝、伸缩缝等)相吻合**，或设在对建筑结构整体性影响小的部位，以保证建筑结构的整体性。

(4) **施工段数目要满足合理组织流水施工的要求**。施工段数目过多，会降低施工速度，延长工期；施工段过少，不利于充分利用工作面，可能造成窝工。

(5) **对于多层建筑物、构筑物或需要分层施工的工程，应既分施工段，又分施工层**，以确保相应专业队在施工段与施工层之间，组织连续、均衡、有节奏地流水施工。

### 考点 4：时间参数

时间参数是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、流水施工工期**等。

### 考点 5：流水节拍

流水节拍是指某一个专业工作队在一个施工段上的施工时间。

流水节拍表明流水施工的速度和节奏性。

### 考点 6：同一施工过程的流水节拍的确定因素

主要由所采用的**施工方法、施工机械、工人数量、机械台数和工作班次**等因素确定。

### 考点 7：流水步距

流水步距是指两个相邻专业工作队相继开始施工的最小间隔时间。

流水步距的数目取决于**参加流水的施工过程数**。如果**施工过程数为  $n$  个**，**则流水步距总数为  $n-1$  个**。

### 考点 8：确定流水步距的基本要求

(1) 各施工过程按各自流水速度施工，始终保持工艺先后顺序；

(2)各施工过程的专业工作队投入施工后尽可能保持连续作业；

(3)相邻两个专业工作队在满足连续施工的条件下，能最大限度地实现合理搭接。

### **考点 9：流水施工工期**

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

### 第三小节：流水施工基本方式

#### 考点 1：有节奏流水施工

有节奏流水施工是指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。

#### 考点 2：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。

#### 考点 3：基本特点

- 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。

#### 考点 4：流水施工工期的计算

计算公式为：

$$T = (m+n-1) * k$$

式中：

T 是流水施工工期；

m 是施工段数；

n 是施工过程数；

K 是流水步距。

在考虑技术间歇时间和提前插入时间的情形下，流水施工工期计算公式为：

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

式中：

T 是流水施工工期；

m 是施工段数；

n 是施工过程数；

K 是流水步距。

$\sum Z$  是技术间歇时间之和；

$\sum C$  是提前插入时间之和。

【例】某工程分为 I、II、III、IV 四个施工过程，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。

流水施工工期计算如下：

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

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 4.2-5 全等节拍流水施工进度计划

### 考点 5: 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。

### 考点 6: 异节奏流水施工方式

① **等步距异节奏流水施工**。等步距异节奏流水施工是指在组织异节奏流水施工时，按每个施工过程流水节拍之间的比例关系，成立相应数量的专业工作队而进行的流水施工，也称为成倍节拍流水施工或者加快的成倍节拍流水施工。

② **异步距异节奏流水施工**。异步距异节奏流水施工是指在组织异节奏流水施工时，每个施工过程成立一个专业工作队，由其完成各施工段任务的流水施工。

### 考点 6: 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。

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。

**考点 7：流水施工工期的计算**

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

式中

K 是流水步距，取各施工过程流水节拍的最大公约数；

N 是参加流水作业的专业工作队数。

**T 是流水施工工期；**

**m 是施工段数；**

**n 是施工过程数；**

**$\sum Z$  是技术间歇时间之和；**

**$\sum C$  是提前插入时间之和。**

【例】某工程由 4 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，编制的异步距异节奏流水施工进度计划如图。

施工过程	施工进度安排（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

图 4.2-6 异步距异节奏流水施工进度计划

由图 4.2-6 可知，如果按 4 个施工过程组建 4 个专业工作队组织异步距异节奏流水施工，流水施工工期为：

$$T_0 = (5+10+25) + 5 \times 4 = 60 \quad \text{周}$$

（解释： $T_0 = 4 \times 5 + 4 \times 10 + 4 \times 10 + 4 \times 5 - 3 \times 5 - 6 \times 5 - 3 \times 5$ ）

$$= 120 - 30 - 30 = 60 \quad \text{周}$$

【解】为加快缩短工期，可增加专业工作队，组织加快的成倍节拍流水施工：

①计算流水步距。流水步距等于流水节拍的最大公约数，即

$$K = \min[5, 10, 10, 5] = 5 \quad \text{周}$$

②确定专业工作队数目。每个施工过程组建的专业工作队数目计算：

$$b_j = t_j / K$$

式中

$b_j$  是第  $j$  个施工过程的专业工作队数；

$t_j$  是第  $j$  个施工过程的流水节拍；

$K$  是流水步距。

在本示例中，各施工过程的专业工作队数分别为：

$$\text{基础工程：} b_1 = t_1 / K = 5 / 5 = 1$$

$$\text{结构安装：} b_2 = t_2 / K = 10 / 5 = 2$$

$$\text{室内装修：} b_3 = t_4 / K = 10 / 5 = 2$$

$$\text{室外工程：} b_4 = t_4 / K = 5 / 5 = 1$$

参与该工程流水施工的专业工作队总数为： $1+2+2+1=6$ 。

据此，编制的加快的成倍节拍流水施工进度计划如图 4.2-7 所示。

由于没有技术间歇及提前插入，故该工程流水施工工期为：

$$T = (m + N - 1)K = (4 + 6 - 1) \times 5 = 45 \text{ 周}$$

与异步距异节奏流水施工进度计划相比，该工程组织加快的成倍节拍流水施工可使总工期缩短 15 周。

施工过程	专业工作队 编号	施工进度安排（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

图 4.2-7 加快的成倍节拍流水施工进度计划

### 考点 8：非节奏流水施工

虽然流水节拍无任何规律，但仍可组织流水施工是最为普遍的流水施工组织方式。

### 考点 9：非节奏流水施工的特点

- 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。

### 考点 10：流水步距的确定

组织非节奏流水施工的关键是确定相邻专业工作队之间的流水步距，使其在开始时间上能够最大限度地进行搭接。通常采用累加数列错位相减取大差法计算流水步距（又叫潘特考夫斯基法）。这种方法简捷、准确，便于掌握。

### 考点 11：累加数列错位相减取大差法的基本步骤

- ①依次累加每一施工过程在各施工段上的流水节拍，求得各施工过程流水节拍的累加数列；
- ②将相邻施工过程流水节拍累加数列中的后者错后一位，相减后求得一个差数列；
- ③在差数列中取最大值，即为相邻两个施工过程的流水步距。

### 考点 12：流水施工工期的计算

$$T = \sum K + \sum t_n + \sum Z - \sum C$$

式中

$\sum K$  是各施工过程(或专业工作队)之间流水步距之和；

$\sum t_n$  是最后一个施工过程专业工作队在各施工段上的流水节拍之和。

$\sum Z$  是技术间歇时间之和；

$\sum C$  是提前插入时间之和。

【例】某工程建设中，为安装 4 台规格型号和基础条件均不相同的设备，需要修筑相应基础工程，施工过程包括基坑开挖、基础处理和浇筑混凝土，各施工过程流水节拍(单位：周)，试编制该设备基础工程流水施工进度计划并计算流水施工工期。

表 4.2-1 各施工过程流水节拍表

施工过程	施工段			
	设备 A	设备 B	设备 C	设备 D
基坑开挖	2	3	3	2
基础处理	4	4	3	3
浇筑混凝土	2	3	2	2

【解】从流水节拍特点可以看出，该工程可按**非节奏流水施工方式**组织施工。

- ①确定施工流向：按 A→B→C→D 顺序施工，施工段数 m=4。
- ②确定施工过程数 n=3，包括基坑开挖、基础处理和浇筑混凝土。
- ③采用“**累加数列错位相减**取大差法”确定流水步距

$$\begin{array}{r}
 2, 5, 8, 10 \\
 -) \quad 4, 8, 11, 14 \\
 \hline
 K_{1,2} = \max \{2, 1, 0, -1, -14\} = 2 \\
 4, 8, 11, 14 \\
 -) \quad 2, 5, 7, 9 \\
 \hline
 K_{2,3} = \max \{4, 6, 6, 7, -9\} = 7
 \end{array}$$

- ④绘制非节奏流水施工进度计划如图。

施工过程	施工进度安排 (周)																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
基坑开挖	A			B			C		D									
基础处理					A			B				C			D			
浇筑混凝土										A			B		C		D	

- ⑤计算流水施工工期。

该设备基础工程流水施工工期为： $T = \sum K + \sum t_n = (2+7) + (2+3+2+2) = 18$  周

### 第三节：工程网络计划技术

#### 第一小节：工程网络计划编制程序和方法

##### 考点 1：计划编制准备阶段

(1) 调查研究； (2) 确定网络计划目标；

##### 考点 2：调查研究内容

- ①工程任务情况、实施条件、设计资料；
- ②有关标准、定额、制度；
- ③劳动力、材料、施工机具等资源需求与供应情况；
- ④资金需求与供应情况；
- ⑤有关统计资料、经验总结及类似工程实际进展资料等。

##### 考点 3：确定网络计划目标

①时间目标，即工期目标。

②时间—资源目标，通常会考虑“资源有限，工期最短”目标，或者考虑“工期固定，资源均衡”目标。

③时间—成本目标，即在限定工期条件下寻求最低总成本或寻求最低总成本时的工期安排。

##### 考点 4：网络图绘制阶段

主要包括**工程项目分解**、**确定逻辑关系**和**绘制网络图**等工作。

##### 考点 5：双代号网络图的绘图规则

(1) 网络图必须按照已定逻辑关系绘制。网络图中的节点都必须有编号，其编号严禁重复，并应使每一条箭线上箭尾节点编号小于箭头节点编号。

(2) 网络图中严禁出现从一个节点出发，顺箭头方向又回到原出发点的循环回路。

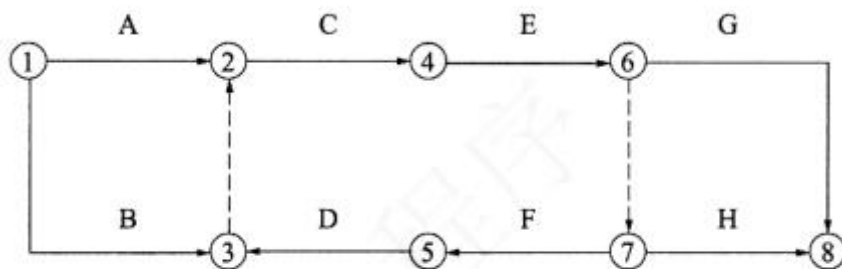


图 4.3-1 存在循环回路的错误网络图

(3) 网络图中的箭线(包括虚箭线, 以下同)应保持自左向右的方向, 不应出现箭头指向左方的水平箭线和箭头偏向左方的斜向箭线(即逆向箭线)。

(4) 网络图中严禁出现双向箭头和无箭头的连线。



图 4.3-2 错误的工作箭线画法

(5) 网络图中严禁出现没有箭尾节点的箭线和没有箭头节点的箭线。



图 4.3-3 没有节点的工作箭线错误画法

(6) 严禁在箭线上引入或引出箭线。



图 4.3-4 箭线上引入或引出箭线的错误画法

(7) 应尽量避免网络图中工作箭线的交叉。当交叉不可避免时, 可以采用过桥法或指向法处理。

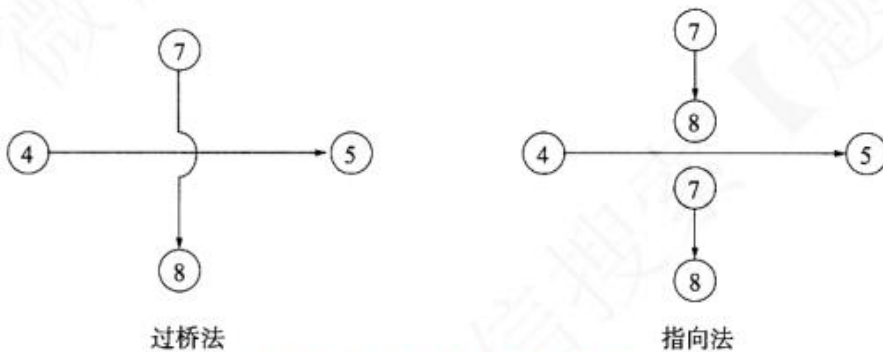


图 4.3-5 箭线交叉的表示方法

(8) 网络图应只有一个起点节点和一个终点节点(任务中部分工作需要分期完成的网络计划除外)。

### 考点 6: 虚工作的作用

①表示相邻两项工作之间的逻辑关系。

②为了避免两项同时开始、同时进行的工作具有相同的开始节点和完成节点，也需要用虚工作加以区分。

#### 考点 7：单代号网络图的绘图规则

单代号网络图的绘图规则与双代号网络图的绘图规则基本相同，主要区别在于：当网络图中有多项开始工作时，应增设一项虚工作，作为该网络图的起点节点；当网络图中有多项结束工作时，应增设一项虚工作，作为该网络图的终点节点。

#### 考点 8：时间参数计算阶段

主要包括**计算时间参数**、**确定关键工作**和**关键线路**等工作。

#### 考点 9：计算时间参数

通常包括：工作的最早开始时间、最早完成时间、最迟开始时间、最迟完成时间、总时差、自由时差；

双代号网络计划中节点的最早时间、最迟时间；

单代号网络计划中相邻两项工作之间的时间间隔；

整个网络计划的计算工期等。

#### 考点 10：确定关键工作和关键线路

在计算时间参数的基础上，即可根据有关时间参数确定网络计划中的关键工作和关键线路。

#### 考点 11：网络计划优化阶段

主要包括**优化网络计划和编制正式网络计划**等工作。

#### 考点 12：优化网络计划

**工期优化、费用优化和资源优化**三种。

#### 考点 13：选择缩短持续时间的关键工作考虑因素

①缩短持续时间对质量和安全影响不大的工作；

②有充足备用资源的工作；

③缩短持续时间所需增加费用最少的工作。

在工期优化过程中，按照经济合理的原则，不能将关键工作压缩成非关键工作。此外，当工期优化过程中出现多条关键线路时，必须将各条关键线路的总持续时间压缩相同数值，否则，不能有效地缩短工期。

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/925333031333011232>