

流水网络计划 方法及应用

高 拯 等 编 著

中国建筑技术发展中心建筑经济研究所

流水网络计划方法及应用

高拯等编著



中国建筑技术发展中心建筑经济研究所

出 版 说 明

1983年出版的《建筑施工流水网络计划方法》一书，被广泛采用为流水网络计划方法学习班的教材。经过一年来的实践，各地建筑施工企业和广大计划人员在应用推广流水网络计划方法方面取得很大的成果，同时就流水网络计划方法的原理和具体应用提出了许多新的问题。随着推广面的发展扩大，许多施工单位根据培训技术力量的需要，纷纷提出出版一本更为通俗、更能适应学习要求的书，作为自学或学习班教材。为了满足这些要求，根据大家所提出的问题和意见，我们在《建筑施工流水网络计划方法》的基础上，作了较大的修改和补充：

- (1)重新改写大部分内容，力求文字更加通俗、内容更为集中；
- (2)补充新的研究成果，使所介绍的流水网络计划方法在理论上提高一步；
- (3)补充应用实例和具体方法的介绍；
- (4)为便于读者较全面了解网络计划技术的内容和发展状况，增加一部分其他网络计划方法的简单内容介绍。

本书的基本内容包括三大部分：流水施工原理、网络计划技术的基本概念、流水网络计划方法。其中流水网络计划方法是最主要的部分，而前两部分内容则是围绕后者的学习需要，作为基础知识来介绍的。因此本书中有关流水原理和网络计划技术的内容并不是全面的，也不是完整的。

本书绪论、第三章、第四章和第五章由高拯执笔，第一章、第二章由雷艺君执笔，第六章由高拯、雷艺君共同编写。全书由高拯作统一整理。蒲文婉、雷艺君共同负责全书绘图工作。

本书的撰写得到新疆工学院田名誉教授的热心支持和指导，许多施工单位的计划人员为本书提供了设计实例，并提出了许多修改和补充的具体意见。在此表示衷心感谢。

由于水平所限，书中定有不妥和谬误之处，请读者批评、指正。

1984年2月

目 录

绪 论	(1)
一、努力提高建筑管理的科学水平.....	(1)
二、计划管理的地位与作用.....	(1)
三、建筑施工计划的分类.....	(2)
四、建筑工程施工计划方法的沿革.....	(5)
第一章:流水施工基本原理	(8)
第一节:流水施工的基本概念.....	(8)
第二节:流水施工的基本参数.....	(11)
第三节:流水施工的分类.....	(16)
第四节:流水施工时间参数的计算.....	(20)
〔思考与练习〕.....	(31)
第二章:流水施工的组织	(34)
第一节:流水段的划分与施工过程的分解.....	(34)
第二节:流水节拍的确定.....	(37)
第三节:流水施工的合理组织.....	(40)
第四节:流水施工计划的编制.....	(49)
〔思考与练习〕.....	(55)
第三章:网络计划的基本技术	(59)
第一节:网络计划方法的基本概念.....	(59)
第二节:网络图及其画法.....	(64)
第三节:网络计划的时间参数.....	(74)
第四节:网络计划时间参数的图算法.....	(82)
第五节:网络计划时间参数的表算法.....	(88)
〔思考与练习〕.....	(93)
第四章:网络计划方法在建筑工程中的应用	(97)
第一节:网络计划与建筑施工.....	(97)
第二节:建筑工程施工计划网络图的分类与形式.....	(100)
第三节:时间座标网络的画法与分析.....	(108)
第四节:调整网络计划的简易方法.....	(116)
第五节:网络计划的执行与控制.....	(124)

〔思考与练习〕	(128)
第五章：流水网络计划方法	(132)
第一节：流水网络的基本形式	(132)
第二节：开始时距的分类与计算	(136)
第三节：流水网络时间参数的计算	(139)
第四节：流水网络在施工计划中的应用	(147)
第五节：时间座标流水网络	(152)
〔思考与练习〕	(158)
第六章：附 录	(164)
第一节：非肯定型网络（PERT）	(164)
第二节：网络计划的电算	(169)
第三节：单代号网络	(172)
第四节：“搭接网络”	(184)

绪 论

一、努力提高建筑管理的科学水平

建筑业是国民经济中一个重要的物质生产部门，许多国家称建筑业为国民经济的一大支柱（据统计，美国建筑业1976~1978年间的产值在钢铁工业、石油化工工业、汽车制造业与建筑业这“四大支柱”的总产值中占34%）。建筑业的发展速度反映了一个国家国民经济的发展水平，日本在七十年代初期建筑业生产发展的速度仅是美国的50%，而1978年的发展速度一跃超过美国发展速度一倍，当年日本的建设规模达到二千亿美元以上。

我国建筑业的水平和发展速度与美、日、欧洲相比差距是很大的。建筑业生产水平和发展速度的快慢，固然同整个国民经济的水平和发展状况密切相关，但是从我国建筑业的现状分析，建筑生产的各种技术经济指标，不仅远远落后于国外的先进水平，与国内其他行业比较，水平也是低的。例如劳动生产率指标方面，我国建筑业七十年代下半期全员劳动生产率仅及苏联的30~40%，为美国的10~15%。工程施工的工期指标也是很落后的，以火电厂的建设周期为例，我国约比美、日、苏等国家长0.5~1.5倍的时间。

欧美等工业发达国家建筑业发展水平高的原因，一方面是建筑生产技术比我国先进，但更重要的方面是它们建筑业管理的科学水平比我们高，是管理的高效率促使这些国家建筑业的迅速发展。五十年代开始，欧美各国的建筑业对科学管理的问题已相当重视；苏联在四十年代经济恢复时期就十分重视管理科学的作用，为了加快基本建设，在建筑生产中广泛推广流水施工组织与计划方法，大大提高建筑业的劳动生产率；五十年代欧美国家广泛推广线性规划的应用；六十年代末，网络计划技术的应用与推广，对建筑业计划管理工作产生了重大的影响，随着建筑业生产规模的发展，网络计划技术在建筑业管理中的地位越来越突出，加上电子计算机技术的推广应用，建筑业的管理水平得到更加迅速的提高。

从国内建筑业的劳动生产率与技术水平发展之间的关系分析，七十年代下半期我国建筑业机械装备程度比五十年代中期提高了二十多倍。但是，七十年代的劳动生产率并不比五十年代高，仅从这一方面就可以说明，提高建筑生产的效率，技术并不是唯一的决定因素。技术的发展，如果没有先进的管理相适应，劳动生产率是不可能提高的。因此，要缩短我国建筑业与工业发达国家建筑业的差距，不仅要在技术方面作出努力，更根本的是管理水平要赶上去。只有在提高建筑生产管理水平上采取有效措施，逐步改善和提高我国建筑业的管理效率，才能使我国建筑业得到更快的发展。

提高我国建筑业的管理效率和水平，一方面是要根据现代生产技术和生产规模的发展状况，改革我国建筑业的管理体制，另一方面是广泛推广应用科学的管理技术和方法，在建筑生产中实行科学的、有效的管理。

二、计划管理的地位与作用

人们常说：“计划是龙头”，这句话形象地表达了计划管理工作在企业管理工作中的地位。计划管理是一项综合性的管理工作。对于建筑施工企业，加强计划管理，就能把企

业的生产活动有机地结合起来,保证各项生产工作(施工活动)正常地、协调地进行。计划管理是企业各级领导对生产活动进行指挥、控制和协调的主要手段,要搞好企业的管理,首先要搞好计划管理。

建筑企业计划是国民经济计划的一个组成部分,建筑企业计划管理工作的效果对整个国家经济的发展有直接的影响,这是建筑企业计划管理工作重要性的一个主要表现。

(1)建筑企业计划管理的任务:

建筑企业计划管理的根本任务,是在充分挖掘生产潜力、积极提高劳动生产率和合理组织综合平衡的基础上,制定出贯彻和完成上级下达各项任务和生产指标的计划,运用有效手段组织、监督和控制计划的有效实施。

建筑施工活动具有许多不同于工业生产的特点,如工程施工周期长、工艺多变、工程对象地点固定、生产的流动性以及受气候条件和地理条件的直接影响,等等。这些特点使建筑企业的管理,特别是计划管理的复杂程度大为增加,也对建筑企业计划管理提出了许多特殊的要求。

首先,面对各类不同的工程施工任务,建筑企业的计划必须协调好各项施工活动的比例关系。例如,保持施工任务同生产能力之间的平衡;施工任务同劳动力、材料、机械设备之间的平衡;等等。因此,综合平衡问题是建筑企业计划工作的基本问题。

其次,建筑施工活动受客观条件的影响和支配的程度大,计划的实施控制比较复杂和困难,计划的综合平衡工作是经常性的任务。因此,计划的实施控制与调整在建筑企业计划管理工作中的地位特别突出。

第三,组织有节奏的、连续的、均衡的施工,是建筑企业计划的基本要求。生产的均衡性是提高劳动生产率的重要保证,组织有节奏和连续、均衡的生产,对于一般的工业生产来说是比较容易的,而建筑企业的施工活动要做到这一点则比较困难。因此,如何使施工生产保持一个较好的连续性、均衡性水平,是提高建筑企业劳动生产率的关键所在之一,这方面的任务,主要就是靠计划管理工作完成的。

三、建筑施工计划的分类:

根据各级管理工作的任务要求,建筑企业的计划管理工作分成几个层次,与其相适应,建筑施工计划分成以下类型:

(1)、年度施工计划,即施工技术财务计划。建筑企业的年度施工计划是国民经济计划的组成部分,它主要依据上级下达的计划指标,确定企业生产、技术和经济等各方面活动的指标。年度施工计划是建筑企业计划管理的指导性文件。它的作用是:

①确定全年施工项目和各项主要技术经济指标,规定企业的年度奋斗目标;

②根据各项指标要求对施工活动进行总体的组织安排和综合平衡,并围绕年度施工任务对施工准备工作做出全面的安排。

季度施工计划是年度施工计划的补充,它是在年度施工计划的基础上,对每个季度的施工生产活动的进一步计划安排。

年、季施工计划包括生产、技术和经济等各方面内容,涉及面广,实际上是多种计划的一种综合表现形式。年、季度计划由下列各种计划组成:

①建筑安装工程计划,即生产大纲。

建筑安装工程计划是年、季度计划的核心部分。它的内容是确定计划期内的施工项目

及其竣工日期、形象进度、实物工程量和建筑安装工作量等主要技术经济指标。它的作用在于保证工程任务按质、按量和如期的完成，并使企业的人力、物力和财力得到合理的、最充分的利用。

建筑安装工程计划所确定的各项指标是编制其他各项计划指标的依据。如编制劳动力、机械设备、原材料和构配件供应计划等，都是以建筑安装工程计划的实物工程量、建筑安装工作量和工程施工进度为依据的。

建筑安装工程计划的具体内容一般包括“施工项目主要指标汇总计划”、“主要工程施工项目”、“建筑安装工作量计划”、“实物工程量计划”等。

②机械化施工计划。

机械化施工计划是反映建筑企业在计划期内包括机械化施工水平和设备利用状况的计划。通常包括机械化施工水平计划和主要机械需要量计划两个方面。

③劳动与工资计划。

劳动与工资计划是反映计划期内建筑企业劳动生产率、职工人数及工资水平的计划，通常分为劳动生产率计划、职工人数与工资计划两个部分。

④材料供应计划。

材料供应计划的内容是计划期内完成工程任务所需的各种材料供应量计划。年度材料需要量是一种计划控制数字，它是根据建筑安装工程任务及所提供的资料，分别采用万元工作量材料概算定额或千平方米建筑面积材料概算定额进行计算的。

⑤技术组织措施计划。

技术组织措施计划是反映计划期内为完成工程施工任务所采用的技术革新、合理化建议和生产组织措施。它的内容包括：提高工程质量和防止工伤事故的技术措施和组织措施；推行新技术、新工艺和采用新材料及改善施工操作方法；改善机械设备利用情况及提高施工机械化水平；提高构配件生产的工厂化水平；节约原材料，降低运输费用；改善劳动组织；等等。

⑥降低成本计划。

降低成本计划是指计划期内降低成本的节约额与降低率的计划指标。

⑦财务计划。

财务计划是根据建筑安装工程计划、技术组织措施计划、劳动工资计划、材料供应计划和降低成本计划而编制的企业经济计划。

(2)、施工作业计划。它是年、季度施工计划的具体化，它将年度和季度计划任务按较短的时间安排的阶段性作业计划，即在年、季度计划基础上作出的短安排。它将施工计划任务具体分配到各个生产环节——施工企业的最基层单位（施工队、组和车间）。施工作业计划分为“月作业计划”、“旬作业计划”和“日作业计划”等。施工作业计划实质上是年、季度计划的实施计划，也是基层施工单位进行施工作业的行动计划。

下面分别就月作业计划和旬作业计划介绍施工作业计划的基本内容。

①月度作业计划。

月度作业计划是基层施工单位计划管理的中心环节。基层施工单位的一切施工活动都是围绕保证月作业计划的完成进行的。月作业计划通常包括以下内容：

——各项技术经济指标汇总；

——施工项目、工程开竣工日期、工程施工形象进度、主要实物工程量、建筑安装工作量，等等；

——劳动力、机械设备、材料及构配件等的需要量；

——技术组织措施。

②旬作业计划。

它是月作业计划的进一步具体化计划。它根据月作业计划分旬指标对照工程施工的实际进度编排逐旬的分日计划。

旬作业计划的主要内容是旬施工进度计划。

(3)、除上述两类建筑施工计划之外,建筑企业为了从更长时期的企业发展方向考虑,还可以编制一种跨越几个年度的中期发展规划或长期发展规划。这类规划的内容大致包括企业在规划期内生产能力的发展指标,技术发展方向及新技术、新工艺的开发,人才(智力)开发以及主要技术经济指标的发展水平,等等。建筑企业的发展规划为企业的发展进步规定了具体的目标和内容,对建筑企业年度计划的编制起着指导性的作用。

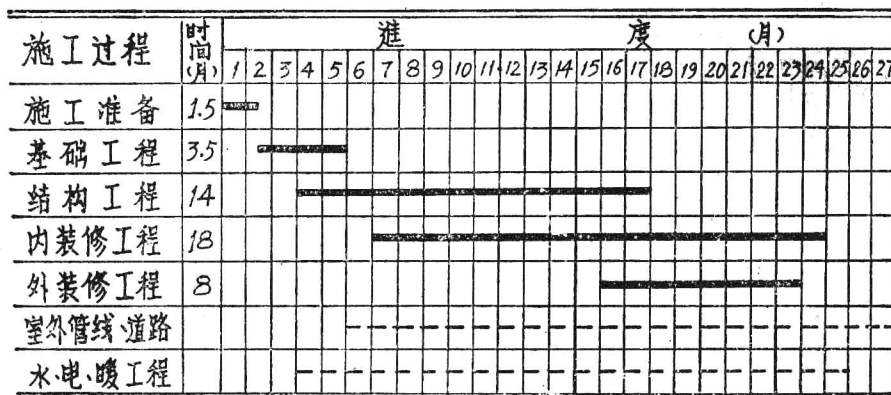
根据建筑生产的特点,为了保持施工活动的连续性,提高施工生产的均衡性指标,并克服建筑施工季节性变动大的问题,国外的建筑业近期来十分重视“滚动计划”的编制工作。所谓“滚动计划”,就是逐年在编制年度计划时,都要考虑与前一年和后一年施工计划的衔接问题,着重考虑年度与年度之间施工活动的连续性(即保持跨年施工活动的均衡衔接)。“滚动计划”首先是以上一年度的计划执行情况或上一年度计划的完成趋势为前提,将上一年度的第四季度计划一并在新年度的计划中表达出来。然后,新年度的计划最后部分不是只编排到当年的第四季度,而是包括了跨年的第一季度的计划安排。因此,“滚动计划”方式编排的年度施工计划,必须是包括至少六个季度的内容。“滚动计划”作为年度施工计划编制的一种新的方法是十分有意义的,是计划管理工作中一项科学的改革措施。推行“滚动计划”的方法,将有效地改善建筑施工的连续性、均衡性状况,从而提高建筑企业计划工作的水平。

(4)、上述各类计划都是以建筑企业各级为单位编制的生产活动计划,它们都是从企业或基层施工单位整体范围出发的综合平衡计划类型。此外,在建筑施工计划中还有一大类型的计划是以工程对象为中心的施工计划,如工程项目的施工总进度计划、单位工程施工进度计划、分部工程施工进度计划,等等。这类计划大多数属于工程施工组织设计的组成部分。

严格地说,工程施工进度计划已包括在上述分类的建筑安装工程计划之中,属于它的组成部分。但是,单位工程施工进度计划的编制虽然受到企业建筑安装工程计划的制约,却往往有相对的独立性,特别是一些大型工程的施工进度计划,常常反过来影响和支配着一个施工单位甚至几个施工单位全年或几年的计划安排。即使是中、小型工程,它们的施工进度计划也都具有不同程度的独立性。在建筑企业计划管理工作中,单位工程进度计划的编制、调整优化和实施管理(控制)等工作所占比重很大。因时,这部分工作具有自身的特点并有其专门的技术和方法。关于工程施工进度计划的编制、优化及控制管理的方法问题,在计划管理科学中占有突出的地位。本书就是以工程施工进度计划的编制等问题为对象,介绍建筑施工计划管理的科学方法和技术问题,并重点介绍国内新近研究并试验成功的一种工程施工计划方法——流水网络计划方法。

四、建筑工程施工计划方法的沿革

本世纪初, 美国人甘特 (L.H.Gantt) 提出了横道图计划方法, 这是利用图形形象地表达计划方案的第一种科学方法。横道图形式的计划, 利用时间座标上横线条的长度和位置, 具体反映计划中各项工作 (施工过程、工序或分部工程、工程项目等) 的进度及相互间的配合关系 (图绪-1)。



(图绪-1) 横道图计划

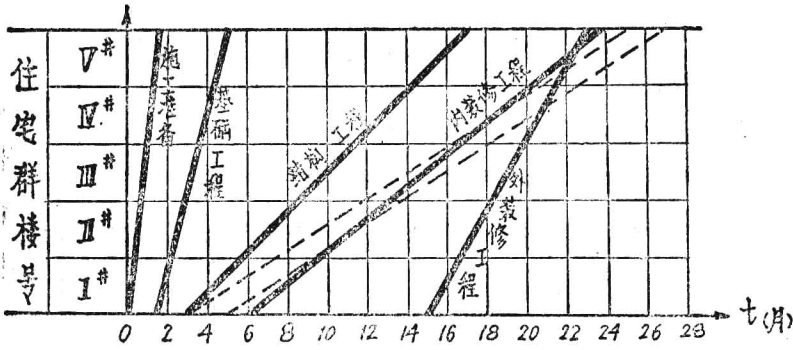
利用横道图 (条形图) 形式绘制进度计划比较简便, 它所表达的计划内容 (工作项目) 排列整齐有序, 标注具体详细, 各项工作的进度形象直观, 计划的工期一目了然。因此, 这种图形在各行各业的计划工作中得到广泛的应用, 至今仍然是应用最普遍的一种计划表达形式。我国建筑业自五十年代以来一直采用横道图形式绘制各种类型的施工进度计划, 尤其是在基层单位编制作业计划和单项工程施工进度计划中的应用最普遍。但是, 横道图所提供的手段严格地说还没有构成完整的计划方法, 它既没有一套协调整体计划方案的技术, 也没有判断计划方案优劣的完善方法。实质上横道图只是计划工作者表达施工组织计划思想的一种简单的工具, 当计划内容比较复杂时, 横道图不容易分辨计划内部各项工作的相互依存关系, 不能反映出计划任务的内在矛盾和关键。因此, 在建筑生产规模日益扩大、计划内容日益复杂的今天, 横道图方式已难以适应计划工作的需要。

三十年代至四十年代, 苏联的建筑业开始研究并推广一种科学的施工组织与计划的新方法——流水施工组织计划方法, 使建筑业的施工组织与计划工作提高到理论的阶段。并进一步丰富了横道图计划的表达内容。在此同时, 又产生了另一种计划图式, 即垂直图计划形式 (见图绪-2)。垂直图计划形式从空间与时间两个方面表现计划进度, 能直接表现出计划中各项工作的进展速度, 所以这种图形也叫做“流速图”。

垂直图计划的绘制也比较简便, 它所表现的进度形象直观, 各项工作的平行交叉关系能具体反映出来, 各项工作的配合关系、先后顺序不容易搞错。但是, 垂直图同样存在着上述横道图的弱点, 而且它的标注形式不如横道图详尽, 特别是遇到有齐头并进的工作, 几个进度线将重叠在一起, 容易产生误会。因此, 垂直图的应用远不如横道图普遍。

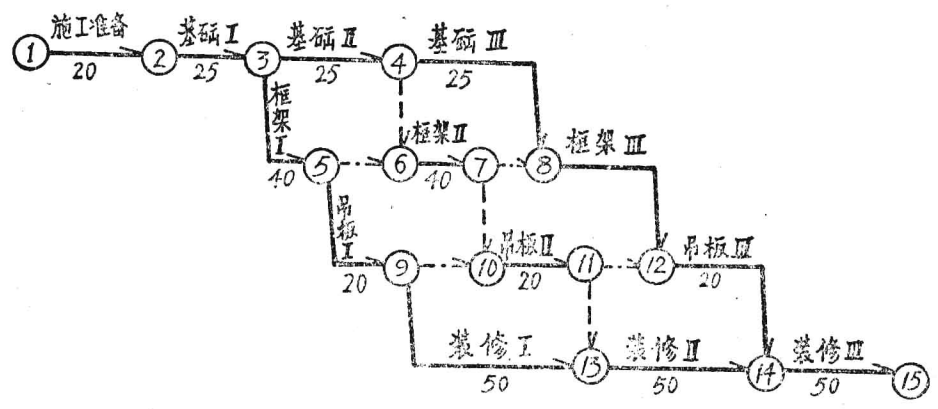
随着生产的发展, 横道图和垂直图计划形式所存在的问题越来越突出, 难以满足较复杂的计划任务的需要, 为解决这个问题, 五十年代下半期在美国开始推广一种新型的计划方法——网络计划方法。网络计划方法是根据系统工程的概念, 以数学中的图论为基础,

运用网络的形式表达计划任务中各项工作的工艺关系和组织关系——逻辑关系，并通过一



(图绪-2) 垂直图

系列科学的计算，分析出计划任务的内在规律和计划的关键所在，使计划人员抓住计划任务的主要矛盾，从全局出发对整个计划进行有效的调整安排，不断改善计划方案，并选择出最佳方案。网络计划方法于六十年代初传入我国，华罗庚教授于一九六四年发表的专著，将国外推广的几种网络计划方法结合起来，形成比较简易通俗的方法，并取名为“统筹法”。二十年来，这种新型的计划方法逐步在国内推广，我国建筑业在推广应用网络计划方法方面已做出不少成绩，网络计划方法的理论和应用研究工作正不断向前发展。

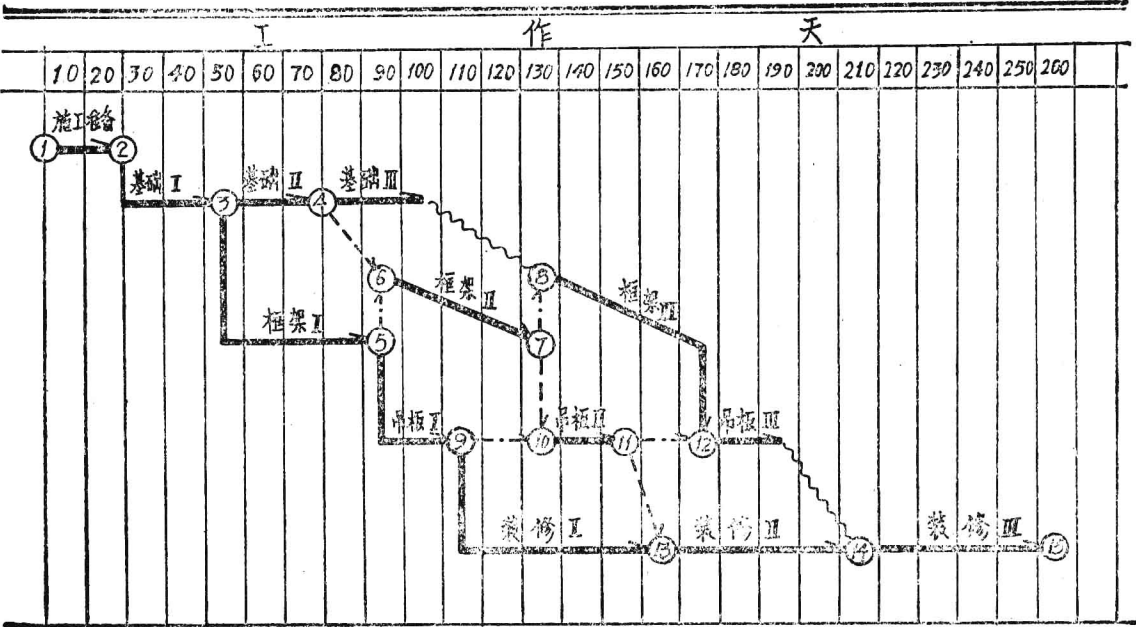


(图绪-3) 网络图

网络计划方法与横道图、垂直图不同，既是计划的表达形式，又有一整套编制计划、调整优化计划方案的科学方法。同时，网络计划方法还在计划的实施管理方面有着相应的适用技术，特别是它的一整套方法可以利用电子计算机技术为工具代替手工编制计划的工作，从而形成比较完整的计划工作手段。这些方面的综合通常称为“网络计划技术”。

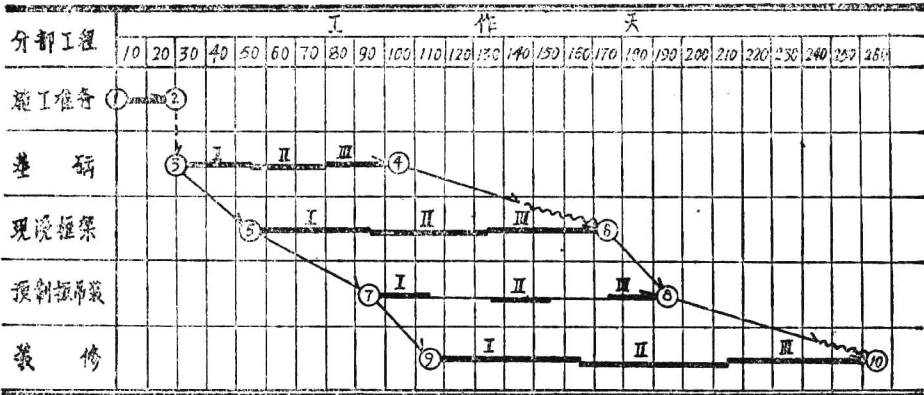
网络计划技术适用于各行各业的计划工作，在建筑业的计划管理工作中，网络计划技术可以在各种类型的计划上应用。但是，网络计划图形（网络图）在表现建筑工程施工计划方面存在着不少问题，例如网络计划图形不能适应表达搭接施工的计划要求，网络图中各项工作的时间地位不直观，标注不方便，等等。为了解决这些问题，六十年代美国的建筑业提出一种适应表达搭接施工计划要求的新型网络计划方法——搭接网络。我国建筑业的计划人员在推广网络计划方法的过程中，吸收横道图计划的基本优点，采用一种带时间

座标的网络计划形式，即“时间座标网络”（见图绪—4）。“时间座标网络”吸取了网络图逻辑关系明确、横道图进度直观的优点，使网络计划更为适合建筑业计划工作的习惯和使用要求。



（图绪-4） 时间座标网络图

1980年开始，我国建筑业在推广网络计划方法的实践中，针对流水施工的特点及其在应用网络法方面所存在的问题，提出了“流水网络计划方法”作为建筑业应用网络计划技术方法的一种补充（图绪—5）。这种新的方法在初期试点工作中取得较好的效果，目前已开始在国内建筑业推广应用。作为一种新的计划方法，“流水网络法”还不是十分完善的，在理论和应用中都提出了新的问题，有待进一步研究和提高。



（图绪-5） 时间座标流水网络图

第一章 流水施工基本原理

第一节：流水施工的基本概念

一、建筑工程的施工作业方式

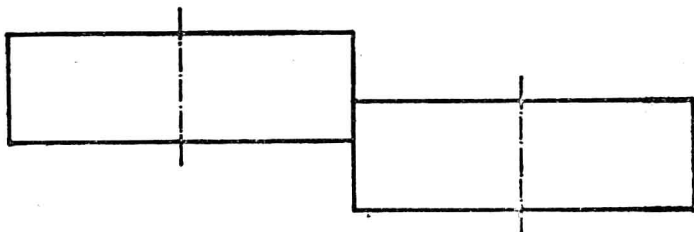
任何建筑工程，从一个大型项目直至一个小的建筑或构筑物，它的施工都可以分解成许多个施工过程，而每一个施工过程通常是由一个（或多个）专业施工队（组）负责进行施工。每一个工程的施工活动中包含了劳动力和机械设备的调配、建筑材料和构（配）件的供应等组织问题，其中最基本的部分是劳动力的组织安排问题。劳动组织安排的不同，便构成不同的施工方式。通常所采用的施工作业方式主要的可以归纳为下列三种类型：

- ①依次作业方式；
- ②平行作业方式；
- ③流水作业方式；

下面举例说明各种作业方式的特点。

（1）、依次作业方式和平行作业方式：

以某个基础工程为例，它包括挖基槽、做垫层、砌筑砖基础和回填土等四个施工过程。该工程基础平面图如下（图 I - 1）：



（图 I - 1） 某工程基础平面图

按一般的施工顺序，组织这四个施工过程一个接一个地按次序进行施工作业，即第一个施工过程（挖槽）完成之后，再接着进行下一个施工过程（垫层）的作业，依次直至最后的施工过程完毕。这种施工作业安排和组织方式称为“依次作业方式”。用横道图表示它的进度安排如下（图 I - 2）：

专业队	人数	工 作 天													
		2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28
挖 槽	20														
垫 层	15														
砌基础	22														
回填土	12														

（图 I - 2） 依次作业方式

采用依次作业方式组织工程施工，最主要的特点就是现场施工作业比较单一，施工的组织调度比较简单，这也是它的突出优点。当工程规模比较小，工作面有限的条件下，采用依次作业方式进行施工是合理的。在小型工程的施工中是最常用的一种施工方式。

依次作业方式的最大问题是工作面的空闲比较严重，如果工程所提供的施工作业面比较大，而专业队（组）人数又较少的情况下，工作面将大面积空闲，其结果将使工期明显拖长。

为了克服这个缺点，有时采取增加专业队人数，或投入几个专业队同时进行同一个施工过程的作业。例如上述基础工程的施工，根据作业面的条件，将整个基础划分为四个施工段，每一个施工过程都投入相当于依次作业专业队的四倍人数，或同时安排四个专业队齐头并进地进行施工作业，后者就是“平行作业方式”，其进度计划如图 I -3所示。

同依次作业方式相比，组织多专业队平行作业的施工方式由于充分利用了工作面，使工期大为缩短。显然，这种加快施工进度效果是依靠大量投入劳动力(或机械设备)取得的。这对于某些工期要求紧迫，或需要突击完成的工程任务是很有有效的一种施工组织方式。但是，在正常条件下，组织平行作业的施工，无论从施工组织的合理性，还是从技术经济效果方面考虑都是不理想的，甚至是不合理的。对于多数工程的施工，采取平行作业方式，在劳动力和机械设备等方面的条件也是困难的。

施工过程	专业队	人数	工 作 天						
			1	2	3	4	5	6	7
挖 槽	挖一	20							
	挖二	20							
	挖三	20							
	挖四	20							
垫 层	垫一	15							
	垫二	15							
	垫三	15							
	垫四	15							
砌基础	砌一	22							
	砌二	22							
	砌三	22							
	砌四	22							
回填土	回一	12							
	回二	12							
	回三	12							
	回四	12							

(图 I -3) 平行作业方式

(2)、流水作业方式：

建筑工程施工的最终要求是以最低的劳动消耗和合理的施工工期，高质量、安全地完成工程施工任务。而选择合适的施工作业方式对于实现这一要求有着直接的影响。依次作业方式和平行作业方式的特点，从工期和劳动力各方面的比较，说明两者的优缺点正形成明显的对照。虽然这两种作业方式都有一定的适用性，但在正常的施工条件下，往往是采用其中的任何一种方式都不是最合适的。为了解决这方面问题，人们从上述两种作业方式中吸取有用的经验，将两种作业方式综合起来，形成第三种施工组织方式，即“流水作业方式”。

流水作业方式采取分段作业、搭接施工的办法，它把施工对象分成若干个施工段，各个专业队依次地在各个施工段进行流水作业，当前一个专业队完成一个施工段的作业之后，便为下一个施工过程提供了作业面，负责后一个施工过程的专业队便可投入施工作业。这样，不同的专业队之间保持着一定的时间距离进行搭接施工。与依次作业相比，流水作业方式通过合理地利用施工作业的空问（工作面）来达到争取时间（缩短工期）的目的，在一定程度上保留了平行作业方式的优点，但又不增加专业队（组）的数目和人数。因此，流水作业方式是至今各类施工方式中比较科学、合理的一种施工组织方式。

下图（图 I -4）为上例基础工程分四个流水段组织流水作业的进度计划。

专业队	人数	工 作 天																		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
挖 槽	20																			
垫 层	15																			
砌 基 础	22																			
回 填 土	12																			

(图 I-4) 流水作业方式

二、流水施工组织的要点

流水作业方式于三十年代开始在建筑施工中应用，四十年代已在苏联的建筑业广泛推广，取得明显的效果。苏联的建筑科学工作者将工业生产中的流水作业原理具体运用于建筑施工活动中，并根据建筑施工的特点，研究出比较系统的理论和方法（即建筑施工流水原理和流水施工方法），成了建筑工程计划方面的第一个科学的方法。五十年代初，我国东北地区的许多建筑工程由于应用流水施工方法，使建筑工程的施工工期平均缩短百分之三十，工程施工的技术经济效果得到比较明显的改善和提高。

(1) 组织流水施工的要点：

流水作业方式表现在施工组织方面的特点，即组织流水施工的基本要求，可以归纳为下列三个要点：

①将施工对象（整个建筑工程、建筑物或分部工程）划分为工程量相等或大致相等的若干个施工区段（“流水段”）；

②把相应的工程分解成几个施工过程（分部分项工程、工序，等）并为之组织相应的专业队（组），负责该施工过程的施工作业；

③各个专业队（组）按照一定的施工工艺程序，依次地、连续地由一个施工区段（流水段）转移到另一个施工区段（流水段），重复着同样的施工作业。而不同的专业队（组）进行施工作业的时间应当尽可能地搭接起来。

必须指出的是，日常施工中采取分段作业的做法是常见的，但通常的分段施工同流水施工还有本质的区别。在流水施工方法中，工程的分段仅仅是组织流水作业的必要条件，是进行流水作业的基础。如果没有安排专业队（组），没有组织专业队（组）的连续作业（流水作业）和各专业队（组）的搭接施工，就不可能达到流水施工的效果。

上面提到，分段是流水施工的基本条件，因此，不是任何工程都能采用流水作业方式进行施工。凡是工程规模很小，无法划分为几个施工区段，则没有条件进行流水作业。

(2)、流水施工的优点：

在建筑工程施工中采用流水作业方式有许多优点，主要的优点是：

①流水施工能合理地、较充分地利用空间（工作面），争取时间，从而加快工程的施工进度，大大缩短施工工期；

②由于组织专业队（组）的连续作业，流水施工能保持工程施工的连续性、节奏性，达到较好的均衡性指标，改善和提高工程施工的管理水平和技术经济效果；

③流水施工中，专业队（组）的施工作业在一定时间内保持连续性和相对的稳定，有利于提高劳动效率。

流水施工是组织生产的先进方法。实践证明，这种方法在建筑工程施工中和其他建筑

生产活动中都是行之有效的。流水施工方法虽然从五十年代初已在我国推广应用，并取得很好的效果，我国建筑管理工作者也熟悉流水施工这一概念。但由于种种原因，流水施工的组织与计划方法长期来并没有得到真正的应用。最突出的表现是，我国广大建筑管理人员和计划人员对流水施工的原理和方法缺乏深入的、全面的理解，流水施工作为一种科学的计划方法，国内在很长时间内很少有人对它进行深入的研究。因此，三十年来流水施工在我国建筑业的推广应用，基本上是属于比较初级的阶段，流水施工方法的作用还没有得到充分的发挥。

第二节： 流水施工的基本参数

流水施工是用于建筑工程组织与计划的一种科学的方法，它有一整套完整的理论和计算办法。要在建筑工程中合理地、有效地组织流水施工，并得到好的技术经济效果，首先必须全面地理解流水施工的原理和作用，正确掌握组织流水施工的科学方法。前面已经提到，组织流水施工的基本要点是分段、专业队（组）连续作业和搭接施工，通过这些措施充分利用空间和时间，达到提高工程施工的技术经济效果的目的。因此，工程对象的分段问题、施工过程的分解问题、专业队施工的合理搭接问题以及专业队（组）的组织问题，是流水施工组织安排中的基本问题。围绕上述几方面问题，流水施工方法（原理）中归纳出几个流水基本参数，并通过这几个参数的合理选定进行流水施工的具体组织。

流水施工的基本参数是：①工艺参数；②空间参数；③时间参数。

现以图 I - 5 为例，分别介绍几种参数的概念及其内容。

序号	施工过程	工 作 天															
		2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32
1	挖 土																
2	垫 层																
3	砌 墙																
4	地 梁																
5	回 土																

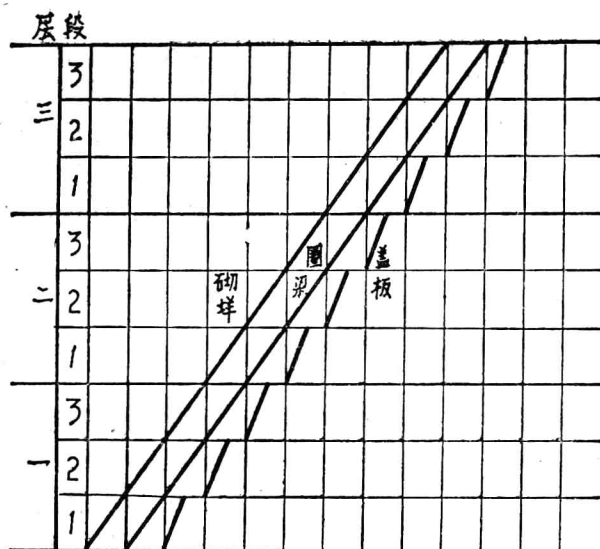
（图 I - 5）某基础工程流水施工进度计划

一、空间参数

组织流水施工，首先应把工程对象划分为若干个流水段（施工区段），为开展流水作业提供必要的工作空间。这里的工程对象可以是一组建筑（建筑群）、一幢房屋（或构筑物），也可以是一个分部工程。划分的流水段数目就是空间参数，用下列符号表示：

- M —— 流水施工中工程对象分段的总段数；
- M' —— 当工程施工是逐层形成工作面时，每个施工层所划分的流水段数；
- j —— 流水段的编号，
 $j = 1, 2, 3 \dots, m$ （或 $M、M'$ ）

例如图 I - 5 所表示的是一个基础（分部）工程，它划分成三个流水段，因此 $M = 3$ 。又如某办公楼建筑，它共有三个楼层，结构施工时每层分成三个流水段进行流水施工（见



(图 I-6) 某办公楼上部结构工程流水施工进度图

往不是一致的，而装修工程的分段又与前两者不同。通常，为了组织流水的方便，将同一个工程对象中流水段划分不同的几个部分分开处理，分别组成若干个流水组。例如，某幢房屋工程施工时，基础分成三个流水段，主体结构则按单元划分为每层六段，装修工程以每个楼层为一个流水段。三个分部工程的分段不同，即空间参数不一致，在具体安排流水作业时，便分开成三个不同的流水组进行分别处理。

二、工艺参数

工艺参数是指一个流水组中所包含的施工过程（或专业队）的数目，用符号 N 表示。

流水施工的工艺参数概念，从流水参数计算的要求出发，作如下定义：

(1) 任何建筑工程的施工都可以分解为许多个施工过程，施工过程的数目是流水施工工艺参数的计数基础。但是，这里定义的工艺参数是指某一个流水组中的施工过程数；

(2) 一个流水组涉及的工程中，只是那些组织到流水中的施工过程才属于工艺参数的计数范围。在组织工程的流水施工时，并不是所有的施工过程都组入流水作业，只有那些对工程施工进程具有直接影响的施工过程才组织入流水之中。那些没有组入流水的施工过程，对于流水施工的参数计算不发生作用。因此，这部分不组入流水的施工过程不属于工艺参数的计数范围；

(3) 当专业队（组）的数目与组入流水的施工过程的数目一致（即每一个施工过程只安排一个专业队施工）时，工艺参数的计数是一致的。当组入流水的某些施工过程由两个（或两个以上）的专业队施工时，流水组工艺参数按下述不同情况分别确定：

① 当流水组中组入流水的所有专业队（组）都属于搭接施工的情况下，工艺参数以专业队（组）的数目计算；

② 当其中某些专业队（在同一个施工过程内部从事同一工作的专业队）采用平行作业方式齐头并进地施工时，则平行作业的相邻专业队（组）只能作为一个队（施工过程）计数。

图 I-6 某基础工程分三个流水段进行流水作业，组入流水的五个施工过程（挖土、垫层、砌砖基、地梁及回填土）分别各由一个专业队负责施工（即专业队数与施工过程数相

图 I-6)。此时，

$$M = 3 \times 3 = 9$$

$$M' = 3$$

在建筑工程流水施工中，工程对象的具体条件不同，划分流水段的办法也不完全一样，流水段的规模和构成也不尽相同。当工程对象为一组建筑时，组织幢号之间的流水施工，可能以每一个幢号为一个流水段（如基础工程施工），或以每个幢号的一个楼层为一个流水段（主体工程施工）；对一个单独的建筑物组织流水施工时，由于各分部工程的空间条件不同，基础工程的分段与主体结构工程的分段往