

统筹法与施工计划管理

北京统筹法研究会

中国建筑工业出版社

统筹法与施工计划管理

北京统筹法研究会

中国建筑工业出版社

本书介绍了一般肯定型网络计划包括单体、群体工程网络计划，年、季、月网络计划的绘图、时间参数计算、编制和管理方法等基本知识，阐明了搭接网络计划和流水作业网络计划的设计和计算方法，并简要介绍了几种非肯定型网络计划，以及网络计划的优化。

2265/19

统筹法与施工计划管理

北京统筹法研究会

*

中国建筑工业出版社出版(北京西郊百万庄)

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

中国建筑工业出版社印刷厂印刷(北京阜外南礼士路)

*

开本: 787×1092毫米 1/16 印张: 8 1/2 插页: 1 字数: 202 千字

1984年11月第一版 1984年11月第一次印刷

印数: 1—27,000册 定价: 1.25元

统一书号: 15040·4641

编 者 的 话

本书是由我会组织部分从事统筹法研究与教学工作的同志共同编写的，它吸收了我国近二十年来推广应用统筹法的经验与研究成果。初稿完成于1979年，经多次试用后，1981年初由我会内部印行，作为土木建筑专业的学生、技术人员和管理人员学习统筹法的参考材料。我会在北京和一些省市也以此为教材，举办了三十多次全国性或地区性的统筹法培训班。本书前后六次印刷共两万余册，仍然供不应求。两年多来，我们曾根据各方面的反映和教学工作的经验，作了多次局部的修改，也仍然不能令人满意。现在为了满足全国施工部门学习统筹法的迫切要求，特进行一次较全面的修订，作了较大的增删，并使之更加通俗化，切合实用，以适应具有中学文化水平的施工技术人员和管理人员的需要，也可供大专院校和中技校土建专业的学生学习和参考。

参加本书初稿编写的同志有（以姓氏笔画为序）：卞秀庄、王堪之、卢谦，甘绍禧，刘树云，丛培经，张婀娜，吕懋澄，李庆华，尚豫福，钱昆润，梁绍周，崔起鸾，黎谷。

参加本次修订工作的同志是（按章节顺序）：甘绍禧（第二章），黎谷（第三、十一章），朱熾（第四章），丛培经（第五、七章），李庆华（第六、九章），张婀娜（第八章），崔起鸾（第十章），卢谦（第十二章），王堪之（第十三章），梁绍周（第十四章）。

第一章此次仅作了少量文字修改，第六章和第十一章是新增加的。插图由甄衡祥绘制。

全书由李庆华和黎谷负责总纂、修改和定稿。

北京统筹法研究会

1983年8月5日

目 录

编者的话

第一章 统筹法是一种科学的建筑施工管理方法	1
第一节 统筹法和建筑施工管理	1
第二节 统筹法的主要工具——网络计划方法	2
第三节 网络计划法的发展简史	4

第一篇 一般网络计划方法

第二章 网络图的绘制	6
第一节 双代号网络图的构成与基本符号	6
第二节 双代号网络图的绘制方法	8
第三节 单代号网络图的绘制	16
第三章 网络计划的时间参数计算	20
第一节 工序时间参数计算	20
第二节 节点时间参数计算	26
第三节 关键线路的确定	28
第四章 建筑施工网络计划的表示方法	31
第一节 建筑施工网络计划的概念和分类	31
第二节 建筑施工网络计划的排列方法	32
第三节 工序的组合与网络图的合并	34
第四节 时标网络计划的绘制方法	37
第五章 单体工程施工网络计划	42
第一节 单体工程施工网络计划的概念与作用	42
第二节 单体工程施工网络计划的两种逻辑关系	42
第三节 单体工程施工网络计划的编制程序	44
第四节 单体工程施工网络计划实例	46
第六章 群体工程施工网络计划	47
第一节 群体工程施工的特点	47
第二节 群体工程施工网络计划的编制原则和方法	48
第三节 群体工程施工网络计划示例	49
第四节 群体工程施工中的多目标网络计划	54
第七章 施工单位的年、季和月度生产网络计划	55
第一节 年、季和月度生产网络计划的特点和编制原则	55
第二节 月度生产网络计划的编制	56
第三节 季度和年度生产网络计划的编制	58
第八章 标准网络计划的编制与应用	61

第一节	编制标准网络计划的意义和要求	61
第二节	标准网络计划的编制与应用	62
第三节	标准网络计划举例	65
第九章	网络计划执行中的管理	69
第一节	网络计划执行中进行管理的必要性	69
第二节	网络计划执行中的检查与调整	69
第三节	网络计划执行的组织工作	74

第二篇 其他网络计划方法

第十章	搭接网络计划方法	76
第一节	搭接网络计划方法的特点	76
第二节	搭接网络计划方法中的几种连接关系表示方法	76
第三节	单代号搭接网络计划的工序时间参数计算	80
第四节	间隔时间和时差的计算与关键线路的确定	84
第十一章	流水作业网络计划方法	89
第一节	流水作业网络计划方法的特点	89
第二节	单代号流水作业网络计划方法	91
第三节	横道流水作业网络计划方法	94
第十二章	非肯定型网络计划方法	96
第一节	非肯定型网络计划方法的特点	96
第二节	计划评审法 (PERT)	97
第三节	图示评审法 (GERT)	103

第三篇 网络计划的优化

第十三章	资源计划安排	107
第一节	资源安排的意义	107
第二节	工期固定资源均衡	107
第三节	资源有限工期最短	113
第十四章	时间和费用调整	118
第一节	时间和费用的关系	118
第二节	工程时间——费用曲线的绘制	120
第三节	时间和费用调整法在实际应用中的几个问题	126

第一章 统筹法是一种科学的建筑施工管理方法

第一节 统筹法和建筑施工管理

五十年代中后期在美国发展起来两种新的计划管理方法——关键线路法（CPM）和计划评审法（PERT），六十年代中期由华罗庚教授介绍到我国。由于这两种方法都使用网络图形并合乎“统筹兼顾、适当安排”的精神，故把它们合并起来，命名为统筹法（也叫统筹方法）。

统筹法一经传入中国，很快就被群众所接受，在生产中得到了广泛的应用，并且结合我国情况，有了进一步的发展。首先是在理论上，提出了“统筹思想”的概念。这种思想可以用我国宋代著名科学家沈括所著《梦溪笔谈》中的一则记载作出很好的概括与说明。该书在《一举而三役济》一段中，记载了宋朝一个名叫丁谓（公元962～1033年）的大臣受命修复宫殿的事迹。丁谓考虑到工程取土太远，就决定开挖道路取土，几天之后，道路都成了大沟，于是再开挖汴河，使沟与汴水联通形成水道，这样既解决了就近取土的问题，而且竹木筏和船载来的物资也都可以直接运到施工现场，等工程完工以后再用建筑垃圾填平水渠、恢复道路。这种方法，运思巧妙、统筹兼顾，一举三得，同时解决了取土、运输和处理建筑垃圾的问题，结果是“省费以亿万计”。其次，在方法上也有了扩展，在网络之外又采用了其它的数学方法。所以，在1966年华罗庚教授修订他所著《统筹方法平话及补充》一书的时候，在序言中就明确指出，网络图还“远不是我们所设想的统筹方法的全部”。统筹法是内容非常丰富，范围相当广泛的一种管理的理论与方法。为了区别于这种范围广泛的统筹方法，我们就特地将原来仅用网络图形来表达计划安排的方法称作为网络计划方法，或简称网络法。所以网络计划方法只是统筹方法的组成部分之一，两者是既有联系又有区别的，不能把它们混为一谈。

网络计划方法符合建筑施工的要求，特别适用于建筑施工的组织与管理。从国内外的情况看，应用这种方法最多的还数建筑施工单位。由于在建筑施工管理中通常基本只用到网络计划方法，所以本书也仅限于讨论这部分内容，而不打算涉及统筹法的其他方面。

建筑施工有很多不同于工业生产的特点。

由于建筑产品固定，不能移动，并且整体难分、因而建筑施工就经常处于流动过程之中，不仅每个建筑物或构筑物的施工中人员和机具要按照一定的线路沿着施工对象流动，不断改变操作的场所，而且整个的施工机构也往往要随着建筑物坐落位置的不同而转移地点。生产空间的变化就意味着施工条件或环境的改变，这就不能不影响到施工的组织与管理，施工方法和施工顺序（时间的先后次序和空间的流动方向）都必须作出相应的改变，以适应新的条件。

建筑物和构筑物因其用途不同，必各有其特定的功能要求，更因其坐落位置不同又会带来自然和技术经济条件的变化，建筑物的设计必然各具特点，建筑产品很难完全相同。这些就造成了建筑产品生产的单件性，每一建筑物和构筑物的施工都不能不单独进行施工

设计并组织生产,各有不同的施工组织特点,很少有可能象工业一样组织一条固定的流水线进行批量生产。

建筑产品一般都是体形特大,施工期限很长,四季气候条件的变化对基本上是露天作业的建筑施工必然会给予很大的影响,这也是在组织施工时不能不特别加以考虑的。为了缩短施工期限,人们就利用建筑产品体型庞大的特点,组织多层次的立体交叉作业和平行流水施工,利用空间以争取时间。这种组织施工的方法要求不同的施工单位或不同的工种之间密切配合,严格按照规定的时间和顺序进行施工。这种生产组织方法是建筑施工所特有的。

从上面所举的部分情况不难理解,建筑产品生产的组织与管理是异常复杂的。它一般都只能进行单件生产,情况多变但又要求配合密切而严格。人们一直在寻找适合这些特点的组织管理方法。CPM法就是在建筑施工领域中诞生的,它特别适宜于组织一次性的复杂工程。它能把一项工程作为一个整体来考虑,按照一定的程序对它进行合理的安排,突出重点,抓住要害,展望未来。同时,它通过网络计划本身所特有的反馈作用,能为改进施工的组织管理工作提供必要的信息,使施工得以全面地达到优质、节省和快速的要求。

我国社会主义经济的发展,人民生活水平的提高,要靠科学技术的发展,要靠管理水平的提高,也有赖于基本建设提供满足科学实验和扩大生产和生活需要的各种固定资产。建筑业承担了建造基本建设中各种建设物和构筑物的艰巨任务。这就要求建筑业不断地提高自己的生产能力。而生产管理却是生产力中的一个重要因素。因此,在建筑业中广泛采用网络计划方法,加强施工的组织与管理,对于多快好省地完成施工任务、提高经济效益也就具有特别重大的意义。

第二节 统筹法的主要工具——网络计划方法

网络计划法是统筹法的主要工具,它既是一种科学的计划方法,又是一种有效的生产管理方法。

网络计划法作为一种计划的编制与表达方法与我们一般常用的横道计划法具有同样的功能。对一项工程的施工安排,用这两种计划方法中的任何哪一种都可以把它表达出来,成为一定形式的书面计划。但是由于表达形式不同,它们所发挥的作用也就各具特点。

横道计划以横向线条结合时间坐标来表示工程各工序的施工起迄时间和先后顺序,整个计划由一系列的横道组成。而网络计划则是以加注作业持续时间的箭线(双代号表示法)和节点组成的网状图形来表示工程施工的进度。例如,有一项分三段施工的钢筋混凝土工程,用两种不同的计划方法表达出来,内容虽完全一样,但形式却各不相同(见图1-1及图1-2)。

横道计划的优点是较易编制、简单、明了、直观、易懂。因为有时间坐标。各项工作的施工起迄时间、作业持续时间、工作进度、总工期,以及流水作业的情况等都表示得清楚明确,一目了然。对人力和资源的计算也便于据图迭加。它的缺点主要是不能全面地反映出各工序相互之间的关系和影响,不便进行各种时间计算,不能客观地突出工作的重点(影响工期的关键工序),也不能从图中看出计划中的潜力及其所在,不能电算及优化。这些缺点的存在,对改进和加强施工管理工作是不利的。

网络计划的优点是把施工过程中的各有关工作组成了一个有机的整体,因而能全面而

工序	进度计划 (天)										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
支模板	一段		二段			三段					
绑钢筋				一段		二段			三段		
浇注混凝土								一段		二段	
										三段	

图 1-1 横道计划

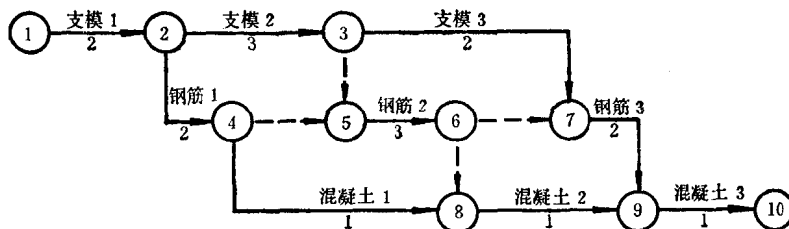


图 1-2 网络计划

明确地反映出各工序之间的相互制约和相互依赖的关系。它可以进行各种时间计算，能在工序繁多、错综复杂的计划中找出影响工程进度的关键工序，便于管理人员集中精力抓施工中的主要矛盾，确保按期竣工，避免盲目抢工。通过利用网络计划中反映出来的各工序的机动时间，可以更好地运用和调配人力与设备，节约人力、物力，达到降低成本的目的。在计划的执行过程中，当某一工序因故提前或拖后时，能从计划中预见到它对其他工序及总工期的影响程度，便于及早采取措施以充分利用有利的条件或有效地消除不利的因素。此外，它还可以利用现代化的计算工具——电子计算机对复杂的计划进行计算、调整与优化。它的缺点是从图上很难清晰地看出流水作业的情况，也难以据一般网络图算出人力及资源需要量的变化情况。

网络计划方法的最大特点就在于它能够提供施工管理所需的许多信息，有利于加强施工管理。所以，网络计划方法已不仅仅是一种编制计划的方法，而且还是一种科学的施工管理方法。它有助于管理人员合理地组织生产，使他们做到心中有数，知道管理的重点应放在何处，怎样缩短工期，在哪里挖掘潜力，如何降低成本。在建筑施工管理中推广应用网络计划方法必将进一步提高施工管理的水平。

根据以上分析，可以看出，采用网络计划法和采用横道计划法一样，并不需要什么特别的物质技术条件。采用网络计划法能加强管理，取得好快省的全面效果，也不是单纯的为了求快。

网络计划方法虽与施工方法有密切的联系，但两者的性质却是完全不同的。

施工方法是指某项工程或某道工序在一定的自然条件、物资（材料、装备等）条件和技术条件下采用的工程实施方法，如桁架的吊装方法，高炉基础的浇灌方法，多层无梁结构现浇或提升方法，等等。这中间包括机械的选择、工艺的确定、顺序的安排和流水的组

织等，这些都必须综合考虑当时、当地的具体条件后才能作出适当的决定，也只有具备了相应的条件之后才有可能实现原来的设想。这也就是说，选择使用什么样的施工方法是需要一定物质技术条件的。

而网络计划法则不同，它只是一种计划表达方法与管理方法。只要施工方法确定了，运用网络计划法就一定可以把施工组织设计人员设想的施工安排，用网络图的形式在书面上正确地表达出来并应用于管理，运用网络计划法不需要任何为决定施工方法所需的物质技术条件作为前提，在这点上它和横道计划法是完全一样的，在任何条件下都可应用。

从网络计划法的性质和特点来看，并非应用网络计划法就一定能使施工进度加快到某种程度，因为物质技术条件和计划安排得是否合理对进度都有一定影响。网络计划法只能反映在一定物质技术条件下作出的进度安排，它的作用实际上只限于给管理人员提供应在哪些工序上合理赶工以及工期与成本的关系等信息，以使增加的费用最少，成本最低，并避免盲目抢工。至于赶工能否实现，最终还是取决于施工组织方法，特别是物质技术条件，计划方法本身是无能为力的。

只要我们应用网络计划法，它就一定能为我们提供对加强和改进施工管理大有用处的一些信息。利用这些信息，就可能在现有条件下合理地调整计划以加快工程进度，或者是在现有的条件下通过调整以节约人力和物力，降低工程的成本。利用这些信息就可以使我们心中有数，胸有全局，分得清重点与一般，能预见到情况变化将要造成的影响，使我们经常处于主动地位。

第三节 网络计划法的发展简史

随着现代化生产的不断发展以及电子计算机的应用，组织管理工作愈来愈复杂，横道计划已不适应庞大，复杂计划的制定和管理的需要，于是五十年代中后期就在美国发展起来两种计划管理方法，即关键线路法（CPM）和计划评审法（PERT）。这些方法出现不久就很快地渗透到各部门、各领域中去了。通过实践，证明这些方法是合乎现代工业、现代国防、现代科学技术需要的科学管理方法。

这些方法在美国的历史上有两个起源：

其一，早在1952年美国杜邦公司已注意到数学家在网络分析计算上的成就，认为可能在工程规划方面加以应用。至1955年该公司已提出了一种设想，将每一工作规定起迄时间并按工作顺序绘制成网络状图形。1956年，他们又设计了电子计算机程序，将工作的顺序和作业时间输入计算机而编出计划，到1957年1月就完成了将此法应用于新工厂建设的研究工作，这就是关键线路法。1958年初他们把这种方法实际应用于价值1000万美元的建厂工作的计划安排，接着，又用此法编制了一个200万美元的施工计划。从这两个计划的编制与执行中已初步看出了这种方法的潜力，以后再把此法应用于设备检修工程就取得了巨大的成就，使设备因维修而停产的时间由过去的125小时缩短到74小时。杜邦公司采用此法安排施工和维修等计划仅一年时间就节约了近100万美元。因而关键线路法在杜邦公司开始顺利地发展起来了。

其二，在美国海军部研制北极星导弹的时候，由于对象的复杂性，既要造潜艇，又要造导弹，还要造原子能发动机，感觉到已有的工业管理方法无能为力，因而征求办法，这

样就出现了计划评审法。此法应用后,效果极佳,使制造时间缩短了三年,并节约了大量资金。因此,1962年美国国防部规定,凡承包有关工程的单位都需要采用这种方法来安排计划。

这两种方法创造出来之后,由于效果显著,各行各业都广为采用,并引起英国、法国、日本、苏联、罗马尼亚、捷克、西德和加拿大等国的重视。在推广和应用的过程中,不同的行业和国家都结合各自的特点和需要进行了发展和改进,以致在形态与方法上变化繁多,但其基本原理则仍属同一渊源。

网络计划方法出现以后,美国的海、陆、空军都加以利用,如原子能委员会,武器系统发展计划、空间系统发展计划等,都采用了这种方法。其他方面,如桥梁、隧道、水坝、建筑、公路,电站,导弹基地,钢铁工业,化学工业,甚至“百老汇”的演出也用了这一方法。各方面应用此法都获得了良好的效果。为了更好的推广和应用网络计划方法,美国还专门拍摄了介绍网络计划方法的电影,研究、研制了一百多种标准网络计划,以供同类型的工程使用。美国400家最大的建筑企业中,1965年使用CPM的占47%,到1970年就达到80%了。1978年3月美国土建学会会刊认为,PERT/CPM是目前仅有的计划管理新方法。

苏联从1964年就颁布了一系列有关制定和应用网络计划方法的指示、基本条例等法令性文件,他们规定所有大的建筑工地都必须采用网络计划方法进行管理,据统计,第九个五年计划(1970~1975)期间推广面达到了34%。在苏联,网络计划方法不仅被用来编制施工进度计划,而且还用于编制包括设计、施工和技术物资供应在内的建设项目进度计划,建筑安装机构最优五年计划,年度计划以及月、旬作业计划等。长期以来,苏联把网络计划方法作为一项必须推广应用的新技术,正式列入国民经济发展计划。

英国推广应用网络计划法较为普遍,除建筑业外,工业方面应用的也很多,他们为各级企业管理人员(包括经理和总工程师在内)举办不同类型的短期训练班,以适应各层管理人员的需要。有的只办1~3天(为经理和总工程师),有的也可能办两个星期(为具体的直接从事业务管理的人员),要求各级管理人员都能懂得或运用这种管理方法。根据他们的经验,要想取得比较良好的效果,就必须要求直接从事管理和掌握有关业务的专业人员掌握网络计划法,光依赖数学家帮忙是不行的。

在欧洲,那些从事网络计划法研究的专家们,固定每两年开一次会,交流经验,探讨问题,以推动网络计划方法的应用和发展。

但在资本主义条件下,由于彼此竞争,互相保密,更不能在群众中广泛普及和应用,它的作用也就受到了一定的限制。

华罗庚教授于1965年在《人民日报》上发表了我国第一篇介绍网络法(当时叫统筹方法)的文章,接着就在北京举办了我国第一个统筹法训练班,由华罗庚教授主讲,培训骨干,并开始试点。随后又举行了试点经验交流会。从此,我国也开始在生产管理中推行网络计划法。以后华罗庚教授又带领小分队在全国各地进行普及和推广,方法很快就为群众所掌握,应用的成绩很显著,推行的单位都取得了加快工作进度和降低成本的效果。

最近几年来,为了实现四个现代化的需要,加强管理工作,一些单位又积极地开展了研究工作和实际使用,再次掀起了一个学习和推广、应用的热潮。网络计划方法在我国推广和应用,证明了这种方法是具有群众基础的,是有生命力的。

第一篇 一般网络计划方法

第二章 网络图的绘制

网络图是表示一项工程或任务进行顺序的工作流程图，它是一种网状图形。当它与时间相结合时，就成为网络形式的进度计划。一般网络计划方法的网络图，有单代号网络图和双代号网络图两种。本章着重介绍目前在建筑施工管理中用得较多的双代号网络图的基本绘制方法，对单代号网络图的绘制方法也作一般介绍。

第一节 双代号网络图的构成与基本符号

目前我国建筑业中，经常用以表示工程进度计划的网络图是双代号网络图。这种网络图是由若干表示工序的箭线（带箭头的实线）和节点（圆圈）所组成的，其中每一道工序都是用一根箭线和两个节点来表示，每个节点都编以号码，箭线前后两个节点的号码即

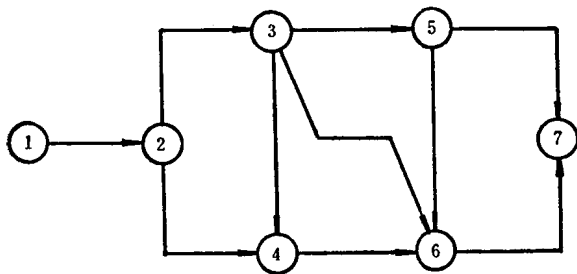


图 2-1 双代号网络图

代表该箭线所表示的工序，“双代号”的名称即由此而来。图 2-1 表示的就是双代号网络图。现将图中三个基本符号的有关含意和特性分述于后。

一、箭线

1. 在双代号网络图中，一条箭线是表示一道工序（又称工作、作业、活动），如支模板，绑钢筋，浇混凝土，拆模板等。但所包括的工作范围可大可小，视情况而定，故也可用来表示一项分部工程，一幢建筑的主体结构，装修工程，甚至某一建筑物的全部施工过程。

2. 一道工序都要占用一定的时间，一般地讲都要消耗一定的资源（如劳动力、材料、机具设备等）。因此，凡是占用一定时间的过程，都应作为一道工序来看待。例如，混凝土养护，这是由于技术上的需要而引起的间歇等待时间，在网络图中也应用一条箭线来表示。

3. 在无时标的网络图中，箭线的长短并不反映谈工序占用时间的长短。原则上讲，箭线的形状怎么画都行，可以是水平直线，也可以画成折线、曲线或斜线，但是不得中断。在同一张网络图上，箭线的画法要求统一，图面要求整齐醒目，最好都画成水平直线或带水平直线的折线。

4. 箭线所指的方向表示工序进行的方向，箭线的箭尾表示该工序的开始，箭头表示该工序的结束，一条箭线表示工序的全部内容。工序名称应注在箭线水平部分的上方，工序

的持续时间（也称作业时间）则注在下方。如图2-2所示。

5. 两道工序前后连续施工时，代表两道工序的箭线也前后连续画下去。工程施工时还经常出现平行工序，平行的工序其箭线也平行的绘制。如图2-3所示。就某工序而言，紧靠其前面的工序叫紧前工序，紧靠其后面的工序叫紧后工序，与之平行的叫做平行工序，该工序本身则可叫“本工序”。

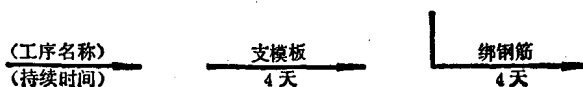


图 2-2 工序名称和持续时间标注法

6. 在双代号网络图中，除有表示工序的实箭线外，还有一种带箭头的虚线，称为虚箭线，它表示一个虚工序。虚工序是虚拟的，工程中实际并不存在，因此它没有工序名称，不占用时间，不消耗资源，它的主要作用是在网络图中解决工序之间的连接关系问题。有关虚工序的性质、作用将在本节后面详细论述，虚工序的表示方法如图2-4的（a）

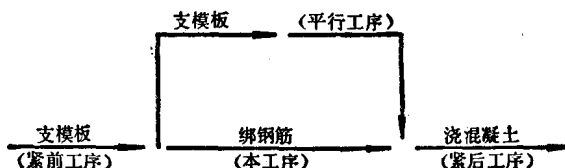


图 2-3 工序的关系

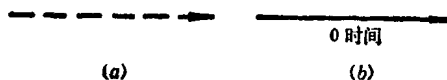


图 2-4 虚工序的表示方法

所示。在某些书中也有采用实箭线加注零时间表示的，如（b）所示。

二、节点

1. 节点就是网络图中两道工序之间的交接之点，用圆圈表示。在有的书上，也把节点称为“事件”。双代号网络图中的节点一般是表示前一道工序的结束，同时也表示后一道工序的开始。

2. 箭线尾部的节点称箭尾节点，箭线头部的节点称箭头节点；前者又称开始节点，后者又称结束节点，如图2-5所示。

3. 节点仅为前后两道工序交接之点，只是一个“瞬间”它既不消耗时间也不消耗资源。

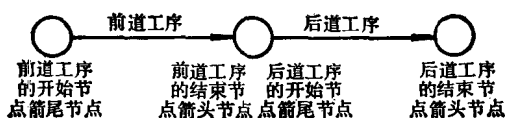


图 2-5 前后两道工序符号的名称

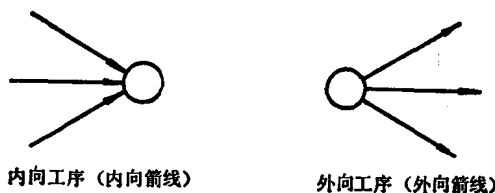


图 2-6 内向工序和外向工序

4. 在网络图中，对一个节点来讲，可能有许多箭线通向该节点，这些箭线就称为“内向工序”（或内向箭线）；同样也可能有许多箭线由同一节点出发，这些箭线就称为“外向工序”（或外向箭线）。如图2-6所示。

5. 网络图中第一个节点叫起点节点，它意味着一项工程或任务的开始；最后一个节点叫终点节点，它意味着一项工程或任务的完成，网络图中的其它节点称为中间节点。

三、节点编号

1. 如前所述,一道工序是用一条箭线和两个节点来表示的。为了使网络图便于检查和计算,所有节点均应统一编号,一条箭线前后两个节点的号码就是该箭线所表示的工序的代号。因此,一道工序用两个号码来表示,如图2-7 (a) 中工序的代号就是3-4。

2. 在对网络图进行编号时,箭尾节点的号码应小于箭头节点的号码,如图2-7 (b) 中所示,③应小于④。有关网络图编号的方法和基本要求在本节的后面还要讲到。

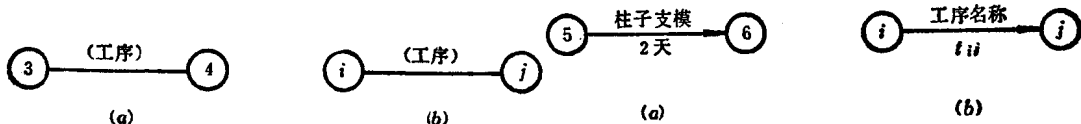


图 2-7 工序的代号

图 2-8 工序的完整表示方法

四、一道工序的完整表示方法

假如有一道工序“柱子支模”,在网络图中该工序的开始节点编号为5,结束节点编号为6,持续时间为2天,则该工序的完整表示方法将如图2-8中 (a) 所示。图中 (b) 为一般的表示符号, t_{ij} 为工序的持续时间。

第二节 双代号网络图的绘制方法

一、双代号网络图各种逻辑关系的正确表示方法

1. 什么叫逻辑关系?

逻辑关系是指工作进行时客观上存在的一种先后顺序关系。在表示建筑施工计划的网络图中,根据施工工艺和施工组织的要求,应正确反映各道工序之间的相互依赖和相互制约的关系,这也是网络图与横道图的最大不同之点。各工序间的逻辑关系是否表示得正确,是网络图能否反映工程实际情况的关键。如果逻辑关系错了,网络图中各种时间参数的计算就会发生错误,关键线路和工程的总工期跟着也将发生错误。

要画出一个正确地反映工程逻辑关系的网络图,首先就要搞清楚各道工序之间的逻辑关系,也就是要具体解决每个工序的下面三个问题:

- ①该工序必须在哪些工序之前进行?
- ②该工序必须在哪些工序之后进行?
- ③该工序可以与哪些工序平行进行?

图2-9中,就工序B而言,它必须在工序E之前进行,是工序E的紧前工序;工序B

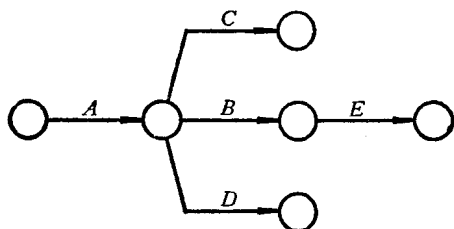
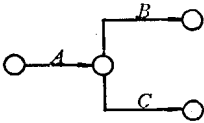
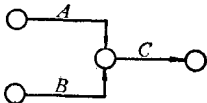
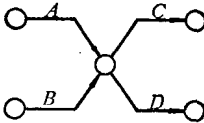
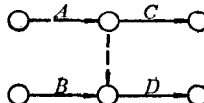
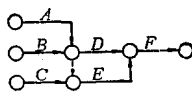
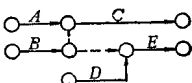
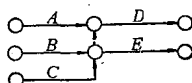
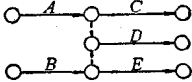
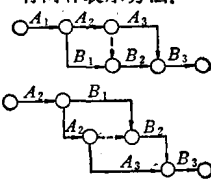


图 2-9 工序的逻辑关系

必须在工序A之后进行,是工序A的紧后工序;工序B可以与工序C和D平行进行,是工序C和D的平行工序。这种严格的逻辑关系,必须根据施工工艺和施工组织的要求加以确定,只有这样才能逐步地按工序的先后次序把代表各工序的箭线连接起来,绘制成一张正确的网络图。

网络图中常见的各种工序逻辑关系的表示方法

表 2-1

序 号	工序之间的逻辑关系	网络图中的表示方法
1	A完成后进行B和C	
2	A、B均完成后进行C	
3	A、B均完成后同时进行C和D	
4	A完成后进行C A、B均完成后进行D	
5	A、B均完成后进行D, A、B、C均完成后进行E, D、E均完成后进行F	
6	A、B均完成后进行C, B、D均完成后进行E	
7	A、B、C均完成后进行D, B、C均完成后进行E	
8	A完成后进行C, A、B均完成后进行D, B完成后进行E	
9	A、B两道工序分成三个施工段, 分段流水施工: A ₁ 完成后进行A ₂ 、B ₁ , A ₂ 完成后进行A ₃ , A ₂ 、B ₁ 完成后进行B ₂ , A ₃ 、B ₂ 完成后进行B ₃	有两种表示方法: 

2. 各种逻辑关系的正确表示方法

在网络图中, 各工序之间在逻辑上的关系是变化多端的。表 2-1 所列的是网络图中常见的一些逻辑关系及其表示方法。表中的工序名称均以字母来表示。

二、虚箭线在双代号网络图中的应用

通过前面介绍的各种工序逻辑关系的表示方法, 可以清楚地看出, 虚箭线不是一道正式的工序, 而是在绘制网络图时根据逻辑关系的需要而增设的。虚箭线的作用主要是帮助正确表达各工序间的关系, 避免逻辑错误, 也用来防止发生代号混乱的现象。现将虚箭线的应用列举于后。

1. 虚箭线在工序的逻辑连接方面的应用

绘制网络图时, 经常会遇到图 2-10 中的情况, A 工序结束后可同时进行 B、D 两道工序, C 工序结束后进行 D 工序。从这四道工序的逻辑关系可以看出, A 完成后其紧后工序为 B, C 完成后其紧后工序为 D, 但 D 又为 A 的紧后工序, 为了把 A、D 两道工序紧前紧后的关系连接起来, 这时就需要引入虚箭线。因虚箭线的持续时间是零, 虽然 A、D 间隔有一条虚箭线。又有两个节点, 但二者的关系仍是在 A 工序完成后, D 工序才可以开始。

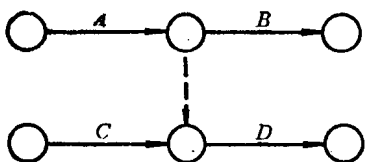


图 2-10 虚箭线的应用之一

2. 虚箭线在工序的逻辑“断路”方面的应用

绘制双代号网络图时, 最容易产生的错误是把本来不应发生逻辑关系的工序联系起来了, 使网络图发生逻辑上的错误。这时就必须使用虚箭线在图上加以处理, 以隔断不应有的工序联系。用虚箭线隔断网络图中无逻辑关系的各项工序的方法称为“断路法”。产生错误的地方总是在同时有多条内向和外向箭线的节点处, 画图时应特别注意, 只有一条内向或外向箭线的地方是不会出错的。

例如, 绘制某基础工程的网络图, 该基础共四道工序(挖槽、垫层、墙基、回填土), 分两段施工, 如绘制成图 2-11 的形式那就错了。因为第二施工段的挖槽(即挖槽 2)与第一施工段的墙基(即墙基 1)没有逻辑上的关系(图中用粗线表示), 同样第一施工段回填土(回填土 1)与第二施工段垫层(垫层 2)也不存在逻辑上的关系(图中用双线表示), 但是, 在图 2-11 中却都发生了关系, 直接联系起来了, 这是网络图中的原则性错误, 它将会导致以后计算中的一系列错误。上述情况如要避免, 必须运用断路法, 增加虚箭线来加以分隔, 使墙基 1 仅为垫层 1 的紧后工序, 而与挖槽 2 断路, 使回填 1 仅为墙基 1 的紧后工序, 而与垫层 2 断路。正确的网络图应如图 2-12 所示。这种断路法在组织分段流水作业的网络图中使用很多, 十分重要。

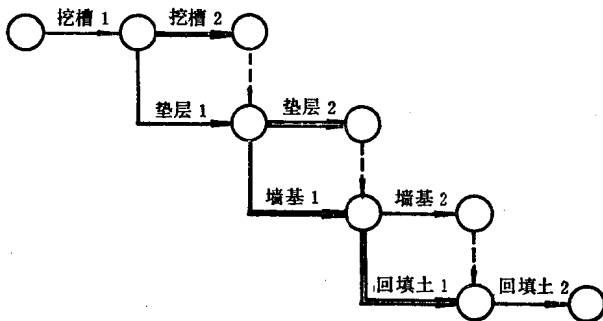


图 2-11 逻辑关系错误

3. 两道或两道以上的工序同时开始和同时完成时, 必须引进虚工序,

以免造成混乱。

图 2-13(a) 中, A、B 两道工序

的箭线共用①、②两个节点，1—2代号既表示A工序又可表示B工序，代号不清，这就会在工作中造成混乱。而图2-13(b)中，引进了虚工序，即图中的2—3，这样1—2表示A工序，1—3表示B工序，前面那种两道工序共用一个双代号的现象就消除了。

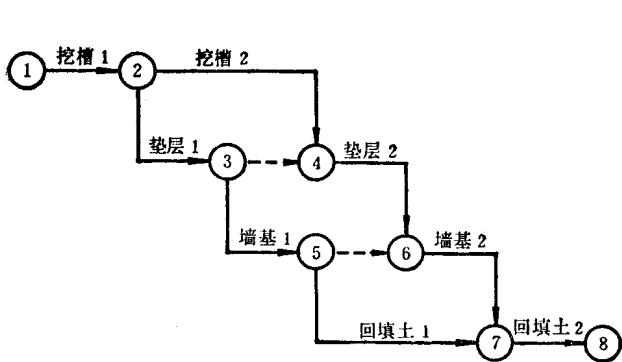


图 2-12 虚箭线的应用之二：正确表达逻辑关系

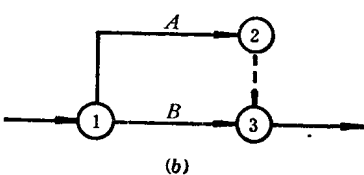
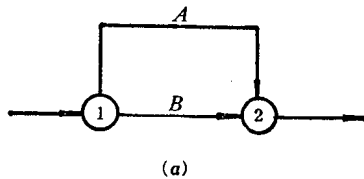


图 2-13 虚箭线的应用之三
(a)错误；(b)正确

4. 虚箭线在不同栋号的工序之间互相有联系时的应用

在不同栋号之间，施工过程中在某些工序间有联系时，也可引用虚箭线来表示它们的互相关系。例如在两条单独的作业线（两项工程）施工中，绘制网络图时，把两条作业线分别排列在两条水平线上，如果两条作业线上某些工序要利用同一台机械或某一工人班组进行施工时，这些联系就应用虚箭线来表示。如图2-14所示。

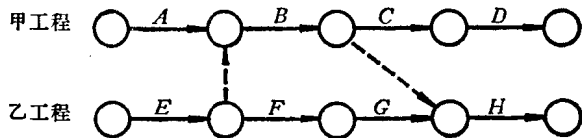


图 2-14 虚箭线的应用之四

图2-14中，甲工程的B工序需待A工序和乙工程的E工序完成后才能开始；乙工程的H工序需待G工序和甲工程的B工序完成后才能开始。

上述不同栋号之间的联系，往往是由于劳动力或机具设备上的转移而发生的，在多栋号的建筑群体施工中，这种现象常会出现。

可以看出，在绘制双代号网络图时，虚箭线的应用是非常重要的，但应用又要恰如其分，不得滥用，因为每增加一条虚箭线，一般就要相应地增加节点，这样不仅使图面繁杂，增加绘图工作量，而且还要增加时间参数计算的工作量。因此，虚箭线的数量应以必不可少为限度，多余的必须全数删除。此外，还应注意在增加虚箭线后，要全面检查一下有关工序的逻辑关系是否出现新的错误，不要只顾局部，顾此失彼。

二、绘制双代号网络图的基本规则

绘制双代号网络图时，要正确地表示工序之间的逻辑关系和遵循有关绘图的基本规则。否则，就不能正确反映工程的工作流程和进行时间计算。绘制双代号网络图一般必须遵循以下一些基本规则：